ＩＳＳＮ　０３８６－５８７８
土木研究所資料　第 4186 号

土木研究所資料
コンクリート表面保護工の
施工環境と耐久性に関する研究

－浸透性コンクリート保護材の性能持続性の検証と

性能評価方法の提案－

平成２３年１月

独立行政法人土木研究所
材料地盤研究グループ（新材料）

Copyright © (2010) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土 木 研 究 所 資 料
第４１８６号 2011 年１月

コンクリート表面保護工の施工環境と耐久性に関する研究

－浸透性コンクリート保護材の性能持続性と性能評価方法の提案－

独立行政法人土木研究所　材料地盤研究グループ（新材料）上席研究員　西崎　到
同　総括主任研究員　守屋　進

要旨：

コンクリート構造物の塩害、アルカリ骨材反応、中性化、凍結融解などの早期劣化を防ぐため、コンクリート表層を改質して炭酸ガスや塩化物イオンなどの劣化因子が、コンクリート内部に浸透することを抑制することが期待されている浸透性コンクリート保護材について、その耐久性と性能評価方法を検討した結果を取りまとめたものである。

キーワード：コンクリート構造物、耐久性、浸透性保護材、塩害、中性化

はじめに

コンクリートの早期劣化には、塩害やアルカリ骨材反応、凍結融解、中性化などがある。また、かぶりの薄いコンクリート壁高欄などでは、自動車排気ガスなどに起因する中性化や酸性雨による劣化が顕在化してきている。このうちコンクリート構造物に致命的な損傷を与える恐れのある塩害やアルカリ骨材反応などの対策は一応確立されている。コンクリートの早期劣化は、いずれも表面からの劣化因子の浸透あるいは拡散に大きく支配されており、コンクリート表層部の性質に大きく依存していると考えられる。良好な施工がなされなかった場合、その対策が直ちに実施できない場合などに比較的安価で簡便に出来る補助対策が求められている。

近年、安価で容易に施工できる補助対策として、シラン系やシリコーン系のコンクリートへの浸透性に優れた塗布材が開発されてきた。これらは、コンクリート表層を改質して、コンクリートを保護する機能を有することから、浸透性コンクリート保護材と呼ばれている。浸透性コンクリート保護材は、比較的安価で、容易に施工でき、再施工性も優れていることからコンクリート構造物の耐久性向上の補助対策に使用出来る材料として注目されてきた。

しかしながら、浸透性コンクリート保護材については、その現場施工管理方法と性能評価方法が確立されておらず。また、その長期の性能評価に関する研究報告も少ない。そこで、浸透性コンクリート保護材の現場施工管理方法と性能評価方法の確立、並びに屋外暴露による性能持続性を明らかにすることを目的として、材料メーカーと浸透性コンクリート保護材研究会を組織して、浸透性コンクリート保護材を塗布したコンクリート試験体で、現場施工管理方法と性能評価方法に関する検討、および屋外暴露試験でその長期耐久性試験を実施した。本報告書は、室内試験および 5 年間の屋外暴露試験結果をとりまとめ、浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）と浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法（案）および浸透性コンクリート保護材の性能基準（案）を提案するものである。

平成 23 年 1 月

浸透性コンクリート保護材研究会　名簿

	守屋　進	独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ（新材料）
主査	石川一郎	アトミクス株式会社
委員	豊岡幸太郎	旭化成ワッカーシリコーン株式会社
	徳田雅一	日本ペイント株式会社
	高橋定明	中国塗料株式会社
	高橋浩二	大日本塗料株式会社
	中野　正	関西ペイント販売株式会社
	三橋尚志	ダイキン工業株式会社
	水谷真也	大同塗料株式会社

途中交代委員

叶　健児	住友精化株式会社
竹田英幸	同上
三村俊幸	旭化成ワッカーシリコーン株式会社
伊丹康雄	ダイキン工業株式会社
福田晃之	同上

目　　次

はじめに

Ⅰ.研究目的　・・・

３．浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）　・・・・・・・・・・・３０７
３．１　目的　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０７
３．２　適用範囲　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０７
３．３　検査　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０７
３．４　測定方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０７
３．５　判別　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０７

Ｖ．浸透性コンクリート保護材の性能評価方法の検討　・・・・・・・・・・・３０８
１．性能評価方法の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０８
１．１　研究目的　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０８
１．２　研究内容　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０８
１．３　第１次性能評価試験　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３０９
１．４　第２次性能評価試験　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３１６
１．５　浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法の概要　・・・・・３２４
２．浸透性コンクリート保護材の性能基準の検討　・・・・・・・・・・・・３２５
２．１　塩化物イオン量による性能基準値　・・・・・・・・・・・・・・・３２５
２．２　質量変化による性能基準値　・・・・・・・・・・・・・・・・・・３２６
２．３　浸透性コンクリート保護材の性能基準（案）　・・・・・・・・・・３２７
２．４　浸透性コンクリート保護材の性能判定方法　・・・・・・・・・・・３２８

おわりに

付属資料
付属資料－１　浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法（案）　・・付属－１
付属資料－２　浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）　・・・付属－２３
付属資料－３　浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）　・・・付属－２７
付属資料－４　論文等の成果の公表　・・・・・・・・・・・・・・・・・付属－３１

付録
付録－１　　第１次室内試験データ　・・・・・・・・・・・・・・・・・付録－１
付録－２　　第１次暴露試験データ　・・・・・・・・・・・・・・・・・付録－２９
付録－３　　第２次室内試験データ　・・・・・・・・・・・・・・・・・付録－９７
付録－４　　第２次暴露試験データ　・・・・・・・・・・・・・・・・・付録－１２３

Ⅰ．研究の目的

コンクリートの早期劣化には、塩害やアルカリ骨材反応、凍結融解、中性化などがあり、塩害やアルカリ骨材反応などの対策は一応確立されている。

本報告は、新設および既設コンクリート構造物を対象とし、その耐久性向上や美観・景観の確保を目的とする表面保護工のうち、コンクリート表面から浸透し、外観を著しく損ねることなく、表層部に塗布し浸透させることにより、表面および内部に撥水性のゾーンを形成することで、外部からの水等の浸入を抑制できる材料の長期耐久性の確認、性能評価方法や施工管理方法、さらに性能評価基準などを確立することを目的とした。

鉄筋コンクリート構造物の劣化現象は、コンクリート表面からある種の物質の浸透あるいは拡散に大きく関係し、コンクリート表層部の性質に大きく依存していることから、今まで明らかになっていない性能等を把握することはきわめて重要なことで、土木コンクリート構造物の耐久性を向上させるための有効な手段となると考えられる。

そのようなことからシラン系やシロキサン系の浸透性に優れた材料の性能評価方法や屋外暴露による効果持続性などを材料メーカー各社と浸透性コンクリート保護材研究会を組織し、平成 14 年から研究を開始した。すでに、３年間の屋外暴露試験結果や室内試験結果は、その成果を土木研究所資料第 4085 号（平成 20 年１月）にとりまとめた。

その後、さらに評価試験方法や施工管理方法および性能基準の確立を目的に室内試験や暴露試験を継続した。

本報告で検討した浸透性材料の特徴は、以下のようなことが挙げられる。

①塗布後もコンクリート表面の外観を大きく変えることなく、コンクリート表面のクラック等が見える。

②コンクリート表層部を撥水性に改質する。撥水層により劣化因子の浸入が抑制できる。

③表面被覆工と比べ、少ない工程で容易にかつ短時間に施工でき、施工費用が安価である。

④所要の性能が低下し、塗り替えが必要となった場合、再塗布すれば性能が復帰する。

⑤コンクリートの良好な施工がされなかった場合や対策が直ちに実施できない場合などの補助対策として使用でる。

また、本研究会では材料を塗布・浸透させることで、目的とする性能を確保できる材料を浸透性コンクリート保護材と称することとした。

Ⅱ．研究概要

１．研究の経緯

コンクリート表層部の改質によって、その耐久性の向上が期待されている浸透性コンクリート保護材の性能を明らかにするため、平成 14 年度から平成 21 年度の 7 年間の全体計画を表－Ⅱ.1.1 に示す。

表－Ⅱ.1.1　浸透性コンクリート保護材の全体計画

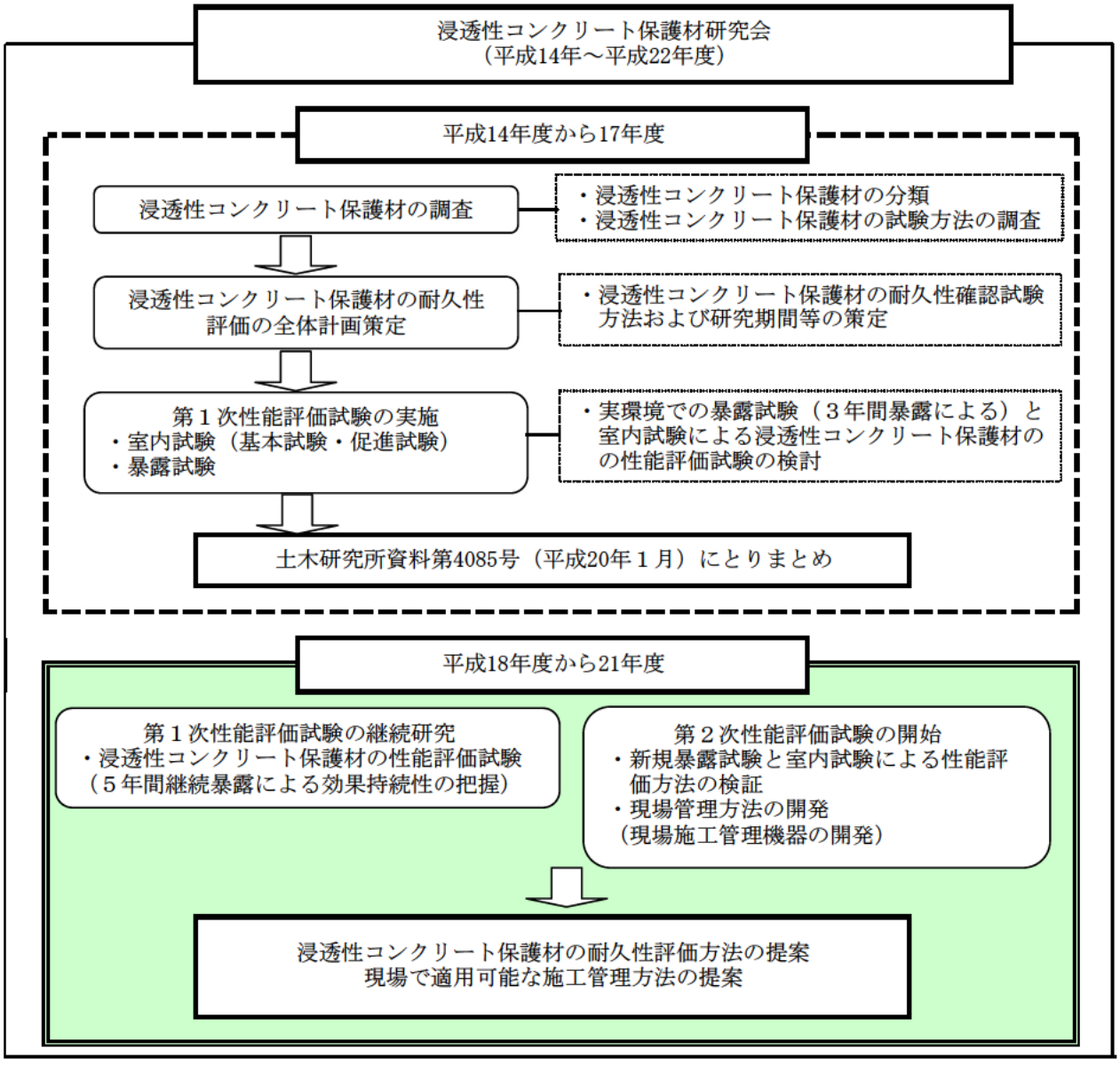
年　度	全体計画	実施事項
平成 14 年	・保護材の整理 ・評価試験方法の整理	・暴露試験体の作製 ・室内試験、暴露試験の実施
平成 15 年	・第１次室内試験 ・第１次暴露試験	・性能把握
平成 16 年		
平成 17 年		
平成 18 年	・第２回室内試験 ・第２回暴露試験	・暴露試験体の作製 ・室内試験、暴露試験の実施
平成 19 年	・暴露試験３年および第１次室内試験結果まとめ	・第１次、第２次室内試験、暴露試験の継続
平成 20 年		・評価試験方法の提案（土木研究所資料第 4085 号）
平成 21 年	・第１次暴露試験の継続 ・第２次暴露試験の継続 ・施工管理方法の検討	・最適評価試験方法の検証 ・現場施工管理方法の検証
平成 22 年	・研究成果のとりまとめ	・耐久性評価方法の提案 ・現場施工管理方法の提案

１．１　研究項目

平成 14 年度から平成 17 年度の３年間の成果を「土木研究所資料第 4085 号（平成 20 年１月)」に報告後、継続して平成 21 年度までの７年間の室内および暴露試験と新たに平成 18 年より実施した３年間の室内および暴露試験などと非破壊で現場施工時の塗布の有無を確認する施工管理試験方法等の検討を行った。

以下に調査・研究の項目を示し、全体研究のフロー図を図－Ⅱ.1.1 に示し、実施事項を表－Ⅱ.1.2 に示す。

①浸透性コンクリート保護材の整理
②浸透性コンクリート保護材の室内および暴露試験
③浸透性コンクリート保護材の耐久性評価方法の提案
④浸透性コンクリート保護材の現場施工管理方法の提案



図－Ⅱ.1.1　浸透性コンクリート保護材の全体研究フロー

表－Ⅱ.1.2　浸透性コンクリート保護材の実施事項

研究内容		試験場所等		試験項目	実施期間 H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	備考
第1次性能評価試験	室内試験 ①基本試験 →基本性能の確認と有効性の程度の把握 ②促進試験 →劣化現象発生の判断 暴露試験 ③実環境での暴露 →劣化現象発生の有無の確認 ④最適試験方法の検討 →評価試験方法の選択	室内試験	基本試験	外観観察	●	●								●は、報告済[注1)] ○は、今回報告
				表面撥水性	●		●							
				浸透深さ	●		●							
				透水量	●			●						
				透湿性	●		●							
			促進試験	塩化物イオン浸透性	●	●								
				中性化深さ	●		●							
		暴露試験	つくば	外観観察	●			●		○				
				表面撥水性	●			●		○				
				透水量	●			●		○				
				現場透水量（現場施工管理試験）	●			●	●					
			東　京	外観観察	●			●		○				
				表面撥水性	●			●		○				
				浸透深さ	●			●		○				
				中性化深さ	●			●		○				
			朝　霧	外観観察	●			●		○				
				表面撥水性	●			●		○				
				透湿性	●			●		○				
			親不知	外観観察	●			●		○				
				表面撥水性	●			●		○				
				浸透深さ	●			●		○				
				塩化物イオン浸透性	●			●		○				
				中性化深さ	●			●		○				
			沖　縄	外観観察	●			●		○				
				表面撥水性	●			●		○				
				浸透深さ	●			●		○				
				塩化物イオン浸透性	●			●		○				
				中性化深さ	●			●		○				
				長期暴露（８年）	○								○	
第2次性能評価試験	①室内試験（促進試験） →吸塩水,吸水試験による塩化物イオン浸透性の確認 ②暴露試験 →実環境における中性化深さおよび塩化物イオンの浸透性の再確認 ③評価試験方法の検証→評価試験方法・性能基準の提案 ④施工管理方法の開発 →塗布判別方法の提案	室内試験	基本試験	浸透深さ					○	○				
				透水量					○	○				
				吸水量					○		○			
				吸塩水量[注2)]						○	○			
			促進試験	塩化物イオン浸透性						○		○		
		暴露試験	東　京	浸透深さ					○				○	
				中性化深さ					○				○	
			沖　縄	浸透深さ					○				○	
				吸水量					○				○	
				塩化物イオン量					○				○	
		現場施工管理試験							○				○	

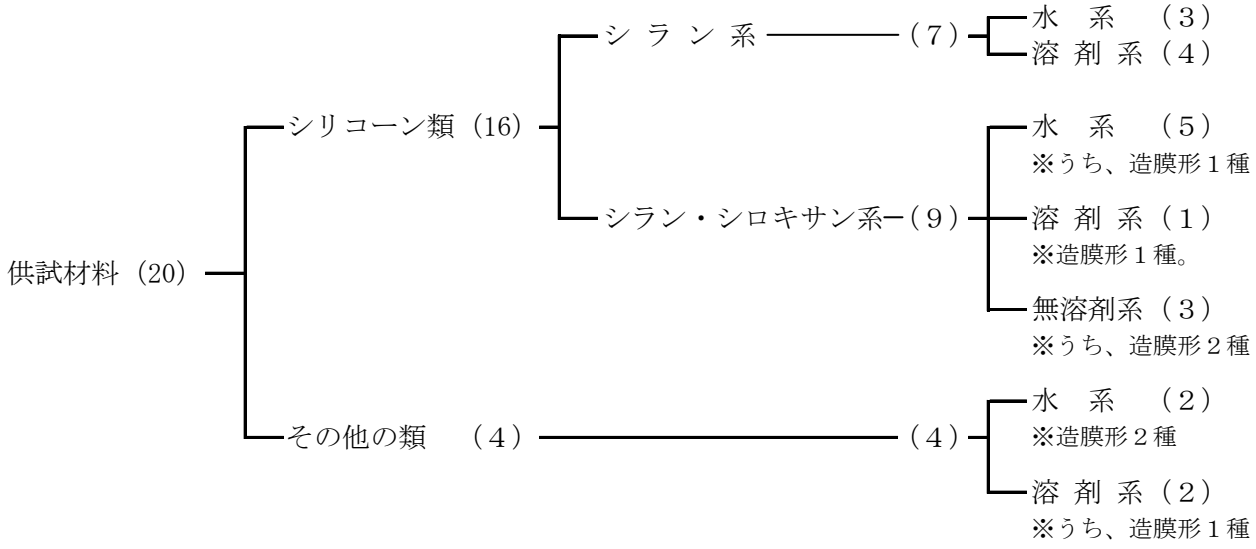
注 1)●印の詳細については、「土木研究所資料第 4085 号（平成 21 年 1 月)」に示す。

注 2)濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中に浸漬したときの質量変化。

１．２　供試材料の整理

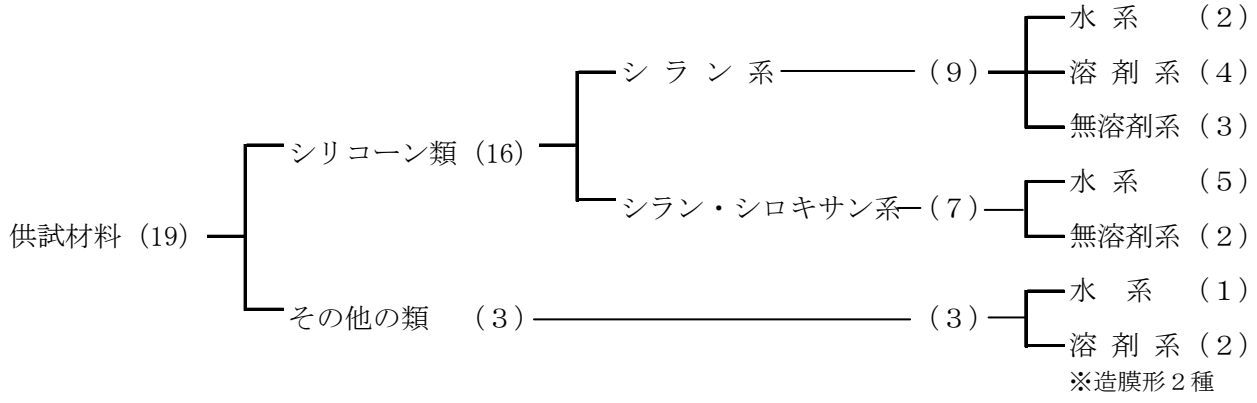
供試した浸透性コンクリート保護材の分類は､溶媒として水を使用しているものを水系、有機溶剤を使用しているものを溶剤系、溶媒を使用していないものを無溶剤系とした。また、コンクリート内部に浸透して撥水性のゾーンを形成する主成分の分類は、シリコーン類とその他の類に大別し、シリコーン類も主成分がシランのみからなるシラン系、主成分がシロキサン、シランとシロキサンをシラン・シロキサン系に細分した。その他の系は、ふっ素など有機系化合物を含むものとした。なお、同一材料中に、浸透する成分とコンクリート表面で膜を形成する成分を含むものを造膜形とし、膜を形成しないものを単独形とした。

第１次性能評価試験での分類を図－Ⅱ.1.2 に示し、第２次性能評価試験での分類を図－Ⅱ.1.3 に示す。



（ ）内は、試料数を示す。

図－Ⅱ.1.2　第１次性能評価試験に供試した浸透性コンクリート保護材の主成分による分類



（ ）内は、試料数を示す。

図－Ⅱ.1.3　第２次性能評価試験に供試した浸透性コンクリート保護材の主成分による分類

２．浸透性コンクリート保護材

浸透性コンクリート保護材とは、コンクリートの表面近傍に浸透してコンクリート表層部を改質することで、コンクリート構造物の耐久性を向上させる材料である。シリコーン類はシロキサン結合を持たないアルキルアルコキシシランなどのシラン系とシロキサン結合を持つアルキルアルコキシシロキサンのシロキサン系、およびそれらの混合系とに分類した。これらに当てはまらない材料であっても、浸透させることによって所要の性能を確保できるものは、その他の類とした。その他の類には、ふっ素系やシラン系との混合物がある。

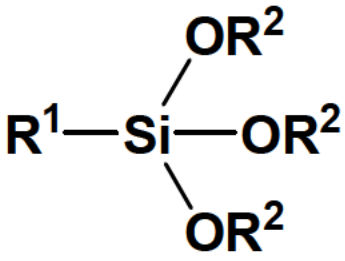
（１）概説

アルキルアルコキシシランを主成分とするシラン系やアルキルアルコキシシロキサンを主成分とするシラン・シロキサン系の浸透性コンクリート保護材は、コンクリートおよびモルタル表面に塗布された主成分がコンクリートやモルタル中の水分と加水分解反応を起こし、アルキルシラノールを生成する。このアルキルシラノールは、コンクリート表層部にあるヒドロキシ基と脱水反応を起こして縮合し、アルキルシラン基（Si-R）をもつシロキサン結合を形成する。アルキルシラン基（Si-R）をもつシロキサン結合がコンクリート表層部に形成されるとアルキルシラン基（Si-R）が疎水性のため、コンクリート表面は撥水性になる。また、その他の類としたふっ素系とシラン系の混合物は、シラン系の特性とふっ素系のもつ特有の低表面張力により、より強い撥水効果も期待できる。これらの効果により、疎水性の遮水層を形成し水などの浸入を防ぐ。

以下、本報告では表－Ⅱ.2.1に示す浸透性コンクリート保護材を研究対象とした。図－Ⅱ.2.1にシリコーン類の主成分の構造式とその反応機構を図－Ⅱ.2.2に示し、図－Ⅱ.2.3に浸透性コンクリート保護の断面構成の模式図を示す。

表－Ⅱ.2.1　本研究で対象とする浸透性コンクリート保護材

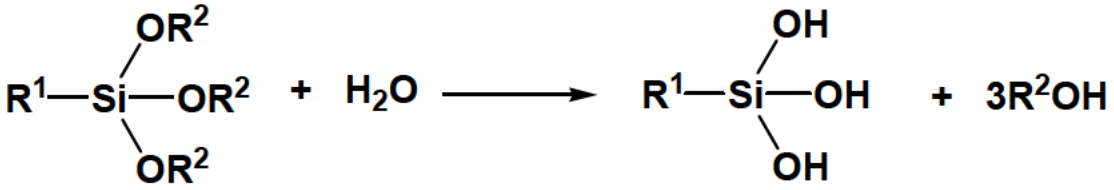
分　　類	系　　統	機　　能
シリコーン類	シラン系	表層部から浸透させることにより、細孔表面および細孔内部に撥水性のゾーンを形成し、外部からの水等の浸入を抑制することが期待される。
	シラン・シロキサン系（シロキサン系を含む）	
その他の類	シラン・ふっ素系	シリコーン類と同様に、細孔表面および内部に撥水性のゾーンを形成し、外部からの水等の浸入を抑制することが期待される。さらに疎水性を高める目的でふっ素系などが混合されている。
	シラン・シロキサン・ふっ素系	
	ふっ素系	



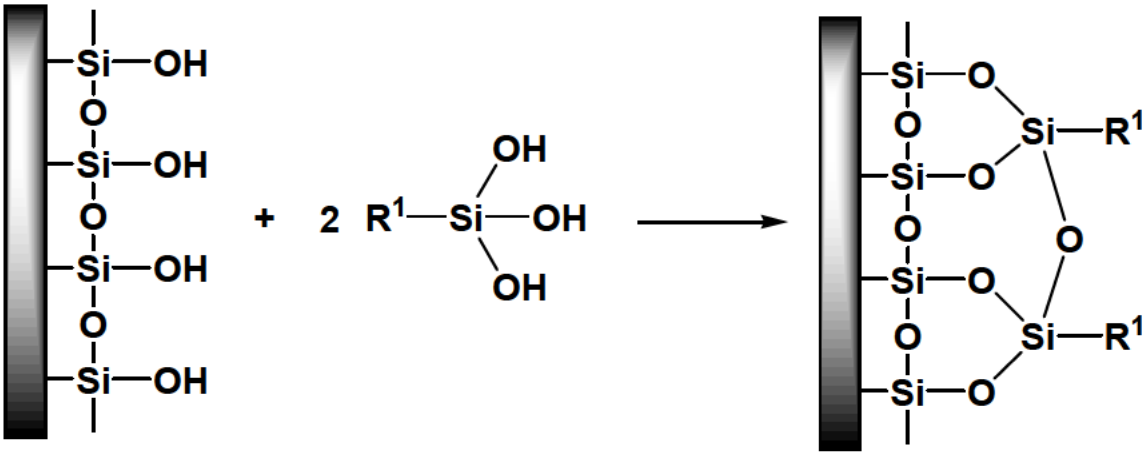
R^1：アルキル基（例：メチル基、エチル基、ヘキシル基など）
OR^2：アルコキシル基（加水分解性基）

図－Ⅱ.2.1　シリコーン類の主成分の構造式

第一段階　加水分解反応

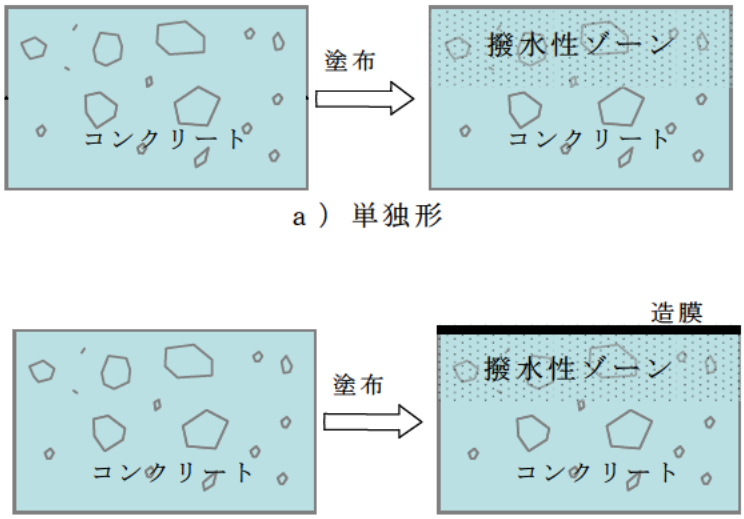


第二段階　コンクリートおよびモルタルの表面のヒドロキシ基（－ＯＨ）とシラノール



基（Ｓｉ－ＯＨ）との反応

図－Ⅱ.2.2　シリコーン類の反応機構



図－Ⅱ.2.3　浸透性コンクリート保護材の断面構成図

３．用語の定義

本報告中でよく用いられる用語について定義する。

（１）浸透性コンクリート保護材

コンクリート表面に塗布することで、コンクリート表層部に浸透し、コンクリート表層部に撥水性ゾーンを形成することで遮水性や遮塩性などの機能を付与し、コンクリート表層部を改質する材料。以下、保護材という。

（２）撥水

コンクリート表層部に浸透した保護材が水をはじく性能をもつ状態。

（３）水系

撥水性ゾーンを形成する成分や混合物を水で希釈した保護材。

（４）溶剤系

撥水性ゾーンを形成する成分や混合物を有機溶剤で希釈した保護材。

（５）無溶剤系

撥水性ゾーンを形成する成分や混合物の保護材。水や有機溶剤を含まない。

（６）単独形

シリコーン類もしくはその他の類の保護材をコンクリート（モルタル）表面に塗布した際、コンクリート表層部に撥水性ゾーンのみを形成するもの。

（７）造膜形

シリコーン類もしくはその他の類の保護材をコンクリート（モルタル）表面に塗布した際、コンクリート表層部に撥水性ゾーンと最外面に、より緻密な層を形成するもの。

（８）有効成分

塗布後のコンクリート表層部に撥水性ゾーンを形成する成分。

（９）シラン系

ケイ素原子(Si)を一つだけ持つ分子(モノマー)。シランの正確な定義は化学式でSiH_4と表されるが、本報告書ではオルガノアルコキシシランやアルキルアルコキシシランなどとした。

(10) アルキルアルコキシシラン

メチルトリメトキシシラン($CH_3Si(OCH_3)_3$)に代表されるように、疎水性を示すアルキル基(CH_3)と反応性のあるアルコキシ基(OCH_3)を含むシラン。主なアルキル基としてはメチル、エチル、ブチル、ヘキシル、オクチル、デシルなど、アルコキシ基としてはメトキシ、エトキシ、イソプロポキシなどがある。

(11) シロキサン系

シロキサン結合（Si-O-Si）を有するシリコーン化合物。アルキルアルコキシシランやオルガノアルコキシシランが重合してシロキサン結合のあるポリマーになる。

(12) シリコーン類

金属ケイ素をシリコン(Silicon)に対して、アルキル基やアルコキシ基など有機基を持った化合物の総称をシリコーン類(Silicone)と呼ぶ。

(13) ふっ素系

常温で塗布可能なフッ化ビニリデン（$CF_2=CH_2$）を主体とする共重合体や側鎖に撥水性に優れるパーフルオロアルキル基（$CF_3(CF_2)_n$）を含む化合物の総称をふっ素系と呼ぶ。

(14)発錆限界値

本試験におけるコンクリート内の鋼材腐食発錆限界値は、土木学会コンクリート標準示方書 施工編（土木学会）に示されている塩化物イオン量 1.2kg/m³とする。

Ⅲ．浸透性コンクリート保護材の性能評価試験

１．第１次性能評価試験

１．１　供試材料

保護材は、材料の基本性能試験、促進試験および暴露試験を実施した。評価対象とした保護材を表－Ⅲ.1.1 に示す。また、確認した性能評価試験を表－Ⅲ.1.2 に示す。

表－Ⅲ.1.1　第１次性能評価試験の供試材料

No.	系　統	分　類		成　分		有効成分量（%）	塗布量（g/㎡）	形　態	造膜成分
		大分類	中分類	主成分	副成分				
1	水　系	シリコーン類	シラン系	シラン	－	56	300	単独形	－
2						30	200		
3						30	250		
4	溶剤系					40	200		
5						20	200		
6						20	200		
7						20	250		
8	水　系		シラン・シロキサン系	シロキサン		10	200		
9				シラン	シロキサン	80	200		
10						80	200		
11						80	200		
12				シロキサン	シラン	30	300	造膜形	シリコーン樹脂系
13	溶剤系					25	300		
14	無溶剤系			シラン	シロキサン	90	300	単独形	－
15				シロキサン	シラン	100	300	造膜形	シリコーン樹脂系
16				シラン	シロキサン	100	200		
17	水　系	その他の類			シロキサン ふっ素	50	200		
18				ふっ素	ふっ素	38	200		ふっ素樹脂系
19	溶剤系				－	3	200	単独形	－
20				シラン	ふっ素	21	200	造膜形	ふっ素樹脂系
21	無塗布								

表－Ⅲ.1.2　性能評価試験

試　験		試　験　目　的	性能評価試験
室内試験	基本試験	コンクリート表面または表層部での改質の程度	①外観観察 ②表面撥水 ③浸透深さ ④透水性 ⑤透湿性
	促進試験	促進条件下で原因物質による劣化現象発生の判断	⑥塩化物イオン浸透性 ⑦中性化深さ
暴露試験	実環境における劣化現象発生の有無		①外観観察 ②表面撥水 ③浸透深さ ④透水性 ⑤透湿性 ⑧塩化物イオン浸透性 ⑨中性化深さ ⑩現場透水量

１．２　試験体の作製方法

試験体は試験項目、暴露場所、暴露期間毎に必要な数量を作製し試験を行なった。

（１）基材の作製

コンクリート基材の使用材料および示方配合を表－Ⅲ.1.3 および表－Ⅲ.1.4 に示す。基材用コンクリートは寸法 100mm×100mm×100mm の木製型枠を用いてコンクリートを打設し、１日養生(20℃、80％RH)後、脱型し、6 日水中(20℃)養生し、28 日気中養生(23℃、50％RH)して作製した。その後、供試面以外の面は研磨して面粗し後、溶剤形エポキシ樹脂系プライマーを塗布し､次に溶剤形エポキシ樹脂塗料でシールした。目視により、溶剤形エポキシ樹脂塗料でのシールに不備が見られる箇所には、エポキシ樹脂パテで補修を行なった。

表－Ⅲ.1.3　使用材料

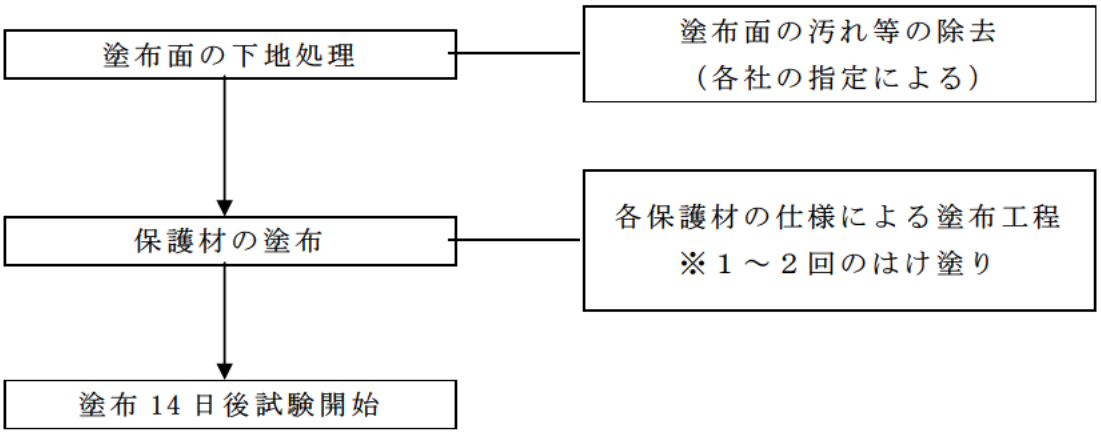
材料	記号	摘　　要
水	W	上水道水(神奈川県茅ヶ崎市)
セメント	C	普通ポルトランドセメント　密度：3.16g/cm^3
細骨材	S	相模川系陸砂と千葉県市原産山砂を 3：1 に混合　密度：2.58g/cm^3
粗骨材	G	神奈川県厚木市飯山産砕石と神奈川県津久井郡城山町小倉産砕石を 6：4 に混合　密度：2.63g/cm^3
混和剤	Ad	変性リグニンスルホン酸系 AE 減水剤

表－Ⅲ.1.4　コンクリートの示方配合

粗骨材最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)
20	12±2.5	54.5	4.5±1.5	46.4
単位量 (kg/m^3)				
W	C	S	G	Ad
169	310	825	977	4.03

（２）試験体の作製

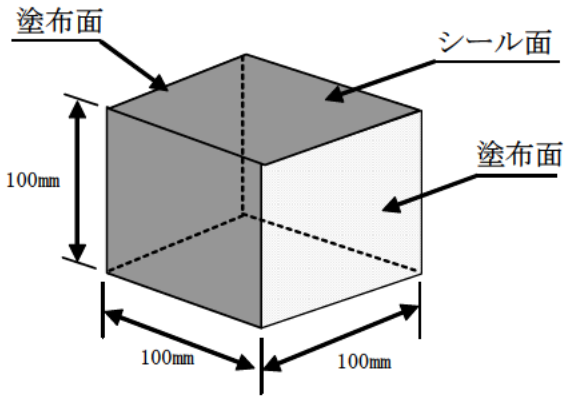
基材用コンクリートへの各保護材の塗布作業フローを図－Ⅲ.1.1 に示す。



図－Ⅲ.1.1　試験体の塗布作業フロー

（３）試験体の形状

保護材を塗布した試験体の形状を、図－Ⅲ.1.2 に示す。



注）シール面はエポキシプライマーを塗布し、溶剤形エポキシ樹脂塗料を塗装した。
さらに、シールに不備が認められる箇所にはエポキシパテで補修を行なった。

図－Ⅲ.1.2　試験体の形状

１．３　室内試験方法

１．３．１　外観観察

（１）試験方法

１）目視による外観観察

塗布面を拡散昼光のもと、目視により外観観察を行った。

２）色彩色差計による測定（色差⊿E^*_{ab}，明度差⊿L^*）

塗布面の光学測定（各３点）を行い、無塗布試験体との比較により平均の色差・明度差を測定した。

（２）評価基準

１）目視による外観観察

無塗布試験体と比較して、変化がない場合は「－」と評価し、変化が確認された試験体は、「つや有り」や「濡れ色」と分類した。評価基準の例を図－Ⅲ.1.3 に示す。



図－Ⅲ.1.3　評価基準の例

２）色差、明度差の評価（色差⊿E^*_{ab}，明度差⊿L^*）

外観変化を評価するために、初期の色合い等を評価した。

色彩色差計による評価点を表－Ⅲ.1.5、色彩色差計を写真－Ⅲ.1.1 に示す。

なお、評価点は本研究会において定めた基準である。

表－Ⅲ.1.5　色彩色差計による評価点

評価点	色差	状態
1	５未満	変化なし
2	５～10	わずかに変化している
3	10～15	変化している
4	15～20	かなり変化している
5	20 以上	著しく変化している



写真－Ⅲ.1.1　色彩色差計

１．３．２　表面撥水

シラン系､シロキサン系の保護材を塗布したコンクリート表面は水をはじく性質(撥水性）を有しており、この性質によって水分の透過阻止も期待される。この撥水性をより定量的に捉えるために、撥水評価点を作成して、以下の試験方法で実施した。

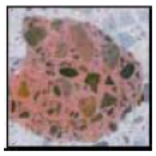
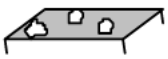
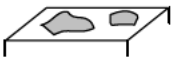
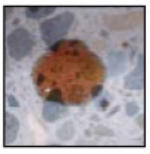
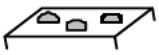
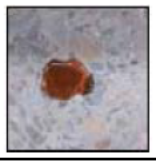
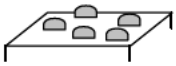
（１）試験方法

洗ビンを用い、保護材の塗布面に水を約１mℓ滴下し、その撥水状況を観察した。

（２）評価方法

表面の撥水状況を無塗布試験体と比較し、表－Ⅲ.1.6によって評価した。

表－Ⅲ.1.6　表面撥水性の評価点および評価基準写真

撥水評価点	分類	状況			
1	濡れる				無塗布と同様に撥水性がなく、全体的に濡れる
2	やや濡れる				撥水性がほとんどなく濡れる
3	拡がる				わずかな撥水性がある
4	ややはじく				中程度の撥水性がある
5	はじく				著しい撥水性がある

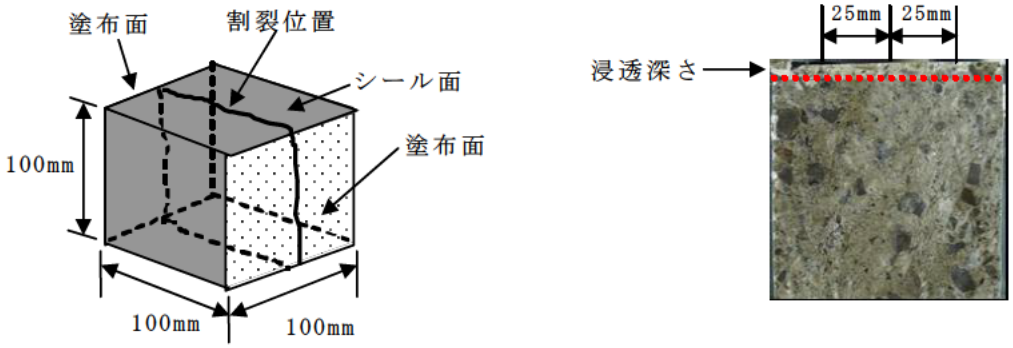
注)評価点２は評価点１と３の中間的な状況。評価点４は評価点３と４の中間的な状況。
また、評価基準写真（左側：正面、右側：側面）は、判定し易くするために少量の赤インクを薄めた水で撥水程度を基準化。

１．３．３　浸透深さ

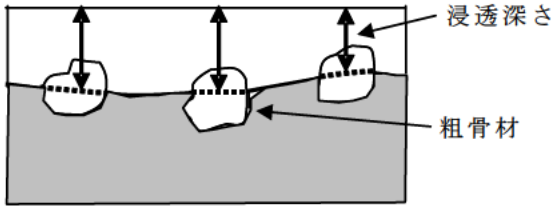
保護材は、コンクリート表面に塗布することで浸透し、コンクリート表層部に撥水箇所ができる。撥水箇所は、コンクリートを割裂または切断し、水に浸すことによって未撥水箇所と区別でき、保護材塗布面からの厚さとして測定することができる。この厚さを浸透深さと呼ぶことにし、保護材の浸透性の把握や浸透深さと保護材のもつ性能との関係を調べた。

（１）試験方法

図－Ⅲ.1.4 に示すように、寸法 100mm×100mm×100mm の試験体の保護材塗布面中央部で２分割するため、試験体シール面に鋼製丸棒を置き、その上から圧力をかけることで割裂した。その後、２分割した試験体の片方を 23℃の水に 30 秒浸漬して取り出し、表面からの深さを精度１mm で測定できるノギスを使用して浸透深さを測定した。測定箇所は、保護材塗布面中央部および中央部から 25mm の片面３箇所とした。測定箇所に粗骨材がある場合は、図－Ⅲ.1.5 に示すように測定した。



図－Ⅲ.1.4　試験体形状と浸透深さの確認



図－Ⅲ.1.5　測定箇所に粗骨材がある場合の測定方法

（２）評価方法

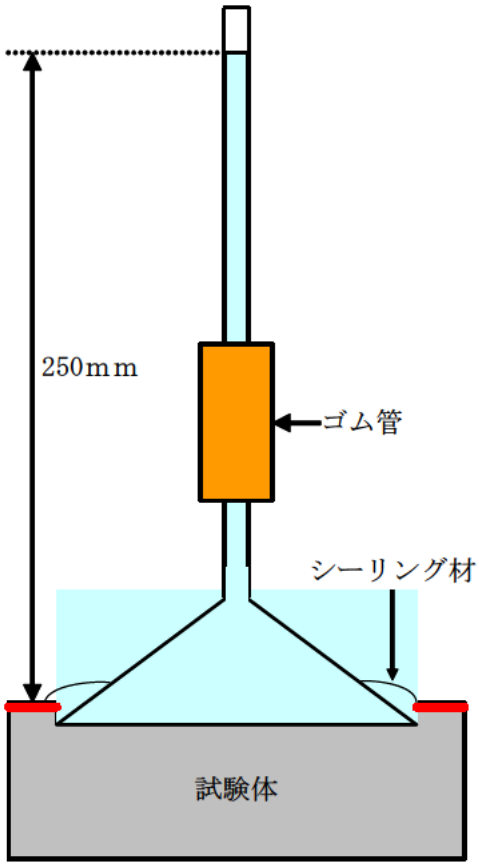
浸透深さは、片面３箇所の測定値を平均し、四捨五入によって少数点以下１桁となるように算出した。

１．３．４　透水量

保護材が外部からの水の浸透をどのくらい遮断できるか評価するために、JIS A 6909-2001「建築用仕上塗材」7.12 透水試験Ｂ法に準じて各種保護材の透水量を測定した。

（１）試験方法

試験体は、寸法 100mm×100mm×100mm のコンクリートの上下２面に保護材を製造業者の指定する方法によって塗布し、残る４面は遮断性の高いエポキシ樹脂塗料でシールした。塗装完了後、30 日間養生した。試験環境は、23℃±２℃、湿度 60％±５％RH に調整された恒温恒湿室で行なった。試験方法は、図－Ⅲ.1.6 に示すように JIS A 6909-2001「建築用仕上塗材」7.12 透水試験Ｂ法を用い、試験体とφ75mm ポリエチレン製のロートの接触付近にシーリング材を塗布し 24 時間放置した。シーリング材の硬化を確認後、ゴム管で 0.05mℓ刻みの目盛りを有するガラス管（５mℓメスピペット）を接続した。その後、脱イオン水を試験面より 250mm になるようにガラス管上部より静かに注ぎいれ、経時での脱イオン水の変化量を測定し透水量とした。測定は 24 時間後まで行なった。24 時間後、メスピペットを越えてロート内まで脱イオン水が減少した場合は、脱イオン水を追加した。追加した脱イオン水は質量を秤量し体積に置き換えた。



図－Ⅲ.1.6　透水量試験方法

（２）評価方法

脱イオン水を入れ後１，３，５，８,24 時間経過後の水量の変化を確認し､24 時間後の変化量を透水量として記録する。保護材を塗布しない試験体と対比するため式（１）で透水比を算出し評価する。

$$B = A / A_B \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

ここに、A　：24 時間後の透水量（mℓ/24h）

A_B ：無塗布試験体の 24 時間後の透水量（mℓ/24h）

B　：透水比

１．３．５　透湿性

コンクリートおよびモルタルや、コンクリート補修材料について、いくつかの透湿試験方法が提案されているが、大きく分けると吸湿と放湿の２種類の試験方法に分類される。本試験においては、アルカリ骨材反応抑制におけるコンクリート内部からの水分の放出を妨げないことを主眼とした評価方法の確立をめざすため、放湿量を測定し、透湿性を評価した。

（１）試験方法

コンクリートカッターを用いて保護材を塗布した面より厚さ 50mm となるように切断し、はけ、ウェスを用いて試験体表面の切削粉を取り除いた。これらを 60℃の恒温器内で７日間養生した後、試験体を十分な含水状態にするため、温度 25℃±0.5℃、相対湿度 50％±２％の恒温恒湿室内で保護材塗布面を横向きにした試験体を脱イオン水に７日間浸漬した。なお､浸漬時の水深は水面から試験体上面まで 150mm とした。

写真－Ⅲ.1.2 に浸漬の状況を示す。



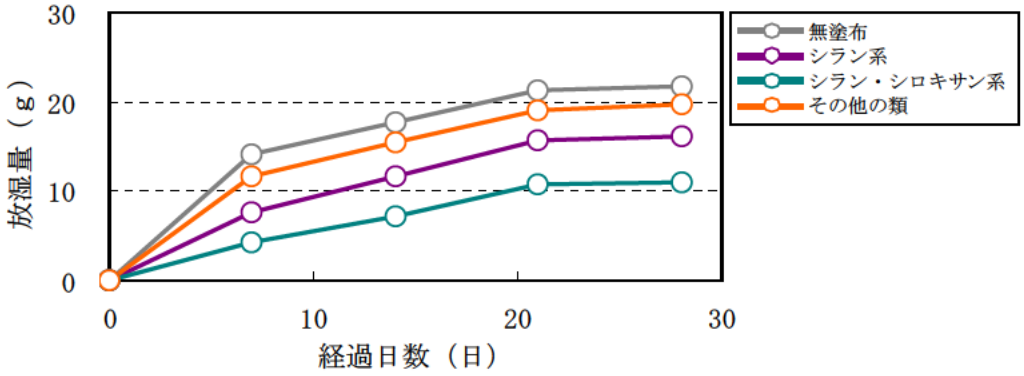
写真－Ⅲ.1.2　試験体の浸漬状況

浸漬終了後、すぐに試験体表面の水滴を乾いた布で拭き取り、試験体質量を測定した。続いて塗布面以外からの放湿を防ぐため、アルミ粘着テープで切断面と側面をシールし、十分に密着していることを確認した。写真－Ⅲ.1.3 にシール後の試験体例を示す。



写真－Ⅲ.1.3　シール後の試験体例

シールした試験体質量を測定した後、保護材塗布面を上にして静置し、14 日目、28 日目（場合により 7 日目、21 日目）に質量を測定し、変化が少なくなった 28 日目の放湿量を用いて評価した。シラン系、シラン・シロキサン系、その他の類の各代表例での経過日数と減少した質量（放湿量）を図－Ⅲ.1.7 に示す。



図－Ⅲ.1.7　経過日数と放湿量

（2）評価方法

7 日間の水中浸漬によって増加した量を吸水量A_7とし、恒温恒湿室内で 28 日間静置して減少した量を放湿量B_{28}とした。各試験体の吸水量には違いがあることから、個々の吸水量と放湿量の割合から放湿率Cを求め、さらに無塗布試験体の放湿率C_Bとの比を放湿比Dとした。

放湿率と放湿比はそれぞれ式（1）、式（2）により算出し、得られた結果から透湿性を評価した。

$$C\ (\%) = B_{28} / A_7 \times 100 \quad \cdots\cdots (1)$$

$$D = C / C_B \quad \cdots\cdots (2)$$

ここに、A_7：7 日後の吸水量（g）

B_{28}：28 日後の放湿量（g）

C　：放湿率（%）

C_B：無塗布試験体の放湿率（%）

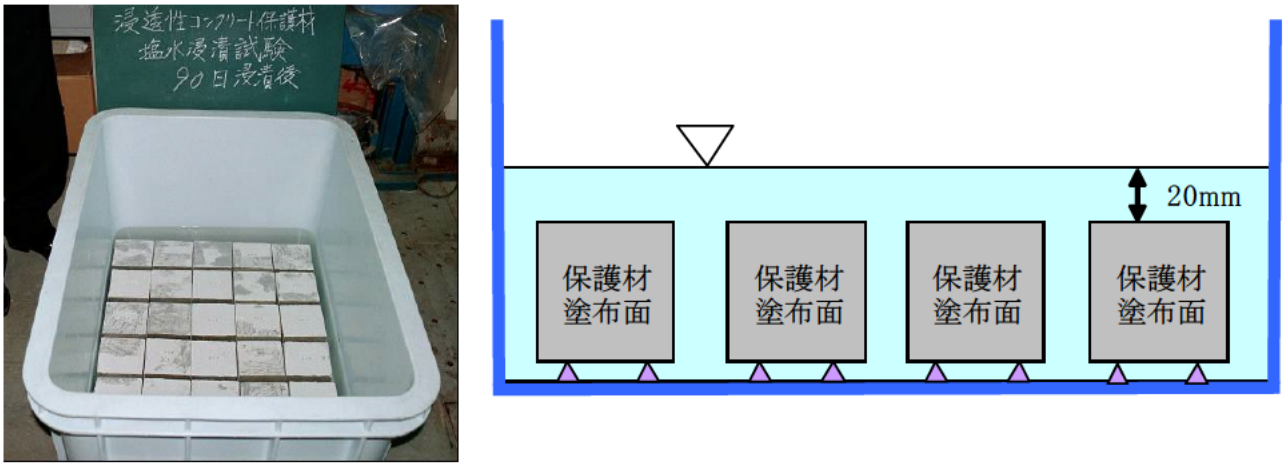
D　：放湿比

１．３．６　塩化物イオン浸透性

塩化物イオン浸透を評価する方法は、塩化物イオン浸透深さを測定する方法と試験体に浸透した塩化物イオン量を測定する方法がある。塩化物イオンの浸透深さの測定は、JIS A 1171 の 7.8「塩化物イオン浸透深さ試験」に準拠するフルオレセインナトリウム水溶液および 0.1N 硝酸銀溶液を噴霧して行う方法で測定し、試験体に浸透した塩化物イオンの測定は、JCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法：日本コンクリート工学協会」によって塩分物濃度を測定した。また、浸漬期間による重量変化測定は、塩化物イオン量の測定前に行った。

（１）試験方法

試験体の浸漬試験は、試験期間が短い場合や浸漬溶液の濃度が低い場合に、保護材の性能を数値的に把握することが難しくなることを考慮し、30℃の恒温槽内で濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 90 日間浸漬した。浸漬は、図－Ⅲ.1.8 に示すポリエチレン製容器を用い、隣接する試験体などの影響をなくすため 10mm 程度のスペーサー上に、塗布面を横向きに置いた。また、水圧の影響を考慮して試験体上部から水面までの距離を試験期間中、20mm 程度として一定に保つように調整し、試験容器を密閉して塩化物イオン濃度が変化しないように調整した。



図－Ⅲ.1.8　塩化物イオン浸透性試験方法

１）質量変化の測定

質量変化の測定は、濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬から次式によって、質量変化やよび質量変化率を求めた。なお、浸漬期間を 90 日としたが、所定の期間の質量変化測定も同様に求めた。

$$W=[(w_n-w_o)/w_o]\times 100$$

ここに、W ：塩水浸漬試験 90 日後の質量変化率（%）

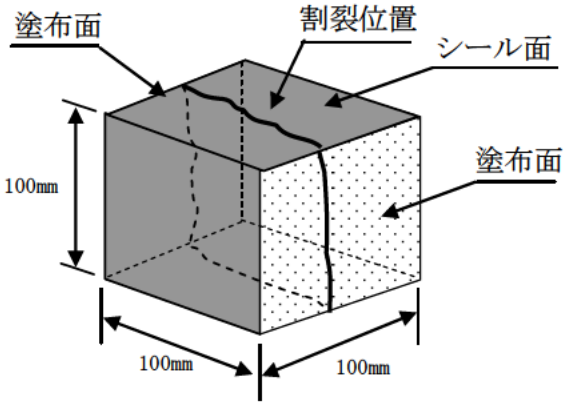
w_n：塩水浸漬試験 90 日後の試験体の質量（g）

w_o：塩水浸漬前における試験体の質量（g）

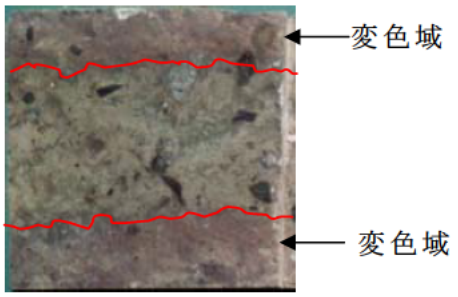
w_n-w_o：塩水浸漬試験 90 日後の質量変化（g）

2）塩化物イオン浸透深さの測定

濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬後、保護材を塗布面と垂直方向に割裂し、JIS A 1171 の 7.8「塩化物イオン浸透深さ試験」に準拠して、0.1%フルオレセインナトリウム溶液および 0.1 規定硝酸銀溶液を割裂面に噴霧し、塩化物イオン浸透深さを測定した。測定は、茶褐色に変色した部分、すなわち塩化物イオン浸透部分について表面からの深さを精度 1 mm で測定できるノギスを使用し測定した。測定位置および測定点は、均等に片面ごとに最大、最小を含 8 箇所とし、両面測定したため合計 16 箇所となった。割裂位置を図－Ⅲ.1.9 に、塩化物イオン浸透深さの変色域を図－Ⅲ.1.10 に示す。



図－Ⅲ.1.9　割裂位置



変色状況

図－Ⅲ.1.10　塩化物イオン浸透深さ

３）塩化物イオンの定量

塩化物イオン浸透深さの測定で残った半分のコンクリート片について塗布面から10mm、10mmから20mm、20mmから30mm位置の塩化物イオン量を測定した。なお、保護材は試験体の両面に塗布されているが、塩化物イオン浸透深さ測定で深く浸透していた塗布面の塩化物イオン量を測定した。試験体に浸透した塩化物イオンの測定は、JCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法:日本コンクリート工学協会」によって塩分物濃度を測定した。

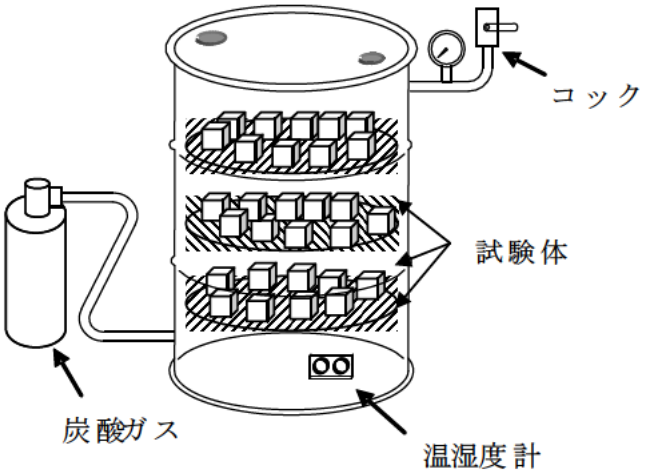
測定は、切断した試験片を、JIS Z 8801「標準ふるい」の149μmを全通させるように微粉砕して、電位差滴定法の手順に従って、塩化物イオン量の定量を行った。

１．３．７　中性化深さ

促進中性化試験は、試験体を相対湿度50%、二酸化炭素濃度10%の条件下に65日間、塗布面が横向きになるように設置して行った。促進中性化試験終了後、試験体の浸透性コンクリート保護材塗装面を２分割するように割裂し、フェノールフタレイン１%溶液を噴霧し、割裂面の中性化深さを精度１mmで測定できるノギスを使用し測定した。促進中性化試験は、自然環境での中性化の進行と条件が違い、中性化深さの絶対的な評価が難しいことから無塗布試験体と比較して評価した。

（１）試験方法

促進中性化装置を図－Ⅲ.1.11に示す、JIS Z 1600に規定する鋼製オープンドラム（耐圧0.098MPa(N/mm^2)程度)と炭酸ガスボンベなどから構成される試験装置を組立て、試験を行った。試験体は、塗布面を横にして静置した後、下から二酸化炭素を流し、上部にあけた穴からブローさせ、内部に二酸化炭素を充満させる方法で実施した。二酸化炭素濃度は、炭酸ガス検知管（ガステック社製）を使用し10%になるように調整した。試験は、装置内の湿度が相対湿度50%程度で、28日後に中性化の進行を確認し、65日間行った。

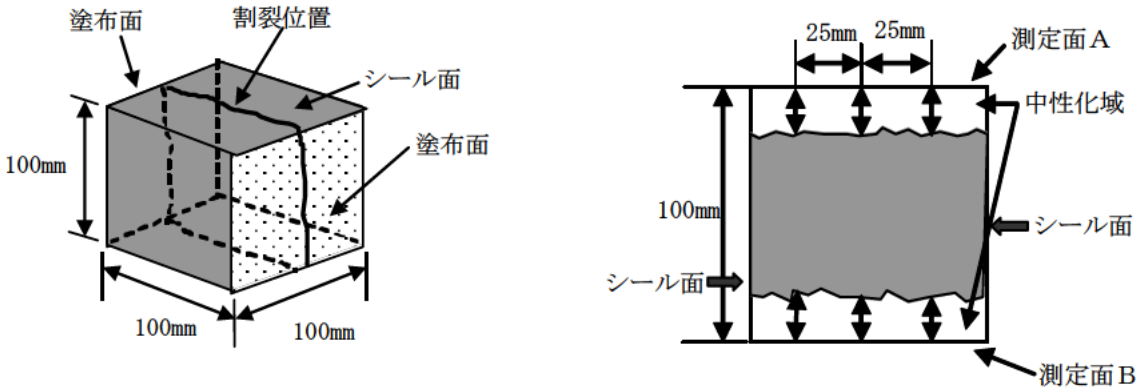


図－Ⅲ.1.11　促進中性化試験装置の概略図

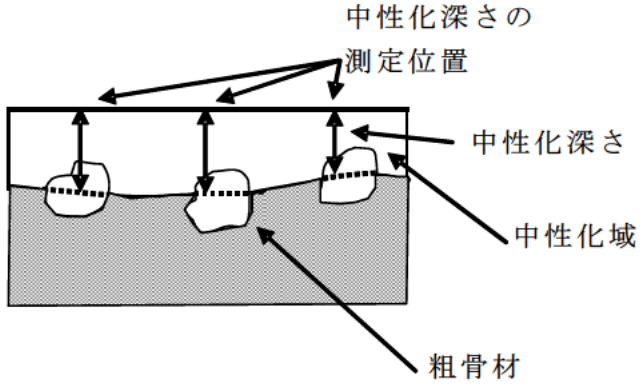
（２）評価方法

中性化深さの測定方法は、JIS A 1152-2002「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準拠して行った。促進中性化試験終了後、圧縮試験機と丸棒を用いて、図－Ⅲ.1.12に示すように、測定面を２分割に割裂した。このとき、割裂面に付着するコンクリートの小片や粉をはけで除去した後、フェノールフタレイン１％溶液[注)]を割裂面に噴霧した。中性化深さの評価は、赤変しない部分（中性化している部分）の表面からの深さを 0.1mm まで、クラックスケールで測定した。クラックスケールは薄い透明板にクラック幅が印刷されており、試験体上の測定部に隙間なく押し当てられるため、目視で誤差が少なく測定することが可能である。測定部に目盛幅測定位置および測定点は、中心および中心から 25mm の位置と最大、最小を含む 3 点とした。測定箇所に粗骨材の粒子がある場合の中性化深さの測定は、図－Ⅲ.1.13 に示すように測定し評価した。また、中性化深さの状態（コンクリートカッター切断面）を写真－Ⅲ.1.4 に示す。

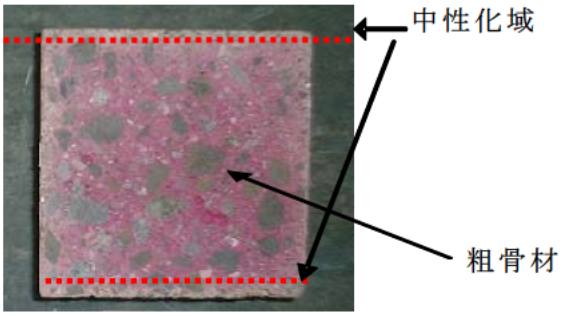
注)95％エタノール 90mℓにフェノールフタレインの粉末１ｇを溶かし水を加えて 100mℓとしたもの。



図－Ⅲ.1.12　中性化の測定方法



図－Ⅲ.1.13　測定箇所に粗骨材がある場合の測定方法



写真－Ⅲ.1.4 中性化深さの測定（コンクリートカッター切断面）

（３）保護材の中性化深さ

促進中性化試験結果をもとに、（１）式によって保護材と無塗布試験体の中性化深さから中性化比を算出し比較した。

$$中性化比 = L_1 / L_2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

ここに、L_1：各試験体の中性化深さ（㎜）

L_2：無塗布試験体の中性化深さ（㎜）

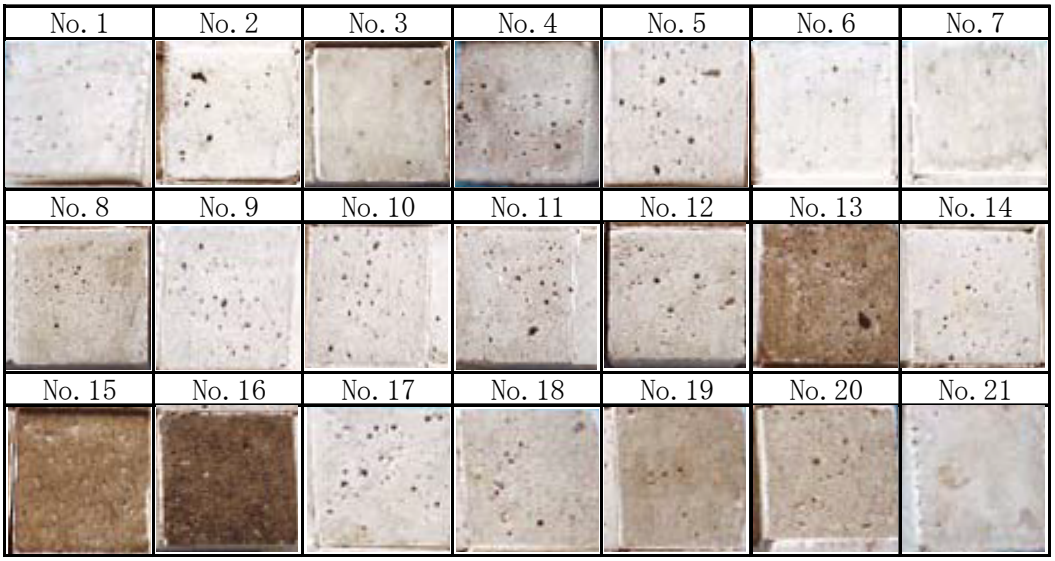
１．４　室内試験結果

１．４．１　外観観察

（１）目視による外観観察

目視観察において、無塗布試験体と比較して変化が確認されたのは、20 試験体のうち５試験体であり、その内訳は、No.2（シラン系），No.13,14,15,16（シラン・シロキサン系）であった。造膜形のものは、半数程度が「濡れ色」になっていた。「濡れ色」と評価した試験体は、無塗布試験体と比べて黒味をおびていた。一方、「つや有り」と評価した試験体は、無塗布試験体と比べて白っぽくなっていた。

試験体外観を図－Ⅲ.1.14 に示す。



図－Ⅲ.1.14　試験体外観状態

（２）色彩色差計による測定

色彩色差計による測定では、色差が 10 以上を示したのは、No.13,15,16（シラン・シロキサン系）の３試験体であった。「濡れ色」と評価した試験体の明度（Ｌ*値）は小さく、「つや有り」と評価した試験体は、明度（Ｌ*値）が大きかった。

目視観察において変化が確認された試験体は色差が大きく（3.98～21.84)、変化なしと判定した試験体の色差はほとんどが５未満の小さい値を示した。したがって、無塗布試験体と比較して、変化が認められる試験体は色差が５以上のもので、色差が５未満のものはほとんど差がないことが確認された。

外観観察結果を表－Ⅲ.1.7 に示す。

表－Ⅲ.1.7　外観観察結果

No.	系　統	中分類	形　態	外観観察（目視）	初期値	
					ΔE^*_{ab}	ΔL^*
1	水　系	シラン系	単独形	変化なし	1.63	60.06
2				つや有り	5.95	66.73
3				変化なし	1.37	61.34
4	溶剤系			変化なし	5.25	55.58
5				変化なし	0.47	60.47
6				変化なし	3.31	63.72
7				変化なし	2.66	63.12
8	水　系	シラン・シロキサン系		変化なし	1.55	61.88
9				変化なし	0.91	61.72
10				変化なし	0.24	60.99
11				変化なし	1.92	62.64
12			造膜形	変化なし	1.35	62.16
13	溶　剤			濡れ色	17.96	43.05
14	無溶剤系		単独形	つや有り	3.98	64.60
15			造膜形	濡れ色	15.15	45.95
16				濡れ色	21.84	39.01
17	水　系	その他の類		変化なし	2.98	63.78
18				変化なし	0.57	60.91
19	溶剤系		単独形	変化なし	5.64	55.22
20			造膜形	変化なし	1.96	60.24
21	無塗布					

（３）目視と色差の関係のまとめ

外観観察の結果、以下のことが明らかとなった。

①シラン系は、No.２は外観変化（つや有り）が確認されたが、それ以外は無塗布試験体と比較して外観変化は認められなかった。

②その他の類は、外観変化は認められなかった。

③造膜形の試験体は、「濡れ色」になったものが多かった（７試験体のうち３試験体）。

④単独形の試験体は、「つや有り」と評価したものは２試験体のみであった（13 試験体のうち２試験体）。

１．４．２　表面撥水

（１）試験結果

造膜形は、単独形の保護材に比べ撥水性が優れている。また、いずれの保護材も無塗布に比べ、表面撥水性に優れているが、保護材の種類によって表面撥水性程度が異なった。

初期（塗装 14 日後）の表面撥水性の試験結果を表－Ⅲ.1.8 に示す。

表－Ⅲ.1.8　初期の表面撥水性

No.	系　統	中分類	形　態	造膜成分	評価点
1	水　系	シラン系	単独形	－	3
2					4
3					5
4	溶剤系				6
5					5
6					4
7					5
8	水　系	シラン・シロキサン系			5
9					5
10					5
11					5
12			造膜形	シリコーン樹脂系	5
13	溶剤系				5
14	無溶剤系		単独形	－	5
15			造膜形	シリコーン樹脂系	5
16					5
17	水　系	その他の類			3
18				ふっ素樹脂系	5
19	溶剤系		単独形	－	5
20			造膜形	ふっ素樹脂系	5
21	無塗布				1

注）1：濡れる、2：やや濡れる、3：拡がる、4：ややはじく、5：はじく

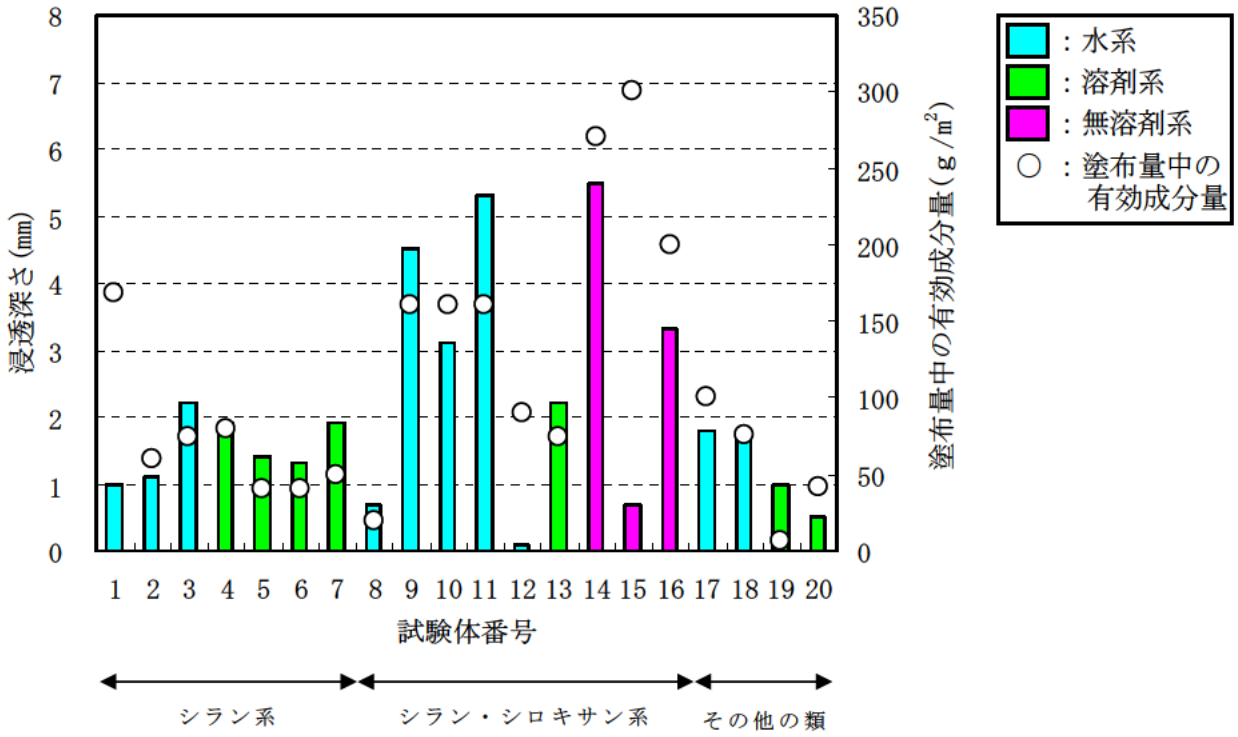
（2）まとめ

全体的には、いずれの試験体も無塗布試験体に比べて表面撥水性が優れていることが確認された。

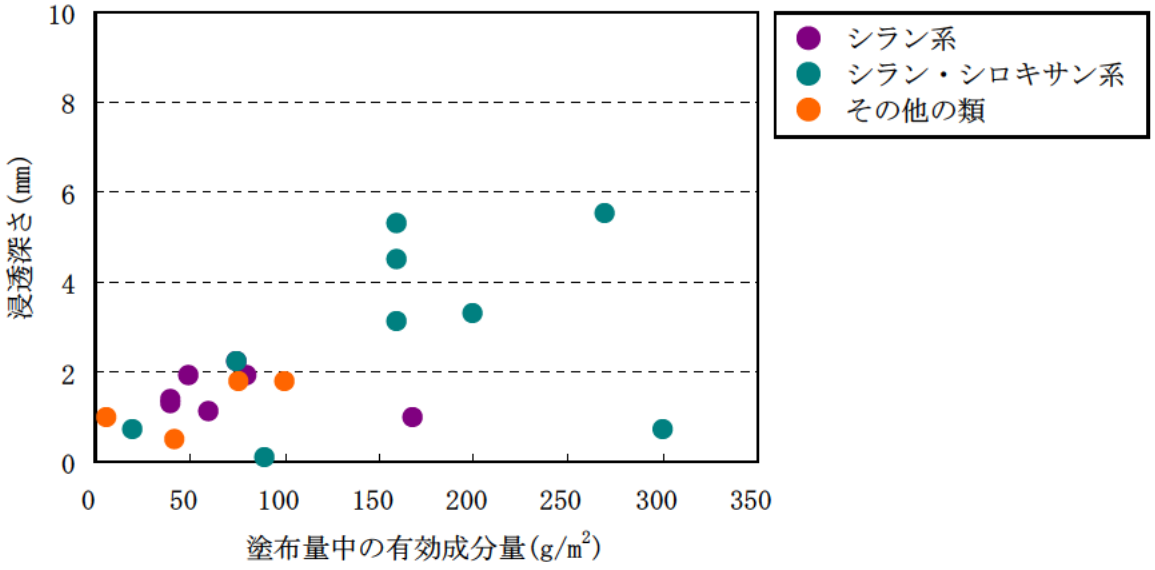
1．4．3　浸透深さ

（1）浸透深さの測定結果

全ての系の浸透深さおよび塗布量中の有効成分量を図－Ⅲ.1.15 と図－Ⅲ.1.16 に示す。水セメント比 54.5%の基材用コンクリートに塗布した時の浸透深さの平均値は 2.1mm であった。シラン系では、水系単独形の No.3（水系）が最も大きい値を示した。シラン・シロキサン系では、単独形 No.14（無溶剤系）が最も大きい値を示した。その他の類では、造膜形 No.18（水系）が最も大きい値を示した。全ての系の塗布量中の有効成分量と浸透深さの寄与率（R^2）は、0.31 であった。



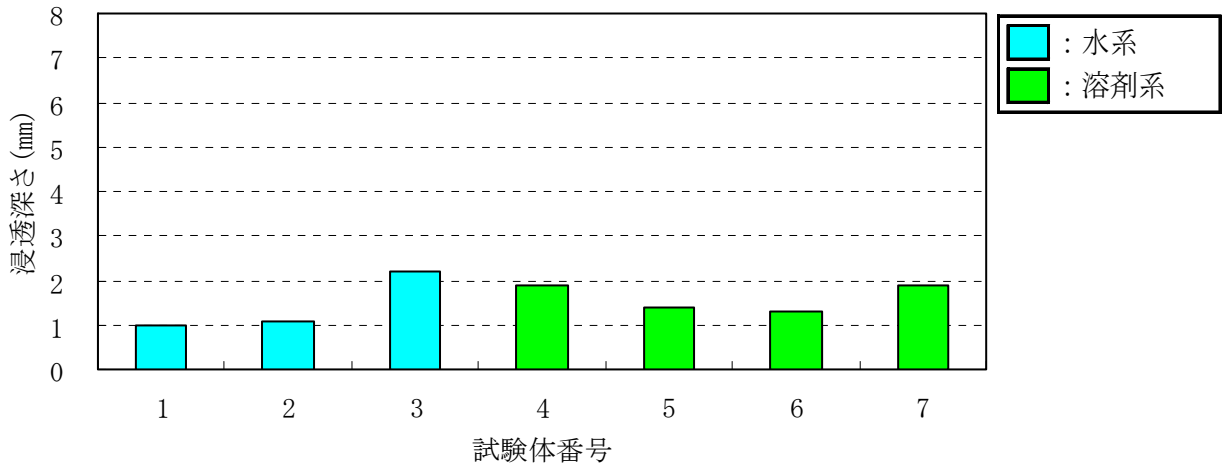
図－Ⅲ.1.15　全ての系の浸透深さと塗布量中の有効成分量



図－Ⅲ.1.16　全ての系の塗布量中の有効成分量と浸透深さ（ｎ＝20）

（２）シラン系

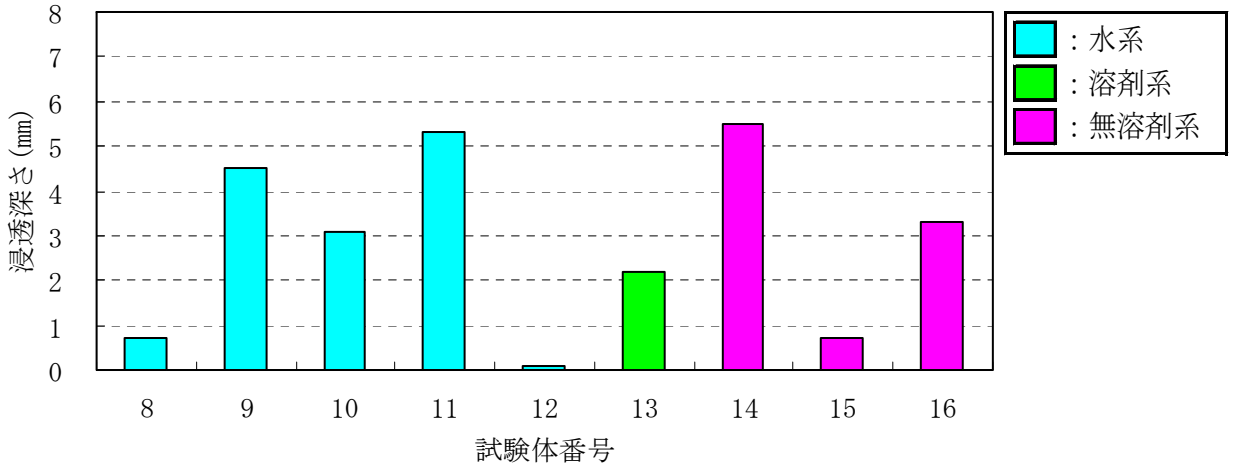
水系，溶剤系の浸透深さを図－Ⅲ.1.17 に示す。シラン系の平均値は 1.5mm であった。



図－Ⅲ.1.17　シラン系の浸透深さ

（３）シラン・シロキサン系

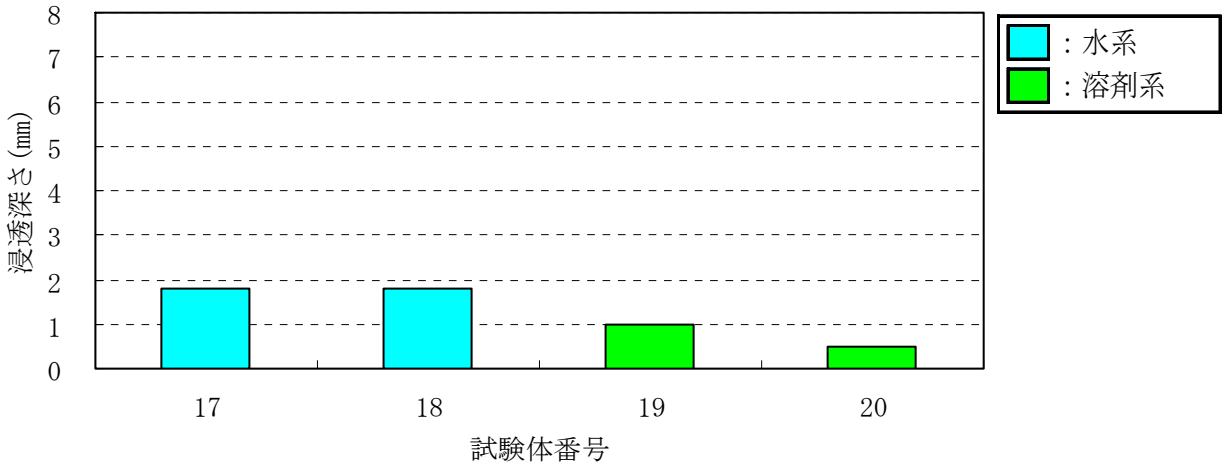
水系，溶剤系，無溶剤系の浸透深さを図－Ⅲ.1.18 に示す。水系では、No. 9 ,10, 11 が大きい値を示した。無溶剤系では、No. 14, 16 が大きい値を示した。



図－Ⅲ.1.18　シラン・シロキサン系の浸透深さ

（４）その他の類

水系，溶剤系の浸透深さを図－Ⅲ.1.19 に示す。水系（No. 17, 18）は、溶剤系（No. 19, 20）よりも大きい値を示した。



図－Ⅲ.1.19　その他の類の浸透深さ

（５）まとめ

室内試験結果から以下のことが明らかになった。

①水セメント比 54.5%の基材用コンクリートに塗布した時の全ての系の浸透深さの平均値は 2.1mm であった。

②全ての系の塗布量中の有効成分量と浸透深さの寄与率（R^2）は、0.31 であった。

③シラン系の平均値は 1.5mm であった。

④シラン・シロキサン系は、水系や無溶剤系が大きい値を示した。

⑤その他の類は、水系の方が溶剤系よりも大きい値を示した。

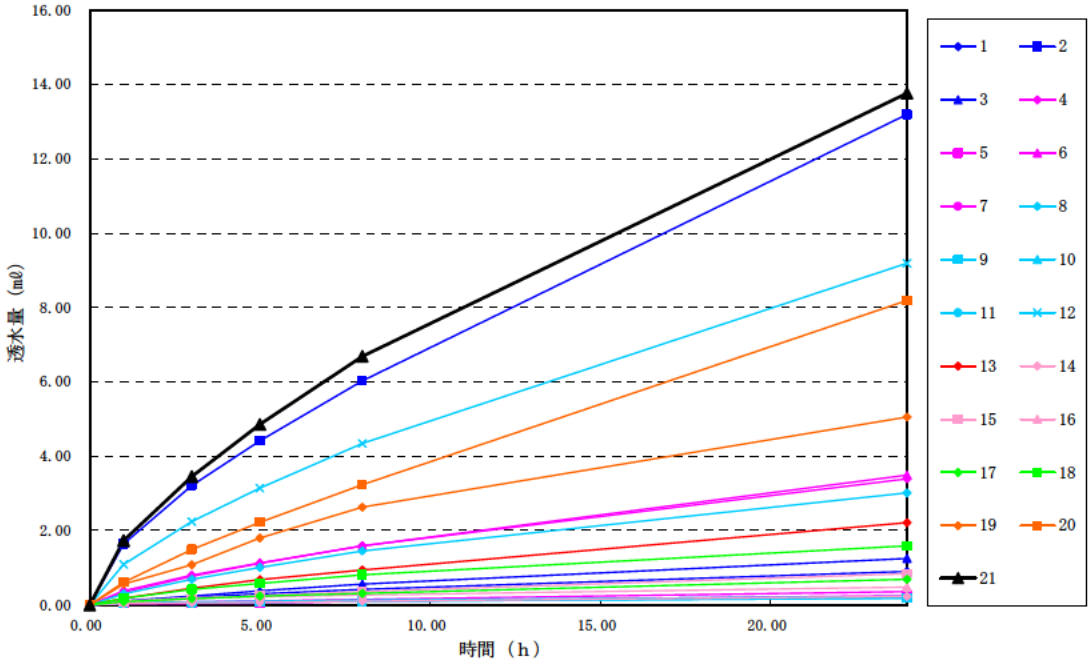
１．４．４　透水量

（１）透水量の測定結果

透水試験を開始してから１，３，５，８，24 時間で透水量を測定した。透水比は、24 時間後の無塗布の透水量を 1.00 にした時の各保護材の透水量の比率で表した。各保護材の透水量と透水比を表－Ⅲ.1.9 に示す。また、透水時間による透水量の変化を図－Ⅲ.1.20 に示す。

表－Ⅲ.1.9　透水量測定結果

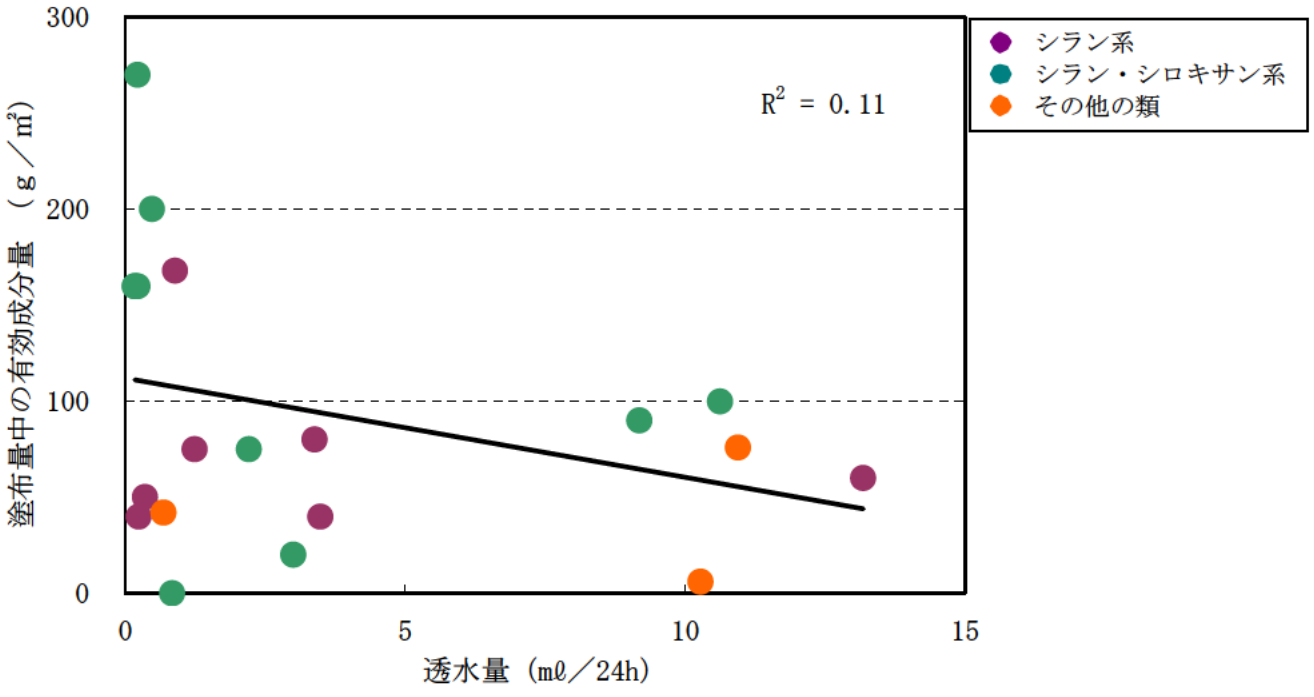
No.	系　統	中分類	形　態	透水量（試験時間）					透水比
				1	3	5	8	24	
1	水　系	シラン系	単独形	0.09	0.21	0.30	0.42	0.90	0.07
2				1.64	3.21	4.41	6.02	13.19	0.96
3				0.11	0.24	0.38	0.56	1.25	0.09
4	溶剤系			0.38	0.80	1.13	1.59	3.39	0.25
5				0.03	0.04	0.05	0.10	0.25	0.02
6				0.34	0.77	1.12	1.59	3.49	0.25
7				0.05	0.08	0.11	0.15	0.36	0.03
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	0.30	0.69	1.01	1.45	3.01	0.22
9				0.05	0.06	0.08	0.10	0.19	0.01
10				0.07	0.08	0.10	0.13	0.23	0.02
11				0.06	0.07	0.07	0.10	0.18	0.01
12			造膜形	1.09	2.24	3.14	4.34	9.19	0.67
13	溶剤系			0.18	0.45	0.68	0.94	2.21	0.16
14	無溶剤系		単独形	0.04	0.06	0.07	0.10	0.23	0.02
15			造膜形	0.07	0.16	0.25	0.36	0.84	0.06
16				0.10	0.20	0.22	0.27	0.48	0.03
17	水　系	その他の類	造膜形	0.09	0.17	0.24	0.31	0.69	0.05
18				0.18	0.42	0.58	0.81	1.59	0.12
19	溶剤系		単独形	0.56	1.08	1.80	2.63	5.05	0.37
20			造膜形	0.61	1.49	2.22	3.23	8.19	0.60
21	無塗布			1.73	3.45	4.85	6.68	13.76	1.00



図－Ⅲ.1.20　透水時間と透水量の変化

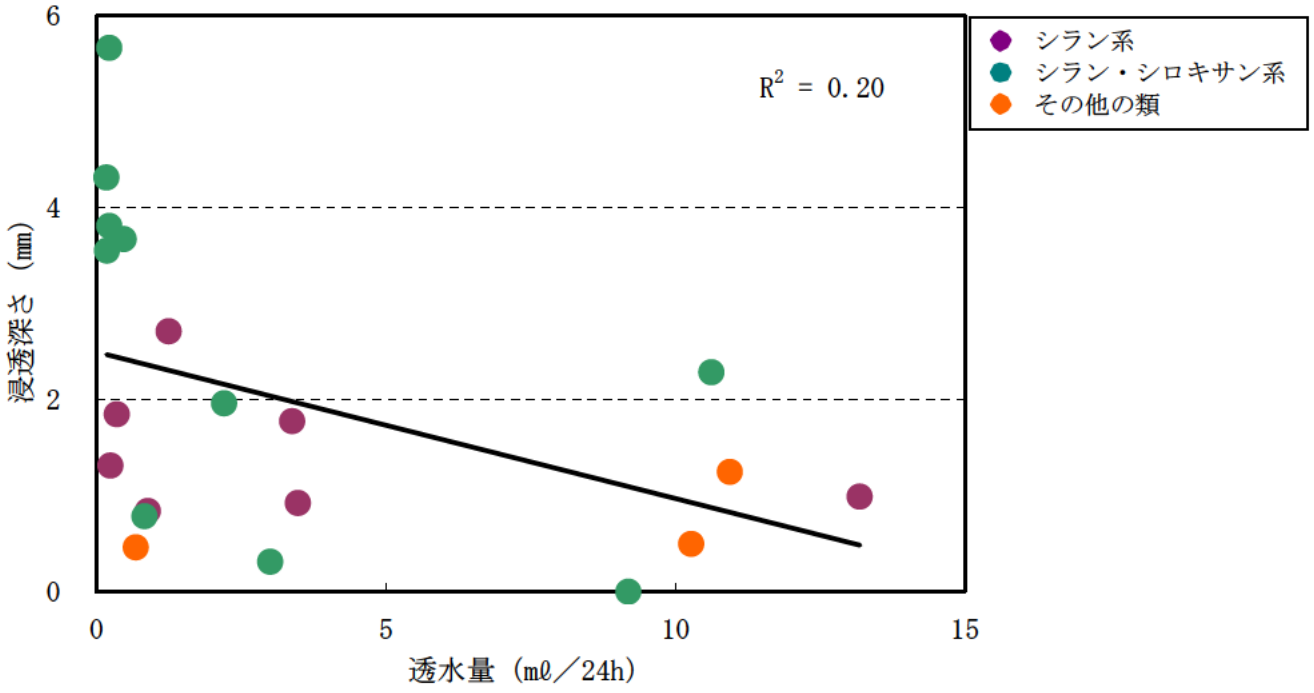
（２）透水量と他要因との関係

有効成分と浸透深さは透水量に大きな影響を与えると考え、透水量と塗布量中の有効成分量および浸透深さとの関係を確認した。図－Ⅲ.1.21 に示すように透水量と塗布量中の有効成分量との関係は寄与率（R^2）が 0.11 と低く、関係は認められなかった。



図－Ⅲ.1.21　透水量と塗布量中の有効成分量との関係（ｎ＝20）

また、図－Ⅲ.1.22 に示すように透水量と浸透深さとの関係は寄与率（R^2）が 0.20 と低く、関係は認められなかった。



図－Ⅲ.1.22　透水量と浸透深さとの関係（ｎ＝20）

（３）まとめ

水セメント比 54.5%のコンクリート基材を使用した透水量の試験結果から以下の傾向が明らかになった。

①シラン系は、No.２（水系）の透水比 0.96 以外のシラン系の透水比は、水系、溶剤系の系統に関わらず 0.25 以下と非常に小さな値を示した。

②シラン・シロキサン系の透水比は 0.67 以下と水系、溶剤系、無溶剤系に関わらずと小さな値を示した。

③その他の類の透水比は 0.60 以下と水系、溶剤系に関わらず小さな値を示した。

④全ての保護材が、無塗布よりも低い値であり、コンクリート基材への水の浸透を抑制効果があることが認められる。

⑤透水量と塗布量中の有効成分量との寄与率（R^2）は 0.11 と低く、関係は認められなかった。

⑥透水量と浸透深さとの寄与率（R^2）は 0.20 と低く、関係は認められなかった。

１．４．５　透湿性

（１）透湿性の測定結果

７日間水中に浸漬した後、恒温恒湿室内で 28 日間静置し、式（１）、式（２）により放湿比を求めた。各保護材の吸水量、放湿量、放湿率、放湿比を表－Ⅲ.1.10 に示す。

$$C\ (\%) = B_{28} / A_{7} \times 100 \cdots\cdots (1)$$

$$D = C / C_{B} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

ここに、A_{7}：７日後の吸水量（ｇ）

B_{28}：28 日後の放湿量（ｇ）

C　：放湿率（％）

C_{B}：無塗布試験体の放湿率（％）

D　：放湿比

表－Ⅲ.1.10　室内試験結果

No.	系　統	中分類	形　態	造膜成分	A_{7} 吸水量（ｇ）	B_{28} 放湿量（ｇ）	C 放湿率（％）	D 放湿比
1	水　系	シラン系	単独形	－	44.8	18.6	42	0.84
2				－	51.2	25.6	50	1.01
3				－	43.8	17.1	39	0.78
4	溶剤系			－	47.1	21.5	45	0.91
5				－	41.9	17.5	42	0.84
6				－	－	－	－	－
7				－	47.1	23.0	49	0.98
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	－	48.3	22.5	46	0.94
9				－	42.3	13.6	32	0.65
10				－	41.4	16.2	39	0.79
11				－	36.7	12.3	34	0.68
12			造膜形	シリコーン樹脂系	52.7	23.9	45	0.92
13	溶剤系			シリコーン樹脂系	49.5	23.6	48	0.96
14	無溶剤系		単独形	－	36.9	10.9	29	0.59
15			造膜形	シリコーン樹脂系	43.8	18.9	43	0.87
16				シリコーン樹脂系	42.2	17.0	40	0.81
17	水　系	その他の類	造膜形	シリコーン樹脂系	43.4	19.5	45	0.90
18				ふっ素樹脂系	47.1	21.1	45	0.90
19	溶剤系		単独形	－	49.0	25.0	51	1.03
20			造膜形	ふっ素樹脂系	47.0	23.1	49	0.99
21	無塗布			－	48.9	24.3	50	1.00

注)No. 6 は、データを取得出来なかった。

各保護材の放湿比を比較すると、シラン系の No. 3（水系）,シラン・シロキサン系 No. 9,10,11（いずれも水系）,14（無溶剤系）が低い値を示した。図－Ⅲ.1.23 に放湿比を、表－Ⅲ.1.11 に分類別の放湿比を示す。

1）シラン系

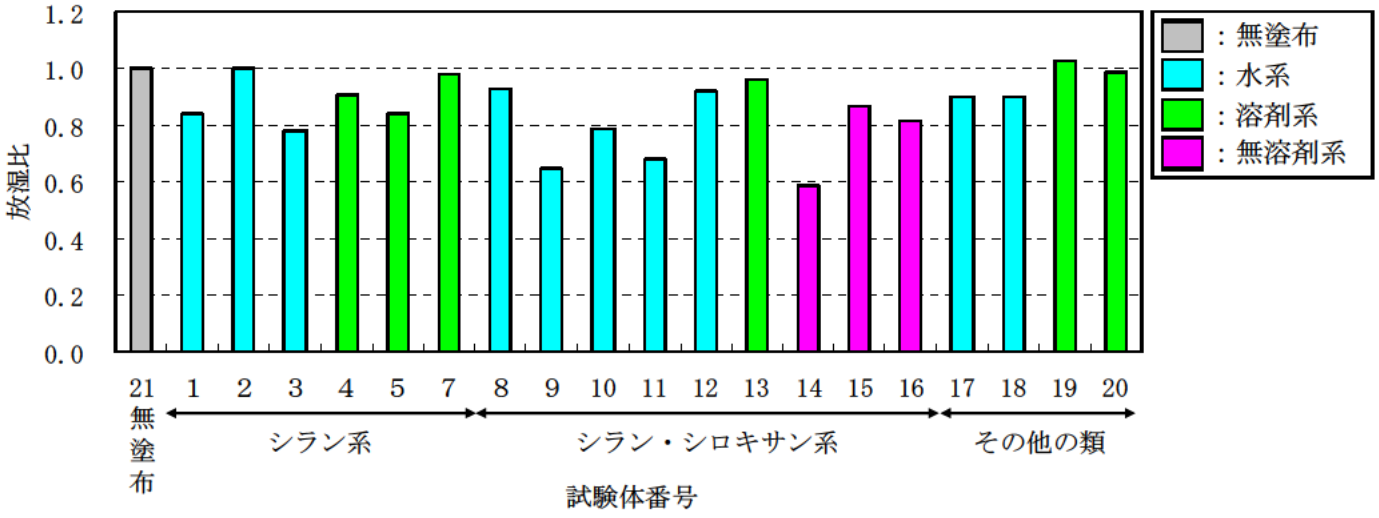
シラン系 6 種類の放湿比の平均値は 0.89 で、水系、溶剤系に関わらず高い値を示した。

2）シラン・シロキサン系材料

シラン・シロキサン系 9 種類の放湿比の平均値は 0.80 と高い値で、0.59 から 0.96 と試験体によって差が見られたが、水系、溶剤系、無溶剤系の差は判別できなかった。

3）その他の類

その他の類 4 種類の放湿比の平均値は 0.96 で水系、溶剤系に関わらず高い値を示した。



図－Ⅲ.1.23　放湿比

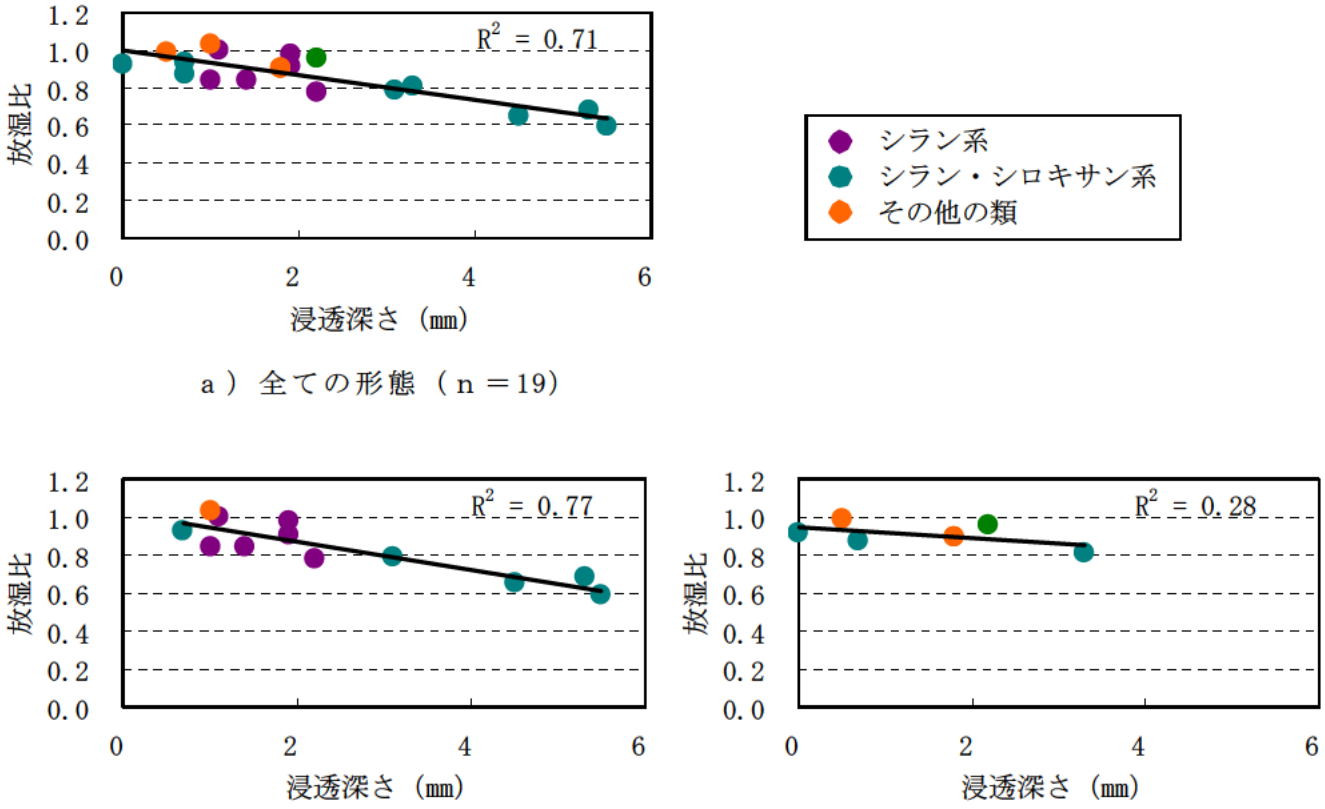
表－Ⅲ.1.11　各分類の放湿比

分　類	シラン系（n＝6）		シラン・シロキサン系（n＝9）			その他の類（n＝4）	
最大値	1.00		0.96			1.03	
最小値	0.78		0.59			0.90	
平均値	0.89		0.80			0.96	
系　統	水　系（n＝3）	溶剤系（n＝3）	水　系（n＝5）	溶剤系（n＝1）	無溶剤系（n＝3）	水　系（n＝2）	溶剤系（n＝2）
最大値	1.00	0.98	0.93	－	0.87	0.90	1.03
最小値	0.78	0.84	0.65	－	0.59	0.90	0.99
平均値	0.87	0.91	0.79	0.96	0.76	0.90	1.01

（２）放湿比と他要因との関係

浸透深さが深いほど透湿性が低下すると考え、放湿比と浸透深さの関係を確認したところ、寄与率（R^2）が 0.71 で、浸透深さが深いシラン・シロキサン系の放湿比が低くなった。さらに単独形と造膜形に分けると、単独形では寄与率（R^2）が 0.77 で高い関係が認められた。

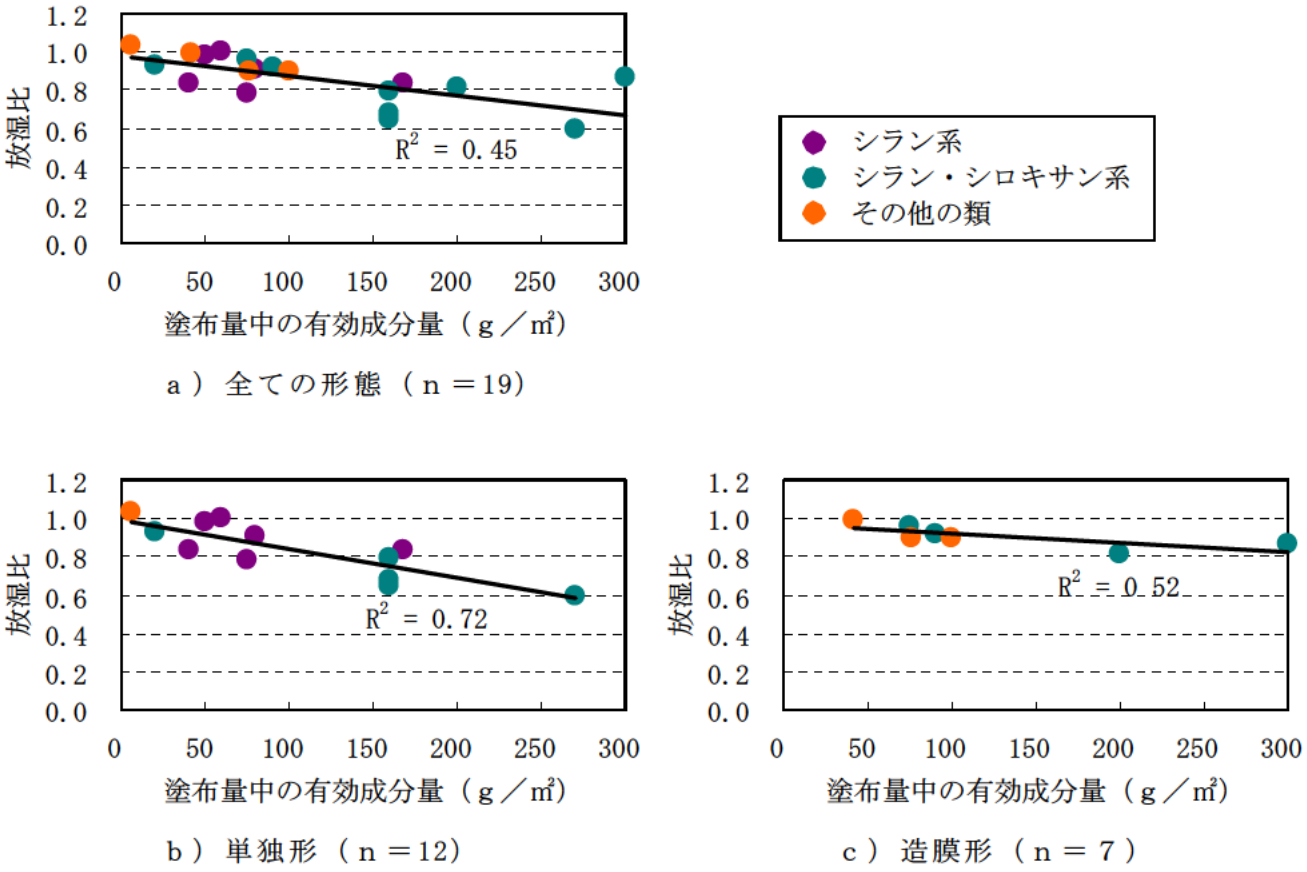
図－Ⅲ.1.24 に放湿比と浸透深さの関係を示す。



図－Ⅲ.1.24　放湿比と浸透深さ

次に保護材の有効成分が多いほど透湿性を妨げると考え、放湿比と塗布量に有効成分を乗じたもの（塗布量中の有効成分量とする）の関係を確認したところ、寄与率（R^2）が 0.45 で、塗布量中の有効成分量が多いシラン・シロキサン系の放湿比が低くなった。さらに単独形と造膜形に分けると、単独形では寄与率（R^2）0.72 で関係が認められた。

図－Ⅲ.1.25 に放湿比と塗布量中の有効成分量の関係を示す。



図－Ⅲ.1.25　放湿比と塗布量中の有効成分量

また、放湿比が小さいと中性化も進行しにくいと考え、放湿比と促進中性化深さとの関係を確認したが、関係は認められなかった。

（3）まとめ

水セメント比 54.5%のコンクリート基材を用いた、透湿性試験から以下の傾向が明らかになった。

①放湿比と浸透深さには寄与率（R^2）0.71 の関係が認められ、単独形だけでみるとさらに寄与率（R^2）0.77 の高い関係が認められた。

②放湿比と塗布量中の有効成分量の寄与率（R^2）は 0.45 で、単独形だけでみると寄与率（R^2）0.72 の関係が認められた。

③シラン系とその他の類は放湿比が高く無塗布に近い値を示したが、シラン・シロキサン系は無塗布よりも低い放湿比となった。シラン・シロキサン系は浸透深さが深く、塗布量中の有効成分量が多いため、放湿比が低くなったと思われる。

１．４．６　塩化物イオン浸透性

塩化物イオン浸透を評価する方法は、塩化物イオン浸透深さを測定する方法と試験体に浸透した塩化物イオン量を測定する方法がある。塩化物イオンの浸透深さの測定は、JIS A 1171 の 7.8「塩化物イオン浸透深さ試験」に準拠するフルオレセインナトリウム水溶液および 0.1N 硝酸銀溶液を噴霧して行う方法で測定し、試験体に浸透した塩化物イオン量の測定は、JCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法:日本コンクリート工学協会」によって全塩分量を測定した。塩化物イオン浸透は、10%塩化ナトリウムに 90 日間浸漬することにより実施した。また、浸漬による重量変化率の測定を行った。

（１）質量変化の測定結果

濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬試験結果もとに、次式によって、質量変化率を求めた。全試験体の測定結果を図－Ⅲ.1.26 に示す。また、分類別の平均値による比較を図－Ⅲ.1.27 に示す。

$$W\ (\%) = [(w_n - w_o) / w_o] \times 100 \cdots\cdots\cdots (1)$$

$$W\ (g) = w_n - w_o \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

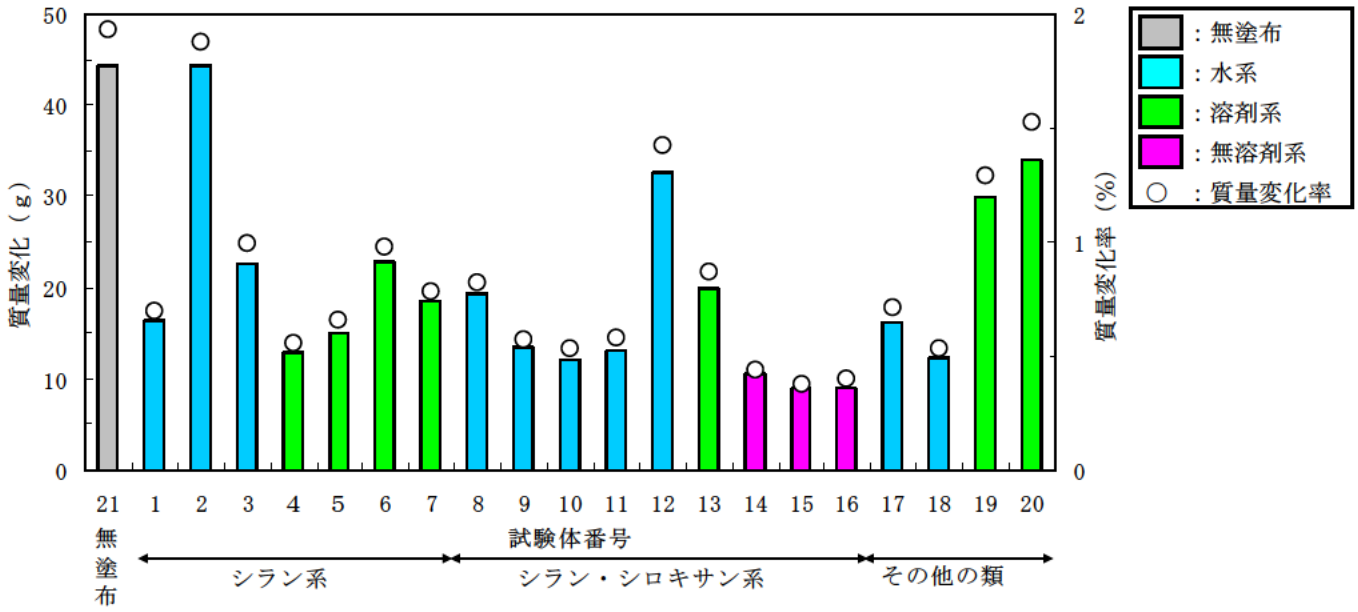
ここに、$W\ (\%)$：塩水浸漬試験 90 日後の質量変化率

$W\ (g)$：質量変化

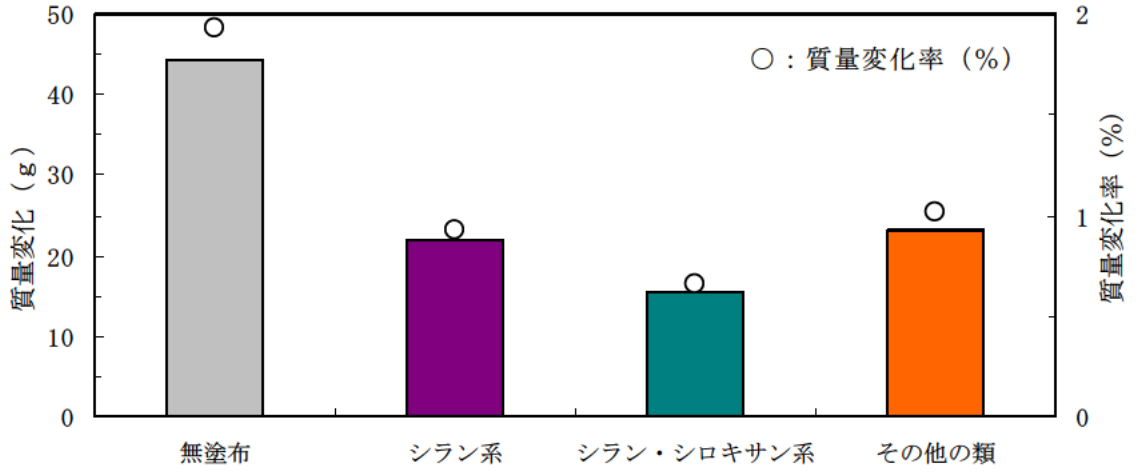
w_n：塩水浸漬試験 90 日後の試験体の質量（g）

w_o：塩水浸漬前における試験体の質量（g）

無塗布の No.21 とシラン系の No.２(水系)は、ほぼ同じ質量変化であった。無塗布対比でシラン・シロキサン系の No.12（水系)、その他の類の No.20（溶剤系）が 70%、その他他の類 No.19（溶剤系）が 60%、シラン系の No.３（水系），６（溶剤系）が 50%であった。他は、半分以下の質量変化であった。分類別での平均質量変化は、シラン・シロキサン系が少ない。



図－Ⅲ.1.26　全試験体の質量変化（浸漬 90 日）

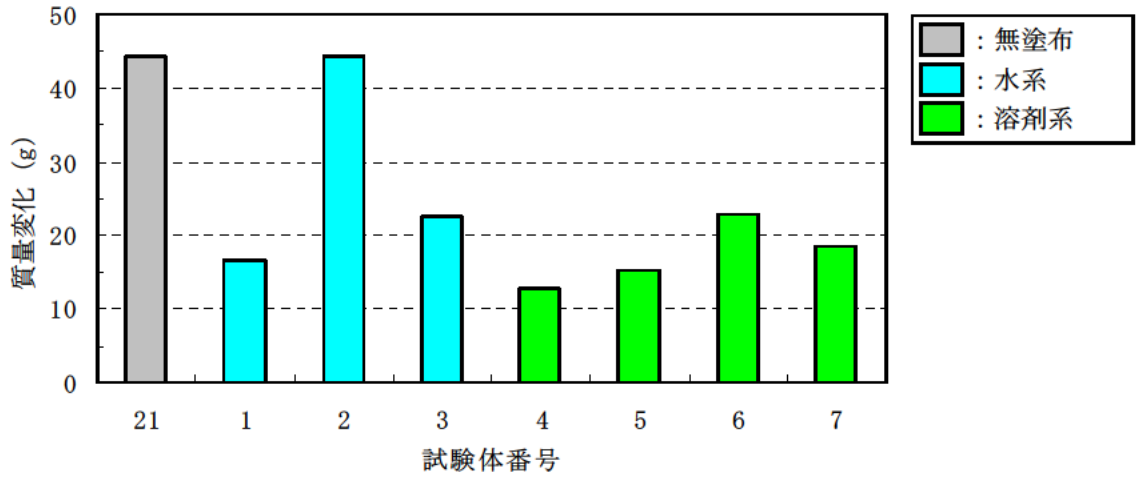


図－Ⅲ.1.27　分類別の平均質量変化（浸漬 90 日）

１）シラン系

無塗布 No.21 と比較すると No.２（水系）がほぼ同じ質量変化であり、No.３（水系），6（溶剤系）が約 51%、No.１，４，５，７は、無塗布の半分以下の質量変化であった。

図－Ⅲ.1.28 に水系、溶剤系を含む全シラン系の質量変化を示す。

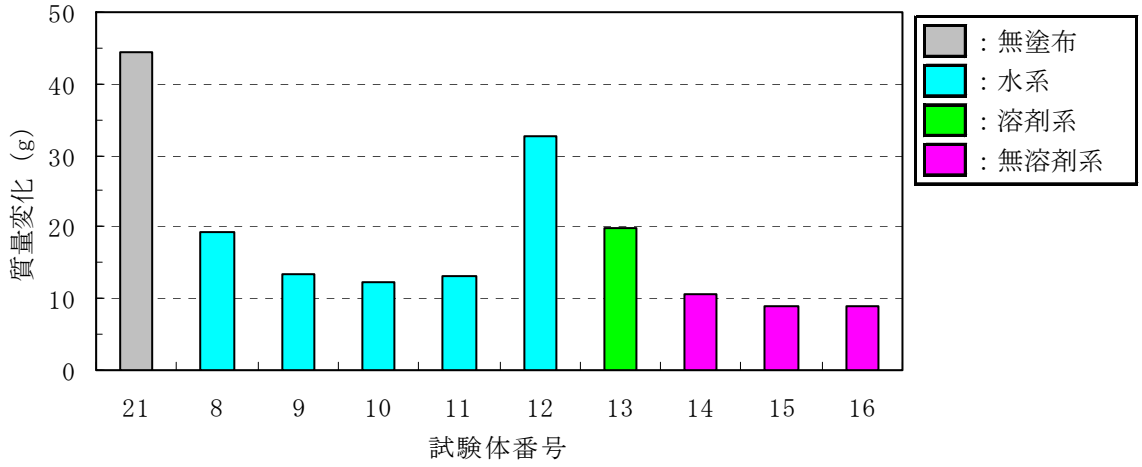


図－Ⅲ.1.28　シラン系の質量変化（浸漬 90 日）

２）シラン・シロキサン系

水系、溶剤系および無溶剤系を比較すると無溶剤系の No.14,15,16 の質量変化が最も少なく無塗布に比べて約 20%であった。

水系、溶剤系、無溶剤系を含む全シラン・シロキサン系の質量変化を図－Ⅲ.1.29 に示す。

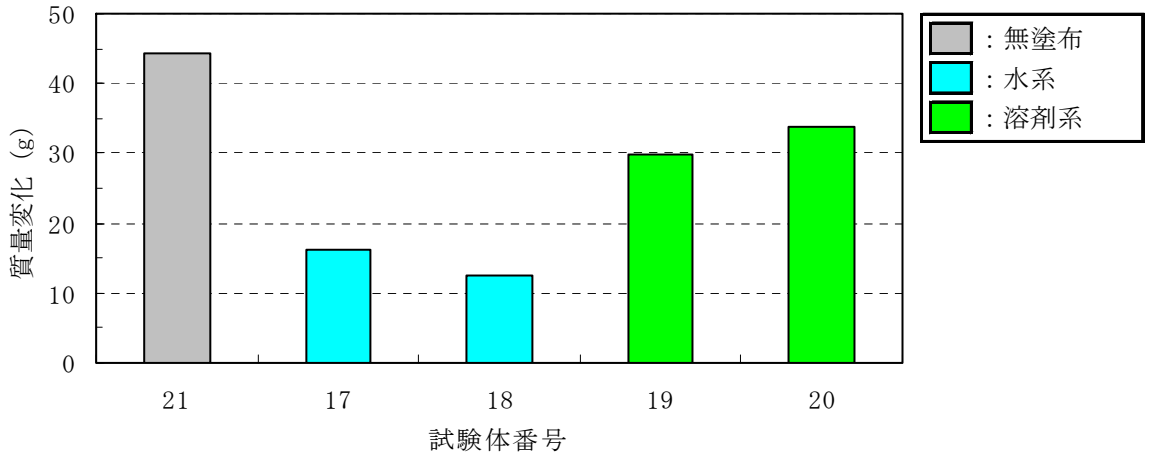


図－Ⅲ.1.29　シラン・シロキサン系の質量変化（浸漬 90 日）

３）その他の類

水系と溶剤系を比較すると水系の質量変化が少なく、無塗布と比較して No.17 で約 37%、No.18 は、約 28%であった。溶剤系の No.17,18 は、約 67%と約 76%であった。

水系、溶剤系を含む全てのその他の類の質量変化を図－Ⅲ.1.30 に示す。



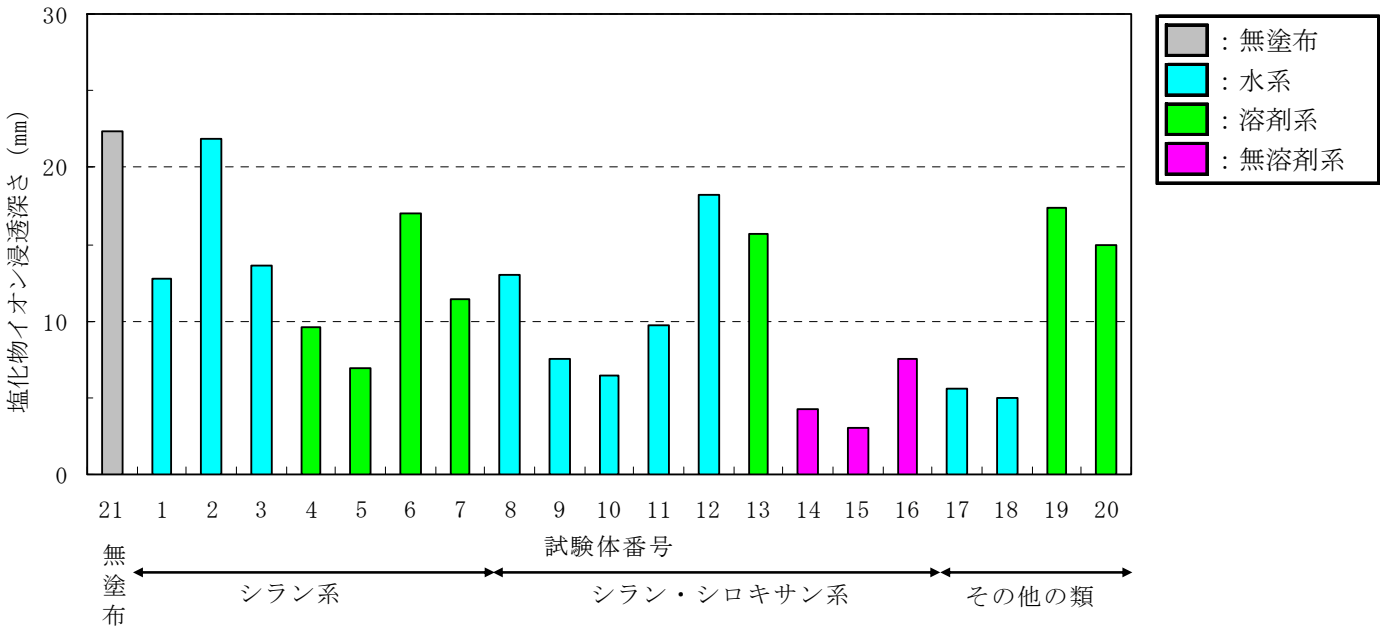
図－Ⅲ.1.30　その他の類の質量変化（浸漬 90 日）

（２）塩化物イオン浸透深さの測定結果

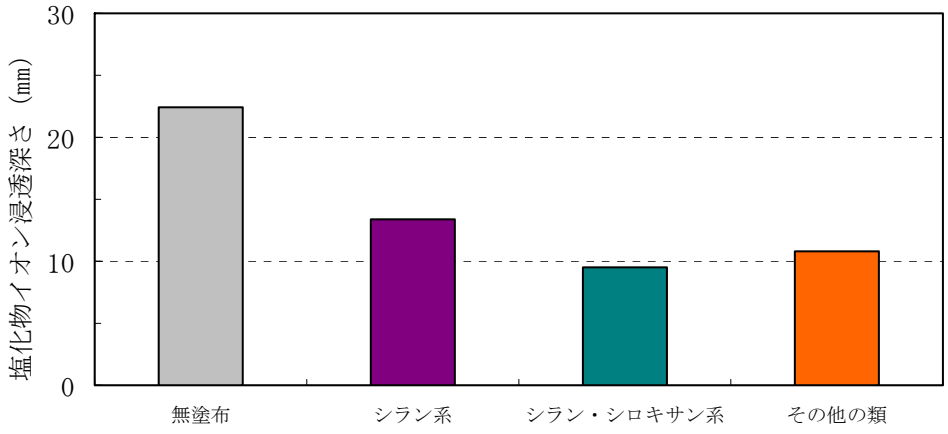
浸漬試験終了後、試験体を塗布面と垂直方向に割裂し、JIS A 1171 に準拠し 0.1%フルオレセインナトリウム溶液および 0.1N 硝酸銀溶液を割裂面に噴霧した。塩化物イオン浸透深さを片面ごとに 8 箇所、両面で 16 箇所の浸透深さを測定した。

シラン系の No.４,５（ともに溶剤系）、シラン・シロキサン系の No.９,10,11（ともに水系）,14,15,16（ともに無溶剤系）、その他の類の No.17,18（ともに水系）は無塗布や他の試験体と比べ浸透が少なく、無塗布の半分以下であった。

全試験体の測定結果を図－Ⅲ.1.31 に示す。また、分類別の平均値による比較を図－Ⅲ.1.32 に示す。



図－Ⅲ.1.31　塩化物イオン浸透深さ（浸漬 90 日）

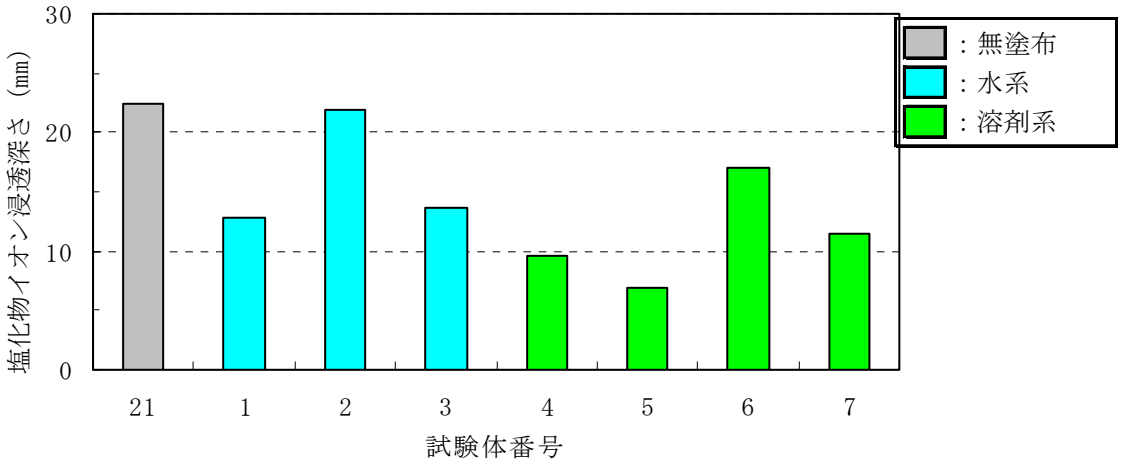


図－Ⅲ.1.32　分類別平均塩化物イオン浸透深さ（浸漬 90 日）

１）シラン系

水系と溶剤系を比較すると水系の浸透が少ない傾向であった。とくに、No.４，５（ともに溶剤系）は、無塗布の半分以下であった。

水系と溶剤系を含むシラン系の塩化物イオン浸透深さ測定結果を図－Ⅲ.1.33 に示す。

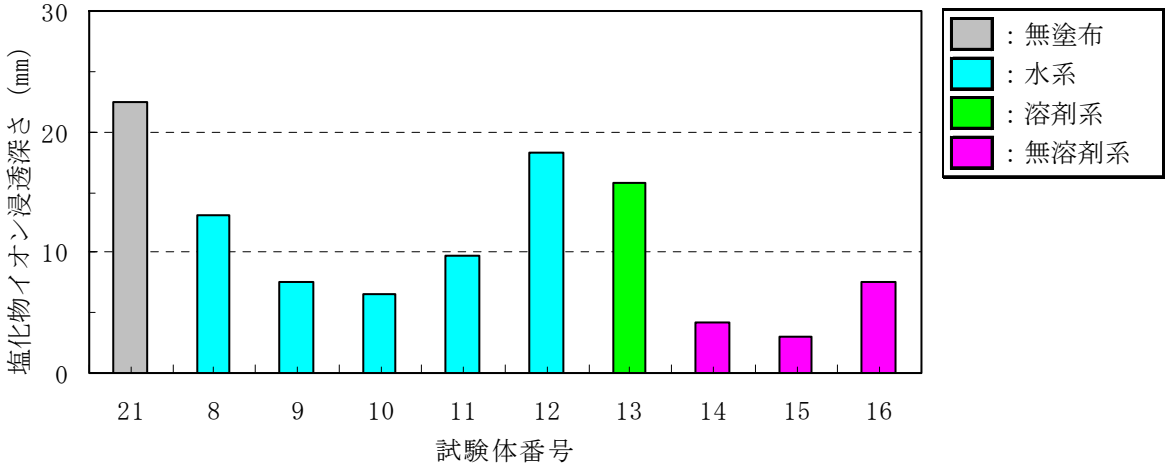


図－Ⅲ.1.33　シラン系の塩化物イオン浸透深さ（浸漬 90 日）

２）シラン・シロキサン系

水系、溶剤系、無溶剤系を比較すると無溶剤系が少ない。特に、No.14,15（ともに無溶剤系）および No.９,10（ともに水系）が少なく、無塗布 No.21 の半分以下であった。

全シラン・シロキサン系の塩化物イオン浸透深さの測定結果を図－Ⅲ.1.34 に示す。

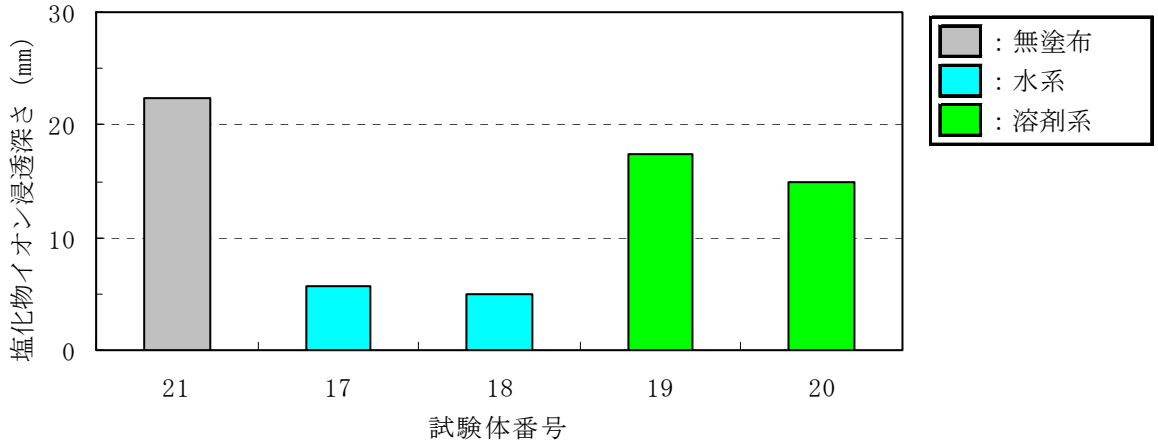


図－Ⅲ.1.34　シラン・シロキサン系の塩化物イオン浸透深さ（浸漬 90 日）

３）その他の類

水系、溶剤系を比較すると No.17,18（ともに水系）の浸透が少なかった。

全てのその他の類の塩化物イオン浸透深さ測定結果を図－Ⅲ.1.35 に示す。

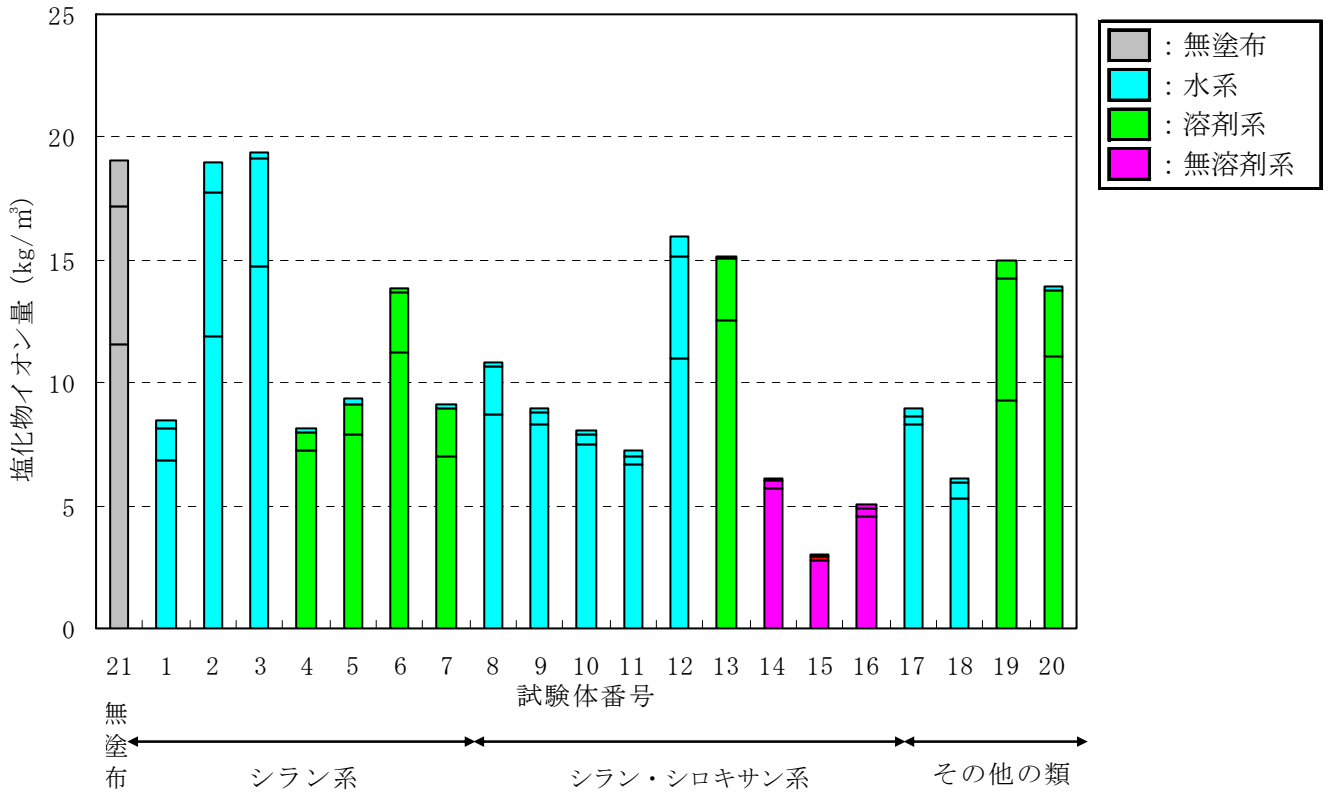


図－Ⅲ.1.35　その他の類の塩化物イオン浸透深さ（浸漬 90 日）

（３）塩化物イオン量の測定結果

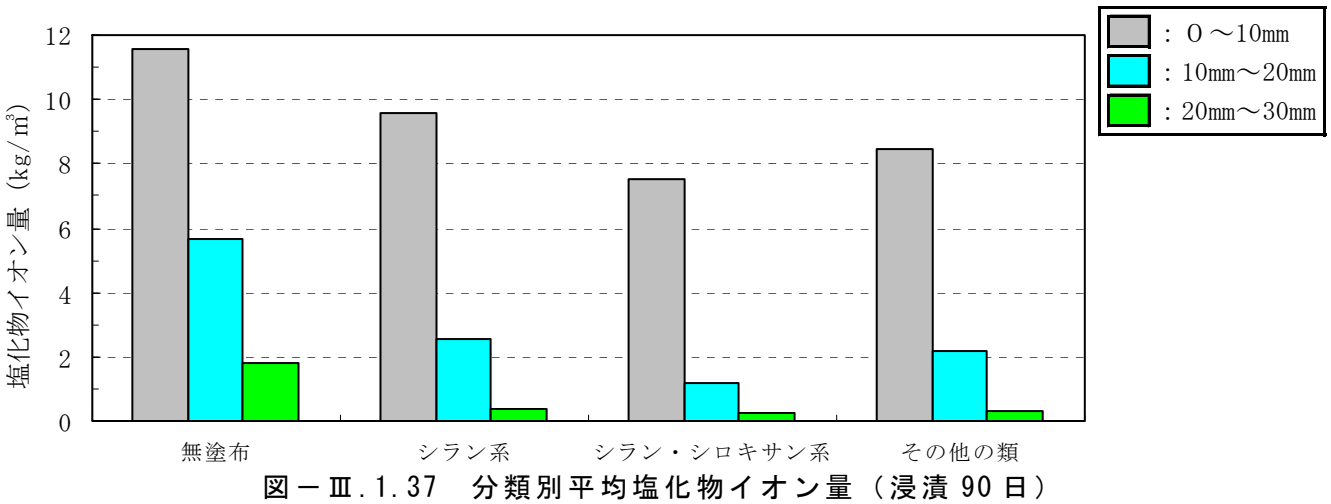
浸漬試験終了後、試験体を表面から深さ方向に０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置での全塩化物イオン量を求めた。無塗布と比較してシラン系は、表面から０から 10mm 位置で約 80%、10mm から 20mm で約 45%、20mm から 30mm で約 20%であった。シラン・シロキサン系は、０から 10mm で約 65%、10mm から 20mm で約 20%、20mm から 30mm で約 12%であった。その他の類は、０から 10mm で約 73%、10mm から 20mm で約 39%、20mm から 30mm で約 19%であり、各試験体とも内部ほど塩化物イオン量が減少する。

表面から深さ方向０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置の塩化物イオン量を図－Ⅲ.1.36 に示す。分類別の平均塩化物イオン量を図－Ⅲ.1.37 に示す。



棒グラフの見方
一段目：0～10㎜
二段目：10㎜～20㎜
三段目：20㎜～30㎜

図－Ⅲ.1.36　塩化物イオン量（浸漬 90 日）

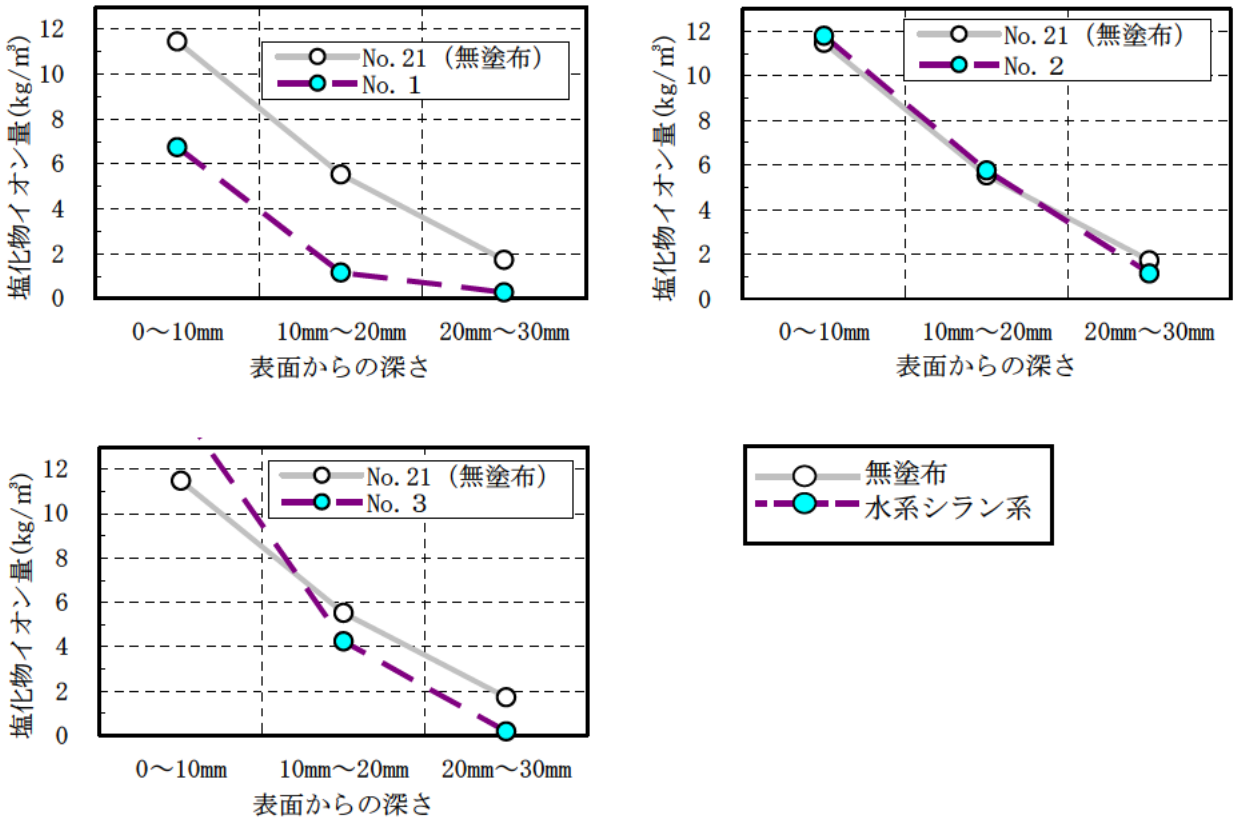


図－Ⅲ.1.37　分類別平均塩化物イオン量（浸漬 90 日）

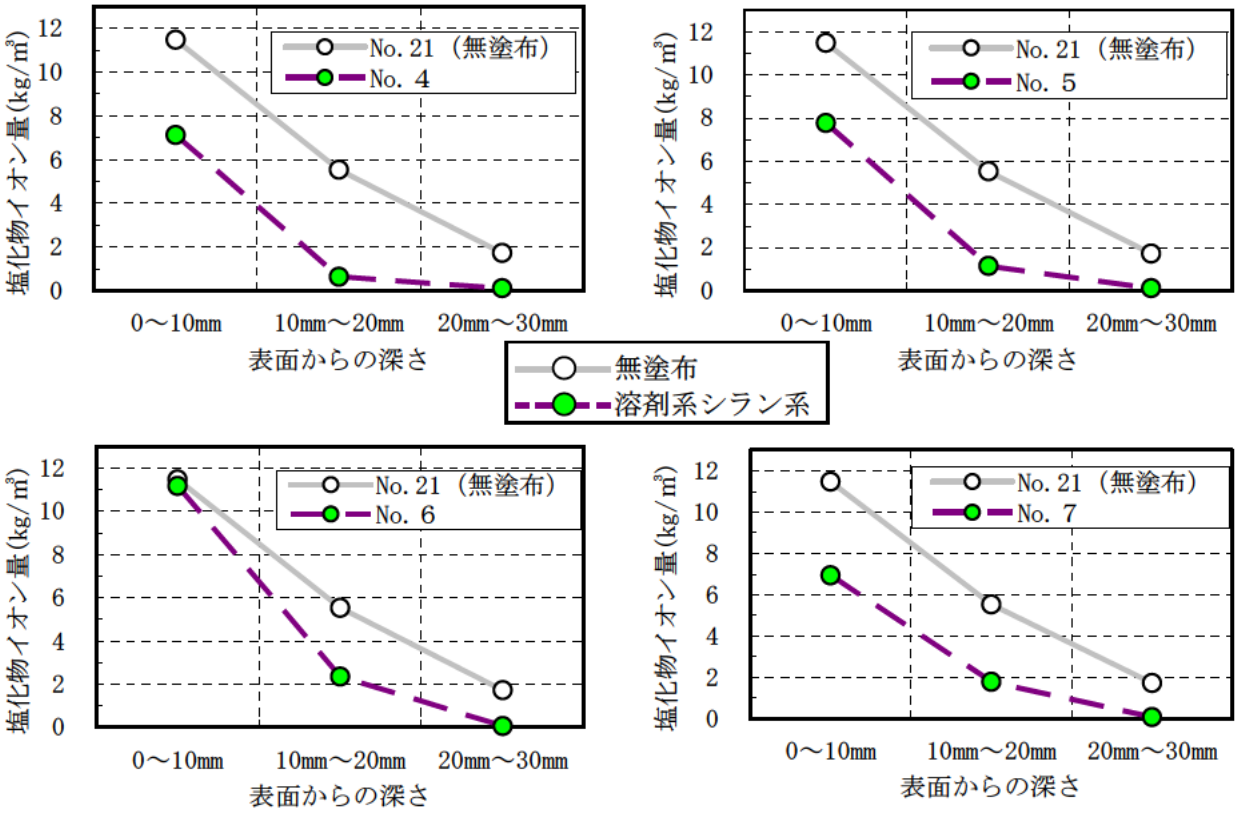
1）シラン系

水系と溶剤系の塩化物イオン量を無塗布と比較した。水系の No.２，３は無塗布と同程度の塩化物イオン量であり、溶剤系の方が少ない傾向であった。

無塗布と水系と溶剤系を含む全シラン系の塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.38(1)と(2)に示す。



図－Ⅲ.1.38(1)　シラン系（水系）の塩化物イオン量

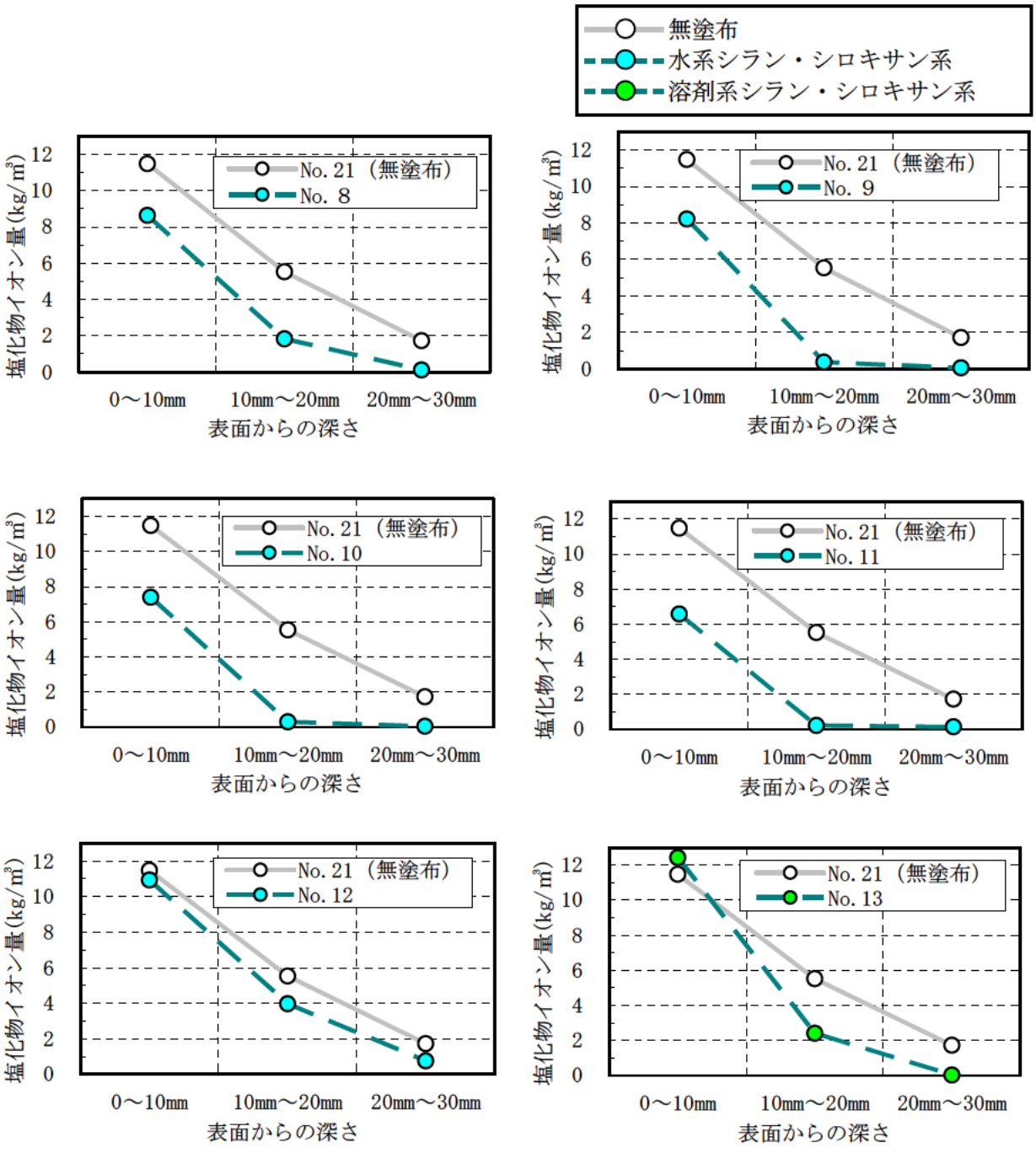


図－Ⅲ.1.38(2)　シラン系（溶剤系）の塩化物イオン量

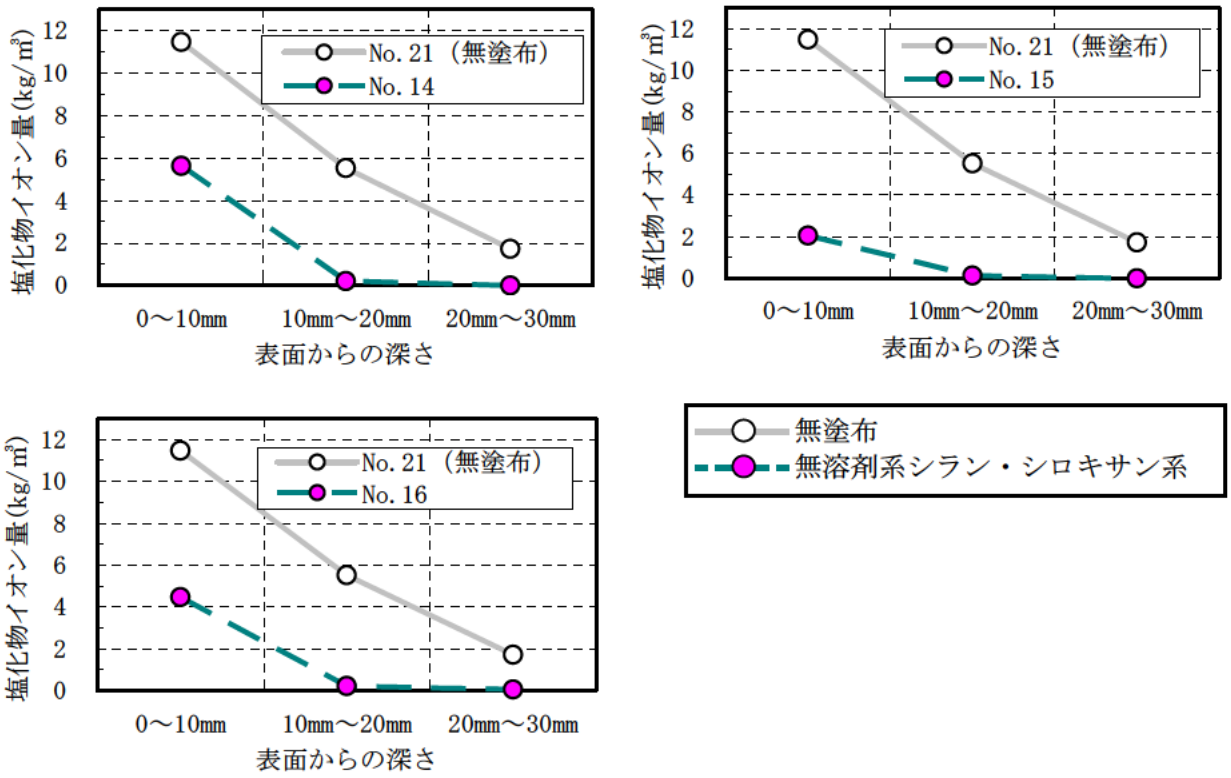
２）シラン・シロキサン系

水系の No. 9 , 10, 11 と無溶剤系の No. 14, 15, 16 は、表面から 10mm から 20mm 位置で塩化物イオン量がほとんど確認されなかった。

水系、溶剤系、無溶剤系を含む全シラン・シロキサン系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.39(1)と(2)に示す。



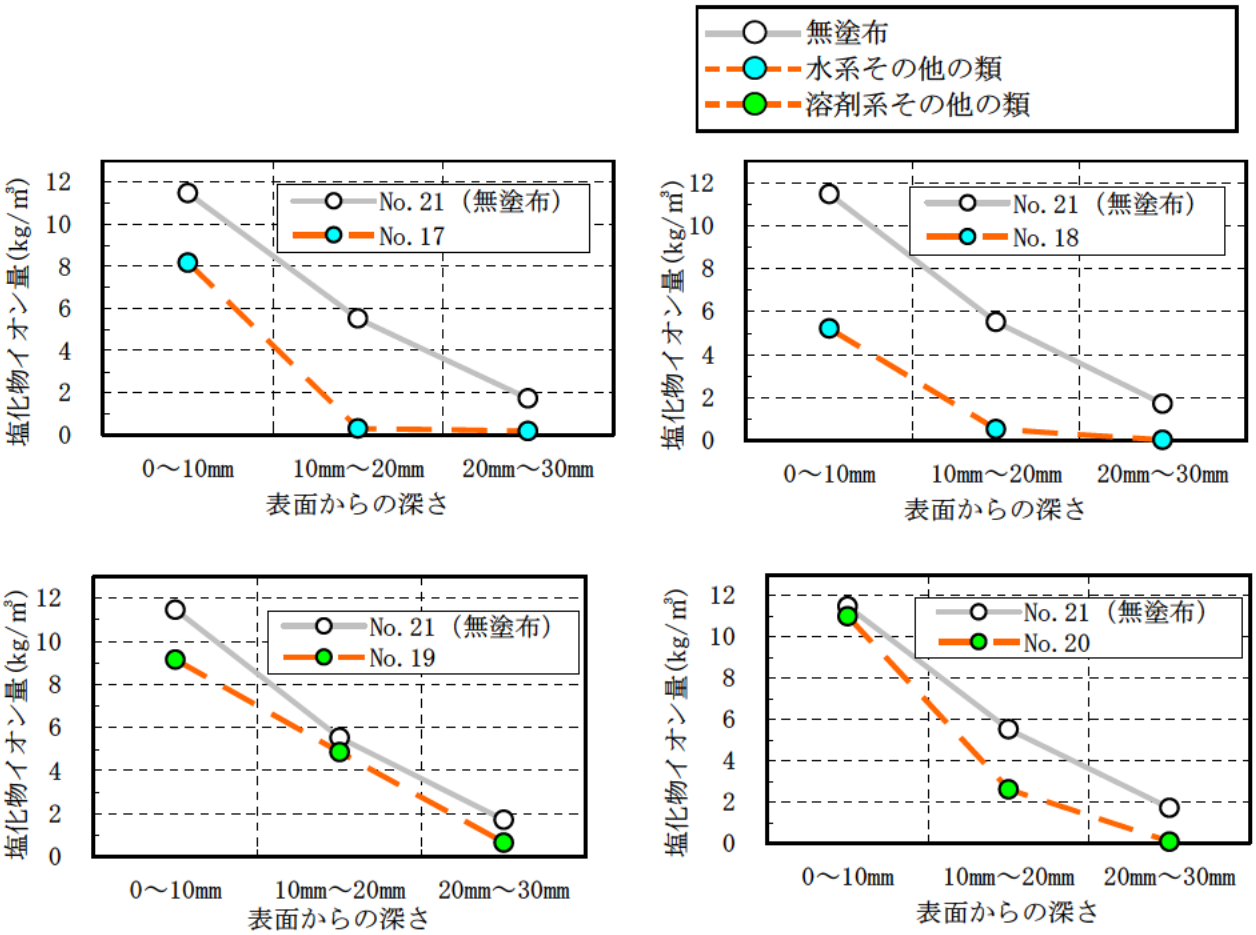
図－Ⅲ.1.39(1)　シラン・シロキサン系（水系および溶剤系）の塩化物イオン量



図－Ⅲ.1.39(2)　シラン・シロキサン系（無溶剤系）の塩化物イオン量

3）その他の類

水系の No.17,18 は、表面から 10mm 以上の位置で塩化物イオン量がほとんど確認されなかった。水系および溶剤系を含む全てのその他の類と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.40 に示す。



図－Ⅲ.1.40　その他の類（水系と溶剤系）の塩化物イオン量

（４）試験結果のまとめ

質量変化、質量変化率と塩化物イオンの浸透深さおよび塩分物イオン量から全試験体の測定結果一覧を表－Ⅲ.1.12 に示す。

表－Ⅲ.1.12　全試験体の質量変化、質量変化率と塩化物イオン量（浸漬 90 日）

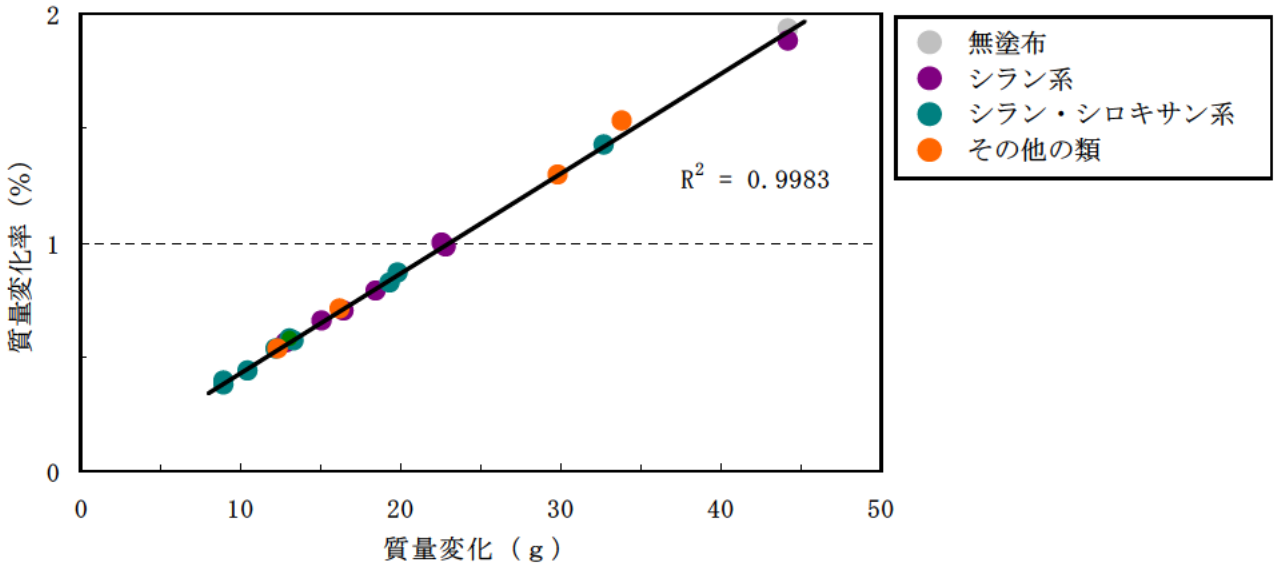
No.	系　統	分類	形　態	質量変化 (g)	質量変化率 (%)	塩化物イオン浸透深さ (mm)	塩化物イオン量(kg/m^3)			
							0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注)
1	水　系	シラン系	単独形	16.5	1.93	12.9	6.75	1.16	0.28	8.19
2				44.3	0.70	21.9	11.79	5.76	1.14	18.69
3				22.6	1.88	13.7	14.67	4.24	0.18	19.09
4	溶剤系			12.9	0.99	4.5	7.12	0.63	0.11	7.86
5				15.1	0.56	7.0	7.77	1.15	0.11	9.03
6				22.9	0.65	17.2	11.18	2.34	0.06	13.58
7				18.5	0.98	11.5	6.94	1.79	0.07	8.80
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	19.4	0.78	13.0	8.63	1.82	0.11	10.56
9				13.4	0.82	7.9	8.21	0.37	0.06	8.64
10				12.2	0.57	6.5	7.38	0.30	0.05	7.73
11				13.1	0.53	9.8	6.57	0.23	0.15	6.95
12			造膜形	32.7	0.57	18.2	10.93	3.97	0.74	15.64
13	溶剤系			19.9	1.42	15.7	12.44	2.41	0.03	14.88
14	無溶剤系		単独形	10.5	0.87	4.3	5.63	0.20	0.00	5.83
15			造膜形	9.0	0.44	3.1	2.05	0.13	0.00	2.18
16				9.0	0.38	7.6	4.47	0.23	0.05	4.25
17	水　系	その他の類	単独形	16.2	0.40	5.6	8.17	0.30	0.17	8.64
18			造膜形	12.4	0.71	5.0	5.22	0.53	0.04	5.79
19			単独形	29.9	0.53	17.4	9.16	4.86	0.66	14.68
20	溶剤系		造膜形	33.9	1.29	15.0	10.99	2.60	0.07	13.66
21	無塗布			44.3	1.52	22.4	11.47	5.53	1.72	18.72

注）0 ～30mm の塩化物イオン量は、 0 mm～10mm、10mm～20mm、20mm～30mm の合計

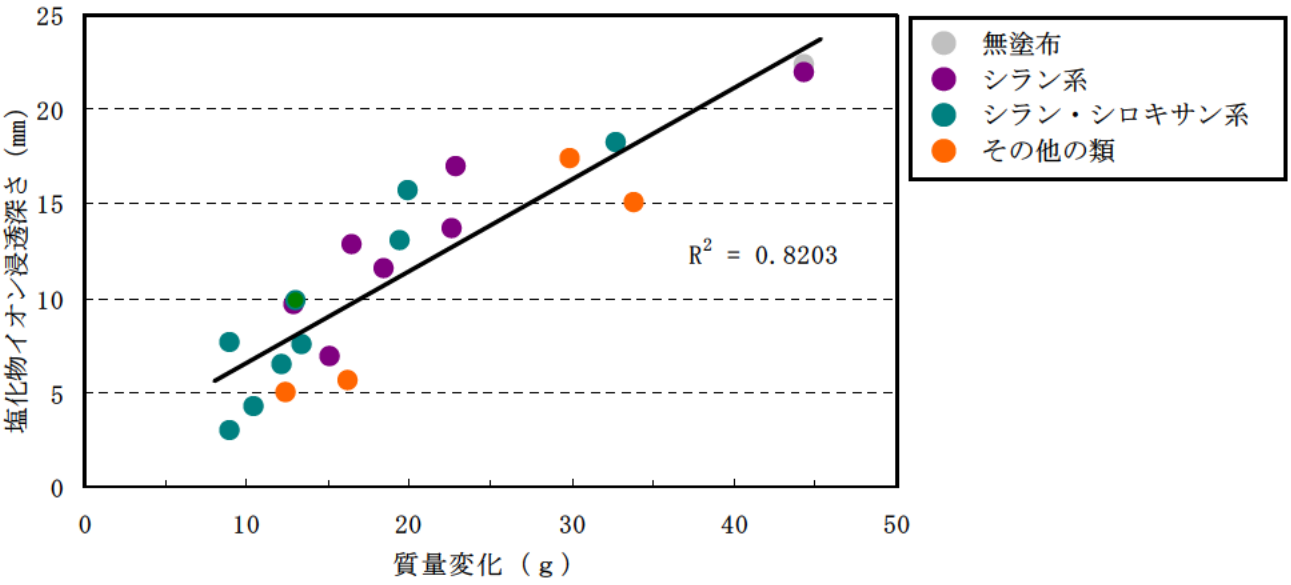
１）質量変化と塩化物イオン浸透深さの関係

重量変化と質量変化率は、寄与率(R^2≒１)で、高い相関があり、質量変化と塩化物イオン浸透深さは寄与率(R^2=0.82)で、高い関係が認められた。

質量変化と質量変化率との関係を図－Ⅲ.1.41 に示し、濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中での浸漬による質量変化と塩化物イオン浸透深さの関係を図－Ⅲ.1.42 に示す。



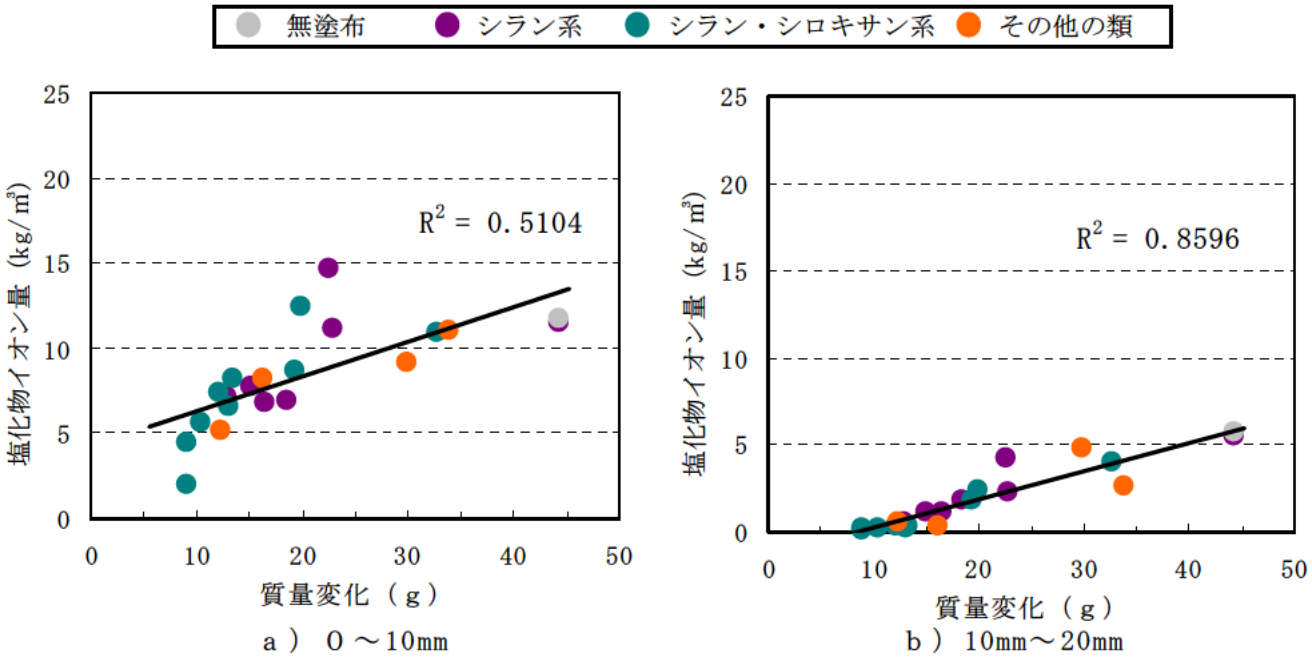
図－Ⅲ.1.41　質量変化と質量変化率との関係（n＝21）



図－Ⅲ.1.42　質量変化と塩化物イオン浸透深さとの関係（n＝21）

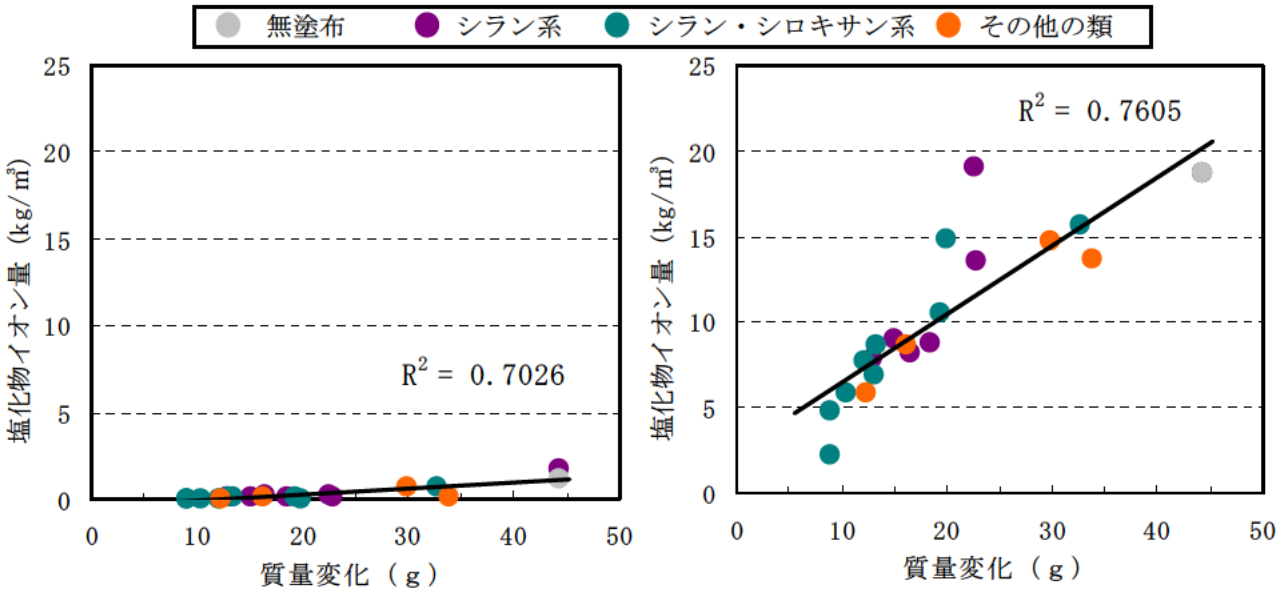
2）質量変化と塩化物イオン量との関係

質量変化と表面から深さ方向0から10mm、10mmから20mm、20mmから30mmの合計塩化物イオン量は寄与率（R^2＝0.76）と高く、質量変化と塩化物イオン浸透深さは0から10mmを除き高い関係が認められた。質量変化と表面から深さ方向0から10mm、10mmから20mm、20mmから30mmおよび0から30mm関係を図－Ⅲ.1.43(1)と(2)に示す。



a） 0～10mm　　b） 10mm～20mm

図－Ⅲ.1.43(1)　質量変化と深さ方向の塩化物イオン量との関係（1）（n＝21）



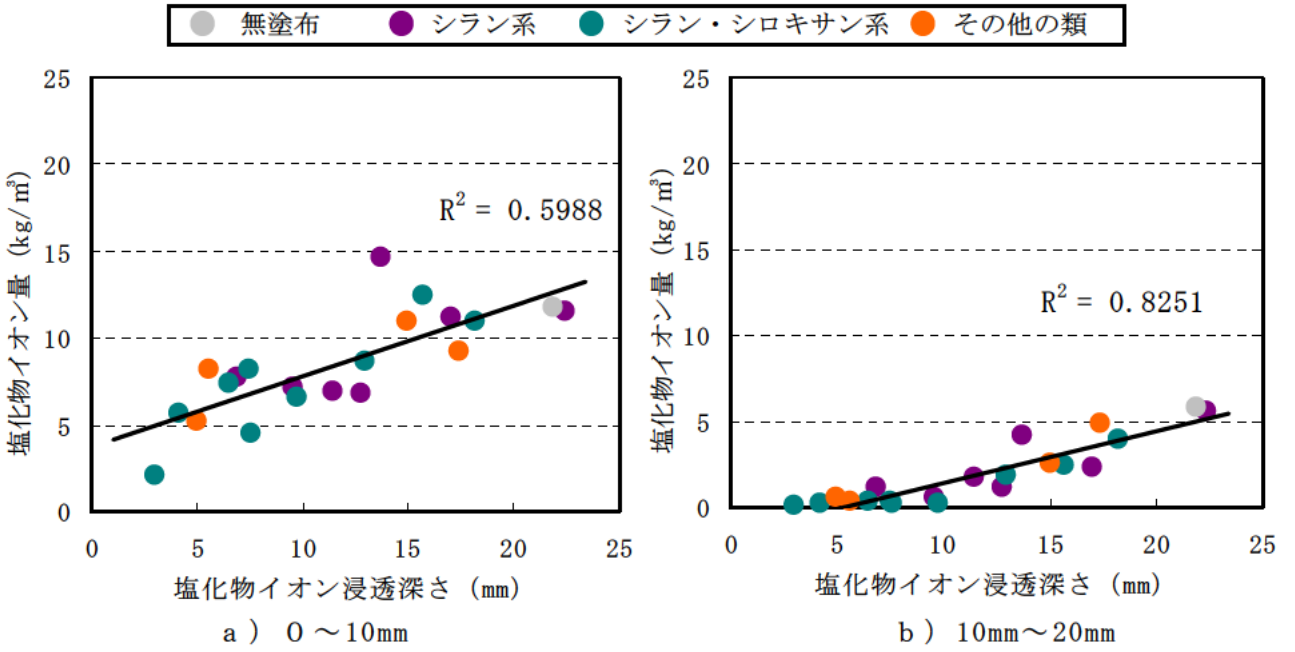
c） 20mm～30mm　　d） 0～30mm の合計塩化物量

図－Ⅲ.1.43(2)　質量変化と深さ方向の塩化物イオン量との関係（2）（n＝21）

3）塩化物イオン浸透深さと塩化物イオン量との関係

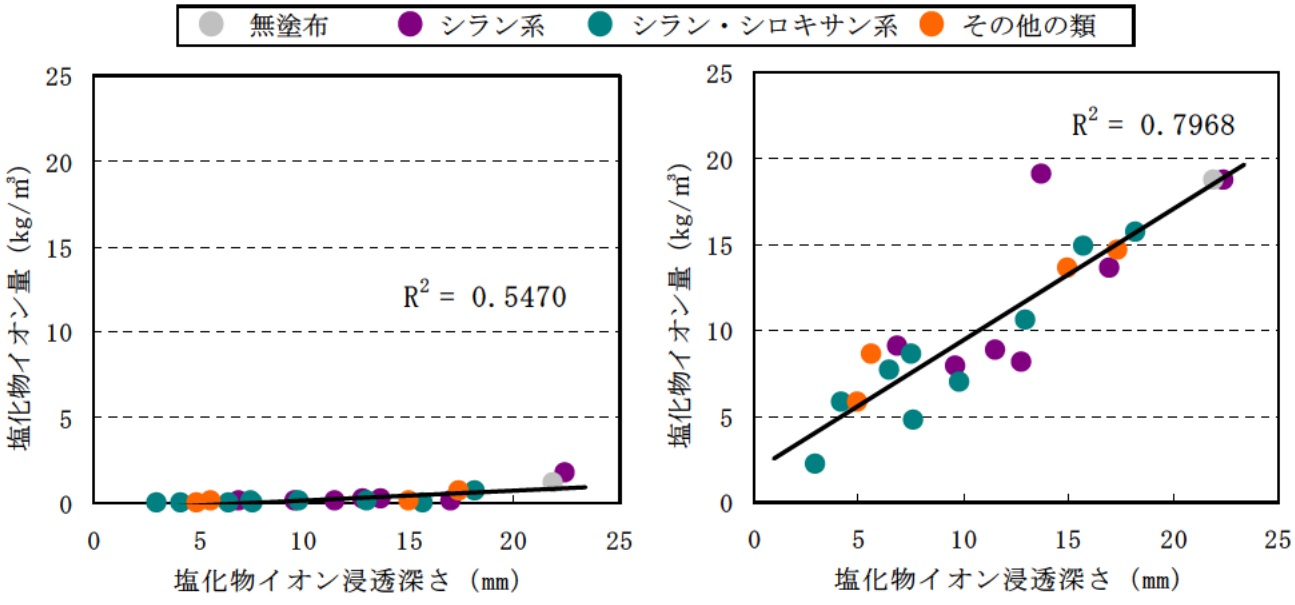
塩化物イオン浸透深さと表面から深さ方向0から10mm、10mmから20mm、20mmから30mmの合計塩化物イオン量は、寄与率（R^2＝0.80）で高い関係が認められた。

重量変化と0～30mmの合計塩化物イオン量の関係を図－Ⅲ.1.44(1),(2)に示す。



a） 0～10mm　　b） 10mm～20mm

図－Ⅲ.1.44(1)　塩化物イオン浸透深さと塩化物イオン量との関係（１）（ｎ＝21）



c） 20mm～30mm　　d） 0～30mm の合計塩分量

図－Ⅲ.1.44(2)　塩化物イオン浸透深さと塩化物イオン量との関係（２）（ｎ＝21）

（５）まとめ

濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液での浸漬試験において質量変化、塩化物イオンの浸透深さ、塩分物イオン量から以下の傾向があきらかになった。

①濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液での浸漬試験による質量変化と質量変化率は、高い関係（寄与率 $R^2 \fallingdotseq 1$）がある。

②濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液での浸漬試験による質量変化は、無塗布と比較して、シラン系の No.２（水系）がほぼ 100%、シラン・シロキサン系の No.12（水系）

その他の類 No.19,20（ともに溶剤系）が 60%以上、シラン系の No.３（水系），６（溶剤系）が 50%以であった。他は、無塗布の半分以下の質量変化であった。

②濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液での浸漬試験による塩化物イオン浸透深さは、シラン系の No.２(水系)、シラン・シロキサン系の No.12(水系)、その他の類の No.19,20（ともに溶剤系）を除き、無塗布の半分以下の質量変化であった。

③シラン系の No.４，５（ともに溶剤系)、シラン・シロキサン系９,10,11（すべて水系）,14,15,16、(すべて無溶剤系)、その他の類の No.17,18（ともに水系）は無塗布と比べ塩化物イオン浸透が少ない。

④質量変化と塩化物イオン浸透深さに高い関係（寄与率R^2＝0.82)が認められた。

⑤質量変化と表面からの深さ方向０から 30mm の塩化物イオン量には、高い関係（寄与率R^2＝0.76)が認められた。

⑥塩化物イオン浸透深さと表面からの深さ方向０から 30mm の塩化物イオン量には、高い関係（寄与率R^2＝0.80)が認められた。

１．４．７　中性化深さ

（１）促進中性化試験結果

試験体の内容および測定面 A，B のそれぞれの平均中性化深さと測定面 A，B の平均中性化深さおよび平均浸透深さを表－Ⅲ.1.13 に示す。

表－Ⅲ.1.13　中性化深さ測定結果

No	系　統	分　類	形　態	測定面 A の中性化深さ(mm)	測定面 B の中性化深さ(mm)	測定面 A，B の中性化深さ/浸透深さ(mm)
1	水　系	シラン系	単独形	6.23	6.43	6.3/1.0
2				10.37	9.30	9.8/1.1
3				5.40	6.27	5.8/2.2
4	溶剤系		単独形	9.10	11.20	10.2/1.9
5				5.13	5.70	5.4/1.4
6				7.37	9.30	8.3/1.3
7				6.70	10.80	8.8/1.9
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	8.03	9.23	8.6/0.7
9				10.97	10.23	10.6/4.5
10				2.50	4.67	3.6/3.1
11				6.70	5.30	6.0/5.3
12			造膜形	7.37	9.30	8.3/0.0
13	溶剤系			3.57	2.33	3.0/2.2
14	無溶剤系		単独形	9.47	6.70	8.1/5.5
15			造膜形	3.40	0.00	1.7/0.7
16				2.00	3.03	2.5/3.3
17	水　系	その他の類		7.70	6.70	7.2/2.2
18				8.40	未測定	8.4/1.8
19	溶剤系		単独形	5.67	6.10	5.9/1.0
20			造膜形	5.67	6.10	5.9/1.0
21	無塗布			5.47	5.97	5.6/0.0

１）各保護材の中性化深さ

促進中性化試験結果をもとに、各保護材と無塗布試験体の中性化比を算出し比較した。表－Ⅲ.1.14 に中性化深さの比により区分した各保護材の試験体番号を示す。図－Ⅲ.1.45 には、無塗布試験体と比較した各保護材の中性化比を示す。

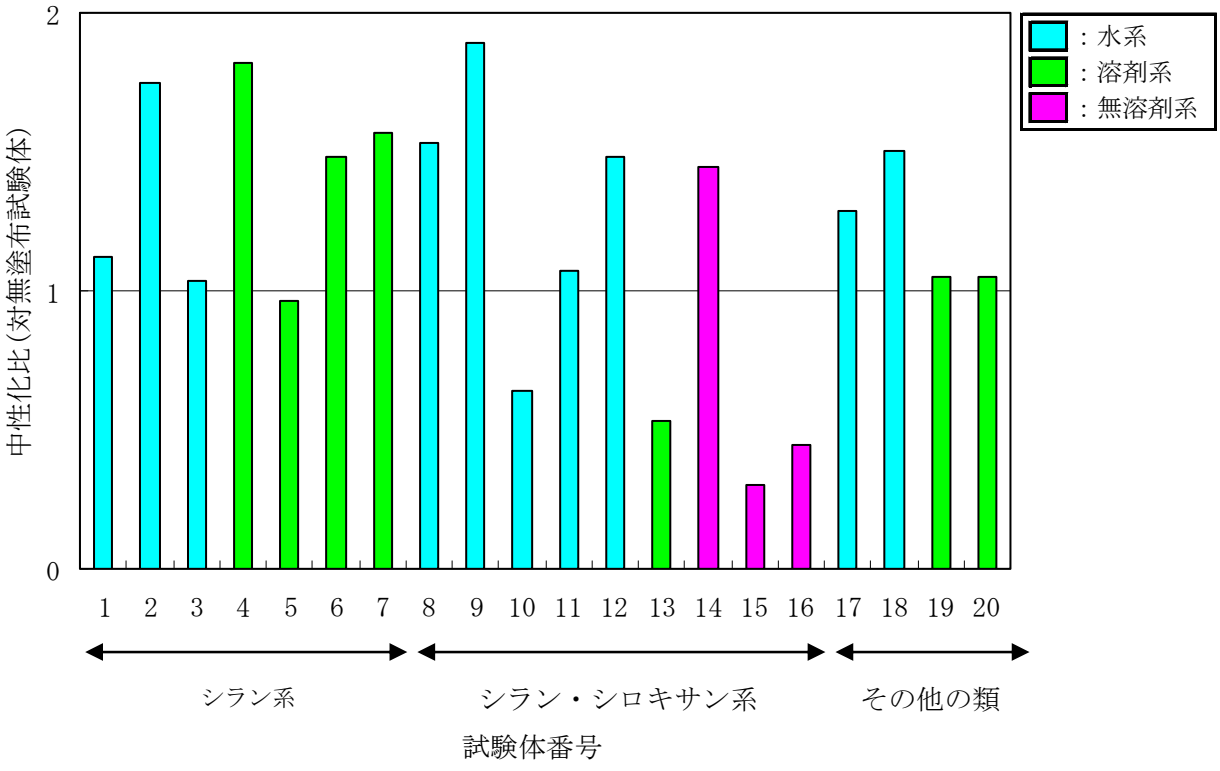
中性化比が無塗布試験体と同等かそれ以下の試験体は、単独形で２種類、造膜形で３種類、合計５種類であった。

中性化比が 1.0 から 1.5 で、無塗布試験体よりも中性化が進行している試験体は、シラン系の No.１，３(ともに水系)，６(溶剤系)、シラン・シロキサン系の No.11,12(ともに水系),14(無溶剤系)、その他の類の No.17(水系),19,20(ともに溶剤系)であった。中性化比が 1.5 以上の材料は、シラン系で No.２(水系)，４，７(ともに溶剤系)、シラン・シロキサン系で No.８，９,12(ともに水系)、その他の類の No.18(水系)であった。

傾向として、シラン・シロキサン系の造膜形は、中性化の進行が遅い。単独形は、シラン系の No.５(溶剤系)とシラン・シロキサン系の No.10(水系)を除き、無塗布試験体より中性化が進行していた。

表－Ⅲ1.14　中性化比により区分した試験体

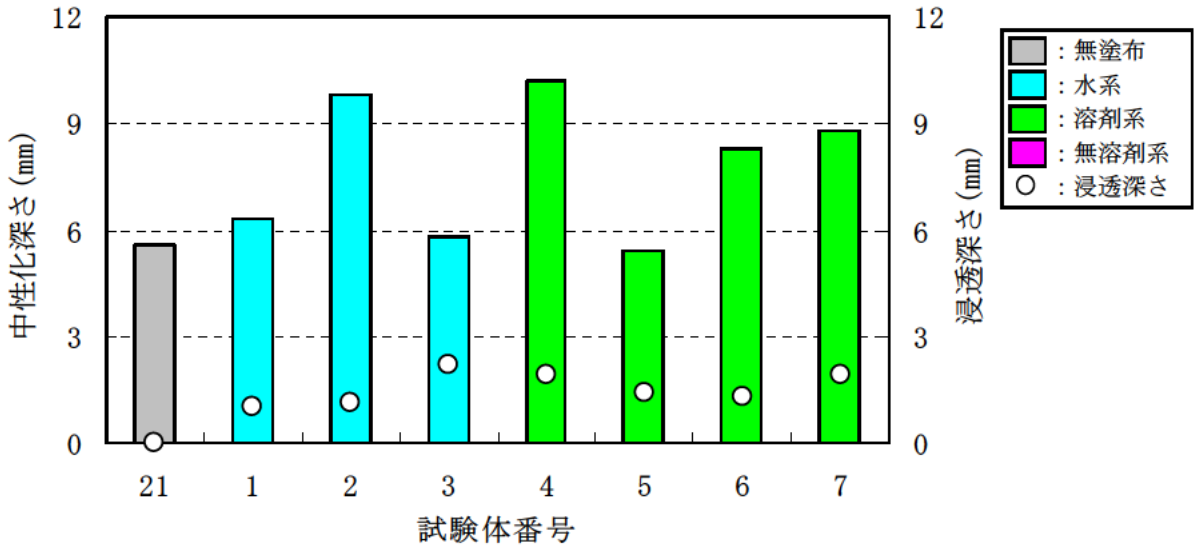
中性化比	単独形	造膜形
１以下	５，10	13,15,15
1.0～1.5	１，３，６，11,14,17,19,20	12
1.5 以上	２，４，７，８，９	18



図－Ⅲ.1.45　各種保護材の中性化比

2）シラン系

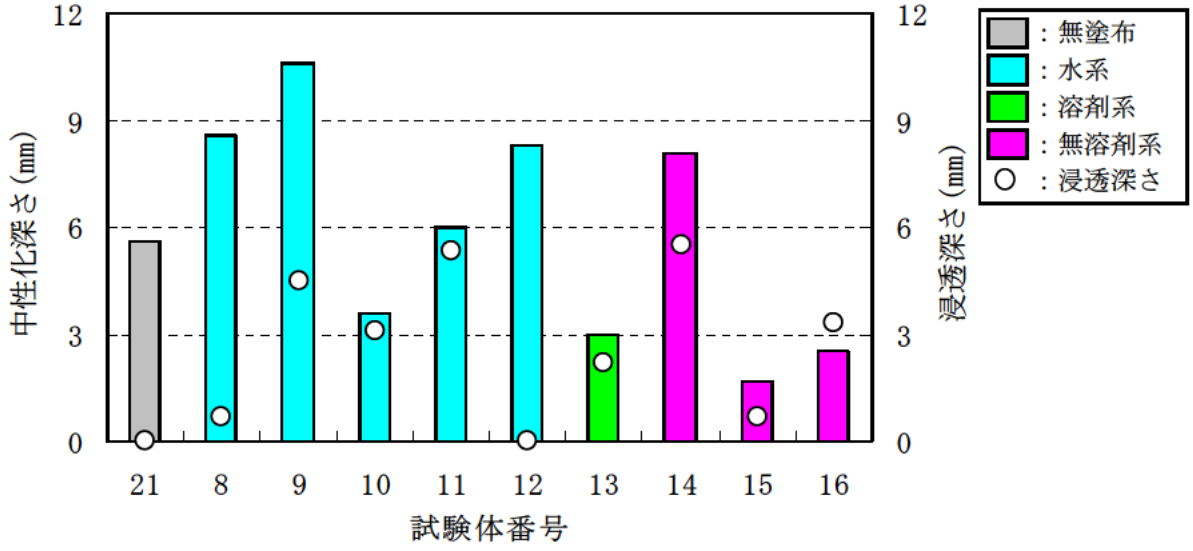
図－Ⅲ.1.46 は、シラン系の中性化深さを示す。単独形の中性化深さは、水系、溶剤系の明確な差は見られなかった。なお、各保護材とも浸透深さよりも中性化が進行していた。



図－Ⅲ1.46　シラン系の中性化深さ

3）シラン・シロキサン系

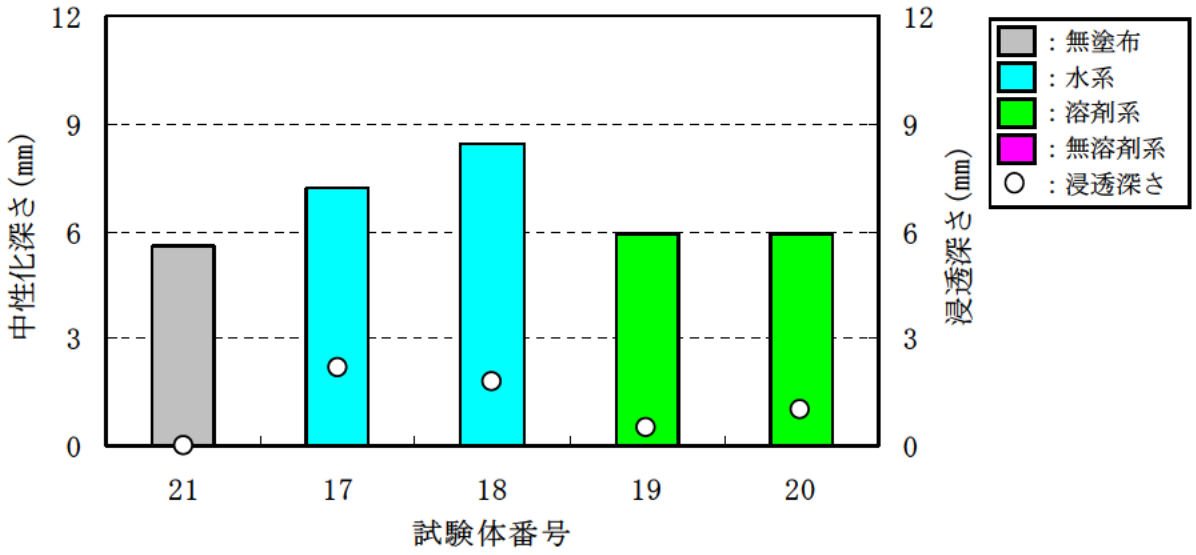
図－Ⅲ.1.47 は、シラン・シロキサン系の中性化深さを示す。シラン・シロキサン系では、単独形の No.10 （水系）および造膜形の No.13（溶剤系）,15,16（無溶剤系）は、No.21（無塗布）と比較して中性化深さが約 1/2 であった。また、中性化深さは浸透深さと同程度であった。



図－Ⅲ.1.47　シラン・シロキサン系の中性化深さ

4）その他の類

図－Ⅲ.1.48 は、その他の類の中性化深さを示す。中性化深さは、各その他の類での大きな違いはなく、無塗布試験体と比べ同程度かやや大きくなった。また中性化深さは浸透深さより全て大きくなった。



図－Ⅲ.1.48　その他の類の中性化深さ

（2）まとめ

中性化深さの試験結果から以下の傾向が明らかになった。

①シラン系、その他の類の中性化深さの抑制効果は小さかった。

②シラン・シロキサン系、特に造膜形は中性化深さの抑制効果が大きかった。

（3）中性化深さの検証

フェノールフタレインの発色試験において、浸透性保護材を塗布した試験体の場合、表面から撥水ゾーンは中性化していないにもかかわらず、撥水ゾーンより深部で中性化が進行する場合があった。

これは、撥水ゾーンでは、二酸化炭素と反応し中性化に必要な水分量が少ないためであると推定される。

このため、浸透深さ以上の箇所で中性化していないことを確認するために、発色域と中性化域の確認のために、pH 試験紙、pH メーターおよびＸ線回折、中性化させた試験体による熱重量分析により確認した。

その結果、中性化深さの測定には大差なく、中性化領域と未中性化領域の区別が明確であることから浸透性コンクリート保護材を塗布されたコンクリートでもフェノールフタレインで十分に中性化を判別できることが判った。表－Ⅲ.1.15 に No. 7 （溶剤系シラン系）、14（無溶剤系シラン・シロキサン系）と無塗布試験体での測定結果を示す。

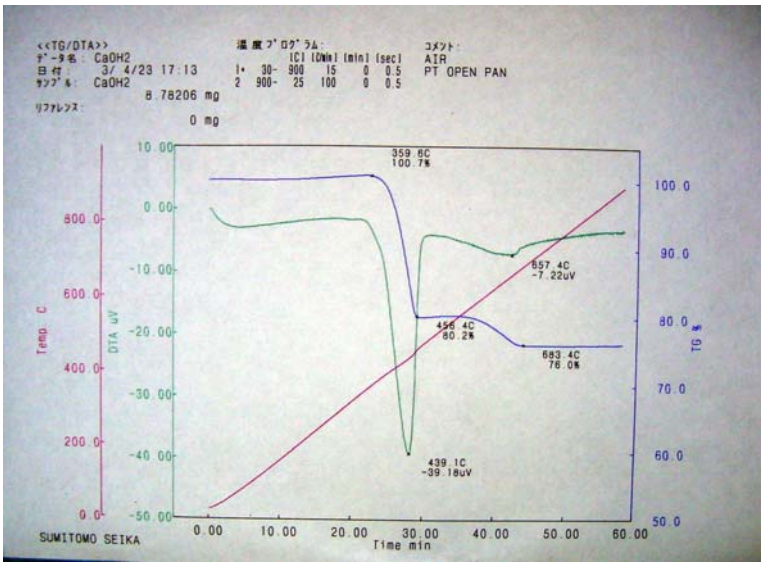
表－Ⅲ.1.15　各方法による中性化域の測定

試験体番号	測定箇所	フェノールフタレイン法		測定法		X線回折(CuKα線)		
		中性化/浸透深さ	発色の有無	pHメータ	pH試験紙	$Ca(OH)_2$	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$
						2θ=18.04°	2θ=34.08°	2θ=29.4°
7	表層部(5mm)	8.8/1.9(mm)	無	8.2	8	13	9	286
	表層部(5～12mm)		無	9.27	9	18	11	190
	中央部		有	12.04	11	79	91	47
14	表層部(5mm)	8.1/5.5(mm)	無	－	－	13	11	154
	表層部(5～12mm)		無	－	－	45	37	114
	中央部		有	－	－	103	85	84
21無塗布	表層部(5mm)	5.9(mm)	無	8.2	8	0	0	325
	表層部(5～12mm)		－	－	－	－	－	－
	中央部		無	11.85	11	105	98	74

－：未測定

・X線回折法：セメントの水和反応においては、水酸化カルシウムおよびC-S-Hが主たる生成物であり、中性化(炭酸化)においては、水酸化カルシウムおよびC-S-Hから炭酸カルシウムへの変化が主要な反応である。この生成物は、結晶度の高い物質として生成するため、粉末X線回折法によって容易に検出できる。

・示差熱・熱重量分析：物質を加熱・冷却した際に起こる反応を、反応に伴う吸熱・発熱や重量変化に着目して定性的､定量的に評価する測定方法である｡中性化(炭酸化)の場合、熱分析の対象となる熱の出入りを伴う反応としては、図－Ⅲ.1.49 に示す水酸化カルシウムやC-S-Hからの脱水、図－Ⅲ.1.50 に示す中性化の生成物である炭酸カルシウムの脱炭酸等がある。



図－Ⅲ.1.49　$Ca(OH)_2$の脱水反応の示差熱・熱重量分析チャート



図－Ⅲ.1.50　$CaCO_3$の脱炭酸反応の示差熱・熱重量分析チャート

１．５　暴露試験方法

実環境における劣化現象発生の有無を確認する目的で、暴露試験を実施した。暴露試験場所の概要を表－Ⅲ.1.16 および写真－Ⅲ.1.5 から写真－Ⅲ.1.9 に示す。表－Ⅲ.1.16 には、各暴露試験場所の性能評価試験項目を示す。

表－Ⅲ.1.16　暴露試験場所の概要

暴露場所	表　記	環境条件などの詳細	
茨城県つくば市	つくば	田園地域	わが国のほぼ平均的な気象環境
東京都品川区大井南	東　京	都市部	交通量が多く、自動車排気ガスを直接うける環境（降雨の影響を受けにくい場所を利用）
静岡県富士宮市（朝霧高原）	朝　霧	高原の結露環境	高原に位置し、朝晩の気温低下が大きい環境
新潟県糸魚川市（親不知）	親不知	海岸部塩害環境	海岸部で冬期に季節風の影響を受ける環境
沖縄県大宜味村	沖　縄	亜熱帯、海岸部、塩害環境	亜熱帯の海岸部に位置し、飛来塩分の影響を強く受ける環境



写真－Ⅲ.1.5　つくば暴露試験状況



写真－Ⅲ.1.6　東京暴露試験状況



写真－Ⅲ.1.7　朝霧暴露試験状況



写真－Ⅲ.1.8　親不知暴露試験状況



写真－Ⅲ.1.9　沖縄暴露試験状況

表－Ⅲ.1.17　暴露試験場所と性能評価試験項目

試験名	暴露試験場所				
	つくば	東　京	朝　霧	親不知	沖　縄
①外観観察	○	○	○	○	○
②表面撥水性	○	○	○	○	○
③浸透深さ（内部撥水性）	－	○	－	○	○
④透水量	○	－	－	－	－
⑤透湿性	－	－	○	－	－
⑥塩化物イオン浸透性	－	－	－	○	○
⑦中性化深さ	－	○	－	○	○
⑧現場透水量	○	－	－	－	－

○：実施した試験項目

１．５．１　外観観察

（１）試験方法

１）目視による外観観察

Ⅲ　１．３．１（１）１）と同様の方法にて観察を行った。

２）色彩計による測定（色差⊿E^*_{ab}）

Ⅲ　１．３．１（１）２）と同様の方法にて測定を行った。

（２）評価方法

１）目視による外観観察

Ⅲ　１．３．１（２）１）と同様の方法にて評価を行った。

２）色彩計による測定（色差⊿E^*_{ab}）

色差は、数値が小さいほど元の色調に近いことを示しており、10 をこえると元の色調と明らかに変わっているとした。また、暴露試験の外観観察結果を評価するために暴露初期との明度差を評価測定した。

１．５．２　表面撥水性

（１）試験方法

Ⅲ　１．３．２（１）１）と同様の方法にて試験を行った。

（２）評価方法

Ⅲ　１．３．２（１）２）と同様の方法にて評価を行った。

１．５．３　浸透深さ

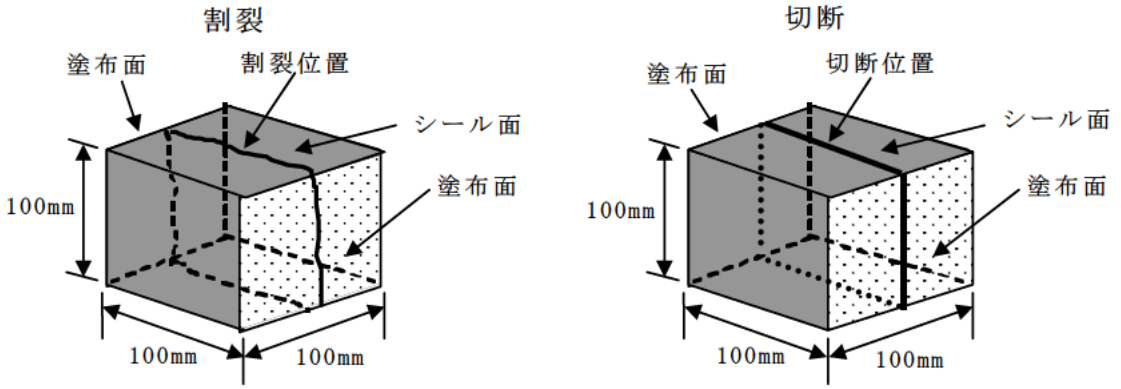
保護材は、コンクリート表面に塗布することで浸透し、コンクリート表層部に撥水箇所ができる。撥水箇所は、コンクリートを割裂あるいはコンクリートカッターで切断し、水に浸すことによって未撥水箇所と区別でき、この方法を水浸漬法と呼ぶことにする。また、コンクリートを割裂後、墨汁を塗布し、水洗することによって未撥水箇所と区別でき、この方法を墨汁法と呼ぶことにする。水浸漬法や墨汁法によって撥水箇所を保護材塗布面からの厚さとして測定することができ、この厚さを浸透深さと呼ぶことにする。ここでは、東京,親不知,沖縄に５年暴露し、暴露年数に対する浸透深さ(コンクリート内部の撥水性)の持続性を調べた。また、浸透深さと暴露後の試験体の塩化物イオン浸透性や中性化深さとの関係を調べた。

（１）試験方法

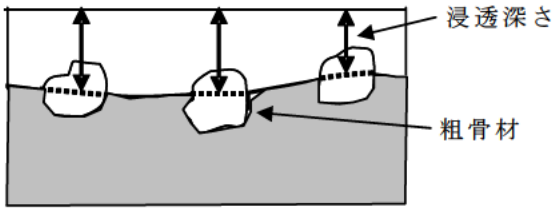
図－Ⅲ.1.51 に示すように、寸法 100mm×100mm×100mm の試験体の保護材塗布面中央部で２分割するため、試験体シール面に鋼製丸棒を置き、その上から圧力をかけることで割裂した。割裂後、２分割した試験体の片方を 23℃の水に 30 秒浸漬して取り出し、0.1mm まで測定できるクラックスケールを用いて浸透深さを測定した。測定箇所は、保護材塗布面中央部および中央部から 25mm の片面３箇所とした。測定箇所に粗骨材がある場合は、図－Ⅲ.1.52 に示すように測定した。東京では、保護材塗布面を国道側および首都高側に向け暴露したため、国道側,首都高側にわけて測定した。

暴露３年目までは水中に浸漬する方法で測定した。水中に浸漬する方法は目視では難しく、測定誤差が大きい。そこで、暴露４,５年目の試験体は、墨汁法を検討した。墨汁法に

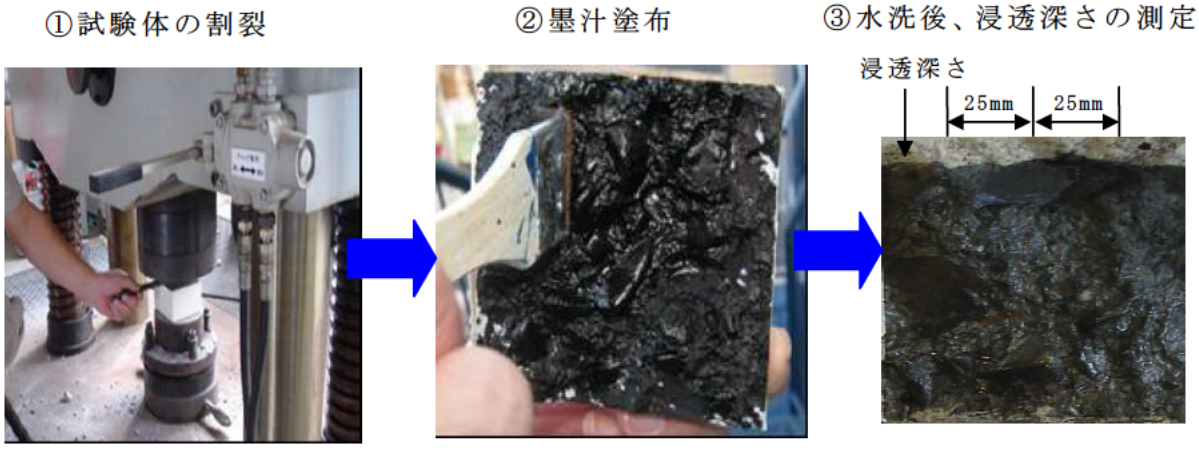
よる測定フローを図－Ⅲ.1.53 に示す。水浸漬法と墨汁法で測定した浸透深さを写真－Ⅲ.1.10 に示す。墨汁法では、水洗で撥水箇所が着色しないため、水浸漬法よりも浸透深さを確認しやすいことがわかった。次に、試験面の状態を検討した。割裂面と切断面で測定した浸透深さを写真－Ⅲ.1.11 に示す。墨汁法では、切断面よりも割裂面の方が撥水箇所を確認しやすいことがわかった。試験方法の変遷を表－Ⅲ.1.18 に示す。



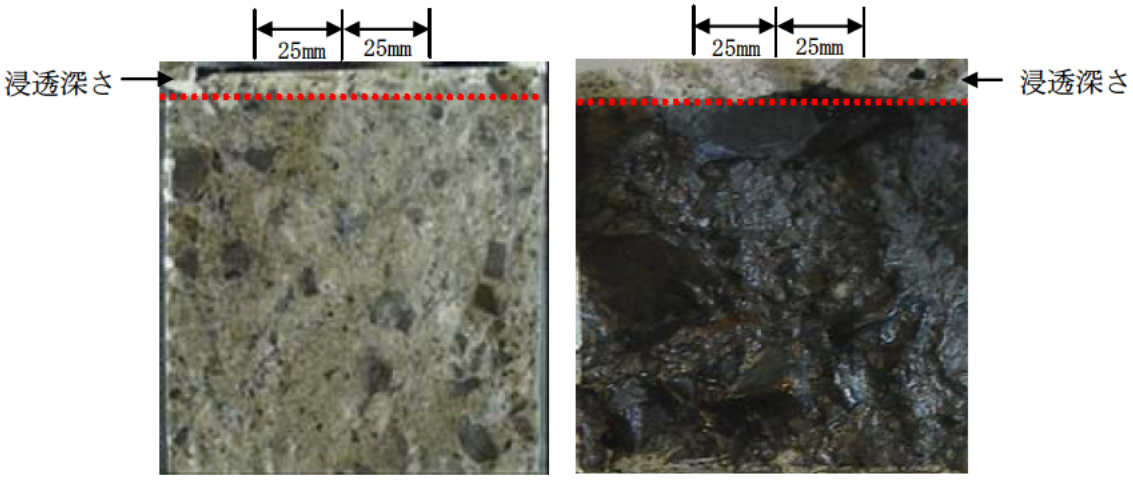
図－Ⅲ.1.51　試験体形状（割裂と切断）



図－Ⅲ.1.52　測定箇所に粗骨材がある場合の測定方法



図－Ⅲ.1.53　墨汁法による浸透深さの測定フロー



a）水浸漬法　　b）墨汁法

写真－Ⅲ.1.10　水浸漬法と墨汁法による浸透深さ



a）割裂面　　b）切断面

写真－Ⅲ.1.11　試験面の状態（割裂面と切断面）による浸透深さ

表－Ⅲ.1.18　浸透深さの試験方法の変遷

暴露年数	試験面の状態	試験方法
初　期	割　裂	水浸漬法
2　年	割　裂	
3　年	割　裂	
4　年	切　断	墨汁法
5　年	割　裂	

（２）評価方法

評価方法は、Ⅲ．１．３．３（２）の方法にて行った。

１．５．４　透水量

透水性は、わが国でほぼ平均的な気象環境であるつくばで暴露した試験体で行うこととした。透水性の試験方法は、初め JIS A 6909-2001(建築用仕上塗材) 7.12 透水試験Ｂ法に準じて行ったが試験面とロートとの界面から漏水が生じることがあり、安定したデータが取れなかったためＯ形の溝を作成後、溝内にシーリング材を充填し、漏水防止対策を行うこととした。暴露試験における透水量試験方法の変遷を表-Ⅲ1.19 に示す。

表－Ⅲ.1.19　透水性試験方法の変遷

暴露年数	溝	シーリング材の塗布箇所	変更理由
初　期	無	JIS A 6909-2001(建築用仕上塗材) 7.12 透水試験Ｂ法に準じてロートの周辺のみに塗布した。	ロートと試験面の境界より水漏れが生じたため。
１　年	有	水漏れを防止するため溝の中に充填した後、ロートの周辺に塗布した。	
２　年			透水した水が試験面以外の部分より蒸発する恐れがあるため。
３　年		水漏れを防止するため溝の中に充填した後、試験面全体に塗布した。	
４　年			
５　年			

（１）試験方法

試験体は、寸法 100mm×100mm×100mm のコンクリート基材の上下２面に保護材を製造業者の指定する方法によって塗布し、残る４面はエポキシ樹脂塗料でシールした。塗装完了後、30 日間養生した。試験体は、旋盤を用いて塗布面を内径φ75mm の、深さ１mm 程度の溝を掘削した。掘削後、溝内をエアーブローなどで清掃し、溝内にシーリング材を充填してから､写真－Ⅲ.1.12 に示すポリエチレン製ロートと 0.1mℓ刻みの目盛りを有するメスピペットが一体化した専用の透水量試験器を設置した。



写真－Ⅲ.1.12　透水量試験器

透水量試験器を設置後、透水量試験器の周辺にもシーリング材を塗布して透水量試験器を固定した。その後、脱イオン水を透水量試験器の０目盛りになるように静かに注ぎいれ、経時での脱イオン水の変化量を測定した。測定は 24 時間後まで行なった。24 時間後、透水量試験器を越えてロート内まで脱イオン水が減少達した場合は、脱イオン水を追加した。追加した脱イオン水は質量を秤量し体積に置き換えた。透過速度が速く、24 時間後に読み取りが不可能になる恐れがある場合は、24 時間を待たずに脱イオン水を追加して、追加した脱イオン水量も追加した。

（２）評価方法

脱イオン水を入れ後１，３，５，８，24 時間経過後の水量の変化を確認し、24 時間後の変化量を透水量として記録し、保護材の経年変化を評価する。

１．５．５透湿性

保護材を塗布した試験体を暴露（静岡県富士宮市）し、1 年ごとに透湿性を評価した。

（１）試験方法

試験方法は、Ⅲ　１．３．５（１）と同様の方法にて試験を行なった。

（２）評価方法

評価方法は、Ⅲ　１．３．５（２）と同様の方法にて評価を行なった。

１．５．６　塩化物イオン浸透性

塩化物イオンの浸透を評価する暴露試験は、環境条件の異なる２箇所で実施した。

（１）試験方法

冬期に強い季節風が吹く海岸部(新潟県親不知)および亜熱帯の海岸部で、飛来塩分の多い環境（沖縄県大宜味村）に試験体の塗布面を地表面に対し、垂直（上下面）に設置し、暴露開始後１年毎に回収し、暴露試験体の上側表面から深さ方向に０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置における塩化物イオン量を JCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法:日本コンクリート工学協会」によって５年間測定した。

１）飛来塩分量の測定

飛来塩分量の測定は土研式タンク法により 10cm 四方の開口部を持つ土研式飛来塩分補集器を所定期間セットし、ステンレス板に付着した塩分をイオン交換水でポリタンク内に洗い流し、そのイオン交換水に含まれる塩分濃度を硝酸銀滴定法で求める。日平均飛来塩分量 mdd（mg-NaCl/dm^2/day）を次式により算出する。使用した土研式飛来塩分補修器を写真－Ⅲ.1.13 に示す。

P＝（m×w）／（d×k）

ここに、P：日平均飛来塩分量（mmd:mg-NaCl/dm^2/day）

m：飛来塩分量(mg/mℓ)＝［x×f（NaCl の分子量／Cl の原子量)］／v

f：N/200 硝酸銀のファクター

x：N/200 硝酸銀の滴下量(mℓ)

v：分取量(mℓ)

w：ポリタンク内の水量(mℓ)

d：調査期間(day)

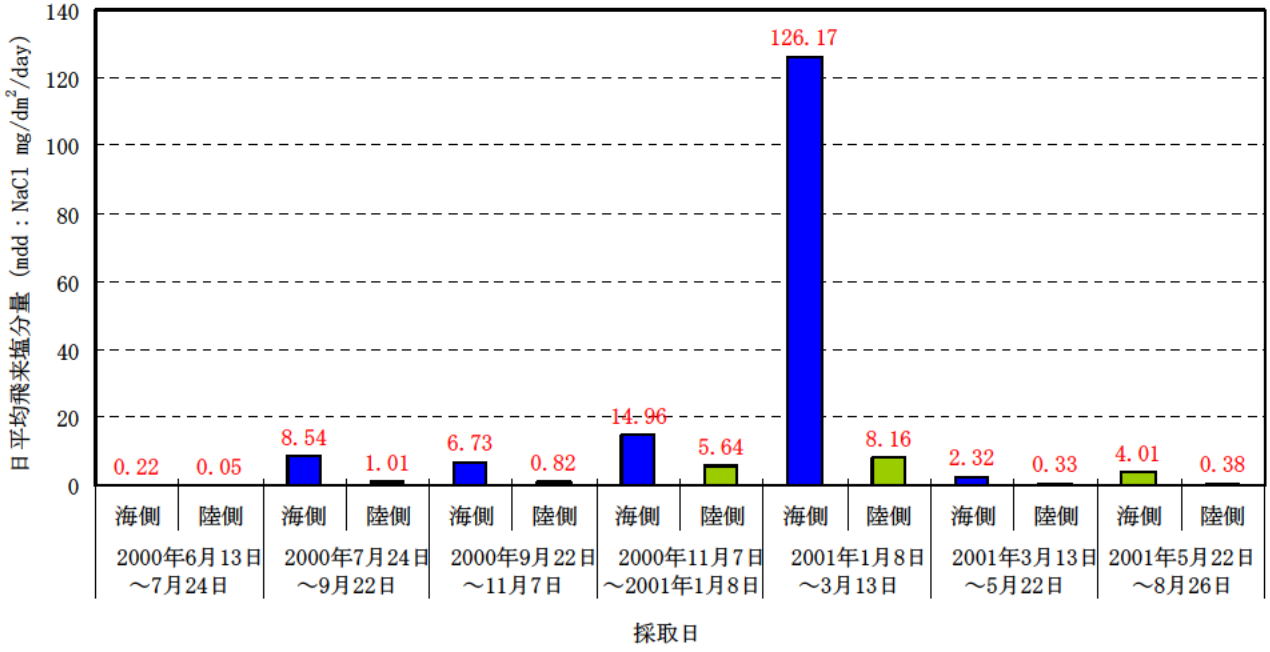
k：補集面積(dm^2)



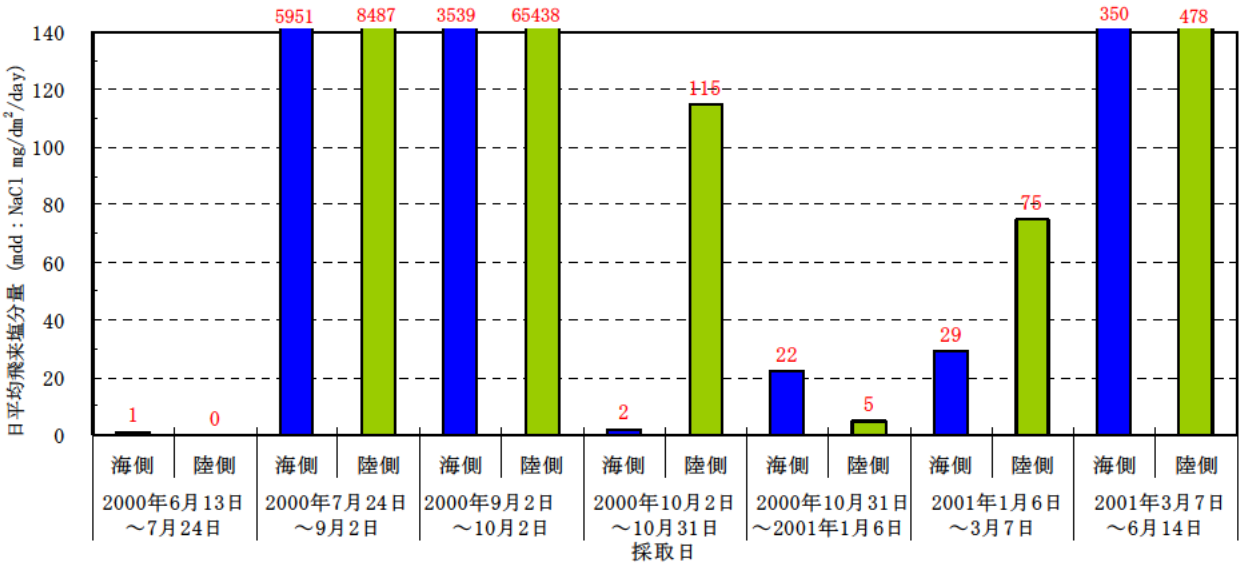
写真－Ⅲ.1.13　土研式飛来塩分補集器

２）飛来塩分量の測定結果

土研式飛来塩分補修器を使用し、海洋から飛来して付着する海塩粒子（塩分）を海側、陸側の方向に設置した捕集口で集め、たまった溶液を１ヶ月ごとに測定した親不知と沖縄暴露場所の 2000 年から 2001 年の１年間の日平均飛来塩分量測定結果を図－Ⅲ.1.54 に示す。



a）親不知



b）沖縄

図－Ⅲ.1.54　日平均飛来塩分量

１．５．７　中性化深さ

（１）試験方法

暴露試験は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体を環境条件の異なる３箇所で行った。交通量が多く、自動車排気ガスを直接うける都市部（東京都品川区大井南）、冬季に強い季節風が吹く海岸部（新潟県親不知）及び亜熱帯で、飛来塩分の多い海岸部（沖縄県大宜味村）に暴露し、１年毎に試験体を回収し５年間の中性化深さを測定した。

（２）評価方法

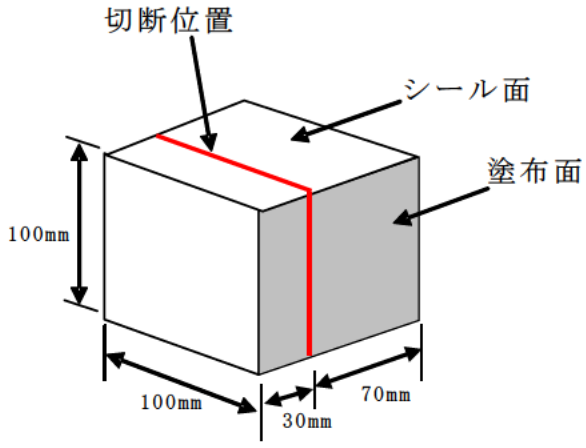
１．３．７．中性化深さ（２）評価方法に準じて行った。

なお、１年後のみ、コンクリートカッターによる切断面、２年後以降は、圧縮試験機による割裂面の中性化深さを測定した。

１．５．８　長期暴露

第１次暴露は５年間の予定であったが、より長期に渡る耐久性の効果を確認するため、東京で８年間暴露した試験体を用いて浸透深さと中性化深さを、沖縄で８年間暴露した試験体を用いて吸水量と塩化物イオン量を測定した。東京で暴露した試験体は割裂し、半分を浸透深さ、もう半分を中性化深さの測定に用いた。

沖縄で暴露した試験体は２面塗布しており、暴露時に空を向いている面（上面とする）と地面を向いている面（下面とする）が塗布面となっている。暴露架台から回収後、試験体の表面を流水のもとタワシで洗浄した。その後、端から 30 ㎜をダイヤモンドカッターで切断し、寸法 70 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（塗布面は 70 ㎜×100 ㎜）を吸水量に、寸法 30 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（塗布面は 30 ㎜×100 ㎜）を塩化物イオン量の測定に用いた。図－Ⅲ.1.55 に試験体の切断位置を示す。



図－Ⅲ.1.55　試験体の切断位置

（１）浸透深さ

保護材は、コンクリート表面に塗布することで浸透し、コンクリート表層部に撥水箇所ができる。この撥水箇所は、コンクリートを割裂し、墨汁をつけ、水洗することによって未撥水箇所と区別でき、保護材塗布面からの厚さとして測定することができる。この厚さを浸透深さと呼ぶことにし、ここでは、東京に８年暴露し、暴露年数に対する浸透深さ（コ

ンクリート内部の撥水性)の持続性を調べた。また、浸透深さと暴露後の試験体の中性化深さとの関係を調べた。

１）試験方法

Ⅲ　１．３．３　（１）と同様に、寸法 100mm×100mm×100mm の試験体の保護材塗布面中央部で２分割するため、試験体シール面に鋼製丸棒を置き、その上から圧力をかけることで割裂した。割裂後、Ⅲ　１．５．３　（１）と同様に２分割した試験体の片方に墨汁を塗布し、水洗した。水洗後、0.1mm まで測定できるクラックスケールを用いて浸透深さを測定した。測定箇所は、保護材塗布面中央部および中央部から 25mm の片面３箇所とした。測定箇所に粗骨材がある場合は、Ⅲ　１．３．３　（１）に示すように測定した。東京では、保護材塗布面を国道側および首都高側に向け暴露したため、国道側,首都高側にわけて測定した。

２）評価方法

浸透深さは、片面３箇所の測定値を平均し、四捨五入によって少数点以下１桁となるように算出した。

（２）吸水量

１）試験方法

長期暴露によりシール面が劣化していたため、ディスクサンダーでシールを除去した。その後、絶乾状態にするために 60℃の恒温機に入れ、質量の変化がなくなるまで放置した。質量変化がなくなると恒温機から取り出し、室温に戻してから、Ⅲ　１．２（３）と同様の方法でシール面を塗装した。浸漬試験は、23℃に空調を設定した室内で行い予め室温に合わせておいた水道水に 45 日間浸漬した。試験体は 10 ㎜のスペーサー上に塗布面を横にして置き、試験体上部から水面は常時 20 ㎜程度を確保した。写真－Ⅲ.1.14 にシール後の試験体を写真－Ⅲ.1.15 に試験体の浸漬状態を示す。



写真－Ⅲ.1.14　シール後の試験体



写真－Ⅲ.1.15　試験体の浸漬状態

２）評価方法

各試験体は質量が異なるため、吸水量を試験体の質量で除した吸水率で評価した。

$$W_n = [(w_n - w_0) / w_0] \times 100 \cdots\cdots (1)$$

ここに、W_n：ｎ日間浸漬後の吸水率（％）

w_n：ｎ日間浸漬後の試験体の質量（ｇ）

w_0：浸漬前の試験体の質量（ｇ）

$w_n - w_0$：ｎ日間浸漬後の吸水量（ｇ）

（３）塩化物イオン量

１）試験方法

切断した試験体の上面の０から 10 ㎜、下面の０から 10 ㎜、10 ㎜から 20 ㎜、20 ㎜から 30 ㎜位置における塩化物イオン量を測定した。試験方法はⅢ　１．３．６　３）と同様の方法にて評価を行った。

２）評価方法

評価方法はⅢ．１．３．６　３）と同様の方法にて評価を行った。

（４）中性化深さ

１）試験方法

東京で８年間暴露した試験体を割裂し、中性化深さを測定した。

２）評価方法

Ⅲ．１．３．７（２）と同様の方法にて評価を行った。

１．６　暴露試験結果

１．６．１　外観観察

（１）目視による外観観察

暴露場所による初期および５年暴露の外観を図－Ⅲ.1.56(1)と(2)に、外観観察結果を表－Ⅲ.1.20(1)、(2)、(3)に示す。

東京暴露試験体は１年後から排気ガス等の影響で黒っぽく変色し雨筋汚れが目立ち（時に国道側)、５年後になると全体が黒っぽく変色している試験体が多かった。また、沖縄暴露試験体は２年後から変色が確認され、５年後になると保護材の剥離が確認された試験体があった。他の暴露試験体も５年後では初期と比較すると多少なりとも変化が認められたものが多かった。

（２）色差測定結果

色差の経年結果（５年後）を図－Ⅲ.1.57(1)から(6)に示す。また、色差および明度差の経年結果の測定数値は付録に示す。

①つくば

経年により色差が大きくなる傾向にあるが、無塗布の試験片との大きな差は認められなかった。系統別では、「その他の類」が小さい値を示した。

②東京

国道側は、色差が１年後から大きかったが、試験片によりバラツキが大きかった。首都高側は国道側に比べると全体的に色差は小さく、バラツキも少なかった。

③朝霧

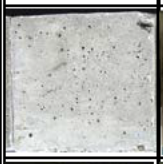
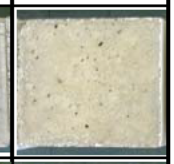
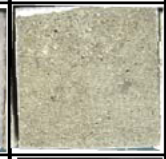
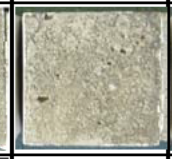
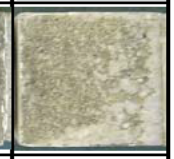
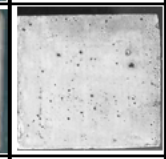
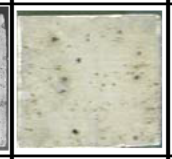
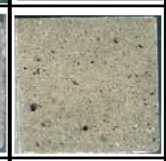
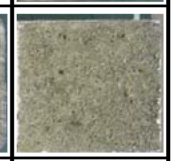
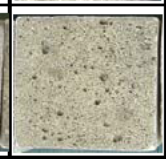
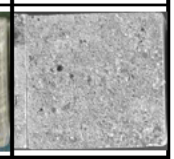
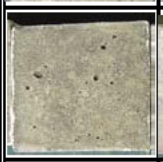
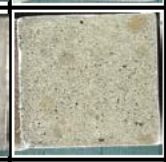
全体的に色差は大きな値を示したが、系統別の差は認められなかった。

④親不知

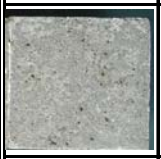
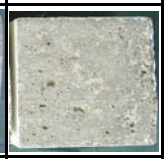
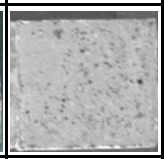
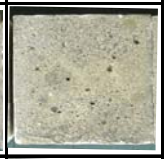
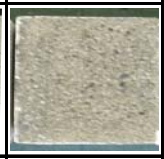
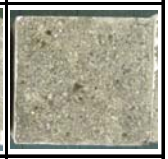
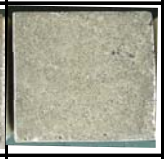
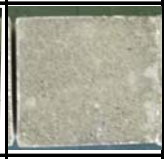
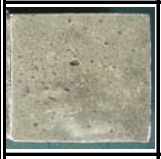
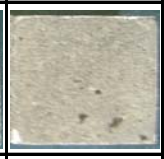
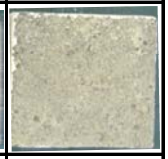
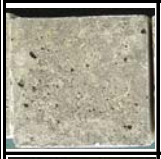
無塗布と比較すると多少色差は大きい傾向を示したが、系統別による差は認められなかった。

⑤沖縄

試験体によっては非常に大きな色差を示すものがあった。その他の類のものは無塗布と比較して差はなかった。

No.	初期試験体	５年暴露試験体					
		つくば	東　京 (国道側)	東　京 (首都高側)	朝　霧	親不知	沖　縄
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

図－Ⅲ.1.56(1)　暴露場所による試験体外観（初期および５年暴露）

No.	初期試験体	５年暴露試験体					
		つくば	東　京 (国道側)	東　京 (首都高側)	朝　霧	親不知	沖　縄
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
無塗布							

図－Ⅲ.1.56(2)　暴露場所による試験体外観（初期および５年暴露）

表－Ⅲ.1.20(1)　外観観察結果

No.	系　統	中分類	形　態	つくば					朝霧				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水系	シラン系	単独形	○	○	○	×	×	○	○	○	×	×
2				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3				○	○	○	×	×	○	○	○	×	×
4	溶剤系		単独形	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
5				○	○	○	○	×	○	○	×	○	○
6				○	○	○	×	×	○	○	○	○	○
7				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○
9				○	×	○	×	×	○	○	○	○	○
10				○	×	○	×	×	○	○	○	○	○
11				○	×	○	×	×	○	○	○	○	○
12			造膜形	×	○	○	×	×	○	○	○	×	×
13	溶剤系			×	×	○	○	×	○	○	○	○	○
14	無溶剤系		単独形	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○
15			造膜形	×	×	○	×	×	○	○	○	×	×
16				×	×	○	○	×	○	○	○	○	○
17	水系	その他の類	単独形	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○
18			造膜形	○	×	○	○	○	○	○	○	○	×
19	溶剤系		単独形	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○
20			造膜形	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
21	無塗布			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注)○：変化なし　×：変化あり（光沢あり、変色あり、表面劣化、藻の発生、はがれ）

表－Ⅲ.1.20(2)　外観観察結果

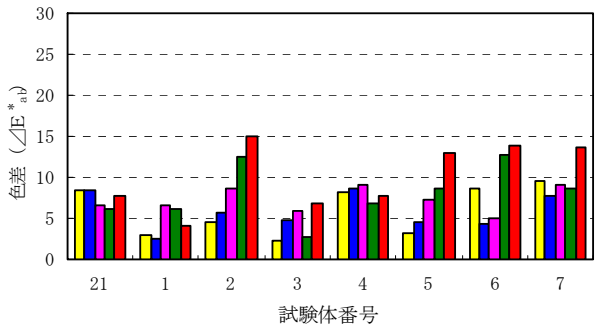
No.	系　統	中分類	形　態	東京（国道側）					東京（首都高側）				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水系	シラン系	単独形	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
2				×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
3				×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
4	溶剤系		単独形	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
5				×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
6				×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
7				×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
9				×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
10				×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
11				×	×	×	×	×	○	○	×	○	○
12			造膜形	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
13	溶剤系			×	×	×	×	×	○	○	×	×	×
14	無溶剤系		単独形	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
15			造膜形	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
16				×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
17	水系	その他の類	単独形	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
18			造膜形	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
19	溶剤系		単独形	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
20			造膜形	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
21	無塗布			×	×	×	×	×	○	○	○	○	○

注)○：変化なし　×：変化あり（光沢あり、変色あり、表面劣化、藻の発生、はがれ）

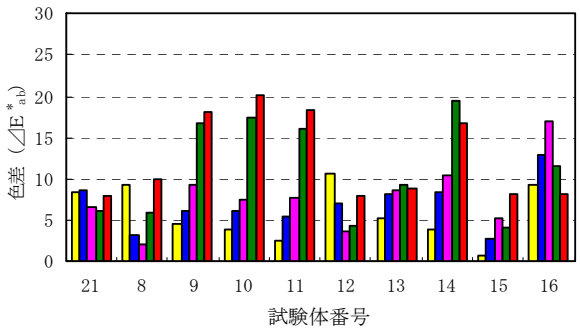
表－Ⅲ.1.20(3)　外観観察結果

No.	系　統	中分類	形　態	親不知					沖縄				
				１年	２年	３年	４年	５年	１年	２年	３年	４年	５年
1	水系	シラン系	単独形	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×
2				○	○	○	○	○	○	×	×	○	○
3				○	○	○	×	×	○	×	×	×	×
4	溶剤系		単独形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5				○	○	○	○	○	○	○	×	○	○
6				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	○	×	×	○	○	○	×	×	○	○
9				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12			造膜形	○	○	○	×	×	○	×	×	○	○
13	溶剤系			○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
14	無溶剤系		単独形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
15			造膜形	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×
16				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	水系	その他の類	単独形	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
18			造膜形	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
19	溶剤系		単独形	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
20			造膜形	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
21	無塗布			○	×	×	○	○	○	○	×	×	×

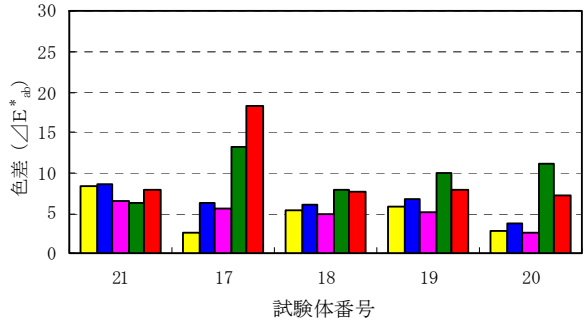
注)○：変化なし　×：変化あり（光沢あり、変色あり、表面劣化、藻の発生、はがれ）



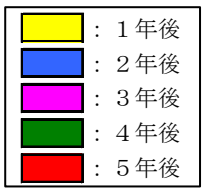
a）シラン系



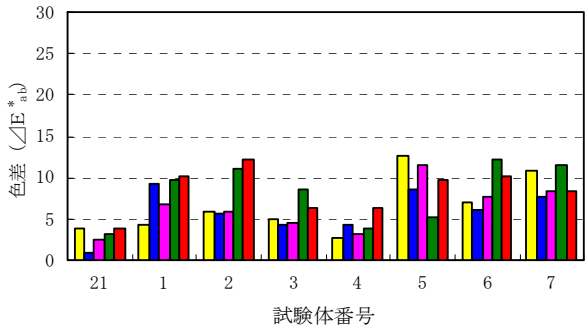
b）シラン・シロキサン系



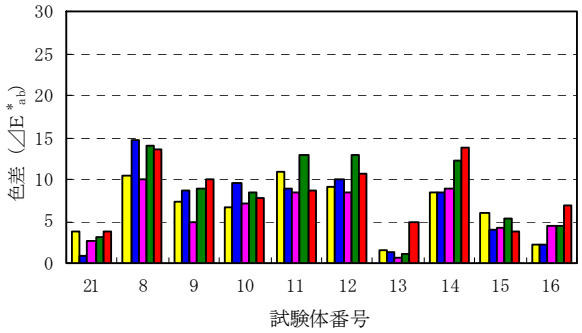
c）その他の類



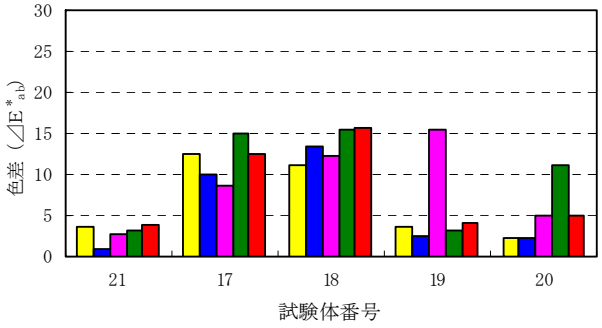
図－Ⅲ1.57(1)　つくば試験体の色差測定結果



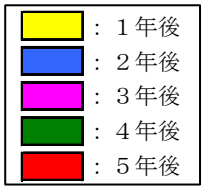
a）シラン系



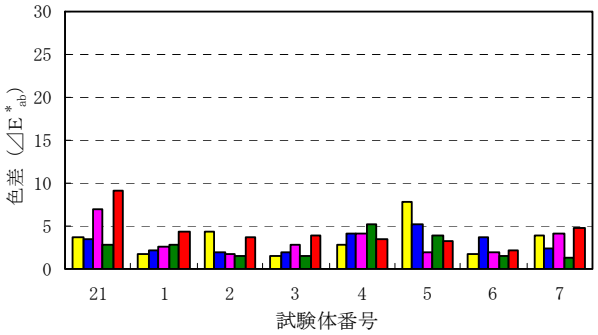
b）シラン・シロキサン系



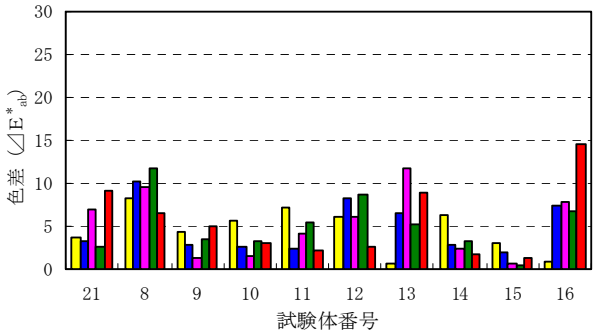
c）その他の類



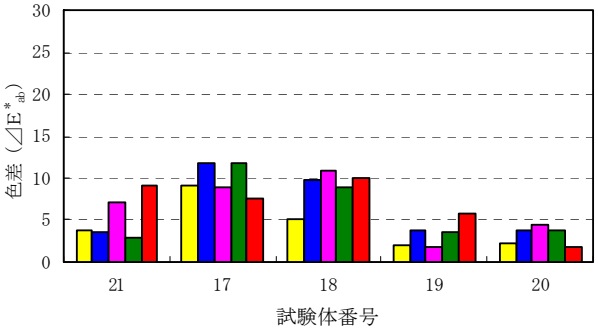
図－Ⅲ.1.57(2)　東京（国道側）試験体の色差測定結果



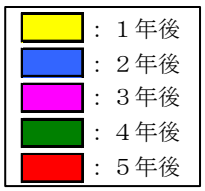
a）シラン系



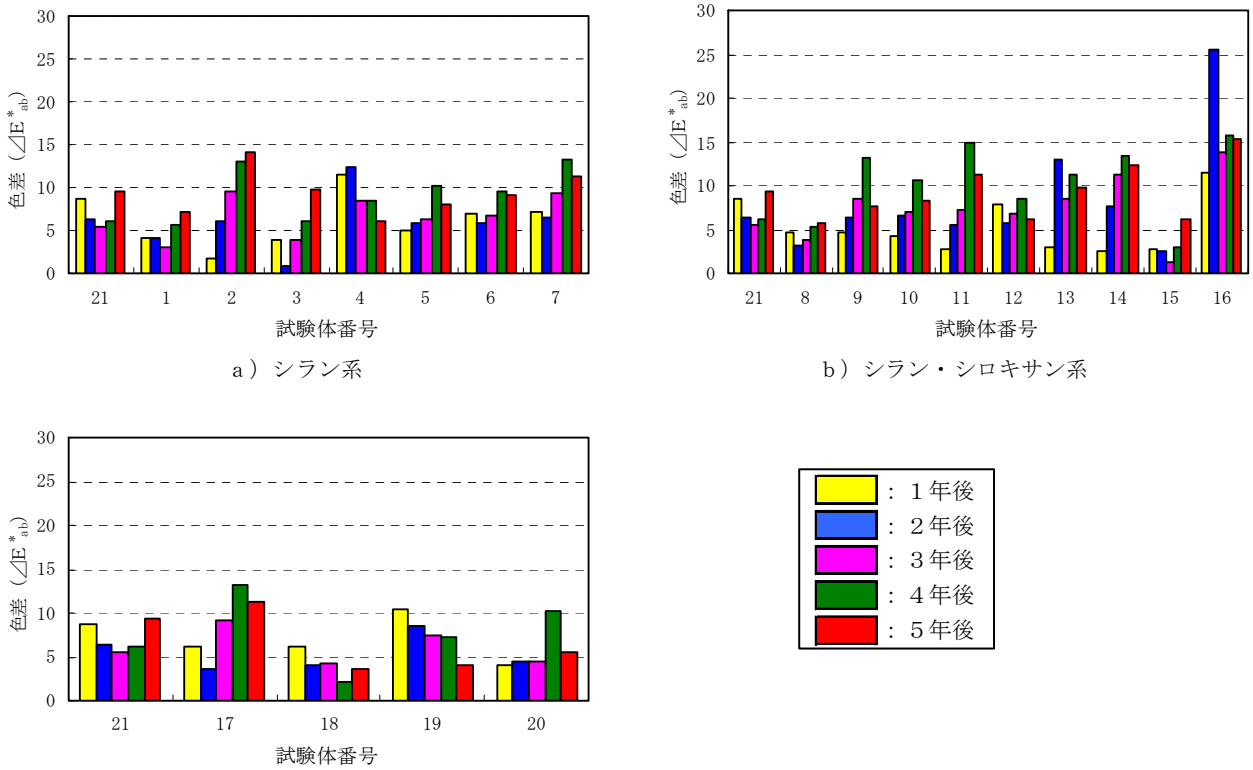
b）シラン・シロキサン系



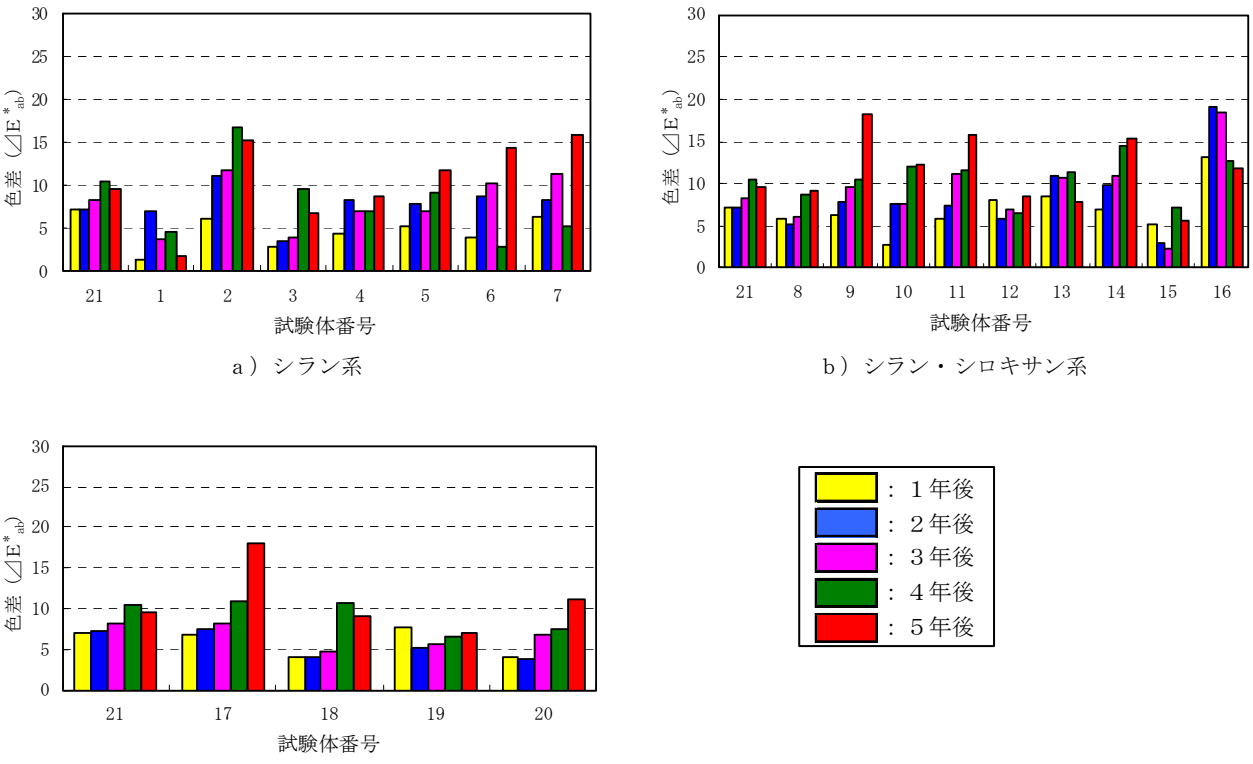
c）その他の類



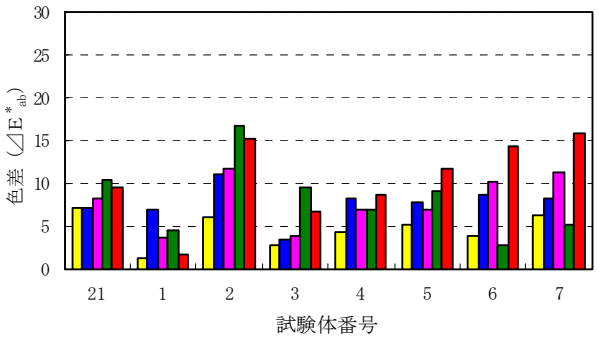
図－Ⅲ.1.57(3)　東京（首都高側）試験体の色差測定結果



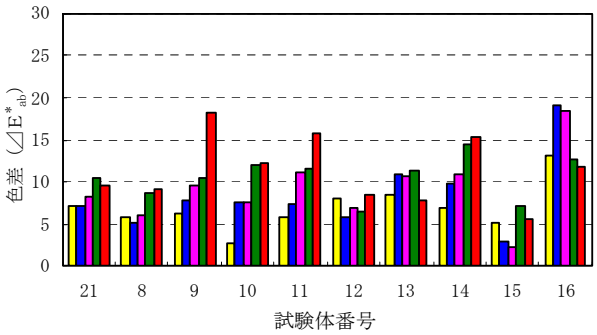
図－Ⅲ.1.57(4)　朝霧試験体の色差測定結果



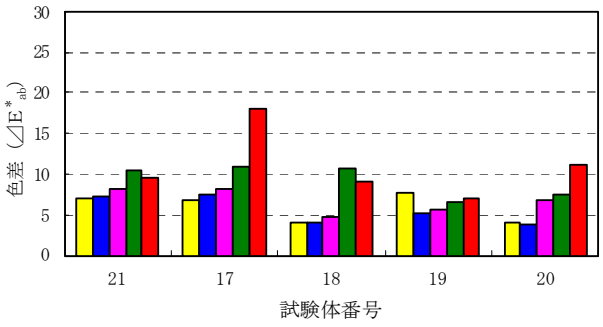
図－Ⅲ.1.57(5)　親不知試験体の色差測定結果



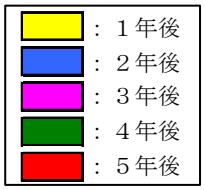
a）シラン系



b）シラン・シロキサン系



c）その他の類



図－Ⅲ.1.57(6)　沖縄試験体の色差測定結果

（３）まとめ

外観観察の結果、以下のことが明らかとなった。

①東京暴露試験体は１年後から黒っぽい汚れが目立ったが、他の暴露地の試験体については大きな差異はなかった。これは、東京暴露は自動車排気ガス等を受けやすい環境にあるのに対して、他の暴露環境は、汚れについてはほとんど差がない環境にあることに起因する。色差測定結果もそれを裏付ける結果を示した。

②保護材の系統別による差はほとんど認められず、色差測定結果による保護材の劣化程度の判断はできにくいと考えられる。

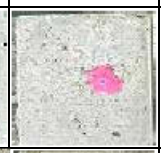
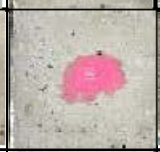
１．６．２　表面撥水

各暴露地での暴露５年後の全試験体の表面撥水性の状態を図－Ⅲ.1.58(1)と(2)に、暴露５年後までの全試験体の表面撥水性の試験結果を表－Ⅲ.1.21(1)、(2)、(3)に、撥水評価点を表－Ⅲ.1.22 に示す。

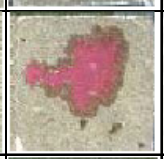
また、暴露場所による無塗布試験体および全試験体の撥水評価点（平均値）を図－Ⅲ.1.59(1)と(2)に示す。

（１）試験結果

保護材を塗布した試験体は、無塗布試験体に比べ初期（暴露前）撥水性が高く、いずれの暴露場においても暴露経年によって低下する傾向にあるが、その低下の大きさは暴露場によって異なる。

No.	つくば	東　京 (国道側)	東　京 (首都高側)	朝　霧	親不知	沖　縄
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

図－Ⅲ.1.58(1)　暴露５年後の表面撥水状況

No.	つくば	東　京 (国道側)	東　京 (首都高側)	朝　霧	親不知	沖　縄
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
無塗布						

図－Ⅲ.1.58(2)　暴露５年後の表面撥水状況

表－Ⅲ.1.21(1)　各保護材の撥水評価点（つくば,朝霧）

No.	系　統	中分類	形　態	つくば					朝霧				
				１年	２年	３年	４年	５年	１年	２年	３年	４年	５年
1	水系	シラン系	単独形	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5
2				3	1	1	1	1	5	3	1	1	1
3				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	溶剤系		単独形	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1
5				3	3	1	1	1	5	5	3	1	1
6				3	1	1	1	1	1	3	1	1	1
7				3	1	1	1	1	3	3	3	1	1
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	3	5	5	3	3	5	5	3	3	1
9				1	1	1	1	1	3	3	1	1	1
10				1	1	1	1	1	3	3	3	1	1
11				1	1	1	1	1	3	3	1	1	1
12			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	溶剤系			5	5	5	3	3	5	5	5	3	3
14	無溶剤系		単独形	3	1	1	1	1	3	3	1	1	1
15			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
16				5	3	3	3	1	5	3	3	3	1
17	水系	その他の類	単独形	3	3	1	1	1	3	3	1	1	1
18			造膜形	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5
19	溶剤系		単独形	5	3	1	1	1	5	5	3	1	1
20			造膜形	3	3	1	1	1	5	5	3	1	1
21	無塗布			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

注）1：濡れる、2:やや濡れる、3：拡がる、4:ややはじく、5:はじく

表－Ⅲ.1.21(2)　各保護材の撥水評価点（東京）

No.	系　統	中分類	形　態	東京（国道側）					東京（首都高側）				
				１年	２年	３年	４年	５年	１年	２年	３年	４年	５年
1	水系	シラン系	単独形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2				5	5	5	5	5	5	3	3	3	5
3				5	5	3	5	5	5	5	5	5	5
4	溶剤系		単独形	5	5	3	5	5	1	3	3	3	3
5				5	5	5	5	5	5	5	3	3	5
6				5	5	5	5	5	5	3	3	3	5
7				5	5	3	5	5	4	3	3	1	3
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9				5	5	3	5	5	5	3	1	1	3
10				5	5	3	5	3	5	5	1	1	3
11				5	5	3	5	3	3	3	1	1	3
12			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	溶剤系			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	無溶剤系		単独形	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3
15			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
16				5	5	5	5	5	5	5	5	5	3
17	水系	その他の類	単独形	5	5	3	5	5	5	5	5	3	3
18			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	溶剤系		単独形	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3
20			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3
21	無塗布			1	5	1	5	5	1	3	3	1	3

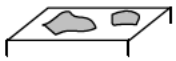
注）1：濡れる、2:やや濡れる、3：拡がる、4:ややはじく、5:はじく

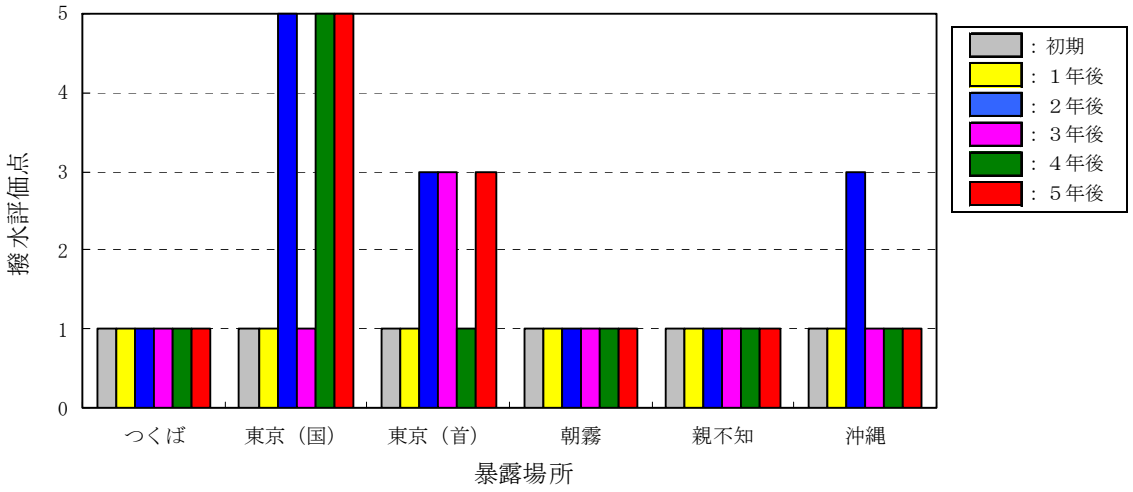
表－Ⅲ.1.21(3)　各保護材の撥水評価点（親不知,沖縄）

No.	系　統	中分類	形　態	親不知					沖縄				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水系	シラン系	単独形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2				5	1	1	1	1	1	3	1	1	1
3				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	溶剤系		単独形	5	5	1	1	1	3	1	1	3	1
5				3	3	1	1	1	3	3	1	5	1
6				3	3	1	1	1	1	3	1	3	1
7				3	3	1	1	1	1	3	1	3	1
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	5	5	3	1	1	5	3	1	3	1
9				1	1	1	1	1	1	1	1	3	5
10				1	1	1	1	1	1	3	1	1	1
11				1	3	1	1	1	1	1	1	3	1
12			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	溶剤系			5	5	5	1	3	5	5	3	3	3
14	無溶剤系		単独形	1	5	1	1	1	1	3	1	3	3
15			造膜形	5	5	5	3	5	5	5	3	3	1
16				3	3	1	1	1	5	3	1	3	1
17	水系	その他の類	単独形	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1
18			造膜形	5	5	3	3	1	5	5	3	3	3
19	溶剤系		単独形	5	1	1	1	1	5	3	1	3	1
20			造膜形	3	1	1	1	1	3	1	1	3	3
21	無塗布			1	1	1	1	1	1	3	1	1	1

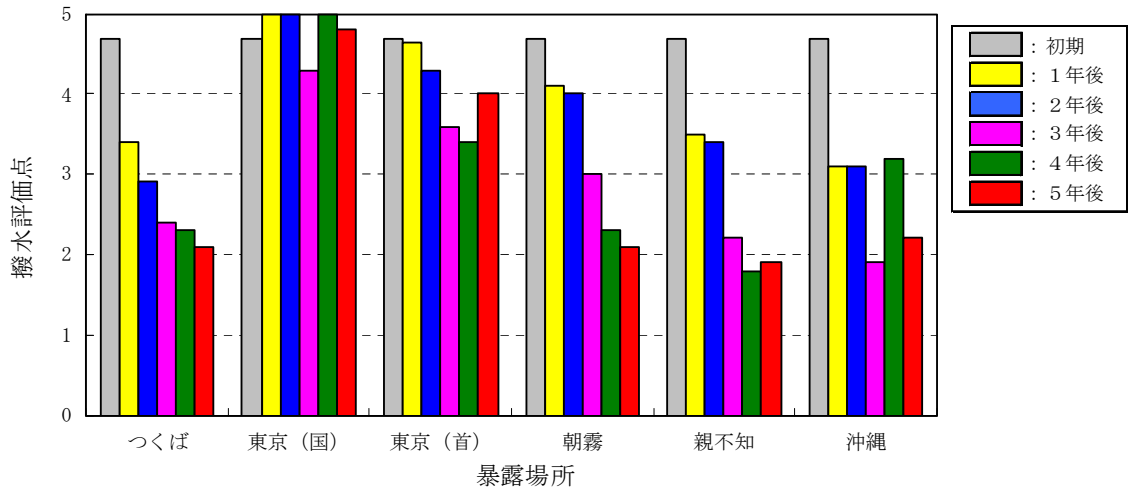
注）1：濡れる、2:やや濡れる、3：拡がる、4:ややはじく、5:はじく

表－Ⅲ.1.22　撥水評価点

撥　水 評価点	分　類	状　況	
1	濡れる		無塗布と同様に撥水性がなく、全体的に濡れる
2	やや濡れる		撥水性がほとんどなく濡れる
3	拡がる		わずかな撥水性がある
4	ややはじく		中程度の撥水性がある
5	はじく		著しい撥水性がある



図－Ⅲ.1.59(1)　暴露場所による無塗布コンクリートの撥水評価点



図－Ⅲ.1.59(2)　暴露場所による全試験体の撥水評価点

（２）まとめ

表面撥水結果より、以下のことが明らかとなった。

①無塗布試験体は初期（暴露前）から撥水性が低く、東京（首都高側）暴露を除く保護材は、暴露経年によってもほとんど変化がなく撥水性が低い。

②東京（首都高側）暴露においては暴露経年によって撥水性が高まっている。これは排ガス等の有機質の汚れが付着したためと考える。

③種々の保護材を塗付した全試験体は、暴露経年によって徐々に低下する暴露場所と暴露経年によってあまり低下しない暴露場所に大別される。後者は東京暴露の国道側と首都高速側であり、前者はその他の４箇所の暴露場所（つくば、親不知、朝霧、沖縄）である。

④４箇所の暴露場所（つくば、親不知、朝霧、沖縄）は暴露経年によって低下しており、撥水性については田園地区と海岸地区による差異はないと言える。

⑤測定結果より、保護材の機能の持続性を評価する方法として撥水性を評価することは有意義であるが、排ガスや煤煙等の有機質の汚れが多い環境（例えば都市部、工業地域）での暴露試験では撥水性の評価は難しいと考えられる。

１．６．３　浸透深さ

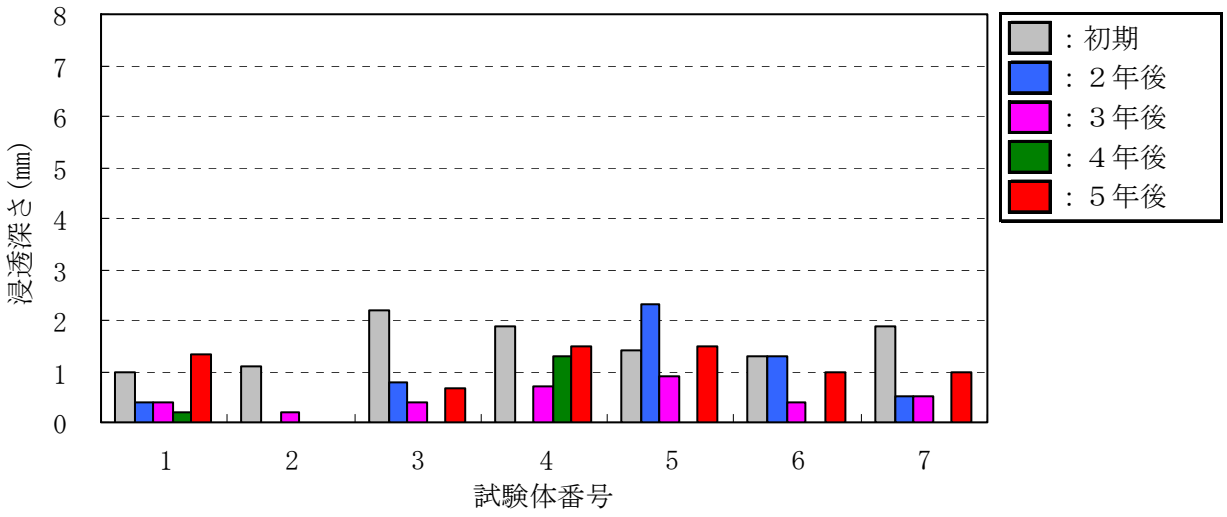
初期，暴露２，３年後の試験体は水浸漬法、暴露４，５年後の試験体は墨汁法によって測定した結果を示す。

（１）東京暴露

１）シラン系

ｉ）国道側

水系，溶剤系の初期，暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.60 に示す。国道側に向けた面において、No. １は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は暴露２年後と同値であり、暴露４年後は初期値より減少し、暴露５年後は初期値より増加した。No. ２は、暴露２年後は認められず、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４，５年後は認められなかった。No. ３は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No. ４は、暴露２年後は認められず、暴露３年から５年後まで暴露年数が経過するにつれて増加した。No. ５は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。No. ６は、暴露２年後は初期値と同値であり、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No. ７は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は暴露２年後と同値であり、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。

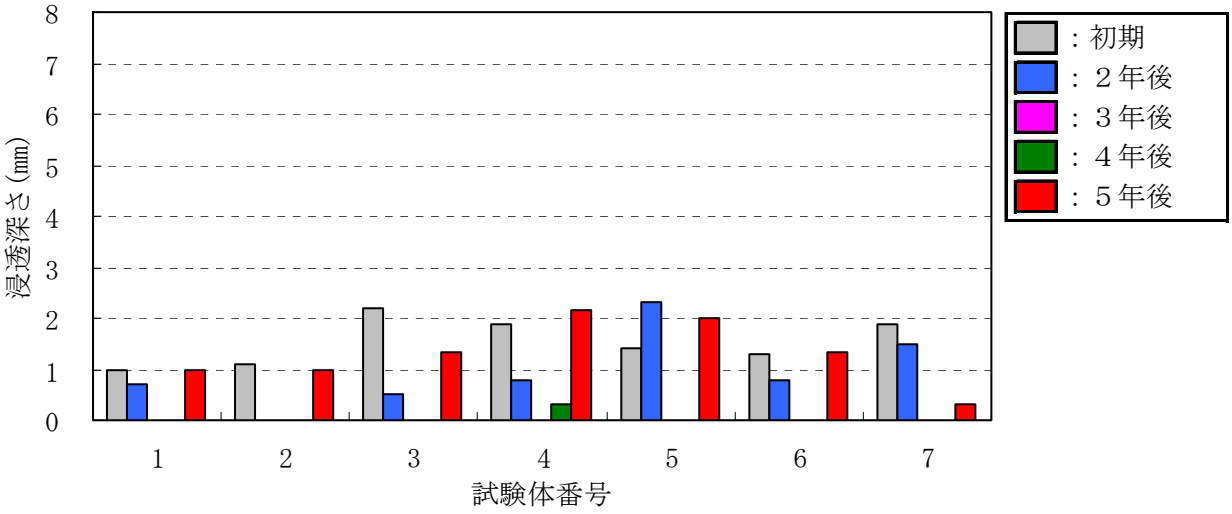


図－Ⅲ.1.60　シラン系の浸透深さ（国道側）

ⅱ）首都高側

水系，溶剤系の初期，暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.61 に示す。首都高側に向けた面において、No. １は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認め

られず、暴露５年後は初期値と同値であった。No. ２は、暴露２，３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No. ３は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No. ４は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は認められず、暴露４年後は初期値より減少し、暴露５年後は初期値より増加した。No. ５は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。No. ６は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後
は、認められず、暴露５年後は初期値と同値であった。No. ７は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。

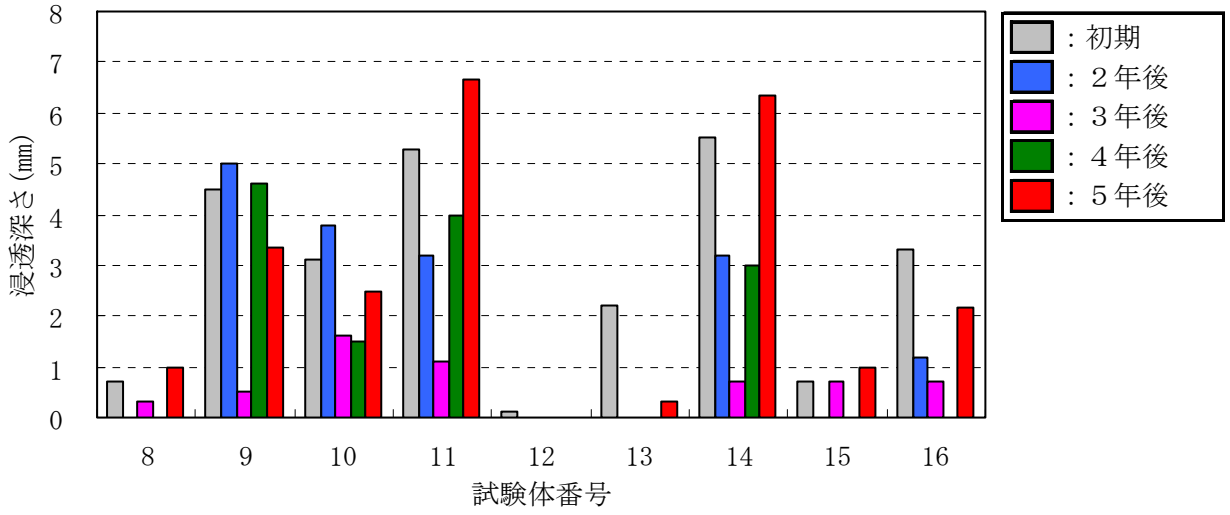


図－Ⅲ.1.61　シラン系の浸透深さ（首都高側）

２）シラン・シロキサン系

ｉ）国道側

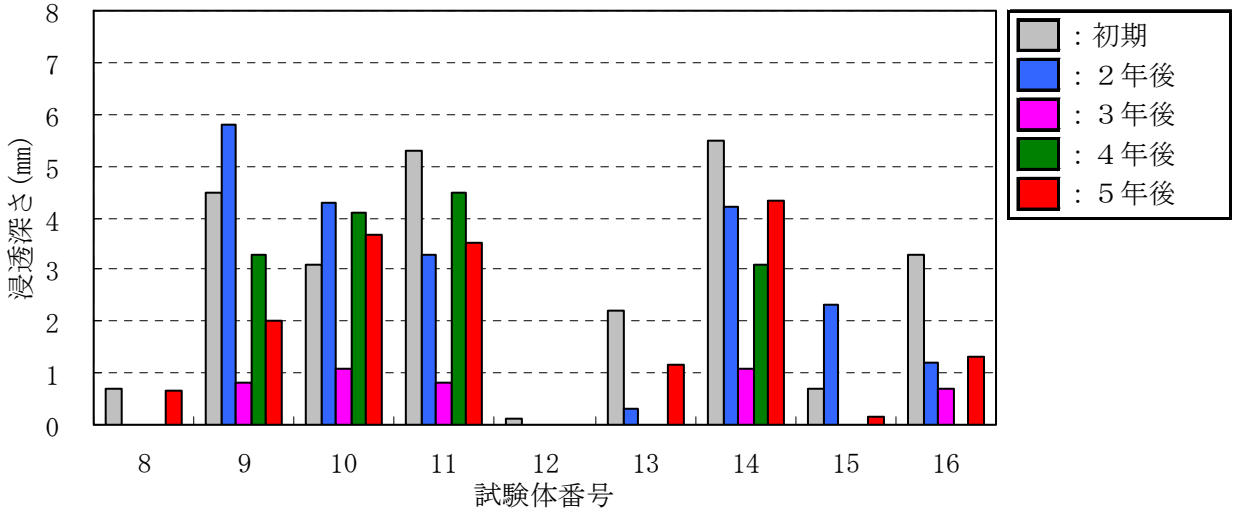
水系，溶剤系，無溶剤系の初期，暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.62 に示す。国道側に向けた面において、No. ８は、暴露２年後は認められず、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。No. ９は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は初期値より増加し、暴露５年後は初期値より減少した。No. 10 は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露３，４，５年後は初期値より減少した。No. 11, 14 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は初期値より減少し、暴露５年後は初期値より増加した。No. 12 は初期のみ認められた。No. 13 は、暴露２，３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No. 15 は、暴露２年後は認められず、暴露３年後は初期値と同値であり、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。No. 16 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。



図－Ⅲ．１．62　シラン・シロキサン系の浸透深さ(国道側)

ⅱ）首都高側

水系，溶剤系，無溶剤系の初期，暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ．1.63 に示す。首都高側に向けた面において、No．８は、暴露２，３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値と同値であった。No．９は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露３，４，５年後は初期値より減少した。No．10 は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４，５年後は初期値より増加した。No．11 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４，５年後は初期値より減少した。No．12 は初期のみ認められた。No．13 は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No．14 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４，５年後は初期値より減少した。No．15 は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No．16 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。

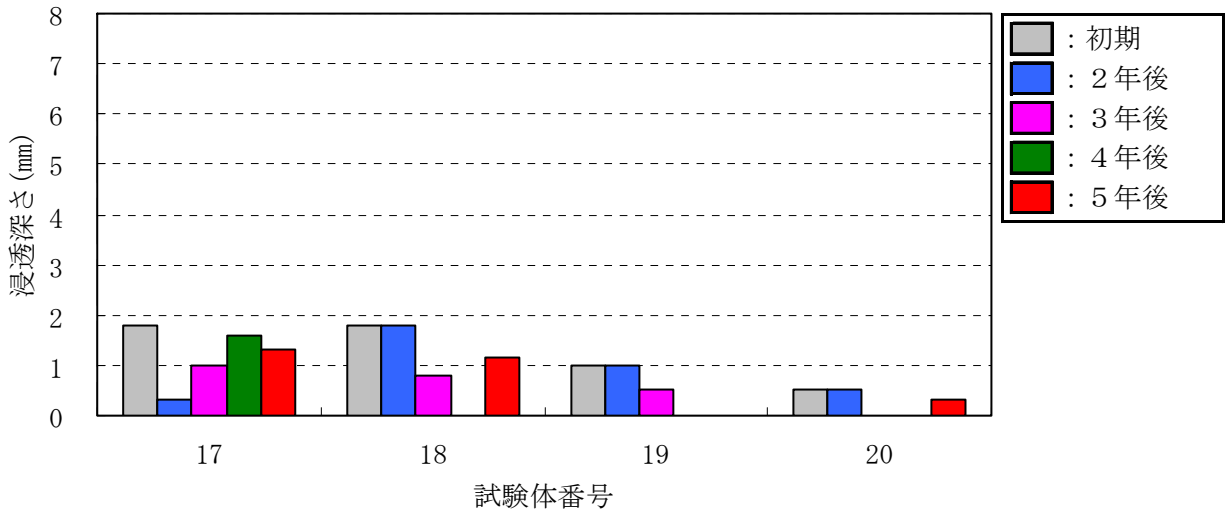


図－Ⅲ．１．63　シラン・シロキサン系の浸透深さ(首都高側)

３）その他の類

ｉ）国道側

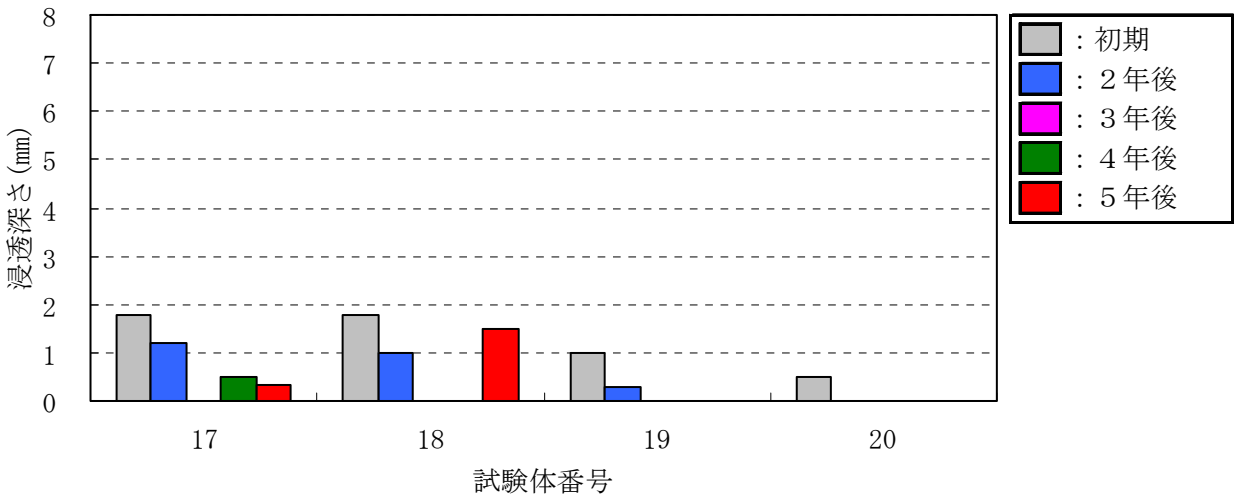
水系,溶剤系の初期,暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.64 に示す。国道側に向けた面において、No.17 は、暴露２，３，４，５年後は初期値より減少した。No.18 は、暴露２年後は初期値と同値であり、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No.19 は、暴露２年後は初期値と同値であり、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４，５年後は認められなかった。No.20 は、暴露２年後は初期値と同値であり、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。



図－Ⅲ.1.64　その他の類の浸透深さ(国道側)

ⅱ）首都高側

水系,溶剤系の初期,暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.65 に示す。No.17 は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は認められず、暴露４，５年後は初期値より減少した。No.18 は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No.19 は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４，５年後は認められなかった。No.20 は初期のみ認められた。

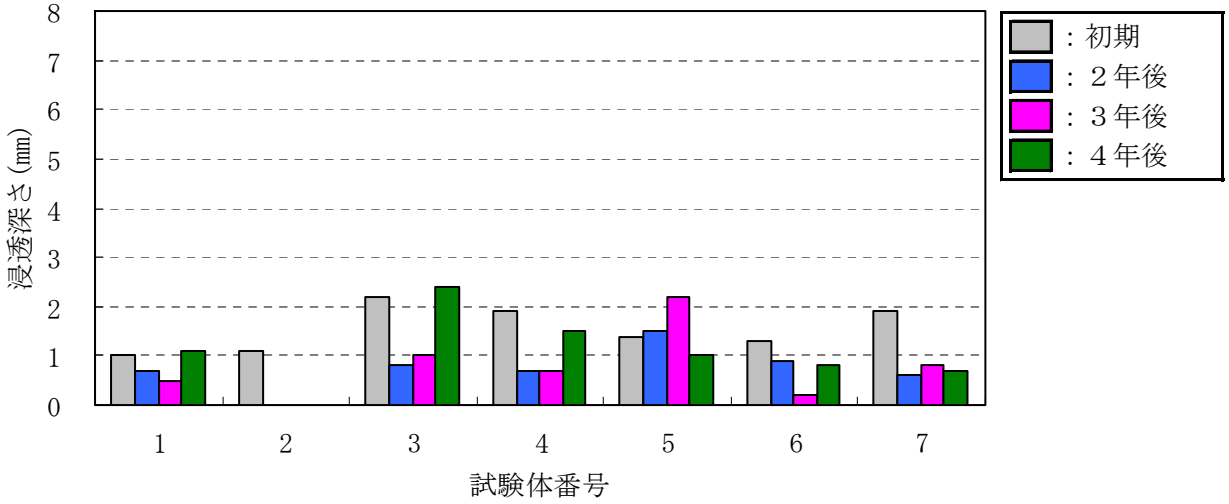


図－Ⅲ．１．65　その他の類の浸透深さ（首都高側）

（２）親不知暴露

１）シラン系

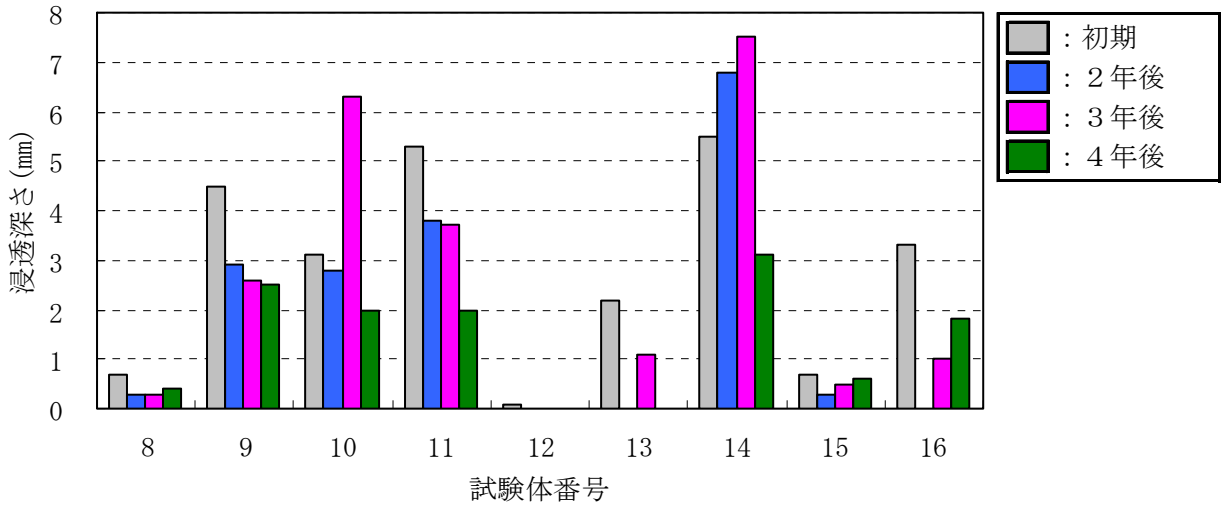
水系，溶剤系の初期，暴露２，３，４年後の浸透深さを図－Ⅲ．1.66 に示す。No. １は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は初期値より増加した。No. ２は初期のみ認められた。No. ３は、暴露２，３年後は初期値より減少し、暴露４年後は初期値より増加した。No. ４は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は暴露２年後と同値であり、暴露４年後は初期値より減少した。No. ５は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて増加し、暴露４年後は初期値より減少した。No. ６は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は初期値より減少した。No. ７は、暴露２，３，４年後は初期値より減少した。



図－Ⅲ．１．66　シラン系の浸透深さ

２）シラン・シロキサン系

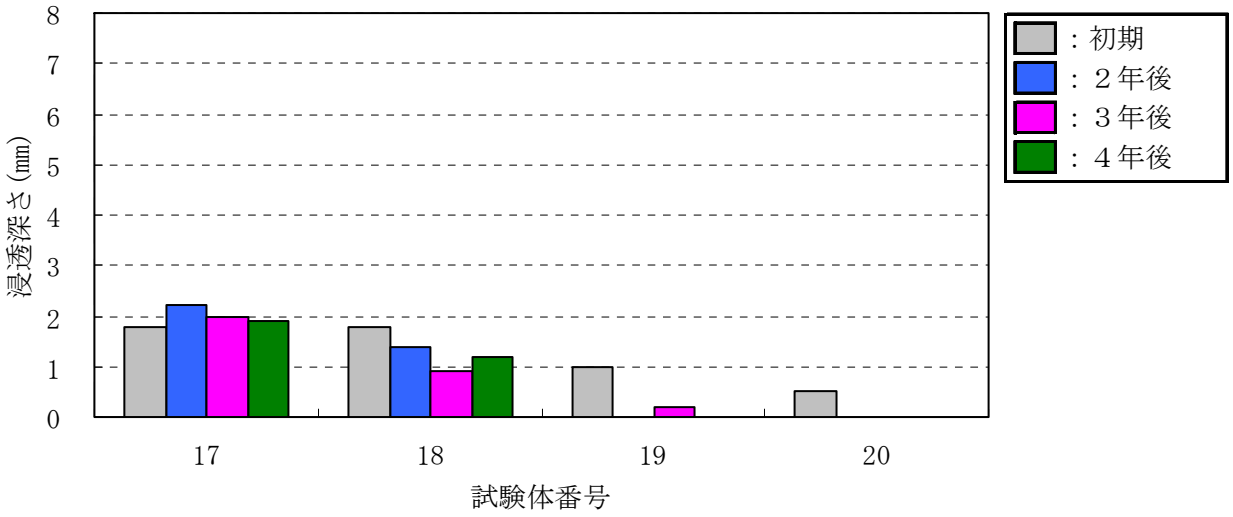
水系,溶剤系,無溶剤系の初期,暴露２,３,４年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.67 に示す。No.８は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は暴露２年後と同値であり、暴露４年後は初期値より減少した。No.９,11 は、暴露４年後まで暴露年数が経過するにつれて減少した。No.10 は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は初期値より増加し、暴露４年後は初期値より減少した。No.12 は初期のみ認められた。No.13 は、暴露２年後は認められず、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は認められなかった。No.14 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて増加し、暴露４年後は初期値より減少した。No.15 は、暴露２,３,４年後は初期値より減少した。No.16 は、暴露２年後は認められず、暴露３,４年後は初期値より減少した。



図－Ⅲ.１.67　シラン・シロキサン系の浸透深さ

３）その他の類

水系,溶剤系の初期,暴露２,３,４年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.68 に示す。No.17 は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露４年後まで暴露年数が経過するにつれて減少した。No.18 は暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少した。暴露４年後は初期値より減少した。No.19 は、暴露２年後は認められず、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は認められなかった。No.20 は初期のみ認められた。

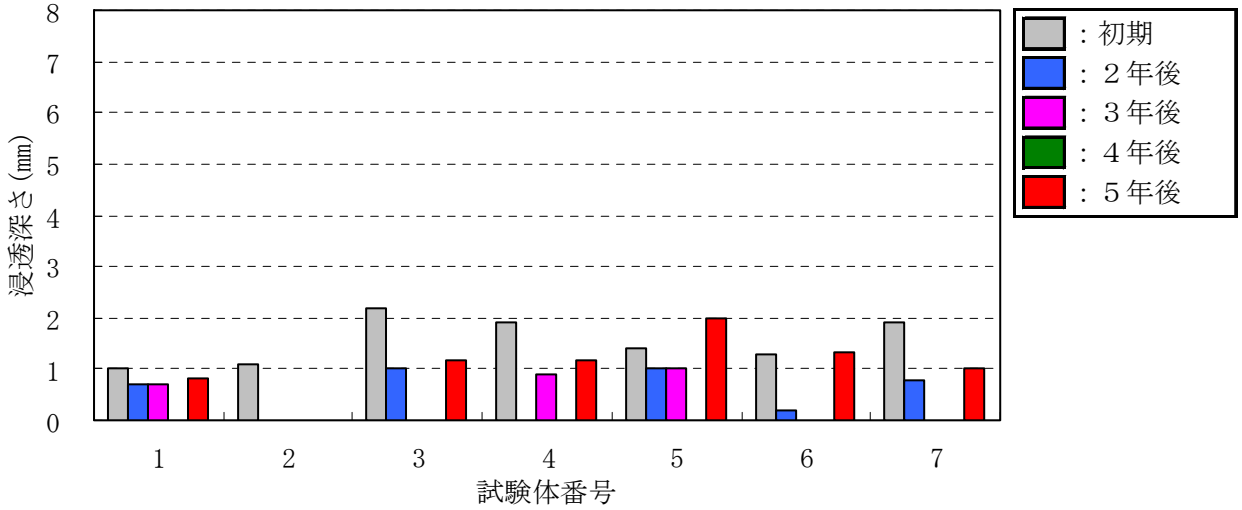


図－Ⅲ．１．68　その他の類の浸透深さ

（３）沖縄暴露

１）シラン系

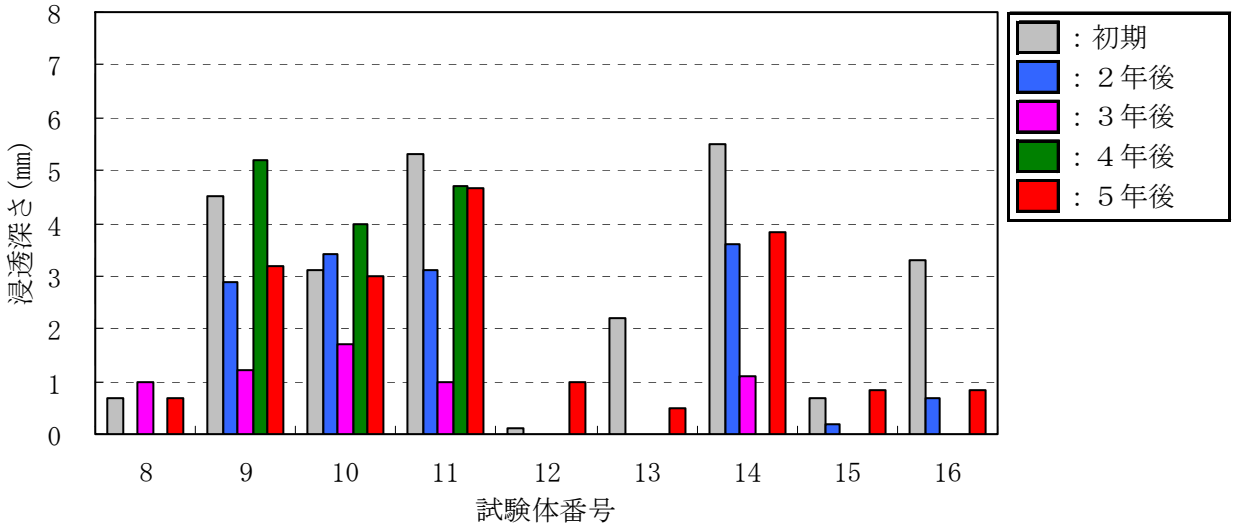
水系,溶剤系の初期,暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.69 に示す。No.１は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は暴露２年後と同値であり、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No.２は初期のみ認められた。No.３，７は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。 No.４は、暴露２年後は認められず、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No.５は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３年後は暴露２年後と同値であり、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。No.６は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。



図－Ⅲ．１．69　シラン系の浸透深さ

２）シラン・シロキサン系

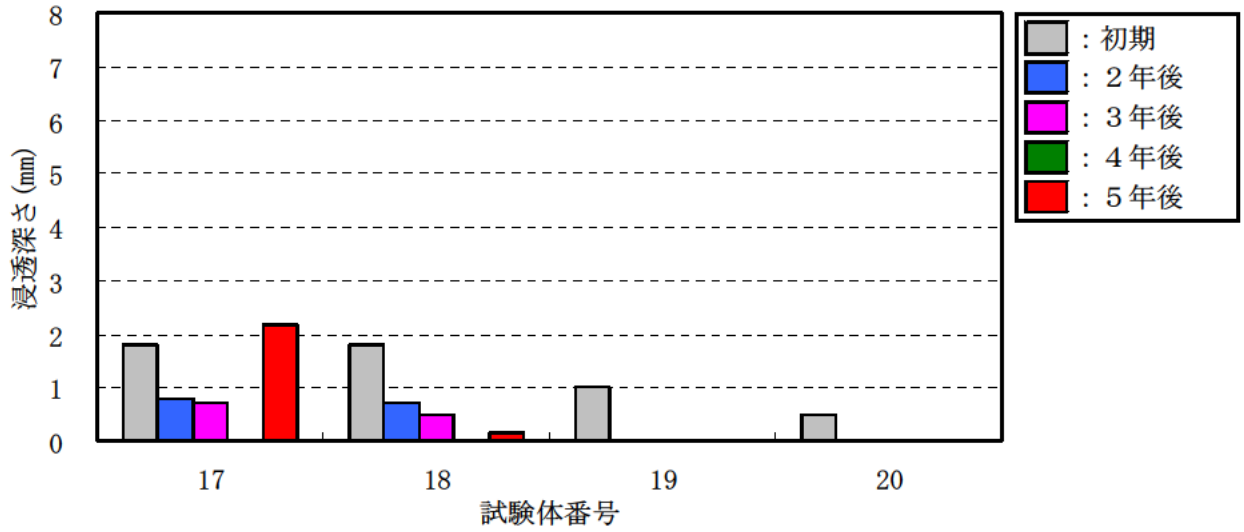
水系,溶剤系,無溶剤系の初期,暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.70 に示す。No.８は、暴露２年後は認められず、暴露３年後は初期値より増加し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値と同値であった。No.９は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は初期値より増加し、暴露５年後は初期値より減少した。No.10は、暴露２年後は初期値より増加し、暴露３年後は初期値より減少し、暴露４年後は初期値より増加し、暴露５年後は初期値より減少した。No.11 は、暴露２，３， ４，５年後は初期値より減少した。No.12 は、暴露２，３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。No.13 は、暴露２，３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No.14 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No.15 は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。No.16 は、暴露２年後は初期値より減少し、暴露３，４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。



図－Ⅲ．１．70　シラン・シロキサン系の浸透深さ

３）その他の類

水系,溶剤系の初期,暴露２，３，４，５年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.71 に示す。No.17 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より増加した。No.18 は、暴露３年後まで暴露年数が経過するにつれて減少し、暴露４年後は認められず、暴露５年後は初期値より減少した。No.19,20 は初期のみ認められた。



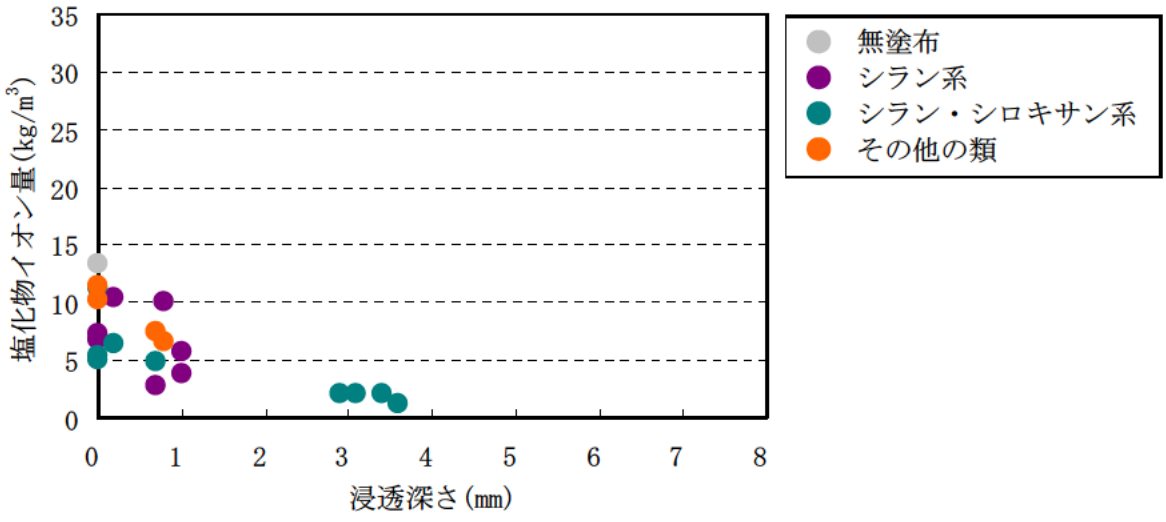
図－Ⅲ．１．71　その他の類の浸透深さ

（４）沖縄に暴露した試験体の浸透深さと塩化物イオン浸透性の関係

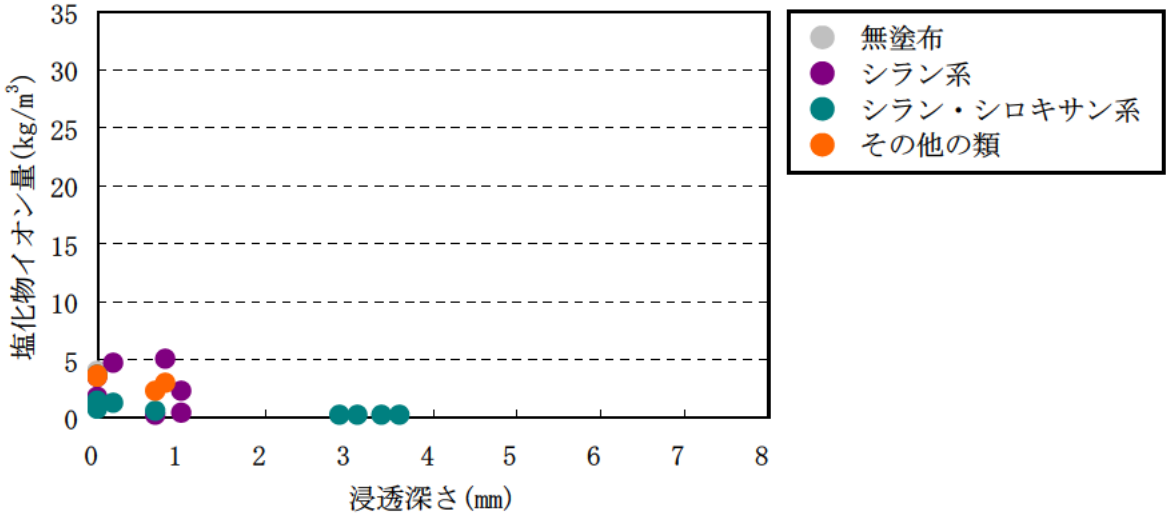
試験体の塩化物イオンは、沖縄に暴露した時に顕著に浸透した（Ⅲ．１．６．６　塩化物イオン浸透性参照）。そこで、ここでは沖縄に暴露した試験体の浸透深さと塩化物イオン浸透性の関係を調べた。また、その寄与率（R^2）を表－Ⅲ.1.23（P101）に示す。

１）暴露２年後の浸透深さと塩化物イオン浸透性

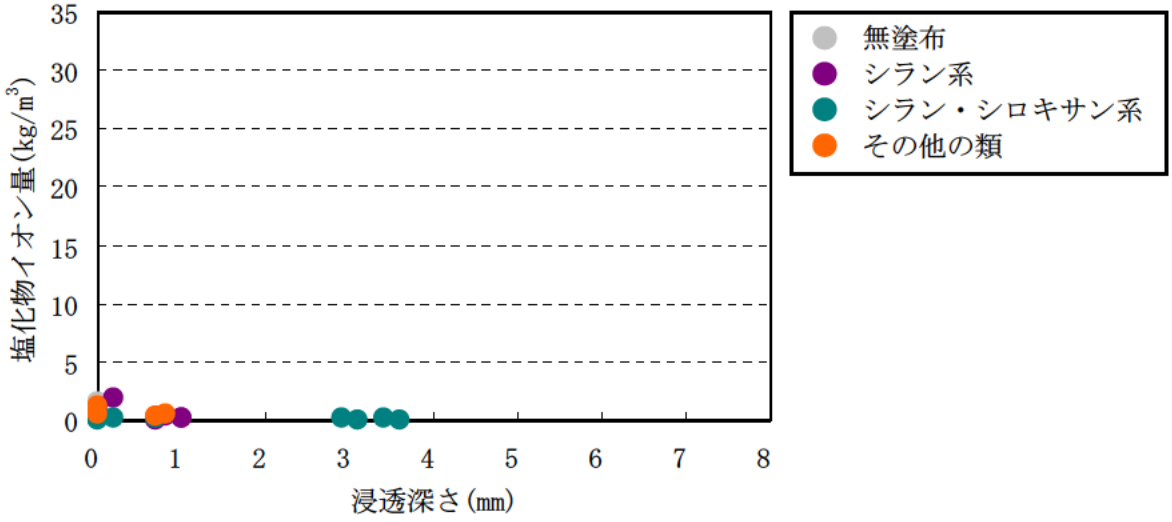
結果を図－Ⅲ.1.72 に示す。浸透深さと保護材塗布面からの深さ０から 10mm の塩化物イオン量の寄与率 R^2 は 0.53 であった。浸透深さと保護材塗布面からの深さ 10mm から 20mm，20mm から 30mm の塩化物イオン量、保護材塗布面からの深さ０mm から 30mm の合計塩化物イオン量の寄与率（R^2）は 0.34，0.18，0.47 であった。



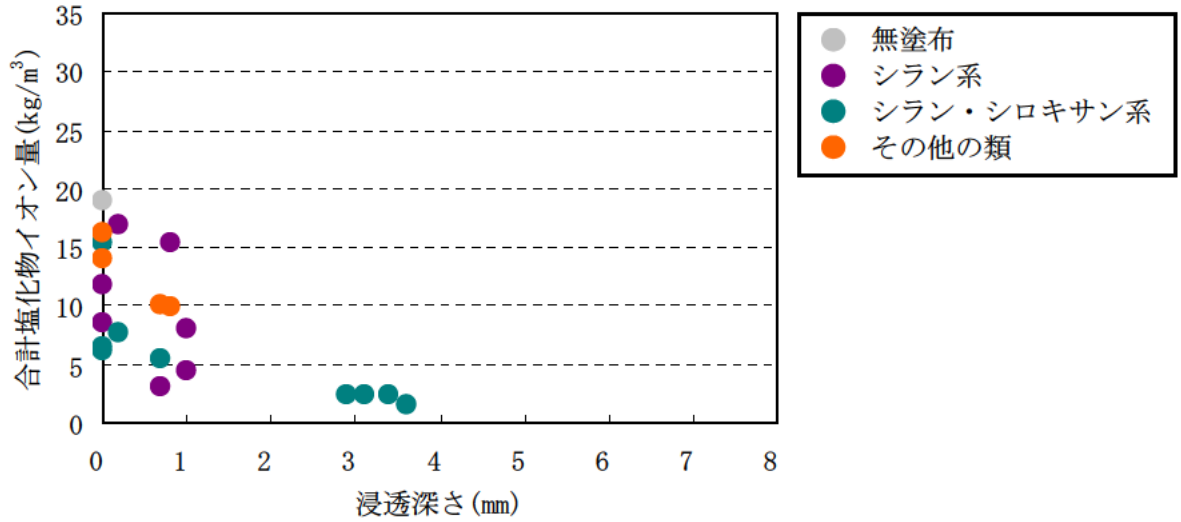
ａ）　０～10mm



b ） 10mm～20mm



c ） 20mm～30mm

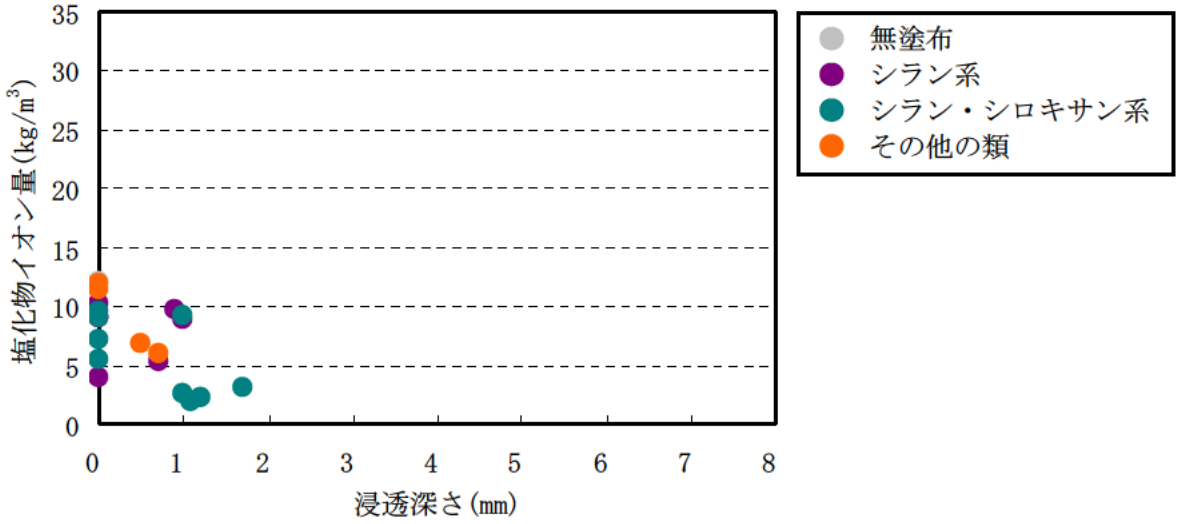


d ） 0～30mm の合計塩化物イオン量

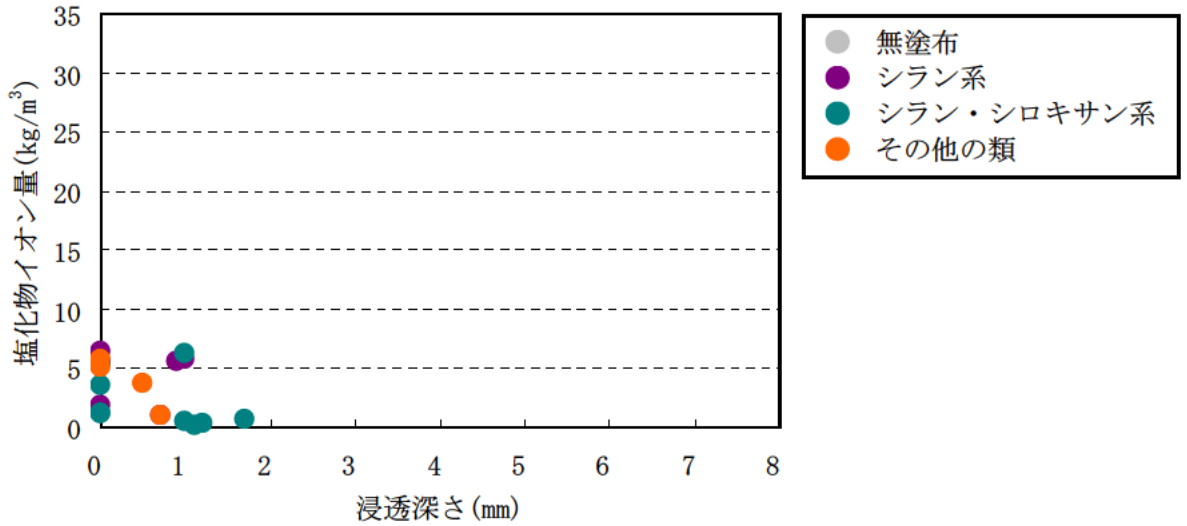
図－Ⅲ.1.72　浸透深さと塩化物イオン量（n＝21）

２）暴露３年後の浸透深さと塩化物イオン浸透性

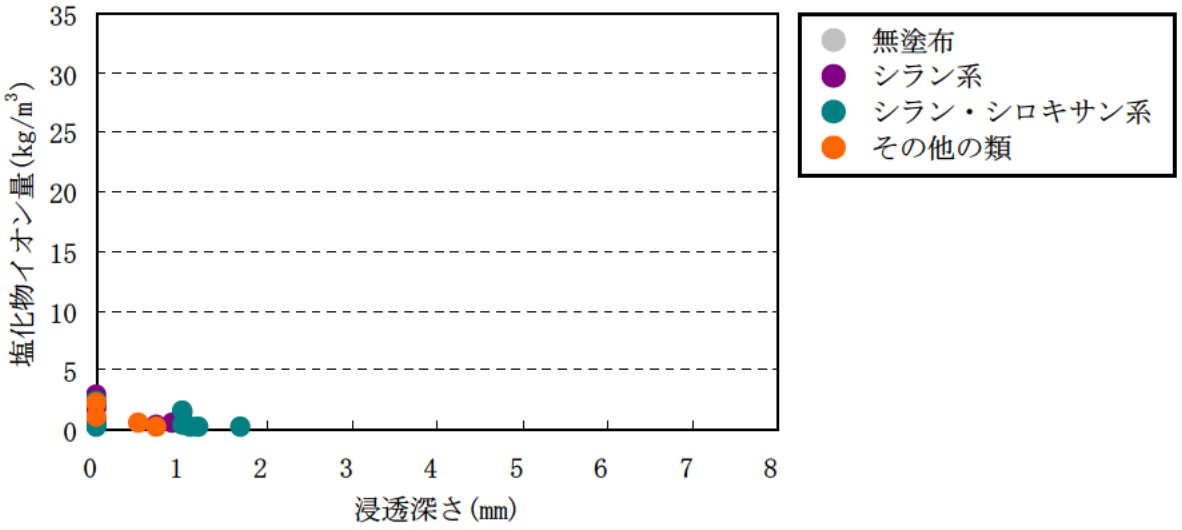
結果を図－Ⅲ.1.73 に示す。浸透深さと保護材塗布面からの深さ０から 10mm, 10mm から 20mm, 20mm から 30mm の塩化物イオン量、保護材塗布面からの深さ０から 30mm の合計塩化物イオン量の寄与（R^2）は 0.36, 0.19, 0.28, 0.31 であった。



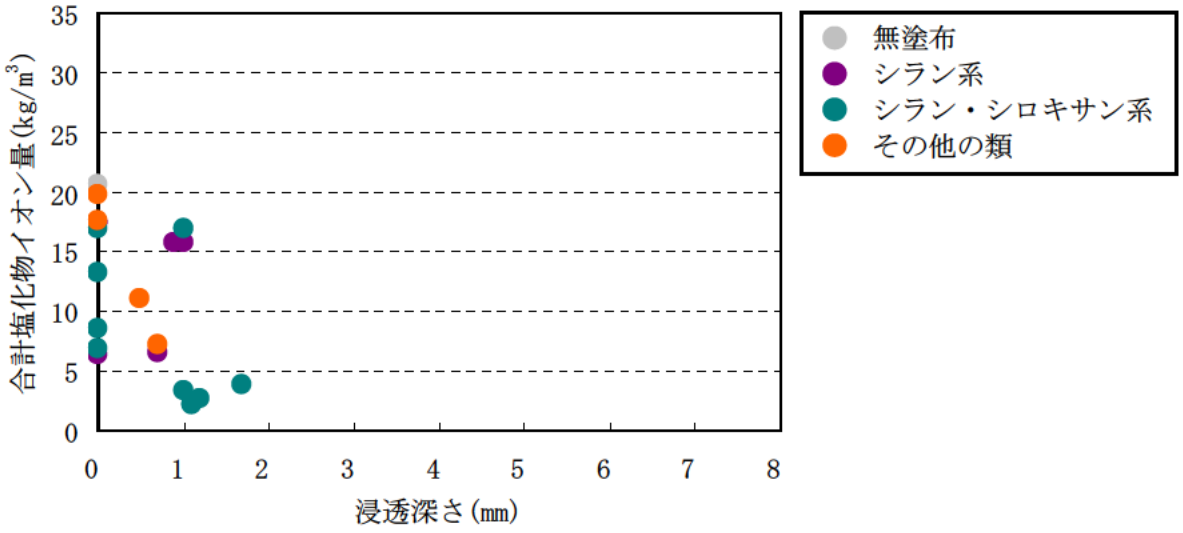
a ） ０～10mm



b ） 10mm～20mm



c ） 20mm～30mm

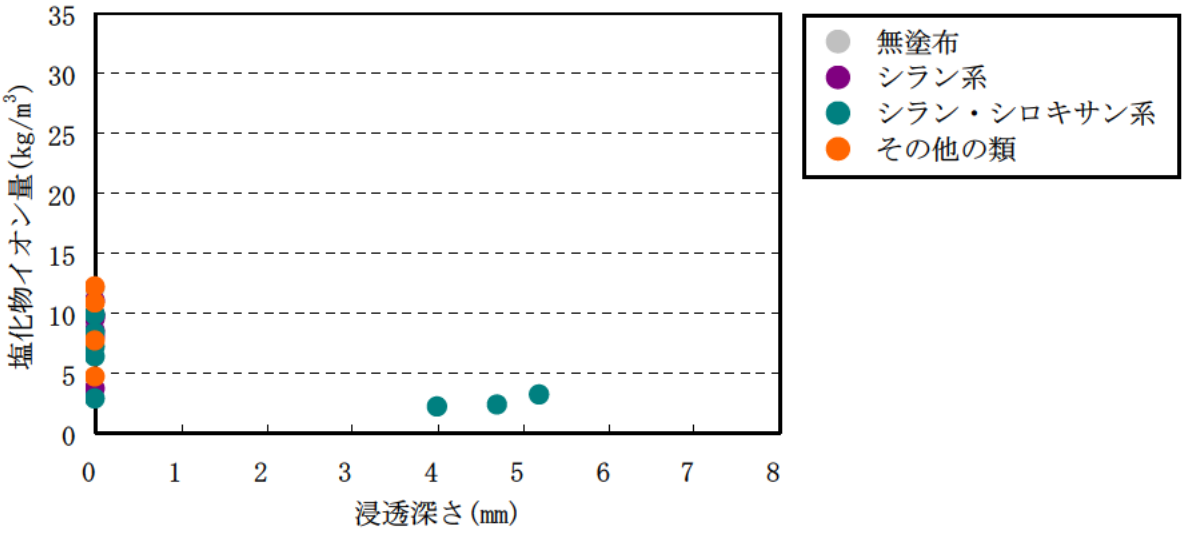


d ） 0 ～30mm の合計塩化物イオン量

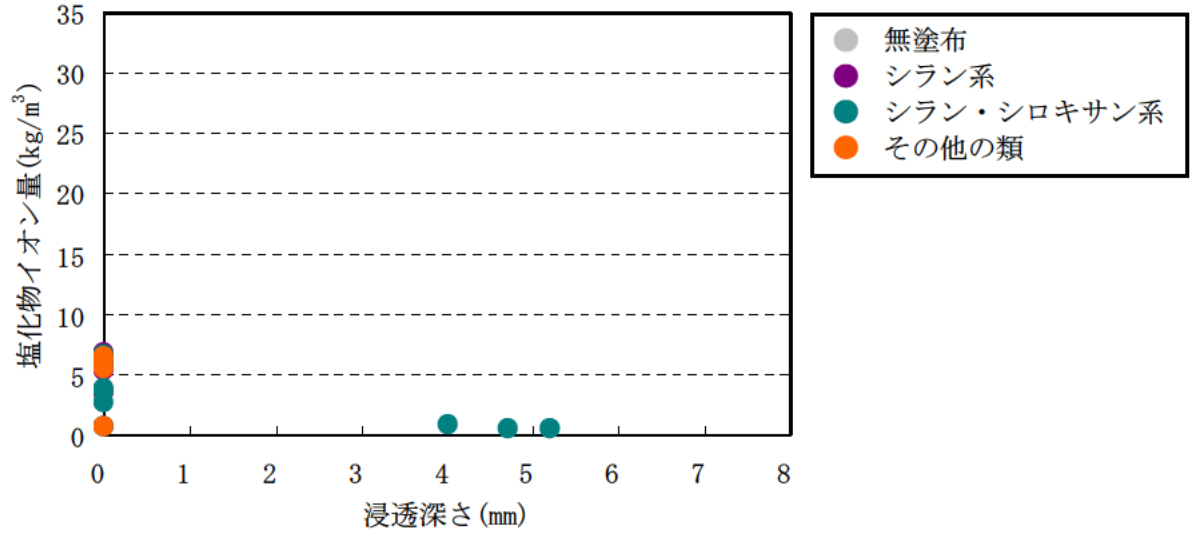
図－Ⅲ.1.73　浸透深さと塩化物イオン量（n＝21）

3） 暴露 4 年後の浸透深さと塩化物イオン浸透性

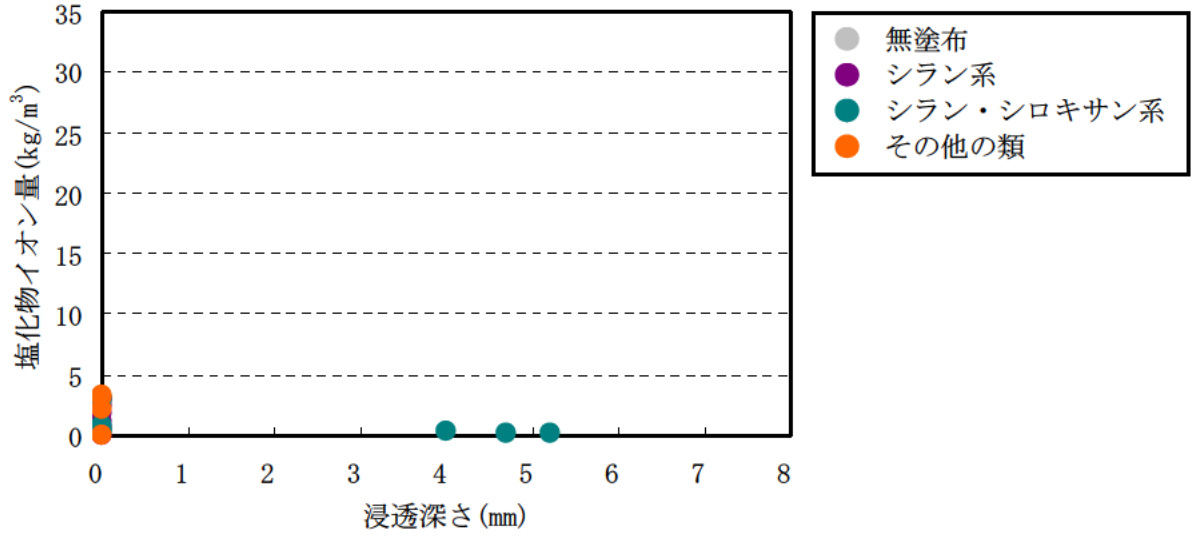
結果を図－Ⅲ.1.74 に示す。浸透深さと保護材塗布面からの深さ 0 から 10mm, 10mm から 20mm, 20mm から 30mm の塩化物イオン量、保護材塗布面からの深さ 0 から 30mm の合計塩化物イオン量の寄与率（R^2） 0.41, 0.34, 0.20, 0.38 であった。



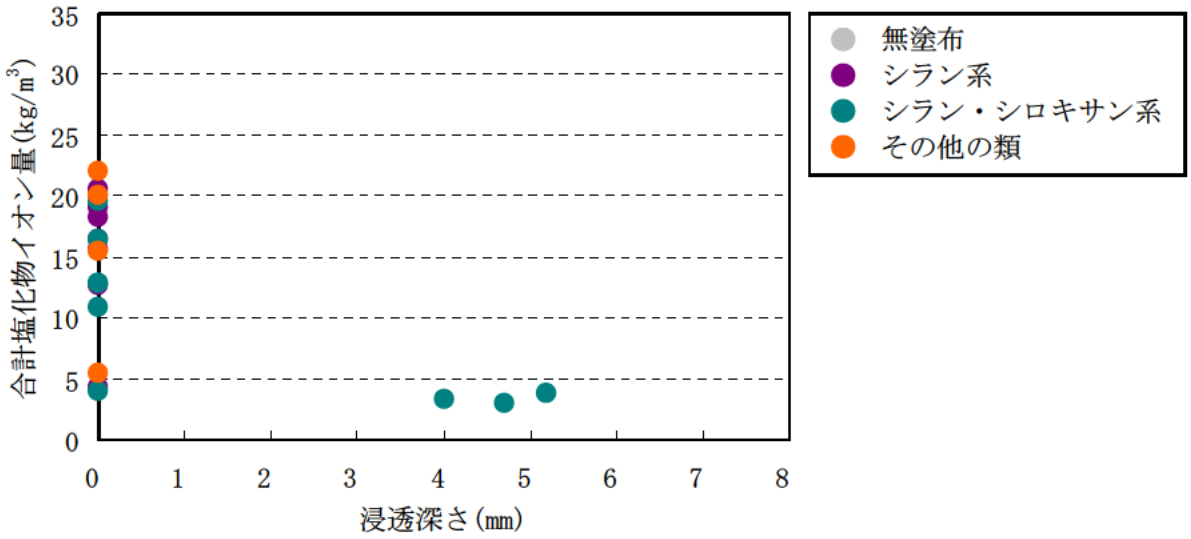
a ） 0 ～10mm



b ） 10mm～20mm



c ） 20mm～30mm

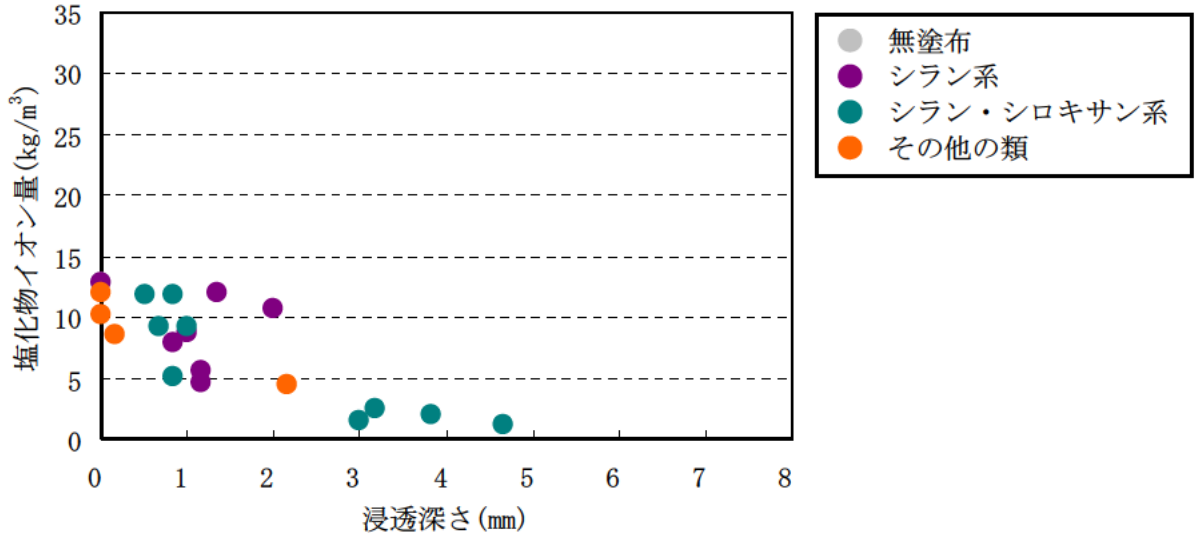


d） 0～30mm の合計塩化物イオン量

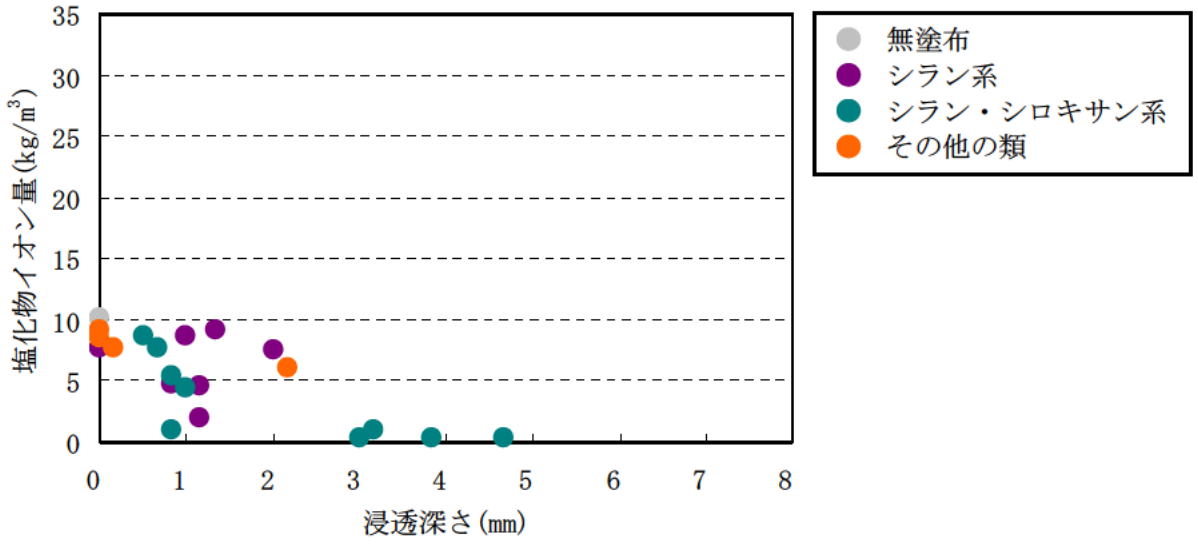
図－Ⅲ.1.74　浸透深さと塩化物イオン量（ｎ＝21）

4）暴露５年後の浸透深さと塩化物イオン浸透性

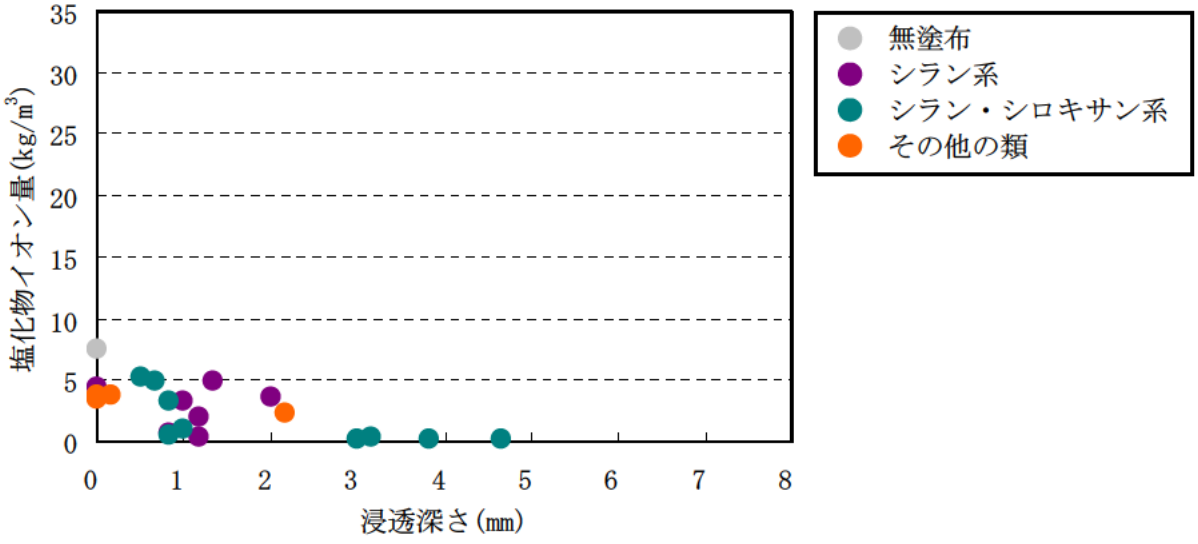
結果を図－Ⅲ.1.75 に示す。浸透深さと保護材塗布面からの深さ０から 10mm, 10mm から 20mm の塩化物イオン量、保護材塗布面からの深さ０から 30mm の合計塩化物イオン量の寄与率（R^2）0.66, 0.55, 0.62 であり、わずかに相関性があった。浸透深さと保護材塗布面からの深さ 20 mm から 30mm の塩化物イオン量の寄与率（R^2）は 0.42 であった。



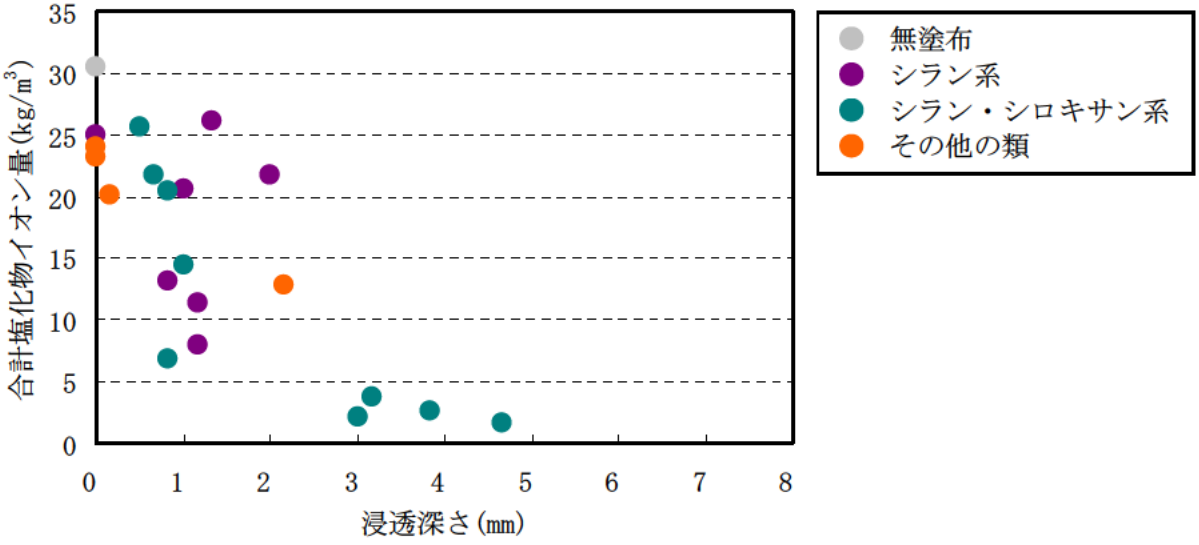
a） 0～10mm



b） 10mm～20mm



c） 20mm～30mm



d） 0～30mmの合計塩化物イオン量

図－Ⅲ.1.75　浸透深さと塩化物イオン量（n＝21）

表－Ⅲ.1.23　浸透深さと塩化物イオン量の寄与率（R^2）

塗布面からの深さ	２年後	３年後	４年後	５年後
０～10mm	0.53	0.36	0.41	0.66
10mm～20mm	0.34	0.19	0.34	0.55
20mm～30mm	0.18	0.28	0.20	0.42
０～30mm 注）	0.47	0.31	0.38	0.62

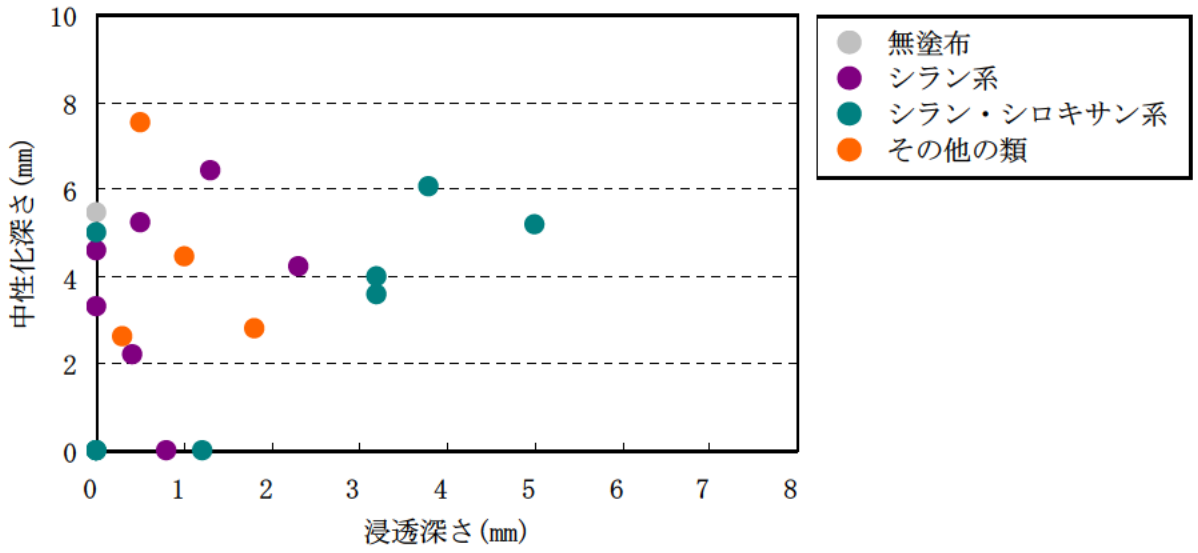
注）０～10mm、10mm～20mm、20～30mm の合計塩化物イオン量

（５）東京に暴露した試験体の浸透深さと中性化深さの関係

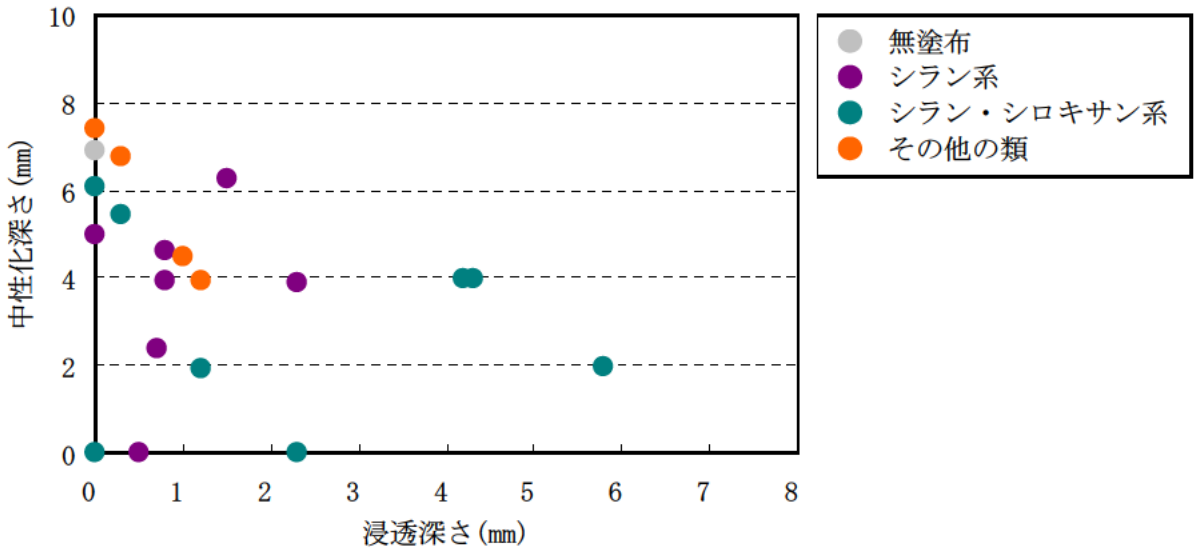
東京に暴露した試験体は中性化が進行した(Ⅲ．１．６．７　中性化深さ参照)。そこで、ここでは東京に暴露した試験体の浸透深さと中性化深さの関係を調べた。

１）暴露２年後の浸透深さと中性化深さ

結果を図－Ⅲ.1.76 に示す。国道側，首都高側の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）は、0.094，0.078 であった。



ａ）国道側

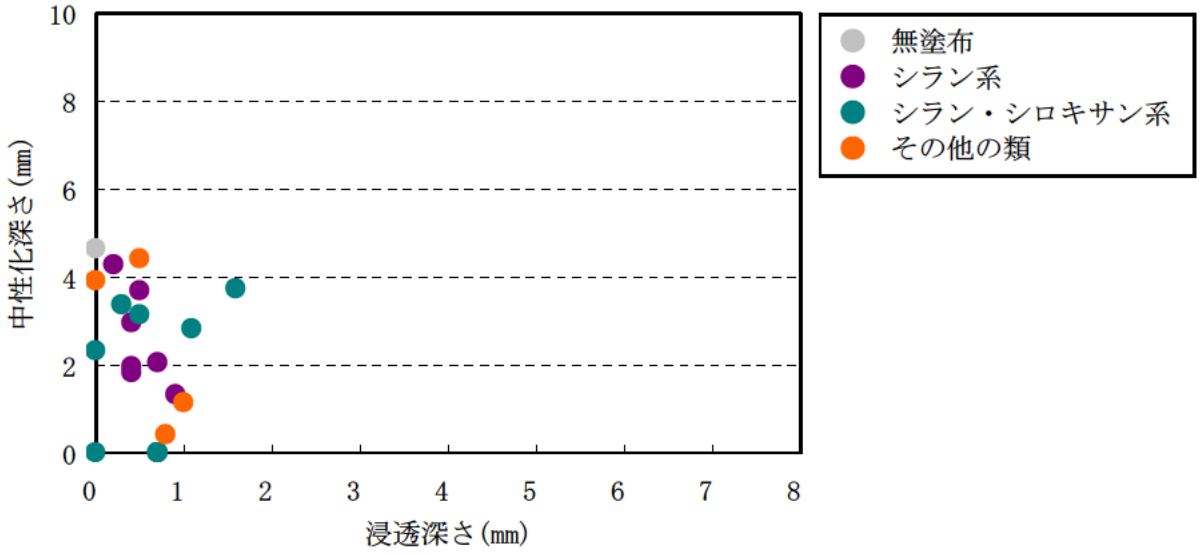


b） 首都高側

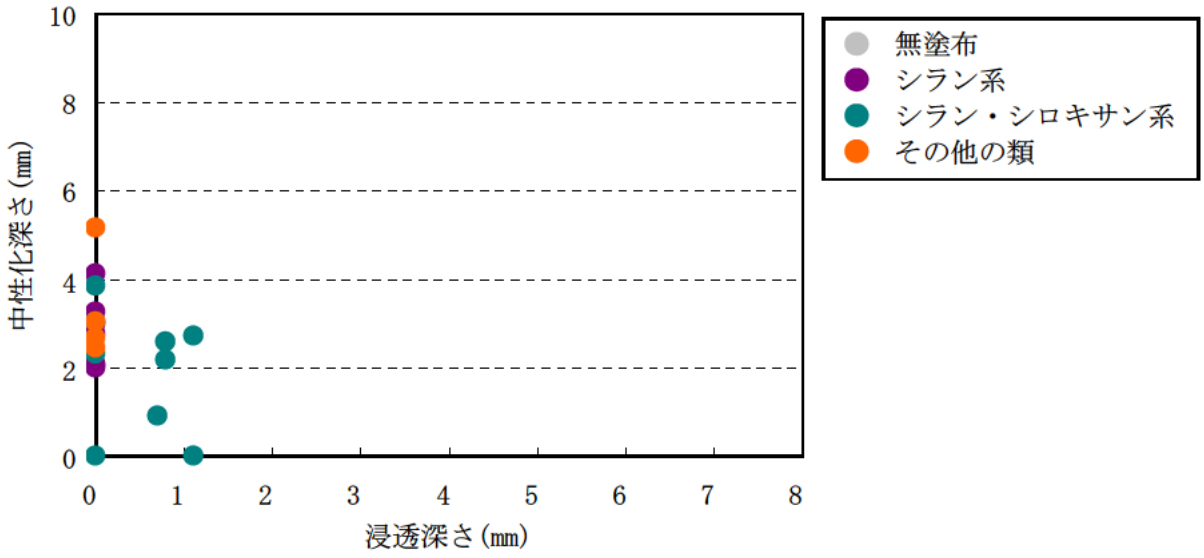
図－Ⅲ．1.76　浸透深さと中性化深さ（ｎ＝21）

２）暴露３年後の浸透深さと中性化深さ

結果を図－Ⅲ.1.77 に示す。国道側，首都高側の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）は、0.043，0.18 であった。



a） 国道側

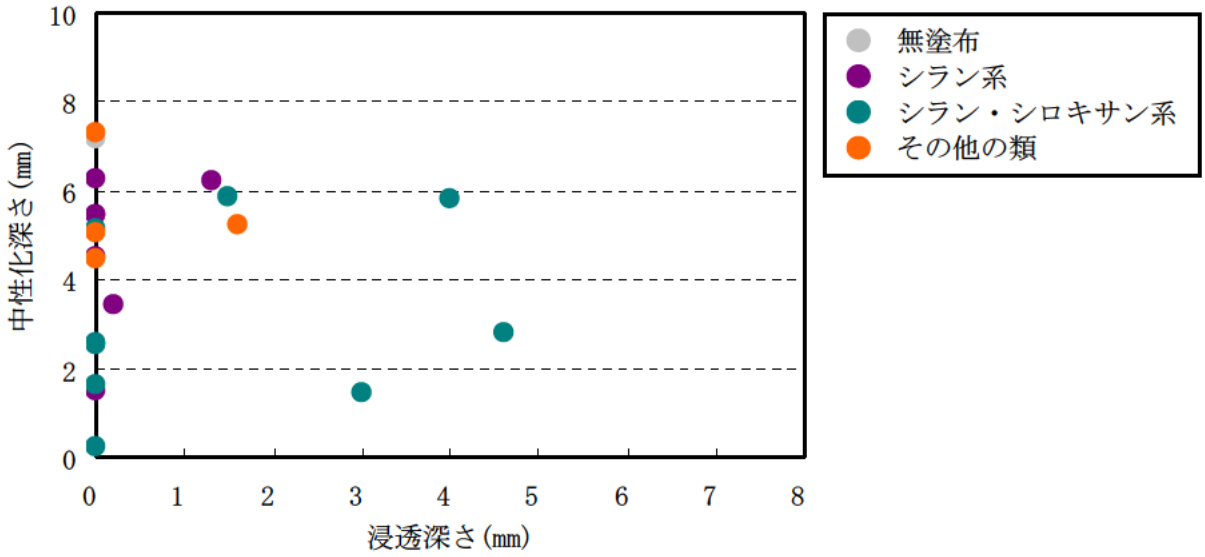


b） 首都高側

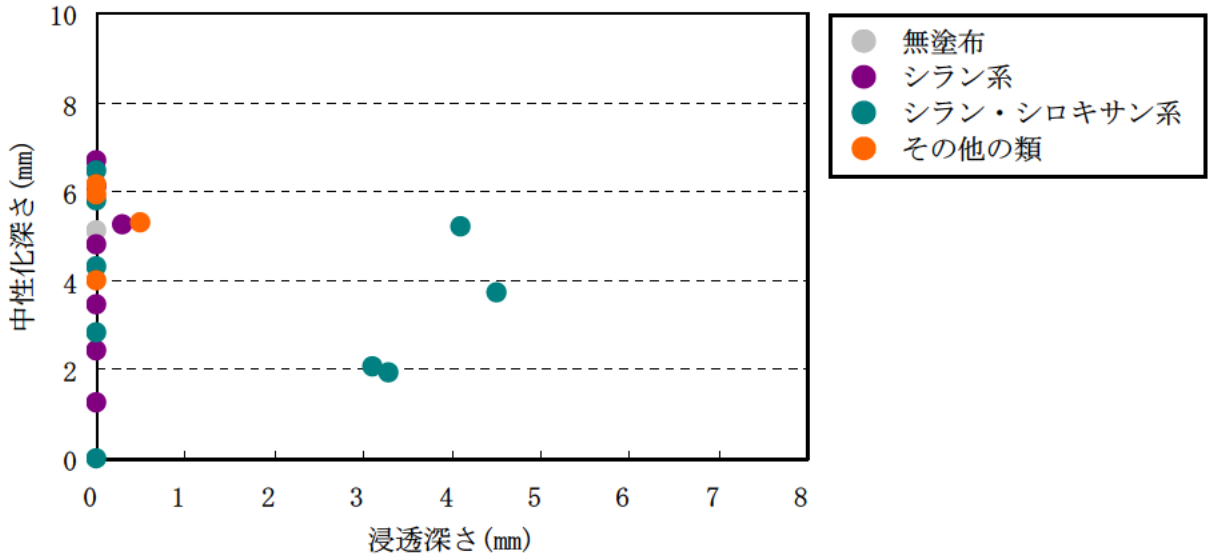
図－Ⅲ.1.77　浸透深さと中性化深さ（n＝21）

3）暴露4年後の浸透深さと中性化深さ

結果を図－Ⅲ．1．78に示す。国道側，首都高側の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）は、0.0027，0.042であった。



a） 国道側

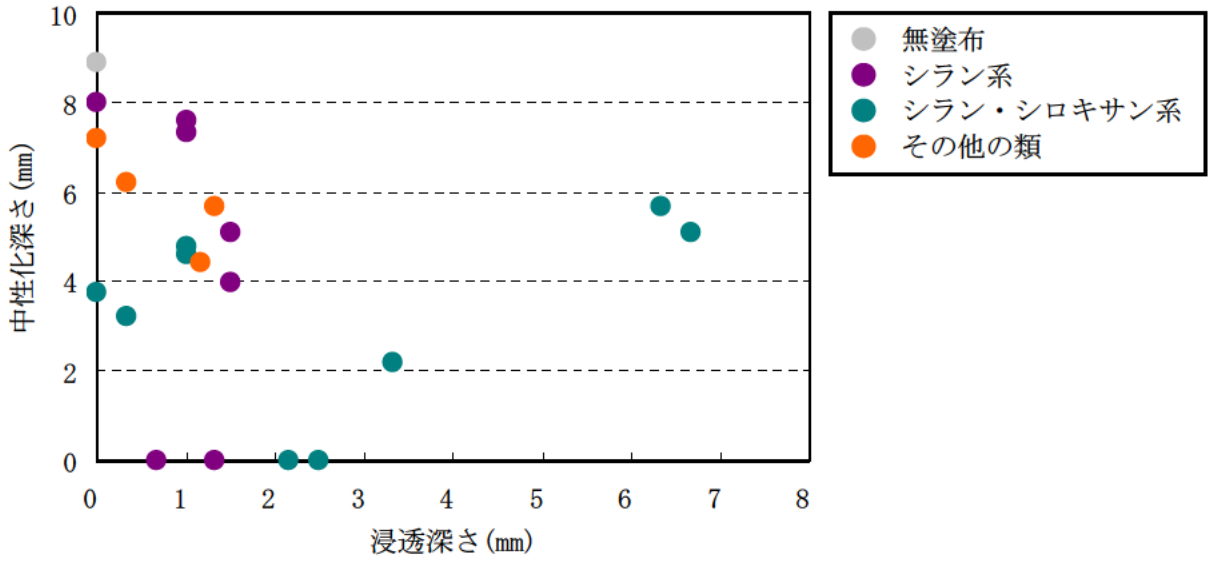


b） 首都高側

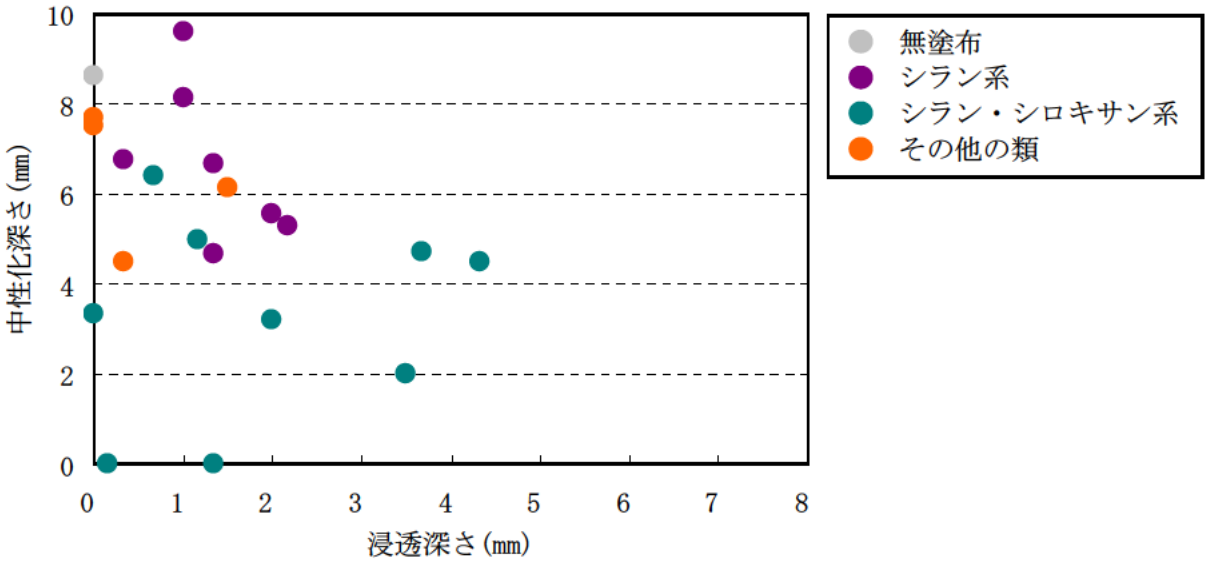
図－Ⅲ.1.78　浸透深さと中性化深さ（ｎ＝21）

4）暴露５年後の浸透深さと中性化深さ

結果を図－Ⅲ.1.79 に示す。国道側，首都高側の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）は、0.029，0.073 であった。



a） 国道側



b） 首都高側

図－Ⅲ.1.79　浸透深さと中性化深さ（ｎ＝21）

（６）まとめ

暴露試験結果から以下のことが明らかになった。

①水への浸漬による浸透深さの測定は、目視では難しく、測定誤差が大きい。この対策として、撥水箇所と未撥水箇所を明確に確認できる墨汁を見いだした。

②浸透深さを確認する場合、試験面の状態として試験体を切断するよりも割裂する方が撥水箇所と未撥水箇所を明確に確認できることがわかった。

③保護材の一部は東京,親不知,沖縄において暴露年数が経過するにつれて浸透深さは増加および減少する傾向が見られた。

④沖縄に暴露した試験体は、暴露４年までの浸透深さと塩化物イオン量や合計塩化物イオン量の寄与率（R^2）は低かったが、暴露５年の浸透深さと保護材塗布面からの深さ０から 10mm,10mm から 20mm の塩化物イオン量、保護材塗布面からの深さ０から 30mm の合計塩化物イオン量の寄与率（R^2）は 0.66,0.55,0.62 であり、やや関係が認められる。

⑤東京に暴露した試験体の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）は低かった。

１．６．４．　透水量

透水量は、当初 JIS A 6909-2001(建築用仕上塗材）7.12 透水試験Ｂ法に準じて行った。試験中に試験体との界面から漏水が生じ、正確な測定値が得られないことが分かり、試験に用いるロートの径にあったＯ形の溝を切削するなどの試験方法の見直しを行った。

（１）各保護材の透水量

各保護材の暴露試験年数毎の透水時間 24 時間の透水量を表－Ⅲ.1.24 に示す。

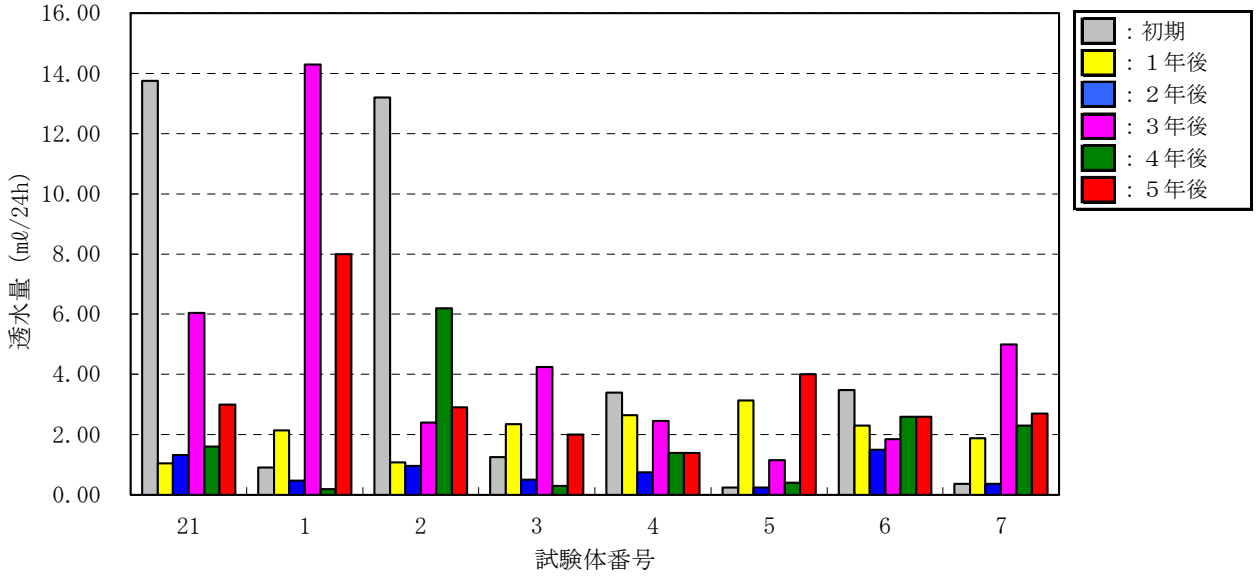
表－Ⅲ.1.24　透水量測定結果

No.	系　統	中分類	形　態	初期	１年	２年	３年	４年	５年
1	水　系	シラン系	単独形	0.90	2.15	0.47	14.30	0.20	8.00
2				13.19 注	1.08	0.95	2.40	6.20	2.90
3				1.25	2.35	0.50	4.25	0.30	2.00
4	溶剤系			3.39	2.65	0.75	2.45	1.40	1.40
5				0.25	3.13	0.25	1.15	0.40	4.00
6				3.49	2.29	1.50	1.85	2.60	2.60
7				0.36	1.88	0.37	5.00	2.30	2.70
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	3.01	2.32	4.80	9.80	1.00	2.30
9				0.19	0.65	0.28	0.45	0.20	0.20
10				0.23	0.43	0.24	3.70	0.10	3.00
11				0.18	0.43	0.22	0.83	0.20	1.80
12			造膜形	9.19※	1.60	2.58	3.60	4.20	2.80
13	溶剤系			2.21	1.75	1.75	3.70	1.60	3.00
14	無溶剤系		単独形	0.23	0.36	0.28	0.25	0.30	0.50
15			造膜形	0.84	0.80	0.35	4.25	4.60	4.80
16				0.48	1.60	0.13	0.25	0.50	3.90
17	水　系	その他の類	造膜形	0.69	1.11	0.90	0.65	0.30	2.10
18				1.59	2.42	1.87	20.60	2.50	13.80
19	溶剤系		単独形	5.05 注	2.37	1.85	2.55	1.50	1.50
20			造膜形	8.19 注	2.38	0.90	2.95	3.60	3.70
21	無塗布			13.76 注	1.05	1.33	6.05	1.60	3.00

注）No.21（無塗布）のように透水量の初期値が、暴露試験後の測定値と大きく異なることから試験体とロートとの密着が悪く、透水試験用イオン交換水が外部に漏水したと推測される。

１）シラン系の傾向

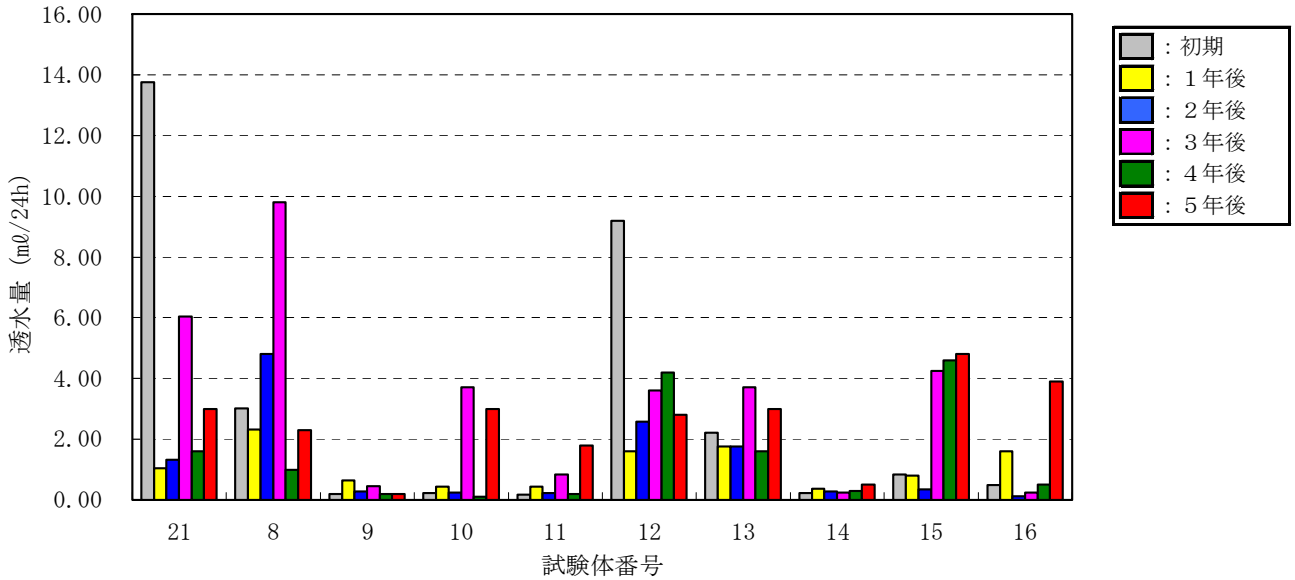
図－Ⅲ.1.80にシラン系の透水量結果を示す。無塗布とは、大きな差が認められなかった。また、水系と溶剤系の系統による差も認められなかった。No.２（水系）の初期値が、その後の暴露試験結果よりも極めて大きな値であることから、試験体とロートの密着が悪く、透水試験用イオン交換水が外部に漏水したと推測される。



図－Ⅲ.1.80　シラン系の透水量

２）シラン・シロキサン系の傾向

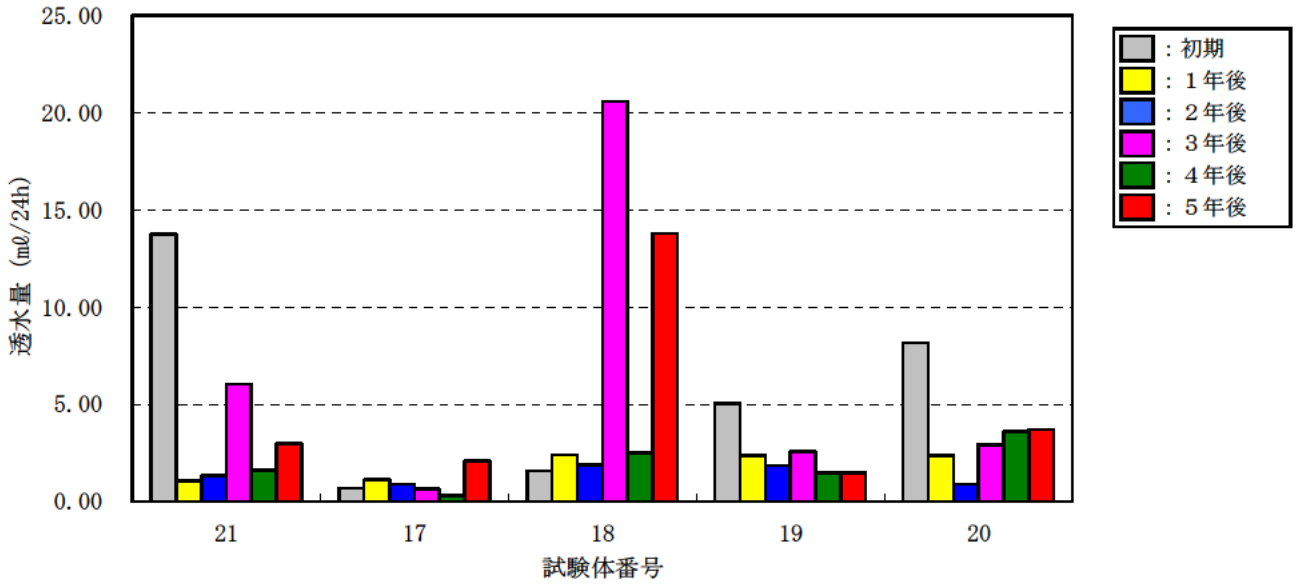
図－Ⅲ.1.81 にシラン・シロキサン系の透水量結果を示す。無塗布と比較して透水量が少ない傾向の保護材が多かった。水系、溶剤系、無溶剤系による差は認められなかった。No.12（水系）の初期値が暴露後よりも極めて大きな値であることから、試験体とロートの密着が悪く、透水試験用イオン交換水が外部に漏水したと推測される。



図－Ⅲ.1.81　シラン・シロキサン系の透水量

３）その他の類の傾向

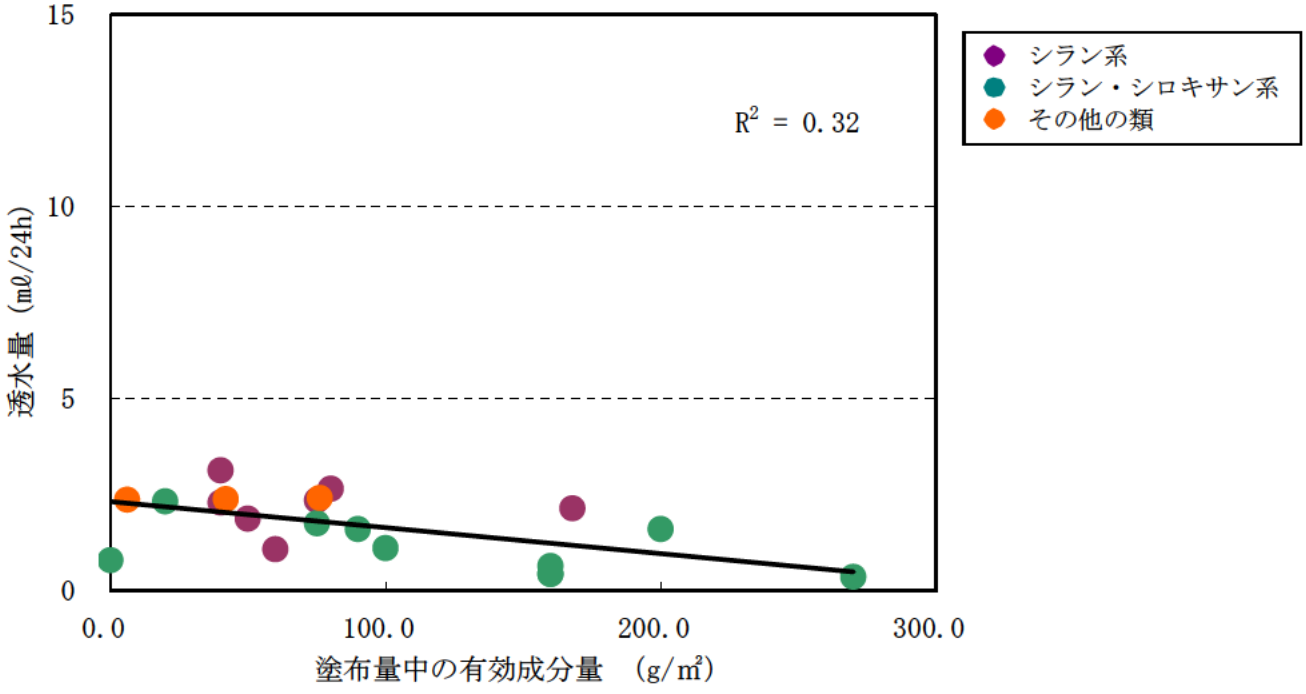
図－Ⅲ.1.82 にその他の類の透水量結果を示す。無塗布と同等な傾向であった。



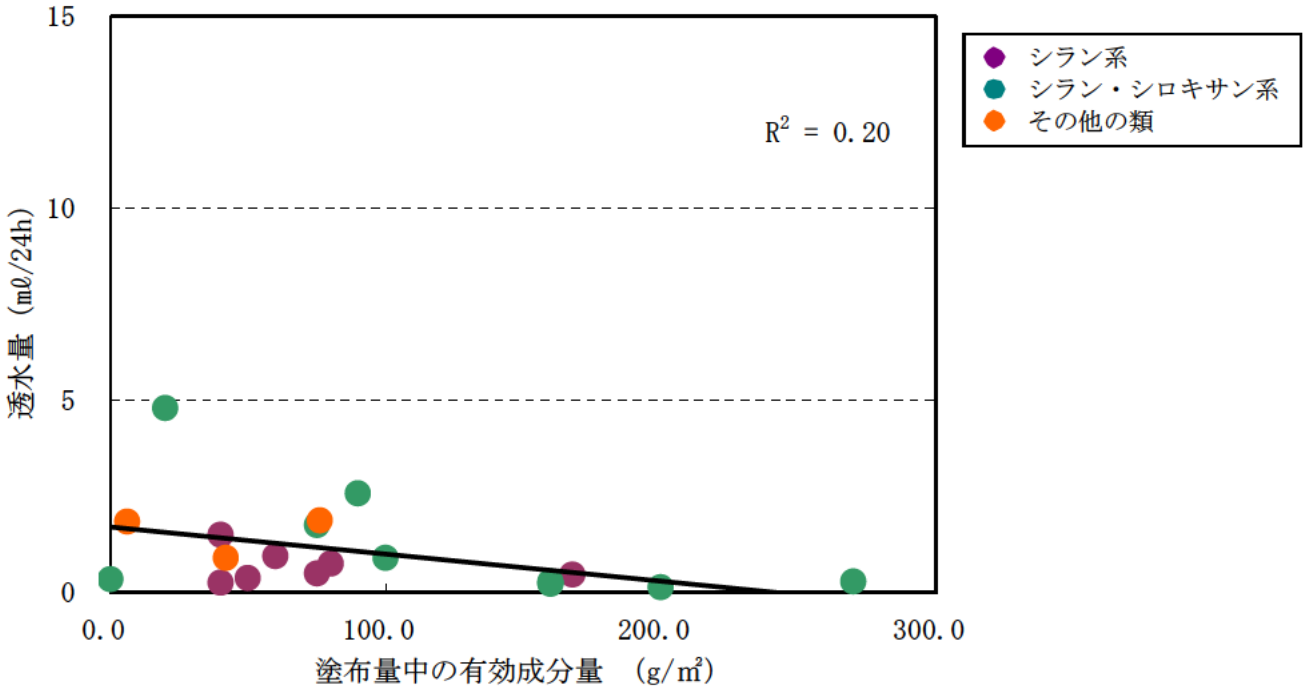
図－Ⅲ.1.82　その他の類の透水量

（２）透水量と他の要因との関係

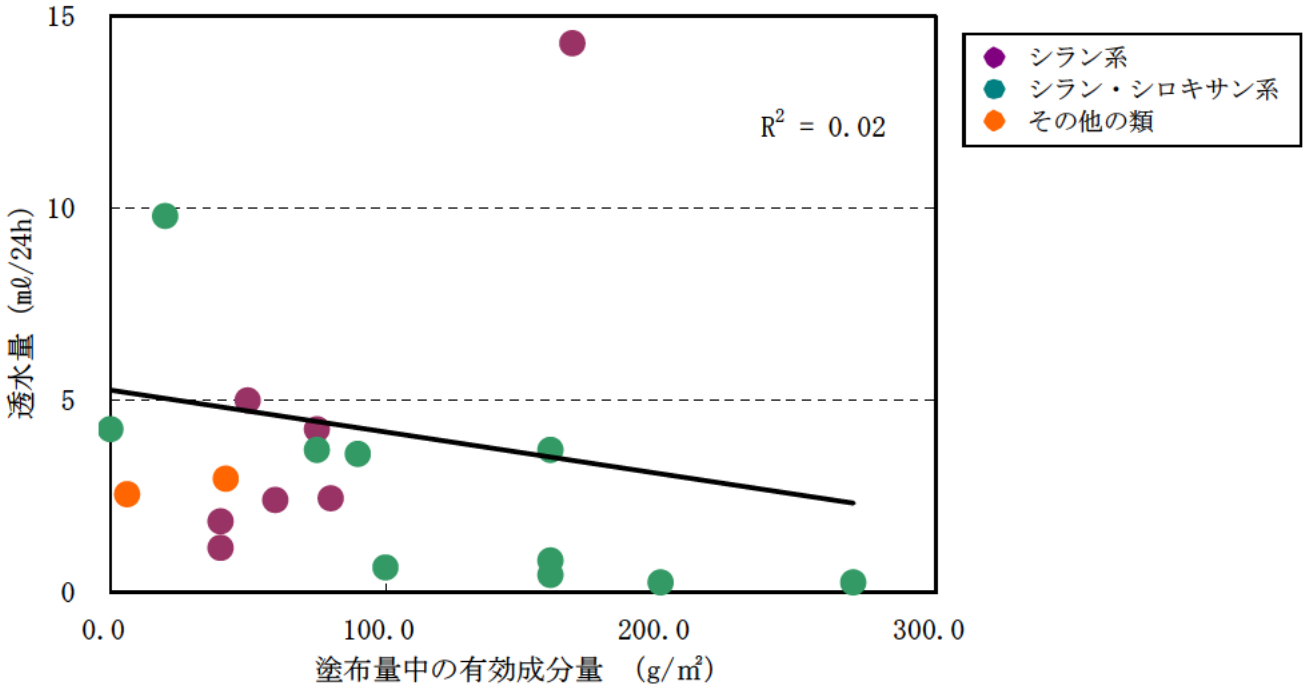
基本性能試験と同様に有効成分と浸透深さは透水量に大きな影響を与えると考え、透水量と塗布量中の有効成分量および浸透深さとの関係を確認した。透水量と塗布量中の有効成分量との関係を図－Ⅲ.1.83 から図－Ⅲ.1.87 に示す。透水量と塗布量中の有効成分量との関係は、暴露年数に関わらず寄与率（R^2）が 0.32 以下と低かった。



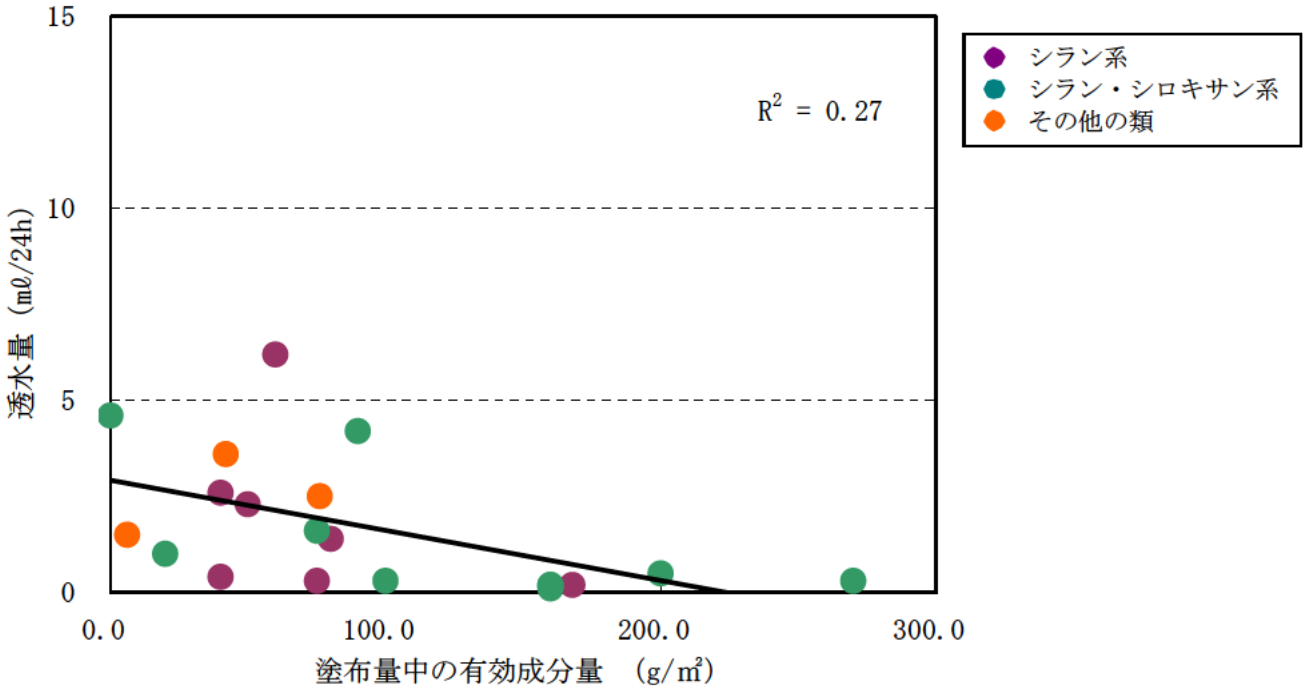
図－Ⅲ.1.83　暴露１年後の透水量と有効成分との関係（ｎ＝20）



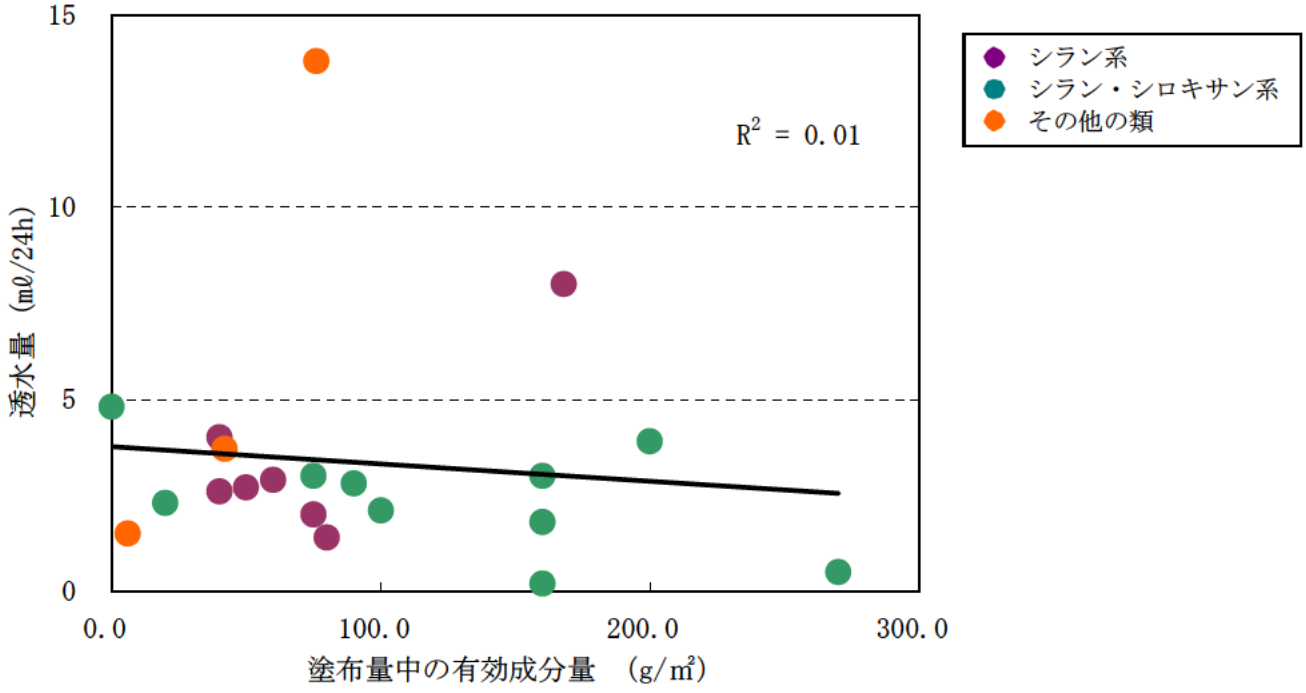
図－Ⅲ.1.84　暴露２年後の透水量と有効成分との関係（ｎ＝20）



図－Ⅲ.1.85　暴露３年後の透水量と有効成分との関係（ｎ＝20）

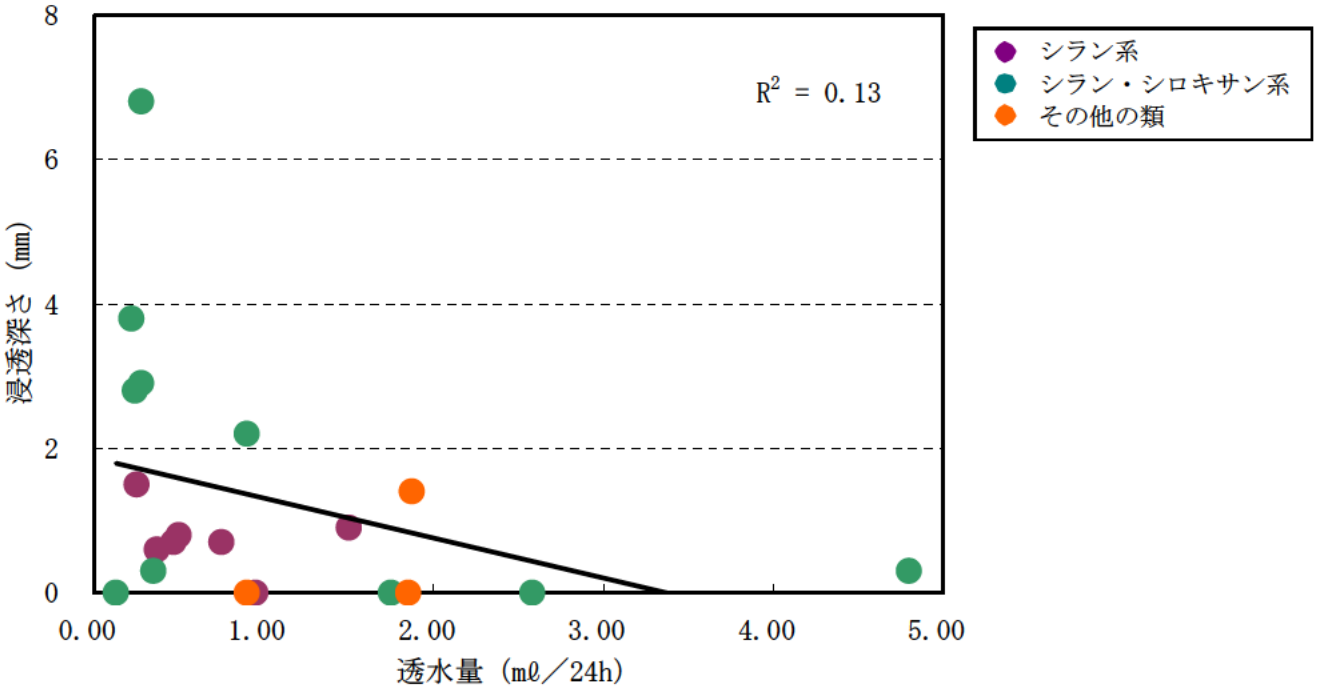


図－Ⅲ.1.86　暴露４年後の透水量と有効成分との関係（ｎ＝20）

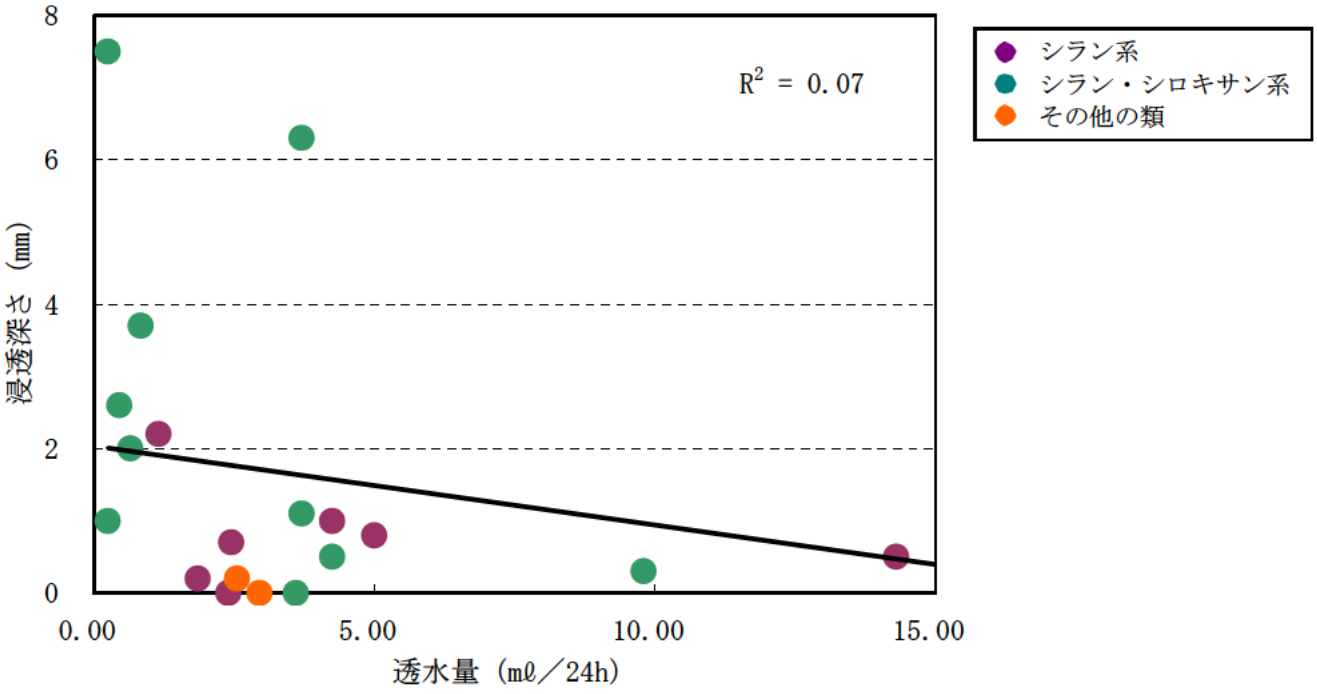


図－Ⅲ.1.87　暴露５年後の透水量と有効成分との関係（ｎ＝20）

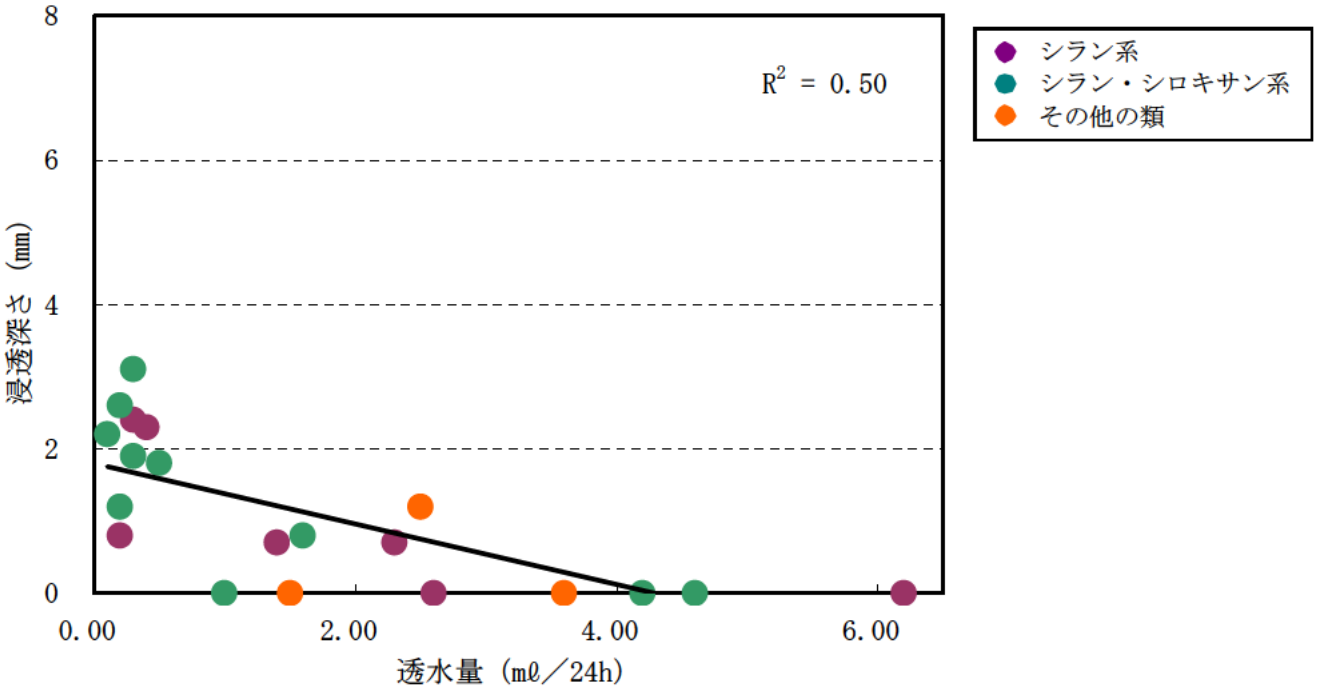
浸透深さは、つくばでの暴露試験を行っていないため、参考として親不知で暴露２年後から４年後まで測定結果を用いることとした。透水量と浸透深さの関係を図－Ⅲ.1.88から図－Ⅲ.1.90に示す。暴露２年後の透水量と浸透深さとの寄与率（R^2）が0.13に比べ、暴露４年後の寄与率（R^2）が0.50と高くなった。



図－Ⅲ.1.88　暴露２年後の透水量と浸透深さとの関係（ｎ＝20）



図－Ⅲ.1.89　暴露３年後の透水量と浸透深さとの関係（ｎ＝20）



図－Ⅲ.1.90　暴露４年後の透水量と浸透深さとの関係（ｎ＝20）

（６）まとめ

透水量の暴露試験結果から以下の傾向が明らかになった。

①分類別では、シラン・シロキサン系の透水量が少ない傾向であった。

②系統別（水系と溶剤系）による差は認められなかった。

③透水量と塗布量中の有効成分量の寄与率は低く、関係は認められなかった。

④透水量と浸透深さとの寄与率は低く、関係は認められなかった。

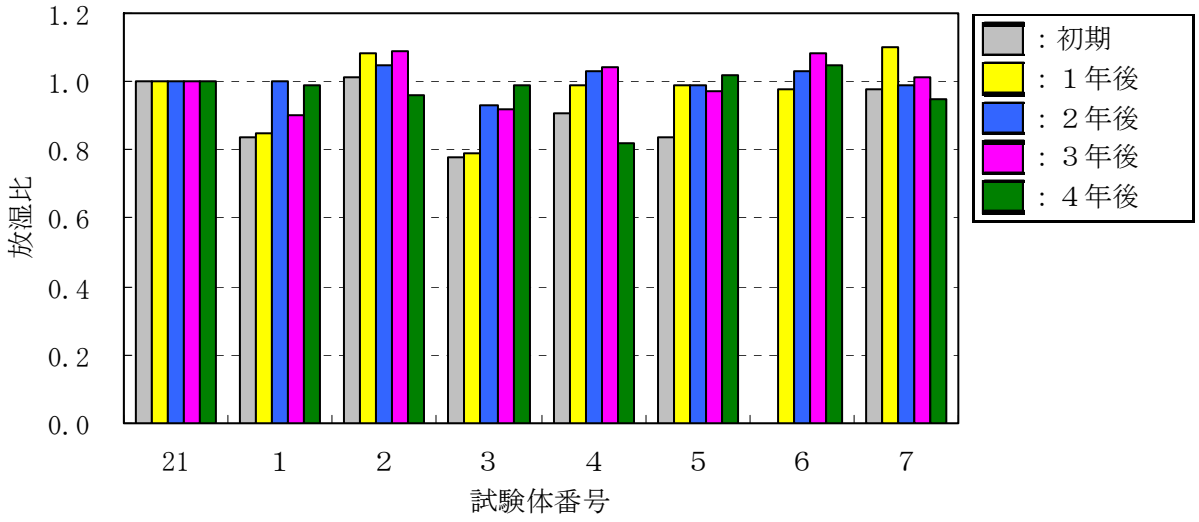
⑤浸透性コンクリート保護材の透水性を評価する方法は、JIS A 6909-2001(建築用仕上塗材) 7.12 透水試験Ｂ法およびその後の改良試験方法では、安定した透水量の評価ができないことが分かった。

１．６．５　透湿性

（１）シラン系

シラン系７種類の暴露１年，２年，３年，４年後の放湿比を図－Ⅲ.1.91 に、分類別の放湿比を表－Ⅲ.1.25 に示す。

シラン系７種類の放湿比の平均値は、初期が 0.88 で暴露後は 0.97 から 1.00 と初期より高くなるがほぼ一定の値となった。系統毎にみても、水系は初期が 0.87 で暴露後が 0.91 から 0.99、溶剤系は初期が 0.89 で暴露後が 0.96 から 1.03 と同様の傾向が見られた。



図－Ⅲ.1.91　シラン系の放湿比

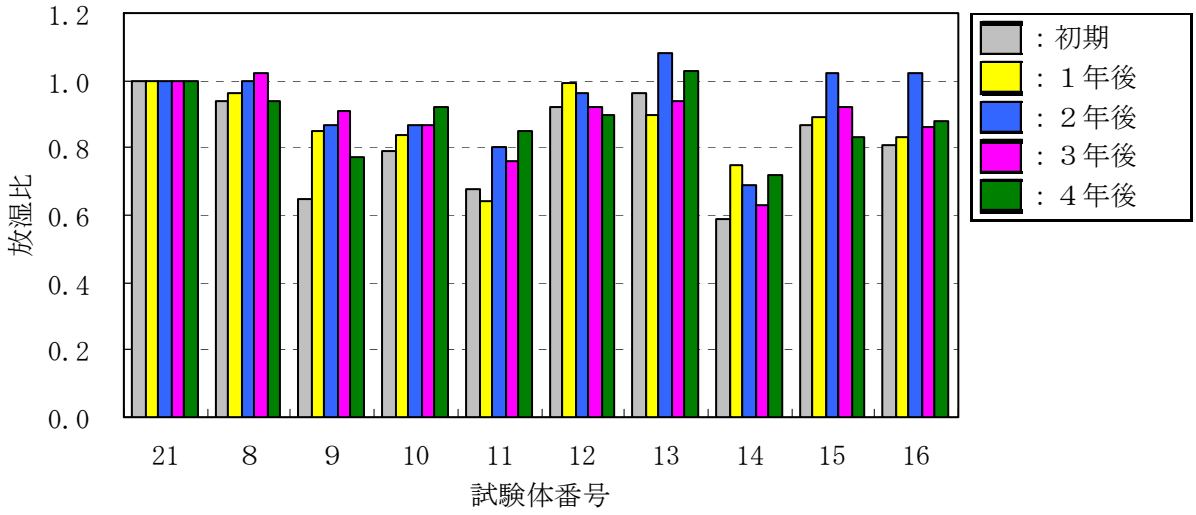
表－Ⅲ.1.25　シラン系の系統毎の放湿比

			初期	１年後	２年後	３年後	４年後
シラン系（ｎ＝７、初期はｎ＝６）		最大値	1.00	1.10	1.05	1.09	1.05
		最小値	0.78	0.79	0.93	0.90	0.82
		平均値	0.88	0.97	1.00	1.00	0.97
シラン系	水　系（ｎ＝３）	最大値	1.00	1.08	1.05	1.09	0.99
		最小値	0.78	0.79	0.93	0.90	0.96
		平均値	0.87	0.91	0.99	0.97	0.98
	溶剤系（ｎ＝４、初期はｎ＝３）	最大値	0.91	1.10	1.03	1.08	1.05
		最小値	0.84	0.98	0.99	0.97	0.82
		平均値	0.89	1.02	1.01	1.03	0.96

（２）シラン・シロキサン系

シラン・シロキサン系９種類の暴露１年，２年，３年，４年後の放湿比を図－Ⅲ.1.92 に、系統毎の放湿比を表－Ⅲ.1.26 に示す。

シラン・シロキサン系９種の放湿比の平均値は、初期が 0.80 で暴露後は 0.85 から 0.92 と初期より高くなるがほぼ一定の値となった。系統毎にみても、水系は初期が 0.79 で暴露後が 0.86 から 0.90、無溶剤系は 0.76 で暴露後が 0.80 から 0.91 と同様の傾向が見られた。



図－Ⅲ.1.92　シラン・シロキサン系の放湿比

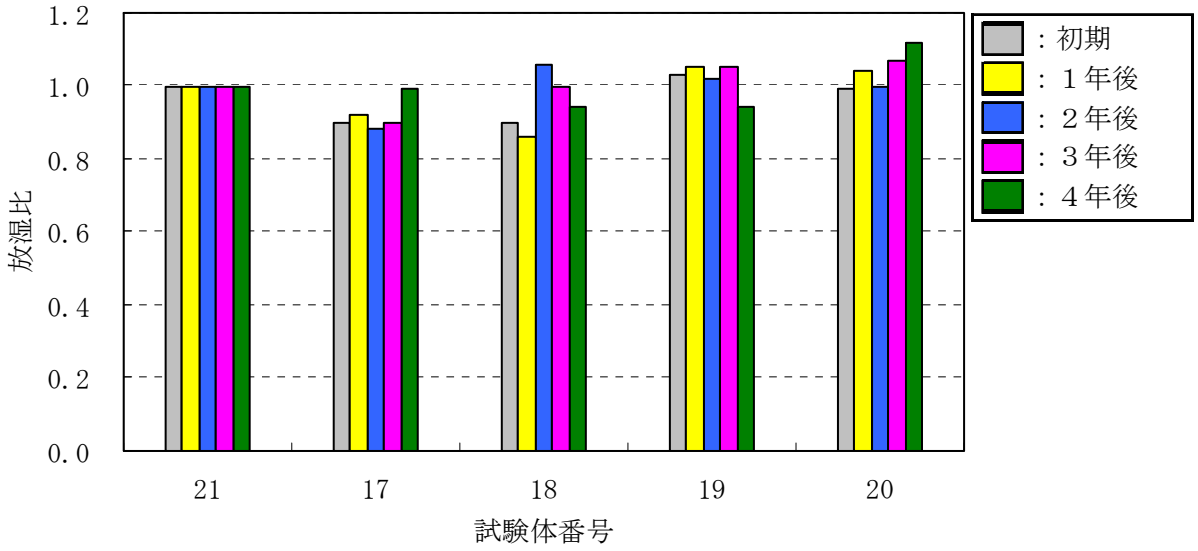
表－Ⅲ.1.26　シラン・シロキサン系の系統毎の放湿比

			初期	１年後	２年後	３年後	４年後
シラン・シロキサン系（ｎ＝９）		最大値	0.96	0.99	1.08	1.02	1.03
		最小値	0.59	0.64	0.69	0.63	0.72
		平均値	0.80	0.85	0.92	0.87	0.87
ｼﾗﾝ・ｼﾛｷｻﾝ系	水　系（ｎ＝５）	最大値	0.93	0.99	1.00	1.02	0.94
		最小値	0.65	0.64	0.80	0.76	0.77
		平均値	0.79	0.86	0.90	0.90	0.88
	溶剤系（ｎ＝１）	－	0.96	0.90	1.08	0.94	1.03
	無溶剤系（ｎ＝３）	最大値	0.87	0.89	1.02	0.92	0.88
		最小値	0.59	0.75	0.69	0.63	0.72
		平均値	0.76	0.82	0.91	0.80	0.81

（３）その他の類

その他の類４種類の暴露１年，２年，３年，４年後の放湿比を図－Ⅲ.1.93 に、分類別の放湿比を表－Ⅲ.1.27 に示す。

その他の類４種の放湿比の平均値は、初期が 0.96 で暴露後は 0.97 から 1.01 と暴露後に大きな変化はなく高い値を示した。系統毎にみても、水系は初期が 0.90 で暴露後が 0.89 から 0.97、溶剤系は初期が 1.01 で暴露後が 1.01 から 1.06 と同様の傾向が見られた。



図－Ⅲ.1.93　その他の類の放湿比

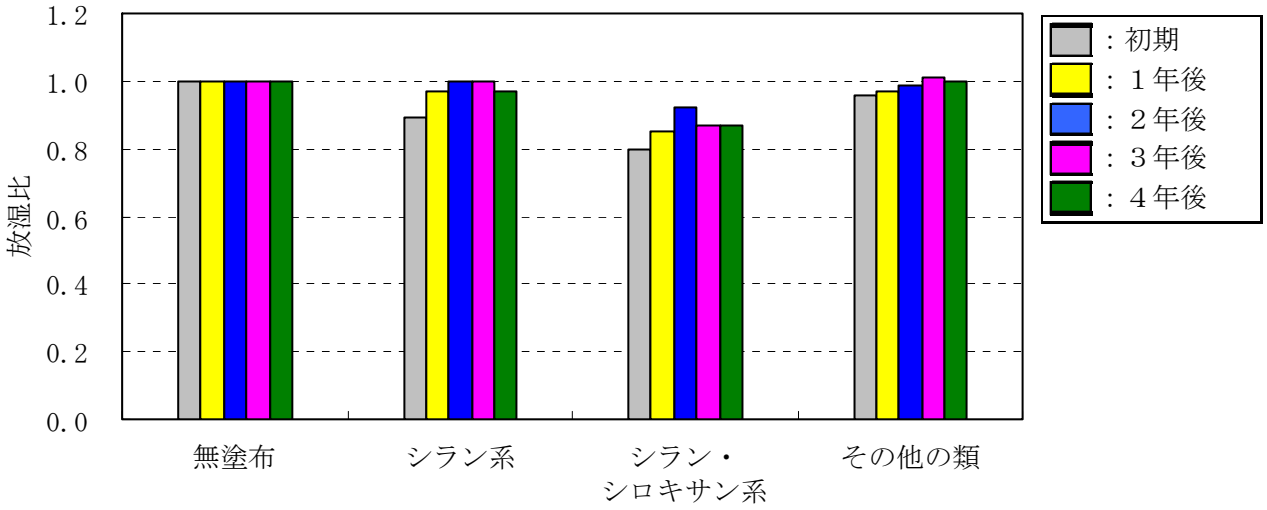
表－Ⅲ.1.27　その他の類の系統毎の放湿比

			初期	１年後	２年後	３年後	４年後
その他の類（ｎ＝４）		最大値	1.03	1.05	1.06	1.07	1.12
		最小値	0.90	0.86	0.88	0.90	0.94
		平均値	0.96	0.97	0.99	1.01	1.00
その他の類	水　系（ｎ＝２）	最大値	0.90	0.92	1.06	1.00	0.99
		最小値	0.90	0.86	0.88	0.90	0.94
		平均値	0.90	0.89	0.97	0.95	0.97
	溶剤系（ｎ＝２）	最大値	1.03	1.05	1.02	1.07	1.12
		最小値	0.99	1.04	1.00	1.05	0.94
		平均値	1.01	1.05	1.01	1.06	1.03

（４）分類毎の放湿比

分類毎の放湿比を図－Ⅲ.1.94 に示す。

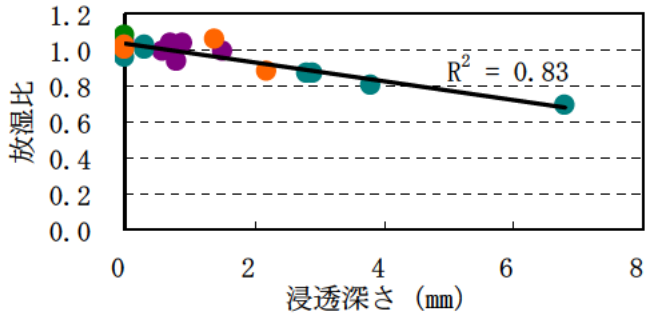
シラン系の放湿比は初期が 0.88 で暴露後は 0.97 から 1.00、シラン・シロキサン系の放湿比は初期が 0.80 で暴露後は 0.85 から 0.92、その他の類の放湿比は初期が 0.96 で暴露後は 0.97 から 1.01 となり、シラン系とその他の系は無塗布に近い数値を示したが、シラン・シロキサン系は無塗布よりも低めの透湿比を示した。

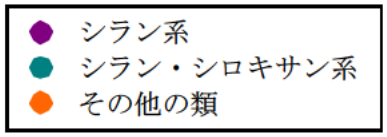


図－Ⅲ.1.94　分類毎の平均放湿比

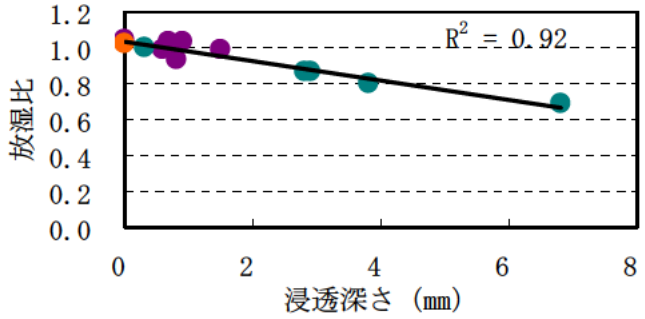
（５）放湿比と浸透深さとの関係

室内試験では放湿比と浸透深さに相関があったが、朝霧暴露場では浸透深さを測定しておらず暴露後の放湿比と浸透深さの関係は不明である。参考に親不知暴露で２年後から４年後に測定した浸透深さとの関係を図－Ⅲ.1.95 からⅢ.1.97 に示す。２年後の寄与率（R^2）は 0.83、３年後の寄与率（R^2）は 0.62 であったが、４年後は関係が認められなかった。

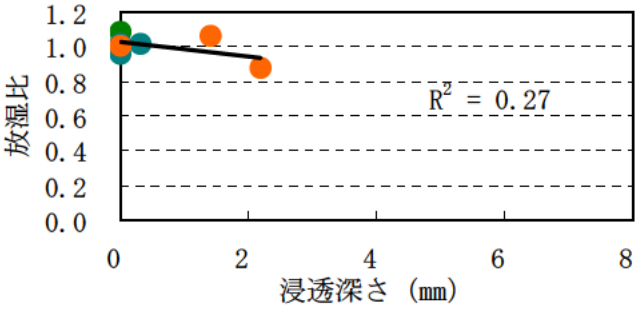




a）全ての形態（n＝20）

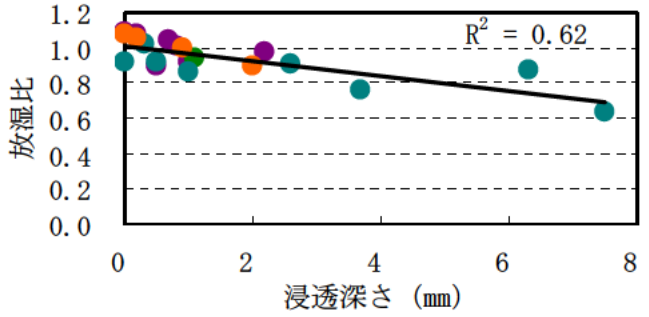


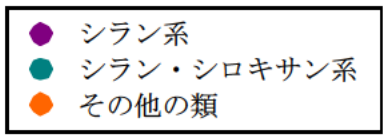
b）単独形（n＝13）



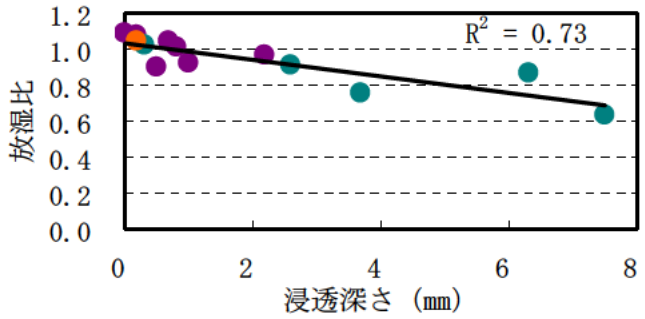
c）造膜形（n＝7）

図－Ⅲ.1.95　放湿比と親不知暴露浸透深さとの関係（２年後）

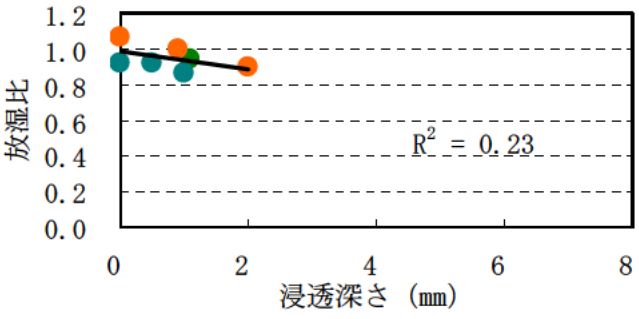




a）全ての形態（n＝20）

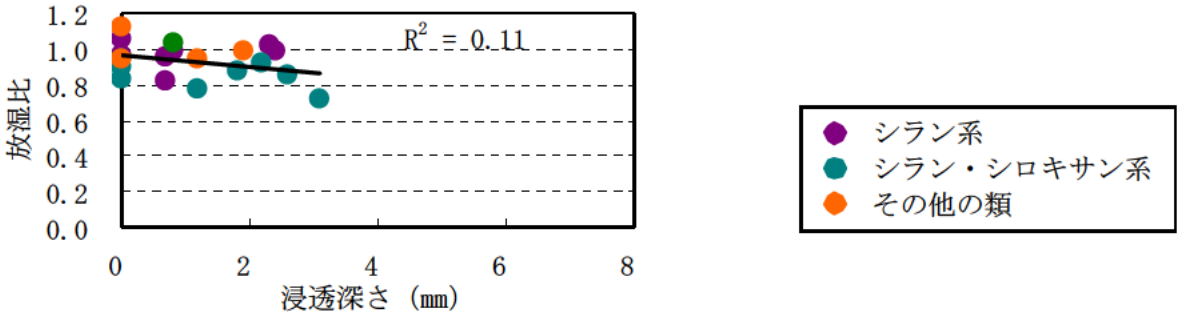


b）単独形（n＝13）

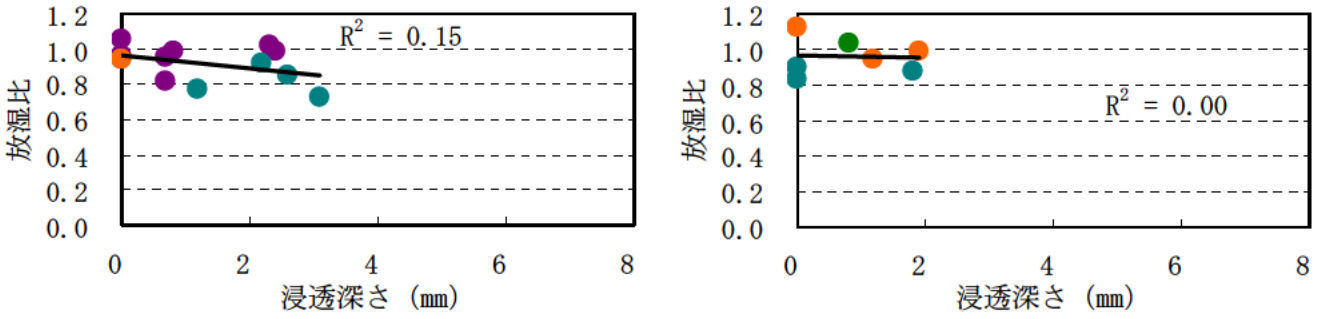


c）造膜形（n＝7）

図－Ⅲ.1.96　放湿比と親不知暴露浸透深さとの関係（３年後）



a）全ての形態（n＝20）



b）単独形（n＝13）　　c）造膜形（n＝7）

図－Ⅲ.1.97　放湿比と親不知暴露浸透深さとの関係（４年後）

（６）まとめ

水セメント比 54.5%の供試体の場合、コンクリート保護材の暴露試験の透湿性から以下の傾向が明らかになった。

①各保護材とも暴露試験によって放湿比は暴露期間によって大きく変動しなかった。

②シラン系とその他の類は放湿比が高く無塗布に近い値を示したが、シラン・シロキサン系はやや低めの放湿比となった。

③室内試験では放湿比は浸透深さと相関があったので、透湿比と親不知暴露での浸透深さを見たが、浸透深さは経年での変化が大きく相関があるかは不明である。

透湿性が高ければ基材中の水分を放散できるので、アルカリ骨材反応や鉄筋腐食の抑制が期待できる。透湿性の試験として放湿比を測定することは有用だが、どれくらいの放湿比を有していれば抑制効果に繋がるかを確認することが今後の課題である。

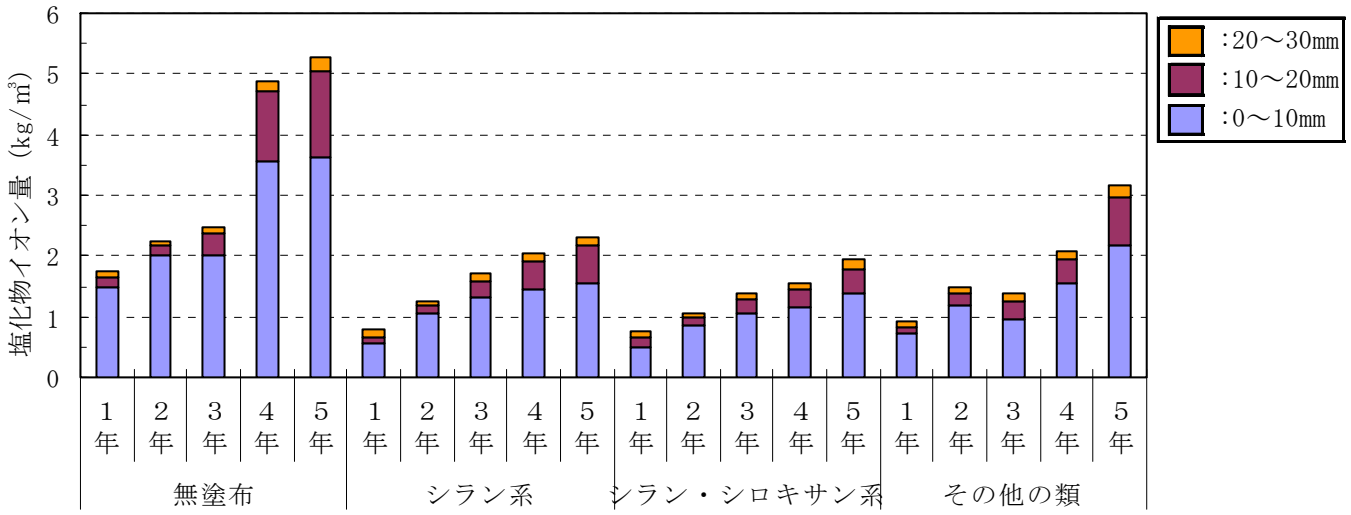
１．６．６　塩化物イオン浸透性

塩化物イオンの遮断性の確認を目的とした暴露試験は、環境条件の異なる２箇所で実施した。冬期に強い季節風が吹く海岸部(新潟県親不知)および亜熱帯の海岸部で、飛来塩分の多い環境（沖縄県大宜味村）に暴露し、1 年毎に試験体を回収し、５年間の塩化物イオン量を測定した。

（１）親不知暴露

シラン系、その他の類は、経年的に塩化物イオン量は増加する傾向があるが、シラン・シロキサン系は暴露３年以降ほぼ一定であった。暴露５年後でも表面から深さ方向０から10mm の位置で約１kg/m³、10mm から 20mm の位置では 0.3 kg/m³以下であった。

図－Ⅲ.1.98 に分類別の各種保護材の平均塩化物イオン量を示す。

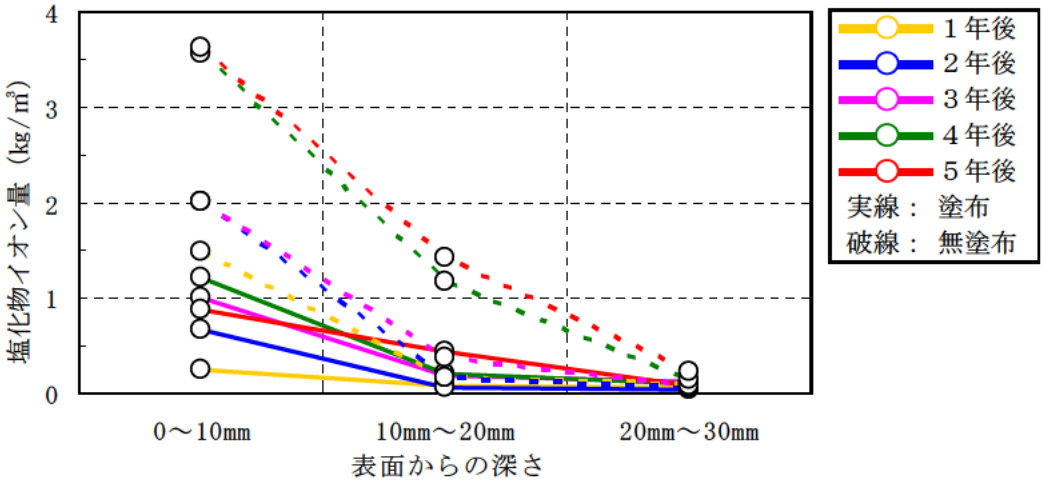


図－Ⅲ.1.98　分類別の各種保護材の平均塩化物イオン量

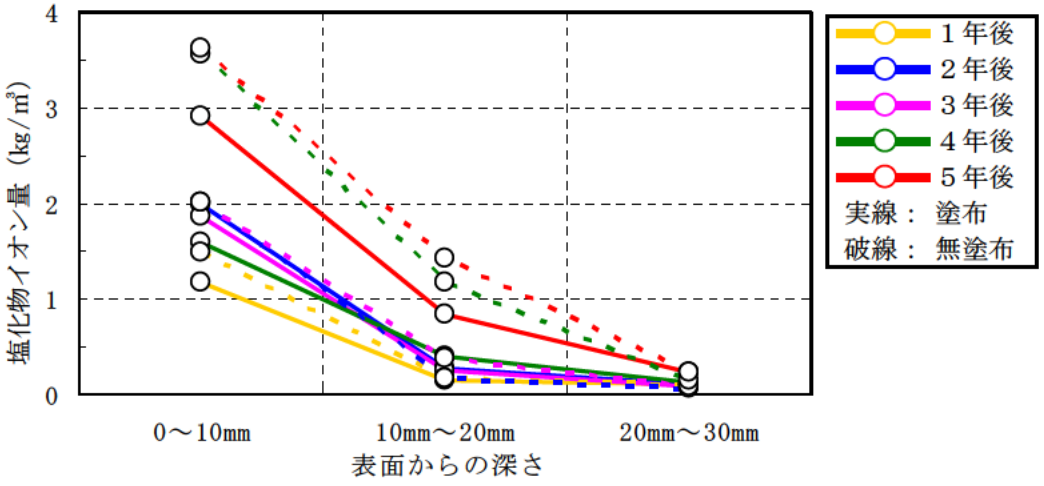
１）シラン系

表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量は、無塗布の４年後および５年後を除き全てのシラン系が、発錆限界以下であった。とくに、No. １，３（ともに水系），５（溶剤系）は、表面から 30mm のいずれの位置においても発錆限界以下であり、経年でも増加量が少ない良好な結果が得られた。No. ２（水系）、６（溶剤系）は、表面から深さ方向０から 10mm の位置では無塗布試験体と同程度の塩化物イオン量が確認されたが、10mm 以上の位置では少なかった。No. ７（溶剤系）は、無塗布と同程度の塩化物イオン量が確認された。

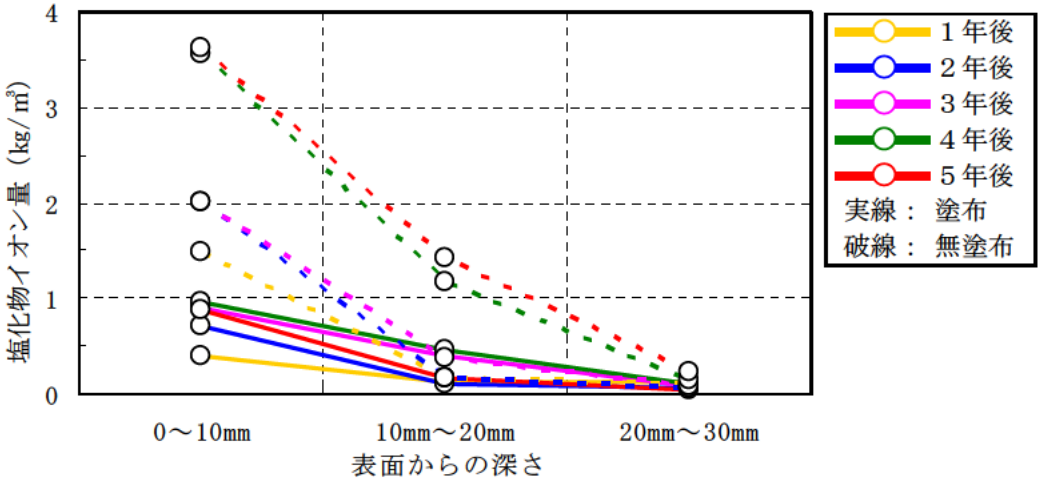
水系と溶剤系を含む全シラン系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.99(1),(2)に示す。



a） 試験体番号 No. 1

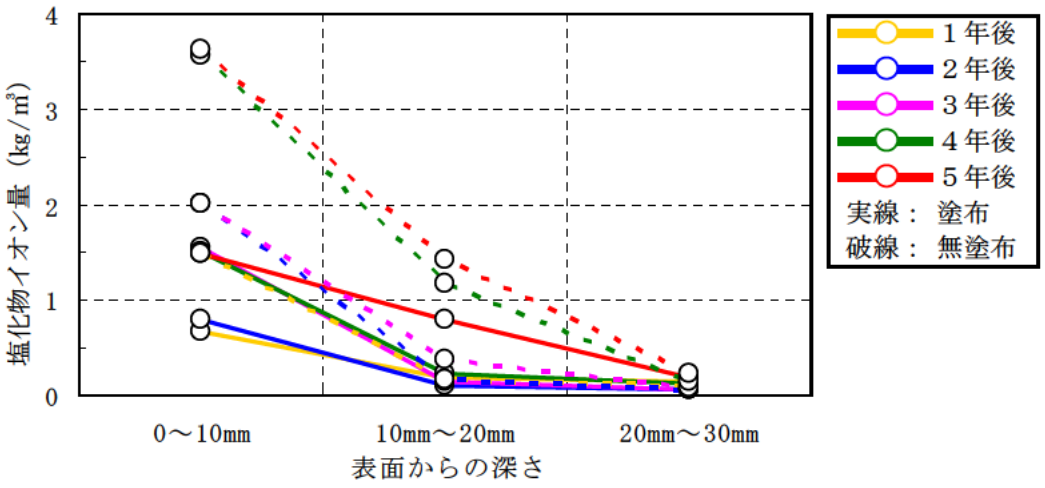


b） 試験体番号 No. 2

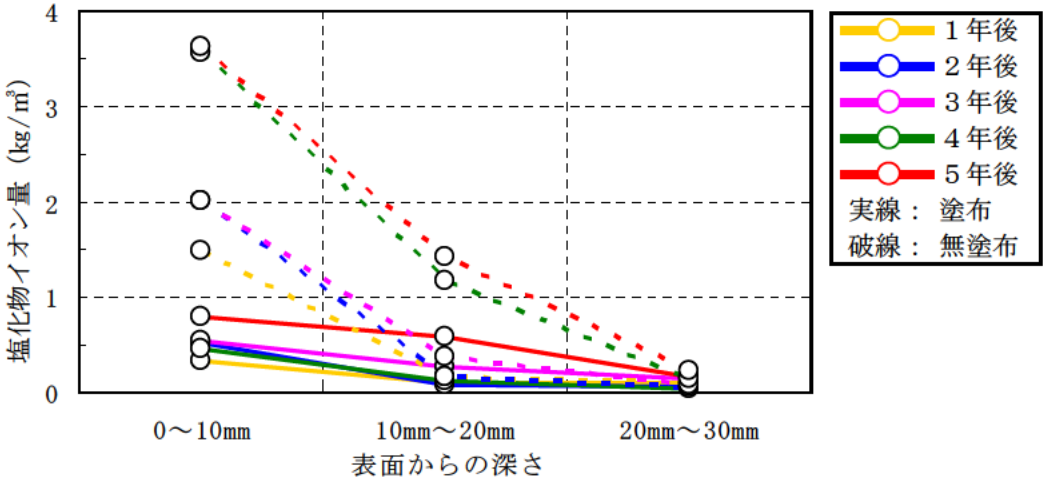


c） 試験体番号 No. 3

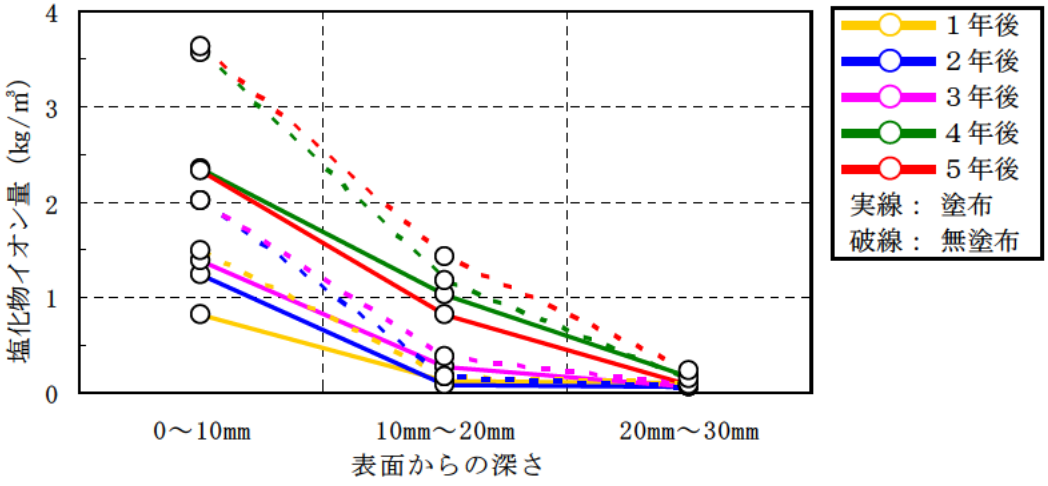
図－Ⅲ.1.99(1)　シラン系（水系）の塩化物イオン量測定結果



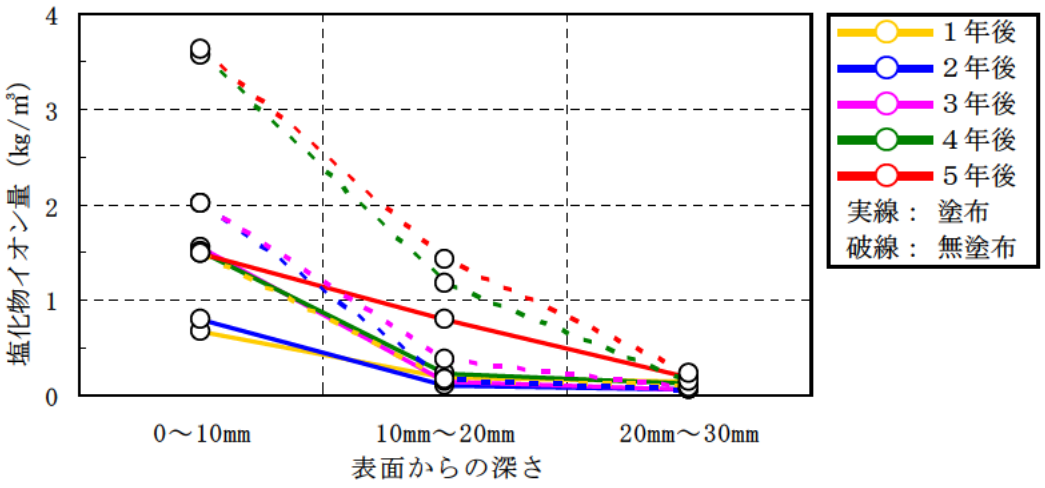
a） 試験体番号 No. 4



b） 試験体番号 No. 5



c） 試験体番号 No. 6



d）試験体番号 No. 7

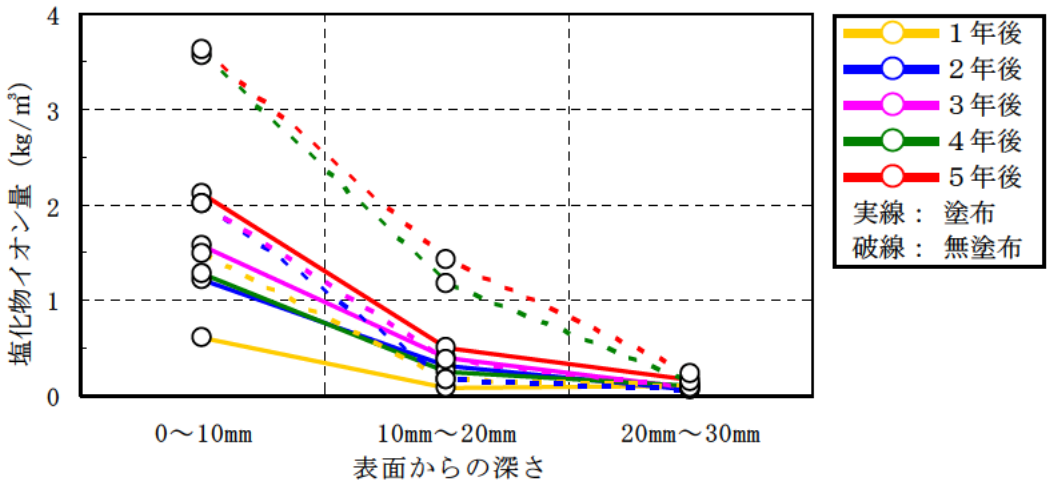
図－Ⅲ.1.99(2)　シラン系（溶剤系）の塩化物イオン量測定結果

2）シラン・シロキサン系

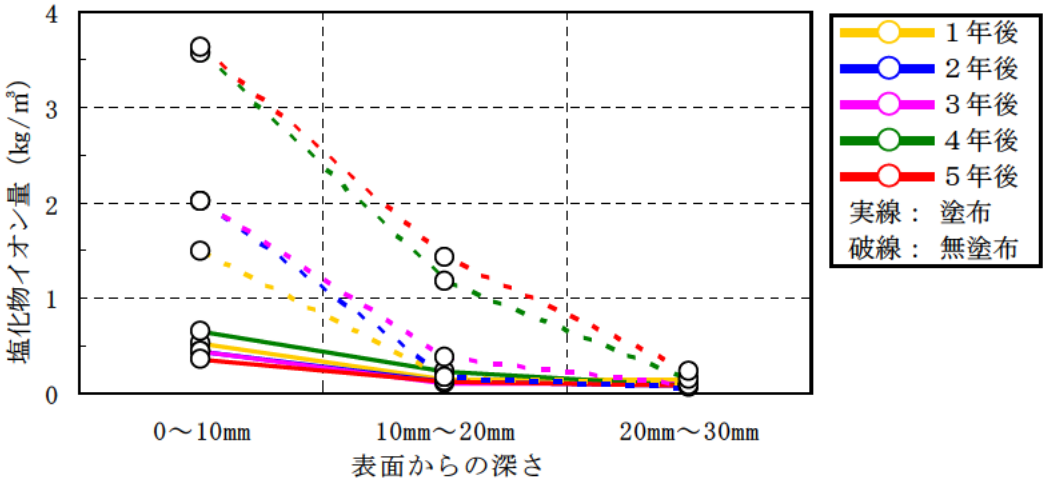
表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量は、無塗布の４年後および５年後を除き全てのシラン・シロキサン系が発錆限界以下であった。

とくに、No. 9，10，11(ともに水系)、14(無溶剤系)は、いずれの深さ方向の位置においても塩化物イオン量が少なく、発錆限界以下であり、経年でも増加量が少ない良好な結果が得られた。No. 8，12（ともに水系)、13（溶剤系）および 16（無溶剤系）は無塗布と同程度の塩化物イオン量が確認された。

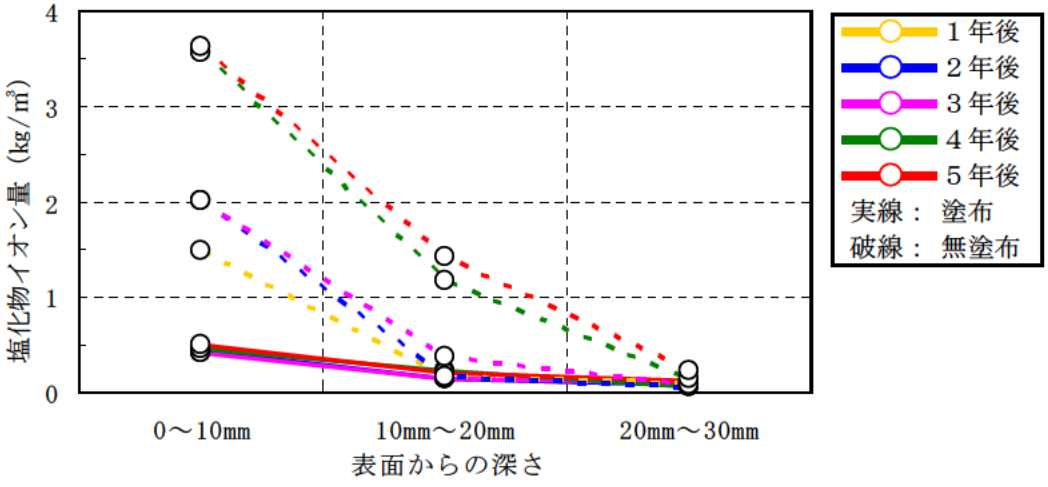
水系、溶剤系、無溶剤系を含む全シラン・シロキサン系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.100(1)，(2)，(3)に示す。



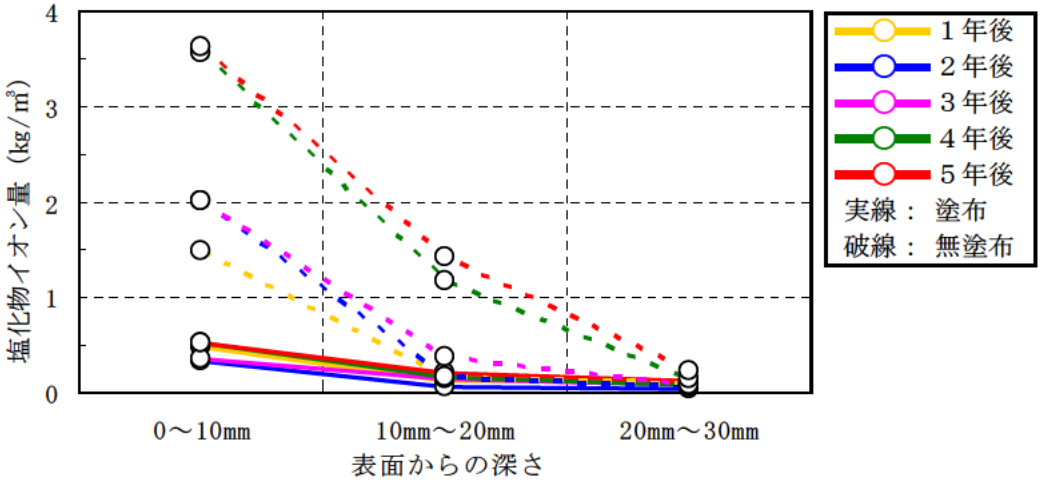
a）試験体番号 No. 8



b） 試験体番号 No. 9

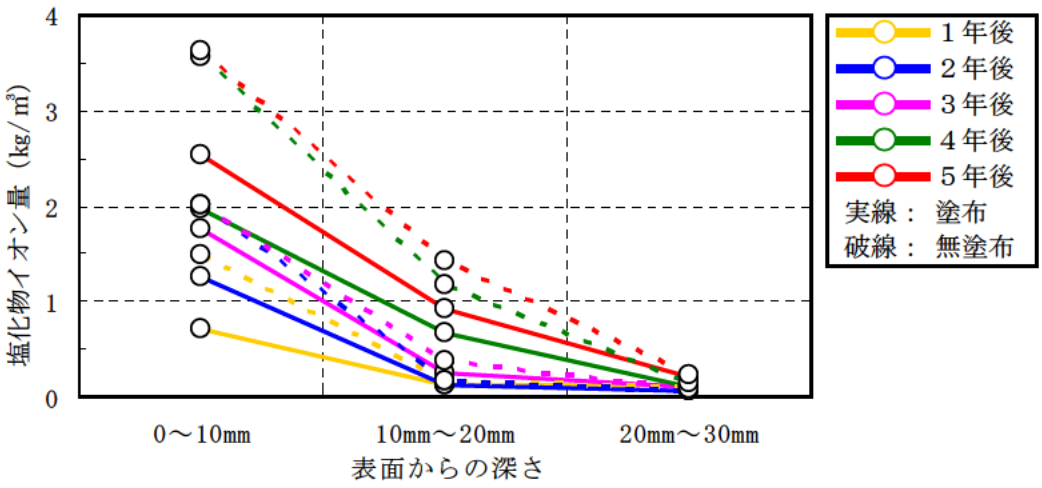


c） 試験体番号 No. 10

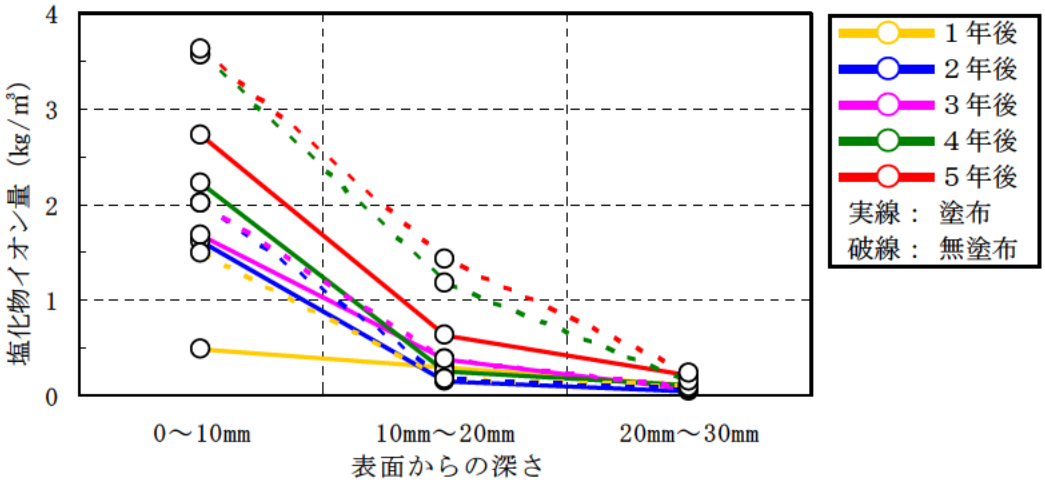


d） 試験体番号 No. 11

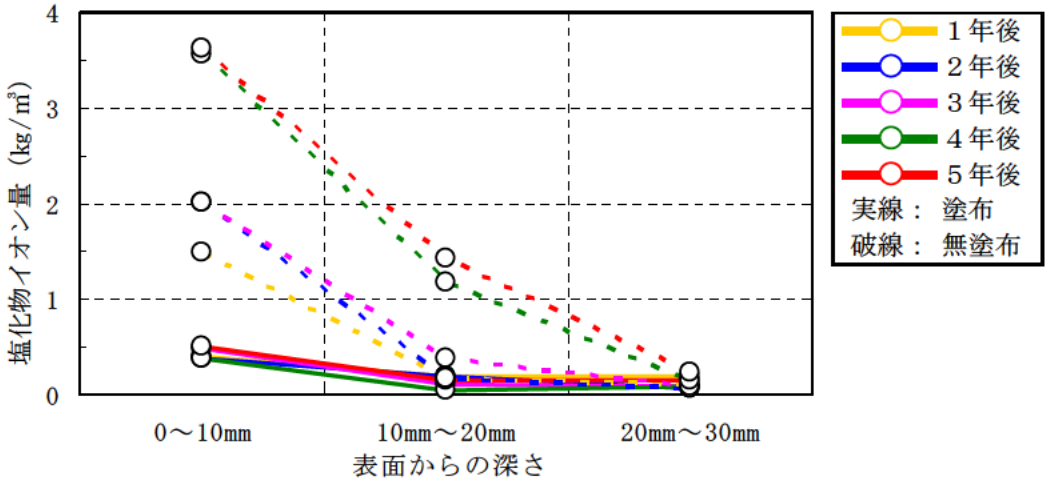
図－Ⅲ.1.100(1)　シラン・シロキサン系（水系）の塩化物イオン量測定結果



a） 試験体番号 No.12

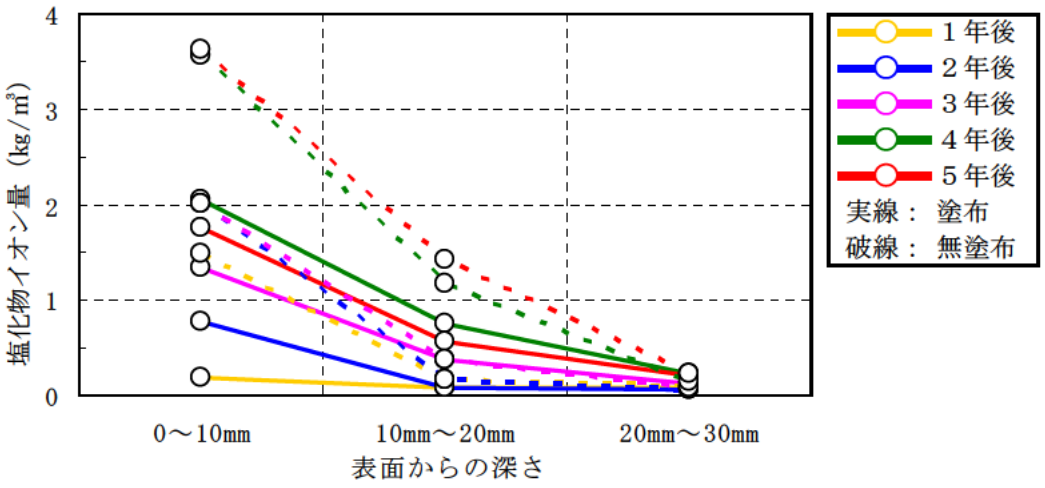


b） 試験体番号 No.13

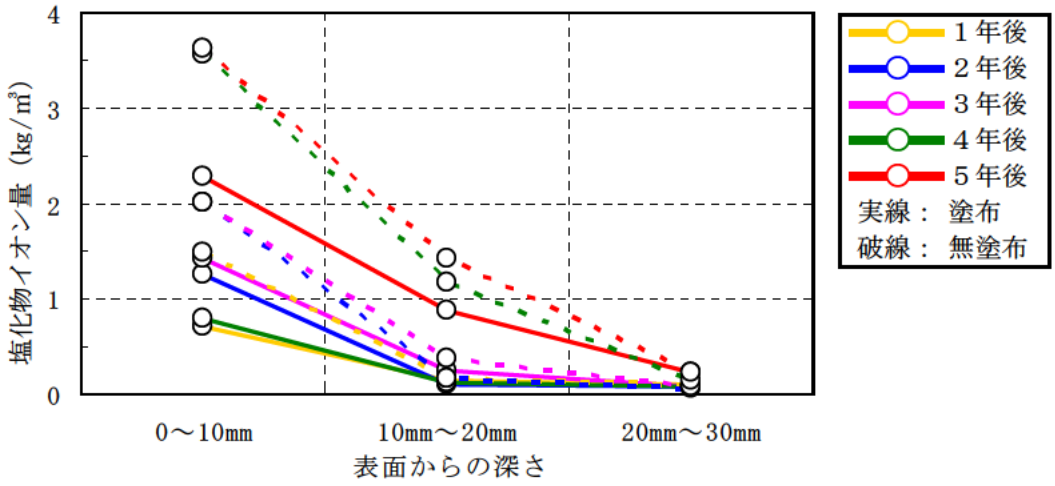


c） 試験体番号 No.14

図－Ⅲ.1.100(2)　シラン・シロキサン系（無溶剤系）の塩化物イオン量測定結果



a） 試験体番号 No.15



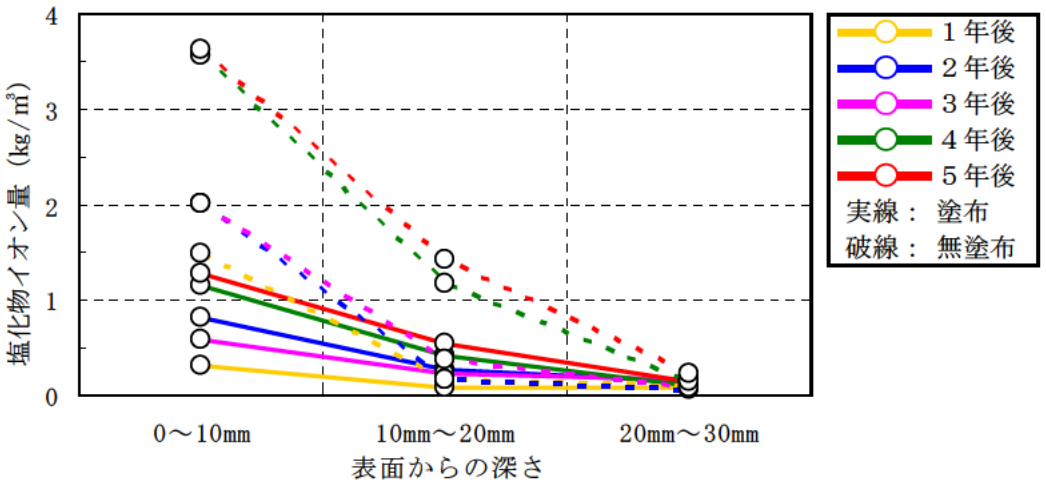
b） 試験体番号 No.16

図－Ⅲ.1.100(3)　シラン・シロキサン系（溶剤系）の塩化物イオン量測定結果

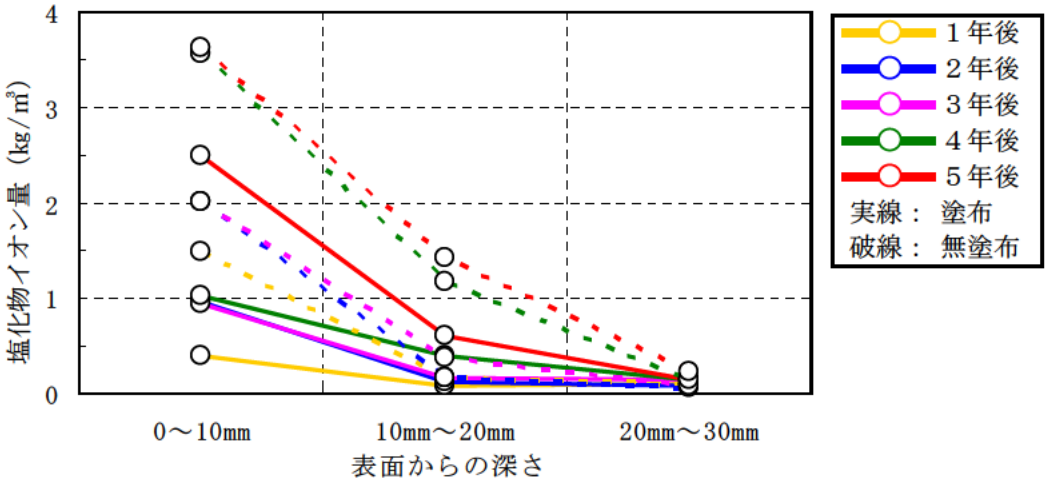
3）その他の類

表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量は、無塗布の４年後および５年後と No.20（溶剤系）の５年後を除き発錆限界以下であった。

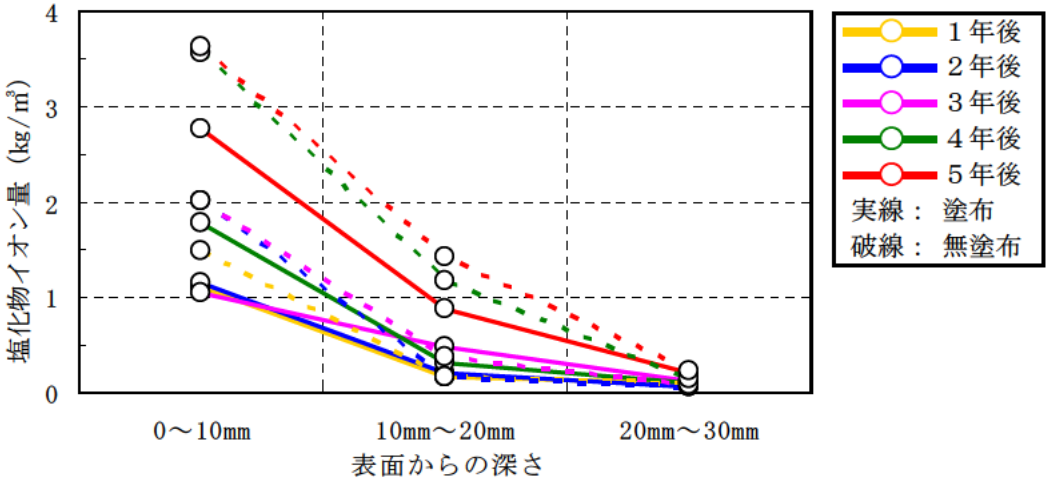
水系、溶剤系を含む全てのその他の類と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.101(1),(2)に示す。



a） 試験体番号 No. 17

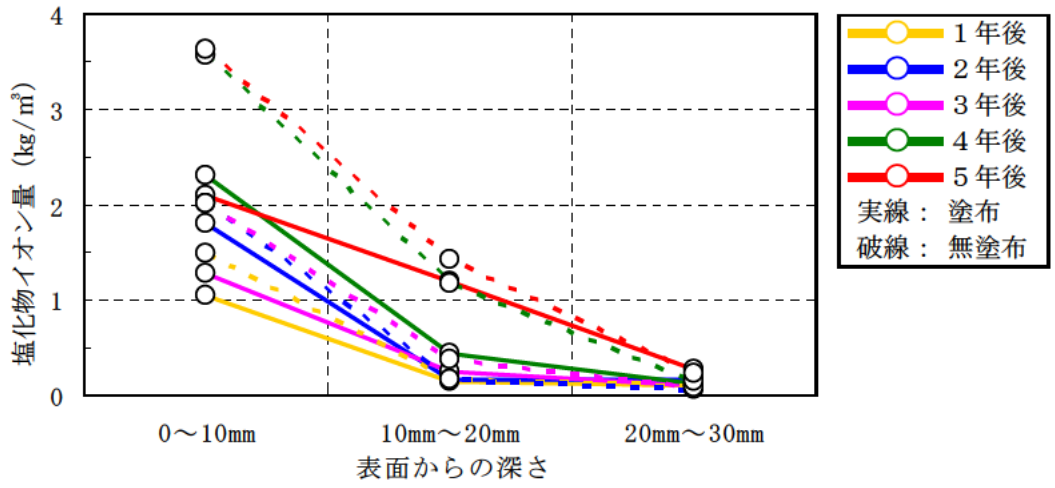


b） 試験体番号 No. 18



c） 試験体番号 No. 19

図－Ⅲ.1.101(1)　その他の類（水系）の塩化物イオン量測定結果



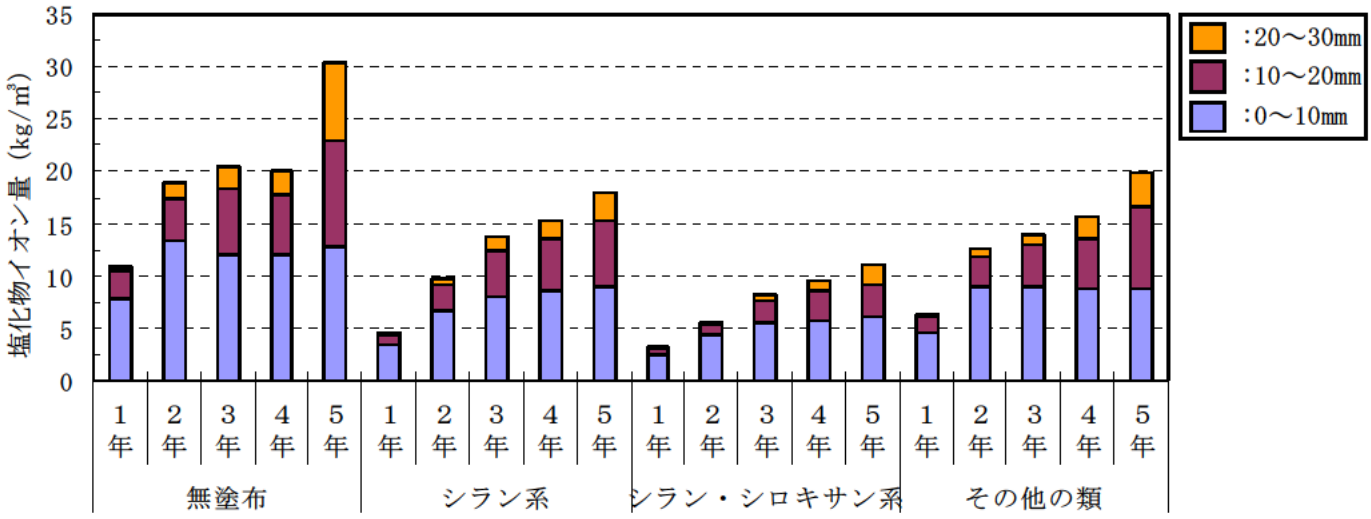
試験体番号 No.20

図－Ⅲ.1.101(2)　その他の類（溶剤系）の塩化物イオン量測定結果

（２）沖縄暴露

塩化物イオン量は、暴露年数により増加する傾向がある。塩化物イオン量を表面からの深さ方向０から 10mm、10mm から 20mm、20 から 30mm のそれぞれの塩化物イオン量の合計で比較するとシラン・シロキサン系が少なく、次にシラン系、その他の類の順であった。

図－Ⅲ.1.102 に分類別の各保護材の平均塩化物イオン量を示す。

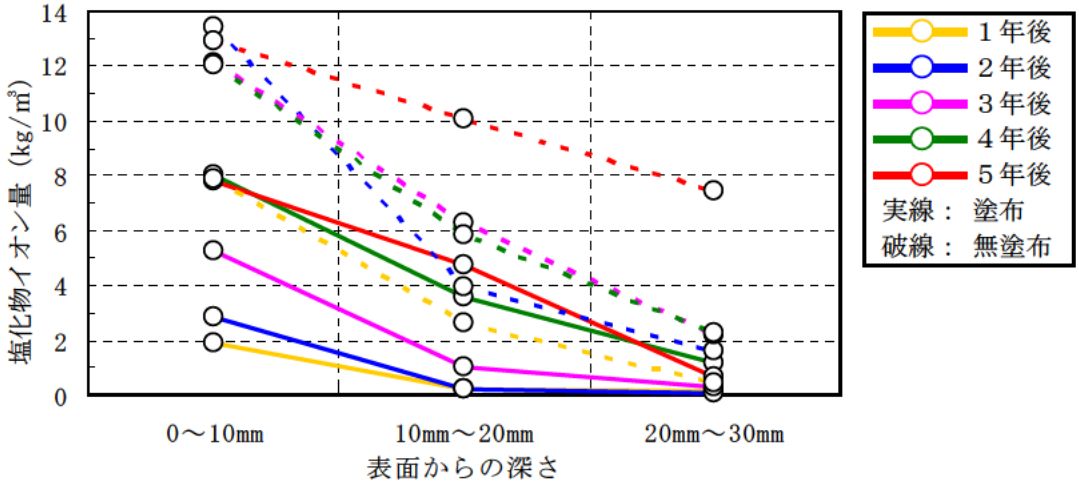


図－Ⅲ.1.102　分類別の各保護材の平均塩化物イオン量

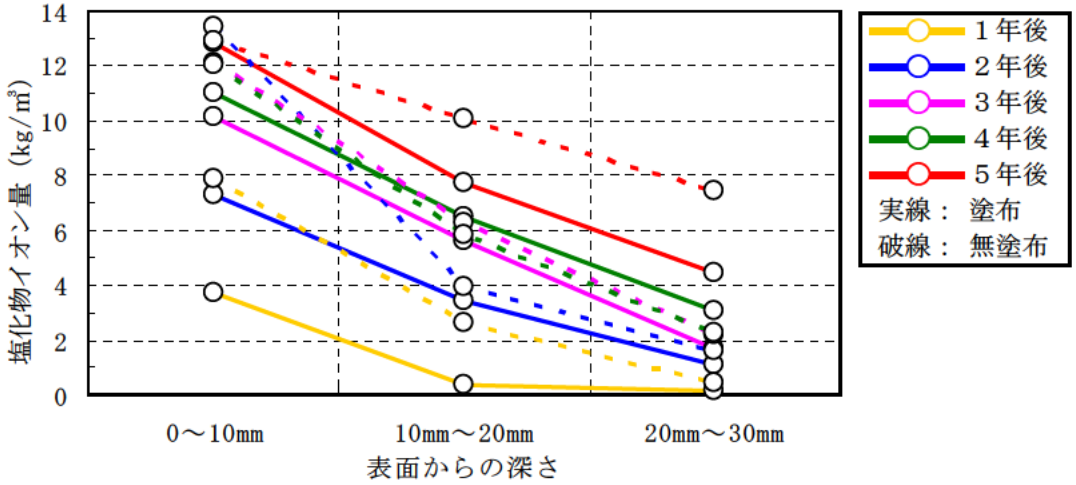
１）シラン系

表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での No.１，３（ともに水系）の１年後と２年後、No.２（水系）の１年後および No.４，５（ともに溶剤系）の１年後以外、全てが発錆限界を大きく超えた。表面からの深さ方向 20mm から 30mm 位置でも No.３（水系）を除き No.１（水系）は、４年後、No.４，５，７（すべて溶剤系）は２年後、No.２（水系），６（溶剤系）は、１年後に発錆限界を超えた。

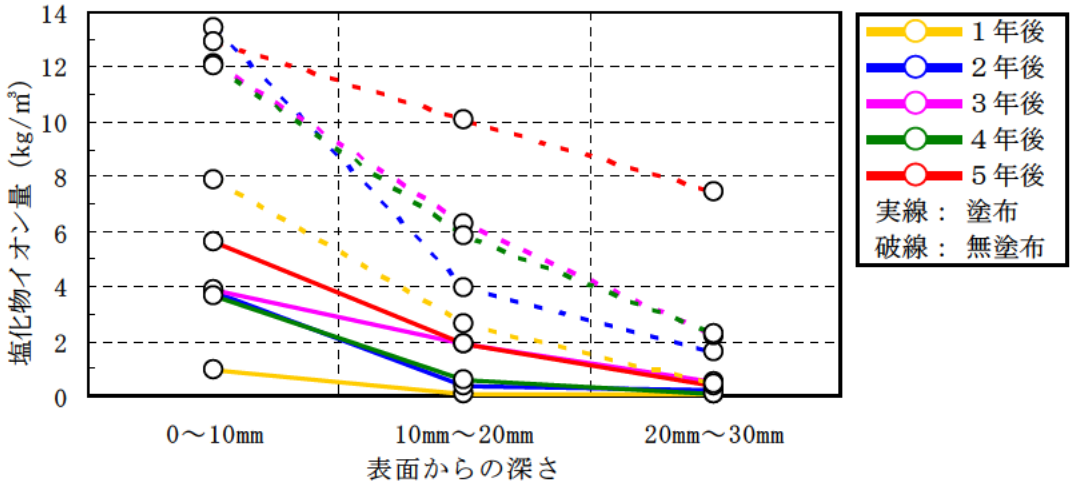
水系、溶剤系を含む全シラン系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.103(1),(2)に示す。



a）試験体番号 No. 1

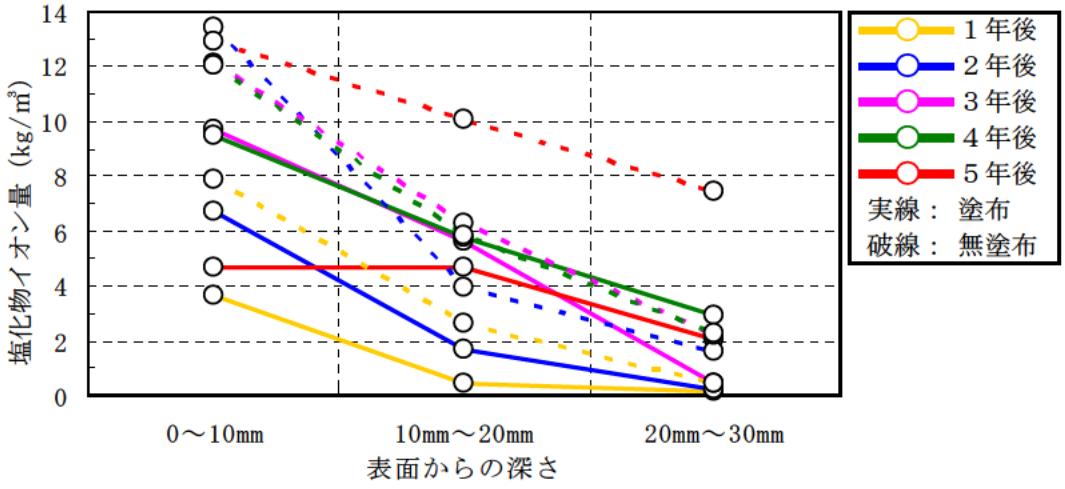


b）試験体番号 No. 2

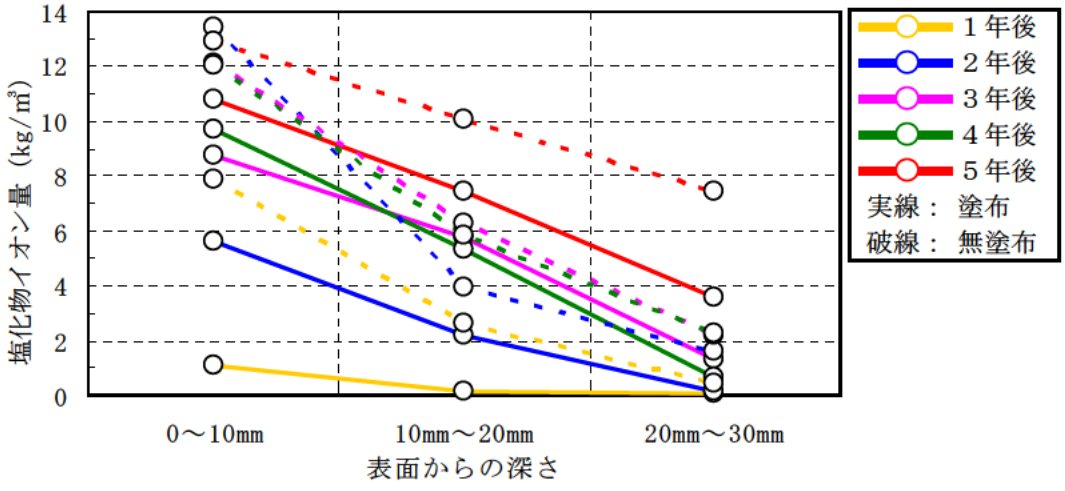


c ） 試験体番号 No. 3

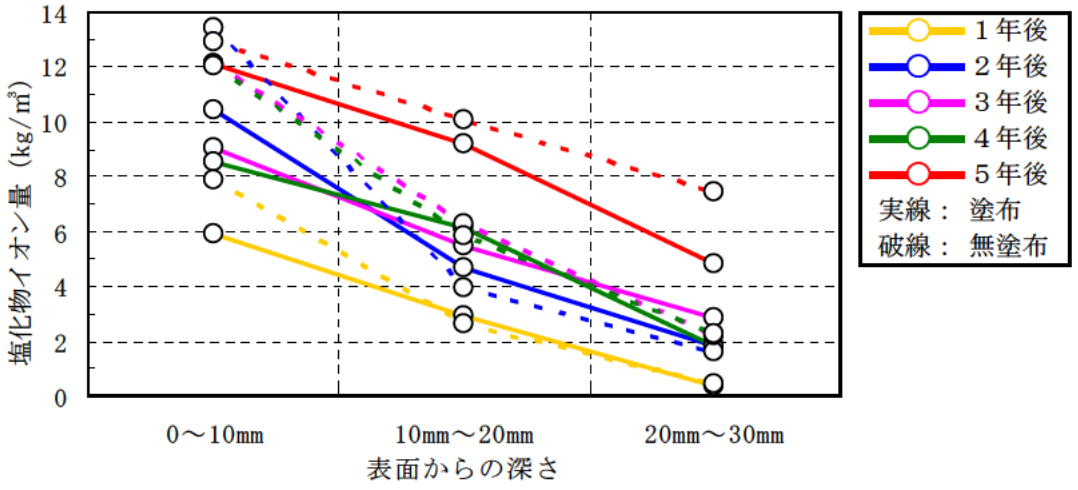
図－Ⅲ.1.103(1)　シラン系（水系）の塩化物イオン量測定結果



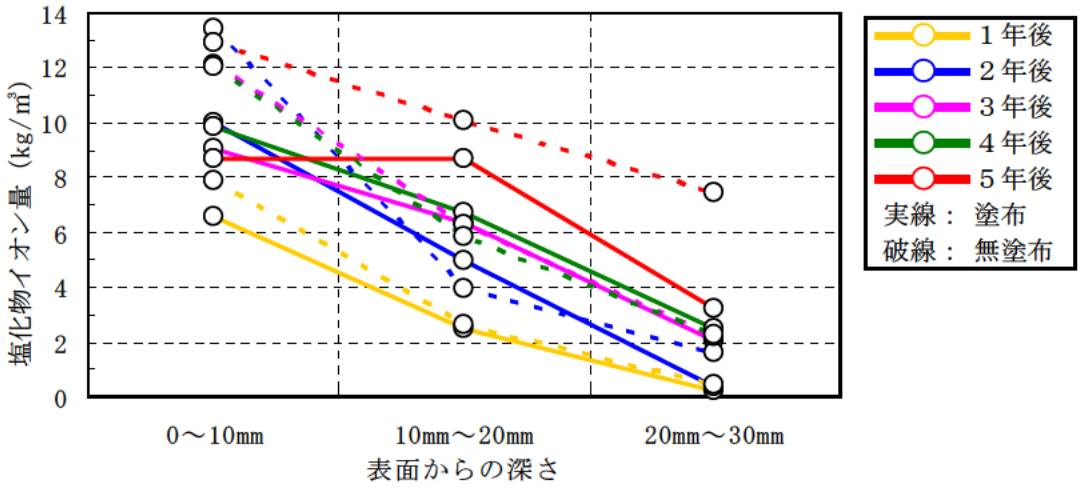
a ） 試験体番号 No. 4



b ） 試験体番号 No. 5



c）試験体番号 No. 6



d）試験体番号 No. 7

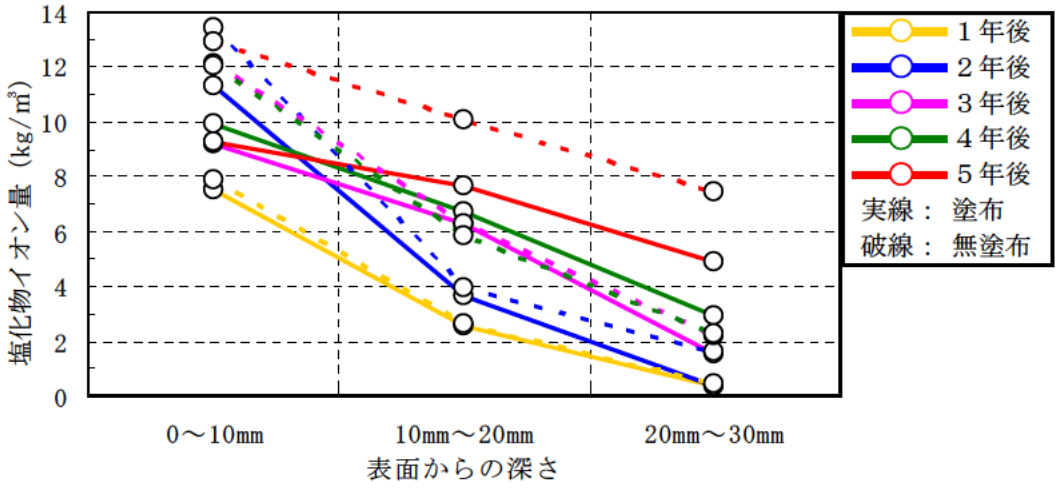
図－Ⅲ.1.103(2)　シラン系（溶剤系）の塩化物イオン量測定結果

2）シラン・シロキサン系

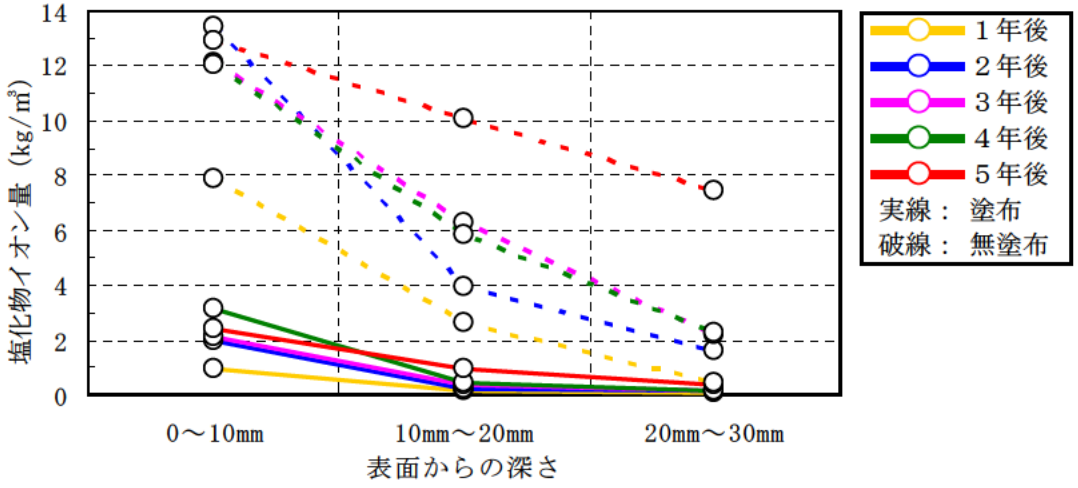
No. 9，10，11（水系），14（無溶剤系）は、いずれの深さ位置においても無塗布と比較し塩化物イオン量が大幅に少なく、表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置で発錆限界内（鋼材腐食発錆限界値 1.2kg/m³）であり、経年でも増加量が少ない良好な結果が得られた。

なお、No. 13（溶剤系），16（無溶剤系）の１年後と２年後、No. 15（無溶剤系）は、１年後が発錆限界内（鋼材腐食発錆限界値 1.2kg/m³）であった。

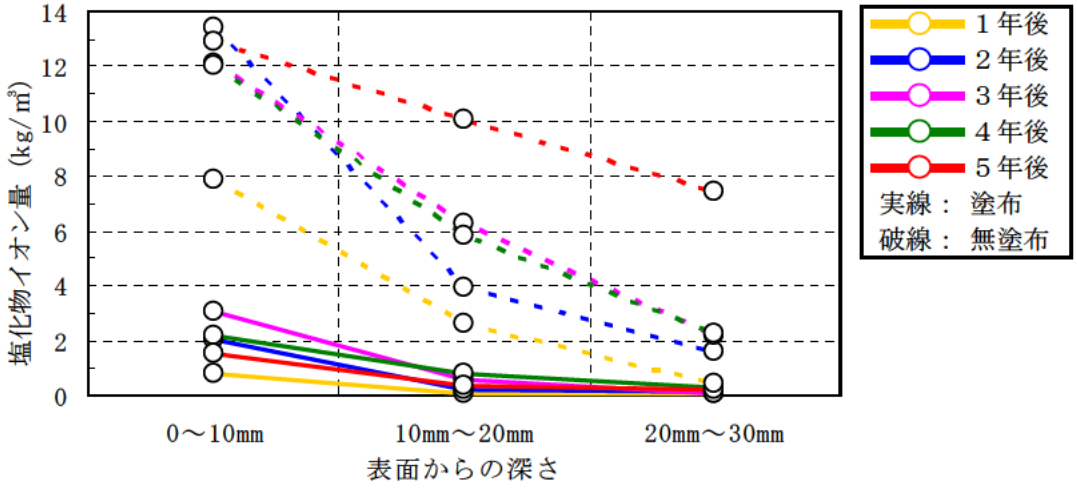
水系、溶剤系および無溶剤系を含む全シラン・シロキサン系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.104(1)，(2)に示す。



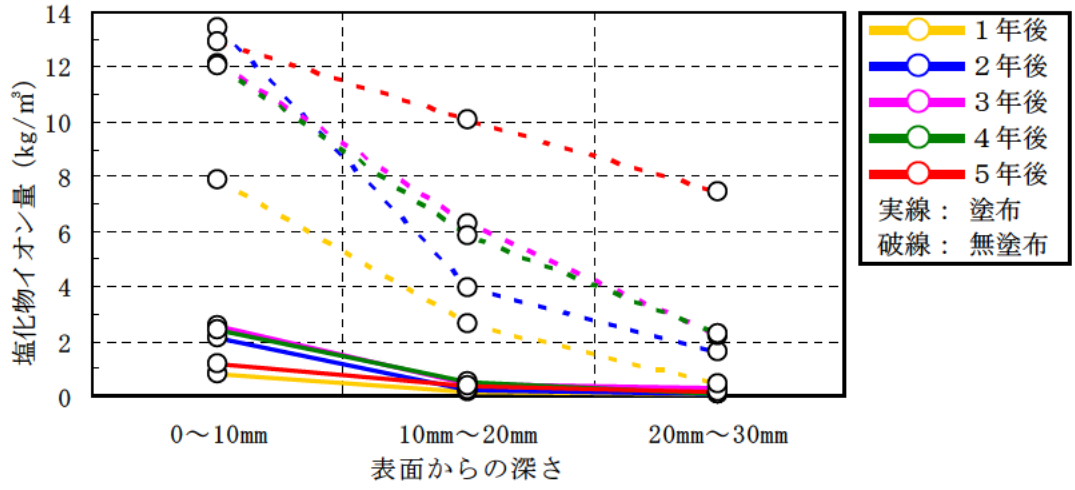
a） 試験体番号 No. 8



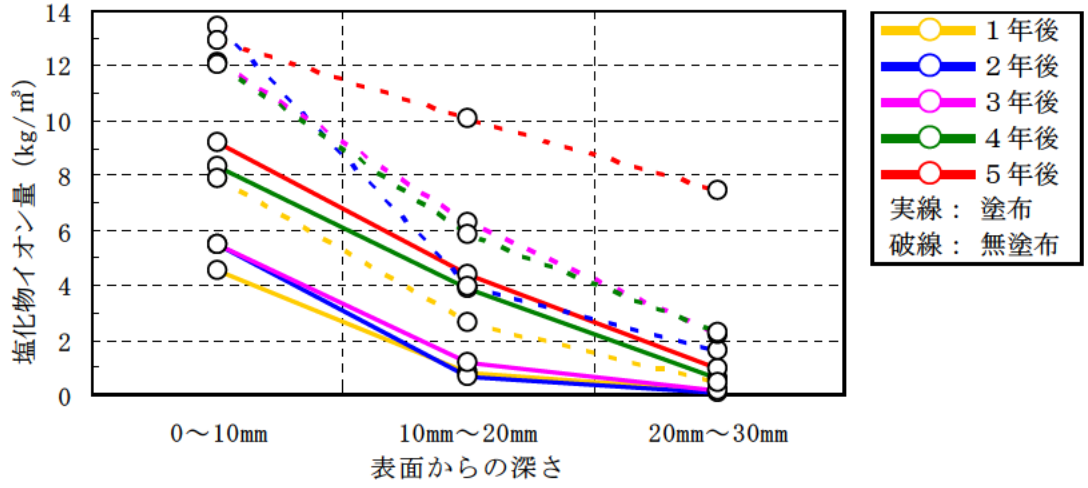
b） 試験体番号 No. 9



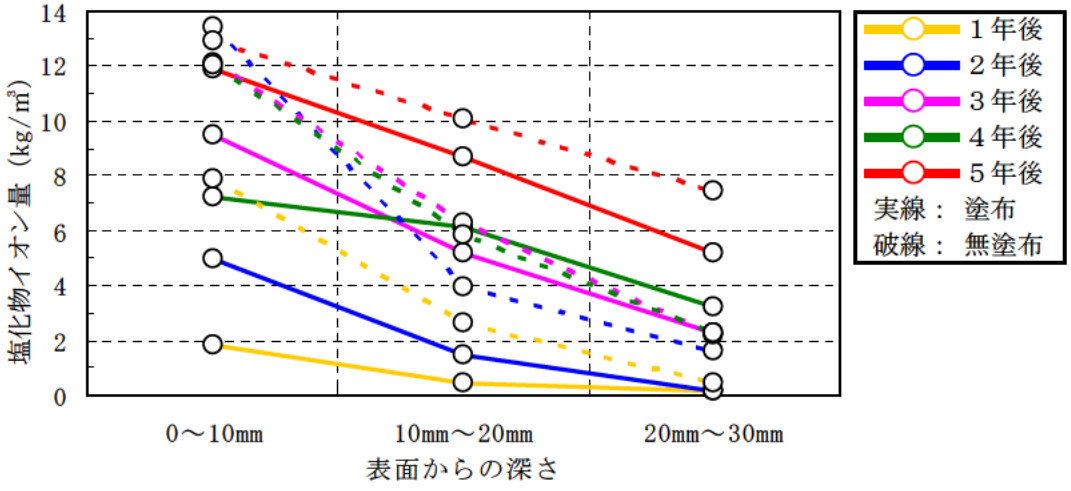
c） 試験体番号 10



d） 試験体番号 No.11

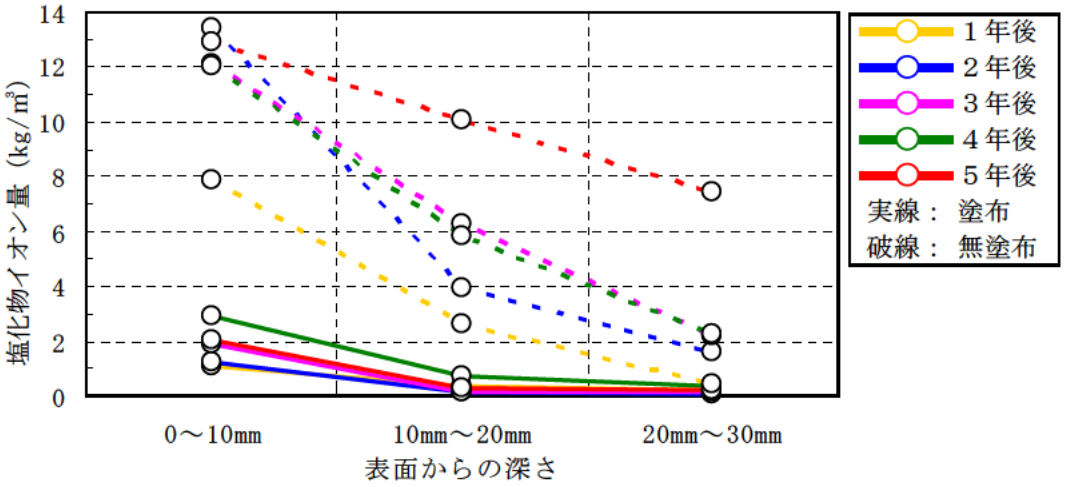


e） 試験体番号 No.12

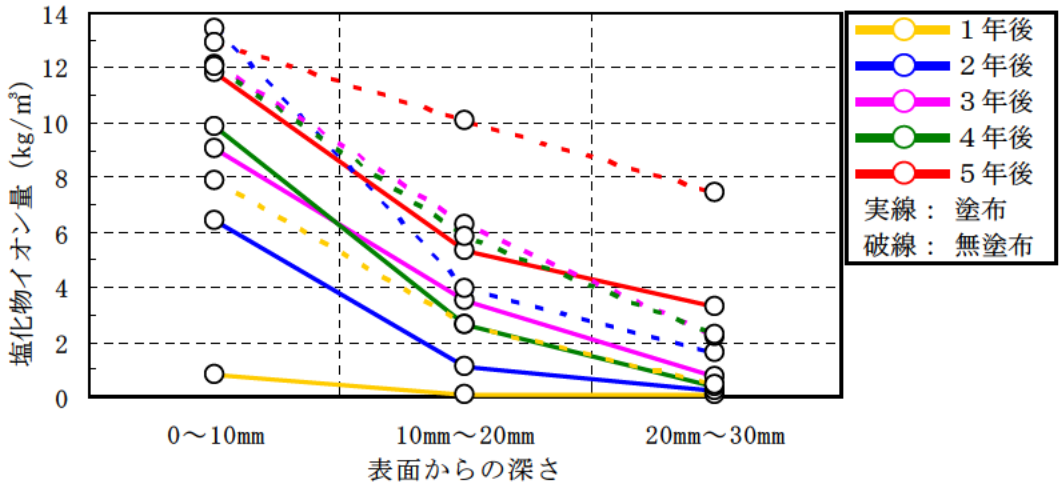


f） 試験体番号 No.13

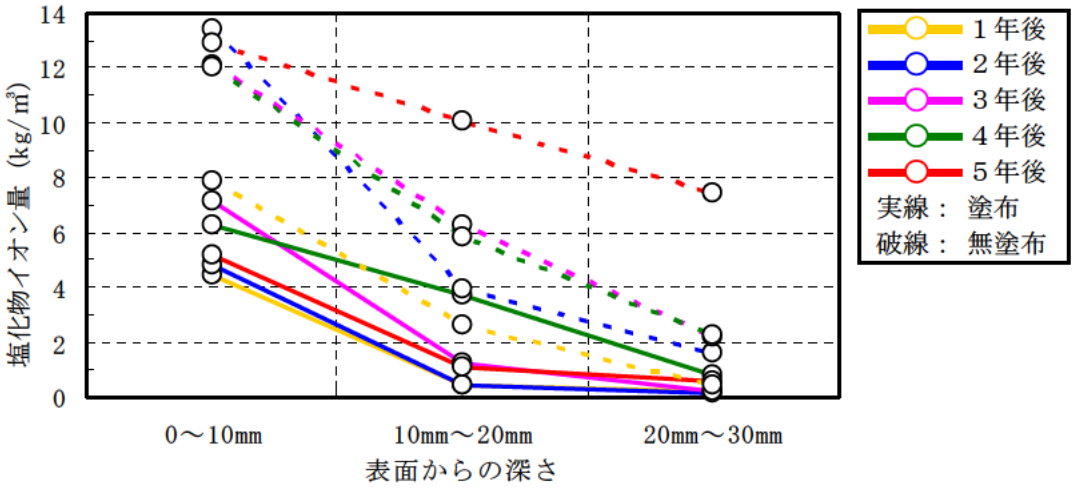
図－Ⅲ.1.104(1)　シラン・シロキサン系（溶剤系）の塩化物イオン量測定結果



a ） 試験体番号 No. 14



b ） 試験体番号 No. 15



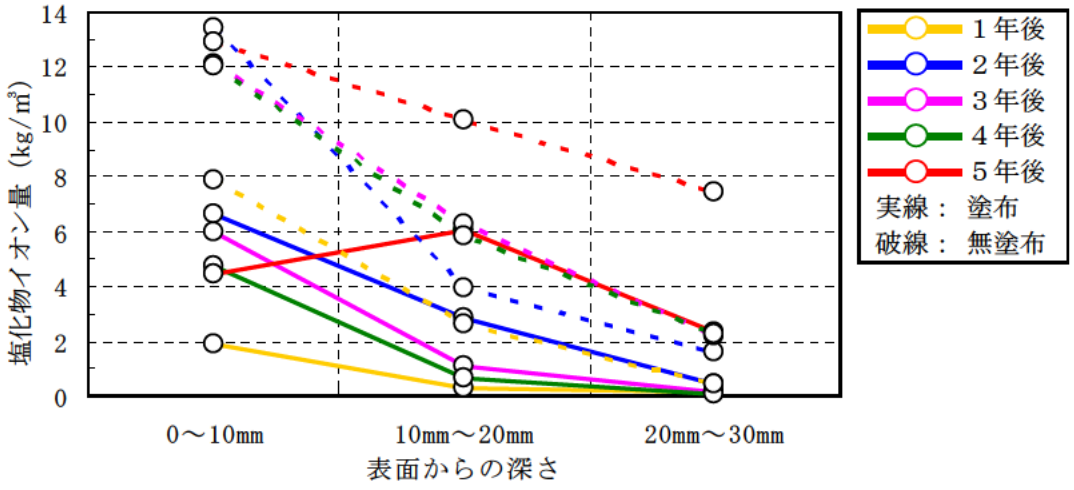
c ） 試験体番号 No. 16

図－Ⅲ. 1. 104(2)　シラン・シロキサン系（無溶剤系）の塩化物イオン量測定結果

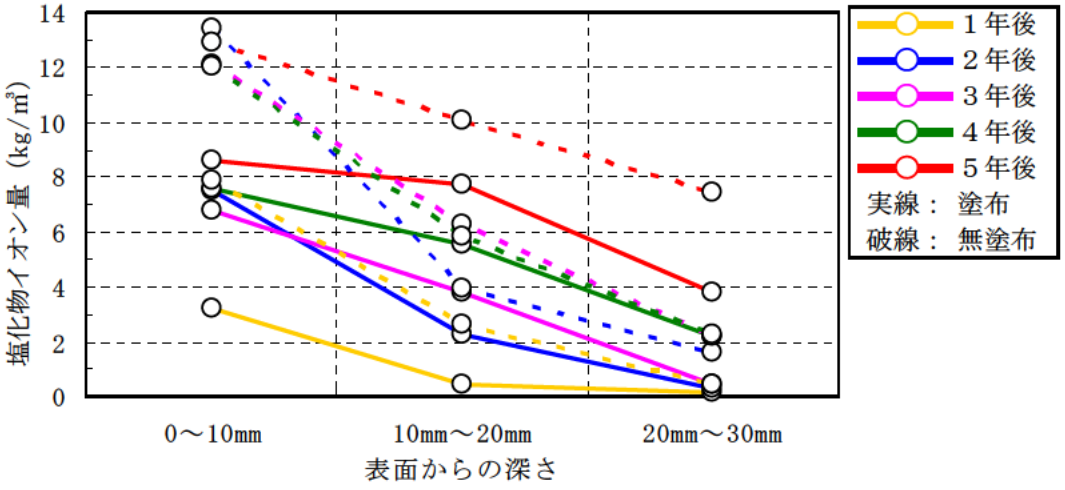
３）その他の類

表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置で No.17,18（ともに水系）の１年後だけが発錆限界（鋼材腐食発錆限界値 1.2kg/㎥）内であった以外、他の試験体は、大幅に発錆限界（鋼材腐食発錆限界値 1.2kg/㎥）を超えた。

水系、溶剤系を含む全てのその他の類と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.1.105(1),(2)に示す。

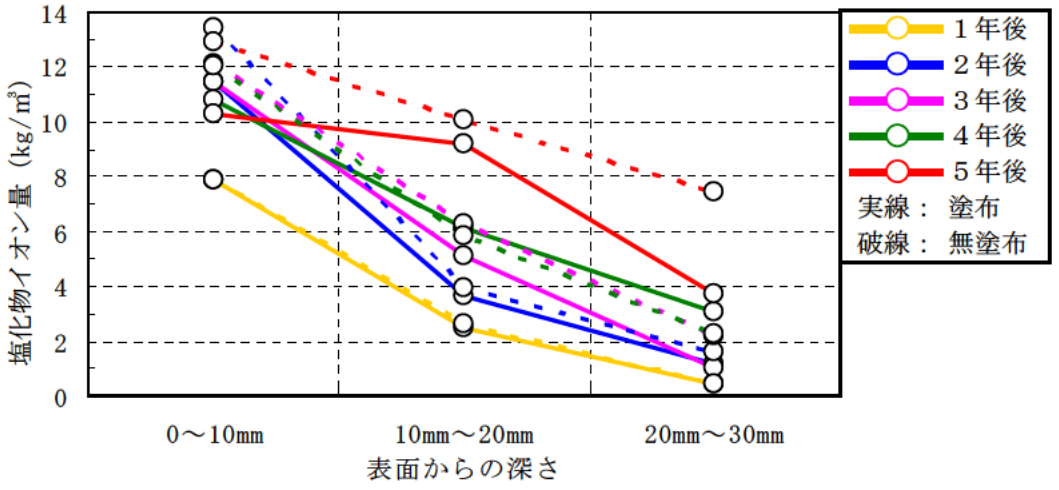


a） 試験体番号 No.17

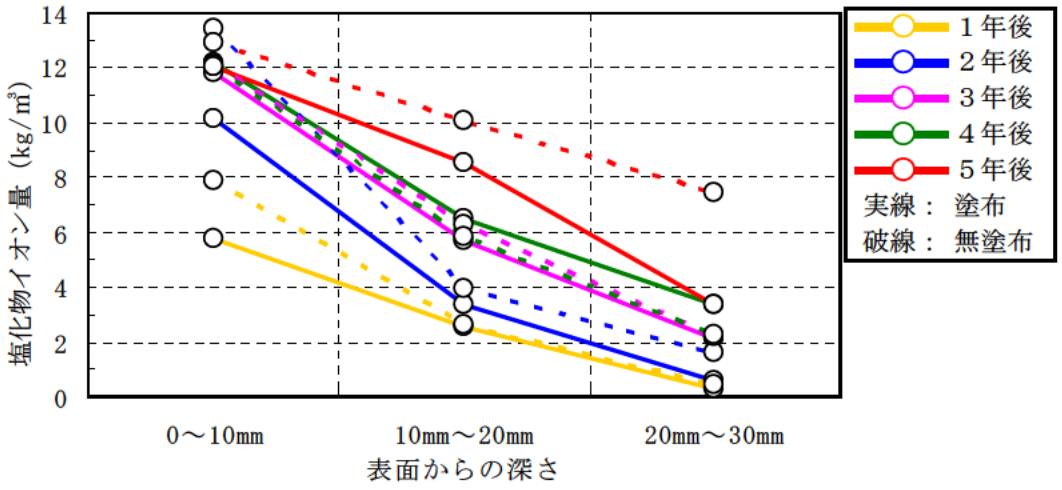


b） 試験体番号 No.18

図－Ⅲ.1.105(1)　その他の類（水系）の塩化物イオン量測定結果



a） 試験体番号 No.19



b） 試験体番号 No.20

図－Ⅲ.1.105(2)　その他の類（溶剤系）の塩化物イオン量測定結果

（３）試験結果のまとめ

１）塩化物イオン測定位置での比較

親不知と沖縄の暴露年数による表面から深さ方向０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置３箇所の塩化物イオン量の発錆限界値（鋼材腐食発錆限界値 1.2kg/㎥）以下の保護材を表－Ⅲ.1.28 とⅢ.1.29 に示す。

親不知では、10mm から 20mm 位置でシラン系では、No.２（水系）、シラン・シロキサン系では、No.８（水系）が２年後以降に発錆限界値を超えた。その他の類は、No.17（水系）が、５年後に発錆限界値以上となった。

沖縄では、10mm から 20mm 位置でシラン系は、暴露５年ですべて発錆限界値を超えたが、シラン・シロキサン系は、No.９,10,11（いずれも水系）,14（無溶剤系）が５年後でも発錆限界値以下であった。

表－Ⅲ.1.28　表面から測定位置による発錆限界値以下の保護材

測定位置	暴露	シラン系	シラン・シロキサン系	その他の類
0～10mm	1年	1，2，3，4，5，6，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	2年	1，3，4，5	9，10,11,14,15	17,18,19
	3年	1，3，5	9，10,11,14	17,18,19
	4年	3，5	9，10,11,14,16	17,18
	5年	1，3，5	9，10,11,14	17
10mm～20mm	1年	1，2，3，4，5，6，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	2年	1，3，4，5，6，7	9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	3年	1，3，4，5，6，7	9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	4年	1，3，4，5，6，7	9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	5年	1，3，4，5，6，7	9，10,11,12,13,14,15,16	18,19
20mm～30mm	1年	1，2，3，4，5，6，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	2年	1，2，3，4，5，6，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	3年	1，2，3，4，5，6，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	4年	1，2，3，4，5，6，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	5年	1，2，3，4，5，6，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19

表－Ⅲ.1.29　表面から測定位置による発錆限界値以下の保護材

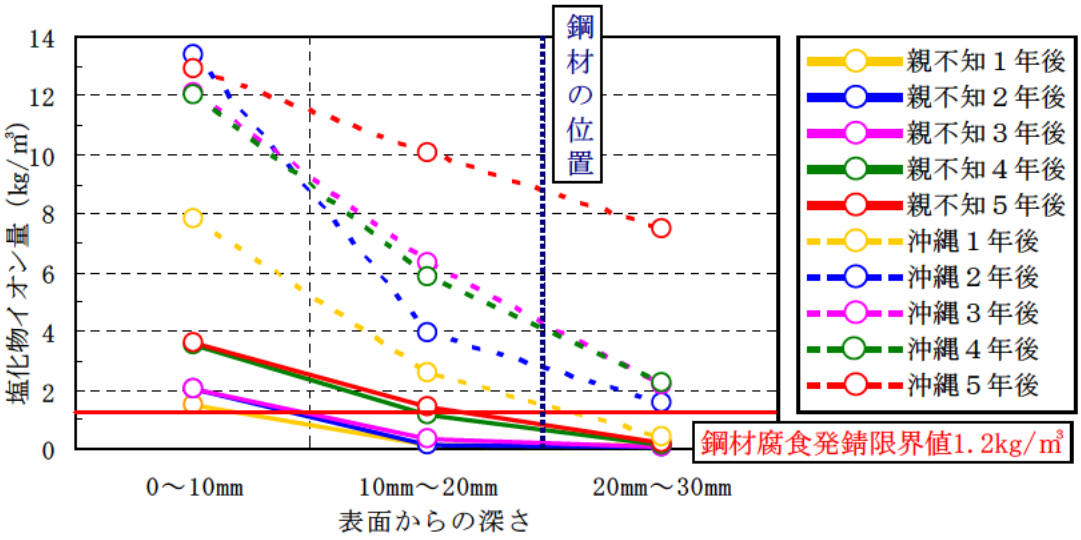
測定位置	暴露	シラン系	シラン・シロキサン系	その他の類
0～10mm	1年	3，5	9，10,11,14,15	－
	2年	－	－	－
	3年	－	－	－
	4年	－	－	－
	5年	－	11	－
10mm～20mm	1年	1，2，3，4，5	9，10,11,12,13,14,15,16	17,18
	2年	1，3	9，10,11,12,14,15,16	－
	3年	1	9，10,11,14	17
	4年	3	9，10,11,14	17
	5年	－	9，10,11,14,16	－
20mm～30mm	1年	1，2，3，4，5，6，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	2年	1，2，3，4，5，7	8，9，10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	3年	1，3，4	9，10,11,12,14,15,16	17,18,19
	4年	1，3，5	9，10,11,12,14,15,16	17
	5年	1，3	9，10,11,12,14,16	－

注）－で示した空欄は、発錆限界値を超えた。

２）親不知と沖縄との比較

無塗布試験体の親不知、沖縄暴露の表面から深さ方向に 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量を比較すると沖縄は、親不知と比較して暴露１年後で約２倍、暴露２年後で約４倍、暴露３から５年後で約５から６倍の塩化物イオン量で、鋼材位置 20mm（かぶり厚）とした場合の発錆限界（鋼材の腐食発錆限界値 1.2Kg/m³）を２年後以降で越えることが確認された。

図－Ⅲ.1.106 に無塗布試験体の親不知と沖縄暴露の塩化物イオン量の測定結果を示す。

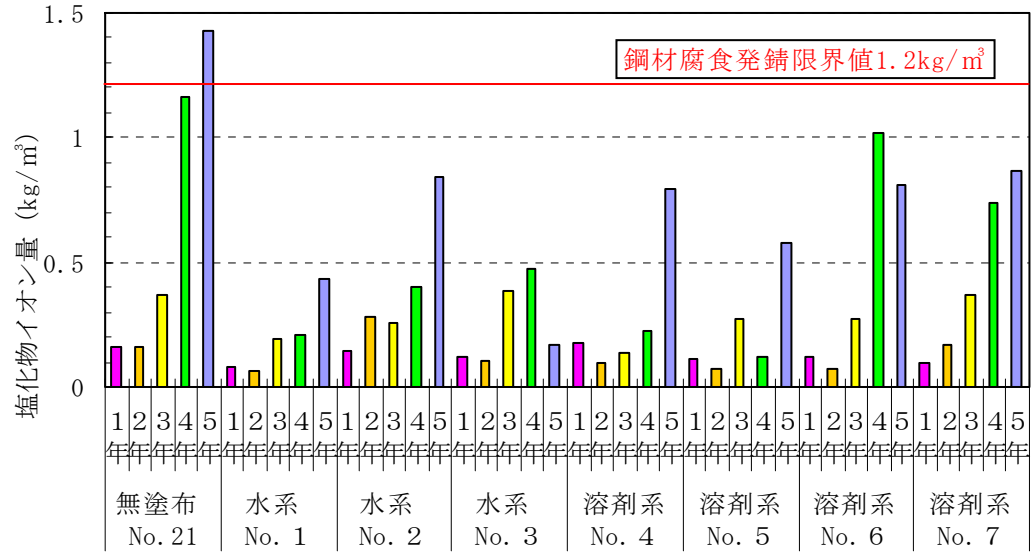


図－Ⅲ.1.106　親不知と沖縄暴露での無塗布試験体の塩化物イオン量

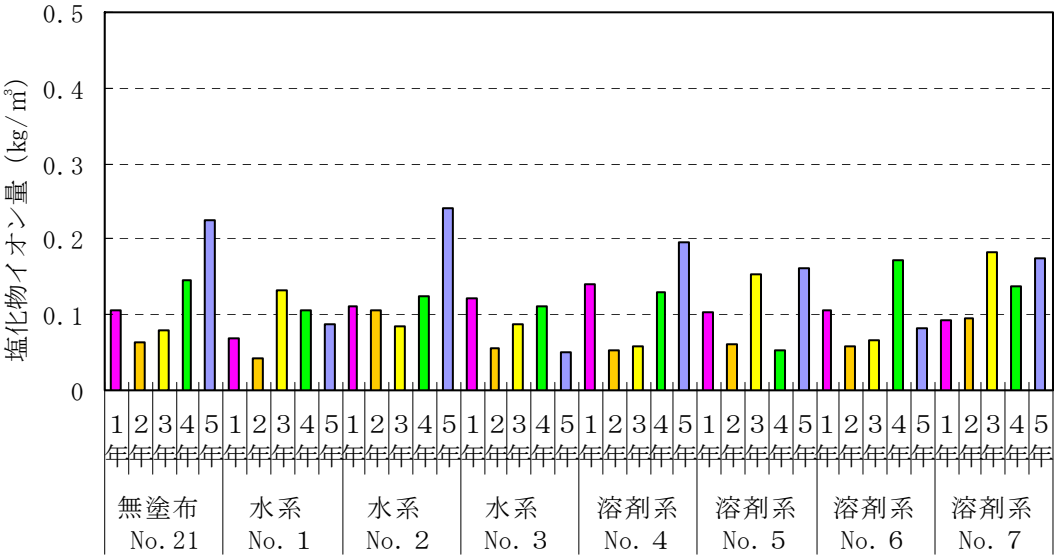
ｉ）シラン系

表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量は、親不知、沖縄とも経年で増える傾向がある。親不知は、暴露５年後でも発錆限界を越えないが、無塗布は、暴露５年後に超える。しかし、沖縄では暴露３年から４年で発錆限界を大幅に超えた。

図－Ⅲ.1.107(1),(2)に親不知と沖縄での暴露期間の経過にともなうシラン系の表面からの深さ方向 10mm から 20mm の塩化物イオン量を示す。

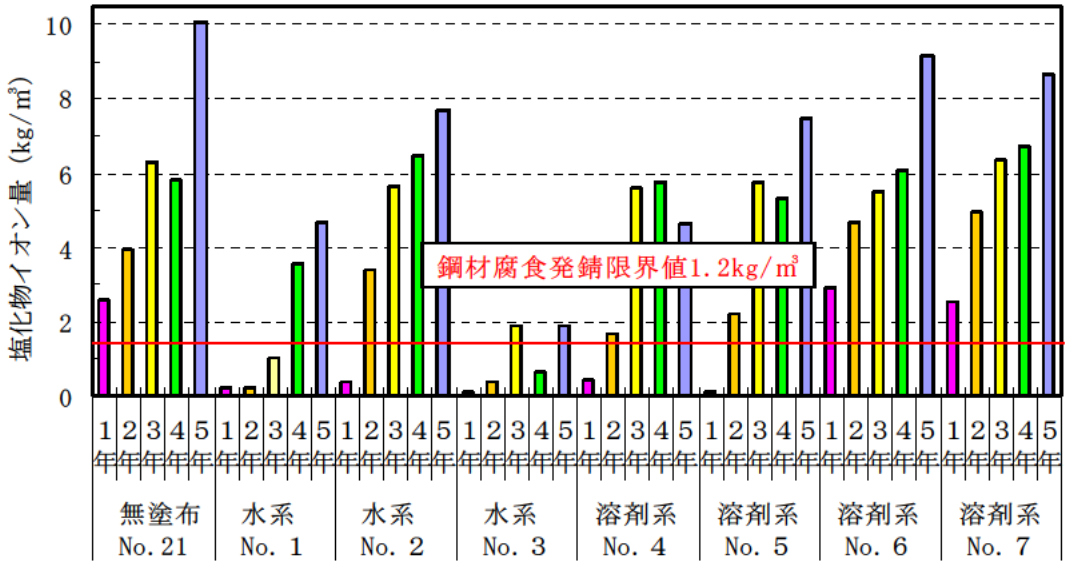


a ） 10mm～20mm

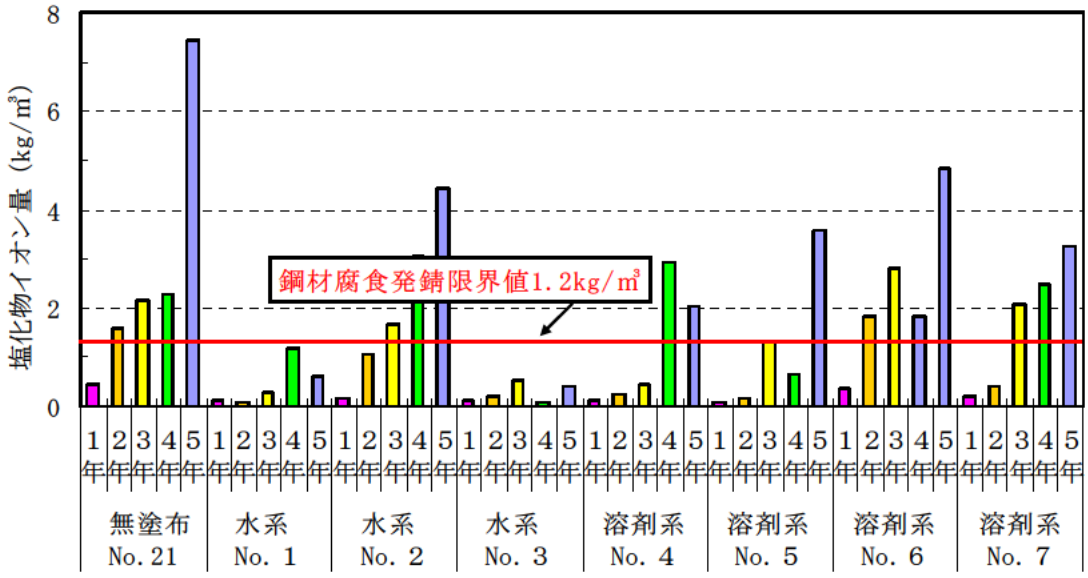


b ） 20mm～30mm

図－Ⅲ.1.107(1)　親不知暴露シラン系の塩化物イオン量



a） 10mm～20mm



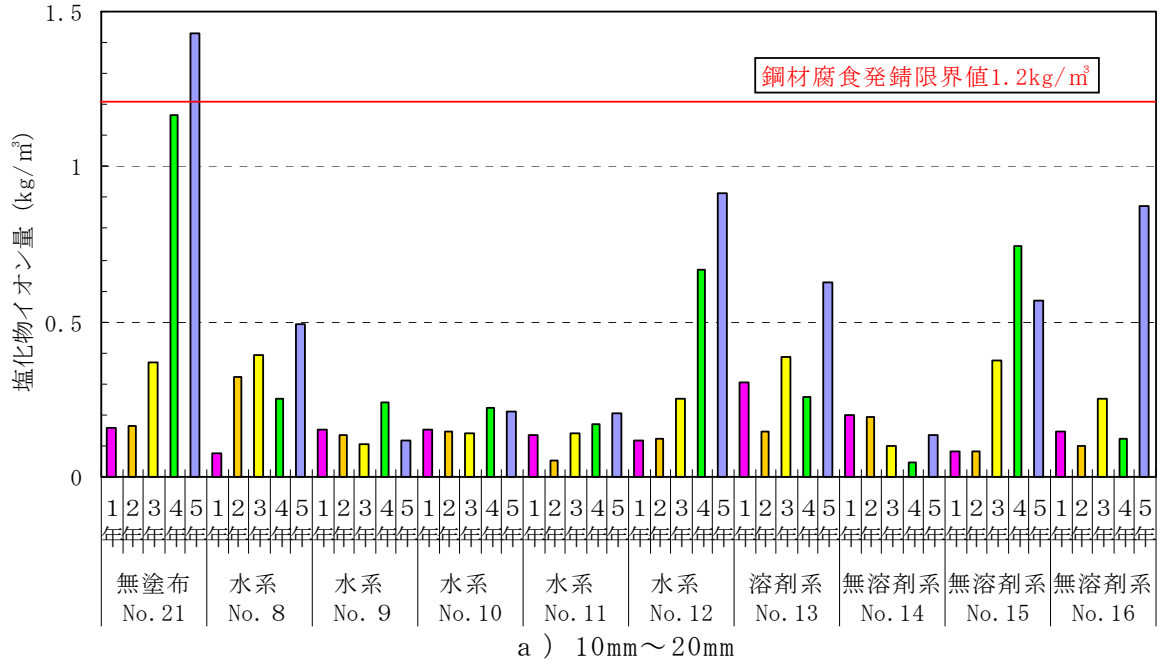
b） 20mm～30mm

図－Ⅲ.107(2)　沖縄暴露シラン系の塩化物イオン量

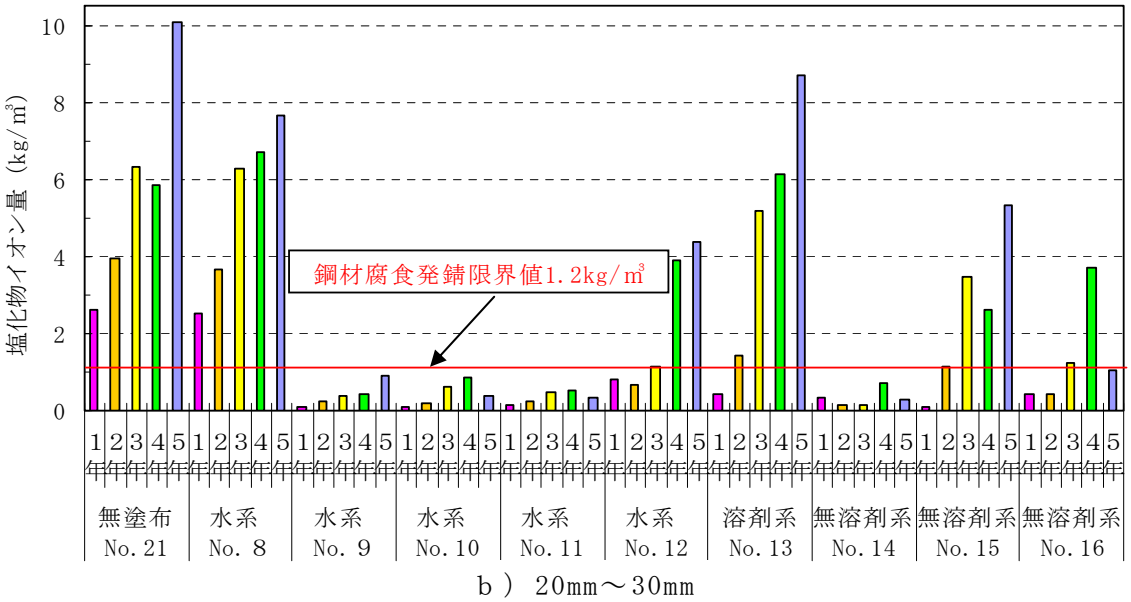
ii） シラン・シロキサン系

表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量は、親不知、沖縄とも経年で増える傾向がある。無塗布と比較すると、親不知では、５年後でも発錆限界以下であった。沖縄では、No. 9，10，11（ともに水系）と No. 14（溶剤系）が５年後でも発錆限界以下であった。

図－Ⅲ.1.108(1)，(2)に親不知と沖縄での暴露期間の経過にともなうシラン･シロキサン系の表面からの深さ方向 10mm から 20mm の塩化物イオン量を示す。

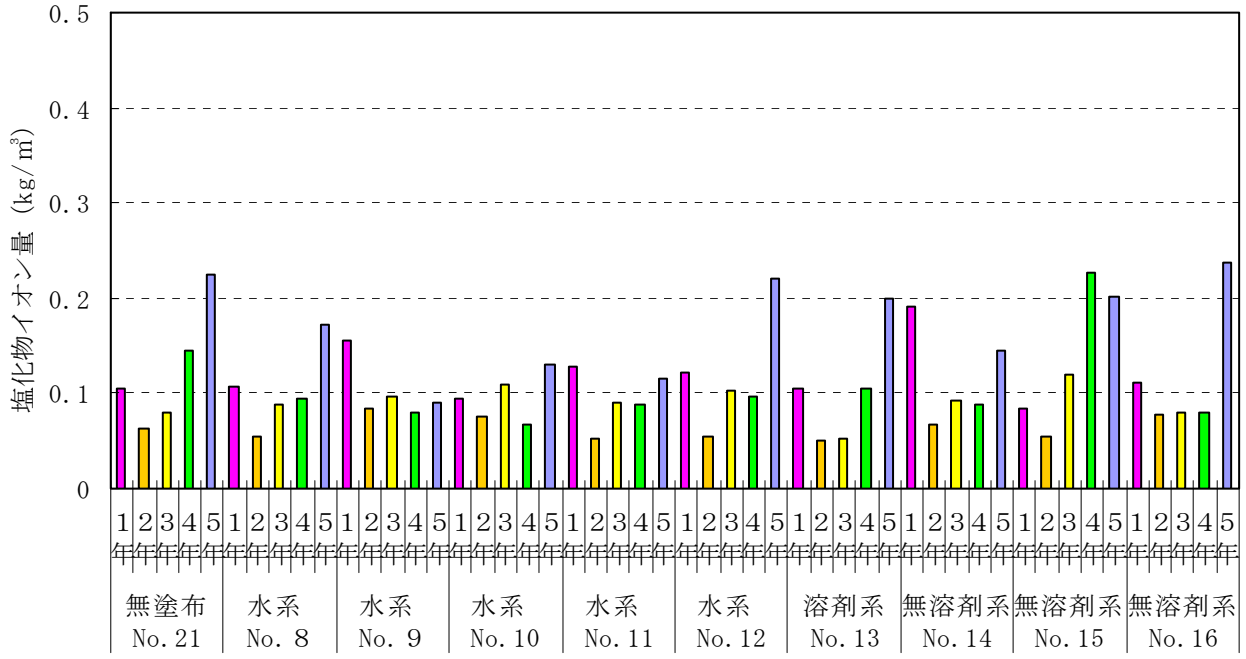


a) 10mm～20mm

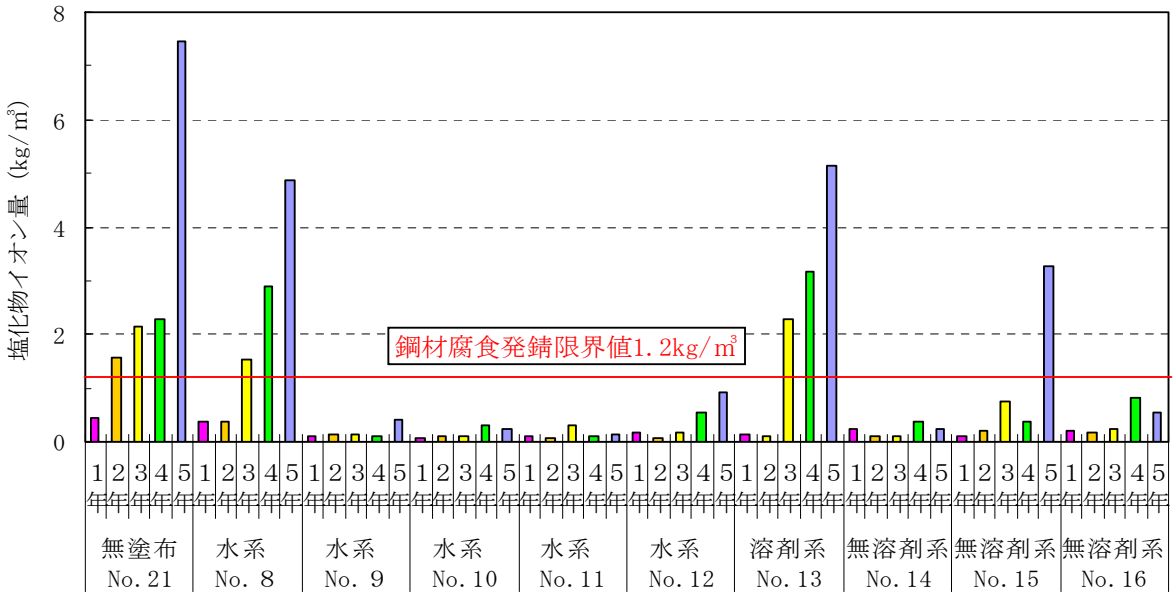


b) 20mm～30mm

図－Ⅲ.1.108(1)　親不知暴露シラン・シロキサン系の塩化物イオン量



a ） 10mm～20mm



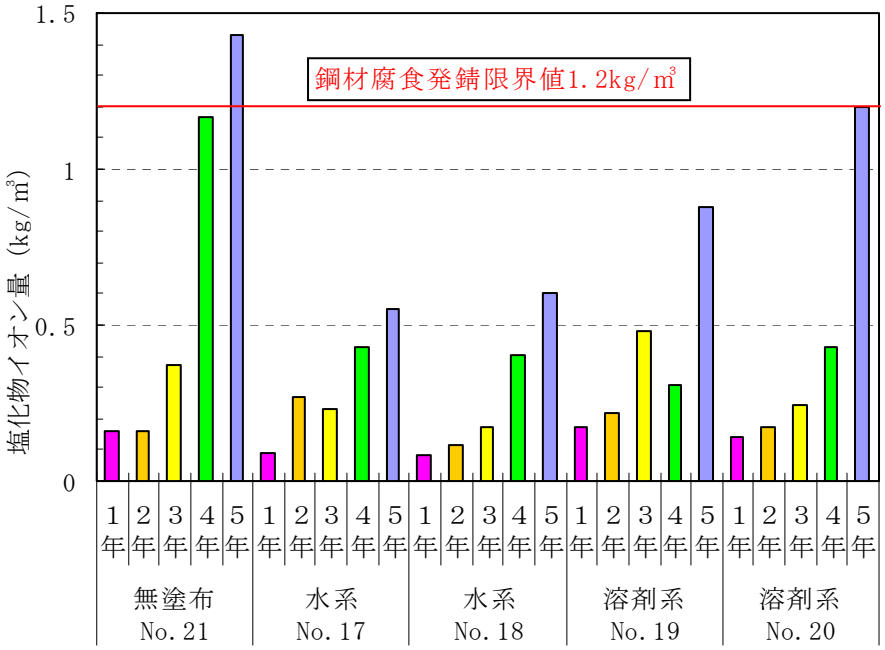
b ） 20mm～30mm

図－Ⅲ.1.108(2)　沖縄暴露シラン・シロキサン系の塩化物イオン量

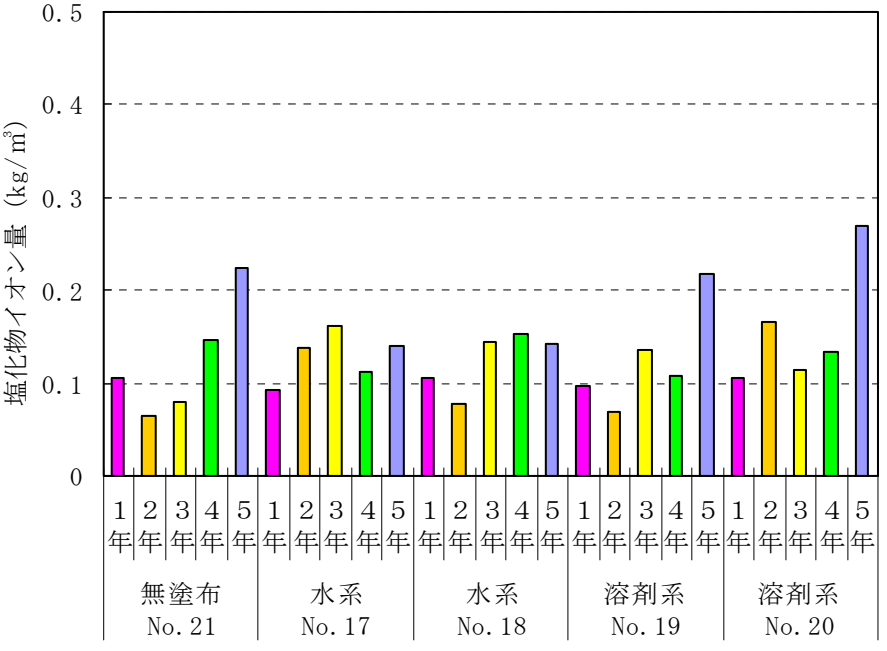
ⅲ）その他の類

表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量は、親不知、沖縄とも経年で増える傾向がある。無塗布と比較すると、親不知では、５年後でも発錆限界（鋼材腐食発錆限界値 1.2Kg/m³）以下であった。沖縄での No.17（水系）は、ばらつきがあり１年後および３年後で発錆限界以下であったが、５年後には発錆限界を大幅に超えた。

図－Ⅲ.1.109(1),(2)に親不知と沖縄での暴露期間の経過にともなうその他の類の表面からの深さ方向 10mm から 20mm の塩化物イオン量を示す。

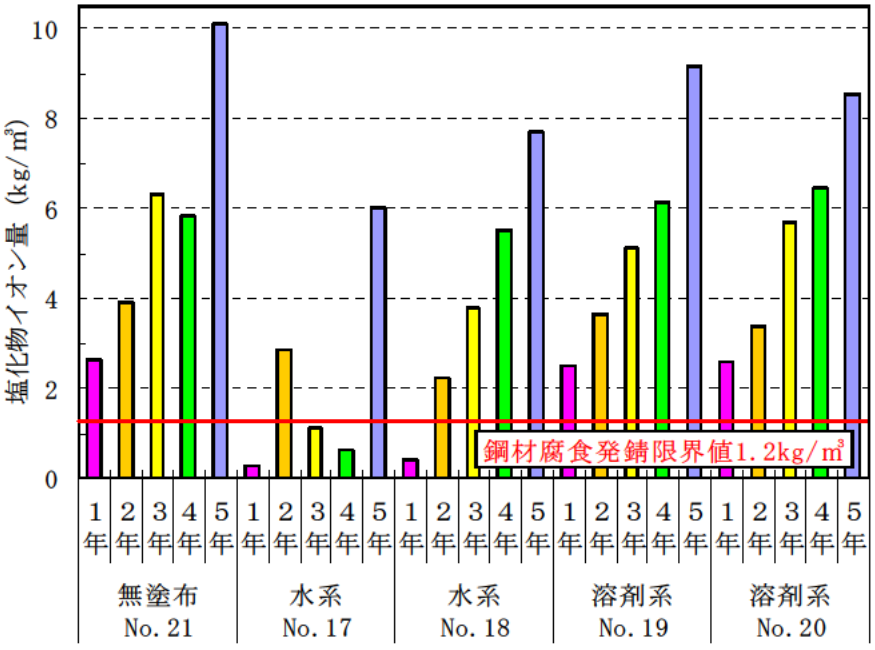


a) 10mm～20mm

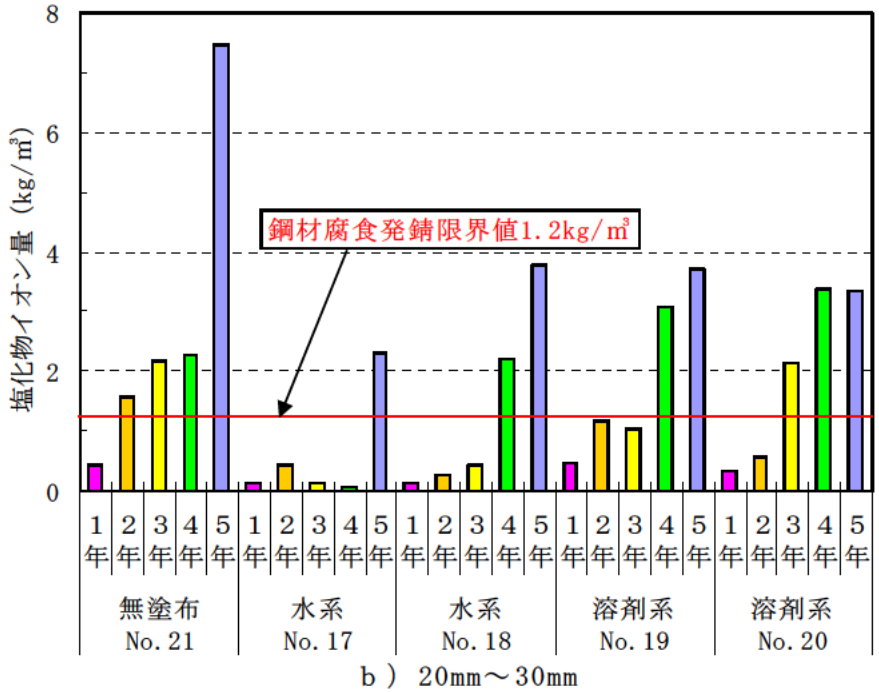


b) 20mm～30mm

図－Ⅲ.1.109(1)　親不知暴露その他の類の塩化物イオン量



a ） 10mm～20mm



b ） 20mm～30mm

図－Ⅲ.1.109(2)　沖縄暴露その他の類の塩化物イオン量

３）暴露塩化物イオン量と室内試験結果との関係

暴露試験体を表面から深さ方向に０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置で測定した塩化物イオン量と 30℃恒温室内で濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 90 日間浸漬した塩化物イオン量、塩化物イオン浸透深さおよび質量変化との関係を確認した。

ｉ）親不知暴露

試験体表面から深さ方向に０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置で切断した塩化物イオン量と深さ方向 10mm から 20mm と 20mm から 30mm 位置での合計塩化物イオン量および０から 30mm の合計塩化物イオン量の関係を求め、表－Ⅲ.1.30 に示す。

寄与率（R^2）が比較的高かったかった試験は、塩化物イオン浸透深さと質量変化試験であった。

表－Ⅲ.1.30　親不知と室内試験結果との関係（寄与率R^2）

試験項目		暴露	表面からの深さ（mm）			０～30mm の合計塩化物イオン量
			０～10	10～20	20～30	
塩化物イオン量	室内浸漬試験での塩化物イオン量との関係（ｎ＝21）	１年	－	－	－	0.32
		２年	－	－	－	－
		３年	－	0.34	－	－
		４年	－	－	－	－
		５年	－	0.27	－	－
浸透深さ	室内浸漬試験による塩化物イオン浸透深さとの関係（ｎ＝21）	１年	0.59	－	－	0.34
		２年	0.57	－	－	0.44
		３年	0.42	－	－	0.37
		４年	0.45	－	－	0.30
		５年	0.45	－	－	0.40
質量変化	室内浸漬試験による質量変化との関係（ｎ＝21）	１年	0.55	－	－	0.46
		２年	0.41	－	－	0.43
		３年	0.32	－	－	0.33
		４年	0.31	－	－	－
		５年	0.45	－	－	0.47

注)－は、寄与率（R^2）が 0.30 以下を示す。

ⅱ）沖縄暴露

表面から深さ方向に０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置で切断した塩化物イオン量を深さ方向０から 10mm を除いた 10mm から 20mm と 20mm から 30mm の位置での合計塩化物イオン量および０から 30mm の合計塩化物イオン量との関係を求め表－Ⅲ.1.31 に示す。寄与率（R^2）比較的高かった試験は、塩化物イオン浸透深さと質量変化試験であった。

表－Ⅲ.1.31　沖縄暴露と室内試験結果との関係（寄与率R^2）

試験項目		暴露	表面からの深さ（mm）			０～30mm の合計塩化物イオン量
			０～10	10～20	20～30	
塩化物イオン量	室内浸漬試験での塩化物イオン量との関係（ｎ＝21）	１年	－	－	－	－
		２年	－	－	0.34	－
		３年	－	－	－	－
		４年	－	－	－	－
		５年	0.38	－	－	－
浸透深さ	室内浸漬試験による塩化物イオン浸透深さとの関係（ｎ＝21）	１年	0.39	－	0.32	0.38
		２年	－	－	0.42	－
		３年	－	－	－	－
		４年	－	－	0.31	0.33
		５年	0.36	－	－	0.34
質量変化	室内浸漬試験による質量変化との関係（ｎ＝21）	１年	0.33	－	－	0.32
		２年	0.34	－	0.43	0.35
		３年	－	－	0.36	－
		４年	0.35	－	－	0.32
		５年	0.39	0.32	0.31	0.38

注）－は、寄与率（R^2）が 0.30 以下を示す。

（４）まとめ

暴露試験と室内試験から以下のことが明らかになった。

①沖縄の塩化物イオン量は、表面から深さ方向の 10mm から 20mm で比較すると親不知１年で沖縄の塩化物イオン量は、約２倍、２年で約４倍、３から５年で約５から６倍のとなる。これは、冬期に強い季節風が吹く海岸部の親不知と違い、沖縄は、亜熱帯の海岸部で台風の影響など年間を通して飛来塩分の多い環境のためと考えられる。

②親不知の環境も全ての保護材で塩化物イオン量は増加する傾向が認められるが、表面から深さ方向 10mm から 20mm 位置で全ての系が発錆限界値（鋼材腐食発錆限界値 1.2Kg/㎥）以下であった。特に、シラン・シロキサン系は暴露３年以降ほぼ一定であった。

③沖縄での塩化物イオン量は、暴露年数により大幅に増加する傾向があり、表面から

の深さ方向０～30mmの合計量で比較するとシラン・シロキサン系＜シラン系≦その他の類の傾向があった。特に、表面からの深さ方向10mmから20mm位置でシラン・シロキサン系のNo.９,10,11（ともに水系）,14（無溶剤系）が暴露５年でも発錆限界（鋼材腐食発錆限界値1.2Kg/㎥）以下であった。

④暴露１年から５年の塩化物イオン量測定結果と 30℃の恒温室で 10％塩化ナトリウム水溶液に90日間浸漬した室内試験との関係で、寄与率（R^2）が比較的高かった試験は､表面から深さ方向０から30mmの合計塩化物イオン量と塩化物イオン浸透深さと質量変化試験であった。

１．６．７　中性化深さ

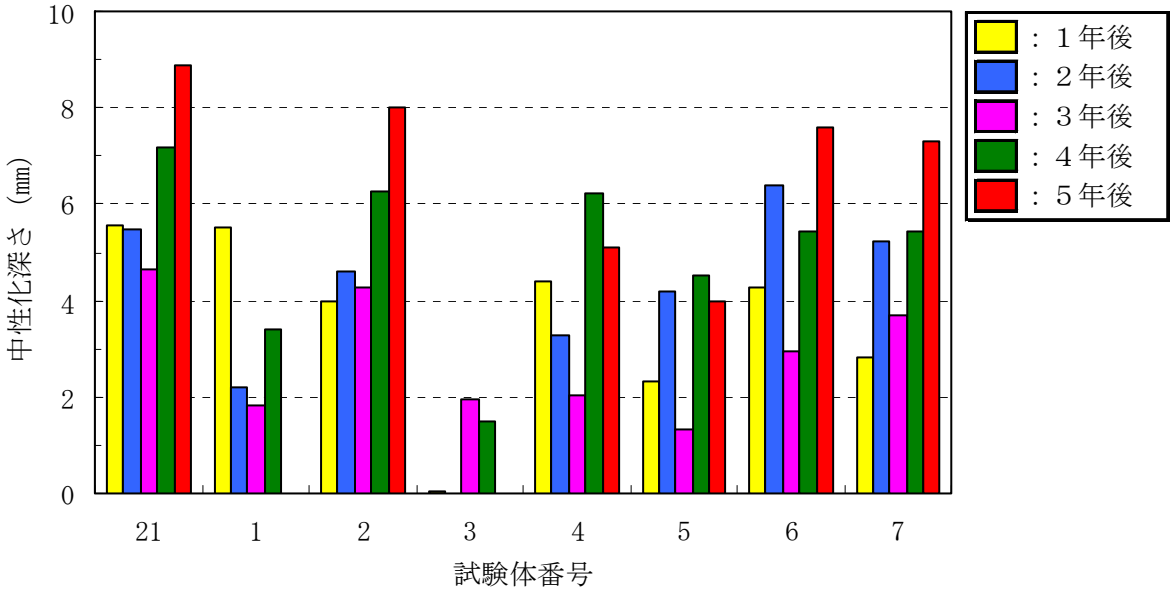
中性化深さの確認を目的とした暴露試験は、環境条件の異なる３箇所で実施した。交通量が多く、自動車排気ガスを直接うける都市部（東京都品川区大井南)、冬季に強い季節風が吹く海岸部（新潟県親不知）及び亜熱帯で、飛来塩分の多い海岸部（沖縄県大宜味村）に暴露し、１年毎に試験体を回収し５年間の中性化深さを測定した。

（１）東京暴露

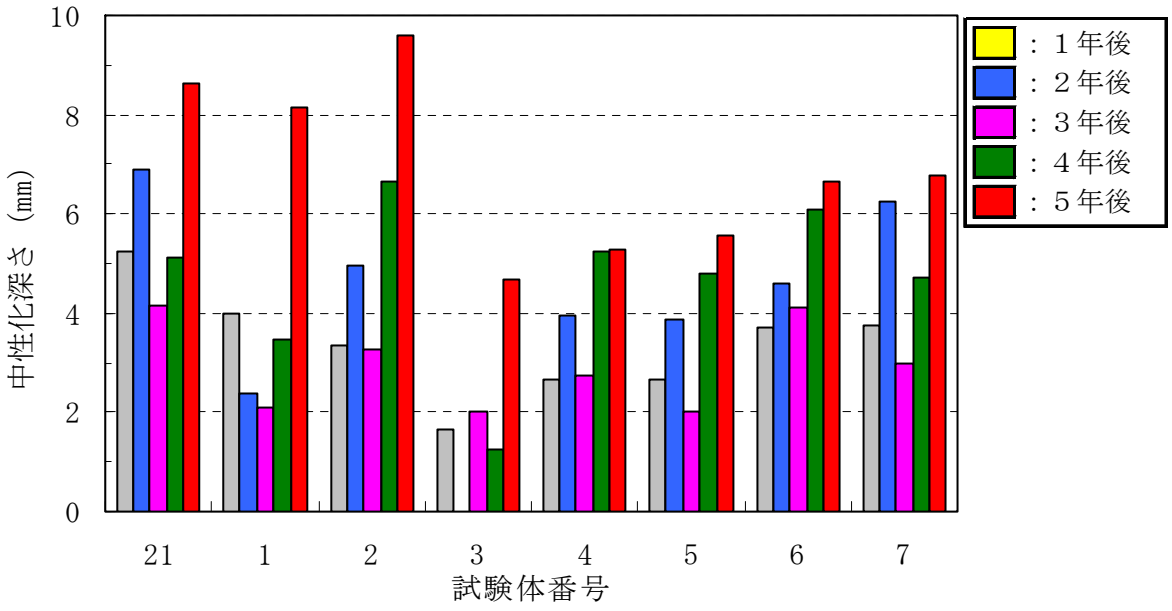
１）シラン系

降雨が当たり難い暴露場所で水系、溶剤系の７種類を暴露した。中性化深さの測定結果を図－Ⅲ.1.110暴露５年後の無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.1.111に示す｡中性化比が１より大きい場合は中性化が進行し、１未満は抑制されたことを示す。

No.21（無塗布）及びNo.１からNo.７全て経年で増加し、中性化深さがやや抑制される傾向が認められた。また国道側と首都高側に大きな違いは認められなかった。

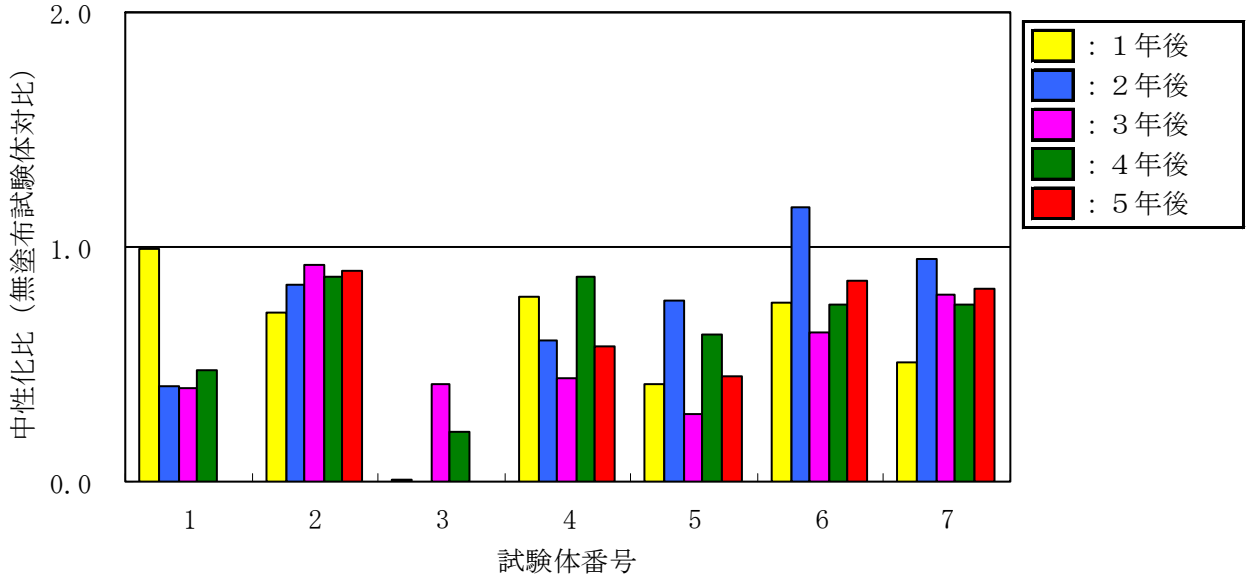


ａ）国道側

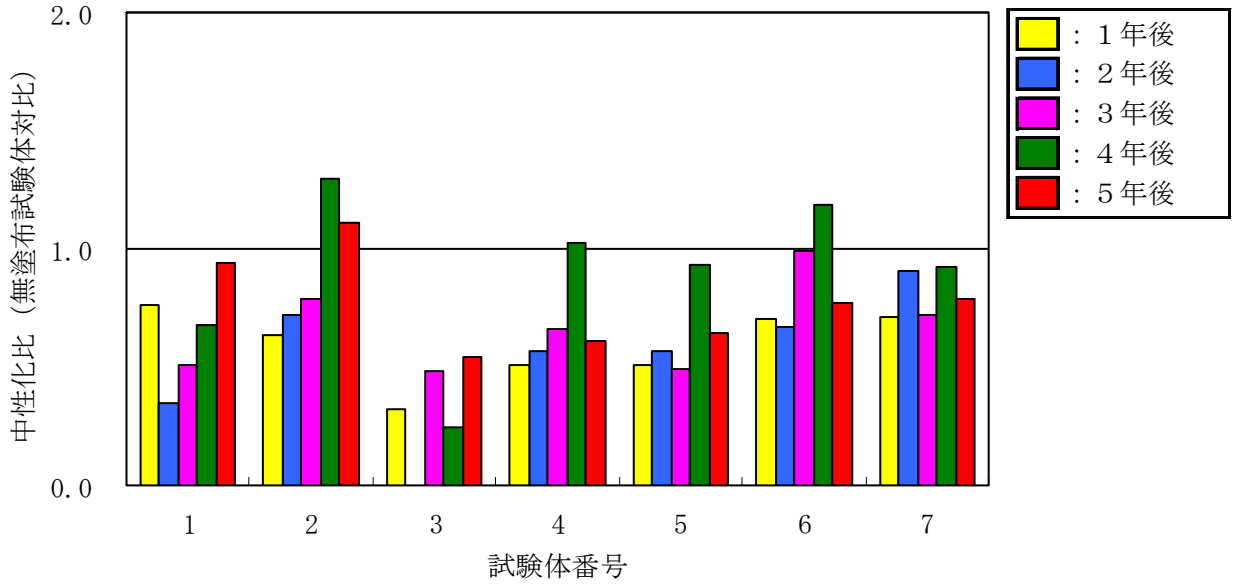


ｂ）首都高側

図－Ⅲ.1.110　東京暴露、シラン系の中性化深さ



ａ）国道側

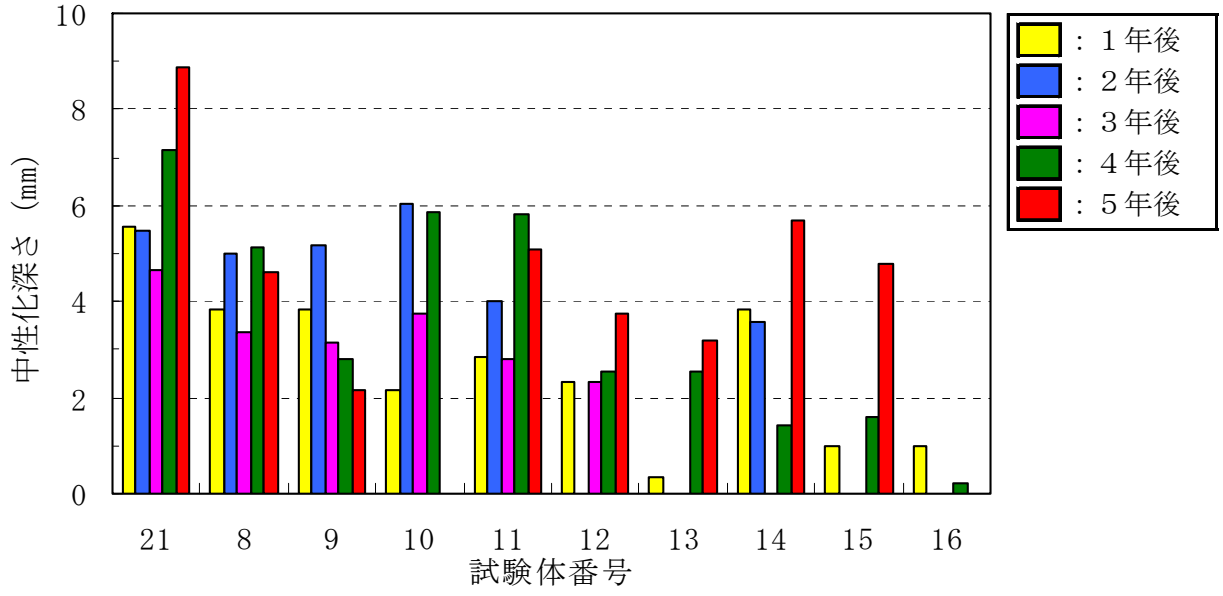


ｂ）首都高側

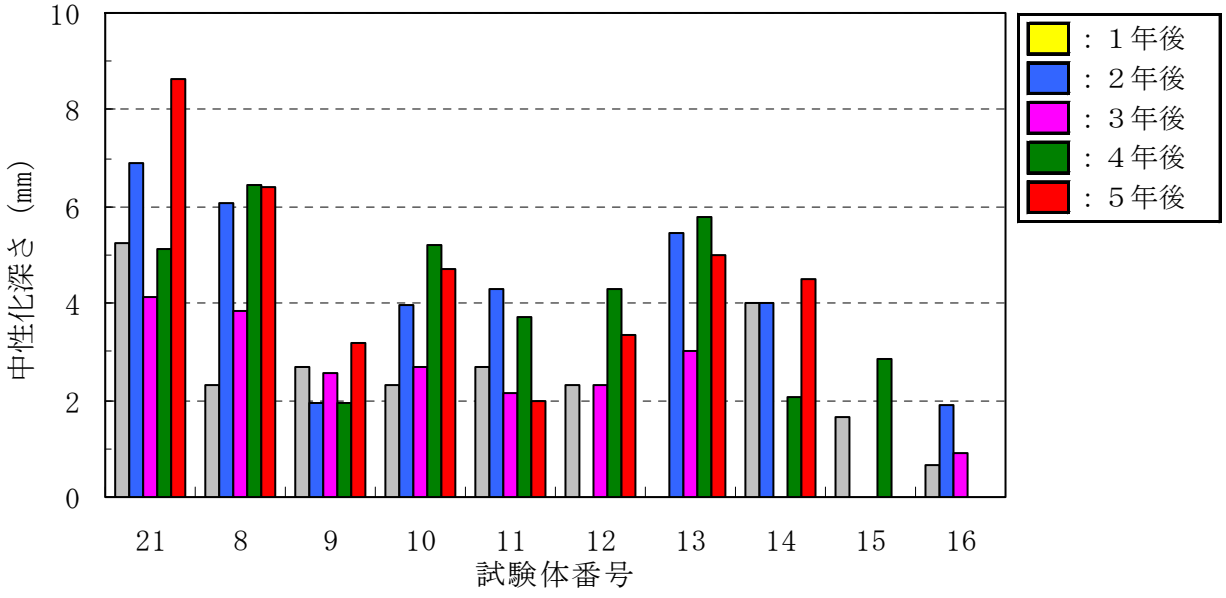
図－Ⅲ.1.111　東京暴露、シラン系の中性化比

２）シラン・シロキサン系

水系、溶剤系、無溶剤系のシラン・シロキサン系９種類の中性化深さを図－Ⅲ.1.112 に、中性化比を図－Ⅲ.1.113 に示す。中性化比が１より大きい場合は中性化が進行し、１未満は抑制されたことを示す。このうちの No.12,13,15,16 は造膜形を示す。No.８から 16 全て中性化の抑制傾向が認められ、特に造膜系で大きな抑制傾向が認められた。国道側と首都高側も同様であった。

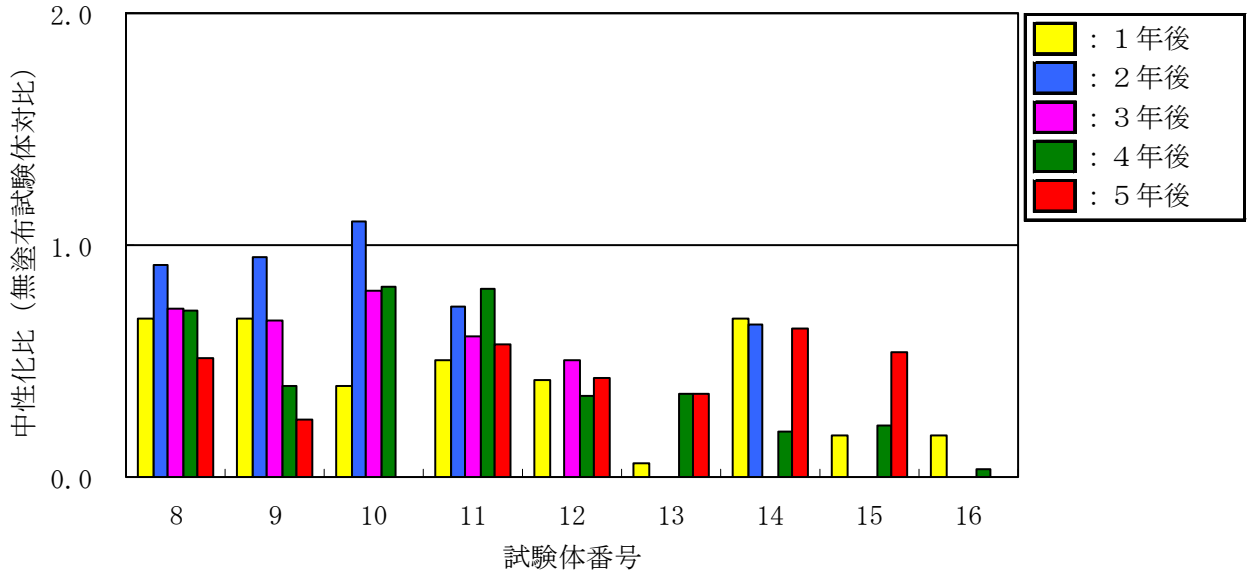


ａ）国道側

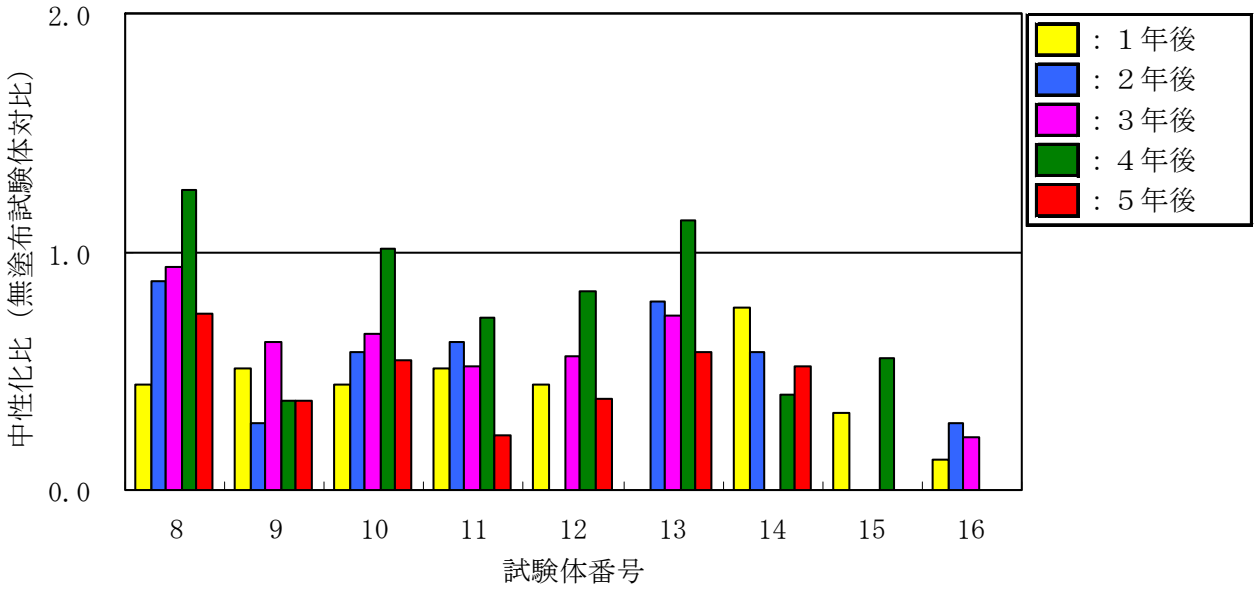


ｂ）首都高側

図－Ⅲ.1.112　東京暴露、シラン・シロキサン系の中性化深さ



ａ）国道側



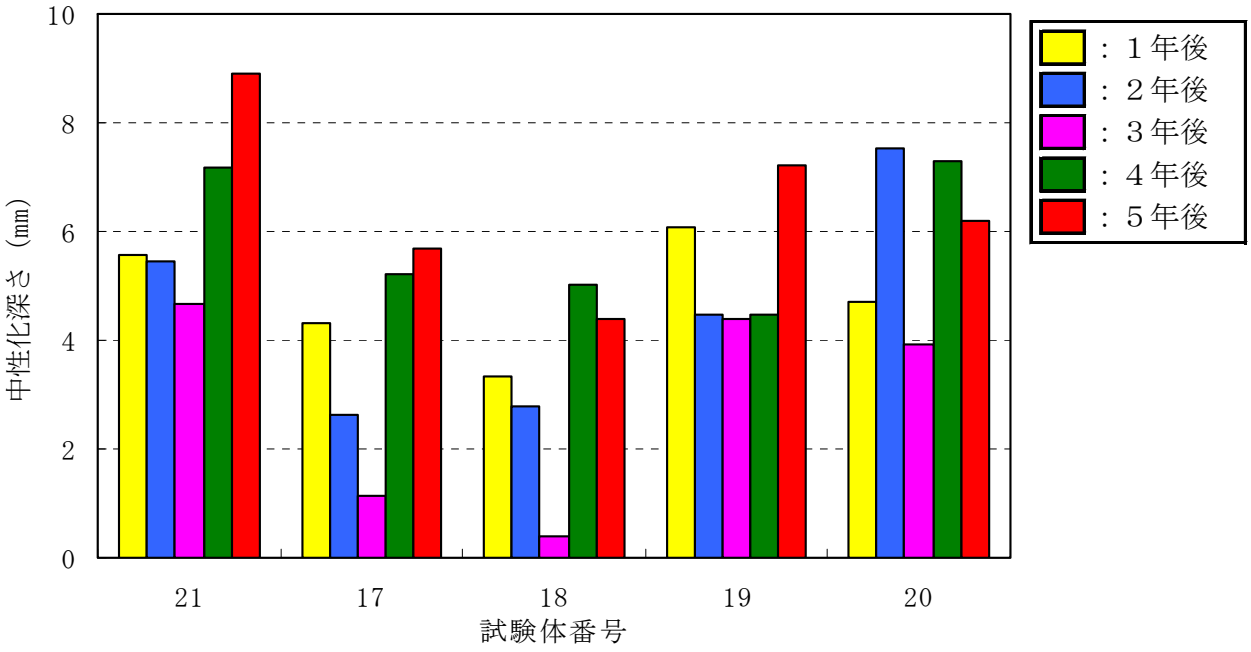
ｂ）首都高側

図－Ⅲ.1.113　東京暴露、シラン・シロキサン系の中性化比

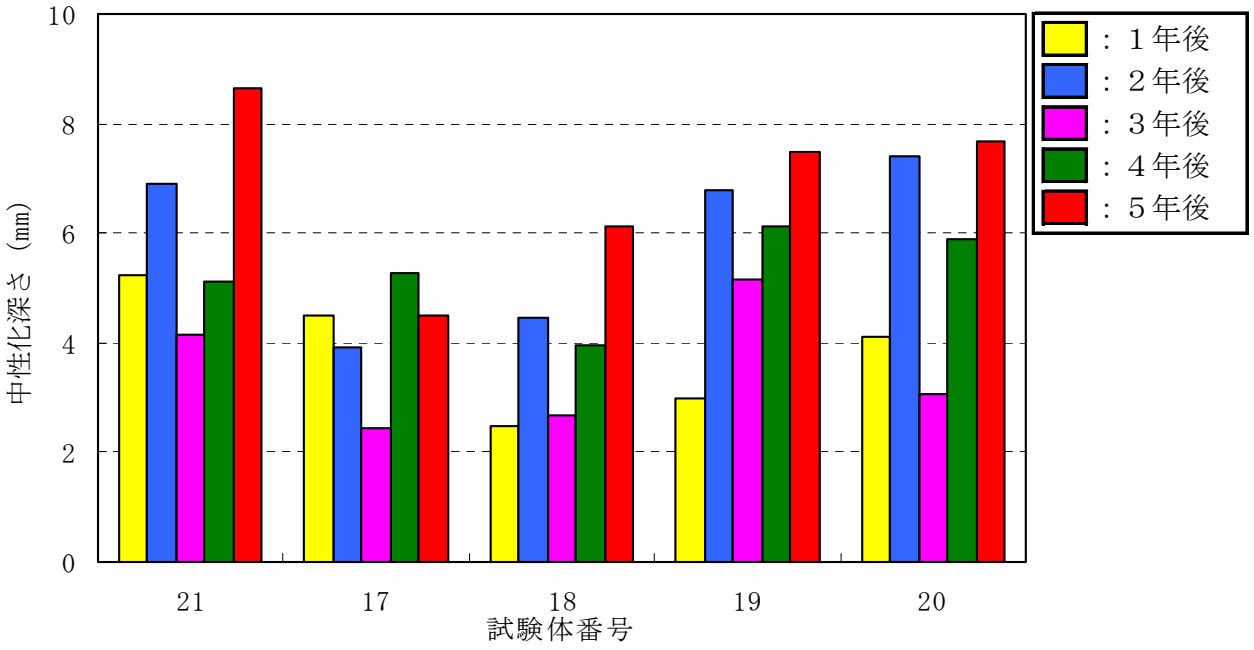
３）その他の類

水系および溶剤系の４種類の中性化深さを図－Ⅲ.1.114 に示し、中性化比を図－Ⅲ.1.115 に示す。

中性化比が１より大きい場合は中性化が進行し、１未満は抑制されたことを示す。No.17,18,20 は、造膜形を示す。No.21(無塗布)に対し、No.17,18(造膜形)で中性化抑制効果が認められた。

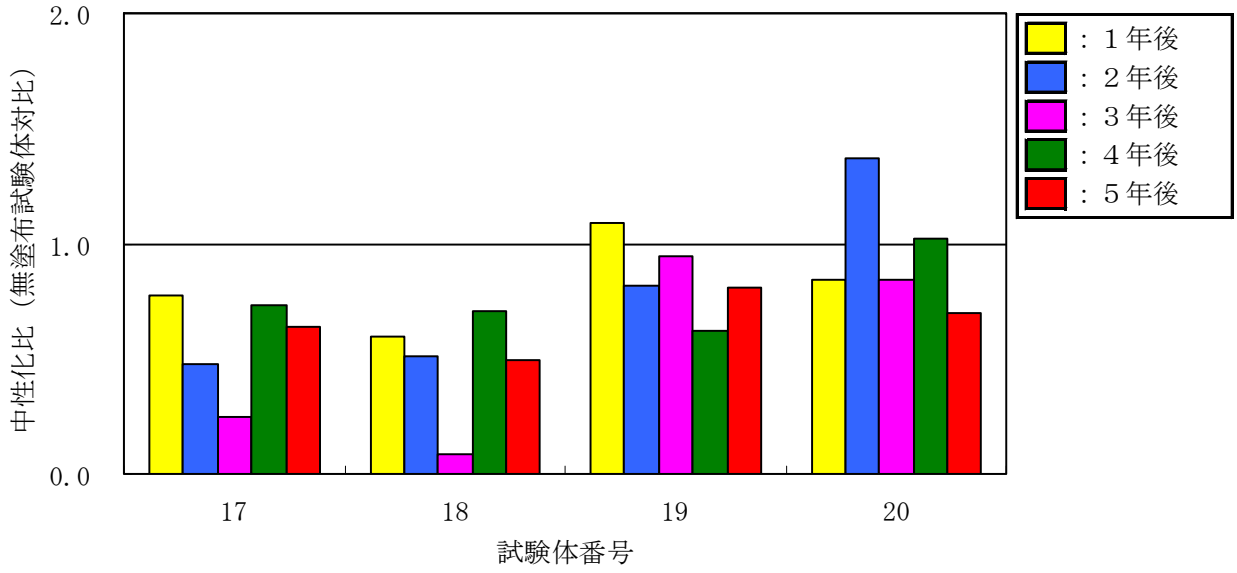


ａ） 国道側

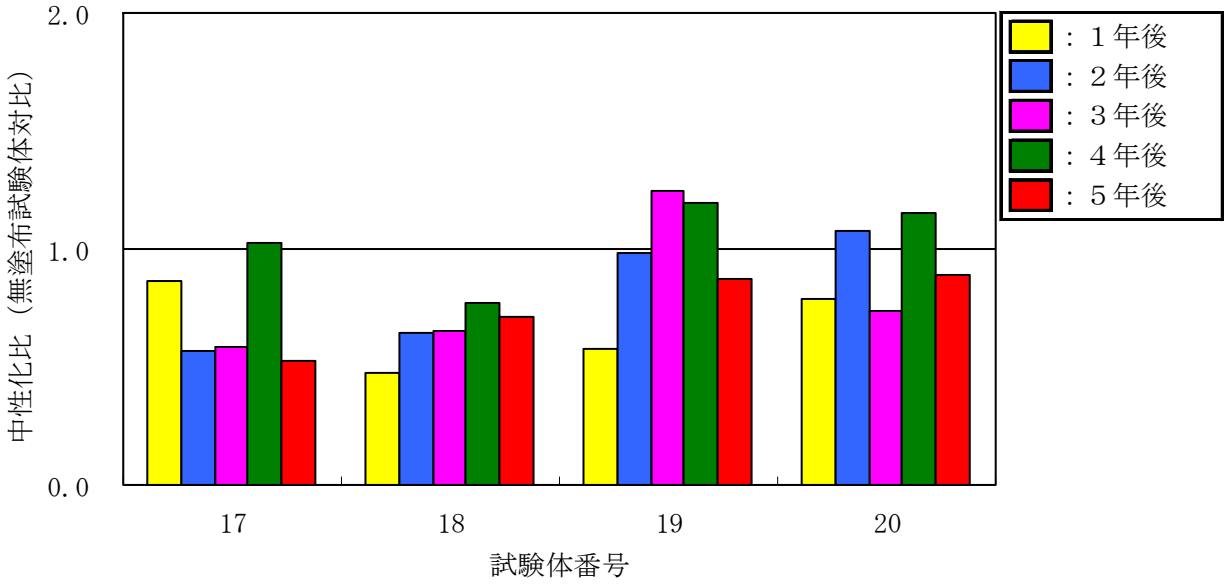


ｂ） 首都高側

図－Ⅲ.1.114　東京暴露、その他の類の中性化深さ



ａ）国道側



ｂ）首都高側

図－Ⅲ.1.115　東京暴露、その他の類の中性化比

（２）親不知暴露

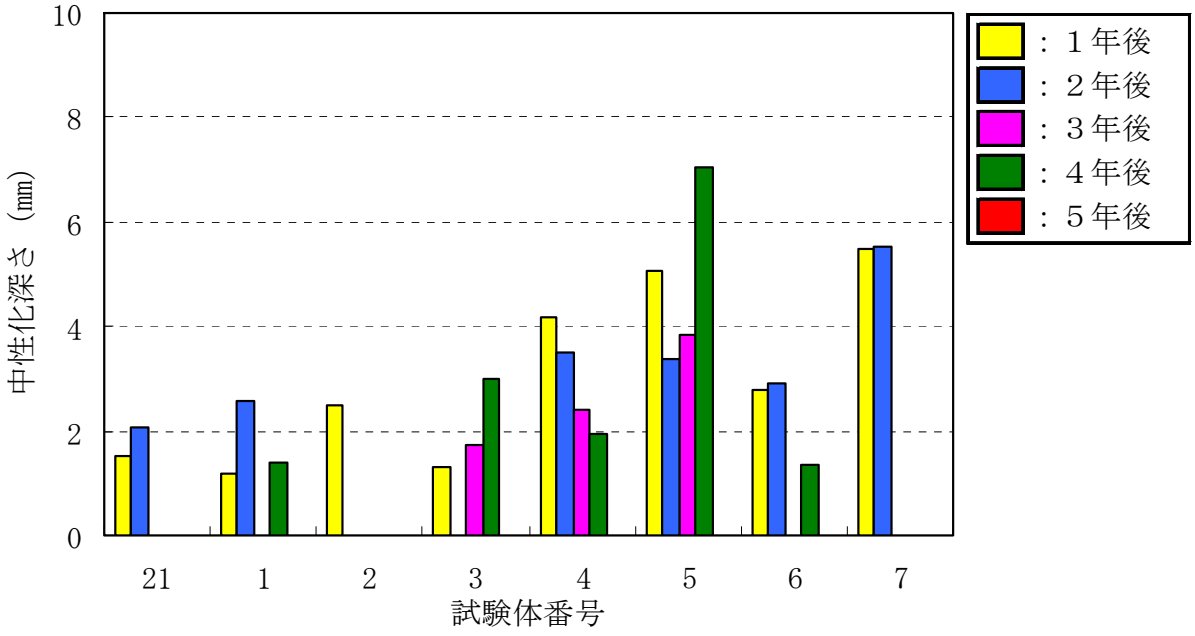
１）シラン系

水系、溶剤系の７種類の中性化深さを図－Ⅲ.1.116 に、無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.1.117 に示す。

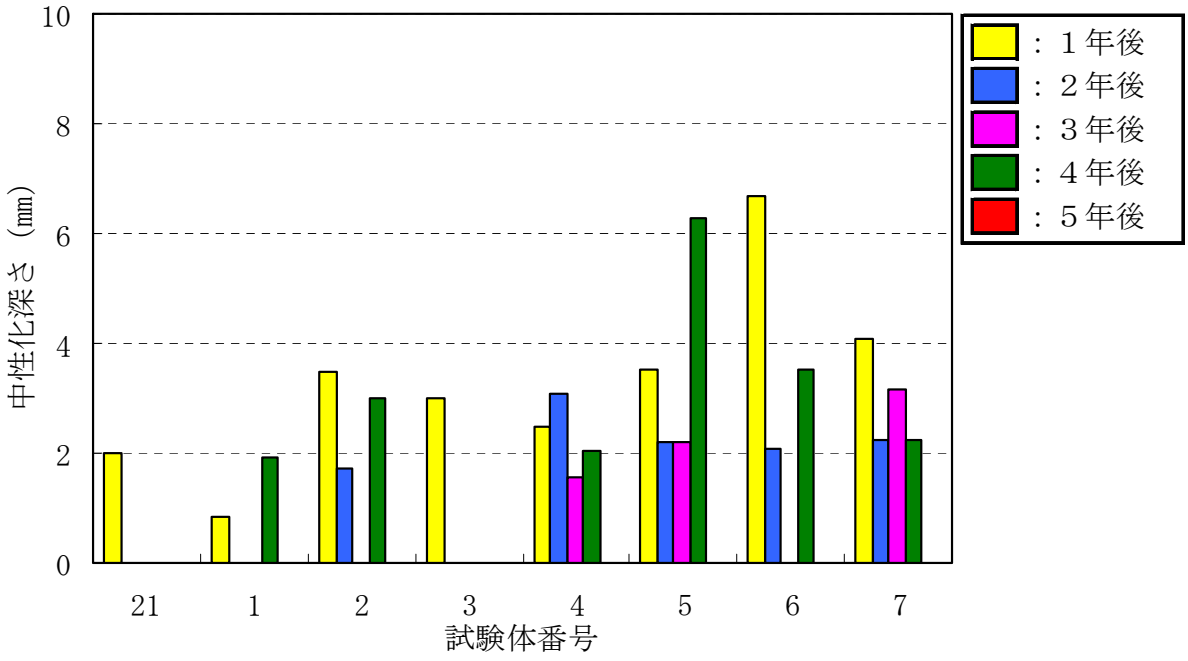
中性化比が１より大きい場合は中性化が進行し、１未満は抑制されたことを示す。無塗布試験体の中性化深さが認められなかったため、上面は３年後以降、下面は２年目以降の中性化比は記載していない。No.21（無塗布）の暴露２年後の中性化深さは約２mm で、東京暴露場の無塗布試験体より進行が小さく、暴露３年後以降の中性化深さは認められな

かった。

No.１，２，３(水系)の中性化深さは、No.21（無塗布）と同程度であった。一方、No.４，５，６(溶剤系)は、No.21（無塗布）と比較し大きくなった。しかし、暴露５年後は No.１から No.７、全ての試験体で中性化は認められなかった。

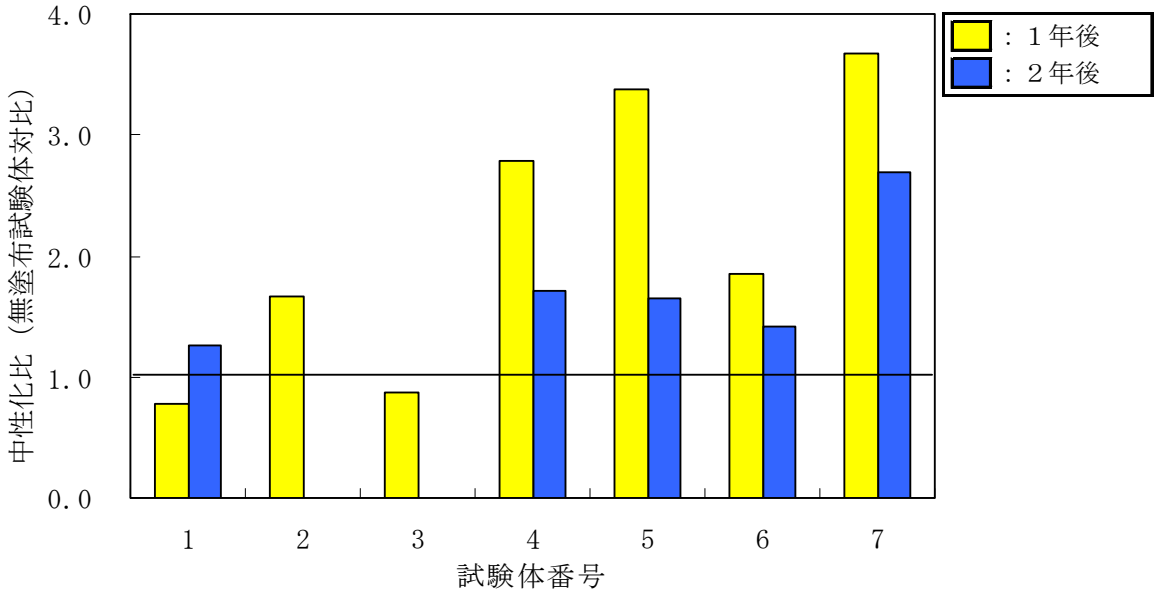


a） 上面

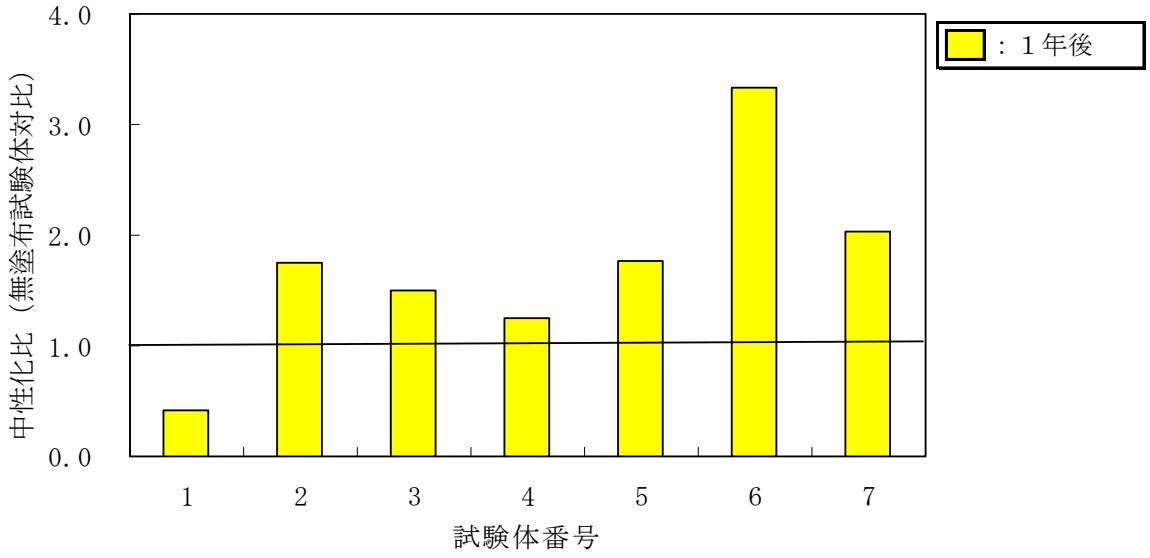


b） 下面

図－Ⅲ.1.116　親不知暴露、シラン系の中性化深さ



ａ）上面



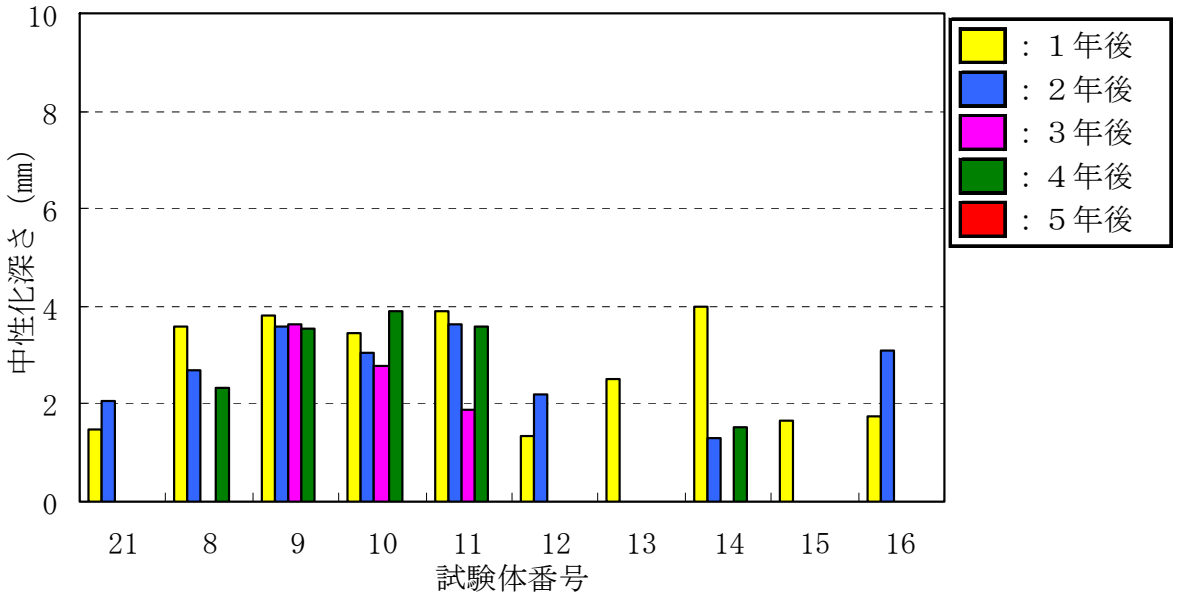
ｂ）下面（１年後）

図－Ⅲ.1.117　親不知暴露、シラン系の中性化比

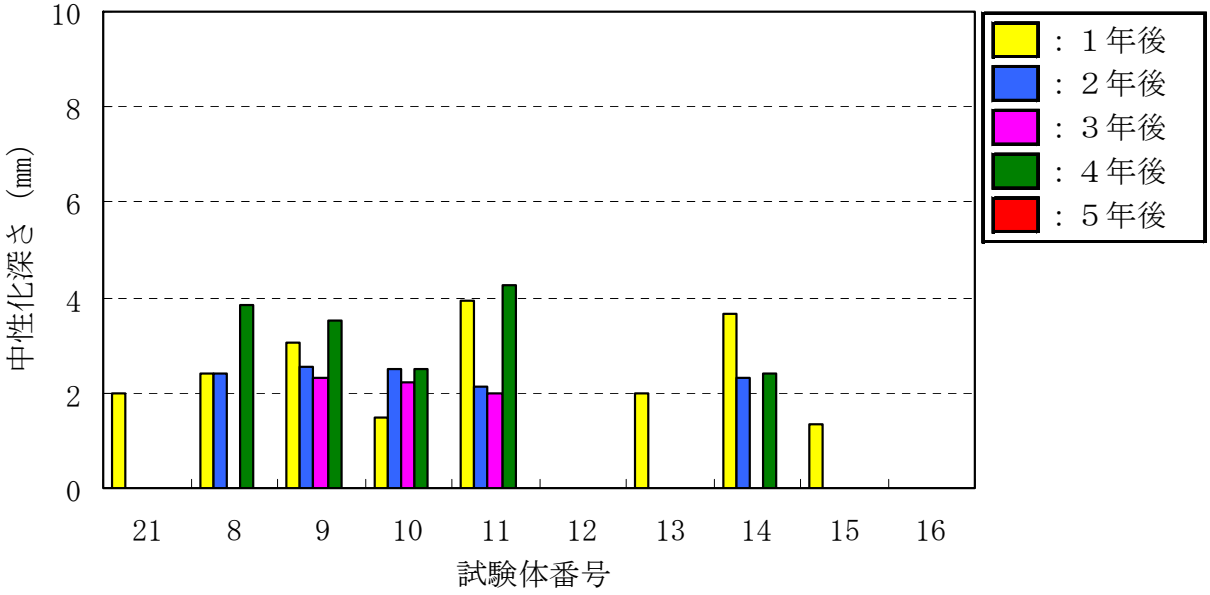
２）シラン・シロキサン系

水系、溶剤系、無溶剤系の９種類の中性化深さを図－Ⅲ.1.118 に示す。無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.1.119 に示す。

No.12,13,15,16 は造膜形を示す。中性化深さは No.21（無塗布）と同程度であった。一方、No.８から 12,14（単独形）は中性化が進行した。暴露５年後は No.８から 16 まで、全てで中性化は認められなかった。

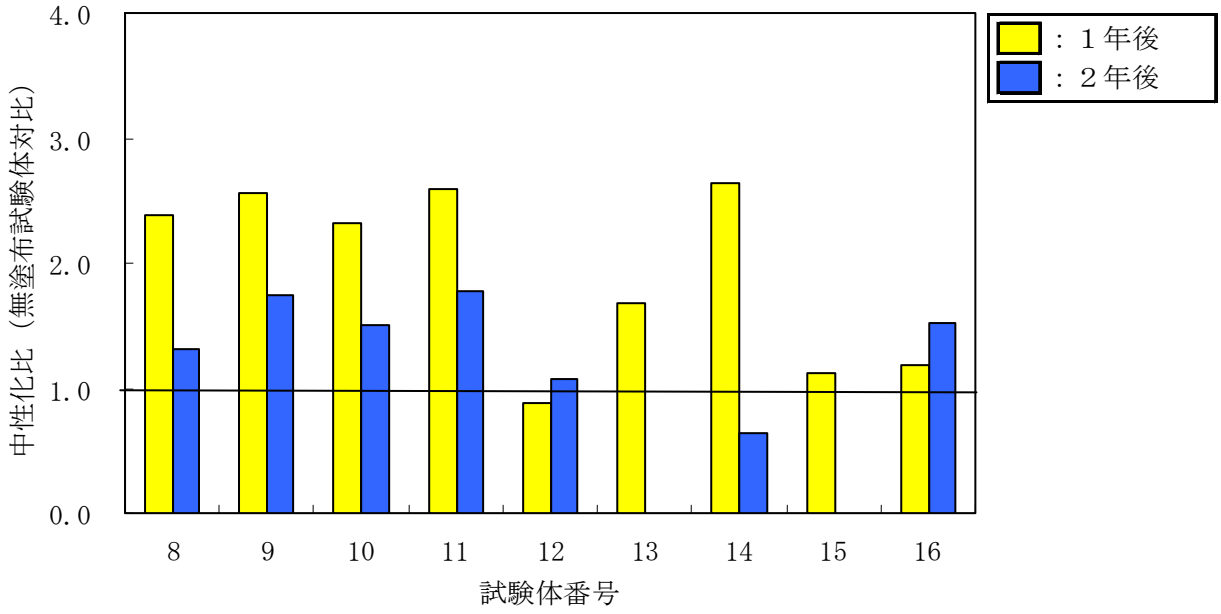


a） 上面

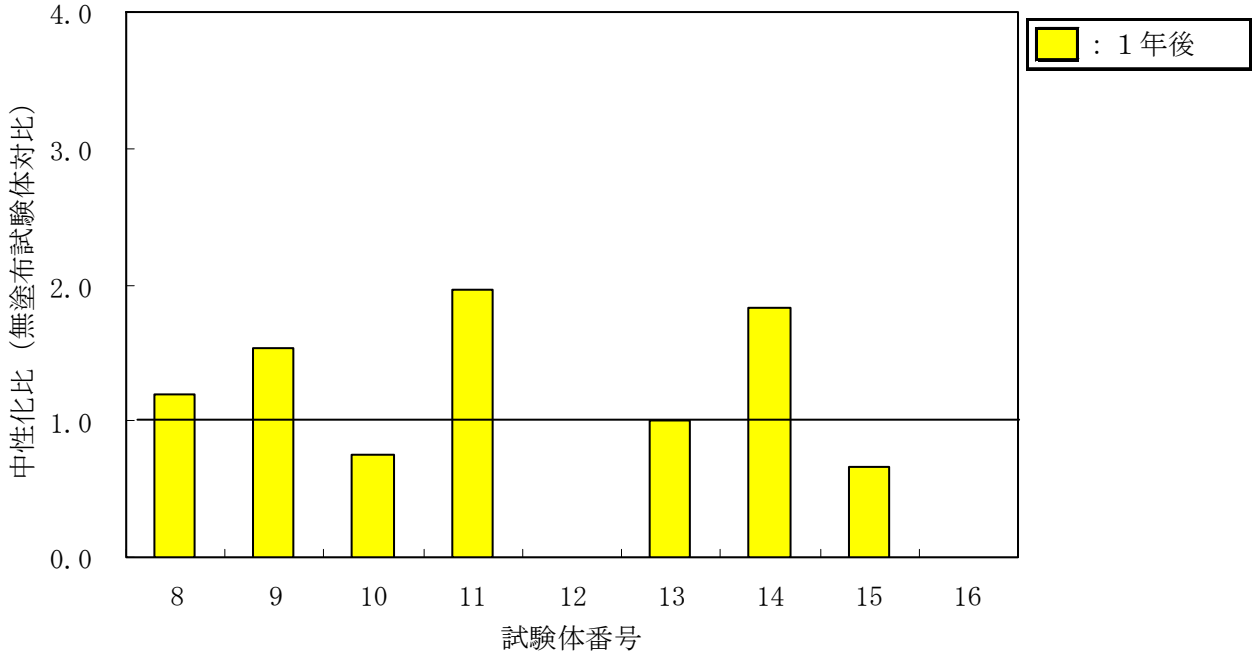


b） 下面

図－Ⅲ.1.118　親不知暴露、シラン・シロキサン系の中性化深さ



ａ） 上面

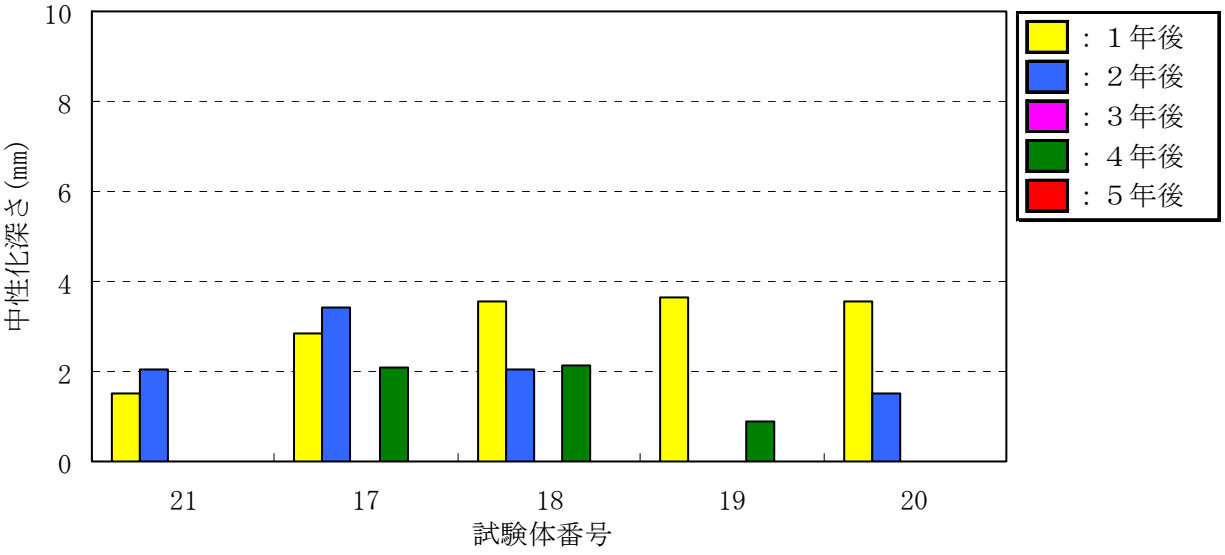


ｂ） 下面

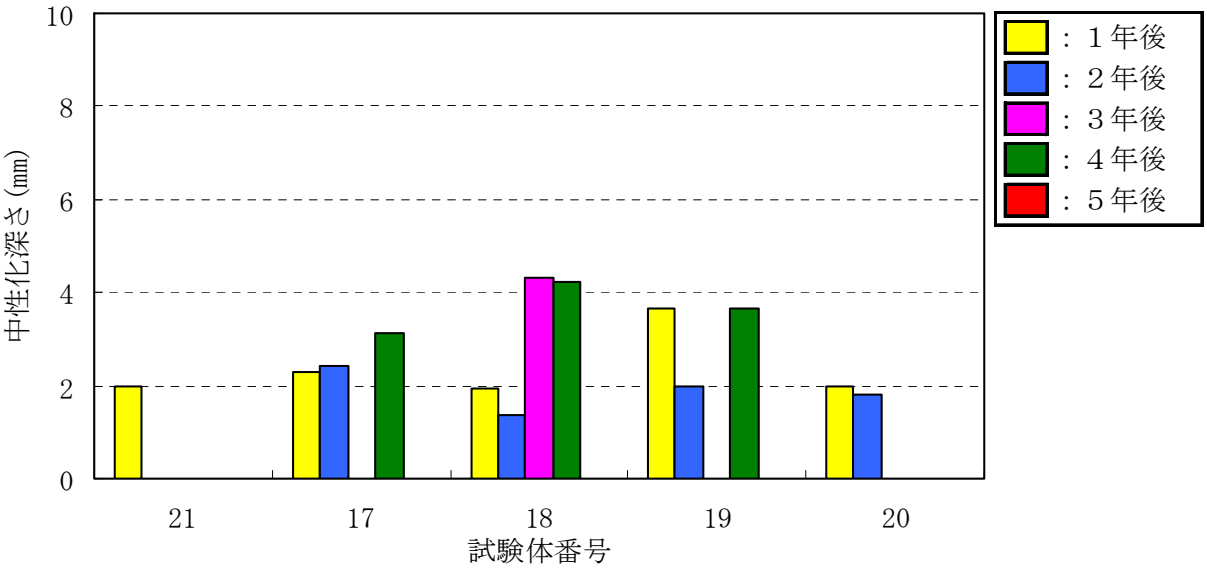
図－Ⅲ.1.119　親不知暴露、シラン・シロキサン系の中性化比

３） その他の類

４種類の水系および溶剤系の中性化深さを図－Ⅲ.1.120 に、無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.1.121 に示す。No.18,20 は造膜形を示す。全ての試験体の中性化深さは無塗布の No.21 と同程度であった。また暴露５年後の No.17 から 20 の全てで、中性化は認められなかった。

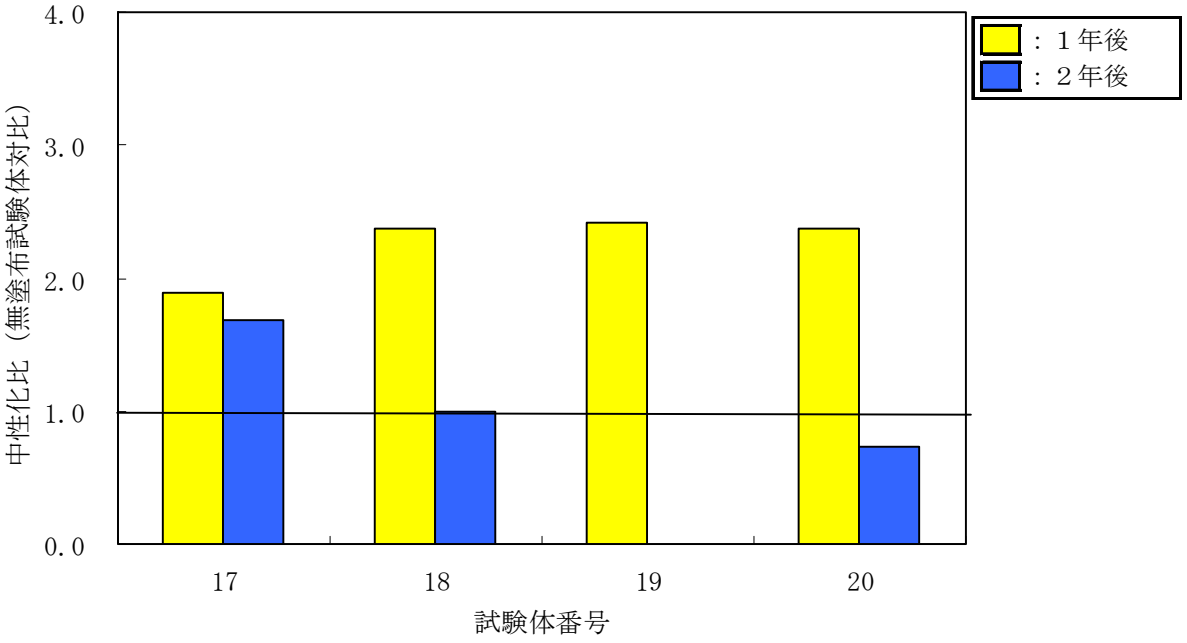


ａ） 上面

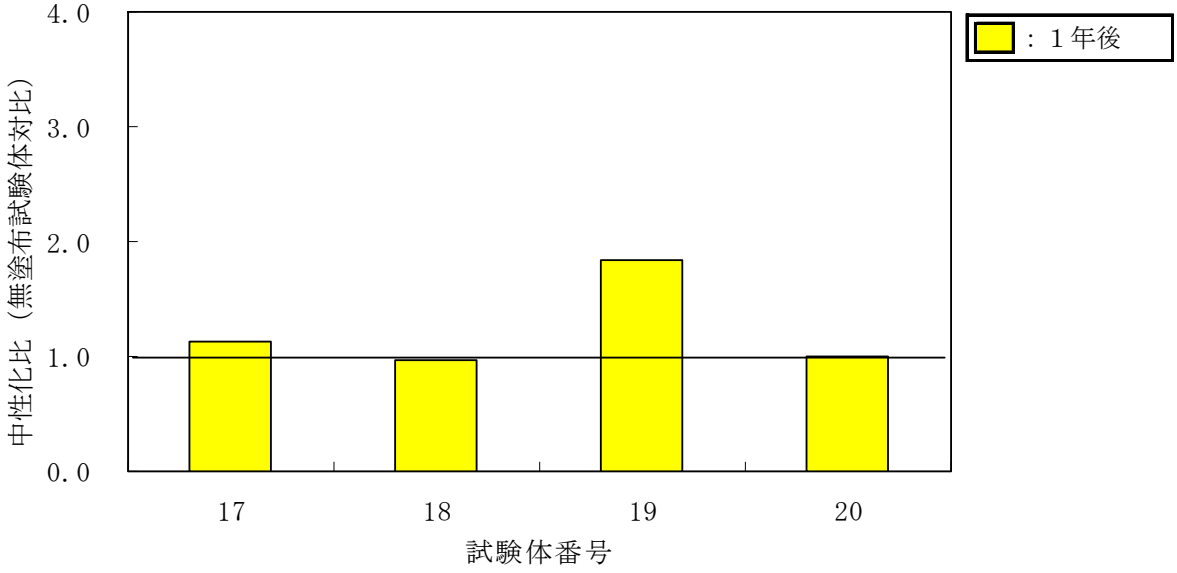


ｂ） 下面

図－Ⅲ.1.120　親不知暴露、その他の類の中性化深さ



a） 上面



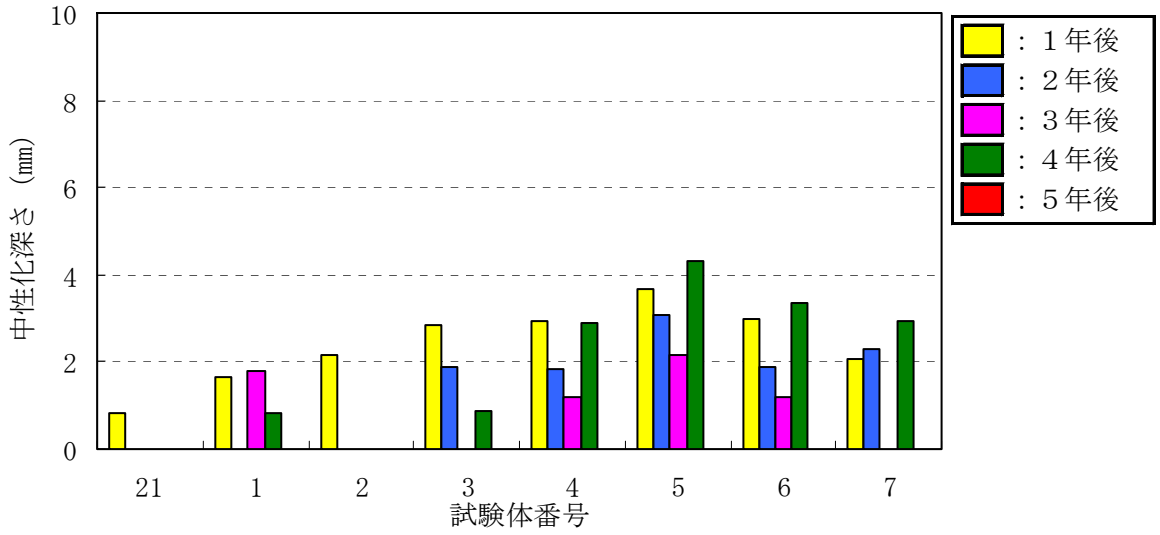
b） 下面

図－Ⅲ.1.121　親不知暴露、その他の類の中性化比

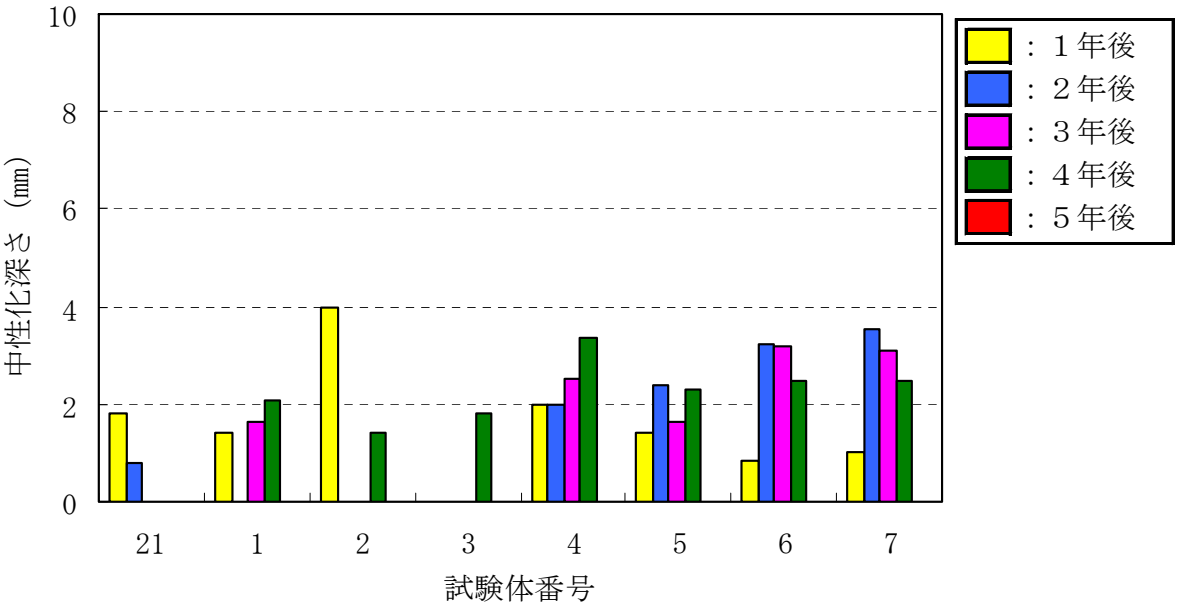
（３）沖縄暴露

１）シラン系

水系、溶剤系の７種類の中性化深さを図－Ⅲ.1.122 に、無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.1.123 に示す。中性化比が１より大きい場合は中性化が進行し、１未満は抑制されたことを示す。無塗布試験体の中性化深さが認められなかったため、２年後以降中性化比は記載していない。No.21（無塗布）の上面の１年後の中性化深さは１mm 以下であった。これは、東京暴露の無塗布試験体と比較して小さく、暴露２年後以降中性化は認められなかった。No.１から３（水系）の中性化深さは、無塗布 No.21 と同様の傾向であった。一方、No.４から６（溶剤系）は、無塗布 No.21 と比較し大きくなる傾向が認められた。なお暴露５年後は No.１から７全てで中性化は認められなかった。

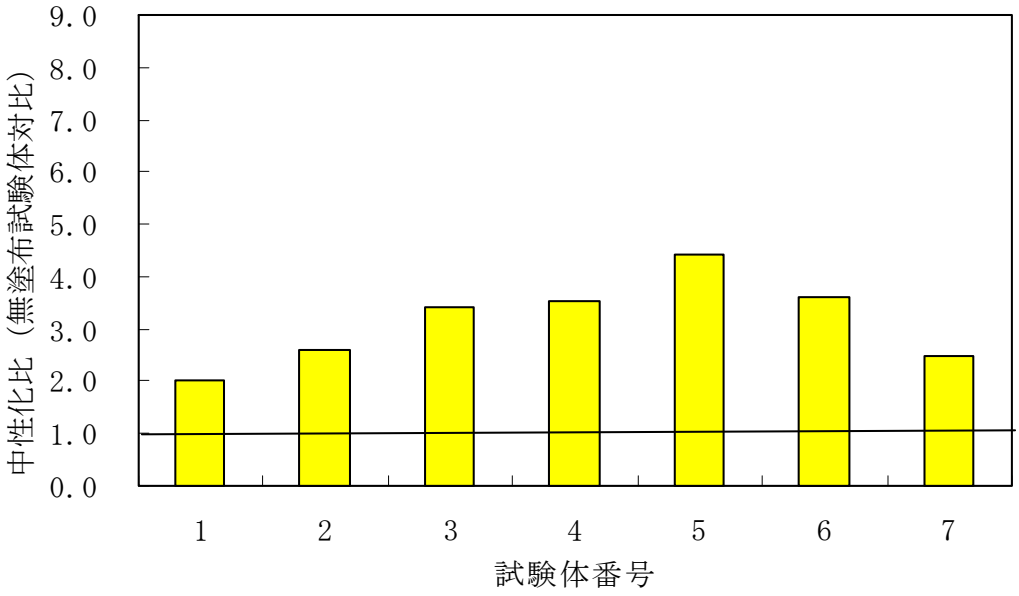


ａ）上面

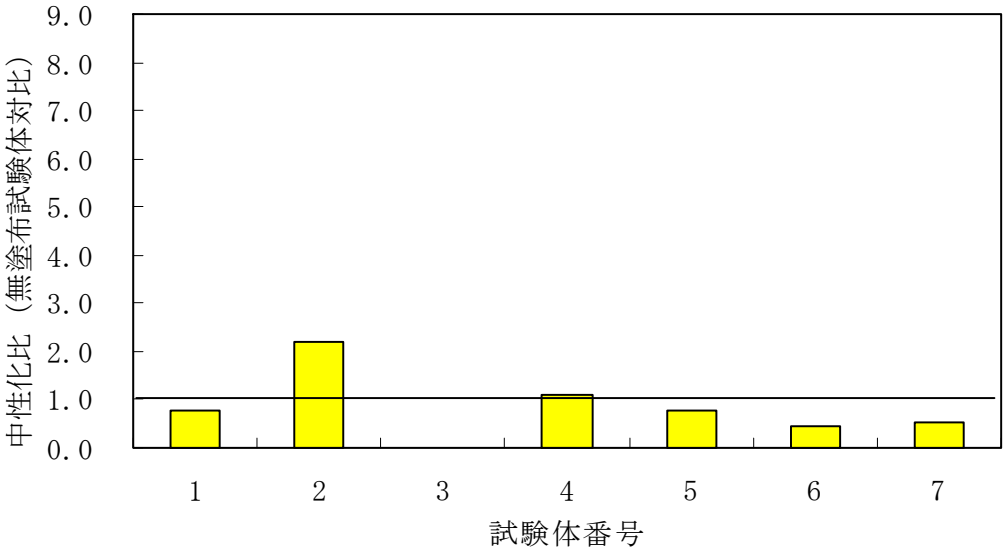


ｂ）下面

図－Ⅲ.1.122　沖縄暴露、シラン系の中性化深さ



a）上面

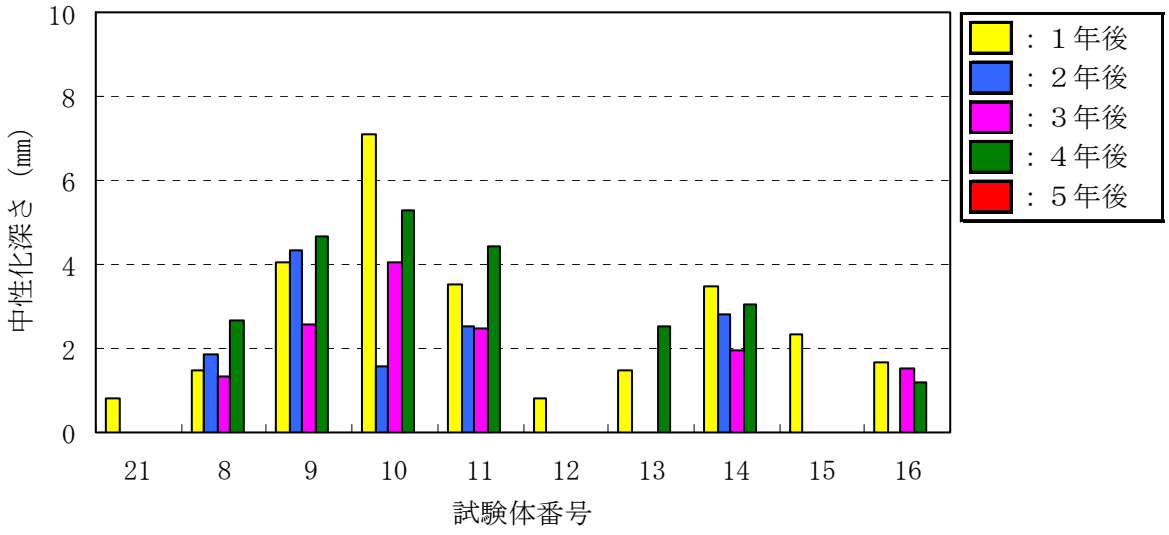


b）下面

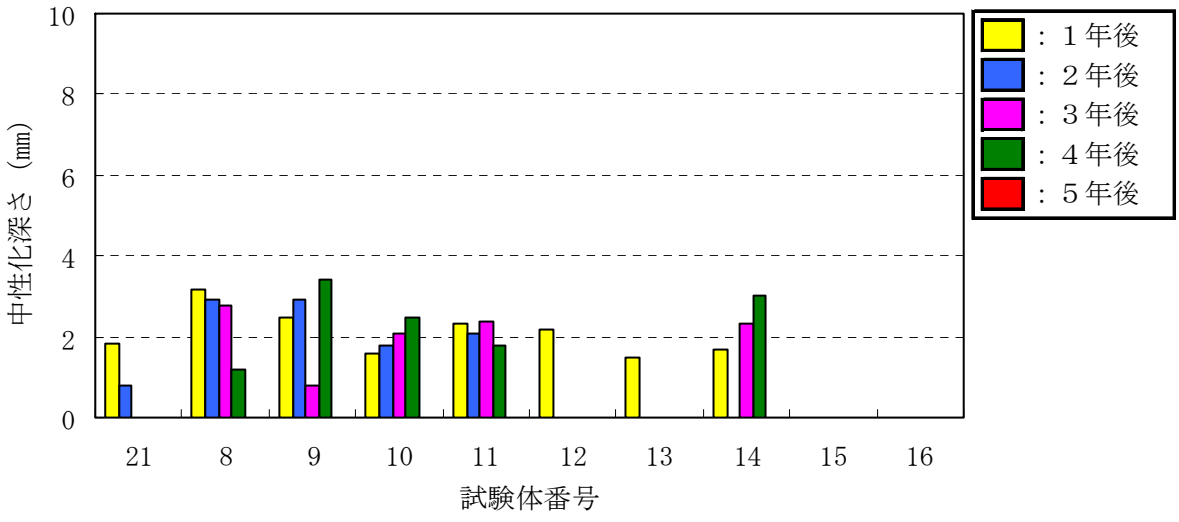
図－Ⅲ.1.123　沖縄暴露、シラン系の中性化比（１年後）

２）シラン・シロキサン系

水系、溶剤系、無溶剤系の９種類の中性化深さを図－Ⅲ.1.124 に示す。無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.1.125 に示す。No.12,13,15,16 は造膜形を示す。No.21（無塗布）と比較し、No.８から 11,14（単独形）は中性化の進行が認められた。しかし暴露５年後は No.８から 16 全てで中性化は認められなかった。

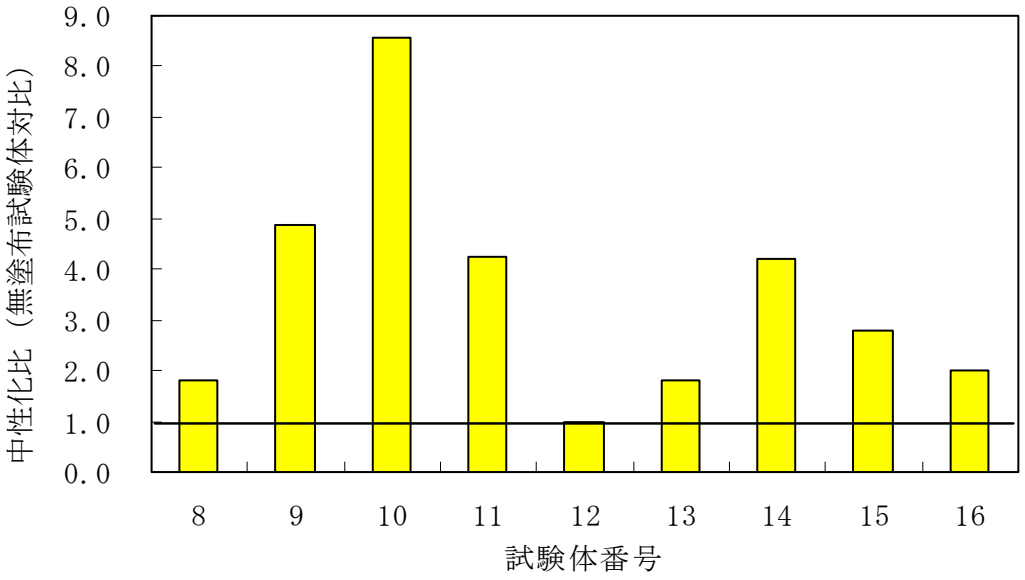


a） 上面

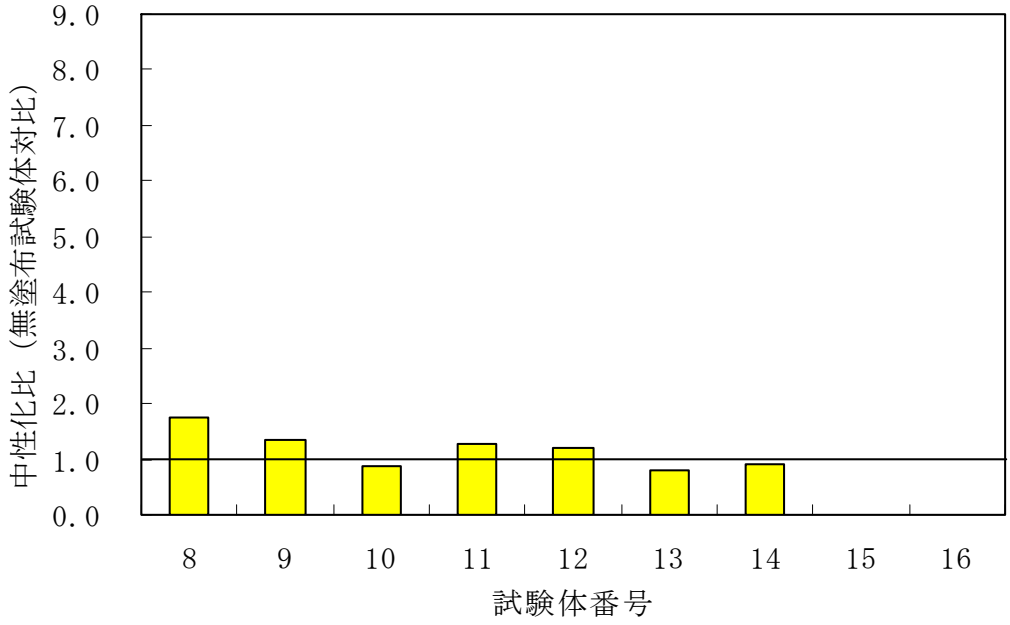


b） 下面

図－Ⅲ.1.124　沖縄暴露、シラン・シロキサンの中性化深さ



a） 上面

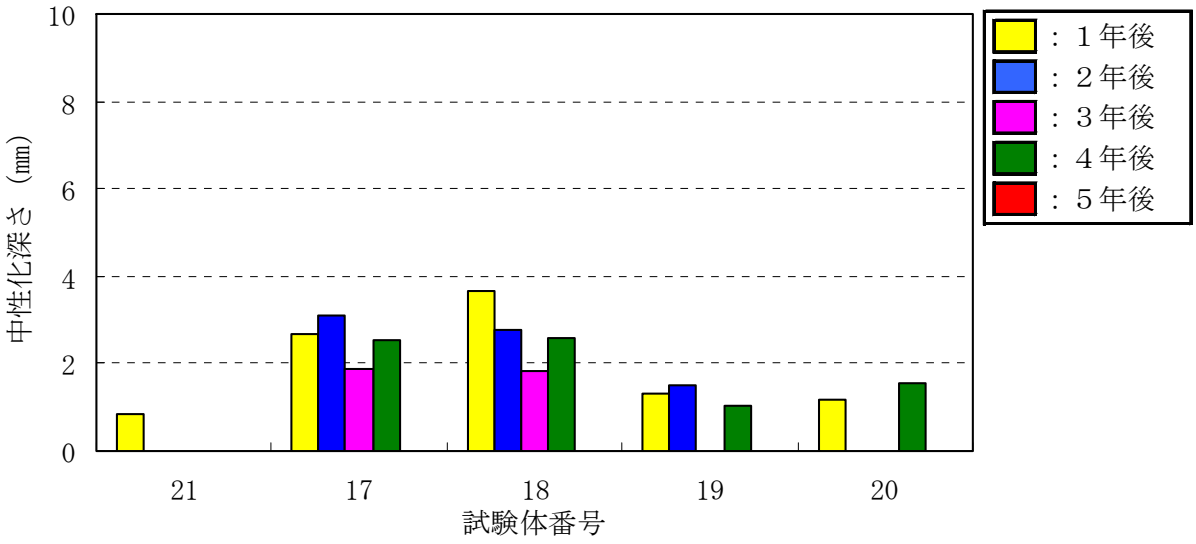


b） 下面

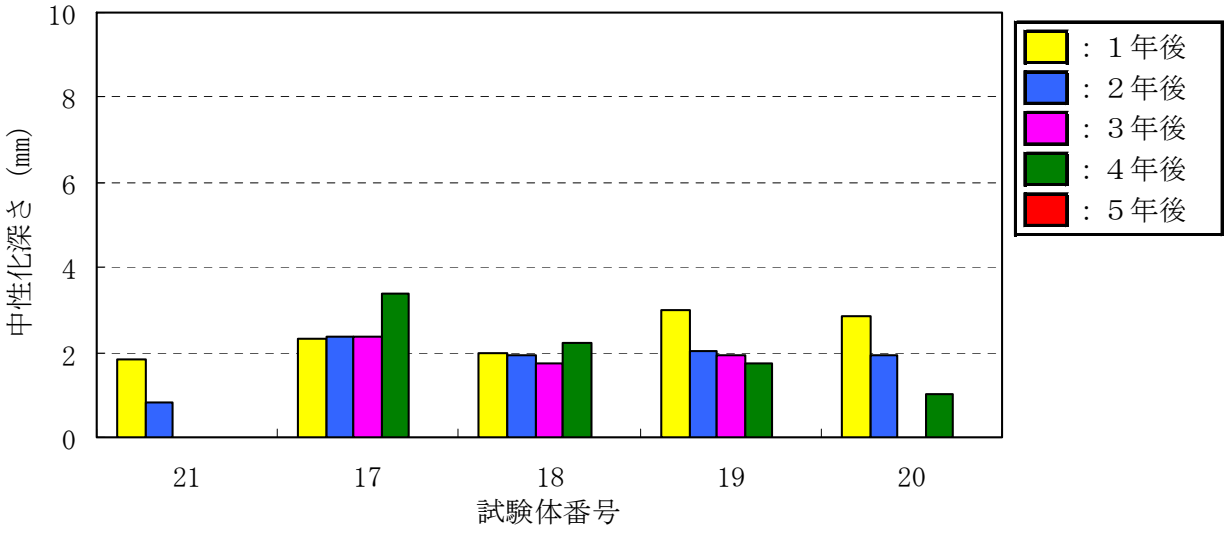
図－Ⅲ.1.125　沖縄暴露、シラン・シロキサン系の中性化比（１年後）

３）その他の類

４種類の水系および溶剤系の中性化深さを図－Ⅲ.1.126 示す。無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.127 に示す。No.17,18,20 は造膜形を示す。全ての試験体の中性化深さは無塗布試験体より大きくなった。しかし暴露５年以降の試験体の中性化は認められなかった。

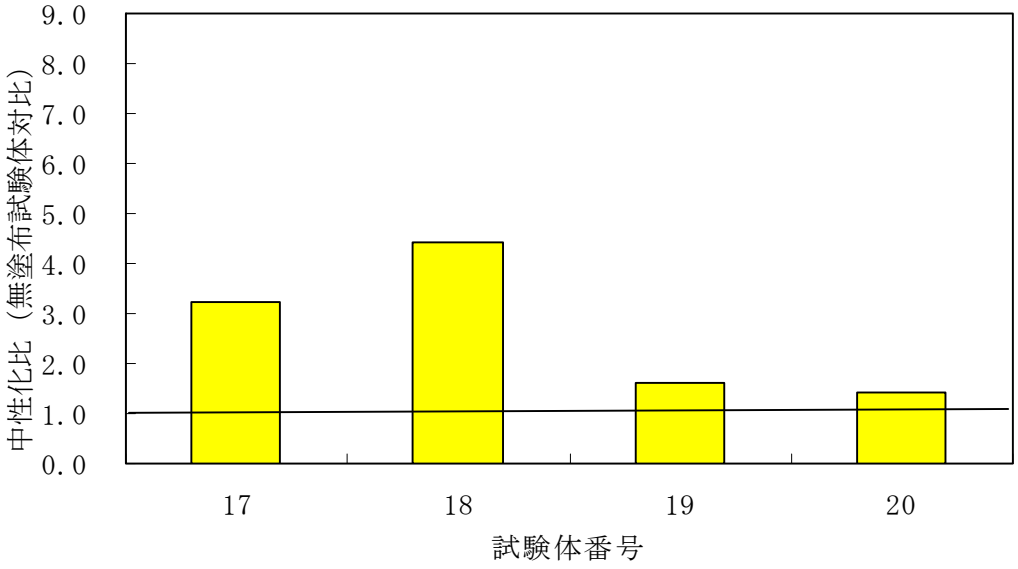


a） 上面

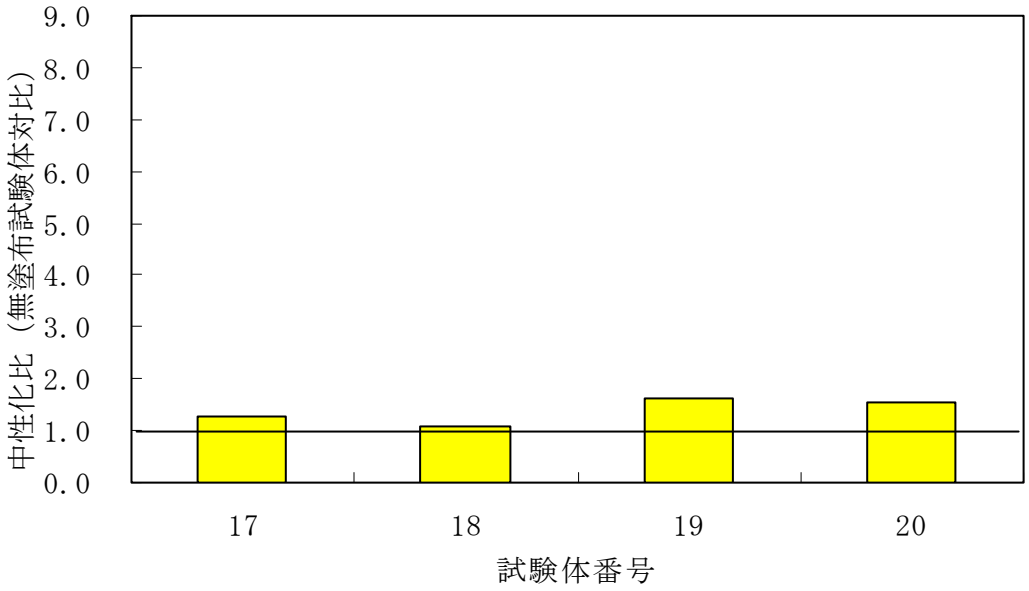


b） 下面

図－Ⅲ.1.126　沖縄暴露、その他の類の中性化深さ



a） 上面



b） 下面

図－Ⅲ.1.127　沖縄暴露、その他の類の中性化比（１年後）

（４）まとめ

１）暴露場所による中性化

無塗布試験体の東京、親不知および沖縄暴露場の中性化深さを表－Ⅲ.1.32 および図－Ⅲ.1.128 に示す。

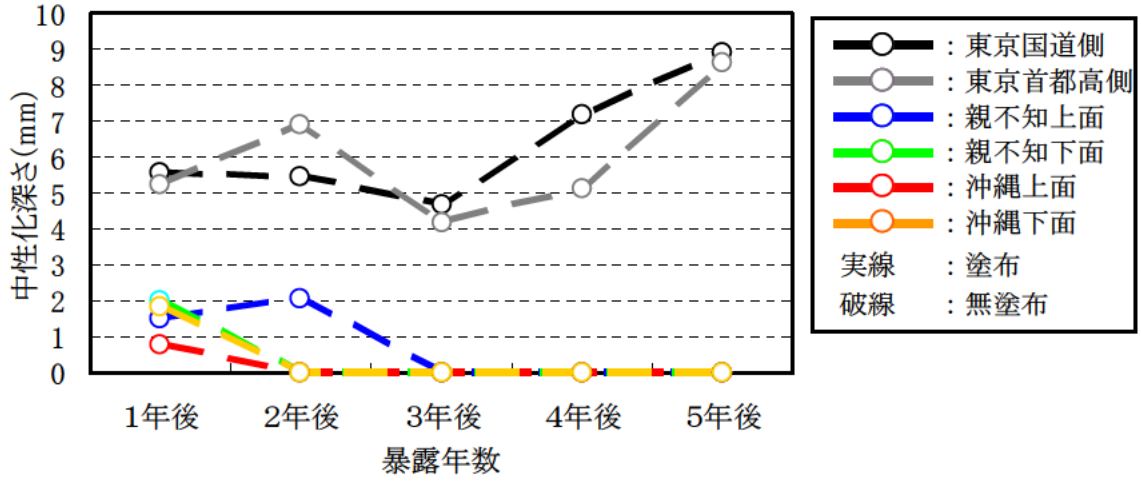
①東京暴露場では中性化深さが経年進行した。

②親不知及び沖縄暴露場は東京暴露場と比較し中性化の進行が小さく、親不知では３年後、沖縄では２年後以降中性化の進行が認められなかった。

表－Ⅲ.1.32　暴露場所による無塗布試験体の中性化深さ

暴露場所		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後
東京	国道側 (最大/最小)	5.57 (8.00/3.00)	5.47	4.65	7.16	8.90
	首都高側 (最大/最小)	5.23 (16.00/3.50)	6.90	4.14	5.13	8.63
親不知	上面 (最大/最小)	1.50 (4.20/2.00)	2.05	0.00	0.00	0.00
	下面 (最大/最小)	2.00 (2.00/0.50)	0.00	0.00	0.00	0.00
沖縄	上面 (最大/最小)	0.83 (5.00/0.00)	0.00	0.00	0.00	0.00
	下面 (最大/最小)	1.83 (5.00/1.00)	0.00	0.00	0.00	0.00

単位：mm



図－Ⅲ.1.128　暴露場所による無塗布試験体の中性化深さ

２）各保護材の中性化

１）シラン系

単独形試験体の平均中性化深さと無塗布試験体の平均中性化深さを表－Ⅲ.1.33に示す。

図－Ⅲ.1.129は、東京、親不知及び沖縄暴露場の上面側の平均中性化深さを示す。

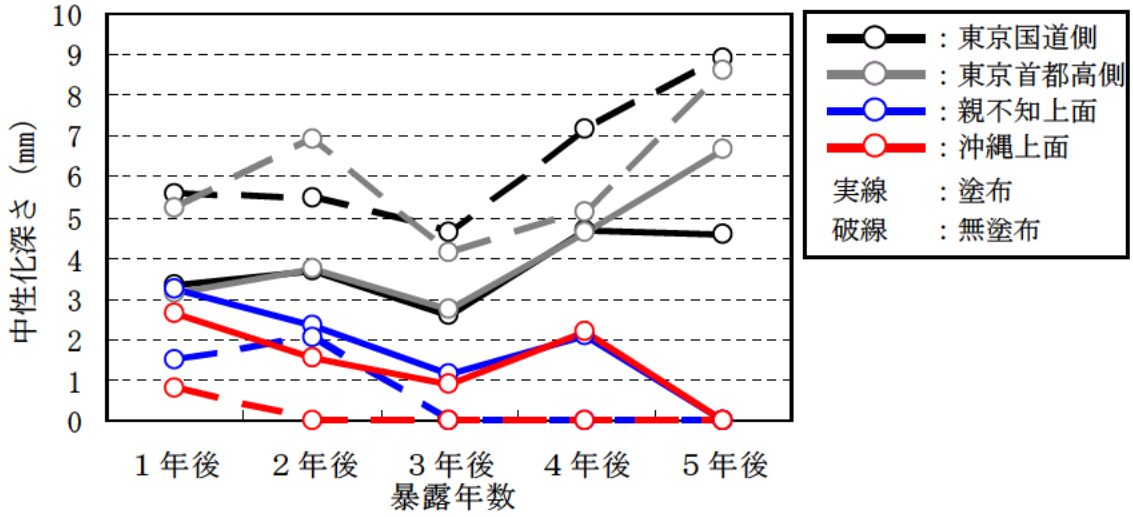
①東京暴露場では、中性化の抑制効果が認められ、経時で進行した。

②親不知、沖縄暴露場では、３年後まで中性化深さが無塗布試験体より進行した。

表－Ⅲ.1.33　単独形の平均中性化深さ　　単位：mm

暴露場所		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後
東京	国道側	3.34 (5.57)	3.70 (5.47)	2.59 (4.65)	4.68 (7.16)	4.57 (8.90)
	首都高側	3.11 (5.23)	3.72 (6.90)	2.75 (4.14)	4.61 (5.13)	6.67 (8.63)
親不知	上面	3.21 (1.50)	2.34 (2.05)	1.14 (0.00)	2.10 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	3.44 (2.00)	1.41 (0.00)	1.00 (0.00)	2.72 (0.00)	0.00 (0.00)
沖縄	上面	2.62 (0.80)	1.56 (0.00)	0.90 (0.00)	2.17 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	1.52 (1.83)	1.60 (0.00)	1.73 (0.00)	2.28 (0.00)	0.00 (0.00)

注　（　）内：無塗布試験体の平均中性化深さ



図－Ⅲ.1.129　シラン系　単独形の平均中性化深さ

3）シラン・シロキサン系

単独形試験体の平均中性化深さと無塗布試験体の平均中性化深さを表－Ⅲ.1.34 に示す。図－Ⅲ.1.130 は東京、親不知及び沖縄暴露場の上面側の平均中性化深さを示す。

①東京暴露場では、単独系の中性化深さは中性化の抑制効果が認められるが経時で進行した。

②親不知、沖縄暴露場では、3年後まで中性化深さが無塗布試験体より進行した。

③親不知、沖縄暴露場では5年後中性化が認められなかった。

また、表－Ⅲ.1.35 および図－Ⅲ.1.131 に造膜形の平均中性化深さを示す。

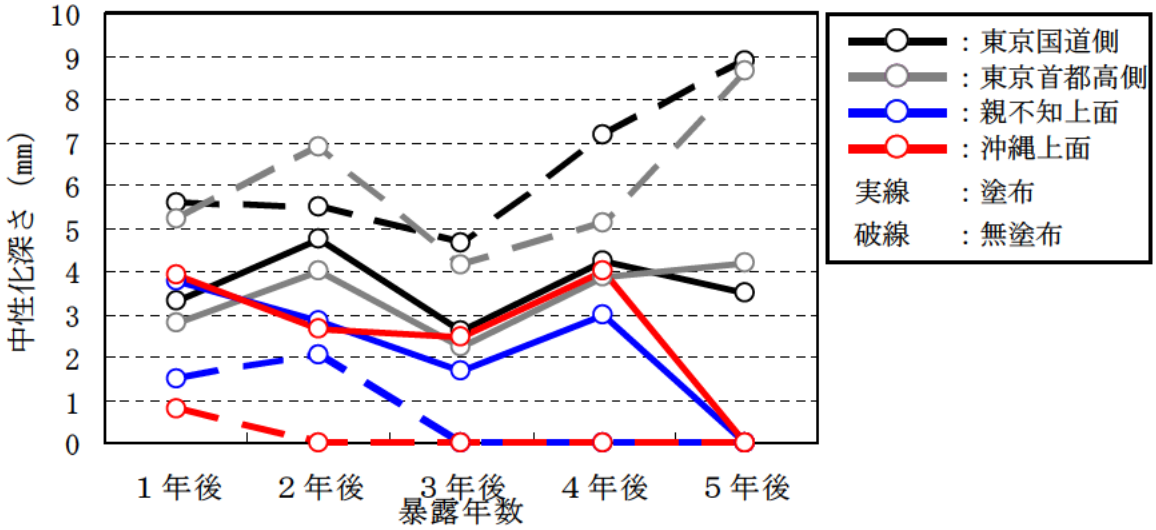
①造膜形は、単独形と比較し中性化抑制効果が大きかった。

②親不知暴露場では4年後以降、沖縄暴露場では3年後以降中性化は認められなかった。

表－Ⅲ.1.34　単独形保護材の平均中性化　　単位：mm

		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後
東京	国道側	3.30 (5.57)	4.76 (5.47)	2.62 (4.65)	4.21 (7.16)	3.50 (8.90)
	首都高側	2.80 (5.23)	4.00 (6.90)	2.25 (4.14)	3.88 (5.13)	4.17 (8.63)
親不知	上面	3.75 (1.50)	2.86 (2.05)	1.66 (0.00)	2.98 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	2.91 (2.00)	2.39 (0.00)	1.31 (0.00)	3.30 (0.00)	0.00 (0.00)
沖縄	上面	3.93 (0.80)	2.63 (0.00)	2.45 (0.00)	4.02 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	2.25 (1.83)	1.94 (0.00)	2.07 (0.00)	2.38 (0.00)	0.00 (0.00)

注）（　）内：無塗布試験体の平均中性化深さ

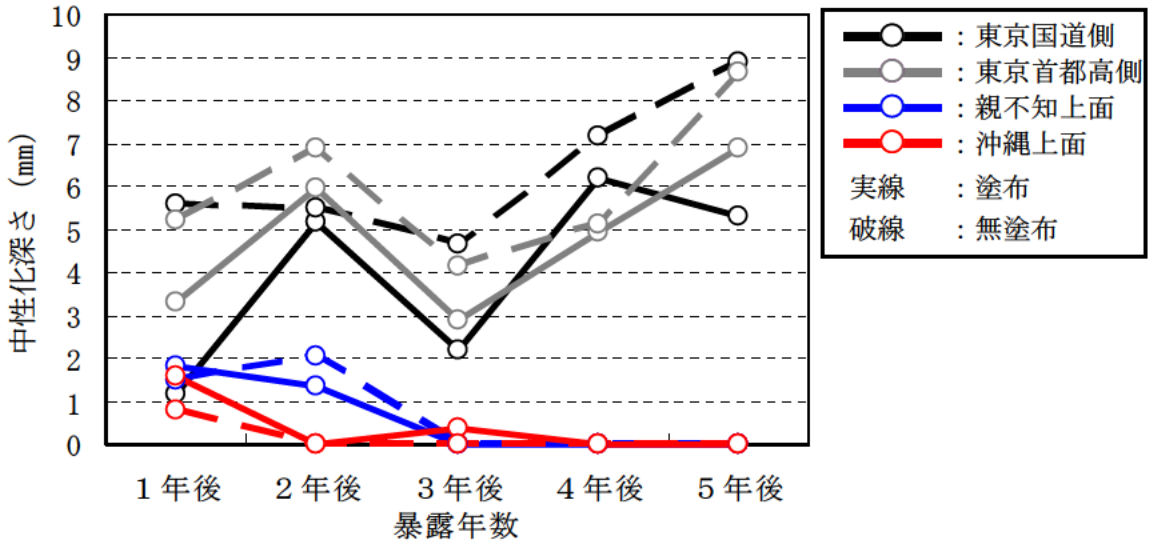


図－Ⅲ.1.130　シラン・シロキサン系　単独形の平均中性化

表－Ⅲ.1.35　造膜形保護材の平均中性化　　単位：mm

暴露場		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後
東京	国道側	1.17 (5.57)	5.15 (5.47)	2.17 (4.65)	6.17 (7.16)	5.30 (8.90)
	首都高側	3.30 (5.23)	5.94 (6.90)	2.87 (4.14)	4.94 (5.13)	6.90 (8.63)
親不知	上面	1.83 (1.50)	1.33 (2.05)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	0.83 (2.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
沖縄	上面	1.58 (0.80)	0.00 (0.00)	0.38 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	0.92 (1.83)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)

注）（　）内：無塗布試験体の平均中性化深さ



図－Ⅲ.1.131　シラン・シロキサン系造膜形の平均中性化

4）その他の類

その他の類を塗布した試験体の平均中性化深さを表－Ⅲ.1.36 および図－Ⅲ.1.132 に示す。

また、表－Ⅲ.1.37 及び図－Ⅲ.1.133 に造膜形の平均中性化深さを示す。

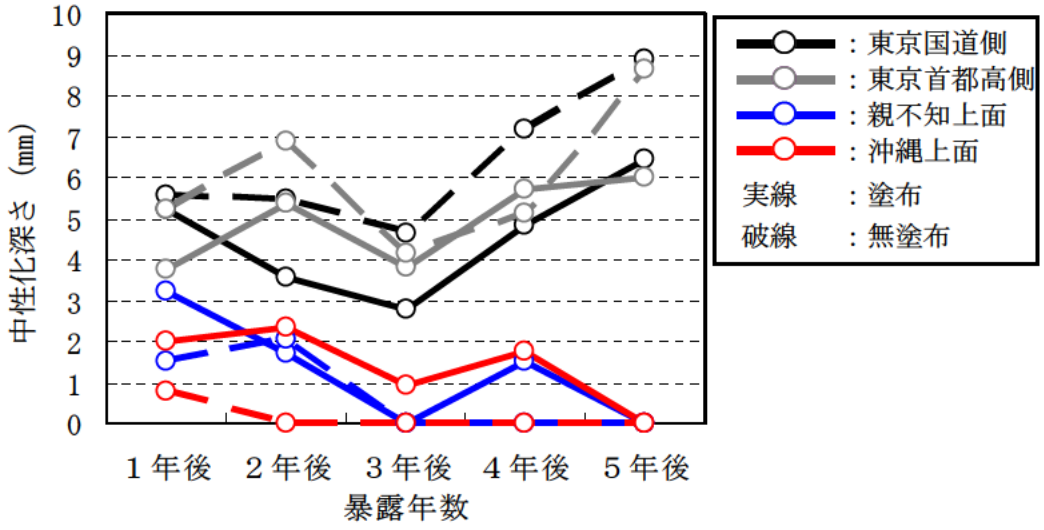
①東京暴露場では、中性化の抑制効果が認められ、経時で進行した。

②親不知、沖縄暴露場では、3年後まで中性化深さが無塗布試験体より進行した。

表－Ⅲ.1.36　単独形の平均中性化　　単位：mm

暴露場		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後
東京	国道側	5.20 (5.57)	3.54 (5.47)	2.78 (4.65)	4.85 (7.16)	6.44 (8.90)
	首都高側	3.75 (5.23)	5.35 (6.90)	3.80 (4.14)	5.70 (5.13)	6.00 (8.63)
親不知	上面	3.23 (1.50)	1.72 (2.05)	0.00 (0.00)	1.51 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	2.97 (2.00)	2.20 (0.00)	0.00 (0.00)	3.40 (0.00)	0.00 (0.00)
沖縄	上面	2.00 (0.80)	2.32 (0.00)	0.95 (0.00)	1.78 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	2.67 (1.83)	2.20 (0.00)	2.15 (0.00)	2.57 (0.00)	0.00 (0.00)

注）（　）内：無塗布試験体の平均中性化深さ

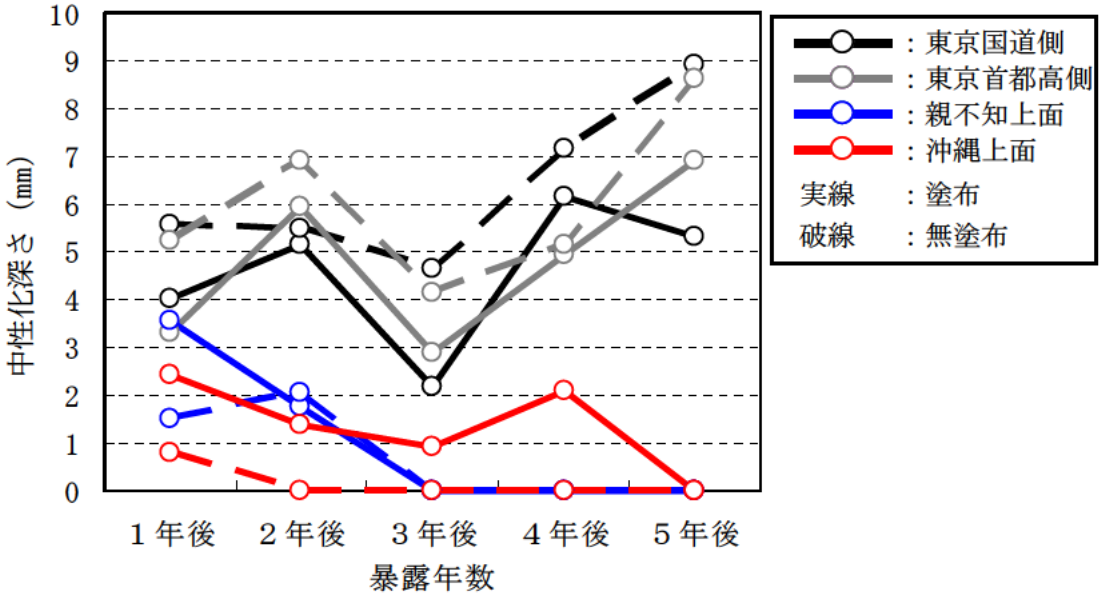


図－Ⅲ.1.132　その他の類　単独形の平均中性化

表－Ⅲ.1.37　造膜形の平均中性化　　単位：mm

暴露場所		1年後	2年後	3年後	4年後	5年後
東京	国道側	4.02 (5.57)	5.15 (5.47)	2.17 (4.65)	6.17 (7.16)	5.30 (8.90)
	首都高側	3.30 (5.23)	5.94 (6.90)	2.87 (4.14)	4.94 (5.13)	6.90 (8.63)
親不知	上面	3.57 (1.50)	1.77 (2.05)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	1.97 (2.00)	1.59 (0.00)	2.16 (0.00)	2.11 (0.00)	0.00 (0.00)
沖縄	上面	2.42 (0.80)	1.38 (0.00)	0.93 (0.00)	2.09 (0.00)	0.00 (0.00)
	下面	2.42 (1.83)	1.93 (0.00)	0.88 (0.00)	1.60 (0.00)	0.00 (0.00)

注）（　）内：無塗布試験体の平均中性化深さ



図－Ⅲ.1.133　その他の類　造膜形の平均中性化

（６）促進中性化試験と暴露試験との関係

１．４．７中性化深さで実施した促進試験と暴露試験との寄与率（R^2）を表－Ⅲ.1.38に示す。

促進中性化試験体は相対湿度 50%、二酸化炭素濃度 10%の条件下に 65 日間、塗布面が横向きになるように設置して行った。促進中性化試験後、試験体の塗布面を２分割するように割裂して、フェノールフタレイン１%溶液を噴霧し、割裂面の中性化深さをクラックスケールで測定した。

①寄与率（R^2）の最大値は 0.34 で促進試験と暴露試験の関係は認められなかった。

表－Ⅲ.1.38　促進試験と暴露試験との関係（寄与率 R^2）　　単位：mm

暴露場所		暴露 １年目	暴露 ２年目	暴露 ３年目	暴露 ４年目	暴露 ５年目
東京	国道側	0.25	0.16	0.13	0.12	0.13
	首都高側	0.20	0.03	0.10	0.06	0.18
親不知	上面	0.14	0.11	0.01	0.01	0.00
	下面	0.17	0.31	0.07	0.16	0.00
沖縄	上面	0.03	0.22	0.00	0.00	0.00
	下面	0.30	0.17	0.16	0.34	0.00

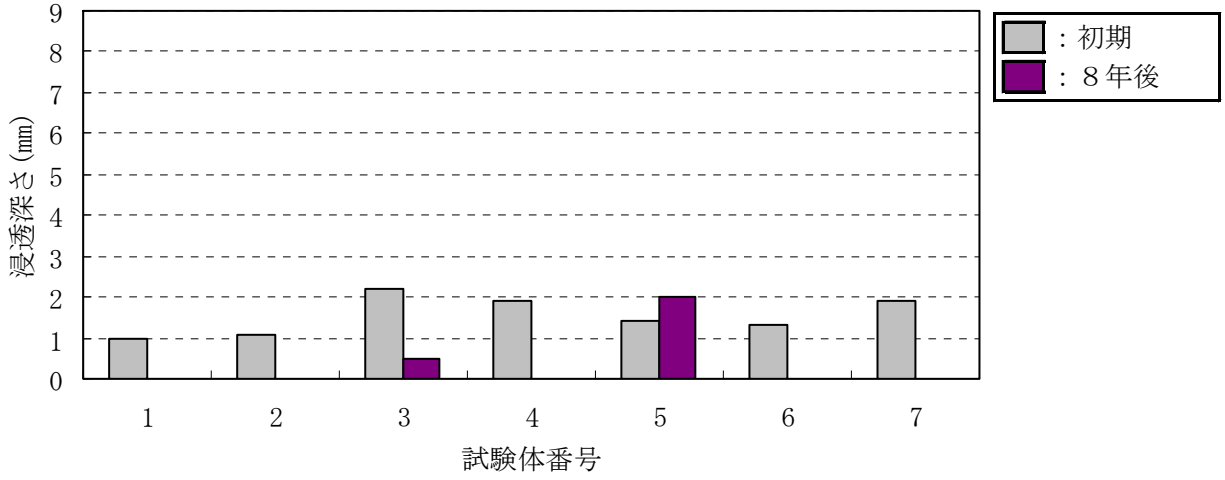
１．６．８　長期暴露

（１）浸透深さ

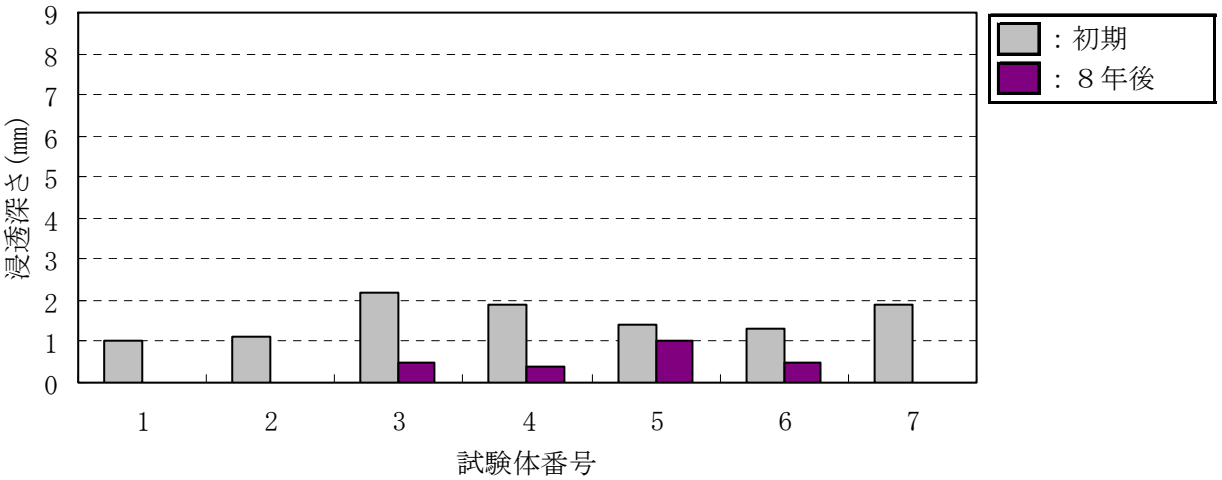
初期の試験体は水浸漬法、暴露８年後の試験体は墨汁法によって測定した結果を示す。

１）シラン系

水系,溶剤系の初期,暴露８年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.134 に示す。国道側に向けた面において、No.１，２，４，６，７は、暴露８年後は認められなかった。No.３は、暴露８年後は初期値より減少した。No.５は、暴露８年後は初期値より増加した。首都高側に向けた面において、No.１，２，７は、暴露８年後は認められなかった。No.３，４，５，６は、暴露８年後は初期値より減少した。



ａ）国道側



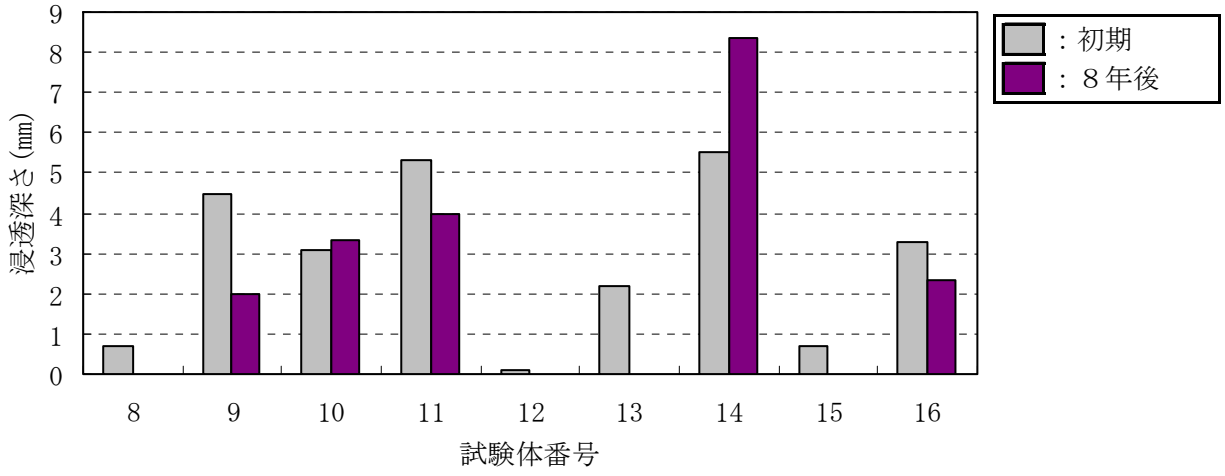
ｂ）首都高側

図－Ⅲ.1.134　シラン系の浸透深さ

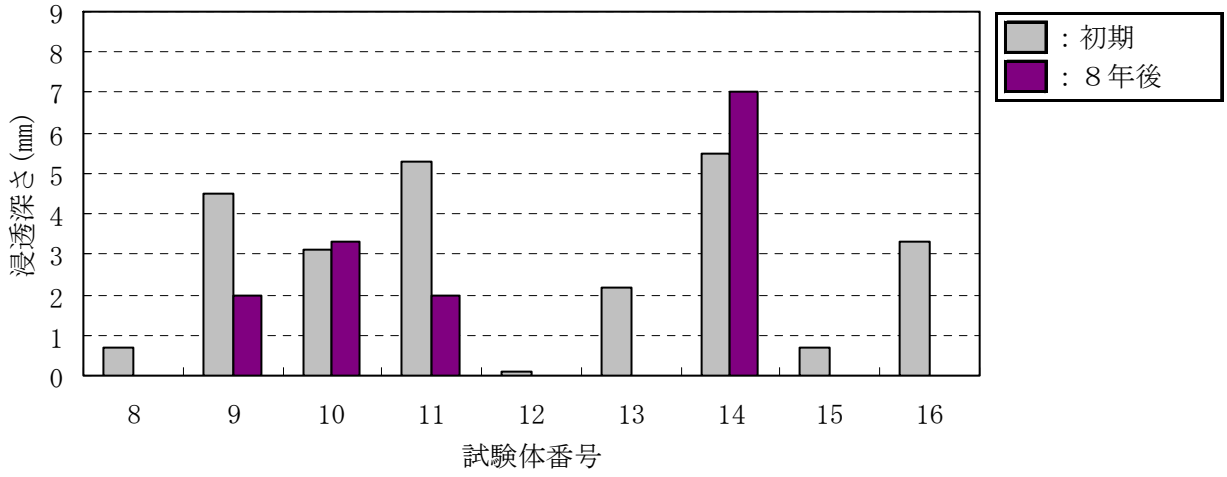
２）シラン・シロキサン系

水系,溶剤系,無溶剤系の初期,暴露８年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.135 に示す。国道側に向けた面において、No.８,12,13,15 は、暴露８年後は認められなかった。No.９,11,16 は、暴露８年後は初期値より減少した。No.10,14 は、暴露８年後は初期値より増加した。

首都高側に向けた面において、No. 8 , 12, 13, 15, 16 は、暴露 8 年後認められなかった。No. 9 , 11 は、暴露 8 年後は初期値より減少した。No. 10, 14 は、暴露 8 年後は初期値より増加した。



a ） 国道側

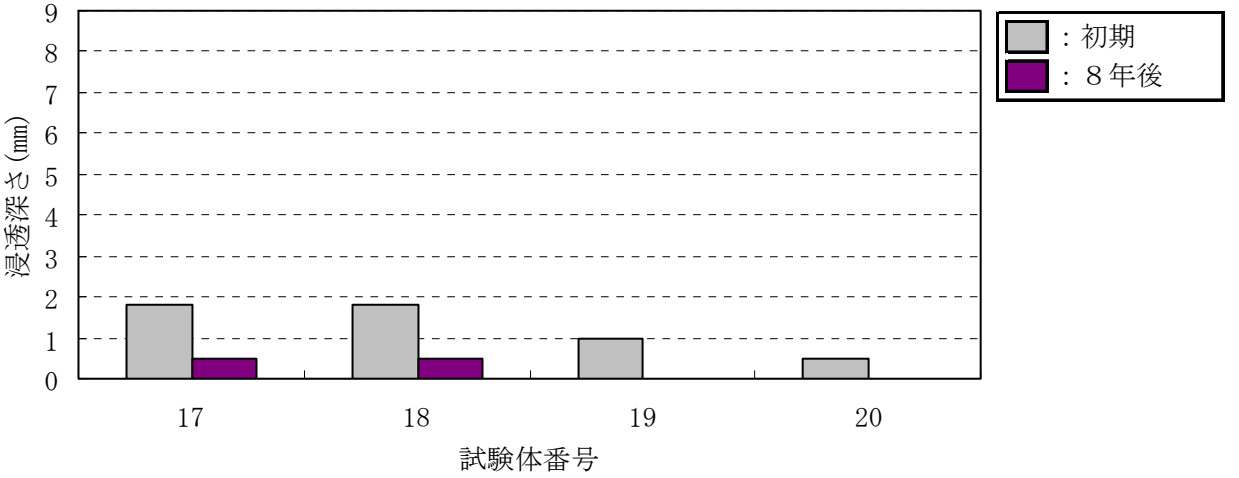


b ） 首都高側

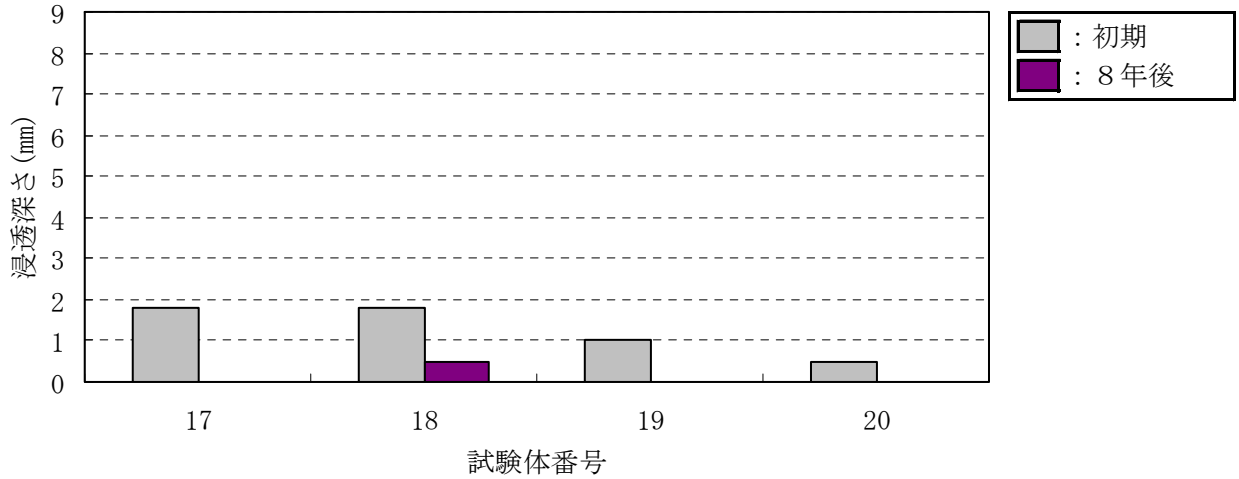
図－Ⅲ.1.135　シラン・シロキサン系の浸透深さ

3 ） その他の類

水系, 溶剤系の初期, 暴露 8 年後の浸透深さを図－Ⅲ.1.136 に示す。国道側に向けた面において、No. 17, 18 は、暴露 8 年後は初期値より減少した。No. 19, 20 は、暴露 8 年後は認められなかった。首都高側に向けた面において、No. 18 は、暴露 8 年後は初期値より減少した。No. 17, 19, 20 は、暴露 8 年後は認められなかった。



ａ）国道側



ｂ）首都高側

図－Ⅲ.1.136　その他の類の浸透深さ

４）まとめ

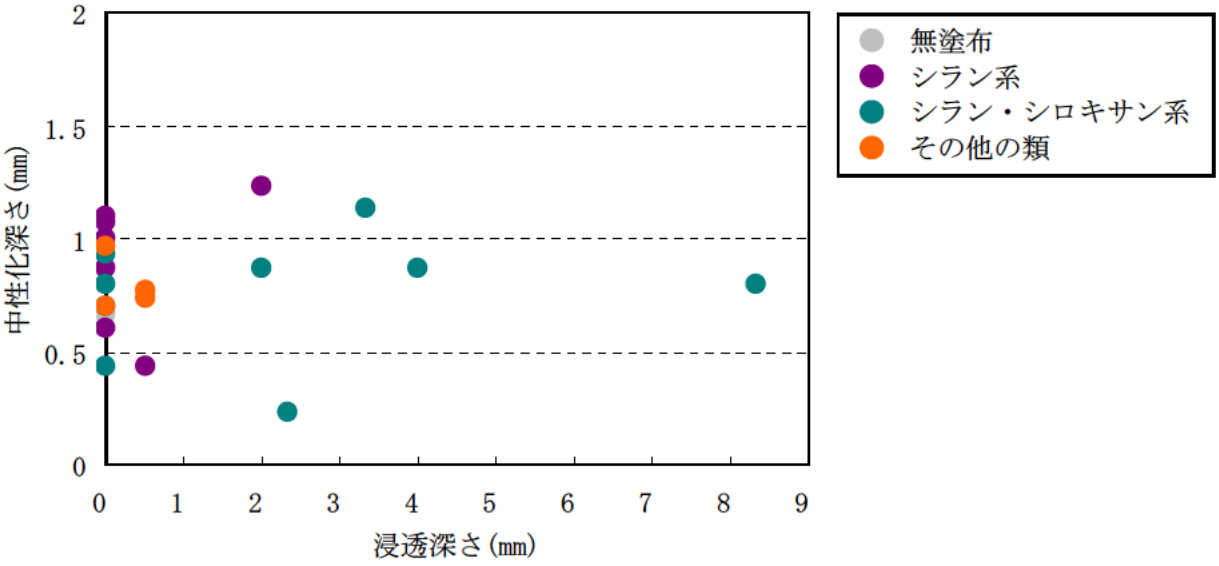
長期暴露試験から以下のことが明らかになった。

①一部の保護材は、浸透深さが認められなくなり、あるいは減少があった。

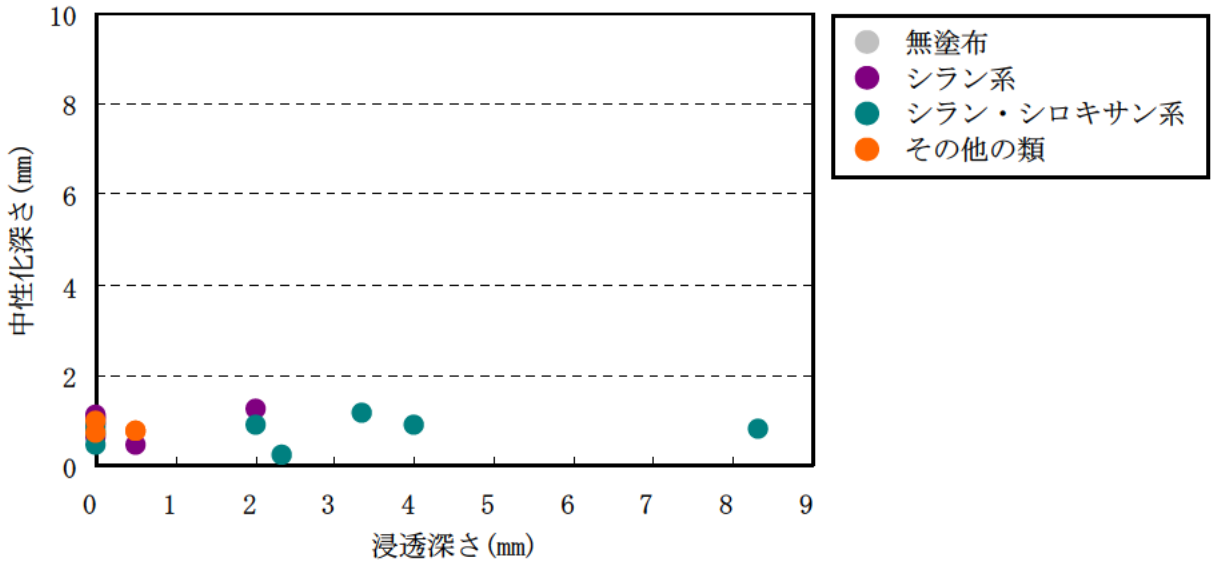
②シラン系では、No.５（溶剤系），シラン・シロキサン系では、単独形の No.10（水系）,No.14（無溶剤系）が浸透深さの持続性が高かった。

（２）中性化深さ

東京に暴露した試験体の浸透深さと中性化深さの結果を図－Ⅲ.137 に示す。国道側，首都高側の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）は、0.00，0.02 であった。



ａ）国道側



ｂ）首都高側

図－Ⅲ.1.137　浸透深さと中性化深さ（ｎ＝21）

１）まとめ

長期暴露試験から以下のことが明らかになった。

①東京に暴露した試験体の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）低く、関係は認められなかった。。

（３）吸水量と塩化物イオン量

試験体を水に 45 日間浸漬し、式（１）により求めた 7 日後と 45 日後の吸水率と、塩化物イオン量（試験体上面、および下面の表層から深さ方向０から 30 ㎜）を表－Ⅲ.1.39 に示す。

$$W_n = [\,(w_n - w_0) \,/\, w_0\,] \times 100 \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに、W_n：ｎ日間浸漬後の吸水率（％）

w_n：ｎ日間浸漬後の試験体の質量（ｇ）

w_0：浸漬前の試験体の質量（ｇ）

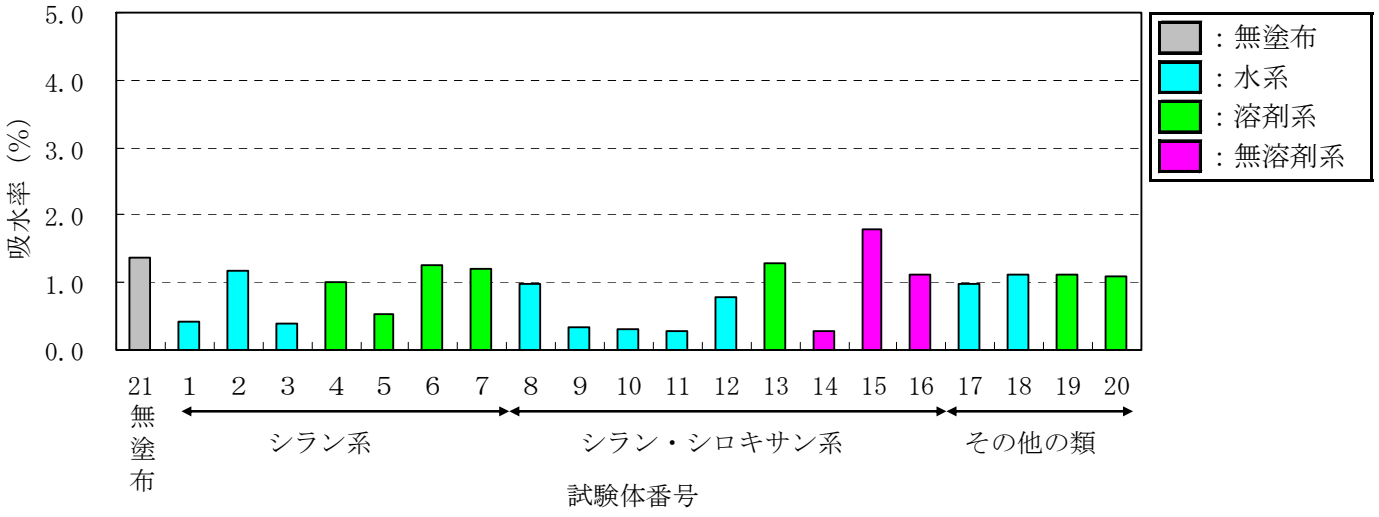
$w_n - w_0$：ｎ日間浸漬後の吸水量（ｇ）

表－Ⅲ.1.39　45 日間浸漬後の吸水率と塩化物イオン量

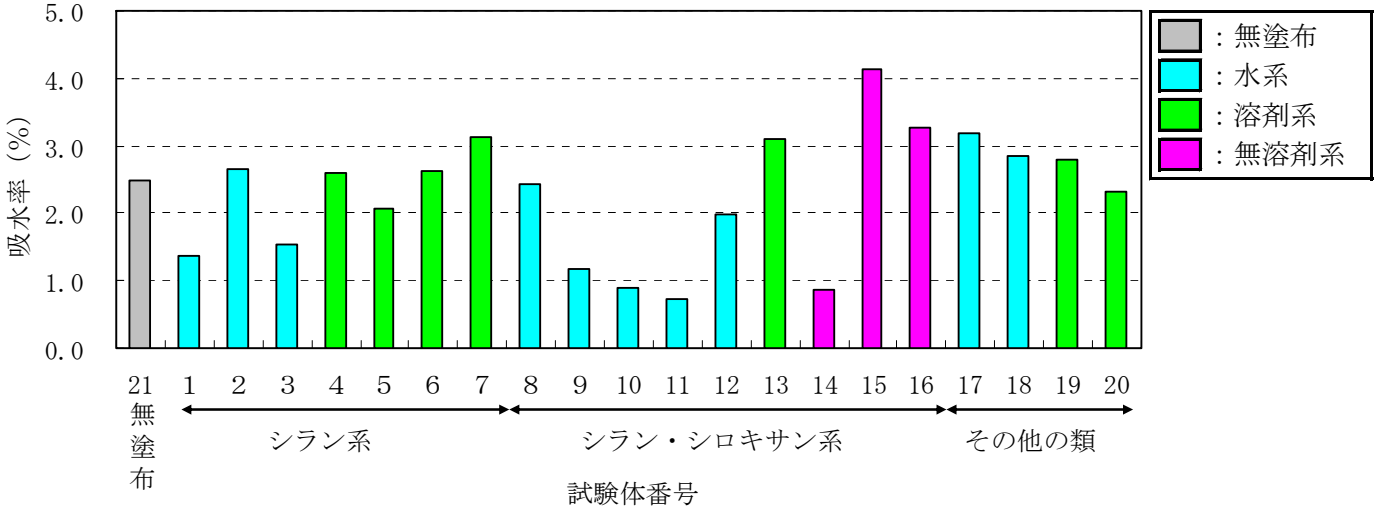
No.	系　統	中分類	形　態	造膜成分	吸水率（％）		塩化物イオン量（kg/m³）	
					7 日後	45 日後	上面 0 ～30 ㎜	下面 0 ～30 ㎜
1	水　系	シラン系	単独形	－	0.4	1.4	6.52	4.50
2					1.2	2.7	7.40	19.15
3					0.4	1.5	4.45	6.15
4	溶剤系				1.0	2.6	8.31	17.74
5					0.5	2.1	8.31	10.42
6					1.3	2.6	12.12	17.37
7					1.2	3.1	5.83	14.07
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形		1.0	2.4	9.66	16.72
9					0.3	1.2	2.09	3.47
10					0.3	0.9	2.24	3.57
11					0.3	0.7	1.53	5.01
12			造膜形	シリコーン樹脂系	0.8	2.0	4.32	16.50
13	溶剤系			シリコーン樹脂系	1.3	3.1	11.68	12.72
14	無溶剤系		単独形	－	0.3	0.9	2.56	5.02
15			造膜形	シリコーン樹脂系	1.8	4.1	8.26	16.78
16				シリコーン樹脂系	1.1	3.3	8.35	5.68
17	水　系	その他の類	造膜形	シリコーン樹脂系	1.0	3.2	5.81	12.96
18				ふっ素樹脂系	1.1	2.9	6.04	18.44
19	溶剤系		単独形	－	1.1	2.8	9.68	18.10
20			造膜形	ふっ素樹脂系	1.1	2.3	9.49	13.96
21	無塗布			－	1.4	2.5	12.31	19.68

1）吸水率の測定結果

7日後の吸水率は0.3%から1.3%で、その中でもシラン・シロキサン系のNo. 9,10,11（いずれも水系）,14（無溶剤系）の吸水率が小さくなった。系統別、分類別に見ても優位差は見られず、20種類中7種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。45日後の吸水率は0.7%から4.1%で、その中でもシラン・シロキサン系のNo. 10,11（ともに水系）,14（無溶剤系）の吸水率が小さくなった。系統別、分類別に見ても優位差は見られず、20種類中4種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。図－Ⅲ.1.138に吸水率を示す。



a） 7日後



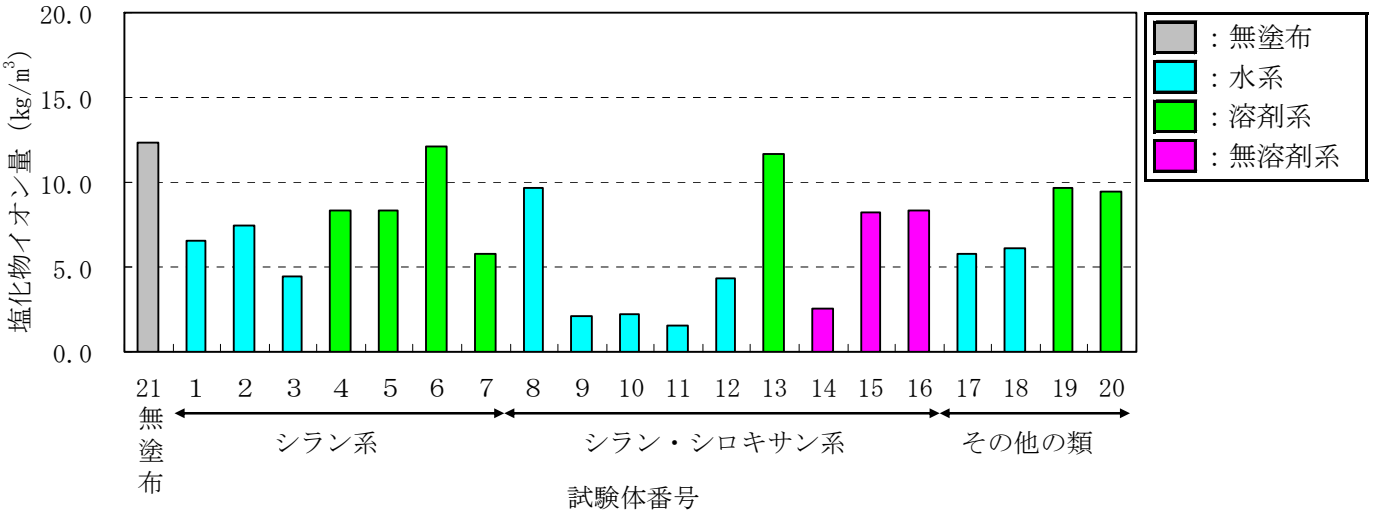
b） 45日後

図－Ⅲ.1.138　吸水率

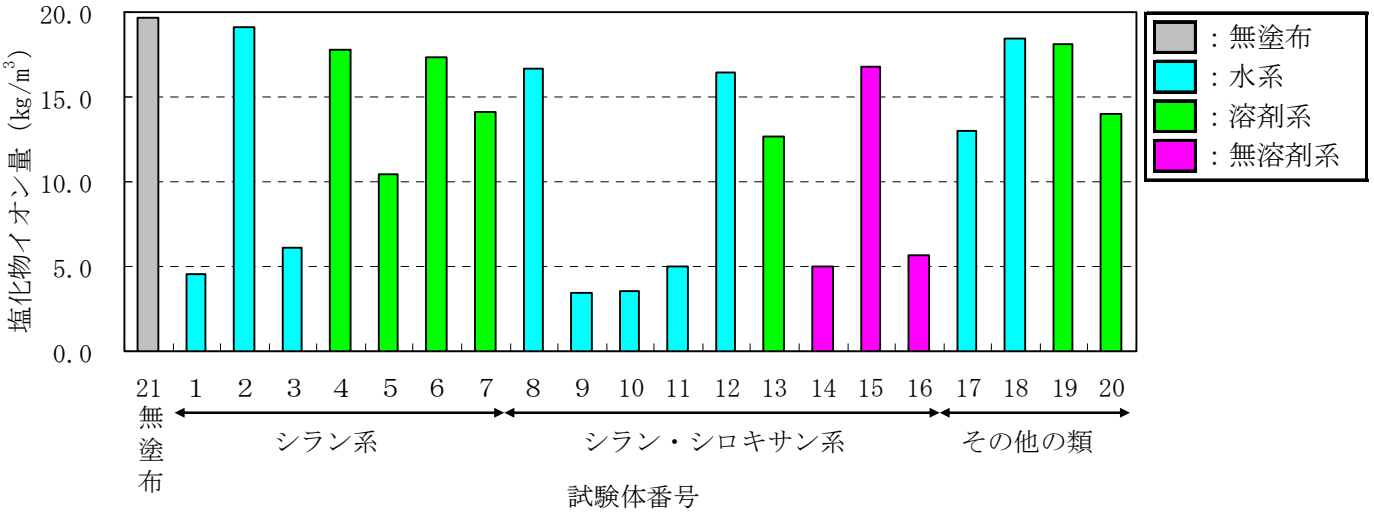
２）塩化物イオン量の測定結果

上面の塩化物イオン量は 1.53kg/m^{3}から 12.12kg/m^{3}で、その中でもシラン・シロキサン系の No. ９,10,11（いずれも水系）が少なくなった。

下面の塩化物イオン量は 3.47kg/m^{3}から 19.15kg/m^{3}で、その中でもシラン系の No. 1（水系）とシラン・シロキサン系の No. ９,10（ともに水系）が少なくなった。上面、下面とも系統別、分類別に優位差は見られないが、上面は 20 種類中 9 種類が、下面は 20 種類中 7 種類が無塗布より少ない塩化物イオン量となった。図－Ⅲ.1.139 に塩化物イオン量を示す。



ａ）上面の塩化物イオン量

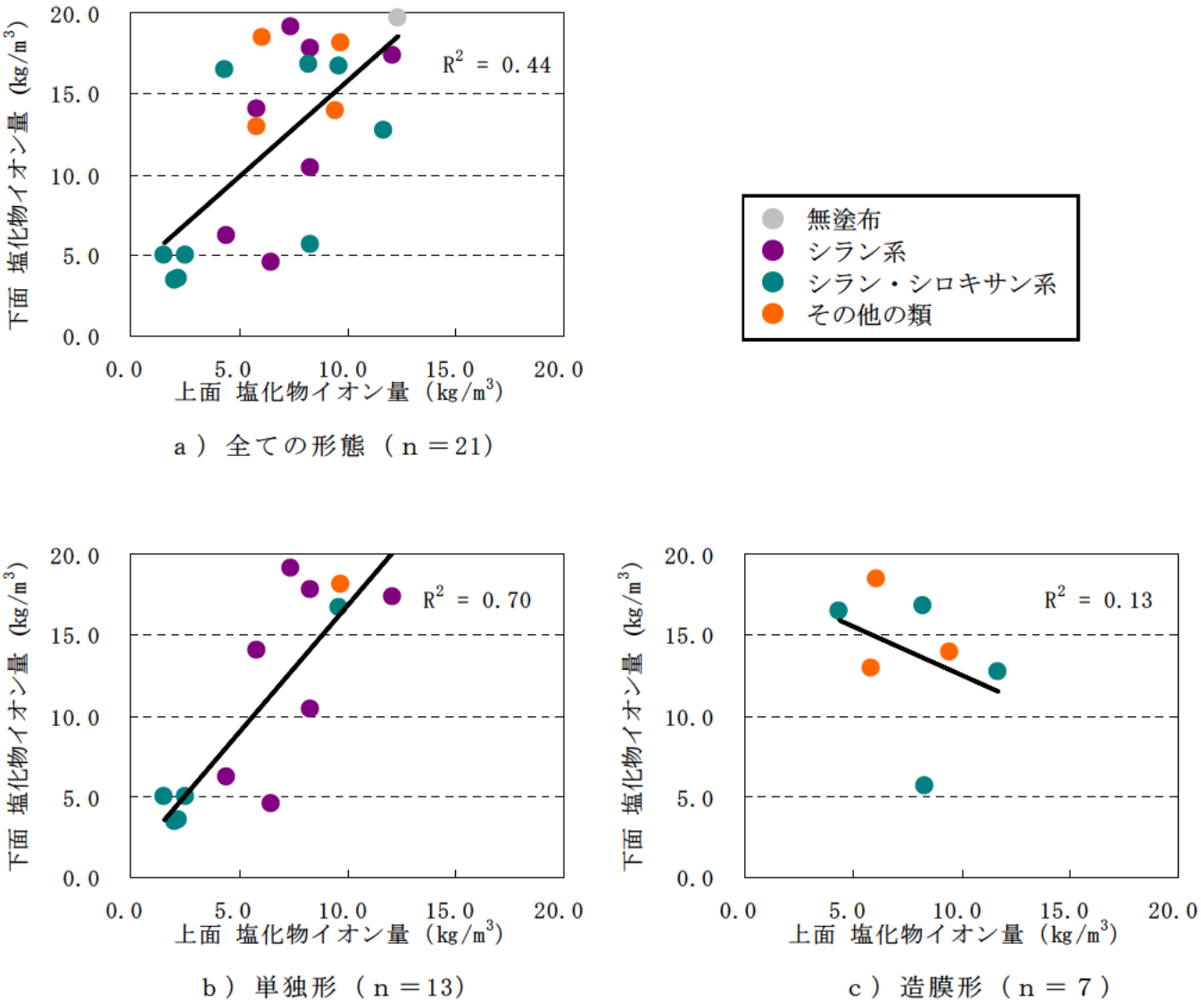


ｂ）下面の塩化物イオン量

図－Ⅲ.1.139　塩化物イオン量

3）上面の塩化物イオン量と下面の塩化物イオン量の関係

上面の塩化物イオン量と下面の塩化物イオン量の関係を確認すると、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.44 となり、単独形では関係が認められた（寄与率 R^2＝0.70）。図－Ⅲ.1.140 に上面の塩化物イオン量と下面の塩化物イオン量の関係を示す。



a）全ての形態（n＝21）

b）単独形（n＝13）

c）造膜形（n＝7）

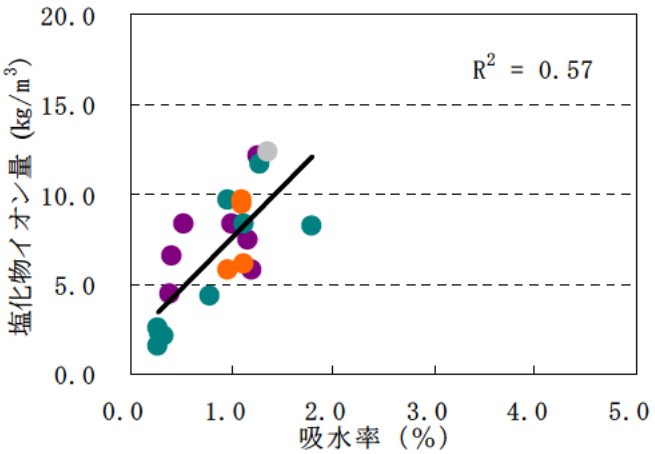
図－Ⅲ.1.140　上面の塩化物イオン量と下面の塩化物イオン量

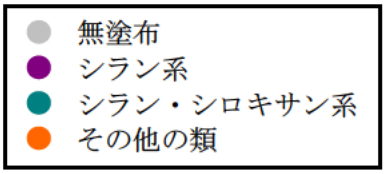
4）吸水率と塩化物イオン量の関係

ｉ）吸水率と上面の塩化物イオン量の関係

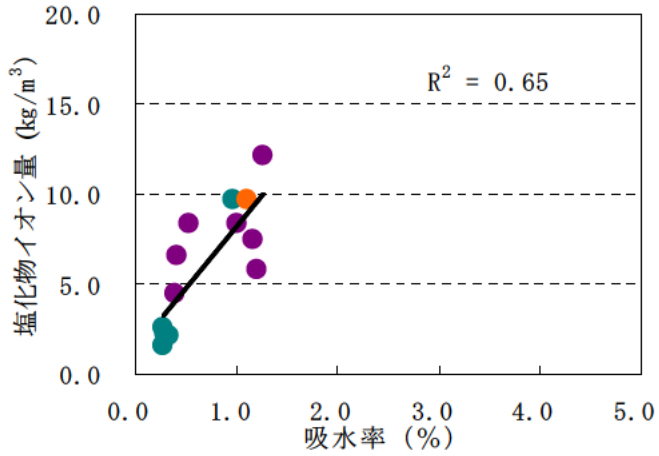
a）7日後の吸水率

7日後の吸水率と上面の塩化物イオン量の関係を確認すると、全ての形態では寄与率（R^2）が0.57となり、単独形では寄与率（R^2）が0.65であった。図－Ⅲ.1.141に吸水率（7日後）と上面の塩化物イオン量の関係を示す。

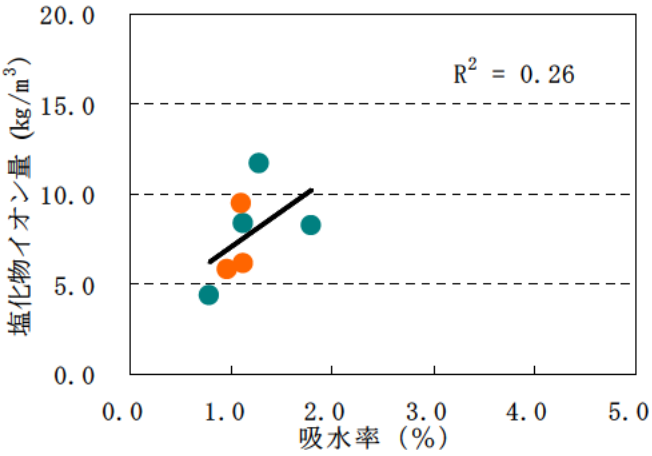




a）全ての形態（n＝21）



b）単独形（n＝13）

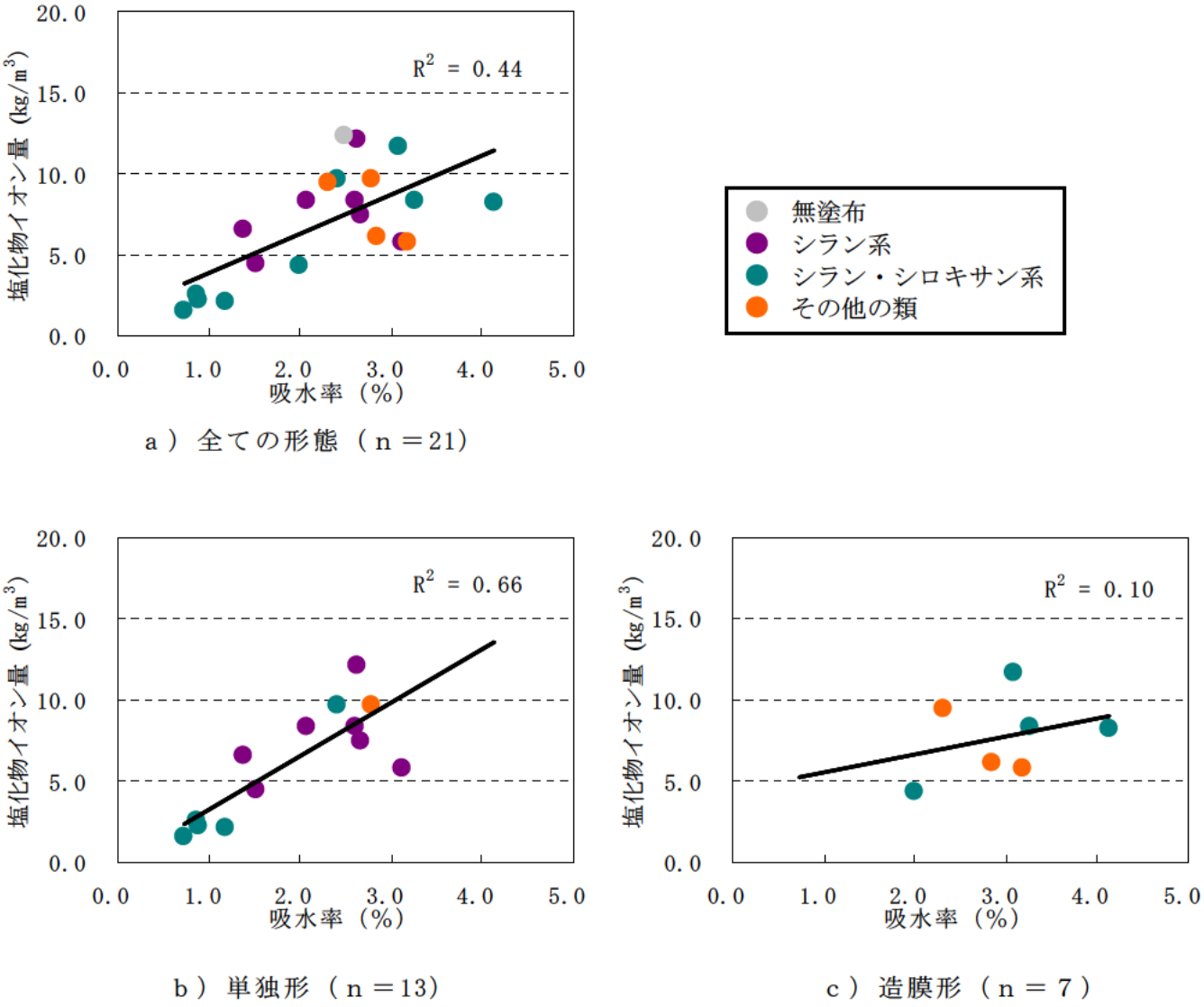


c）造膜形（n＝7）

図－Ⅲ.1.141　吸水率（7日後）と上面の塩化物イオン量

b)45 日後の吸水率

45 日後の吸水率と上面の塩化物イオン量の関係を確認すると、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.44 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.66 であった。図－Ⅲ.1.142 に吸水率（45 日後）と上面の塩化物イオン量の関係を示す。



a）全ての形態（n＝21）

b）単独形（n＝13）

c）造膜形（n＝7）

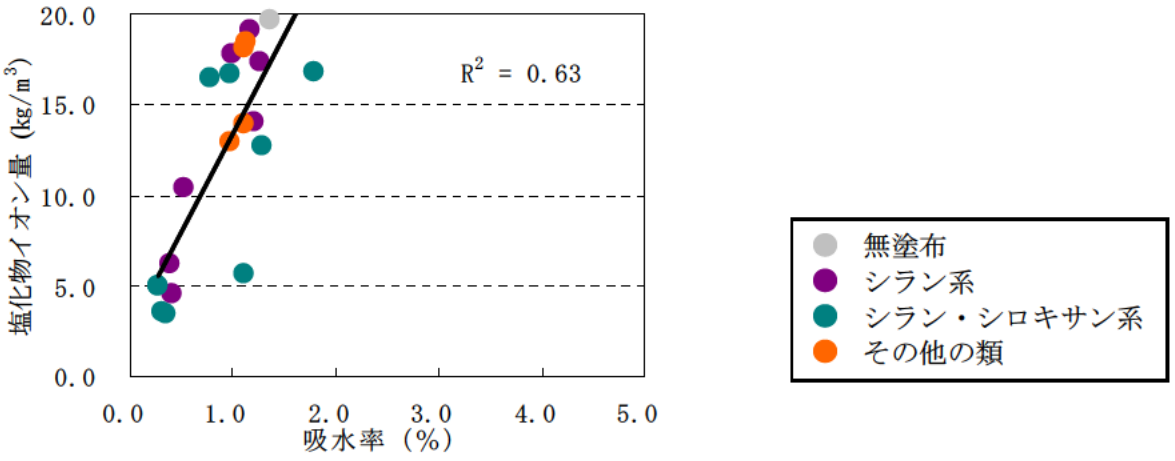
図－Ⅲ.1.142　吸水率（45 日後）と上面の塩化物イオン量

ⅱ）吸水率と下面の塩化物イオン量の関係

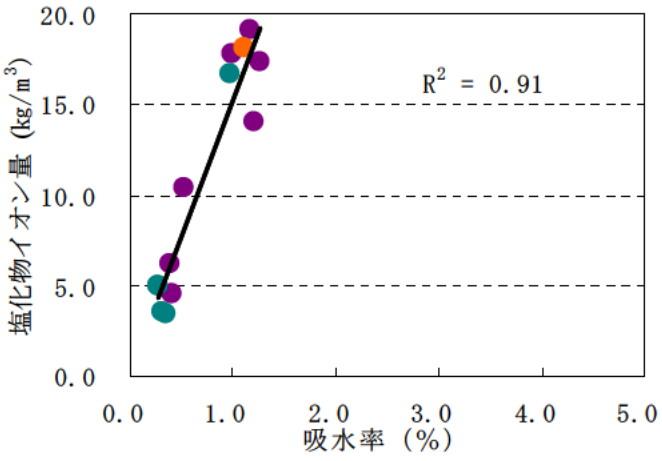
a）７日後の吸水率

７日後の吸水率と下面の塩化物イオン量の関係を確認すると、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.63 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.90 で高い関係が認められた。

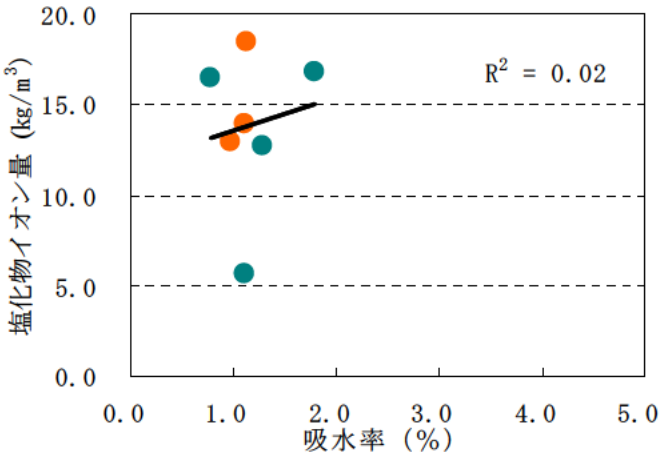
図－Ⅲ.1.143 に吸水率（７日後）と下面の塩化物イオン量の関係を示す。



ａ）全ての形態（ｎ＝21）



ｂ）単独形（ｎ＝13）



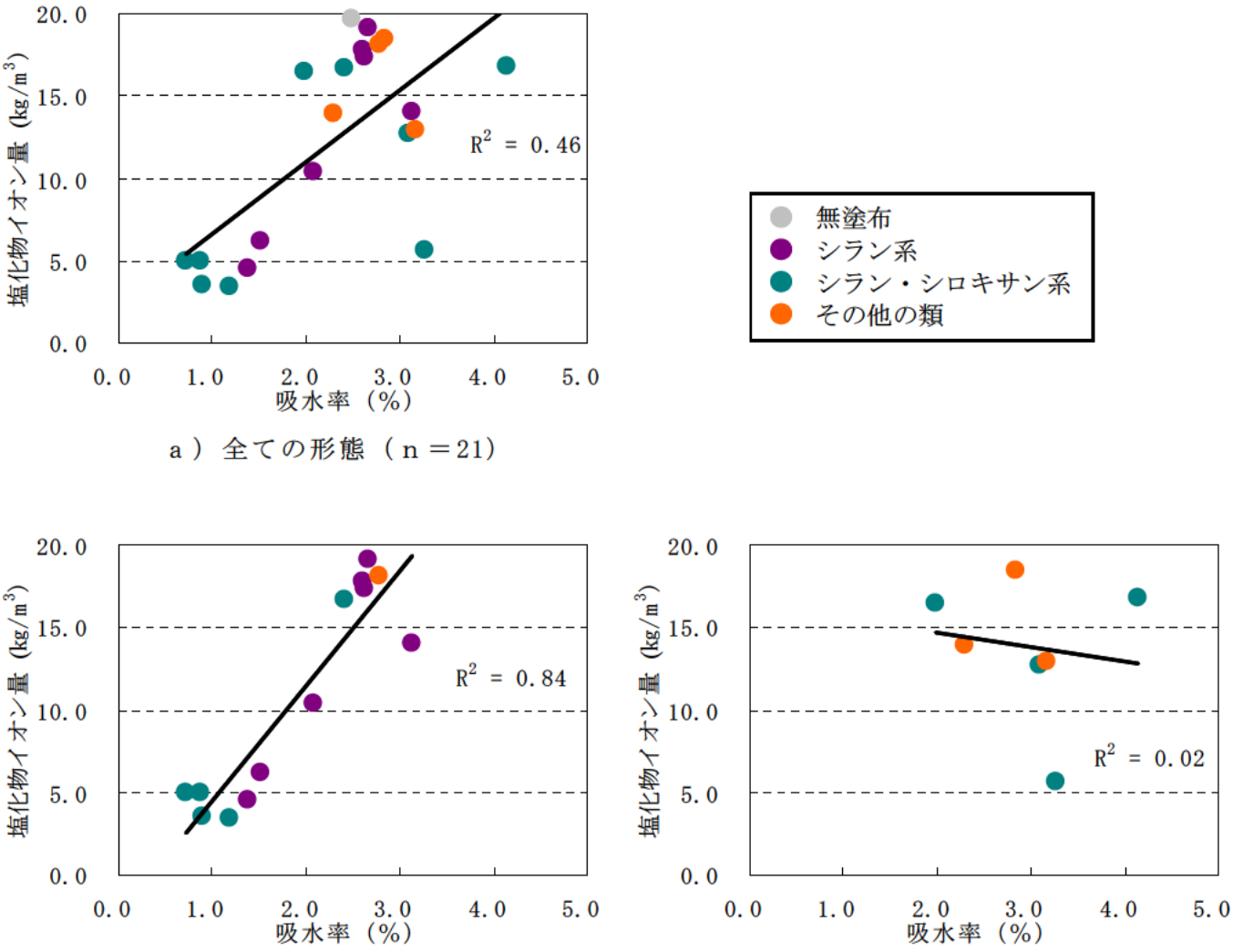
ｃ）造膜形（ｎ＝７）

図－Ⅲ.1.143　吸水率（７日後）と上面の塩化物イオン量

b)45 日後の吸水率

45 日後の吸水率と下面の塩化物イオン量の関係を確認すると、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.46 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.84 で高い関係が認められた。

図－Ⅲ.1.144 に吸水率（45 日後）と下面の塩化物イオン量の関係を示す。



a）全ての形態（n＝21）

b）単独形（n＝13）

c）造膜形（n＝7）

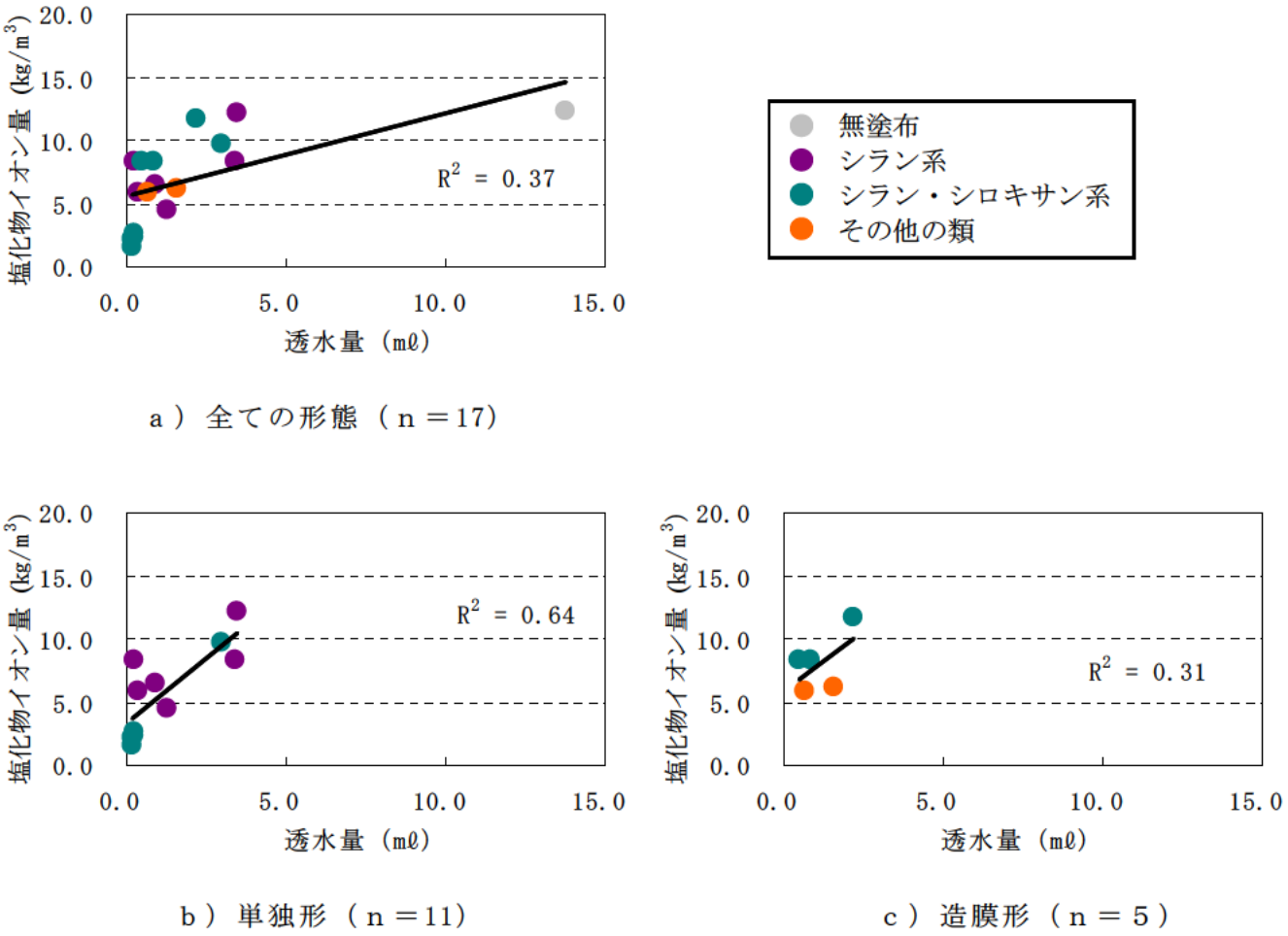
図－Ⅲ.1.144　吸水率（45 日後）と上面の塩化物イオン量

５）塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係

ｉ）上面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係

上面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係を確認すると、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.37 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.64 であった。図－Ⅲ.1.145 に上面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係を示す。

注）室内試験の透水量で、No. ２、12、19、20 は試験中に明らかな漏水が見られるため除外した。



ａ）全ての形態（ｎ＝17）

ｂ）単独形（ｎ＝11）

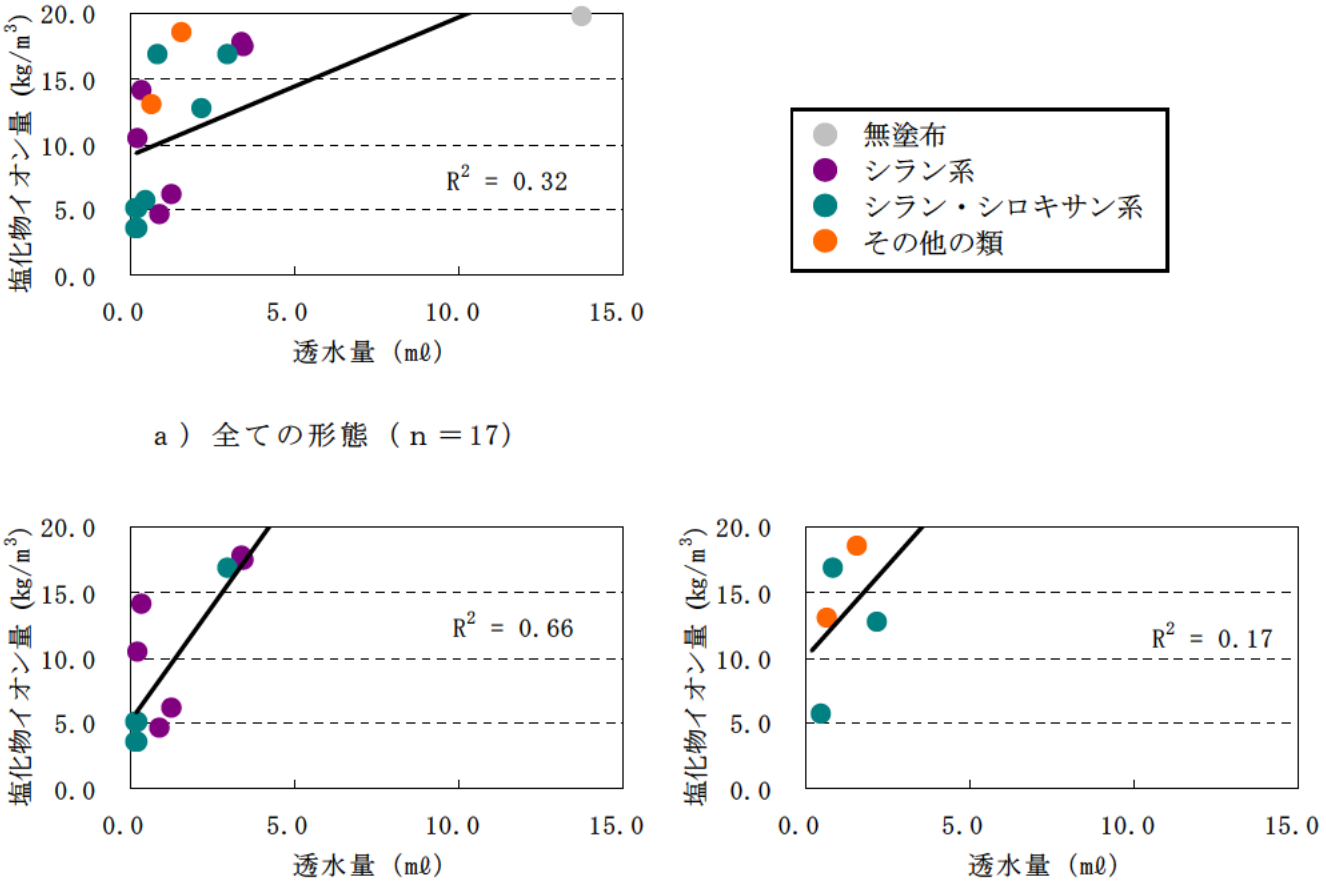
ｃ）造膜形（ｎ＝５）

図－Ⅲ.1.145　上面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）

ⅱ）下面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係

下面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係を確認すると、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.32 となり、単独形では寄与率（R^2）0.66 であった。図－Ⅲ.1.146 に下面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係を示す。

注）室内試験の透水量で、No. 2、12、19、20 は試験中に明らかな漏水が見られるため除外した。



a）全ての形態（n＝17）

b）単独形（n＝11）

c）造膜形（n＝5）

図－Ⅲ.1.146　下面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）

吸水率と透水量（室内試験）の関係も確認したが、関係は認められなかった。

また、透水量はつくばで５年間暴露した後にも測定しており、吸水率と透水量（つくば５年暴露）、塩化物イオン量と透水量（つくば５年暴露）の関係を確認したが、関係は認められなかった。

６）まとめ

水セメント比 54.5%の供試体の場合、コンクリート保護材の吸水量の暴露試験結果から以下の傾向が明らかになった。

①７日後の吸水率は、0.3%から 1.3%で 20 種類中７種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。また、45 日後の吸水率は、0.7%から 4.1%で 20 種類中４種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。

②上面の塩化物イオン量は 1.53kg/㎥から 12.12kg/㎥で 20 種類中９種類が、下面の塩化物イオン量は 3.47kg/㎥から 19.15kg/㎥で 20 種類中７種類が無塗布の半分以下の塩化物イオン量となった。

③上面の塩化物イオン量と下面の塩化物イオン量の関係は、全ての形態では寄与率（R^2）は 0.44 となり、単独形では関係が認められた（寄与率R^2＝0.70)。

④７日後の吸水率と上面の塩化物イオン量の関係は、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.57 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.65 であった。また、45 日後の吸水率と上面の塩化物イオン量の関係は、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.44 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.66 であった。

⑤７日後の吸水率と下面の塩化物イオン量の関係は、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.63 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.90 で高い相関が認められた。
また、45 日後の吸水率と下面の塩化物イオン量の関係は、全ての形態では寄与率（R^2）が 0.46 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.84 で高い相関が認められた。

⑥上面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係は、全ての形態では寄与率（R^2）0.37 となり、単独形では寄与率（R^2）が 0.64 であった。

⑦下面の塩化物イオン量と透水量（室内試験）の関係は、全ての形態では寄与率（R^2）0.32 となり、単独形では寄与率（R^2）0.66 であった。

⑧吸水率と透水量（室内試験)、吸水率と透水量（つくば５年暴露)、塩化物イオン量と透水量（つくば５年暴露）には関係が認められなかった。

２．第２次性能評価試験

２．１　供試材料

保護材は、材料の基本性能試験、促進試験および暴露試験を実施した。評価対象とした保護材を表－Ⅲ.2.1に示す。また、確認した性能評価試験を表－Ⅲ.2.2に示す。

表－Ⅲ.2.1　第２次性能評価試験の供試材料

No.	系　統	分　類		成　分		有効成分量（%）	塗布量（g/㎡）	形　態	造膜成分
		大分類	中分類	主成分	副成分				
1	水　系	シリコーン類	シラン系	シラン	－	80	200	単独形	－
2						30	120		
3	溶剤系					20	200		
4						40	250		
5						20	120		
6						20	250		
7	無溶剤系					100	200		
8						100	200		
9						100	200		
10	水　系		シラン・シロキサン系	シラン	シロキサン	80	200		
11						80	200		
12						80	300		
13						20	150		
14						50	200		
15	無溶剤系					100	200		
16						90	400		
17	水　系	その他の類		シラン	ふっ素	50	200		
18	溶剤系					26	200	造膜形	ふっ素樹脂系
19						40	200		
20	無塗布								

表－Ⅲ.2.2　性能評価試験

試　験	試験目的		性能評価試験
室内性能試験	基本試験	コンクリート表面または表層部での改質の程度	①表面撥水 ②浸透深さ ③透水性
	促進試験	原因物質の室内促進条件下劣化現象発生の判断	④塩化物イオン浸透性 ⑤中性化深さ
暴露試験	実環境における劣化現象発生の有無		①浸透深さ ②吸水量 ③塩化物イオン浸透性 ④中性化深さ

２．２　試験体の作製方法

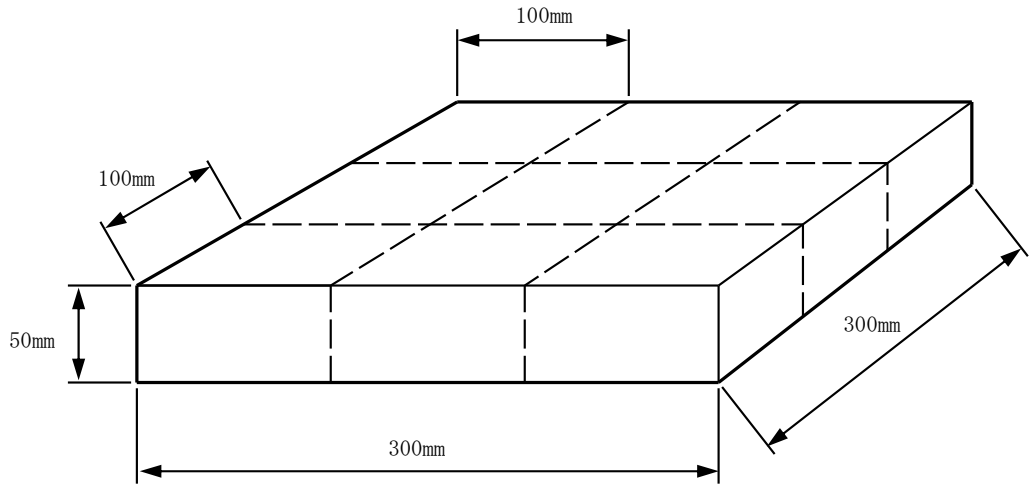
２．２．１　基材の作製

試験用基材は、モルタル基材、コンクリート基材とした。なお、試験体の切断で切断機の刃幅により数ミリの誤差を生じるが、試験に影響するものではなく、各々±３mm 程度の誤差は許容した。

（１）モルタル基材の作製

JSCE-F505「試験室におけるモルタルの作り方」に準拠し、水セメント比 50%、砂セメント比３のモルタルを練り混ぜ、金属製型枠を用いて 300mm×300mm×50mm に成形する。温度 20℃±３℃、相対湿度 80%以上の状態で 24 時間静置した後、脱型し、その後ラップにて包装し、ポリ袋で６日間養生し、28 日気中養生（23℃、50%RH）して作製した。

寸法 300mm×300mm×50mm に成形したモルタルの切断は、図－Ⅲ.2.1 のように行い、モルタル基板とした。

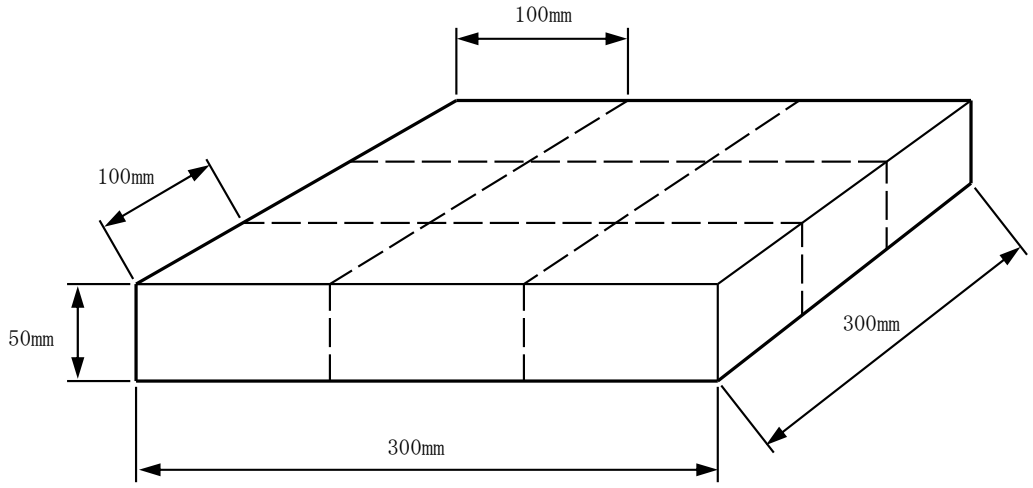


図－Ⅲ.2.1　モルタルの切断寸法

（２）コンクリート基板の作製

１）100mm×100mm×60mm コンクリート基板

JIS A 5371：2000「プレキャスト無筋コンクリート製品」に準拠し、100mm×100mm×50mm のモルタル基材の作製に準じて、成形、養生した。寸法 300mm×300mm×60mm に成形したコンクリートの切断は、図－Ⅲ.2.2 のように行い、コンクリート基板とした。使用材料および示方配合を表－Ⅲ.2.3 と表－Ⅲ.2.4 に示す。



図－Ⅲ.2.2　コンクリートの切断寸法

表－Ⅲ.2.3　使用材料

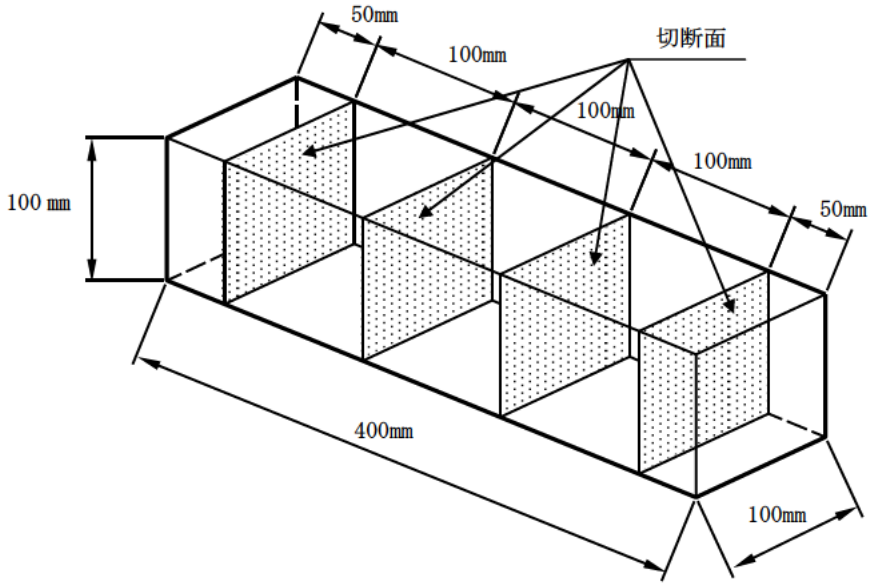
材料	記号	摘要
水	W	栃木県　地下水
セメント	C	普通ポルトランドセメント　密度：3.16g/cm^3
細骨材	S	栃木県葛生町産砕砂（硬質砂岩）　密度：2.62g/cm^3
粗骨材	G	栃木県葛生町産砕石（硬質砂岩）　密度：2.64g/cm^3
混和剤	Ad	変性リグニンスルホン酸系 AE 減水剤

表－Ⅲ.2.4　コンクリートの示方配合

粗骨材最大寸法（mm）	スランプ（cm）	水セメント比（%）	空気量（%）	細骨材率（%）
20	８±２	44	1.2	46
単位量（kg/m^3）				
W	C	S	G	Ad
165	375	849	1003	8.98

２）100mm×100mm×400mm のコンクリート基板

表－Ⅲ.2.6 に示す配合のコンクリートを用いて、寸法 100mm×100mm×50mm のモルタル基材の作製に準じて、成形、養生した。寸法 100mm×100mm×400mm に成形したコンクリートの切断は、図－Ⅲ.2.3 のように行い、コンクリート基板とした。使用材料および示方配合を表－Ⅲ.2.5 と表－Ⅲ.2.6 に示す。



図－Ⅲ.2.3　400mm×100mm×100mm コンクリートの切断寸法

表－Ⅲ.2.5　使用材料

材料	記号	摘要
水	W	上水道水(神奈川県茅ヶ崎市)
セメント	C	普通ポルトランドセメント　密度：3.16g/cm^3
細骨材	S	相模川系（神奈川県厚木市地区）　密度：2.63g/cm^3
粗骨材	G	相模川系（神奈川県厚木市地区）　密度：2.60g/cm^3
混和剤	Ad	変性リグニンスルホン酸系 AE 減水剤

表－Ⅲ.2.6　コンクリートの示方配合

粗骨材最大寸法（mm）	スランプ（cm）	水セメント比（%）	空気量（%）	細骨材率（%）
20	12±2	57.0	2±2	46.4
単位量（kg/m^3）				
W	C	S	G	
162	285	874	1030	

２．２．２　試験体の作製

試験体の作製は、次に示す方法により作製した。

（１）モルタル基板

養生終了後、JIS R 6255「研磨ディスク」に規定するディスクを用いて、表－Ⅲ.2.9 に示す試験用基板の塗布面を十分に研磨して、JIS K 5664 に規定する 1 種と同程度の性能を有するエポキシ樹脂でシールした。

なお、6 面に塗布する吸水量試験に用いる試験体については、全ての面について JIS R 6255「研磨ディスク」に規定するディスクを用いて十分に研磨し清掃した。その後、室温の条件下で、表－Ⅲ.2.9 に示す塗布面に、所定の仕様で保護材を塗布し、室温で 14 日間養生した、試験体とした。試験体の形状を図－Ⅲ.2.4 に示す。

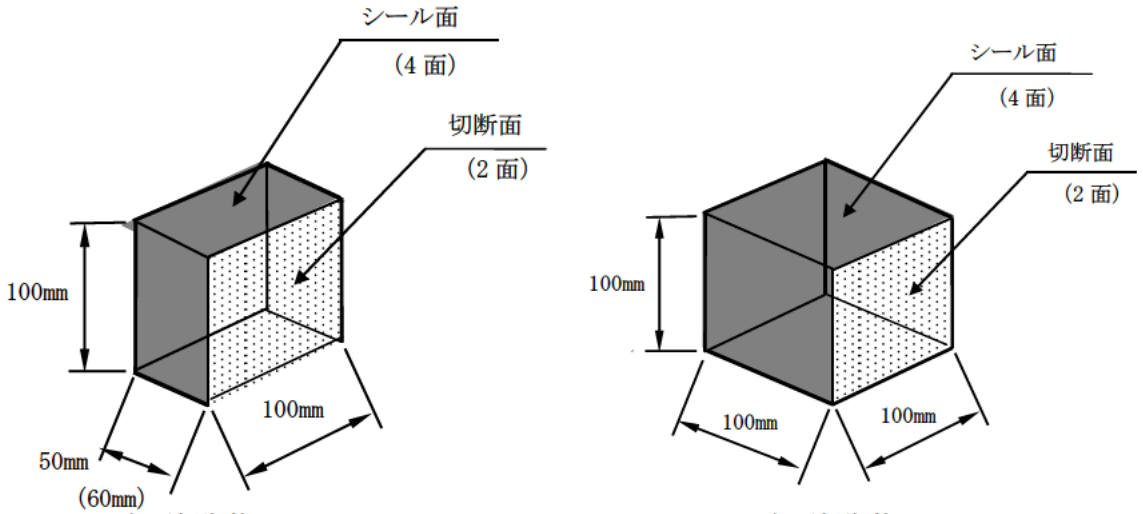
（２）コンクリート基板

養生終了後、JIS R 6255「研磨ディスク」に規定するディスクを用いて、表－Ⅲ.2.7に示す試験用基板の塗布面を十分に研磨して、エポキシ樹脂でシールした。なお、６面に塗布する吸水量試験に用いる試験体については、シール面以外の２面についてもJIS R 6255「研磨ディスク」に規定するディスクを用いて十分に研磨し清掃した。その後、室温の条件下で、表－Ⅲ.2.9に示す塗布面に所定の仕様で保護材を塗布し、室温で14日間養生した、試験体とした。試験体の形状を図－Ⅲ.2.4に示す。

表－Ⅲ.2.7　試験体の種類

試験の項目		基　材	試験体の寸法（mm）	試験体の塗布面
室内試験	吸水量	モルタル	100×100×50	A：型枠に接していた２側面
		コンクリート	100×100×60	A：シール面なしの６面
			100×100×100	B：切断面の２面
	吸塩水量	モルタル	100×100×50	A：型枠に接していた２側面
		コンクリート	100×100×60	A：シール面なしの６面
			100×100×100	B：切断面の２面
	浸透深さ	コンクリート	100×100×100	B：切断面の２面
	塩化物イオン量			
暴露試験	外観観察	コンクリート	100×100×60	A：型枠に接していた２側面
	浸透深さ			
	吸水量			
	中性化深さ			
	塩化物イオン量			
現場透水性試験		PC,RC コンクリート注）を用いた。		

注）詳細は、本報告書のⅣ．現場施工管理方法の検討に示す。



図－Ⅲ.2.4　試験体の形状

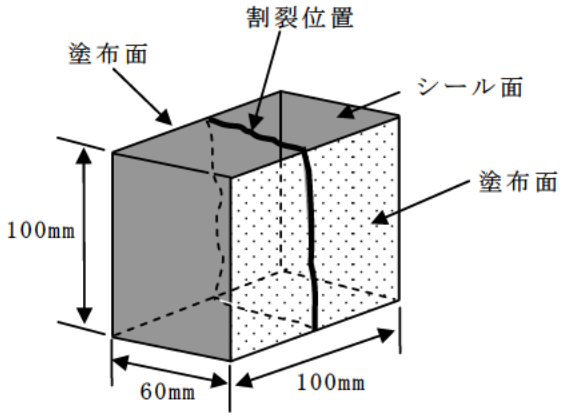
２．３　室内試験方法

２．３．１　浸透深さ

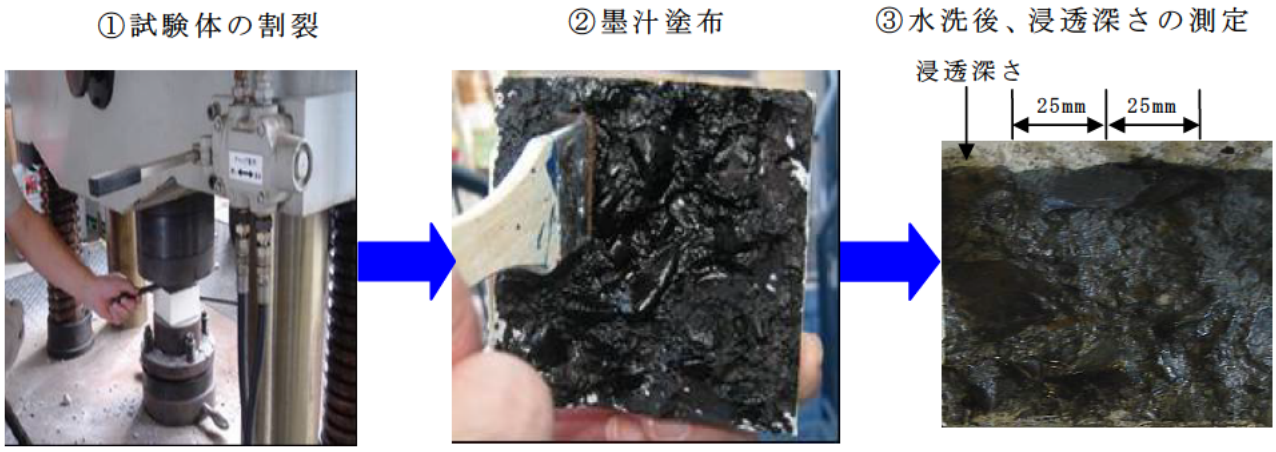
保護材は、コンクリート表面に塗布することで浸透し、コンクリート表層部に撥水箇所ができる。この撥水箇所は、コンクリートを割裂し、墨汁をつけ、水洗することによって未撥水箇所と区別でき、保護材塗布面からの厚さとして測定することができる。この厚さを浸透深さと呼ぶことにし､保護材の浸透性の把握や浸透深さと暴露前の試験体の吸水量，塩化物イオン浸透性との関係を調べた。

（１）試験方法

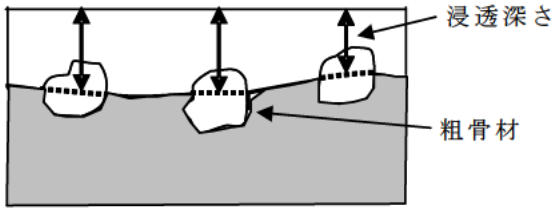
図－Ⅲ.2.5 および図－Ⅲ.2.6 に示すように、寸法 100mm×100mm×60mm の試験体の塗布面中央部で２分割するため、試験体シール面に鋼製丸棒を置き、その上から圧力をかけることで割裂した。割裂後、２分割した試験体の片方に墨汁を塗布し、水洗した。水洗後、0.1mm まで測定できるクラックスケールを用いて浸透深さを測定した。測定箇所は、保護材塗布面中央部および中央部から 25mm の片面３箇所とした｡測定箇所に粗骨材がある場合は、図－Ⅲ．２．７に示すように測定した。



図－Ⅲ.2.5　試験体形状



図－Ⅲ.2.6　墨汁法による浸透深さの測定フロー



図－Ⅲ.2.7　測定箇所に粗骨材がある場合の測定方法

（２）評価方法

浸透深さは、片面３箇所の測定値を平均し、四捨五入によって少数点以下１桁となるように算出した。評価方法は、Ⅲ．１．３．３(２)の方法にて行った。

２．３．２　透水量

（１）試験方法

試験方法は、Ⅲ　２．３．４（１）と同様の方法にて試験を行った。

（２）評価方法

評価方法は、Ⅲ　２．３．４（２）と同様の方法にて評価を行った。

２．３．３　吸水量

第１次試験では透水量により保護材を塗布した試験体の水に対する抵抗性を確認したが、試験中に水漏れが多く発生し誤差も大きくなった。そのため、第２次試験では吸水量も測定することで水に対する抵抗性を確認した。

試験体の大きさや塗布面数による影響を調べるため、100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）と 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）と 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（６面塗布）のコンクリート３種類を使用した。また、基材による差を確認するため 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）のモルタルを使用した。

（１）試験方法

浸漬試験は、23℃に空調を設定した室内で行い予め室温に合わせておいた水道水に 126 日間または 217 日間浸漬した。試験体は 10 ㎜のスペーサー上に塗布面を横にして置き、試験体上部から水面は常時 20 ㎜程度を確保した。写真－Ⅲ.2.1 に試験体の浸漬状態を示す。



写真－Ⅲ.2.1　試験体の浸漬状態

（２）評価方法

各試験体は質量が異なるため､吸水量を試験体の質量で除した吸水率を用いて考察した。

$$W_n = [\ (w_n - w_0)\ /\ w_0\ ] \times 100 \cdots\cdots (1)$$

ここに、W_n：ｎ日間浸漬後の吸水率（％）

w_n：ｎ日間浸漬後の試験体の質量（ｇ）

w_0：浸漬前の試験体の質量（ｇ）

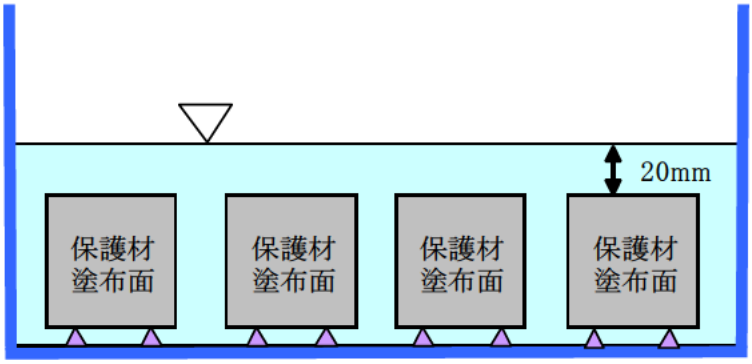
$w_n - w_0$：ｎ日間浸漬後の吸水量（ｇ）

２．３．４　塩化物イオン浸透性

濃度 10％の塩化ナトリウム水溶液に期間浸漬することによって全塩化物イオンをJCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法:日本コンクリート工学協会」によって測定した｡また､浸漬期間による重量変化測定を全塩化物イオンの測定前に行った。

（１）試験方法

試験体の浸漬試験は、試験期間が短い場合や浸漬溶液の濃度が低い場合に、保護材の性能を数値的に把握することが難しくなることを考慮して､温度 20℃±２℃で濃度 10％の塩化ナトリウム水溶液に 126 日間浸漬した。浸漬は、図－Ⅲ.2.8 に示すポリエチレン製容器を用い、隣接する試験体などの影響をなくすため、10mm 程度のスペーサー上に、塗布面を横向きに置いた。また、水圧の影響を考慮して試験体上部から水面までの距離を浸漬期間中、20mm 程度として一定に保つように調整し、試験容器を密閉して塩分濃度が変化しないように調整した。浸漬期間は、JSCE-G 527-2003「浸漬コンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法（案)」の塩化物イオンの浸透の目安を参考に 126 日間行った。



図－Ⅲ.2.8　塩化物イオン浸透性試験方法

１）質量変化の測定

質量変化の測定は、濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬から次式によって、質量変化やよび重量変化率を求めた。なお、浸漬期間を 126 日としたが、所定の期間の重量変化測定も同様に求めた。

$$W = [(w_n - w_o) / w_o] \times 100$$

ここに、W ：塩水浸漬試験 126 日後の質量変化率（%）

w_n：塩水浸漬試験 126 日後の試験体の質量（g）

w_o：塩水浸漬前における試験体の質量（g）

$w_n - w_o$：塩水浸漬試験 126 日後の質量変化（g）

２）塩化物イオンの定量

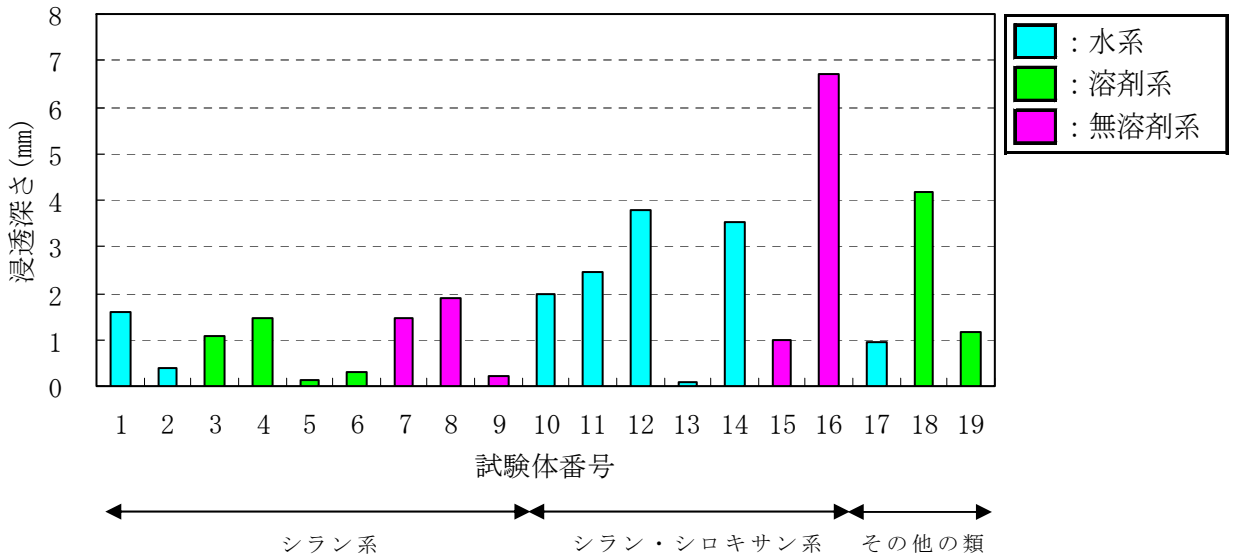
保護材塗布面（表面）から深さ方向、0 から 10mm, 10mm から 20mm, 20mm から 30mm 位置の塩化物イオン量を測定した。試験体に浸透した塩化物イオンの測定は、JCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法:日本コンクリート工学協会」によって塩化物イオン濃度を測定した。測定は、切断した試験片を JIS Z 8801「標準ふるい」の 149μm を全通させるように微粉砕して電位差滴定法の手順に従って、塩化物イオンの定量を行った。

２．４　室内試験結果

２．４．１　浸透深さ

（１）浸透深さの測定結果

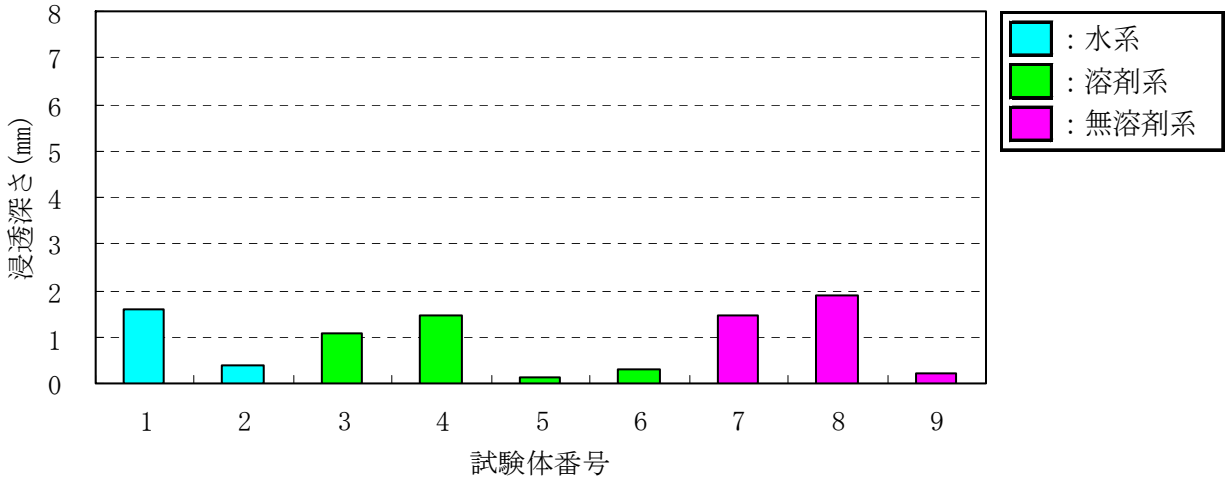
全ての系の浸透深さを図－Ⅲ.2.9に示す。水セメント比44%の基材用コンクリートに塗布した時の浸透深さの平均値は1.8mmであった。シラン系では、無溶剤系単独形(No.８)が最も大きい値を示した。シラン・シロキサン系では、無溶剤系単独形(No.16)が最も大きい値を示した。その他の類では、溶剤系造膜形(No.18)が最も大きい値を示した。



図－Ⅲ.2.9　全ての系の浸透深さ

（２）シラン系

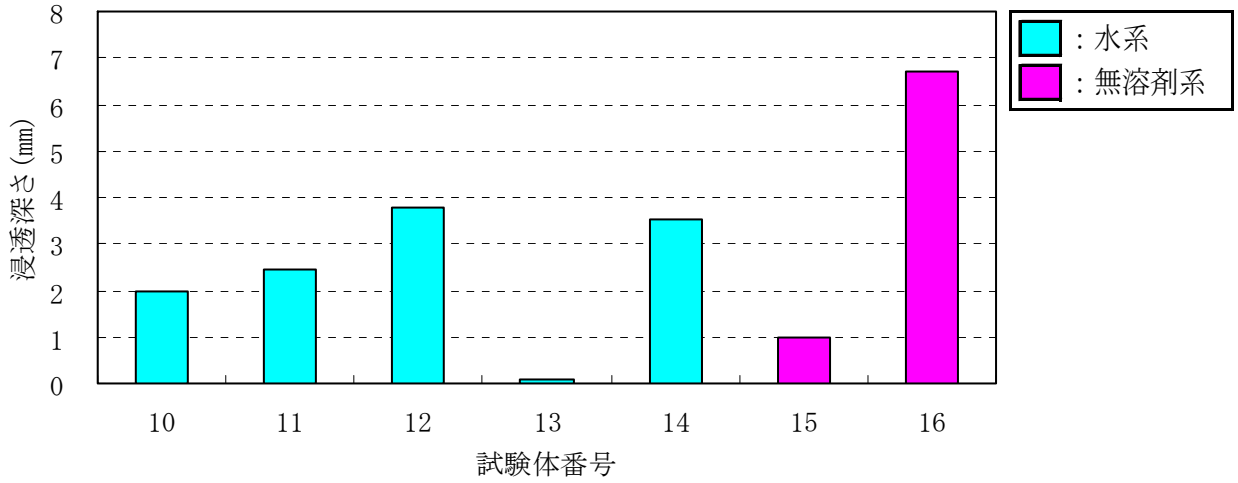
水系、溶剤系、無溶剤系の浸透深さを図－Ⅲ.2.10 に示す。No.８が最も浸透深さが大きかった。



図－Ⅲ.2.10　シラン系の浸透深さ

（３）シラン・シロキサン系

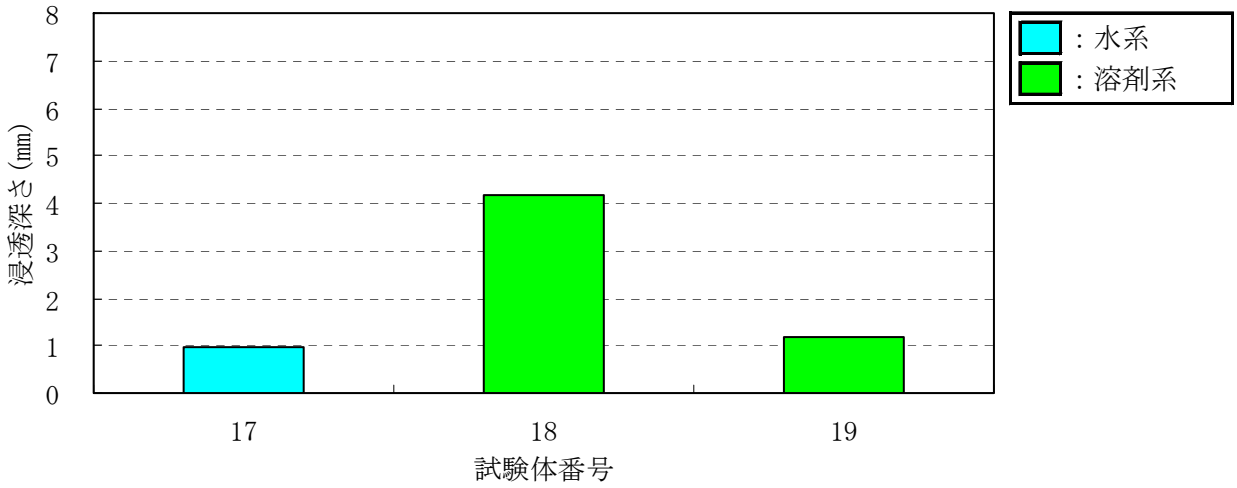
水系、無溶剤系の浸透深さを図－Ⅲ.2.11 に示す。No.16 は、顕著に大きな浸透深さが認められた。



図－Ⅲ.2.11　シラン・シロキサン系の浸透深さ

（４）その他の類

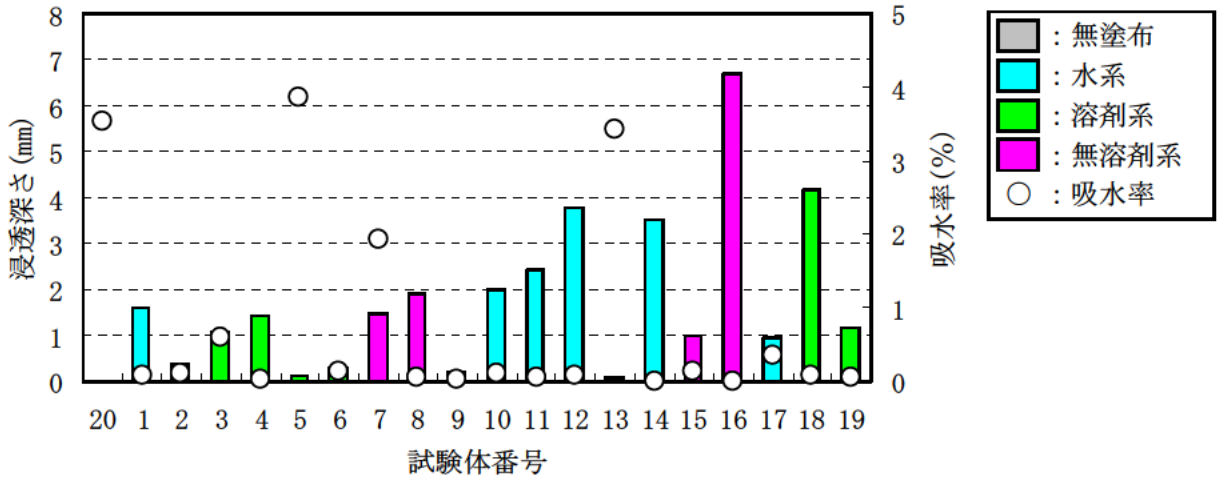
水系、溶剤系の浸透深さを図－Ⅲ.2.12 に示す。No.18 が最も浸透深さが大きかった。



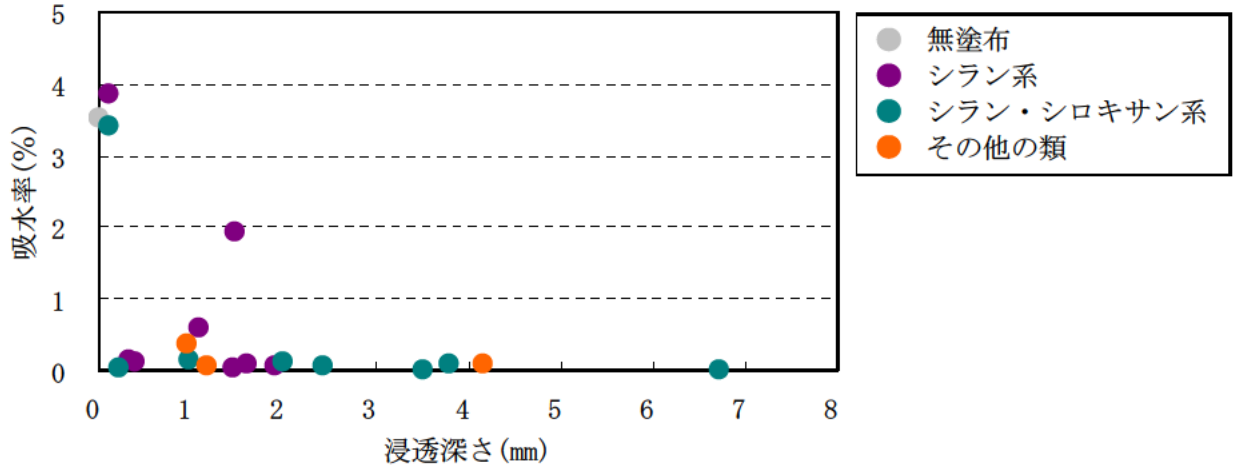
図－Ⅲ.2.12　その他の類の浸透深さ

（５）浸透深さと吸水量の関係

ここでは浸透深さと吸水量の関係を調べるため、浸透深さと水浸漬 72 時間後の吸水率（Ⅲ.2.4.4　吸水量参照）を調べた。浸透深さと水浸漬 72 時間後の吸水率を図－Ⅲ.2.13 と図－Ⅲ.2.14 に示す。浸透深さと水浸漬 72 時間後の吸水率の寄与率（R^2）は 0.20 であった。



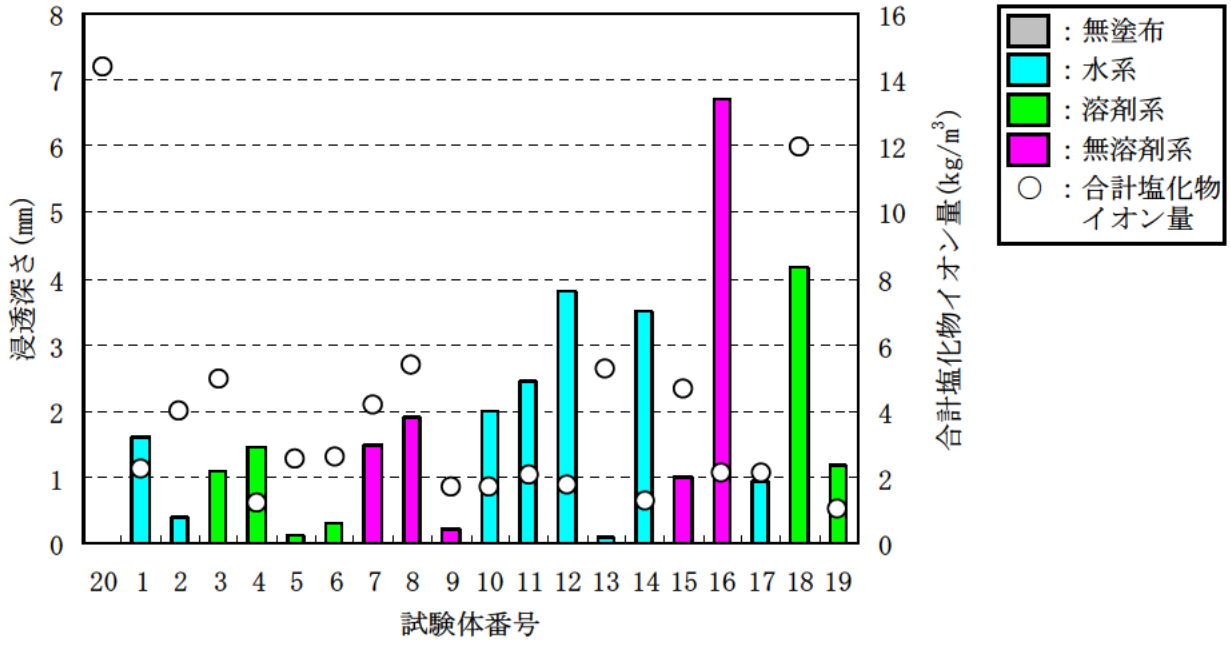
図－Ⅲ.2.13　浸透深さと吸水率



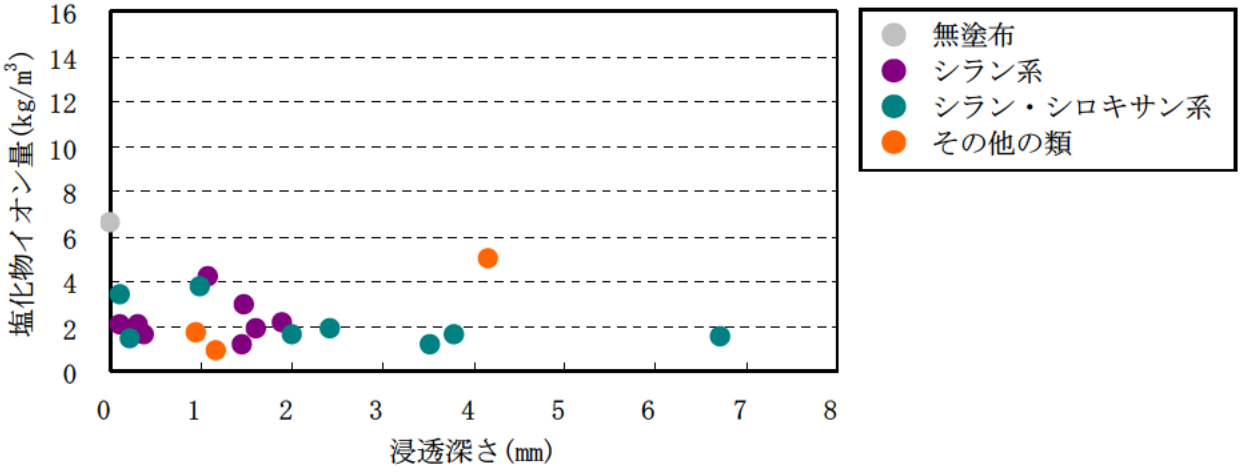
図－Ⅲ.2.14　浸透深さと吸水率（ｎ＝20）

（６）浸透深さと塩化物イオン浸透性の関係

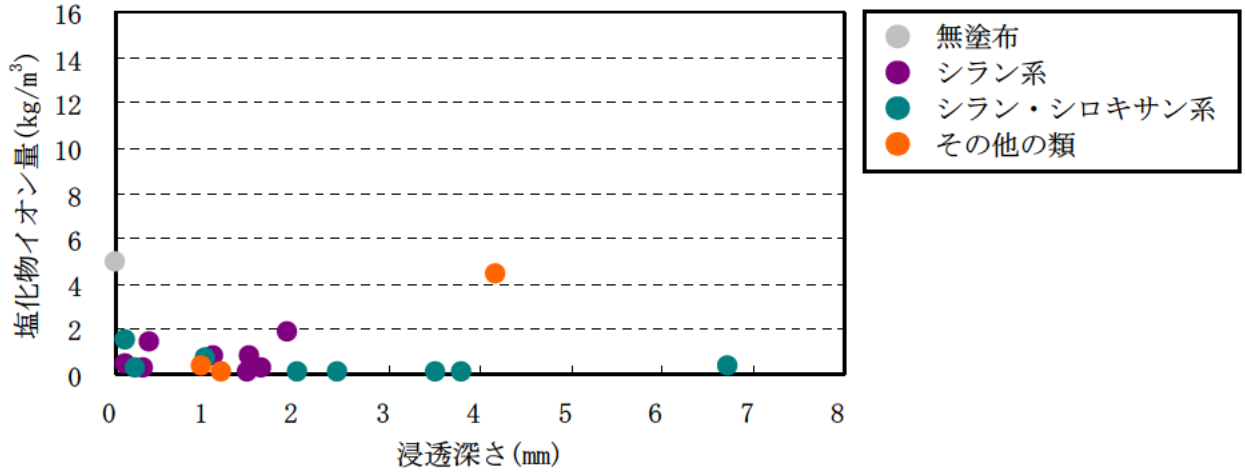
ここでは浸透深さと塩化物イオン浸透性の関係を調べるため、浸透深さと濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中への浸漬 126 日後の塩化物イオン量（Ⅲ.2.4.5　塩化物イオン浸透性参照）を調べた。浸透深さと保護材塗布面からの深さ 0 から 30mm の合計塩化物イオン量を図－Ⅲ.2.15 に示す。浸透深さと保護材塗布面からの深さ 0 から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm の塩化物イオン量および浸透深さと保護材塗布面からの深さ 0 から 30mm の合計塩化物イオン量を図－Ⅲ.2.16 に示す。浸透深さと塗布面からの深さ 0 から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置の塩化物イオン量および浸透深さと保護材塗布面からの深さ 0 から 30mm の合計塩化物イオン量の寄与率（R^2）は、それぞれ、0.03, 0.00, 0.00, 0.01 であった。



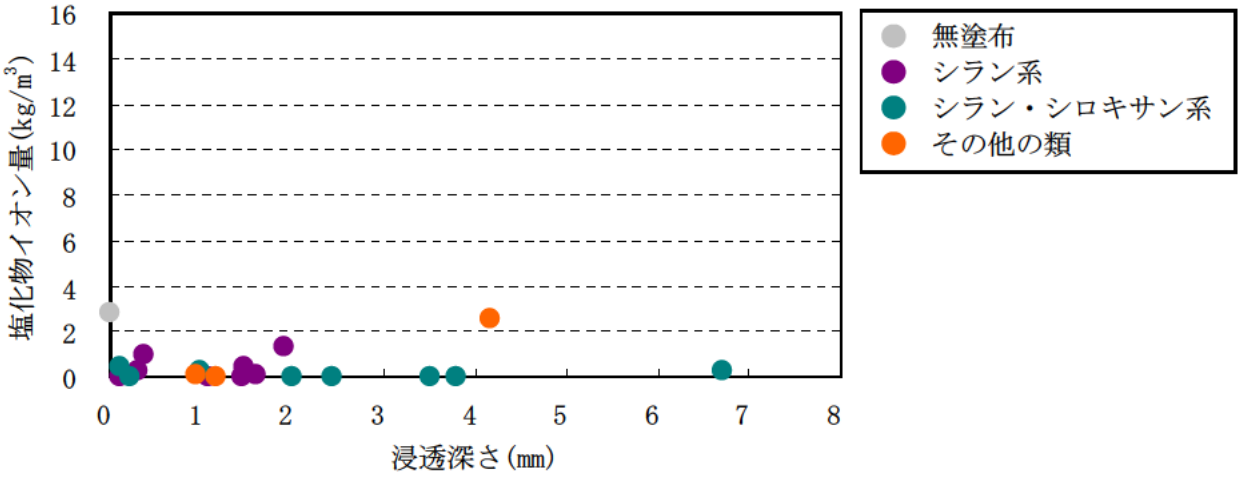
図－Ⅲ.2.15　浸透深さと合計塩化物イオン量



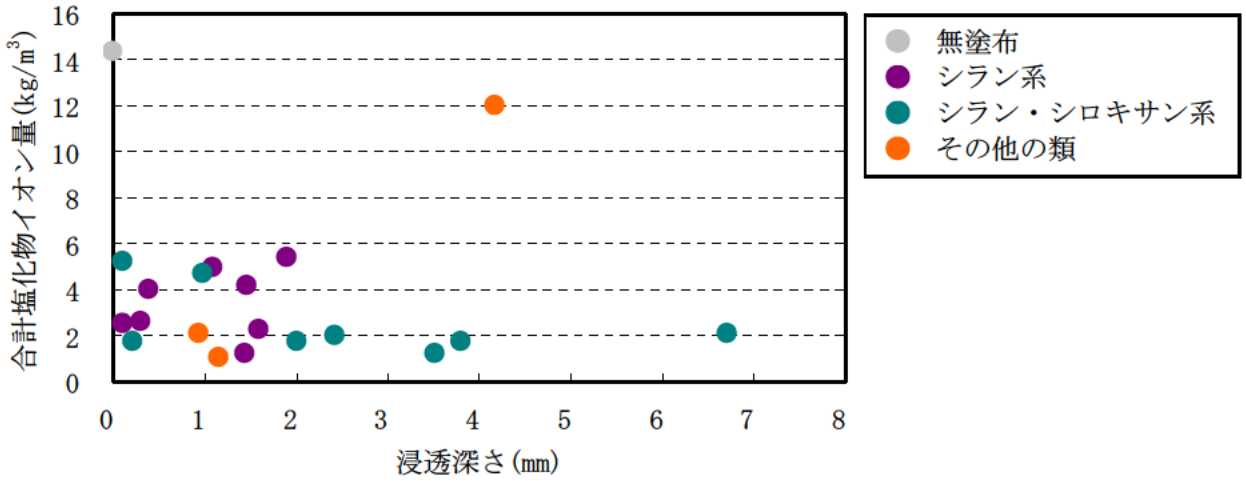
a ） 0～10mm



b ） 10mm～20mm



c） 20mm～30mm



d） 0～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅲ.2.16　浸透深さと塩化物イオン量（ｎ＝20）

（７）まとめ

室内試験結果から以下のことが明らかになった。

①水セメント比 44%の基材用コンクリートに塗布した時の全ての系の浸透深さの平均値は 1.8mm であった。

②シラン系およびシラン・シロキサン系において、無溶剤系が最も浸透深さが大きかった。

③その他の類において、溶剤系が最も浸透深さが大きかった。

④浸透深さと水浸漬 72 時間後の吸水率の寄与率 R^2 は 0.20 であった。

⑤浸透深さと保護材塗布面からの深さ 0 から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm の塩化物イオン量および浸透深さと保護材塗布面からの深さ 0 から 30mm の合計塩化物イオン量の寄与率（R^2）は、0.03, 0.00, 0.00, 0.01 であった。

２．４．２　透水量

１次性能評価試験と同様の試験方法で透水量を測定するとともに、実環境に沿うように試験体を促進中性化させてから保護材を塗布し、透水量を測定した。

（１）透水量の測定結果

１次試験と同様に１，３，５，８，24 時間の透水量測定結果を表－Ⅲ.2.8 に示す。

表－Ⅲ.2.8　透水量測定結果

No.	系　統	中分類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.1	0.2	0.3	0.3	0.8
2				0.2	0.6	0.9	1.2	3.5
3	溶剤系			0.1	0.3	0.5	0.8	2.4
4				0.3	1.6	2.8	3.5	8.5
5				0.3	0.5	0.7	1.0	3.6
6				0.1	0.3	0.4	0.6	1.2
7	無溶剤系			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8				0.0	0.2	0.2	0.2	0.2
9				0.0	0.0	0.1	0.2	1.1
10	水　系	シラン・シロキサン系		0.1	0.2	0.2	0.3	0.8
11				0.0	0.0	0.1	0.2	0.9
12				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13				0.6	1.2	1.7	2.2	4.2
14				0.1	0.2	0.3	0.6	1.4
15	無溶剤系			0.2	0.2	0.3	0.4	0.6
16				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	水　系	その他の類		0.1	0.2	0.2	0.3	1.0
18	溶剤系		造膜形	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19				0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
20	無塗布			0.8	1.9	2.6	3.0	6.1

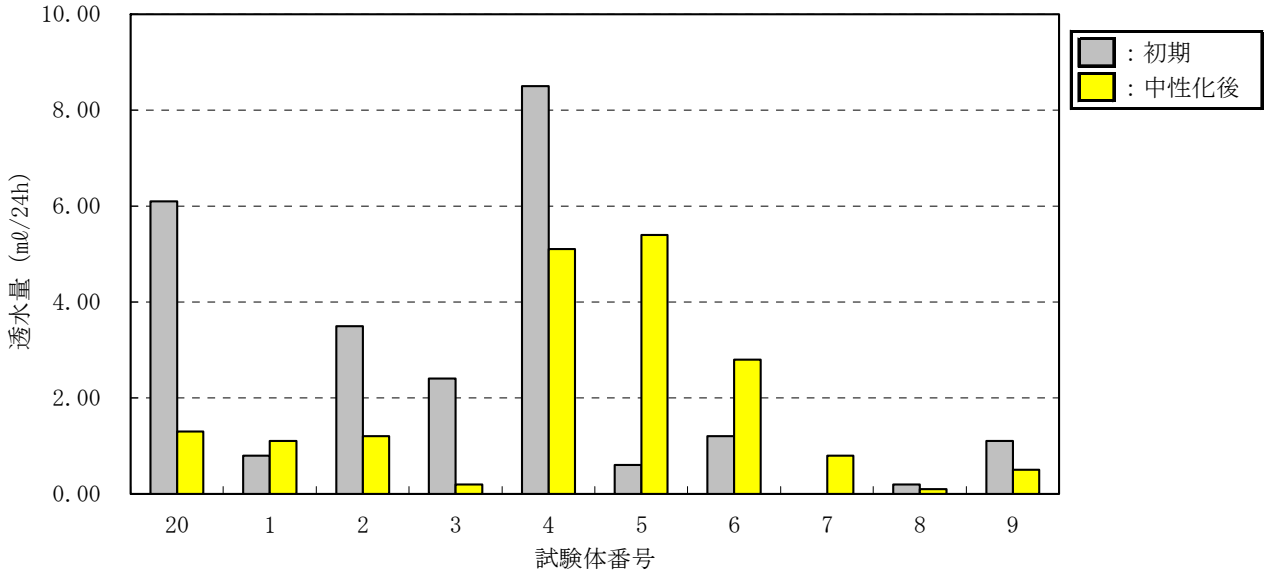
中性化した試験体の透水量測定結果を表－Ⅲ.2.9に示す。無塗布試験体と中性化後の無塗布試験体では、中性化後の無塗布試験体の透水量が少なかった。

表－Ⅲ.2.9　中性化後の透水量測定結果

No.	系　統	中分類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.2	0.4	0.5	0.7	1.1
2				0.0	0.1	0.3	0.5	1.2
3	溶剤系			0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
4				0.2	1.0	1.5	2.4	5.1
5				0.3	1.3	2.2	3.7	5.4
6				0.1	0.5	0.8	1.6	2.8
7	無溶剤系			0.1	0.1	0.2	0.3	0.8
8				0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
9				0.1	0.2	0.2	0.3	0.5
10	水　系	シラン・シロキサン系		0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
11				0.1	0.2	0.3	0.4	0.7
12				0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
13				0.1	0.3	0.4	0.7	1.1
14				0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
15	無溶剤系			0.1	0.7	1.3	2.1	4.1
16				0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
17	水　系	その他の類		0.2	0.4	0.9	1.9	3.0
18	溶剤系		造膜形	0.1	0.3	0.5	1.1	2.1
19				0.2	1.0	1.7	2.8	5.6
20	無塗布			0.1	0.1	0.2	0.4	0.7

１）シラン系の傾向

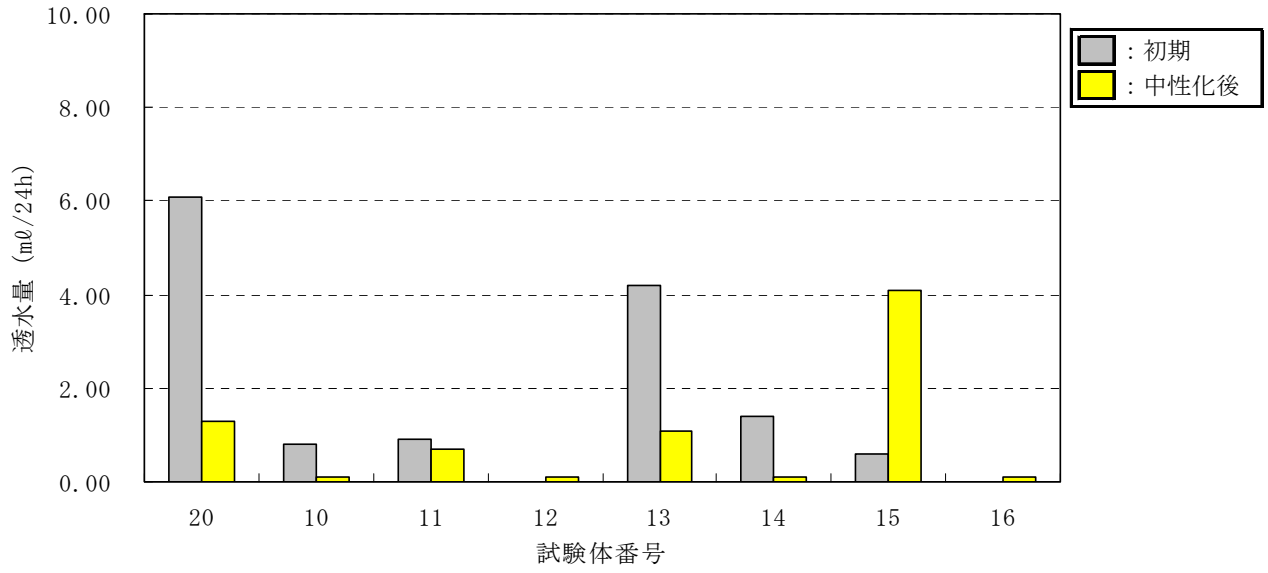
図－Ⅲ.2.17にシラン系の透水量結果を示す。No.５，６（ともに溶剤系），No.７（無溶剤系）は、中性化後の試験体の透水量が増える傾向であった。



図－Ⅲ.2.17　シラン系の透水量

２）シラン・シロキサン系の傾向

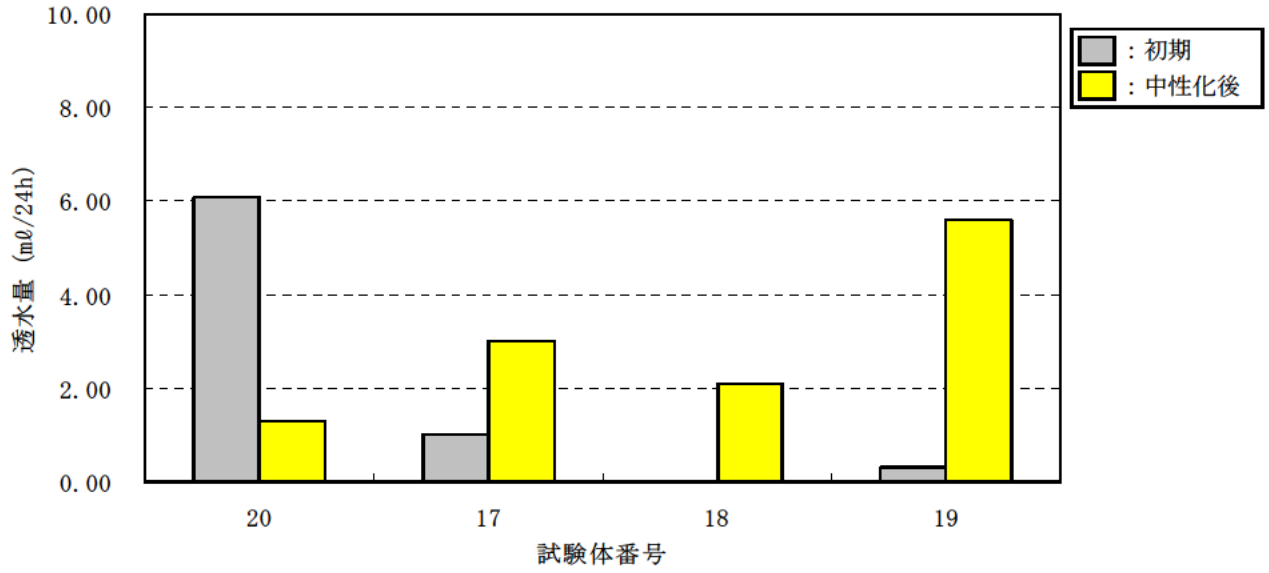
図－Ⅲ.2.18 にシラン・シロキサン系の透水量結果を示す。No.15（無溶剤系）は、中性化した試験体の透水量が増える傾向であった。



図－Ⅲ.2.18　シラン・シロキサン系の透水量

３）その他の類の傾向

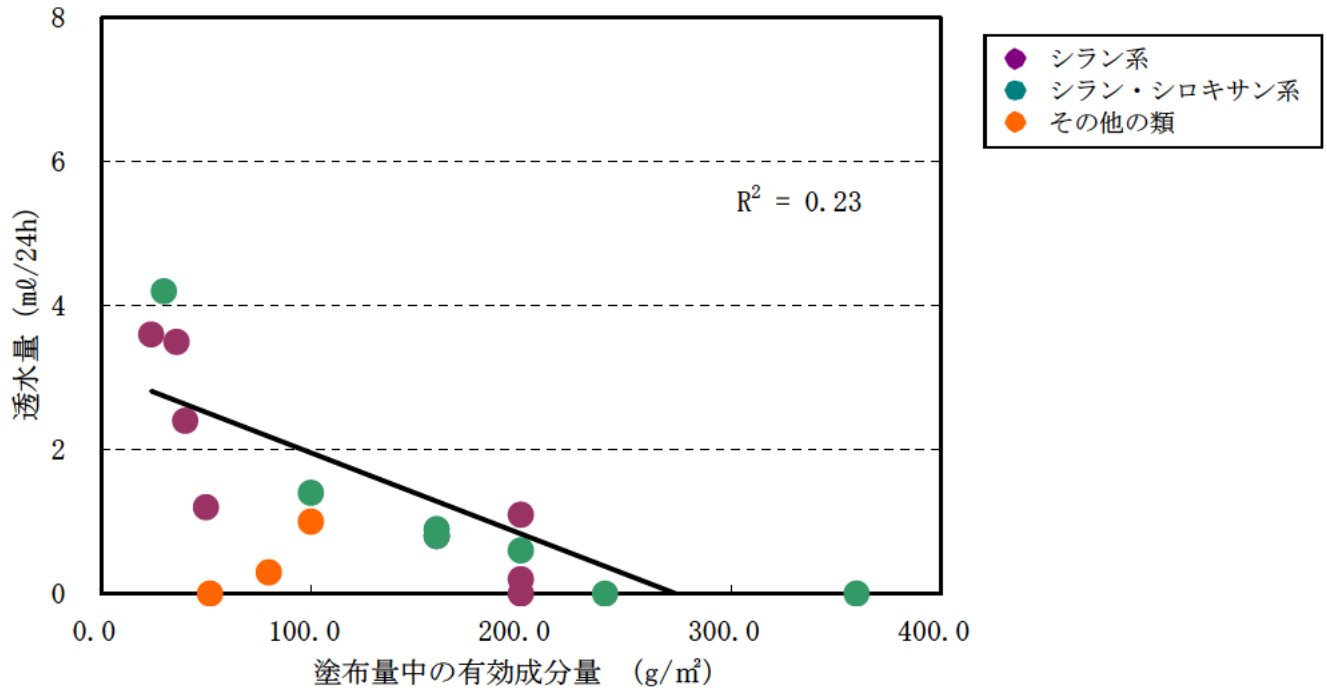
図－Ⅲ.2.19 にその他の類の透水量結果を示す。中性化した試験体では、透水量が多くなる傾向であった。



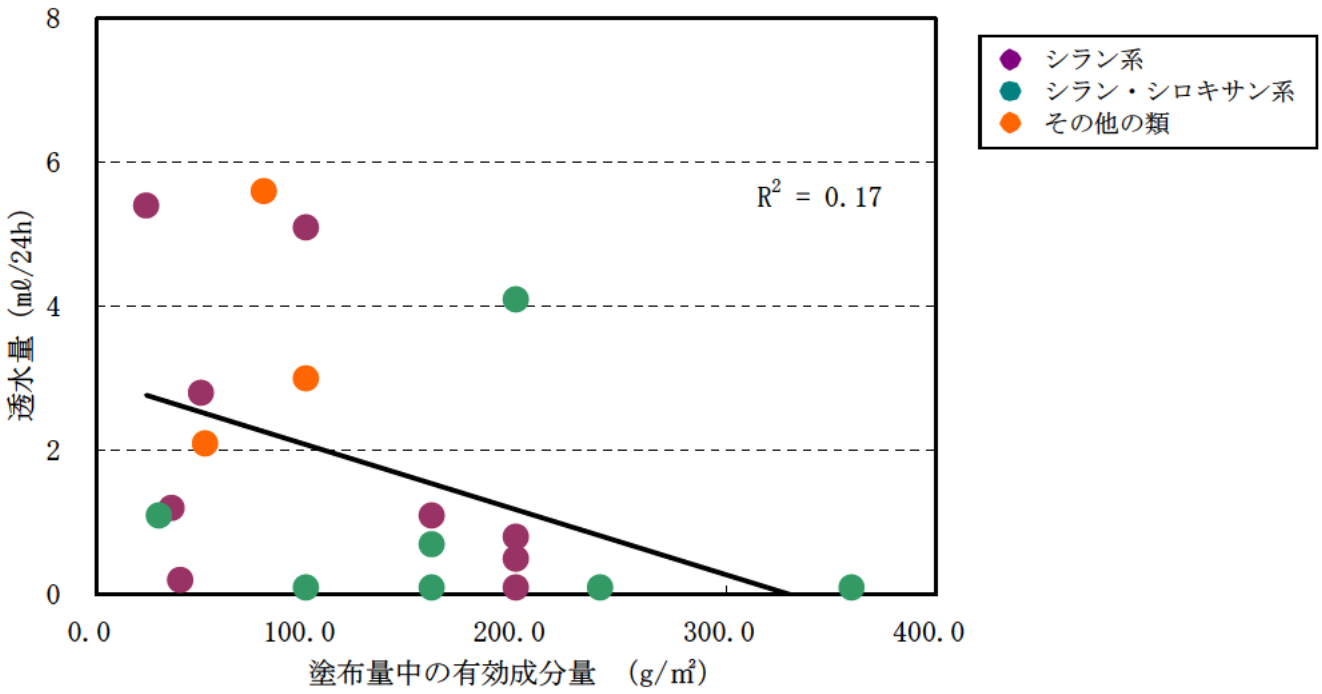
図－Ⅲ.2.19　その他の類の透水量

（２）透水量と塗布量中の有効成分量との関係

１次試験と同様に透水量と塗布量中の有効成分量には大きな影響があると考えた。透水量と塗布量中の有効成分量との関係を図－Ⅲ.2.20 に、中性化後の透水量と塗布量中の有効成分量との関係を図－Ⅲ.2.21 に示す。透水量と塗布量中の有効成分量との寄与率（R^2）が 0.23、中性化後の試験体では 0.17 と低く、関係が認められなかった。



図－Ⅲ.2.20　透水量と塗布量中の有効成分量との関係（ｎ＝19）



図－Ⅲ.2.21　中性化後の試験体の透水量と塗布量中の有効成分量との関係（ｎ＝19）

（３）まとめ

透水量の暴露試験結果から以下の傾向が明らかになった。

①無塗布の中性化後の試験体は、透水量が少ない傾向であった。

②分類別では、シラン・シロキサン系の透水量が少ない傾向であった。その他の類では、中性化した試験体の透水量が多くなる傾向であった。

③系統別（水系と溶剤系）による差は認められなかった。

④透水量と塗布量中の有効成分量との寄与率が低く、関係は認められなかった。

⑤透水量と浸透深さとの寄与率が低く、関係は認められなかった。

２．４．３　吸水量

（１）大きさと塗布面数の異なる試験体

コンクリートで大きさや塗布面数による影響を調べるため水に 126 日間浸漬し、式（１）により求めた吸水率を表－Ⅲ.2.10 に示す。

$$W_n = [\,(w_n - w_0) \,/\, w_0\,] \times 100 \cdots\cdots (1)$$

ここに、W_n：ｎ日間浸漬後の吸水率（％）

w_n：ｎ日間浸漬後の試験体の質量（ｇ）

w_0：浸漬前の試験体の質量（ｇ）

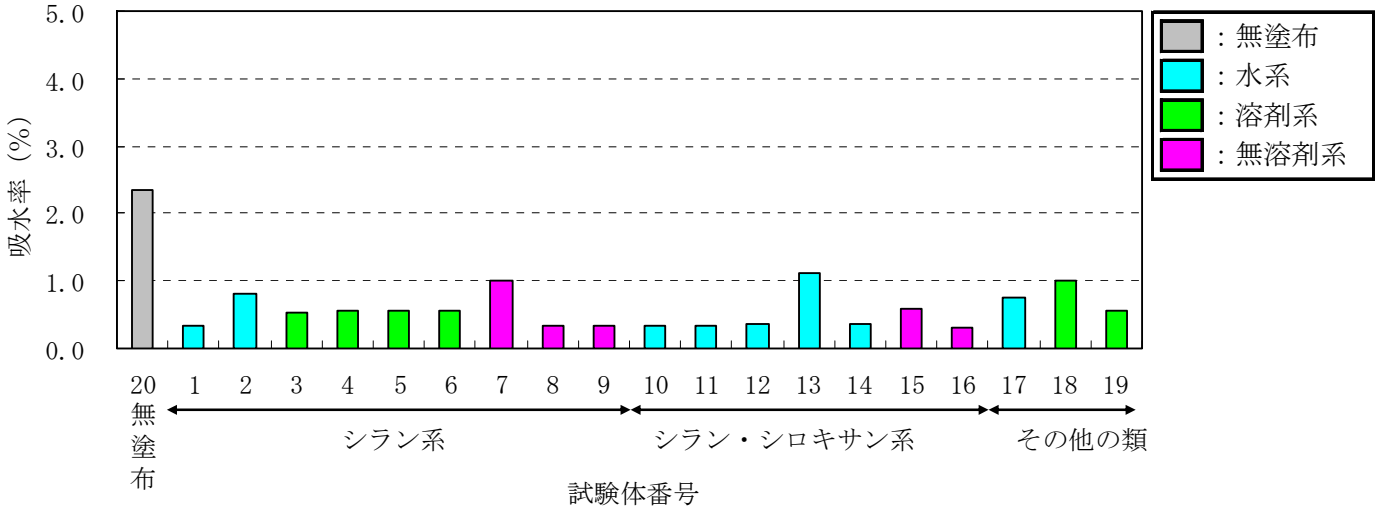
$w_n - w_0$：ｎ日間浸漬後の吸水量（ｇ）

表－Ⅲ.2.10　大きさと塗布面数の異なる試験体での吸水率（126 日間浸漬）

No.	系　統	中分類	形　態	造膜成分	吸水率（％）		
					100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜ 2 面塗布	100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜ 2 面塗布	100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜ 6 面塗布
1	水　系	シラン系	単独形	－	0.3	0.4	0.8
2					0.8	1.0	1.3
3	溶剤系				0.5	0.5	1.1
4					0.6	0.4	1.0
5					0.6	0.7	1.2
6					0.6	0.6	1.1
7	無溶剤系				1.0	1.2	0.9
8					0.3	0.4	0.7
9					0.3	0.4	0.7
10	水　系	シラン・シロキサン系			0.3	0.4	0.8
11					0.3	0.4	0.8
12					0.4	0.4	0.7
13					1.1	1.3	2.1
14					0.4	0.4	0.8
15	無溶剤系				0.6	0.8	1.5
16					0.3	0.3	0.5
17	水　系	その他の類			0.8	1.0	1.8
18	溶剤系		造膜形	ふっ素樹脂系	1.0	1.2	2.3
19					0.6	0.6	1.3
20	無塗布				2.4	2.4	2.7

１）寸法 100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）

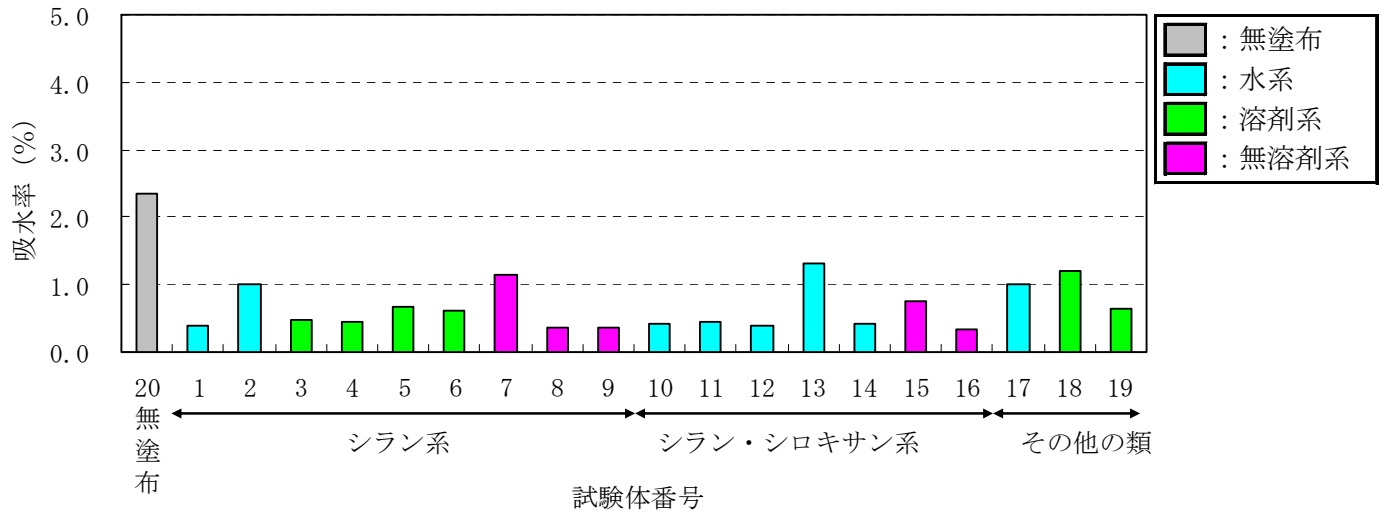
吸水率は 0.3％から 1.1％で全ての試験体が無塗布の半分以下の吸水率となった。図－Ⅲ.2.22 に分類による吸水率を示す。



図－Ⅲ.2.22　100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）の吸水率

２）寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）

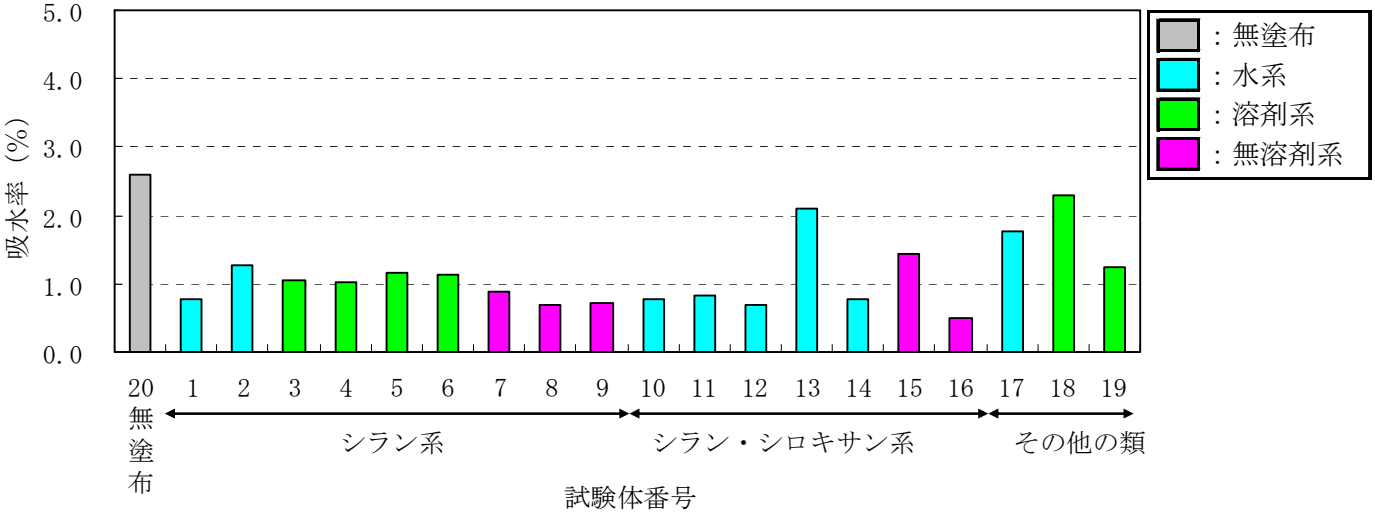
吸水率は 0.3%から 1.3%で、19 種類中 16 種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。図－Ⅲ.2.23 に分類による吸水率を示す。



図－Ⅲ.2.23　100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）の吸水率

３）寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（６面塗布）

吸水率は 0.7%から 2.3%で、19 種類中 16 種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。図－Ⅲ.2.24 に分類による吸水率を示す。



図－Ⅲ.2.24　100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（６面塗布）の吸水率

（２）基材の異なる試験体

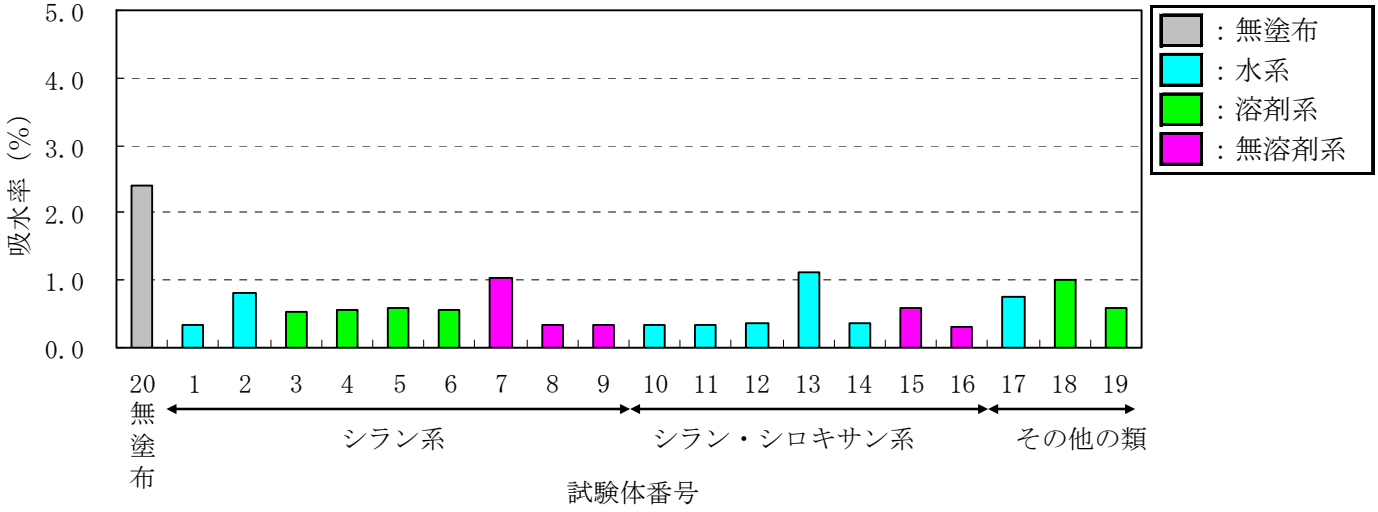
基材による影響を調べるため、モルタルとコンクリートを用いて水に 217 日間浸漬し、式（１）により求めた吸水率を表－Ⅲ.2.11 に示す。

表－Ⅲ.2.11　基材の異なる試験体での吸水率（217 日間浸漬）

No.	系　統	中分類	形　態	造膜成分	吸水率（%）	
					モルタル 100 ㎜×100 ㎜×50 ㎜ ２面塗布	コンクリート 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜ ２面塗布
1	水　系	シラン系	単独形	－	1.5	0.4
2					1.7	3.1
3	溶剤系				1.7	2.4
4					1.4	3.0
5					2.0	4.6
6					1.8	2.5
7	無溶剤系				1.8	3.8
8					1.5	1.0
9					1.2	1.8
10	水　系	シラン・シロキサン系			1.4	2.0
11					1.5	2.8
12					1.3	1.6
13					1.8	4.0
14					1.6	1.2
15	無溶剤系				1.4	1.6
16					1.0	0.8
17	水　系	その他の類			1.5	3.0
18	溶剤系		造膜形	ふっ素樹脂系	1.5	1.2
19					1.5	2.1
20	無塗布				2.2	4.0

１）モルタル

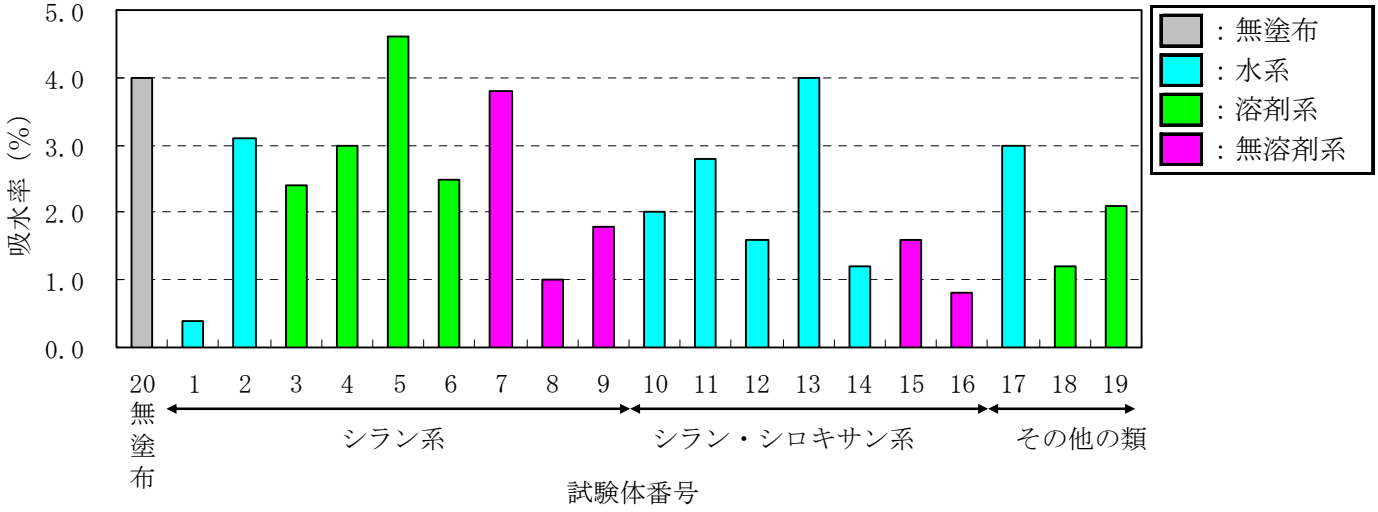
吸水率は 0.3%から 1.1%で、全ての試験体が無塗布の半分以下の吸水率となった。図－Ⅲ.2.25 に分類による吸水率を示す。



図－Ⅲ.2.25　モルタルの吸水率

２）コンクリート

吸水率は 0.4%から 4.6%で、19 種類中 9 種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。図－Ⅲ.2.26 に分類による吸水率を示す。



図－Ⅲ.2.26　コンクリートの吸水率

（３）試験体寸法による吸水率

１）大きさ

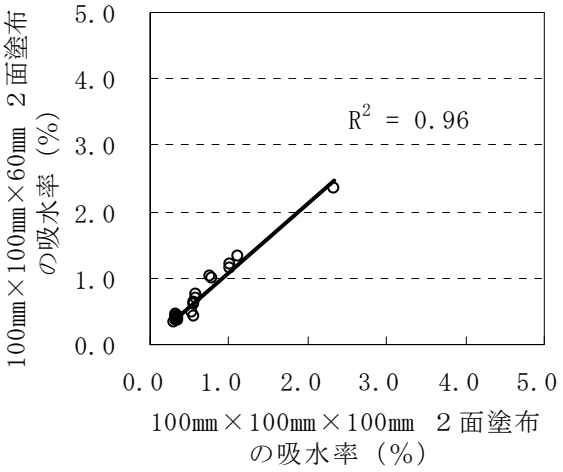
寸法 100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）と寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）を比較すると、吸水率に差はなく、寄与率（R^2）は 0.96 と高い関係が認められた。

２）塗布面数

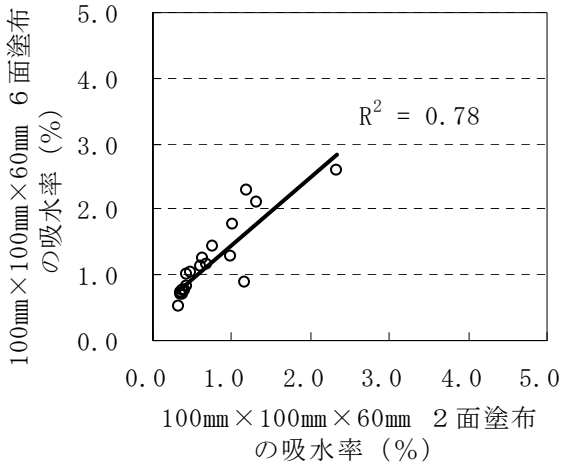
寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（水セメント比 44.0%、２面塗布）と寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（水セメント比 44.0%、６面塗布）を比較すると、寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（水セメント比 44.0%、６面塗布）の方が大きい吸水率となり、寄与率（R^2）は 0.78 と関係が認められた。

３）基材

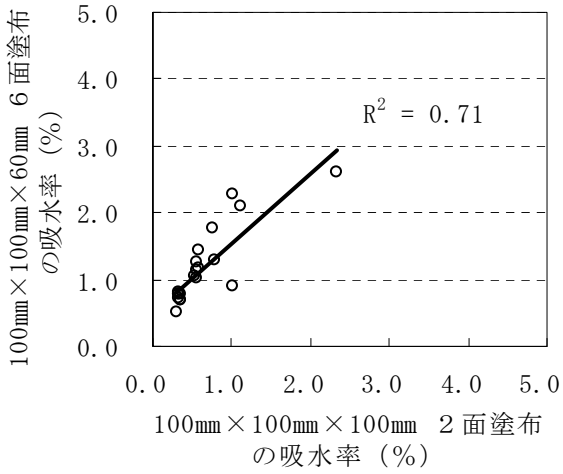
モルタルとコンクリートを比較すると、コンクリートの方が吸水率が大きくなり、寄与率（R^2）は 0.48 であった。図－Ⅲ.2.27 に試験体の違いによる吸水率の関係を示す。



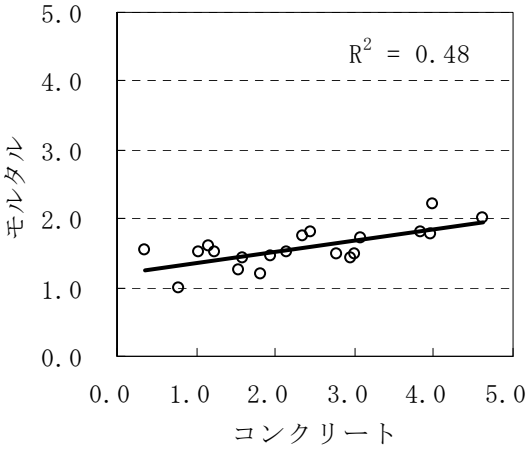
ａ）試験体の大きさが異なる場合



ｂ）試験体の塗布面数が異なる場合



ｃ）試験体の大きさと塗布面数が異なる場合



ｄ）基材が異なる場合

図－Ⅲ.2.27　試験体寸法による吸水率

（４）吸水率と吸塩水率

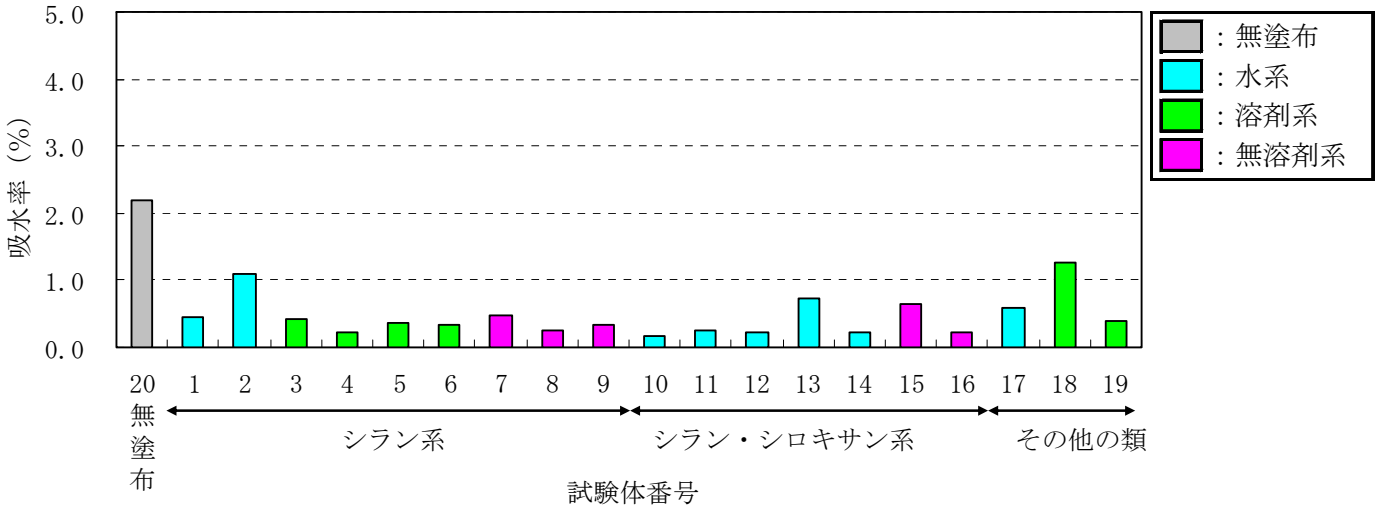
試験体の大きさや塗布面数を変えて吸水量を測定した際に、100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）で塩化物イオン浸透性を実施しており、質量変化率を測定している。塩化物イオン浸透性の質量変化率を表－Ⅲ.2.12 に示す。なお、塩化物イオン浸透性の質量変化率は吸水率と分けるため吸塩水率とした。

表－Ⅲ.2.12　吸塩水率（126 日間浸漬）

No.	系　統	中分類	形　態	造膜成分	吸塩水率（%） 100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜ ２面塗布
1	水　系	シラン系	単独形	－	0.4
2					1.1
3	溶剤系				0.4
4					0.2
5					0.4
6					0.3
7	無溶剤系				0.7
8					0.3
9					0.3
10	水　系	シラン・シロキサン系			0.2
11					0.2
12					0.2
13					0.7
14					1.9
15	無溶剤系				0.7
16					0.2
17	水　系	その他の類			0.6
18	溶剤系		造膜形	ふっ素樹脂系	1.3
19					0.4
20	無塗布				1.4

１）吸塩水率

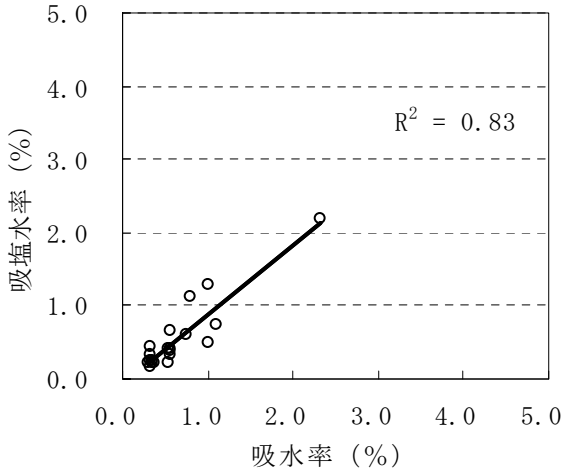
吸塩水率は 0.2%から 1.9%で、19 種類中 16 種類が無塗布の半分以下の吸塩水率となった。図－Ⅲ.2.28 に分類による吸塩水率を示す。



図－Ⅲ.2.28　100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）の吸塩水率

２）吸水率と吸塩水率の関係

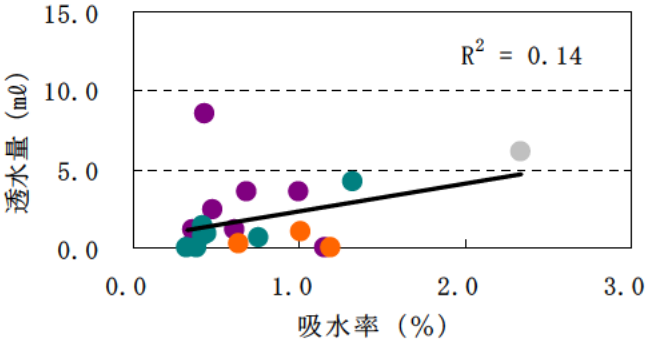
100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）を用いた吸水率と吸塩水率を比較すると、吸水率に差はなく、寄与率（R^2）は 0.83 と関係が認められた。図－Ⅲ.2.29 に吸水率と吸塩水率の関係を示す。

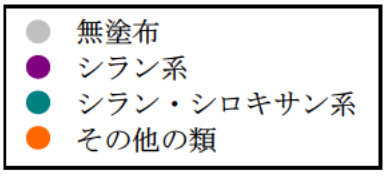


図－Ⅲ.2.29　吸水率と吸塩水率

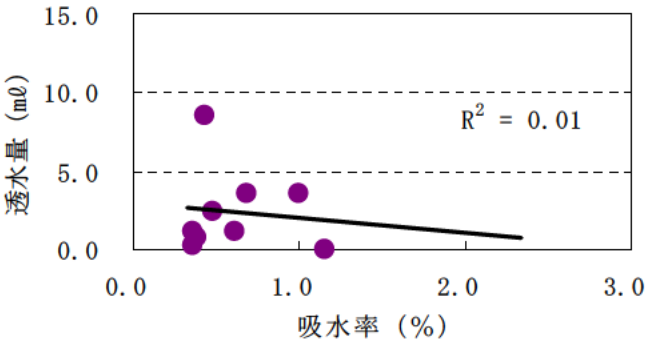
（５）吸水率と透水量（室内試験）との関係

第１次試験では透水量により試験体の水に対する抵抗性を確認している。透水量と同じ基材である 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（コンクリート、２面塗布）の吸水率と透水量（室内試験）の関係を確認すると、系統別、形態別では関係が認められなかったが、分類別で見るとシラン・シロキサン系の場合に関係が認められた（寄与率　R^2＝0.79）。図－Ⅲ.2.30 に 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）の吸水率と透水量の関係を示す。

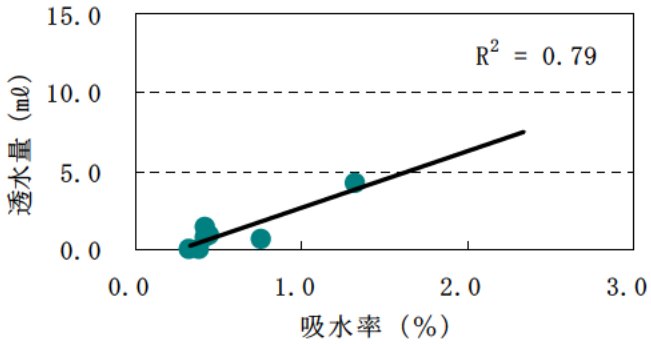




ａ）全ての分類（ｎ＝20）



ｂ）シラン系（ｎ＝９）



ｃ）シラン・シロキサン系（ｎ＝７）

図－Ⅲ.2.30　100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）の吸水率と透水量（室内試験）

（６）まとめ

水セメント比 44%、57%の供試体の場合、コンクリート保護材の室内試験の吸水量から以下の傾向が明らかになった。

①寸法 100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）、寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（６面塗布）寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（６面塗布）の全てが無塗布以下の吸水率で、ほとんどが半分以下の吸水率となった。

②試験体の寸法、塗布面数を変更した場合の吸水率は寄与率（R^2）が、0.70 以上となる関係が認められた。

③モルタルを用いた場合とコンクリートを用いた場合の吸水率を比較すると、寄与率（R^2）は 0.48 であった。

④吸水率と吸塩水率には寄与率（R^2）で 0.70 の関係が認められた。

⑤吸水率と透水量（室内試験）の関係は、シラン・シロキサン系で寄与率（R^2）0.79 の関係が認められ、全ての分類では、寄与率（R^2）が 0.14 と低くかった。

２．４．４　塩化物イオン浸透性

塩化物イオン浸透は、濃度の 10%塩化ナトリウム水溶液中に 126 日間浸漬することにより、試験体に浸透した塩化物イオン量を JCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法:日本コンクリート工学協会」に準拠し全塩分量を測定した。また、浸漬期間による重量変化の測定を 1，３，６，10,21,28,52,63,98,126 日後に行った。

（１）質量変化の測定結果

濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬試験結果もとに、次式によって、質量変化率を求めた。

$$W（\%）＝[（w_n－w_o）／ w_o]×100 ・・・・・・・（１）$$

$$W（g）＝ w_n－w_o ・・・・・・・・・・・・・・・（２）$$

ここに、$W（\%）$：塩水浸漬試験 126 日後の質量変化率

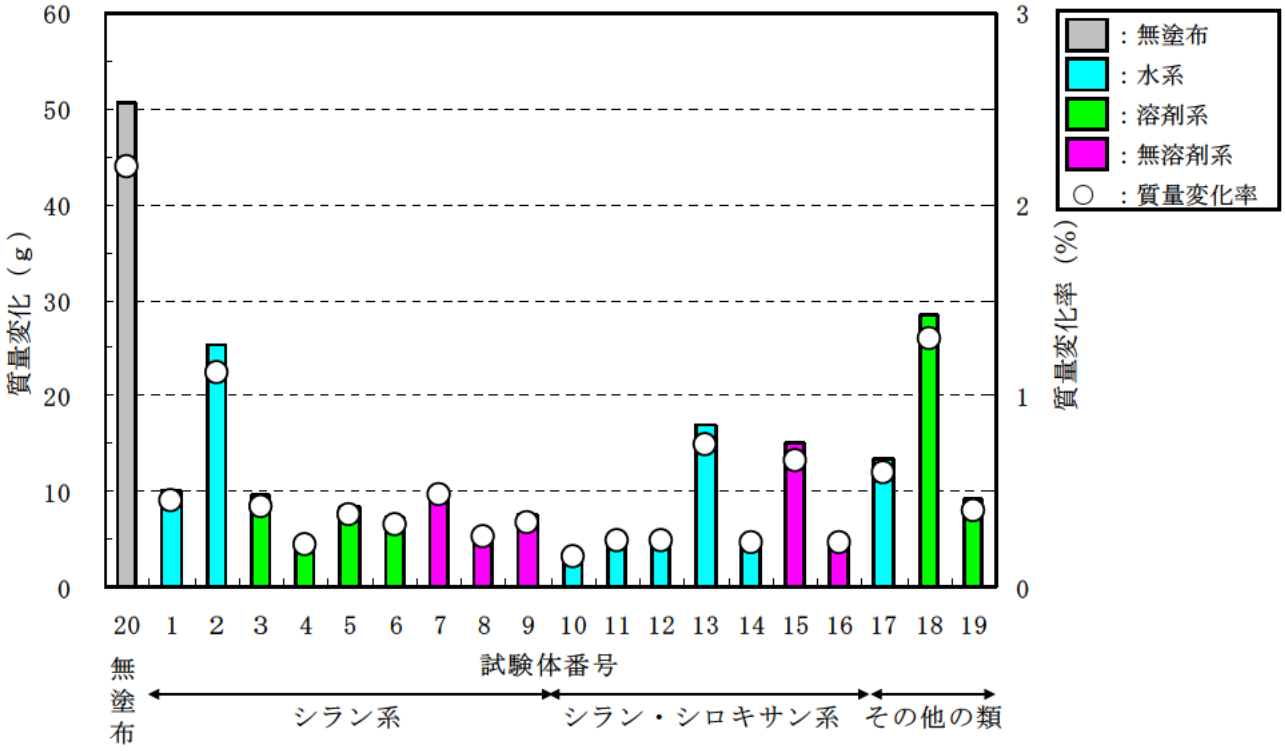
$W（g）$：質量変化

w_n：塩水浸漬試験 126 日後の試験体の質量（ｇ）

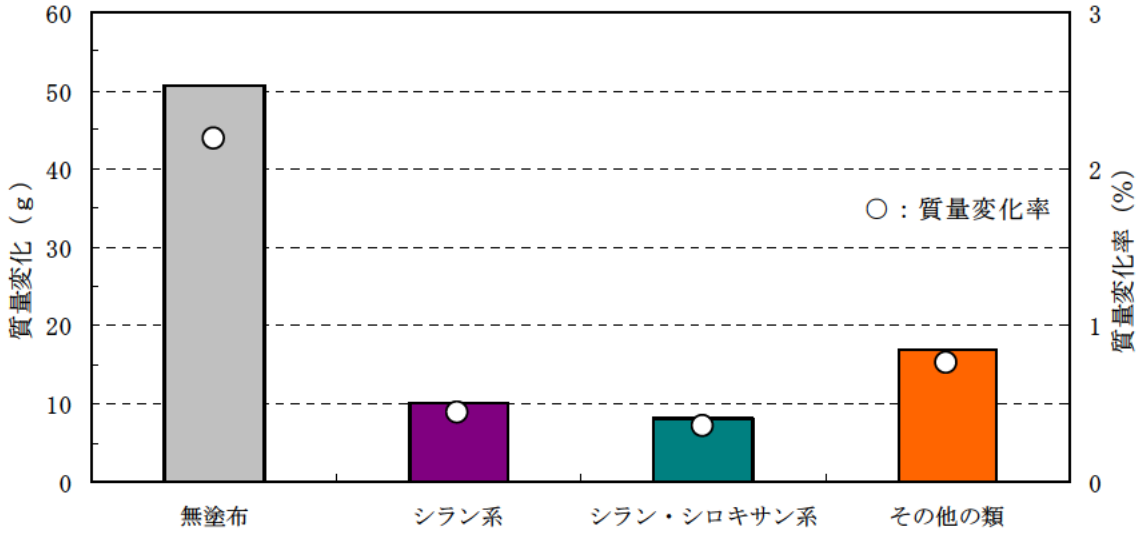
w_o：塩水浸漬前における試験体の質量（ｇ）

浸漬期間 126 日における質量変化と質量変化率は、No.２,13（ともに水系）,15（無溶剤系）,17（水系）,18（無溶剤系）を除き無塗布の 1/3 以下であった。分類別では、シラン系とシラン・シロキサン系が無塗布の 1/3 以下であった。

全試験体の測定結果を図－Ⅲ.2.31 に示す。また、分類別の平均値による比較を図－Ⅲ.2.32 に示す。



図－Ⅲ.2.31　質量変化と質量変化率（浸漬 126 日）

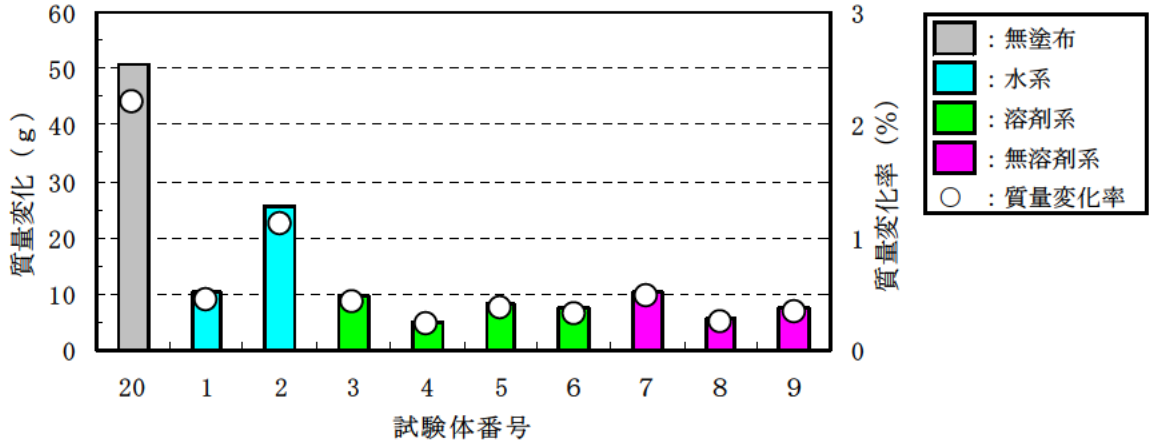


図－Ⅲ.2.32　分類別の平均質量変化

1）シラン系

質量変化および質量変化率とも No. 2（水系）を除き、ほぼ無塗布の 1/3 以下であった。

図－Ⅲ.2.33 に水系、溶剤系、無溶剤系の全シラン系の質量変化と質量変化率を示す。

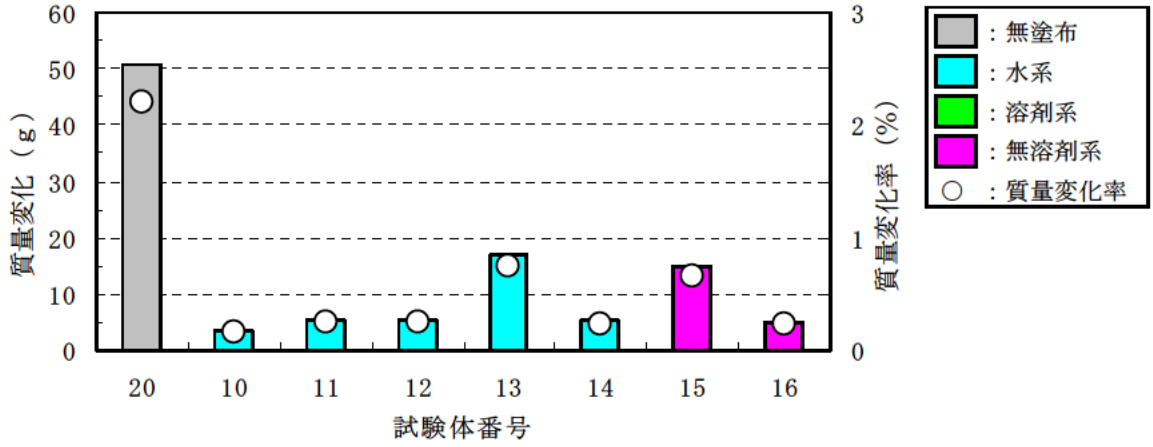


図－Ⅲ.2.33　シラン系の質量変化

2）シラン・シロキサン系

質量変化および質量変化率とも No.13（水系），15（無溶剤系）を除き、無塗布の 1/3 以下であった。

図－Ⅲ.2.34 に水系、無溶剤系のシラン・シロキサン系の質量変化と質量変化率を示す。

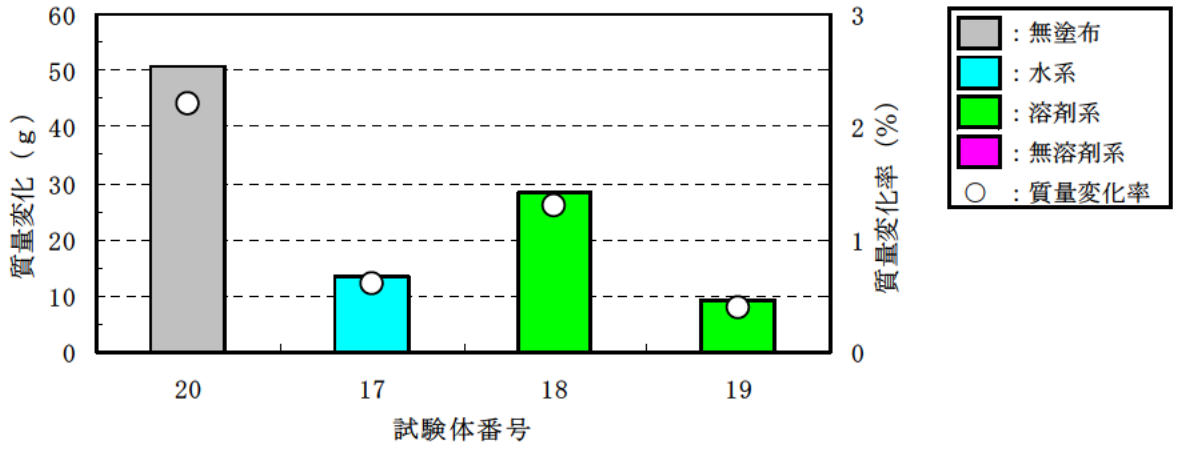


図－Ⅲ.2.34　シラン・シロキサン系の質量変化と質量変化率

3）その他の類

質量変化および質量変化率とも No.17（水系），19（溶剤系）が無塗布の 1/3 以下であった。

水系、溶剤系のその他の類の質量変化と質量変化率を図－Ⅲ.2.35 に示す。

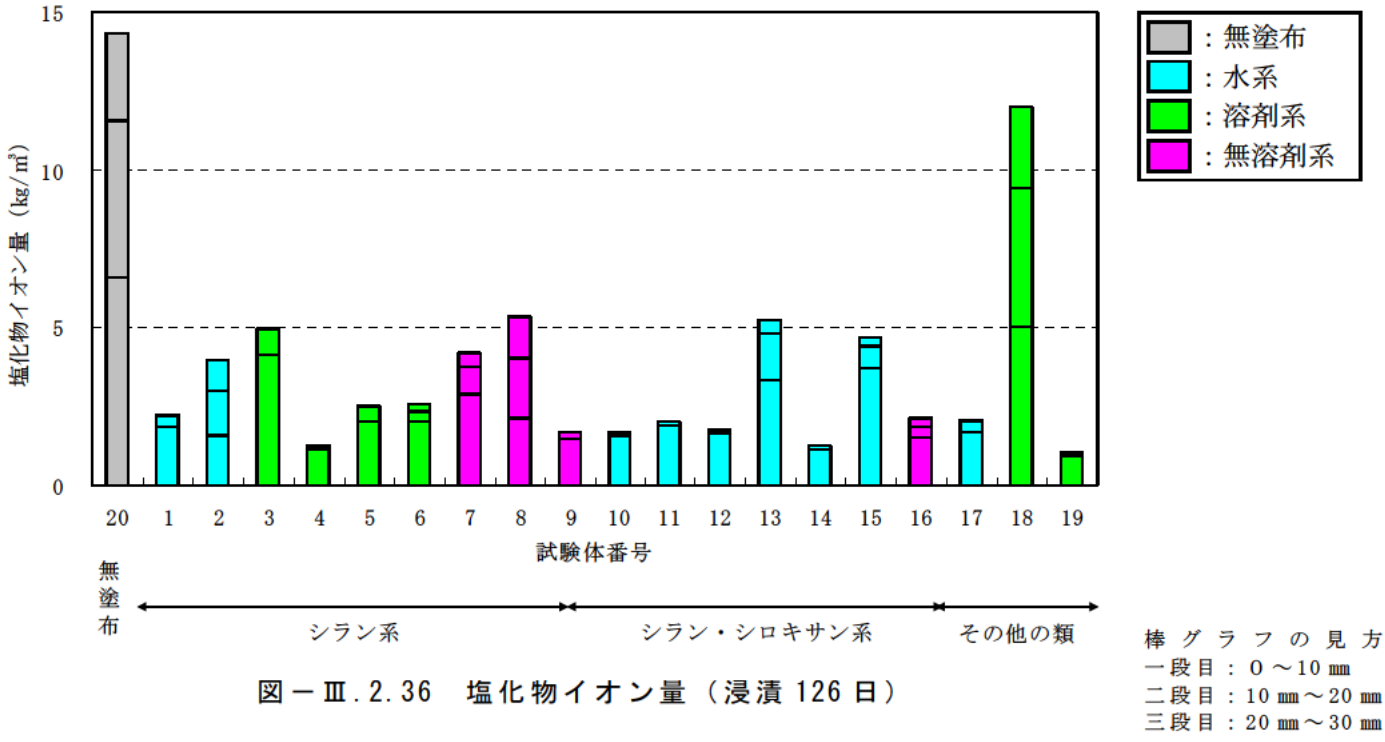


図－Ⅲ.2.35　その他の類の質量変化と質量変化率

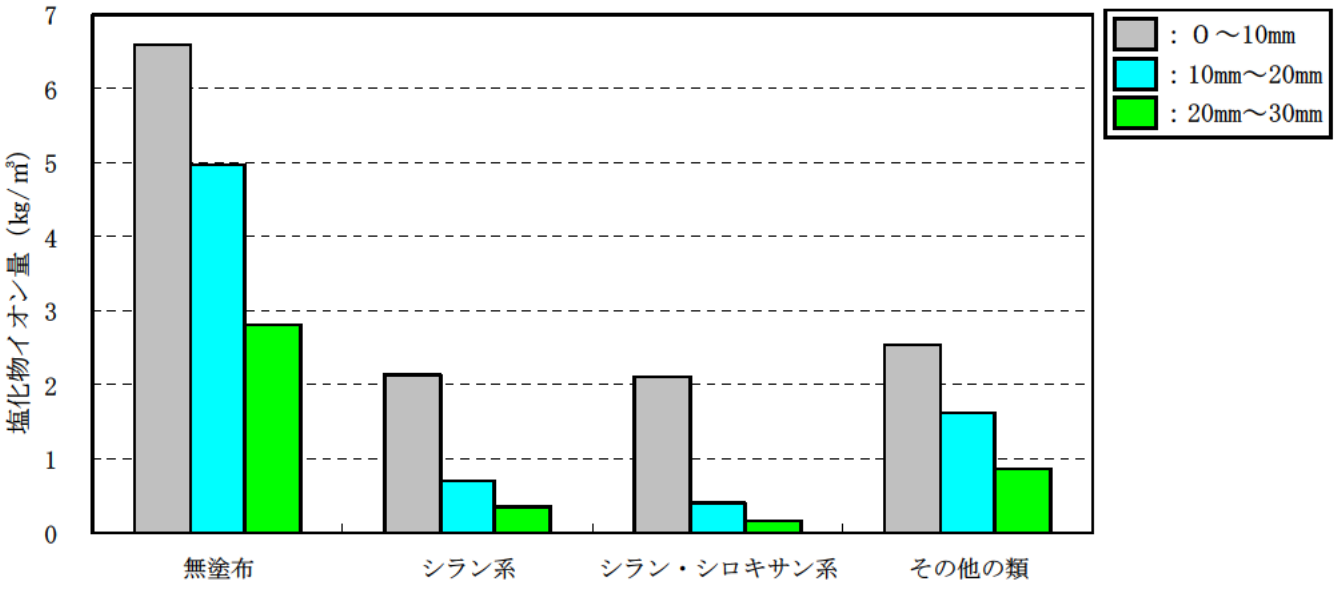
（２）塩化物イオン量の測定結果

浸漬試験終了後、試験体を表面から深さ方向に０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置での塩分物イオン量を求めた。無塗布と比較してその他の類の No.18（溶剤系）を除いた試験体は、表面から０から 10mm 位置での無塗布に比べ塩化物イオン量が少なかった。

表面から深さ方向０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置の塩化物イオン量を図－Ⅲ.2.36 に示す。分類別の平均塩化物イオン量を図－Ⅲ.2.37 に示す。



図－Ⅲ.2.36　塩化物イオン量（浸漬 126 日）

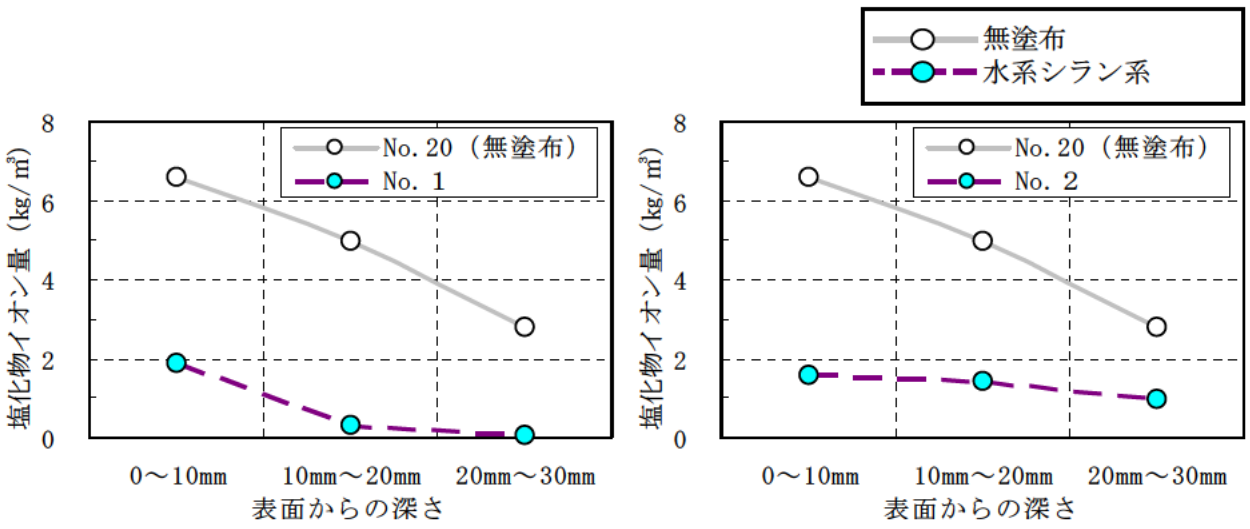


図－Ⅲ.2.37　分類別平均塩化物イオン量

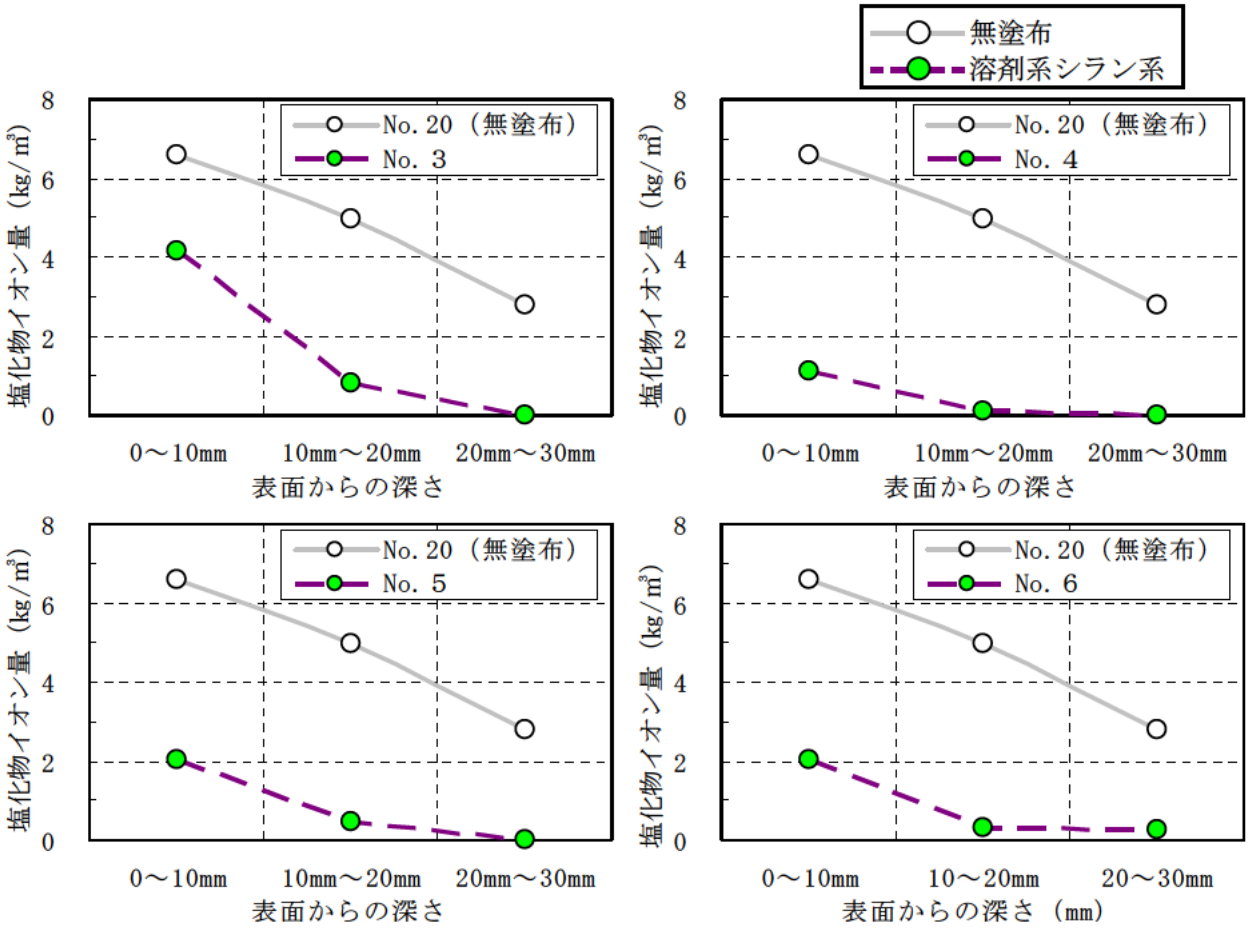
１）シラン系

溶剤系の No.１，４，６，９は、表面から 10mm から 20mm 位置で塩化物イオン量がほとんど確認されなかった。

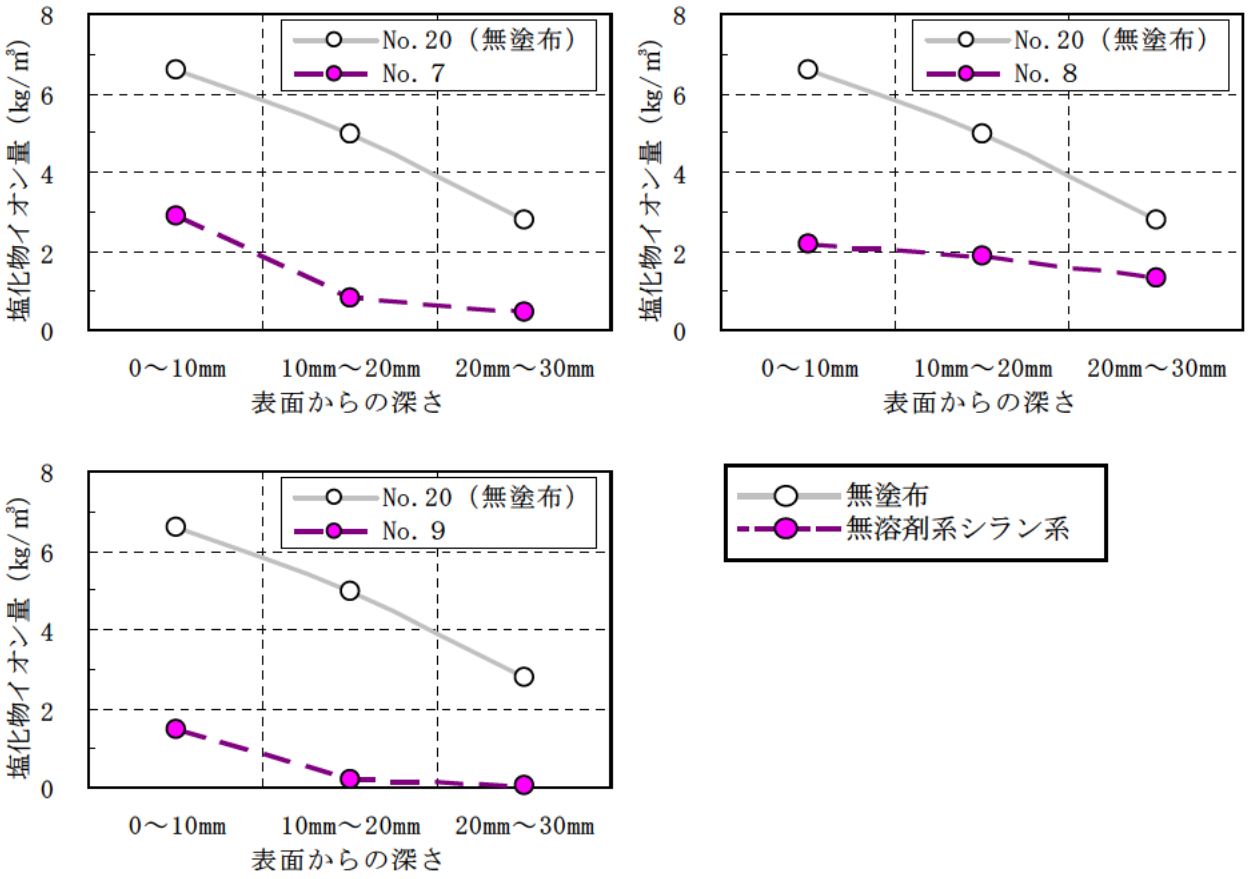
無塗布と水系と溶剤系を含む全シラン系の塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.2.38(1),(2),(3)に示す。



図－Ⅲ.2.38(1)　シラン系（水系）の塩化物イオン量



図－Ⅲ.2.38(2)　シラン系（溶剤系）の塩化物イオン量

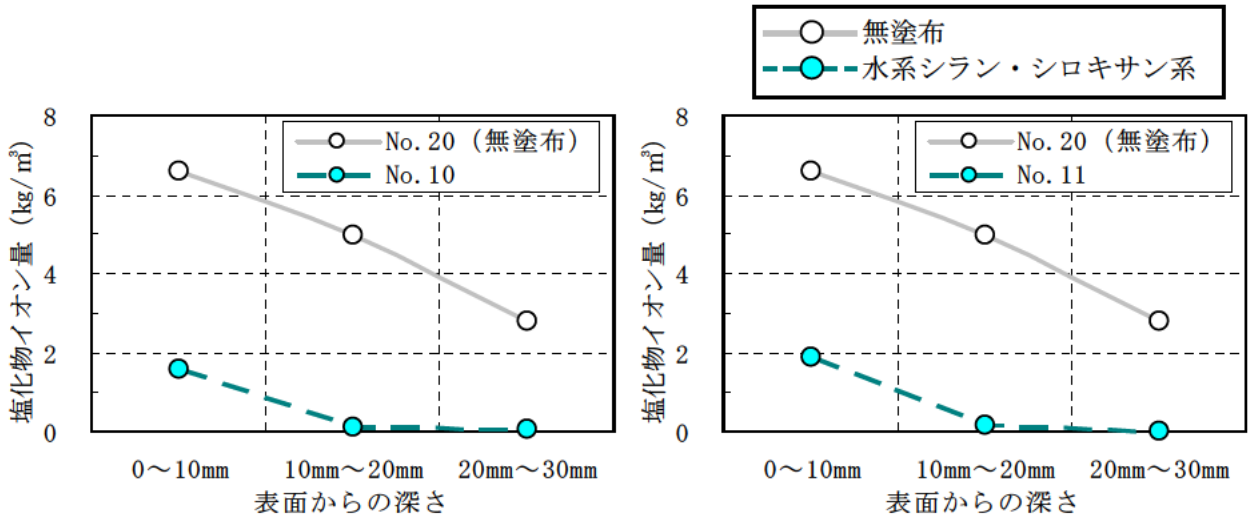


図－Ⅲ.2.38(3)　シラン系（無溶剤系）の塩化物イオン量

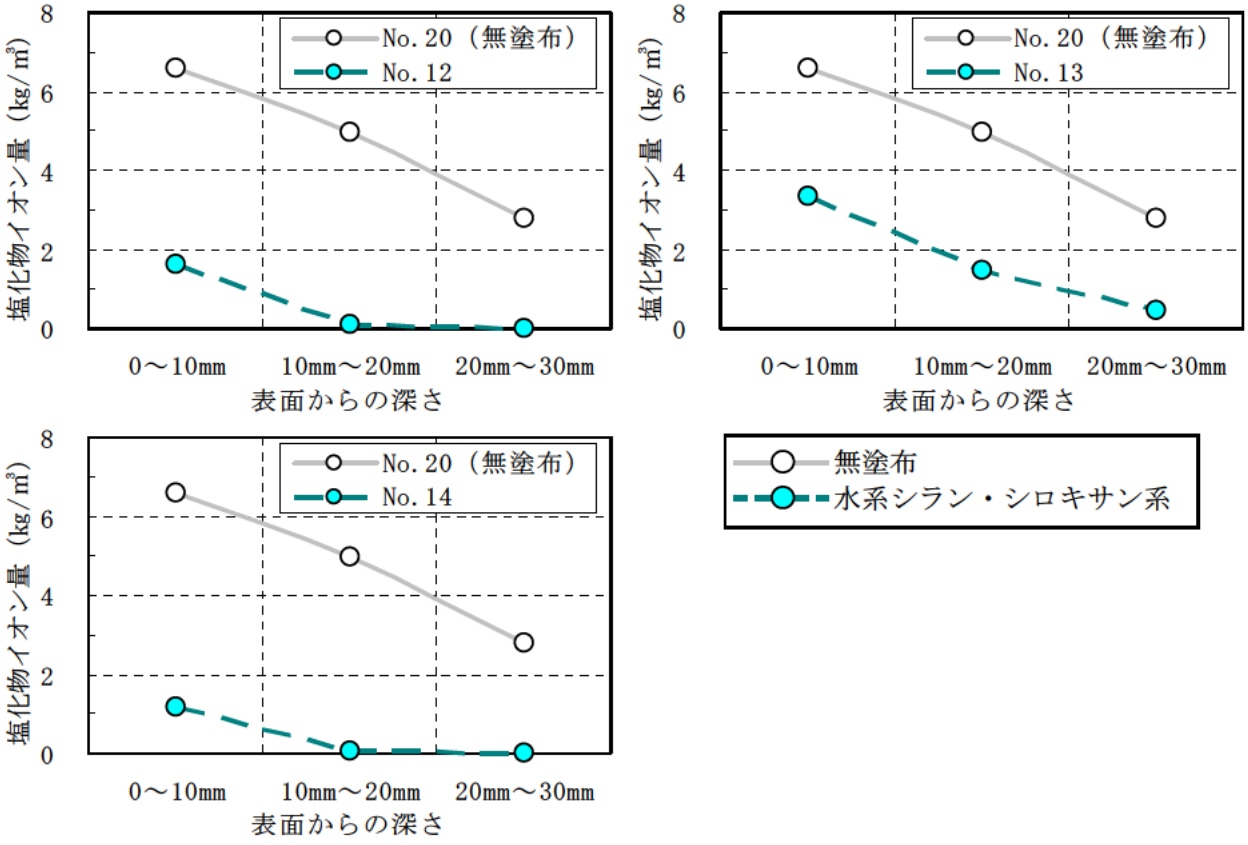
2）シラン・シロキサン系

水系の No.10,11,12,14 と無溶剤系の No.16（水系）は、表面から 10mm から 20mm 位置で塩化物イオン量がほとんど確認されなかった。

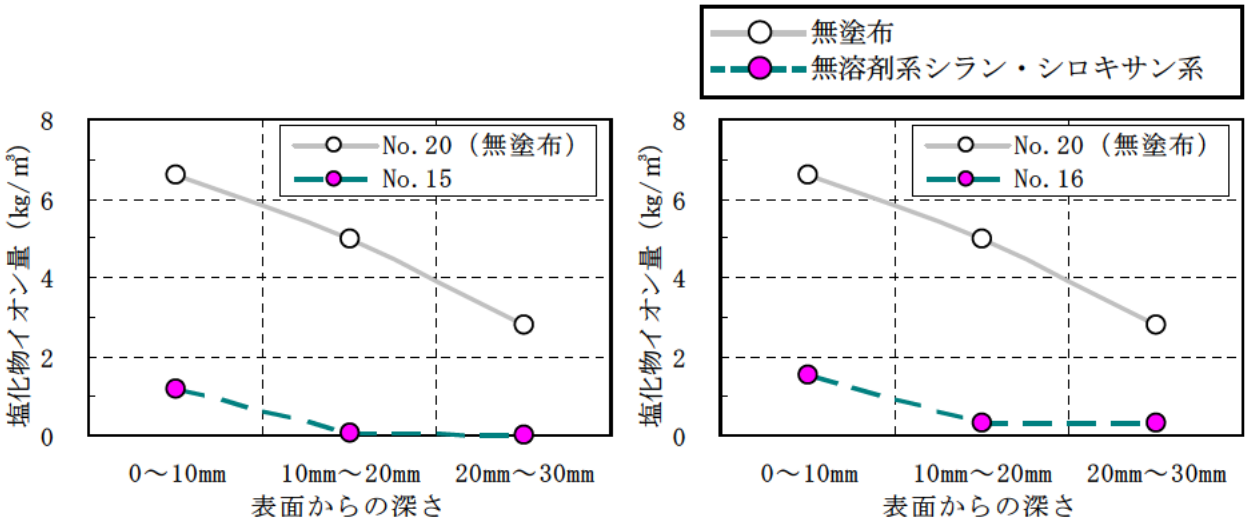
水系、溶剤系、無溶剤系を含む全シラン・シロキサン系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.2.39(1),(2),(3)に示す。



図－Ⅲ.2.39(1)　シラン・シロキサン系（水系）の塩化物イオン量



図－Ⅲ.2.39(2)　シラン・シロキサン系（水系）の塩化物イオン量

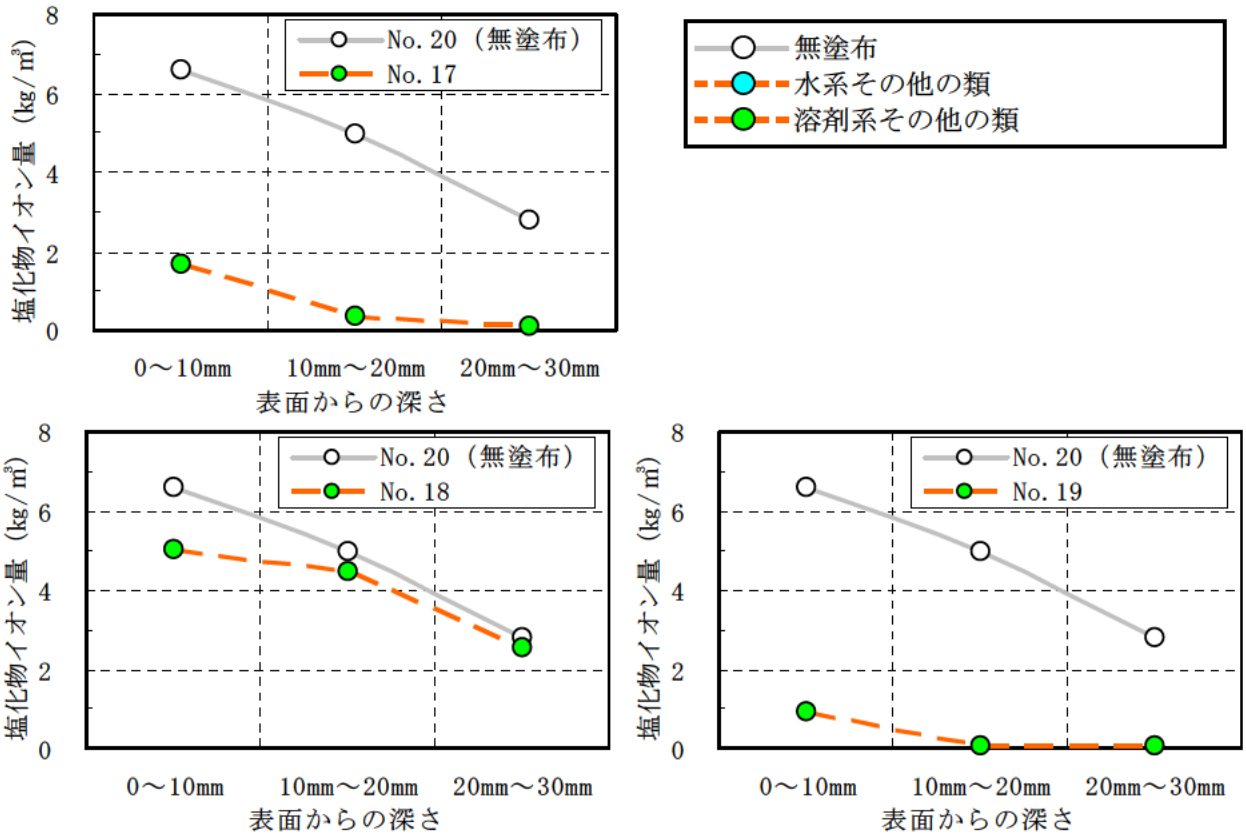


図－Ⅲ.2.39(3)　シラン・シロキサン系（無溶剤系）の塩化物イオン量

３）その他の類

水系の No.17,19 は、表面から 10mm 以上の位置で塩化物イオン量がほとんど確認されなかった。

水系および溶剤系を含む全てのその他の類と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.2.40 に示す。



図－Ⅲ.2.40　その他の類（水系と溶剤系）の塩化物イオン量

（３）試験結果のまとめ

質量変化と塩化物イオンの浸透深さおよび塩分物イオン量から全試験体の測定結果一覧を表－Ⅲ.2.13 に示す。

図－Ⅲ.2.13　全試験体の質量変化と塩化物イオン量

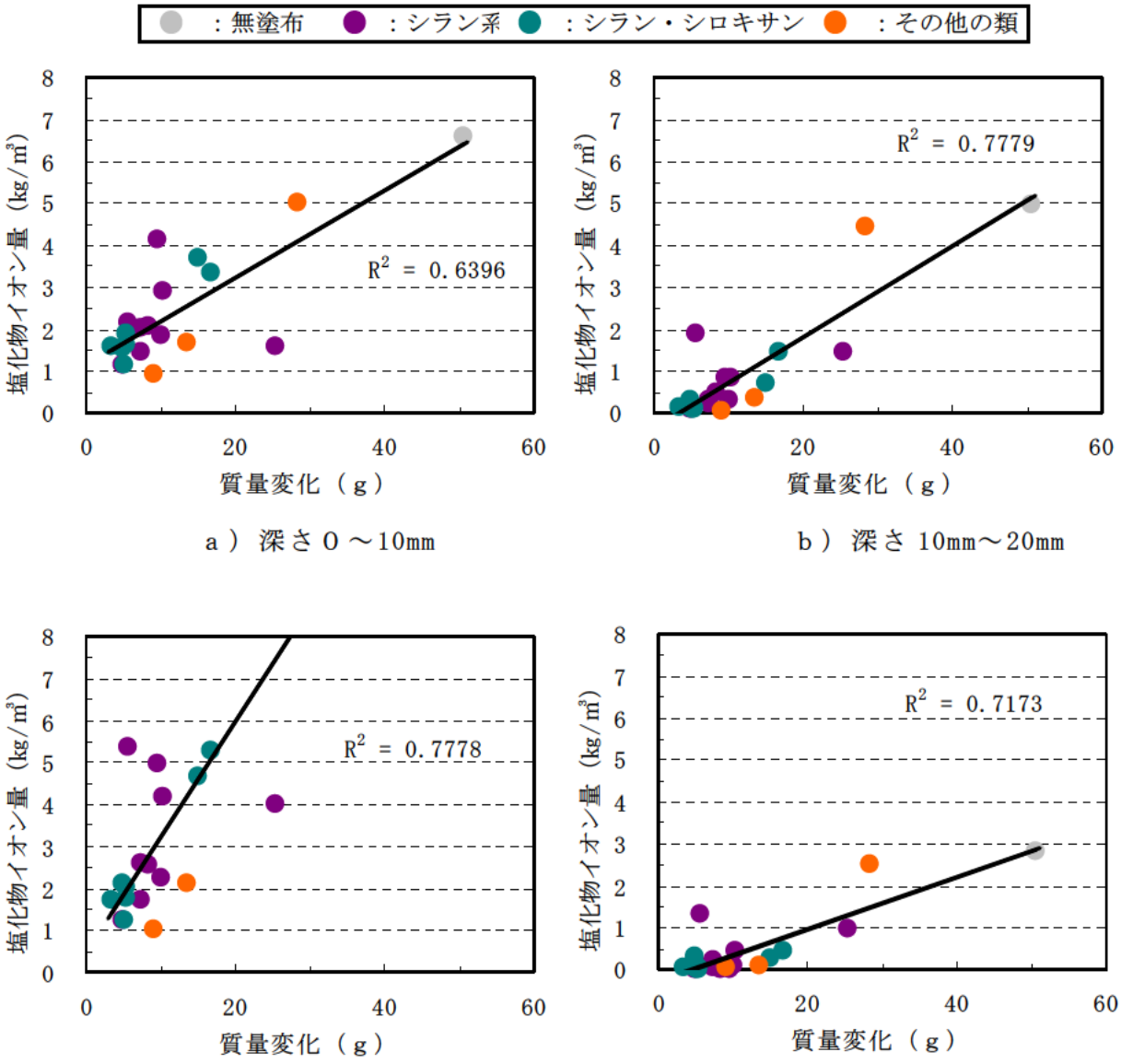
No.	系　統	分類	形　態	重量変化 (g)	重量変化率 (%)	塩化物イオン量(kg/m³)			
						0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注)
1	水　系	シラン系	単独形	10.12	0.449	1.862	0.304	0.068	2.234
2				25.39	1.121	1.580	1.438	0.960	3.979
3	溶剤系			9.71	0.421	4.150	0.817	0.002	4.968
4				5.0	0.224	1.133	0.094	0.007	1.234
5				8.34	0.375	2.044	0.465	0.021	2.531
6				7.40	0.326	2.034	0.304	0.240	2.578
7	無溶剤系			10.33	0.480	2.909	0.832	0.441	4.183
8				5.71	0.257	2.153	1.880	1.328	5.362
9				7.52	0.339	1.463	0.227	0.027	1.717
10	水　系	シラン・シロキサン系		3.56	0.157	1.576	0.112	0.027	1.715
11				5.48	0.240	1.888	0.129	0.024	2.041
12				5.44	0.242	1.632	0.106	0.010	1.749
13				16.87	0.740	3.341	1.466	0.446	5.254
14				5.18	0.229	1.163	0.068	0.014	1.245
15	無溶剤系			15.07	0.662	3.711	0.697	0.269	4.677
16				5.02	0.227	1.521	0.311	0.286	2.118
17	水　系	その他の類		13.46	0.596	1.667	0.352	0.078	2.096
18	溶剤系		造膜形	28.39	1.293	5.014	4.448	2.518	11.980
19				9.12	0.339	0.931	0.057	0.030	1.018
20	無塗布			50.64	2.198	6.589	4.963	2.805	14.357

注）0～30mmの塩化物イオン量は、0mm～10mm、10mm～20mm、20mm～30mmの合計

1）質量変化と塩化物イオン量との関係

質量変化と塩化物イオン量は表面から深さ方向位置により寄与率（R^2）で0.64から0.78で、深さ方向10mmから20mmで最大の0.78であった。

質量変化との関係を図－Ⅲ.2.41に示す。

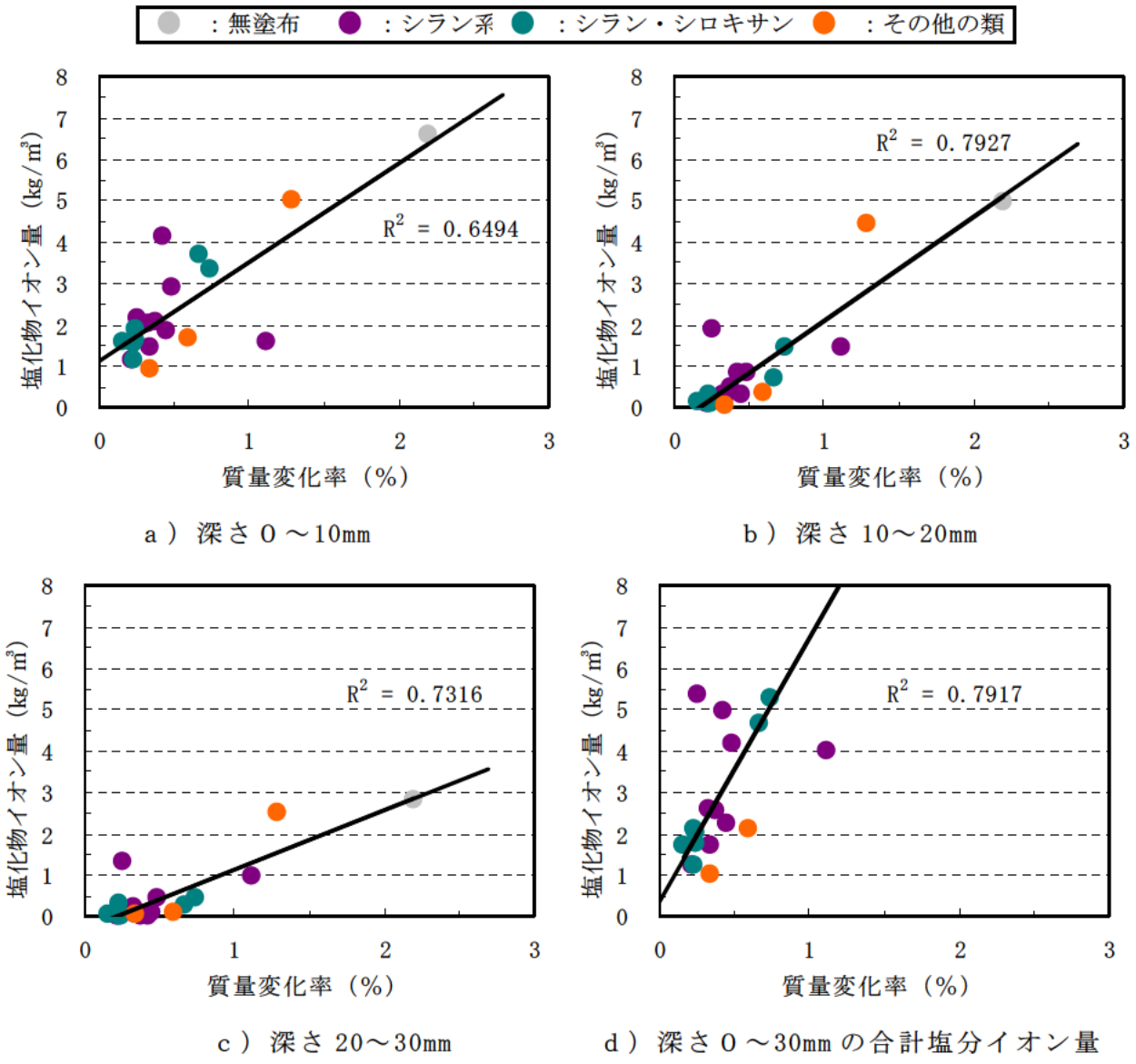


図－Ⅲ.2.41　質量変化と深さ方向の塩化物イオン量との関係（ｎ＝20）

２）質量変化率と塩化物イオン量との関係

質量変化率と塩化物イオン量は表面から深さ方向位置により寄与率（R²）で 0.65 から 0.79 で、深さ方向 10mm から 20mm で最大の 0.79 であった。

質量変化率との関係を図－Ⅲ.2.42 に示す。



図－Ⅲ.2.42　質量変化率と塩化物イオン量との関係（ｎ＝20）

（４）まとめ

10%塩化ナトリウム浸漬試験の質量変化、塩化物イオンの浸透深さ、塩分物イオン量から以下の傾向があきらかになった。

①10%塩化ナトリウム浸漬試験による質量変化は、シラン系の No. 2（水系）、シラン・シロキサン系の No. 13（水系），15（無溶剤系）、その他の類 No. 17（水系），18（溶剤系）を除き、無塗布の 1/5 以下の 10ｇ以下であった。

②10%塩化ナトリウム浸漬試験による分類別平均塩化物イオン量では、シラン系、シラン･シロキサン系が表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置で 1 kg/m³以下であった。

③質量変化と質量変化率とも深さ方向０mm から 10mm 位置を除き、塩化物イオン量と寄与率（Ｒ²）0.7 以上の関係があり、表面から深さ方向 10 から 20mm 位置の塩化物イオン量との関係において一番高かった。

２．５　暴露試験方法

実環境における劣化現象発生の有無を確認する目的で暴露試験を実施した。表－Ⅱ.2.2に示す性能評価試験のうち、東京では①浸透深さ④中性化深さ、沖縄では①浸透深さ②吸水量③塩化物イオン浸透性の試験を行なった。

２．５．１　浸透深さ

（１）試験方法

試験方法は、Ⅲ．２．３．３（１）の方法にて行った。

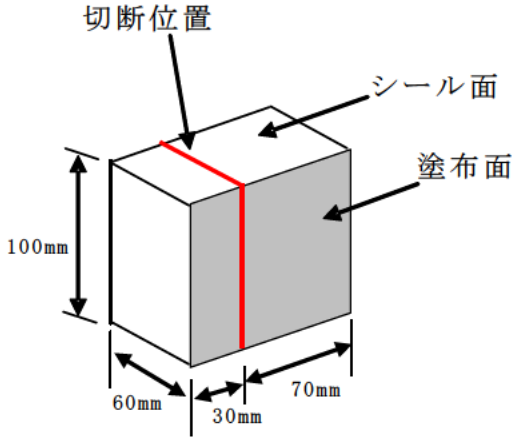
（２）評価方法

評価方法は、Ⅲ．２．３．３（２）の方法にて行った。

２．５．２　吸水量

第２次暴露は３年間の予定であったが、より長期に渡る耐久性の効果を確認するため、沖縄で５年間暴露した試験体を用いて吸水量と塩化物イオン量を測定した。第１次試験では透水量により保護材を塗布した試験体の水に対する抵抗性を確認したが、試験中に水漏れが多く発生したため、透水量に代わり吸水量を測定することで水に対する抵抗性を確認した。

暴露架台から回収後、試験体の表面を流水のもとタワシで洗浄した。その後、端から30 ㎜をダイヤモンドカッターで切断し、寸法 70 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（塗布面は寸法 70 ㎜×100 ㎜）を吸水量に用いた。残った寸法 30 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（塗布面は寸法 30 ㎜×100 ㎜）は塩化物イオン量の測定に用いている。図－Ⅲ.2.43 に試験体の切断位置を示す。



図－Ⅲ.2.43　試験体の切断位置

（１）試験方法

試験方法は、Ⅲ　１．５．８（１）と同様の方法にて試験を行った。

（２）評価方法

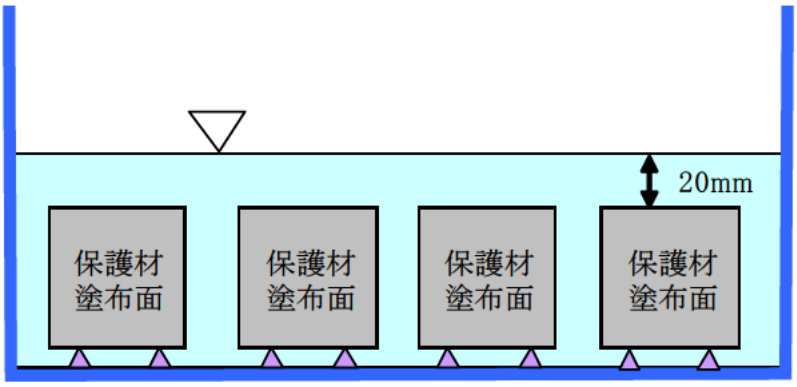
評価方法は、Ⅲ　１．５．８（２）と同様の方法にて評価を行った。

２．５．３　塩化物イオン浸透性

濃度 10％の塩化ナトリウム水溶液に期間浸漬することによって全塩化物イオンを JCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法:日本コンクリート工学協会」によって測定した。また、浸漬期間による重量変化測定を全塩化物イオンの測定前に行った。

（１）試験方法

試験体の浸漬試験は、試験期間が短い場合や浸漬溶液の濃度が低い場合に、保護材の性能を数値的に把握することが難しくなることを考慮して、温度 20℃±２℃で濃度 10％の塩化ナトリウム水溶液に 126 日間浸漬した。浸漬は、図－Ⅲ.2.44 に示すポリエチレン製容器を用い、隣接する試験体などの影響をなくすため、10mm 程度のスペーサー上に、塗布面を横向きに置いた。また、水圧の影響を考慮して試験体上部から水面までの距離を浸漬期間中、20mm 程度として一定に保つように調整し、試験容器を密閉して塩分濃度が変化しないように調整した。浸漬期間は、JSCE-G 527-2003「浸漬コンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法（案）」の塩化物イオンの浸透の目安を参考に 126 日間行った。



図－Ⅲ.2.44　塩化物イオン浸透性試験方法

１）質量変化の測定

質量変化の測定は、濃度 10％の塩化ナトリウム水溶液への浸漬から次式によって、質量変化やよび重量変化率を求めた。なお、浸漬期間を 126 日としたが、所定の期間の重量変化測定も同様に求めた。

$$W = [(w_n - w_o) / w_o] \times 100$$

ここに、W ：塩水浸漬試験 126 日後の質量変化率（％）

w_n：塩水浸漬試験 126 日後の試験体の質量（ｇ）

w_o：塩水浸漬前における試験体の質量（ｇ）

$w_n - w_o$：塩水浸漬試験 126 日後の質量変化（ｇ）

２）塩化物イオンの定量

保護材塗布面（表面）から深さ方向、０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置の塩化物イオン量を測定した。試験体に浸透した塩化物イオンの測定は、JCI－SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法:日本コンクリート工学協会」によって塩化物イ

オン濃度を測定した。測定は、切断した試験片を JIS Z 8801「標準ふるい」の 149μm を全通させるように微粉砕して電位差滴定法の手順に従って､塩化物イオンの定量を行った。

２．５．４　中性化深さ

（１）試験方法

暴露試験は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体を、交通量が多く、自動車排気ガスを直接うける都市部（東京都品川区大井南）に行った。３年後、４年後毎に試験体を回収し中性化深さを測定した。

（２）評価方法

１．３．７．中性化深さ（２）評価方法に準じて行った。

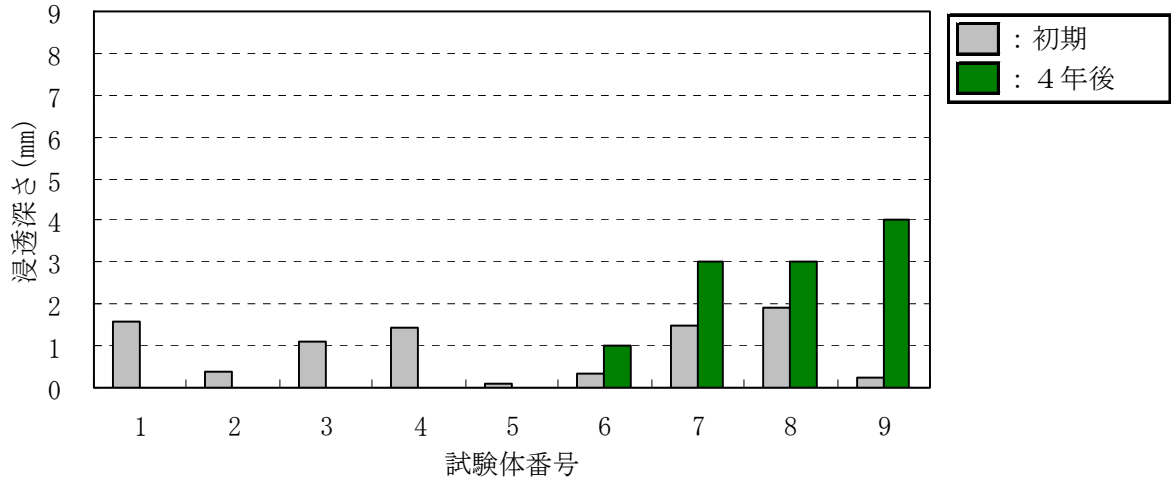
２．６　暴露試験結果

２．６．１　浸透深さ

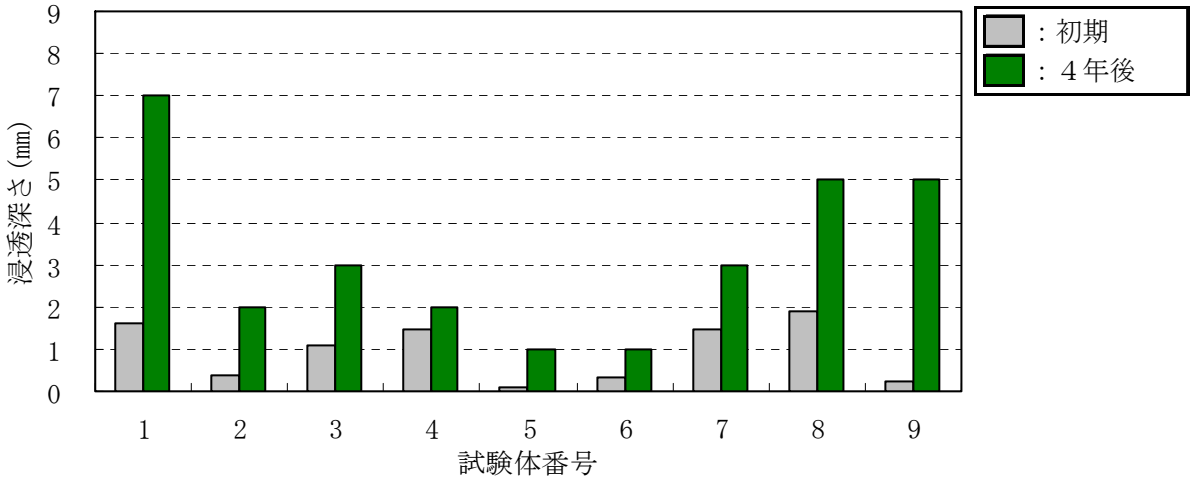
（１）東京暴露

１）シラン系

水系,溶剤系,無溶剤系の初期,暴露４年後の浸透深さを図－Ⅲ.2.45 に示す。国道側に向けた面において、No.１，２，３，４，５は、初期のみ認められた。No.６，７，８，９は、暴露４年後は初期値より増加した。首都高側に向けた面において、シラン系の全ての試験体は、暴露４年後は初期値より増加した。



ａ）国道側

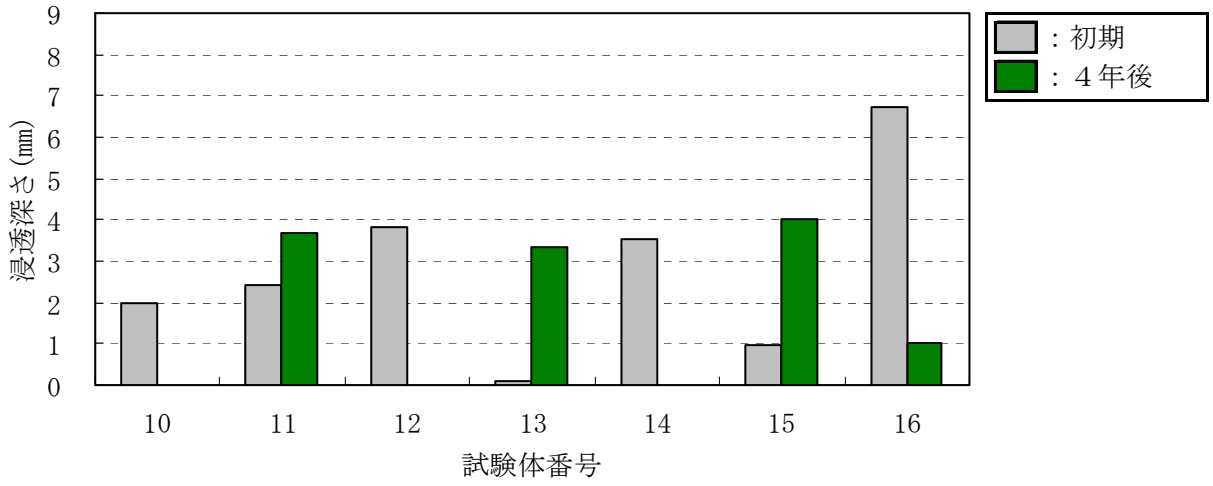


ｂ）首都高側

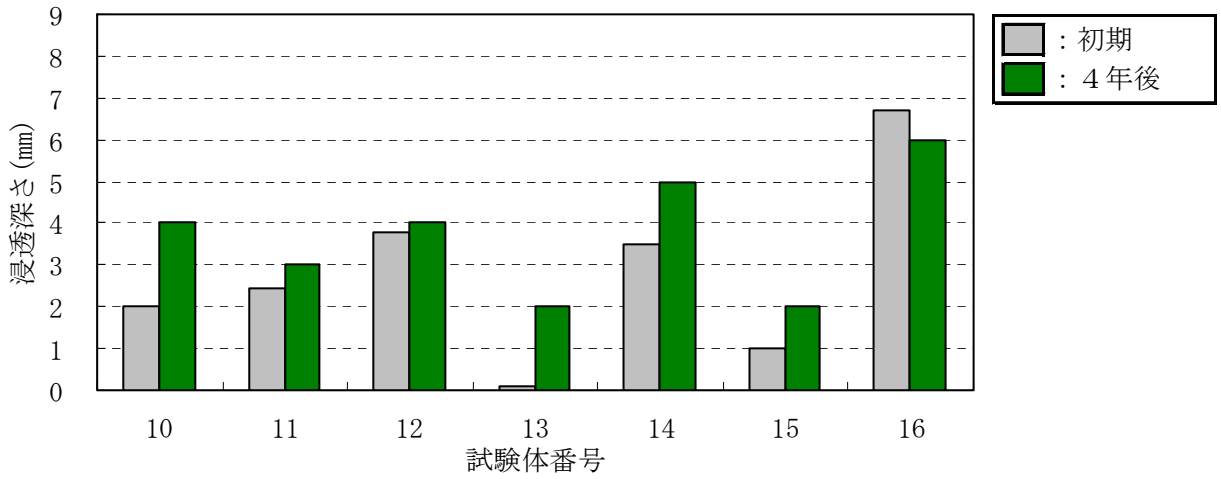
図－Ⅲ.2.45　シラン系の浸透深さ

２）シラン・シロキサン系

水系,無溶剤系の初期,暴露４年後の浸透深さを図－Ⅲ.2.46 に示す。No.10,12,14 は初期のみ認められた。No.11,13,15 は、暴露４年後は初期値より増加した。No.16 は、暴露４年後は初期値より減少した。首都高側に向けた面において、No.10,11,12,13,14,15 は、暴露４年後は初期値より増加した。No.16 は、暴露４年後は初期値より減少した。



ａ）国道側

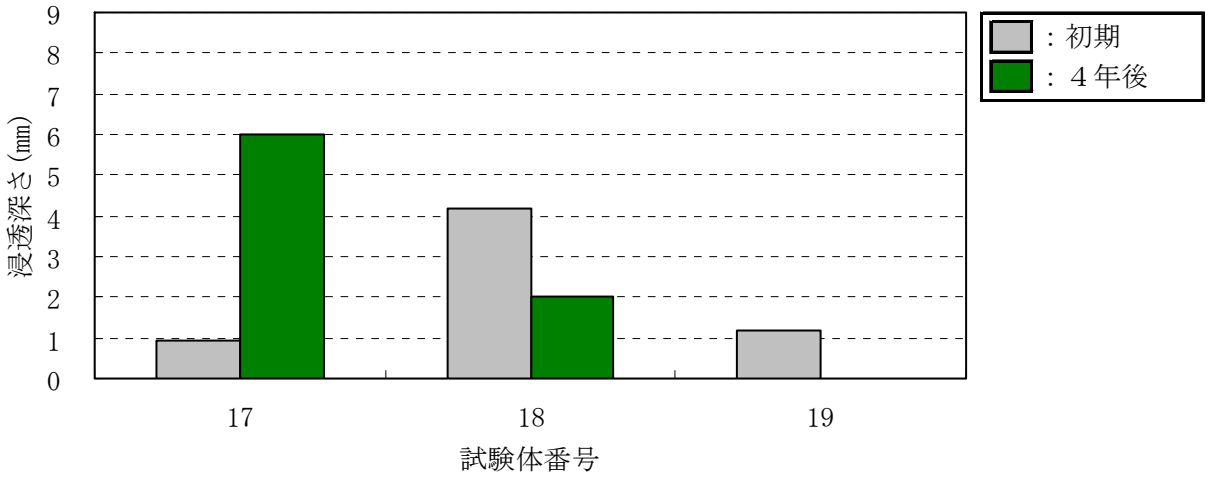


ｂ）首都高側

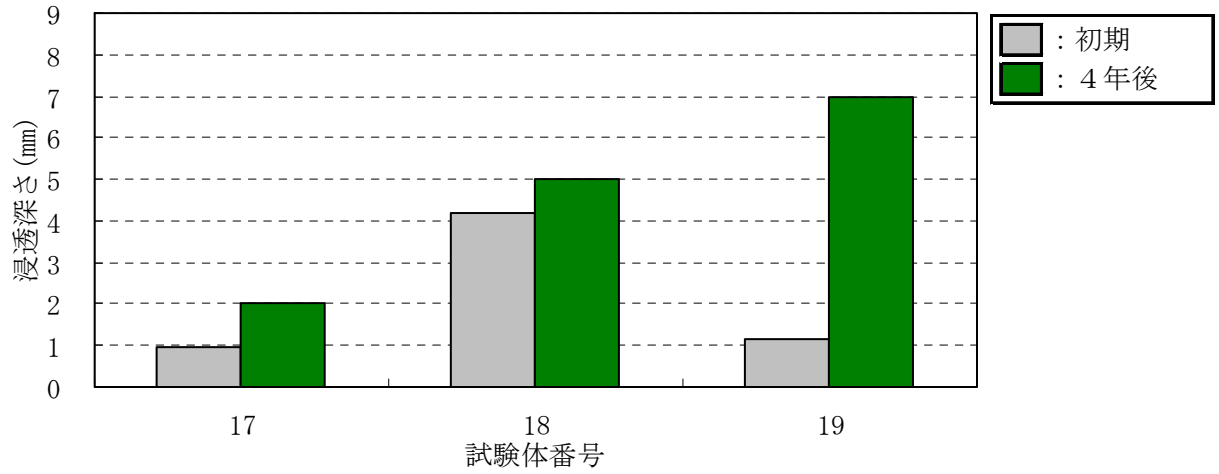
図－Ⅲ.2.46　シラン・シロキサン系の浸透深さ

３）その他の類

水系,溶剤系の初期,暴露４年後の浸透深さを図－Ⅲ.2.47 に示す。国道側に向けた面において、No.17 は、暴露４年後は初期値より増加した。No.18 は、暴露４年後は初期値より減少した。No.19 は、暴露４年後は認められなかった。首都高側に向けた面において、その他の類の全ての試験体は、暴露４年後は初期値より増加した。



ａ） 国道側



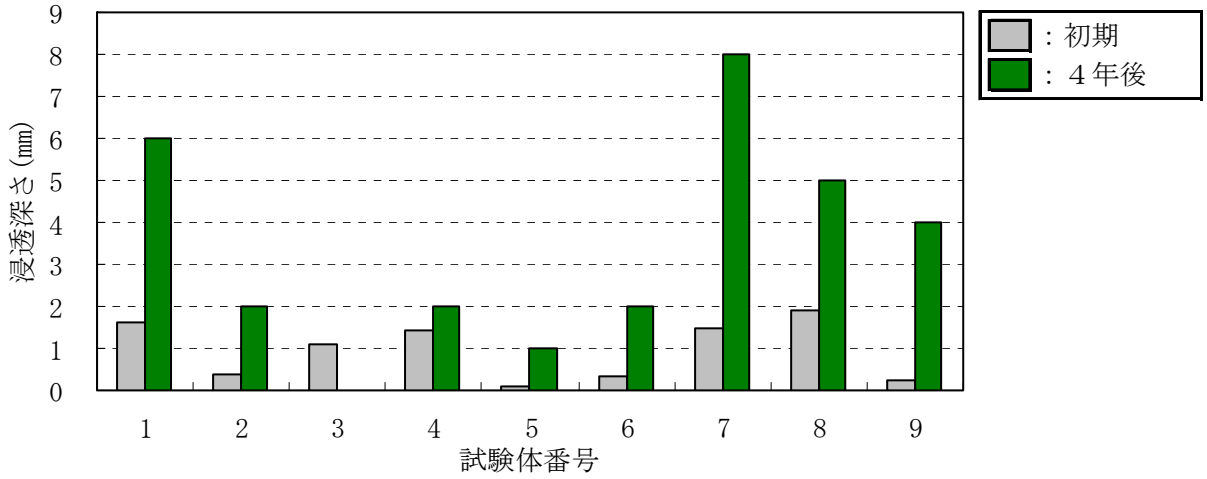
ｂ） 首都高側

図－Ⅲ.2.47　その他の類の浸透深さ

（２） 沖縄暴露

１） シラン系

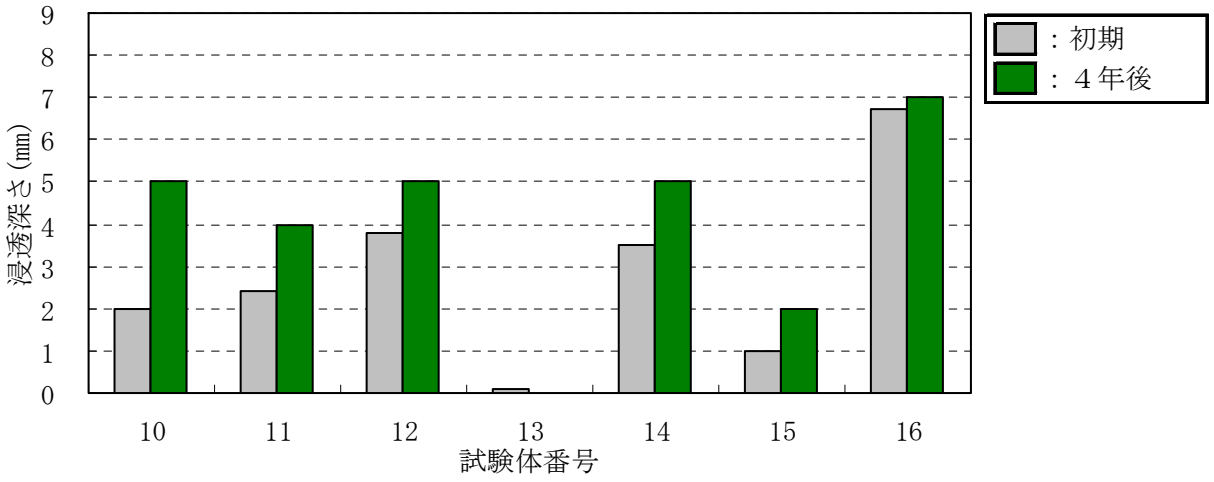
水系,溶剤系,無溶剤系の初期,暴露４年後の浸透深さを図－Ⅲ.2.48 に示す。No.１，２，４，５，６，７，８，９は、暴露４年後は増加した。No.３は、暴露４年後は認められなかった。



図－Ⅲ.2.48　シラン系の浸透深さ

２）シラン・シロキサン系

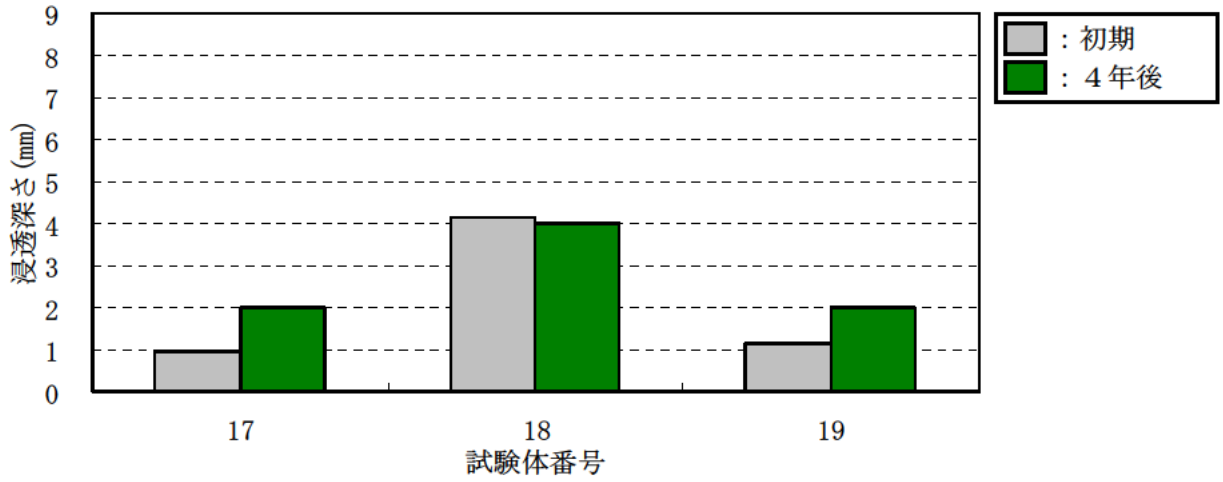
水系,無溶剤系の初期,暴露４年後の浸透深さを図－Ⅲ.2.49 に示す。No.10,11,12,14,15,16 は、暴露４年後は初期値より増加した。No.13 は、暴露４年後は認められなかった。



図－Ⅲ.2.49　シラン・シロキサン系の浸透深さ

３）その他の類

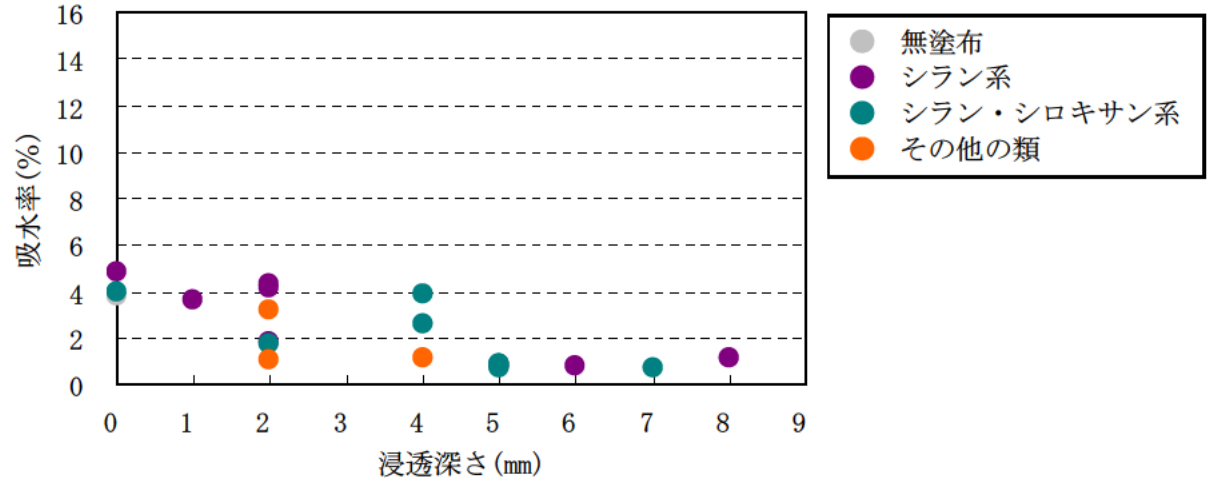
水系,溶剤系の初期,暴露４年後の浸透深さを図－Ⅲ.2.50 に示す。No.17,19 は、暴露４年後は初期値より増加した。No.18 は、暴露４年後は初期値より減少した。



図－Ⅲ.2.50　その他の類の浸透深さ

（３）沖縄に暴露した試験体の浸透深さと吸水量の関係

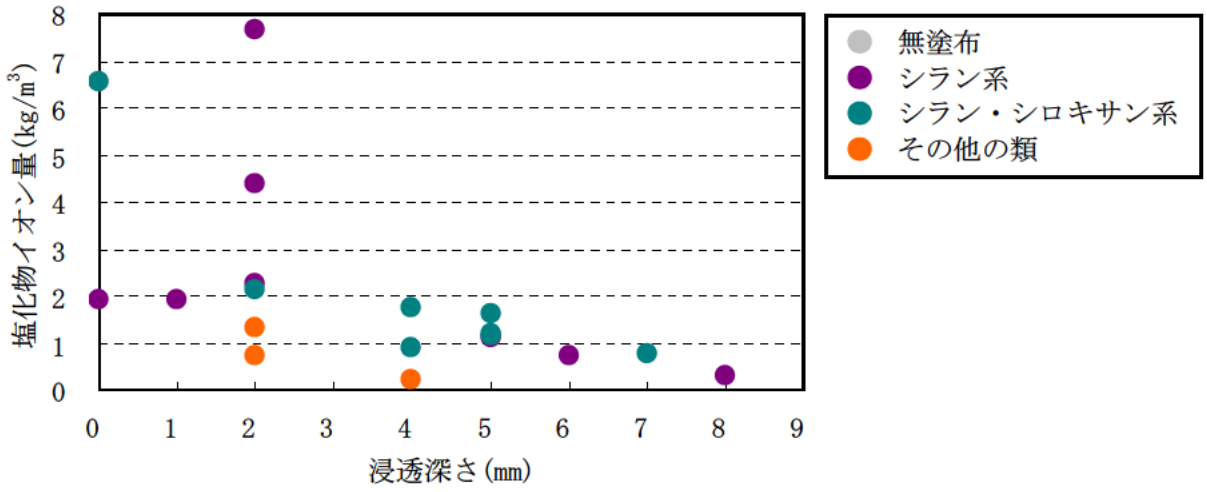
浸透深さと水浸漬 45 日後の吸水率の関係を図－Ⅲ.2.51 に示す。浸透深さと吸水率の寄与率（R^2）は、0.56 であった。



図－Ⅲ.2.51　浸透深さと吸水率（ｎ＝20）

（４）沖縄に暴露した試験体の浸透深さと塩化物イオン浸透性の関係

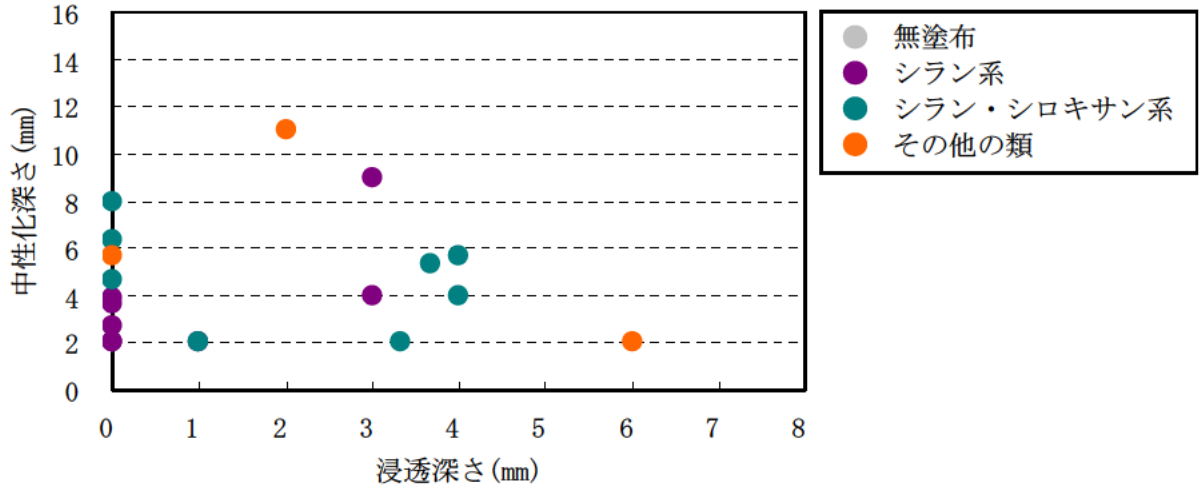
浸透深さと保護材塗布面からの深さ０から 30㎜の塩化物イオン量の関係を図－Ⅲ.2.52 に示す。浸透深さと塩化物イオン量の寄与率（R^2）は、0.38 であった。



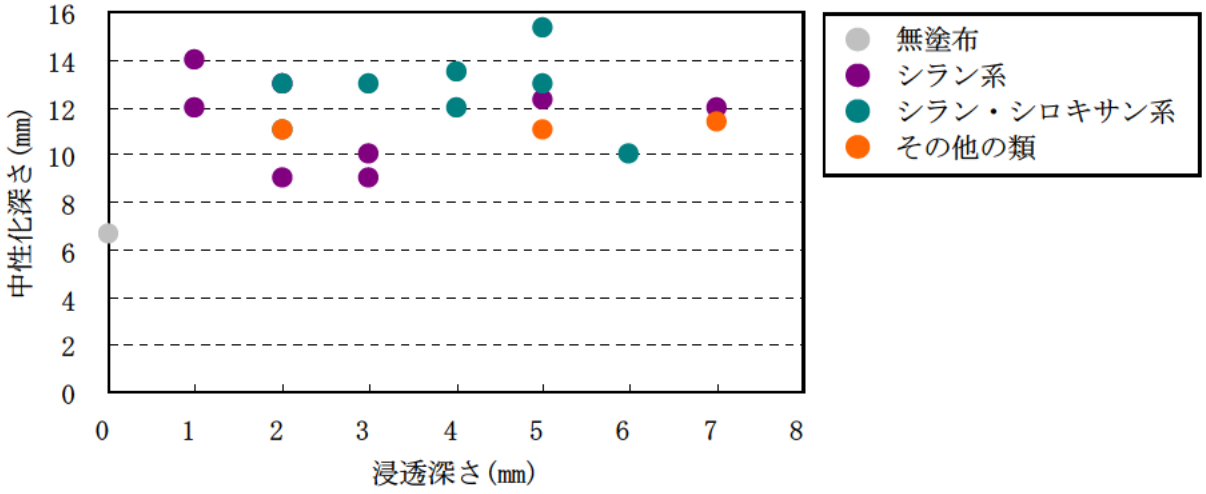
図－Ⅲ.2.52　浸透深さと塩化物イオン量（n＝20）

（５）東京に暴露した試験体の浸透深さと中性化深さの関係

浸透深さと中性化深さの関係を図－Ⅲ.2.53 に示す。国道側，首都高側の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）は、0.00 と 0.06 であった。



ａ）国道側



b）首都高側

図－Ⅲ.2.53　浸透深さと中性化深さ（n＝20）

（6）まとめ

暴露試験結果から以下のことが明らかになった。

①暴露4年後の浸透深さは、初期値と比較し、増加および減少する傾向が見られた。保護材塗布前の試験体の表面状態などが影響している可能性がある。

②沖縄に暴露した試験体の浸透深さと吸水率の寄与率（R^2）は、0.56であった。

③沖縄に暴露した試験体の浸透深さと塩化物イオン量の寄与率（R^2）は、0.38であった。

④東京に暴露した試験体の浸透深さと中性化深さの寄与率（R^2）は、国道側，首都高側において0.00と0.06であった。

２．６．２　吸水量

試験体を水に45日間浸漬し､式(1)により求めた7日後と45日後吸水率を表－Ⅲ.2.14に示す。なお、吸水量を測定した試験体は沖縄で4年間暴露したものである。

$$W_n = [\,(w_n - w_0) \,/\, w_0\,] \times 100 \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに、W_n：n日間浸漬後の吸水率（%）

w_n：n日間浸漬後の試験体の質量（g）

w_0：浸漬前の試験体の質量（g）

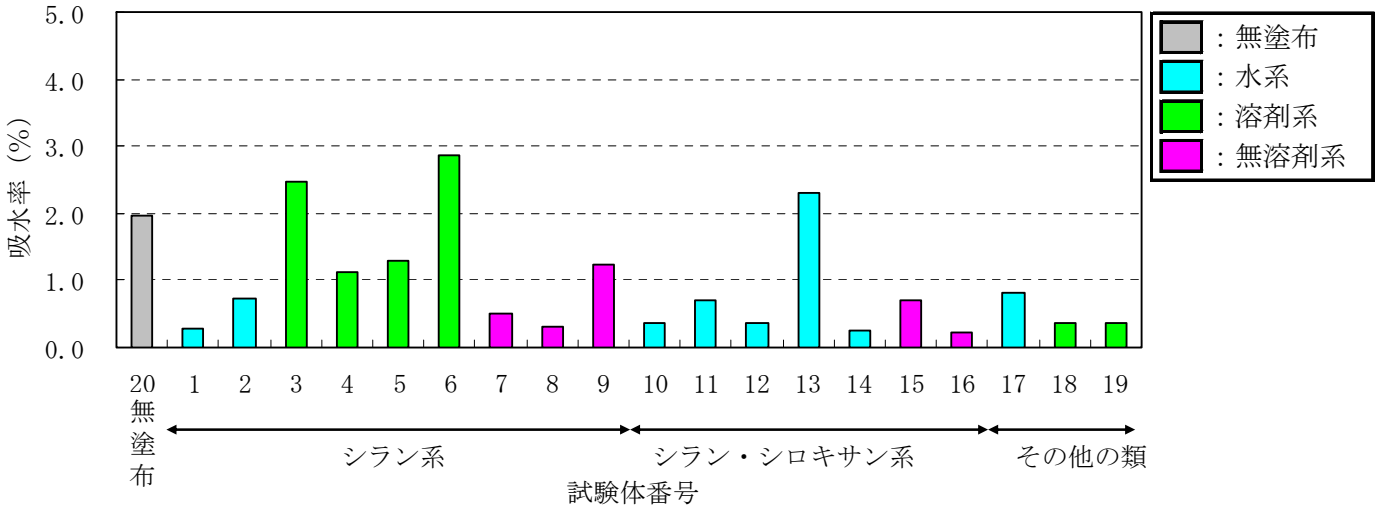
$w_n - w_0$：n日間浸漬後の吸水量（g）

表－Ⅲ.2.14　45 日間浸漬後の吸水率

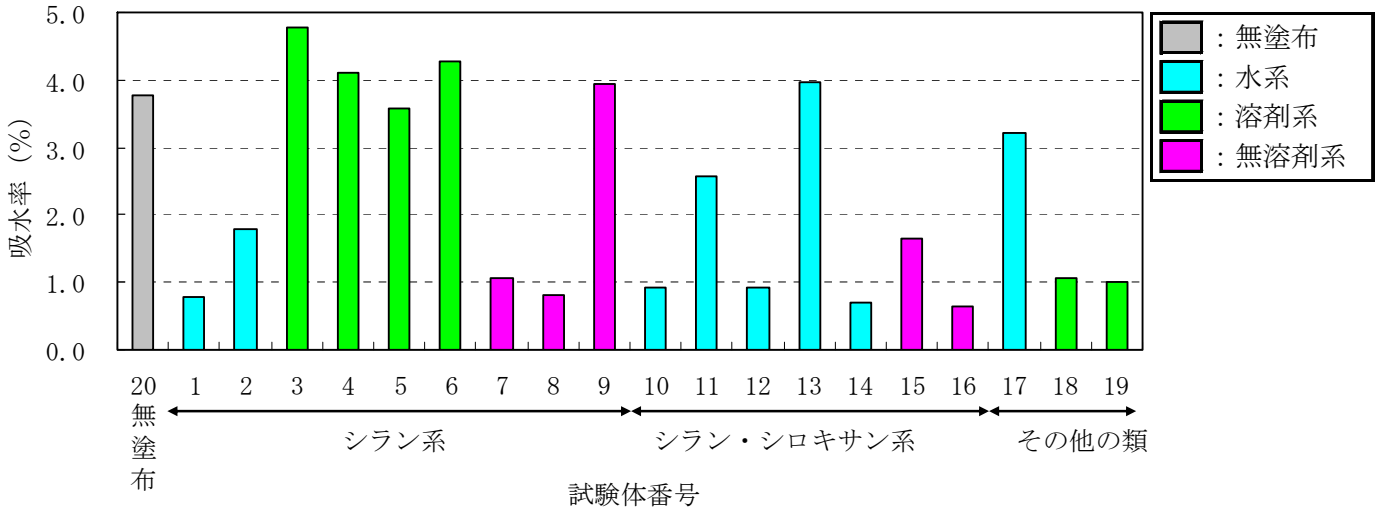
No.	系　統	中分類	形　態	造膜成分	吸水率（%）	
					7 日後	45 日後
1	水　系	シラン系	単独形	－	0.3	0.8
2					0.7	1.8
3	溶剤系				2.5	4.8
4					1.1	4.1
5					1.3	3.6
6					2.9	4.3
7	無溶剤系				0.5	1.1
8					0.3	0.8
9					1.2	3.9
10	水　系	シラン・シロキサン系			0.4	0.9
11					0.7	2.6
12					0.4	0.9
13					2.3	4.0
14					0.3	0.7
15	無溶剤系				0.7	1.7
16					0.2	0.7
17	水　系	その他の類			0.8	3.2
18	溶剤系		造膜形	ふっ素樹脂系	0.4	1.1
19					0.4	1.0
20	無塗布				2.0	3.8

（1）吸水率の測定結果

7 日後の吸水率は 0.3%から 2.9%で、その中でもシラン系 No.1（水系）,No.8（無溶剤系)、シラン・シロキサン系 No.14（水系）,16（無溶剤系）の吸水率が小さくなった。系統別、分類別に見ても優位差は見られず、19 種類中 13 種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。45 日後の吸水率は 0.7%から 4.8%で、その中でもシラン・シロキサン系 No.14（水系）,16（無溶剤系）の吸水率が小さくなった。系統別、分類別に見ても優位差は見られず、19 種類中 11 種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。図－Ⅲ.2.54 に分類による吸水率を示す。



a） 7 日後



b） 45 日後

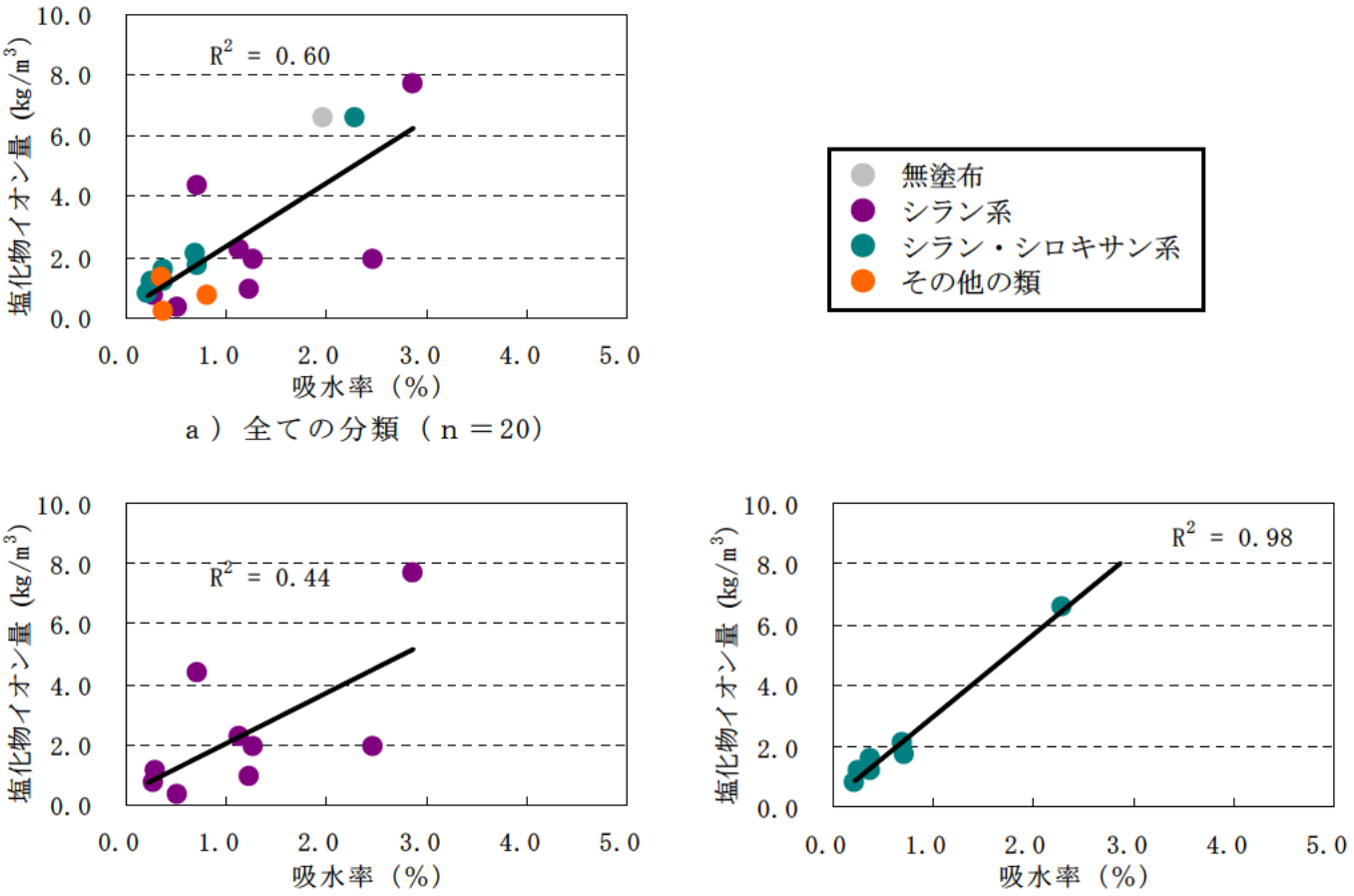
図－Ⅲ.2.54　吸水率

（２）吸水率と塩化物イオン量との関係

１）７日後の吸水率

７日後の吸水率と塩化物イオン量の関係を確認すると、系統別、形態別では関係が認められなかったが、分類別で見ると全ての分類では寄与率（R^2）が 0.60 となり、シラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.98 となり高い関係が認められた。

図－Ⅲ.2.55 に吸水率（７日後）と塩化物イオン量の関係を示す。



a）全ての分類（n＝20）

b）シラン系（n＝９）

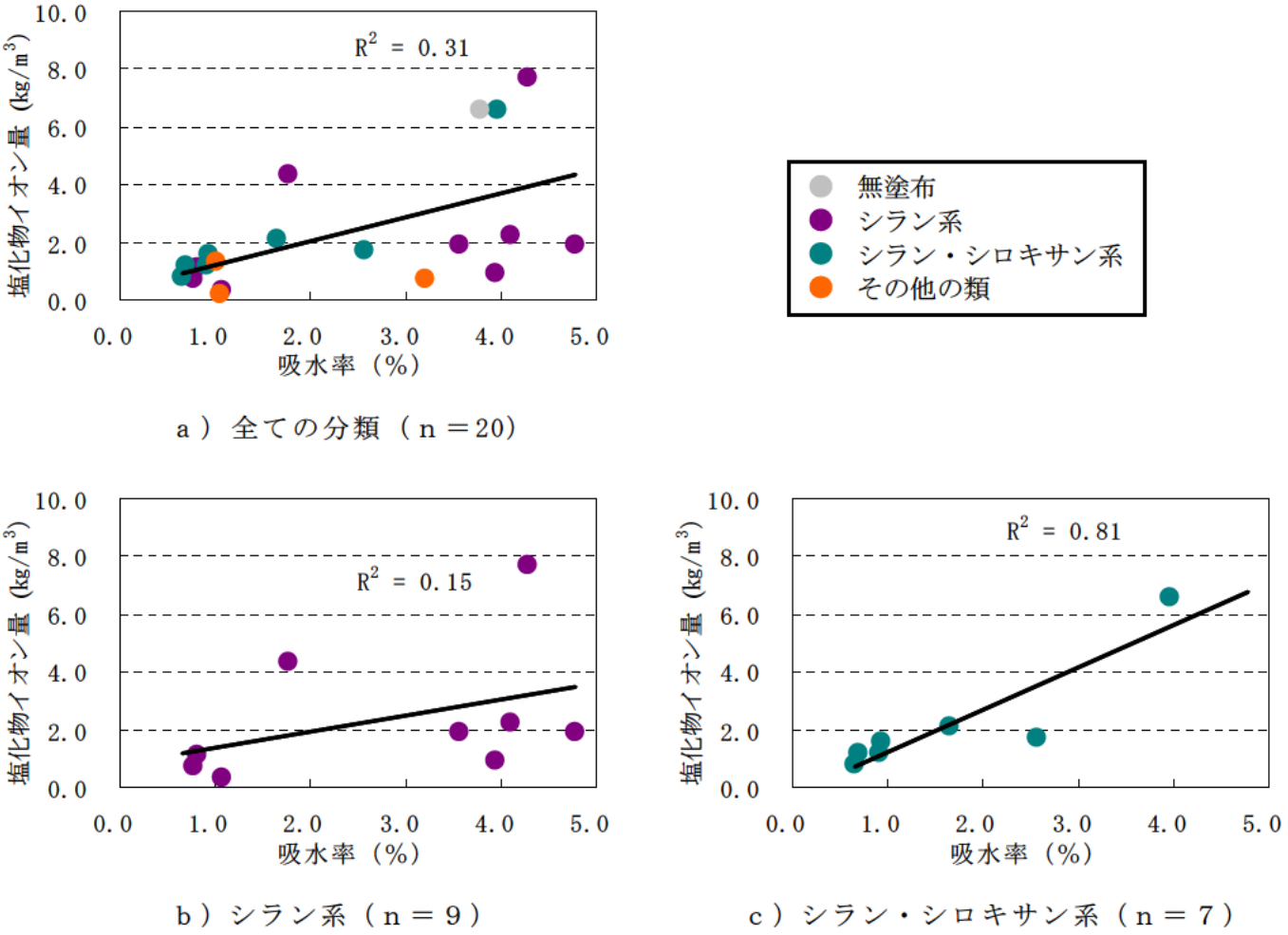
c）シラン・シロキサン系（n＝７）

図－Ⅲ.2.55　吸水率（７日後）と塩化物イオン量

２）45 日後の吸水率

45 日後の吸水率と塩化物イオン量の関係を確認すると、系統別、形態別では関係が認められなかったが、分類別で見るとシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.81 となり、関係が認められた。

図－Ⅲ.2.56 に吸水率（45 日後）と塩化物イオン量の関係を示す。



a）全ての分類（n＝20）

b）シラン系（n＝9）

c）シラン・シロキサン系（n＝7）

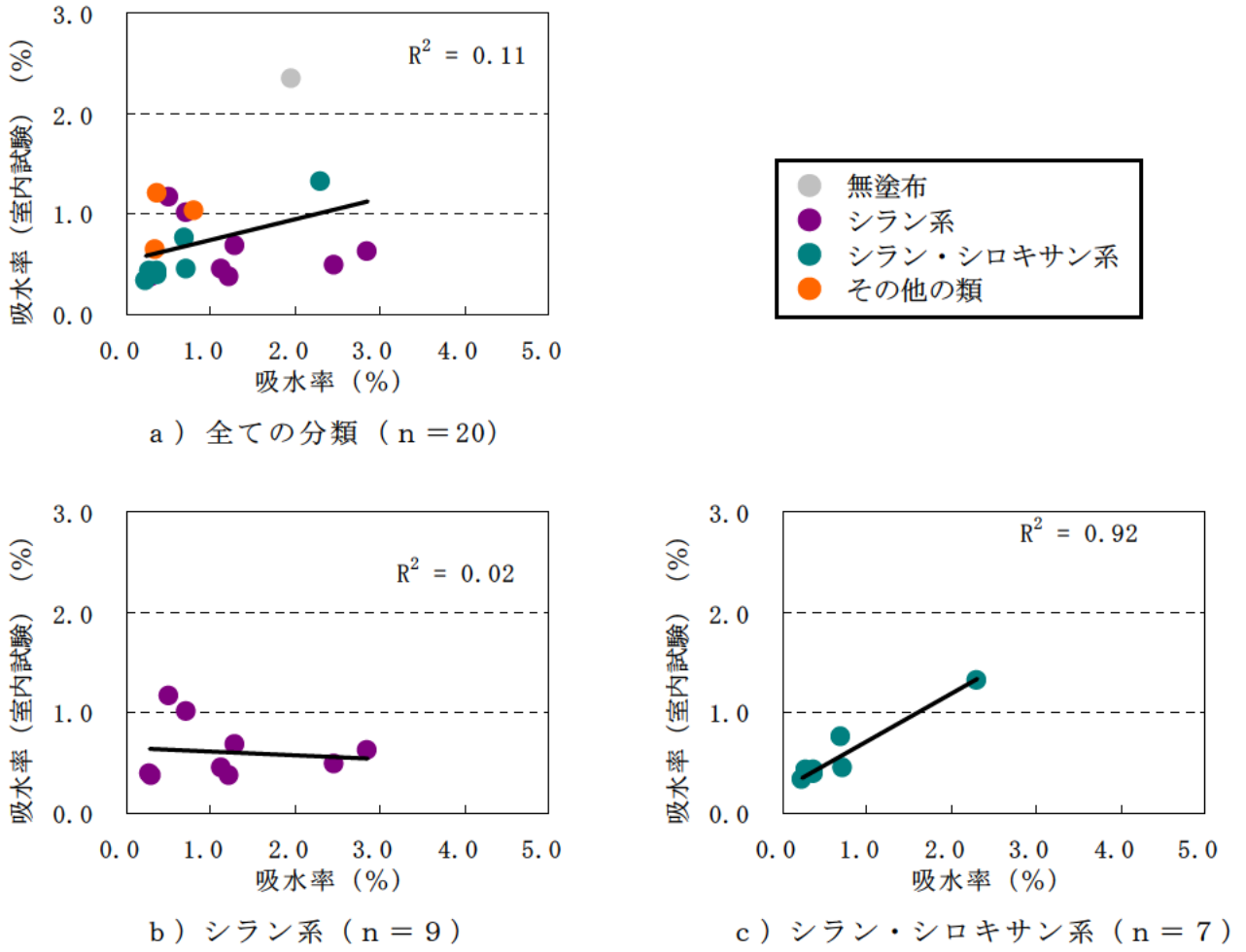
図－Ⅲ.2.56　吸水率（45 日後）と塩化物イオン量

（３）吸水率と吸水率（室内試験）の関係

１）７日後の吸水率

７日後の吸水率と吸水率（室内試験）の関係を確認すると、系統別、形態別では関係が認められなかったが、分類別で見るとシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.92 となり、関係が認められた。

図－Ⅲ.2.57 に吸水率（７日後）と吸水率（室内試験）の関係を示す。



a）全ての分類（n＝20）

b）シラン系（n＝９）

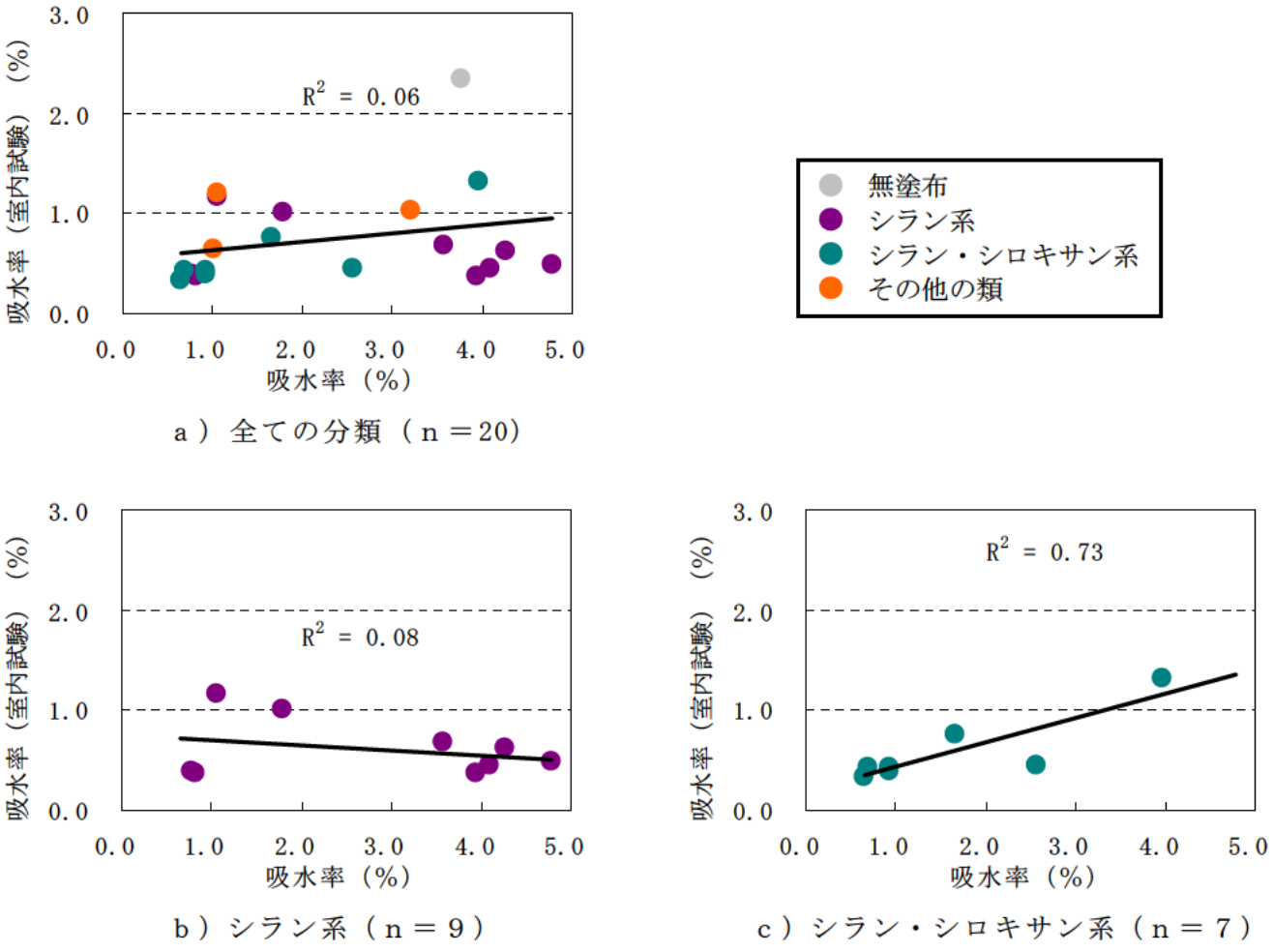
c）シラン・シロキサン系（n＝７）

図－Ⅲ.2.57　吸水率（７日後）と吸水率（室内試験）

２）45 日後の吸水率

45 日後の吸水率と吸水率（室内試験）の関係を確認すると、系統別、形態別では関係が認められなかったが、分類別で見るとシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が、0.73 となり関係が認められた。

図－Ⅲ.2.58 に吸水率（45 日後）と吸水率（室内試験）の関係を示す。



図－Ⅲ.2.58　吸水率（45 日後）と吸水率（室内試験）

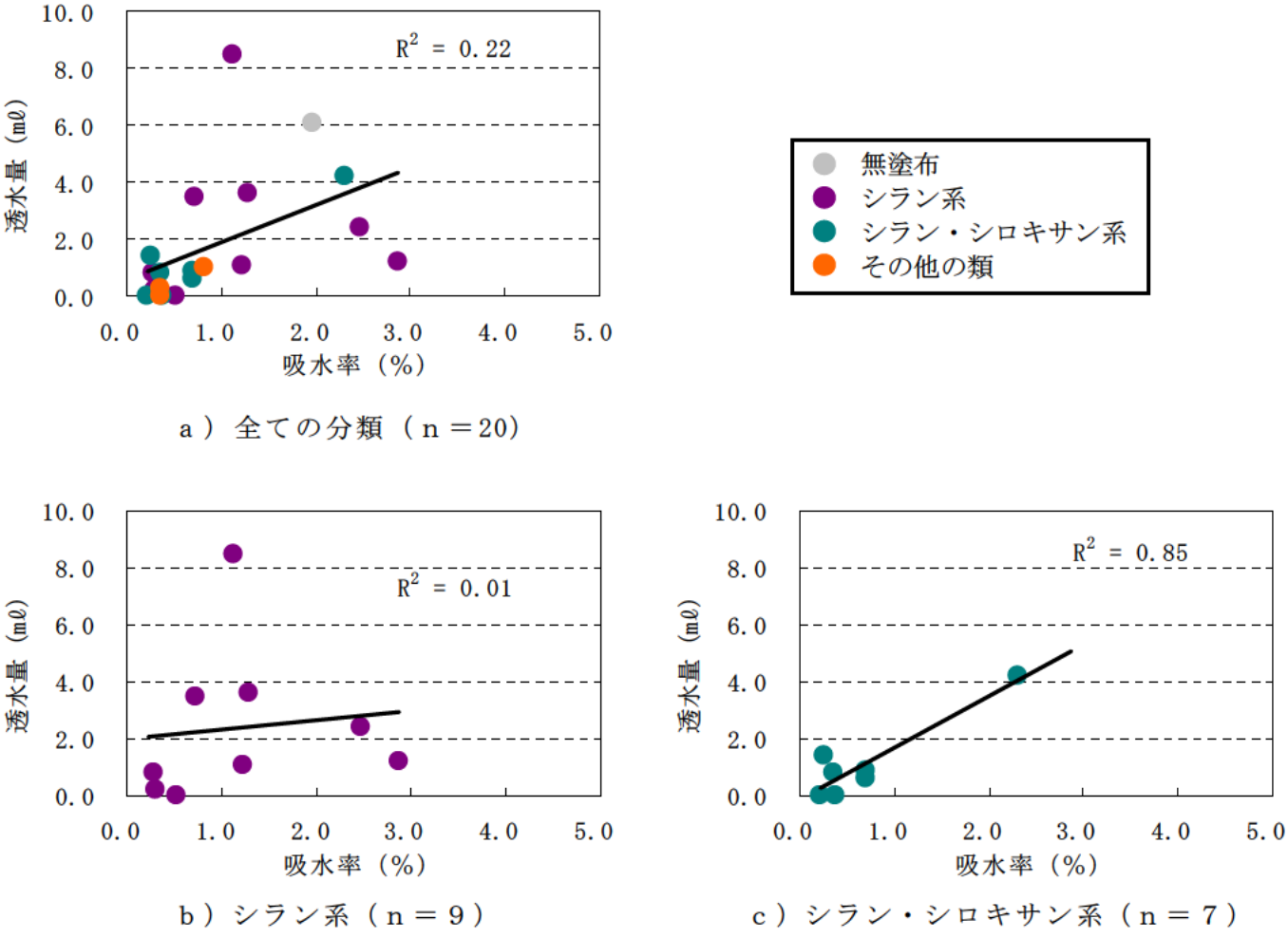
（４）吸水率と透水量（室内試験）の関係

第１次性能評価試験では透水量により試験体の水に対する抵抗性を確認した。試験中の水漏れが多いため、第２次性能評価試験では吸水率へ移行したが、室内試験のみ透水量を測定している。

１）７日浸漬後の吸水率

７日後の吸水率と透水量（室内試験）の関係を確認すると、系統別、形態毎では関係が認められなかったが、分類別で見るとシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.85 となり高い関係が認められた。

図－Ⅲ.2.59 に吸水率と透水量の関係を示す。



a）全ての分類（n＝20）

b）シラン系（n＝9）

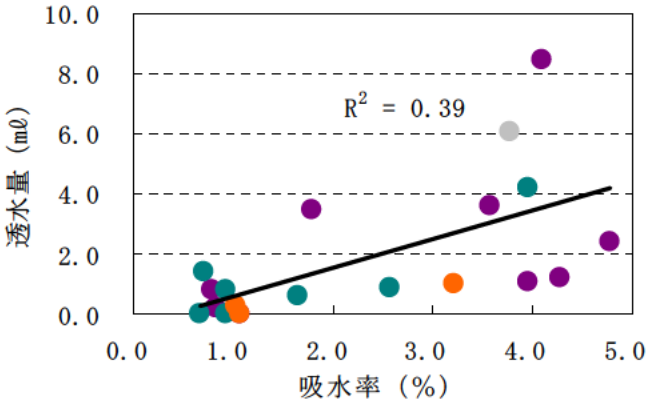
c）シラン・シロキサン系（n＝7）

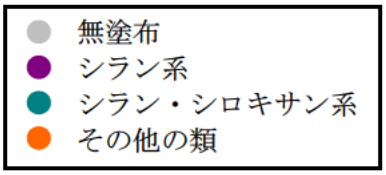
図－Ⅲ.2.59　吸水率と透水量

２）45 日浸漬後の吸水率

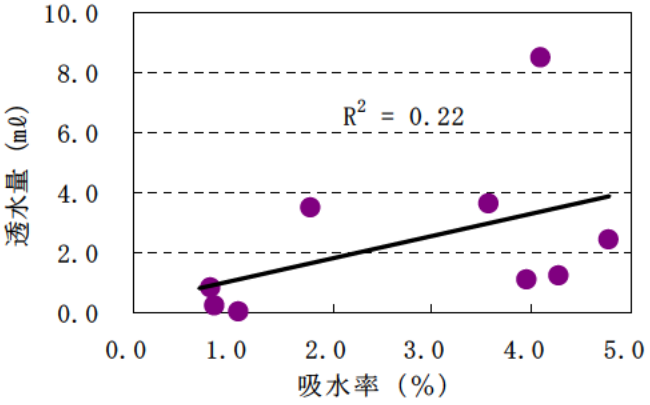
45 日後の吸水率と透水量（室内試験）の関係を確認すると、系統別、形態毎では関係が認められなかったが、分類別で見るとシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.68 となり関係が認められた。

図－Ⅲ.2.60 に吸水率と透水量の関係を示す。

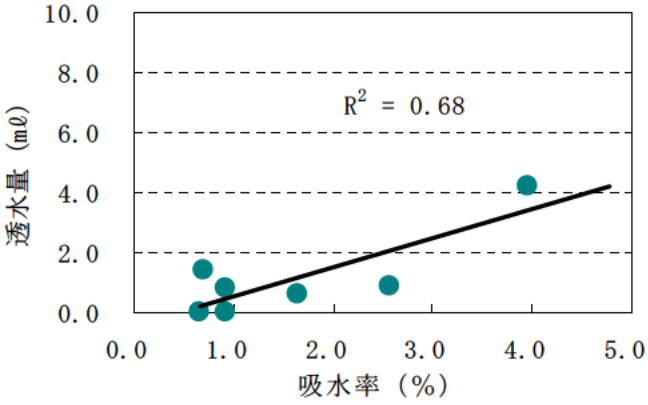




a）全ての分類（n＝20）



b）シラン系（n＝9）



c）シラン・シロキサン系（n＝7）

図－Ⅲ.2.60　吸水率と透水量

（４）まとめ

水セメント比 44%の供試体の場合、コンクリート保護材の暴露試験（沖縄 4 年暴露）の吸水量から以下の傾向が明らかになった。

① 7 日後の吸水率は 0.3%から 2.9%で系統別、分類別に見ても優位差は見られず、19 種類中 13 種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。45 日後の吸水率は 0.7%から 4.8%で系統別、分類別に見ても優位差は見られず、19 種類中 11 種類が無塗布の半分以下の吸水率となった。

② 7 日後の吸水率と塩化物イオン量との関係は全ての分類では寄与率（R^2）が 0.60 となり、シラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.98 となり高い関係が認められた。また、45 日後の吸水率と塩化物イオン量との関係はシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.81 となり関係が認められた。

③ 7 日後の吸水率と吸水率（室内試験）との関係はシラン・シロキサン系の場合に高い関係が認められた（寄与率R^2＝0.92)。また、45 日後の吸水率と吸水率（室内試験）の関係はシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.73 となり関係が認められた。

④ 7 日後の吸水率と透水量（室内試験）の関係はシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.85 となり高い関係が認められた。また、45 日後の吸水率と透水量（室内試験）の関係はシラン・シロキサン系の場合に寄与率（R^2）が 0.68 であった。

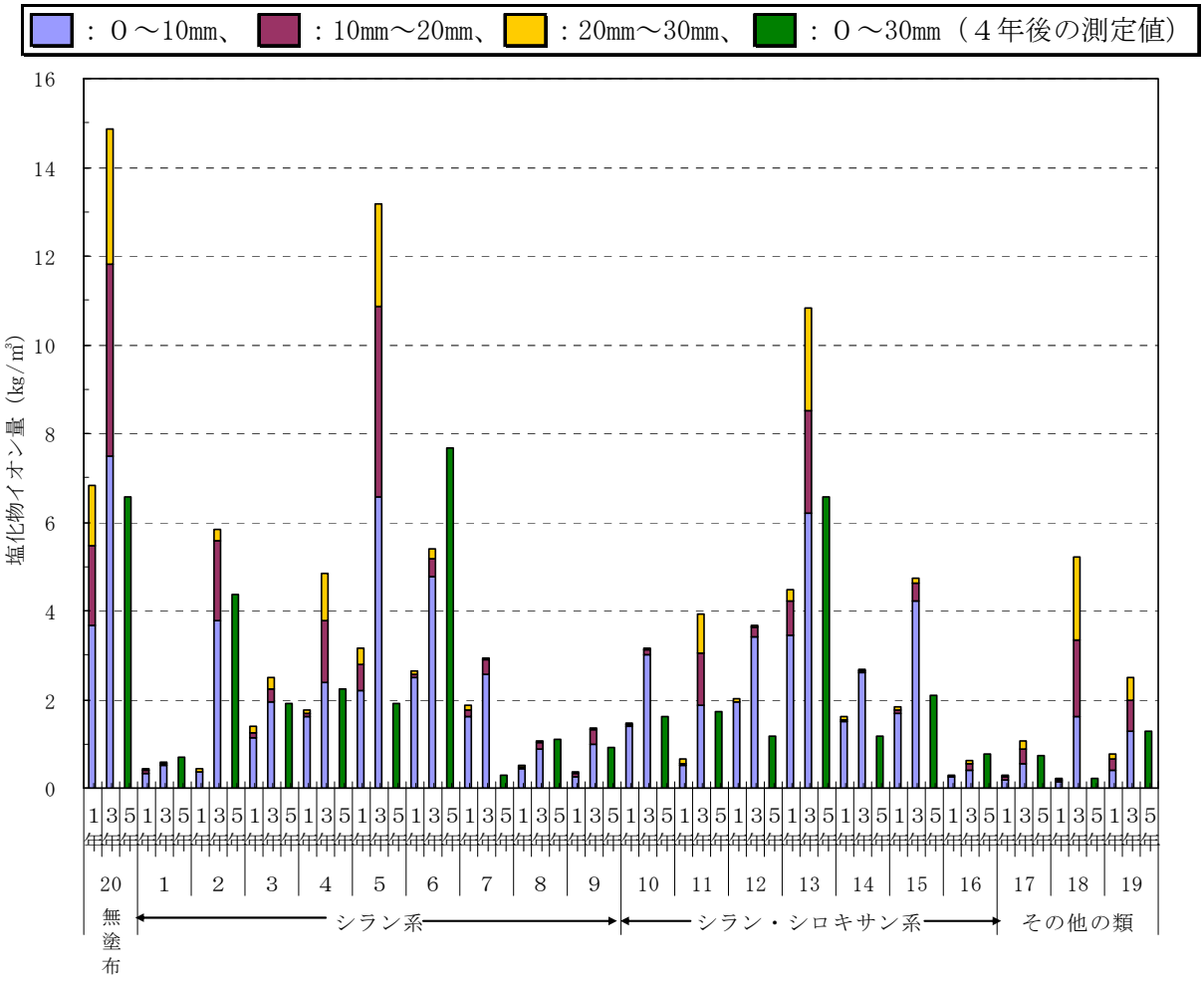
２．６．３　塩化物イオン浸透性

第１次暴露試験結果から飛来塩分が多い沖縄に１年、３年および４年暴露をした試験体の塩化物イオン量を測定した。試験方法は、JCI－SC４「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」（日本コンクリート工学協会）によって塩化物イオンの測定を行った。

（１）暴露試験結果

シラン系 No.１（水系），８（無溶剤系)、シラン・シロキサン系 No.16（無溶剤系）およびその他の類 No.17（水系）が暴露３年後の表面から深さ方向位置０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm の合計塩化物イオン量で発錆限界値（鋼材腐食発錆限界値 1.2 kg/m^3）以下であった。無塗布は、１年，３年後とも全ての深さで発錆限界値を超えていた。暴露４年後は、表面から深さ方向０から 30mm 位置の塩化物イオン量を測定したが、No.１，６，８，16 を除き、暴露３年後と比べ減る傾向が認められた。

図－Ⅲ.2.61 に分類別の各種保護材の塩化物イオン量を示す。

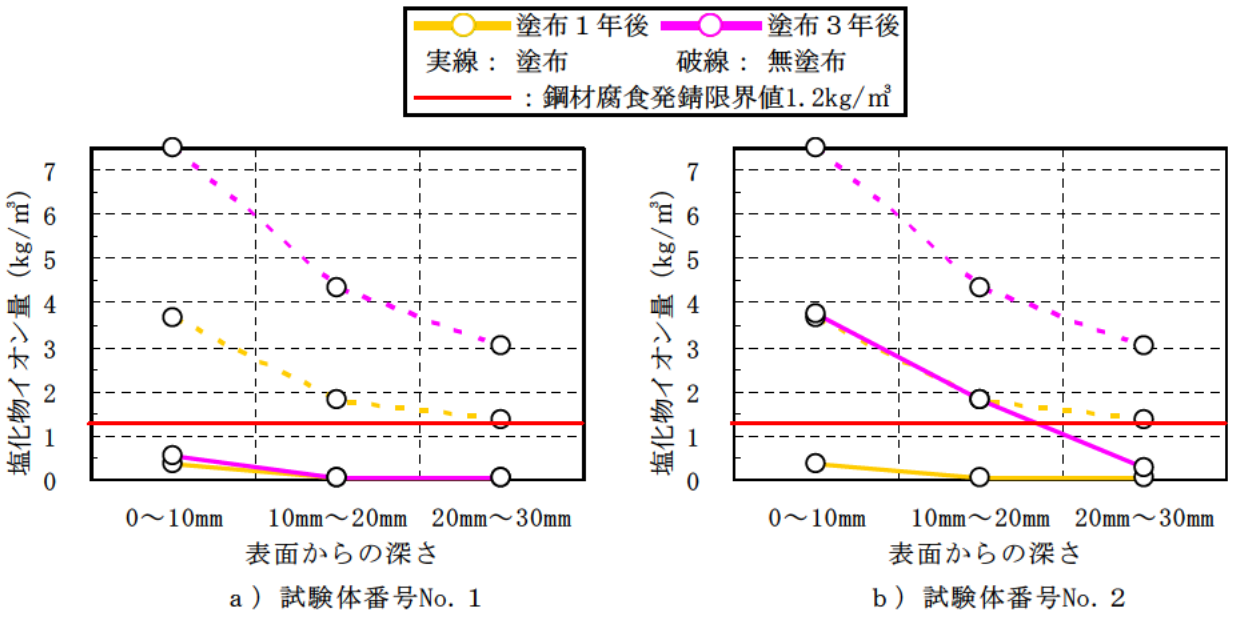


図－Ⅲ.2.61　分類別の各種保護材の塩化物イオン量

１）シラン系

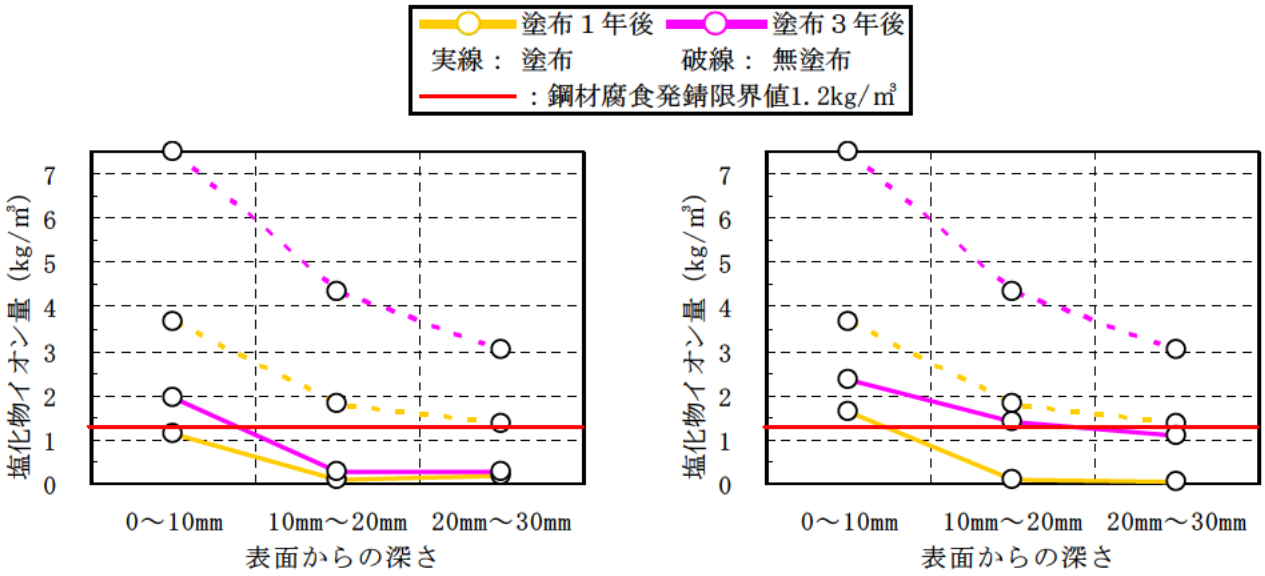
表面からの深さ方向位置 10mm から 20mm の塩化物イオン量は、暴露３年後で No.２（水系），４，５（ともに溶剤系）が発錆限界を超えた。無塗布は、１年後からすべての深さで発錆限界以上であった。とくに、No.１（水系），３，６（ともに溶剤系），７，８，９（ともに無溶剤系）は、表面から 10mm から 20mm 位置において、経年でも増加が少ない良好な結果が得られた。また、No.５（溶剤系）は、暴露３年後は、無塗布と同程度の塩化物イオン量であった。

水系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.2.62 に示し、溶剤系、無溶剤系の無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.2.63 と図－Ⅲ.2.64 に示す。

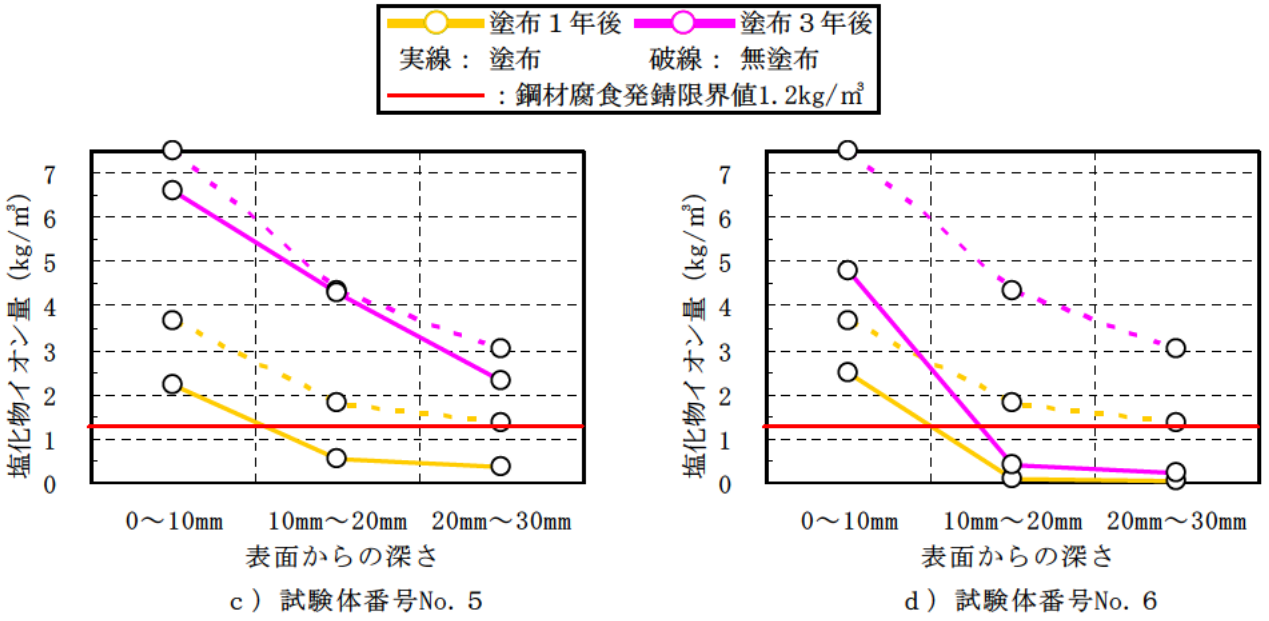


a）試験体番号No. 1　　b）試験体番号No. 2

図－Ⅲ.2.62　シラン系（水系）の塩化物イオン量測定結果

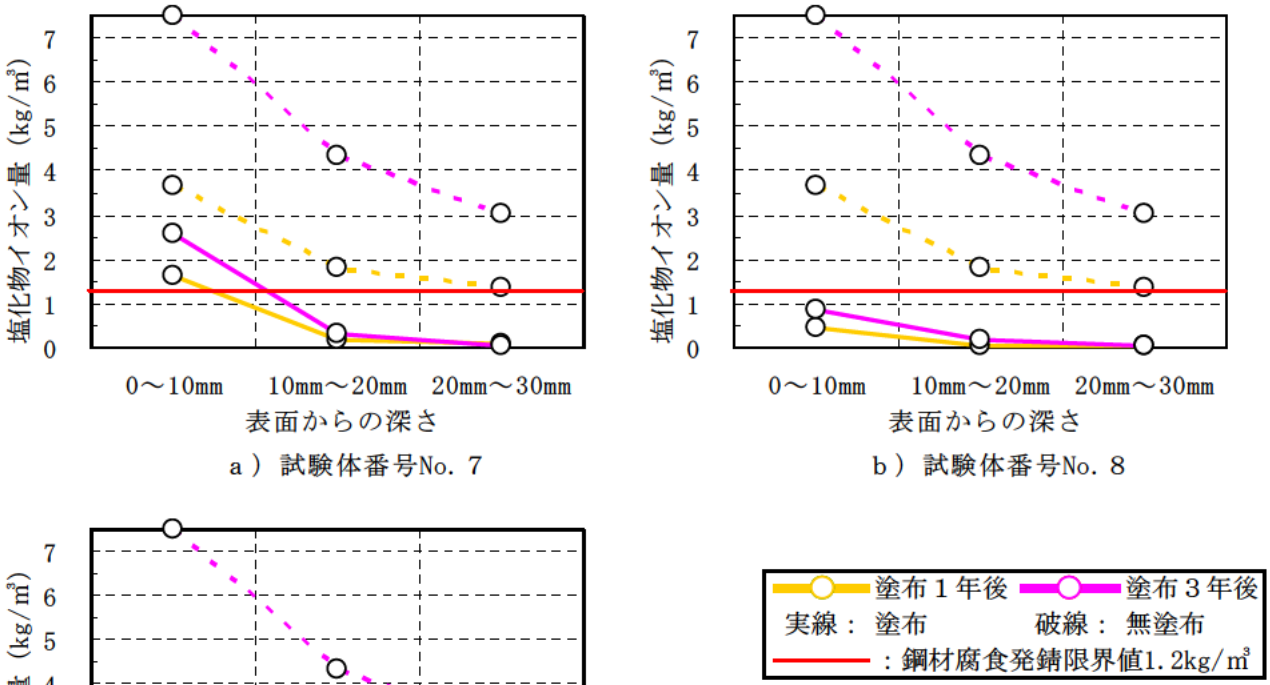


a）試験体番号No. 3　　b）試験体番号No. 4

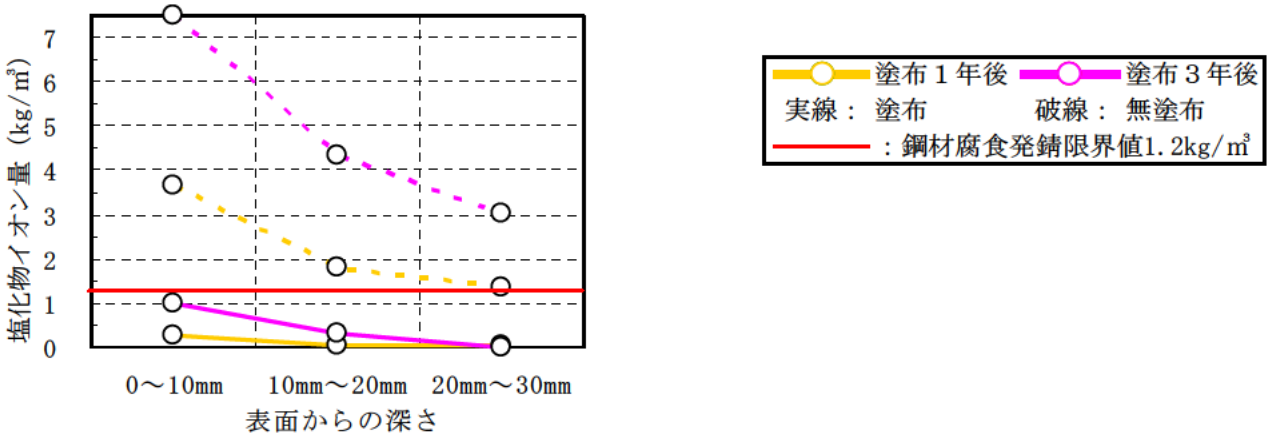


c）試験体番号No. 5　　d）試験体番号No. 6

図－Ⅲ.2.63　シラン系（溶剤系）の塩化物イオン量測定結果



a）試験体番号No. 7　　b）試験体番号No. 8



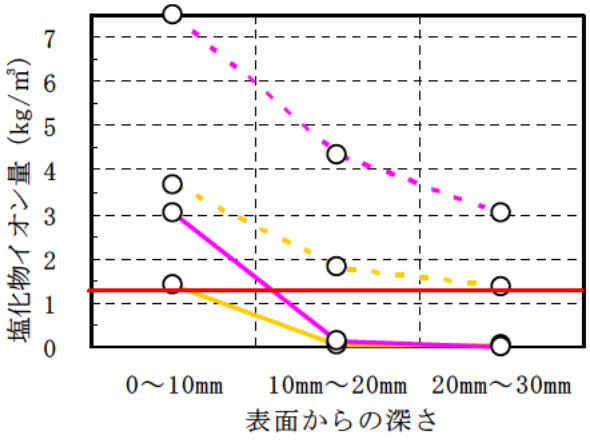
c）試験体番号No. 9

図－Ⅲ.2.64　シラン系（無溶剤系）の塩化物イオン量測定結果

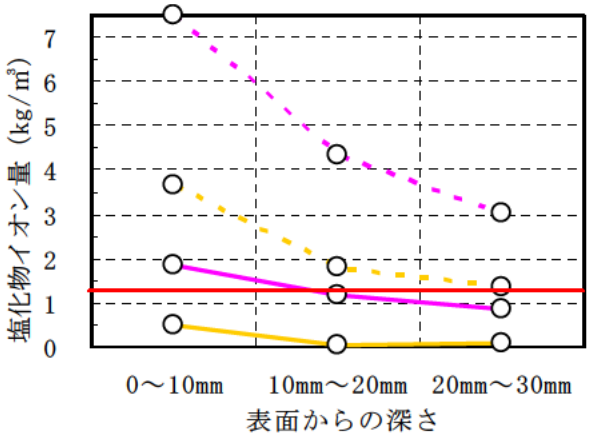
２）シラン・シロキサン系

表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量は、暴露３年後で No.10,11,12,14（ともに水系）,15,16（ともに無溶剤系）が発錆限界（鋼材腐食発錆限界値 1.2kg/㎥）以下であり、経年でも増加が少ない良好な結果が得られた。無塗布は、１年後からすべての深さで発錆限界以上であった。No.13（水系）は、表面から 10mm から 20mm 位置において、３年後に発錆限界を超えた。

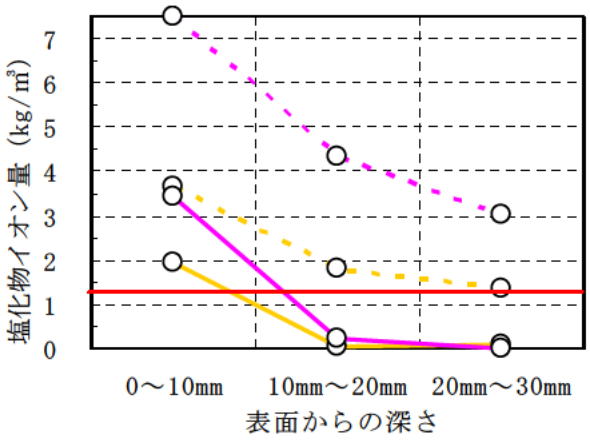
水系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.2.65 に示し、無溶剤系と無塗布との比較を図－Ⅲ.2.66 に示す。



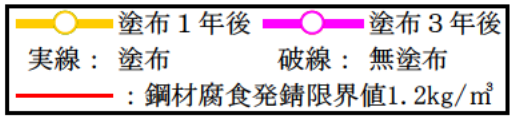
a）試験体番号No.10

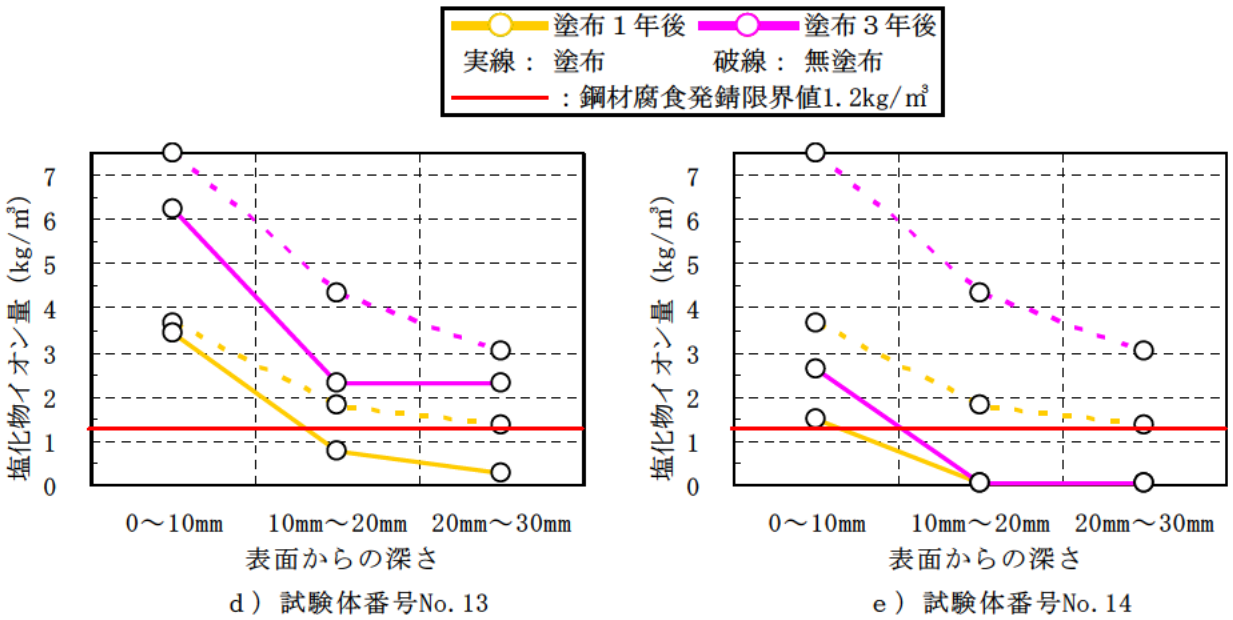


b）試験体番号No.11



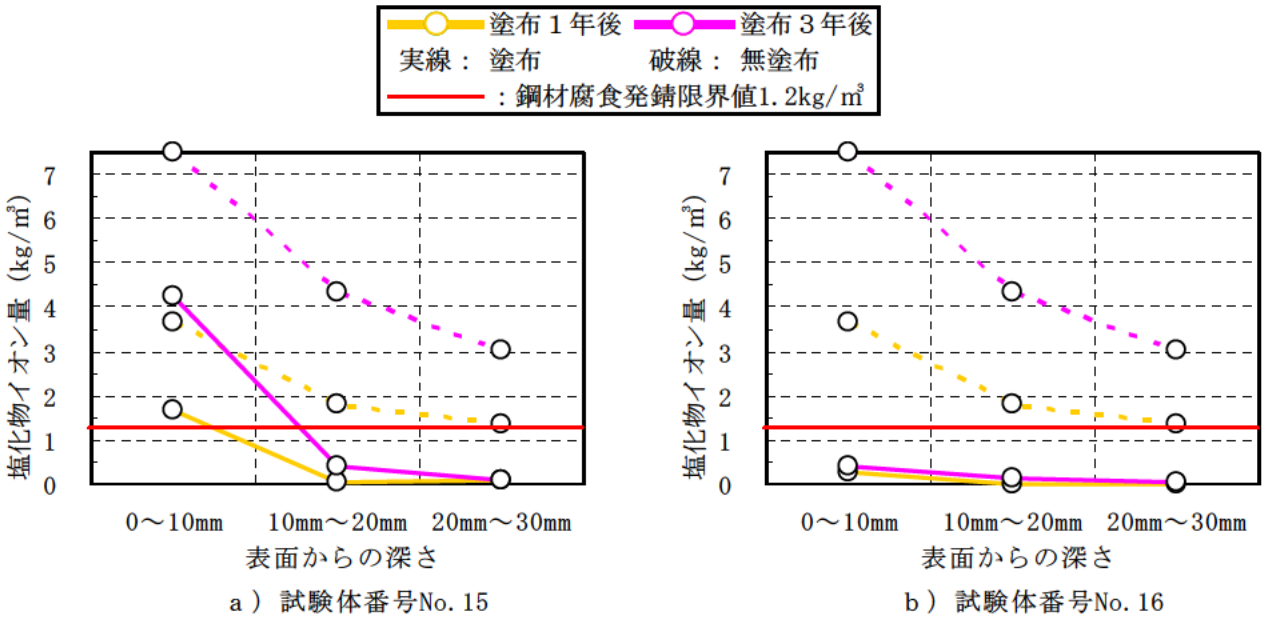
c）試験体番号No.12





d）試験体番号No.13　　e）試験体番号No.14

図－Ⅲ.2.65　シラン・シロキサン系（水系）の塩化物イオン測定結果



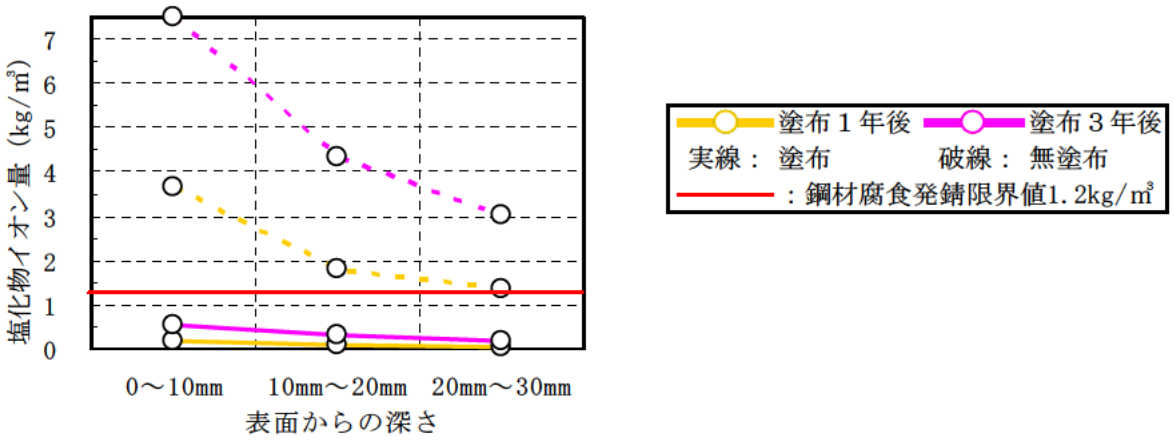
a）試験体番号No.15　　b）試験体番号No.16

図－Ⅲ.2.66　シラン・シロキサン系（無溶剤）の塩化物イオン量

３）その他の類

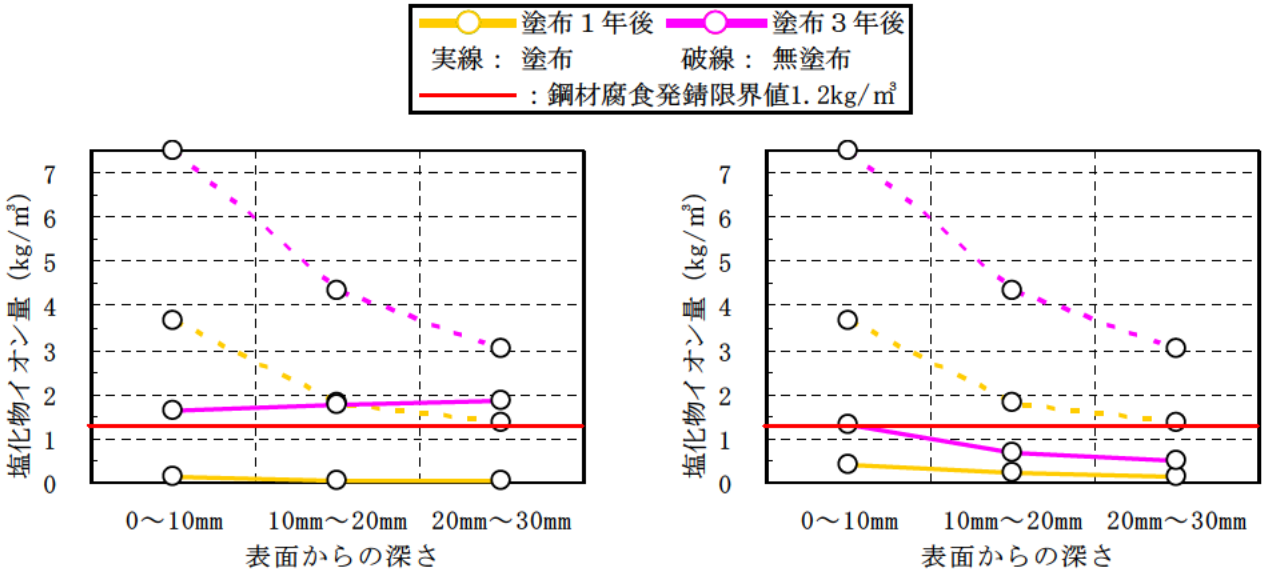
表面からの深さ方向 10mm から 20mm 位置での塩化物イオン量は、暴露３年後で No.17（水系）,18（溶剤系）が発錆限界（鋼材腐食発錆限界値 1.2kg/㎥）以下であり、経年でも増加が少ない良好な結果が得られた。無塗布は、１年後からすべての深さで発錆限界以上であった。No.18（溶剤系）は、表面から 10mm から 20mm 位置において、３年後に発錆限界を超えた。

水系のその他の類系と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.2.67 に示し、溶剤系のその他の類と無塗布との塩化物イオン量の比較を図－Ⅲ.2.68 に示す。



a ） 試験体番号No. 17

図－Ⅲ. 2. 67　その他の類（水系）の塩化物イオン量



a ） 試験体番号No. 18　　b ） 試験体番号No. 19

図－Ⅲ. 2. 68　その他の類（溶剤系）の塩化物イオン量

４）塩化物イオン測定位置での比較

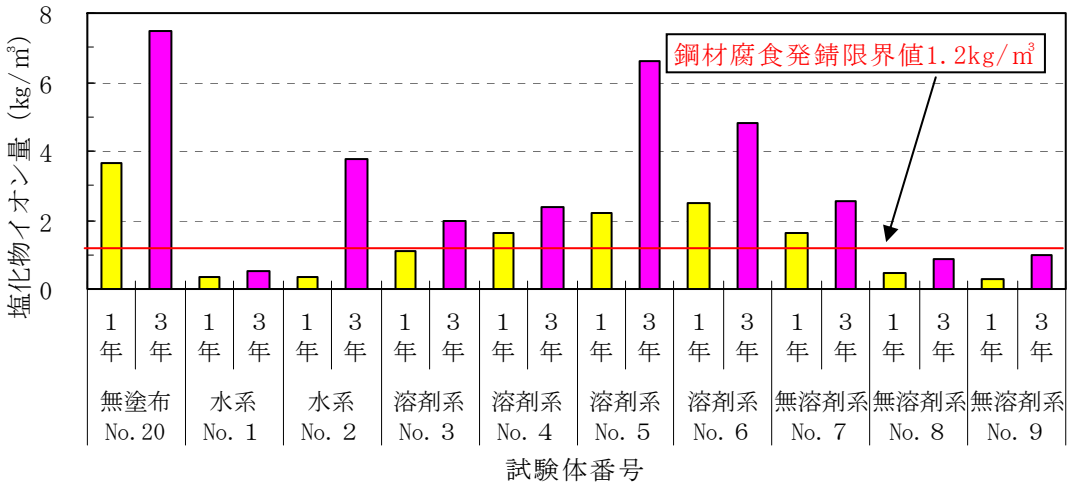
暴露年数による表面から深さ方向位置０から 10mm,10mm から 20mm,20 から 30mm 位置３箇所の塩化物イオン量と暴露４年の０から 30mm 位置での発錆限界値（鋼材腐食発錆限界値 1.2kg/㎥）以下の保護材を表－Ⅲ.2.15 に示す。特に、暴露３年後の表面から深さ方向 10mm から 20mm 位置でシラン系の No.１（水系），３，６（ともに溶剤系），７，８，９（すべて無溶剤系）、シラン・シロキサン系 No.10,12,14（すべて水系）,15,16（ともに無溶剤系）、その他の類 No.17（水系）,19（溶剤系）が発錆限界値以下で表面から深さ方向位置０から 30mm 位置で測定した暴露４年でもシラン系１（水系），７，８，９（すべて無溶剤系）、シラン・シロキサン系 No.12,14（ともに水系）,16（無溶剤系）、その他の類 No.18（溶剤系）が発錆限界値以下であった。しかし、シラン系 No.５（溶剤系）とシラン・シロキサン系 No.13（水系）、その他の類 No.18（溶剤系）は、暴露３年で大幅な塩化物イオン量の増加が認められた。

分類別に図－Ⅲ.2.69 に表面から深さ方向０～10mm 位置、図－Ⅲ.2.70 に 10mm～20mm 位置、図－Ⅲ.2.71 に 20mm～30mm 位置の塩化物イオン量を示す。

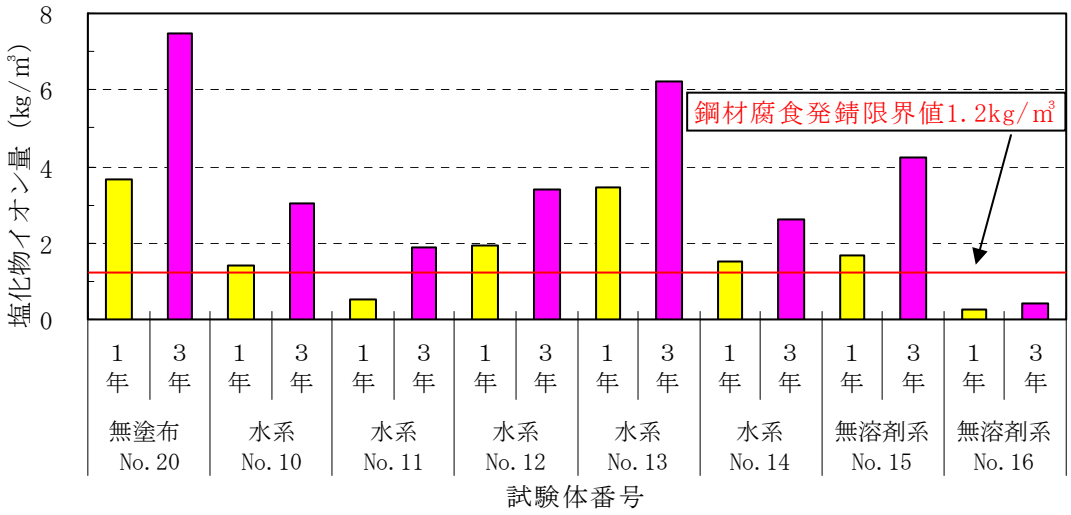
表－Ⅲ.2.15　表面からの測定位置による発錆限界値以下の保護材

測定位置	暴露	シラン系	シラン・シロキサン系	その他の類
０～10mm	１年	１，２，３，８，９	11,16	17,18,19
	３年	１	16	17
10mm～20mm	１年	１，２，３，４，５，６，７，８，９	10,11,12,14,15,16	17,18
	３年	１，３，６，７，８，９	10,12,14,15,16	17,19
20mm～30mm	１年	１，２，３，４，５，６，７，８，９	10,11,12,13,14,15,16	17,18,19
	３年	１，２，３，４，６，７，８，９	10,11,12,14,15,16	17,19
０～30mm	４年注)	１，７，８，９	12,14,16	18

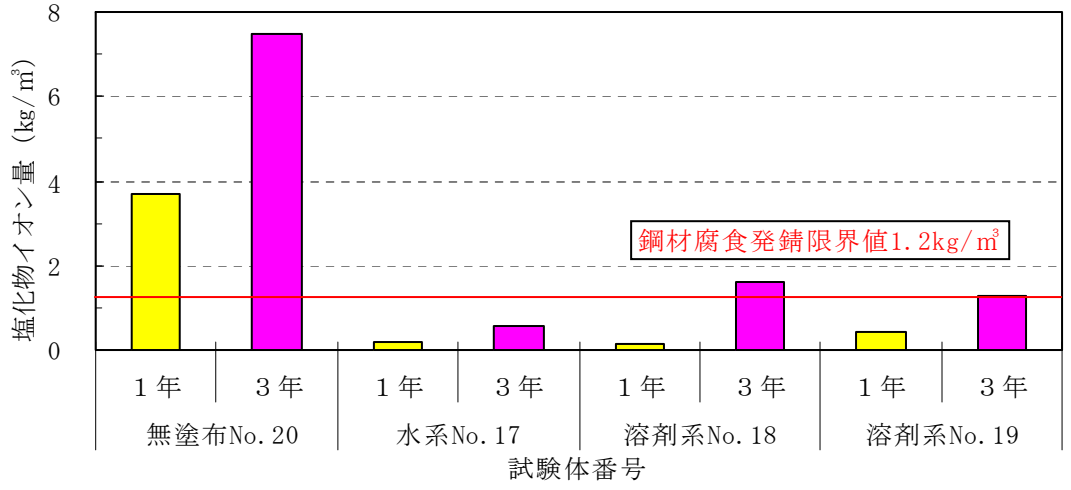
注)暴露４年は、表面から深さ方向０から 30mm で測定した。



a） シラン系

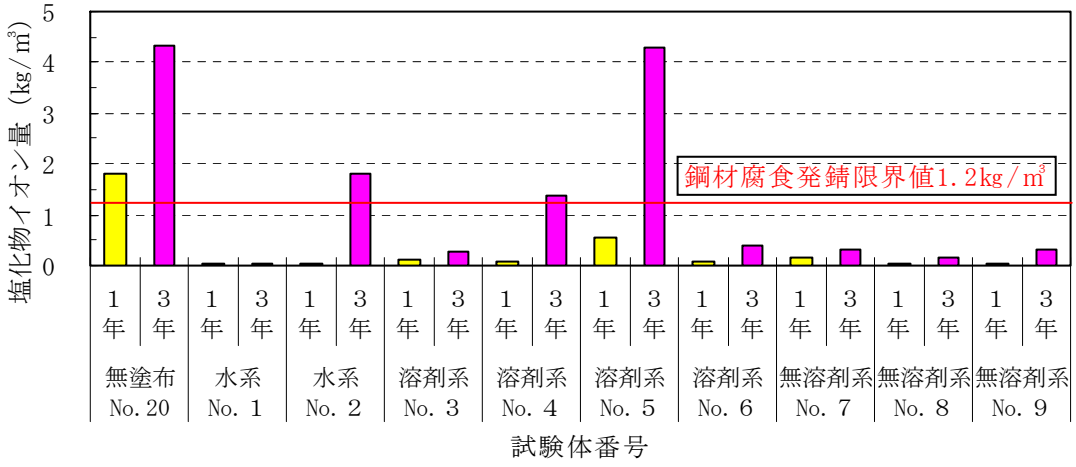


b） シラン・シロキサン系

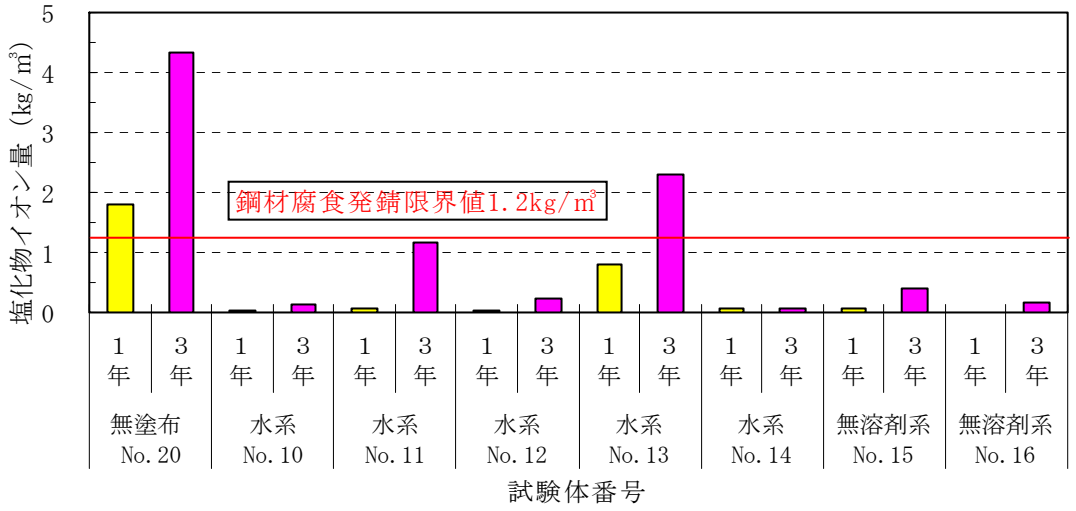


c） その他の類

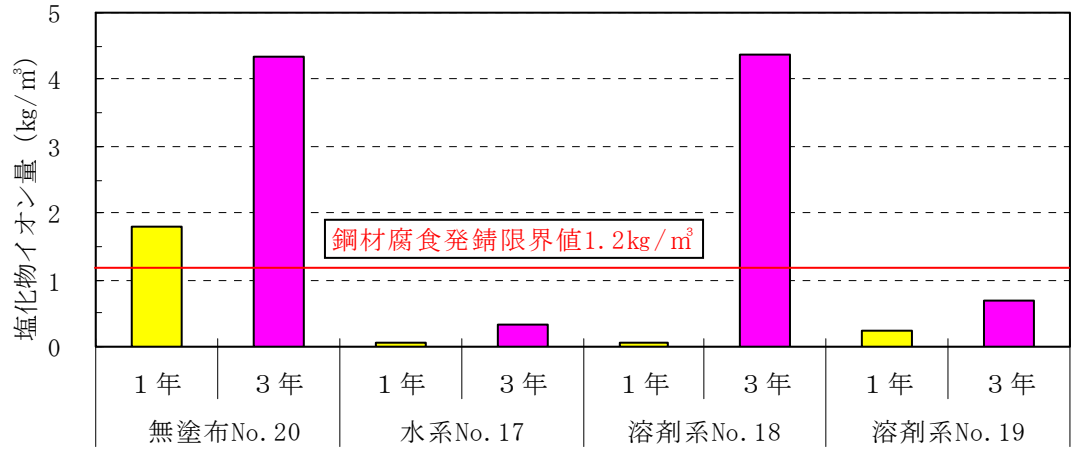
図－Ⅲ.2.69　表面から深さ方向０～10mm 位置の塩化物イオン量



a）シラン系

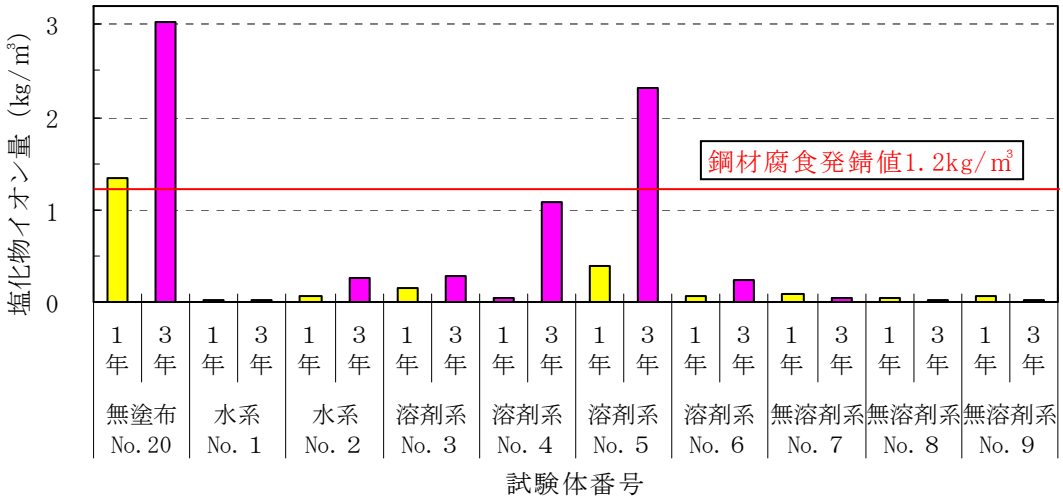


b）シラン・シロキサン系

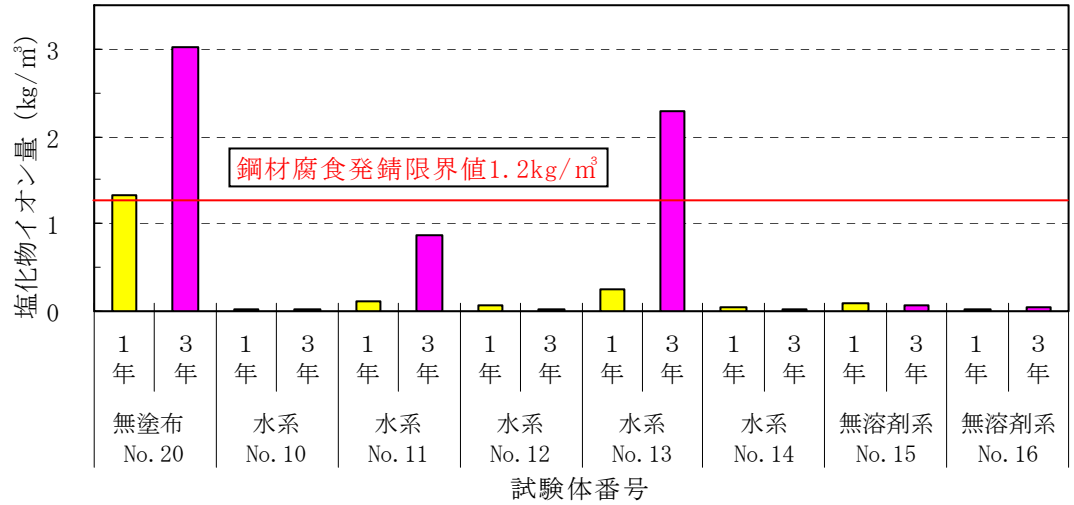


c）その他の類

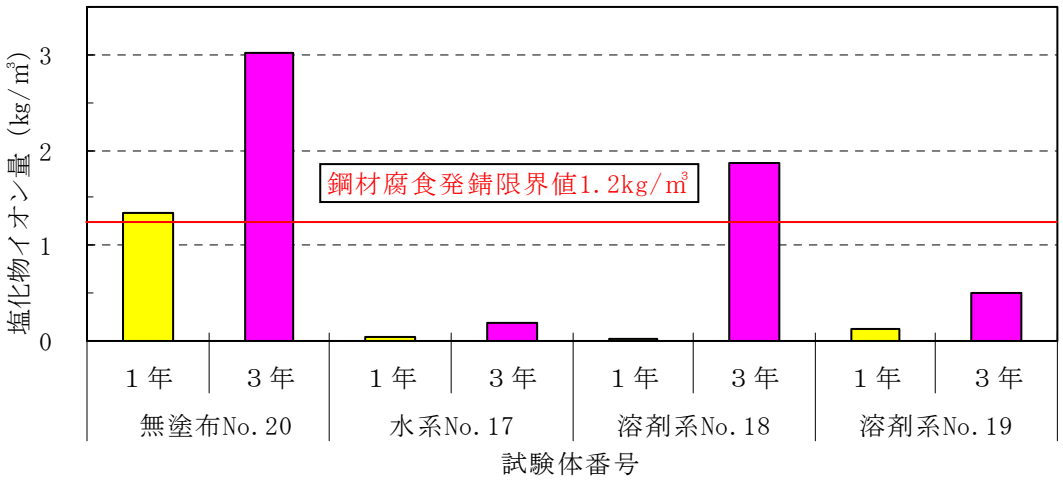
図－Ⅲ.2.70　表面から深さ方向 10mm～20mm 位置の塩化物イオン量



a）シラン系



b）シラン・シロキサン系



c）その他の類

図－Ⅲ.2.71　表面から深さ方向 20mm～30mm 位置の塩化物イオン量

（２）暴露塩化物イオン量と室内試験結果との関係

表面から深さ方向に０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置で切断した塩化物イオン量と室内試験結果との関係を求めた。

１）沖縄暴露１年と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬試験結果との比較

暴露１年後と浸漬 126 日後の塩化物イオン量測定結果を表－Ⅲ.2.16 に示す。

表－Ⅲ.2.16　暴露１年と浸漬 126 日の塩化物イオン量

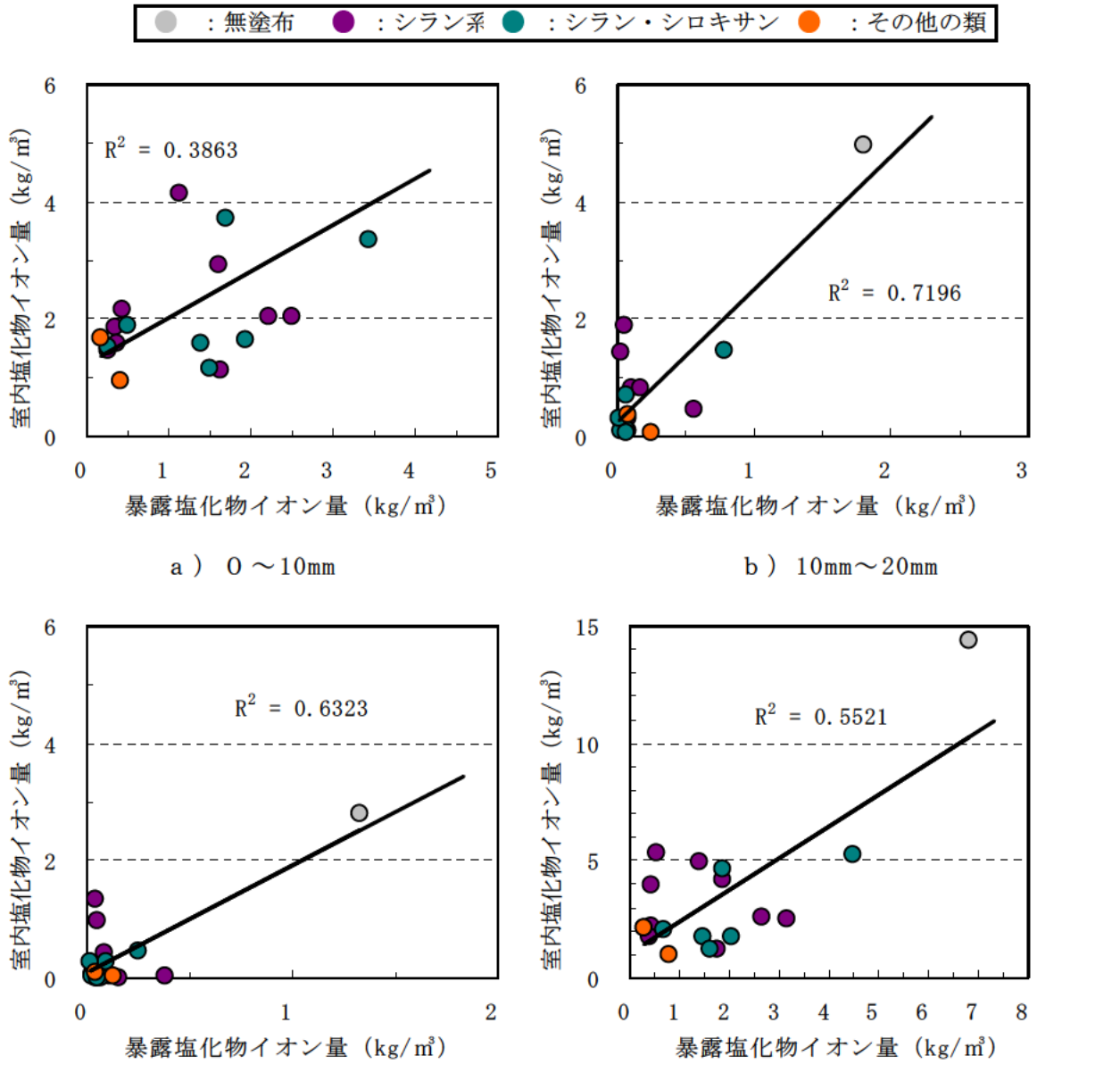
No.	分類	形態	塩化物イオン量(kg/m³)							
			暴露１年				塩水浸漬 126 日			
			0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注)	0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注)
1	シラン系	単独形	0.347	0.055	0.026	0.429	1.862	0.304	0.068	2.234
2			0.359	0.025	0.054	0.438	1.580	1.438	0.960	3.979
3			1.127	0.104	0.159	1.390	4.150	0.817	0.002	4.968
4			1.624	0.079	0.044	1.747	1.133	0.094	0.007	1.234
5			2.217	0.557	0.381	3.154	2.044	0.465	0.021	2.531
6			2.507	0.074	0.058	2.639	2.034	0.304	0.240	2.578
7			1.631	0.165	0.088	1.866	2.909	0.832	0.441	4.183
8			0.436	0.047	0.043	0.527	2.153	1.880	1.328	5.362
9			0.264	0.049	0.066	0.378	1.463	0.227	0.027	1.717
10	シラン・シロキサン系		1.388	0.041	0.030	1.459	1.576	0.112	0.027	1.715
11			0.503	0.061	0.109	0.672	1.888	0.129	0.024	2.041
12			1.932	0.028	0.069	2.029	1.632	0.106	0.010	1.749
13			3.433	0.786	0.250	4.470	3.341	1.466	0.446	5.254
14			1.497	0.063	0.051	1.610	1.163	0.068	0.014	1.245
15			1.689	0.066	0.094	1.849	3.711	0.697	0.269	4.677
16			0.255	0.009	0.017	0.281	1.521	0.311	0.286	2.118
17	その他の類		0.183	0.074	0.042	0.299	1.667	0.352	0.078	2.096
18		造膜形	0.151	0.047	0.026	0.223	5.014	4.448	2.518	11.980
19			0.406	0.247	0.132	0.785	0.931	0.057	0.030	1.018
20	無塗布		3.637	1.801	1.334	6.808	6.589	4.963	2.805	14.357

注）０～30mm の塩化物イオン量は、０～10mm、10mm～20mm、20mm～30mm の合計

:無塗布　：水系　：溶剤系　：無溶剤系を示す。

室内試験結果から塩化物イオンの浸透が多く無塗布と同様な傾向であったその他の類の造膜形 No.18（溶剤系）を除き、暴露１年後と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 126 日間浸漬した塩化物イオン量の関係を表面から深さ方向位置 0 から 10mm、10mm から 20mm、20 から 30mm および３箇所の合計塩化物イオン量で比較した。その結果、表面から 10mm 位置までの塩化物イオン量との関係の寄与率（R^2）0.39 を除き、10mm から 20mm、20mm から 30mm および 0 から 30mm で寄与率（R^2）0.55 以上であり、10mm から 20mm 位置では、高い寄与率（R^2）の 0.72 であった。

図－Ⅲ.2.72 に暴露１年と室内塩化物イオン量との関係を示す。



a） 0 ～10mm　　b） 10mm～20mm

c） 20mm～30mm　　d） 0 ～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅲ.2.72　暴露１年と室内塩化物イオン量との関係（ｎ＝19）

２）沖縄暴露３年と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬試験結果との比較

暴露３年後と浸漬 126 日後の塩化物イオン量測定結果を表－Ⅲ.2.17 に示す。

表－Ⅲ.2.17　暴露３年と浸漬 126 日の塩化物イオン量

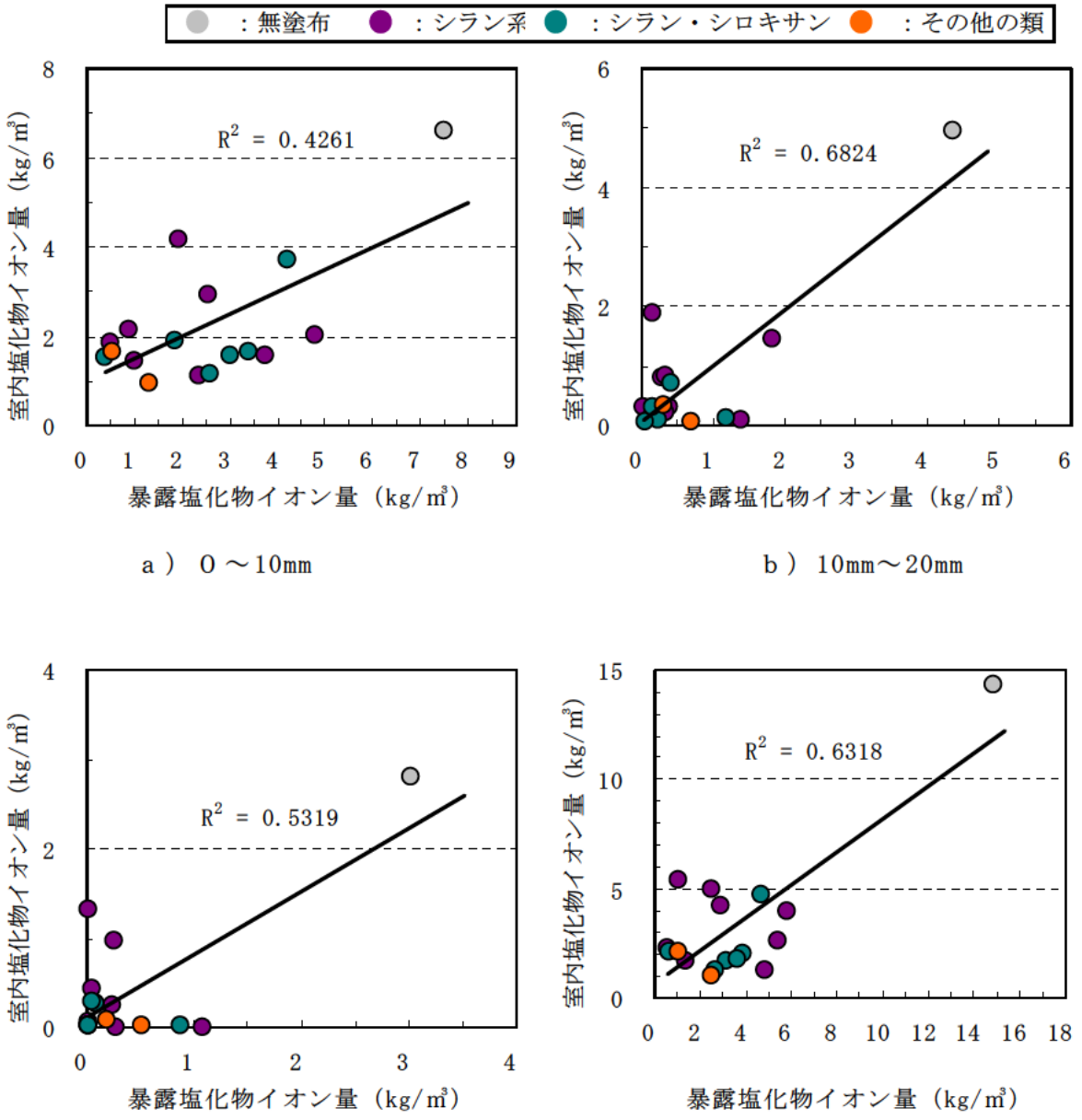
No.	分類	形態	塩化物イオン量(kg/m³)							
			暴露３年				塩水浸漬 126 日			
			0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注)	0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注)
1	シラン系	単独形	0.521	0.037	0.025	0.583	1.862	0.304	0.068	2.234
2			3.763	1.816	0.259	5.838	1.580	1.438	0.960	3.979
3			1.946	0.275	0.279	2.500	4.150	0.817	0.002	4.968
4			2.372	1.397	1.079	4.848	1.133	0.094	0.007	1.234
5			6.586	4.280	2.304	13.171	2.044	0.465	0.021	2.531
6			4.787	0.386	0.238	5.412	2.034	0.304	0.240	2.578
7			2.555	0.331	0.045	2.931	2.909	0.832	0.441	4.183
8			0.875	0.166	0.024	1.065	2.153	1.880	1.328	5.362
9			0.999	0.328	0.020	1.347	1.463	0.227	0.027	1.717
10	シラン・シロキサン系		3.018	0.117	0.023	3.158	1.576	0.112	0.027	1.715
11			1.861	1.175	0.878	3.913	1.888	0.129	0.024	2.041
12			3.413	0.236	0.016	3.666	1.632	0.106	0.010	1.749
13			6.214	2.310	2.291	10.815	3.341	1.466	0.446	5.254
14			2.607	0.054	0.024	2.685	1.163	0.068	0.014	1.245
15			4.228	0.414	0.078	4.720	3.711	0.697	0.269	4.677
16			0.404	0.155	0.053	0.613	1.521	0.311	0.286	2.118
17	その他の類		0.545	0.321	0.184	1.050	1.667	0.352	0.078	2.096
18		造膜形	1.605	1.740	1.860	5.205	5.014	4.448	2.518	11.980
19			1.605	1.740	1.860	5.205	0.931	0.057	0.030	1.018
20	無塗布		7.480	4.343	3.024	14.847	6.589	4.963	2.805	14.357

注）0～30mm の塩化物イオン量は、0～10mm、10mm～20mm、20mm～30mm の合計

:無塗布　：水系　：溶剤系　：無溶剤系を示す。

室内試験結果から塩化物イオンの浸透が多く無塗布と同様な傾向であったその他の類の造膜形 No.18（溶剤系）と暴露１年と比較して、無塗布と同様に塩化物イオンが 10kg/m³以上浸透したシラン系 No.５（水系）、シラン・シロキサン系 No.13（水系）を除いて、表面から深さ方向位置０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm および３箇所の合計塩化物イオン量で比較した。その結果、10mm から 20mm、20mm から 30mm および０から 30mm で寄与率（R^2）0.53 以上、10mm から 20mm 位置での寄与率（R^2）は、0.68 であった。

図－Ⅲ.2.73 に暴露３年と室内塩化物イオン量との関係を示す。



a） ０～10mm　　b） 10mm～20mm

c） 20mm～30mm　　d） ０～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅲ.2.73　暴露３年と室内塩化物イオン量との関係（ｎ＝17）

3）暴露１年と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬による質量変化との関係

暴露１年と浸漬 126 日後の質量変化結果を表－Ⅲ.2.18 に示す。

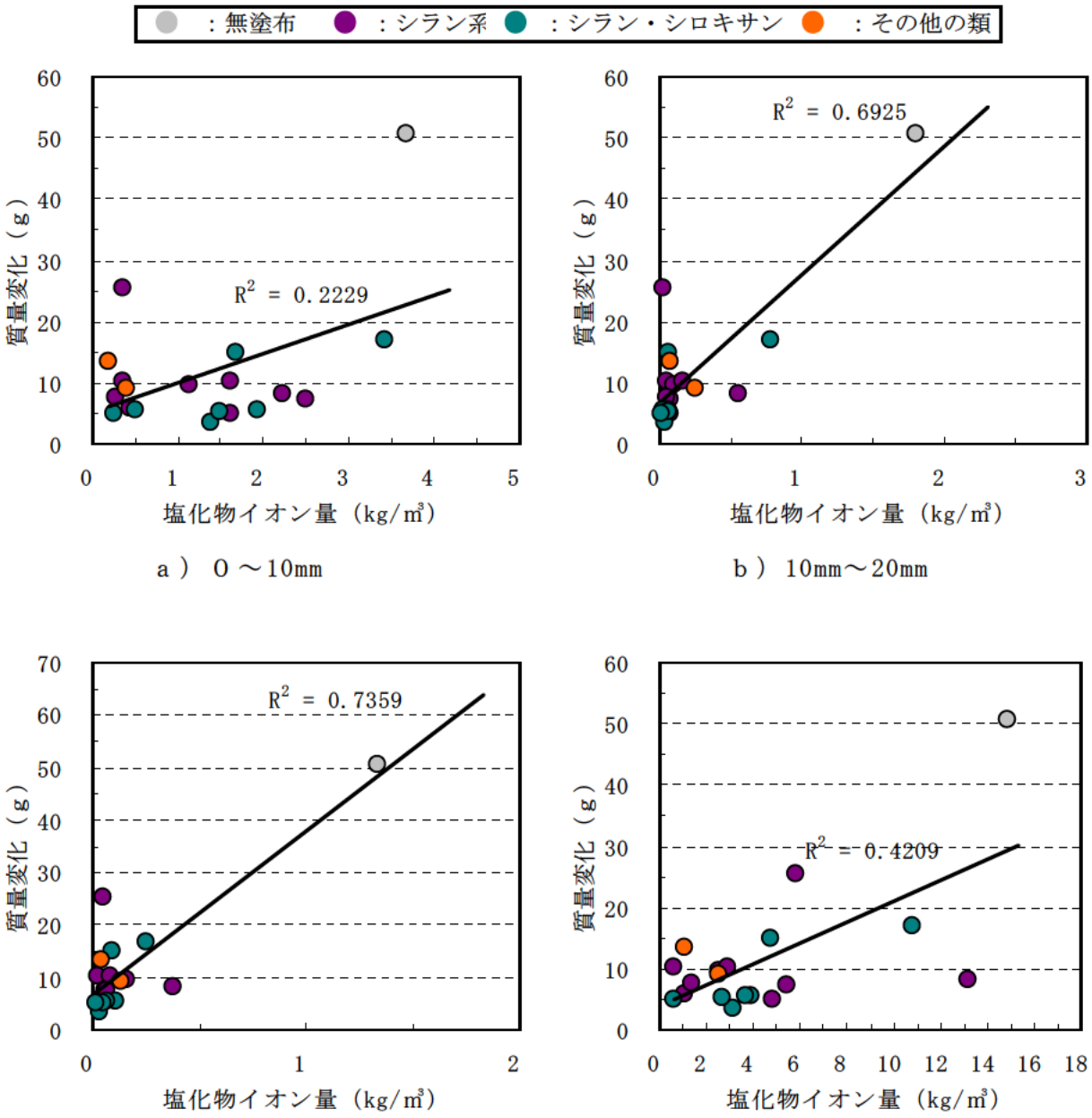
表－Ⅲ.2.18　暴露１年と浸漬 126 日後の質量変化

No.	系　統	分類	形　態	塩化物イオン量(kg/m³)				重量変化（g）	重量変化率（%）
				0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注）		
1	水　系	シラン系	単独形	0.347	0.055	0.026	0.429	10.12	0.449
2				0.359	0.025	0.054	0.438	25.39	1.121
3	溶剤系			1.127	0.104	0.159	1.390	9.71	0.421
4				1.624	0.079	0.044	1.747	5.00	0.224
5				2.217	0.557	0.381	3.154	8.34	0.375
6				2.507	0.074	0.058	2.639	7.40	0.326
7	無溶剤系			1.631	0.165	0.088	1.866	10.33	0.480
8				0.436	0.047	0.043	0.527	5.71	0.257
9				0.264	0.049	0.066	0.378	7.52	0.339
10	水　系	シラン・シロキサン系		1.388	0.041	0.030	1.459	3.56	0.157
11				0.503	0.061	0.109	0.672	5.48	0.240
12				1.932	0.028	0.069	2.029	5.44	0.242
13				3.433	0.786	0.250	4.470	16.87	0.740
14				1.497	0.063	0.051	1.610	5.18	0.229
15	無溶剤系			1.689	0.066	0.094	1.849	15.07	0.662
16				0.255	0.009	0.017	0.281	5.02	0.227
17	水　系	その他の類	造膜形	0.183	0.074	0.042	0.299	13.46	0.596
18	溶剤系			0.151	0.047	0.026	0.223	28.39	1.293
19				0.406	0.247	0.132	0.785	9.12	0.339
20	無塗布			3.637	1.801	1.334	6.808	50.64	2.198

注）0～30mm の塩化物イオン量は、0～10mm、10mm～20mm、20mm～30mm の合計

暴露１年の塩化物イオン量と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 126 日間浸漬した質量変化の関係を表面から深さ方向位置 0 から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm および３箇所の合計塩化物イオン量と比較した。なお、室内試験結果から塩化物イオン量が多い造膜形 No. 18（溶剤系）を除いた。表面からの位置 10mm から 20mm、20mm から 30mm で、質量変化（g）で寄与率（R^2）0.69、0.74 であり、質量変化率（%）で寄与率（R^2）0.68、0.73 であった。

図－Ⅲ.2.74 に暴露１年の塩化物イオン量と質量変化（g）との関係を示し、図－Ⅲ.2.75 に暴露１年の塩化物イオン量と質量変化率（%）を示す。



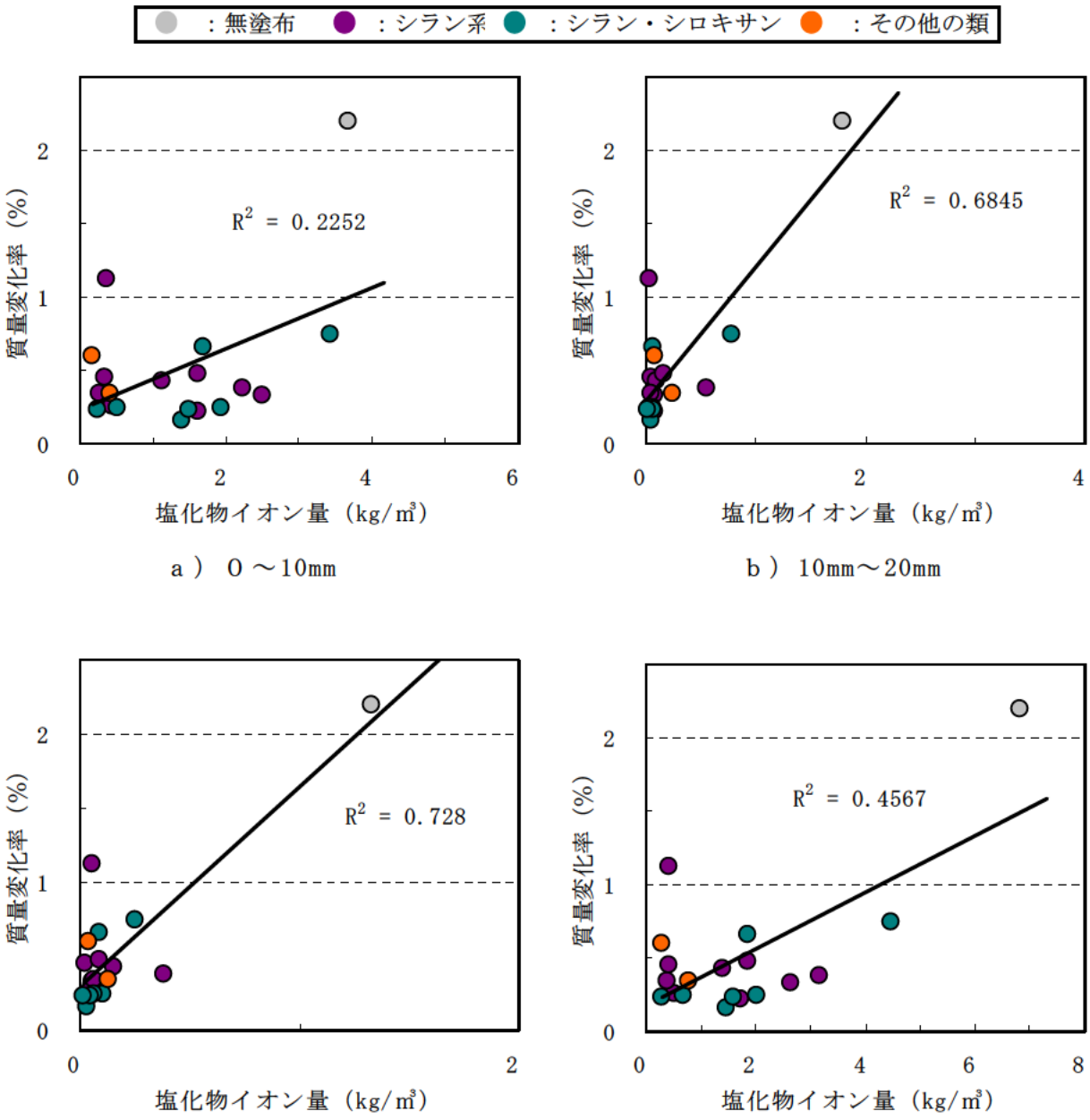
a） 0 ～10mm

b） 10mm～20mm

c） 20mm～30mm

d） 0 ～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅲ2.74　暴露１年の塩化物イオン量と質量変化（ｇ）との関係（ｎ＝19）



a） 0 ～10mm　　b） 10mm～20mm

c） 20mm～30mm　　d） 0 ～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅲ.2.75　暴露１年の塩化物イオン量と質量変化率（%）との関係（ｎ＝19）

４）暴露３年と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬による質量変化との関係

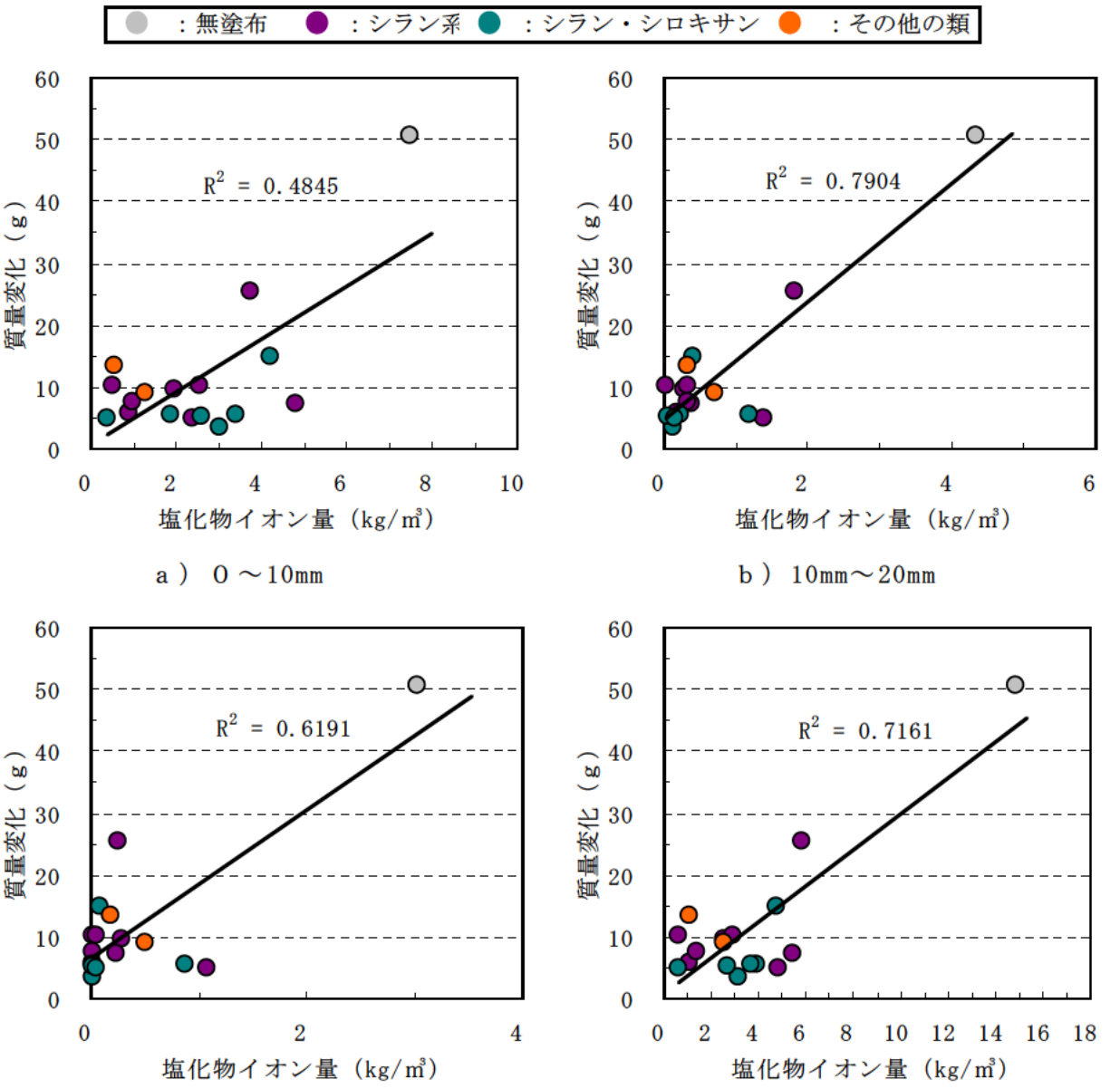
暴露３年の塩化物イオン量と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 126 日間浸漬した質量変化の関係を表面から深さ方向位置 0 から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm および３箇所の合計塩化物イオン量と比較した。なお、室内試験結果から塩化物イオン量が多い造膜形 No.18（溶剤系）と暴露１年の塩化物イオン量と比較して、塩化物イオン量が 10kg/m³以上浸透したシラン系 No.５（水系）、シラン・シロキサン系 No.13（水系）を除いた。表面からの位置 10mm から 20mm、20mm から 30mm で質量変化（ｇ）の寄与率（R^2）が 0.79、0.62 で、質量変化率（%）との寄与率（R^2）で 0.78、0.61 であった。

暴露３年の塩化物イオン量と浸漬 126 日後の質量変化（ｇ）結果を表－Ⅲ.2.19 に示し、図－Ⅲ.2.76 に質量変化との関係および図－Ⅲ.2.77 に質量変化率（%）との関係を示す。

表－Ⅲ.2.19　暴露３年の塩化物イオン量と浸漬 126 日後の質量変化

No.	系　統	分類	形態	塩化物イオン量(kg/m³)				質量変化（g）	質量変化率（%）
				0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注）		
1	水　系	シラン系	単独形	0.521	0.037	0.025	0.583	10.12	0.449
2				3.763	1.816	0.259	5.838	25.39	1.121
3	溶剤系			1.946	0.275	0.279	2.500	9.71	0.421
4				2.372	1.397	1.079	4.848	5.0	0.224
5				6.586	4.280	2.304	13.171	8.34	0.375
6				4.787	0.386	0.238	5.412	7.40	0.326
7	無溶剤系			2.555	0.331	0.045	2.931	10.33	0.480
8				0.875	0.166	0.024	1.065	5.71	0.257
9				0.999	0.328	0.020	1.347	7.52	0.339
10	水　系	シラン・シロキサン系		3.018	0.117	0.023	3.158	3.56	0.157
11				1.861	1.175	0.878	3.913	5.48	0.240
12				3.413	0.236	0.016	3.666	5.44	0.242
13				6.214	2.310	2.291	10.815	16.87	0.740
14				2.607	0.054	0.024	2.685	5.18	0.229
15	無溶剤系			4.228	0.414	0.078	4.720	15.07	0.662
16				0.404	0.155	0.053	0.613	5.02	0.227
17	水　系	その他の類		0.545	0.321	0.184	1.050	13.46	0.596
18	溶剤系			1.605	1.740	1.860	5.205	28.39	1.293
19			造膜形	1.605	1.740	1.860	5.205	9.12	0.339
20	無塗布			7.480	4.343	3.024	14.847	50.64	2.198

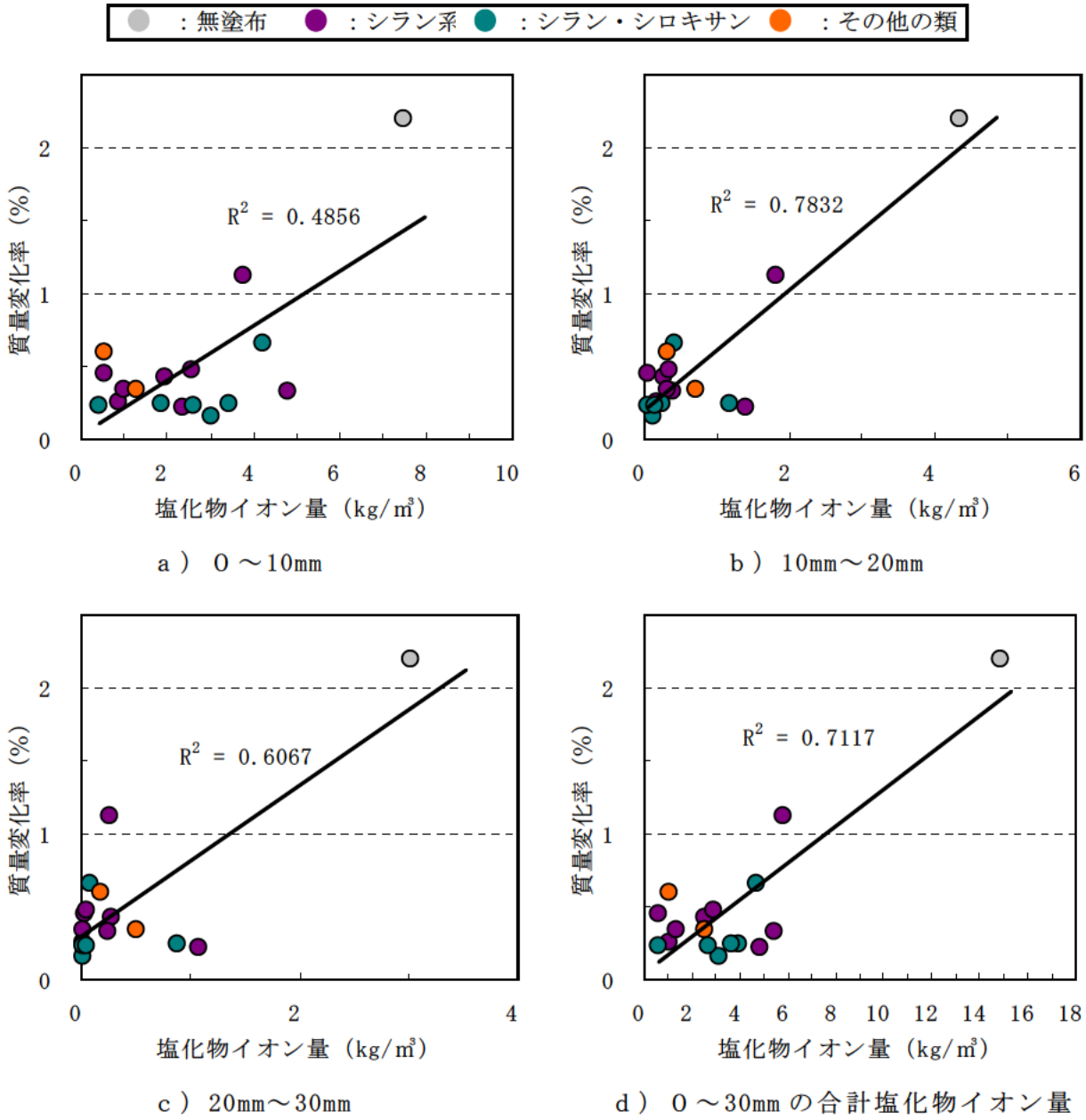
注）0～30mm の塩化物イオン量は、0～10mm、10mm～20mm、20mm～30mm の合計



a） 0 ～10mm　　b） 10mm～20mm

c） 20mm～30mm　　d） 0 ～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅲ.2.76　暴露１年の塩化物イオン量と質量変化（ｇ）との関係（ｎ＝17）



a） 0 ～10mm　　b） 10mm～20mm

c） 20mm～30mm　　d） 0 ～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅲ2.77　暴露３年の塩化物イオン量と質量変化率（%）との関係（ｎ＝17）

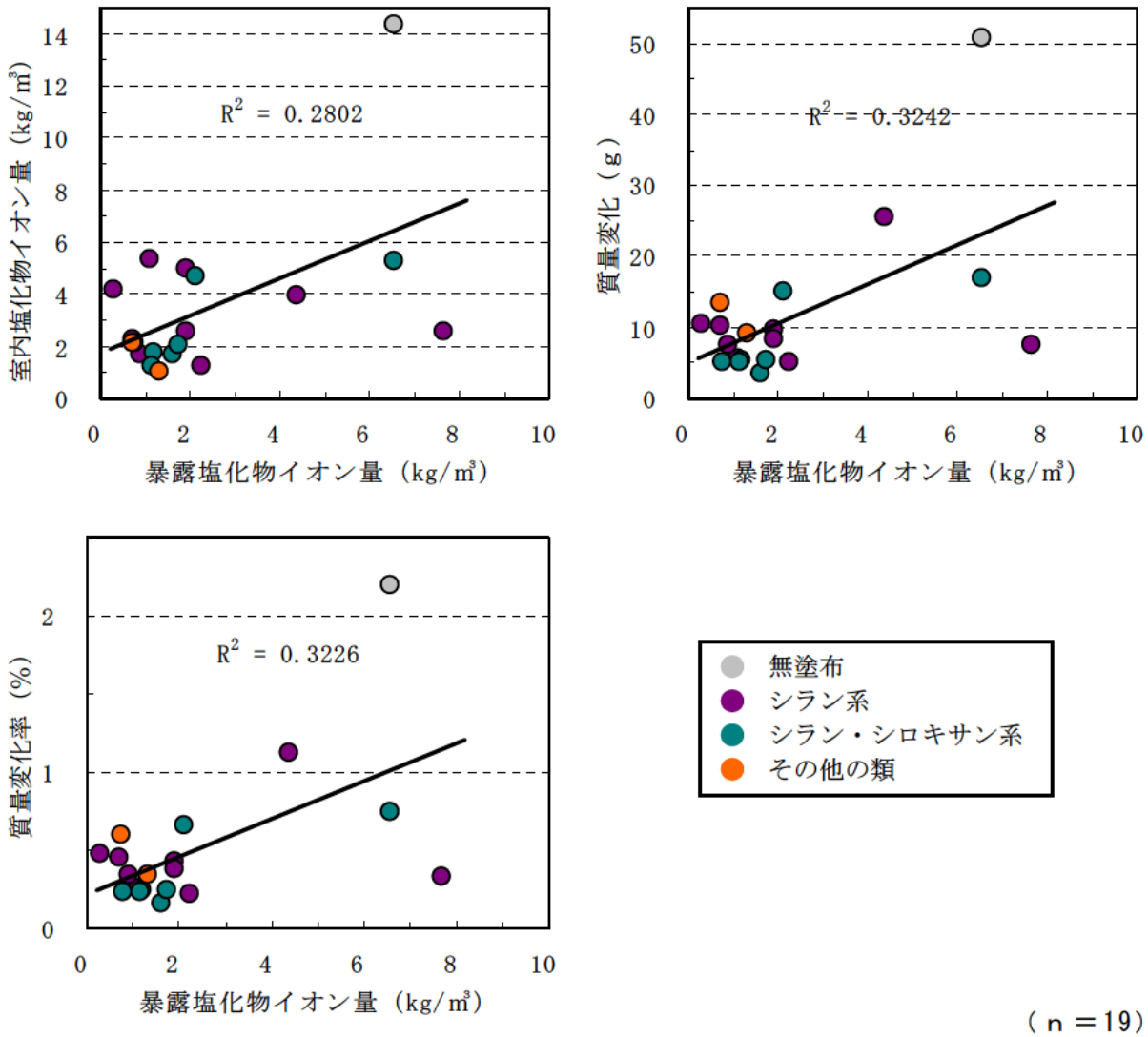
５）暴露４年と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬による室内試験結果との関係

暴露４年の塩化物イオン量と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 126 日間浸漬した塩化イオン量、質量変化（ｇ）、質量変化率（%）を比較した。なお、暴露４年の試験体は、表面から深さ方向位置 0 から 30mm の塩化物イオン量を測定した。比較は、室内試験結果から塩化物イオンの浸透が多く無塗布と同様な傾向を示したその他の類の造膜形 No.18（溶剤系）を除き、塩化物イオン量で寄与率（R^2）が 0.28、質量変化（ｇ）と質量変化率（%）の寄与率（R^2）は、0.32 であった。

暴露４年の塩化物イオン量と室内試験結果の一覧を表－Ⅲ.2.20 に示し、図－Ⅲ.2.78 に質量変化と質量変化率（%）との関係を示す。

表－Ⅲ.2.20　暴露４年の塩化物イオン量と室内試験結果一覧

No.	系　統	分類	形態	４年暴露試験	室内試験		
				塩化物イオン量 (kg/m³)	塩化物イオン量 (kg/m³)	質量変化 (g)	質量変化率 (%)
1	水　系	シラン系	単独形	0.706	2.234	10.12	0.449
2				4.374	3.979	25.39	1.121
3				1.897	4.968	9.71	0.421
4	溶剤系			2.240	1.234	5.0	0.224
5				1.910	2.531	8.34	0.375
6				7.676	2.578	7.40	0.326
7	無溶剤系			0.3056	4.183	10.33	0.480
8				1.107	5.362	5.71	0.257
9				0.912	1.717	7.52	0.339
10	水　系	シラン・シロキサン系		1.607	1.715	3.56	0.157
11				1.739	2.041	5.48	0.240
12				1.186	1.749	5.44	0.242
13				6.561	5.254	16.87	0.740
14				1.159	1.245	5.18	0.229
15	無溶剤系			2.108	4.677	15.07	0.662
16				0.780	2.118	5.02	0.227
17	水　系	その他の類	造膜形	0.726	2.096	13.46	0.596
18	溶剤系			0.206	11.980	28.39	1.293
19				1.304	1.018	9.12	0.339
20	無塗布			6.561	14.357	50.64	2.198



（ｎ＝19）

図－Ⅲ.2.78　暴露４年の塩化物イオン量と質量変化および質量変化率（%）との関係

（３）まとめ

暴露試験と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬 126 日の塩化物イオン量、質量変化結果から以下の傾向があきらかになった。

①暴露３年後で表面からの深さ方向位置０から 10mm でシラン系 No.１（水系）、シラン・シロキサン系 No.16（無溶剤系）、その他の類 No.17（溶剤系）が発錆限界値以下であった。鉄筋位置を想定した 10mm から 20mm 位置では、シラン系 No.２（水系），３，４，５，６（すべて溶剤系）７，８，９（無溶剤系）シラン・シロキサン系 No.10,11,12,14（すべて水系）16（無溶剤系）、その他の類 No.17（水系），19（溶剤系）が発錆限界値以下であった。

②暴露試験での塩化物イオンと室内試験での塩化物イオン量との関係は、暴露１年３年とも 10mm から 20mm 位置で寄与率（R²）0.68 以上であった。

③暴露試験での塩化物イオンと質量変化との関係は、質量変化（g）と質量変化率（%）とも 10mm から 20mm 位置における寄与率（R²）が暴露１年後で 0.68 以上となり、暴露３年で寄与率（R²）0.79 以上であった。

２．６．４　中性化深さ

中性化深さの確認を目的とした暴露試験を、交通量が多く、自動車排気ガスを直接うける都市部（東京都品川区大井南）で行い、暴露３年後、４年後に試験体を回収し中性化深さを測定した。

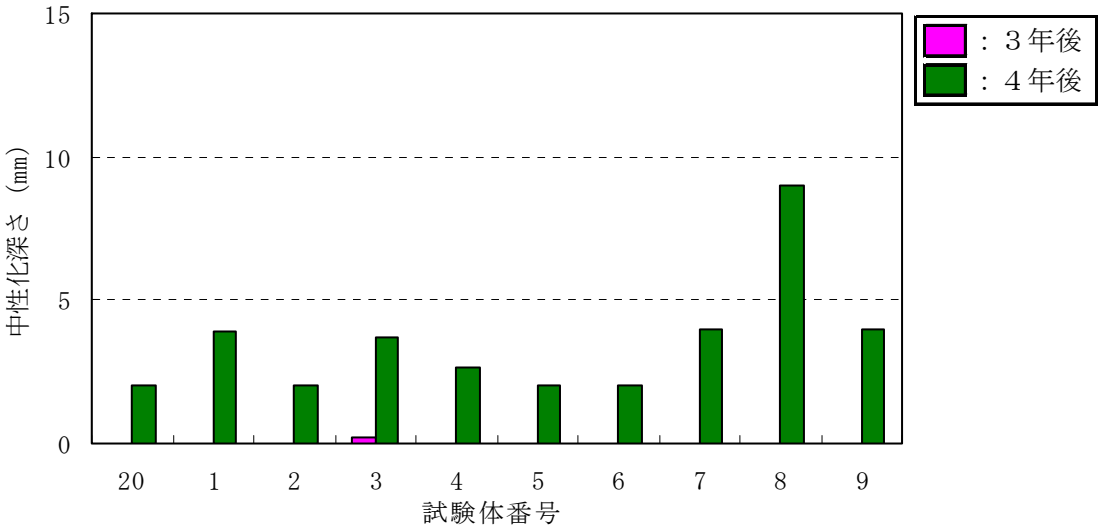
（１）東京暴露

１）シラン系

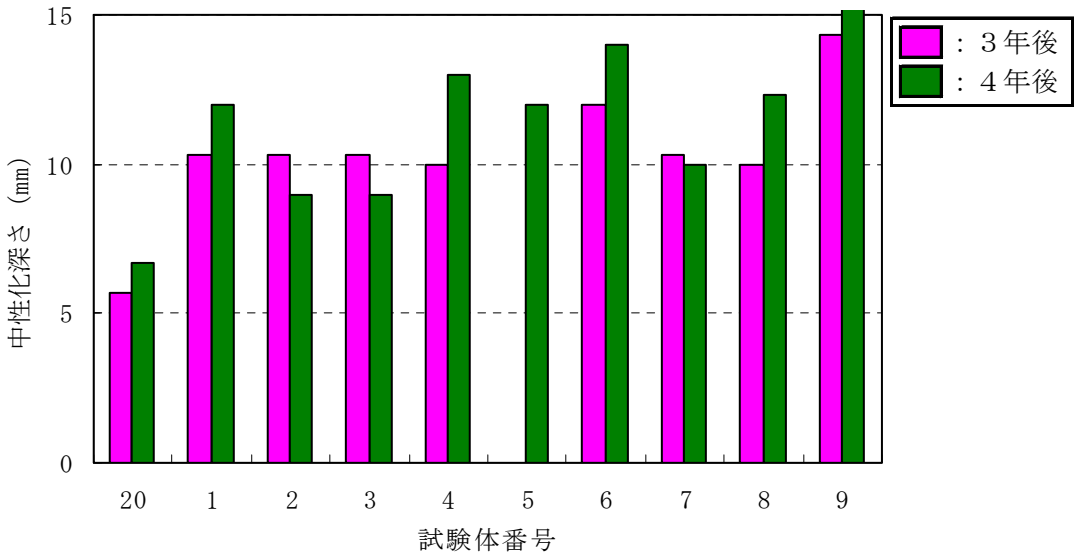
水系、溶剤系、無溶剤系の９種類を暴露した。中性化深さの測定結果を図－Ⅲ.2.79、無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.2.80 に示す。中性化比が１より大きい場合は中性化が進行し、1 未満は抑制されたことを示す。暴露３年後の国道側の無塗布試験体の中性化深さが認められなかったため、国道側の３年後の中性化比は記載していない。

国道側、首都高側ともに中性化の進行が認められた。

国道側では、暴露４年後、全ての試験体の中性化比が１以上であった。首都高側では、国道側より中性化深さが大きく、また、全ての試験体で全ての試験体の中性化比が１以上であった。

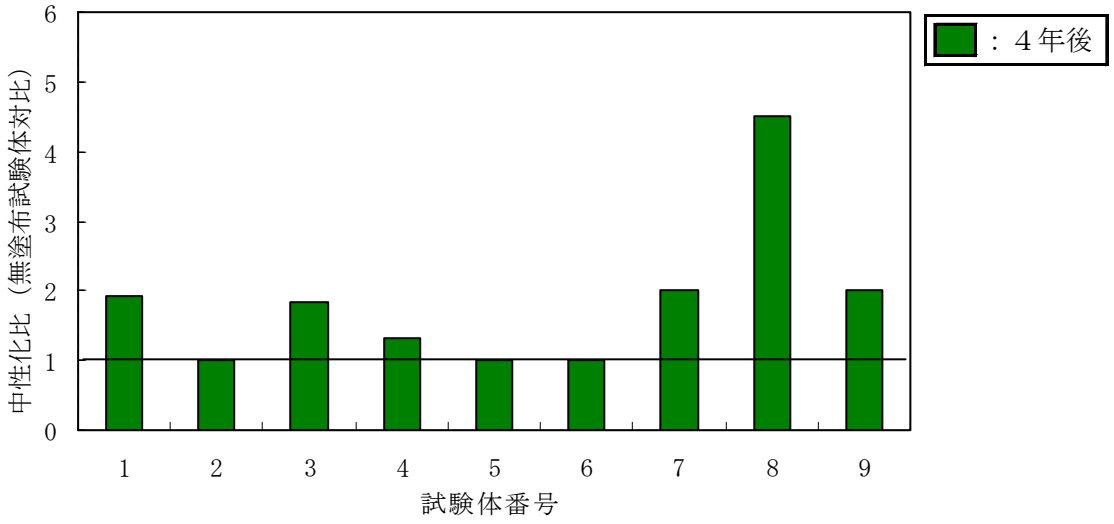


ａ）国道側

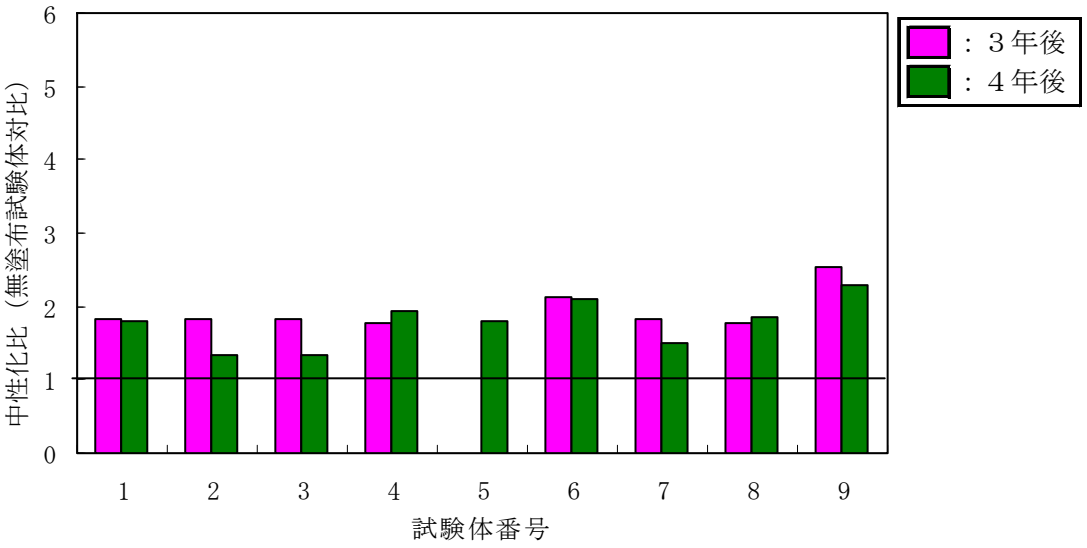


ｂ）首都高側

図－Ⅲ.2.79　シラン系の中性化深さ（東京暴露）



ａ）国道側

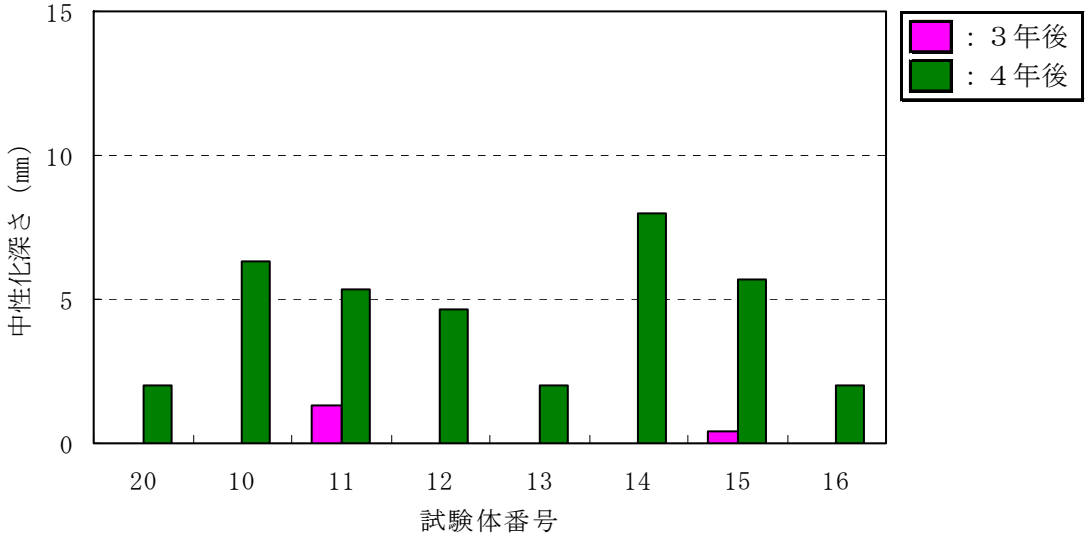


ｂ）首都高側

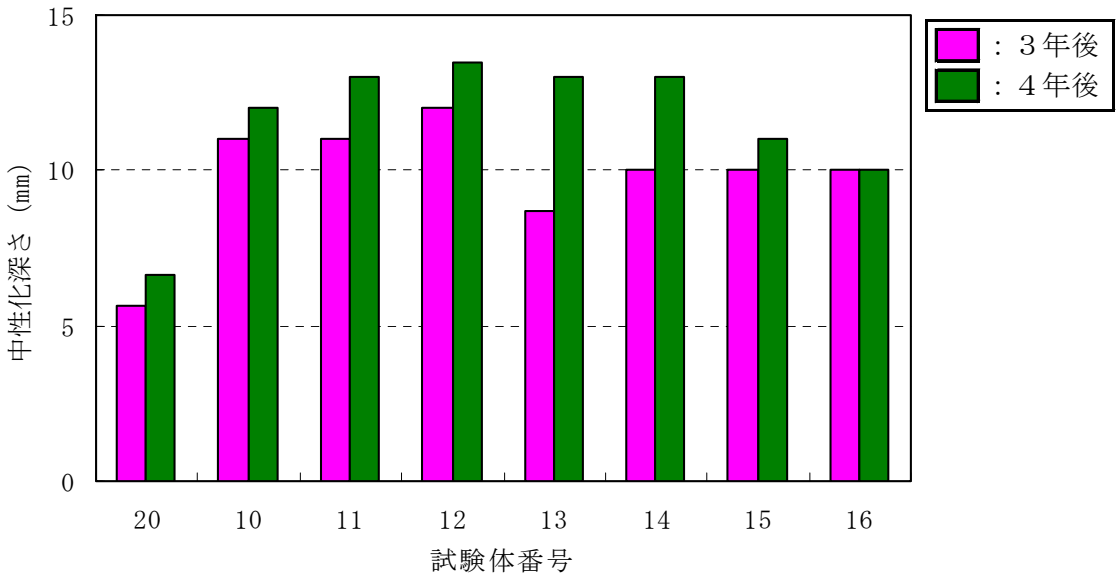
図－Ⅲ.2.80　シラン系の中性化比（東京暴露）

２）シラン・シロキサン系

水系、溶剤系、無溶剤系のシラン・シロキサン系７種類の中性化深さを無塗布試験体 20 と比較し図－Ⅲ.2.81 に、無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.2.82 に示す。シラン系と同様、国道側、首都高側いずれも国道側、首都高側ともに中性化が進行し、中性化比が１より大きくなった。

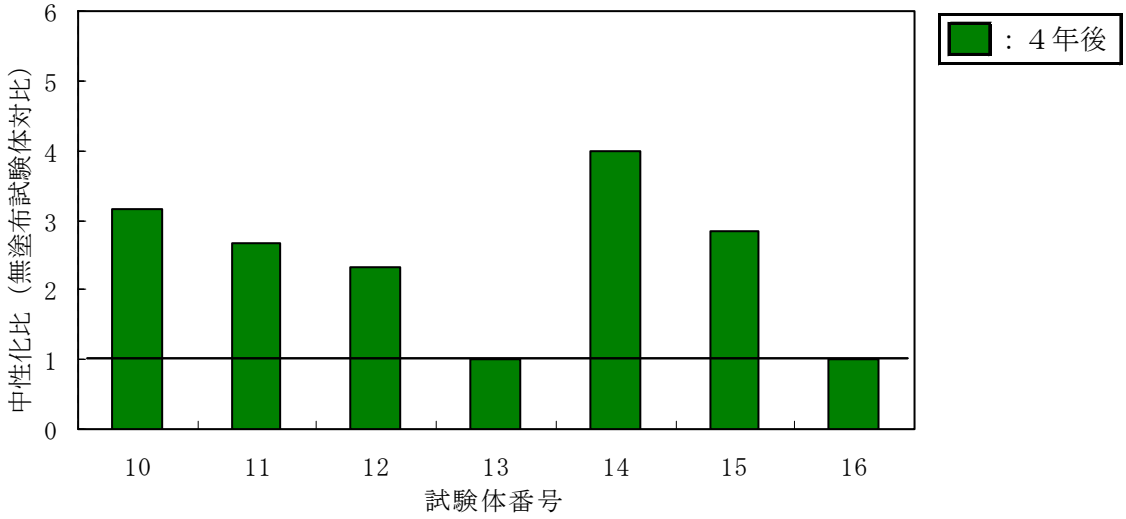


ａ）国道側

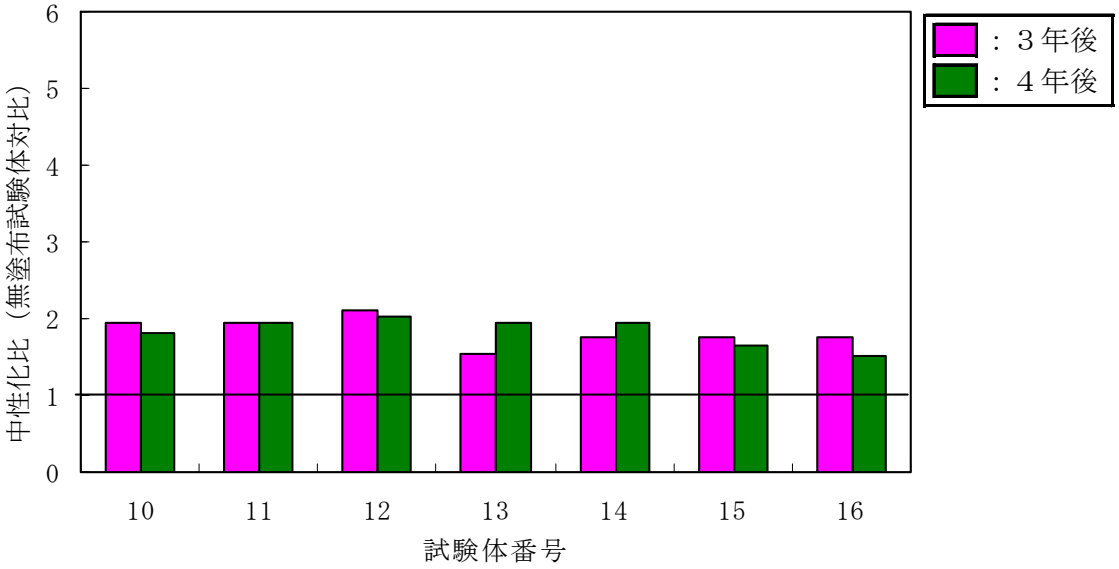


ｂ）首都高側

図－Ⅲ.2.81　シラン・シロキサン系の中性化深さ（東京暴露）



ａ）国道側



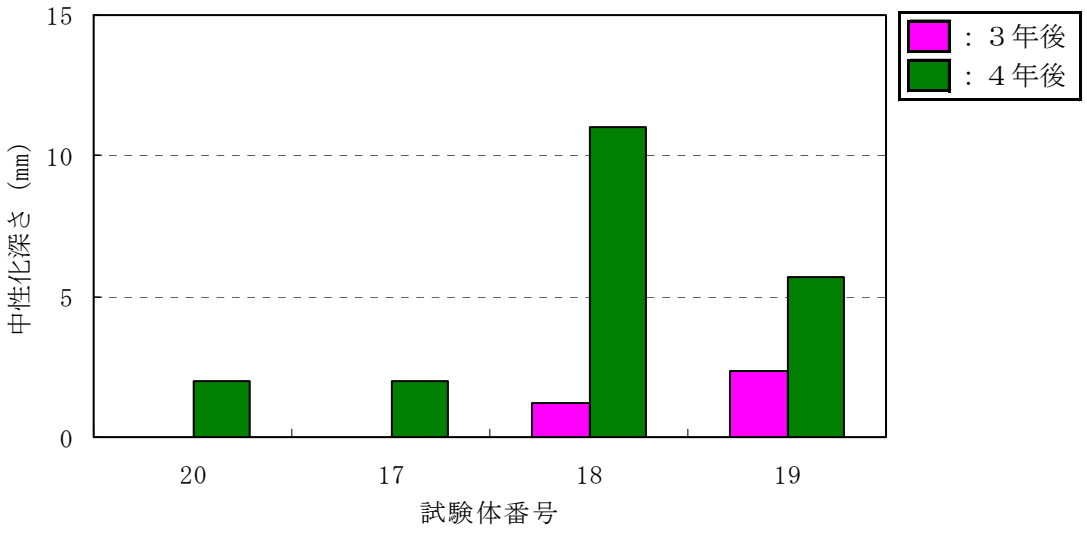
ｂ）首都高側

図－Ⅲ.2.81　シラン・シロキサン系の中性化比（東京暴露）

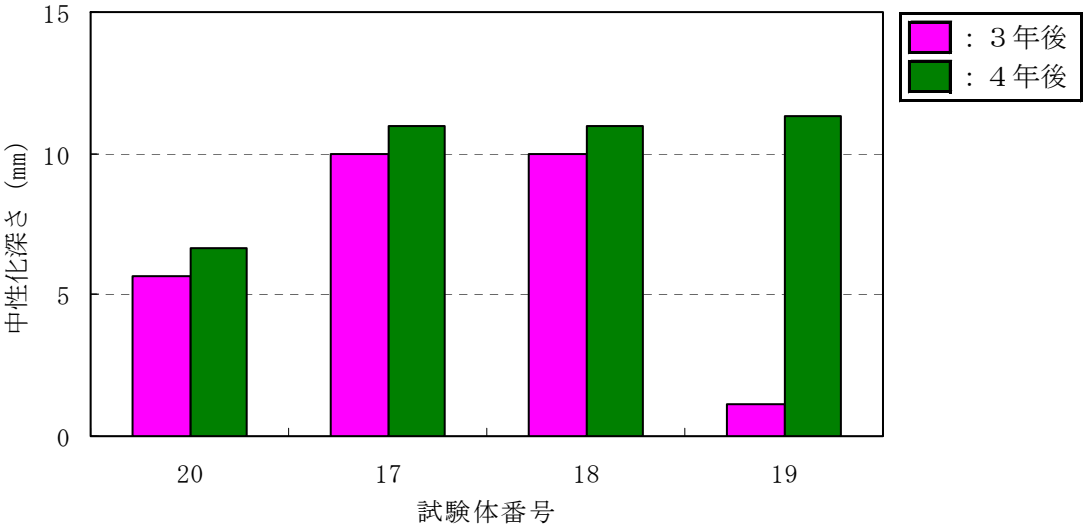
３）その他の類

水系および溶剤系の３種類の中性化深さを図－Ⅲ.2.83 に、無塗布試験体に対する中性化比を図－Ⅲ.2.84 に示す。No.18,19 は、造膜形を示す。

国道側、首都高側ともに中性化が進行し、シラン系と同様、国道側、首都高側いずれも中性化比が１より大きくなった。

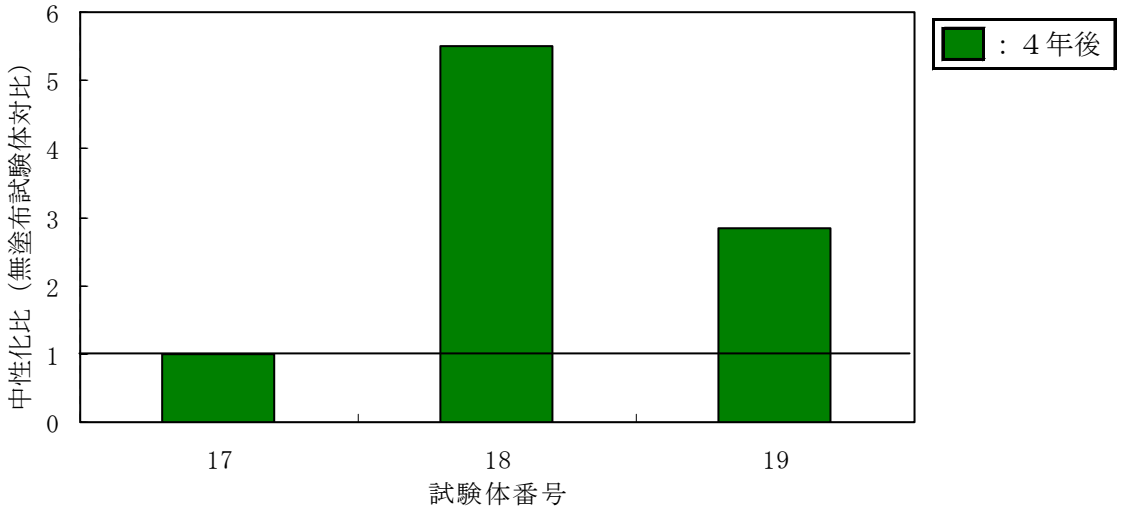


ａ） 国道側

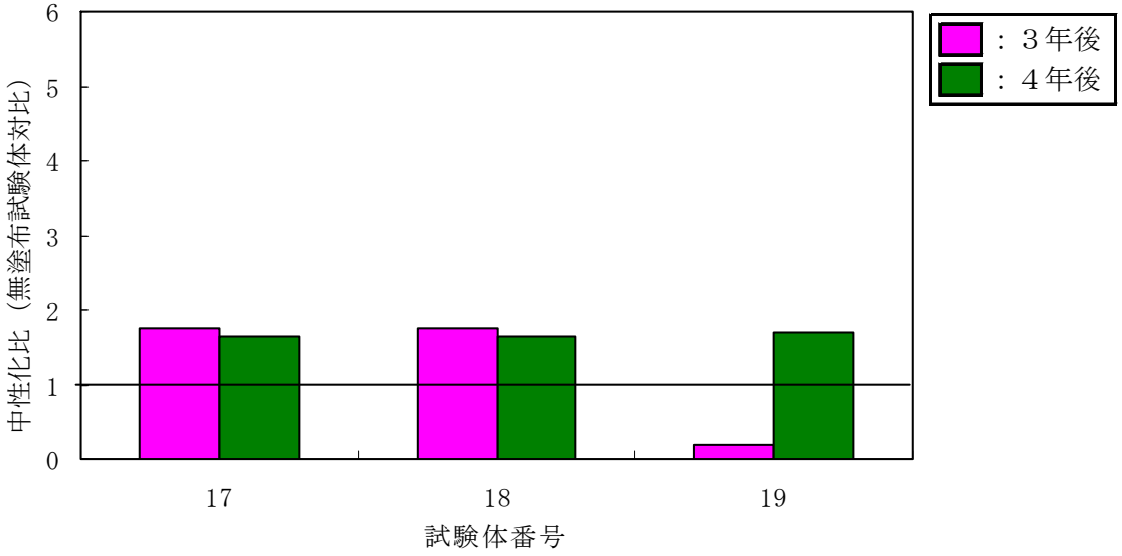


ｂ） 首都高側

図－Ⅲ.2.83　その他の類の中性化深さ（東京暴露）



ａ）国道側



ｂ）首都高側

図－Ⅲ.2.84　その他の類の中性化比（東京暴露）

（２）まとめ

暴露試験による中性化深さの試験結果から以下の傾向が明らかになった。

①シラン系、シラン・シロキサン系、その他の類、いずれも経年で中性化が進行した。

②シラン系、シラン・シロキサン系、その他の類、いずれも中性化比が１以上であり中性化の抑制効果は認められなかった。

③雨の当たる首都高側では、国道側より中性化が進行した。

Ⅳ.浸透性コンクリート保護材の現場施工管理方法の検討

１.第１次施工管理方法の検討

１．１　現場施工管理方法の検査方法と種類

保護材は、コンクリート表面に塗膜を形成しないことや形成しても表面近傍のため外観を変状させることが少ない。再補修の時期判断や適用した箇所について、適切に処理されたと判断する試験方法がないため、外観・仕上がり状態および要求された性能が確保されているか否かを適切な方法で確認する必要がある。このようなことから、簡便、迅速、安価でかつ非破壊で現場での出来形管理方法を確立することを目的として調査を行なった。表－Ⅳ.1.1 に調査検討した検査方法を列挙し、現状で適用できる管理方法を種類別に表－Ⅳ.1.2 に示した。なお、この調査は平成 17 年度までの内容である。

表－Ⅳ.1.1　現場施工時の状態を確認する適用性試験の一例

試験方法				検討結果
施工時	使用量の確認	非破壊	空缶検査	実施可能
官能評価	撥水性の観察		散水による目視観察	経時で撥水しなくなる材料もあるため、塗布初期ならば実施可能
機器等での測定	表面電気抵抗		電気抵抗値測定	測定値にバラツキがあるため、データの収集が必要
			誘電率測定	専用の測定機器の開発が必要
	内部撥水性	破壊	撥水層の深さ測定	コア抜きが可能であれば、実施可能
	透水性	非破壊	ロート法	専用の測定器具の開発が必要
	表面水分測定		散水等による表面付近の水分量の測定	水分計の測定値にバラツキがあるが、種類によっては、可能性ある
			中性子水分計による測定	機器が大型化するため不可能
	水分注入		強制的に表面から水分を注入し、抵抗圧力等を測定	低圧注入治具等の精度等の検証が必要。また、透水量と圧力の関係が不明
	表面温度測定		散水等により赤外線カメラ等で表面温度の変化を測定	赤外線カメラや画像処理が必要。塗布の有無での画像が不明確

使用量確認はすでに空缶検査が行われている。撥水性の観察は散水による目視観察も可能である。機器等での測定では、データ収集や専用の測定機器の開発が必要となるため実施可能なものは少ない。その中で比較的簡便に測定出来る透水性について検討を行うことにした。また、水分計を利用した表面水分測定も可能性があることが判明した。

表－Ⅳ.1.2　適用可能な出来形管理方法の例

項　目		管理方法	内　容	保護材	
				シリコーン類	その他の類
非破壊	外　観	目視	設計された外観状態	○	○
	透水性	現場透水量試験	基準値内の透水量	○	○
破　壊	浸透深さ	コアの採取	撥水または着色域	○	○

１．２　現場透水試験

１．２．１　試験方法

保護材の多くは吸水防止性を示し、またこれまでの暴露結果から各劣化要因が吸水防止性の高い材料ほど透水量が少ないことから、実構造物で簡便に透水量を測定する方法について検討を行った。これまで実構造物での透水量を簡便に測定する方法として Karsten Tube(RILEM Test Method No.11.4)による測定が報告されている。

しかし、緻密なコンクリートでは短時間で明確な透水量を確認しづらいことや、Karsten Tube の固着が容易でないことなどから、新たに試験装置を考案した。装置は、アクリル樹脂製の円形（内径φ80 ㎜，厚さ 20 ㎜）および角形（内側 100 ㎜×100 ㎜，厚さ 20 ㎜）の注水部とその上部に透水量測定のピペットをシリコーンゴムチューブを介して取付け、短時間で器具に注水できるようにした。コンクリート面に固定は、水漏れがなくしかも、測定終了後の取外し作業が容易なシリコーンゴムを採用した。写真－Ⅳ.1.1 に現場透水試験器具の試験状況を示す。

表－Ⅳ.1.3 に実構造物への試験結果から装置を固定する材料とその作業性などについて示した。無塗布コンクリートのような吸水性があり、透水量が多いコンクリートの場合に、角形の注水部の装置では、注水直後からの気泡が上側に溜まりやすく、円形の注水部の方が気泡を抜きやすく扱いやすい。

一方、コンクリートへの測定器具の固定は、作業性では、テープが優れていたが、コンクリート表面の凸凹に対して追従性が低く漏水が起こりやすかった。従来から市販されているエポキシ系粘着剤やシリコーン系シーラントでは測定中の漏水がおこりにくいという利点があるものの、材料硬化に時間を要したり、測定終了後の取外し作業に問題があった。最も良好であったものは 2 液の付加型シリコーンゴムで、エポキシ系接着剤のような短時間硬化に加え、テープ類と同様に測定後の離型性も良好であった。しかし、ふっ素系の保護材を塗布した面への接着性が劣るなどの問題点も残った。塗布した保護材の種類や作業可能時間など条件に応じた接着材料の検討が今後の課題である。



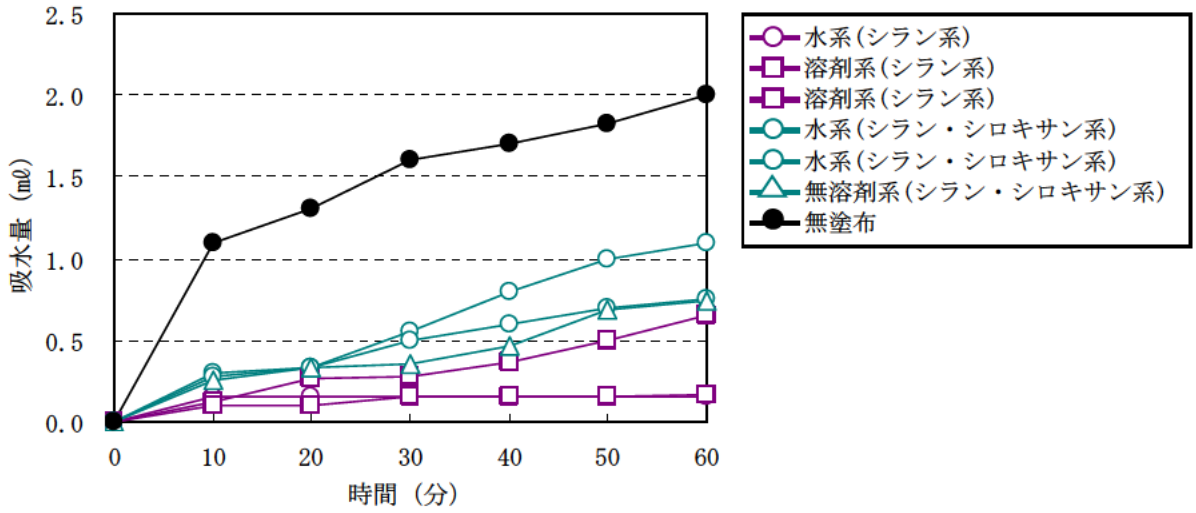
写真－Ⅳ.1.1　現場透水試験器具の試験状況

表－Ⅳ.1.3　現場透水試験器具の固定に使用した材料

接着材料	硬化性 貼付性	接着性	漏　水	器具の取外し
エポキシ樹脂接着剤	短時間	良好	無	機械的に除去が必要
シリコーンシーラント（１液）	長時間			一部電動工具での除去が必要
付加型シリコーンゴム（２液）	短時間	保護材の種類により接着しない		すべて除去が可能
アクリル系粘着テープ	短時間	良好	接着面の凸凹（起伏）により漏水	
ブチルゴム系粘着テープ				一部電動工具での除去が必要

１．２．２　試験結果

今回の検討に使用した保護材をコンクリート面に塗布し、前述の円形装置および付加型シリコーンゴムを用い、コンクリート面の吸水性を測定した。その結果を図－Ⅳ.1.1 に示す。測定は 60 分間行ったところ、各保護材で吸水量の差が認められ、無塗布に比べ 10～50%の吸水量を示した。



図－Ⅳ.1.1　実構造物での吸水量の測定

１．２．３　まとめ

検査方法と種類の調査、現場透水試験の実施より以下のことが明らかになった。

①現場透水試験の装置の形状は、角形より円形の方が注水時の気泡を抜きやすい。装置の固定には２液の付加形シリコーンゴムが良好であったが、保護材の種類や作業可能時間などによってはより最適な材料が必要である。また、測定箇所、バラツキ等を考慮すると測定点数を増やす必要がある。

②塗布量管理としては空缶検査が可能である。撥水性の観察は散水による目視観察が可能である。機器等での測定では、データ収集や専用の測定機器の開発が必要となるため実施可能なものは少ないが、透水試験以外に水分計を利用した表面水分測定も可能性があることが判明した。

２．第２次施工管理方法の検討

浸透性コンクリート保護材（以下、保護材とする）は無色透明で、コンクリートに塗布しても塗膜を形成しないことや形成してもコンクリート表面の外観変化が少ない。保護材は外観や膜厚測定等によって検査できる塗装工法と異なり、適切に塗布されたかを判断する検査方法がない。また、土木研究所資料第 4085 号（平成 21 年 1 月）には、浸透性コンクリート保護材を適用した箇所の検査の方法例として、外観観察、透水測定、フェノールフタレイン溶液散布や浸透深さ測定等が記されているが、いずれの方法も検査や測定に時間や労力がかかり、塗布したかを判断しにくい状況にある。

そこで、塗布後も外観上変化がないコンクリート表面を適切に検査・判断でき、且つ簡便に取り扱える検査方法について検討した。検討は、保護材の特性である浸透性、撥水性と簡便性や測定器のコスト等を考慮して、いろいろ予備検討した結果、表面水分計が適用の可能性が高いことが分かった。以下の検討は、撥水性を有するシラン系、シラン・シロキサン系、シロキサン系、その他の類を主体に行い、撥水性のないケイ酸塩系も一部の試験で検討に加えた。

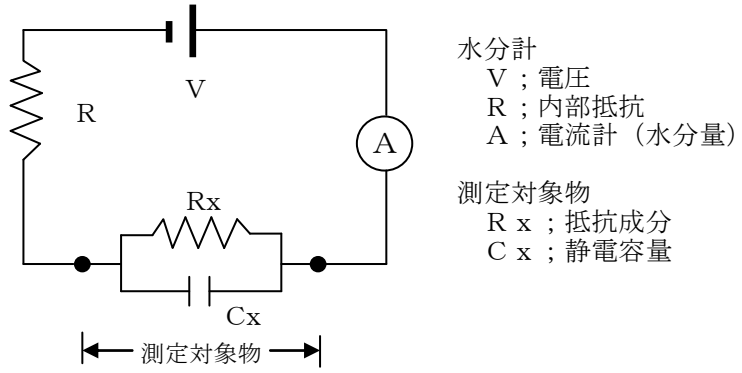
２．１　施工管理方法の探索検討

現場での保護材の品質管理に適用可能な測定器の探索や各種保護材への適用範囲等を検討するために小型試験体による探索検討を行った。

２．１．１　試験方法

（１）表面水分計

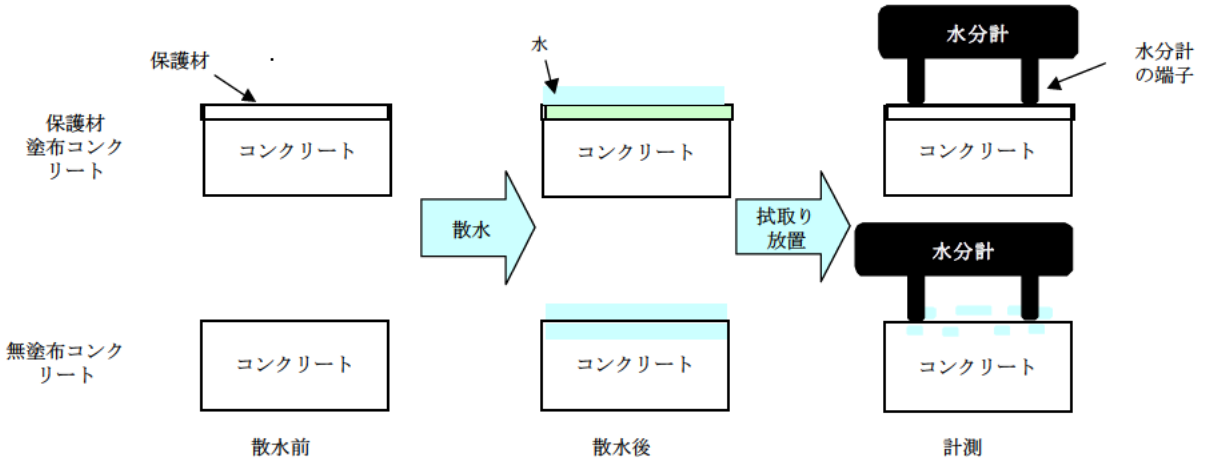
表面水分計は紙、木材、コンクリート、ゴム等の水分を測定する目的で約 100 年前に開発され、比較的安い価格で市販されている。表面水分計は図－Ⅳ.2.1 に示すように簡単な回路構成で、電気抵抗Ｒと静電容量Ｃの並列回路からなる。その回路の中で測定対象物は、絶縁体または半導体とみなされ、測定対象物に含まれる水分量により電気抵抗と静電容量が変化することを利用したものである。水分と抵抗または静電容量の関係は測定対象物の種類によって異なるため、木材用、紙用、モルタル用などによって、機種を選択する必要がある。（測定対象物によって水分計の内部抵抗や電圧が異なる。）（誘電率；水＝80、乾燥木材＝２）



図－Ⅳ.2.1　表面水分計の回路図

（２）表面水分計による測定方法

表面水分計の測定原理および予備検討結果に基づき、図－Ⅳ.2.2 に示すように保護材が塗布されたコンクリート表面と無塗布コンクリート表面に散水し、拭き取りした後の水分量を測定する方法で以下の検討を行った。



図－Ⅳ.2.2　測定方法の概要

（３）試験に供したコンクリート材料

表－Ⅳ.2.1 に示すように、試験に供したコンクリートは、水／セメント比が約 55%、細骨材率が約 46%のポルトランドセメントを使用した一般的な土木構造物に適用されるコンクリートを用い試験した。

表－Ⅳ.2.1　試験に供したコンクリート材料

材料　W；上水、C；ポルトランドセメント、S；陸砂/山砂＝3/1、G；砕石、Ad；AE減水材

粗骨材最大寸法（mm）	スランプ（cm）	水セメント比（%）	空気量（%）	細骨材率（%）	単位量（Kg/m^3）				
					W	C	S	G	Ad
20	12.5+-2.5	54.5	4.5±1.5	46.4	169	310	825	977	4.03

（４）試験に供した保護材

表－Ⅳ.2.2 に示す組成分類や溶媒が異なる保護材を下述のそれぞれの試験内容に応じて供した。検討は撥水性を有するシラン、シラン・シロキサン、その他の類を主体に行い、撥水性のないケイ酸塩系も一部の試験で検討に加えた。

表－Ⅳ.2.2　試験に供した浸透性コンクリート保護材

No.	系統	中分類
1	水系	シラン系
7	溶剤系	
10	水系	シラン･シロキサン系
14	無溶剤系	
20	溶剤系	その他の類
21	無塗布	
K	水系	ケイ酸塩系

２．１．２　試験結果

（２）表面水分計による測定方法で測定できるかを予備的に調べるために市販の水分計を用い測定した。使用した水分計の概要を表－Ⅳ.2.3 に示す。適用した保護材は表－Ⅳ2.4 に示す。結果を表－Ⅳ.2.5 に示す。

表－Ⅳ.2.3　水分計の概要

メーカー	用途	機器番号	表示形式	測定電極	表示目盛範囲	測定水分範囲
A	木材用	Ａ１	アナログ	針電極	０～10	３～30
		Ａ２	デジタル	金網電極	０～10	15～30

表－Ⅳ.2.4　予備試験結果

機器番号	保護材の概要			散水前	散水直後	拭取り後の経過時間における水分計の測定目盛の値		
	No.	系統	中分類			1分	3分	5分
Ａ１	1	水系	シラン	0	8.0	0	0	0
	7	溶剤系		0	8.0	0	0	0
	10	水系	シラン･シロキサン	0	8.0	0	0	0
	14	無溶剤系		0	8.0	0.1	0	0
	20	溶剤系	その他の類	0	8.0	0.2	0	0
	21	無塗布		0	8.0	2.0	1.5	0.5
	K	水系	ケイ酸塩系	0	8.0	1.0	2.0	0.5
Ａ２	1	水系	シラン	0	6.0	0	0	0
	7	溶剤系		0	5.0	0	0	0
	10	水系	シラン･シロキサン	0	5.0	0	0	0
	14	無溶剤系		0	5.0	0	0	0
	20	溶剤系	その他の類	0	5.0	0	0	0
	21	無塗布		0	8.0	0	0	0
	K	水系	ケイ酸塩系	0	7.0	0	0	0

備考）・目盛値の数字が大きいほど測定表面が湿潤している状態
・目盛値の測定下限値以下を0として表示した。

測定機種や保護材の種類等によって拭取り後の経過時間における測定値（目盛の値）が異なる。拭取り後の経過時間毎の測定値において、機種Ａ２は無塗布コンクリートおよび保護材の種類による差異が認められないが、機種Ａ１については撥水性を有する保護材と無塗布コンクリートや撥水性のないケイ酸塩系との差異が認められた。従って、測定方法や水分計の機種や保護材の種類等を更に検討することによって、保護材を塗布したコンクリート面の簡便な管理方法が見つけられる可能性があることが分かった。

２．２　小型試験体による室内試験

２．２．１　試験方法

試験方法は２．１（２）の表面水分計による測定方法に準じて行った。

２．２．２　試験結果

水分計の種類、試験体や測定部位のばらつき、測定条件、保護材の種類、保護材の塗布量について試験した。

（１）水分計の機器による試験結果

予備試験結果から水分計の機器による影響を調べる目的で、シラン系保護材と無塗布コンクリートについて、測定モードや電極が異なる２メーカー５種類の市販の水分計について試験した結果を表－Ⅳ2.5 に示す。

表－Ⅳ.2.5(1)　水分計の機器による試験結果

計測過程および測定条件	保護材		水分計		
			メーカー	A社	
	No.	概要	形式	A１	A２
			測定ﾓｰﾄﾞ		
			電極	針式	針式
散水前	7	シラン(溶剤系)	拭取り後の経過時間	0～0	0～0
	21	無塗布		0～0	0～0
散水10秒↓拭取り↓放置20秒	7	シラン(溶剤系)	１分	0, 0, 0	0, 0, 0
			３分	0, 0, 0	0, 0, 0
			５分	0, 0, 0	0, 0, 0
	21	無塗布	１分	3～4	0, 0, 0
			３分	1.5, 1.5, 2.0	0, 0, 0
			５分	1.5, 1.5, 1.5	0, 0, 0
水スプレー15秒↓拭取り↓放置45秒	7	シラン(溶剤系)	１分	未試験	未試験
			３分		
			５分		
	21	無塗布	１分		
			３分		
			５分		

備考）・Lは測定下限値以下で、Hは測定上限値で、どちらも数値表示不能
・数値が大きいほど抵抗が小さい＝表面が湿っている
・計測は３点測定した。
・散水の方法は家庭用霧吹きで行った。

表－Ⅳ.2.5(2)　水分計の機器による試験結果

計測過程および測定条件	保護材		水分計			
			B社			
	No.	概要	B１		B２	B３
			K		TG	Mo
			針式	金網式	金網式	ゴム式
散水前	7	シラン(溶剤系)	9.2～10.2	12.2～13.2	10～10	0～0
	21	無塗布	9.5～11.5	9.5～10.3	12～14	0～0
散水 10秒 ↓ 拭取り ↓ 放置20秒	7	シラン(溶剤系)	9.6,10.3,10.5	未試験	11,12,12	L,L,L
			10.6,11.7,13.2		10.5,11.0,11.5	L,L,L
			9.8,10.1,10.9		9.5,10.5,11.0	L,L,L
	21	無塗布	12.2,12.5,14.4		18,22,25	2.0,2.0,2.5
			11.7,12.9,14.6		13.0,13.2,13.5	L,L,L
			9.1,12.5,13.3		12.5,12.5,14.0	L,L,L
水ｽﾌﾟﾚｰ 15秒 ↓ 拭取り ↓ 放置45秒	7	シラン(溶剤系)	未試験	13.4,13.4,13.6	未試験	L,L,L
				12.8,12.9,13.0		L,L,L
				11.7,12.4,12.6		L,L,L
	21	無塗布ｺﾝｸﾘｰﾄ		H,H,H		4.0,4.5,4.5
				25.3,25.7,25.8		2.0,2.0,2.5
				16.7,18.1,19.0		2.0,2.0,L

備考）・Lは測定下限値以下で、Hは測定上限値で、どちらも数値表示不能
・数値が大きいほど抵抗が小さい＝表面が湿っている
・計測は３点測定した。
・散水の方法は家庭用霧吹きで行った。

散水前の乾燥状態での測定値および散水し拭取り後の放置条件による湿潤状態での測定値から、無塗布コンクリートと保護材塗布コンクリートの測定値に差異が認められる機器はＡ１とＢ３であり、その他の機器は測定値に明確な差異が認められないことが確認された。従って、適切な機器を選定することによって保護材を塗布したコンクリートと無塗布コンクリートを区別できることが分かった。

なお、Ｂ３の測定可能な水分量は１～15％で、１％以下はＬ表示となり、15％以上は「Ｈ」表示となる。電極については針式に比べ金網式（メッシュ）やゴム式の方が測定箇所に面接触するため、測定しやすく、また取り扱いも容易であった。

（２）試験体や測定部位によるばらつきについての試験結果

無塗布コンクリートおよび保護材の試験体や測定部位のばらつきを調べる目的で、水分計Ｂ３で試験した結果を表－Ⅳ.2.6、表－Ⅳ.2.7 および図－Ⅳ.2.3(1),(2)、図－Ⅳ.2.4、図－Ⅳ.2.5 に示す。

表－Ⅳ.2.6　無塗布コンクリートの試験結果

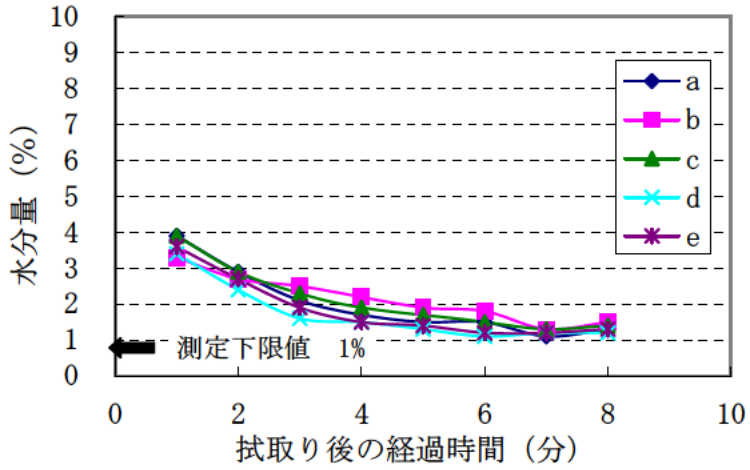
試験体の概要		測定部位	水分量（%）							
	No.		拭取り後の経過時間（分）							
			1	2	3	4	5	6	7	8
無塗布	21-1	a	3.9	2.9	2.1	1.7	1.5	1.5	1.1	1.3
		b	3.3	2.7	2.5	2.2	1.9	1.8	1.3	1.5
		c	3.9	2.9	2.3	1.9	1.7	1.5	1.3	1.4
		d	3.4	2.4	1.6	1.5	1.3	1.1	1.2	1.2
		e	3.6	2.7	1.9	1.5	1.4	1.2	1.2	1.3
	21-2	a	3.6	2.9	2.4	1.5	1.5	1.4	1.2	1.2
		b	3.8	3.1	2.9	2.5	2.2	1.9	1.4	1.3
		c	3.5	2.6	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1
		d	3.5	2.9	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.2
		e	3.9	3.1	2.4	1.9	1.5	1.3	1.3	1.0
	21-3	a	8.7	7.6	7.1	6.9	6.8	6.2	6.5	6.4
		b	6.1	5.6	5.8	4.8	5.1	4.2	4.6	4.8
		c	6.0	5.2	5.1	5.0	5.1	4.6	5.0	4.7
		d	8.5	7.6	7.3	6.6	6.8	6.6	6.2	6.3
		e	5.1	5.0	4.7	4.1	4.2	4.1	4.0	4.1
	21-4	a	6.1	6.0	6.2	6.5	5.7	5.9	6.3	5.1
		b	5.9	5.4	5.7	5.2	5.5	5.1	4.9	4.8
		c	9.9	9.2	7.2	8.9	8.1	8.2	8.2	7.7
		d	7.7	7.7	7.9	6.5	5.6	6.7	6.2	5.2
		e	5.8	5.7	6.6	5.4	5.7	4.9	4.5	4.9

備考）・番号21-1や1-1や711の1～4は繰返し番号　・a～eは１枚の試験片での測定部位の違い
・散水（霧吹き）15秒し湿潤状態で30秒放置し、ウェス拭取り後に経時測定

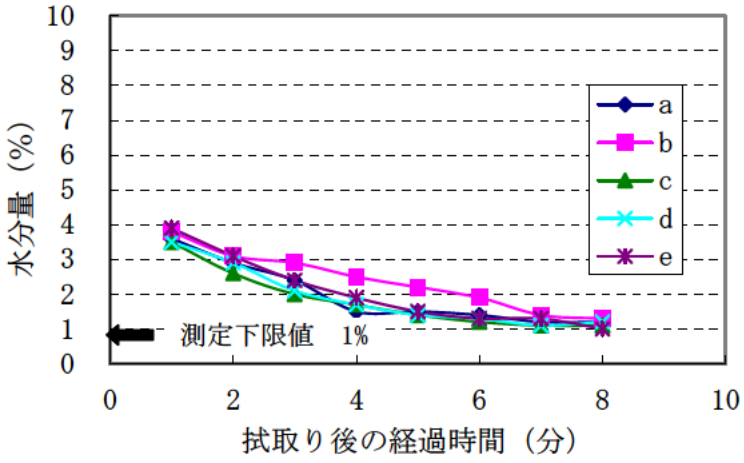
表－Ⅳ.2.7　保護材塗布コンクリートの試験結果

試験体の概要			測定部位	水分量（%）							
保護材		No.		拭取り後の経過時間（分）							
系統	中分類			1	2	3	4	5	6	7	8
水性系	シラン系	1-1	a	2.7	2.5	1.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			b	3.3	3.2	1.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			c	3.7	3.7	2.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			d	3.4	3.4	2.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			e	3.9	3.9	2.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		1-2	a	3.6	2.2	1.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			b	4.3	3.2	1.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			c	4.7	4.4	2.7	1.8	0.2	0.2	0.2	0.2
			d	4.4	3.4	2.1	1.3	0.2	0.2	0.2	0.2
			e	4.6	4.6	2.0	1.1	0.2	0.2	0.2	0.2
溶剤系		7-1	a	2.8	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			b	3.2	2.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			c	3.8	3.2	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			d	3.2	3.1	1.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			e	3.7	3.4	1.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		7-2	a	3.2	3.2	2.8	1.1	0.2	0.2	0.2	0.2
			b	2.8	3.2	3.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
			c	3.7	4.3	3.9	3.5	1.0	0.2	0.2	0.2
			d	4.3	4.5	4.3	3.4	1.0	0.2	0.2	0.2
			e	4.1	4.6	4.2	3.4	1.0	0.2	0.2	0.2

備考）・１%未満は測定下限値でL表示となるが、図示のため、ここでは0.2と記述する。
・No.21-1や1-1や7-1の1～4は繰返し番号　・a～eは１枚の試験片での測定部位の違い
・散水（霧吹き）15秒し湿潤状態で30秒放置し、ウェス拭取り後に経時測定

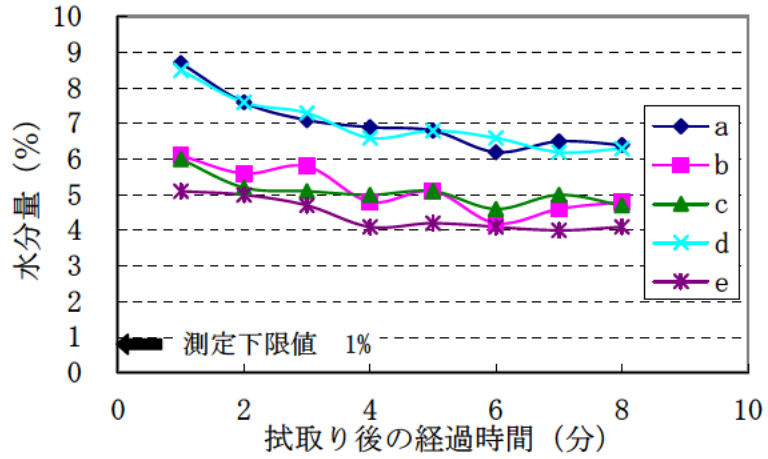


a ） 試験体番号　21-1

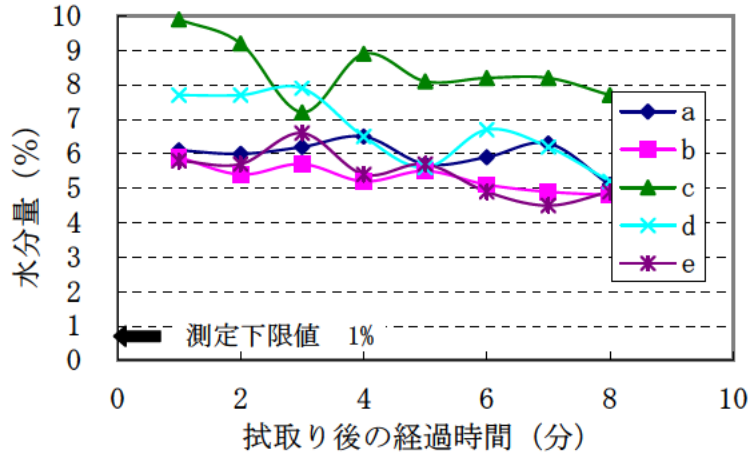


b ） 試験体番号　21-2

図－Ⅳ.2.3(1)　無塗布コンクリート試験体の測定部位による拭取り後の水分量



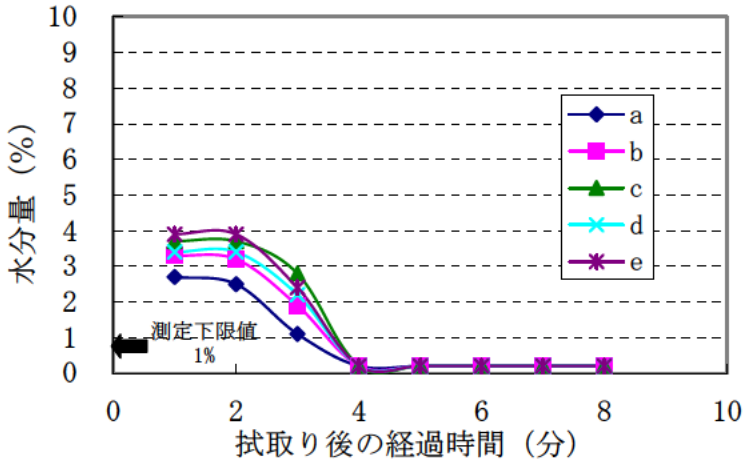
c）試験体番号　21-3



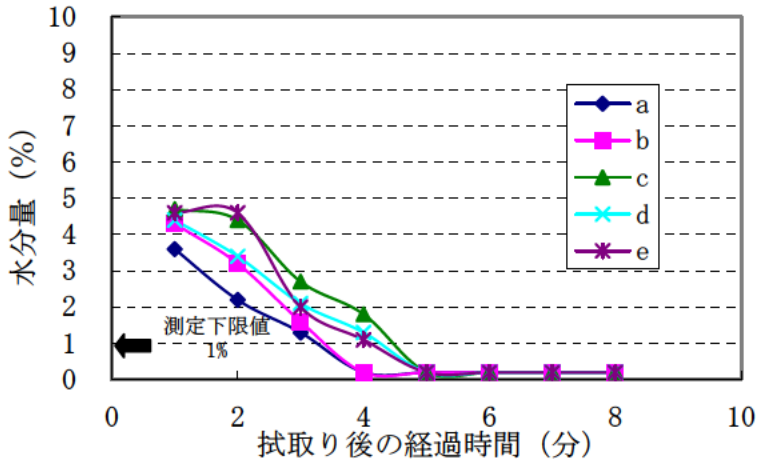
d）試験体番号　21-4

図－Ⅳ.2.3(2)　無塗布コンクリート試験体の測定部位による拭取り後の水分量

無塗布コンクリートは、いずれの試験体および測定部位でも拭取り８分後の水分量においては、水分計Ｂ３の測定下限値（１%）以上であった。また、試験体や測定部位によって、拭取り後の水分量のばらつきが大きかった。

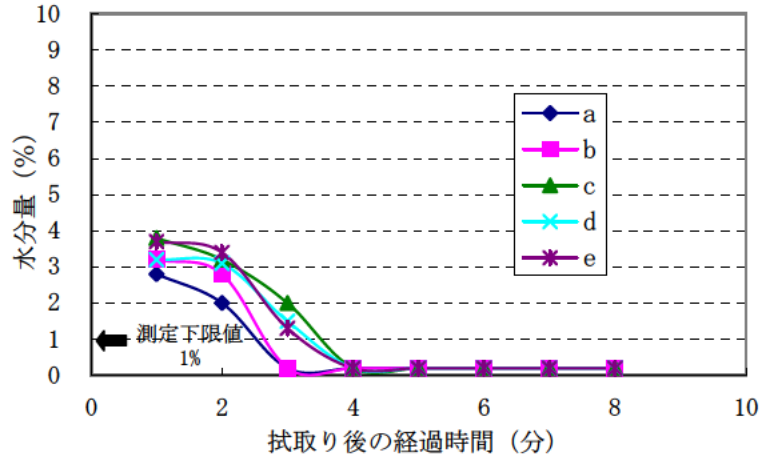


a ） 試験体番号　1-1

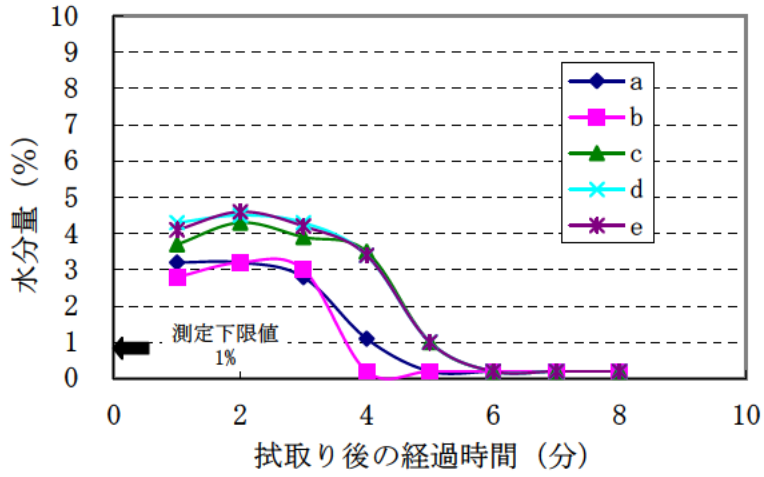


b ） 試験体番号　1-2

図－Ⅳ.2.4　シラン（水系）保護材試験体の測定部位による拭取り後の水分量



a ） 試験体番号　7-1



b ） 試験体番号　7-2

図－Ⅳ.2.5　シラン（溶剤系）保護材試験体の測定部位による拭取り後の水分量

保護材を塗布したコンクリートは、分類や水系および溶剤系の系統に関係なく、いずれの試験体および測定部位においても拭取り５分後以上の水分量は、水分計Ｂ３の測定下限値（１％）以下であった。また、試験体や測定部位による拭取り後の水分量のばらつきは無塗布コンクリートに比べ少なかった。

従って、試験体や測定部位によって多少のばらつきはあるものの、保護材を塗布したコンクリートと無塗布コンクリートとの拭取り後の経過時間による水分量を測定することによって、保護材が塗布されたか否かの判断が可能であると考える。また、水分量の測定は拭き取り後 10 分以内で済むことも確認された。

（３）測定条件による試験結果

散水や散水方法や散水後の放置時間や拭取りからの経過時間等の影響を調べる目的で、水分計Ｂ３で試験した。表－Ⅳ.2.8に示す要因と水準を示す。

表－Ⅳ.2.8　測定条件についての要因と水準

要因	水準
散水方法	スプレー、　はけ
散水時間	15秒、　45秒
散水から拭取りまでの時間	15秒、　45秒
拭取り方法	ウェス拭き
拭取りから計測までの時間	1分
水分計	Ｂ３

要因水準によるそれぞれの試験結果を表－Ⅳ.2.9 表－Ⅳ.2.10 および図－Ⅳ.2.6、図－Ⅳ.2.7 に示す。

表－Ⅳ.2.9　散水方法と散水時間による試験結果

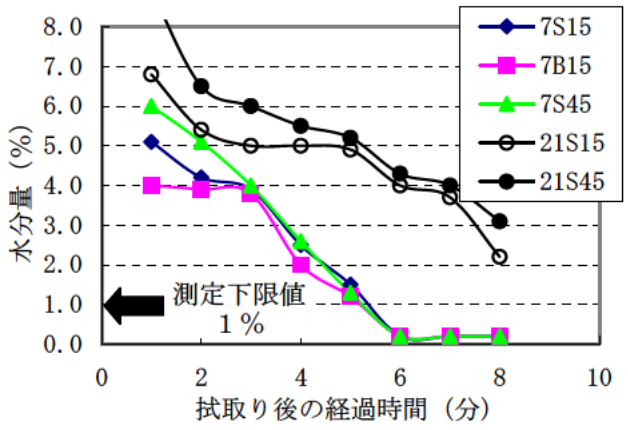
試験体		散水条件		水分量（%）							
No.	概要	方法	時間（秒）	拭取り後の経過時間（分）							
				1	2	3	4	5	6	7	8
7S15	シラン（溶剤系）	霧吹き	15	5.1	4.2	3.9	2.5	1.5	0.2	0.2	0.2
7B15		はけ		4.0	3.9	3.8	2.0	1.2	0.2	0.2	0.2
7S45		霧吹き	45	6.0	5.1	4.0	2.6	1.3	0.2	0.2	0.2
21S15	無塗布	霧吹き	15	6.8	5.4	5.0	5.0	4.9	4.0	3.7	2.2
21S45			45	8.9	6.5	6.0	5.5	5.2	4.3	4.0	3.1

備考）　散水から拭取りまでの時間は45秒で試験　　試験体番号はグラフの凡例の番号と同じ

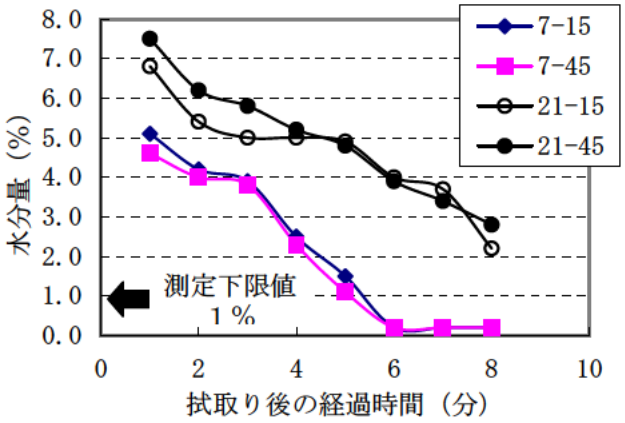
表－Ⅳ.2.10　拭取りまでの時間による試験結果

試験体		散水から拭取りまでの時間（秒）	水分量（%）							
No.	概要		拭取り後の経過時間（分）							
			1	2	3	4	5	6	7	8
7-15	シラン（溶剤系）	15	5.1	4.2	3.9	2.5	1.5	0.2	0.2	0.2
7-45		45	4.6	4.0	3.8	2.3	1.1	0.2	0.2	0.2
21-15	無塗布	15	6.8	5.4	5.0	5.0	4.9	4.0	3.7	2.2
21-45		45	7.5	6.2	5.8	5.2	4.8	3.9	3.4	2.8

備考）　散水はスプレーで散水時間は15秒で試験



図－Ⅳ.2.6 散水方法と散水時間による影響



図－Ⅳ.2.7 拭取りまでの時間による影響

保護材を塗布したコンクリートおよび無塗布コンクリートとも、散水方法や散水時間や散水からの拭取り時間による差異は少ないことが分かった。また、保護材を塗布したコンクリートと無塗布コンクリートとの拭取り経過時間後の水分量を測定することによって、保護材が塗布されたか否かの判断が可能であることが確認できた。

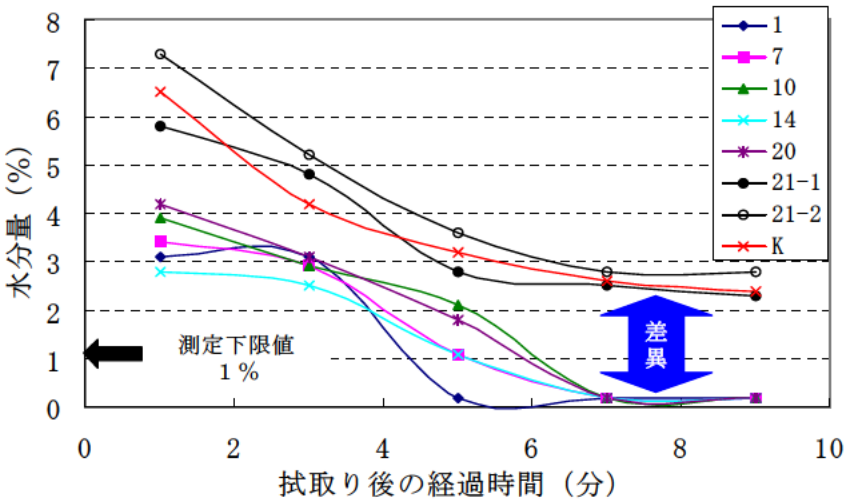
（４）保護材の種類による試験結果

保護材の種類による影響を調べる目的で、表－Ⅳ.2.2 に示す組成の異なる保護材について、水分計Ｂ３で試験した結果を表－Ⅳ.2.11 および図－Ⅳ.2.8 に示す。

表－Ⅳ.2.11　保護材の種類による拭取り後の水分量

試験体の概要		No.	拭取り後の経過時間（分）の水分量（%）				
系統	中分類		1	3	5	7	9
水系	シラン系	1	3.1	3.1	0.2	0.2	0.2
溶剤系	シラン系	7	3.4	2.9	1.1	0.2	0.2
水系	シラン･シロキサン系	10	3.9	2.9	2.1	0.2	0.2
無溶剤系	シラン･シロキサン系	14	2.8	2.5	1.1	0.2	0.2
溶剤系	その他の類	20	4.2	3.1	1.8	0.2	0.2
無塗布　1		21-1	5.8	4.8	2.8	2.5	2.3
無塗布　2		21-2	7.3	5.2	3.6	2.8	2.8
水系	ケイ酸塩系	K	6.5	4.2	3.2	2.6	2.4

備考）　１％未満は測定下限値でＬ表示となるが、図示のため、ここでは0.2と記述する。
1、2は繰返し



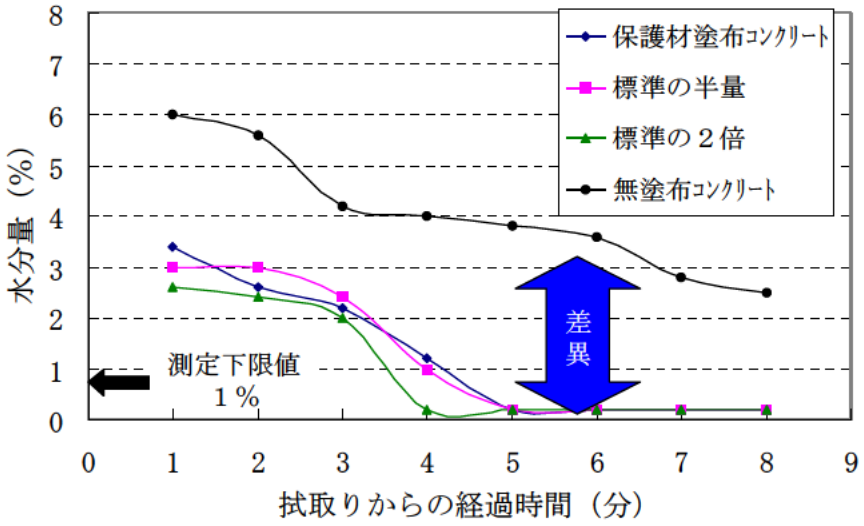
図－Ⅳ.2.8　保護材の種類による拭取り後の水分量

いずれの試験体も拭取りした後の時間経過とともに、水分量が減少していき、その水分量の減少傾向は試験体によって異なる。ケイ酸質系保護材を除く、シラン系、シラン･シロキサン系、シラン･シロキサン･ふっ素系の保護材は、溶剤系、水系、無溶剤系に関わらず、無塗布コンクリートおよびケイ酸塩系保護材に比べ、水分量の減少速度が速く、約６分後には水分計の測定下限値以下（１％未満）となった。一方、無塗布コンクリートおよびケイ酸塩系保護材は、９分後でも２から３％であった。

このことから、水分計Ｂ３を用いることによって、表面撥水性があるシラン系、シラン･シロキサン系、シラン･シロキサン･ふっ素系の保護材と無塗布コンクリートを区別でき、保護材の塗布の有無を判断できることが確認できた。

（５）保護材の塗布量による試験結果

保護材の塗布量による影響を調べる目的で、表－Ⅳ.2.2 に示すシラン系 No. 7 の塗布量を変えた試験体について、水分計Ｂ３で試験した結果を図－Ⅳ.2.9 に示す



図－Ⅳ.2.9　保護材の塗付量による影響

標準塗布量、標準塗布量の半量および２倍量の塗布による差異は大きくなく、水分量の測定では塗布量の差異を判断できない。しかし、標準塗布量の半量であっても、無塗布コンクリートとの差異が明らかで保護材塗布の有無を判断できた。換言すると保護材の塗布量の多少を水分計で判断することはできないことが明らかとなった。

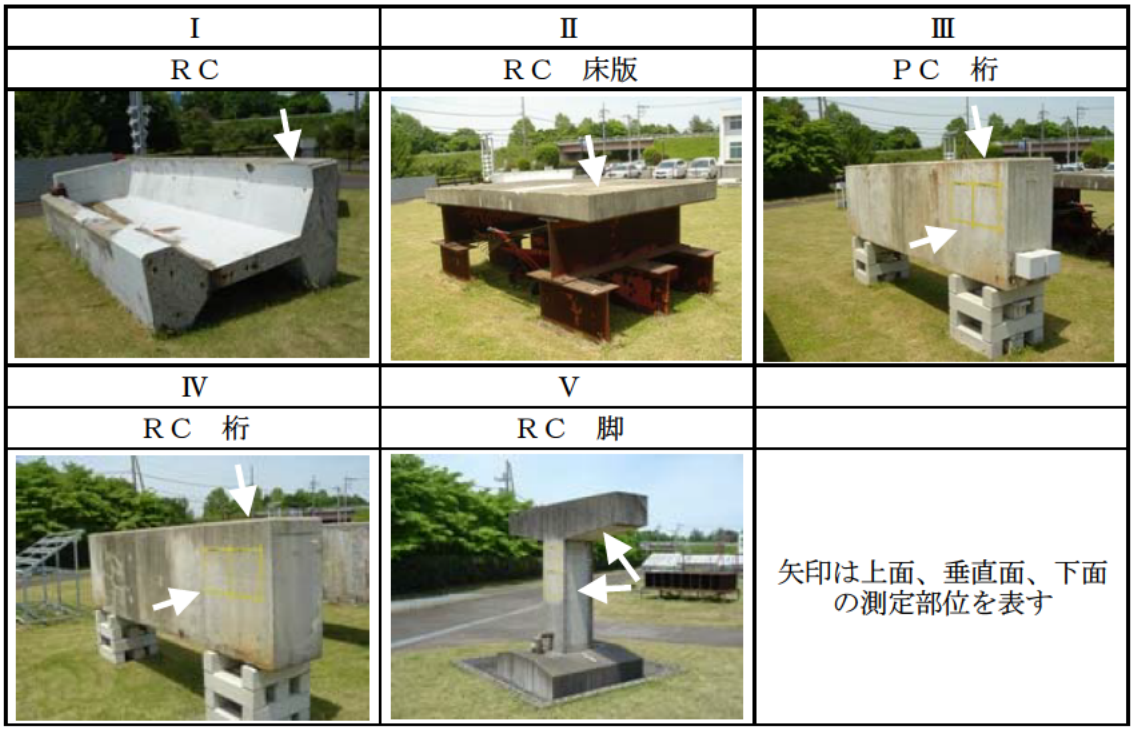
２．３　大型試験体での試験

水分計が種々の環境下にあるコンクリート構造物に適用できるかを把握する目的で、(独)土木研究所つくばに数年以上暴露されている大型試験体を用い、コンクリート構造物の種類や部位および測定気象条件（天候、温湿度）等について検討した。

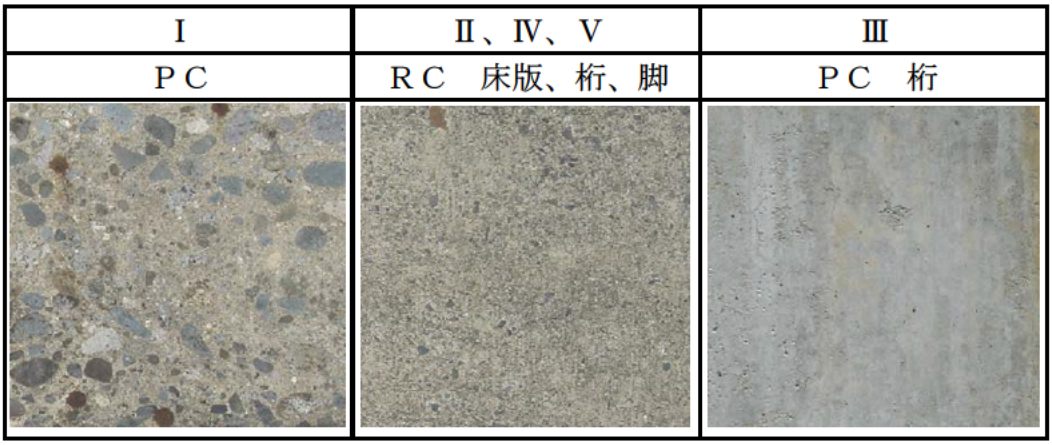
２．３．１　試験方法

（１）供試した大型試験体と保護材および水分計

供試した大型試験体の外観を図－Ⅳ.2.10 に示す。また保護材塗布する前のコンクリート表面を図－Ⅳ.2.11 に示す。



図－Ⅳ.2.10　供試した大型試験体



図－Ⅳ.2.11　供試した大型試験体の表面状態

（２）供試した水分計と保護材および測定方法

測定に用いた水分計はＢ３の改良型であるＢ４を用いた。その外観を図－Ⅳ.2.12 に示す。供試した保護材を表－Ⅳ.2.12 に示す。

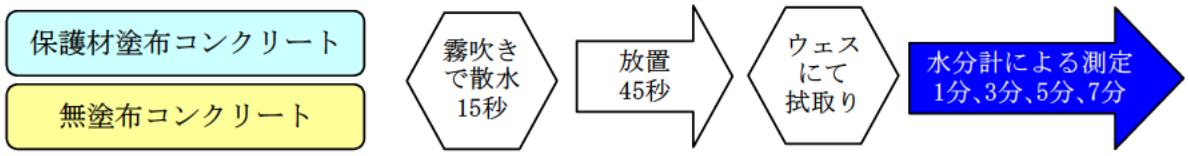


図－Ⅳ.2.12　使用した水分計Ｂ４

表－Ⅳ.2.12　供試した保護材

No.	系統	中分類
1	水系	シラン
3		
5	溶剤系	
7		
8	水系	シロキサン
9	水系	シラン・シロキサン
13	溶剤系	
14	無溶剤系	
18	溶剤系	その他（ｼﾗﾝ・ふっ素）
21	無塗布コンクリート	
K	水系	ケイ酸塩系

測定方法は図－Ⅳ.2.13 の条件で行った。その測定状況を図－Ⅳ.2.14 に示す。



図－Ⅳ.2.13　測定方法



図－Ⅳ.2.14　測定状況

２．３．２　大型試験体による試験結果

施工現場での影響を調べるために大型試験体を用い、保護材塗布から測定までの乾燥時間、構造物やコンクリートの種類や部位について試験した。その結果および前述２．２の小型試験体の結果を踏まえ、水分計測定における適正測定時間について検討した。

（１）乾燥期間や測定時の天候による影響

大型試験体に保護材を塗布し乾燥４日経過後の晴れの日に測定した結果を表－Ⅳ.2.13に示す。

表－Ⅳ.2.13　乾燥４日後の測定結果

大型試験体			測定	保護材			拭取り後の経過時間（分）の水分量（%）			
No.	種類	測定位置	No.	No.	系統	中分類	1	3	5	7
Ⅰ	ＲＣ	上面	Ⅰ－1	1	水系	シラン	1.0	0.2	0.2	0.2
			Ⅰ－7	7	溶剤系		1.0	0.2	0.2	0.2
			Ⅰ－21	21	無塗布コンクリート		2.7	2.3	1.5	1.1
Ⅱ	ＲＣ床版	上面	Ⅱ－1	1	水系	シラン	1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅱ－7	7	溶剤系		1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅱ－21	21	無塗布コンクリート		2.8	2.9	2.3	1.0
		上面 断面修復面	Ⅱ＃－1	1	水系	シラン	1.3	0.2	0.2	0.2
			Ⅱ＃－7	7	溶剤系		1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅱ＃－21	21	無塗布コンクリート		4.7	4.4	3.2	3.0
Ⅲ	ＰＣ　桁	垂直面	Ⅲ－1	1	水系	シラン	1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅲ－7	7	溶剤系		1.5	0.2	0.2	0.2
			Ⅲ－21	21	無塗布コンクリート		3.4	2.1	1.1	0.2
		上面	Ⅲ－1	1	水系	シラン	1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅲ－7	7	溶剤系		1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅲ－21	21	無塗布コンクリート		3.1	2.7	1.7	1.1
Ⅳ	ＲＣ　桁	垂直面	Ⅳ－1	1	水系	シラン	1.6	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－7	7	溶剤系		1.4	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－21	21	無塗布コンクリート		3.5	3.9	1.4	1.2
		上面	Ⅳ－1	1	水系	シラン	1.0	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－7	7	溶剤系		1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－21	21	無塗布コンクリート		2.8	1.6	1.2	0.2
Ⅴ	ＰＣ　脚	垂直面	Ⅴ－1	1	水系	シラン	1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅴ－7	7	溶剤系		1.3	0.2	0.2	0.2
			Ⅴ－21	21	無塗布コンクリート		3.8	3.2	1.5	1.4
		下面	Ⅴ－1	1	水系	シラン	1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅴ－7	7	溶剤系		1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅴ－21	21	無塗布コンクリート		4.3	3.0	1.9	1.4

備考）１%以下は測定下限値でＬ表示となりが、図示のため、ここでは0.2と記述する。
測定時は晴れで温度湿度は以下のとおりある。
上面（日なた）：35℃、20%RH　　垂直面（日かげ）：29℃、45%RH

大型試験体に保護材を塗布し乾燥４日経過後の曇りの日に測定した結果を表－Ⅳ.2.14に示す。

表－Ⅳ.2.14　乾燥４日後の測定結果

大型試験体			測定	保護材			拭取り後の経過時間（分）の水分量（%）			
No.	種類	測定位置	No.	No.	系統	中分類	1	3	5	7
Ⅰ	ＲＣ	上面	Ⅰ－1	1	水系	シラン	1.0	0.2	0.2	0.2
			Ⅰ－7	7	溶剤系		1.0	0.2	0.2	0.2
			Ⅰ－21	21	無塗布コンクリート		2.7	2.3	1.5	1.1
Ⅱ	ＲＣ床版	上面	Ⅱ－1	1	水系	シラン	1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅱ－7	7	溶剤系		1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅱ－21	21	無塗布コンクリート		2.8	2.9	2.3	1.0
		上面 断面修復面	Ⅱ＃－1	1	水系	シラン	1.3	0.2	0.2	0.2
			Ⅱ＃－7	7	溶剤系		1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅱ＃－21	21	無塗布コンクリート		4.7	4.4	3.2	3.0
Ⅲ	ＰＣ　桁	垂直面	Ⅲ－1	1	水系	シラン	1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅲ－7	7	溶剤系		1.5	0.2	0.2	0.2
			Ⅲ－21	21	無塗布コンクリート		3.4	2.1	1.1	0.2
		上面	Ⅲ－1	1	水系	シラン	1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅲ－7	7	溶剤系		1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅲ－21	21	無塗布コンクリート		3.1	2.7	1.7	1.1
Ⅳ	ＲＣ　桁	垂直面	Ⅳ－1	1	水系	シラン	1.6	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－7	7	溶剤系		1.4	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－21	21	無塗布コンクリート		3.5	3.9	1.4	1.2
		上面	Ⅳ－1	1	水系	シラン	1.0	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－7	7	溶剤系		1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－21	21	無塗布コンクリート		2.8	1.6	1.2	0.2
Ⅴ	ＰＣ　脚	垂直面	Ⅴ－1	1	水系	シラン	1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅴ－7	7	溶剤系		1.3	0.2	0.2	0.2
			Ⅴ－21	21	無塗布コンクリート		3.8	3.2	1.5	1.4
		下面	Ⅴ－1	1	水系	シラン	1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅴ－7	7	溶剤系		1.2	0.2	0.2	0.2
			Ⅴ－21	21	無塗布コンクリート		4.3	3.0	1.9	1.4

備考）　１%以下は測定下限値でＬ表示となりが、図示のため、ここでは0.2と記述する。
測定時は晴れで温度湿度は以下のとおりある。上面（日なた）：35℃、20%RH 垂直面（日かげ）：29℃、45%

保護材塗布し４日乾燥したコンクリートとの水分量は、日なた・日かげや晴れ・曇りの測定条件､およびコンクリートの種類､測定位置が異なるいずれの大型試験体においても、無塗布コンクリートに比べ各経過時間における水分量が少ないことが確認された。

大型試験体に保護材を塗布し乾燥１日経過後の晴れの日に測定した結果を表－Ⅳ.2.15に示す。

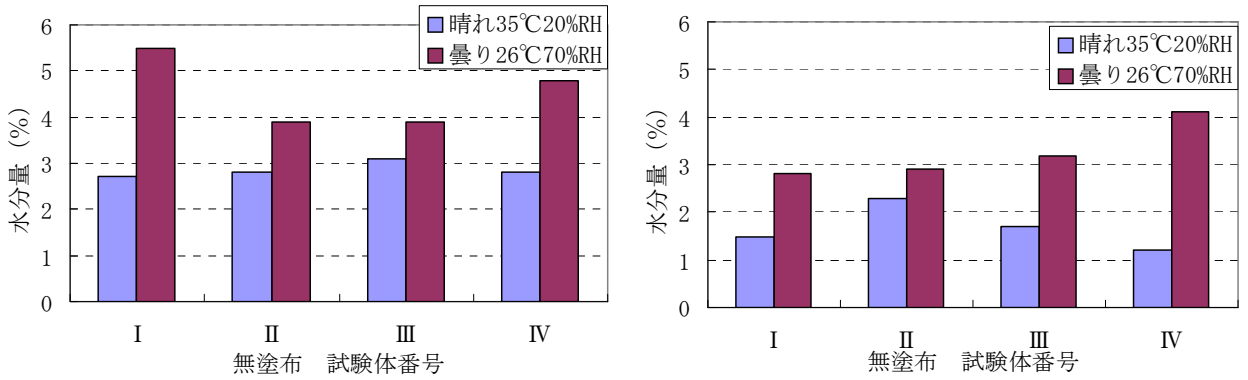
表－Ⅳ.2.15　乾燥１日後の測定結果

大型試験体			測定	保護材			拭取り後の経過時間（分）の水分量（%）			
No.	種類	測定位置	No.	No.	系統	中分類	1	3	5	7
Ⅳ	ＲＣ桁	垂直面	Ⅳ－1	1	水系	シラン	2.8	2.2	0.2	0.2
			Ⅳ－7	7	溶剤系		1.3	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－21	21	無塗布コンクリート		3.3	1.4	1.4	0.2
		上面	Ⅳ－1	1	水系	シラン	2.2	1.4	1.0	0.2
			Ⅳ－7	7	溶剤系		1.1	0.2	0.2	0.2
			Ⅳ－21	21	無塗布コンクリート		3.1	1.5	1.2	0.2

備考）　１%以下は測定下限値でＬ表示となりが、図示のため、ここでは0.2と記述する。
測定時は晴れで温度湿度は以下のとおりある。
上面（日なた）：43℃、17%RH　　垂直面（日かげ）：28℃、38%RH

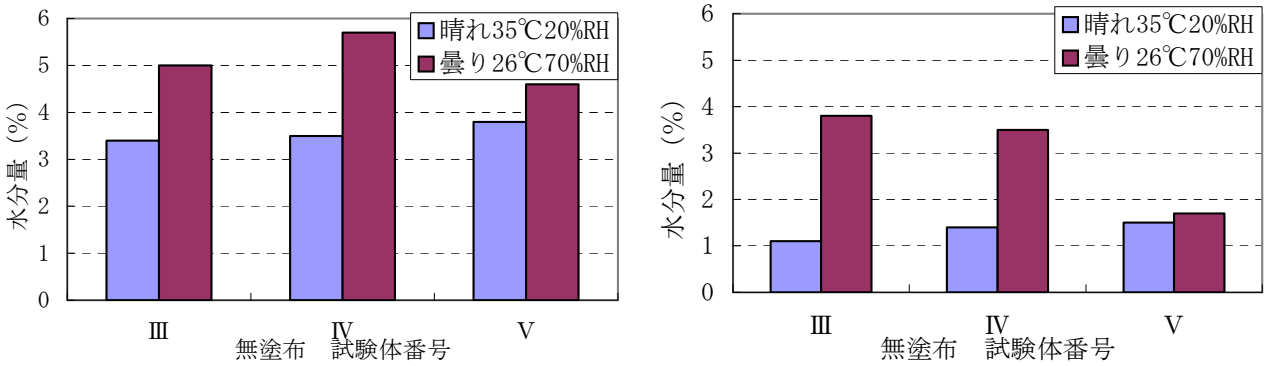
保護材を塗布し１日乾燥したコンクリートとの水分量は、日なた・日かげの測定条件、およびコンクリートの種類、測定位置が異なるいずれの大型試験体においても、無塗布コンクリートに比べ各経過時間における水分量が少ないことが確認された。

表－Ⅳ.2.13 と表－Ⅳ.2.14 から測定時の気象条件による影響を把握するために図示したものを以下に示す。各大型試験体の上面および垂直面の無塗布コンクリートの拭取り 1 分後、５分後の水分量を図－Ⅳ.2.15、図－Ⅳ.2.16 に示す。



ａ） １分後の水分量　　ｂ） ５分後の水分量

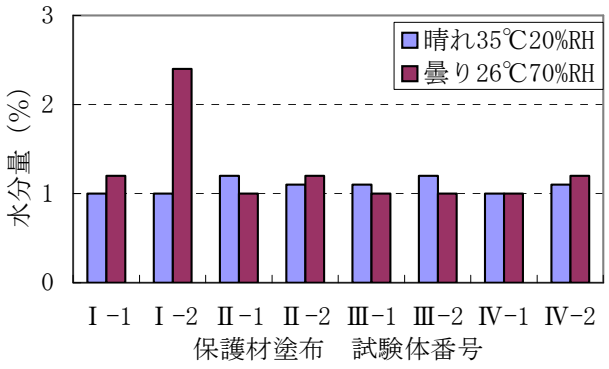
図－Ⅳ.2.15　測定時の温湿度による影響（上面　無塗布コンクリートの場合）



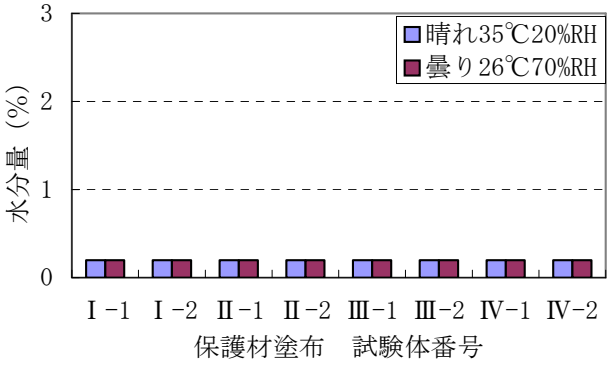
ａ） １分後の水分量　　ｂ） ５分後の水分量

図－Ⅳ.2.16　測定時の温湿度による影響（垂直面　無塗布コンクリートの場合）

各大型試験体の上面および垂直面の保護材を塗布したコンクリートの場合の拭取り１分後、５分後の水分量を図－Ⅳ.2.17、図－Ⅳ.2.18 に示す。

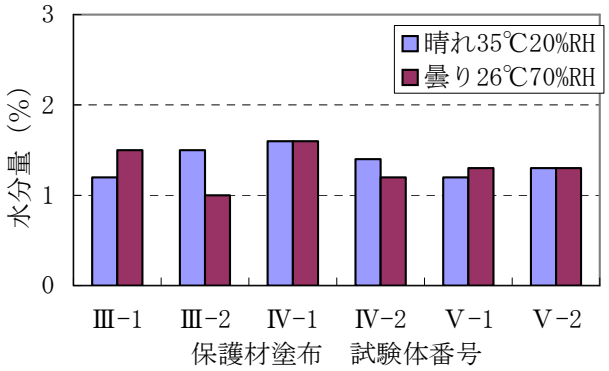


ａ）１分後の水分量

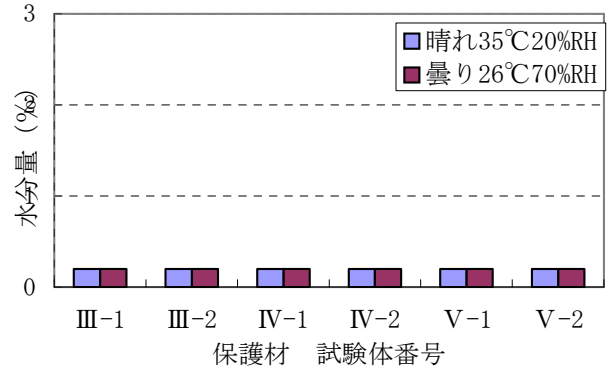


ｂ）５分後の水分量

図－Ⅳ.2.17　測定時の温湿度による影響（上面　保護材塗布の場合）



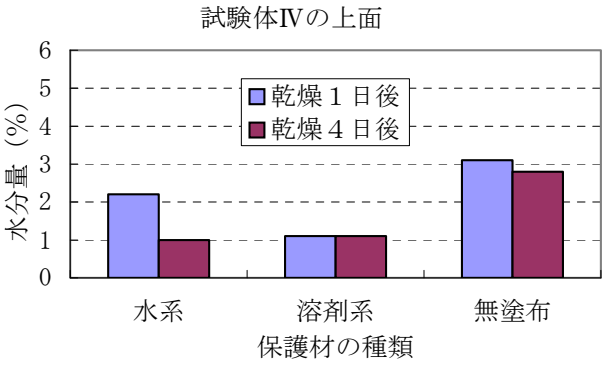
ａ）１分後の水分量



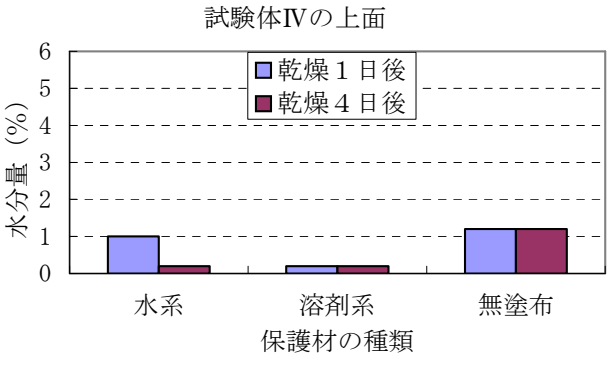
ｂ）５分後の水分量

図－Ⅳ.2.18　測定時の温湿度による影響（垂直面　保護材塗布の場合）

試験体Ⅳの上面および垂直面の保護材塗布後の測定までの乾燥日数による拭取り１分後、５分後の水分量を図－Ⅳ.2.19、図－Ⅳ.2.20 に示す。

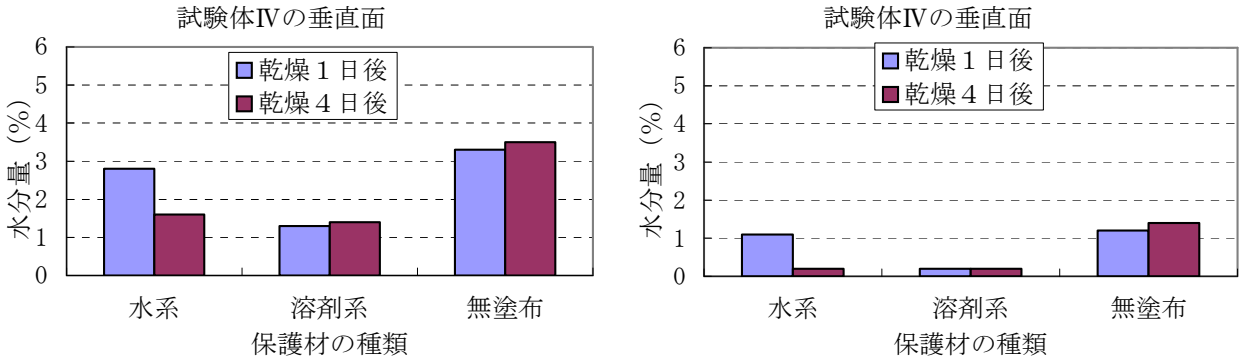


ａ）１分後の水分量



ｂ）５分後の水分量

図－Ⅳ.2.19　測定までの乾燥日数による影響（上面の場合）



ａ）１分後の水分量　　ｂ）５分後の水分量

図－Ⅳ.2.20　測定までの乾燥日数による影響（垂直面の場合）

塗布１日経過後と４日経過後の温湿度が異なるため明確ではないが、保護材を塗布し水分測定までの乾燥時間による影響はいずれの保護材においても少ないことが確認された。また、拭取り５分後の測定で無塗布コンクリートと保護材塗布コンクリートを判別できることが確認された。

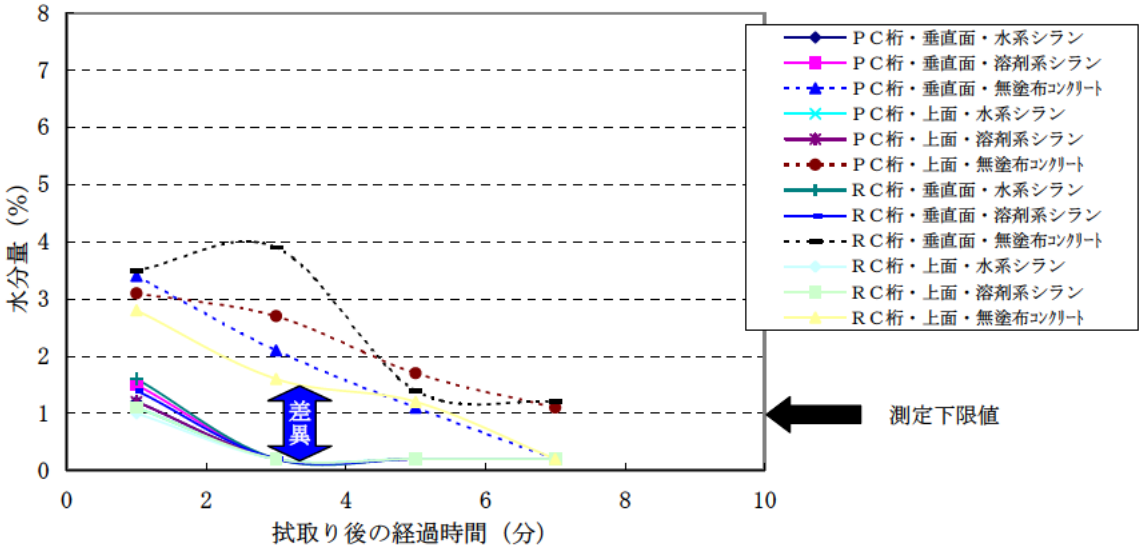
（２）構造物、コンクリートの種類および部位による影響

大型試験体の構造物、コンクリートの種類および部位による拭取り３分後、５分後の水分量の測定結果を表－Ⅳ.2.16 に示す。コンクリート桁におけるコンクリート種類と部位と保護材種類による水分量の経時変化を図－Ⅳ.2.21 に示す。

表－Ⅳ.2.16　構造物、コンクリートの種類、部位による水分量

測定時の気象条件	試験体の概要			拭取り３分後の水分量（%）						
				ＲＣ					ＰＣ	
	保護材			桁		脚		床板	桁	
	No.	系統	中分類	上面	垂直面	垂直面	下面	上面	上面	垂直面
晴れ 29～35℃ 20～45%RH	1	水系	シラン	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下
	7	溶剤系		１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下
	無塗布コンクリート			1.6	3.9	3.2	3	2.9	2.7	2.1
曇り 24～26℃ 70～80%RH	1	水系	シラン	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下
	7	溶剤系		１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下
	無塗布コンクリート			3.9	5.2	3.0	5.2	3.2	2.8	3.7

測定時の気象条件	試験体の概要			拭取り５分後の水分量（%）						
				ＲＣ					ＰＣ	
	保護材			桁		脚		床板	桁	
	No.	系統	中分類	上面	垂直面	垂直面	下面	上面	上面	垂直面
晴れ 29～35℃ 20～45%RH	1	水系	シラン	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下
	7	溶剤系		１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下
	無塗布コンクリート			1.2	1.4	1.5	1.9	2.3	1.7	1.1
曇り 24～26℃ 70～80%RH	1	水系	シラン	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下
	7	溶剤系		１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下	１以下
	無塗布コンクリート			4.1	3.5	1.7	3.1	2.9	3.2	3.8

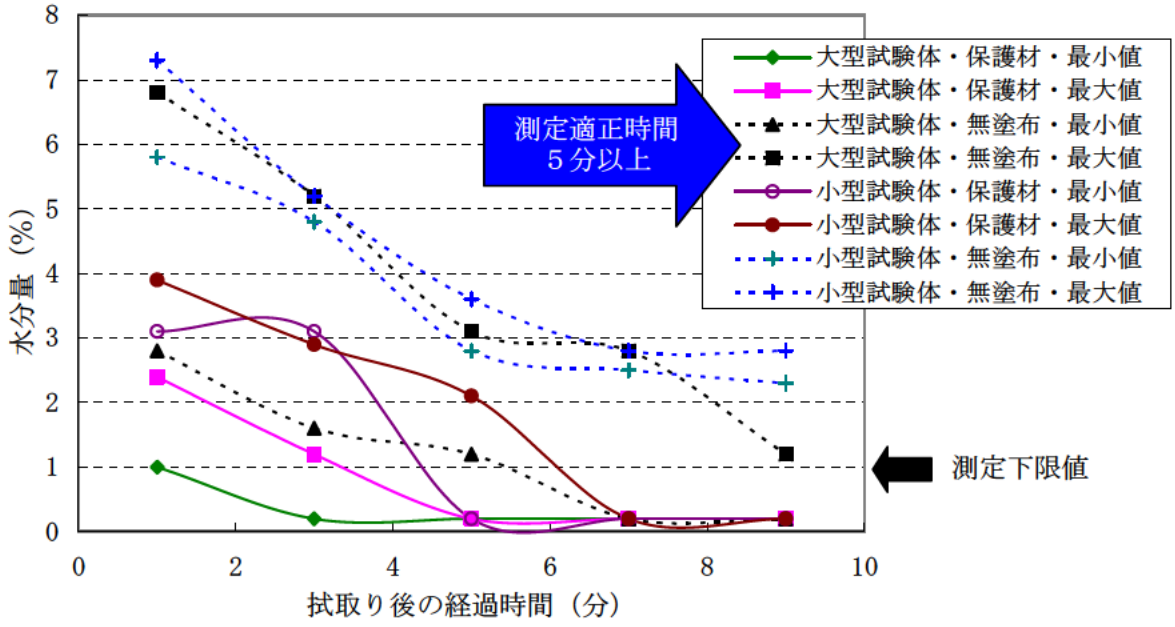


図－Ⅳ.2.21　コンクリート桁の部位と保護材種類による水分量の経時変化

構造物やコンクリートの種類および部位に関わらず、水分量によって保護材を塗布したコンクリートと無塗布コンクリートを判断できることが確認された。また、比較的気温が高く、低湿度から高湿度においても保護材を塗布したコンクリートと無塗布コンクリートを判断できることが確認された。

２．４　水分測定における測定時間の検討

水分計測定に際して、いろいろな気象環境条件や構造物種類や部位および保護材種類等における最適な測定時間を明らかにするために、前述の室内で測定した試験体のデータと屋外で測定した大型試験体の測定データの最小値と最大値をプロットしたものを図－Ⅳ.2.22 に示す。



図－Ⅳ.2.22　適正な測定時間

気象環境条件や構造物種類や部位および保護材種類等の最大、最小の測定データから、保護材塗布コンクリートは無塗布コンクリートに比べ、拭き取り後の水分量の低下が早いことが確認された。また、屋外で測定された大型試験体は屋内で測定された小型試験体に比べ、拭き取り後の水分量の低下が早いことが確認された。

このことから、拭き取り後からの測定時間は５分以上８分以内が最適と考える。

２．５　浸透性コンクリート保護材の劣化程度の把握方法の検討

水分計で保護材の劣化程度を把握することが可能かを判断する目的で、浸透性コンクリート保護材が塗布され、つくば暴露場で７年間暴露した試験体および７年間暴露した大型試験体および２年間暴露した第２回試験体を用い検討した。

２．５．１　試験方法

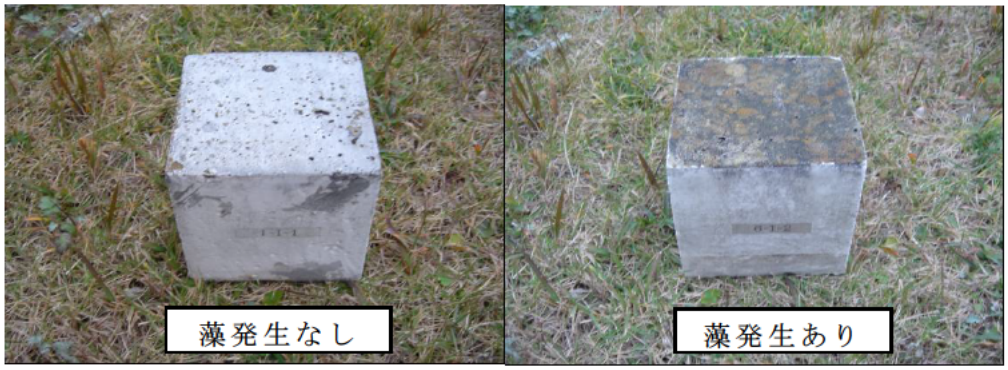
供試した水分計および測定方法等は２．３．１の試験方法に準じて試験した。

２．５．２　暴露された試験体の試験結果

いろいろな場所で暴露された小型試験体および大型試験体の測定結果を以下に示す。

（１）暴露された小型試験体の計測結果

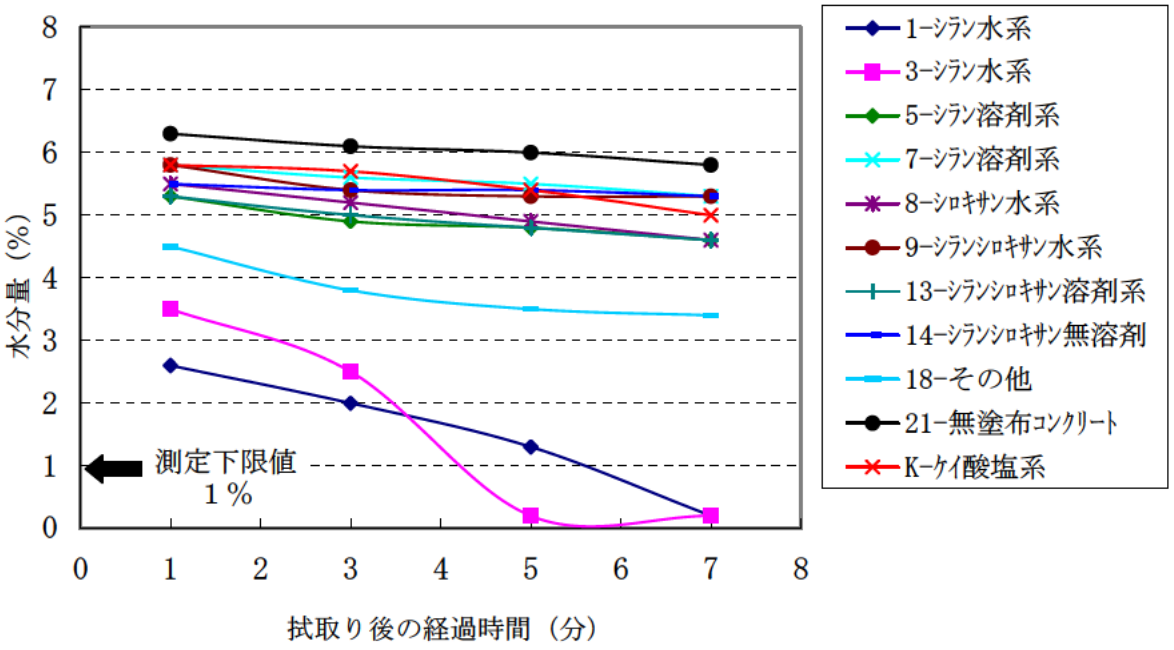
つくばにて７年間暴露された保護材塗布した試験体の拭取り後の水分量を表－Ⅳ.2.17、図－Ⅳ.2.23 に示す。代表的な試験体の表面状態を写真－Ⅳ.2.1 に示す。



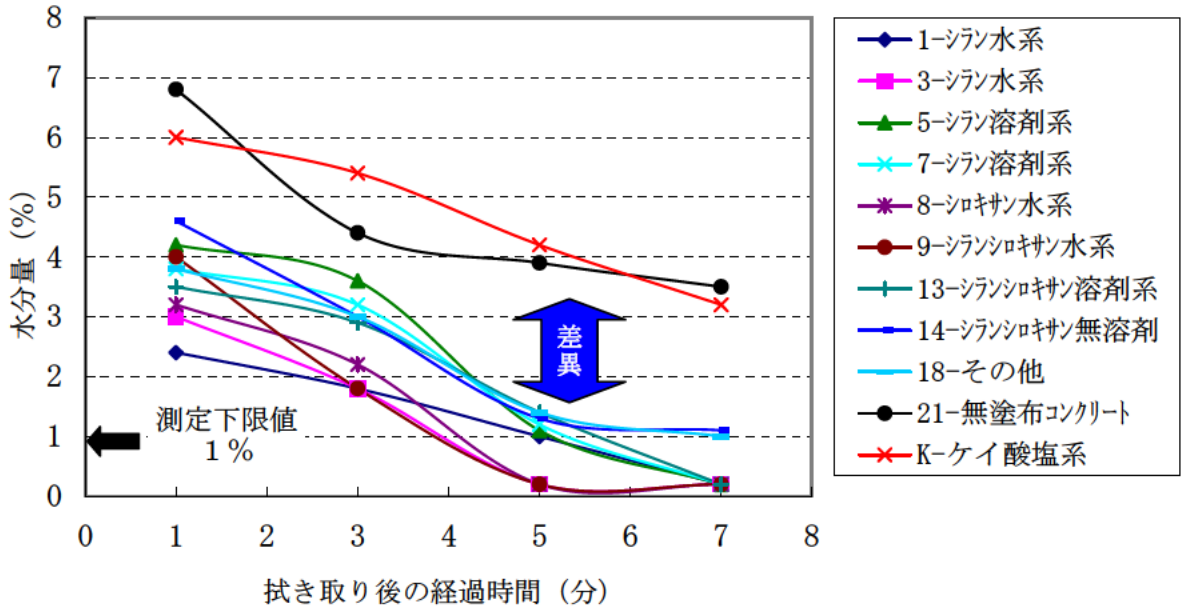
写真－Ⅳ.2.1　つくば暴露７年の試験体体外観

表－Ⅳ.2.17　つくば暴露７年の試験体の水分量

試験体の概要			表面の藻や汚れのある状態での測定					藻や汚れを除去した状態での測定		
			藻の発生	拭き取り後経過時間（分）の水分量（%）						
No.	系統	中分類		1	3	5	7	1	3	5	7
1	水系	シラン	なし	2.6	2.0	1.3	0.2	2.4	1.8	1.0	0.2
3			なし	3.5	2.5	0.2	0.2	3.0	1.8	0.2	0.2
5	溶剤系		あり	5.3	4.9	4.8	4.6	4.2	3.6	1.1	0.2
7			あり	5.8	5.6	5.5	5.3	3.8	3.2	1.2	0.2
8	水系	シロキサン	あり	5.5	5.2	4.9	4.6	3.2	2.2	0.2	0.2
9	水系	シランシロキサン	あり	5.8	5.4	5.3	5.3	4.0	1.8	0.2	0.2
13	溶剤系		あり	5.3	5.0	4.8	4.6	3.5	2.9	1.4	0.2
14	無溶剤		あり	5.5	5.4	5.4	5.3	4.6	3.0	1.3	1.1
18	水系	その他（シランふっ素）	あり	4.5	3.8	3.5	3.4	3.8	3.0	1.4	1.0
21	無塗布		あり	6.3	6.1	6.0	5.8	6.8	4.4	3.9	3.5
K	水系	ケイ酸塩系	あり	5.8	5.7	5.4	5.0	6.0	5.4	4.2	3.2



a ） 藻や汚れがある場合



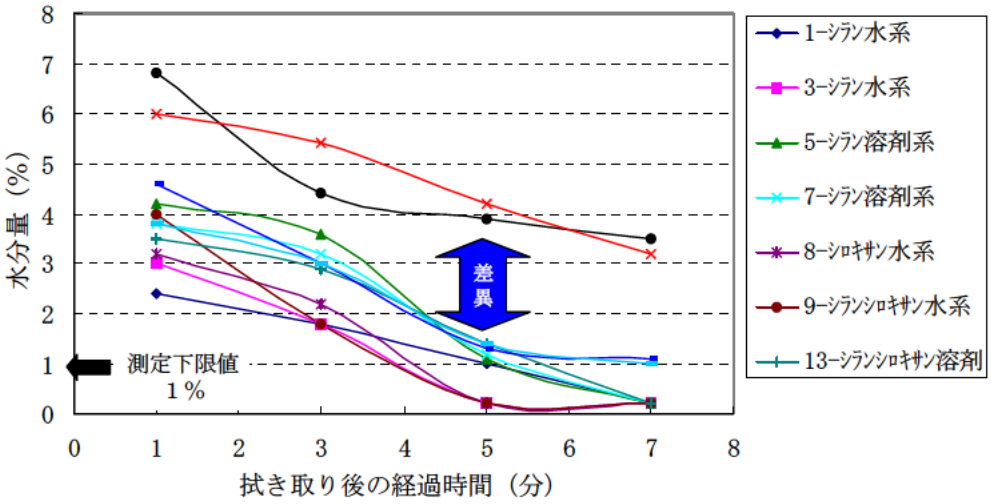
b ） 藻や汚れを除去した状態

図－Ⅳ.2.23　つくば７年暴露試験体の水分量の経時変化

表－Ⅳ.2.17 に示すように、つくばにて７年間暴露した試験体には藻が発生しているものと発生していないものがあった。藻や汚れのある状態では７年間暴露した保護材を塗布したコンクリートは水分量の低下が少なく、無塗布コンクリートと判別することができず、塗布面への藻の付着か塗布面の劣化が原因かは定かでなかった。これを明らかにするために、藻や汚れをサンドペーパーで除去し、散布、拭き取り後の水分量を測定した結果を図－Ⅳ2.23 に示す。藻や汚れを除去した保護材は無塗布コンクリートと拭き取り後の水分量

に差異が認められ、水分量が大きく低下することが確認された。従って、つくば暴露７年の保護材は表面撥水性が保持されていることが確認された。

つくばで３年間暴露した第２次試験体の水分量を図－Ⅳ.2.24 に示す。いずれの試験体も藻の発生や大きな汚れもないため、ウェスで埃を拭き取り測定した結果、保護材を塗布したいずれの試験体も経時によって水分量が低下し、また無塗布コンクリートとの差異が明らかであった。このことより、つくば暴露３年では保護材の表面撥水性が保持されていることが確認された。



図－Ⅳ.2.24　つくば３年暴露第２回試験体の水分量の経時変化

このように、つくば暴露３年、７年では保護材を塗付したコンクリートの表面撥水性があることが水分量の測定から確認され、また無塗布コンクリートと差異が確認された。

（２）暴露された大型試験体の計測結果

つくばにて７年間暴露した保護材塗布した大型試験体の外観写真を写真－Ⅳ.2.2 に示す。拭取り後の水分量を表－Ⅳ.2.18、図－Ⅳ.2.24 に示す。

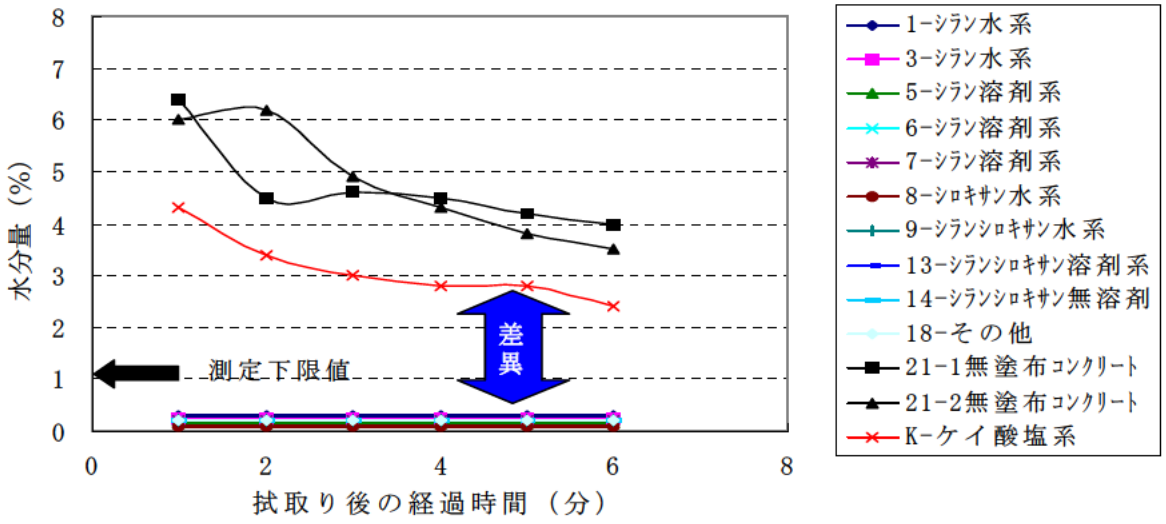


写真－Ⅳ.2.2　つくば暴露７年の大型試験体の外観

表－Ⅳ.2.18　つくば暴露７年の大型試験体の水分量

試験体の概要			拭き取り後経過時間（分）の水分量（%）					
No.	系統	中分類	1	2	3	4	5	6
1	水系	シラン	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
3			0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
5	溶剤系		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
7			0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
8	水系	シロキサン	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
9	水系	シランシロキサン	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
13	溶剤系		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
14	無溶剤		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
18	水系	その他（シランふっ素）	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
21n1	無塗布コンクリート　1		6.4	4.5	4.6	4.5	4.2	4.0
21n2	無塗布コンクリート　2		6.0	6.2	4.9	4.3	3.8	3.5
K	水系	ケイ酸塩系	4.3	3.4	3.0	2.8	2.8	2.4

備考）　21-1、21-2は無塗布コンクリート面の繰返しを表す



図－Ⅳ.2.25　つくば７年暴露大型試験体の水分量の経時変化

水分量の測定位置は、藻や汚れの付着は認められない大型試験体の垂直面（矢印部位）で測定した。無塗布コンクリートと保護材を塗布したコンクリートでは拭取り後の水分量に大きな差があり、暴露７年経過した保護材の塗布の有無と判断することができた。しかし、いずれの保護材塗布コンクリートとも拭取り１分後においても水分計の下限値（１％未満）未満であったことから、保護材が劣化しているものかを判断することができなかった。

表－Ⅳ.2.17 の暴露７年の試験体、図－Ⅳ.2.24 の暴露３年の試験体および図－Ⅳ.2.25 の大型試験体暴露７年の結果から、保護材の暴露による劣化程度を水分計によって把握できるかを明らかにすることはできなかった。

（３）暴露した試験体のまとめ

上述（１）、（２）から、他の暴露環境での試験体の水分量を測定することによって、暴露環境や暴露期間による保護材の劣化程度を把握できる可能性があるため、各暴露場所の代表的な試験体の水分量を測定した結果を表－Ⅳ.2.19、表－Ⅳ.2.20 および図－Ⅳ.2.24、図－Ⅳ.2.26 に示す。

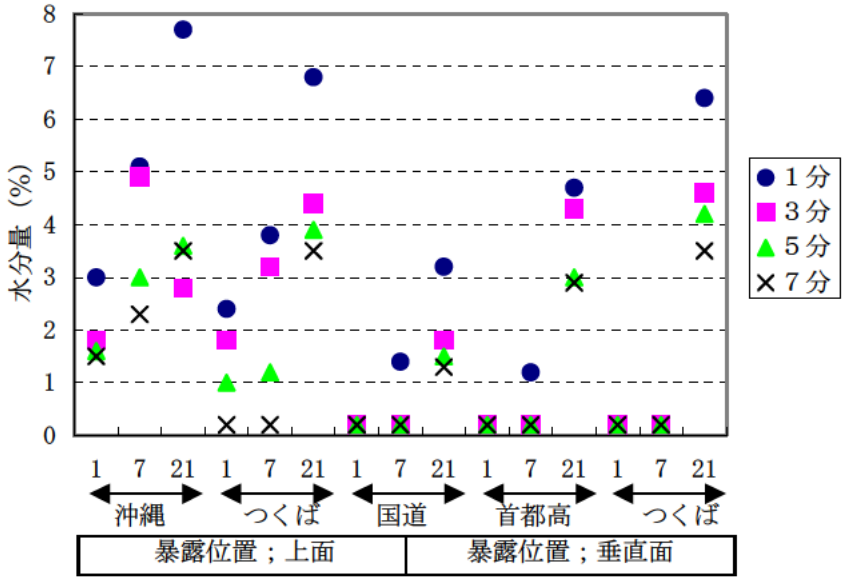
表－Ⅳ.2.19　第１次試験体の暴露７年の水分量

試験体の概要						拭き取り後経過時間（分）の水分量（%）			
暴露場所	サイズ	暴露位置	No.	系統	中分類	1	3	5	7
沖縄	小型試験体	上面	1	水系	シラン	3.0	1.8	1.6	1.5
			7	溶剤系		5.1	4.9	3.0	2.3
			21	無塗布		7.7	2.8	3.6	3.5
東京（国道側）		垂直面	1	水系	シラン	0.2	0.2	0.2	0.2
			7	溶剤系		1.4	0.2	0.2	0.2
			21	無塗布		3.2	1.8	1.5	1.3
東京（首都高側）			1	水系	シラン	0.2	0.2	0.2	0.2
			7	溶剤系		1.2	0.2	0.2	0.2
			21	無塗布		4.7	4.3	3.0	2.9
つくば		上面	1	水系	シラン	2.4	1.8	1.0	0.2
			7	溶剤系		3.8	3.2	1.2	0.2
			21	無塗布		6.8	4.4	3.9	3.5
	大型試験体	垂直面	1	水系	シラン	0.2	0.2	0.2	0.2
			7	溶剤系		0.2	0.2	0.2	0.2
			21	無塗布コンクリート		6.4	4.6	4.2	3.5

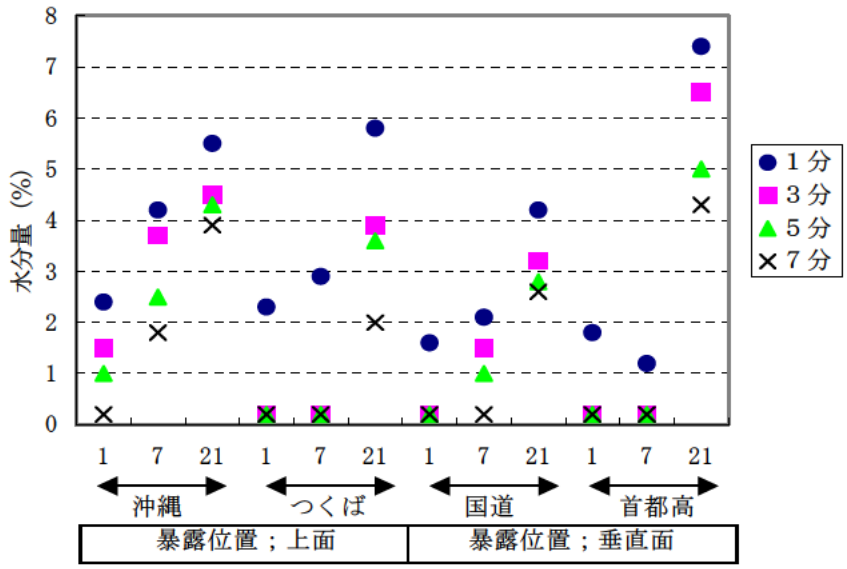
備考）　つくば小型試験体は藻を除去した後の値

表－Ⅳ.2.20　第２次試験体の暴露４年の水分量

試験体の概要						拭き取り後経過時間（分）の水分量（%）			
暴露場所	サイズ	暴露位置	No.	系統	中分類	1	3	5	7
沖縄	小型試験体	上面	1	水系	シラン	2.4	1.5	1.0	0.2
			7	溶剤系		4.2	3.7	2.5	1.8
			21	無塗布		5.5	4.5	4.3	3.9
東京（国道側）		垂直面	1	水系	シラン	1.6	0.2	0.2	0.2
			7	溶剤系		2.1	1.5	0.2	0.2
			21	無塗布		4.2	3.2	2.8	2.6
東京（首都高側）			1	水系	シラン	1.8	0.2	0.2	0.2
			7	溶剤系		1.2	0.2	0.2	0.2
			21	無塗布		7.4	6.5	5.0	4.3
つくば		上面	1	水系	シラン	2.3	0.2	0.2	0.2
			7	溶剤系		2.9	0.2	0.2	0.2
			21	無塗布		5.8	3.9	3.6	2.0



図－Ⅳ.2.26　第１次試験体　暴露７年の結果

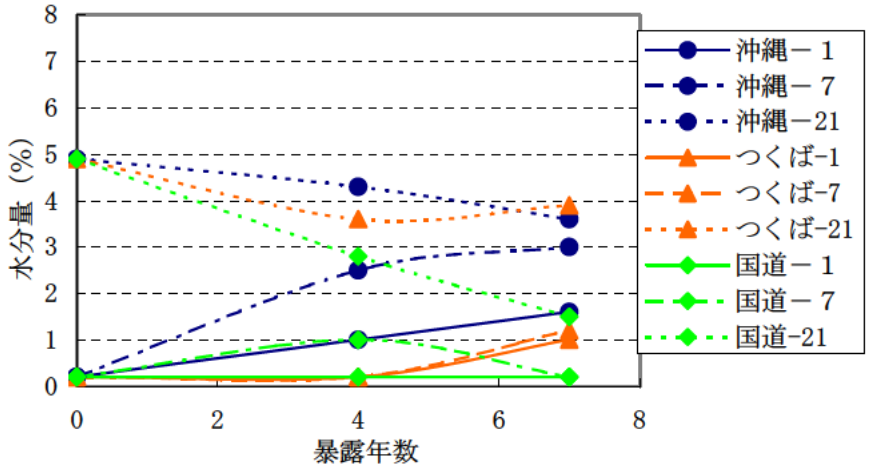


図－Ⅳ.2.27　第２次試験体　暴露４年の結果

各暴露場所での第１次試験体、第２次試験体の散水、拭き取り５分後の水分量を暴露年数で図示したものを図－Ⅳ.2.27 に示す。

暴露された第１次試験、第２次試験の保護材（No.１，７）の水分量は散水、拭き取り後の経過時間とともに小さくなる。また暴露場所、暴露位置、保護材の種類によって異なる。

保護材塗布したコンクリート（No.１，７）は無塗布コンクリート（No.21）に比べ水分量は小さく、保護材は暴露年数とともに大きくなる傾向がある。また環境が厳しい沖縄はつくばや国道（東京）に比べ保護材の水分量が大きくなり、その傾向は保護材の種類（No.１，７）によって異なる。



図－Ⅳ.2.28　第１次・２次試験体による水分量の経年変化

図－Ⅳ.2.28 に示すように、暴露場所や暴露位置や暴露年数および保護材の種類によって水分量が異なることが確認された。このことから、水分量を測定することによって保護材の劣化程度をある程度把握できるそうである。

２．６　現場施工管理方法の検討のまとめ

目視で塗布されているか判断できない保護材の施工管理方法について検討した結果、以下のことが確認できた。

①１から 10%の水分測定範囲の水分計を用いることで、構造物に塗布された保護材の塗布の有無を簡便に判別できる。

②保護材塗布の判別は、塗布した面と無塗布面の両方の散水・拭取り後の表面の水分量を測定することで可能である。

③シラン系、シラン･シロキサン系、シラン･シロキサン･ふっ素系の撥水性を有する保護材であれば、溶剤系、無溶剤系、水系のいずれにも適用できる。撥水性のないケイ酸塩系（アルカリシリケート）には適用できない。

④判別するための水分計よる測定値は、コンクリートの種類、構造物の部位および気象条件等によって影響を受ける。

⑤暴露した保護材は暴露場所、暴露位置、暴露期間、保護材の種類によって、散水、引き取り後の水分量が異なる。

⑥水分計によって暴露した保護材の劣化程度をある程度把握できることが明らかになったが、更に検討を重ねて明確にする必要があると考える。

以上の結果に基づいて、試験体および構造物で適用できる測定方法や条件等のデータを把握できた。

これらのことから、コンクリート構造物に塗布された保護材の有無が判断できる浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）を提案した。

３．浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）

浸透性コンクリート保護材は無色透明で、コンクリートに塗布しても塗膜を形成しないことや形成してもコンクリート表面の外観変化が少なく、塗布したか否かを判別することが難しい。そこで、施工管理方法のひとつとして、浸透性コンクリート保護材塗布面の水分量を計測できる測定器を用いて、現場で簡便に行える浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）について以下に示す。

３．１　目的

この浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法(案)は、目視では塗布されているか分からない浸透性コンクリート保護材の塗布の有無を判別することを目的とする。

３．２　適用範囲

この浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）は、シラン系、シラン･シロキサン系、シラン･シロキサン･ふっ素系の浸透性コンクリート保護材を塗布したコンクリート面に適用するものである。

３．３　検査

浸透性コンクリート保護材を塗布したコンクリート面の検査は、所要性能を有する測定器を用いて行う。また検査のロットは少なくとも約 50 ㎡～100 ㎡ごとに行う。

３．４　測定方法

浸透性コンクリート保護材を塗布したコンクリート面に散水し、その後拭取り、５分後に測定器で水分量を測定する。

３．５　判別

判別は所定の検査、測定方法で行い、拭取りしたのち５分後の測定器の値が測定下限値（１％）未満の場合に浸透性コンクリート保護材が塗布されていると判別する。

Ⅴ．浸透性コンクリート保護材の性能評価方法の検討

１．性能評価方法の概要

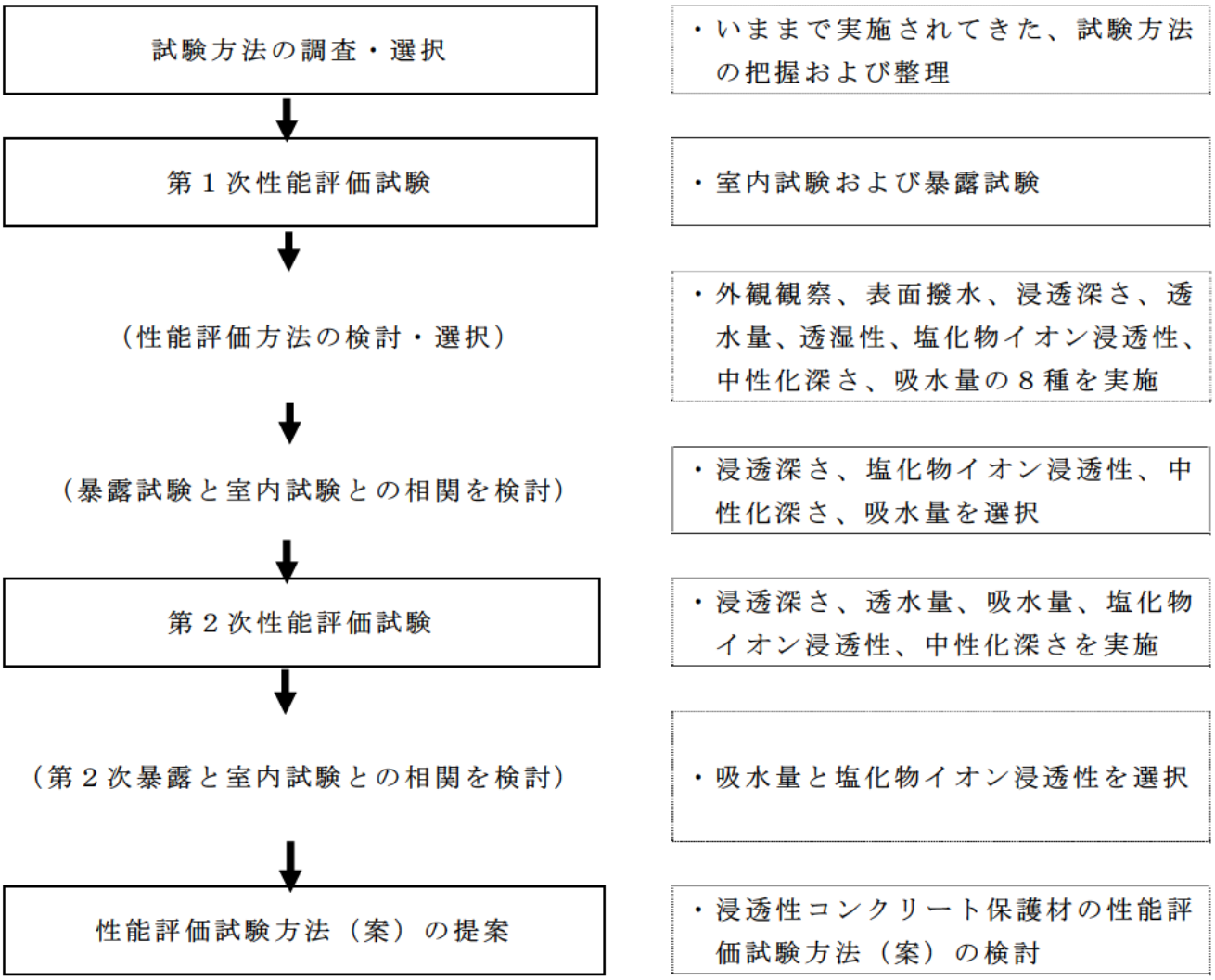
１．１　研究目的

浸透性コンクリート保護材の性能評価は、使用する場所での長期の暴露で評価せざるを得ないが、試験方法の検討により暴露試験結果と相関が高く的確に評価することができる性能評価試験方法の開発と提案を目的とした。

１．２　研究内容

第１次および第２次性能評価試験での室内試験と暴露試験結果、また室内試験と暴露試験結果を比較し、暴露試験と対応できる性能評価方法を検討した。

図－Ⅴ.1.1 に研究のフローを示す。



図－Ⅴ.1.1　研究のフロー

１．３　第１次性能評価試験

今まで実施されてきた試験方法をもとに、劣化現象の発生に影響する浸透深さ,透水量,透湿性,塩化物イオン浸透性,中性化深さ,吸水量との関係を検討した。表－Ⅴ.1.1 に示す室内試験と暴露試験を実施した性能評価試験の概要を示す。

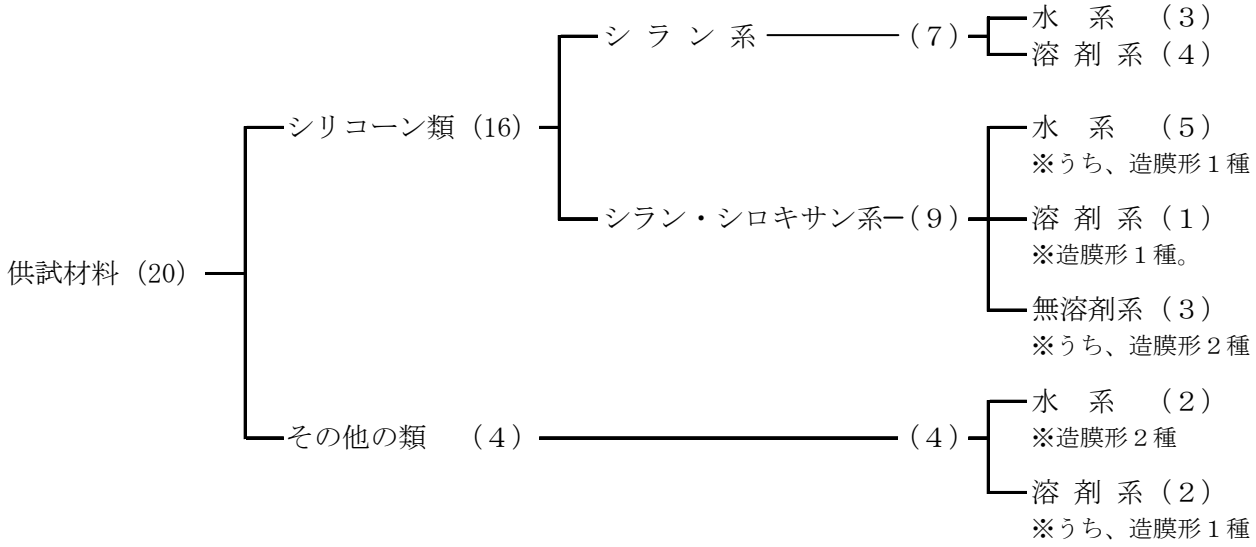
表－Ⅴ.1.1　第１次性能評価試験概要

試験方法		試験目的	試験項目
室内試験	基本試験	コンクリート表面または表層部での改質の程度で有効成分との関係等を確認	・浸透深さ ・透水量 ・透湿性
	促進試験	原因物質の室内促進条件下での劣化発生の判断	・塩化物イオン浸透性（質量変化、塩化物イオンの浸透深さ） ・中性化深さ
暴露試験	実環境における劣化現象発生の有無を各試験との関連を検証する		・浸透深さ ・透湿性 ・塩化物イオン浸透性 ・中性化深さ ・吸水率

（１）供試材料

第１次性能評価試験の供試材料の分類を図－Ⅴ.1.2 に示す。

供試した 20 種類の保護材の分類は､コンクリート内部に浸透して撥水性の層を形成する主成分で、シリコーン類とその他の類に大別し、シリコーン類はシラン系とシラン・シロキサン系に細分した。その他の類は、ふっ素など有機系化合物を含むものとした。さらに水系,溶剤系,無溶剤系の系統別とした。なお、同一材料中に、浸透する成分とコンクリート表面で膜を形成する成分を含むものを造膜形とし、膜を形成しないものを単独形とした。



図－Ⅴ.1.2　供試材料の分類

（２）室内試験

水セメント比 54.5%のコンクリート基材を用いた室内試験は、浸透深さ,透水量（ロート式）,透湿性（放湿比）と塗布量中の有効成分量との関係および浸透深さと透水量（ロート式）,透湿性（放湿比）の関係を検証した。また、濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中に浸漬したときの質量変化,塩化物イオンの浸透深さとの関係を検証した。

１）基本試験

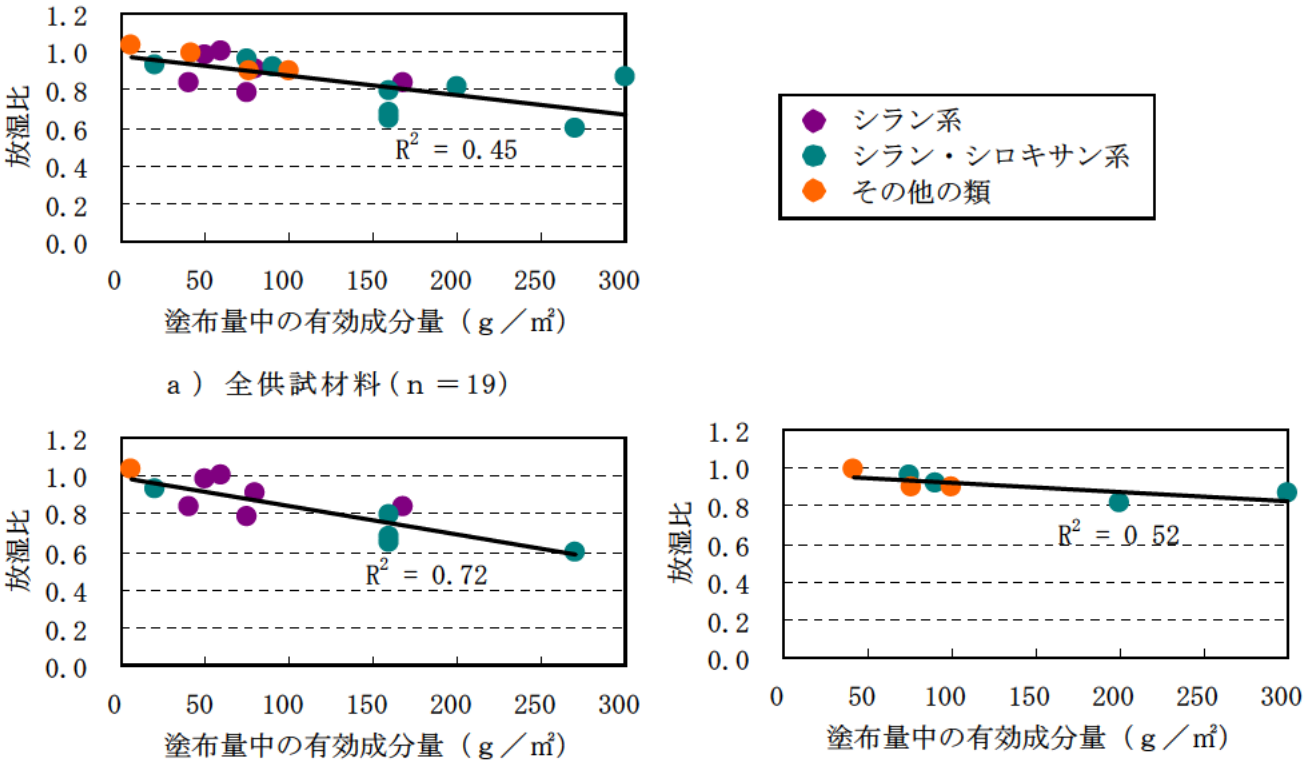
塗布量中の有効成分量と透湿性（放湿比）の関係は、全供試材料で寄与率（R^2）0.45であったが、単独形では寄与率（R^2）が 0.72 となり、塗布量中の有効成分量が多いほど、放湿が少ない傾向が認められた。浸透深さと透湿性（放湿比）は、寄与率（R^2）が単独形で 0.77、造膜形で 0.28 となり、単独形は浸透が深いほど放湿が少ない傾向が認められた。塗布量中の有効成分量,浸透深さと透水量（ロート式）との関係は、認められなかった。

表－Ⅴ.1.2 に有効成分と浸透深さの関係を示し、図－Ⅴ.1.3 に塗布量中の有効成分量と透湿性（放湿比）の関係を、Ⅴ.1.4 に浸透深さと透湿性（放湿比）の関係を散布図で示す。

表－Ⅴ.1.2　第１次性能評価試験の関係（寄与率R^2）

試験項目	浸透深さ	透水量	透湿性（放湿比）注 1)
塗布量中の有効成分量	0.31（n＝20）	0.11（n＝20）	0.45 注 2)（n＝19）
浸透深さ	－	0.20（n＝20）	0.71 注 3)（n＝19）

注 1)試験体番号 No.６を除く。注 2)単独形のみでは、0.72(n＝12)となった。
注 3)単独形のみでは、0.77(n＝12)となった。

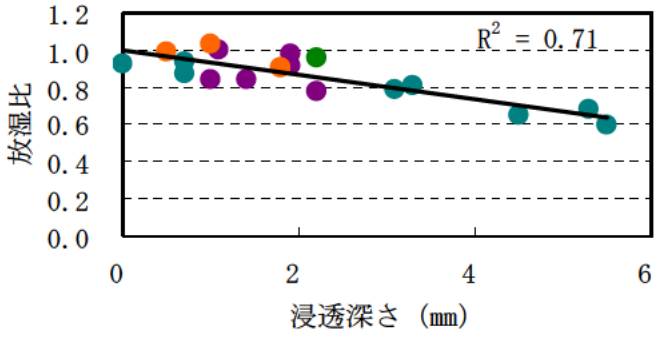


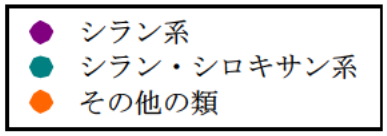
a）全供試材料(n＝19)

b）単独形（n＝12）

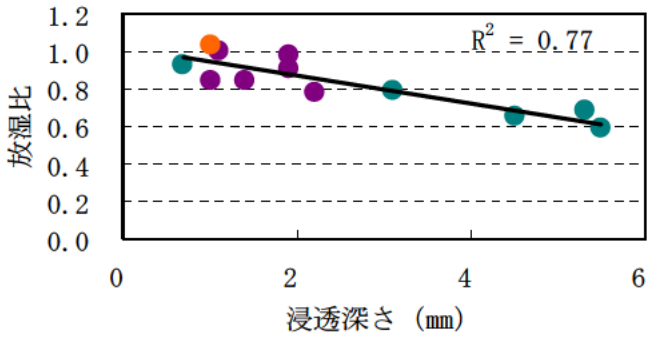
c）造膜系（n＝７）

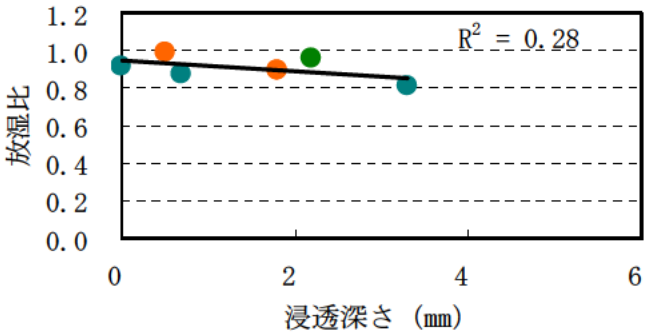
図－Ⅴ.1.3　塗布量中の有効成分量と透湿性（放湿比）の関係





a）全供試材料（n＝19）





b）単独形（n＝12）　　c）造膜系（n＝7）

図－Ⅴ.1.4　浸透深さと透湿性（放湿比）の関係

2）促進試験

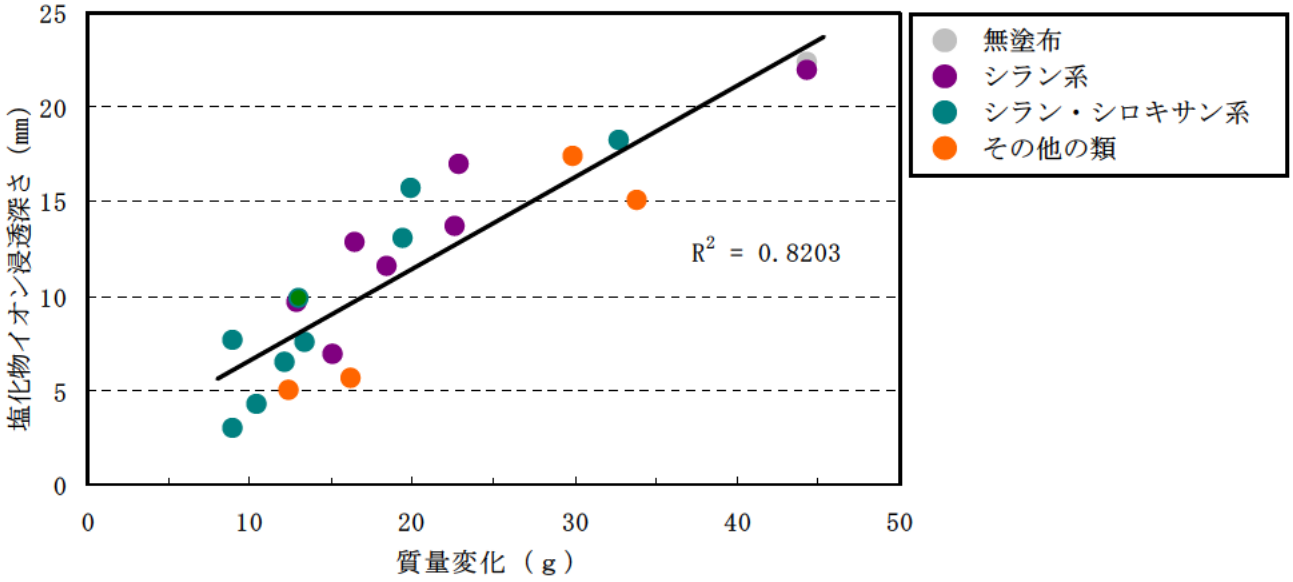
促進試験は、濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中に 90 日間浸漬した質量変化とフルオレセインナトリウム水溶液と 0.1N－硝酸銀溶液を噴霧して行う塩化物イオンの浸透深さ，塩化物イオン量の関係を調べた。図－Ⅴ.1.5 に示す質量変化と塩化物イオンの浸透深さは、10mm から 20mm 位置で最も高い寄与率（R^2）0.86 であった。表－Ⅴ.1.3 に質量変化と塩化物イオンの浸透深さ，塩化物イオン量の関係を示す。また、図－Ⅴ.1.6 に 10mm から 20mm の質量変化、塩化物イオンの浸透深さと塩化物イオン量との関係の散布図を示す。なお、促進中性化試験と浸透深さ，有効成分との関係は、認められなかった。

表－Ⅴ.1.3　質量変化と塩化物イオン浸透の深さと塩化物イオン浸透性の関係（寄与率）

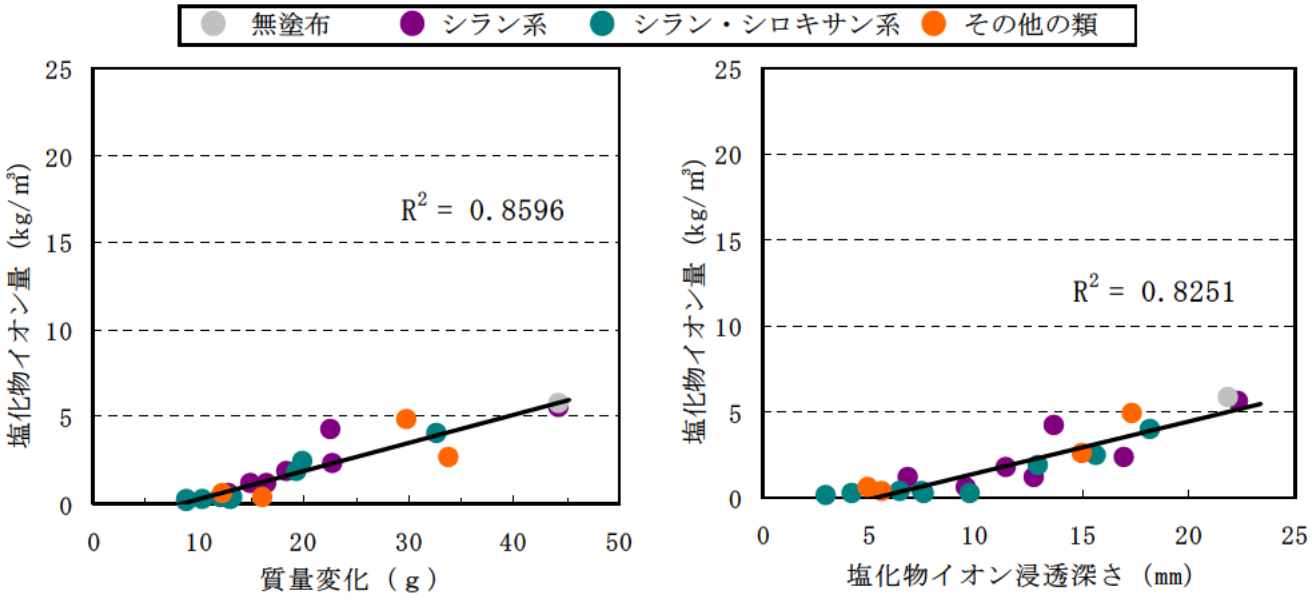
（n＝21）

試験項目	塩化物イオンの浸透深さ	塩化物イオン量（kg/m³）			
		0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mm 注）
質量変化	0.82	0.51	0.86	0.70	0.76
塩化物イオンの浸透深さ	－	0.60	0.83	0.55	0.80

注）0～30mm は、0～10mm，10mm～20mm，20mm～30mm の合計



図－Ⅴ.1.5　質量変化と塩化物イオンの浸透深さとの関係（ｎ＝21）



ａ）10mm～20mm

図－Ⅴ.1.6　質量変化、塩化物イオンの浸透深さと塩化物イオン量との関係（ｎ＝21）

（３）暴露試験

暴露試験は、つくば,東京,親不知,沖縄で実施した。つくばでは、塗布量中の有効成分量と透水量（ロート式）の関係、親不知は、浸透深さと透湿性（放湿比）の関係を調べ、東京で中性化深さと浸透深さ、沖縄では、塩化物イオン量と浸透深さ,吸水量と塩化物イオン量の関係を調べた。その結果、つくばでの透水量と塗布量中の有効成分量、東京での中性化深さと浸透深さには関係が認められなかった。以下に親不知での暴露結果と沖縄暴露の結果を示す。

１）親不知

浸透深さと透湿性（放湿比）は、暴露４年で寄与率（R^2）が低下するが、３年までは、浸透が深いほど放湿が少ない傾向がある。とくに、単独形は、寄与率（R^2）が高い。

表－Ⅴ.1.4 に暴露年数による寄与率（R^2）を示す。

表－Ⅴ.1.4　親不知での浸透深さと透湿性（放湿比）の関係（寄与率R^2）

暴　露	全試験体（ｎ＝20）	単独形（ｎ＝13）	造膜形（ｎ＝７）
２年	0.83	0.92	0.27
３年	0.62	0.73	0.23
４年	0.11	0.13	0.0

２）沖縄

浸透深さと塩化物イオン量は、暴露年数により寄与率（R^2）0.5 以上となるが、明確な関係が認められなかった。表－Ⅴ.1.5 に暴露年数による浸透深さと塩化物イオン量との関係を示す。

なお、暴露８年で同一試験体を用いて測定した塩化物イオン量と７日、45 日間の吸水率では、塗布面を上面、下面にして暴露したときの下面における単独形で高い寄与率（R^2）0.80 以上の関係があり、吸水が多いほど塩化物イオンの浸透が多い傾向が認められた。

この関係を表－Ⅴ.1.6 に示し、散布図を図－Ⅴ.1.7 に示す。

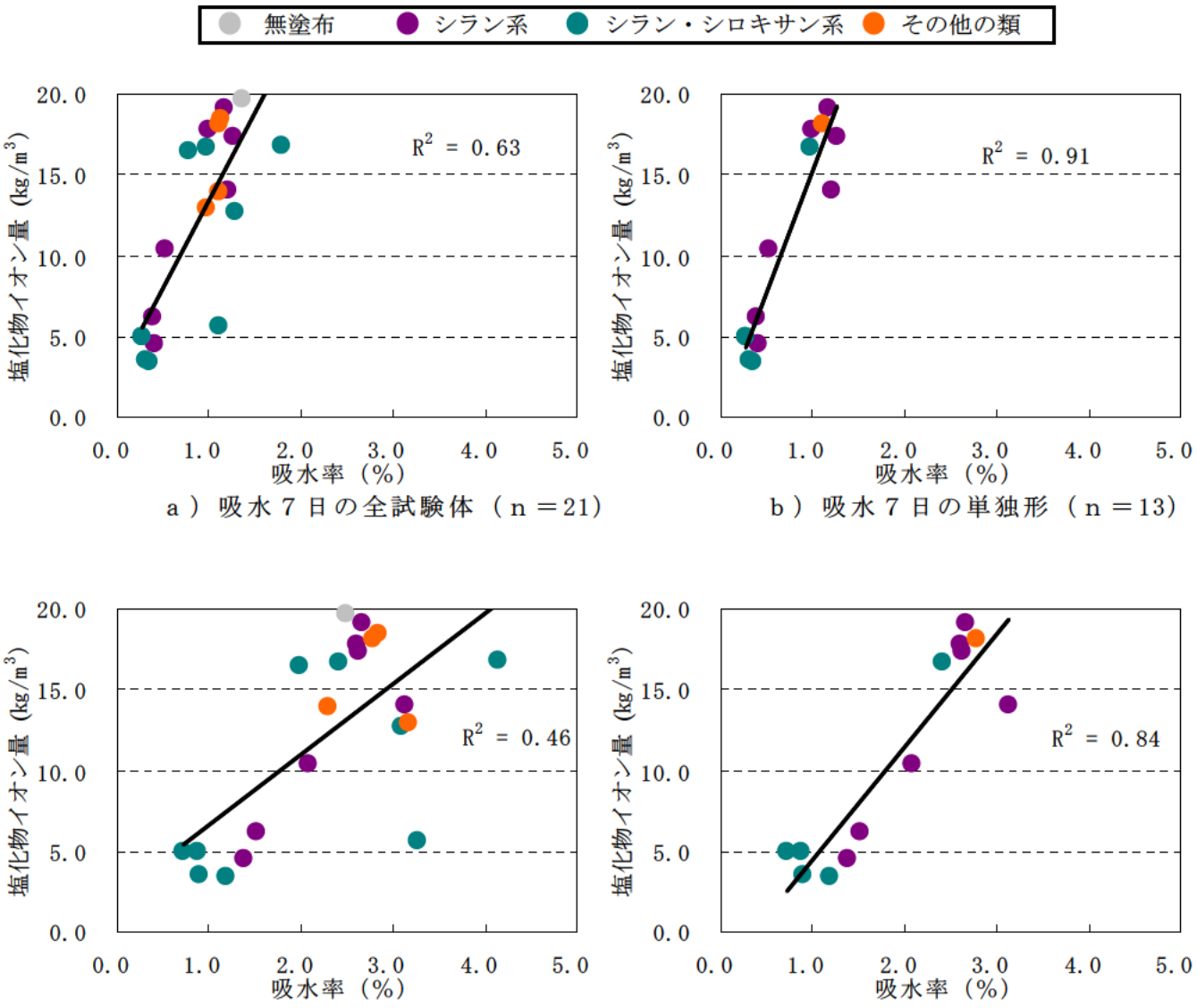
表－Ⅴ.1.5　沖縄暴露での塩化物イオン量と浸透深さの関係（寄与率R^2）

暴　露	塩化物イオン量			
	０～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	０～30mm 注）
２年	0.53	0.34	0.18	0.47
３年	0.36	0.19	0.28	0.31
４年	0.41	0.34	0.20	0.38
５年	0.66	0.55	0.42	0.62

表－Ⅴ.1.6　暴露８年での塩化物イオン量と吸水率の関係（寄与率R^2）

測定面	吸水量	全試験体（ｎ＝21）注）	単独形（ｎ＝13）	造膜形（ｎ＝７）
塗布面の上側	７日後	0.57	0.65	0.26
	45 日後	0.44	0.66	0.10
塗布面の下側	７日後	0.63	0.90	0.02
	45 日後	0.46	0.84	0.02

注）無塗布を含む。



a）吸水７日の全試験体（ｎ＝21）　b）吸水７日の単独形（ｎ＝13）

c）吸水 45 日の全試験体（ｎ＝21）　d）吸水 45 日の単独形（ｎ＝13）

図－Ⅴ.1.7　吸水率と下面の塩化物イオン量

（４）室内試験と暴露試験の関係

室内試験と暴露試験との関係は、室内試験で濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 90 日間浸漬後の質量変化,塩化物イオンの浸透深さ,塩化物イオン量の測定結果と親不知、沖縄の塩化物イオン量と比較した。その結果、室内試験での質量変化、塩化物イオンの浸透深さおよび塩化物イオン量と暴露試験での塩化物イオン量とは、特に高い関係が認められなかった。また、沖縄８年暴露の塩化物イオン量と室内試験での透水量、および促進中性化深さと東京暴露の中性化深さとを比較した。沖縄８年暴露の塩化物イオン量と室内試験の透水量は、単独形で寄与率（R^2）が 0.6 以上であり、暴露試験による塩化物イオン量と透水量は、やや関係が認められた。促進中性化試験と東京暴露の中性化深さは関係が認められなかった。

表－Ⅴ.1.7 に親不知、沖縄と比較した室内試験の寄与率（R^2）を示し、表－Ⅴ.1.8 に

沖縄８年の塩化物イオン量と室内試験透水量との関係を示す。

表－Ⅴ.1.7　室内浸漬試験と暴露（沖縄）試験による塩化物イオン量との関係

（寄与率Ｒ^2）

室内試験項目	暴露試験による塩化物イオン量								
	暴露	表面からの深さ						0～30mmの合計塩化物イオン量	
		0～10 mm		10 mm～20 mm		20 mm～30 mm			
		親不知	沖縄	親不知	沖縄	親不知	沖縄	親不知	沖縄
塩化物イオン量	１年	－	－	－	－	－	－	0.32	－
	２年	－	－	－	－	－	0.34	－	－
	３年	－	－	0.34	－	－	－	－	－
	４年	－	－	－	－	－	－	－	－
	５年	－	0.38	0.27	－	－	－	－	－
塩化物イオン浸透深さ	１年	0.59	0.39	－	－	－	0.32	0.34	0.38
	２年	0.57	－	－	－	－	0.42	0.44	－
	３年	0.42	－	－	－	－		0.37	－
	４年	0.45	－	－	－	－	0.31	0.30	0.33
	５年	0.45	0.36	－	－	－		0.40	0.34
質量変化	１年	0.55	0.33	－	－	－		0.46	0.32
	２年	0.41	0.34	－	－	－	0.43	0.43	0.35
	３年	0.32	－	－	－	－	0.36	0.33	－
	４年	0.31	0.35	－	－	－	－	－	0.32
	５年	0.45	0.39	－	0.32	－	0.31	0.47	0.38

注)－は、寄与率（Ｒ^2）が 0.30 以下を示す。

表－Ⅴ.1.8　沖縄８年の塩化物イオン量と室内試験透水量の関係（寄与率Ｒ^2）

塩化物イオン量測定面	全試験体（ｎ＝17）注)	単独形（ｎ＝11）	造膜形（ｎ＝5）
上側	0.37	0.64	0.31
下側	0.32	0.66	0.17

注)室内試験の透水量で、No.２、12、19、20 は試験中に明らかな漏水が見られるため除外した。

（５）まとめ

水セメント比 54.5%のコンクリート基材を使用した室内試験および暴露試験から以下のことが明らかになった。

１）室内試験

①浸透深さと透湿性（放湿比）は、寄与率（Ｒ^2）0.77 で高い関係がある。

②濃度 10%塩化ナトリウム水溶液中への浸漬による質量変化と塩化物イオンの浸透深さとは、寄与率（Ｒ^2）0.82 と高い関係がある。また、塩化物イオン浸透性での表面から深さ方向 10mm から 20mm 位置の塩化物イオン量と質量変化とは寄与率（Ｒ^2）0.86、塩化物イオン浸透の深さとは寄与率（Ｒ^2）0.83 であった。

以上より、浸透深さと透湿性（放湿比）の関係が認められた。また、濃度 10%の塩化ナ

トリウム水溶液への浸漬試験による質量変化で塩化物イオン浸透性を評価できると考えられる。

２）暴露試験

①浸透深さと透湿性（放湿比）は、暴露２年,３年で寄与率（R^2）0.83,0.62 であり、とくに単独形で寄与率（R^2）0.92,0.73 であった。暴露４年では関係が認められなくなった。

②浸透深さと塩化物イオン量とは、暴露年数によりばらつきがあるが、暴露５年で寄与率（R^2）が 0.42 から 0.67 程度であったが、明確な傾向をつかめなかった。

③暴露８年の塩化物イオン量と水中浸漬による吸水率は、とくに、単独形で吸水率が低ければ、塩化物イオンの浸透量が少ない傾向が認められた。

以上により、暴露試験においても浸透深さと透湿性（放湿比）の関係が認められた。但し、経年で関係がなくなる傾向が推察される。また、塩化物イオン量と水中浸漬による吸水率は、保護材の形態や分類で傾向が異なるが、塩化物イオンの浸透は、吸水との関係が認められ、浸漬による質量変化で保護材の評価できると考えられる。

３）室内試験と暴露試験の関係

①濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中への浸漬による質量変化,塩化物イオンの浸透深さ,塩化物イオン量と暴露試験での塩化物イオン量とは､明確な傾向が得られなかったが､暴露試験での塩化物イオン量と質量変化,塩化物イオンの浸透深さとの関係で最も高い寄与率（R^2）0.59 が得られた。

②室内試験の透水量と沖縄８年暴露の塩化物イオン量とでは、単独形で寄与率（R^2）0.6 以上の関係であった。なお、透水量（ロート式）の測定は、試験時に漏水の問題がある。

以上より、室内のそれぞれの試験結果間および暴露試験結果間には、関連する試験を見つけられたが､室内試験結果と暴露試験結果とを関連付ける十分な関係が得られなかった。しかし、塩化物イオン浸透性と透水量、質量変化などが関連すると予想され、第２次性能評価試験では、基材の種類や暴露での塩化物イオン量と供試材料の形態、試験方法の改良等より評価試験を行った。

１．４　第２次性能評価試験

第２次性能評価試験は、コンクリート基材の大きさや塗布面数および配合の違いによる影響の確認と浸漬試験による質量変化、塩化物イオン量を暴露試験と比較し検証した。

実施した性能評価試験の概要を表－Ⅴ.1.9 に示す。

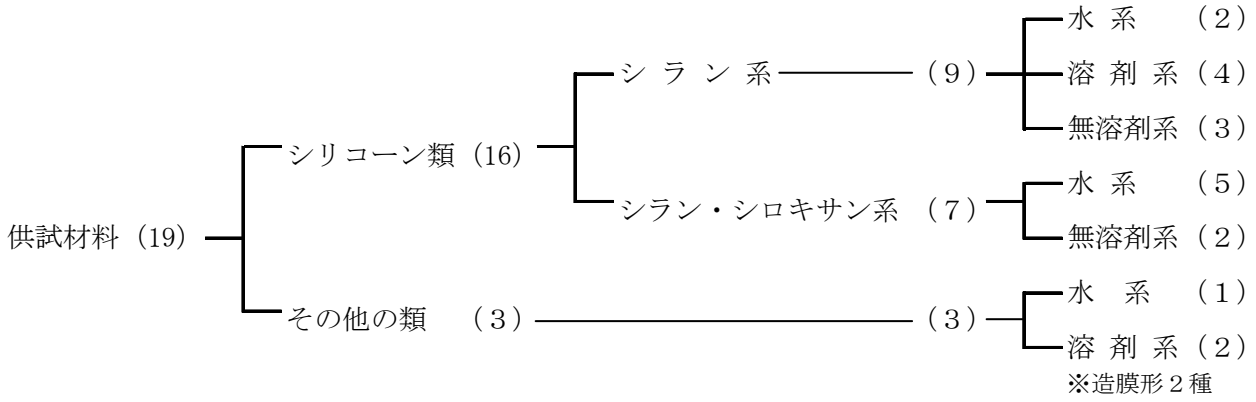
表－Ⅴ.1.9　第２次性能評価試験概要

試験方法		試験目的	試験項目
室内試験	基本試験	・コンクリート表面または表層部での改質の程度 ・コンクリート基材の影響確認	・浸透深さ ・透水量 ・吸水量
	促進試験	原因物質の室内促進条件下劣化現象発生の判断	・浸漬による塩化物イオン浸透性と質量変化
暴露試験	実環境における劣化現象発生の有無		・浸透深さ ・吸水量 ・塩化物イオン浸透性 ・中性化深さ

（１）供試材料

第２次性能評価試験は、第１次性能評価試験に供試された保護材と新たに開発された保護材の 19 種類で行った。

19 種類の分類を図－Ⅴ.1.8 に示す。



（)内は、試料数を示す。

図－Ⅴ.1.8　供試材料の分類

（２）試験体

コンクリート基材の寸法や塗布面数および配合の違いによる影響を調べるため水および濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中に 126 日間浸漬し、吸水率,質量変化を測定した。

基材の概要を表－Ⅴ.1.10 に示す。

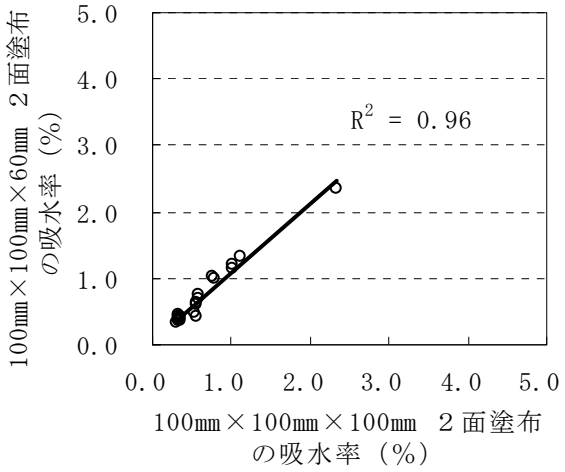
表－Ⅴ.1.10　基材の概要

寸　法	塗布面数	基　材	水セメント比
100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜	２面	コンクリート	57%
100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜	２面		44%
	６面		
100 ㎜×100 ㎜×50 ㎜	２面	モルタル	50%

１）寸法による影響

水セメント比が違うコンクリート基材の寸法 100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）と 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）を比較では、寄与率（R^2）0.96 の関係が認められた。

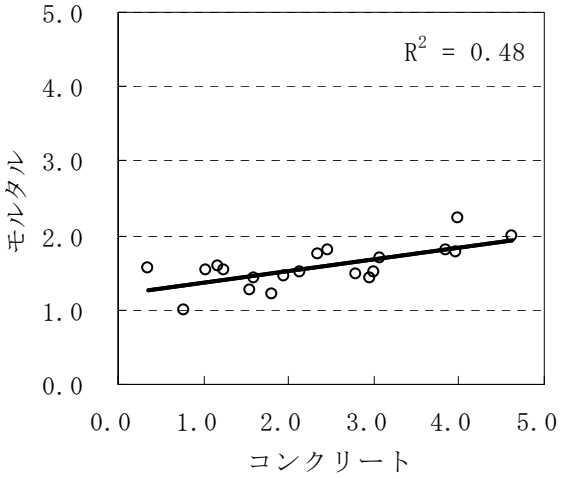
図－Ⅴ.1.9 に寸法の違いによる吸水率の関係を示す。



図－Ⅴ.1.9　試験体の寸法の違いによる吸水率

２）基材の違いによる影響

モルタルとコンクリートは、コンクリートの吸水率が大きくなり、寄与率（R^2）は 0.48 であった。図－Ⅴ.1.10 に基材の違いによる吸水率の関係を示す。

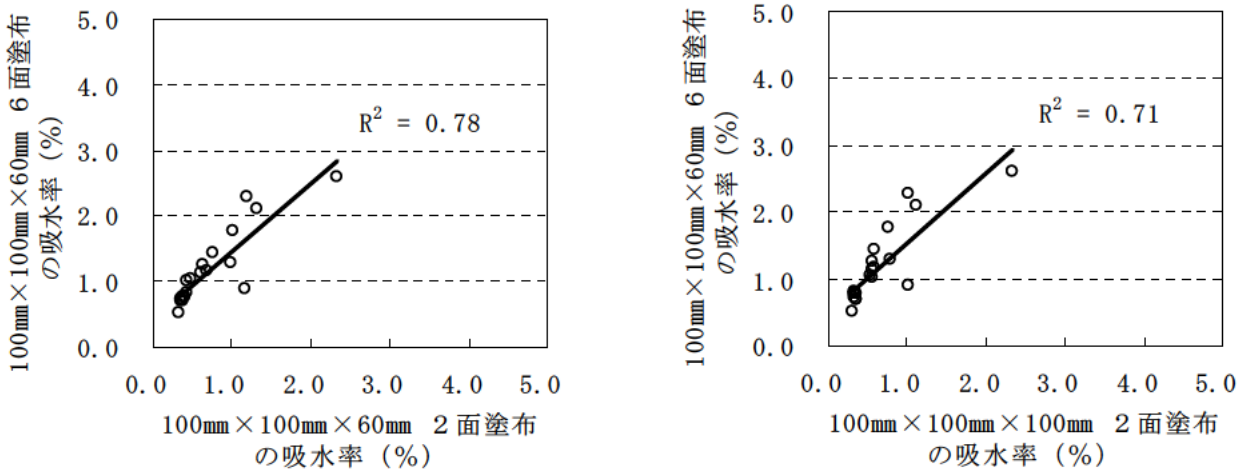


図－Ⅴ.1.10　基材の違いによる吸水率

３）塗布面数

水セメント比 44.0%、寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜のコンクリート基材への２面塗布と６面塗布を比較すると６面塗布の方が大きい吸水率となるが、寄与率（R^2）0.78 の関係が認められた。６面塗布の寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜と２面塗布の寸法 100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜の寸法と塗布面数のことなる場合の関係は、寄与率（R^2）0.71 であった。

図－Ⅴ.1.11 に塗布面数と寸法の違いによる吸水率の関係を示す。



a） 2面塗布と6面塗布　　b） 寸法の違いによる2面塗布と6面塗布

図－Ⅴ.1.11　塗布面数の違いによる吸水率

（3）室内試験

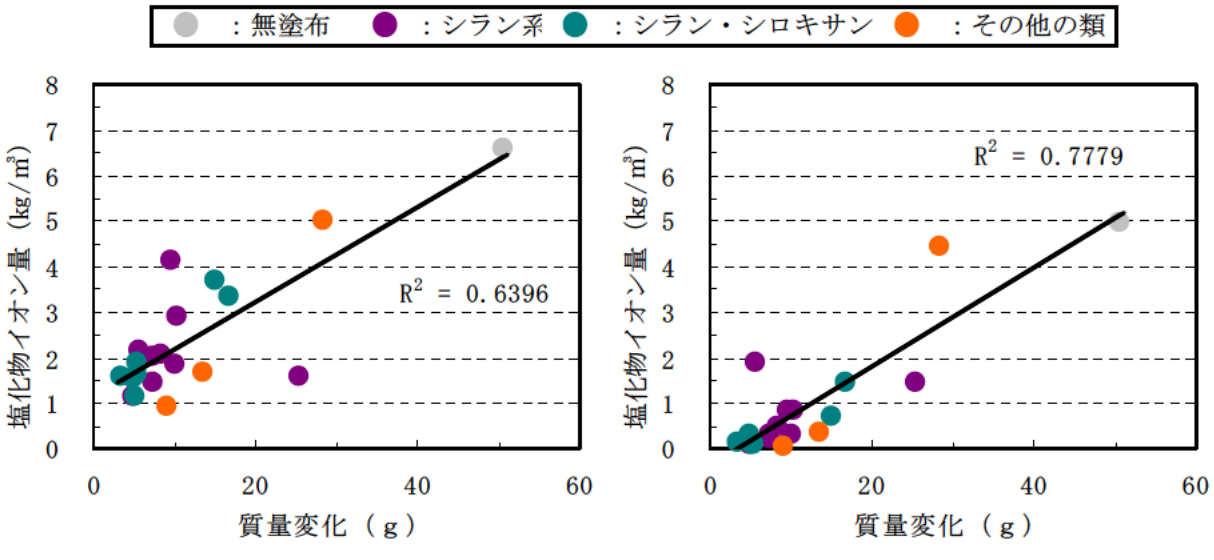
1）基本試験

水セメント比44%、寸法100㎜×100㎜×60㎜のコンクリート基材に2面塗布した浸透深さと水中浸漬による吸水率との関係は、寄与率（R^2）0.20であり、関係が認められなかった。

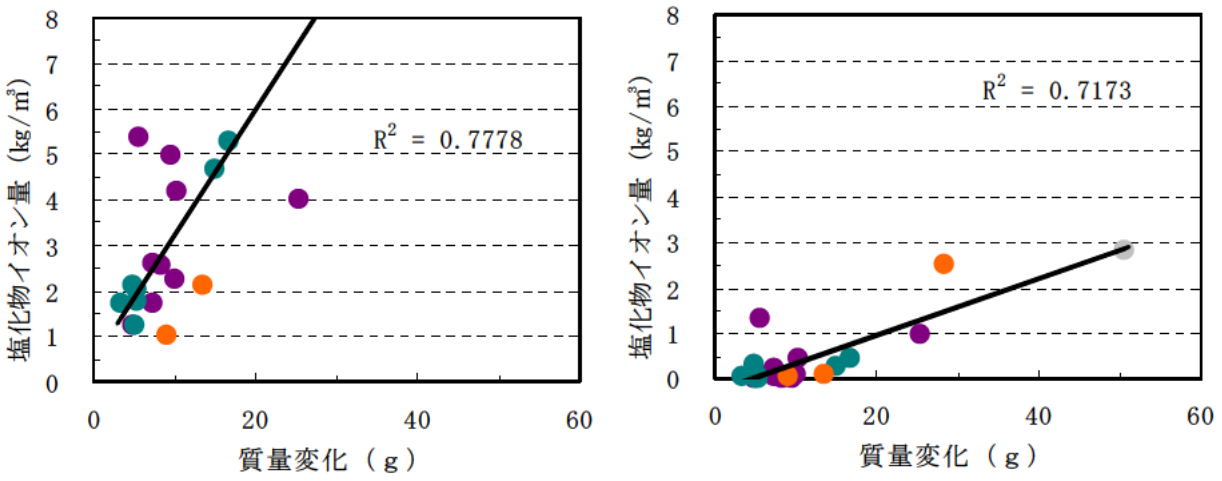
2）促進試験

水セメント比57%、寸法100㎜×100㎜×100㎜のコンクリート基材に2面塗布し、濃度10%の塩化ナトリウム水溶液に浸漬後の塩化物イオン量と質量変化との関係は、特に表面から深さ方向10mmから20mm以上、0から30mmの合計塩化物イオン量で寄与率（R^2）0.7以上となり、第1次性能評価試験と同様の結果であった。

図－Ⅴ.1.12に散布図を示す。



a） 0～10mm　　b） 10～20mm

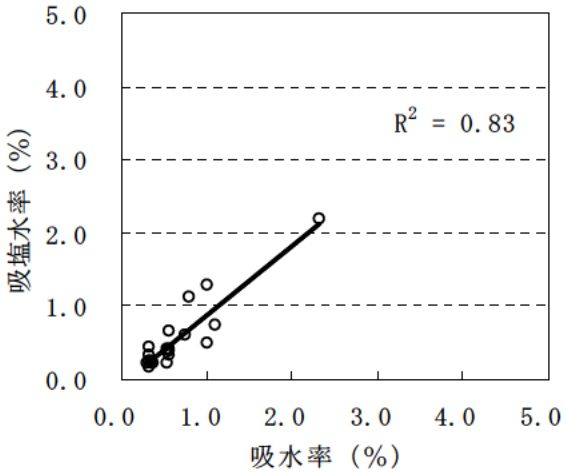


c）20～30mm　　d）0～30mmの合計塩化物イオン量

図－Ⅴ.1.12　質量変化と深さ方向の塩化物イオン量との関係（n＝20）

また、水セメント比57%、寸法100㎜×100㎜×100㎜（2面塗布）の同一基材を用いた水中への浸漬による吸水率と濃度10%の塩化ナトリウム水溶液に浸漬した質量変化（吸塩水率）は、寄与率（R²）0.83の関係が認められた。

図－Ⅴ.1.13に吸水率と吸塩水率の関係を示す。



図－Ⅴ.1.13　吸塩水率と吸水率の関係（n＝19）

（3）暴露試験

暴露は、東京と沖縄で実施した。水セメント比44%、寸法100㎜×100㎜×60㎜（2面塗布）のコンクリート基材を用いた試験体は、東京暴露で中性化深さと浸透深さ、沖縄暴露で塩化物イオン量と浸透深さおよび水への浸漬による吸水率との関係を調べた。東京暴露での浸透深さと中性化深さには、関係が認められなかった。沖縄暴露での塩化物イオンと水への浸漬による吸水率との関係は、特にシラン・シロキサン系で寄与率（R²）0.81以上の関係が認められた。

表－Ⅴ.1.11 に水への浸漬による吸水率と暴露試験による塩化物イオン量の関係を示す。

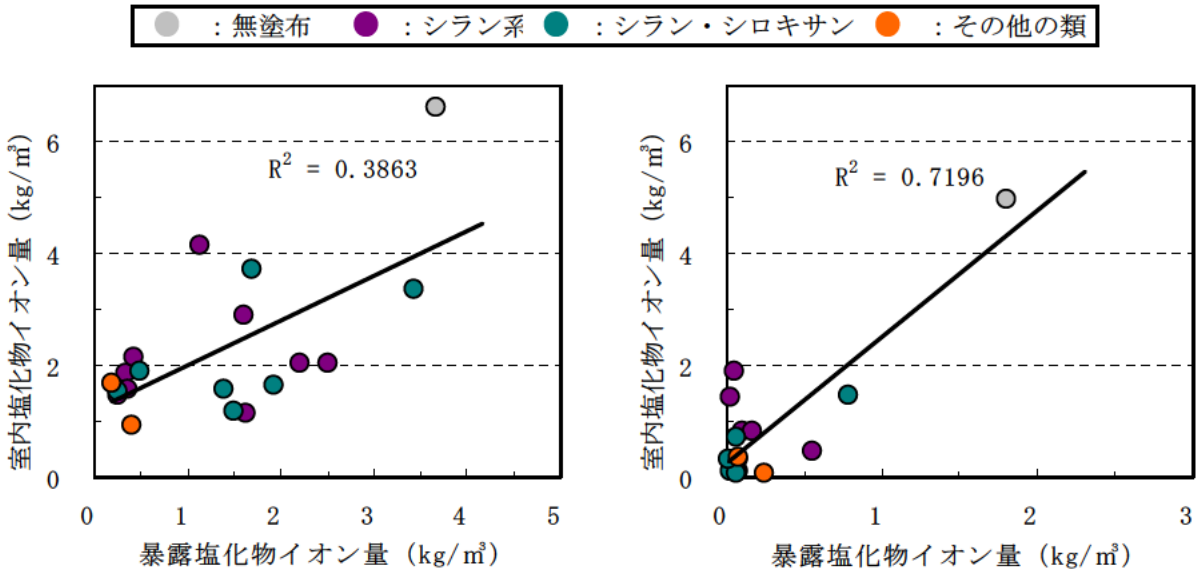
表－Ⅴ.1.11　沖縄暴露　水中浸漬による吸水率と塩化物イオン量の関係（寄与率Ｒ²）

吸水率	全試験体（ｎ＝20）	シラン系（ｎ＝９）	シラン・シロキサン系（ｎ＝７）
７日浸漬	0.60	0.44	0.98
45 日浸漬	0.31	0.15	0.81

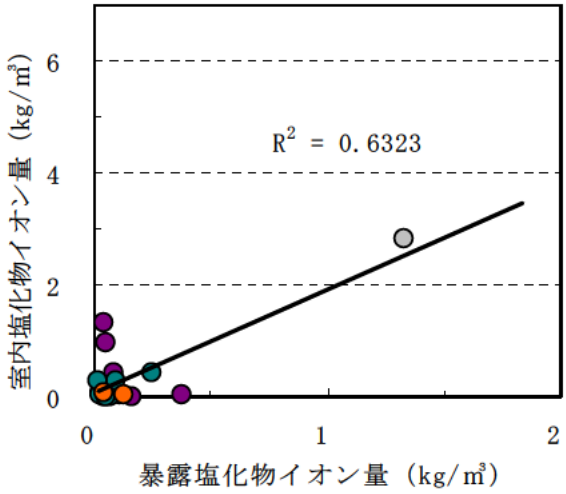
（４）室内試験と暴露試験の関係

室内試験での濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中に浸漬後の質量変化および塩化物イオン量と沖縄暴露試験での塩化物イオン量を比較した。その結果、室内試験で塩化物イオンの浸透が多く、無塗布と同様な傾向を示したその他の類の造膜形 No. 18（溶剤系）を除き、沖縄暴露１年後と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 126 日間浸漬した室内試験における塩化物イオン量との関係は、表面から深さ方向 10mm から 20mm 位置で寄与率（Ｒ²）0.72 となり暴露３年後は、寄与率（Ｒ²）が 0.68 であった。

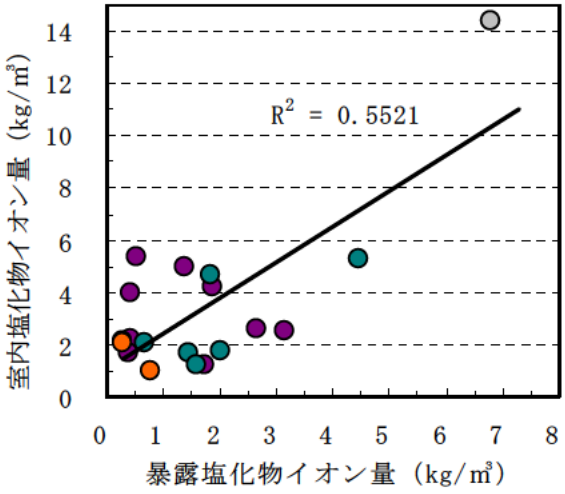
図－Ⅴ.1.14 に暴露１年と室内試験での塩化物イオン量との関係を示し、図－Ⅴ.1.15 に暴露３年と室内試験での塩化物イオン量との関係示す。



ａ）０～10mm　　ｂ）10mm～20mm

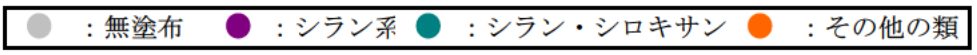


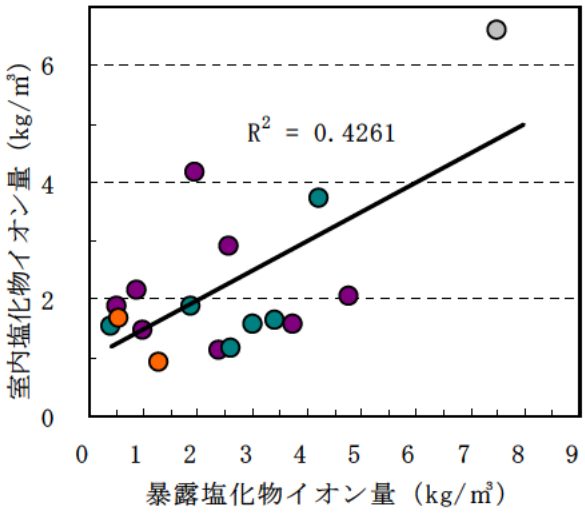
c） 20mm～30mm



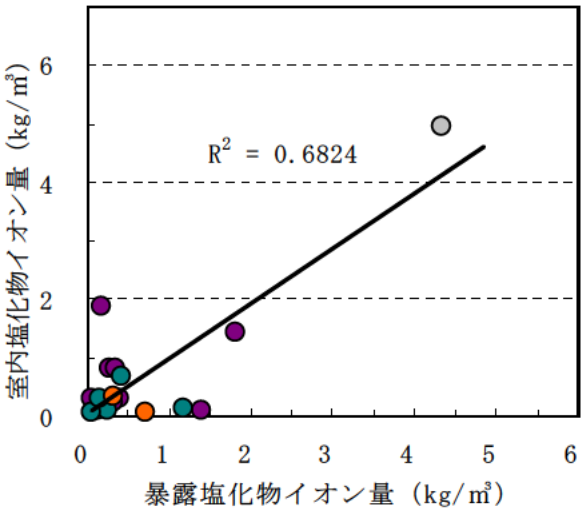
d） 0～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅴ.1.14　暴露１年と室内塩化物イオン量との関係（ｎ＝19）

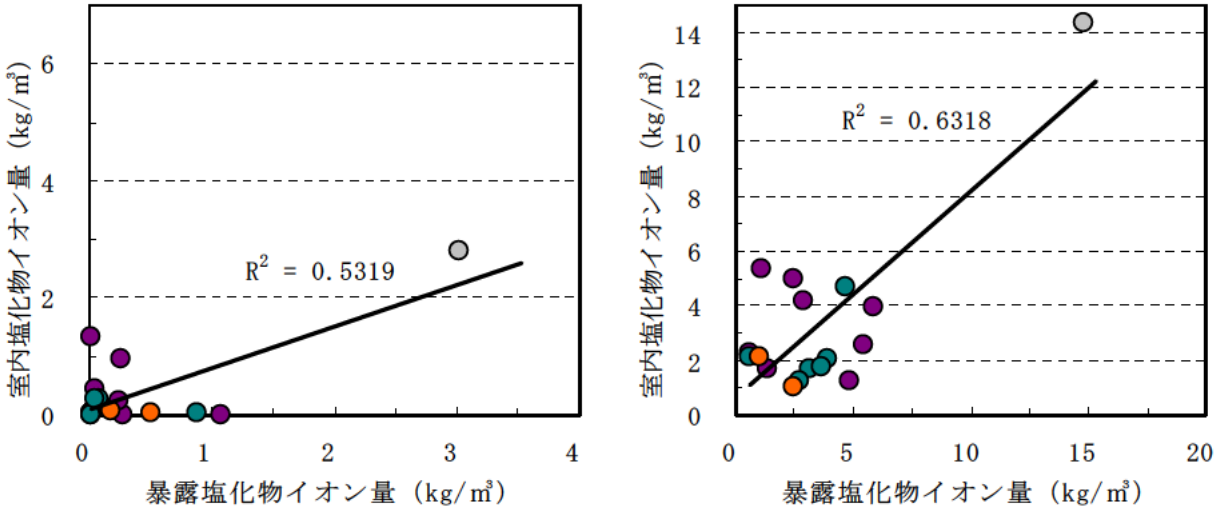




a） 0～10mm



b） 10mm～20mm



ｃ）20mm～30mm　　ｄ）０～30mm の合計塩化物イオン量

図－Ⅴ.1.15　沖縄暴露３年と室内塩化物イオン量との関係（ｎ＝17）

（６）まとめ

水セメント比 44%、寸法 100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜と水セメント比 57%、寸法 100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜のコンクリート基材で実施した室内試験および暴露試験から以下の傾向が明らかになった。

１）試験体

①寸法、塗布面数による水への浸漬による吸水率の比較で寄与率（R^2）0.70 以上の高い関係が認められた。

②モルタル基材とコンクリート基材の水中浸漬による吸水率での寄与率（R^2）は、0.48 であった。

２）室内試験

①水セメント比 44%のコンクリート基材での浸透深さと水への浸漬による吸水率に関係は、認められなかった。

②水セメント比 57%のコンクリート基材での濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中に浸漬した塩化物イオン量と質量変化（吸塩水率）には、第１次性能評価試験と同様に高い関係が認められた。特に、表面から深さ方向 10mm から 20mm 位置で寄与率（R^2）0.78 以上となる。

③水セメント比 57%のコンクリート基材での濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中に浸漬した質量変化と水中浸漬による吸水率には寄与率（R^2）0.83 で関係が認められた。

３）暴露試験

①東京暴露で水セメント比 44%のコンクリート基材での浸透深さと中性化深さに関係が認められなかった。

②沖縄暴露で水セメント比 44%のコンクリート基材の塩化物イオン量と中性化浸透深さには、関係が認められなかった。

③沖縄暴露８年の塩化物イオン量と水への浸漬による吸水率は、関係がみとめられ、

特にシラン・シロキサン系では、浸漬７日の寄与率（R^2）が 0.98、45 日で寄与率（R^2）が 0.81 であった。

４）室内試験と暴露試験の関係

①濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬による塩化物イオン量と沖縄暴露での塩化物イオン量は、表面から深さ方向 10 から 20㎜位置で寄与率（R^2）が暴露１年で 0.72、暴露３年で寄与率（R^2）0.68 の関係が認められた。

１．５　浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法の概要

第１次性能評価試験と第２次性能評価試験から浸透性コンクリート保護材の性能評価方法を提案する。

本試験は、コンクリート表面から浸透し、外観を著しく損ねることがなく、コンクリート表層部に塗布し浸透させることにより、表面および内部に撥水性のゾーンを形成し、外部からの水等の浸入を抑制できる材料の性能評価試験方法である。

（１）試験体の作製方法

試験体の作製方法を下記に示す。

①本試験で用いた水セメント比 57%と 44%のコンクリート基材の間には相関が認められたことから、水セメント比 55%のコンクリート基材とする。

②試験体の寸法は、寸法 100 ㎜×100 ㎜×400 ㎜のコンクリートを成形し、それを切断した寸法 100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜とする。

③塗布面以外の対向する面にピンホール等のないよう慎重にシールを行い、よく乾燥させる。

④塗布面の処理は、作製者が定める方法行い、対向する２面の切断面に塗布する。

⑤試験体の数は、３個とする。

（２）評価試験方法

評価試験は、下記の手順で行う。

①塗布された試験体を 14 日以上乾燥させる。

②浸漬前に質量を測定する。

③所定の容器に浸漬する。所定の期間、水中浸漬する。

④所定の期間の浸漬後、試験体を取り出し試験体表面に付着した水滴を拭き取り、浸漬後の質量を測定する。

⑤浸漬後の質量と初期質量から質量変化率（%）を計算する。

２．浸透性コンクリート保護材の性能基準の検討

第１次と第２次性能評価試験の室内試験結果から濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液への浸漬後の塩化物イオン量と質量変化および水中への浸漬による吸水率との間に相関が認められたことにより、水に対する抵抗性が塩化物イオンの浸透性に影響していると推察される。また、第２次性能評価試験で表面から深さ方向 10mm から 20mm 位置の塩化物イオン量においても室内試験と暴露試験との間に相関が認められた。

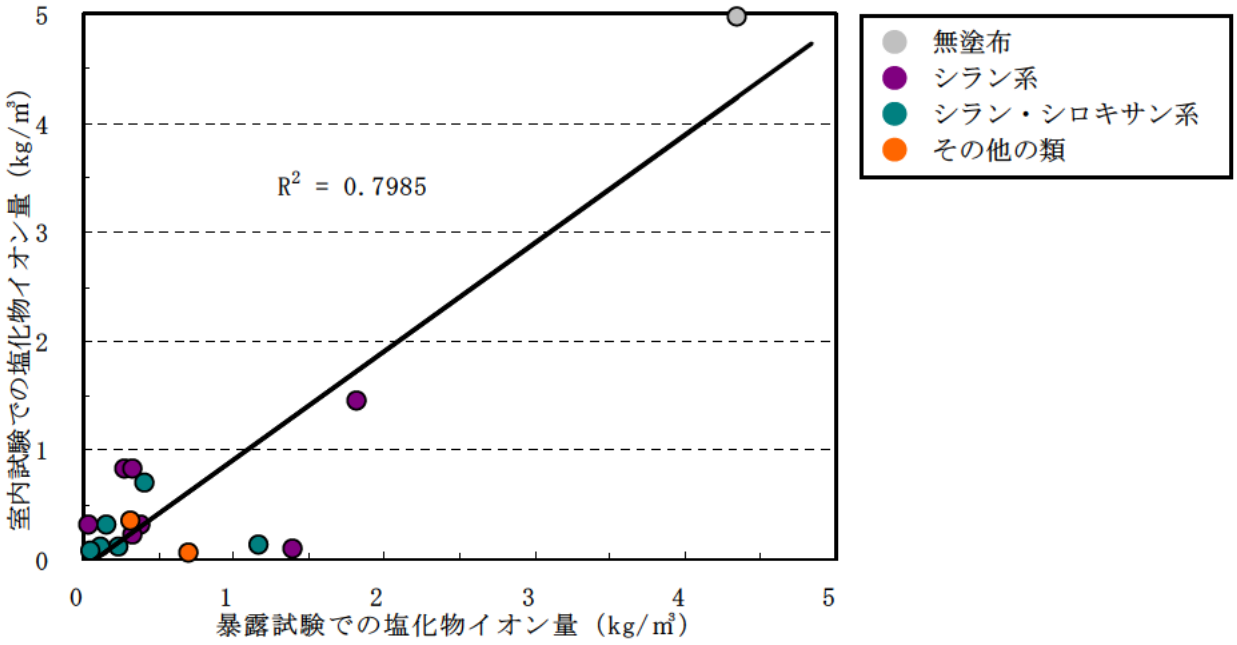
なお、室内試験で多くの保護材は、表面から深さ方向位置０から 10mm と 10 ㎜から 20mm 間で塩化物イオン量の急激な減少が認められるが、差異が少ない No.８(シラン系)と No.18 (その他の類)および暴露試験で無塗布と比較して表面から深さ方向０から 30mm の合計塩化物イオン量が 10kg/㎥以上であった No.５（シラン系）と No.13（シラン・シロキサン系）を除き、室内試験と暴露試験との関係を求めた。それらの測定値に異常値が認められる原因としては、試験体作製時の基材の均質性などや不完全なシールなどの影響が考えられる。

２．１　塩化物イオン量による性能基準値

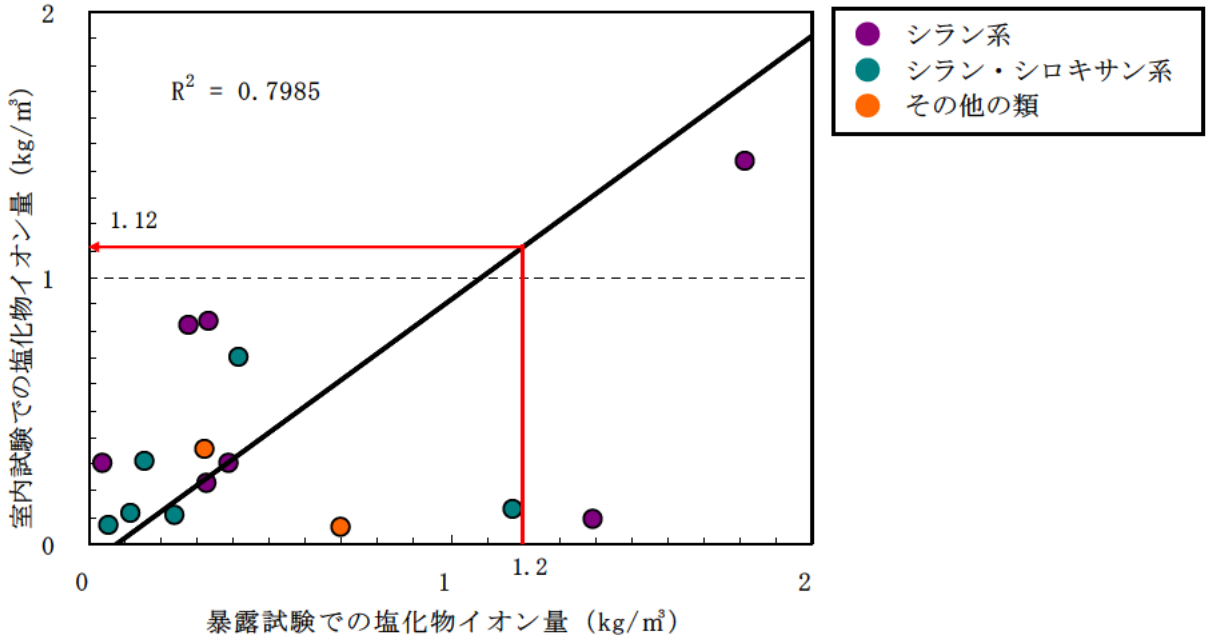
第２次性能評価試験での沖縄３年暴露と濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に浸漬後の塩化物イオン量の関係を比較検討して性能基準値を求めた。

暴露試験での塩化物イオン量と室内試験での塩化物イオン量とは、寄与率（R^2）0.80 の関係が得られ、鉄筋の発錆腐食限界値 1.2kg/㎥から室内試験における塩化物イオン量求めた。その結果、室内試験での塩化物イオン量は、1.12kg/㎥となった。

図－Ⅴ.2.1 に暴露試験による塩化物イオン量と室内試験による塩化物イオン量の関係を示す。また、鉄筋腐食発生限界値 1.2kg/㎥で拡大した散布図を図－Ⅴ.2.2 に示す。



図－Ⅴ.2.1　暴露試験での塩化物イオン量と室内試験での塩化物イオン量との関係
（ｎ＝16）



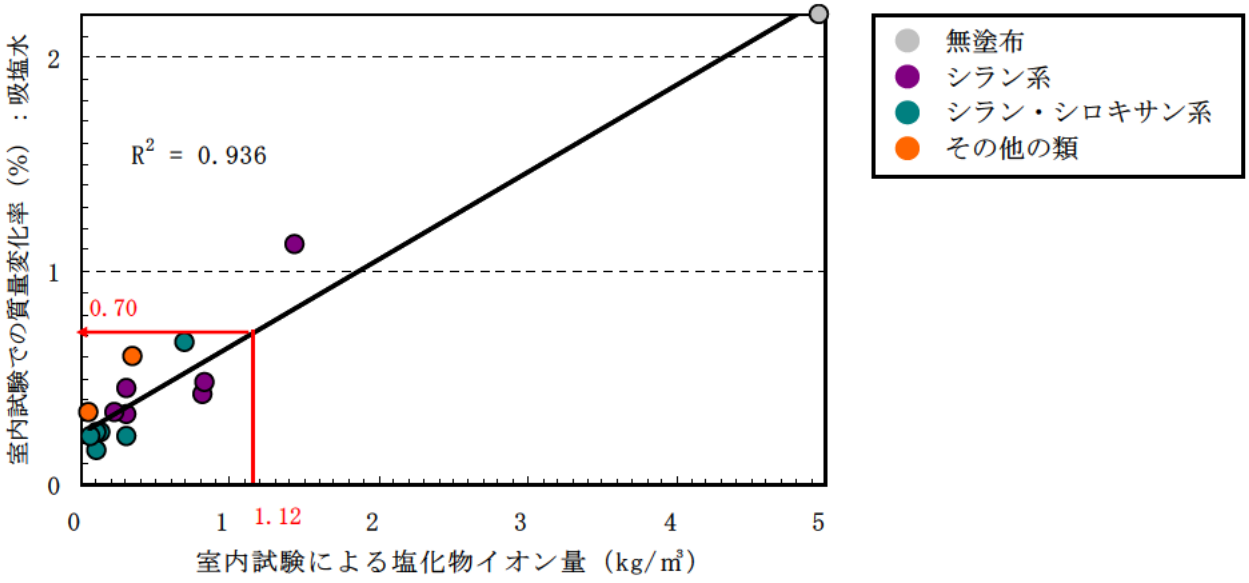
図－Ⅴ.2.2　鉄筋腐食発生限界値での暴露試験と室内試験との関係（ｎ＝16）

２．２　質量変化による性能基準値

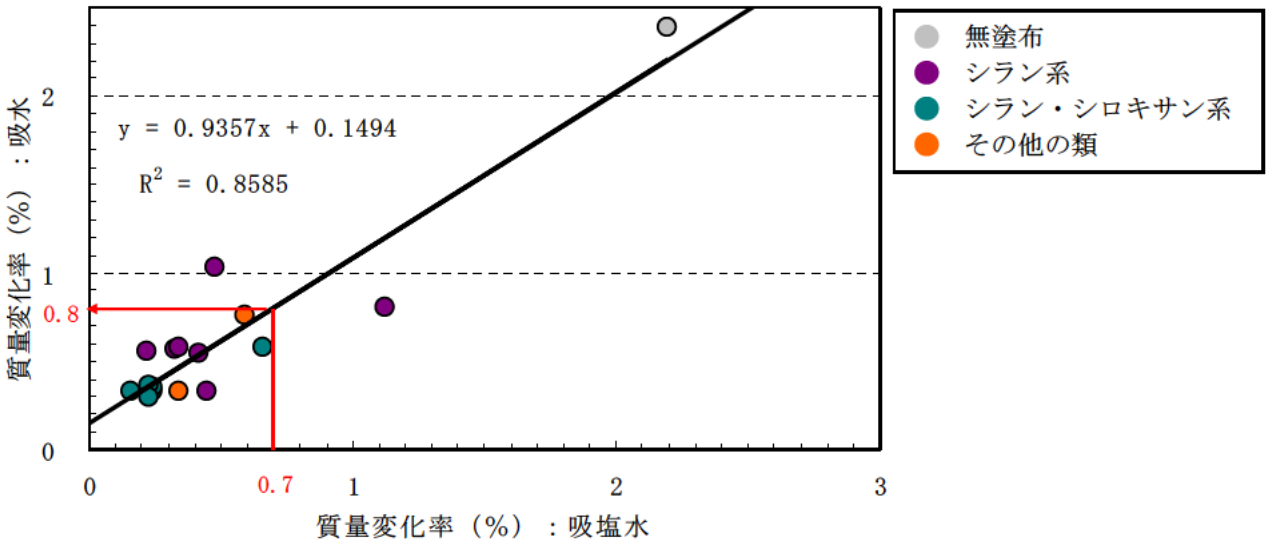
濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に浸漬後の塩化物イオン量と吸塩水による質量変化率は、相関することより鉄筋腐食発生限界値（1.2kg/m²）に対応する室内試験での塩化物イオン量（1.12kg/m³）は、質量変化率で 0.70%となる。

室内試験による塩化物イオン量と吸塩水による質量変化率の関係を図－Ⅴ.2.3 に示す。また、吸塩水による質量変化率 0.7%に対応する寸法 100mm×100mm×100mm の試験体での吸水による質量変化率は、0.8%となる。

吸塩水と吸水による質量変化率の関係を図－Ⅴ.2.4 に示す。



図－Ⅴ.2.3　室内試験による塩化物イオン量と質量変化率（吸塩水）の関係（ｎ＝16）

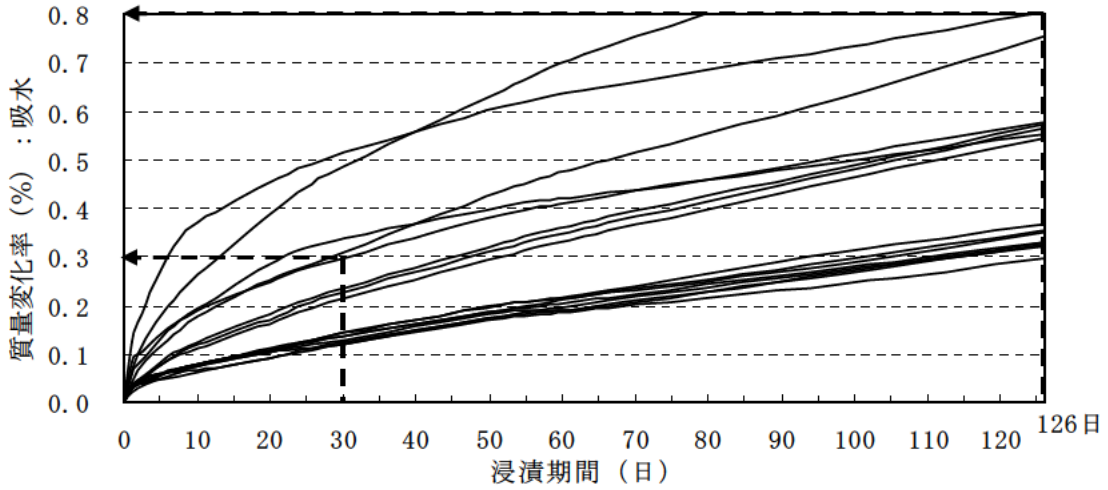


図－Ⅴ.2.4　寸法 100mm×100mm×100mm 試験体での吸塩水と吸水の関係（ｎ＝16）

２．３　浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）

浸漬期間 126 日間の濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液と水への浸漬試験は、寄与率（R^2）0.86 の高い相関を示し、水への浸漬試験による質量変化率で暴露時の塩化物イオン浸透性を評価できることが明らかになった。この水への浸漬試験の質量変化率は、近似式にあてはめると 0.8%となる。また、浸漬期間による質量変化率（吸水）は、浸漬 30 日付近で吸水の増加するものと緩慢となるものを区別できることから、浸漬期間 30 日での質量変化率を 0.3%以下とした。

図－Ⅴ.2.5 に浸漬期間と質量変化率の関係を示す。



図－Ⅴ.2.5　水への浸漬期間と質量変化率の関係（ｎ＝16）

２．４　浸透性コンクリート保護材の性能判定方法

水への浸漬による室内試験で実環境における塩化物イオン量を評価することが可能となったが、浸透性コンクリート保護材は塗布の不具合等から性能を確保するために、下限より上に設定されることが望ましい。このため、３個の試験体において、それぞれ同様な結果が認められることを確認し、３個の試験体のうち１個の試験体に差異が認められる場合に限り、再試験を行うことができるものとした。

表－Ⅴ.2.1に浸透性コンクリート保護材の判定を示す。

表－Ⅴ.2.1　浸透性コンクリート保護材の判定

浸漬試験	３個の試験体	２個の試験体	１個の試験体	３個の試験体
	適　合			不　適　合
判　定	合格	再試験の実施	不合格	

なお、詳細に関しては、本報告書の付属資料－２「浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法（案)」に示した。

おわりに

コンクリートが良好に施工されなかった場合、その対策が直ちに実施できない場合などに比較的安価で簡便に出来る補助対策として、浸透性コンクリート保護材の適用が増えつつある。浸透性コンクリート保護材の現場施工管理方法と性能評価方法の確立、長期耐久性を確認するために実施した室内試験および5年間の屋外暴露試験結果、浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）と浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法（案）および浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）を提案した。これら本研究成果がコンクリート構造物の耐久性確保の一助となることを期待する。

最後に、各種暴露試験を実施する上で大変お世話になりました国土交通省関東地方整備局東京国道事務所金杉橋出張所、同北陸地方整備局高田河川国道事務所糸魚川国道維持出張所、内閣府沖縄総合事務局北部国道事務所の関係各位に謝意を表します。

【付　属　資　料】

付属資料－１：浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法（案）
付属資料－２：浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）
付属資料－３：浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）
付属資料－４：論文等への成果の公表

付属資料－１．浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法（案）

１．１　基材および試験体の作製方法(案)
１．２　外観観察方法（案）
１．３　表面撥水性試験方法（案）
１．４　浸透深さ試験方法（案）
１．５　透水量試験方法（案）
１．６　透湿性試験方法（案）
１．７　吸水量試験方法（案）
１．８　塩化物イオン浸透性試験方法（案）
１．９　中性化深さ試験方法（案）
１．10　暴露試験方法（案）

１．浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法（案）

１．１　基材および試験体の作製方法（案）

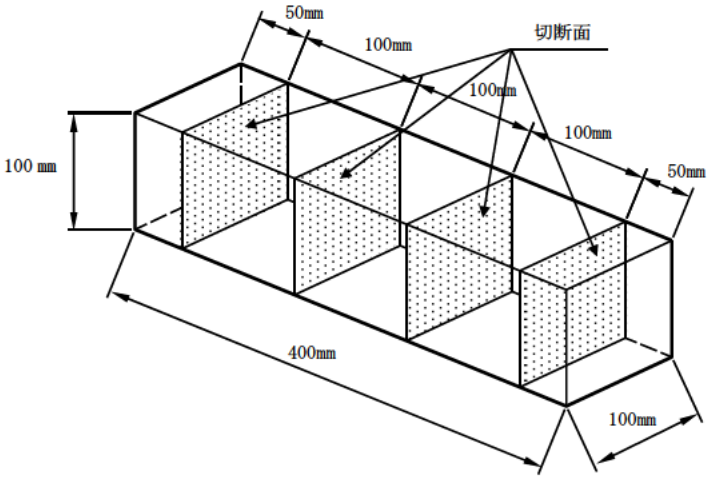
１．適用範囲

この作製方法は、浸透性コンクリート保護材を評価する基材および試験体の作製に適用する。

２．試験体の作製方法

（１）基材の作製

使用材料およびコンクリート配合例を付属表－1.1に示す。基材用コンクリートは、寸法 100mm×100mm×400mm の型枠を用いてコンクリートを打設し１日養生(20℃、80%RH)後、脱型し、６日水中(20℃)養生し 28 日気中養生(23℃、50%RH)して作製する。成形したコンクリートの切断は、付属図－1.1 のように行い基板とする。



付属図－1.1　コンクリートの切断寸法

付属表－1.1　コンクリートの示方配合例

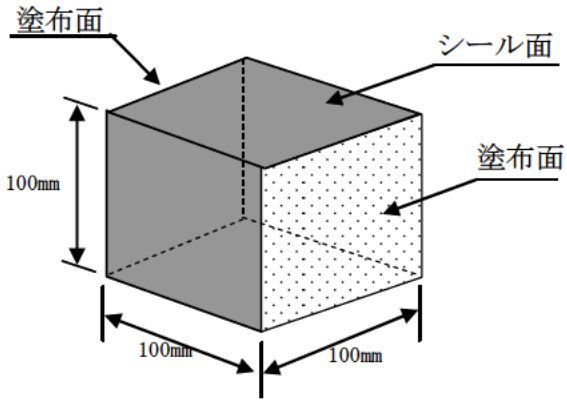
粗骨材最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)
20	12±２	57.0	2±2	46.4
単位量 (kg/m³)				
W	C	S	G	
162	285	874	1030	

注)コンクリートの示方配合例を示したが、水セメント比 55%を標準とする。

（２）試験体の作製

付録図－1.2に試験体の形状を示す。コンクリート基板（寸法 100mm×100mm×100mm）の切断面の２面に浸透性コンクリート保護材を製造業者が指定する方法で塗布し、試験体とする。

注)シール面はエポキシプライマーを塗布し、溶剤形エポキシ樹脂塗料を塗装する。さらに、シールに不備が認められる箇所（ピンホール等）にはエポキシパテで補修を行う。



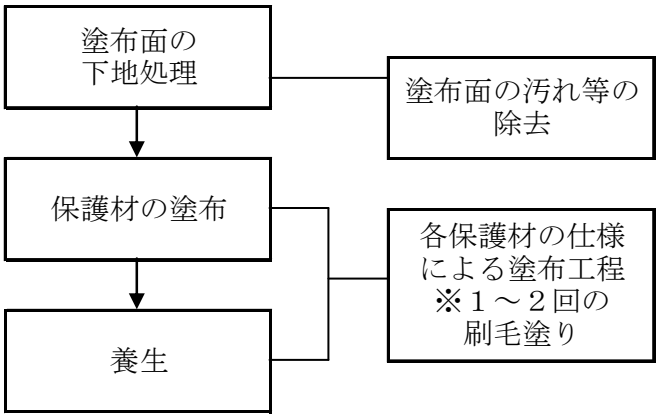
試験体(塗装面は切断面の２面)

付属図－1.2　試験体の形状

【解説】

①本報告書の室内試験や暴露試験結果から水セメント比 44%と 57%のコンクリート基材を用いた場合や寸法の違いによる場合でも相関が認められたが、コンクリート表面の均質性を得るため寸法 100mm×100mm×400mm のコンクリートを切断し、その切断面を塗布面とした。

②今回の基材用コンクリートへの浸透性コンクリート保護材の塗布作業フローを示す。付属図解－1.3 に浸透性コンクリート保護材の塗布作業工程を示す。



付属図解－1.3　浸透性コンクリート保護材の塗布作業工程

１．２　外観観察方法（案）

１．適用範囲

この試験方法は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の外観観察に適用する。

２．試験方法

（１）試験体の作製

浸透性コンクリート保護材をモルタル、あるいはコンクリート基材へ所定の方法で塗布し、所定の温湿度で乾燥したものを試験体とする。

（２）試験方法

１）目視による外観観察

浸透性コンクリート保護材が浸透した試験体の塗布面を拡散昼光のもと、外観変化を観察する。

２）色彩計による測定（色差⊿E^*_{ab}）

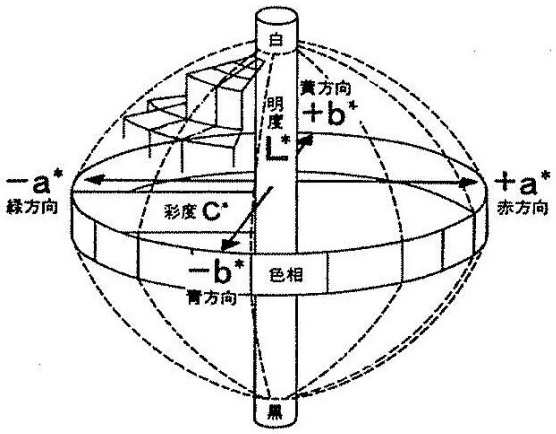
測色は、JIS Z 8722-1999（色の測色方法）に規定されている方法により、反射光の三刺激値X，Y，Zを測定する。色のデータは、三刺激値ＸＹＺ表色系からL^*, a^*, b^*で表示する。$L^*a^*b^*$表色系は、国際照明委員会が推奨した知覚的にほぼ均等な歩度をもつ色空間の一つの表示系である（付属図－2.1参照）。

なお、L^*, a^*, b^*の意味は以下のとおりである。

L^*：明度指数。白－黒を示す。「エルスター」と読む。

a^*：クロマティクネス（色相と彩度）指数。赤－緑方向を表す。

b^*：クロマティクネス（色相と彩度）指数。黄－青方向を表す。



付属図－2.1　L^*, a^*, b^*　表色系立体図

無塗布試験体のL^*, a^*, b^*と暴露後のL^*, a^*, b^*から下記のように色成分各々の差である、⊿L^*,⊿a^*,⊿b^*を求める。

⊿L^*＝（暴露試験片の⊿L^*値）－（無塗布試験片の⊿L^*値）

⊿a^*＝（暴露試験片の⊿a^*値）－（無塗布試験片の⊿a^*値）

⊿b^*＝（暴露試験片の⊿b^*値）－（無塗布試験片の⊿b^*値）

色成分各々の差⊿L^*,⊿a^*,⊿b^*から、下記の算式によって色差⊿E^*_{ab}として表す。

$$\Delta E^*_{ab} = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

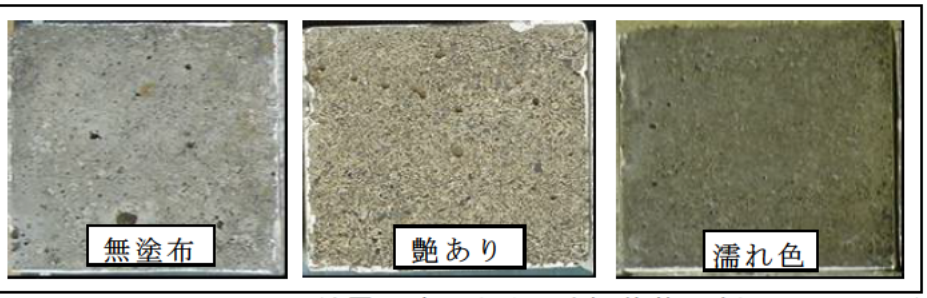
（３）評価方法と評価基準

１）目視による外観観察

無塗布試験体と比較して、変化がない場合は「－」と評価し、変化が確認された試験体は、「つや有り」や「濡れ色」と評価する。外観状態の例を付属写真－2.1 に示す。

２）色彩色差計による測定（色差⊿E^*_{ab}）

浸透性コンクリート保護材の浸透による塗布面の色彩測定を色差計（付属写真－2.2 参照）により行い無塗布試験体との比較により平均の色差を測定する。色差は、数値が小さいほど元の色調に近く、10 をこえると元の色調と明らかに変わっていることを示している。



付属写真－2.1　外観状態の例



付属写真－2.2　色差計

【解説】

①浸透性コンクリート保護材は、塗布されてもコンクリートの外観が大きく変化しないことが挙げられ、目視で十分に観察できることから、目視による方法と色彩色差計を用いて数値データを得る方法を採用した。

②コンクリート基材の試験体はポーラスであるので、色彩色差計による測定は、留意が必要である。

③色彩色差計は、測定部の径が大きいものを使用した方が、平均的数値を得られる。

注)参考資料

構造物の防汚技術の開発に関する共同研究報告書（その５）－土木構造物用防汚材料の利用技術ガイドライン（案）－共同研究報告書 199 号

１．３　表面撥水性試験方法（案）

１．適用範囲

この試験方法は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の表面撥水性の試験、および評価に適用する。

２．試験方法

（１）試験方法

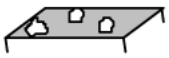
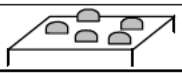
洗ビン或いはピペット等を用い、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体に約１mℓの水道水を散布或いは滴下し、約 30 秒後の撥水状態を（２）に示す評価基準によって評価する。評価した後、表面と斜め表面からの写真を撮影し記録として残す。

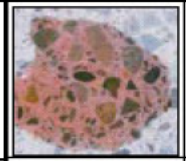
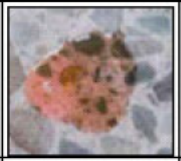
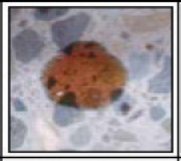
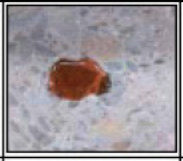
試験に際し準備するものは、洗ビン（500mℓ以下のもの）或いはピペット（10mℓ程度のもの)、水道水、カメラである。撥水状態をより明確に評価するために、微量の赤インクを水道水に溶かしたものを用いることが望ましい。

（２）評価方法と評価基準

表面の撥水状況を付属表－3.1 の評価基準、および付属写真－3.1 の評価基準写真によって評価する。

付属表－3.1 評価基準

撥水評価点	分　類	状　況	
1	濡れる		無塗布と同じで全体的に濡れる
2	やや濡れる		撥水性が殆どなく濡れる
3	広がる		撥水性が弱くうっすらと広がる
4	ややはじく		撥水性により、水をややはじく
5	はじく		著しい撥水性により，水をはじく

	1 濡れる 全面濡れる	2 やや濡れる 撥水性が殆どない	3 拡がる 撥水性が弱い	4 ややはじく 撥水性が中程度	5 はじく 撥水性が著しい
正面					
側面					

付属写真－3.1 評価基準写真

注)評価点２は評価点１と３の中間的な状況。評価点４は評価点３と４の中間的な状況。
上述の評価基準写真は、分かり易くするために少量の赤インクを薄めた水で撥水程度を基準化したものである。

【解説】

①塗布された表面が水をはじいたり、濡れたりする性質と経時による表面状態を観察する外観観察では、数値データが得られないため水散布時の状態を評価する値をきめて数値データを得た。

②この方法は上向き水平面の場合に適用できるが、斜平面、上向き面、垂直面等には適用できない。

③浸透性コンクリート保護材の表面撥水性をより正確に評価するためには、無塗布コンクリートとの対比が必要である。

④散布する水滴の量を概ね一定にすることが大切であり、一定量（約１mℓ）散布する場合は洗ビンに比べピペットの方が量の調整がし易く、滴下圧力を小さくできるので、より正確な評価が可能である。

⑤本試験方法は、浸透性コンクリート保護材の表面撥水性を調べる方法であるが、膜厚測定ができず、塗布量管理しかできない浸透性コンクリート保護材の施工現場における有効な検査方法として適用することもできる。

⑥施工現場で適用することによって、所定の浸透性コンクリート保護材が確実に塗布されているか、また予め用意しておいた浸透性コンクリート保護材の基準板と表面撥水性を比較することによって、所定の機能を発揮できる表面になっているかをある程度判断できるものと考える。その場合は、検査対象部が水平上面である必要がある。

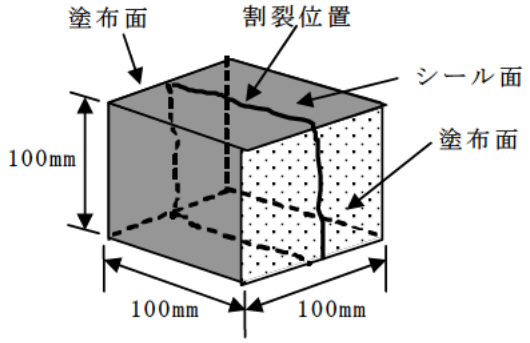
１．４　浸透深さ試験方法（案）

１．適用範囲

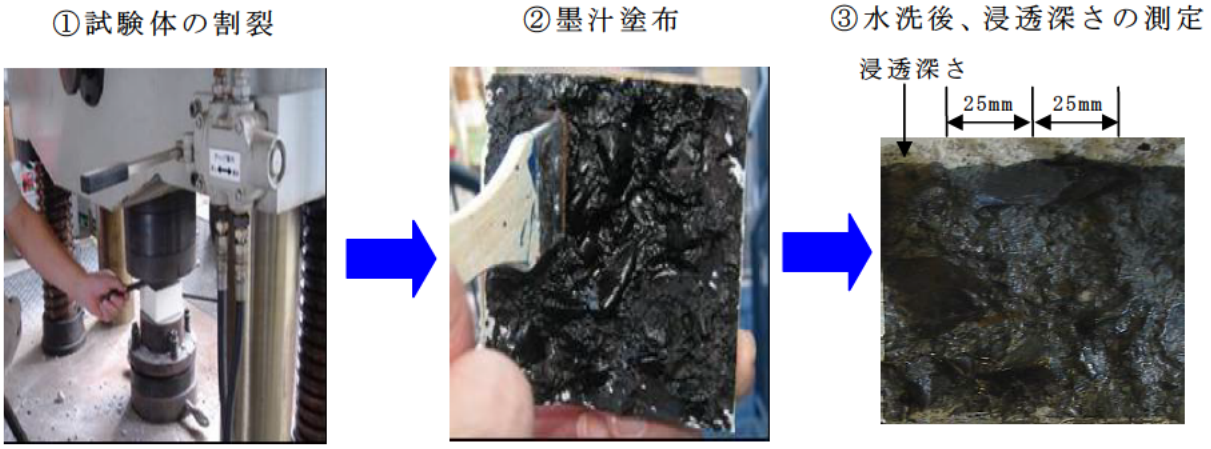
この試験方法は、撥水性を有する浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の浸透深さ試験および評価に用いる。

２．試験方法

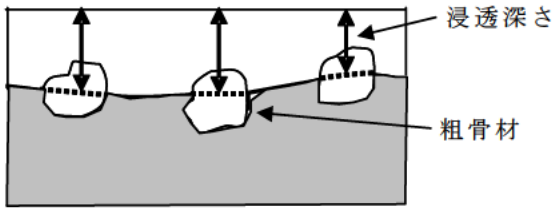
付属図－4.1 および付属図－4.2 に示すように、寸法 100mm×100mm×100mm の試験体の塗布面を中央部で２分割するため、試験体シール面に鋼製丸棒を置き、その上から圧力をかけることで割裂する。割裂後、２分割した試験体の片方に墨汁を塗布し、水洗した。水洗後、0.1mm まで測定できるクラックスケールを用いて浸透深さを測定する。測定箇所は、塗布面中央部および中央部から 25mm の片面３箇所とする。測定箇所に粗骨材がある場合は、付属図－4.3 に示すように測定する。



付属図－4.1　試験体形状



付属図－4.2　墨汁法による浸透深さの測定フロー



付属図－4.3　測定箇所に粗骨材がある場合の測定方法

３．評価方法

浸透深さは、片面３箇所の測定値を平均し、四捨五入によって少数点以下１桁となるように算出した。

【解説】

①撥水性を有するシラン系やシラン・シロキサン系、その他の類の浸透性コンクリート保護材は、コンクリート表面に塗布することで浸透し、コンクリート表層部に撥水箇所ができる。この撥水箇所は、試験体を割裂し、墨汁をつけ、水洗することによって未撥水箇所と区別でき、塗布面からの厚さとして測定することができる。本報告では、この厚さを浸透深さと呼び、浸透性コンクリート保護材の初期および暴露後の浸透深さ(コンクリート内部の撥水性)の持続性を調べることとした。

②浸透深さは、多くの試験体で暴露年数が経過するに従って減少する傾向が見られたが、一部浸透深さが増加している試験体もあり、塗布前の試験体の表面状態などが影響している可能性がある。

１．５　透水量試験方法（案）

１．適用範囲

この試験方法は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の透水量試験、および評価に用いる。

２．試験方法

（１）試験方法

試験方法は、次の手順で行う。

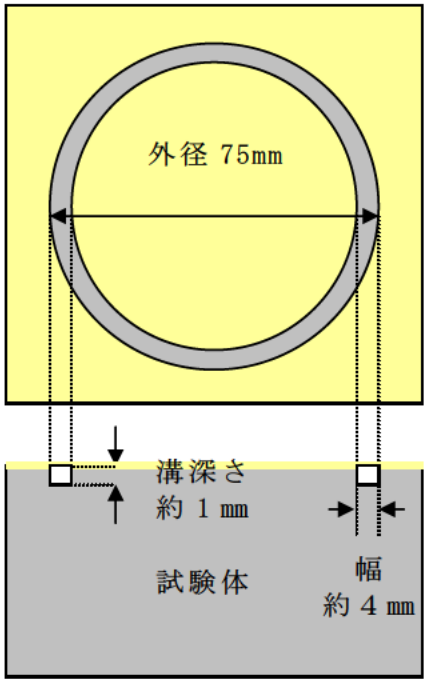
１）コンクリート用ドリルを用いて付属図－5.1 に示すようにφ75mm、深さ約１mm、幅約４mm のＯ形の溝を試験体の測定面に入れる。

２）溝の内部にシリコーンシーリング材を充填して付属写真－5.1 に示すように透水試験器具を密着させる。

３）透水試験器具の周辺及び試験面の露出部全体にシリコーンシーリング材を十分に塗布し、24 時間以上放置する。

４）シリコーンシーリング材の硬化を確認後、目盛りＯmℓになるように透水試験器具の上部から静かに脱イオン水を注ぎ入れ、24 時間放置する。

５）24 時間後の脱イオン水の変化量を測定する。



付属図－5.1　溝の形状



付属写真－5.1　透水試験器具

（２）評価方法と評価基準

脱イオン水を入れ、24 時間経過後の水量の変化を透水量として評価する。

【解説】

①JIS A 6909-2001「建築用仕上塗材」7.12 透水試験Ｂ法では、浸透性コンクリート保護材の有効成分であるシラン系やシロキサン系などとロートを固定するシーリング材との密着が悪く、水もれなどにより正確な測定ができないことがあるためあらかじめ１㎜程度の深さで溝を切ることとした。

②浸透性コンクリート保護材は、素材の材質により著しく透水する場合があるため透水試験器具にはポリエチレン製のロートと１目盛 0.1mℓのメスピペット（容量 20mℓ）を圧着させて一対にしたものを用いた。

③試験面の露出部全体にシリコーンシーリング材を塗布することにより、露出部からの水の蒸発や外部圧力を緩和する。

１．６　透湿性試験方法（案）

１．適用範囲

この試験方法は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の透湿性試験、および評価に用いる。

２．試験方法

（１）浸透性コンクリート保護材の塗布面より 50mm の厚さになるようにコンクリートカッターで切断する。

（２）はけ、ウェスを用いて試験体表面の切削粉を取り除いた後、これらを 60℃の恒温装置内で７日間養生する。

（３）以降は温度 25℃±２℃、相対湿度 50％±５％の恒温恒湿装置内で実施する。試験体の質量を測定し、ポリエチレン製容器（高さ 150mm 以上のもの）の中に 10mm 程度のスペーサーを並べ、その上に塗布面を横向きにした試験体を置き、ポリエチレン製容器内に脱イオン水を加え７日間浸漬する。なお、浸漬時の水深は水面から試験体上面まで 150mm とする。



付属写真－6.1　浸漬状況

（４）浸漬終了後、すぐに試験体表面の水滴を乾いた布で拭き取り、試験体質量を測定し、７日後の吸水量を求める。続いて塗布面以外の切断面と側面をアルミ粘着テープでシールし、十分に密着していることを確認する。



付属写真－6.2　シール後の試験体

（５）シールした試験体質量を測定し、保護材塗布面を上にして 28 日間静置した後、試験体質量を測定し 28 日後の放湿量を求める。

注 1)スペーサーは、非金属製の等辺山形で 10mm×10mm 程度が望ましい。
注 2)脱イオン水の電気伝導率は 0.1mS/m(25℃)以下とする。
注 3)シールには、市販されている 450 ㎜×1.2m 程度のアルミ粘着テープを切断して使用する。

３．評価方法

以下に示す式(1)、式(2)より放湿率、放湿比を算出し透湿性を評価する。

$$C\ (\%) = B_{28} / A_{7} \times 100 \cdots\cdots (1)$$

$$D = C / C_{B} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

ここに、A_{7}：７日後の吸水量（ｇ）

B_{28}：28 日後の放湿量（ｇ）

C　：放湿率（％）

C_{B}：無塗布試験体の放湿率（％）

D　：放湿比

【解説】

①土木研究所資料第 4085 号では 25℃±0.5℃、相対湿度 50％±２％の恒温恒湿装置と記載したが、実際に使用されている恒温恒湿装置の管理範囲に合わせ、25℃±２℃、相対湿度 50％±５％に広げた。また、いつから恒温恒湿装置を操作するか判断しにくい記載であったため、脱イオン水に浸漬する際から恒温恒湿装置で実施することを明記した。

１．７　吸水量試験方法（案）

１．適用範囲

この試験方法は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の吸水量試験、および評価に用いる。

２．試験方法

暴露試験などで試験体内部に水を含んでいる場合は、質量の変化がなくなるまで 60℃の恒温装置内に、静置する。また、塗布面以外のシール面に不備がある場合は、吸水量試験時に水が入らないように再度シールしてからを行う。

（１）水に浸漬する前に、試験体の質量を測定する。

（２）試験を行う容器（高さ 150 ㎜以上）に隣接する試験体などの影響をなくすため、10 ㎜程度のスペーサー（非金属製）上に、塗布面を横向きに置く。

（３）室温の水道水に 90 日間浸漬する。また、水圧の影響を考慮して試験体上部から水面までの距離を試験期間中、20 ㎜として一定に保つように調整する。

（４）浸漬終了後、すぐに試験体表面の水滴を乾いた布で拭き取り、試験体質量を測定する。



付属写真－7.1　浸漬状況

３．評価方法

以下に示す式(1)より吸水率を算出し評価する。

$$W_n = [\,(w_n - w_0) \,/\, w_0\,] \times 100 \quad \cdots\cdots (1)$$

ここに、W_n：n 日間浸漬後の吸水率（%）

w_n：n 日間浸漬後の試験体の質量（g）

w_0：浸漬前の試験体の質量（g）

$w_n - w_0$：n 日間浸漬後の吸水量（g）

【解説】

①本報告書では浸漬期間を 90 日間としたが、7 日、14 日、30 日、60 日のように定期的に測定して吸水量の変化を確認することが望ましい。

②試験体からの溶出物によって水の性質が変化するため、定期的に試験水を交換する。

１．８　塩化物イオン浸透性試験方法（案）

１．適用範囲

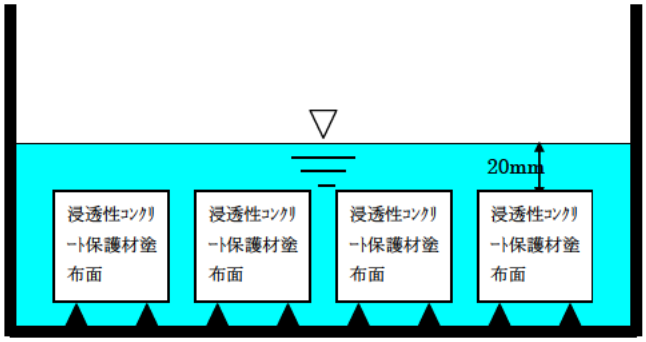
この試験方法は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の塩化物イオン浸透性試験および評価に用いる。

２．試験方法

（１）塩化物イオン溶液への浸漬

ポリエチレン製容器（高さ 150mm 以上のもの）を用い、隣接する試験体などの影響をなくすため、10mm 程度のスペーサー（非金属製）上に、塗布面を横向きに置く。浸漬試験は、濃度 10%の塩化ナトリウム（JIS K 8150「塩化ナトリウム」）水溶液に所定の期間浸漬する。また、水圧の影響を考慮して試験体上部から水面までの距離を試験期間中、20mm 程度として一定に保つように調整し、試験容器を密閉して塩分濃度が変化しないように調整する。

浸漬試験状況を付属図－8.1 に示す。



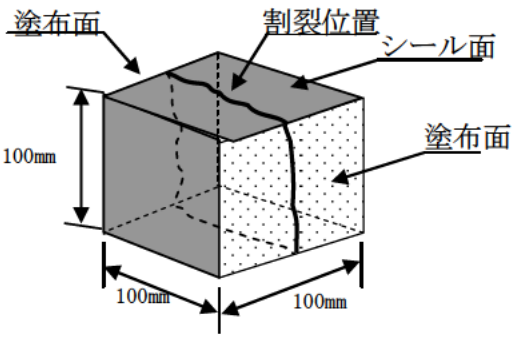
付属図－8.1　塩化物イオン浸透性試験方法

（２）試験方法

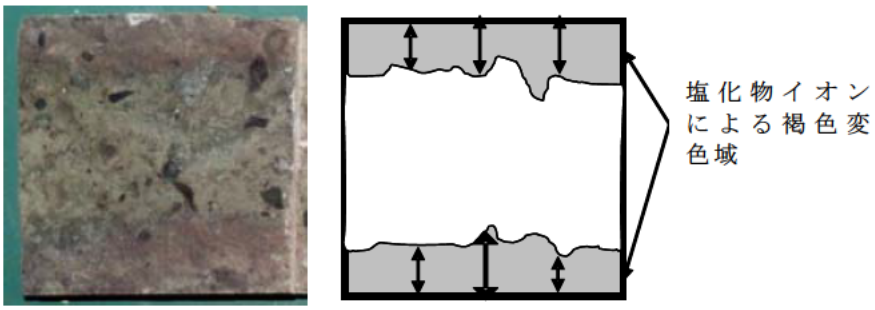
１）塩化物イオン浸透深さの測定

浸漬試験終了後、塗布面と垂直方向に割裂（圧縮荷重 10ｔ程度の圧縮試験機を用いる）し、JIS A 1171 に準拠して、0.1%フルオレセインナトリウム溶液（JIS K 8830「ウラニン（フルオレセインナトリウム）」）に規定するフルオレセインナトリウムを用いて脱イオン水で調整したものおよび 0.1N 硝酸銀溶液（JIS K 1432「硝酸銀」）に規定する硝酸銀を用いて脱イオン水で調整したものを割裂面に噴霧し、塩化物イオン浸透深さを測定する。測定は、茶褐色に変色した部分、すなわち塩化物イオン浸透部分について表面からの深さを精度 1mm のノギス（精度 1mm で測定できるもの）で測定する。測定位置および測定点は、塗布面中央部から 25mm の片面３箇所とする。本報告書では、片面ごとに最大、最小を含む８箇所を測定した。

割裂位置を付属図－8.2 に、測定位置を付属図－8.3 に示す。



付属図－8.2　割裂位置



変色状況　　浸透深さ測定位置

付属図－8.3　塩化物イオン浸透深さ測定位置

２）塩化物イオン量の測定

塩化物イオン浸透深さの測定で残った半分のコンクリート片について JCI－SC４（日本コンクリート協会）に準拠して、表面から深さ方向０から 10mm、10mm から 20mm、20mm から 30mm 位置の塩化物イオン量を測定する。

３）質量変化率

次式により質量変化率（%）を求める。

$$W_n = [(w_n - w_o) / w_o] \times 100$$

ここに、W_n：塩水浸漬試験 n 日後の質量変化率(%)

w_n：塩水浸漬試験 n 日後の試験体の質量(g)

w_o：塩水浸漬前における試験体の質量(g)

【解説】

①本報告書では、コンクリート標準示方書「基準編」(JSCE-G 572-2003)の表 1「塩化物イオンの浸透深さの目安」から浸漬期間は、90 日以上とした。

②塩化物イオンの測定方法は、JIS A 1154:03「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」もある。

③塩化物イオン量から見掛けの拡散係数を求める場合は、表面から深さが 30mm から 40mm、40mm から 50mm の深さ位置まで５箇所以上の測定が望ましい。

１．９　中性化深さ試験方法（案）

１．適用範囲

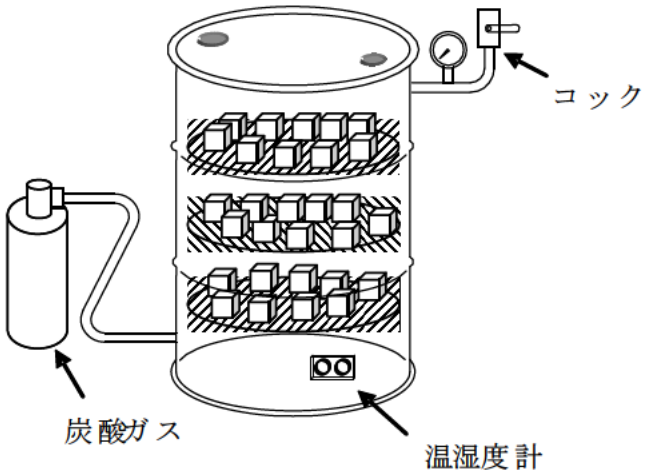
この試験方法は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の中性化の抵抗性の評価に用いる。

２．試験方法

（１）中性化の促進

中性化の促進は、オープンドラムに、塗布面を横向きに試験体を置き、下から二酸化炭素を流し上部に空けた小さな穴からブローさせ、内部を炭酸ガスで充満させた。試験用装置は、温度 20℃相対湿度 50%,10%-炭酸ガスの条件下で、二酸化炭素濃度を検知管（ガステック社製）で 10%濃度になるように調整し 65 日間実施した。試験用装置を付属図－9.1 に示す。

促進による中性化試験は、自然環境での中性化の進行と条件が違い、中性化深さの絶対的な評価が難しいことから無塗布試験体との比較により評価した。



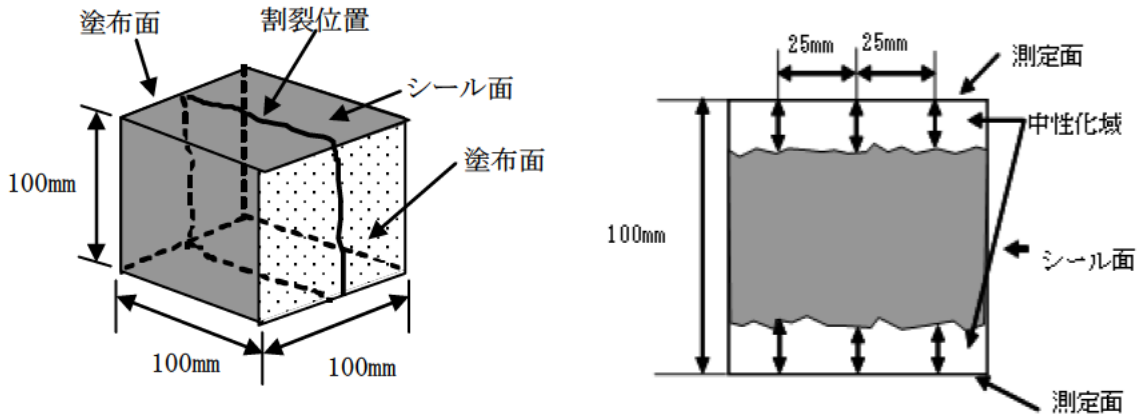
付属図－9.1　促進中性化試験装置の概略図

（２）中性化深さの測定方法

中性化深さの測定方法は、JIS A 1152-2002「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準拠して行ない、圧縮試験機と丸棒を用いて、付属図－9.2 に示すように、測定面を２分割に割裂後、切断面に JIS K 8001 の 4.4（指示薬）に規定するフェノールフタレイン溶液[注)]を噴霧する。

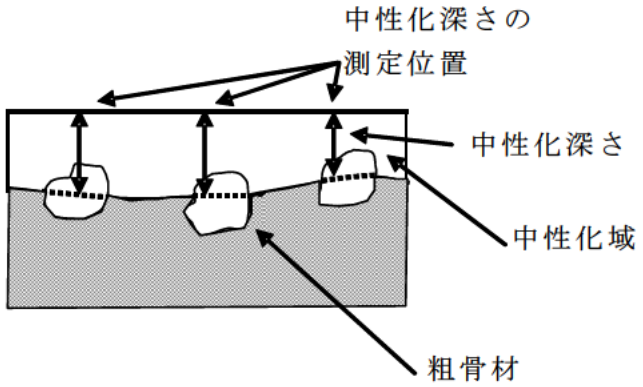
中性化の評価は、赤変しない部分（中性化している部分）の表面からの深さを 0.1mm までクラックスケールで測定する。測定位置および測定点は、中心および中心から 25mm の位置と最大、最小を含む３点とする。測定箇所に粗骨材の粒子がある場合の中性化深さの測定は、付属図－9.3 に示すように測定し評価した。

注)JIS K 8001 の 4.4（指示薬）に規定するフェノールフタレイン溶液(pH 指示薬)は、95%エタノール 90ml にフェノールフタレインの粉末１ｇを溶かし、水を加えて 100ml としたものである。



測定位置(mm)

付属図－9.2　中性化の測定方法



付属図－9.3　測定箇所に粗骨材の粒子がある場合の測定例（JIS A 1152）

（３）評価方法

促進中性化試験後、JIS A 1152 に準拠し、付属図－9.2 に示すように試験体の塗布面を２分割に割裂し、中性化深さを測定する。対面する切断面で各々３箇所,合計６箇所測定し、その平均値を算出して、四捨五入によって少数点以下１桁の値に丸める。また、（１）式により試験体および無塗布試験体の中性化深さの比を算出する。

中性化深さの比

$$中性化比 = L_1 / L_2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

ここに、L_1：各試験体の中性化深さ(mm)

L_2：無塗布試験体の中性化深さ(mm)

【解説】

①この試験方法は、雰囲気中の二酸化炭素濃度を高くすることによって中性化を促進させた場合の試験方法で、実構造物における中性化抵抗性の直接的評価を行うものでなく、無塗布試験体との比較により中性化深さを評価する方法について規定した。

②中性化は、湿度の影響が大きいため、最も中性化が早く進むという相対湿度 40～60%位で行うとよい。

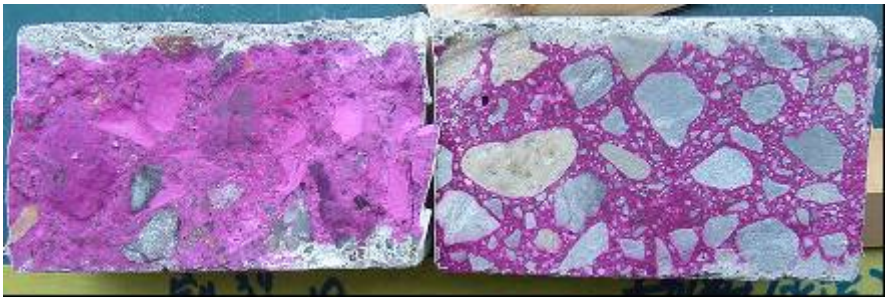
③中性化促進期間は、１，４，８,12 週を目安として実施した。試験の目的によって促進期間を決めるとよい。

④ドラム缶での中性化試験は、半密閉状態で相対湿度は 100%近い条件になることがあり、炭酸ガスがコンクリート内に侵入できなければ中性化は進まないことから、ドラム缶の底等にスノコを置き、中の空気を循環させ、除湿するとよい。

⑤試験用装置は、JIS Z 1600（鋼製オープンドラム）を使用した。

⑥中性化深さの測定には、クラックスケールを使用した。

⑦中性化深さの測定には、読取り易さから割裂面を測定面とした。割裂面や切断面の測定時の留意点に関しては、JIS A 1152-2002 を参照するとよい。付属写真解－9.1 に割裂面と切断面の状態を示す。

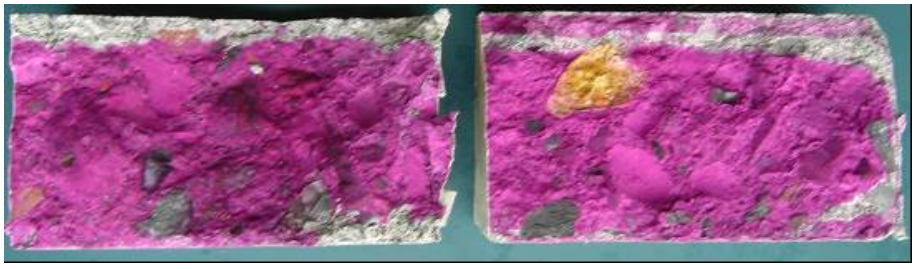


割裂面　　切断面

付属写真解－9.1　割裂面と切断面

⑧中性化深さの測定位置は、対面する測定面で各々３箇所,合計６箇所測定し、その平均値を算出して、四捨五入によって少数点以下１桁の値に丸めた。

⑨中性化深さの測定は、浸透性コンクリート保護材の種類により付属写真解－9.2 に示すように表層部付近がフェノールフタレインで赤変することがある。



表層部に赤変なし　　表層部に赤変あり

付属写真解－9.2　フェノールフタレインによる赤変の状態

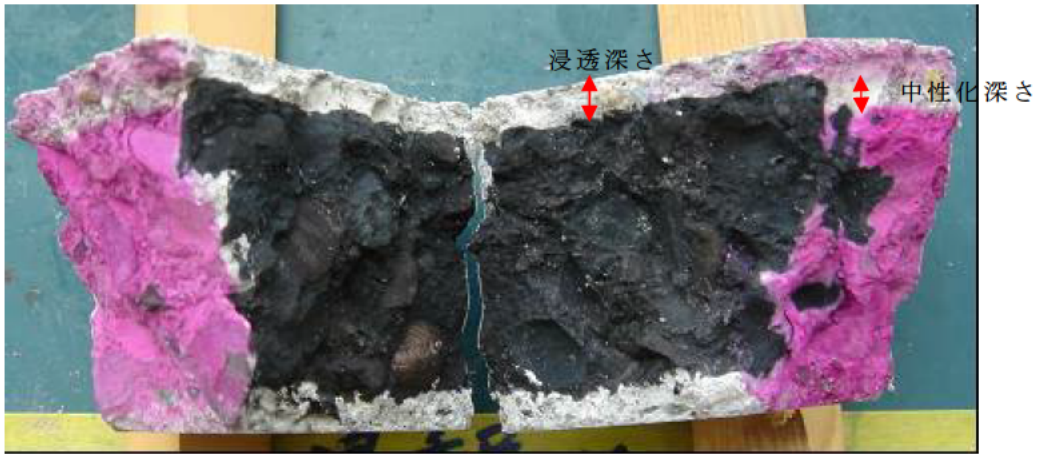
このような場合、切断での中性化深さの測定が難しいので、留意する必要がある。
付属写真解－9.3 に割裂した時と切断した時の状態を示す。



割裂面　　切断面

付属写真解－9.3　表層付近に赤変のある保護材の割裂面と切断面

また、表層部に赤変が認められる場合、中性化深さと浸透深さを確認するため、墨汁法を用いて浸透深さと区別して中性化深さを測定する必要がある。
付属写真解－9.4 にフェノールフタレイン法による中性化深さと墨汁法による浸透深さを判別した中性化位置と浸透深さ位置の例を示す。



フェノールフタレイン法と墨汁法での確認

付属写真解－9.4　　表層付近に赤変のある保護材の中性化深さの測定例

１．10　暴露試験方法（案）

１．適用範囲

この試験方法は、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の暴露試験に適用する。

２．試験方法

（１）試験体の作製

浸透性コンクリート保護材をモルタル、或いはコンクリート基材へ所定の方法で所定量を塗布し、所定の温湿度で所定期間乾燥したものを試験体とする。なお暴露する面以外は、エポキシプライマーを塗布後、溶剤形エポキシ樹脂塗料にてシールをし、暴露面以外からの劣化因子の影響を制御する。

（２）試験方法

試験体の暴露する面を地表面に対し、垂直もしくは水平に設置し、暴露を開始する。暴露開始後、事前に計画した期間ごとに、試験体の暴露面を評価する。

（３）評価方法と評価基準

暴露後、浸透性コンクリート保護材の無塗布の面を基準として、塗布面を無塗布面と比較し、評価する。

【解説】

①暴露試験は、年月の経過を重ねることによって評価結果が得られる試験であることから、暴露試験開始前の入念な試験計画（暴露の期間、評価項目、暴露試験場所、試験体数等）の策定が重要である。

②試験体の作製に当たっては、実際に使用する配合に近いものを選定する。また、暴露試験開始後に、暴露期間の延長や期間の変更等が生じても、暴露試験が継続しうるように、暴露試験体の数には余裕を持っておくことが必要である。但し、無駄に暴露試験体の数を増やさずとも、性能評価項目によっては、一つの暴露試験体を複数の評価項目において共通で使用することが可能であるので、事前の試験計画の際に共通で評価しうる項目を検討し、効率よく試験体を活用することが慣用である。

今回は、一つの試験体で、３から５項目の評価項目を共通で評価した。例えば、外観観察、表面撥水性、浸透深さ、塩化物イオン浸透性、中性化深さの５項目の評価を一つの試験体を用いて評価した。

③暴露試験場所の選定に当たっては、暴露試験の目的を明確にするとともに、その目的に適した環境条件を有する場所を選定する。（本文 P60　１．５暴露試験方法　参照）

④試験体の設置に当たっては、評価項目や暴露環境に応じて暴露する面の向きを考慮するとともに、試験体の散逸、紛失そして破損等を防止するための適切な防御策をとる必要がある。また、暴露試験の目的以外の要因の影響を受けないような位置に設置する必要がある。今回の暴露試験の試験体の設置は、地表面からの雨水の跳ね返りが無いよう考慮し、地表面から 1.5m の位置に設置した。（本文 P60　１．５暴露試験方法　写真　参照）更に、試験体の種類が、長期間の暴露試験中に不明とならないように、長期間降雨

や紫外線等を受けても消失しないものを用いて試験体番号を表記しておくことも重要である。
⑤暴露試験体の評価に当たっては、暴露試験場所にて実施しても、別な場所に回収した後評価してもよい。但し、回収する場合は、試験体の破損、紛失や、試験体の入れ間違えに注意するとともに、暴露面の向き（上下や左右）を明確にしておく必要がある。

付属資料－２.

浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）

浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）

１．目的

本試験は、コンクリート表面に塗布し、浸透させることにより、外観を著しく損ねることなく、外部からの水等の浸入を抑制できる浸透性コンクリート保護材の性能を評価することを目的とする。

【解説】

①浸透性コンクリート保護材は、それを塗布してもコンクリート表面の外観変化を生じさせない特徴を有し､浸透してコンクリート表層部や内部に撥水性のゾーンを形成する。

②コンクリート表面に形成される撥水性は、経時で消滅することがあるが、内部に形成された撥水性ゾーンにより性能を保持する性能を持つ。

③本試験の浸透性コンクリート保護材は、水系、溶剤系、無溶剤系のシラン系、シラン・シロキサン系とシラン・シロキサン・ふっ素系がある。

２．適用範囲

本試験は、屋外環境の新設・既設のコンクリート構造物に使用される浸透性コンクリート保護材の性能評価に適用する。

【解説】

①コンクリート構造物の劣化に対する予防保全と補修に使用する浸透性コンクリート保護材の性能を評価するための試験について適用する。

②浸透性コンクリート保護材の評価試験方法としては、室内試験や暴露試験で明確となった外観観察,表面撥水,浸透深さ,透水量,透湿性,吸水量,塩化物イオン浸透性,中性化深さなどについて規定しているが、ここでは、塩化物イオンの浸透性を確認するための試験として質量変化率を測定する吸水量試験を標準とした。これは、実環境による暴露試験と室内試験での塩化物イオン量と吸水量を比較検討したところ、それらの間に相関が認められたことによる。

③質量変化率を測定する吸水量により、実環境における塩化物イオン浸透性を評価することが可能になる。

３．試験体の作製方法

試験体の作製は、以下の手順で行う。

（１）基材は、指定の配合のコンクリートを用いる

（２）基材の寸法は、100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜とする

（３）シール面以外の対向する２面に塗布する

（４）塗布は、保護材の作製者が指定する方法で行う。

（５）乾燥は、14 日間静置し、養生する

（６）試験体の個数は、３個とする

【解説】

①（１）（２）について

浸透性コンクリート保護材の試験には、試験用基板を作製して、塗布した試験体を用いることとした。室内試験や暴露試験結果によれば、水セメント比 44%と 57%のコンクリート基材を用いた試験や寸法の違いによる試験でも相関が認められたが、試験のばらつきを考慮して、本試験方法は、寸法 100 ㎜×100 ㎜×400 ㎜のコンクリートを成形し、それを切断して作製することとした。

所定の養生と配合[注)]により作製する試験体のコンクリート示方配合例を付属表解－1に示す。

付属表解－1　コンクリートの示方配合例

粗骨材最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)
20	12±2.5	54.5	4.5±1.5	46.4
単位量 (kg/m^3)				
W	C	S	G	Ad
169	310	825	977	4.03

②（２）について

切断した試験体を JIS R 6255「研磨ディスク」に規定するディスクを用いて、塗布面およびシール面を十分に研磨する。シール面にエポキシ樹脂を塗布する。シール面が硬化するまで室内に静置する。試験結果にばらつきが生じないように十分にシールを行う。

③（３）（４）（５）について

室温の条件下で、塗布面に所定の仕様で塗布し、室温で 14 日間養生し、試験体とする。

④（６）について

試験体は、３個を用意する。３個に塗布する。

注)養生期間は、28 日を標準とする。また、水セメント比は、示方配合例を示した。

４．性能評価試験方法

試験は、以下の方法で行う。

（１）試験体の養生終了後、試験体の浸漬前質量を測定する。

（２）浸漬前質量測定後、試験用容器に浸漬する。塗布していないシール面が上側になるように完全に浸漬する

（３）浸漬 30 日を終了した試験体の質量を測定する

【解説】

①（１）について

試験体の質量を 0.1ｇまで測定し、直ちに水中に浸漬する。吸水させる水は、水道水を用いる。

②（２）について

水圧の影響を考慮して、試験体の上面から水面までの距離を一定に保つことが必要である。したがって 20 ㎜とし、蒸発により水が減らないように、容器にふたをするなどの対策を施す。また、試験体からの溶出成分により水質が変化するため、浸漬する水は、

１回／２週間程度の割合で交換する。

③（３）について

無塗布のコンクリート試験体の吸水量は､浸漬開始１日後から 10 日位までに急激に増加し、その後吸水量の増加は、緩慢になる。また、浸透性コンクリート保護材を塗布した試験体の増加は、少ない。これらのことから、浸漬期間は、吸水量が緩慢となる期間とコンクリート標準示方書「基準編」(JSCE-G 572-2003)の表 1「塩化物イオンの浸透深さの目安」を参考として浸漬期間を 90 日以上とし､本試験では試験開始から 10 日､30 日、60 日、90 日として、126 日までの質量変化率を測定した。

その結果、浸透性コンクリート保護材の性能により吸水量が増加するものもあるが、浸漬期間126日までの吸水量と浸漬期間30日以降の吸水量も同様な傾向を示すことが明らかになり、浸漬期間を 30 日とした。

なお、浸漬試験が終了した試験体は、付着している水分を乾いた布で拭き取り、直ちに質量測定を行う。

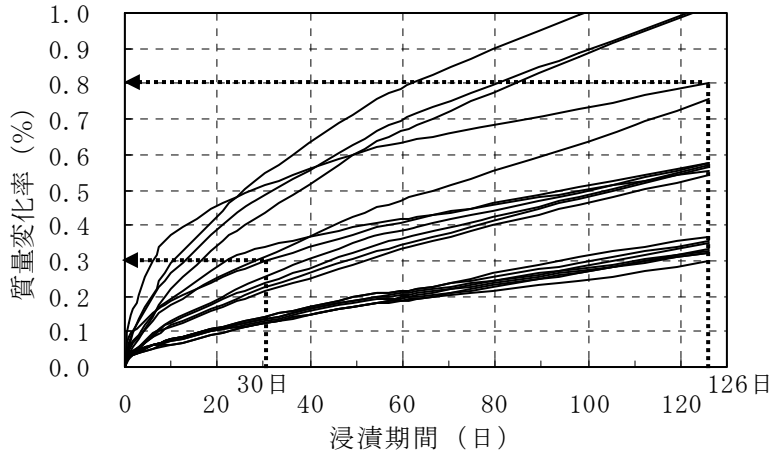
５．浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）

浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）は、浸漬 30 日の質量変化率で 0.3%以下とする

【解説】

①本試験では、実環境での塩化物イオン量との関係から水への浸漬 126 日後の質量変化率を 0.8%以下としたが、浸漬期間による質量変化率は、浸漬 30 日で吸水の増加するものと緩慢になるものの区別ができることから、より短い浸漬期間を考慮して質量変化率を選択した。

付属図解－1 に浸漬期間と質量変化との関係を示す。



付属図解－1　浸漬期間と質量変化率の関係

②試験開始時から 30 日後に試験用容器から試験体を取り出し表面の水分を除去したあと質量（w_n）を 0.1ｇまで測定し、次式により質量変化率（W）を算出する。

質量変化率（W）は、少数点以下３桁目を四捨五入して少数点以下２桁に丸める。

$$W=[(w_n-w_o)/w_o]\times 100$$

ここに、W：水浸漬試験30日後の質量変化率（%）

w_n：水浸漬試験30日後の試験体の質量（g）

w_o：水浸漬前における試験体の質量（g）

w_n-w_o：水浸漬試験30日後の質量変化（g）

6．浸透性コンクリート保護材の性能判定方法

浸透性コンクリート保護材を塗布した3個の試験体の質量変化率は、それぞれ0.3%以下であること。

【解説】

①浸透性コンクリート保護材は、塗布の不具合等から性能を確保するために、下限より上に設定されることが望ましい。このため、性能判定は、30日間の水への浸漬で3個の試験体が同様に0.3%以下の質量変化率と認められたときに、浸透性コンクリート保護材の性能暫定基準（案）に適合すると判断する。

②試験体3個のうち、2個の試験体の質量変化率が0.3%以下のときは、再試験を行う。再試験は、浸透性コンクリート保護材の性能評価方法（案）の試験方法手順に従って行う。

③試験体3個がそれぞれ0.3%以上の質量変化率と認められた場合は、不適合とする。

付属資料－３.

浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法（案）

浸透性コンクリート保護材の塗布判別方法(案)

１．目的

この塗布判別方法(案)は、目視では塗布されているか分からない浸透性コンクリート保護材の塗布の有無を判別することを目的とする。

【解説】

①無色透明の材料で、コンクリートに塗布しても膜を形成しない浸透性コンクリート保護材や膜を形成してもコンクリート表面の外観変化が殆どない浸透性コンクリート保護材の塗布の有無を簡便に判別するための方法である。

②この塗布判別方法(案)は、土木構造物の部位やコンクリート種類に因らず、浸透性コンクリート保護材の塗布した土木構造物に適用できる。

③この塗布判別方法(案)は、浸透性コンクリート保護材の塗り残しは判別できるが、塗布量の大小の判別はできない。

２．適用範囲

この塗布判別方法は、シラン系、シラン･シロキサン系、シラン･シロキサン･ふっ素系の浸透性コンクリート保護材を塗布したコンクリート面に適用するものである。

【解説】

①シラン系、シラン･シロキサン系、シラン･シロキサン･ふっ素系の撥水性を有する浸透性コンクート保護材であれば、溶剤系、無溶剤系、水系のいずれの浸透性コンクリート保護材にも適用できる。

②撥水性のないケイ酸塩系（アルカリシリケート系）などには適用できない。

３．検査

浸透性コンクリート保護材を塗布したコンクリート面の検査は、所要性能を有する測定器を用いて行う。また検査のロットは少なくとも約 50 ㎡～100 ㎡ごとに行う。

【解説】

①検査に用いる測定器は水分量１～10%程度の測定範囲の専用機種が望ましい。

②水分計の電極は測定面を傷つけにくく、接触面が大きいゴム電極が望ましい。

③検査は浸透性コンクリート保護材を塗布した後、２日以上 30 日以内で行う。

④１ロットの大きさは約 50～100 ㎡とする。（概ね 18ℓ 石油缶の塗布面積程度）

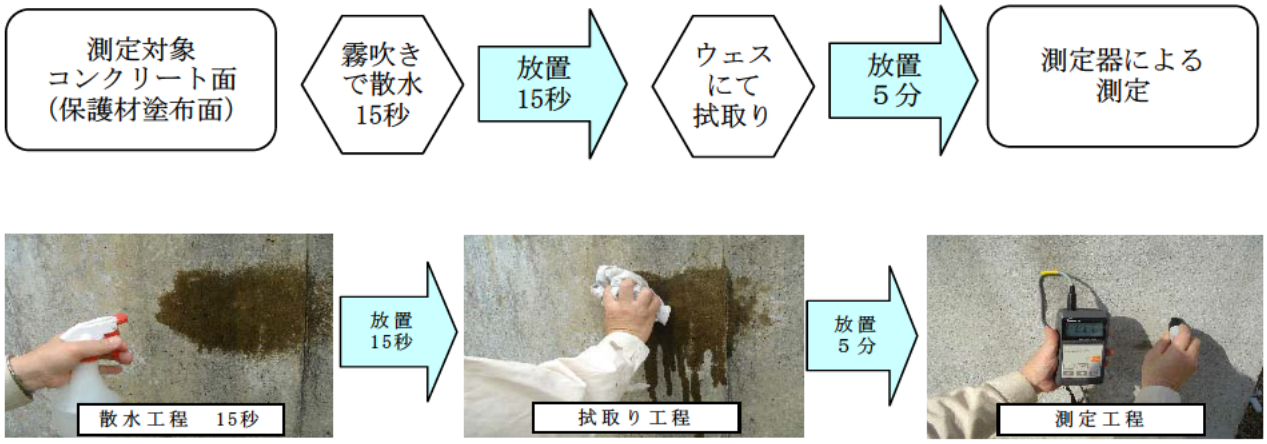
⑤１ロット当たりの測定数は５点以上が望ましい。

⑥各点の測定は１回とするが、判定ができない場合は判定ができるまで複数回行う。

４．測定方法

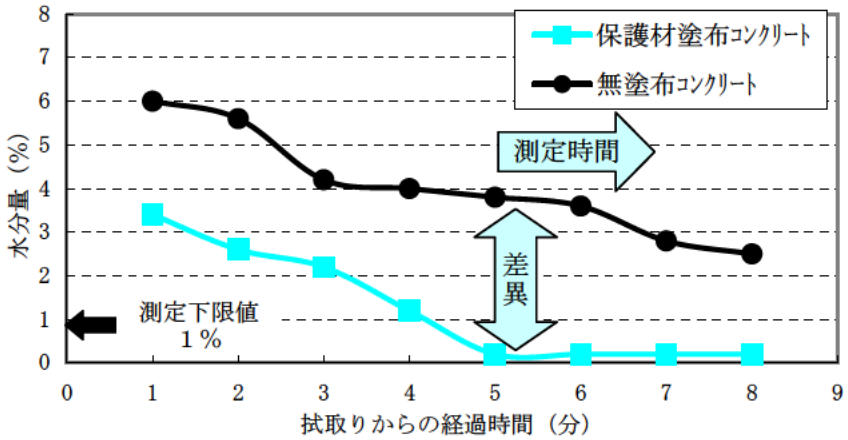
浸透性コンクリート保護材を塗布したコンクリート面に散水し、その後拭取り、５分後に測定器で水分量を測定する。

③散水は浸透性コンクリート保護材を塗布した面に霧吹き等を用いで 15 秒程度行う。
④拭取りは散水後 15 秒程度経過した後に、水滴が無い状態までにウェスを用いてすばやく行う。
⑤水分計による測定は拭取りしたのち、５分後に行い、測定値を記録する。
⑥測定値は測定時の気象条件（天候、風、温湿度、日当たりの有無等）によって影響されるので、気象条件を記録することが望ましい。



付属図解－１　測定手順

拭取りした後の経過時間による測定結果例を付属図解－２に示す。



付属図解－２　測定結果の例

５．判別

判別は所定の検査、測定方法で行い、拭取りしたのち５分後の測定器の値が測定下限値（１％）未満の場合に浸透性コンクリート保護材が塗布されていると判別する。

【解説】

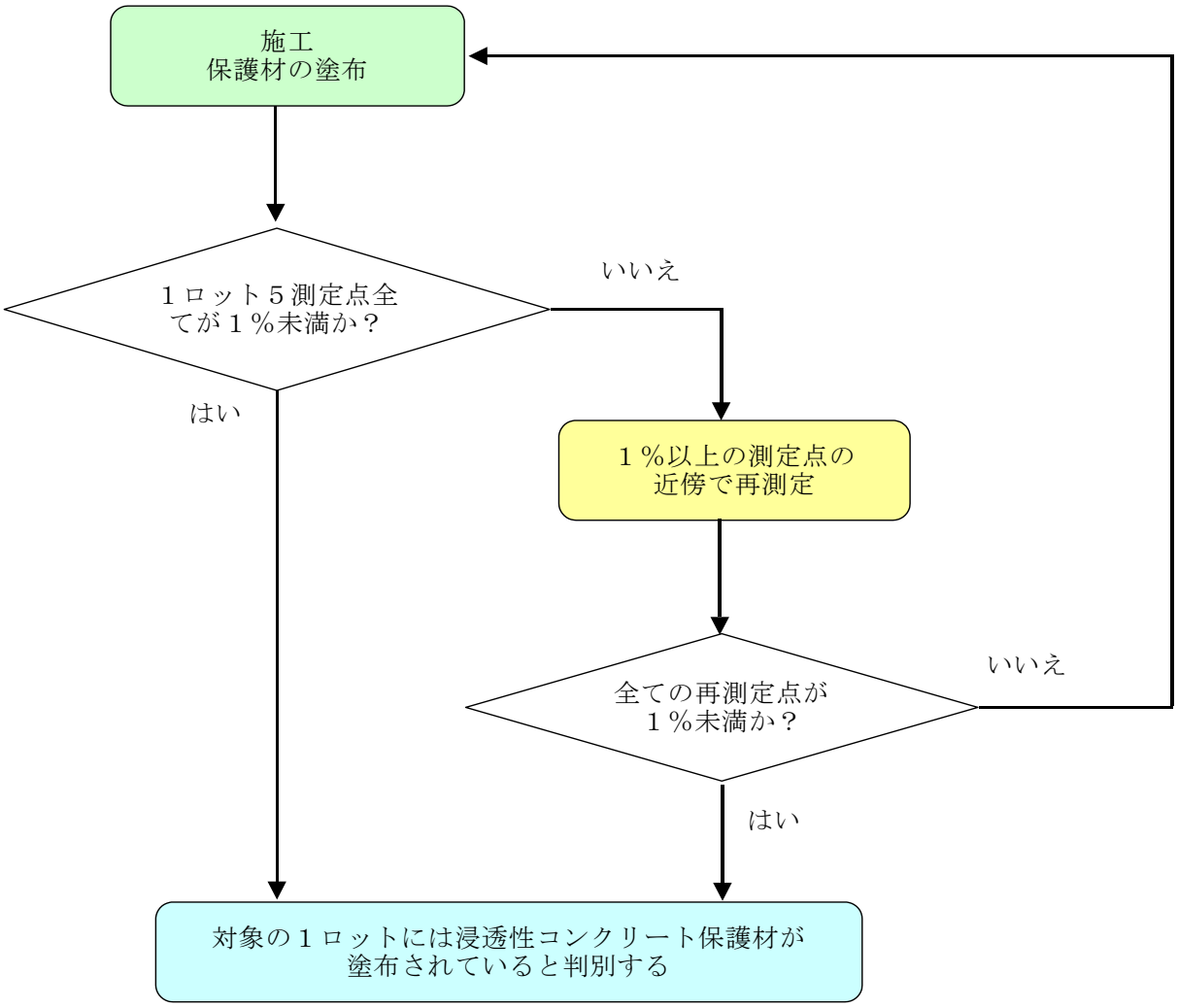
①判別は測定点ごとに行い、１ロット５点の全ての測定点が測定下限値（１％）未満であった場合は、その検査ロット対象部は浸透性コンクリート保護材が塗布されていると判断する。

②１ロット５点の測定点のうち、ひとつの測定点でも測定下限値（１％）以上であった場合は、測定下限値以上の測定点の近傍を新たな測定点として選択し、再度測定を行う。

③再測定の結果、全ての測定点で測定下限値（１％）未満であった場合は、その検査ロット対象部は浸透性コンクリート保護材が塗布されていると判断する。

④再測定において測定下限値（１％）以上であった場合は、その検査ロット対象部は浸透性コンクリート保護材が塗布されていないと判断する。

⑤浸透性コンクリート保護材が塗布されてないと判断された検査対象箇所は再塗布する。



付属図解－３　判別のフロー

付属資料－４．論文等への成果の公表

４．１　論文発表等による成果の公表

（１）石川一郎、守屋進、杉田好春：浸透性給水防止材の評価試験方法の検討；第 25 回日本道路会議、No.10022、2003 年 11 月

（２）林大介、守屋進、杉田好春：各種浸透性コンクリート保護材の性能に関する実験的検討；土木学会、コンクリートの表面被覆および表面含浸に関するシンポジウム論文集、pp.45-54、2004 年 2 月

（３）叶健児、守屋進、石川一郎、林大介：表面含浸工法による土木構造物の耐久性向上に関する研究；コンクリート工学年次論文報告集、Vol.27、No.1、pp.1897-1902、2005 年 6 月

（４）黒川雅哲、守屋進、杉田好春：浸透性吸水防止材の耐久性向上に関する検討（暴露試験結果）；第 26 回日本道路会議、No.20057、2005 年 10 月

（５）神澤弘、石川一郎、守屋進：表面含浸材による土木構造物の耐久性向上に関する検討；コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文集、Vol.5、pp.405-410、2005 年 10 月

（６）野上賢治、守屋進、杉田好春：浸透性吸水防止材による土木構造物の耐久性向上に関する検討；第 28 回鉄構塗装技術討論会、pp.73-78、2005 年 10 月

（４）叶健児、石川一郎、守屋進：浸透性コンクリート保護材の性能評価に関する検討；コンクリートの表面被覆および表面改質技術研究小委員会報告、pp.255-254、2006 年 6 月

（８）徳田雅一、守屋進、金井浩一：浸透性コンクリート保護材の暴露試験 4 年目の評価結果（その１）、第 27 回日本道路会議、No.20043、2007 年 11 月

（９）高橋定明、守屋進、金井浩一：浸透性コンクリート保護材の暴露試験 4 年目の評価結果（その２）、第 27 回日本道路会議、No.20044、2007 年 11 月

(10) 高橋浩二、守屋進、金井浩一：浸透性コンクリート保護材の性能評価方法の提案、第 28 回日本道路会議、No.31011、2009 年 10 月

(11) 中野正、守屋進、金井浩一：浸透性コンクリート保護材の施工管理方法の提案、第 28 回日本道路会議、No.31012、2009 年 10 月

４．２　その他

（１）守屋進：浸透性材料の現状と課題；コンクリート工学、2004 年 5 月

【付　　録】

付録－１：第１次室内試験データ
付録－２：第１次暴露試験データ
付録－３：第２次室内試験データ
付録－４：第２次暴露試験データ

付録－１．第１次室内試験データ

１．１　外観観察（色差⊿E^*_{ab}）
１．２　表面撥水性（初期および暴露経年後の表面撥水性）
１．３　浸透深さ（内部撥水性）
１．４　透水量
１．５　透湿性
１．６　塩化物イオン浸透性
１．７　中性化深さ

１．１　外観観察（色差⊿E^*_{ab}）

（１）外観観察（色差⊿E^*_{ab}）測定結果

付録表－1.1.1　外観観察（色差$^*_{ab}$）測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	外観観察（目視）	初期値			
					⊿E^*_{ab}	L^*	a^*	b^*
1	水　系	シラン系	単独形	変化なし	1.63	60.06	-1.02	3.88
2				つや有り	5.95	66.73	-1.36	4.56
3				変化なし	1.37	61.34	-1.11	6.59
4	溶剤系			変化なし	5.25	55.58	-1.07	5.28
5				変化なし	0.47	60.47	-0.89	5.13
6				変化なし	3.31	63.72	-2.07	6.63
7				変化なし	2.66	63.12	-1.17	3.97
8	水　系	シラン・シロキサン系		変化なし	1.55	61.88	-0.94	6.44
9				変化なし	0.91	61.72	-0.94	5.30
10				変化なし	0.24	60.99	-1.03	5.48
11				変化なし	1.92	62.64	-0.94	5.92
12			造膜形	変化なし	1.35	62.16	-0.94	5.52
13	溶　剤			濡れ色	17.96	43.05	-0.77	7.77
14	無溶剤系		単独形	つや有り	3.98	64.60	-0.88	6.59
15			造膜形	濡れ色	15.15	45.95	-0.80	8.12
16				濡れ色	21.84	39.01	-0.83	6.14
17	水　系	その他の類		変化なし	2.98	63.78	-0.97	4.93
18				変化なし	0.57	60.91	-1.04	5.88
19	溶剤系		単独形	変化なし	5.64	55.22	-1.10	5.90
20			造膜形	変化なし	1.96	60.24	-1.04	7.18
21	無塗布				－	60.83	-1.12	5.31

１．２　表面撥水性

（１）表面撥水性測定結果

付録表－1.2.1　表面撥水性の測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	造膜成分	評価点
1	水　系	シラン系	単独形	－	3
2					4
3					5
4	溶剤系				5
5					5
6					4
7					5
8	水　系	シラン・シロキサン系			5
9					5
10					5
11					5
12			造膜形	シリコーン樹脂系	5
13	溶剤系				5
14	無溶剤系		単独形	－	5
15			造膜形	シリコーン樹脂系	5
16					5
17	水　系	その他の類			3
18				ふっ素樹脂系	5
19	溶剤系		単独形	－	5
20			造膜形	ふっ素樹脂系	5
21	無塗布				1

注）１：濡れる、２：やや濡れる、３：拡がる、４：ややはじく、５：はじく

１．３　浸透深さ

（１）浸透深さ測定結果

付録表－1.3.1　浸透深さ測定結果

No.	系　統	中分類	形　態	初期浸透深さ（㎜）
1	水　系	シラン系	単独形	1.0
2				1.1
3				2.2
4	溶剤系			1.9
5				1.4
6				1.4
7				1.9
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	0.7
9				4.5
10				3.1
11				5.3
12			造膜形	0.0
13	溶剤系			2.2
14	無溶剤系		単独形	5.5
15			造膜形	0.7
16				3.3
17	水　系	その他の類	造膜形	1.8
18				1.8
19	溶剤系		単独形	1.0
20			造膜形	0.5

１．４　透水量

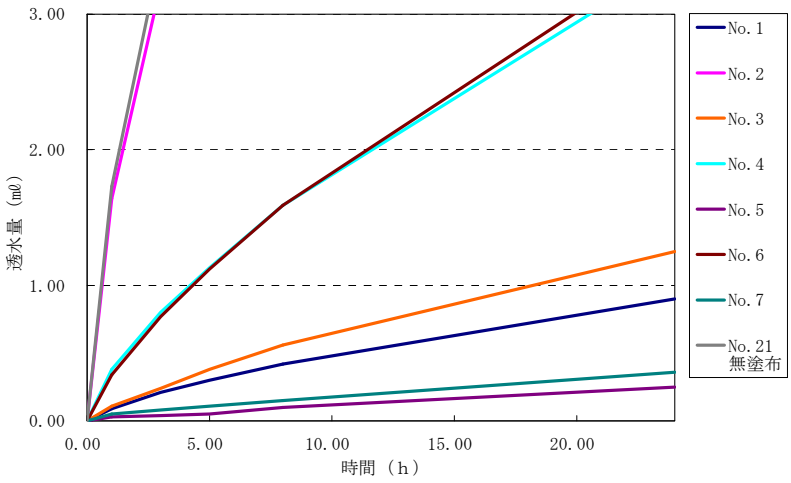
（１）透水量測定結果

付録表－1.4.1　透水量測定結果

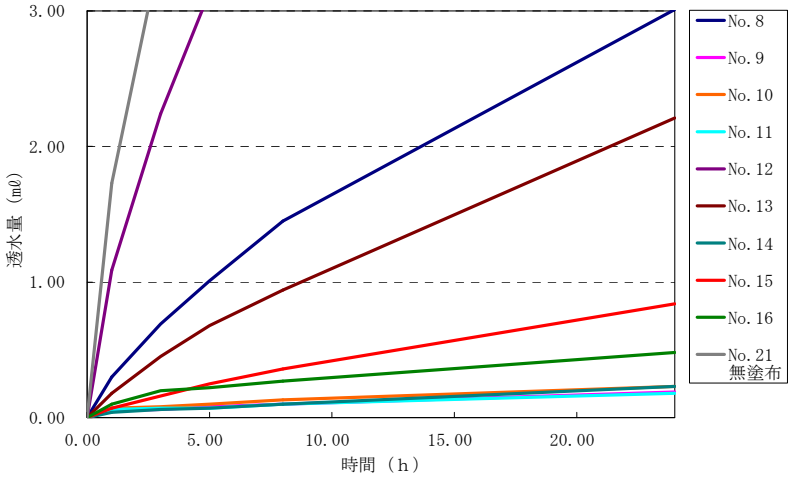
No.	系　統	中分類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.09	0.21	0.30	0.42	0.90
2				1.64	3.21	4.41	6.02	13.19
3				0.11	0.24	0.38	0.56	1.25
4	溶剤系			0.38	0.80	1.13	1.59	3.39
5				0.03	0.04	0.05	0.10	0.25
6				0.34	0.77	1.12	1.59	3.49
7				0.05	0.08	0.11	0.15	0.36
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	0.30	0.69	1.01	1.45	3.01
9				0.05	0.06	0.08	0.10	0.19
10				0.07	0.08	0.10	0.13	0.23
11				0.06	0.07	0.07	0.10	0.18
12			造膜形	1.09	2.24	3.14	4.34	9.19
13	溶剤系			0.18	0.45	0.68	0.94	2.21
14	無溶剤系		単独形	0.04	0.06	0.07	0.10	0.23
15			造膜形	0.07	0.16	0.25	0.36	0.84
16				0.10	0.20	0.22	0.27	0.48
17	水　系	その他の類	造膜形	0.09	0.17	0.24	0.31	0.69
18				0.18	0.42	0.58	0.81	1.59
19	溶剤系		単独形	0.56	1.08	1.80	2.63	5.05
20			造膜形	0.61	1.49	2.22	3.23	8.19
21	無塗布			1.73	3.45	4.85	6.68	13.76

（２）透水量測定結果グラフ

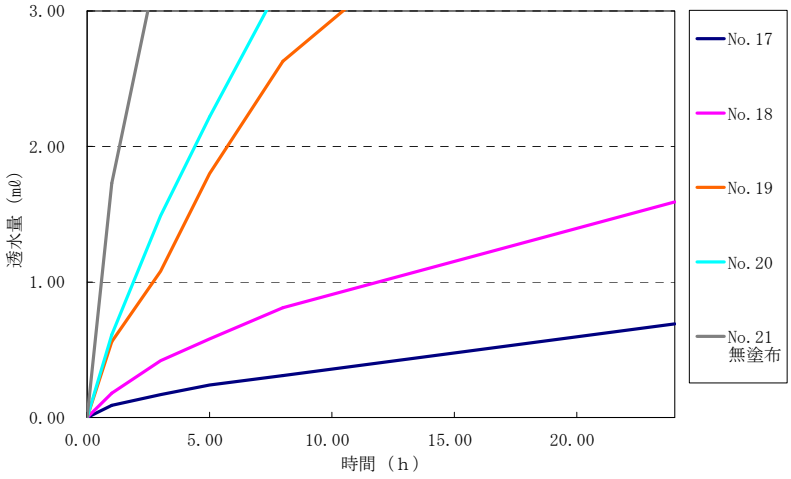
シラン系



シラン・シロキサン系



その他の類



付録図－1.4.1　透水量測定結果

１．５　透湿性

（１）放湿量測定結果

付録表－1.5.1　放湿量測定結果

No.	60℃ 7日間 乾燥後	浸漬7日後			アルミ貼付け後	測定質量(g)		放湿量 (g)		
		質量(g)	吸水量(g)	吸水率		14日後	28日後	開始時	14日後	28日後
1	1184.79	1229.56	44.77	3.78%	1236.57	1221.99	1217.93	0	14.58	18.64
2	1123.24	1174.40	51.16	4.55%	1181.58	1159.43	1156.02	0	22.15	25.56
3	1148.67	1192.48	43.81	3.81%	1199.45	1186.70	1182.38	0	12.75	17.07
4	1178.57	1225.98	47.41	4.02%	1233.17	1214.99	1211.66	0	18.18	21.51
5	1119.92	1161.81	41.89	3.74%	1168.88	1155.43	1151.41	0	13.45	17.47
6	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
7	1167.28	1214.40	47.12	4.04%	1221.39	1201.51	1198.40	0	19.88	22.99
8	1153.67	1202.01	48.34	4.19%	1208.91	1189.59	1186.45	0	19.32	22.46
9	1105.04	1147.36	42.32	3.83%	1154.39	1144.95	1140.82	0	9.44	13.57
10	1149.29	1190.66	41.37	3.60%	1197.70	1185.82	1181.52	0	11.88	16.18
11	1151.16	1187.82	36.66	3.18%	1194.67	1185.88	1182.33	0	8.79	12.34
12	1186.78	1239.43	52.65	4.44%	1246.44	1226.40	1222.51	0	20.04	23.93
13	1169.30	1218.80	49.50	4.23%	1225.84	1205.97	1202.25	0	19.87	23.59
14	1162.86	1199.77	36.91	3.17%	1206.69	1199.32	1195.84	0	7.37	10.85
15	1189.40	1233.18	43.78	3.68%	1240.18	1224.94	1221.28	0	15.24	18.90
16	1076.94	1119.18	42.24	3.92%	1126.16	1113.88	1109.19	0	12.28	16.97
17	1166.96	1210.37	43.41	3.72%	1217.59	1201.79	1198.12	0	15.80	19.47
18	1124.06	1171.13	47.07	4.19%	1178.07	1160.76	1157.02	0	17.31	21.05
19	1147.19	1196.17	48.98	4.27%	1203.14	1182.56	1178.11	0	20.58	25.03
20	1166.97	1213.96	46.99	4.03%	1220.98	1200.71	1197.84	0	20.27	23.14
21	1127.03	1175.93	48.90	4.34%	1182.58	1161.14	1158.30	0	21.44	24.28

注)試験体番号６はデータを取得出来なかった。

（２）放湿率と放湿比測定結果

付録表－1.5.2　放湿率と放湿比

No.	放湿率（%）			放湿比		
	開始時	14日後	28日後	開始時	14日後	28日後
1	0	33	42	1.00	0.74	0.84
2	0	43	50	1.00	0.99	1.01
3	0	29	39	1.00	0.66	0.78
4	0	38	45	1.00	0.87	0.91
5	0	32	42	1.00	0.73	0.84
6	－	－	－	－	－	－
7	0	42	49	1.00	0.96	0.98
8	0	40	46	1.00	0.91	0.94
9	0	22	32	1.00	0.51	0.65
10	0	29	39	1.00	0.65	0.79
11	0	24	34	1.00	0.55	0.68
12	0	38	45	1.00	0.87	0.92
13	0	40	48	1.00	0.92	0.96
14	0	20	29	1.00	0.46	0.59
15	0	35	43	1.00	0.79	0.87
16	0	29	40	1.00	0.66	0.81
17	0	36	45	1.00	0.83	0.90
18	0	37	45	1.00	0.84	0.90
19	0	42	51	1.00	0.96	1.03
20	0	43	49	1.00	0.98	0.99
21	0	44	50	1.00	1.00	1.00

１．６　塩化物イオン浸透性

（１）質量変化の測定結果

付録表－1.6.1　質量変化測定結果

No.	分類	系統	初期質量（ｇ）	浸漬 90 日後質量（ｇ）	質量変化（ｇ）	質量変化率（％）	無塗布対比（％）
21	無塗布		2293.6	2337.9	44.3	1.93	－
1	シラン系	水系	2369.9	2386.4	16.5	0.70	37.2
2			2360.4	2404.7	44.3	1.88	100.0
3			2271.7	2294.3	22.6	0.99	51.0
4		溶剤系	2315.5	2328.4	12.9	0.56	29.1
5			2310.0	2325.1	15.1	0.65	34.1
6			2344.4	2367.3	22.9	0.98	51.7
7			2357.3	2375.8	18.5	0.78	41.8
8	シラン・シロキサン系	水系	2359.9	2379.3	19.4	0.82	43.8
9			2353.6	2367.0	13.4	0.57	30.2
10			2286.1	2298.3	12.2	0.53	27.5
11			2279.3	2292.4	13.1	0.57	29.6
12			2300.9	2333.6	32.7	1.42	73.8
13		溶剤系	2294.0	2313.9	19.9	0.87	44.9
14		無溶剤系	2406.7	2417.2	10.5	0.44	23.7
15			2386.7	2395.7	9.0	0.38	20.3
16			2277.9	2286.9	9.0	0.40	20.3
17	その他の類	水系	2284.6	2300.8	16.2	0.71	36.6
18			2325.6	2338.0	12.4	0.53	28.0
19		溶剤系	2319.8	2349.7	29.9	1.29	67.5
20			2224.2	2258.1	33.9	1.52	76.5

（２）塩化物イオン浸透深さ測定結果

付録表－1.6.2(1)　塩化物イオン浸透深さ測定結果　（単位：mm）

No.	分類	系統	測定面	測定位置								平均値
				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
21	無塗布		A	26.5	26.2	28.0	28.5	29.2	25.0	21.2	19.0	25.5
			B	20.8	20.1	24.2	27.6	23.5	12.0	12.1	13.8	19.3
1	シラン系	水系	A	5.5	7.0	6.5	10.6	10.3	10.5	8.4	8.0	8.4
			B	13.6	13.0	11.5	22.5	21.7	20.5	24.6	10.7	17.3
2			A	22.5	25.0	23.6	22.1	23.3	23.3	19.5	21.5	22.6
			B	19.1	21.4	20.0	18.5	21.5	22.0	22.8	24.0	21.2
3			A	13.2	16.8	15.8	13.2	16.2	17.0	12.5	15.8	15.1
			B	10.8	12.6	14.2	11.8	9.8	11.4	9.8	17.5	12.2
4		溶剤系	A	15.8	17.3	16.7	16.5	16.0	14.5	11.9	13.0	15.2
			B	4.8	4.5	3.7	3.8	3.5	4.5	3.4	4.1	4.0
5			A	1.5	2.3	2.2	2.7	2.5	2.1	2.0	1.9	2.2
			B	7.5	8.9	7.5	10.0	14.2	15.2	14.8	15.5	11.7
6			A	23.4	16.0	16.2	18.2	18.4	18.5	17.4	17.3	18.2
			B	14.0	12.0	15.0	16.0	15.8	15.2	18.2	19.8	15.8
7			A	11.2	10.5	11.6	11.8	13.8	14.5	12.2	12.8	12.3
			B	11.8	10.6	9.2	9.6	8.4	12.5	11.4	11.5	10.6
8	シラン・シロキサン系	水系	A	10.2	11.8	10.1	11.0	11.0	11.5	12.6	12.0	11.3
			B	11.9	11.6	13.5	14.8	15.5	18.0	17.0	15.3	14.7
9			A	9.6	10.8	10.9	10.0	10.6	10.2	12.0	14.6	11.1
			B	2.5	2.6	3.2	3.5	4.2	5.0	4.9	5.8	4.0
10			A	9.5	6.8	8.0	8.2	7.8	7.2	10.3	10.7	8.6
			B	6.5	3.6	4.0	3.2	2.8	4.6	5.6	5.1	4.4
11			A	10.8	10.8	10.5	10.6	12.0	8.9	10.5	12.8	10.9
			B	7.0	7.2	8.6	9.0	9.2	9.0	9.5	10.0	8.7
12			A	16.3	19.4	21.8	22.3	22.5	21.0	20.5	19.0	20.4
			B	13.2	14.1	14.3	15.3	14.2	16.0	18.4	22.3	16.0

付録表－1.6.2(2)　塩化物イオン浸透深さ測定結果　（単位：mm）

No.	分類	系統	測定面	測定位置								平均値
				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
13	シラン・シロキサン系	溶剤系	A	12.5	13.0	12.6	16.0	15.4	15.2	16.1	16.3	14.6
			B	19.5	18.2	14.8	16.6	16.3	15.0	16.4	16.8	16.7
14		無溶剤系	A	3.2	2.4	3.6	5.2	3.6	3.8	4.8	6.5	4.1
			B	7.8	6.5	4.6	4.8	5.0	3.2	2.4	0.5	4.4
15			A	9.3	9.0	10.8	8.0	3.9	3.5	4.0	0.0	6.1
			B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16			A	4.2	5.5	3.6	3.8	4.2	4.8	3.8	2.5	4.1
			B	13.2	11.6	9.6	8.5	10.4	11.5	11.4	12.4	11.1
17	その他の類	水系	A	11.2	8.3	9.2	6.8	2.5	2.5	8.8	6.4	7.0
			B	1.5	1.5	2.2	4.6	4.5	3.5	5.5	10.5	4.2
18			A	2.0	1.2	6.2	7.0	5.8	2.8	1.6	1.2	3.5
			B	10.8	9.5	8.8	5.5	4.2	4.2	2.0	7.0	6.5
19		溶剤系	A	16.2	13.2	16.4	14.2	13.6	14.8	15.5	16.2	15.0
			B	14.5	17.0	20.2	24.2	25.2	26.4	17.0	13.8	19.8
20			A	13.6	12.2	13.4	14.8	12.6	10.2	9.2	14.2	12.5
			B	17.5	18.6	19.5	17.2	15.8	19.2	14.5	17.0	17.4

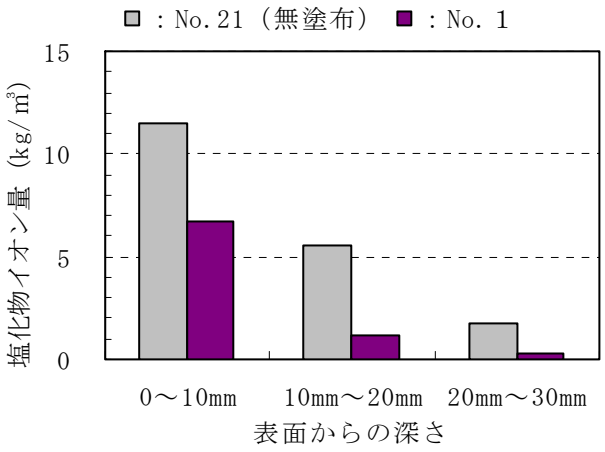
（３）塩化物イオン量測定結果

付録表－1.6.3　塩化物イオン量測定結果

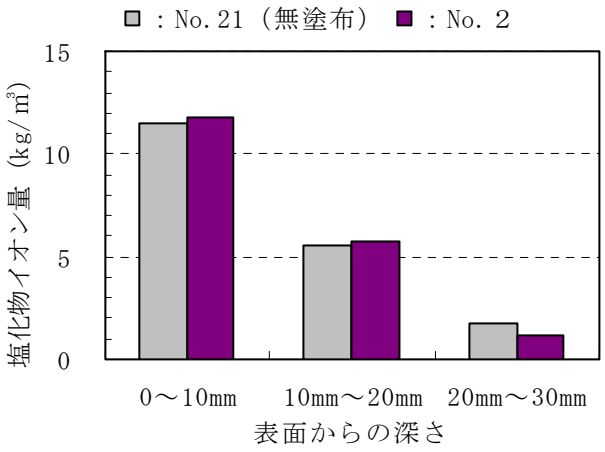
No.	分類	系　統	塩化物イオン量（kg/m³）		
			0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm
21	無塗布		11.47	5.53	1.72
1	シラン系	水系	6.75	1.16	1.14
2			11.79	5.76	1.14
3			14.67	4.24	0.18
4		溶剤系	7.12	0.63	0.11
5			7.77	1.15	0.11
6			11.18	2.34	0.06
7			6.94	1.79	0.07
8	シラン・シロキサン系	水　系	8.63	1.82	0.11
9			8.21	0.37	0.06
10			7.38	0.30	0.05
11			6.57	0.23	0.15
12			10.93	3.97	0.74
13		無溶剤系	12.44	2.41	0.03
14			5.63	0.20	0.00
15			2.05	0.13	0.00
16			4.47	0.23	0.05
17	その他の類	水　系	8.17	0.30	0.17
18			5.22	0.53	0.04
19		溶剤系	9.16	4.86	0.66
20			10.99	2.60	0.07

（４）塩化物イオン量測定結果グラフ

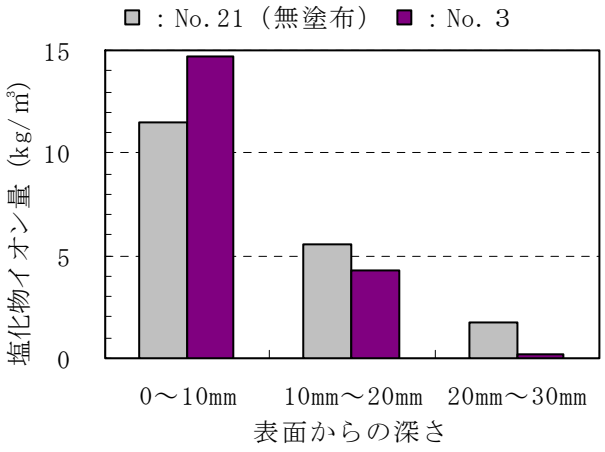
試験体番号 No. １ （水系）



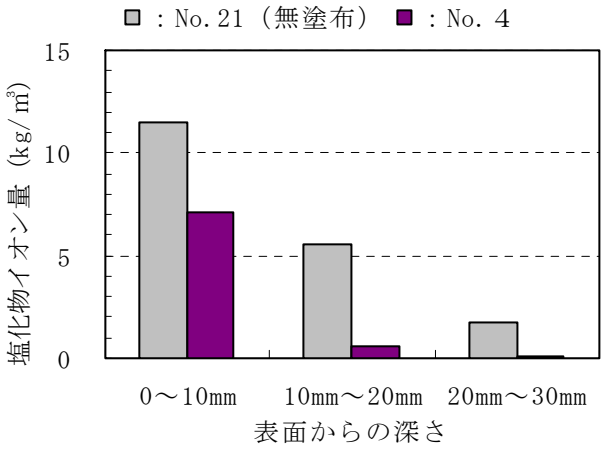
試験体番号 No. ２ （水系）



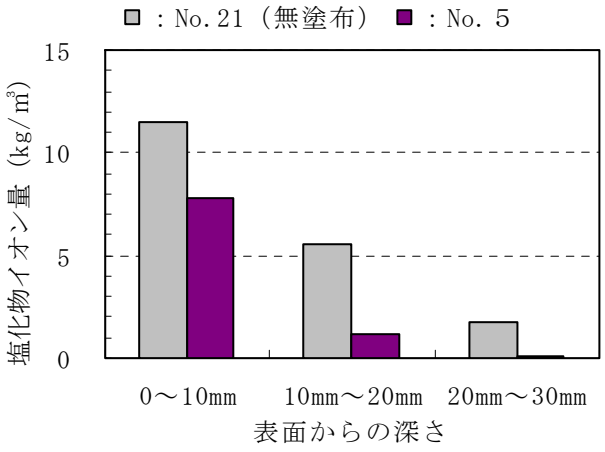
試験体番号 No. ３ （水系）



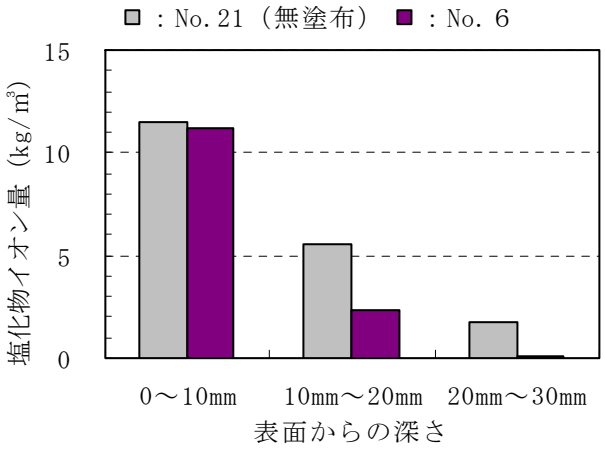
試験体番号 No. ４ （溶剤系）



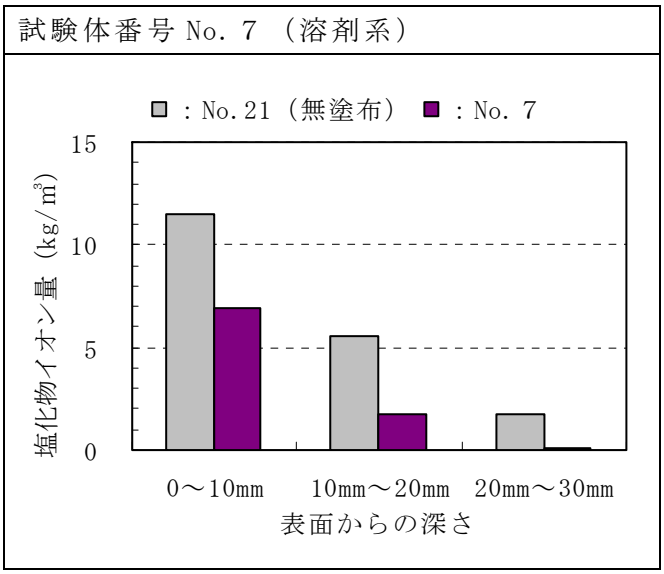
試験体番号 No. ５ （溶剤系）



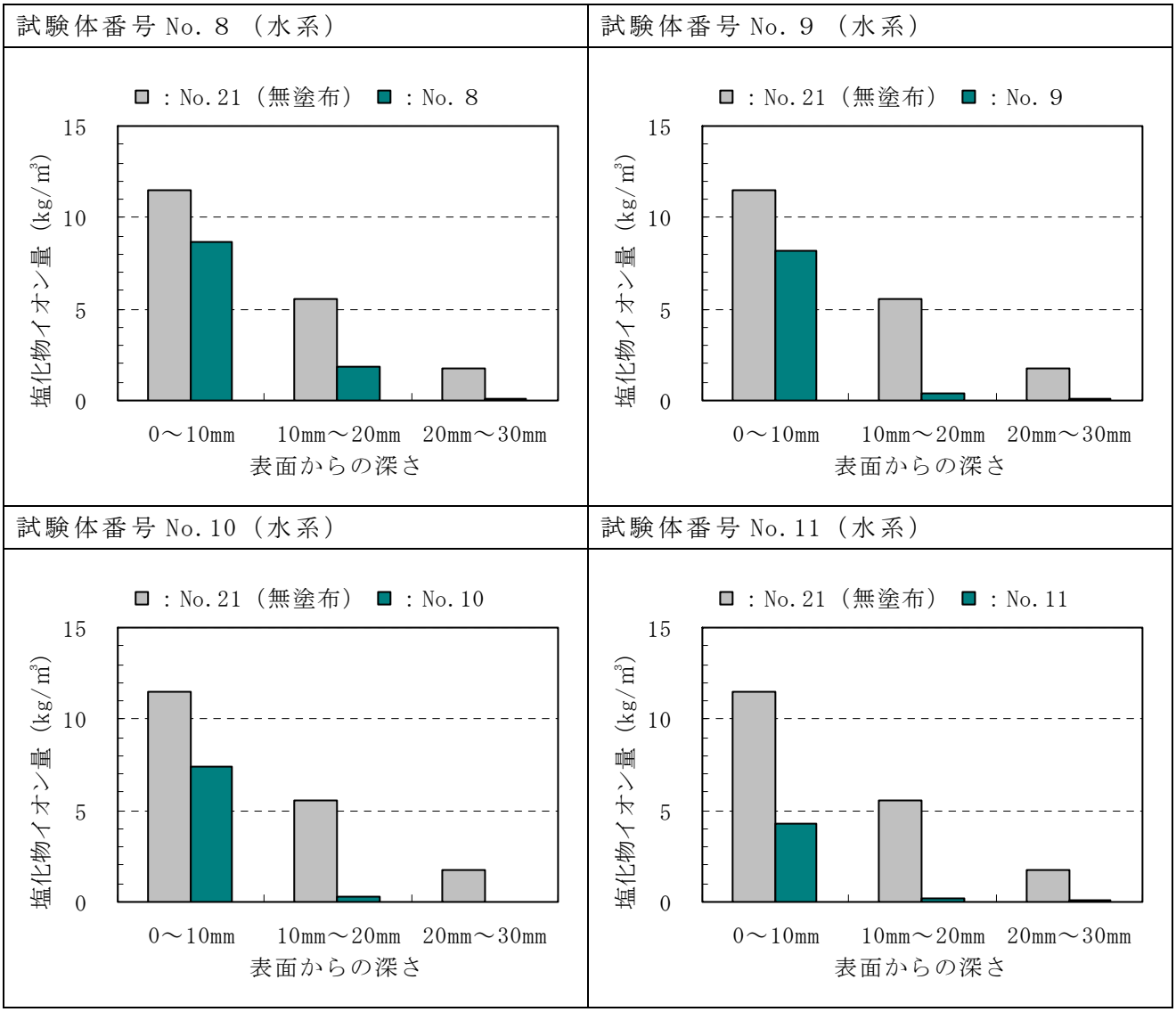
試験体番号 No. ６ （溶剤系）



付録図－1.6.1(1)　塩化物イオン量（シラン系）

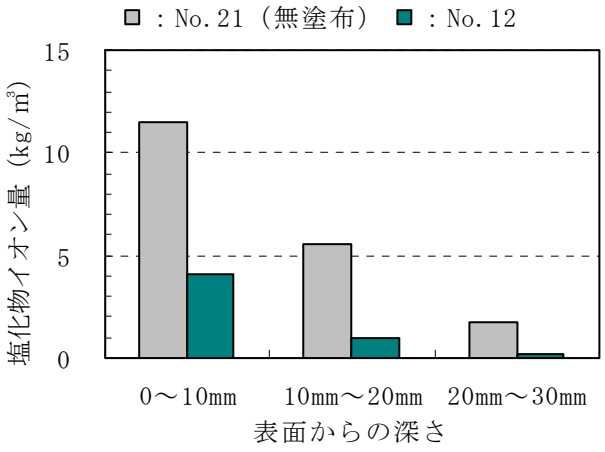


付録図－1.6.1(2)　塩化物イオン量（シラン系）

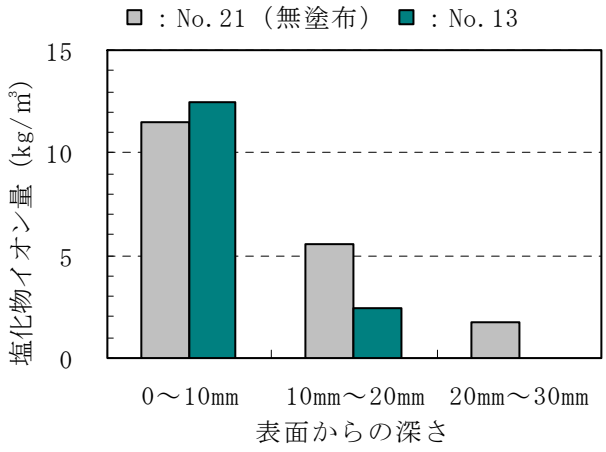


付録図－1.6.2(1)　塩化物イオン量（シラン・シロキサン系）

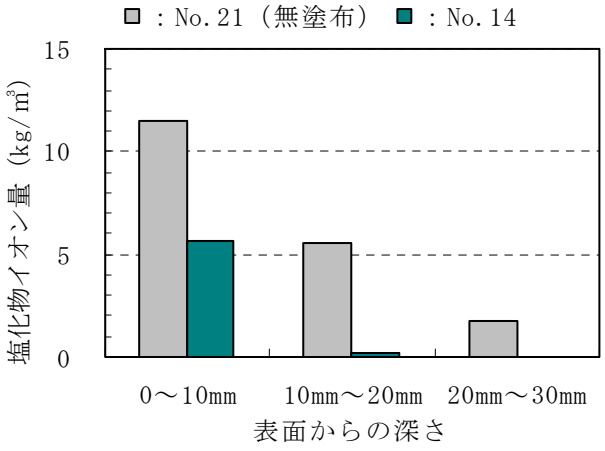
試験体番号 No.12（水系）



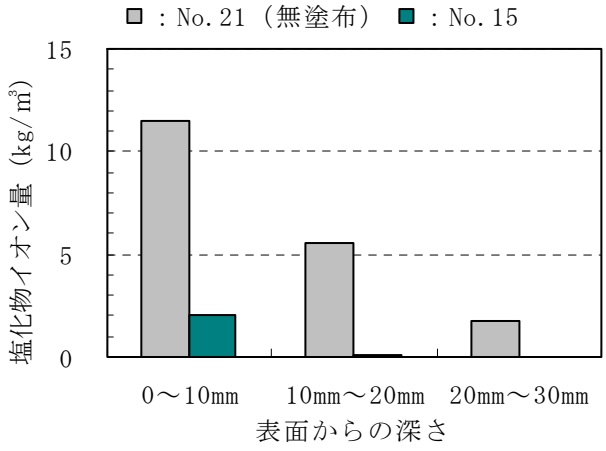
試験体番号 No.13（溶剤系）



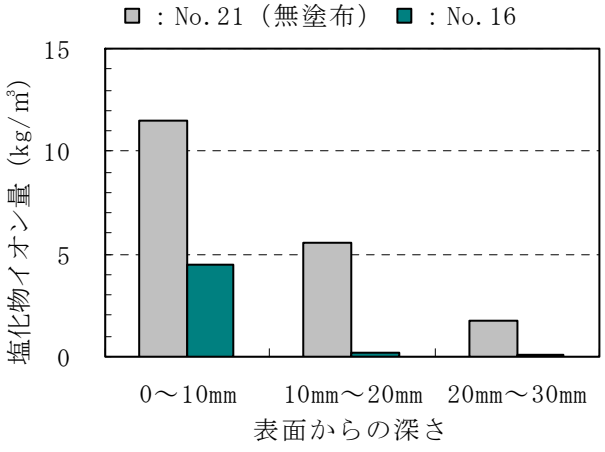
試験体番号 No.14（無溶剤系）



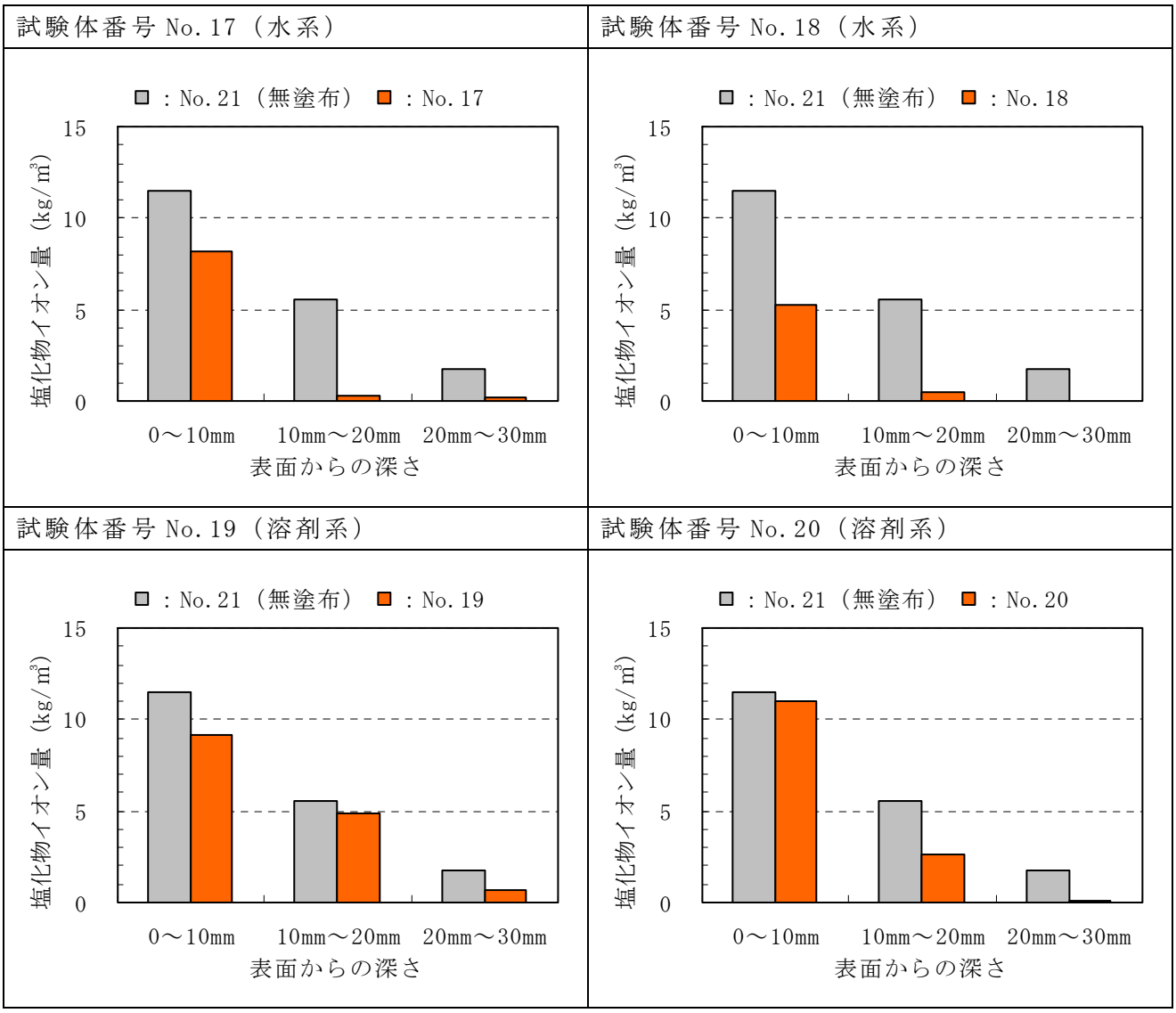
試験体番号 No.15（無溶剤系）



試験体番号 No.16（無溶剤系）



付録図－1.6.2(2)　塩化物イオン量（シラン・シロキサン系）



付録図－1.6.3　塩化物イオン量（その他の類）

（５）促進試験での耐久性予測（かぶり厚さ 70mm）

濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に浸漬した表面から深さ方向 3 箇所の塩分物イオン量から見掛けの拡散係数等を推定し、保護材の傾向を確認した。

なお、浸漬によるコンクリート中の見掛けの拡散係数の算出は、塩分物イオン量分布より、下式に示すフィックの拡散方程式に基づく回帰分析から曲線を引き、塩化物イオン量の測定結果と比較することより求めた。回帰分析には、「コンクリート中の塩化物イオン濃度分布簡易分析シート」および JSCE-G 572-2003 に準じた。

簡易分析シートは、表面から深さ方向 0 から 10 ㎜と 10 ㎜から 20 ㎜との 2 点が計算値と実測値の差がよく合致するように算出した。

次式に算出に用いた塩化物イオンの見掛けの拡散係数(cm²/年)を示す。

$$C\ (X.t)\ = C_{0}\ \left(1 - erf\ \frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}}\right)$$

ここに、$C(x.t)$：深さ x,時刻 t における塩化物イオン量

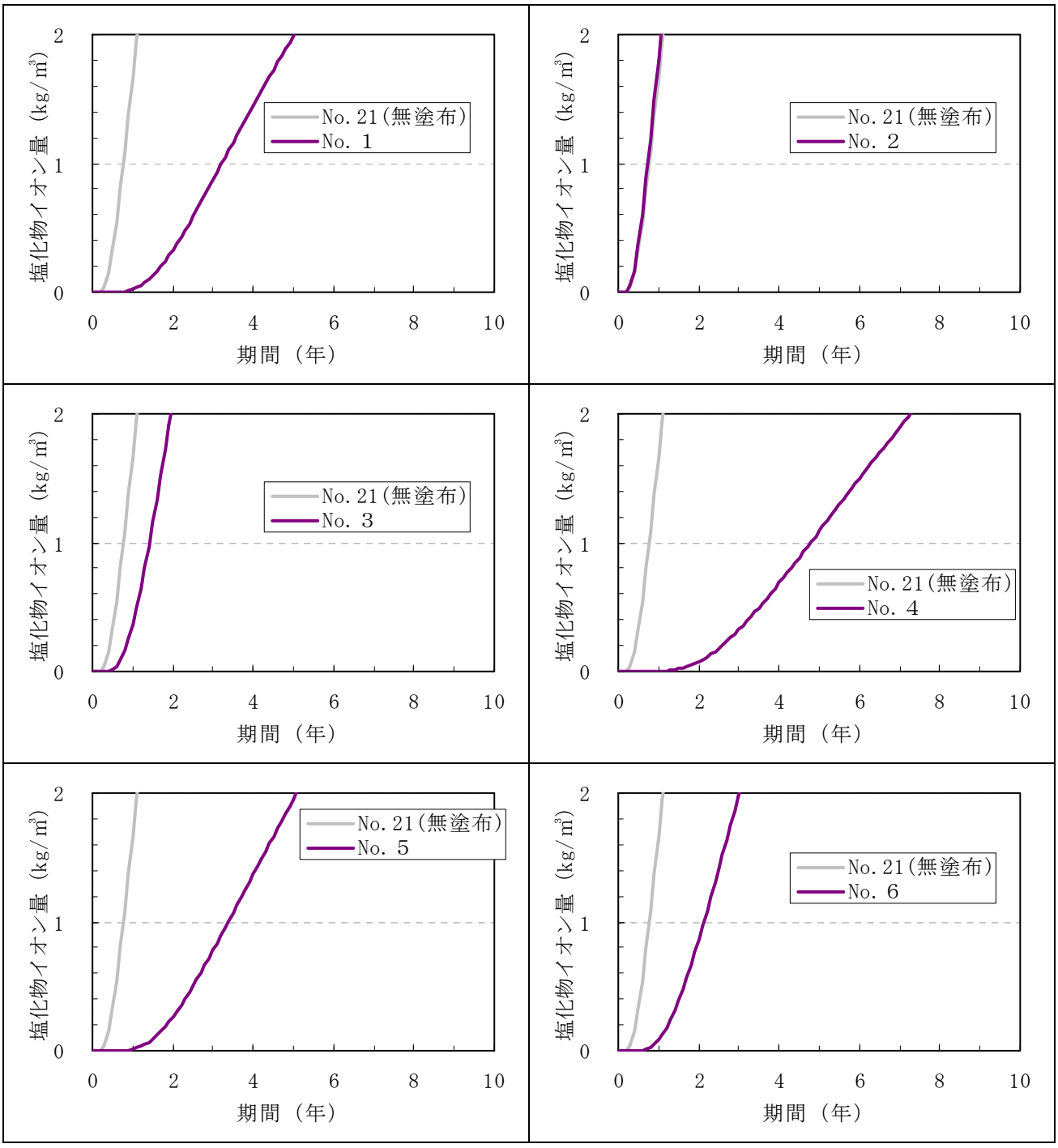
C_{0}：表面塩化物イオン量(kg/m³)

D：見掛けの拡散係数(cm²/年)

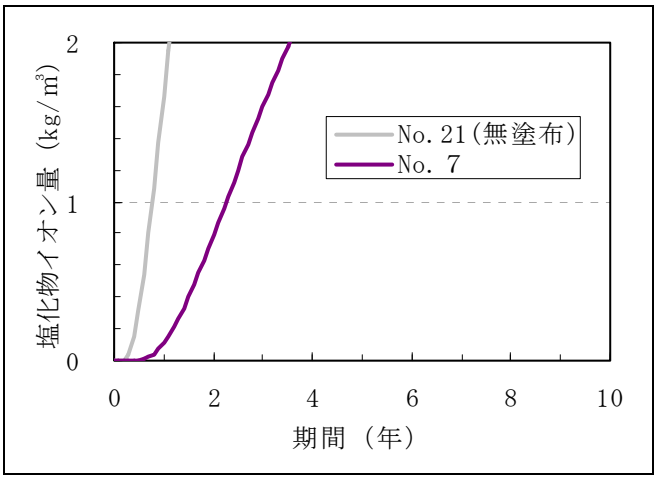
erf：誤差関数

見掛けの拡散係数の算出は、塩分物イオン量分布より、JSCE-G 572-2003（土木学会）に示されるフィックの拡散方程式に基づき、表面塩化物イオン量・見かけの拡散係数・初期塩化物イオン量等を推定するためのテンプレート「コンクリート中の塩化物イオン濃度分布簡易分析シート」(土木研究所）を使用して、塩化物イオン量の測定結果と計算値を比較することにより求めた。

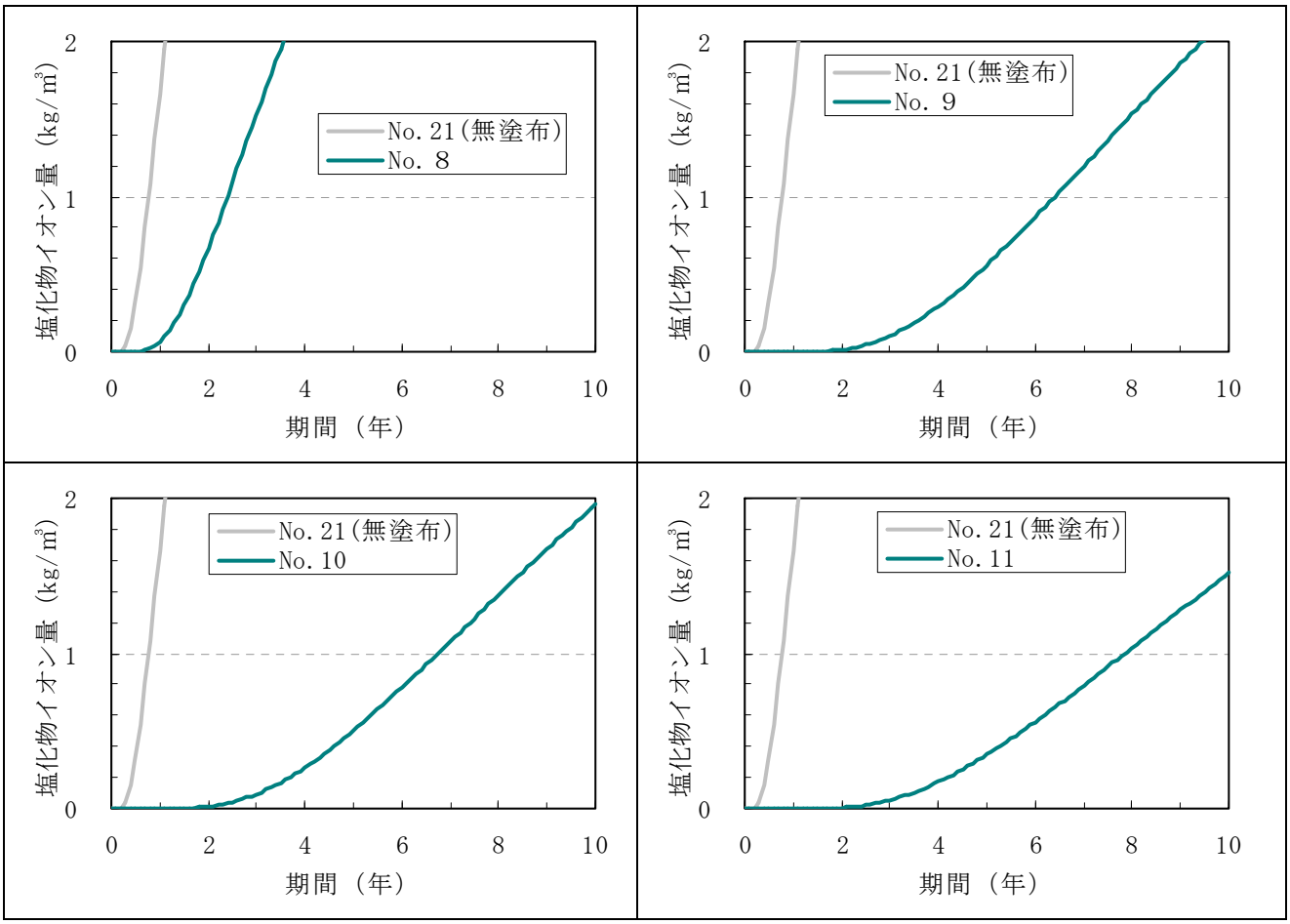
ただし、塩化物イオン量分析用コンクリート試験片の切出しは、原則として 5 箇所以上について行うものであるが、塩化物イオンの浸透深さが浅いため、3 箇所での採取となった。このため、簡易分析シートによる測定値と計算値のグラフが、表層から 10mm と 10mm から 20mm との 2 点でよく合致するように算出したが､推定を手作業で行う点や測定値の少ないことから、推定した表面塩化物イオン量、見掛けの拡散係数は、参考値として、将来の塩化物イオン濃度の推定値を参考資料として付録図－1.5 に示した。なお、推定値の、最小かぶりを「道路橋示方書・同解説（平成 14 年 3 月)」(社)日本道路協会,5 章耐久性の検討より、鉄筋コンクリート構造から 70mm とした。



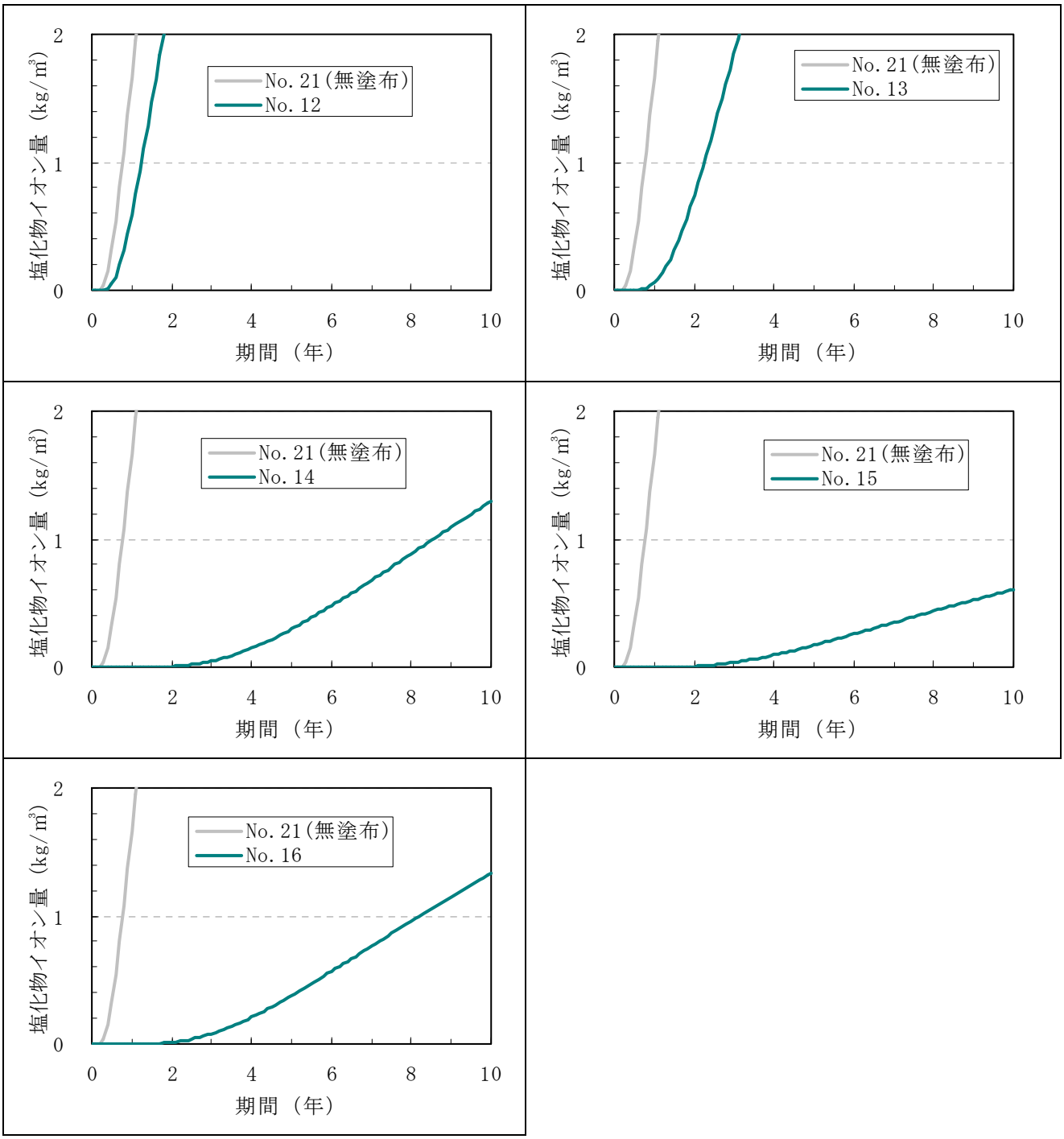
付録図－1.6.4(1)　促進試験での耐久性予測（シラン系）



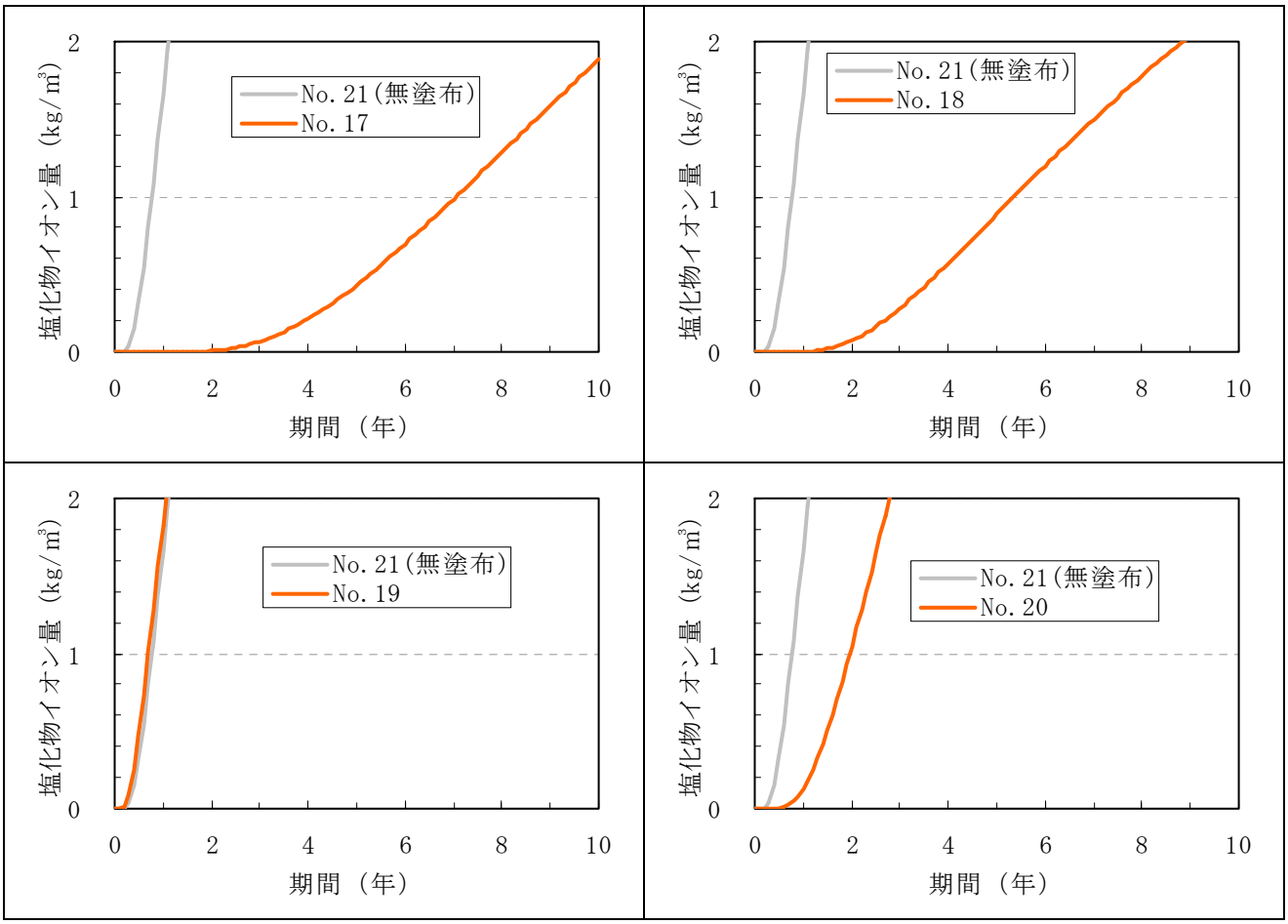
付録図－1.6.4(2)　促進試験での耐久性予測（シラン系）



付録図－1.6.5(1)　促進試験での耐久性予測（シラン・シロキサン系）



付録図－1.6.5(2)　促進試験での耐久性予測（シラン・シロキサン系）



付録図－1.6.6　促進試験での耐久性予測（その他の類）

１．７　中性化深さ

（１）中性化深さの測定結果

付録表－1.7.1(1)　促進試験後の測定結果

No.	分類	形　態	促進中性化試験結果(65日間)											
			A面		B面		備　考		ペーハ測定				X線回析(○印実施)		
			測定位置	深さ	測定位置	深さ	最大・最小深さ及び６ヶ所平均		pHメータ	表層部(5㎜)	境界部	中央部	表層部(5㎜)	表層部(5㎜～12㎜)	中央部
21	無塗布		①	2.60	④	5.60	最大	9.50	pH82	11.37	－	12.24	○フェノールフタレイン赤変なし	－	○フェノールフタレイン赤変部
			②	5.80	⑤	7.60	最小	2.40	pH81	11.43	－	11.93			
			③	8.00	⑥	4.70	平均	5.60	試験紙	9～10	－	11			
			平均	5.47	平均	5.97									
1	シラン系	水　系	①	4.50	④	6.30	最大	13.80	pH82	10.99	11.6	12.19	－	－	－
			②	8.20	⑤	8.00	最小	3.20	pH81	11.11	11.32	11.5			
			③	6.00	⑥	5.00	平均	6.30	試験紙	8	10～11	11			
			平均	6.23	平均	6.43									
2			①	10.50	④	9.90	最大	14.40	－	－	－	－	－	－	－
			②	10.70	⑤	9.30	最小	3.90	－	－	－	－			
			③	9.90	⑥	8.70	平均	8.80	－	－	－	－			
			平均	10.37	平均	9.30									
3			①	4.40	④	5.40	最大	10.10	－	－	－	－	－	－	－
			②	7.00	⑤	7.60	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	4.80	⑥	5.80	平均	7.50	－	－	－	－			
			平均	5.40	平均	6.27									
4		溶剤系	①	11.30	④	9.80	最大	13.70	－	－	－	－	－	－	－
			②	11.70	⑤	10.00	最小	2.80	－	－	－	－			
			③	4.30	⑥	11.20	平均	9.70	－	－	－	－			
			平均	9.10	平均	11.20									
5			①	4.30	④	6.00	最大	15.10	－	－	－	－	－	－	－
			②	7.50	⑤	5.60	最小	1.50	－	－	－	－			
			③	3.60	⑥	5.50	平均	5.40	－	－	－	－			
			平均	5.13	平均	5.70									
6			①	8.90	④	9.90	最大	14.90	－	－	－	－	－	－	－
			②	7.20	⑤	9.30	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	6.00	⑥	8.70	平均	8.30	－	－	－	－			
			平均	7.37	平均	9.30									
7			①	5.90	④	9.10	最大	15.40	pH82	10.52	11.17	12.39	○フェノールフタレイン赤変なし	○フェノールフタレイン赤変なし	○フェノールフタレイン赤変部
			②	7.20	⑤	12.60	最小	2.30	pH81	10.66	11.37	11.69			
			③	7.00	⑥	10.70	平均	8.70	試験紙	8	9	11			
			平均	6.70	平均	10.80									
8	シラン・シロキサン系	水　系	①	6.60	④	8.10	最大	15.60	－	－	－	－	－	－	－
			②	7.40	⑤	11.80	最小	4.90	－	－	－	－			
			③	10.10	⑥	7.80	平均	8.60	－	－	－	－			
			平均	8.03	平均	9.23									
9			①	8.00	④	9.80	最大	13.20	pH82	11.41	－	－	－	－	－
			②	10.80	⑤	10.00	最小	2.80	pH81	11.22	－	－			
			③	14.10	⑥	11.20			試験紙	9～10	－	－			
			平均	10.97	平均	10.33	平均	8.60							
10			①	2.20	④	4.50	最大	7.50	－	－	－	－	－	－	－
			②	3.00	⑤	5.30	最小	2.80	－	－	－	－			
			③	2.30	⑥	4.20			－	－	－	－			
			平均	2.50	平均	4.67	平均	3.50							
11			①	5.90	④	4.60	最大	7.30	－	－	－	－	－	－	－
			②	8.50	⑤	5.80	最小	1.50	－	－	－	－			
			③	5.70	⑥	5.50			－	－	－	－			
			平均	6.70	平均	5.30	平均	6.00							
12			①	8.90	④	9.90	最大	11.80	－	－	－	－	－	－	－
			②	7.20	⑤	9.30	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	6.00	⑥	8.70	平均	2.90	－	－	－	－			
			平均	7.37	平均	9.30									

付録表－1.7.1(2)　促進試験後の測定結果

No.	分類	形態	促進中性化試験結果(65日間)											
			A面		B面		備考		ペーハ測定				X線回析(○印実施)		
			測定位置	深さ	測定位置	深さ	最大・最小深さ及び6ヶ所平均		pHメータ	表層部(5mm)	境界部	中央部	表層部(5mm)	表層部(5mm～12mm)	中央部
13	シラン・シロキサン系	溶剤系	①	0.00	④	4.40	最大	7.90	－	－	－	－	－	－	－
			②	3.30	⑤	2.60	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	7.40	⑥	0.00	平均	2.90	－	－	－	－			
			平均	3.57	平均	2.33									
14		無溶剤系	①	5.00	④	5.80	最大	12.20	－	－	－	－	○フェノールフタレイン赤変なし	○フェノールフタレイン赤変なし	○フェノールフタレイン赤変部
			②	10.80	⑤	8.20	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	12.60	⑥	6.10	平均	9.90	－	－	－	－			
			平均	9.47	平均	6.70									
15			①	4.20	④	0.00	最大	8.80	－	－	－	－	－	－	－
			②	4.10	⑤	0.00	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	1.90	⑥	0.00	平均	1.70	－	－	－	－			
			平均	3.40	平均	0.00									
16			①	5.50	④	5.80	最大	12.70	－	－	－	－	－	－	－
			②	8.50	⑤	8.20	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	9.10	⑥	6.10	平均	7.20	－	－	－	－			
			平均	7.70	平均	6.70									
17	その他の類	水系	①	7.10	④	－	最大	18.00	－	－	－	－	－	－	－
			②	7.10	⑤	－	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	11.00	⑥	－	平均	8.10	－	－	－	－			
			平均	8.40	平均	－									
18			①	6.20	④	4.30	最大	12.00	－	－	－	－	－	－	－
			②	7.50	⑤	6.60	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	3.30	⑥	7.40	平均	5.80	－	－	－	－			
			平均	5.67	平均	6.10									
19		溶剤系	①	6.20	④	4.30	最大	16.80	－	－	－	－	－	－	－
			②	7.50	⑤	6.60	最小	5.10	－	－	－	－			
			③	3.30	⑥	7.40	平均	8.10	－	－	－	－			
			平均	5.67	平均	6.10									
20			①	4.20	④	0.00	最大	8.80	－	－	－	－	－	－	－
			②	4.10	⑤	0.00	最小	0.00	－	－	－	－			
			③	1.90	⑥	0.00	平均	1.70	－	－	－	－			
			平均	3.40	平均	0.00									

（２）中性化深さの機器分析結果

１）粉末Ｘ線回折

中性化においては、水酸化カルシウムおよびC-H-Sから炭酸カルシウムへの変化が主要な反応である。

中性化生成物の炭酸カルシウムは、通常、結晶度のよい結晶性物質として生成するため、粉末Ｘ線回折により炭酸カルシウム量の測定を行い、中性化深さの確認を行い、フェノールフタレイン法と比較した。

①試験体

無塗布No.21、シラン系No.７（溶剤系）、シラン・シロキサン系No.19（無溶剤系）

②試験条件および結果

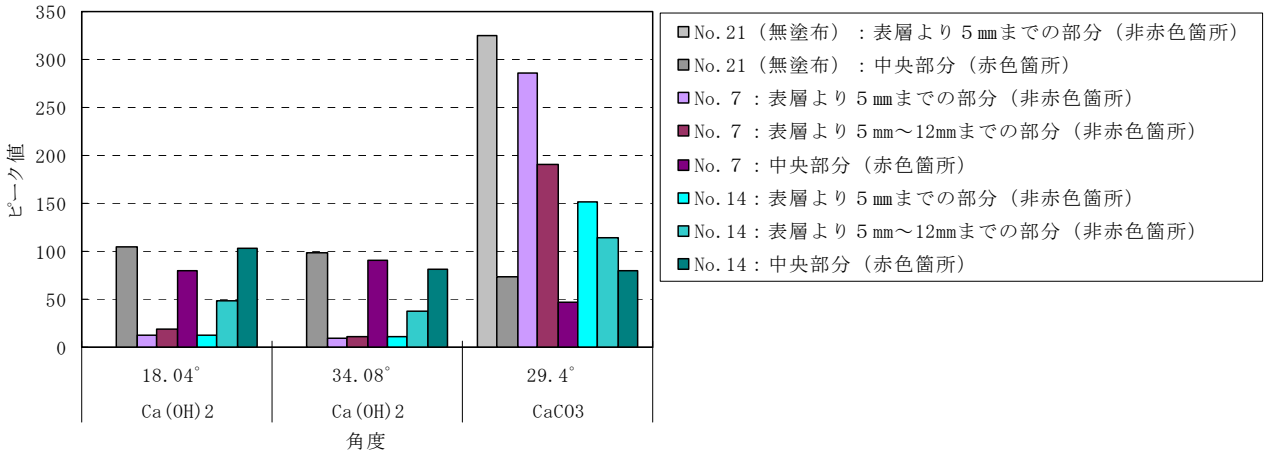
試験条件および結果を付録表－1.7.2および付録表－1.7.3および付録図－1.7.1に示す。

付録表－1.7.2　試験条件

測　定　法	ステップ
測　定　軸	２θ－θ
モード	通常
ターゲット	Ｃｕ
計測時間（ｓｅｃ）	0.5
管電圧（ｋＶ）	40.0
管電流	20.0
ステップ角度（°）	0.02
スムージング点数	11
スムージング回数	1
２θ補正角度	0.00
発散スリット	1°
受光スリット	0.2mm
散乱スリット	1°

付録表－1.7.3　試験結果　（ピーク値）

No.	分類	形　態	測定場所	フェノールフタレイン	試験結果			$Ca(OH)_2$	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$
					pHﾒｰﾀ	試験紙	備　考	18.04°	34.08°	29.4°
21	無塗布		表層より５㎜までの部分（非赤色箇所）	発色なし	8.2	8	強い炭酸カルシウムが検出されており、中性化が確認できる。	0	0	325
			中央部分（赤色箇所）	赤発色	11.8	11	水酸化カルシウムが認められたが、炭酸カルシウムが少なく、中性化の進行は、少ない。	105	98	74
7	シラン系	溶剤系	表層より５㎜までの部分（非赤色箇所）	発色なし	8.2	8	炭酸カルシウムが検出されており、中性化が確認できる。	13	9	286
			表層より５㎜～12㎜までの部分（非赤色箇所）	発色なし	11.27	9	炭酸カルシウムが検出されており、中性化が確認できる。	18	11	190
			中央部分（赤色箇所）	赤発色	12.04	11	水酸化カルシウムが認められたが、炭酸カルシウムが少なく、中性化の進行は、少ない。	79	91	47
14	シラン・シロキサン系	無溶剤系	表層より５㎜までの部分（非赤色箇所）	発色なし	内部撥水箇所で測定できず		炭酸カルシウムが検出されており、中性化が確認できる。	13	11	154
			表層より５㎜～12㎜までの部分（非赤色箇所）	発色なし	内部撥水箇所で測定できず		炭酸カルシウムが検出されており、中性化が確認できる。	45	37	114
			中央部分（赤色箇所）	赤発色	内部撥水箇所で測定できず		水酸化カルシウムが認められたが、炭酸カルシウムが少なく、中性化の進行は、少ない。	103	85	84



付録図－1.7.1　ピーク値の比較

２）示差熱・熱分析法

熱分析の対象となる熱の出入りを伴う反応として、水酸化カルシウムやC-H-Sからの脱水、中性化生成物である炭酸カルシウムの脱炭酸等がある。水酸化カルシウムの脱水反応および炭酸カルシウムの脱炭酸反応は、大きな吸熱と重量減少を伴うことから、中性化深さの確認が可能と考え、フェノールフタレイン法と比較した。

①試験基材

試験体番号19(無溶剤系シラン・シロキサン系)と同等

②試験条件

ａ）試験基材：寸法 100mm×100mm×50mm

W／C	セメント	水	細骨材	粗骨材
57%	285(kg/m^3)	162	857	1030

ｂ）塗布条件

コンクリート試験片の型枠面（裏面はエポキシ樹脂にてシール）に対し、浸透性コンクリート保護材を 200g/m^2 塗布し、室温にて７日養生後評価に供した。

③促進中性化試験条件

使用機器　：CO_2インキュベーター「APC－30D」㈱アステック製

CO_2濃度　：10%

温　　度　：40℃

湿　　度　：70～80%

促進期間　：３週間

④測定方法

ａ）フェノールフタレイン

促進試験片を、浸透性吸水防止材塗布面に対し垂直に２分割し、その断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し発色状態を確認した。(発色しなかった部分を中性化部分とし、その深さをノギスで測定した。)

ｂ）ＴＧ／ＤＴＡ法

フェノールフタレイン法にて２分割した試験片の型枠面より５、10、15、20ｍｍの位置をφ５ｍｍのドリルで削り、50mg程度コンクリート粉を採取し、以下のＴＧ／ＤＴＡ装置[注)]で分析した。

注)ＴＧ／ＤＴＡ　製品名：220Ｕ（セイコーインスツルメンツ㈱製)、測定条件　雰囲気：Ａｉｒ中、温度：30～900℃速度：15℃／min、試　料：20ｍｇ
中性化割合：重量減少をＴＧより読み取り、Ｃａ(ＯＨ)$_2$からＣａＣＯ$_3$に変化した量を算出した。なお、算出式については、(宮武洋之・長田晴道，セメント・コンクリート No.676.Jun.2003，pp.26－32）記載の式を用いた。

④結果

ａ）フェノールフタレイン法

浸透性吸水防止材を塗布した試験片は、試験片内部に形成された吸水防止層が撥水するためフェノールフタレインを噴霧しても着色しないので、中性化の判別困難な箇所もあった。

ｂ）ＴＧ／ＤＴＡ法

$Ca(OH)_2$、$CaCO_3$の試薬により、$Ca(OH)_2$の脱水反応(450℃付近、$Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O$)〔付録図－1.7.2〕および $CaCO_3$の脱炭酸反応(800℃付近、$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$)〔付録図－1.7.3〕を確認した。(いずれも吸熱反応のピーク)

コンクリート試験片中の $Ca(OH)_2$の脱水反応および中性化により生成した $CaCO_3$の脱炭酸反応をＤＴＡで確認した。付録図－1.7.4および付録図－1.7.5に促進中性化試験後の無塗布コンクリート試験片のＴＧ／ＤＴＡチャートを示す。

・ＤＴＡ

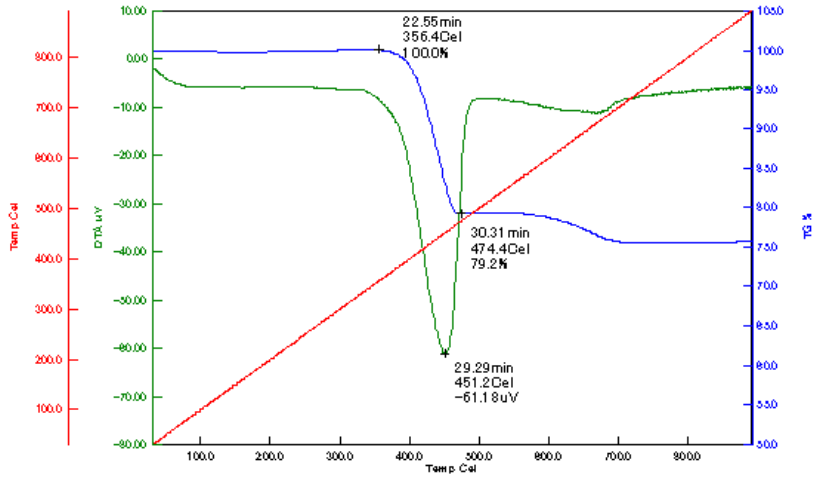
「フェノールフタレイン法」により発色しなかった部分(中性化部分)では $CaCO_3$のピークのみが確認され、赤く発色した部分(中性化していない部分)では、$Ca(OH)_2$のピークのみ確認できた。よって、ＤＴＡの結果はフェノールフタレイン法の結果と一致していることを確認した。

・ＴＧ

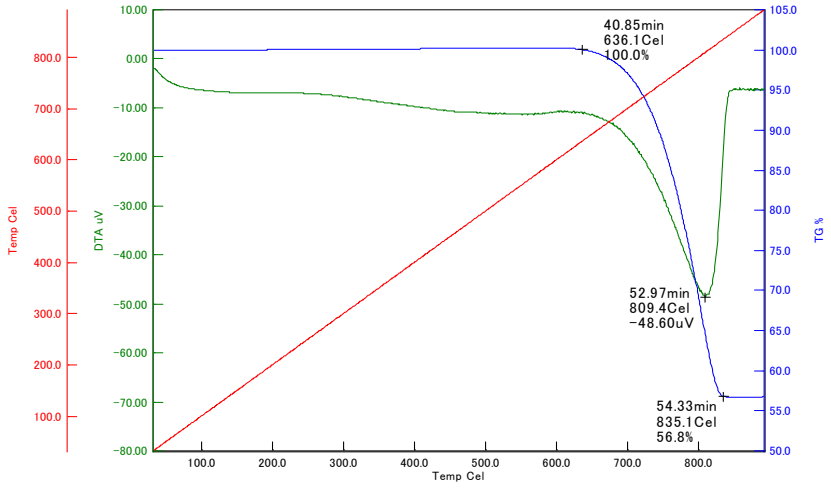
脱水、脱炭酸反応共に明瞭な重量減少が認められず、「$Ca(OH)_2$の脱水反応」は356～474℃間、　「$CaCO_3$の脱炭酸反応」は636～835℃間の重量減少量とし中性化割合の算出を試みたが、データにばらつきが大きく、中性化が進行していないと思われる箇所でも高い値を示す場合があった。これは、コンクリート中にある、$Ca(OH)_2$、$CaCO_3$以外の分解成分ならびに、サンプリングした試料中に混入している骨材成分の影響と推察され、中性化割合の算出は今回実施した試験方法では難しいと思われた。

３）今後の課題

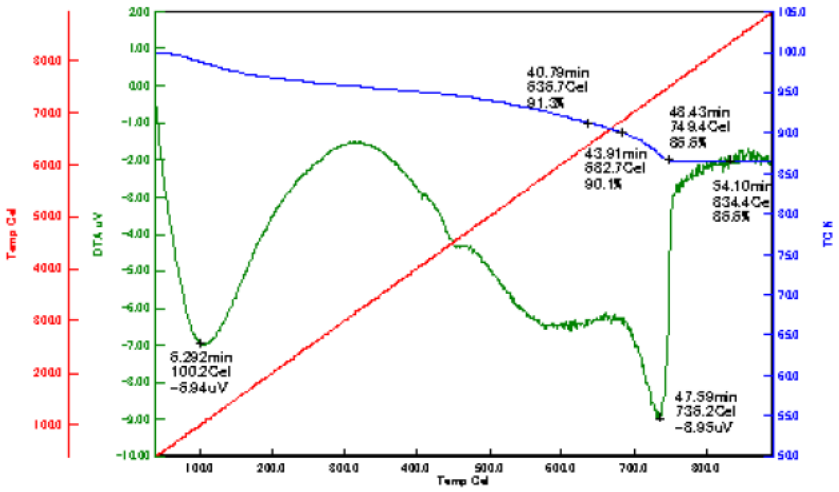
熱分析法のうちの「ＤＴＡ」法は、従来の「フェノールフタレイン法」と良好な相関関係を示した。しかし、コンクリート成分中の分解成分、骨材の影響が無視できず、中性化割合まで算出するには、サンプリング法、サンプリング量、算出式において課題が残った。一方「ＴＧ」法は、従来の「フェノールフタレイン法」との関係は得られなかった。



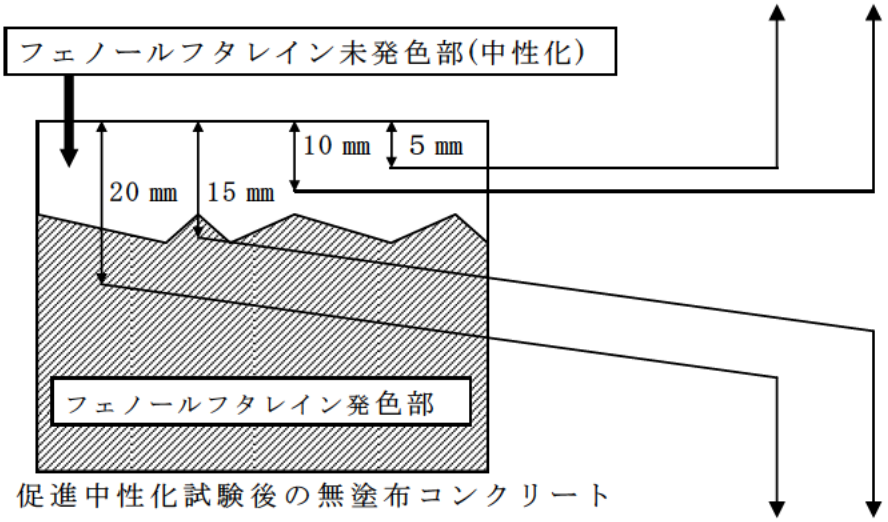
付録図－1.7.2　$Ca(OH)_2$の脱水反応

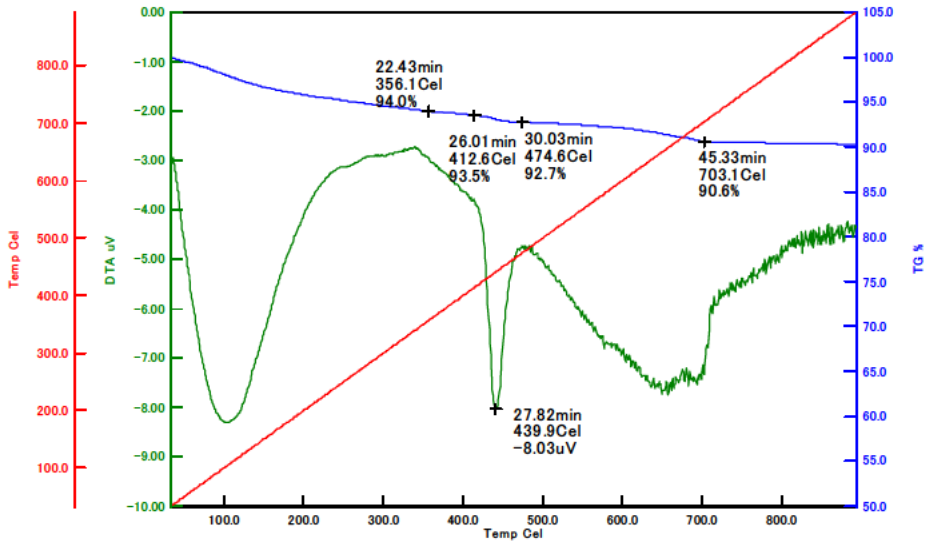


付録図－1.7.3　$CaCO_3$の脱炭酸反応



付録図－1.7.4　促進中性化試験（３週）後の無塗布コンクリート試験体
（フェノールフタレイン未発色部）





付録図－1.7.2(2)　促進中性化試験（３週）後の無塗布コンクリート試験体
（フェノールフタレイン発色部）

付録－２．第１次暴露試験データ

２．１　外観観察および色差（ΔE^*_{ab}）と明度差（ΔL^*）
２．２　表面撥水性（初期および暴露経年後の表面撥水性）
２．３　浸透深さ（内部撥水性）
２．４　透水量
２．５　透湿性
２．６　塩化物イオン浸透性（親不知，沖縄）
２．７　中性化深さ
２．８　長期暴露

２．１　外観観察

（１）外観観察測定結果

付録表－2.1.1(1)　外観観察結果

試験体	系　統	分　類	形　態	つくば					東京(国道側)					東京(首都高側)				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水系	シラン系	単独形	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
2				○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
3				○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
4	溶剤系		単独形	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
5				○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
6				○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
7				○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
9				○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
10				○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
11				○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	×	○	○
12			造膜形	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
13	溶剤系			×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×
14	無溶剤系		単独形	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
15			造膜形	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
16				×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
17	水系	その他の類	単独形	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
18			造膜形	○	×	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×
19	溶剤系		単独形	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
20			造膜形	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
21	無塗布			○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○

注)○：変化なし　×：変化あり（光沢あり、変色あり、表面劣化、藻の発生、はがれ）

付録表－2.1.1(2)　外観観察結果

試験体	系　統	分類	形態	朝　霧					親不知					沖　縄				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水系	シラン系	単独形	○	○	○	×	×	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×
2				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○
3				○	○	○	×	×	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×
4	溶剤系		単独形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5				○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○
6				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○	×	×	○	○
9				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12			造膜形	○	○	○	×	×	○	○	○	×	×	○	×	×	○	○
13	溶剤系			○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
14	無溶剤系		単独形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
15			造膜形	○	○	○	×	×	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×
16				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	水系	その他の系	単独形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
18			造膜形	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
19	溶剤系		単独形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
20			造膜形	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
21	無塗布			○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○	×	×	×

注)○：変化なし　×：変化あり（光沢あり、変色あり、表面劣化、藻の発生、はがれ）

（２）色差測定結果

付録表－2.1.2　つくば色差測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	色差（⊿E^*_{ab}）					明度差（⊿L^*）				
				１年	２年	３年	４年	５年	１年	２年	３年	４年	５年
1	水　系	シラン系	単独形	3.04	2.69	6.73	2.97	4.10	-1.85	1.58	6.50	-0.62	2.57
2				4.64	5.90	8.72	12.67	15.13	3.77	-0.02	-6.60	-10.50	-13.21
3				2.42	4.92	5.98	2.72	6.85	-1.44	4.87	5.95	2.70	6.84
4	溶剤系			8.26	8.85	9.25	6.95	7.71	7.70	6.75	5.54	-3.70	-5.00
5				3.21	4.56	7.33	8.82	12.97	1.42	-1.75	-5.09	-7.18	-11.25
6				8.65	4.49	5.10	12.75	13.97	8.60	1.10	-2.50	-10.92	-13.60
7				9.53	7.78	9.12	8.79	13.78	9.40	3.37	-7.79	-4.90	-11.91
8	水　系	シラン・シロキサン系		9.22	3.17	2.08	5.87	9.98	-8.76	-1.41	-1.30	-5.20	-9.33
9				4.55	6.31	9.34	16.77	18.05	1.72	-2.42	-7.82	-16.28	-17.79
10				3.90	6.27	7.57	17.50	20.23	1.58	-2.65	-5.63	-17.32	-19.93
11				2.60	5.58	7.84	16.03	18.25	-0.27	-2.94	-5.94	-15.56	-18.03
12			造膜形	10.80	7.14	3.63	4.28	8.06	-10.64	-7.00	-3.41	-4.28	-8.05
13	溶剤系			5.32	8.30	8.76	9.24	8.79	5.30	8.29	8.61	9.23	8.74
14	無溶剤系		単独形	3.83	8.56	10.58	19.51	16.89	-3.63	-7.64	-9.98	-19.33	-16.74
15			造膜形	0.76	2.69	5.19	4.17	8.28	0.48	2.66	5.17	4.14	8.26
16				9.34	13.02	16.93	11.64	8.17	9.32	13.02	16.60	11.49	7.79
17	水　系	その他の類		2.62	6.37	5.66	13.28	18.33	-1.26	-4.58	-3.86	-12.44	-17.88
18				5.32	6.03	4.81	7.90	7.61	-5.00	-5.78	-4.04	-7.51	-6.59
19	溶剤系		単独形	5.92	6.86	5.05	9.99	7.86	4.82	5.70	0.92	-9.34	-7.08
20			造膜形	2.73	3.64	2.63	11.03	7.14	2.39	2.20	-1.98	-10.72	-6.20
21	無塗布			8.44	8.57	6.61	6.20	7.92	7.89	6.63	2.46	-5.14	-5.88

付録表－2.1.3(1)　東京（国道側）色差測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	色差（⊿E^*_{ab}）					明度差（⊿L^*）				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水　系	シラン系	単独形	4.20	9.25	6.71	9.76	10.28	-0.70	-8.08	-5.38	-8.86	-8.75
2				5.97	5.75	5.89	10.96	12.24	-4.06	-4.86	-5.13	-10.63	-11.86
3				5.09	4.21	4.63	8.66	6.27	-4.64	-3.81	-3.74	-8.11	-6.07
4	溶剤系			2.74	4.24	3.19	3.81	6.39	2.38	-0.45	-2.74	-3.25	-5.77
5				12.75	8.50	11.48	5.15	9.64	-11.89	-8.20	-11.09	-4.54	-9.35
6				7.08	6.18	7.59	12.18	10.06	-6.28	-5.95	-7.27	-11.84	-9.75
7				10.79	7.80	8.40	11.48	8.37	-8.92	-6.43	-7.05	-11.01	-7.73
8	水　系	シラン・シロキサン系		10.46	14.79	10.06	14.02	13.56	-9.61	-14.56	-9.95	-13.74	-13.43
9				7.39	8.67	4.94	8.89	10.12	-6.80	-7.93	-4.69	-8.61	-10.03
10				6.61	9.52	7.08	8.49	7.87	-5.67	-9.06	-6.84	-8.37	-7.82
11				10.99	9.00	8.55	13.04	8.60	-10.63	-8.72	-8.41	-12.95	-8.53
12			造膜形	9.08	10.04	8.55	12.99	10.64	-8.44	-8.97	-7.16	-12.36	-10.04
13	溶剤系			1.56	1.42	0.57	1.02	4.91	-0.90	0.50	0.13	-0.21	4.63
14	無溶剤系		単独形	8.56	8.46	9.00	12.38	13.73	-7.32	-8.00	-8.59	-12.04	-13.57
15			造膜形	6.04	3.95	4.36	5.42	3.71	-5.77	-3.44	-0.95	-3.59	-1.40
16				2.16	2.28	4.37	4.47	6.91	0.85	1.85	4.06	4.29	6.90
17	水　系	その他の類		12.40	10.07	8.72	14.92	12.37	-11.37	-9.28	-8.21	-14.20	-12.25
18				11.02	13.36	12.15	15.37	15.60	-10.28	-13.01	-11.55	-14.52	-15.36
19	溶剤系		単独形	3.56	2.58	15.44	3.11	4.09	-0.14	0.19	-15.33	-2.28	-3.85
20			造膜形	2.27	2.33	4.98	11.06	4.90	-1.54	-2.14	-4.92	-10.97	-4.82
21	無塗布			3.74	0.90	2.61	3.11	3.81	-3.44	0.74	-1.37	-0.24	2.03

付録表－2.1.3(2)　東京（首都高側）色差測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	色差（⊿E^*_{ab}）					明度差（⊿L^*）				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水　系	シラン系	単独形	1.70	2.15	2.54	2.88	4.30	1.14	1.34	-2.37	-2.01	3.72
2				4.45	2.05	1.77	1.57	3.63	-4.23	-1.85	1.16	-1.00	-1.74
3				1.48	2.07	2.77	1.60	3.85	-1.23	-1.97	-2.53	-1.44	-3.35
4	溶剤系			2.76	4.17	4.19	5.28	3.43	-1.94	3.95	4.17	5.18	2.92
5				7.85	5.17	1.89	4.03	3.37	-7.27	-5.16	0.32	-2.96	-2.02
6				1.80	3.77	1.90	1.51	2.30	-0.55	-3.16	-1.00	0.02	-0.62
7				3.97	2.34	4.03	1.33	4.80	-3.24	-1.34	3.98	0.32	2.58
8	水　系	シラン・シロキサン系		8.34	10.25	9.58	11.85	6.51	-8.13	-10.02	-9.48	-11.75	-6.49
9				4.48	2.96	1.33	3.65	5.01	-4.28	-2.49	-0.21	-2.54	-4.55
10				5.63	2.62	1.58	3.23	3.05	-4.83	-1.44	0.13	-2.16	-2.09
11				7.29	2.52	4.23	5.39	2.30	-7.23	-2.41	-4.16	-5.29	-1.53
12			造膜形	6.21	8.31	6.26	8.76	2.72	-5.88	-8.07	-6.23	-8.46	-2.54
13	溶剤系			0.83	6.55	11.71	5.33	9.02	0.55	6.54	11.70	5.30	8.75
14	無溶剤系		単独形	6.44	2.95	2.52	3.29	1.74	-6.35	-2.84	-2.47	-3.26	-1.70
15			造膜形	3.21	1.98	0.69	0.60	1.38	-3.13	-1.90	-0.22	0.41	0.74
16				0.93	7.48	7.81	6.69	14.51	0.89	7.43	7.81	6.69	14.50
17	水　系	その他の類		9.14	11.80	8.87	11.81	7.53	-8.64	-11.51	-8.46	-11.55	-7.16
18				5.19	9.83	10.79	8.97	10.06	-4.92	-9.70	-10.46	-8.46	-9.97
19	溶剤系		単独形	1.99	3.68	1.65	3.56	5.83	0.45	3.40	0.17	2.53	5.47
20			造膜形	2.19	3.80	4.48	3.88	1.85	-1.97	-3.74	-4.36	-3.72	-1.78
21	無塗布			3.67	3.44	7.04	2.77	9.07	2.11	3.33	7.00	2.67	8.83

付録表－2.1.4　朝霧色差測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	色差（⊿E^*_{ab}）					明度差（⊿L^*）				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水　系	シラン系	単独形	4.16	4.05	2.99	5.77	7.22	-3.65	2.91	-2.56	4.07	7.18
2				1.86	6.09	9.59	13.03	14.12	0.22	-2.10	-5.83	-10.68	-12.35
3				3.95	0.93	3.94	6.13	9.86	-3.73	-0.28	3.88	6.00	9.84
4	溶剤系			11.49	12.45	8.56	8.54	6.01	11.20	9.29	4.37	-7.15	0.64
5				5.10	5.95	6.24	10.27	8.15	2.98	0.20	7.67	-8.59	-5.22
6				6.86	5.84	6.80	9.65	9.06	6.68	0.24	-4.20	-7.30	-8.40
7				7.17	6.52	9.31	13.38	11.34	5.73	-0.34	-4.68	-11.82	-8.31
8	水　系	シラン・シロキサン系		4.67	3.19	3.86	5.43	5.73	-3.81	-0.16	-6.41	-2.75	-4.16
9				4.76	6.40	8.66	13.28	7.79	2.65	-1.52	-6.83	-12.34	-6.05
10				4.35	6.60	6.97	10.72	8.29	1.87	-0.28	-4.99	-9.62	-6.67
11				2.71	5.53	7.23	14.90	11.40	-1.03	-2.00	-4.77	-14.56	-11.38
12			造膜形	7.99	5.70	6.81	8.49	6.17	-7.76	-5.55	-6.80	-8.33	-6.16
13	溶剤系			3.08	13.00	8.52	11.26	9.93	2.92	13.00	8.51	11.19	9.92
14	無溶剤系		単独形	2.56	7.66	11.25	13.51	12.48	0.73	-5.09	-10.67	-12.45	-12.24
15			造膜形	2.88	2.62	1.39	2.93	6.22	2.87	2.60	0.91	2.76	6.21
16				11.61	25.62	13.82	15.91	15.49	11.57	25.22	13.50	15.62	15.11
17	水　系	その他の類		6.11	3.50	9.11	13.13	11.29	-4.30	-2.63	-7.71	-12.02	-10.15
18				6.20	4.09	4.27	2.16	3.68	-5.73	-2.62	-0.88	-1.00	-1.78
19	溶剤系		単独形	10.39	8.56	7.40	7.26	4.02	9.56	7.05	4.31	-6.59	-1.55
20			造膜形	3.94	4.40	4.58	10.21	5.56	3.38	1.79	-2.00	-9.71	-5.36
21	無塗布			8.66	6.35	5.53	6.21	9.47	7.32	2.55	-2.73	-1.75	-6.68

付録表－2.1.5　親不知色差測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	色差（⊿E^*_{ab}）					明度差（⊿L^*）				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水　系	シラン系	単独形	1.34	6.90	3.71	4.60	1.67	-1.11	6.73	3.15	3.50	1.09
2				6.09	11.15	11.65	16.66	15.31	-1.37	-8.19	-8.34	-14.78	-13.97
3				2.75	3.61	3.96	9.67	6.81	2.74	3.56	3.03	-8.82	6.81
4	溶剤系			4.44	8.22	6.96	6.93	8.72	2.19	4.69	-1.48	-0.94	-7.47
5				5.33	7.75	7.00	9.13	11.73	-0.79	-3.54	-5.18	-7.46	-10.82
6				4.01	8.67	10.26	2.93	14.36	-0.86	-6.63	-7.75	-2.69	-13.87
7				6.28	8.23	11.40	5.14	15.84	-2.42	-5.17	-6.83	5.07	-14.88
8	水　系	シラン・シロキサン系		5.95	5.14	6.11	8.64	9.16	-5.51	-3.66	-4.79	-6.34	-8.24
9				6.30	7.84	9.58	10.43	18.25	-1.24	-4.56	-7.18	-8.50	-18.05
10				2.80	7.63	7.60	11.94	12.15	-1.04	-2.58	-4.33	-10.36	-10.74
11				5.87	7.35	11.25	11.50	15.77	-1.67	-4.57	-10.33	-9.84	-14.99
12			造膜形	8.12	5.82	6.87	6.41	8.54	-8.09	-5.39	-6.60	-5.92	-8.27
13	溶剤系			8.54	10.99	10.68	11.42	7.89	8.52	10.97	10.67	11.23	7.82
14	無溶剤系		単独形	6.98	9.79	10.88	14.35	15.38	-5.87	-9.14	-9.81	-13.55	-14.88
15			造膜形	5.11	2.99	2.37	7.12	5.72	5.10	2.97	1.64	7.08	5.70
16				13.08	19.18	18.33	12.59	11.72	12.98	18.65	17.63	11.81	11.63
17	水　系	その他の類		6.77	7.52	8.08	10.87	17.96	-4.51	-5.63	-7.14	-8.86	-17.45
18				4.11	4.06	4.61	10.66	9.04	-3.46	-2.17	-3.46	-8.84	-8.07
19	溶剤系		単独形	7.64	5.25	5.71	6.61	7.02	5.81	1.63	0.44	-2.16	-6.04
20			造膜形	3.96	3.92	6.72	7.37	11.24	0.96	-1.17	-5.45	-6.20	-10.98
21	無塗布			7.09	7.24	8.23	10.50	9.50	3.89	-0.47	-5.77	-7.49	-7.05

付録表－2.1.6　沖縄色差測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	色差（⊿E^*_{ab}）					明度差（⊿L^*）				
				１年	２年	３年	４年	５年	１年	２年	３年	４年	５年
1	水　系	シラン系	単独形	6.27	3.18	6.98	6.61	10.97	5.48	0.59	1.60	3.22	6.03
2				6.78	4.58	10.03	12.04	12.25	2.07	2.87	-5.67	-8.62	-10.80
3				1.32	6.63	7.30	9.42	7.02	-0.23	6.21	6.84	9.00	6.84
4	溶剤系			7.72	8.16	6.09	5.94	7.36	7.17	4.99	1.33	-3.82	-4.68
5				3.67	6.63	8.12	9.37	10.84	0.85	-0.80	-3.37	-7.41	-9.38
6				5.31	7.50	8.38	16.73	13.50	2.47	-0.57	-6.86	-16.33	-12.84
7				8.80	8.04	9.51	12.68	16.89	2.96	0.28	-3.63	-8.99	-15.90
8	水　系	シラン・シロキサン系		3.11	6.30	7.10	9.34	12.03	-1.25	-4.02	-2.56	-7.44	-11.33
9				6.23	6.72	8.27	8.14	13.27	0.32	-3.47	-4.11	-6.55	-12.99
10				3.33	6.12	8.17	10.25	12.15	-0.25	-1.44	-4.61	-9.01	-11.49
11				5.53	7.87	9.10	7.99	13.96	0.91	-2.98	-5.67	-6.58	-13.26
12			造膜形	3.19	4.13	5.29	3.43	0.96	-2.39	-2.21	-2.22	-1.93	0.59
13	溶剤系			6.06	12.65	17.30	13.43	13.68	5.99	12.61	16.98	13.22	13.55
14	無溶剤系		単独形	4.96	7.53	9.07	6.85	17.72	-3.19	-1.79	-6.41	-5.86	-17.45
15			造膜形	3.24	7.22	14.40	12.19	11.61	3.23	7.20	14.28	12.17	11.55
16				15.45	20.41	18.10	18.38	16.60	15.38	20.18	17.64	18.07	16.02
17	水　系	その他の類		6.02	8.04	11.06	19.46	20.46	0.94	-1.12	-6.11	-18.88	-20.03
18				4.30	6.37	6.24	8.17	7.58	-1.67	2.89	-3.46	-6.68	-5.96
19	溶剤系		単独形	9.21	5.48	6.72	5.56	7.22	7.61	3.65	3.31	3.91	-6.27
20			造膜形	1.12	7.20	6.14	7.41	14.53	0.30	2.47	-2.84	-6.44	-14.29
21	無塗布			8.03	5.40	4.77	6.59	4.59	6.97	4.88	2.96	-1.35	0.40

２．２　表面撥水性

（１）撥水性測定結果

付録表－2.2.1(1)　表面撥水性の測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	つくば					東京（国道側）					東京（首都高側）				
				１年	２年	３年	４年	５年	１年	２年	３年	４年	５年	１年	２年	３年	４年	５年
1	水　系	シラン系	単独形	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2				3	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	3	3	3	5
3				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	溶剤系		単独形	1	1	1	1	1	5	5	3	5	5	1	3	3	3	3
5				3	3	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5
6				3	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	3	3	3	5
7				3	1	1	1	1	5	5	3	5	5	4	3	3	1	3
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	3	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9				1	1	1	1	1	5	5	3	5	5	5	3	1	1	3
10				1	1	1	1	1	5	5	3	5	3	5	5	1	1	3
11				1	1	1	1	1	5	5	3	5	3	3	3	1	1	3
12			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	溶剤系			5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	無溶剤系		単独形	3	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3
15			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
16				5	3	3	3	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3
17	水　系	その他の類	単独形	3	3	1	1	1	5	5	3	5	5	5	5	5	3	3
18			造膜形	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	溶剤系		単独形	5	3	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3
20			造膜形	3	3	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3
21	無塗布			1	1	1	1	1	1	5	1	5	5	1	3	3	1	3

注）１：撥水していない（全面濡れたもの）　３：やや撥水している（水滴がややできたもの）
　５：撥水している（水滴ができたもの）

付録表－2.2.1(2)　表面撥水性の測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	朝霧					親不知					沖縄				
				1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年	1年	2年	3年	4年	5年
1	水系	シラン系	単独形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2				5	3	1	1	1	5	1	1	1	1	1	3	1	1	1
3				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	溶剤系		単独形	3	3	3	1	1	5	5	1	1	1	3	1	1	3	1
5				5	5	3	1	1	3	3	1	1	1	3	3	1	5	1
6				1	3	1	1	1	3	3	1	1	1	1	3	1	3	1
7				3	3	3	1	1	3	3	1	1	1	1	3	1	3	1
8	水系	シラン・シロキサン系	単独形	5	5	3	3	1	5	5	3	1	1	5	3	1	3	1
9				3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	5
10				3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1
11				3	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1
12			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	溶剤系			5	5	5	3	3	5	5	5	1	3	5	5	3	3	3
14	無溶剤系		単独形	3	3	1	1	1	1	5	1	1	1	1	3	1	3	3
15			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	3	3	1
16				5	3	3	3	1	3	3	1	1	1	5	3	1	3	1
17	水系	その他の類	単独形	3	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	1
18			造膜形	5	5	5	5	5	5	5	3	3	1	5	5	3	3	3
19	溶剤系		単独形	5	5	3	1	1	5	1	1	1	1	5	3	1	3	1
20			造膜形	5	5	3	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	3	3
21	無塗布			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1

注）1：撥水していない（全面濡れたもの）　3：やや撥水している（水滴がややできたもの）
　5：撥水している（水滴ができたもの）

２．３　浸透深さ

（１）浸透深さ測定結果

付録表－2.3.1　浸透深さ測定結果　　（単位：mm）

No.	東京								親不知						沖縄							
	2年		3年		4年		5年		2年		3年		4年		2年		3年		4年		5年	
	国道	首都高	国道	首都高	国道	首都高	国道	首都高	上面	下面	上面	下面	上面	下面	上面	下面	上面	下面	上面	下面	上面	下面
1	0.4	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	1.3	1.0	0.7	0.8	0.5	0.0	0.8	0.6	0.7	0.2	0.7	0.8	0.0	0.0	0.8	0.3
2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.8	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.7	1.3	0.8	0.1	1.0	0.0	2.4	2.1	1.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.3
4	0.0	0.8	0.7	0.0	0.0	0.0	1.5	2.2	0.7	0.6	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	1.2	0.7
5	2.3	2.3	0.9	0.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.5	1.6	2.2	1.5	2.3	3.3	1.0	2.3	1.0	2.1	1.1	1.5	2.0	3.0
6	1.3	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	1.0	1.3	0.9	0.6	0.2	0.0	0.0	0.7	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.0
7	0.5	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.6	0.7	0.8	0.0	0.7	0.4	0.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.3
8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.7	1.1	1.0	0.7	0.3	0.7	0.3	0.0	0.0	0.6	0.0	0.4	1.0	0.7	0.0	0.2	0.7	2.0
9	5.0	5.8	0.5	0.8	4.8	3.1	3.3	2.0	2.9	1.1	2.6	1.8	1.2	2.5	2.9	0.2	1.2	1.7	4.3	4.7	3.2	3.0
10	3.8	4.3	1.6	1.1	3.0	3.3	2.5	3.7	2.8	1.1	6.3	1.6	2.2	4.9	3.4	3.2	1.7	1.7	3.2	2.7	3.0	2.0
11	3.2	3.3	1.1	0.8	2.5	4.4	6.7	3.5	3.8	3.2	3.7	2.3	2.6	3.2	3.1	3.0	1.0	3.4	2.4	3.1	4.7	5.3
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.7
13	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	0.0	0.7	1.1	0.0	0.8	1.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0
14	3.2	4.2	0.7	1.1	3.5	3.2	6.3	4.3	6.8	1.4	7.5	1.8	3.1	3.5	3.6	4.2	1.1	3.0	4.1	4.8	3.8	3.7
15	0.0	2.3	0.7	0.0	0.0	0.0	1.0	0.2	0.3	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8
16	1.2	1.2	0.7	0.7	0.0	0.0	2.2	1.3	0.0	0.6	1.0	0.9	1.8	2.1	0.7	0.3	0.0	0.0	2.0	2.1	0.8	1.0
17	0.3	1.2	1.0	0.0	1.6	1.6	1.3	0.3	2.2	0.5	2.0	0.0	1.9	1.9	0.8	1.7	0.7	0.0	4.1	3.9	2.2	2.0
18	1.8	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.2	1.5	1.4	0.4	0.9	0.5	1.2	1.1	0.7	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
19	1.0	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

２．４　透水量

（１）透水量測定結果

付録表－2.4.1　暴露１年後の透水量測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.20	0.53	0.71	0.97	2.15
2				0.15	0.32	0.41	0.55	1.08
3				0.16	0.50	0.70	0.98	2.35
4	溶剤系			0.26	0.45	0.88	1.15	2.65
5				0.20	0.61	0.87	1.23	3.13
6				0.33	0.92	1.24	1.67	2.29
7				0.20	0.49	0.65	0.85	1.88
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	0.23	0.72	1.01	1.42	2.32
9				0.08	0.17	0.22	0.25	0.65
10				0.04	0.10	0.14	0.18	0.43
11				0.09	0.15	0.20	0.25	0.43
12			造膜形	0.31	0.86	1.11	1.45	1.60
13	溶剤系			0.12	0.44	0.58	0.75	1.75
14	無溶剤系		単独形	0.07	0.15	0.19	0.23	0.36
15			造膜形	0.07	0.22	0.30	0.44	0.80
16				0.15	0.35	0.48	0.66	1.60
17	水　系	その他の類	造膜形	0.40	0.97	1.24	1.57	1.63
18				0.14	0.37	0.49	0.67	1.64
19	溶剤系		単独形	0.15	0.35	0.44	0.57	1.15
20			造膜形	0.10	0.26	0.34	0.50	1.11
21	無塗布			0.12	0.28	0.35	0.48	1.05

付録表－2.4.2　暴露２年後の透水量測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.07	0.17	0.22	0.29	0.47
2				0.15	0.32	0.41	0.55	1.08
3				0.10	0.15	0.20	0.25	0.50
4	溶剤系			0.07	0.17	0.25	0.35	0.75
5				0.02	0.05	0.08	0.12	0.25
6				0.15	0.40	0.53	0.73	1.50
7				0.10	0.22	0.32	0.42	0.37
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	0.03	0.85	1.23	1.80	4.80
9				0.05	0.10	0.13	0.15	0.28
10				0.05	0.07	0.10	0.12	0.24
11				0.05	0.07	0.10	0.12	0.22
12			造膜形	0.23	0.55	0.80	1.13	2.58
13	溶剤系			0.12	0.38	0.60	0.95	1.75
14	無溶剤系		単独形	0.06	0.08	0.13	0.18	0.28
15			造膜形	0.03	0.07	0.10	0.15	0.35
16				0.03	0.05	0.05	0.08	0.13
17	水　系	その他の類	造膜形	0.13	0.18	0.23	0.30	0.61
18				0.08	0.18	0.20	0.48	1.25
19	溶剤系		単独形	0.05	0.12	0.17	0.25	0.60
20			造膜形	0.05	0.20	0.30	0.42	0.90
21	無塗布			0.20	0.35	0.45	0.65	1.33

付録表－2.4.3　暴露３年後の透水量測定結果

No.	系　統	分　類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	1.50	3.60	5.60	7.20	14.30
2				0.15	0.32	0.41	0.55	1.08
3				0.60	1.35	1.90	2.35	4.25
4	溶剤系			0.30	0.55	0.95	1.20	2.45
5				0.30	0.55	0.70	0.80	1.15
6				0.60	0.80	1.00	1.15	1.85
7				0.60	1.15	1.85	2.40	5.00
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	0.70	1.90	3.25	4.35	9.80
9				0.15	0.18	0.25	0.30	0.45
10				0.20	0.70	1.25	1.70	3.70
11				0.20	0.30	0.45	0.50	0.83
12			造膜形	0.30	0.80	1.40	1.80	3.60
13	溶剤系			0.45	1.05	1.55	1.95	3.70
14	無溶剤系		単独形	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
15			造膜形	0.15	0.60	1.20	1.70	4.25
16				0.05	0.10	0.15	0.18	0.25
17	水　系	その他の類	造膜形	1.10	2.20	3.40	4.20	7.85
18				0.75	1.55	2.45	3.10	5.75
19	溶剤系		単独形	0.45	1.10	1.75	2.20	4.00
20			造膜形	0.05	0.15	0.25	0.35	0.65
21	無塗布			1.25	2.05	2.95	3.60	6.05

付録表－2.4.4　暴露４年後の透水量測定結果

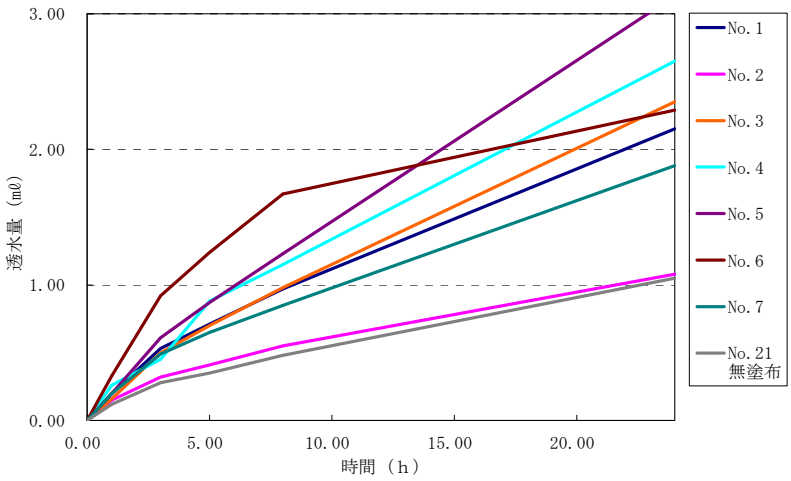
No.	系　統	分　類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.00	0.10	0.10	0.10	0.20
2				0.15	0.32	0.41	0.55	1.08
3				0.10	0.10	0.20	0.20	0.30
4	溶剤系			0.20	0.60	0.70	0.80	1.40
5				0.10	0.20	0.20	0.30	0.40
6				0.50	0.80	1.00	1.30	2.60
7				0.40	0.70	1.00	1.20	2.30
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	0.10	0.30	0.30	0.40	1.00
9				0.00	0.00	0.00	0.10	0.20
10				0.00	0.00	0.00	0.10	0.10
11				0.00	0.00	0.00	0.10	0.20
12			造膜形	0.20	0.70	1.10	1.60	4.20
13	溶剤系			0.10	0.40	0.60	0.80	1.60
14	無溶剤系		単独形	0.00	0.00	0.10	0.10	0.30
15			造膜形	0.10	1.00	1.20	1.80	4.60
16				0.10	0.20	0.20	0.20	0.50
17	水　系	その他の類	造膜形	0.40	0.60	0.80	1.00	1.80
18				0.30	0.90	1.30	1.60	3.50
19	溶剤系		単独形	0.20	0.30	0.40	0.50	0.90
20			造膜形	0.00	0.00	0.10	0.10	0.30
21	無塗布			0.10	0.40	0.60	0.80	1.60

付録表－2.4.5　暴露５年後の透水量測定結果

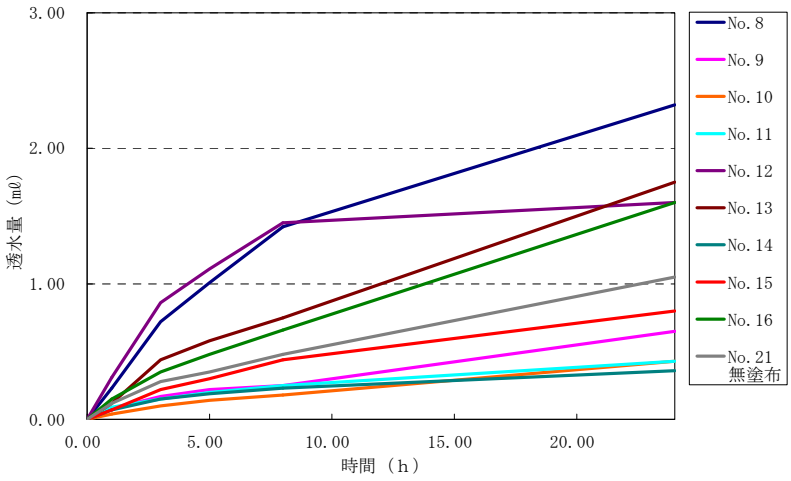
No.	系　統	分　類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.50	1.55	2.60	3.80	8.00
2				0.15	0.32	0.41	0.55	1.08
3				0.10	0.20	0.50	0.60	2.00
4	溶剤系			0.10	0.30	0.40	0.60	1.40
5				0.20	0.60	1.10	1.60	4.00
6				0.30	0.65	1.00	1.30	2.60
7				0.30	1.00	1.30	1.50	2.70
8	水　系	シラン・シロキサン系	単独形	0.50	1.00	1.20	1.40	2.30
9				0.00	0.00	0.10	0.10	0.20
10				0.20	0.90	1.20	1.70	3.00
11				0.20	0.50	0.80	1.00	1.80
12			造膜形	0.10	0.60	1.00	1.20	2.80
13	溶剤系			0.20	0.60	1.05	1.40	3.00
14	無溶剤系		単独形	0.10	0.10	0.20	0.30	0.50
15			造膜形	0.20	1.00	1.50	2.10	4.80
16				0.10	0.50	1.00	1.50	3.90
17	水　系	その他の類	造膜形	0.30	0.60	0.60	0.90	2.10
18				0.60	1.70	2.70	3.60	7.20
19	溶剤系		単独形	0.50	2.00	3.10	4.00	8.00
20			造膜形	0.20	0.60	0.90	1.10	2.10
21	無塗布			0.20	0.60	1.00	1.30	3.00

（２）透水量測定結果グラフ

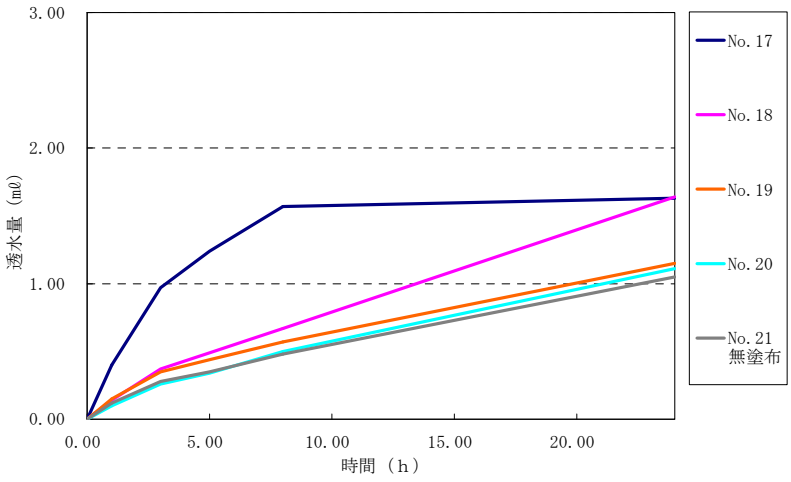
シラン系



シラン・シロキサン系

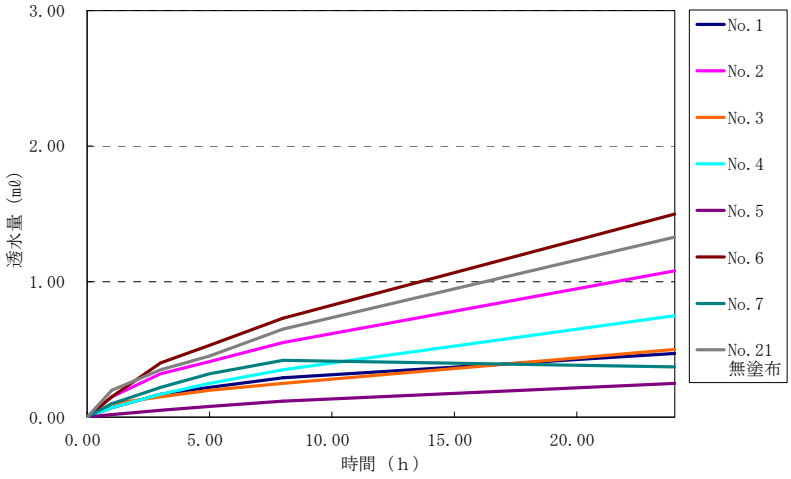


その他の類

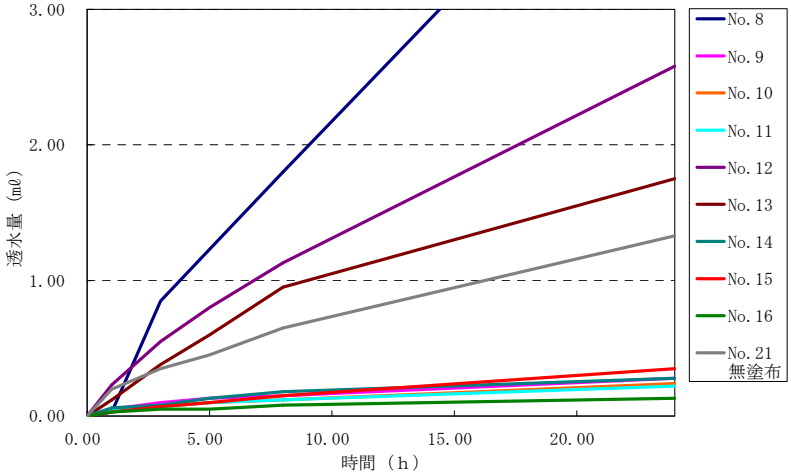


付録図－2.4.1　暴露１年後の透水量測定結果

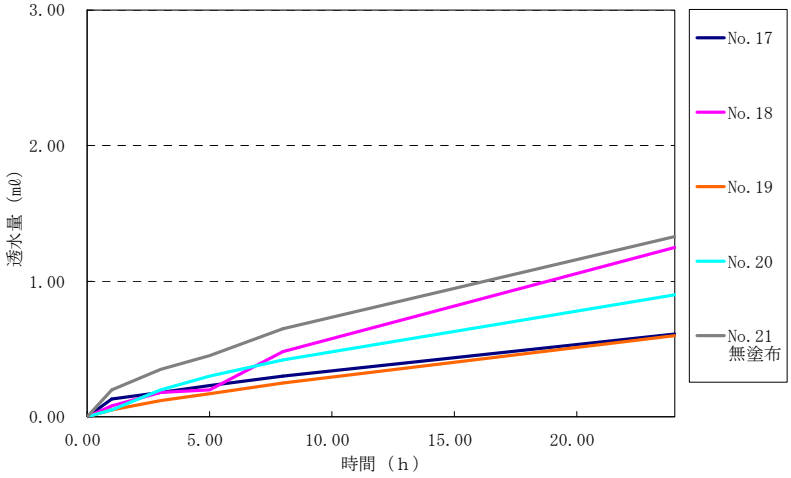
シラン系



シラン・シロキサン系

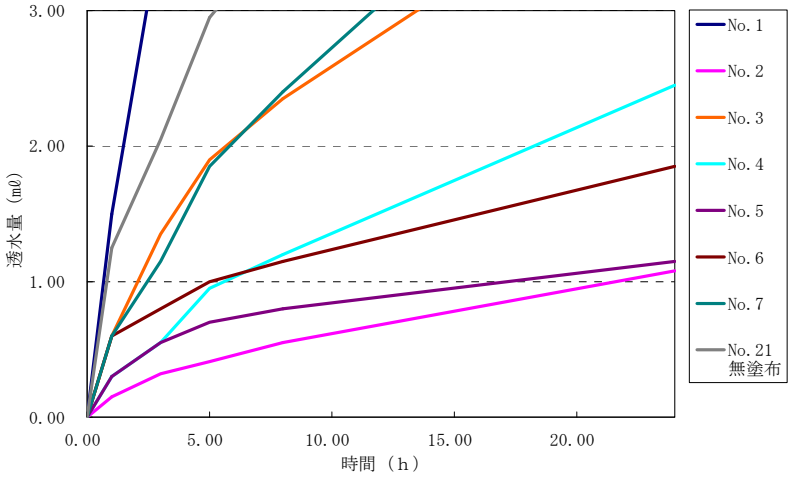


その他の類

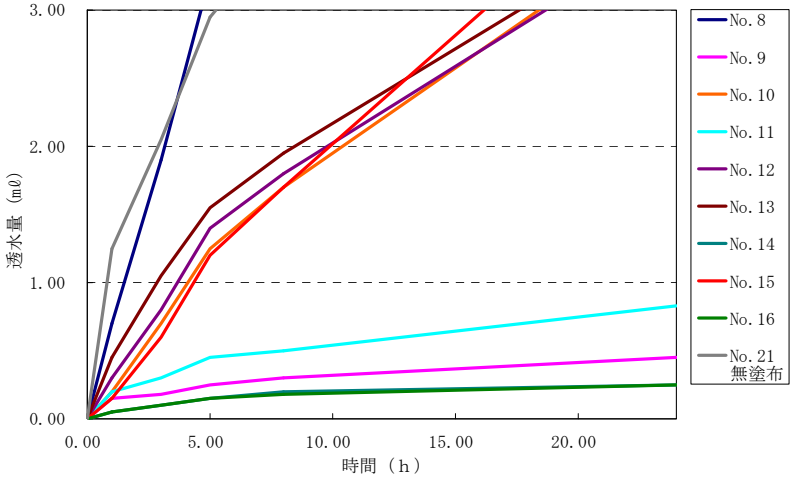


付録図－2.4.2　暴露２年後の透水量測定結果

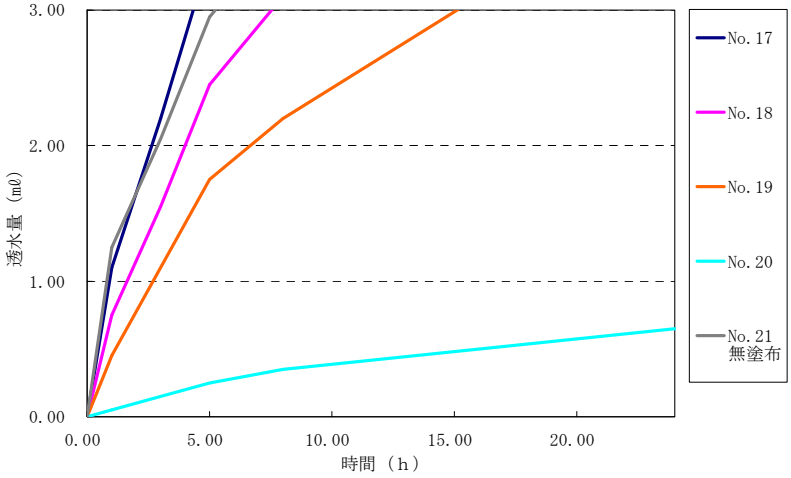
シラン系



シラン・シロキサン系

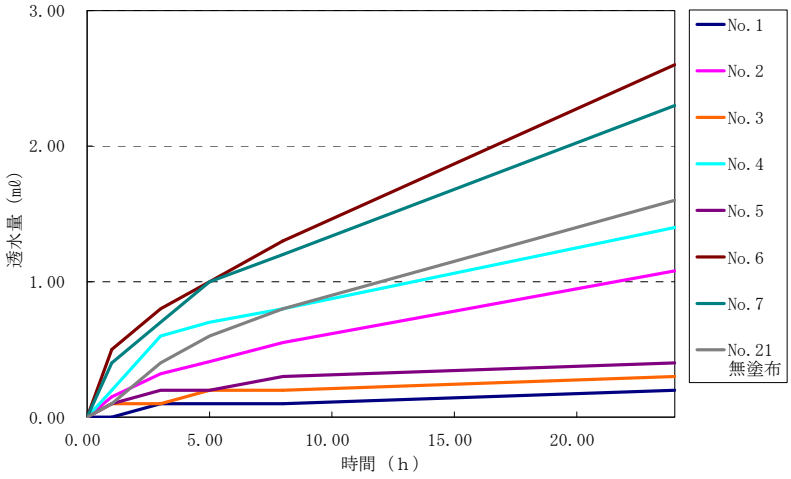


その他の類

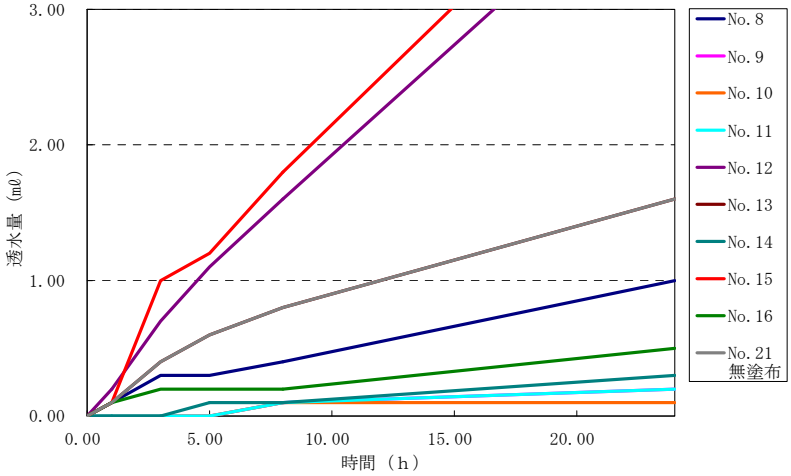


付録図－2.4.3　暴露３年後の透水量測定結果

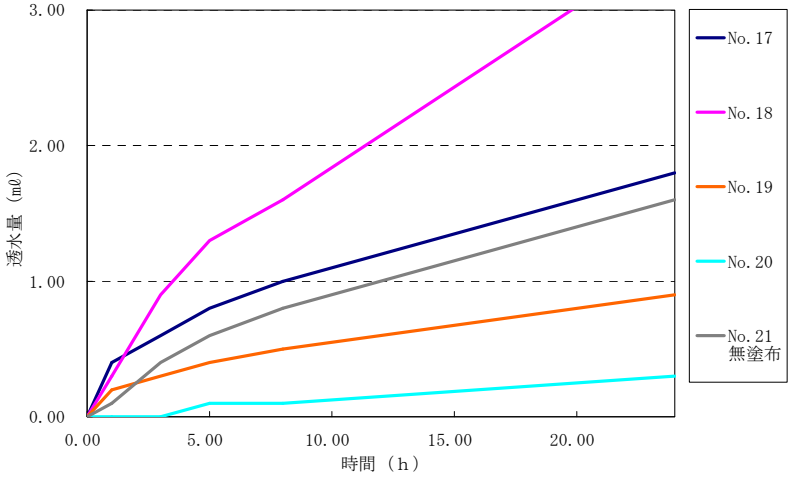
シラン系



シラン・シロキサン系

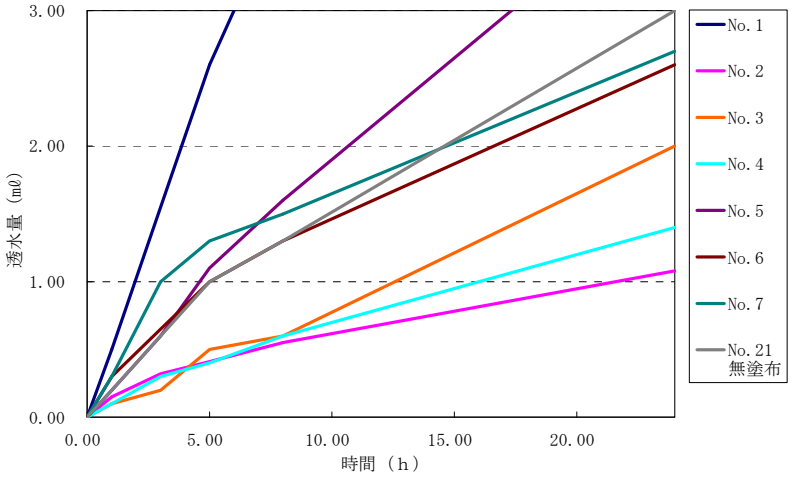


その他の類

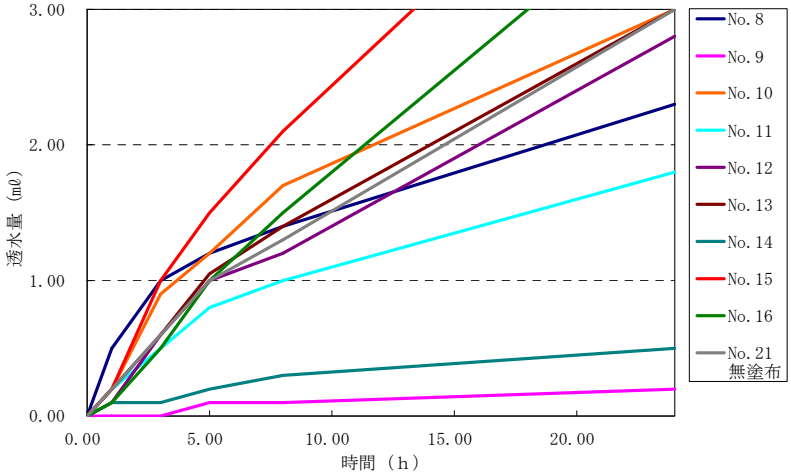


付録図－2.4.4　暴露４年後の透水量測定結果

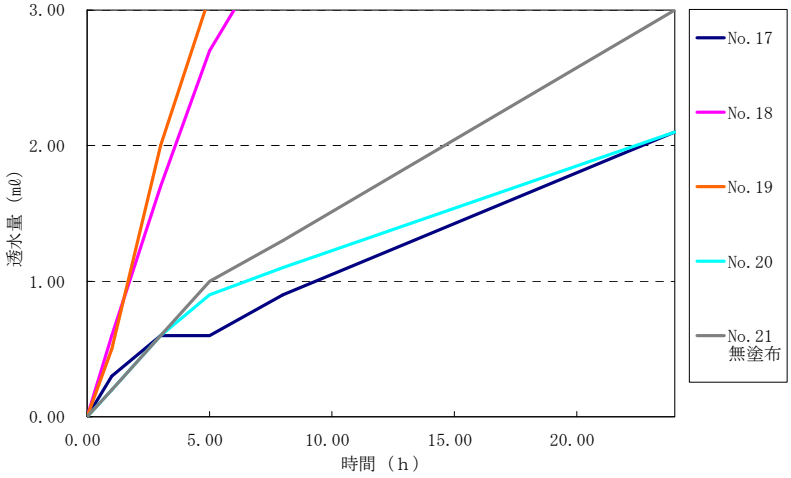
シラン系



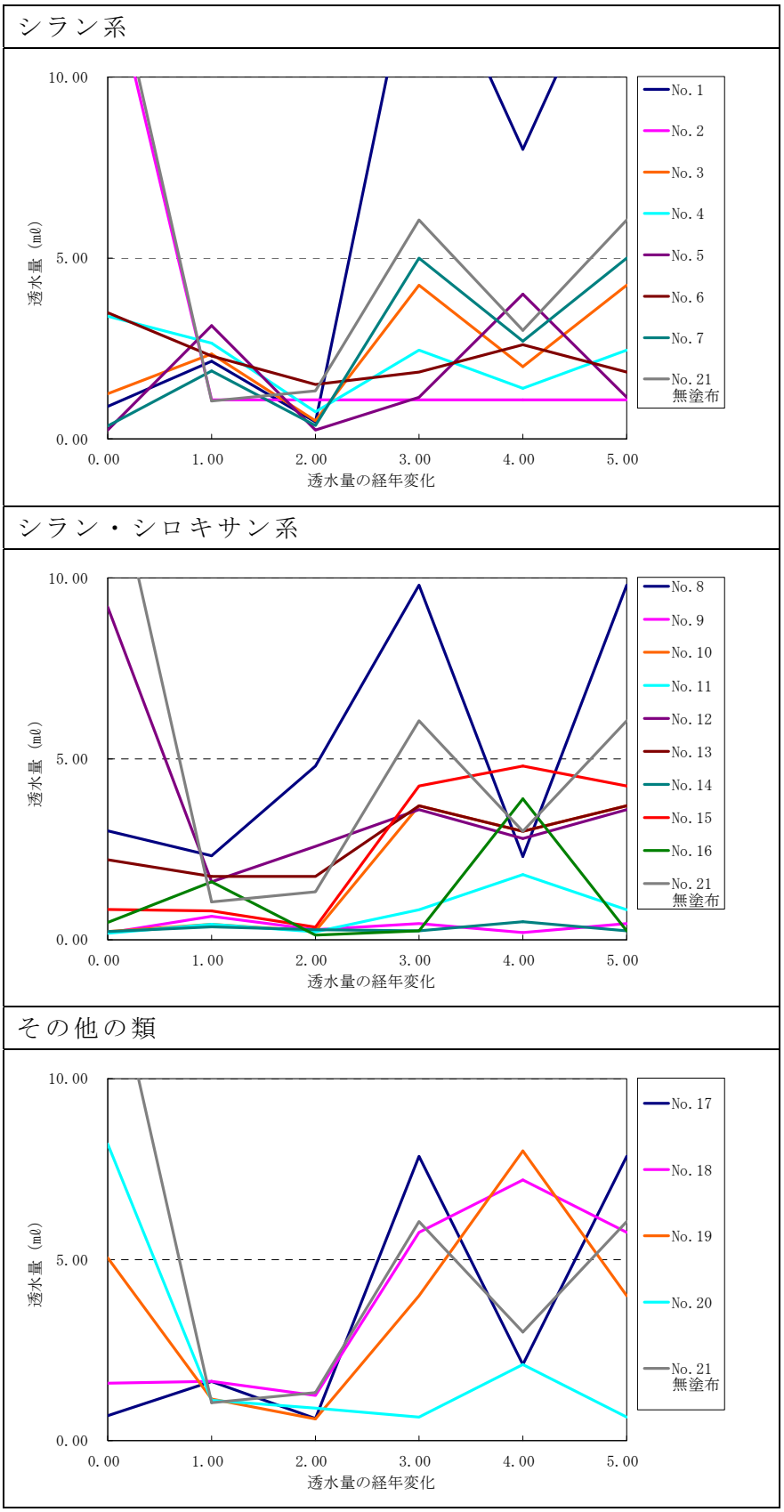
シラン・シロキサン系



その他の類



付録図－2.4.5　暴露５年後の透水量測定結果



付録図－2.4.5　つくば暴露年数による24時間後の透水量変化

２．５　透湿性

（１）放湿量測定結果

付録表－2.5.1(1)　放湿量

No.	暴露年数	60℃ 7日間 乾燥後	浸漬7日後			アルミ 貼付け後	測定質量(g)				放湿量 (g)				
			質量(g)	吸水量(g)	吸水率		7日後	14日後	21日後	28日後	開始時	7日後	14日後	21日後	28日後
1	1年後	1139.39	1178.75	39.36	3.45%	1185.61	－	1173.43	－	1170.25	0	－	12.18	－	15.36
	2年後	1116.93	1164.94	48.01	4.30%	1171.96	1162.05	1157.44	1154.60	1152.56	0	9.91	14.52	17.36	19.40
	3年後	1100.95	1138.36	37.41	3.40%	1145.25	1136.34	1131.56	1128.92	1126.84	0	8.91	13.69	16.33	18.41
	4年後	1136.56	1169.31	32.75	2.88%	1176.09	1167.74	1164.63	1163.03	1161.36	0	8.35	11.46	13.06	14.73
2	1年後	1207.17	1246.47	39.30	3.26%	1253.56	－	1236.48	－	1234.10	0	－	17.08	－	19.46
	2年後	1119.14	1162.06	42.92	3.84%	1167.91	1156.65	1153.46	1151.30	1149.72	0	11.26	14.45	16.61	18.19
	3年後	1176.26	1205.80	29.54	2.51%	1212.43	1202.38	1198.60	1196.53	1194.78	0	10.05	13.83	15.90	17.65
	4年後	1129.05	1156.69	27.64	2.45%	1163.41	1156.23	1153.98	1152.72	1151.32	0	7.18	9.43	10.69	12.09
3	1年後	1129.09	1168.96	39.87	3.53%	1175.97	－	1165.01	－	1161.53	0	－	10.96	－	14.44
	2年後	1129.37	1176.34	46.97	4.16%	1183.33	1175.21	1170.92	1167.88	1165.68	0	8.12	12.41	15.45	17.65
	3年後	1184.10	1219.09	34.99	2.95%	1225.82	1217.22	1212.75	1210.25	1208.23	0	8.60	13.07	15.57	17.59
	4年後	1110.96	1143.57	32.61	2.94%	1150.32	1141.83	1138.95	1137.37	1135.68	0	8.49	11.37	12.95	14.64
4	1年後	1171.58	1215.18	43.60	3.72%	1222.10	－	1205.39	－	1202.42	0	－	16.71	－	19.68
	2年後	1128.57	1174.37	45.80	4.06%	1180.97	1169.48	1166.06	1163.69	1161.91	0	11.49	14.91	17.28	19.06
	3年後	1162.90	1196.54	33.64	2.89%	1203.27	1191.76	1187.94	1185.87	1184.13	0	11.51	15.33	17.40	19.14
	4年後	1140.04	1174.72	34.68	3.04%	1181.49	1174.56	1171.82	1170.27	1168.62	0	6.93	9.67	11.22	12.87
5	1年後	1153.36	1192.82	39.46	3.42%	1199.84	－	1184.73	－	1181.94	0	－	15.11	－	17.90
	2年後	1030.94	1078.00	47.06	4.56%	1084.69	1074.42	1070.42	1067.79	1065.80	0	10.27	14.27	16.90	18.89
	3年後	1121.80	1155.74	33.94	3.03%	1162.45	1152.36	1148.43	1146.28	1144.47	0	10.09	14.02	16.17	17.98
	4年後	1115.71	1150.26	34.55	3.10%	1156.98	1146.76	1143.96	1142.56	1141.02	0	10.22	13.02	14.42	15.96
6	1年後	1228.58	1267.80	39.22	3.19%	1274.83	－	1259.33	－	1257.16	0	－	15.50	－	17.67
	2年後	1126.63	1170.53	43.90	3.90%	1176.72	1165.23	1162.00	1159.98	1158.38	0	11.49	14.72	16.74	18.34
	3年後	1100.97	1135.31	34.34	3.12%	1142.08	1130.22	1126.04	1123.79	1121.84	0	11.86	16.04	18.29	20.24
	4年後	1102.66	1134.12	31.46	2.85%	1140.69	1131.03	1128.53	1127.18	1125.70	0	9.66	12.16	13.51	14.99
7	1年後	1093.83	1135.47	41.64	3.81%	1142.58	－	1124.24	－	1121.60	0	－	18.34	－	20.98
	2年後	1117.42	1162.17	44.75	4.00%	1168.72	1158.57	1154.98	1152.65	1150.82	0	10.15	13.74	16.07	17.90
	3年後	1147.91	1182.24	34.33	2.99%	1188.89	1177.84	1173.98	1171.82	1169.97	0	11.05	14.91	17.07	18.92
	4年後	1140.83	1168.65	27.82	2.44%	1175.40	1167.94	1165.81	1164.66	1163.34	0	7.46	9.59	10.74	12.06
8	1年後	1228.46	1267.28	38.82	3.16%	1274.34	－	1259.81	－	1257.24	0	－	14.53	－	17.10
	2年後	1129.20	1176.34	47.14	4.17%	1182.84	1171.61	1167.84	1165.56	1163.76	0	11.23	15.00	17.28	19.08
	3年後	1141.66	1176.59	34.93	3.06%	1183.32	1172.04	1168.04	1165.80	1163.90	0	11.28	15.28	17.52	19.42
	4年後	1133.88	1164.61	30.73	2.71%	1171.22	1162.86	1160.62	1159.43	1158.04	0	8.36	10.60	11.79	13.18
9	1年後	1081.42	1119.16	37.74	3.49%	1126.29	－	1115.35	－	1111.65	0	－	10.94	－	14.64
	2年後	1083.63	1131.17	47.54	4.39%	1137.75	1131.05	1126.82	1123.55	1121.06	0	6.70	10.93	14.20	16.69
	3年後	1031.53	1065.08	33.55	3.25%	1071.88	1065.72	1060.52	1057.55	1055.23	0	6.16	11.36	14.33	16.65
	4年後	1152.30	1192.05	39.75	3.45%	1198.85	1192.46	1189.08	1187.04	1184.91	0	6.39	9.77	11.81	13.94
10	1年後	1124.90	1164.50	39.60	3.52%	1171.53	－	1159.69	－	1156.27	0	－	11.84	－	15.26
	2年後	1125.75	1169.65	43.90	3.90%	1176.06	1168.89	1165.11	1162.53	1160.58	0	7.17	10.95	13.53	15.48
	3年後	1135.94	1172.52	36.58	3.22%	1179.25	1171.41	1166.53	1163.88	1161.78	0	7.84	12.72	15.37	17.47
	4年後	1094.10	1130.61	36.51	3.34%	1137.38	1129.24	1125.91	1124.08	1122.16	0	8.14	11.47	13.30	15.22

付録表－2.5.1(2)　放湿量

No.	暴露年数	60℃ 7日間 乾燥後	浸漬7日後			アルミ 貼付け後	測定重量(g)				放湿量 (g)				
			重量(g)	吸水量(g)	吸水率		7日後	14日後	21日後	28日後	開始時	7日後	14日後	21日後	28日後
11	1年後	1223.92	1259.88	35.96	2.94%	1266.91	－	1259.46	－	1256.36	0	－	7.45	－	10.55
	2年後	1130.62	1176.63	46.01	4.07%	1185.18	1179.76	1175.89	1172.82	1170.28	0	5.42	9.29	12.36	14.90
	3年後	1177.84	1215.55	37.71	3.20%	1222.40	1216.55	1211.75	1208.94	1206.69	0	5.85	10.65	13.46	15.71
	4年後	1152.08	1190.99	38.91	3.38%	1197.83	1190.27	1186.96	1184.96	1182.87	0	7.56	10.87	12.87	14.96
12	1年後	1110.97	1148.32	37.35	3.36%	1155.33	－	1141.31	－	1138.44	0	－	14.02	－	16.89
	2年後	1095.28	1138.36	43.08	3.93%	1145.35	1137.35	1133.20	1130.54	1128.68	0	8.00	12.15	14.81	16.67
	3年後	1175.33	1204.60	29.27	2.49%	1211.39	1204.02	1200.48	1198.42	1196.67	0	7.37	10.91	12.97	14.72
	4年後	1057.37	1084.15	26.78	2.53%	1090.89	1084.85	1082.64	1081.35	1079.91	0	6.04	8.25	9.54	10.98
13	1年後	1089.27	1129.68	40.41	3.71%	1136.76	－	1123.35	－	1120.19	0	－	13.41	－	16.57
	2年後	1138.81	1181.20	42.39	3.72%	1188.14	1176.58	1173.35	1171.30	1169.66	0	11.56	14.79	16.84	18.48
	3年後	1111.09	1147.37	36.28	3.27%	1154.02	1143.75	1139.60	1137.32	1135.41	0	10.27	14.42	16.70	18.61
	4年後	1058.45	1087.84	29.39	2.78%	1094.69	1085.97	1083.59	1082.32	1080.87	0	8.72	11.10	12.37	13.82
14	1年後	1148.60	1181.88	33.28	2.90%	1188.95	－	1180.70	－	1177.59	0	－	8.25	－	11.36
	2年後	1124.51	1166.55	42.04	3.74%	1173.32	1169.12	1166.21	1163.73	1161.67	0	4.20	7.11	9.59	11.65
	3年後	1192.08	1227.48	35.40	2.97%	1234.25	1229.85	1226.41	1224.03	1221.99	0	4.40	7.84	10.22	12.26
	4年後	1137.63	1172.39	34.76	3.06%	1179.06	1174.57	1171.56	1169.65	1167.62	0	4.49	7.50	9.41	11.44
15	1年後	1107.31	1147.20	39.89	3.60%	1154.19	－	1141.57	－	1138.01	0	－	12.62	－	16.18
	2年後	1101.49	1147.75	46.26	4.20%	1154.60	1145.03	1140.43	1137.57	1135.54	0	9.57	14.17	17.03	19.06
	3年後	1123.45	1161.10	37.65	3.35%	1167.98	1159.41	1154.04	1151.29	1149.06	0	8.57	13.94	16.69	18.92
	4年後	1129.08	1165.57	36.49	3.23%	1172.22	1166.09	1162.29	1160.42	1158.53	0	6.13	9.93	11.80	13.69
16	1年後	1108.04	1154.27	46.23	4.17%	1160.91	－	1147.59	－	1143.31	0	－	13.32	－	17.60
	2年後	1155.00	1200.71	45.71	3.96%	1207.55	1197.23	1193.17	1190.66	1188.74	0	10.32	14.38	16.89	18.81
	3年後	1146.35	1183.85	37.50	3.27%	1190.76	1181.94	1177.48	1175.12	1173.22	0	8.82	13.28	15.64	17.54
	4年後	1200.96	1236.63	35.67	2.97%	1243.34	1234.96	1232.13	1230.62	1229.00	0	8.38	11.21	12.72	14.34
17	1年後	1162.00	1200.93	38.93	3.35%	1207.96	－	1194.43	－	1191.54	0	－	13.53	－	16.42
	2年後	1140.06	1190.81	50.75	4.45%	1197.08	1188.26	1184.16	1181.25	1179.08	0	8.82	12.92	15.83	18.00
	3年後	1134.58	1169.99	35.41	3.12%	1176.70	1168.38	1163.89	1161.38	1159.35	0	8.32	12.81	15.32	17.35
	4年後	1172.13	1205.17	33.04	2.82%	1211.81	1202.64	1199.95	1198.52	1196.94	0	9.17	11.86	13.29	14.87
18	1年後	1193.73	1239.18	45.45	3.81%	1246.30	－	1231.04	－	1228.41	0	－	15.26	－	17.89
	2年後	1111.88	1155.80	43.92	3.95%	1162.42	1151.13	1147.63	1145.31	1143.54	0	11.29	14.79	17.11	18.88
	3年後	1117.89	1151.35	33.46	2.99%	1158.05	1147.19	1143.53	1141.46	1139.73	0	10.86	14.52	16.59	18.32
	4年後	1169.22	1207.75	38.53	3.30%	1214.44	1204.70	1201.61	1199.86	1198.00	0	9.74	12.83	14.58	16.44
19	1年後	1145.35	1187.64	42.29	3.69%	1194.71	－	1176.84	－	1174.46	0	－	17.87	－	20.25
	2年後	1098.67	1141.37	42.70	3.89%	1147.89	1137.07	1133.97	1131.91	1130.33	0	10.82	13.92	15.98	17.56
	3年後	1168.37	1198.28	29.91	2.56%	1205.07	1195.18	1191.59	1189.61	1187.93	0	9.89	13.48	15.46	17.14
	4年後	1093.57	1121.43	27.86	2.55%	1128.31	1121.16	1118.99	1117.71	1116.36	0	7.15	9.32	10.60	11.95
20	1年後	1158.30	1200.88	42.58	3.68%	1207.87	－	1190.49	－	1187.61	0	－	17.38	－	20.26
	2年後	1164.15	1205.84	41.69	3.58%	1212.13	1202.14	1198.97	1196.84	1195.23	0	9.99	13.16	15.29	16.90
	3年後	1101.08	1132.31	31.23	2.84%	1139.08	1128.50	1124.66	1122.57	1120.83	0	10.58	14.42	16.51	18.25
	4年後	1093.14	1123.71	30.57	2.80%	1130.35	1120.22	1117.69	1116.30	1114.81	0	10.13	12.66	14.05	15.54
21	1年後	1143.10	1182.44	39.34	3.44%	1189.52	－	1173.82	－	1171.51	0	－	15.70	－	18.01
	2年後	1136.98	1179.40	42.42	3.73%	1185.48	1175.06	1172.09	1169.96	1168.33	0	10.42	13.39	15.52	17.15
	3年後	1132.23	1159.16	26.93	2.38%	1165.96	1158.15	1154.78	1152.85	1151.26	0	7.81	11.18	13.11	14.70
	4年後	1133.16	1160.49	27.33	2.41%	1167.40	1160.17	1157.78	1156.46	1154.98	0	7.23	9.62	10.94	12.42

（２）放湿率と放湿比測定結果

付録表－2.5.2(1)　放湿率と放湿比

No.	暴露年数	放湿率（%）					放湿比				
		開始時	7日後	14日後	21日後	28日後	開始時	7日後	14日後	21日後	28日後
1	1年後	0		31		39	1.00		0.78		0.85
	2年後	0	21	30	36	40	1.00	0.84	0.96	0.99	1.00
	3年後	0	24	37	44	49	1.00	0.82	0.88	0.90	0.90
	4年後	0	25	35	40	45	1.00	0.96	0.99	1.00	0.99
2	1年後	0		43		50	1.00		1.09		1.08
	2年後	0	26	34	39	42	1.00	1.07	1.07	1.06	1.05
	3年後	0	34	47	54	60	1.00	1.17	1.13	1.11	1.09
	4年後	0	26	34	39	44	1.00	0.98	0.97	0.97	0.96
3	1年後	0		27		36	1.00		0.69		0.79
	2年後	0	17	26	0	38	1.00	0.70	0.84	0.90	0.93
	3年後	0	25	37	0	50	1.00	0.85	0.90	0.91	0.92
	4年後	0	26	35	0	45	1.00	0.98	0.99	0.99	0.99
4	1年後	0		38		45	1.00		0.96		0.99
	2年後	0	25	33	38	42	1.00	1.02	1.03	1.03	1.03
	3年後	0	34	46	52	57	1.00	1.18	1.10	1.06	1.04
	4年後	0	20	28	32	37	1.00	0.76	0.79	0.81	0.82
5	1年後	0		38		45	1.00		0.96		0.99
	2年後	0	22	30	36	40	1.00	0.89	0.96	0.98	0.99
	3年後	0	30	41	48	53	1.00	1.03	1.00	0.98	0.97
	4年後	0	30	38	42	46	1.00	1.12	1.07	1.04	1.02
6	1年後	0		40		45	1.00		0.99		0.98
	2年後	0	26	34	38	42	1.00	1.07	1.06	1.04	1.03
	3年後	0	35	47	53	59	1.00	1.19	1.13	1.09	1.08
	4年後	0	31	39	43	48	1.00	1.16	1.10	1.07	1.05
7	1年後	0		44		50	1.00		1.10		1.10
	2年後	0	23	31	36	40	1.00	0.92	0.97	0.98	0.99
	3年後	0	32	43	50	55	1.00	1.11	1.05	1.02	1.01
	4年後	0	27	34	39	43	1.00	1.01	0.98	0.96	0.95
8	1年後	0		37		44	1.00		0.94		0.96
	2年後	0	24	32	37	40	1.00	0.97	1.01	1.00	1.00
	3年後	0	32	44	50	56	1.00	1.11	1.05	1.03	1.02
	4年後	0	27	34	38	43	1.00	1.03	0.98	0.96	0.94
9	1年後	0		29		39	1.00		0.73		0.85
	2年後	0	14	23	30	35	1.00	0.57	0.73	0.82	0.87
	3年後	0	18	34	43	50	1.00	0.63	0.82	0.88	0.91
	4年後	0	16	25	30	35	1.00	0.61	0.70	0.74	0.77
10	1年後	0		30		39	1.00		0.75		0.84
	2年後	0	16	25	31	35	1.00	0.66	0.79	0.84	0.87
	3年後	0	21	35	42	48	1.00	0.74	0.84	0.86	0.87
	4年後	0	22	31	36	42	1.00	0.84	0.89	0.91	0.92

付録表－2.5.2(2)　放湿率と放湿比

No.	暴露年数	放湿率（%）					放湿比				
		開始時	7日後	14日後	21日後	28日後	開始時	7日後	14日後	21日後	28日後
11	1年後	0		21		29	1.00		0.52		0.64
	2年後	0	12	20	27	32	1.00	0.48	0.64	0.73	0.80
	3年後	0	16	28	36	42	1.00	0.53	0.68	0.73	0.76
	4年後	0	19	28	33	38	1.00	0.73	0.79	0.83	0.85
12	1年後	0		38		45	1.00		0.94		0.99
	2年後	0	19	28	34	39	1.00	0.76	0.89	0.94	0.96
	3年後	0	25	37	44	50	1.00	0.87	0.90	0.91	0.92
	4年後	0	23	31	36	41	1.00	0.85	0.88	0.89	0.90
13	1年後	0		33		41	1.00		0.83		0.90
	2年後	0	27	35	40	44	1.00	1.11	1.11	1.09	1.08
	3年後	0	28	40	46	51	1.00	0.98	0.96	0.95	0.94
	4年後	0	30	38	42	47	1.00	1.12	1.07	1.05	1.03
14	1年後	0		25		34	1.00		0.62		0.75
	2年後	0	10	17	23	28	1.00	0.41	0.54	0.62	0.69
	3年後	0	12	22	29	35	1.00	0.43	0.53	0.59	0.63
	4年後	0	13	22	27	33	1.00	0.49	0.61	0.68	0.72
15	1年後	0		32		41	1.00		0.79		0.89
	2年後	0	21	31	37	41	1.00	0.84	0.97	1.01	1.02
	3年後	0	23	37	44	50	1.00	0.78	0.89	0.91	0.92
	4年後	0	17	27	32	38	1.00	0.64	0.77	0.81	0.83
16	1年後	0		29		38	1.00		0.72		0.83
	2年後	0	23	31	37	41	1.00	0.92	1.00	1.01	1.02
	3年後	0	24	35	42	47	1.00	0.81	0.85	0.86	0.86
	4年後	0	23	31	36	40	1.00	0.89	0.89	0.89	0.88
17	1年後	0		35		42	1.00		0.87		0.92
	2年後	0	17	25	31	35	1.00	0.71	0.81	0.85	0.88
	3年後	0	23	36	43	49	1.00	0.81	0.87	0.89	0.90
	4年後	0	28	36	40	45	1.00	1.05	1.02	1.00	0.99
18	1年後	0		34		39	1.00		0.84		0.86
	2年後	0	26	34	39	43	1.00	1.05	1.07	1.06	1.06
	3年後	0	32	43	50	55	1.00	1.12	1.05	1.02	1.00
	4年後	0	25	33	38	43	1.00	0.96	0.95	0.95	0.94
19	1年後	0		42		48	1.00		1.06		1.05
	2年後	0	25	33	37	41	1.00	1.03	1.03	1.02	1.02
	3年後	0	33	45	52	57	1.00	1.14	1.09	1.06	1.05
	4年後	0	26	33	38	43	1.00	0.97	0.95	0.95	0.94
20	1年後	0		41		48	1.00		1.02		1.04
	2年後	0	24	32	37	41	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00
	3年後	0	34	46	53	58	1.00	1.17	1.11	1.09	1.07
	4年後	0	33	41	46	51	1.00	1.25	1.18	1.15	1.12
21	1年後	0		40		46	1.00		1.00		1.00
	2年後	0	25	32	37	40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	3年後	0	29	42	49	55	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	4年後	0	26	35	40	45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

２．６　塩化物イオン浸透性（親不知・沖縄）

（１）塩化物イオン量測定結果

付録表－2.6.1(1)　塩化物イオン量測定結果

No.	分類	形　態	暴　露	親不知			沖縄		
				0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm
21	無塗布		１年後	1.48	0.16	0.10	7.85	2.61	0.43
			２年後	2.02	0.16	0.06	13.41	3.92	1.57
			３年後	2.01	0.37	0.08	12.07	6.31	2.16
			４年後	3.56	1.17	0.15	12.01	5.84	2.26
			５年後	3.62	1.43	0.23	12.89	10.09	7.45
1	シラン系	水系	１年後	0.25	0.08	0.07	1.91	0.21	0.14
			２年後	0.67	0.07	0.04	2.83	0.23	0.07
			３年後	1.01	0.19	0.13	5.23	1.00	0.28
			４年後	1.21	0.21	0.11	7.99	3.56	1.16
			５年後	0.88	0.43	0.09	7.84	4.71	0.62
2			１年後	1.17	0.14	0.11	3.74	0.37	0.15
			２年後	1.99	0.28	0.11	7.30	3.40	1.07
			３年後	1.87	0.25	0.09	10.14	5.64	1.66
			４年後	1.59	0.40	0.13	10.98	6.48	3.03
			５年後	2.91	0.84	0.24	12.85	7.70	4.43
3			１年後	0.40	0.12	0.12	0.93	0.11	0.10
			２年後	0.72	0.10	0.06	3.81	0.37	0.19
			３年後	0.90	0.39	0.09	3.86	1.90	0.53
			４年後	0.97	0.47	0.11	3.61	0.62	0.08
			５年後	0.89	0.17	0.05	5.63	1.91	0.39
4		溶剤系	１年後	0.67	0.18	0.14	3.64	0.43	0.12
			２年後	0.79	0.10	0.05	6.70	1.66	0.24
			３年後	1.54	0.14	0.06	9.70	5.61	0.45
			４年後	1.50	0.23	0.13	9.47	5.78	2.92
			５年後	1.48	0.79	0.20	4.68	4.64	2.02
5			１年後	0.33	0.11	0.10	1.09	0.13	0.10
			２年後	0.53	0.07	0.06	5.63	2.22	0.17
			３年後	0.54	0.27	0.15	8.76	5.75	1.31
			４年後	0.46	0.12	0.05	9.68	5.33	0.65
			５年後	0.79	0.58	0.16	10.76	7.46	3.56
6			１年後	0.81	0.12	0.11	5.94	2.91	0.38
			２年後	1.24	0.08	0.06	10.46	4.68	1.83
			３年後	1.39	0.27	0.07	9.02	5.50	2.82
			４年後	2.35	1.02	0.17	8.52	6.11	1.82
			５年後	2.33	0.81	0.08	12.07	9.17	4.82

付録表－2.6.1(2)　塩化物イオン量測定結果

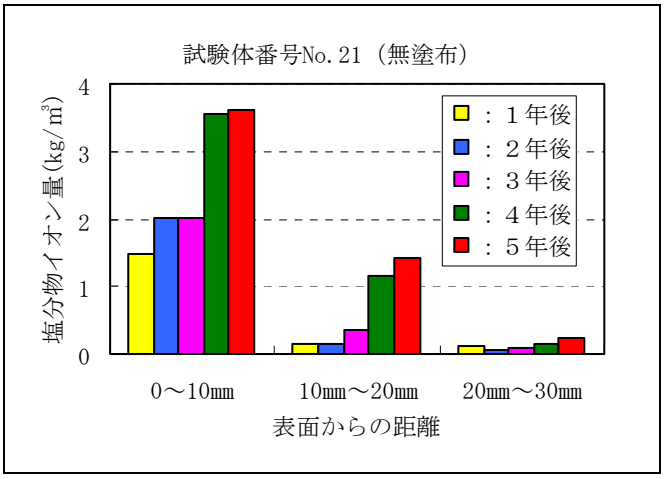
No.	分類	形　態	暴　露	親不知			沖縄		
				0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm
7	シラン系	溶剤系	1年後	0.21	0.10	0.09	6.55	2.50	0.21
			2年後	1.42	0.17	0.10	9.99	4.93	0.40
			3年後	2.00	0.37	0.18	9.01	6.35	2.05
			4年後	2.19	0.73	0.14	9.85	6.74	2.49
			5年後	1.49	0.87	0.17	8.71	8.68	3.24
8	シラン・シロキサン系	水　系	1年後	0.60	0.08	0.11	7.52	2.54	0.38
			2年後	1.22	0.32	0.06	11.33	3.66	0.36
			3年後	1.57	0.39	0.09	9.17	6.25	1.54
			4年後	1.27	0.25	0.10	9.89	6.70	2.89
			5年後	2.11	0.49	0.17	9.24	7.65	4.88
9			1年後	0.52	0.15	0.16	0.95	0.11	0.10
			2年後	0.44	0.13	0.08	2.00	0.22	0.14
			3年後	0.44	0.11	0.10	2.13	0.36	0.13
			4年後	0.64	0.24	0.08	3.16	0.45	0.11
			5年後	0.36	0.12	0.09	2.42	0.91	0.40
10			1年後	0.41	0.15	0.09	0.81	0.10	0.07
			2年後	0.44	0.15	0.08	2.07	0.19	0.12
			3年後	0.42	0.14	0.11	3.10	0.61	0.10
			4年後	0.46	0.22	0.07	2.19	0.83	0.30
			5年後	0.50	0.21	0.13	1.53	0.38	0.23
11			1年後	0.48	0.13	0.13	0.80	0.12	0.09
			2年後	0.33	0.05	0.05	2.10	0.22	0.07
			3年後	0.37	0.14	0.09	2.54	0.46	0.30
			4年後	0.53	0.17	0.09	2.39	0.51	0.09
			5年後	0.53	0.21	0.12	1.17	0.34	0.13
12			1年後	0.71	0.12	0.12	4.53	0.79	0.17
			2年後	1.25	0.12	0.05	5.46	0.64	0.08
			3年後	1.76	0.25	0.10	5.47	1.14	0.18
			4年後	1.97	0.67	0.10	8.31	3.89	0.55
			5年後	2.53	0.92	0.22	9.18	4.37	0.92

付録表－2.6.1(3)　塩化物イオン量測定結果

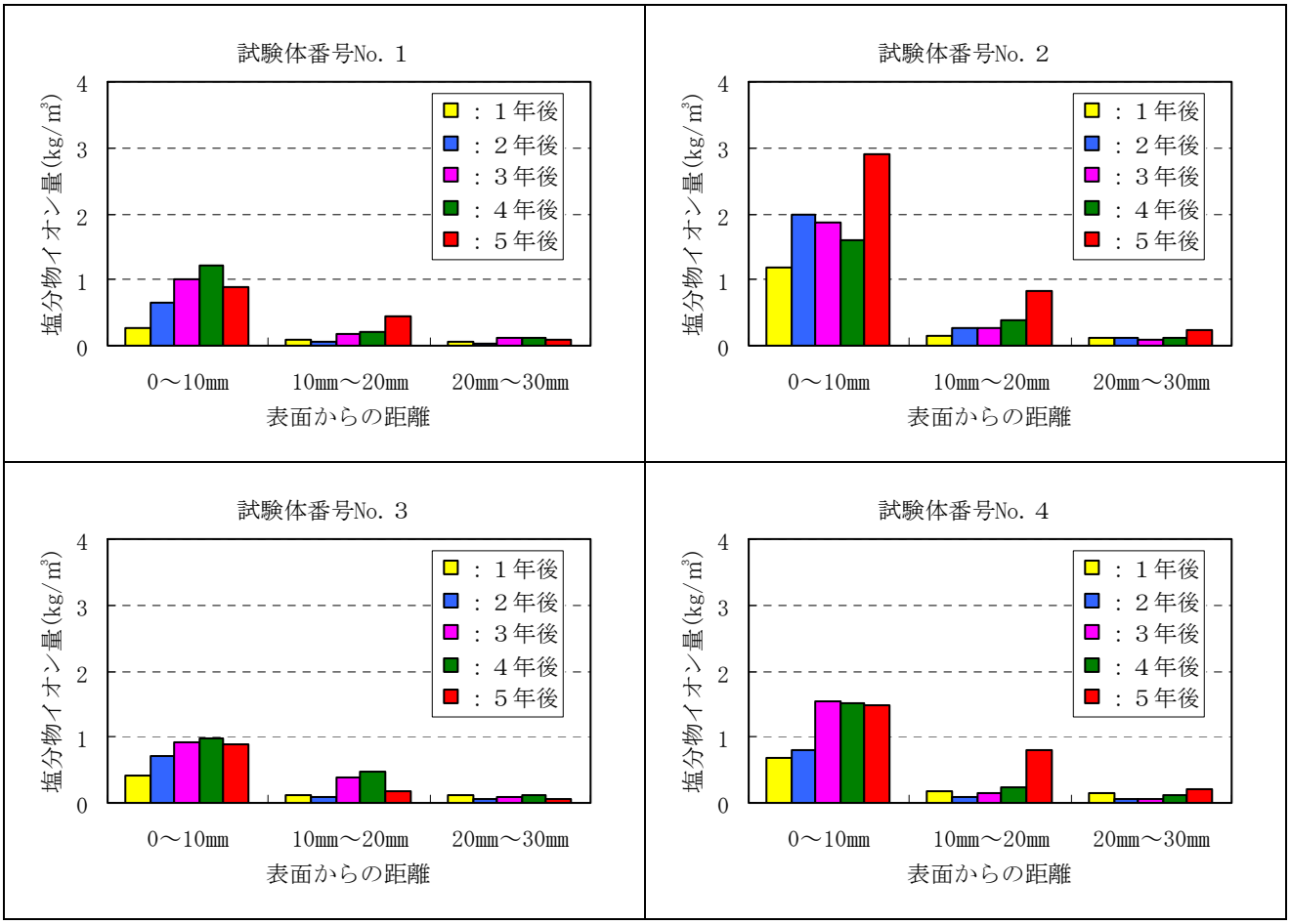
No.	分類	形　態	暴　露	親不知			沖縄		
				0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm
13	シラン・シロキサン系	溶剤系	1年後	0.48	0.30	0.11	1.84	0.42	0.13
			2年後	1.60	0.15	0.05	4.97	1.44	0.11
			3年後	1.67	0.39	0.05	9.44	5.20	2.30
			4年後	2.22	0.26	0.10	7.19	6.12	3.18
			5年後	2.73	0.63	0.20	11.86	8.67	5.15
14		無溶剤系	1年後	0.41	0.20	0.19	1.10	0.35	0.23
			2年後	0.38	0.19	0.07	1.24	0.12	0.09
			3年後	0.49	0.10	0.09	1.88	0.16	0.12
			4年後	0.38	0.05	0.09	2.89	0.73	0.38
			5年後	0.50	0.14	0.14	2.05	0.28	0.23
15			1年後	0.18	0.08	0.08	0.80	0.09	0.09
			2年後	0.77	0.08	0.06	6.41	1.12	0.20
			3年後	1.35	0.37	0.12	9.01	3.47	0.76
			4年後	2.05	0.75	0.23	9.88	2.63	0.36
			5年後	1.77	0.57	0.20	11.79	5.33	3.26
16			1年後	0.71	0.14	0.11	4.44	0.44	0.19
			2年後	1.26	0.10	0.08	4.82	0.44	0.16
			3年後	1.43	0.25	0.08	7.13	1.24	0.25
			4年後	0.80	0.12	0.08	6.29	3.72	0.81
			5年後	2.28	0.87	0.24	5.16	1.06	0.55
17	その他の類	水　系	1年後	0.31	0.09	0.09	1.89	0.26	0.12
			2年後	0.81	0.27	0.14	6.61	2.86	0.43
			3年後	0.59	0.23	0.16	6.01	1.09	0.14
			4年後	1.16	0.43	0.11	4.71	0.63	0.08
			5年後	1.28	0.55	0.14	4.42	6.02	2.31
18			1年後	0.41	0.08	0.11	3.18	0.40	0.13
			2年後	0.97	0.12	0.08	7.50	2.23	0.26
			3年後	0.94	0.17	0.14	6.77	3.78	0.44
			4年後	1.03	0.41	0.15	7.62	5.53	2.22
			5年後	2.50	0.60	0.14	8.60	7.71	3.79
19		溶剤系	1年後	1.11	0.17	0.10	7.88	2.49	0.47
			2年後	1.16	0.22	0.07	11.42	3.65	1.18
			3年後	1.05	0.48	0.14	11.43	5.10	1.04
			4年後	1.78	0.30	0.11	10.82	6.13	3.07
			5年後	2.77	0.88	0.22	10.26	9.16	3.72
20			1年後	1.04	0.14	0.10	5.76	2.56	0.32
			2年後	1.81	0.17	0.17	10.15	3.36	0.56
			3年後	1.27	0.24	0.11	11.84	5.71	2.13
			4年後	2.29	0.43	0.13	12.16	6.47	3.37
			5年後	2.09	1.20	0.27	12.07	8.52	3.35

（２）塩化物イオン量測定結果グラフ

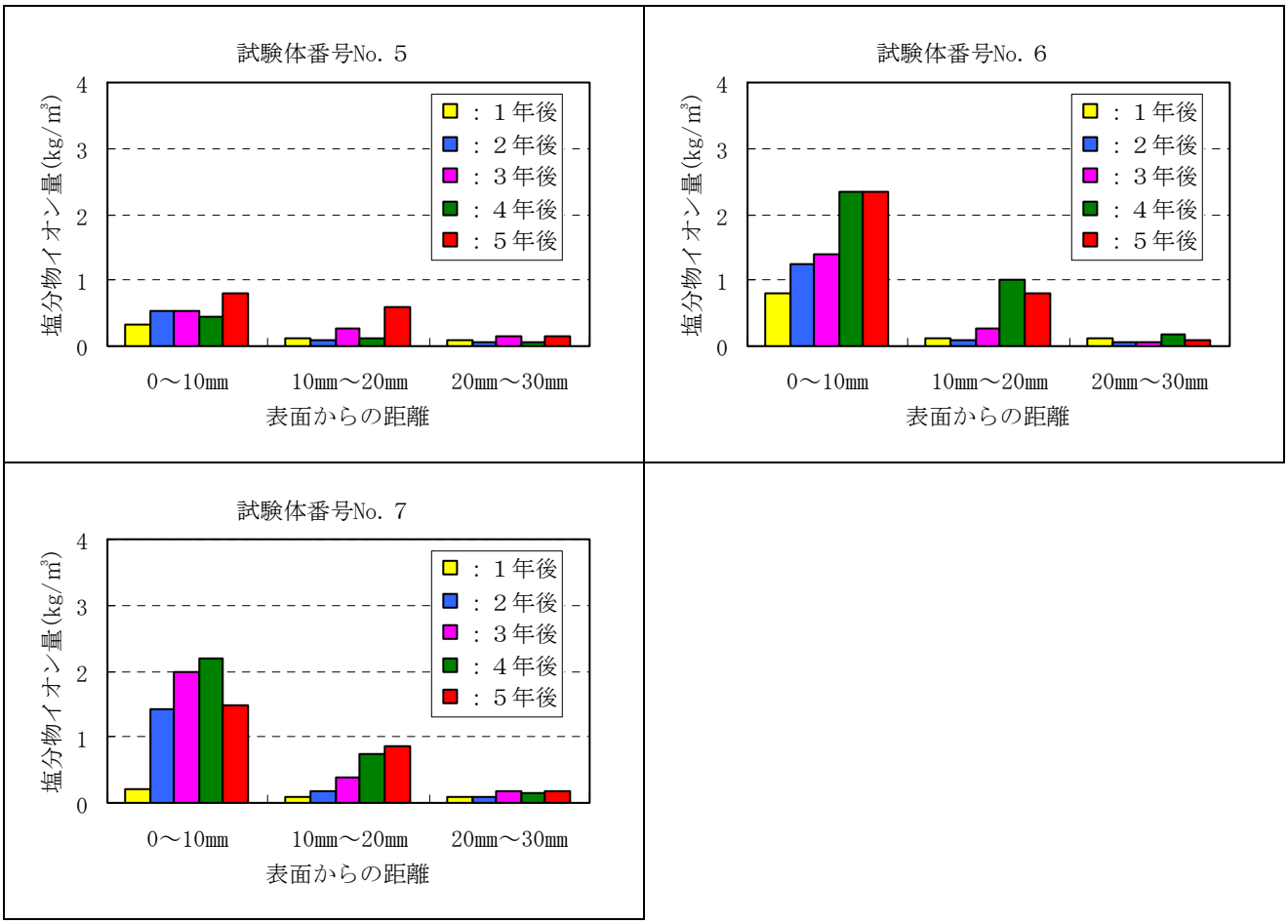
１）親不知



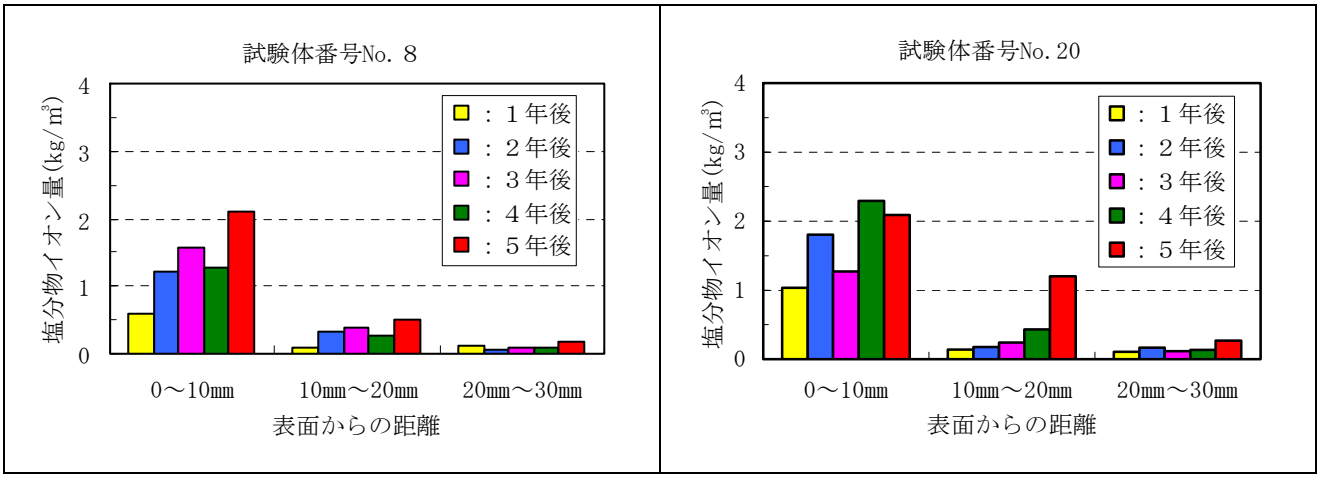
付録図－2.6.1　塩化物イオン量測定結果（無塗布）



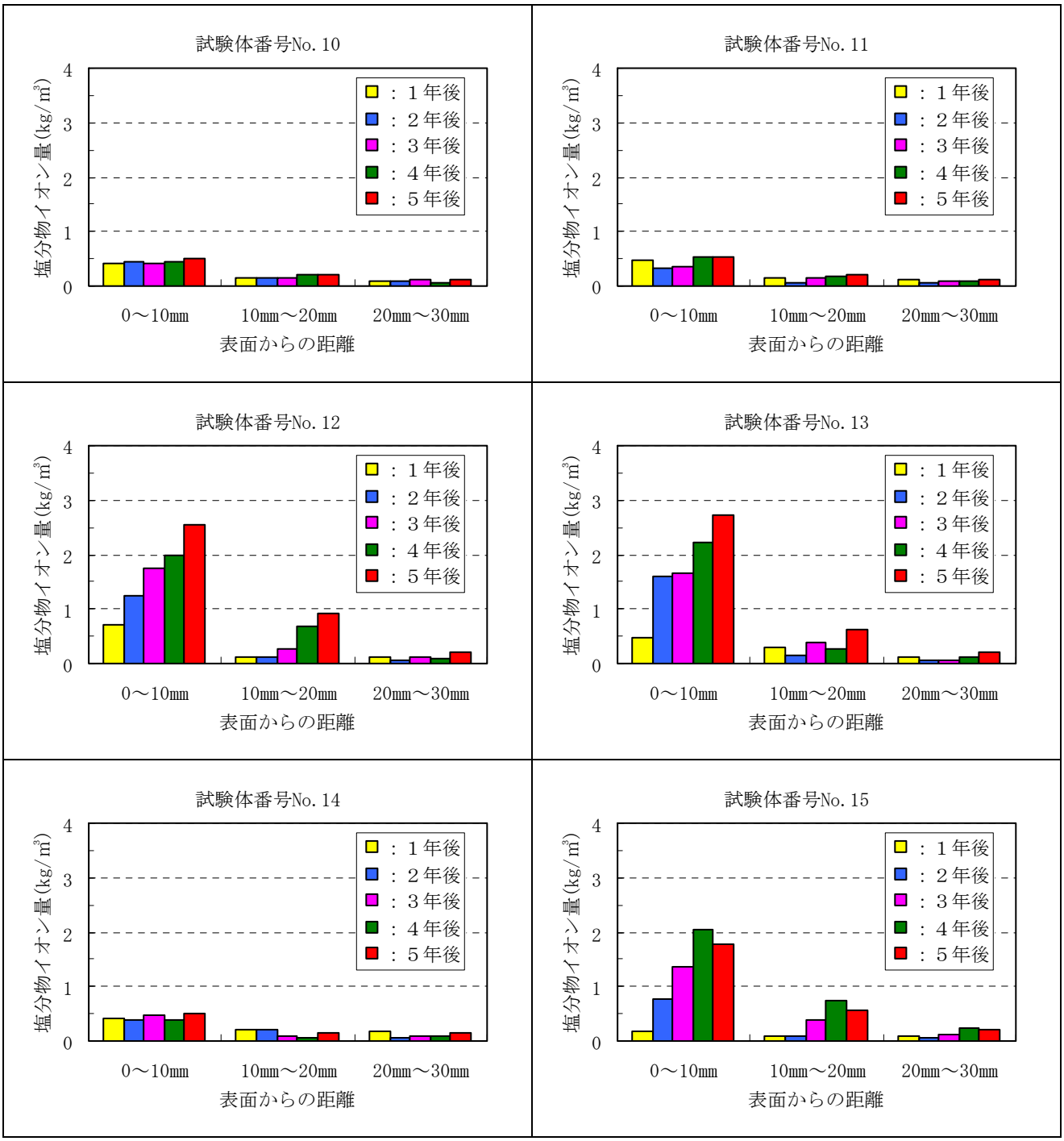
付録図－2.6.2(1)　塩化物イオン量測定結果（シラン系）



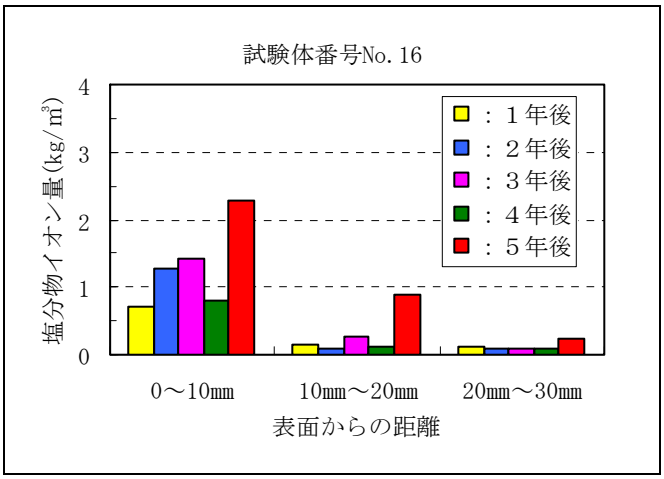
付録図－2.6.2(2)　塩化物イオン量測定結果（シラン系）



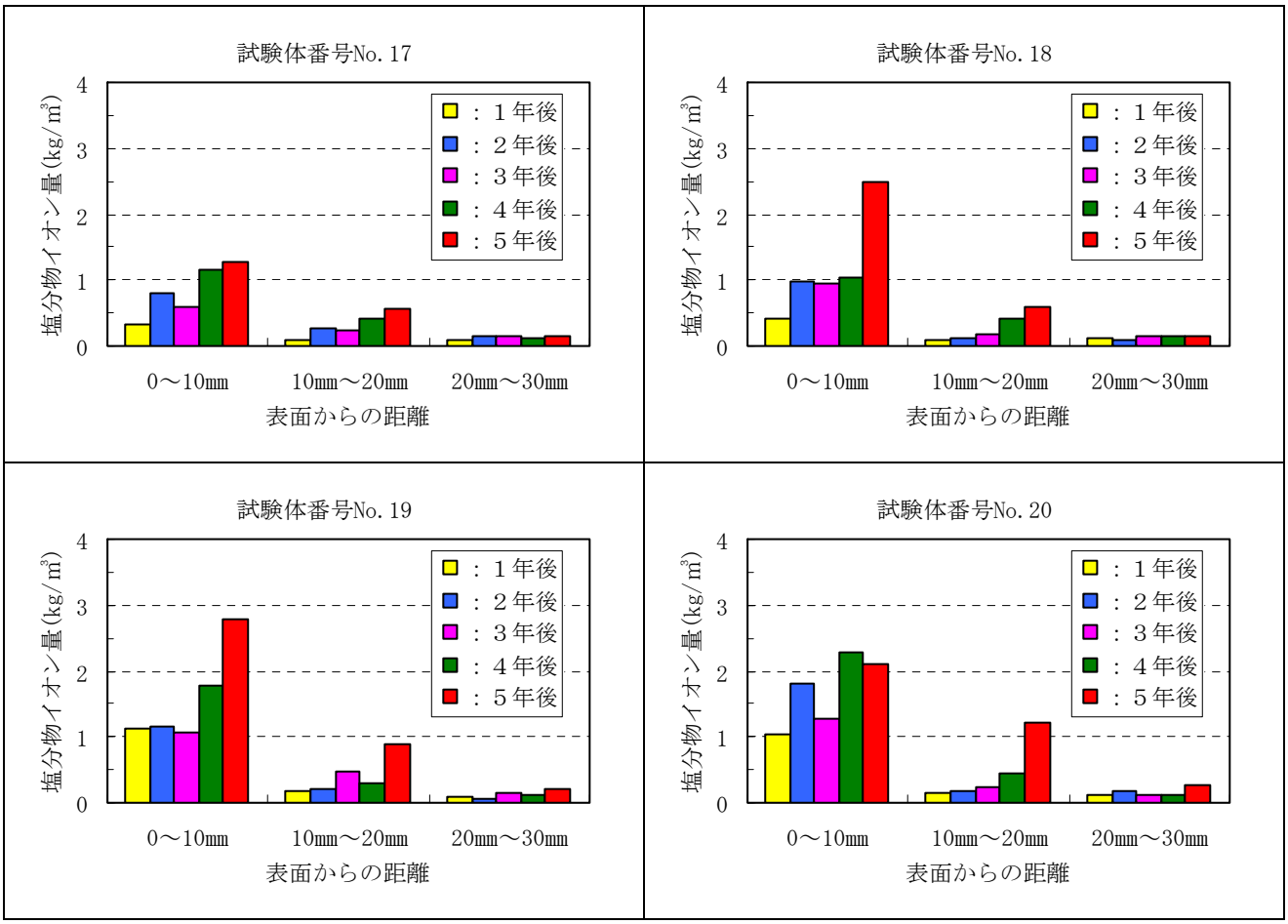
付録図－2.6.3(1)　塩化物イオン量測定結果（シラン・シロキサン系）



付録図－2.6.3(2)　塩化物イオン量測定結果（シラン・シロキサン系）

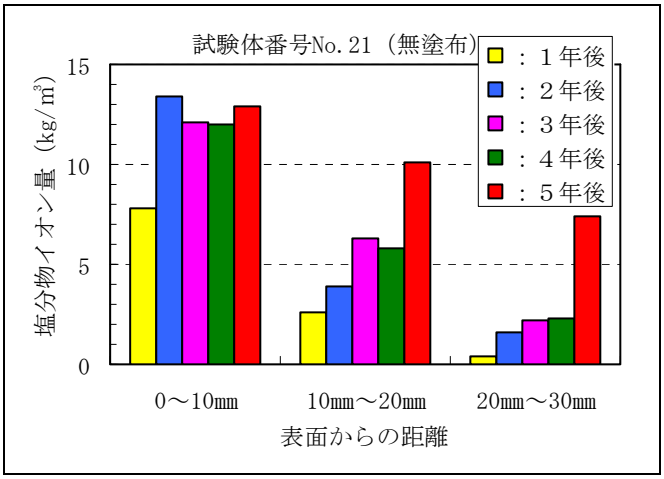


付録図－2.6.3(3)　塩化物イオン量測定結果（シラン・シロキサン系）

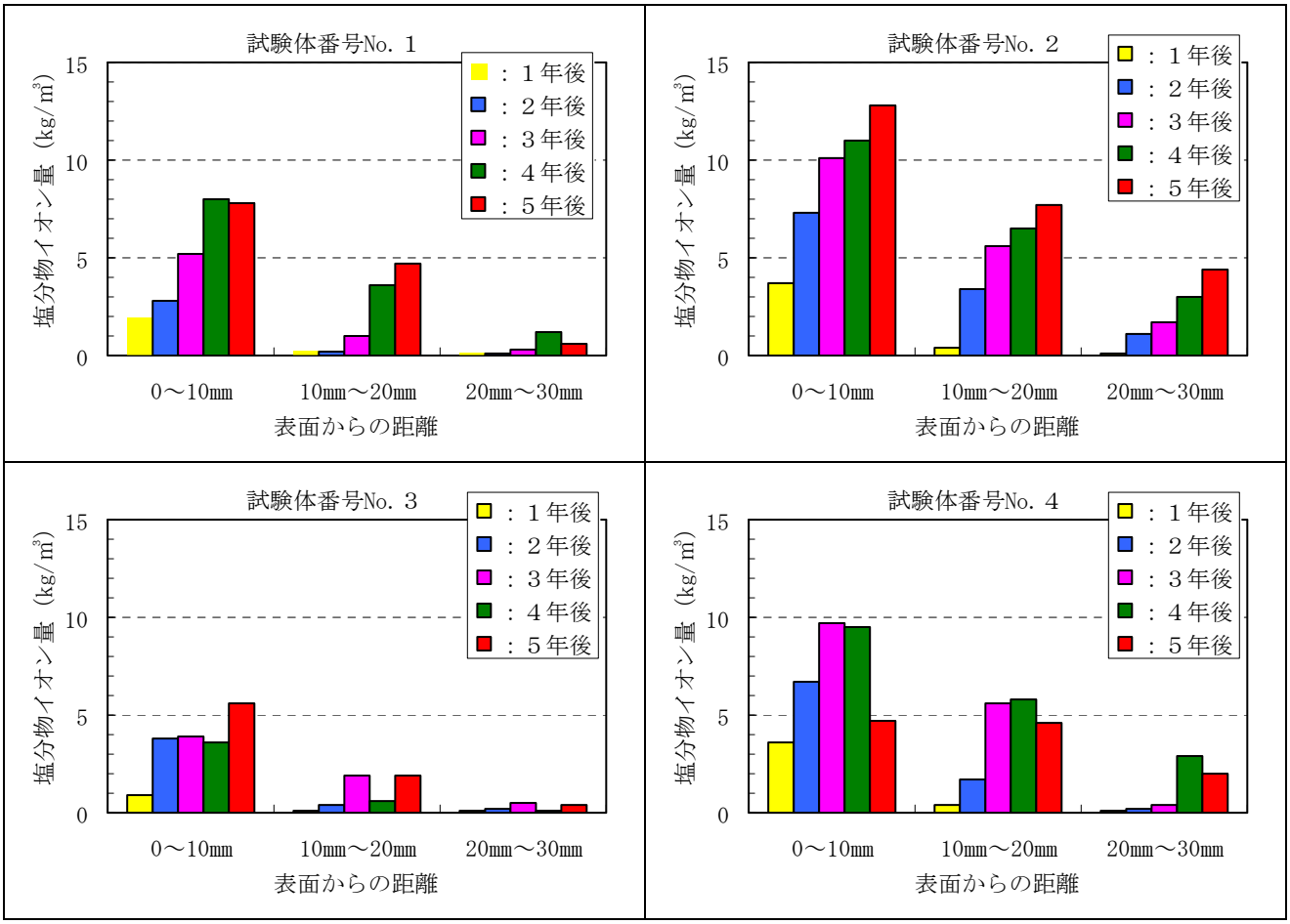


付録図－2.6.4　塩化物イオン量測定結果（その他の類）

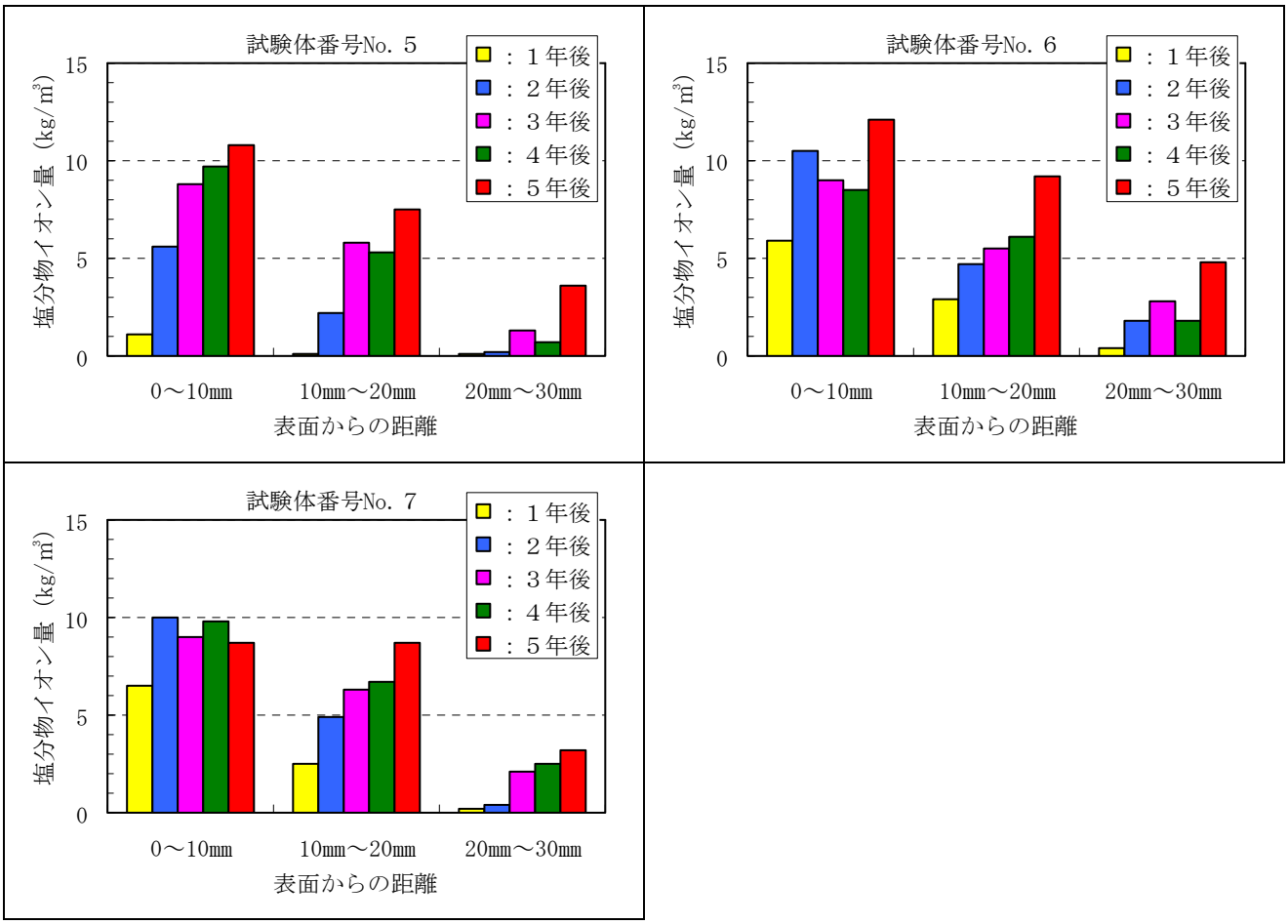
２） 沖縄



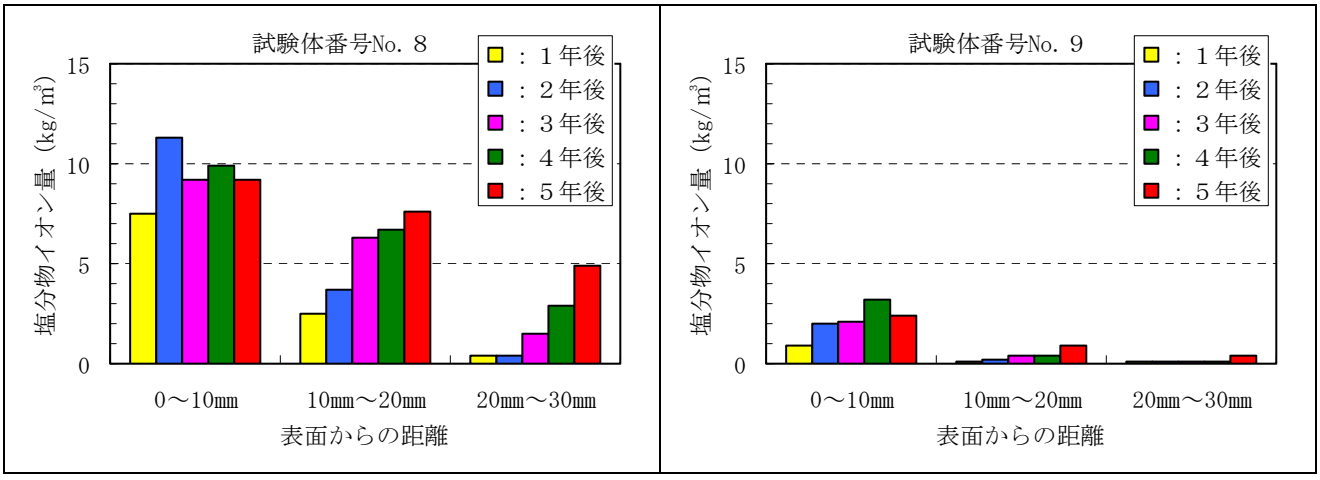
付録図－2.6.5　塩化物イオン量測定結果（無塗布）



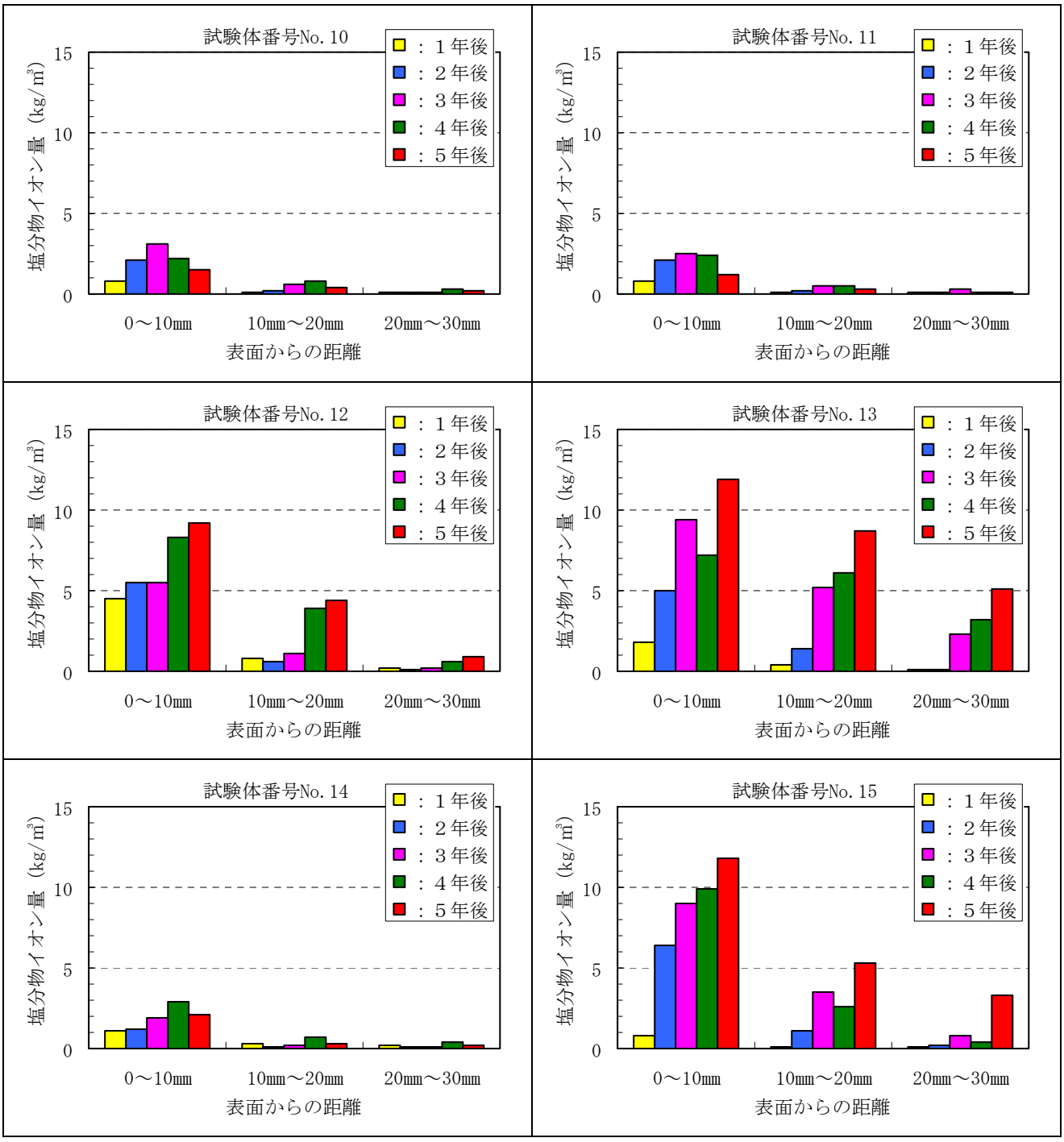
付録図－2.6.6(1)　塩化物イオン量測定結果（シラン系）



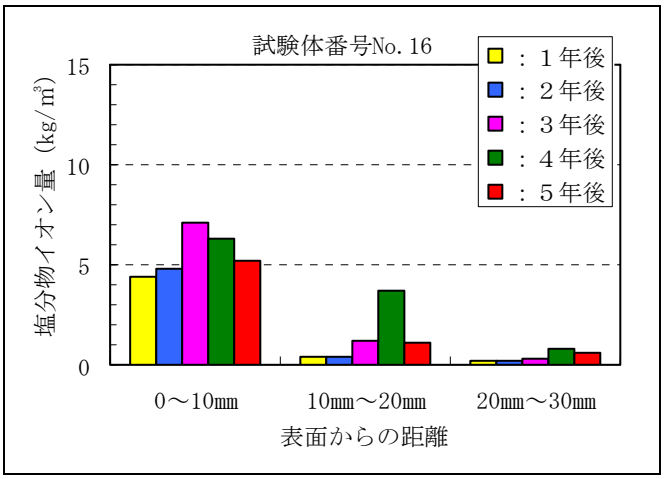
付録図－2.6.6(2)　塩化物イオン量測定結果（シラン系）



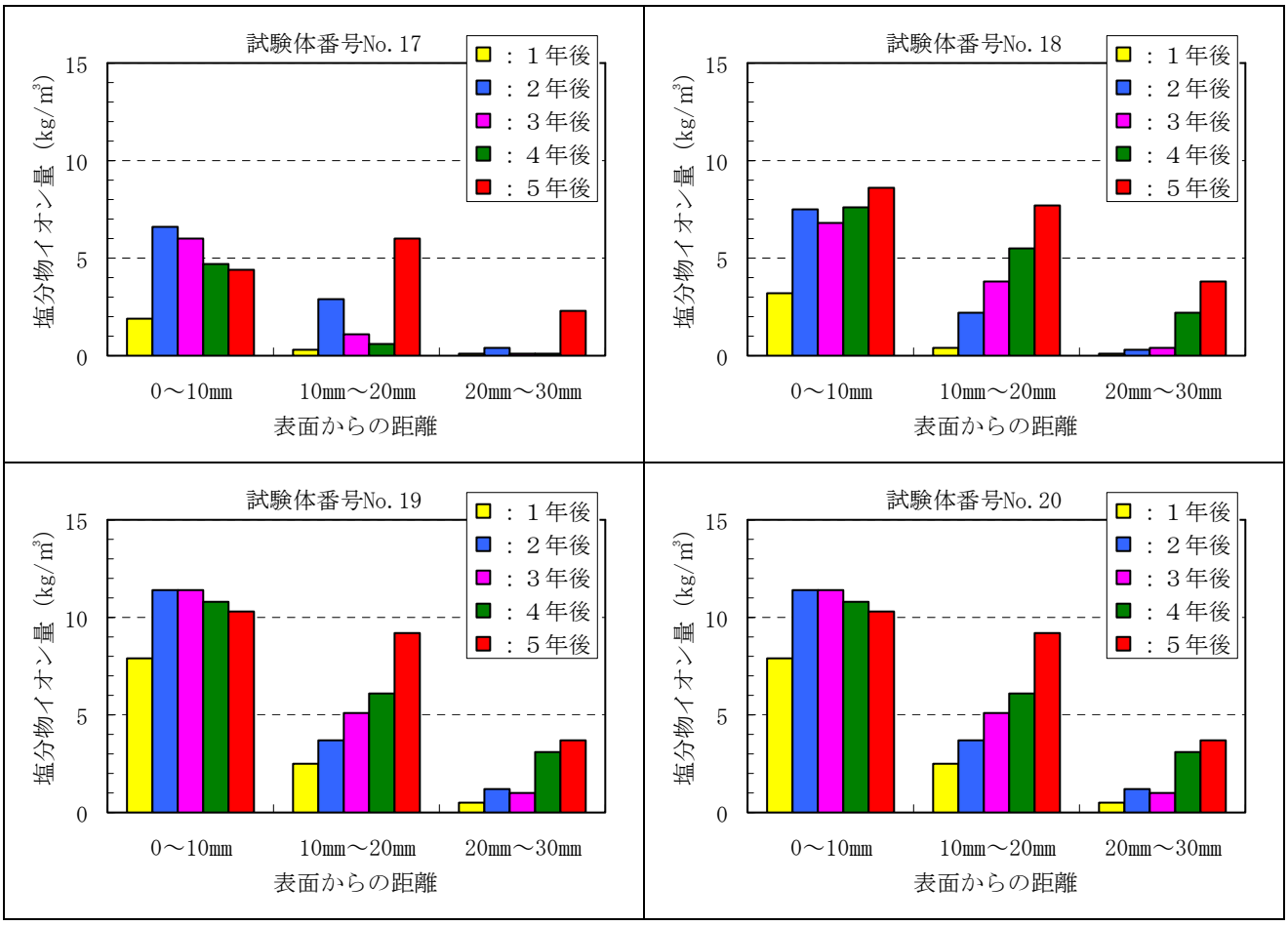
付録図－2.6.7(1)　塩化物イオン量測定結果（シラン・シロキサン系）



付録図－2.6.7(2)　塩化物イオン量測定結果（シラン・シロキサン系）



付録図－2.6.7(3)　塩化物イオン量測定結果（シラン・シロキサン系）



付録図－2.6.8　塩化物イオン量測定結果（その他の類）

２．７　中性化深さ

（１）中性化深さ測定結果（東京）

付録表－2.7.1(1)　中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	東京暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				国道側						首都高側					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン系	1	1	割	7.00	4.00	5.50	5.50	8.90	0.10	1.00	8.50	2.50	4.00	12.00	0.10
			切	－	－	－	3.70	－	－	－	－	－	－	－	－
		2	割	1.90	2.70	2.30	2.30	－	－	2.40	4.30	3.40	3.40	－	－
			切	－	－	－	2.21	－	－	－	－	－	2.37	－	－
		3	切	1.66	1.89	1.97	1.84	－	－	2.23	2.41	1.64	2.09	－	－
		4	切	2.91	3.19	4.16	3.42	6.64	1.68	2.29	4.24	3.86	3.46	7.81	1.21
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	7.70	10.00	6.70	8.13	－	－
	2	1	割	4.00	5.00	3.00	4.00	6.50	1.00	2.00	4.00	4.00	3.33	4.80	1.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.84	－	－
		2	割	4.60	4.70	4.20	4.50	－	－	4.80	5.90	6.30	5.70	－	－
			切	－	－	－	4.61	－	－	－	－	－	4.97	－	－
		3	切	4.05	4.21	4.60	4.29	－	－	2.92	3.24	3.66	3.27	－	－
		4	切	7.70	5.90	5.20	6.27	8.00	4.00	7.60	5.10	7.30	6.67	8.50	4.50
		5	切	10.00	8.00	6.00	8.00	－	－	10.00	9.00	9.80	9.60	－	－
	3	1	割	0.10	0.00	0.00	0.03	1.00	0.00	1.00	2.00	2.00	1.67	3.00	0.00
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	4.80	4.30	3.00	4.00	－	－	3.30	3.80	3.30	3.50	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	切	1.91	2.91	1.02	1.95	－	－	2.51	2.33	1.15	2.00	－	－
		4	切	0.00	2.40	2.10	1.50	4.00	0.00	1.70	2.10	0.00	1.27	4.40	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	4.00	6.00	4.00	4.67	－	－
シラン系	4	1	割	4.00	4.20	5.00	4.40	5.50	1.50	3.00	2.70	2.30	2.67	9.00	1.00
			切	－	－	－	3.15	－	－	－	－	－	3.08	－	－
		2	割	3.00	4.70	4.50	4.10	－	－	2.90	5.80	3.40	4.00	－	－
			切	－	－	－	3.28	－	－	－	－	－	3.94	－	－
		3	切	1.77	1.59	2.78	2.05	－	－	2.13	2.93	3.20	2.75	－	－
		4	切	6.93	7.08	4.64	6.22	6.98	4.64	6.45	5.46	3.82	5.24	3.49	7.18
		5	切	7.30	4.40	3.60	5.10	－	－	5.40	6.00	4.40	5.27	－	－
	5	1	割	1.00	4.00	2.00	2.33	4.20	1.00	4.00	2.00	2.00	2.67	8.00	1.00
			切	－	－	－	3.13	－	－	－	－	－	2.25	－	－
		2	割	1.10	4.90	4.10	3.40	－	－	3.10	3.90	3.70	3.60	－	－
			切	－	－	－	4.21	－	－	－	－	－	3.89	－	－
		3	切	1.62	1.45	0.96	1.34	－	－	2.31	1.77	1.97	2.02	－	－
		4	切	4.01	4.27	5.24	4.51	3.11	6.22	3.94	6.63	3.82	4.80	7.79	2.89
		5	切	3.30	5.40	3.20	3.97	－	－	5.00	6.30	5.40	5.57	－	－
	6	1	割	2.80	5.00	5.00	4.27	6.00	1.00	2.80	5.30	3.00	3.70	6.50	2.00
			切	－	－	－	4.42	－	－	－	－	－	2.24	－	－
		2	割	6.10	9.40	6.30	7.30	－	－	4.00	3.80	6.10	4.60	－	－
			切	－	－	－	6.40	－	－	－	－	－	4.60	－	－
		3	切	2.43	3.64	2.81	2.96	－	－	3.19	4.12	4.98	4.10	－	－
		4	切	5.20	5.40	5.70	5.43	6.00	3.80	6.60	6.40	5.30	6.10	7.30	3.30
		5	切	7.60	8.20	7.00	7.60	－	－	6.40	7.20	6.40	6.67	－	－

付録表－2.7.1(2)　東京中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	東京暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				国道側						首都高側					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン系	7	1	割	3.00	2.50	3.00	2.83	5.50	1.00	3.20	3.00	5.00	3.72	6.00	2.00
			切	－	－	－	3.37	－	－	－	－	－	2.24	－	－
		2	割	5.70	6.20	6.80	6.20	－	－	6.30	8.90	7.40	7.50	－	－
			切	－	－	－	5.21	－	－	－	－	－	6.26	－	－
		3	切	3.37	3.83	3.89	3.70	－	－	3.16	2.26	3.54	2.99	－	－
		4	切	4.40	5.80	6.10	5.43	6.80	4.40	4.60	5.30	4.30	4.73	6.80	3.90
		5	切	6.90	8.00	7.00	7.30	－	－	8.00	7.30	5.00	6.77	－	－
シラン・シロキサン系	8	1	割	3.50	6.00	2.00	3.83	6.50	1.00	1.50	3.50	2.00	2.33	5.00	1.50
			切	－	－	－	3.82	－	－	－	－	－	3.01	－	－
		2	割	5.70	6.90	4.00	5.50	－	－	5.40	6.60	5.10	5.70	－	－
			切	－	－	－	5.00	－	－	－	－	－	6.07	－	－
		3	切	3.84	3.58	2.72	3.38	－	－	5.47	3.40	2.72	3.86	－	－
		4	切	5.47	5.02	4.90	5.13	6.78	4.57	6.83	6.24	6.31	6.46	7.80	3.16
		5	切	4.00	5.60	4.20	4.60	－	－	6.00	6.70	6.50	6.40	－	－
	9	1	割	3.00	5.50	3.00	3.83	7.00	1.00	2.50	3.00	2.50	2.67	6.00	0.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.84	－	－
		2	割	6.40	7.20	6.80	6.80	－	－	4.30	6.00	4.40	4.90	－	－
			切	－	－	－	5.17	－	－	－	－	－	1.96	－	－
		3	切	2.95	2.80	3.68	3.14	－	－	2.30	2.56	2.81	2.56	－	－
		4	切	2.32	3.80	2.24	2.79	4.28	2.01	1.65	2.85	1.32	1.94	4.55	1.32
		5	切	0.00	0.00	6.50	2.17	－	－	3.60	6.00	0.00	3.20	－	－
	10	1	割	2.00	2.50	2.00	2.17	8.00	1.00	2.00	2.00	3.00	2.33	5.50	1.00
			切	－	－	－	2.39	－	－	－	－	－	1.07	－	－
		2	割	4.70	3.90	5.20	4.60	－	－	3.70	4.60	4.00	4.10	－	－
			切	－	－	－	6.04	－	－	－	－	－	3.98	－	－
		3	切	2.67	3.58	5.00	3.75	－	－	1.78	2.79	3.52	2.70	－	－
		4	切	5.44	6.15	6.02	5.87	6.67	3.71	4.96	5.30	5.35	5.20	5.35	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	4.10	6.00	4.10	4.73	－	－
	11	1	割	2.50	2.00	4.00	2.83	4.00	1.00	3.00	2.00	3.00	2.67	6.00	1.00
			切	－	－	－	0.98	－	－	－	－	－	1.49	－	－
		2	割	3.90	4.30	3.80	4.00	－	－	3.30	4.30	5.40	4.30	－	－
			切	－	－	－	3.98	－	－	－	－	－	－	－	－
		3	切	2.22	2.98	3.25	2.82	－	－	2.48	2.67	1.32	2.16	－	－
		4	切	7.16	4.73	5.58	5.82	7.16	2.73	4.05	2.98	4.17	3.73	6.64	2.60
		5	切	5.00	5.00	5.20	5.07	－	－	2.00	2.00	2.00	2.00	－	－
	12	1	割	3.00	2.00	2.00	2.33	5.00	0.00	2.50	0.00	4.50	2.33	5.00	0.00
			切	－	－	－	3.92	－	－	－	－	－	3.76	－	－
		2	割	4.20	2.50	2.20	3.00	－	－	4.50	4.60	3.90	4.30	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	切	2.74	2.45	1.84	2.34	－	－	2.42	2.52	2.02	2.32	－	－
		4	切	2.40	1.45	3.75	2.53	5.86	0.00	4.59	6.32	1.96	4.29	6.53	0.00
		5	切	5.30	3.00	3.00	3.77	－	－	0.00	6.00	4.00	3.33	－	－

付録表－2.7.1(3)　東京中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	東京暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				国道側						首都高側					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン・シロキサン系	13	1	割	1.00	0.00	0.00	0.33	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	3.60	6.10	3.30	4.30	－	－	4.90	3.00	4.80	4.20	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	5.44	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	2.96	2.96	3.17	3.03	－	－
		4	切	2.76	3.53	1.39	2.56	3.53	0.00	4.92	6.70	5.73	5.79	6.70	0.00
		5	切	4.60	5.00	0.00	3.20	－	－	8.00	7.00	0.00	5.00	－	－
	14	1	割	5.00	4.50	2.00	3.83	5.80	2.50	4.00	3.00	5.00	4.00	7.00	1.00
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	3.60	4.10	3.40	3.70	－	－	4.80	3.90	5.00	4.60	－	－
			切	－	－	－	3.59	－	－	－	－	－	3.99	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	1.40	1.50	1.40	1.43	1.50	0.90	2.10	1.70	2.40	2.07	2.50	1.20
		5	切	7.00	5.00	5.00	5.67	－	－	0.00	7.50	6.00	4.50	－	－
	15	1	割	2.00	1.00	0.00	1.00	4.00	0.00	1.00	4.00	0.00	1.67	4.00	0.00
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	0.00	2.20	4.90	2.40	－	－	3.00	3.30	3.20	3.20	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	0.00	4.80	0.00	1.60	4.80	0.00	0.82	4.34	3.37	2.84	6.33	0.82
		5	切	5.00	4.30	5.00	4.77	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	16	1	割	1.00	2.00	0.00	1.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.67	2.50	0.00
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	2.30	1.20	0.00	1.20	－	－	1.00	3.70	3.80	2.80	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	1.91	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.95	0.81	0.96	0.91	－	－
		4	切	0.00	0.00	0.70	0.23	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
その他の系	17	1	割	4.50	4.50	4.00	4.33	5.80	2.00	5.00	6.50	2.00	4.50	7.50	0.00
			切	－	－	－	3.28	－	－	－	－	－	－	－	－
		2	割	2.40	3.30	5.00	3.60	－	－	4.50	5.80	4.30	4.90	－	－
			切	－	－	－	2.61	－	－	－	－	－	3.91	－	－
		3	切	0.61	1.40	1.45	1.15	－	－	2.50	2.10	2.69	2.43	－	－
		4	切	4.90	5.80	5.00	5.23	6.80	2.30	5.00	5.40	5.40	5.27	6.40	3.80
		5	切	7.00	5.00	5.00	5.67	－	－	0.00	7.50	6.00	4.50	－	－
	18	1	割	5.00	2.00	3.00	3.33	13.00	1.50	4.00	3.50	0.00	2.50	5.80	0.00
			切	－	－	－	4.15	－	－	－	－	－	－	－	－
		2	割	2.50	2.60	1.40	2.20	－	－	1.70	7.10	4.50	4.40	－	－
			切	－	－	－	2.79	－	－	－	－	－	4.47	－	－
		3	切	0.31	0.42	0.49	0.41	－	－	2.94	2.57	2.57	2.69	－	－
		4	切	6.40	4.00	4.70	5.03	6.60	0.00	5.00	3.40	3.50	3.97	6.40	2.40
		5	切	4.60	4.40	4.20	4.40	－	－	5.00	6.00	7.40	6.13	－	－

付録表－2.7.1(4)　東京中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	東京暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				国道側						首都高側					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
その他の系	19	1	割	5.00	8.50	4.70	6.07	9.00	2.00	3.50	2.50	3.00	3.00	4.80	0.50
			切	－	－	－	5.93	－	－	－	－	－	3.64	－	－
		2	割	2.80	6.70	5.10	4.90	－	－	5.70	6.80	6.40	6.30	－	－
			切	－	－	－	4.47	－	－	－	－	－	6.78	－	－
		3	切	3.42	5.08	4.71	4.40	－	－	4.95	5.24	5.31	5.17	－	－
		4	切	5.00	3.90	4.50	4.47	5.40	2.50	6.60	5.20	6.60	6.13	7.00	3.80
		5	切	8.40	7.00	6.20	7.20	－	－	8.30	8.00	6.20	7.50	－	－
	20	1	割	4.00	5.10	5.00	4.70	7.10	1.00	3.00	4.00	5.30	4.10	10.50	1.00
			切	－	－	－	4.86	－	－	－	－	－	3.91	－	－
		2	割	6.90	5.70	6.10	6.20	－	－	6.90	6.10	4.90	6.00	－	－
			切	－	－	－	7.51	－	－	－	－	－	7.41	－	－
		3	切	3.85	4.41	3.53	3.93	－	－	3.58	2.68	2.88	3.05	－	－
		4	切	6.60	7.80	7.50	7.30	7.80	7.60	7.10	4.40	6.20	5.90	5.50	1.90
		5	切	6.00	6.00	6.60	6.20	－	－	8.60	7.00	7.40	7.67	－	－
無塗布	21	1	割	6.20	7.00	3.50	5.57	8.00	3.00	4.50	5.00	6.20	5.23	16.00	3.50
			切	－	－	－	6.17	－	－	－	－	－	4.45	－	－
		2	割	5.00	6.50	5.60	5.60	－	－	3.30	1.80	5.20	3.40	－	－
			切	－	－	－	5.47	－	－	－	－	－	6.90	－	－
		3	切	4.81	5.09	4.05	4.65	－	－	4.35	3.95	4.12	4.14	－	－
		4	切	7.93	6.24	7.31	7.16	9.96	5.70	4.45	5.02	5.93	5.13	7.07	3.74
		5	切	10.00	10.00	6.70	8.90	－	－	8.50	10.00	7.40	8.63	－	－

（２）中性化深さ測定結果（親不知）

付録表－2.7.2(1)　親不知中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	親不知暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				A（上面）						B（下面）					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン系	1	1	割	1.00	0.50	2.00	1.17	5.00	0.50	2.00	0.50	0.00	0.83	2.00	0.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	2.60	3.10	1.50	2.40	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
			切	－	－	－	2.57	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	1.60	1.19	1.35	1.38	3.52	0.00	3.01	1.13	1.68	1.94	4.82	0.61
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	2	1	割	3.00	1.50	3.00	2.50	4.50	1.00	1.50	7.00	2.00	3.50	7.00	0.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.56	－	－
		2	割	1.50	1.30	1.30	1.40	－	－	2.10	2.10	2.50	2.20	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	1.74	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	4.23	2.28	3.02	4.94	1.85
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	3	1	割	3.80	0.00	0.10	1.30	4.20	0.00	2.00	2.00	5.00	3.00	5.00	0.00
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	切	1.82	1.65	1.72	1.73	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	3.15	2.81	3.00	2.99	4.09	2.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	4	1	割	2.50	4.00	6.00	4.17	6.00	0.50	1.50	3.00	3.00	2.50	5.00	0.50
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1.53	－	－
		2	割	3.30	3.70	3.40	3.50	－	－	1.50	2.10	2.50	2.00	－	－
			切	－	－	－	2.60	－	－	－	－	－	3.08	－	－
		3	切	2.28	2.55	2.38	2.40	－	－	1.45	1.38	1.90	1.58	－	－
		4	切	0.00	2.55	3.25	1.93	3.12	0.00	1.45	2.32	2.41	2.06	5.01	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	5	1	割	7.00	4.20	4.00	5.07	7.00	0.90	3.80	3.80	3.00	3.53	6.00	1.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.44	－	－
		2	割	1.40	2.50	2.10	2.00	－	－	1.20	1.60	3.70	2.20	－	－
			切	－	－	－	3.38	－	－	－	－	－	－	－	－
		3	切	3.39	3.61	4.58	3.86	－	－	2.66	1.72	2.26	2.21	－	－
		4	切	10.28	8.03	5.67	7.99	10.28	3.15	6.80	6.04	5.96	6.27	6.15	3.93
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	6	1	割	2.80	3.00	2.50	2.77	4.50	1.00	8.00	6.00	6.00	6.67	9.00	1.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1.84	－	－
		2	割	2.80	3.30	2.50	2.90	－	－	1.10	2.40	2.90	2.10	－	－
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	1.40	1.62	1.01	1.34	2.48	0.91	3.81	3.54	3.18	3.51	5.71	2.01
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－

付録表－2.7.2(2)　親不知中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	親不知暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				A(上面)						B(下面)					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン系	7	1	割	5.00	7.00	4.50	5.50	7.50	2.00	5.20	4.80	2.20	4.07	5.30	1.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.61	－	－
		2	割	2.00	1.60	1.80	1.80	－	－	0.90	1.90	1.20	1.30	－	－
			切	－	－	－	5.51	－	－	－	－	－	2.24	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	2.14	3.70	3.69	3.18	－	－
		4	切	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	2.16	2.83	2.22	2.83	1.14
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
シラン・シロキサン系	8	1	割	2.50	5.00	3.20	3.57	5.00	1.00	2.10	3.10	2.00	2.40	6.80	1.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.42	－	－
		2	割	2.80	2.60	1.60	2.30	－	－	1.40	0.90	0.90	1.10	－	－
			切	－	－	－	2.68	－	－	－	－	－	2.42	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	1.52	3.80	1.62	2.31	3.83	0.00	1.50	5.79	4.30	3.86	6.80	4.07
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	9	1	割	3.00	5.50	3.00	3.83	6.00	1.50	3.20	2.00	4.00	3.07	10.00	1.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.92	－	－
		2	割	1.70	1.90	2.10	1.90	－	－	2.50	2.80	4.20	3.20	－	－
			切	－	－	－	3.59	－	－	－	－	－	2.56	－	－
		3	切	4.35	2.93	3.65	3.64	－	－	2.94	2.32	1.66	2.31	－	－
		4	切	3.20	4.24	3.18	3.54	5.33	2.07	2.96	3.92	3.61	3.50	4.37	2.34
		5	切	0.00	7.30	0.00	2.40	－	－	0.00	4.40	3.00	2.50	－	－
	10	1	割	2.40	4.00	4.00	3.47	5.00	1.00	0.50	2.00	2.00	1.50	4.00	0.50
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	3.49	－	－
		2	割	3.30	3.70	2.90	3.30	－	－	1.70	2.50	2.10	2.10	－	－
			切	－	－	－	3.07	－	－	－	－	－	2.50	－	－
		3	切	2.63	3.00	2.73	2.79	－	－	2.10	1.93	2.63	2.22	－	－
		4	切	2.62	5.33	3.81	3.92	5.01	1.91	2.37	2.96	2.13	2.49	4.36	1.32
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	2.60	2.00	2.00	2.20	－	－
	11	1	割	2.80	6.00	2.90	3.90	6.00	1.50	5.80	4.00	2.00	3.93	6.00	0.50
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.02	－	－
		2	割	3.40	3.30	3.60	3.40	－	－	2.30	1.10	2.30	1.90	－	－
			切	－	－	－	3.64	－	－	－	－	－	2.15	－	－
		3	切	1.82	1.84	2.00	1.89	－	－	2.18	2.63	1.21	2.01	－	－
		4	切	3.26	4.04	3.50	3.60	6.00	2.44	4.25	3.19	2.47	3.30	4.25	1.30
		5	切	2.60	2.60	2.60	2.60	－	－	2.00	0.00	0.00	0.70	－	－
	12	1	割	2.00	1.00	1.00	1.33	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	2.60	2.30	1.80	2.20	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－

付録表－2.7.2(3)　親不知中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	親不知暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				A(上面)						B(下面)					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン・シロキサン系	13	1	割	2.00	2.80	2.80	2.53	4.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	1.00
			切	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		2	割	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
			切	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
		4	切	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
	14	1	割	3.80	2.60	5.50	3.97	5.50	2.00	3.00	2.00	6.00	3.67	9.20	2.00
			切	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.48	—	—
		2	割	3.30	2.80	3.50	3.20	—	—	—	2.40	3.00	2.40	—	—
			切	—	—	—	1.30	—	—	—	—	—	2.33	—	—
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—
		4	切	1.62	1.35	1.63	1.53	2.62	1.34	2.43	3.79	0.95	2.39	4.33	0.95
		5	切	4.40	5.00	0.00	3.10	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
	15	1	割	2.00	1.00	2.00	1.67	5.00	1.00	1.50	1.00	1.50	1.33	2.00	0.00
			切	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—
		2	割	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
			切	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	—
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
		4	切	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
	16	1	割	2.00	1.00	2.30	1.77	2.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
			切	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—
		2	割	0.80	0.80	1.20	1.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
			切	—	—	—	3.11	—	—	—	—	—	0.00	—	—
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
		4	切	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
その他の系	17	1	割	1.50	3.80	3.20	2.83	3.50	1.50	2.10	4.00	2.00	2.70	5.00	1.50
			切	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.46	—	—
		2	割	3.90	5.00	2.40	3.80	—	—	2.20	1.60	2.70	2.20	—	—
			切	—	—	—	3.44	—	—	—	—	—	2.42	—	—
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
		4	切	2.94	1.63	1.77	2.11	3.47	1.04	2.02	3.19	4.20	3.14	4.20	1.81
		5	切	0.00	0.00	2.20	0.70	—	—	3.00	0.00	0.00	1.00	—	—
	18	1	割	4.00	3.20	3.50	3.57	5.50	2.00	1.30	2.50	2.00	1.93	4.00	1.00
			切	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.91	—	—
		2	割	1.90	2.70	4.40	3.00	—	—	3.80	3.20	2.70	3.20	—	—
			切	—	—	—	2.03	—	—	—	—	—	1.67	—	—
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	4.84	3.79	4.31	4.31	—	—
		4	切	0.85	2.30	3.26	2.14	3.46	0.70	3.06	4.20	5.36	4.21	6.43	2.61
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—

付録表－2.7.2(4)　親不知中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	親不知暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				A(上面)						B(下面)					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
その他の系	19	1	割	1.00	8.90	1.00	3.63	9.00	0.20	4.00	4.80	2.20	3.67	11.80	1.20
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	3.38	－	－
		2	割	1.90	1.30	3.60	2.30	－	－	1.20	2.30	1.90	1.80	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	1.97	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	0.80	1.10	0.82	0.91	3.14	0.00	2.41	6.57	2.00	3.66	7.66	2.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	20	1	割	1.50	3.20	6.00	3.57	6.00	1.20	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	0.50
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.21	－	－
		2	割	2.30	0.80	1.30	1.50	－	－	1.50	1.70	2.30	1.80	－	－
			切	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	2.22	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
無塗布	21	1	割	1.50	1.50	1.50	1.50	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.50
			切	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
			切	－	－	－	2.05	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	切	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	切	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－

（３）中性化深さ測定結果（沖縄）

付録表－2.7.3(1)　沖縄中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	沖縄暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				A（上面）						B（下面）					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン系	1	1	割	2.00	2.00	1.00	1.67	2.50	0.00	1.00	1.00	2.20	1.40	6.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1.29	－	－
		2	割	3.10	2.80	3.10	3.00	－	－	2.60	1.70	0.00	1.40	－	－
			Cu	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	1.14	1.80	2.41	1.78	－	－	1.76	1.29	1.92	1.66	－	－
		4	Cu	2.43	0.00	0.00	0.81	5.11	0.00	0.00	4.75	1.56	2.10	7.58	0.00
		5	Cu	0.00	2.20	0.00	0.70	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	2	1	割	2.50	2.00	2.00	2.17	4.00	1.00	3.50	5.00	3.50	4.00	5.80	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.60	2.30	1.30	1.40	－	－
			Cu	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	2.49	1.41	2.60	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	3	1	割	2.00	3.50	3.00	2.83	4.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	2.10	1.60	2.70	2.10	－	－	0.00	0.00	1.90	0.60	－	－
			Cu	－	－	－	1.86	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	Cu	0.00	1.40	1.20	0.87	1.80	0.00	2.40	1.05	1.95	1.80	2.64	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
シラン系	4	1	割	2.00	4.80	2.00	2.93	5.50	1.00	2.00	3.00	1.00	2.00	4.00	1.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1.71	－	－
		2	割	4.50	3.90	1.40	3.30	－	－	0.00	1.80	3.70	1.80	－	－
			Cu	－	－	－	1.84	－	－	－	－	－	1.99	－	－
		3	Cu	0.42	1.22	1.89	1.18	－	－	2.19	2.69	2.67	2.52	－	－
		4	Cu	5.50	3.13	0.00	2.88	5.61	0.00	2.31	3.66	4.09	3.35	6.60	1.64
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	5	1	割	5.00	3.20	2.80	3.67	7.00	1.50	1.00	1.20	2.00	1.40	2.10	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	3.39	－	－
		2	割	4.70	5.60	2.80	4.40	－	－	5.00	4.20	3.80	4.30	－	－
			Cu	－	－	－	3.06	－	－	－	－	－	2.40	－	－
		3	Cu	2.09	1.94	2.38	2.14	－	－	1.22	1.43	2.22	1.62	－	－
		4	Cu	4.80	4.75	3.45	4.33	5.12	2.66	2.66	2.50	1.78	2.31	4.93	0.00
		5	Cu	0.00	4.80	0.00	1.60	－	－	2.40	4.60	2.60	3.20	－	－
	6	1	割	1.50	4.50	3.00	3.00	5.50	1.00	1.00	1.50	0.00	0.83	5.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1.51	－	－
		2	割	1.80	3.30	4.70	3.30	－	－	1.60	2.70	3.30	2.50	－	－
			Cu	－	－	－	1.88	－	－	－	－	－	3.23	－	－
		3	Cu	1.01	1.37	1.21	1.20	－	－	2.75	3.25	3.60	3.20	－	－
		4	Cu	2.96	4.38	2.73	3.36	4.26	2.19	2.56	3.02	1.86	2.48	5.33	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－

付録表－2.7.3(2)　沖縄中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	沖縄暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				A(上面)						B(下面)					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン系	7	1	割	2.00	1.00	3.20	2.07	5.00	1.00	1.00	2.00	0.00	1.00	5.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.37	－	－
		2	割	5.30	1.90	2.90	3.40	－	－	3.50	3.30	3.50	3.40	－	－
			Cu	－	－	－	2.28	－	－	－	－	－	3.55	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	3.09	2.44	3.78	3.10	－	－
		4	Cu	2.62	3.09	3.05	2.92	3.76	0.86	2.37	3.85	1.27	2.50	4.56	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
シラン・シロキサン系	8	1	割	1.50	1.50	1.50	1.50	4.00	1.00	2.50	5.00	2.00	3.17	7.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.42	－	－
		2	割	1.40	4.80	3.20	3.10	－	－	0.80	1.20	0.80	0.90	－	－
			Cu	－	－	－	1.87	－	－	－	－	－	2.94	－	－
		3	Cu	1.48	1.42	1.07	1.32	－	－	2.45	2.97	2.92	2.78	－	－
		4	Cu	3.32	2.50	2.22	2.68	3.32	0.00	0.71	1.68	1.15	1.18	4.68	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	9	1	割	2.10	5.00	5.00	4.03	7.50	1.00	2.00	3.00	2.50	2.50	4.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	3.17	－	－
		2	割	2.60	3.60	4.30	3.50	－	－	2.20	2.30	1.40	2.00	－	－
			Cu	－	－	－	4.34	－	－	－	－	－	2.93	－	－
		3	Cu	1.73	3.14	2.78	2.55	－	－	0.80	1.40	0.00	0.78	－	－
		4	Cu	5.36	4.85	3.75	4.65	5.60	2.80	2.95	3.48	3.80	3.41	4.51	2.18
		5	Cu	0.00	3.60	0.00	1,2	－	－	3.00	2.60	0.00	1.90	－	－
	10	1	割	10.33	5.00	6.00	7.10	4.30	2.00	1.00	2.20	1.50	1.57	5.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.30	－	－
		2	割	4.00	4.80	4.20	4.30	－	－	2.10	1.90	1.80	1.90	－	－
			Cu	－	－	－	1.58	－	－	－	－	－	1.78	－	－
		3	Cu	3.72	4.39	4.03	4.05	－	－	1.71	2.13	2.41	2.08	－	－
		4	Cu	5.86	4.68	5.33	5.29	6.61	3.48	2.76	2.94	1.80	2.50	4.52	0.00
		5	Cu	2.00	3.00	1.40	2,1	－	－	3.20	3.00	0.00	2.10	－	－
	11	1	割	3.80	3.80	3.00	3.53	6.00	0.00	2.00	3.00	2.00	2.33	3.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.01	－	－
		2	割	3.10	3.90	6.10	4.40	－	－	2.50	2.30	3.10	2.60	－	－
			Cu	－	－	－	2.52	－	－	－	－	－	2.07	－	－
		3	Cu	1.60	2.56	3.22	2.46	－	－	2.97	2.28	1.84	2.36	－	－
		4	Cu	5.44	4.18	3.72	4.45	5.34	1.69	0.00	1.73	3.66	1.80	3.82	0.00
		5	Cu	2.00	3.60	2,2	2.60	－	－	2.40	2.60	0.00	1.70	－	－
	12	1	割	1.50	1.00	0.00	0.83	2.50	0.00	0.00	3.00	3.50	2.17	3.50	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	
		2	割	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
			Cu	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－

付録表－2.7.3(3)　沖縄中性化深さ測定結果

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	沖縄暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				A(上面)						B(下面)					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン・シロキサン系	13	1	割	1.50	1.50	1.50	1.50	2.50	1.00	2.00	2.50	0.00	1.50	2.30	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	2.40	2.00	0.00	1.50	－	－	0.70	0.00	0.00	0.20	－	－
			Cu	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	Cu	2.60	2.26	2.71	2.52	4.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.13	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	14	1	割	3.00	5.00	2.50	3.50	6.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.67	2.50	1.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	1.62	－	－
		2	割	2.80	4.10	4.30	3.70	－	－	1.90	1.20	0.70	1.30	－	－
			Cu	－	－	－	2.82	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	1.13	3.34	1.42	1.96	－	－	2.57	1.56	2.89	2.34	－	－
		4	Cu	3.10	3.20	2.80	3.03	4.40	2.40	2.60	3.10	3.30	3.00	4.30	2.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	15	1	割	2.00	3.00	2.00	2.33	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	2.50	0.00	0.00	0.80	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
			Cu	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	16	1	割	2.00	1.00	2.00	1.67	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	2.40	2.40	3.40	2.70	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
			Cu	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	1.38	1.63	1.56	1.52	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	Cu	0.00	2.10	1.50	1.20	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
その他の系	17	1	割	3.00	2.00	3.00	2.67	6.00	0.00	2.00	4.00	1.00	2.33	5.50	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.35	－	－
		2	割	1.30	1.90	2.20	1.80	－	－	3.10	3.40	1.30	2.60	－	－
			Cu	－	－	－	3.11	－	－	－	－	－	2.36	－	－
		3	Cu	1.77	1.17	2.73	1.89	－	－	2.58	1.79	2.70	2.36	－	－
		4	Cu	2.10	2.60	2.90	2.53	4.30	2.10	3.90	5.40	5.90	5.07	7.20	3.80
		5	Cu	2.50	0.00	0.00	0.83	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	18	1	割	4.50	4.50	2.00	3.67	6.00	1.00	1.00	3.00	2.00	2.00	3.00	0.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	2.05	－	－
		2	割	3.20	2.40	1.80	2.50	－	－	1.30	2.10	3.60	2.30	－	－
			Cu	－	－	－	2.75	－	－	－	－	－	1.91	－	－
		3	Cu	1.43	1.73	2.40	1.85	－	－	1.29	1.48	2.52	1.76	－	－
		4	Cu	3.70	1.50	2.60	2.60	3.70	1.50	3.20	1.60	1.80	2.20	4.70	0.80
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	2.40	3.00	3.00	2.80	－	－

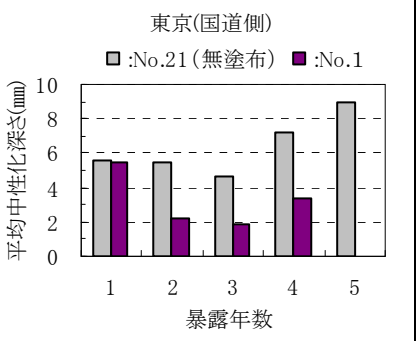
付録表－2.7.3(4)　沖縄中性化深さ測定結果

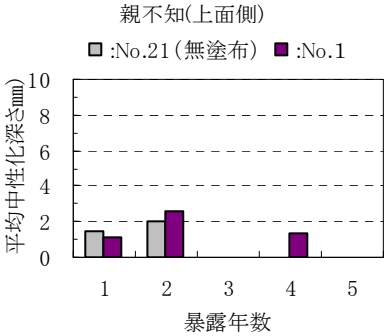
種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	沖縄暴露試験結果　※割:割裂面測定、切:切断面測定											
				A(上面)						B(下面)					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
その他の系	19	1	割	1.00	3.00	0.00	1.33	4.00	0.00	2.00	4.00	3.00	3.00	6.00	1.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.73	－	－
		2	割	2.20	1.90	1.70	1.90	－	－	1.40	1.20	0.00	0.90	－	－
			Cu	－	－	－	1.52	－	－	－	－	－	2.03	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	1.62	2.05	2.15	1.94	－	－
		4	Cu	0.00	1.80	1.30	1.03	2.90	0.00	1.70	2.00	1.50	1.73	2.70	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
	20	1	割	1.00	1.50	1.00	1.17	2.00	0.50	2.00	4.00	2.50	2.83	7.00	1.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	1.60	0.70	1.30	1.20	－	－	0.70	1.50	1.90	1.40	－	－
			Cu	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	1.95	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	Cu	2.30	0.90	1.50	1.57	2.30	0.00	1.90	0.00	1.10	1.00	2.10	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
無塗布	21	1	割	1.50	0.00	1.00	0.83	5.00	0.00	1.50	2.50	1.50	1.83	5.00	1.00
			Cu	－	－	－	－	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		2	割	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	2.30	0.00	0.80	－	－
			Cu	－	－	－	0.00	－	－	－	－	－	0.00	－	－
		3	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－
		4	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		5	Cu	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－	0.00	0.00	0.00	0.00	－	－

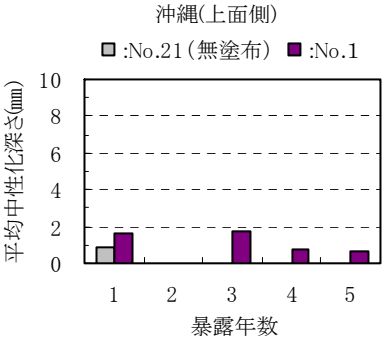
（４）中性化深さ測定結果グラフ

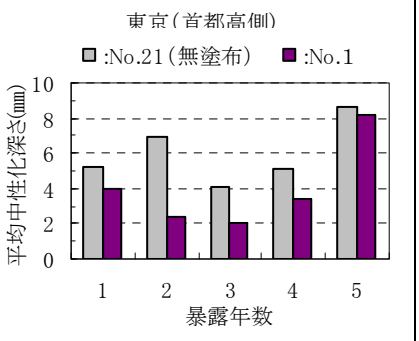
注）１年後測定は、割裂方式、２年後以降は、切断方式の測定値を示す。

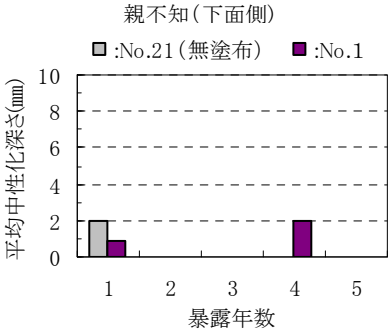
試験体番号 No. 1

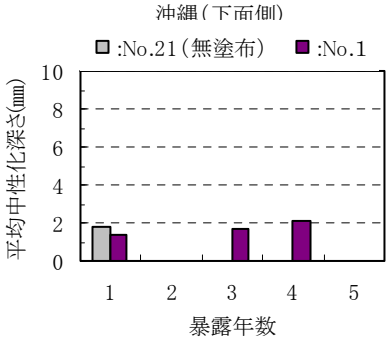




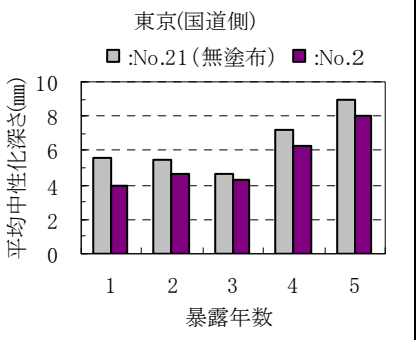


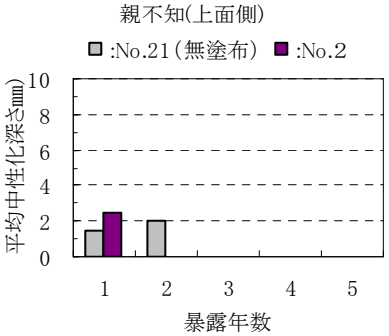


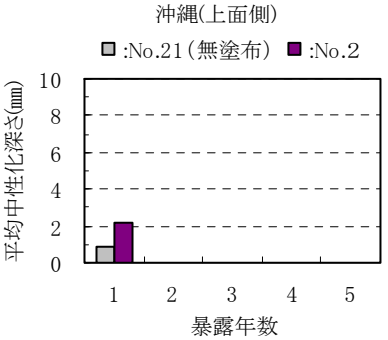


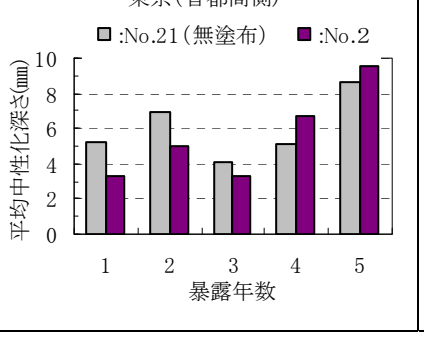


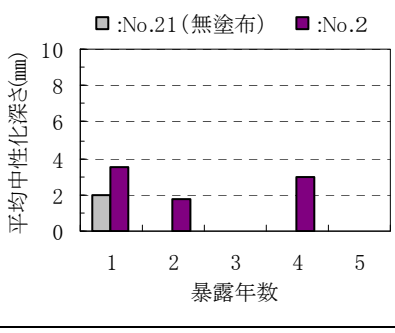
試験体番号 No. 2

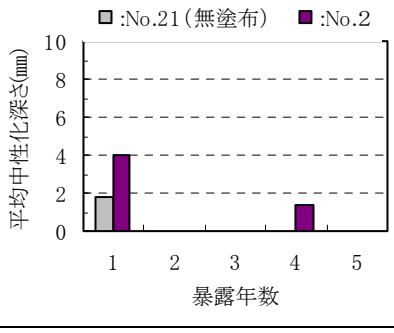






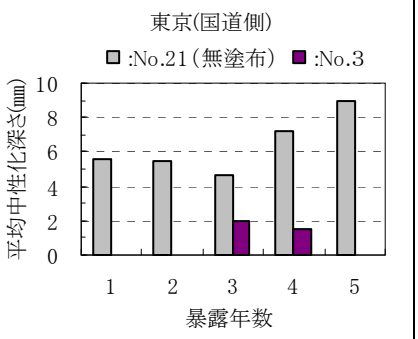


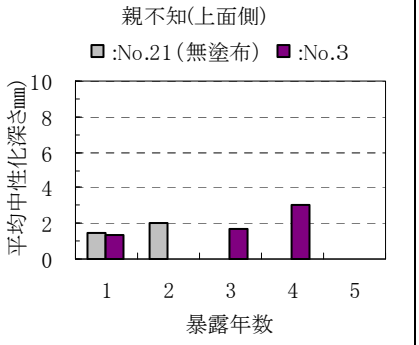


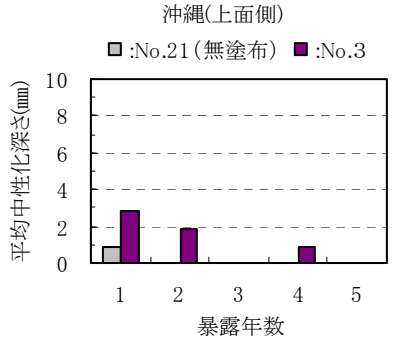


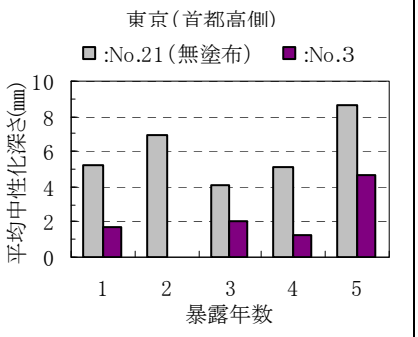
付録図－2.7.1(1)　中性化深さ測定結果（シラン系）

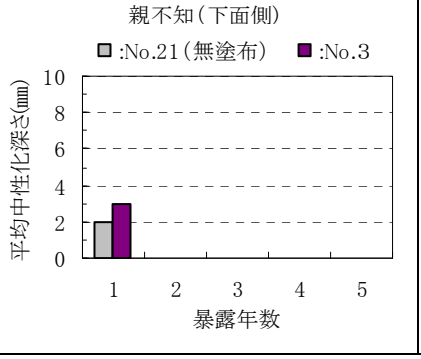
試験体番号 No. 3

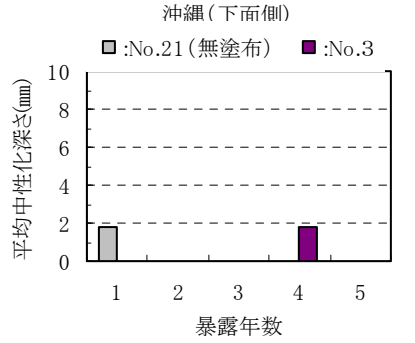




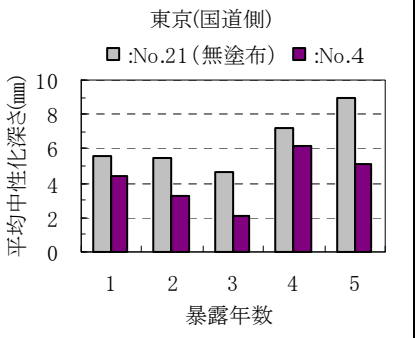


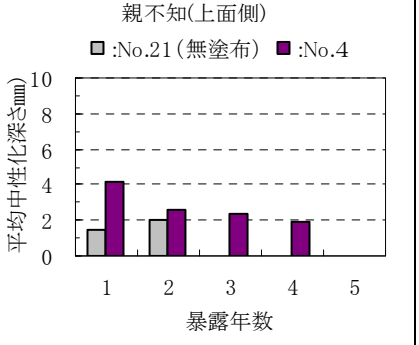


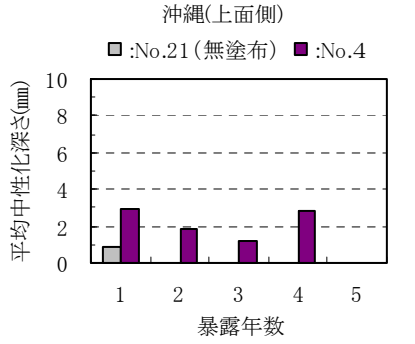


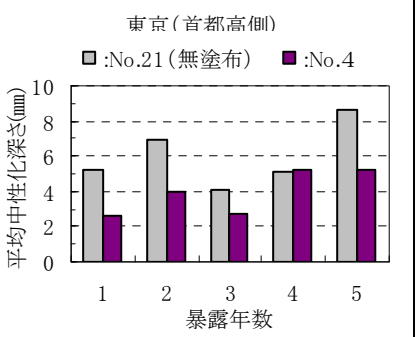


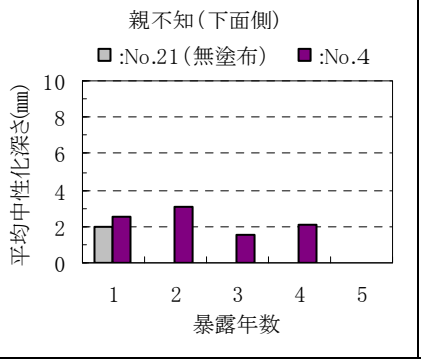
試験体番号 No. 4

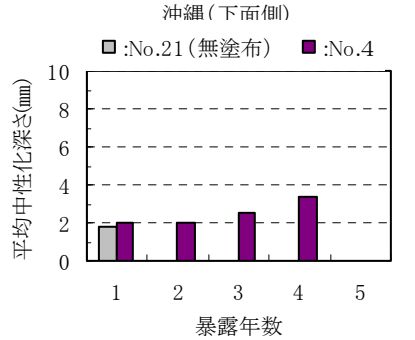






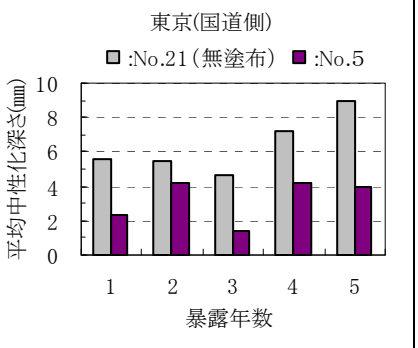


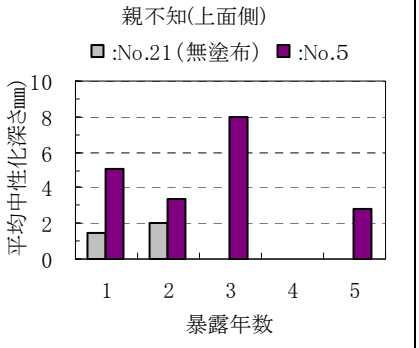


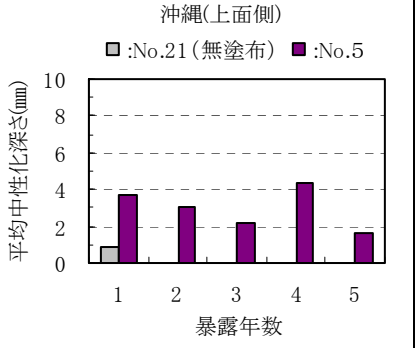


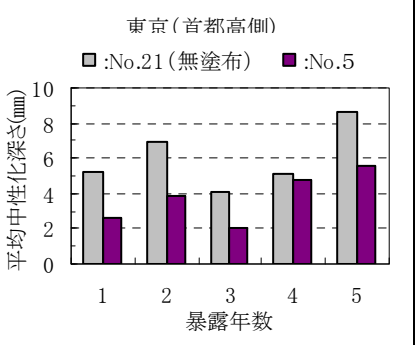
付録図－2.7.1(2)　中性化深さ測定結果（シラン系）

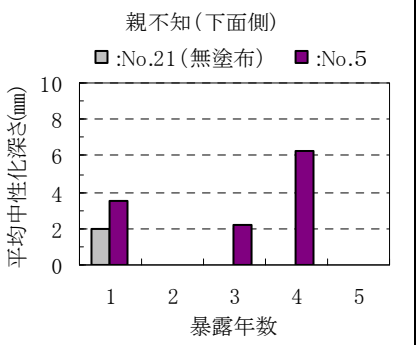
試験体番号 No. 5

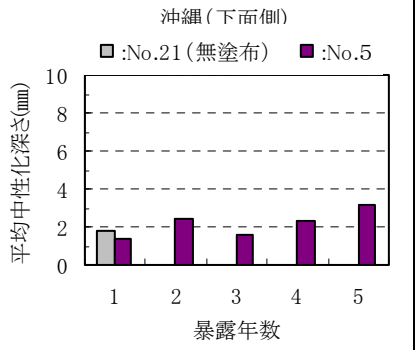






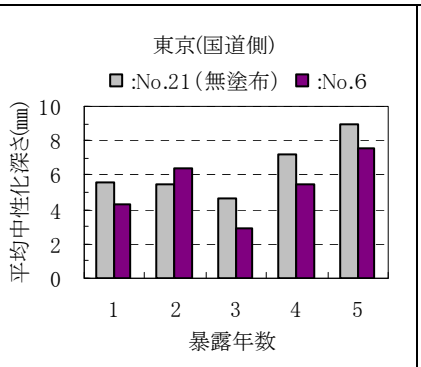


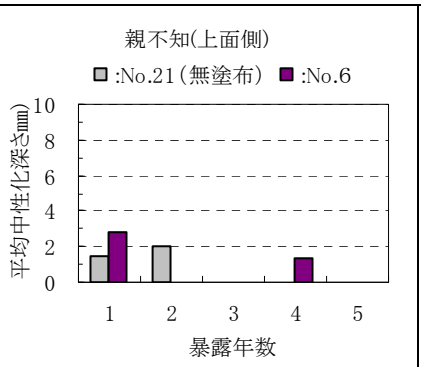


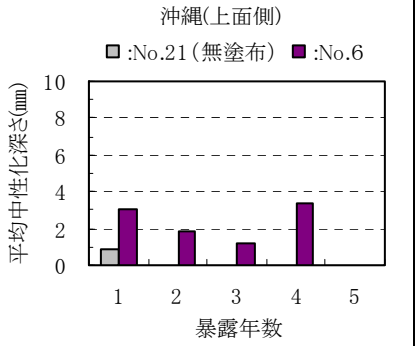


注) 2 年後データなし

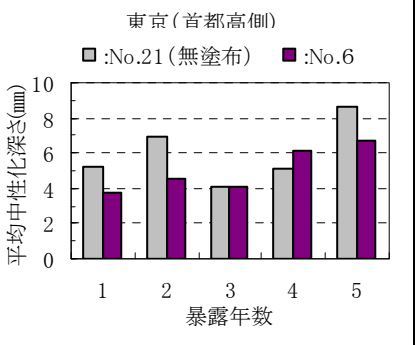
試験体番号 No. 6

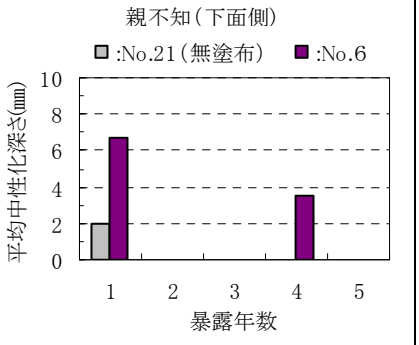


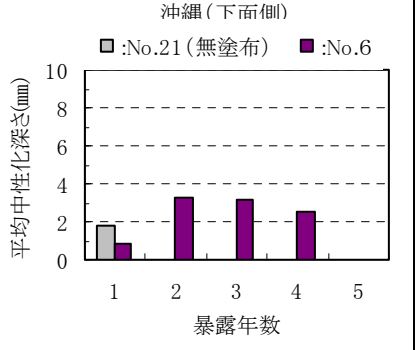




注) 2 年後データなし

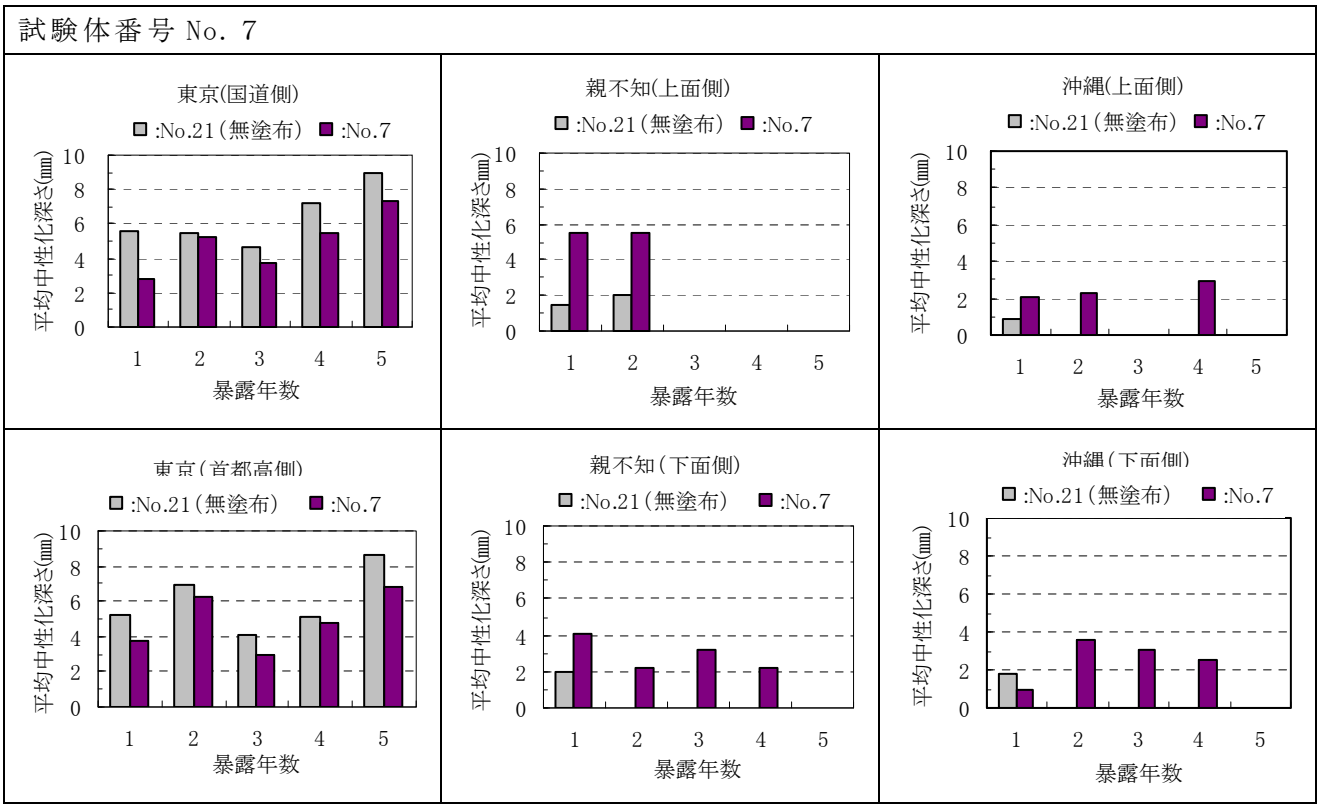




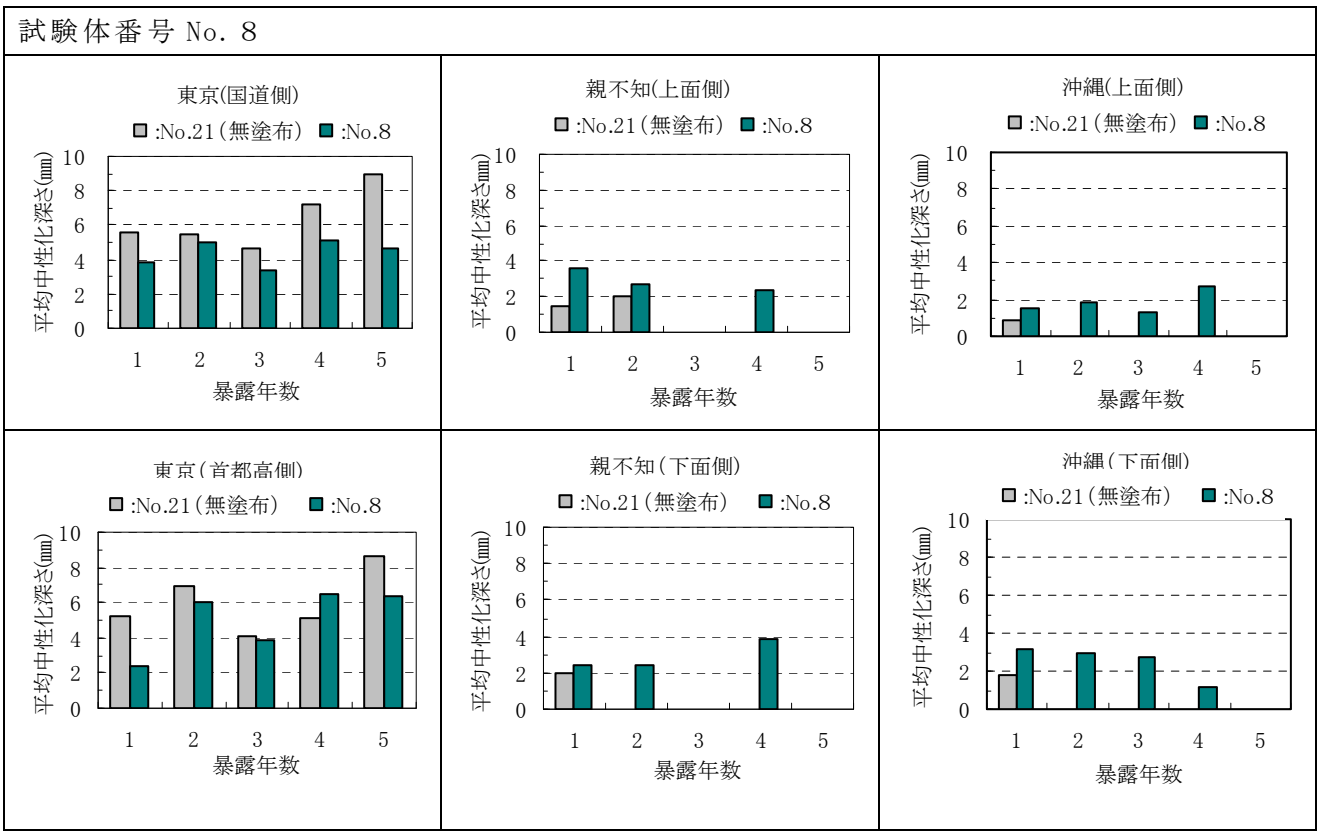


注) 2 年後データなし

付録図－2.7.1(3)　中性化深さ測定結果（シラン系）

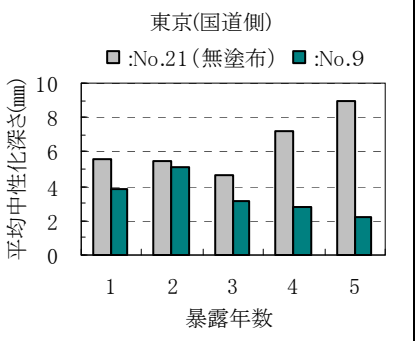


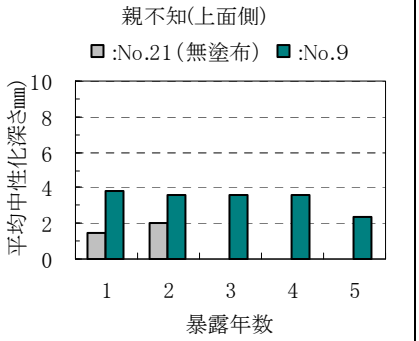
付録図－2.7.1(4)　中性化深さ測定結果（シラン系）

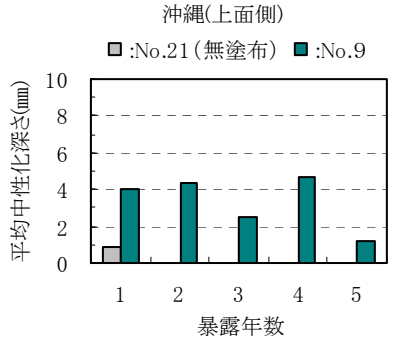


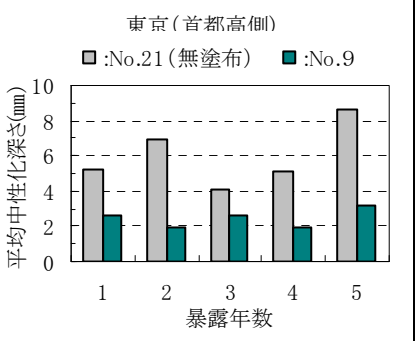
付録図－2.7.2(1)　中性化深さ測定結果（シラン・シロキサン系）

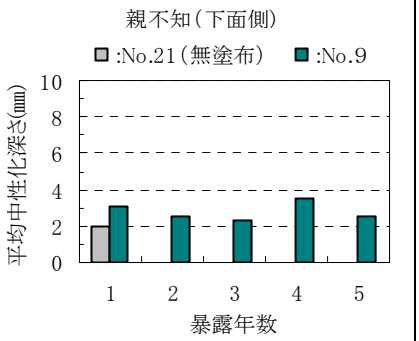
試験体番号 No. 9

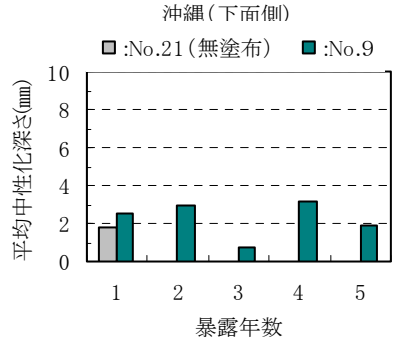




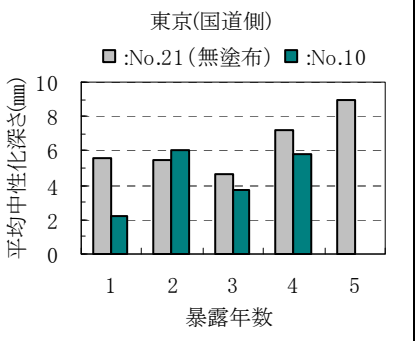


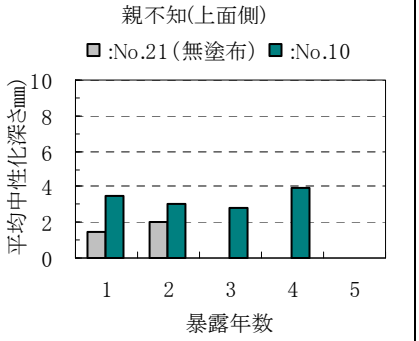


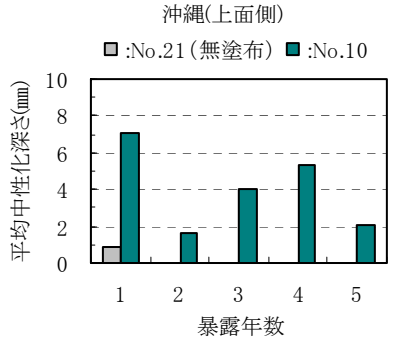


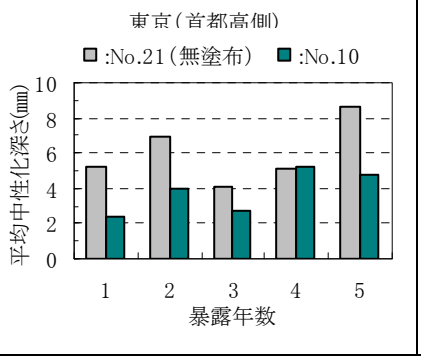


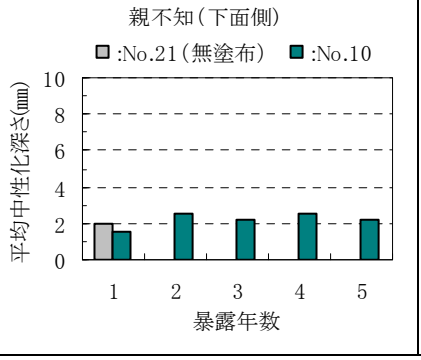
試験体番号 No. 10

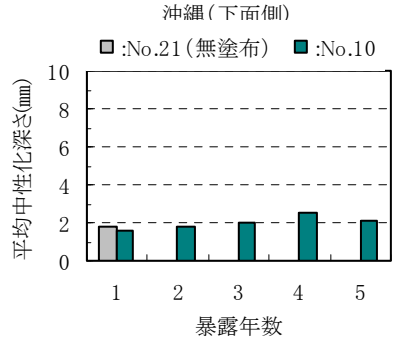






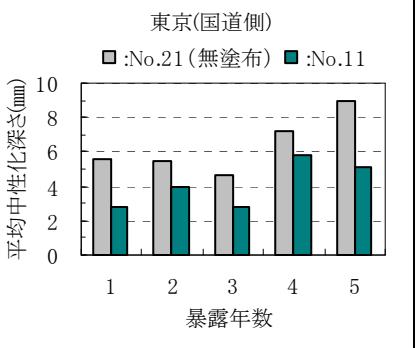


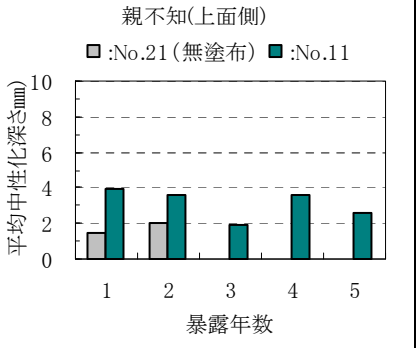


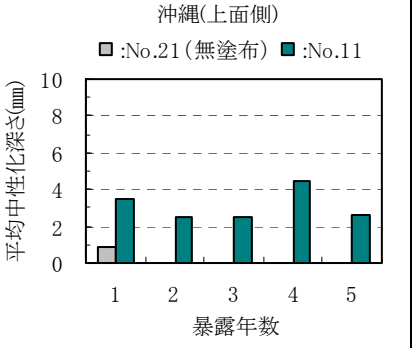


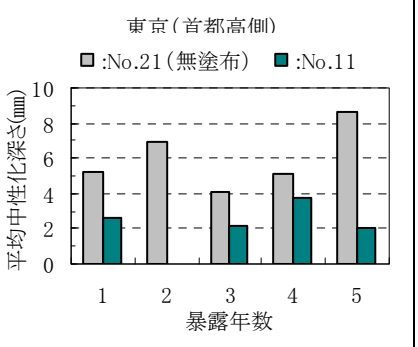
付録図－2.7.2(2)　中性化深さ測定結果（シラン・シロキサン系）

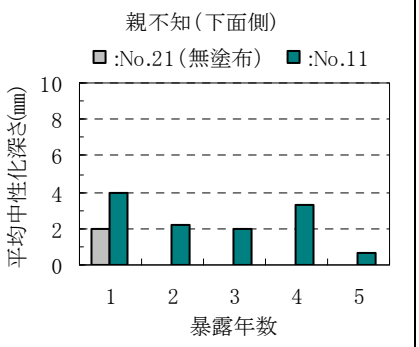
試験体番号 No.11

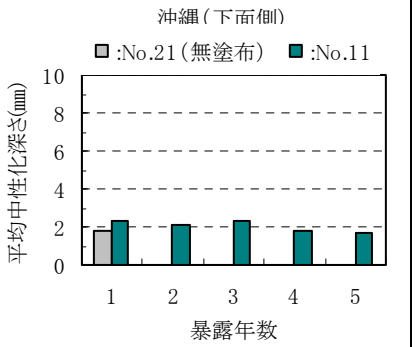






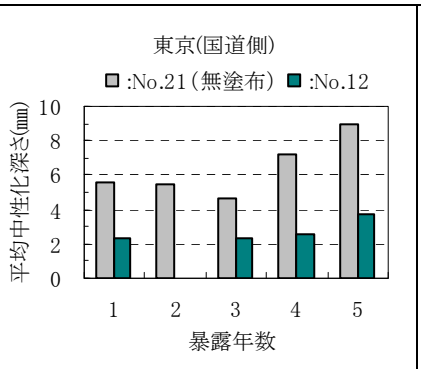


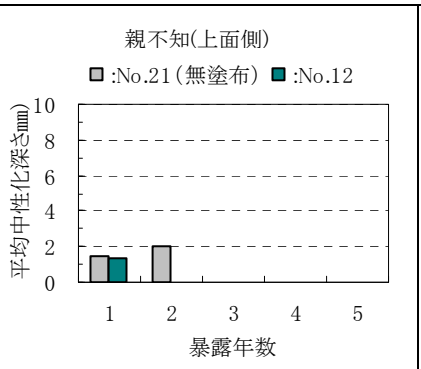


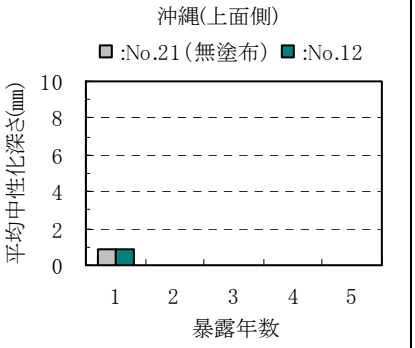


注）2年後データなし

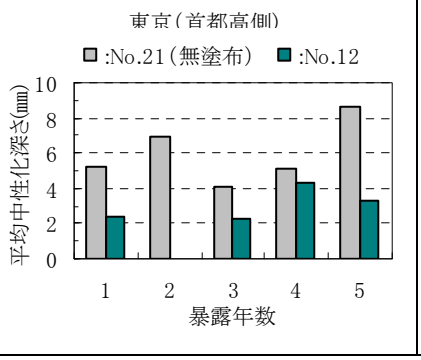
試験体番号 No.12

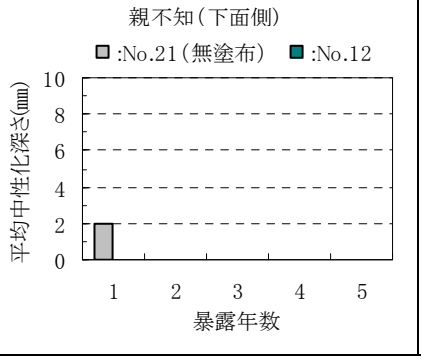


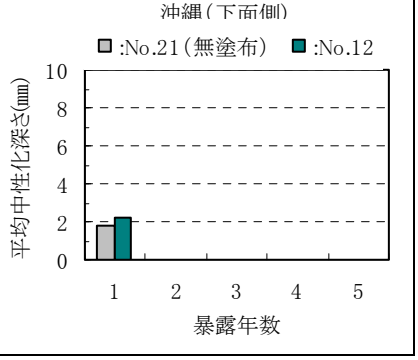




注）2年後データなし

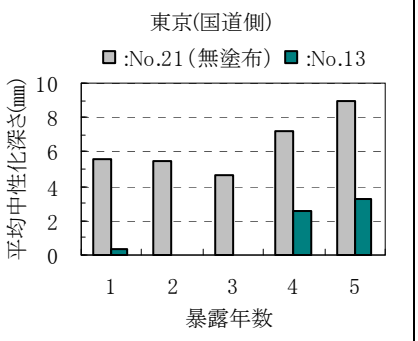


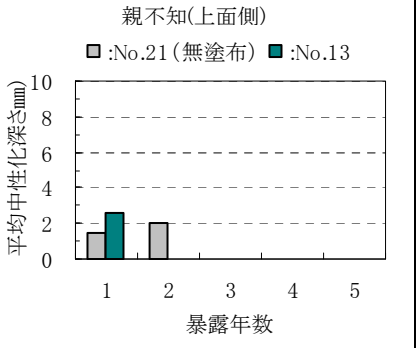




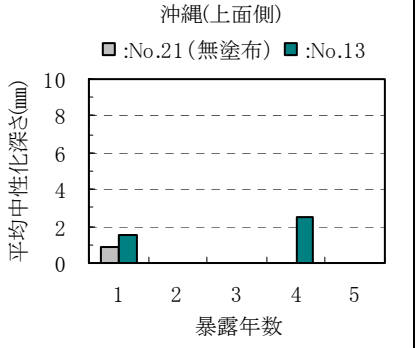
付録図－2.7.2(3)　中性化深さ測定結果（シラン・シロキサン系）

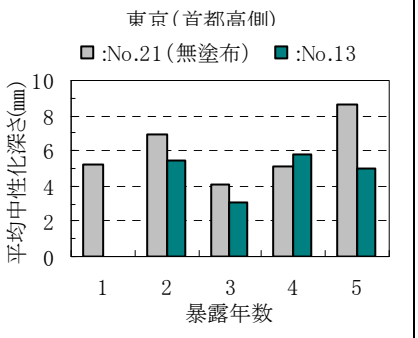
試験体番号 No. 13

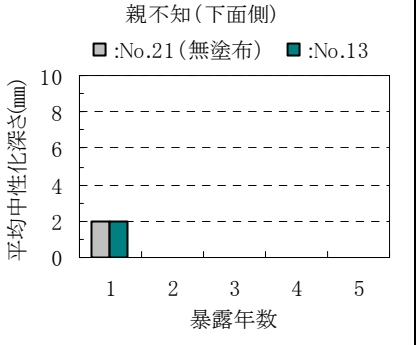




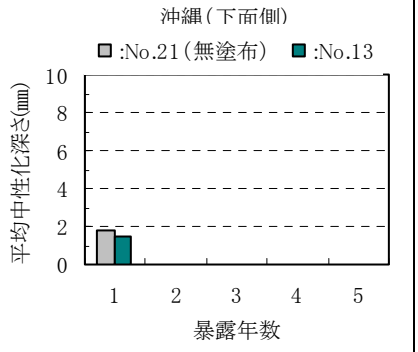
注）２年後データなし



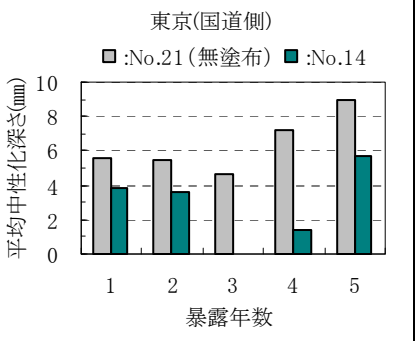


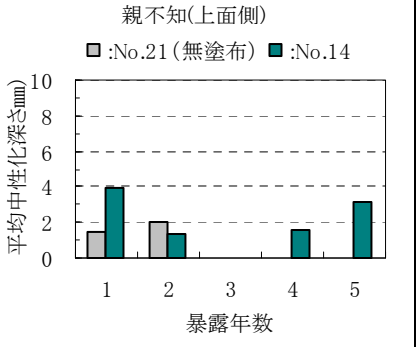


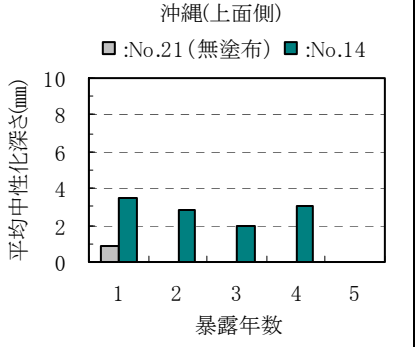
注） ２年後データなし

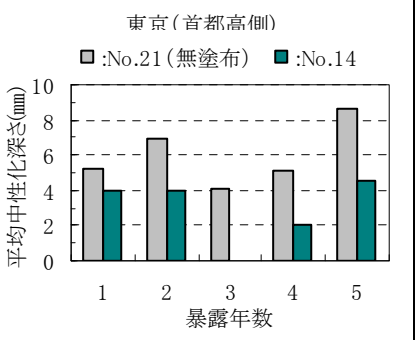


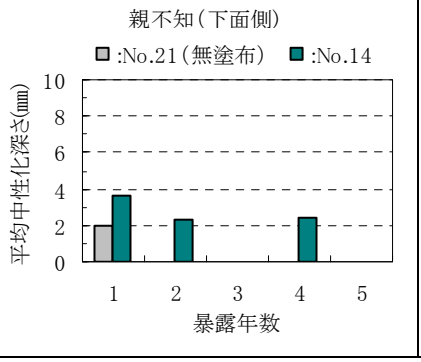
試験体番号 No. 14

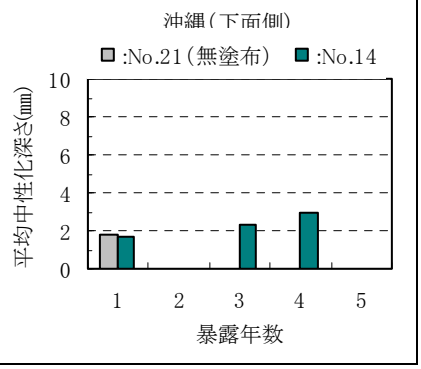






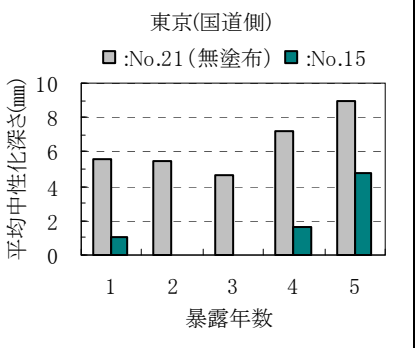


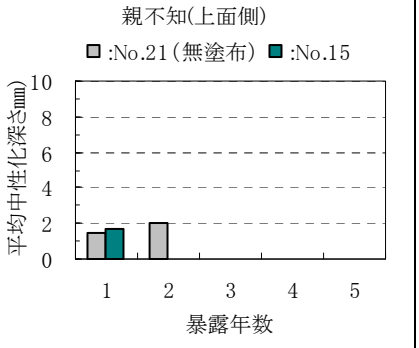


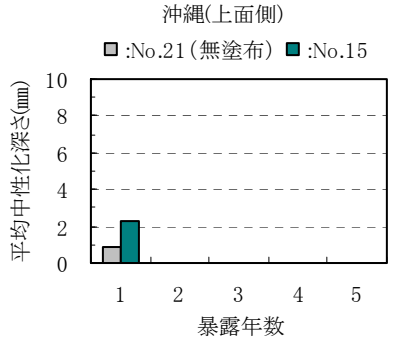


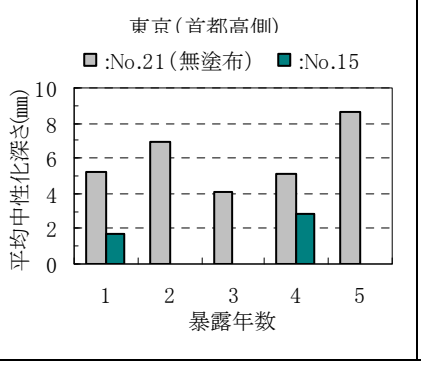
付録図－2.7.2(4)　中性化深さ測定結果（シラン・シロキサン系）

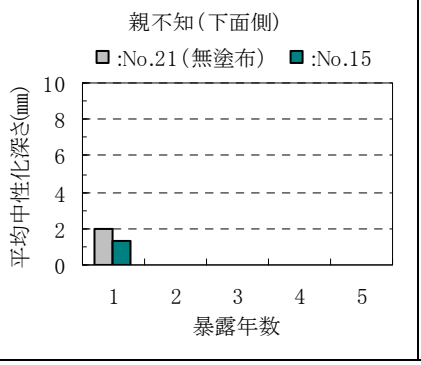
試験体番号 No.15

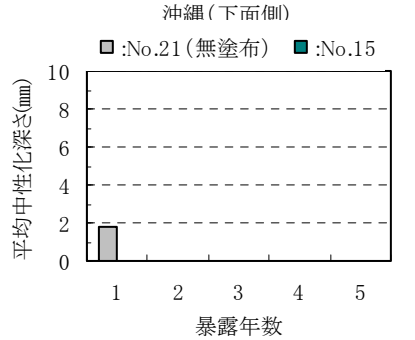




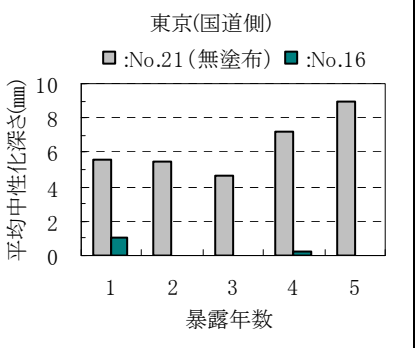


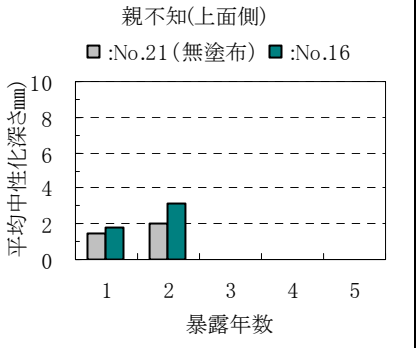


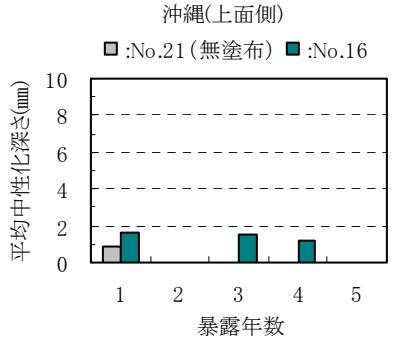


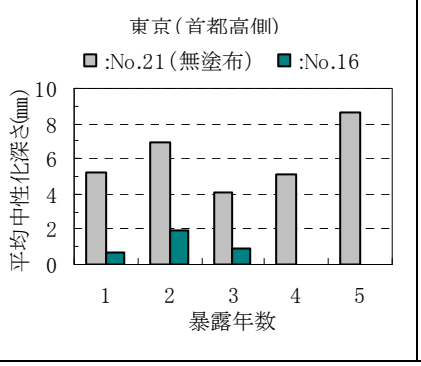


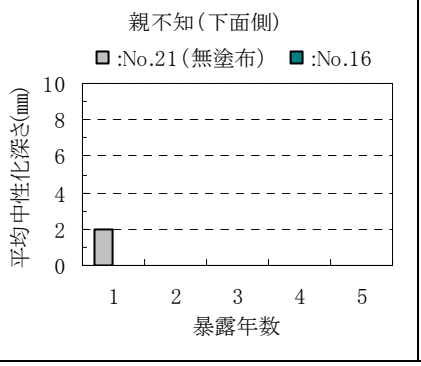
試験体番号 No.16

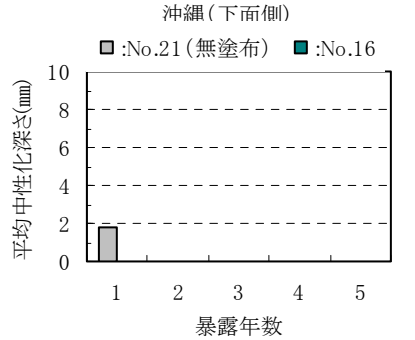






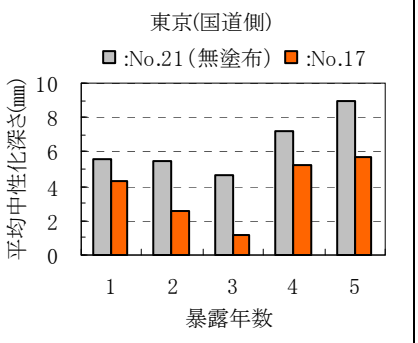


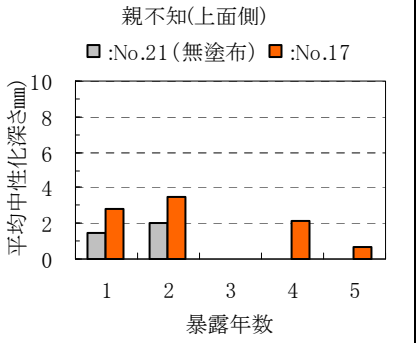


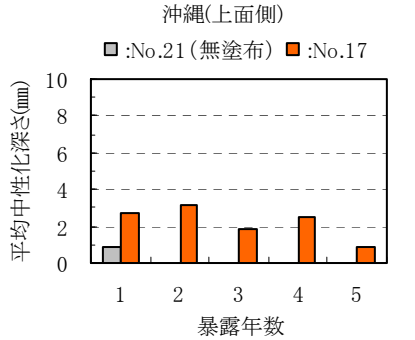


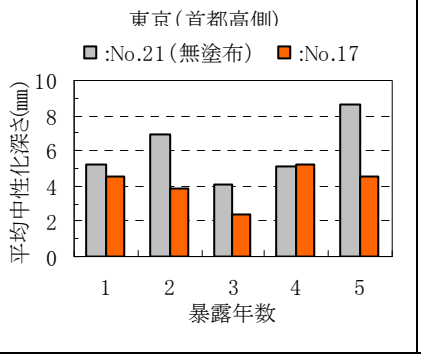
付録図－2.7.2(5)　中性化深さ測定結果（シラン・シロキサン系）

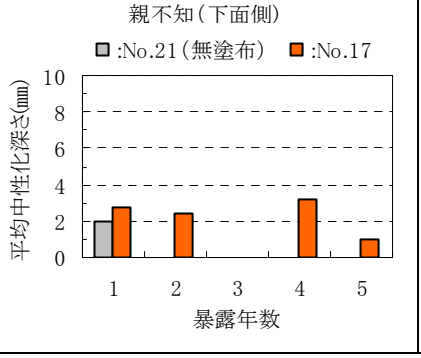
試験体番号 No. 17

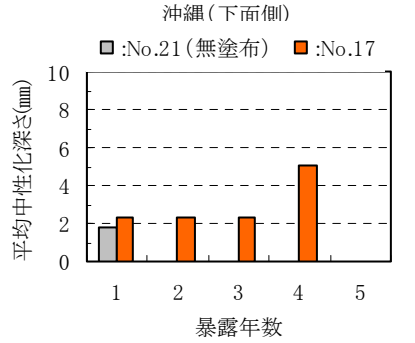




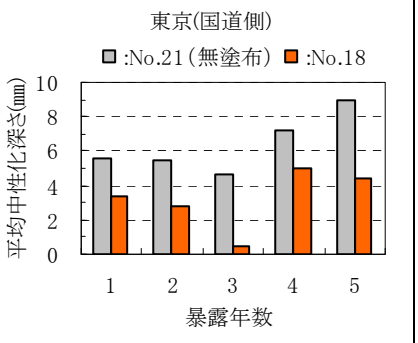


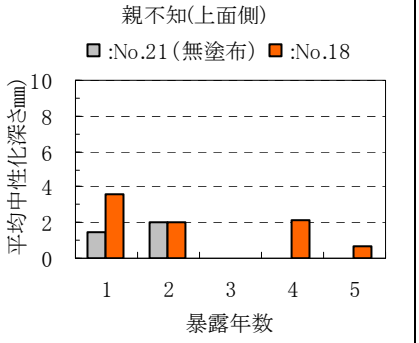


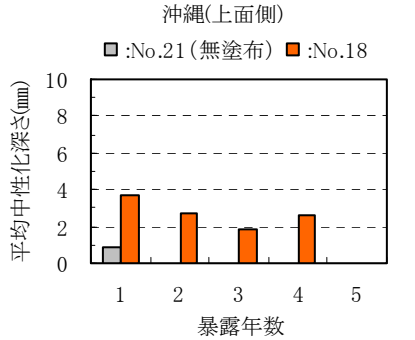


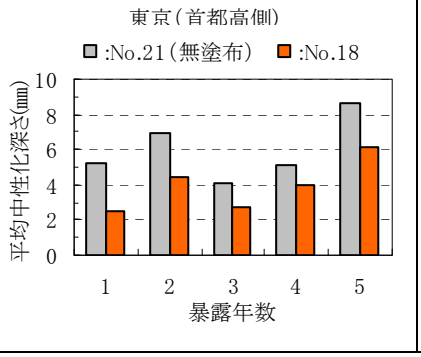


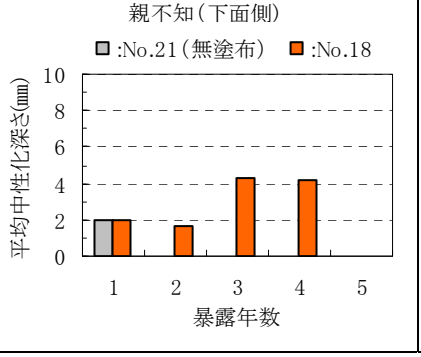
試験体番号 No. 18

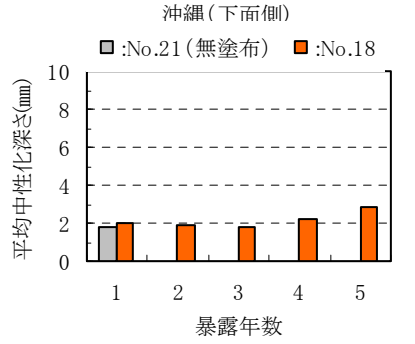






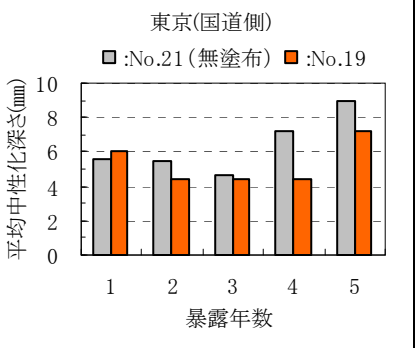


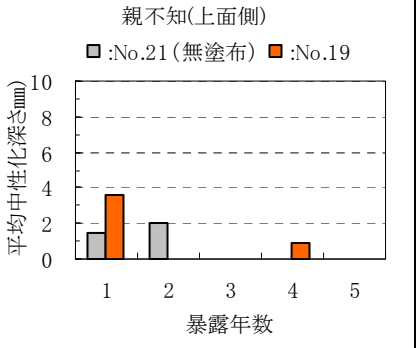


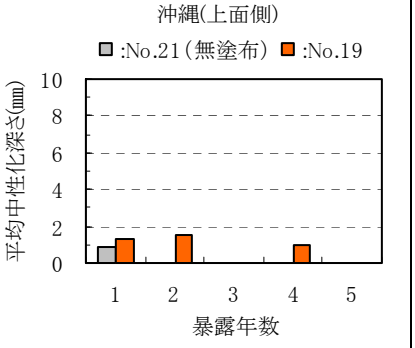


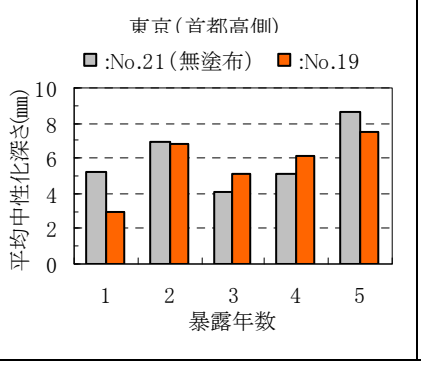
付録図－2.7.3(1)　中性化深さ測定結果（その他の類）

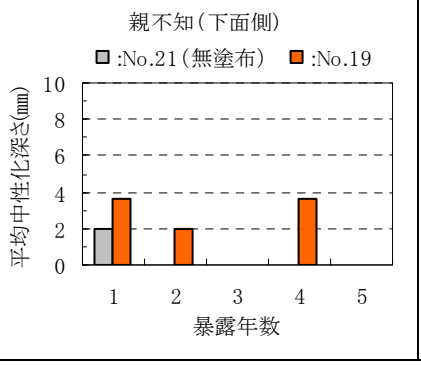
試験体番号 No. 19

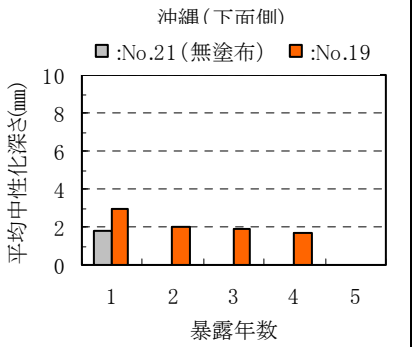




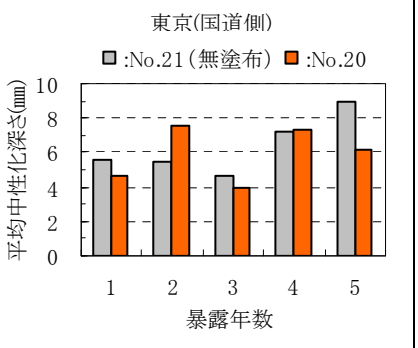


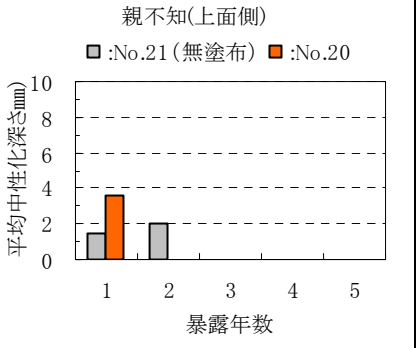


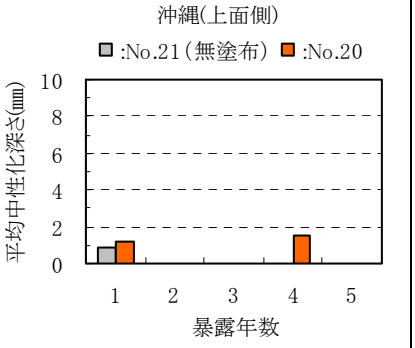


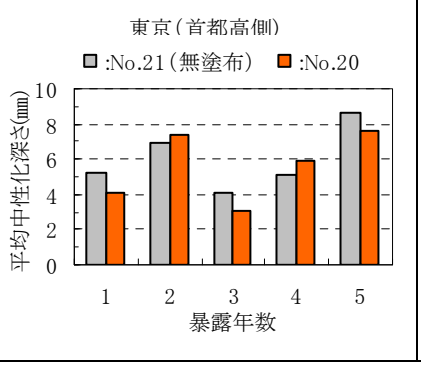


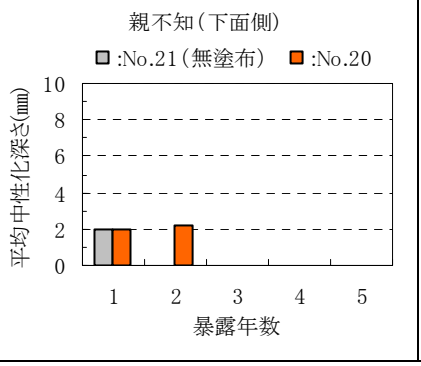
試験体番号 No. 20

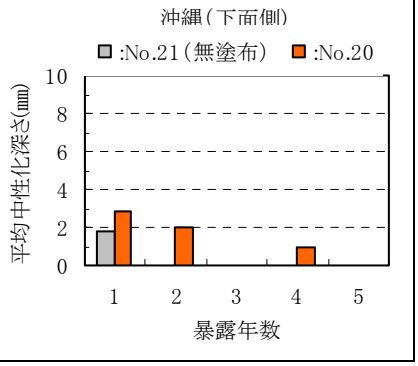












付録図－2.7.3(2)　中性化深さ測定結果（その他の類）

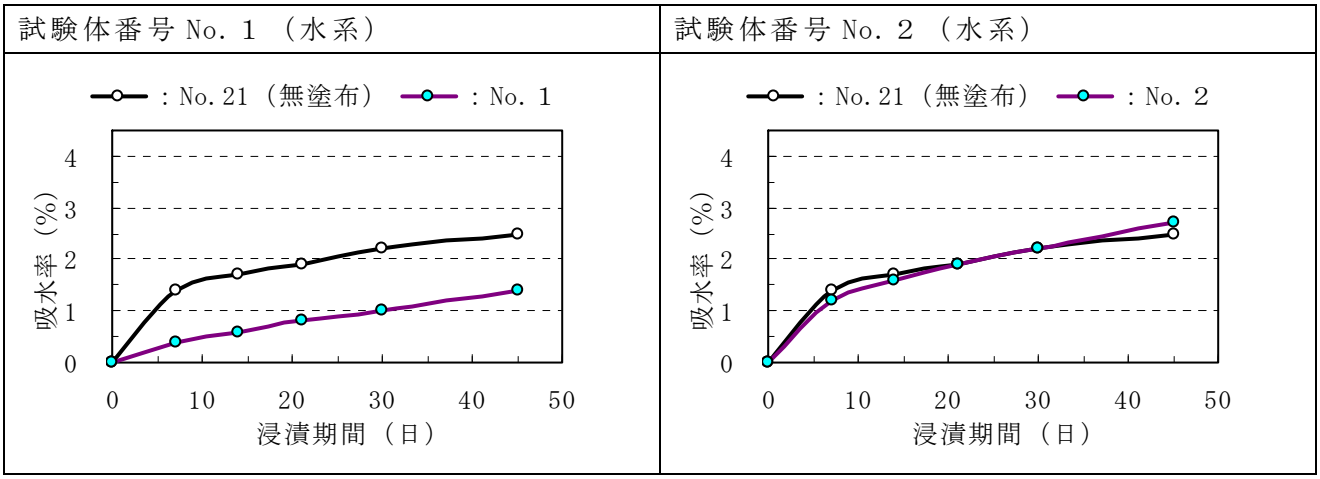
２．８　長期暴露

（１）吸水量測定結果

付録表－2.8.1　吸水率測定結果

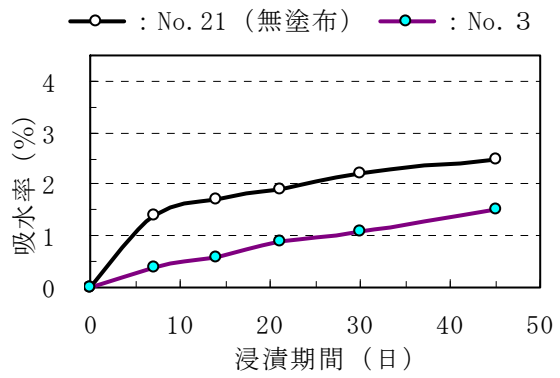
No.	浸漬前の質量（g）	45日浸漬後の質量（g）	45日浸漬後の吸水量（g）	吸水率（%）				
				7日後	14日後	21日後	30日後	45日後
1	1576.6	1598.3	21.7	0.4	0.6	0.8	1.0	1.4
2	1503.7	1543.8	40.1	1.2	1.6	1.9	2.2	2.7
3	1438.8	1460.8	22.0	0.4	0.6	0.9	1.1	1.5
4	1548.0	1588.4	40.4	1.0	1.5	1.8	2.1	2.6
5	1533.1	1565.0	31.8	0.5	0.9	1.2	1.5	2.1
6	1481.1	1520.0	38.9	1.3	1.7	2.0	2.2	2.6
7	1581.9	1631.3	49.4	1.2	1.8	2.2	2.6	3.1
8	1561.0	1598.7	37.7	1.0	1.4	1.7	2.0	2.4
9	1526.2	1544.3	18.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2
10	1505.4	1518.9	13.4	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9
11	1523.2	1534.3	11.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
12	1487.3	1516.8	29.6	0.8	1.1	1.4	1.6	2.0
13	1487.0	1532.9	46.0	1.3	1.8	2.2	2.6	3.1
14	1528.1	1541.5	13.4	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9
15	1495.4	1557.3	61.9	1.8	2.6	3.2	3.6	4.1
16	1446.0	1493.3	47.3	1.1	1.8	2.3	2.7	3.3
17	1479.4	1526.4	47.0	1.0	1.6	2.1	2.5	3.2
18	1557.4	1601.8	44.3	1.1	1.7	2.1	2.4	2.8
19	1592.0	1636.4	44.4	1.1	1.6	1.9	2.3	2.8
20	1559.8	1595.7	36.0	1.1	1.5	1.7	2.0	2.3
21	1566.0	1605.1	39.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5

（２）吸水量測定結果グラフ

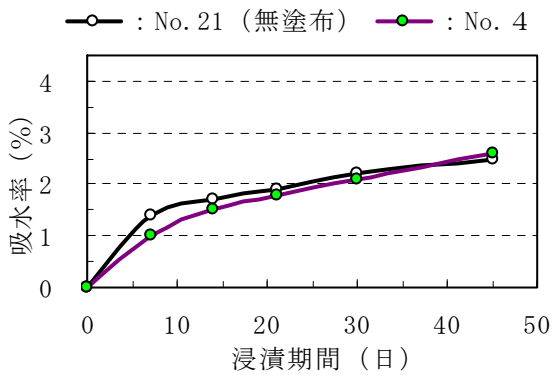


付録図－2.8.1(1)　吸水率測定結果（シラン系）

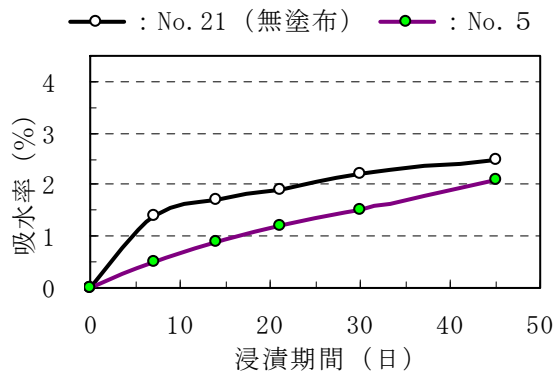
試験体番号 No. 3 （水系）



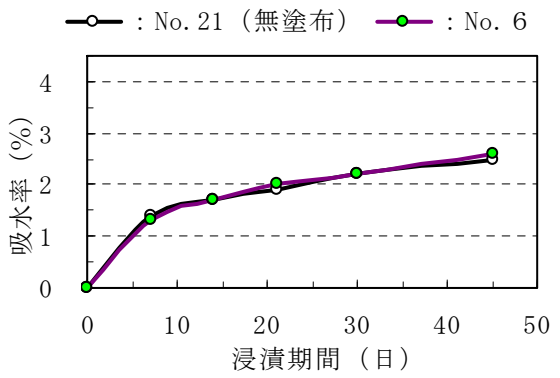
試験体番号 No. 4 （溶剤系）



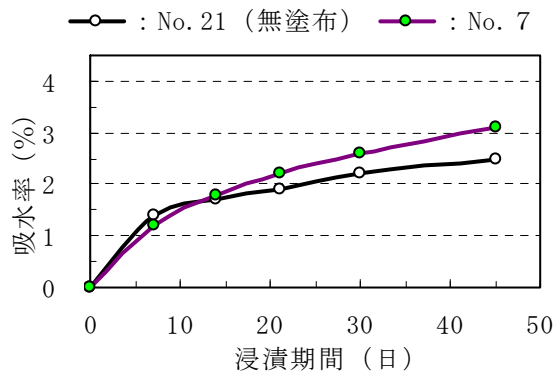
試験体番号 No. 5 （溶剤系）



試験体番号 No. 6 （溶剤系）

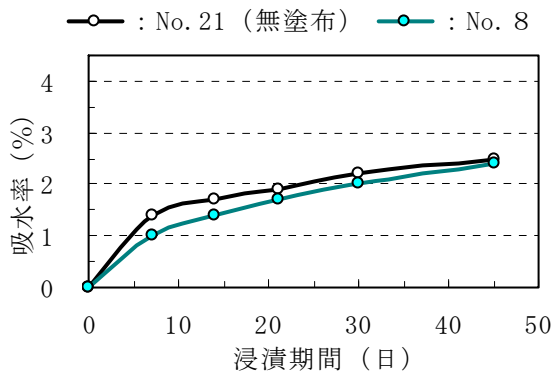


試験体番号 No. 7 （溶剤系）

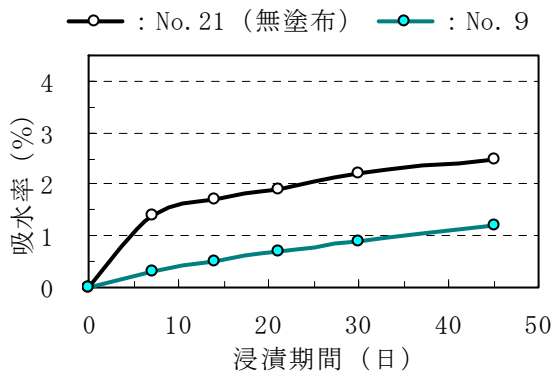


付録図－2.8.1(2)　吸水率測定結果（シラン系）

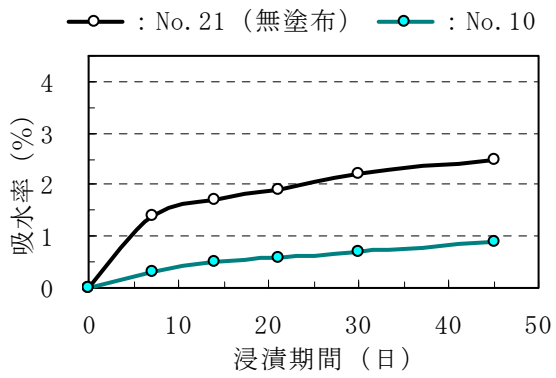
試験体番号 No. 8 （水系）



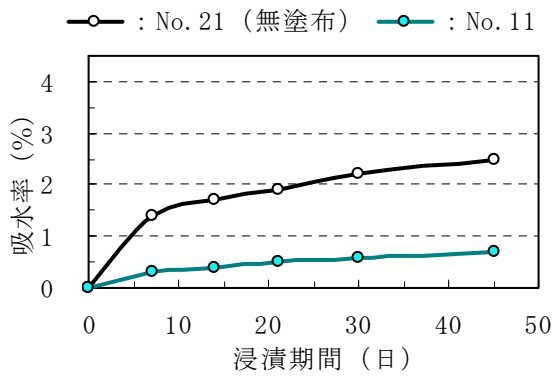
試験体番号 No. 9 （水系）



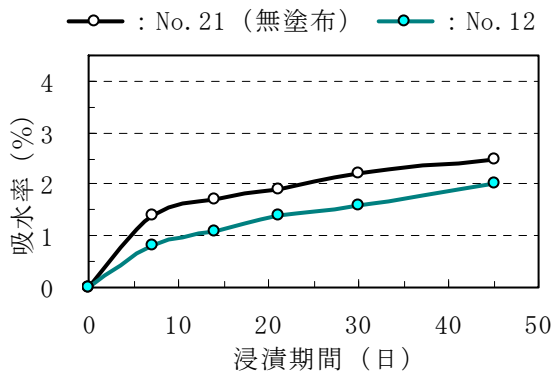
試験体番号 No. 10 （水系）



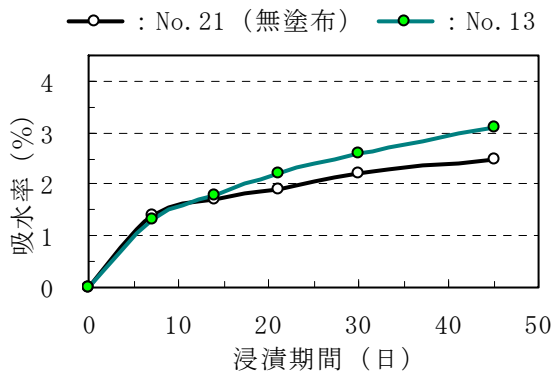
試験体番号 No. 11 （水系）



試験体番号 No. 12 （水系）

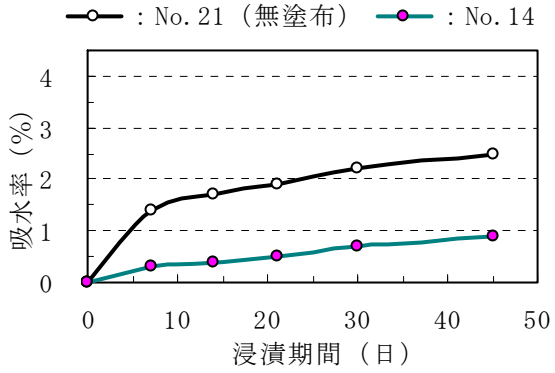


試験体番号 No. 13 （溶剤系）

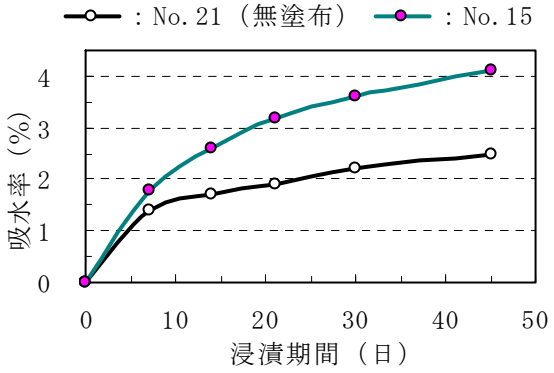


付録図－2.8.2(1)　吸水率測定結果（シラン・シロキサン系）

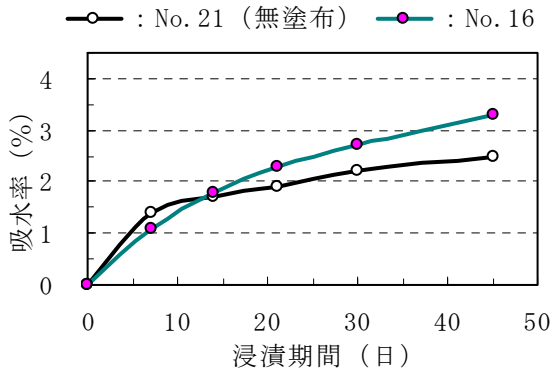
試験体番号 No.14（無溶剤系）



試験体番号 No.15（無溶剤系）

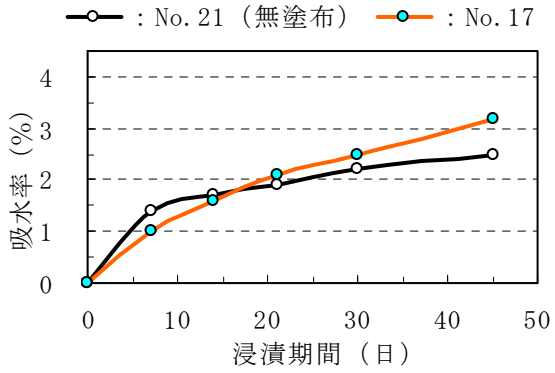


試験体番号 No.16（無溶剤系）

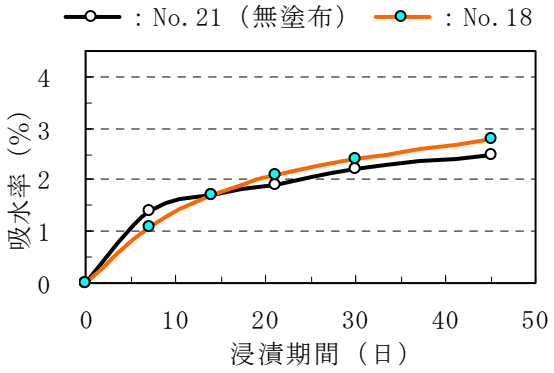


付録図－2.8.2(2)　吸水率測定結果（シラン・シロキサン系）

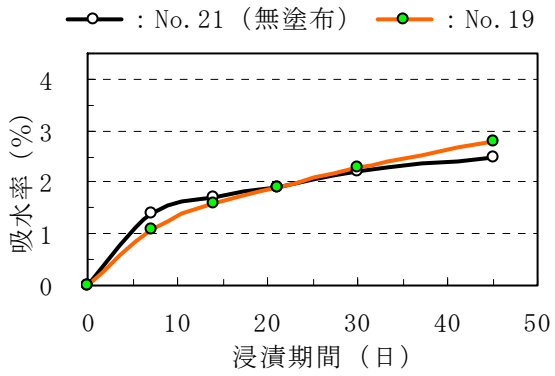
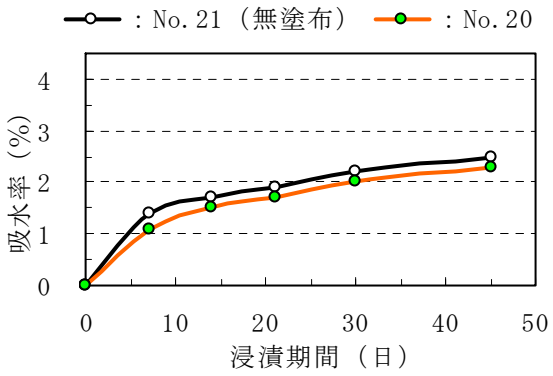
試験体番号 No.17（水系）



試験体番号 No.18（水系）



付録図－2.8.3(1)　吸水率測定結果（その他の類）

試験体番号 No.19（溶剤系）	試験体番号 No.20（溶剤系）
	

付録図－2.8.3(2)　吸水率測定結果（その他の類）

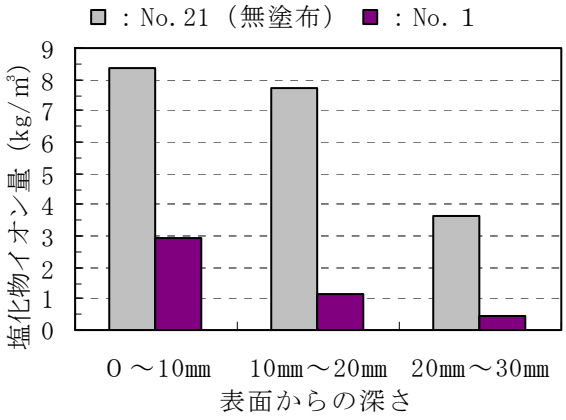
（３）塩化物イオン量測定結果

付録表－2.8.2　塩化物イオン量

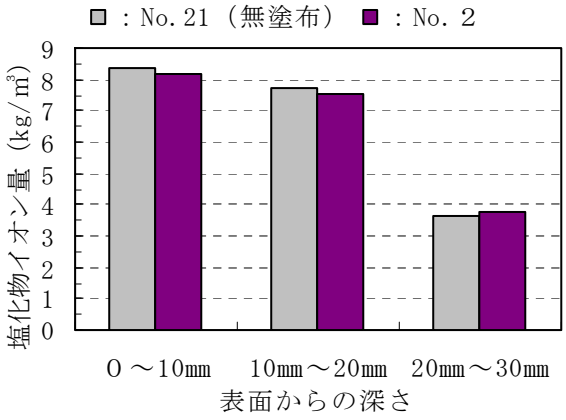
No.	塩化物イオン量（kg/m^3）				
	上面	下面			
	0～10mm	0～10mm	10mm～20mm	20mm～30mm	0～30mmの合計
1	6.52	2.92	1.13	0.46	4.50
2	7.40	8.15	7.54	3.47	19.15
3	4.45	3.81	1.76	0.58	6.15
4	8.31	7.28	6.93	3.54	17.74
5	8.31	5.07	4.49	0.87	10.42
6	12.12	5.87	7.71	3.80	17.37
7	5.83	7.21	4.82	2.05	14.07
8	9.66	6.53	6.71	3.49	16.72
9	2.09	1.86	1.47	0.14	3.47
10	2.24	1.65	1.72	0.20	3.57
11	1.53	2.53	2.39	0.09	5.01
12	4.32	7.52	6.50	2.48	16.50
13	11.68	8.07	3.79	0.86	12.72
14	2.56	2.60	2.01	0.41	5.02
15	8.26	7.63	7.69	1.47	16.78
16	8.35	3.91	1.38	0.39	5.68
17	5.81	5.15	5.27	2.55	12.96
18	6.04	8.29	7.21	2.95	18.44
19	9.68	8.08	7.12	2.90	18.10
20	9.49	8.04	5.87	0.05	13.96
21	12.31	8.33	7.73	3.62	19.68

（４）塩化物イオン量測定結果グラフ（下面）

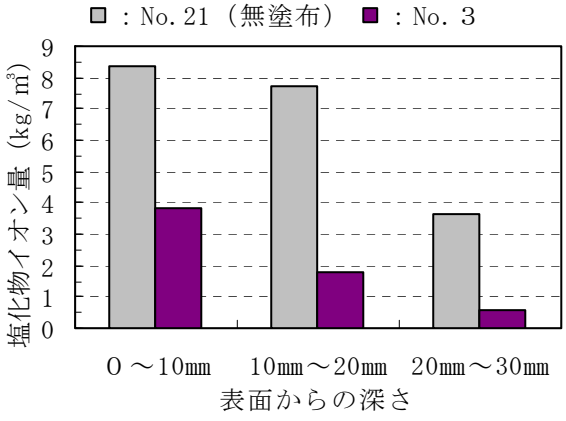
試験体番号 No. １（水系）



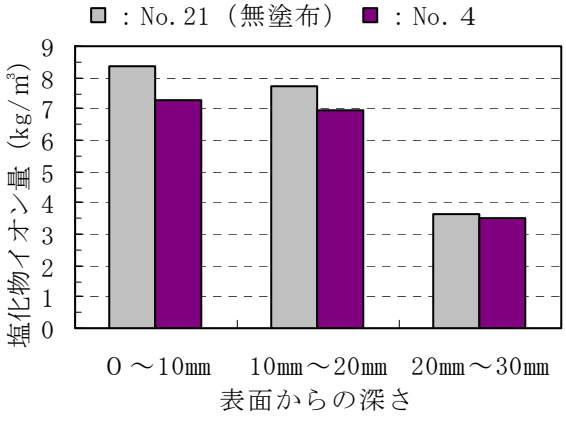
試験体番号 No. ２（水系）



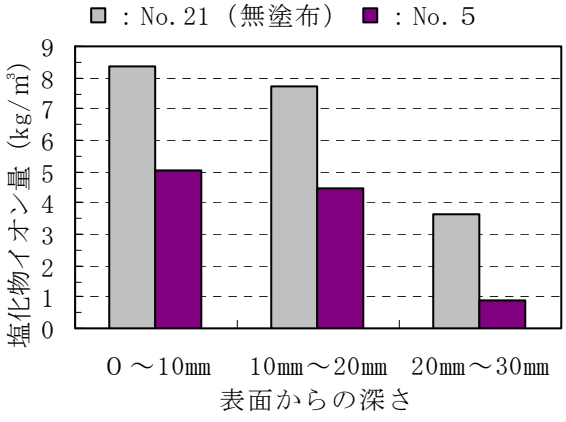
試験体番号 No. ３（水系）



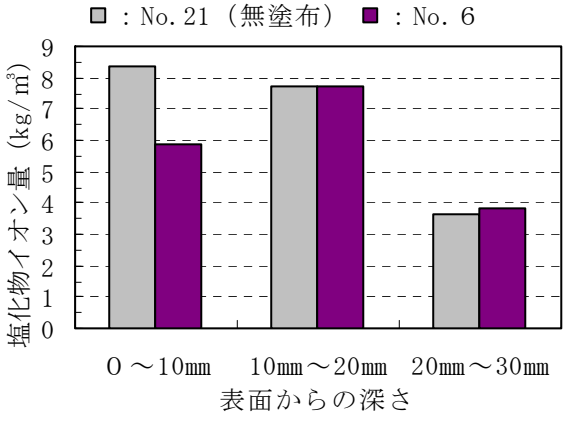
試験体番号 No. ４（溶剤系）



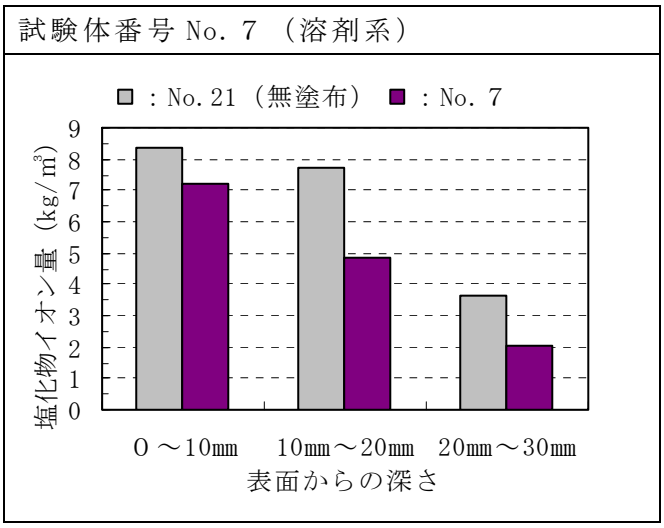
試験体番号 No. ５（溶剤系）



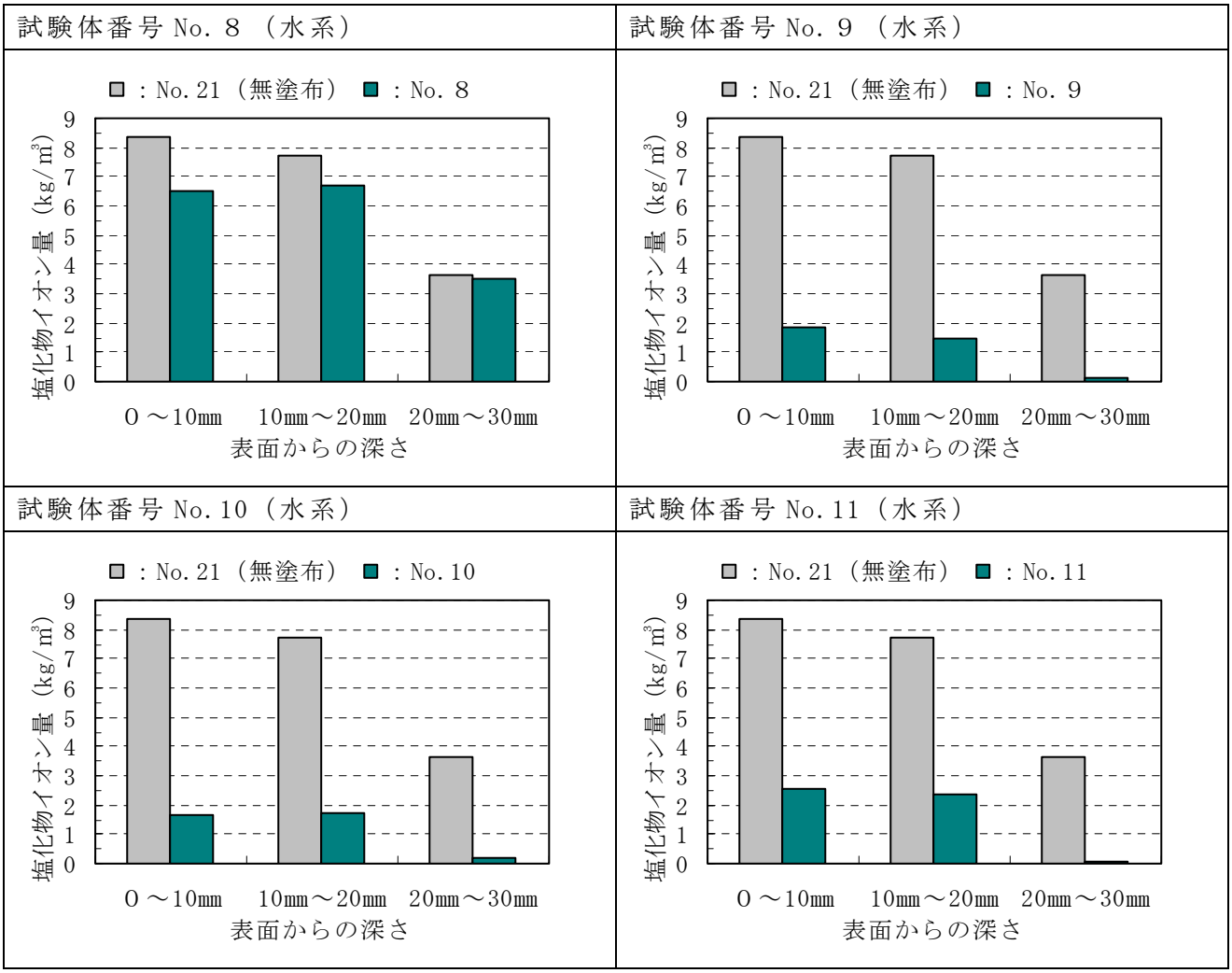
試験体番号 No. ６（溶剤系）



付録図－2.8.4(1)　塩化物イオン測定結果（シラン系）

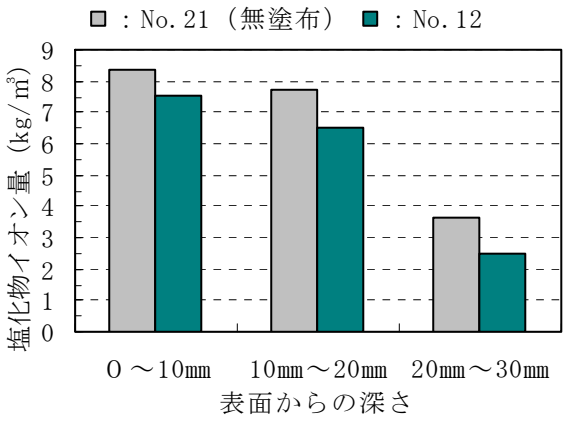


付録図－2.8.4(2)　塩化物イオン測定結果（シラン系）

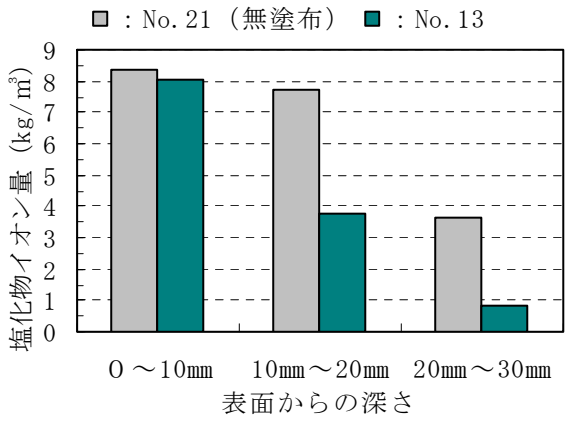


付録図－2.8.5(1)　塩化物イオン測定結果（シラン・シロキサン系）

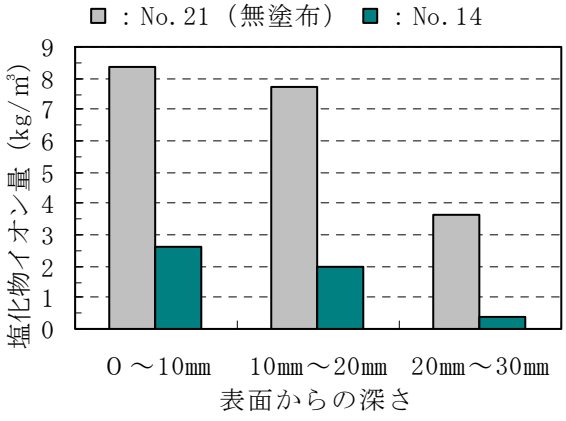
試験体番号 No.12（水系）



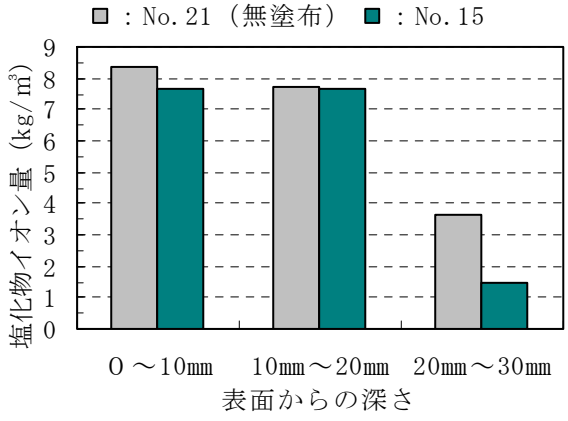
試験体番号 No.13（溶剤系）



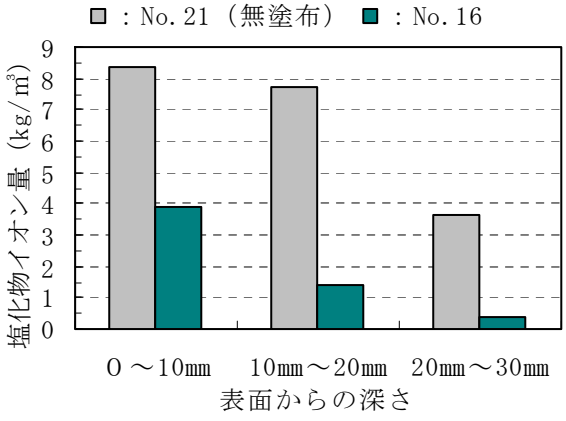
試験体番号 No.14（無溶剤系）



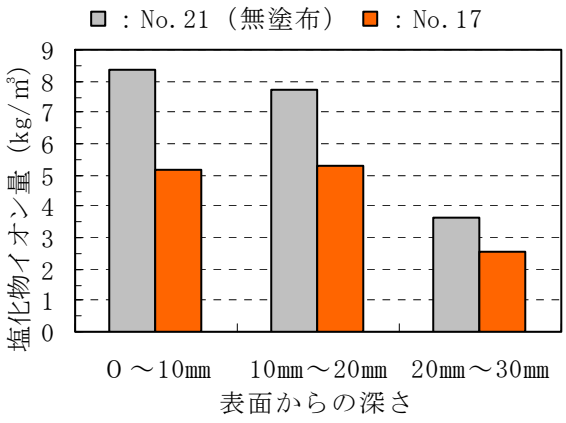
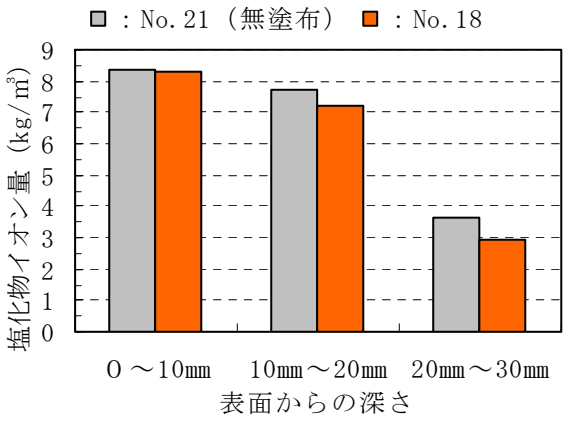
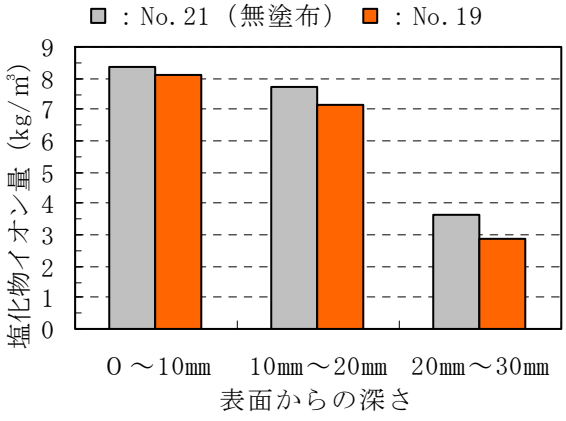
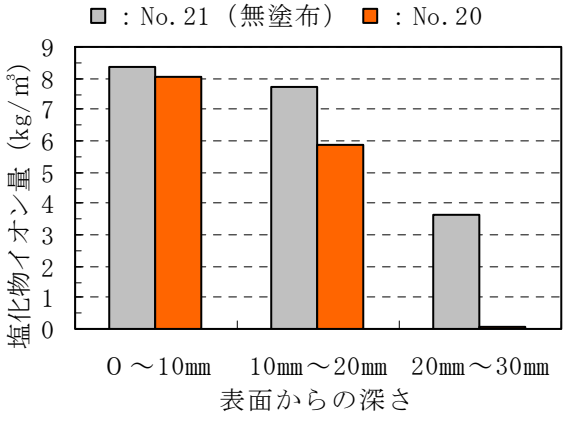
試験体番号 No.15（無溶剤系）



試験体番号 No.16（無溶剤系）



付録図－2.8.5(2)　塩化物イオン測定結果（シラン・シロキサン系）

試験体番号 No.17（水系）	試験体番号 No.18（水系）
	
試験体番号 No.19（溶剤系）	試験体番号 No.20（溶剤系）
	

付録図－2.8.6　塩化物イオン測定結果（その他の類）

【付録－３】

３．第２次室内試験データ

３．１　浸透深さ
３．２　透水量
３．３　吸水量
３．４　塩化物イオン浸透性

３．１　浸透深さ

（１）浸透深さ測定結果

付録表－3.1.1　浸透深さ測定結果

No.	系　統	中分類	形　態	初期浸透深さ（㎜）
1	水　系	シラン系	単独形	1.6
2				0.4
3	溶剤系			1.1
4				1.5
5				0.1
6				0.3
7	無溶剤系			1.5
8				1.9
9				0.2
10	水　系	シラン・シロキサン系		2.0
11				2.4
12				3.8
13				0.1
14				3.5
15	無溶剤系			1.0
16				6.7
17	水　系	その他の類		1.0
18	溶剤系		造膜形	4.2
19				1.2

３．２　透水量

（１）透水量測定結果

付録表－3.2.1　透水量測定結果

No.	系　統	中分類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.1	0.2	0.3	0.3	0.8
2				0.2	0.6	0.9	1.2	3.5
3	溶剤系			0.1	0.3	0.5	0.8	2.4
4				0.3	1.6	2.8	3.5	8.5
5				0.3	0.5	0.7	1.0	3.6
6				0.1	0.3	0.4	0.6	1.2
7	無溶剤系			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8				0.0	0.2	0.2	0.2	0.2
9				0.0	0.0	0.1	0.2	1.1
10	水　系	シラン・シロキサン系		0.1	0.2	0.2	0.3	0.8
11				0.0	0.0	0.1	0.2	0.9
12				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13				0.6	1.2	1.7	2.2	4.2
14				0.1	0.2	0.3	0.6	1.4
15	無溶剤系			0.2	0.2	0.3	0.4	0.6
16				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	水　系	その他の類		0.1	0.2	0.2	0.3	1.0
18	溶剤系		造膜形	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19				0.1	0.2	0.2	0.2	0.3
20	無塗布			0.8	1.9	2.6	3.0	6.1

（２）中性化した試験体の透水量測定結果

付録表－3.2.2　中性化した試験体の透水量測定結果

No.	系　統	中分類	形　態	透水量（試験時間）				
				1	3	5	8	24
1	水　系	シラン系	単独形	0.2	0.4	0.5	0.7	1.1
2				0.0	0.1	0.3	0.5	1.2
3	溶剤系			0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
4				0.2	1.0	1.5	2.4	5.1
5				0.3	1.3	2.2	3.7	5.4
6				0.1	0.5	0.8	1.6	2.8
7	無溶剤系			0.1	0.1	0.2	0.3	0.8
8				0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
9				0.1	0.2	0.2	0.3	0.5
10	水　系	シラン・シロキサン系		0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
11				0.1	0.2	0.3	0.4	0.7
12				0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
13				0.1	0.3	0.4	0.7	1.1
14				0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
15	無溶剤系			0.1	0.7	1.3	2.1	4.1
16				0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
17	水　系	その他の類		0.2	0.4	0.9	1.9	3.0
18	溶剤系		造膜形	0.1	0.3	0.5	1.1	2.1
19				0.2	1.0	1.7	2.8	5.6
20	無塗布			0.1	0.1	0.2	0.4	0.7

３．３　吸水量

（１）浸漬 126 日の測定結果

付録表－3.3.1　コンクリート　100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）の吸水率

No.	浸漬前の質量（g）	126日浸漬後の質量（g）	126日浸漬後の吸水量(g)	吸水率（%）									
				1日後	3日後	6日後	10日後	21日後	28日後	52日後	63日後	98日後	126日後
1	2236.4	2243.7	7.3	0.03	0.04	0.05	0.07	0.11	0.12	0.18	0.20	0.26	0.32
2	2274.7	2293.0	18.3	0.12	0.20	0.30	0.37	0.46	0.50	0.61	0.64	0.73	0.80
3	2270.2	2282.5	12.3	0.03	0.05	0.09	0.11	0.17	0.21	0.30	0.34	0.46	0.54
4	2248.2	2260.6	12.4	0.06	0.09	0.15	0.19	0.29	0.33	0.40	0.42	0.50	0.55
5	2287.7	2300.9	13.2	0.04	0.05	0.09	0.13	0.20	0.24	0.36	0.40	0.49	0.58
6	2197.6	2210.0	12.4	0.03	0.05	0.09	0.12	0.18	0.22	0.32	0.36	0.47	0.56
7	2263.1	2286.3	23.2	0.07	0.13	0.20	0.26	0.40	0.47	0.64	0.72	0.89	1.02
8	2212.5	2220.2	7.7	0.03	0.04	0.06	0.08	0.11	0.13	0.19	0.22	0.28	0.35
9	2195.3	2202.4	7.1	0.02	0.04	0.05	0.06	0.09	0.12	0.18	0.20	0.27	0.32
10	2217.0	2224.3	7.3	0.03	0.04	0.06	0.06	0.10	0.12	0.18	0.19	0.27	0.33
11	2275.0	2282.4	7.5	0.03	0.05	0.06	0.08	0.11	0.13	0.19	0.21	0.28	0.33
12	2268.2	2276.2	8.1	0.03	0.04	0.06	0.08	0.11	0.14	0.20	0.22	0.29	0.35
13	2206.0	2230.7	24.7	0.06	0.13	0.21	0.30	0.44	0.53	0.74	0.81	0.99	1.12
14	2215.5	2223.6	8.1	0.03	0.04	0.06	0.08	0.11	0.14	0.20	0.22	0.31	0.37
15	2200.1	2212.8	12.7	0.08	0.11	0.15	0.19	0.25	0.29	0.39	0.42	0.51	0.58
16	2204.9	2211.4	6.5	0.04	0.05	0.06	0.08	0.11	0.12	0.17	0.19	0.24	0.30
17	2287.9	2305.2	17.3	0.04	0.08	0.13	0.18	0.26	0.30	0.44	0.49	0.63	0.76
18	2259.1	2282.0	22.9	0.03	0.08	0.14	0.22	0.35	0.42	0.62	0.68	0.88	1.02
19	2179.7	2192.2	12.5	0.03	0.06	0.10	0.12	0.19	0.23	0.33	0.37	0.48	0.57
20	2266.8	2321.0	54.2	1.04	1.55	1.91	2.07	2.18	2.23	2.29	2.32	2.36	2.39

付録表－3.3.2　コンクリート　100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）の吸水率

No.	浸漬前の質量（g）	126日浸漬後の質量（g）	126日浸漬後の吸水量(g)	吸水率（%）									
				1日後	3日後	6日後	10日後	21日後	28日後	52日後	63日後	98日後	126日後
1	1350.6	1355.8	5.2	0.04	0.06	0.09	0.11	0.15	0.16	0.23	0.26	0.33	0.39
2	1369.7	1383.5	13.8	0.19	0.31	0.41	0.47	0.59	0.63	0.75	0.80	0.92	1.01
3	1405.1	1412.0	6.8	0.04	0.06	0.10	0.12	0.18	0.19	0.28	0.31	0.41	0.49
4	1366.8	1372.8	6.0	0.04	0.06	0.09	0.12	0.17	0.19	0.24	0.29	0.38	0.44
5	1345.1	1354.3	9.3	0.05	0.10	0.14	0.18	0.26	0.30	0.40	0.46	0.58	0.69
6	1358.9	1367.2	8.4	0.06	0.09	0.13	0.17	0.23	0.26	0.37	0.42	0.52	0.62
7	1359.8	1375.7	15.9	0.14	0.26	0.37	0.46	0.60	0.65	0.82	0.89	1.07	1.17
8	1372.3	1377.3	5.0	0.06	0.08	0.10	0.13	0.16	0.17	0.23	0.25	0.31	0.37
9	1330.6	1335.4	4.9	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.14	0.21	0.24	0.30	0.36
10	1358.8	1364.5	5.7	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15	0.18	0.25	0.26	0.36	0.42
11	1345.8	1351.7	6.0	0.04	0.06	0.09	0.11	0.16	0.18	0.25	0.28	0.38	0.44
12	1384.9	1390.2	5.3	0.05	0.07	0.09	0.11	0.15	0.16	0.22	0.24	0.33	0.38
13	1328.4	1346.2	17.8	0.13	0.24	0.36	0.45	0.66	0.73	0.94	1.01	1.20	1.34
14	1336.9	1342.5	5.6	0.04	0.07	0.09	0.11	0.16	0.17	0.24	0.27	0.35	0.42
15	1341.0	1351.3	10.3	0.14	0.19	0.25	0.30	0.39	0.44	0.53	0.58	0.69	0.77
16	1323.6	1328.0	4.4	0.03	0.04	0.07	0.08	0.10	0.12	0.18	0.21	0.27	0.33
17	1327.6	1341.2	13.6	0.10	0.20	0.28	0.36	0.50	0.56	0.71	0.77	0.92	1.03
18	1348.7	1365.1	16.4	0.05	0.11	0.21	0.28	0.55	0.65	0.82	0.89	1.08	1.21
19	1340.1	1348.8	8.6	0.05	0.08	0.14	0.18	0.24	0.27	0.38	0.43	0.55	0.64
20	1343.4	1375.0	31.6	1.28	1.53	1.72	1.85	2.01	2.08	2.21	2.25	2.31	2.35

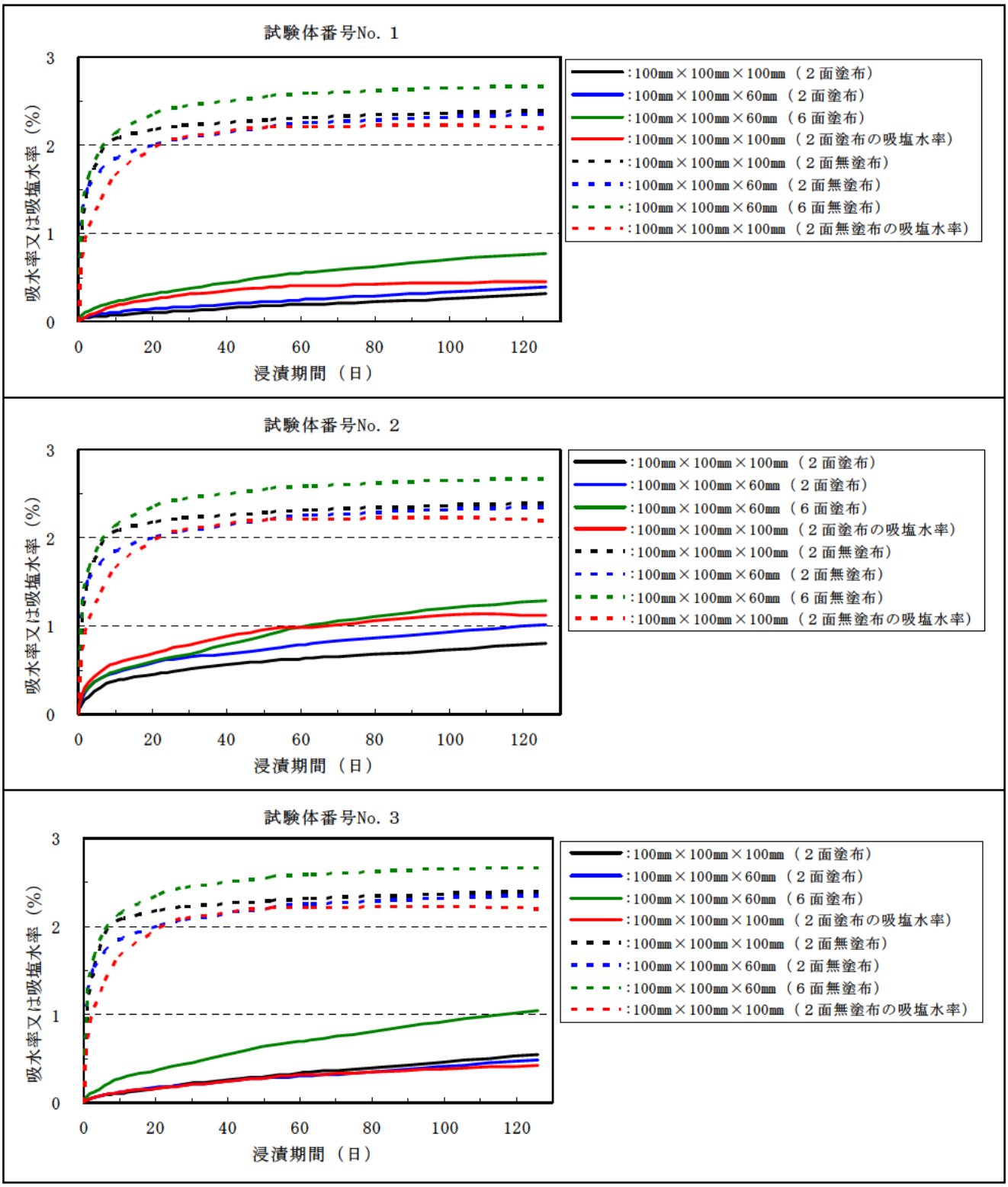
付録表－3.3.3　コンクリート　100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（６面塗布）の吸水率

No.	浸漬前の質量（g）	126日浸漬後の質量（g）	126日浸漬後の吸水量(g)	吸水率（%）									
				1日後	3日後	6日後	10日後	21日後	28日後	52日後	63日後	98日後	126日後
1	1334.1	1344.4	10.4	0.08	0.12	0.18	0.23	0.31	0.37	0.51	0.56	0.70	0.78
2	1360.7	1378.3	17.6	0.21	0.30	0.40	0.48	0.61	0.67	0.90	1.01	1.19	1.29
3	1335.2	1349.2	14.0	0.07	0.13	0.20	0.27	0.38	0.44	0.65	0.71	0.91	1.05
4	1343.1	1356.7	13.6	0.07	0.12	0.19	0.25	0.36	0.42	0.64	0.70	0.88	1.01
5	1331.1	1346.8	15.7	0.08	0.15	0.23	0.31	0.43	0.51	0.76	0.84	1.05	1.18
6	1343.7	1358.9	15.3	0.08	0.14	0.23	0.29	0.42	0.49	0.71	0.79	0.99	1.14
7	1325.3	1337.1	11.9	0.09	0.14	0.21	0.26	0.34	0.41	0.59	0.64	0.80	0.90
8	1348.5	1357.9	9.3	0.08	0.12	0.17	0.20	0.27	0.31	0.44	0.47	0.60	0.69
9	1339.6	1349.3	9.7	0.05	0.09	0.14	0.18	0.25	0.31	0.45	0.49	0.63	0.72
10	1356.2	1366.8	10.6	0.09	0.13	0.18	0.23	0.31	0.36	0.53	0.57	0.71	0.78
11	1372.7	1384.1	11.4	0.09	0.14	0.18	0.24	0.32	0.38	0.55	0.61	0.74	0.83
12	1365.5	1375.1	9.6	0.07	0.11	0.15	0.21	0.26	0.31	0.44	0.48	0.60	0.70
13	1358.5	1387.6	29.1	0.13	0.27	0.44	0.58	0.87	1.05	1.58	1.72	2.00	2.14
14	1356.9	1367.5	10.6	0.06	0.10	0.15	0.19	0.25	0.29	0.48	0.53	0.68	0.78
15	1382.1	1402.2	20.1	0.20	0.31	0.45	0.58	0.79	0.91	1.21	1.26	1.38	1.46
16	1389.2	1396.3	7.1	0.06	0.08	0.13	0.14	0.18	0.22	0.32	0.34	0.51	0.51
17	1381.0	1405.2	24.2	0.10	0.20	0.32	0.44	0.66	0.79	1.14	1.26	1.57	1.75
18	1347.8	1379.3	31.5	0.08	0.17	0.37	0.58	1.00	1.24	1.83	1.93	2.19	2.34
19	1339.1	1356.0	16.9	0.08	0.13	0.23	0.31	0.45	0.54	0.80	0.89	1.11	1.26
20	1325.3	1360.6	35.3	1.24	1.64	1.95	2.14	2.36	2.44	2.56	2.59	2.65	2.67

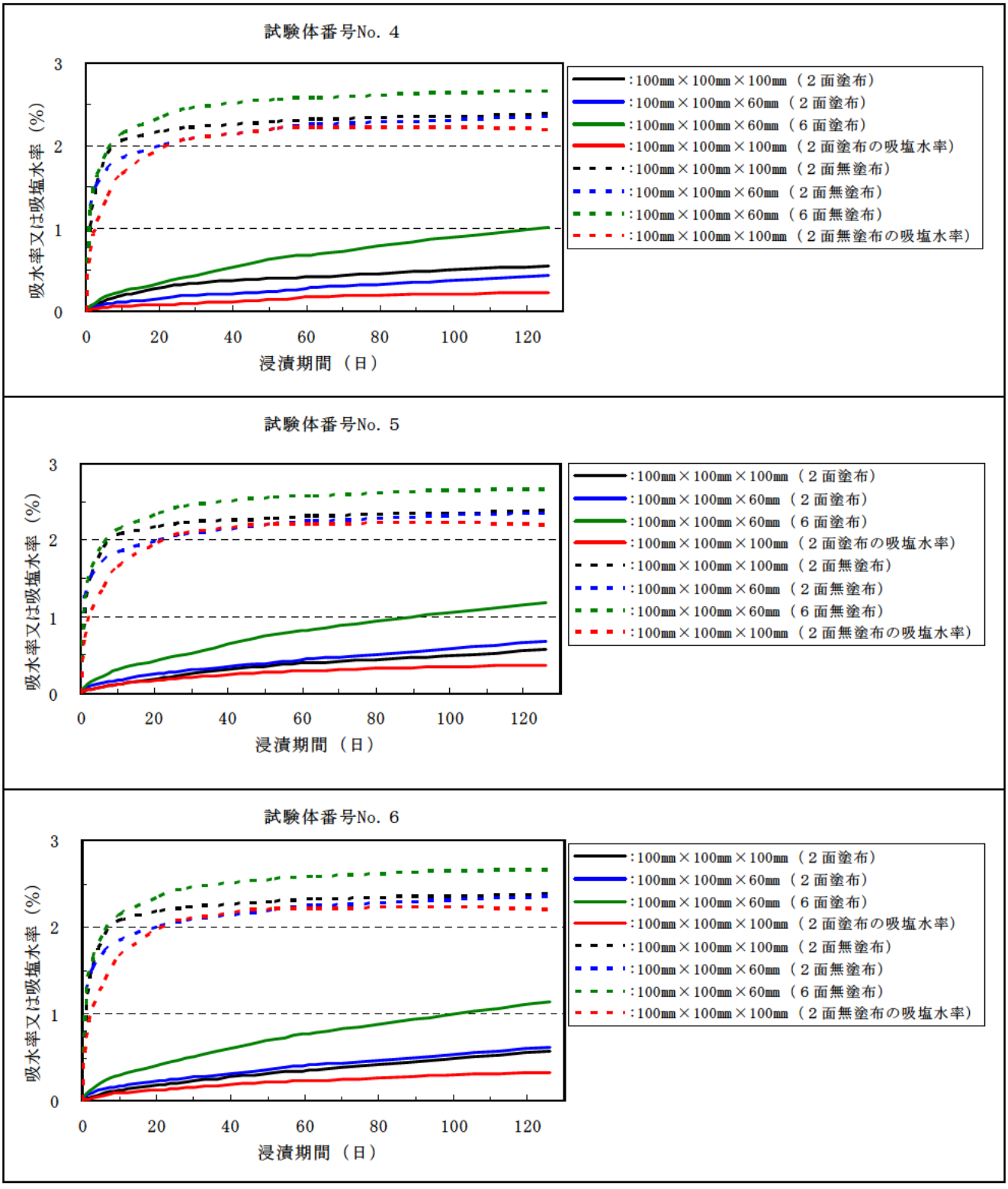
付録表－3.3.4　コンクリート　100 ㎜×100 ㎜×100 ㎜（２面塗布）の吸塩水率

No.	浸漬前の質量（g）	126日浸漬後の質量（g）	126日浸漬後の吸塩水量(g)	吸塩水率（%）									
				1日後	3日後	6日後	10日後	21日後	28日後	52日後	63日後	98日後	126日後
1	2254.9	2265.0	10.1	0.03	0.07	0.12	0.18	0.26	0.30	0.39	0.41	0.44	0.45
2	2264.4	2289.8	25.4	0.22	0.36	0.48	0.57	0.69	0.77	0.97	0.99	1.12	1.12
3	2304.0	2313.7	9.7	0.03	0.05	0.09	0.12	0.17	0.20	0.29	0.32	0.38	0.42
4	2229.5	2234.5	5.0	0.02	0.03	0.05	0.06	0.09	0.10	0.15	0.17	0.20	0.22
5	2232.2	2240.5	8.3	0.03	0.05	0.09	0.12	0.17	0.20	0.29	0.30	0.35	0.37
6	2269.8	2277.2	7.4	0.02	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.22	0.24	0.29	0.33
7	2150.4	2160.8	10.3	0.05	0.09	0.14	0.18	0.24	0.28	0.35	0.37	0.44	0.48
8	2224.9	2230.6	5.7	0.02	0.04	0.05	0.07	0.11	0.14	0.19	0.20	0.24	0.26
9	2216.9	2224.4	7.5	0.03	0.05	0.08	0.11	0.15	0.18	0.25	0.27	0.31	0.34
10	2262.5	2266.0	3.6	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.12	0.13	0.15	0.16
11	2281.1	2286.6	5.5	0.02	0.04	0.05	0.07	0.10	0.12	0.16	0.18	0.22	0.24
12	2219.7	2224.8	5.1	0.02	0.04	0.06	0.09	0.12	0.14	0.18	0.19	0.21	0.23
13	2278.6	2295.4	16.9	0.04	0.09	0.15	0.21	0.31	0.37	0.55	0.63	0.71	0.74
14	2262.2	2267.4	5.2	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.14	0.16	0.20	0.23
15	2276.3	2291.3	15.1	0.09	0.13	0.19	0.25	0.33	0.38	0.50	0.54	0.62	0.66
16	2208.2	2213.2	5.0	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.13	0.17	0.18	0.21	0.23
17	2259.1	2272.6	13.5	0.05	0.08	0.13	0.20	0.27	0.33	0.43	0.47	0.54	0.60
18	2196.3	2224.7	28.4	0.05	0.12	0.22	0.35	0.58	0.71	1.03	1.12	1.28	1.29
19	2286.9	2296.0	9.1	0.01	0.03	0.06	0.08	0.12	0.14	0.23	0.25	0.34	0.40
20	2304.3	2354.9	50.6	0.73	1.08	1.38	1.65	1.98	2.09	2.21	2.22	2.23	2.20

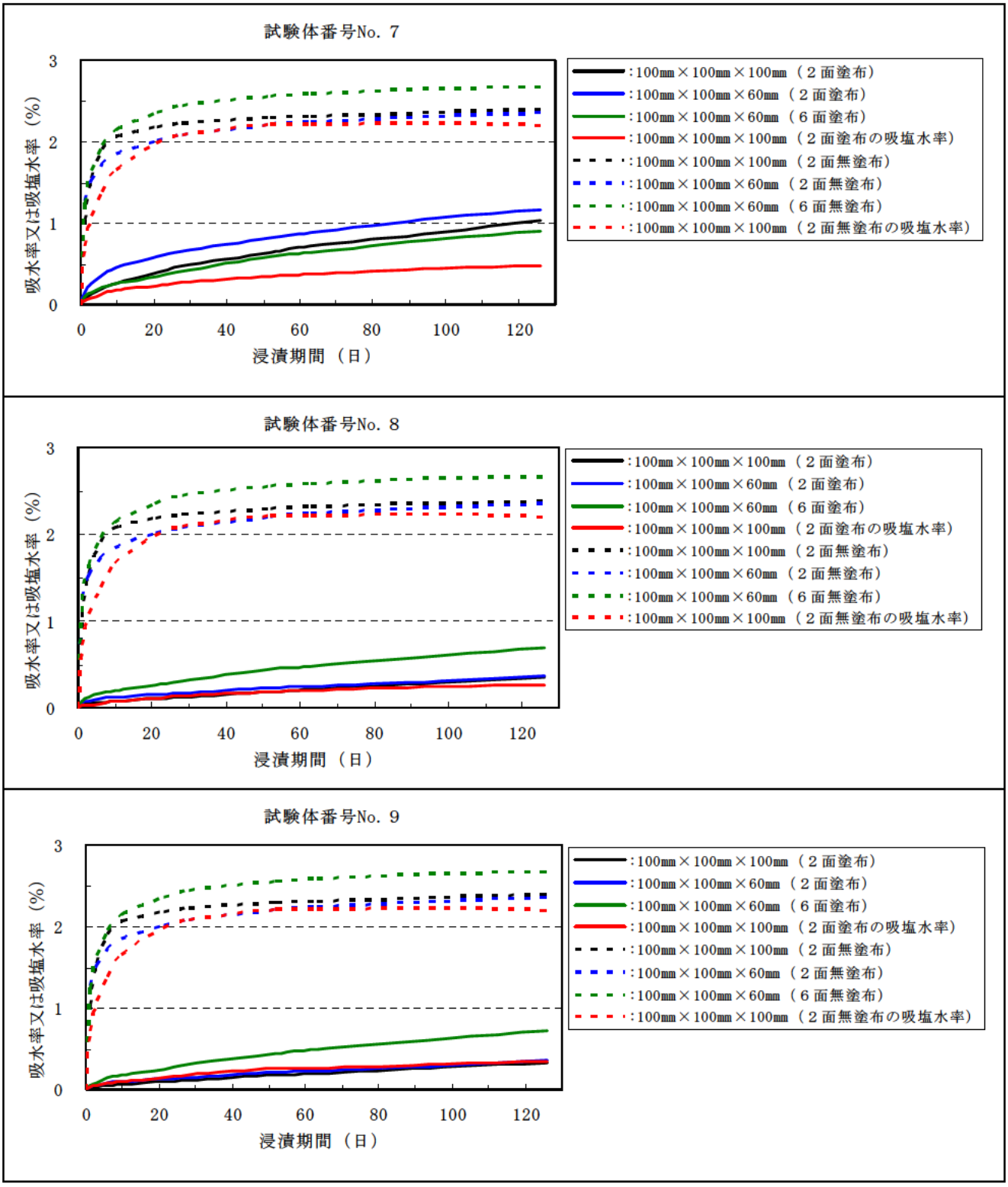
（２）浸漬 126 日の測定結果グラフ



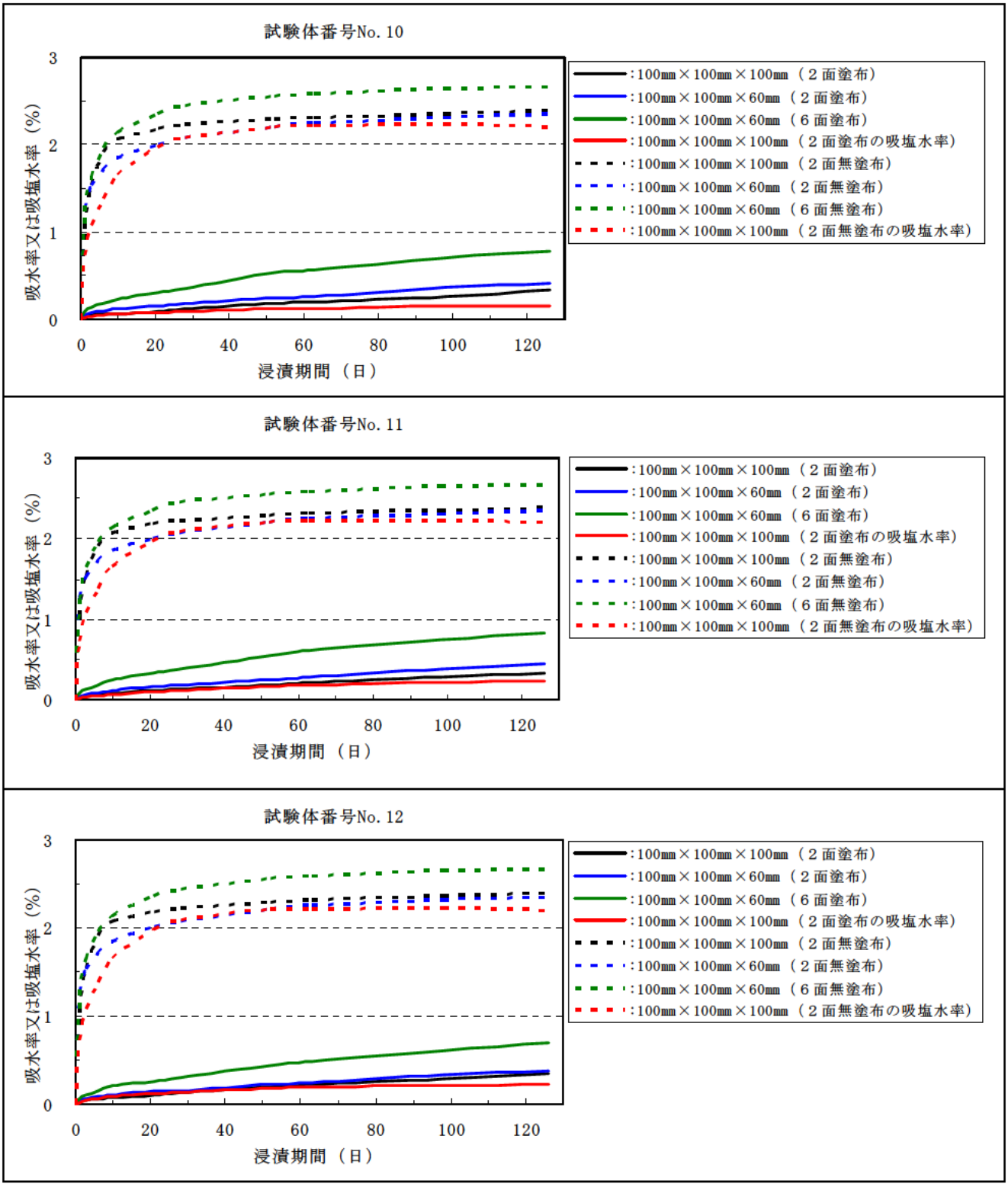
付録図－3.3.1(1)　浸漬 126 日の測定結果（シラン系）



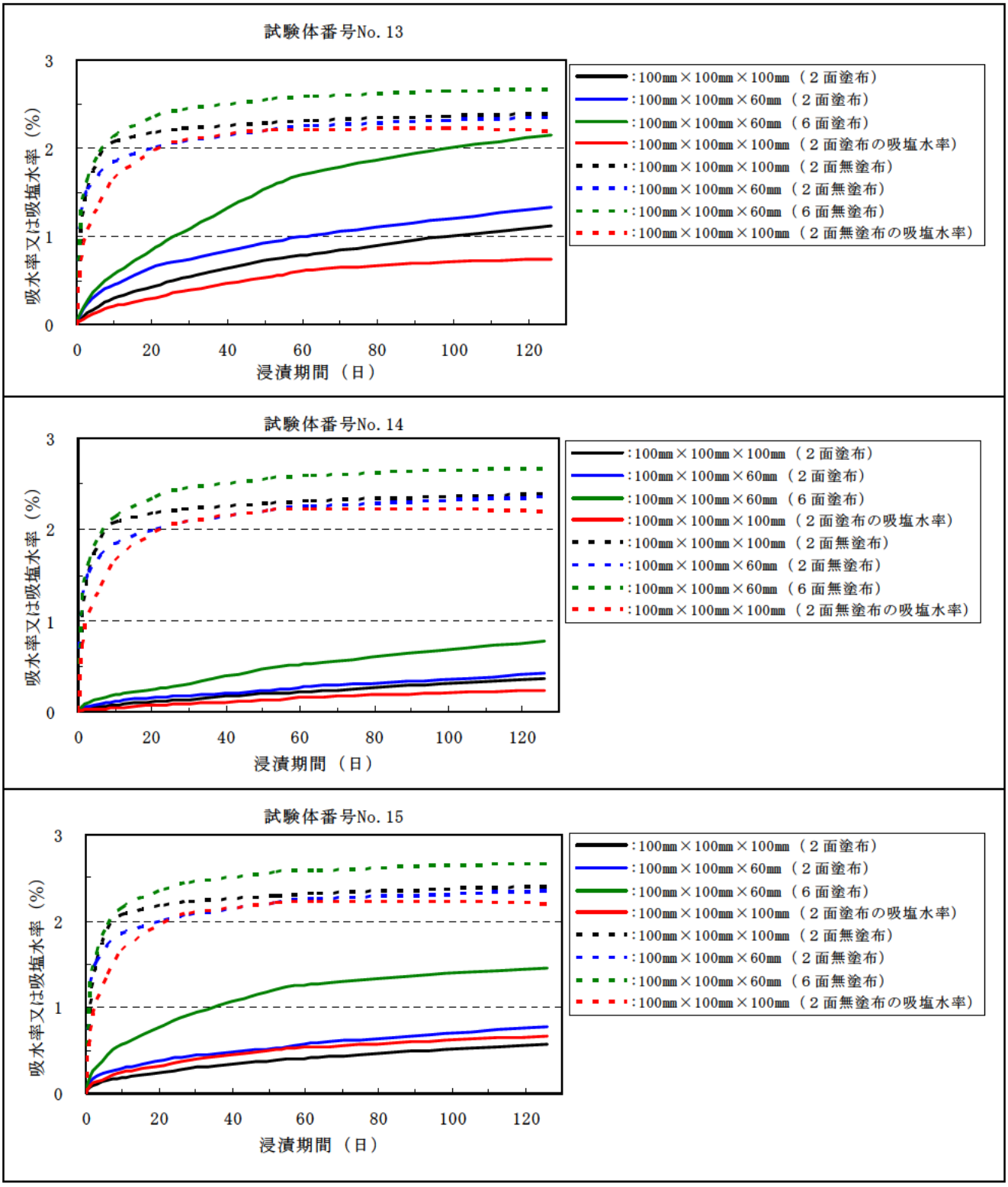
付録図－3.3.1(2)　浸漬 126 日の測定結果（シラン系）



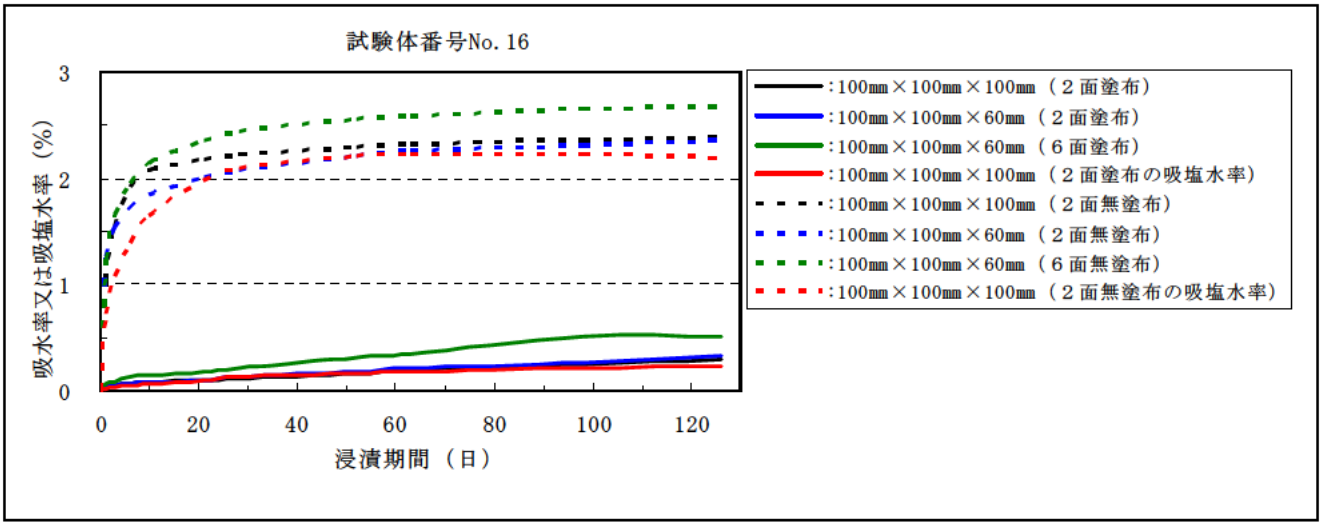
付録図－3.3.1(3)　浸漬 126 日の測定結果（シラン系）



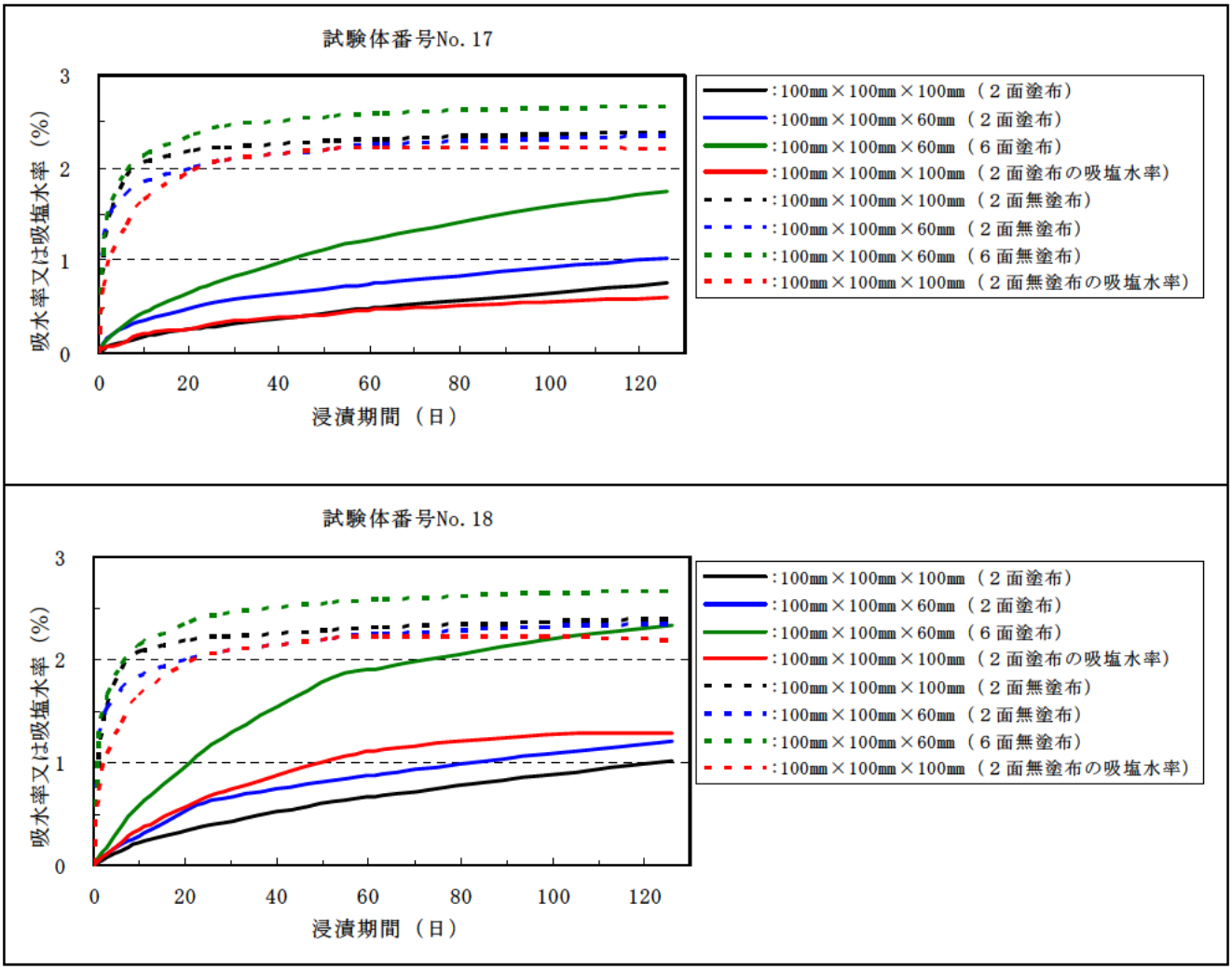
付録図－3.3.2(1)　浸漬 126 日の測定結果（シラン・シロキサン系）



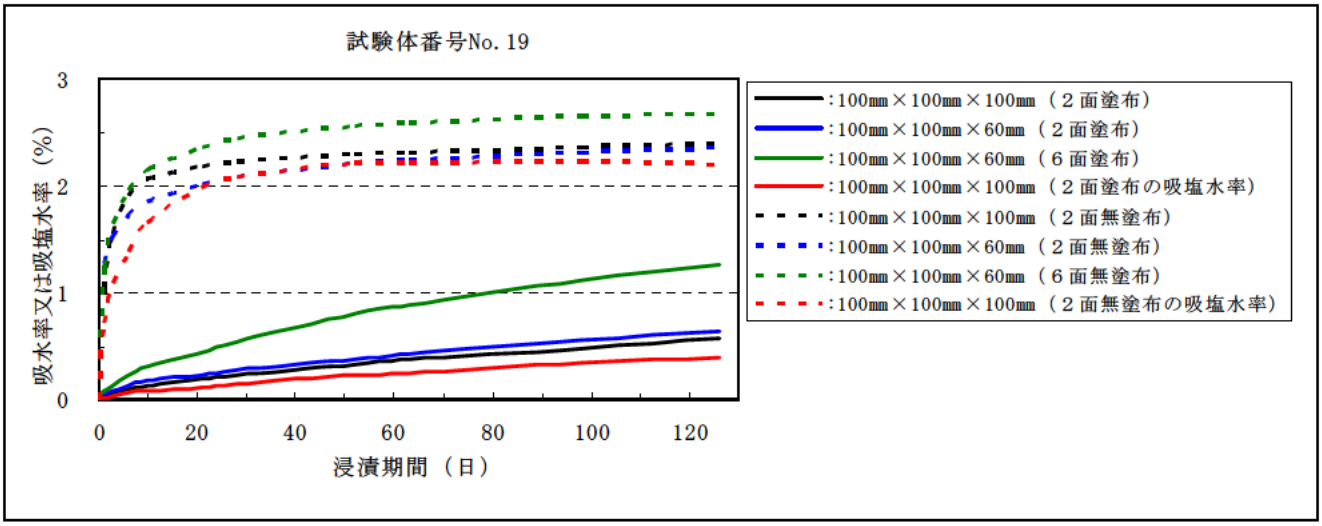
付録図－3.3.2(2)　浸漬 126 日の測定結果（シラン・シロキサン系）



付録図－3.3.2(3)　浸漬 126 日の測定結果（シラン・シロキサン系）



付録図－3.3.3(1)　浸漬 126 日の測定結果（その他の類）



付録図－3.3.3(2)　浸漬 126 日の測定結果（その他の類）

（３）浸漬 127 日の測定結果

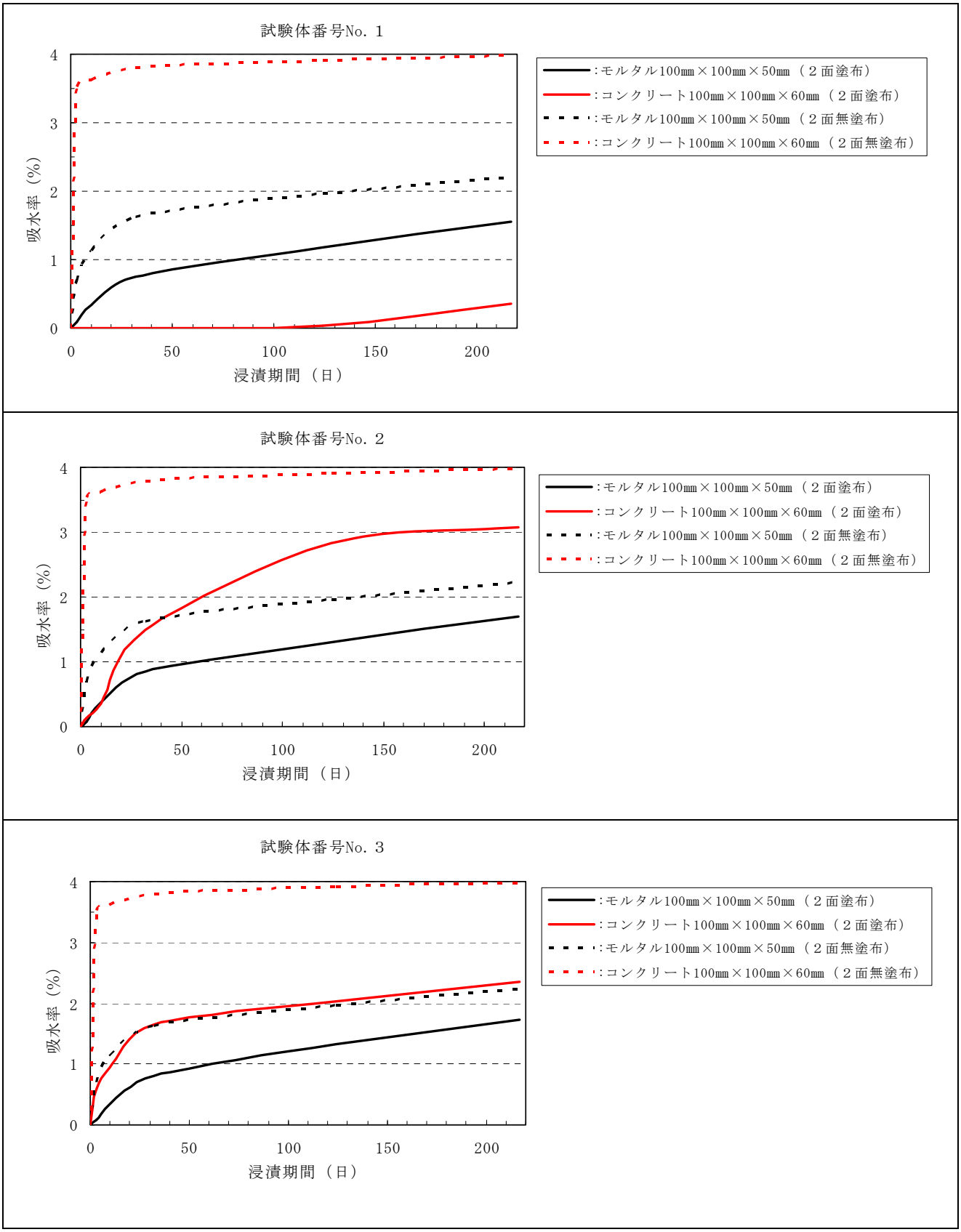
付録表－3.3.5　モルタル　100 ㎜×100 ㎜×50 ㎜（２面塗布）の吸水率

No.	浸漬前の質量（g）	217日浸漬後の質量（g）	217日浸漬後の吸水量(g)	吸水率（%）				
				3日後	10日後	32日後	124日後	217日後
1	1080.7	1097.5	16.7	0.09	0.34	0.75	1.17	1.55
2	1041.7	1059.5	17.8	0.08	0.37	0.84	1.31	1.71
3	1056.9	1075.3	18.4	0.09	0.34	0.81	1.32	1.74
4	1049.3	1064.2	14.9	-0.02	0.16	0.56	0.98	1.42
5	1049.2	1070.1	20.9	0.03	0.40	1.04	1.59	1.99
6	1053.8	1072.8	19.0	0.09	0.37	0.86	1.34	1.80
7	1040.7	1059.3	18.7	0.03	0.32	0.81	1.35	1.80
8	1046.6	1062.5	15.9	-0.04	0.17	0.59	1.09	1.52
9	1069.1	1081.9	12.8	-0.04	0.08	0.42	0.80	1.20
10	1078.3	1094.2	16.0	0.04	0.24	0.62	1.06	1.44
11	1042.9	1058.3	15.4	0.04	0.23	0.62	1.06	1.47
12	1046.9	1060.1	13.2	-0.04	0.13	0.48	0.86	1.26
13	1055.3	1074.0	18.7	0.09	0.42	0.88	1.32	1.77
14	1037.9	1054.4	16.5	-0.04	0.19	0.62	1.10	1.59
15	1048.8	1063.8	15.1	0.04	0.30	0.68	1.08	1.44
16	1045.3	1055.7	10.4	-0.04	0.00	0.28	0.62	1.00
17	1065.2	1081.1	15.9	0.00	0.23	0.64	1.09	1.49
18	1056.2	1072.3	16.1	-0.05	0.15	0.57	1.05	1.52
19	1061.8	1077.8	16.0	-0.04	0.17	0.58	1.05	1.51
20	1078.1	1102.9	24.8	0.70	1.13	1.62	1.97	2.22

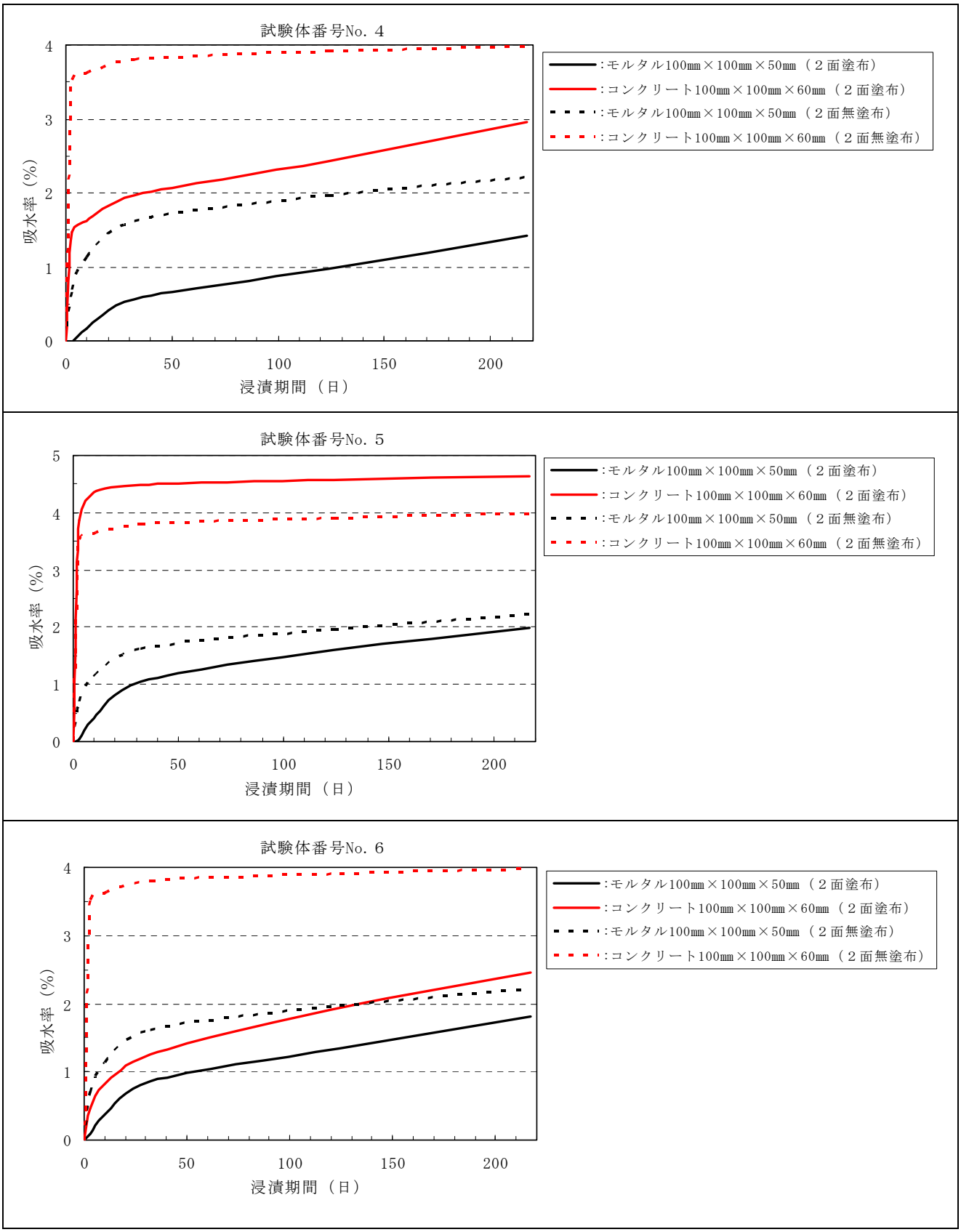
付録表－3.3.6　コンクリート　100 ㎜×100 ㎜×60 ㎜（２面塗布）の吸水率

No.	浸漬前の質量（g）	217日浸漬後の質量（g）	217日浸漬後の吸水量(g)	吸水率（%）				
				3日後	10日後	32日後	124日後	217日後
1	1298.6	1303.3	4.7	0.00	0.00	0.00	0.01	0.36
2	1199.8	1236.6	36.8	0.13	0.36	1.48	2.82	3.07
3	1319.6	1350.6	31.0	0.59	0.94	1.64	2.03	2.35
4	1356.8	1396.8	40.1	1.47	1.63	1.97	2.43	2.95
5	1338.1	1400.1	62.0	3.86	4.35	4.48	4.57	4.63
6	1342.5	1375.5	33.0	0.47	0.82	1.26	1.94	2.46
7	1325.2	1376.1	50.9	2.19	3.26	3.59	3.72	3.84
8	1337.8	1351.6	13.8	0.05	0.16	0.42	0.71	1.03
9	1288.5	1311.9	23.4	0.10	0.29	1.00	1.47	1.82
10	1357.8	1384.3	26.5	0.16	0.26	0.83	1.67	1.95
11	1289.9	1325.8	35.9	0.09	0.37	1.27	2.52	2.79
12	1355.1	1376.1	21.0	0.13	0.38	0.84	1.19	1.55
13	1307.4	1360.3	52.9	3.42	3.61	3.80	3.85	3.97
14	1293.1	1308.2	15.2	0.01	0.13	0.42	0.80	1.17
15	1264.7	1284.9	20.2	0.15	0.39	0.78	1.20	1.60
16	1336.2	1346.5	10.3	-0.02	0.08	0.29	0.46	0.77
17	1363.1	1404.1	41.0	0.36	0.81	1.40	2.63	3.01
18	1282.5	1298.4	15.9	0.09	0.24	0.54	0.85	1.24
19	1342.2	1370.8	28.6	0.35	0.69	1.18	1.84	2.13
20	1294.8	1346.4	51.5	3.52	3.62	3.80	3.91	3.98

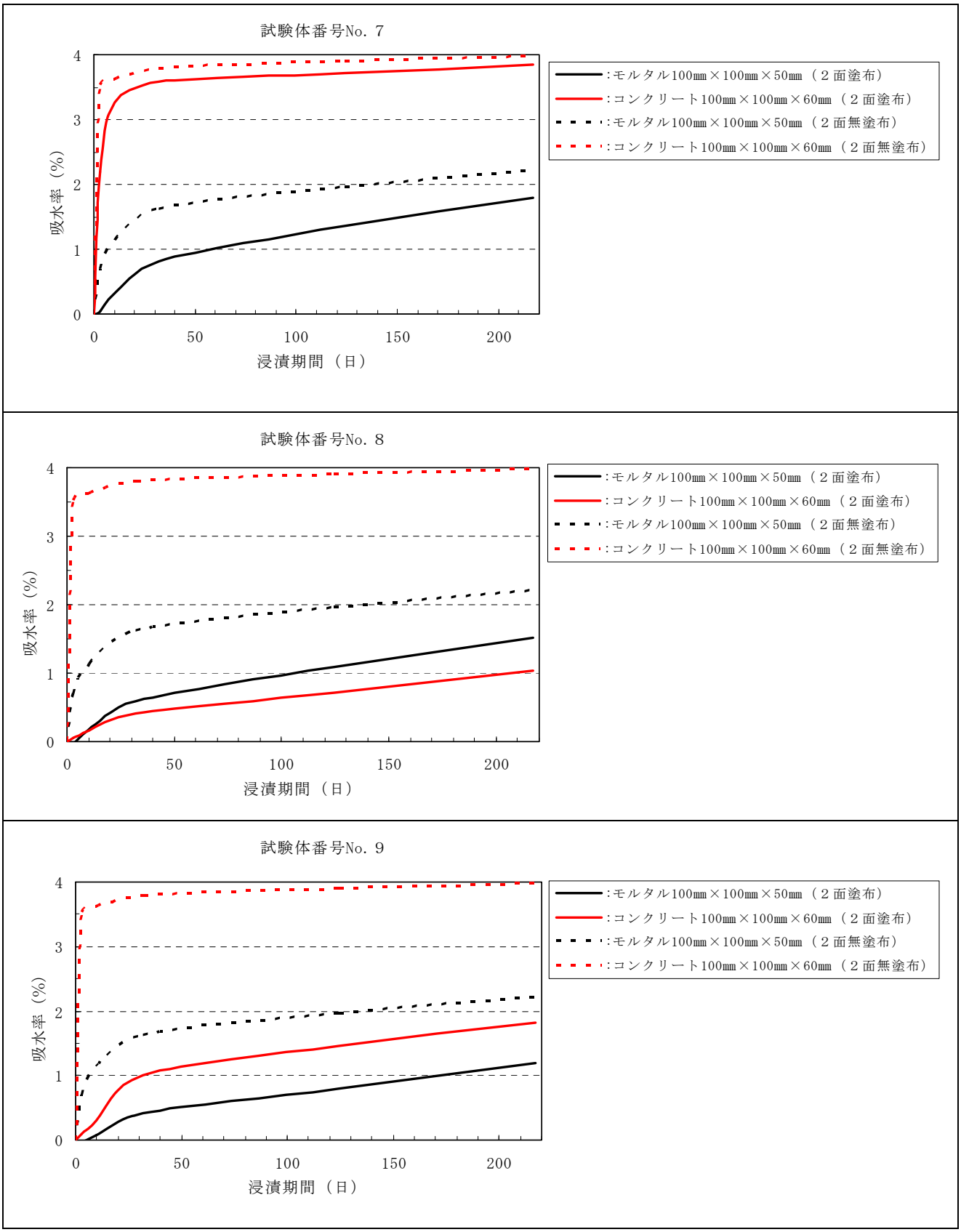
（４）浸漬 217 日の測定結果グラフ



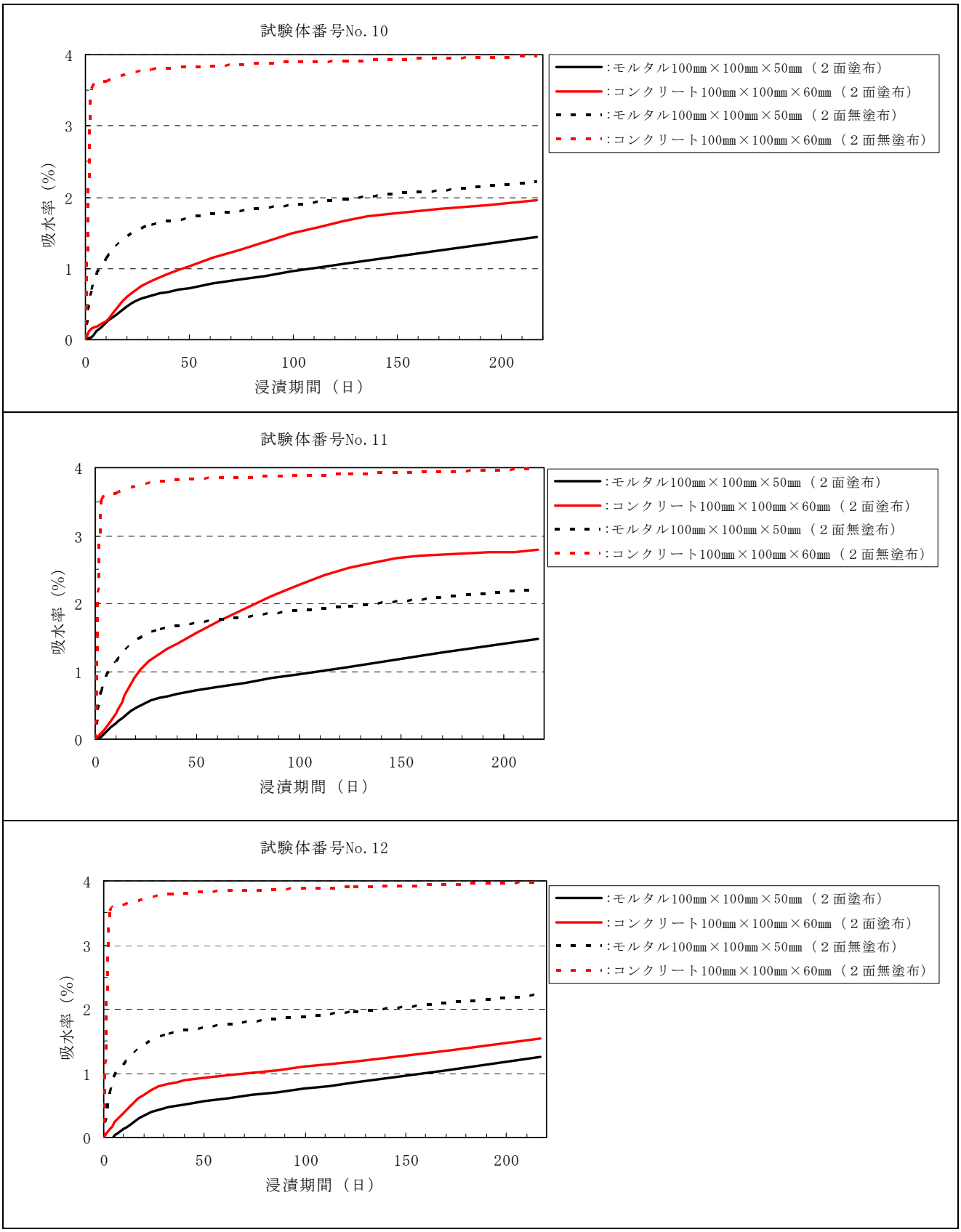
付録図－3.3.4(1)　浸漬 217 日の測定結果（シラン系）



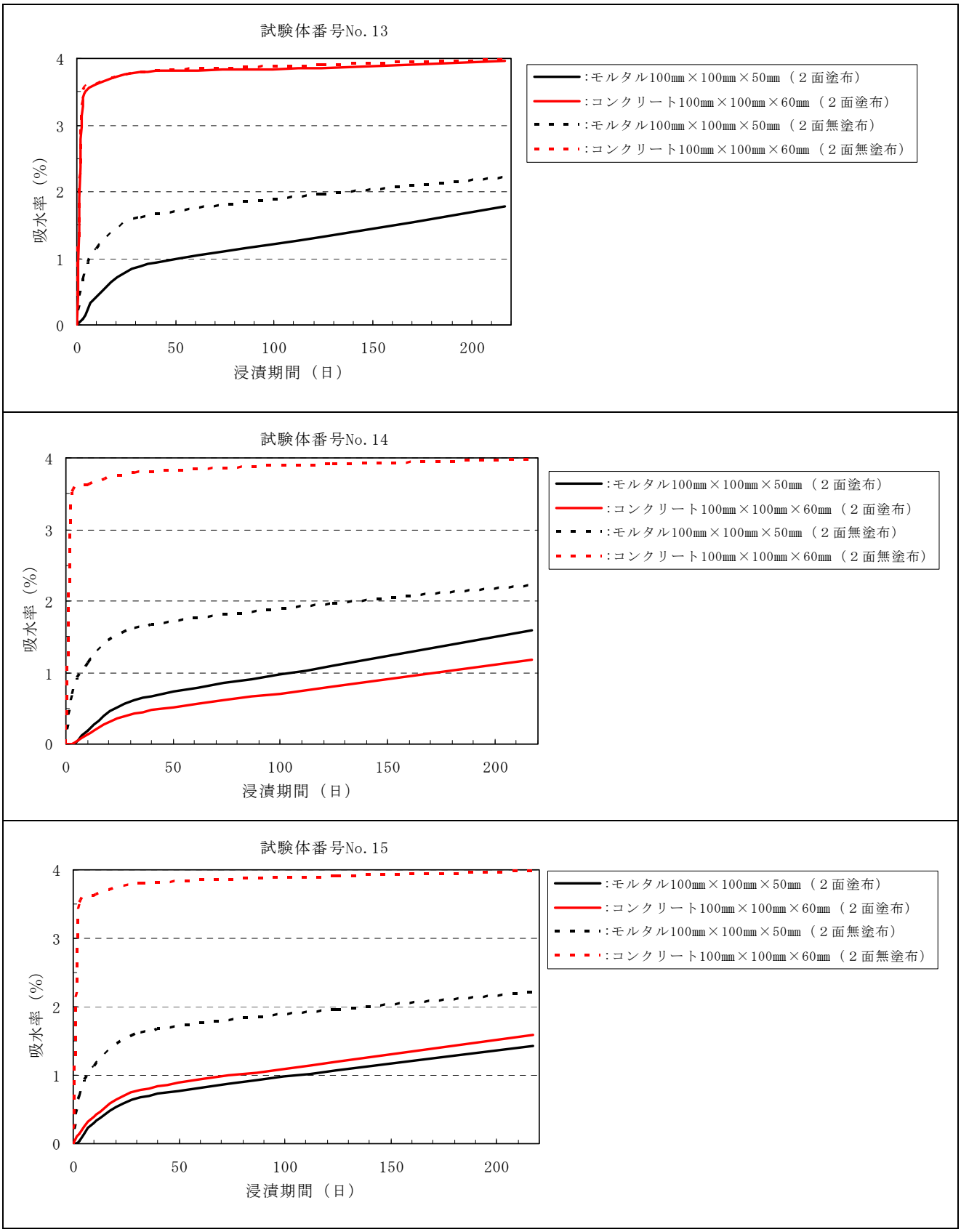
付録図－3.3.4(2)　浸漬 217 日の測定結果（シラン系）



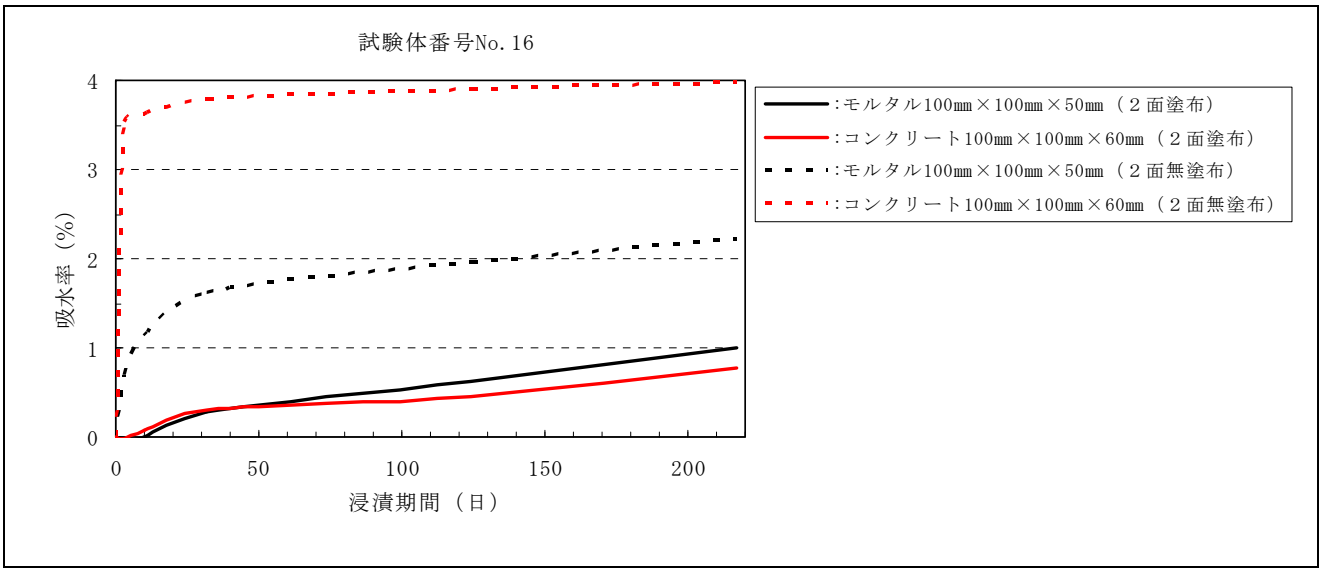
付録図－3.3.4(3)　浸漬 217 日の測定結果（シラン系）



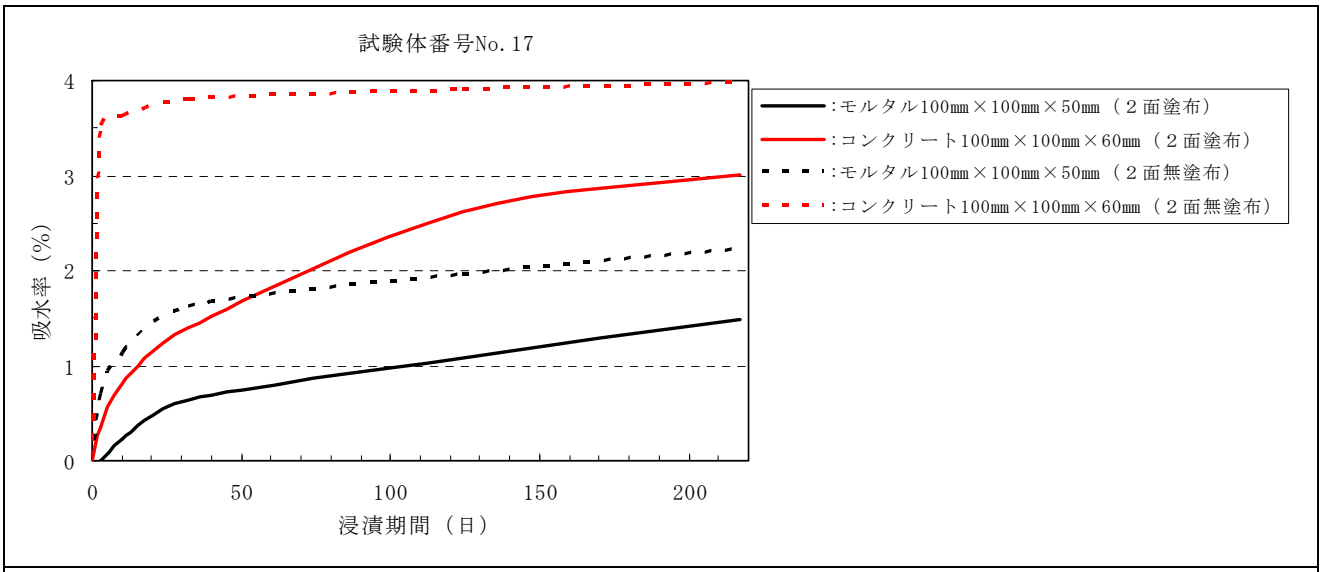
付録図－3.3.5(1)　浸漬 217 日の測定結果（シラン・シロキサン系）

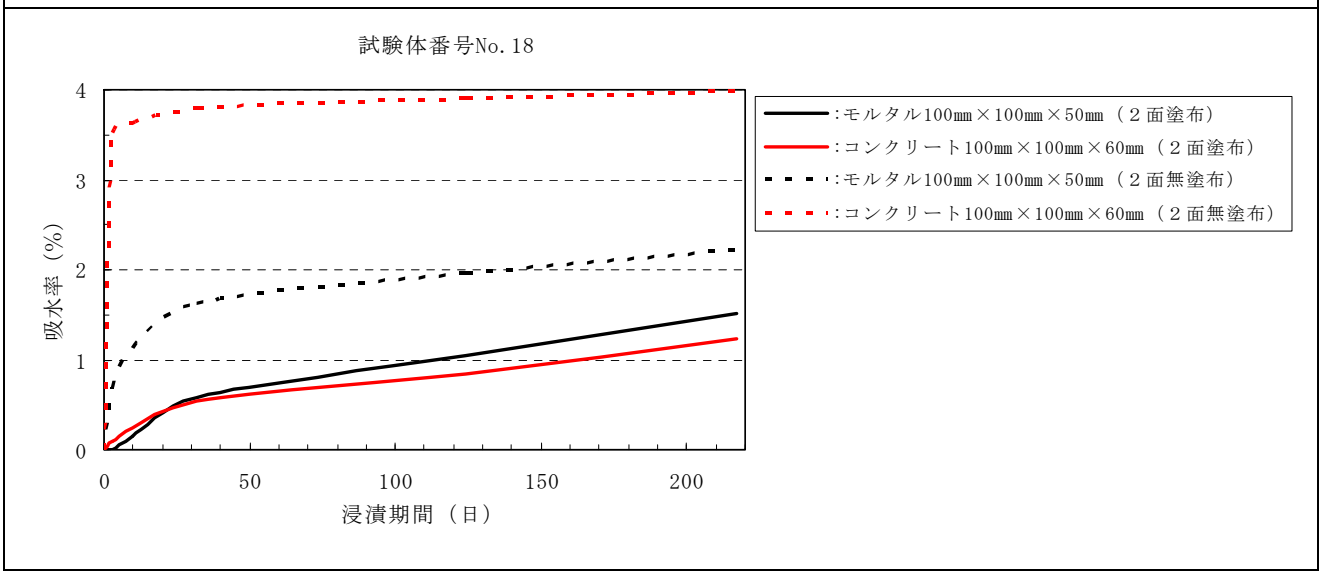


付録図－3.3.5(2)　浸漬 217 日の測定結果（シラン・シロキサン系）

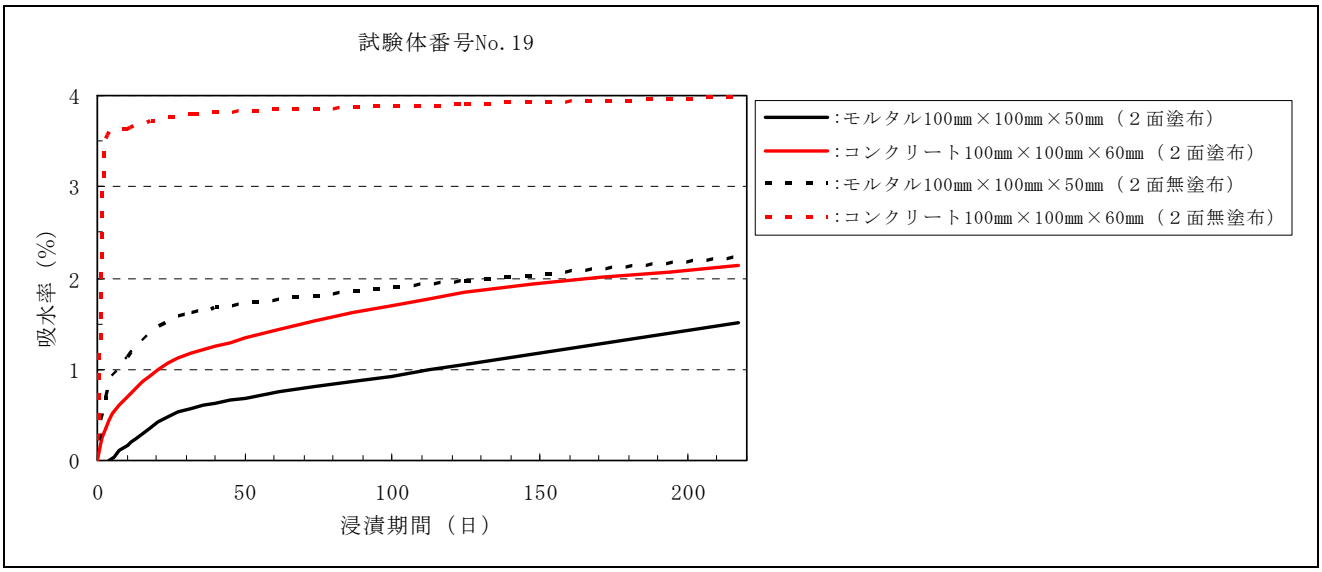


付録図－3.3.5(3)　浸漬 217 日の測定結果（シラン・シロキサン系）





付録図－3.3.6(1)　浸漬 217 日の測定結果（その他の類）



付録図－3.3.6(2)　浸漬 217 日の測定結果（その他の類）

３．４　塩化物イオン浸透性

（１）塩水浸漬後の質量変化測定結果

付録表－3.4.1　質量変化測定結果

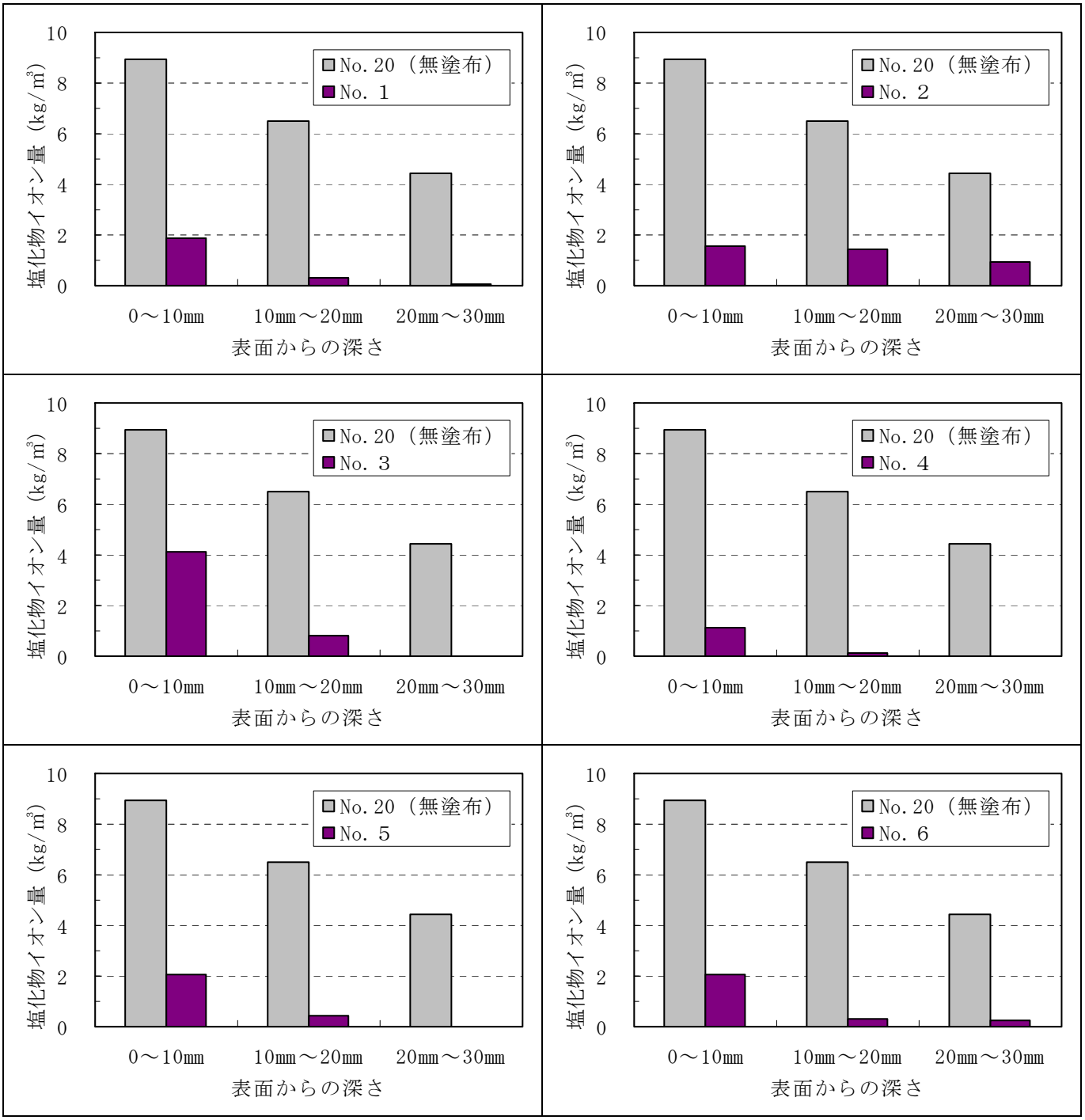
No.	塩水浸漬前の 試験体質量（ｇ）	塩水浸漬後の 試験体質量（ｇ）	浸漬後の 吸塩水量（ｇ）
1	2369.6	2386.4	16.5
2	2360.4	2404.7	44.3
3	2271.7	2294.3	22.6
4	2315.5	2328.4	12.9
5	2310.0	2325.1	15.1
6	2344.4	2367.3	22.9
7	2357.3	2375.8	18.5
8	2359.9	2379.3	19.4
9	2353.6	2367.0	13.4
10	2286.1	2298.3	12.2
11	2279.3	2292.4	13.1
12	2300.9	2333.6	32.7
13	2294.0	2313.9	19.9
14	2406.7	2417.2	10.5
15	2386.7	2395.7	9.0
16	2277.9	2286.9	9.0
17	2284.6	2300.8	16.2
18	2325.6	2338.0	12.4
19	2319.8	2349.7	29.9
20	2224.2	2258.1	33.9
21	2239.6	2337.9	44.3

（２）塩水浸漬後の塩化物イオン量測定結果

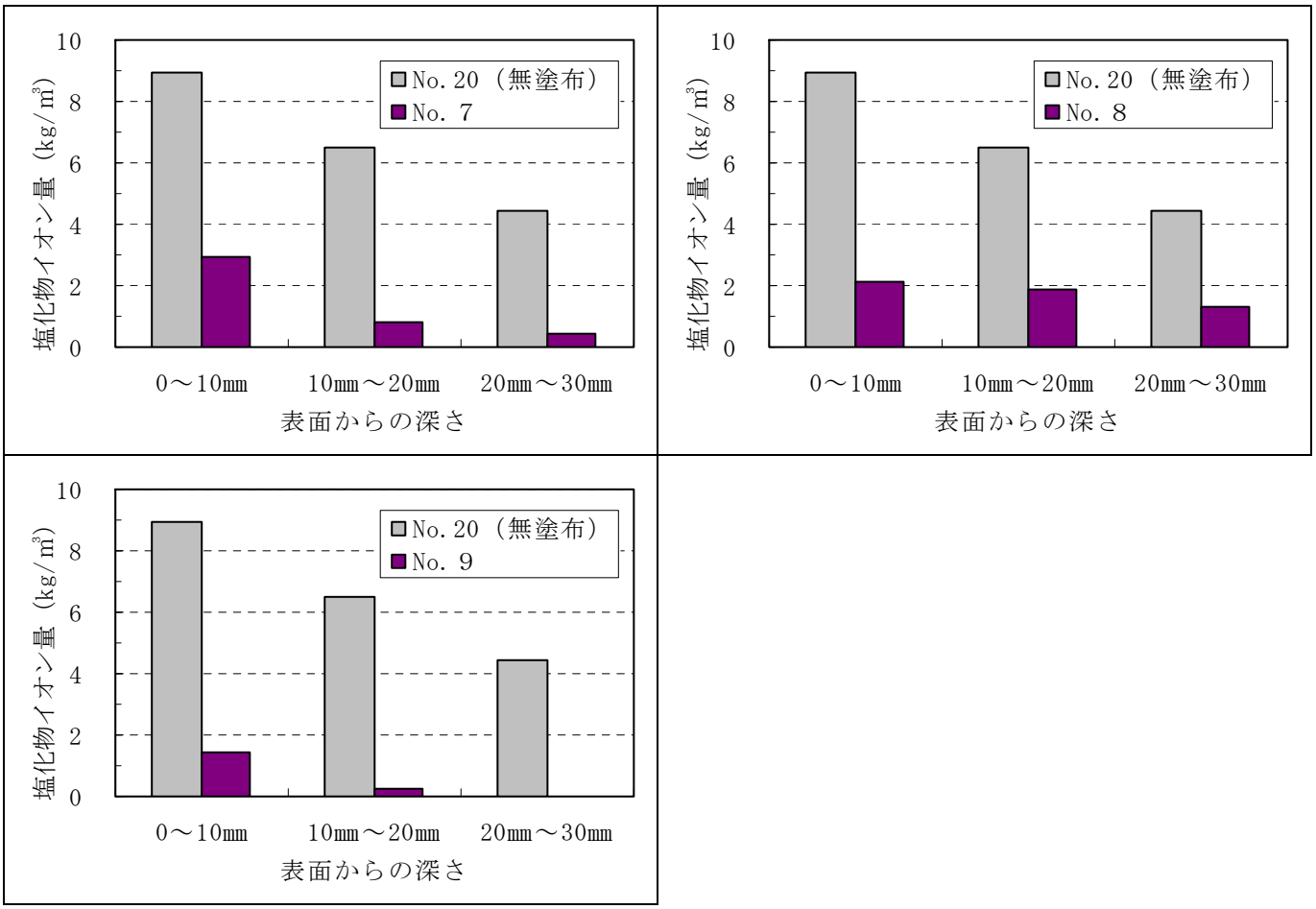
付録表－3.4.2　塩水浸漬後の塩化物イオン量（kg/㎥）

No.	分類	系　統	表面からの深さ		
			0～10 ㎜	10 ㎜～20 ㎜	20 ㎜～30 ㎜
1	シラン系	水系	1.862	0.304	0.068
2			1.580	1.438	0.960
3		溶剤系	4.150	0.817	0.002
4			1.133	0.094	0.007
5			2.044	0.465	0.021
6			2.034	0.304	0.240
7		無溶剤系	2.909	0.832	0.441
8			2.153	1.880	1.328
9			1.463	0.227	0.027
10	シラン・シロキサン系	水系	1.576	0.112	0.027
11			1.888	0.129	0.024
12			1.632	0.106	0.010
13			3.341	1.466	0.446
14		無溶剤系	1.163	0.068	0.014
15			3.711	0.697	0.269
16			1.521	0.311	0.286
17	その他の類	水系	1.667	0.352	0.078
18		溶剤系	5.014	4.448	2.518
19			0.931	0.057	0.030
20	無塗布		8.966	6.527	4.431

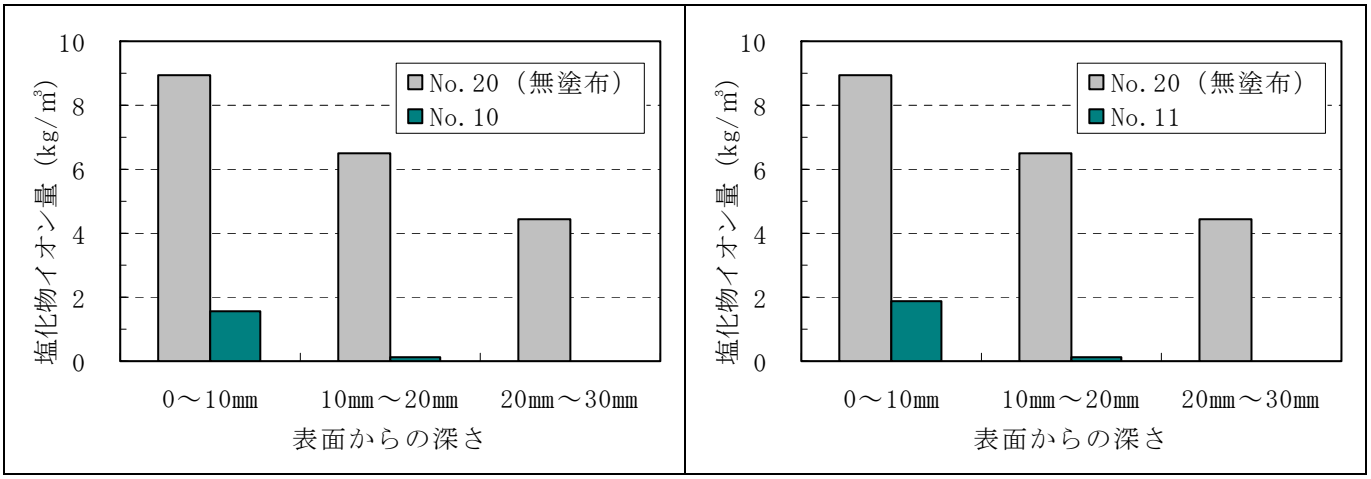
（３）塩水浸漬後の塩化物イオン量測定結果グラフ



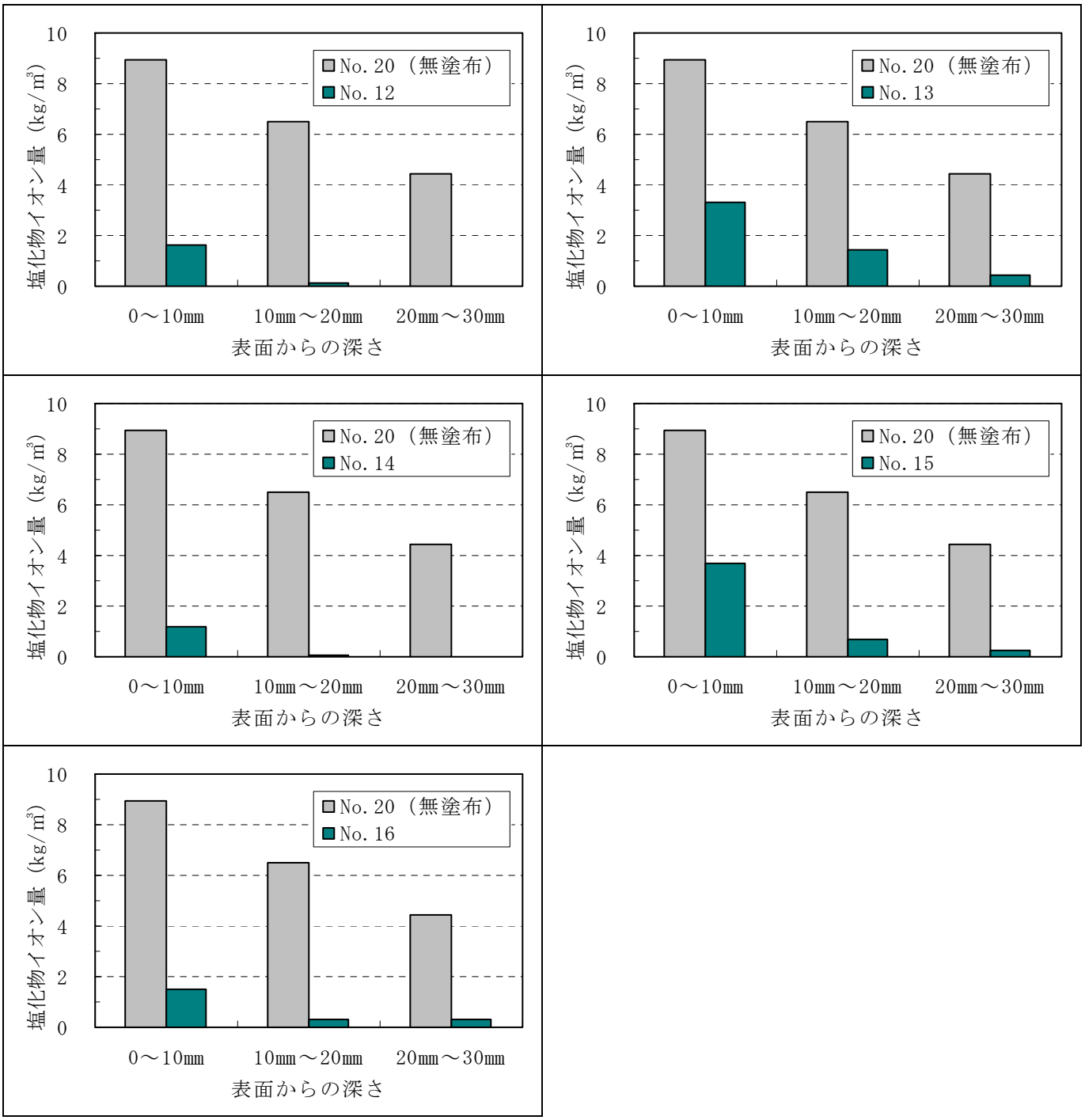
付録図－3.4.1(1)　塩化物イオン量（シラン系）



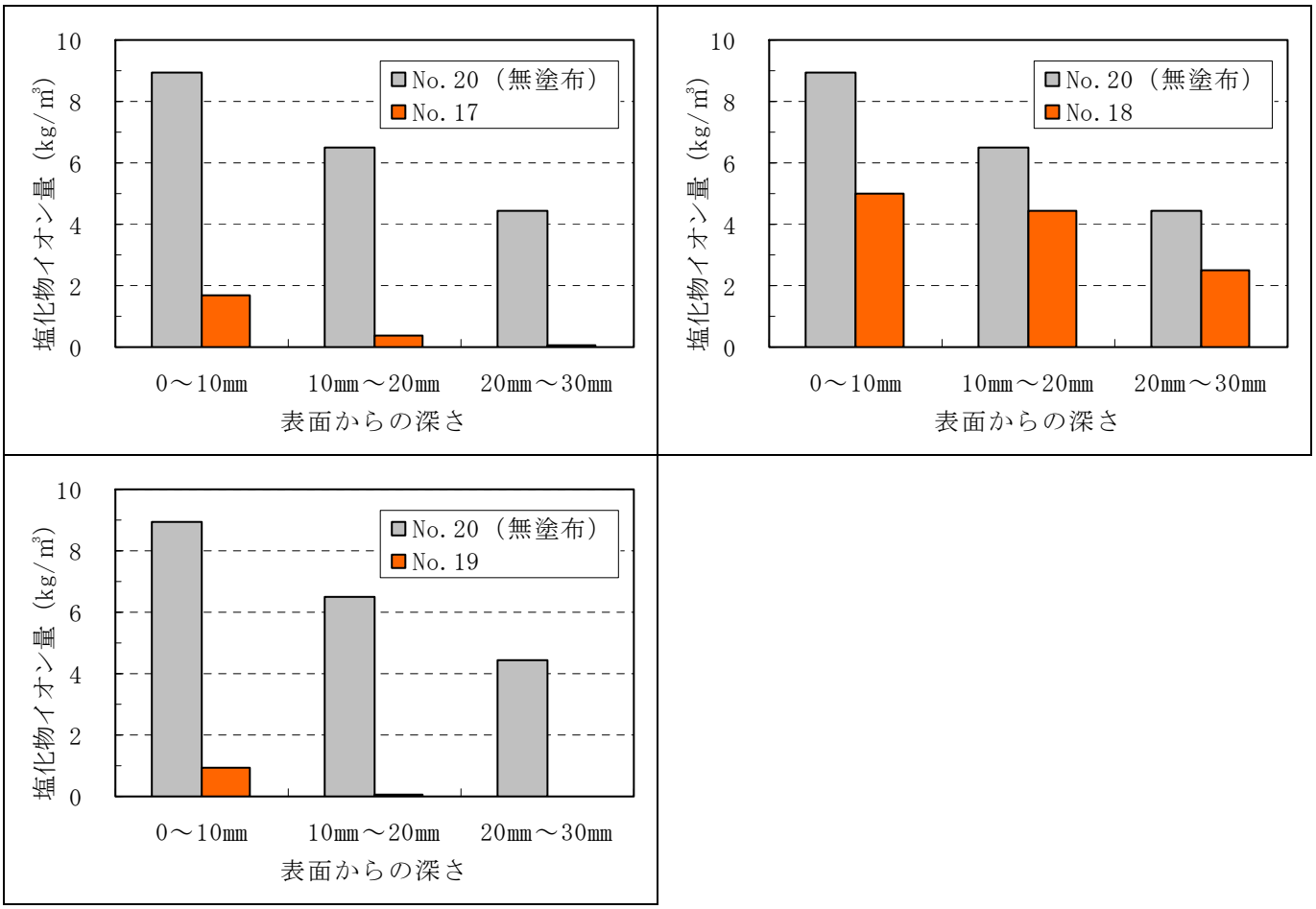
付録図－3.4.1(2)　塩化物イオン量（シラン系）



付録図－3.4.2(1)　塩化物イオン量（シラン・シロキサン系）



付録図－3.4.2(2)　塩化物イオン量（シラン・シロキサン系）



付録図－3.4.3　塩化物イオン量（その他の類）

付録－４．第２次暴露試験データ

４．１　浸透深さ
４．２　吸水量
４．３　塩化物イオン浸透性
４．４　中性化深さ

４．１　浸透深さ

（１）暴露後の浸透深さ測定結果

付録表－4.1.1　浸透深さ測定結果　（単位：mm）

No.	系　統	中分類	形　態	初期浸透深さ（参考）	暴露４年		
					東京		沖縄
					国道側	首都高側	
1	水　系	シラン系	単独形	1.6	0.0	7.0	6.0
2				0.4	0.0	2.0	2.0
3	溶剤系			1.1	0.0	3.0	0.0
4				1.5	0.0	2.0	2.0
5				0.1	0.0	1.0	1.0
6				0.3	1.0	1.0	2.0
7	無溶剤系			1.5	3.0	3.0	8.0
8				1.9	3.0	5.0	5.0
9				0.2	4.0	5.0	4.0
10	水　系	シラン・シロキサン系		2.0	0.0	4.0	5.0
11				2.4	3.7	3.0	4.0
12				3.8	0.0	4.0	5.0
13				0.1	3.3	2.0	0.0
14				3.5	0.0	5.0	5.0
15	無溶剤系			1.0	4.0	2.0	2.0
16				6.7	1.0	6.0	7.0
17	水　系	その他の類		1.0	6.0	2.0	2.0
18	溶剤系		造膜形	4.2	2.0	5.0	4.0
19				1.2	0.0	7.0	2.0

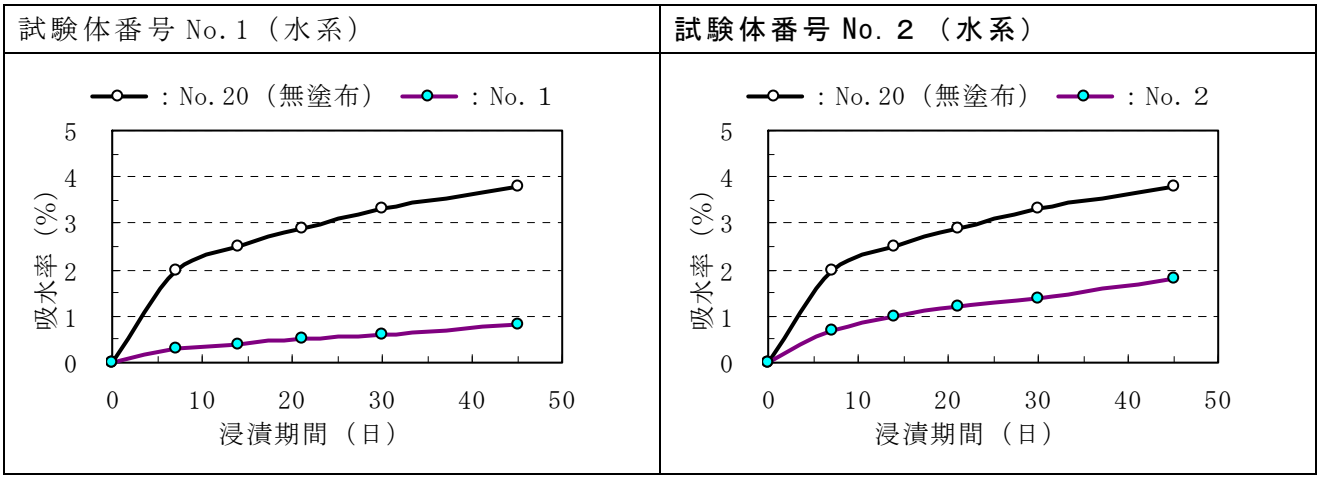
４．２　吸水量

（１）暴露後の吸水試験結果

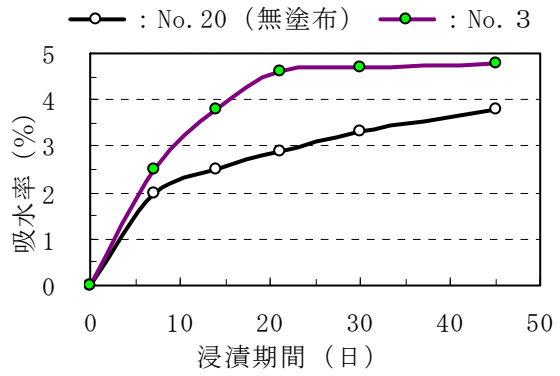
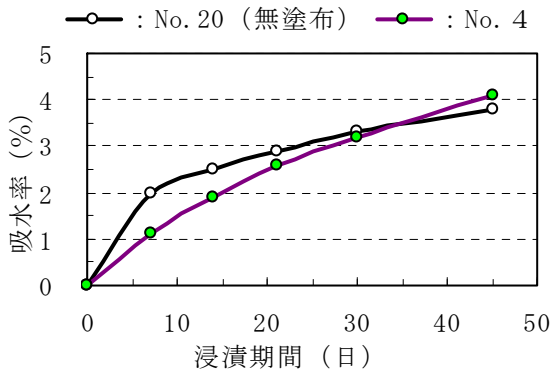
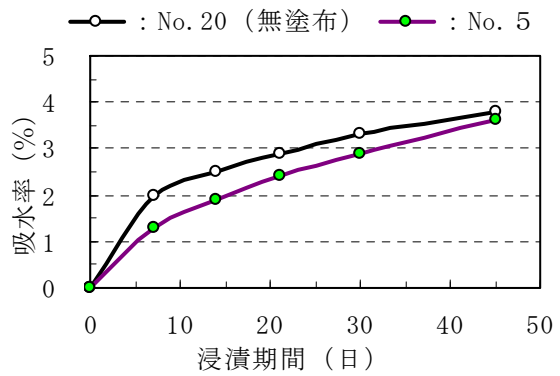
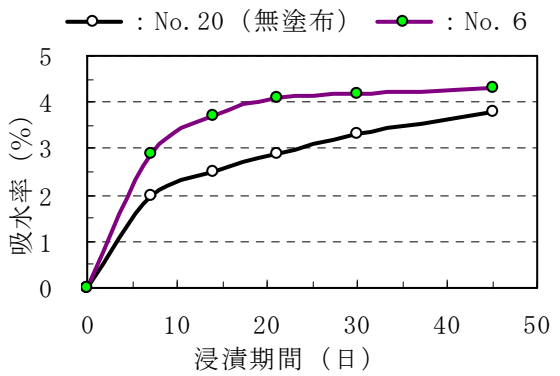
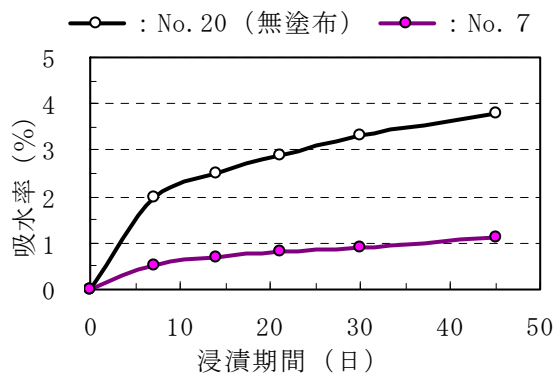
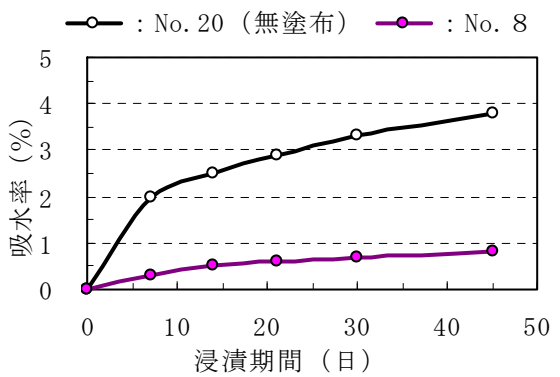
付録表－4.2.1　吸水率

No.	浸漬前の質量（g）	45日浸漬後の質量（g）	45日浸漬後の吸水量（g）	吸水率（%）				
				7日後	14日後	21日後	30日後	45日後
1	874.7	881.5	6.8	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
2	914.7	931.0	16.3	0.7	1.0	1.2	1.4	1.8
3	885.1	927.5	42.4	2.5	3.8	4.6	4.7	4.8
4	856.9	892.1	35.2	1.1	1.9	2.6	3.2	4.1
5	845.9	876.1	30.2	1.3	1.9	2.4	2.9	3.6
6	832.7	868.4	35.7	2.9	3.7	4.1	4.2	4.3
7	776.4	784.7	8.3	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
8	872.7	879.9	7.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8
9	863.2	897.3	34.1	1.2	1.9	2.4	2.9	3.9
10	824.1	831.7	7.6	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9
11	860.3	882.3	22.0	0.7	1.2	1.4	1.7	2.6
12	879.7	887.8	8.1	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9
13	890.1	925.3	35.2	2.3	2.9	3.3	3.6	4.0
14	867.9	874.0	6.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
15	880.4	895.0	14.6	0.7	0.9	1.2	1.4	1.7
16	856.9	862.5	5.6	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7
17	875.9	904.0	28.1	0.8	1.5	1.9	2.3	3.2
18	783.5	791.7	8.2	0.4	0.6	0.7	0.8	1.1
19	974.2	984.1	9.9	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0
20	861.2	893.8	32.6	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8

（２）暴露後の吸水率測定結果グラフ

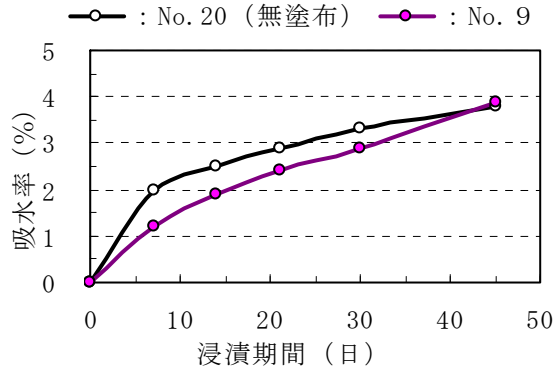


付録図－4.2.1(1)　吸水率測定結果（シラン系）

試験体番号 No. 3 （溶剤系）	試験体番号 No. 4 （溶剤系）
	
試験体番号 No. 5 （溶剤系）	試験体番号 No. 6 （溶剤系）
	
試験体番号 No. 7 （無溶剤系）	試験体番号 No. 8 （無溶剤系）
	

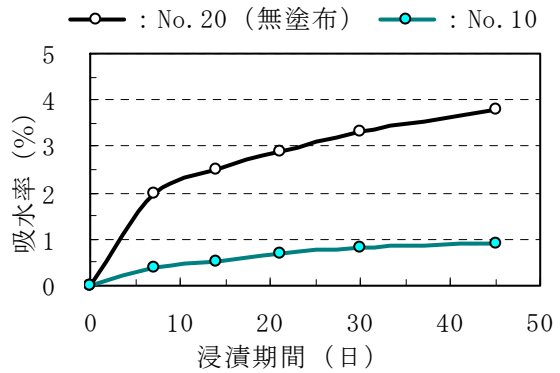
付録図－4.2.1(2)　吸水率測定結果（シラン系）

試験体番号 No. 9 （無溶剤系）

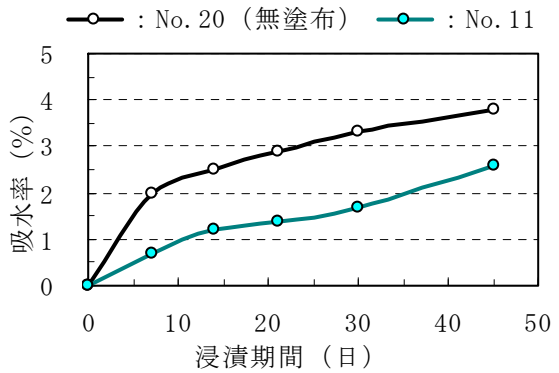


付録図－4. 2. 1(3)　吸水率測定結果（シラン系）

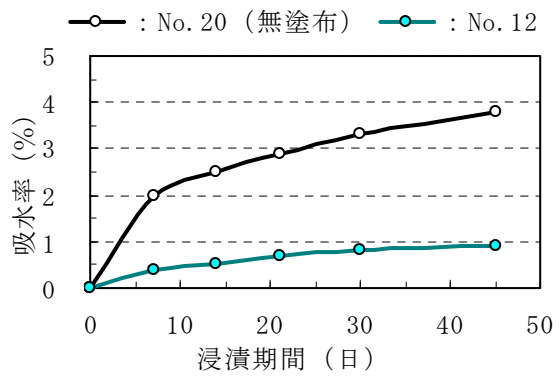
試験体番号 No. 10（水系）



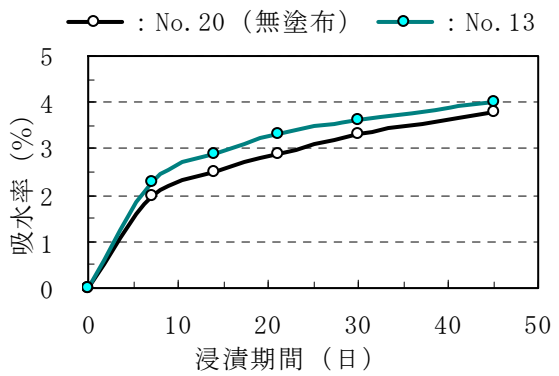
試験体番号 No. 11（水系）



試験体番号 No. 12（水系）

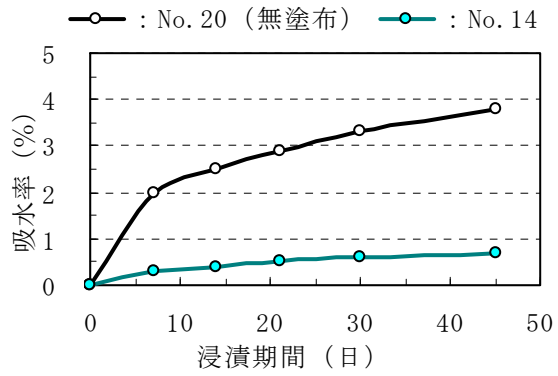


試験体番号 No. 13（水系）

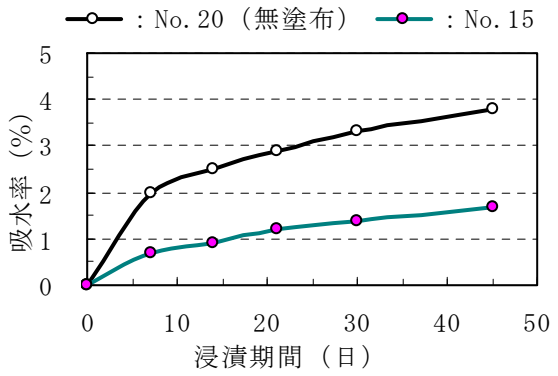


付録図－4. 2. 2(1)　吸水率測定結果（シラン・シロキサン系）

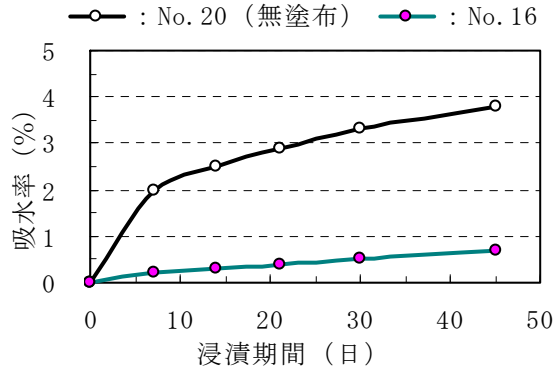
試験体番号 No.14（水系）



試験体番号 No.15（無溶剤系）

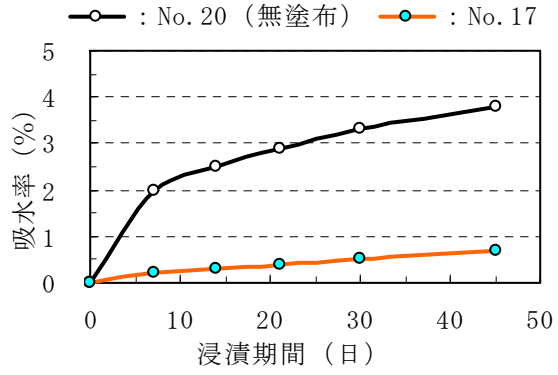


試験体番号 No.16（無溶剤系）

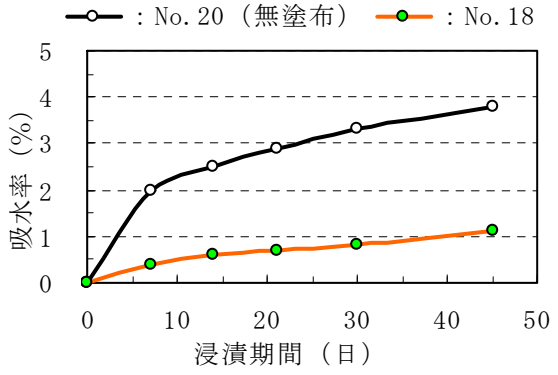


付録図－4.2.2(2)　吸水率測定結果（シラン・シロキサン系）

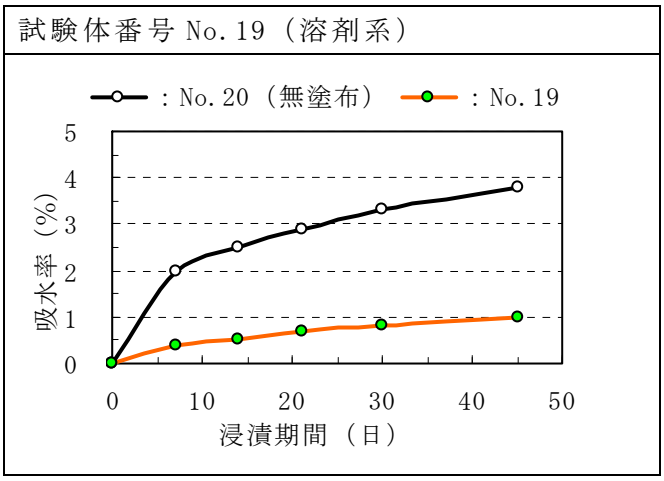
試験体番号 No.17（水系）



試験体番号 No.18（溶剤系）



付録図－4.2.3(1)　吸水率測定結果（その他の類）



付録図－4.2.3(2)　吸水率測定結果（その他の類）

４．３　塩化物イオン浸透性

（１）暴露後の塩化物イオン量測定結果

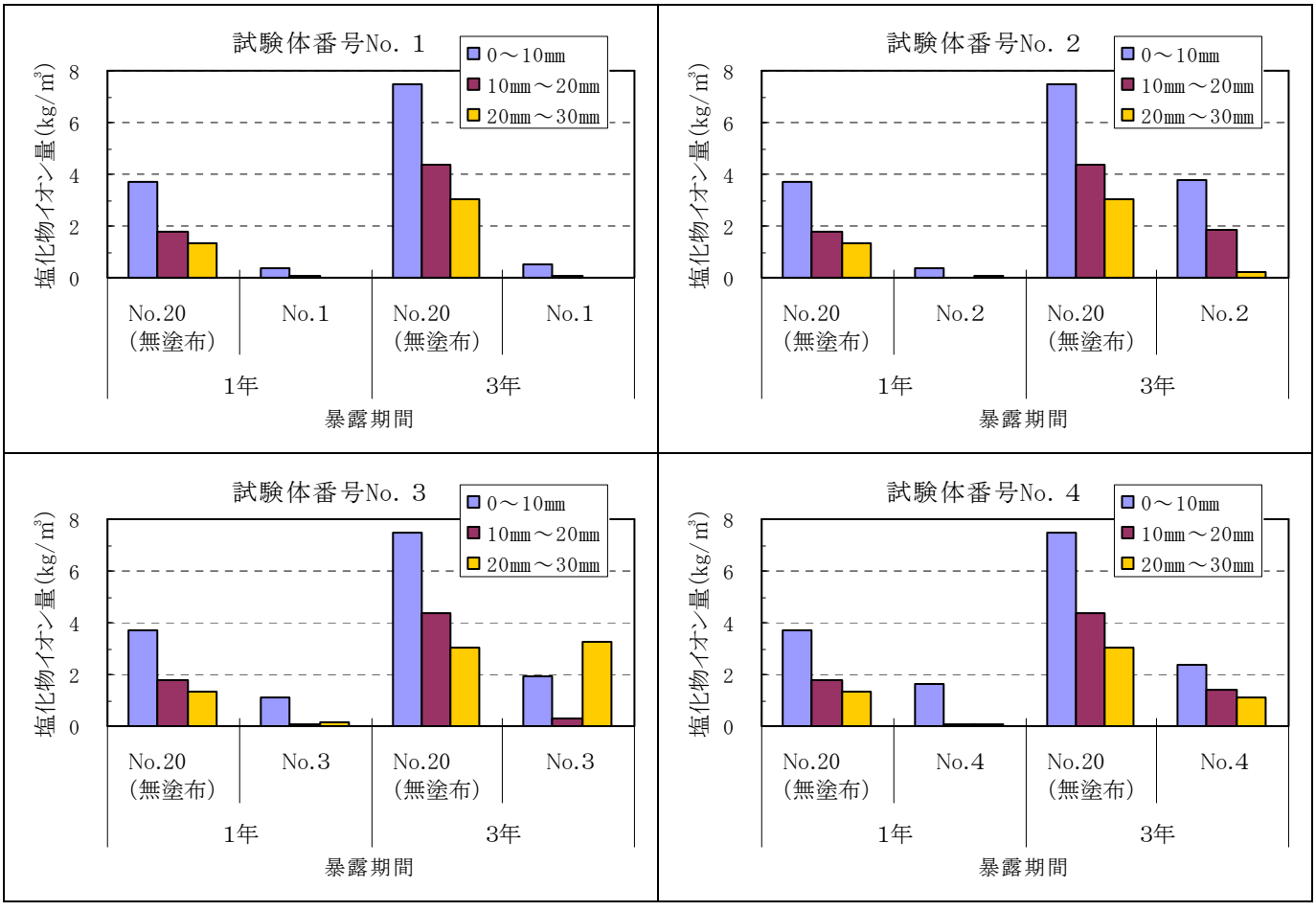
付録表-4.3.1(1)　塩化物イオン量（kg/㎥）

No.	分類	系統	暴　露	表面からの深さ		
				0～10 ㎜	10 ㎜～20 ㎜	20 ㎜～30 ㎜
1	シラン系	水系	１年	0.35	0.06	0.03
			３年	0.52	0.04	0.02
2			１年	0.36	0.02	0.05
			３年	3.76	1.82	0.26
3		溶剤系	１年	1.13	0.10	0.16
			３年	1.95	0.27	3.28
4			１年	1.62	0.08	0.04
			３年	2.37	1.40	1.08
5			１年	2.22	0.56	0.38
			３年	6.59	4.28	2.30
6			１年	2.51	0.07	0.06
			３年	4.79	0.39	0.24
7		無溶剤系	１年	1.61	0.16	0.09
			３年	2.55	0.33	0.04
8			１年	0.44	0.05	0.04
			３年	0.88	0.17	0.02
9			１年	0.26	0.05	0.07
			３年	1.00	0.33	0.02
10	シラン・シロキサン系	水系	１年	1.39	0.04	0.03
			３年	3.02	0.12	0.02
11			１年	0.50	0.06	0.11
			３年	1.86	1.17	0.88
12			１年	1.93	0.03	0.07
			３年	3.41	0.24	0.02
13			１年	3.43	0.79	0.25
			３年	6.21	2.31	2.29
14			１年	1.50	0.06	0.05
			３年	2.61	0.05	0.02
15		無溶剤系	１年	1.69	0.07	0.09
			３年	4.23	0.41	0.08
16			１年	0.26	0.01	0.02
			３年	0.40	0.16	0.05

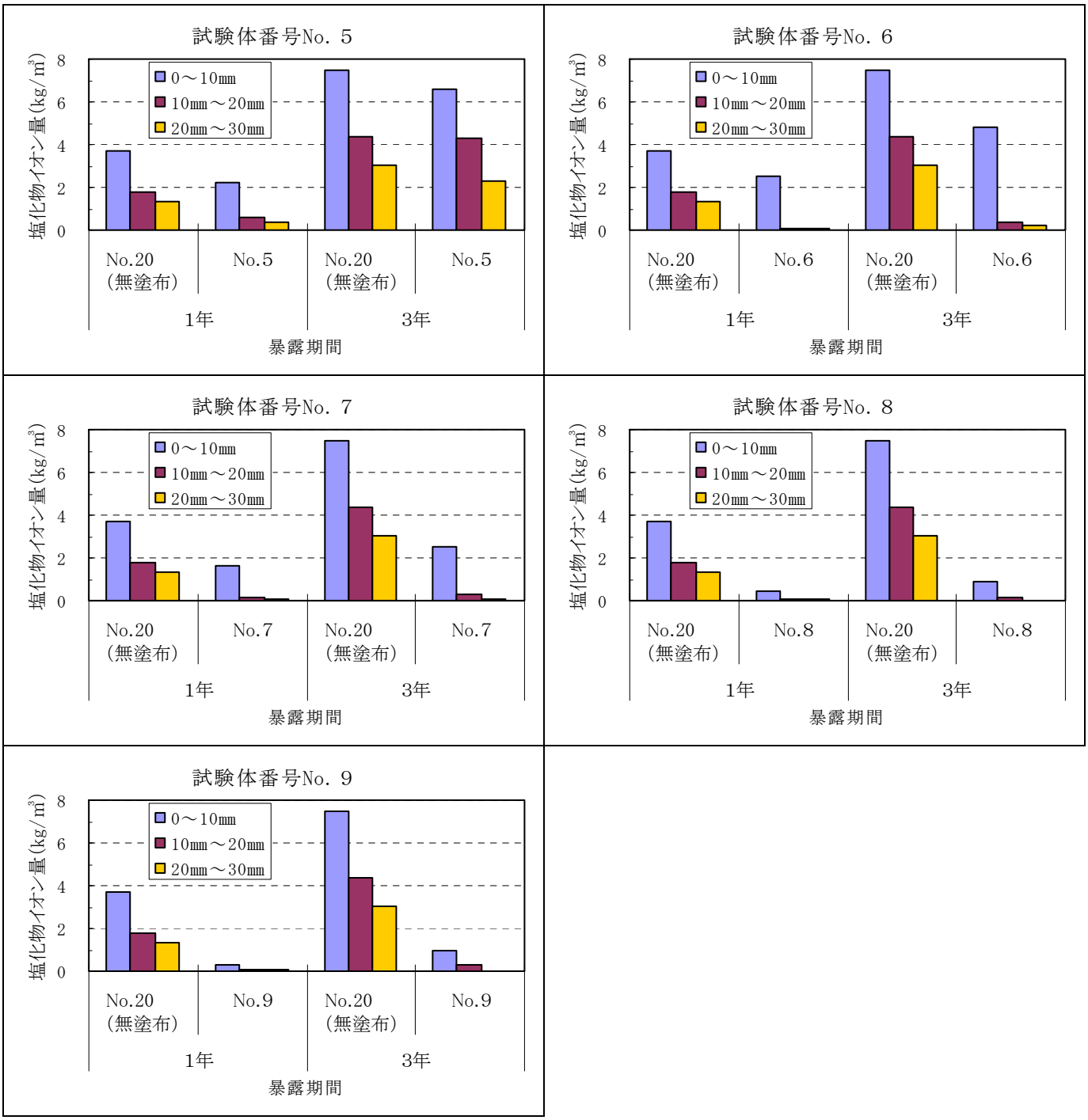
付録表-4.3.1(2)　塩化物イオン量（kg/㎥）

No.	分類	系統	暴　露	表面からの深さ		
				0～10 ㎜	10 ㎜～20 ㎜	20 ㎜～30 ㎜
17	その他の類	水系	1 年	0.18	0.07	0.04
			3 年	0.55	0.32	0.18
18		溶剤系	1 年	0.15	0.05	0.03
			3 年	1.61	4.36	1.86
19			1 年	0.41	0.25	0.13
			3 年	1.29	0.70	0.51
20	無塗布		1 年	3.67	1.80	1.33
			3 年	7.48	4.34	3.02

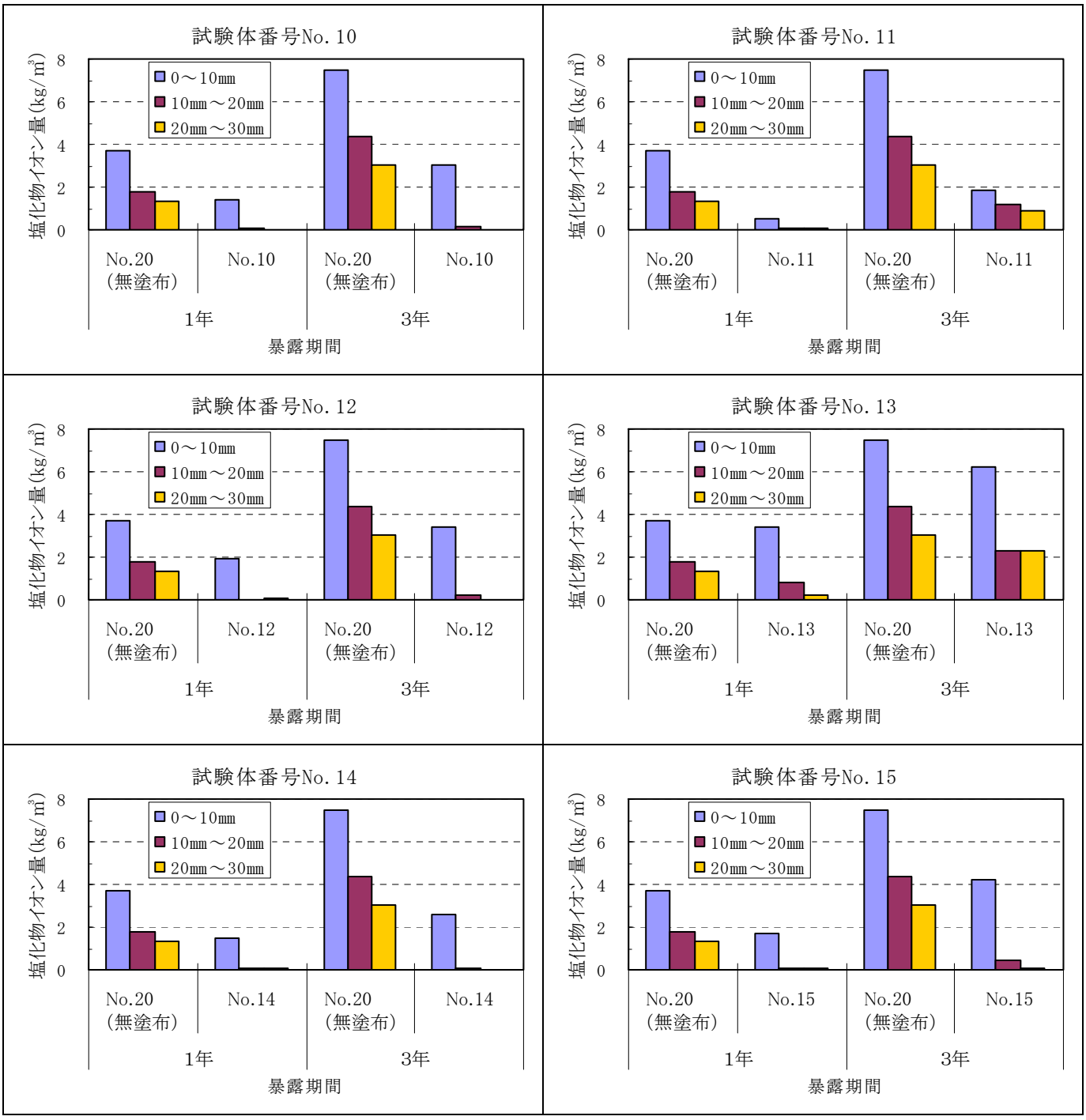
（２）暴露後の測定結果グラフ



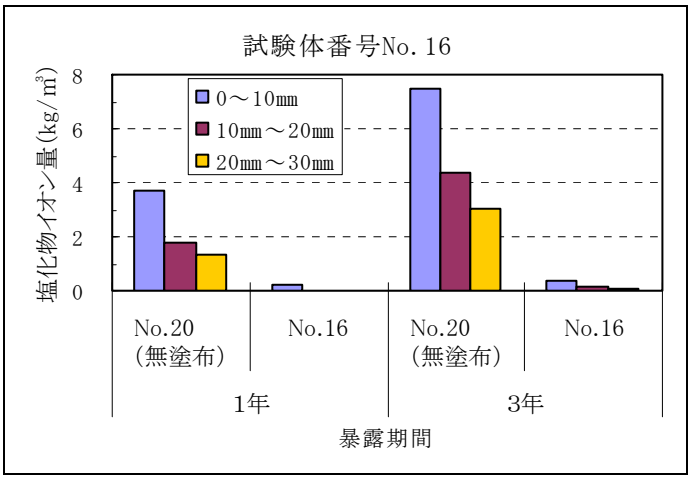
付録図－4.3.1(1)　塩化物イオン量測定結果（シラン系）



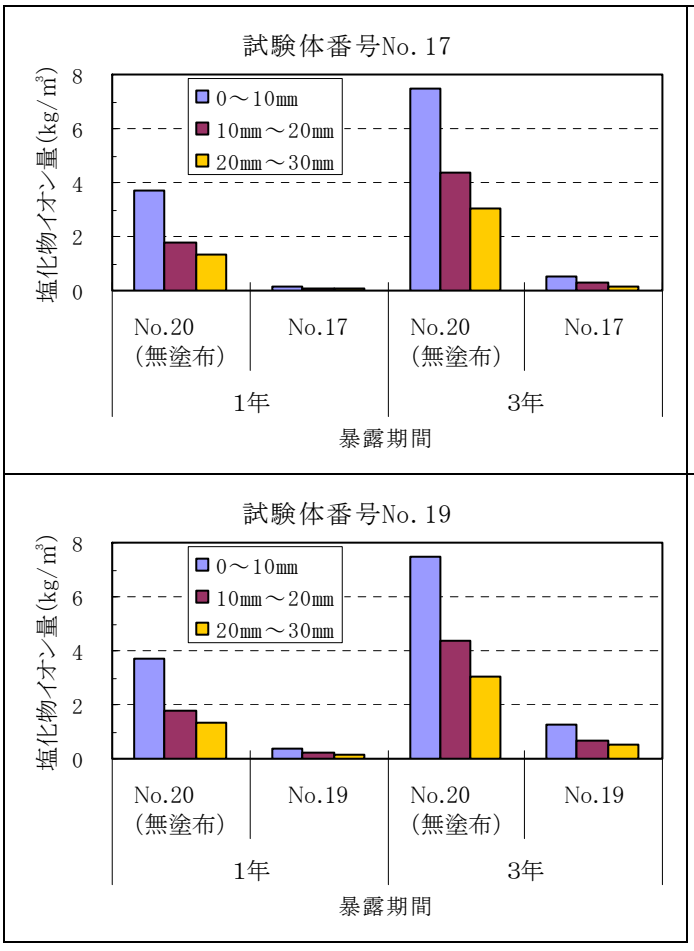
付録図－4.3.1(2)　塩化物イオン量（シラン系）

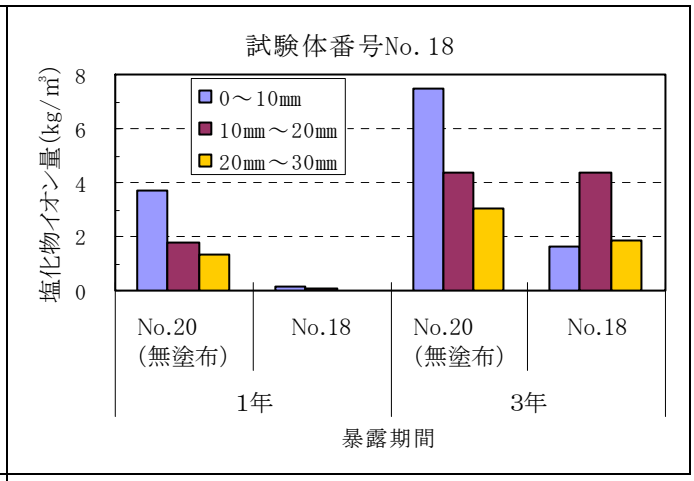


付録図－4.3.2(1)　塩化物イオン量（シラン・シロキサン系）



付録図－4.3.2(2)　塩化物イオン量（シラン・シロキサン系）





付録図－4.3.3　塩化物イオン量測定結果（その他の類）

４．４　中性化深さ

（１）暴露後の中性化深さ測定結果（東京）

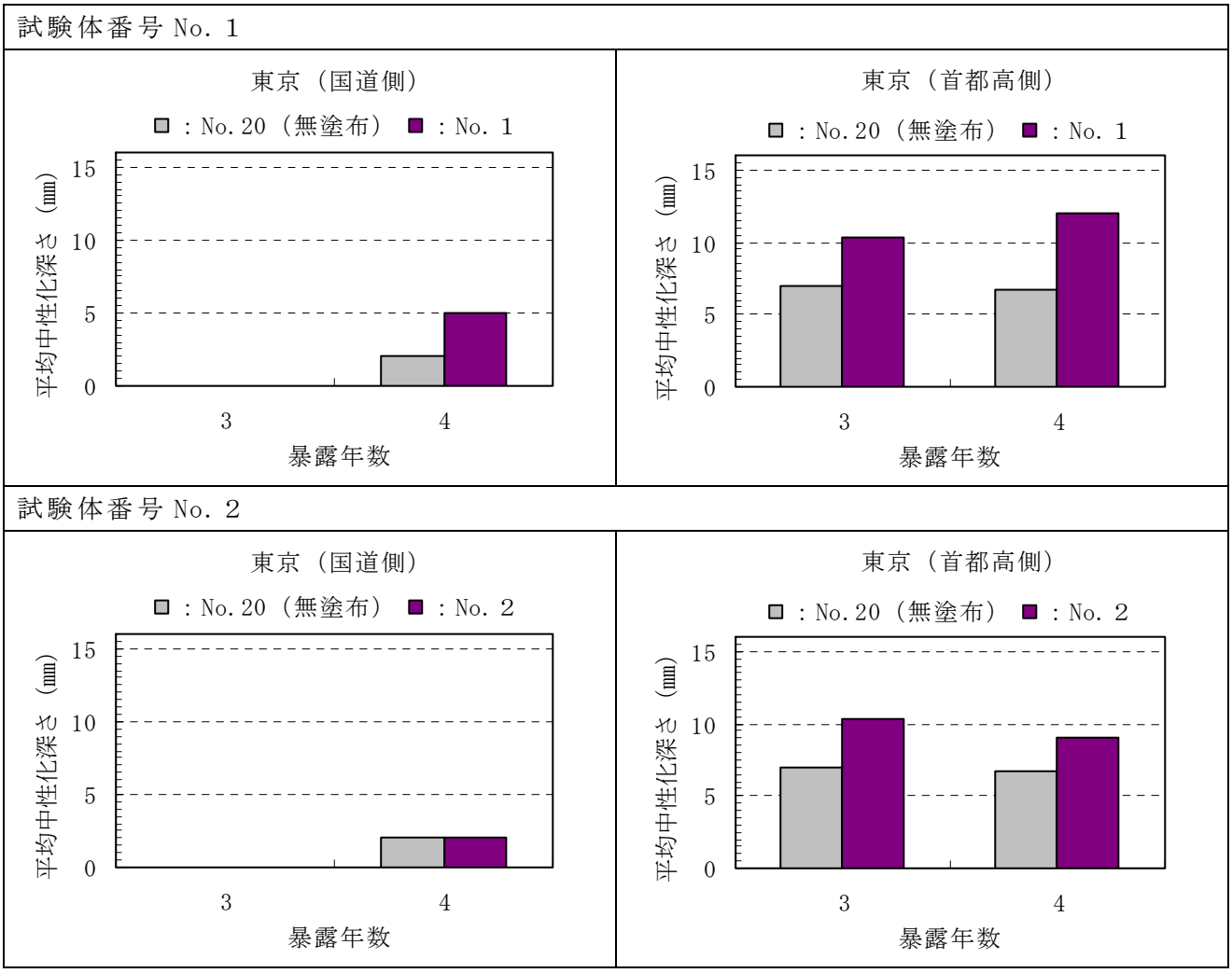
付録表－4.4.1(1)　中性化深さ

種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	東京暴露試験結果 ※割：割裂面測定											
				国道側						首都高側					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
シラン系	1	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	11.00	10.00	10.33	11.00	10.00
		4	割	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
	2	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	11.00	10.00	10.33	11.00	10.00
		4	割	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	3	3	割	5.00	0.00	2.00	2.33	5.00	0.00	11.00	10.00	10.00	10.33	11.00	10.00
		4	割	0.40	0.40	0.30	0.37	0.40	0.30	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	4	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		4	割	0.30	0.20	0.20	0.23	0.30	0.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
	5	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	11.00	10.33	11.00	10.00
		4	割	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
	6	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
		4	割	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
	7	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	10.00	10.00	10.33	11.00	10.00
		4	割	0.50	0.40	0.30	0.40	0.50	0.30	1.10	1.00	0.90	1.00	1.10	0.90
	8	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		4	割	1.00	0.90	0.80	0.90	1.00	0.80	1.30	1.40	1.00	1.23	1.40	1.00
	9	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	13.00	15.00	14.33	15.00	13.00
		4	割	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	1.60	1.50	1.50	1.53	1.60	1.50
シラン・シロキサン系	10	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	11.00	12.00	11.00	12.00	10.00
		4	割	0.50	0.60	0.60	0.57	0.60	0.50	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
	11	3	割	2.00	2.00	0.00	1.33	2.00	0.00	10.00	10.00	13.00	11.00	13.00	10.00
		4	割	0.60	0.50	0.50	0.53	0.60	0.50	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
	12	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
		4	割	0.40	0.50	0.50	0.47	0.50	0.40	1.20	1.30	1.20	1.23	1.30	1.20
	13	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	8.00	8.00	8.67	10.00	8.00
		4	割	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.20	1.40	1.30	1.30	1.40	1.20
	14	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		4	割	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
	15	3	割	5.00	4.00	4.00	4.33	5.00	4.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		4	割	0.50	0.60	0.60	0.57	0.60	0.50	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
	16	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		4	割	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

付録表－4.4.1(2)　中性化深さ

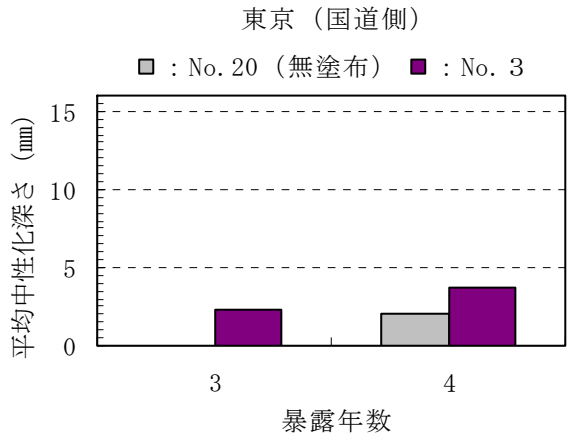
種類	試験体No.	暴露年数	測定方式	東京暴露試験結果 ※割：割裂面測定											
				国道側						首都高側					
				測定位置			平均	最大	最小	測定位置			平均	最大	最小
				①	②	③				④	⑤	⑥			
その他の類	17	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		4	割	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
	18	3	割	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		4	割	0.60	0.50	0.60	0.57	0.60	0.50	1.20	1.20	1.10	1.17	1.20	1.10
	19	3	割	5.00	0.00	2.00	2.33	5.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
		4	割	0.60	0.50	0.60	0.57	0.60	0.50	1.20	1.20	1.10	1.17	1.20	1.10
無塗布	20	3	割	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
		4	割	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.70	0.60	0.70	0.67	0.70	0.60

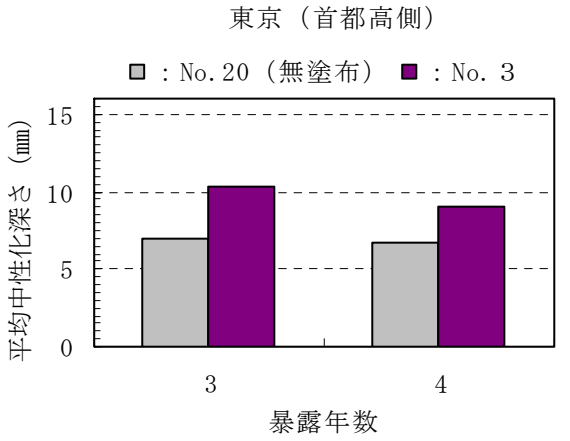
（２）暴露後の中性化深さ測定結果グラフ（東京）



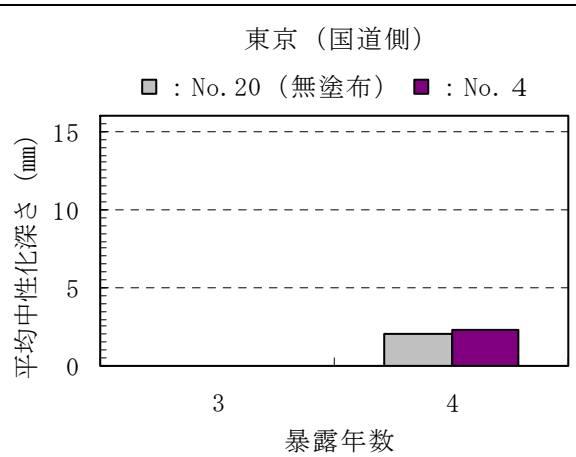
付録図－4.4.1(1)　中性化深さ測定結果（シラン系）

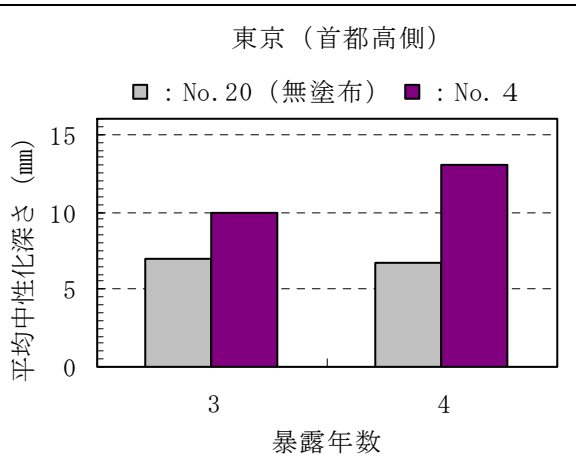
試験体番号 No. 3 （溶剤系）



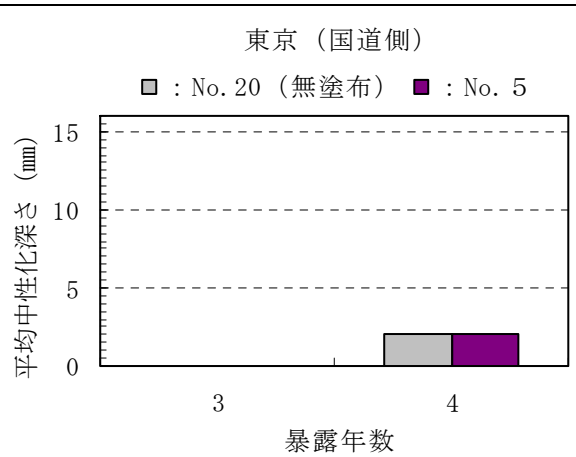


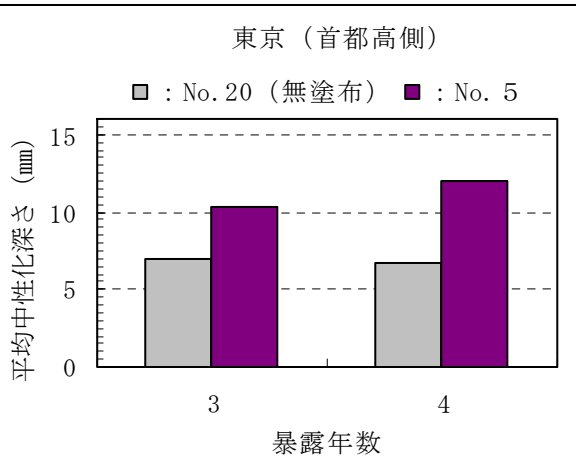
試験体番号 No. 4 （溶剤系）





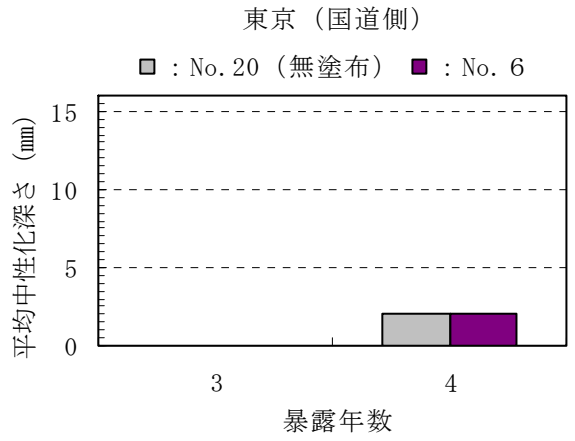
試験体番号 No. 5 （溶剤系）

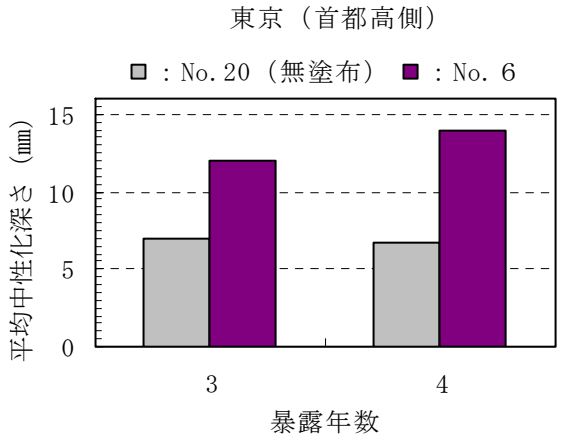




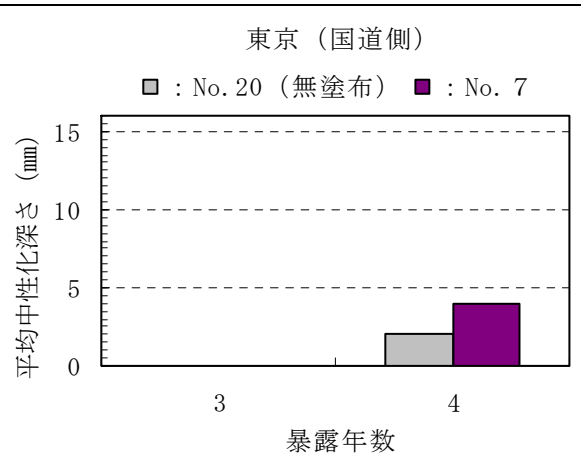
付録図－4.4.1(2)　中性化深さ測定結果（シラン系）

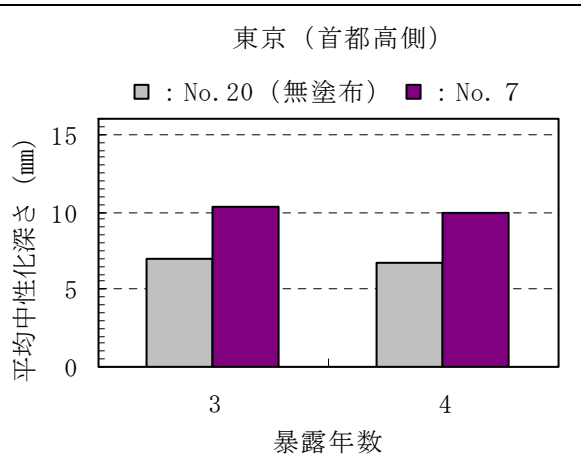
試験体番号 No. 6 （溶剤系）



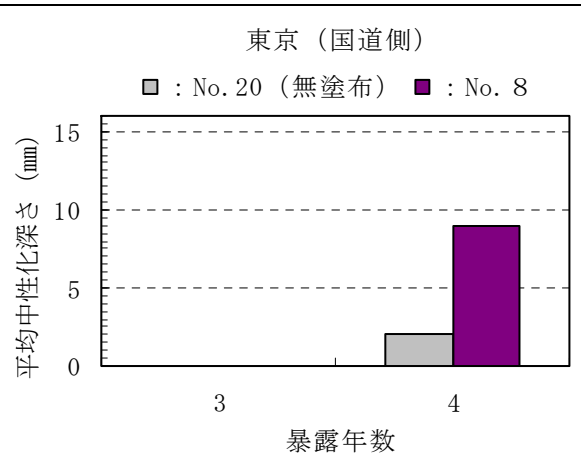


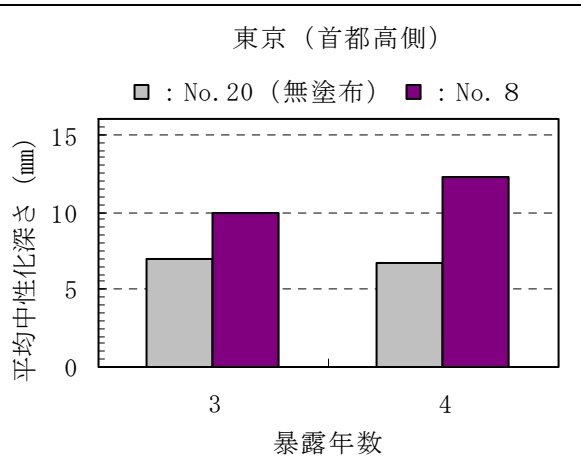
試験体番号 No. 7 （無溶剤系）



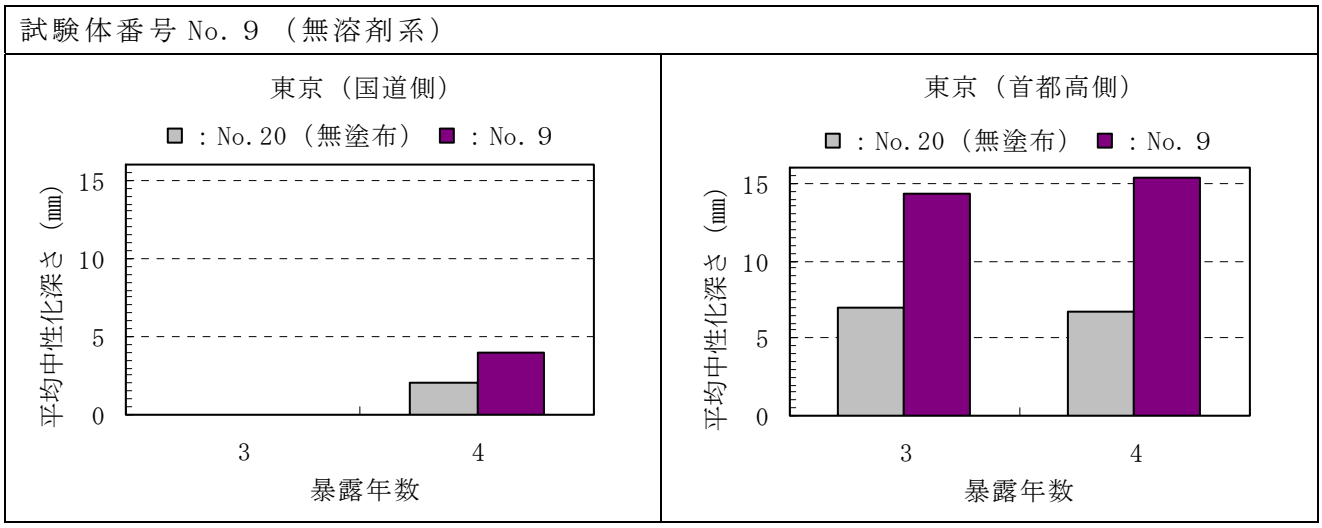


試験体番号 No. 8 （無溶剤系）

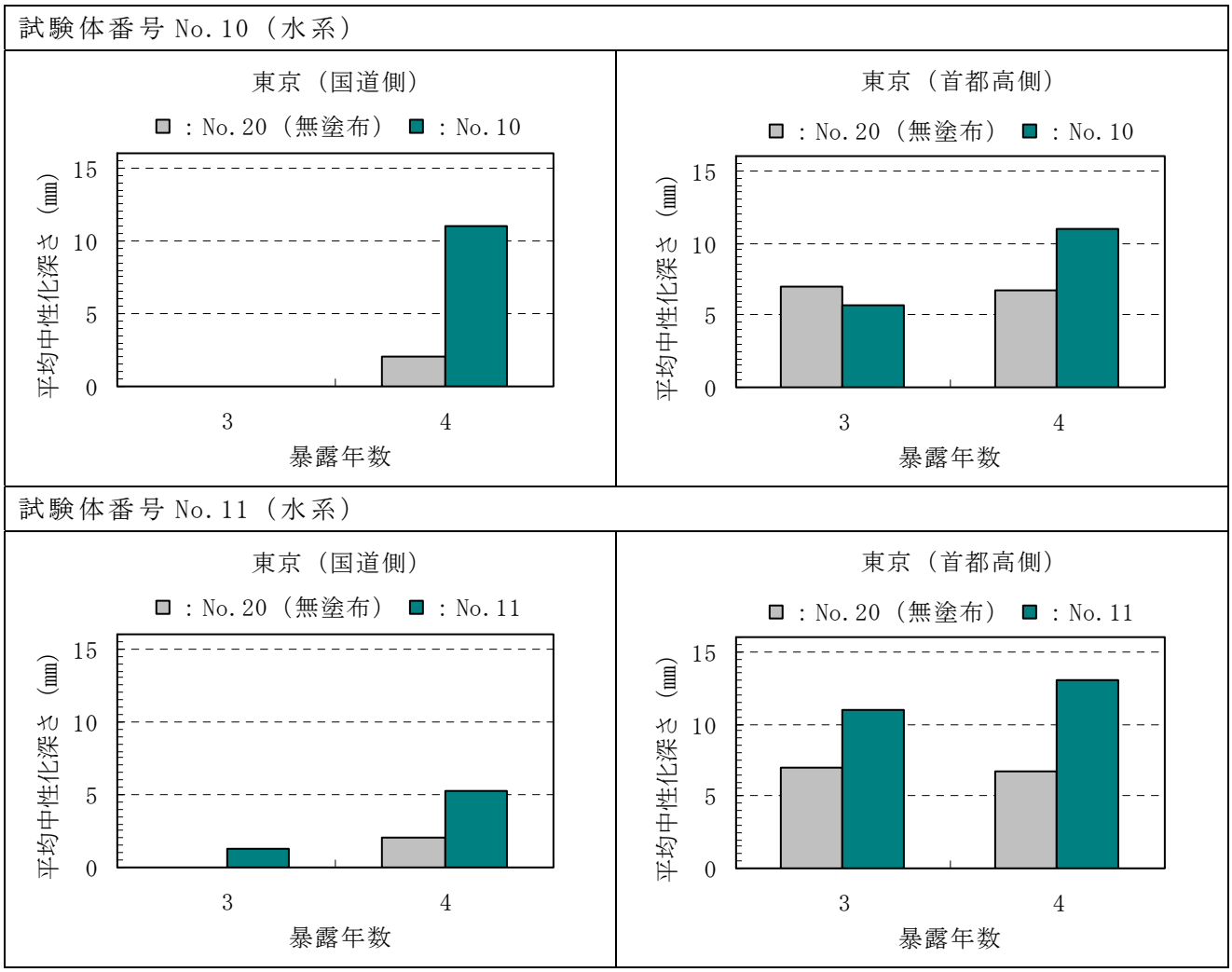




付録図－4.4.1(3)　中性化深さ測定結果（シラン系）

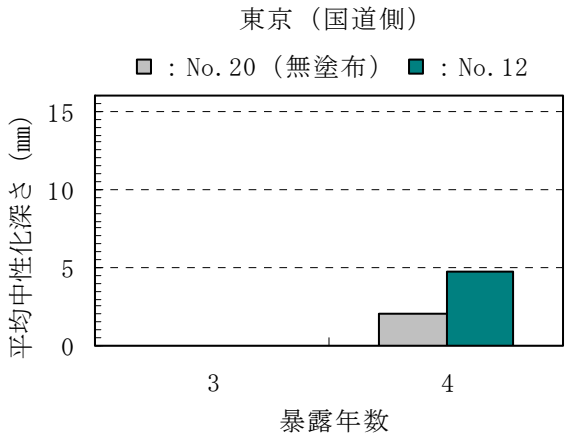


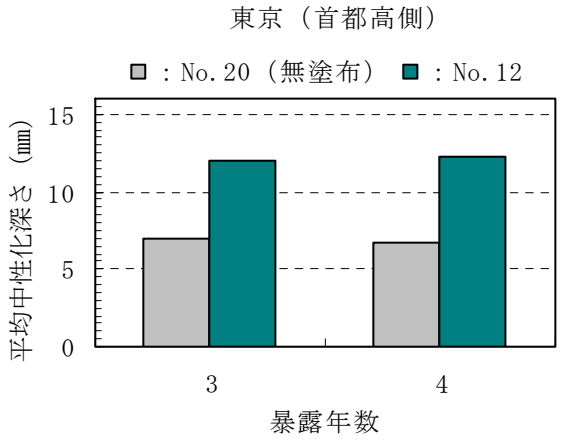
付録図－4.4.1(4)　中性化深さ測定結果（シラン系）



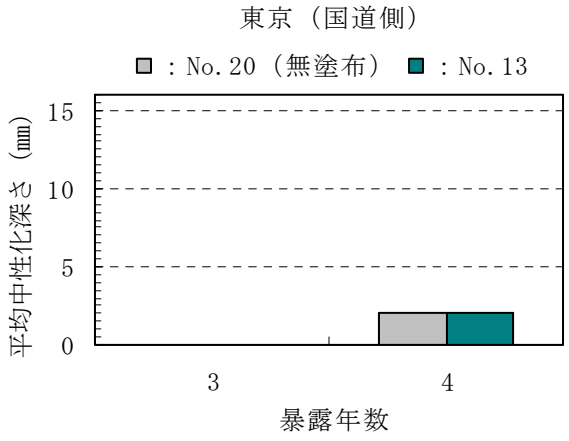
付録図－4.4.2(1)　中性化深さ測定結果（シラン・シロキサン系）

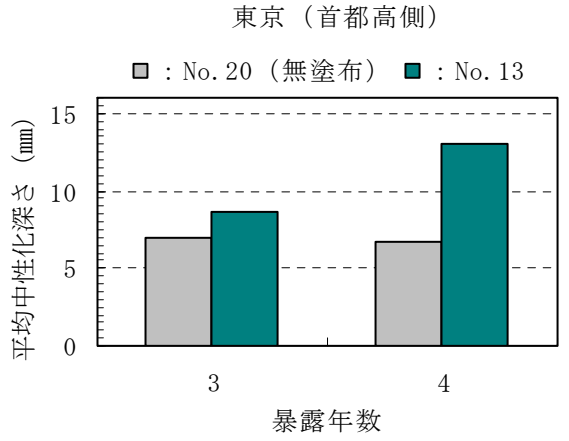
試験体番号 No.12（水系）



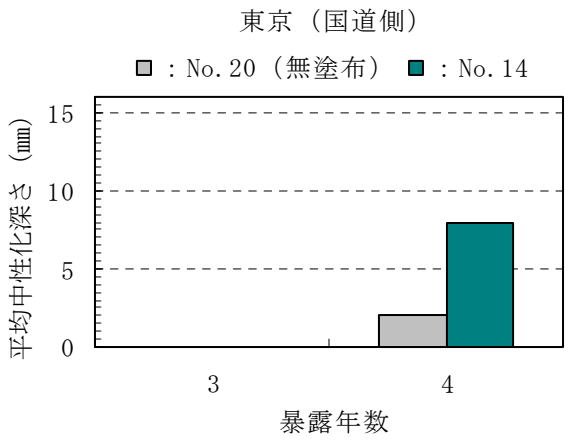


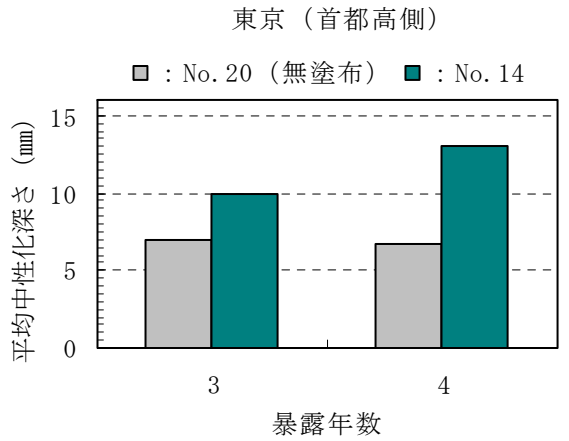
試験体番号 No.13（水系）



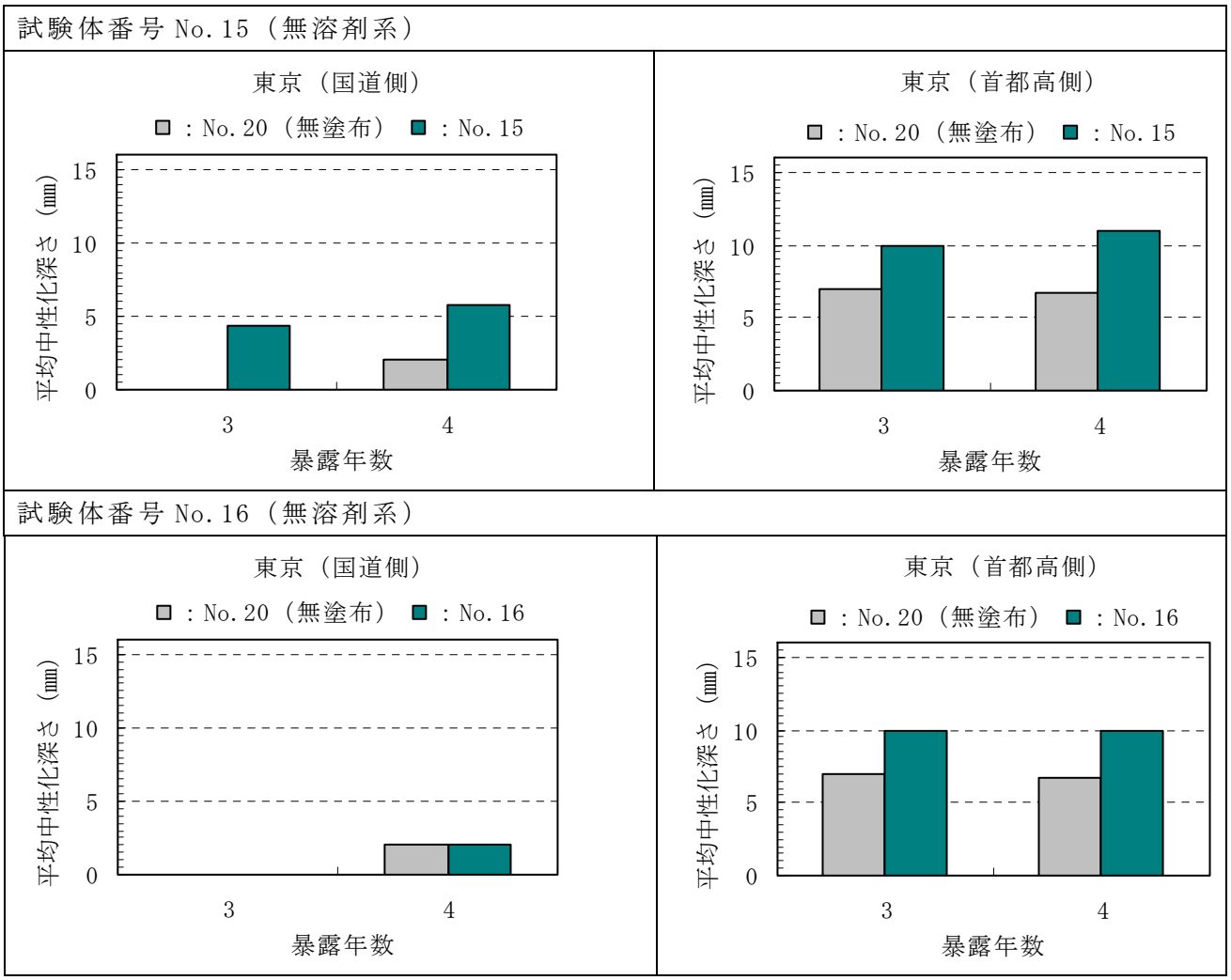


試験体番号 No.14（水系）

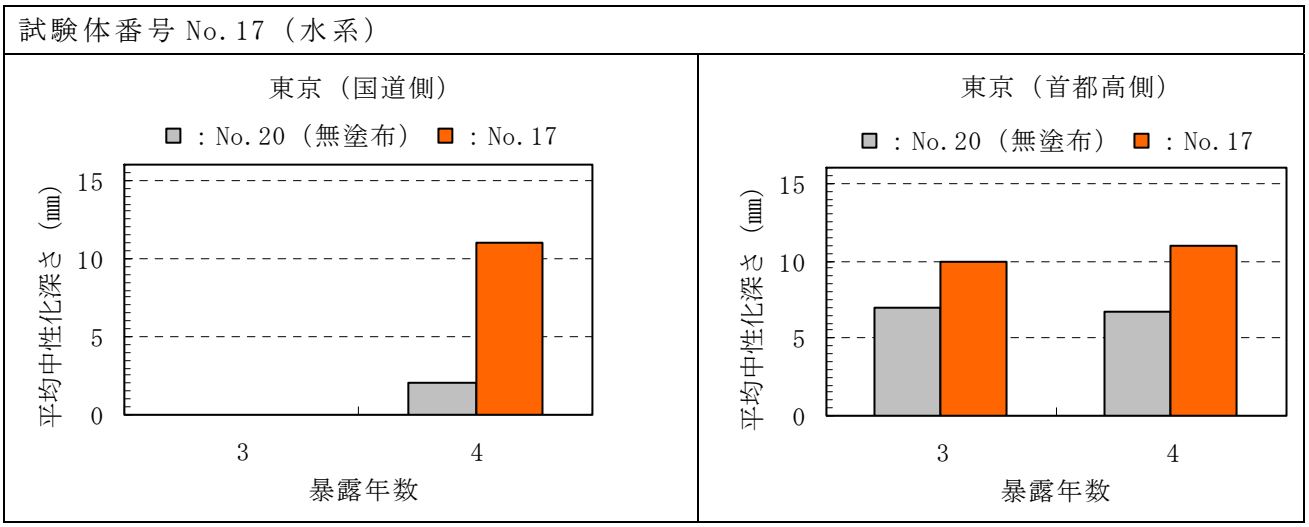




付録図－4.4.2(2)　中性化深さ測定結果（シラン・シロキサン系）

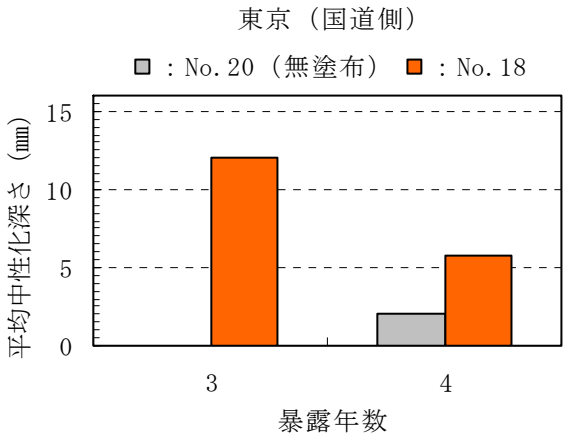


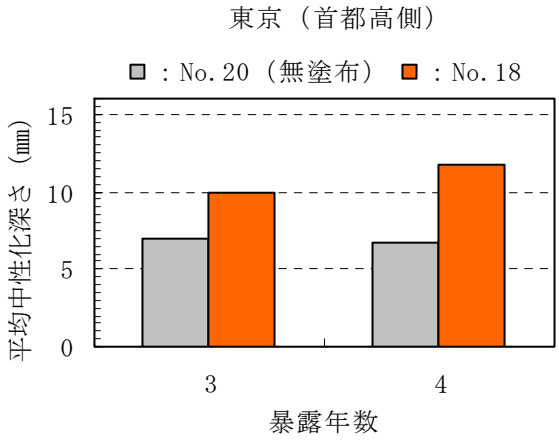
付録図－4.4.2(3)　中性化深さ測定結果（シラン・シロキサン系）



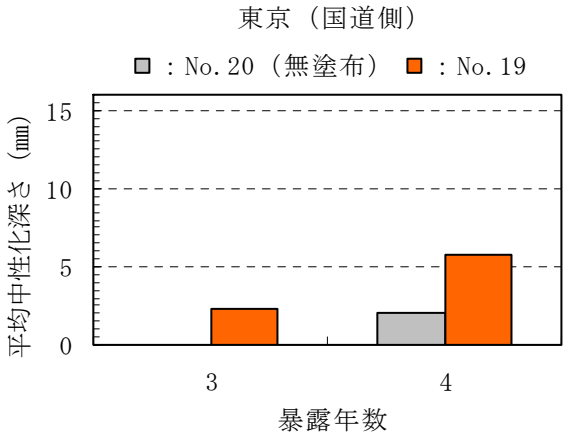
付録図－4.4.3(1)　中性化深さ測定結果（その他の類）

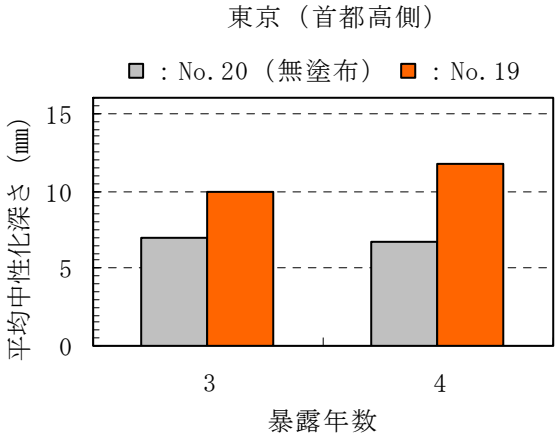
試験体番号 No.18（溶剤系）





試験体番号 No.19（溶剤系）





付録図－4.4.3(2)　中性化深さ測定結果（その他の類）

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4186 January 2011

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305－8516 茨城県つくば市南原1－6 電話029－879－6754