

土木鋼材用重防食被覆材料の利用技術 に関する共同研究報告書（Ⅲ）

平成12年3月

建設省土木研究所
材料施工部化学研究室
社団法人 鋼材倶楽部

Copyright © (2000) 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 Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所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、土木研究所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。

土木鋼材用重防食被覆材料の利用技術 に関する共同研究報告書（Ⅲ）

建設省土木研究所化学研究室 室 長 明嵐 政司
主任研究員 西崎 到

(社)鋼材倶楽部

船津 真一
宮田 志郎
村瀬 正次
岸川 浩史
大槻 貢

要 旨

本研究では、彩色可能な重防食被覆鋼矢板・鋼管矢板の利用技術開発を図るため、その景観上の効果や、防食性能の評価について、技術的な検討を実施した。本報告書では、5年間にわたって行ってきた暴露試験の結果をとりまとめ、色調、顔料や劣化防止剤の効果を耐久性の面から検討した。また、暴露試験結果を促進劣化試験結果と比較検討した。

キーワード：高耐久性被覆材料、鋼矢板、鋼管杭、鋼管矢板、景観材料新素材

まえがき

修景護岸・道路擁壁などの景観設計にあたっては、鋼矢板や鋼管矢板などの鋼材の表面にカラー被膜を施した重防食被覆鋼材が有効である。しかし、これらの材料の利用方法や防食性能はこれまで確立されていなかった。そこで、カラー被膜を施した重防食被覆鋼矢板・鋼管矢板の耐久性・景観性に注目した利用技術の開発が、平成3年度から4年度にかけて、建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への新素材・新材料利用技術の開発」の一環として、建設省土木研究所を（社）鋼材倶楽部との共同研究により行われた。

この共同研究で実施された研究内容は以下のとおりである。

（１）主要なカラー被覆材料であるポリエチレンとウレタンエラストマーを対象とした、促進劣化試験・屋外暴露試験による材料および色の経時変化の調査・評価と、重防食被覆材料として優れた被覆材料の選定、および各種促進試験方法による褐色性や材料性能の変化の評価。

（２）景観性を考慮した材料の利用方法を調べるための鋼矢板護岸・道路擁壁の過去の施工例調査、鋼矢板の色彩と汚れの心理的な効果の調査による、景観材料としてのカラー鋼矢板・鋼管矢板に望ましい色彩の選定。

これらの共同研究のなかで行われた各種試験や調査の結果は「土木鋼材用重防食被覆材料の利用技術に関する共同研究報告書（Ⅰ）」（平成7年9月）にまとめて公表されたが、（１）の中の長期間を要する屋外暴露試験の、最終的な結果を得ないままの報告となっていた。

そこで、共同研究終了後も屋外暴露試験を継続した。暴露供試体を5年目に回収し、前述の報告書のデータと比較して、これらの材料の長期的な耐久性を評価した。本報告書はこの結果をまとめたものである。

共同研究担当者名簿

建設省土木研究所材料施工部

前材料施工部長

片脇 清

化学研究室 主任研究員

西崎 到

社団法人鋼材倶楽部 土木用重防食被覆鋼材の利用技術研究会

専門技術ワーキンググループ 幹事

船津 真一

委員

宮田 志郎

委員

村瀬 正次

委員

岸川 浩史

委員

大槻 貢

利用技術ワーキンググループ 幹事

塩谷 千歳

委員

福原 洋一

委員

中川 茂

委員

西澤 信二

委員

篠原 雅樹

委員

吉田 節

目 次

第1章 はじめに	1
第2章 試験	1
2. 1 試験材料	1
2. 1. 1 色調	1
2. 1. 2 顔料・劣化防止剤	1
2. 1. 3 形状	1
2. 2 試験方法	2
2. 2. 1 促進試験	2
2. 2. 2 屋外暴露試験	2
2. 3 評価	2
2. 3. 1 評価項目	2
2. 3. 2 評価方法	2
第3章 結果および考察	9
3. 1 ポリエチレン	9
3. 1. 1 耐久性に及ぼす色調の影響	9
3. 1. 2 伸び残存率に及ぼす劣化防止剤濃度の影響	18
3. 1. 3 伸び残存率に及ぼす顔料濃度の影響	18
3. 1. 4 試験方法の比較	18
3. 2 ウレタンエラストマー	23
3. 2. 1 耐久性に及ぼす顔料・劣化防止剤濃度の影響	23
3. 2. 2 チョーキング量に及ぼす顔料・劣化防止剤濃度の影響	29
3. 2. 3 試験方法の比較	29
第4章 まとめ	

第1章 はじめに

河川・湖沼・海岸構造物等に用いられるポリエチレンあるいはポリウレタン重防食被覆材の劣化は、主として光（紫外線）による変退色と樹脂劣化である。一般的には、高分子樹脂の劣化は紫外線照射による光酸化劣化であり、ポリエチレンでは表面より生じたクラックが被覆材内部を貫通する。一方、ウレタンエラストマーでは表面からチョーキングが生じ、徐々に膜厚を減じていく。このような劣化現象防止には、劣化防止剤や顔料の添加が有効である。

本研究では、景観設計に使用される着色ポリエチレンと着色ウレタンエラストマーの促進試験及び屋外暴露試験を行い、耐久性（耐候性）の面から顔料と劣化防止剤の効果を検討し、適切な被覆材料の選定を行った。また、各種促進試験法による変退色・材料変化を評価し、屋外暴露試験と相関性の高い促進試験法も検討した。

検討内容は次の通りである。

(1)色調

望ましい色調を選択する。

(2)顔料濃度及び劣化防止剤濃度

添加する顔料及び劣化防止剤の濃度を定める。

(3)促進試験方法の検討

サンシャインウェザーメーター、キセノンウェザーメーター及び高促進試験機による促進性（促進倍率）の比較

第2章 試験

2.1 試験材料

試験片の一覧を表2-1及び表2-2に示す。

2.1.1 色調

ポリエチレン及びウレタンエラストマーの選定色を表2-3及び表2-4に示す。なお、促進試験では、ポリエチレンはビビッド系とダーク系のみ、またウレタンエラストマーはディープ系とダーク系のみ試験をした。それ以外の中間の色調は屋外暴露試験の結果から評価した。

2.1.2 顔料・劣化防止剤

試験片は表2-5及び表2-6に示す物性を有するポリエチレン及びウレタンエラストマーに顔料、劣化防止剤（酸化防止剤、紫外線吸収剤）を添加した。

試験片No.3（ポリエチレン）及び試験片記号D（ウレタンエラストマー）を基準にして、表2-7及び表2-8に示す条件で顔料・劣化防止剤の添加量を変えた。

2.1.3 形状

試験片の形状は図2-1に示すフィルム状試験片とダンベル状試験片JIS K 7113の2号形の1/2サイズとした。それぞれの試験片の厚さは2.0mmとした。フィルム状試験片は色差評価、表面及び断面性状観察に、ダンベル状試験片は引張試験に用いる。

2. 2 試験方法

耐候性評価の手法には、人工光源を用いる促進試験と実際の太陽光線を用いる屋外暴露試験があり、促進試験では比較的短時間で評価が可能である。残念ながら、一般的には両者の相関が明確であるとは言えない。そこで、本研究ではこれら両者の方法で評価した。

2. 2. 1 促進試験

促進試験は下記の3方法で行った。

(1)サンシャインウェザーメーター（以降はSWMと略す）

試験条件：ブラックパネル温度・・・63℃

スプレーサイクル・・・12分／60分照射中

その他はJIS B 7753に準拠する。

試験時間：500、1000、2000、4000時間

(2)キセノンウェザーメーター（以降はXWMと略す）

試験条件：ブラックパネル温度・・・63℃

スプレーサイクル・・・18分／120分照射中

湿度・・・・・・・・・・50%RH

放射照度・・・・・・・・60W/m²

試験時間：500、1000、2000、4000、10000時間

(3)高促進試験機（以降はSUVと略す）

試験条件：照射強度・・・100mW/cm²

照射6時間（ブラックパネル温度63℃、湿度50%RH）

+休止3時間（50℃、>湿度96%RH）

+結露3時間（30℃、>湿度96%RH）

試験時間：96、240、480、960時間

2. 2. 2 屋外暴露試験

屋外暴露試験は下記の2箇所で行った。

(1)つくば暴露場・・・茨城県つくば市（建設省土木研究所 構内暴露場）

(2)沖縄暴露場・・・沖縄県大宜味村（建設省土木研究所 沖縄暴露場）

試験時間：1、3、6、12（1）、36（3）、60（5）ヶ月（年）

試験開始：平成4年8月

2. 3 評価

2. 3. 1 評価項目

促進試験または屋外暴露試験を実施した各試験片の評価項目を表2-9に示す。

2. 3. 2 評価方法

(1)色差

JIS Z 8730（色の表示方法－物体色の色差）に準拠し、色差計を用いてL* a* b*（

L^* : 明度、 a^* b^* : 色座標) を測定した。

屋外暴露試験片は回収直後の状態及び水洗いした後の状態で測定した。水洗は試験片を水中に浸し、軽く揺さぶって行った。

(2) 引張試験

J I S K 7 1 1 3 (プラスチックの引張試験方法) に準拠して行った。

ポリエチレンでは被覆材料の材料物性評価指標を最も一般的に用いられる伸びとした。伸びは強度よりも劣化状況を敏感に反映するからである。

(3) 表面及び断面性状観察

表面及び断面は走査型電子顕微鏡 (以降は S E M と略す) を用いて観察した。

ウレタンエラストマーは材料物性評価指標として、チョーキング量を用いた。チョーキング量はアルミ箔を貼り付け遮蔽した部分とそれ以外の部分で生じる段差を S E M を用いて断面観察し、チョーキングによる減肉量を測定して求めた。

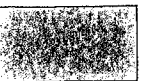
表2-1 ポリエチレンの試験片一覧

試験片No.	色番号	顔料濃度 (%)	劣化防止剤濃度 (%)
1	C684	0.7	1.0
2	C687	0.7	1.0
3	C690	0.6	1.0
4	C696	0.6	1.0
5	C399	0.7	1.0
6	C402	0.7	1.0
7	C405	0.7	1.0
8	C614	0.6	1.0
9	C554	0.7	1.0
10	C557	0.7	1.0
11	C560	0.6	1.0
12	C411	0.6	1.0
13	C676	0.6	1.0
14	C573	0.6	1.0
15	C578	0.6	1.0
16	C581	0.6	1.0
17	C584	0.6	1.0
20	C690	0.2	0.3
21	C690	1.8	0.3
22	C690	5.4	0.3
25	C690	0.6	0.3
26	C690	0.6	0.1

表2-2 ウレタンエラストマーの試験片一覧

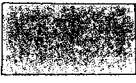
試験片 記号	色番号	顔料濃度 (%)	劣化防止剤濃度 (%)
A	C645	6.0	0.15
B	C650	9.2	0.15
C	C653	8.9	0.15
D	C656	8.6	0.15
E	C662	6.4	0.15
F	C411	13.3	0.15
G	C530	11.7	0.15
H	C533	13.1	0.15
I	C536	12.2	0.15
J	C542	12.3	0.15
K	C554	9.1	0.15
L	C557	11.3	0.15
M	C560	10.6	0.15
N	C573	9.0	0.15
O	C578	7.6	0.15
P	C581	8.1	0.15
Q	C584	9.4	0.15
R	C656	2.9	0.15
S	C656	17.1	0.15
T	C656	2.9	0.05
U	C656	2.9	0.45
V	C656	8.6	0

表2-3 ポリエチレンの選定色（上段：試験片No、下段：CHROMATON 707 デザイン色票系色番号）

色調	1 R系	6 YR系	5 Y系	7 GY系	10 B系
ビビッド	13	1	2	3	4
	C 676	C 684	C 687	C 690	C 696
					
ブライツ					8
					C 614
					
ライト		5	6	7	12
		C 399	C 402	C 405	C 411
					
ダル・ダーク		9	10	11	
		C 554	C 557	C 560	
					
ダーク	14	15	16	17	
	C 573	C 578	C 581	C 584	
					

注：CHROMATON 707 デザイン色票とはマンセル色票系を色調系列との関連を考えた系統色名に分類し、色空間全域を230種の色名ブロックに分け、その区画をマンセル色空間上に設定した色票である

表 2-4 ウルタンイラストマーの選定色（上段：試験片記号、下段：CHROMATON 707 デザイン色票系色番号）

色調	1 R系	6 YR系	5 Y系	7 GY系	10 B系
ディープ	A	B	C	D	E
	C 6 4 5	C 6 5 0	C 6 5 3	C 6 5 6	C 6 6 2
					
ライト					F
					C 4 1 1
					
ダル・ライト		G	H	I	J
		C 5 3 0	C 5 3 3	C 5 3 6	C 5 4 2
					
ダル・ダーク		K	L	M	
		C 5 5 4	C 5 5 7	C 5 6 0	
					
ダーク	N	O	P	Q	
	C 5 7 3	C 5 7 8	C 5 8 1	C 5 8 4	
					

注：CHROMATON 707 デザイン色票とはマンセル色票系を色調系列との関連を考えた系統色名に分類し、色空間全域を230種の色名ブロックに分け、その区画をマンセル色空間上に設定した色票である

表 2-5 ポリエチレンの物性

項目	測定値
密度 (g/cm ³)	0.924
引張強さ (MPa)	28.4
伸び (%)	930
デュロメータD硬さ*	55
軟化点 (°C)	107

表 2-6 ウレタンエラストマーの物性

項目	測定値
引張強さ (MPa)	>16.9
デュロメータD硬さ*	>50

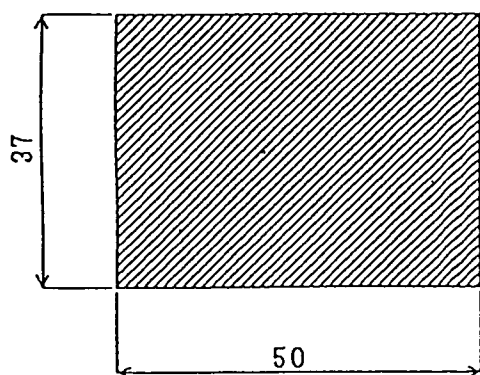
*JIS K 7215 (プラスチックのデュロメータ硬さ試験方法) に準拠して測定

表 2-7 顔料・劣化防止剤の添加条件 (ポリエチレン)

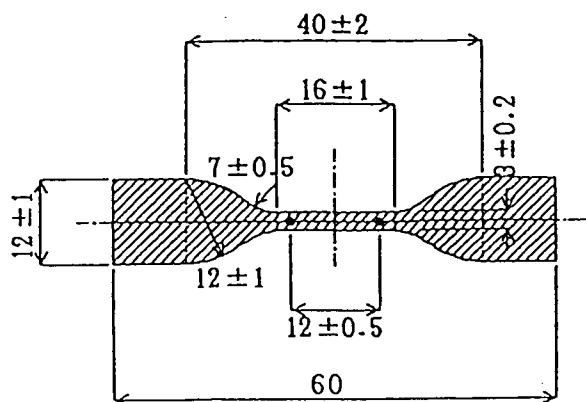
試験片No.	色番号	顔料濃度 (%)	劣化防止剤濃度 (%)
3	C690	0.6 (標準)	1.0 (標準)
20	C690	0.2	0.3
21	C690	1.8	0.3
22	C690	5.4	0.3
25	C690	0.6	0.3
26	C690	0.6	0.1

表 2-8 顔料・劣化防止剤の添加条件 (ウレタンエラストマー)

試験片記号	色番号	顔料濃度 (%)	劣化防止剤濃度 (%)
D	C656	8.6 (標準)	0.15 (標準)
R	C656	2.9	0.15
S	C656	17.1	0.15
T	C656	2.9	0.05
U	C656	2.9	0.45
V	C656	8.6	0



(a)フィルム状試験片



(b)ダンベル状試験片

(単位：mm)

図 2 - 1 試験片形状

表 2 - 9 試験片と評価項目

試験片 評価項目	ポリエチレン		ウレタンエラストマー
	フィルム (37×50mm)	ダンベル JIS 2 (1/2) 号形	フィルム (37×50mm)
色差	○		○
引張伸び		○	
表面及び断面性状			○

第3章 結果および考察

3.1 ポリエチレン

3.1.1 耐久性に及ぼす色調の影響

(1) 色差

5年間暴露した試験片の測定結果を、図3-1に示す。測定結果は水洗後のものである。試験片の色差は10以下である。特にダル・ダーク系、ダーク系の色調の試験片は、色差が全般に小さい。

全般的につくばの試験片の方が色差が大きい傾向にある。5年間暴露した試験片の水洗前の測定は行っていない。3年間暴露した試験片に対する水洗前と水洗後の色差測定結果を、つくばと沖縄のそれぞれについて図3-2と図3-3に示す。つくばで暴露した試験片では、いずれも水洗により色差が大幅に低下した。沖縄で暴露した試験片では、水洗による色差の低下は、つくばの試験片に比べて小さい。これらの結果より、つくばの方が試験片に汚れが付着しやすい環境であることが推測できる。土ぼこり等の汚れの付着量が多いと、水洗により除去できない汚れも多くなるからである。

従って、5年間暴露試験片において、つくばの方が色差が全般に大きいのは、つくばの方が汚れが付着しやすい環境にあったと考えることが出来る。

また、ビビッド系、ダーク系の色調の試験片は、高促進試験機（略記号：SUV）、サンシャインウェザーメーター（略記号：SWM）、キセノンウェザーメーター（略記号：XWM）の促進試験を行った。促進試験においては汚れの影響がないため、屋外暴露試験との相関は低減すると考えられるので、水洗後の試験片との比較により汚れの影響を極力除去して検討した。色差における屋外暴露試験と各促進試験との結果の相関を図3-4-1～6に示す。SUVにおいてばらつきが大きい、SWMとXWMの結果と屋外暴露試験の結果は概ね良好な相関を示した。

(2) 伸び残存率

5年間暴露した試験片の、伸び残存率の測定結果を図3-5に示す。試験片の厚みは2mm、顔料濃度は0.6%、劣化防止剤濃度は1.0%である。試験片No. 2(色番号C687)や試験片No. 3(色番号C690)の伸び残存率に顕著な低下が見られた。試験片No. 16(色番号C581)、試験片No. 17(色番号C584)では、5～20%程度のやや大きな低下が見られた。他の色調の試験片では、伸び残存率にさほど大きな低下は見られなかった。一般に、伸びの残存率は顔料濃度や劣化防止剤の添加割合と相関がある。今回の調査結果によれば、一部の色調の試験片を除き、顔料濃度0.6%、劣化防止剤濃度1.0%の添加で十分に優れた耐候性を示すことが明らかとなった。

5年目において伸び残存率が大きく低下した試験片のうち、No. 3は、つくばの方が沖縄よりも低下が少ない。また、No. 2は5年目では、つくば、沖縄ともに伸び残存率が同程度に大きく低下しているが、3年目の結果では、つくばの80%に対し、沖縄では7%であった。即ち、伸び残存率が顕著に低下するまでの時間が、つくばよりも沖縄の方が短い。これは、沖縄の方が紫外線照射量が多く、気温が高いため、劣化速度が大きかったことが原因と考えられる。

ビビッド系、ダーク系の色調の試験片は、高促進試験機（略記号：SUV）、サンシャインウェザーメーター（略記号：SWM）、キセノンウェザーメーター（略記号：XWM）の促進試験を行った。伸び残存率における屋外暴露試験と促進試験の結果を図３－６に示す。５年間の屋外暴露試験で顕著な伸び残存率の低下を示した試験片No. 2, No. 3はSUV960時間、XWM10000時間においても低下を示した。また、やや大きな伸び残存率の低下を示した試験片No. 16, No. 17は、SUV960時間でのみ低下を示した。従って、SUV960時間の結果と屋外暴露試験の結果には相関が見られる。

しかし、後述の図３－９に示すように、伸び残存率は時間と共に徐々に低下するのではなく、ある期間経過後に急激に低下する。従って、図３－６の結果をもって、XWMやSWMが屋外暴露試験との相関がないと結論づけることは出来ない。

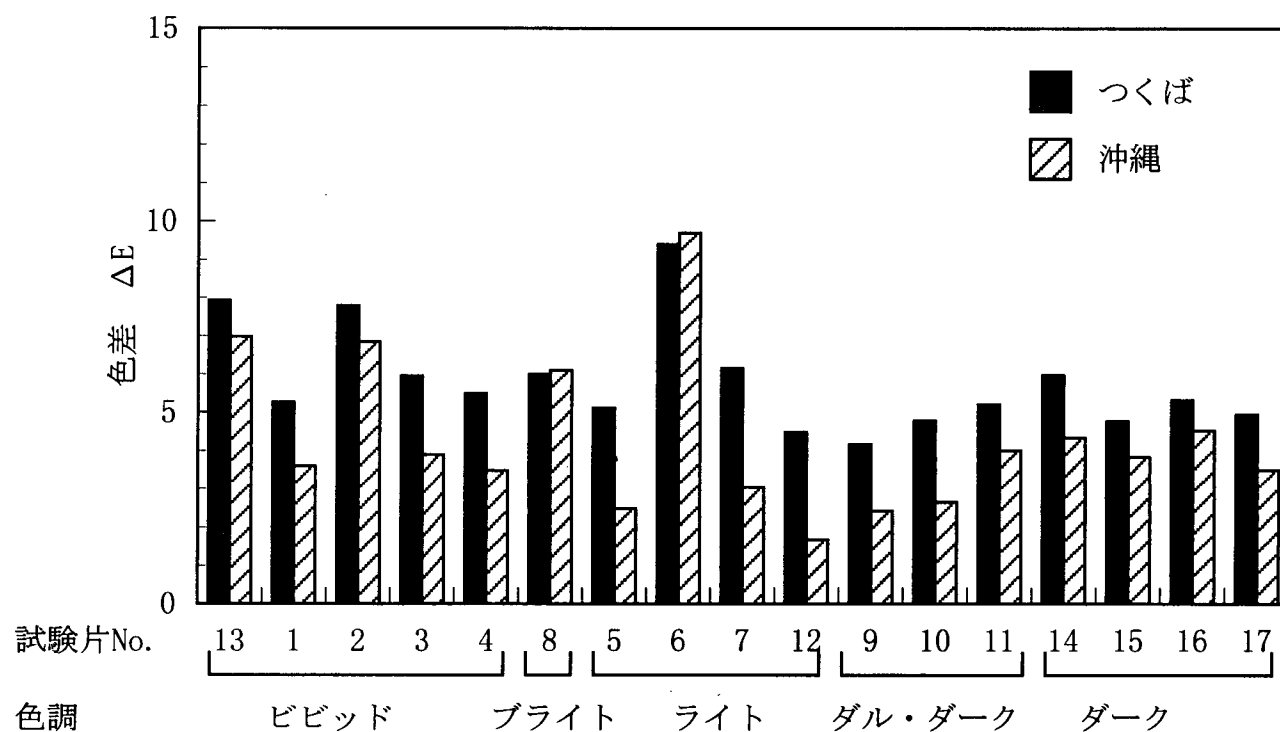


図3-1 つくばと沖縄で5年間暴露したカラーポリエチレン試験片の色差（水洗後）
（顔料濃度 0.6%、劣化防止剤濃度 1.0%）

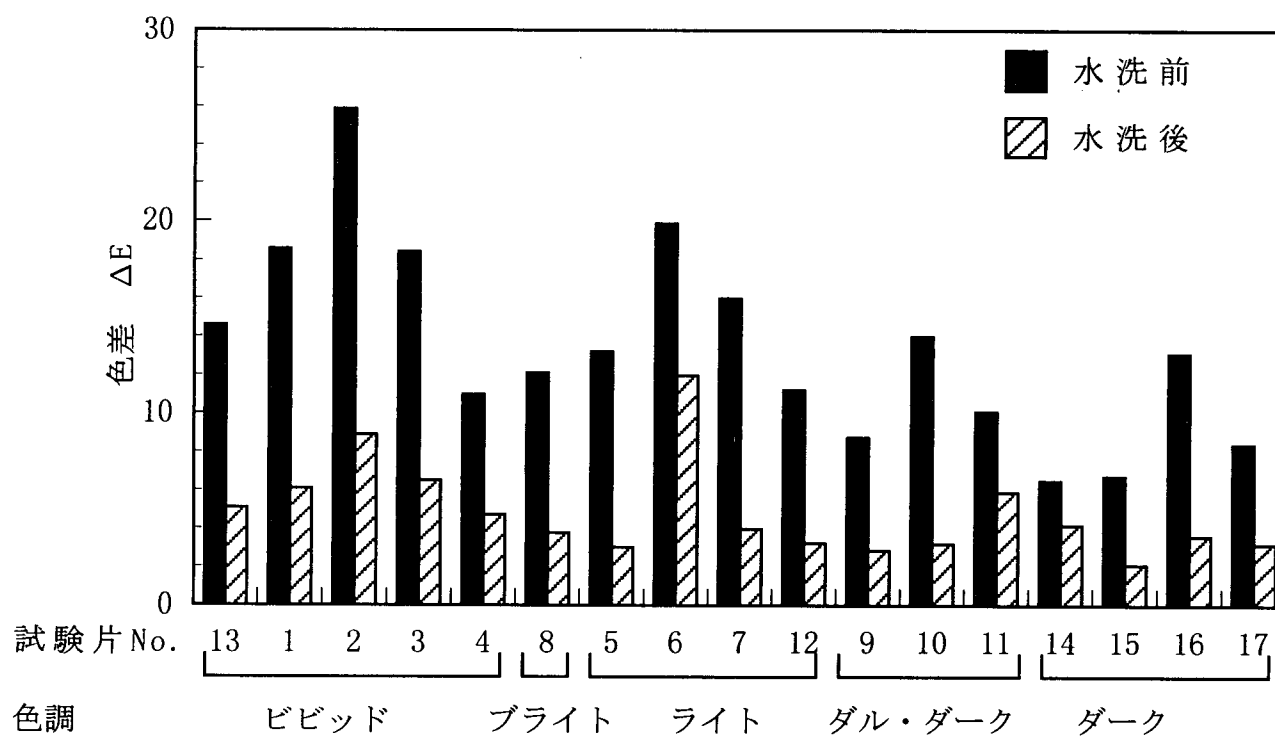


図3-2 つくばで3年間暴露したカラーポリエチレン試験片の色差（水洗前後の比較）
（顔料濃度 0.6%、劣化防止剤濃度1.0%）

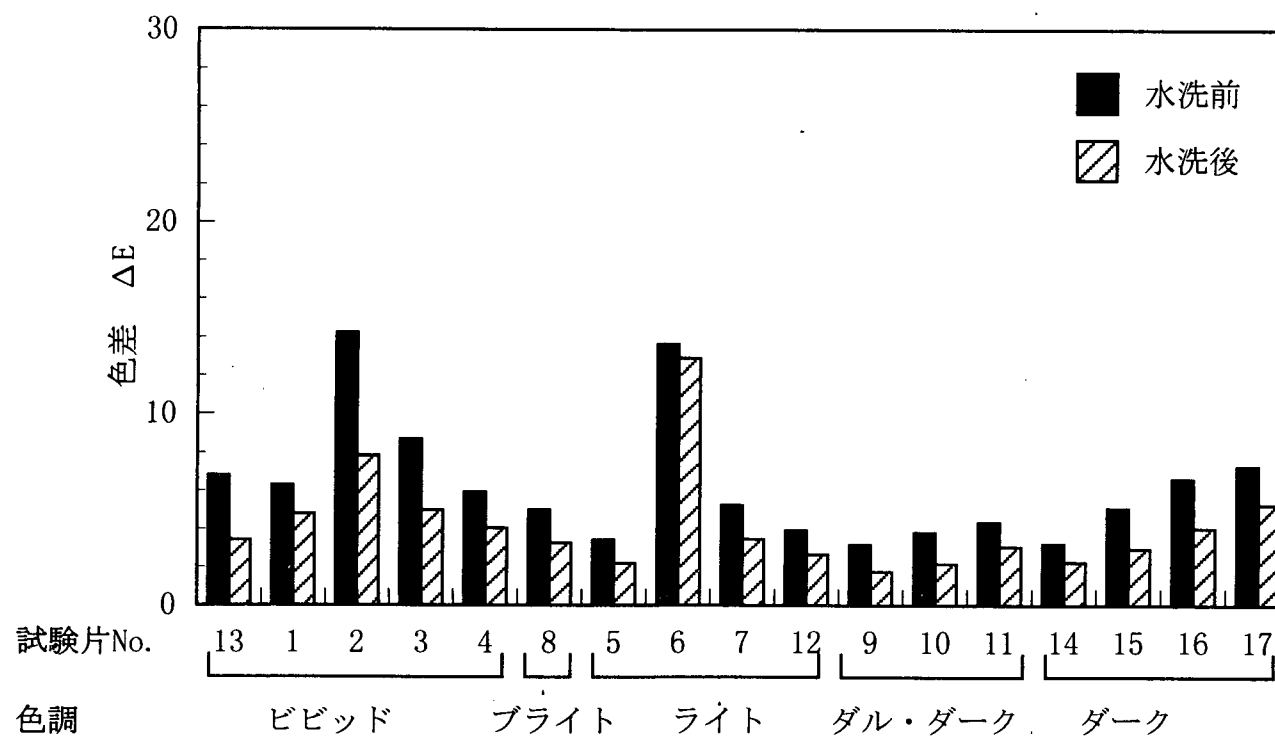


図3-3 沖縄で3年間暴露したカラーポリエチレン試験片の色差（水洗前後の比較）
（顔料濃度 0.6%、劣化防止剤濃度 1.0%）

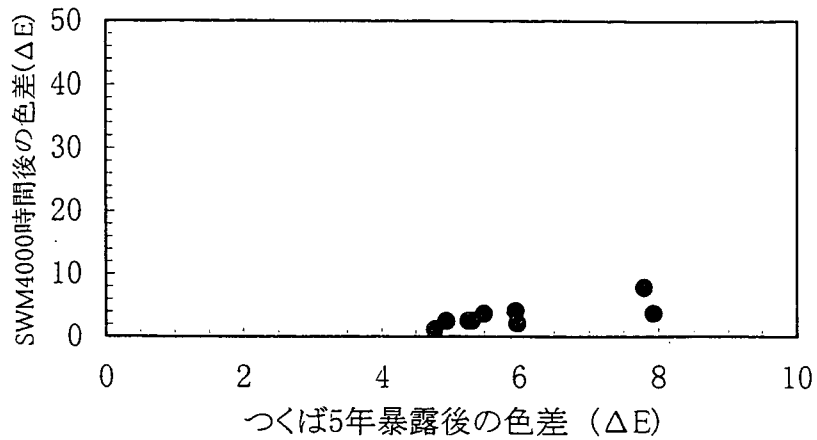


図3-4-1 つくばでの5年暴露後の色差と促進試験(SWM/4000時間)で求めた色差の比較

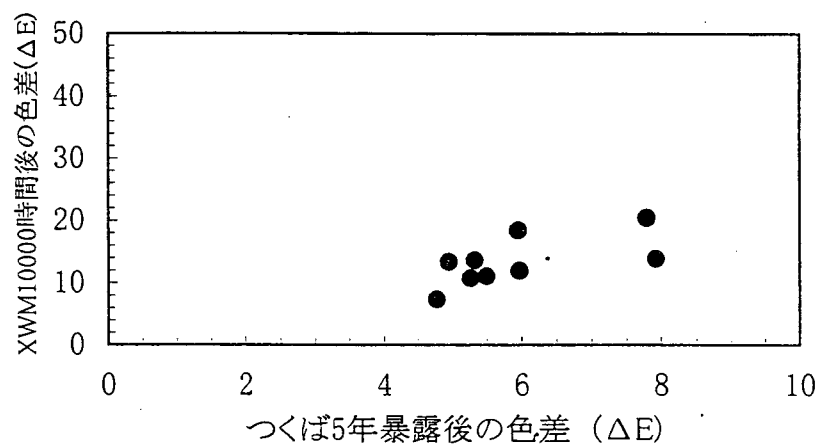


図3-4-2 つくばの5年暴露後の色差と促進試験(XWM/10000時間)で求めた色差の比較

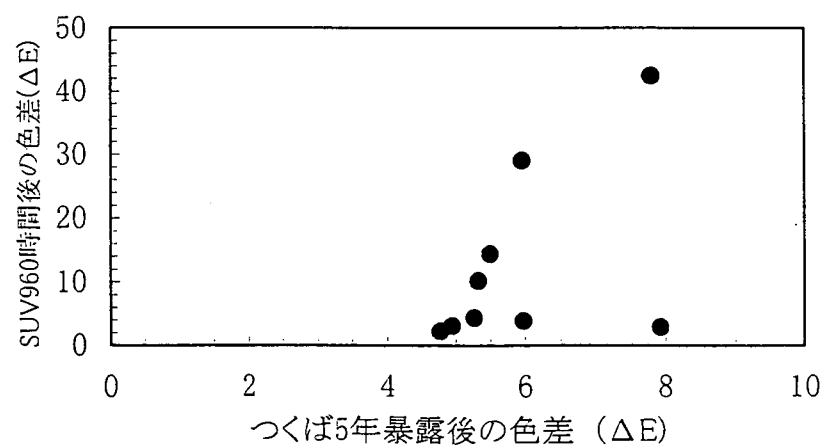


図3-4-3 つくばでの5年暴露後の色差と促進試験(SUV/960時間)で求めた色差の比較

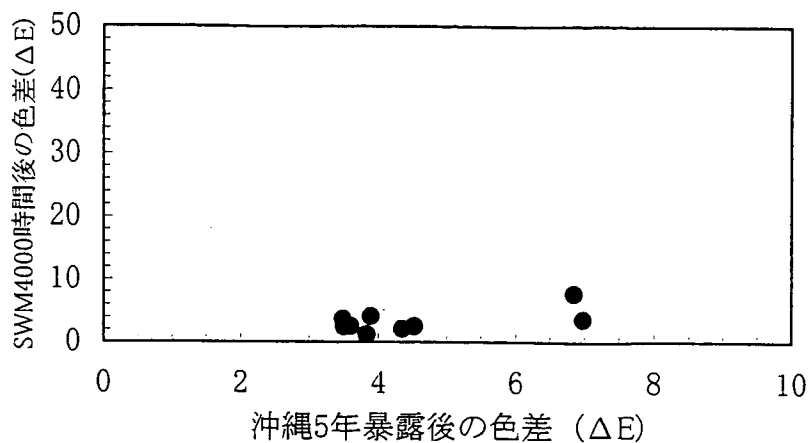


図3-4-4 沖縄での5年暴露後の色差と促進試験(SWM/4000時間)で求めた色差の比較

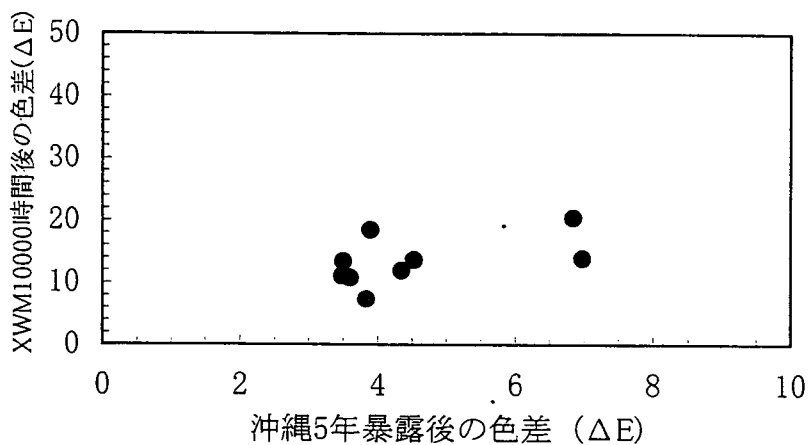


図3-4-5 沖縄の5年暴露後の色差と促進試験(XWM/10000時間)で求めた色差の比較

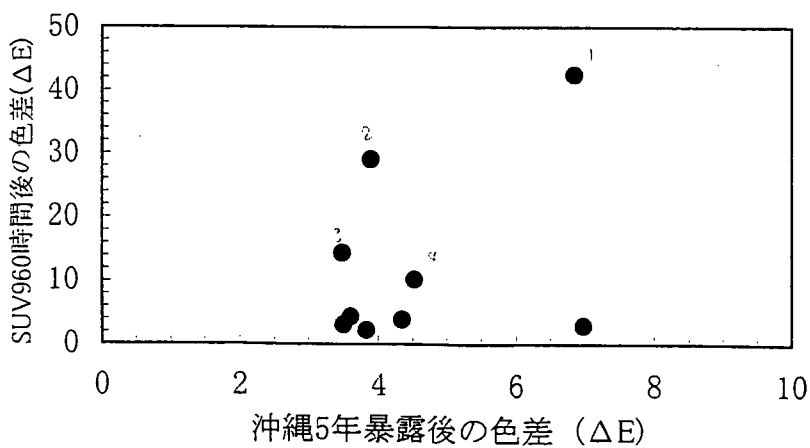


図3-4-6 沖縄での5年暴露後の色差と促進試験(SUV/960時間)で求めた色差の比較

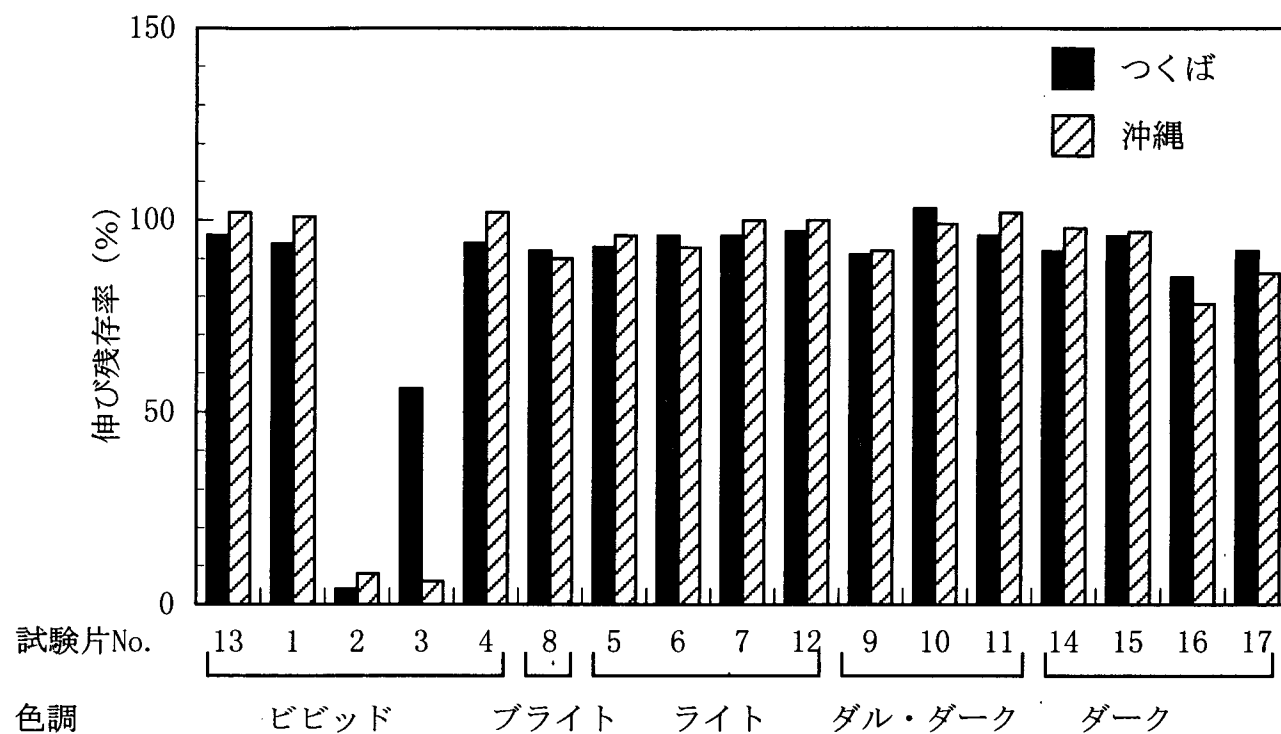


図3-5 つくばと沖縄で5年間暴露したカラーポリエチレン試験片の伸び残存率
(顔料濃度 0.6%、劣化防止剤濃度 1.0%)

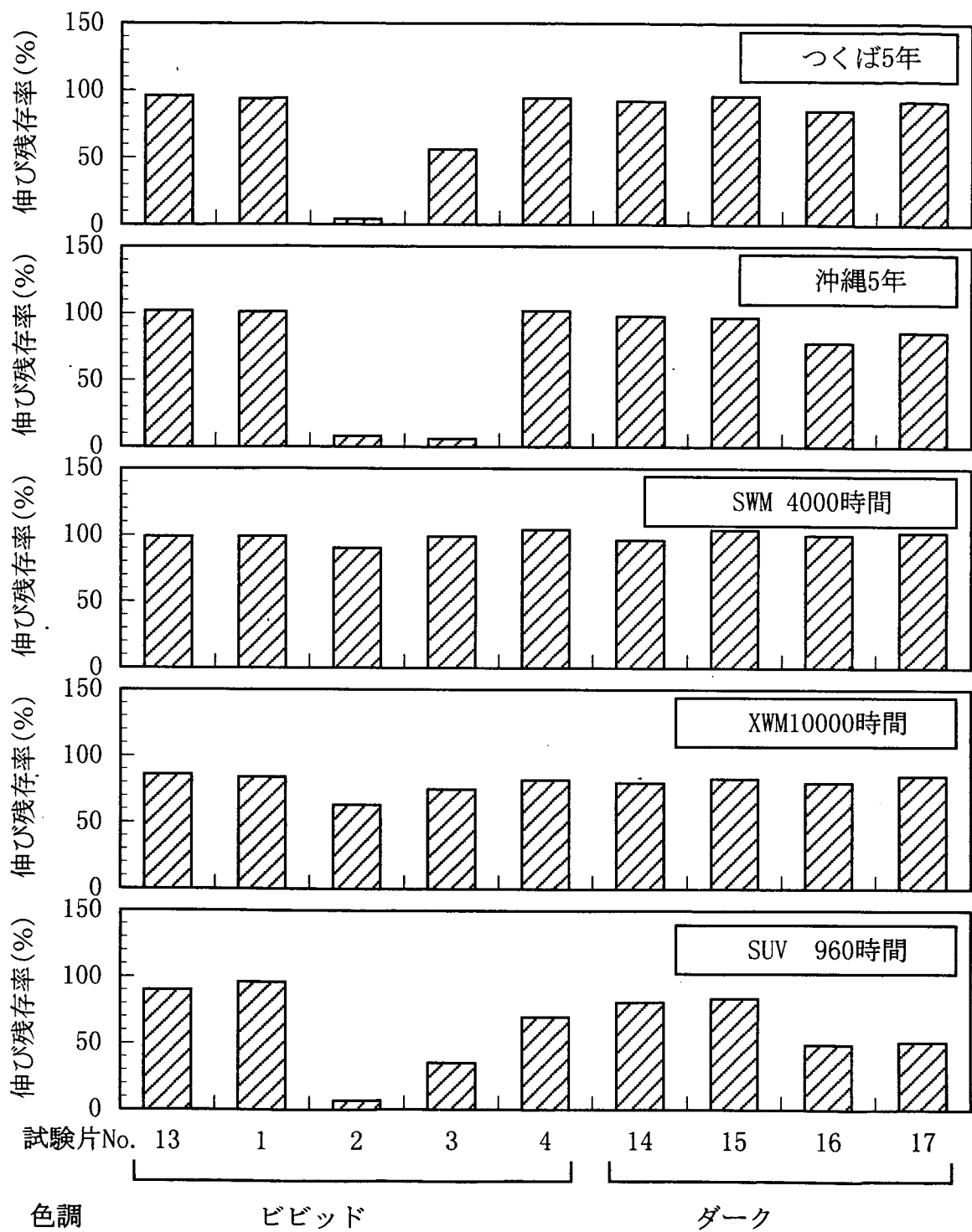


図3-6 カラーポリエチレンの伸び残存率における屋外暴露と促進試験との比較
(顔料濃度 0.6%、劣化防止剤濃度 1.0%)

3. 1. 2 伸び残存率に及ぼす劣化防止剤濃度の影響

伸び残存率に及ぼす劣化防止剤濃度の影響を試験片No.3、No.25、No.26（色番号C690、顔料濃度0.6%）を用いて調べた。結果を図3-7に示す。XWM10000時間では劣化防止剤濃度を0.1%まで下げても伸び残存率にほとんど変化はない。しかし、SWM4000時間、SUV960時間、つくば5年では劣化防止剤濃度を0.3%まで下げても伸び残存率にほとんど変化がないものの、0.1%になると低下が見られた。これらの結果から、劣化防止剤濃度は0.3%以上、顔料濃度は0.6%以上が必要であることが分かった。

一方、沖縄5年では劣化防止剤濃度を1.0%まで上げて伸び残存率の低下が抑えられず、耐候性がやや劣る色（色番号C690）では劣化防止剤や顔料の添加量が不十分であることが分かった。

3. 1. 3 伸び残存率に及ぼす顔料濃度の影響

伸び残存率に及ぼす顔料濃度の影響を試験片No.20～No.22、No.25（色番号C690、劣化防止剤濃度0.3%）を用いて調べた。結果を図3-8に示す。沖縄5年で伸び残存率の顕著な低下が見られた試験片No.25（色番号C690、劣化防止剤濃度0.3%、顔料濃度0.6%）についても、顔料の紫外線遮蔽効果により濃度の増加とともに伸び残存率の低下が抑えられており、1.8%以上で良好な結果が得られた。

この結果から、耐候性がやや劣る色（色番号C690）でも顔料を増量すれば良好な結果が得られることが分かった。

3. 1. 4 試験方法の比較

耐候性がやや劣る色（色番号C690）について、良好な結果が得られる濃度の顔料と劣化防止剤を添加した試験片No.21（色番号C690、顔料濃度1.8%、劣化防止剤濃度0.3%）の伸び残存率経時変化を図3-9に示す。試験方法により伸び残存率が低下する速度（劣化速度）は異なっている。そこで、伸び残存率が50%まで低下する時間（伸び半減時間）を外挿して算出し比較した結果を図3-10に示す。これらより、各種促進試験の屋外暴露試験に対する促進倍率は、つくばではSWMで14倍、XWMで20倍、SUVで91倍、沖縄ではSWMで7倍、XWMで9倍、SUVで42倍と求められた（表3-1）。促進倍率は高促進試験機が一番大きく、サンシャインウェザーメーターやキセノンウェザーメーターと比較して4倍以上の促進効果があった。

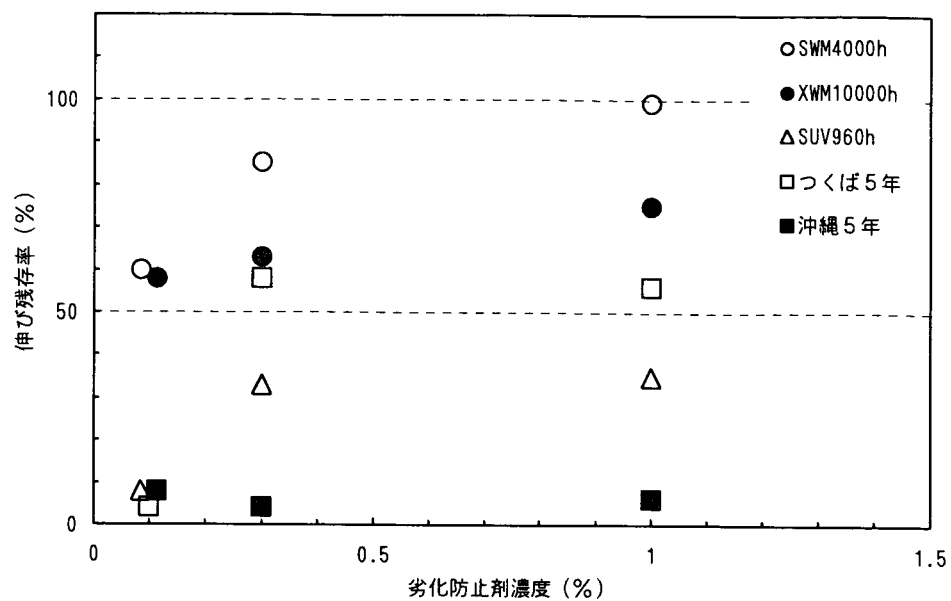


図 3-7 伸び残存率に及ぼす劣化防止剤濃度の影響
(色番号C 6 9 0、顔料濃度0.6%)

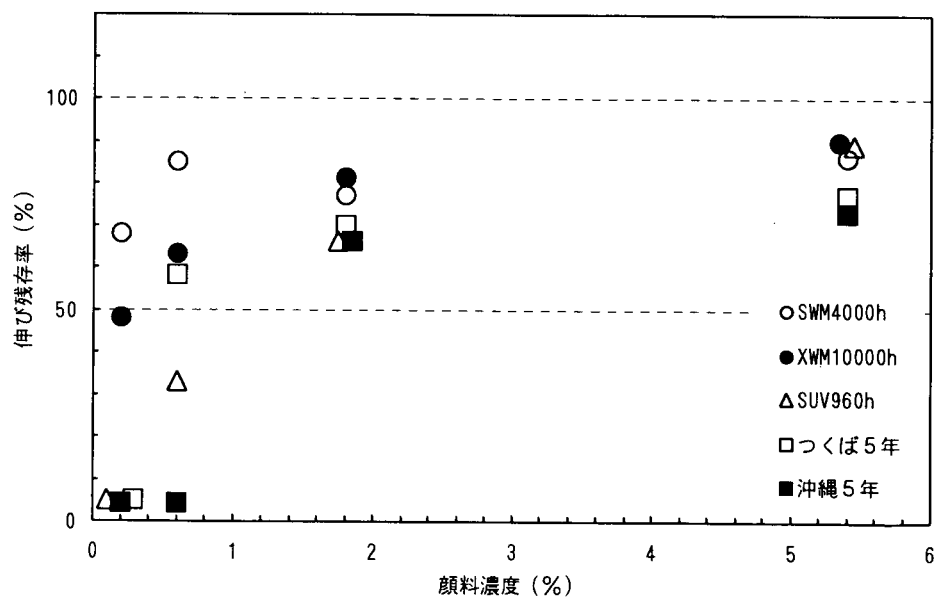


図 3-8 伸び残存率に及ぼす顔料濃度の影響
(色番号C 6 9 0、劣化防止剤濃度0.3%)

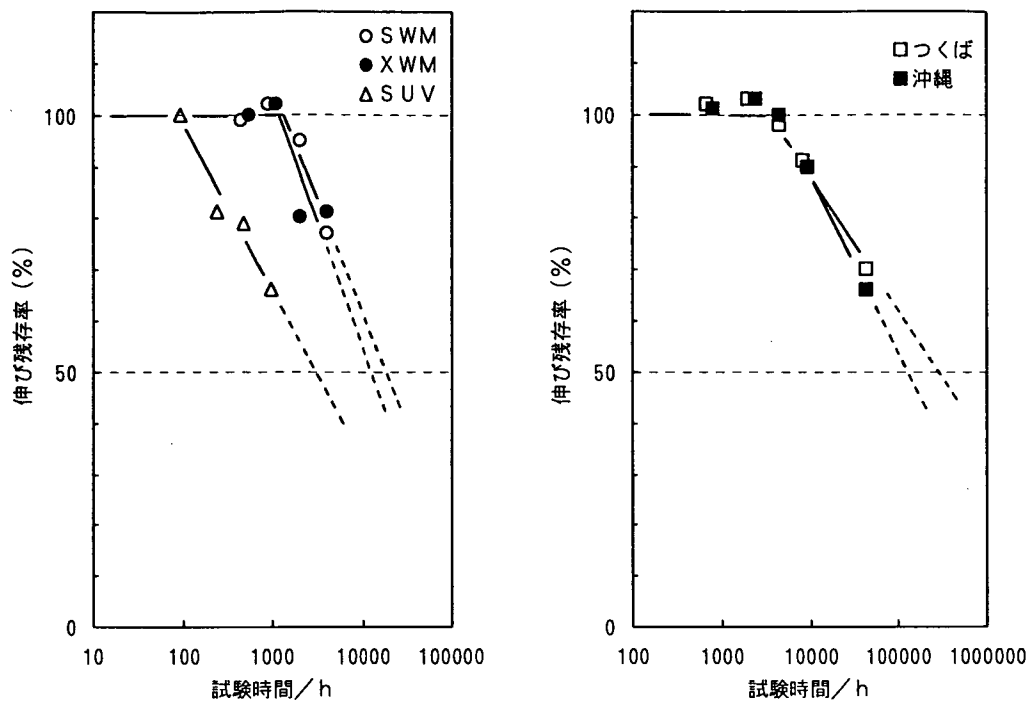


図 3-9 ポリエチレン試験片No.21の伸び残存率経時変化

(色番号C690、顔料濃度1.8%、劣化防止剤濃度0.3%)

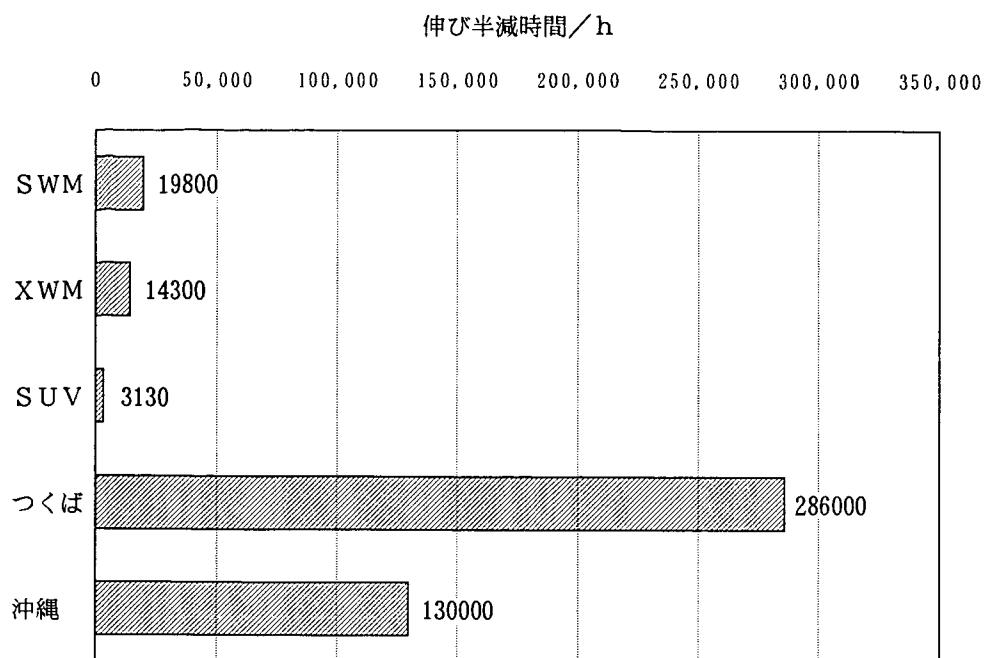


図 3-10 ポリエチレン試験片No.21の伸び半減時間
(色番号C690、顔料濃度1.8%、劣化防止剤濃度0.3%)

表 3－1 各種促進試験の屋外暴露試験に対する促進倍率（ポリエチレン）

促進試験	屋外暴露試験に対する促進倍率（倍）	
	つくば	沖縄
サンシャインウェザーメーター	1 4	7
キセノンウェザーメーター	2 0	9
高促進試験機	9 1	4 2

3.2 ウレタンエラストマー

3.2.1 耐久性に及ぼす色調の影響

つくばと沖縄で5年間屋外暴露したウレタンエラストマーの、水洗後の色差の測定結果を図3-11に示す。何れの色調も実用上問題がない程度の色差が得られた。特に試験片 C, G, HおよびK~Q (ダル・ダーク, ダーク系) は, 色差 ΔE が10以下となり, 良好な耐候性を示した。

ウレタンエラストマーの暴露試験と各種促進試験による色差の経時変化を図3-12, 図3-13にそれぞれ示す。いずれの試験方法でも試験開始直後の色差の変化が大きく, その後はそれぞれほぼ一定の値を示した。したがって, ウレタンエラストマーを長期間使用する際には, 色差の変化しない時間がその使用期間のほとんどを占め, 長期にわたって安定した景観性が得られる。

つくばおよび沖縄でそれぞれ6ヶ月間暴露を行った試験片の水洗前後の色差の関係を図3-14 および3-15に示す。水洗による色差の変化はいずれの色調でも小さかった。このようにポリエチレンの場合ほどウレタンエラストマーの色差が汚れの影響を受けないのは, 表面に付着した塵や埃が, 光によってチョーキングを起こしたウレタンエラストマーと共に系外へ脱落したためと推察される。

図3-16-1~6は, 暴露試験と各種促進試験を行ったウレタン エラストマーの色差を比較したものである。各々の促進試験方法で到達する色差は暴露試験と必ずしも一致しなかった。促進試験と暴露試験での色差の相関は, キセノンウエザーメーター(相関係数0.8)で最も高く, サンシャインウエザーメーター, 高促進試験機がほぼ同レベル(相関係数0.6~0.67)であった。このように暴露試験と促進試験による色差は, 促進試験機によりばらつきはあるが, 概ね良好な相関性を有している。

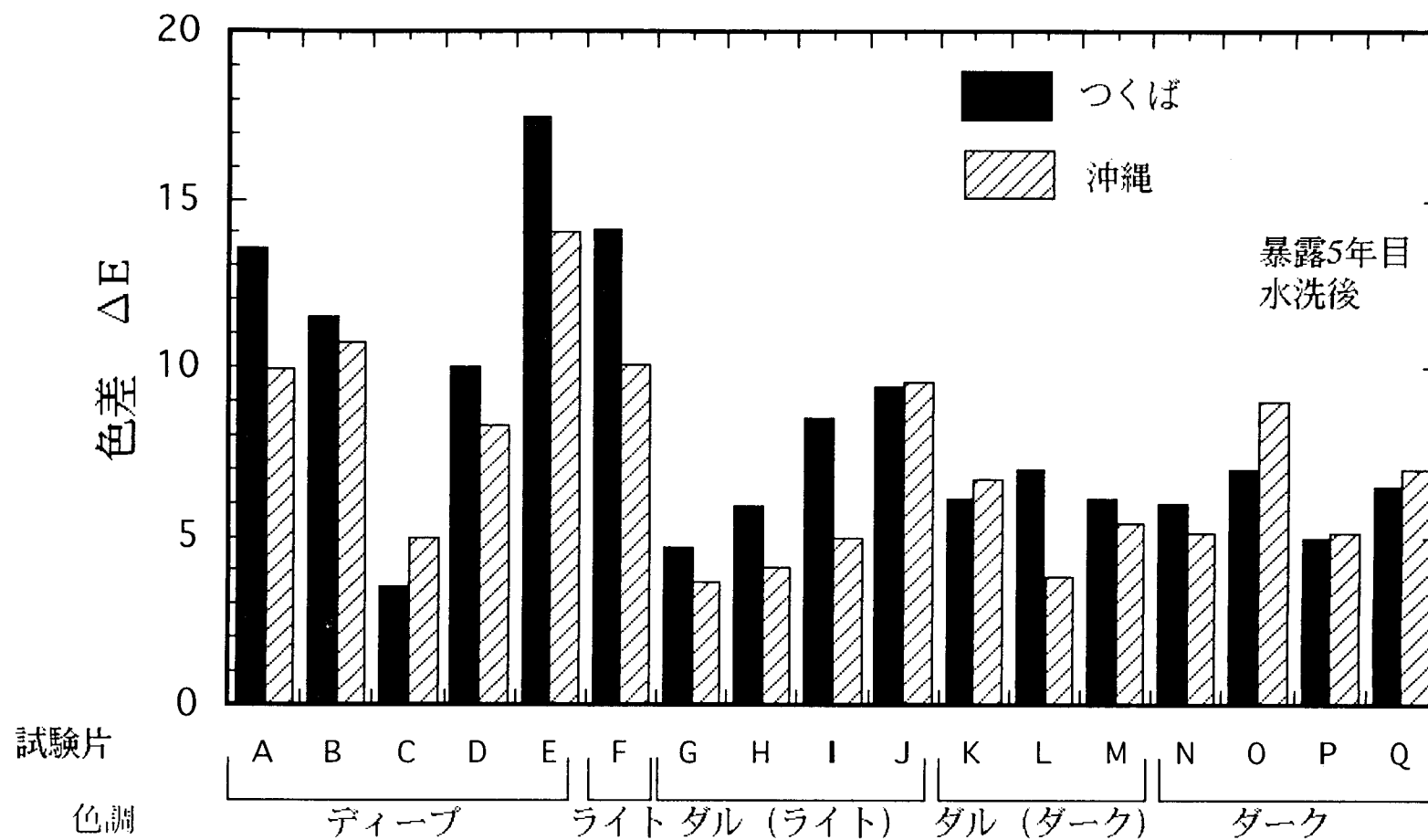


図3-11 ウレタンエラストマーの色差に及ぼす色調の影響

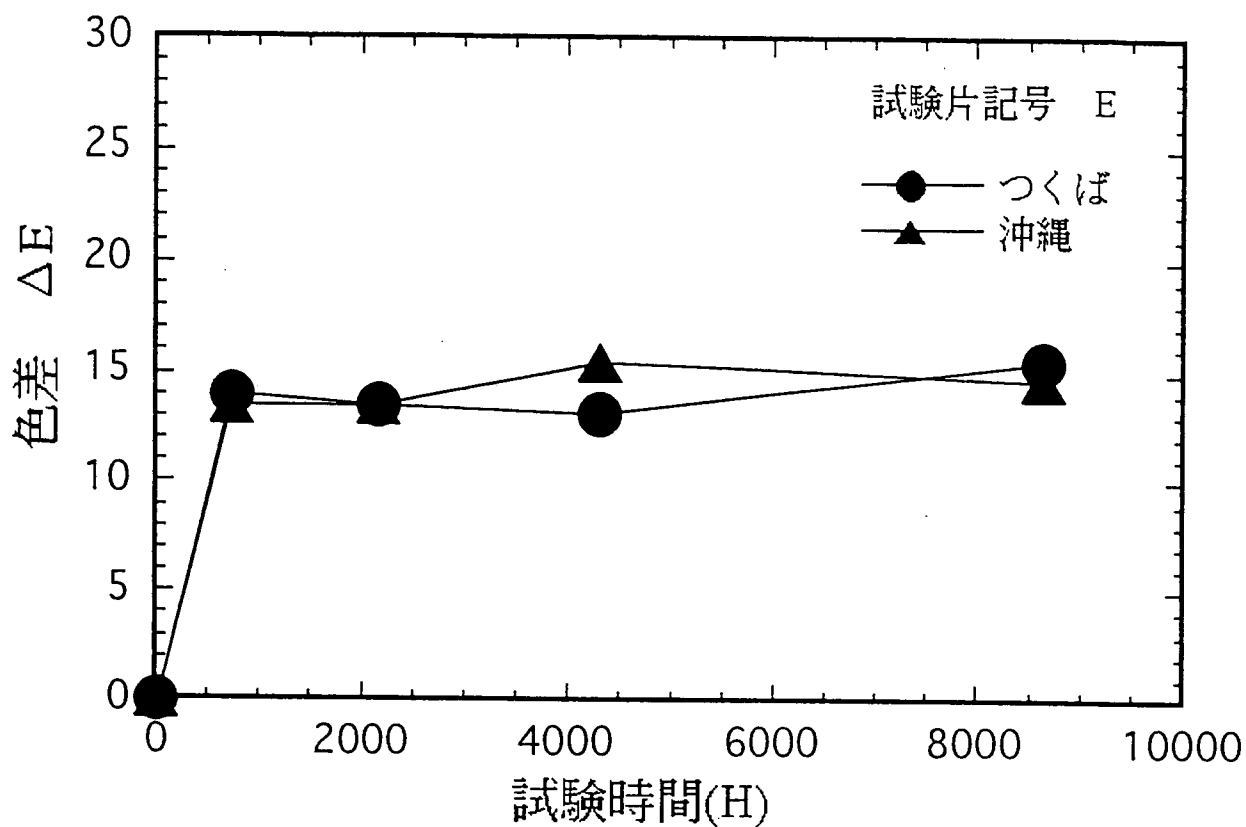


図3-12 暴露におけるウレタンエラストマーの色差の経時変化

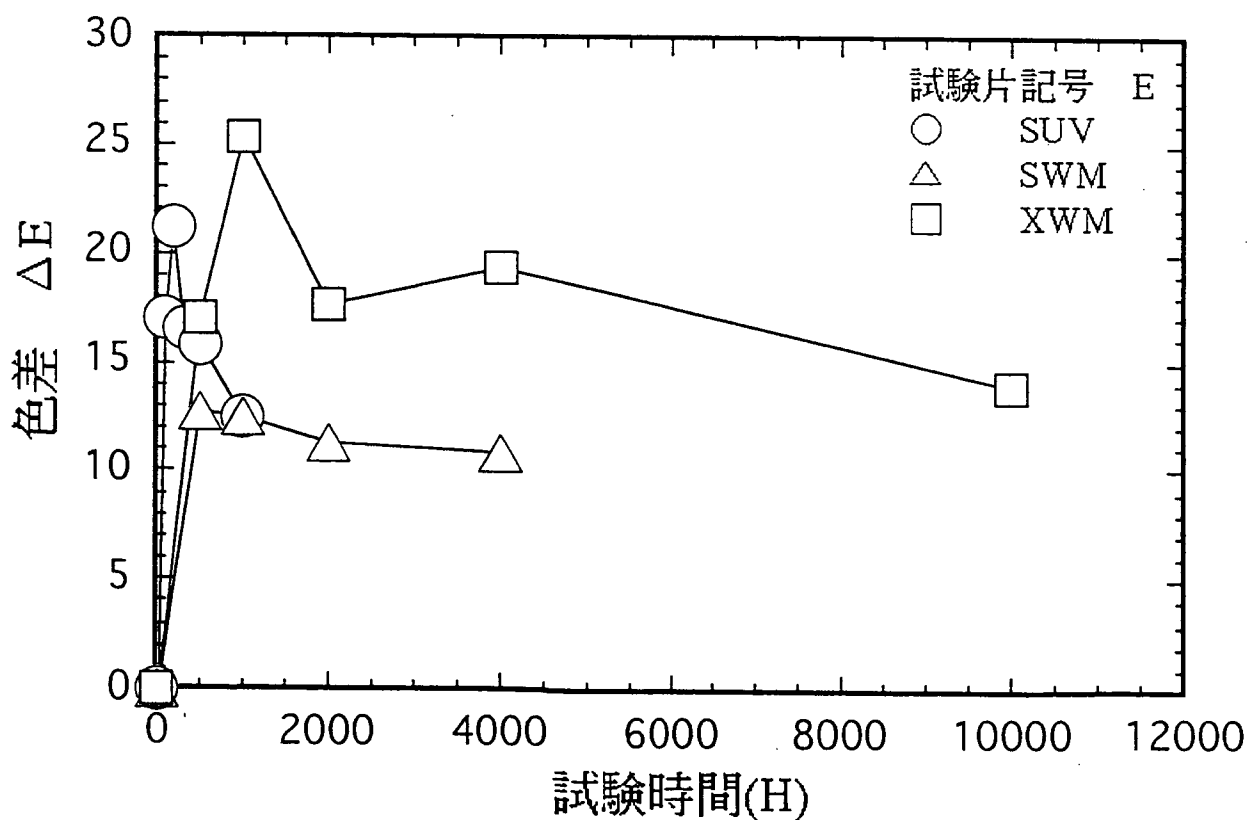


図3-13 促進試験におけるウレタンエラストマーの色差の経時変化

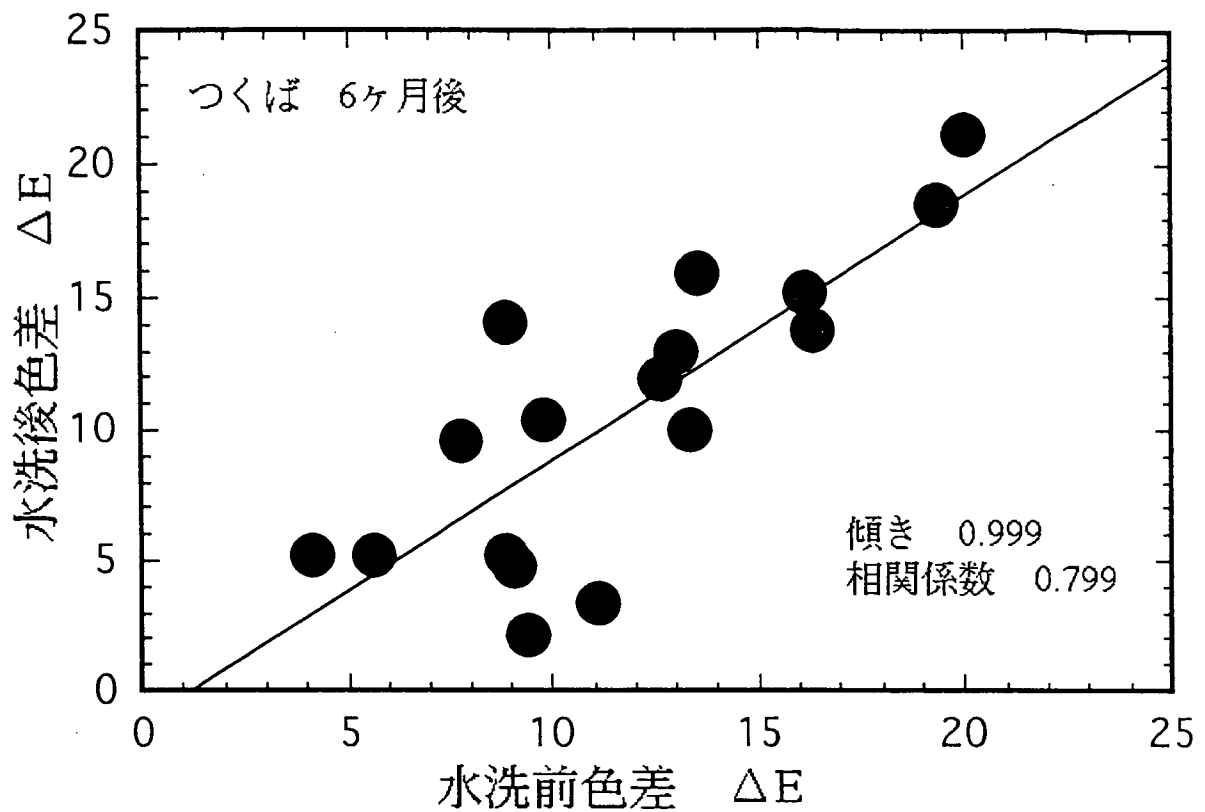


図3-14 水洗前後のウレタンエラストマーの色差の比較

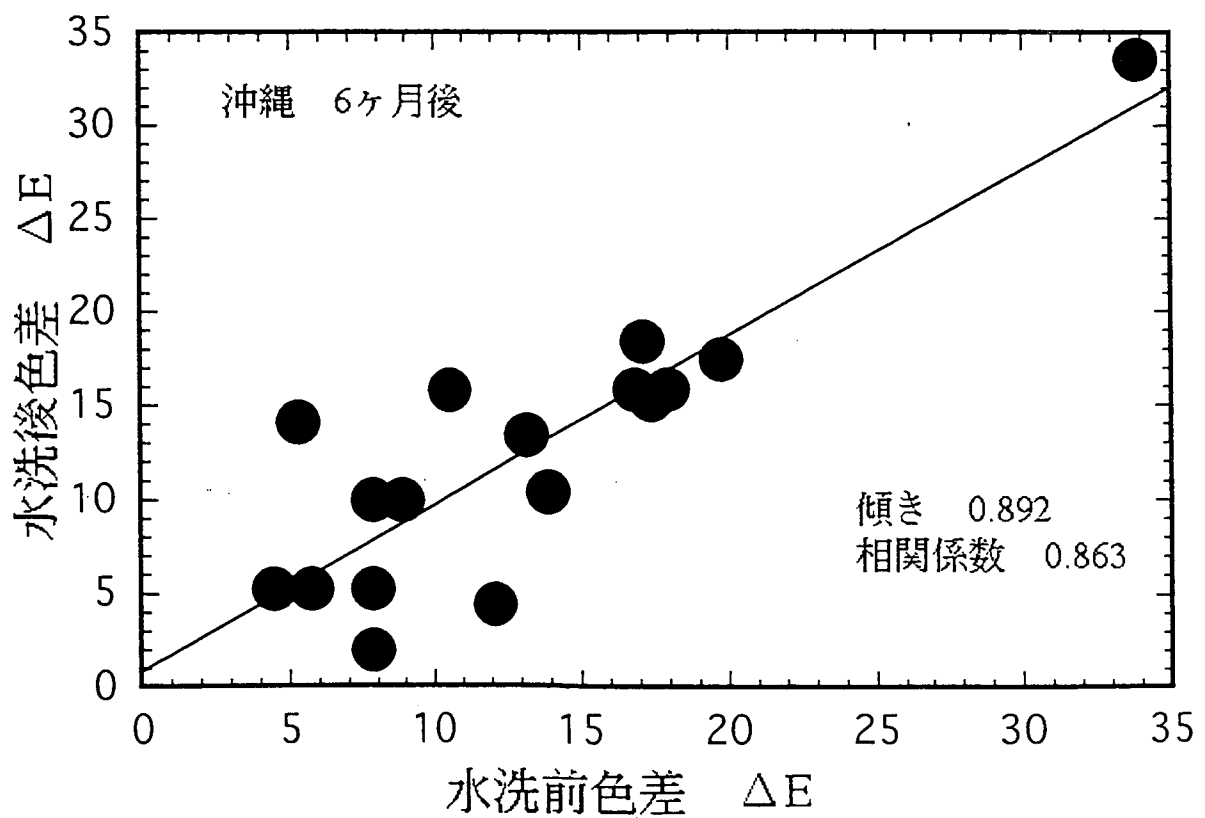


図3-15 水洗前後のウレタンエラストマーの色差の比較

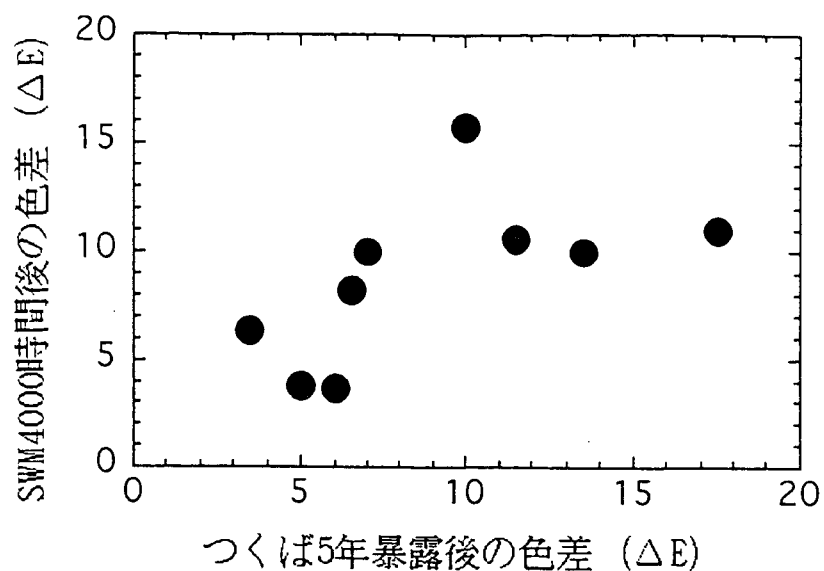


図3-16-1 つくばでの5年暴露後の色差と促進試験(SWM/4000時間)で求めた色差の比較

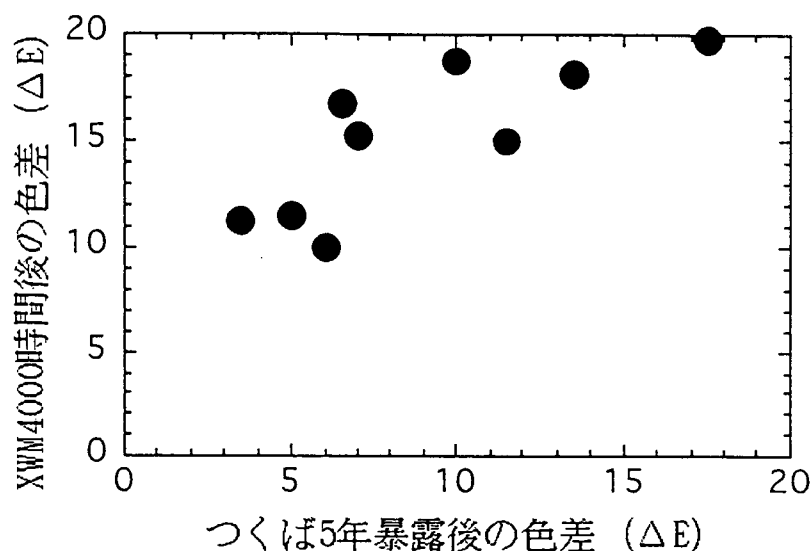


図3-16-2 つくばでの5年暴露後の色差と促進試験(XWM/4000時間)で求めた色差の比較

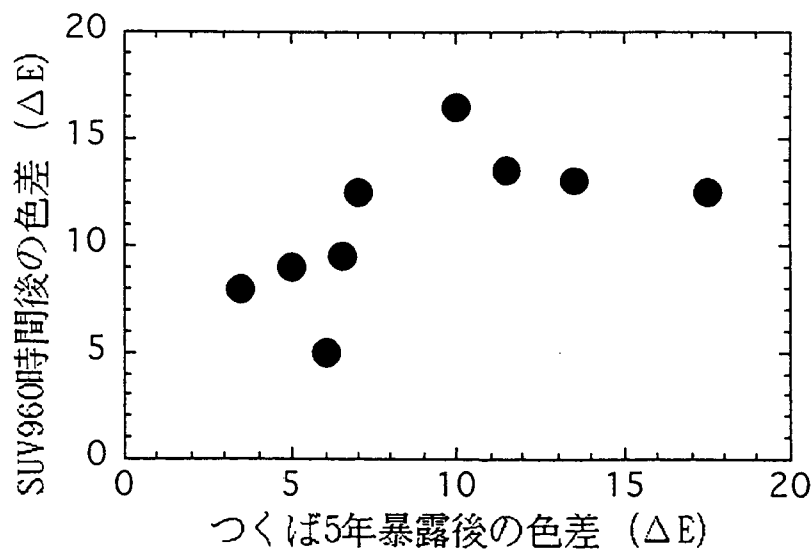


図3-16-3 つくばでの5年暴露後の色差と促進試験(SUV/960時間)で求めた色差の比較

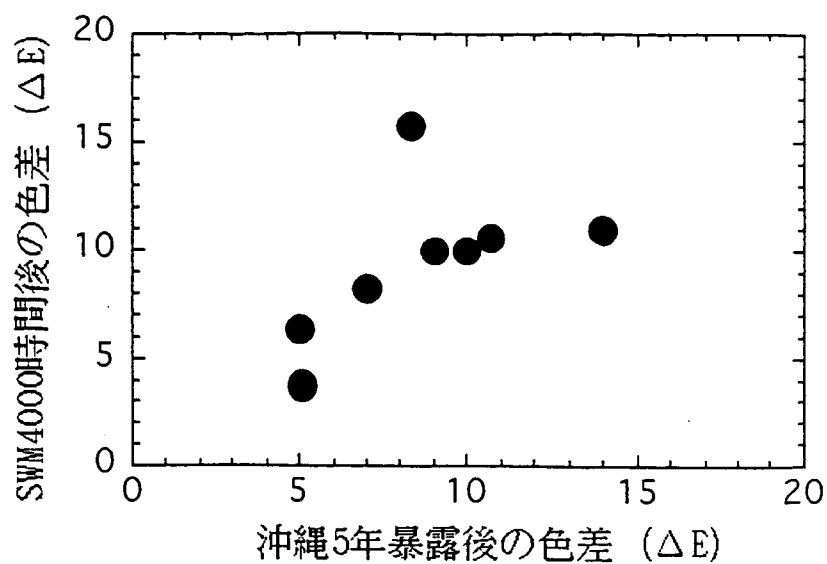


図3-16-4 沖縄での5年暴露後の色差と促進試験(SWM/4000時間)で求めた色差の比較

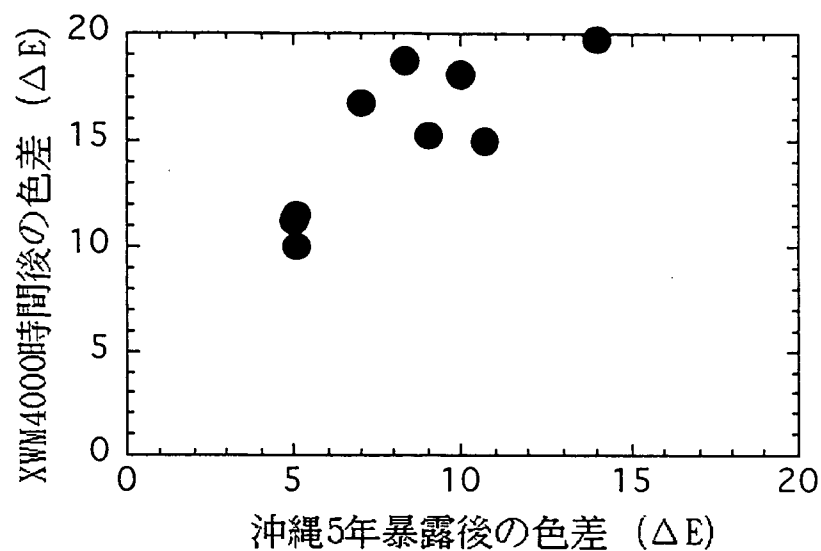


図3-16-5 沖縄での5年暴露後の色差と促進試験(XWM/4000時間)で求めた色差の比較

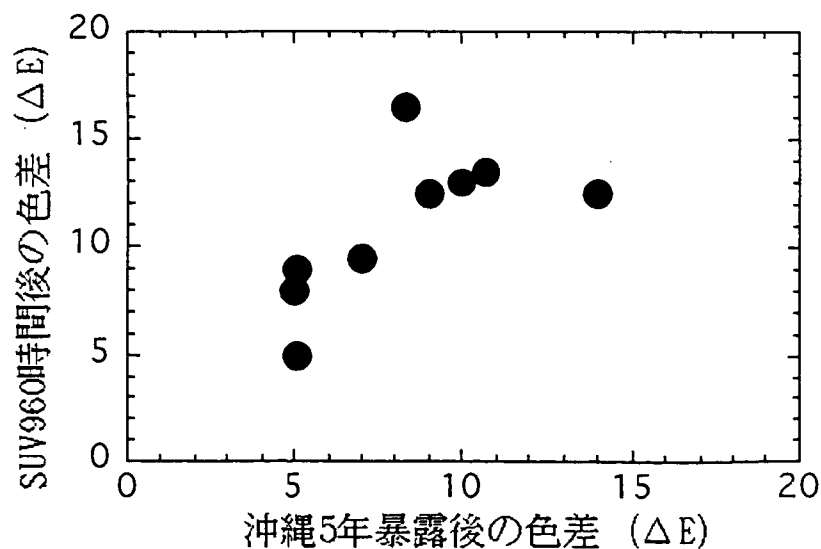


図3-16-6 沖縄での5年暴露後の色差と促進試験(SUV/960時間)で求めた色差の比較

3. 2. 2 チョーキング量に及ぼす顔料・劣化防止剤濃度の影響

表2-4に示した顔料及び劣化防止剤濃度の暴露5年材の表面SEM（走査型電子顕微鏡）観察結果を写真3-1に示す。顔料濃度の高い試験片Sのチョーキングは軽微であるが、どのサンプルにも、チョーキングが認められた。断面SEM観察から求めたチョーキング量を、表3-2に示す。また、屋外暴露試験片のチョーキング量と、顔料・劣化防止剤濃度の関係を図3-17及び図3-18に示す。チョーキング量は、顔料濃度が低いほど、大きくなる。顔料濃度2.9%での最大チョーキング量でも110 μm /5年程度であるので、被覆厚2mm以上の重防食被覆では、その影響は小さい。したがって、顔料濃度が2.9%以上であれば、ウレタンエラストマーは、実用上、十分な耐久性を有することがわかった。

また、顔料濃度が同一で劣化防止剤濃度が異なる試験片V、D（顔料濃度8.6%）、あるいはT、U、R（顔料濃度2.9%）の比較から、劣化防止剤はチョーキング防止に顕著な効果は認められなかった。

表3-2 チョーキング量（断面SEM観察）〔単位： μm 〕

	D	R	S	T	U	V
SUV：480時間	30				40	
SWM：2000時間	40				50	
XWM：2000時間	30				50	
つくば暴露：5年	60	85	<5	50	45	15
沖縄 暴露：5年	45	90	<5	60	110	50

試験片Sのチョーキング量は検出限界（5 μm ）以下

3. 2. 3 試験方法の比較

表3-2の結果から、チョーキング量が屋外曝露あるいは促進試験時間に比例して増加すると仮定し、10 μm のチョーキングを生ずるのに要する時間を求めた結果を図3-19に示す。

この結果をもとに、各種促進耐候性試験の屋外暴露試験に対する促進倍率は、つくばでは高促進試験機（SUV）で81倍、サンシャインウェザーメーター（SWM）で24倍、キセノンウェザーメーター（XWM）24倍、沖縄では、SUVで33倍、SWMで10倍、XWMで10倍と求められた（表3-3）。促進倍率は高促進試験機が一番大きく、サンシャインウェザーメーターやキセノンウェザーメーターと比較して3倍以上の促進効果があった。

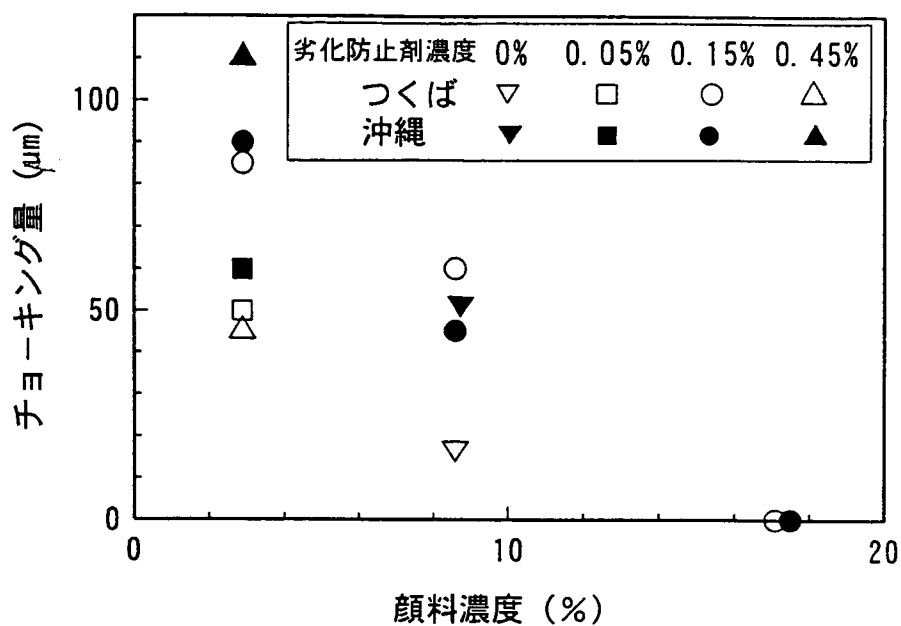


図 3 - 1 7 ウレタンエラストマー屋外暴露 5 年結果
(顔料濃度の影響)

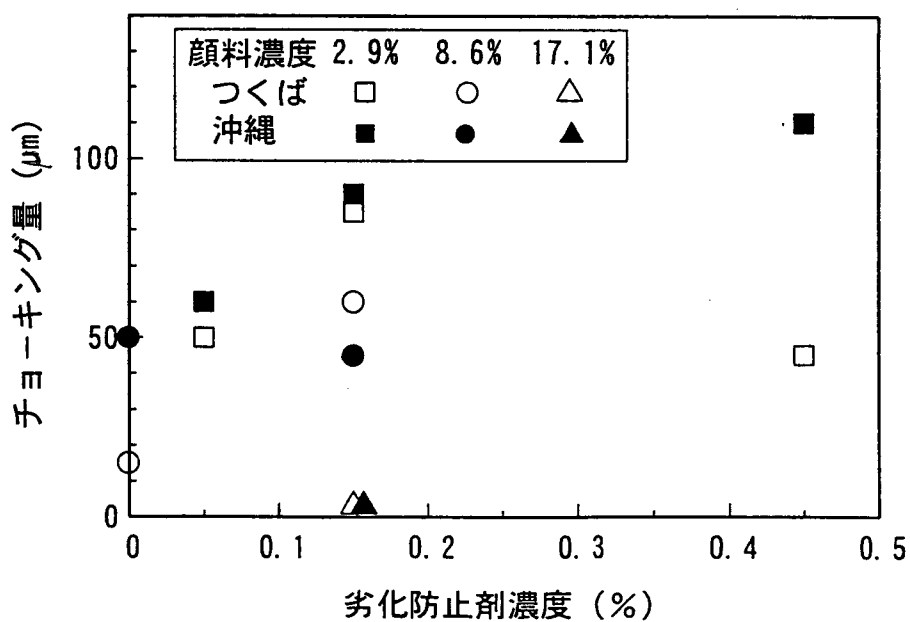


図 3 - 1 8 ウレタンエラストマー屋外暴露 5 年結果
(劣化防止剤濃度の影響)

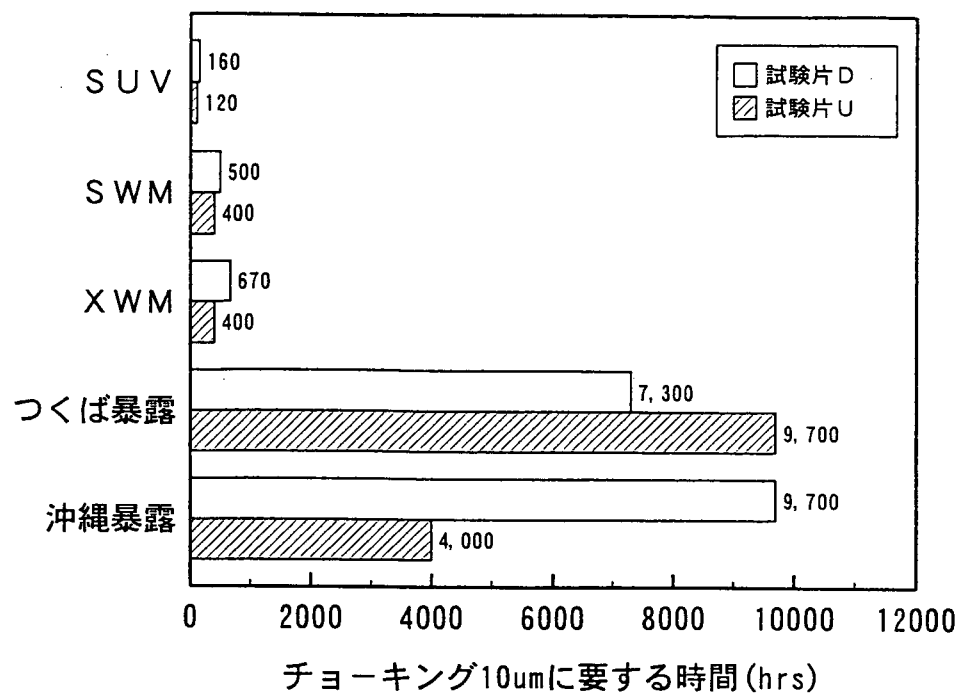


図 3 - 1 9 各種耐候性試験によるチョーキング時間の比較

表 3－3 各種促進試験の屋外暴露試験に対する促進倍率（ウレタンエラストマー）

促進試験	屋外暴露試験に対する促進倍率（倍）	
	つくば	沖縄
サンシャインウェザーメーター	2 4	1 0
キセノンウェザーメーター	2 4	1 0
高促進試験機	8 1	3 3

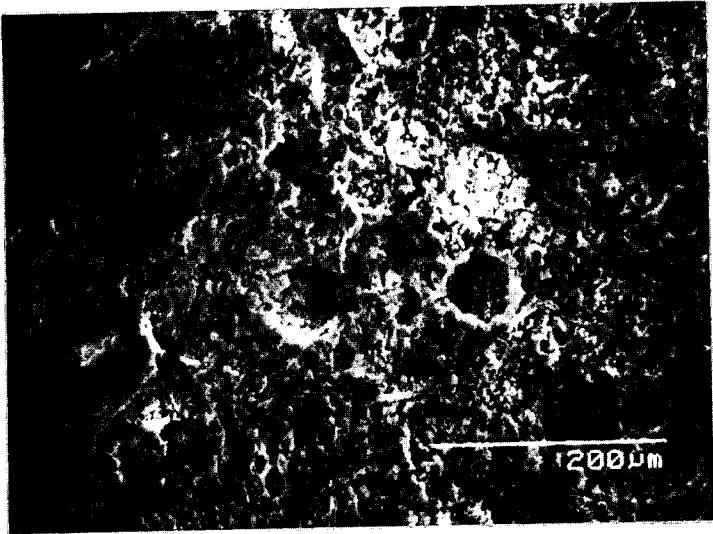
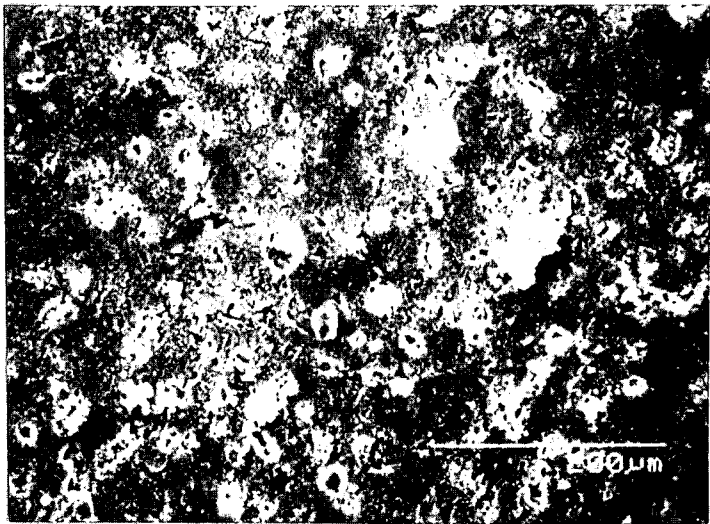
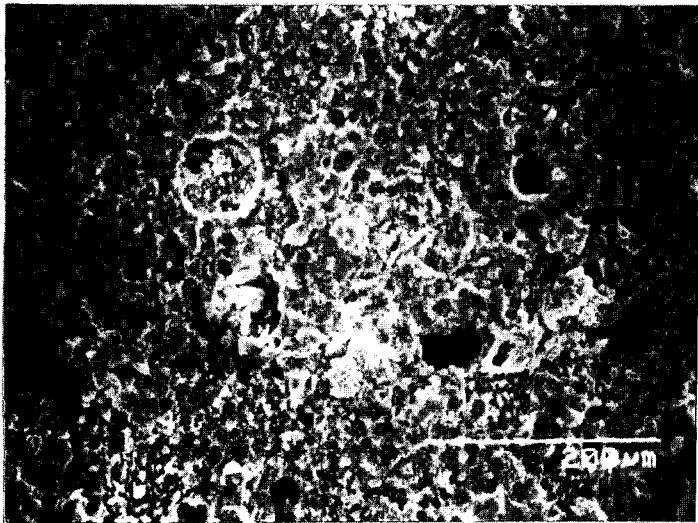
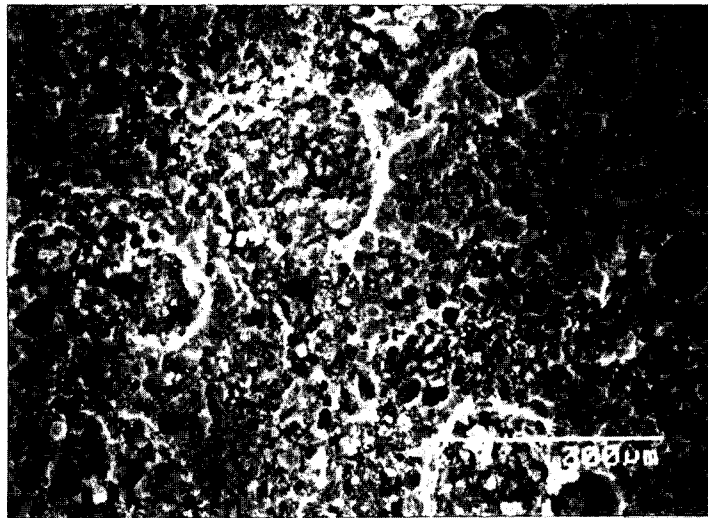
	つくば暴露	沖縄暴露
試験片 D		
試験片 R		

写真 3 - 1 ウレタンエラストマー 5 年暴露材の表面観察 (S E M×160)

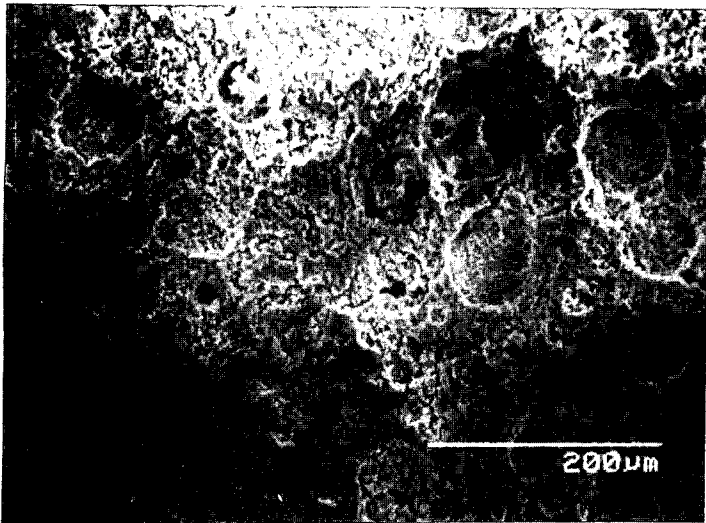
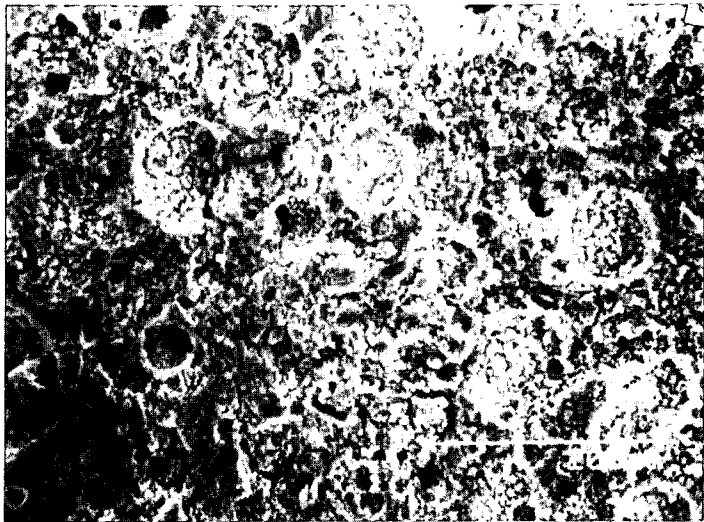
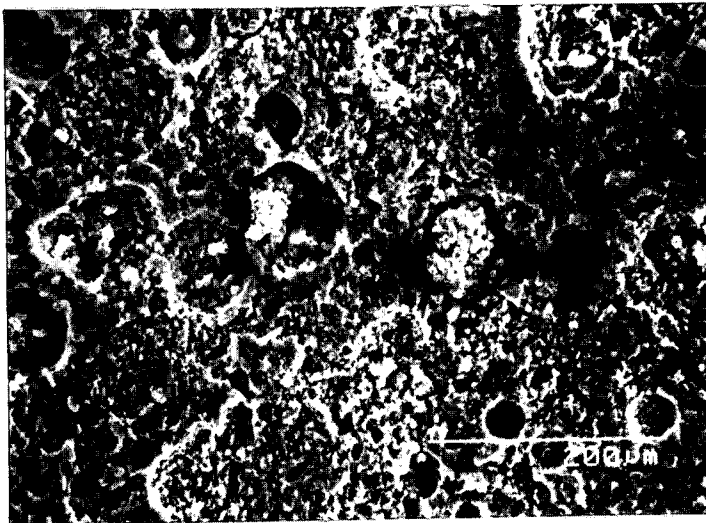
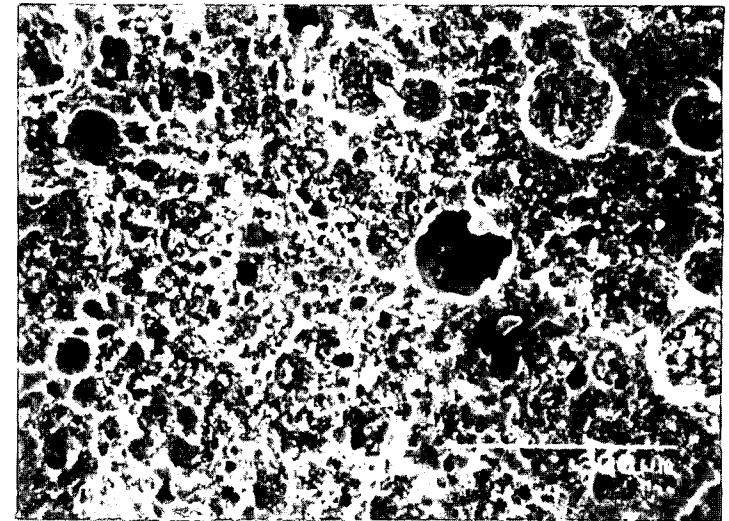
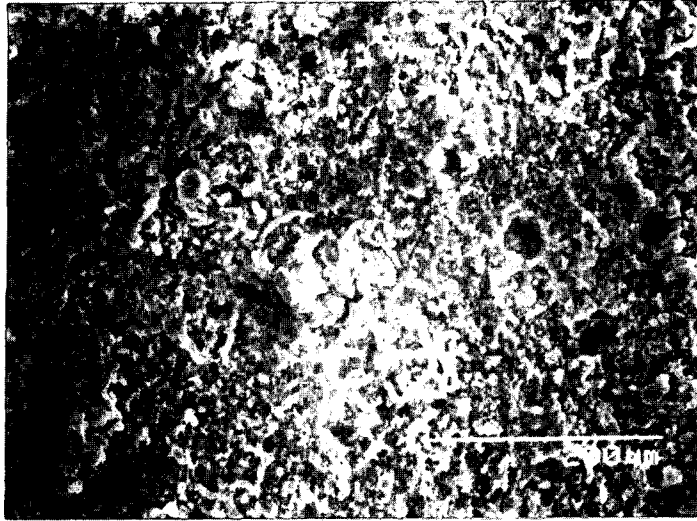
	つくば暴露	沖縄暴露
試験片 S		
試験片 T		

写真 3 - 1 ウレタンエラストマー 5 年暴露材の表面観察 (S E M×160)

つくば暴露

沖縄暴露

試験片 U



試験片 V

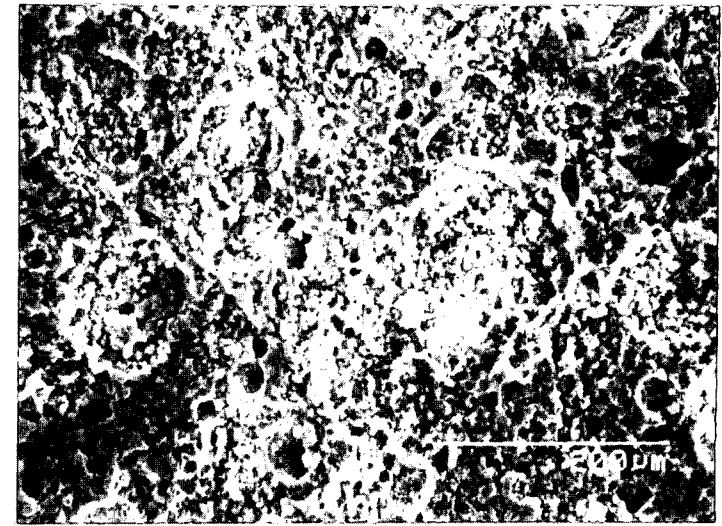
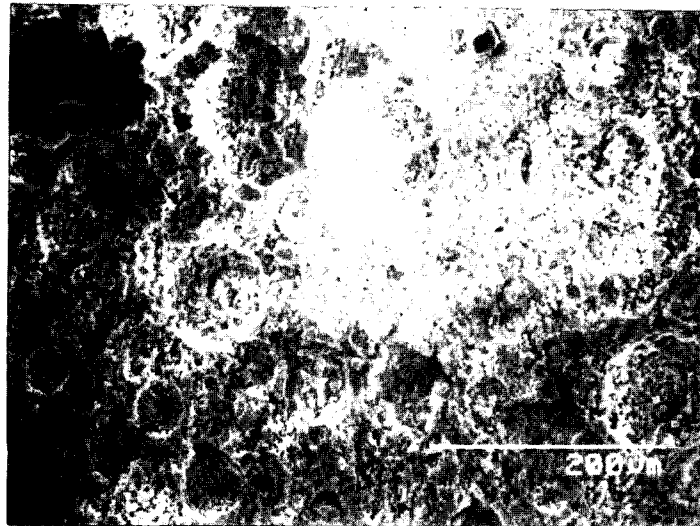


写真 3 - 1 ウレタンエラストマー 5 年暴露材の表面観察 (S E M × 160)

第4章 まとめ

(1)色調

今回の顔料及び劣化防止剤配合系では、ダル・ライト、ダル・ダーク、ダーク系が耐候性の上で好ましい色調と言える。また、ポリエチレンの耐候性は顔料と劣化防止剤に、ウレタンエラストマーの耐候性は顔料により大きな影響を受けるので、(2)で述べる様にその配合が充分に設計されたものを用いるべきである。

(2)顔料・劣化防止剤濃度

促進試験と屋外暴露試験の結果より顔料及び劣化防止剤濃度については、ポリエチレンでは一部の色を除き、顔料濃度0.6%以上、劣化防止剤濃度0.3%以上添加されていれば良好な耐候性を示すことが分かった。また、耐候性がやや劣る色でも顔料を増量すれば良好な耐候性が得られる。一方、ウレタンエラストマーは劣化防止剤の影響が小さく、顔料のみ2.9%以上添加されていれば良好な耐候性を示す。

(3)試験方法の比較

促進試験と屋外暴露試験の結果よりポリエチレンの色差では高促進試験機においてばらつきが大きい。サンシャインウェザーメーターとキセノンウェザーメーターは概ね良好な相関を示した。一方、伸び残存率では高促進試験機において相関が見られるが、サンシャインウェザーメーターとキセノンウェザーメーターは低下の開始に到達していないため相関を確認するに至っていない。また、ウレタンエラストマーの色差ではキセノンウェザーメーターにおいて相関が最も高く、サンシャインウェザーメーターと高促進試験機がほぼ同レベルでこれに次いでいる。

土木鋼材用重防食被覆材料の利用技術に 共同研究報告書
関する共同研究報告書（Ⅲ） 整理番号第238号
2000年3月

建設省土木研究所化学研究室 室長 明嵐 政司
主任研究員 西崎 到
（財）鋼材倶楽部 船津 真一
宮田 志郎
村瀬 正次
岸川 浩史
大槻 貢

要 旨

本研究では、彩色可能な重防食被覆鋼矢板・鋼管矢板の利用技術開発を図るため、その景観上の効果や、防食性能の評価について、技術的な検討を実施した。本報告書では、5年間にわたって行ってきた暴露試験の結果をとりまとめ、色調、顔料や劣化防止剤の効果を耐久性の面から検討した。また、暴露試験結果を促進劣化試験結果と比較検討した。

キーワード：高耐久性被覆材料、鋼矢板、鋼管杭、鋼管矢板、景観材料新素材

郵便はがき

50円切手
をはって
下さい。

3050804

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
材料施工部化学研究室 行

No. _____

共同研究報告書第238号

No. _____

配布先氏名

配布先住所

共同研究報告書第 238 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏名

