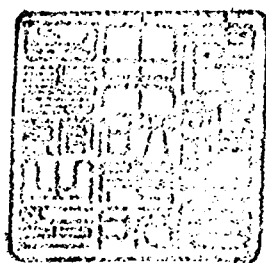


電気防食設計指針(案)・同解説



昭和 58 年 11 月

建設省 土木研究所
財団法人 土木研究センター

Copyright © 1983年 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 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、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ま え が き

海岸構造物だけでなく、道路構造物等の土木鋼構造物が腐食性の苛酷な海域に設置される例が多くなるにともない腐食に対する認識が高まり積極的な腐食対策を行うようになってきている。

電気防食は、腐食性の厳しい海域に建設される鋼構造物の海中部及び海底土中部の防食に極めて有効であり、信頼性の高い防食方法である。しかしながら、土木鋼構造物に電気防食を適用する場合の設計法に関する公的基準等の整備が不十分なため、土木鋼構造物の電気防食が必ずしも適正には行われていない現状にある。

そこで、建設省土木研究所と（財）土木研究センターは、昭和54年～57年度の4年間にわたり、共同研究として「電気防食の設計法に関する研究」を実施した。その結果、海域の環境条件に応じた防食電位、防食電流密度等の電気防食の設計条件に関する新しい知見を得た。

本指針（案）は、この共同研究の成果を基に、海域に建設される土木鋼構造物の電気防食に関する基本的な設計が行えるよう、電気防食設計上、特に必要な事項を取りまとめたものである。

本指針(案)は、上記共同研究の実施にあたって設置された「電気防食研究委員会(委員長 玉野治光氏)」で審議、作成したものであり、下記に氏名を記して謝意を表する次第である。

電 気 防 食 委 員 会 名 簿

(敬称略・50音順)

(昭和・年)

委員長	玉 野 治 光	首都高速道路公団	(54~57)
委 員	小 林 豊 治	日本防蝕工業株式会社	(54~57)
々	佐 藤 靖	大日本塗料株式会社	(54~57)
々	清 水 一 夫*	日本防蝕工業株式会社	(54~57)
々	田 中 柳之助*	鋼 管 杭 協 会	(54~57)
々	戸 村 寿 一*	中川防蝕工業株式会社	(54~57)
々	蒔 田 実	建設省 土 木 研 究 所	(54~57)
々	吉 野 久 雄	中川防蝕工業株式会社	(54~57)
幹事長	森 芳 徳*	建設省 土 木 研 究 所	(54~57)
幹 事	石 川 光 男	日本防蝕工業株式会社	(54~57)
々	飯 島 勇	中川防蝕工業株式会社	(55~57)
々	瓜 谷 詔 夫	大日本塗料株式会社	(54~55)
々	落 合 直 隆	中川防蝕工業株式会社	(54~56)
々	片 脇 清 士*	建設省 土 木 研 究 所	(54~57)
々	篠 原 稔 雄*	大日本塗料株式会社	(56~57)
々	白 水 司	中川防蝕工業株式会社	(56~57)
々	田 村 祐 一	日本防蝕工業株式会社	(54~57)
々	辻 敏 幹	大日本塗料株式会社	(56~57)
々	星 野 稔	大日本塗料株式会社	(54~55)
々	山 本 郁 雄	中川防蝕工業株式会社	(54~57)
事務局	荒 居 昇	財団法人土木研究センター	(54~57)
々	篠 田 米 蔵	財団法人土木研究センター	(54~57)

(注) * 電気防食指針(案)・同解説作成担当を兼ねる。

目 次

1	総 則	
1.1	適用範囲	1
1.2	用 語	2
2	電気防食設計	
2.1	一 般	3
2.2	調 査	5
2.3	防食電位	5
2.4	防食電流密度	14
2.5	複合電気防食用塗装系	29
付 録 1	陽極規格	37
付 録 2	塗料規格	41

1. 総 則

1.1 適用範囲

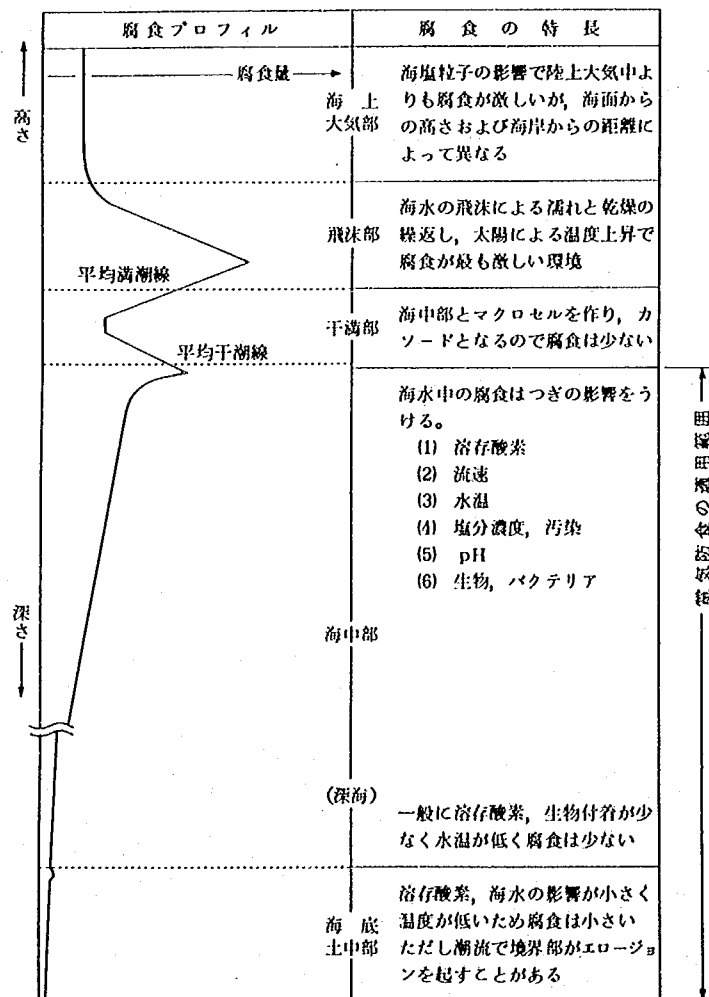
本指針は、土木鋼構造物の海中部及び海底土中部の電気防食設計を行う場合に適用する。

〔解 説〕

(1) 適用範囲

海域は、鋼材に対する腐食特性から、海上大気部、飛沫部、干満部、海中部及び海底土中部の5つの環境に区分される（図解 1.1.1）。

海域に設置される土木鋼構造物においては、一般に、これらの異った環境に接するため、それぞれの環境区分に適した防食方法を適用する必要がある。常時海水に接している海中部及び海底土中部に対しては、電気防食が有効かつ最も信頼性の高い防食方法である。本指針は、海域に設置される土木鋼構造物の海中部及び海底土中部の電気防食の設計を行う場合に適用する。



図解 1.1.1 電気防食の適用範囲

1.2 用 語

① 電気防食

電気防食は、海水や海底土を通して直流電流（防食電流という）を構造体に流入させ、鋼表面の電位を変化させ腐食を抑制する電気化学的な防食法である。

② 複合電気防食

複合電気防食は防食電流の軽減または電流分布の均一化を図る目的で塗装等を併用する方法をいう。

③ 防食電位

防食電位は、防食設計および防食管理の際、腐食抑制に必要とする電位で、飽和甘汞電極（SCE）を基準としてmVで表わす。

④ 防食電流密度

防食電流密度は、腐食を抑制するのに必要な単位面積当りの電流で、mA/m²で表わす。防食初期の電流密度を初期防食電流密度、防食状態の維持に必要な電流密度を定常防食電流密度という。

⑤ 海 域

汚染海域は、海水及び海底土が著しく汚染されている海域で、内湾でヘドロのたい積している海域などである。高潮流海域は、海水流速の平均値が毎秒0.5 m以上の海域である。清浄海域は、汚染海域及び高潮流海域以外の一般の海域である。

2. 電気防食設計

2.1 一般

電気防食の設計においては、構造物が設置される環境の腐食性及び構造物の規模、形状ならびに立地条件等を十分に把握したうえで合理的かつ経済的な電気防食方法を選定し、防食電位、防食電流密度等の電気防食条件を定め、その条件に応じた陽極材の選定及び数量等を決定する。

〔解説〕

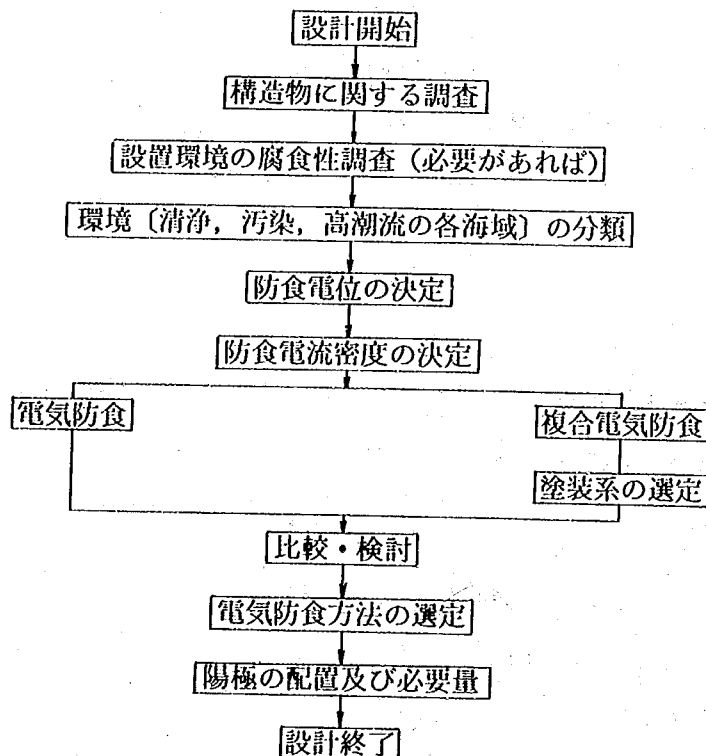
(1) 電気防食の設計

土木鋼構造物に電気防食を適用する場合に、合理的かつ経済的な電気防食方法を選定し、適正な防食電位や防食電流密度等の電気防食条件を決定し、その条件に応じた陽極材の選定及び陽極の数量等を決定することを電気防食の設計という。

土木鋼構造物が接する海水の水質、流速あるいは海底土の性状及び構造物が設置される地点周辺の今後の開発計画、周辺の構造物への影響、構造物の規模と形状等により、防食に必要な電位や電流密度及び陽極の配置、塗装との併用の必要性等、電気防食の設計上大きな影響を受けるので、これらの点について、事前に十分調査しておく必要がある。

(2) 電気防食設計の手順

電気防食設計の基本的な手順は図解 2.1.1 に示すとおりである。



図解 2.1.1 電気防食設計の手順

(3) 電気防食方法の選定

これまでは、電気防食には犠牲陽極方式を主とする電気防食法が行われてきたが、腐食性の著しい汚染海域や高潮流海域に設置される構造物あるいは、電流分布が不均一になり易い形状の複雑な構造物などで、長期の防食を必要とする場合には、複合電気防食法も検討の対象に加え、経済性に優れ、かつ十分な防食効果が得られる方式を選定する。

(4) 環境の腐食性に応じた電気防食条件の決定

電気防食設計に必要な電気防食条件は、海域環境を清浄海域、汚染海域、高潮流海域に分類し、それぞれの海域ごとに定めた防食電位や防食電流密度の中から最も適切な値を選択する。また、複合電気防食法を選定した場合の電気防食条件には、塗膜の劣化を最小に抑える目的で定めた防食電位及び塗膜のはくりを考慮して算出した防食電流密度をそれぞれ適用する。

なお、海域環境の分類にあたっては、構造物が設置される環境の腐食調査を行うことが望ましいが、既存の資料がある場合には調査を省略してもよい。また、環境の腐食性が明確でない小規模構造物に対しては、本指針の清浄海域における設計条件を適用してもよい。

(5) 陽極の配置及び必要量等

構造物の電気防食対象範囲に対して、全体的に均一な電流分布が得られるように陽極を配置する。

犠牲陽極方式を行う場合には、環境の腐食性に応じて、必要な防食電位の得られる材質の陽極を選定し、必要とする陽極の数は次式によって定める。

$$I = S \times I_i \times 10^{-3} \dots\dots\dots (1)$$

I : 所要防食電流 (A)

(各環境ごとに求めた所要防食電流の総和)

S : 各環境ごとの電気防食の対象面積 (㎡)

I_i : 環境の腐食性に応じた初期防食電流密度 (mA/㎡)

$$N = \frac{I}{I_g} \dots\dots\dots (2)$$

N : 犠牲陽極の個数 (個)

I_g : 犠牲陽極の発生電流 (A), (陽極の材質及び大きさによって定まる値)

犠牲陽極 1 個当たり必要とする正味重量は、電気防食の設計寿命に応じて次式で定める。

$$W = \frac{T \times K}{Q \times N} \times \frac{I}{2} \dots\dots\dots (3)$$

W : 陽極の必要とする正味重量 (kg)

T : 電気防食の設計寿命 (年)

Q : 陽極の発生電気量 (A・年 / kg)

K : 安全率 (一般に 1.05 とすることが多い)

外部電源方式を行う場合には、環境の腐食性に応じて必要な防食電位及び防食電流密度が得られるよ

うに適正な材質の電極及び直流電源装置を選定する。

2.2 調査

- (1) 設計にあたっては、事前に構造物の規模、形状及び構造物近傍の他構造物による影響について調査する。
- (2) 設計にあたっては、必要に応じ、事前に設置環境の腐食性を調査する。

〔解説〕

- (1) 合理的で経済的な電気防食の設計を行うためには、構造物の形状が単純であることが望ましい。しかし、構造が複雑であっても、陽極の適切な配置や塗装との併用等により、ある程度まで解決は可能である。構造物に関する調査は、防食に必要な電流を算出し陽極材の数量を求めたり、陽極の配置を検討するなど、電気防食の設計を適切に行ううえで必要なものであり、他の近接構造物があるときに電気防食の施工に伴う他の構造物への電流の流出並びに電食の問題等を検討する場合にも、この調査は必要となる。
- (2) 腐食性調査は、海域環境の分類を行ううえで必要なものである。電気防食の設計に必要な防食電位や防食電流密度は、構造物が設置される環境の腐食性により異なるため、事前に建設予定地点において、海水や海底土の腐食性調査を行っておくことが望ましい。既存の資料がある場合や小規模構造物の場合には省略してもよい。

調査内容は、下記のとおりである。

(a) 海水に関する調査

夏期と冬期に、海水の水温、pH、塩分濃度(Cl^-)、溶存酸素濃度、電気伝導度、流速(最大値)を測定する。水深が深い場合は、表層、中層、底層を、水深が浅い場合は中層を測定する。

(b) 海底土に関する調査

夏期と冬期に、海底土の外観、臭気の程度、硫化物量、pH、酸化還元電位を測定する。

2.3 防食電位

代表的な環境における防食電位は表 2.3.1 の値を標準とする。

表 2.3.1 防食電位 (単位mV)

電気防食の種類 環 境	電 気 防 食	複 合 電 気 防 食 (塗 装 併 用)
清 浄 海 域 (低温, 希釈環境を含む)	-770	-770
汚 染 海 域	-900	ただし下限を
高 潮 流 海 域	-770	-1100とする

〔解 説〕

電気防食法により完全に腐食の進行を停止させるには、非常に大きな防食電流を要し不経済であることと、設備の故障、腐食環境の変動等を考慮すれば、ある程度の腐食を許容するほうが合理的なので、本指針では、諸規定における腐食しろとの整合性をも考慮し、0.02 mm/年以下の平均腐食速度に抑え得る電位を、防食電位と定めるという基本的な考え方で、つぎのように規定した。

(a) 清浄海域における防食電位

標準環境(清浄海水、25℃、微速、溶存酸素飽和)で行った実験により求めた図解 2.3.1 から、 -770 mV (SCE) で 0.02 mm/年以下の平均腐食速度に抑え得ることが明らかとなったので、清浄海域における防食電位は、 -770 mV (SCE) とした。

なお、清浄海水で水温が低い場合の実験結果は図解 2.3.2 に示したとおりであり、防食電位は、清浄海域の場合と同じでよいとした。

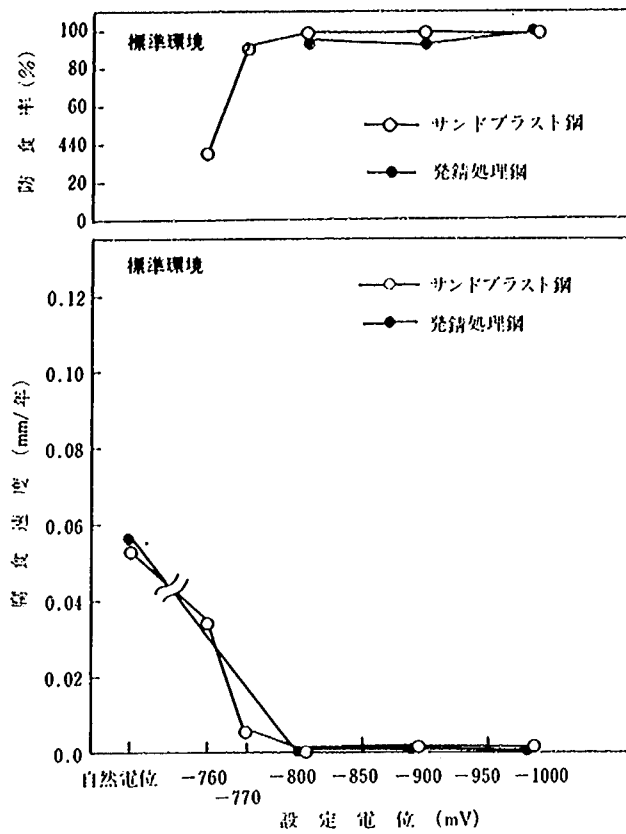
また、海水が希釈された場合の実験結果は、図解 2.3.3 に示したとおりであり、防食電位は清浄海域の場合と同じでよい。

(b) 汚染海域における防食電位

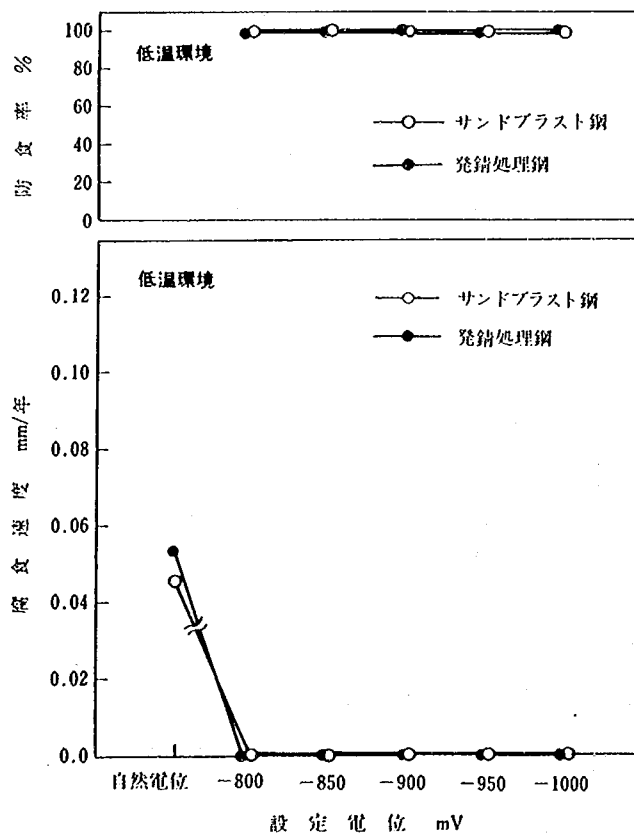
ヘドロでの室内実験の結果は図解 2.3.4 に示したとおりであり、発錆処理鋼は、 -800 mV (SCE) では、防食率74%、 -900 mV (SCE) で防食率93%以上を示している。 -800 mV (SCE) での腐食速度は 0.02 mm/年以下ではあるがこのような環境では鋼材は局部腐食を生じる傾向にあり、この点を考慮すると防食率74%は低過ぎること、更に汚染度が高くなった場合を考慮すれば -900 mV (SCE) 程度にするのが安全と考えられる。東京湾で実施した試験(土研資料第1245号)でも、試験期間中の電位が平均 -900 mV (SCE) 程度で 0.004 ~ 0.01 mm/年の腐食速度が観測された。以上の理由から、汚染海域における防食電位は -900 mV (SCE) とした。

(c) 高潮流海域における防食電位

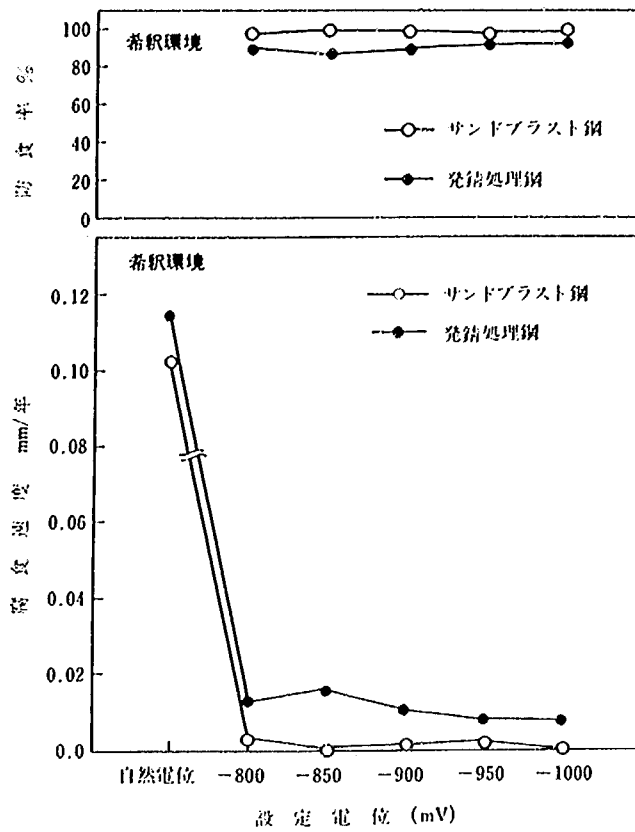
流速環境下での実験結果を図解 2.3.5、図解 2.3.6 に示す。図 2.3.5 では、流速が 0.5 ~ 8 m/s の範囲内で -800 mV (SCE) より卑な電位で 0.02 mm/Yr以下の腐食速度を示し、防食率も99%である。図解 2.3.6 では、必要な防食電位は流速により異なるが、流速が 1 ~ 4 m/s の範囲内で標準的な



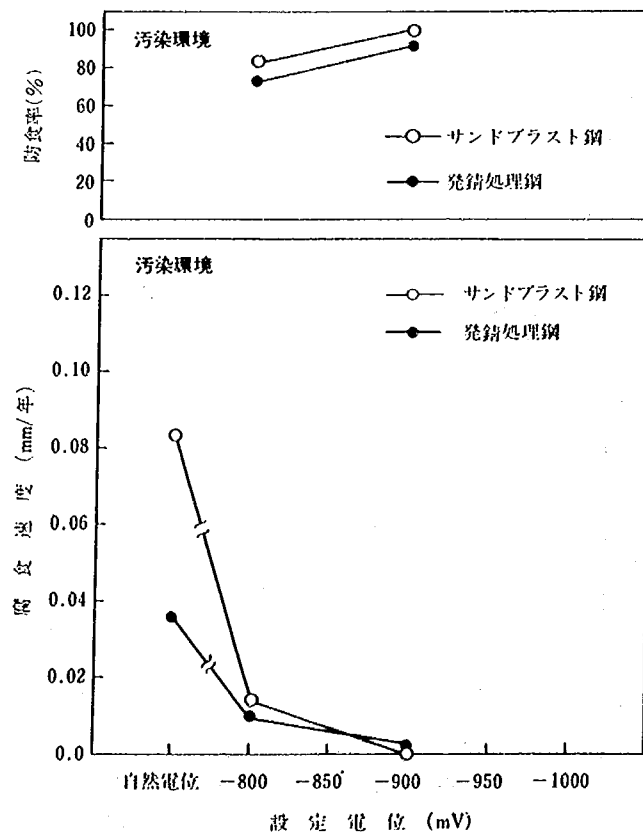
図解 2.3.1 標準環境における腐食速度と防食率



図解 2.3.2 低温環境における腐食速度と防食率



図解 2.3.3 希釈環境における腐食速度と防食率



図解 2.3.4 汚染環境における腐食速度と防食率

防食電位である -770 mV (SCE) に保持すれば98%以上の防食率が得られることがわかる。

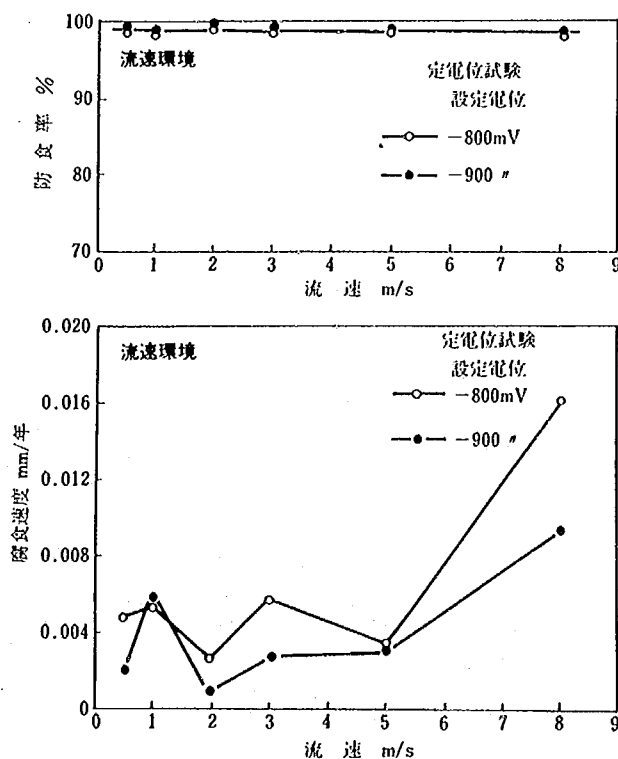
これらの実験結果から、高潮流海域における防食電位を -770 mV (SCE) とした。

(d) 塗装を併用する場合の防食電位

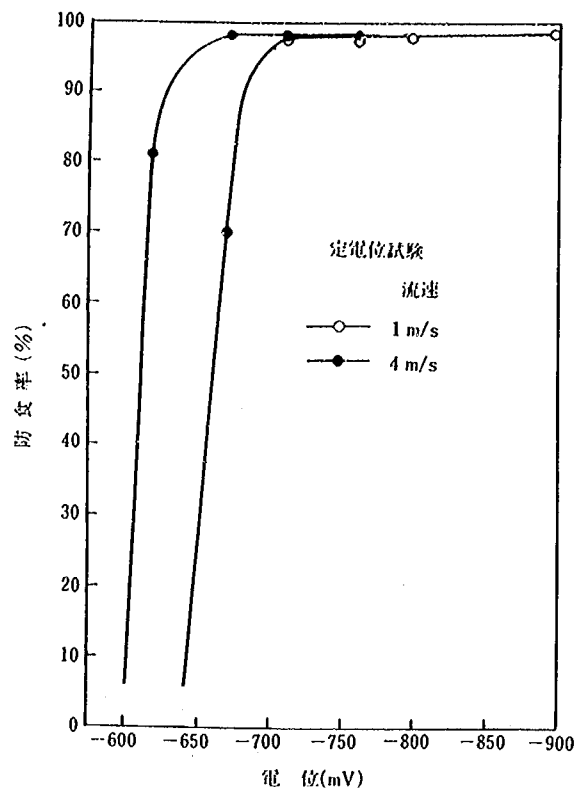
塗装鋼材に過剰な電流を流すなどの不適切な電気防食を施すと、鋼材表面が強アルカリ性を呈することにより塗膜が劣化しやすくなる。電位が -1100 mV (SCE) より卑になると、水素ガスの発生による塗膜劣化が加わり劣化が急速に進行するようになる。したがって、複合電気防食法の場合は、塗膜劣化を最小に抑えることができる防食電位に維持することと耐久性に優れた塗装系を用いることが必要である。

種々の塗料種及び塗装系について、防食電位を変えて試験を行った結果を表解 2.3.1 及び表解 2.3.2 に示す。

表解 2.3.1, 表解 2.3.2 によれば、 -900 mV (SCE) の設定電位下では耐久性の良好な塗装系が多いが、 -1500 mV (SCE) の設定電位下では、いずれの塗装系も劣化が著しく、特に、防食下地の損傷が顕著となることが明らかとなった。そこで、各種防食下地に対する適正な防食電位を選択するための試験を行ったところ、表解 2.3.3 に示したように、設定電位が -1200 mV (SCE) より卑(一)になると電流密度が急増することが認められた。これらの結果から、安全を考え、塗装を併用する場合の防食電位を $-770\text{ mV (SCE)} \sim -1100\text{ mV (SCE)}$ とした。



図解 2.3.5 各流速における腐食速度と防食率



図解 2.3.6 設定電位と防食率

表解 2.3.1 塗装鋼材の電気防食特性試験の総合評価

(1) 設定電位 -900mVの場合

塗 料 種	膜厚 (μm)	防 食 下 地	ス ク ラ ッ チ な し					合 計	ス ク ラ ッ チ あ り		
			塗 膜 外 観	電流 密度	交流 抵抗	付着性	衝撃性		塗膜 外観	電流 密度	合 計
タールエポキシ J I S 1 種 (ポリアミド)	100	なし	×	×	×	◎	○	⑩	×	×	⑩
		O-ZRP	◎	○	×	◎	○	⑧	◎	◎	④
		I-ZRP	◎	○	△	○	◎	⑧	◎	◎	④
	200	なし	○	○	×	◎	×	③	○	×	③
		O-ZRP	◎	○	△	◎	◎	⑧	◎	◎	④
		I-ZRP	◎	○	×	△	◎	⑧	◎	◎	④
	400	なし	◎	◎	◎	◎	○	④	○	◎	④
		O-ZRP	◎	◎	◎	○	○	④	◎	◎	④
		I-ZRP						③			
タールエポキシ J I S 2 種 (ポリアミド)	100	なし	△	○	×						
		O-ZRP									
		I-ZRP									
	200	なし	◎	◎	△	◎	○	⑧			
		O-ZRP	◎	◎	○	◎	○	④			
		I-ZRP	◎	◎	○	○	◎	④			
	400	なし	◎	◎	◎			④			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
タールエポキシ J I S 3 種 (ポリアミド)	100	なし	×	×	×	△	○	⑩			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
	200	なし	◎	◎	○	◎	○	④			
		O-ZRP	◎	◎	○	○	◎	④			
		I-ZRP	◎	◎	◎	○	◎	④			
	400	なし	○	○	△	◎	×	⑧			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
タールエポキシ J I S 1 種 (アミンアグクト)	100	なし	×	△	×			⑩			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
	200	なし	◎	◎	○	◎	○	④			
		O-ZRP	◎	◎	○	◎	◎	④			
		I-ZRP	◎	◎	○	△	◎	④			
	400	なし	◎	◎	◎			④			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
エポキシ (ビュアエポキシ)	200	なし	◎	◎	◎	◎	◎	④	○	○	⑧
		O-ZRP	◎	◎	◎	○	◎	④	◎	◎	④
		I-ZRP	◎	◎	○	△	◎	④	◎	◎	④
G F P (ポリエステル系)	2000	なし	◎	◎	◎	◎	◎	④	◎	◎	④
		O-ZRP	◎	◎	◎	◎	◎	④			
		I-ZRP	◎	◎	◎	○	◎	④			

注) 海水浸漬日数は次の通りである

G F P : 620日, それ以外 : 980日

表中の評価基準は次の通りである。(各試験) ◎:非常に良好, ○:良好, △:不良, ×:著しく不良
 (合 計) ④:非常に良好, ⑧:良好, ③:不良, ⑩:著しく不良

表解 2.3.2 塗装鋼材の電気防食特性試験の総合評価

(2) 設定電位-1500mVの場合

塗 料 種	膜厚 (μ m)	防 食 下 地	スクラッチなし						スクラッチあり		
			塗 膜 外 観	電流 密度	交流 抵抗	付着性	衝撃性	合 計	塗膜 外観	電流 密度	合 計
タールエポキシ J I S 1 種 (ポリアミド)	100	なし	Δ	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\odot$	$\odot$	$\textcircled{D}$	Δ	$\times$	$\textcircled{D}$
		O-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\textcircled{A}$	$\times$	$\times$	$\textcircled{D}$
		I-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\odot$	Δ	$\odot$	$\textcircled{A}$	$\times$	$\times$	$\textcircled{D}$
	200	なし	$\times$	$\times$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\odot$	$\textcircled{D}$	$\times$	$\times$	$\textcircled{D}$
		O-ZRP	$\times$	$\times$	$\times$	$\bigcirc$	$\odot$	$\textcircled{D}$	$\times$	$\times$	$\textcircled{D}$
		I-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\bigcirc$	$\odot$	$\odot$	$\textcircled{A}$	Δ	Δ	$\textcircled{C}$
	400	なし	$\odot$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\odot$	Δ	$\textcircled{D}$	$\times$	Δ	$\textcircled{D}$
		O-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$	Δ	$\textcircled{A}$	$\times$	Δ	$\textcircled{D}$
		I-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\odot$	$\textcircled{A}$	Δ	$\bigcirc$	$\textcircled{B}$
タールエポキシ J I S 2 種 (ポリアミド)	100	なし	$\times$	$\times$	$\times$			$\textcircled{D}$			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
	200	なし	Δ	$\times$	Δ	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\textcircled{C}$			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
	400	なし	$\odot$	$\odot$	$\odot$			$\textcircled{A}$			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
タールエポキシ J I S 3 種 (ポリアミド)	100	なし	$\times$	$\times$	$\times$	Δ	$\odot$	$\textcircled{D}$			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
	200	なし	$\times$	$\times$	$\times$	$\odot$	$\odot$	$\textcircled{D}$			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
	400	なし	$\times$	$\times$	$\times$	$\odot$	$\bigcirc$	$\textcircled{D}$			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
タールエポキシ J I S 1 種 (アミンアダクト)	100	なし	Δ	Δ	$\times$			$\textcircled{C}$			
		O-ZRP									
		I-ZRP									
	200	なし	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\textcircled{A}$	$\times$	$\times$	$\textcircled{D}$
		O-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\bigcirc$	$\textcircled{A}$	$\times$	$\times$	$\textcircled{D}$
		I-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\odot$	Δ	$\odot$	$\textcircled{A}$	$\times$	$\times$	$\textcircled{D}$
	400	なし	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$			$\textcircled{B}$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\textcircled{B}$
		O-ZRP									
		I-ZRP									
エポキシ (ピュアエポキシ)	200	なし	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\odot$	$\odot$	$\textcircled{B}$			
		O-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\textcircled{A}$			
		I-ZRP	$\odot$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\odot$	$\textcircled{B}$			
G F P (ポリエステル系)	2000	なし	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\bigcirc$	$\odot$	$\textcircled{A}$			
		O-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\bigcirc$	$\odot$	$\textcircled{A}$			
		I-ZRP	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\odot$	$\textcircled{A}$			

注) 海水浸漬日数は次の通りである

G F P : 620日, それ以外: 980日

表中の評価基準は次の通りである。 (各試験) $\odot$: 非常に良好, $\bigcirc$: 良好, Δ : 不良, $\times$: 著しく不良
 (合 計) $\textcircled{A}$: 非常に良好, $\textcircled{B}$: 良好, $\textcircled{C}$: 不良, $\textcircled{D}$: 著しく不良

表解 2.3.3 防食下地の適正電流選択試験結果

防食下地	亜鉛末含有量 による分類	標準膜厚 (μm)	設定電位 (mV)	耐 久 期 間									
無機ジン クリッチ ペイント	ダスト型	25	-1000	→									
			-1200	→									
			-1300	→									
			-1400	→									
	標準型	75	-1000	→									
			-1200	→									
			-1300	→									
			-1400	→									

注) 耐久期間は、電流密度が $1\text{ mA}/4\text{ cm}^2$ に達するまでの日数

2.4 防食電流密度

(1) 代表的な環境における初期防食電流密度及び定常防食電流密度は、表 2.4.1 に準拠する。

表 2.4.1 防食電流密度 (mA/m^2)

電気防食の種類		電 気 防 食		複合電気防食 (塗装併用)
環 境		初期防食電流密度	定常防食電流密度	定 常 防 食 電 流 密 度
清浄海域 (低温, 希釈 環境を含む)	海水中	100	50	左の値に塗膜のはく離率を乗じた 値
	土 中	20	10	
汚染海域	海水中	$100 \times K$	$50 \times K$	
	ヘドロ中	150	100	
	土 中	$20 \times K$	$10 \times K$	
高潮流海域	2 m/s	230	115	
	5 m/s	270	135	

備考, Kは汚染の程度に応じて1.2より1.5までの範囲とする。

〔解 説〕

(1) 防食初期における電流密度 (初期防食電流密度という) は, 土木鋼構造物が接する海水や海底土の腐食性により異なる。

すなわち, 防食電流密度は, 汚染海域では, 水温が高くなる夏期に, 大きい値が必要になるなど, 環境条件の変動の影響を大きく受ける。したがって, 1年以上の仮通電試験を行って初期防食電流密度及び防食状態の維持に必要な電流密度 (定常防食電流密度という) を求めておくことが望ましい。しかし, 仮通電試験の実施は困難な場合が多いので, 本指針では環境の腐食性調査結果に基づいて構造物が設置される環境を分類し, 環境別に定めた防食電流密度をそれぞれ適用することとした。実験結果をもとに定めた代表的な環境の防食電流密度はつぎのとおりである。

(a) 清浄海域における防食電流密度

清浄海水, 低温及び希釈海水について行った定電流試験の結果は図解 2.4.1～図解 2.4.3 に示したとおりで, 清浄海水, 低温及び希釈海水の各条件においては, サンドブラスト鋼, 発錆処理鋼ともに, 一定の電流密度以上では陰分極が進み, $-770 \text{ mV}(\text{SCE})$ の防食電位に達する。 $-770 \text{ mV}(\text{SCE})$ の防食電位に達するのに要する日数と電流密度は, 鋼材の表面状態や海水条件により多少異なるものの, 電流密度が $80 \text{ mA}/\text{m}^2$ 以上であればほぼ1ヶ月以内にいずれの場合も $-770 \text{ mV}(\text{SCE})$ に達している。したがって, 清浄, 低温及び希釈の各海水ともに初期防食電流密度は, $80 \text{ mA}/\text{m}^2$ と推定した。

電流密度は, 被防食体表面の分極の進行に伴って低減し, 定常防食電流密度を示すようになる。そこで自

然流電試験を行い、定常防食電流密度を求めた。試験結果は図解 2.4.4～図解 2.4.6 に示したとおりで、図から、試験開始初期における電流密度の低減及び分極は、挿入抵抗が小さいほど大きく、また、サンドブラスト鋼と発錆処理鋼との差は次第に小さくなりほぼ同じ定常値となることがわかる。定常となった電位と電流密度の関係は図解 2.4.7 に示したとおりで、 -770 mV (SCE) を維持するのに必要な定常防食電流密度は、表面状態や環境条件により多少異なるが、 $30\text{ mA/m}^2 \sim 40\text{ mA/m}^2$ である。これらの結果から、清浄、低温及び希釈の各海水条件における定常防食電流密度を 40 mA/m^2 と推定した。ところで、実海域においては、潮流や波浪の影響を受けるため、防食電流密度はやや大きい値となる。そこで、本指針では、実験室における値を、20%程度割増をして、初期防食電流密度を 100 mA/m^2 、定常防食電流密度を 50 mA/m^2 とした。清浄海域の海底土中における防食電流密度は、実験をしていないため、従来より用いられている初期防食電流密度 20 mA/m^2 定常防食電流密度 10 mA/m^2 をそのまま用いることとした。

(b) 汚染海域における防食電流密度

汚染海域では、ヘドロ中での防食が最も問題となる。ヘドロ中で行った定電流試験の結果は、図解 2.4.8 に示したとおりで、サンドブラスト鋼、発錆処理鋼ともに試験開始初期には陰分極が大きい、その後電位は貴方向へ変化した後はほぼ定常値を示した。鋼材の表面状態の違いによる電位の差異は小さく、 80 mA/m^2 の電流密度で約 -800 mV (SCE) 、 100 mA/m^2 で $-850 \sim 890\text{ mV (SCE)}$ 、 200 mA/m^2 で -1000 mV (SCE) である。したがって、ヘドロ中における防食電位 -900 mV (SCE) に対する初期防食電流密度は、 $100 \sim 200\text{ mA/m}^2$ であるので、その平均値をとり 150 mA/m^2 とした。

定常防食電流密度を求めるために行った自然流電試験の結果を図解 2.4.9 に示す。図から、試験開始初期には電流密度の低減及び分極が大きく、その後電流密度が増減するなどして、 -900 mV (SCE) を維持するのに必要な電流密度は、 $80\text{ mA/m}^2 \sim 100\text{ mA/m}^2$ とみなせる。これらの結果から、ヘドロの場合の定常防食電流密度を 100 mA/m^2 とした。

汚染海域の海水中での防食電流密度は、汚染度により異なるが、清浄海域と比較して大きい値になる。昭和49年から50年にかけて東京湾川崎沖で実施した定電位試験（ -890 mV (SCE) で実施）の結果は、東京湾横断道路技術調査報告書付属資料（昭和50年3月（社）日本道路協会）に示されているように、表層、中層、底層の平均は、清浄海水の1.5倍前後の値であった。また、同時期に同じ場所で行った仮通電試験の結果から求めたヘドロ中を含めた防食電流密度は、標準値（清浄海水における値 100 mA/m^2 と土中における値 20 mA/m^2 を用いて計算した）の1.43倍であった。なお、昭和49～50年当時の川崎沖における海水の水質調査結果によると、高度に汚染された状態であったと判断できるので、汚染海水における電流密度は、汚染度に応じて清浄海水における値（初期防食電流密度 100 mA/m^2 、定常防食電流密度 50 mA/m^2 ）の最高50%まで割増できることとした。

ヘドロ以外の海底土中での防食電流密度も、同様の考えから、海水の汚染度に応じて最高50%まで割増することとした。

(c) 高潮流海域における防食電流密度

清浄海水を用いて、流速を0.5, 2, 5 m/sとして定電流試験を行った結果を図解 2.4.10～図解 2.

4.11に示す。

0.5 m/sの流速では、電流密度が $200\text{mA}/\text{m}^2$ 以下では電位の分極が小さく自然電位に近い値のままであるが電流密度が $300\text{mA}/\text{m}^2$ では、17日頃より急速に分極が進み、33日以降では約 -950mV (SCE) になりほぼ安定した。2 m/sの流速の場合は、 $400\text{mA}/\text{m}^2$ 以下では55日後においても自然電位に近い値で分極は小さい。5 m/sの流速の場合も2 m/sの場合と同様な電位の経時変化を示しているが、更に分極しにくく、55日後において $700\text{mA}/\text{m}^2$ の大きな電流密度でさえ分極は小さい。これらの結果から電流密度と防食率の関係を求めたものを図解 2.4.12に示したが、高い防食率を得るための初期防食電流密度を求めてみると、0.5 m/sでは $300\text{mA}/\text{m}^2$ 、2 m/sでは $700\text{mA}/\text{m}^2$ 以上、5 m/sでは $900\text{mA}/\text{m}^2$ 以上と推定される。

また、定電位試験により求めた流速と電流密度の関係を示した図解 2.4.13より初期防食電流密度は、流速が大きいほど大きな値となり、0.5～8 m/sの流速に対しては、設定電位 -800mV (SCE) の場合に $2200\sim 5900\text{mA}/\text{m}^2$ の値を示している。電流は、経時的に低下するが、流速がない場合より変動幅が大きく、初期防食電流密度を決め難いため、やや安定状態となったときの値を求めてこれを定常防食電流密度とした。

このようにして求めた定常防食電流密度は、設定電位 -800mV (SCE) の場合に0.5～0.8 m/sの流速に対して $110\sim 290\text{mA}/\text{m}^2$ であり、高潮流海域に適用する防食電位 -770mV (SCE) の場合も大同小異と考えられる。

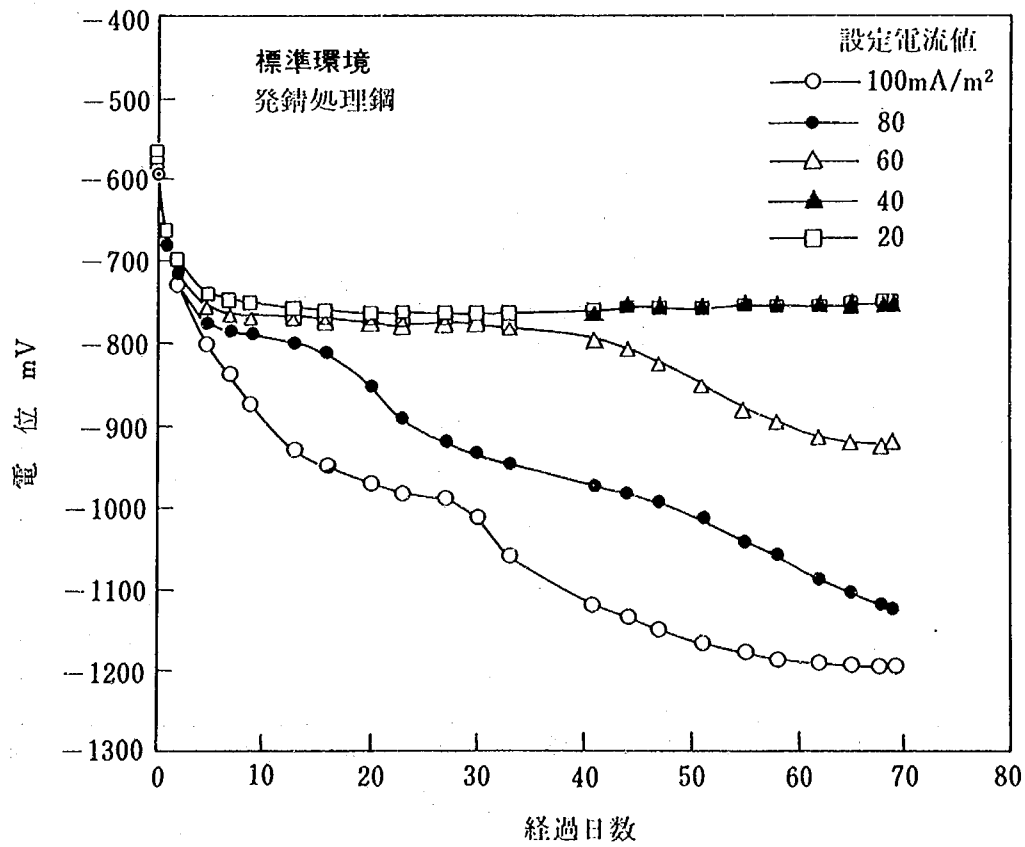
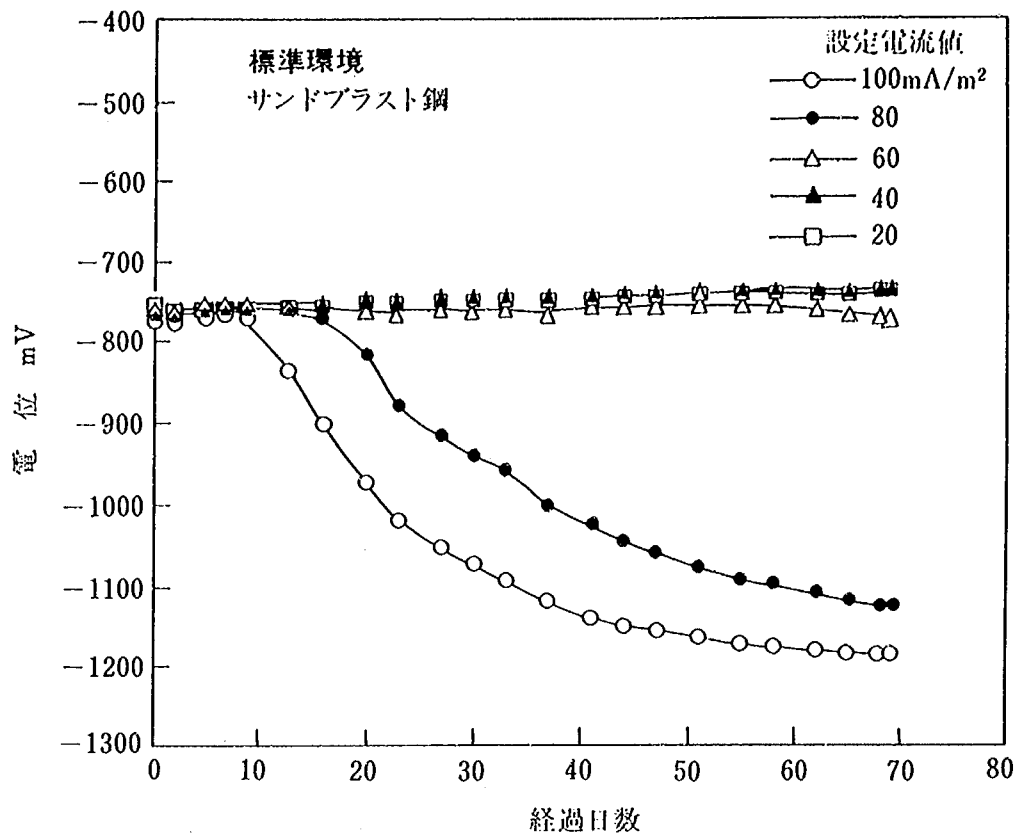
しかし、実海域では潮汐等があり、常時一定の流速条件下におかれることはないので、過去の流速条件下での試験結果を考慮し、実質の防食電流密度を図解 2.4.10より推定すると、実験により得られた値の50%程度であり、この値を実海域での定常防食電流密度と定めた。

(d) 塗装を併用した場合の防食電流密度

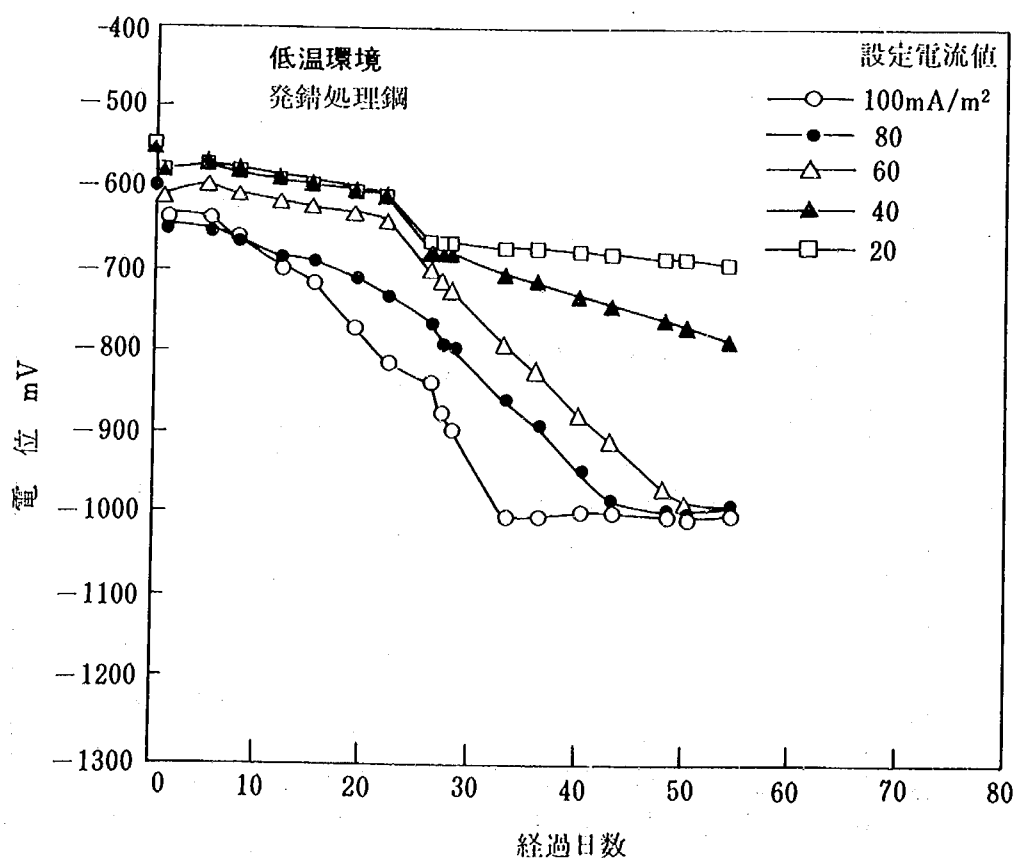
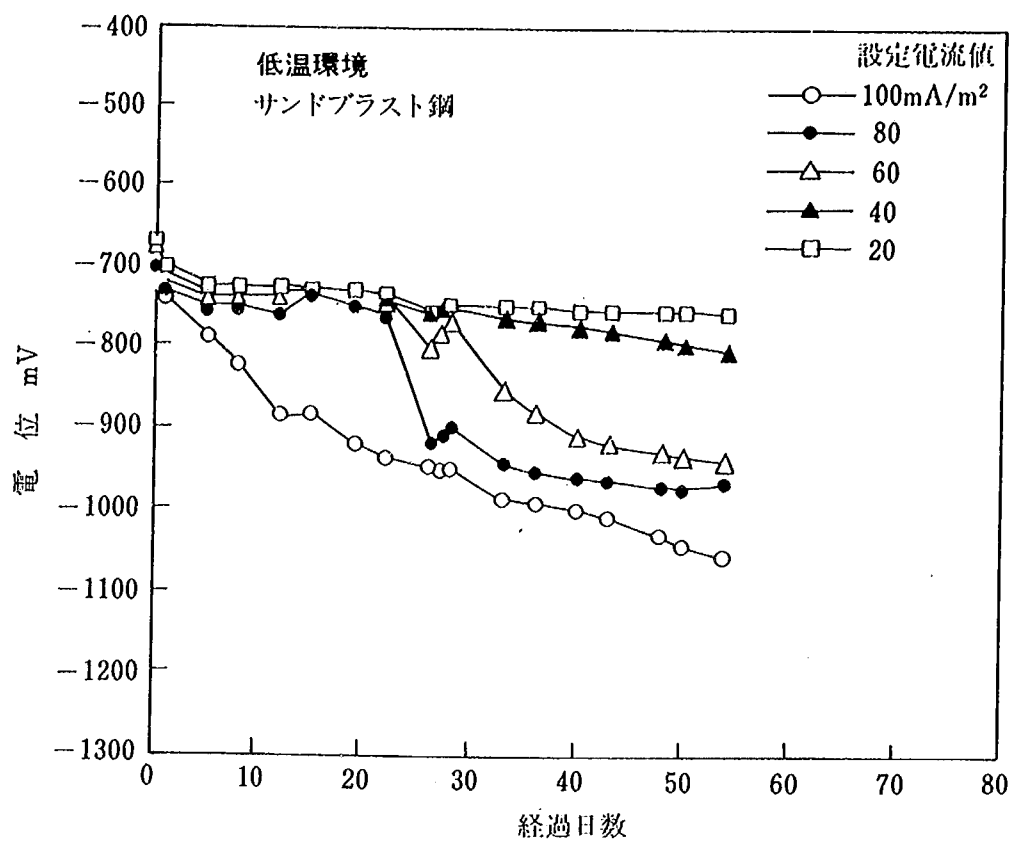
裸鋼材に電気防食を施す場合に期待されるエレクトロコーティングの生成による防食電流の低減は、初期の30～60%程度であることが知られているが、環境によっては、エレクトロコーティング効果が期待できない場合がある。その点、塗装を併用すると、エレクトロコーティングとは比較にならない防食電流の節減効果が期待できるので、海水の腐食性が大きく、大きな防食電流密度が必要になる場合に有利であり、これにより、ランニングコストや電気防食設備費を軽減できる大きな利点がある。

塗装鋼材に電気防食を行った実験結果の1部を、図解 2.4.14、図解 2.4.15に示す。タールエポキシ (JIS K 5664-1種) を塗装した場合には、1000日経過後も電流密度の増加は認められず、防食下地のない場合にも同様な結果を得ている。また、ガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料を塗装した場合も、600日経過後も防食電流の増加は認められていず、防食下地の有無及びスクラッチの有無の影響もなく、塗膜の耐久性は良好であった。

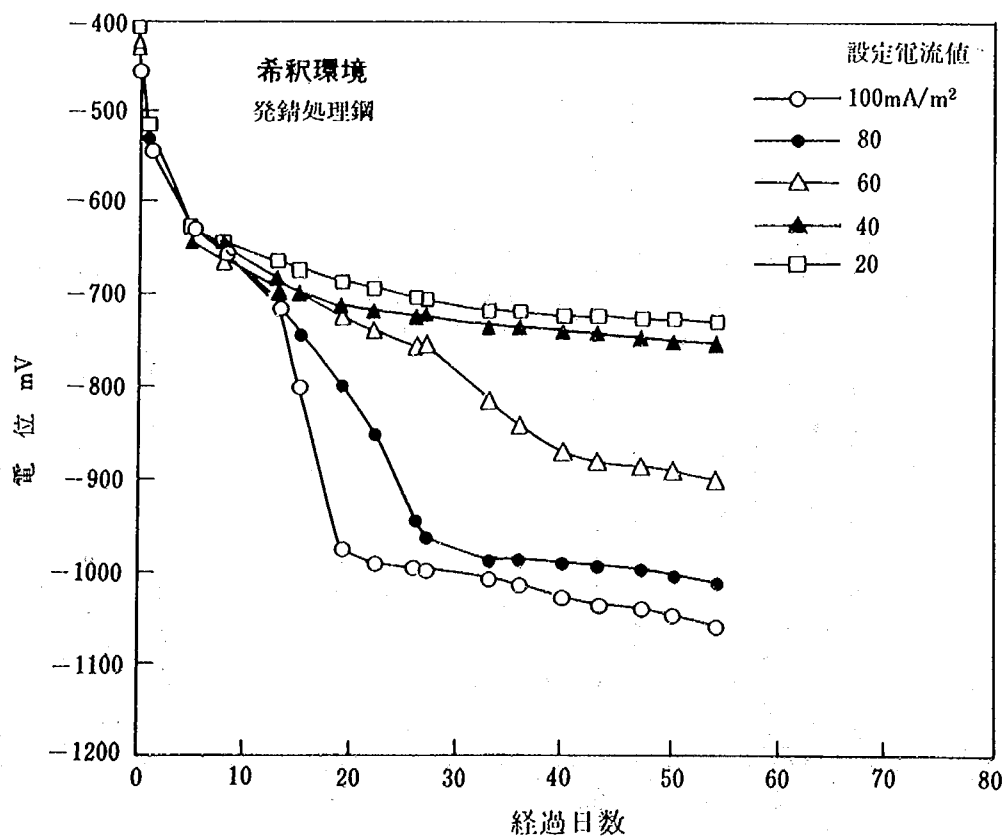
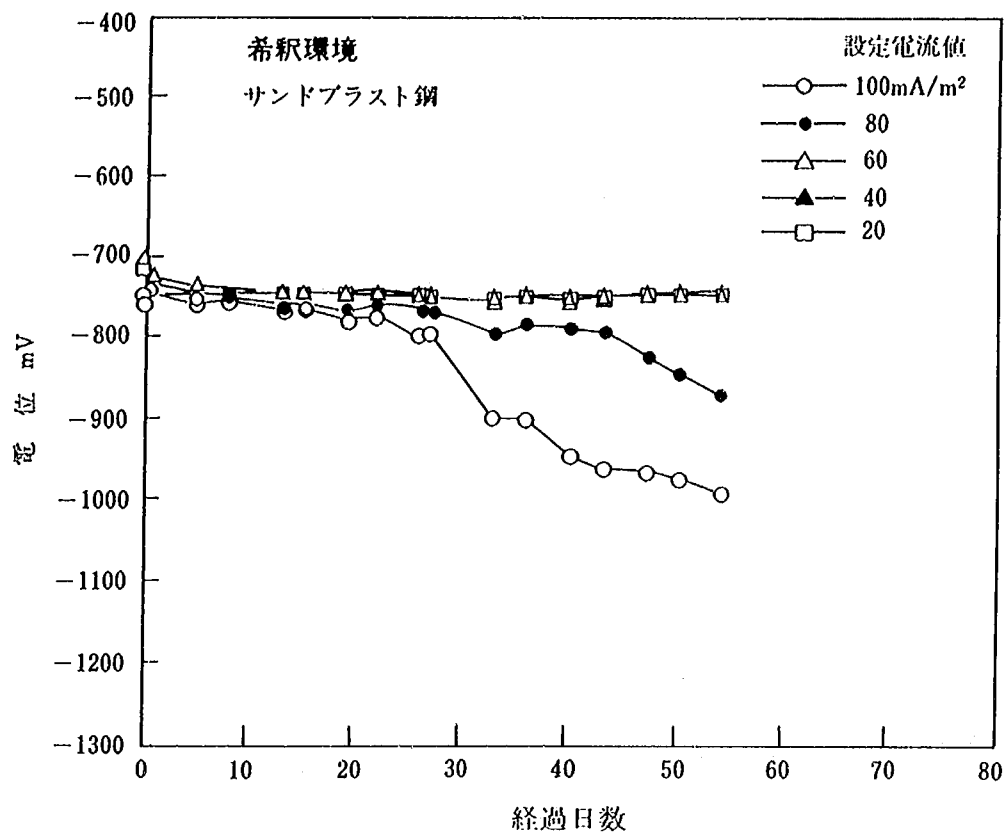
塗膜が健全であれば塗装鋼材の電気防食に必要な電流密度は、 $0.5\text{mA}/\text{m}^2$ 以下であるが、実海域の構造物では、塗膜の損傷は避けられないし、電気防食の設計上からも塗膜に欠陥なしとするのは安全性の面で問題があり、適当な塗膜はくり率を見込む必要がある。したがって、長期間における塗膜劣化も考慮して、安全のために10～25%のはくり率を見込むこととする。しかし、塗膜の損傷は部材の



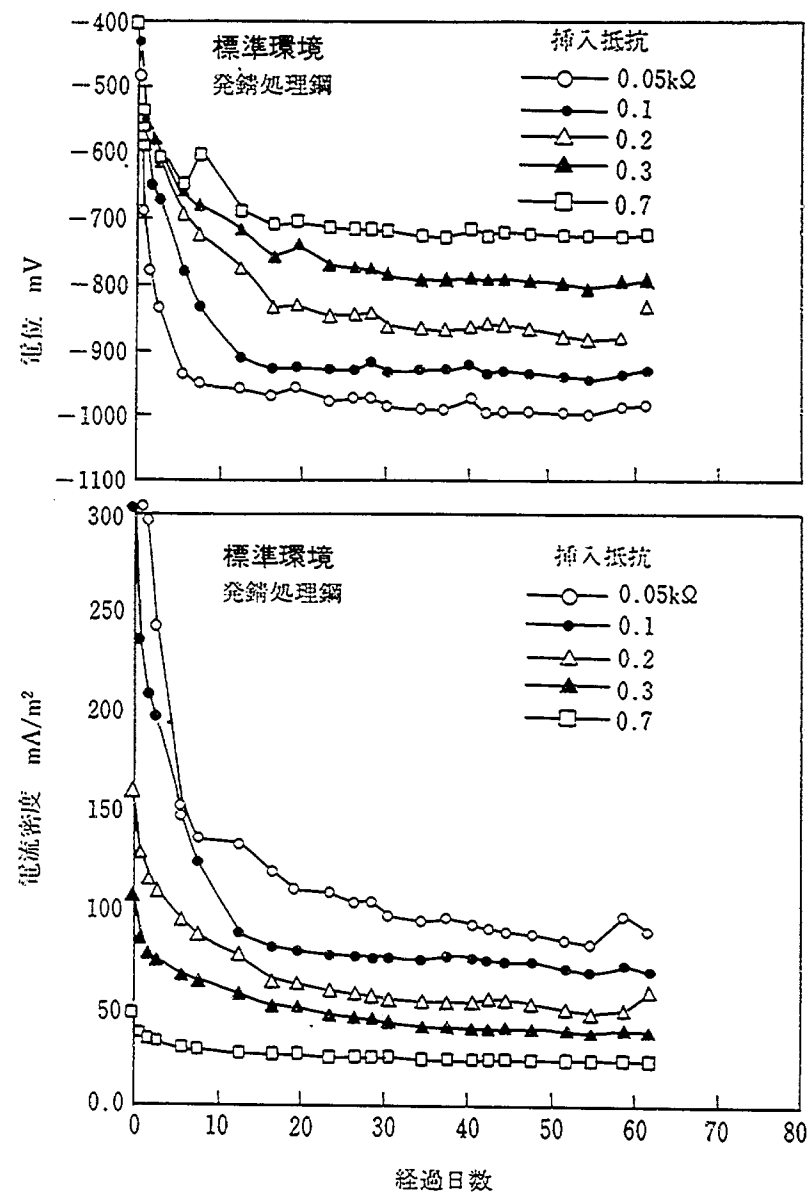
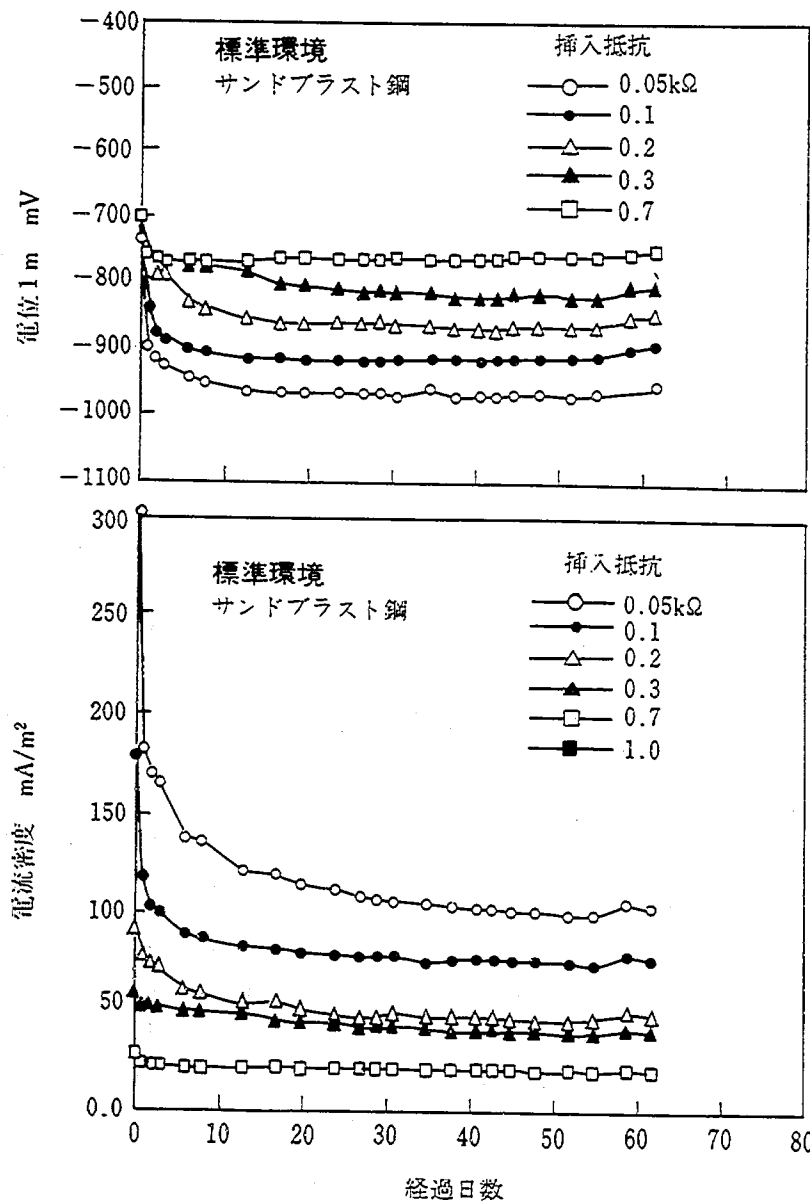
図解 2.4.1 標準環境中における電位の経時変化（定電流試験）



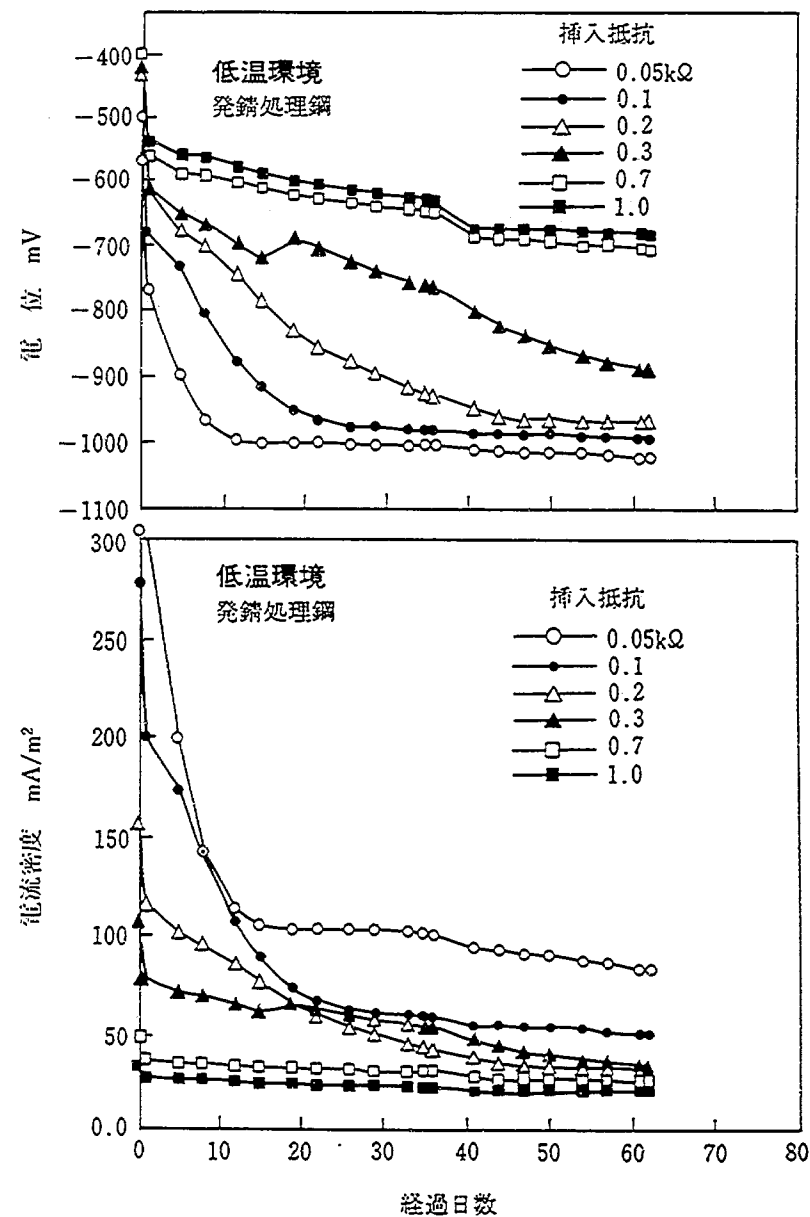
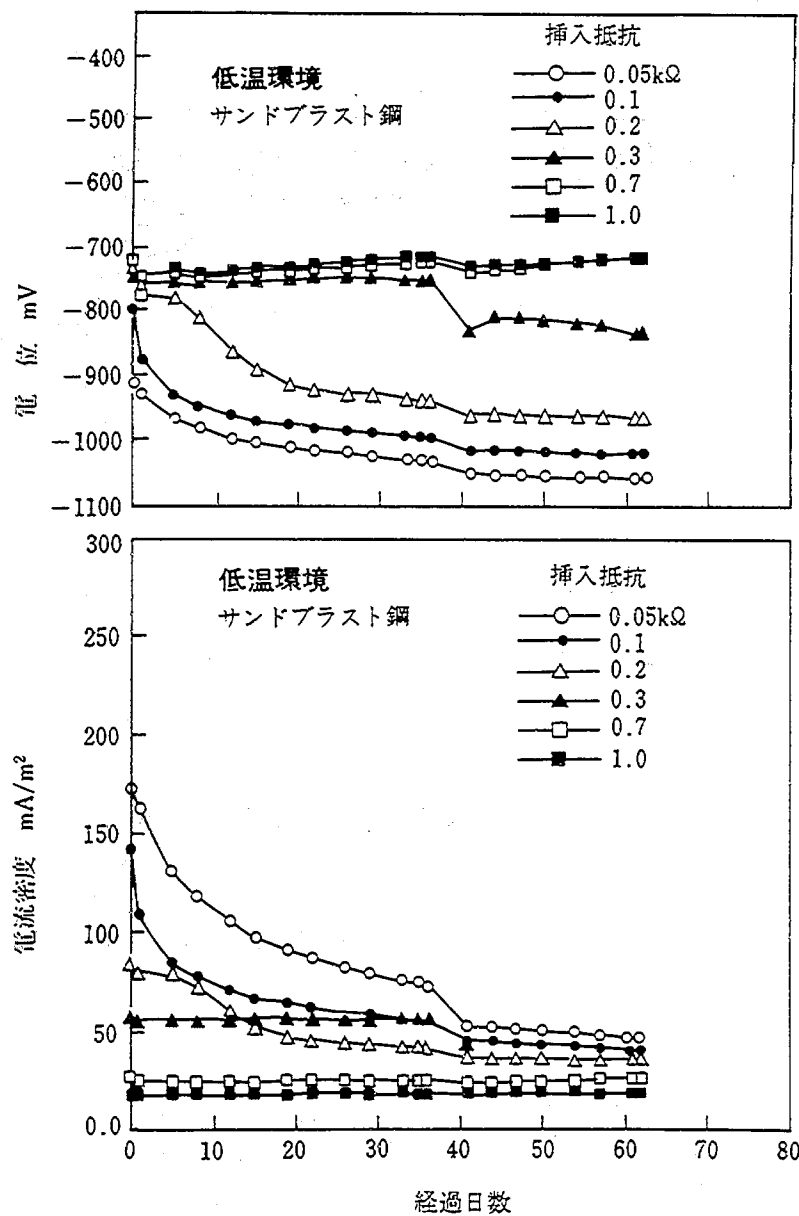
図解 2.4.2 低温環境中における電位の経時変化 (定電流試験)



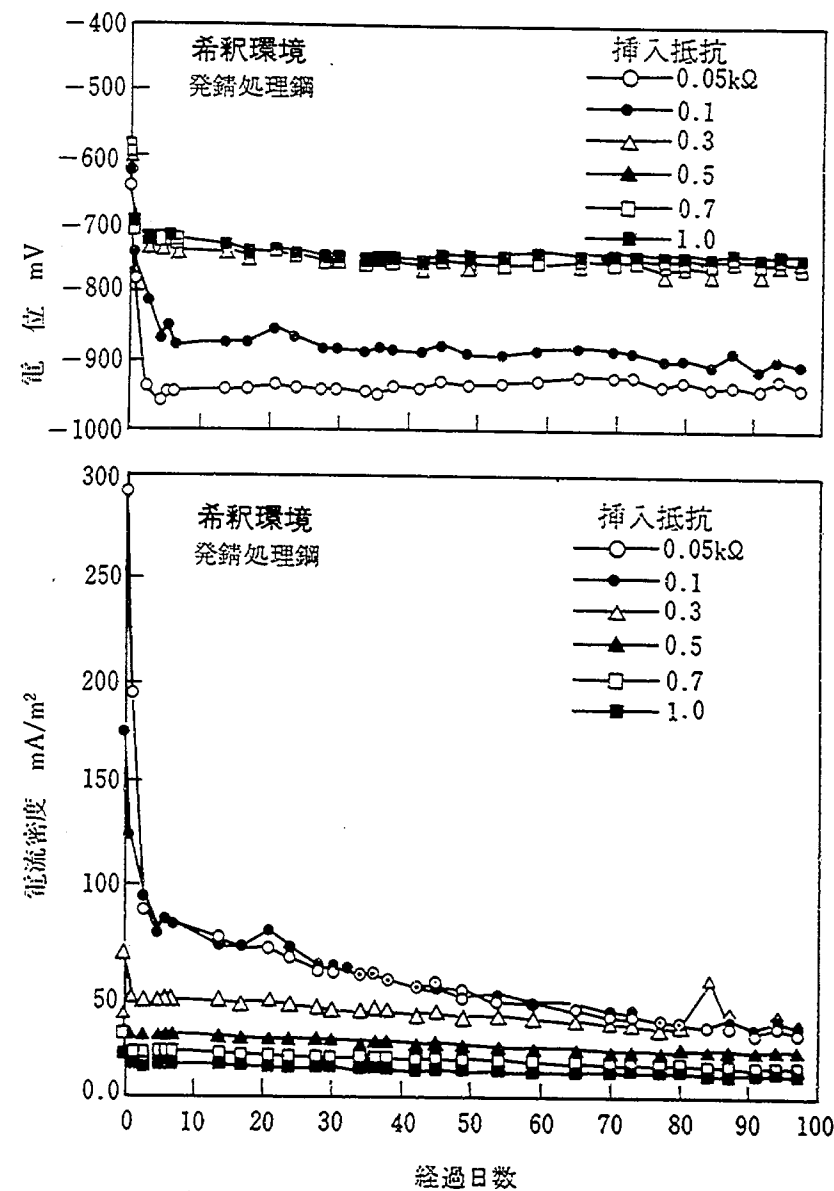
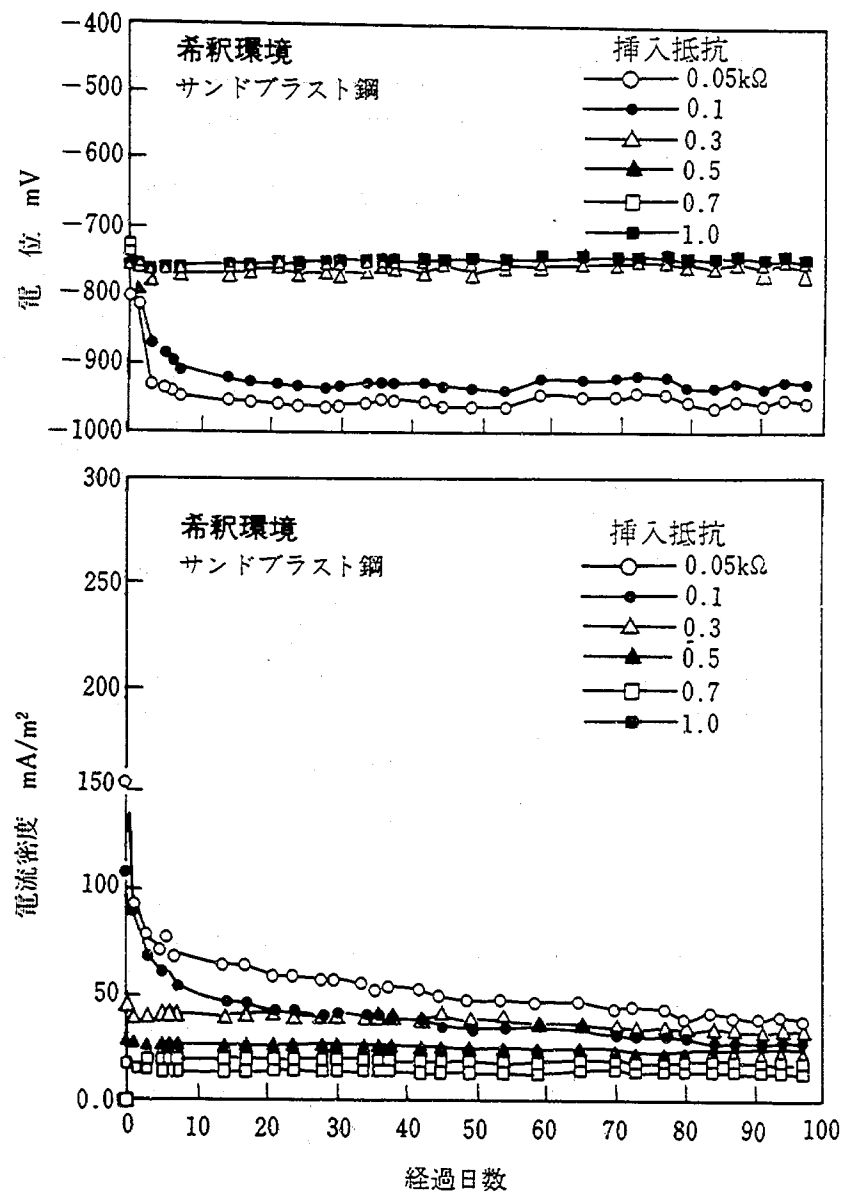
図解 2.4.3 希釈環境中における電位の経時変化（定電流試験）



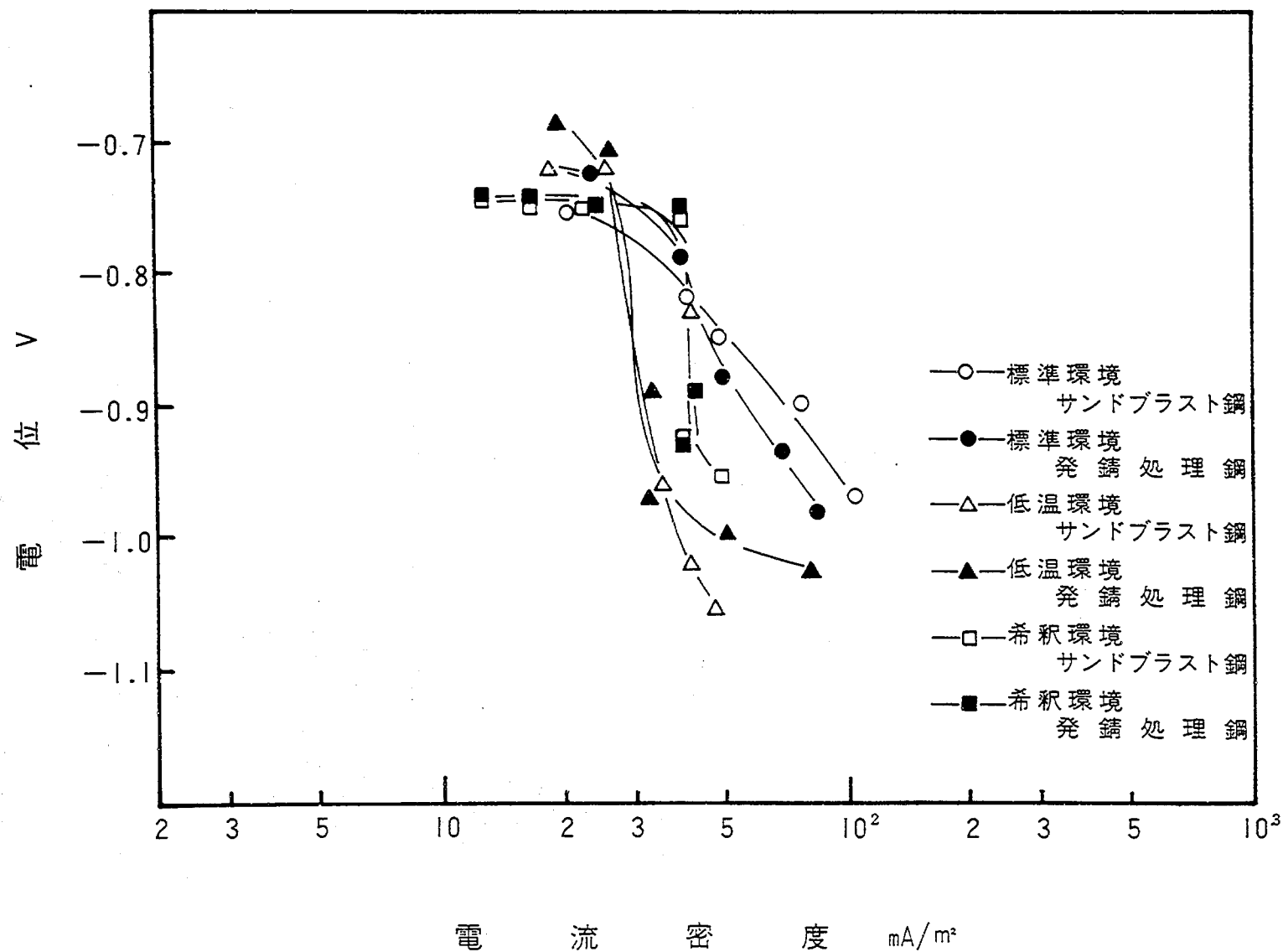
図解 2.4.4 標準環境中における電位，電流密度の経時変化（自然流電試験）



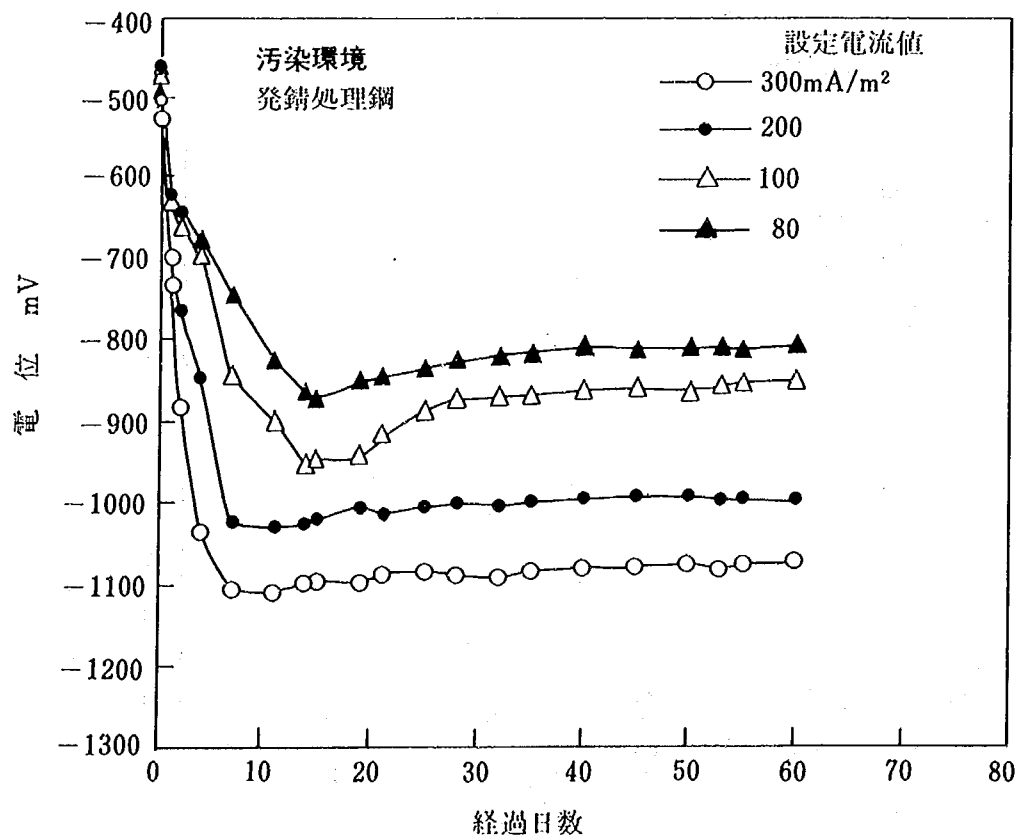
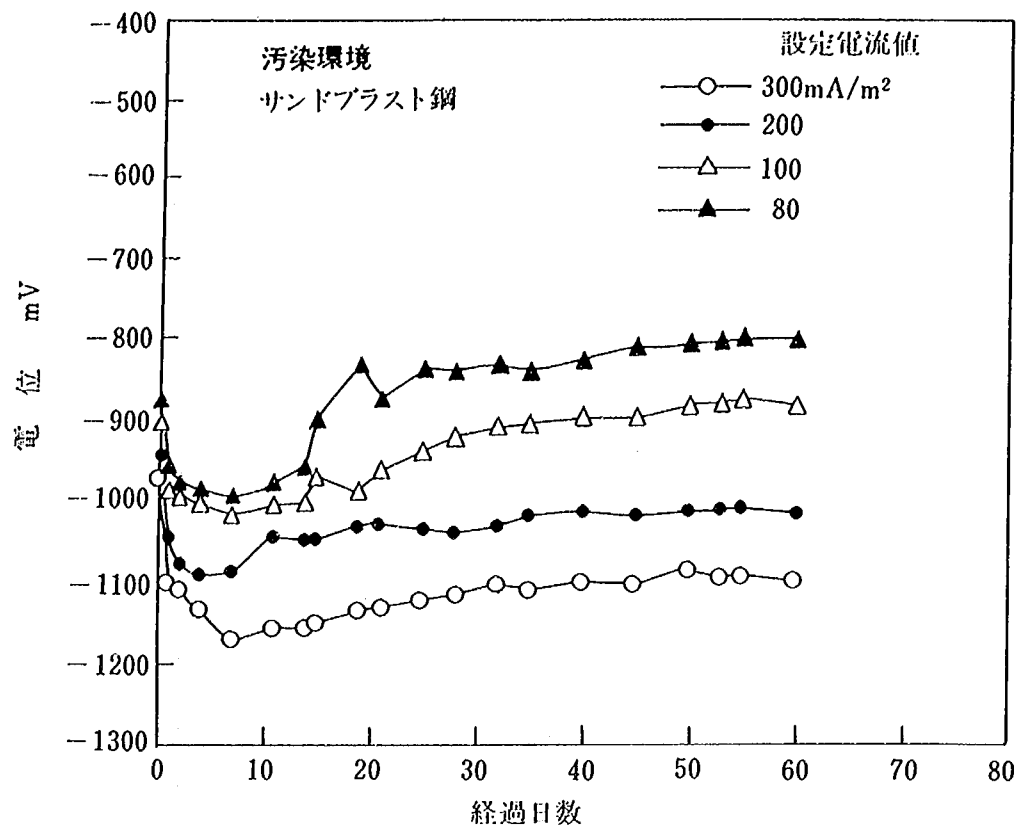
図解 2.4.5 低温環境中における電位、電流密度の経時変化（自然流電試験）



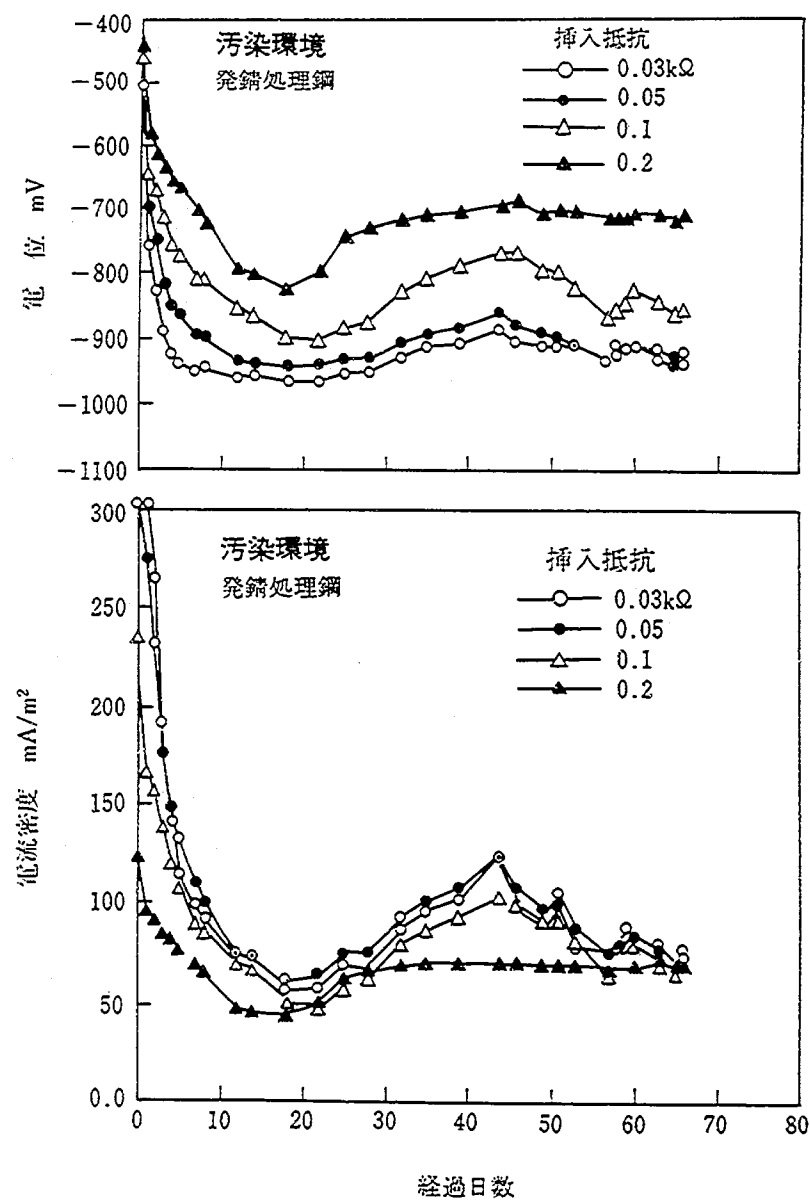
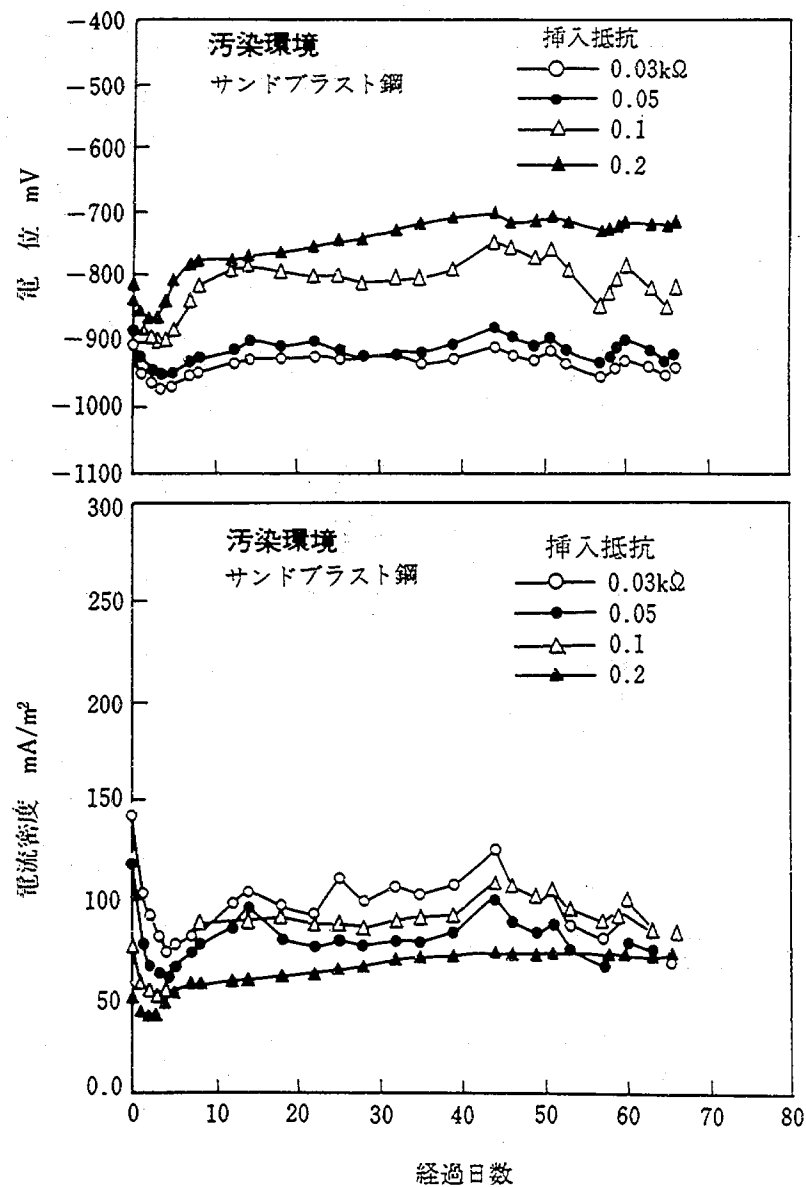
図解 2.4.6 希釈環境中における電位, 電流密度の経時変化 (自然流電試験)



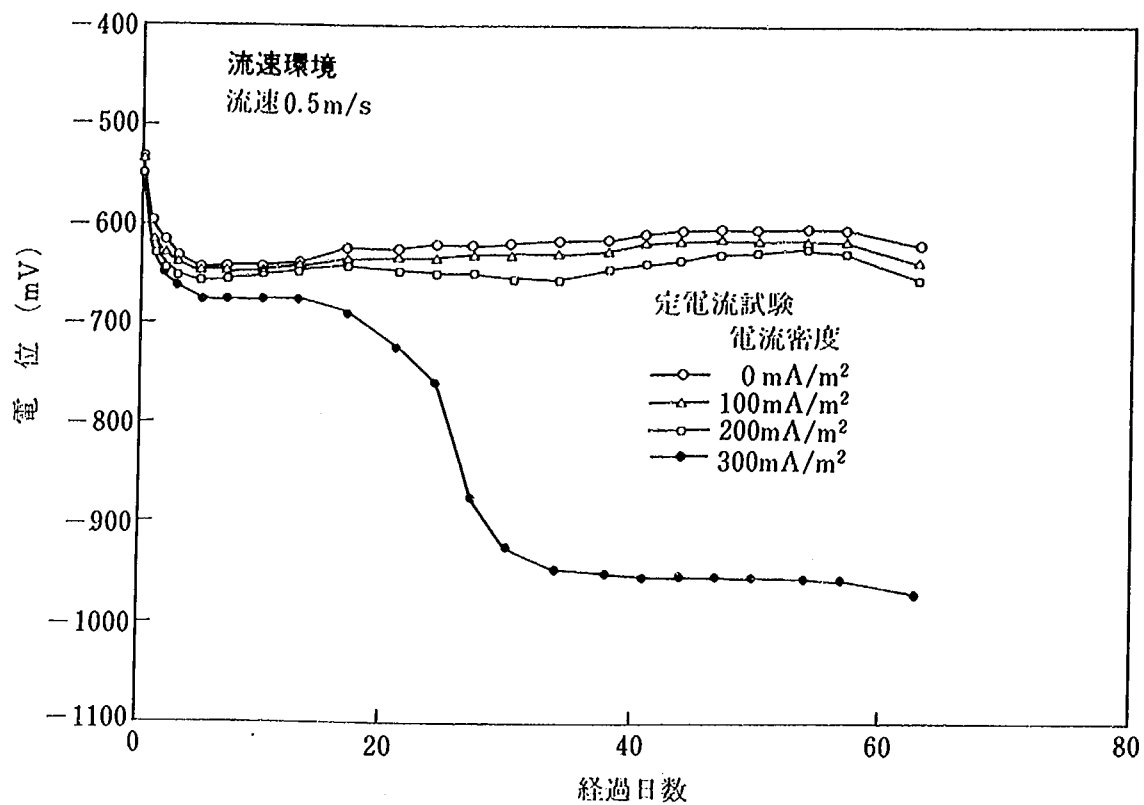
図解 2.4.7 標準、低温および希釈環境中における定常電位と定常電流密度の関係（自然流電試験）



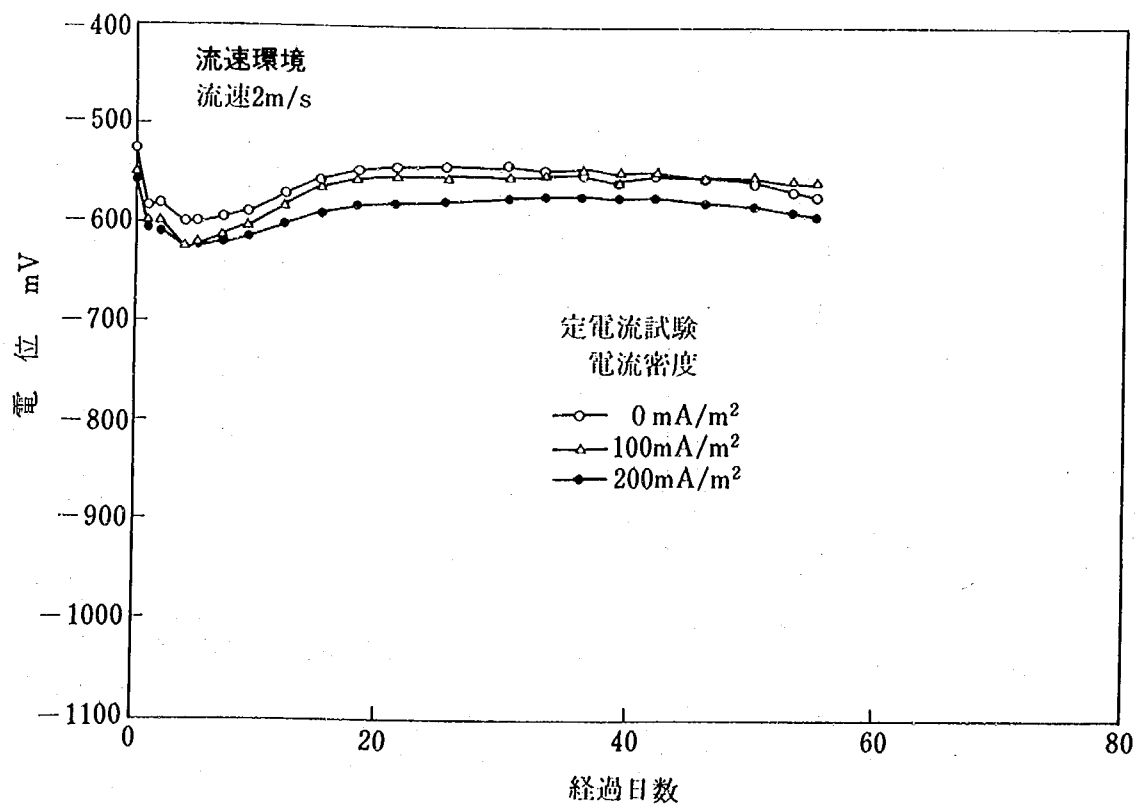
図解 2.4.8 汚染環境中における電位の経時変化 (定電流試験)



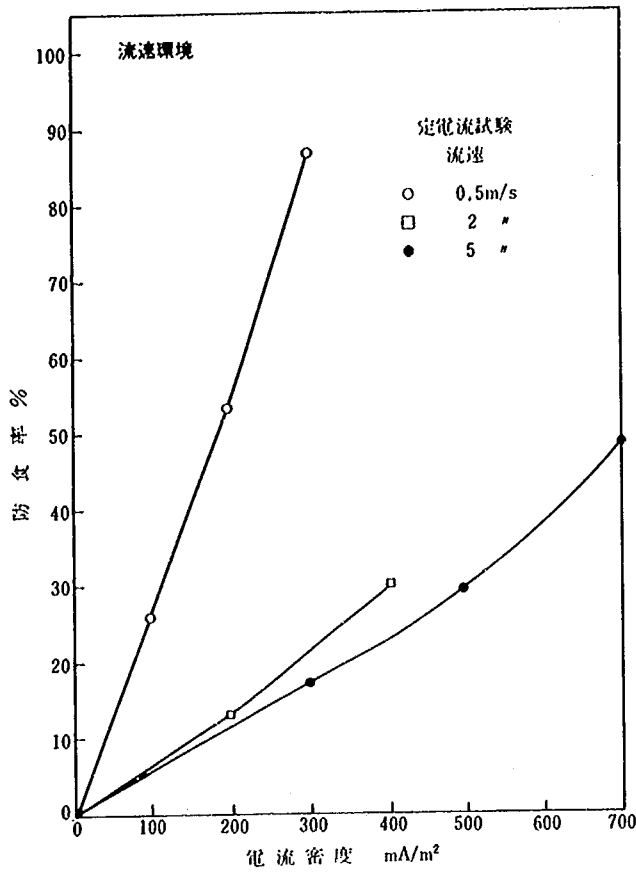
図解 2.4.9 汚染環境中における電位, 電流密度の経時変化 (自然流電試験)



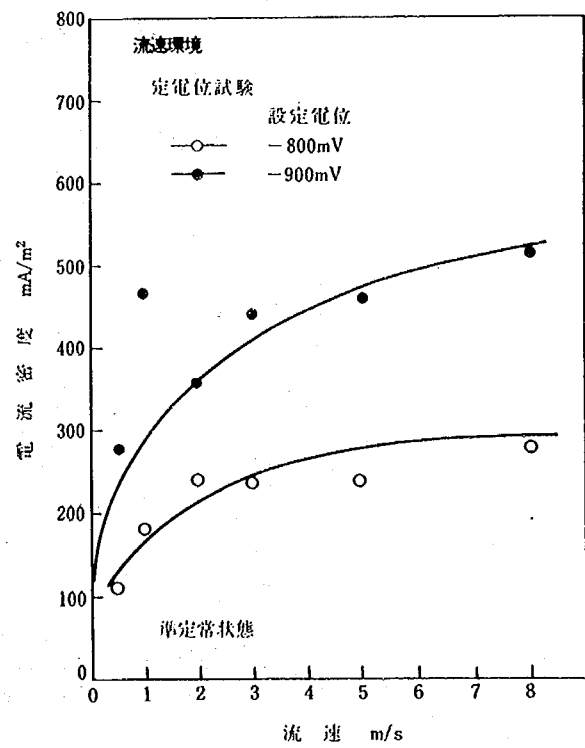
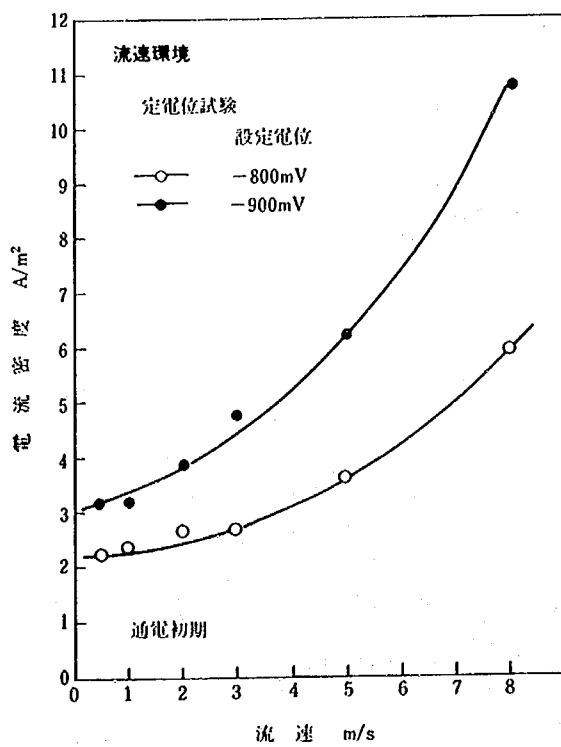
図解 2.4.10 0.5 m/sの流速における電位経時変化（並列型）



図解 2.4.11 2 m/sの流速における電位経時変化（並列型）



図解 2.4.12 電流密度と防食率（並列型）

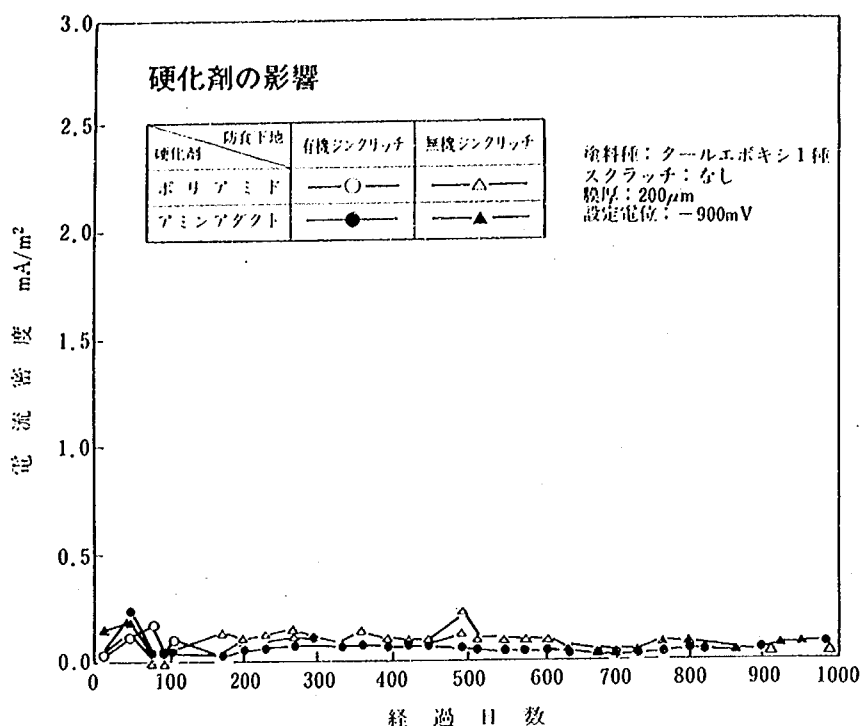


図解 2.4.13 流速と電流密度の関係（並列型）

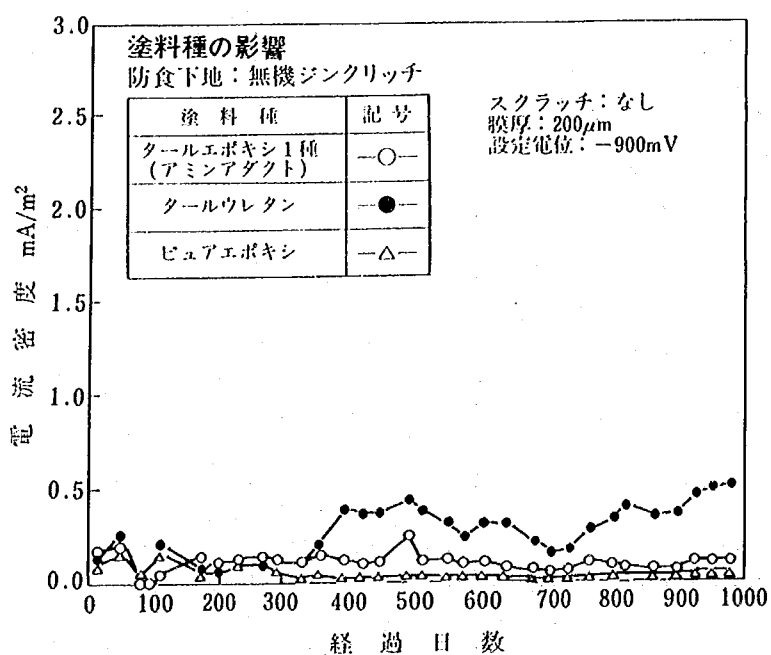
運搬及び防護手段の工夫により改善することも可能と考えられる。

以上の理由から、塗装併用の場合の防食電流密度の決定に際しては、塗膜のはくり率を推測し、各海域の防食電流密度に、はくり率を乗じた値を当該海域の定常防食電流密度とする。

例えば、清浄海域における定常防食電流密度ははくり率10%の場合で $50\text{mA}/\text{m}^2 \times 0.1 = 5\text{mA}/\text{m}^2$ 、25%の場合は $50\text{mA}/\text{m}^2 \times 0.25 = 12.5\text{mA}/\text{m}^2$ となる。



図解 2.4.14 電流密度の経時変化



図解 2.4.15 電流密度の経時変化

2.5 複合電気防食用塗装系

(1) 塗装系は、電気防食条件下で長期の耐久性を有するものの中から選定しなければならない。

(2) 電気防食との併用に適した代表的な塗装系は下記の3種類とする。

1. 厚膜型無機ジンクリッチペイント (75 μ m) + ミストコート
+ タールエポキシ樹脂塗料 (150 μ m $\times$ 2)
2. 厚膜型無機ジンクリッチペイント (75 μ m) + ミストコート
+ 厚膜型エポキシ樹脂塗料 (150 μ m $\times$ 2)
3. 厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント (75 μ m)
+ ガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料 (500 μ m $\times$ 2)

〔解 説〕

(1) 塗装と電気防食を併用する方法は、防食電流の節減と電流分布の改善に極めて有効である。しかし、電気防食条件下では、塗装鋼材の金属面が強アルカリ性を呈する等の原因により塗膜が劣化しやすいので、併用する塗装系は、これらの条件下で長期の耐久性を有するものでなければならない。

(2) 塗装鋼材の電気防食特性試験として、各種塗料について、防食下地の種類と有無、硬化剤の種類、膜厚、スクラッチの有無等の影響について行った実験結果の一部を図解 2.5.1～図解 2.5.6 に示す。

これらの結果から、(ア)厚膜型無機ジンクリッチペイントを防食下地とするタールエポキシ樹脂塗料の塗装系、(イ)厚膜型無機ジンクリッチペイントを防食下地とするエポキシ樹脂塗料の塗装系、(ウ)厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイントを防食下地とするガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料の塗装系が、電気防食との併用に適していることが明らかとなった。これらの結果を踏まえ、飛沫帯及び干満帯に適用される塗装系との関連性も考慮して、電気防食と併用する塗装系として表解 2.5.1 の塗装系を選定した。

ここに選定した塗装系は、現在市販されている塗料を対象として検討したものであるので、今後より耐久性が優れた塗料等の被覆材が開発される可能性がある。この場合は耐電気防食性が優れていることが確認された後、使用して差しつかえない。

表解 2.5.1 電気防食と併用する塗装系

工 程 \ 塗装系		I	II	III
仕 様	下 地 処 理		除錆度 * ¹ Sd 2 以上または Sh 2 以上, 表面あらさ * ² 35 Z ~ 70 Z	
	第 1 層	塗料の種類 乾燥膜厚	厚膜型無機ジンクリッチペイント * ³ 75 μm 厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント 75 μm	
	第 2 層	塗料の種類 乾燥膜厚	タールエポキシ樹脂塗料 (ミストコート)* ⁴	厚膜型エポキシ樹脂塗料 (ミストコート) ガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料 500 μm
	第 3 層	塗料の種類 乾燥膜厚	タールエポキシ樹脂塗料 150 μm	厚膜型エポキシ樹脂塗料 150 μm ガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料 500 μm
	第 4 層	塗料の種類 乾燥膜厚	タールエポキシ樹脂塗料 150 μm	厚膜型エポキシ樹脂塗料 150 μm
	合 計 膜 厚		375 μm	375 μm 1,075 μm

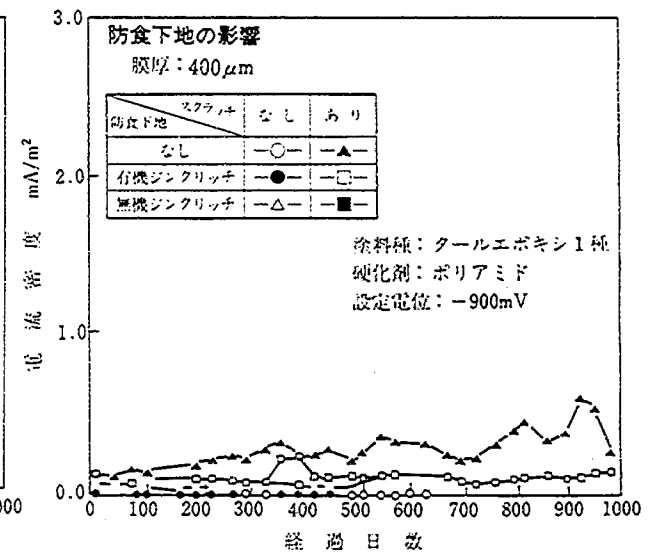
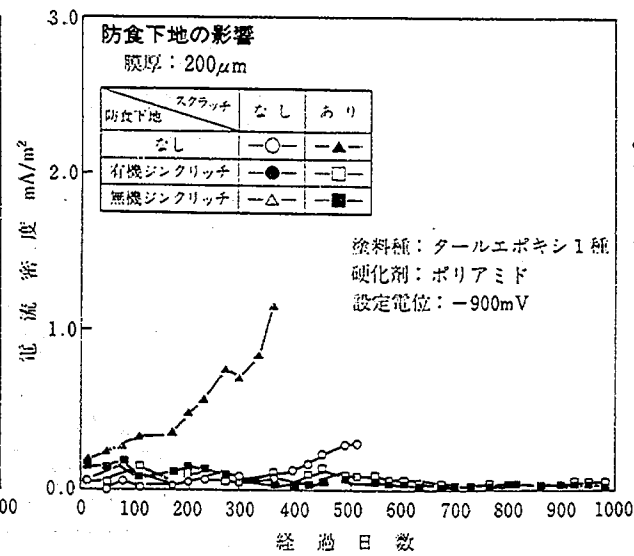
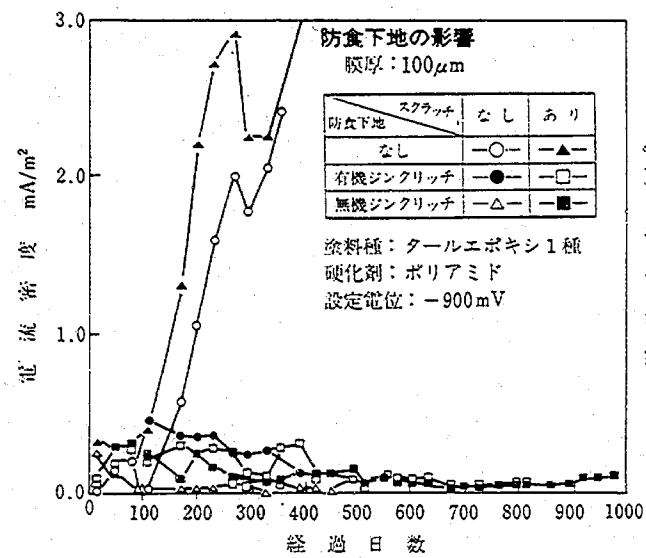
注) * 1 : 除錆度の表示は, 日本造船研究協会編「塗装前鋼材表面処理規準」による

* 2 : 表面あらさの表示は, 「JIS B 0601表面あらさ」の10点平均あらさ表示法による

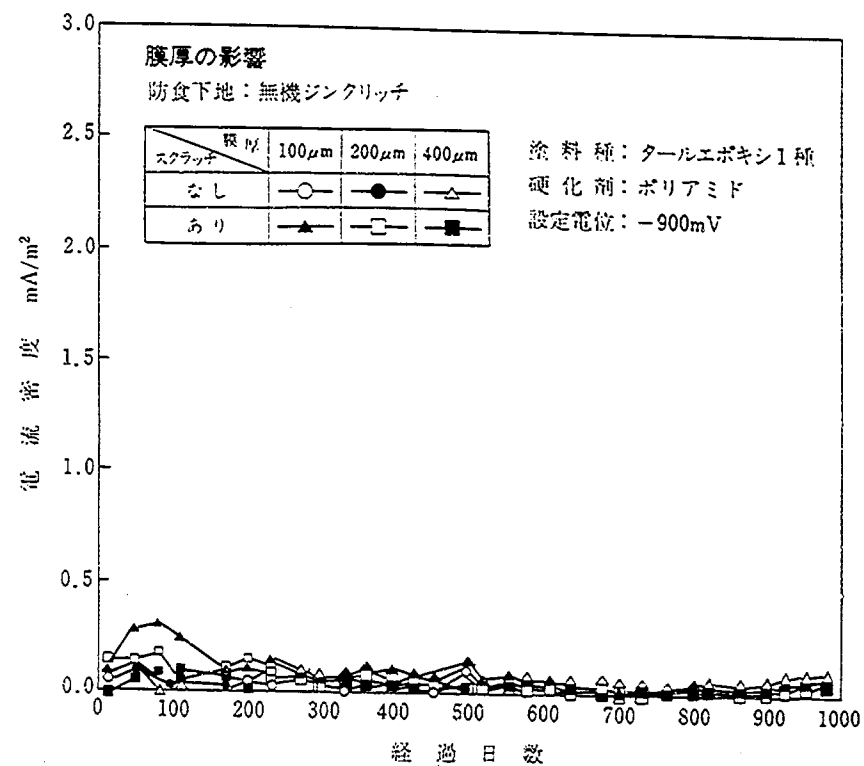
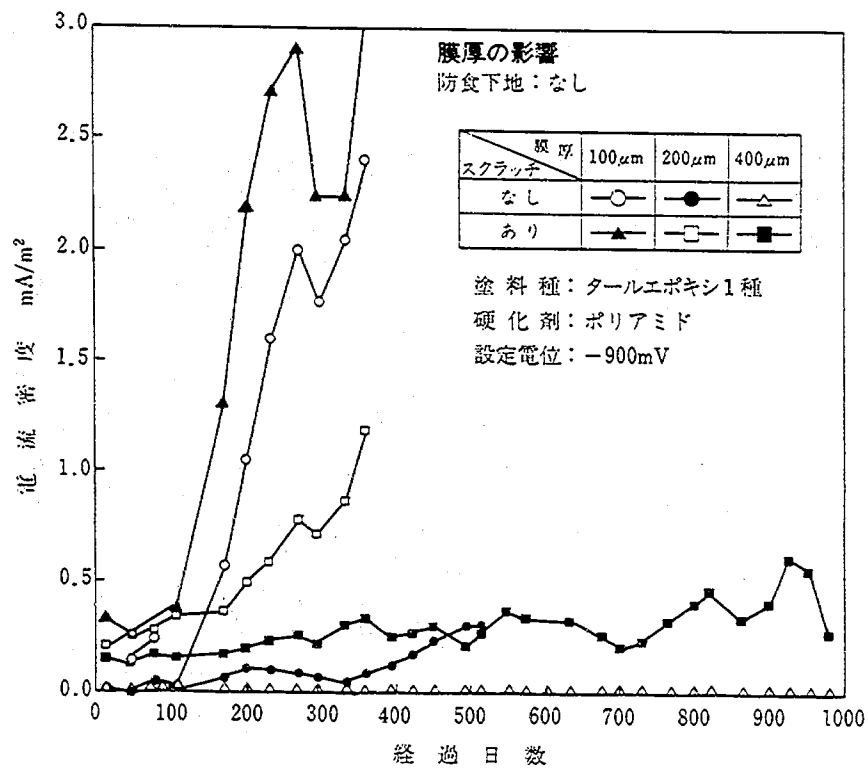
* 3 : 厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイントを用いても良い

* 4 : ミストコートは合計膜厚に算入しない

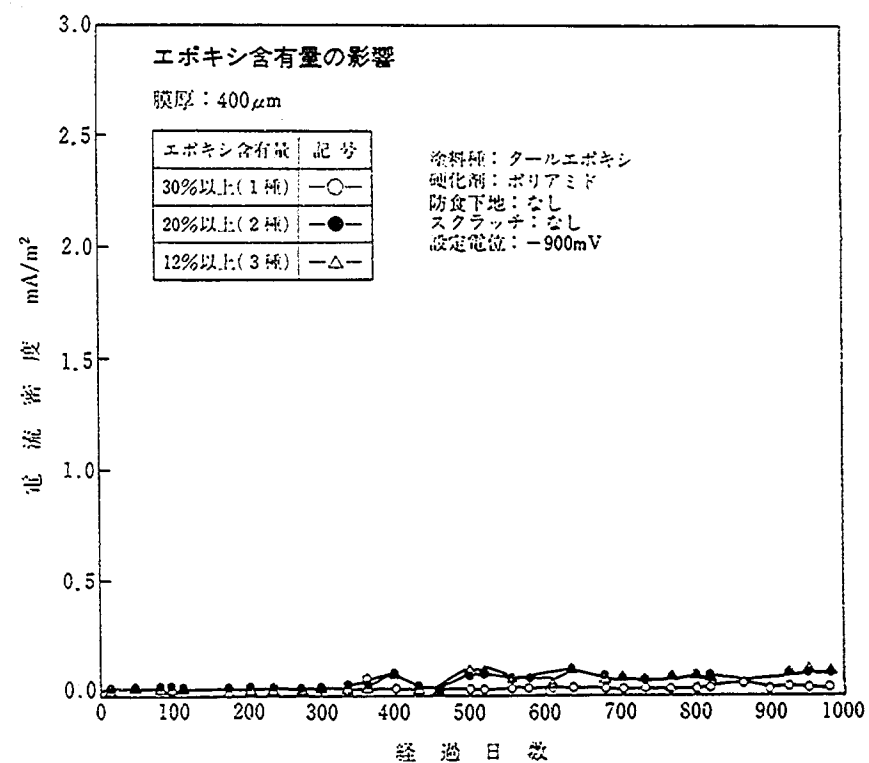
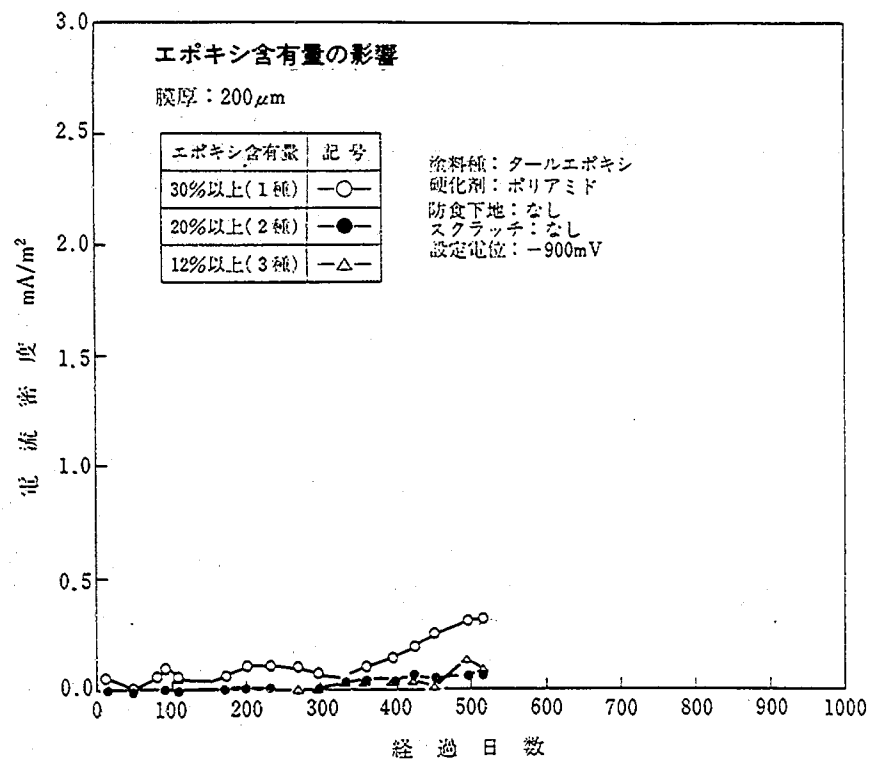
* 5 : 塗装時気温が10℃以下の場合は, タールエポキシ樹脂塗料, 厚膜型エポキシ樹脂塗料のいずれも低温型を用いる



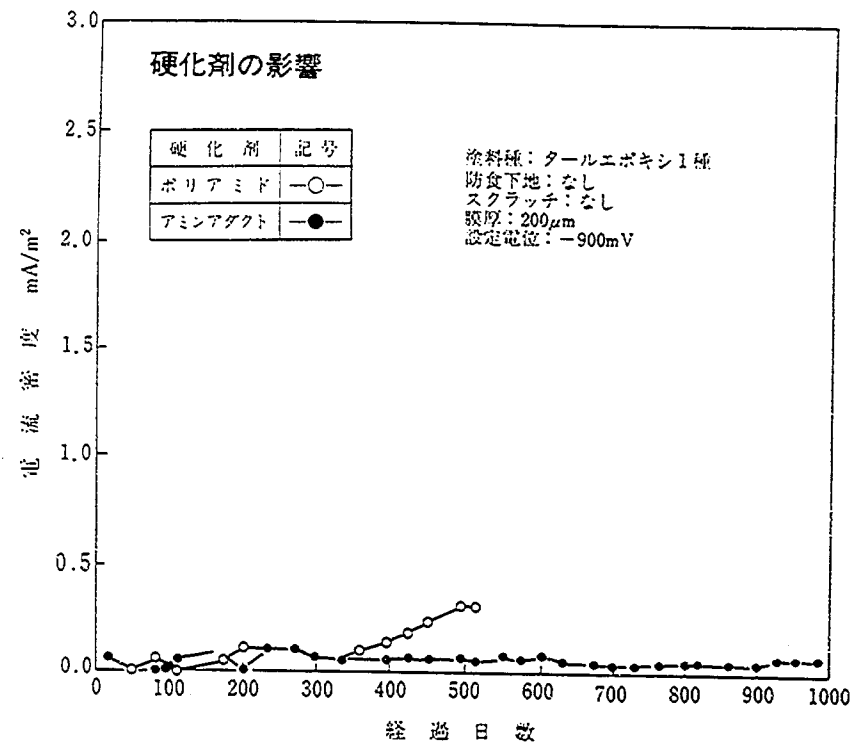
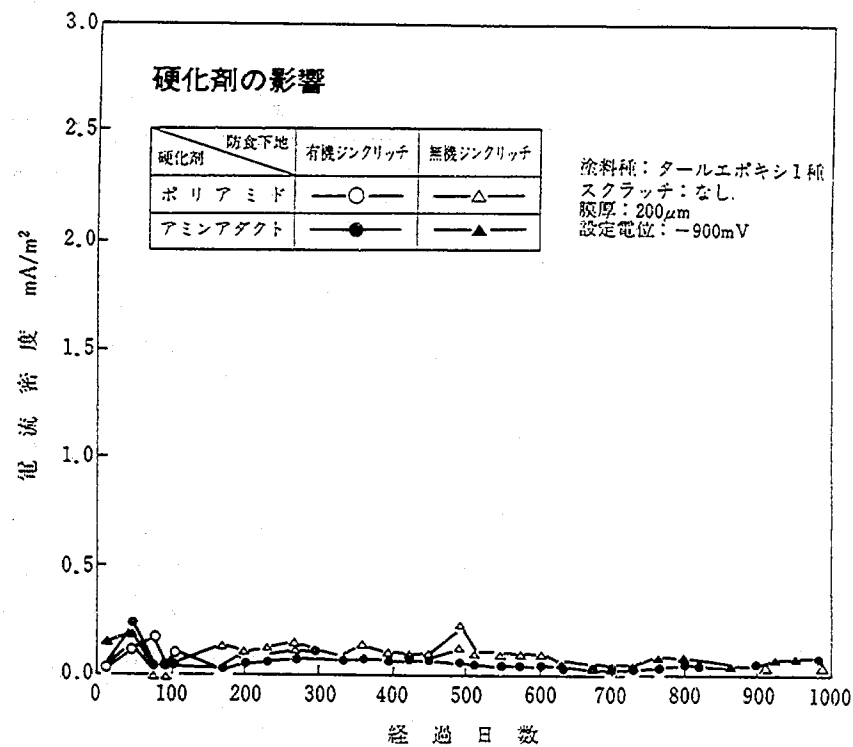
図解 2.5.1 防食下地の影響



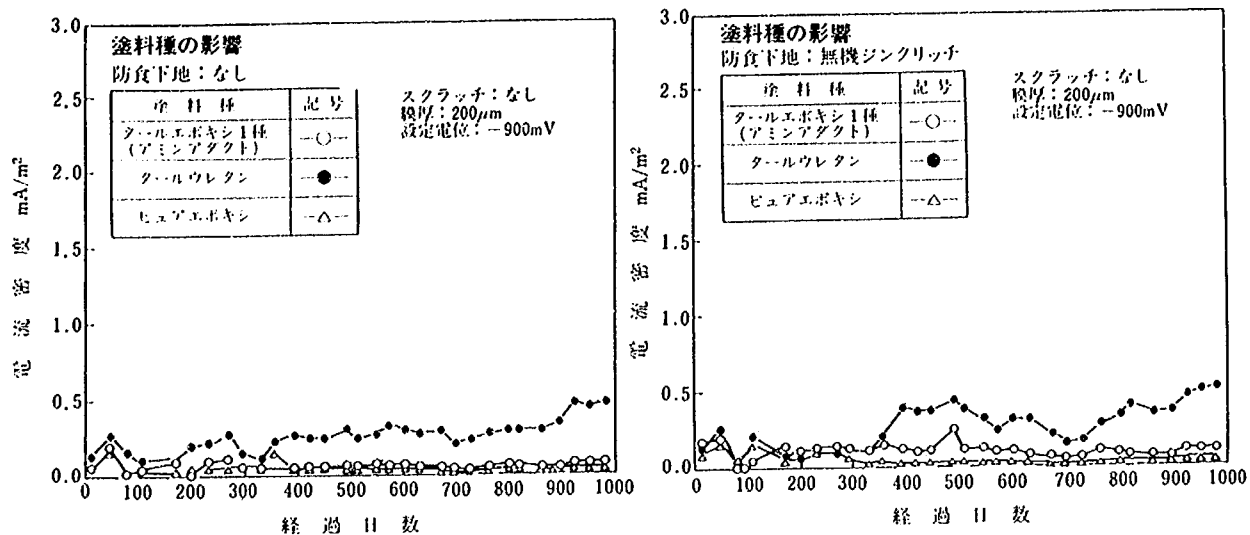
図解 2.5.2 膜厚の影響



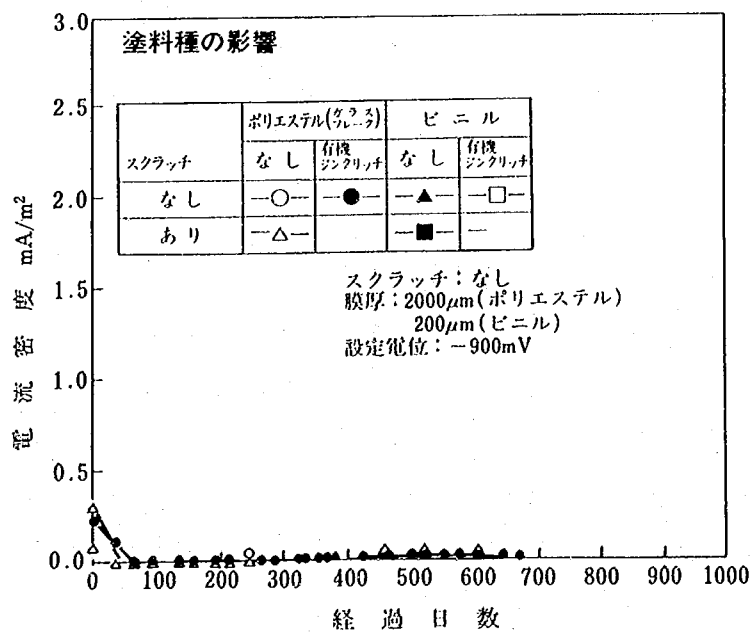
図解 2.5.3 タールエポキシ塗料中のエポキシ含有量の影響



図解 2.5.4 硬化剤の影響



図解 2.5.5 塗料種の影響（その1）



図解 2.5.6 塗料種の影響（その2）

付 録 1

陽 極 規 格

1. 陽 極

2. 陽極の種類

1. 陽 極

- (1) 電気防食用犠牲陽極には、アルミニウム合金陽極を用いる。
(2) 陽極の有効電気量は $2600 \text{ A} \cdot \text{Hr} / \text{kg}$ 以上とする。

- (1) 電気防食用犠牲陽極には、アルミニウム合金、亜鉛合金、マグネシウム合金が用いられる。
(a) アルミニウム合金陽極は、犠牲陽極のなかでも有効電気量が最も大きく、亜鉛合金陽極に比較しても約3倍あり、電流効率も高いことから海中の構造物の電気防食に適した陽極である。比重も比較的小さいため大型の陽極でも施工性がよい。

亜鉛合金陽極は、電流効率は高いが、有効電気量が少なく、また、比重も大きいので、長期寿命の陽極としては施工性に難点がある。

マグネシウム合金陽極は、被防食体との電位差が大きく、単位面積当りの発生電流が他の陽極より大きいので、淡水中や土壌中のように比抵抗の高い環境での使用に適するが、海水中では、耐用年数が著しく短くなるのと、電流効率も低いので、ほとんど使用されていない。

一般に海洋鋼構造物は、防食耐用年数が長年月となることから、陽極の性能が十分発揮できるアルミニウム合金陽極が使用される。経済性の点でも他の陽極より優れているので本規格でも、アルミニウム合金陽極を、電気防食用犠牲陽極とした。

- (2) 平均発生電流は、防食期間中、陽極より発生する平均の電流で、防食状態にある鉄と陽極の電位差、及び陽極の接水抵抗によって、オームの法則により、式(2.1)で求める。

また、陽極の接水抵抗は、海水の比抵抗、陽極形状によって、式(2.2)により求める。

$$I_m = \frac{E}{R} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$R = \frac{\rho}{2 \pi L} \left(2.3 \log \frac{4 L}{r} - 1 \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

ここに

I_m : 陽極の平均発生電流 (A)	ρ : 海水の比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
R : 陽極の接水抵抗 (Ω)	L : 陽極の長さ (cm)
E : 有効電位差 (V)	r : 陽極の等価半径 (cm)

(安定した状態での有効電位差は約0.15 V)

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots (2.4)$$

A : 陽極の断面積 (cm^2)

陽極の耐用年数は、構造物の耐用年限、構造上の許容腐食量、環境の腐食性等を考慮して決定するものとするが、陽極の有効発生電気量はすくなくとも $2600 \text{ A} \cdot \text{Hr} / \text{kg}$ を下まわってはならないものとした。

2. 陽極の種類

陽極は表に示すものの中から選択する。

アルミニウム合金陽極の種類

型 式	15-Ⅰ型	15-Ⅱ型	15-Ⅲ型	30-Ⅰ型	30-Ⅱ型	30-Ⅲ型
形 状 寸 法	(120+150)× 140×1400 mm	(120+150)× 135×1650 mm	(115+145)× 125×2200 mm	(205+245)× 225×1000 mm	(195+225)× 210×1350 mm	(180+210)× 195×1900 mm
重 量 (正味)	71.4 kg	81.1 kg	96.4 kg	137.8 kg	162.0 kg	196.6 kg
電 気 容 量	21.2 A・Yr	24.1 A・Yr	28.6 A・Yr	40.8 A・Yr	48.0 A・Yr	58.3 A・Yr
標準発生電流 ($\rho=30\Omega\text{-cm}$ の場合)	2.0 A	2.5 A	3.0 A	2.0 A	2.5 A	3.0 A
目標耐用年数	15 年	15 年	15 年	30 年	30 年	30 年

陽極の形状寸法は、必要とする陽極正味重量(W)によって決定され、正味重量は、有効発生電気量(Q)と陽極の平均発生電流(I)及び耐用年数(T)によって決定される。なお、耐用年数には5%の安全率を見込むものとする。

$$W = \frac{I_m \times T \times K}{Q} \dots\dots\dots (2.1)$$

ここに

W : 陽極正味重量 (kg)

I_m : 平均発生電流 (A)

T : 耐用年数 (Yr)

Q : 有効電気量 (A・Yr/kg)

K : 安全率 1.05

表に示した陽極は、陽極数の設計等の便宜を計るために、耐用年数を15年および30年として有効電気量等から、重量および形状を規定したものである。

付 録 2

塗 料 規 格

- D K - D B - 1 厚膜型無機ジンクリッチペイント
D K - D B - 2 厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント
D K - D B - 3 タールエポキシ樹脂塗料
D K - D B - 4 厚膜型エポキシ樹脂塗料
D K - D B - 5 ガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料

D K - D B -

土木研究所 電気防食用塗料 番号

1. 適用範囲

この規格は、厚膜型無機ジンクリッチペイントについて規定する。

備 考 厚膜型無機ジンクリッチペイントは、亜鉛末・アルキルシリケート・顔料および溶剤をおもな原料とした、1液1粉末のものである。

2. 品 質

厚膜型無機ジンクリッチペイントの品質は、表1の規定に適合しなければならない。

表1 厚膜型無機ジンクリッチペイントの品質

項 目 \ 種 類	粉	液	混 合 物
容 器 の 中 で の 状 態	微小で一様な粉末であること	かき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること	———
乾 燥 時 間	———	———	5時間以内
乾 膜 の 外 観	———	———	塗面に流れ・むら・われ・はがれがないこと
ポ ッ ト ラ イ フ	———	———	20°Cで使用できる時間が5時間以上であること
耐 衝 撃 性	———	———	500 mmの高さから500 gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で塗膜にわれおよびはがれができないこと
厚 塗 り 性	———	———	3分間隔で乾燥膜厚約65 μm で2回塗り、合計130 $\pm$ 10 μm としたとき、塗面にわれ・はがれがないこと
塩 水 噴 霧 試 験	———	———	360時間の塩水噴霧に耐えること
加 熱 残 分	———	———	70%以上
加 熱 残 分 中 の 金 属 亜 鉛	———	———	75%以上
耐 電 気 防 食 性			設定電位－1100 mV（飽和甘汞電極基準）の印加電圧を加えて食塩水〔塩化ナトリウム溶液（3 W/V%）〕中に240時間（10日間）浸しても異状がないこと

1. 適用範囲

この規格は、厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイントについて規定する。

備 考 厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイントは、亜鉛末・エポキシ樹脂・顔料・硬化剤および溶剤をおもな原料とした、2液1粉末または2液（亜鉛末を含む液と硬化剤）のものである。ただし、硬化剤にはポリアミド、アミンアダクトなどを用い、低級アミンは使用しないものとする。

2. 品 質

厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイントの品質は、表1の規定に適合しなければならない。

表1 厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイントの品質

項 目 \ 種 類	粉	液	混 合 物
容 器 の 中 で の 状 態	微小で一様な粉末であること	かき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること	——
乾 燥 時 間	——	——	6時間以内
塗 膜 の 外 観	——	——	塗面に流れ・むら・われ・はがれがないこと
ポ ッ ト ラ イ フ	——	——	20°Cで使用できる時間が5時間以上であること
耐 衝 撃 性	——	——	500 mmの高さから500gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で塗膜にわれおよびはがれができないこと
厚 塗 り 性	——	——	3分間隔で乾燥膜厚約65 μmで2回塗り、合計130 ± 10 μmとしたとき、塗面にわれ・はがれがないこと
塩 水 噴 霧 試 験	——	——	240時間の塩水噴霧に耐えること
耐 水 性	——	——	水に240時間浸しても異状がないこと
加 熱 熱 残 分	——	——	75%以上
加熱残分中の金属亜鉛	——	——	70%以上
耐 電 気 陽 食 性			設定電位－1100mV(飽和甘汞電極基準)の印加電圧を加えて食塩水(塩化ナトリウム溶液(3W/V%))中に240時間(10日間)浸しても異状がないこと

1. 適用範囲

この規格は、タールエポキシ樹脂塗料について規定する。

備考 タールエポキシ樹脂塗料は、エポキシ樹脂・コールドタール・ビチューメン・顔料・硬化剤および溶剤をおもな原料とした2液型のものである。ただし、硬化剤にはポリアマイドやアミンアダクト等を用い、低級アミンは使用しないものとする。

2. 種類

タールエポキシ樹脂塗料は、つぎの2種類に分ける。

A：タールエポキシ樹脂塗料

B：タールエポキシ樹脂塗料・低温用

3. 品質

タールエポキシ樹脂塗料は、表1の規定に適合しなければならない。

表1 タールエポキシ樹脂塗料の品質

項目 \ 種類	A	B
容器の中での状態	主剤・硬化剤ともかきまぜたとき堅いかたまりがなく一様になること	
混合性	均等に混合すること	
つぶ	40 μm 以下	
乾燥時間	16時間以内	
低温乾燥性		5℃で24時間以内
塗膜の外観	塗面をみて平らさは良好で、流れ・つぶ・しわ・むら・われ・ふくれ・あな・はがれがないこと	
ポットライフ	20℃で使用できる時間が5時間以上であること	5℃で使用できる時間が5時間以上であること
耐衝撃性	500 mmの高さから300 gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で塗膜にわれおよびはがれができないこと	
砵盤目試験	25/25であること	
耐屈曲性	7日放置したのち直径10mmの心棒で試験して折り曲げて耐えること	
塩水噴霧試験	192時間の塩水噴霧に耐えること	
混合塗料中の加熱残分	60%以上	
混合塗料中の溶剤不溶物	40%以上	30%以上
耐塩水性	設定電位-1100 mV（飽和甘汞電極基準）の印加電圧を加えて食塩水（塩化ナトリウム溶液（3W/V%））中に240時間（10日間）浸しても異状がないこと	

1. 適用範囲

この規格は、厚膜型エポキシ樹脂塗料について規定する。

備考 厚膜型エポキシ樹脂塗料は、顔料・エポキシ樹脂・硬化剤および溶剤をおもな原料とした2液型のものである。ただし、硬化剤にはポリアミド・アミンアダクト等を用い、低級アミンは使用しないものとする。

2. 種類

厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗は、つぎの2種類に分ける。

A：厚膜型エポキシ樹脂塗料

B：厚膜型エポキシ樹脂塗料・低温用

3. 品質

厚膜型エポキシ樹脂下塗の品質は、表1の規定に適合しなければならない。

表1 厚膜型エポキシ樹脂塗料の品質

項目 \ 種類	A	B
容器の中での状態	主剤・硬化剤ともかき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること	
混合性	均等に混合すること	
乾燥時間	16時間以内	
低温乾燥性	——	5℃で24時間以内
塗膜の外観	塗面を見て平らさは良好で流れ・つぶ・しわ・むら・われ・ふくれ・あな・はがれがないこと	
ポットライフ	20℃で使用できる時間が5時間以上であること	5℃で使用できる時間が5時間以上であること
耐衝撃性	300mmの高さから300gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で塗膜にわれおよびはがれができないこと	
基盤目試験	25/25であること	
耐屈曲性	7日間放置したのち直径10mmの心棒で試験して、折り曲げに耐えること	
耐揮発油性	試験用3号揮発油に48時間浸しても異状がないこと	
塩水噴霧試験	192時間の塩水噴霧に耐えること	
耐湿性	温度50±1℃、相対湿度95%以上で120時間の試験に耐えること	
混合塗料中の加熱残分	60%以上	
耐湿性	温度50±1℃、相対湿度95%以上で120時間（5日間）の試験に耐えること	
耐電気食性	設定電位-1100mV（飽和甘汞電極基準）の印加電圧を加えて食塩水（塩化ナトリウム溶液（3W/V%））中に240時間（10日間）浸しても異状がないこと	

1. 適用範囲

この規格はガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料について規定する。

2. 品 質

ガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料の品質は表1の規定に適合しなければならない。

表1 ガラスフレーク入りポリエステル樹脂塗料の品質

項 目	品 質
容器の中での状態 (主剤)	かき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること
混 合 性	均等に混合すること
作 業 性	エアレススプレーの作業に支障がないこと
乾 燥 時 間	24時間以内
塗 膜 の 外 観	見本品に比べて流れ、穴、しわの程度が大きいこと
ポ ッ ト ラ イ フ	20℃で使用できる時間が1時間以上であること
耐 衝 撃 性	500 mmの高さから300 gのおもりを落したとき、おもり衝撃で割れ及びはがれができないこと
冷 熱 繰 返 し 試 験	-20℃と80℃との冷熱の繰返しを3回行っても塗膜に異状がないこと
塩 水 噴 霧 試 験	240時間(10日間)の塩水噴霧に耐えること
耐 湿 性	温度50±1℃, 相対湿度95%以上で240時間(10日間)の試験に耐えること
耐 電 気 防 食 性	設定電位 -1100 mV (飽和甘汞電極基準)の印加電圧を加えて食塩水〔塩化ナトリウム溶液(3 W/V%)〕中に240時間(10日間)浸しても異状がないこと

電気防食設計指針(案)・同解説

I S S N 0386-5878

土研資料 1986号

昭和58年11月 (1983年)

片 脇 清 士

キーワード：橋脚, 下部工, 海洋構造物, 腐食, 電気防食, 設計指針

要 旨

土木鋼構造物の海水中および海底土中部の防食方法である
電気防食について設計指針をとりまとめたものである。



郵便はがき

下を40
さは円
いっ切
て手

305-□□

建設省土木研究所地質化学部
化学研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1986号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印