

本研究は、モーター・ボート競走公益資金
による(財)日本船舶振興会の補助金を受
けて実施したものである

第201研究部会

塗膜の耐久性評価法に関する調査研究

報告書

平成元年3月

社団法人
日本造船研究協会

はしがき

1

本報告書は、日本船舶振興会の昭和63年度補助事業として、日本造船研究協会第201研究部会において実施した「塗膜の耐久性評価法に関する調査研究」の成果をとりまとめたものである。

第201研究部会委員名簿

(敬称略、順不同)

部会長 宮嶋時三(東京商船大学名誉教授)

幹事 在田正義(船舶技術研究所)

植田健二(三菱重工業)

岡田正三(関ペマリン)

岸本衛(住友重機械工業)
(神例昭一)

楠野秀晃(日本ペイント)

柴田昭男(三菱重工業)

鈴木成男(日本船主協会)

永井欣一(広島大学名誉教授)

平井靖男(日立造船技術研究所)

広田信義(中國塗料)

三好貢

山本彰利(川崎重工業)

委員 朝倉祝治(横浜国立大学)

井上幸一(日本郵船)
(大島卓雄)

佐々木博通(海上技術安全局)

高橋 齊(カナエ塗料)

竹本 熟(日本ペイント)

谷口 誠(大阪商船三井船舶)

永野 健(昭和海運)

林邦久(尾道造船)

丸山裕規(三井金属塗料化学)

村瀬潔(東亜ペイント)
(仙波亨)

山上和政(石川島播磨重工業)

石塚鉄夫(横浜国立大学)

翁長一彦(船舶技術研究所)

神浦真帆(N K K)

久保淳(三井造船)

佐野俊一(日本油脂)

末武幸男(日本油脂)

竹本熟(日本ペイント)

日比輝美(三菱重工業)

樅山巖(関西ペイント)
(平間敏郎)

南義夫(横浜国立大学名誉教授)

山上和政(石川島播磨重工業)

板垣浩(横浜国立大学)

落合俊彦(神戸ペイント)
(武津邦雄)篠路真三(日本海事協会)
(大矢木正広)

高屋鋪尚史(出光タンカー)

田嶋弘(神東塗料)

徳永勝幸(新来島どっく)
(佐々木忠平)

長浜修(川崎重工業)

藤井敬治(山下新日本汽船)
(東攻)宮本芳文(兎田化学工業)
(鈴木昭雄)

安田征夫(川崎汽船)

横地忠五(大日本塗料)

討議田淵浩一(海上技術安全局)
参加者岡本一(三井造船)
諏訪部伝司(神東塗料)
寺嶋弘和(関西ペイント)
甲斐田忠(カナエ塗料)

岡本耕一(川崎重工業)
植田新一(東亜ペイント)
上船裕弘(日本ペイント)
池上潔(日本海事協会)
高島頭(川崎重工業)

目 次

まえがき	1
1. 防錆塗膜の耐久性に関する試験及び評価法	6
1.1 塗膜の劣化度合の判定方法の検討	6
(1) 調査の目的	6
(2) 本年度の実施項目と実施要領	6
(a) 自然海水での塗装試験板の調査	6
(b) 実船・構造物へのインピーダンス測定方法の検討	6
(c) 補足実験(劣化しつつある塗装鋼板及び 無塗装鋼板のインピーダンス計測)	7
(3) 試験結果と考察	8
(4) まとめ	15
2. 塗膜の耐久性に与える要因の検討	35
2.1 表面処理グレードと塗膜の耐久性	35
(1) 目的	35
(2) 実施内容	35
(3) 評価方法	37
(4) 飛沫部を対象とした試験	39
(5) 浸水部を対象とした試験	205
(6) まとめ	211
(a) 飛沫部を対象とした試験	211
(b) 浸水部を対象とした試験	211
2.2 変動荷重と塗膜の耐久性	249
(1) 研究の目的	249
(2) 試験方法	249
(3) 試験結果と経過状況	252
(4) まとめ	254
2.3 変動及び衝撃荷重下の塗装材の腐食疲労への影響	278
(1) 研究の目的と概要	278
(2) 試験方法	279
(3) 試験結果とその考察	284
(4) まとめ	288
3. 耐久性データの総合的判定法の検討	307
3.1 データベースの充実及び解析	307
3.1.1 目的	307
3.1.2 塗膜による防食システムにおけるデータベースの役割	307

3.1.3 データベースの充実とその効果	308
3.1.4 劣化促進試験データの扱い	309
3.1.5 データベース間の関係	309
3.2 暴露試験によるデータ収集	317
3.2.1 S R 1 8 2 塗装仕様試験片の暴露結果	317
3.2.2 S R 2 0 1 塗装仕様試験片の暴露結果	318
3.2.3 POSEIDON号での塗装仕様による試験片の暴露結果	319
4. 防汚塗膜の耐生物汚損性	398
4.1 回流水槽による溶解度因子の定量化と耐生物汚損性	398
4.1.1 目的	398
4.1.2 試験	398
4.1.3 試験結果	401
4.1.4 まとめ	406
4.2 スライム定量法の実用化の検討	430
4.2.1 研究目的	430
4.2.2 研究内容	430
4.2.3 実験方法	430
(1) 塗膜成分のアントロン法への影響調査	430
(2) アントロン法とフェノール硫酸法との比較	430
4.2.4 結果	432
(1) 塗膜成分のアントロンへの影響調査	432
(2) アントロン法とフェノール硫酸法との比較	432
4.2.5 まとめ	434
5. 文献調査	436
(1) 防汚剤の溶出機構・防汚剤関連	438
(2) 船底塗料の試験方法	439
(3) 表面粗度、汚損と摩擦係数、燃費節減	441
(4) 船底塗料関連(配合・性能)	442
4-1) 報文	442
4-2) 日本特許	445
4-3) 外国特許	450
(5) 安全衛生	451
(6) 生物関連	456
あとがき	461

まえがき

就航後の船体損傷例の大部分は構造材の腐食変耗によることが明らかにされて来ている。これは従来の塗装設計が経験ベースによるものであり、防錆塗膜の性能が十分理論的に把握された上で、設計及び就航後の管理がなされていないことに起因している。

そこで、近年、著しく進歩した分析機器及び評価手法を適用して、劣化度の実用的評価を行うと共にさらに促進法の開発により短期評価法の開発及び実環境における塗膜の劣化と促進試験による劣化の相関を考えたデータベースの作成が必要である。

また、表面処理グレード、荷重変動及び衝撃荷重（構造材の繰り返し応力等）と塗膜性能の関係も把握する必要がある。

さらに、船舶・海洋の塗装系でもう一つの重要な性能は、船舶運行の燃料経済における耐生物汚損性であり、このため、生物汚損の定量的把握と長期性能評価法の確立が必要である。本研究は表1の研究計画フローチャートに基づき、昭和60年度から5ヶ年計画で実施されている。

昭和63年度（4年度研究）において実施した研究項目とその概要は以下の通りである。

(1) 防錆塗膜の耐久性に関する

試験及び評価法

① 塗膜の劣化度合の判定方法の検討

- ・供試材として初年度に自然海水浸漬を実施したタールエポキシ塗料と厚膜型塩化ゴム塗料の2種の塗装試験板について、外観、付着力、Cl⁻浸透深さ、交流インピーダンス法、カレントインタラップ法等の評価方法により調査・検討した。
- ・また、実船・構造物をインピーダンス法で、計測するときのノイズ対策、自動感度調整機能付き低周波発振型インピーダンス計の試作及び劣化しつつある塗装鋼板の等価回路モデルについて、検討した。

(2) 防錆塗膜の耐久性に与える要因の検討

① 表面処理グレードと塗膜の耐久性

- ・表面処理グレード10種と防食塗料3種を組み合わせた塗装試験片を用い、初年度に天然試験（海浜飛沫帯暴露と海水浸漬）、61年度にタールエポキシ塗料、62年度にエポキシ塗料、本年度に厚膜型塩化ゴム塗料を対象とした促進試験を開始した。これらについて定期的な塗膜外観観察や付着力および電気的特性を測定し、表面処理グレードと塗膜耐久性との関連を検討した。

② 変動荷重と塗膜の耐久性

- ・5種類の防食仕様塗膜に対し、次項の条件下で、変動荷重（曲げ荷重：±20kgf/mm²、速度：10cpm）の影響について調査した。

① 大気露団気中での紫外線照射条件下 [16箇月, 6.7×10^6 回]

② 低温(4 ~ 6°C)の人工海水条件下 [13箇月, 5.5×10^6 回]

③ 常温人工海水中で、流電陽極法による電気防食併用下

[15箇月, 6.3×10^6 回]

④ 変動及び衝撃荷重下の塗膜の腐食疲労への影響

・タールエポキシ系を施した塗装材について、30°C人工海水中で腐食疲労試験を実施し、その寿命分布形状の推定を行なった。また、変動荷重を受ける塗装材塗膜の交流インピーダンス計測を採用マイクロコンピュータシステムで連続的に行ない、塗膜の耐久性との関連性について検討した。

(3) 防錆塗膜の耐久性データの総合的判定法の検討

・SR182, SR201で使用された試料を含む各種の防食仕様について、実海域2ヶ所、大気中1ヶ所の暴露試験を続行した。所定の暴露期間を過ぎた試験片を回収し劣化データを収集し、従来のデータと比較した。塗膜による防食の信頼性を向上させるシステムについて検討し、このシステム中での各種データベースの役割を定めた。

(4) 防汚塗膜の耐生物汚損性

① 塗膜表面に付着したスライムの定量的方法の研究

・アントロン法による糖質量の定量においてスライム採取時に混入する塗膜成分により誤差を生じることが解った。このため、今年度は塗膜のどの成分による影響かを濃度既知溶液に添加することにより調査した。また、糖質量の定量法についても一部検討を行なった。

② 回流水槽による溶解度因子の定量化と耐生物汚損性

・自己研磨形防汚塗膜について、前年度から継続して流速・水温・稼動率などの試験条件、回流水槽と大形ローターの塗膜消耗劣化比較、消耗劣化塗膜の耐生物汚損性等に関する試験および実船試験を実施した。

(5) 文献調査

・スライムの定量法・耐生物汚損及び船底塗料に関する文献140編と本1冊を収集し、その抄録を作成した。

なお、表2、表3は本研究計画の立案時に取り決めた塗装試験板の塗装仕様と各研究項目に共通な表面処理グレード、塗料及び浸漬試験条件を参考のために再度示した。

表1 鋼膜の耐久性評価に関する調査研究 (SR201)
研究計画フローチャート

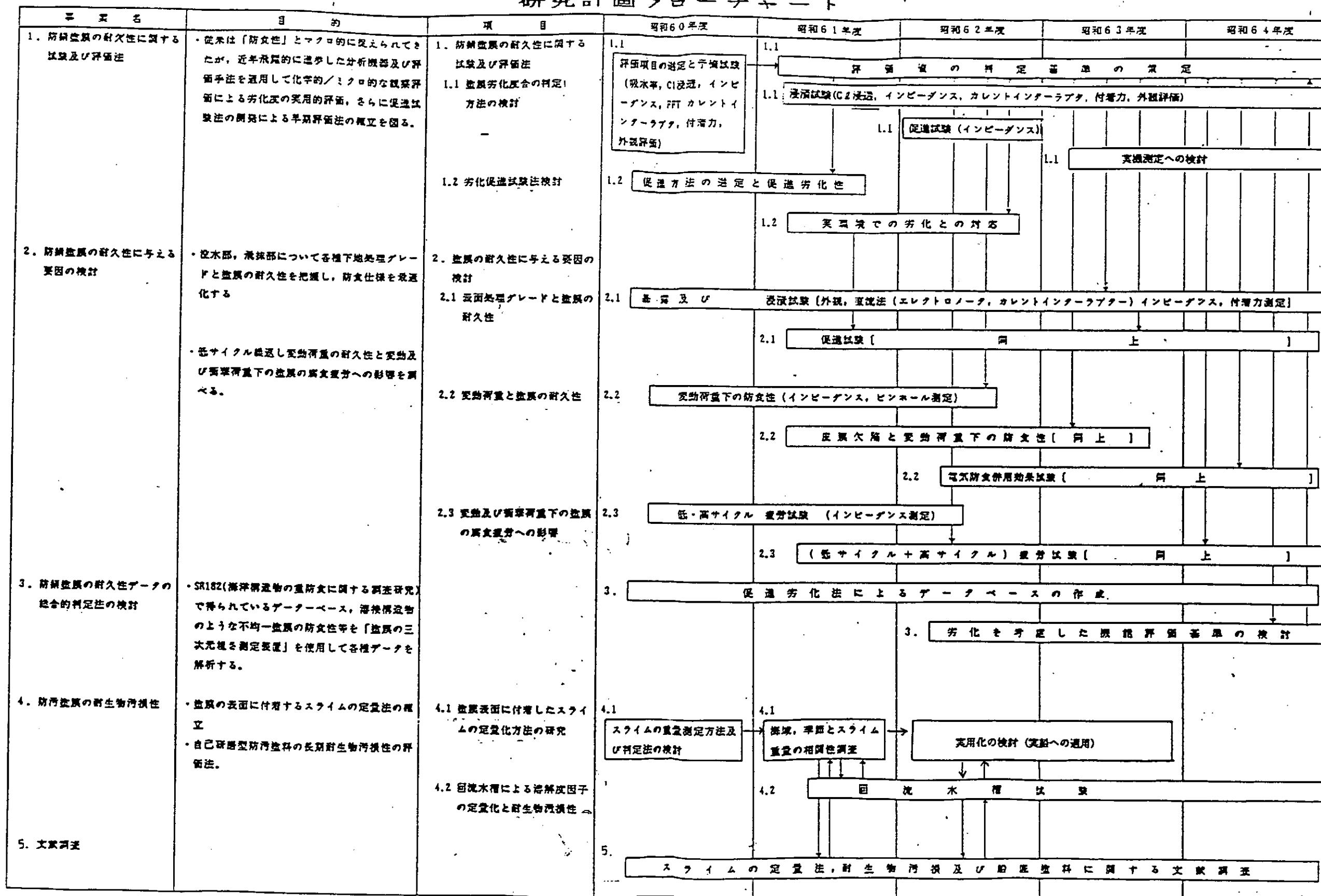


表2 亜鉛試験板の塗装仕様

防食仕様	底地鋼板	S/P	材料と塗回数()内膜厚: μm					合計膜厚 [μm]	備考
			1回目	2回目	3回目	4回目	5回目		
1	Sh + Sd	I2P	TE (220)	—	—	—	—	220	各研究項目共通仕様
2	Sh + Sd	I2P	CR-A/C-NB (60)	CR-A/C-NB (60)	—	—	—	120	
3	Sh + Sd	I2P	PE-A/C (100)	PE-A/C (100)	—	—	—	200	2.1 試験塗料
4	Sh	I2P	I2 (75)	ミストコート	TE (250)	—	—	325	
5	Sh	I2P	PE-A/C (100)	PE-A/C (100)	PE-A/C (100)	PE-T/S (40)	PE-T/S (40)	380	2.2 試験塗料 2.3
6	Sh	I2P	PEF (650)	PEF (650)	—	—	—	1300	

Sh: シャットプラスト

Sd: サンドプラスト

I2P: 無機ジンク・プライマー

CR-A/C-NB: 塩化ゴム外板附着塗料厚塗型

TE: タール・エポキシ塗料

I2: 無機ジンク塗料

PE-A/C: エポキシ外板附着塗料

PE-T/S: エポキシ外板塗料

PEF: 防食ライニング材

塗り重ね間隔はいずれも1日間(1 day 1 coat)である。

ミストコートはいずれも3回目上塗塗料を専用シンナーで稀釈したもの用いた。

備考: 研究項目 2.1 では、二次表面処理を省き、検討するがその詳細は2.1 で述べる。

表3 各研究項目に共通な表面処理グレード、塗料及び促せき試験条件

項目	共通仕様
試験板の表面・処理グレード	プラスト SIS-Sa 2 1/2 シャット……Sh 2-3 サンド }……Sd 2-3 粗度を記載のこと グリッド
(1) 一次表面処理	
(2) シャットプライマー塗料	無機ジンク系シャットプライマー 15 mm × 1回
(3) シャットプライマーの屋外暴露期間	なし (共生。屋内48hr以上)
(4) 二次表面処理 (建研 JSRA)	無加工 (lo)
供試塗料	
(1) タールエポキシ塗料 (タンク用)	220mm × 1回塗 (本研究での標準塗料)
(2) 塩化ゴム系塗料 (外板用)	60mm × 2回塗 (本研究での標準塗料)
(3) 塗膜の乾燥条件	常温 (20°C以上) × 7日間以上 湿度85%以下
浸漬試験	
(1) 浸漬液組成	自然海水又は人工海水 (アクアマリン)
(2) エアーレーション	室内試験ではエアーレーション実施 (エアーレーションの程度は貢報告)

注: 研究項目 1.2 ではシャットプライマーの
屋外暴露期間及び二次表面処理を省き、
検討するが、その詳細は2.1 で述べる。

1. 防錆塗膜の耐久性に関する試験及び評価法

1.1 塗膜の劣化度合の判定方法の検討

(1) 調査の目的

就航後の船体損傷例の大部分は構造材の腐食耗によることが明らかにされて来ている。これは従来の塗装設計が経験ベースによるものであり、防錆塗膜の性能が十分理論的に把握された上で、設計及び就航後の管理がなされていないことに起因している。

そこで、近年、著しく進歩した分析機器及び評価手法を適用して、塗膜劣化度の定量的評価法の開発を行うと共に、さらに促進法の開発により塗膜性能の短期評価法の開発を行う。

(2) 本年度の実施項目と実施要領

本年度は初年度（昭和60年度）に海水に浸漬した塗装試験板2種（TEとCR・A/C・HB）の3年後のものについて劣化度に関する調査を行った。更に、実船・構造物等にインピーダンス法を適用し、塗膜劣化度の評価を行うときのノイズ対策等について検討した。また、劣化しつつある塗装鋼板の電気等価回路モデルについて検討した。

(a) 自然海水中での塗装試験板の調査

・初年度（昭和60年度）に長崎港内の天然海水に浸漬したTEとCR・A/C・HBの2種類の塗装試験板（本章・末尾の付録1に作製結果を示す）が、本年の10月に3年に達したので、前年度に引きつづきさび・ふくれなどの外観、付着力、CL浸透深さ、交流インピーダンス法（LCRメータ、FRA法）による抵抗・容量・ $\tan\delta$ 及びカレントインターラップ法による抵抗・容量（本章・末尾の付録2に、測定概要を示す）によって、塗膜劣化度を調査した。

(b) 実船・構造物へのインピーダンス測定方法の検討

・市販のインピーダンス計測装置（FRA）を塗装鋼板の評価のために使用する場合には、塗膜の劣化の状態によっては高周波数側でインピーダンスが小さく、また、過電流防止のため、高感度状態に計測器の感度を調整すると、低周波数側で感度不足になり、S/Nが小さくなってしまって計測不能となる。

・また、実船・構造物等にインピーダンス測定法を適用する場合、誘導電流、迷走電流によるノイズ対策が必要と思われる。更に、現場に可搬できる型のインピーダンス計も必要と考えられる。
そこで、次の要領にて検討した。

(i) ノイズフィルターの効果

図1.1(5)に示すインピーダンス測定装置(FRA)に、ノイズフィルターを接続し、模擬回路でのフィルター効果を調べた。

(ii) S/N (Sign/Noise) 比の改善

屋外設置の鋼製手摺塗膜について、上記(i)と同じFRA測定装置により、S/N比の改善効果を調べた。

(iii) インピーダンス計の試作

前年度までの成果から、インピーダンス法による低周波数側の $\tan\delta$ の周波数依存性をみると塗膜劣化の予測が可能と思われていることから、現場に可搬でき、またノイズフィルターを有し、かつ自動感度調整機能を備えた低周波発振型インピーダンス計の試作を行った。

(c) 補足実験(劣化しつつある塗装鋼板及び無塗装鋼板のインピーダンス計測)

劣化しつつある塗装鋼板の劣化モデルを検討するため、以下の(i)~(iv)に示すCR模擬回路、欠陥付塗装鋼板および無塗装鋼板についてインピーダンスの実験計測を行い、考察した。

(i) 模擬回路によるインピーダンス計測(図1.1(9))

5.1MΩの抵抗と4.75nFのコンデンサーを並列に接続し、FRAによるインピーダンスを計測した。

(ii) 海水浸漬前の塗装鋼板(TE)のインピーダンス計測(図1.1(9))

塗装鋼板の両面に銅板を機械的に圧着し、インピーダンスを計測した

(iii) 人工傷をつけた塗装鋼板(TE)のインピーダンス計測(図1.1(10))

海水浸漬前の塗装鋼を使用し、微少欠陥を作り金属面を露出し、二電極法によるインピーダンスを計測した。

(iv) 無塗装の金属試験片のインピーダンス計測(図1.1(10))

海水中で2本の針金の試験片について、二電極法によるインピーダンスを計測した。

なお、試験の前に、針金の表面の亜鉛は酸洗により除去した。

(3) 試験結果と考察

(a) 防食仕様No.1 TEの外観、付着力、Cl_i浸透深さおよび1KHzでのインピーダンスについて

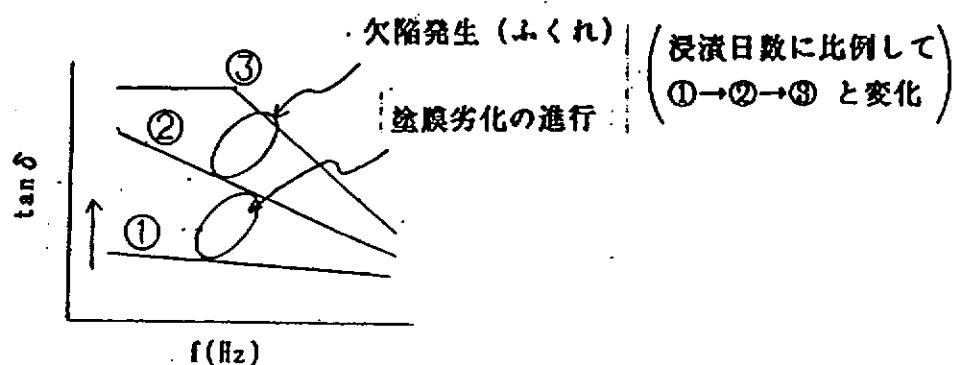
- ・図1.1(1)は自然海水中に浸せきしたTEの塗装試験板について、浸せき前、3か月、6か月、1年、1年6か月、2年、3年後の外観、LCRメータによるインピーダンス(1KHz)、付着力及びCl_i浸透深さを測定した結果である。この図1.1(1)(a)に示すように、塗膜外観上、さびふくれの欠陥は初期欠陥と見られるごく一部を除いて、ほとんど見られない。
- ・また、図1.1(1)(b)に示すように、付着力は浸せき前と同程度の30kgf/cm²台で、浸せき時間による低下は見られない。
- ・塗膜中の塩素の浸透深さについては図1.1(1)(c)に示すように、計測値に疑問がもたれたので試験板を変えて2回計測を行ったが、計測値はほぼ同程度の40μmであった。塗装鋼板の寿命を左右すると見られているCl_i浸透深さは浸漬期間の1/2乗に比例して増加するものと言われているが、今までの計測結果からはバラツキが大きく比例関係が明らかでない。今後共、引き続き計測を継続したい。
- ・図1.1(1)(d)(e)(f)に示すように、1KHzでのインピーダンスの経時変化(浸漬6か月までは容量C_p、tan δの増加傾向が見られ、又、抵抗R_pの減少傾向が見られるが6か月から3年までのC_p、tan δおよびR_pの変化は小さい)から、塗膜内部の劣化が進行していることが判る。上記の1KHzでのインピーダンス計測法よりも、次の(c)項で示すように周波数の変化によるtan δの変化をとらえる方法が塗膜劣化は予測しやすいと考えられる。
- ・なお、カレントインターラプタ法による計測は塗膜の自然電位が不安定で、測定できなかった。

(b) 防食仕様No.2 CR・A/C・HB の外観、付着力、1KHzでのインピーダンス、カレントインターラブタ法での抵抗・容量について

- ・図1.1(2)は前述のTEと同様に3年間、自然海水に浸せきしたCR・A/C・HBの塗装試験板について外観、付着力及び1KHzでのインピーダンスを測定した結果である。
この図1.1(2)(a)に示すように、CR・A/C・HBは塗膜外観上、さび、ふくれの欠陥は出でていない。
- ・また、図1.1(2)(b)に示すように、付着力はTEに比較して絶対値は異なるが、浸せき時間による低下はみられない。
- ・図1.1(2)(c)(d)(e)に示すように、1KHzでのインピーダンスによる経時変化からTEと同様に塗膜内部の劣化が進行していることが判る。
- ・図1.1(3)はカレントインターラブタ法による抵抗・容量の2年間の経時変化を示した。なお、3年目の塗装試験板についてはコンピュータによって抵抗と容量を計算したが収束しなく、求めることはできなかった。これは塗膜と塗膜下の時定数が近い値となり分離できなかったものと推定される。

(c) 塗装鋼板の $\tan \delta$ の周波数依存性について

- ・前年度報告書に示すように、TEの促進被浸せき下での $\tan \delta$ の周波数依存性は、浸せき日数に比例して $\tan \delta$ 値そのものが増大するが、特に低周波数側の $\tan \delta$ の増加が大きい。また、ふくれ発生までの周波数の変化による $\tan \delta$ の変化は次のようになり、塗膜劣化の予測が可能であることを示した。



(注) $\tan \delta$ は塗膜厚の影響がないとされているため、FRA法でのR（実数部インピーダンス）とX（虚数部インピーダンス）から $\tan \delta = \frac{R}{X}$ として周波数毎の $\tan \delta$ を求めた。

・自然海水浸せき下での $\tan\delta$ の周波数依存性も図1.1(4)に見られるように、TE及びCR・A/C・HBとも、促進液中と同じ傾向が得られた。

なお、CR・A/C・HBの1.5年のものは経時変化からみて異常な傾向を示し、かなり欠陥が発生しているように判断されたので、再度、測定した結果、前回とほぼ同じ計測値が得られた。そこで、ピンホールテスター（サンコー製、DC、250V）で計測した結果、異常を認めなかった。

更に、注意深く塗膜表面を見ると、湿润前にはなかった0.1~0.2mmφの1個の発錆が観察された。このように非常に小さい塗膜欠陥は湿式のピンホールテスター又は、目視では発見しにくいが、周波数の低いところでの $\tan\delta$ を注目することによって、欠陥の有無を容易に判別できることが判った。

(d) 実船・構造物へのインピーダンス測定方法の検討

実船・構造物をインピーダンス法により測定する場合のノイズ対策(ノイズフィルター、S/N比)の検討及び現場に可搬できる型の自動感度調整機能を備えた低周波発振型インピーダンス計の試作を行い、その結果を次に示した。

・模擬回路(468KΩの抵抗と4.61nFのコンデンサーを並列に接続)について、FRAによるインピーダンスを計測した結果、図1.1(5)(a)に示すように60Hz付近にノイズが認められた。これに、60Hz付近のバンドフィルターを取り付けてインピーダンスを計測すると、図1.1(5)(b)に示すようにノイズが解消している。

・図1.1(6)(a)は屋外の鋼製手摺塗膜(塗り替え後、4~5年経過のアルキッド塗膜)について、計測したものであるが、このような場合、フィルターの適用は難しい。そこで、図1.1(6)(b)に示すように、S/N比の改善として印加電圧を100mVから500mVに変えることにより、インピーダンスが計測できた。

・図1.1(7)は上記の結果を基に、印加電圧を500mVとして、手摺塗膜の健全部と欠陥部(さび発生0.01%以下、さび発生10%)の $\tan\delta$ を計測したものである。

このように、印加電圧の調整によって計測できることが明らかになった。

- ・FRA法で得られた知見を基に、自動感度調整機能を備え、周波数特性として1~32Hzの低周波発振型インピーダンス計を試作した。その外観及び仕様を図1.1(8)に示す。
- ・この試作インピーダンス計を使用して、TE塗装試験板についての周波数1Hzと20Hzにおける1分間毎のインピーダンス自動計測例を表1.1(1)に示す。今後、本器にさらに改良を加え、実機測定に使用して行く予定である。

(e) 補足実験結果と考察

- ・5.1MΩの抵抗と4.75nFのコンデンサーを並列に接続した模擬回路によるインピーダンス計測及び海水浸漬前のTE塗装鋼板のインピーダンス計測の実験で得られた実数部(R)と虚数部(X)の比 $\tan\delta = R/X$ の周波数による変化を図1.1(9)に示す。
- ・人工傷をつけた塗装鋼板(TE)のインピーダンス計測及び無塗装の金属試験片のインピーダンス計測で得られた $\tan\delta$ の周波数特性を図1.1(10)に示す。

(i) 海水浸漬直後の塗装鋼板のインピーダンス成分(実数成分Rと虚数成分X)の比 $R/X = \tan\delta$ の周波数による変化は図1.1(9)に示すように、下に凹んだ山形を示す。また、図1.1(9)は抵抗素子(R)とコンデンサー素子(C)による模擬回路を使用したインピーダンス計測結果を示したもので、 $R/X = \tan\delta$ の周波数による変化は海水浸漬前の塗装鋼板と類似し、下に凹んだ山形を示した。

RC並列回路の $\tan \delta$ は計算によれば次式で示される。

$$Z = \frac{R}{1 + (\omega C R)^2} - j \frac{\omega C R^2}{1 + (\omega C R)^2} = R - j X \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\tan \delta = \frac{R}{X} = \frac{1}{\omega C R} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\log \tan \delta = -\log f + K \quad \dots \dots \dots (3)$$

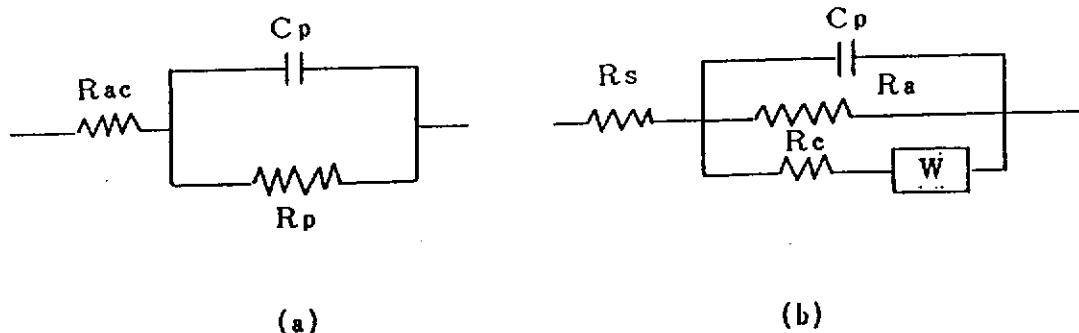
$\tan \delta$ と周波数 f を両対数上に作図すると(3)式から $\tan \delta$ は f の増加にしたがって減衰し、その傾斜は-1である。

図1.1(9)に示したように模擬回路を使用したRC並列回路の実測値はこの計算結果と大きく異なっている。このRC並列回路に 9500Ωと100nFの並列回路を直列に接続した回路のインピーダンスの計算結果を表1.1(2)に示す。実測値とは各周波数帯域で非常に良い一致を示している。RC並列回路と見られた模擬回路の実測インピーダンスが理論値よりづれる理由と直列にRC回路の適当な数値を挿入することによって実測値と一致する理由についてはよく判らない。他にも適当な等価回路が存在すると考えられる。Cの誘電率が周波数によって変化することも考えられる。したがってより広い周波数帯域でもこのような等価回路で表わされるかどうか疑問があるが、0.1~10⁴Hz ではRC回路はこのように二重のRCシリーズ回路と考えてもよさそうである。

さて、水分、塩分の侵入しない塗装鋼の場合も、一般的にはR,Cの並列回路と考えられるが、塗装鋼の場合の $\tan \delta$ の周波数による変化は図1.1(9)に見られるように模擬RC並列回路を計測した場合と同じように下に凸の曲線を示した。しかも周波数の低い部分の $\tan \delta$ の傾斜は-1より小さく、単純にRCを集中常数として扱うことはできないことを示している。

塗装鋼、海水浸漬を行う前に微少欠陥をつけた試験片および無塗装金属試験片のインピーダンス計測結果を図1.1(10)に示す。この図から欠陥の発生した塗装鋼板の $\tan \delta$ 値は0.1~100Hzで塗装鋼板に較べて大きく増加し、また周波数の増加によって大きくなることを示している。

無塗装鋼の水溶液におけるインピーダンスについては種々の等価回路が考えられているが、その一部を参考図1に示す。



参考図1 無塗装鋼の等価回路

R_{ac} : 活性化過程の分極抵抗

R_s : 電解液抵抗

C_p : 二重層の容量

R_a : アノード活性化分極抵抗

R_p : 拡散抵抗

R_c : カソード活性化分極抵抗

W : ワーブルゲインピーダンス

腐食しつつある鋼は、水溶液中の溶存酸素の陰極還元反応と鋼の陽極溶解反応が平衡した状態であって、素反応のインピーダンスと異なる。ここでは(b)の拡散項を含めた回路を使用し、塗装鋼の等価回路を参考図2のように模擬しインピーダンスの計算を行なった。

基礎実験から得られた回路常数を入れて塗膜欠陥率をパラメータに計算した結果を図1.1(11)に示す。

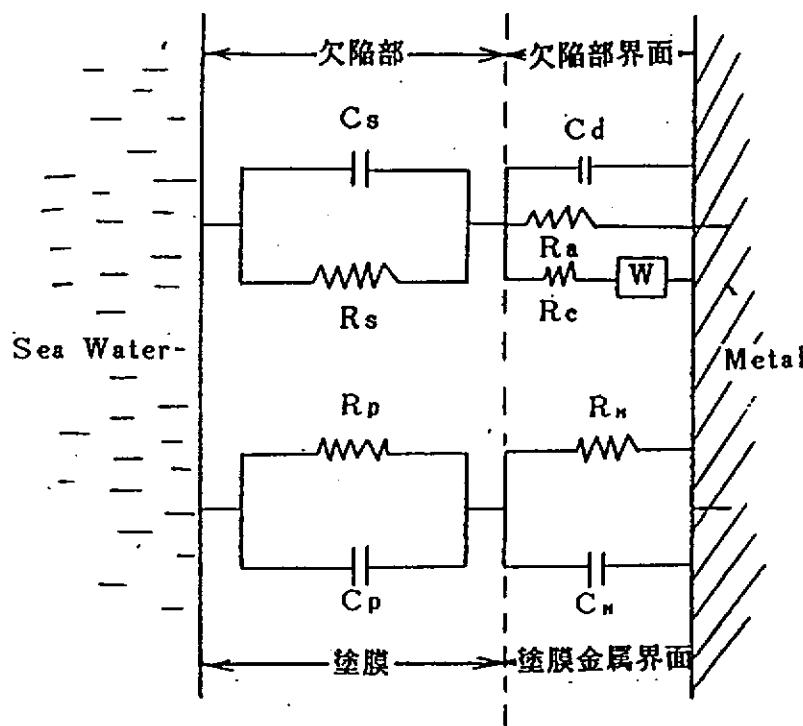
図1.1(10)の実験結果の傾向とシミュレーション計算結果は傾向的によく一致する結果を得た。

これより塗装鋼の評価として $\tan \delta$ の評価周波数は 1~10Hz の範囲で行なうことが有効である。

(ii) 今後の検討方針

- ① 浸漬直後の塗装鋼と塗膜欠陥発生率の間の基礎実験の結果から $\tan \delta$ の計測周波数として 1~10Hz が良いことを示した。

- ② 塗装鋼は単純な R C の並列常数回路として扱うことはできない。
- ③ 水分、塩分の浸透した塗装鋼のインピーダンスの等価回路検討が今後の課題である。
 ②、③が明確になれば、塗装鋼の欠陥進行の経時変化を明らかにすることが可能となる。



参考図2 計算に使用した塗膜の等価回路

(4) まとめ

本年度は初年度（昭和60年度）に海水に浸漬した塗装試験板2種（TEとCR・A/C・HB）の3年度のものについて劣化度に関する調査を行った。更に、実船・構造物等にインピーダンス法を適用し、塗膜劣化度の評価を行うときのノイズ対策等について検討した。また、劣化しつつある塗装鋼板の電気等価回路モデルについて検討した。

その結果は次の通り。

(a) 外観による評価（図1.1(1)(a), 図1.1(2)(a)）

TE及びCR・A/C・HB 塗料の2種とも異状は認められない。

(b) 付着力による評価（図1.1(1)(b), 図1.1(2)(b)）

TE及びCR・A/C・HB 塗料の2種とも経時変化はない。

(c) 塗膜内部へのCL浸透深さ（図1.1(1)(c)）

浸漬期間と共にTE塗膜内部へのCL浸透深さは増加している。

(d) カレントインターラップ法の抵抗・容量による評価（図1.1(3)）

- ・TE塗料は自然電位が不安定のため、計測できなかった。
- ・CR・A/C・HB 塗料はコンピュータによる計算で、収束しなく求めることができなかった。

(e) LCRメータ(1KHz)のインピーダンスによる評価

（図1.1(1)(d)(e)(f), 図1.1(2)(c)(d)(e)）

- ・抵抗； TE塗料が $10^7 \Omega \cdot \text{cm}^2$, CR・A/C・HB 塗料は $10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ であり、
TE塗料がCR・A/C・HB 塗料より10倍、大きい。
- ・容量； TE塗料が $0.01\text{nF}/\text{cm}^2$, CR・A/C・HB 塗料は $0.1\text{nF}/\text{cm}^2$ であり、
TE塗料がCR・A/C・HB 塗料より10倍、小さい。
- ・ $\tan \delta$ ； 上記から、TE塗料はCR・A/C・HB 塗料より、小さい。

(f) FRA法で得られる $\tan \delta$ の周波数依存性（図1.1(4)）

TE及びCR・A/C・HB 塗料とも浸漬期間に比例し、低周波数側での $\tan \delta$ が大きく増加した。また、目視又はピンホールテストで発見しにくい欠陥も判別できる。このときの計測周波数としては1～10Hzが適当と判断される。

(g) 実船・構造物のインピーダンス計測上のノイズ対策（図1.1(5)～(7)）

印加電圧の調整により、計測できる。

(h) 劣化しつつある塗装鋼板の劣化モデルの検討 (図1.1(9)~(11), 表1.1(2))

- ・水分、塩分の侵入しない塗装鋼の場合、一般的にはR, Cの並列回路と考えられるが、塗装鋼の場合の、 $\tan \delta$ の周波数による変化は模擬RC並列回路を計測した場合と同じように下に凹曲線を示した。しかし、周波数の低い部分の $\tan \delta$ の傾斜は-1より小さく、単純にRCを集中常数として扱うことはできないことを示した。
- ・また、RC並列回路と見られた模擬回路の実測インピーダンスが理論値よりもれるため、実測値に合うように等価回路を検討した結果、二重のRCシリーズ回路と考えてもよさそうである。
- ・人工欠陥付塗装鋼板による計測値と模擬の等価回路モデルによるシュミレーションの計算値を比較検討した結果、ほぼ類似の $\tan \delta$ の周波数特性が得られた。
- ・上記の結果は水分、塩分の浸透していない塗装鋼について検討したものであり、従って、水分、塩分の浸透した塗装鋼のインピーダンスの等価回路検討が今後の課題である。

(i) 自動感度調整機能付の低周波発振型インピーダンス計の試作

(図1.1(8), 表1.1(1))

FRA法での知見を基に、上記のインピーダンス計を試作した。
今後、更に改良を加え、実機への計測に適用して行く。

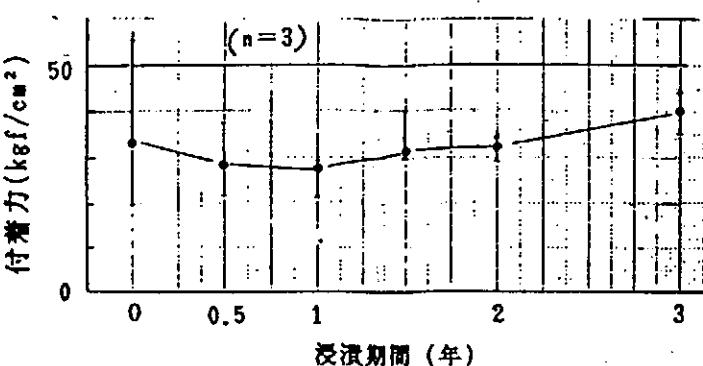
- ・以上の結果から、外観、付着力、CL浸透深さ、カレントインターラブタ法による抵抗・容量及びLCRメータ(1KHz)によるインピーダンス法等の評価方法では塗膜の初期劣化度の経時変化を把握しにくいが、低周波数1~10Hzにおけるインピーダンス測定から得られる $\tan \delta$ 法による評価方法が有効である見通しを得た。

(a)

外観	1	2	3
欠陥発生率 (欠陥試験片数 全試験片数)	0/8	0/8	1/8
欠陥の状態	-	-	ふくれ2F以下 (ふくれ2φ×1個)

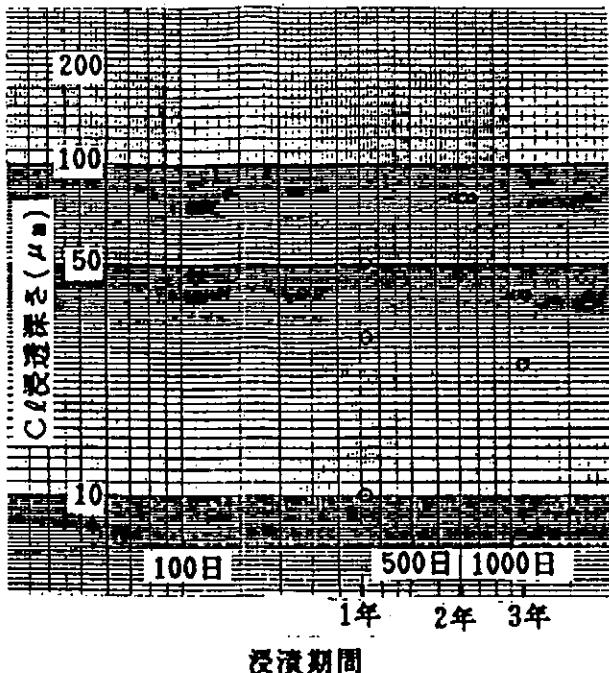
注：試験片数は試験片の片面を1枚とした。

(b)

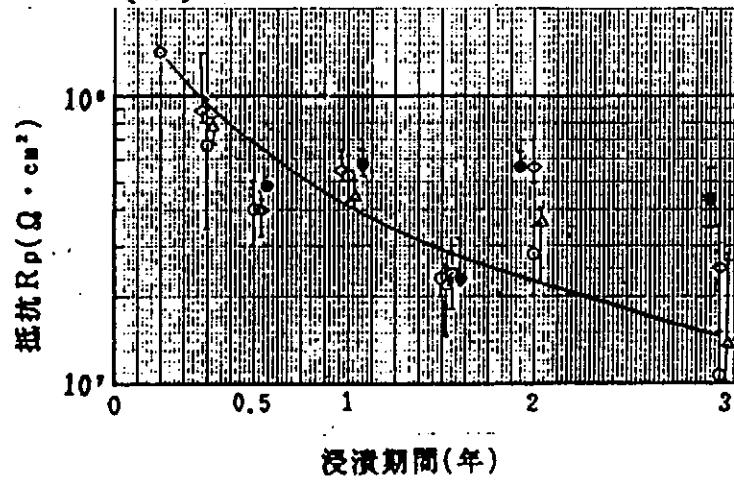


注：剥離形態は浸漬前が接着剤からの剥離と表層塗膜の凝集破壊である。0.5年以降はいずれも表層塗膜の凝集破壊である。

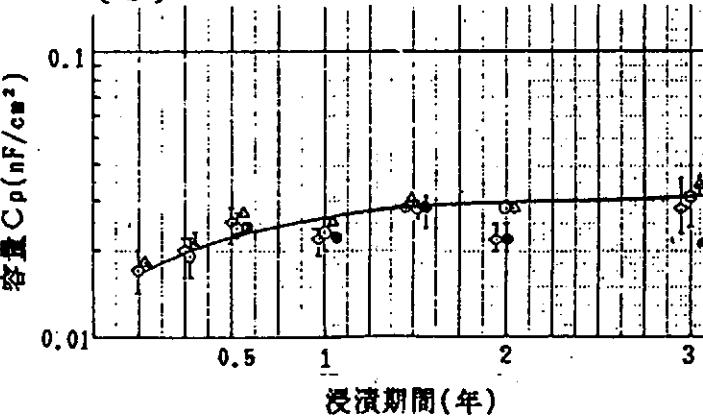
(c)



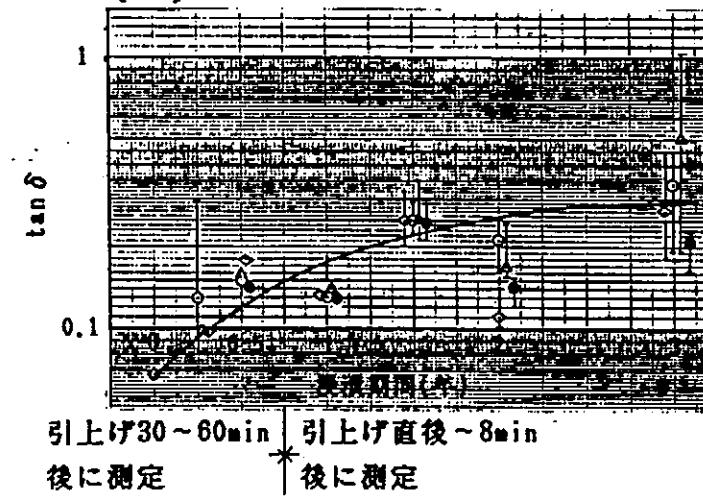
(d)



(e)



(f)



注： $\tan \delta = 1.02$ 以外はふくれが認められなかった。

図1.1(1) 防食仕様No.1 T Eの自然海水浸漬での各種項目の計測結果

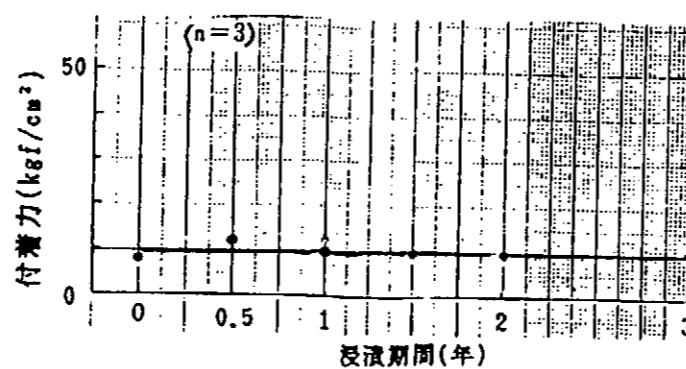
- (a) ; 塗膜外観
- (b) ; 付着力の経時変化
- (c) ; Cℓ浸透深さの経時変化
- (d) ; 1KHzにおける抵抗 Rp の経時変化
- (e) ; 1KHzにおける容量 Cp の経時変化
- (f) ; 1KHzにおける tan δ の経時変化

(a)

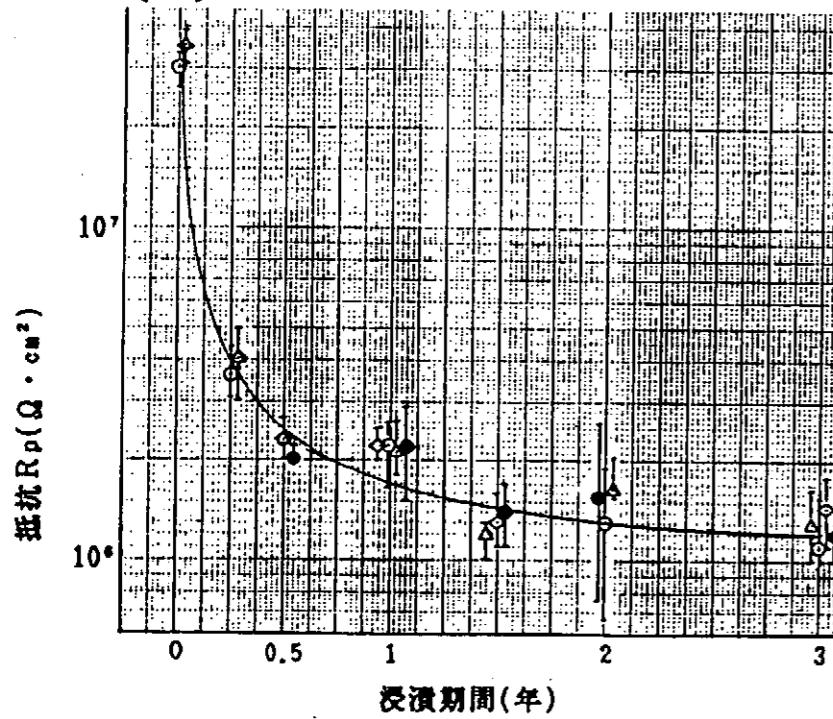
浸漬期間(年)	1	2	3
外観			
欠陥発生率	0 8	0 8	0 8
(欠陥試験片数) 全・試験片数			

注：試験片数は試験片の片面を1枚とした。

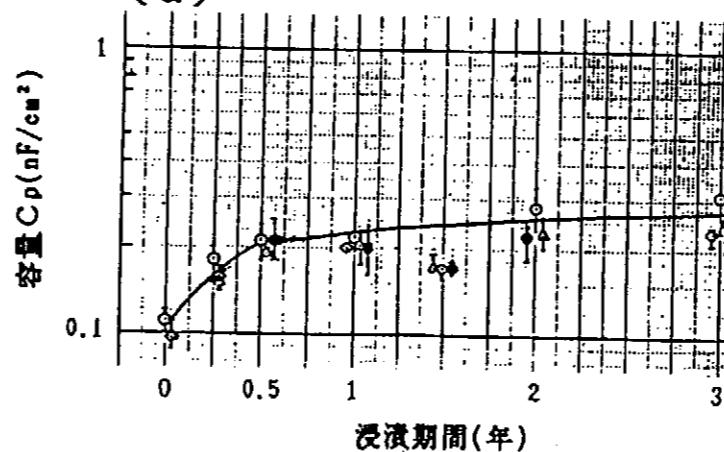
(b)

注：剥離形態はいずれもA/C塗膜の
凝集破壊である。

(c)



(d)



(e)

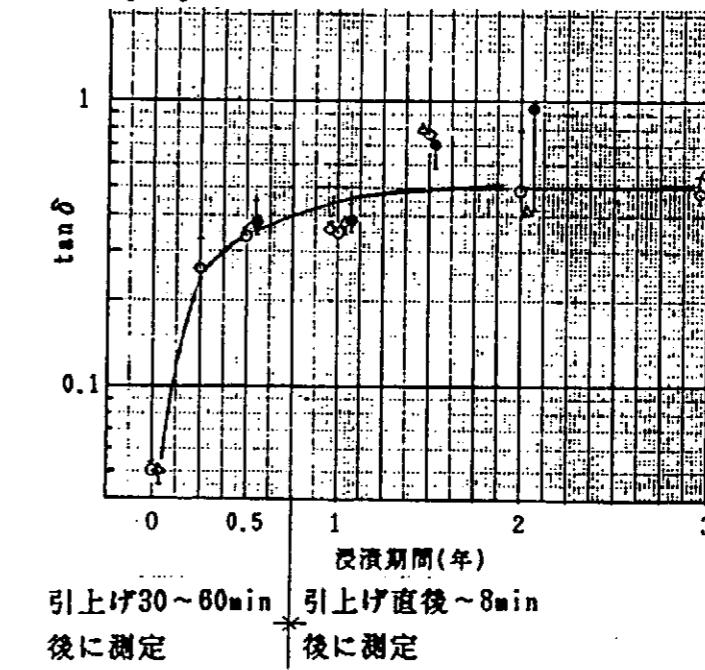


図1.1(2) 防食仕様No.2 CR・A/C・HB の自然海水浸漬での各種項目の計測結果

(a) ; 塗膜外観

(b) ; 付着力の経時変化

(c) ; 1kHzにおける抵抗 R_p の経時変化(d) ; 1kHzにおける容量 C_p の経時変化(e) ; 1kHzにおける $\tan \delta$ の経時変化

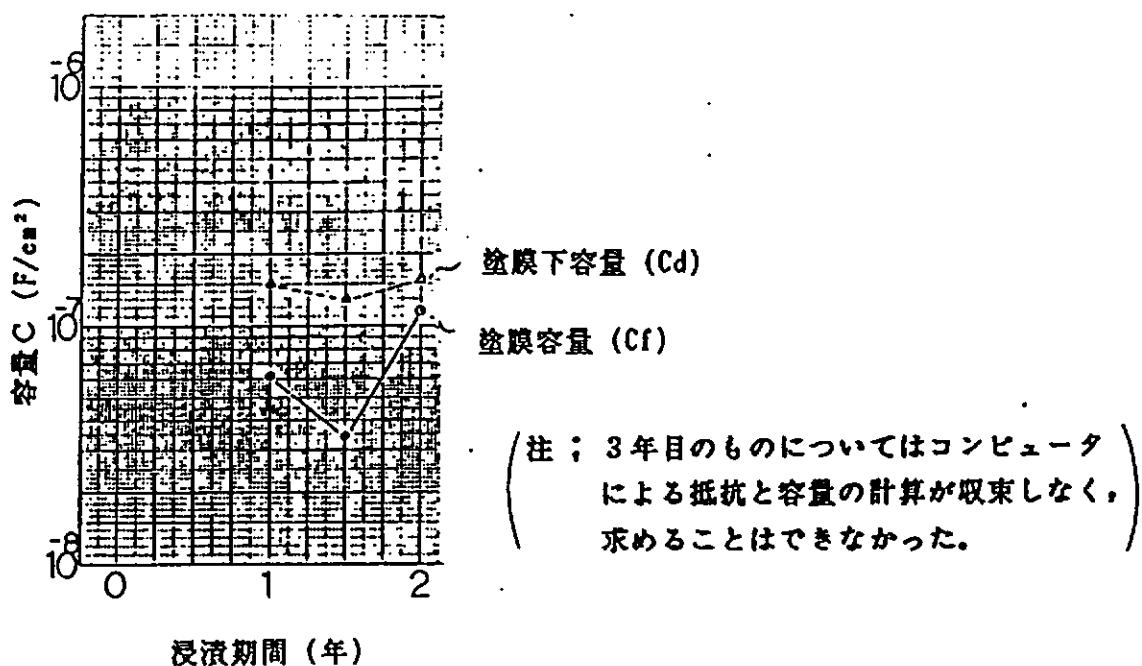
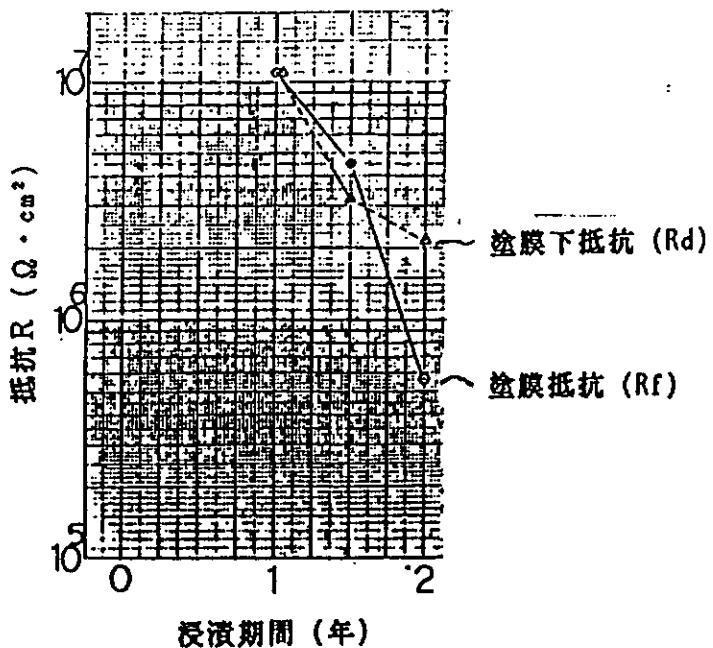


図1.1(3) 防食仕様No.2 CR・A/C・HBの自然海水・浸漬での
抵抗容量(カレントインターラップ法)の経時変化

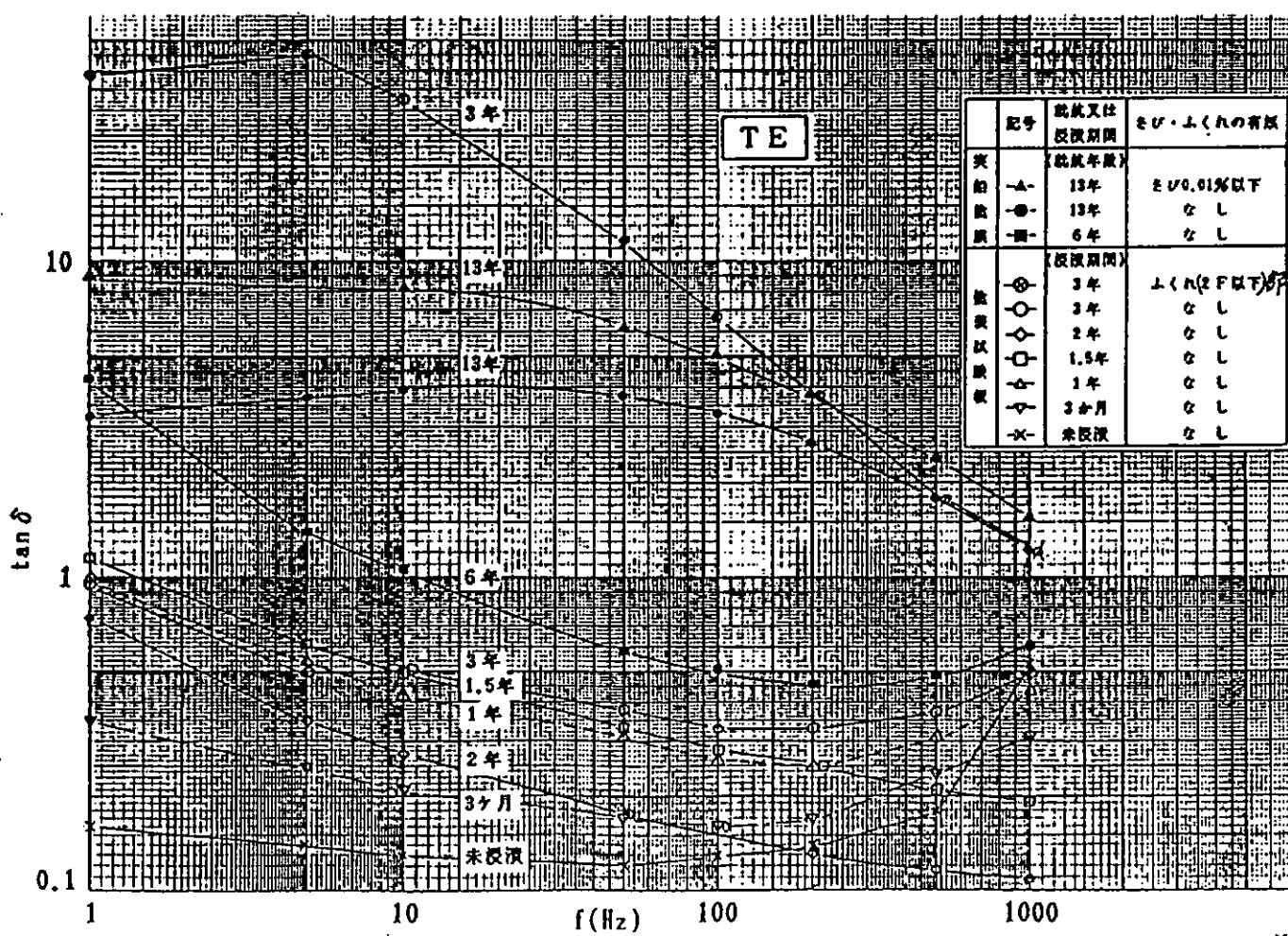
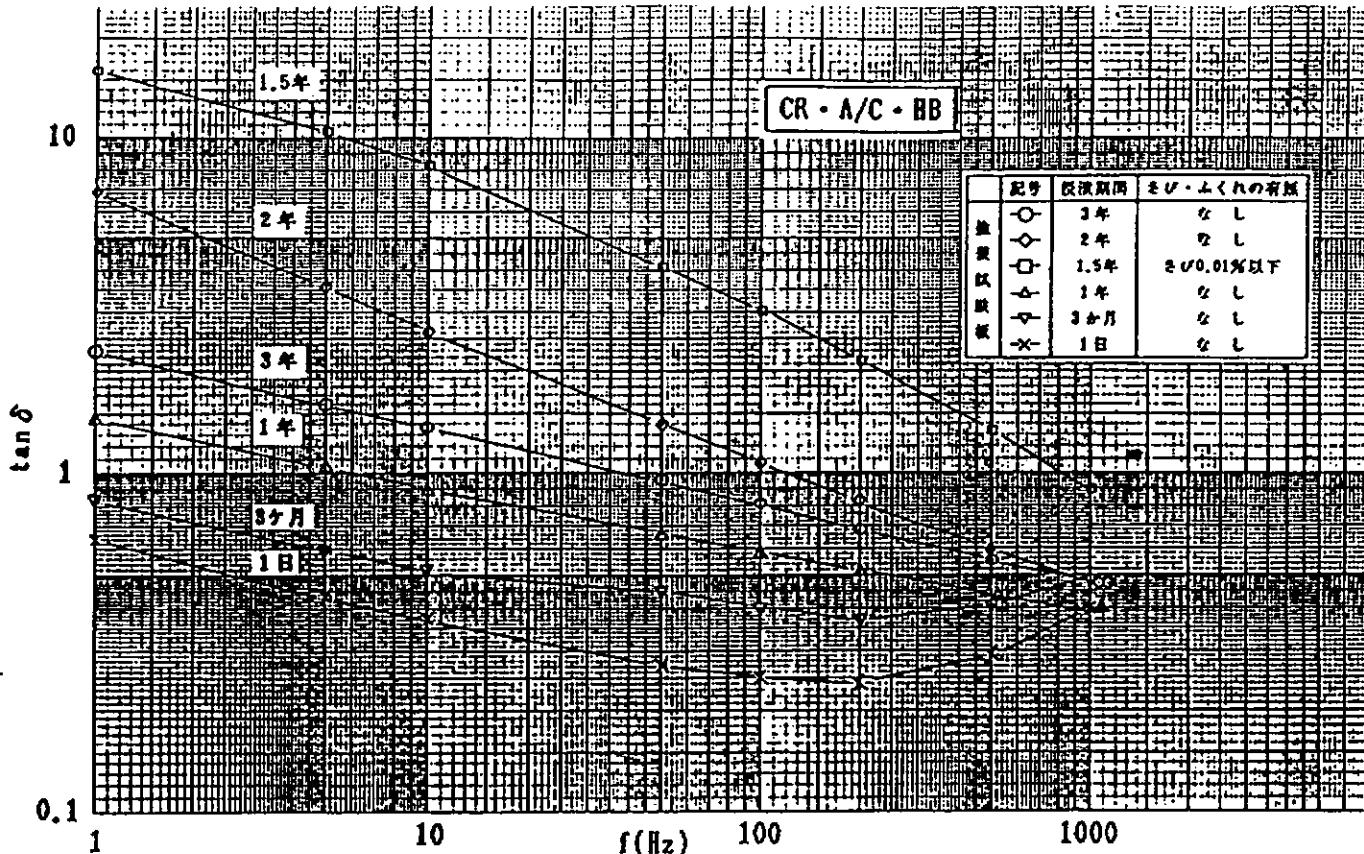


図1.1(4) 防食仕様No.1 T E および防食仕様No.2 CR・A/C・HB の自然海水浸漬による
tan δの周波数依存性 (F R A法による)

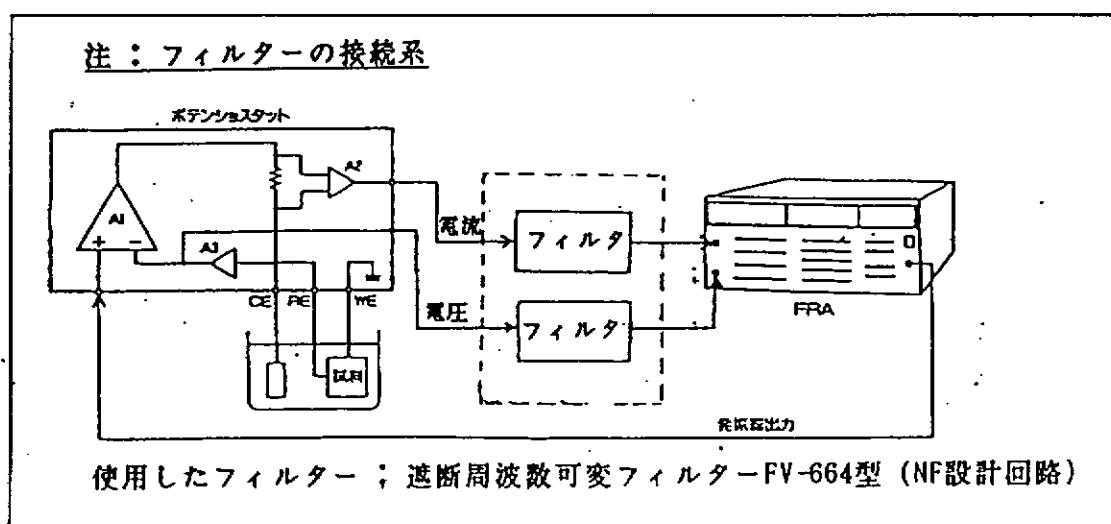
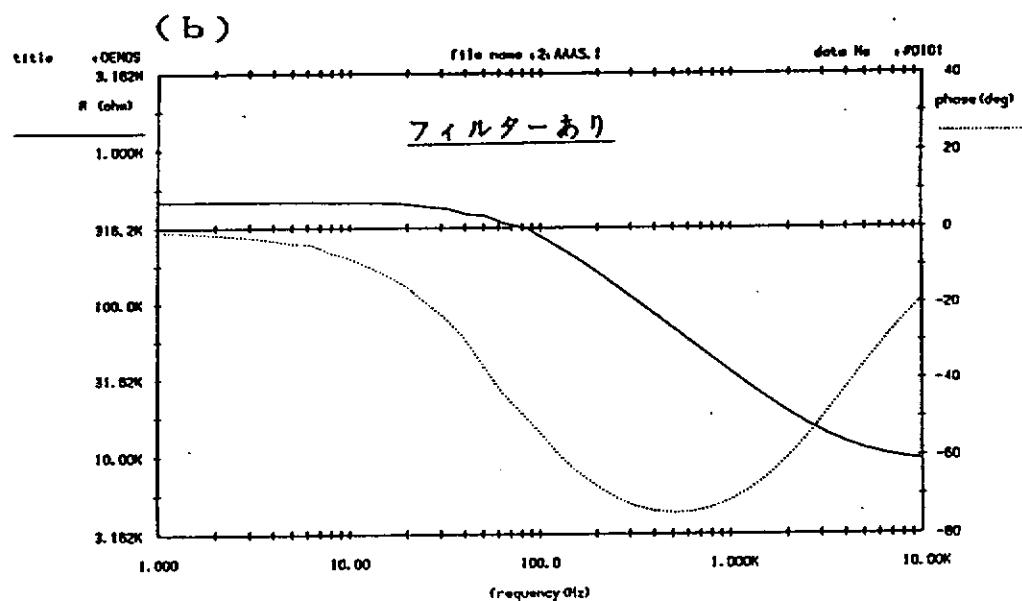
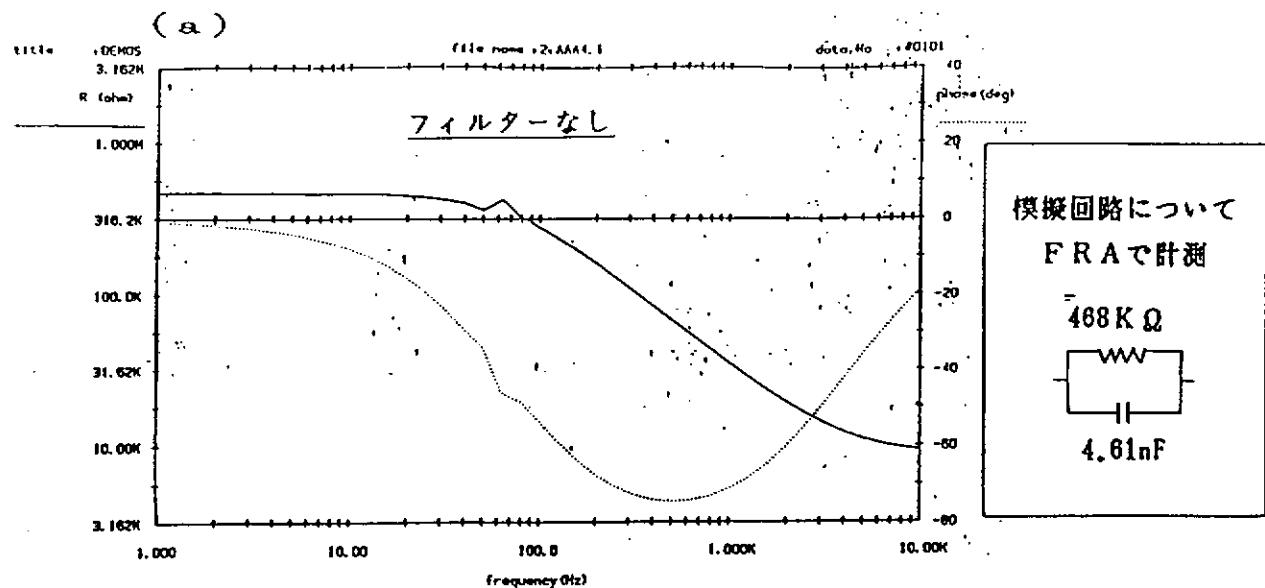


図1.1(5) 模擬回路によるノイズフィルターの効果の一例

(a); フィルターなし

(b); フィルターあり

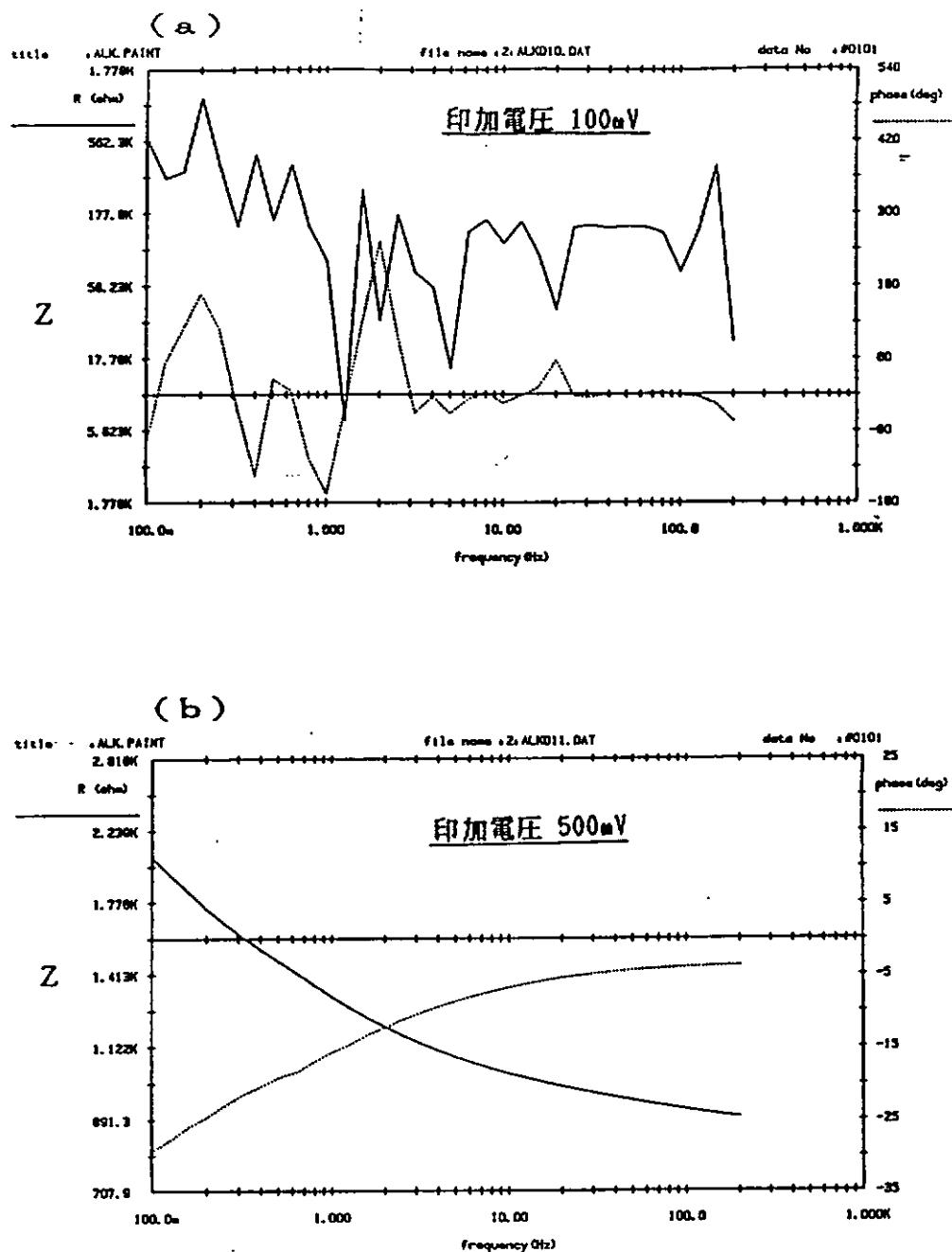
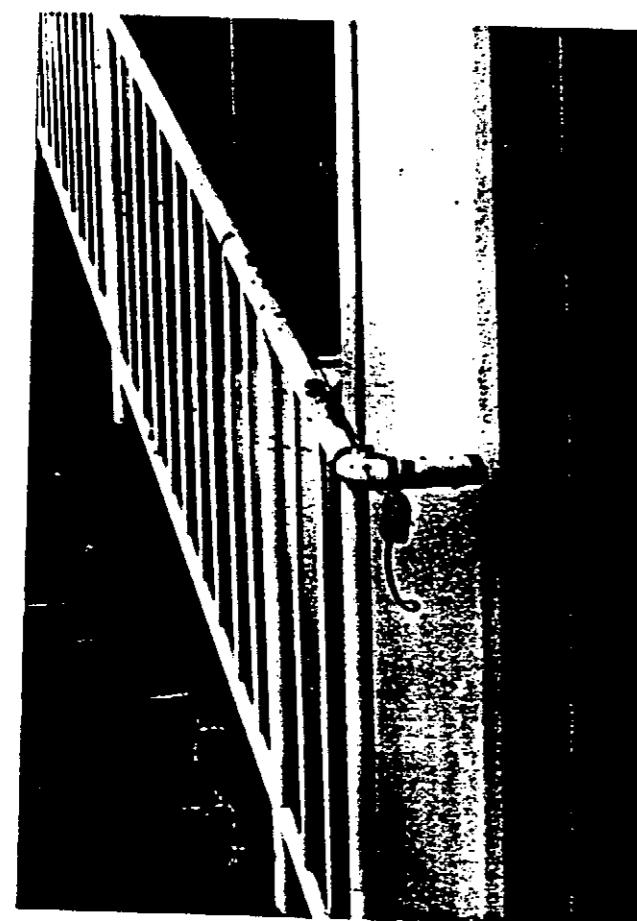


図1.1(6) 屋外手摺塗膜について印加電圧を変えてインピーダンスを計測した一例

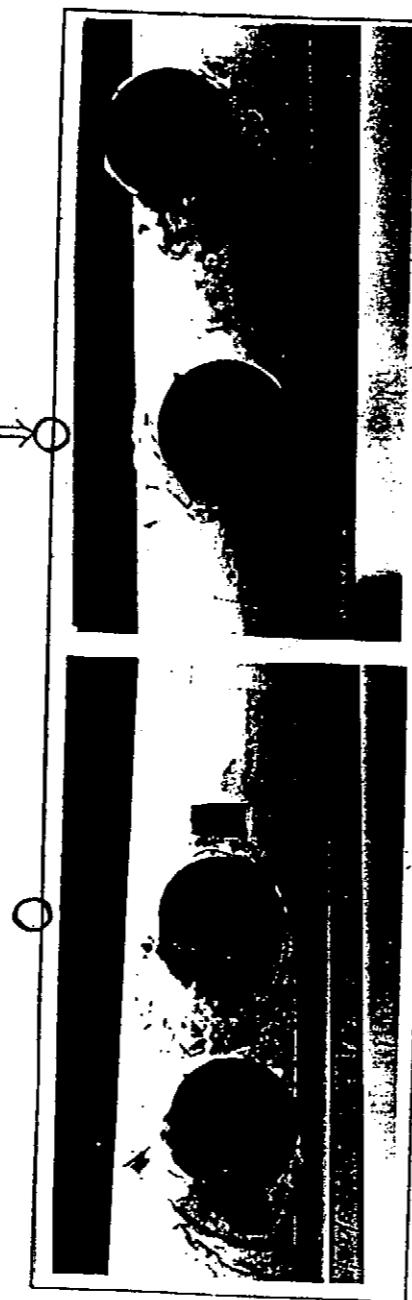
(a); 印加電圧 100mV

(b); 印加電圧 500mV

計測法	: FRA法 (NF設計回路ブロック, S-5720B)
対象物	: 三菱重工業(株)長崎研究所・塗装海水実験棟 南側手摺塗膜
塗装系	: アルキッド系下塗×2回+同系上塗×2回 (標準膜厚 30~40 μ × 4回 = 120~160 μ)
膜厚	: 平均180 μ
経過年数	: 塗り替え後, 4~5年経過
測定セル面積	: 5 cm ²



(手摺部の姿)



○印：測定

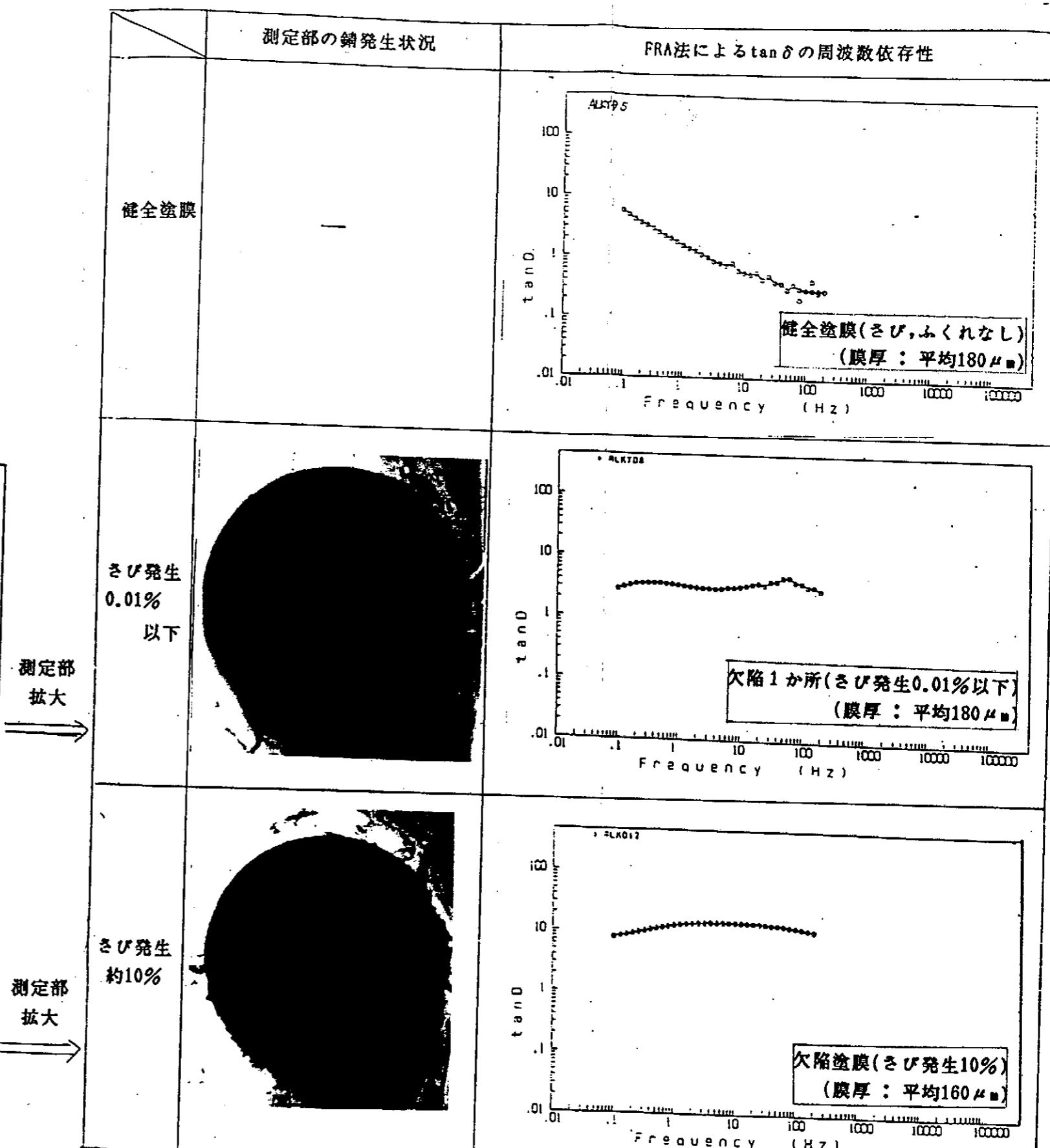
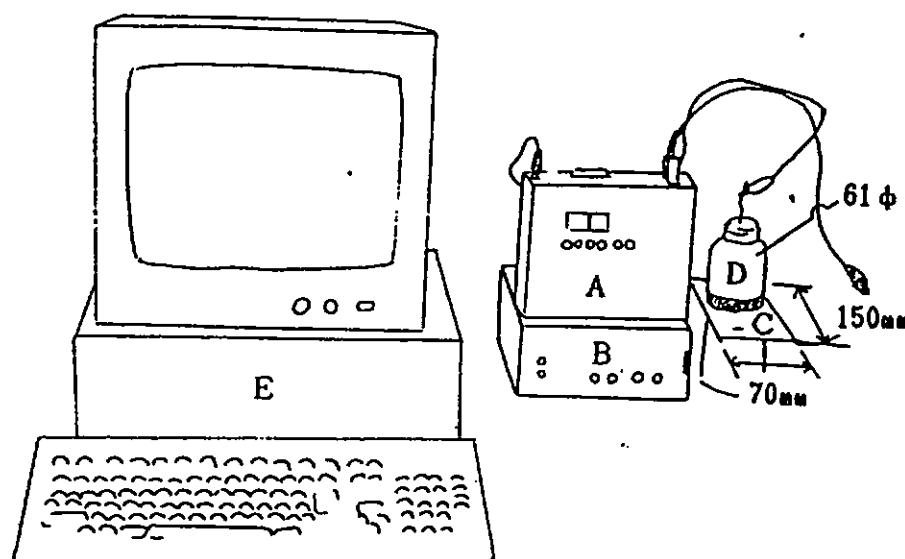
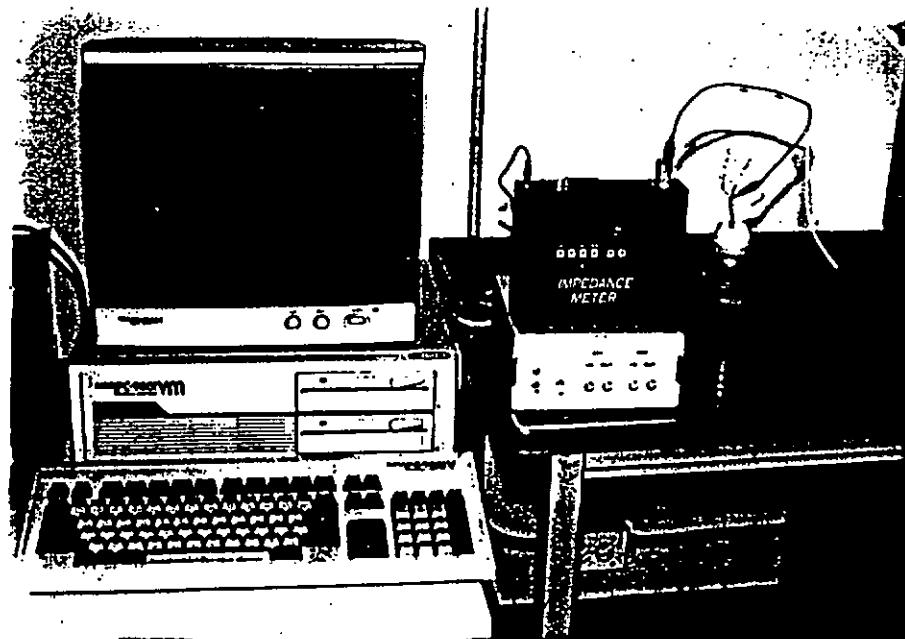


図1.1(7) 屋外手摺塗膜の健全部及び欠陥部について印加電圧500mVでのインピーダンス計測例



仕様

- ・測定範囲 $1\Omega \sim 10M\Omega$
 $-180^\circ \sim 180^\circ$
- ・精 度 $\pm 1.6\%$ ($100\Omega \sim 500K\Omega$)
- ・測定周波数 $1 \sim 32Hz$

A : IMPEDANCE METER

B : FILTER

C : テストピース

D : 電極セル

E : PC-9801

図1.1(8) 自動感度調整機能付、低周波発振型試作インピーダンス計の全体図

表1.1(1) 試作インピーダンス計による自動測定例 (TE, f=1 & 20Hz, 測定時間1 min毎)

測定特記	周波数(Hz)	絶対値(Ω)	実数部(Ω)	虚数部(Ω)	位相(度)	$\tan\delta$
1988/09/23 09:19:03 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=1 , Z=3.261E+07 , Zi=1.461E+07			Zj=-2.92E+07	, 0=-63.4	, D=-.500	
1988/09/23 09:20:03 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=20 , Z=4.166E+06 , Zi=1.502E+06			Zj=-3.88E+06	, 0=-69.2	, D=-.38	
1988/09/23 09:21:03 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=1 , Z=4.173E+07 , Zi=2.436E+07			Zj=-3.39E+07	, 0=-54.3	, D=-.718	
1988/09/23 09:22:02 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=20 , Z=3.960E+06 , Zi=1.066E+06			Zj=-3.77E+06	, 0=-74.0	, D=-.28	
1988/09/23 09:23:03 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=1 , Z=2.935E+07 , Zi=1.696E+07			Zj=-2.40E+07	, 0=-54.7	, D=-.706	
1988/09/23 09:24:02 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=20 , Z=4.363E+06 , Zi=1.182E+06			Zj=-4.18E+06	, 0=-73.5	, D=-.28	
1988/09/23 09:25:03 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=1 , Z=4.316E+07 , Zi=2.077E+07			Zj=-3.78E+07	, 0=-61.2	, D=-.549	
1988/09/23 09:26:02 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=20 , Z=4.390E+06 , Zi=1.257E+06			Zj=-4.16E+06	, 0=-74.0	, D=-.30	
1988/09/23 09:27:03 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=1 , Z=3.178E+07 , Zi=1.497E+07			Zj=-2.79E+07	, 0=-61.4	, D=-.536	
1988/09/23 09:28:02 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=20 , Z=4.542E+06 , Zi=1.164E+06			Zj=-4.36E+06	, 0=-75.7	, D=-.25	
1988/09/23 09:29:03 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=1 , Z=3.127E+07 , Zi=1.842E+07			Zj=-2.53E+07	, 0=-53.9	, D=-.728	
1988/09/23 09:30:02 R1 Iamp=G8 Vamp=G1 frequency=20 , Z=4.082E+06 , Zi=1.240E+06			Zj=-3.88E+06	, 0=-72.8	, D=-.31	

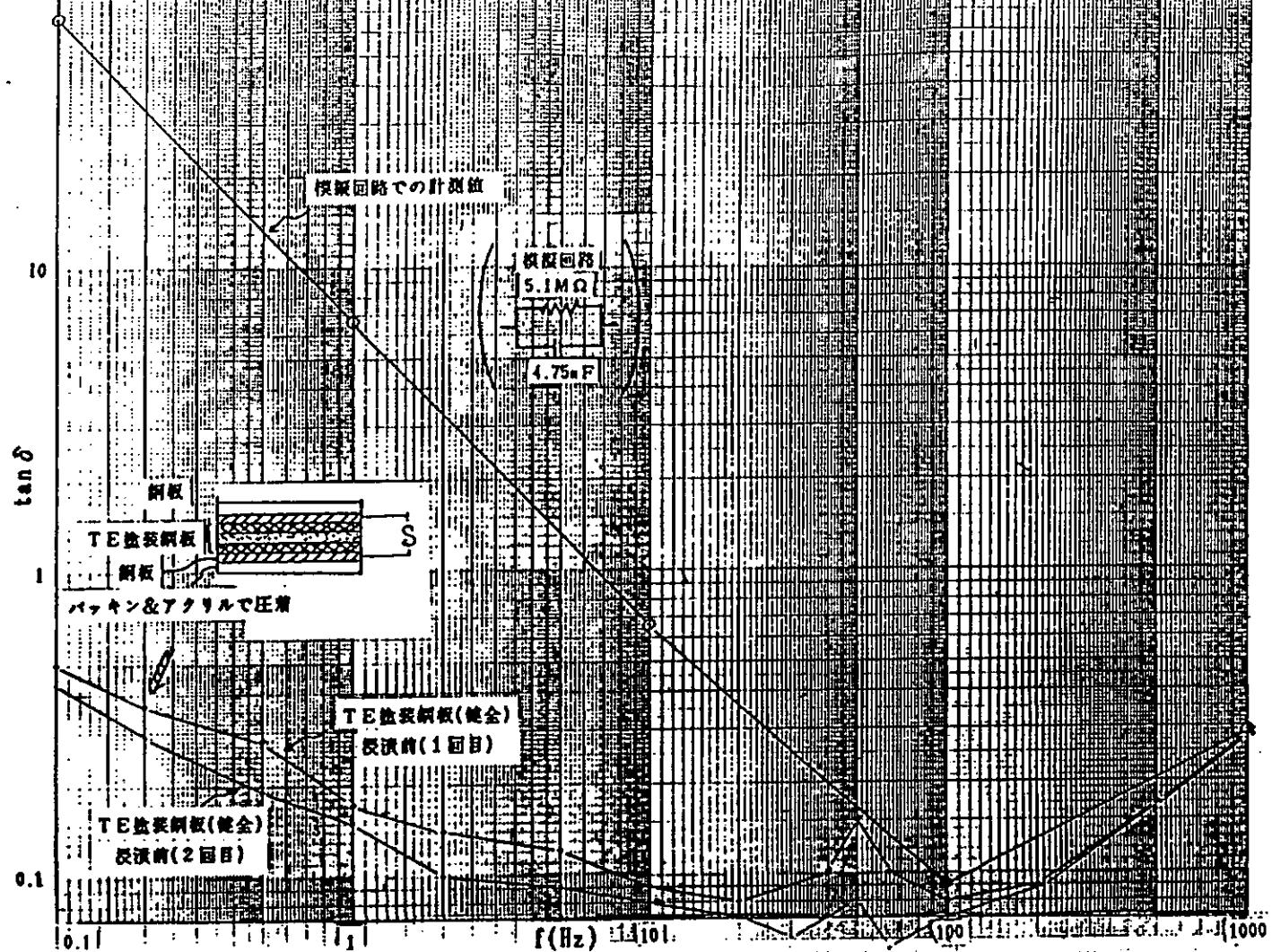


図1.1(9) 模擬回路及び海水浸漬前・塗装鋼板(TE)の $\tan\delta$ の周波数特性の比較

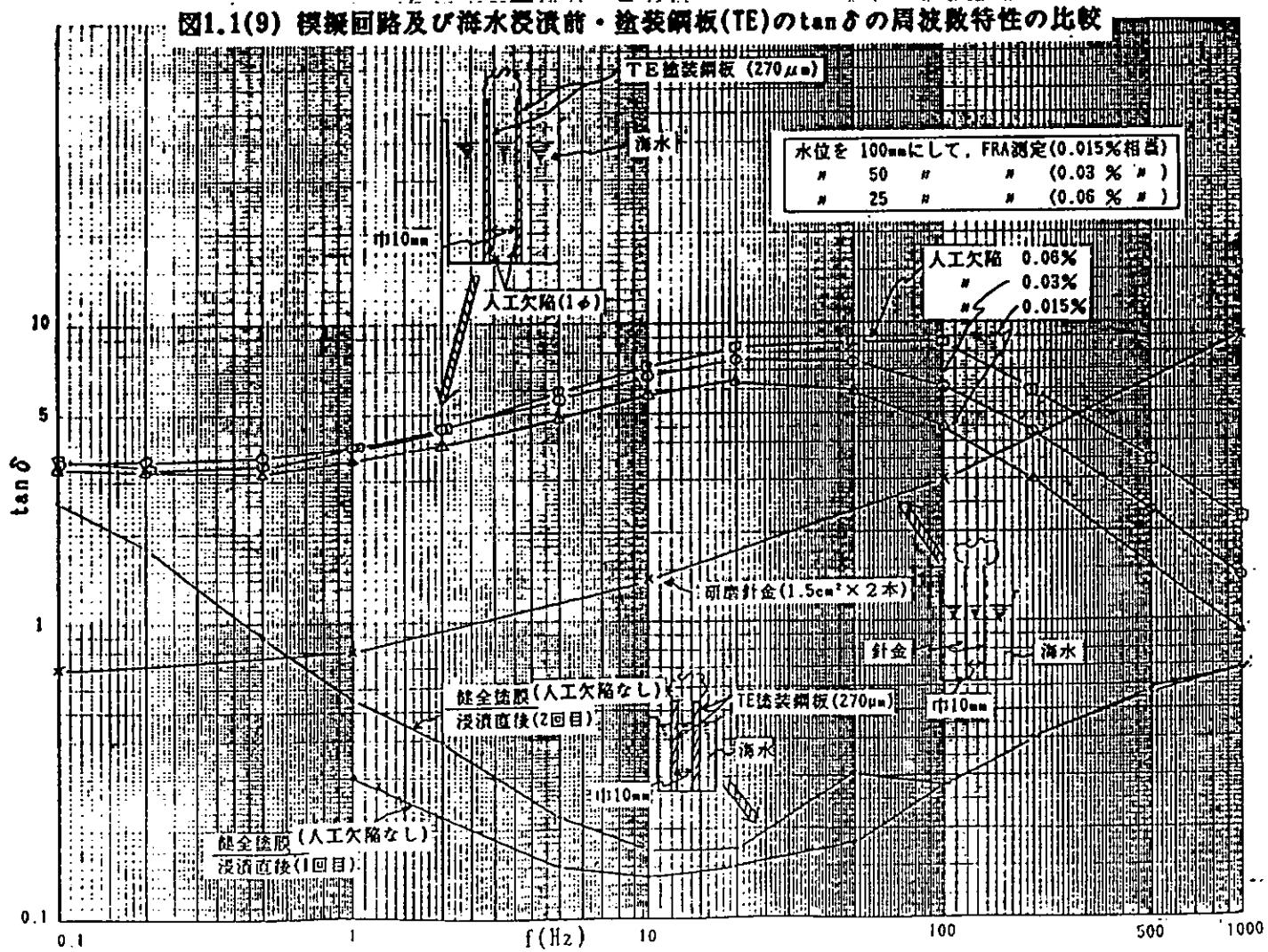
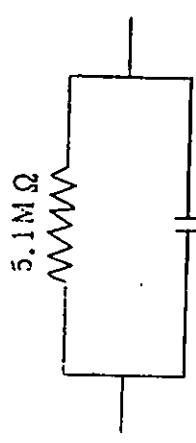
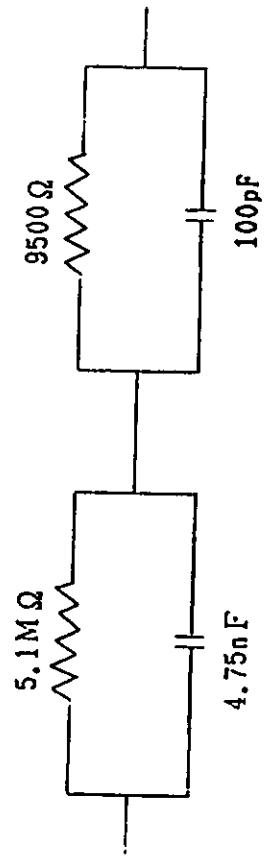


図1.1(10) 健全塗膜、人工傷を付けた塗装鋼板(TE)及び無塗装・金属試験片の $\tan\delta$ の周波数特性の比較

表 1.1(2) 模擬回路によるインピーダンスの計算値と計測値の比較



模擬回路



計測回路

計算回路

周波数 (Hz)	$\tan \delta$	実数部 (Ω)	虚数部 (Ω)	絶対値 (Ω)
1.00E-01	6.48E+01 * 6.58E+01	5.08E+06 * 5.10E+06	7.95E+04 * 7.76E+04	5.08E+06 * 5.10E+06
1.00E+00	6.51E+00 * 6.58E+00	4.97E+06 * 4.99E+06	7.64E+05 * 7.58E+05	4.97E+06 * 5.05E+06
1.00E+01	6.56E-01 * 6.61E-01	1.52E+06 * 1.54E+06	2.32E+06 * 2.34E+06	2.77E+06 * 2.80E+06
1.00E+02	9.17E-02 * 9.41E-02	3.02E+04 * 3.14E+04	3.30E+05 * 3.33E+05	3.31E+05 * 3.35E+05
1.00E+03	2.67E-01 * 2.90E-01	8.88E+03 * 9.72E+03	3.32E+04 * 3.35E+04	3.48E+04 * 3.48E+04
1.00E+04	2.87E+00 * 2.78E+00	8.65E+03 * 9.50E+03	3.00E+03 * 3.40E+03	9.16E+03 * 1.00E+04

* 計算値

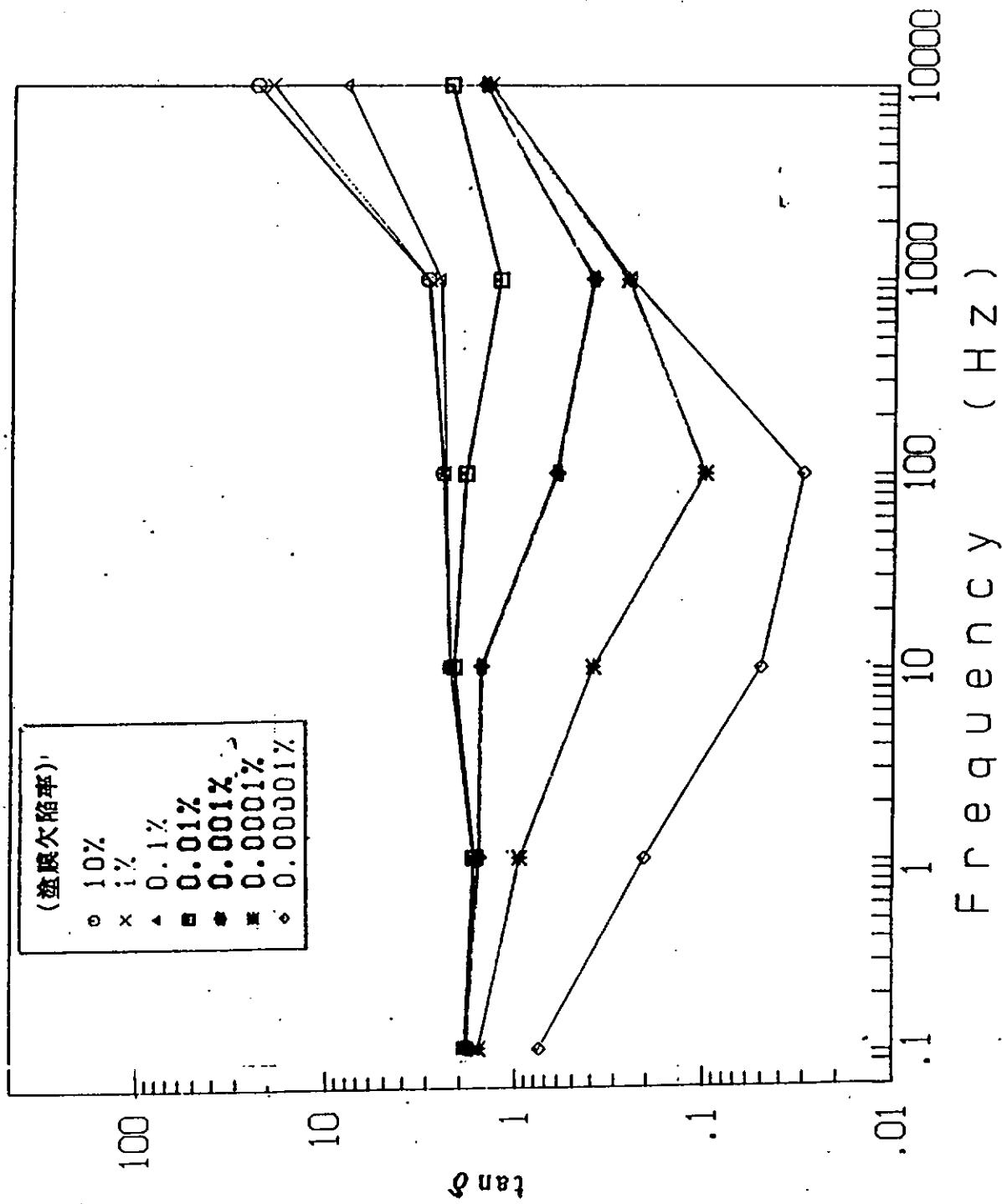


図1.1(11) $\tan \delta$ における塗装鋼の欠陥率の影響のシミュレーション

付録1 自然海水浸せき用塗装試験板作製条件

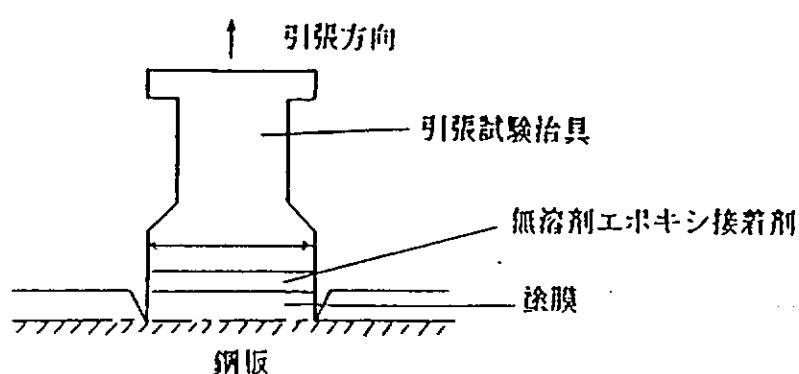
- ・表2、表3に示す塗装仕様に従って、TE（防食仕様No.1）及びCR-A/C-IIB（防食仕様No.2）の2種の試験板をエアレススプレー塗装で作製した。
なお、試験板サイズ及び一次表面処理グレードを次に示す。
- 150×200×3.2^t鋼板、グリッドblast処理（JSRA, Sd 2~3）
- ・試験板の表面粗度
使用したグリットblast鋼板の表面粗度は、 R_{max} 76μm (n=5の平均)、 R_a 40μm (n=3の平均) であった。
- ・塗膜厚はTEが目標膜厚より若干厚目であるが、CR-A/C-IIB はほぼ目標値となつた。

付録2 評価手法の測定結果

(1) 外観（さび、ふくれ）及び付着力

- ・ふくれはASTM D711-56、さびはASTM DG10-68によって評価した。
- ・付着力

参考図3に示すように、塗膜の上に無溶剤エポキシ接着剤を使用して引張治具（20φの鋼製）を接着させる。1晩放置後、NTカッター等により引張治具のまわりに下地に達する傷を付けた後、引張試験機（島津製作所オートグラフS-500、引張速度5mm/min）を使用して鋼板との付着力(kgf/cm²)を測定した。



参考図3. 付着力試験要領

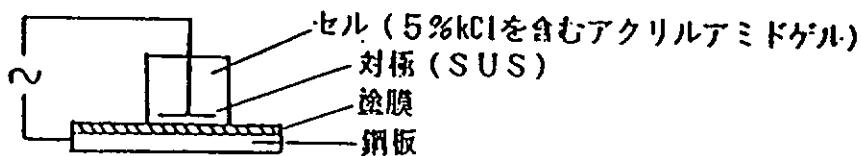
(a) Cl⁻浸透深さ

塗装試験板より小片を切り出し、樹脂に埋め込み、硬化後、乾燥法により表面を研磨・仕上げる。次に、塗膜断面方向のCl⁻分布をX線マイクロアナライザーにより測定する。

(b) 交流インピーダンス法

- 1KHzでの交流インピーダンス測定によるR, C, tanδの計測

参考図4に示すように約30cm²の押当てセルを用い、LCRメータ(國洋電気社、KC-530形)により、1KHzでの電気容量、tanδを測定し、次の式で交流抵抗を算出する。



参考図4

$$R_p = \frac{1}{2\pi f C_p \tan \delta}$$

ここに R_p : 交流抵抗C_p : 電気容量

tan δ : タンデルタ

f : 周波数

- 広周波数域での交流インピーダンス測定

参考図5に示すようにFRA(周波数応答解析装置)を使用したインピーダンス測定装置により塗装鋼板の広周波数域でのインピーダンスを測定する。

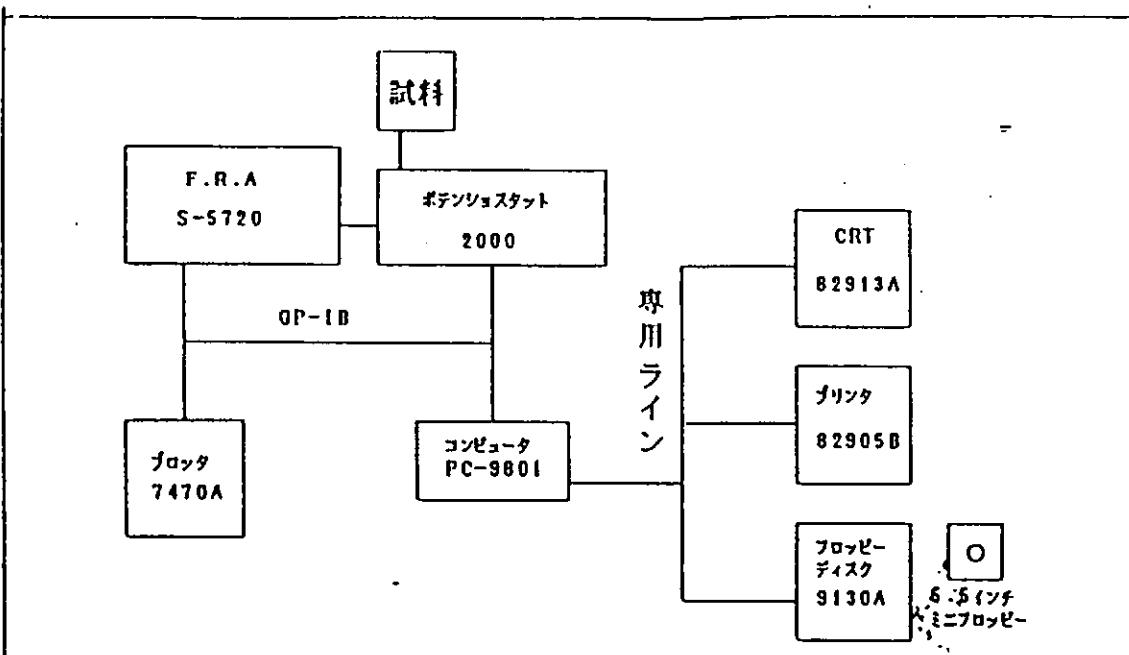
測定条件(押当セル、塗膜の乾燥時間)は上記の1KHz測定時と同じとした。

測定装置: ケミカルインピーダンス測定システム8502

(エヌエフ回路設計ブロック社)

発振周波数: 0.01~10KHz

付録2 (つづき)



参考図5 ケミカルインピーダンス測定装置のブロック図

(e) カレントインタラプタ法

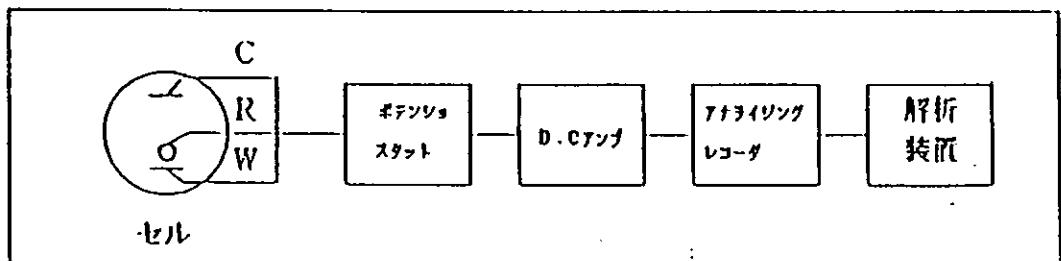
参考図6に示すように塗装鋼板に微小の定電流を単時間通電時の分極過渡現象を観測することにより、塗膜と金属性表面の分極抵抗とを分離して塗膜下腐食電流を求める。

機 器 名 : ボテンションスタット

測 定 面 積 : $31\text{cm}^2(63^\circ)$

測 定 範 囲 : $10 \sim 10^7 \Omega\text{cm}^2$

印加電流範囲 : $10^{-9}\text{A} \sim 1\text{A}$



参考図6 測定装置のブロック図

2. 塗膜の耐久性に与える要因の検討

2.1 表面処理グレードと塗膜の耐久性

(1) 目的

船舶、海洋構造物に用いられる各種防食仕様は、対象となる部位、並びに耐用年数などを考慮して施工されるべきである。

しかし、最適防食仕様が未確立のため、安全策として過防食の方向に進んでいるのが実情である。

従って、塗料、表面処理グレード、及び用途別による塗膜耐久性を把握し、防食仕様の最適化を図る。

(2) 実施内容

(a) 表面処理グレード

J S R A · S P S S - 1 9 8 4 に記載されている表面処理グレードのうち、次の10種を試験の対象とする。

(i) 一次表面処理

J A S d 2 (グリットブラスト処理)

(ii) 二次表面処理

ショップライマは、無機ジンクリッヂとする。

(イ) 無加工

I O

(ロ) パワーツール処理

I H P t 1, I H P t 3 (手溶接部)

I F P t 1, I F P t 3 (歪取部)

(ハ) サンドブラスト処理

I H S d 2, I H S d 3 (手溶接部)

I F S d 2, I F S d 3 (歪取部)

(b) 塗料

(i) 厚膜型タールエポキシ塗料 (膜厚 D r y 220 μm, 1回塗り) 略号: T E

(ii) エポキシ塗料 (膜厚 D r y 200 μm, 2回塗り) 略号: P E · A / C

(iii) 厚膜型塩化ゴム塗料 (膜厚 D r y 120 μm, 2回塗り) 略号: C R · A / C · H E

(c) 試験方法

試験対象部位は飛沫部と没水部とし、下記の方法で試験する。

(i) 飛沫部

天然試験: 乾湿交番を伴う海浜飛沫部天然暴露試験 (昭和60年度開始)

海浜飛沫部での暴露条件は、大略次の様である。

- ・懸架方法 東向、垂直懸架
- ・没水時間 約2hr／1日
- ・乾湿交番（飛沫含む）時間 約6hr／1日
- ・大気暴露時間 約16hr／1日

促進試験：「紫外線（波長：253.7nm）照射7日」+「40℃天然海水浸漬7日」
上記を1サイクルとした交番試験（昭和61年度、TE塗料、
昭和62年度、PE・A/C塗料、昭和63年度、CR・A/C・HB
塗料を開始）

（ii）没水部

天然試験：天然海水浸漬試験（昭和60年度開始）

促進試験：40℃天然海水浸漬試験（昭和61年度、TE塗料、昭和62年度、
PE・A/C塗料、昭和63年度、CR・A/C・HB塗料を開始）

(3) 評価方法

下記による評価を定期的に実施する。

(a) 外観

ふくれ、さび等の観察 (ASTM. D714-56, D610-68等による)

(b) 直流法

(i) エレクトロメータによる測定(飛沫部試験のみ)

3%食塩水にカルボキシルメチルセルロースを3%溶解して作った電解質の糊で塗膜表面にアルミ箔(5×5cm)を貼付し、1時間放置後エレクトロメータ(タケダ理研製、TR 8652)を用い、印加電圧20Vにおける1分後の直流抵抗を求める。

(図2.1.1参照)

機器名：エレクトロメータTR 8652(タケダ理研)

電極寸法：主電極25cm²(5×5cm) ガード電極90φ

測定範囲：10² Ωcm²～5×10¹⁵ Ωcm²

印加電圧範囲：0～20V(10mVステップ)

(ii) カレントインタラプタ法(没水部試験のみ)

3%食塩水を満たした電解セルを試験片に密着させ約半日間放置後、カレントバルスジェネレータ(北斗電工製)を用い、塗膜抵抗と金属界面の分極抵抗を測定する。

(図2.1.2参照)

機器名：カレントバルスジェネレータ(北斗電工)

測定面積：12.56cm²(40φ)

測定範囲：10⁴ Ωcm²～10¹² Ωcm²

印加電流範囲：10⁻³A～10⁻¹² A

(c) 交流法

3%食塩水にカルボキシルメチルセルロースを3%溶解して作った電解質の糊で塗膜表面にアルミ箔(5×5cm)を貼付し、1時間放置後防錆塗膜試験器(新電子工業製、CJA-3)を用い、各発振周波数における抵抗及び容量を測定すると共に次式によりtan δを求める。

$$\tan \delta = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C \cdot R}$$

π：円周率

f：周波数(Hz)

C：容量(F)

R：抵抗(Ω)

(図2.1.3参照)

機 器 名 : 防食塗膜試験器 CJA-3 (新電子工業)
発 振 周 波 数 : 0.2, 0.5, 1.0 KHz
測 定 詞 囲 : $10^{-5} < C_x \cdot R_x < 10^{-2}$, $\tan \delta > 1/60$
測 定 面 積 : 25 cm² (5 cm × 5 cm)

(d) 付着力測定

塗膜に無溶剤エポキシ接着剤で引張試験治具 (20φ, アルミ製) を貼付し、
24時間室温で放置する。

接着剤硬化後、治具円周に沿って塗膜に素地まで達する切り傷をつけ、付着力試験
機を用い、付着力並びに破断個所を求める。

。

(図2.1.4参照)

(i) アドヒージョンテスタによる測定 (飛沫部試験のみ)

機 器 名 : アドヒージョンテスタ (エルコメータ)
能 力 : 0~70 kgf/cm², 0~150 kgf/cm²
測 定 時 の 温 度 : 25 ± 3°C
測 定 時 の 湿 度 : 60~65%
繰り返し数 : 3

(ii) 引張り試験機による測定 (没水部試験のみ)

機 器 名 : 引張り試験機 (ミネベア, TCM-500)
引 張 り 速 度 : 5 mm/min
能 力 : 最大荷重 500kg
測 定 時 の 温 度 : 20°C ± 3°C
測 定 時 の 湿 度 : 60% ± 3%
繰り返し数 : 2

(4) 飛沫部を対象とした試験

(a) 塗装前処理試験片の作成

試験片寸法 : $150 \times 150 \times 4.5 \text{ mm}$ (SS 4 1)

(i) 一次処理 (JSRA, JASd 2)

黒皮鋼をグリットblast処理にて、JSRA, JASd 2とした。

図2.1.5(1)~(4)に天然及び促進試験に供した試験片の表面アラサ測定結果を示す。

天然試験用 : $R_{max} 78 \mu\text{m}$, JIS Rz $65 \mu\text{m}$ ($n=5$)

TE塗料促進試験用 : $R_{max} 78 \mu\text{m}$, JIS Rz $68 \mu\text{m}$ ($n=5$)

PE・A/C塗料促進試験用 : $R_{max} 78 \mu\text{m}$, JIS Rz $72 \mu\text{m}$ ($n=5$)

CR・A/C HB塗料促進試験用 : $R_{max} 78 \mu\text{m}$, JIS Rz $72 \mu\text{m}$ ($n=5$)

(ii) 二次表面処理

(イ) JSRA, JASd 2鋼板に無機ジンクリッヂプライマを塗布 (IO)。

本塗装までに室内48Hr以上放置した。

(ロ) 溶接ビード肉盛

S/P塗装鋼板 (IO) に溶接棒B-17, 4φによる手溶接ビードを試験片中央部に70mm長で肉盛加工後、2箇月間天然暴露し発錆させグリットblast処理 (IH Sd 2, 3), パワーツール処理 (IHPt 1, 3) を実施した。

(ハ) 歪取

歪取加工を想定し、S/P塗装鋼板 (IO) を800°Cで5分間熱加工 (電気炉) 後、2箇月間天然暴露し発錆させグリットblast処理 (IF Sd 2, 3, パワーツール処理 (IF Pt 1, 3) を実施した。

(b) 塗装

塗装は全試験片、エアレス塗装機にて実施したが、手溶接試験片のビードは刷毛にて先行塗りを行った。

表2.1.1(1), (2)に天然及び促進試験での膜厚測定結果を示す。

(c) 評価試験結果について

(i) 外観

(イ) 天然試験：表2.1.2 に観察結果を示す。

・TE塗料

：各処理グレード共に12箇月経過時点までは欠陥発生はなかった。
18箇月経過時点でIHPt1処理のビード上塗膜にふくれが発生し、
24箇月後において、ふくれNo.8Fの頻度となり、36箇月後まで進歩
はない。他の9種の処理グレードにおいては、36箇月経過時点ま
で欠陥発生はない。

・PE・A/C塗料

：各処理グレード共に36箇月経過時点まで欠陥発生はない。

・CR・A/C・HB塗料

：IHPt1処理は9箇月経過時点でビード上塗膜にふくれNo.6Fを
発生し、18箇月時点でふくれが破壊し素地露出（さび）となった。
他の9種の処理グレードは18箇月経過時点まで欠陥発生はなかった
が、24箇月経過時点でIFPt1, IFPt3処理でふくれNo.8M
～MDの発生が認められ36箇月後においても欠陥進歩はない。更に
36箇月経過時点においてIFSd2, IFSd3処理でチェックイン
グNo.8以下が認められた。

36箇月経過時点において塗膜欠陥のない処理グレードは5種とな
った。

(ロ) 促進試験：

・TE塗料

：各処理グレード共に44サイクル（1サイクル：14日）経過時点ま
で欠陥発生はない。但し、塗膜表面は退色している。

・PE・A/C塗料

：各処理グレード共に24サイクル経過時点まで欠陥発生はない。
但し、塗膜の変色は著しい。

・CR・A/C・HB塗料

各処理グレード共に4サイクル経過時点まで欠陥発生はない。
但し、塗膜の変色は著しい。

(ii) 電気的特性の測定

電気的特性の対象は、供試した表面処理グレード10種について実施した。

尚、手溶接ビード付試験片については、ビードがアルミ箔電極の中央に位置する形で測定した。

(イ) 直流抵抗

天然試験での測定結果を表2.1.3(1)～(21)に示し、経時変化を図2.1.6(1)～(3)に示す。

促進試験での測定結果を表2.1.4(1)～(21)に示し、経時変化を図2.1.7(1)～(3)に示す。

・ TE塗料（天然試験）

：図2.1.6(1)に示した経時変化から明らかな様に、初期は表面処理グレードに拘らず $10^{11}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 台であった。6, 12箇月と経過するに従って、いずれも $10^{10}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 台に減少したが、18, 24箇月後では、IHP t 1, IHSD 2処理以外は、稍抵抗値が増加した。

36箇月経過時点ではIHP t 1, IHP t 3は $10^7\Omega\cdot\text{cm}^2$ 台を示したが、他の8処理は初期値付近に増加した。

18箇月後に $10^8\Omega\cdot\text{cm}^2$ 台に急減したIHP t 1にはふくれが認められたが、24～30箇月後に同傾向を示したIHP t 3, IHSD 2処理には欠陥は認められなかった。

・ PE・A/C塗料（天然試験）

：図2.1.6(2)に示した経時変化から明らかな様に、初期は表面処理グレードに拘らず $10^{12}\sim 10^{13}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 台であった。6, 12, 18箇月と経過するに従って、抵抗は減少し $10^8\sim 10^{10}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 台に分散し、24～36箇月後につれて全体的に増加、横這いとなり $10^8\sim 10^9\Omega\cdot\text{cm}^2$ 台となった。

平板と溶接ビード板で若干差異があるものの、いずれもブラスト処理に比べパワーツール処理での抵抗値が低い傾向にあり、表面処理グレード差の影響が認められる。

・ CR・A/C・HB塗料（天然試験）

：図2.1.6(3)に示した経時変化から明らかな様に、初期は表面処理グレードに拘らず $10^{12} \sim 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 台であった。6, 12, 18箇月と経過するに従って抵抗は減少し、 $10^6 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 台に分散し、24～36箇月経過で増減はあるものの抵抗低下傾向が認められる。

IHPt1処理は他処理に比べ急激な減少を示し、12箇月後の $10^5 \Omega \cdot \text{cm}^2$ を最後に素地露出のため、それ以降の測定は不可能となった。更に24箇月後の測定において $10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 台のIFPt1, IFPt3にはふくれを認めたが、IFSd2はそれ以下の $10^7 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 台ながらふくれは認められず30箇月時点においてもふくれ発生のIFPt1, 3処理と同程度の抵抗値($10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$)のIFSd2, 3には欠陥は認められなかった。36箇月経過時点においてIFSd2, 3処理は $10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ でチェックの発生が確認された。

抵抗値からは、必ずしも低級処理のものが低抵抗とはなっておらず表面処理グレード差の影響は認められない。

・ TE塗料（促進試験）

：図2.1.7(1)に示した経時変化から明らかな様に、初期は表面処理グレードに拘らず $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 台であった。4サイクル経過毎の抵抗値は44サイクル経過後まで、IFSd2以外は殆ど変化がない。

IFSd2は24サイクル経過後 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 台に低下したが、欠陥発生はなく32サイクル経過後回復した。

抵抗値の低下傾向は現時点では全処理で認めらない。

・ PE・A/C塗料（促進試験）

：図2.1.7(2)に示した経時変化から明らかな様に、初期は表面処理グレードに拘らず $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 近傍であった。24サイクル経過時点では経時と共に全処理グレードで $10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 台に低下しているが、欠陥発生はなく表面処理グレード差による影響も認められない。

・ CR・A/C・HB塗料（促進試験）

：図2.1.7(3)に示した経時変化から明らかな様に、初期は表面処理グレードに拘らず $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 近傍であった。4サイクル経過後、全処理グレード共に $10^9 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 台に低下したが欠陥発生はなく表面処理グレード差による影響も認められない。

ロ) 交流インピーダンス, $\tan \delta$

天然試験での測定結果を表2.1.3(1)~(21)、0.2及び1.0KHzにおけるインピーダンスの経時変化を図2.1.8(1)~(3), 1.0KHzにおける $\tan \delta$ の経時変化を図2.1.10(1), 周波数特性を図2.1.11(1)~(3), $\tan \delta$ の周波数特性を図2.1.13(1)~(3)に示す。

促進試験での測定結果を表2.1.4(1)~(21)、0.2及び1.0KHzにおけるインピーダンスの経時変化を図2.1.9(1)~(3), 1.0KHzにおける $\tan \delta$ の経時変化を図2.1.10(2), 周波数特性を図2.1.12(1)~(3), $\tan \delta$ の周波数特性を図2.1.14(1)~(3)に示す。

※ 天然試験での初期値測定で0.2KHzにおける測定は、3塗料共にブリッジ回路でのバランスがとれず測定できなかった。

・ TE塗料 (天然試験)

: 図2.1.8(1)a~dに示した0.2及び1.0KHzにおけるインピーダンスの経時変化から無欠陥塗膜では0.2KHzの抵抗は1.0KHzの2~3倍を示し容量値は大差ない。18箇月後ふくれを発生したIHPt1で比べると抵抗は周波数による差がなくなり、容量は低周波数側が増大する傾向が認められる。18箇月後ふくれを発生したIHPt1は、 $10^6 \Omega \cdot cm^2$ (1.0KHz)で他グレードより1オーダ抵抗値が低い。

30箇月経過付近でIHSd2, IHPt3で抵抗値の低下が顕著となっているが塗膜欠陥発生は認められない。36箇月経過時点での傾向は0~24箇月後まで低下し30.36箇月後はやや増加している。

図2.1.10(1)に示した1.0KHzにおける $\tan \delta$ の経時変化では塗膜欠陥発生のIHPt1で0.3~1.85、無欠陥の他グレードは0.09~0.15の範囲にある。但しIHSd2, IHPt3は30箇月に1近傍の値を示しており今後、要観察である。

図2.1.11(1)a~dに示した周波数特性から無欠陥塗膜では抵抗値は低周波数側から高周波数側に向けて傾斜を示し容量値は平坦であるが塗膜欠陥発生のIHPt1の経時変化では抵抗値の平坦化、容量値の傾斜化が認められる。

図2.1.13(1)a~dに示した $\tan \delta$ の周波数特性から無欠陥塗膜では低周波数側から高周波数側に向けて若干の傾斜であるが塗膜欠陥発生のIHPt1の経時変化では傾斜の増大且つ値自体の増大(低周波数側)が認められる。

・ P E · A / C 塗料 (天然試験)

: 図2.1.8(2)a ~ d に示した 0.2 及び 1.0 kHz におけるインピーダンスの経時変化に關しは図形は相似しており 0.2 kHz での抵抗値が 1.0 kHz に比べ 2 ~ 3 倍高いのみである。

36箇月経過時点での傾向は、抵抗は 24箇月後まで低下しそれ以降は横這い、容量は 24箇月後まで若干上昇しそれ以降は横這いである。

本塗料ではいずれの処理グレードにおいても塗膜欠陥は発生していないが抵抗値ではプラスチック処理がパワーツール処理より高い傾向がある。図2.1.1 0(1)に示した 1.0 kHz における $\tan \delta$ の経時変化では初期 0.06 ~ 0.1 で 18箇月まで増加しその後 0.1 ~ 0.15 付近にあり平板のみ低級処理が大きな値を示している。

図2.1.1 1(2)a ~ d に示した周波数特性において、抵抗の平坦化、容量の急増現象は認められない。

図2.1.1 3(2)a ~ d に示した $\tan \delta$ の周波数特性において、全処理グレード共に特異な傾斜、値を示すものは認められない。

・ C R · A / C · H B 塗料 (天然試験)

: 図2.1.8(3)a ~ d に示した 0.2 及び 1.0 kHz におけるインピーダンスの経時変化において図形は相似しており 0.2 kHz での抵抗値が 1.0 kHz に比べ無欠陥塗膜で 2 ~ 3 倍高いのみである。

36箇月経過時点での傾向は、無欠陥塗膜については抵抗、容量共に初期から殆ど変化ないが IHP t 1 (12箇月後、ふくれ) IFP t 1, IFP t 3 (24箇月後、ふくれ) IFS d 2, IFS d 3 (36箇月後 チェッキング) の様に欠陥発生塗膜には抵抗の急減現象が欠陥発生前又は発生後に認められる。表面処理グレードは欠陥発生前において、必ずしも高級処理が高抵抗となっておらず認め難い。

図2.1.1 0(1)に示した 1.0 kHz における $\tan \delta$ の経時変化では初期 0.06 ~ 0.11 であり 36箇月後において無欠陥塗膜は殆ど増加していない。欠陥発生の IHP t 1 は 1.6 (6 箇月後)、IFP t 3 は 2.6 (30箇月後)、IFS d 3 は 0.7 (30箇月後) の突出した値を示したが IFP t 1, IFS d 2 は 0.2 (30箇月後) を示したにすぎない。

図2.1.1 1(3)a ~ d に示した周波数特性において、抵抗値の傾斜を比較すると欠陥を発生した塗膜は必ず平坦化が起こっているが、容量値では大きな変化のものと変化のないものとがある。

図2.1.1 3(3)a ~ d に示した $\tan \delta$ の周波数特性において、無欠陥塗膜は低周波側から高周波側に向けて若干の傾斜をもっているが塗膜欠陥を発生した IHP t 1, IFP t 1, IFP t 3, IFS d 2, IFS d 3 は傾斜が大きくなり且つ値自体も増加している。

・ T E 塗料 (促進試験)

: 図2.1.9(1)a～dに示した0.2及び1.0KHzにおけるインピーダンスの経時変化において図形は相似しており0.2KHzでの抵抗値が1.0KHzに比べ2～3倍高いのみである。

44サイクル経過時点での傾向として抵抗値、容量値共に起伏はあるものの初期と大きな変化はなく表面処理グレード差も認められない。

図2.1.10(2)aに示した1.0KHzにおける $\tan\delta$ の経時変化では初期0.09～0.15が経時と共に増減を繰り返し0.09～0.11の範囲となっている。

図2.1.12(1)a～dに示した周波数特性において、全処理グレード共に抵抗の平坦化、容量の急増現象は認められない。

図2.1.14(1)a～dに示した $\tan\delta$ の周波数特性において、全処理グレード共に特異な傾斜、値を示すものは認められない。

PE・A/C塗料 (促進試験)

: 図2.1.9(2)a～dに示した0.2及び1.0KHzにおけるインピーダンスの経時変化において図形は相似しており0.2KHzでの抵抗値が1.0KHzに比べ2～3倍高いのみである。

24サイクル経過時点での傾向として全処理グレードで抵抗値は1オーダー低下、容量値は2倍近く増加しているが塗膜欠陥発生はなく表面処理グレード差も認め難い。

図2.1.10(2)bに示した1.0KHzにおける $\tan\delta$ の経時変化では、初期0.15付近が経時と共に増加し0.3～0.5の範囲となっている。

図2.1.12(2)a～dに示した周波数性において、全処理グレード共に抵抗の平坦化、容量の急増現象は認められない。但し抵抗の低下、容量の増加傾向はみとめられる。

図2.1.14(2)a～dに示した $\tan\delta$ の周波数特性において、全処理グレード共に特異な傾斜を示すものはないが値自体は増加しつつある。

・ C R · A / C · H B 塗料 (促進試験)

: 図2.1.9(3)a～dに示した0.2及び1.0KHzにおけるインピーダンスの経時変化において図形は相似しており0.2KHzでの抵抗値が1.0KHzに比べ2～3倍、容量値は若干高いのみである。

図2.1.10(2)cに示した1.0KHzにおける $\tan\delta$ の経時変化では初期0.08付近が4サイクル後において0.2～0.37に増加している。

図2.1.12(3)a～dに示した周波数性において、全処理グレード共に抵抗の平坦化、容量の急増現象は認められない。但し抵抗の低下、容量の増加傾向はみとめられる。

図2.1.14(2)a～dに示した $\tan\delta$ の周波数特性において、全処理グレード共に特異な傾斜を示すものはないが値自体は増加しつつある。

(iii) 付着力測定

付着力測定の対象は、塗装前処理種； J A S d 2, I O, I F P t 1, I F P t 3, I F S d 2, I F S d 3 の 6 種とし、手溶接試験片は除外した。

天然試験での測定結果を表 2.1.5(1)～(7)に示し、経時変化を図 2.1.15(1)～(3)に示す。

促進試験での測定結果を表 2.1.6(1)～(8)に示し、経時変化を図 2.1.16(1)～(3)に示す。

・ T E 塗料（天然試験）

：図 2.1.15(1)に示した経時変化から明らかな様に、処理種に拘らず接着剤からの破断が多く、真の付着力は得られておらず比較し難い。

しかし、本塗料の破断形態は塗膜が健全であればこの形態を示すのが常であることからすれば、殆ど劣化していないと推定できその破断値も 40 kg f/cm 以上でありうなずける。P t 処理ではさびからの破断を伴う現象が一部認められた。

現時点では付着力の明確な減少傾向は認め難い。

・ P E · A / C 塗料（天然試験）

：図 2.1.15(2)に示した経時変化から明らかな様に、P t 処理はさびを伴った破断、I O や S d 処理はすべて塗膜凝集破断を初期～36箇月後まで示した。I O や S d 処理の塗膜凝集破断値は $20 \sim 50 \text{ kg f/cm}$ にバラついており、P t 処理では P t 1 に比べ P t 3 処理の方が $10 \sim 20 \text{ kg f/cm}$ 程度、破断値が高く強度的には P t 3 と S d 処理で大差ない。

現時点では付着力の明確な減少傾向は認め難い。

・ C R · A / C · H B 塗料（天然試験）

：図 2.1.15(3)に示した経時変化から明らかな様に、I O や S d 処理は塗膜凝集破断、P t 処理はさびを伴った破断を初期～36箇月後まで示した。但し、P t 3 処理は初期の塗膜凝集破断が 6 箇月経過以降はさびを伴った破断形態に変化している。

I O や S d 処理の塗膜凝集破断値は $10 \sim 30 \text{ kg f/cm}$ 、P t 処理のさびを伴った破断値も同様で殆ど差異はない。更に個々の経時変化についても付着力の明確な減少傾向は認め難い。

・ T E 塗料 (促進試験)

: 図 2.1.16(1)a, b に示した経時変化から明らかな様に、P t 1 処理でさびからの破断（初期のみ）他は接着剤からの破断が認められた。破断値は初期 5.0 ~ 9.0 kg f / cm, 44 サイクル後 4.0 kg f / cm 付近であるが、いずれも接着剤破断であるため真の付着力の比較はではない。しかし、本塗料の破断形態は塗膜が健全であればこの形態を示し易く、その破断値も 4.0 kg f / cm 以上であり、殆ど劣化していないと断定できる。従って、経時変化としてはとらえ難いが強度的には現時点では表面処理グレード差はないと判断できる。

・ P E · A / C 塗料 (促進試験)

: 図 2.1.16(2) に示した経時変化から明らかな様に、P T 処理はさびを伴った破断、I O や S d 処理は殆ど塗膜凝集破断を初期～24 サイクル後まで示した。破断値は処理種に拘らず 4 ~ 12 サイクルにかけて増加しその後減少気味である。24 サイクル後の I O や S d 処理の破断値は、3.0 ~ 4.0 kg f / cm, P t 処理は P t 1 処理に比べ P t 3 処理の方が 1.0 kg f / cm 程度高く、強度的に P t 3 と S d 処理で大差ない。現時点では P t 1 処理の付着力が他処理より低い傾向がある。

・ C R · A / C · H B 塗料 (促進試験)

: 図 2.1.16(3) に示した経時変化から明らかな様に、初期は 1.0 ~ 3.0 kg f / cm の破断値で P t 1 処理のみさびを伴った破断形態を示した。4 サイクル経過後、破断形態は初期と同じながら全処理で破断値が 5 ~ 1.0 kg f / cm に減少した。現時点では表面処理グレード差は認め難い。

表2.1.1(1) 天然試験 膜厚測定結果 (μm)

塗 料 項 目	タールエポキシ塗料 Dry 220 μm ×1回塗り	エポキシ塗料 Dry 100 μm ×2回塗り	塩化ゴム塗料 Dry 60 μm ×2回塗り
範 囲	195~290	190~275	125~170
平 均	244	240	150
標準偏差	23.7	19.1	13.0

(n = 40)

表2.1.1(2) 促進試験 膜厚測定結果 (μm)

塗 料 項 目	タールエポキシ塗料 Dry 220 μm ×1回塗り	エポキシ塗料 Dry 100 μm ×2回塗り	塩化ゴム塗料 Dry 60 μm ×2回塗り
範 围	200~250	195~255	112~140
平 均	244.9	229.7	125.2
標準偏差	13.1	13.5	7.6

(n = 45)

表2.1.2(1) 外観調査結果(天然試験)

下地塗料 グレード	期別 (月数)	6	12	18	24	30	36
JA	TE						
Sd 2	PE						
	CR						
IO	TE						
	PE						
	CR						
IF	TE						
Pt 1	PE						
	CR				3.4m No.8 MD	同左	同左
IF	TE						
Pt 3	PE						
	CR				3.4m No.8 M	同左	同左
IF	TE						
Sd 2	PE						
	CR						72~75° No.8 JMF
IF	TE						
Sd 3	PE						
	CR						72~75° No.8 JMF
IH	TE				3.4m No.8 F+M	3.4m No.8 F	同左
Pt 1	PE						
	CR	3.4m No.6 F (9箇所)	3.4m No.6 M	3.4m 地面出 (32%) / S	同左	同左	同左
IH	TE						
Pt 3	PE						
	CR						
IH	TE						
Sd 2	PE						
	CR						
IH	TE						
Sd 3	PE						
	CR						

PE: PE-A/C CR: CRA/C-HB

表2.1.3(1) TE塗料の電気的特性（天然試験前）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω · cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω · cm)	C _x (F / cm)	tan δ
JASd2	3.5×10^{11}	0.2			
		0.5	1.21×10^8	2.0×10^{-11}	0.132
		1.0	8.44×10^7	1.2×10^{-11}	0.118
IO	3.9×10^{11}	0.2			
		0.5	1.17×10^8	2.0×10^{-11}	0.136
		1.0	7.63×10^7	1.2×10^{-11}	0.130
IFPt1	2.4×10^{11}	0.2			
		0.5	9.33×10^7	2.4×10^{-11}	0.142
		1.0	7.9×10^7	2.0×10^{-11}	0.101
IFPt3	2.4×10^{11}	0.2			
		0.5	1.42×10^8	1.2×10^{-11}	0.140
		1.0	1.11×10^8	1.2×10^{-11}	0.101
IFSd2	2.4×10^{11}	0.2			
		0.5	8.8×10^7	2.0×10^{-11}	0.181
		1.0	7.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.110
IFSd3	2.2×10^{11}	0.2			
		0.5	1.0×10^8	2.0×10^{-11}	0.159
		1.0	6.0×10^7	2.0×10^{-11}	0.133
IH Pt1	2.8×10^{11}	0.2			
		0.5	1.41×10^8	1.2×10^{-11}	0.141
		1.0	6.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.127
IH Pt3	3.0×10^{11}	0.2			
		0.5	1.13×10^8	2.0×10^{-11}	0.141
		1.0	7.4×10^7	2.0×10^{-11}	0.108
IHSd2	2.8×10^{11}	0.2			
		0.5	1.03×10^8	2.0×10^{-11}	0.155
		1.0	7.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.110
IHSd3	2.4×10^{11}	0.2			
		0.5	1.50×10^8	1.2×10^{-11}	0.132
		1.0	8.31×10^7	1.2×10^{-11}	0.120

表2.1.3(2) TE塗料の電気的特性（天然試験：6箇月後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω · cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R x (Ω · cm)	C x (F / cm)	$\tan \delta$
JASd2	3.8×10^{10}	0.2	2.35×10^8	2.0×10^{-11}	0.169
		0.5	1.22×10^8	2.0×10^{-11}	0.130
		1.0	9.06×10^7	1.6×10^{-11}	0.110
IO	4.3×10^{10}	0.2	2.05×10^8	2.0×10^{-11}	0.194
		0.5	1.25×10^8	2.0×10^{-11}	0.127
		1.0	8.75×10^7	2.0×10^{-11}	0.091
IFPt1	3.3×10^{10}	0.2	2.00×10^8	2.0×10^{-11}	0.199
		0.5	1.08×10^8	2.0×10^{-11}	0.147
		1.0	6.10×10^7	2.0×10^{-11}	0.130
IFPt3	4.0×10^{10}	0.2	2.50×10^8	1.6×10^{-11}	0.159
		0.5	1.27×10^8	1.6×10^{-11}	0.155
		1.0	7.50×10^7	1.6×10^{-11}	0.133
IFSd2	4.5×10^{10}	0.2	2.34×10^8	2.4×10^{-11}	0.141
		0.5	1.15×10^8	2.3×10^{-11}	0.121
		1.0	7.00×10^7	2.2×10^{-11}	0.103
IFSd3	4.2×10^{10}	0.2	2.25×10^8	2.0×10^{-11}	0.177
		0.5	1.38×10^8	2.0×10^{-11}	0.116
		1.0	7.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.110
IHPt1	3.5×10^{10}	0.2	2.40×10^8	1.8×10^{-11}	0.166
		0.5	1.33×10^8	1.8×10^{-11}	0.133
		1.0	9.50×10^7	1.8×10^{-11}	0.093
IHPt3	3.8×10^{10}	0.2	2.45×10^8	1.6×10^{-11}	0.162
		0.5	1.38×10^8	1.6×10^{-11}	0.144
		1.0	9.30×10^7	1.6×10^{-11}	0.107
IHSc2	3.7×10^{10}	0.2	2.25×10^8	2.0×10^{-11}	0.177
		0.5	1.44×10^8	1.6×10^{-11}	0.138
		1.0	8.25×10^7	1.6×10^{-11}	0.121
IHSc3	4.4×10^{10}	0.2	2.75×10^8	1.6×10^{-11}	0.181
		0.5	1.78×10^8	1.6×10^{-11}	0.122
		1.0	8.66×10^7	1.6×10^{-11}	0.118

表2.1.3(3) TE塗料の電気的特性（天然試験：12箇月後）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	4.2×10^{10}	0.2	1.50×10^8	2.8×10^{-11}	0.189
		0.5	9.53×10^7	2.5×10^{-11}	0.133
		1.0	6.46×10^7	2.4×10^{-11}	0.103
IO	4.9×10^{10}	0.2	1.49×10^8	2.8×10^{-11}	0.190
		0.5	7.22×10^7	2.6×10^{-11}	0.142
		1.0	6.54×10^7	2.6×10^{-11}	0.094
IFPt1	3.9×10^{10}	0.2	1.38×10^8	3.2×10^{-11}	0.180
		0.5	7.69×10^7	2.7×10^{-11}	0.152
		1.0	5.22×10^7	2.7×10^{-11}	0.112
IFPt3	3.7×10^{10}	0.2	2.01×10^8	1.8×10^{-11}	0.221
		0.5	1.06×10^8	1.8×10^{-11}	0.168
		1.0	6.39×10^7	1.8×10^{-11}	0.138
IFSd2	3.9×10^{10}	0.2	2.32×10^8	1.8×10^{-11}	0.190
		0.5	8.54×10^7	2.4×10^{-11}	0.155
		1.0	5.00×10^7	2.3×10^{-11}	0.137
IFSd3	3.5×10^{10}	0.2	1.58×10^8	2.6×10^{-11}	0.190
		0.5	8.83×10^7	2.4×10^{-11}	0.150
		1.0	5.42×10^7	2.4×10^{-11}	0.122
IHPt1	1.1×10^{10}	0.2	1.60×10^8	2.4×10^{-11}	0.207
		0.5	9.91×10^7	2.2×10^{-11}	0.146
		1.0	5.29×10^7	2.1×10^{-11}	0.145
IHPt3	3.1×10^{10}	0.2	1.80×10^8	2.2×10^{-11}	0.202
		0.5	9.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.172
		1.0	6.35×10^7	2.0×10^{-11}	0.125
IHSc2	2.4×10^{10}	0.2	1.69×10^8	2.2×10^{-11}	0.214
		0.5	9.70×10^7	2.0×10^{-11}	0.164
		1.0	6.35×10^7	2.0×10^{-11}	0.125
IHSc3	3.5×10^{10}	0.2	1.88×10^8	2.0×10^{-11}	0.212
		0.5	1.03×10^8	2.0×10^{-11}	0.155
		1.0	6.00×10^7	2.0×10^{-11}	0.133

表2.1.3(4) TE塗料の電気的特性（天然試験：18箇月後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			$\tan\delta$
		周波数KHz	R_x (Ω・cm)	C_x (F/cm) ⁻¹	
JASd2	6.0×10^{10}	0.2	1.77×10^8	2.0×10^{-11}	0.234
		0.5	9.08×10^7	1.6×10^{-11}	0.129
		1.0	6.00×10^7	1.6×10^{-11}	0.166
IO	4.5×10^{10}	0.2	1.57×10^8	2.4×10^{-11}	0.204
		0.5	8.46×10^7	2.4×10^{-11}	0.157
		1.0	5.99×10^7	2.0×10^{-11}	0.128
IFPt1	5.8×10^{10}	0.2	1.40×10^8	2.4×10^{-11}	0.249
		0.5	9.77×10^7	2.0×10^{-11}	0.163
		1.0	4.58×10^7	2.4×10^{-11}	0.150
IFPt3	6.2×10^{10}	0.2	1.75×10^8	1.6×10^{-11}	0.285
		0.5	1.24×10^8	1.6×10^{-11}	0.160
		1.0	6.99×10^7	1.6×10^{-11}	0.142
IFSd2	6.0×10^{10}	0.2	1.82×10^8	2.0×10^{-11}	0.219
		0.5	1.24×10^8	2.4×10^{-11}	0.117
		1.0	6.24×10^7	2.0×10^{-11}	0.128
IFSd3	6.0×10^{10}	0.2	1.53×10^8	2.0×10^{-11}	0.260
		0.5	7.86×10^7	2.0×10^{-11}	0.195
		1.0	6.72×10^7	1.6×10^{-11}	0.148
IHPt1	1.9×10^8	0.2	3.03×10^6	9.3×10^{-11}	2.843
		0.5	2.84×10^6	4.4×10^{-11}	2.547
		1.0	2.69×10^6	3.2×10^{-11}	1.851
IHPt3	4.1×10^{10}	0.2	1.17×10^8	1.6×10^{-11}	0.404
		0.5	8.71×10^7	1.6×10^{-11}	0.229
		1.0	4.75×10^7	1.6×10^{-11}	0.209
IHSc2	4.1×10^{10}	0.2	1.39×10^8	2.0×10^{-11}	0.297
		0.5	8.06×10^7	1.6×10^{-11}	0.247
		1.0	4.88×10^7	2.0×10^{-11}	0.181
IHSc3	4.8×10^{10}	0.2	1.53×10^8	2.0×10^{-11}	0.288
		0.5	8.39×10^7	2.0×10^{-11}	0.206
		1.0	5.13×10^7	1.6×10^{-11}	0.194

表2.1.3(5) TE塗料の電気的特性（天然試験：24箇月後）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			$\tan\delta$
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	
JASd2	9.8×10^{10}	0.2	1.35×10^8	2.0×10^{-11}	0.296
		0.5	9.85×10^7	2.0×10^{-11}	0.162
		1.0	9.25×10^7	1.6×10^{-11}	0.108
IO	1.2×10^{11}	0.2	1.02×10^8	2.8×10^{-11}	0.278
		0.5	8.13×10^7	2.4×10^{-11}	0.163
		1.0	4.88×10^7	2.4×10^{-11}	0.136
IFPt1	1.0×10^{11}	0.2	1.41×10^8	2.4×10^{-11}	0.235
		0.5	7.88×10^7	2.4×10^{-11}	0.168
		1.0	4.92×10^7	2.4×10^{-11}	0.135
IFPt3	9.9×10^{10}	0.2	1.34×10^8	2.0×10^{-11}	0.296
		0.5	1.06×10^8	2.0×10^{-11}	0.187
		1.0	7.50×10^7	2.0×10^{-11}	0.133
IFSd2	1.1×10^{11}	0.2	1.28×10^8	2.0×10^{-11}	0.312
		0.5	9.10×10^7	2.0×10^{-11}	0.175
		1.0	5.60×10^7	2.0×10^{-11}	0.142
IFSd3	1.1×10^{11}	0.2	1.41×10^8	2.0×10^{-11}	0.282
		0.5	7.88×10^7	2.4×10^{-11}	0.168
		1.0	5.90×10^7	2.0×10^{-11}	0.135
IHPt1	1.5×10^8	0.2	3.35×10^7	2.0×10^{-11}	1.188
		0.5	3.35×10^7	2.0×10^{-11}	0.475
		1.0	2.85×10^7	2.0×10^{-11}	0.279
IHPt3	9.6×10^{10}	0.2	1.33×10^8	2.0×10^{-11}	0.300
		0.5	7.40×10^7	2.0×10^{-11}	0.215
		1.0	3.30×10^7	2.0×10^{-11}	0.241
IHSD2	5.0×10^8	0.2	1.17×10^8	2.0×10^{-11}	0.342
		0.5	8.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.193
		1.0	5.20×10^7	2.0×10^{-11}	0.153
IHSD3	7.8×10^{10}	0.2	1.39×10^8	2.0×10^{-11}	0.286
		0.5	9.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.172
		1.0	5.90×10^7	2.0×10^{-11}	0.135

表2.1.3(6) TE塗料の電気的特性（天然試験：30箇月後）

表面処理	項 直 径 抵 抗 (Ω · cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω · cm)	C _x (F / cm)	tan δ
JASd2	1.3×10^{10}	0.2	6.05×10^8	1.3×10^{-11}	0.100
		0.5	3.10×10^8	1.2×10^{-11}	0.083
		1.0	1.90×10^8	1.2×10^{-11}	0.069
IO	1.4×10^{10}	0.2	4.18×10^8	1.9×10^{-11}	0.101
		0.5	2.51×10^8	1.8×10^{-11}	0.072
		1.0	1.17×10^8	1.7×10^{-11}	0.079
IFPt1	1.5×10^{10}	0.2	4.38×10^8	1.8×10^{-11}	0.103
		0.5	2.66×10^8	1.7×10^{-11}	0.071
		1.0	1.58×10^8	1.6×10^{-11}	0.063
IFPt3	1.6×10^{10}	0.2	7.08×10^8	1.1×10^{-11}	0.104
		0.5	3.70×10^8	1.0×10^{-11}	0.083
		1.0	2.12×10^8	1.0×10^{-11}	0.075
IFSd2	1.1×10^{10}	0.2	5.16×10^8	1.6×10^{-11}	0.094
		0.5	2.51×10^8	1.6×10^{-11}	0.081
		1.0	1.62×10^8	1.5×10^{-11}	0.065
IFSd3	1.4×10^{10}	0.2	5.30×10^8	1.6×10^{-11}	0.094
		0.5	2.70×10^8	1.5×10^{-11}	0.078
		1.0	1.90×10^8	1.5×10^{-11}	0.057
IH Pt1	2.7×10^8	0.2	2.30×10^7	1.5×10^{-11}	2.341
		0.5	2.28×10^7	1.4×10^{-11}	0.995
		1.0	2.35×10^7	1.4×10^{-11}	0.497
IH Pt3	7.0×10^7	0.2	1.10×10^7	1.4×10^{-11}	5.305
		0.5	1.10×10^7	1.4×10^{-11}	2.122
		1.0	1.17×10^7	1.3×10^{-11}	1.061
IH Sd2	4.2×10^7	0.2	2.35×10^6	2.0×10^{-10}	1.693
		0.5	1.88×10^6	1.6×10^{-10}	1.061
		1.0	9.38×10^5	1.6×10^{-10}	1.061
IH Sd3	8.9×10^9	0.2	7.18×10^8	1.1×10^{-11}	0.099
		0.5	3.91×10^8	1.1×10^{-11}	0.073
		1.0	1.89×10^8	1.0×10^{-11}	0.080

表2.1.3(7) TE塗料の電気的特性（天然試験：36箇月後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	3.1×10^{11}	0.2	2.25×10^8	2.0×10^{-11}	0.223
		0.5	1.45×10^8	2.0×10^{-11}	0.110
		1.0	9.15×10^7	2.0×10^{-11}	0.087
IO	3.6×10^{11}	0.2	1.92×10^8	2.4×10^{-11}	0.173
		0.5	1.35×10^8	2.0×10^{-11}	0.118
		1.0	8.68×10^7	2.4×10^{-11}	0.083
IFPt1	3.6×10^{11}	0.2	2.01×10^8	2.4×10^{-11}	0.165
		0.5	1.28×10^8	2.0×10^{-11}	0.124
		1.0	8.60×10^7	2.0×10^{-11}	0.093
IFPt3	2.5×10^{11}	0.2	3.03×10^8	1.6×10^{-11}	0.164
		0.5	1.69×10^8	1.6×10^{-11}	0.118
		1.0	1.12×10^8	1.6×10^{-11}	0.089
IFSd2	3.8×10^{11}	0.2	2.44×10^8	2.0×10^{-11}	0.163
		0.5	1.23×10^8	2.0×10^{-11}	0.129
		1.0	8.50×10^7	2.0×10^{-11}	0.094
IFSd3	2.7×10^{11}	0.2	2.42×10^8	2.0×10^{-11}	0.164
		0.5	1.25×10^8	2.0×10^{-11}	0.128
		1.0	6.75×10^7	2.0×10^{-11}	0.118
IH Pt1	2.6×10^7	0.2	4.78×10^6	4.4×10^{-11}	3.799
		0.5	4.28×10^6	2.8×10^{-11}	2.653
		1.0	4.18×10^6	2.4×10^{-11}	1.592
IH Pt3	5.3×10^7	0.2	2.35×10^8	1.6×10^{-11}	0.212
		0.5	1.48×10^8	1.6×10^{-11}	0.134
		1.0	7.81×10^7	1.6×10^{-11}	0.127
IHSd2	1.9×10^{11}	0.2	2.56×10^8	1.6×10^{-10}	0.195
		0.5	1.56×10^8	1.6×10^{-10}	0.127
		1.0	6.25×10^7	2.0×10^{-10}	0.127
IHSd3	1.8×10^{11}	0.2	2.87×10^8	1.6×10^{-11}	0.173
		0.5	1.50×10^8	1.6×10^{-11}	0.133
		1.0	8.25×10^7	1.6×10^{-11}	0.121

表2.1.3(8) PE・A/C塗料の電気的特性（天然試験前）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	8.8×10^{12}	0.2			
		0.5	5.23×10^7	8.4×10^{-11}	0.073
		1.0	3.28×10^7	8.0×10^{-11}	0.061
IO	5.9×10^{13}	0.2			
		0.5	5.85×10^7	7.2×10^{-11}	0.075
		1.0	2.69×10^7	6.8×10^{-11}	0.087
IFPt1	1.1×10^{13}	0.2			
		0.5	5.75×10^7	7.6×10^{-11}	0.073
		1.0	2.89×10^7	7.2×10^{-11}	0.076
IFPt3	8.2×10^{12}	0.2			
		0.5	6.84×10^7	6.8×10^{-11}	0.068
		1.0	2.57×10^7	6.0×10^{-11}	0.103
IFSd2	3.9×10^{12}	0.2			
		0.5	6.00×10^7	6.8×10^{-11}	0.078
		1.0	2.83×10^7	6.4×10^{-11}	0.088
IFSd3	1.2×10^{12}	0.2			
		0.5	5.69×10^7	7.6×10^{-11}	0.074
		1.0	3.34×10^7	7.6×10^{-11}	0.063
IH Pt1	1.4×10^{12}	0.2			
		0.5	8.50×10^7	6.0×10^{-11}	0.062
		1.0	3.50×10^7	6.0×10^{-11}	0.076
IH Pt3	6.8×10^{12}	0.2			
		0.5	7.63×10^7	6.0×10^{-11}	0.070
		1.0	4.17×10^7	6.0×10^{-11}	0.064
IHSd2	2.8×10^{12}	0.2			
		0.5	7.28×10^7	6.0×10^{-11}	0.073
		1.0	4.10×10^7	6.0×10^{-11}	0.065
IHSd3	5.3×10^{12}	0.2			
		0.5	7.11×10^7	6.4×10^{-11}	0.070
		1.0	4.63×10^7	6.0×10^{-11}	0.057

表2.1.3(9) PE・A/C塗料の電気的特性（天然試験：6箇月後）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω · cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω · cm)	C _x (F / cm)	tan δ
JASd2	4.4×10^{10}	0.2	4.72×10^7	1.3×10^{-10}	0.134
		0.5	1.83×10^7	1.2×10^{-10}	0.144
		1.0	1.12×10^7	1.1×10^{-10}	0.127
IO	6.5×10^{10}	0.2	5.32×10^7	1.0×10^{-10}	0.144
		0.5	2.57×10^7	9.6×10^{-11}	0.129
		1.0	1.48×10^7	8.8×10^{-11}	0.122
IFPt1	4.3×10^{10}	0.2	3.16×10^7	1.3×10^{-10}	0.200
		0.5	1.80×10^7	1.2×10^{-10}	0.152
		1.0	1.04×10^7	1.1×10^{-10}	0.142
IFPt3	1.2×10^{11}	0.2	4.73×10^7	1.0×10^{-10}	0.167
		0.5	2.11×10^7	9.6×10^{-11}	0.158
		1.0	1.31×10^7	8.8×10^{-11}	0.138
IFSd2	4.5×10^{10}	0.2	6.32×10^7	8.8×10^{-11}	0.143
		0.5	3.23×10^7	8.6×10^{-11}	0.114
		1.0	2.04×10^7	8.2×10^{-11}	0.095
IFSd3	6.0×10^{10}	0.2	5.37×10^7	1.1×10^{-10}	0.132
		0.5	2.77×10^7	1.0×10^{-10}	0.115
		1.0	1.65×10^7	1.0×10^{-10}	0.096
IH Pt1	3.3×10^{10}	0.2	6.60×10^7	8.2×10^{-11}	0.147
		0.5	3.60×10^7	7.6×10^{-11}	0.116
		1.0	1.82×10^7	7.0×10^{-11}	0.125
IH Pt3	4.8×10^{10}	0.2	9.05×10^7	7.7×10^{-11}	0.114
		0.5	3.81×10^7	7.2×10^{-11}	0.116
		1.0	2.29×10^7	7.1×10^{-11}	0.096
IHSd2	4.0×10^{10}	0.2	7.27×10^7	8.4×10^{-11}	0.130
		0.5	2.67×10^7	7.8×10^{-11}	0.153
		1.0	1.68×10^7	7.2×10^{-11}	0.132
IHSd3	4.3×10^{10}	0.2	6.54×10^7	8.8×10^{-11}	0.138
		0.5	4.58×10^7	7.4×10^{-11}	0.094
		1.0	2.86×10^7	7.0×10^{-11}	0.080

表2.1.3(0) PE・A/C塗料の電気的特性（天然試験：12箇月後）

表面処理 項	直 径 抵 抗 (Ω · cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R x (Ω · cm)	C x (F / cm)	tan δ
JASd2	3.6×10^9	0.2	3.30×10^7	1.3×10^{-10}	0.182
		0.5	1.72×10^7	1.3×10^{-10}	0.147
		1.0	1.34×10^7	1.2×10^{-10}	0.099
IO	5.3×10^9	0.2	3.87×10^7	1.1×10^{-10}	0.184
		0.5	2.05×10^7	9.9×10^{-11}	0.157
		1.0	1.27×10^7	9.2×10^{-11}	0.136
IFPt1	1.3×10^8	0.2	2.46×10^7	1.1×10^{-10}	0.250
		0.5	1.25×10^7	1.3×10^{-10}	0.201
		1.0	7.58×10^6	1.1×10^{-10}	0.183
IFPt3	8.9×10^8	0.2	2.67×10^7	1.1×10^{-10}	0.264
		0.5	1.37×10^7	1.0×10^{-10}	0.224
		1.0	1.04×10^7	9.5×10^{-11}	0.160
IFSd2	6.1×10^9	0.2	3.93×10^7	1.1×10^{-10}	0.188
		0.5	2.06×10^7	1.0×10^{-10}	0.150
		1.0	1.10×10^7	9.7×10^{-11}	0.149
IFSd3	6.6×10^9	0.2	3.84×10^7	1.3×10^{-10}	0.164
		0.5	1.92×10^7	1.2×10^{-10}	0.144
		1.0	1.04×10^7	1.1×10^{-10}	0.138
IHPt1	9.5×10^9	0.2	4.69×10^7	9.4×10^{-11}	0.180
		0.5	3.10×10^7	8.4×10^{-11}	0.122
		1.0	1.37×10^7	8.1×10^{-11}	0.143
IHPt3	1.4×10^{10}	0.2	5.51×10^7	8.6×10^{-11}	0.167
		0.5	2.55×10^7	8.3×10^{-11}	0.150
		1.0	1.66×10^7	7.7×10^{-11}	0.124
IHSc2	2.0×10^{10}	0.2	6.64×10^7	7.7×10^{-11}	0.155
		0.5	4.58×10^7	7.0×10^{-11}	0.100
		1.0	1.96×10^7	7.0×10^{-11}	0.116
IHSc3	1.7×10^{10}	0.2	5.73×10^7	9.2×10^{-11}	0.150
		0.5	3.21×10^7	8.5×10^{-11}	0.117
		1.0	1.94×10^7	8.0×10^{-11}	0.103

表2.1.300 PE・A/C塗料の電気的特性(天然試験: 18箇月後)

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	1.1×10^9	0.2	3.45×10^7	1.7×10^{-10}	0.264
		0.5	1.80×10^7	1.8×10^{-10}	0.231
		1.0	4.23×10^6	1.7×10^{-10}	0.206
IO	1.7×10^9	0.2	2.72×10^7	1.4×10^{-10}	0.211
		0.5	1.37×10^7	1.3×10^{-10}	0.181
		1.0	6.58×10^6	1.2×10^{-10}	0.202
IFPt1	9.6×10^7	0.2	1.39×10^7	1.7×10^{-10}	0.342
		0.5	8.68×10^6	1.5×10^{-10}	0.241
		1.0	5.35×10^6	1.4×10^{-10}	0.216
IFPt3	2.4×10^8	0.2	1.63×10^7	1.4×10^{-10}	0.342
		0.5	8.50×10^6	1.2×10^{-10}	0.306
		1.0	6.40×10^6	1.2×10^{-10}	0.214
IFSd2	2.8×10^9	0.2	3.16×10^7	1.1×10^{-10}	0.234
		0.5	1.94×10^7	1.0×10^{-10}	0.158
		1.0	1.15×10^7	9.5×10^{-11}	0.146
IFSd3	2.0×10^9	0.2	3.00×10^7	1.3×10^{-10}	0.203
		0.5	1.03×10^7	1.2×10^{-10}	0.265
		1.0	7.13×10^6	1.1×10^{-10}	0.211
IHPt1	8.6×10^8	0.2	3.01×10^7	1.1×10^{-10}	0.248
		0.5	1.81×10^7	9.6×10^{-11}	0.183
		1.0	1.20×10^7	9.0×10^{-11}	0.147
IHPt3	9.5×10^8	0.2	3.47×10^7	1.1×10^{-10}	0.218
		0.5	1.92×10^7	9.7×10^{-11}	0.170
		1.0	1.22×10^7	9.0×10^{-11}	0.145
IHSc2	3.5×10^9	0.2	2.95×10^7	7.4×10^{-11}	0.365
		0.5	1.63×10^7	7.1×10^{-11}	0.277
		1.0	1.32×10^7	7.1×10^{-11}	0.169
IHSc3	4.4×10^9	0.2	2.99×10^7	9.9×10^{-11}	0.270
		0.5	1.82×10^7	8.9×10^{-11}	0.196
		1.0	1.38×10^7	8.4×10^{-11}	0.138

表2.1.3(2) PE・A/C塗料の電気的特性 (天然試験: 24箇月後)

項 表面処理	直　流　抵　抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	1.6×10^{10}	0.2	3.86×10^7	1.2×10^{-10}	0.178
		0.5	2.96×10^7	1.1×10^{-10}	0.099
		1.0	1.69×10^7	1.1×10^{-10}	0.087
IO	1.5×10^{10}	0.2	4.56×10^7	9.2×10^{-11}	0.190
		0.5	2.75×10^7	8.4×10^{-11}	0.138
		1.0	1.99×10^7	8.4×10^{-11}	0.095
IFPt1	5.4×10^9	0.2	4.67×10^7	9.6×10^{-11}	0.178
		0.5	2.48×10^7	9.6×10^{-11}	0.134
		1.0	1.50×10^7	8.8×10^{-11}	0.121
IFPt3	1.1×10^9	0.2	2.86×10^7	1.3×10^{-10}	0.211
		0.5	2.08×10^7	1.2×10^{-10}	0.128
		1.0	8.27×10^6	1.2×10^{-10}	0.166
IFSd2	7.2×10^9	0.2	4.44×10^7	1.0×10^{-10}	0.179
		0.5	2.60×10^7	1.0×10^{-10}	0.118
		1.0	1.73×10^7	1.0×10^{-10}	0.092
IFSd3	1.4×10^{10}	0.2	4.42×10^7	1.0×10^{-10}	0.173
		0.5	2.58×10^7	9.6×10^{-11}	0.128
		1.0	1.61×10^7	9.2×10^{-11}	0.108
IHPt1	6.2×10^8	0.2	3.22×10^7	1.0×10^{-10}	0.247
		0.5	1.86×10^7	9.2×10^{-11}	0.186
		1.0	1.26×10^7	8.4×10^{-11}	0.150
IHPt3	1.8×10^{10}	0.2	3.15×10^7	1.1×10^{-10}	0.234
		0.5	1.81×10^7	1.0×10^{-10}	0.169
		1.0	1.30×10^7	9.6×10^{-11}	0.127
IHSc2	2.5×10^{10}	0.2	5.35×10^7	7.2×10^{-11}	0.207
		0.5	3.10×10^7	7.2×10^{-11}	0.143
		1.0	1.43×10^7	6.8×10^{-11}	0.164
IHSc3	2.7×10^{10}	0.2	4.34×10^7	8.8×10^{-11}	0.208
		0.5	2.86×10^7	8.4×10^{-11}	0.133
		1.0	1.33×10^7	8.4×10^{-11}	0.142

表2.1.3(3) PE・A/C塗料の電気的特性(天然試験: 30箇月後)

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	1.7×10^{10}	0.2	4.36×10^7	1.4×10^{-10}	0.130
		0.5	2.09×10^7	1.4×10^{-10}	0.112
		1.0	1.24×10^7	1.3×10^{-10}	0.098
IO	3.4×10^{11}	0.2	6.75×10^7	8.8×10^{-11}	0.134
		0.5	3.58×10^7	8.4×10^{-11}	0.106
		1.0	1.73×10^7	8.0×10^{-11}	0.115
IFPt1	5.0×10^8	0.2	3.04×10^7	1.2×10^{-10}	0.211
		0.5	1.54×10^7	1.1×10^{-10}	0.185
		1.0	9.73×10^6	1.1×10^{-10}	0.152
IFPt3	1.9×10^9	0.2	3.24×10^7	1.1×10^{-10}	0.219
		0.5	1.74×10^7	1.0×10^{-10}	0.183
		1.0	1.08×10^7	1.0×10^{-10}	0.153
IFSd2	1.8×10^{10}	0.2	5.18×10^7	1.1×10^{-10}	0.137
		0.5	2.73×10^7	1.1×10^{-10}	0.108
		1.0	1.59×10^7	1.0×10^{-10}	0.096
IFSd3	2.6×10^{10}	0.2	5.56×10^7	1.2×10^{-10}	0.123
		0.5	2.79×10^7	1.1×10^{-10}	0.106
		1.0	1.41×10^7	1.0×10^{-10}	0.108
IHPt1	2.6×10^{10}	0.2	6.31×10^7	8.8×10^{-11}	0.143
		0.5	3.21×10^7	7.6×10^{-11}	0.130
		1.0	1.80×10^7	7.6×10^{-11}	0.116
IHPt3	4.2×10^{10}	0.2	7.69×10^7	8.0×10^{-11}	0.129
		0.5	3.11×10^7	8.0×10^{-11}	0.128
		1.0	2.38×10^7	7.6×10^{-11}	0.088
IHSc2	5.3×10^{10}	0.2	8.58×10^7	7.2×10^{-11}	0.129
		0.5	3.82×10^7	6.8×10^{-11}	0.122
		1.0	2.11×10^7	6.4×10^{-11}	0.118
IHSc3	5.6×10^{10}	0.2	7.79×10^7	8.0×10^{-11}	0.128
		0.5	3.25×10^7	8.0×10^{-11}	0.122
		1.0	2.01×10^7	7.6×10^{-11}	0.104

表2.1.3(4) PE・A/C塗料の電気的特性（天然試験：36箇月後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R x (Ω・cm)	C x (F/cm)	tan δ
JASd2	3.8×10^9	0.2	4.98×10^7	1.1×10^{-10}	0.149
		0.5	2.60×10^7	1.0×10^{-10}	0.118
		1.0	1.70×10^7	1.0×10^{-10}	0.094
IO	8.6×10^9	0.2	5.95×10^7	9.2×10^{-11}	0.145
		0.5	3.50×10^7	8.4×10^{-11}	0.108
		1.0	1.81×10^7	8.0×10^{-11}	0.110
IFPt1	4.6×10^8	0.2	3.91×10^7	1.0×10^{-10}	0.196
		0.5	1.65×10^7	1.1×10^{-10}	0.179
		1.0	9.33×10^6	1.0×10^{-10}	0.164
IFPt3	1.2×10^9	0.2	3.54×10^7	9.6×10^{-11}	0.234
		0.5	2.46×10^7	8.8×10^{-11}	0.147
		1.0	1.24×10^7	8.4×10^{-11}	0.153
IFSd2	3.0×10^9	0.2	5.32×10^7	1.0×10^{-10}	0.143
		0.5	3.07×10^7	9.6×10^{-11}	0.108
		1.0	1.77×10^7	9.2×10^{-11}	0.098
IFSd3	4.4×10^9	0.2	4.70×10^7	1.1×10^{-10}	0.151
		0.5	2.65×10^7	1.1×10^{-10}	0.120
		1.0	1.47×10^7	1.1×10^{-10}	0.108
IHPt1	6.6×10^9	0.2	6.04×10^7	7.6×10^{-11}	0.173
		0.5	3.04×10^7	7.6×10^{-11}	0.138
		1.0	1.82×10^7	7.2×10^{-11}	0.121
IHPt3	6.8×10^9	0.2	6.21×10^7	8.0×10^{-11}	0.160
		0.5	3.75×10^7	7.6×10^{-11}	0.112
		1.0	2.26×10^7	7.6×10^{-11}	0.093
IHSc2	8.8×10^9	0.2	5.82×10^7	7.2×10^{-11}	0.190
		0.5	3.72×10^7	6.8×10^{-11}	0.120
		1.0	2.20×10^7	6.4×10^{-11}	0.113
IHSc3	9.4×10^9	0.2	5.05×10^7	8.0×10^{-11}	0.197
		0.5	3.08×10^7	8.0×10^{-11}	0.143
		1.0	1.97×10^7	7.6×10^{-11}	0.112

表2.1.3(5) CR・A/C・HBの電気的特性（天然試験前）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _X (Ω・cm)	C _X (F/cm ²)	tan δ
JASd2	5.9×10^{12}	0.2			
		0.5	7.96×10^7	4.4×10^{-11}	0.091
		1.0	4.60×10^7	4.0×10^{-11}	0.086
IO	6.1×10^{12}	0.2			
		0.5	5.73×10^7	4.4×10^{-11}	0.126
		1.0	4.07×10^7	4.4×10^{-11}	0.089
IFPt1	6.3×10^{12}	0.2			
		0.5	8.25×10^7	4.0×10^{-11}	0.096
		1.0	4.93×10^7	4.0×10^{-11}	0.081
IFPt3	7.1×10^{12}	0.2			
		0.5	7.84×10^7	4.4×10^{-11}	0.092
		1.0	4.30×10^7	4.4×10^{-11}	0.084
IFSd2	9.8×10^{13}	0.2			
		0.5	7.00×10^7	5.6×10^{-11}	0.081
		1.0	3.22×10^7	5.6×10^{-11}	0.088
IFSd3	6.5×10^{12}	0.2			
		0.5	6.08×10^7	6.0×10^{-11}	0.087
		1.0	3.22×10^7	5.6×10^{-11}	0.088
IH Pt1	1.6×10^{12}	0.2			
		0.5	7.92×10^7	4.8×10^{-11}	0.084
		1.0	3.44×10^7	4.8×10^{-11}	0.096
IH Pt3	2.2×10^{12}	0.2			
		0.5	7.33×10^7	4.8×10^{-11}	0.090
		1.0	3.18×10^7	4.4×10^{-11}	0.114
IHSd2	1.7×10^{12}	0.2			
		0.5	7.52×10^7	4.8×10^{-11}	0.088
		1.0	3.88×10^7	4.0×10^{-11}	0.103
IHSd3	1.3×10^{12}	0.2			
		0.5	9.90×10^7	4.8×10^{-11}	0.067
		1.0	4.14×10^7	4.0×10^{-11}	0.087

表2.1.3(6) CR・A/C・HBの電気的特性(天然試験: 6箇月後)

表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _X (Ω・cm)	C _X (F/cm ²)	tan δ
JASd2	5.3×10^{10}	0.2	8.48×10^7	4.6×10^{-11}	0.204
		0.5	5.53×10^7	4.4×10^{-11}	0.131
		1.0	2.72×10^7	4.4×10^{-11}	0.127
IO	5.4×10^{10}	0.2	6.37×10^7	4.8×10^{-11}	0.260
		0.5	5.08×10^7	4.8×10^{-11}	0.130
		1.0	3.02×10^7	4.6×10^{-11}	0.114
IFPt1	5.5×10^{10}	0.2	7.05×10^7	4.4×10^{-11}	0.257
		0.5	5.32×10^7	4.4×10^{-11}	0.136
		1.0	2.89×10^7	4.4×10^{-11}	0.125
IFPt3	5.8×10^{10}	0.2	6.16×10^7	5.2×10^{-11}	0.249
		0.5	4.42×10^7	5.2×10^{-11}	0.138
		1.0	2.60×10^7	5.2×10^{-11}	0.118
IFSd2	5.1×10^{10}	0.2	6.33×10^7	6.4×10^{-11}	0.202
		0.5	4.08×10^7	6.0×10^{-11}	0.130
		1.0	2.08×10^7	6.0×10^{-11}	0.127
IFSd3	5.7×10^{10}	0.2	8.14×10^7	5.6×10^{-11}	0.175
		0.5	5.33×10^7	6.0×10^{-11}	0.100
		1.0	2.30×10^7	6.0×10^{-11}	0.115
IHPt1	2.5×10^9	0.2	1.63×10^6	8.0×10^{-11}	6.100
		0.5	1.53×10^6	7.2×10^{-11}	2.900
		1.0	1.61×10^6	6.2×10^{-11}	1.600
IHPt3	4.2×10^{10}	0.2	8.13×10^7	4.8×10^{-11}	0.204
		0.5	5.04×10^7	4.8×10^{-11}	0.132
		1.0	3.50×10^7	5.2×10^{-11}	0.087
IHSD2	4.5×10^{10}	0.2	7.96×10^7	4.4×10^{-11}	0.227
		0.5	4.18×10^7	4.6×10^{-11}	0.166
		1.0	2.77×10^7	4.4×10^{-11}	0.130
IHSD3	5.0×10^{10}	0.2	8.18×10^7	4.4×10^{-11}	0.221
		0.5	6.82×10^7	4.4×10^{-11}	0.106
		1.0	4.55×10^7	4.4×10^{-11}	0.080

表2.1.3(7) CR・A/C・HBの電気的特性(天然試験:12箇月後)

表面処理	直 径 抵 抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	2.0×10^{10}	0.2	6.86×10^7	6.2×10^{-11}	0.187
		0.5	4.22×10^7	5.6×10^{-11}	0.135
		1.0	2.80×10^7	5.6×10^{-11}	0.101
IO	1.9×10^{10}	0.2	7.78×10^7	6.0×10^{-11}	0.170
		0.5	5.67×10^7	5.2×10^{-11}	0.108
		1.0	3.42×10^7	4.9×10^{-11}	0.095
IFPt1	1.6×10^{10}	0.2	8.08×10^7	5.2×10^{-11}	0.190
		0.5	4.84×10^7	5.2×10^{-11}	0.126
		1.0	3.42×10^7	4.8×10^{-11}	0.121
IFPt3	9.0×10^7	0.2	3.88×10^7	8.0×10^{-11}	0.257
		0.5	2.12×10^7	7.6×10^{-11}	0.198
		1.0	1.58×10^7	7.2×10^{-11}	0.140
IFSd2	3.0×10^8	0.2	5.44×10^7	8.0×10^{-11}	0.183
		0.5	2.66×10^7	6.9×10^{-11}	0.174
		1.0	1.44×10^7	6.8×10^{-11}	0.162
IFSd3	1.7×10^{10}	0.2	6.87×10^7	7.3×10^{-11}	0.158
		0.5	4.30×10^7	6.5×10^{-11}	0.113
		1.0	2.17×10^7	6.4×10^{-11}	0.114
IHPt1	3.5×10^8	0.2	3.80×10^3	3.7×10^{-8}	5.690
		0.5	3.15×10^3	2.9×10^{-8}	3.540
		1.0	2.90×10^3	2.8×10^{-8}	1.990
IHPt3	2.2×10^{10}	0.2	8.04×10^7	5.6×10^{-11}	0.177
		0.5	5.58×10^7	5.2×10^{-11}	0.110
		1.0	3.56×10^7	5.2×10^{-11}	0.086
IHSc2	1.7×10^{10}	0.2	7.55×10^7	6.6×10^{-11}	0.176
		0.5	4.73×10^7	6.0×10^{-11}	0.110
		1.0	3.37×10^7	5.2×10^{-11}	0.091
IHSc3	2.4×10^8	0.2	7.10×10^7	6.4×10^{-11}	0.175
		0.5	4.10×10^7	5.6×10^{-11}	0.139
		1.0	3.05×10^7	5.6×10^{-11}	0.093

表2.1.3(8) CR・A/C・HBの電気的特性(天然試験: 18箇月後)

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	1.0×10^{10}	0.2	9.25×10^7	5.0×10^{-11}	0.172
		0.5	6.41×10^7	4.8×10^{-11}	0.124
		1.0	2.79×10^7	4.8×10^{-11}	0.119
IO	1.2×10^{10}	0.2	9.59×10^7	5.6×10^{-11}	0.148
		0.5	4.98×10^7	5.2×10^{-11}	0.123
		1.0	3.02×10^7	5.0×10^{-11}	0.105
IFPt1	1.3×10^{10}	0.2	7.50×10^7	4.5×10^{-11}	0.274
		0.5	4.58×10^7	4.4×10^{-11}	0.162
		1.0	3.12×10^7	4.4×10^{-11}	0.153
IFPt3	2.3×10^8	0.2	5.19×10^7	5.6×10^{-11}	0.237
		0.5	3.79×10^7	5.2×10^{-11}	0.158
		1.0	2.00×10^7	5.2×10^{-11}	0.116
IFSd2	1.1×10^7	0.2	1.21×10^7	8.7×10^{-11}	0.758
		0.5	1.07×10^7	7.6×10^{-11}	0.393
		1.0	7.30×10^6	7.2×10^{-11}	0.303
IFSd3	5.9×10^6	0.2	4.41×10^7	6.6×10^{-11}	0.275
		0.5	2.34×10^7	6.2×10^{-11}	0.220
		1.0	1.62×10^7	6.0×10^{-11}	0.164
IHPt1	測定不能	0.2	測定不能		
		0.5	測定不能		
		1.0	測定不能		
IHPt3	6.2×10^9	0.2	5.73×10^7	5.2×10^{-11}	0.267
		0.5	3.81×10^7	4.0×10^{-11}	0.209
		1.0	3.31×10^7	4.0×10^{-11}	0.120
IHSc2	1.8×10^{10}	0.2	8.45×10^7	4.4×10^{-11}	0.214
		0.5	4.32×10^7	4.4×10^{-11}	0.168
		1.0	3.34×10^7	3.6×10^{-11}	0.132
IHSc3	5.6×10^8	0.2	7.85×10^7	4.0×10^{-11}	0.253
		0.5	3.89×10^7	4.4×10^{-11}	0.186
		1.0	2.36×10^7	4.7×10^{-11}	0.144

表2.1.3(4) CR・A/C・HBの電気的特性(天然試験: 24箇月後)

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	4.3×10^{10}	0.2	7.11×10^7	4.8×10^{-11}	0.233
		0.5	5.13×10^7	4.8×10^{-11}	0.129
		1.0	3.03×10^7	4.0×10^{-11}	0.132
IO	3.2×10^{10}	0.2	5.86×10^7	5.6×10^{-11}	0.243
		0.5	3.14×10^7	5.6×10^{-11}	0.129
		1.0	2.64×10^7	5.2×10^{-11}	0.116
IFPt1	4.2×10^8	0.2	7.40×10^7	4.8×10^{-11}	0.224
		0.5	4.44×10^7	4.8×10^{-11}	0.149
		1.0	2.34×10^7	4.4×10^{-11}	0.155
IFPt3	2.1×10^8	0.2	3.77×10^7	4.8×10^{-11}	0.440
		0.5	2.13×10^7	4.8×10^{-11}	0.312
		1.0	1.18×10^7	4.4×10^{-11}	0.306
IFSd2	3.1×10^7	0.2	4.92×10^7	7.2×10^{-11}	0.225
		0.5	3.28×10^7	6.4×10^{-11}	0.152
		1.0	2.85×10^7	6.0×10^{-11}	0.093
IFSd3	1.0×10^{10}	0.2	4.57×10^7	7.6×10^{-11}	0.229
		0.5	3.72×10^7	7.2×20^{-11}	0.119
		1.0	1.97×10^7	7.2×10^{-11}	0.112
IH Pt1	測定不能	0.2	測定不能		
		0.5	測定不能		
		1.0	測定不能		
IH Pt3	8.2×10^9	0.2	6.41×10^7	4.8×10^{-11}	0.258
		0.5	4.35×10^7	5.2×10^{-11}	0.141
		1.0	2.81×10^7	4.8×10^{-11}	0.118
IHSd2	3.7×10^{10}	0.2	6.10×10^7	5.2×10^{-11}	0.251
		0.5	3.64×10^7	5.2×10^{-11}	0.168
		1.0	2.60×10^7	5.2×10^{-11}	0.117
IHSd3	7.2×10^8	0.2	8.02×10^7	5.2×10^{-11}	0.191
		0.5	4.23×10^7	4.8×10^{-11}	0.157
		1.0	2.66×10^7	5.2×10^{-11}	0.115

表2.1.3(20) CR・A/C・HBの電気的特性(天然試験: 30箇月後)

項 表面処理	直　流　抵　抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R x (Ω・cm)	C x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	1.4×10^{11}	0.2	1.75×10^8	4.4×10^{-11}	0.103
		0.5	5.63×10^7	4.8×10^{-11}	0.118
		1.0	2.52×10^7	4.4×10^{-11}	0.143
IO	6.7×10^{10}	0.2	1.00×10^8	5.2×10^{-11}	0.153
		0.5	4.94×10^7	5.2×10^{-11}	0.124
		1.0	2.52×10^7	5.2×10^{-11}	0.121
IFPt1	5.2×10^7	0.2	3.13×10^7	4.8×10^{-11}	0.531
		0.5	2.83×10^7	4.0×10^{-11}	0.234
		1.0	1.98×10^7	4.0×10^{-11}	0.201
IFPt3	3.8×10^6	0.2	8.33×10^5	7.2×10^{-11}	13.26
		0.5	8.33×10^5	7.2×10^{-11}	5.305
		1.0	8.83×10^5	7.1×10^{-11}	2.653
IFSd2	1.5×10^6	0.2	1.66×10^7	7.1×10^{-11}	0.704
		0.5	1.55×10^7	6.0×10^{-11}	0.342
		1.0	1.20×10^7	6.0×10^{-11}	0.221
IFSd3	7.6×10^6	0.2	3.18×10^6	1.2×10^{-10}	2.094
		0.5	3.30×10^6	8.8×10^{-11}	1.098
		1.0	2.80×10^6	8.2×10^{-11}	0.692
IHPt1	測定不能	0.2	測定不能		
		0.5	測定不能		
		1.0	測定不能		
IHPt3	3.9×10^{10}	0.2	1.16×10^8	4.8×10^{-11}	0.142
		0.5	4.73×10^7	4.4×10^{-11}	0.153
		1.0	3.23×10^7	4.4×10^{-11}	0.112
IHSc2	1.3×10^{11}	0.2	1.07×10^8	5.4×10^{-11}	0.137
		0.5	6.88×10^7	4.8×10^{-11}	0.096
		1.0	3.15×10^7	4.8×10^{-11}	0.105
IHSc3	8.0×10^8	0.2	1.04×10^8	4.8×10^{-11}	0.159
		0.5	6.15×10^7	4.8×10^{-11}	0.108
		1.0	3.41×10^7	4.6×10^{-11}	0.101

表2.1.3(21) CR・A/C・HBの電気的特性(天然試験: 36箇月後)

表面処理	直 径 抵 抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	1.1×10^{10}	0.2	7.40×10^7	5.7×10^{-11}	0.189
		0.5	4.71×10^7	5.4×10^{-11}	0.125
		1.0	2.96×10^7	5.2×10^{-11}	0.103
IO	9.5×10^9	0.2	6.00×10^7	6.0×10^{-11}	0.221
		0.5	3.83×10^7	6.4×10^{-11}	0.130
		1.0	2.27×10^7	5.6×10^{-11}	0.125
IFPt1	1.2×10^7	0.2	3.13×10^7	4.8×10^{-11}	0.531
		0.5	2.39×10^7	4.6×10^{-11}	0.289
		1.0	1.82×10^7	4.4×10^{-11}	0.199
IFPt3	1.1×10^6	0.2	1.60×10^7	5.0×10^{-11}	0.995
		0.5	1.60×10^7	4.8×10^{-11}	0.398
		1.0	1.46×10^7	4.8×10^{-11}	0.227
IFSd2	2.0×10^6	0.2	2.30×10^7	7.4×10^{-11}	0.468
		0.5	1.97×10^7	6.6×10^{-11}	0.245
		1.0	1.36×10^7	6.6×10^{-11}	0.177
IFSd3	2.7×10^6	0.2	2.95×10^7	7.8×10^{-10}	0.346
		0.5	2.25×10^7	7.6×10^{-11}	0.186
		1.0	1.93×10^7	7.2×10^{-11}	0.114
IHPt1	測定不能	0.2	測 定 不 能		
		0.5	測 定 不 能		
		1.0	測 定 不 能		
IHPt3	3.3×10^7	0.2	8.89×10^7	5.2×10^{-11}	0.172
		0.5	5.50×10^7	4.8×10^{-11}	0.121
		1.0	2.42×10^7	4.8×10^{-11}	0.137
IHSc2	2.7×10^8	0.2	7.02×10^7	6.0×10^{-11}	0.189
		0.5	4.46×10^7	5.2×10^{-11}	0.137
		1.0	2.33×10^7	5.2×10^{-11}	0.132
IHSc3	1.4×10^9	0.2	1.01×10^8	4.8×10^{-11}	0.169
		0.5	5.63×10^7	4.8×10^{-11}	0.118
		1.0	3.54×10^7	4.6×10^{-11}	0.098

表2.1.4(1) TE塗料の電気的特性（促進試験前）

項 表面処理	直　流　抵　抗 (Ω・cm)	交　流　イ　ン　ピ　ー　ダ　ン　ス			tan δ
		周波数 KHz	R x (Ω・cm)	C x (F/cm)	
JASd2	3.9×10^{11}	0.2	1.97×10^8	2.6×10^{-11}	0.155
		0.5	9.47×10^7	2.8×10^{-11}	0.120
		1.0	5.19×10^7	2.6×10^{-11}	0.118
IO	3.5×10^{11}	0.2	2.00×10^8	2.6×10^{-11}	0.175
		0.5	7.58×10^7	2.6×10^{-11}	0.162
		1.0	5.00×10^7	2.4×10^{-11}	0.133
IFPt1	3.3×10^{11}	0.2	2.07×10^8	2.2×10^{-11}	0.175
		0.5	9.80×10^7	2.0×10^{-11}	0.162
		1.0	5.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.152
IFPt3	3.7×10^{11}	0.2	2.34×10^8	2.2×10^{-11}	0.155
		0.5	9.91×10^7	2.2×10^{-11}	0.146
		1.0	5.91×10^7	2.2×10^{-11}	0.122
IFSd2	3.3×10^{11}	0.2	2.04×10^8	2.4×10^{-11}	0.162
		0.5	1.00×10^8	2.4×10^{-11}	0.133
		1.0	5.50×10^7	2.0×10^{-11}	0.145
IFSd3	3.0×10^{11}	0.2	2.06×10^8	2.0×10^{-11}	0.194
		0.5	1.15×10^8	2.0×10^{-11}	0.138
		1.0	5.63×10^7	2.4×10^{-11}	0.118
IH Pt1	2.2×10^{11}	0.2	1.95×10^8	2.0×10^{-11}	0.204
		0.5	1.15×10^8	2.0×10^{-11}	0.138
		1.0	5.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.152
IH Pt3	4.3×10^{11}	0.2	1.74×10^8	2.6×10^{-11}	0.176
		0.5	1.08×10^8	2.4×10^{-11}	0.122
		1.0	7.29×10^7	2.4×10^{-11}	0.091
IHSd2	2.6×10^{11}	0.2	2.84×10^8	1.6×10^{-11}	0.175
		0.5	1.38×10^8	1.6×10^{-11}	0.145
		1.0	8.75×10^7	1.6×10^{-11}	0.114
IHSd3	3.7×10^{11}	0.2	2.20×10^8	2.2×10^{-11}	0.164
		0.5	1.23×10^8	2.0×10^{-11}	0.129
		1.0	7.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.110

表 2.1.4(2) TE塗料の電気的特性（促進試験：4サイクル後）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm) ²	tan δ
JASd2	5.2×10^{10}	0.2	1.34×10^8	2.4×10^{-11}	0.247
		0.5	7.50×10^7	2.6×10^{-11}	0.163
		1.0	3.57×10^7	2.5×10^{-11}	0.177
IO	1.7×10^{11}	0.2	1.05×10^8	3.2×10^{-11}	0.238
		0.5	5.40×10^7	3.0×10^{-11}	0.196
		1.0	4.11×10^7	2.8×10^{-11}	0.138
IFPt1	1.7×10^{11}	0.2	1.46×10^8	2.6×10^{-11}	0.263
		0.5	1.08×10^8	2.4×10^{-11}	0.123
		1.0	3.66×10^7	2.6×10^{-11}	0.168
IFPt3	1.5×10^{11}	0.2	1.53×10^8	2.4×10^{-11}	0.217
		0.5	1.00×10^7	2.5×10^{-11}	0.128
		1.0	5.54×10^7	2.4×10^{-11}	0.120
IFSd2	8.0×10^{10}	0.2	1.06×10^8	2.9×10^{-11}	0.327
		0.5	7.89×10^7	2.6×10^{-11}	0.155
		1.0	4.38×10^7	2.4×10^{-11}	0.152
IFSd3	1.7×10^{11}	0.2	1.51×10^8	2.4×10^{-11}	0.216
		0.5	7.67×10^7	2.4×10^{-11}	0.173
		1.0	4.33×10^7	2.4×10^{-11}	0.153
IH Pt1	1.2×10^{11}	0.2	1.48×10^8	2.1×10^{-11}	0.258
		0.5	8.40×10^7	2.6×10^{-11}	0.189
		1.0	5.99×10^7	2.6×10^{-11}	0.138
IH Pt3	1.8×10^{11}	0.2	1.21×10^8	2.9×10^{-11}	0.287
		0.5	7.62×10^7	2.6×10^{-11}	0.161
		1.0	4.08×10^7	2.6×10^{-11}	0.150
IHSd2	1.5×10^{11}	0.2	1.30×10^8	2.4×10^{-11}	0.256
		0.5	7.75×10^7	2.0×10^{-11}	0.205
		1.0	4.75×10^7	2.0×10^{-11}	0.168
IHSd3	6.9×10^{10}	0.2	1.42×10^8	2.4×10^{-11}	0.234
		0.5	8.13×10^7	2.4×10^{-11}	0.163
		1.0	5.44×10^7	2.4×10^{-11}	0.146

表2.1.4(3) TE塗料の電気的特性（促進試験：8サイクル後）

表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	1.6×10^{11}	0.2	1.37×10^8	2.4×10^{-11}	0.243
		0.5	8.87×10^7	2.8×10^{-11}	0.128
		1.0	6.44×10^7	2.8×10^{-11}	0.089
IO	1.3×10^{11}	0.2	1.10×10^8	3.5×10^{-11}	0.208
		0.5	6.41×10^7	3.4×10^{-11}	0.144
		1.0	4.73×10^7	2.9×10^{-11}	0.117
IFPt1	1.4×10^{11}	0.2	1.65×10^8	2.7×10^{-11}	0.180
		0.5	9.53×10^7	2.6×10^{-11}	0.129
		1.0	5.21×10^7	2.4×10^{-11}	0.093
IFPt3	1.3×10^{11}	0.2	1.68×10^8	2.8×10^{-11}	0.172
		0.5	8.15×10^7	2.8×10^{-11}	0.141
		1.0	6.43×10^7	2.6×10^{-11}	0.097
IFSd2	1.3×10^{11}	0.2	1.28×10^8	2.4×10^{-11}	0.254
		0.5	9.02×10^7	2.5×10^{-11}	0.143
		1.0	6.99×10^7	2.6×10^{-11}	0.089
IFSd3	1.5×10^{11}	0.2	1.26×10^8	2.4×10^{-11}	0.264
		0.5	9.63×10^7	2.4×10^{-11}	0.138
		1.0	5.20×10^7	2.4×10^{-11}	0.128
IHPt1	1.7×10^{11}	0.2	1.71×10^8	2.0×10^{-11}	0.232
		0.5	1.21×10^8	1.9×10^{-11}	0.137
		1.0	9.13×10^7	1.8×10^{-11}	0.095
IHPt3	1.4×10^{11}	0.2	1.75×10^8	2.0×10^{-11}	0.223
		0.5	9.62×10^7	2.7×10^{-11}	0.122
		1.0	6.37×10^7	2.7×10^{-11}	0.092
IHSc2	1.9×10^{11}	0.2	1.48×10^8	2.6×10^{-11}	0.209
		0.5	1.16×10^8	2.0×10^{-11}	0.137
		1.0	8.05×10^7	2.0×10^{-11}	0.099
IHSc3	1.4×10^{11}	0.2	1.65×10^8	2.4×10^{-11}	0.201
		0.5	1.14×10^8	2.5×10^{-11}	0.122
		1.0	7.04×10^7	2.2×10^{-11}	0.101

表2.1.4(4) TE塗料の電気的特性（促進試験：12サイクル後）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R x (Ω・cm)	C x (F/cm) ²	tan δ
JASd2	2.6×10^{11}	0.2	1.18×10^8	2.8×10^{-11}	0.241
		0.5	7.00×10^7	2.8×10^{-11}	0.162
		1.0	4.27×10^7	2.5×10^{-11}	0.148
IO	2.1×10^{11}	0.2	1.14×10^8	2.8×10^{-11}	0.250
		0.5	5.75×10^7	2.8×10^{-11}	0.198
		1.0	3.64×10^7	2.8×10^{-11}	0.156
IFPt1	2.5×10^{11}	0.2	1.56×10^8	2.4×10^{-11}	0.212
		0.5	1.05×10^8	2.6×10^{-11}	0.118
		1.0	5.30×10^7	2.4×10^{-11}	0.125
IFPt3	2.8×10^{11}	0.2	1.33×10^8	2.8×10^{-11}	0.213
		0.5	6.17×10^7	2.8×10^{-11}	0.184
		1.0	3.34×10^7	2.8×10^{-11}	0.170
IFSd2	2.6×10^{11}	0.2	1.55×10^8	2.8×10^{-11}	0.189
		0.5	8.27×10^7	2.8×10^{-11}	0.134
		1.0	3.68×10^7	2.8×10^{-11}	0.155
IFSd3	2.8×10^{11}	0.2	1.41×10^8	2.8×10^{-11}	0.201
		0.5	6.94×10^7	2.6×10^{-11}	0.179
		1.0	4.20×10^7	2.4×10^{-11}	0.158
IHPt1	2.1×10^{11}	0.2	1.65×10^8	2.4×10^{-11}	0.201
		0.5	1.11×10^8	2.0×10^{-11}	0.143
		1.0	7.45×10^7	2.0×10^{-11}	0.107
IHPt3	2.1×10^{11}	0.2	1.46×10^8	2.8×10^{-11}	0.195
		0.5	7.35×10^7	2.8×10^{-11}	0.155
		1.0	3.73×10^7	2.8×10^{-11}	0.152
IHSc2	1.1×10^{11}	0.2	1.82×10^8	2.2×10^{-11}	0.198
		0.5	1.07×10^8	2.0×10^{-11}	0.149
		1.0	5.45×10^7	2.0×10^{-11}	0.146
IHSc3	2.5×10^{11}	0.2	8.79×10^7	2.9×10^{-11}	0.315
		0.5	5.43×10^7	2.4×10^{-11}	0.244
		1.0	3.13×10^7	2.4×10^{-11}	0.209

表2.1.4(5) TE塗料の電気的特性（促進試験：16サイクル後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	3.3×10^{11}	0.2	1.17×10^8	2.8×10^{-11}	0.249
		0.5	9.85×10^7	2.4×10^{-11}	0.135
		1.0	6.91×10^7	2.5×10^{-11}	0.091
IO	3.4×10^{11}	0.2	1.00×10^8	3.2×10^{-11}	0.249
		0.5	5.75×10^7	2.6×10^{-11}	0.231
		1.0	3.76×10^7	2.6×10^{-11}	0.163
IFPt1	3.2×10^{11}	0.2	1.47×10^8	2.4×10^{-11}	0.226
		0.5	6.96×10^7	2.2×10^{-11}	0.176
		1.0	4.01×10^7	2.2×10^{-11}	0.180
IFPt3	3.9×10^{11}	0.2	1.32×10^8	2.2×10^{-11}	0.275
		0.5	8.39×10^7	2.0×10^{-11}	0.190
		1.0	3.74×10^7	2.2×10^{-11}	0.193
IFSd2	2.8×10^{11}	0.2	1.15×10^8	2.6×10^{-11}	0.267
		0.5	7.33×10^7	2.4×10^{-11}	0.181
		1.0	4.31×10^7	2.4×10^{-11}	0.154
IFSd3	3.4×10^{11}	0.2	1.31×10^8	2.0×10^{-11}	0.305
		0.5	7.50×10^7	2.0×10^{-11}	0.212
		1.0	4.25×10^7	2.0×10^{-11}	0.245
IHPt1	2.9×10^{11}	0.2	1.63×10^8	1.8×10^{-11}	0.269
		0.5	9.73×10^7	1.6×10^{-11}	0.205
		1.0	4.25×10^7	1.6×10^{-11}	0.187
IHPt3	3.3×10^{11}	0.2	1.22×10^8	2.4×10^{-11}	0.272
		0.5	7.94×10^7	2.4×10^{-11}	0.167
		1.0	4.75×10^7	2.4×10^{-11}	0.140
IHSD2	2.8×10^{11}	0.2	1.89×10^8	2.0×10^{-11}	0.211
		0.5	9.00×10^7	2.0×10^{-11}	0.162
		1.0	5.63×10^7	2.0×10^{-11}	0.141
IHSD3	3.2×10^{11}	0.2	1.19×10^8	2.4×10^{-11}	0.280
		0.5	6.77×10^7	2.2×10^{-11}	0.214
		1.0	3.68×10^7	2.2×10^{-11}	0.196

表2.1.4(6) TE塗料の電気的特性（促進試験：20サイクル後）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	3.3×10^{11}	0.2	9.63×10^7	2.4×10^{-11}	0.344
		0.5	6.75×10^7	2.4×10^{-11}	0.196
		1.0	4.38×10^7	2.0×10^{-11}	0.182
IO	3.0×10^{11}	0.2	8.63×10^7	3.2×10^{-11}	0.288
		0.5	5.40×10^7	2.8×10^{-11}	0.211
		1.0	2.36×10^7	3.2×10^{-11}	0.211
IFPt1	2.9×10^{11}	0.2	1.19×10^8	2.4×10^{-11}	0.278
		0.5	1.13×10^8	2.0×10^{-11}	0.157
		1.0	6.01×10^7	2.0×10^{-11}	0.132
IFPt3	3.2×10^{11}	0.2	1.20×10^8	2.0×10^{-11}	0.331
		0.5	9.60×10^7	2.0×10^{-11}	0.166
		1.0	6.38×10^7	2.0×10^{-11}	0.125
IFSd2	2.9×10^{11}	0.2	1.09×10^8	2.6×10^{-11}	0.305
		0.5	6.36×10^7	2.4×10^{-11}	0.179
		1.0	3.70×10^7	2.4×10^{-11}	0.154
IFSd3	2.9×10^{11}	0.2	1.31×10^8	2.4×10^{-11}	0.355
		0.5	7.65×10^7	2.0×10^{-11}	0.208
		1.0	3.75×10^7	2.4×10^{-11}	0.177
IHPt1	2.6×10^{11}	0.2	1.12×10^8	2.0×10^{-11}	0.355
		0.5	8.72×10^7	1.6×10^{-11}	0.228
		1.0	5.13×10^7	1.6×10^{-11}	0.198
IHPt3	3.0×10^{11}	0.2	1.11×10^8	2.8×10^{-11}	0.255
		0.5	6.50×10^7	2.8×10^{-11}	0.175
		1.0	3.64×10^7	2.8×10^{-11}	0.156
IHSD2	2.9×10^{11}	0.2	1.41×10^8	1.6×10^{-11}	0.354
		0.5	1.33×10^7	1.2×10^{-11}	0.200
		1.0	5.85×10^7	1.6×10^{-11}	0.170
IHSD3	3.0×10^{11}	0.2	1.28×10^8	1.6×10^{-11}	0.390
		0.5	1.10×10^7	1.2×10^{-11}	0.240
		1.0	4.41×10^7	1.6×10^{-11}	0.226

表2.1.4(7) TE塗料の電気的特性（促進試験：24サイクル後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	5.0×10^{11}	0.2	2.54×10^8	2.6×10^{-11}	0.122
		0.5	1.43×10^8	2.4×10^{-11}	0.093
		1.0	8.06×10^7	2.3×10^{-11}	0.085
IO	4.5×10^{11}	0.2	1.92×10^8	2.9×10^{-11}	0.144
		0.5	1.01×10^8	2.7×10^{-11}	0.116
		1.0	5.66×10^7	2.6×10^{-11}	0.108
IFPt1	4.1×10^{11}	0.2	2.52×10^8	2.3×10^{-11}	0.139
		0.5	1.26×10^8	2.1×10^{-11}	0.119
		1.0	8.45×10^7	2.0×10^{-11}	0.094
IFPt3	4.6×10^{11}	0.2	2.50×10^8	2.3×10^{-11}	0.137
		0.5	1.36×10^8	2.2×10^{-11}	0.109
		1.0	7.65×10^7	2.1×10^{-11}	0.100
IFSd2	1.7×10^9	0.2	1.40×10^8	2.2×10^{-11}	0.253
		0.5	9.95×10^7	2.1×10^{-11}	0.151
		1.0	7.16×10^7	2.0×10^{-11}	0.109
IFSd3	4.3×10^{11}	0.2	2.83×10^8	2.0×10^{-11}	0.138
		0.5	1.43×10^8	2.0×10^{-11}	0.114
		1.0	8.94×10^7	1.9×10^{-11}	0.095
IHPt1	6.3×10^{11}	0.2	5.35×10^8	1.3×10^{-11}	0.113
		0.5	1.97×10^8	1.2×10^{-11}	0.130
		1.0	1.66×10^8	1.2×10^{-11}	0.080
IHPt3	4.1×10^{11}	0.2	2.22×10^8	2.7×10^{-11}	0.132
		0.5	1.07×10^8	2.6×10^{-11}	0.117
		1.0	6.03×10^7	2.4×10^{-11}	0.108
IHSc2	4.7×10^{11}	0.2	3.46×10^8	1.6×10^{-11}	0.140
		0.5	1.97×10^8	1.6×10^{-11}	0.103
		1.0	1.35×10^8	1.4×10^{-11}	0.078
IHSc3	4.3×10^{11}	0.2	2.98×10^8	2.3×10^{-11}	0.117
		0.5	1.56×10^8	2.2×10^{-11}	0.095
		1.0	7.01×10^7	2.0×10^{-11}	0.111

表2.1.4(8) TE塗料の電気的特性（促進試験：28サイクル後）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	4.7×10^{11}	0.2	2.35×10^8	2.7×10^{-11}	0.126
		0.5	1.13×10^8	2.5×10^{-11}	0.112
		1.0	6.23×10^7	2.4×10^{-11}	0.104
IO	3.4×10^{11}	0.2	2.11×10^8	3.1×10^{-11}	0.122
		0.5	9.09×10^7	2.8×10^{-11}	0.123
		1.0	5.33×10^7	2.7×10^{-11}	0.110
IFPt1	3.6×10^{11}	0.2	2.20×10^8	2.3×10^{-11}	0.156
		0.5	1.14×10^8	2.2×10^{-11}	0.123
		1.0	6.68×10^7	2.1×10^{-11}	0.114
IFPt3	4.0×10^{11}	0.2	2.17×10^8	2.4×10^{-11}	0.156
		0.5	1.17×10^8	2.2×10^{-11}	0.121
		1.0	6.48×10^7	2.2×10^{-11}	0.114
IFSd2	2.7×10^9	0.2	7.74×10^7	2.5×10^{-11}	0.408
		0.5	5.82×10^7	2.4×10^{-11}	0.223
		1.0	4.03×10^7	2.4×10^{-11}	0.168
IFSd3	3.9×10^{11}	0.2	2.79×10^8	2.2×10^{-11}	0.130
		0.5	1.44×10^8	2.1×10^{-11}	0.104
		1.0	8.60×10^7	2.0×10^{-11}	0.093
IHPt1	4.7×10^{11}	0.2	3.68×10^8	1.6×10^{-11}	0.132
		0.5	1.65×10^8	1.6×10^{-11}	0.123
		1.0	8.82×10^7	1.4×10^{-11}	0.125
IHPt3	3.2×10^{11}	0.2	2.06×10^8	3.0×10^{-11}	0.131
		0.5	9.82×10^7	2.7×10^{-11}	0.119
		1.0	5.73×10^7	2.6×10^{-11}	0.107
IHSD2	3.8×10^{11}	0.2	4.13×10^8	1.8×10^{-11}	0.109
		0.5	1.59×10^8	1.7×10^{-11}	0.119
		1.0	1.05×10^8	1.6×10^{-11}	0.095
IHSD3	3.9×10^{11}	0.2	2.43×10^8	2.5×10^{-11}	0.130
		0.5	1.23×10^8	2.3×10^{-11}	0.111
		1.0	7.98×10^7	2.3×10^{-11}	0.087

表2.1.4(9) TE塗料の電気的特性（促進試験：32サイクル後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	6.9×10^{11}	0.2	8.03×10^7	3.2×10^{-11}	0.310
		0.5	4.50×10^7	3.0×10^{-11}	0.236
		1.0	3.64×10^7	2.8×10^{-11}	0.156
IO	4.2×10^{11}	0.2	7.55×10^7	4.0×10^{-11}	0.264
		0.5	4.63×10^7	3.6×10^{-11}	0.172
		1.0	4.03×10^7	3.2×10^{-11}	0.099
IFPt1	5.1×10^{11}	0.2	1.79×10^8	2.6×10^{-11}	0.171
		0.5	7.75×10^7	2.8×10^{-11}	0.147
		1.0	5.58×10^7	2.6×10^{-11}	0.119
IFPt3	6.0×10^{11}	0.2	9.04×10^7	2.8×10^{-11}	0.315
		0.5	5.43×10^7	2.8×10^{-11}	0.209
		1.0	3.22×10^7	2.8×10^{-11}	0.177
IFSd2	5.8×10^{11}	0.2	1.31×10^8	3.2×10^{-11}	0.189
		0.5	5.16×10^7	3.2×10^{-11}	0.193
		1.0	4.16×10^7	3.2×10^{-11}	0.120
IFSd3	6.3×10^{11}	0.2	1.29×10^8	2.7×10^{-11}	0.227
		0.5	5.21×10^7	2.4×10^{-11}	0.255
		1.0	4.29×10^7	2.4×10^{-11}	0.155
IHPt1	8.5×10^{11}	0.2	9.67×10^7	2.4×10^{-11}	0.343
		0.5	7.50×10^7	2.0×10^{-11}	0.212
		1.0	4.40×10^7	2.0×10^{-11}	0.181
IHPt3	4.8×10^{11}	0.2	8.47×10^7	3.6×10^{-11}	0.261
		0.5	3.62×10^7	3.2×10^{-11}	0.175
		1.0	3.11×10^7	3.6×10^{-11}	0.142
IHSc2	7.4×10^{11}	0.2	1.75×10^8	2.4×10^{-11}	0.189
		0.5	9.33×10^7	2.4×10^{-11}	0.142
		1.0	5.00×10^7	2.0×10^{-11}	0.159
IHSc3	7.0×10^{11}	0.2	8.85×10^7	3.2×10^{-11}	0.281
		0.5	5.82×10^7	2.8×10^{-11}	0.195
		1.0	3.11×10^7	2.8×10^{-11}	0.183

表2.1.4(0) TE塗料の電気的特性（促進試験：36サイクル後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	4.5×10^{11}	0.2	7.53×10^7	3.2×10^{-11}	0.330
		0.5	4.17×10^7	3.0×10^{-11}	0.255
		1.0	3.57×10^7	2.8×10^{-11}	0.159
IO	3.3×10^{11}	0.2	7.20×10^7	4.0×10^{-11}	0.276
		0.5	4.75×10^7	3.6×10^{-11}	0.182
		1.0	3.16×10^7	3.2×10^{-11}	0.157
IFPt1	3.5×10^{11}	0.2	1.30×10^8	2.8×10^{-11}	0.218
		0.5	7.25×10^7	2.8×10^{-11}	0.158
		1.0	5.13×10^7	2.4×10^{-11}	0.129
IFPt3	3.8×10^{11}	0.2	8.68×10^7	2.8×10^{-11}	0.327
		0.5	5.25×10^7	2.8×10^{-11}	0.215
		1.0	3.18×10^7	2.8×10^{-11}	0.179
IFSd2	3.4×10^{11}	0.2	1.28×10^8	3.2×10^{-11}	0.194
		0.5	5.00×10^7	3.2×10^{-11}	0.199
		1.0	3.78×10^7	3.2×10^{-11}	0.132
IFSd3	3.8×10^{11}	0.2	1.23×10^8	2.8×10^{-11}	0.231
		0.5	5.00×10^7	2.4×10^{-11}	0.265
		1.0	4.17×10^7	2.4×10^{-11}	0.159
IHPt1	4.4×10^{11}	0.2	8.29×10^7	2.8×10^{-11}	0.343
		0.5	6.25×10^7	2.4×10^{-11}	0.212
		1.0	3.67×10^7	2.4×10^{-11}	0.181
IHPt3	4.0×10^{11}	0.2	8.42×10^7	3.6×10^{-11}	0.263
		0.5	5.50×10^7	3.2×10^{-11}	0.179
		1.0	2.86×10^7	3.6×10^{-11}	0.155
IHSc2	4.5×10^{11}	0.2	1.68×10^8	2.4×10^{-11}	0.198
		0.5	9.00×10^7	2.4×10^{-11}	0.149
		1.0	4.17×10^7	2.4×10^{-11}	0.159
IHSc3	4.4×10^{11}	0.2	8.50×10^8	3.2×10^{-11}	0.293
		0.5	5.75×10^7	2.8×10^{-11}	0.199
		1.0	3.03×10^7	2.8×10^{-11}	0.187

表2.1.4(1) TE塗料の電気的特性（促進試験：40サイクル後）

項 表面処理	直　流　抵　抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	2.4×10^{11}	0.2	8.70×10^7	3.0×10^{-11}	0.305
		0.5	5.73×10^7	3.0×10^{-11}	0.185
		1.0	4.00×10^7	2.8×10^{-11}	0.142
IO	1.8×10^{11}	0.2	1.33×10^8	2.8×10^{-11}	0.214
		0.5	8.82×10^7	2.8×10^{-11}	0.129
		1.0	4.47×10^7	2.8×10^{-11}	0.127
IFPt1	2.1×10^{11}	0.2	9.81×10^8	3.2×10^{-11}	0.253
		0.5	7.04×10^7	2.8×10^{-11}	0.162
		1.0	4.72×10^7	2.8×10^{-11}	0.121
IFPt3	2.0×10^{11}	0.2	1.06×10^8	3.6×10^{-11}	0.208
		0.5	6.72×10^7	3.2×10^{-11}	0.148
		1.0	4.53×10^7	3.2×10^{-11}	0.110
IFSd2	3.5×10^{11}	0.2	1.10×10^8	3.2×10^{-11}	0.227
		0.5	6.38×10^7	3.2×10^{-11}	0.156
		1.0	3.75×10^7	3.2×10^{-11}	0.133
IFSd3	2.5×10^{11}	0.2	1.04×10^8	3.2×10^{-11}	0.238
		0.5	7.72×10^7	2.8×10^{-11}	0.147
		1.0	4.23×10^7	2.6×10^{-11}	0.145
IHPt1	2.4×10^{11}	0.2	2.27×10^8	2.2×10^{-11}	0.159
		0.5	6.92×10^7	2.6×10^{-11}	0.177
		1.0	4.87×10^7	2.2×10^{-11}	0.148
IHPt3	2.0×10^{11}	0.2	1.25×10^8	3.6×10^{-11}	0.177
		0.5	9.38×10^7	3.2×10^{-11}	0.106
		1.0	5.50×10^7	3.2×10^{-11}	0.090
IHSc2	2.8×10^{11}	0.2	1.41×10^8	2.0×10^{-11}	0.282
		0.5	9.50×10^7	2.0×10^{-11}	0.167
		1.0	5.40×10^7	2.0×10^{-11}	0.147
IHSc3	2.3×10^{11}	0.2	1.27×10^8	3.2×10^{-11}	0.209
		0.5	7.53×10^7	3.2×10^{-11}	0.132
		1.0	3.77×10^7	3.0×10^{-11}	0.141

表2.1.4(2) TE塗料の電気的特性(促進試験: 44サイクル後)

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	2.2×10^{11}	0.2	1.50×10^8	3.4×10^{-11}	0.158
		0.5	8.94×10^7	3.1×10^{-11}	0.114
		1.0	5.18×10^7	3.0×10^{-11}	0.104
IO	1.7×10^{11}	0.2	1.64×10^8	3.4×10^{-11}	0.144
		0.5	7.53×10^7	3.1×10^{-11}	0.137
		1.0	4.84×10^7	3.0×10^{-11}	0.111
IFPt1	2.0×10^{11}	0.2	2.20×10^8	2.6×10^{-11}	0.139
		0.5	1.08×10^8	2.4×10^{-11}	0.123
		1.0	6.21×10^7	2.3×10^{-11}	0.111
IFPt3	2.4×10^{11}	0.2	2.29×10^8	2.5×10^{-11}	0.140
		0.5	1.06×10^8	2.3×10^{-11}	0.129
		1.0	6.39×10^7	2.2×10^{-11}	0.111
IFSd2	2.2×10^{11}	0.2	2.19×10^8	2.6×10^{-11}	0.142
		0.5	1.12×10^8	2.4×10^{-11}	0.118
		1.0	6.47×10^7	2.3×10^{-11}	0.106
IFSd3	2.4×10^{11}	0.2	2.80×10^8	2.2×10^{-11}	0.129
		0.5	1.49×10^8	2.0×10^{-11}	0.107
		1.0	8.18×10^7	1.9×10^{-11}	0.101
IHPt1	2.5×10^{11}	0.2	3.71×10^8	1.6×10^{-11}	0.138
		0.5	1.93×10^8	1.5×10^{-11}	0.111
		1.0	1.08×10^8	1.4×10^{-11}	0.105
IHPt3	2.0×10^{11}	0.2	1.91×10^8	2.9×10^{-11}	0.143
		0.5	9.28×10^7	2.8×10^{-11}	0.124
		1.0	5.42×10^7	2.6×10^{-11}	0.113
IHSc2	2.5×10^{11}	0.2	3.34×10^8	1.8×10^{-11}	0.135
		0.5	1.80×10^8	1.6×10^{-11}	0.108
		1.0	8.45×10^7	1.6×10^{-11}	0.103
IHSc3	2.8×10^{11}	0.2	2.58×10^8	2.4×10^{-11}	0.126
		0.5	1.26×10^8	2.3×10^{-11}	0.111
		1.0	7.86×10^7	2.2×10^{-11}	0.092

表2.1.4(13) PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験：初期値）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	1.0×10^{10}	0.2	8.01×10^7	4.8×10^{-11}	0.207
		0.5	4.17×10^7	4.8×10^{-11}	0.162
		1.0	2.28×10^7	4.8×10^{-11}	0.145
IO	1.9×10^{10}	0.2	7.41×10^7	4.4×10^{-11}	0.244
		0.5	5.48×10^7	4.4×10^{-11}	0.132
		1.0	2.84×10^7	4.0×10^{-11}	0.140
IFPt1	1.0×10^{10}	0.2	7.22×10^7	5.2×10^{-11}	0.212
		0.5	4.36×10^7	4.8×10^{-11}	0.152
		1.0	2.18×10^7	4.8×10^{-11}	0.147
IFPt3	9.1×10^9	0.2	7.32×10^7	5.6×10^{-11}	0.194
		0.5	5.03×10^7	5.2×10^{-11}	0.122
		1.0	3.10×10^7	5.2×10^{-11}	0.099
IFSd2	8.6×10^9	0.2	6.81×10^7	5.2×10^{-11}	0.225
		0.5	3.29×10^7	5.2×10^{-11}	0.186
		1.0	2.04×10^7	4.8×10^{-11}	0.162
IFSd3	1.1×10^{10}	0.2	5.75×10^7	6.0×10^{-11}	0.231
		0.5	3.25×10^7	5.6×10^{-11}	0.175
		1.0	2.00×10^7	5.2×10^{-11}	0.153
IH Pt1	6.7×10^9	0.2	8.85×10^7	4.0×10^{-11}	0.225
		0.5	4.78×10^7	4.0×10^{-11}	0.167
		1.0	2.90×10^7	4.0×10^{-11}	0.137
IH Pt3	6.8×10^9	0.2	1.07×10^8	3.6×10^{-11}	0.207
		0.5	5.86×10^7	3.6×10^{-11}	0.151
		1.0	2.62×10^7	3.6×10^{-11}	0.129
IHSd2	6.5×10^9	0.2	8.75×10^7	4.4×10^{-11}	0.207
		0.5	4.71×10^7	4.4×10^{-11}	0.154
		1.0	2.98×10^7	4.0×10^{-11}	0.134
IHSd3	6.7×10^9	0.2	9.80×10^7	4.0×10^{-11}	0.203
		0.5	5.13×10^7	4.0×10^{-11}	0.155
		1.0	2.60×10^7	4.0×10^{-11}	0.153

表2.1.4 (4) PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験：4サイクル後）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm)	tan δ
JASd2	1.5×10^8	0.2	1.11×10^7	1.3×10^{-10}	0.560
		0.5	6.63×10^6	1.0×10^{-10}	0.461
		1.0	4.65×10^6	8.8×10^{-11}	0.388
IO	1.7×10^8	0.2	1.18×10^7	1.1×10^{-10}	0.627
		0.5	7.38×10^6	8.8×10^{-11}	0.490
		1.0	4.88×10^6	7.6×10^{-11}	0.430
IFPt1	1.6×10^8	0.2	1.30×10^7	1.1×10^{-10}	0.564
		0.5	6.95×10^6	9.2×10^{-11}	0.497
		1.0	5.13×10^6	7.6×10^{-11}	0.408
IFPt3	5.6×10^9	0.2	1.16×10^7	1.1×10^{-10}	0.637
		0.5	6.95×10^6	9.2×10^{-11}	0.497
		1.0	4.88×10^6	8.0×10^{-11}	0.408
IFSd2	1.9×10^8	0.2	1.09×10^7	1.2×10^{-10}	0.632
		0.5	7.20×10^6	9.6×10^{-11}	0.461
		1.0	4.63×10^6	8.0×10^{-11}	0.430
IFSd3	3.6×10^9	0.2	1.04×10^7	1.3×10^{-10}	0.581
		0.5	6.25×10^6	1.0×10^{-10}	0.490
		1.0	4.25×10^6	9.2×10^{-11}	0.408
IHPt1	2.0×10^8	0.2	1.51×10^7	9.2×10^{-11}	0.573
		0.5	9.00×10^6	8.0×10^{-11}	0.442
		1.0	5.73×10^6	6.8×10^{-11}	0.408
IHPt3	2.1×10^8	0.2	1.39×10^7	8.8×10^{-11}	0.647
		0.5	9.30×10^6	7.2×10^{-11}	0.475
		1.0	6.33×10^6	6.8×10^{-11}	0.370
IHSc2	2.5×10^8	0.2	1.80×10^7	8.0×10^{-11}	0.553
		0.5	1.06×10^7	6.8×10^{-11}	0.442
		1.0	7.00×10^6	6.0×10^{-11}	0.379
IHSc3	2.3×10^8	0.2	1.65×10^7	8.0×10^{-11}	0.603
		0.5	9.85×10^6	7.2×10^{-11}	0.448
		1.0	7.00×10^6	6.0×10^{-11}	0.379

表2.1.4⁽⁵⁾ PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験：8サイクル後）

項 表面処理	直　流　抵　抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	9.5×10^8	0.2	3.75×10^7	7.6×10^{-11}	0.308
		0.5	2.69×10^7	6.8×10^{-11}	0.174
		1.0	1.41×10^7	6.4×10^{-11}	0.177
IO	2.1×10^9	0.2	4.42×10^7	7.2×10^{-11}	0.250
		0.5	3.42×10^7	6.0×10^{-11}	0.155
		1.0	1.92×10^7	6.0×10^{-11}	0.138
IFPt1	1.3×10^9	0.2	4.75×10^7	5.6×10^{-11}	0.299
		0.5	2.56×10^7	5.2×10^{-11}	0.239
		1.0	2.25×10^7	4.8×10^{-11}	0.147
IFPt3	2.2×10^9	0.2	4.71×10^7	8.0×10^{-11}	0.211
		0.5	2.94×10^7	6.8×10^{-11}	0.159
		1.0	1.98×10^7	6.0×10^{-11}	0.168
IFSd2	2.0×10^9	0.2	4.71×10^7	6.8×10^{-11}	0.249
		0.5	2.39×10^7	6.4×10^{-11}	0.208
		1.0	1.62×10^7	6.0×10^{-11}	0.164
IFSd3	9.0×10^8	0.2	3.13×10^7	8.0×10^{-11}	0.318
		0.5	1.97×10^7	7.6×10^{-11}	0.212
		1.0	1.21×10^7	7.2×10^{-11}	0.183
IHPt1	1.3×10^9	0.2	5.59×10^7	5.6×10^{-11}	0.254
		0.5	3.71×10^7	4.4×10^{-11}	0.195
		1.0	1.83×10^7	4.0×10^{-11}	0.218
IHPt3	1.4×10^9	0.2	5.93×10^7	5.6×10^{-11}	0.240
		0.5	2.65×10^7	4.8×10^{-11}	0.251
		1.0	2.08×10^7	4.0×10^{-11}	0.192
IHSc2	9.5×10^8	0.2	5.37×10^7	6.0×10^{-11}	0.247
		0.5	2.14×10^7	5.6×10^{-11}	0.265
		1.0	2.13×10^7	4.8×10^{-11}	0.156
IHSc3	1.2×10^9	0.2	6.40×10^7	5.6×10^{-11}	0.206
		0.5	2.54×10^7	4.8×10^{-11}	0.261
		1.0	1.73×10^7	4.8×10^{-11}	0.209

表2.1.4(6) PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験：12サイクル後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	1.9×10^8	0.2	9.70×10^6	1.4×10^{-10}	0.603
		0.5	6.70×10^6	1.1×10^{-10}	0.424
		1.0	4.28×10^6	9.6×10^{-11}	0.388
IO	1.4×10^9	0.2	1.42×10^7	1.0×10^{-10}	0.538
		0.5	8.88×10^6	8.8×10^{-11}	0.408
		1.0	5.93×10^6	7.6×10^{-11}	0.354
IFPt1	3.1×10^8	0.2	1.33×10^7	1.1×10^{-10}	0.553
		0.5	8.93×10^6	9.2×10^{-11}	0.388
		1.0	5.65×10^6	7.6×10^{-11}	0.370
IFPt3	4.0×10^8	0.2	1.64×10^7	1.0×10^{-10}	0.468
		0.5	9.20×10^6	8.8×10^{-11}	0.393
		1.0	5.88×10^6	8.0×10^{-11}	0.339
IFSd2	2.8×10^8	0.2	1.15×10^7	1.2×10^{-10}	0.560
		0.5	7.80×10^6	1.0×10^{-10}	0.393
		1.0	4.78×10^6	9.2×10^{-11}	0.362
IFSd3	2.0×10^8	0.2	9.93×10^6	1.4×10^{-10}	0.607
		0.5	6.95×10^6	1.1×10^{-10}	0.424
		1.0	4.38×10^6	9.6×10^{-11}	0.379
IHPt1	2.4×10^8	0.2	1.63×10^7	8.8×10^{-11}	0.556
		0.5	8.48×10^6	7.2×10^{-11}	0.522
		1.0	6.10×10^6	6.4×10^{-11}	0.408
IHPt3	2.1×10^8	0.2	1.57×10^7	9.2×10^{-11}	0.553
		0.5	9.73×10^6	7.2×10^{-11}	0.455
		1.0	6.10×10^6	6.4×10^{-11}	0.408
IHSc2	2.2×10^8	0.2	1.47×10^7	9.6×10^{-11}	0.564
		0.5	9.00×10^6	8.0×10^{-11}	0.442
		1.0	5.88×10^6	6.8×10^{-11}	0.398
IHSc3	1.9×10^8	0.2	1.56×10^7	9.2×10^{-11}	0.556
		0.5	9.48×10^6	7.6×10^{-11}	0.442
		1.0	5.95×10^6	6.4×10^{-11}	0.419

表2.1.4 (1) PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験：16サイクル後）

項 表面処理	直　流　抵　抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R x (Ω・cm)	C x (F/cm)	tan δ
JASd2	8.2×10^7	0.2	8.48×10^6	1.4×10^{-10}	0.652
		0.5	5.33×10^6	1.2×10^{-10}	0.493
		1.0	3.63×10^6	1.0×10^{-10}	0.454
IO	1.4×10^8	0.2	1.10×10^7	1.3×10^{-10}	0.564
		0.5	7.00×10^6	1.1×10^{-10}	0.413
		1.0	4.65×10^6	8.8×10^{-11}	0.388
IFPt1	1.3×10^8	0.2	1.05×10^7	1.2×10^{-10}	0.631
		0.5	6.58×10^6	9.6×10^{-11}	0.505
		1.0	4.53×10^6	8.4×10^{-11}	0.354
IFPt3	1.8×10^8	0.2	1.25×10^7	1.1×10^{-10}	0.568
		0.5	7.73×10^6	9.2×10^{-11}	0.448
		1.0	5.63×10^6	8.0×10^{-11}	0.419
IFSd2	1.6×10^8	0.2	1.22×10^7	1.2×10^{-10}	0.585
		0.5	6.40×10^6	1.0×10^{-10}	0.497
		1.0	4.55×10^6	8.8×10^{-11}	0.398
IFSd3	2.0×10^8	0.2	7.43×10^6	1.5×10^{-10}	1.420
		0.5	4.85×10^6	1.2×10^{-10}	0.531
		1.0	3.25×10^6	1.1×10^{-10}	0.455
IH Pt1	1.5×10^8	0.2	1.11×10^7	1.0×10^{-10}	0.717
		0.5	7.25×10^6	8.4×10^{-10}	0.522
		1.0	5.15×10^6	7.2×10^{-10}	0.430
IH Pt3	1.6×10^8	0.2	1.11×10^7	1.1×10^{-11}	0.663
		0.5	6.75×10^6	8.0×10^{-10}	0.589
		1.0	4.85×10^6	7.2×10^{-10}	0.455
IH Sd2	1.5×10^8	0.2	1.17×10^7	1.0×10^{-11}	0.629
		0.5	7.38×10^6	8.0×10^{-10}	0.540
		1.0	4.85×10^6	9.6×10^{-10}	0.455
IH Sd3	1.5×10^8	0.2	1.15×10^7	9.6×10^{-10}	0.723
		0.5	8.25×10^6	8.0×10^{-10}	0.482
		1.0	5.45×10^6	6.8×10^{-10}	0.430

表2.1.4(18) PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験：20サイクル後）

項 表面処理	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _X (Ω・cm)	C _X (F/cm ²)	tan δ
JASd2	1.9×10^8	0.2	9.85×10^6	1.3×10^{-10}	0.632
		0.5	6.80×10^6	1.0×10^{-10}	0.468
		1.0	4.78×10^6	8.8×10^{-11}	0.379
IO	2.9×10^8	0.2	1.36×10^7	1.2×10^{-10}	0.488
		0.5	7.70×10^6	1.0×10^{-10}	0.413
		1.0	5.00×10^6	8.4×10^{-11}	0.379
IFPt1	1.9×10^8	0.2	1.27×10^7	1.0×10^{-10}	0.627
		0.5	8.23×10^6	8.4×10^{-11}	0.461
		1.0	5.53×10^6	7.6×10^{-11}	0.379
IFPt3	2.4×10^8	0.2	1.11×10^7	1.2×10^{-10}	0.577
		0.5	6.70×10^6	1.0×10^{-10}	0.475
		1.0	4.58×10^6	9.2×10^{-11}	0.379
IFSd2	2.5×10^8	0.2	1.27×10^7	1.2×10^{-10}	0.524
		0.5	7.85×10^6	8.8×10^{-11}	0.461
		1.0	5.13×10^6	8.0×10^{-11}	0.388
IFSd3	2.3×10^8	0.2	9.40×10^6	1.4×10^{-10}	0.622
		0.5	6.03×10^6	1.1×10^{-10}	0.490
		1.0	4.28×10^6	9.6×10^{-11}	0.388
IHPt1	1.4×10^8	0.2	1.04×10^7	1.0×10^{-10}	0.737
		0.5	7.38×10^6	8.8×10^{-11}	0.490
		1.0	4.85×10^6	6.8×10^{-11}	0.482
IHPt3	1.2×10^8	0.2	8.83×10^6	1.2×10^{-10}	0.751
		0.5	5.98×10^6	9.2×10^{-11}	0.579
		1.0	4.20×10^6	7.6×10^{-11}	0.497
IHSc2	1.5×10^8	0.2	1.30×10^7	1.0×10^{-10}	0.612
		0.5	7.63×10^6	7.6×10^{-11}	0.549
		1.0	5.63×10^6	6.4×10^{-11}	0.442
IHSc3	1.2×10^8	0.2	1.09×10^7	1.1×10^{-10}	0.652
		0.5	7.38×10^6	8.8×10^{-11}	0.490
		1.0	5.43×10^6	7.2×10^{-11}	0.408

表2.1.4⁽⁹⁾ PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験：24サイクル後）

項 表面処理	直　流　抵　抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R x (Ω・cm)	C x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	1.2×10^8	0.2	8.53×10^6	1.4×10^{-10}	0.686
		0.5	5.73×10^6	1.1×10^{-10}	0.497
		1.0	3.75×10^6	9.6×10^{-11}	0.442
IO	1.8×10^8	0.2	1.16×10^7	1.2×10^{-10}	0.455
		0.5	7.40×10^6	9.6×10^{-11}	0.448
		1.0	5.00×10^6	8.4×10^{-11}	0.378
IFPt1	1.6×10^8	0.2	1.10×10^7	1.1×10^{-10}	0.669
		0.5	6.95×10^6	9.2×10^{-11}	0.497
		1.0	5.13×10^6	8.0×10^{-11}	0.388
IFPt3	1.8×10^8	0.2	1.18×10^7	1.2×10^{-10}	0.581
		0.5	7.93×10^6	9.6×10^{-11}	0.419
		1.0	4.50×10^6	8.0×10^{-11}	0.442
IFSd2	1.8×10^8	0.2	1.20×10^7	1.1×10^{-10}	0.617
		0.5	7.18×10^6	9.2×10^{-11}	0.482
		1.0	4.88×10^6	8.0×10^{-11}	0.408
IFSd3	1.1×10^8	0.2	8.75×10^6	1.4×10^{-10}	0.669
		0.5	5.70×10^6	1.2×10^{-10}	0.482
		1.0	3.75×10^6	9.6×10^{-11}	0.442
IHPt1	1.5×10^8	0.2	1.22×10^7	9.2×10^{-11}	0.711
		0.5	8.32×10^6	7.2×10^{-11}	0.531
		1.0	5.78×10^6	6.4×10^{-11}	0.430
IHPt3	1.0×10^8	0.2	1.01×10^7	1.0×10^{-10}	0.758
		0.5	6.50×10^6	8.0×10^{-11}	0.612
		1.0	5.15×10^6	6.8×10^{-11}	0.455
IHSD2	1.5×10^8	0.2	1.25×10^7	8.8×10^{-11}	0.723
		0.5	8.55×10^6	7.6×10^{-11}	0.489
		1.0	5.48×10^6	6.4×10^{-11}	0.430
IHSD3	1.3×10^8	0.2	1.14×10^7	1.0×10^{-10}	0.669
		0.5	7.25×10^6	8.0×10^{-11}	0.549
		1.0	5.15×10^6	6.8×10^{-11}	0.455

表2.1.4(2) CR・A/CHB塗料の電気的特性（促進試験：初期値）

表面処理 項	直流抵抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	8.5×10^{10}	0.2	1.38×10^8	4.4×10^{-11}	0.130
		0.5	7.21×10^7	4.4×10^{-11}	0.099
		1.0	4.68×10^7	4.4×10^{-11}	0.077
IO	9.3×10^{10}	0.2	1.40×10^8	4.4×10^{-11}	0.129
		0.5	7.52×10^7	4.4×10^{-11}	0.096
		1.0	4.61×10^7	4.4×10^{-11}	0.078
IFPt1	1.1×10^{11}	0.2	1.73×10^8	3.2×10^{-11}	0.143
		0.5	1.05×10^8	3.2×10^{-11}	0.095
		1.0	5.66×10^7	3.2×10^{-11}	0.088
IFPt3	1.1×10^{11}	0.2	1.48×10^8	4.4×10^{-11}	0.122
		0.5	7.62×10^7	4.4×10^{-11}	0.095
		1.0	5.15×10^7	4.0×10^{-11}	0.077
IFSd2	9.8×10^{10}	0.2	1.55×10^8	4.0×10^{-11}	0.128
		0.5	8.48×10^7	4.0×10^{-11}	0.094
		1.0	5.30×10^7	4.0×10^{-11}	0.075
IFSd3	8.6×10^{10}	0.2	1.32×10^8	4.4×10^{-11}	0.137
		0.5	8.25×10^7	4.4×10^{-11}	0.088
		1.0	4.55×10^7	4.4×10^{-11}	0.080
IHPt1	1.2×10^{11}	0.2	1.73×10^8	3.2×10^{-11}	0.144
		0.5	8.81×10^7	3.2×10^{-11}	0.113
		1.0	5.35×10^7	3.2×10^{-11}	0.093
IHPt3	1.2×10^{11}	0.2	1.99×10^8	3.2×10^{-11}	0.125
		0.5	1.09×10^8	3.2×10^{-11}	0.091
		1.0	6.00×10^7	3.2×10^{-11}	0.083
IHSD2	1.3×10^{11}	0.2	1.99×10^8	4.4×10^{-11}	0.143
		0.5	9.82×10^7	4.4×10^{-11}	0.116
		1.0	6.11×10^7	4.0×10^{-11}	0.093
IHSD3	1.3×10^{11}	0.2	1.80×10^8	3.2×10^{-11}	0.138
		0.5	9.38×10^7	3.2×10^{-11}	0.106
		1.0	5.50×10^7	3.2×10^{-11}	0.090

表2.1.4(21) CR・A/CHB塗料の電気的特性(促進試験:4サイクル後)

項 表面処理	直　流　抵　抗 (Ω・cm)	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R _x (Ω・cm)	C _x (F/cm ²)	tan δ
JASd2	1.1×10^9	0.2	2.50×10^7	9.3×10^{-11}	0.343
		0.5	1.41×10^7	8.1×10^{-11}	0.279
		1.0	8.83×10^6	7.4×10^{-11}	0.245
IO	2.6×10^9	0.2	3.96×10^7	6.2×10^{-11}	0.326
		0.5	2.19×10^7	5.4×10^{-11}	0.270
		1.0	1.39×10^7	5.0×10^{-11}	0.231
IFPt1	2.6×10^9	0.2	4.03×10^7	6.0×10^{-11}	0.329
		0.5	2.26×10^7	5.3×10^{-11}	0.267
		1.0	1.42×10^7	4.8×10^{-11}	0.234
IFPt3	1.7×10^9	0.2	3.46×10^7	6.3×10^{-11}	0.367
		0.5	2.03×10^7	5.5×10^{-11}	0.287
		1.0	1.28×10^7	5.1×10^{-11}	0.245
IFSd2	1.6×10^9	0.2	2.71×10^7	7.7×10^{-11}	0.381
		0.5	1.67×10^7	6.5×10^{-11}	0.292
		1.0	7.43×10^6	5.8×10^{-11}	0.370
IFSd3	1.4×10^9	0.2	2.74×10^7	8.4×10^{-11}	0.344
		0.5	1.56×10^7	7.3×10^{-11}	0.274
		1.0	1.17×10^7	6.7×10^{-11}	0.234
IHPt1	1.8×10^9	0.2	3.73×10^7	5.6×10^{-11}	0.381
		0.5	2.17×10^7	4.8×10^{-11}	0.309
		1.0	1.40×10^7	4.3×10^{-11}	0.265
IHPt3	1.9×10^9	0.2	3.95×10^7	5.2×10^{-11}	0.390
		0.5	2.25×10^7	4.4×10^{-11}	0.322
		1.0	1.48×10^7	4.0×10^{-11}	0.270
IHSc2	1.7×10^9	0.2	5.29×10^7	5.4×10^{-11}	0.380
		0.5	2.18×10^7	4.7×10^{-11}	0.312
		1.0	1.40×10^7	4.2×10^{-11}	0.274
IHSc3	1.9×10^9	0.2	3.71×10^7	5.6×10^{-11}	0.381
		0.5	2.18×10^7	4.9×10^{-11}	0.297
		1.0	1.43×10^7	4.4×10^{-11}	0.249

表2.1.5(1) 各塗料の付着力 (天然試験前)

表面処理 グレード	塗料	TE	PE・A/C	CR・A/C・HB
J A S d 2	7 0 (cf40, ad60)	2 1 (cf100)	2 3 (cf100)	
	7 0 (cf50, ad50)	2 5 (cf100)	1 8 (cf100)	
	8 0 (cf40, ad60)	4 6 (cf100)	3 0 (cf100)	
I O	7 0 (cf40, ad60)	4 0 (cf100)	2 3 (cf100)	
	6 0 (cf25, ad75)	2 8 (cf100)	2 6 (cf100)	
	6 0 (cf15, ad85)	2 8 (cf100)	3 2 (cf100)	
I F P t 1	6 0 (pf15, cf35, ad50)	1 8 (pf20, cf80)	1 2 (pf10, cf90)	
	4 5 (cf50, ad50)	2 1 (pf20, cf80)	1 2 (pf15, cf85)	
	7 5 (pf15, cf20, ad65)	2 9 (pf15, cf85)	1 1 (pf10, cf90)	
I F P t 3	3 2 (cf80, ad20)	2 5 (pf10, cf90)	1 8 (cf100)	
	4 0 (cf50, ad50)	2 6 (pf10, cf90)	2 1 (cf100)	
	5 8 (cf25, ad75)	4 6 (pf10, cf90)	2 0 (cf100)	
I F S d 2	6 8 (cf25, ad75)	4 0 (cf100)	1 8 (cf100)	
	5 5 (cf15, ad85)	3 0 (cf100)	2 3 (cf100)	
	6 6 (cf70, ad30)	2 2 (cf100)	1 8 (cf100)	
I F S d 3	5 0 (cf35, ad65)	4 3 (cf100)	1 6 (cf100)	
	6 0 (cf60, ad40)	4 8 (cf100)	1 6 (cf100)	
	6 0 (cf40, ad60)	2 6 (cf100)	1 6 (cf100)	

() 内 : 破断形態 %

cf : 塗膜の凝集破断

pf : 素地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ

単位 : kg f / cm

表2.1.5(2) 各塗料の付着力 (天然試験: 6箇月後)

表面処理 グレード	塗料	T E	P E · A / C	C R · A / C · H B
J A S d 2	8 0 (ad100)	3 0 (cf100)	1 0 (cf100)	
	7 0 (ad100)	3 4 (cf100)	7 (cf100)	
	2 0 (ad100)	4 7 (cf100)	2 3 (cf100)	
I O	6 0 (ad100)	3 0 (cf100)	1 8 (cf100)	
	5 0 (ad100)	3 2 (cf100)	2 0 (cf100)	
	7 0 (ad100)	4 2 (cf100)	2 2 (cf100)	
I F P t 1	4 3 (ad95, pf5)	3 1 (cf85, pf15)	1 5 (cf80, pf20)	
	3 8 (ad95, pf5)	2 6 (cf75, pf25)	2 0 (cf80, pf20)	
	6 5 (ad90, pf10)	2 5 (cf90, pf10)	1 9 (cf90, pf10)	
I F P t 3	5 6 (ad85, cf10, pf5)	3 4 (cf90, pf10)	2 5 (cf30, pf70)	
	4 8 (ad95, pf5)	4 0 (cf95, pf5)	1 3 (cf75, pf25)	
	4 8 (ad95, pf5)	5 6 (cf95, pf5)	2 1 (cf60, pf40)	
I F S d 2	7 0 (ad100)	4 2 (cf100)	2 0 (cf100)	
	8 5 (ad100)	4 9 (cf100)	2 0 (cf100)	
	8 5 (ad100)	5 2 (cf100)	2 5 (cf100)	
I F S d 3	7 5 (ad95, cf5)	2 5 (cf100)	1 5 (cf100)	
	7 5 (ad100)	3 0 (cf100)	2 0 (cf100)	
	7 5 (ad95, cf5)	3 1 (cf100)	2 2 (cf100)	

() 内: 破断形態 %

ad: 接着剤のはがれ

cf: 塗膜の凝集破断

単位: kg f / cm²

pf: 素地からのはがれ

表2.1.5(3) 各塗料の付着力 (天然試験: 12箇月後)

塗料 表面処理 グレード	TE	PE・A/C	CR・A/C・HB
JASd2	49 (ad100)	26 (cf100)	19 (cf100)
	50 (ad100)	42 (cf100)	20 (cf100)
	45 (ad100)	30 (cf100)	21 (cf100)
IO	47 (ad100)	48 (cf100)	17 (cf100)
	42 (ad100)	40 (cf100)	20 (cf100)
	80 (ad100)	38 (cf100)	19 (cf100)
IFPt1	35 (ad100)	28 (cf85, pf15)	17 (cf70, pf30)
	37 (ad100)	22 (cf75, pf25)	18 (cf65, pf35)
	45 (ad100)	22 (cf75, pf25)	17 (cf65, pf35)
IFPt3	40 (ad100)	31 (cf70, pf30)	18 (cf75, pf25)
	55 (ad100)	38 (cf60, pf40)	16 (cf70, pf30)
	53 (ad90, cf10)	48 (cf75, pf25)	19 (cf70, pf30)
IFSd2	80 (ad100)	30 (cf100)	20 (cf100)
	60 (ad100)	30 (cf100)	19 (cf100)
	90 (ad100)	34 (cf100)	23 (cf100)
IFSd3	95 (ad100)	28 (cf100)	20 (cf100)
	85 (ad100)	30 (cf100)	18 (cf100)
	60 (ad100)	30 (cf100)	20 (cf100)

() 内: 破断形態 %

ad: 接着剤のはがれ

cf: 塗膜の凝集破断

単位: kgf/cm²

pf: 墓地からのはがれ

表2.1.5(4) 各塗料の付着力 (天然試験: 18箇月後)

塗料 表面処理 グレード	TE	PE・A/C	CR・A/C・HB
JASd2	5.0 (ad100)	3.0 (cf100)	2.0 (cf100)
	8.0 (ad100)	3.4 (cf100)	2.0 (cf100)
	8.0 (ad100)	3.7 (cf100)	2.6 (cf100)
IO	7.5 (ad100)	3.7 (cf100)	3.0 (cf100)
	6.5 (ad100)	3.0 (cf100)	2.0 (cf100)
	1.00 (ad100)	2.8 (cf100)	2.6 (cf100)
IFP t1	6.5 (ad100)	3.1 (pf60, cf40)	1.5 (pf90, cf10)
	3.6 (ad100)	3.1 (pf20, cf80)	2.2 (pf90, cf10)
	3.0 (ad75, pf25)	3.2 (pf30, cf70)	1.3 (pf90, cf10)
IFP t3	4.0 (ad100)	2.6 (cf100)	1.8 (ad80, cf20)
	6.3 (ad100)	3.8 (cf100)	1.4 (ad80, cf20)
	5.0 (ad100)	5.2 (cf100)	2.0 (ad50, cf20)
IFS d2	1.05 (ad100)	3.0 (cf100)	1.8 (cf100)
	9.5 (ad100)	3.0 (cf100)	2.1 (cf100)
	1.00 (ad100)	4.3 (cf100)	1.5 (cf100)
IFS d3	5.7 (ad100)	3.4 (cf100)	2.0 (cf100)
	7.1 (ad100)	2.8 (cf100)	1.8 (cf100)
	5.0 (ad100)	4.2 (cf100)	1.7 (cf100)

() 内: 破断形態 %

cf : 塗膜の凝集破断

pf : 基地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ

単位: kg f / cm²

表2.1.5(5) 各塗料の付着力 (天然試験: 24箇月後)

表面処理 グレード 塗料	TE	PE・A/C	CR・A/C・HB
JASd2	6.0 (ad100)	4.0 (cf100)	1.5 (cf100)
	7.5 (ad100)	4.1 (cf100)	2.0 (cf100)
	9.5 (ad100)	5.3 (cf100)	2.1 (cf100)
	---		---
	7.5 (ad100)	4.6 (cf100)	
	8.5 (ad100)	4.1 (cf100)	
I O	10.5 (ad100)	5.3 (cf100)	2.5 (cf100)
	---		---

IFP t 1	4.0 (ad90, pf10)	4.7 (pf40, cf60)	2.0 (pf50, cf50)
	7.0 (ad90, pf10)	3.0 (pf40, cf40)	5 (pf50, cf50)
	4.0 (ad90, pf10)	3.0 (pf40, cf60)	8 (pf50, cf50)
IFP t 3	9.0 (ad100)	3.3 (cf60, pf40)	3.0 (pf80, cf20)
	10.0 (ad100)	4.0 (cf60, pf40)	6 (pf20, cf80)
	4.5 (ad100)	2.0 (cf60, pf40)	3.0 (pf30, cf70)
IFS d 2	8.0 (ad100)	4.5 (cf100)	1.0 (cf100)
	6.0 (ad100)	2.4 (cf100)	2.2 (cf100)
	7.0 (ad100)	4.7 (cf100)	1.2 (cf100)
IFS d 3	6.0 (ad100)	2.9 (cf100)	3.0 (cf100)
	4.0 (ad100)	2.2 (cf100)	1.2 (cf100)
	4.0 (ad100)	4.2 (cf100)	3.5 (cf100)

() 内: 破断形態 %

cf : 塗膜の凝集破断

pf : 素地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ

単位: kg f / cm

表2.1.5(6) 各塗料の付着力 (天然試験: 30箇月後)

表面処理 グレード	塗料	TE	PE・A/C	CR・A/C・HB
JASd2	80 (ad100)	50 (ad50, cf50)	18 (cf100)	
	60 (ad100)	45 (cf100)	24 (cf100)	
	60 (ad100)	45 (cf100)	30 (cf100)	
IO	55 (ad100)	45 (cf100)	18 (cf100)	
	40 (ad100)	40 (cf100)	19 (cf100)	
	58 (ad100)	40 (cf100)	18 (cf100)	
IFP t1	45 (ad100)	25 (pf30, cf70)	5 (pf70, cf30)	
	60 (ad100)	30 (pf50, cf50)	15 (pf80, cf20)	
	50 (ad100)	30 (pf30, cf70)	10 (pf80, cf20)	
IFP t3	38 (ad100)	30 (cf100)	6 (pf60, cf40)	
	40 (ad100)	40 (pf90, cf10)	20 (pf40, cf60)	
	40 (ad100)	45 (pf30, cf70)	15 (pf40, cf60)	
IFS d2	65 (ad100)	40 (cf100)	16 (cf100)	
	55 (ad100)	45 (cf100)	35 (cf100)	
	50 (ad100)	45 (cf100)	20 (cf100)	
IFS d3	60 (ad100)	40 (cf100)	28 (cf100)	
	55 (ad100)	35 (cf100)	30 (cf100)	
	55 (ad100)	40 (cf100)	24 (cf100)	

() 内: 破断形態 %

ad: 接着剤のはがれ

cf: 塗膜の凝集破断

pf: 素地からのはがれ

ad: 接着剤のはがれ

単位: kg f / cm

表2.1.5(7) 各塗料の付着力 (天然試験: 36箇月後)

塗料 表面処理 グレード	TE	PE・A/C	CR・A/C・HB
JASd2	9.0 (ad100)	3.0 (cf100)	1.4 (cf100)
	6.0 (ad100)	3.5 (cf100)	1.6 (cf100)
	1.00 (ad100)	3.3 (cf100)	2.2 (cf100)
IO	8.0 (ad100)	3.0 (cf100)	1.4 (cf100)
	7.0 (ad100)	4.0 (cf100)	2.5 (cf100)
	6.0 (ad100)	4.7 (cf100)	1.7 (cf100)
IFPt1	9.0 (ad100)	3.2 (pf50, cf50)	2.0 (pf80, cf20)
	4.0 (ad100)	3.2 (pf50, cf50)	1.1 (pf80, cf20)
	7.0 (ad100)	3.0 (pf40, cf60)	8 (pf80, cf20)
IFPt3	4.5 (ad100)	2.9 (pf25, cf75)	1.0 (pf70, cf30)
	6.5 (ad100)	4.1 (cf100)	1.2 (pf30, cf70)
	8.5 (ad100)	2.9 (pf20, cf80)	1.4 (pf30, cf70)
IFSd2	8.0 (ad100)	4.0 (cf100)	2.0 (cf100)
	1.00 (ad100)	4.5 (cf100)	1.7 (cf100)
	6.0 (ad100)	5.0 (cf100)	1.4 (cf100)
IFSd3	7.5 (ad100)	4.0 (cf100)	2.2 (cf100)
	8.0 (ad100)	4.3 (cf100)	1.5 (cf100)
	7.0 (ad100)	5.0 (cf100)	1.2 (cf100)

() 内: 破断形態 %

ad: 接着剤のはがれ

cf: 塗膜の凝集破断

単位: kg f / cm²

pf: 素地からのはがれ

表2.1.6(1) TFE塗料の付着力 (促進試験)

促進サイクル 表面処理 グレード	0	4	8
JASd2	5.3 (ad100) 9.0 (ad100) 5.5 (ad100)	11.0 (ad100) 8.0 (ad100) 10.5 (ad100)	10.0 (ad100) 10.5 (ad100) 11.5 (ad100)
	5.0 (ad100) 9.0 (ad100) 6.2 (ad100)	10.0 (ad100) 9.0 (ad100) 7.0 (ad100)	10.5 (ad100) 8.5 (ad100) 9.0 (ad100)
	6.2 (ad100) 6.2 (ad90, pf10) 9.0 (ad50, pf50)	7.0 (ad100) 8.0 (ad100) 8.0 (ad100)	6.0 (ad85, pf15) 3.0 (ad90, pf10) 3.0 (ad80, pf15)
IFP+3	6.0 (ad100) 8.0 (ad100) 8.5 (ad100)	11.5 (ad100) 9.0 (ad100) 8.5 (ad100)	8.0 (ad100) 7.5 (ad100) 7.5 (ad85, pf15)
	6.0 (ad100) 5.5 (ad100) 6.0 (ad100)	12.0 (ad100) 10.0 (ad100) 9.0 (ad100)	9.0 (ad100) 6.0 (ad100) 7.0 (ad100)
	6.0 (ad100) 9.0 (ad100) 5.5 (ad100)	10.0 (ad100) 10.0 (ad100) 10.0 (ad100)	7.0 (ad100) 4.0 (ad100) 11.0 (ad100)

() 内：破断形態 %

ad : 接着剤のはがれ

cf : 塗膜の凝集破断

単位 : kg f / cmf

pf : 素地からのはがれ

表2.1.6(2) TBC塗料の付着力 (促進試験)

促進サイクル 表面処理 グレード	12	16	20
JASd2	6.0 (ad100) 8.0 (ad100) 9.5 (ad100)	8.5 (ad100) 6.5 (ad100) 8.5 (ad100)	6.5 (ad100) 6.5 (ad100) 9.5 (ad100)
	7.0 (ad100) 9.0 (ad100) 8.5 (ad100)	6.5 (ad100) 7.0 (ad100) 9.0 (ad100)	6.0 (ad100) 5.8 (ad100) 9.0 (ad100)
	9.5 (ad100) 5.0 (ad100) 10.5 (ad100)	6.5 (ad100) 7.0 (ad100) 7.5 (ad100)	11.5 (ad100) 6.5 (ad100) 8.0 (ad100)
IFPd3	6.0 (ad100) 10.5 (ad100) 7.0 (ad100)	6.0 (ad100) 9.0 (ad100) 6.5 (ad100)	5.5 (ad100) 9.5 (ad100) 6.0 (ad100)
	6.5 (ad100) 5.0 (ad100) 9.0 (ad100)	9.0 (ad100) 7.0 (ad100) 7.5 (ad100)	6.0 (ad100) 10.0 (ad100) 6.5 (ad100)
	5.0 (ad100) 6.5 (ad100) 7.5 (ad100)	8.0 (ad100) 7.5 (ad100) 8.5 (ad100)	6.0 (ad100) 6.0 (ad100) 10.0 (ad100)

() 内：破断形態 %
 cf : 塗膜の凝集破断
 pf : 素地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ
 単位 : kg f / cm

表2.1.6(3) TE塗料の付着力 (促進試験)

促進サイクル 表面処理 グレード	24	28	32
JASd2	100 (ad100)	50 (ad100)	50 (ad100)
	70 (ad100)	60 (ad100)	55 (ad100)
	50 (ad100)	55 (ad100)	70 (ad100)
IO	75 (ad100)	55 (ad100)	38 (ad100)
	65 (ad100)	46 (ad100)	42 (ad100)
	70 (ad100)	38 (ad100)	40 (ad100)
IFP t1	50 (ad100)	40 (ad100)	40 (ad100)
	90 (ad100)	40 (ad100)	35 (ad100)
	90 (ad100)	40 (ad100)	40 (ad100)
IFP t3	90 (ad100)	38 (ad100)	50 (ad100)
	85 (ad100)	43 (ad100)	55 (ad100)
	75 (ad100)	51 (ad100)	70 (ad100)
IFS d2	60 (ad100)	40 (ad100)	35 (ad100)
	60 (ad100)	48 (ad100)	45 (ad100)
	100 (ad100)	40 (ad100)	58 (ad100)
IFS d3	55 (ad100)	58 (ad100)	45 (ad100)
	75 (ad100)	40 (ad100)	42 (ad100)
	90 (ad100)	58 (ad100)	55 (ad100)

() 内 : 破断形態 %

ad : 接着剤のはがれ

cf : 塗膜の凝集破断

単位 : kg f / cm²

pf : 素地からのはがれ

表2.1.6(4) T E塗料の付着力 (促進試験)

促進サイクル 表面処理 グレード	3 6	4 0	4 4
J A S d 2	6 0 (ad100)	5 0 (ad100)	4 0 (ad100)
	5 0 (ad100)	5 5 (ad100)	4 0 (ad100)
	5 5 (ad100)	5 5 (ad100)	4 0 (ad100)
	I O	4 0 (ad100)	4 5 (ad100)
		4 5 (ad100)	4 5 (ad100)
		4 0 (ad100)	4 5 (ad100)
I F P t 1	4 0 (ad100)	5 0 (ad100)	5 0 (ad100)
	4 0 (ad100)	4 5 (ad100)	4 5 (ad100)
	4 0 (ad100)	4 0 (ad100)	4 5 (ad100)
I F P t 3	4 0 (ad100)	5 5 (ad100)	4 0 (ad100)
	5 5 (ad100)	5 0 (ad100)	5 5 (ad100)
	4 5 (ad100)	5 5 (ad100)	6 0 (ad100)
I F S d 2	5 5 (ad100)	5 5 (ad100)	4 0 (ad100)
	5 0 (ad100)	5 0 (ad100)	6 0 (ad100)
	5 5 (ad100)	5 0 (ad100)	5 0 (ad100)
I F S d 3	4 5 (ad100)	5 5 (ad100)	4 5 (ad100)
	4 5 (ad100)	5 5 (ad100)	4 5 (ad100)
	5 0 (ad100)	5 0 (ad100)	4 5 (ad100)

() 内 : 破断形態 %
 cf : 塗膜の凝集破断
 pf : 素地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ
 単位 : kg f / cm²

表2.1.6(5) PE・A/C塗料の付着力 (促進試験)

促進サイクル 表面処理 グレード	0	4	8
J A S d 2	2 0 (cf100)	1 8 (cf100)	6 0 (ad50, cf50)
	2 0 (cf100)	3 1 (cf100)	3 5 (ad30, cf70)
	3 2 (cf100)	5 0 (cf100)	6 0 (ad10, cf90)
I O	1 5 (cf100)	2 5 (cf100)	2 8 (ad70, cf30)
	2 0 (cf100)	2 0 (cf100)	4 3 (ad20, cf80)
	3 3 (cf100)	1 8 (cf100)	3 2 (ad100)
I F P t 1	1 8 (ad50, pf10, cf40)	1 5 (pf80, cf20)	3 2 (ad100)
	2 2 (ad50, pf10, cf40)	3 5 (ad100)	4 0 (ad60, pf20, cf20)
	1 8 (ad50, pf10, cf40)	5 0 (ad100)	5 0 (ad80, pf10, cf10)
I F P t 3	2 0 (cf100)	2 5 (pf10, cf90)	5 5 (ad85, pf 5, cf10)
	4 5 (cf100)	4 2 (pf10, cf90)	6 5 (ad100)
	5 4 (cf100)	4 5 (cf100)	6 5 (ad85, pf 5, cf10)
I F S d 2	2 0 (ad20, cf80)	2 8 (cf100)	3 8 (ad100)
	1 9 (cf100)	2 0 (cf100)	6 0 (ad100)
	3 5 (cf100)	4 0 (cf100)	7 5 (ad100)
I F S d 3	2 0 (cf100)	2 5 (cf100)	6 0 (cf50, ad50)
	2 0 (cf100)	5 8 (cf100)	6 5 (cf60, ad40)
	3 0 (cf100)	3 1 (cf100)	6 0 (cf90, ad10)

() 内：破断形態 %

cf : 集膜の凝集破断

pf : 基地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ

単位 : kg f / cm²

表2.1.6(6) PE・A/C塗料の付着力 (促進試験)

促進サイクル 表面処理 グレード	12	16	20
J A S d 2	3.5 (cf100) 3.5 (ad80, cf20) 4.5 (ad40, cf60)	4.5 (ad50, cf50) 3.5 (cf100) 4.0 (ad40, cf60)	5.5 (cf100) 3.3 (cf100) 4.0 (cf100)
	4.5 (ad100) 4.5 (ad90, cf10) 5.5 (ad100)	4.5 (ad100) 5.0 (ad100) 4.5 (ad100)	4.2 (cf100) 3.5 (cf100) 3.3 (cf100)
	6.0 (pf40, cf60) 6.5 (pf30, cf70) 6.5 (pf20, cf80)	5.0 (pf40, cf60) 4.5 (pf30, cf70) 4.5 (pf30; cf70)	2.8 (pf50, cf50) 2.5 (pf60, cf40) 3.0 (pf50, cf50)
I F P t 3	6.5 (pf 5, cf95) 8.0 (pf 5, cf95) 8.0 (pf 5, cf95)	5.5 (pf10, cf90) 4.5 (pf10, cf90) 5.0 (pf10, cf90)	3.5 (pf10, cf90) 3.5 (pf10, cf90) 4.2 (pf15, cf85)
	4.0 (cf100) 4.0 (cf100) 4.0 (cf100)	4.0 (cf100) 4.5 (cf100) 4.0 (cf100)	4.0 (cf100) 3.6 (cf100) 3.1 (cf100)
	2.6 (cf100) 5.0 (cf100) 4.0 (cf100)	4.5 (cf100) 4.0 (cf100) 4.5 (cf100)	3.5 (cf100) 3.5 (cf100) 5.0 (cf100)

() 内 : 破断形態 %

cf : 塗膜の凝集破断

pf : 素地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ

単位 : kg f / cm

表2.1.6(7) PE・A/C塗料の付着力 (促進試験)

促進サイクル 表面処理 グレード	24	28	32
JASd2	35 (cf100) 30 (cf100) 28 (cf100)		
IO	32 (cf100) 30 (cf100) 28 (cf100)		
IFPt1	22 (pf70, cf30) 20 (pf70, cf30) 26 (pf70, cf30)		
IFPt3	35 (ad100) 35 (ad100) 40 (ad100)		
IFSd2	35 (ad100) 35 (ad100) 40 (ad100)		
IFSd3	30 (cf100) 35 (cf100) 35 (cf100)		

() 内 : 破断形態 %

cf : 塗膜の凝集破断

pf : 素地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ

単位 : kgf / cm²

表2.1.6(8) CR・A／CHB塗料の付着力 (促進試験)

表面処理 グレード	0	4	8
JASd2	20 (cf100) 22 (cf100) 15 (cf100)	15 (cf100) 18 (cf100) 11 (cf100)	
	18 (cf100) 20 (cf100) 20 (cf100)	12 (cf100) 12 (cf100) 20 (cf100)	
I O			
	30 (pf80,cf20) 25 (pf80,cf20) 30 (pf80,cf20)	15 (cf100) 16 (cf100) 17 (cf100)	
IFPt1			
	20 (cf100) 15 (cf100) 20 (cf100)	12 (cf100) 12 (cf100) 13 (cf100)	
IFPt3			
	20 (ad20,cf80) 18 (cf100) 20 (cf100)	15 (cf100) 16 (cf100) 16 (cf100)	
IFSd2			
	18 (cf100) 20 (cf100) 18 (cf100)	11 (cf100) 15 (cf100) 20 (cf100)	
IFSd3			

() 内 : 破断形態 %

cf : 塗膜の凝集破断

pf : 素地からのはがれ

ad : 接着剤のはがれ

単位 : kg f / cm²

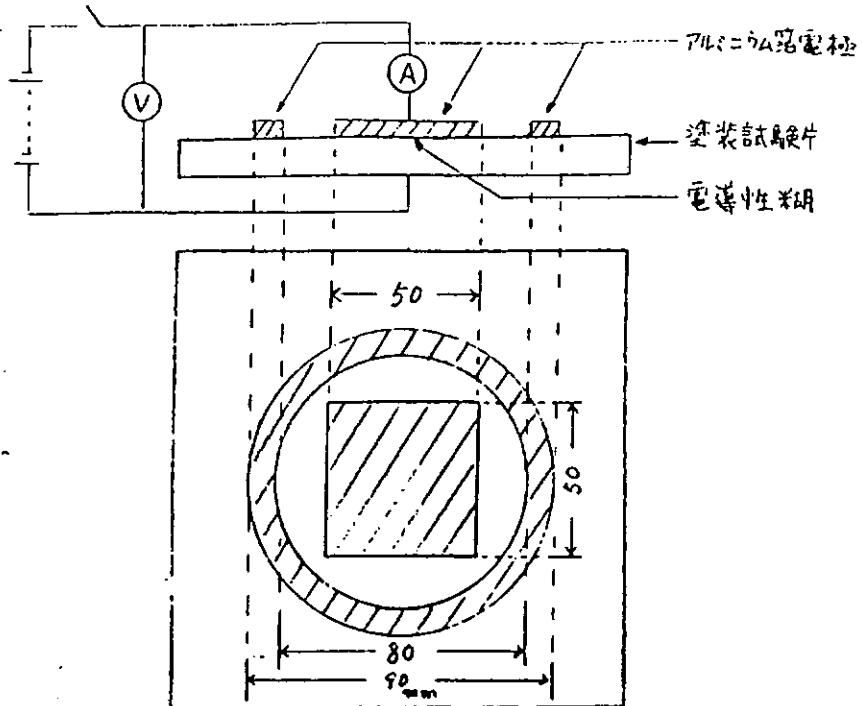


図2.1.1 体積抵抗の測定回路

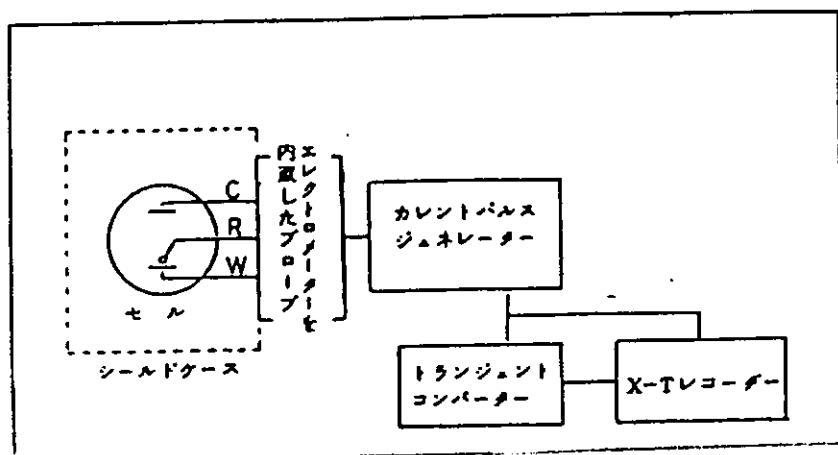


図2.1.2(1) 測定装置のブロック

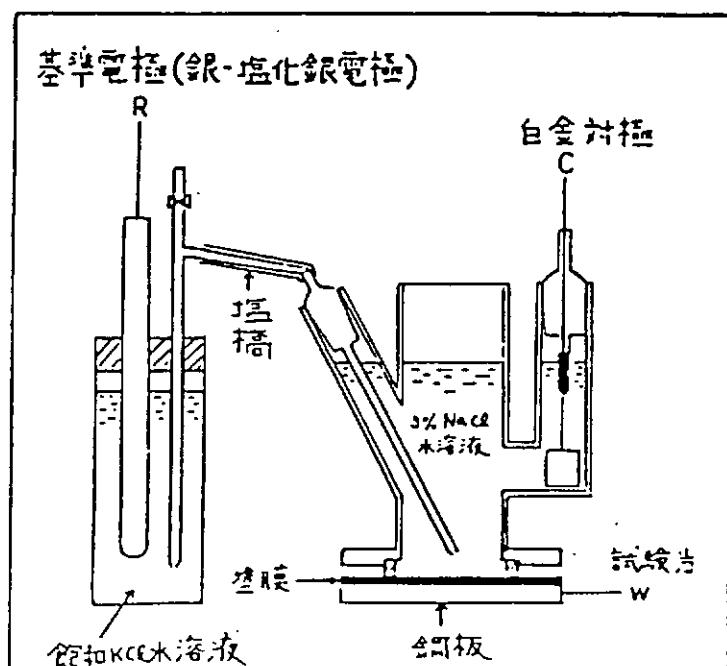


図2.1.2(2) 測定セルの概要

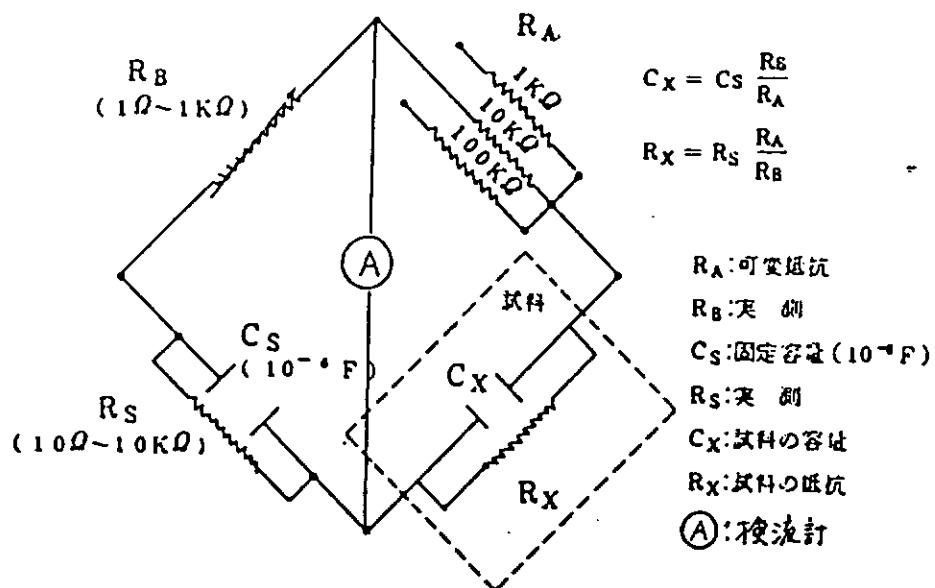


図2.1.3 $\tan \delta$ 測定用ブリッジ回路

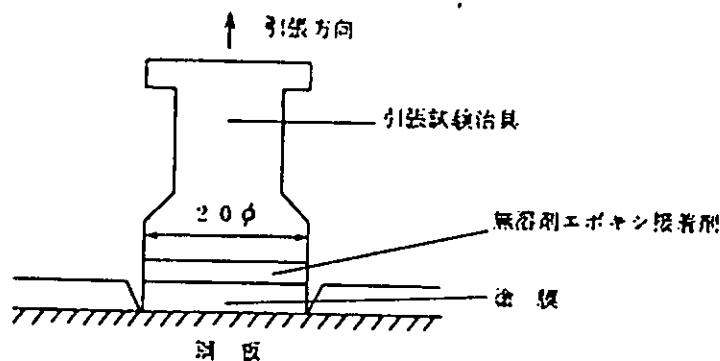


図2.1.4 付着力試験

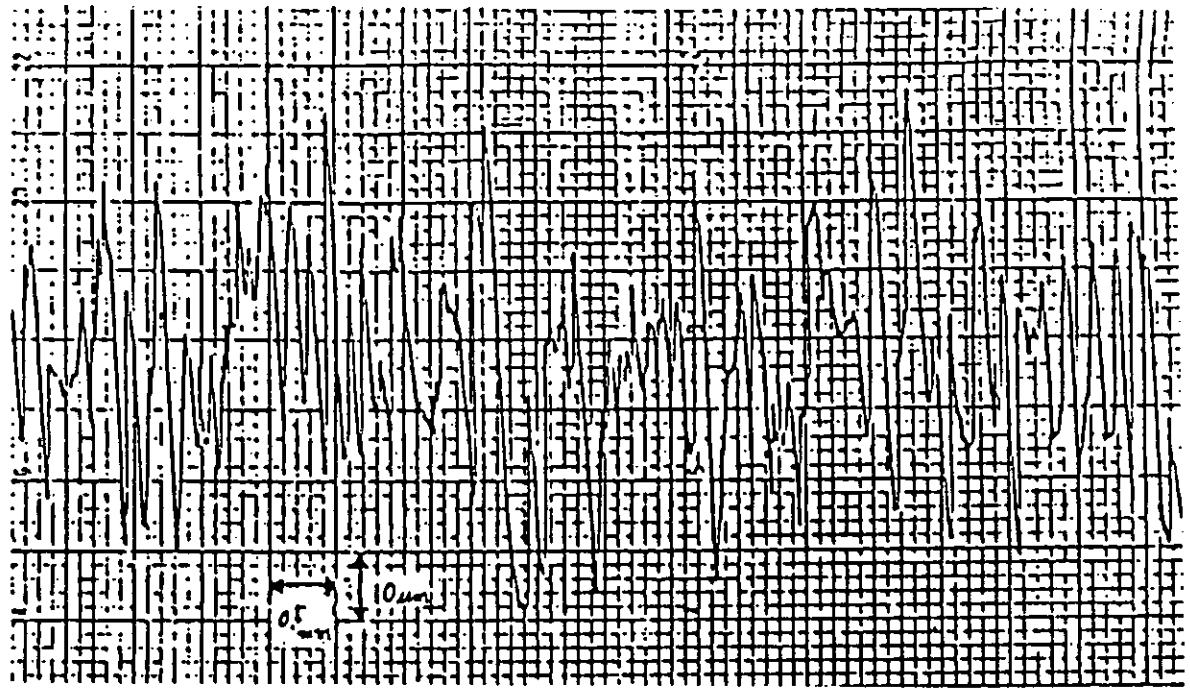


図2.1.5(1) グリットblast鋼板の表面アラサ (天然試験用)

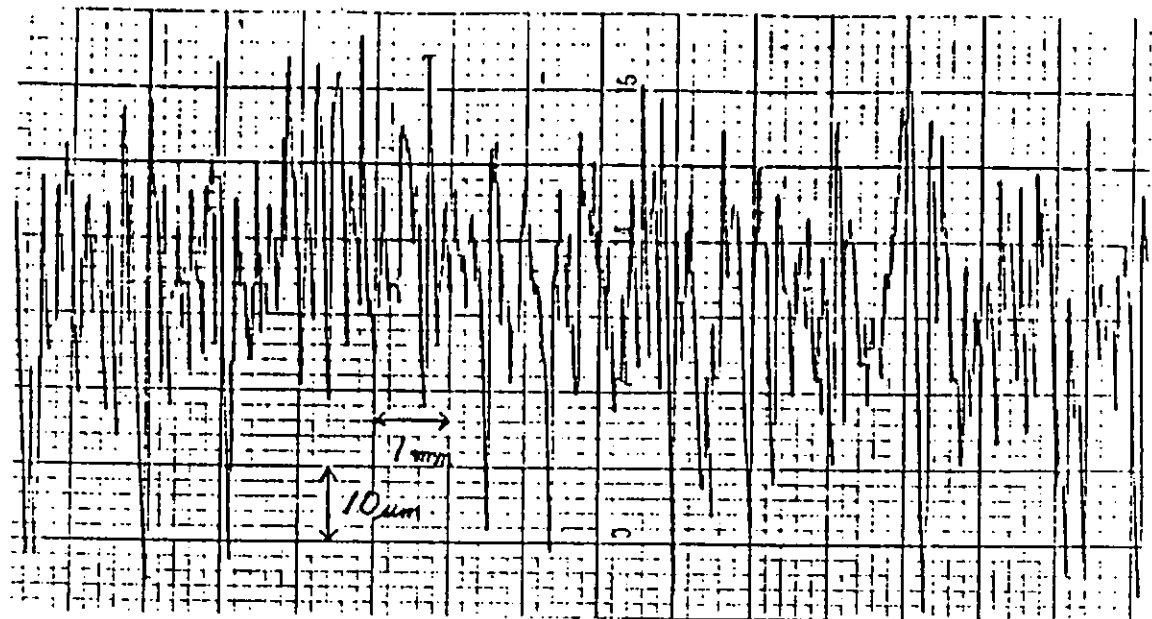


図2.1.5(2) グリットblast鋼板の表面アラサ (促進試験用)

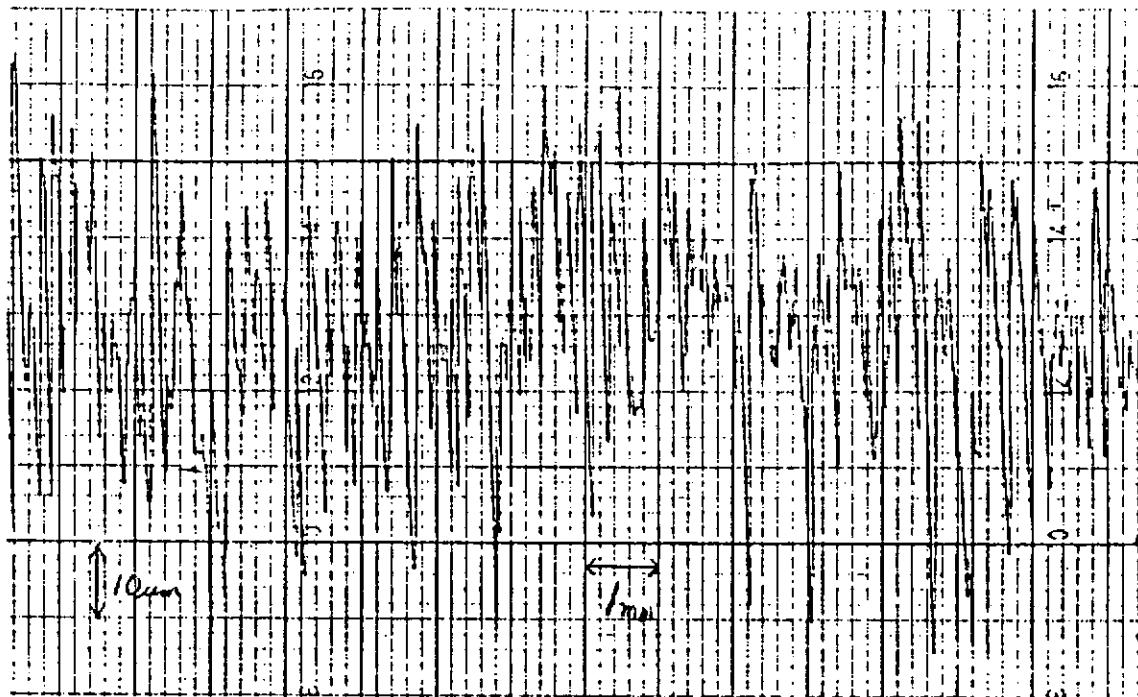


図2.1.5(3) グリットblast鋼板の表面アラサ (P E・A/C塗料促進試験用)

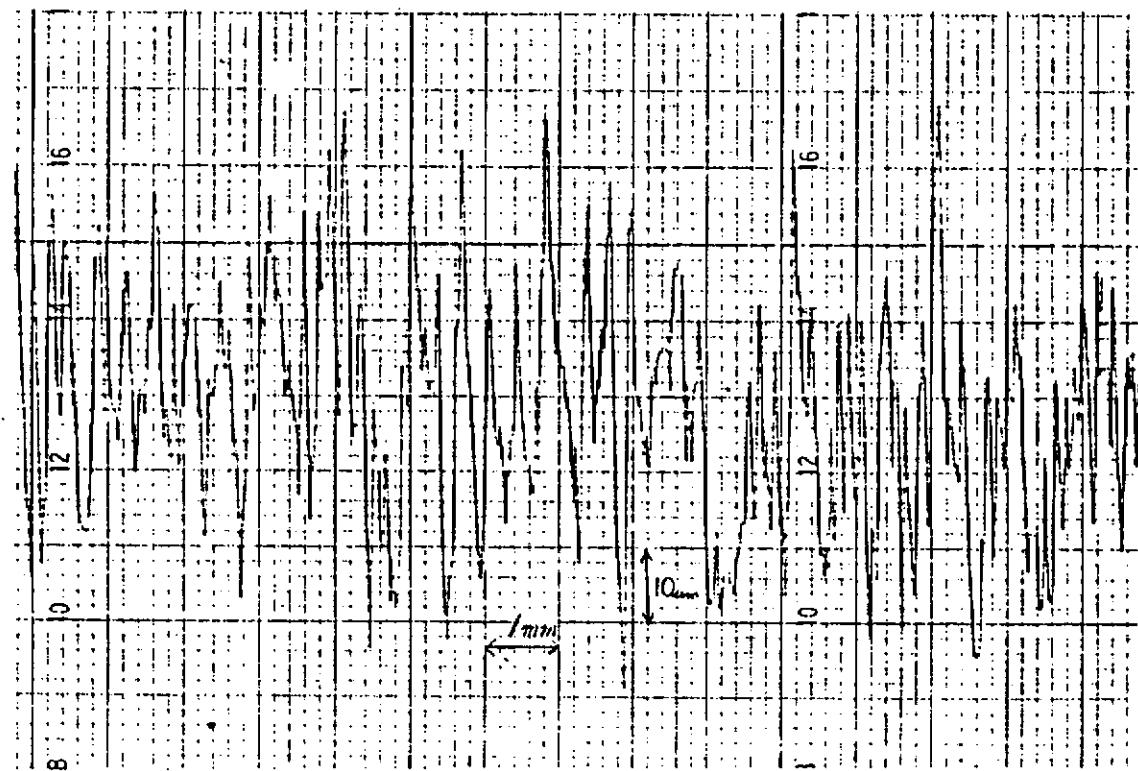


図2.1.5(4) グリットblast鋼板の表面アラサ (C R・A/C・H B塗料促進試験用)

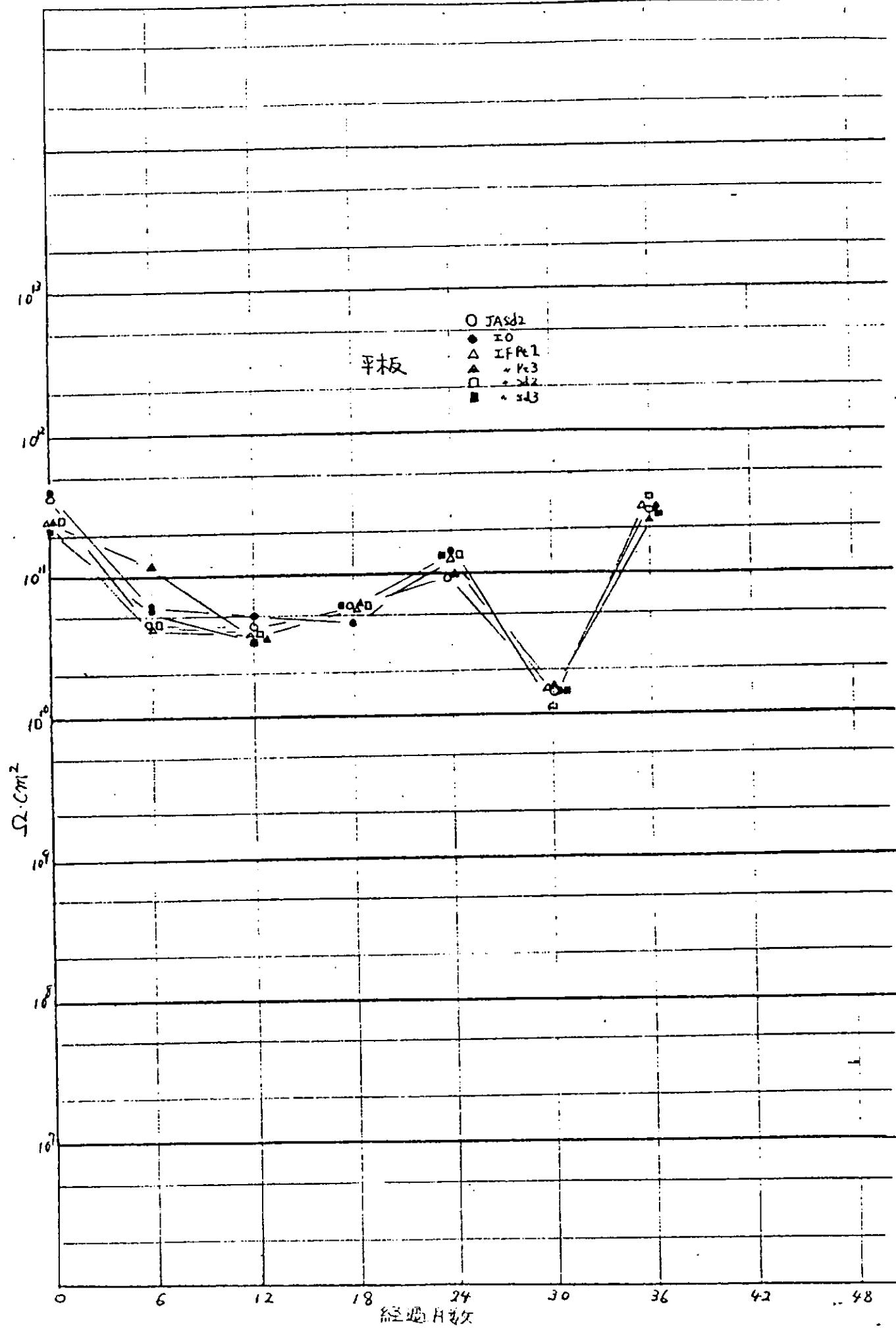


図2.1.6(1)a TE塗料の直流抵抗経時変化（天然試験）

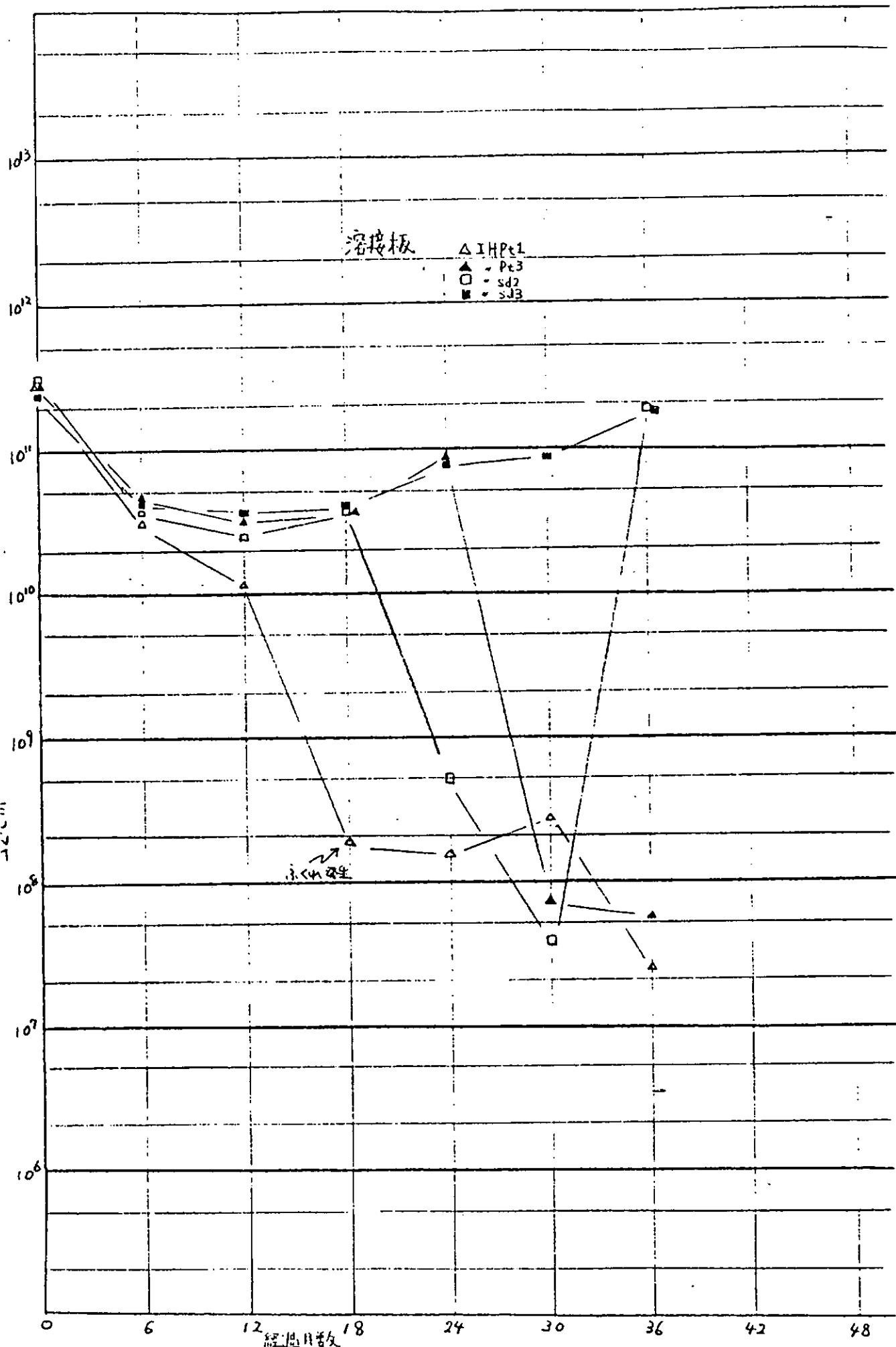


図2.1.6(1)b TE塗料の直流抵抗経時変化(天然試験)

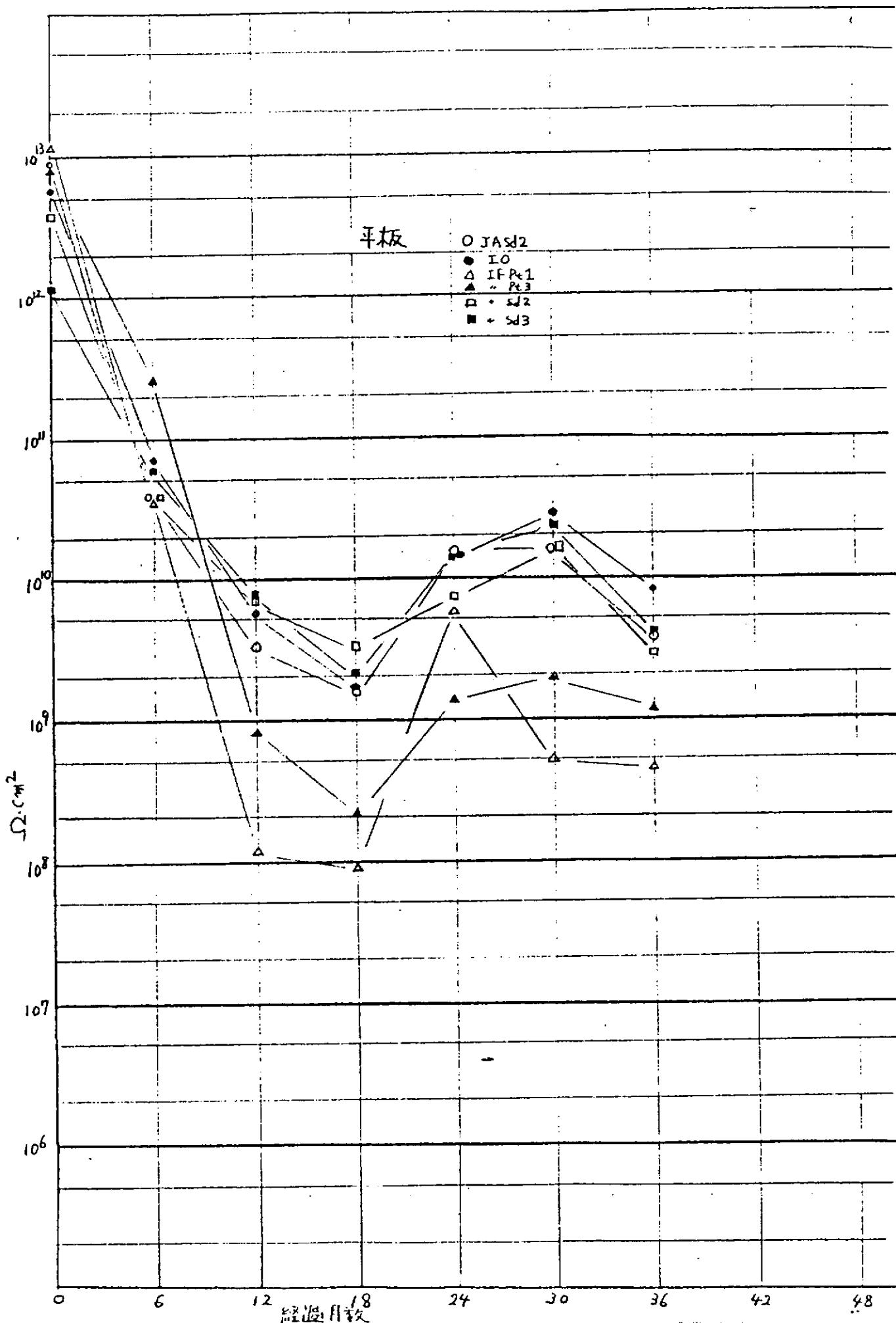


図2.1.6(2)a PE・A/C塗料の直流抵抗経時変化(天然試験)

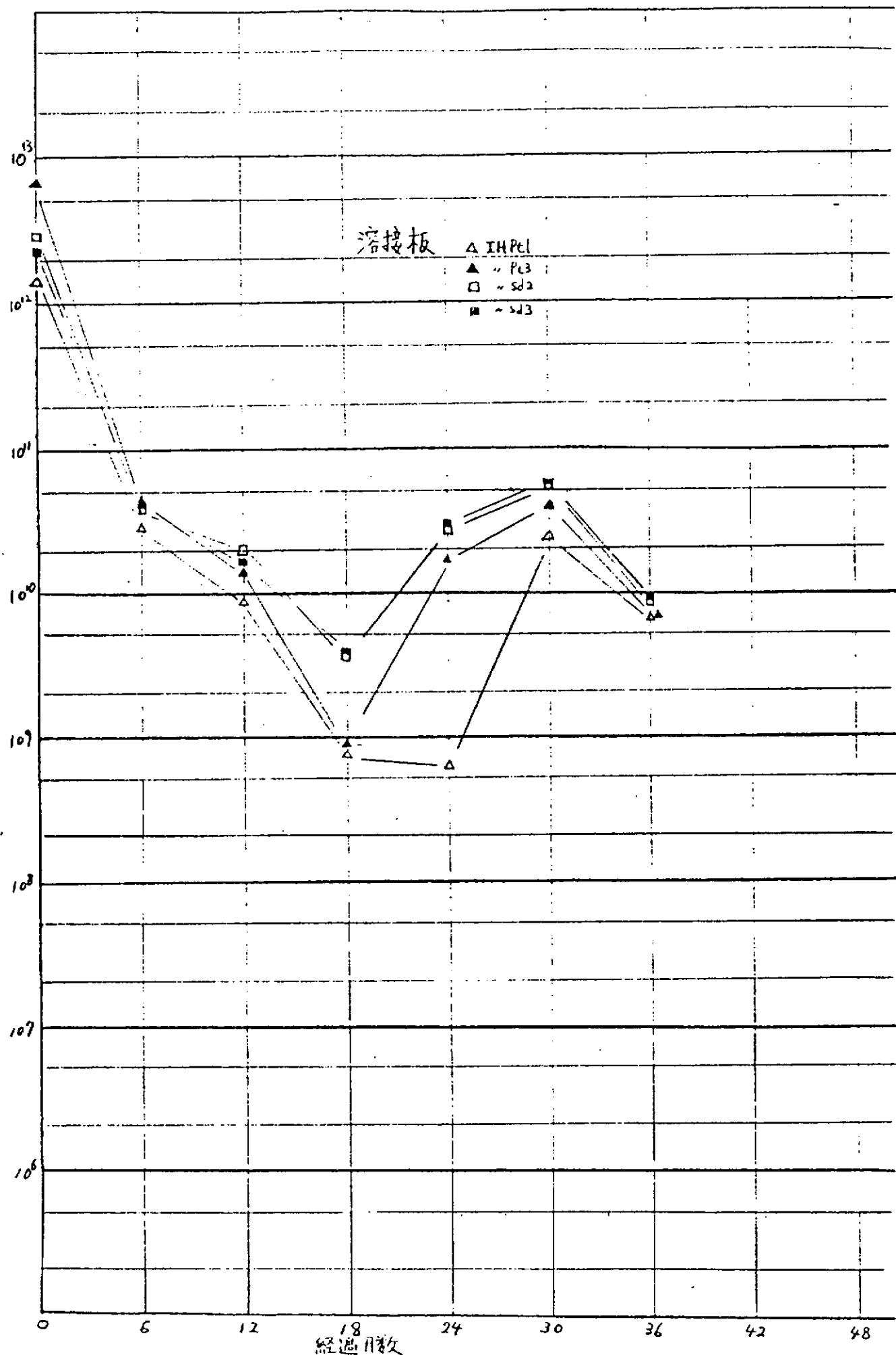


図2.1.6(2)b PE・A/C塗料の直流抵抗経時変化(天然試験)

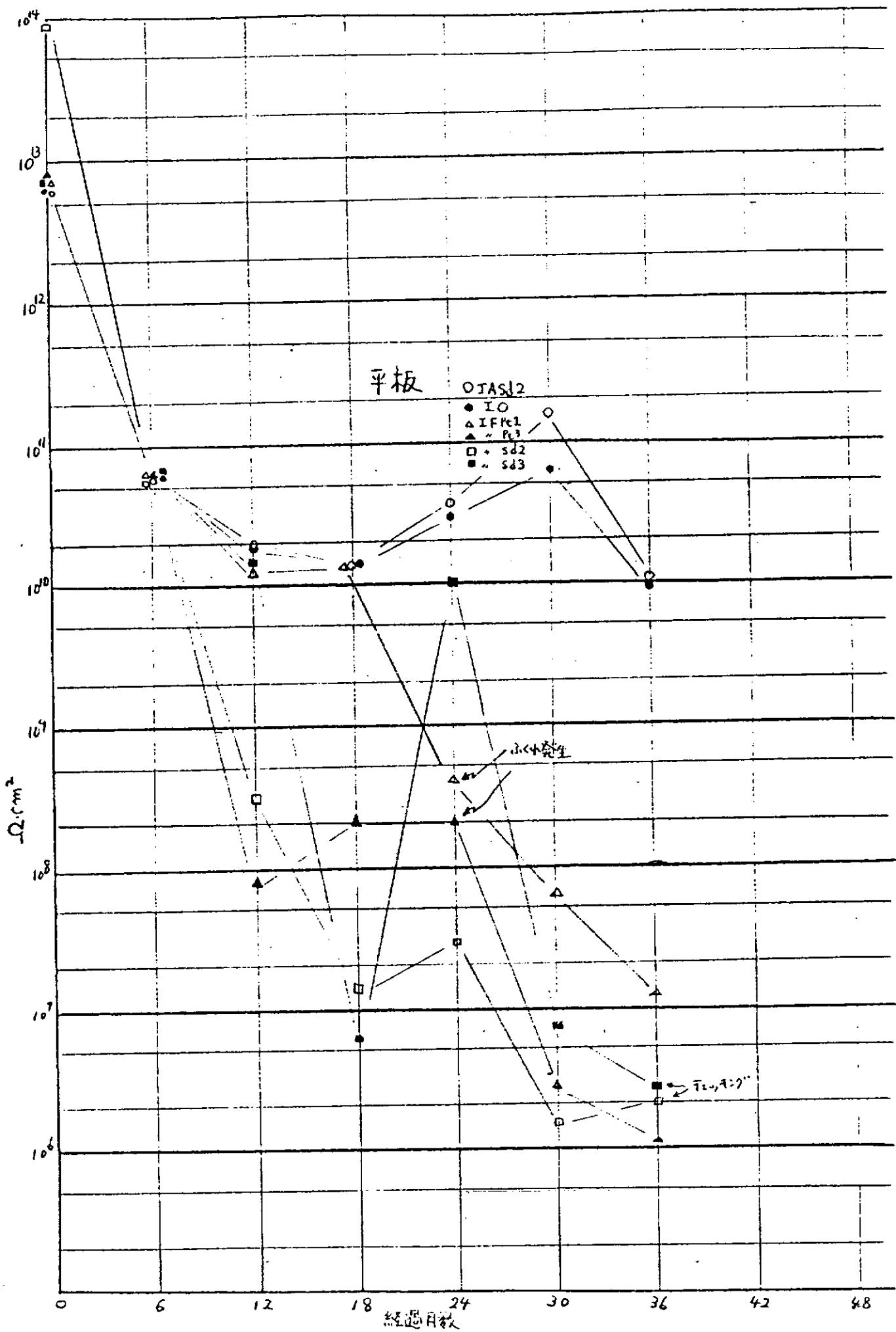


図2.1.6(3)a CR・A/C・HB塗料の直流抵抗経時変化（天然試験）

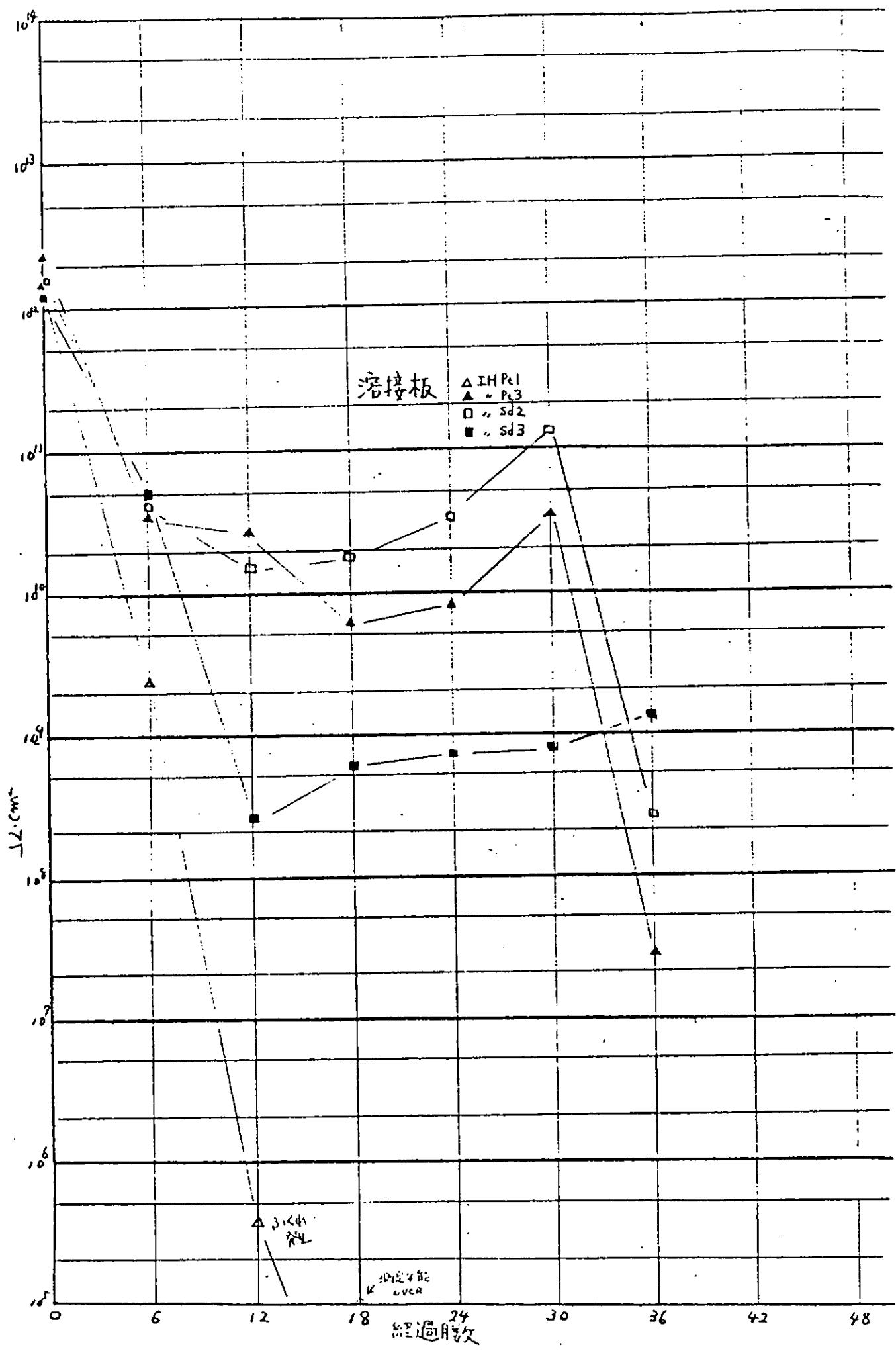
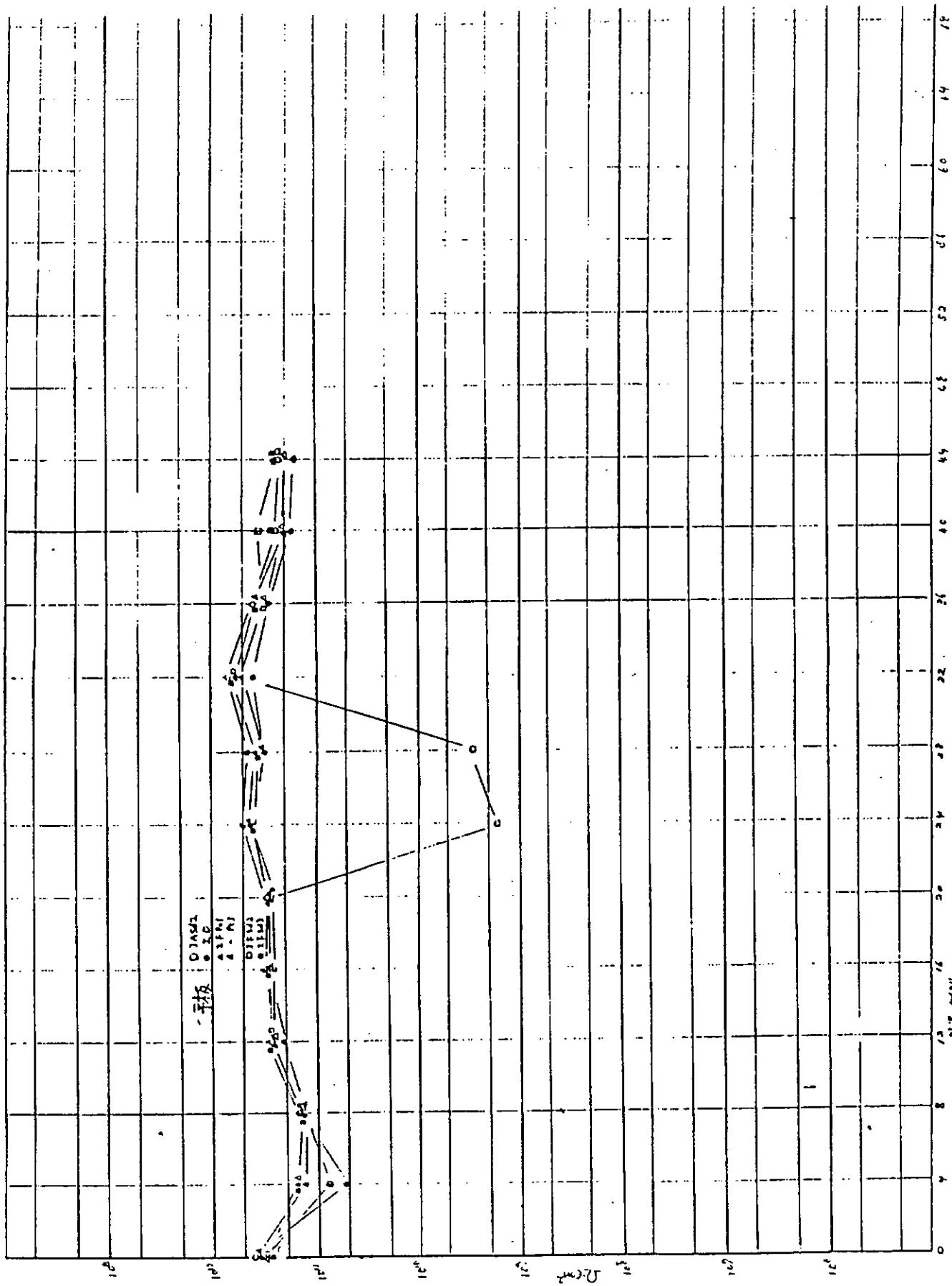
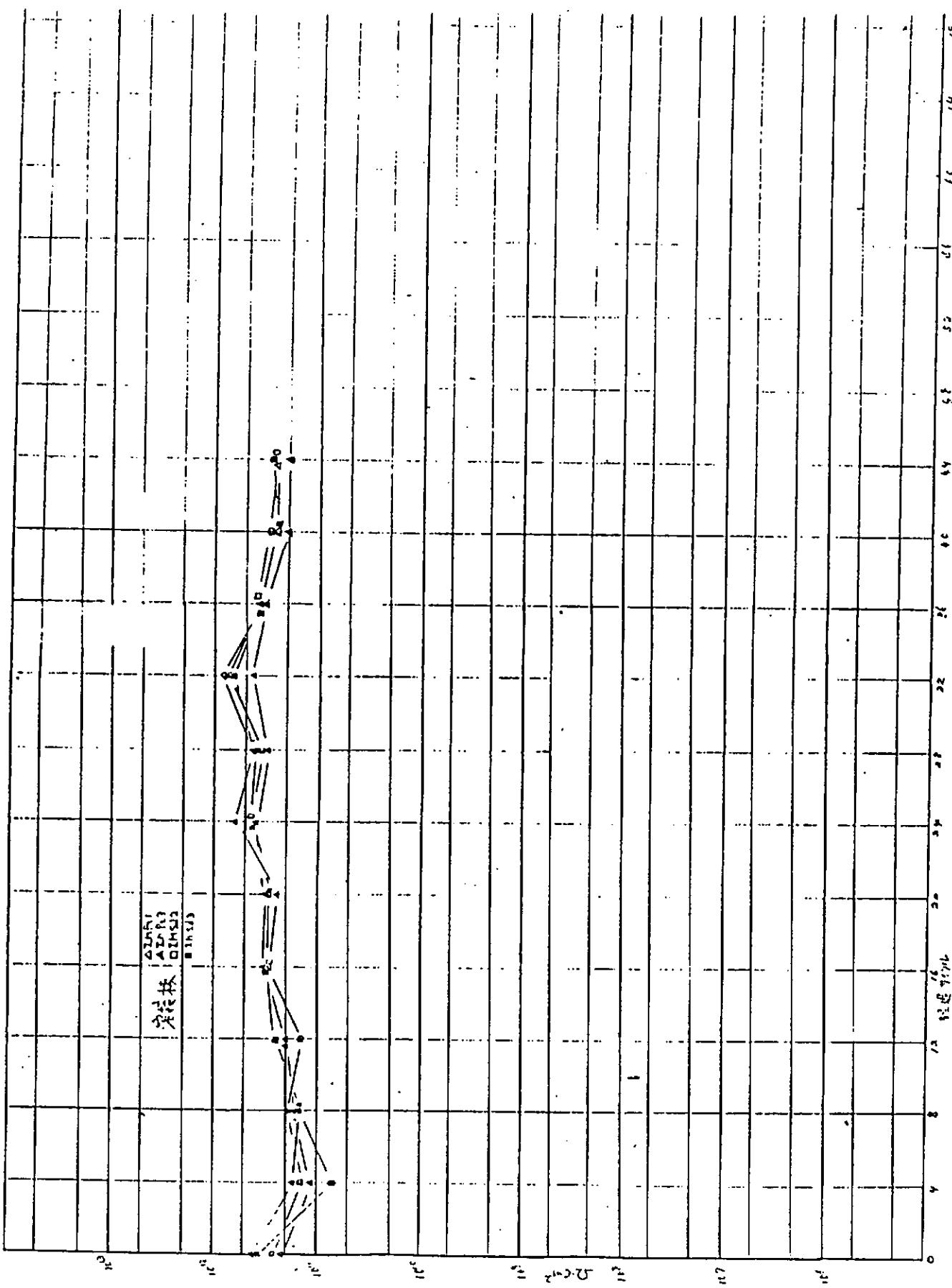


図2.1.6(3)b CR・A/C・HB塗料の直流抵抗経時変化(天然試験)

図2.1.7(1)a TE塗料の直波近似時変化(定速比較)



E2.1.7(b) TEC140在鐵道航管時化(定期)



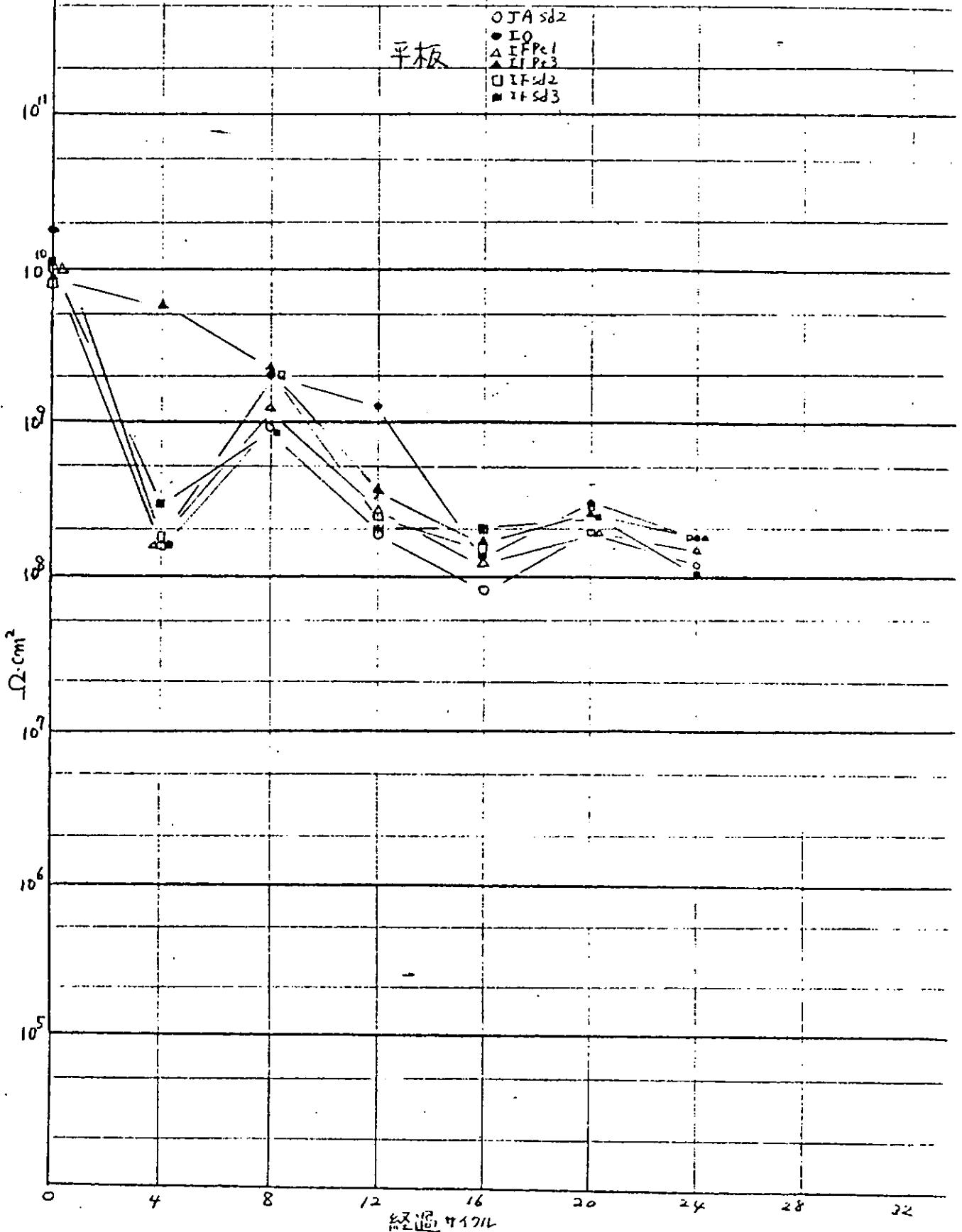


図2.1.7(2)a PE・A/C塗料の直流抵抗経時変化(促進試験)

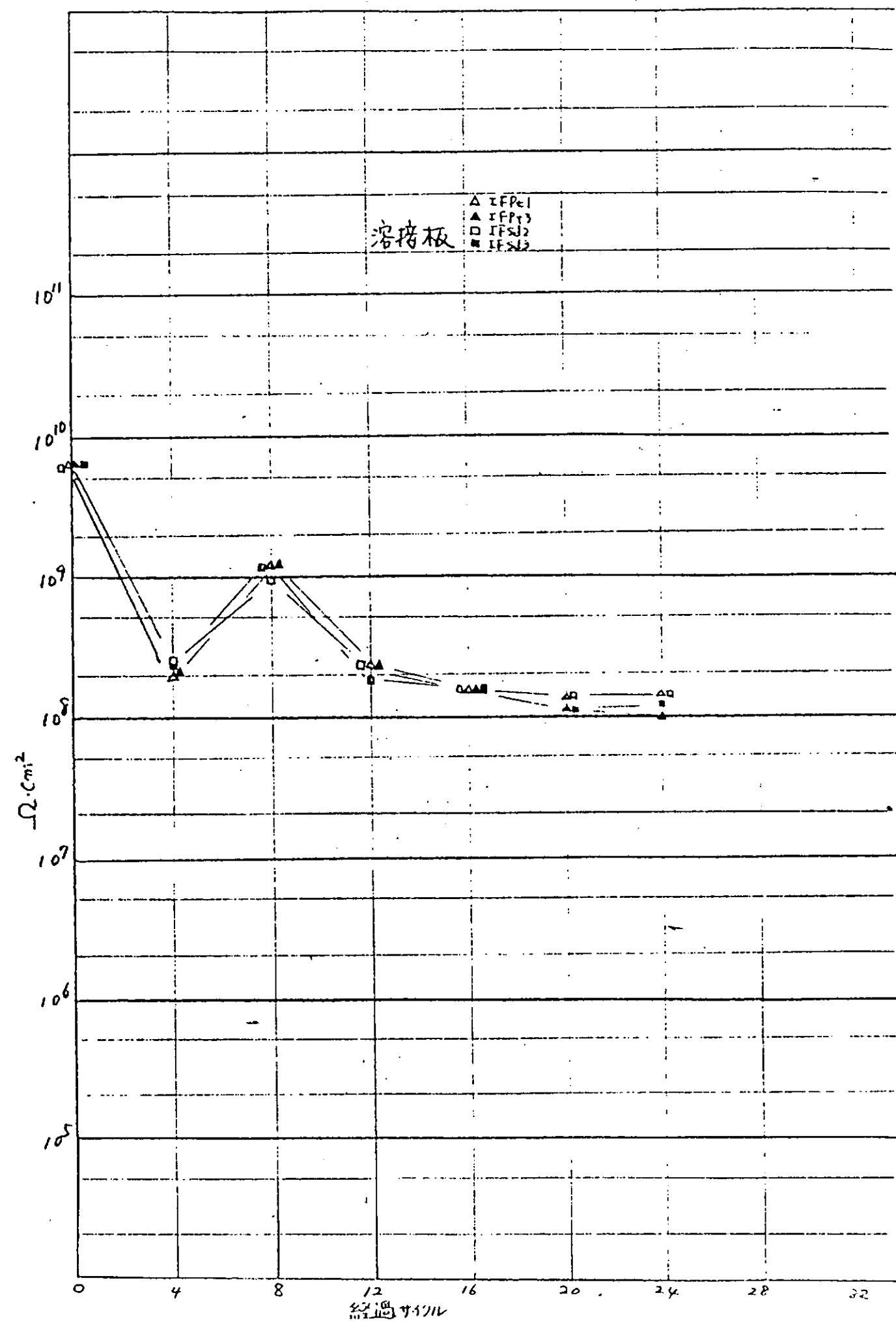


図2.1.7(2)b PE・A/C塗料の直流抵抗経時変化(促進試験)

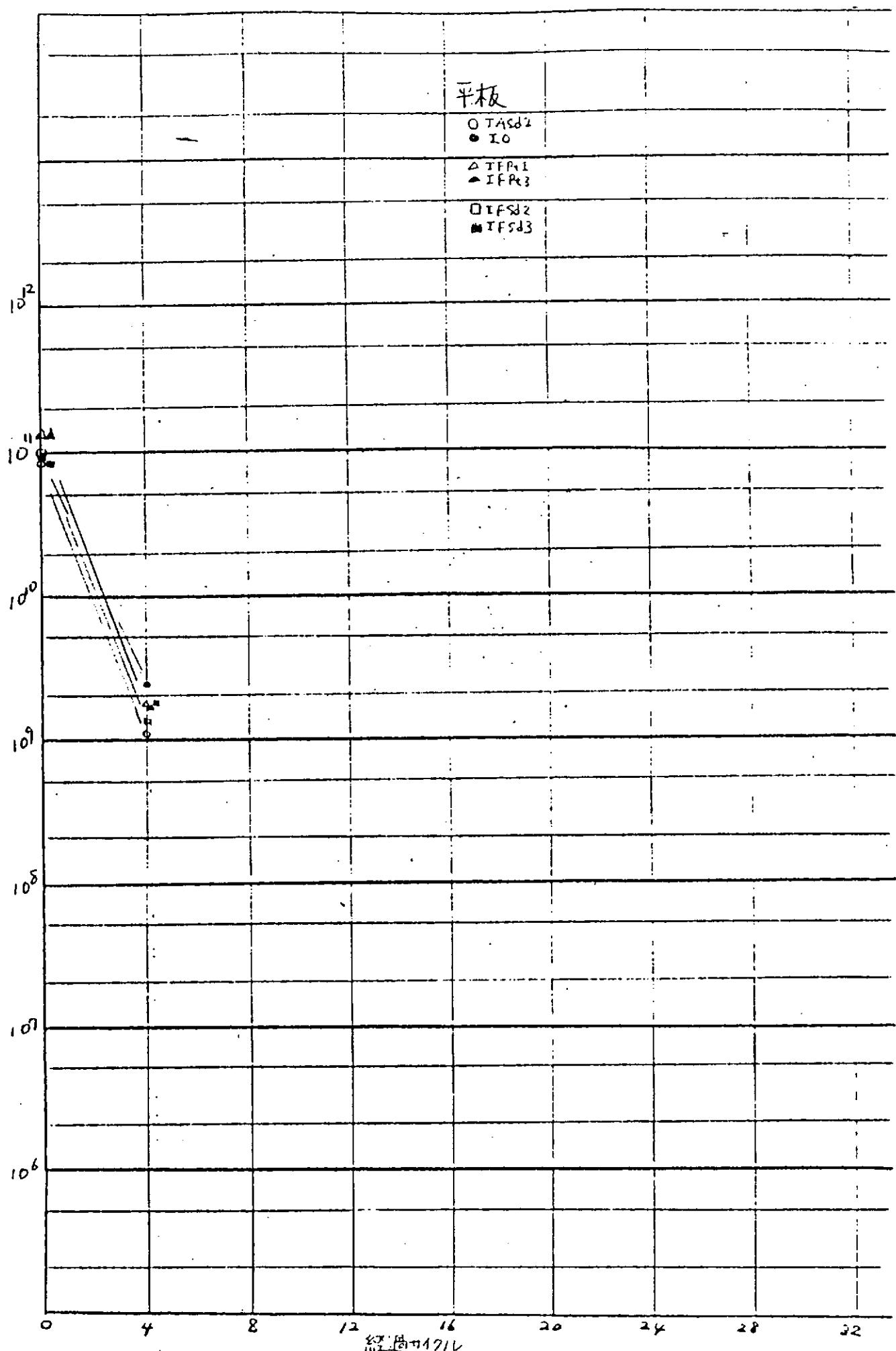


図2.1.7(3)a CR・A/CHB塗料の直流抵抗の経時変化（促進試験）

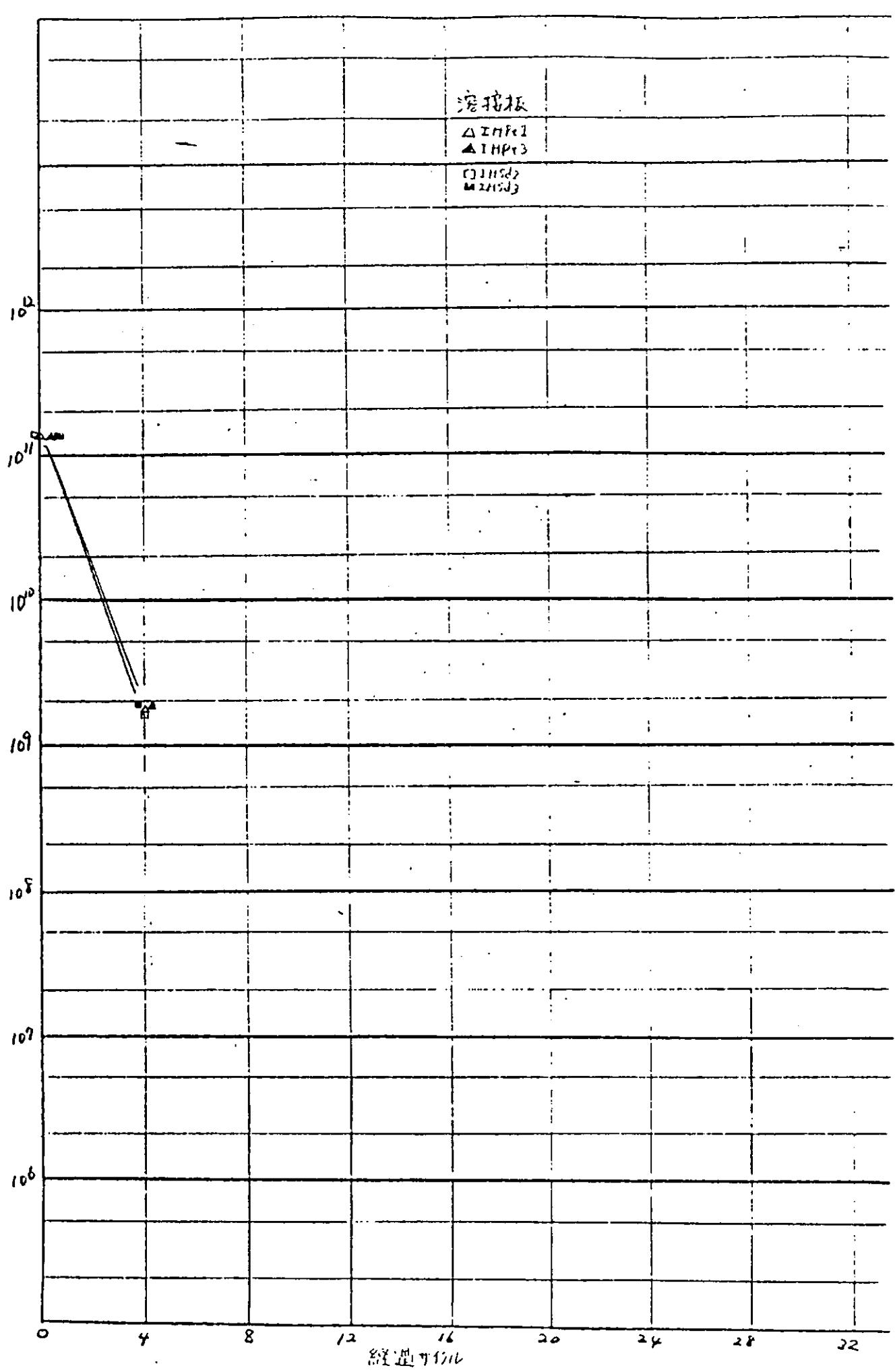


図2.1.7(3)b CR・A/CHB塗料の直流抵抗の経時変化（促進試験）

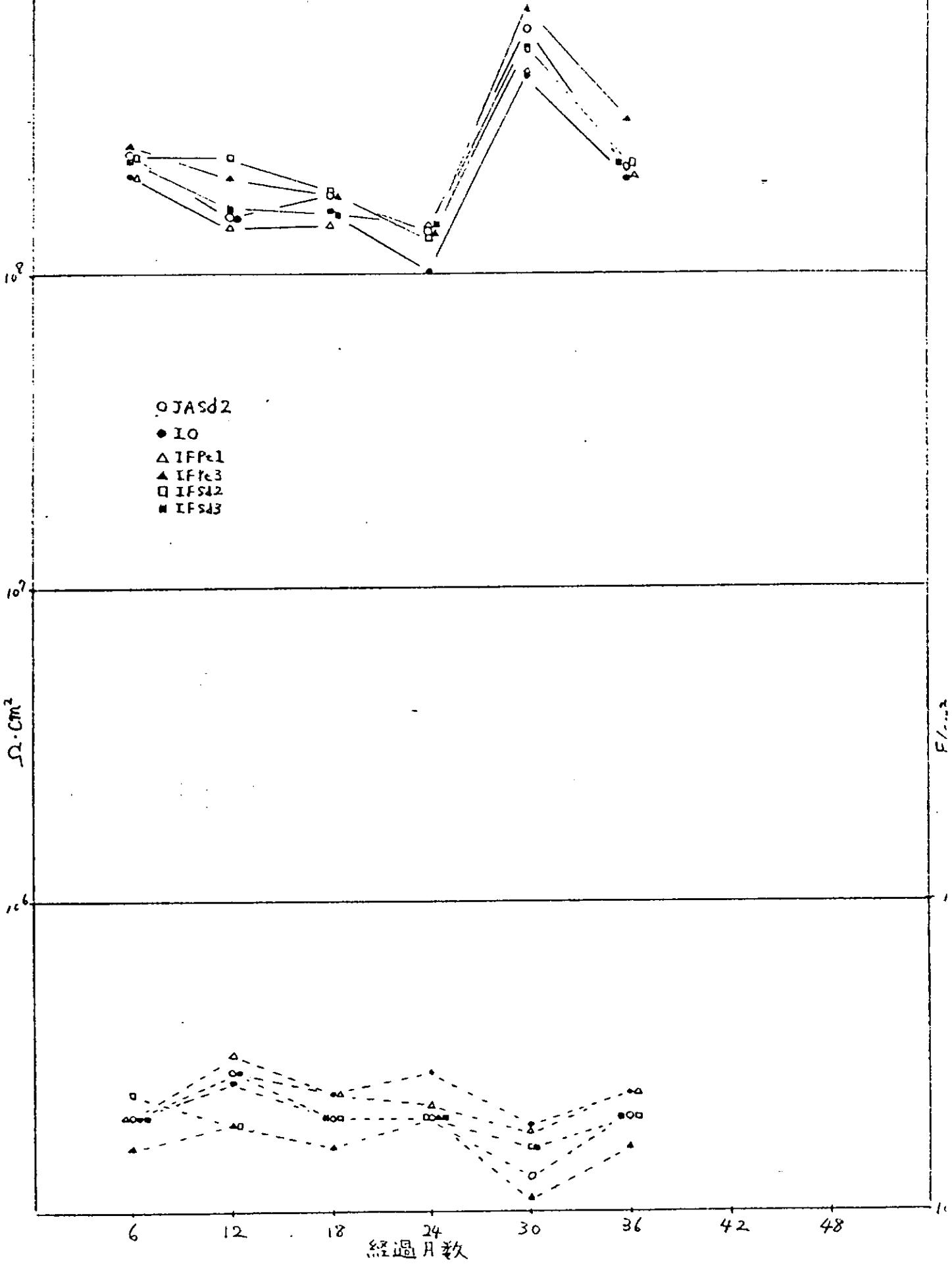


図2.1.8(1)a TE塗料のインピーダンス経時変化 (天然試験、0.2 kHz)

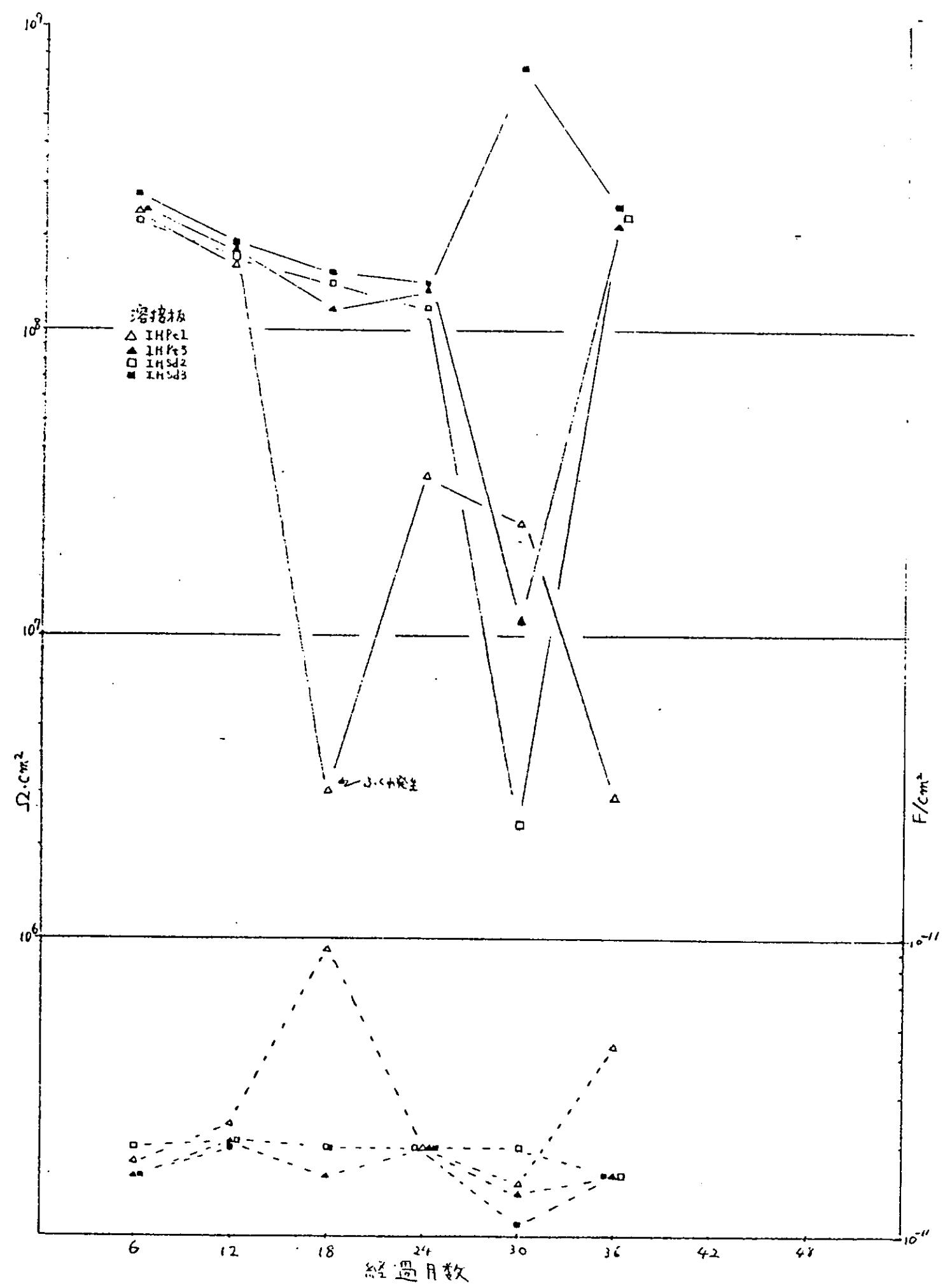


図2.1.8(1)b TE塗料のインピーダンス経時変化(天然試験、0.2 kHz)

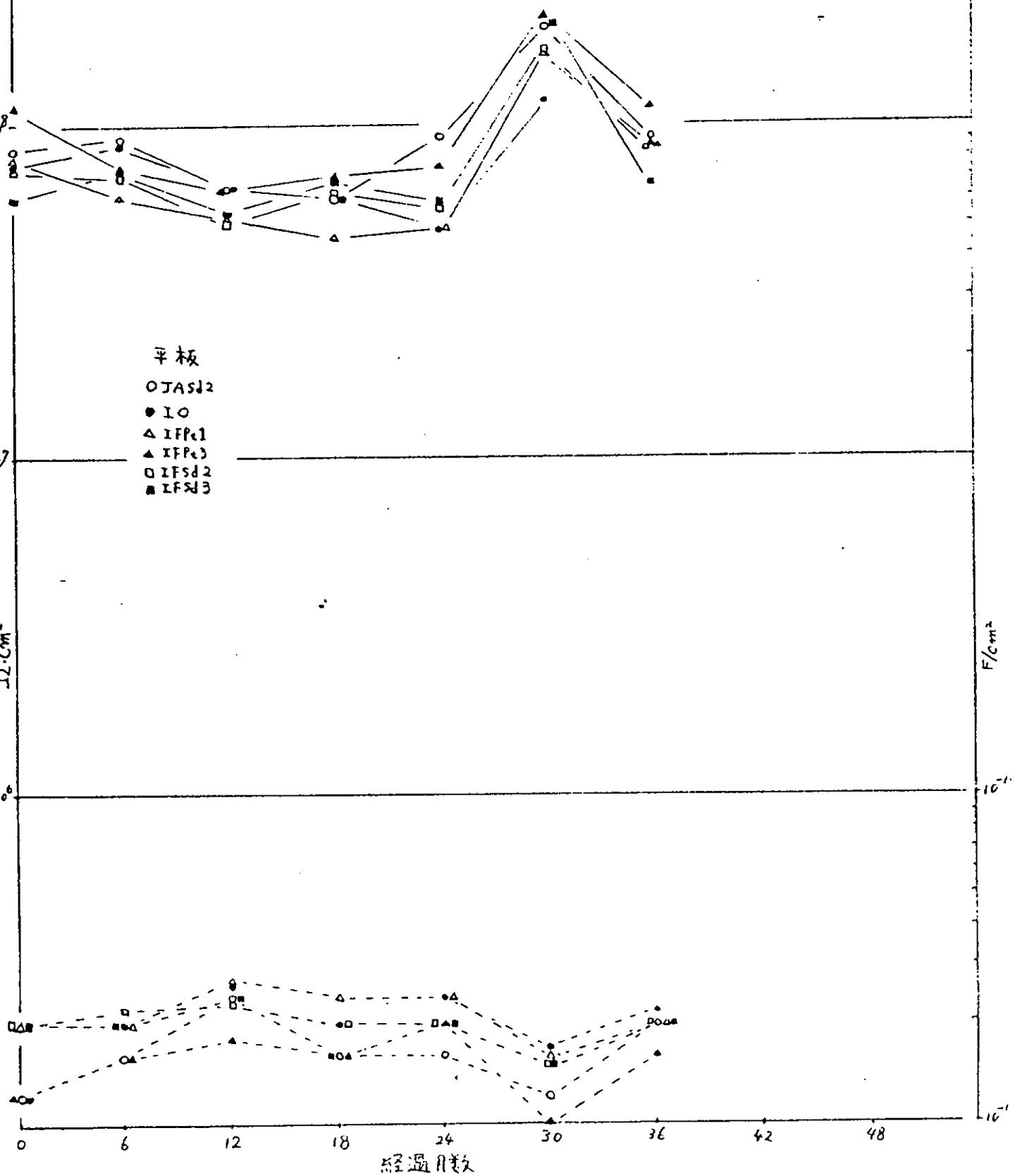


図2.1.8(1)c TE塗料のインピーダンス経時変化（天然試験、1.0 kHz）

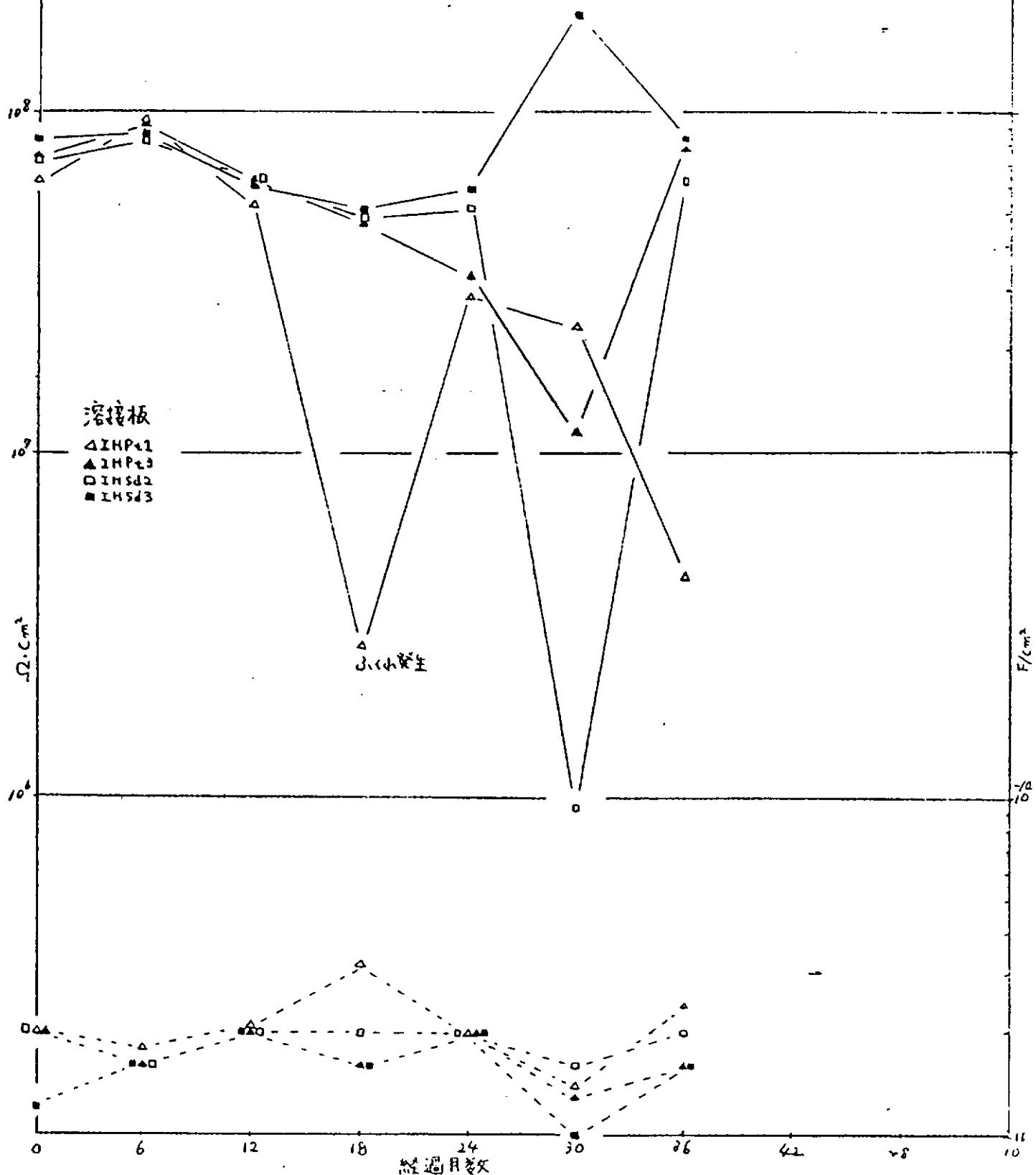


図2.1.8(1)d TE塗料のインピーダンス経時変化（天然試験、1.0 kHz）

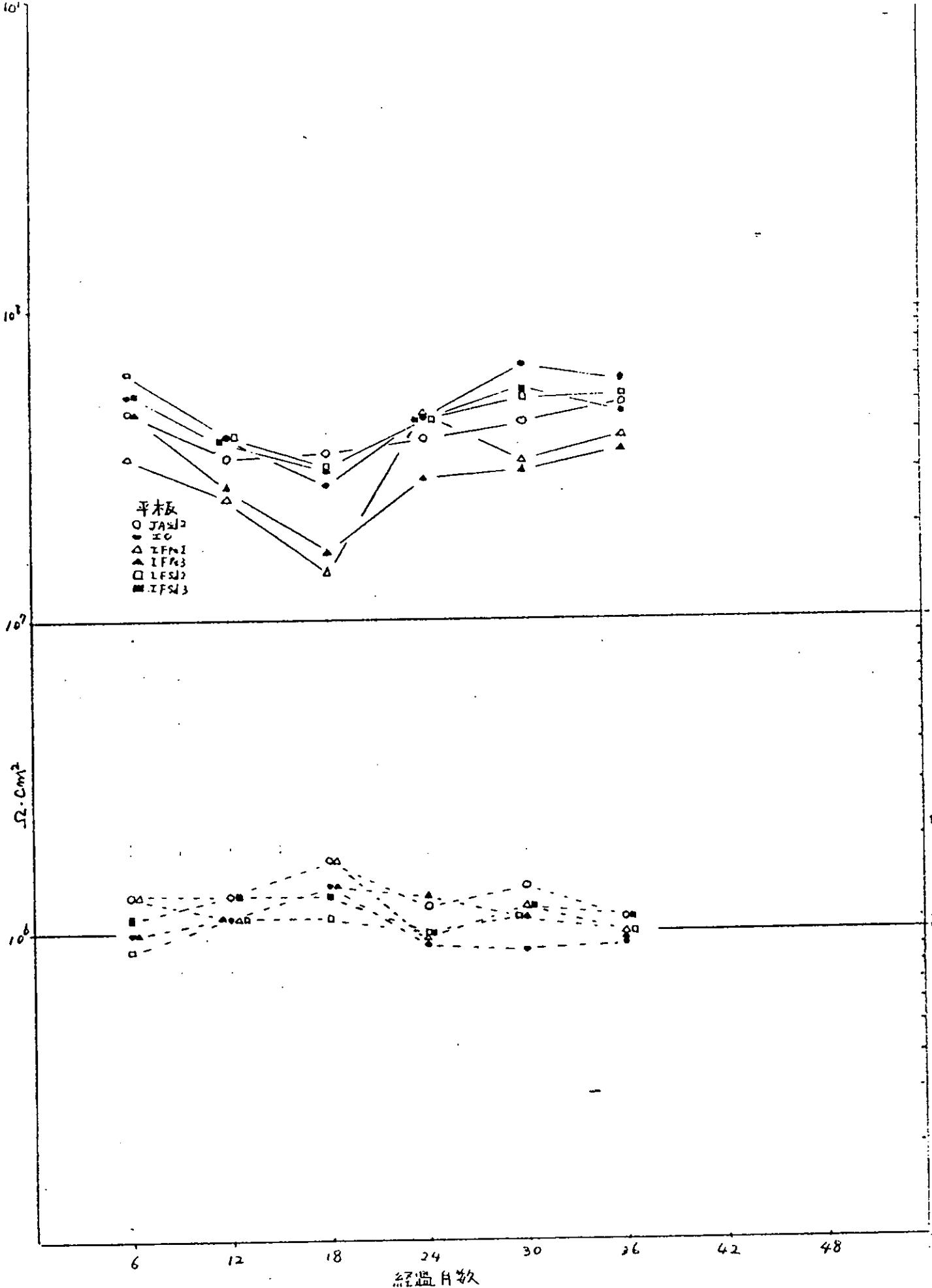


図2.1.8(2)a PE・A/C塗料のインピーダンス経時変化 (天然試験, 0.2 kHz)

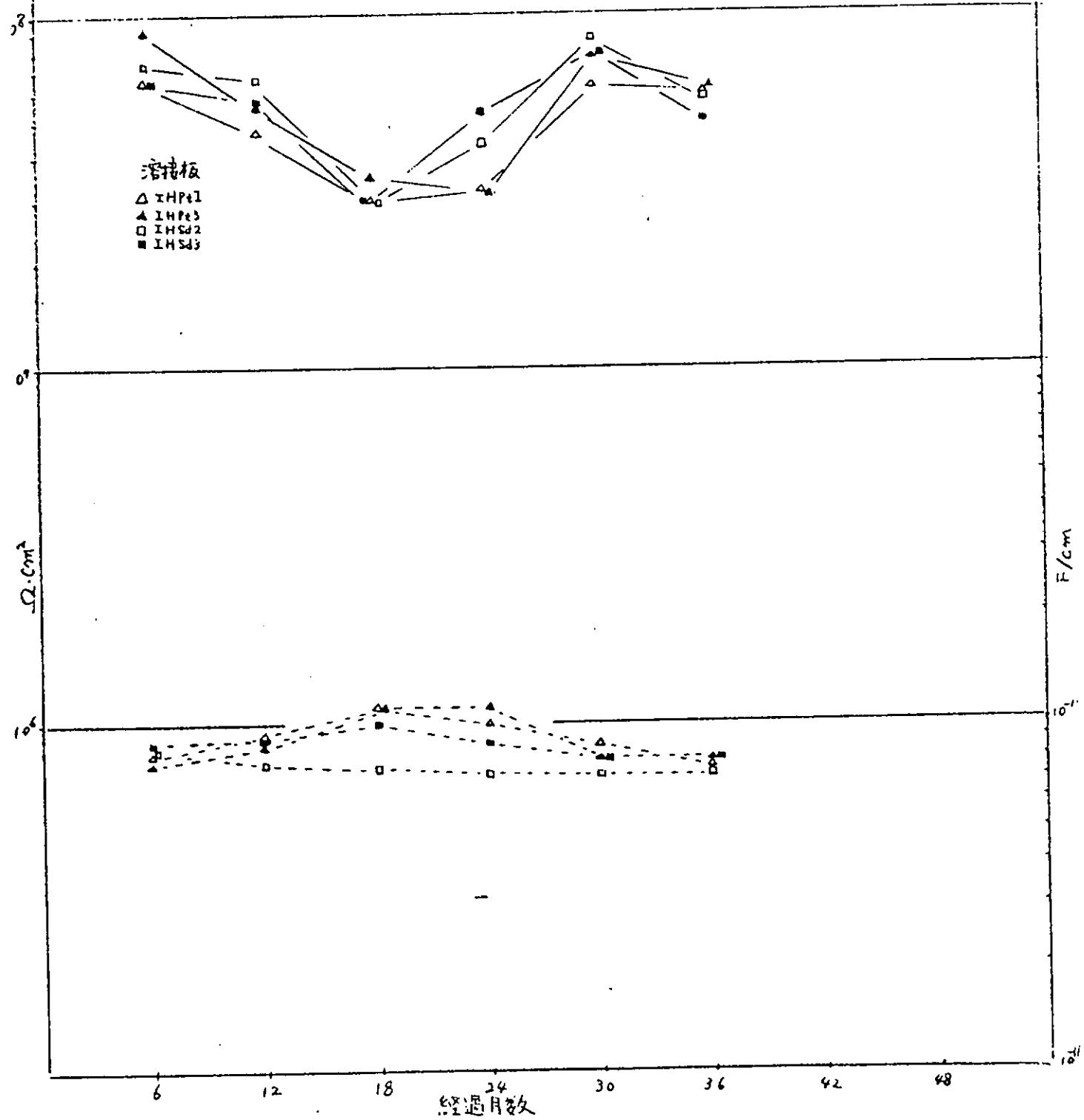


図2.1.8(2)b PE・A/C塗料のインピーダンス経時変化 (天然試験, 0.2 kHz)

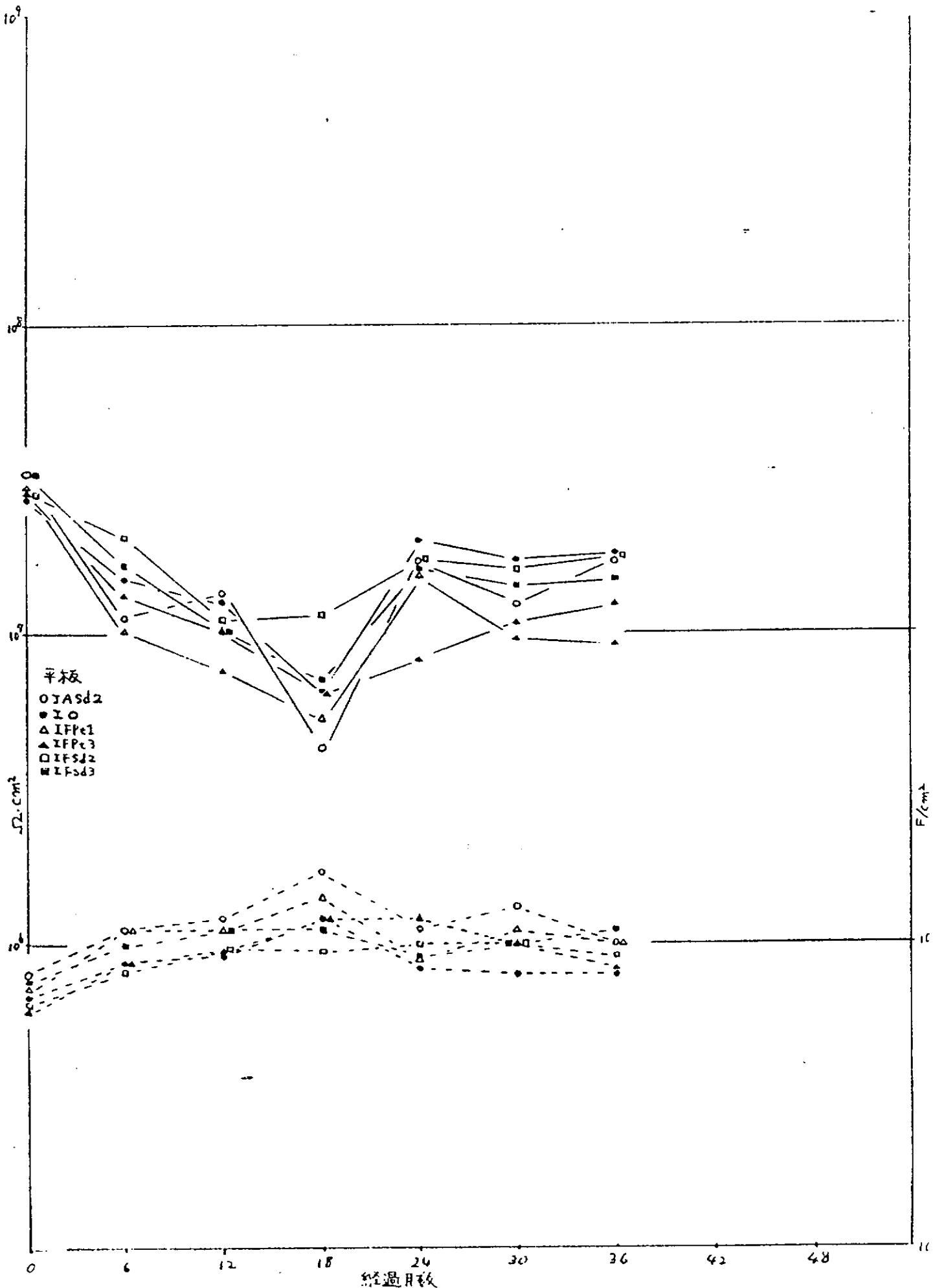


図2.1.8(2)C PE・A/C塗料のインピーダンス経時変化 (天然試験, 1.0 kHz).

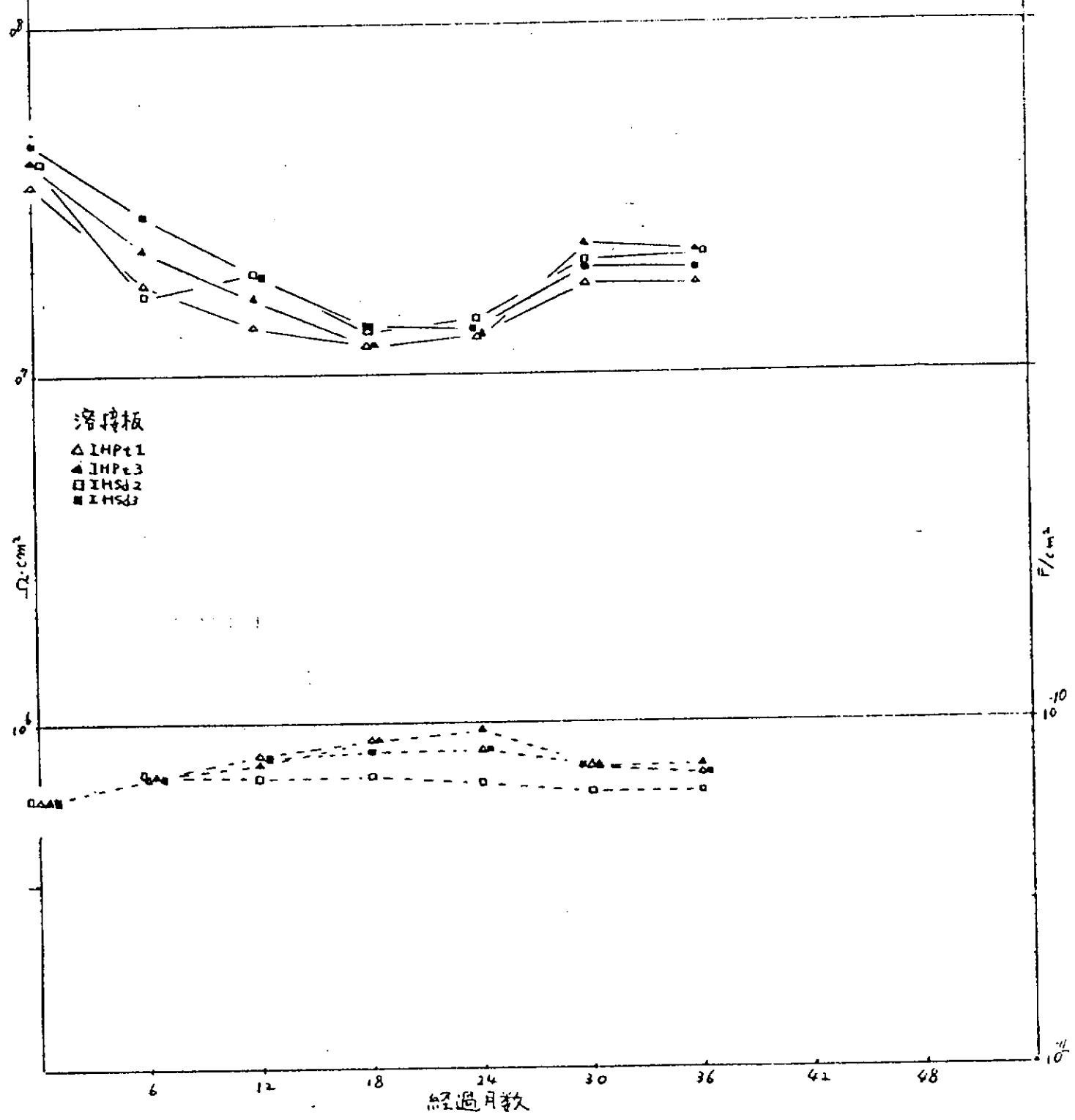


図2.1.8(2)d PE・A/C塑科のインピーダンス経時変化(天然試験、1.0 kHz)

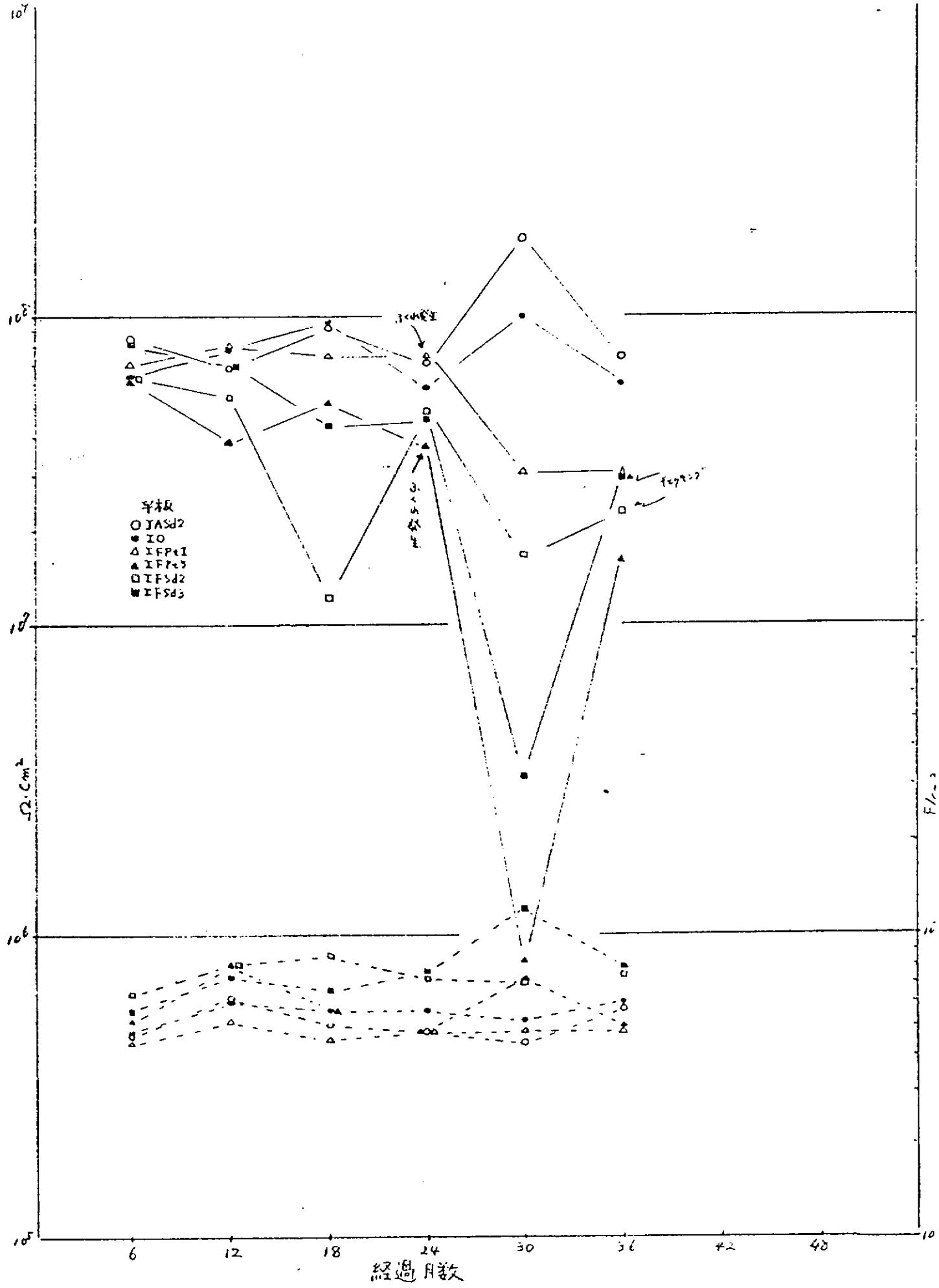


図2.1.8(3)a CR・A/CHB塗料のインピーダンス経時変化 (天然試験, 0.2 KHz)

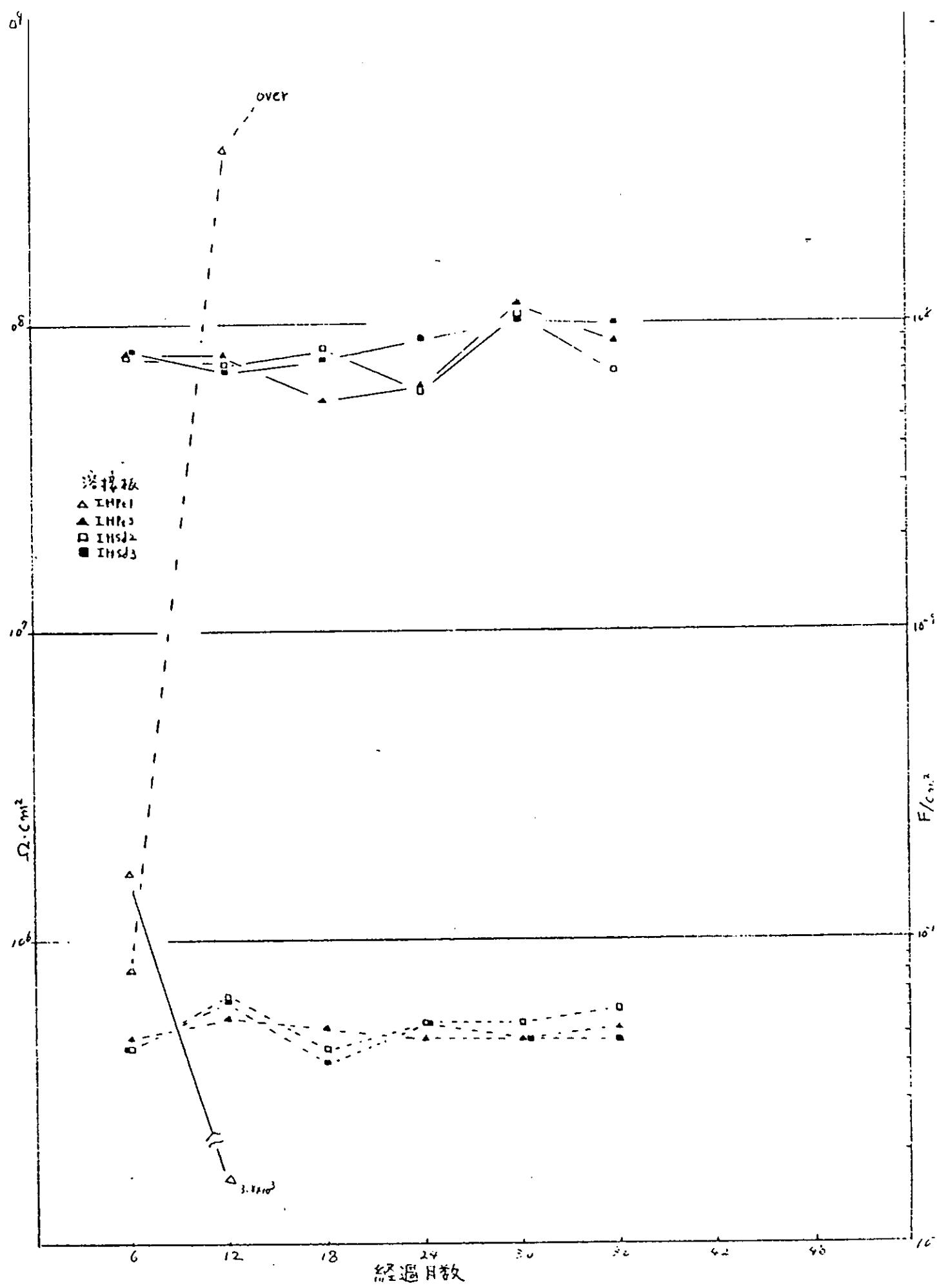


図2.1.8(3)b CR・A/CHB塗料のインピーダンス経時変化 (天然試験, 0.2 kHz)

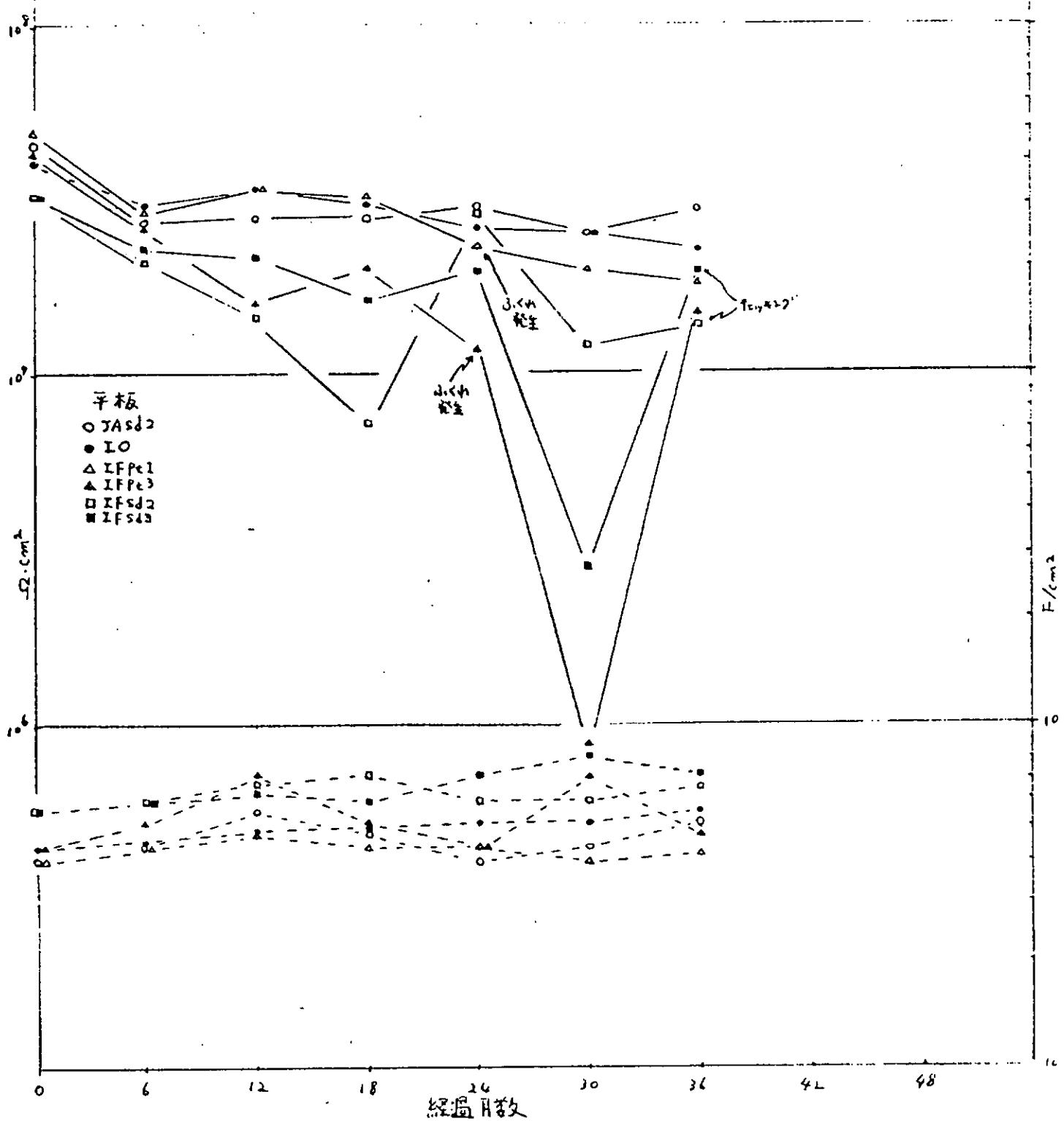


図2.1.8(3)c CR・A/CHB塗料のインピーダンス経時変化(天然試験、1.0kHz)

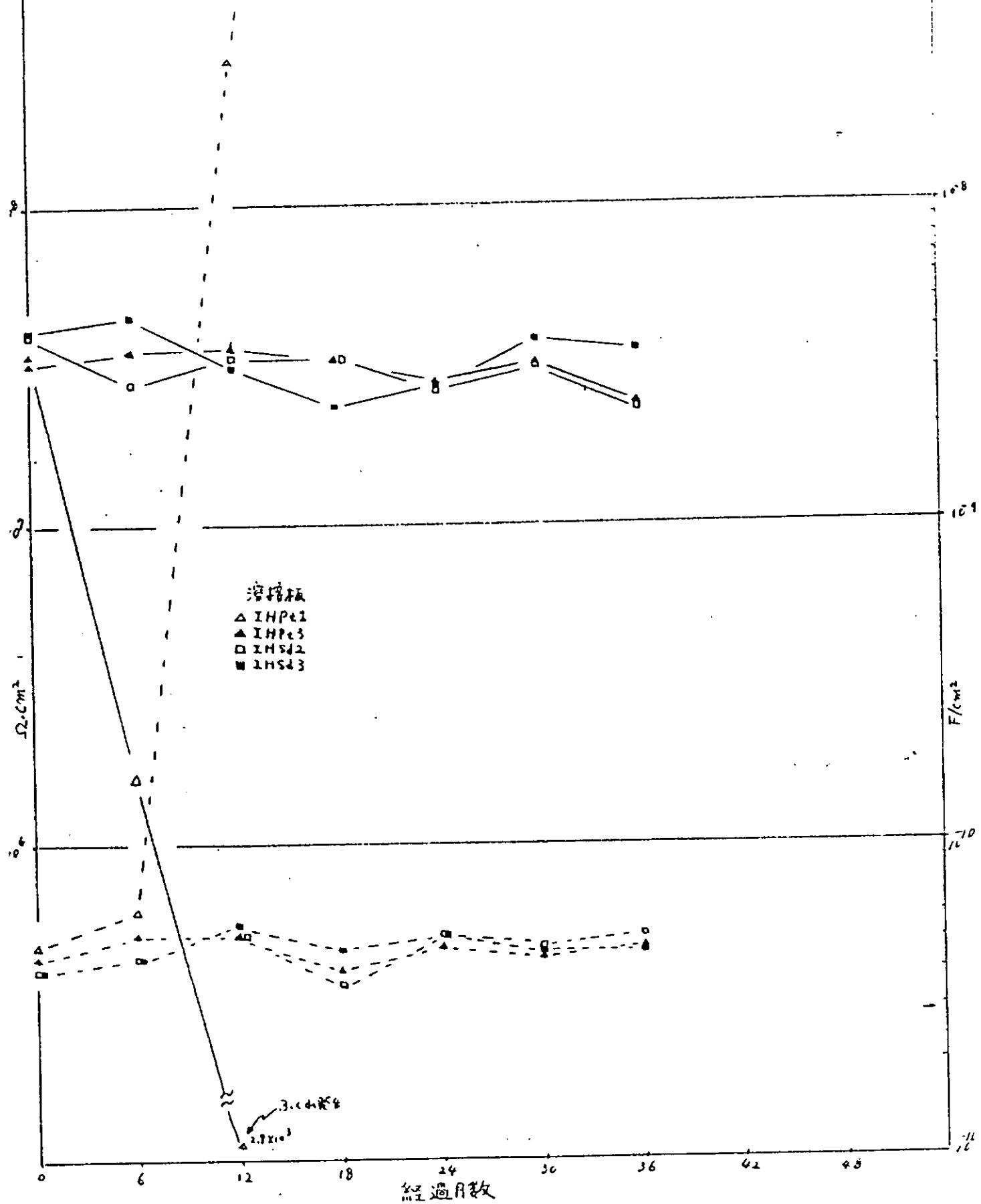


図2.1.8(3)d CR・A/CHB塗料のインピーダンス経時変化 (天然試験, 1.0 kHz)

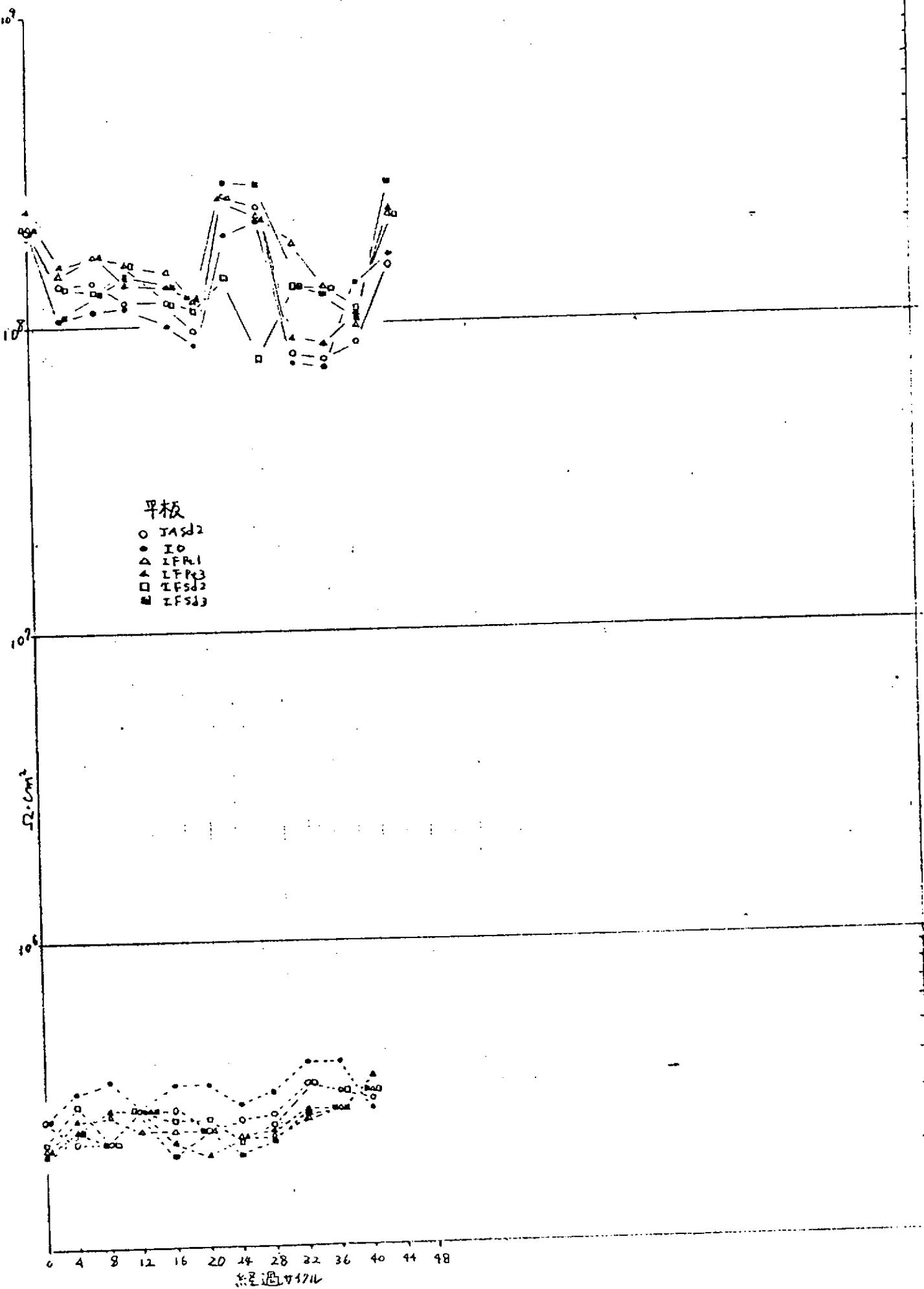


図2.1.9(1)a TE塗料のインピーダンス経時変化 (促進試験, 0.2 kHz)

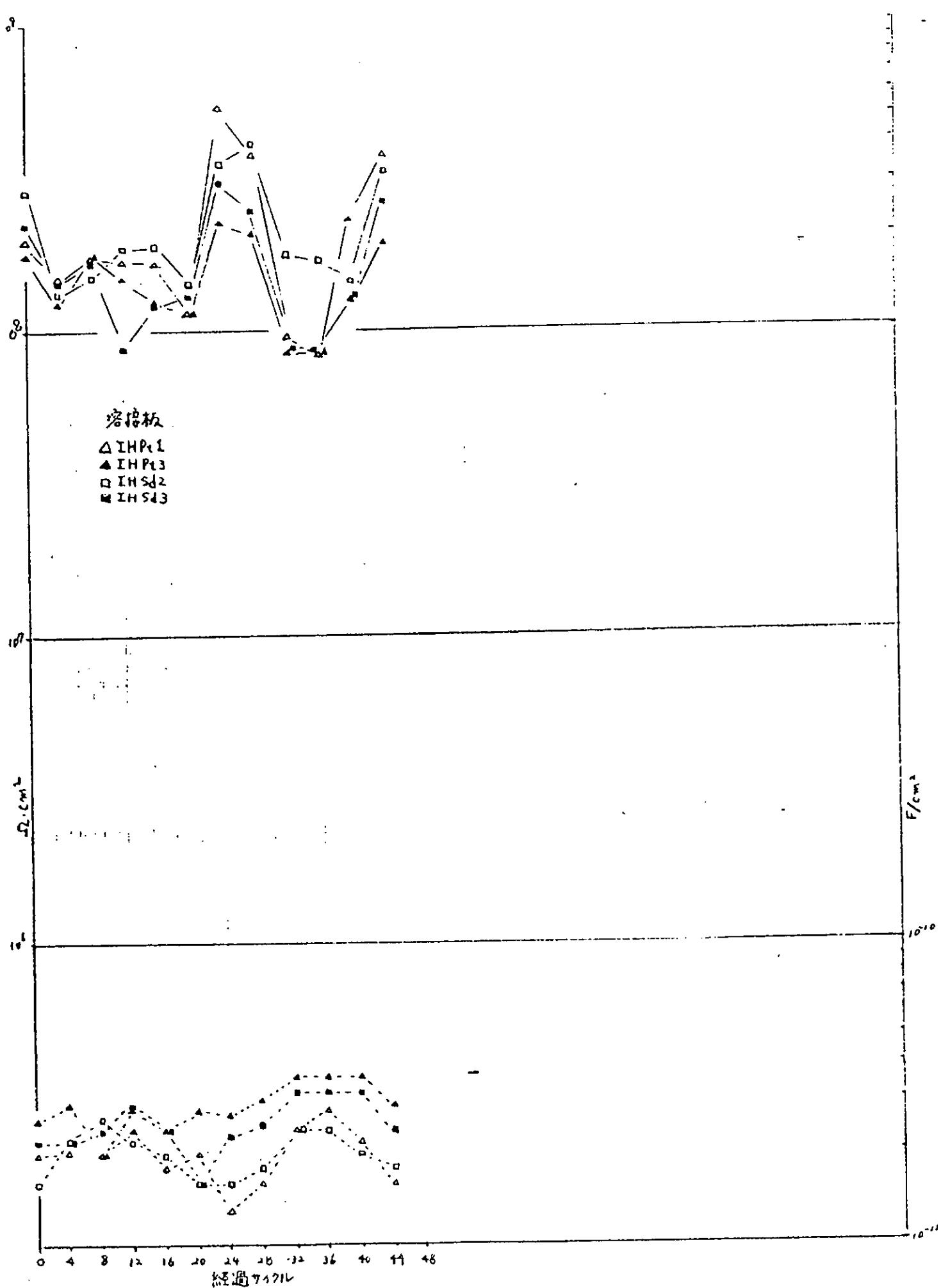


図2.1.9(1)b TE塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、0.2 kHz）

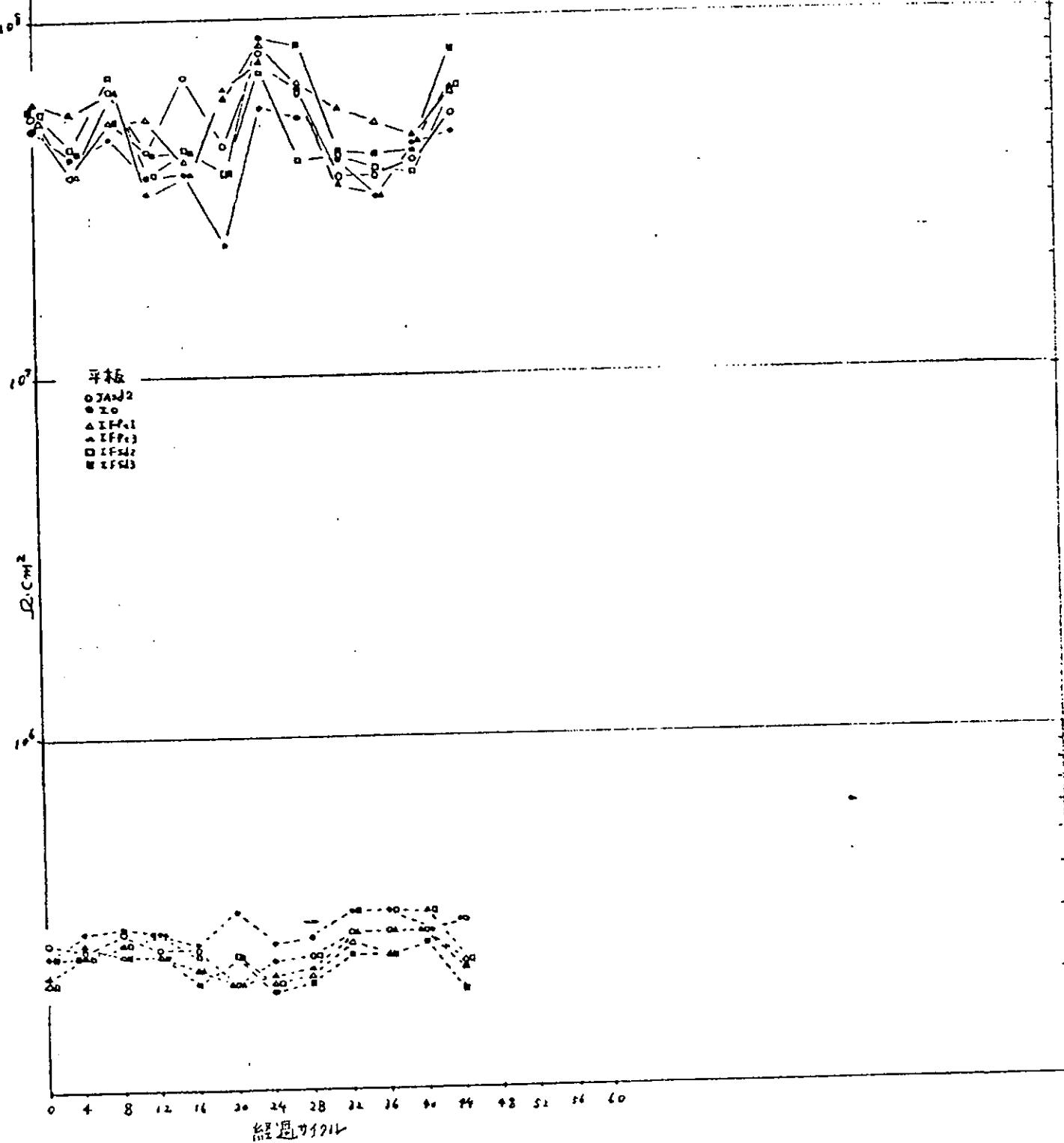


図2.1.9(1)c TE塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、1.0 kHz）

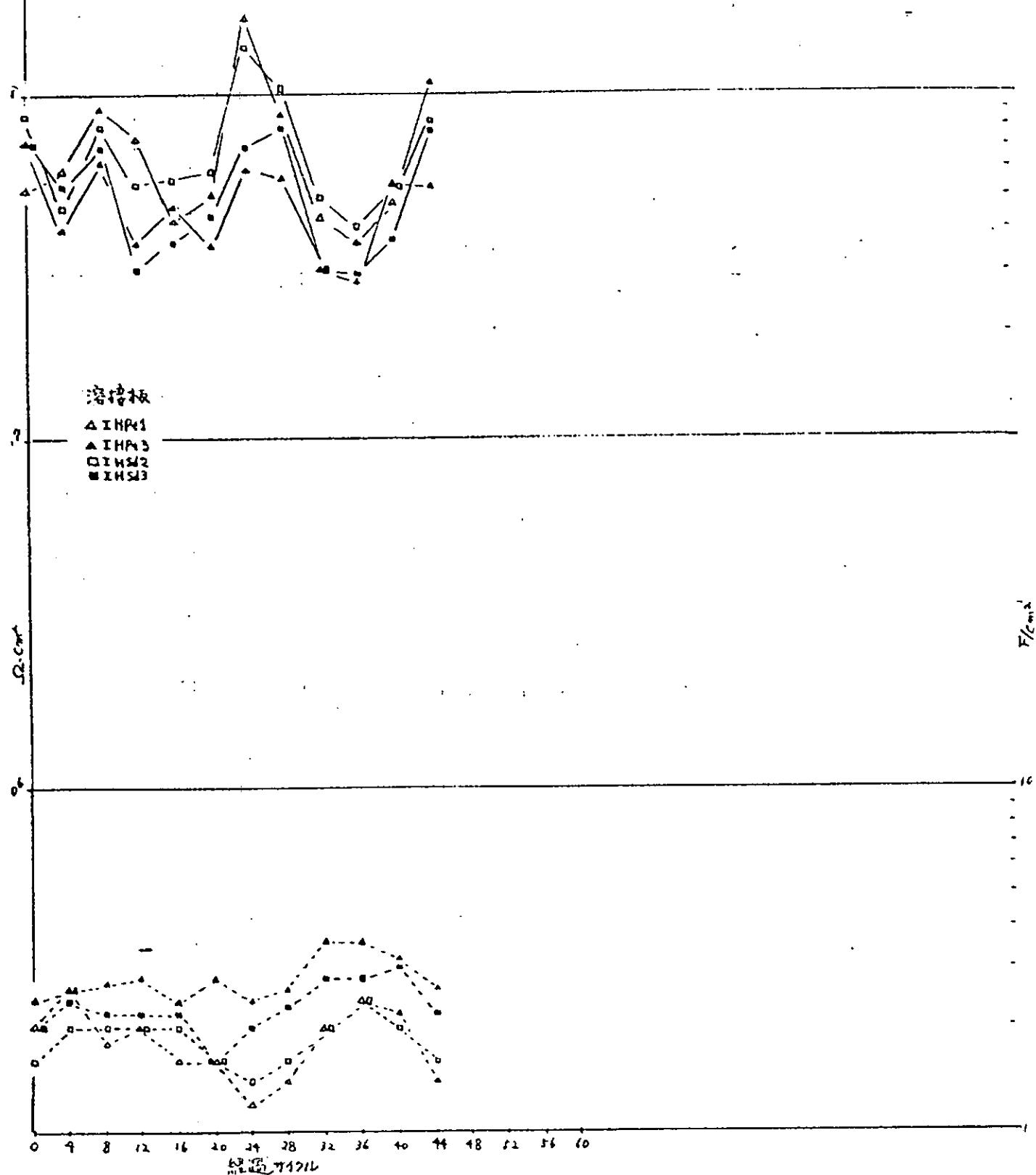


図2.1.9(1)d TE塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、1.0 kHz）

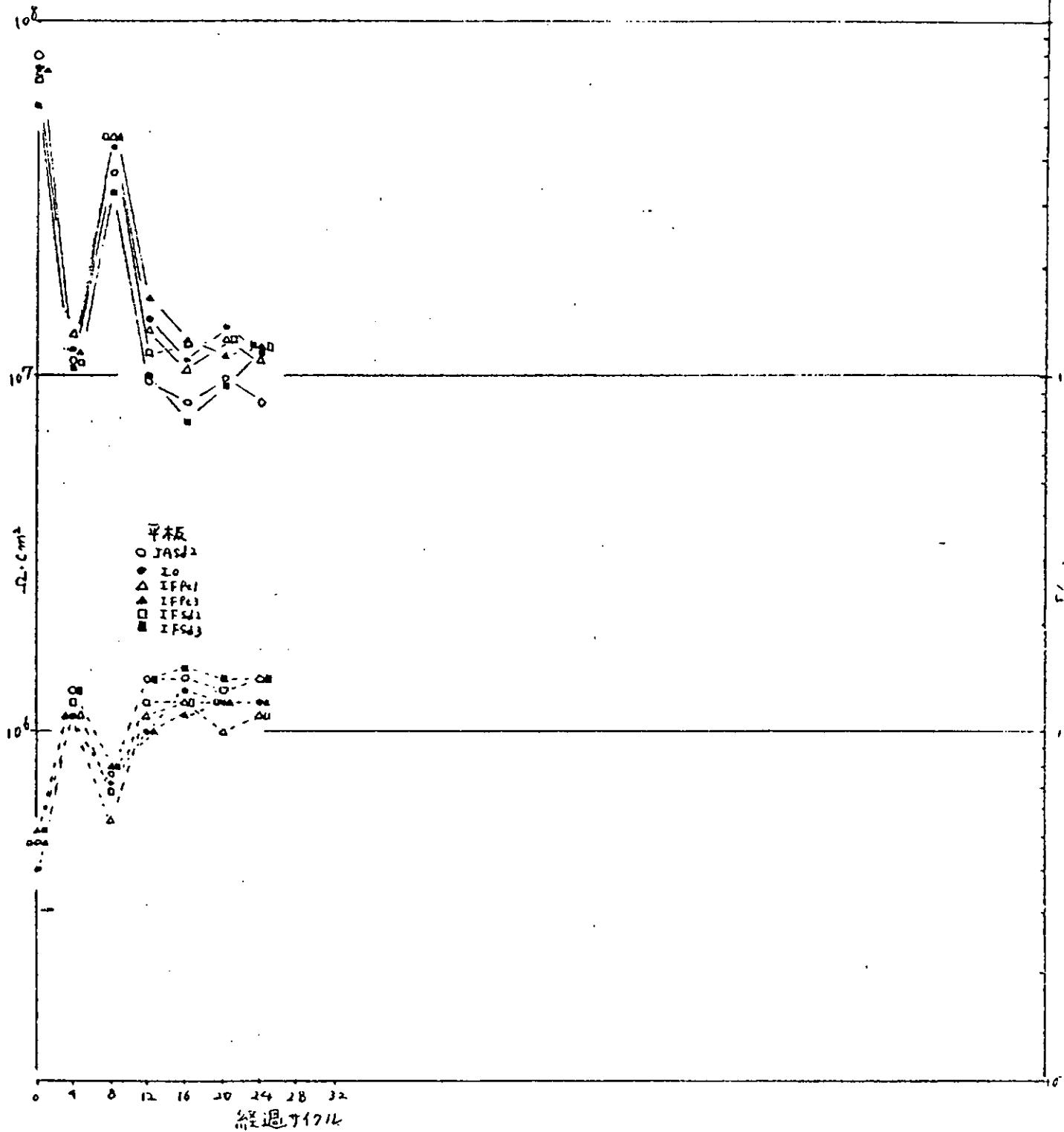


図2.1.9(2)a PE・A/C塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、0.2 kHz）

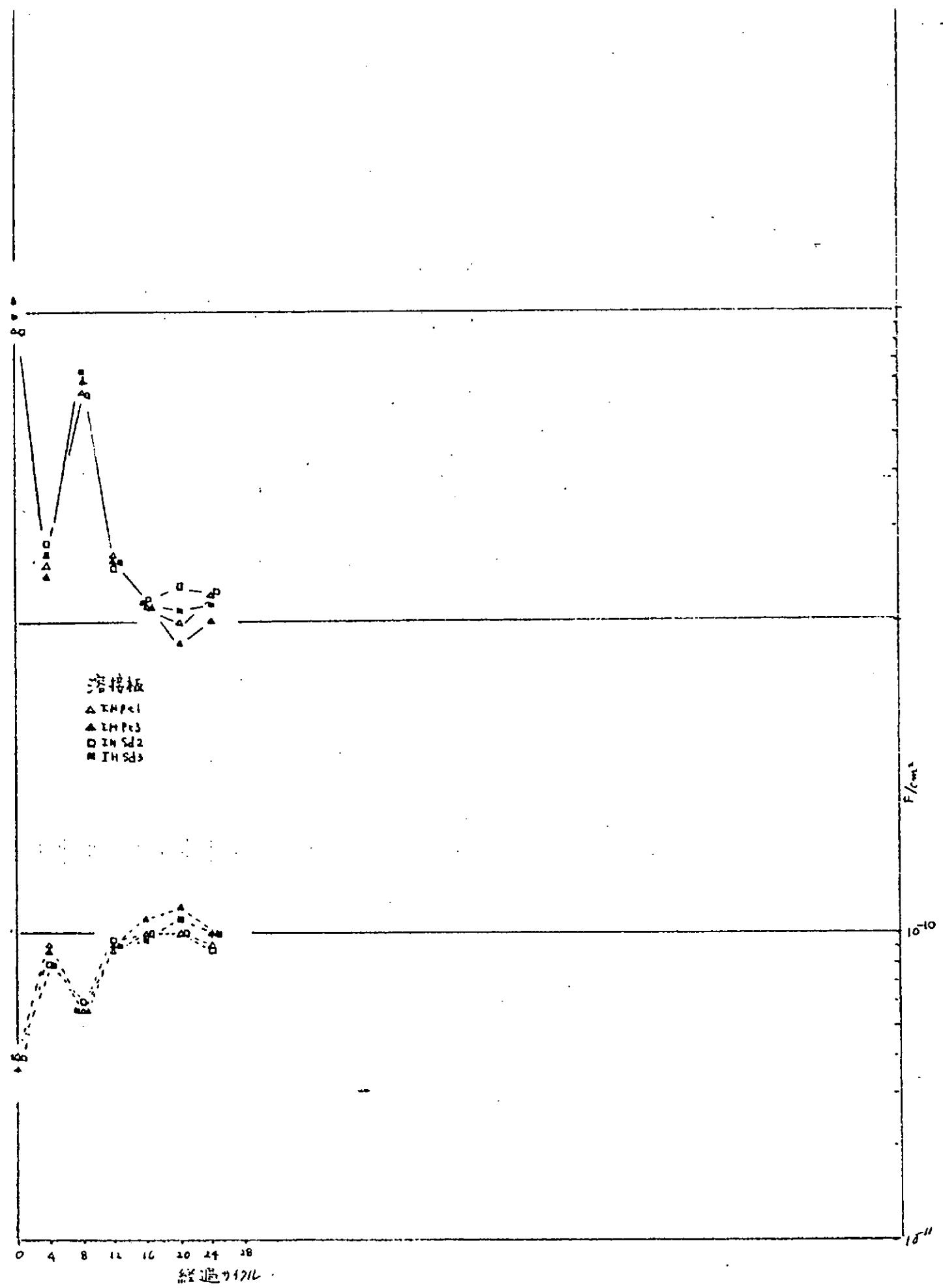


図2.1.9(2)b PE・A/C塑料のインピーダンス経時変化（促進試験、0.2 kHz）

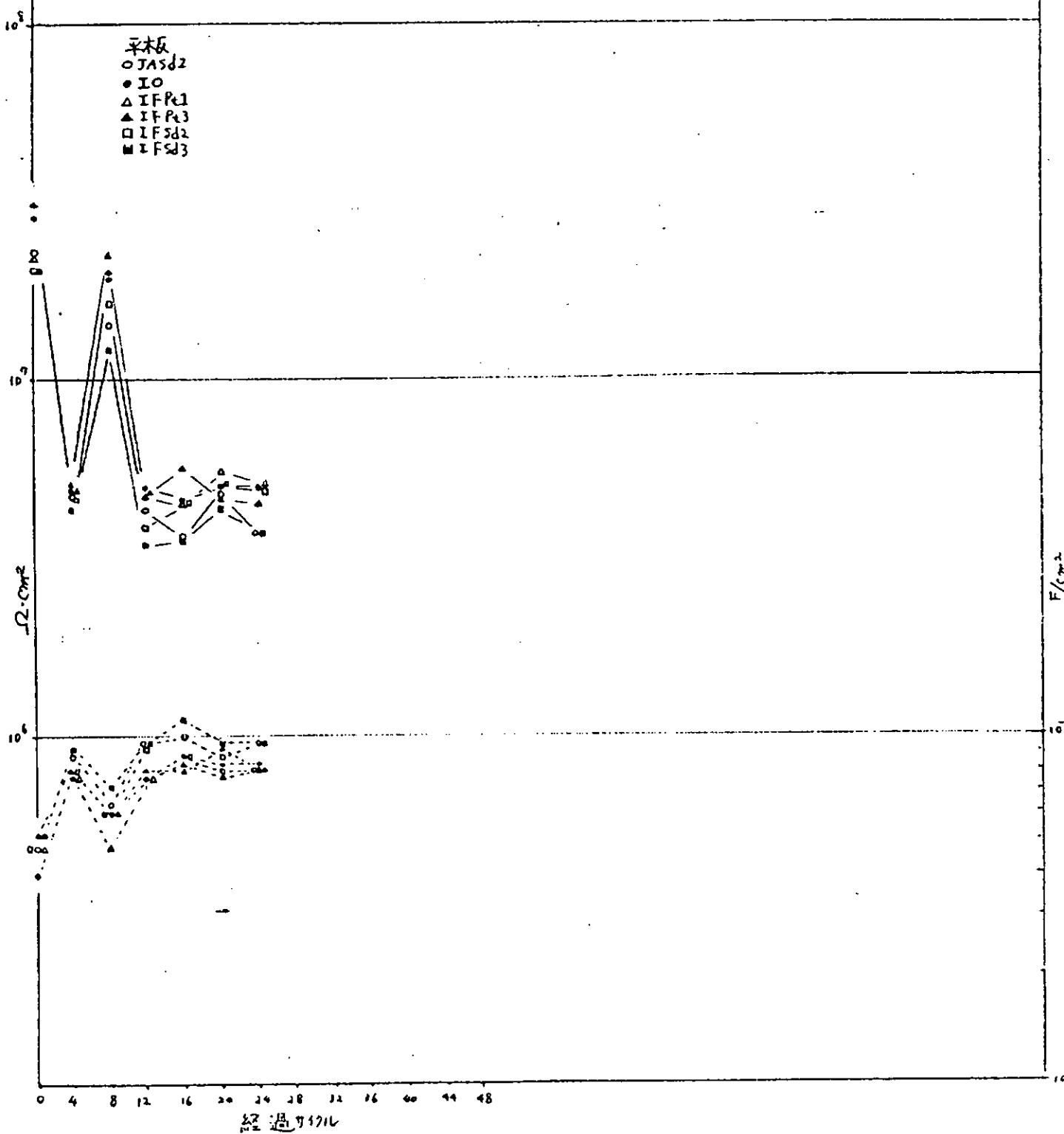


図2.1.9(2)c PE・A/C塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、1.0 kHz）

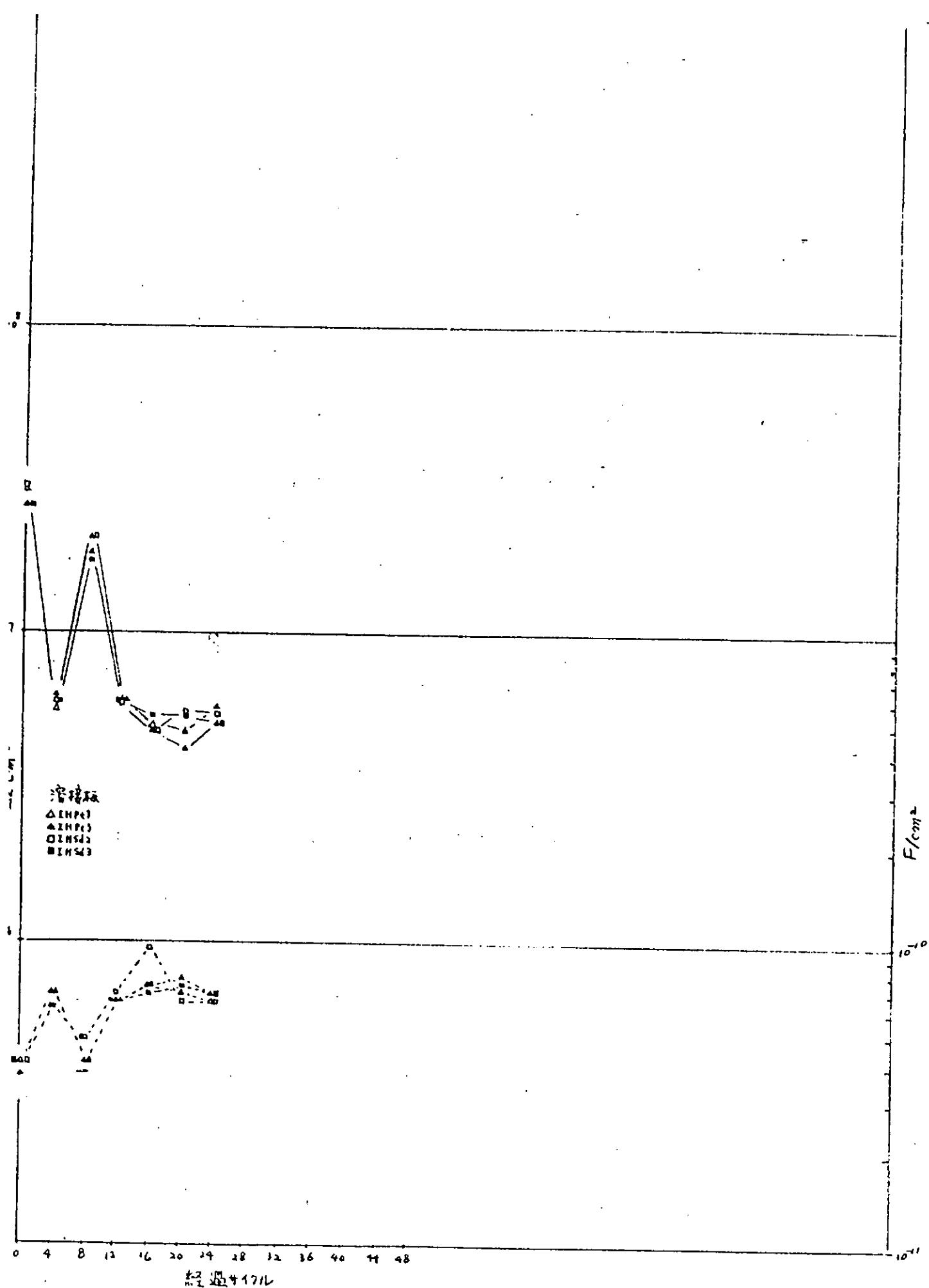


図2.1.9(2)d PE・A/C塑科のインピーダンス経時変化(促進試験 1.0 kHz)

平木灰
○ JAGd2
● I.O.
△ IFR1
▲ IFRc3
□ IFSd2
■ IFSd3

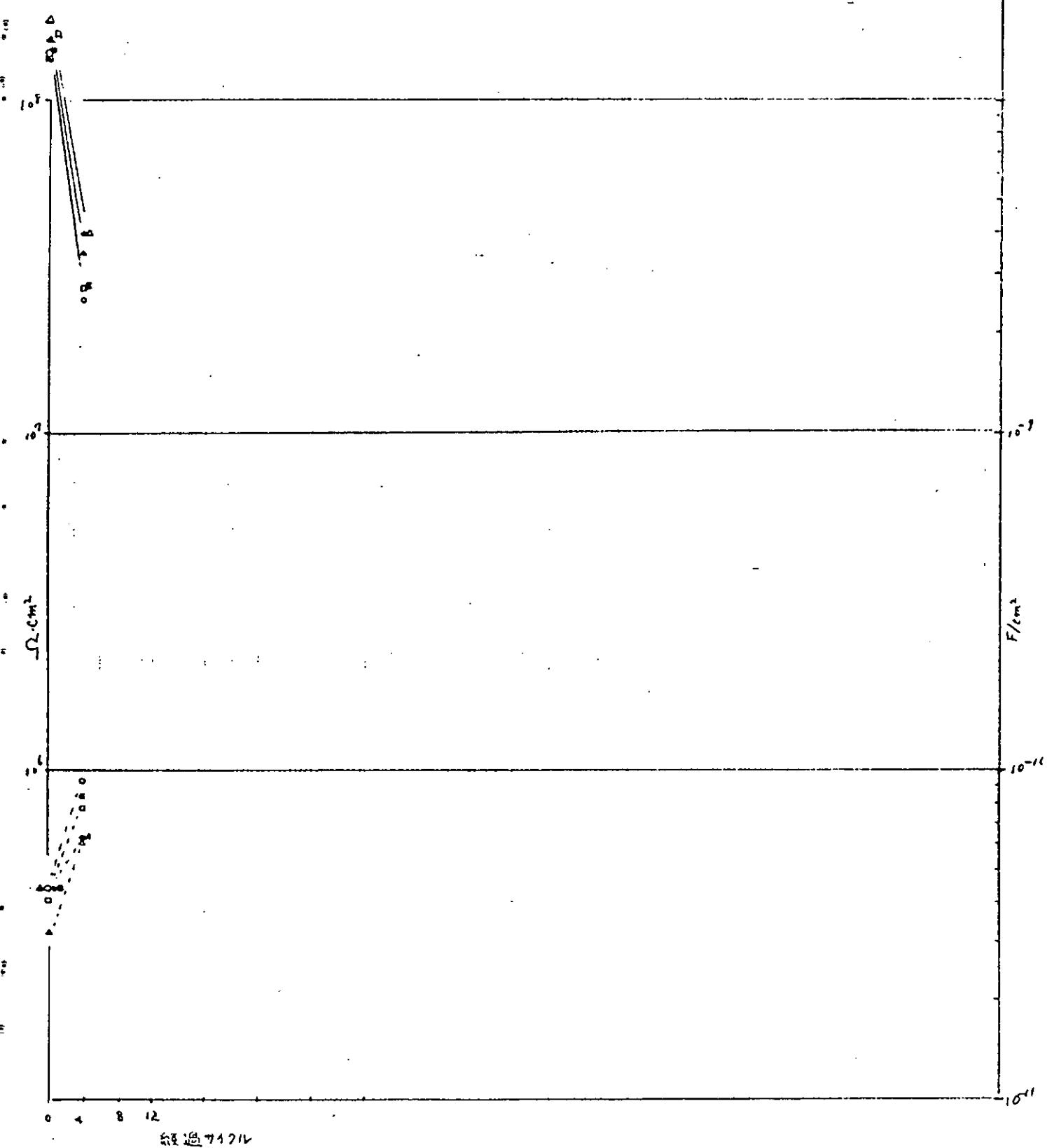


図2.1.9(3)a CR・A/CHB塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、0.2 kHz）

溶接板
△ IHP_{t1}
▲ IHP_{t3}
□ IHS_{t2}
■ EPSH_{t1}

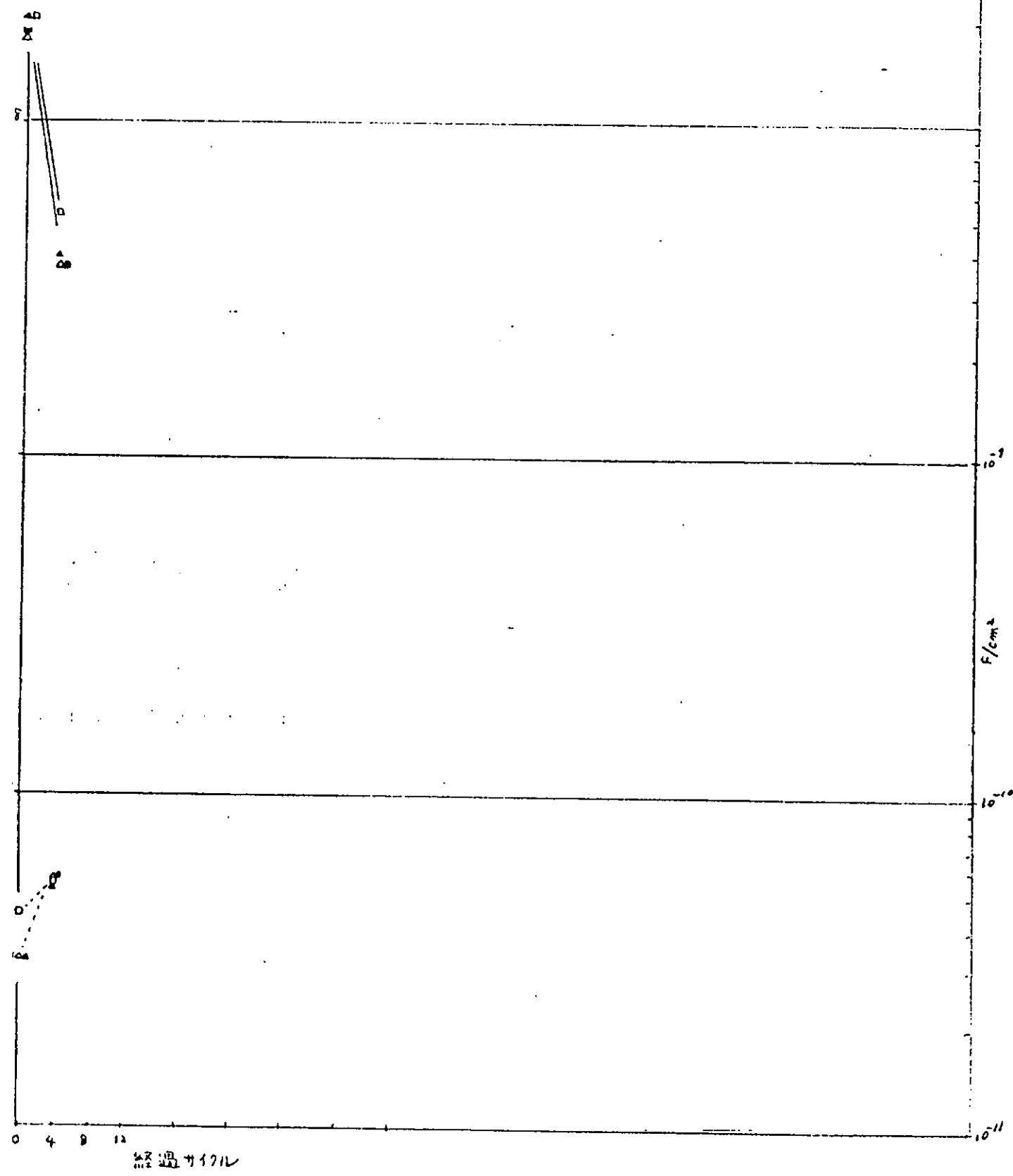


図2.1.9(3)b CR・A/CHB塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、0.2 kHz）

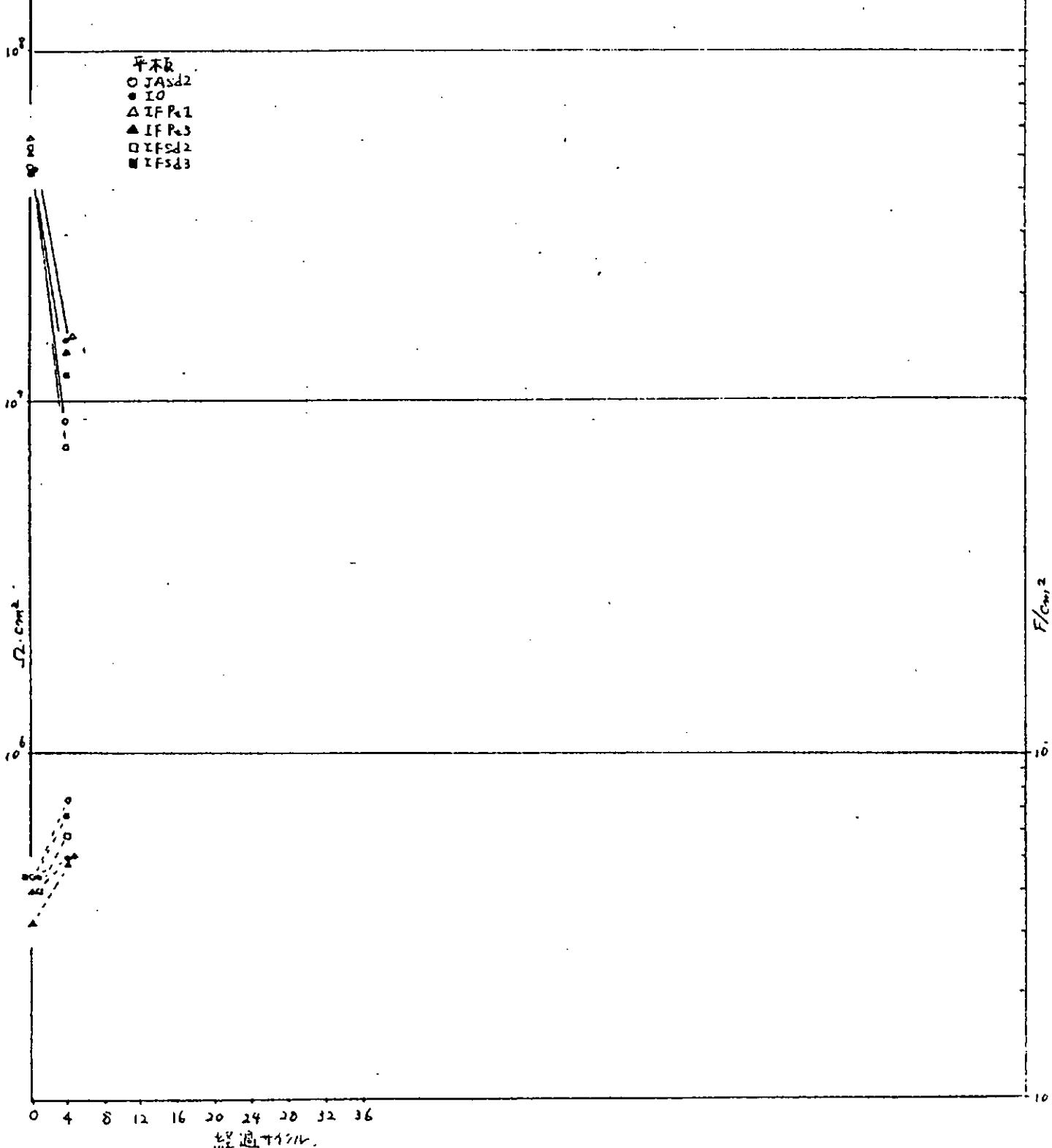


図2.1.9(3)c CR・A/CHB塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、1.0 kHz）

溶接板
△ IHP_e1
▲ IHP_e3
○ PSH_I
■ EPSH_I

F/cm²

10⁻¹⁰

10⁻¹¹

4 8 12 16 20 24
経過サイクル

図2.1.9(3)d CR・A／CHB塗料のインピーダンス経時変化（促進試験、1.0 kHz）

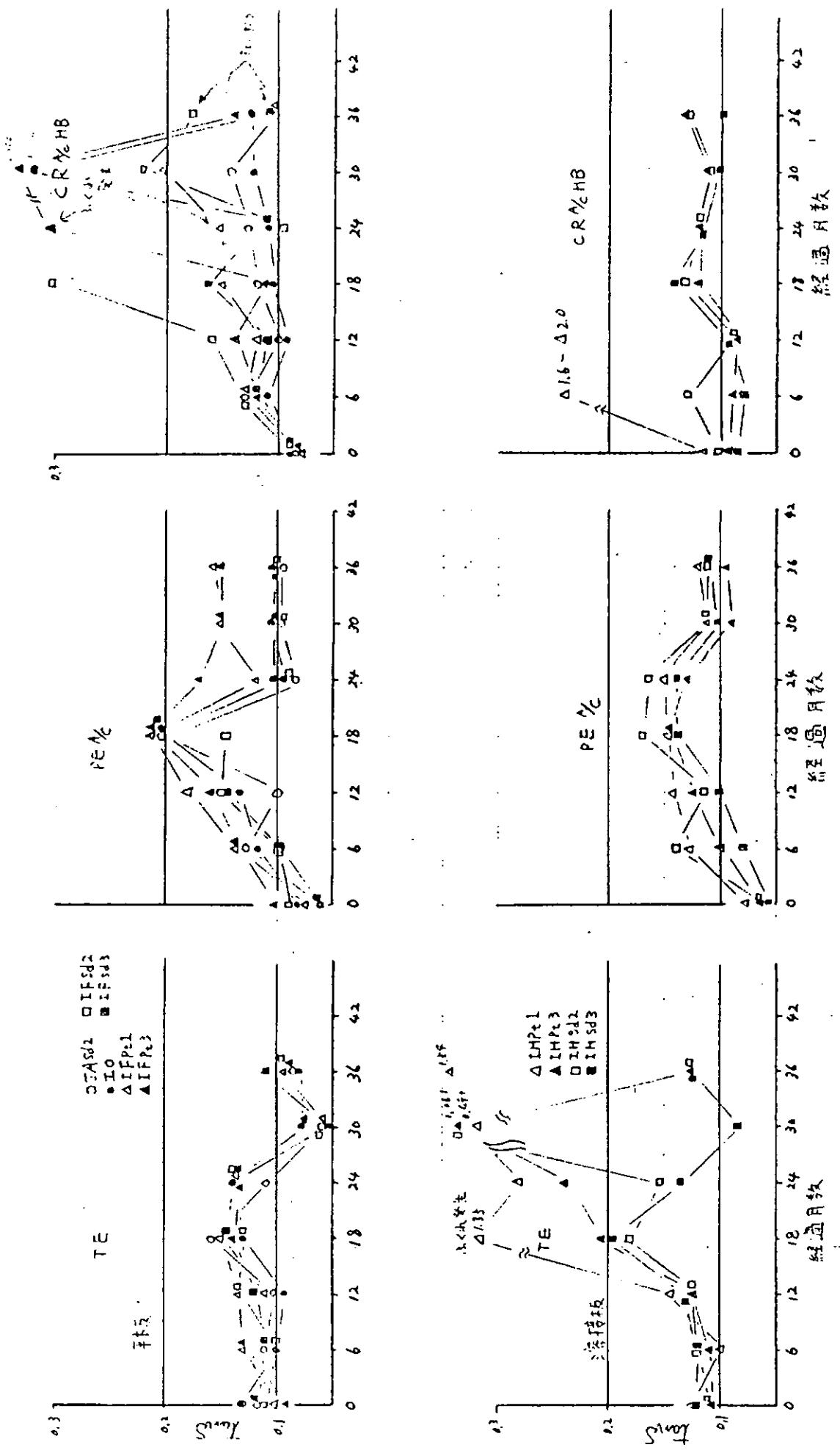


図2.1.10(1) 各塗料の $\tan \delta$ の経時変化 (天然試験 1.0 KHz)

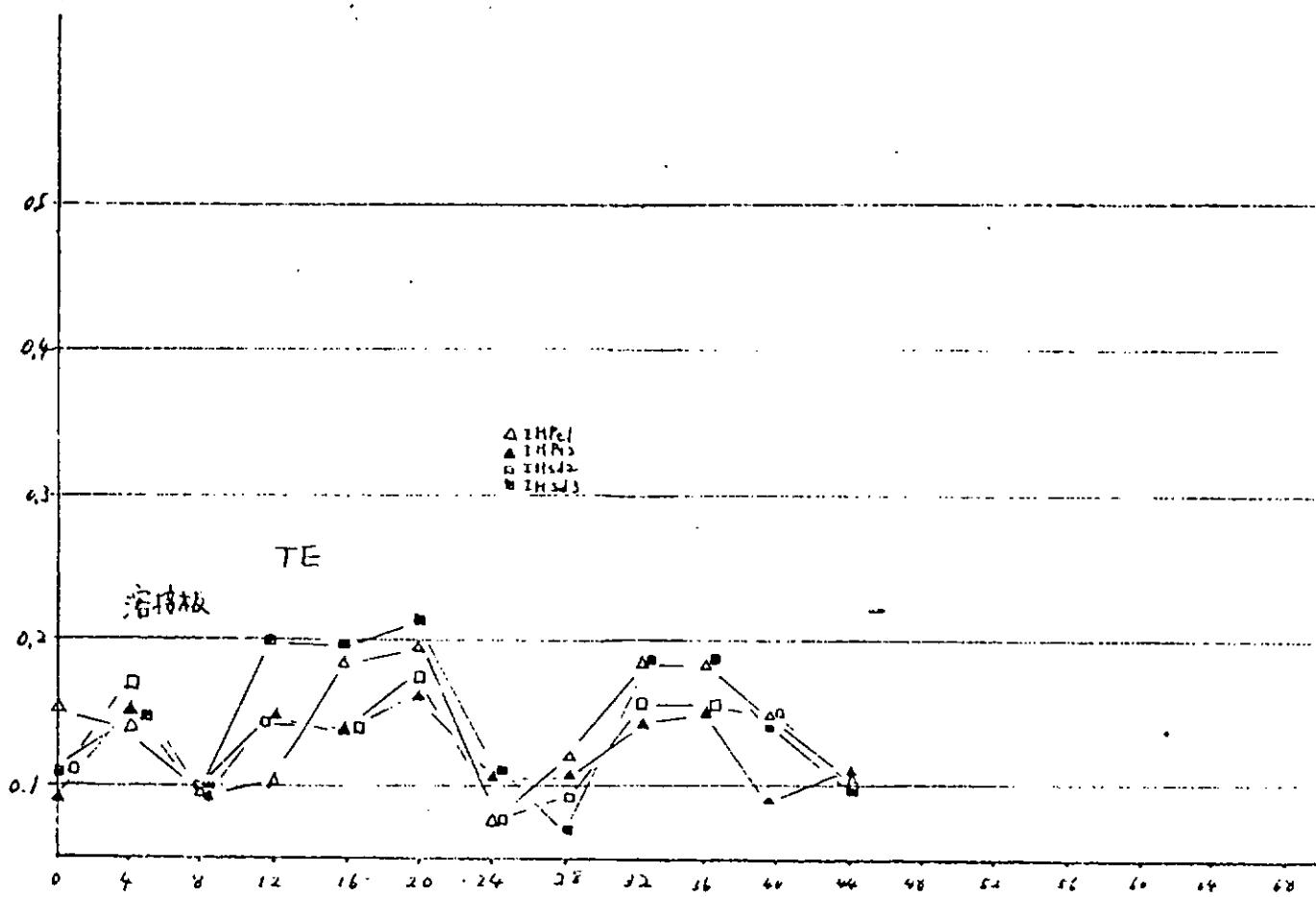
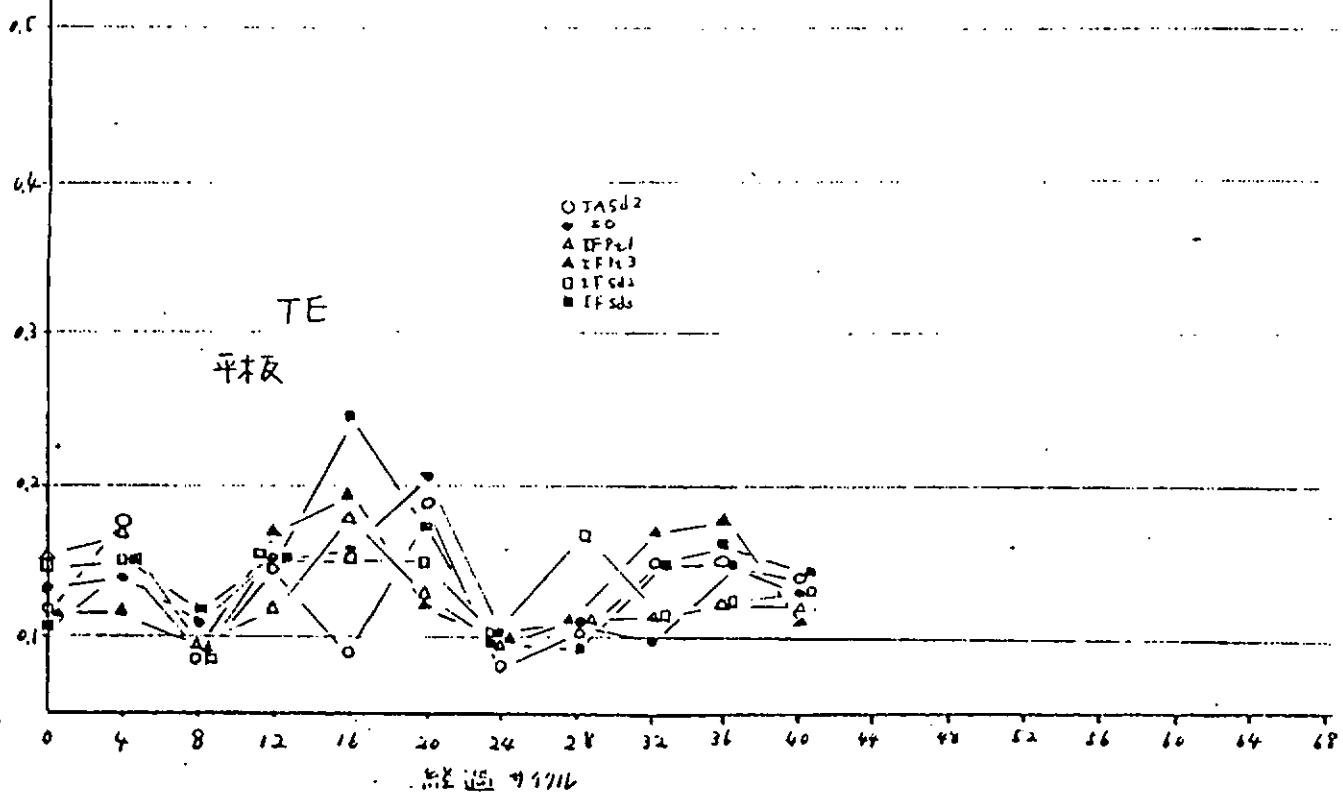


図2.1.10(a) 各塗料の $\tan \delta$ の経時変化 (促進試験, 1 kHz)

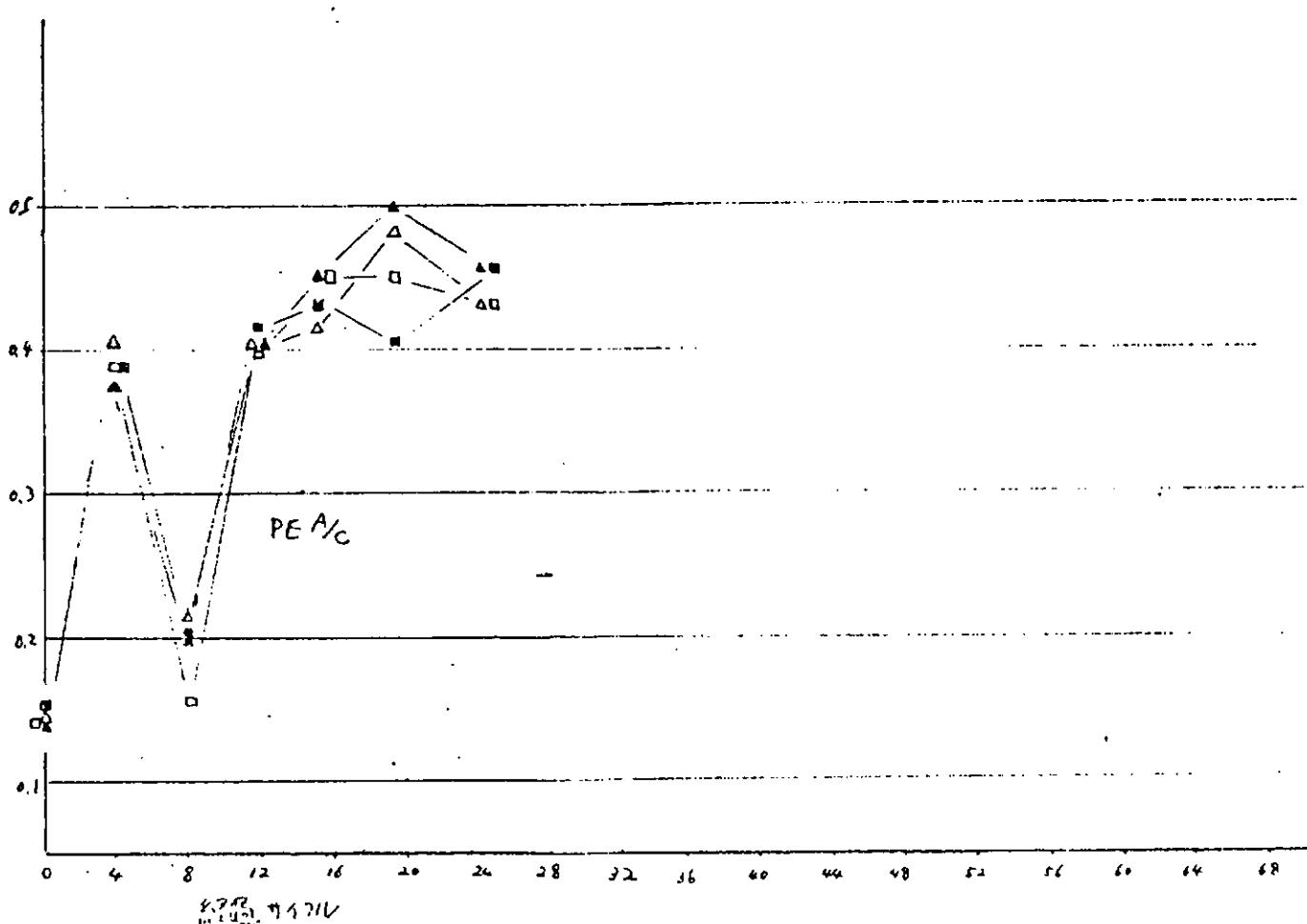
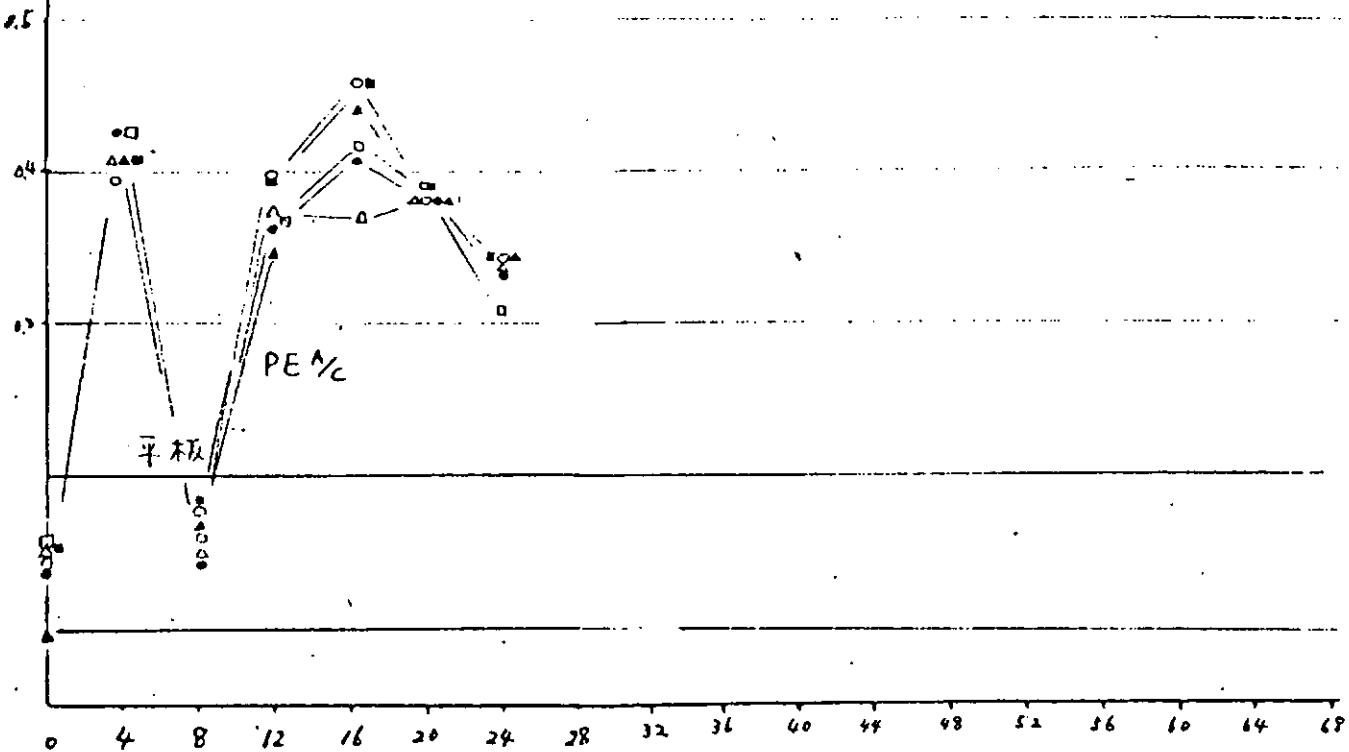
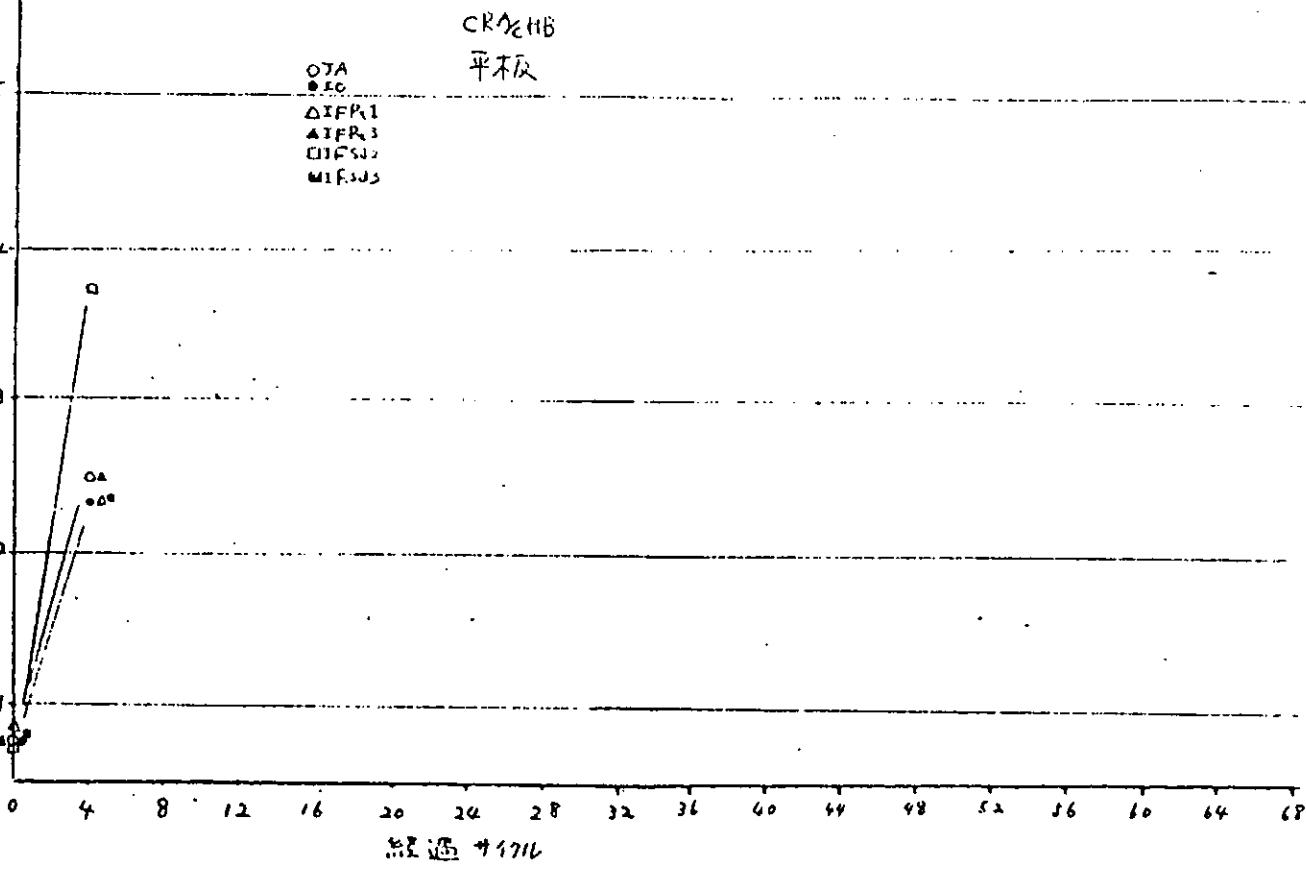


図2.1.10(2)b 各塑料の $\tan \delta$ の経時変化 (促進試験, 1 kHz)



CR%HB 溶接板

△ IHPt1
▲ IHPt3
□ IHSt2
■ IHSt3

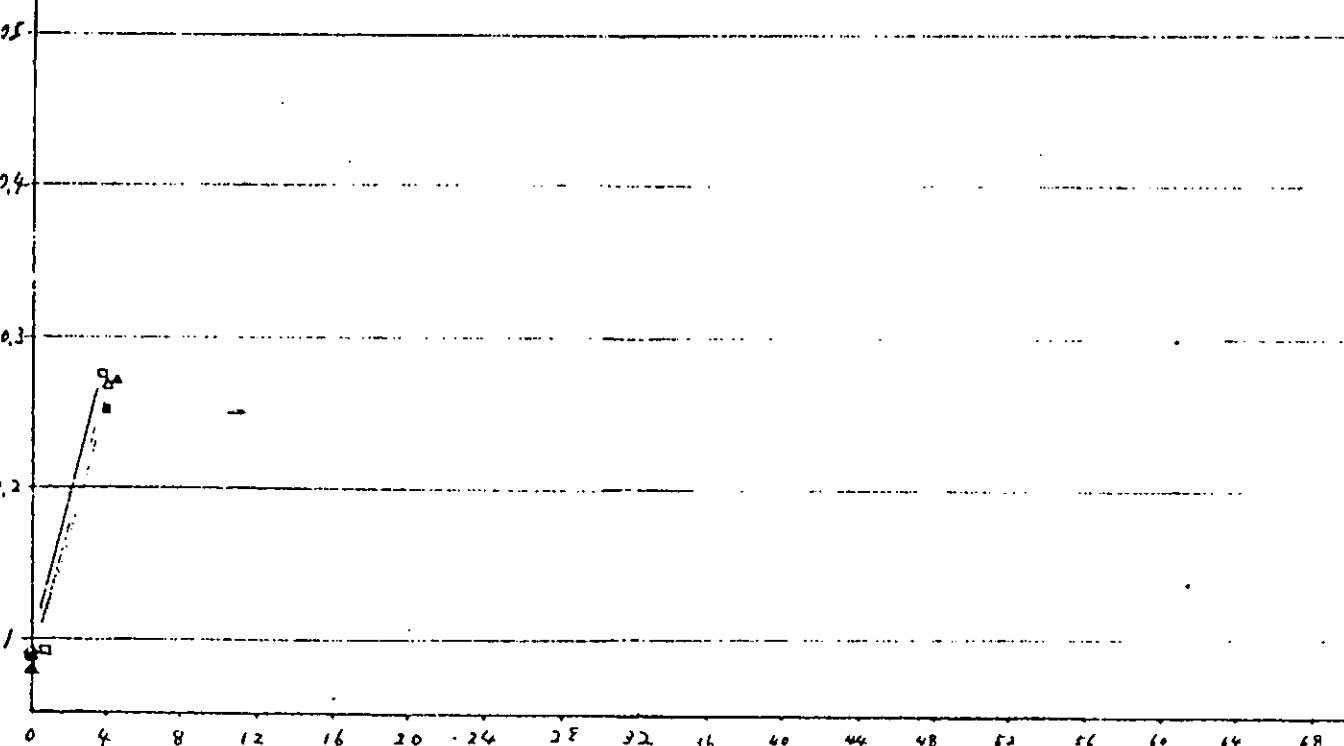


図2.1.10(2)c 各塗料の $\tan \delta$ の経時変化 (促進試験, 1 KHz)

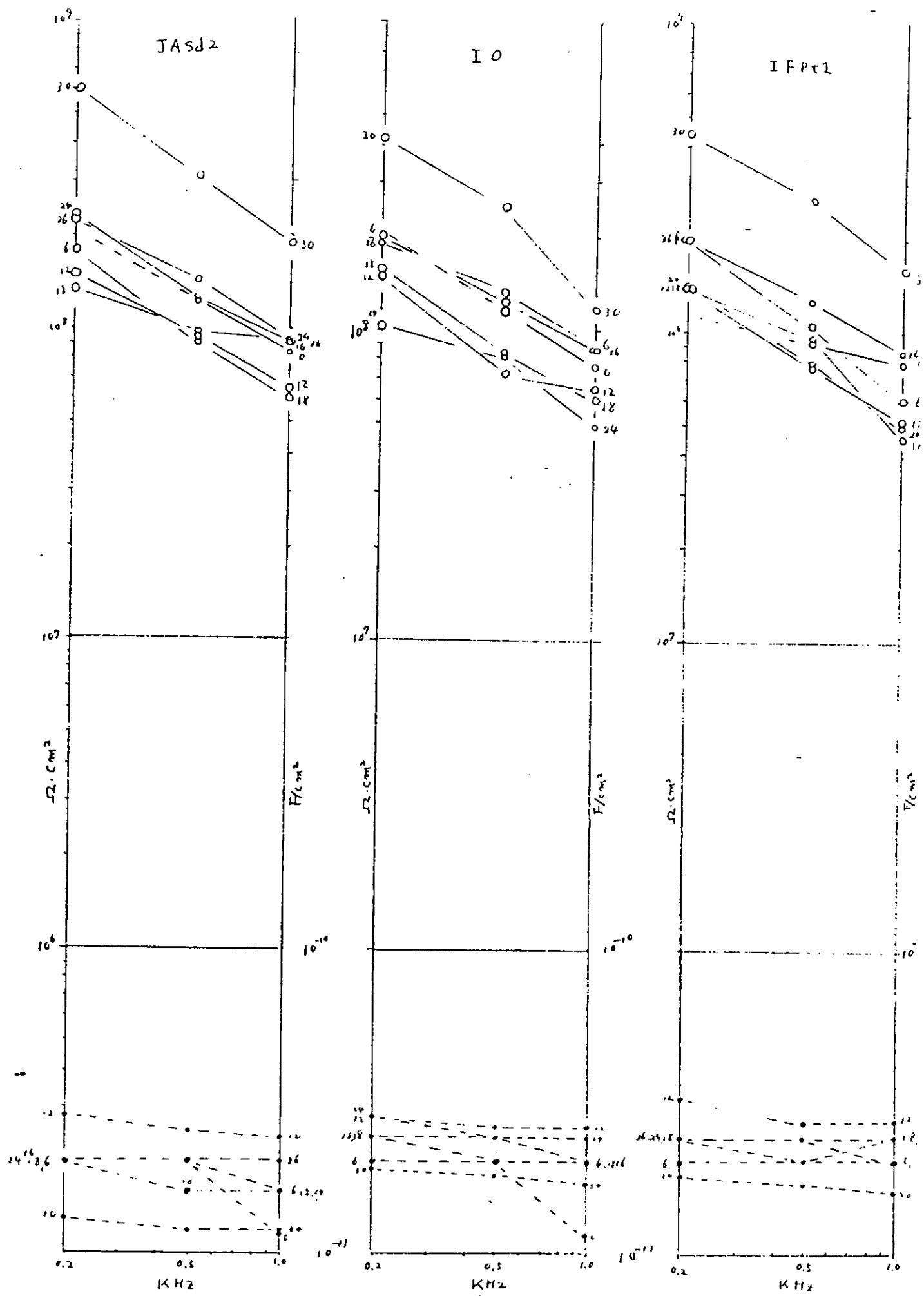


図2.1.1 1(1)a TE塗料の周波数特性（天然試験）

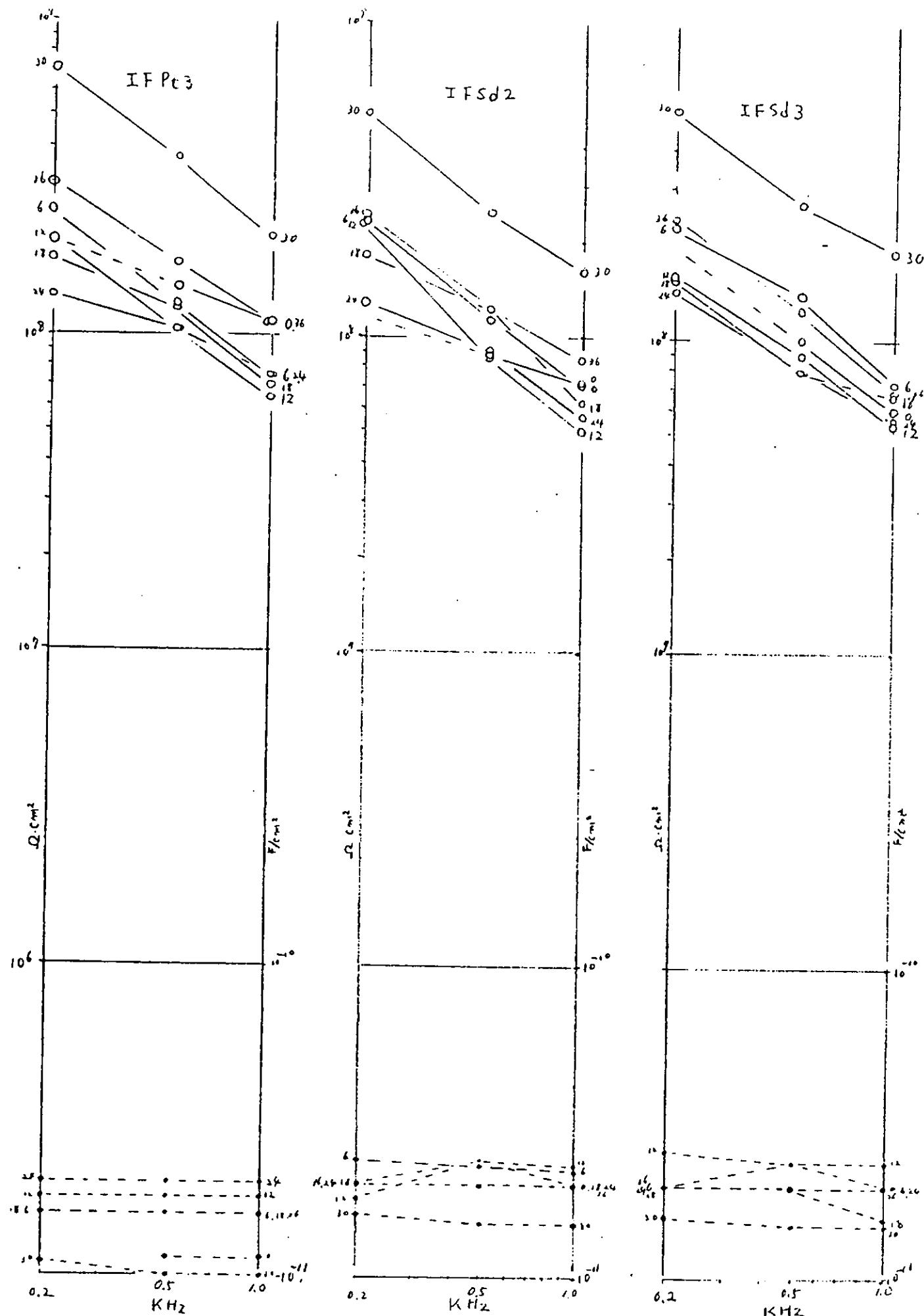


図2.1.1 1(1)b TE塗料の周波数特性（天然試験）

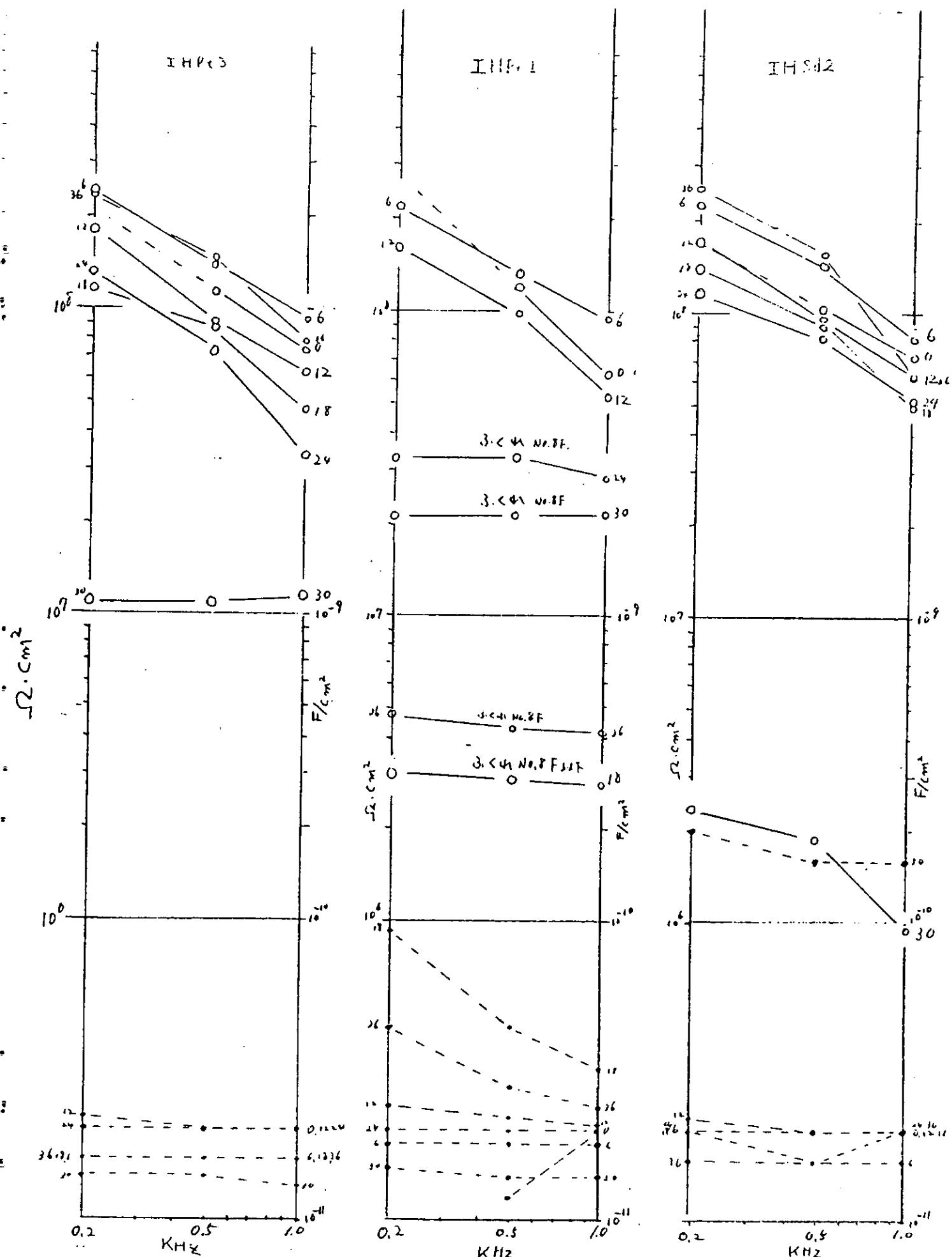


図2.1.11(1)c TE塗料の周波数特性（天然試験）

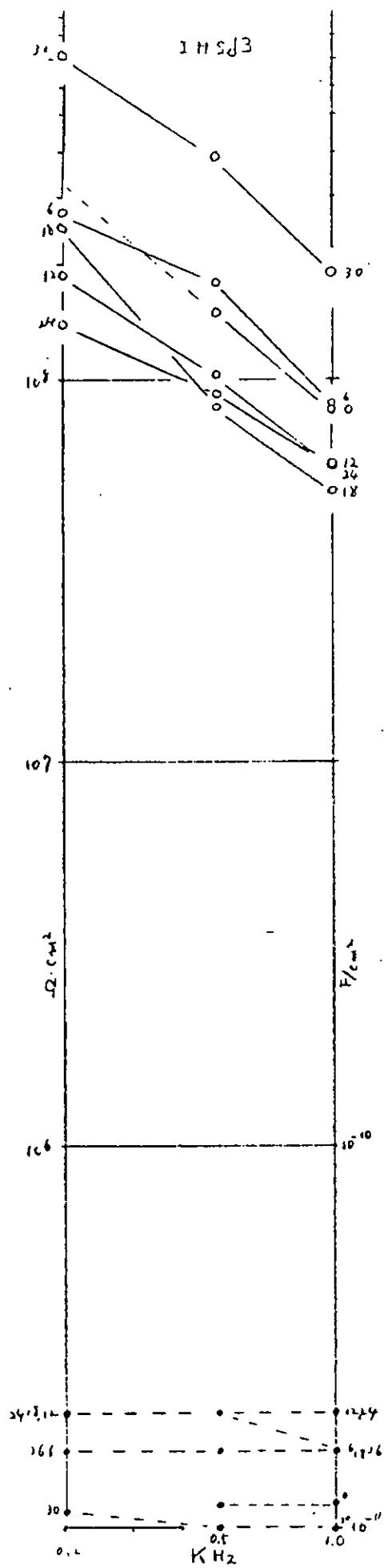


図2.1.1 1(1)d TE塗料の周波数特性（天然試験）

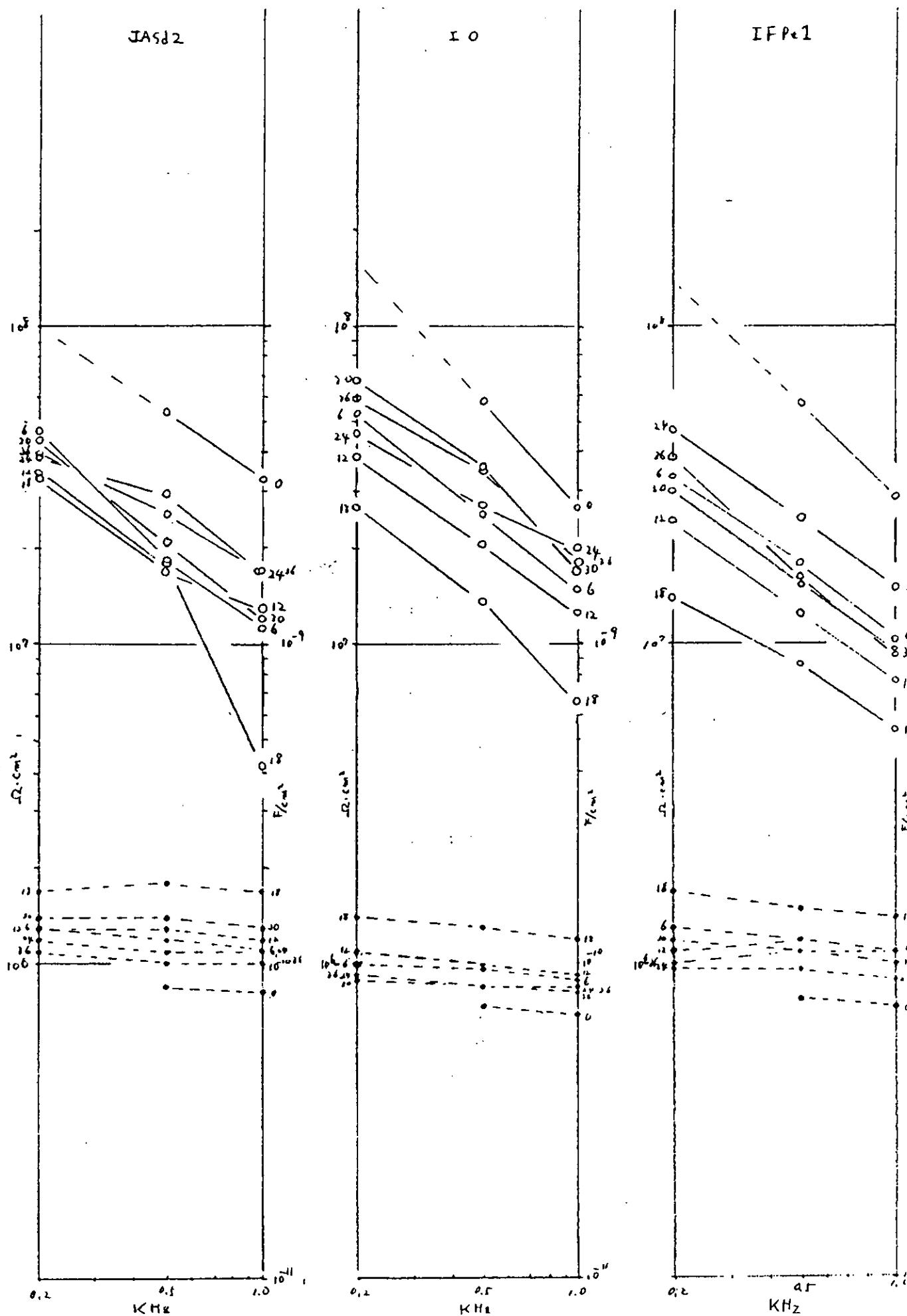


図2.1.1 1(2)a PE・A/C塗料の周波数特性（天然試験）

I F P₃

I F Sd2

I F Sd3

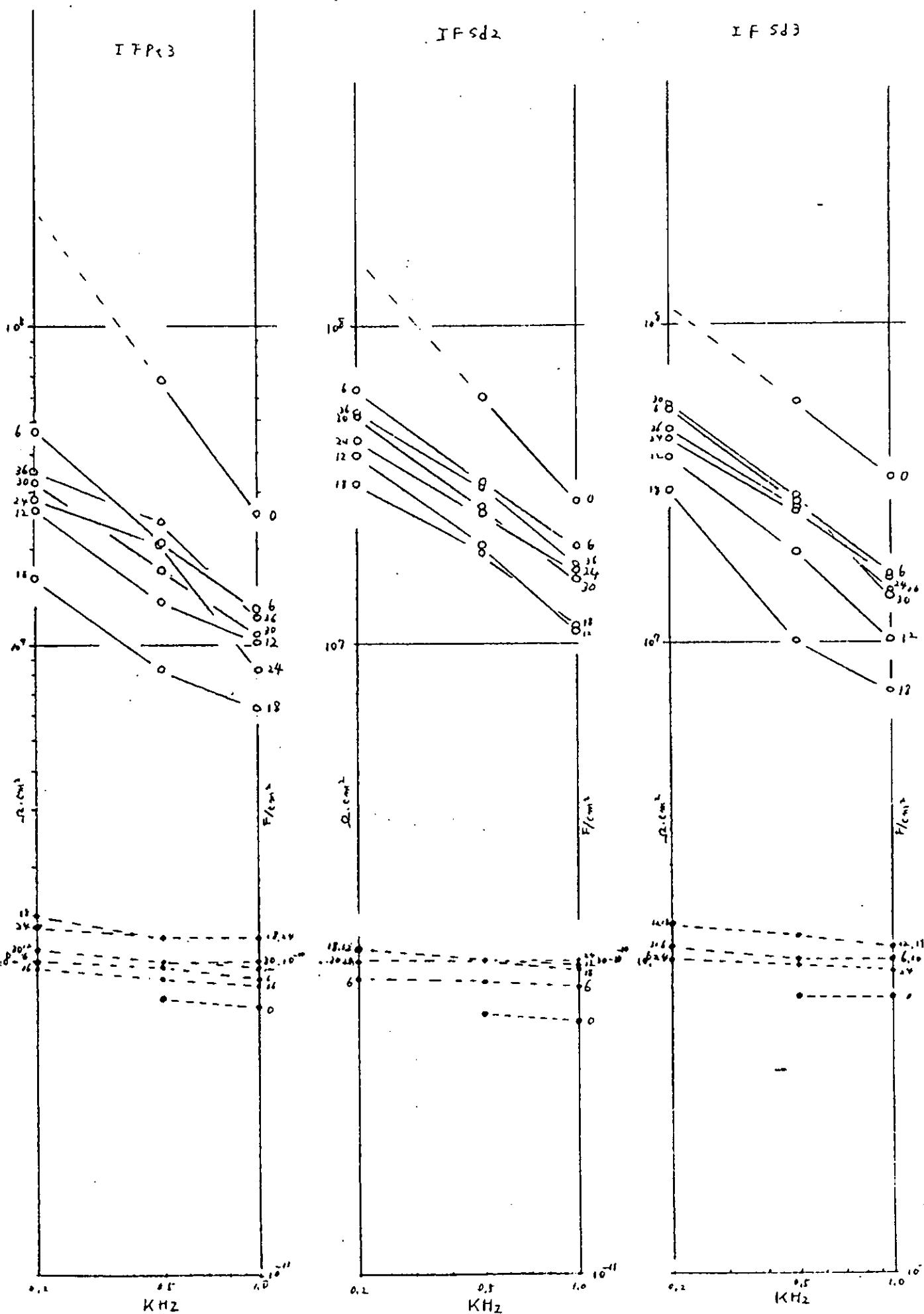


図2.1.1 1(2)b PE・A/C塗料の周波数特性（天然試験）

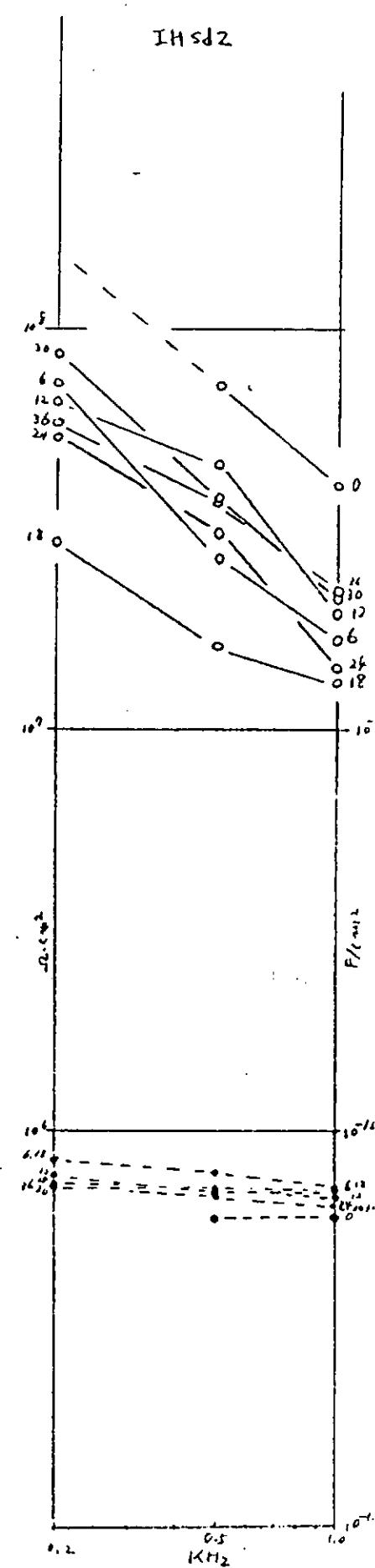
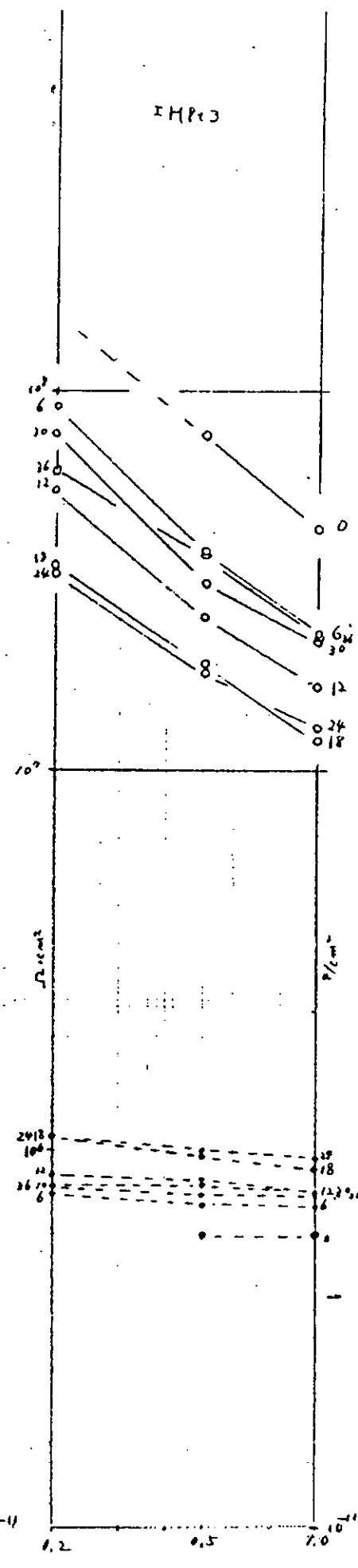
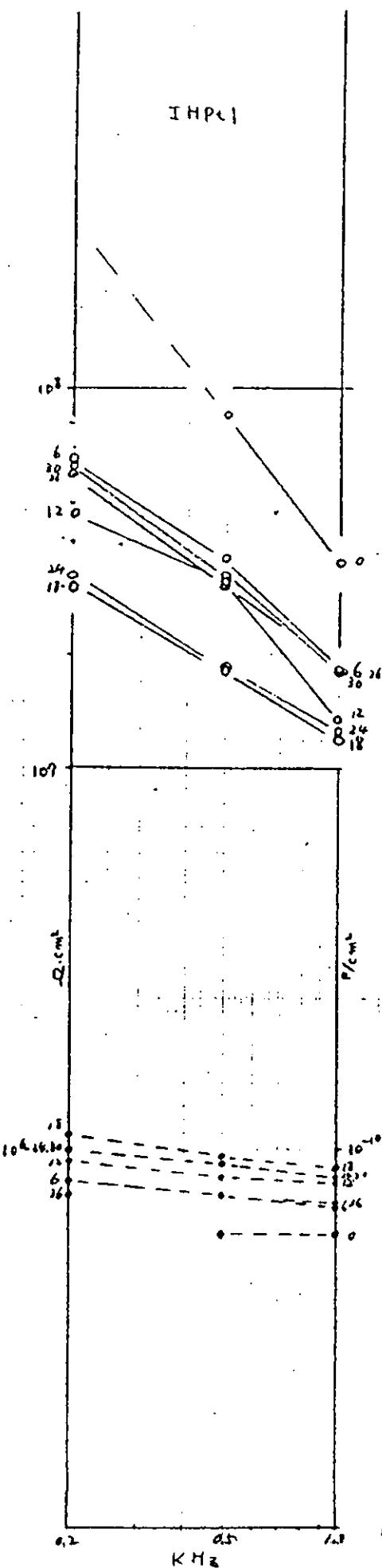


図2.1.1-1(2)c PE・A/C塗料の周波数特性（天然試験）

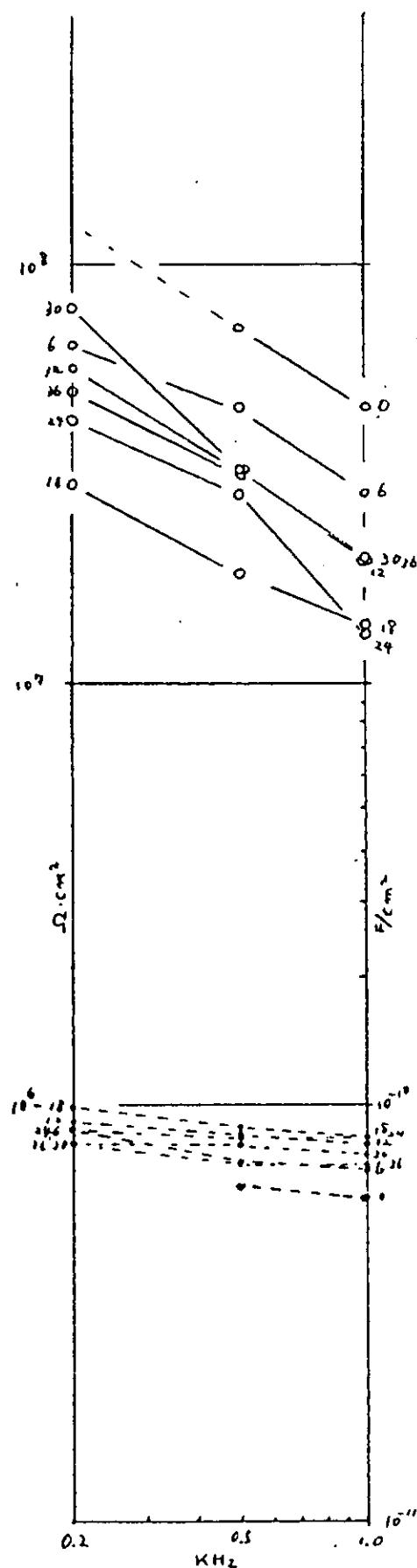


図2.1.1 1(2)d PE・A/C塗料の周波数特性（天然試験）

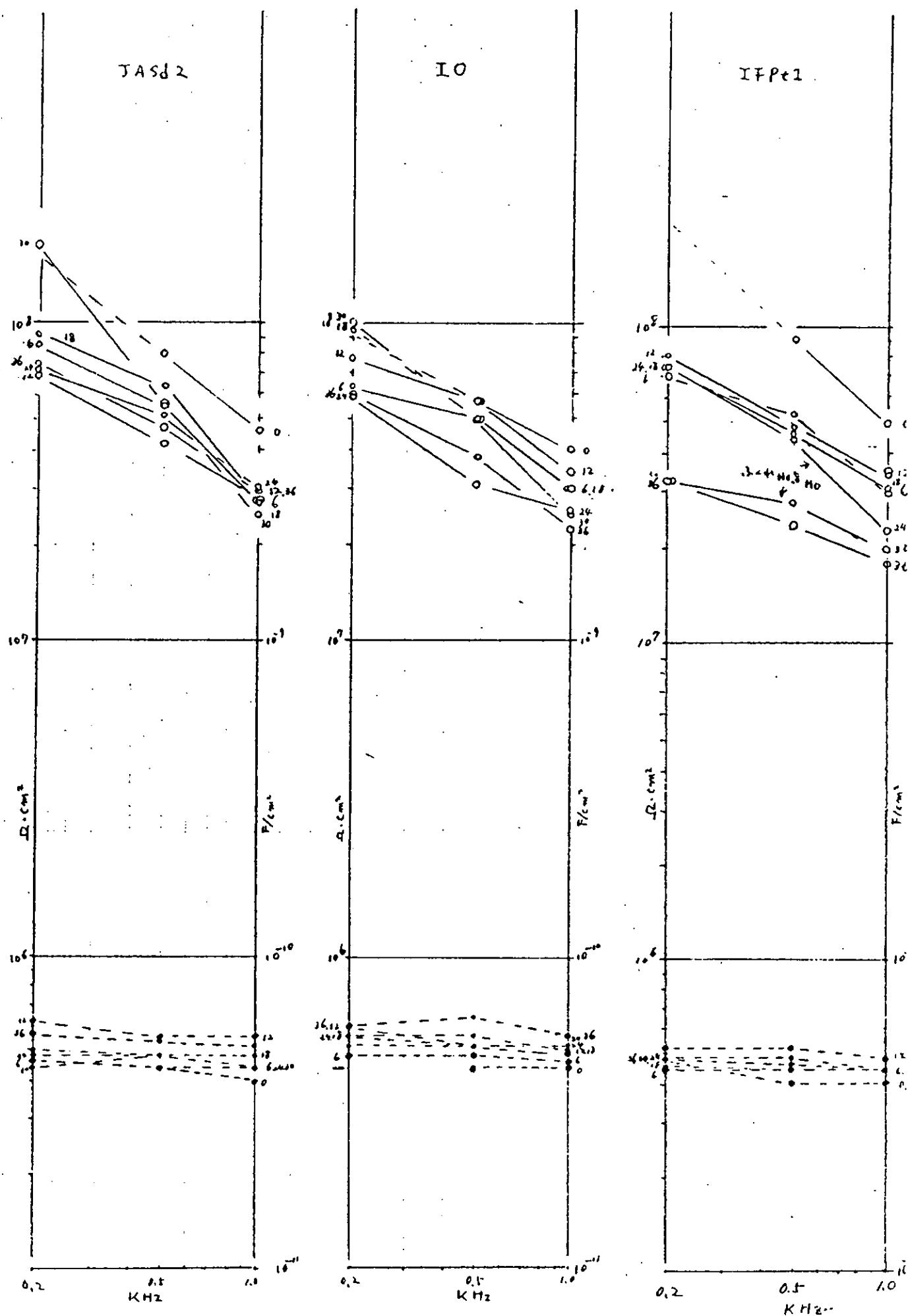


図2.1.1 1(3)a CR・A/CHB塗料の周波数特性（天然試験）

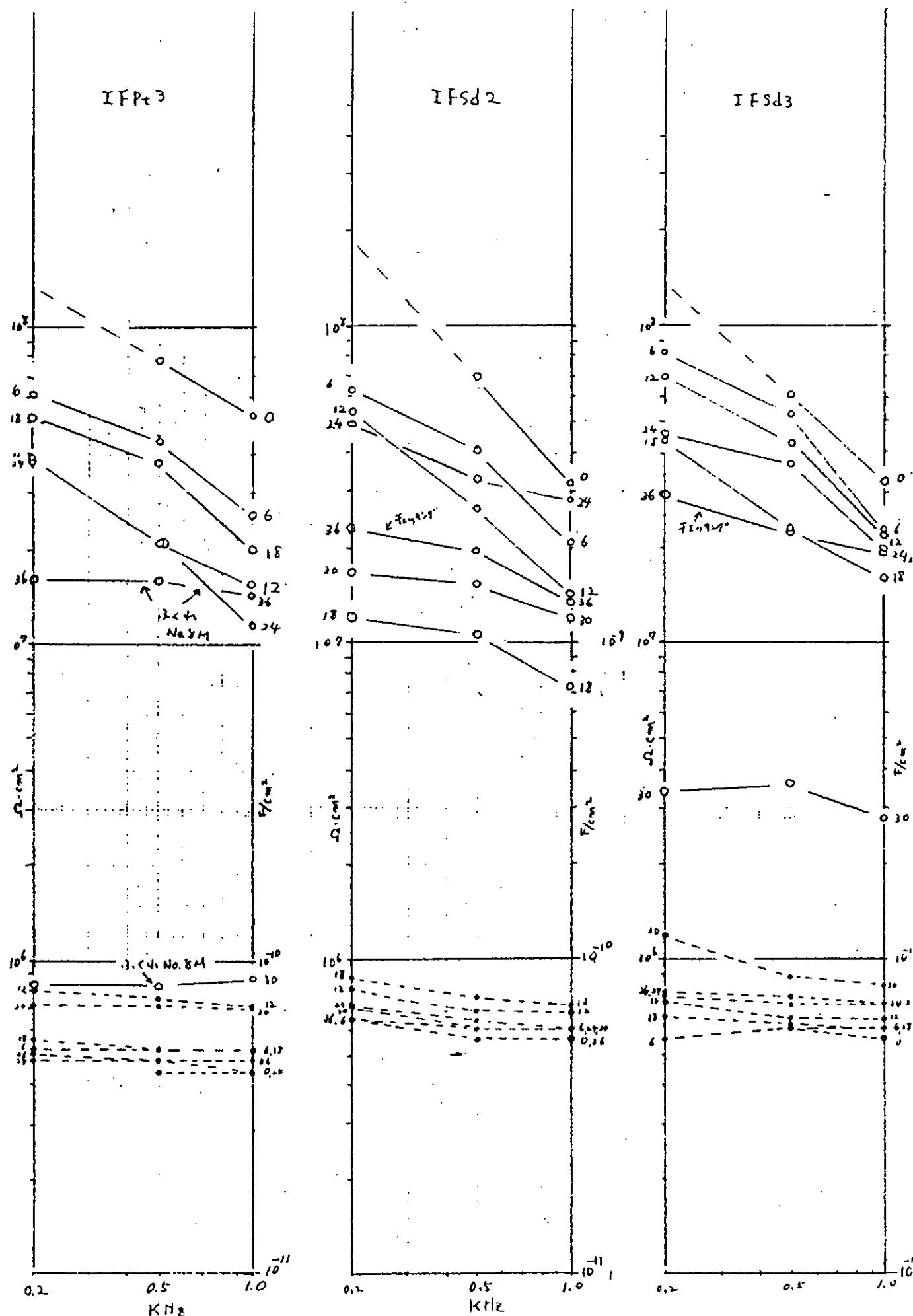


図2.1.11(3)b CR・A/CHB塗料の周波数特性（天然試験）

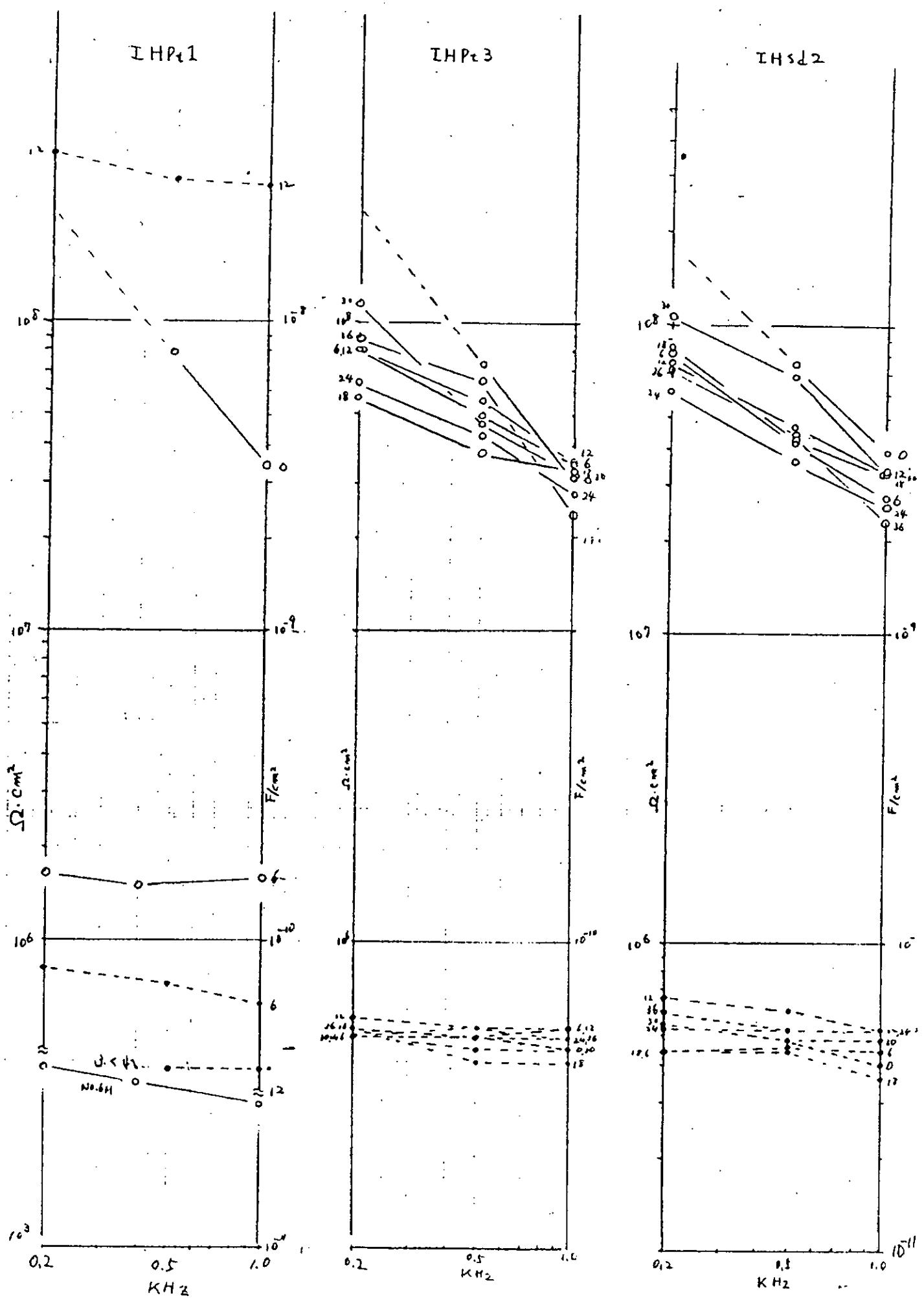


図2.1.11(3)c CR・A/CHB塗料の周波数特性（天然試験）

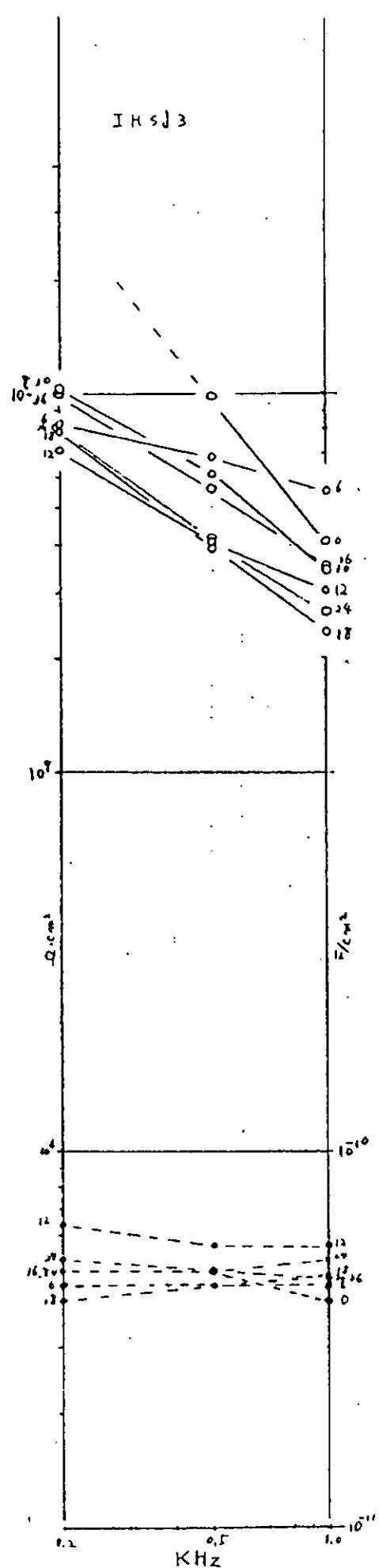


図2.1.1 1(2)d CR・A／CHB塗料の周波数特性（天然試験）

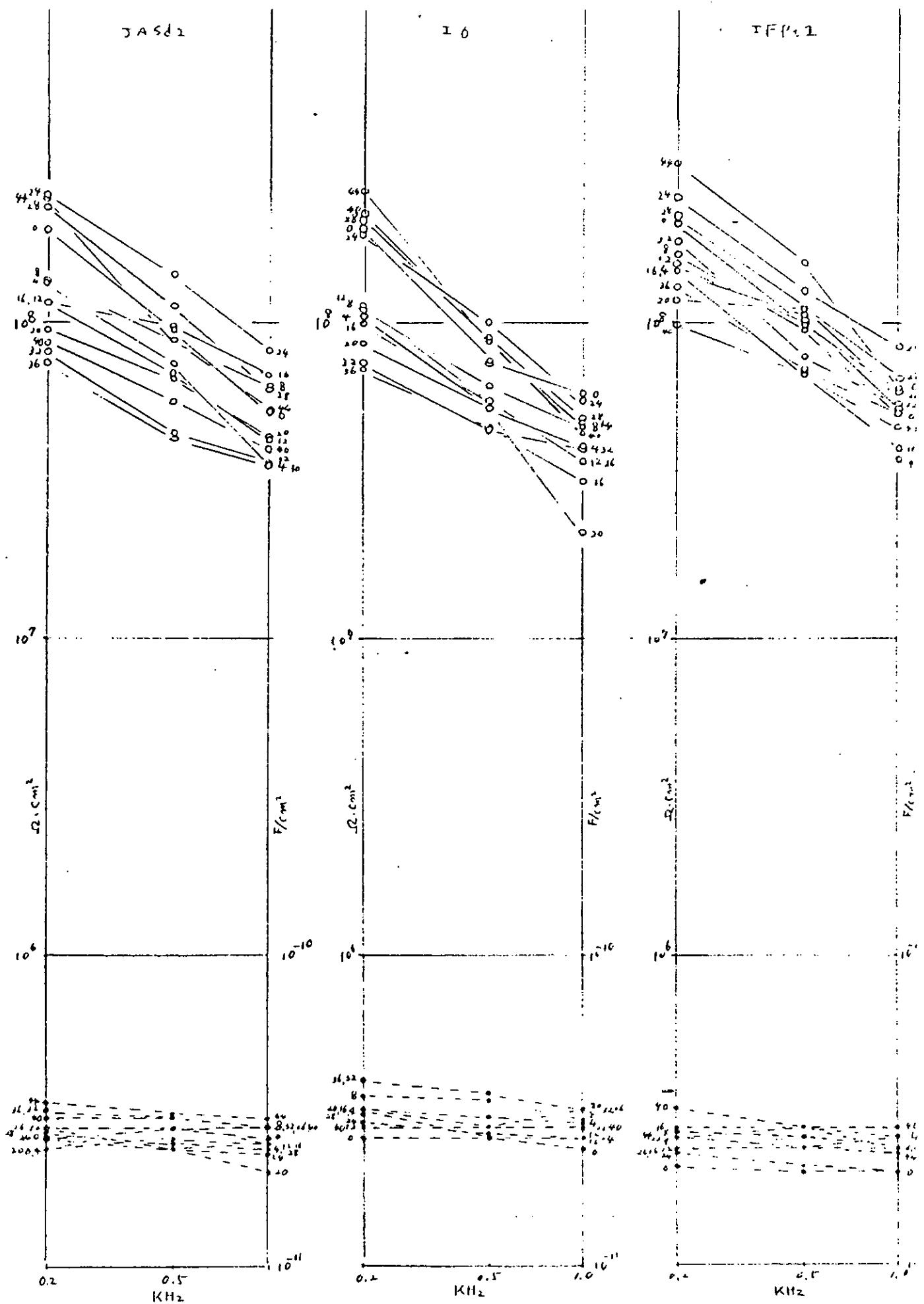


図2.1.1 2(1)a TE塗料の周波数特性（促進試験）

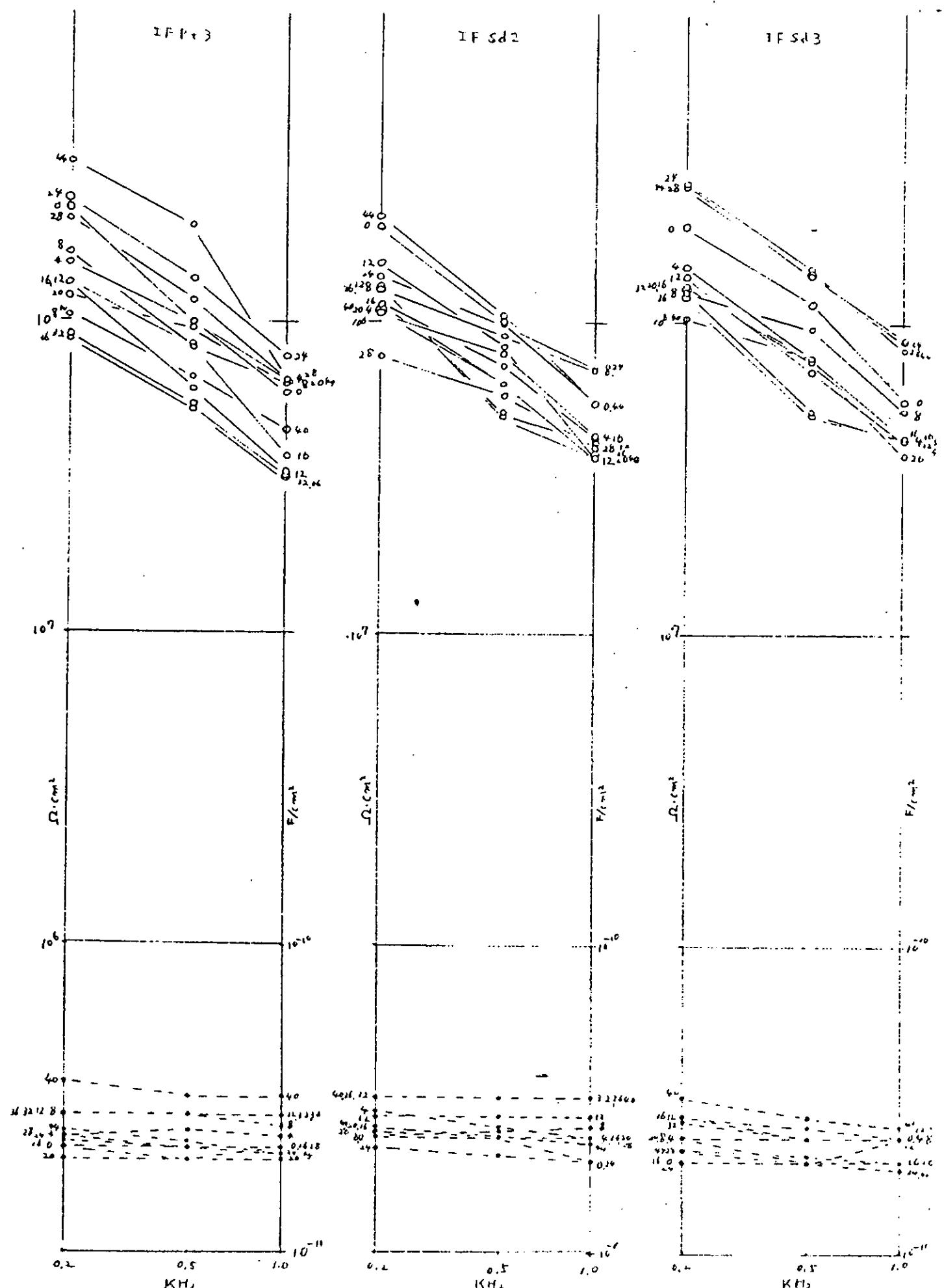


図2.1.1 2(1)b TE塗料の周波数特性（促進試験）

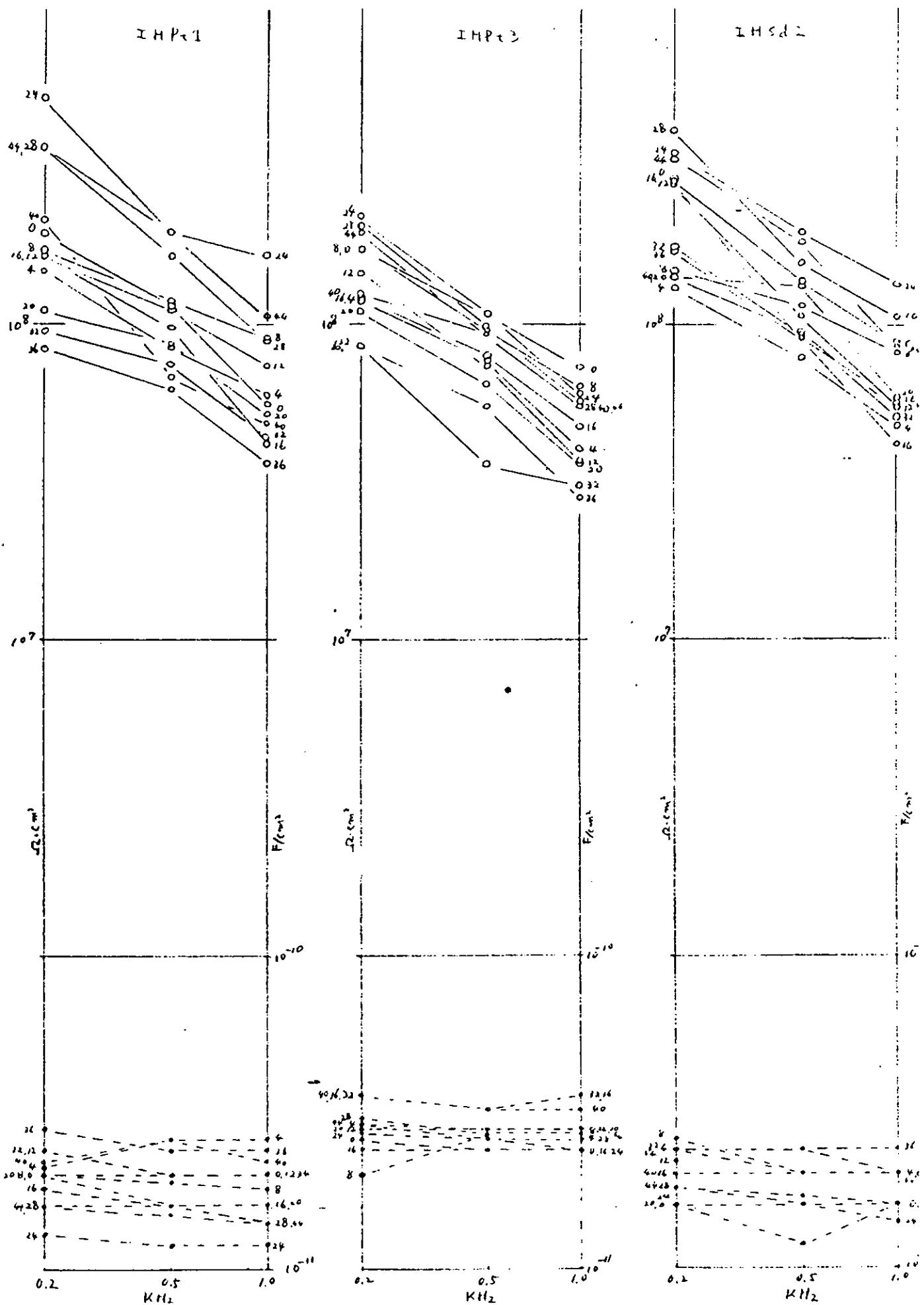


図2.1.1 2(1)c TE塗料の周波数特性（促進試験）

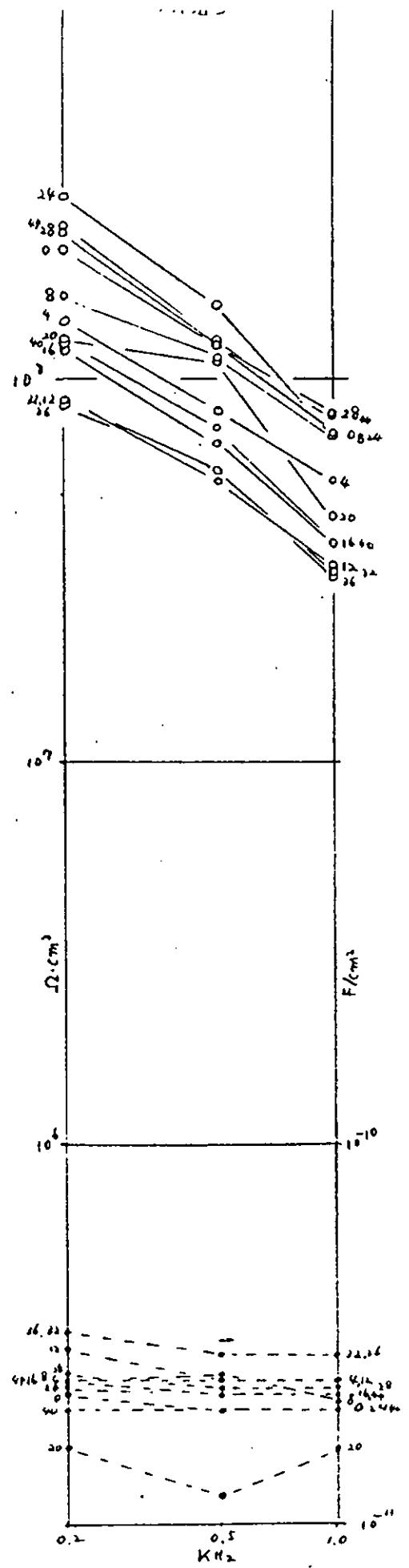


図2.1.1 2(1)d TE塗料の周波数特性（促進試験）

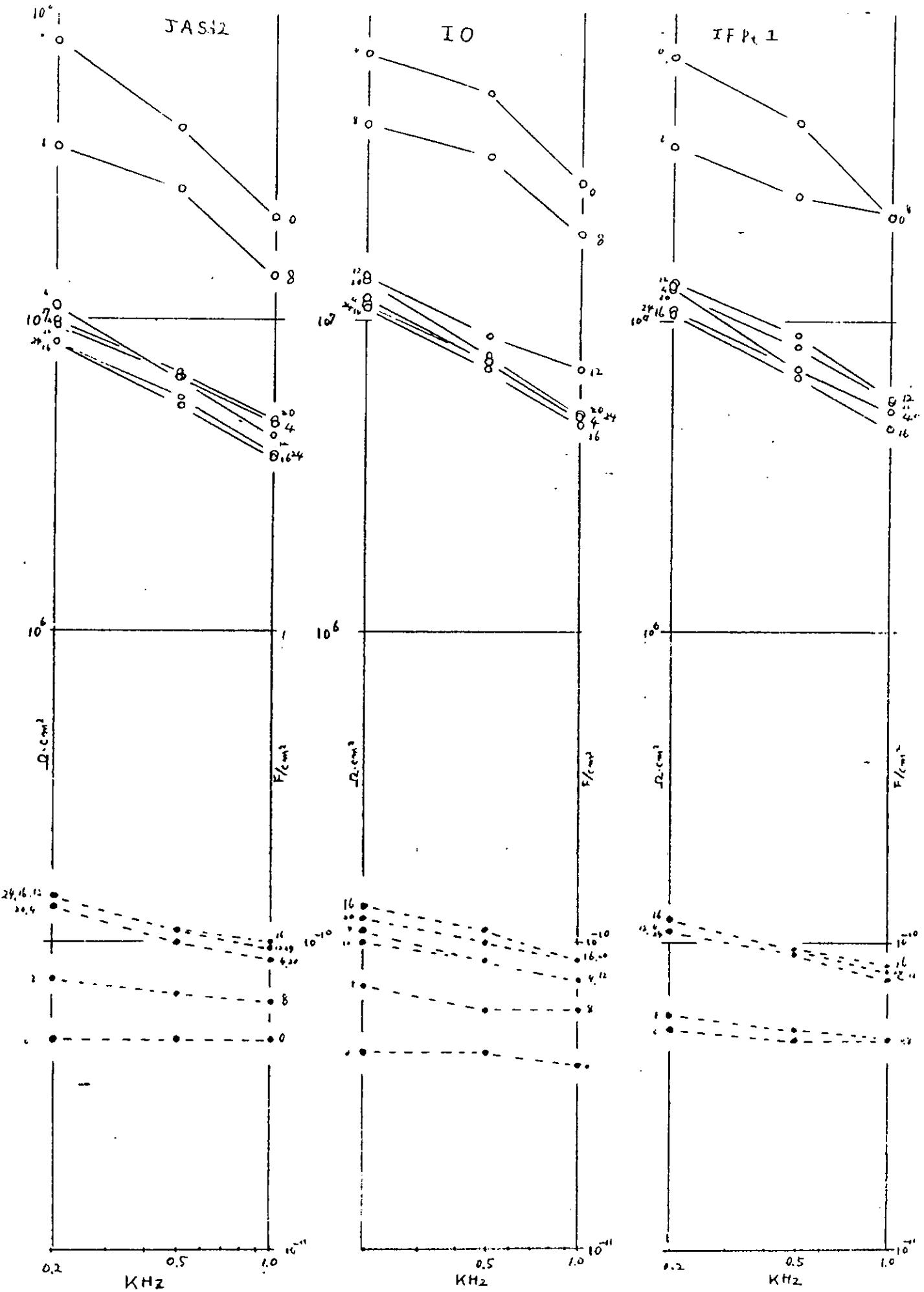


図2.1.1 2(2)a PE・A/C塗料の周波数特性(促進試験)

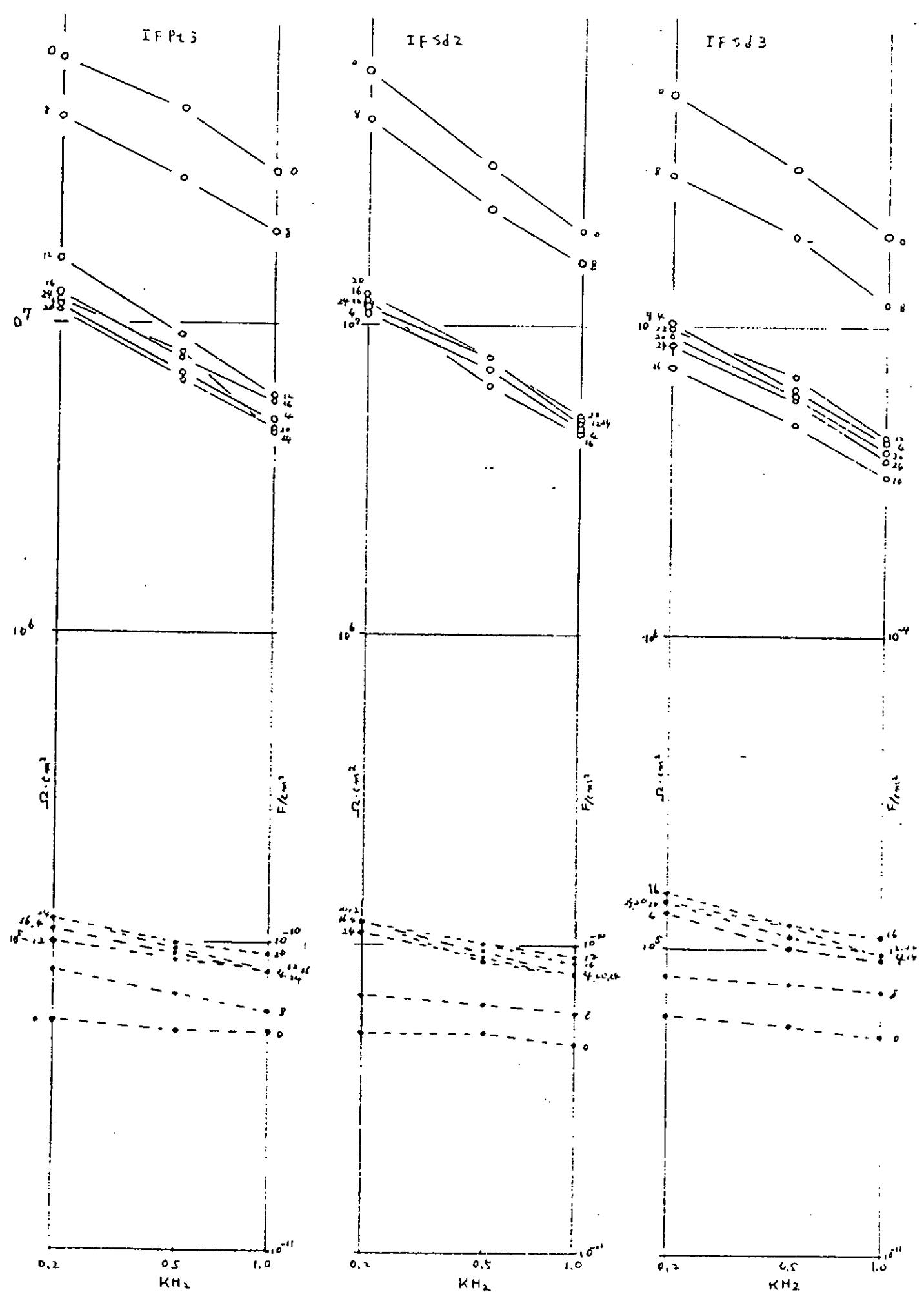


図2.1.1 2(2)b PE・A/C塗料の周波数特性（促進試験）

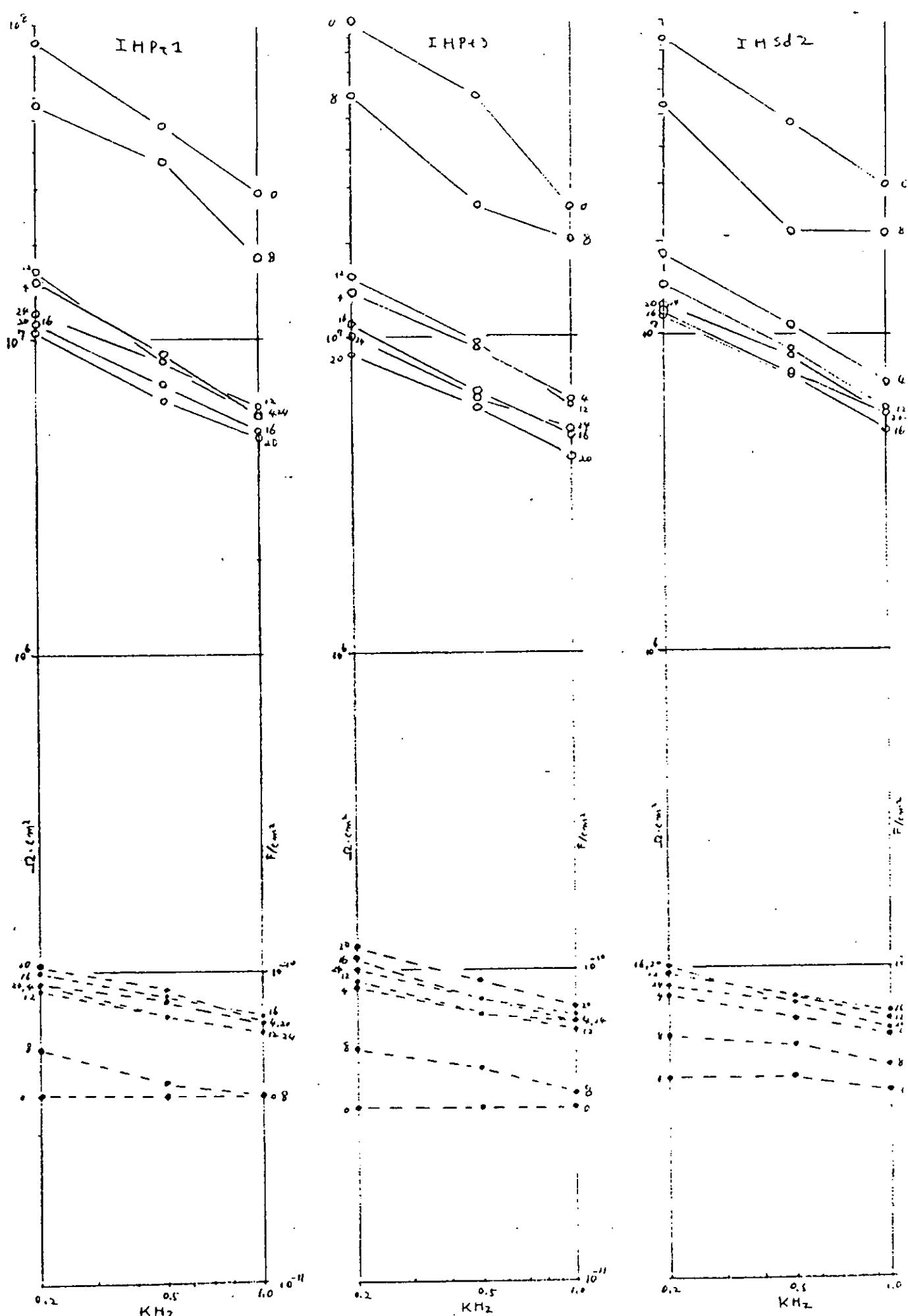


図2.1.1 2(2)c PE・A/C塗料の周波数特性（促進試験）

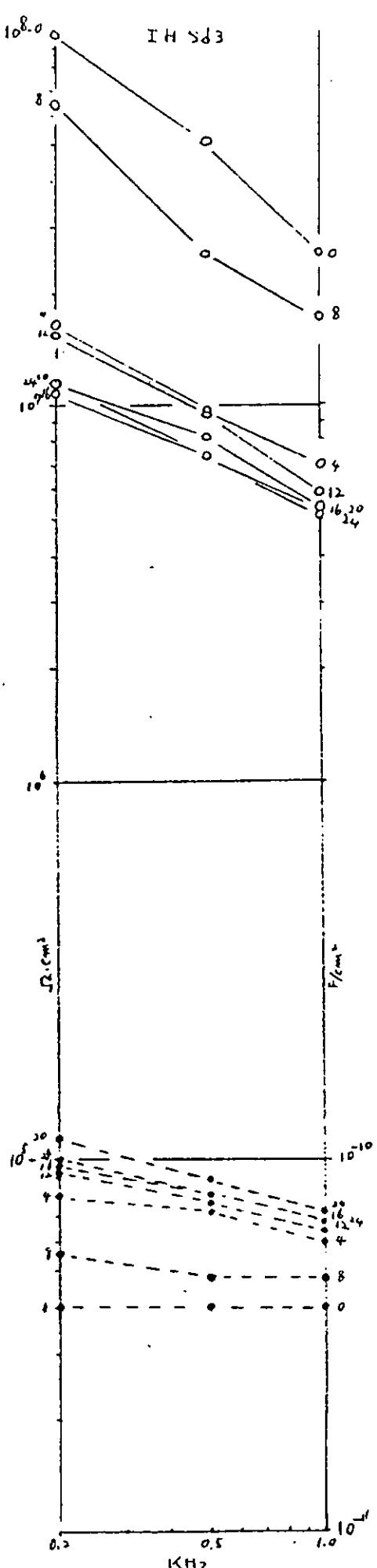


図2.1.1 2(2)d PE・A/C塗料の周波数特性（促進試験）

TASd2

I.O.

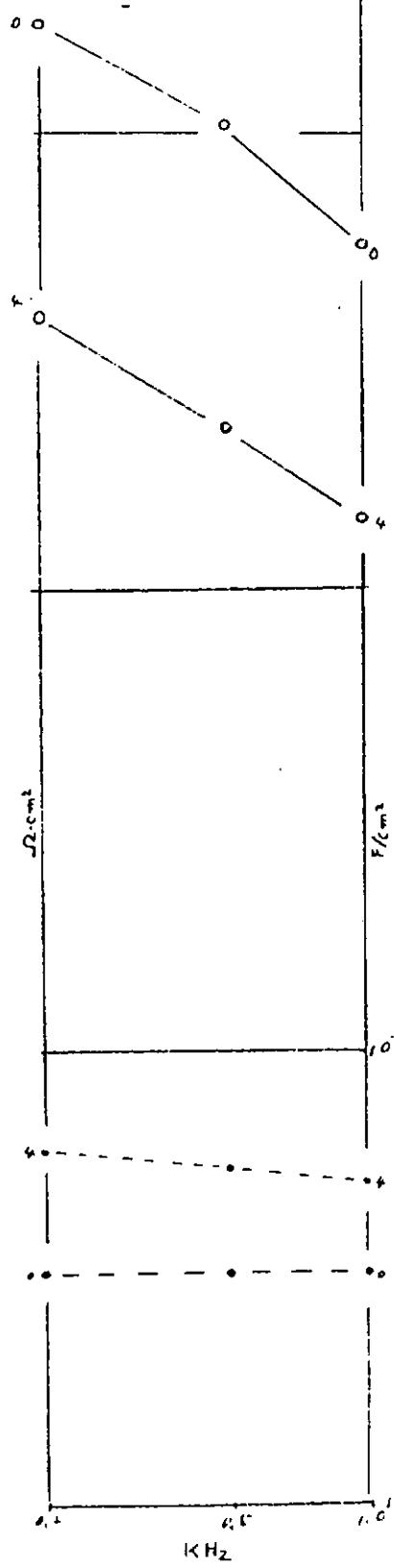
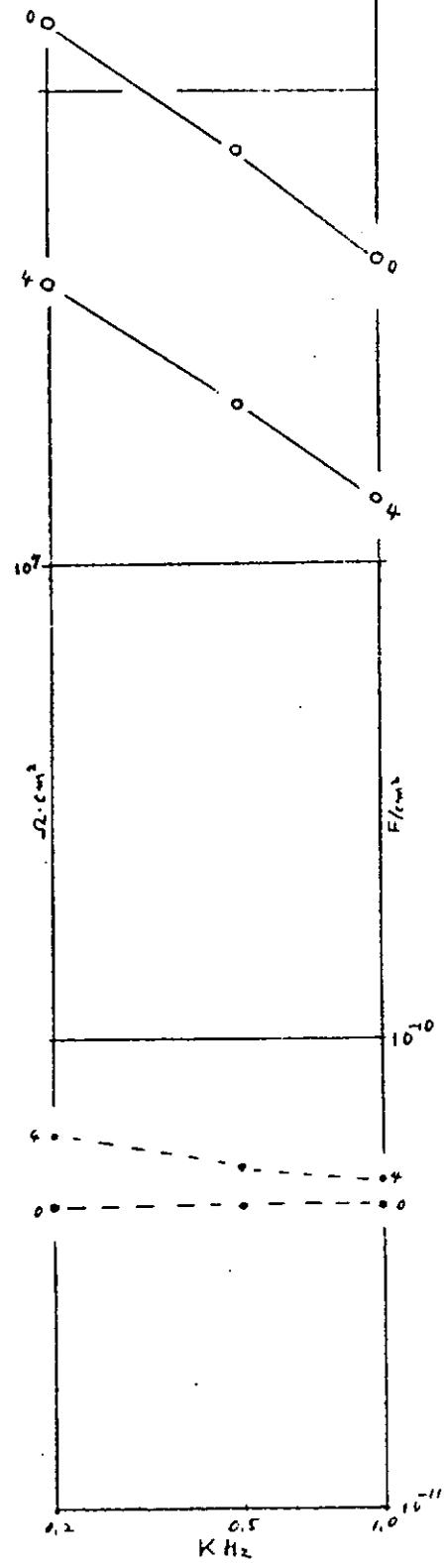
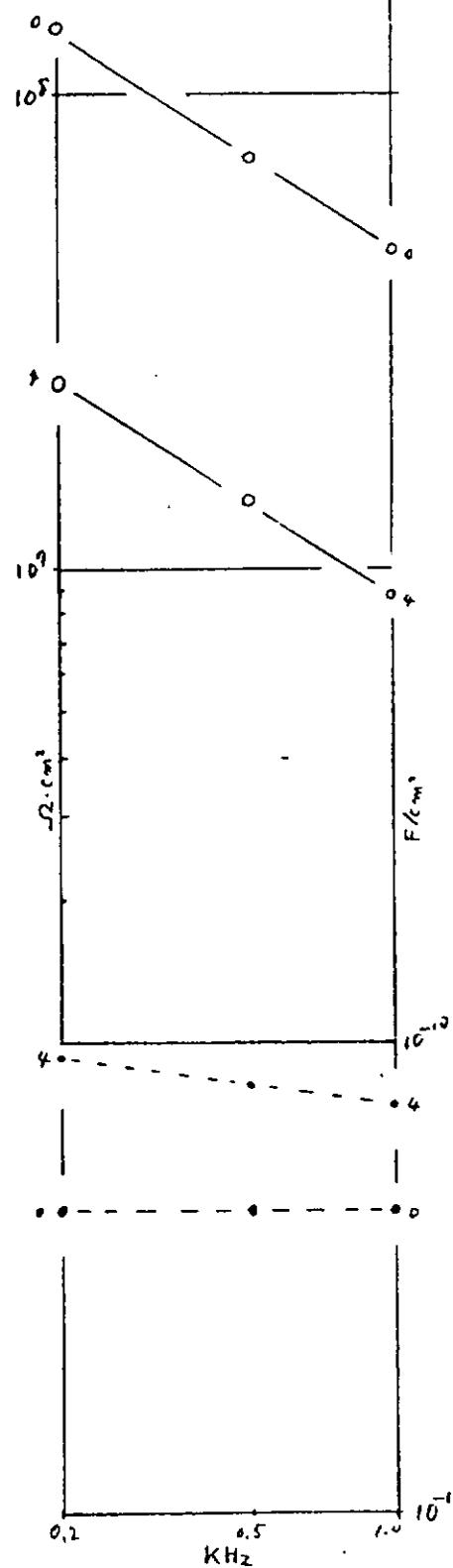
I.F P_c1

図2.1.1 2(3)a CR・A/CHB塗料の周波数特性（促進試験）

IFP-3

IFP-2

IFP-3

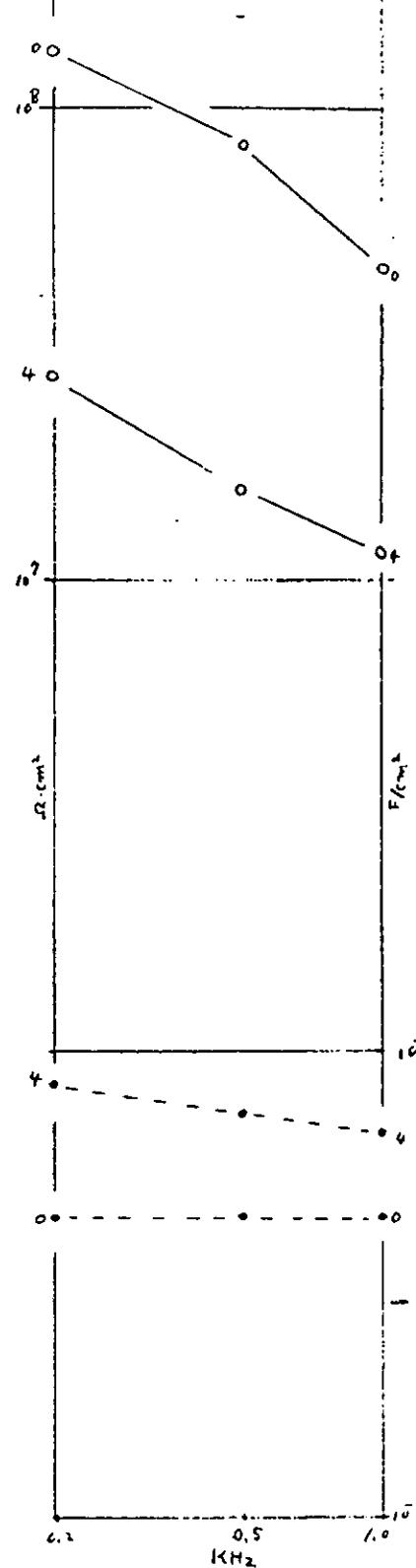
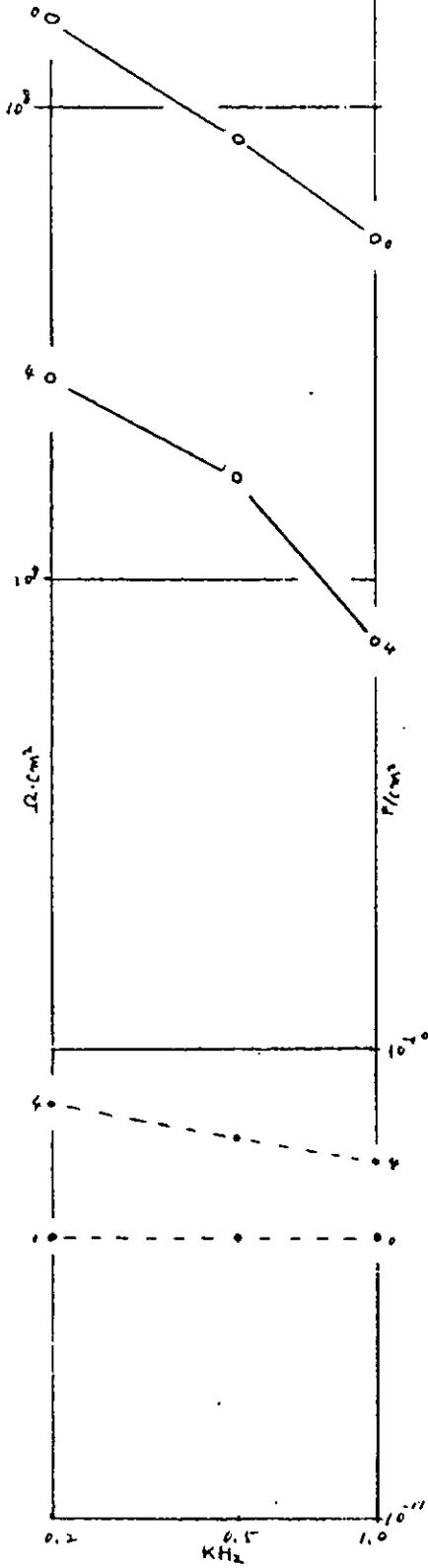
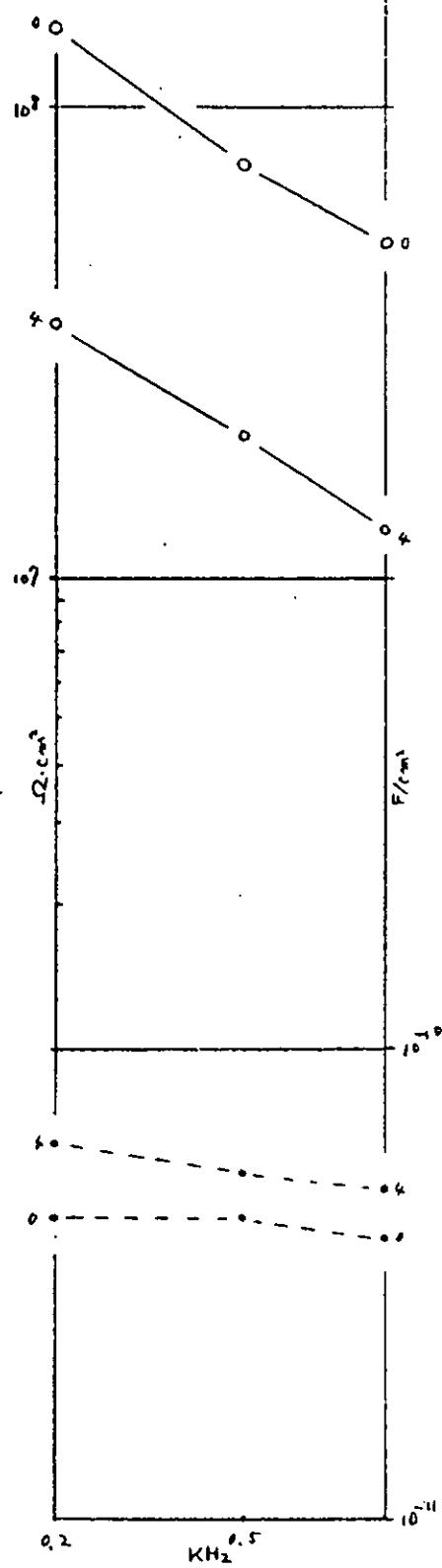


図2.1.1 2(3)b CR・A/CHB塗料の周波数特性（促進試験）

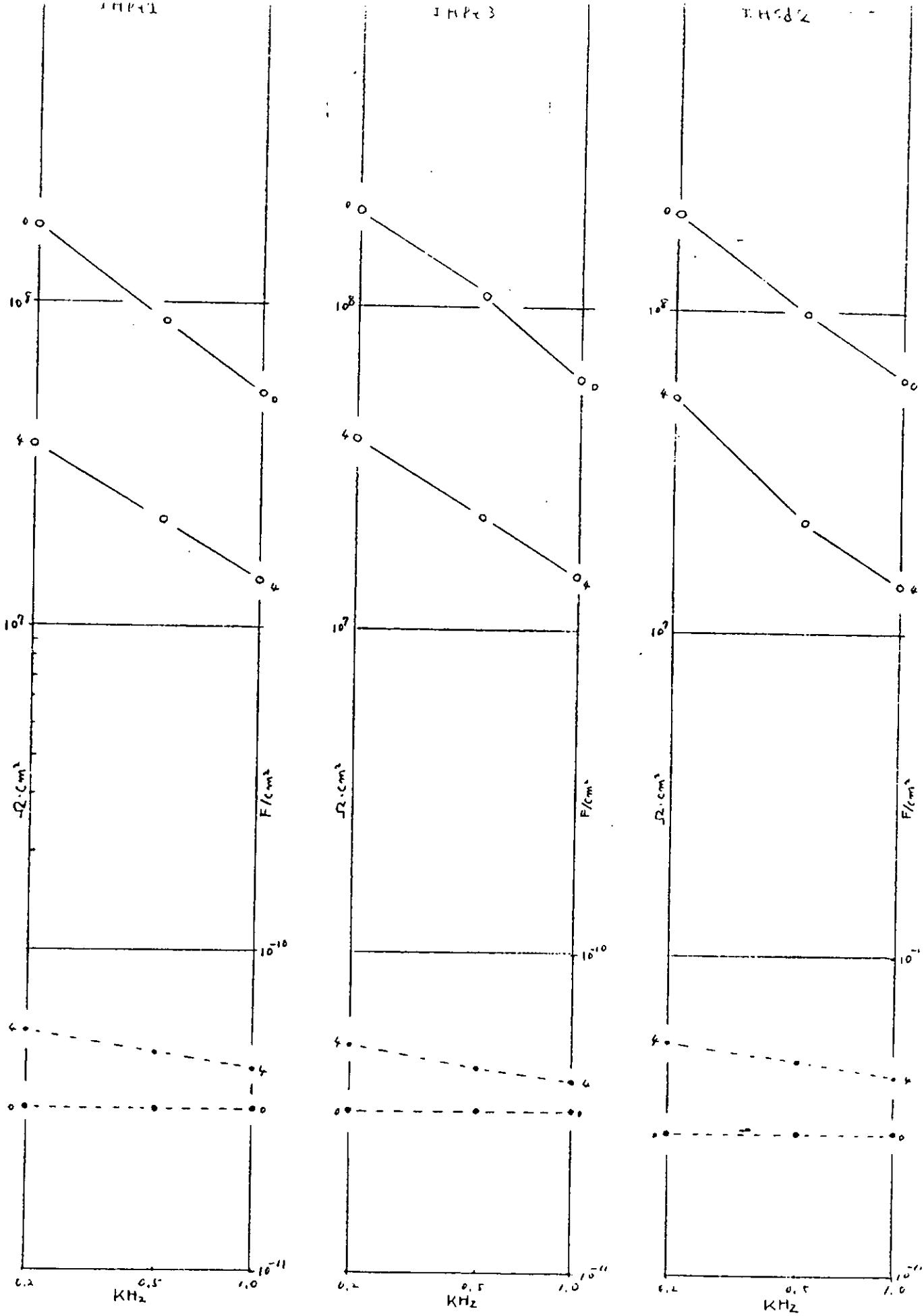


図2.1.1 2(3)c CR:A/CHB塗料の周波数特性（促進試験）

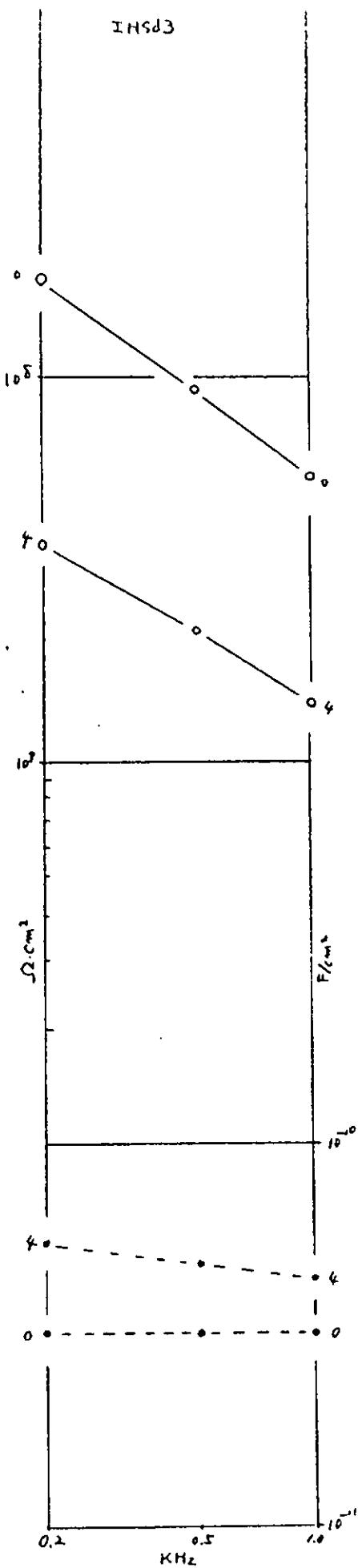
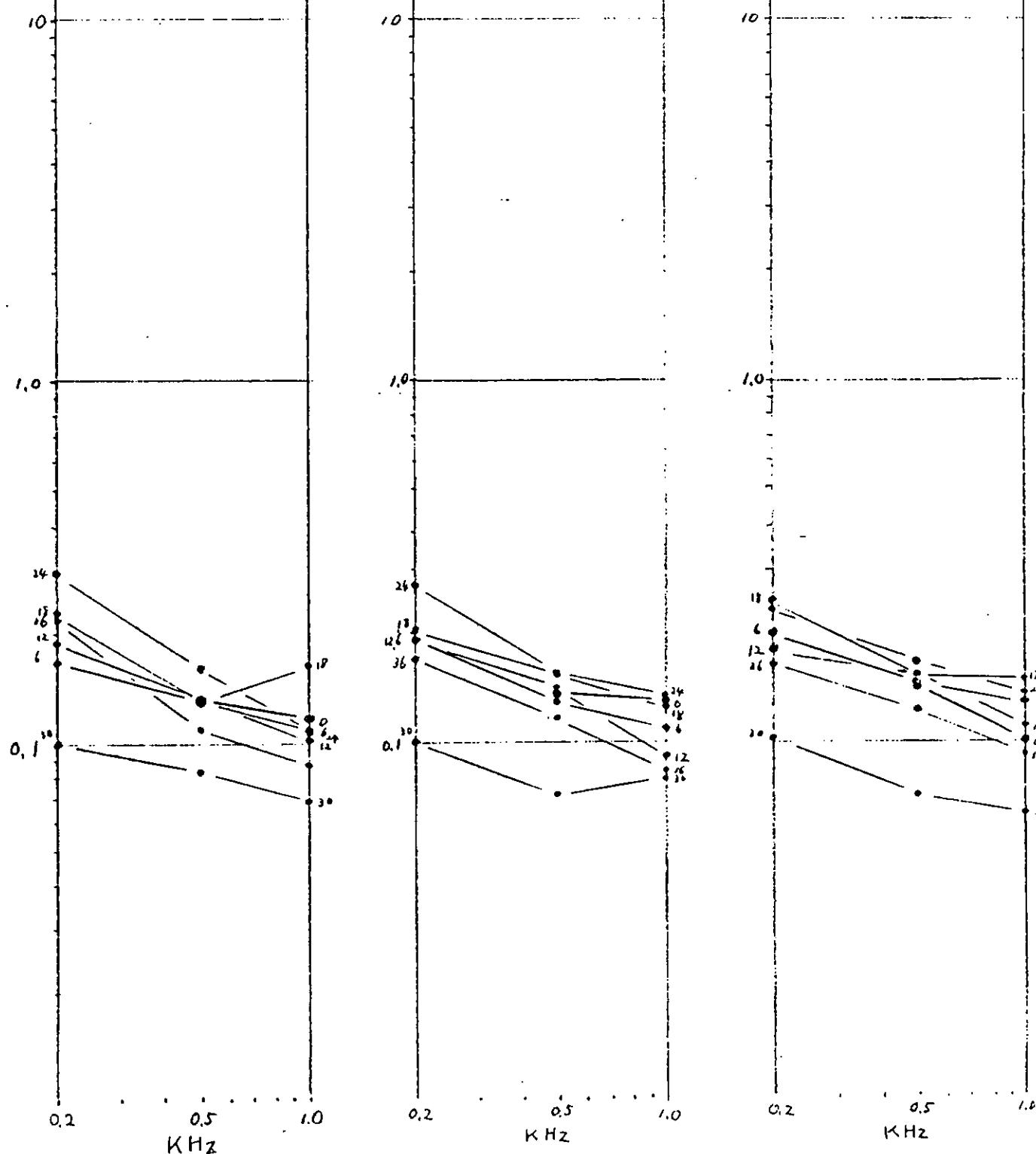


図2.1.1 2(3)d CR・A／CHB塗料の周波数特性（促進試験）

TASD2

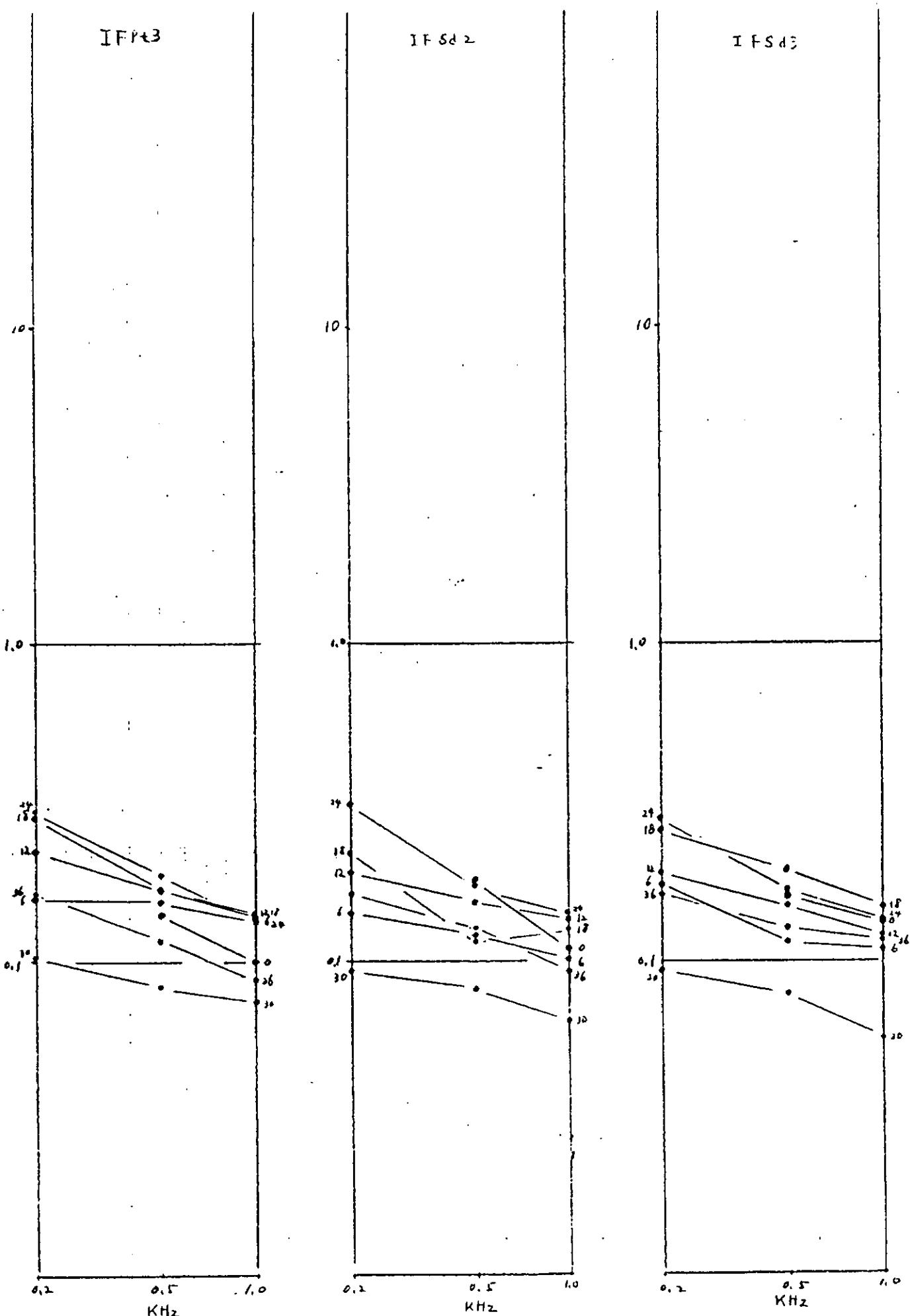
TO

TFP_{t1}図2.1.1 3(l)a TE塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

IF Pt3

IF Sd 2

IF Sd 3

図2.1.1 3(1)b TE塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

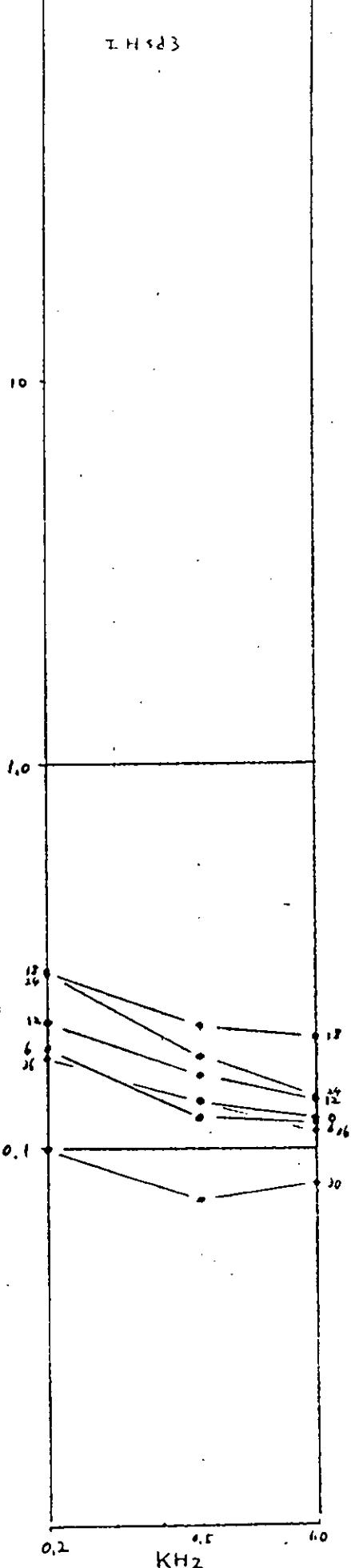


図2.1.1 3(1)d TE塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

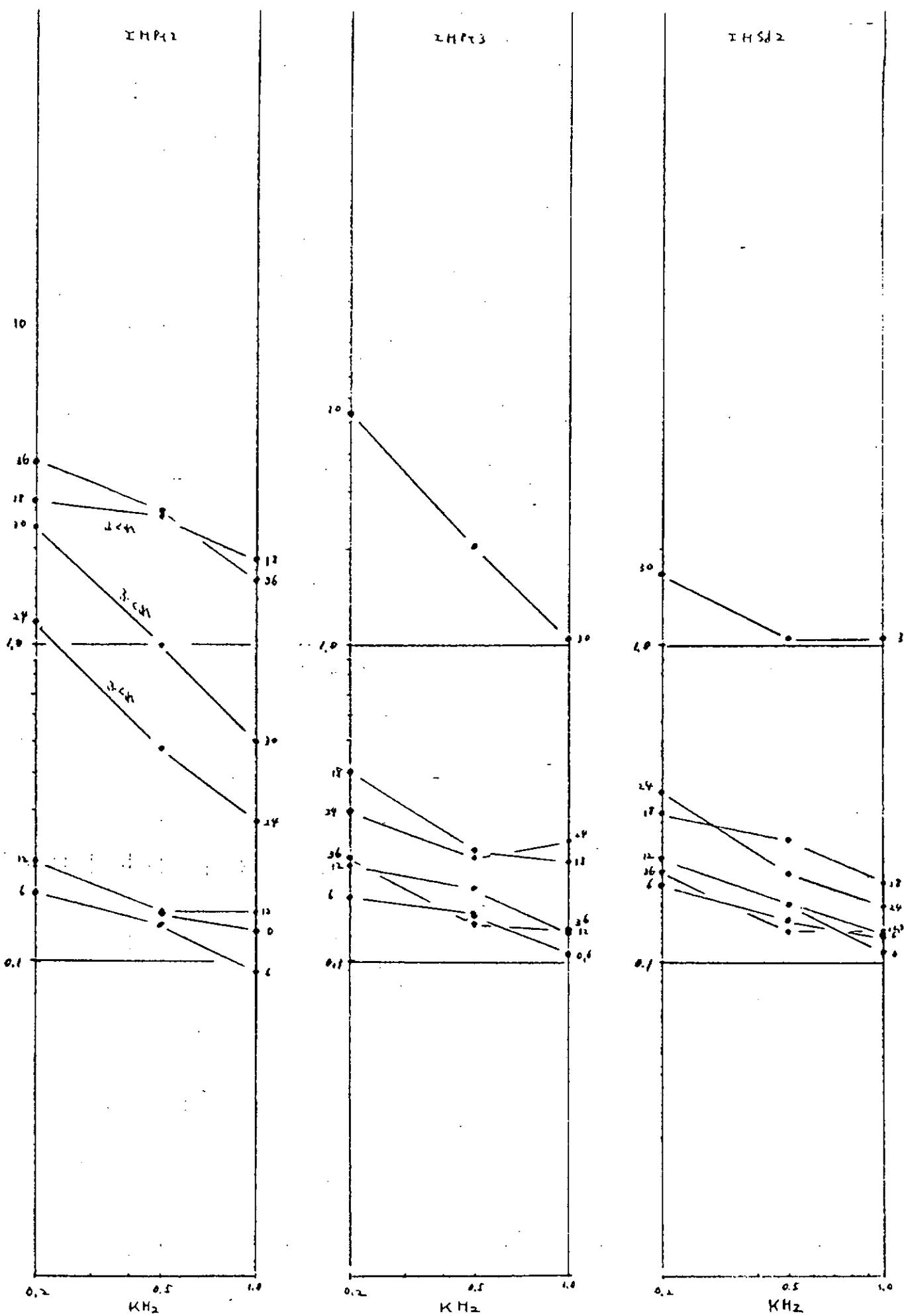


図2.1.1 3(1)c TE塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

JASd2

IO

IFP+1

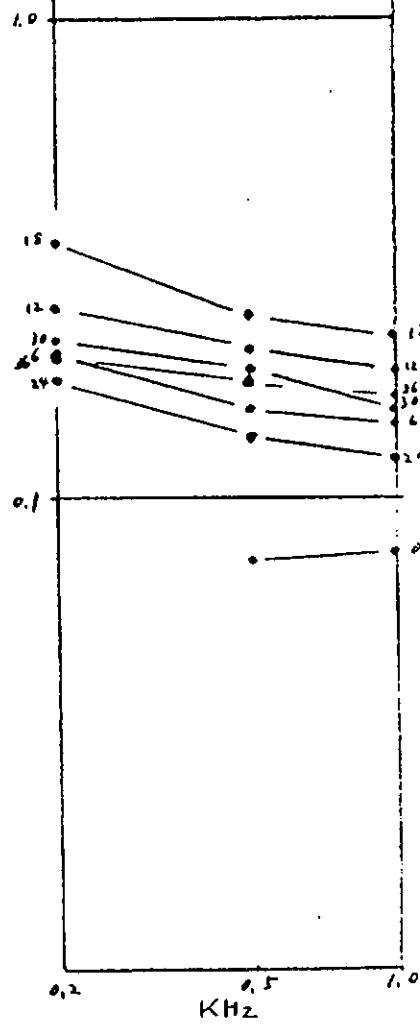
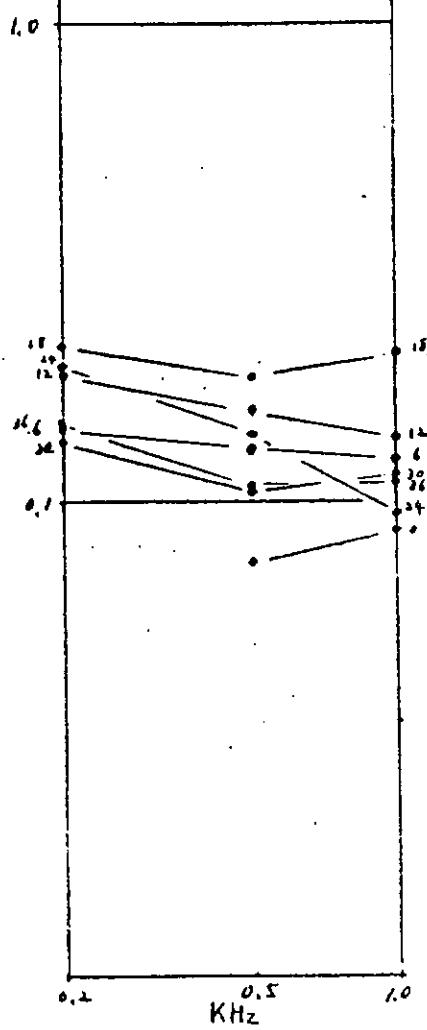
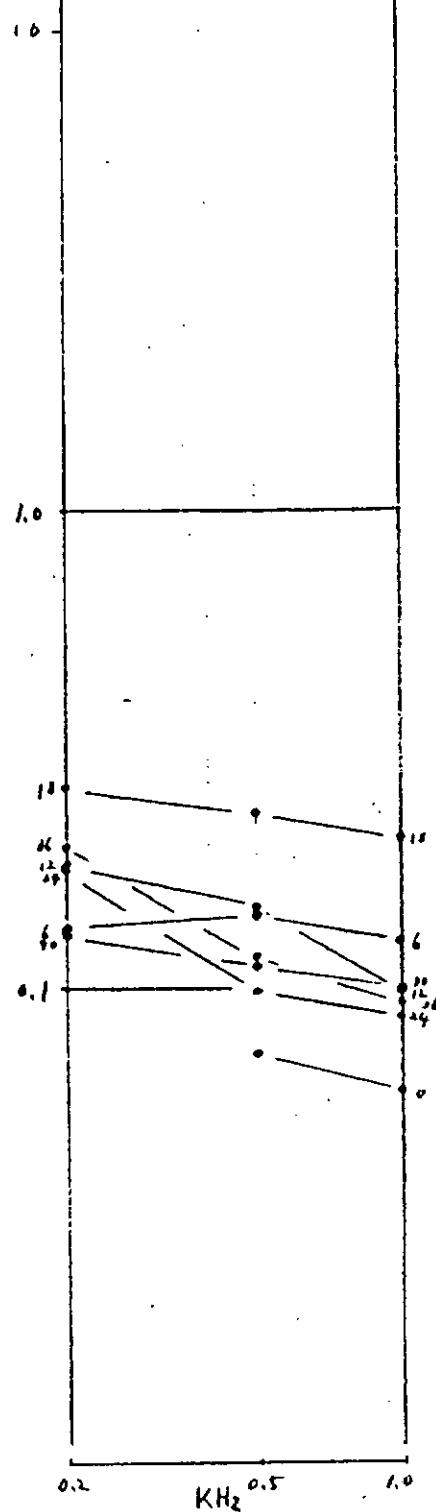


図2.1.1 3(2)a PE・A/C塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

IF Pt 3

IF Pt 2

IF Pt 1

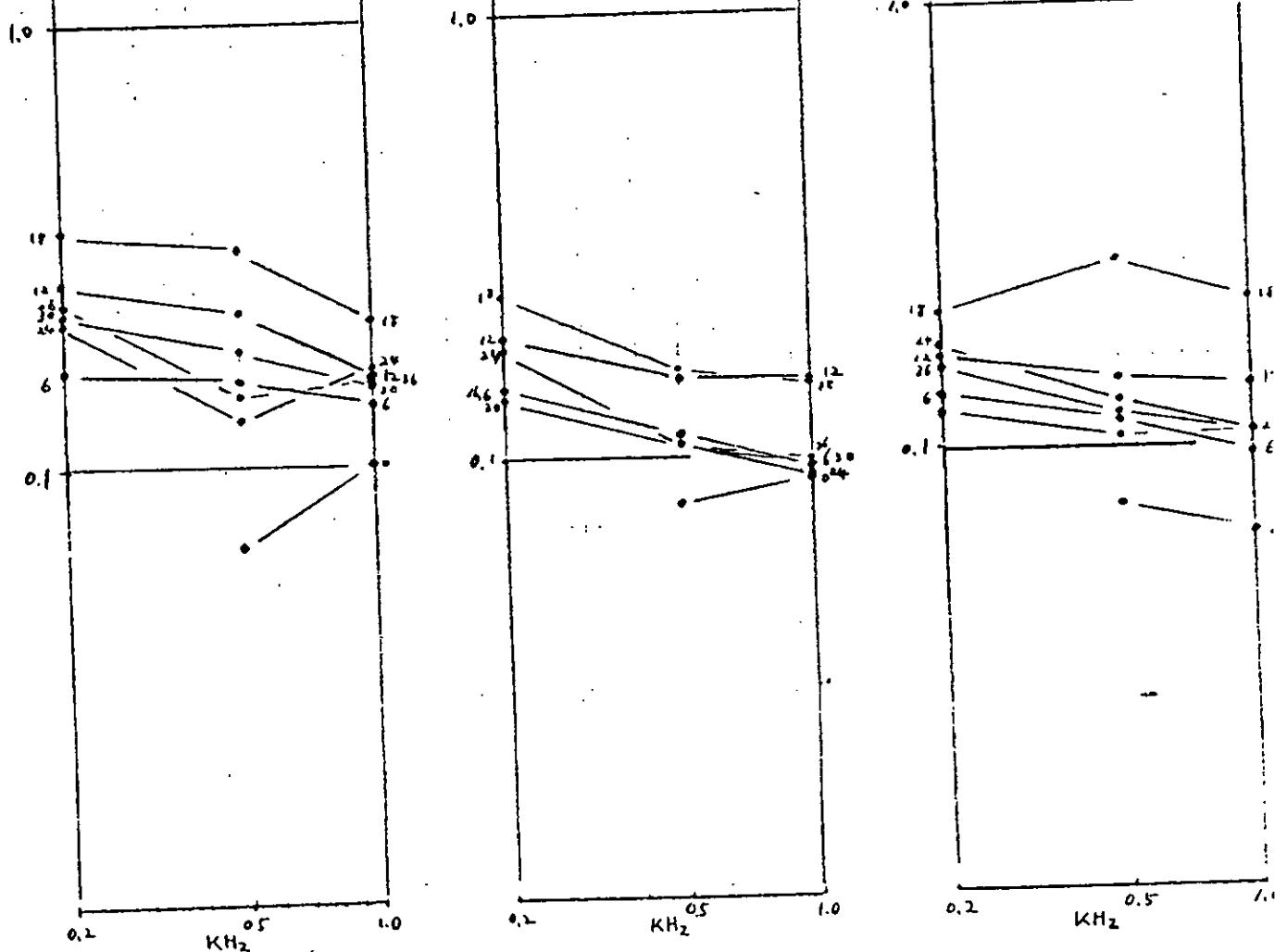


図2.1.1 3(2)b PE・A/C塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

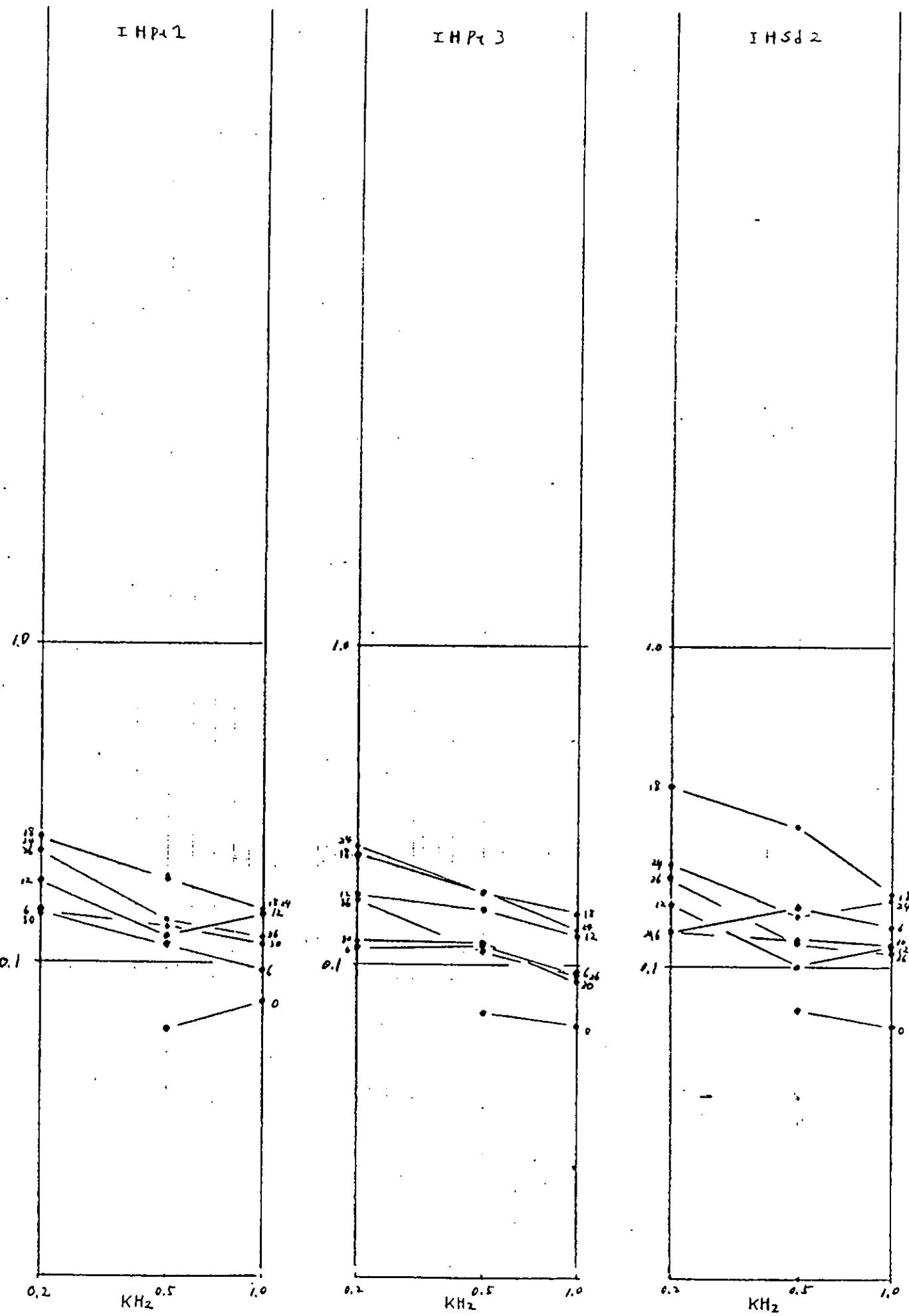


図2.1.1 3(2)c PE・A/C塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

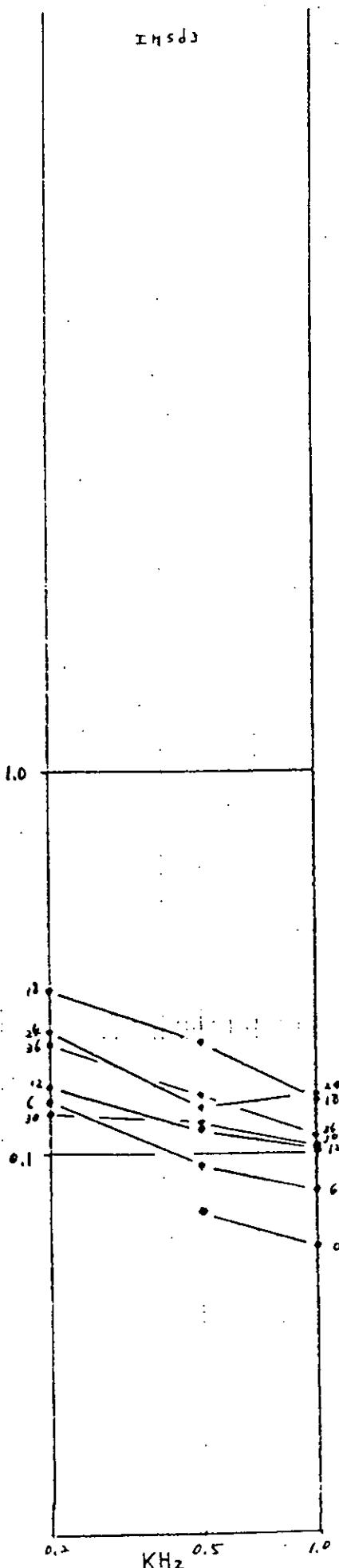


図2.1.1 3(2)d PE・A/C塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

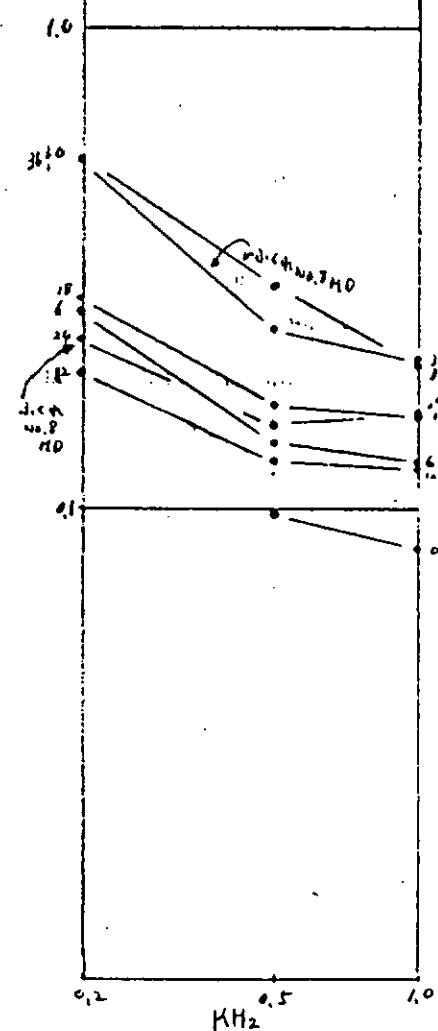
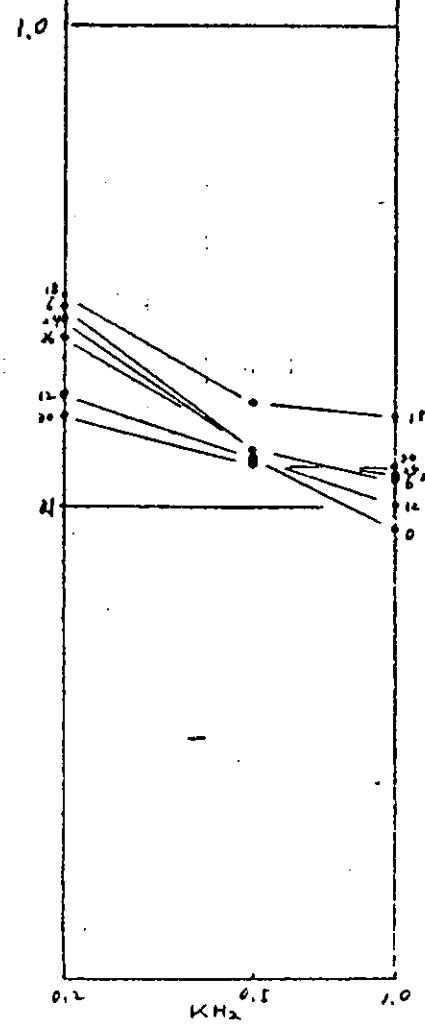
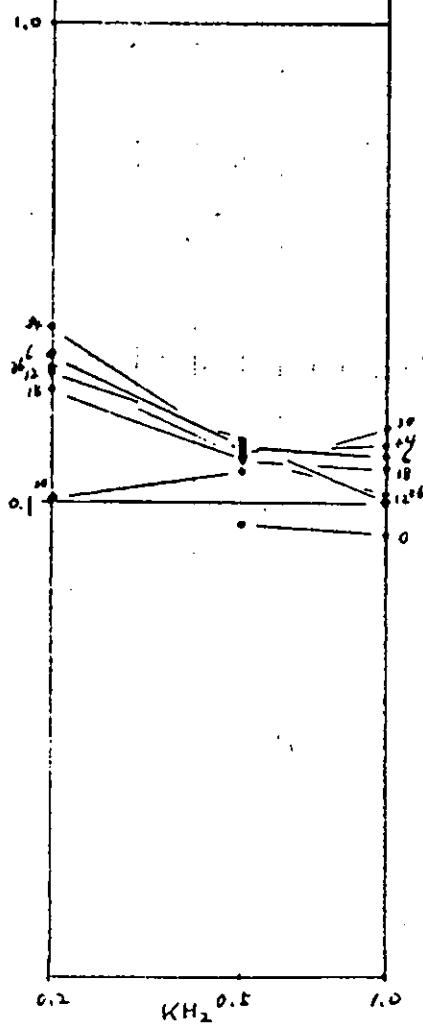


図2.1.1 3(3)a CR・A/CHB塑料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

IFP+3

IFSd2

IFSd3

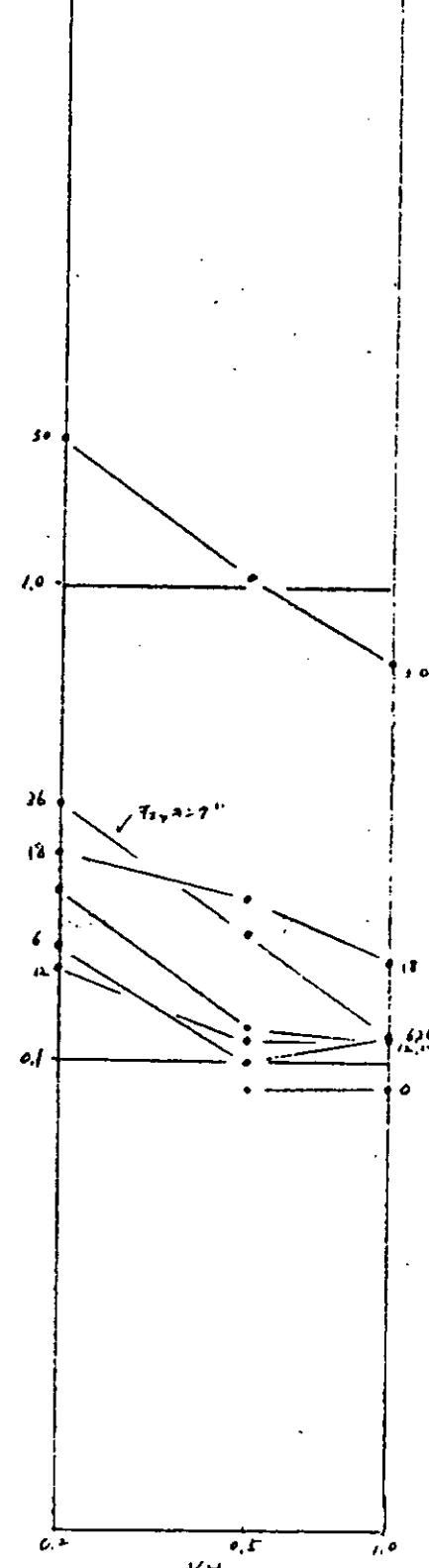
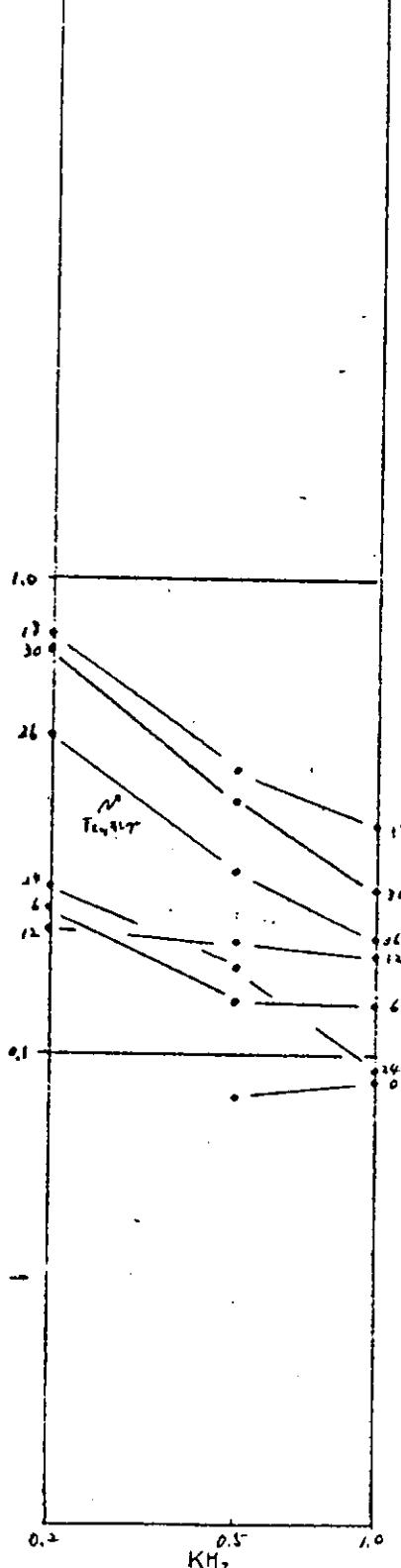
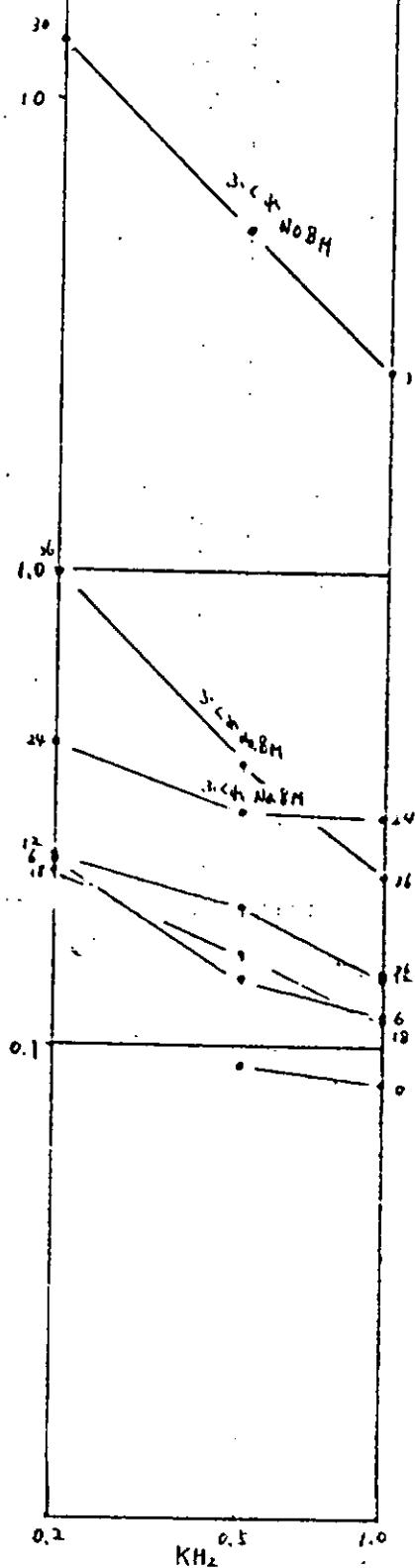


図2.1.1 3(3)b CR・A/CHB塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

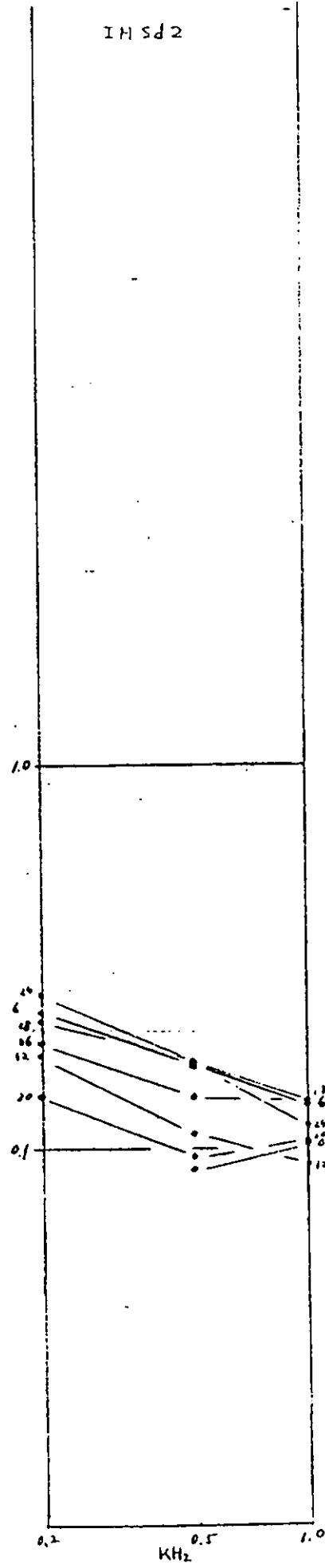
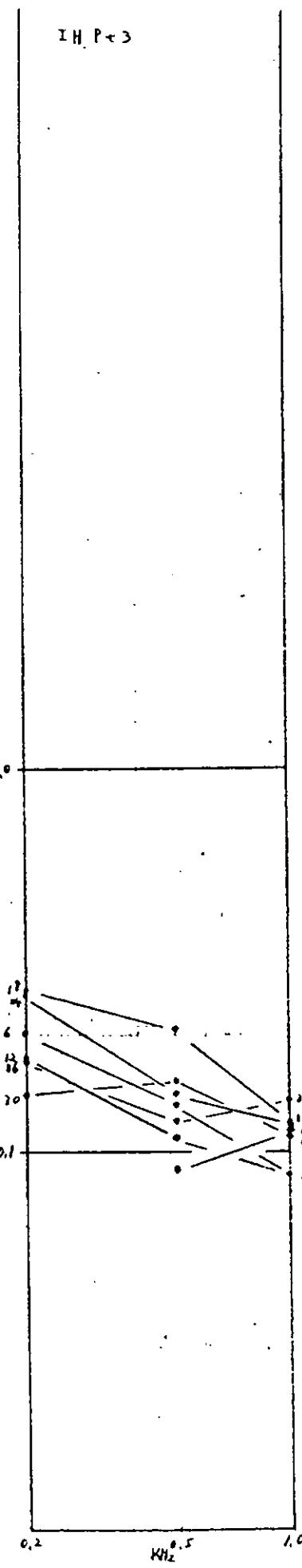
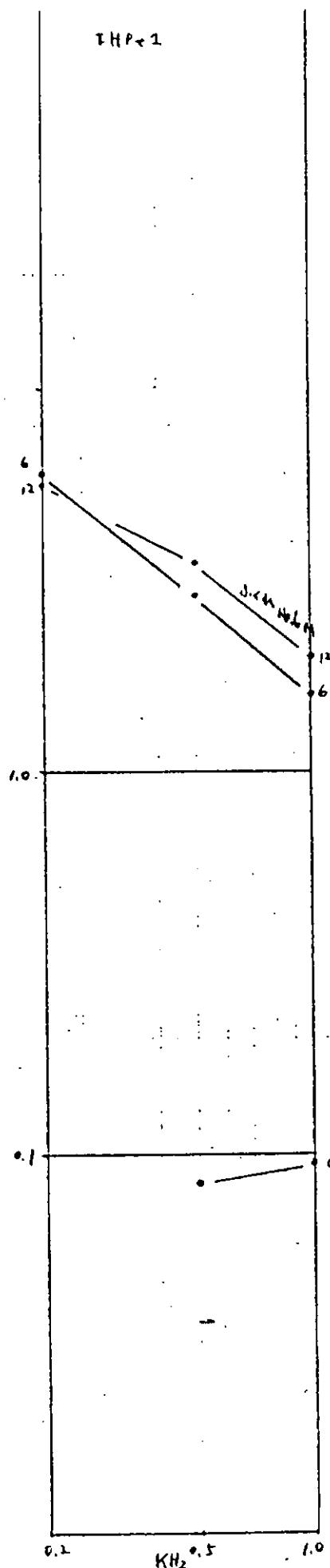


図2.1.1 3(3)c CR・A/CHB塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

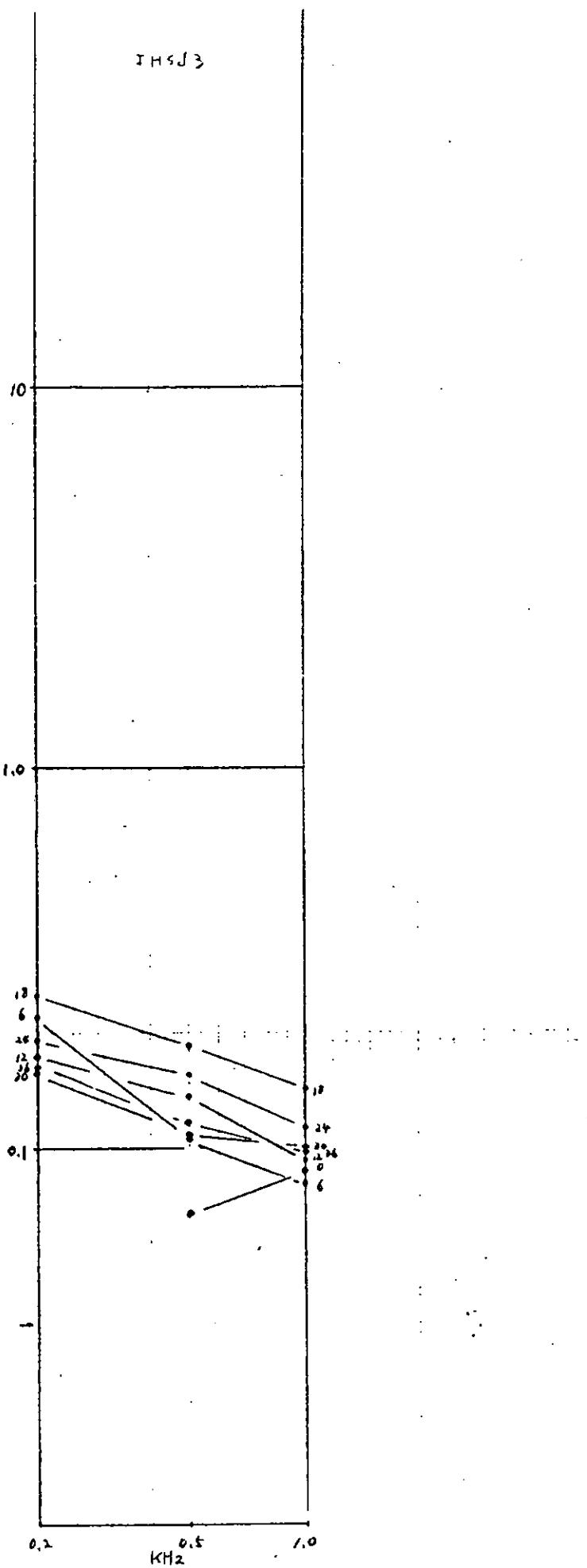


図2.1.1 3(3)d CR・A/CHB塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (天然試験)

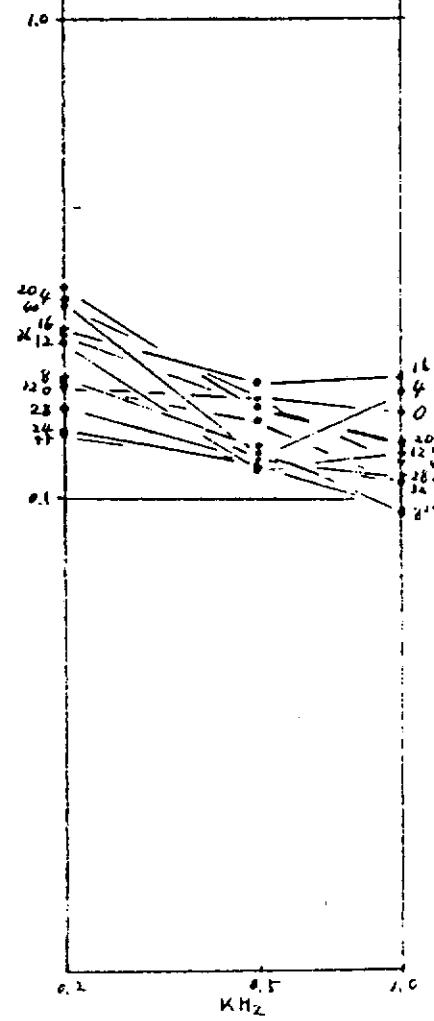
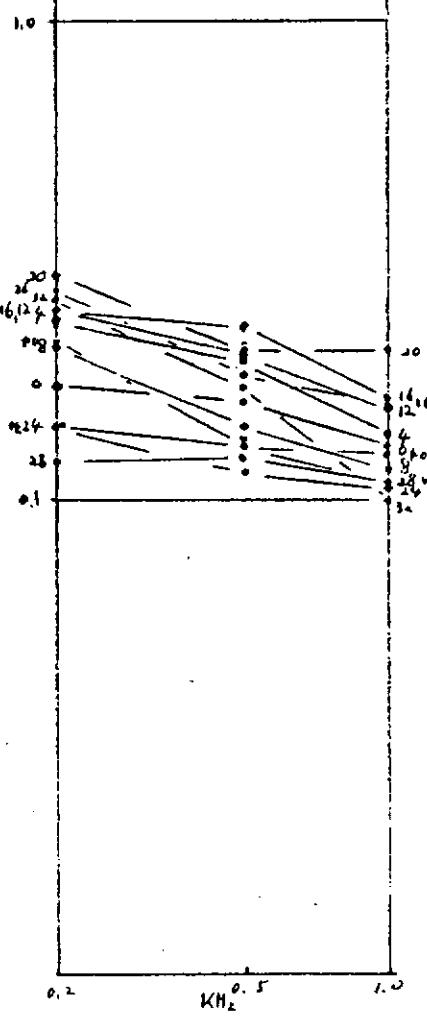
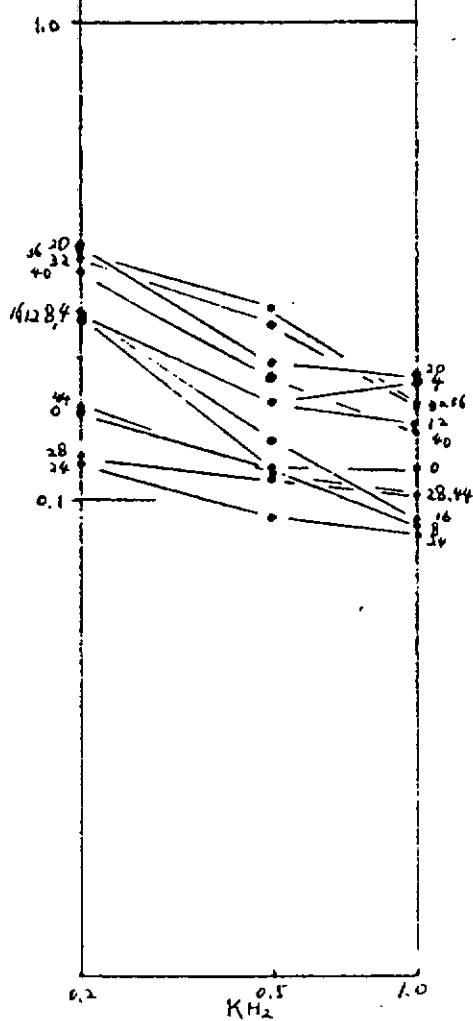
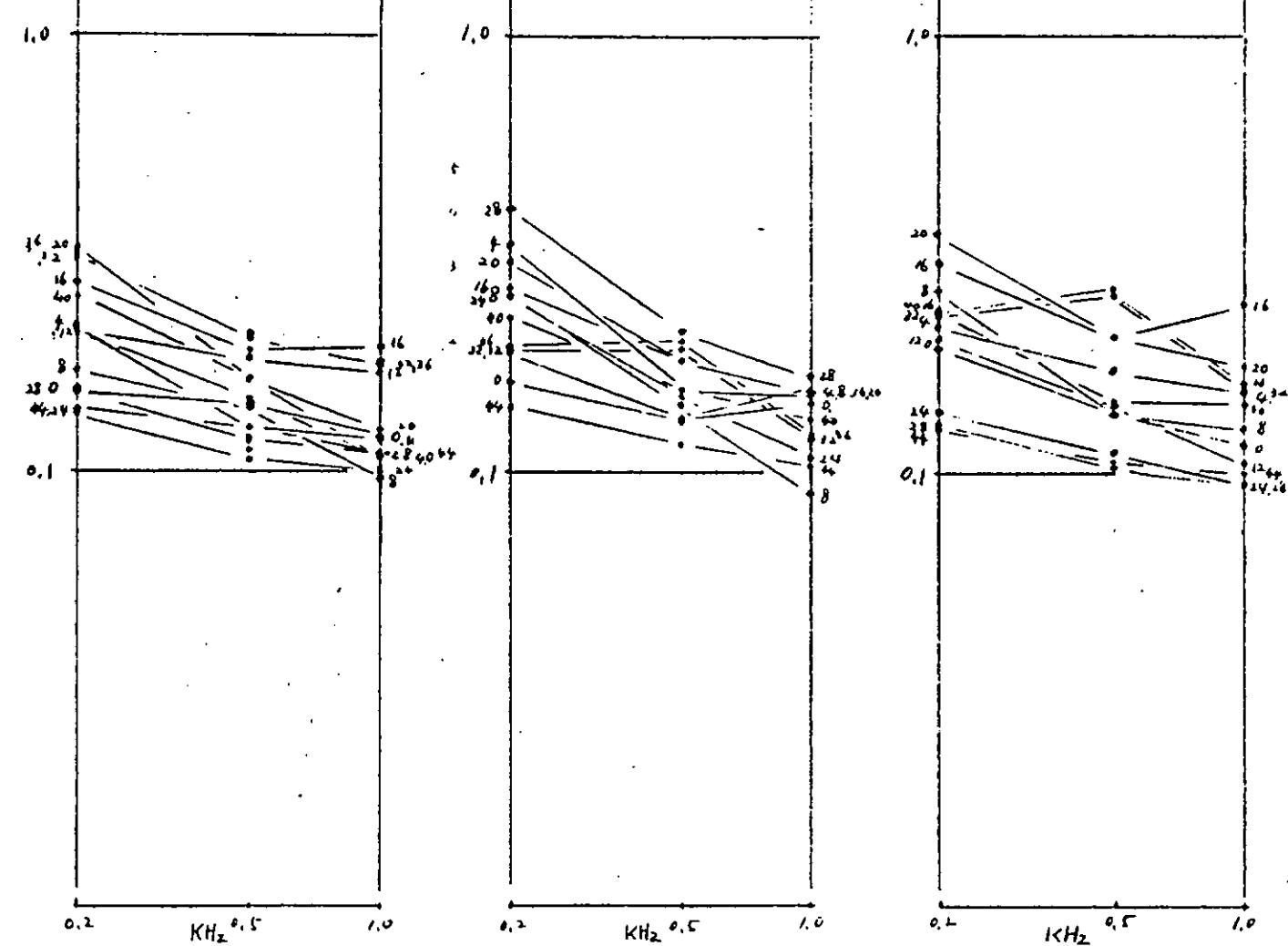


図2.1.14(1)a TE塗料の $\tan \delta$ の周波数特性（促進試験）

TPP3

TPS2

TPS3

図2.1.1 4(1)b TE塗料の $\tan \delta$ の周波数特性（促進試験）

THF-2

THF-3

THF-2

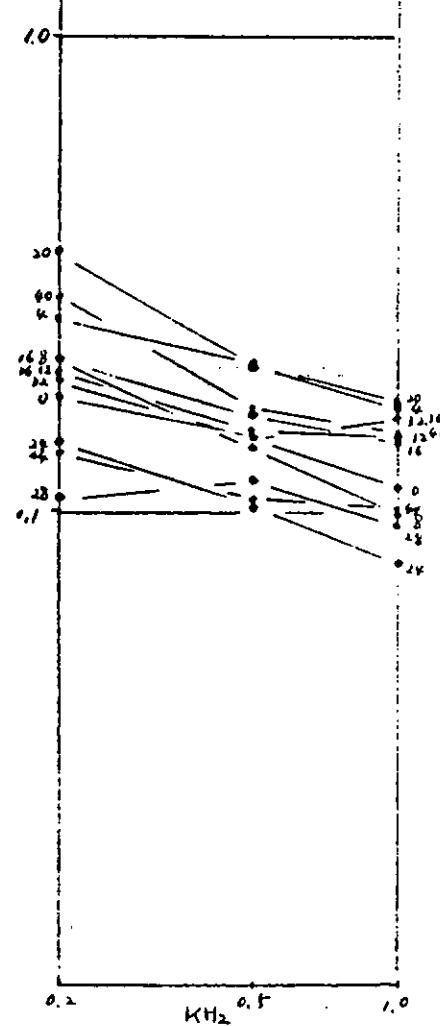
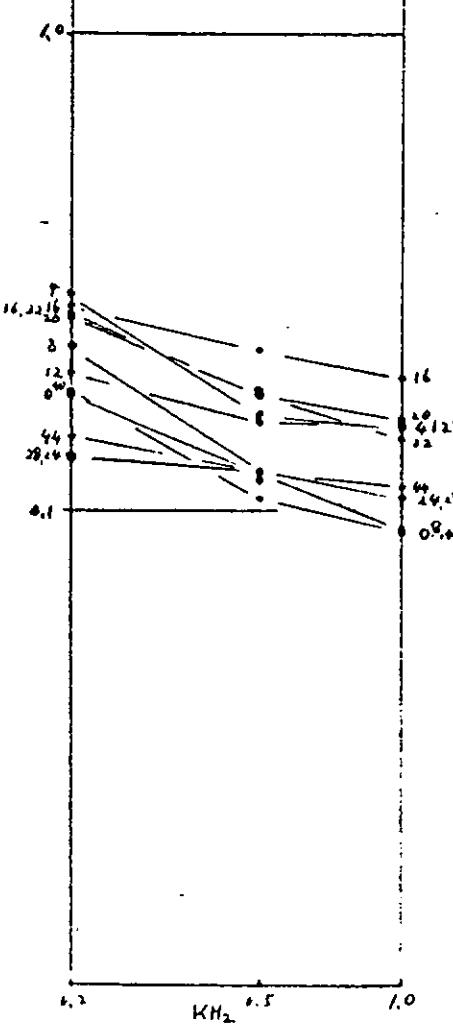
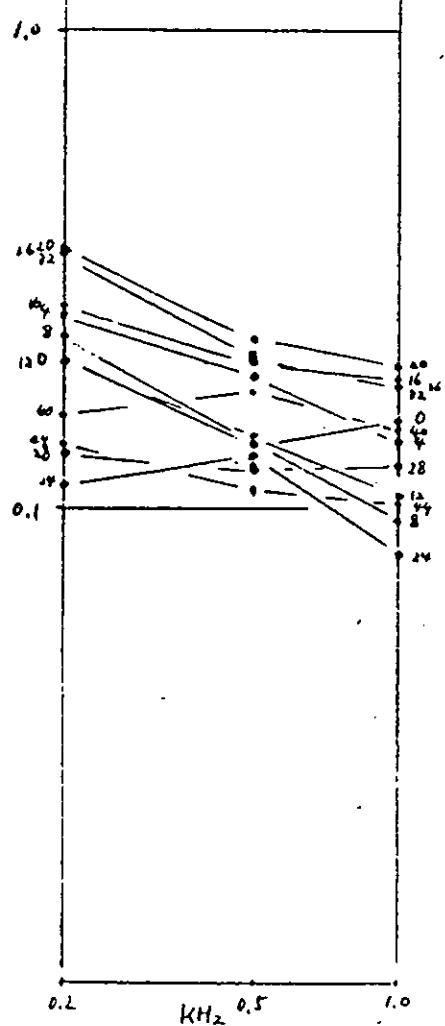


図2.1.14(1)c TE塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (促進試験)

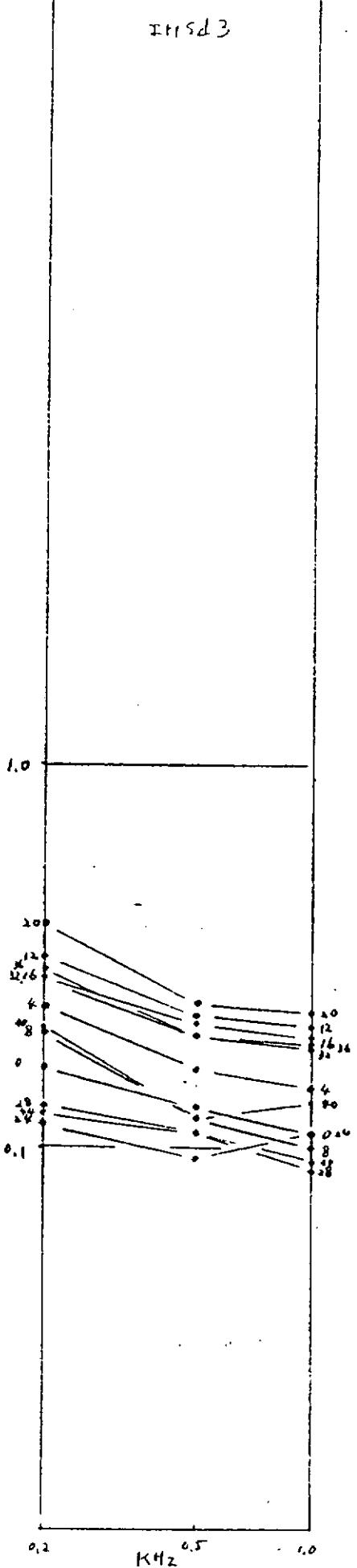


図2.1.1 4(l)d TE塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (促進試験)

TASd2

I.O

IF P+1

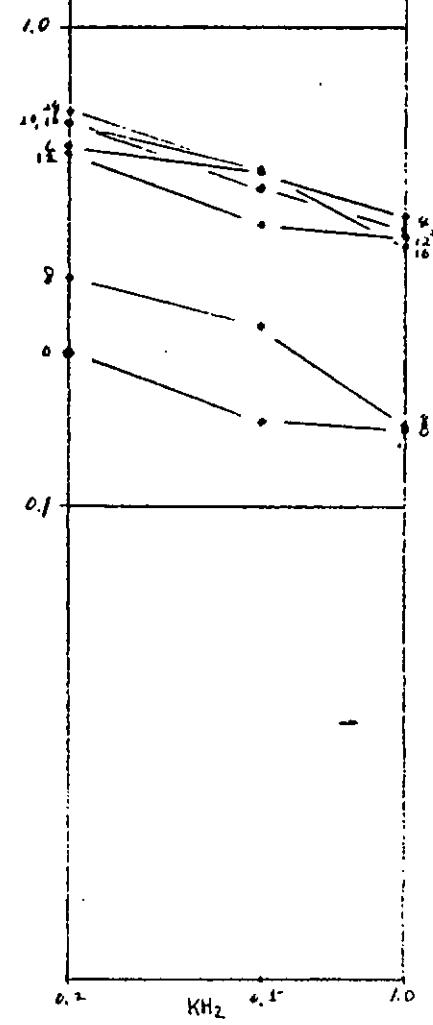
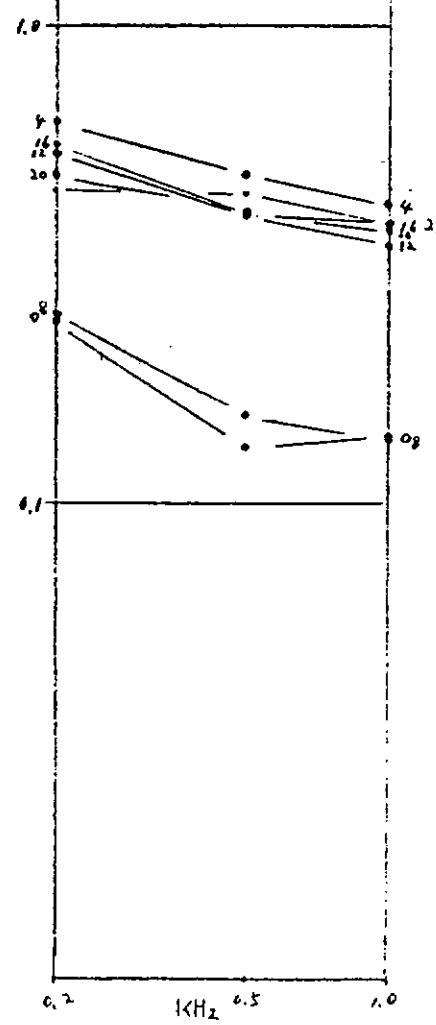
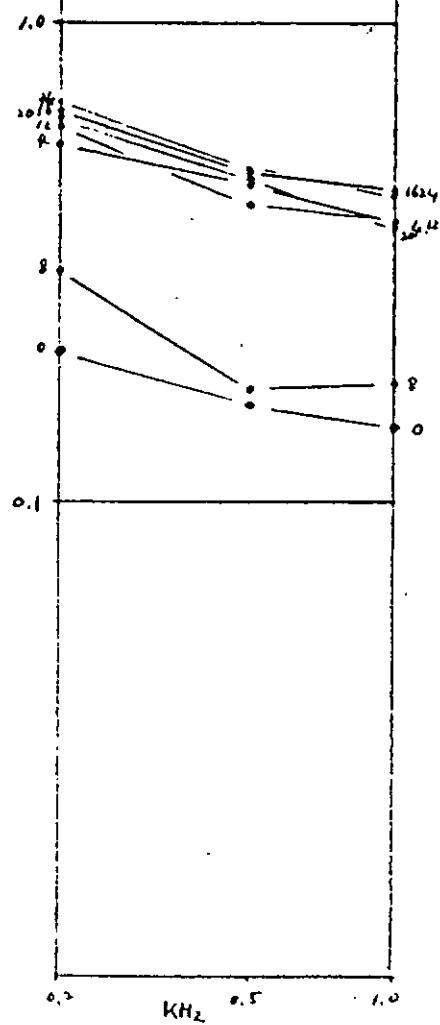
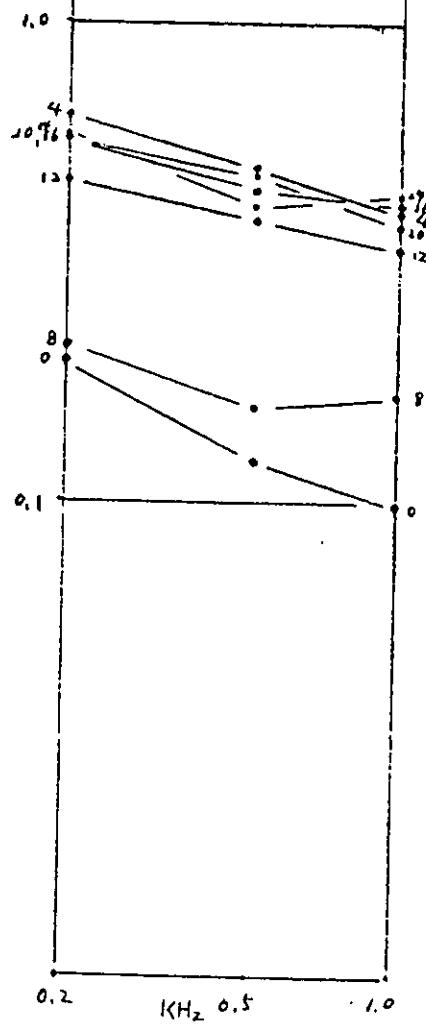
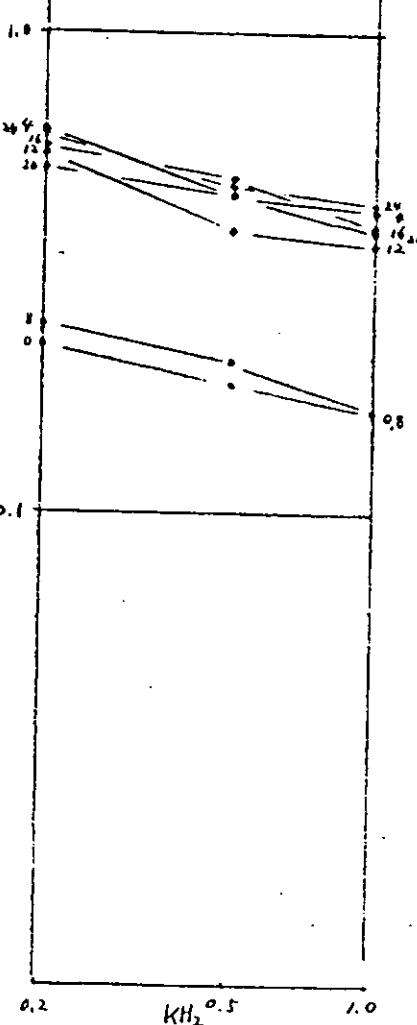


図2.1.1 4(2)a PE-A/C塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (促進試験)

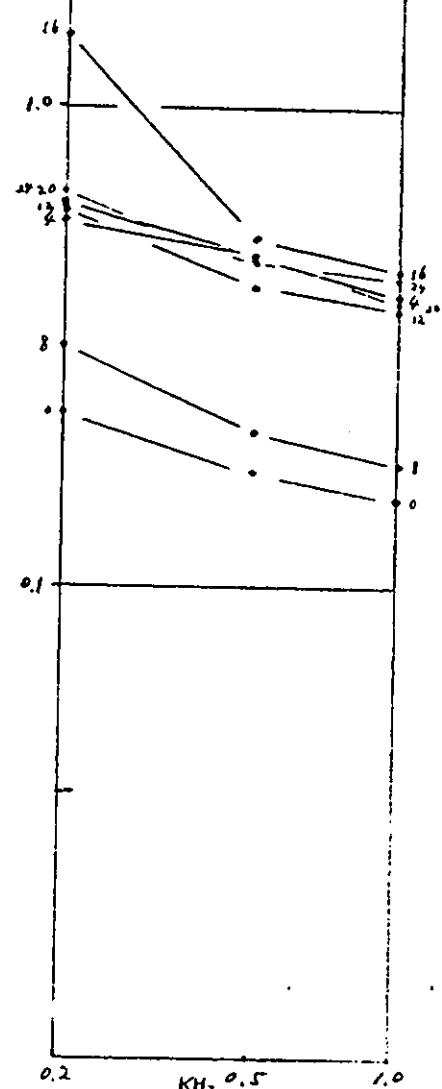
IF Pt3



IF Sd2



IF Sd3

図2.1.1 4(2)b PE・A/C塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (促進試験)

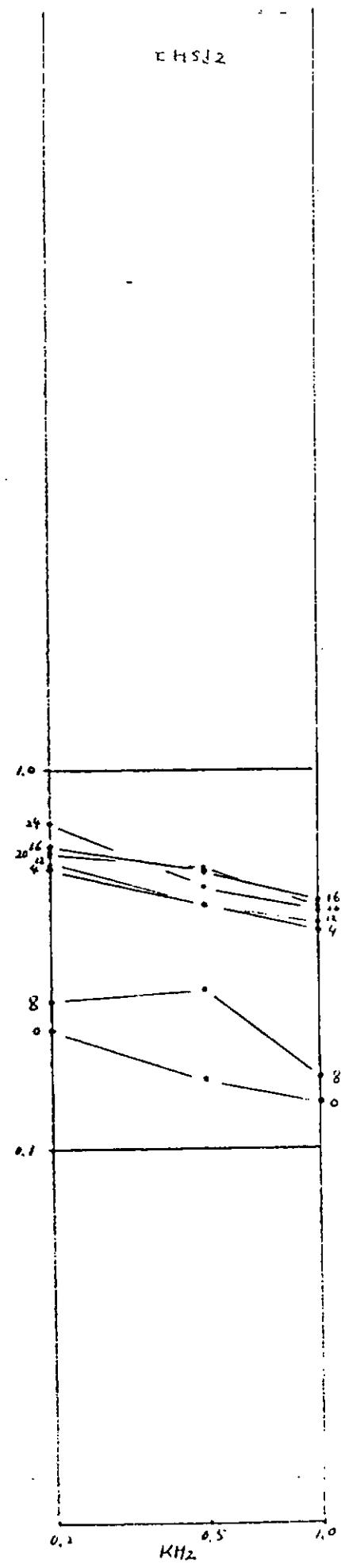
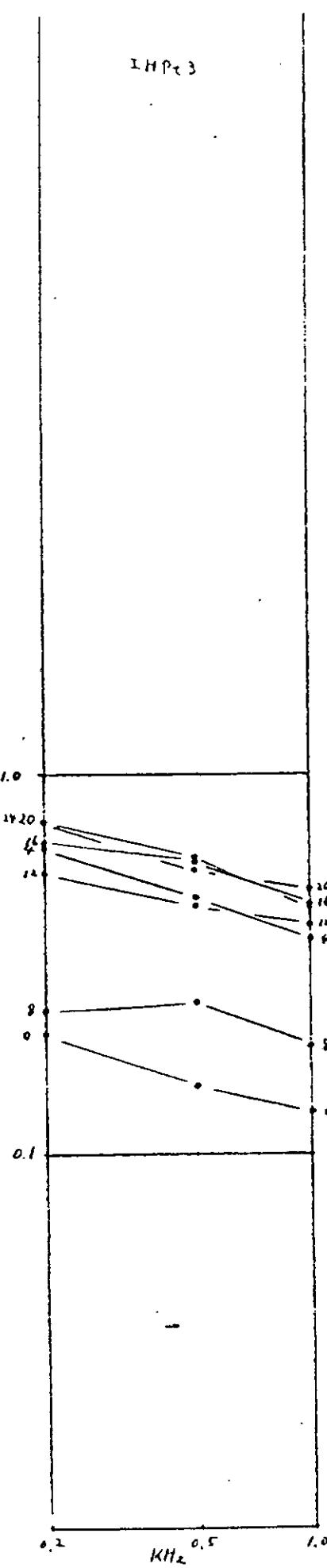
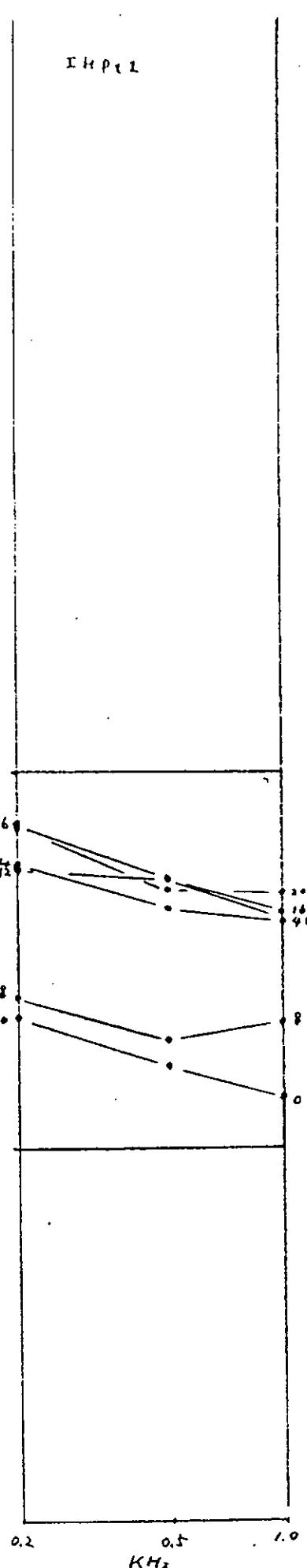


図2.1.14(2)c PE・A/C塗料の $\tan \delta$ の周波数特性（促進試験）

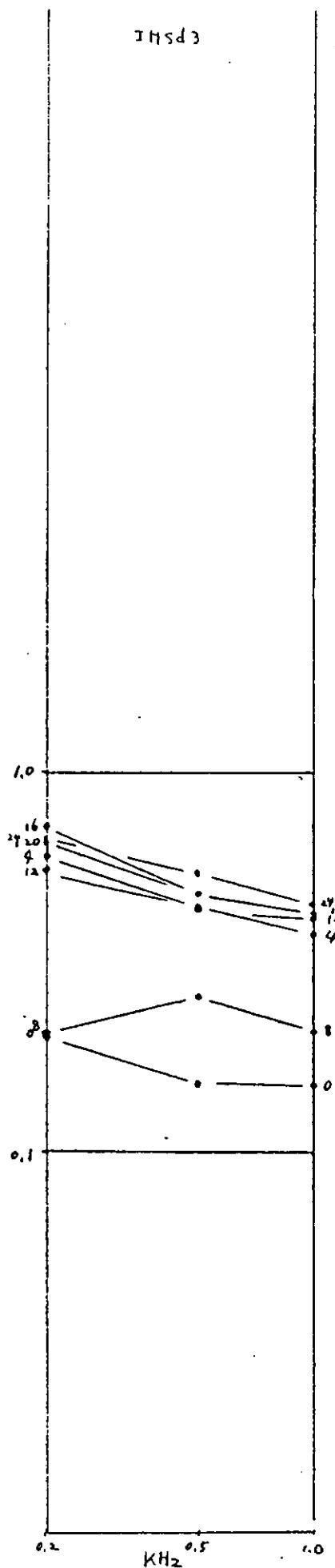


図2.1.1 4(2)d PE・A/C塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (促進試験)

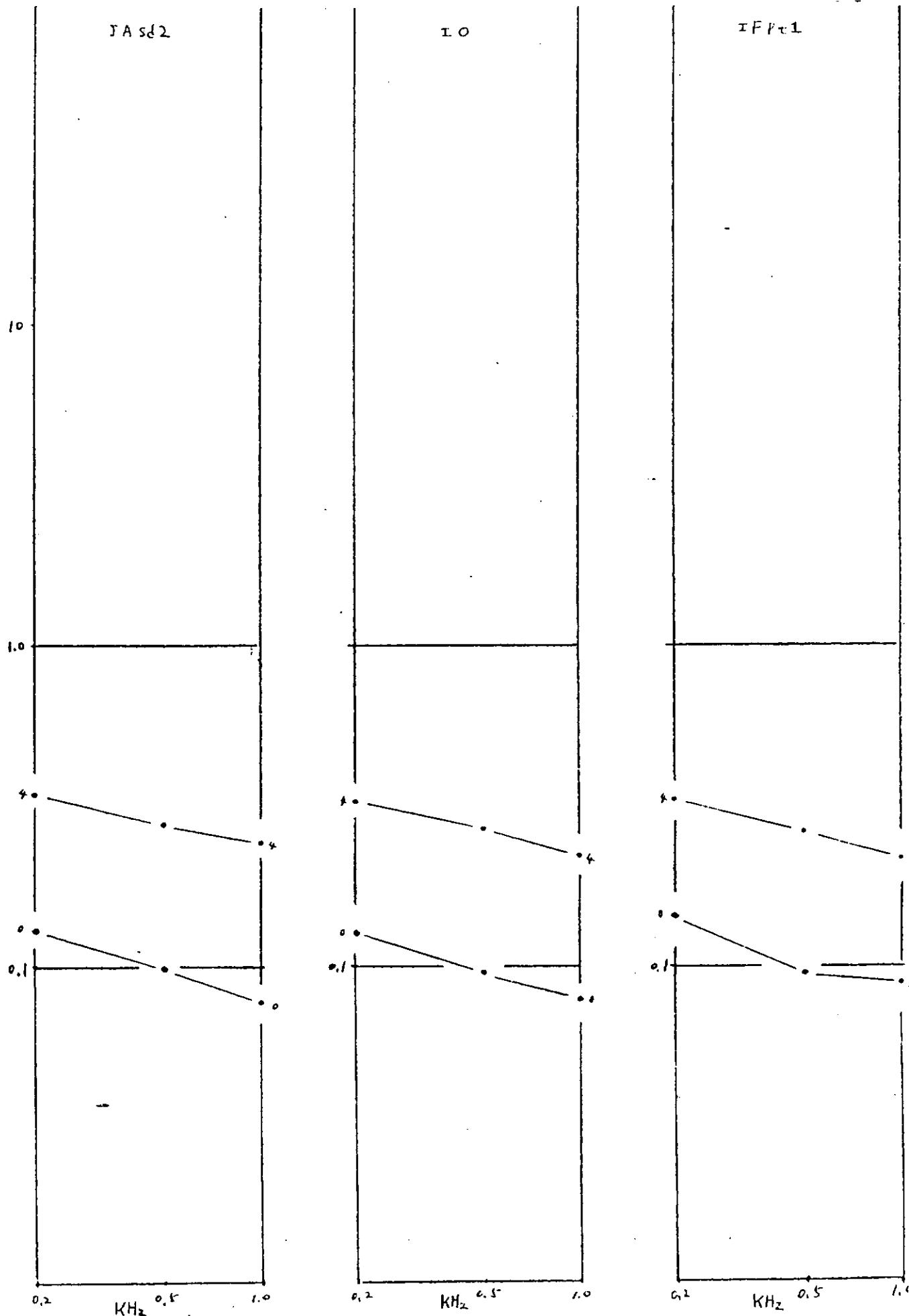


図2.1.14(3)a CR・A／CHB塗料の $\tan \delta$ の周波数特性（促進試験）

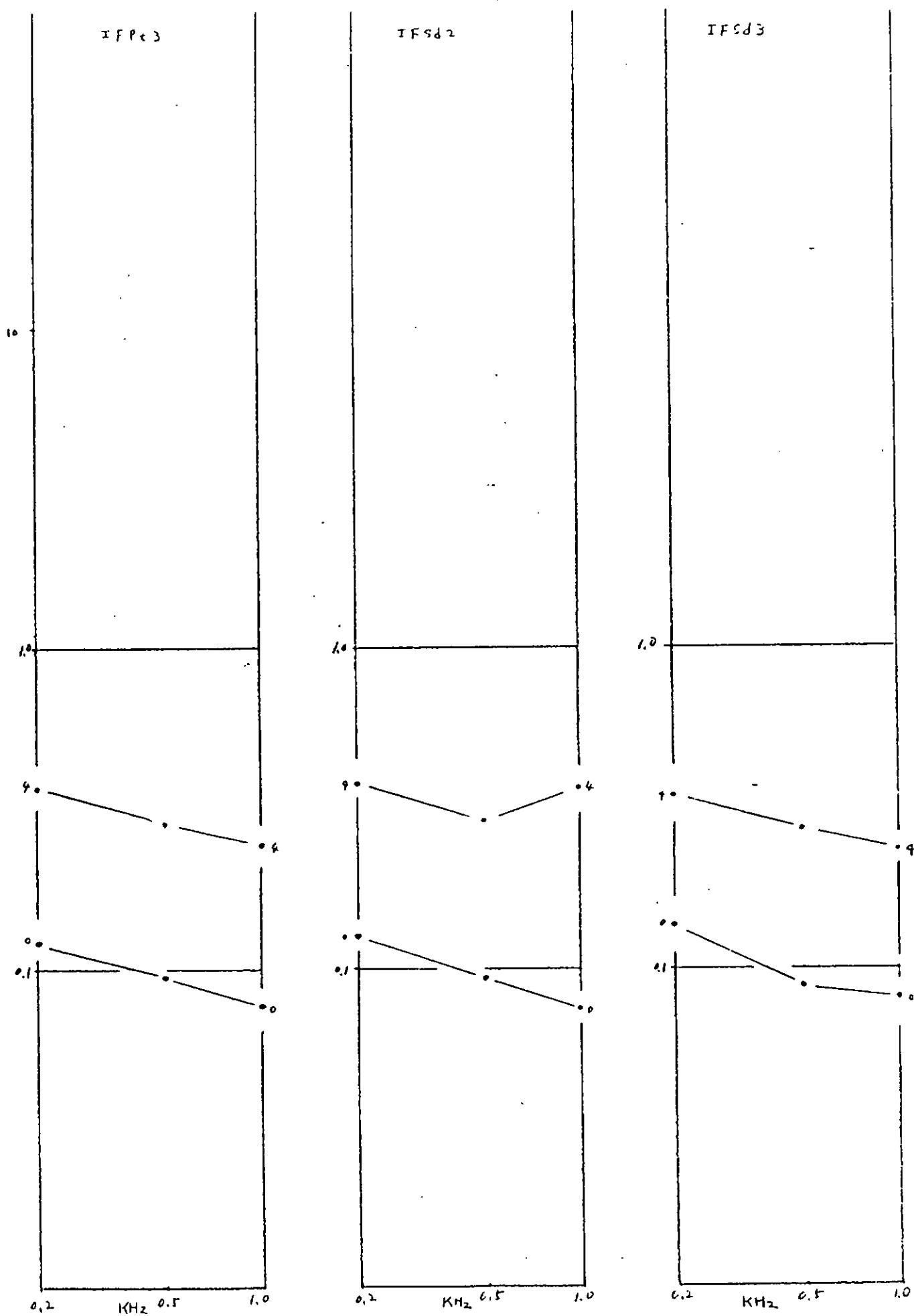


図2.1.14(3)b CR・A/CHB塗料の $\tan \delta$ の周波数特性（促進試験）

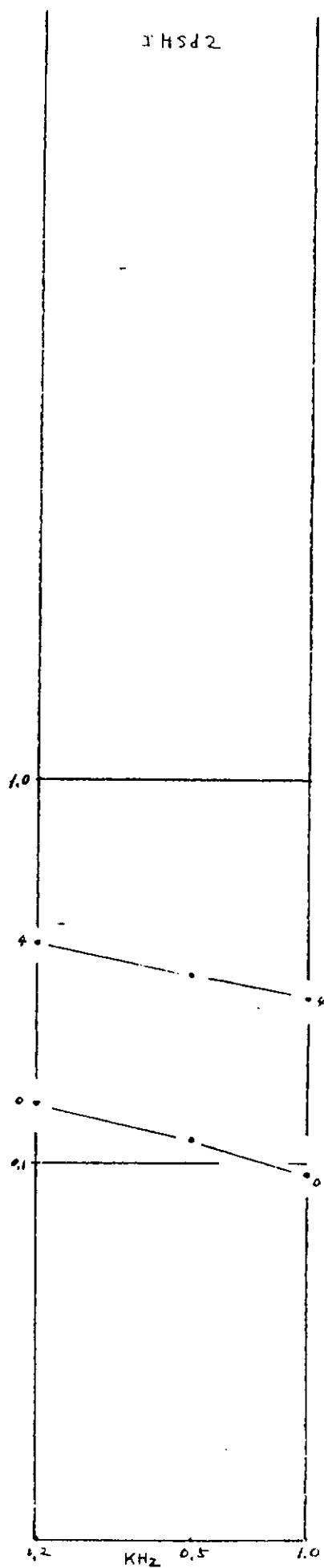
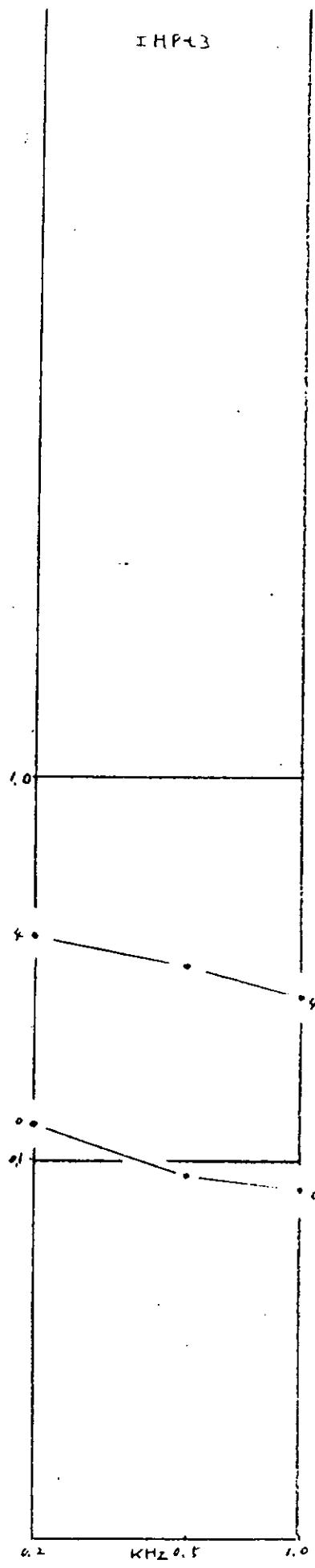
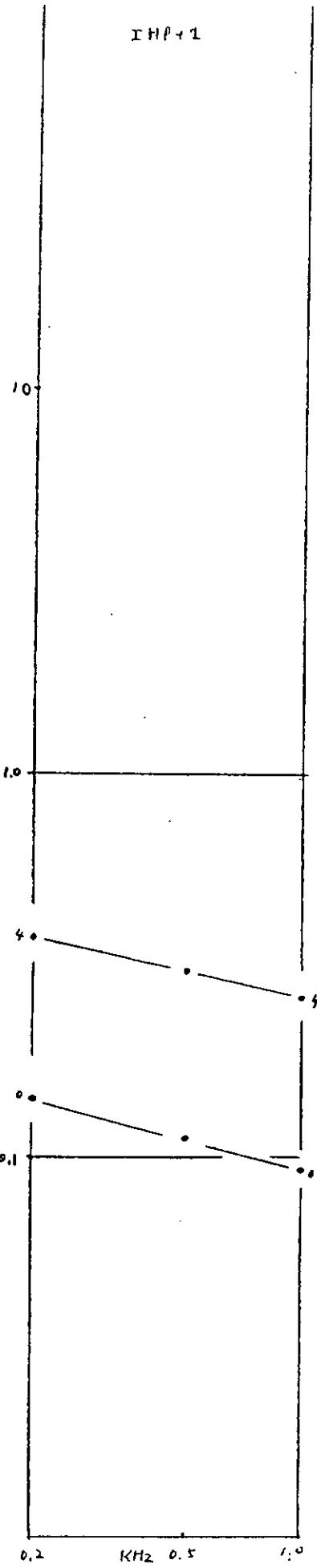
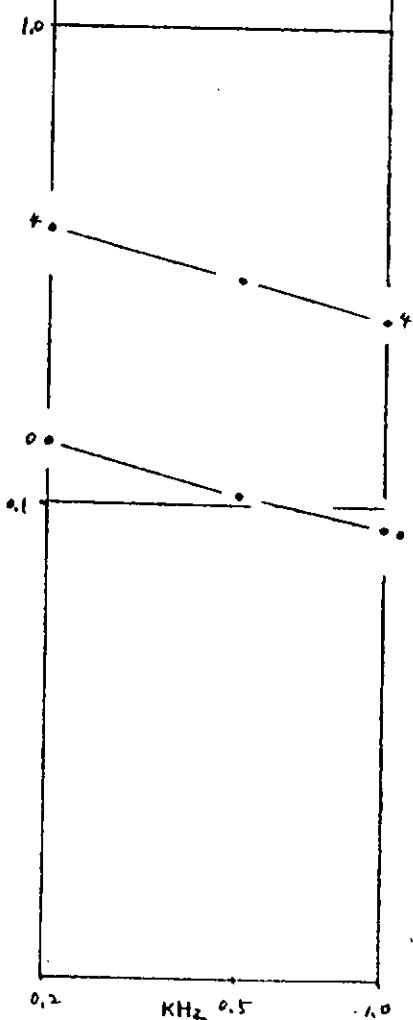


図2.1.1 4(3)c CR-A/CHB塗料の $\tan \delta$ の周波数特性 (促進試験)

図2.1.1 4(3)d CR・A／CHB塗料の $\tan \delta$ の周波数特性（促進試験）

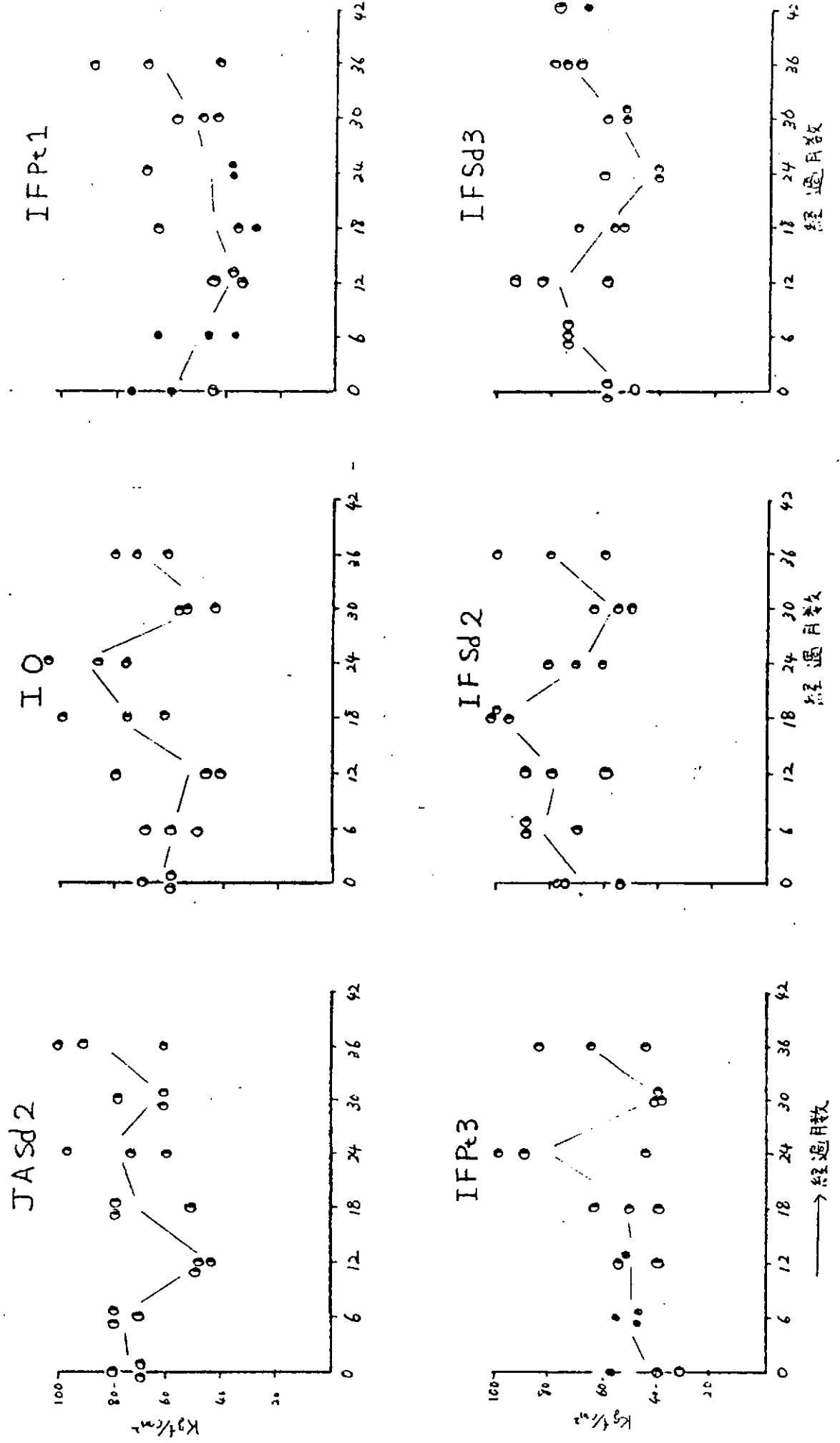


図2.1.15(1) TE塗料の付着力の経時変化(天然試験)

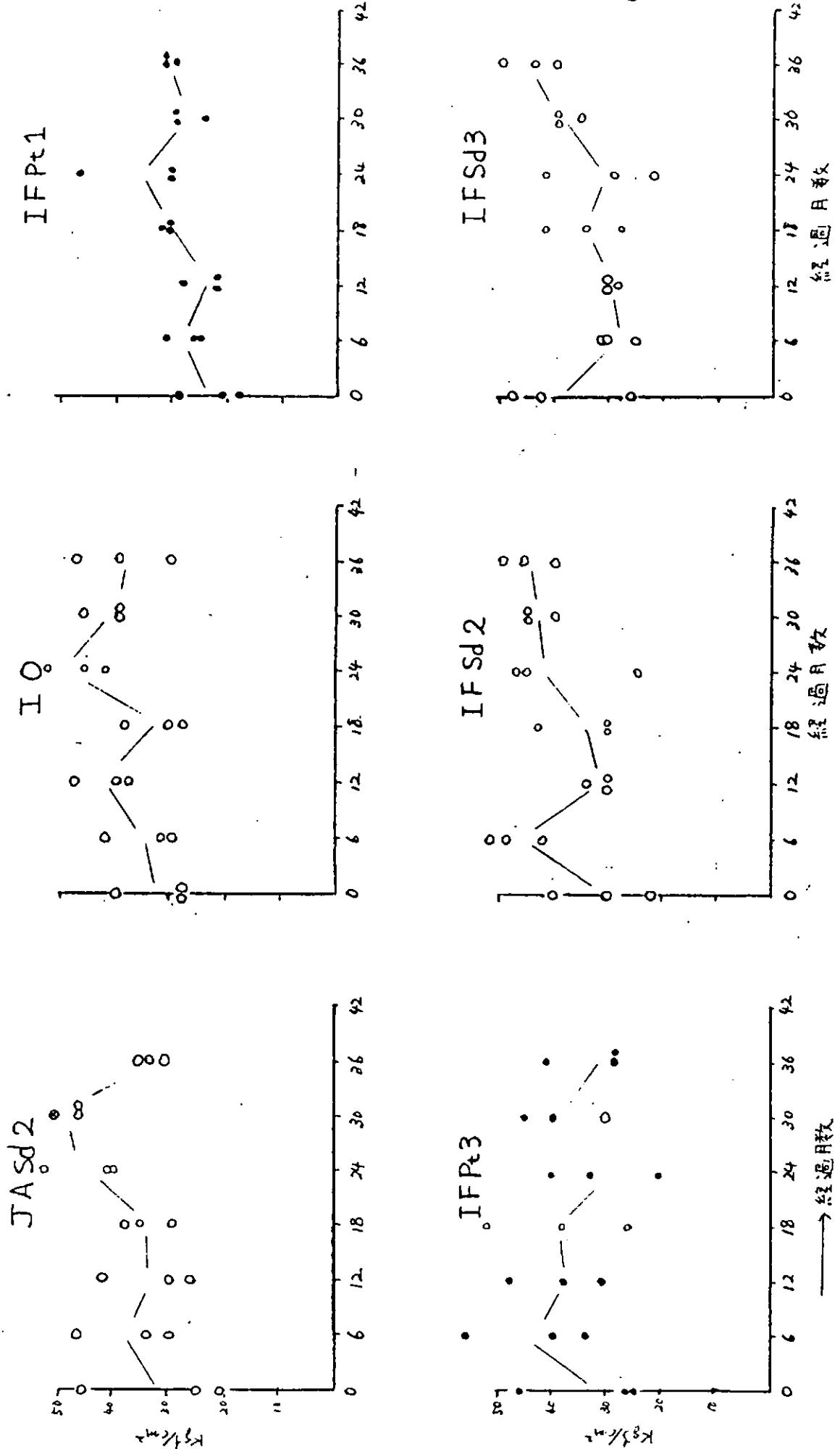
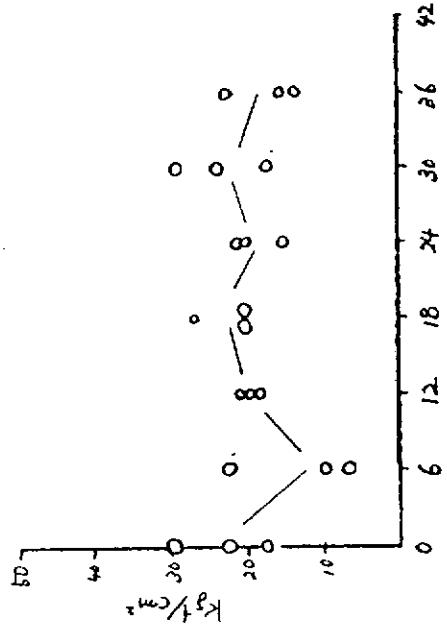
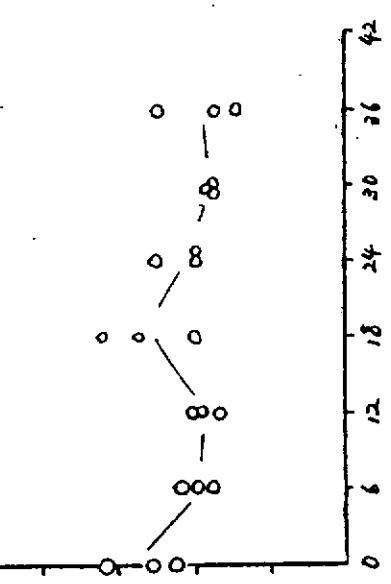


図2.1.1 5(2) PE・A/C塗料の付着力の経時変化(天然試験)

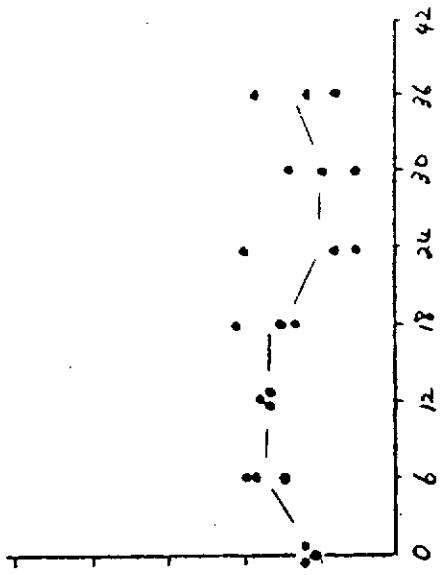
JASd2



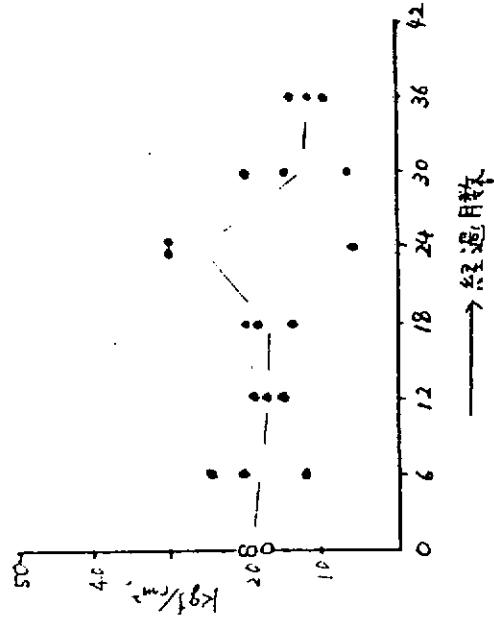
TO



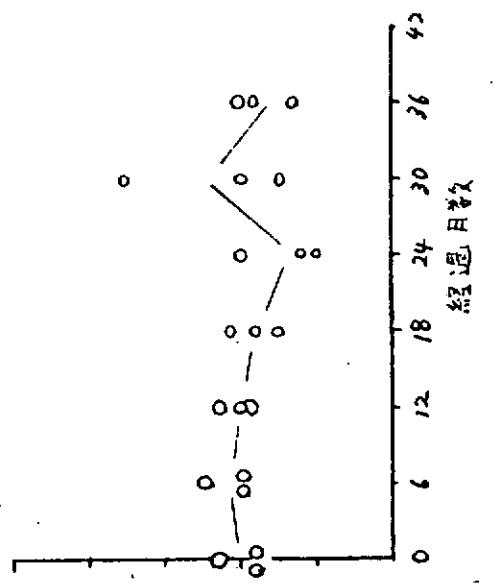
IF Pt1



IF Pt3



IF Sd2



IFSd3

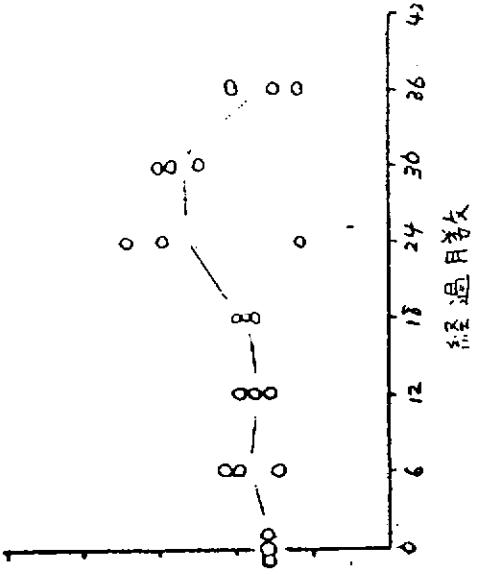
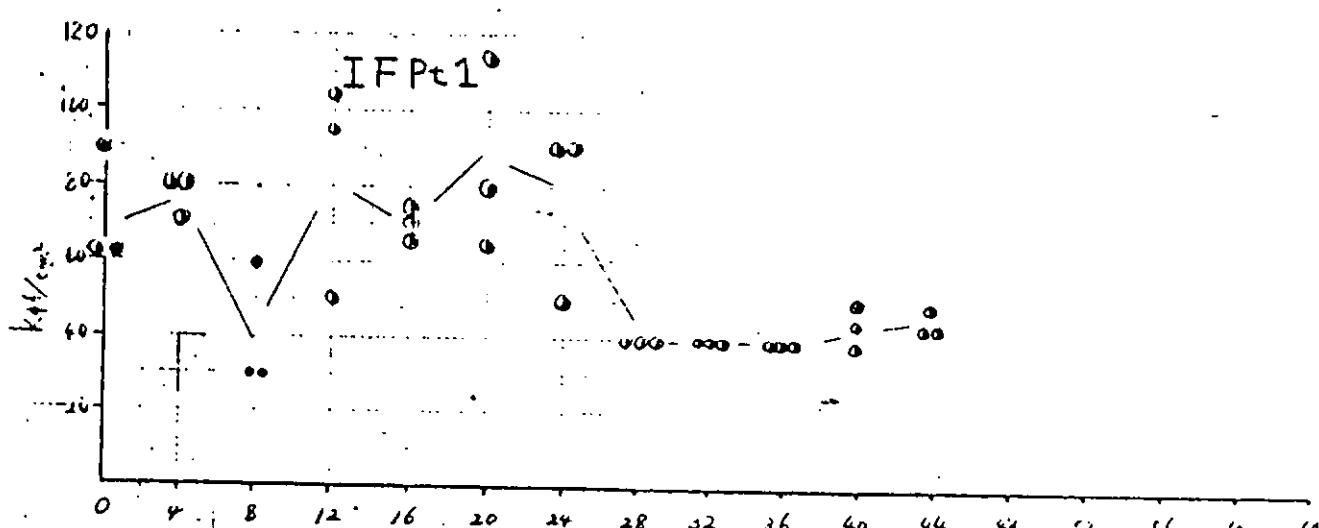
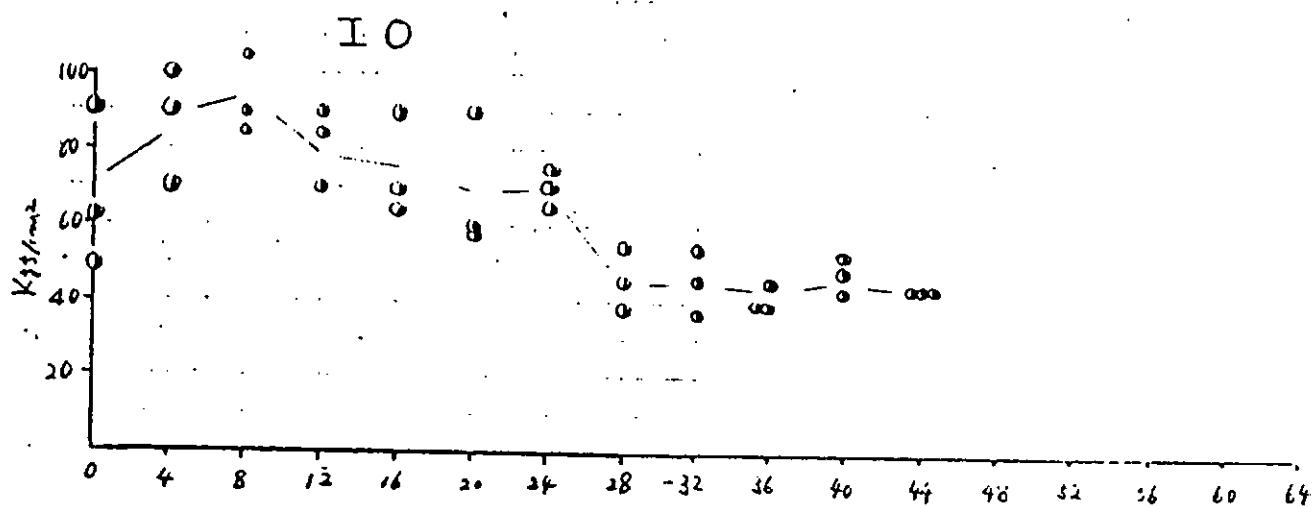
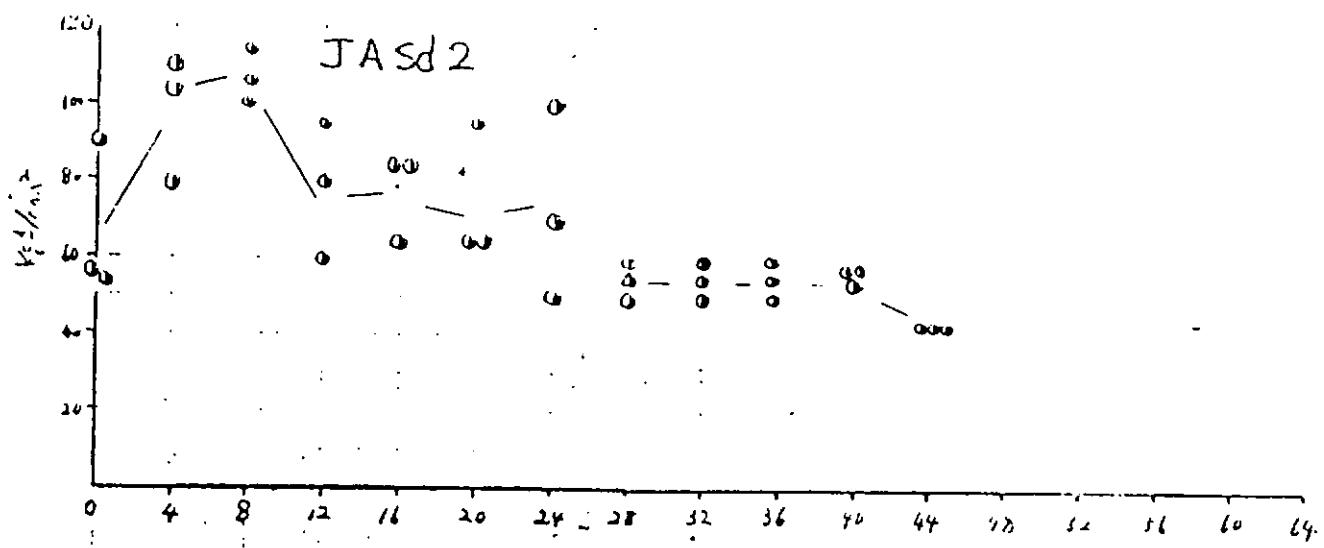


図2.1.1 5(3) CR・A/CHB塗料の付着力の経時変化（天然試験）



○ ud單独
● Pt混在

図2.1.1 6(1)a TE塗料の付着力の経時変化（促進試験）

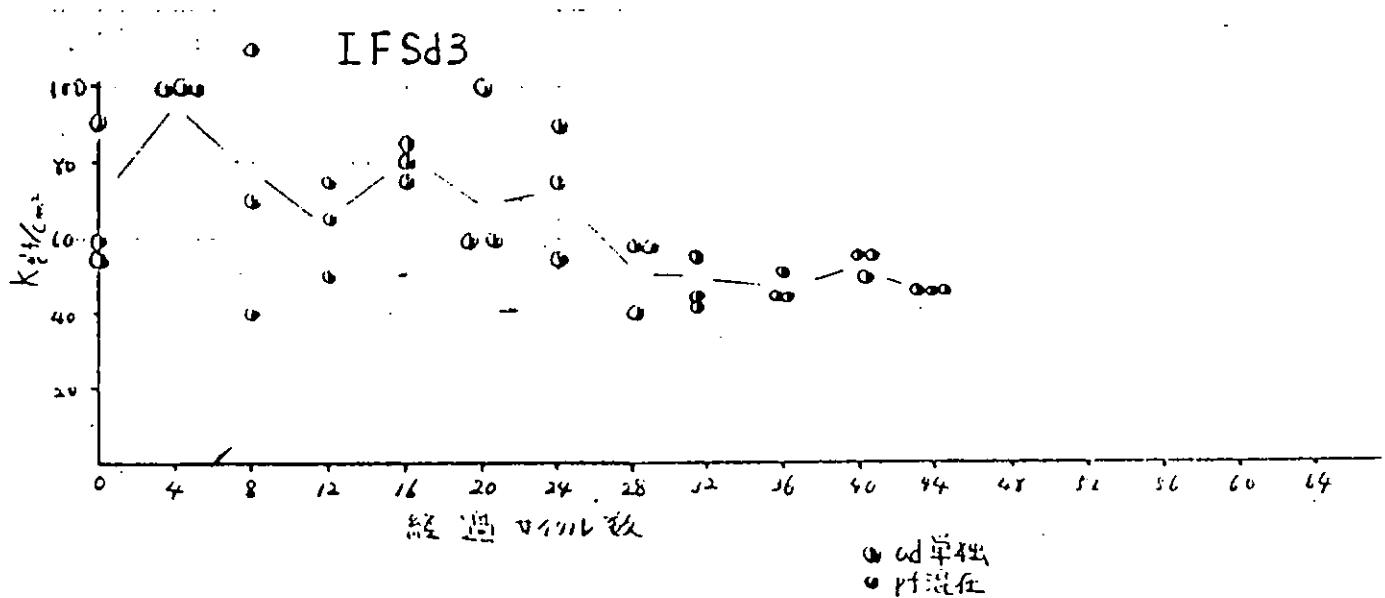
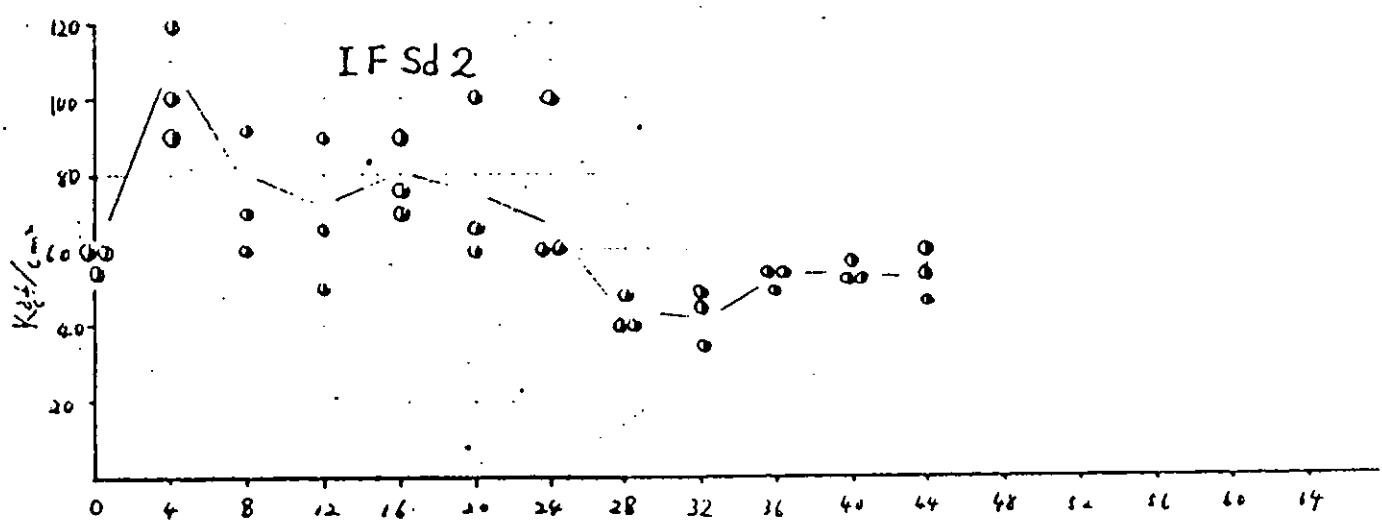
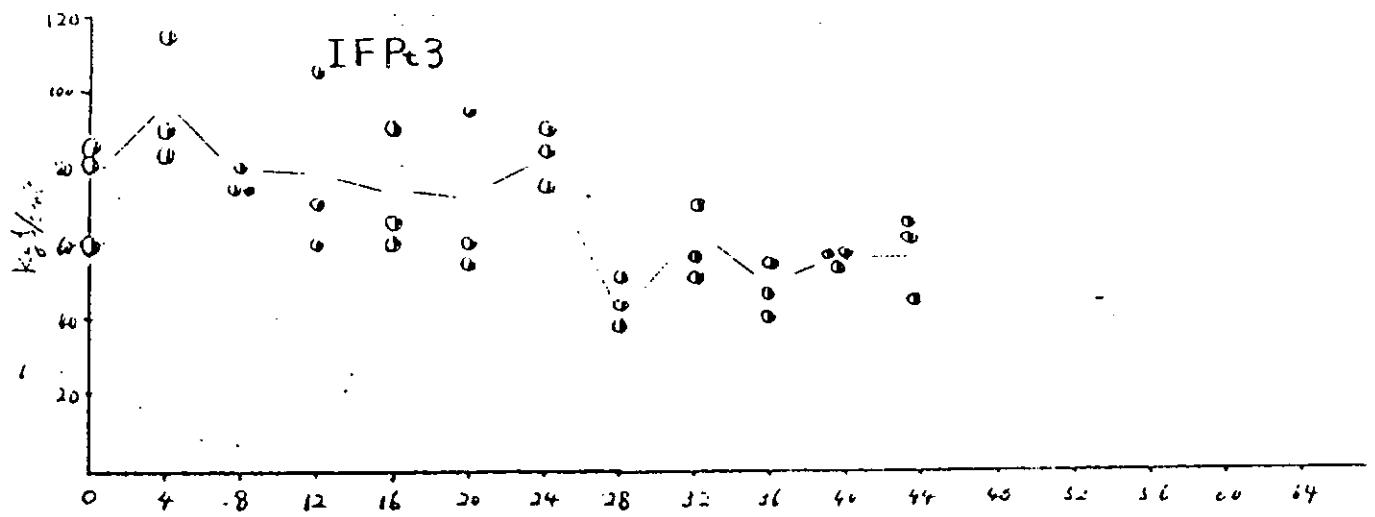


図2.1.1 6(1)b TE塗料の付着力の経時変化（促進試験）

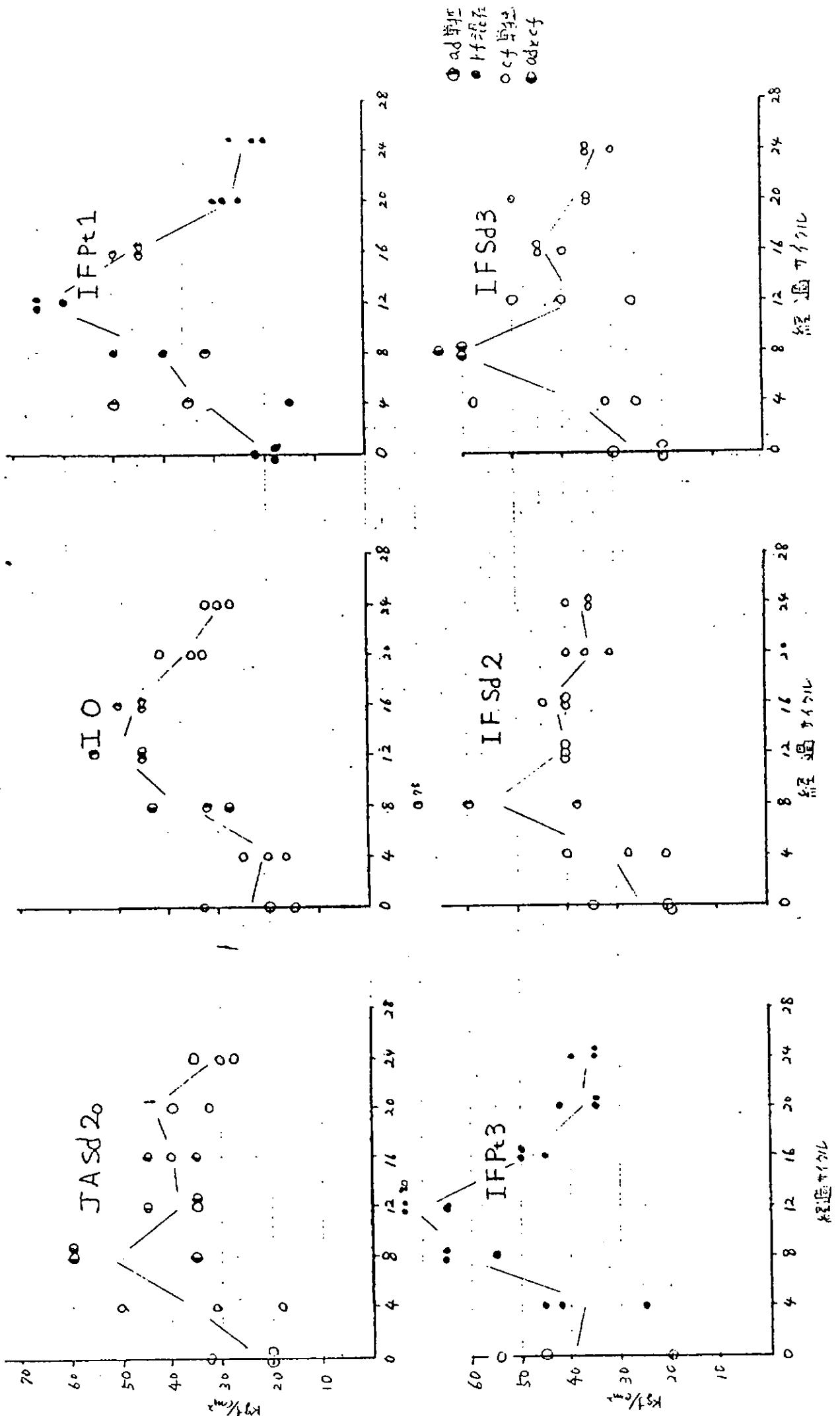
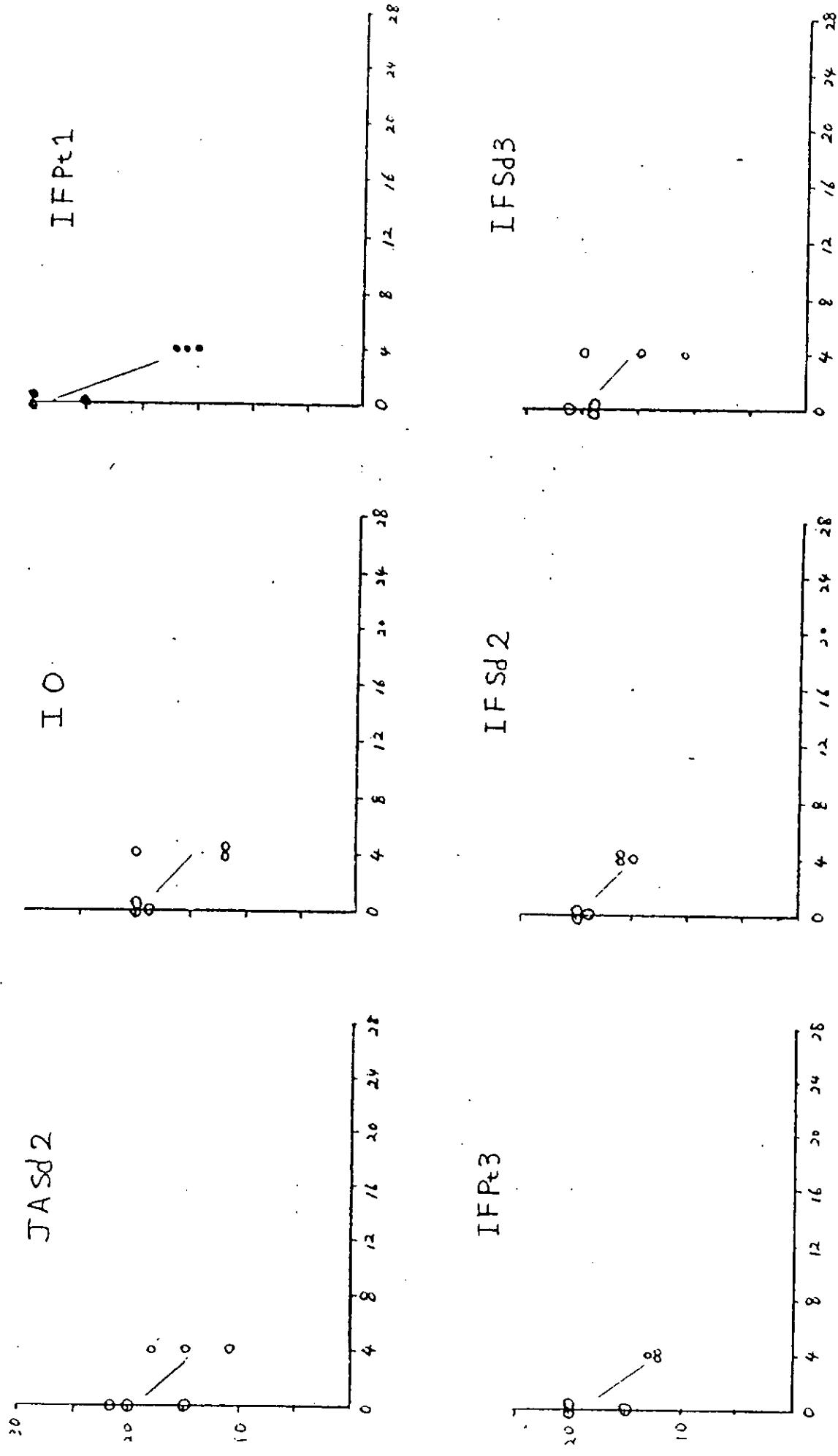


図2.1.16(2) PE・A/C塑料の付着力の経時変化(促進試験)

図2.1.16(3) CR・A／CHB塗料の付着力の経時変化(促進試験)



(5) 没水部を対象とした試験

(a) 試験片寸法

150 x 70 x 3.2 mm (SS41)

(b) 下地処理

(i) 一次処理

ショットブلاスト処理にてSIS-Sa2.5とした。

図2.1.17に表面アラサ測定結果の例を示す。

表面アラサは R_{max} 78μm, R_z 62μm (天然試験), R_{max} 62μm, R_z 48μm (促進試験) であった。

(ii) 二次処理

(イ) ショッププライマー塗装

(4). (ii). (イ)による。

(ロ) 熔接ビード肉盛

(4). (ii). (ロ)による。

(ハ) 歪取り

(4). (ii). (ハ)による。

(C) 塗装

塗装は全試験片、エアレス塗装機にて実施した。表2.1.7に供試3塗料の膜厚測定結果を示す。

塩化ゴム(CR-A/C-HB)塗料とタールエポキシ(TE)塗料はほぼ目標膜厚値に近い値が得られたが、エポキシ(PE)塗料は若干厚めの値である。

(D) 評価試験結果

(i) 外観

(イ) 天然試験: 30ヶ月間浸漬後および36ヶ月間浸漬後の外観観察結果を表2.1.8(1)~(2)に示す。

・ TE 塗料

: 歪取部、熔接部とも18ヶ月目にパワーツールPt1,Pt3処理材ではふくれなどの欠陥が認められている。36ヶ月後にはサンドブラストSd2処理材でもふくれが発生したが、Sd3処理材の欠陥の発生は認められない。

・ P E · A / C 塗料

歪取部ではふくれが標準材以外で 18 カ月後、点さびが Pt1 処理材で 12 カ月後 Pt3, Sd3 処理材で 18 カ月後に発生し、また溶接部でも Pt1 処理材で点さび、ふくれが 18 カ月後に認められており、その後若干の拡大が認められる。

・ C R · A / C · H B 塗料

歪取り部のパワーツール処理材および S d 2 処理材でふくれが 18 カ月後に認められ、その後その拡大が認められる。溶接部では、すべての処理材で 12 カ月目以降からふくれが認められた。

(ロ) 促進試験：各塗料の外観観察結果を表2.1.9 に示す。

・ T E 塗料

歪取部においてパワーツール処理材で小ふくれが 12 カ月目に認められた。溶接部では、12 カ月目で Pt1, 24 カ月目に他のすべての処理材で溶接部周辺で小ふくれが認められた。

・ P E · A / C 塗料

歪取部のパワーツール処理材で 6 カ月目に点さびが、12 カ月目にふくれが認められたが、サンドブラスト処理材では欠陥の発生は認められなかった。溶接部では 18 カ月後でも異常がない。

・ C R · A / C · H B 塗料

6 カ月浸漬後に標準材を除き、歪取部、溶接部の全ての処理材でふくれ、さび等の発生が認められた。

(ii) 電気的特性

(イ) 直流電気的特性

天然試験での直流電気的特性測定結果を表2.1.10(1) ~ (6) に、また促進試験での測定結果を表2.1.11(1) ~ (6) に、天然試験および促進試験の経時変化を図2.1.18(1) ~ (3) に示す。

また、ふくれおよびさび発生時点をそれぞれ →, ⇨ で塗膜抵抗の図中に示す。

・ T E 塗料（天然試験）

図2.1.18(1) 左側に示すように、塗膜抵抗(R_f)、界面抵抗(R_p)とともに 6 カ月後まで抵抗値が低下し、12 カ月後には再び初期の電気抵抗値程度まで戻った。その後 24 カ月後までほとんど変化が認め

られず、36カ月後にPt3,Sd2 および標準材の抵抗値が増加した。界面容量値も6カ月後まで上昇して12カ月後に再び初期値に戻ったが、その後36カ月後まであまり変化が認められない。

・ P E · A / C 塗料（天然試験）

図2.1.18(2) 左側に示すように、塗膜抵抗、界面抵抗は6カ月後まで低下し、界面容量は増加してその後36カ月後まで顕著な変化は認められない。また処理グレードによる差が認められ、パワーツール処理よりもサンドブラスト処理の方が、また処理グレードが高くなるほど電気抵抗値の高く、かつ界面容量値の低くなる傾向が認められた。

・ C R · A / C · H B 塗料（天然試験）

図2.1.18(3) 左側に示すように、サンドブラスト S d 3 処理材を除く全ての処理材で、浸漬時間とともに塗膜抵抗、界面抵抗値の低下および界面容量値の増加が認められた。パワーツール処理材よりもサンドブラスト処理材の方が若干抵抗値の高い傾向が認められる。

・ T E 塗料（促進試験）

図2.1.18(1) 右側に示すように、塗膜抵抗、界面抵抗および界面容量値とも36カ月経過後まで初期値と同程度の処理材が多い。Sd2 処理材以外は標準材よりも抵抗値はやや低く、容量値はやや高くなる傾向が認められた。また天然試験と比較すると、天然試験の30カ月後の各電気的特性値と促進試験の30カ月後の電気的特性値とはほぼ同程度の値であった。

・ P E · A / C 塗料（促進試験）

図2.1.18(2) 右側に示すように、6カ月後には各処理材で塗膜抵抗と界面抵抗の低下、界面容量の増加が認められ、その後はほとんど変化がない。処理グレードの差は認められ、サンドブラスト処理材の方がパワーツール処理材よりも抵抗値は高く、容量値の小さくなる傾向が認められた。また天然試験の18カ月後と比較すると、塗膜抵抗、界面抵抗値、および界面容量値ともほとんど差はみとめられない。

・ C R · A / C · H B 塗料（促進試験）

図2.1.18(3) 右側に示すように、Sd3 処理材以外は6カ月後に塗膜抵抗、界面抵抗の低下、界面容量の増加する傾向が認められた。特に Pt3 処理材の変化が著しい。また天然試験の6カ月後と比較すると、Pt3 処理材以外は同程度の値であった。

(口) 交流インピーダンス

天然試験での交流インピーダンス測定結果を表2.1.10(1)～(6)に、

0.2kHz、1kHzでの経時変化を図2.1.19(1)～(6)に示す。

また促進試験での測定結果を表2.1.11(1)～(6)に、0.2kHz、1kHzでの経時変化を図2.1.20(1)～(6)に示す。

また、ふくれおよびさび発生時点をそれぞれ→、⇒で電気抵抗の図中に示す。

・ T E 塗料（天然試験）

図2.1.19(1)、(2)に示すように、歪取部では電気抵抗、電気容量、 $\tan \delta$ とも6カ月後から24カ月後までほとんど変化がなく、30カ月後に少し低下したが36カ月後には再び24カ月後の値に戻った。また処理グレードによる差も認められない。溶接部では12カ月後から24カ月後にかけて電気抵抗の低下、電気容量、 $\tan \delta$ の増加する傾向が認められるが、その後36カ月後まで電気抵抗の増加、電気容量、 $\tan \delta$ の減少する傾向が認められた。

また処理グレードによる差は認められない。

測定周波数による差を比較すると、0.2kHzの方が、1kHzよりも電気抵抗、電気容量、 $\tan \delta$ とも若干大きくなる傾向にある。

・ P E・A/C 塗料（天然試験）

図2.1.19(3)、(4)に示すように、歪取部では電気抵抗、電気容量、 $\tan \delta$ とも処理グレードによる差が認められ、サンドブラスト材に比べパワーツール処理材の方が電気抵抗値では低く、電気容量値、 $\tan \delta$ 値では高くなる傾向が認められた。

溶接部では、電気容量値は初期値とほとんど変わらないが、電気抵抗値および $\tan \delta$ 値ではサンドブラスト Sd3 処理材を除いて24カ月後には低下および増加が認められ、36カ月後には再び6カ月後の値に戻った。

測定周波数による差を比較すると、0.2kHzの方が、1kHzよりも電気抵抗、電気容量、 $\tan \delta$ とも若干大きくなる傾向にある。

・ C R・A/C・H B 塗料（天然試験）

図2.1.19(5)、(6)に示すように、歪取部では電気容量値、 $\tan \delta$ は30カ月後に増加したが、36カ月後には初期値と同程度の値に戻った。電気抵抗値は30カ月後に低下し、Sd2、Sd3 処理材は36カ月後に再び増加した。また処理グレードによる差はパワーツール処理材の方が他の処理材よりも電気抵抗が低下し、 $\tan \delta$ 値の高くなる傾向が認められた。溶接部では、全ての処理材で6カ月以降電気抵抗が低下し、電気容量、 $\tan \delta$ 値の高くなる傾向が認められた。

これは溶接部での点さび、ふくれ等の欠陥の発生によるものである測定周波数による差を比較すると、0.2kHzの方が、1kHzよりも電気抵抗、電気容量、 $\tan \delta$ とも若干大きくなる傾向にある。

・ T E 塗料（促進試験）

図2.1.20(1)、(2)に示すように、歪取部、溶接部とも浸漬時間の増加に伴い電気抵抗の減少、電気容量、 $\tan \delta$ 値の増加する傾向が認められた。歪取部ではPt3、Sd2およびSd3処理材の電気抵抗の低下、電気容量、 $\tan \delta$ の増加が著しい。促進試験の歪取部の30カ月後と天然試験の30カ月後と比較すると、Pt3、Sd2およびSd3処理材の電気抵抗値が天然試験の値よりも低くなつた。

・ P E・A/C塗料（促進試験）

図2.1.20(3)、(4)に示すように、6カ月後に歪取部、溶接部とも電気抵抗の減少、電気容量、 $\tan \delta$ 値の増加する傾向が認められ、その後顕著な変化は認められない。歪取部でサンドブラスト処理材に比べてパワーツール処理材の方が劣化している傾向が認められ、電気抵抗値では減少、電気容量値、 $\tan \delta$ 値では増加が著しくなつてゐる。天然試験18カ月後と比較すると、歪取部、溶接部ともあまり大差が無い。

・ C R・A/C・H B 塗料（促進試験）

図2.1.20(5)、(6)に示すように、歪取部では、Pt3処理材の電気抵抗値の低下、電気容量値、 $\tan \delta$ の増加する傾向が認められたが他の処理材はほとんど変化がない。溶接部では、全ての処理材で電気抵抗の低下、電気容量、 $\tan \delta$ の増加する傾向が認められた。天然試験6カ月後と比較すると、歪取部、溶接部ともあまり大差が無い

(iii) 付着強さ

天然試験での測定結果を表2.1.12に示し、経時変化を図2.1.21(1)に示す。促進試験での測定結果を表2.1.12(1)～(3)に示し、経時変化を図2.1.21(2)に示す。

また、ふくれおよびさび発生時点をそれぞれ→、⇒で図中に示す。

・ T E 塗料（天然試験）

図2.1.21(1)に示すように、歪取部、溶接部とも浸漬時間とともに付着強さの低下する傾向が認められた。36カ月後において、歪取

部の全ての処理材が $30\sim40\text{ kg}/\text{cm}^2$ 程度であり、溶接部周辺では $20\sim30\text{ kg}/\text{cm}^2$ 程度である。

・ P E・A/C 塗料（天然試験）

図2.1.21(1)に示すように、歪取部、溶接部とも24カ月後まで浸漬時間とともに付着強さの低下する傾向が認められるが、それ以後36カ月後まで増加する傾向が認められた。36カ月後において、歪取部は $30\text{ kg}/\text{cm}^2$ 程度、溶接部周辺では $30\sim40\text{ kg}/\text{cm}^2$ 程度である。

・ C R・A/C・H B 塗料（天然試験）

図2.1.21(1)に示すように、歪取部、溶接部とも浸漬時間とともに付着強さの低下し、36カ月後に若干増加する傾向が認められた。36カ月後において特に歪取部のパワーツールPt1処理材の付着強さの低下が著しく、 $2\text{ kg}/\text{cm}^2$ 程度まで低下した。

・ T E 塗料（促進試験）

図2.1.21(2)に示すように、歪取部、溶接部周辺とも浸漬時間とともに付着強さの低下する傾向が認められた。30カ月後において、歪取部のサンドblast処理材の付着強さが $10\text{ kg}/\text{cm}^2$ 以下に低下したが、他の処理材では $20\text{ kg}/\text{cm}^2$ 程度である。天然浸漬30カ月後と比べると付着強さの度合は大差がない。

・ P E・A/C 塗料（促進試験）

図2.1.21(2)に示すように、歪取部、溶接部周辺とも6カ月後まで浸漬時間とともに付着強さの低下する傾向が認められたがその後は経過著な変化は認められない。歪取部のPt1処理材の付着強さが $10\text{ kg}/\text{cm}^2$ 程度に低下したが、他の処理材では $20\text{ kg}/\text{cm}^2$ 以上の付着強さであった。また歪取部、溶接部周辺ともサンドblast処理材の方が、パワーツール処理材よりも付着強さの高くなる傾向が認められた。天然浸漬6カ月後と比べてると、歪取部でやや低下の度合が大きいようである。

・ C R・A/C・H B 塗料（促進試験）

図2.1.21(2)に示すように、歪取部、溶接部とも初期値とほとんど変わらない。6カ月経過時点においては、処理グレードによる差は認められない。

(6) まとめ

(a) 飛沫部を対象とした試験

本年度は、3塗料の天然暴露試験30, 36箇月後とTE塗料促進試験の32~44サイクル後、PE・A/C塗料促進試験の8~24サイクル後、CR・A/C・HB塗料促進試験前と4サイクル後における表面処理グレード別試験片のデータを得た。

天然試験において取得したデータから電気抵抗値ではTE, CR・A/C・HB塗料に比べPE・A/C塗料は表面処理グレード差があり、取得データと外観を対応すると塗料種に拘らず塗膜欠陥発生と電気的特性との関連は直、交流抵抗値の減少、周波数特性（交流抵抗、容量、 $\tan \delta$ ）で特異な変化が認められた。

更に、表面処理グレード差と外観との関連はPE・A/C塗料のみ全処理グレードで塗膜欠陥発生はないがTE塗料、CR・A/C・HB塗料でIHPt1は早期に塗膜欠陥発生し、CR・A/C・HB塗料の歪取り処理グレードすべて欠陥発生がありPt処理はSd処理に比べ欠陥発生が早い。

付着力に関しては現時点では破断形態で表面処理グレード差の影響は認められるが強度低下に及ぼす表面処理グレード差の影響は認め難い。

促進試験はTE, PE・A/C塗料に加え本年度、CR・A/C・HB塗料を開始した。現時点では3塗料の塗膜欠陥発生は全くなく電気的特性及び付着力の経時変化において特異な現象も認められない。TE塗料では促進効果は認め難いがPE・A/C, CR・A/C・HB塗料で電気抵抗値の減少として促進効果が現れつつあり今後のデータ取得でその効果を明確化したい。

(b) 没水部を対象とした試験

本年度は3種類の塗料について天然試験30カ月、36カ月後の塗膜物性データと促進試験（タルエボキシ塗料の24カ月、30カ月後、エボキシ塗料の12カ月後、18カ月後、塩化ゴム塗料の初期、6カ月後）の塗膜物性データを得た。天然試験においては、塗膜の劣化傾向が認められ、全ての塗料において下地処理による差が認められた。特にエボキシ塗料の歪取部でその影響が顕著に認められた。促進試験においても外観、電気的特性ともに劣化傾向が認められた。

今後更に長期浸漬試験を実施して、天然試験との対比、下地処理グレードによる差を明らかにする必要がある。

表 2.1.7 膜厚測定結果
(単位: μm)

項目		T E 目標膜厚 $220\mu\text{m}$ (1回塗り)	P E 目標膜厚 $200\mu\text{m}$ (2回塗り)	C R 目標膜厚 $120\mu\text{m}$ (2回塗り)
天然試験	範囲	204~265	199~288	109~134
	平均	229	236	120
	標準偏差	6.9	25.7	15.9
促進試験	範囲	204~291	211~314	111~130
	平均	234	249	122
	標準偏差	23.4	31.3	6.4

表 2.1.8 (1) 30カ月浸漬後の外観評価結果

塗 料	損 傷	処理グレード	評価点	塗膜状態
タルエポキシ	標準材		10	
	歪取部	Pt 1	6M	小ふくれ
		Pt 3	6M	小ふくれ
		Sd 2	10	
		Sd 3	10	
	溶接部	Pt 1	6M	溶接部横小ふくれ
		Pt 3	6M	溶接部横小ふくれ
		Sd 2	10	
		Sd 3	10	
エポキシ	標準材		10	
	歪取部	Pt 1	6F	ふくれ、点さび
		Pt 3	8F	ふくれ、点さび
		Sd 2	8F	小ふくれ
		Sd 3	8F	ふくれ、点さび
	溶接部	Pt 1	8F	ふくれ、点さび
		Pt 3	10	
		Sd 2	10	
		Sd 3	10	
塩化ゴム	標準材		10	
	歪取部	Pt 1	6M	ふくれ
		Pt 3	6M	ふくれ
		Sd 2	8F	ふくれ
		Sd 3	10	
	溶接部	Pt 1	6MD	溶接部突起部点さび
		Pt 3	6MD	溶接部突起部点さび
		Sd 2	8M	溶接部突起部点さび
		Sd 3	8F	溶接部突起部点さび

評価点はASTMのD716-56(ふくれ), D610-68(さび)の基準に基く

表 2.1.8 (2) 36カ月浸漬後の外観評価結果

塗 料	損 傷	処理グレード	評価点	塗膜状態
タルエポキシ	標準材		10	
	歪取部	Pt 1	6MD	小ふくれ
		Pt 3	6M	小ふくれ
		Sd 2	6F	ふくれ
		Sd 3	10	
	溶接部	Pt 1	6M	溶接部横小ふくれ
		Pt 3	6M	溶接部横小ふくれ
		Sd 2	10	
		Sd 3	10	
エポキシ	標準材		10	
	歪取部	Pt 1	6F	ふくれ、点さび
		Pt 3	8F	ふくれ、点さび
		Sd 2	8F	ふくれ、点さび
		Sd 3	8F	ふくれ、点さび
	溶接部	Pt 1	8F	ふくれ、点さび
		Pt 3	10	
		Sd 2	10	
		Sd 3	10	
塩化ゴム	標準材		10	
	歪取部	Pt 1	6MD	ふくれ
		Pt 3	6M	ふくれ
		Sd 2	6F	ふくれ
		Sd 3	10	
	溶接部	Pt 1	6MD	溶接部突起部点さび
		Pt 3	6MD	溶接部突起部点さび
		Sd 2	8M	溶接部突起部点さび
		Sd 3	8M	溶接部突起部点さび

評価点はASTMのD716-56(ふくれ), D610-68(さび)の基準に基づく

表 2.1.9 各塗料の外観評価結果（促進試験）

塗料	損傷	処理グレード	24カ月後		30カ月後	
			評価点	塗膜状態	評価点	塗膜状態
タルエボキシ	標準材		10		10	-
	歪取部	Pt1	6M	小ふくれ	6M	小ふくれ
		Pt3	6M	小ふくれ	6MD	小ふくれ
		Sd2	10		10	
		Sd3	10		10	
	溶接部	Pt1	8M	溶接部周辺 小ふくれ	8MD	溶接部周辺 小ふくれ
		Pt3	8F	同上	8F	同上
		Sd2	8F	同上	8F	同上
		Sd3	8F	同上	8F	同上
エボキシ	塗料	損傷	12カ月後		18カ月後	
			評価点	塗膜状態	評価点	塗膜状態
			10		10	
	歪取部	Pt1	8F	点さび、ふくれ	8F	点さび、ふくれ
		Pt3	8F	点さび、ふくれ	8F	点さび、ふくれ
		Sd2	10		10	
		Sd3	10		10	
	溶接部	Pt1	10		10	
		Pt3	10		10	
		Sd2	10		10	
		Sd3	10		10	
塩化ビム	塗料	損傷	6カ月後			
			評価点	塗膜状態	評価点	塗膜状態
			10			
	歪取部	Pt1	8F			
		Pt3	8F			
		Sd2	8F			
		Sd3	9	さび		
	溶接部	Pt1	6F			
		Pt3	6F			
		Sd2	9	さび		
		Sd3	9	さび		

評価点はASTMのD716-56(ふくれ), D610-68(さび)の基準に基づく

表 2.1.10 (1) TE塗料の電気的特性(天然試験 30カ月後)

項目 下地処理	直流抵抗・容量 (Ω·cm²)(F/cm²)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R _x (Ω·cm²)	C _x (F/cm²)	tan δ
I O	塗膜抵抗	1.4x10 ⁹	0.2	2.61x10 ⁷	5.60x10 ⁻¹¹	0.55
	界 抵抗	1.5x10 ⁹	0.5	1.62x10 ⁷	4.56x10 ⁻¹¹	0.43
	面 容量	2.0x10 ⁻⁷	1.0	1.12x10 ⁷	3.76x10 ⁻¹¹	0.38
I F P t 1	塗膜抵抗	2.1x10 ⁹	0.2	4.22x10 ⁷	5.00x10 ⁻¹¹	0.38
	界 抵抗	1.2x10 ⁹	0.5	2.69x10 ⁷	4.24x10 ⁻¹¹	0.28
	面 容量	2.9x10 ⁻⁷	1.0	1.70x10 ⁷	3.88x10 ⁻¹¹	0.24
I F P t 3	塗膜抵抗	8.3x10 ⁸	0.2	2.22x10 ⁷	6.52x10 ⁻¹¹	0.55
	界 抵抗	3.0x10 ⁷	0.5	1.53x10 ⁷	5.48x10 ⁻¹¹	0.38
	面 容量	2.2x10 ⁻⁶	1.0	1.04x10 ⁷	4.80x10 ⁻¹¹	0.32
I F S d 2	塗膜抵抗	2.0x10 ⁹	0.2	3.20x10 ⁷	5.88x10 ⁻¹¹	0.42
	界 抵抗	1.1x10 ⁹	0.5	1.89x10 ⁷	5.08x10 ⁻¹¹	0.33
	面 容量	3.1x10 ⁻⁷	1.0	1.25x10 ⁷	4.40x10 ⁻¹¹	0.29
I F S d 3	塗膜抵抗	1.7x10 ⁹	0.2	3.14x10 ⁷	5.80x10 ⁻¹¹	0.44
	界 抵抗	4.4x10 ⁷	0.5	1.86x10 ⁷	4.88x10 ⁻¹¹	0.35
	面 容量	9.4x10 ⁻⁷	1.0	1.25x10 ⁷	4.32x10 ⁻¹¹	0.29
I H P t 1			0.2	4.54x10 ⁷	3.92x10 ⁻¹¹	0.45
			0.5	2.47x10 ⁷	3.08x10 ⁻¹¹	0.42
			1.0	1.55x10 ⁷	2.64x10 ⁻¹¹	0.39
I H P t 3			0.2	5.64x10 ⁷	5.60x10 ⁻¹¹	0.25
			0.5	2.92x10 ⁷	5.04x10 ⁻¹¹	0.22
			1.0	1.77x10 ⁷	4.64x10 ⁻¹¹	0.19
I H S d 2			0.2	4.53x10 ⁷	6.12x10 ⁻¹¹	0.29
			0.5	2.81x10 ⁷	5.48x10 ⁻¹¹	0.21
			1.0	1.74x10 ⁷	5.12x10 ⁻¹¹	0.18
I H S d 3			0.2	2.45x10 ⁷	6.04x10 ⁻¹¹	0.54
			0.5	1.59x10 ⁷	5.84x10 ⁻¹¹	0.34
			1.0	1.13x10 ⁷	5.32x10 ⁻¹¹	0.27

表 2.1.10 (2) TE 塗料の電気的特性 (天然試験 36カ月後)

項目 下地処理	直流抵抗・容量 (Ω·cm²)(F/cm²)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R _x (Ω·cm²)	C _x (F/cm²)	tan δ
I O	塗膜抵抗	1.6x10 ¹⁰	0.2	1.84x10 ⁸	2.60x10 ⁻¹¹	0.17
	界 抵抗	2.3x10 ⁹	0.5	9.49x10 ⁷	2.36x10 ⁻¹¹	0.14
	面 容量	1.9x10 ⁻⁶	1.0	5.91x10 ⁷	2.20x10 ⁻¹¹	0.12
I F P t 1	塗膜抵抗	3.9x10 ⁸	0.2	1.37x10 ⁸	3.64x10 ⁻¹¹	0.16
	界 抵抗	6.2x10 ⁷	0.5	3.69x10 ⁷	3.36x10 ⁻¹¹	0.26
	面 容量	8.5x10 ⁻⁷	1.0	3.92x10 ⁷	3.16x10 ⁻¹¹	0.13
I F P t 3	塗膜抵抗	3.9x10 ⁹	0.2	1.25x10 ⁸	3.68x10 ⁻¹¹	0.17
	界 抵抗	3.6x10 ⁸	0.5	6.55x10 ⁷	3.36x10 ⁻¹¹	0.14
	面 容量	1.5x10 ⁻⁷	1.0	3.37x10 ⁷	3.56x10 ⁻¹¹	0.13
I F S d 2	塗膜抵抗	2.0x10 ¹⁰	0.2	1.50x10 ⁸	3.32x10 ⁻¹¹	0.16
	界 抵抗	4.7x10 ⁹	0.5	7.17x10 ⁷	3.04x10 ⁻¹¹	0.15
	面 容量	9.5x10 ⁻⁹	1.0	4.24x10 ⁷	2.88x10 ⁻¹¹	0.13
I F S d 3	塗膜抵抗	2.6x10 ⁸	0.2	1.43x10 ⁸	3.64x10 ⁻¹¹	0.15
	界 抵抗	4.6x10 ⁷	0.5	7.53x10 ⁷	3.32x10 ⁻¹¹	0.13
	面 容量	1.7x10 ⁻⁶	1.0	4.59x10 ⁷	3.16x10 ⁻¹¹	0.11
I H P t 1		0.2	2.20x10 ⁸	2.40x10 ⁻¹¹	0.15	
		0.5	6.55x10 ⁷	2.20x10 ⁻¹¹	0.22	
		1.0	6.79x10 ⁷	2.12x10 ⁻¹¹	0.11	
I H P t 3		0.2	1.71x10 ⁸	2.92x10 ⁻¹¹	0.16	
		0.5	8.49x10 ⁷	2.72x10 ⁻¹¹	0.14	
		1.0	6.08x10 ⁷	2.12x10 ⁻¹¹	0.12	
I H S d 2		0.2	2.10x10 ⁸	2.72x10 ⁻¹¹	0.14	
		0.5	1.06x10 ⁷	2.72x10 ⁻¹¹	0.11	
		1.0	5.92x10 ⁷	2.60x10 ⁻¹¹	0.10	
I H S d 3		0.2	2.05x10 ⁸	2.68x10 ⁻¹¹	0.15	
		0.5	1.06x10 ⁷	2.52x10 ⁻¹¹	0.12	
		1.0	6.00x10 ⁷	2.40x10 ⁻¹¹	0.11	

表 2.1.10 (3) PE・A/C塗料の電気的特性(天然試験 30ヶ月後)

項目 下地処理	直流抵抗・容量 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$) (F/cm^2)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R_x ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	C_x (F/cm^2)	$\tan \delta$
I O	塗膜抵抗	5.7×10^8	0.2	1.63×10^7	1.15×10^{-10}	0.42
	界 抵抗	1.1×10^8	0.5	9.69×10^6	9.80×10^{-11}	0.34
	面 容量	4.8×10^{-7}	1.0	6.45×10^6	8.84×10^{-11}	0.28
I F P t 1	塗膜抵抗	3.4×10^6	0.2	1.33×10^6	5.96×10^{-10}	1.01
	界 抵抗	7.1×10^5	0.5	9.20×10^5	4.24×10^{-10}	0.82
	面 容量	4.1×10^{-5}	1.0	6.76×10^5	3.40×10^{-10}	0.69
I F P t 3	塗膜抵抗	3.5×10^7	0.2	2.14×10^6	4.68×10^{-10}	0.80
	界 抵抗	9.7×10^6	0.5	1.46×10^6	3.56×10^{-10}	0.61
	面 容量	2.2×10^{-6}	1.0	1.06×10^6	2.92×10^{-10}	0.51
I F S d 2	塗膜抵抗	2.7×10^8	0.2	8.80×10^6	1.84×10^{-10}	0.49
	界 抵抗	9.2×10^7	0.5	5.14×10^6	1.48×10^{-10}	0.42
	面 容量	2.7×10^{-7}	1.0	3.48×10^6	1.32×10^{-10}	0.35
I F S d 3	塗膜抵抗	1.1×10^9	0.2	1.01×10^7	1.60×10^{-10}	0.49
	界 抵抗	1.9×10^8	0.5	6.14×10^6	1.32×10^{-10}	0.39
	面 容量	2.4×10^{-7}	1.0	4.05×10^6	1.16×10^{-10}	0.34
I H P t 1			0.2	6.55×10^6	2.20×10^{-10}	0.55
			0.5	4.06×10^6	1.80×10^{-10}	0.46
			1.0	2.81×10^6	1.60×10^{-10}	0.39
I H P t 3			0.2	6.32×10^6	2.04×10^{-10}	0.62
			0.5	4.33×10^6	1.64×10^{-10}	0.45
			1.0	3.06×10^6	1.44×10^{-10}	0.36
I H S d 2			0.2	4.67×10^6	1.80×10^{-10}	0.95
			0.5	4.08×10^6	1.52×10^{-10}	0.51
			1.0	2.57×10^6	1.36×10^{-10}	0.46
I H S d 3			0.2	1.20×10^7	1.48×10^{-10}	0.45
			0.5	7.26×10^6	1.24×10^{-10}	0.35
			1.0	4.91×10^6	1.12×10^{-10}	0.29

表 2.1.10 (4) PE・A/C塗料の電気的特性（天然試験 36カ月後）

項目 下地処理	直流抵抗・容量 (Ω・cm²)(F/cm²)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R _x (Ω・cm²)	C _x (F/cm²)	tan δ
I O	塗膜抵抗	3.0x10 ⁹	0.2	3.64x10 ⁷	6.96x10 ⁻¹¹	0.31
	界 抵抗	1.4x10 ⁹	0.5	2.01x10 ⁷	6.08x10 ⁻¹¹	0.26
	面 容量	3.1x10 ⁻⁶	1.0	1.27x10 ⁷	5.52x10 ⁻¹¹	0.23
I F P t 1	塗膜抵抗	5.7x10 ⁷	0.2	1.29x10 ⁶	5.72x10 ⁻¹⁰	1.08
	界 抵抗	5.9x10 ⁷	0.5	1.00x10 ⁶	3.80x10 ⁻¹⁰	0.83
	面 容量	1.0x10 ⁻⁶	1.0	6.71x10 ⁵	3.28x10 ⁻¹⁰	0.72
I F P t 3	塗膜抵抗	2.7x10 ⁷	0.2	3.28x10 ⁶	3.32x10 ⁻¹⁰	0.73
	界 抵抗	3.7x10 ⁶	0.5	2.15x10 ⁶	2.56x10 ⁻¹⁰	0.58
	面 容量	1.6x10 ⁻⁵	1.0	1.43x10 ⁶	2.17x10 ⁻¹⁰	0.51
I F S d 2	塗膜抵抗	6.0x10 ⁶	0.2	1.53x10 ⁷	1.21x10 ⁻¹⁰	0.43
	界 抵抗	1.4x10 ⁶	0.5	9.23x10 ⁶	1.01x10 ⁻¹⁰	0.34
	面 容量	3.7x10 ⁻⁷	1.0	6.28x10 ⁶	9.08x10 ⁻¹¹	0.28
I F S d 3	塗膜抵抗	1.2x10 ⁹	0.2	1.35x10 ⁷	1.35x10 ⁻¹⁰	0.43
	界 抵抗	7.2x10 ⁶	0.5	7.92x10 ⁶	1.14x10 ⁻¹⁰	0.35
	面 容量	4.3x10 ⁻⁶	1.0	5.20x10 ⁶	1.00x10 ⁻¹⁰	0.31
I H P t 1		0.2	1.19x10 ⁷	1.33x10 ⁻¹⁰	0.50	
		0.5	7.39x10 ⁶	1.10x10 ⁻¹⁰	0.39	
		1.0	4.90x10 ⁶	9.60x10 ⁻¹¹	0.34	
I H P t 3		0.2	1.82x10 ⁷	1.04x10 ⁻¹⁰	0.42	
		0.5	1.03x10 ⁷	8.80x10 ⁻¹¹	0.35	
		1.0	6.71x10 ⁶	7.60x10 ⁻¹¹	0.31	
I H S d 2		0.2	1.56x10 ⁷	1.19x10 ⁻¹⁰	0.43	
		0.5	9.04x10 ⁶	9.84x10 ⁻¹¹	0.36	
		1.0	5.91x10 ⁶	8.80x10 ⁻¹¹	0.31	
I H S d 3		0.2	1.81x10 ⁷	1.08x10 ⁻¹⁰	0.41	
		0.5	1.03x10 ⁶	9.12x10 ⁻¹¹	0.34	
		1.0	6.74x10 ⁶	8.16x10 ⁻¹¹	0.29	

表 2.1.10 (5) C R · A / C · H B 塗料の電気的特性 (天然試験 30カ月後)

項目 下地処理	直流抵抗・容量 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$) (F/cm^2)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R_x ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	C_x (F/cm^2)	$\tan \delta$
I O	塗膜抵抗	1.1×10^9	0.2	2.34×10^6	1.28×10^{-10}	2.65
	界 抵抗	1.9×10^6	0.5	1.85×10^6	1.08×10^{-10}	1.59
	面 容量	2.3×10^{-7}	1.0	1.63×10^6	1.04×10^{-10}	0.93
I F P t 1	塗膜抵抗	9.0×10^5	0.2	2.01×10^5	4.48×10^{-10}	8.84
	界 抵抗	1.6×10^6	0.5	1.79×10^5	2.80×10^{-10}	6.37
	面 容量	4.7×10^{-6}	1.0	1.64×10^5	2.44×10^{-10}	3.98
I F P t 3	塗膜抵抗	5.1×10^6	0.2	7.27×10^5	2.20×10^{-10}	4.98
	界 抵抗	9.9×10^7	0.5	6.98×10^5	1.72×10^{-10}	2.65
	面 容量	6.7×10^{-7}	1.0	6.76×10^5	1.48×10^{-10}	1.59
I F S d 2	塗膜抵抗	1.6×10^6	0.2	1.35×10^5	5.92×10^{-10}	9.95
	界 抵抗	1.7×10^7	0.5	1.14×10^5	2.64×10^{-10}	10.61
	面 容量	2.3×10^{-6}	1.0	9.62×10^4	2.08×10^{-10}	7.96
I F S d 3	塗膜抵抗	9.9×10^6	0.2	6.25×10^5	2.40×10^{-10}	5.30
	界 抵抗	3.3×10^6	0.5	4.17×10^5	2.40×10^{-10}	3.18
	面 容量	1.7×10^{-7}	1.0	7.50×10^5	8.00×10^{-11}	2.65
I H P t 1			0.2	1.10×10^4	4.00×10^{-8}	1.80
			0.5	8.40×10^3	2.62×10^{-8}	1.45
			1.0	6.10×10^3	1.80×10^{-8}	1.45
I H P t 3			0.2	4.44×10^4	4.28×10^{-9}	4.19
			0.5	3.97×10^4	2.01×10^{-9}	3.98
			1.0	3.57×10^4	1.40×10^{-9}	3.18
I H S d 2			0.2	3.26×10^4	3.68×10^{-9}	6.63
			0.5	2.78×10^4	1.80×10^{-9}	6.37
			1.0	3.57×10^4	1.12×10^{-9}	3.98
I H S d 3			0.2	5.08×10^4	2.36×10^{-9}	6.63
			0.5	4.81×10^4	1.04×10^{-9}	6.37
			1.0	4.41×10^4	6.80×10^{-10}	5.31

表 2.1.10 (6) C R・A/C・H B 塗料の電気的特性(天然試験 36カ月後)

項目 下地処理	直流抵抗・容量 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)(F/cm^2)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R_x ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	C_x (F/cm^2)	$\tan \delta$
I O	塗膜抵抗	1.1×10^{10}	0.2	1.06×10^7	6.80×10^{-11}	1.11
	界 抵抗	1.3×10^{10}	0.5	9.00×10^6	6.00×10^{-11}	0.59
	面 容量	4.0×10^{-9}	1.0	7.86×10^6	5.60×10^{-11}	0.36
I F P t 1	塗膜抵抗	6.6×10^6	0.2	5.00×10^5	1.00×10^{-10}	3.98
	界 抵抗	2.3×10^6	0.5	4.64×10^5	2.80×10^{-10}	2.44
	面 容量	2.7×10^{-5}	1.0	4.00×10^5	2.00×10^{-10}	1.99
I F P t 3	塗膜抵抗	1.5×10^6	0.2	2.40×10^6	2.00×10^{-10}	1.66
	界 抵抗	1.1×10^6	0.5	2.50×10^6	1.20×10^{-10}	1.06
	面 容量	6.7×10^{-5}	1.0	2.88×10^6	8.00×10^{-11}	0.69
I F S d 2	塗膜抵抗	2.7×10^6	0.2	3.40×10^7	7.20×10^{-11}	0.33
	界 抵抗	8.0×10^7	0.5	2.25×10^7	6.40×10^{-11}	0.22
	面 容量	5.9×10^{-7}	1.0	1.55×10^7	6.00×10^{-11}	0.17
I F S d 3	塗膜抵抗	1.1×10^{10}	0.2	5.25×10^7	7.08×10^{-11}	0.21
	界 抵抗	7.3×10^9	0.5	2.85×10^7	6.28×10^{-11}	0.18
	面 容量	6.3×10^{-9}	1.0	1.79×10^7	5.92×10^{-11}	0.15
I H P t 1			0.2	3.25×10^5	1.20×10^{-10}	3.04
			0.5	2.25×10^5	8.00×10^{-11}	2.76
			1.0	2.50×10^5	4.00×10^{-11}	2.59
I H P t 3			0.2	2.88×10^5	8.00×10^{-10}	3.46
			0.5	2.50×10^5	4.00×10^{-10}	3.18
			1.0	3.00×10^5	2.00×10^{-10}	2.65
I H S d 2			0.2	4.85×10^4	4.12×10^{-9}	3.98
			0.5	4.88×10^4	1.64×10^{-9}	3.98
			1.0	3.57×10^4	1.12×10^{-9}	3.98
I H S d 3			0.2	5.05×10^4	3.76×10^{-9}	4.19
			0.5	4.55×10^4	1.76×10^{-9}	3.98
			1.0	3.85×10^4	1.04×10^{-9}	3.98

表 2.1.11 (1) TE塗料の電気的特性（促進試験 24カ月後）

項目 下地処理	直流抵抗・容量 (Ω·cm²)(F/cm²)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R _x (Ω·cm²)	C _x (F/cm²)	tan δ
I O	塗膜抵抗	9.1x10 ⁹	0.2	8.87x10 ⁷	3.44x10 ⁻¹¹	0.26
	界 抵抗	3.7x10 ⁹	0.5	5.34x10 ⁷	2.96x10 ⁻¹¹	0.20
	面 容量	8.2x10 ⁻⁹	1.0	3.49x10 ⁷	2.84x10 ⁻¹¹	0.16
I F P t 1	塗膜抵抗	5.7x10 ⁸	0.2	8.39x10 ⁷	4.16x10 ⁻¹¹	0.23
	界 抵抗	1.0x10 ⁸	0.5	4.50x10 ⁷	4.00x10 ⁻¹¹	0.18
	面 容量	4.0x10 ⁻⁷	1.0	2.86x10 ⁷	3.64x10 ⁻¹¹	0.15
I F P t 3	塗膜抵抗	5.7x10 ⁸	0.2	3.04x10 ⁷	5.00x10 ⁻¹¹	0.52
	界 抵抗	6.5x10 ⁷	0.5	1.92x10 ⁷	4.48x10 ⁻¹¹	0.37
	面 容量	5.7x10 ⁻⁷	1.0	1.26x10 ⁷	4.16x10 ⁻¹¹	0.24
I F S d 2	塗膜抵抗	9.4x10 ⁷	0.2	2.11x10 ⁷	6.96x10 ⁻¹¹	0.54
	界 抵抗	1.8x10 ⁶	0.5	1.34x10 ⁷	5.88x10 ⁻¹¹	0.40
	面 容量	3.5x10 ⁻⁵	1.0	8.90x10 ⁶	5.28x10 ⁻¹¹	0.34
I F S d 3	塗膜抵抗	1.4x10 ⁷	0.2	2.68x10 ⁶	1.01x10 ⁻¹⁰	2.94
	界 抵抗	4.0x10 ⁵	0.5	2.49x10 ⁶	8.44x10 ⁻¹¹	1.51
	面 容量	1.6x10 ⁻⁴	1.0	2.13x10 ⁶	7.52x10 ⁻¹¹	0.99
I H P t 1			0.2	7.43x10 ⁷	4.36x10 ⁻¹¹	0.25
			0.5	4.23x10 ⁷	4.00x10 ⁻¹¹	0.19
			1.0	2.58x10 ⁷	3.68x10 ⁻¹¹	0.17
I H P t 3			0.2	7.38x10 ⁷	4.04x10 ⁻¹¹	0.27
			0.5	4.45x10 ⁷	3.64x10 ⁻¹¹	0.20
			1.0	2.91x10 ⁷	3.44x10 ⁻¹¹	0.16
I H S d 2			0.2	1.17x10 ⁸	3.24x10 ⁻¹¹	0.21
			0.5	6.51x10 ⁷	2.92x10 ⁻¹¹	0.17
			1.0	4.42x10 ⁷	2.76x10 ⁻¹¹	0.13
I H S d 3			0.2	9.85x10 ⁵	2.13x10 ⁻¹⁰	3.80
			0.5	6.36x10 ⁵	9.44x10 ⁻¹¹	5.30
			1.0	7.72x10 ⁵	6.48x10 ⁻¹¹	3.20

表 2.1.11 (2) TE 塗料の電気的特性（促進試験 30 カ月後）

項目 下地処理	直流抵抗・容量 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$) (F/cm^2)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R_x ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	C_x (F/cm^2)	$\tan \delta$
I O	塗膜抵抗	1.5×10^{10}	0.2	1.74×10^8	2.88×10^{-11}	0.16
	界 面	抵抗	1.0×10^{10}	0.5	9.09×10^7	2.76×10^{-11}
	容 量		2.5×10^{-9}	1.0	4.51×10^7	2.64×10^{-11}
I F P t 1	塗膜抵抗	1.7×10^9	0.2	9.85×10^7	4.00×10^{-11}	0.20
	界 面	抵抗	8.8×10^8	0.5	5.40×10^7	3.52×10^{-11}
	容 量		5.1×10^{-8}	1.0	3.28×10^7	3.20×10^{-11}
I F P t 3	塗膜抵抗	2.8×10^9	0.2	1.86×10^6	9.68×10^{-11}	4.42
	界 面	抵抗	1.0×10^8	0.5	1.60×10^6	6.24×10^{-11}
	容 量		1.9×10^{-8}	1.0	1.76×10^6	5.12×10^{-11}
I F S d 2	塗膜抵抗	2.7×10^9	0.2	2.03×10^6	1.33×10^{-10}	2.94
	界 面	抵抗	7.1×10^8	0.5	1.82×10^6	1.10×10^{-10}
	容 量		2.4×10^{-8}	1.0	1.54×10^6	9.76×10^{-11}
I F S d 3	塗膜抵抗	8.7×10^8	0.2	1.40×10^6	1.57×10^{-10}	3.61
	界 面	抵抗	2.1×10^7	0.5	1.30×10^6	1.31×10^{-10}
	容 量		4.8×10^{-6}	1.0	1.12×10^6	1.16×10^{-10}
I H P t 1			0.2	8.48×10^7	4.20×10^{-11}	0.22
			0.5	4.60×10^7	3.76×10^{-11}	0.18
			1.0	2.64×10^7	3.56×10^{-11}	0.17
I H P t 3			0.2	6.36×10^7	4.04×10^{-11}	0.31
			0.5	3.96×10^7	3.64×10^{-11}	0.22
			1.0	2.74×10^7	3.28×10^{-11}	0.18
I H S d 2			0.2	1.46×10^8	3.04×10^{-11}	0.18
			0.5	7.54×10^7	2.84×10^{-11}	0.15
			1.0	4.85×10^7	2.60×10^{-11}	0.13
I H S d 3			0.2	4.84×10^7	2.48×10^{-11}	0.66
			0.5	3.46×10^7	2.08×10^{-11}	0.44
			1.0	2.55×10^7	1.88×10^{-11}	0.33

表 2.1.11 (3) PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験 12カ月後）

項目 下地処理	直流抵抗・容量 (Ω・cm²)(F/cm²)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R _x (Ω・cm²)	C _x (F/cm²)	tan δ
I O	塗膜抵抗	4.0x10 ⁸	0.2	2.65x10 ⁷	8.72x10 ⁻¹¹	0.34
	界 抵抗	1.3x10 ⁸	0.5	1.53x10 ⁷	7.52x10 ⁻¹¹	0.28
	面 容量	2.1x10 ⁻⁷	1.0	1.05x10 ⁷	6.88x10 ⁻¹¹	0.22
I F P t 1	塗膜抵抗	1.5x10 ⁷	0.2	4.23x10 ⁶	2.48x10 ⁻¹⁰	0.76
	界 抵抗	7.2x10 ⁵	0.5	2.82x10 ⁶	1.92x10 ⁻¹⁰	0.59
	面 容量	5.8x10 ⁻⁵	1.0	2.04x10 ⁶	1.62x10 ⁻¹⁰	0.48
I F P t 3	塗膜抵抗	2.5x10 ⁷	0.2	6.86x10 ⁶	2.04x10 ⁻¹⁰	0.57
	界 抵抗	2.0x10 ⁶	0.5	4.29x10 ⁶	1.63x10 ⁻¹⁰	0.46
	面 容量	2.7x10 ⁻⁵	1.0	2.82x10 ⁶	1.45x10 ⁻¹⁰	0.39
I F S d 2	塗膜抵抗	2.7x10 ⁶	0.2	1.30x10 ⁷	1.46x10 ⁻¹⁰	0.42
	界 抵抗	8.6x10 ⁷	0.5	7.14x10 ⁶	1.20x10 ⁻¹⁰	0.37
	面 容量	3.9x10 ⁻⁷	1.0	4.55x10 ⁶	1.06x10 ⁻¹⁰	0.33
I F S d 3	塗膜抵抗	3.2x10 ⁸	0.2	1.60x10 ⁷	1.30x10 ⁻¹⁰	0.37
	界 抵抗	4.4x10 ⁷	0.5	9.18x10 ⁶	1.10x10 ⁻¹⁰	0.33
	面 容量	1.0x10 ⁻⁶	1.0	5.95x10 ⁶	9.92x10 ⁻¹¹	0.27
I H P t 1			0.2	2.06x10 ⁷	1.14x10 ⁻¹⁰	0.34
			0.5	1.13x10 ⁷	9.76x10 ⁻¹⁰	0.29
			1.0	7.21x10 ⁶	8.88x10 ⁻¹¹	0.25
I H P t 3			0.2	1.69x10 ⁷	1.24x10 ⁻¹⁰	0.39
			0.5	9.70x10 ⁶	1.05x10 ⁻¹⁰	0.31
			1.0	6.25x10 ⁶	9.44x10 ⁻¹¹	0.27
I H S d 2			0.2	2.48x10 ⁷	9.52x10 ⁻¹¹	0.34
			0.5	1.41x10 ⁷	8.20x10 ⁻¹¹	0.27
			1.0	8.87x10 ⁶	7.44x10 ⁻¹¹	0.24
I H S d 3			0.2	2.36x10 ⁷	9.68x10 ⁻¹¹	0.35
			0.5	1.36x10 ⁷	8.44x10 ⁻¹¹	0.28
			1.0	8.46x10 ⁶	7.68x10 ⁻¹¹	0.25

表 2.1.11 (4) PE・A/C塗料の電気的特性（促進試験 18カ月後）

項目 下地処理	直流抵抗・容量 (Ω・cm²)(F/cm²)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R _x (Ω・cm²)	C _x (F/cm²)	tan δ
I O	塗膜抵抗	5.9x10 ⁸	0.2	1.82x10 ⁷	1.10x10 ⁻¹⁰	0.40
	界 抵抗	1.9x10 ⁸	0.5	1.03x10 ⁷	9.24x10 ⁻¹¹	0.34
	面 容量	2.5x10 ⁻⁷	1.0	6.95x10 ⁶	8.20x10 ⁻¹¹	0.34
I F P t 1	塗膜抵抗	9.9x10 ⁶	0.2	1.45x10 ⁶	3.94x10 ⁻¹⁰	1.40
	界 抵抗	4.5x10 ⁵	0.5	1.04x10 ⁶	3.36x10 ⁻¹⁰	0.91
	面 容量	9.3x10 ⁻⁵	1.0	7.80x10 ⁵	2.69x10 ⁻¹⁰	0.76
I F P t 3	塗膜抵抗	2.9x10 ⁷	0.2	2.67x10 ⁶	3.98x10 ⁻¹⁰	0.75
	界 抵抗	3.9x10 ⁶	0.5	1.70x10 ⁶	3.00x10 ⁻¹⁰	0.62
	面 容量	1.0x10 ⁻⁶	1.0	1.13x10 ⁶	2.47x10 ⁻¹⁰	0.57
I F S d 2	塗膜抵抗	2.1x10 ⁸	0.2	1.06x10 ⁷	1.68x10 ⁻¹⁰	0.44
	界 抵抗	3.9x10 ⁷	0.5	6.03x10 ⁶	1.36x10 ⁻¹⁰	0.39
	面 容量	1.2x10 ⁻⁶	1.0	3.69x10 ⁶	1.19x10 ⁻¹⁰	0.36
I F S d 3	塗膜抵抗	1.1x10 ⁸	0.2	1.18x10 ⁷	1.51x10 ⁻¹⁰	0.45
	界 抵抗	3.0x10 ⁷	0.5	6.85x10 ⁶	1.24x10 ⁻¹⁰	0.37
	面 容量	1.1x10 ⁻⁶	1.0	4.61x10 ⁶	1.08x10 ⁻¹⁰	0.32
I H P t 1			0.2	8.60x10 ⁶	1.90x10 ⁻¹⁰	0.49
			0.5	5.12x10 ⁶	1.54x10 ⁻¹⁰	0.40
			1.0	3.24x10 ⁶	1.36x10 ⁻¹⁰	0.36
I H P t 3			0.2	1.26x10 ⁷	1.45x10 ⁻¹⁰	0.44
			0.5	7.38x10 ⁶	1.22x10 ⁻¹⁰	0.35
			1.0	4.91x10 ⁶	1.08x10 ⁻¹⁰	0.30
I H S d 2			0.2	1.40x10 ⁷	1.29x10 ⁻¹⁰	0.44
			0.5	8.27x10 ⁶	1.06x10 ⁻¹⁰	0.36
			1.0	5.40x10 ⁶	9.44x10 ⁻¹¹	0.31
I H S d 3			0.2	1.45x10 ⁷	1.27x10 ⁻¹⁰	0.43
			0.5	8.52x10 ⁶	1.06x10 ⁻¹⁰	0.35
			1.0	5.59x10 ⁶	9.48x10 ⁻¹¹	0.30

表 2.1.11 (5) C R・A/C・H B塗料の電気的特性(促進試験 初期)

項目 下地処理	直流抵抗・容量 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)(F/cm^2)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R_x ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	C_x (F/cm^2)	$\tan \delta$
I O	塗膜抵抗	1.8×10^{10}	0.2	1.31×10^8	4.88×10^{-11}	0.13
	界 抵抗	7.4×10^9	0.5	7.59×10^7	4.64×10^{-11}	0.09
	面 容量	8.7×10^{-9}	1.0	4.65×10^7	4.52×10^{-11}	0.08
I F P t 1	塗膜抵抗	1.7×10^{10}	0.2	1.17×10^8	5.56×10^{-11}	0.12
	界 抵抗	2.6×10^{10}	0.5	6.32×10^7	5.24×10^{-11}	0.10
	面 容量	2.2×10^{-9}	1.0	3.80×10^7	5.08×10^{-11}	0.08
I F P t 3	塗膜抵抗	1.5×10^{10}	0.2	1.32×10^8	5.04×10^{-11}	0.12
	界 抵抗	1.2×10^{10}	0.5	7.14×10^7	4.76×10^{-11}	0.09
	面 容量	5.3×10^{-9}	1.0	4.70×10^7	4.64×10^{-11}	0.07
I F S d 2	塗膜抵抗	7.8×10^9	0.2	1.20×10^8	4.72×10^{-11}	0.14
	界 抵抗	2.8×10^9	0.5	7.36×10^7	4.40×10^{-11}	0.10
	面 容量	2.2×10^{-6}	1.0	4.61×10^7	4.36×10^{-11}	0.08
I F S d 3	塗膜抵抗	7.8×10^7	0.2	1.68×10^8	4.24×10^{-11}	0.11
	界 抵抗	4.0×10^7	0.5	9.31×10^7	4.04×10^{-11}	0.08
	面 容量	1.6×10^{-6}	1.0	5.89×10^7	3.92×10^{-11}	0.07
I H P t 1			0.2	1.75×10^8	4.28×10^{-11}	0.11
			0.5	9.31×10^7	4.08×10^{-11}	0.08
			1.0	5.73×10^7	3.96×10^{-11}	0.07
I H P t 3			0.2	1.51×10^8	4.96×10^{-11}	0.11
			0.5	9.31×10^7	4.64×10^{-11}	0.08
			1.0	5.73×10^7	4.48×10^{-11}	0.07
I H S d 2			0.2	2.01×10^8	4.40×10^{-11}	0.09
			0.5	9.00×10^7	4.20×10^{-11}	0.08
			1.0	5.20×10^7	4.08×10^{-11}	0.07
I H S d 3			0.2	1.81×10^8	4.48×10^{-11}	0.10
			0.5	9.12×10^7	4.44×10^{-11}	0.08
			1.0	5.56×10^7	4.08×10^{-11}	0.07

表 2.1.11 (6) C R・A/C・H B 塗料の電気的特性（促進試験 6カ月後）

項目 下地処理	直流抵抗・容量 (Ω・cm ²)(F/cm ²)		交流インピーダンス			
			周波数 (kHz)	R _x (Ω・cm ²)	C _x (F/cm ²)	tan δ
I O	塗膜抵抗	2.2x10 ⁹	0.2	6.99x10 ⁷	6.80x10 ⁻¹¹	0.17
	界 抵抗	1.1x10 ⁹	0.5	3.67x10 ⁷	6.00x10 ⁻¹¹	0.14
	面 容量	7.5x10 ⁻⁶	1.0	2.13x10 ⁷	5.60x10 ⁻¹¹	0.13
I F P t 1	塗膜抵抗	1.4x10 ⁹	0.2	5.09x10 ⁷	8.00x10 ⁻¹¹	0.19
	界 抵抗	2.5x10 ⁸	0.5	2.76x10 ⁷	7.20x10 ⁻¹¹	0.16
	面 容量	2.3x10 ⁻⁷	1.0	1.79x10 ⁷	6.80x10 ⁻¹¹	0.13
I F P t 3	塗膜抵抗	9.4x10 ⁵	0.2	2.58x10 ⁵	6.20x10 ⁻¹⁰	4.97
	界 抵抗	2.1x10 ⁵	0.5	2.17x10 ⁵	2.76x10 ⁻¹⁰	5.30
	面 容量	1.9x10 ⁻⁴	1.0	2.36x10 ⁵	2.12x10 ⁻¹⁰	3.18
I F S d 2	塗膜抵抗	2.6x10 ⁶	0.2	2.45x10 ⁷	7.60x10 ⁻¹¹	0.43
	界 抵抗	1.3x10 ⁷	0.5	1.89x10 ⁷	6.40x10 ⁻¹¹	0.26
	面 容量	2.5x10 ⁻⁶	1.0	1.22x10 ⁷	6.40x10 ⁻¹¹	0.20
I F S d 3	塗膜抵抗	2.0x10 ⁹	0.2	2.18x10 ⁷	6.00x10 ⁻¹¹	0.61
	界 抵抗	8.8x10 ⁸	0.5	1.64x10 ⁷	5.60x10 ⁻¹¹	0.35
	面 容量	7.3x10 ⁻⁶	1.0	1.33x10 ⁷	5.20x10 ⁻¹¹	0.23
I H P t 1			0.2	8.43x10 ⁴	3.32x10 ⁻⁹	2.84
			0.5	6.67x10 ⁴	1.80x10 ⁻⁹	2.65
			1.0	2.41x10 ⁴	1.16x10 ⁻⁹	2.27
I H P t 3			0.2	4.64x10 ⁴	1.27x10 ⁻⁸	1.34
			0.5	3.10x10 ⁴	9.04x10 ⁻⁹	1.13
			1.0	2.16x10 ⁴	6.48x10 ⁻⁹	1.14
I H S d 2			0.2	6.46x10 ⁴	3.56x10 ⁻⁹	3.46
			0.5	5.83x10 ⁴	2.40x10 ⁻⁹	2.27
			1.0	4.50x10 ⁴	2.00x10 ⁻⁹	1.76
I H S d 3			0.2	9.17x10 ⁴	3.60x10 ⁻⁹	2.41
			0.5	6.98x10 ⁴	1.72x10 ⁻⁹	2.65
			1.0	5.43x10 ⁴	9.20x10 ⁻¹⁰	3.18

表 2.1.12 各塗料の付着強さ（天然試験） 単位 : kg/cm²

塗料	損傷	処理グレード	30カ月後		36カ月後	
			付着強さ	破断箇所	付着強さ	破断箇所
タルエボキシ	標準材		30.7	cf80 ,ad20	31.9	cf100
	歪取部	Pt1	16.0	pf50 ,ad50	28.7	cf30 ,pf70
		Pt3	24.3	cf85 ,ad15	35.8	cf100
		Sd2	11.0	pf70 ,ad30	41.0	cf100
		Sd3	23.7	pf60 ,ad40	33.9	cf50 ,pf50
	溶接部	Pt1	29.5	cf50 ,ad50	31.0	cf100
		Pt3	27.9	cf80 ,ad20	27.1	cf100
		Sd2	17.1	cf50 ,ad50	23.1	cf50 ,pf50
		Sd3	13.7	pf60 ,ad40	24.7	cf50 ,pf50
エボキシ	標準材		22.3	cf100	28.7	cf100
	歪取部	Pt1	16.3	pf100	32.7	cf40 ,pf60
		Pt3	24.3	pf60 ,cf40	30.3	cf100
		Sd2	28.3	cf100	49.8	cf100
		Sd3	31.9	cf100	35.1	cf100
	溶接部	Pt1	26.9	cf100	26.7	cf100
		Pt3	34.6	cf100	35.5	cf100
		Sd2	22.7	cf90 ,ad10	35.8	cf100
		Sd3	31.1	cf100	40.6	cf100
塩化ビニル	標準材		6.2	pf100	13.1	cf100
	歪取部	Pt1	6.8	pf100	2.0	pf100
		Pt3	7.0	cf100	11.2	cf50 ,pf50
		Sd2	10.0	cf100	12.7	cf70 ,pf30
		Sd3	11.0	cf100	19.5	cf70 ,pf30
	溶接部	Pt1	4.8	cf100	8.8	cf100
		Pt3	8.2	cf100	8.4	cf50 ,pf50
		Sd2	7.8	cf50 ,pf50	12.4	cf50 ,pf50
		Sd3	9.0	pf20 ,cf80	13.2	cf70 ,cf30

破断状態

c f : 塗膜の凝聚破壊
p f : 素地からのはがれ
a d : 接着剤のはがれ

表 2.1.13 (1) TE 塗料の付着強さ（促進試験）
単位 : kg/cm²

塗料	損傷	処理グレード	24カ月後		30カ月後	
			付着強さ	破断箇所	付着強さ	破断箇所
タルエキシ	歪取部	標準材	31.3	cf100	27.1	cf100
		Pt1	22.7	pf100	33.9	pf100
		Pt3	22.7	pf100	31.0	pf100
		Sd2	27.1	cf100	13.5	cf50 , pf50
		Sd3	20.3	cf70 , pf30	10.4	pf100
	溶接部	Pt1	32.7	pf100	22.3	pf100
		Pt3	30.1	cf50 , pf50	29.5	pf100
		Sd2	24.7	cf5 , pf95	29.9	cf80 , pf20
		Sd3	27.8	cf60 , ad40	12.0	pf100

破断状態

c f : 塗膜の発集破壊
p f : 素地からのはがれ
a d : 接着剤のはがれ

表 2.1.13 (2) PE・A/C 塗料の付着強さ（促進試験）
単位 : kg/cm²

塗料	損傷	処理グレード	12カ月		18カ月後	
			付着強さ	破断箇所	付着強さ	破断箇所
エキシ	歪取部	標準材	26.5	cf100	24.0	cf100
		Pt1	14.3	pf100	11.9	pf100
		Pt3	11.2	cf50 , pf50	28.8	pf100
		Sd2	26.7	cf100	31.8	cf80 , ad20
		Sd3	40.6	cf100	40.6	cf100
	溶接部	Pt1	23.1	cf30 , pf70	25.1	pf70 , ad30
		Pt3	20.7	cf50 , pf50	27.1	pf70 , ad30
		Sd2	35.8	cf100	35.8	cf100
		Sd3	30.3	cf100	35.0	cf100

破断状態

c f : 塗膜の発集破壊
p f : 素地からのはがれ
a d : 接着剤のはがれ

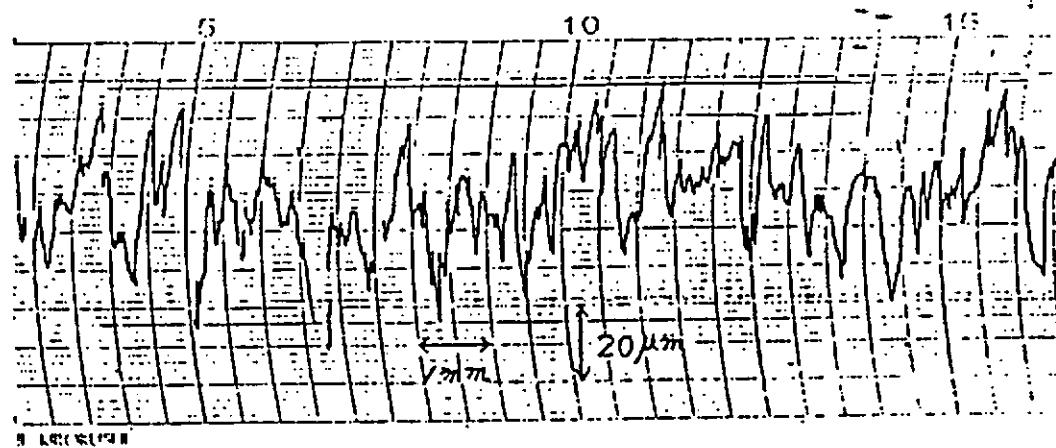
表 2.1.13(3) C R · A / C · H B 塗料の付着強さ（促進試験）
単位 : kg/cm²

塗料	損傷	処理グレード	初期		6カ月後	
			付着強さ	破断箇所	付着強さ	破断箇所
塩化ゴム	歪取部	標準材	9.2	cf100	9.8	cf100
		Pt1	13.5	cf100	7.2	pf100
		Pt3	14.3	cf100	11.7	cf80 , pf20
		Sd2	11.5	cf100	13.3	cf30 , pf70
		Sd3	11.9	cf100	9.9	cf50 , pf50
	溶接部	Pt1	13.5	cf100	9.8	pf100
		Pt3	9.6	cf100	10.0	cf50 , pf50
		Sd2	12.7	cf100	8.2	cf100
		Sd3	13.5	cf100	8.8	cf100

破断状態

c f : 塗膜の発集破壊
p f : 素地からのはがれ
a d : 接着剤のはがれ

常温試験



促進試験

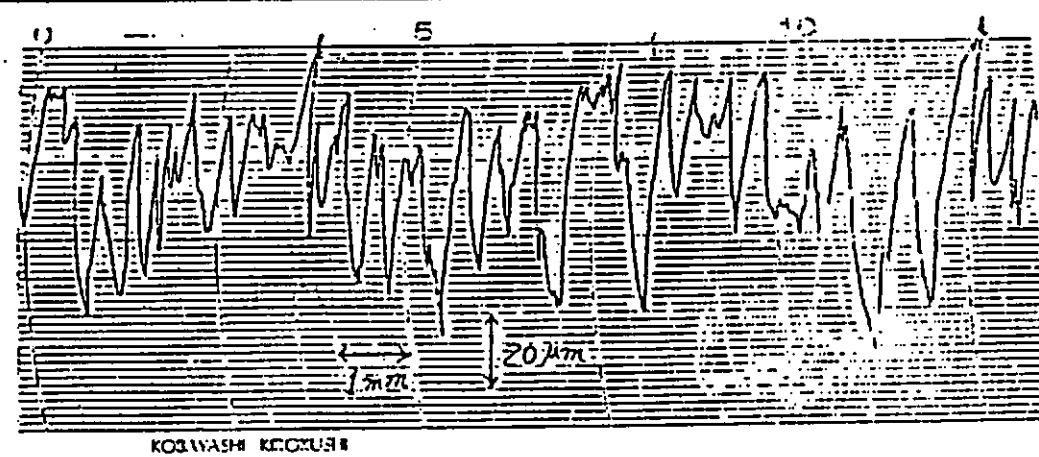
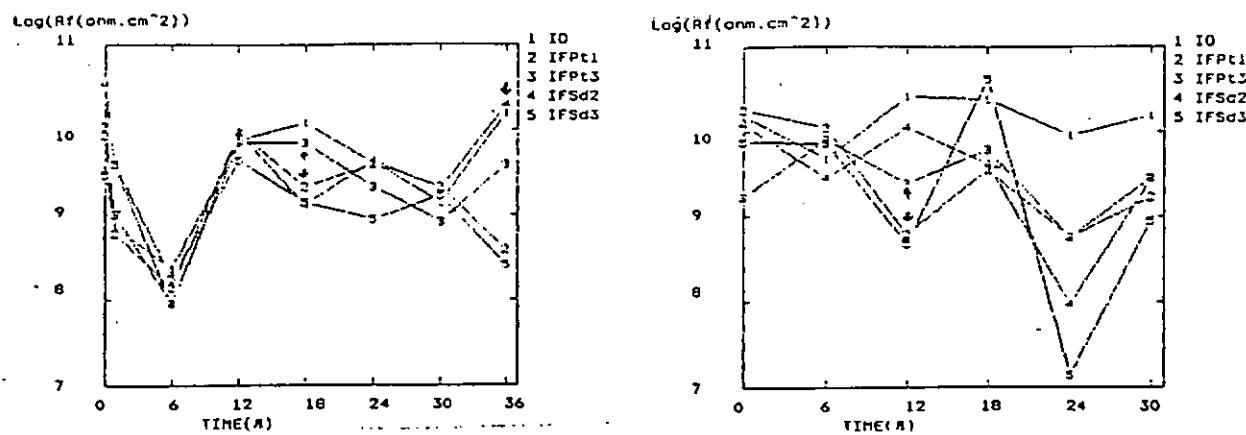


図 2.1.17 一次処理の表面粗さ測定結果

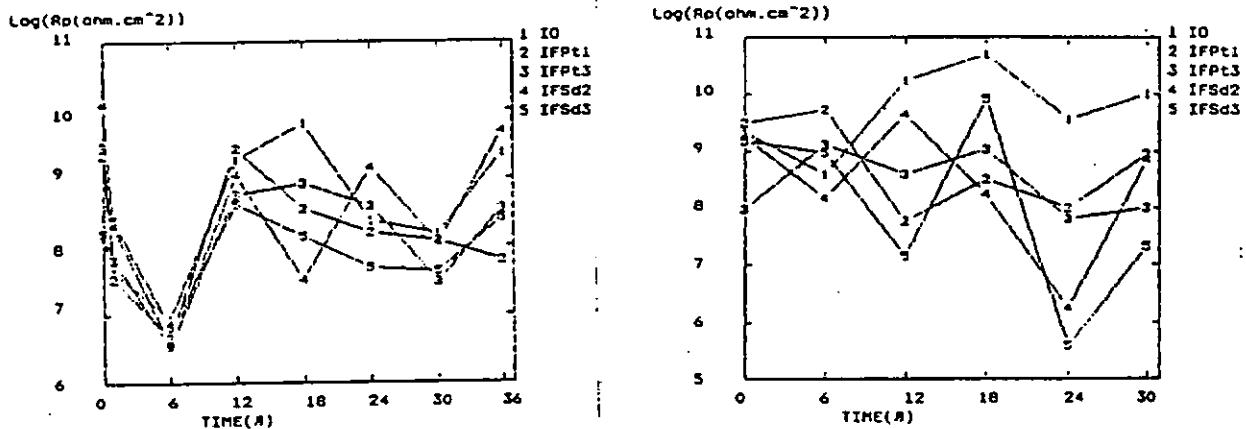
天然試験

促進試験

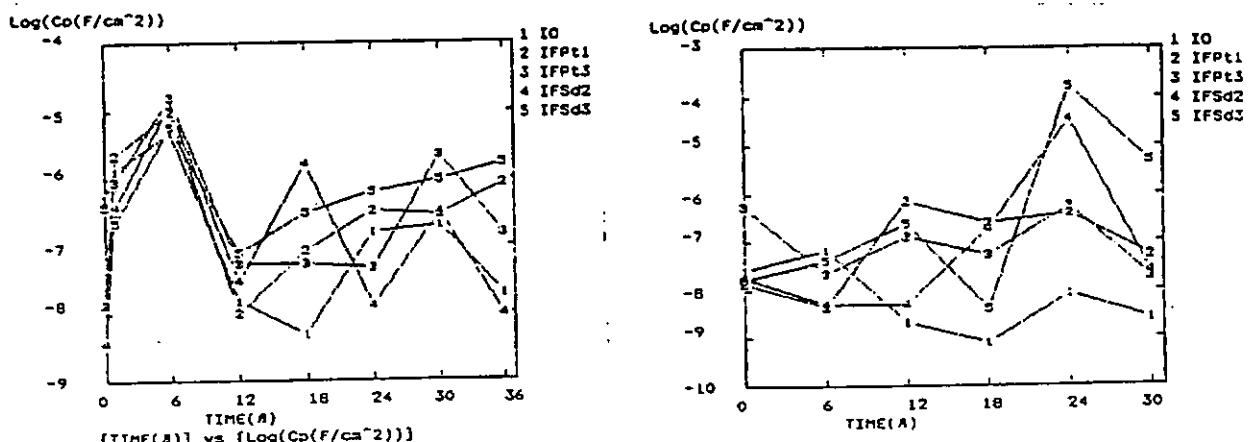
塗膜抵抗



界面抵抗



界面容量



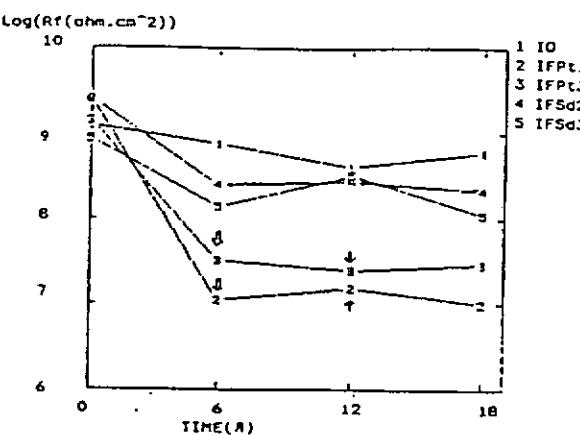
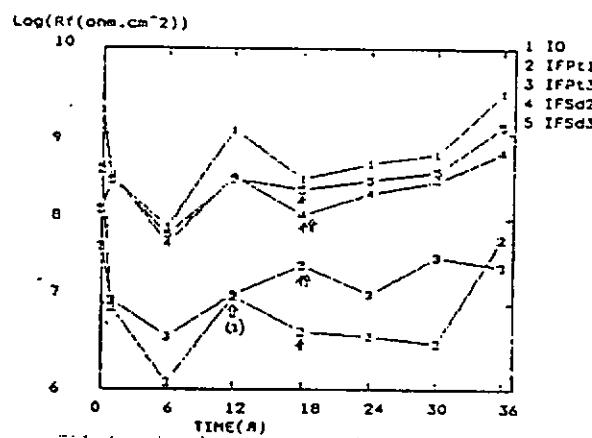
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.18 (1) TE 塗料の直流電気特性

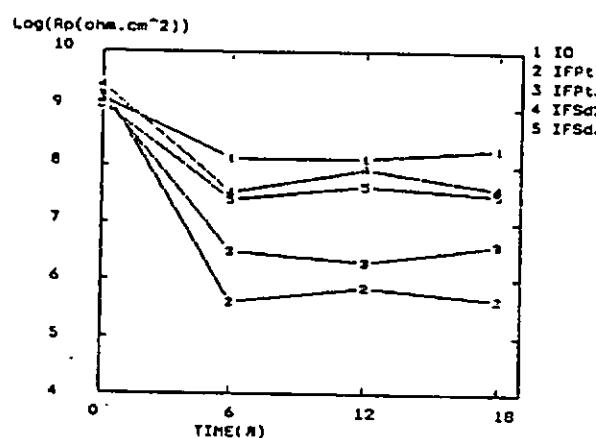
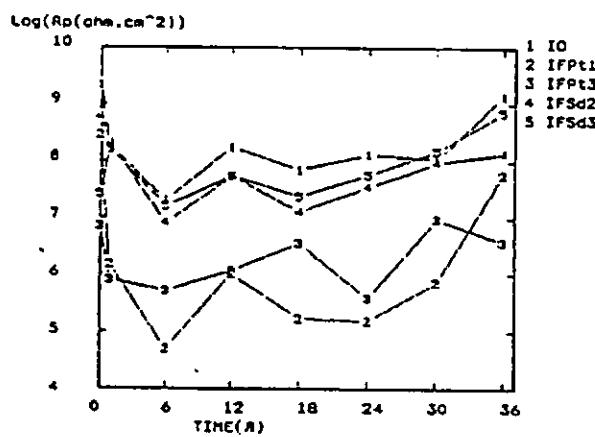
天然試験

促進試験

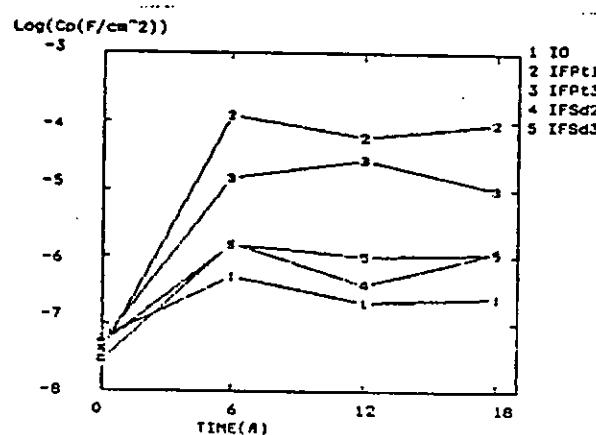
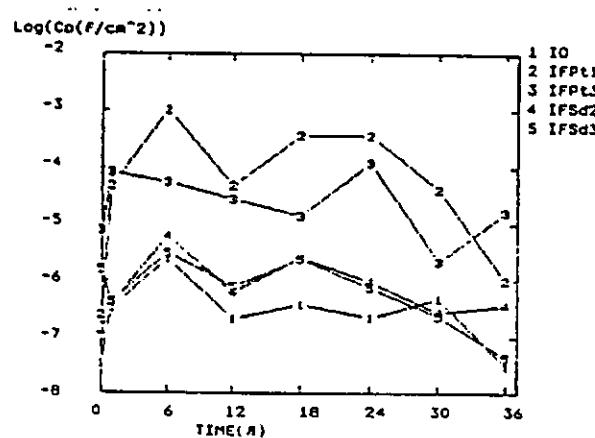
塗膜抵抗



界面抵抗



界面容量



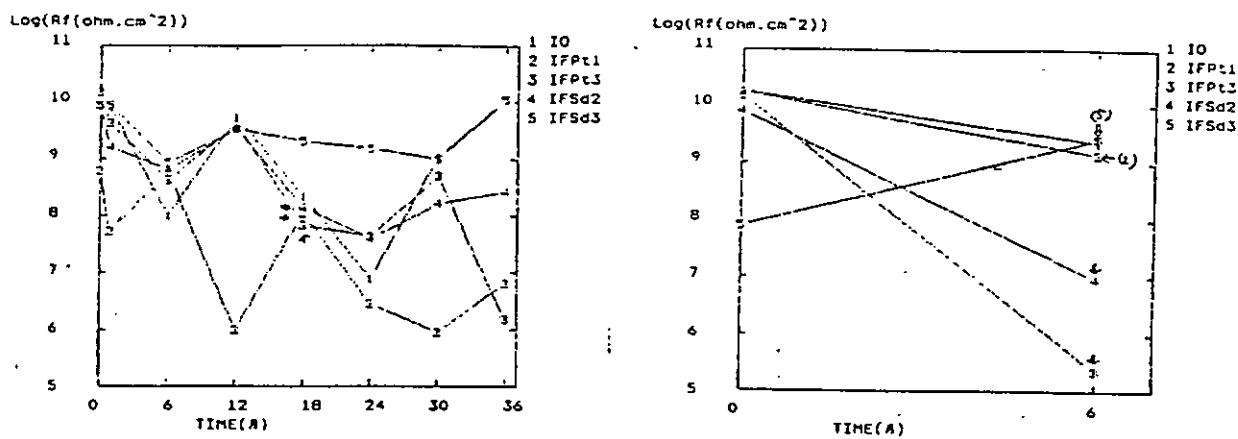
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.18 (2) P E · A / C 塗料の直流電気特性

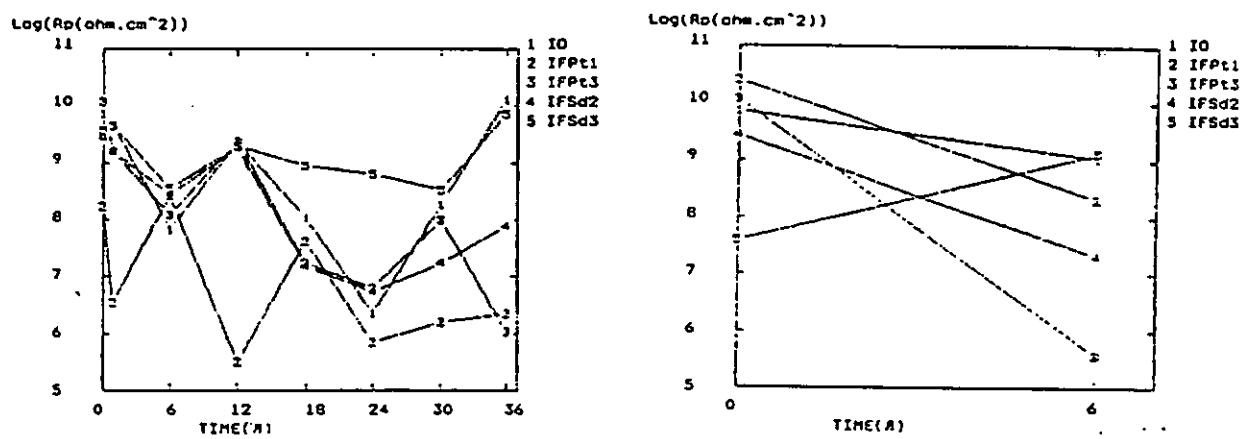
天然試験

促進試験

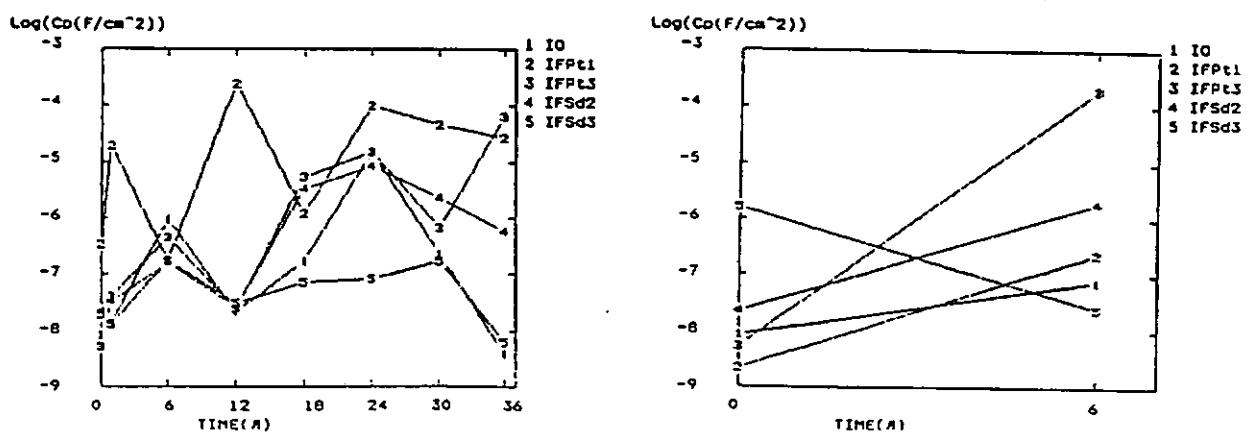
塗膜抵抗



界面抵抗



界面容量



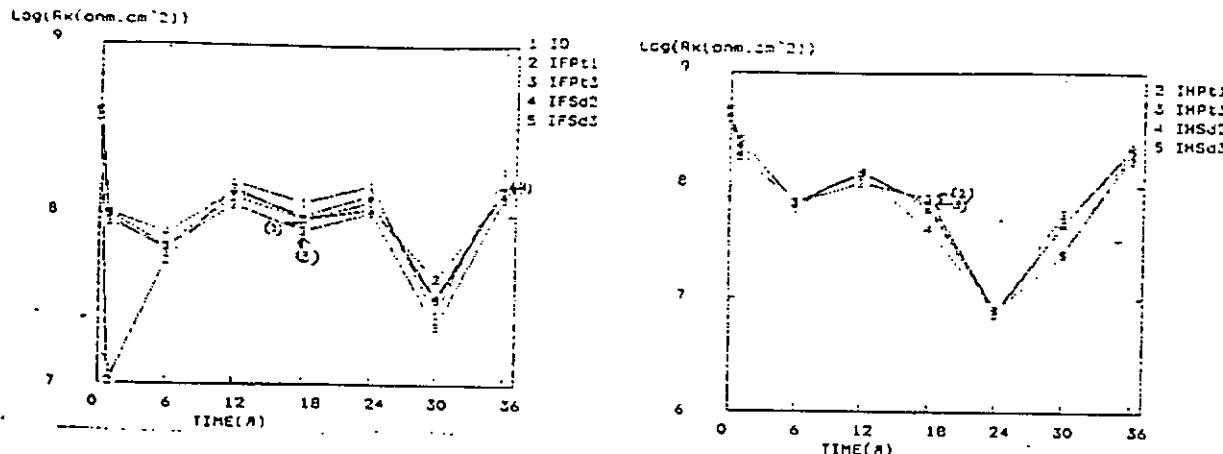
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.18 (3) C R - A / C - H B 塗料の直流電気

電気抵抗

歪取部

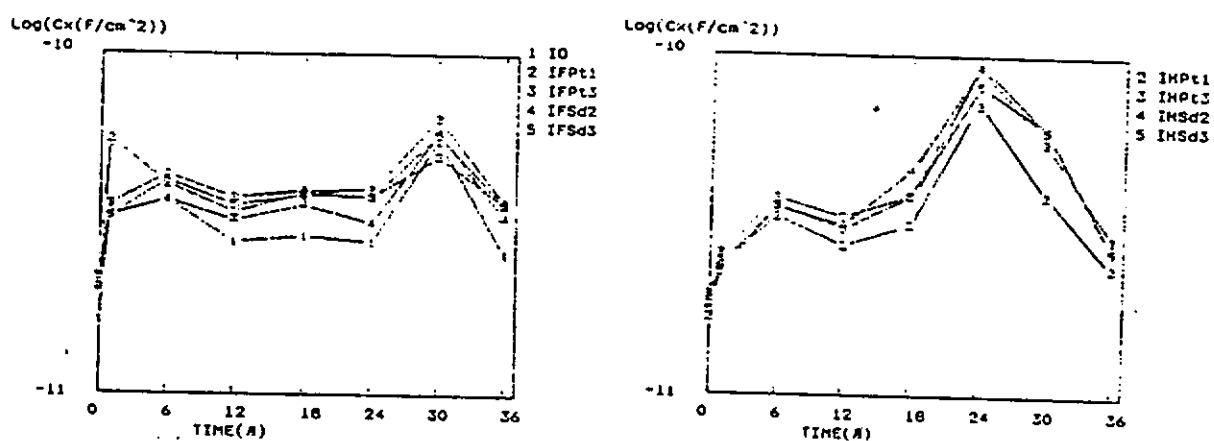
溶接部



電気容量

歪取部

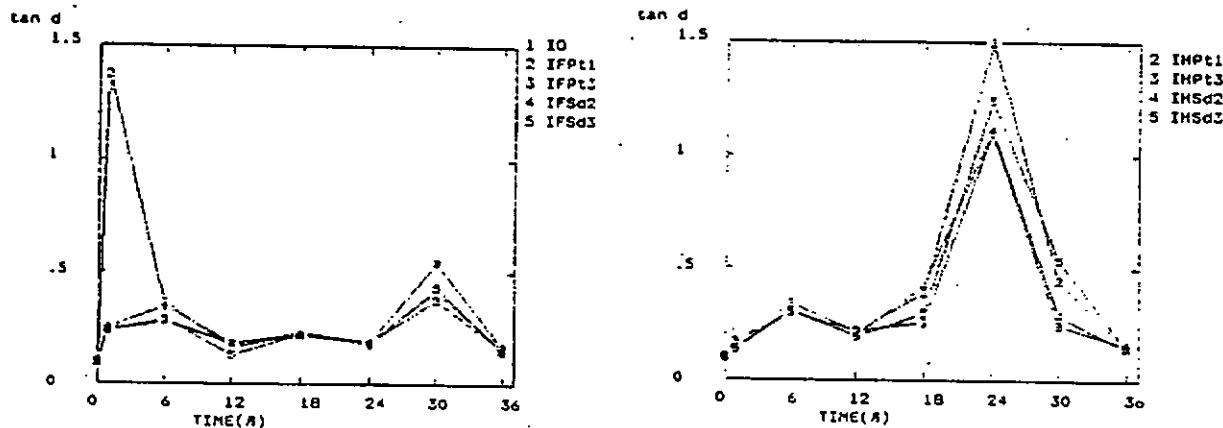
溶接部



$\tan \delta$

歪取部

溶接部

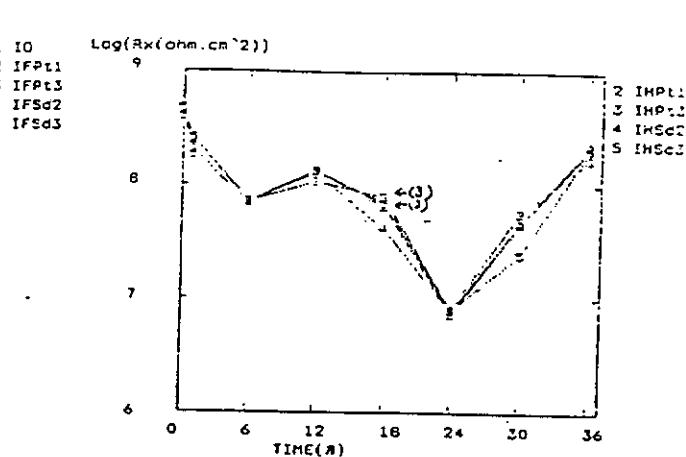
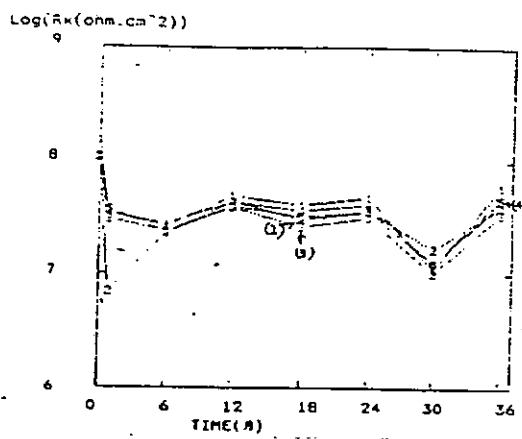


図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.19 (1) TE 塗料の交流電気特性 (天然試験、0.2kHz)

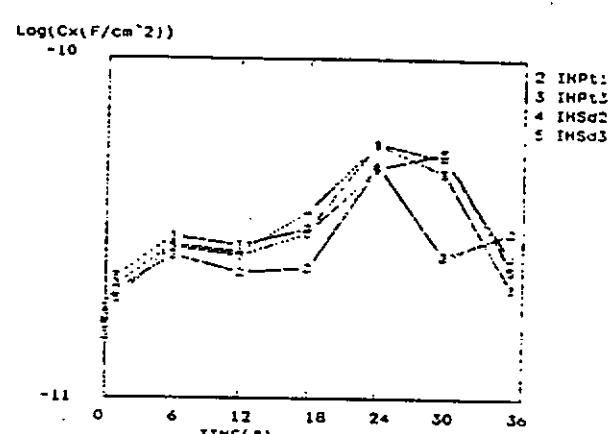
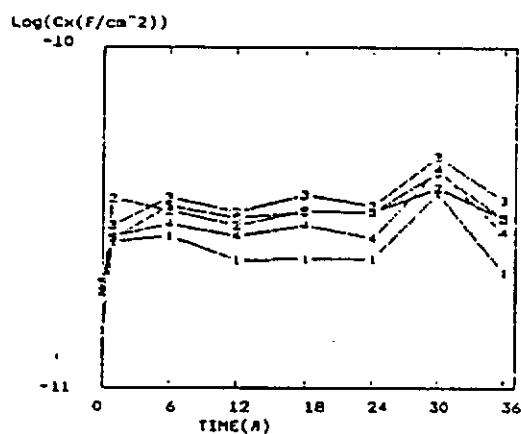
電気抵抗

歪取部



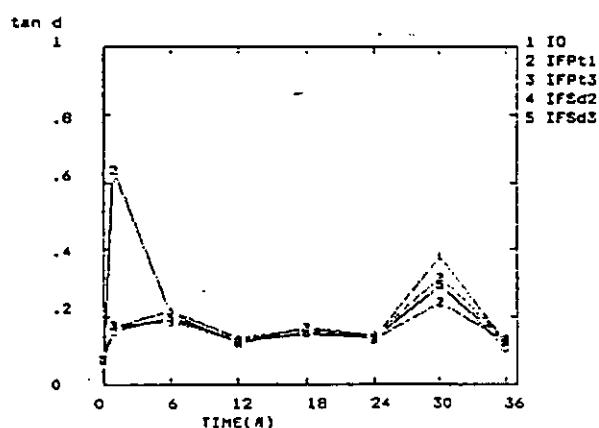
電気容量

歪取部

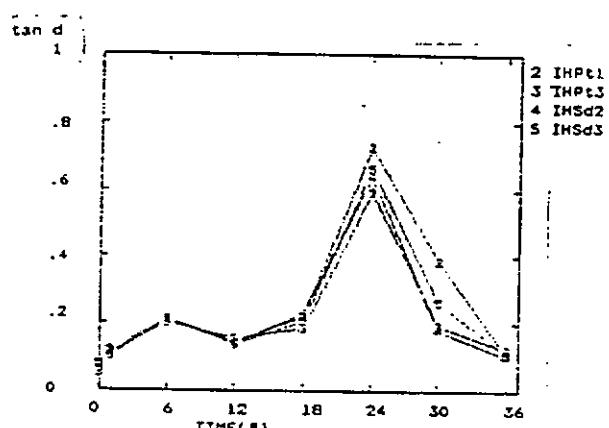


$\tan \delta$

歪取部



溶接部

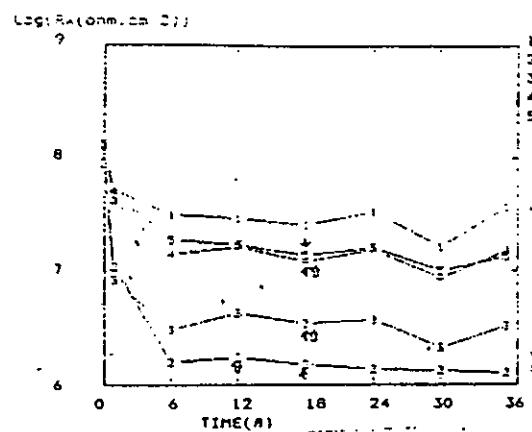


図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

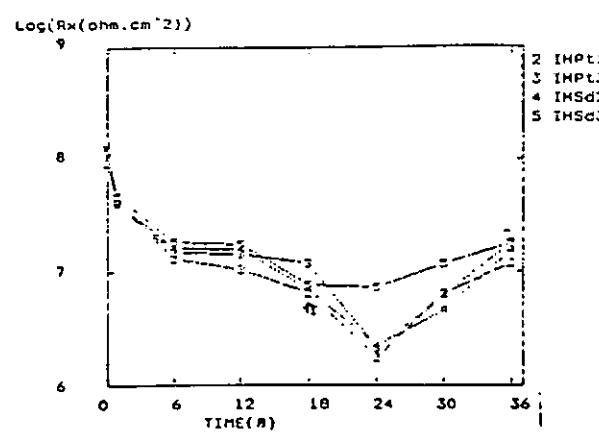
図 2.1.19 (2) TE 塗料の交流電気特性（天然試験、1kHz）

電気抵抗

歪取部

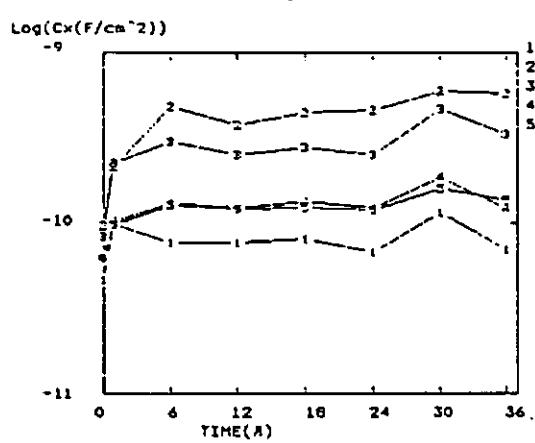


溶接部

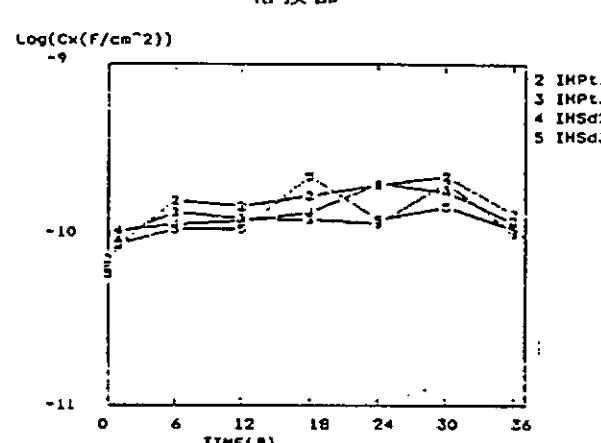


電気容量

歪取部

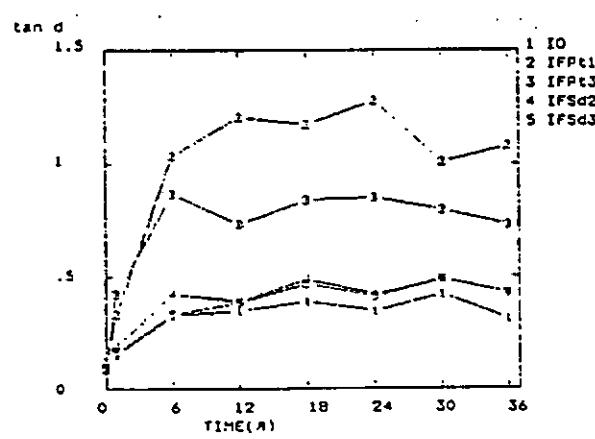


溶接部

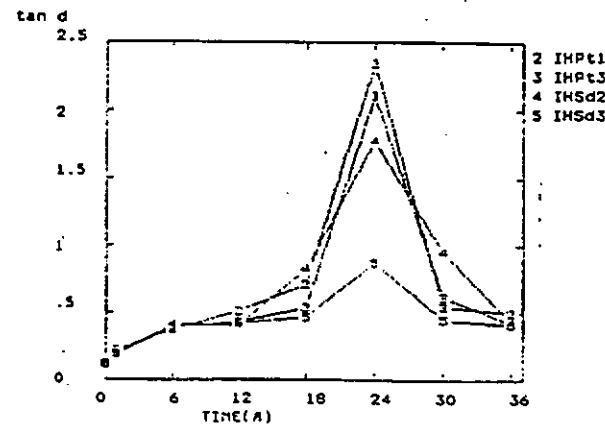


$\tan \delta$

歪取部



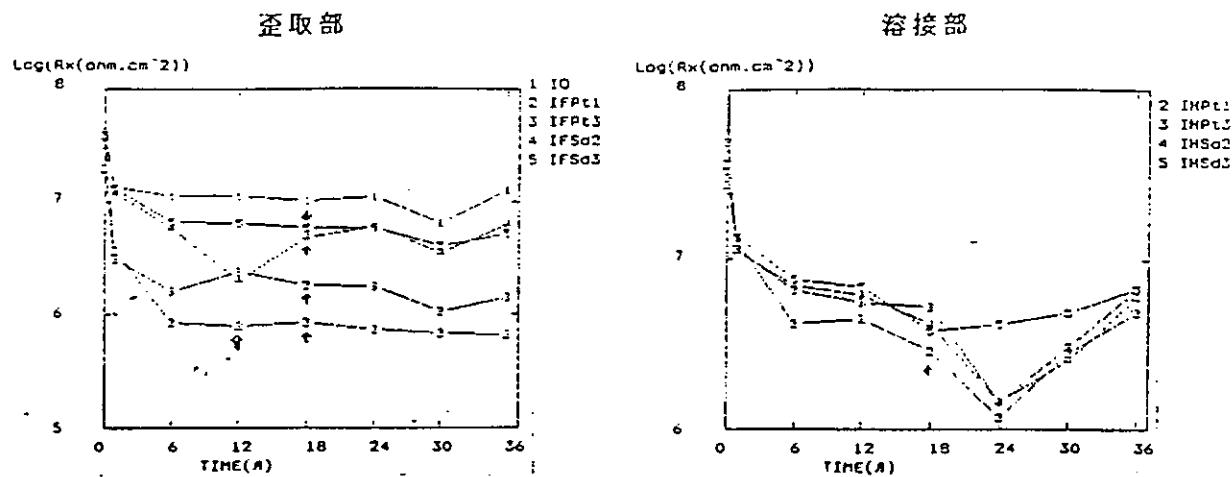
溶接部



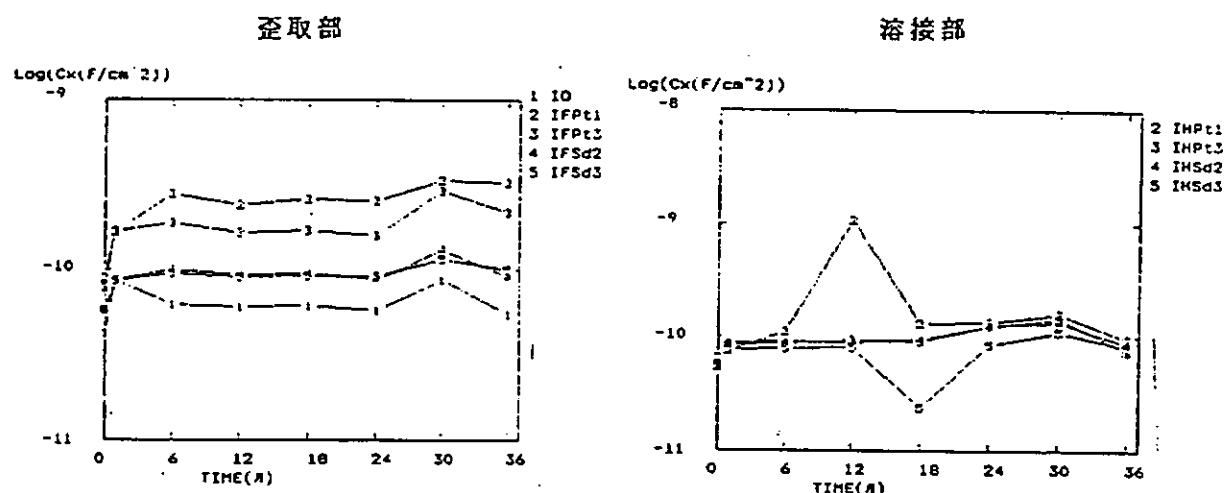
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.19 (3) PE・A/C塗料の交流電気特性（天然試験、0.2kHz）

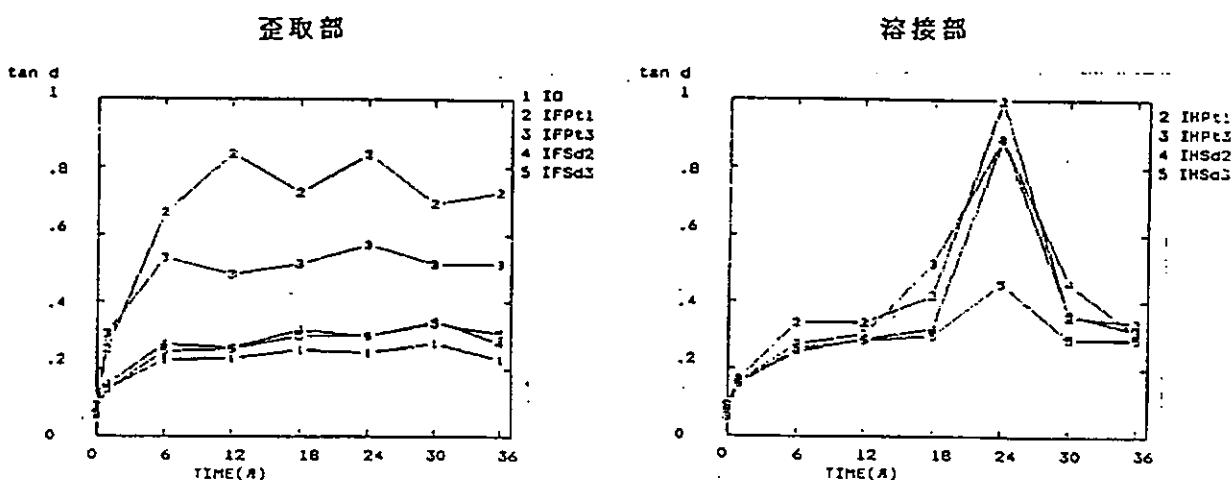
電気抵抗



電気容量



$\tan \delta$

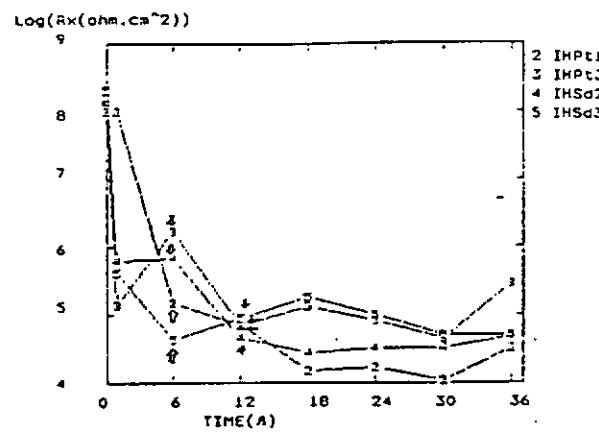
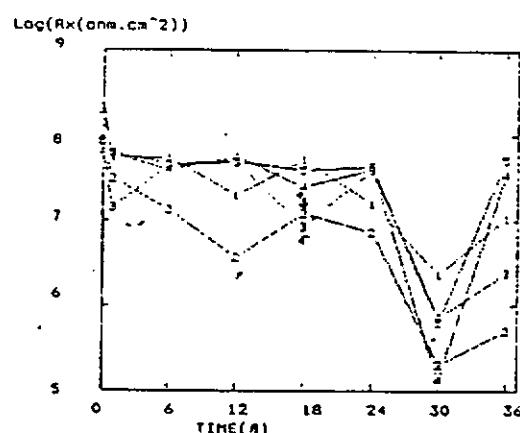


図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.19 (4) P E · A / C 塗料の交流電気特性 (天然試験、1kHz)

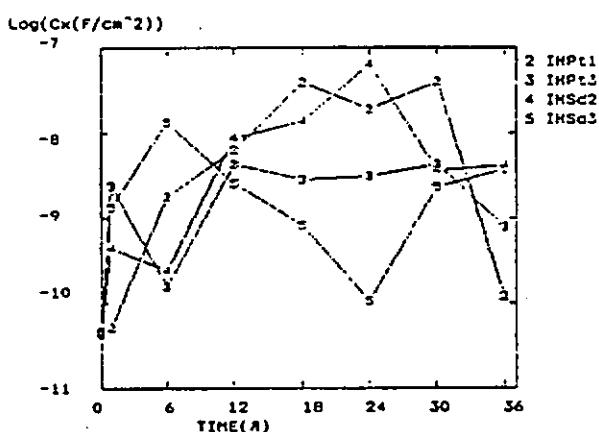
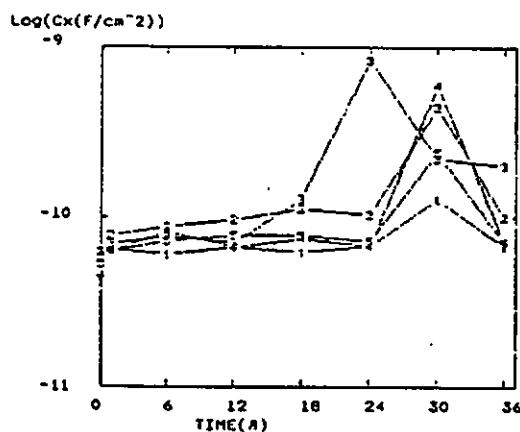
電気抵抗

歪取部



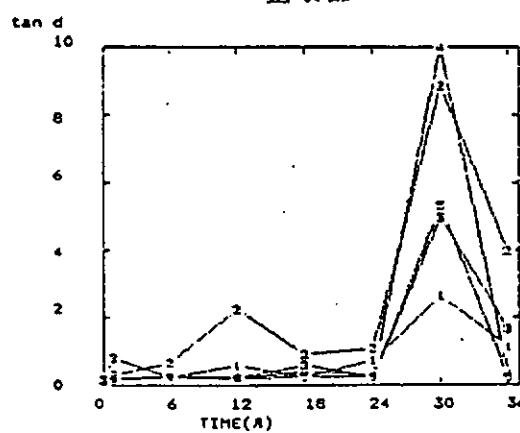
電気容量

歪取部

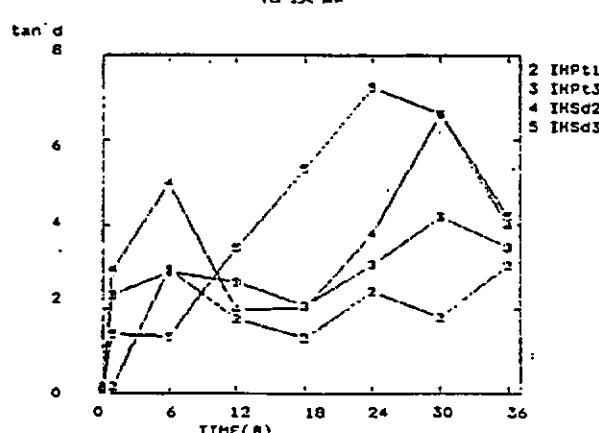


$\tan \delta$

歪取部



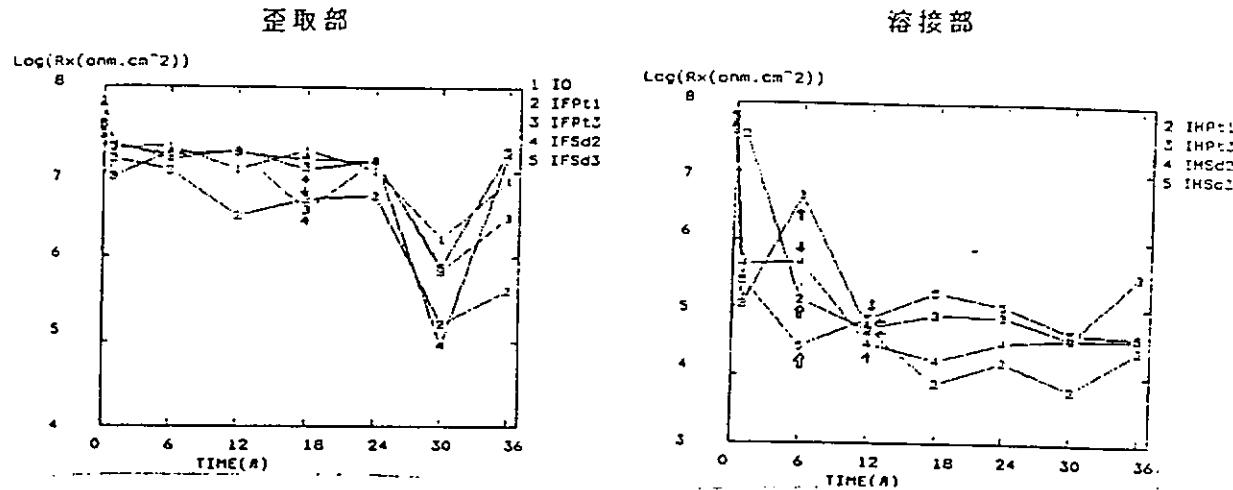
溶接部



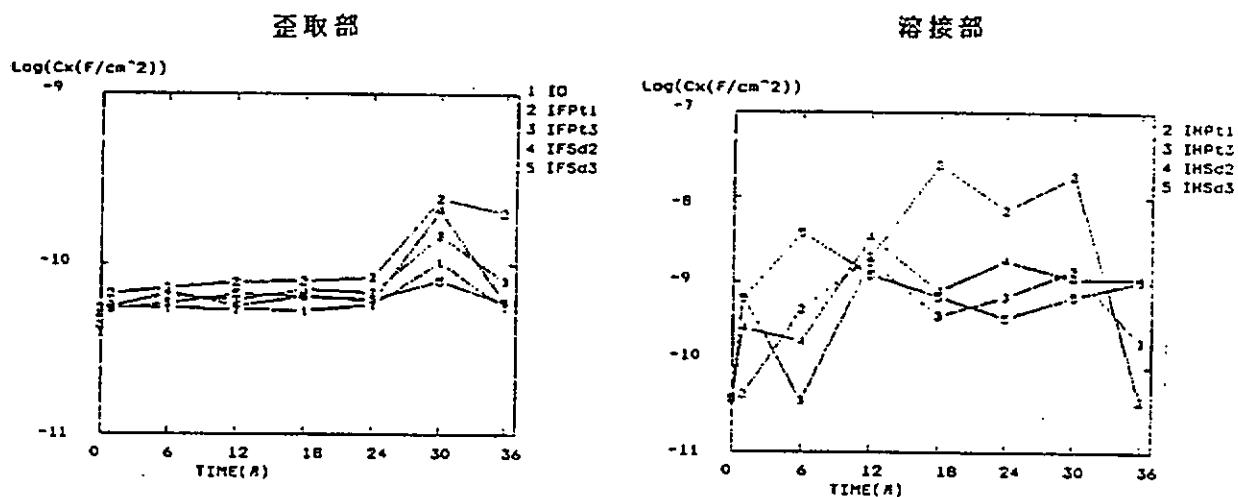
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.19 (5) C R · A / C · H B 塗料の交流電気特性 (天然試験、0.2kHz)

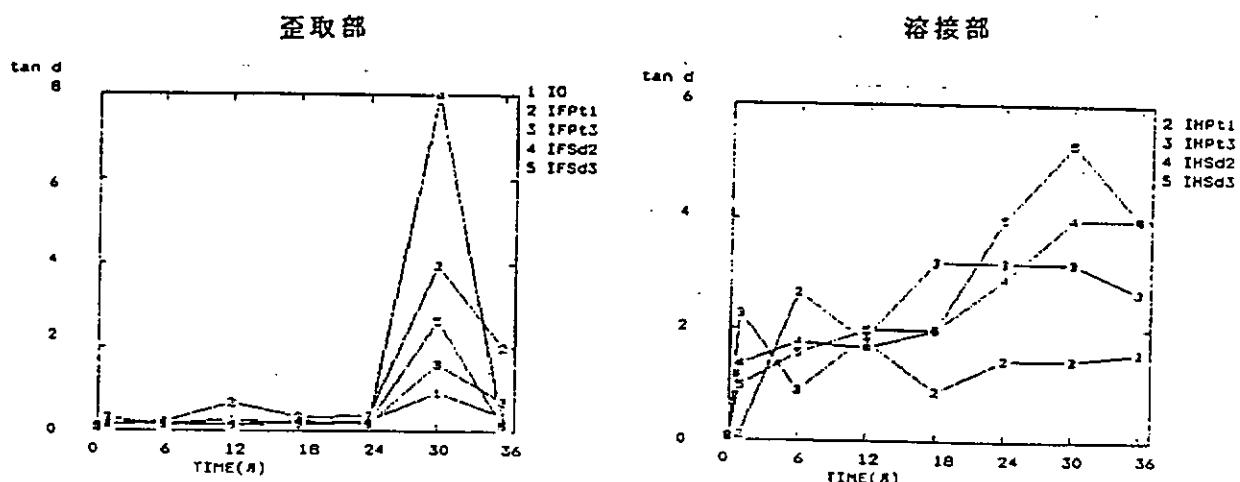
電気抵抗



電気容量



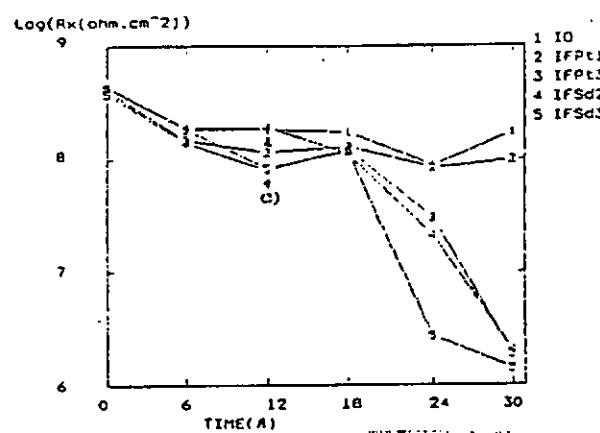
$\tan \delta$



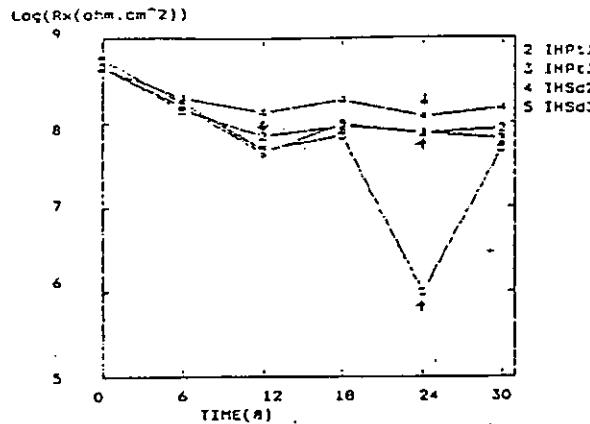
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.19 (6) C R · A / C · H B 塗料の交流電気特性 (天然試験、1kHz)

歪取部

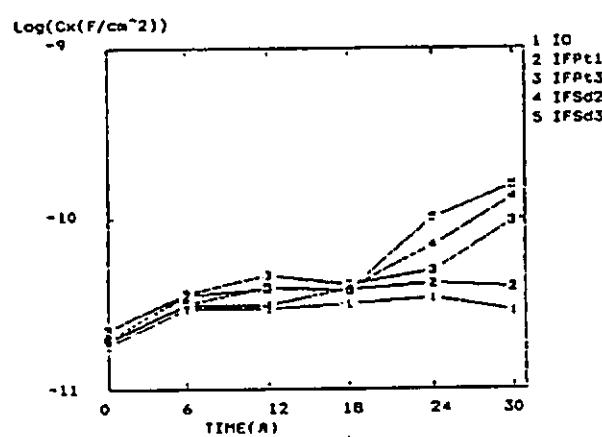


溶接部

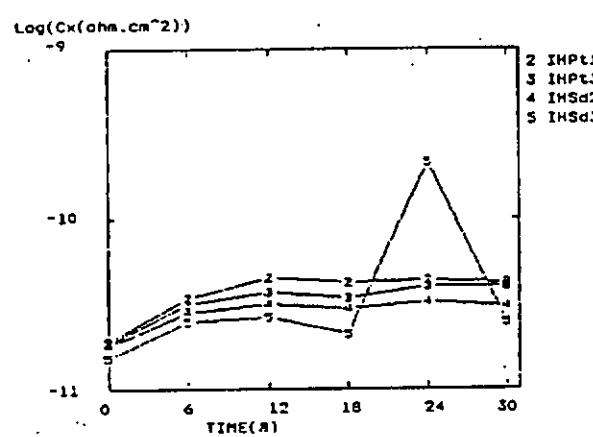


電気容量

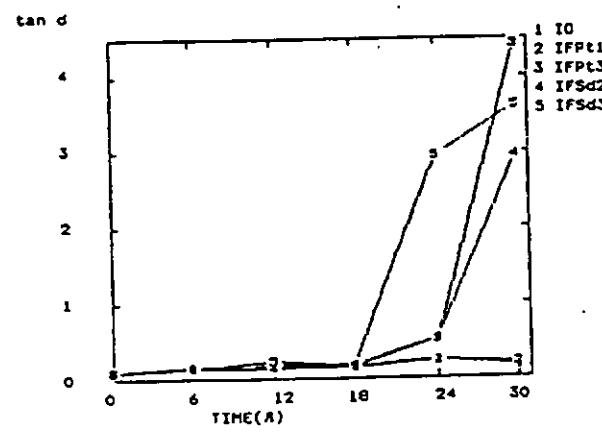
歪取部



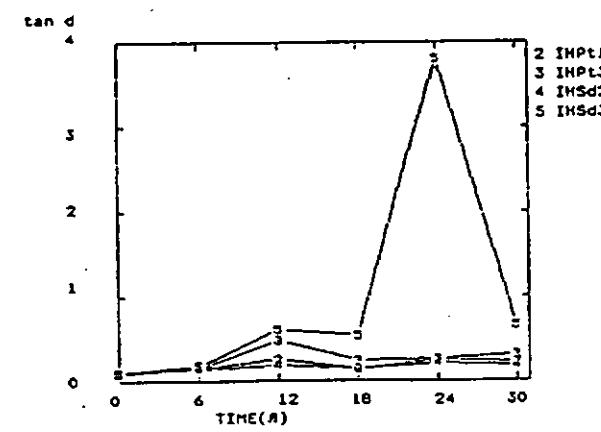
溶接部

 $\tan \delta$

歪取部



溶接部

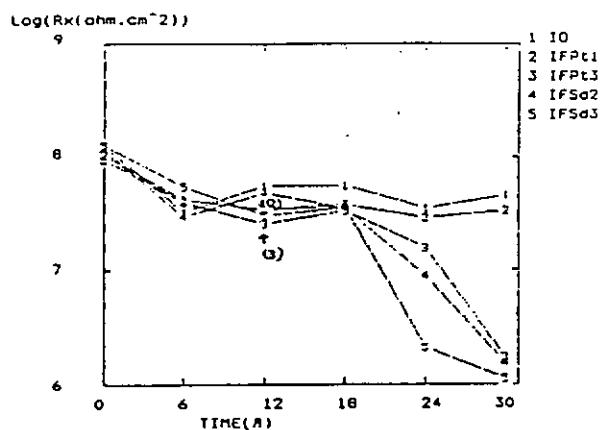


図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

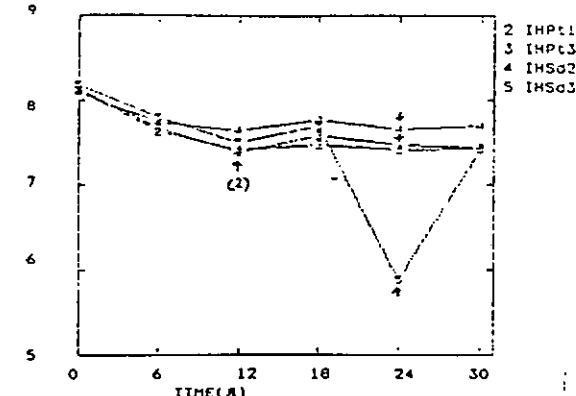
図 2.1.20 (1) TE 塗料の交流電気特性（促進試験、0.2kHz）

電気抵抗

歪取部

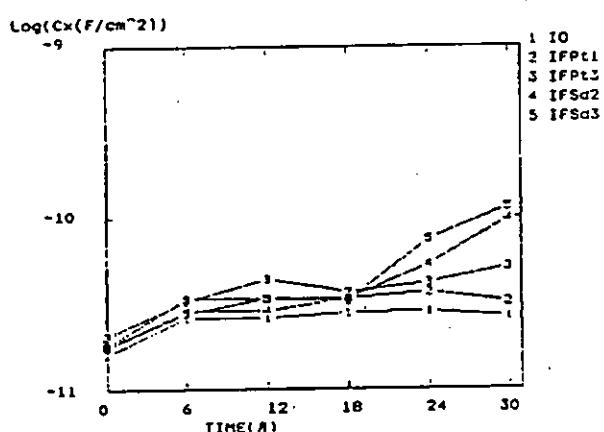


溶接部

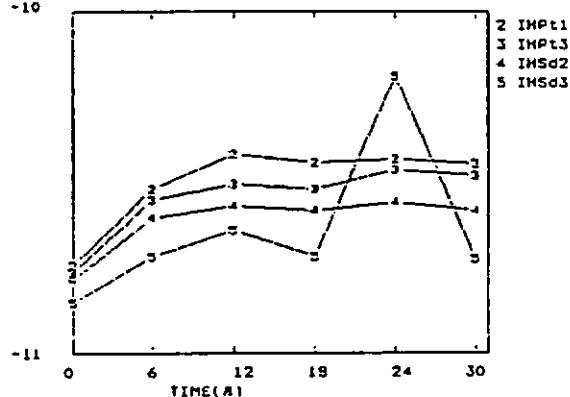


電気容量

歪取部

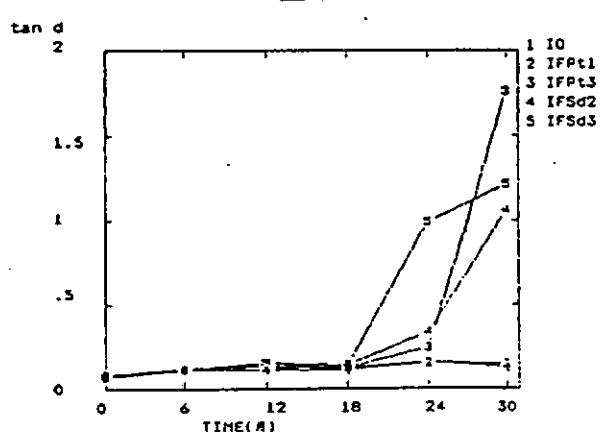


溶接部

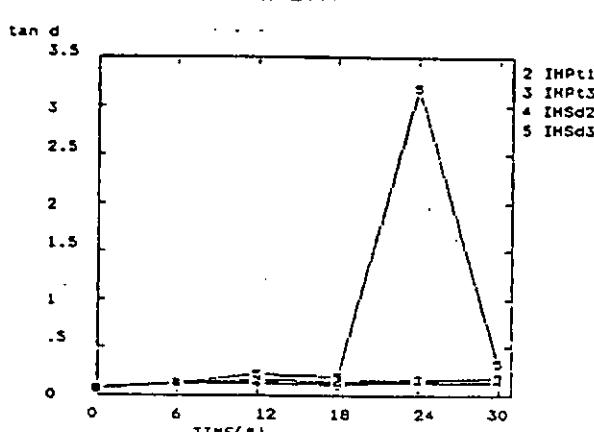


$\tan \delta$

歪取部



溶接部

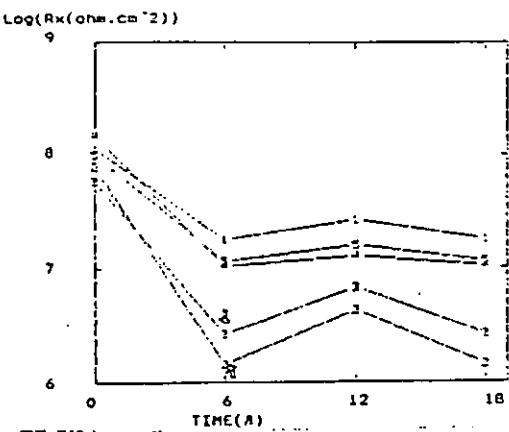


図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

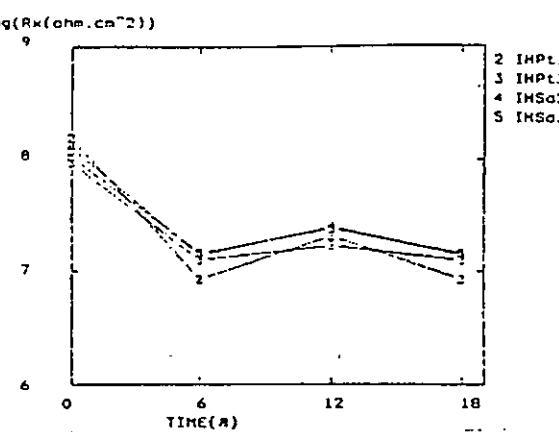
図 2.1.20 (2) TE塗料の交流電気特性（促進試験、1kHz）

電気抵抗

歪取部

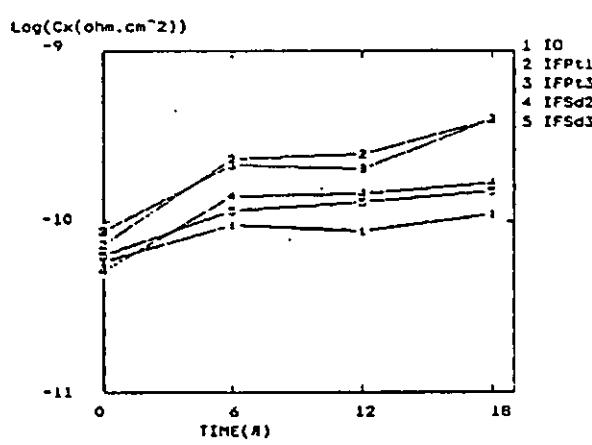


溶接部

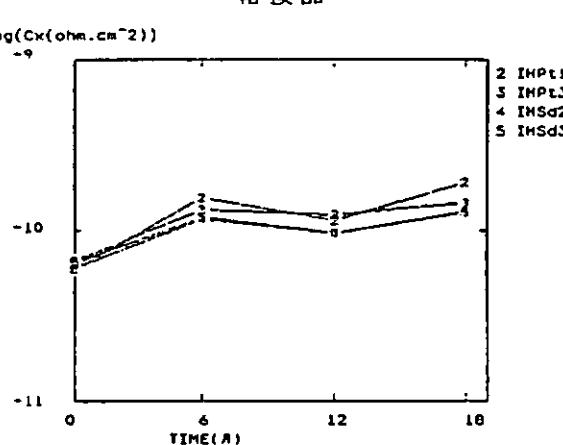


電気容量

歪取部

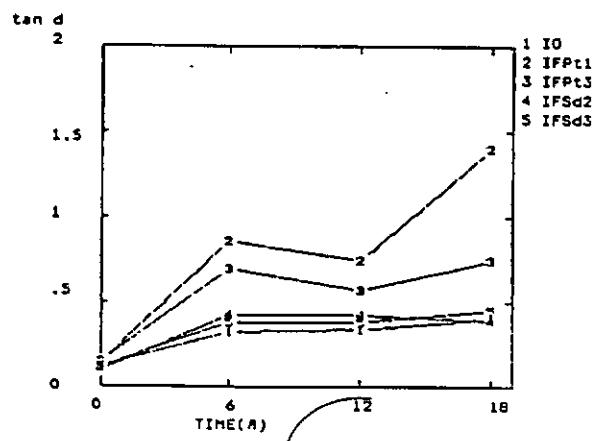


溶接部

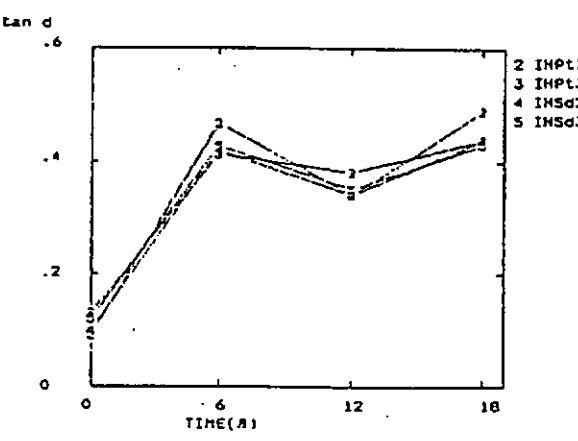


$\tan \delta$

歪取部



溶接部

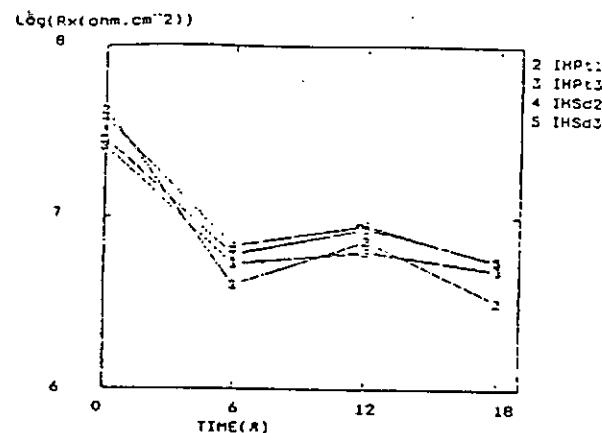
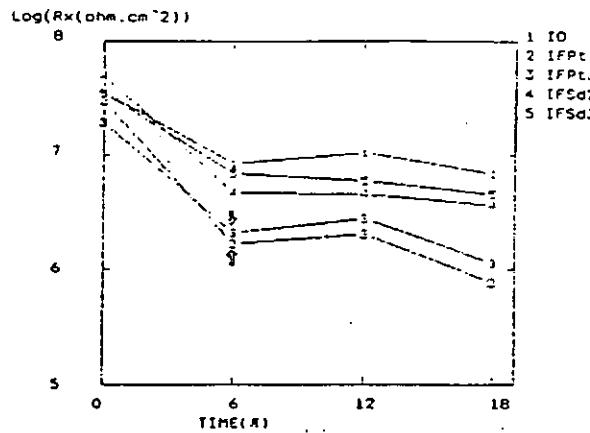


図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.20 (3) PE・A/C 塗料の交流電気特性（促進試験、0.2kHz）

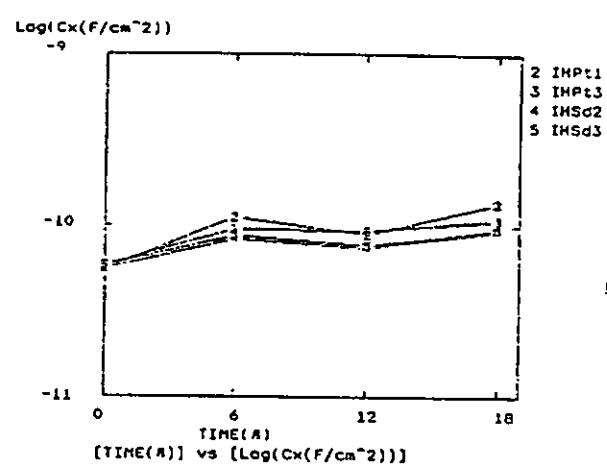
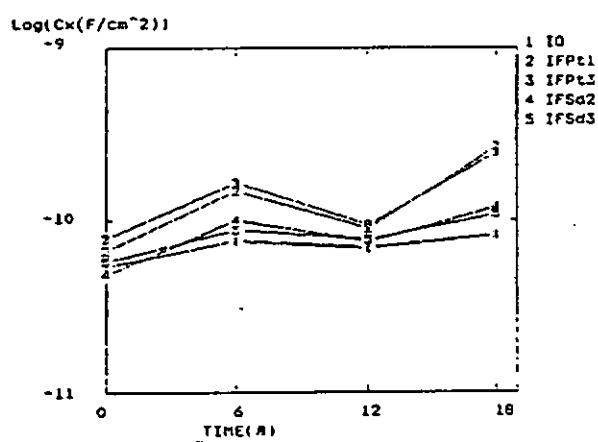
電気抵抗

歪取部



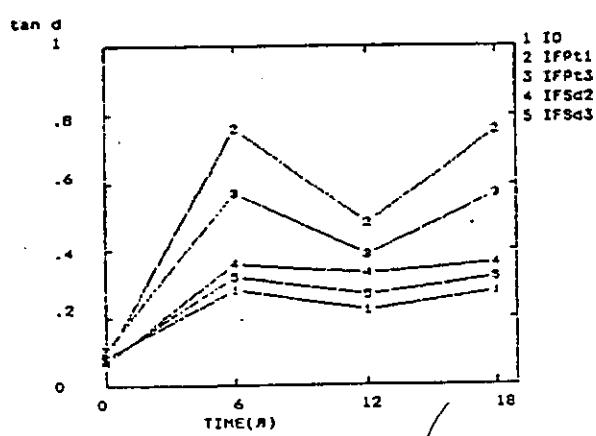
電気容量

歪取部

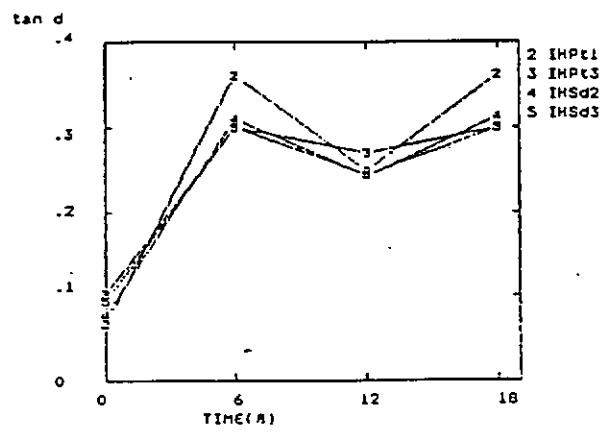


$\tan \delta$

歪取部



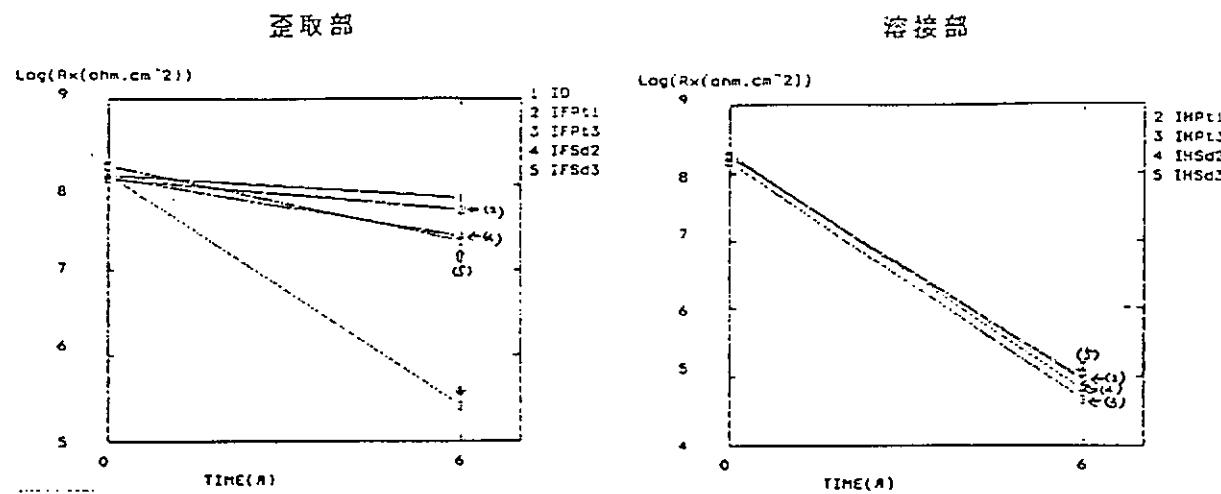
溶接部



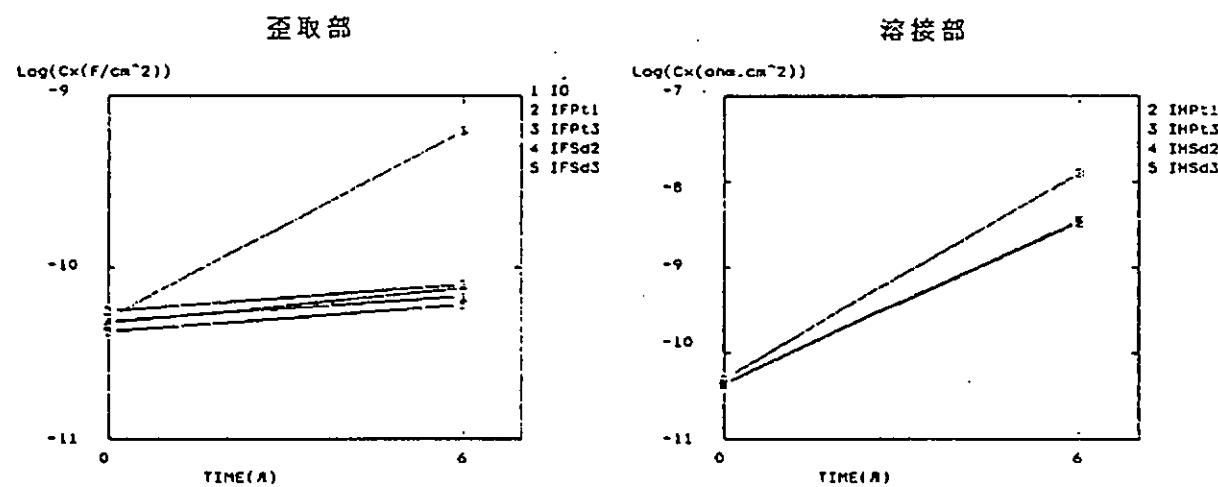
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.20 (4) PE・A/C塗料の交流電気特性（促進試験、1kHz）

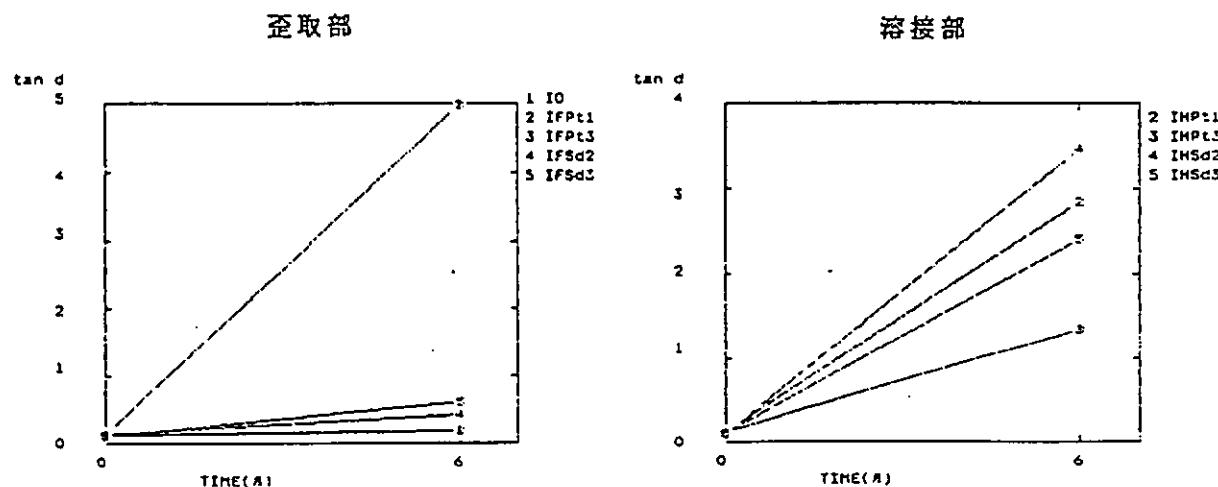
電気抵抗



電気容量



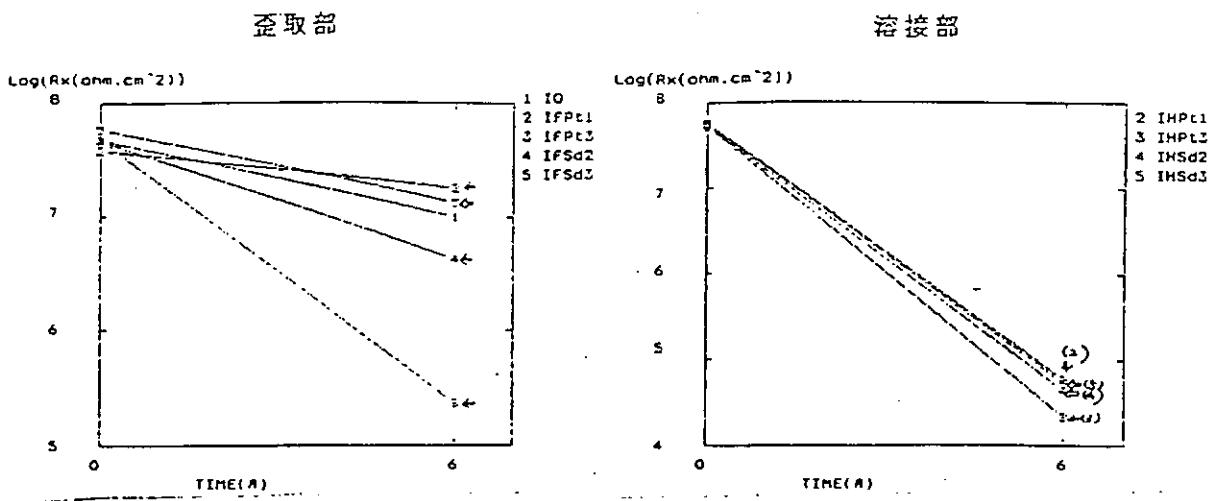
$\tan \delta$



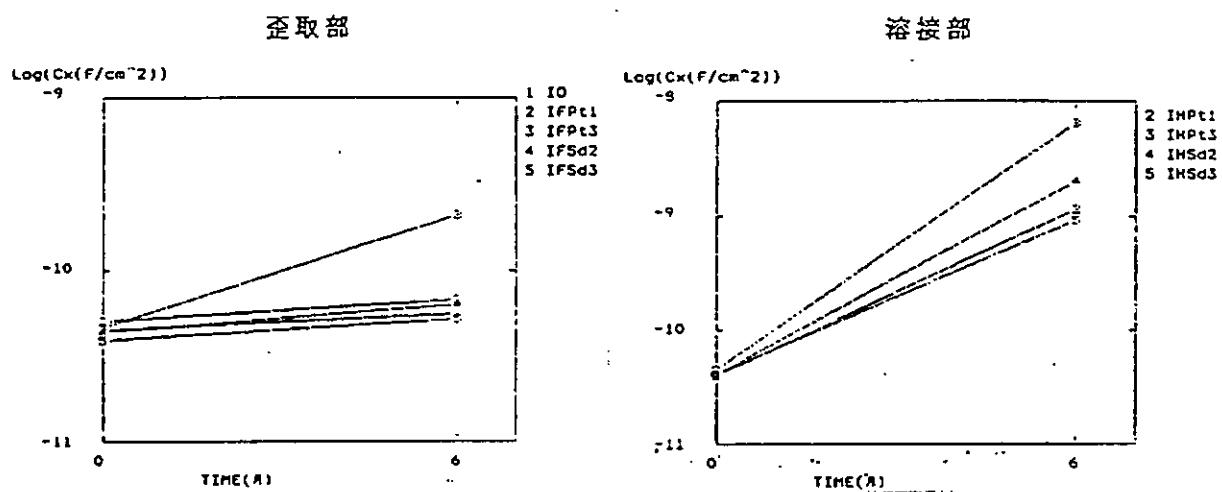
図中の→、⇨はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.20 (5) C R · A / C · H B 塗料の交流電気特性（促進試験、0.2kHz）

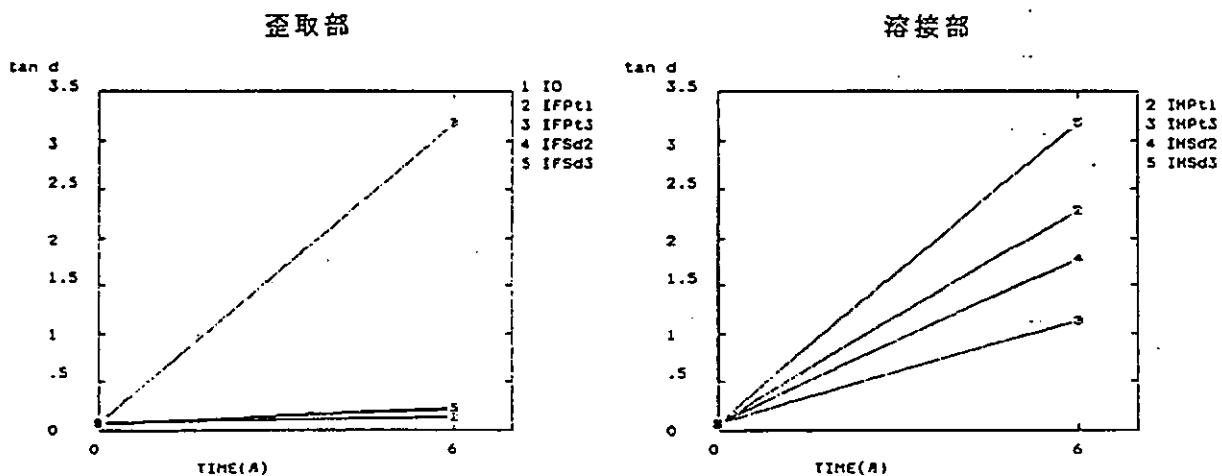
電気抵抗



電気容量



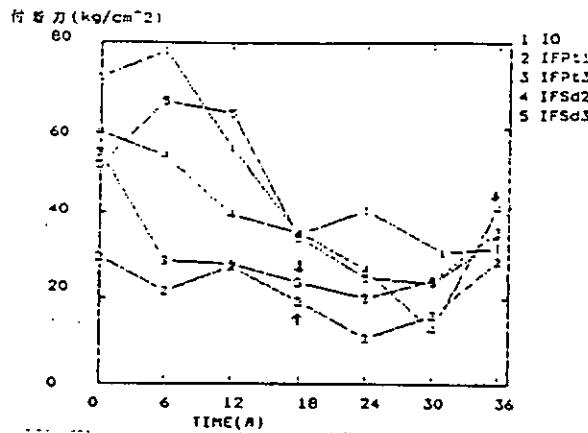
$\tan \delta$



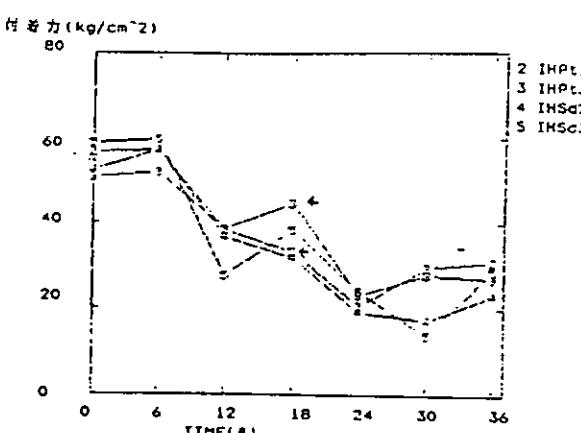
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.20 (6) CR・A/C・HB塗料の交流電気特性（促進試験、1kHz）

歪取部

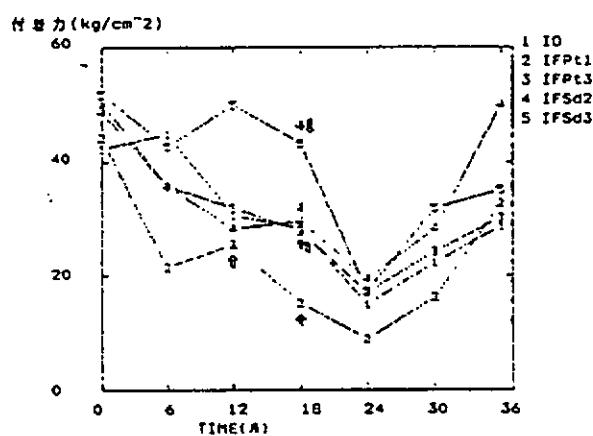


溶接部周辺

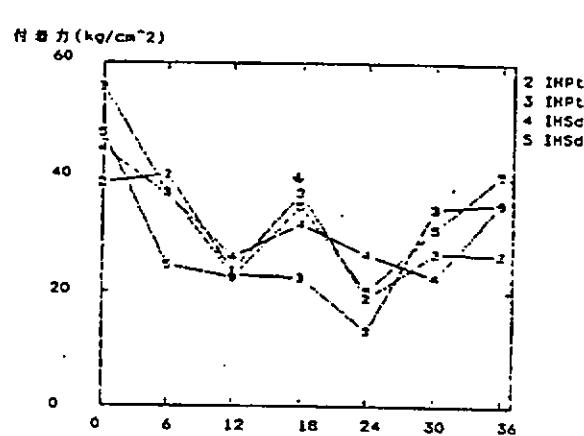


PE・A/C塗料

歪取部

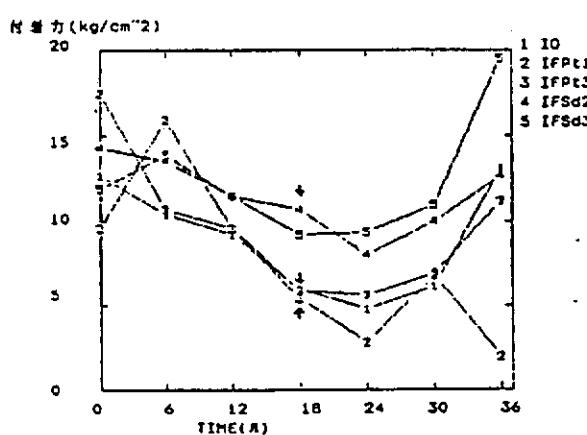


溶接部周辺

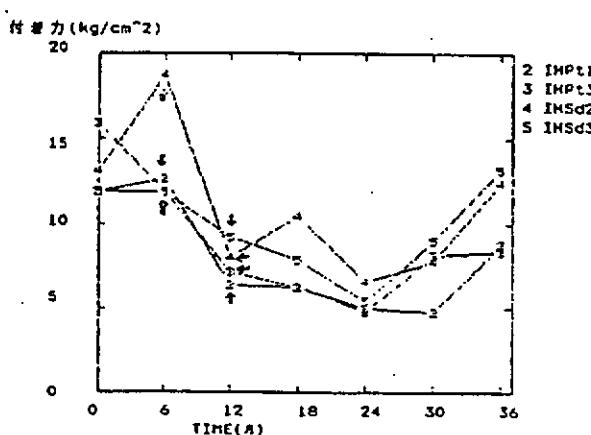


CR・A/C・HB 塗料

歪取部



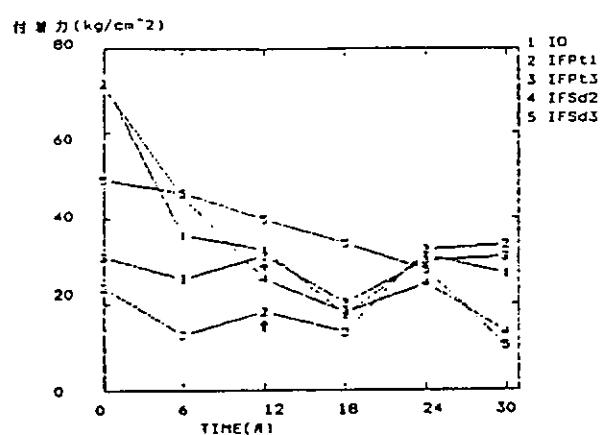
溶接部周辺



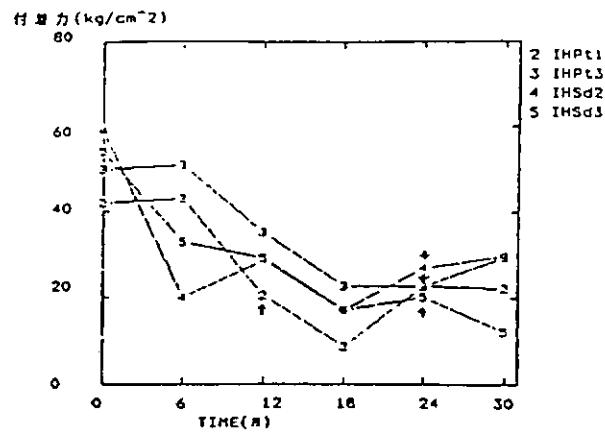
図中の→、⇒はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.21 (1) 各塗料の付着強さの経時変化（天然試験）

歪取部

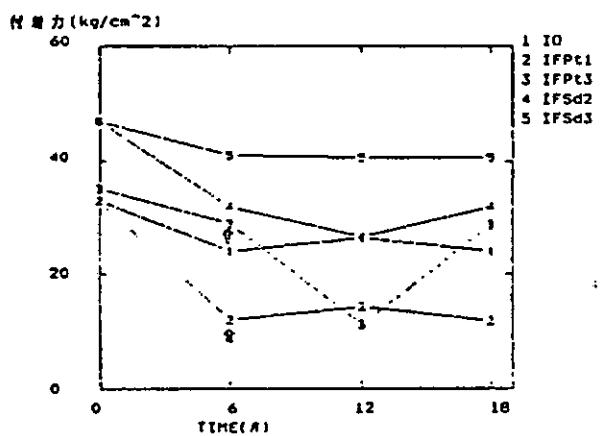


溶接部周辺

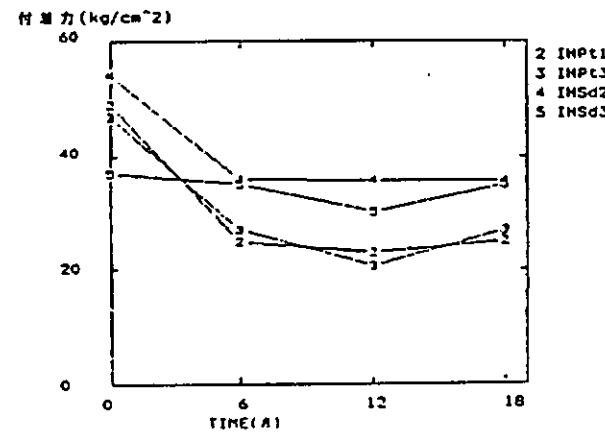


PE-A/C塗料

歪取部

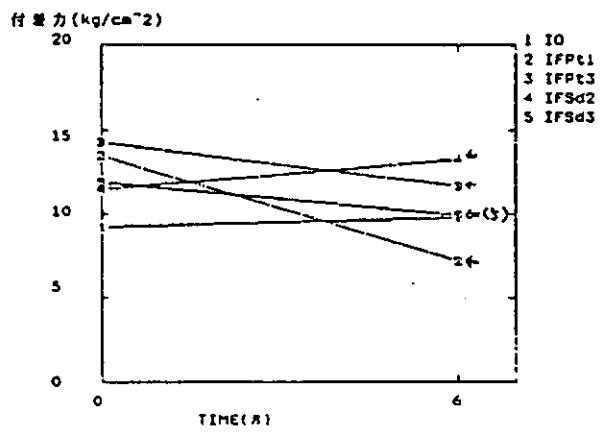


溶接部周辺

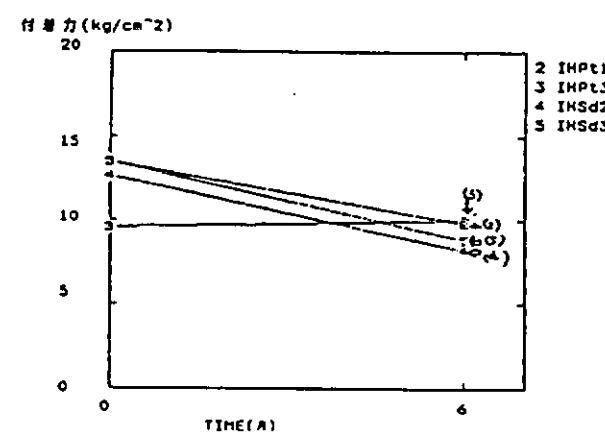


CR-A/C-HB 塗料

歪取部



溶接部周辺



図中の→、⇨はそれぞれふくれ、さび発生時点を示す。

図 2.1.21 (2) 各塗料の付着強さの経時変化（促進試験）

2. 2 変動荷重と塗膜の耐久性

(1) 研究の目的

船舶や海洋構造物は波浪や潮流などの外力の繰返し作用により、絶えず変動荷重を受ける。海洋環境の中でも、腐食性の激しい飛沫帯におかれる構造部位に対しては、塗料やライニングなどの被覆防食材料によって防食対策が施されているが、これらの被覆材塗膜の耐久性に及ぼす繰返し変動荷重の影響については、未だに十分な解明が行われていないといえる。

そこで、本研究項目では、数種の被覆防食塗膜に及ぼす低サイクル繰返し変動荷重の影響について、各被覆材の種類や塗膜条件、並びに環境条件などの観点から検討し、変動荷重下における防食塗膜の耐久性について究明・評価する。

なお、本年度における具体的な検討項目は以下のとおりである。

(a) 環境条件と変動荷重下における防食塗膜の耐久性

(i) 紫外線照射条件下における耐久性

紫外線照射による塗膜劣化と変動荷重下での塗膜の耐久性を検討する。

(ii) 低温海水環境下における耐久性

氷海域を想定し、低温海水環境下において変動荷重を付与した場合の塗膜の耐久性について検討する。

(b) 電気防食併用下における変動荷重と塗膜の耐久性

塗膜に欠陥を付与して電気防食を併用した場合、変動荷重下での耐久性について検討する。

(2) 試験方法

(a) 供試材と防食仕様

本研究部会において採用した防食材料とその仕様や膜厚については、各検討事項共通のものとして、本研究の初年度（昭和60年度）に設定されたもので、表2に示されている。これらの防食材料やその仕様の中から、本検討項目において選択し、供試した防食材料は船体外板やバラストタンク内面に適用される塗装材料及び海洋構造物の海水飛沫を対象とした防食ライニング材などであり、合計5種類の防食仕様である。それらを改めて表2.2.(1)に示す。

(b) 試験装置

試験板に繰返し変動荷重を与える試験装置として「繰返し曲げ荷重試験装置」(60年度に設計・製作) 及び「繰返し応力付加試験装置(Ⅰ)」(S R 182部会で設計・製作) を使用している。また、紫外線照射装置を取り付け暴露環境を模擬した条件下で繰返し変動荷重試験が可能なような改造を行った「繰返し応力付加試験装置(Ⅱ)」も使用している。これらの各試験装置の概略仕様をまとめて表2.2(2)に示す。なお、「繰返し曲げ荷重試験装置」及び紫外線照射用の「繰返し応力付加試験装置(Ⅱ)」の概略図をそれぞれ図2.2(1)及び図2.2(2)に示す。

(c) 試験板の製作

繰返し変動荷重を与える試験板(素材: SS 41)の形状及び寸法は図2.2(3)に示すとおりである。この試験板に対して、表2.2(1)に示した防食仕様に基づいて各供試防食材料を塗装した。

(d) 試験条件

本検討項目の各試験に対し、予め設定した試験条件は以下のとおりである。

(i) 環境条件と変動荷重下における防食塗膜の耐久性

(イ) 紫外線照射条件下における耐久性

防食仕様5種類の塗装試験板に対し、改造した「繰返し応力付加試験装置(Ⅱ)」を用いて、紫外線殺菌灯照射条件下における繰返し変動荷重試験を行っている。その試験条件は下記のとおりである。

- ① 変動荷重の形式 : 曲げ荷重(変位制御)
- ② 繰返し荷重 : $\pm 20 \text{ Kgf/mm}^2$
- ③ 繰返し速度 : 10 c p m
- ④ 試験環境 : 殺菌灯による紫外線照射下(波長253.7nm)
- ⑤ 現在までの繰返し : $N = 6.7 \cdot 10^6$
- ⑥ 経過期間 : 約16箇月

なお、繰返し変動荷重試験と比較するため同様に作製した塗装試験板を同条件下に静置して調査している。

(ロ) 低温海水環境下における耐久性

防食仕様5種類の塗装試験板において、無傷の試験板と、試験板の長さ方向に対して横方向に長さ10mmの傷を付与した試験板について、「繰返し曲げ荷重試

験装置」を用いて低温海水中で繰返し変動荷重試験を行っている。その試験条件は下記のとおりである。

- ① 変動荷重の形式 : 曲げ荷重（変位制御）
- ② 繰返し荷重 : $\pm 20 \text{ Kgf/mm}^2$
- ③ 繰返し速度 : 10 c p m
- ④ 試験環境 : 低温人工海水中（温度：4～6°C）
- ⑤ 現在までの繰返し : $N = 5.5 \times 10^6$
- ⑥ 経過期間 : 約13箇月

なお、繰返し変動荷重試験と比較するため同様に作製した塗装試験板を低温人工海水中に静浸漬した試験も実施している。

(ii) 電気防食併用下における変動荷重と塗膜の耐久性

防食仕様5種類の塗装試験板において、試験板の長さ方向に対して横方向に塗膜欠陥（素地に達する長さ10mmまたは20mmの傷）を付与した試験板に対し、流電陽極方式による電気防食を併用して、繰返し変動荷重試験を行っている。試験装置は「繰返し応力付加試験装置(I)」を用いている。また、試験条件は下記のとおりである。

- ① 変動荷重の形式 : 曲げ荷重（変位制御）
- ② 繰返し荷重 : $\pm 20 \text{ Kgf/mm}^2$
- ③ 繰返し速度 : 10 c p m
- ④ 試験環境 : 常温(室温)人工海水中
- ⑤ 現在までの繰返し : $N = 6.3 \times 10^6$
- ⑥ 経過期間 : 約15箇月

なお、電気防食用の陽極（アノード）として亜鉛電極棒（ $\phi 30 \times 150\text{mm}$ ）を用い、リード線により試験板に接続して試験を行っている。また、繰返し変動荷重試験と比較するため、同様にして作製して電気防食法を併用した試験板を人工海水中に静浸漬した試験も行っている。

(e) 塗膜の性能評価方法

繰返し変動荷重下におかれた各防食仕様の塗膜に対する性能評価方法は肉眼観察による外観評価が主であり、塗膜の割れ、ふくれ及び錆の発生を調査した。

また、塗膜の電気的特性を評価する方法として、交流インピーダンス法を採用した。すなわち、3%食塩水にカルボキシメチルセルロース(CMC)を3%溶解して調整した電解質の糊を用いてアルミ箔(50×50m)を塗膜面に貼付し約2時間放置したあと、塗膜試験機(新電子工業製：CJA-3D型)を用いて、各発振周波数(0.2, 0.5, 及び1.0KHz)における抵抗及び容量を測定した。さらに、これらの数値を用いて、次式によりtan δを求めた。

$$\tan \delta = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C \cdot R}$$

π : 円周率
 f : 周波数 (Hz)
 C : 容量 (F)
 R : 抵抗 (Ω)

(3) 試験結果と経過状況

(a) 環境条件と変動荷重下における防食塗膜の耐久性

(i) 紫外線照射条件下における耐久性

紫外線照射条件下における試験約16箇月経過後の塗膜観察結果を表2.2(3)に示す。いずれの仕様塗膜ともかなりのチョーキングは見られるが、塗膜の割れやく離は見られない。この傾向は変動荷重の有無にかかわらず同じである。これらの塗膜の外観状況を図2.2(4)に示す。

また、16箇月経過時までの交流インピーダンスの経時変化を図2.2(5)～2.2(9)に示す。変動荷重を付与した場合には防食仕様No.2(CR系)の経時変化が大きいが他の仕様塗膜ではほとんど経時変化は見られない。また、変動荷重のない静置試験では各仕様塗膜とも16箇月経時まで初期値とほとんど変化していない。従って、図2.2(9)にも示すようにtan δ値も初期値と変化なく、仕様No.2(CR系)以外は紫外線照射の有無にかかわらずtan δ値は0.1以下である。これらのことから判断して、紫外線照射条件下においては、防食仕様No.2(CR系)の塗膜のみが繰返し変動荷重の影響を受け、外観的にはほとんど変化はないが、塗膜抵抗は経時とともに低下し、静電容量は経時とともに増加する傾向にある。一方、その他の4種の仕様塗膜は変動荷重の影響を受けず、塗膜の抵抗や静電容量の経時変化はないといえる。

(ii) 低温海水環境下における耐久性

低温海水環境下における繰返し変動荷重試験約13箇月経過時の試験板観察状況を表2.2.(4)に示す。防食仕様No.2(CR系)の塗膜に早期にふくれと割れが発生し、特に、有傷塗膜の場合には繰返し数 $N = 2.31 \times 10^6$ (7箇月未満)の時点で試験板が破断し、無傷塗膜の試験板は繰返し数 $N = 4.6 \times 10^6$ (11箇月経過時)に破断した。しかし、その他の仕様塗膜4種は塗膜傷の有無にかかわらず、13箇月経過時点(繰返し数 $N = 5.50 \times 10^6$)においても塗膜ふくれや割れなどの異常は見られていない。なお、無塗装試験(裸軟鋼板)2枚はそれぞれ繰返し数 $N = 3.13 \times 10^6$ 、 $N = 3.37 \times 10^6$ (試験期間7~8箇月経過時)で破断した。これらの塗膜外観状況を図2.2(10)及び2.2(11)に示す。

低温海水環境下における試験13箇月経過時までの交流インピーダンスの経時変化を図2.2(12)~2.2(16)に示す。防食仕様No.2(CR系)の塗膜は変動荷重下において早期に急激な塗膜抵抗の低下や静電容量の増加が見られたが、その他の各仕様塗膜では経時とともにわずかに抵抗の低下や容量の増加の傾向が見られるに過ぎない。しかし、低温海水への静浸漬試験においては、仕様No.2(CR系)の塗膜は他の仕様塗膜に比べると抵抗は小さく容量は大きいが、経時変化の傾向や度合いは他の仕様塗膜とほぼ同じである。また、 $\tan \delta$ 値は経時とともにわずかに増加する傾向にあるが、仕様No.2(CR系)以外の各仕様塗膜は繰返し変動荷重の有無にかかわらずほぼ同じである。

以上のことから判断すると、低温環境下では、防食仕様No.2(CR系)の塗膜のみが早期に繰返し変動荷重の影響を受けるが、その他の仕様塗膜は繰返し変動荷重の影響をほとんど受けないといえる。

(b) 電気防食併用下における変動荷重と塗膜の耐久性

防食塗膜と流電陽極法による電気防食を併用した場合の試験約15箇月経過時の塗膜観察状況を表2.2(5)に示す。なお、各仕様塗膜には素地に達する傷を付与したものについても試験している。表2.2(5)にも示すように、防食仕様No.2(CR系)の塗膜は全面にふくれや割れが発生し、さらに、15箇月経時には塗膜はく離が生じている。しかし、試験板の破断には至っていない。また、防食仕様No.1(TE系)及び防食仕様No.5(P-E系)の有傷塗膜面では傷の周辺にふくれの発生が見られるが、割れやはく離は見られない。特に防食仕様No.4(I-Z+TE系)及び防食仕

様No.8(P E F系)の塗膜では傷部周辺においても欠陥は見られない。なお、塗装試験板で塗膜に付与した傷部や無塗装試験板(裸軟鋼板)の没水部全面は電気防食によってエレクトロコーティング(石灰質皮膜)で覆われており、赤錆の発生は見られない。また、変動荷重試験15箇月間で繰返し数 $N = 6.3 \times 10^6$ に達しているが無塗装試験板(裸軟鋼板)2枚とも未だ破断していない。これらの試験板状況を図2.2(17)及び2.2(18)に示す。

(4) まとめ

63年度においては、5種の防食仕様塗膜に対して、大気中での紫外線照射下、低温の人工海水や電気防食を併用した常温人工海水中で繰返し変動荷重試験を継続実施してきた。紫外線照射条件下での試験では繰返し数 $N = 6.7 \times 10^6$ (16箇月)、低温海水環境下では $N = 5.5 \times 10^6$ (13箇月)さらに電気防食併用の常温人工海水中では $N = 6.3 \times 10^6$ (15箇月)に達している。

これらの試験状況から塗膜状態について要約すると以下のとおりである。

- (a) 防食仕様No.2(C R系)の塗膜は繰返し変動荷重の影響を受け、比較的早期に塗膜抵抗が低下し、静電容量が増加する傾向にある。しかし、外観的には大気中では異常はないが、海水中では繰返し変動荷重を受ける部分にはふくれや割れが発生し、試験板の破断に至る場合がある。ただし、海水中で電気防食を併用した場合には電気防食の効果により試験板破断には至っていない。
- (b) 防食仕様No.1(T E系)及び防食仕様No.5(P E系)の塗膜は低温海水環境下では塗膜傷の有無にかかわらず繰返し変動荷重下においても、異常は見られなかったが、常温海水環境下では有傷塗膜の傷周辺部にふくれの発生が見られた。しかし、電気防食を併用した場合には錆の発生もなく、さらに長期の耐久性が期待できる。
- (c) 防食仕様No.4(I Z + T E系)及び防食仕様No.6(P E F系)の2種の塗膜は海水温度や塗膜傷の有無にかかわらず繰返し変動荷重の影響を受けず、かなり長期にわたる耐久性が期待できる。特に、仕様No.4(I Z + T E系)の塗膜では傷部でも下塗りI Z塗膜の防食作用により錆の発生は見られない。
- (d) 無塗装試験板(裸軟鋼板)は低温海水環境下での繰返し変動荷重試験では繰返し数 $N = 3.37 \times 10^6$ 程度で破断したが、常温海水環境下で電気防食を併用した場合には繰返し数 $N = 6.3 \times 10^6$ (約15箇月)に達しているが未だ破断には至っていない。

表2.2 (1) 繰返し変動荷重試験に供した防食仕様

防食 仕様	基地 調整	S/P	塗回数と塗装材料				合計膜厚 [μm]
			1回目	2回目	3回目	4回目	
No.1	Sh	I Z P	T E (220)	—	—	—	220
No.2	Sh	I Z P	C R · A / C · H B (60)	C R · A / C · H B (60)	—	—	120
No.3	Sh	I Z P	I Z (75)	ミスコート	T E (250)	—	325
No.4	Sh	I Z P	P · E A / C (100)	P · E A / C (100)	P · E A / C (100)	P · E T / S (40)	380
No.5	S d	—	P E F (650)	P E F (650)	—	—	1300

(注) 1) 基地調整と種類と略号; SH: ショットブラスト、SD: サンドブラスト

2) ミスコートは3回目塗料を専用シンナーで希釈したものを使いた。

表2.2(2) 繰返し変動荷重試験装置とその概略仕様

試験装置の名称 仕様項目	「繰返し曲げ荷重試験装置」	「繰返し応力付加試験装置(I)」	「繰返し応力付加試験装置(II)」
① 電 源	220V×60Hz	220V×60Hz	220V×60Hz
② 試験片取付可能枚数	6枚×2列=12枚	6枚×2列=12枚	3枚×2列=6枚
③ ストローカ寸法	±30mm	±30mm	±30mm
④ ストローカ回数	1~10c.p.m	1~10c.p.m	1~10c.p.m
⑤ 繰返し積算 カウンター	7桁(10 ⁷)	7桁(10 ⁷)	7桁(10 ⁷)
⑥ 試験槽の材質	SUS304	SUS304	SUS304
⑦ 調整可能な試験環境	◆試験液の温度条件 (0~30℃) の調整が可	◆試験液の温度は 常温(室温)のみ	◆紫外線灯(殺菌灯)による 照射が可 ◆紫外線灯架台を除去すれば 常温試験液が可
⑧ 備 考 (製造・改造年など)	昭和60年新設	昭和55年 SR182部会で新設	昭和61年 改造設置

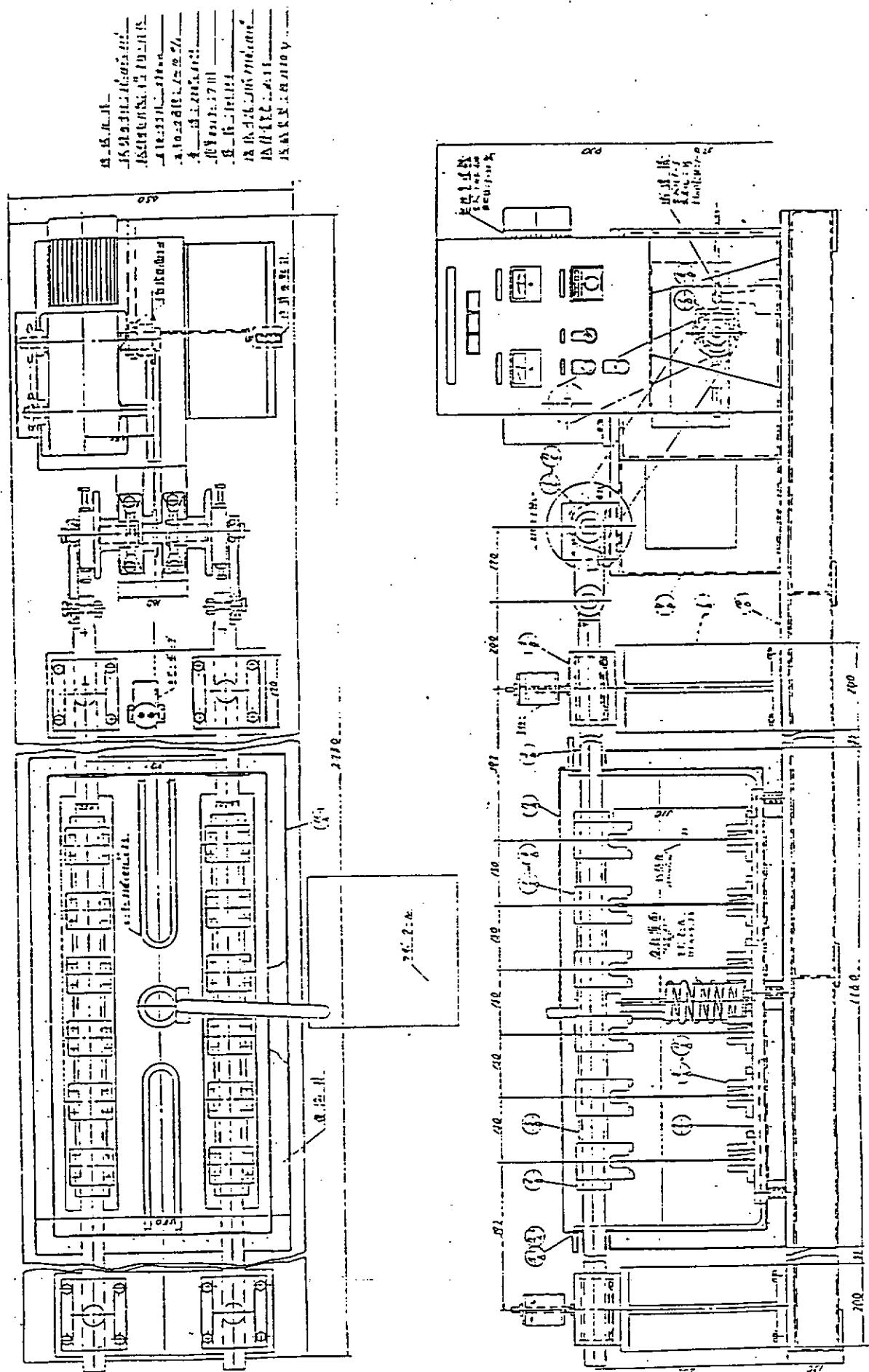
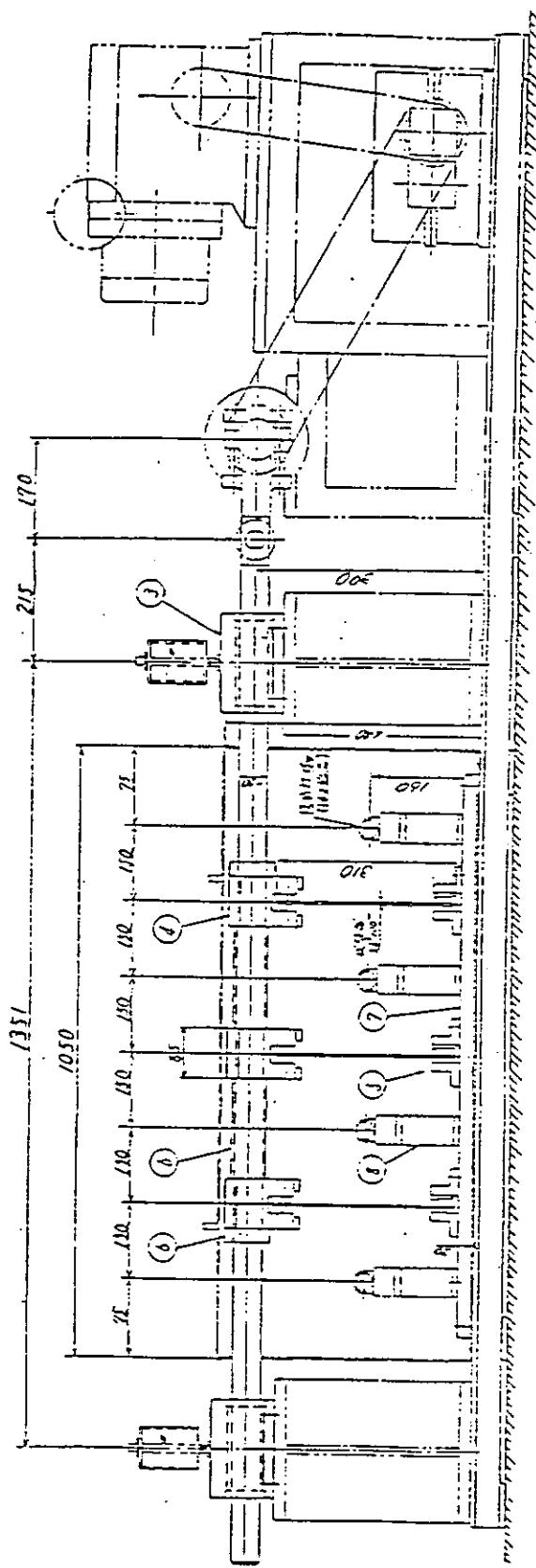
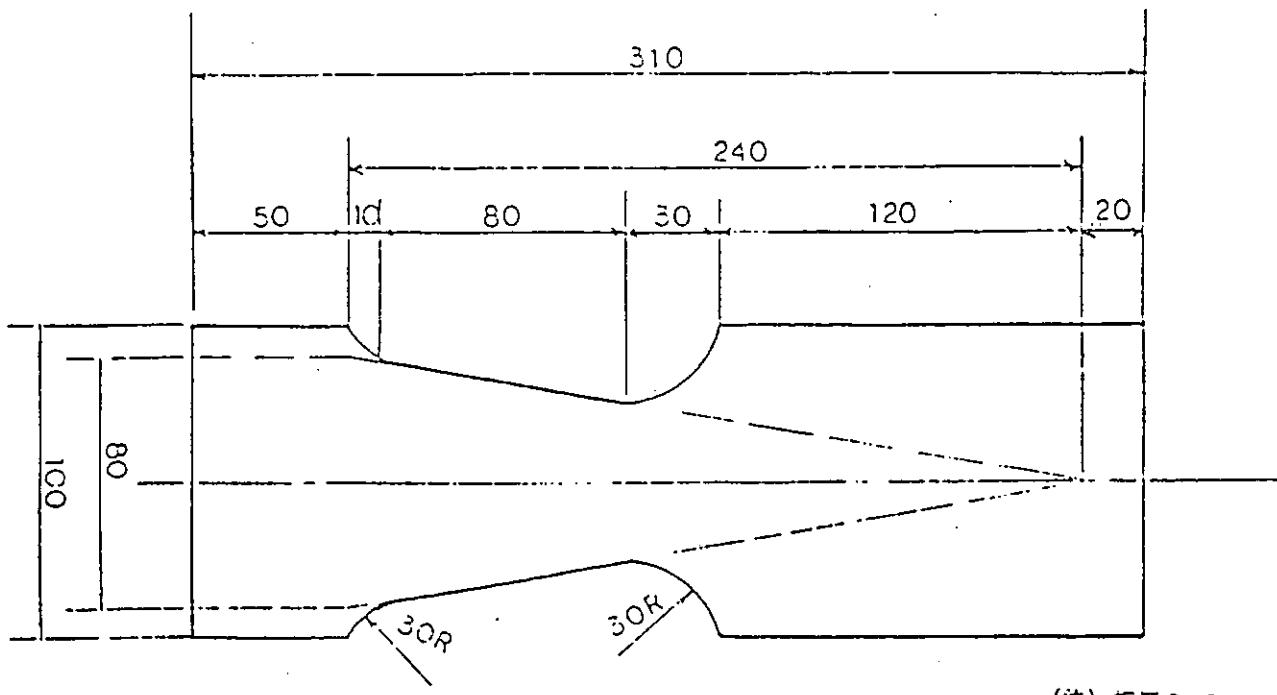


図 2.2(2) 「線返し応力付加試験装置 (II)」(紫外線照射装置追加改造)





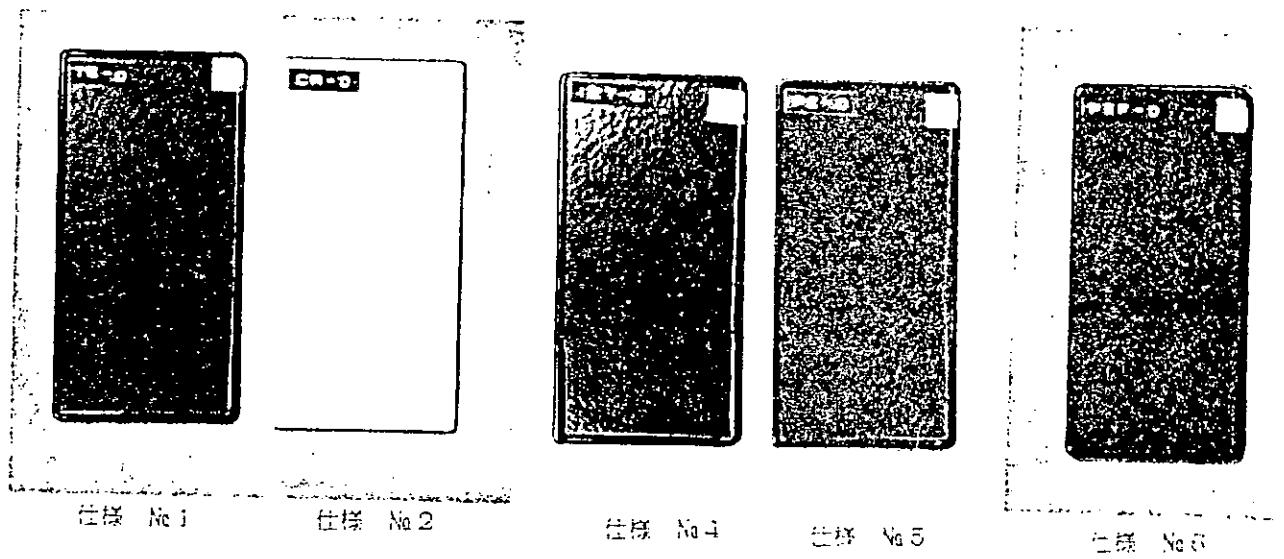
(注) 板厚 3.2mm

図 2.2(3) 繰返し曲げ荷重試験用試験板の形状

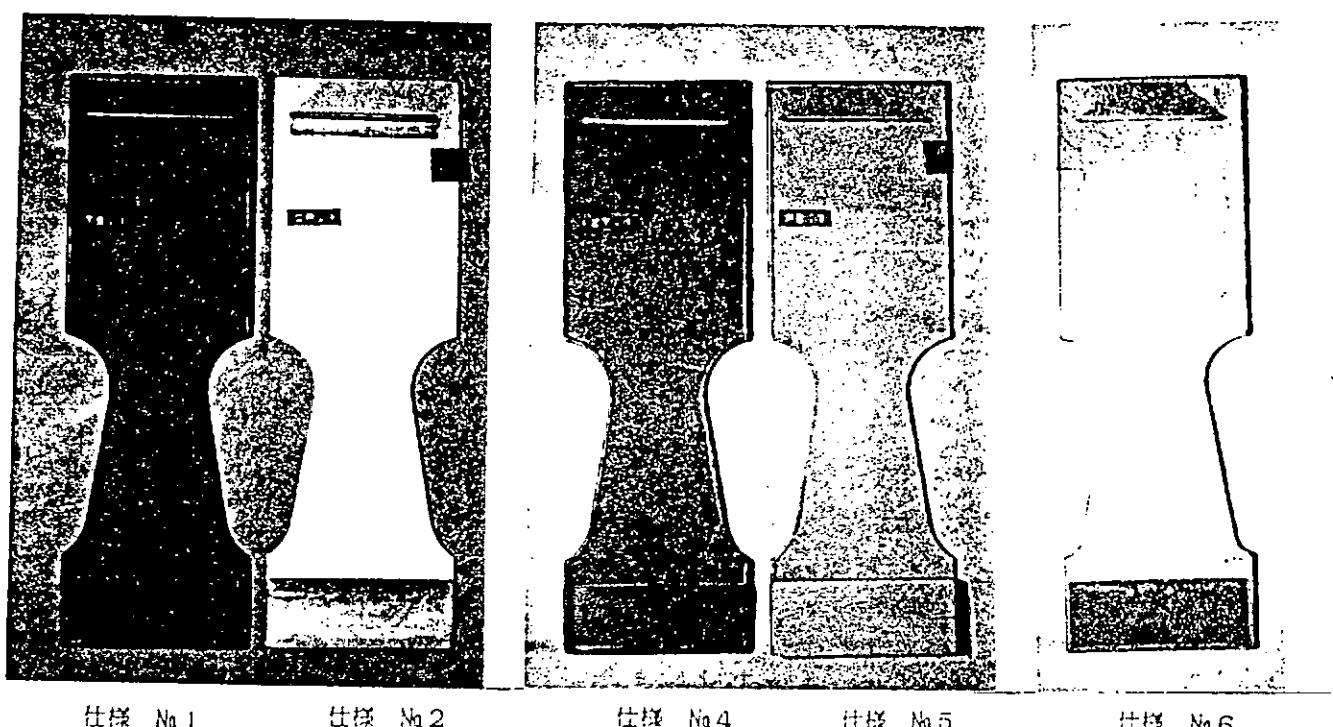
表 2.2(3) 紫外線照射条件下における繰返し変動荷重試験の観察状況

防食仕様	変動荷重 の有無	試験期間	
		7箇月 ($N=2.9 \times 10^6$)	16箇月 ($N=6.7 \times 10^6$)
No. 1 (TE系)	有	チョーキング 中	チョーキング 中
	無	"	"
No. 2 (CR系)	有	チョーキング 中	チョーキング 中
	無	"	"
No. 4 (IZ+TE系)	有	チョーキング 中	チョーキング 中
	無	"	"
No. 5 (PE系)	有	チョーキング 大	チョーキング 大
	無	"	"
No. 6 (PEF系)	有	チョーキング 大	チョーキング 大
	無	"	"

(注) N: 繰返し数



紫外線照射前



紫外線照射：16 節用

$$\text{繰返し数 } N = 6.7 \times 10^6$$

図 2.2 (4) 紫外線照射条件下における繰返し変動荷重試験の塗膜状況

塗膜抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)

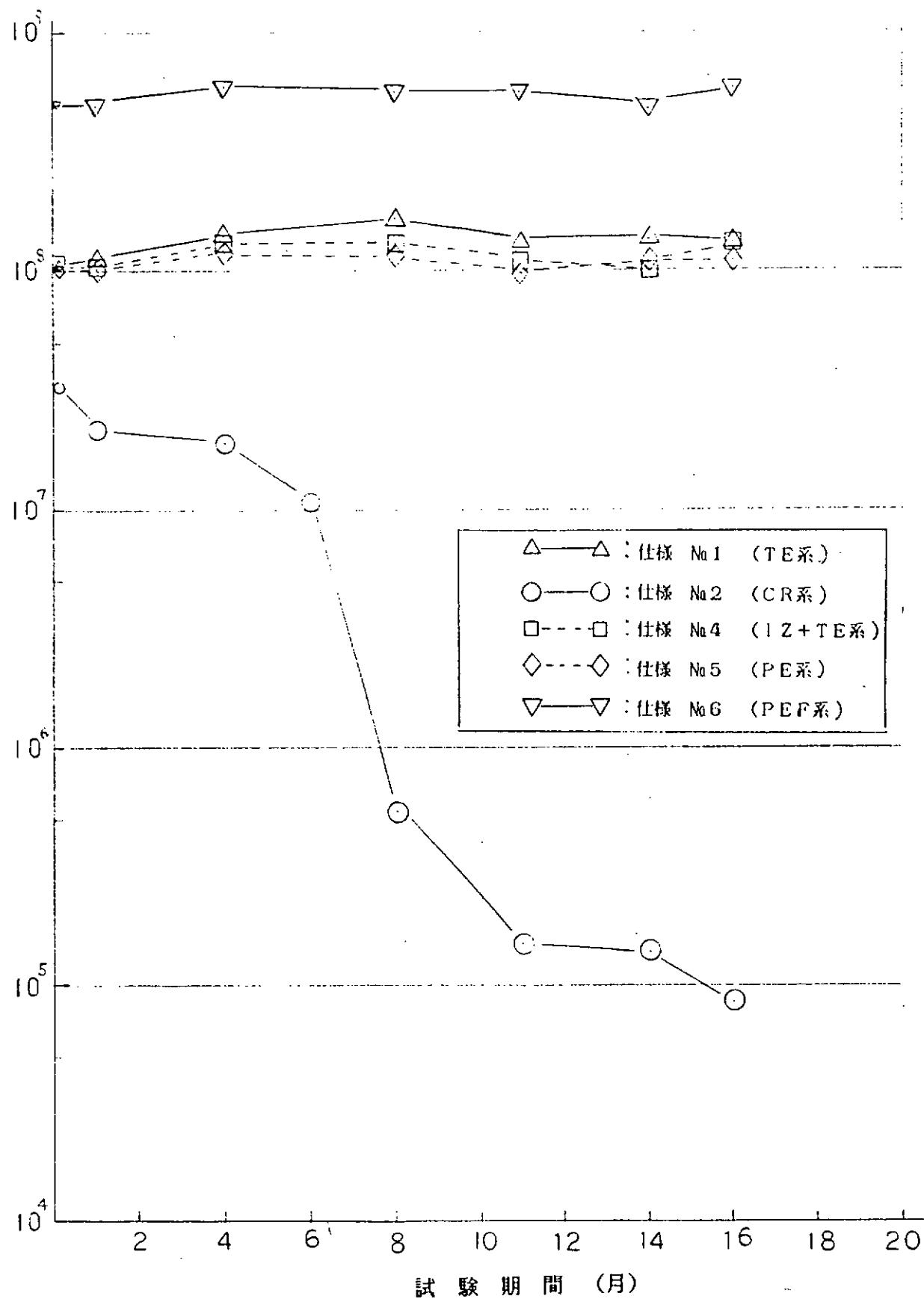


図 2.2 (5) 繰返し曲げ荷重試験における塗膜抵抗の経時変化
[紫外線照射条件下]

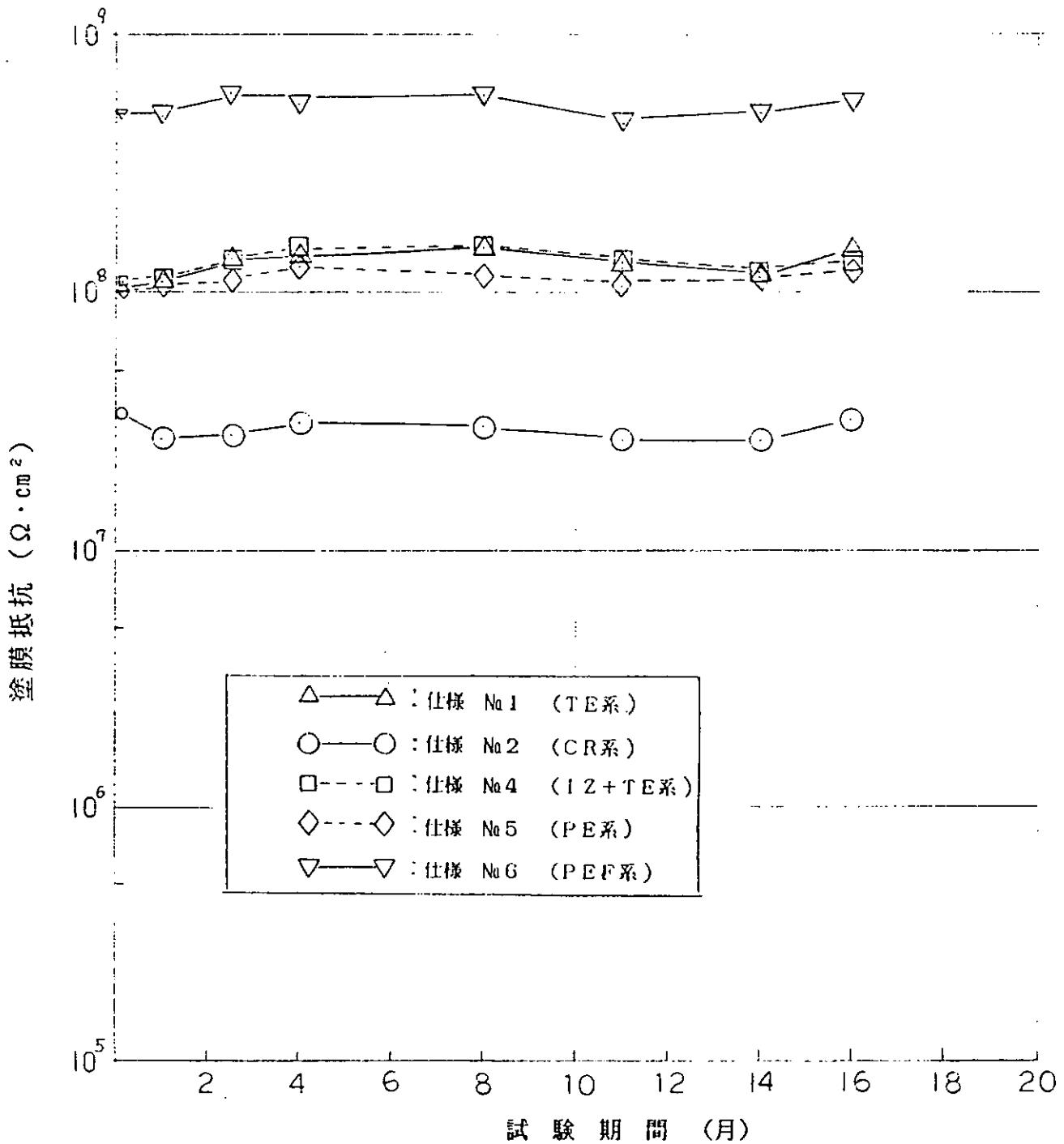


図 2.2 (6) 静置試験における塗膜抵抗の経時変化
[紫外線照射条件下]

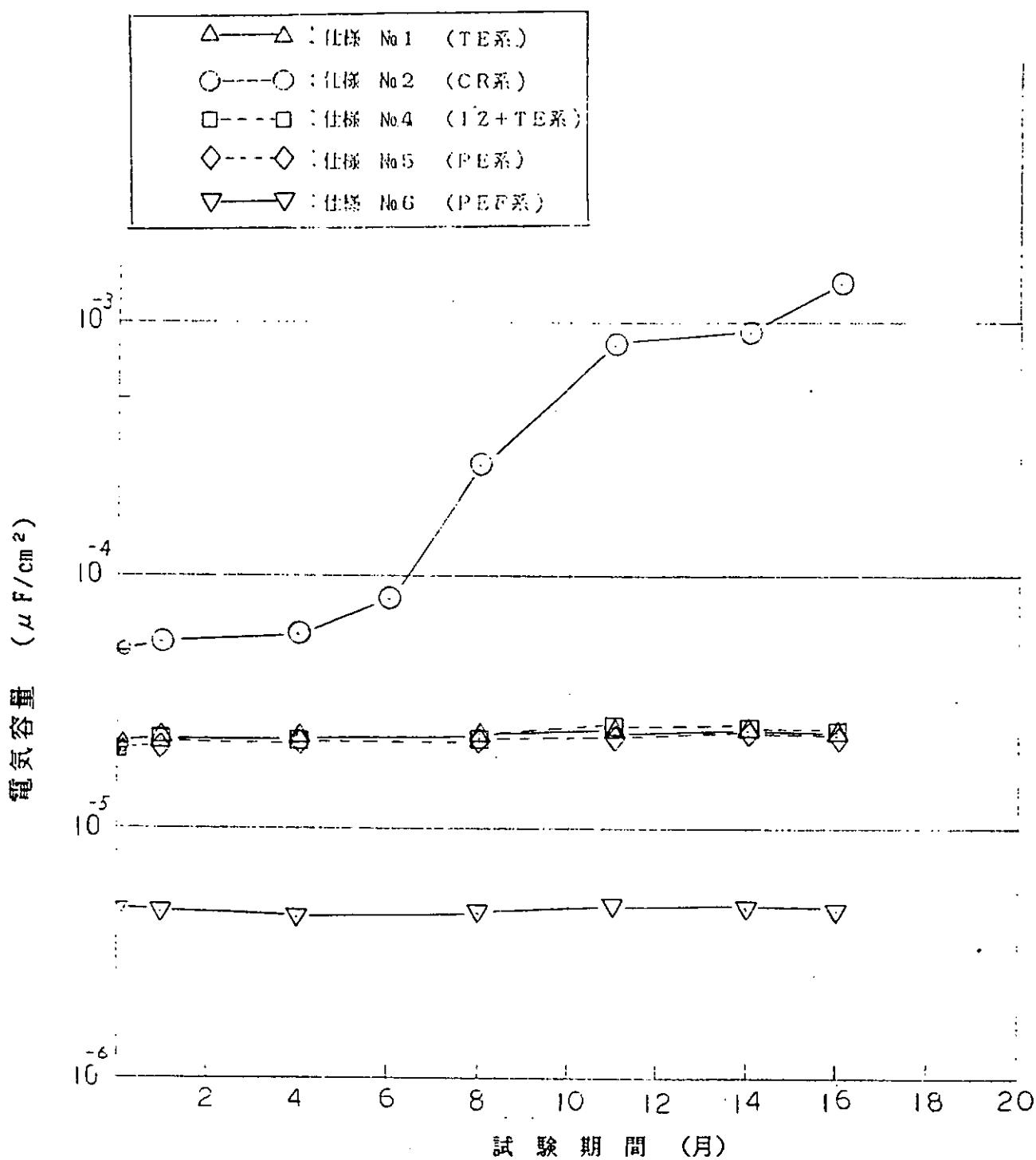


図 2.2(7) 緑返し曲げ荷重試験における電気容量の経時変化
 [紫外線照射条件下]

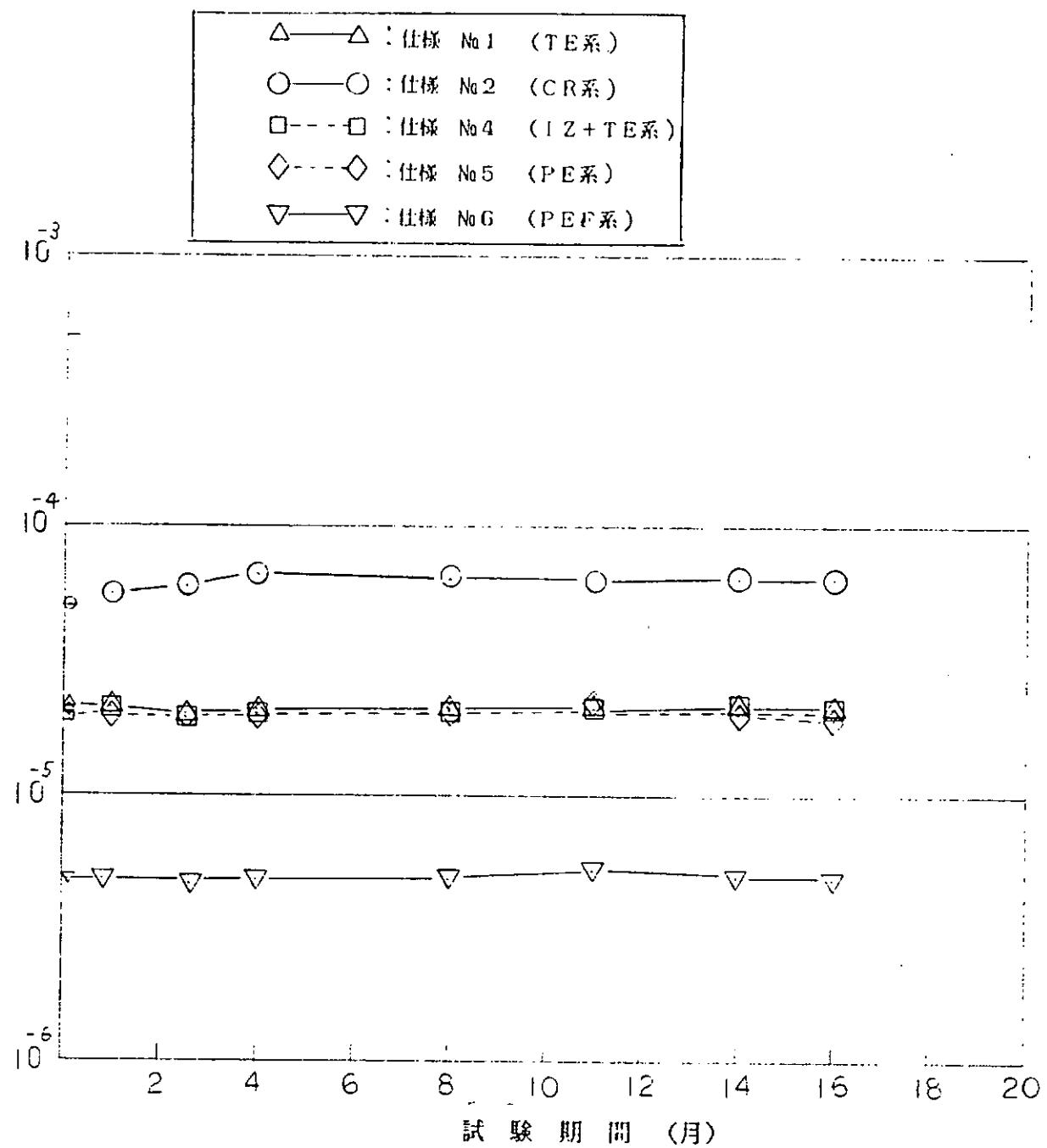


図 2.2 (8) 静置試験における電気容量の経時変化
 [紫外線照射条件下]

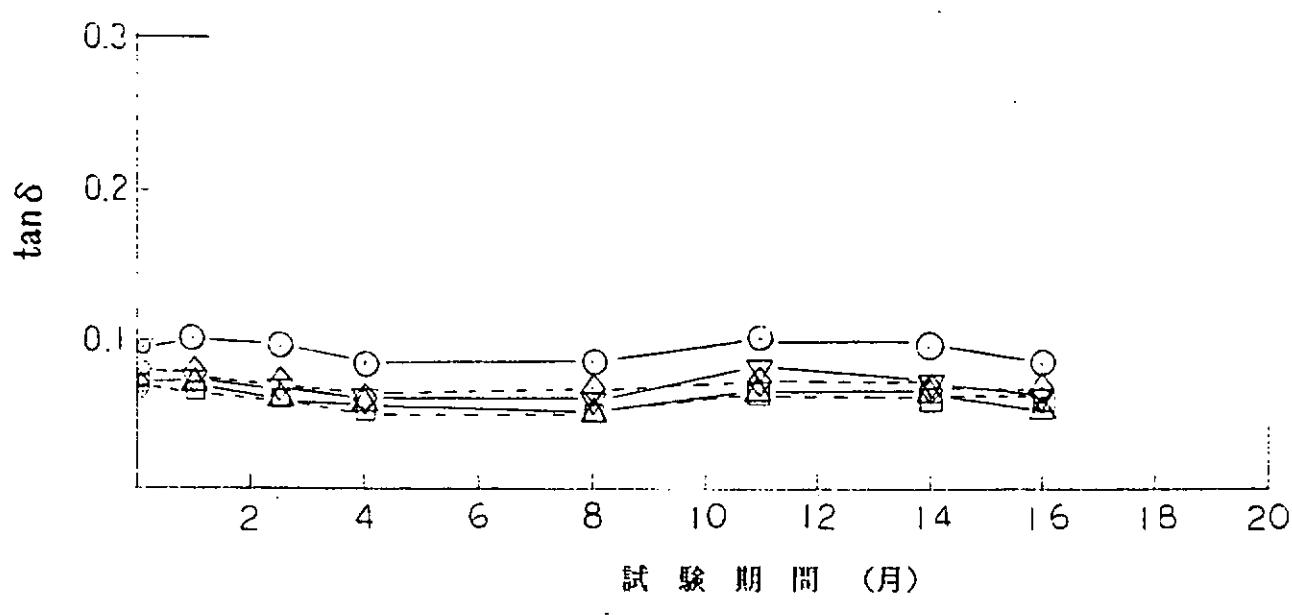
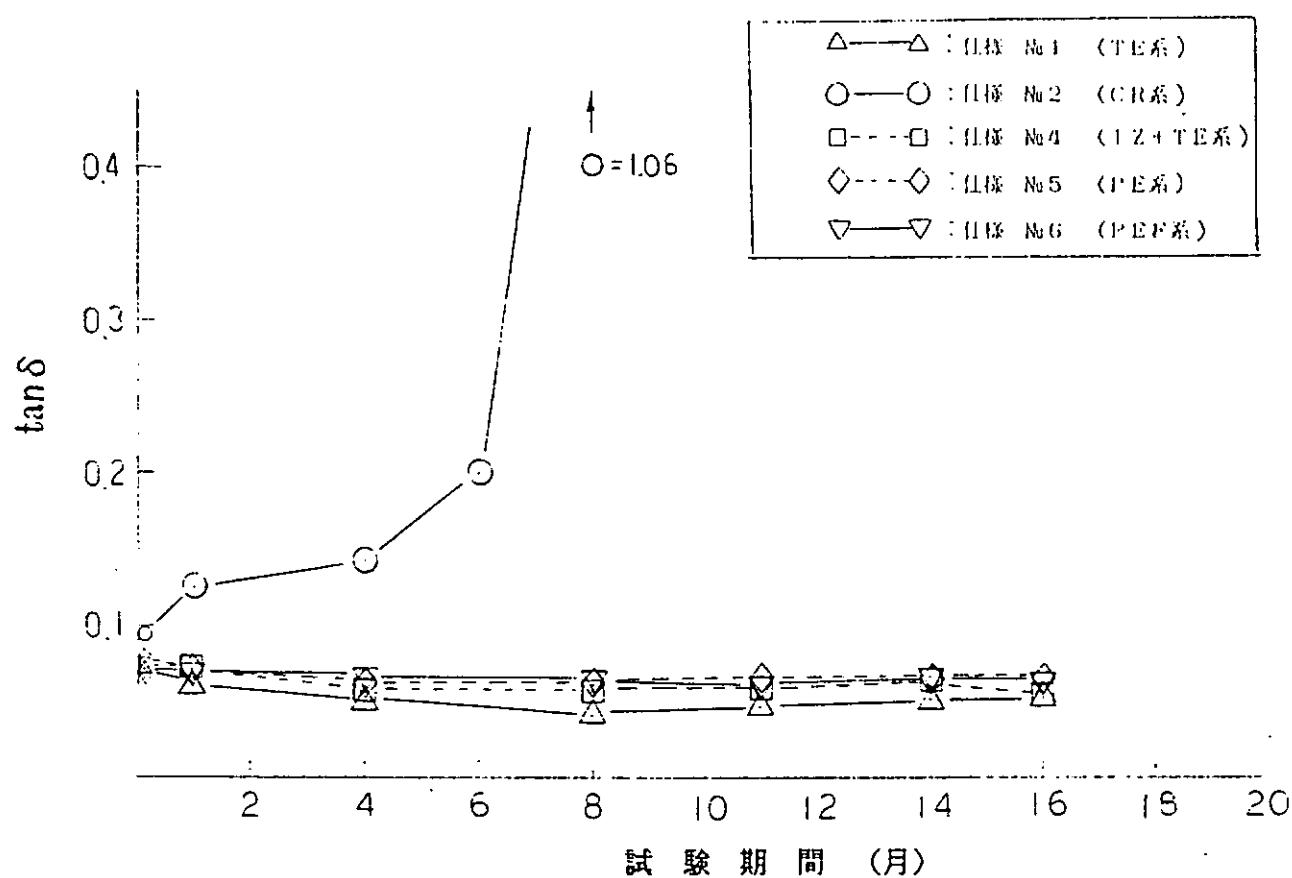
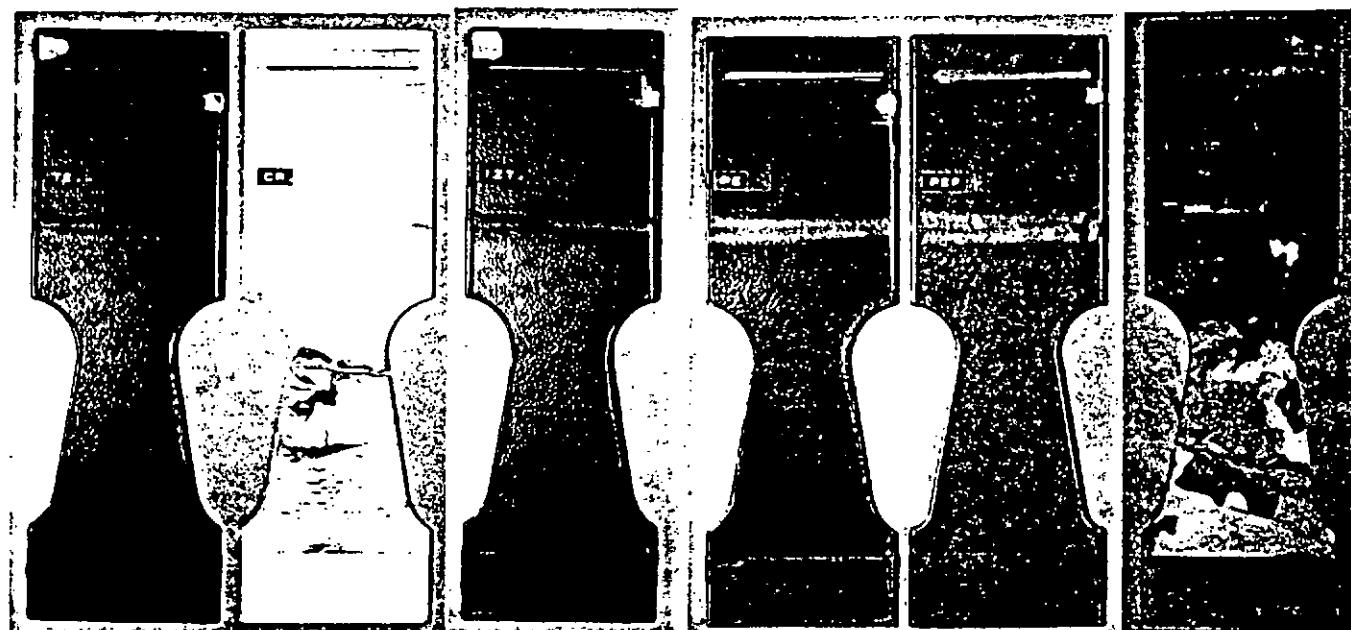


図 2.2(9) $\tan\delta$ の経時変化 [紫外線照射条件下]

表 2.2 (4) 低温海水環境下における繰返し変動荷重試験の観察状況

防食仕様	試験板に付与 した傷の有無	試験期間	
		4箇月 ($N=1.7 \times 10^6$)	12箇月 ($N=5.5 \times 10^6$)
No. 1 (TE系)	無傷	異常なし	異常なし
	有傷	"	"
No. 2 (CR系)	無傷	全面ふくれと割れ	(破断 $N=4.60 \times 10^6$)
	有傷	"	(破断 $N=2.31 \times 10^6$)
No. 4 (IZ+TE系)	無傷	異常なし	異常なし
	有傷	"	"
No. 5 (PE系)	無傷	異常なし	異常なし
	有傷	"	"
No. 6 (PEF系)	無傷	異常なし	異常なし
	有傷	"	"
無塗装板 (裸軟鋼板)	① ②	全面赤さび	(破断 $N=3.13 \times 10^6$ $N=3.37 \times 10^6$)

(注) N: 繰返し数



仕様 No.1

仕様 No.2

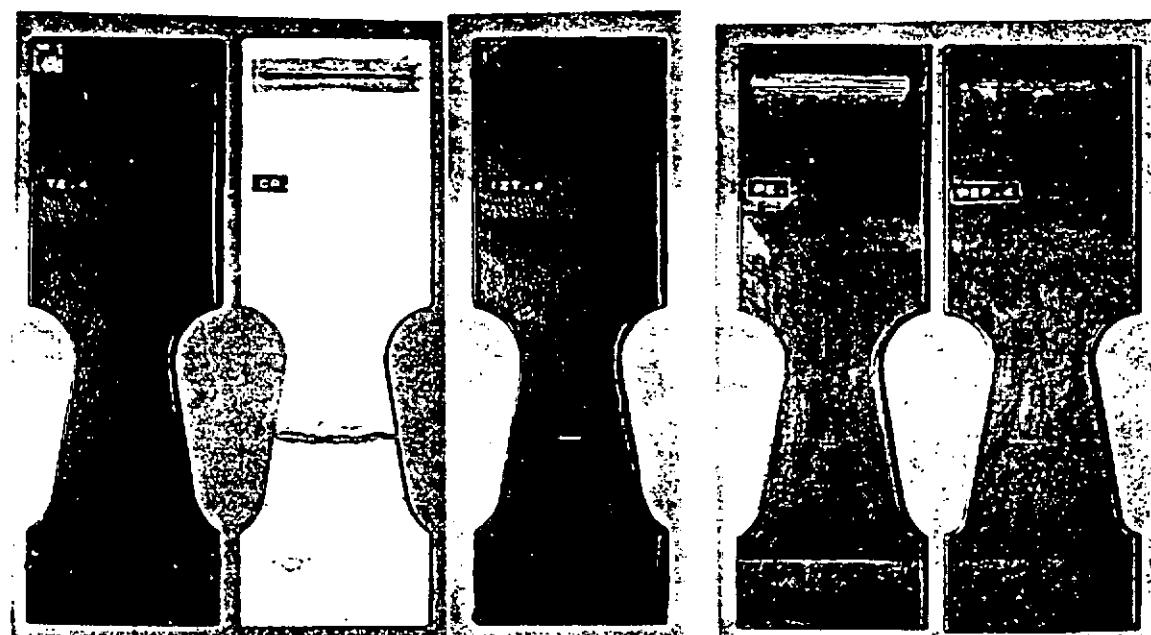
仕様 No.4

仕様 No.5

仕様 No.6

無塗装板

(無傷塗膜)



仕様 No.1

仕様 No.2

仕様 No.4

仕様 No.5

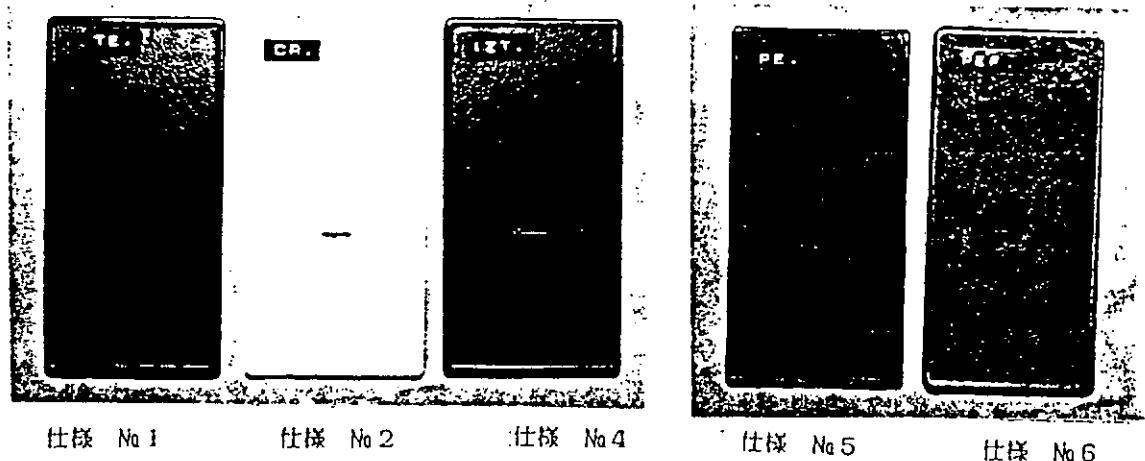
仕様 No.6

(有傷塗膜)

(試験期間: 13箇月)

(繰返し数: 5.5×10^6)

図2.2(10)低温海水環境下における変動荷重試験の塗膜状況



(有傷塗膜)

(試験期間：13箇月)

図2.2(II)低温海水環境下における静浸漬試験の塗膜状況

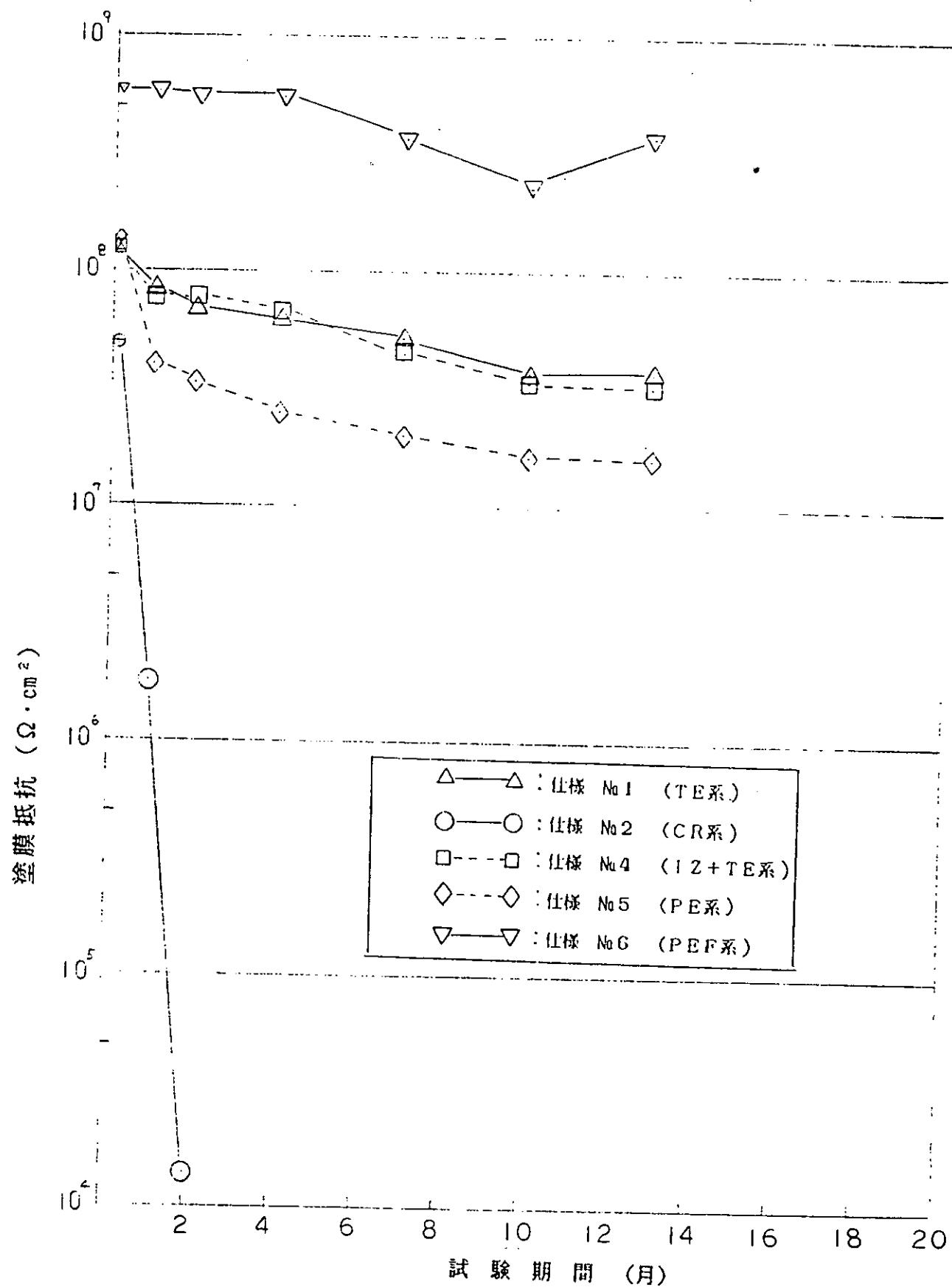


図 2.2 (12) 繰返し曲げ荷重試験における塗膜抵抗の経時変化
[低温海水環境下]

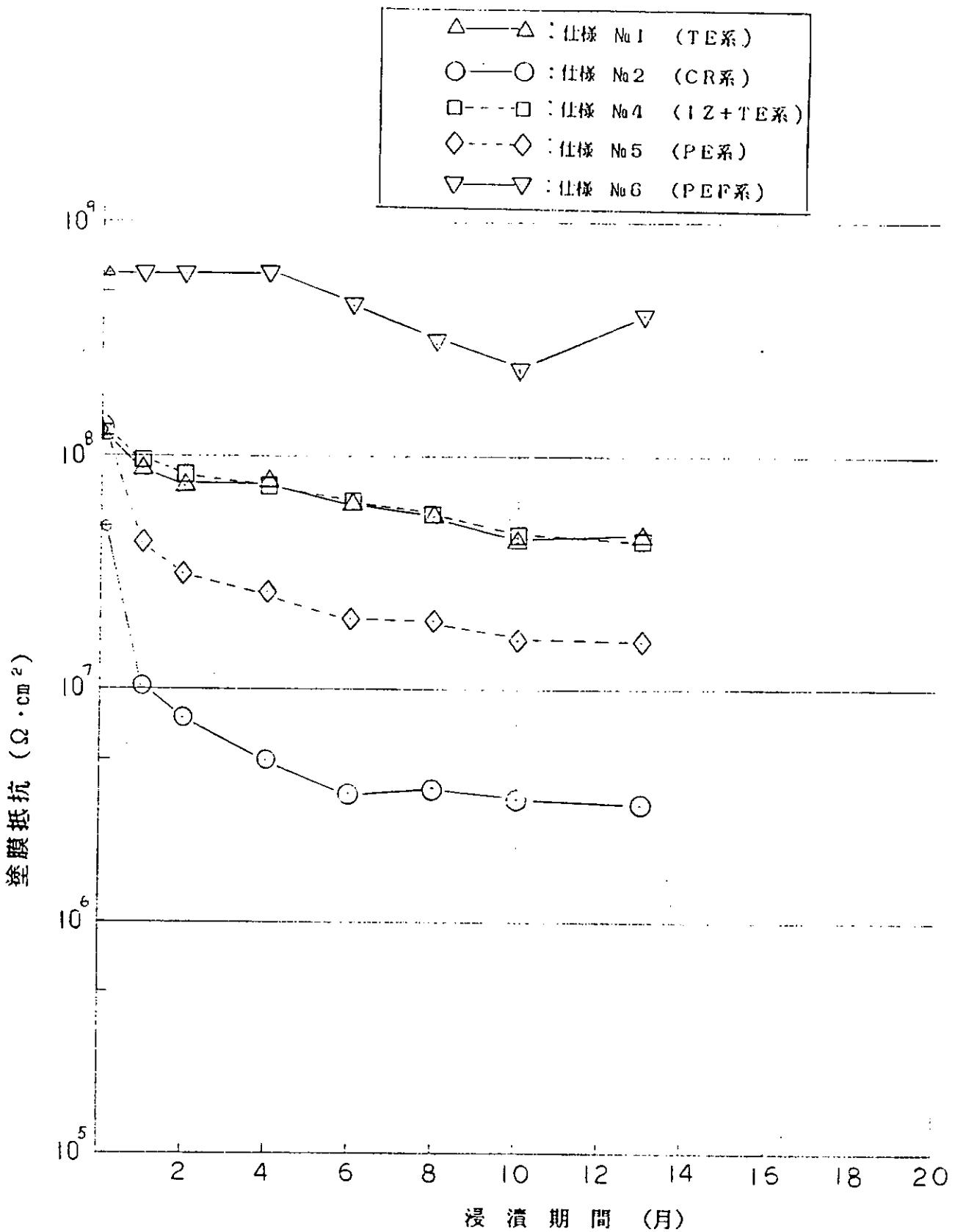


図 2.2 (13) 静浸漬試験における塗膜抵抗の経時変化
[低温海水環境下]

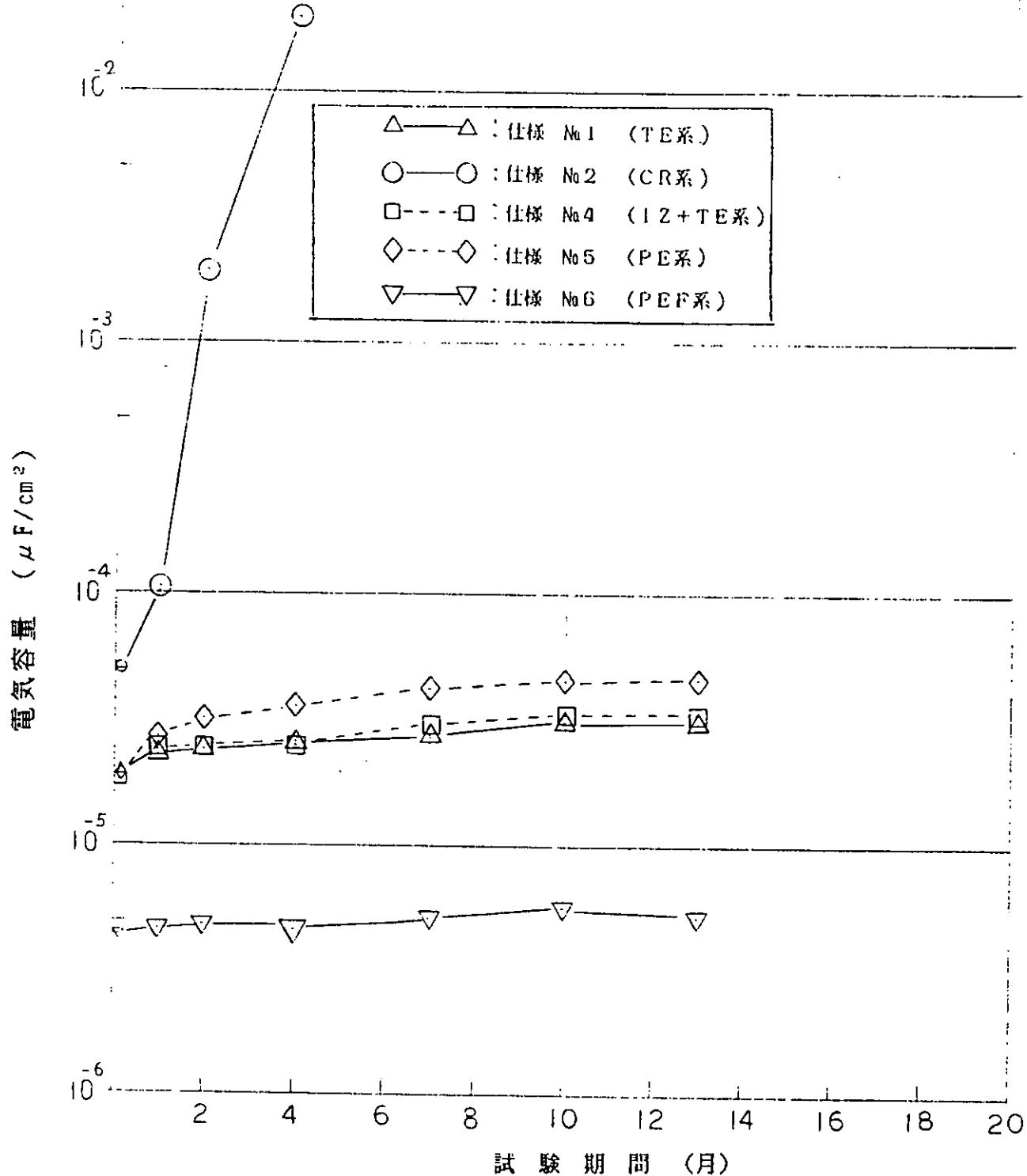


図 2.2 (14) 繰返し曲げ荷重試験における電気容量の経時変化
[低温海水環境下]

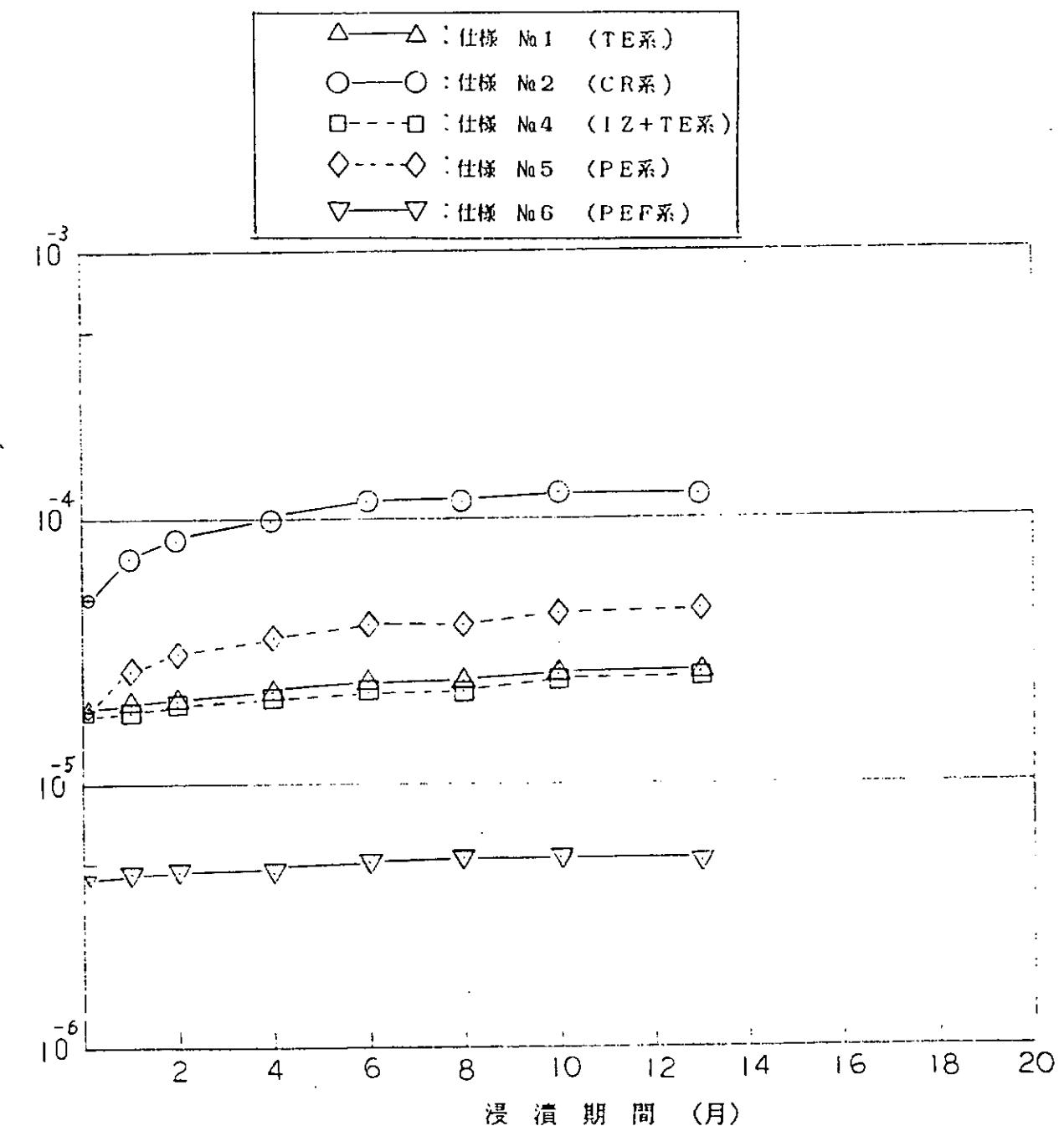
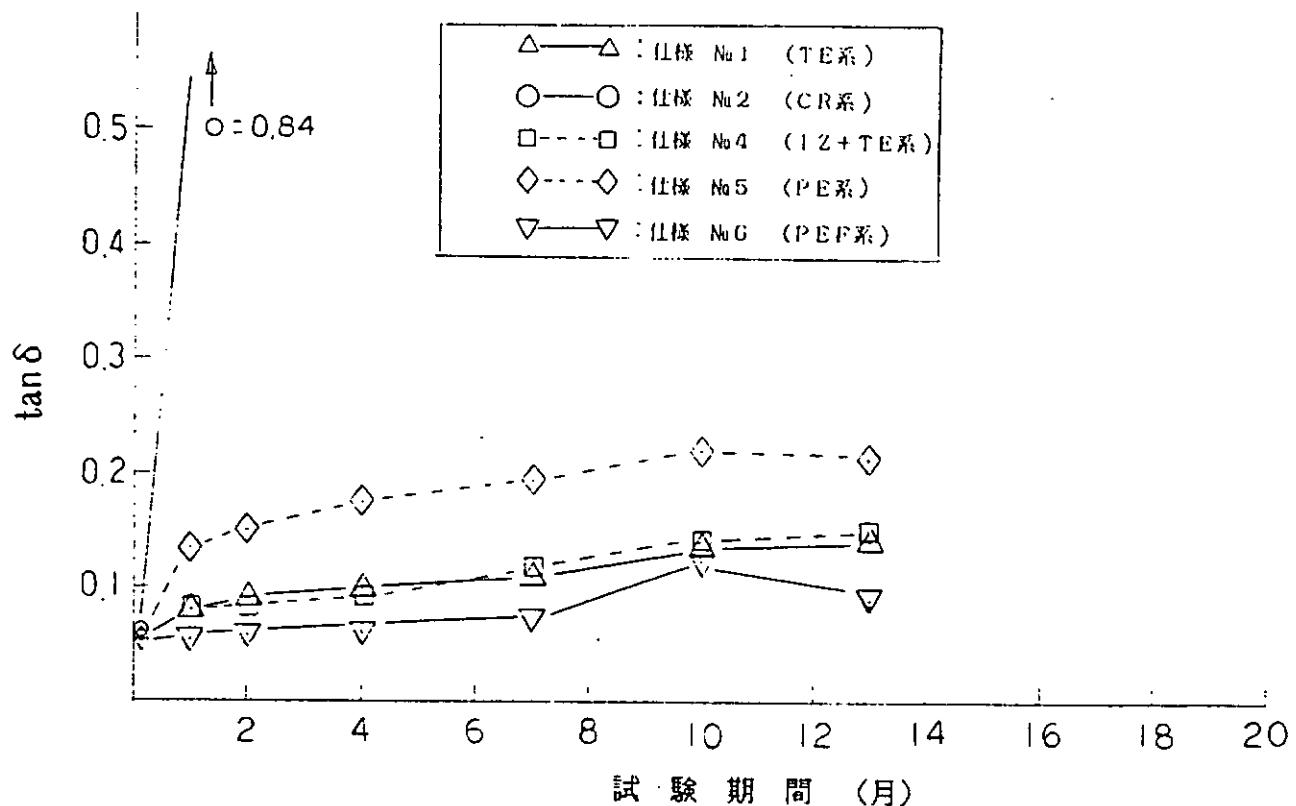
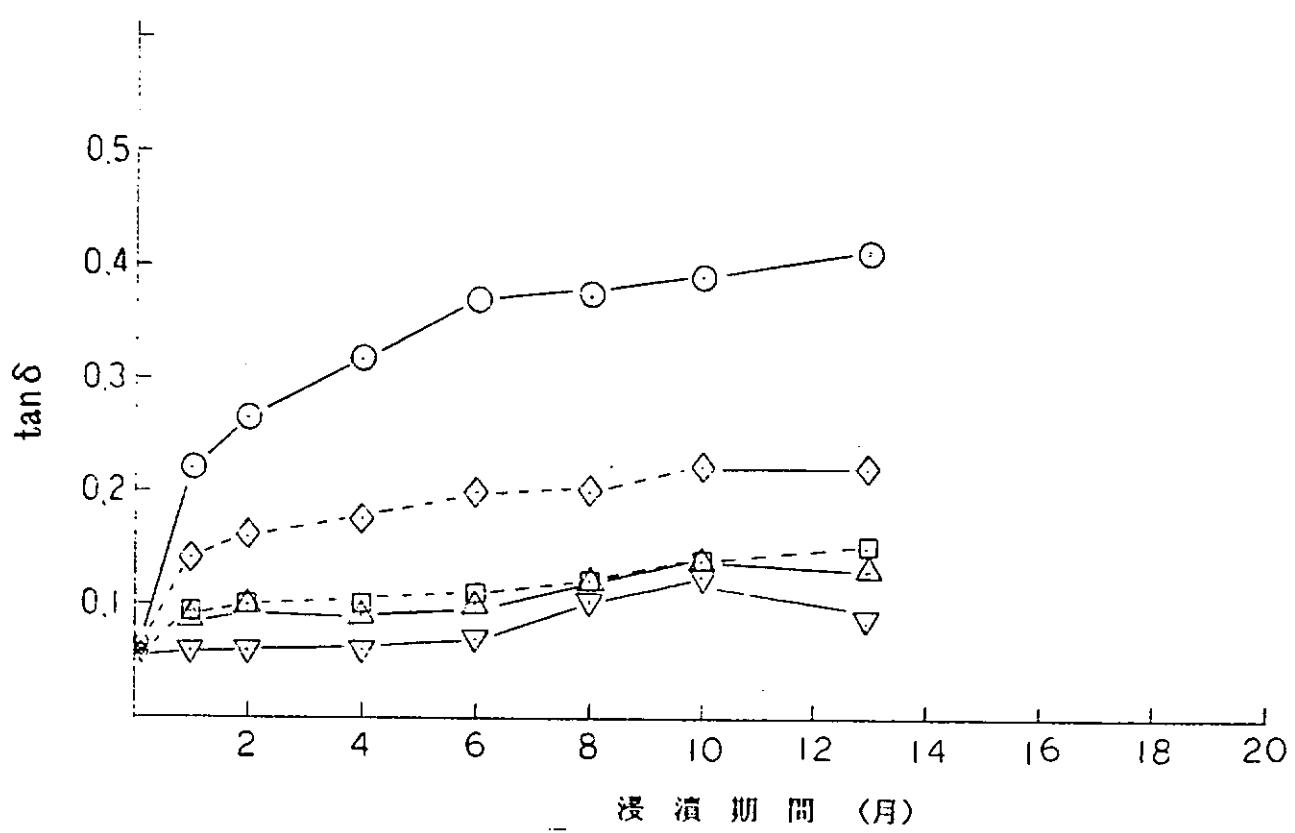


図 2.2(15) 静浸漬試験における電気容量の経時変化
 [低温海水環境下]



(1) 繰返し曲げ荷重試験



(2) 静 漫 漬 試 験

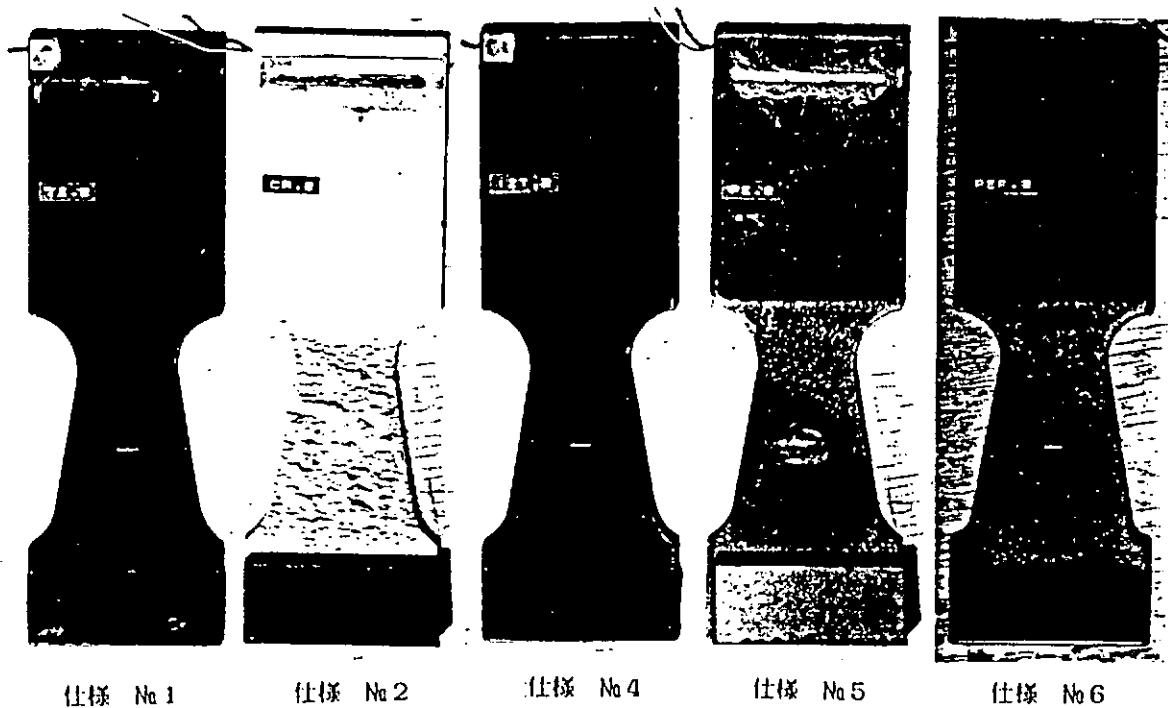
図 2.2(16) $\tan \delta$ の経時変化 [低温海水環境下]

表2.2(5) 電気防食併用下における繰返し変動荷重試験の観察状況

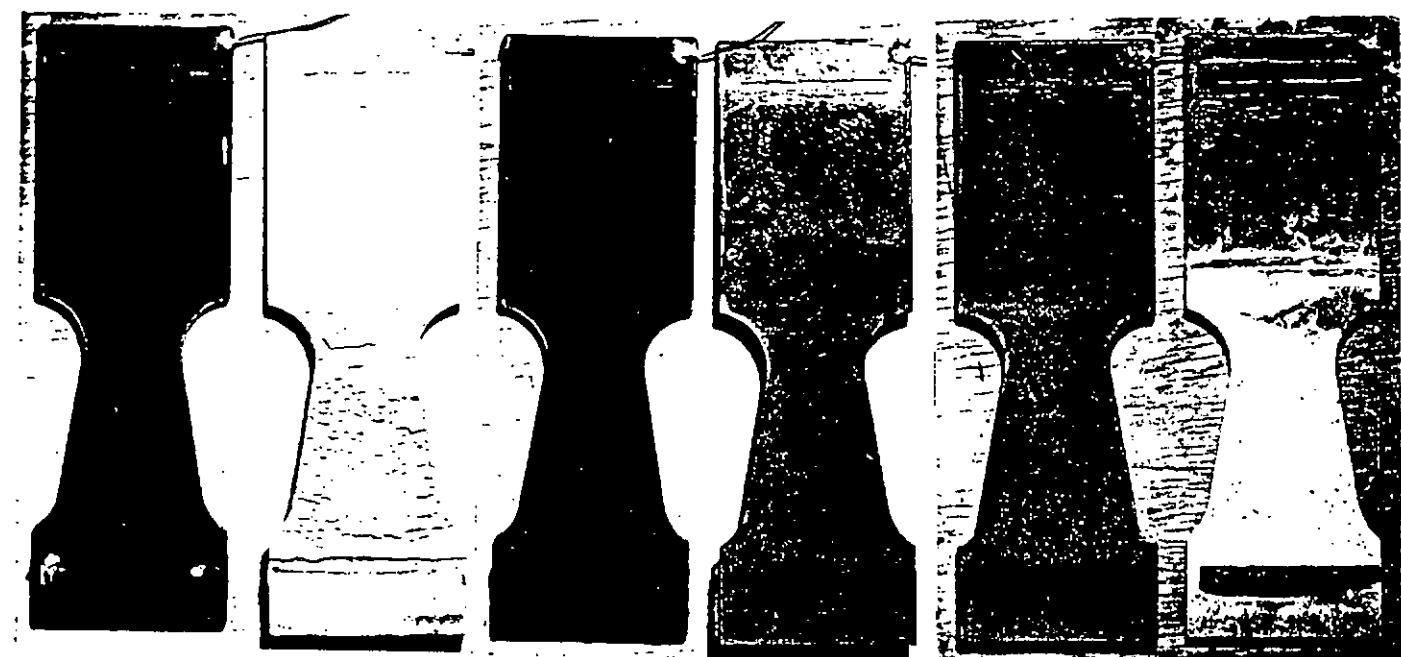
防食仕様	塗膜に付与した 傷の有無	試験期間	
		7箇月 ($N=2.9 \times 10^6$)	15箇月 ($N=6.3 \times 10^6$)
No. 1 (TE系)	無傷面	異常なし	異常なし
	有傷面	"	傷部よりのふくれ1箇
No. 2 (CR系)	無傷面	全面ふくれと割れ	全面割れとはくり
	有傷面	"	"
No. 4 (IZ+TE系)	無傷面	異常なし	異常なし
	有傷面	"	"
No. 5 (PE系)	無傷面	異常なし	異常なし
	有傷面	傷の周辺φ10ふくれ	傷の周辺φ10のふくれ
No. 6 (PEF系)	無傷面	異常なし	異常なし
	有傷面	"	"
無塗装板 (裸軟鋼板)		全面白色付着物	左 同

(注)(1) N: 繰返し数

(2) 試験板の電位: -980mV(Ag/AgCl基準電極)



(有傷塗膜側)

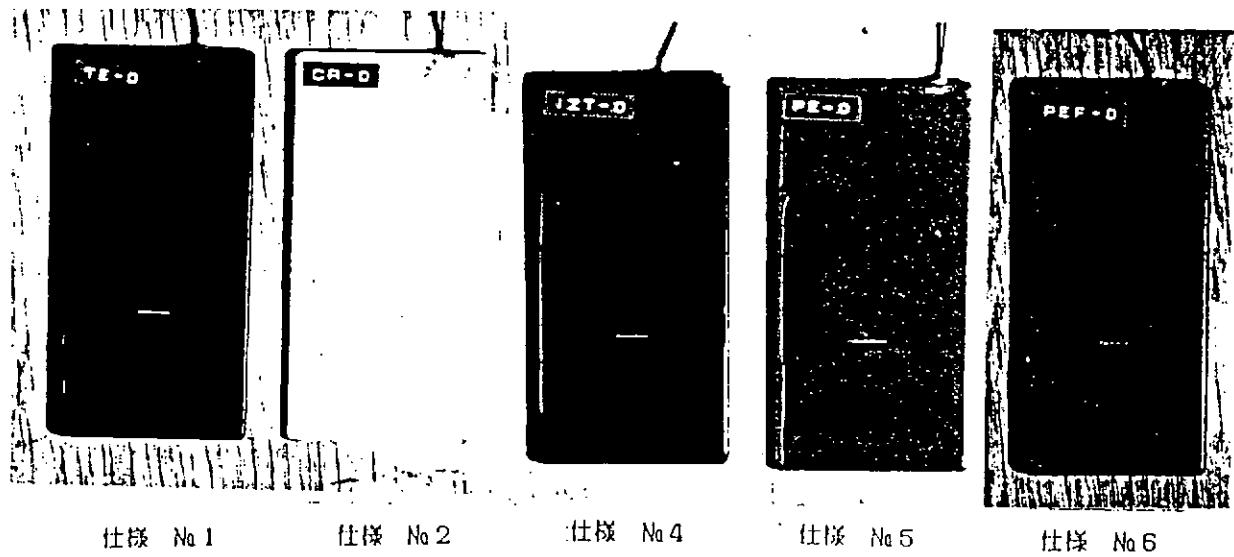


(無傷塗膜側)

(試験期間：15箇月)

(繰返し数： 6.3×10^6)

図 2.2(7) 電気防食併用下における変動荷重試験の塗膜状況



(有傷塗膜側)

(試験期間: 15箇月)

図2,248 電気防食併用下における静漫漬試験の塗膜状況

2.3 変動及び衝撃荷重下の塗装材の腐食疲労への影響

(1) 研究の目的と概要

船舶・海洋構造物はしばしば波浪による衝撃的な荷重を受け、これが塗膜の剥離や劣化を速めるとともに、腐食疲労寿命にも著しく影響するものと考えられる。このような現象における塗膜の防食効果と疲労寿命は、使用条件とかけ離れた条件の下での実験結果から推定することは甚だ困難である。それにもかかわらず国内外で行われている塗膜の耐久性に関する検討はそのほとんどが無負荷の条件での実験結果から行われている。変動荷重を受ける塗装材における塗膜の耐久性評価については必要かつ重要であるにもかかわらず試験装置などの制約で世界的にも解明されていないのが現状である。したがって、本分担研究では比較的小さな確率で生じる大荷重の影響、あるいは衝撃的な荷重の影響で塗膜が比較的早く破損するとおもわれる変動荷重下の塗膜の性能、および破損による腐食疲労寿命に及ぼす影響を検討する目的で昭和60年度より5年計画で実施している。変動荷重を受ける塗装材の塗膜の劣化試験は無荷重試験と比較して、負荷装置を必要とするため多数のデータを収集するのに困難を伴う。したがって、試験条件を限定せざる得ないが、小数データからどの程度の信頼性で塗膜の耐久性について評価出来るかを検討することが重要である。

初年度は研究計画に基づき、人工海水中における塗装材の変動荷重試験（衝撃重畳試験含む）が多試料にわたって可能な試験機の製作と塗膜のインピーダンスなどの基礎的なデータ収集を行った。その結果、人工海水中における塗装材の疲労試験を可能にし、衝撃が重畳する変動荷重下における塗装材の塗膜の交流インピーダンスを、携帯型の簡易塗膜劣化測定装置により測定を開始した。この時の試験塗膜は本研究部会指定の防食仕様No.1, 2, 4, 5, 6 [表2.3.(2)]の5種類である。

繰返し応力は疲労限よりやや大きい 20 kg/mm^2 とし、それが10回繰返す毎に衝撃的応力 5 kg/mm^2 が1回重畳する場合の疲労試験である。

第2年度は前年度からの継続試験で、塗装材の塗膜の交流インピーダンスを携帯型の簡易塗膜劣化装置により重点的に測定したが、インピーダンス測定に関してい

いろいろな問題が生じた。その一つは測定系のセル（試験片母材／塗膜／伝導糊／アルミ箔）の設定環境によって測定値が大きく変化することである。したがって、ある一定の測定基準を決める必要がある。また、インピーダンス測定位置と塗装材の破断位置が一致しない場合が生じた。

第3年度は前年度までに行われた疲労試験結果を整理し、5種類の防食仕様における塗膜の交流インピーダンス変化を、前節の分担研究「変動荷重と塗膜の耐久性」で行われた衝撃の加わらない試験結果と比較検討した。その結果、防食仕様No.2の塩化ゴム系塗装は衝撃重量試験でも早期に塗膜面に割れが多数発生し、ほぼ完全な無負荷時とは大きな相違を確認した。その他の防食仕様に関しての塗膜のインピーダンスは、衝撃重量条件下の試験で抵抗成分の僅かな減少がみられるが無負荷時と類似した傾向を示した。

また、この年度に塗膜の交流インピーダンス自動測定をマイクロコンピュータで行う簡易測定プログラムを開発し、これを用いて予備試験を行った。ここで、前年度問題となった塗膜のインピーダンスの測定セルを、試験片母材／塗膜／海水／白金電極としてその内部抵抗を測定した。その結果、塗膜の周波数依存性に注目した交流インピーダンス測定は塗膜の劣化評価をより詳細に把握できることを示した。

本年度は第4年度にあたり、前年度開発した塗膜の交流インピーダンスの連続計測を行って変動荷重による塗膜の耐久性について検討した。また、防食仕様No.1のタールエポキシ塗装材の疲労寿命分布形状についても検討した。

(2) 試験方法

(a) 供試材と塗装試験片

本研究項目での供試材および防食仕様は昨年度と同様であり、供試母材として板厚3.2mmのJISG3101規軟鋼板を用いその化学成分と機械的性質を表2.3.(1)に示す。塗装試験片は図2.3.(1)に示す形状寸法のA,B,Cタイプの3種で作製し、それに本研究部会の防食仕様No.1(タールエポキシ系塗料、平均膜厚240μm)の塗装を施した。防食仕様の詳細は表2.3.(2)に示すが、本年度はCタイプの試験片について主に実験を行なった。

(b) 試験装置と試験方法

(1) 塗装材の腐食疲労試験

人工海水中における塗装材の疲労試験は図2.3.(2)に示される並列腐食疲労試験装置(初年度製作)を用いて行った。同図で腐食槽の外板および海水中のつかみ具などの材料はSUS304とし、試験片と取付け治具などの絶縁はベークライト材を用い、試験片ができるだけ電気化学的な影響を受けないようにした。試験装置の仕様を表2.3.(3)に示す。本試験装置の特長は、同一腐食環境中で6枚の試験片の腐食疲労が容易にできることと、ステッピングモータによる負荷方法にある。一般的に使用されている電気油圧式サーボ疲労試験装置と比較すると、表2.3.(3)に示される仕様であれば1/100の価格で製作できる。また、マイクロコンピュータ制御で、より実働荷重に近い荷重波形で試験が可能である。マイクロコンピュータのメモリとしてはROM(Read Only Memory)が2.5kバイト、RAM(Random Access Memory)が1kバイト程度でよいので1ボードコンピュータ(NCC Single Card Computer)を用い、これとS100バス(IEEE697)規格に適合するステッピングモータ制御用基板(インターフェース社製PMC-100)を利用した。また、ステッピングモータは高分解能(ステップ角0.36度)を有する5相式とし、オリエンタルモータ社製(PMC-100)を利用した。疲労試験用プログラムのフローチャートを図2.3.(3)に示す。プログラムはマイクロコンピュータの電源を入れると同時にスタートし、試験片形状や繰返し荷重などの試験条件の入力待ちとなる。6枚の試験片の中でどれが破断したかはつかみ具付近の歪ゲージのチェックによって検出することとした。

なお、応力繰返し速度が20cpm以上の腐食疲労試験の場合には従来より用いられているモータ駆動の単一試験装置によって行った。

前年度からの継続試験および本年度行なった試験条件等について以下に示すが、これらの試験結果を基に疲労寿命分布形状の推定を行なった。。

1) 樣材についての疲労試験

i) 繰返し応力 $\sigma_n = 20 \text{ kg/mm}^2$, $f = 20 \text{ cpm}$, 大気中および人工海水中(30°C)

各試験片6枚終了

ii) $\sigma_n = 25 \text{ kg/mm}^2$, $f = 20 \text{ cpm}$, 大気中および人工海水中(30°C), 各試験片6

枚終了

2) 塗装材 <タールエポキシ塗装材(防食仕様No.1)>についての疲労試験

i) 繰返し応力 $\sigma_n = 20 \text{ kg/mm}^2$, $f = 20 \text{ cpm}$, 人工海水中(30°C)

ii) $\sigma_n = 25 \text{ kg/mm}^2$, $f = 20 \text{ cpm}$, 人工海水中(30°C)

試験片 6 枚終了

(11) 塗装材の塗膜の交流インピーダンス測定

海洋構造物における防錆塗膜の劣化や破損は疲労亀裂の発生を早めるため、その劣化状況の判定が特に重要である。塗膜の劣化を判定する手段としては 1)外観検査 2)直流 および交流法によるインピーダンス測定 3)付着力測定 4)吸収率などがあるが塗膜劣化の経時変化をデジタル的に知る上で 2)の方法が適している。2)の交流法では、塗膜面に貼付したアルミ箔を対極として塗膜の交流インピーダンスを測定する現場向きの携帯測定器もあるが、アルミ箔を貼付してから測定するまでの時間によってインピーダンスが変化する¹¹ので確立された測定基準を定める必要がある。

塗装材のインピーダンスの等価回路を Wermwell²¹, 岡本³¹, 永井⁴¹等は 図 2.3.(4) に示すような抵抗と容量の単純な並列回路と考えてブリッジ回路の平衡をとる方法により算出している。しかしながら、実際の塗装系は塗膜の劣化部分の違いなどで、たとえば 図 2.3.(5) のような 等価回路になる場合もあり⁵¹ 塗膜下の腐食の問題⁶¹なども含めて詳細な検討が必要となっている。

そこで本研究では、昨年度において、塗装材の人工海水中における交流インピーダンスの自動計測をマイクロコンピュータシステムで行えるプログラムの開発を行った。

電気化学における交流測定法の詳細はいろいろな文献¹¹に あるのでさけるが簡単に述べると以下のようになる。

電導性のすぐれた材料の抵抗系に正弦波の電位を印加した場合、電位 V と電流 I は同一位相の正弦波となりその電圧と電流の振幅の比が抵抗となる。塗膜の場合は図 2.3.(4) のように一般に容量成分を含んでいることから、この抵抗系に正弦交流電圧を印加すると図 2.3.(6) に示すように電圧と電流に位相が生じる。

いま、交流電圧が最大の時を $t=0$ としてある時間 t の電圧 $V(t)$ および電流 $I(t)$ は次式で表わせる。

$$V(t) = V_m \cos(\omega t) \quad (1)$$

$$I(t) = I_m \cos(\omega t - \theta) \quad (2)$$

ここで、交流周波数 f として $\omega = 2\pi f$, V_m, I_m は電圧、電流の最大値 θ は位相差である。

いま、X軸を複素平面の実数軸に Y軸を虚数軸にとって複素数の絶対値を交流の最大値に等しく、偏角を交流の位相角に等しくとると

$$i = I_m \cos(\omega t + \theta) \quad (3)$$

が複素数 i で表されるとき、

$$i = x + jy \quad ; \quad j = \sqrt{-1} \quad (4)$$

$$|I_m|^2 = x^2 + y^2 \quad (5)$$

$$\tan(\theta) = y/x \quad (6)$$

この場合 i の瞬時値は $\exp(j\omega t)$ をかけて実数部をとることにより求められる。よって、

$$\begin{aligned} i &= \operatorname{Re}[i \exp(j\omega t)] \\ &= \operatorname{Re}[(x+jy) \{\cos(\omega t) + j\sin(\omega t)\}] \\ &= x \cos(\omega t) - y \sin(\omega t) \\ &= I_m \cos(\omega t + \theta) \end{aligned} \quad (7)$$

したがって、ある回路に交流が流れているとき、その回路の2端子間の複素交流電位 \dot{V} と電流 \dot{i} の比を交流インピーダンスと呼んでいる。すなわち、

$$Z = \dot{V} / \dot{i} \quad (8)$$

例えば、測定系の電圧と電流がそれぞれ (1), (2) 式で表されれば

$$\begin{aligned} Z &= (V/I) \exp(j\theta) \\ &= (V/I) \cos(\theta) + j(V/I) \sin(\theta) \end{aligned} \quad (9)$$

となる。一般に容量成分を含む抵抗系のインピーダンスは実数部と虚数部を含んで次のように表す。

$$Z = Z' + jZ'' \quad (10)$$

ここで、測定系の等価回路が抵抗 R と容量 C が直列ならば

$$Z' = R \quad (\Omega) \quad (11)$$

$$Z'' = -1/\omega C \quad (\Omega) \quad (12)$$

となり、これらの関係を示すと 図 2.3.(7) のようになる。

また、電位と電流の位相のずれを 図 2.3.(8) のリサージュ図形で表すと実数部と虚数部は次のように求めることができる。

$$\sin(\theta) = \Delta I' / \Delta I \quad (13)$$

$$Z = \Delta V / \Delta I \quad (14)$$

$$\begin{aligned} Z' &= Z \cos(\theta) \\ &= [\Delta V / \Delta I] \cos[\arcsin(\Delta I' / \Delta I)] \end{aligned} \quad (15)$$

$$Z'' = Z \sin(\theta) = (V/I)(I'/I) \quad (16)$$

塗装材の測定系（金属/塗膜/海水/白金電極）の等価回路が溶液抵抗を R_q として 図 2.3.(4) (11) に示されるように表せるならば次のようにインピーダンスが求まる。

$$\begin{aligned} Z &= R_q + R_f / (1 + j\omega R_f C_f) \\ &= R_q + [R_f / (1 + \omega^2 C_f^2 R_f^2)] \\ &\quad - [(j\omega C_f R_f^2) / (1 + \omega^2 C_f^2 R_f^2)] \end{aligned} \quad (17)$$

上式は ω を消去して次式のようになる。

$$[Z' - (R_q + R_f/2)]^2 + [Z'']^2 = [R_f/2]^2 \quad (18)$$

かくして、 $-jZ''$ と Z' の関係が交流周波数（測定周波数）ごとに求まれば上式から明らかのように 半径が $R/2$ の円となり、その中心は Z' 上にある。これらの表現はコール・コールプロット（Cole-Cole Plot）として知られおりその関係を示し

たものが 図 2.3. (9) である。

上述した関係に基づき塗装系のインピーダンスを求めるプログラムを作製した。その測定システムのブロック図を 図 2.3. (10) に示す。この測定システムはマイクロコンピュータシステムと腐食疲労試験装置が主であり塗膜のインピーダンスを自動的に測定できるようになっている。ここで、塗膜のインピーダンスの測定は金属／塗膜／海水／白金電極より形成される電池の内部抵抗を測定することになる。

腐食疲労試験中のインピーダンス測定は、試験片つかみ部の塗膜破損をさけるため、その上部に小さな箱をつけ試験部だけが人工海水に触れるようにした。マイクロコンピュータ援用における塗膜のインピーダンス測定プログラムのフローチャートを 図 2.3. (11) に示す。インピーダンスの測定はその時刻が 30 分のラウンドナンバーになった時に自動的に開始して、交流の印加電圧の周波数を 10 種類について測定し、その結果をプリンターに印字して次の計測時刻を待つことを同図は示している。

(3) 試験結果とその考察

(a) 塗装材の腐食疲労寿命分布形状の推定

各試験条件で行なわれた疲労試験結果を表 2.3. (4) に示す。30 度 C の人工海水中におけるタールエポキシ系塗装材（防食仕様 No.1）の腐食疲労寿命試験で得られた S～N 曲線を 図 2.3. (12) に示す。塗装による防食効果をみるために裸材の疲労試験結果も同図に示した。同図は塗装材の腐食疲労寿命が大気中の裸材の疲労寿命とほぼ一致しており、防食効果が現われていることを示している。また、防食効果は低繰返し応力範囲で特に顕著である。次に、この疲労試験結果を基に疲労寿命分布について検討した。

疲労寿命がワイブル分布に従うと仮定すると、試験片が破断しないという生存確率分布 $\{1 - F(x)\}$ および確率密度関数 $f(x)$ はそれぞれ次式で表される

$$\{1 - F(x)\} = \exp\{-(x/\beta)^\alpha\} \quad (19)$$

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left\{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right\} \quad (20)$$

ここで、 x は疲労寿命、 α は形状母数、 β は尺度母数である。

上述の関係について、繰返し応力 S_n を 20 kg/mm^2 (196 MPa) と 25 kg/mm^2 (245 MPa) の 2 種類における疲労寿命を極値確率紙にプロットしたものを 図 2.3.(13) に示す。同図から、各試験条件での疲労寿命分布はワイブル分布によく合うことが分かる。また、同一条件下での疲労寿命の変動は塗装材が最も大きく、裸材の人工海水中における場合のほうが小さいことが分かる。この塗装材の疲労寿命における変動要因は当然塗膜の劣化と密接な関連があるものと推定できる。

表 2.3.(5) は 図 2.3.(13) から得られた α および β の値を示したものである。ここで表中の n は同一環境下で行なわれた疲労試験片の数である。試験片数が少ないと得られた形状母数 α は繰返し応力に関係なくほぼ一致し、塗装してあるかないかの試験片表面状態によって変化していることが分かる。

次に、疲労寿命分布の推定についてベイズの定理を応用した方法¹⁰⁾で検討した。ここで、疲労寿命分布および確率密度関数は先に示した(19),(20)式に従うとする。

事前情報は $1/100$ の確率としてワイブル分布に従うとし、 α, β を 10 分割すると試験片が 1 枚が破断した情報のみで得られる確率は次式のようになる。

$$\begin{aligned} \text{事前情報} \quad P^0[C_{ij}] &= \frac{1}{100} \\ P^1[C_{ij}] &= \frac{\prod_{j=1}^N f_{ij}(x)}{\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^N (\prod_{j=1}^N f_{ij}(x))} \quad (m_i = 1) \quad (21) \\ \text{ここで}, \quad f_{ij}(x) &= \frac{\alpha_i}{\beta_j} \left(\frac{x}{\beta_j}\right)^{\alpha_i-1} \exp\left\{-\left(\frac{x}{\beta_j}\right)^{\alpha_i}\right\} \end{aligned}$$

疲労寿命の疲労寿命分布形状の 2 母数 α, β の事後確率をベイズの方法により推定したものを図 2.3.(14) ~ (16) に示す。これらの図から、図 2.3.(13) の結果とそれほど大きな差がないことが分かり、疲労寿命形状の推定な将来的にはベイズの方法が有効なことを示唆している。しかし、試験片数などの検討の余地は十分に残されている。

(b) マイクロコンピュータを用いた交流インピーダンス測定

(1) 疑似回路による交流インピーダンス測定

本分担研究で開発したマイクロコンピュータ用の交流インピーダンス測定装置を用いて、疑似回路のインピーダンス測定を行ない、その精度などを検討した。

塗装材における塗膜のインピーダンスの等価回路が近似的に図 2.3.(4) のように電気抵抗と容量の並列として考えられているので、疑似回路を $100\text{ k}\Omega$ (金属皮膜抵抗) と $0.1\text{ }\mu\text{F}$ (マイラフィルムコンデンサー) の並列回路として交流インピーダンスを計測した。その結果を 表 2.3.(6) に示す。同表で F R A 法は市販されている周波数特性分析器 (Frequency Response Analyzer) を用いて計測したもので、三菱重工(KK)で試作した計測結果とともに本分担研究で開発したマイコンによる計測結果は理論値とよく一致する。(通常のマイコンテンサの誤差は 10~20%, 抵抗の誤差は 5%程度とされている。)

電気抵抗と容量の並列回路の交流インピーダンス周波数特性を調べるため、各測定周波数と抵抗成分および容量成分との関係を示したものが 図 2.3.(17) ~ (19) である。図 2.3.(17), (18) は、塗装系の電気抵抗 R_s と容量 C_s の組合せによって、測定周波数 f の範囲を考慮しないと周波数依存性が現れないことを示唆している。本研究で使用した測定周波数範囲は測定装置の性能で $1\text{ Hz} \sim 1\text{ kHz}$ となっているので、塗装系のインピーダンスの R_s, C_s のある組合せによってはコール・コールプロットで周波数に依存する測定範囲を満足することができない。

例えば、 R_s が $100\text{ k}\Omega$ とし、 C_s を $8 \times 10^{-8}\text{ F}$ および $4 \times 10^{-10}\text{ F}$ の場合コール・コールプロットで示したものが図 2.3.(18) であるが、この図で○印が測定可能範囲で、●印が測定不可能な範囲となっていることを示している。したがって実際の塗装系の交流インピーダンス測定には、試料のインピーダンスと測定装置の測定周波数測定可能範囲との関係を十分に注意をする必要がある。

(ii) TE塗装材の塗膜の交流インピーダンス測定

TE塗装材の塗膜の交流インピーダンスは前述したマイクロコンピュータを利用した測定法で計測された。まず初めに、Cタイプの試験片を常温の人工海水中に浸漬した直後にインピーダンス計測を行なった。ここで、塗装系に印加した正弦波の電位は $600\text{ mV}_{\text{rms}}$ である。このときの結果をコール・コールプロットしたもののが図2.3.(20)である。同図は、1kHz～1Hzの測定周波数範囲では抵抗成分の小さい部分を十分測定できていないことを示している。そこで、同図中に示したように試料の外部に電気容量 C_{ext} を並列に加えて計測した例を図2.3.(21)～図2.3.(26)に示す。 C_{ext} を除々に増加して $0.3\text{ }\mu\text{F}$ になると1kHz～1Hzの測定範囲で十分測定が可能となる。したがって、測定装置の測定周波数範囲が限られても C_{ext} の導入である程度測定範囲を拡張できることを示している。

次に、TE塗装材を常温の人工海水中に浸漬した場合における交流インピーダンス（抵抗成分）の経時変化を図2.3.(27)に示す。同図は同種の2枚の試験片について計測した結果を示しているが、約1日程度までインピーダンスの急減が見られその後は比較的安定していることが分かる。また、インピーダンスの変化は測定周波数 f が小さい程顕著であることがうかがえる。

図2.3.(28)は、試料を人工海水浸漬し約2日後に繰返し応力を 31.7 kg/mm^2 として疲労試験を行なった場合の経時変化を示している。同図において、水分の塗膜へ進入と思われるインピーダンスの急減後にインピーダンスの増加がみられるがこれは塗膜面に生じる成生物のためと推察される。繰返し応力が負荷後は急激なインピーダンスの急減が観測され塗膜面の完全な破損と解釈されよう。

次に、繰返し応力 σ_n が 25.9 kg/mm^2 、応力繰返し速度 f が 300 cpm として腐食疲労試験を行なって得られたインピーダンスの経時変化を図2.3.(28)に示す。ここで、疲労試験は試料を常温人工海水中に浸漬後、約2日後のインピーダンスが安定したのを確認し、また、 C_{ext} を $0.1\text{ }\mu\text{F}$ として開始した。同図でaは疲労試験中、bは無負荷で疲労試験を中断していた期間を表わしており、ここでも疲労試験を中断後にインピーダンスの増加がみられた。また、疲労試験中断時間を無視し、応力繰返し数Nをx軸にインピーダンスの変化を示したものが図2.3.(30)である。同図から繰返し応力が 25.9 kg/mm^2 の場合、Nが約 9×10^3 で塗膜が破損

したと考えてよいと思われる。また、コール・コールプロットで示した 図 2.3 . (3) からも N が 9×10^3 前後で塗膜の破損が推察される。

(c) 変動荷重を受ける塗装材の塗膜の付着力

人工海水中における T E 塗装材の C タイプ試験片の疲労破壊後、破断近くの塗膜の付着力について調査した。その結果を表 2.3 . (7) にまとめて示した。同図で、繰返し応力 σ_n が 25 kg/mm^2 と 20 kg/mm^2 の 2 種の条件で試験を行なった試験片で、比較的素地からのはがれ pf および塗膜の凝集破断 cf の割合の大きい場合で付着力をみると σ_n の大きいほど付着力は減少していることが分かる。したがって、水中に浸漬する時間効果よりも繰返し応力による塗膜の付着力の低下が大きいといえる。しかし、試験片数が少ないのでこの付着力試験から、塗膜の劣化を定量的に結びつけることはできない。

(4) まとめ

本分担研究は世界的にもほとんど解明されていない動的荷重を受ける塗膜の耐久性について調査したもので、稼働海洋構造物が波浪などの荷重を受けていることを考えると、より実際的な条件で塗膜の劣化評価を検討した点で特色がある。限られた研究期間の中で実用的に有効な評価法は十分に確立することができないが、塗膜のインピーダンスの周波数依存性に注目して開発した測定法のプログラムはマイクロコンピュータレベルの簡易システムで構成され、塗膜の耐久性評価の第一段階を達成するものと期待できる。

本年度研究計画に基づき試験を実施し、得られた結果を総括すると次のようになる。

- 1) 動的荷重下における塗膜の劣化は交流インピーダンス法でもとめたインピーダンスの経時変化をもとに評価できる。しかし、インピーダンス測定装置の測定周波数範囲と試料のインピーダンスとの測定範囲の関係を十分把握する必要がある。
- 2) 塗装材の塗膜のインピーダンス測定試料と並列に電気容量を加えて測定するこ

とによって、ある程度測定範囲を拡張できることを示した。

3)タールエポキシ系塗装材(防食仕様 No.1)の人工海水中における腐食疲労寿命分布形状はワイブル分布に従う傾向を示し、その形状母数を裸材の場合と比較検討した。その結果、塗装材の疲労寿命の変動が大きいことを示した。

4)変動荷重をうけることによって塗装材の塗膜の付着力は減少し、その傾向は繰返し応力の大きくなるほど増大する。

参考文献

- 1)植田健二、柴田昭男；塗膜の劣化度合の判定方法の検討、日本造船研究協会 SR201-幹10-1 (1987)
- 2)Wormewell,F. and Brasher,D.M. ; Electrochemical Studies of Protective Coatings, Jounal of The Iron and Steel Institute (1950)
- 3)岡本 剛、諸住 高；防食塗装の電気化学的研究(第2報)，交流特性による塗膜劣化過程の解析、電気化学、第24巻 (1956)
- 4)Nagai,K.,Takeuchi,N.,Mori,M. ; Effect of Various Improvements on The Corrosion Fatigue Strength of Structural Steel in 3% NaCl Solution, The 20th JAPAN Congress on Materials Research-matellic Materials (1978)
- 5)三枝武男、鈴木義久、熊野 記； $\tan\delta$ 周波数特性法による塗膜の劣化試験と自動試験装置の試作について、防衛大学 (1980)
- 6)水流 徹、須藤 ， 春山志郎；塗膜下腐食の交流インピーダンス特性、電気化学および工業物理化学、Vol.51,No.1 (1983)
- 7)春山志郎；電気化学における交流測定(その1)、電気化学、39, No.6 (1971)
- 8)Macfarlannd,W.J. ; Use of Bayes Theorem in Its Discrete Formulation for Reliability Estimation purposes,Seventh Reliability and Maintainability Conference (1978)

表2.3.(1)供試母材の化学成分
及び機械的性質

Chemical composition (%)

C	Si	Mn	P	S
0.18	0.16	0.45	0.023	0.019

Mechanical properties

Yield stress	Tensile stress	Elongation
284MPa	461MPa	38%

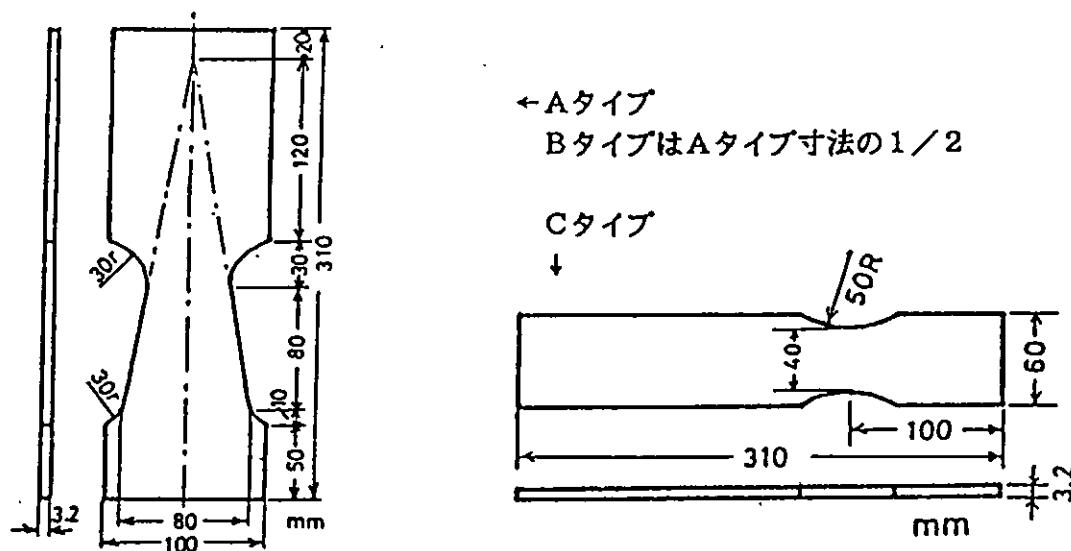


図2.3.(1) 試験片の形状及び寸法

表2.3.(2) 塗装防食仕様

防食仕様	電気鋼錆	S/P	材料と塗回数					合計総厚(μm)
			1回目	2回目	3回目	4回目	6回目	
1	S h	I Z P	T E					240
2	S h	I Z P	CR-A/C-HB	CR-A/C-HB				170
4	S h	I Z P	I Z	I Z I Z-I	T E			410
5	S h	I Z P	PE-A/C	PE-A/C	PE-A/C	PE-T/S	PE-T/S	636
6	S d	I Z P	PE F	PE F				1780

S h : ショットブラスト

S d : サンドブラスト

I Z P : 無機ジンクアライマー

CR-A/C-HB : 塩化ゴム外板錆止塗料厚塗型

T E : タールエポキシ塗料

I Z : 無機ジンク塗料

PE-A/C : エポキシ外板錆止塗料

PE-T/S : エポキシ外板錆止塗料

PE F : 防食ライニング材料

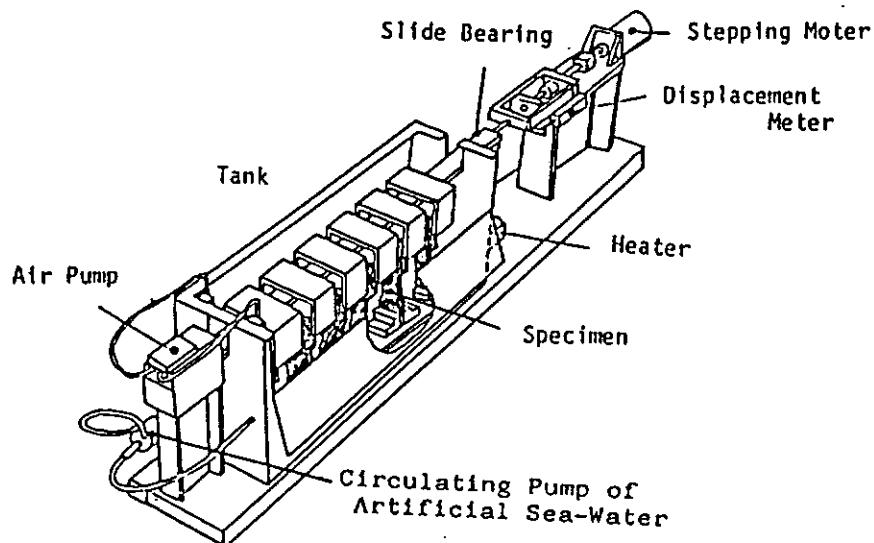
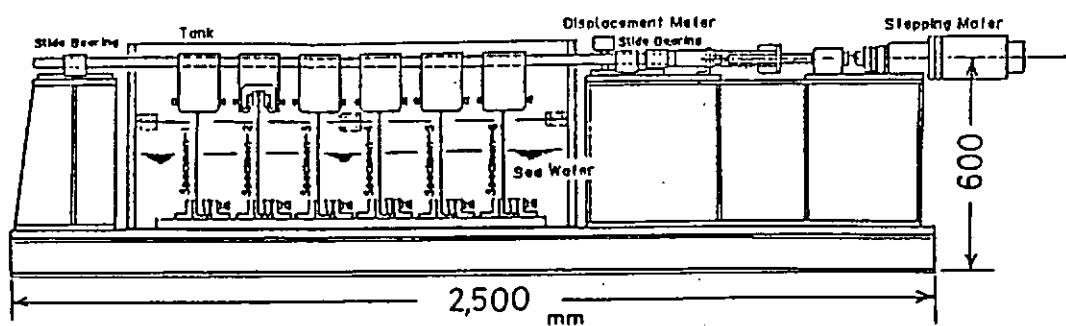


図2.3.(2)並列腐食疲労試験装置

表2.3.(3)並列疲労試験装置仕様

負荷方法	5相ステッピングモータ使用
ストローク	最大 + - 30 mm
試験片形状	A or C タイプ ^o
繰返し速度	f < 20 c p m
試験片数	6枚
温度制御	室温 -- 80 度C
海水の循環可能	
エヤーレーションあり	

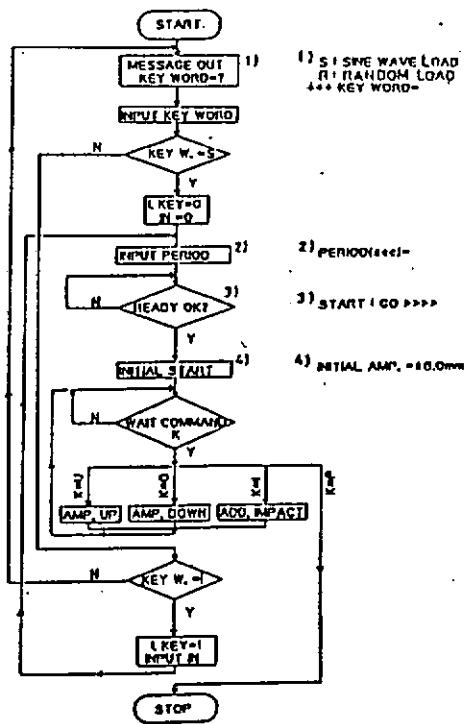


図 2.3.(3) 疲労試験フローチャート

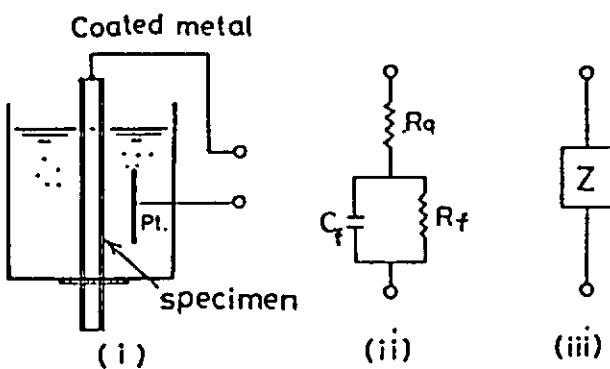


図 2.3.(4) 塗装材のインピーダンスの等価回路例 - (I)

R_q : 液体抵抗
 R_f, C_f : 塗膜のインピーダンス
(健全部)
 R'_f, C'_f : 塗膜劣化部のインピーダンス
 R_p : ピンホールの電気抵抗
 R_m, C_m : 金属表面のインピーダンス

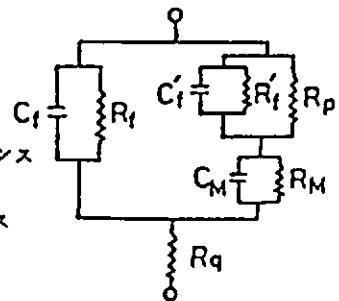


図 2.3.(5) 塗装材のインピーダンスの等価回路例 - (II)

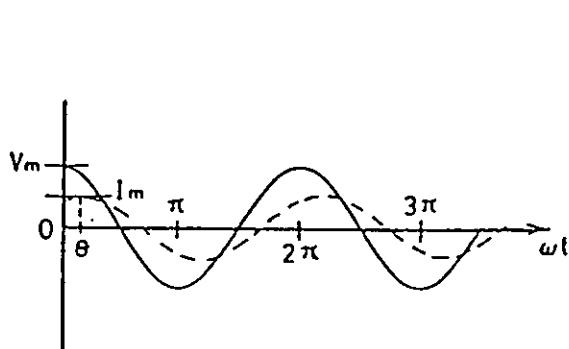


図 2.3.(6) 交流特性

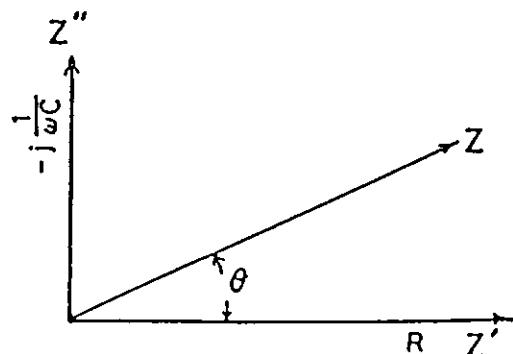


図 2.3.(7) 直列回路の交流インピーダンス

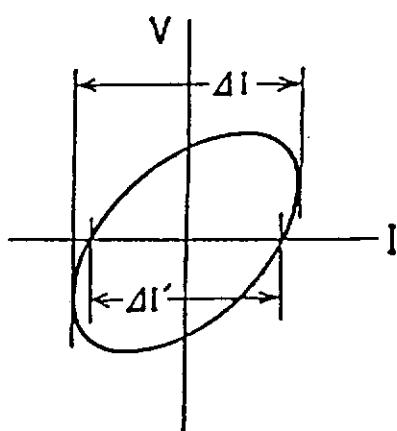


図2.3.(8) リサージュ図形

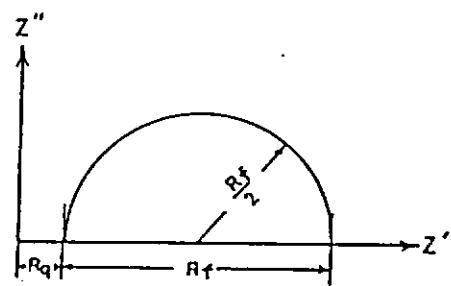


図2.3.(9) コール・コールプロット

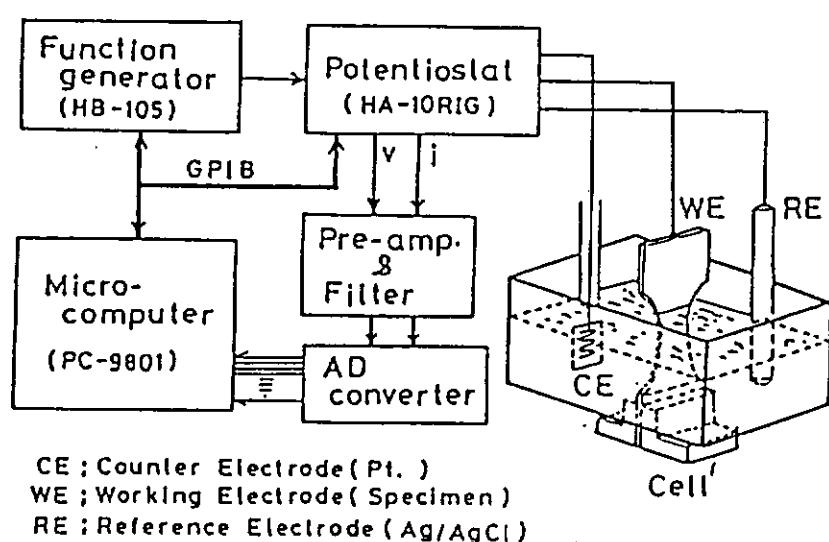


図2.3.(10) 塗装材の塗膜の交流インピーダンス
測定概略図

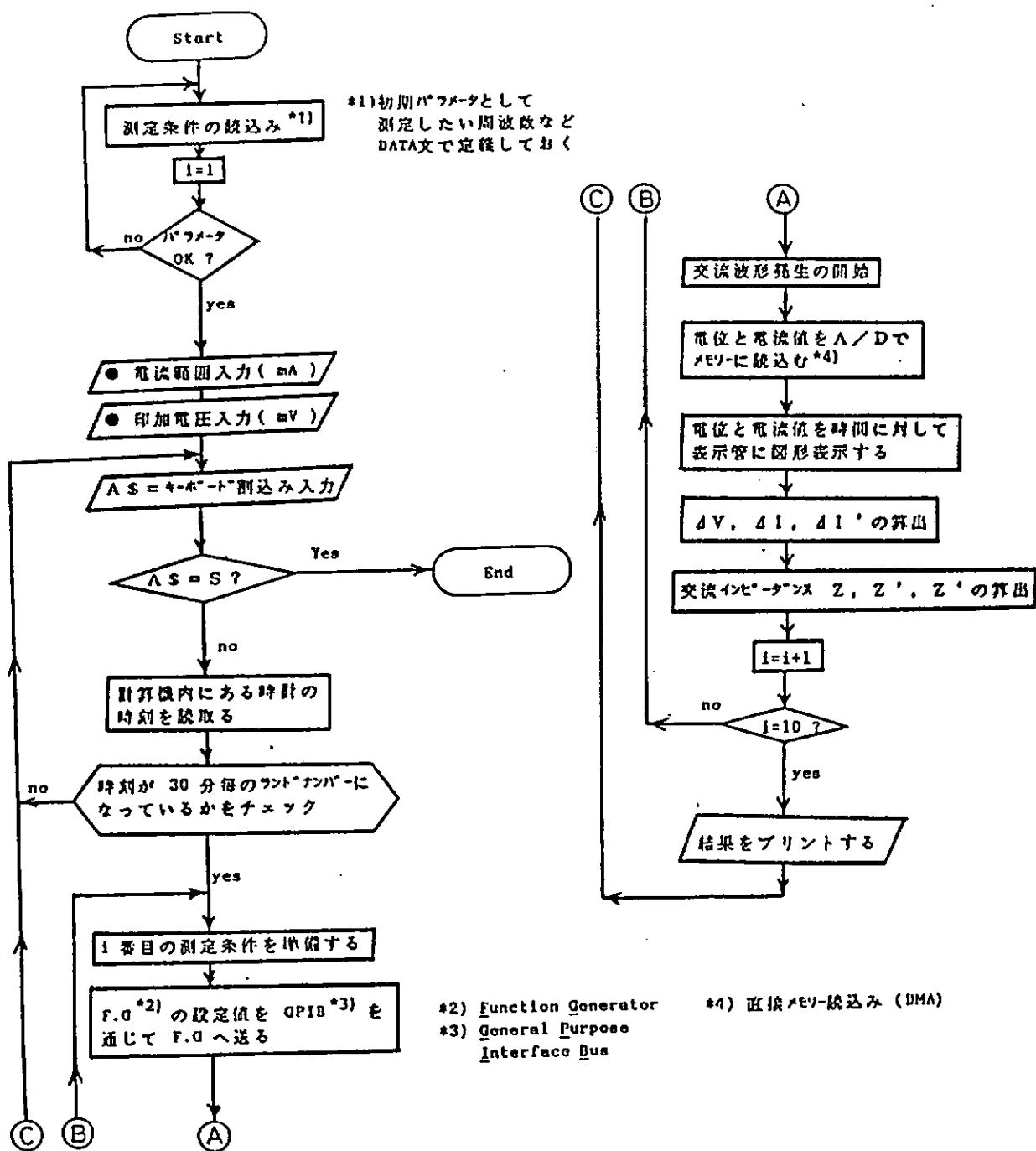


図2.3.(11) 交流インピーダンス測定のフローチャート

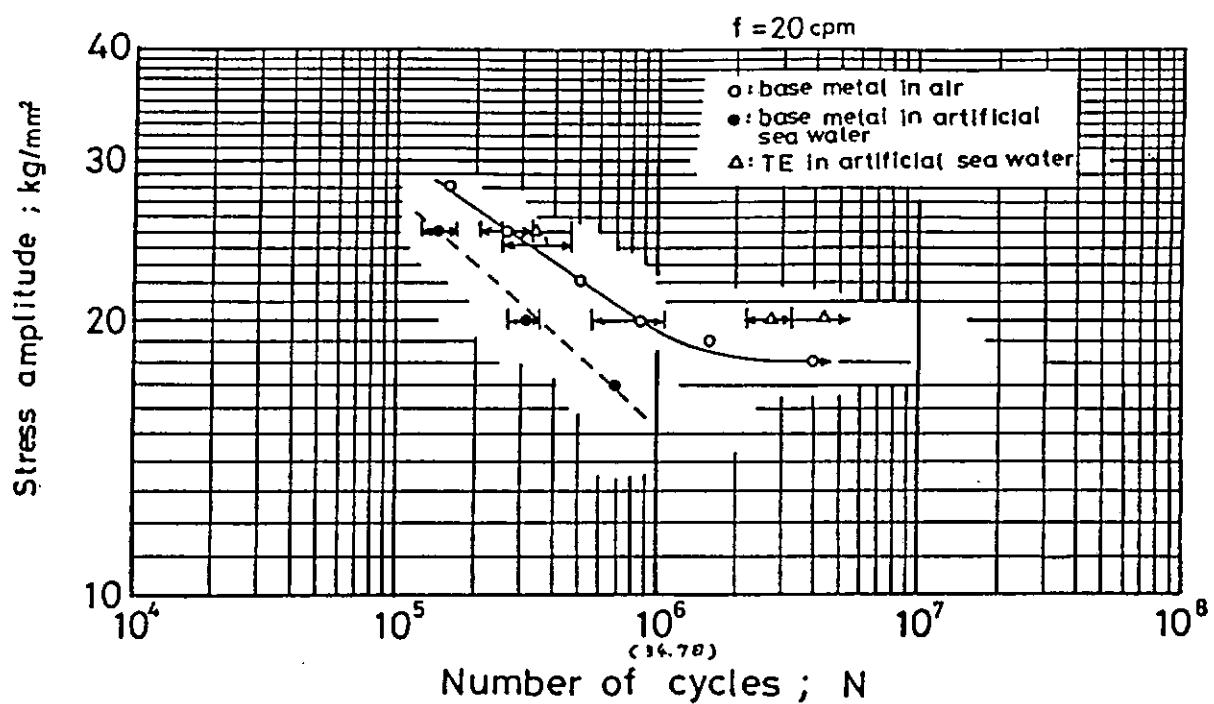


図 2.3.(12) S～N 曲線

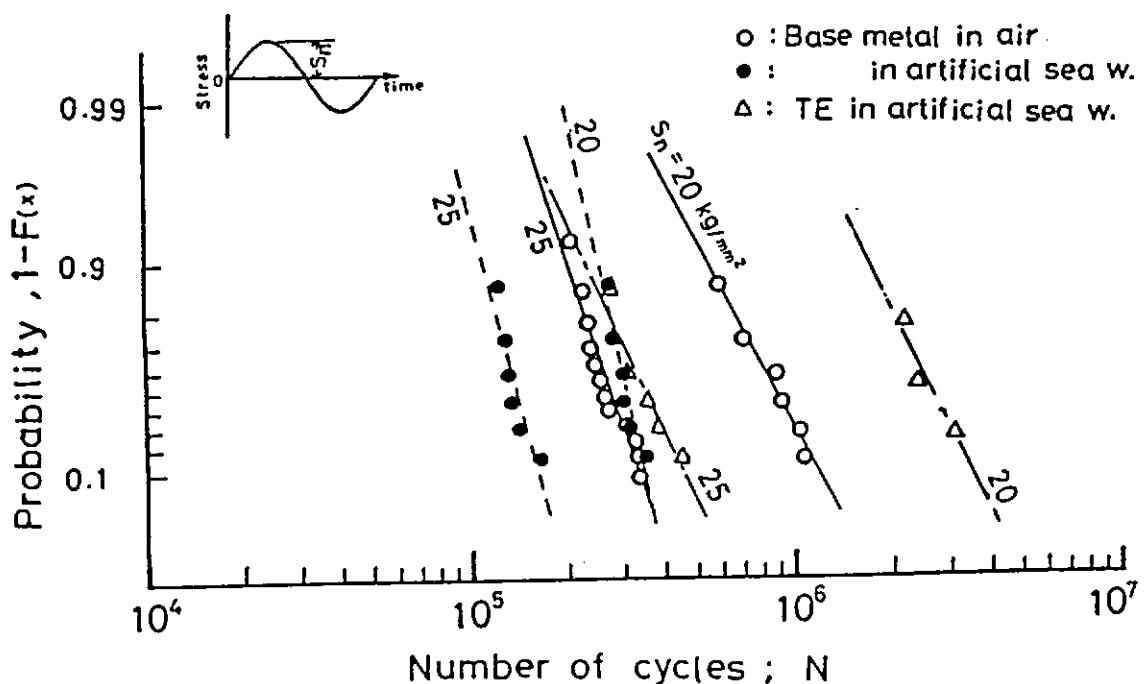


図 2.3.(13) 極値確率紙プロットによる疲労寿命分布

表2.3.(4) 疲労試験結果

$\sigma_n = 245 \text{ MPa}$, 25 kg/mm^2			$\sigma_n = 196 \text{ MPa}$, 20 kg/mm^2		
CONDITION	NO	N (cycles)	CONDITION	NO	N (cycles)
IN AIR	1	2.07×10^5	IN AIR	1	6.88×10^5
	2	2.19×10^5		2	6.98×10^5
	3	2.33×10^5		3	6.72×10^5
	4	2.38×10^5		4	9.09×10^5
	5	2.44×10^5		5	1.01×10^6
	6	2.52×10^5		6	1.07×10^6
	7	2.60×10^5	IN Artificial Sea Water	1	2.73×10^5
	8	2.67×10^5		2	2.75×10^5
	9	2.64×10^5		3	2.95×10^5
	10	2.80×10^5		4	2.96×10^5
	11	2.88×10^5		5	3.13×10^5
	12	2.92×10^5		6	3.48×10^5
IN Artificial Sea Water	1	1.82×10^5	IN Artificial Sea Water (Coating)	1	2.365×10^6
	2	1.89×10^5		2	2.395×10^6
	3	1.90×10^5		3	3.034×10^6
	4	1.93×10^5		4	4.78×10^6 以上
	5	1.41×10^5		5	
	6	1.64×10^5		6	
IN Artificial Sea Water (COATING)	1	2.72×10^5			
	2	2.66×10^5			
	3	2.01×10^5			
	4	2.64×10^5			
	5	2.61×10^5			
	6	2.60×10^5			

表2.3.(5) 疲労寿命分布形状母数 α , β

試験片		大気中		人工海水中	
		応力振幅 σ_n		応力振幅 σ_n	
		245 MPa	196 MPa	245 MPa	196 MPa
無塗装	α	6.20	3.95	7.87	9.40
	β	2.86×10^4	9.45×10^4	1.44×10^5	3.14×10^5
	n	12	6	6	6
T E	α			4.52	4.70
	β			3.72×10^4	2.83×10^6
	n			6	3

n: 試験片枚数
$$\begin{cases} 245 \text{ MPa} = 25 \text{ kg/mm}^2 \\ 196 \text{ MPa} = 20 \text{ kg/mm}^2 \end{cases}$$

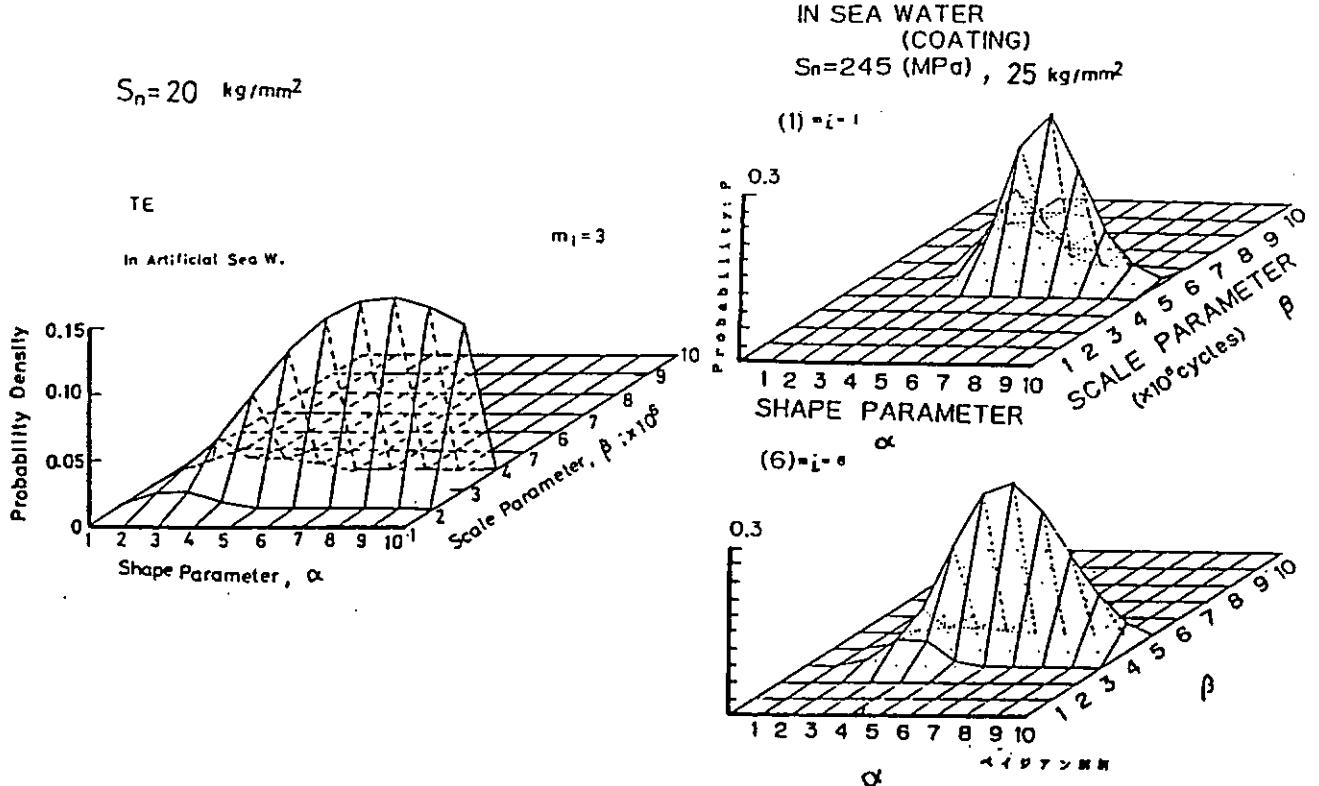


図 2.3.(14) TE 塗装材の疲労寿命分布形状母数

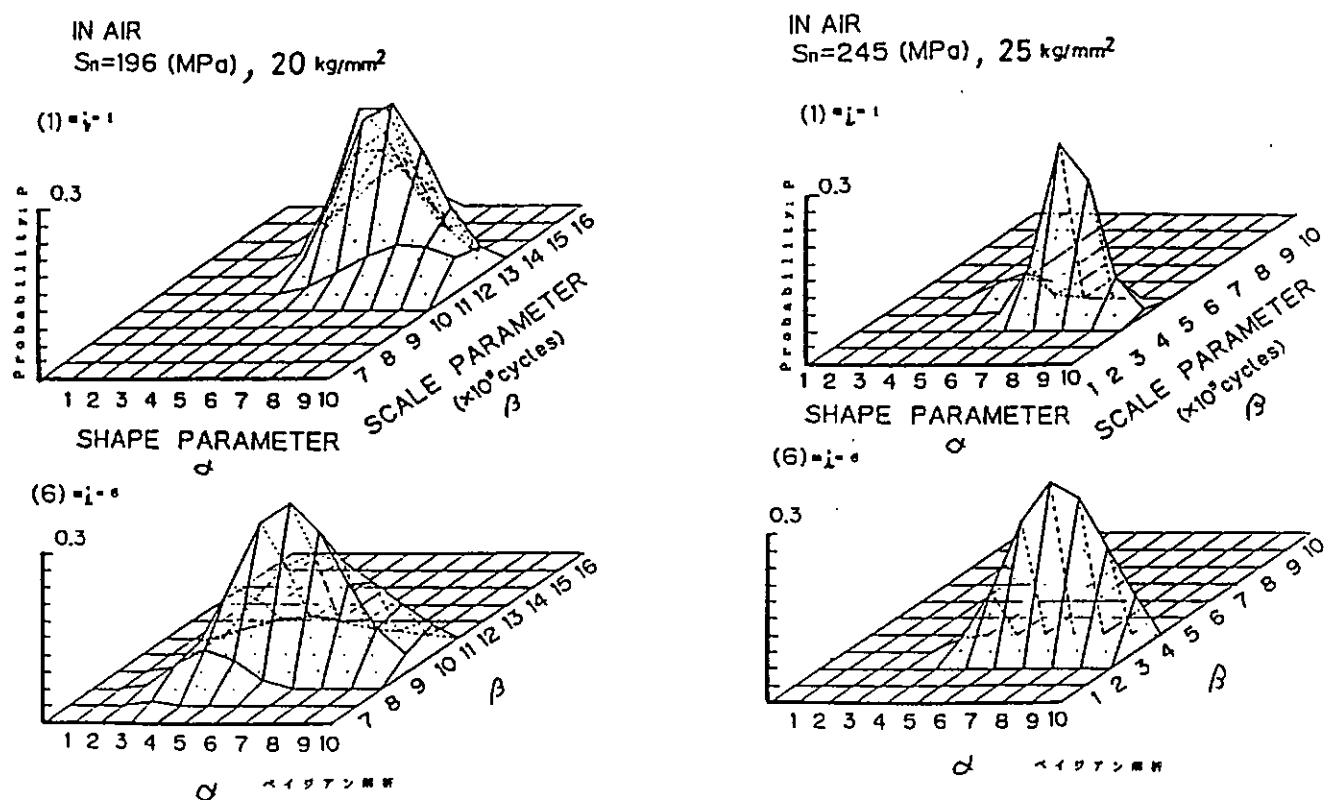
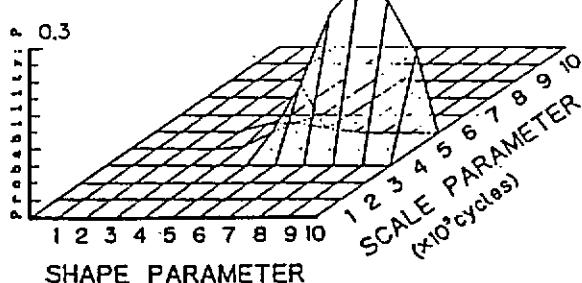


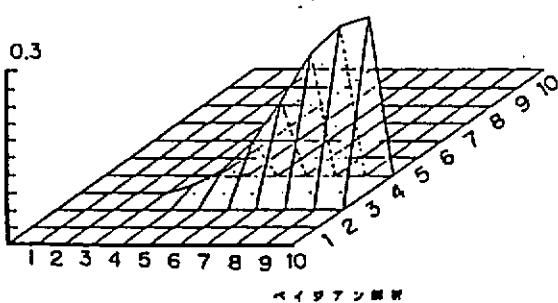
図 2.3.(15) 裸材の大気中における疲労寿命
分布形状母数

IN SEA WATER
 $S_n=196 \text{ (MPa)}, 20 \text{ kg/mm}^2$

(1) = $\lambda = 1$

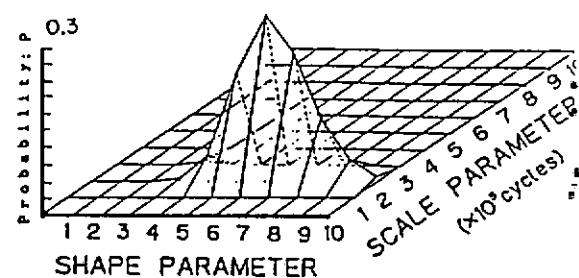


(6) = $\lambda = 6$



IN SEA WATER
 $S_n=245 \text{ (MPa)}, 25 \text{ kg/mm}^2$

(1) = $\lambda = 1$



(6) = $\lambda = 6$

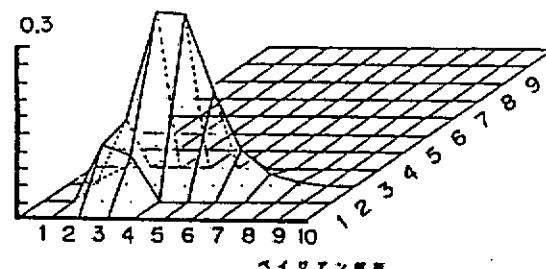
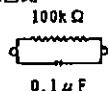


図2.3.(16) 棚材の人工海水中における疲労寿命分布形状母数

表2.3.(6) 疑似回路の交流インピーダンス測定結果の比較

	絶対値(Ω)	位相(度)	実数部(Ω)	虚数部(Ω)	測定周波数(Hz)
理論値	62.27k	-51.48	38.77k	48.72k	20.0
FRA法	59.86k	-51.75	37.06k	47.01k	19.95
三菱試作	60.4 k	-52.0	37.4 k	48.0 k	20.0
横濱大試作	63.0 k	-49.6	40.9 k	48.0 k	20.0
理論値	99.80k	-3.595	99.61k	6.26k	1.0
FRA法	96.70k	-3.657	96.50k	6.17k	1.0
三菱試作	98.5 k	-3.6	97.2 k	6.3 k	1.0
横濱大試作	100.4 k	-8.0	99.4 k	13.9 k	1.0

*) 疑似回路



FRA法

周波数特性分析器(Frequency Response Analyzer)にて測定。

○ FRA法による三菱試作の測定結果は SR201-EP18-1 (三菱重工業) の資料によるものである。

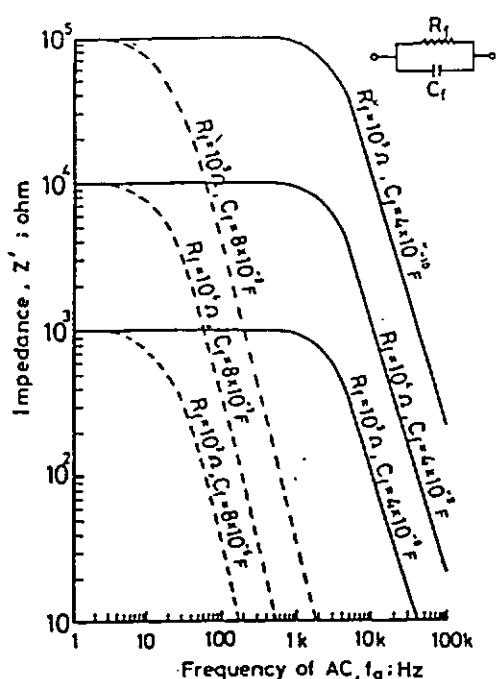


図 2.3.(17) 疑似回路のインピーダンス
～測定周波数

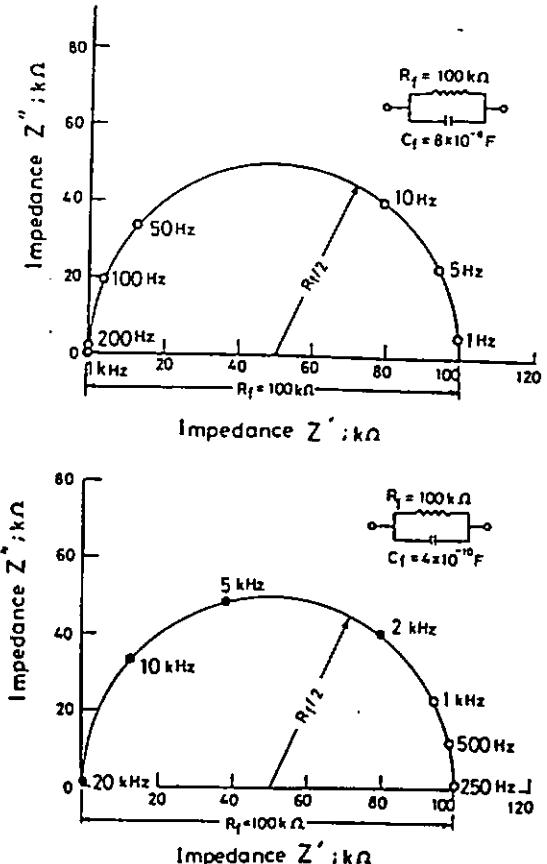


図 2.3.(18) 疑似回路におけるコール・
コールプロット

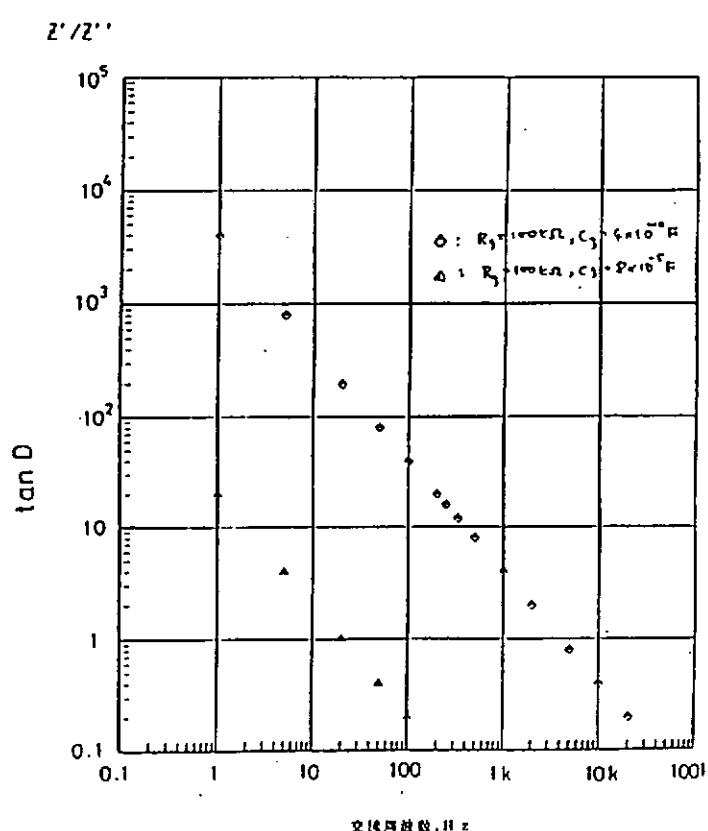
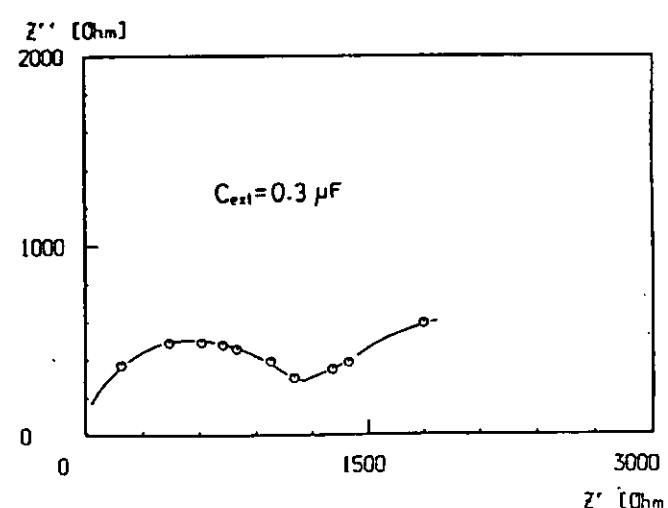
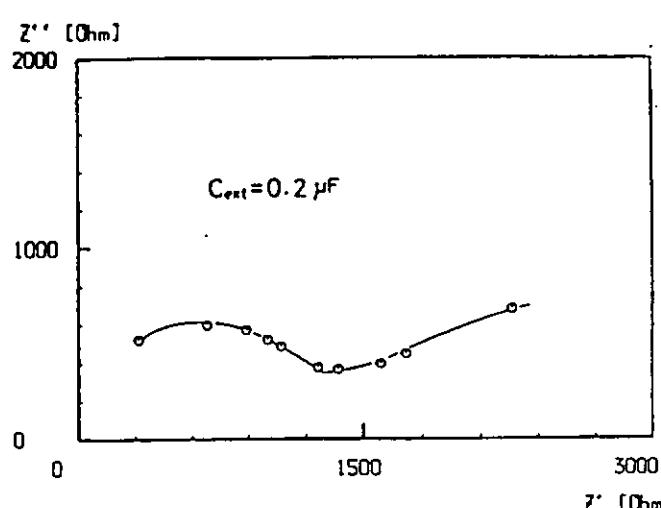
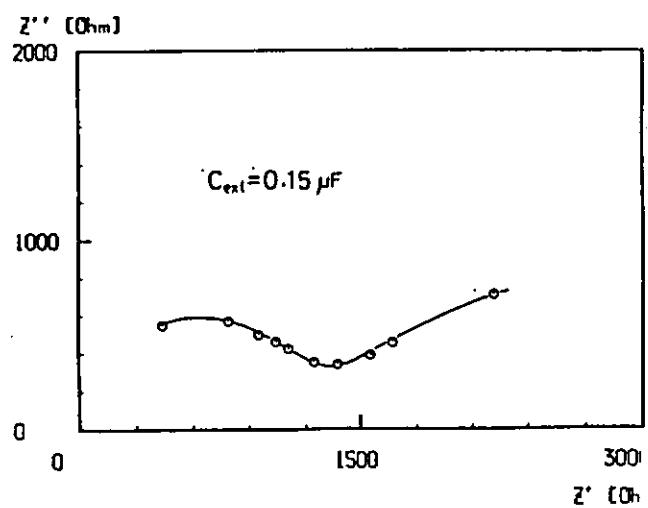
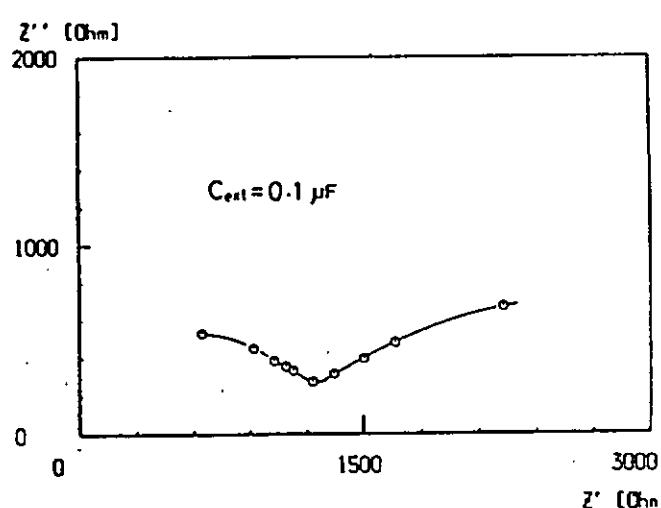
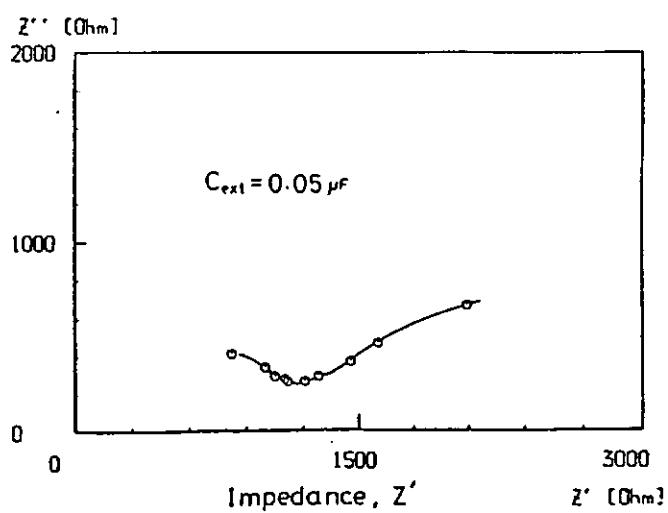
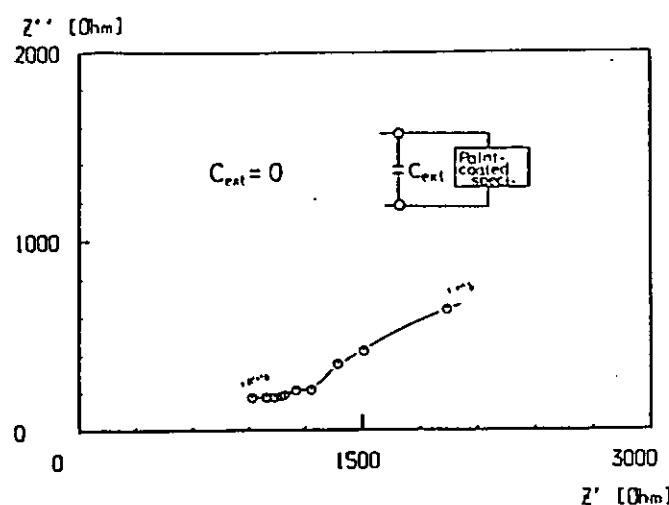


図 2.3.(19) 疑似回路の tan δ (δ) ～測定周波数



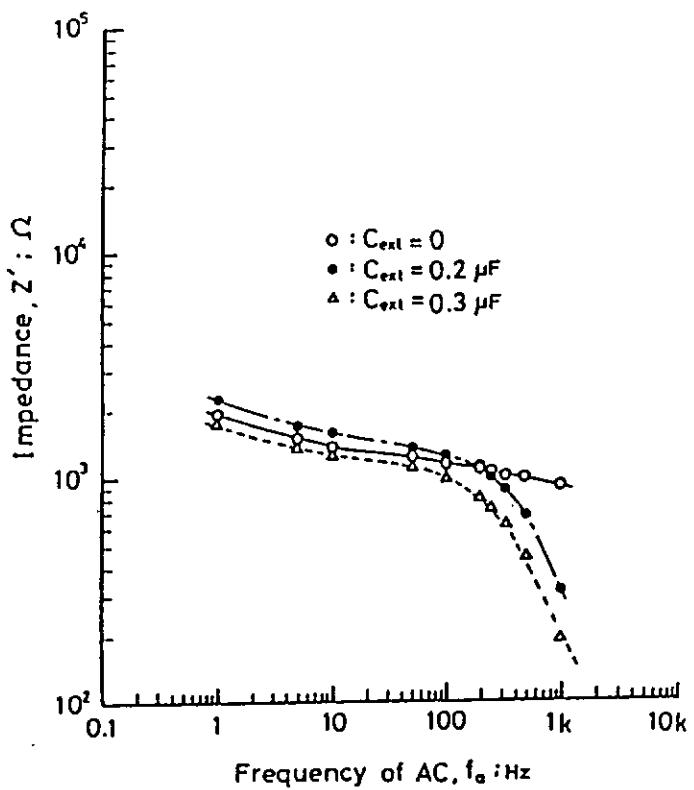


図 2.3.(26) TE 塗装材のインピーダンス測定における
外部並列電気容量の影響

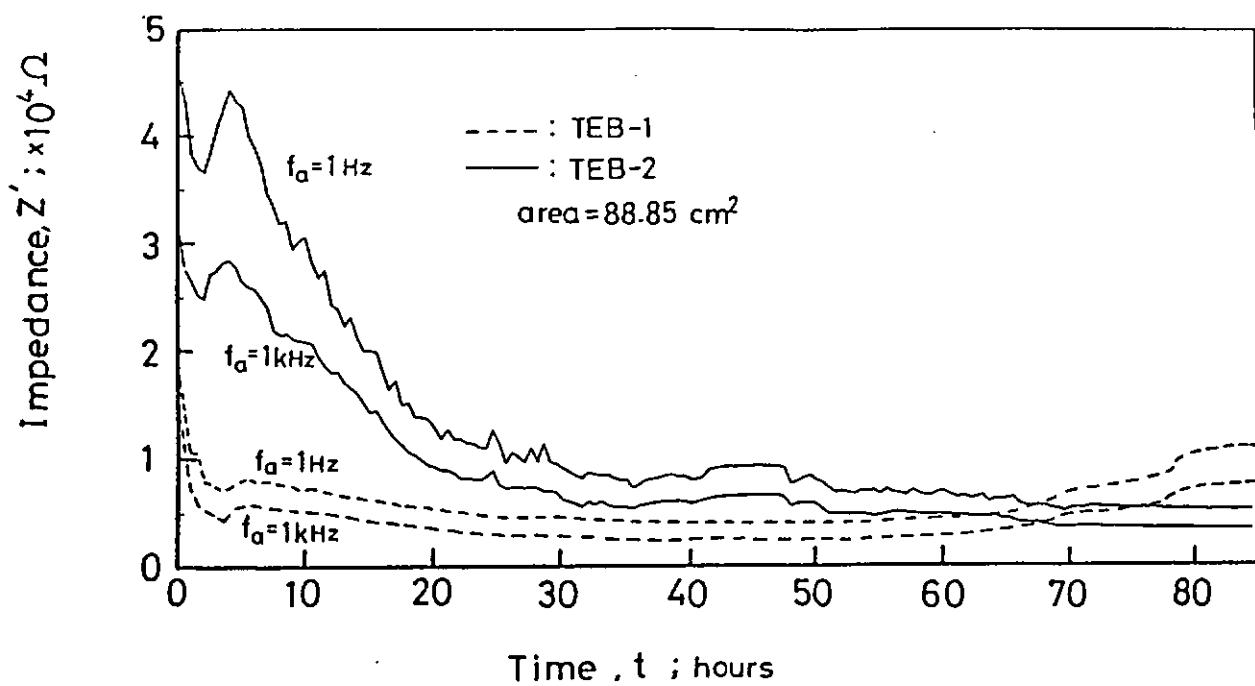


図 2.3.(27) TE塗装材の人工海水中における経時変化

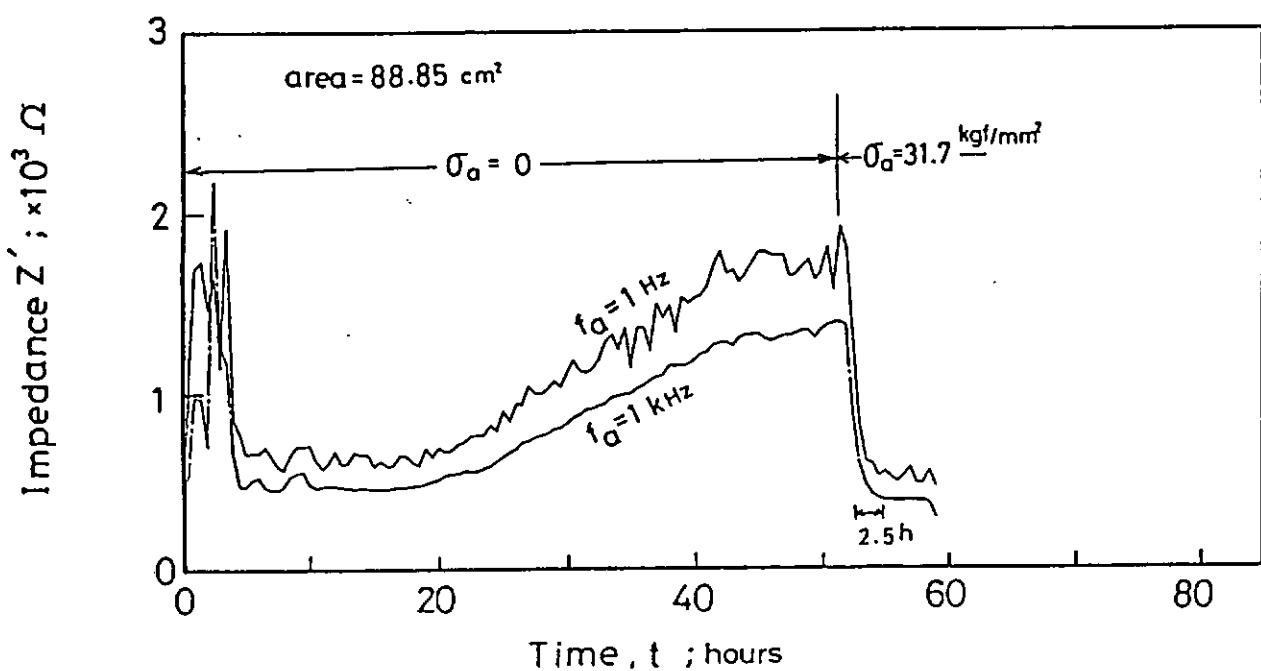


図 2.3.(28) 変動荷重を受ける塗装材のインピーダンスの急減状況

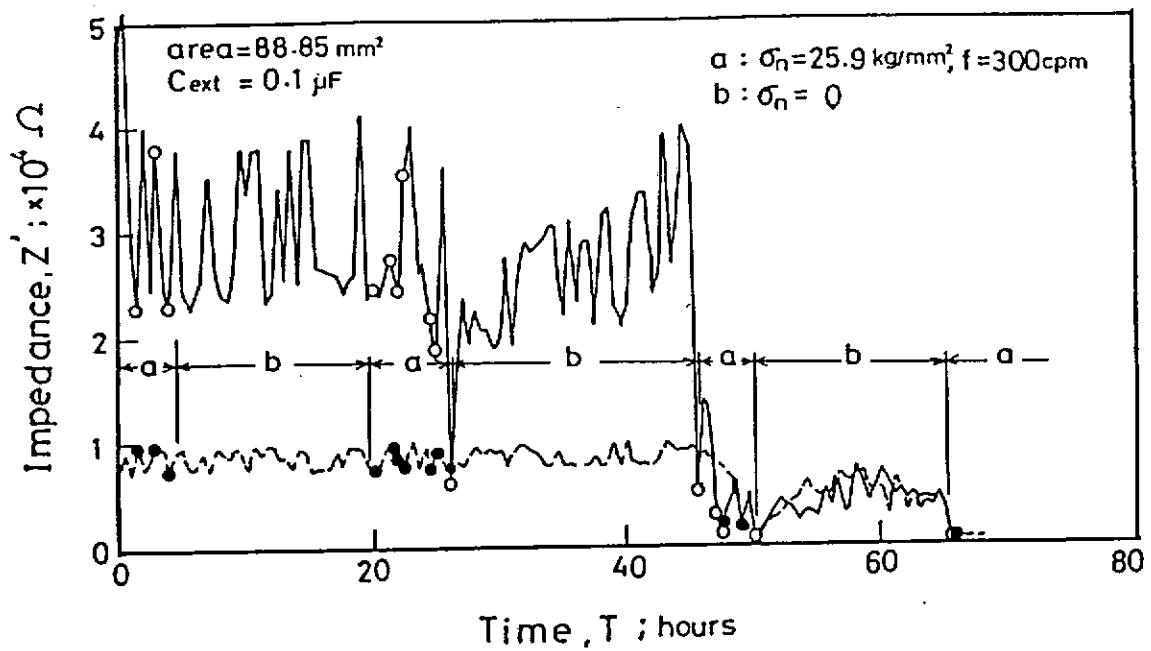


図 2.3.(29) 変動荷重期間および静荷重期間におけるインピーダンスの経時変化の比較

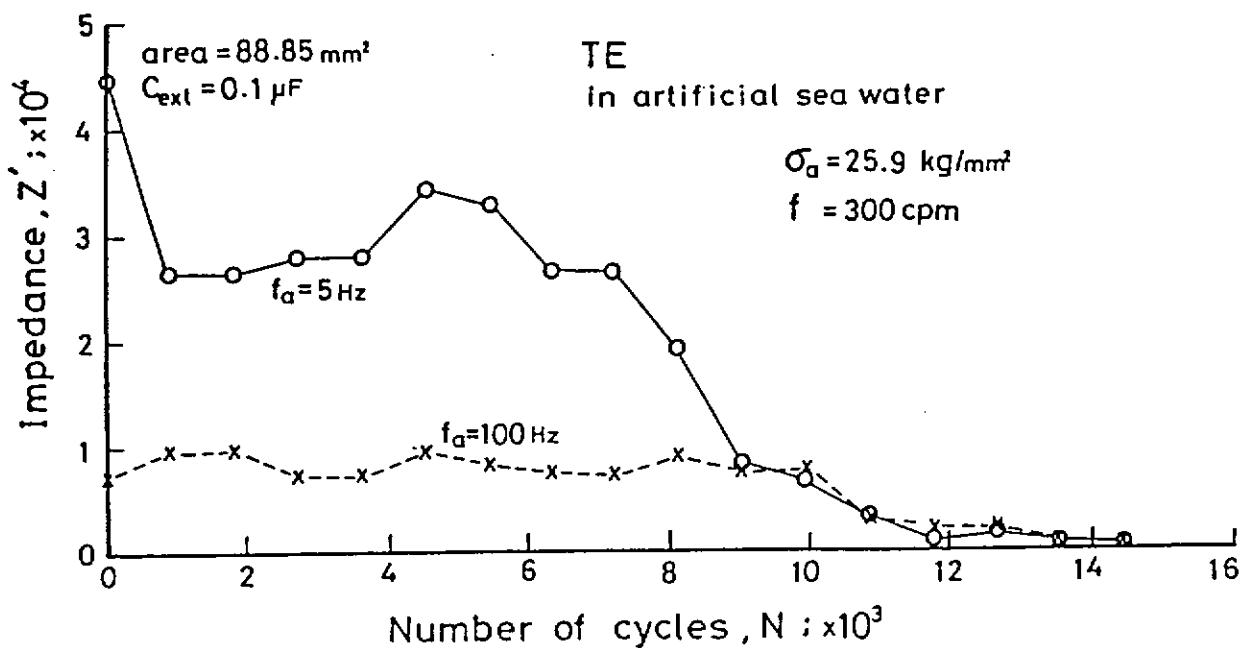


図 2.3.(30) TE 塗装材の人工海水中の疲労試験における塗膜抵抗成分のインピーダンス変化
— 测定周波数の影響 —

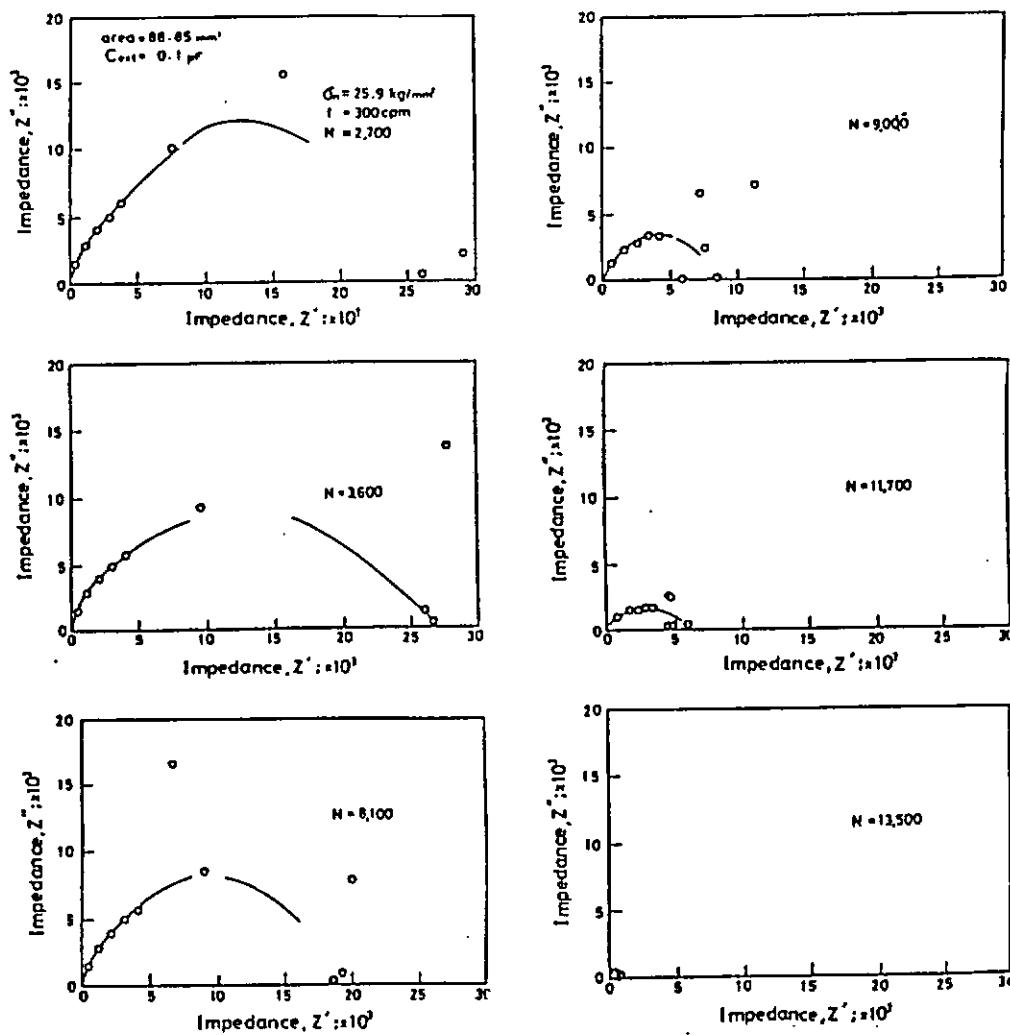


図2.3.(31) T E塗装材の人工海水中の疲労試験における
コール・コールプロットの例 ($\sigma_n=25.9\text{kg}/\text{mm}^2$)

表2.3.(7) TE塗装材の塗膜の付着力試験結果
(腐食疲労試験後の測定)

- 1) 試験機: 島津製作所オートグラフ 2) 測定面積: 3.14 cm^2 ($\phi 20\text{mm}$)
 3) 接着剤: シアノアクリレート系 4) 引張り速度: 5 mm/min
 5) テスト回数: 1回 6) 試験治具の材質: 軟鋼

塗装仕様 No.1 タールエポキシ系塗装

試験片番号	疲労試験条件 ^{①)}		付着力試験結果 ^{②)}	
	繰返し応力 (kgf/mm ²)	応力繰返し速度 (cpm)	付着力 (kgf/cm ²)	塗膜面の破壊状況 ^{③)}
TE-C-1	25	20	23.33	pf(95), cf(5)
TE-C-2	"	"	23.14	pf(65), cf(5), ad(30)
TE-C-3	"	"	18.11	pf(75), cf(20), ad(5)
TE-C-4	"	"	24.97	pf(50), cf(25), ad(25)
TE-C-5	"	"	20.90	pf(85), cf(10), ad(5)
TE-C-6	"	"	20.64	pf(50), cf(40), ad(10)
TE-C-7	20	"	26.11	pf(50), cf(40), ad(10)
TE-C-8	"	"	8.57	cf(20), ad(80)
TE-C-9	"	"	25.84	pf(80), cf(20)
TE-C-10	"	"	28.80	pf(90), cf(10)
TE-C-11	"	"	9.72	ad(100)
TE-C-12	"	"	15.83	cf(5), ad(95)

*1) 試験片形状-Cタイプ, 人工海水中 (30°C)

疲労寿命 N_f

$$\sigma = 25\text{kg/mm}^2, \text{TE-C-1} \sim 6: N_f = 2.72 \times 10^5 \sim 4.50 \times 10^5 (\text{約11日})$$

$$\sigma = 20\text{kg/mm}^2, \text{TE-C-7} \sim 9: N_f = 2.36 \times 10^6 \sim 3.034 \times 10^6 (\text{約3ヶ月})$$

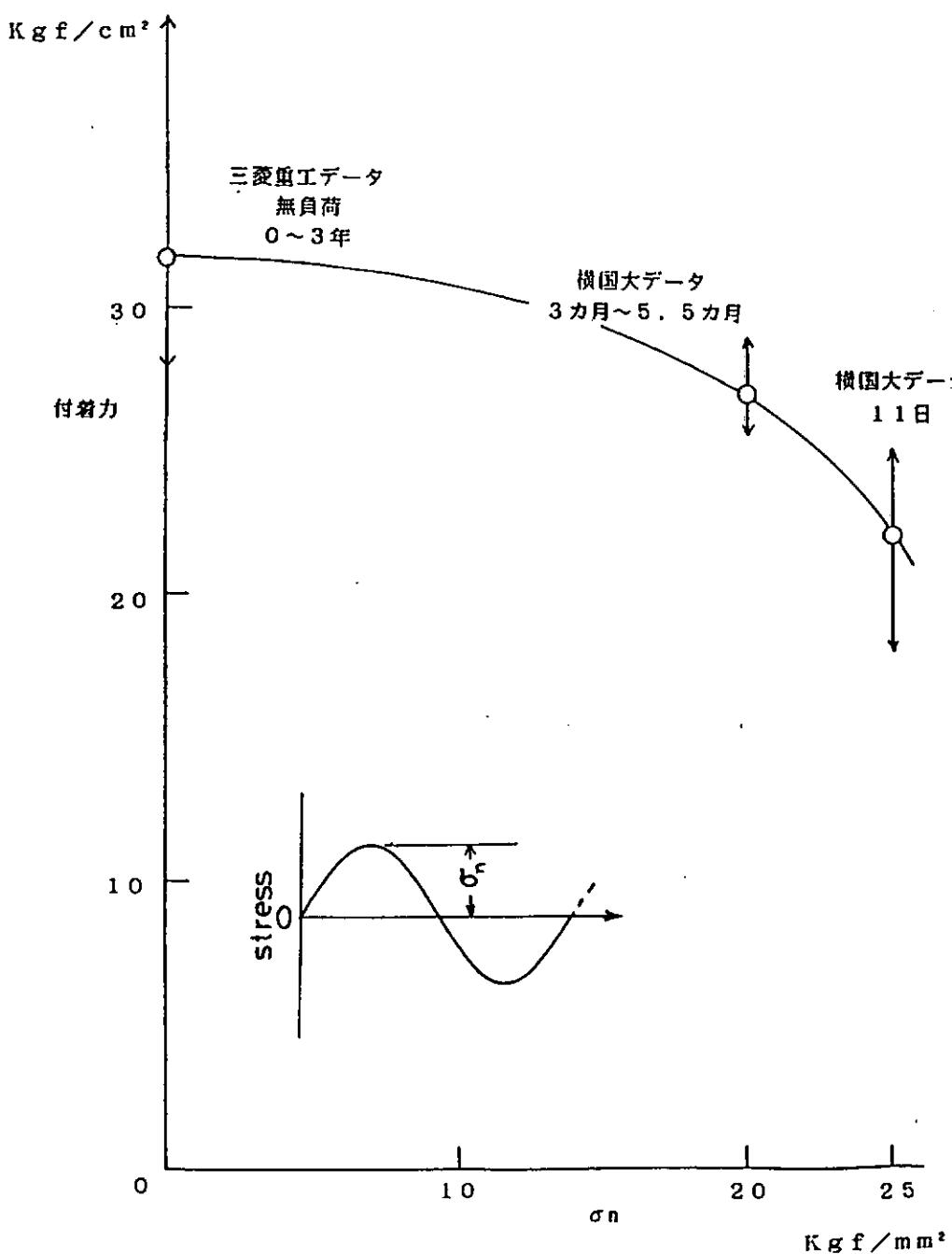
TE-C-10~12:N = 4.78×10^6 (約5.5ヶ月)で試験中止

*2) 疲労試験後の破断箇所周辺における塗膜の付着力試験

*3) ()内の数字は破断形態の占める割合 (%)

pf: 素地からのはがれ, cf: 塗膜の凝集破断, ad: 接着剤からのはがれ

[変動荷重下の塗膜の腐食疲劳への検討] 付録
 (横浜国立大学)



変動荷重を受けた塗装材の塗膜の付着力
 [ターレエ不^{キシ}系]

3. 耐久性データの総合的判定法の検討

海洋の厳しい腐食環境に暴される塗膜は、その環境の気象条件や海水との接触条件荷重又は応力、塗膜の施工の信頼度等により、耐久性が様々に変化し、劣化の度合が異なる。このような耐久性の差は、一般には実海域暴露試験により求められるが、これを人工的に促進する劣化促進試験法も色々と検討されている。

本項目においては、各種の海洋暴露データと促進データとを比較検討して両者の関連を求めると共に、上記の劣化要因のいくつかについて具体的に検討し、塗膜の耐久性を数量的に判定する方法を検討する。

3.1. データベースの充実及び解析

3.1.1 目的

塗膜による構造物海洋構造物の防食は、極めて便利で有効な手段として、利用されてきた。しかし、塗膜の耐用年数が数々な条件によって大きく影響を受けることから信頼性の面から問題があり、防食を全面的に塗膜に頼ることができなかつたのが現状である。そこで、この信頼性を高めるため、「塗膜による防食システム」を考えた。このシステムで中心的役割を果たすのは、各種のデータベースである。このデータベースの主要なものについては、既に試作している。しかし個々のデータベースは全てが十分であるとはいはず、また、データベースとデータベースの結び付きが不明確のものもある。

そこで、「塗膜による防食システム」概要、個々のデータベースの内容、及びこのシステムによって塗膜による防食の信頼性が増すことを示す。また、これまでに得られているデータについて、これまでの研究結果による解析を試みる。

3.1.2 塗膜による防食システムにおけるデータベースの役割

防食システムを図3.1.1に示す。F1で、どの構造物のどの部分を塗装対象と

するか、耐用年数として、何年を想定するか、保守の方法として、定期的検査+補修を採用するかそれともメインテナンスフリーを採用するかといった塗膜に対する要求性能を決定する。次にF2では、F1での決定に従い、耐用年数に関するデータベースD1を利用して、対象構造部分に対する防食の仕様を決定する。仕様には、1次及び2次表面処理、塗装の方法、層構造、個々の層及び合計の塗膜厚などが含まれる。F2で防食仕様を決定できない場合は、F1に戻って、塗膜への要求性能を決定し見直すことになる。

F2で防食仕様が決定されると、いよいよF3で塗装が施工されることになる。F3の施工において、塗装対象となる部分の局所的形状が問題となる。これは、データベースD1が理想的な塗膜に対して作られているからである。理想的な塗膜とは、十分管理された塗装条件（温度、湿度、重ね塗り間の時間等）によって、平らな試験片面に施され、試験片の端部、開口部等に対しては、マスキング塗りなどを施した塗膜のことである。しかし実際の構造物では、隅角部、溶接部など曲率の半径の小さい部分があり、この部分では塗膜の厚さが一様になりにくい。そして塗膜耐用年数は、この部分での塗膜厚分布に大きく左右されることになる。そこで、F3では、塗膜厚に関するデータベースD2を用い、必要に応じて構造物の隅角部の形状を整えておくことになる。

F3で施工が終われば、検査をし、構造物はF4の稼働を開始することになる。そして、定期検査によって保守を行う場合は、F5に進む。F5の検査では、非破壊検査及び破壊検査が行われる。破壊検査は、実構造物と同一の塗装条件により施工し、出来る限り実構造物と同じ条件で暴露したモニター用試験片について行う。非破壊検査の場合は、前述のモニター用試験または、実構造物の塗膜で行うことが出来る、これらのデータから、塗膜の余寿命をデータベースD3を用いて知ることが出来る。F5で、余寿命が無いことが判明した場合は、F6によって稼働を停止するか、補修を行うことになる。

1.3 データベースの充実とその効果

耐用年数に関するデータベースD1は、主として試験片の暴露試験によって得られたデータによって構成される。と同時に、図3.1.1のF5における検査で、余寿命なしと判定された塗膜からも得ることが出来る。このことから、本防食システムを組織的に運用することによりD1を充実させることが、試験片を用いた実験によらずとも可能となる。

塗膜厚の分布に関するデータベースD2は、専ら試験片により得られるデータによって構成されるので、試験片による計測を積み重ねなければ充実されることは出来

ない。

塗膜の劣化に関するデータベースD3は、図3.1.1のF5の検査により、大量に得られるデータによって、充実させることが出来る。

図3.1.1の塗膜による防食システムを運用し、その過程で得られたデータをD1, D3のデータベースにフィードバックすることによって、データベースが充実し塗膜による防食の信頼性が向上することを示そう。

塗装材料として、海洋構造物に用いられている20種の材料によって形成された塗膜について、耐用年数と、この耐用年数のデータから塗膜に及ぼす各種要因と解析し、その結果から耐用年数を推定した値（データベースD1に相当）との関係を図3.1.2に示す。これと同様の関係を、上記の塗装材料に一般プラントに用いられる塗装材料を含めた29種に対して（表3.1.1参照）実際の耐用年数と、推定した耐用年数との関係を示したのが図3.1.3である。2つの図から、塗装材料の増加による耐用年数のデータ数增加によって、塗膜の耐用年数の推定精度が確実に向かっていることがわかる。さらに、この塗装材料の増加は、材料相互の組合せ数（お互いに塗り重ね可能なこと）の増加につながる。この様子を示したのが図3.1.4（海洋構造物の塗装材料に限定した場合、図3.1.2に対応する）、及び図3.1.5（海洋構造物用及び一般プラント用の塗装材料の場合、図3.1.3に対応する）である。材料の増加に対する推定精度の向上は、材料相互の組み合わせ数の大幅な増加と相まって塗装による防食の信頼性を高めると考えることが出来よう。

3.1.4 劣化促進試験データの扱い

塗膜の防食性が向上すると共に、実環境における暴露試験で、劣化データ及び耐用年数に関するデータを得るには、ますます長期間を必要とするようになった。また新製品の開発が盛んになれば、当然結果を出来る限り早く知ることが必要になる。そこで各種の劣化促進試験が試みられている。この試験によるデータを、防食システムに繰り入れるには、劣化の促進率を知り、これを介して、D1, D3のデータベースに入れることになる。

この促進率を介して、劣化促進試験によるデータをD1, D3に入力した場合、実環境によるデータと同等に扱えるかどうかは問題が残る。

3.1.5 データベース間の関係

ここでは、表面処理グレートと塗膜の耐久性の研究で得られたデータのうち飛沫帶暴露についてのものを評価してみる。

エポキシ系及びタールエポキシ系塗料の劣化促進試験結果を用いて、暴露期間と体

積抵抗率との関係を初期劣化について示した結果があるが（昭和60年5月、日本造船学会、論文集第157号）、この関係図に、上記の飛沫帶暴露データを記入したのが、図3.1.6（タールエポキシ）及び図3.1.7（エポキシ）である。

図中の実線は塩水の濃度と水温をパラメータとした劣化促進試験の促進効果を限界歪により推定し、これに体積抵抗の測定値を当てはめたものである。横軸は、劣化促進試験を行った実際の時間に計算により得られた促進率を乗じた相当時間（EQUIVALENT TIME）である。一方、図中の○及び+印が実験値である。横軸は、実際の暴露時間である。エポキシ系及びタールエポキシ系塗料では、始め図の（Ⅰ）（Ⅱ）領域にあったものが、約1年を経過すると、体積抵抗の急激する（Ⅲ）領域に入ると考えた。図から、塩分のNaCl濃度及び温度をパラメータとした促進劣化試験結果から推定した初期劣化における体積抵抗の変化は、海洋環境のそれとよく一致していることがわかる。また表面処理グレードは、初期劣化に影響を及ぼさないことがわかった。表面処理の影響は、初期劣化の終わる12ヶ月以降に現れるものと考えられる。

今後、初期劣化以降の劣化についてのモデルを構築する必要がある。この場合、下図（横軸Yは時間、縦軸 m/c は塗膜中の物質通過量）に示す $m/c \propto Y^{(Y>T^2/6D)}$ (T : 膜厚, D : 拡散係数) を仮定する。そして、 C_l の浸透速度などのデータが利用出来るか否かを検討する。

また、初期劣化については、TE, PE・A/Cを対象に解析を行ってきたが、CR, A/Cにも対象を広げていくと同時に、データ全体の統一的な取扱い、特殊なデータの取扱い方法を検討する。

表 3.1.1 便用 LF 塗裝材料

PRIME COAT	(SILVER)	
M ₁ WASH PRIMER	M _{1.7}	ALUMINUM PAINT
M ₂ EPOXY ZINC RICH PRIMER	M _{1.8}	CHLORINATED RUBBER PAINT
M ₃ INORGANIC RICH PRIMER	M _{1.9}	POLYURETHANE PAINT
M ₄ EPOXY ANTICORROSION PAINT		
M ₅ CHLORINATED RUBBER ANTICORROSION PAINT	LINING	
M ₆ ALKYD RESIN ANTICORROSION PAINT	M _{2.0}	POLYESTER GLASS FLAKE LINING
M ₇ OIL BASE ANTICORROSION PAINT	M _{2.1}	EPOXY GLASS FLAKE LINING
M ₈ MICACEOUS IRON OXIDE PAINT	M _{2.2}	TAR EPOXY GLASS FLAKE LINING
M ₉ EPOXY ZINC RICH PAINT	M _{2.3}	VINYL ESTER GLASS FLAKE LINING
M ₁₀ INORGANIC ZINC RICH PAINT	M _{2.4}	EPOXY MORTAR LINING
	TOP COAT	
	M _{2.5}	ALKYD RESIN TOPSIDE PAINT
	M _{2.6}	CHLORINATED RUBBER TOPSIDE PAINT
	M _{2.7}	PURE EPOXY TOPSIDE PAINT
	M _{2.8}	POLYURETHANE TOPSIDE PAINT
	M _{2.9}	VINYL TOPSIDE PAINT
INTERMEDIATE COAT		
M ₁₁ ALKYD RESIN PAINT		
M ₁₂ CHLORINATED RUBBER PAINT		
M ₁₃ PURE EPOXY PAINT		
M ₁₄ TAR EPOXY PAINT		
M ₁₅ POLYURETHANE PAINT		
M ₁₆ VINYL PAINT		

促進劣化試験
データ

促進率に
よる換算

START

DECISION OF STRUCTURES TO BE PROTECTED.
(TYPE OF STRUCTURE, ENVIRONMENT TO BE USED IN)
DECISION OF SERVICE LIFE.
DECISION OF MAINTENANCE METHOD.
(MAINTENANCE FREE OR PERIODICAL INSPECTION-AND-PERAIR)

F 1

N O SPECIFICATION OF
COATING FILM(SURFACE PREPARATION,
MATERIAL,PAINTING METHOD,LAMINATION STRUCTURE,
FILM THICKNESS) CAN BE
DETERMINED?

D 1

DATA BASE OF COATING
FILM SERVICE LIFE

Y E S
PRATICCE OF
PAINTING

F 2

D 2
DATA BASE OF COATING FILM THICKNESS
DISTRIBUTION

IN SERVICE

F 3

D 3
DATA BASE OF COATING FILM
DETERIORATION

Y E S
LIFE REMAINS?

F 4

N O

SERVICE LIFE TO BE PROLONGED?

F 5

END OF SERVICE

Y E S
REPAIR

F 6
D 1, D 3

3.1.1 塗膜による防腐システムの構成

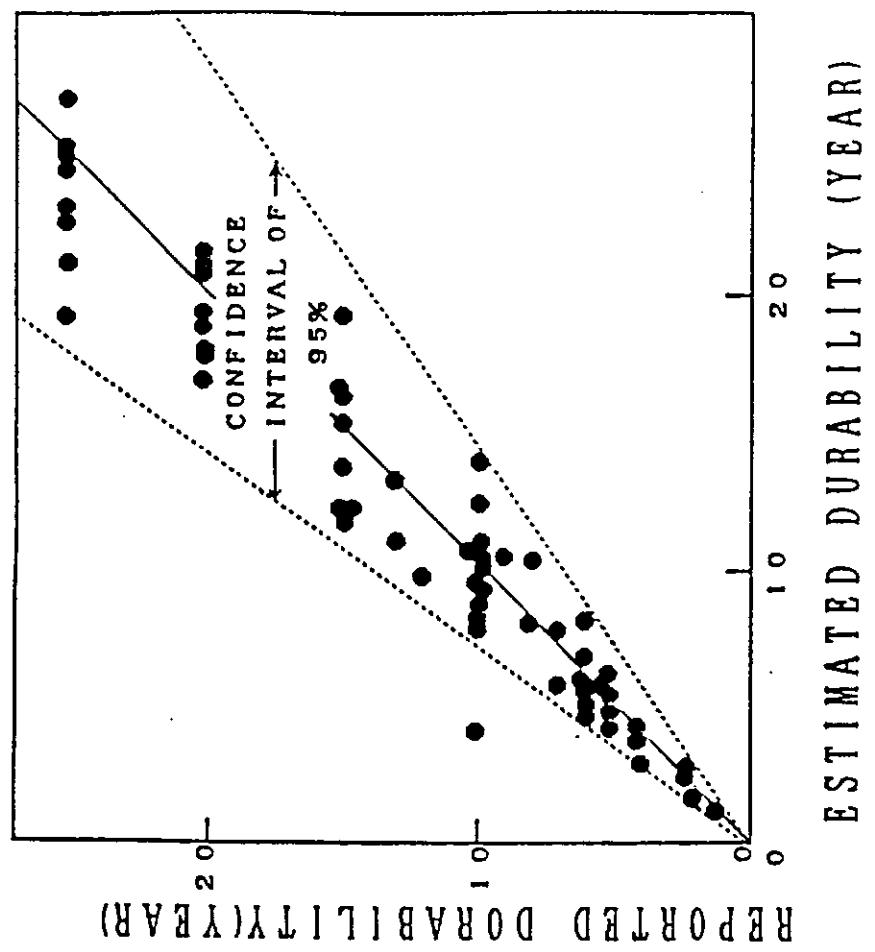


図 3.1.3 実耐用年数と推定値との比較
(海用構造物用塗装材料の24)
を含む)

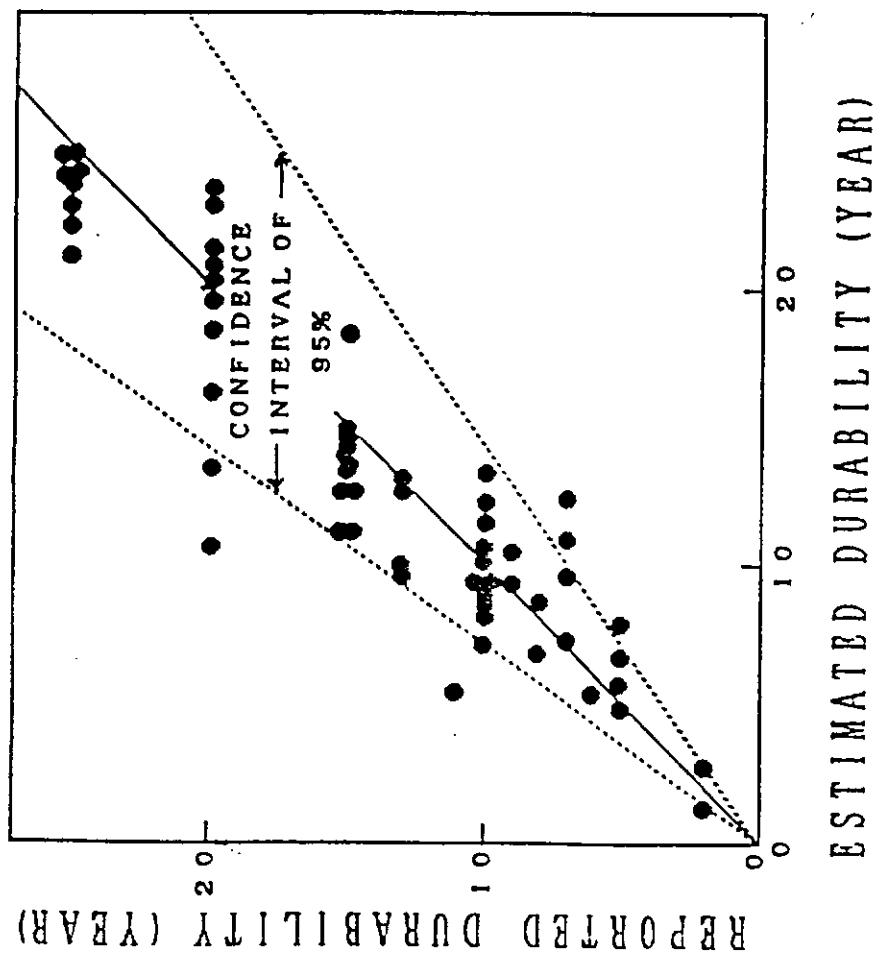


図 3.1.2 実耐用年数と推定値との比較
(海洋構造物用塗装材料の24)

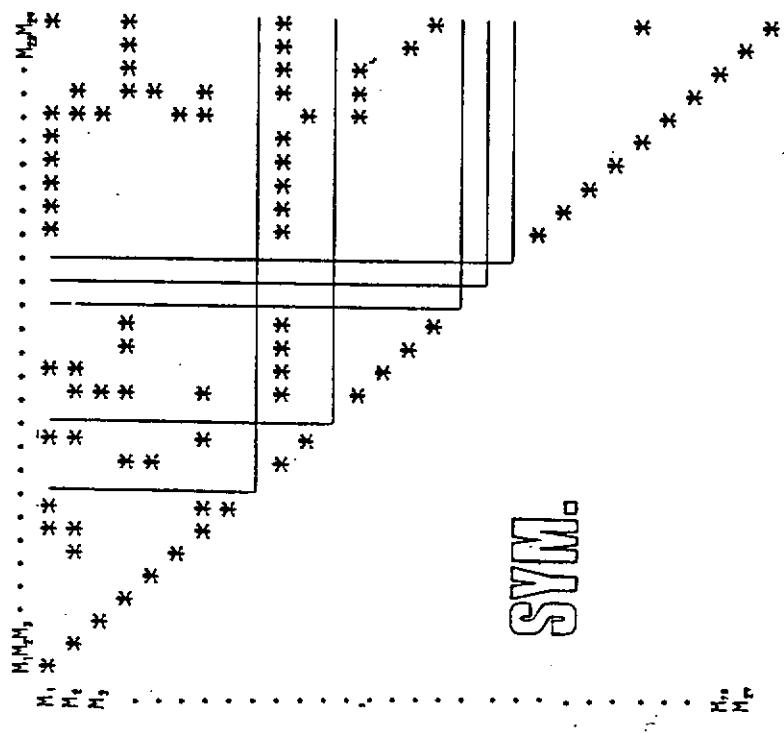


図 3.1.4 塗装材料表面の適合性
(図 3.1.2 に対応)

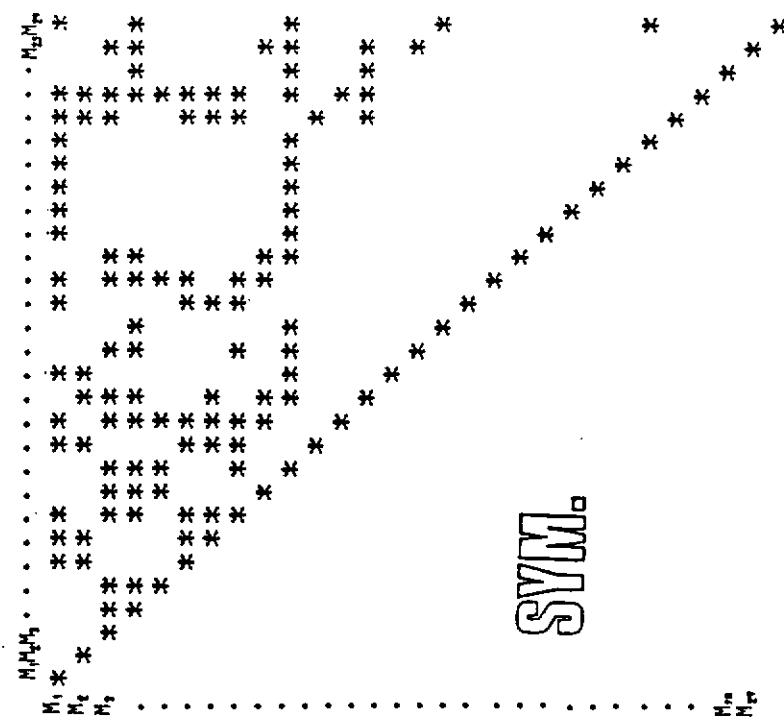


図 3.1.5 塗装材料木面の適合性
(図 3.1.3 に対応)

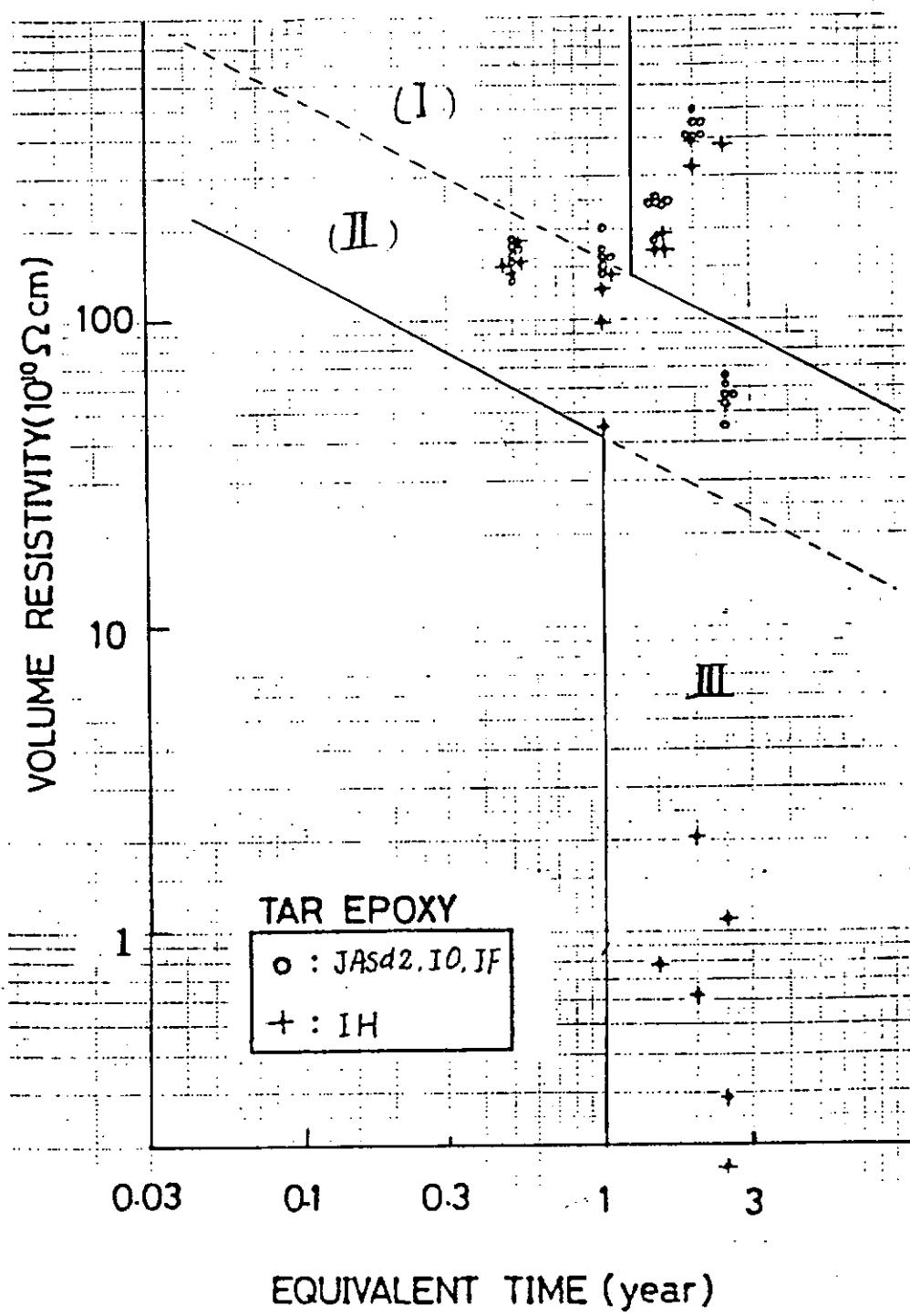


図 3.1.6 体積抵抗率と暴露期間の関係
(ターレエポキシ)

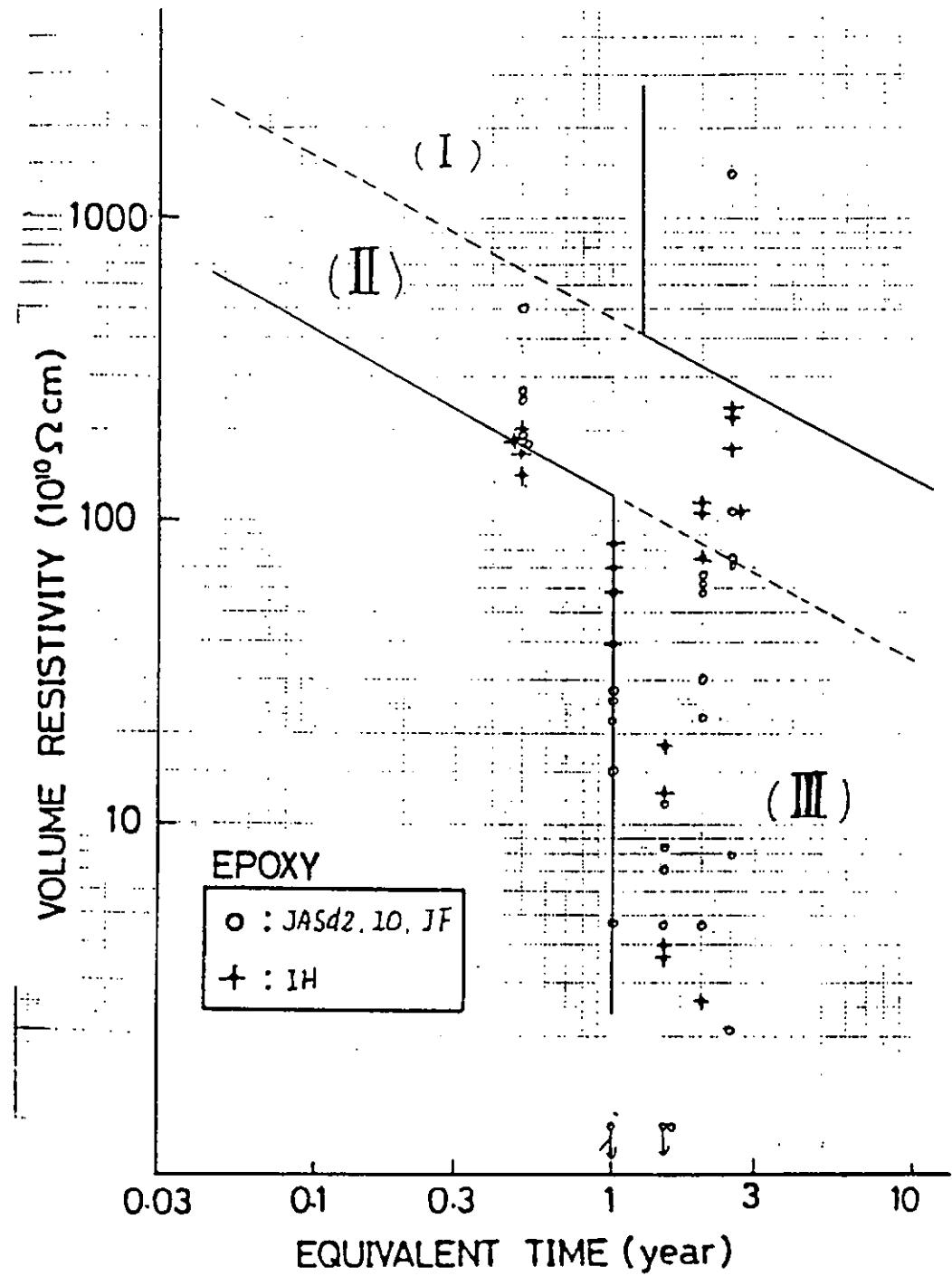


図3.1.7 体積抵抗率と暴露期間の関係
(エポキシ)

3.2. 暴露試験によるデータ収集

SR182塗装仕様について三鷹市、船研構内における5年間の大気中暴露試験片大井川港沖暴露の試験片（飛沫帶2年及び4年暴露、水中2年暴露）、SR201塗装仕様の1年間暴露試験片及び山形県鶴岡市由良漁港沖設置の浮体構造物（POSE IDON号）の塗装仕様による1年間の暴露試験片を回収し試験した。またP号については、定期検査のために浮上した時を利用し、コラムについた生物の付着量、生物種を調べ、かつ $900\text{ mm} \times 900\text{ mm}$ 程度の面積の生物を除去した。（6月26日～28日）。この除去の効果については、P号の試験終了時に調べる。本報告書に含まれている表、及び図の一覧を表3.2.1に示す。

3.2.1 SR182塗装仕様試験片の暴露結果

SR182の塗装仕様を表3.2.2に示す。仕様は、8種でS1からS8までである。試験片は、SS41の板 $300 \times 100 \times 4$ に塗装して製作した。暴露は、東京都三鷹市の船研構内の三階建て建屋の屋上（大気中）及び大井川港沖の「海洋技術総合研究施設」で行った。大井川港沖の場合は、海洋大気中、飛沫帶、及び水中で暴露した。

試験片は、暴露終了後、目視観察、交流インピーダンス（ $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ のアルミ電極、周波数 $0.11, 0.33, 1.0, 3.0, 10.0$ 各kHzでの抵抗、容量、 $\tan\delta$ ）、付着力（直径 20 mm の付着面を持つドーリを試験面に張りつけ、アドヒージョンメーターで引き上げ）、曲げ試験（曲げ速度 5 mm/min 、最大曲げ 38 mm ）によるき裂発生たわみを調べた。大井川港の水中暴露試験片では、生物の付着量、生物種を調べた。その後、付着生物を取り除き、水洗、乾燥後、前記の諸値を測定した。

三鷹市、船研構内大気中での試験結果を次の表、図で示す。

インピーダンス変化：表3.2.3(1)～(8), 図3.2.1(1)～(8)

付着力、曲げ試験結果：表3.2.4(1)～(8), 図3.2.1(1)～(8)

大井川港沖での大気中、飛沫帶、水中での試験結果を次の表、図で示す。

生物付着量、生物種の変化：表3.2.5

インピーダンス変化：表3.2.6(1)(2), 図3.2.2(1)～(4)

付着力、曲げ試験結果：表3.2.7(1)(2), 図3.2.3(1)～(4)

三鷹市大気中（試験片）、大阪湾埠海中（試験片）、長崎香焼島海中（構造物）で行った暴露実験結果の比較を次のように示す。

付着力変化の比較 : 図3.2.4(1)～(8)

インピーダンス変化の比較

抵抗 : 図3.2.5

容量 : 図3.2.6

$\tan\delta$: 図3.2.7

付着力、インピーダンス値とも経過年に応じて、同一仕様の塗膜であっても同一傾向で変化することはない。また同一仕様の塗膜であっても、初期値自体が「作り方及び測定法」（付着力であれば、引き上げの手段及び速度に影響される）の影響を受ける。そこで、劣化データを整理する場合は、図3.2.2、図3.2.3のように初期値によって無次元化して表示するのがよいと思われる。

図3.2.3から付着力に関しては、S7を除きどの環境のものも経年と共に、一旦上昇したのちに減少傾向がみられる。S7は、一旦上昇すること無く経年と共に減少一方である。また、どの環境において最も劣化がはげしいかは明確でない。

図3.2.4の各所のデータの比較でも同様のことがいえる。

一方、図3.2.2に示す。インピーダンスの変化については、暴露時間の経過と共に、抵抗はこれ又S7を除いて、一旦上昇後低下し、容量はほぼ一定値、 $\tan\delta$ は、これ又S7を除いて、一旦低下後、上昇に転じている。

以上から、これまでの知見では、劣化傾向の判定には、交流インピーダンスによる方法が最も有効であると考えられる。

3.2.2 SR201塗装仕様試験片の暴露結果

SR201の塗装仕様（1～6）の試験片による、三鷹市、船研構内での12ヶ月間大気中暴露の結果を次のように示す。劣化項目測定法は、SR182の塗装仕様試験片に対するものと同じである。

インピーダンス変化 : 表3.2.8(1)～(6), 図3.2.8(1)～(6)

付着力、曲げ試験結果 : 表3.2.9(1)～(6), 図3.2.8(1)～(6)

今のところデータ数が少なく、考察不能である。他社のデータとの照合を行っていくつもありである。

3.2.3 POSEIDON号での塗装仕様による試験片の暴露結果

POSEIDON号は、一定期間（5年～6年と考えられている）現地に係留後、解体する予定である。このP号（昭和62年報告で構造物等を示した）のコラム及上部構造の一部に、表3.2.10の仕様のコラムで塗装を施した。このP号自体の塗装の劣化状態は目視以外の観察は行っていない。P号解体時に、試験塗装部の状態を調査する予定である。この際、なるべく多くの情報を得るために、コラムに付着する生物の除去が塗膜に及ぼす影響を調べるよう準備することとした。

ここでは、試験片による12ヶ月暴露後の測定結果を次のように示す。

インピーダンス変化：表3.2.11(1)～(7), 図3.2.9(1)～(7)

付着力、曲げ試験結果：表3.2.12(1)～(7), 図3.2.9(1)～(7)

P号は、1986年9月に、現地に設置された。その約2年後の1988年6月26日～28日に、定期検査をによる浮上時を利用し、コラムに付着した生物種及び付着量を調査すると共に、付着生物の除去を行った。この時のデータを表3.2.13に示す。

表3. 2. 1①/ 暴露試験結果一覧 (SR182防食仕様)
(6M, 15M, 24M, 38M, 50M, 61M)

表3. 2. 2 (1) SR182塗装仕様 S1~S8

表3. 2. 3 (1) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S1 (1kHz)
表3. 2. 3 (1) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S1 (1kHz)
表3. 2. 3 (2) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S2 (1kHz)
表3. 2. 3 (2) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S2 (1kHz)
表3. 2. 3 (3) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S3 (1kHz)
表3. 2. 3 (3) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S3 (1kHz)
表3. 2. 3 (4) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S4 (1kHz)
表3. 2. 3 (4) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S4 (1kHz)
表3. 2. 3 (5) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S5 (1kHz)
表3. 2. 3 (5) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S5 (1kHz)
表3. 2. 3 (6) 1/1 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S6 (1kHz)
表3. 2. 3 (7) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S7 (1kHz)
表3. 2. 3 (7) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S7 (1kHz)
表3. 2. 3 (8) 1/1 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化 防食仕様No. S8 (1kHz)

表3. 2. 4 (1) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S1
表3. 2. 4 (1) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S1
表3. 2. 4 (2) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S2
表3. 2. 4 (2) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S2
表3. 2. 4 (3) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S3
表3. 2. 4 (3) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S3
表3. 2. 4 (4) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S4
表3. 2. 4 (4) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S4
表3. 2. 4 (5) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S5
表3. 2. 4 (5) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S5
表3. 2. 4 (6) 1/1 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S6
表3. 2. 4 (7) 1/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S7
表3. 2. 4 (7) 2/2 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S7
表3. 2. 4 (8) 1/1 大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果 61ヶ月 ^① , 防食仕様No. S8

表3. 2. 5 大井川港沖水中暴露での生物付着量の変化、生物種の変化

表3. 2. 6 (1) 大井川港沖4年暴露でのインピーダンス変化(1kHz), 防食仕様NO. S1, S2
表3. 2. 6 (2) 大井川港沖4年暴露でのインピーダンス変化(1kHz), 防食仕様NO. S3, S7

表3. 2. 7 (1) 大井川港沖4年暴露での付着力、曲げ試験結果, 防食仕様NO. S1, S2
表3. 2. 7 (2) 大井川港沖4年暴露での付着力、曲げ試験結果, 防食仕様NO. S3, S7

^① 50ヶ月暴露試験片は、インピーダンス測定のみを行い、再暴露

表3. 2. 1②/ 暴露試験結果一覧 (SR182防食仕様)
(6M, 15M, 24M, 38M, 50M, 61M)

- 図3. 2. 1 (1) 大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様No. S1
- 図3. 2. 1 (2) 大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様No. S2
- 図3. 2. 1 (3) 大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様No. S3
- 図3. 2. 1 (4) 大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様No. S4
- 図3. 2. 1 (5) 大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様No. S5
- 図3. 2. 1 (6) 大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様No. S6
- 図3. 2. 1 (7) 大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様No. S7
- 図3. 2. 1 (8) 大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様No. S8
- 図3. 2. 2 (1) 大井川港沖暴露でのインピーダンス変化 (1 kHz) 防食仕食NO. S1
- 図3. 2. 2 (2) 大井川港沖暴露でのインピーダンス変化 (1 kHz) 防食仕食NO. S2
- 図3. 2. 2 (3) 大井川港沖暴露でのインピーダンス変化 (1 kHz) 防食仕食NO. S3
- 図3. 2. 2 (4) 大井川港沖暴露でのインピーダンス変化 (1 kHz) 防食仕食NO. S7
- 図3. 2. 3 (1) 大井川港沖暴露での付着力, 曲げ試験結果果, 防食仕様NO. S1
- 図3. 2. 3 (2) 大井川港沖暴露での付着力, 曲げ試験結果果, 防食仕様NO. S2
- 図3. 2. 3 (3) 大井川港沖暴露での付着力, 曲げ試験結果果, 防食仕様NO. S3
- 図3. 2. 3 (4) 大井川港沖暴露での付着力, 曲げ試験結果果, 防食仕様NO. S7
- 図3. 2. 4 (1) 付着力変化、各所の結果の比較。防食仕様NO. S1
- 図3. 2. 4 (2) 付着力変化、各所の結果の比較。防食仕様NO. S2
- 図3. 2. 4 (3) 付着力変化、各所の結果の比較。防食仕様NO. S3
- 図3. 2. 4 (4) 付着力変化、各所の結果の比較。防食仕様NO. S4
- 図3. 2. 4 (5) 付着力変化、各所の結果の比較。防食仕様NO. S5
- 図3. 2. 4 (6) 付着力変化、各所の結果の比較。防食仕様NO. S6
- 図3. 2. 4 (7) 付着力変化、各所の結果の比較。防食仕様NO. S7
- 図3. 2. 4 (8) 付着力変化、各所の結果の比較。防食仕様NO. S8

表3.2.1①3/3 暴露試験結果一覧 (SR182防食仕様)
(各所の実験結果の比較)

- 図3.2.5(1)交流抵抗(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s1
図3.2.5(2)交流抵抗(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s2
図3.2.5(3)交流抵抗(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s3
図3.2.5(4)交流抵抗(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s4
図3.2.5(5)交流抵抗(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s5
図3.2.5(6)交流抵抗(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s6
図3.2.5(7)交流抵抗(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s7
図3.2.5(8)交流抵抗(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s8
- 図3.2.6(1)交流容量(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s1
図3.2.6(2)交流容量(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s2
図3.2.6(3)交流容量(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s3
図3.2.6(4)交流容量(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s4
図3.2.6(5)交流容量(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s5
図3.2.6(6)交流容量(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s6
図3.2.6(7)交流容量(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s7
図3.2.6(8)交流容量(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s8
- 図3.2.7(1)tan δ(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s1
図3.2.7(2)tan δ(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s2
図3.2.7(3)tan δ(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s3
図3.2.7(4)tan δ(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s4
図3.2.7(5)tan δ(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s5
図3.2.7(6)tan δ(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s6
図3.2.7(7)tan δ(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s7
図3.2.7(8)tan δ(1kHz)、各所の結果の比較。防食仕様 No.s8

表3. 2. 1②1/2 暴露試験結果一覧 (SR201防食仕様) (12M)

表3. 2. 8 (1)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. 1 (1kHz)
表3. 2. 8 (2)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. 2 (1kHz)
表3. 2. 8 (3)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. 3 (1kHz)
表3. 2. 8 (4)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. 4 (1kHz)
表3. 2. 8 (5)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. 5 (1kHz)
表3. 2. 8 (6)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. 6 (1kHz)

表3. 2. 9 (1)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様No. 1
表3. 2. 9 (2)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様No. 2
表3. 2. 9 (3)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様No. 3
表3. 2. 9 (4)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様No. 4
表3. 2. 9 (5)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様No. 5
表3. 2. 9 (6)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内), 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様No. 6

表3. 2. 1②2/2 暴露試験結果一覧 (SR201防食仕様)
(12M)

図3. 2. 8 (1)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R ₀ , C/C ₀ , D/D ₀ , P/P ₀ , 防食仕様No. 1
図3. 2. 8 (2)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R ₀ , C/C ₀ , D/D ₀ , P/P ₀ , 防食仕様No. 2
図3. 2. 8 (3)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R ₀ , C/C ₀ , D/D ₀ , P/P ₀ , 防食仕様No. 3
図3. 2. 8 (4)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R ₀ , C/C ₀ , D/D ₀ , P/P ₀ , 防食仕様No. 4
図3. 2. 8 (5)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R ₀ , C/C ₀ , D/D ₀ , P/P ₀ , 防食仕様No. 5
図3. 2. 8 (6)	大気中暴露 (三鷹市、船研構内) R/R ₀ , C/C ₀ , D/D ₀ , P/P ₀ , 防食仕様No. 6

図中の表示

- R/R₀ 抵抗 (1kHz) の初期値に対する変化を示す。
- C/C₀ 容量 (1kHz) の初期値に対する変化を示す。
- D/D₀ 3点曲げ試験におけるき裂発生たわみの初期値に対する変化を示す。
- P/P₀ 付着力 (アドヒージョンメーター使用) の初期値に対する変化を示す。

表3. 2. 1③1/2 暴露試験結果一覧 (POSE IDON号仕様)

表3. 2. 10 仕様一覧

- 表3. 2. 11 (1) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) インピーダンス変化, 防食仕様A1 (1KHz)
- 表3. 2. 11 (2) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) インピーダンス変化, 防食仕様B1 (1KHz)
- 表3. 2. 11 (3) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) インピーダンス変化, 防食仕様B2 (1KHz)
- 表3. 2. 11 (4) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) インピーダンス変化, 防食仕様D1 (1KHz)
- 表3. 2. 11 (5) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) インピーダンス変化, 防食仕様E1 (1KHz)
- 表3. 2. 11 (6) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) インピーダンス変化, 防食仕様K1 (1KHz)
- 表3. 2. 11 (7) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) インピーダンス変化, 防食仕様H1 (1KHz)
- 表3. 2. 12 (1) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様A1
- 表3. 2. 12 (2) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様B1
- 表3. 2. 12 (3) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様B2
- 表3. 2. 12 (4) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様D1
- 表3. 2. 12 (5) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様E1
- 表3. 2. 12 (6) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様K1
- 表3. 2. 12 (7) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) 付着力, 曲げ試験結果, 防食仕様H1

表3. 2. 1③2/2 暴露試験結果一覧 (POSE IDON号仕様)

- 図3. 2. 9 (1) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様A1
- 図3. 2. 9 (2) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様B1
- 図3. 2. 9 (3) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様B2
- 図3. 2. 9 (4) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様D1
- 図3. 2. 9 (5) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様E1
- 図3. 2. 9 (6) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様K1
- 図3. 2. 9 (7) 大気中暴露 (三鷹市, 船研構内) R/R_o, C/C_o, D/D_o, P/P_o, 防食仕様H1

表3. 2. 2(1) SRI82塗装仕様 S1-S8

S P E C N O.	D E S C R I P T I O N O F C O A T I N G (T H I C K N E S S I N μ m)					T O T A L T H I C K - N E S S (μ m)
	1 S T C O A T	2 N D C O A T	3 R D C O A T	4 T H C O A T	5 T H C O A T	
S 1 (7 5)	P E · A / C M I S T C O A T	P E · A / C (1 0 0)	P E · A / C (1 0 0)	P E · A / C (1 0 0)	P E · T M (4 0)	P U · T / S (3 5) 3 5 0
S 2 (7 5)	T E M I S T C O A T	T E (2 5 0)	—	—	—	3 2 5
S 3 (1 0 0)	P E · A / C (1 0 0)	P E · A / C (1 0 0)	P E · A / C (1 0 0)	P E · T / S (4 0)	P E · T / S (4 0)	3 8 0
S 4 (2 0 0)	T E	T E (2 0 0)	—	—	—	4 0 0
S 5 (7 5)	P E · A / C M I S T C O A T	P E · A / C (1 0 0)	V · I M (6 0)	V · T / S (4 0)	V · T / S (4 0)	2 7 5
S 6 (5 0 0)	P E M	—	—	—	—	5 0 0
S 7 (6 5 0)	P E F	P E F (6 5 0)	—	—	—	1 3 0 0
S 8 (7 5 0)	E S F	E S F (7 5 0)	—	—	—	1 5 0 0

SURFACE PREPARATION = SHOT BLAST + IZP(NO. S1-S5) SAND BLAST (NO. S6-S8)

I Z P = INORGANIC ZINC RICH PRIMER PU · T / S = POLYURETHANE TOPSIDE PAINT
 I Z = HIGH-BUILT INORGANIC ZINC RICH PAINT TE = TAR EPOXY PAINT
 P E · A / C = PURE EPOXY ANTI-CORROSION PRIMER V · I M = VINYL INTERMEDIATE PAINT
 P E · I M = PURE EPOXY INTERMEDIATE PAINT V · T / S = VINYL TOPSIDE PAINT
 P E M = PURE EPOXY MORTAR LINING P E P = PURE EPOXY GLASS-FLAKE LINING
 E S F = UNSATURATED POLYESTER GLASS-FLAKE LINING

表3.2.3(1) 1/2 大気中暴露(三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様N○. S1(1KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗(MΩ)	暴露後抵抗(MΩ)	暴露後抵抗初期抵抗	初期容量(pF)	暴露後容量(pF)	暴露後容量初期容量	初期tanδ	暴露後tanδ	暴露後tanδ初期tanδ
6ヶ月	S1-1	6.24	7.56	1.21	708	838	1.18	0.036	0.025	0.69
	S1-2	6.24	5.25	0.84	757	861	1.14	0.034	0.035	1.03
	S1-3	5.55	5.94	1.07	804	1016	1.26	0.036	0.026	0.72
	S1-4	3.84	5.88	1.53	804	1042	1.30	0.040	0.026	0.65
	S1-5	4.56	5.88	1.29	968	1002	0.12	0.036	0.027	0.75
	平均値	5.28	6.09	1.15	808	952	1.20	0.036	0.028	0.77
15ヶ月	S1-6	4.17	3.24	0.77	859	773	0.90	0.045	0.064	1.42
	S1-7	3.57	2.85	0.80	851	660	0.78	0.052	0.084	1.62
	S1-8	4.56	3.33	0.73	861	628	0.73	0.041	0.072	1.76
	S1-9	3.57	2.85	0.80	892	602	0.67	0.050	0.058	1.16
	平均値	3.96	3.06	0.77	866	666	0.77	0.047	0.070	1.49
	S1-11	4.77	9.09	1.91	786	767	0.98	0.042	0.023	0.55
24ヶ月	S1-12	4.77	11.01	2.33	706	689	0.98	0.049	0.021	0.43
	S1-13	5.01	7.68	1.53	808	728	0.90	0.039	0.028	0.76
	S1-14	7.14	99.90	14.0	574	19.1	0.03	0.039	0.083	2.13
	S1-15	5.25	9.09	1.73	826	864	1.05	0.037	0.020	0.54
	平均値(1-14)	4.96	9.24	1.87	781	762	0.97	0.040	0.023	0.58

表3. 2. 3(1) 1/2 大気中暴露(三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. S1 (1 KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期抵抗 暴露後抵抗 初期抵抗	初期容量 (pF)	暴露後容量 初期容量 (pF)	初期tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
38 ヶ月	S1-16	5.88	5.83	0.99	7.44	7.08	0.95	0.036
	S1-17	4.77	4.26	0.89	6.41	5.76	0.90	0.052
	S1-18	4.77	4.83	1.01	7.92	6.56	0.83	0.042
	S1-19	6.24	5.96	0.96	6.70	6.62	0.99	0.038
	S1-20	6.66	5.96	0.89	6.28	5.72	0.91	0.038
	平均値	5.66	5.37	0.95	6.95	6.35	0.92	0.041
50 ヶ月	S1-22	3.85	1.80	0.47	7.52	8.19	1.09	0.055
	S1-23	4.17	2.25	0.54	7.47	7.01	0.94	0.051
	S1-24	3.84	1.90	0.49	7.14	7.07	0.99	0.058
	平均値	3.95	1.98	0.50	7.38	7.42	1.01	0.054
	S1-22	3.85	2.24	0.58	7.52	6.89	0.92	0.055
	平均値	3.85	2.86	0.80	7.84	7.84	1.04	0.071
61 ヶ月	S1-23	4.17	3.94	0.94	7.14	6.72	0.94	0.051
	S1-24	3.84	3.01	0.78	7.38	5.60	0.76	0.058
	S1-25	3.57	1.61	0.45	7.47	7.33	0.98	0.060
	平均値	3.86	2.79	0.72	7.38	6.64	0.90	0.056
						7.58	1.01	0.051
							0.03	0.066

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.3(2) 1/2 大気中暴露(三澤市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. S2(1KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗(MΩ)	暴露後抵抗(MΩ)	初期容量(pF)	暴露後容量(pF)	初期容量量	暴露後容量量	初期tanδ	暴露後tanδ	初期tanδ
6ヶ月	S2-1	14.3	19.3	1.43	390	350	0.90	0.029	0.024	0.83
	S2-2	16.7	27.8	1.66	377	320	0.85	0.025	0.018	0.72
	S2-3	11.1	20.4	1.84	418	383	0.92	0.034	0.020	0.59
15ヶ月	平均値	14.0	22.4	1.60	395	351	0.89	0.029	0.021	0.72
	S2-4	16.7	7.14	0.43	328	318	0.97	0.029	0.070	2.41
	S2-5	16.7	4.56	0.27	347	344	0.99	0.027	0.102	3.78
24ヶ月	S2-6	16.7	3.33	0.20	328	417	1.27	0.029	0.115	3.97
	平均値	16.7	5.01	0.30	334	360	1.08	0.029	0.096	3.31
	S2-7	14.3	16.7	1.17	415	390	0.94	0.027	0.025	0.93
38ヶ月	S2-8	14.3	20.0	1.40	398	396	1.00	0.028	0.020	0.71
	S2-9	14.3	16.7	1.17	419	403	0.96	0.027	0.024	0.89
	平均値	14.3	17.8	1.25	411	396	0.97	0.027	0.023	0.85
50ヶ月	S2-10	20.0	13.3	0.67	322	273	0.85	0.025	0.044	1.76
	S2-11	20.0	12.5	0.63	313	292	0.93	0.025	0.044	1.76
	平均値	16.7	10.1	0.60	332	305	0.92	0.029	0.052	1.79
50ヶ月	S2-13	16.7	7.3	0.44	375	326	0.87	0.025	0.067	2.68
	S2-14	12.5	6.4	0.51	441	367	0.83	0.028	0.067	2.39
	平均値	16.7	4.9	0.29	346	402	1.16	0.028	0.083	2.96
50ヶ月	S2-15	3	6.2	0.41	387	365	0.95	0.027	0.072	2.68

表3. 2. 3 (2) 2/2 大気中暴露(三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様N○. S2 (1KHz)

	S2-13	16.7	5.2	0.31	375	371	0.99	0.025	0.082	3.28
61	S2-14	12.5	3.6	0.29	441	457	1.04	0.028	0.097	3.50
ケ	S2-15	16.7	5.9	0.35	383	388	1.01	0.028	0.069	2.82
月	S2-16	16.7	3.4	0.20	346	526	1.53	0.028	0.087	3.07
平均値	15.7	4.5	0.29	0.51	386	436	1.3	0.027	0.084	3.11

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.3(3) 1/1 大気中暴露(三度市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. S3(1KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗(MΩ)	暴露後抵抗(MΩ)	暴露後抵抗初期抵抗	初期容量(pF)	暴露後容量(pF)	暴露後容量初期容量	初期tanδ		暴露後tanδ	初期tanδ
								暴露後容量初期容量	初期tanδ		
6ヶ月	S3-1	7.1	6.1	0.86	7.31	7.06	0.97	0.031	0.037	1.19	
	S3-2	6.1	1.52	2.49	8.41	7.32	0.87	0.030	0.014	0.47	
	S3-3	7.8	14.3	1.83	7.52	6.45	0.86	0.028	0.017	0.61	
平均値		7.0	11.9	1.69	7.75	6.94	0.90	0.030	0.023	0.77	
15ヶ月	S3-4	6.7	5.6	0.83	7.52	6.43	0.86	0.032	0.045	1.41	
	S3-5	7.1	4.8	0.67	7.71	7.60	0.99	0.029	0.044	1.52	
	S3-6	9.1	6.2	0.69	7.97	5.59	0.93	0.022	0.020	2.09	
平均値		7.6	5.5	0.72	7.73	6.54	0.93	0.028	0.042	1.50	
24ヶ月	S3-7	9.1	20.0	2.20	7.82	7.06	0.90	0.022	0.011	0.50	
	S3-8	7.1	20.0	2.80	7.46	6.43	0.86	0.030	0.012	0.40	
	S3-9	7.1	20.0	2.80	6.89	5.52	0.80	0.032	0.015	0.47	
平均値		7.8	20.0	2.57	7.39	6.34	0.86	0.028	0.013	0.46	
38ヶ月	S3-10	7.7	17.5	2.28	7.04	6.24	0.89	0.029	0.015	0.52	
	S3-11	9.1	8.1	0.89	5.90	5.98	1.01	0.030	0.033	1.10	
	S3-12	8.3	9.5	1.14	6.79	6.50	0.96	0.028	0.026	0.93	
平均値		8.4	11.7	1.44	6.58	6.24	0.95	0.029	0.025	0.85	
50ヶ月	S3-13	7.7	1.5	0.20	6.83	8.96	1.31	0.030	0.117	3.90	
	S3-14	7.7	3.3	0.43	6.78	9.43	1.39	0.030	0.051	1.70	
	S3-15	7.7	1.7	0.23	6.59	9.96	1.51	0.031	0.092	2.97	
平均値		7.7	2.2	0.29	6.73	9.45	1.40	0.030	0.087	2.86	

表3. 2. 3 (3) 2/2 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、インピーダンス変化、防食仕様No. S3 (1 KHz)

月	S3-13	7.7	3.2	0.42	6.83	8.01	1.17	0.030	0.062	2.07
	S3-14	7.7	2.8	0.36	8.34	1.22			0.069	2.30
ヶ月	S3-15	7.7	2.8	0.36	6.78	8.69	1.28	0.030	0.066	2.20
	S3-16	7.7	3.1	0.40	6.59	7.96	1.21	0.030	0.065	2.17
ヶ月	平均値	7.7	3.7	0.47	6.1	6.88	1.04		0.064	2.13

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.3(4) 1/2 大気中暴露(三塗市、船研構内), インピーダンス変化、防食仕様No. S4(1KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗(MΩ)	暴露後抵抗(MΩ)	初期抵抗 暴露後抵抗 (MΩ)	初期容量(pF)	暴露後容量 初期容量 (pF)	初期tanδ	暴露後tanδ	初期tanδ
6ヶ月	S4-1	20.0	31.2	1.56	297	277	0.93	0.027	0.018
	S4-2	25.0	32.1	1.28	293	275	0.94	0.022	0.018
	S4-3	20.0	30.3	1.51	281	270	0.96	0.028	0.019
15ヶ月	平均値	21.7	31.2	1.44	290	274	0.94	0.026	0.019
	S4-4	20.0	11.1	0.55	286	289	1.01	0.028	0.049
	S4-5	20.0	9.99	0.50	258	270	1.05	0.031	0.059
24ヶ月	S4-6	25.0	25.0	1.00	277	272	0.98	0.024	0.023
	平均値	21.7	15.4	0.71	274	277	1.02	0.028	0.044
	S4-7	25.0	50.1	2.00	237	232	0.98	0.027	0.014
38ヶ月	S4-8	20.0	33.3	1.67	285	266	0.93	0.028	0.018
	S4-9	25.0	50.0	2.00	254	230	0.88	0.025	0.014
	平均値	23.3	44.6	1.90	259	243	0.93	0.027	0.015
50ヶ月	S4-10	25.0	13.3	0.53	276	260	0.94	0.023	0.046
	S4-11	25.0	14.5	0.58	236	238	1.01	0.027	0.046
	S4-12	25.0	13.9	0.56	251	221	0.88	0.025	0.052
50ヶ月	平均値	25.0	13.9	0.56	254	240	0.94	0.025	0.048
	S4-13	20.0	9.7	0.49	298	303	1.02	0.027	0.055
	S4-14	19.0	11.5	0.61	256	248	0.97	0.033	0.056
50ヶ月	S4-15	20.0	9.9	0.49	271	235	0.87	0.029	0.069
	平均値	19.7	10.7	0.53	275	262	0.95	0.030	0.060

表3. 2. 3 (4) 2/2 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、インピーダンス変化、防食仕様N○. S4 (1 KHz)

月	S4-13	20.0	8.3	0.8	0.44	2.98	3.31	2.62	1.0	1.1	0.88	0.27	0.055	0.66	2.04
ケ	S4-14	19.0	9.6	1.1	0.48	2.56	2.74	3.16	1.23	0.7	0.23	0.33	0.78	0.77	2.36
月	S4-15	20.0	10.9	2.2	0.51	2.71	2.56	2.77	1.02	0.95	0.29	0.29	0.61	0.72	2.10
月	S4-16	20.0	8.4	0.8	0.40	2.91	3.12	2.77	0.95	0.7	0.27	0.27	0.64	0.69	2.37
平均値	19.8	19.0	8.1	0.9	0.45	2.79	2.93	2.83	1.01	0.5	0.29	0.29	0.65	0.71	2.48

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表 3.2.3(5) 1/2 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、インピーダンス変化、防食仕様 No. S5 (1 KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期容量 (PF)	暴露後容量 (PF)	初期容積 (ml)	暴露後容積 (ml)	初期 tan δ	暴露後 tan δ	暴露後 tan δ 初期 tan δ
6 ヶ月	S5-1	7.14	6.24	0.87	6.55	7.56	1.15	0.034	0.034	1.00
	S5-2	5.25	5.25	1.00	7.70	8.09	1.05	0.039	0.037	0.95
	S5-13	8.34	3.84	0.46	6.65	9.74	1.46	0.029	0.043	1.48
平均値		6.90	5.10	0.74	6.97	8.46	1.22	0.034	0.038	1.12
15 ヶ月	S5-3	5.55	1.68	0.30	7.89	9.10	1.15	0.036	0.105	2.92
	S5-4	5.55	2.43	0.44	8.80	7.86	0.89	0.033	0.083	2.52
	S5-5	4.56	1.68	0.37	9.05	9.10	1.00	0.039	0.105	2.69
平均値		5.22	1.92	0.37	8.58	8.69	1.01	0.036	0.098	2.72
24 ヶ月	S5-6	5.25	1.74	0.33	8.13	6.30	0.78	0.037	0.144	3.89
	S5-7	5.01	6.66	1.33	8.44	8.36	0.99	0.038	0.028	0.74
	S5-8	9.09	5.88	0.65	5.65	6.95	1.23	0.031	0.039	1.26
平均値		6.45	4.77	0.74	5.70	7.20	1.00	0.035	0.070	2.00
38 ヶ月	S5-9	8.34	3.40	0.41	6.99	7.39	1.06	0.027	0.063	0.33
	S5-10	5.25	3.16	0.60	9.25	8.77	0.95	0.033	0.057	1.73
	S5-11	7.14	3.40	0.52	8.00	8.36	1.05	0.028	0.056	2.00
平均値		6.91	3.32	0.51	8.08	8.17	1.02	0.029	0.059	2.02
50 ヶ月	S5-12	5.01	1.02	0.20	7.50	10.30	1.37	0.042	0.151	3.59
	S5-14	5.88	1.15	0.19	9.23	12.64	1.37	0.029	0.109	3.76
	S5-15	5.55	1.26	0.22	8.52	11.24	1.32	0.034	0.112	3.29
平均値		5.48	1.14	0.20	8.41	11.39	1.35	0.035	0.111	3.55

表3.2.3(5) 2/2 大気中暴露（三慶市、船研構内）、インピーダンス変化、防食仕様N○. S5 (1KHz)

	S5-12	5.01	1.08	0.22	750	944	1.26	0.042	0.156	3.71
61	S5-14	5.88	1.06	0.18	923	1182	1.63	0.029	0.143	3.40
ケ	S5-15	5.55	1.21	0.22	852	1084	1.44	0.029	0.169	4.38
月	S5-16	6.24	0.96	0.15	826	1220	1.55	0.034	0.121	3.56
平均値	5.67	1.08	0.19	0.16	838	1108	1.39	0.030	0.132	3.88
	0.89	0.89	0.89	0.89	1254	1254	1.50	0.033	0.135	4.09
									0.143	4.33

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.3(6) 1/1 大気中暴露(三鷹市、船研構内), インピーダンス変化、防食仕様N○. S6(1KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗(MΩ)	暴露後抵抗(MΩ)	初期抵抗	暴露後抵抗	初期容量(pF)	暴露後容量(pF)	初期tanδ	暴露後tanδ	初期tanδ	暴露後tanδ
6月	S6-6	58.8	82.5	1.40	56.5	49.4	0.87	0.048	0.059	1.23	
ヶ月	S6-7	30.3	90.9	3.00	66.3	45.3	0.68	0.079	0.039	0.49	
平均値		44.7	86.7	1.94	61.4	47.4	0.78	0.064	0.049	0.77	
15ヶ月	S6-1	83.1	41.7	0.50	46.6	37.3	0.80	0.041	0.103	2.51	
ヶ月	S6-2	76.8	21.3	0.28	49.2	45.6	0.93	0.039	0.105	2.69	
平均値		80.1	31.5	0.39	49.4	41.7	0.87	0.040	0.104	2.60	
24ヶ月	S6-3	71.4	14.3	2.00	47.7	36.0	0.76	0.047	0.031	0.66	
ヶ月	S6-4	71.4	12.5	1.75	49.7	37.3	0.75	0.043	0.034	0.79	
平均値		71.4	13.4	1.87	48.7	36.7	0.76	0.046	0.033	0.72	
38ヶ月	S6-5	99.9	66.6	0.67	47.8	34.7	0.73	0.033	0.069	2.09	
ヶ月	S6-8	43.5	47.6	1.09	71.6	49.0	0.68	0.051	0.068	1.33	
平均値		71.7	57.1	0.88	59.7	41.9	0.71	0.042	0.069	1.71	
50ヶ月	S6-9	71.4	49.9	0.70	59.8	31.3	0.52	0.037	0.102	2.76	
ヶ月	S6-10	99.9	72.8	0.73	46.9	20.0	0.43	0.034	0.119	3.50	
平均値		85.7	61.4	0.72	53.4	25.7	0.48	0.036	0.111	3.13	

表3. 2. 3(6) 2/2 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、インピーダンス変化、防食仕様N○。S5 (1 KHz)

61	S6-9	71.4	45.2	0.63	59.8	23.5	0.39	0.037	0.151	4.08
ケ	S6-10	99.9	44.9	0.45	46.9	29.1	0.62	0.034	0.124	3.65
月	平均値	85.7	45.1	0.53	53.4	26.3	0.49	0.036	0.138	3.83
		44.8	0.52		31.1	0.58			0.115	3.19

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.3(7)1/2 大気中暴露(三鷹市、船研構内), インピーダンス変化, 防食仕様No. S7(1KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗(MΩ)	暴露後抵抗(MΩ)	初期抵抗抗(MΩ)	暴露後抵抗抗(MΩ)	初期容量(pF)	暴露後容量(pF)	初期容量量	暴露後容量量	初期tanδ	暴露後tanδ	初期tanδ
6ヶ月	S7-6	25.6	50.1	1.96	1.19	1.16	0.97	0.052	0.027	0.027	0.027	0.52
15ヶ月	S7-7	55.5	52.5	0.95	1.06	1.10	1.04	0.027	0.028	1.04	1.04	
24ヶ月	S7-8	40.6	51.3	1.26	1.13	1.13	1.01	0.040	0.027	0.027	0.027	0.68
38ヶ月	S7-9	31.2	24.4	0.78	1.11	1.02	0.92	0.046	0.046	0.064	0.064	1.39
45ヶ月	S7-10	71.4	25.6	0.36	1.20	1.02	0.85	0.041	0.041	0.061	0.061	1.49
51ヶ月	S7-11	33.3	99.9	3.00	1.17	1.10	0.94	0.041	0.041	0.014	0.014	0.34
57ヶ月	S7-12	41.7	99.9	2.40	1.11	1.04	0.93	0.034	0.034	0.015	0.015	0.44
63ヶ月	S7-13	39.9	27.7	0.70	1.03	9.8	0.94	0.039	0.039	0.059	0.059	1.51
70ヶ月	S7-14	33.3	15.1	0.45	1.17	1.17	1.0	0.041	0.041	0.090	0.090	2.20
76ヶ月	S7-15	41.7	17.9	0.43	1.08	8.7	0.80	0.035	0.035	0.105	0.105	3.00
82ヶ月	S7-16	30.3	18.3	0.60	1.15	9.0	0.78	0.046	0.046	0.097	0.097	2.11
88ヶ月	S7-17	35.9	18.1	0.52	1.12	8.9	0.79	0.041	0.041	0.101	0.101	2.56

表3.2.3(7)2/2 大気中暴露（三魔市、船研構内）、インピーダンス変化、防食仕様N○、S7(1KHz)

月	S7-5	41.7	9.8	0.24	108	111	1.03	0.035	0.146	4.17
ケ	S7-8	30.3	11.4	0.38	115	105	0.91	0.046	0.132	2.87
平均値		35.9	10.6	0.30	112	108	0.96	0.041	0.139	3.39
		12.5	0.30		108	1.00			0.118	3.37

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.3(8) 大気中暴露（三慶市、船研構内）、インピーダンス変化、防食仕様No. S8(1KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗(MΩ)	暴露後抵抗(MΩ)	初期抵抗(pF)	暴露後抵抗(pF)	初期容量(pF)	暴露後容量(pF)	初期tanδ	暴露後tanδ	初期tanδ	暴露後tanδ
6ヶ月	S8-6	90.9	99.9	1.10	81	80	0.98	0.022	0.020	0.91	
	S8-7	124.8	34.5	0.28	82	92	1.12	0.016	0.050	3.13	
平均値	108.0	67.2	0.62	82	86	1.05	0.019	0.035	1.94		
15ヶ月	S8-4	110.0	50.1	0.45	74	78	1.05	0.019	0.041	2.16	
	S8-5	76.8	55.5	0.72	86	81	0.83	0.024	0.040	1.67	
平均値	93.9	52.8	0.56	80	84	0.94	0.022	0.041	1.86		
24ヶ月	S8-1	199.8	--	--	77	71	0.93	0.004	--	--	
	S8-2	50.1	--	--	88	71	0.81	0.036	--	--	
平均値	125.1	--	--	82	71	0.87	0.020	--	--		
50ヶ月	S8-9	99.9	180.0	1.80	75	51	0.67	0.021	0.023	1.10	
	S8-10	90.9	103.2	1.14	82	61	0.74	0.021	0.028	1.33	
平均値	95.4	141.6	1.47	79	56	0.70	0.021	0.026	1.22		
61ヶ月	S8-9	99.9	97.8	0.08	75	84	1.12	0.021	0.191	9.09	
	S8-10	90.9	122.5	0.13	82	71	0.87	0.021	0.182	8.66	
平均値	95.4	111.1	0.12	79	95	78	0.99	0.021	0.146	6.95	
月		10.7	0.11	95	95	1.20	0.184	0.187	0.184	8.76	

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3. 2. 4(1) 1/2 大気中暴露(三慶市、船研構内)、付着力、曲げ試験結果、防食仕様No. S1

期間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値(Kgf/cm ²)	暴露後(Kgf/cm ²)	暴露後/初期値	初期値(mm)	暴露後(mm)
6ヶ月	S1-2	17	1.21		11.0	0.32
		37	2.64			
	S1-4	15	1.07		10.0	0.29
		20	1.43			
15ヶ月	平均値	14	22.3	1.59	34	10.5
		15	1.07		10.0	0.31
	S1-7		28	2.00		0.29
			11	0.78		
24ヶ月	S1-9		12	0.86		0.28
			14	1.18	34	9.8
	S1-12		13	0.93		0.29
			19	1.36		
ヶ月	S1-13		22	1.57		0.47
			13	0.93		
ヶ月	平均値	14	16.8	1.20	34	12.9
						0.38

表3.2.4(1)2/2 大気中暴露(三鷹市、船研構内)、付着力、曲げ試験結果、防食仕様No. S1

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ	
		初期値(Kgf/cm ²)	暴露後(Kgf/cm ²)	初期値/初期値	初期値(mm)
38 ヶ月	S1-16	13	1.93		10.2
		19	1.36		0.30
	S1-17	7	0.50		0.26
		10	0.71		
	S1-18	13	0.93		11.7
		30	2.14		0.34
	S1-19	17	1.21		
51 ヶ月		15	1.07		
	S1-20	9	0.64		0.24
		19	1.36		
	平均値	14	1.09	34	9.5
	S1-22	25	1.79		0.28
		40	2.86		0.30
	61 ヶ月	30	2.14		
S1-23 ヶ月		45	3.21		
		20	1.43	17.8	0.52
		30	2.14		
平均値		20	1.43		
		33	2.36		
月	14	23.8	1.70	34	14.0
		37.0	2.64		0.41

表3. 2. 4(2) 1/2 大気中暴露（三慶市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様N○、S2

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (kgf/cm ²)	暴露後 (kgf/cm ²)	初期値／暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
6 ヶ月	S 2-2	25.	0.71		27.5	0.72>
		48	1.37			
	S 2-3	27	0.77		19.0	0.50>
		24	0.69			
	平均値	35	31.0	0.88	>38	0.61>
		26	0.74			
15 ヶ月	S 2-4	21	0.60		18.2	0.48>
		37	1.06			
	S 2-6	25	0.71		19.0	0.50>
	平均値	35	27.3	0.78	>38	18.6
		35	1.00			0.49>
24 ヶ月	S 2-8	50	1.43		18.0	0.47>
		23	0.65			
	S 2-9	20	0.57			
		35	32.0	0.91	>38	16.5
	平均値					0.43>

表3. 2. 4(2) 2/2 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様N○. S 2

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (Kg/cm ²)	暴露後 (Kg/cm ²)	初期値／暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
38 ヶ月	S 2-1 0		2.9	0. 83		1.4. 4
			2.3	0. 66		0. 38 >
	S 2-1 1		1.9	0. 54		1.5. 8
			1.9	0. 54		0. 42 >
39 ヶ月	S 2-1 2		2.0	0. 57		1.4. 9
			3.8	1. 09		0. 39 >
	平均値	3.5	2.4. 7	0. 71	>3.8	1.5. 0
			>3.0	0. 86		0. 39 >
61 ヶ月	S 2-1 3		>3.0	0. 86		>4.9. 2
			>2.5	0. 71		1. 29 >
			>4.5	1. 28		
	S 2-1 4		>3.5	1. 00		>5.3. 0
月			>3.0	0. 86		1. 39 >
	平均値	3.5	>3.1. 3	0. 89	>3.8	>5.1. 1
			>3.4. 3	0. 98		1. 34 >

表3. 2. 4(3) 1/2 大気中暴露（三魔市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様N○. S3

期間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (kgf/cm ²)	暴露後 (kgf/cm ²)	初期値／暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
6ヶ月	S3-1	32	1.14	1.14	13.0	0.34>
		28	1.00			
15ヶ月	S3-2	38	1.36	1.36	13.0	0.34>
		45	1.61			
24ヶ月	平均値	28	1.28	>38	13.0	0.34>
	S3-5	30	1.07		13.0	0.34>
36ヶ月	S3-6	38	1.11			
		38	1.35		11.0	0.29>
48ヶ月	平均値	28	1.96			
	S3-8	38.5	1.38	>38	12.0	0.32>
60ヶ月	S3-9	65	2.32		12.0	0.32>
		47	1.68			
72ヶ月	平均値	40	1.43		12.0	0.32>
		57	2.04			
84ヶ月	平均値	28	1.87	>38	12.0	0.32>

表3.2.4(3) 2/2 大気中暴露(三鷹市、船研構内)、付着力、曲げ試験結果、防食仕様No. S3

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ	
		初期値 (Kgf/cm ²)	暴露後 (Kgf/cm ²)	初期値 / 暴露後	(mm)
38 ヶ月	S3-10	20	0.71		9.9
		34	1.21		
	S3-11	64	2.29		11.5
		23	0.82		
	S3-12	35	1.25		11.2
		25	0.89		
	平均値	28	33.5	1.20	>38
					11.2
61 ヶ月	S3-13	>60 >31	2.14 1.11		25.0
		>60 >35	2.14 1.25		
	S3-14	>62 >33	2.21 1.18		19.0
		>60 >40	2.13 1.43		
	平均値	28	>60.5 >34.8	2.16 1.24	>38
					22.0
					0.58

表3. 2. 4(4) 1/2 大気中暴露（三瀬市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様No. S4

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (kgf/cm ²)	暴露後 (kgf/cm ²)	初期値／暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
6 ヶ月	S 4 - 1	20	0. 53		25. 0	0. 66
		21	0. 56			
15 ヶ月	S 4 - 2	32	0. 85		20. 0	0. 53
		22	0. 58			
24 ヶ月	平均値	37. 5	23. 8	0. 63	38	22. 5
	S 4 - 4	46	1. 26		19. 0	0. 59
24 ヶ月	S 4 - 5	26	0. 69		19. 0	0. 50
		28	0. 75			
24 ヶ月	平均値	37. 5	31. 3	0. 85	38	19. 0
	S 4 - 9	18	0. 48		19. 0	0. 50
24 ヶ月	S 4 - 7	21	0. 56		19. 0	0. 50
		26	0. 69			
24 ヶ月	平均値	37. 5	25. 0	0. 67	38	19. 0

表3. 2. 4(4) 2/2 大気中暴露（三度市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様N○、S4

期間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (Kgf/cm ²)	暴露後 (Kgf/cm ²)	初期値／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
38 ヶ月	S 4-10	20	0.53		11.8	0.32
		16	0.43			
	S 4-11	19	0.51		10.8	0.29
		19	0.51			
月	S 4-12	22	0.59		10.3	0.26
		20	0.53			
	平均値	19.3	0.51	38	11.0	0.29
	S 4-13	>6.3 >6.5	1.68 1.73		NO	
61 ヶ月		>6.5 >6.5	1.73 1.73			
	S 4-14	>6.5 >7.0	1.73 1.87		NC	
		>7.0 >7.0	1.87 1.87			
	平均値	37.5	>6.5.8 >6.7.5	1.75 1.80	3.8	NC

表3. 2. 4(5) 1/2 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様N○. S5

期 間	試験片番号	付着力			キレツ発生たわみ	
		初期値 (Kgf/cm ²)	暴露後 (Kgf/cm ²)	暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
6 ヶ月	S5-1	1.1	2.75	2.75	6.0	0.26
		5	1.25			
	S5-2	1.3	3.25	3.25	7.5	0.32
		1.1	2.75			
	平均値	1.0	2.50	2.35	6.8	0.29
		1.0	2.50		6.0	0.26
15 ヶ月	S5-3	4	1.00			
		--			7.0	0.30
	S5-4	--				
		--				
	平均値	4	7	1.75	2.35	6.5
					6.7	0.29
24 ヶ月	S5-7	2	0.50			
		2	0.50			
	S5-8	5	1.25		7.3	0.31
		4	1.00			
	平均値	4	3.3	0.83	2.35	7.0
					0.30	

表3. 2. 4(5) 2/2 大気中暴露（三澤市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様N○. S 5

期間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (Kgf/cm ²)	暴露後 (Kgf/cm ²)	初期値／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
38 ヶ月	S 5-9		1.2	3.00		7.0
			1.3	3.25		7.0
	S 5-10		5	1.25		6.3
			4	1.00		0.27
51 ヶ月	S 5-11		1.1	2.75		7.9
			9	2.25		0.34
	平均値	4	9.0	2.25	23.5	7.1
			1.2	3.00		8.0
61 ヶ月	S 5-14		1.0	2.50		0.30
			1.5	3.75		0.34
	S 5-15		7	1.75		
			1.6	4.00	4.2	0.18
月			1.2	3.00		
			1.8	4.50		
	平均値	4	1.5.3	3.83	23.5	6.1
			9.8	2.45		0.26

表3.2.4(6) 大気中暴露（三慶市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様No. S6

期間	試験片番号	初期値 (kgf/cm ²)	付着力	暴露後 (kgf/cm ²)		初期値	(mm)	暴露後 (mm)	初期値	暴露後 / 初期値	
				暴露後 / 初期値	暴露後 / 初期値						
6ヶ月	S6-6	4.0		0.91				3.8.0		1.00	
		4.0		0.91							
	ナ	4.2		0.95							
平均値	S6-2	4.4	40.7	0.93	3.8			3.8.0		1.00	
		1.9		0.43				3.5.0		0.92	
	ナ	3.0		0.68							
平均値	S6-4	4.4	26.3	0.60	3.8			3.5.0		0.92	
		3.2		0.73				2.5.0		0.66	
	ナ	3.2		0.73							
平均値	S6-5	4.4	31.7	0.72	3.8			2.5.0		0.66	
		3.3		0.75				1.5.5		0.41	
	ナ	3.3		0.75							
平均値	S6-8	4.4	42.8	0.97	3.8			1.6.3		0.43	
		>6.0		1.3.6							
	ナ	>7.0		1.5.9				6.3.0		1.6.6	
平均値	S6-9	4.4	>6.2:5	1.4.8	3.8						
		>6.9:0		1.5.7				6.3.0		1.6.6	
	ナ	>6.5		1.5.5							
平均値	月	4.4	>6.2:5	1.4.2	3.8						

表3.2.4(6) 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様N○.S6

期 間	試験片番号	付着力		初期値 (mm)	曝露後 (mm)	初期値 / 曝露後 (mm)	初期値 / 初期曝露後 (mm)
		初期値 (kgf/cm ²)	曝露後 (kgf/cm ²)				
6 ヶ月	S6-6	4.0	0.91			38.0	1.00
		4.0	0.91				
		4.2	0.95				
15 ヶ月	平均値	4.4	4.0.7	0.93	3.8	38.0	1.00
	S6-2	1.9	0.43			35.0	0.92
		3.0	0.68				
24 ヶ月	平均値	4.4	26.3	0.60	3.8	35.0	0.92
	S6-4	3.2	0.73			25.0	0.66
		3.2	0.73				
38 ヶ月	平均値	4.4	31.7	0.72	3.8	25.0	0.66
	S6-5	3.3	0.75			15.5	0.41
		3.3	0.75				
61 ヶ月	平均値	4.4	42.8	0.97	3.8	15.9	0.42
	S6-9	>6.0	1:5.9			63.0	1.66
		>6.5	1:5.5				
平均値	4.4	>6.2:5.0	1:4.2	3.8	63.0	1.66	
		>6.9:5.7	1:5.7				

表3.2.4(7) 1/2 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様No. S7

期間	試験片番号	付着力			キレツ発生たわみ	
		初期値 (kgf/cm ²)	暴露後 (kgf/cm ²)	暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
6ヶ月	S7-6	39	0.55		11.0	0.85
		35	0.49			
	S7-7	37	0.52		12.0	0.92
月平均値		49	0.69			
		40.0	0.56	1.3	11.5	0.88
	S7-9	47	0.66		13.0	1.00
15ヶ月平均値		59	0.83			
		50	0.70		11.0	0.85
	S7-10	52	0.73			
月平均値		52.0	0.73	1.3	12.0	0.92
		45	0.63			
	S7-1	58	0.81			
24ヶ月平均値		>70	>0.99		11.0	0.85
		67	0.94			
	S7-2	>60.0	>0.85	1.3	11.5	0.88

表3. 2. 4(7) 2/2 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様No. S7

期 間	試験片番号	付着力			キレツ発生たわみ	
		初期値 (Kgf/cm ²)	暴露後 (Kgf/cm ²)	暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
38 ヶ月	S7-3	60	0. 85		13. 2	1. 02
		90	1. 27			
	S7-4	40	0. 56		13. 2	1. 02
61 ヶ月		60	0. 85			
	平均値	71	62. 5	0. 88	13	1. 02
		>70	0. 98		27. 0	1. 17
ヶ月	S7-5	>48	0. 67			
		>75	1. 06			
	平均値	71	>48. 0	1. 02	27. 0	1. 17
				0. 68		

表3.2.4(8) 大気中暴露(三鷹市、船研構内)、付着力、曲げ試験結果、防食仕様N○. S8

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (Kgf/cm ²)	暴露後 (Kgf/cm ²)	初期値 / 初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)
6 ヶ月	S8-6	2.9	0.41		7.1	0.81
		4.1	0.59			
		2.4	0.34			
15 ヶ月	平均値	>7.0	31.3	0.45	8.7	0.81
	S8-5	5.7	0.81		7.8	0.90
		2.6	0.37			
24 ヶ月		5.3	0.76			
	平均値	>7.0	44.7	0.64	8.7	0.90
	S8-2	5.7	0.81		7.0	0.80
38 ヶ月		3.0	0.43			
		3.5	0.50			
	平均値	>7.0	40.7	0.58	8.7	0.80
61 ヶ月	S8-3	3.0	0.43		6.5	0.75
		7.0	1.00			
	S8-2	3.0	0.43			
		5.0	0.71			
	平均値	>7.0	4.5	0.64	8.7	0.75
	S8-9	3.5	0.50		5.2	0.59
		2.5	0.36			
		3.0	0.43			
	平均値	>7.0	32.5	0.46	8.7	0.59
			0.36			

表3. 2. 5 大井川鰐中魚群での生物付着量の経年変化 詳細データは2年露囲その2 (86. 9. 13-88. 10. 15)

試験片番号 ^①	1-26	1-27	-	-	2-9	2-10	-	-	3-9	3-10	-	-	7-33	7-34	-	-	
浸漬前重量 P_0 (Kg)	0.979	0.982	-	-	0.876	0.864	-	-	0.956	0.950	-	-	1.033	1.034	-	-	
浸漬後重量 P_1 (Kg)	1.118	1.046	-	-	1.081	1.057	-	-	1.028	1.046	-	-	1.110	1.124	-	-	
生物付着量 P_2 (Kg)	ホルマリン 漬け	-	-	-	ホルマリン 漬け	-	-	-	ホルマリン 漬け	-	-	-	ホルマリン 漬け	-	-	-	
$P_1 - P_0$ (Kg)	0.139	0.064	-	-	0.205	0.193	-	-	0.072	0.096	-	-	0.077	0.090	-	-	
$P_1 - P_2$ (Kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
年	三	36	24	$\frac{44}{44}$	$\frac{28}{28}$	32	32	$\frac{32}{32}$	$\frac{48}{48}$	36	20	$\frac{56}{56}$	$\frac{20}{20}$	40	40	$\frac{52}{52}$	$\frac{44}{44}$
平均	33	36	33	36	36	36	36	36	36	33	33	33	33	37	36	平均 44	
年	-	36	32	$\frac{44}{44}$	$\frac{28}{28}$	76	72	$\frac{116}{116}$	$\frac{68}{72}$	104	20	$\frac{108}{108}$	$\frac{104}{104}$	8	16	$\frac{20}{16}$	$\frac{48}{48}$
① 100cm ² 当たり 付着量(g)	-	55.6	25.6	-	-	82	76.8	-	-	28.8	38.4	-	-	30.8	36	-	-
年	②	平均 40.6	平均 40.6	平均 40.6	平均 40.6	平均 79.4	平均 79.4	平均 79.4	平均 79.4	平均 33.6	平均 33.6	平均 33.6	平均 33.6	平均 33.4	平均 33.4	平均 33.4	平均 33.4
年	-	36	36	$\frac{76}{76}$	$\frac{40}{40}$	36	56	$\frac{28}{36}$	$\frac{48}{40}$	40	44	$\frac{40}{44}$	$\frac{24}{24}$	32	32	$\frac{28}{28}$	$\frac{52}{52}$
年	平均 47	平均 47	平均 47	平均 47	平均 42	平均 42	平均 42	平均 42	平均 42	平均 37	平均 37	平均 37	平均 37	平均 36	平均 36	平均 36	平均 36

① 試験片番号中、最初の数字が防食仕様N_oを表わす。N_{o.} 1 (Sh+ZP+IZ·75μ+PE·A/C·MSPE·A/C·100μ·24HP·IM·40μ+PU·T/S 35μ), N_{o.} 2 (Sh+ZP+IZ·75μ+PE·MSPE·A/C·100μ·25μ).

N_{o.} 3 (Sh+ZP+PE A/C·100μ·35μ·T/S 40μ+20μ), N_{o.} 7 (Sh+PEF 650μ·20μ).

② 上段は ($P_1 - P_0$) から、下段は ($P_1 - P_2$) より計算した。尚、1年目及び2年目は、正確では1. 14及び2. 10年である。

表3.2.6(1) 大井川港沖暴露出飛沫帶でのインビーダンス変化(1kHz)(88年引上げ分)

期	試験片	測定番号	初期		暴露後		初期		暴露後		初期		暴露後		初期	
			初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後
日	S1-22	71.25	117.75	1.65	27.29	28.92	1.06	0.08	0.05	0.05	0.13	0.13	0.06	0.06	0.54	
2	S1-23	43.50	95.50	2.20	31.71	26.52	0.84	0.12	0.05	0.05	0.09	0.09	0.06	0.06	0.54	
作	S1-24	73.50	101.75	1.38	30.82	24.58	0.80	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.91	
(86)	S1-25	67.50	66.75	0.99	30.56	26.90	0.88	0.08	0.09	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	1.15	
(88)	平均	63.94	80.11	1.25	30.10	22.68	0.93	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.86	
	S1-2021	81.00	68.50	0.85	44.84	35.50	0.79	0.04	0.07	0.07	0.05	0.05	0.07	0.07	1.49	
1	S1-2022	96.00	97.00	1.01	37.80	24.12	0.64	0.04	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	1.55	
年	S1-2023	92.25	88.25	0.96	39.56	33.13	0.84	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.25	
(84)	S1-2024	96.00	90.75	0.95	37.44	30.03	0.80	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	1.32	
(88)	平均	91.31	95.93	1.05	39.91	28.66	0.75	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	1.28	
	S2-5	96.00	101.50	1.06	19.64	22.21	1.13	0.08	0.07	0.07	0.09	0.09	0.07	0.07	0.84	
2	S2-6	108.75	91.50	0.84	19.85	19.72	1.07	0.07	0.08	0.08	0.10	0.10	0.08	0.08	1.11	
年	S2-7	73.50	58.00	0.79	26.56	22.75	1.13	0.08	0.09	0.09	0.13	0.13	0.09	0.09	1.13	
(86)	S2-8	89.25	27.25	0.31	22.97	39.92	1.74	0.08	0.15	0.15	0.09	0.09	0.15	0.15	1.88	
(88)	平均	91.88	72.21	0.79	22.26	21.01	1.17	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	1.09	
	S2-2021	231.00	107.75	0.47	19.96	18.42	0.92	0.03	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	2.32	
4	S2-2022	173.25	144.50	0.83	17.92	15.15	0.85	0.05	0.07	0.07	1.42	1.42	0.08	0.08	1.42	
年	S2-2023	240.00	129.25	0.54	19.24	18.47	0.96	0.03	0.07	0.07	1.93	1.93	0.07	0.07	1.93	
(84)	S2-2024	233.25	104.00	0.45	18.56	15.74	1.00	0.04	0.10	0.10	2.25	2.25	0.08	0.08	2.25	
(88)	平均	219.38	116.82	0.53	18.92	17.05	0.90	0.04	0.09	0.09	2.08	2.08	0.08	0.08	2.08	
		111.94				16.07			0.09	0.09						

注 1) 期間2年は2年+3.2日; 4年は4年+6.8日 経過後

注 2) 暴露後各欄の下段数値は暴露表面の計測値

表3.2.6(2) 大井川港沖暴露、飛沫帶でのインピーダンス変化(1kHz)(88年引上げ分)

期 間	試験片番号	初期		飛沫後		初期		飛沫後		初期		飛沫後		初期		飛沫後		初期	
		初期	暴露後	飛沫後	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	暴露後	初期	
2 年	S3-5	89.25	125.75	1.41	27.60	26.89	0.97	-	0.06	-	0.05	-	0.10	-	0.07	-	0.08	-	0.73
	S3-6	92.25	47.25	0.92	26.09	32.45	-	27.90	1.07	-	0.07	-	0.07	-	0.07	-	0.08	-	1.01
作業	S3-7	138.75	121.50	0.88	24.74	27.55	-	26.29	1.06	-	0.05	-	0.05	-	0.05	-	0.06	-	1.07
	(86) S3-8	113.25	86.75	0.51	30.93	28.44	-	37.44	1.21	-	0.05	-	0.05	-	0.07	-	0.07	-	1.62
平均	(88)	108.38	85.04	0.78	27.34	25.42	-	29.56	1.08	-	0.05	-	0.05	-	0.09	-	0.09	-	1.18
	S3-2021	104.25	88.25	0.85	38.92	28.47	-	35.22	0.90	-	0.04	-	0.04	-	0.08	-	0.08	-	1.31
4 年	S3-2022	114.00	111.50	0.98	36.52	26.29	-	29.24	0.72	-	0.04	-	0.04	-	0.07	-	0.07	-	1.42
作業	S3-2023	114.00	108.50	0.99	32.64	28.61	-	33.45	1.02	-	0.04	-	0.04	-	0.05	-	0.05	-	0.98
	(84) S3-2024	166.50	90.00	0.54	30.16	28.16	-	36.31	1.20	-	0.03	-	0.03	-	0.05	-	0.05	-	1.54
平均	(88)	124.69	96.75	0.80	34.56	28.08	-	31.04	0.90	-	0.04	-	0.04	-	0.06	-	0.06	-	1.38
	S7-21	499.50	206.75	0.41	4.72	5.06	-	1.07	-	-	0.07	-	0.07	-	0.15	-	0.15	-	2.25
2 年	S7-22	624.75	87.25	0.32	4.82	4.76	-	7.08	0.99	-	0.05	-	0.05	-	0.26	-	0.26	-	3.20
作業	S7-23	624.75	198.00	0.32	4.20	7.50	-	4.20	4.75	-	1.13	-	0.06	-	0.17	-	0.17	-	2.76
	(86) S7-34	499.50	202.50	0.41	4.82	6.20	-	4.62	0.96	-	0.07	-	0.07	-	0.26	-	0.26	-	2.57
平均	(88)	562.13	76.25	0.32	4.64	7.76	-	5.26	1.13	-	0.06	-	0.06	-	0.17	-	0.17	-	2.77
	S7-2021	1132.50	100.75	0.09	4.96	6.69	-	1.35	-	-	0.03	-	0.03	-	0.25	-	0.25	-	8.34
4 年	S7-2022	1042.50	82.50	0.13	4.88	6.55	-	5.51	1.13	-	0.03	-	0.03	-	0.29	-	0.29	-	6.57
作業	S7-2023	1387.50	101.75	0.07	4.56	6.65	-	5.86	1.29	-	0.03	-	0.03	-	0.32	-	0.32	-	10.60
	(84) S7-2024	1312.50	58.50	0.10	4.88	8.00	-	6.04	1.24	-	0.02	-	0.02	-	0.21	-	0.21	-	8.26
平均	(88)	1218.75	66.25	0.09	4.82	7.74	-	6.03	1.25	-	0.03	-	0.03	-	0.31	-	0.31	-	9.32
			70.31						7.24						0.25		0.25		6.31

注1) 期間2年は2年+3.2日: 4年は4年+6.8日+飛沫後

注2) 暴露後各値の下段数値は暴露直前の計測値

表3.2.7(1) 大井川港沖暴露、飛沫帶での付着力・ぬげ試験結果(88年引上げ分)
No. S1, S2

期 間	試験片番号	初期値	着 き 力 (kgf/cm ²)	暴 露 後	暴 露 後 / 初期値	キレッ ジ	発生たわみ (mm)	暴 露 後 / 初期値	
								暴 露 後	初期値
2 年 <u>86</u> <u>88</u>	S1-22	9	(15)	0.64 (1.07)			8.8	0.26	
	S1-23	9	(16)	0.64 (1.14)					0.31
	S1-24	12	(10)	0.86 (0.71)			10.7		
	S1-25	9	(12)	0.64 (0.86)			11.5	0.34	
	平均	14	(15.1)	0.57 (1.43)			10.6	0.31	
4 年 <u>84</u> <u>88</u>	S1-2021	20	(11)	1.60 (0.88)			10.4		0.31
	S1-2022	28	(13)	2.24 (1.04)			9.0	0.82	
	S1-2023	15	(14)	1.20 (1.12)			10.8	0.98	
	S1-2024	9	(12)	0.72 (0.96)					
	平均	10	(12)	0.80 (0.96)			9.6	0.87	
2 年 <u>86</u> <u>88</u>	S2-5	15	(14.1)	1.16 (1.13)			9.8		
	S2-6	14	(10)	0.43 (0.34)			14.6	0.38	
	S2-7	32	(11)	0.40 (0.29)					
	S2-8	32	(9)	0.91 (0.31)			11.5	0.30	
	平均	27	(18)	0.91 (0.26)					
4 年 <u>84</u> <u>88</u>	S2-2021	15	(12)	0.49 (0.51)			14.8	0.39	
	S2-2022	15	(15)	0.77 (0.34)					
	S2-2023	17	(13)	0.43 (0.43)			13.9	0.37	
	S2-2024	35	(12.5)	0.49 (0.37)					
	平均	20	(20)	0.60 (0.36)			13.7	0.36	
2 年 <u>86</u> <u>88</u>	S2-2021	19	(19)	0.89 (0.89)			17.5	1.30	
	S2-2022	45	(18)	0.84 (0.84)					
	S2-2023	21	(21)	2.00 (0.80)			11.3	0.84	
	S2-2024	19	(21)	0.84 (0.93)					
	平均	22.5	(21)	1.38 (1.11)			9.8	0.73	
4 年 <u>84</u> <u>88</u>	S2-2021	21	(22)	0.93 (0.98)			13.1	0.97	
	S2-2022	21	(20)	0.93 (0.89)					
	S2-2023	21	(20)	1.09 (0.92)			13.5		
	S2-2024	24.6	(20.8)	1.09 (0.92)			12.9	0.96	
	平均	22.5	(24.6)	1.09 (0.92)					

注1) 期間2年は2年+32日; 4年は4年+68日経過
2) ()内数値は暴落裏面の計測値

表3.2.7(2) 大井川港沖暴露、飛沫帶での付着力・曲げ試験結果(88年引上げ分)

注 1) 時間2作は2作+32日；4年は4年+68日経過

表3.2.8(1) 大気中暴露結果(三慶市、船研構内) インピーダンス変化、防食仕様NO.1(1KHz)

期間 月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期容量 (pF)	暴露後容量 (pF)	暴露後容量 初期容量		初期tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
						暴露後容量	初期容量		
12ヶ月	NO. 1-101	2.39	1.55 1.59	0.65 0.67	1.119. 2	1397.6 1281.7	1.25 1.15	0.060	0.099 0.084
	NO. 1-102	2.42	1.16 1.36	0.47 0.56	1098.9	1421.0 1120.1	1.29 1.02	0.060	0.096 0.073
	NO. 1-103	2.52	1.37 1.68	0.54 0.67	1049.2	1247.6 1035.9	1.19 0.98	0.060	0.094 0.079
平均値		2.44	1.36 1.54	0.56 0.63	1089.1	1355.4 1145.9	1.24 1.05	0.060	0.096 0.079

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.8(2) 大気中暴露結果(三慶市、船研構内) インピーダンス変化、防食仕様NO.2(1KHz)

期間 月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期抵抗 (MΩ)	初期容量 (pF)	暴露後容量 (pF)	暴露後容量 初期容量		初期tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
							暴露後容量	初期容量		
12ヶ月	NO. 2-101	4.22	2.88 6.96	0.68 1.65	655.3	798.3 469.2	1.22 0.72	0.057	0.067 0.049	1.18 0.86
	NO. 2-102	6.92	3.29 1.61	0.47 0.23	501.9	643.9 604.6	1.28 1.20	0.047	0.075 0.064	1.60 1.36
	NO. 2-103	7.86	0.65 4.38	0.08 0.56	483.4	626.9 632.3	1.30 1.30	0.042	0.387 0.057	9.21 1.36
平均値		6.33	2.27 4.31	0.35 0.68	546.9	689.5 568.7	1.26 1.04	0.048	0.176 0.056	3.67 1.17

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.8(3) 大気中暴露結果(三度市、船研構内) インピーダンス変化、防食仕様NO. 3 (1 KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 初期抵抗	初期容量 (PF)	暴露後容量 (PF)	暴露後容量 初期容量	初期tanδ	暴露後tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
月	NO. 3-101	2.70	2.51	0.93	1459.4	1524.1	1.04	0.040	0.042	1.00
	NO. 3-102	2.22	1.94	0.87	1468.5	1631.9	1.11	0.049	0.050	1.02
	NO. 3-103	2.46	1.29	0.52	1256.1	1595.3	1.27	0.051	0.078	1.52
ヶ月		3.27	1.33			1097.1	0.87		0.044	0.86
	平均値	2.46	1.91	0.77	1394.7	1583.8	1.14	0.046	0.056	1.21
		2.93	1.20			1108.3	0.79		0.049	1.07

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.8(4) 大気中暴露結果(三度市、船研構内) インピーダンス変化、防食仕様NO. 4 (1 KHz)

期間	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 初期抵抗	初期容量 (PF)	暴露後容量 (PF)	暴露後容量 初期容量	初期tanδ	暴露後tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
月	NO. 4-101	9.80	6.48	0.66	412.8	452.1	1.10	0.039	0.048	1.23
	NO. 4-102	11.53	6.28	0.43	398.6	457.2	1.15	0.035	0.056	1.60
	NO. 4-103	11.29	4.89	0.42	560.4	629.9	1.53	0.060	0.058	1.54
ヶ月	平均値	10.87	6.32	0.58	396.9	456.8	1.21	0.037	0.057	1.54
		4.37	0.40			605.1	1.60		0.066	1.78

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3. 2. 8(5) 大気中暴露結果（三度市、船研構内） インピーダンス変化、防食仕様NO. 5 (1KHz)

期間 月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期低抗 暴露後低抗 初期抵抗	初期容量 (PF)	暴露後容量		初期tanδ	暴露後tanδ	初期tanδ 暴露後tanδ
						初期容量 (PF)	暴露後容量 (PF)			
12 ヶ月	NO. 5-101	8. 94	2. 68	0. 30	542. 7	798. 3	1. 47	0. 033	0. 075	2. 27
			4. 22	0. 47		629. 9	1. 16		0. 060	1. 82
	NO. 5-102	7. 08	2. 92	0. 41	499. 2	772. 7	1. 55	0. 040	0. 071	1. 78
ヶ月		4. 89	0. 69			560. 4	1. 12		0. 058	1. 45
	NO. 5-103	8. 67	3. 43	0. 40	560. 7	705. 5	1. 26	0. 033	0. 066	2. 00
		4. 00	0. 46			605. 1	1. 08		0. 066	2. 00
平均値		8. 23	3. 01	0. 37	534. 2	758. 8	1. 42	0. 035	0. 071	2. 03
		4. 37	0. 53			598. 5	1. 12		0. 061	1. 74

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3. 2. 8(6) 大気中暴露結果（三度市、船研構内） インピーダンス変化、防食仕様NO. 6 (1KHz)

期間 月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期低抗 暴露後低抗 初期抵抗	初期容量 (PF)	暴露後容量		初期tanδ	暴露後tanδ	初期tanδ 暴露後tanδ
						初期容量 (PF)	暴露後容量 (PF)			
12 ヶ月	NO. 6-101	17. 39	34. 17	1. 96	54. 4	51. 9	0. 95	0. 173	0. 089	0. 51
		14. 88	0. 86			125. 0	2. 29		0. 085	0. 49
	NO. 6-102	18. 08	30. 60	1. 69	66. 9	61. 1	0. 92	0. 132	0. 085	0. 64
ヶ月		15. 03	0. 83			124. 5	1. 86		0. 085	0. 64
	NO. 6-103	18. 14	29. 17	1. 64	66. 5	62. 5	0. 94	0. 131	0. 086	0. 66
		17. 77	0. 98			106. 9	1. 61		0. 084	0. 64
平均値		17. 84	31. 49	1. 76	62. 6	58. 5	0. 93	0. 145	0. 087	0. 60
		15. 89	0. 89			118. 8	1. 89		0. 085	0. 59

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3. 2. 9(1) 大気中暴露結果(三度市、船研構内)・付着力、曲げ試験結果、防食仕様NO. 1

期 間	試験片番号	付着力			キレツ発生たわみ	
		初期値 (kgf/cm²)	露置後 (kgf/cm²)	露置後/初期値	初期強 (mm)	露置後 (mm)
12 月	NO. 1-101	S B	>9 >9	1.00 0.66 1.00		NC
	NO. 1-102	S B	>5 >11	0.56 1.22		NC
	NO. 1-103	S B	>5 >10	0.56 1.11		NC
月	平均値	S B	>6 >10	0.66 1.11		NC
		S B	>5.7 >9.8	0.63 1.09	NC	NC
		S-SURFACE B-BACK	SIDE SURFACE	SIDE SIDE		

表3. 2. 9(2) 大気中暴露結果(三度市、船研構内)・付着力、曲げ試験結果、防食仕様NO. 2

期 間	試験片番号	付着力			キレツ発生たわみ	
		初期値 (kgf/cm²)	露置後 (kgf/cm²)	露置後/初期値	初期強 (mm)	露置後 (mm)
12 月	NO. 2-101	S B	7 10	0.74 1.05		NC
	NO. 2-102	S B	8 8	0.84 0.84		NC
	NO. 2-103	S B	>10 >9	1.05 0.95		NC
月	平均値	S B	>10 >10	1.05 1.05		NC
		S B	>7 >10	0.74 1.05		NC
		S-SURFACE B-BACK	SIDE SURFACE	SIDE SIDE		

表3. 2. 9 (3) 大気中暴露結果（三度市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様NO. 3

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ	
		初期値 (kg/cm²)	暴露後 (kg/cm²)	初期値／初期値	初期値 (mm)
ノ 月 ケ	NO. 3-101	S 10 B 11	0. 61 0. 67		NC
		S 11 B 9	0. 67 0. 55		
	NO. 3-102	S 7 B 8	0. 42 0. 49		
		S 3 B 12	0. 18 0. 73		
	NO. 3-103	S 3 B 7	0. 18 0. 42		NC
		S 3 B 12	0. 18 0. 73		
	平均値	16. 5	S 6. 2 B 8. 5	0. 38 0. 52	NC NC

S-SURFACE SIDE
B-BACK SURFACE SIDE

表3. 2. 9 (4) 大気中暴露結果（三度市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様NO. 4

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ	
		初期値 (kg/cm²)	暴露後 (kg/cm²)	初期値／初期値	初期値 (mm)
ノ 月 ケ	NO. 4-101	S >7 B >9	0. 63 0. 82		NC
		S >5 B 10	0. 45 0. 91		
	NO. 4-102	S >7 B 10	0. 64 0. 91		NC
		S >8 B 10	0. 83 0. 91		
	NO. 4-103	S >8 B 15	0. 73 1. 36		NC
		S 5 B 10	0. 45 0. 91		
	平均値	11	S 6. 7 B 10. 7	0. 61 0. 97	NC NC

S-SURFACE SIDE
B-BACK SURFACE SIDE

表3.2.9(5) 大気中暴露結果(三度市、船研構内)、付着力、曲げ試験結果、防食仕様NO. 5

期 間	試験片番号	付着力				キレツ発生たわみ
		初期値 (kgf/cm ²)	暴露後 (kgf/cm ²)	初期値/暴露後	初期値 (mm)	
12 ヶ月	1N5-101	S 9 B 28	0 33 1.04			NC
		S 10 B 27	0 37 1.00			
	1N5-102	S 15 B	0 56			NC
		S 15 B 8	0 56 0.30			
	1N5-103	S 12 B	0 45			NC
		S 11 B 7	0 41 0.26			
	平均値	26.8	S 12.0 B 14.2	0 45 0.53	NC	NC

S-SURFACE SIDE
B-BACK SURFACE SIDE

表3.2.9(6) 大気中暴露結果(三度市、船研構内)、付着力、曲げ試験結果、防食仕様NO. 6

期 間	試験片番号	付着力				キレツ発生たわみ
		初期値 (kgf/cm ²)	暴露後 (kgf/cm ²)	初期値/暴露後	初期値 (mm)	
12 ヶ月	NO. 6-101	S >17 B >15	0 28 0.25			NC
		S >17 B >25	0 28 0.42			
	NO. 6-102	S >15 B >28	0 25 0.47			NC
		S >17 B >29	0 28 0.48			
	NO. 6-103	S >22 B >27	0 37 0.45			NC
		S >31 B >28	0 52 0.47			
	平均値	60	S >19.8 B >25.3	0 33 0.42	19.2	NC

S-SURFACE SIDE
B-BACK SURFACE SIDE

表3. 2. 10 仕様一覧

1. コラム及びフーティング (カッコ内の数字は膜厚μmを示す)			
記号	没水部 1	スプラッシュゾーン 2	非没水部 3
A	メタクリレート系プライマー×① (40) メタクリレート系レジンモルタル (2000) ×①	メタクリレート系プライマー×① (40) メタクリレート系ペイント ×① (300)	同左
B	タールエポキシA (125) ×②	エポキシ系レジンモルタルA×① (5000)	無機ジンク(厚膜) A ×① (75) エポキシA (100) ミストコート ポリウレタン上塗A ×① (30)
C	ジンクプライマー (50) ×① タールエポキシ (150) ×②	エポキシ(ガラスフレーク) ×② (400)	無機ジンク (75) ×① エポキシ (80) ×② ウレタン (30) ×①
D	無機ジンク(厚膜) (75) ×① タールエポキシ (200) ×②	無機ジンク(厚膜) ×① (75) エポキシ(ガラスフレーク) ×② (250)	無機ジンク (75) ×① エポキシプライマー (100) ×② エポキシ上塗 (75) ×①
E	エポキシジンクリッチプライマー (T/u p) 変性エポキシ (200) ×②	エポキシジンクリッチプライマー ×① (25) ガラスフレーク(中塗) (450) ガラスフレーク(上塗) (100)	エポキシジンクリッチプライマー ×① (25) ガラスフレーク(中塗) (450) ガラスフレーク(上塗) (100) ×①
F	タールエポキシ(厚膜) (150) ×②	無機ジンクプライマー(厚膜) ×① (75) タールエポキシ(ミストコート) (40) タールエポキシ (100) ×③	無機ジンクプライマー(厚膜) ×① (75) ピュアエポキシプライマー(ミスト) (40) ピュアエポキシプライマー ×① (180) ビニル(中塗) (60) ビニル(上塗) (30) ×②
G	エポキシジンクプライマー(T/u p) ピュアエポキシA/C (100) ×②	ピュアエポキシ(厚膜) ×① (2000~3000)	エポキシジンクプライマー(T/u p) ピュアエポキシ (100) ×② ピュアエポキシ(上塗) (35) ×①

記号	没水部 1	スプラッシュゾーン 2	非没水部 3
H	ジンクリッヂプライマー ×① (15) タールエポキシ ×② (100) ビニールタール ×① (50) A/F (SPN-2) ×② (100) A/F (SPN-3) ×① (100)	ジンクリッヂプライマー ×① (15) エポキシ ×② (100) ウレタン(上塗) ×① (40)	
K	タールエポキシ(ガラスフレーク) ×① (250)	ピュアエポキシプライマー ×① (30) ピュアエポキシ(ガラスフレーク) ×① (250)	変性エポキシ(ガラスフレーク) ×① (250)
L	エポキシプライマー(フレーク) ×① (40) タールエポキシ(フレーク) ×① (500~750)	エポキシプライマー(フレーク) ×① (40) エポキシ(フレーク) ×① (500~750)	エポキシプライマー(フレーク) ×① (40) エポキシ(フレーク) ×① (300~500) ウレタン(下塗) ×① (40) ウレタン(上塗) ×① (40)
M	エポキシ(ガラスフレーク) ×① (750)		

2. 甲板及び甲板室

D	甲板室外板 無機ジンク(厚膜) ×① (75) エポキシ A/C ×② (60) ウレタン(中塗) ×① (30) 弗素系(上塗) ×① (25)
---	---

表3.2.10 仕様一覧

防食実験免用塗装仕様			
1. コラム及びフーティング			
記号	没水部	スプラッシュゾーン	非没水部
A	メタクリレート系プライマー×① (40) メタクリレート系レジンモルタル (2000) ×①	メタクリレート系プライマー×① (40) メタクリレート系ペイント ×① (300)	同左
B	タールエポキシA (125) ×②	エポキシ系レジンモルタルA ×① (5000)	無機ジンク(厚膜)A (75) ×① エポキシミストコート ×① ポリウレタン上塗A (30) ×①
C	シンクプライマー (50) ×① タールエポキシ (150) ×②	エポキシ系レジンモルタルA ×① (5000)	無機ジンク (75) ×① エポキシ (80) ×① ウレタン (30) ×①
D	無機ジンク(厚膜) (75) ×① タールエポキシ (200) ×②	無機ジンク(厚膜) (75) ×① エポキシ(ガラスフレーク) ×② (250)	無機ジンク (75) ×① エポキシプライマー (100) ×② エポキシ上塗 (75) ×①
E	エポキシジンクリッヂプライマー(T/uP) 変性エポキシ ×② (200)	エポキシジンクリッヂプライマー ガラスフレーク(中塗) ガラスフレーク(上塗)	エポキシジンクリッヂプライマー ガラスフレーク(25) ガラスフレーク(400) (100)
F	タールエポキシ(厚膜) (150) ×②	無機ジンクプライマー(厚膜) ×① タールエポキシ(ミストコート) (40) タールエポキシ (100) ×③	無機ジンクプライマー(厚膜) ×① (75) ピュアエポキシプライマー(ミスト) (40) ピュアエポキシプライマー (180) ×① ビニール(中塗) (60) ×① ビニール(上塗) (30) ×②
G	エポキシジンクプライマー(T/uP) ピュアエポキシA/C (100) ×②	ピュアエポキシ(厚膜) (2000~3000) ×①	エポキシジンクプライマー(T/uP) ピュアエポキシ (100) ×② ピュアエポキシ(上塗) (35) ×①
H	シンクリッヂプライマー タールエポキシ ピニールタール A/F(SPN-2) A/F(SPN-3) ×①	×① (15) ×② (100) ×③ (50) ×④ (100)	シンクリッヂプライマー エポキシ ウレタン(上塗) ×① (15) (40)
K	タールエポキシ(ガラスフレーク) ×① (250)	ピュアエポキシプライマー (30) ×① ピュアエポキシ(ガラスフレーク) ×① (250)	変性エポキシ(ガラスフレーク) ×① (250)
L	エポキシプライマー(フレーク) ×① (40) タールエポキシ(フレーク) ×① (500~700)	エポキシプライマー(フレーク) ×① (40) エポキシ(フレーク) ×① (500~750)	エポキシプライマー(フレーク) ×① (40) エポキシ(フレーク) ×① (500~500) ウレタン(下塗) (40) ×① ウレタン(上塗) (40) ×①
M	エポキシ(ガラスフレーク) ×① (750)		
2. 甲板及び甲板室			
D	甲板室外板 無機ジンク(厚膜) エポキシA/C ウレタン(中塗) 弐素系(上塗)		
	×① (75) ×② (60) ×③ (30) ×④ (25)		

表 3.2.11(1) 大気中暴露（三鷹市、船研構内）、インビーダンス、防食仕様 A1 (1 kHz)

期間 月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 初期抵抗	初期容量 (PF)	暴露後容量 (PF)	初期tanδ	暴露後tanδ	初期tanδ	暴露後tanδ
12 ヶ月	A1-1	7.68	5.73	0.68	1.42.6	2.03.5	0.143	0.145	0.147	1.14
	A1-2	1.26	9.01	1.15	3.27.2	1.70.4	0.52	0.384	0.233	0.57
	A1-3	3.84	10.35	2.30	1.77.7	3.65.4	0.96	0.233	0.130	0.56
	平均値	4.26	8.19	1.92	2.15.8	2.46.4	1.34	0.253	0.170	0.68

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.11(2) 大気中暴露（三度市、船研構内）、インビーダンス、防食仕様B1 (1 kHz)

期間 ヶ月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 初期抵抗	初期容量 (pF)	暴露後容量 (pF)	暴露後容量 初期容量	初期tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
								暴 露 後	暴 露 前
12 ケ 月	B1-1	12.51	10.15 12.26	0.81 0.98	292.1 270.3	284.7 0.93	0.97 0.93	0.041	0.055 0.048
	B1-2	12.51	11.08 6.48	0.89 0.52	315.5 394.8	317.1 1.25	1.01 1.25	0.037	0.045 0.062
	B1-3	5.88	7.44 8.49	1.27 1.44	370.1 377.2	357.3 1.02	0.97 1.02	0.055	0.060 0.050
平均値	10.29	9.56 9.08	0.93 0.88	325.9 347.4	319.7 1.07	0.98 1.07	0.043	0.053 0.052	1.23 1.21

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.11(3) 大気中暴露（三度市、船研構内）、インビーダンス、防食仕様B2 (1 kHz)

期間 ヶ月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 初期抵抗	初期容量 (pF)	暴露後容量 (pF)	暴露後容量 初期容量	初期tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
12 ケ 月	B2-1	4.17	2.23 1.83	0.53 0.44	289.5 913.1	875. 3.15	3.02 3.15	0.132	0.081 0.094
	B2-2	4.76	2.22 2.92	0.47 0.61	240.1 1401.	855. 0.04	3.56 3.04	0.139	0.082 0.06
	B2-3	4.76	1.94 2.92	0.41 0.61	268.7 731.1	965. 2.72	3.59 2.72	0.125	0.085 0.075
平均値	4.56	2.13 2.56	0.47 0.56	266.1 791.8	820. 2.97	3.08 2.97	0.132	0.083 0.081	0.63 0.61

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3. 2. 11(4) 大気中暴露（三慶市、船研構内）、インピーダンス、防食仕様D1 (1 kHz)

期 間 月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期抵抗 暴露後抵抗 (PF)	初期容量 暴露後容量 (PF)	初期容量 暴露後容量 初期容量	初期tanδ 暴露後tanδ 初期tanδ
D1-1	8.33	1.4.34	1.72	1.54.6	1.40.8	0.91	0.078
		17.25	2.07	181.9	1.18	0.051	0.62
D1-2	5.48	8.68	1.58	2.31.7	2.08.3	0.90	0.089
		8.97	1.64		2.12.8	0.92	0.083
D1-3	6.66	1.1.89	1.79	1.92.9	1.75.4	0.91	0.077
		11.84	1.78		1.72.9	0.90	0.078
平均値	6.82	1.1.64	1.71	1.93.1	1.74.8	0.91	0.081
		12.68	1.86		1.89.2	0.98	0.071

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3. 2. 11(5) 大気中暴露（三慶市、船研構内）、インピーダンス、防食仕様E1 (1 kHz)

期 間 月	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期抵抗 暴露後抵抗 (PF)	初期容量 暴露後容量 (PF)	初期容量 暴露後容量 初期容量	初期tanδ 暴露後tanδ 初期tanδ
E1-1	5.55	7.07	1.27	3.31.1	3.01.9	0.91	0.076
		6.02	1.09		2.40.4	0.73	0.112
E1-2	9.09	13.98	1.54	2.40.1	2.28.6	0.95	0.050
		8.77	0.96		2.61.7	1.09	0.069
E1-3	5.25	9.06	1.71	3.76.6	3.59.4	0.95	0.049
		6.69	1.27		3.16.0	0.84	0.076
平均値	6.63	10.04	1.51	3.15.9	2.96.6	0.94	0.058
		7.16	1.08		2.72.7	0.86	0.085

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.11(6) 大気中暴露（三度市、船研構内）、インビーダンス、防食仕様K1 (1 kHz)

期 間	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期抵抗 暴露後抵抗 (PF)	初期容量 (PF)	暴露後容量 初期容量	初期tanδ	暴露後tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
12 ヶ月	K1-1	5.25	5.23	0.99	357.1	355.5	0.99	0.085	0.085
		12.56	2.26		293.9	0.82		0.043	0.51
K1-2	11.10	9.01	0.81	266.1	277.4	1.04	0.055	0.059	1.07
		10.88	0.98		320.8	1.21		0.046	0.84
K1-3	5.88	10.35	1.76	389.6	359.1	0.92	0.070	0.043	0.61
		14.48	2.46		228.1	0.59		0.048	0.69
平均値	7.41	8.19	1.11	337.6	330.7	0.98	0.069	0.062	0.90
		12.64	1.71		280.9	0.87		0.046	0.67

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3.2.11(7) 大気中暴露（三度市、船研構内）、インビーダンス、防食仕様H1 (1 kHz)

期 間	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	初期抵抗 暴露後抵抗 (PF)	初期容量 (PF)	暴露後容量 初期容量	初期tanδ	暴露後tanδ	暴露後tanδ 初期tanδ
12 ヶ月	H1-1	9.06	4.82	0.53	383.1	469.9	1.23	0.046	0.070
		4.89	0.54		439.6	1.15		0.074	1.61
H1-2	10.27	4.24	0.41	409.8	459.9	1.12	0.038	0.081	2.13
		6.55	0.64		377.2	0.92		0.065	1.71
H1-3	11.97	4.95	0.41	352.5	425.9	1.21	0.038	0.076	2.00
		3.76	0.31		528.1	0.67		0.080	2.11
平均値	10.43	4.67	0.45	381.8	451.9	1.18	0.041	0.076	1.85
		5.06	0.49		448.3	1.27		0.073	1.78

(注) 暴露後の各計測値の上段は受光面、下段は非受光面を示す。

表3. 2. 12 (1) 大気中暴露（三度市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様 A 1

期間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (Kgf/cm ²)	暴露後 (Kgf/cm ²)	初期値	暴露後 (mm)	暴露後／初期値
12ヶ月	A 1 - 1		9.5 / 6.8	2.11 / 1.51	10.9	1.03
	A 1 - 2		8.7 / 6.5	1.93 / 1.44		
	A 1 - 3		7.5 / 7.5	1.67 / 1.63	14.3	1.35
月	平均	45.0 <	77.0 / 71.3	17.1 / 1.58	12.3	1.16

表3. 2. 12 (2) 大気中暴露（三度市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様 B 1

期間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ		
		初期値 (Kgf/cm ²)	暴露後 (Kgf/cm ²)	初期値	暴露後 (mm)	暴露後／初期値
12ヶ月	B 1 - 1		6.0 < / 2.0 <	1.33 / 0.44	N C	
	B 1 - 2		6.0 < / 2.8 <	1.33 / 0.62		
	B 1 - 3		6.0 < / 2.0 <	1.33 / 0.44	N C	
月	平均	45.0 <	60.0 / 30.8	1.33 / 0.68	N C	N C

表 3 . 2 . 12 (3) 大気中曝露（三鷹市、船研構内）・付着力・曲げ試験結果、防食仕様 B 2

期間	試験片番号	付着力		初期値 (mm)	暴露後 (mm)	初期値／暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)	初期値／暴露後／初期値
		初期値 (Kgf/cm²)	暴露後 (Kgf/cm²)						
ヶ月	B 2 - 1	90 / 85	1.50 / 1.42	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	B 2 - 2	90 / 60	1.50 / 1.00						
	B 2 - 3	70 / 65 <	1.17 / 1.08						
	平均	92 / 95	1.53 / 1.58						
	B 2 - 1	70 / 100	1.17 / 1.67						
	平均	79.2 / 84.8	1.32 / 1.41						

表 3 . 2 . 12 (4) 大気中曝露（三鷹市、船研構内）・付着力・曲げ試験結果、防食仕様 D 1

期間	試験片番号	付着力		初期値 (mm)	暴露後 (mm)	初期値／暴露後／初期値	初期値 (mm)	暴露後 (mm)	初期値／暴露後／初期値
		初期値 (Kgf/cm²)	暴露後 (Kgf/cm²)						
ヶ月	D 1 - 1	60 < / 65 <	0.94 / 1.02	1.6 . 6	1.6 . 6	1.6 . 6	1.6 . 6	1.6 . 6	1.6 . 6
	D 1 - 2	70 < / 70 <	1.10 / 1.10						
	D 1 - 3	60 < / 75 <	0.94 / 1.18						
	平均	63.8 <	0.94 / 1.25						
	D 1 - 1	60 < / 80 <	0.94 / 1.25						
	平均	75.0 / 73.8	1.18 / 1.16						

表3. 2. 12 (5) 大気中暴露（三慶市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様E 1

期間 ヶ月	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ			
		初期値 (kgf/cm^2)	暴露後 (kgf/cm^2)	初期値	(mm)	暴露後 (mm)	暴露後／初期値
E 1 - 1	12	1.7 < / 2.1 <	0.28 / 0.35			NC	
		5.1 < / 1.8 <	0.85 / 0.30			NC	
		5.1 < / 1.3 <	0.85 / 0.22			NC	
E 1 - 2		2.0 < / 2.0 <	0.33 / 0.33			NC	
		3.0 < / 2.5 <	0.50 / 0.42			NC	
		4.1 < / 1.8 <	0.68 / 0.30			NC	
E 1 - 3		35.0 / 19.2	0.58 / 0.32	NC		NC	
	平均	60.0 <		NC		NC	

表3. 2. 12 (6) 大気中暴露（三慶市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様K 1

期間 ヶ月	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ			
		初期値 (kgf/cm^2)	暴露後 (kgf/cm^2)	初期値	(mm)	暴露後 (mm)	暴露後／初期値
K 1 - 1	12	3.0 < / 5.5 <	0.53 / 0.98			NC	
		2.5 < / 6.0 <	0.44 / 1.07			NC	
		2.5 < / 4.5 <	0.44 / 0.80			NC	
K 1 - 2		2.0 < / 5.0 <	0.36 / 0.89			NC	
		3.0 < / 4.5 <	0.53 / 0.80			NC	
		4.0 < / 4.6 <	0.71 / 0.82			NC	
K 1 - 3		28.3 / 50.2	0.50 / 0.89	NC		NC	
	平均	56.3 <		NC		NC	

表3.2.12(7) 大気中暴露（三慶市、船研構内）、付着力、曲げ試験結果、防食仕様H1

期 間	試験片番号	付着力		キレツ発生たわみ	
		初期値 (kgf/cm ²)	暴露後 (kgf/cm ²)	初期値 / 初期値	初期値 (mm)
12 ヶ月	H1-1	30/60	0.86/1.71		9.8
	H1-2	35/60	1.00/1.71		
	H1-3	30/60	0.86/1.71		17.0
月	平均	28.3/56.3	0.81/1.61	16.1	12.5
					0.78

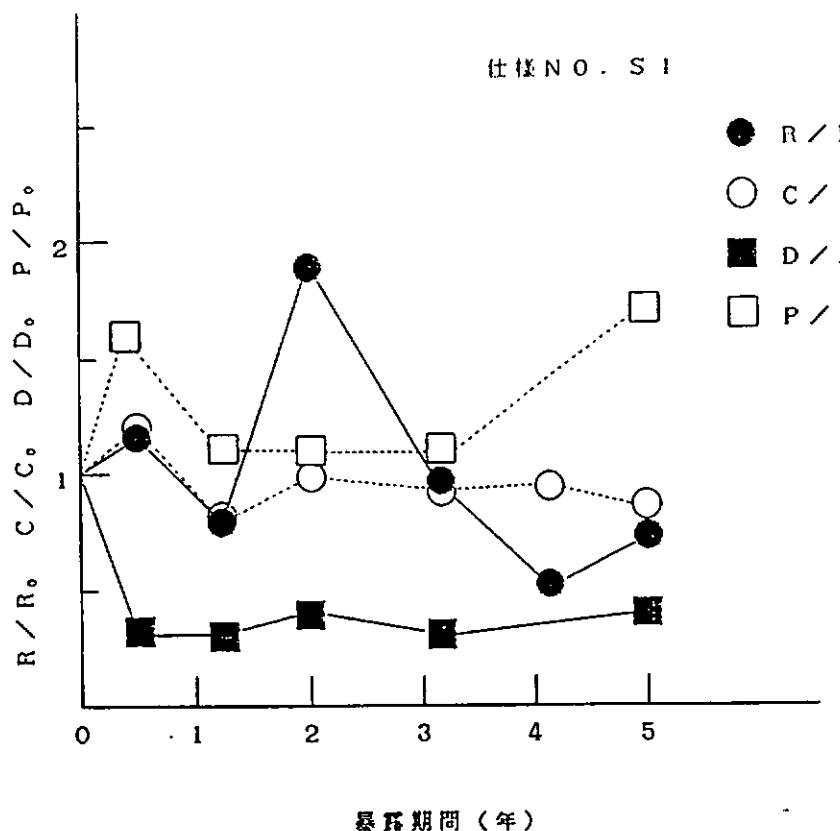


図 3 . 2 . 1 (1) 大気中暴露（三度市、船研構内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, 防食仕様 N o . S 1

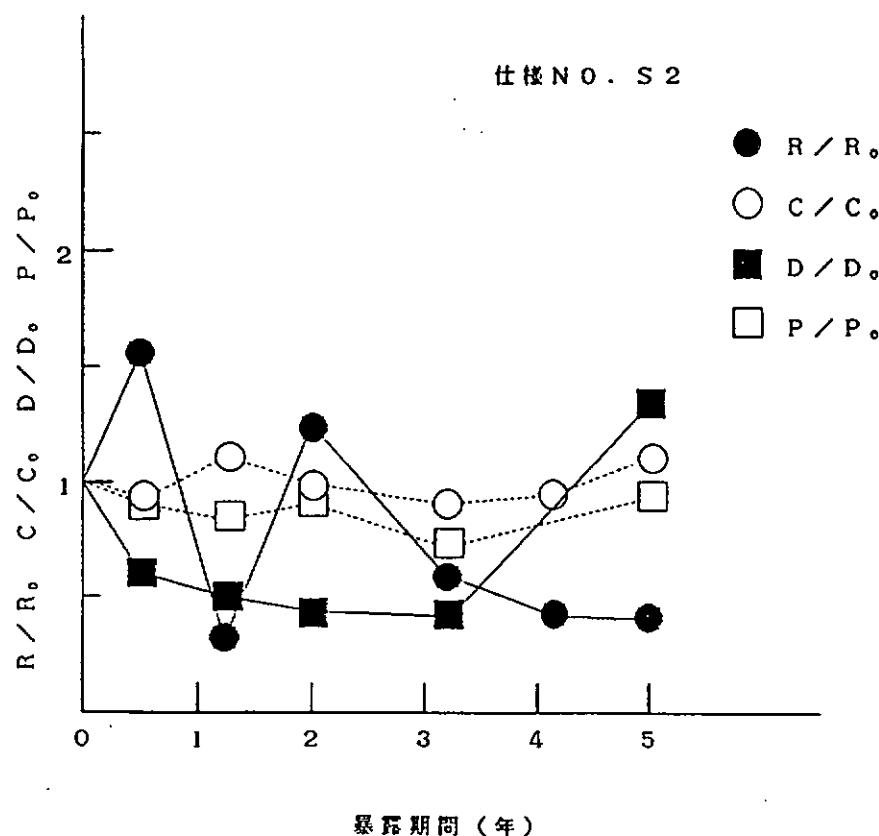


図 3 . 2 . 1 (2) 大気中暴露（三度市、船研構内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, 防食仕様 N o . S 2

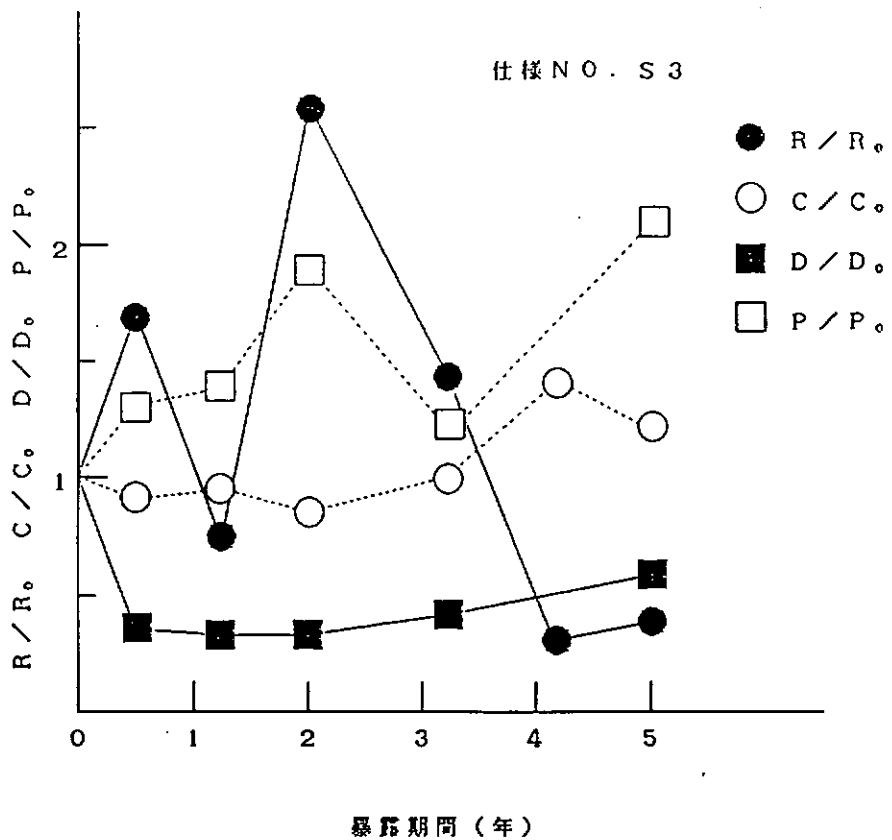


図 3 . 2 . 1 (3) 大気中暴露（三塗市、船研構内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, 防食仕様 N O . S 3

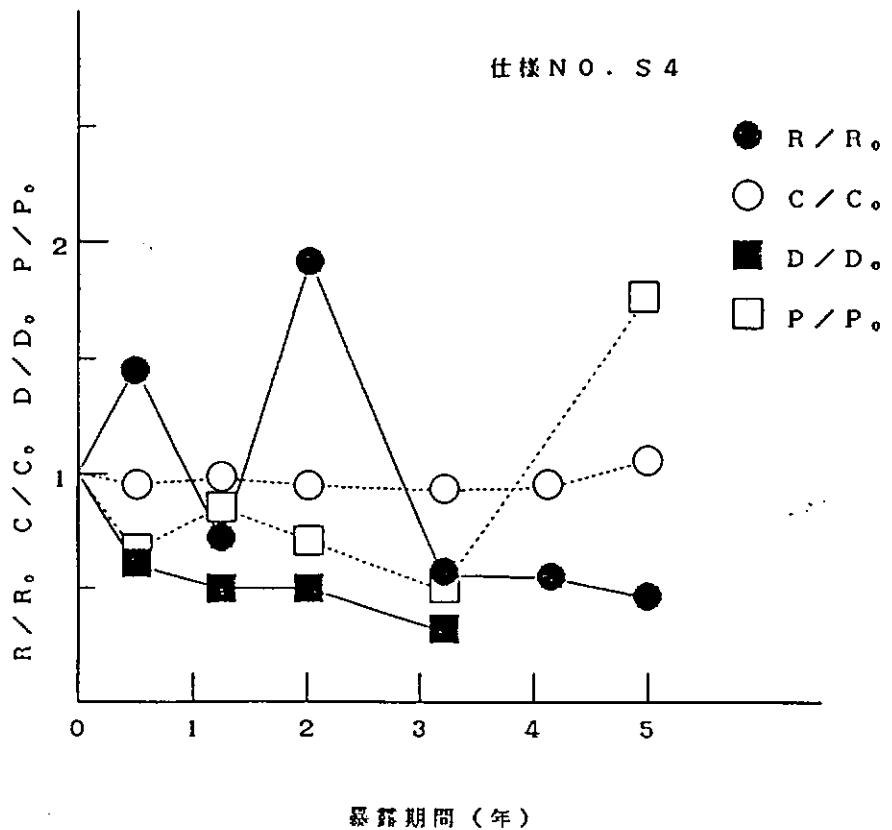


図 3 . 2 . 1 (4) 大気中暴露（三塗市、船研構内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, 防食仕様 N O . S 4

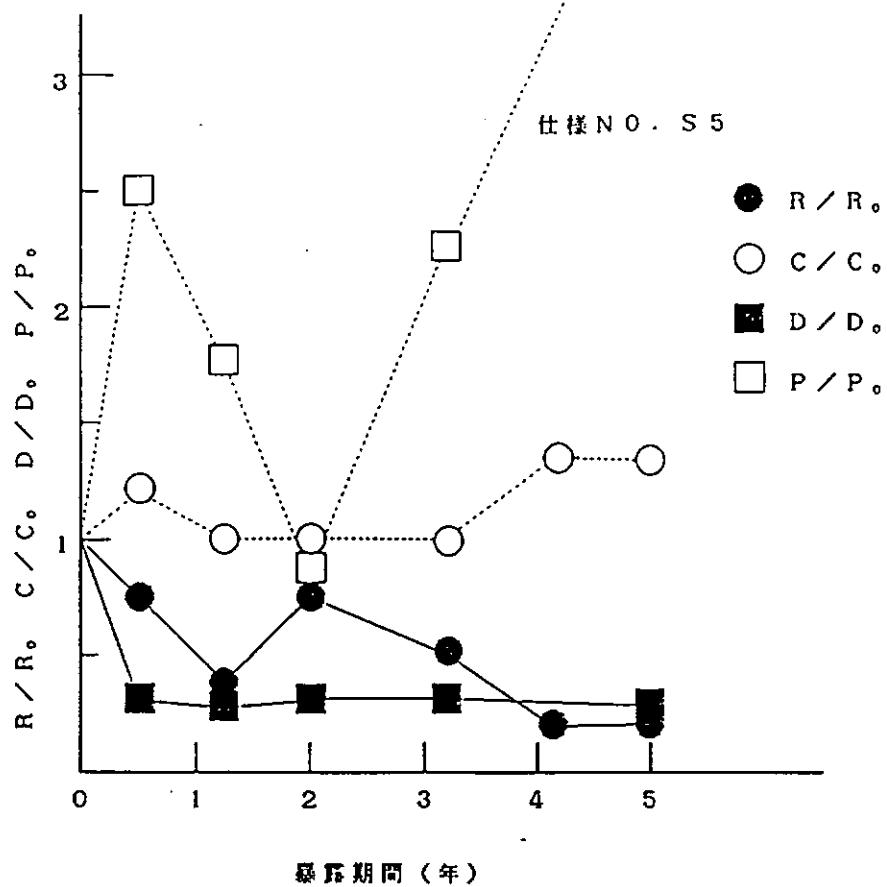


図 3. 2. 1 (5) 大気中暴露（三度市、船研棟内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, 防食仕様 N o . S 5

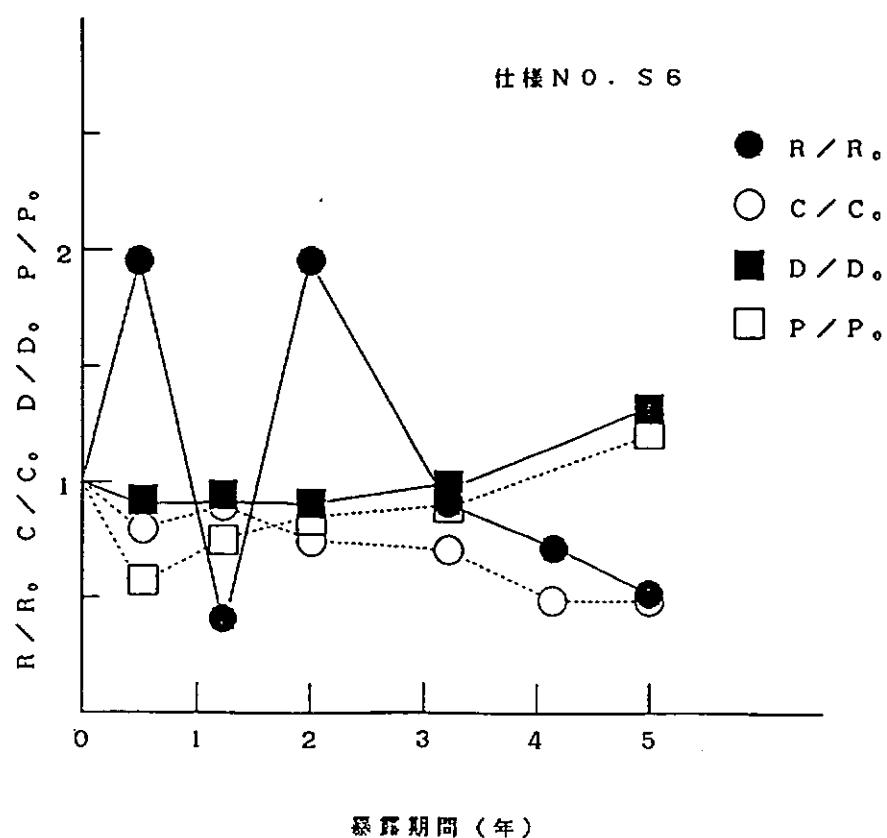


図 3. 2. 1 (6) 大気中暴露（三度市、船研棟内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, 防食仕様 N o . S 6

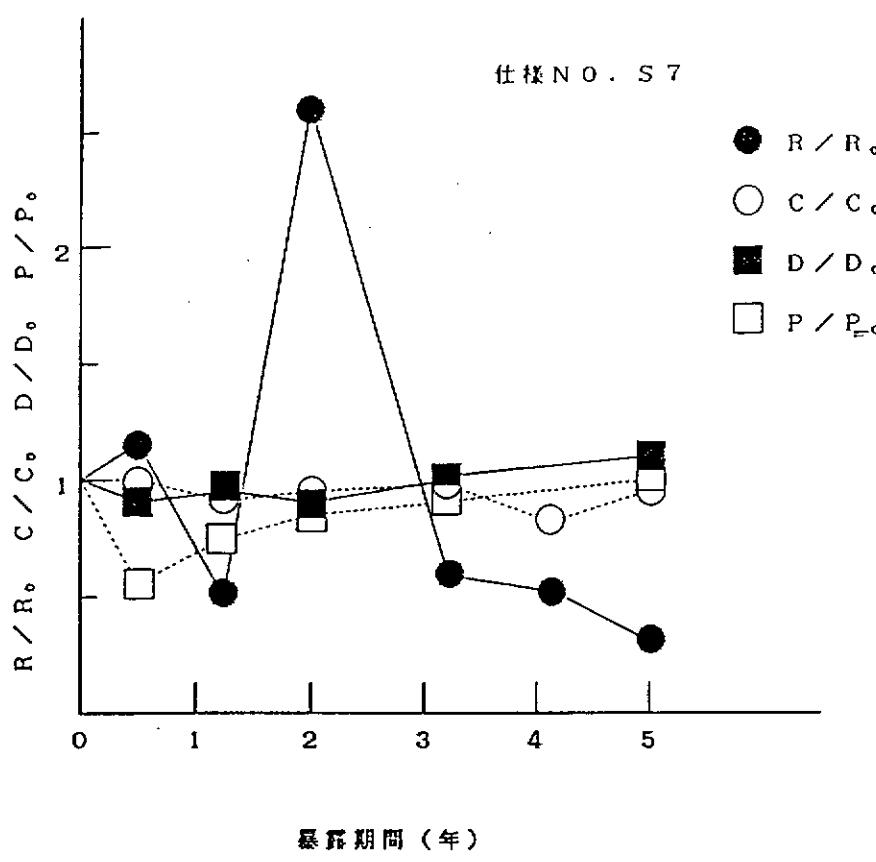


図 3 . 2 . 1 (7) 大気中暴露（三塙市、船研構内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, 防食仕様 N o . S 7

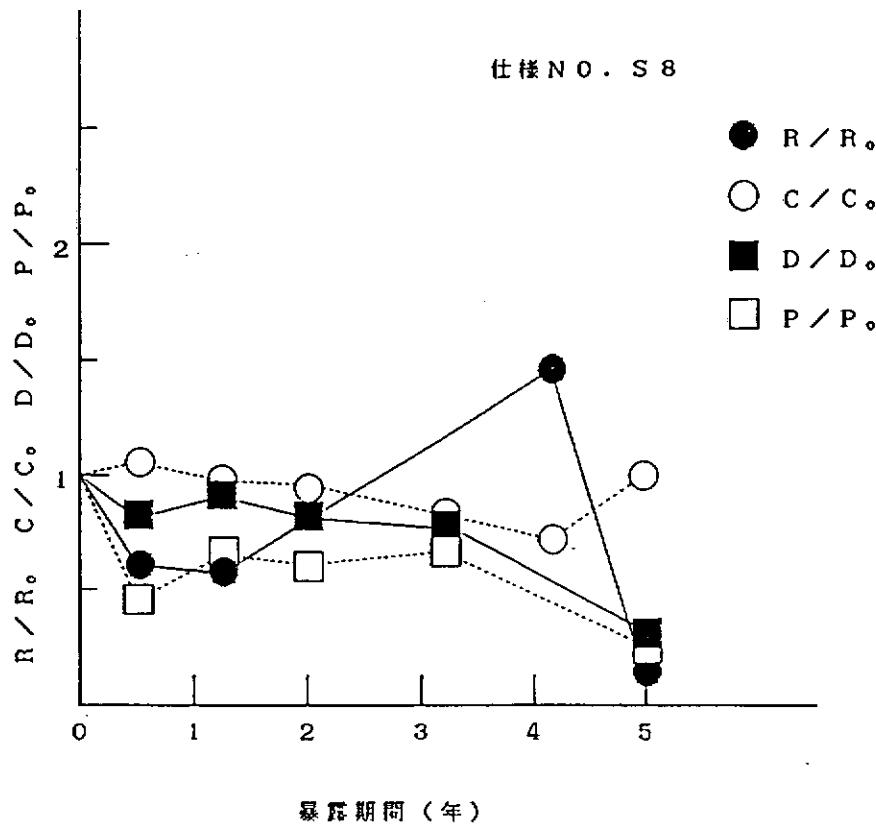


図 3 . 2 . 1 (8) 大気中暴露（三塙市、船研構内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, 防食仕様 N o . S 8

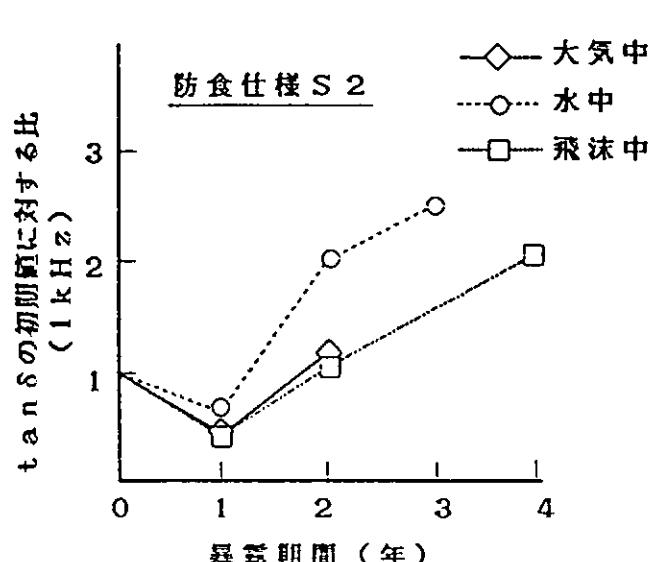
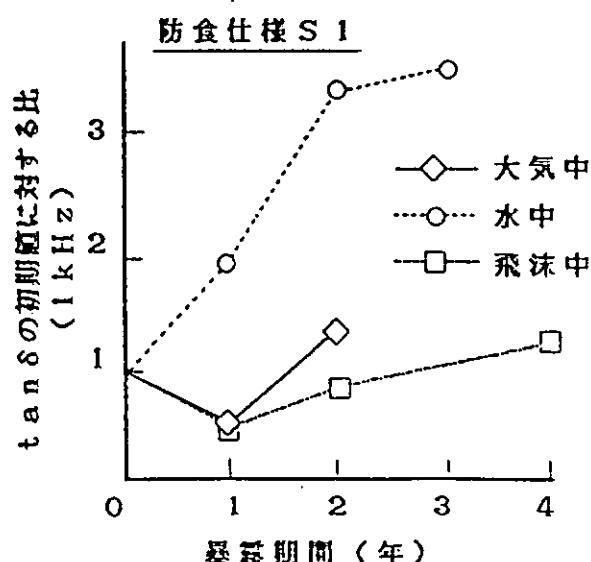
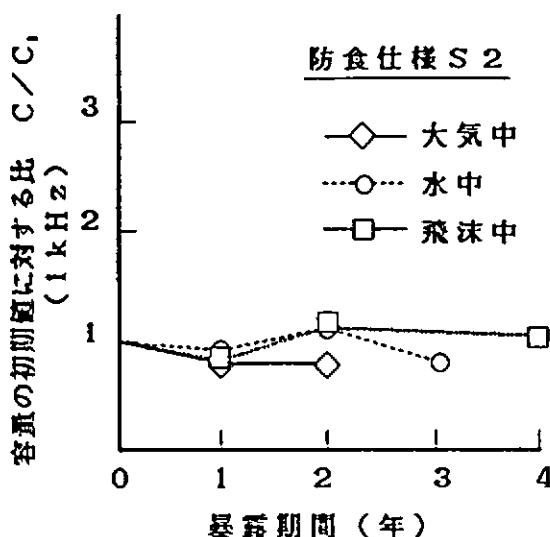
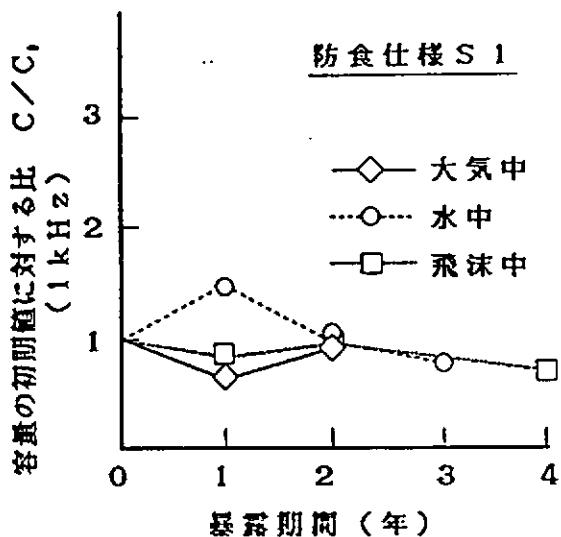
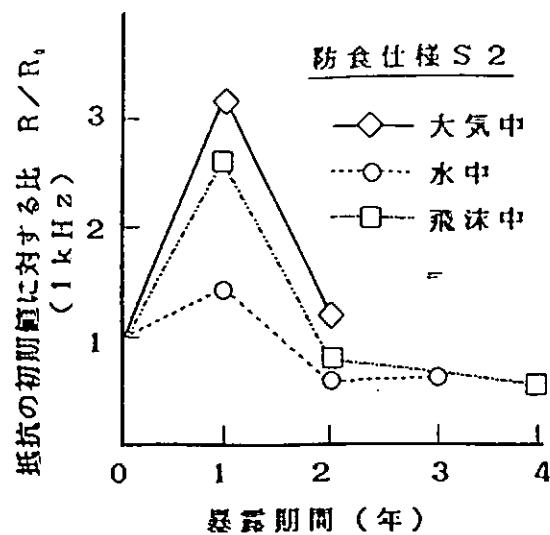
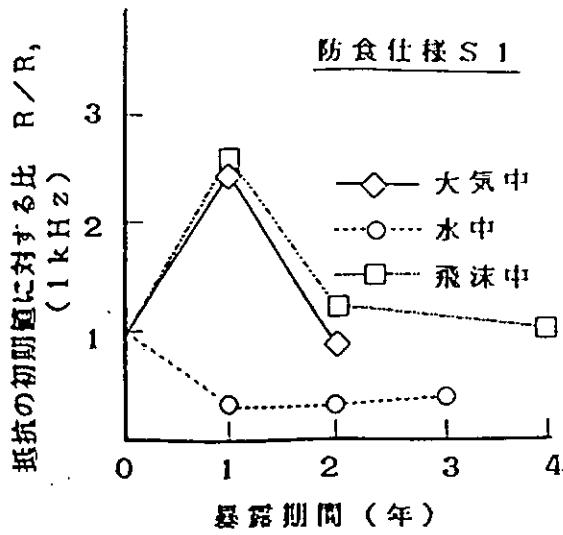


図3.2.2(1) 大井川港沖暴露でのインピーダンス変化 (1 kHz) 防食仕様N O. S 1

図3.2.2(2) 大井川港沖暴露でのインピーダンス変化 (1 kHz) 防食仕様N O. S 2

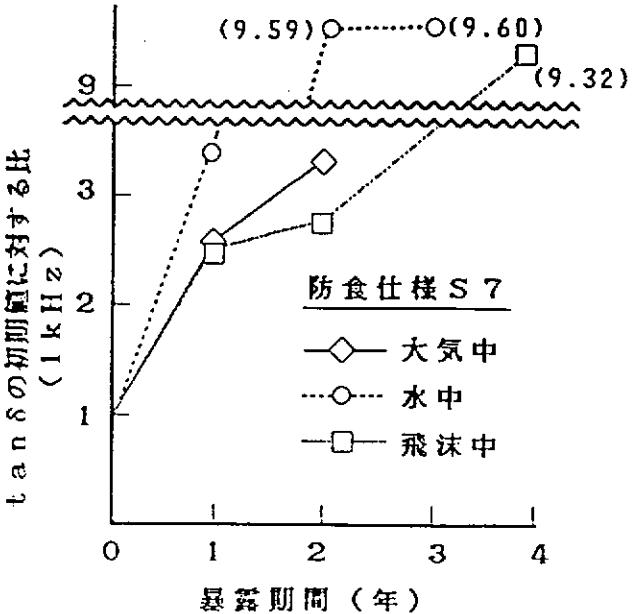
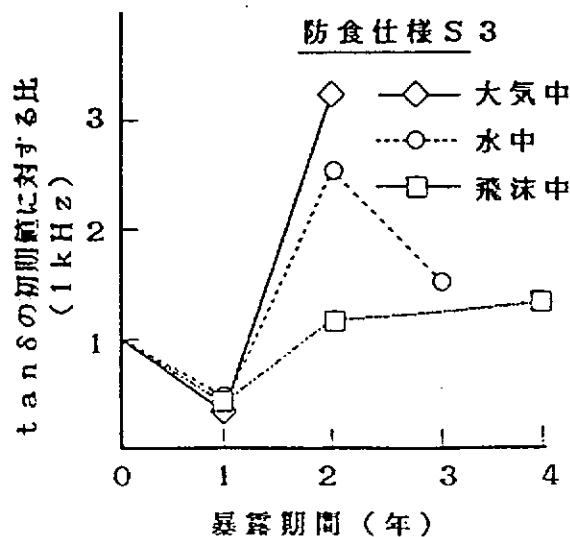
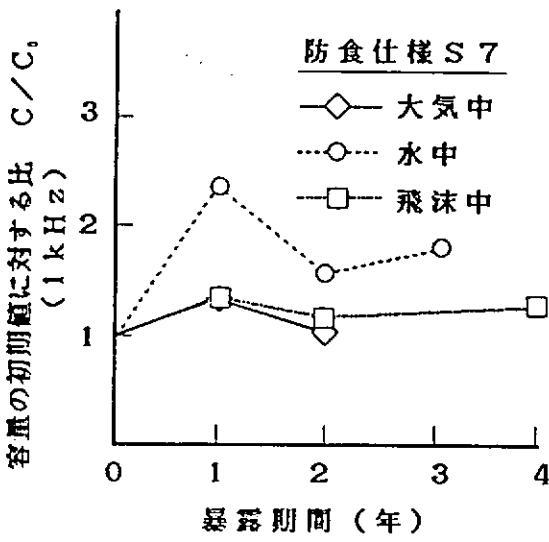
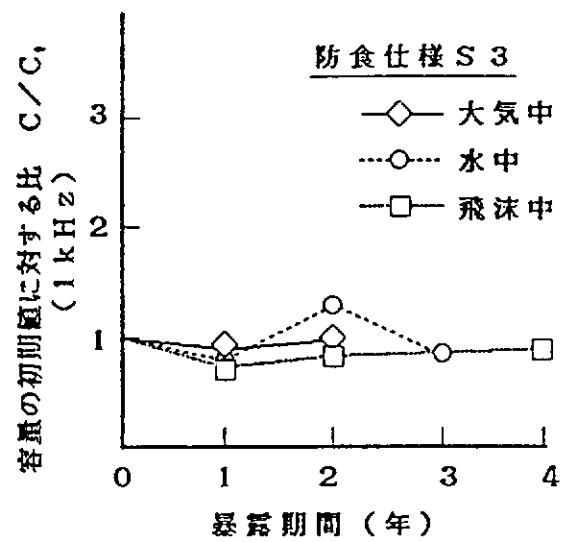
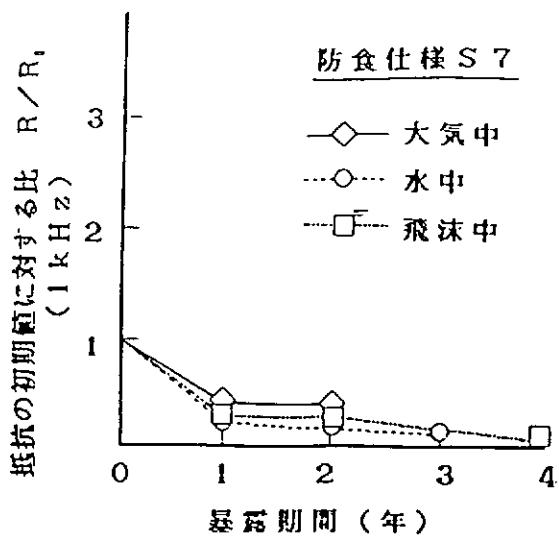
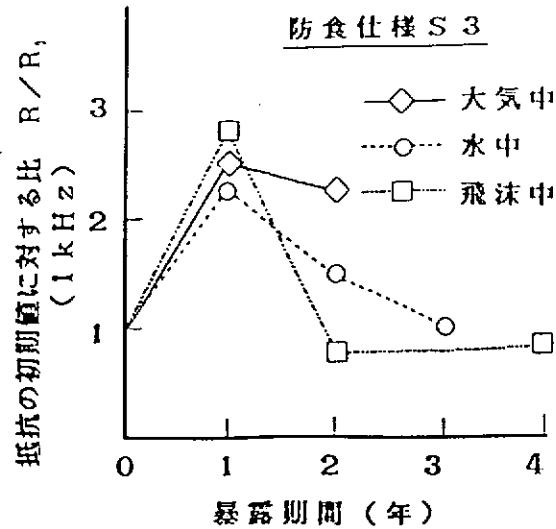


図3.2.2(3) 大井川港沖暴露でのインピーダンス変化(1 kHz)防食仕様N.O. S 3

図3.2.2(4) 大井川港沖暴露でのインピーダンス変化(1 kHz)防食仕様N.O. S 7

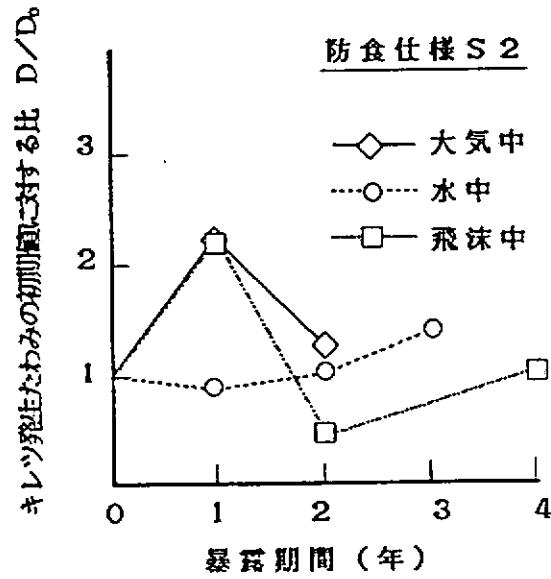
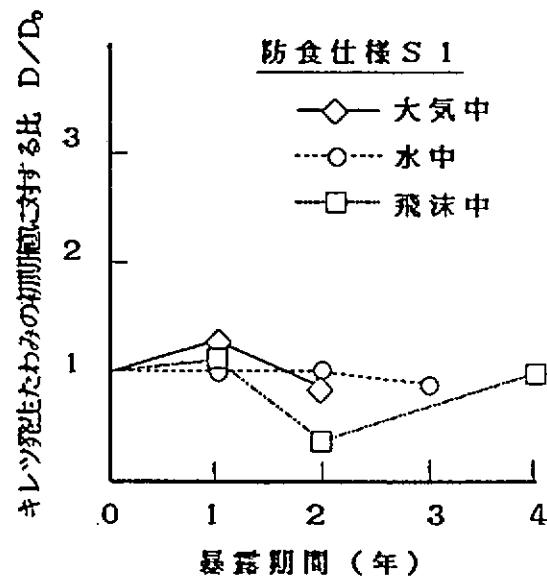
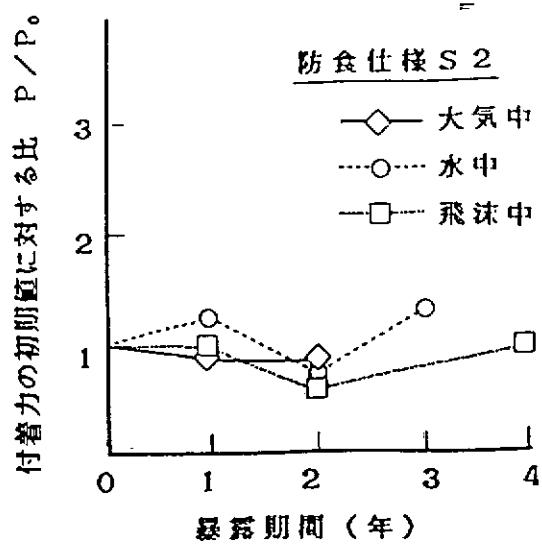
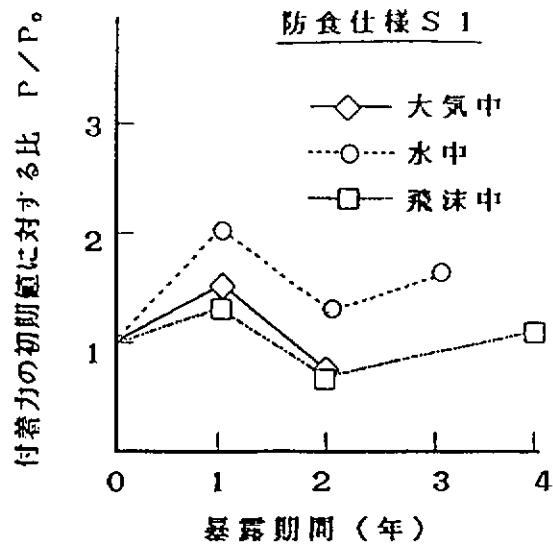


図3.2.3(1) 大井川港沖暴露での付着力、曲げ試験結果、防食仕様N O. S 1

図3.2.3(2) 大井川港沖暴露での付着力、曲げ試験結果、防食仕様N O. S 2

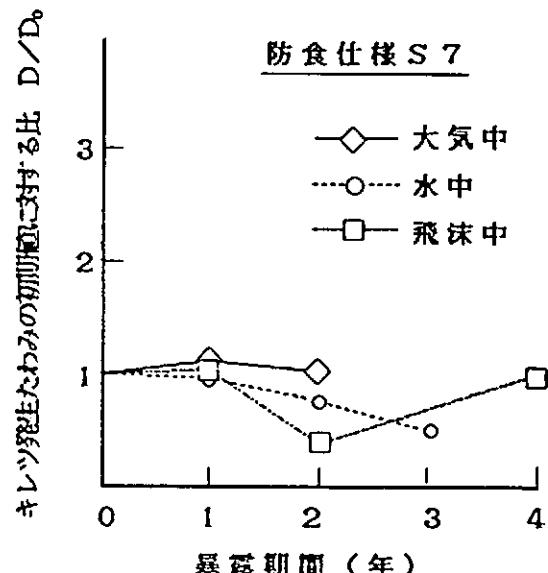
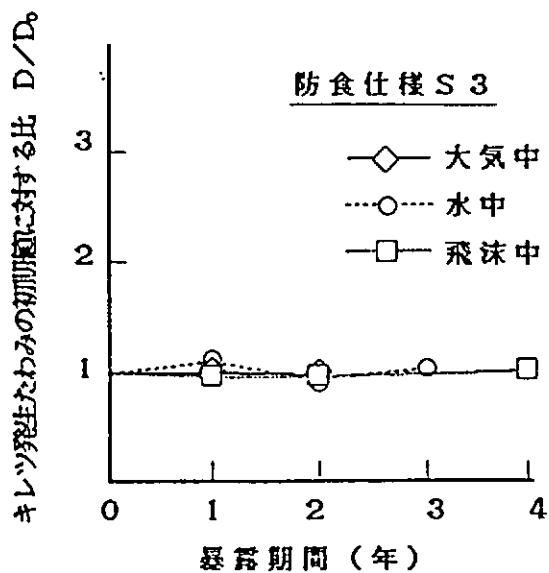
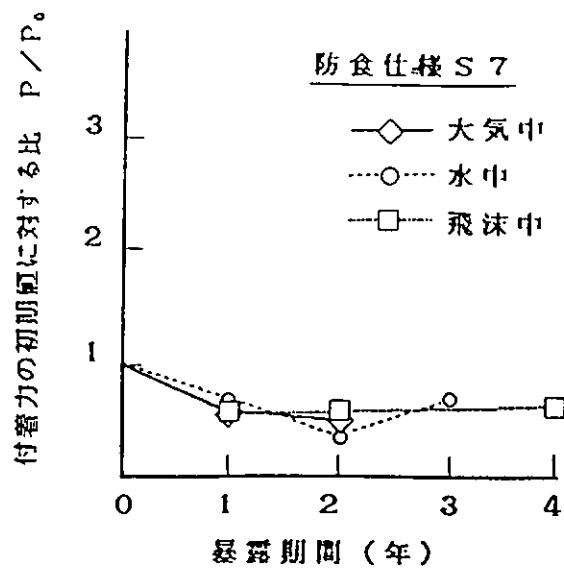
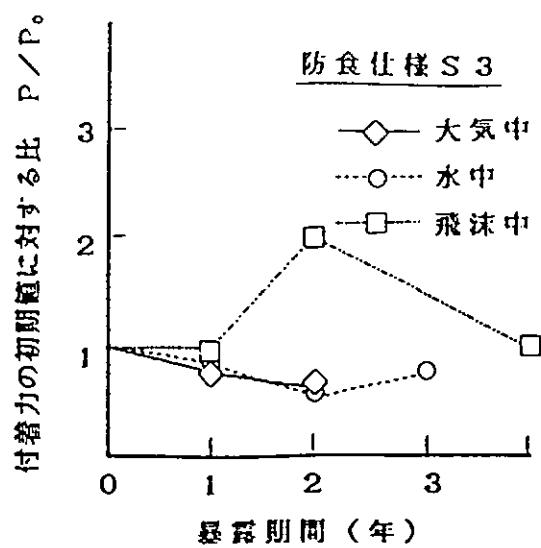


図3.2.3(3) 大井川港沖暴露での付着力、曲げ試験結果、防食仕様N O. S 3

図3.2.3(4) 大井川港沖暴露での付着力、曲げ試験結果、防食仕様N O. S 7

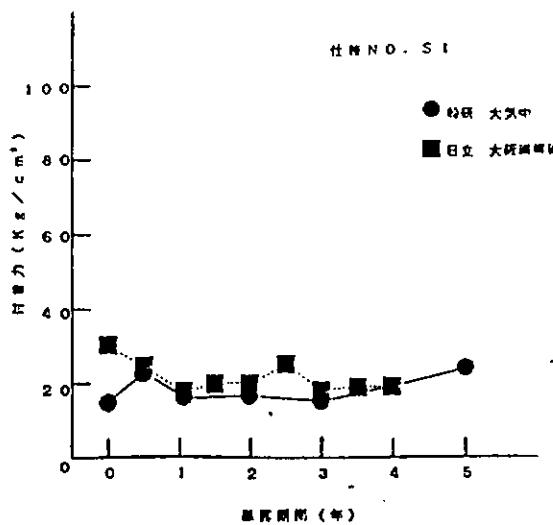


図3.2.4(1) 付着力変化、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S1)

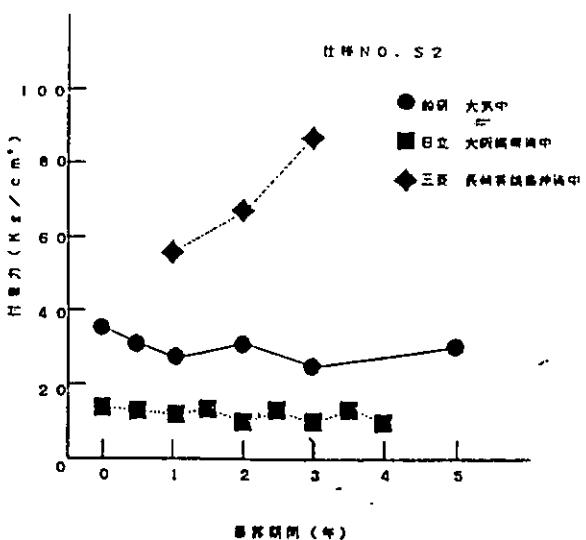


図3.2.4(2) 付着力変化、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S2)

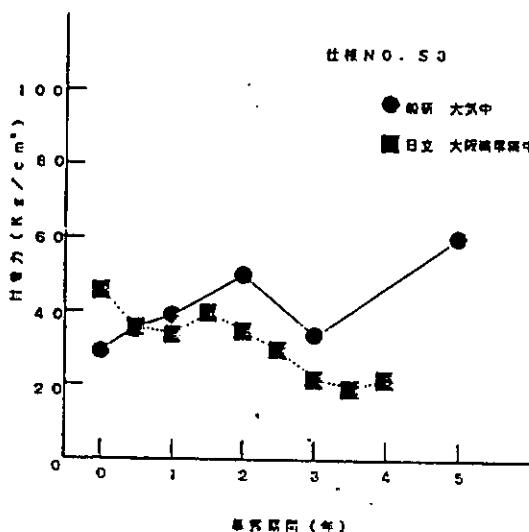


図3.2.4(3) 付着力変化、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S3)

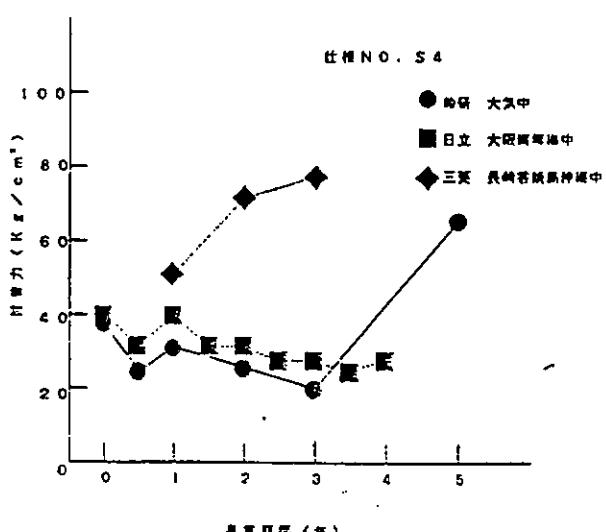


図3.2.4(4) 付着力変化、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S4)

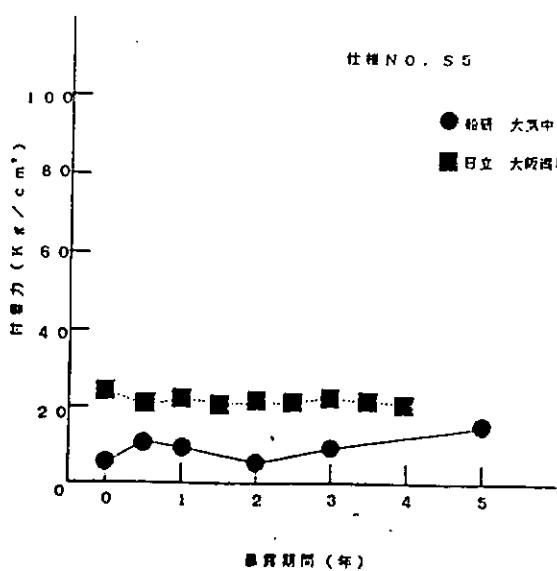


図3.2.4(5) 付着力変化、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S5)

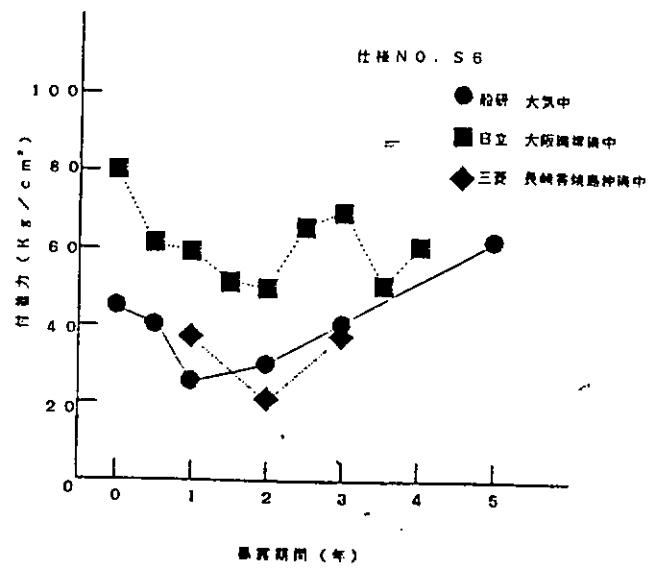


図3.2.4(6) 付着力変化、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S6)

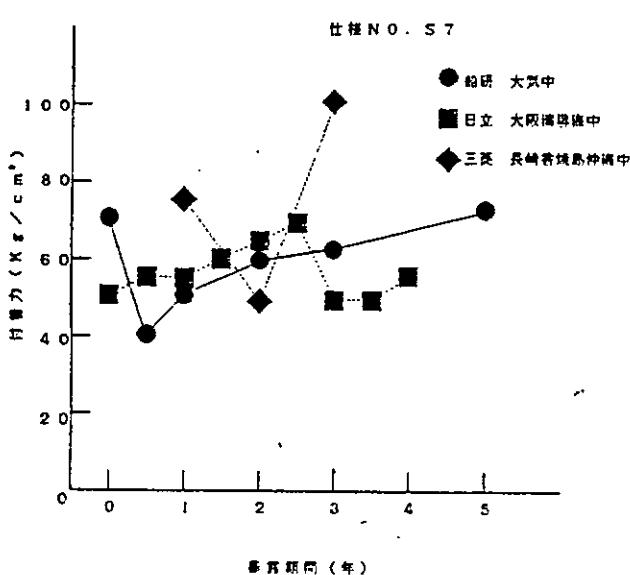


図3.2.4(7) 付着力変化、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S7)

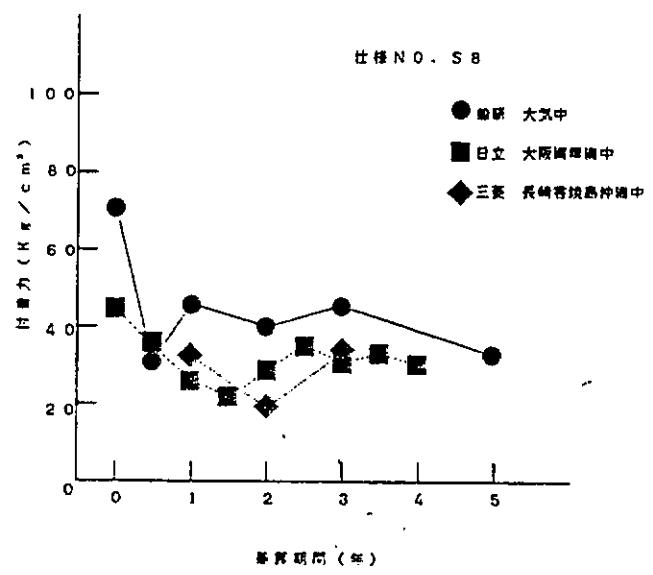


図3.2.4(8) 付着力変化、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S8)

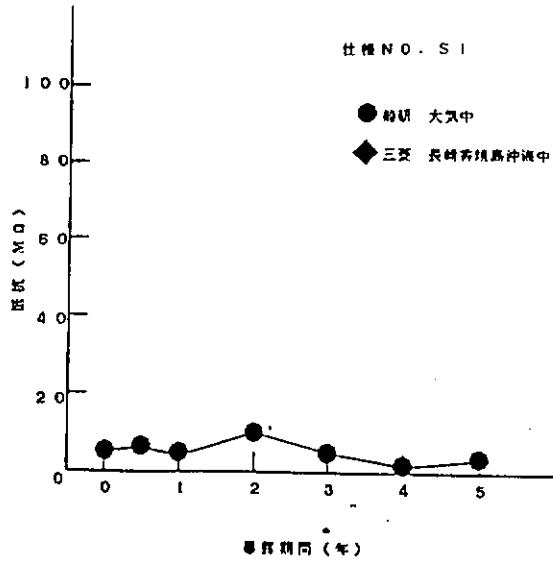


図3.2.5(1) 交換抵抗変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S1)

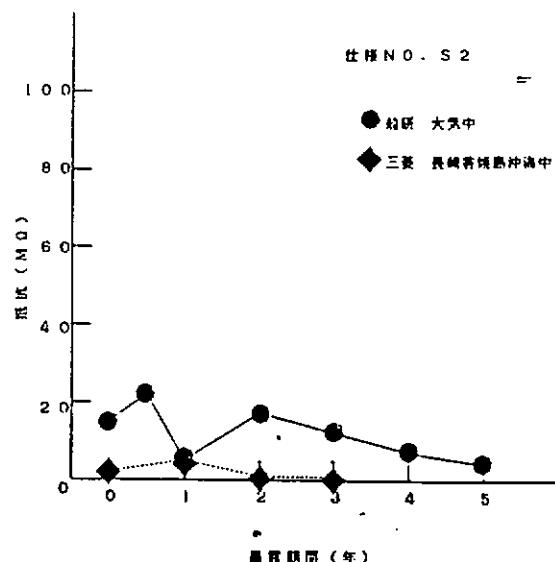


図3.2.5(2) 交換抵抗変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S2)

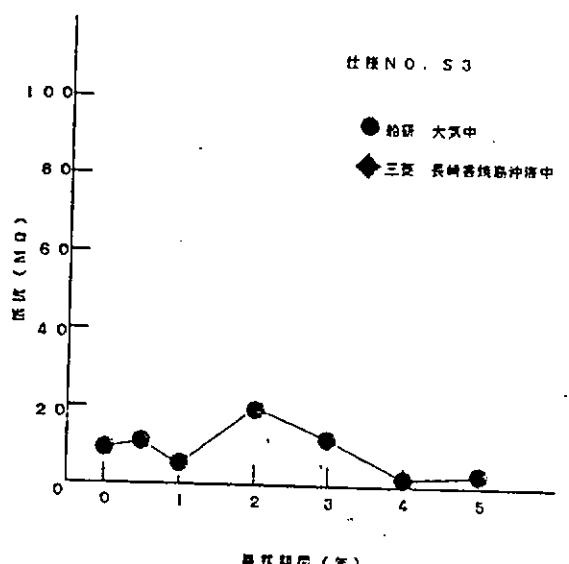


図3.2.5(3) 交換抵抗変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S3)

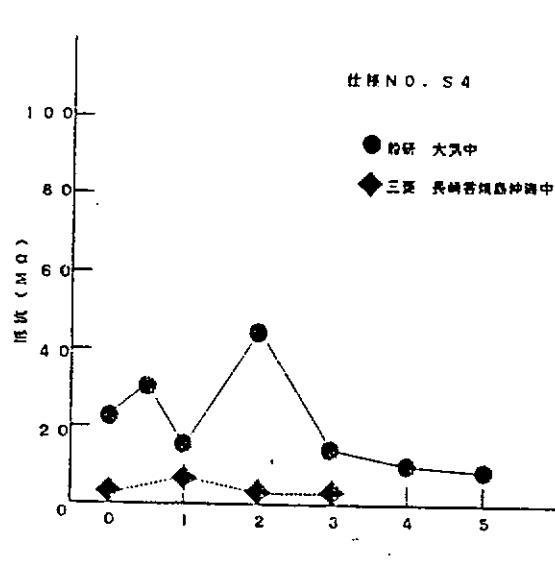


図3.2.5(4) 交換抵抗変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S4)

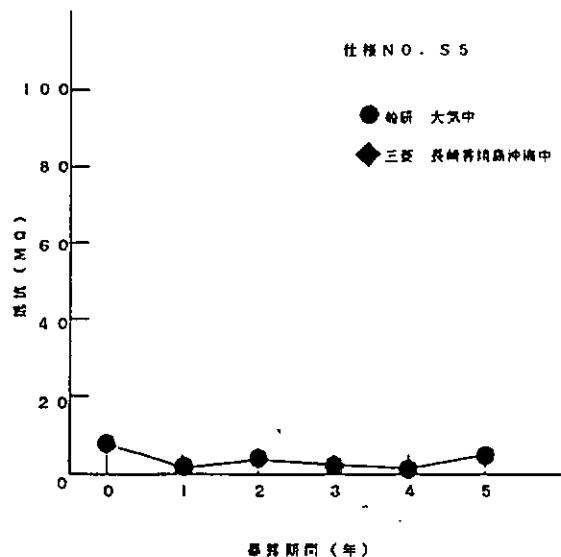


図3.2.5(5) 交流抵抗変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様 N.O. S5)

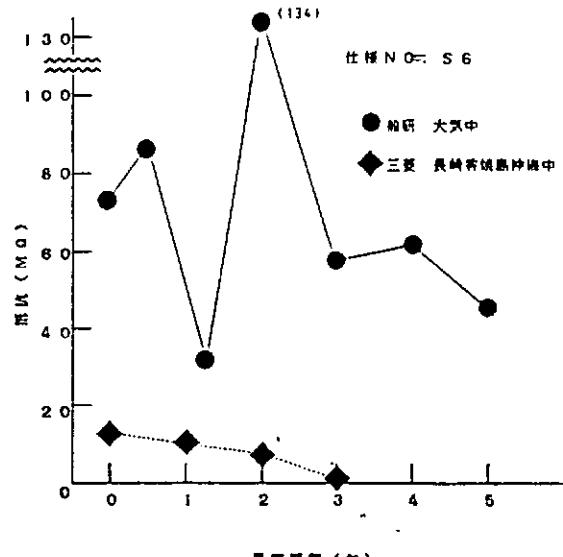


図3.2.5(6) 交流抵抗変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様 N.O. S6)

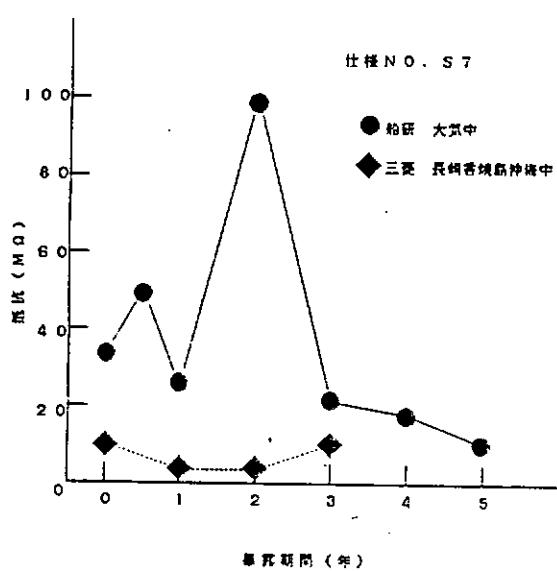


図3.2.5(7) 交流抵抗変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様 N.O. S7)

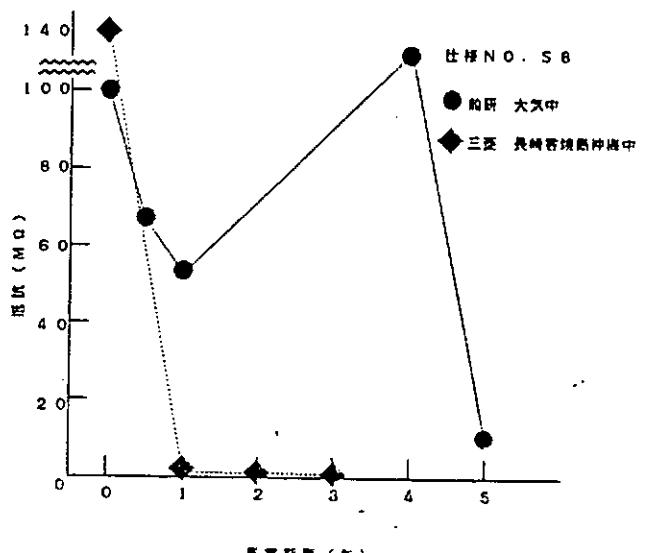


図3.2.5(8) 交流抵抗変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様 N.O. S8)

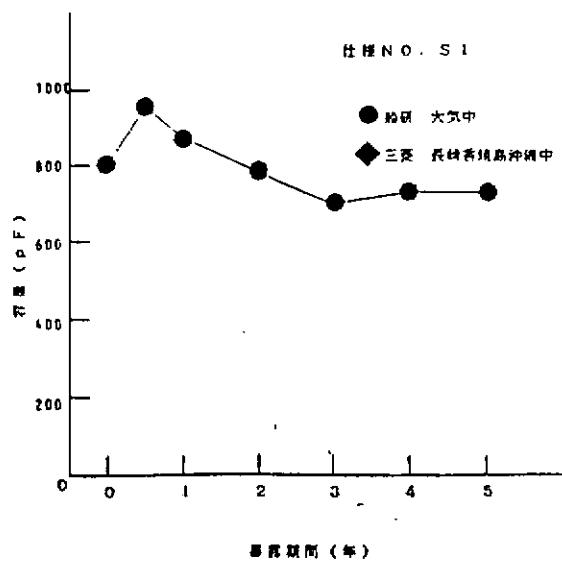


図3.2.6(1) 交換容量変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S1)

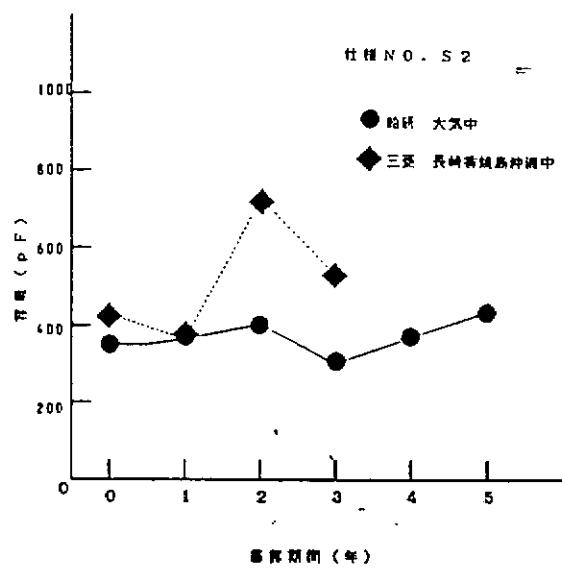


図3.2.6(2) 交換容量変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S2)

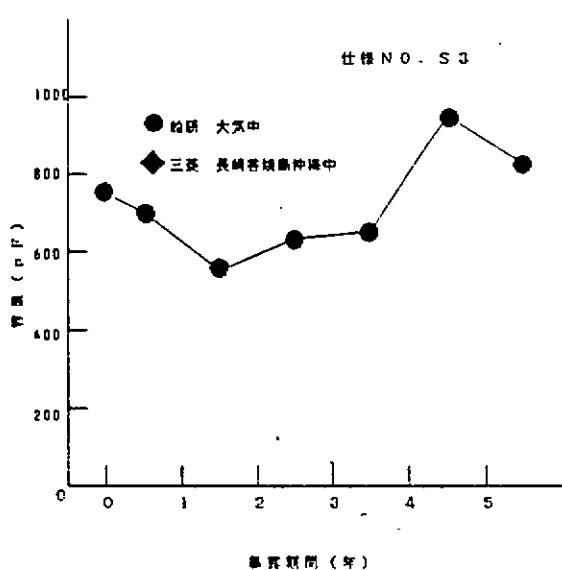


図3.2.6(3) 交換容量変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S3)

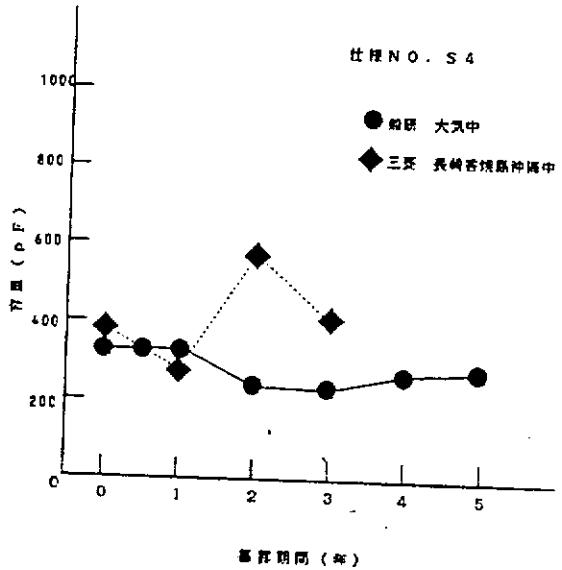


図3.2.6(4) 交換容量変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S4)

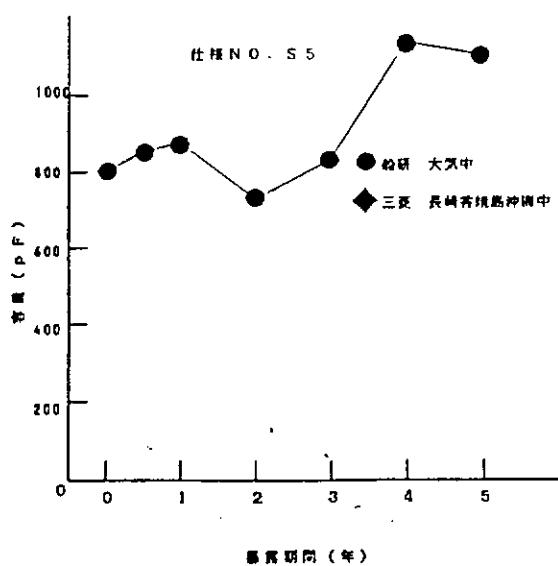


図3.2.6(5) 交換容量変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様N.O. S5)

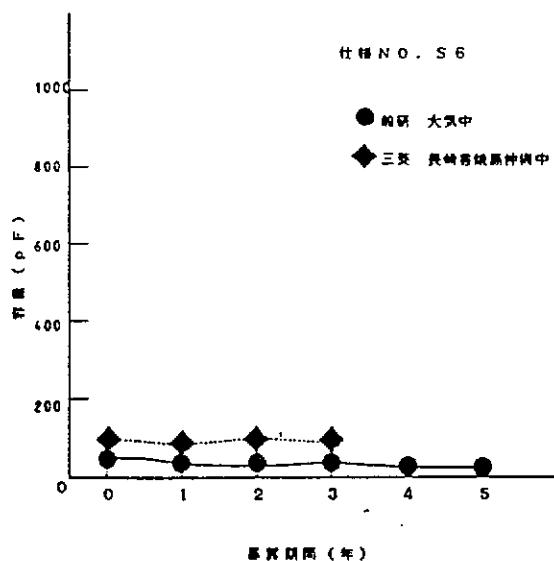


図3.2.6(6) 交換容量変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様N.O. S6)

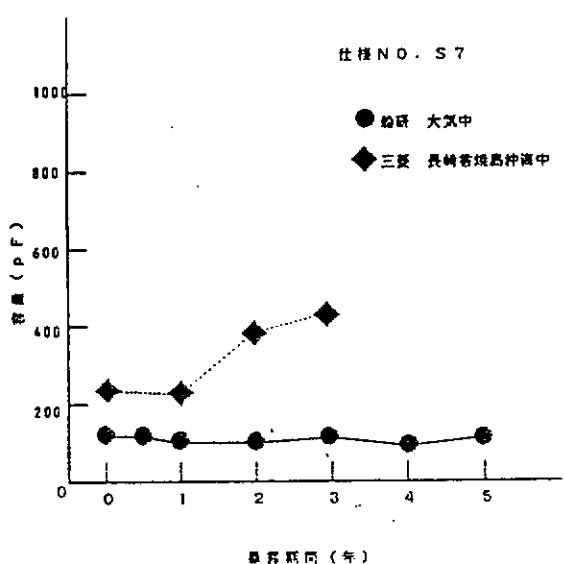


図3.2.6(7) 交換容量変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様N.O. S7)

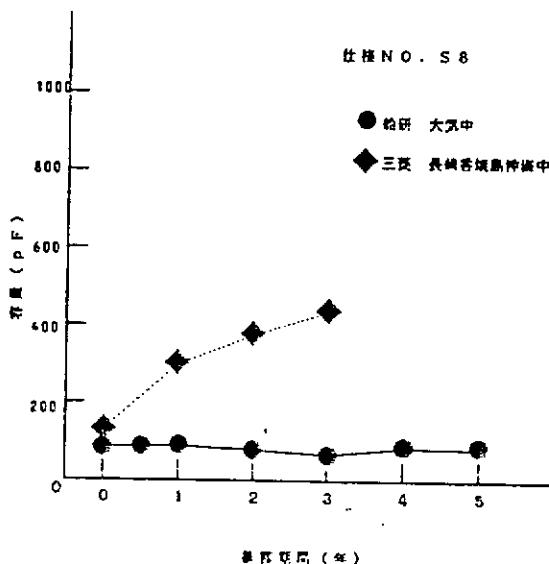


図3.2.6(8) 交換容量変化(1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様N.O. S8)

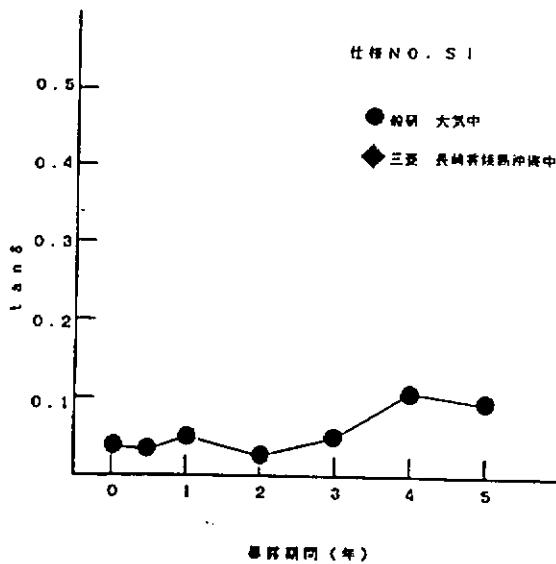


図3.2.7(1) $\tan\delta$ 変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S1)

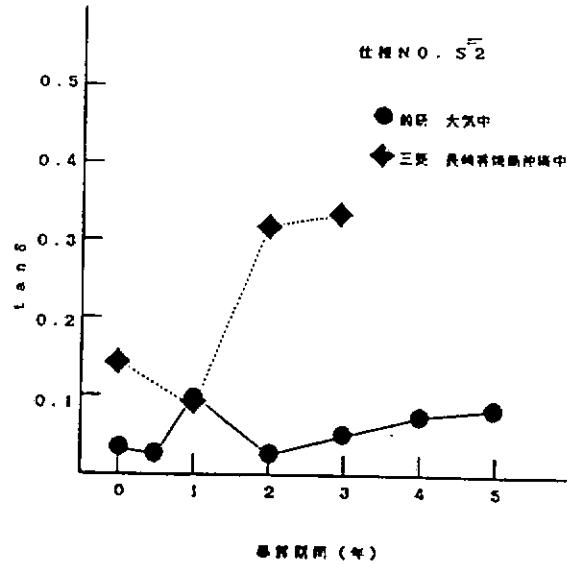


図3.2.7(2) $\tan\delta$ 変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S2)

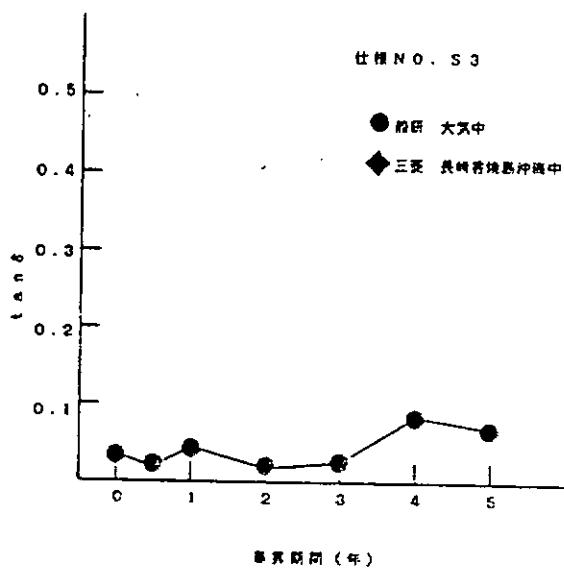


図3.2.7(3) $\tan\delta$ 変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S3)

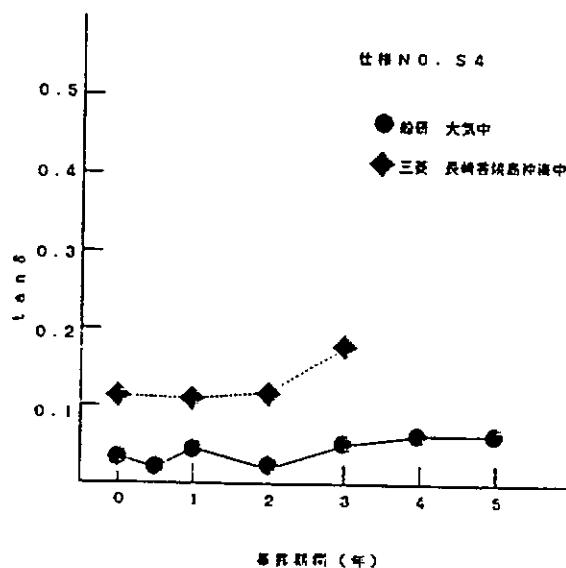


図3.2.7(4) $\tan\delta$ 変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S4)

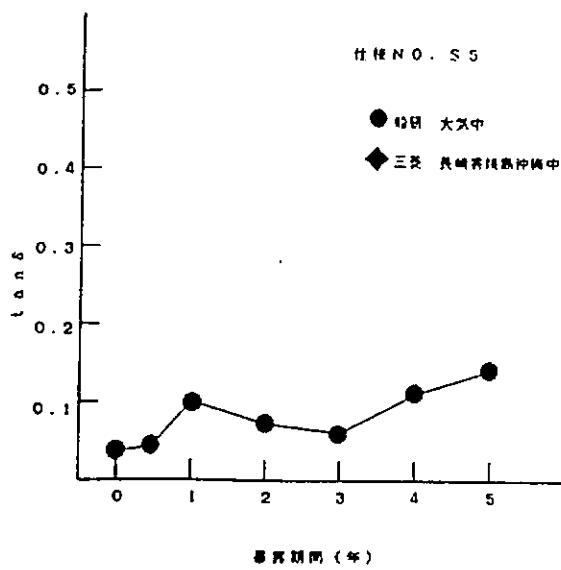


図3.2.7(5) $\tan\delta$ 変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S5)

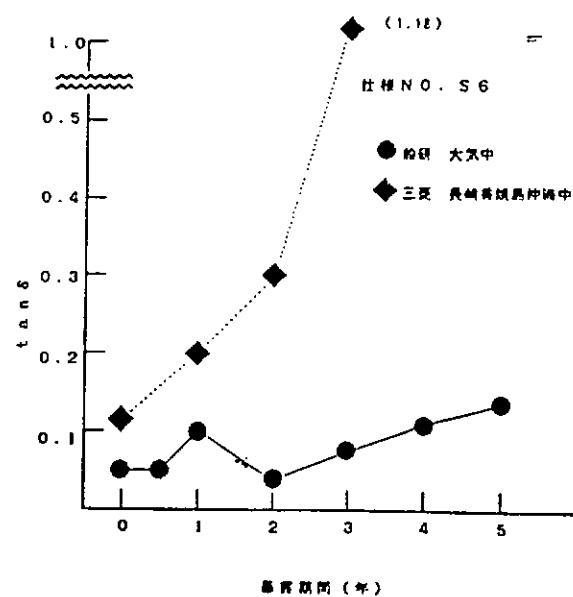


図3.2.7(6) $\tan\delta$ 変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S6)

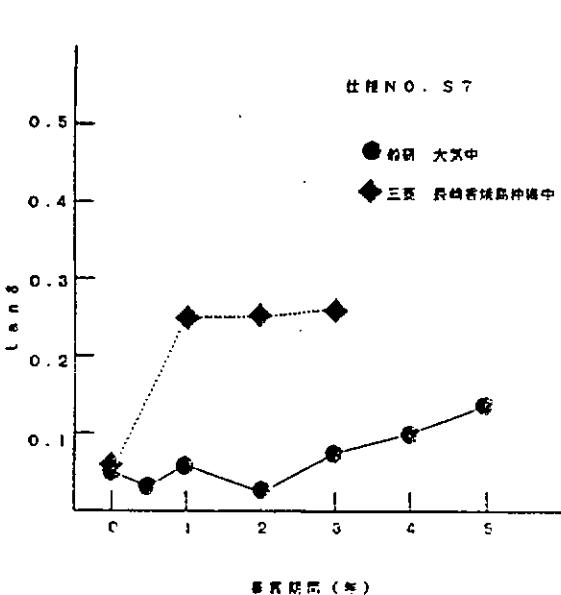


図3.2.7(7) $\tan\delta$ 変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S7)

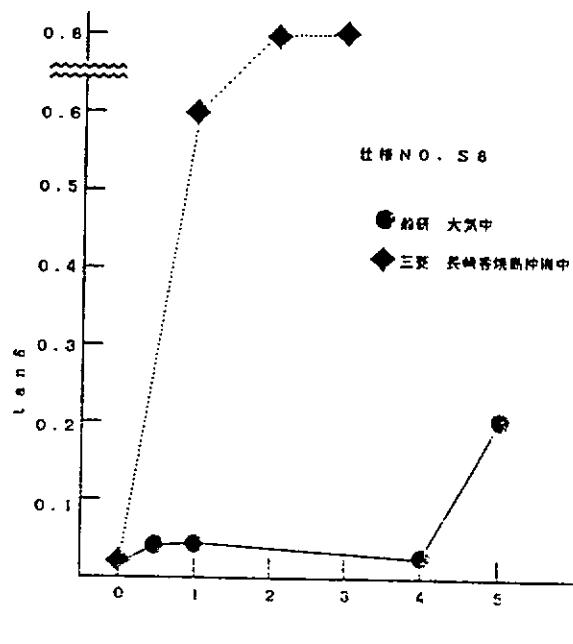


図3.2.7(8) $\tan\delta$ 変化 (1kHz)、各所の実験結果の比較
(防食仕様NO. S8)

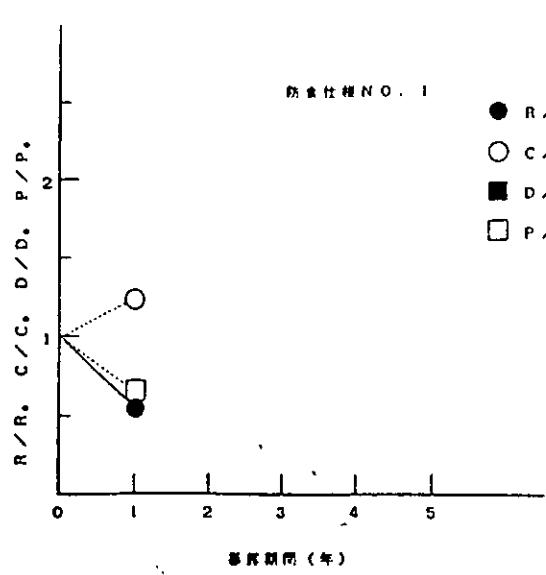


図 3.2. f (1) 大気中毒ガス（三重市、船研棟内）
R/R., C/C., D/D., P/P., SR 201防食仕様 N o. 1

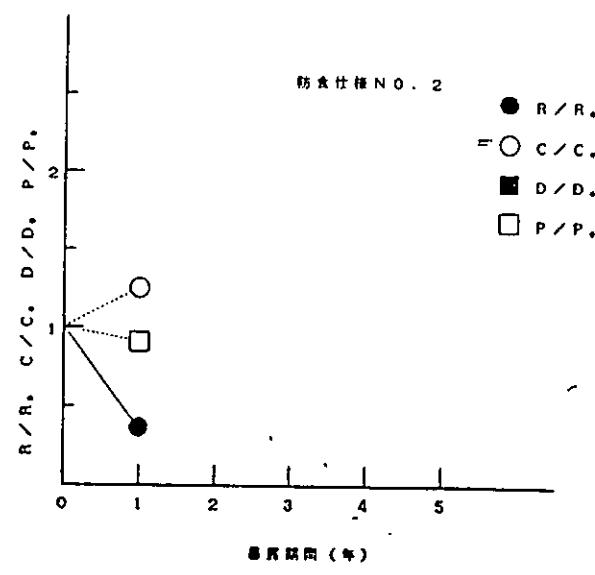


図 3.2. f (2) 大気中毒ガス（三重市、船研棟内）
R/R., C/C., D/D., P/P., SR 201防食仕様 N o. 2

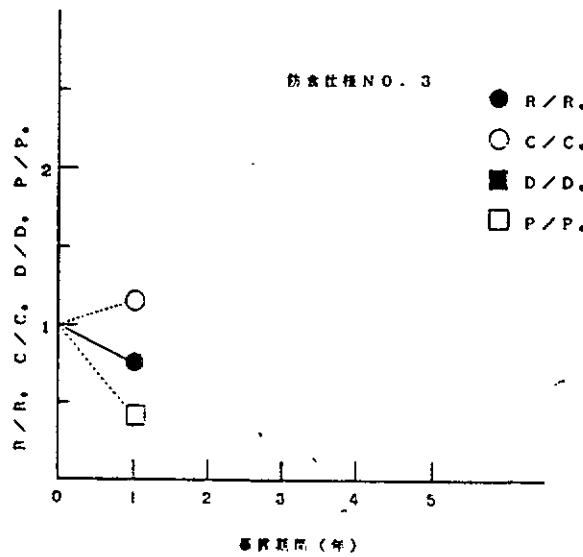


図 3.2. f (3) 大気中毒ガス（三重市、船研棟内）
R/R., C/C., D/D., P/P., SR 201防食仕様 N o. 3

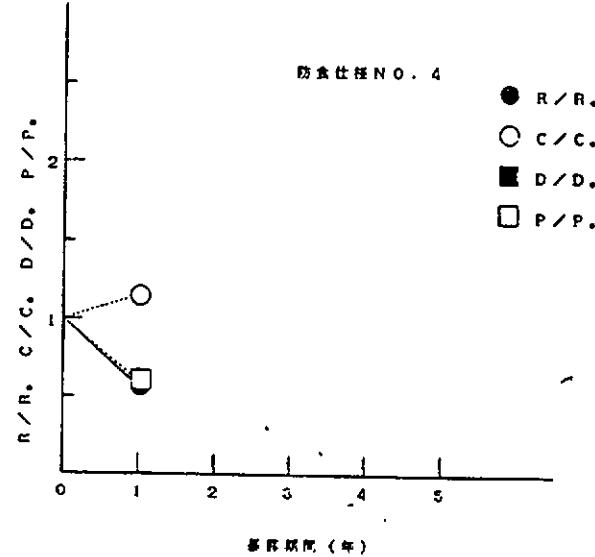


図 3.2. f (4) 大気中毒ガス（三重市、船研棟内）
R/R., C/C., D/D., P/P., SR 201防食仕様 N o. 4

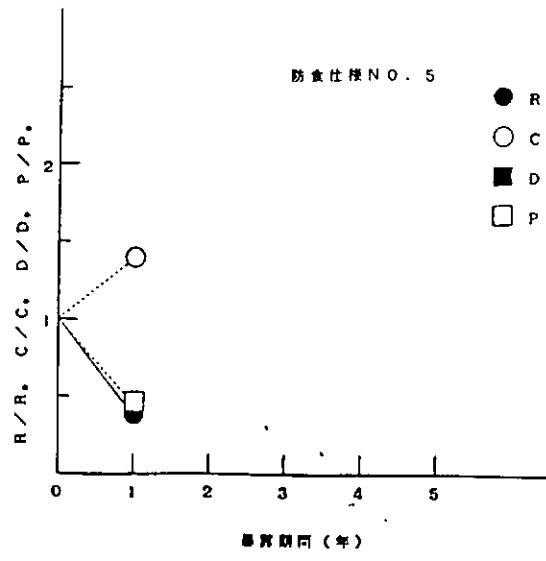


図 3. 2. f (5) 大気中暴露 (三重市、施設内)
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, SR 201 防食仕様 N o . 5

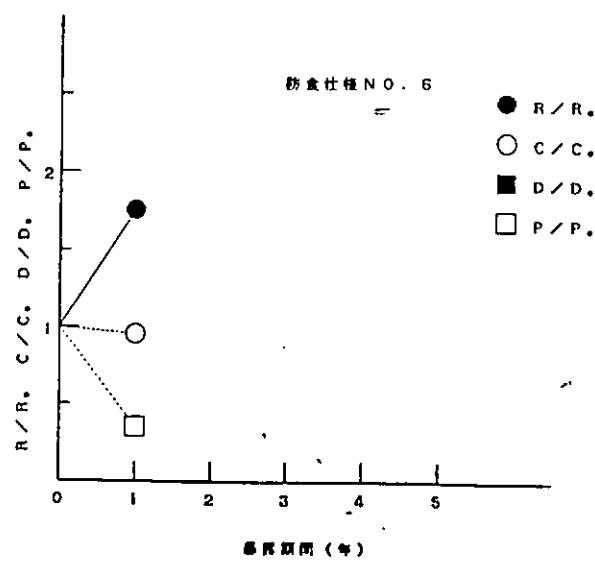


図 3. 2. f (6) 大気中暴露 (三重市、施設内)
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$, SR 201 防食仕様 N o . 6

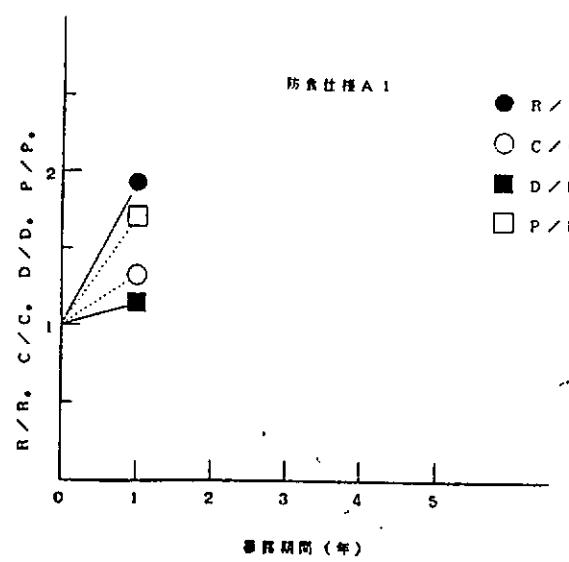


図 3・2・9(1) 大気中毒害（三度市、船研棟内）
R/R₀, C/C₀, D/D₀, P/P₀, 防食仕様 A 1

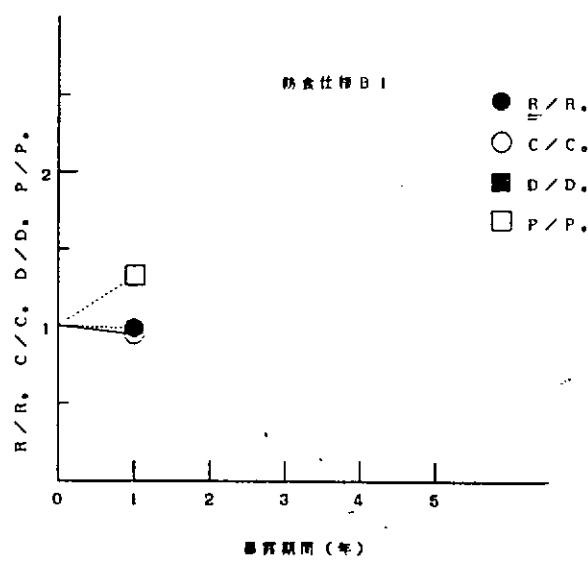


図 3・2・9(2) 大気中毒害（三度市、船研棟内）
R/R₀, C/C₀, D/D₀, P/P₀, 防食仕様 B 1

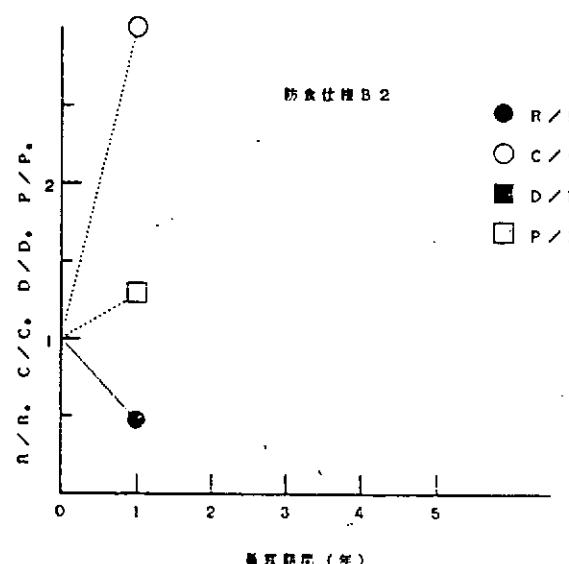


図 3・2・9(3) 大気中毒害（三度市、船研棟内）
R/R₀, C/C₀, D/D₀, P/P₀, 防食仕様 B 2

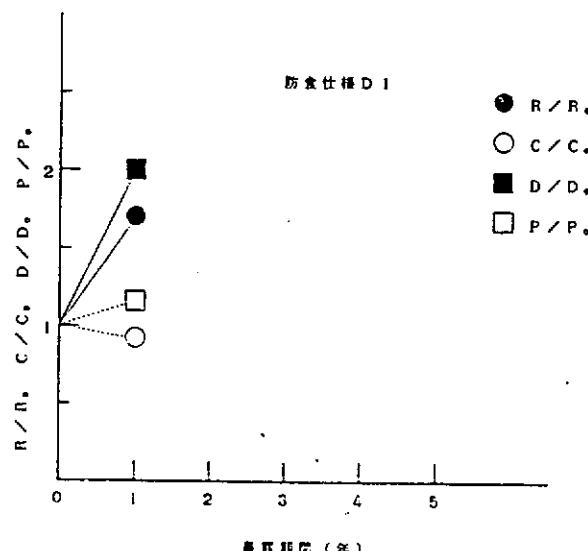


図 3・2・9(4) 大気中毒害（三度市、船研棟内）
R/R₀, C/C₀, D/D₀, P/P₀, 防食仕様 D 1

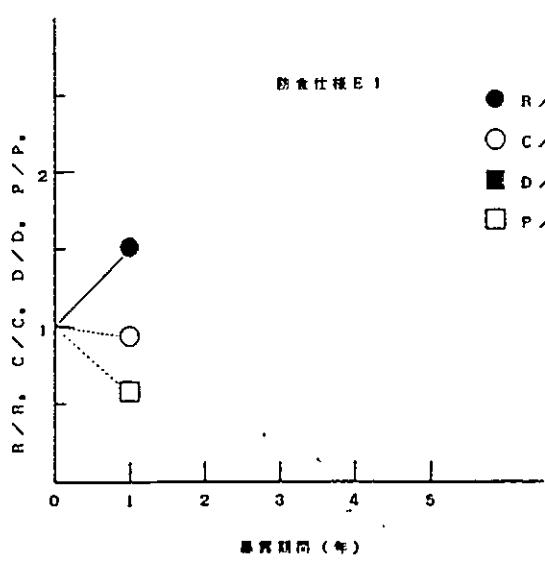


図3・2・9(5) 大気中暴露（三度市、船研棟内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$ 、防食仕様E1

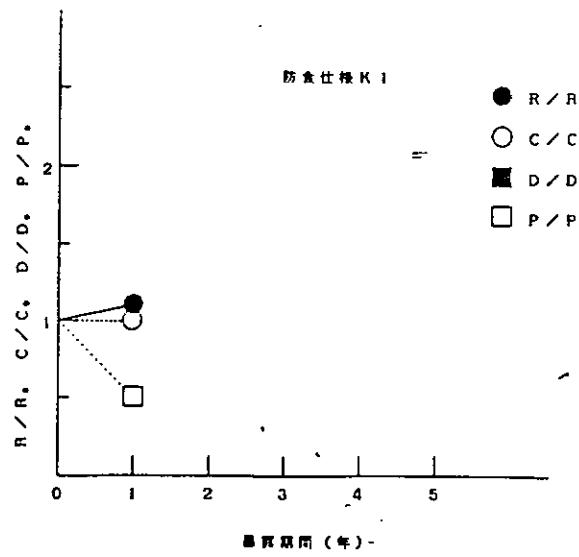


図3・2・9(6) 大気中暴露（三度市、船研棟内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$ 、防食仕様K1

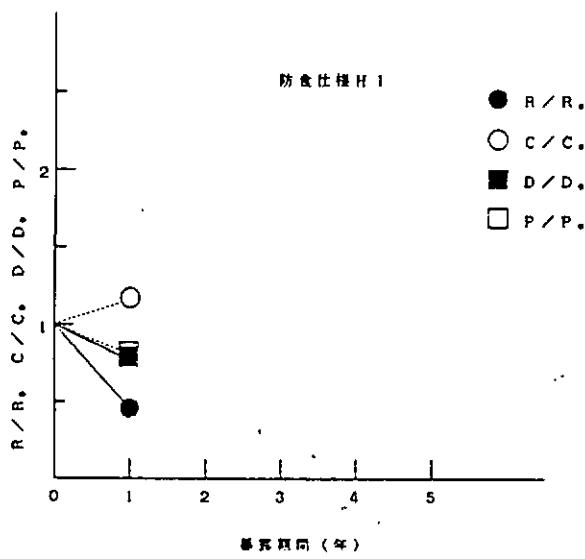


図3・2・9(7) 大気中暴露（三度市、船研棟内）
 $R/R_0, C/C_0, D/D_0, P/P_0$ 、防食仕様H1

4. 防汚塗膜の耐生物汚損性

4.1 回流水槽による溶解度因子の定量化と耐生物汚損性

4.1.1 目的

船舶・海洋構造物の塗装系において耐生物汚損性は重要な性能であり、構造物の機能や海洋環境に適応し安定した性能を確保するため、耐生物汚損性の定量的把握と長期的性能評価が短期的に可能な試験方法の確立は重要な課題である。

本研究では、航走中の船体外板における水流の形態に類似した流れを形成すると考えられている回流水槽装置により、自己研磨形防汚塗膜の溶解度因子の定量化と耐生物汚損性の促進試験法について検討する目的で、昭和61年度から諸種の試験を行ってきた。本年度はつきのような項目について、前年度からの継続試験および新規試験を実施した。

- (1) 回流水槽の試験条件と塗膜消耗劣化の検討（継続、新規）
- (2) 回流水槽と大形ロータリーにおける塗膜消耗劣化比較試験（継続、新規）
- (3) 消耗劣化塗膜の耐生物汚損性（継続）
- (4) 実船試験（新規）

4.1.2 試験

(1) 供試塗料および塗装仕様

表 4.1.1 に供試塗料の種類と組成、表 4.1.2 に塗装仕様を示す。

(2) 試験方法

(a) 回流水槽の試験条件と塗膜消耗劣化の検討

(i) 回流水槽試験のみの場合

① 供試塗料

OMP-AF (A)

OMP-AF (B)

OMP-AF (B')

OMP-AF (C)

(B')は62年度まで供試した(B)のPVC（顔料容積濃度）を変更したものである。

② 試験片および塗装仕様

試験片は、サンドblast処理した鋼板 (990×110×2.3 mm) に表 4.1.2 の塗装仕様によりスプレイ塗装を行い、図 4.1.1 に示すように塗り分けた。ただし、AF は片面のみ塗装した。

③ 試験条件

	流速(m/s)	海水温度(℃)	期間(月)
継続分：	7.5	常温	7
新規分：	5	常温	7

④ 試験項目

- 塗膜消耗度： 2～3か月ごとに膜厚の減少量を計測し、消耗度を $\mu\text{m}/\text{月}$ で表した。
- 塗膜中の防汚剤分布： 試験期間の中間および最終期において、塗膜断面の銅、錫、亜鉛イオンなどの分布状態を X 線マイクロアナライザー (XMA) により分析し防汚剤の消耗度合の変化を調べた。
- 塗膜表面状態： 試験最終期において、塗膜の表面状態およびあらさを顕微鏡写真撮影と触針式あらさ計により調べた。
- 海水性状： 試験環境における海水について、水温、COD、Clイオン、pHなどの性状を調べた。（以下の実船試験以外の各試験に共通で適用する。）

(i) 回流水槽－海中静置浸漬サイクル試験の場合

① 供試塗料

- OMP-AF (A)
- OMP-AF (B)

② 試験片および塗装仕様

上記 (2)-(a)-(i)-②と同じ要領により、 $150 \times 110 \times 2.3 \text{ mm}$ のサンドブラスト処理鋼板の両面に塗装した。

③ 試験条件

海中静置浸漬約20日間－回流水槽流動浸漬約20日間のサイクルを5回繰り返した。ただし、第1回の海中静置浸漬は60日間とした。

④ 試験項目

- 塗膜消耗度
- 塗膜の防汚剤分布
- 塗膜表面あらさ

試験要領は上記の (2)-(a)-(i)-④と同じである。

(b) 回流水槽と大形ロータリーにおける塗膜消耗劣化比較試験

① 供試塗料

- OMP-AF (A)
- OMP-AF (B)
- OMP-AF (B')
- OMP-AF (C)

② 試験片および塗装仕様（大形ロータリー用）

(2)-(a)-(i)-②と同要領により、 $170 \times 70 \times 3.2 \text{ mm}$ のサンドブラスト処理鋼板に塗装した。

③ 試験条件

(2)-(a)-(i)-③と同じ。

④ 試験項目

試験項目、試験要領とも(2)-(a)-(i)-④と同じである。

(c) 消耗劣化塗膜の耐生物汚損性

① 供試塗料

OMP-AF (A)

OMP-AF (B)

② 試験片および塗装仕様

(2)-(a)-(i)-②と同じ要領により、 $150 \times 110 \times 2.3$ mm のサンドblast処理
鋼板に塗装した。

③ 試験条件

前記(2)-(a)-(i)-③のサイクル試験5回終了後の試験片を海中に静置浸漬した。

・回流水槽流速： 7.5 m/s

・海中静置浸漬： 水面下約 1.5 m の位置に吊り下げ約 3.5 か月間浸漬した。

④ 試験項目

・塗膜消耗度

・塗膜の防汚剤分布

・塗膜表面あらさ

以上の試験要領は(2)-(a)-(i)-④と同じである。

・汚損状態： 塗膜表面の付着生物の種類、付着程度などについて観察した。

(d) 実船試験

① 試験対象船

第27東洋丸 (自動車運搬船)

阿蘇 (フェリー)

表 4.1.3 に両船の概要を示す。

② 供試塗料

OMP-AF (A)

OMP-AF (B)

OMP-AF (C)

③ 塗装箇所・面積

両船とも、右舷中央部の船底側壁部および平底部に各供試AFを 1m^2 ずつ塗装した。

④ 塗装年月日

第27東洋丸： 昭和63年5月3日

阿蘇： 昭和63年6月5日

⑤ 就航期間

約1年間の予定

⑥ 試験および調査項目

- ・塗膜消耗度
- ・塗膜状態（外観、付着生物の種類・付着量等）
- ・関係データ（船速、水温、稼動時間、航路等）

4.1.3 試験結果

(a) 回流水槽の試験条件と塗膜消耗劣化

(i) 回流水槽試験のみの場合

① 塗膜消耗度

図4.1.2と図4.1.3に流速7.5m/sおよび5m/sにおいて実測した塗膜消耗度の経時変化を示す。

図4.1.4.(1)～(2)に試験期間中の海水性状を示す。水温、COD、Clイオン、pHなどのうち、水温がもっとも消耗度との関連性がみられる。平均水温は、62年度が15°C、63年度は19°Cであった。

7.5m/sにおける約7か月間の実測平均塗膜消耗度は、Ⓐ:8、Ⓑ:10、Ⓒ:5 μm/月、5m/sにおいては、Ⓐ:10、Ⓑ:9、Ⓒ:4 μm/月であった。

また、図4.1.5.(1)～(2)に実測平均塗膜消耗度と海水温度との関係を示した。

この図により温度補正した平均塗膜消耗度で表すと、7.5m/sのときⒶ:10、Ⓑ:14、Ⓒ:6 μm/月、5m/sのときⒶ:11、Ⓑ:10、Ⓒ:4 μm/月であった。

5m/sにおいてⒶとⒷの消耗度が逆転しその差が僅少となったのは、Ⓑ組成を変更しPVCを低減させたためである。

② 塗膜の防汚剤分布

図4.1.6.(1)～(2)に、塗膜の防汚剤分布についてXMAにより分析した結果を示す。図4.1.6.(1)からみてⒶおよびⒸの主防汚剤成分である銅、錫イオンは7.5m/s×約7か月間後僅かに減少していたが、耐生物汚損性はまだ持続できる状態であった。Ⓑのスライム防止剤成分である亜鉛イオンは殆ど消耗していたことからみて塗膜のスライム防止効果はすでに無くなっていると判断された。

また、図4.1.6.(2)から、5m/s×約7か月間後における銅、錫、亜鉛イオン等は7.5m/sの場合に比し消耗が少ないことは流速が小さくなった影響と考えられる。

③ 塗膜表面あらさ

図4.1.7.(1)～(2)および図4.1.8.(1)～(2)に、7.5m/sと5m/sの試験最終期における塗膜の表面あらさを顕微鏡撮影した写真と触針式あらさ計により計測した結果を示す。

(A), (B), (B'), (C)各塗膜のあらさ増加量はおよそつぎのとおりであった。

あらさ増加量(μm) :

	(A)	(B)	(B')	(C)
7.5m/sのとき	21	2	-	9
5 m/sのとき	8	-	4	12

顕微鏡写真によってもあらさ増加量と対応する表面の“あれ”的状態がみとめられた。

(i) 回流水槽 - 海中静置浸漬サイクル試験

① 塗膜消耗度

図 4.1.9 に回流水槽7.5m/s - 海中静置浸漬5サイクル試験時の塗膜消耗度の経時変化を示す。また、図 4.1.10に塗膜消耗度と海水温度の関係を示す。

実測平均塗膜消耗度は、(A):7, (B):10 μm/月であり、温度補正した消耗度は(A):8, (B):11 μm/月であった。

図 4.1.5.(1)の回流水槽試験の場合に比較すると、消耗度は(A), (B)とも約0.9倍であった。これは回流水槽による稼動率が低いためと考えられる。

② 塗膜の防汚剤分布

図 4.1.6.(3)に、XMAによる塗膜の防汚剤分布分析結果を示す。サイクル試験終了後、銅、錫イオンは(A), (B)とも減少量は僅かであり、耐生物汚損性は持続できる状態であった。しかし、(B)の亜鉛イオンは殆ど消耗しスライム防止効果はすでに喪失した状態であった。

③ 塗膜表面あらさ

上記の図 4.1.7(1)に塗膜表面あらさの計測結果を示す。(A), (B)塗膜のあらさ増加量はおよそつぎのとおりであった。

あらさ増加量 (μm)	(A)	(B)
	5	6

(b) 回流水槽と大形ロータリーにおける塗膜消耗劣化比較試験

① 塗膜消耗度

図 4.1.2 と図 4.1.3 に大形ロータリーのローター周速7.5m/sおよび5m/sにおける塗膜消耗度の経時変化を示す。

約7か月間の実測平均塗膜消耗度は、7.5m/sの場合(A):11, (B):15, (C):8 μm/月, 5m/sの場合は(A):12, (B):11, (C):6 μm/月であった。

図 4.1.5.(2)に塗膜消耗度と海水温度の関係を示す。これにより前述のように温度補正した消耗度は、7.5m/sの場合(A):12, (B):16, (C):8 μm/月、5m/sの場合(A):13, (B):12, (C):6 μm/月であった。

前記の図 4.1.5.(1)の回流水槽試験の場合と比較すると、大形ロータリーによる塗膜消耗度は 7.5m/s, 5m/sのとき、各供試塗膜について約1.2~1.3倍となった。

② 塗膜の防汚剤分布

図 4.1.6.(1)~(2)に、大形ロータリーの7.5m/sおよび5m/sによる消耗劣化塗膜のXMAによる防汚剤分布分析結果を示す。

防汚剤およびスライム防止剤の消耗状態は回流水槽の場合と同様な傾向であった。

因みに、5m/sにおいても回流水槽、大形ロータリーいずれの場合も目視できるスライムの付着はなかった。

③ 塗膜の表面あらさ

図 4.1.7.(1)~(2)および図 4.1.8.(1)~(2)に大形ロータリーによる消耗劣化塗膜表面の顕微鏡写真とあらさ計測結果を示す。

(A), (B), (B'), (C) 各塗膜のあらさ増加量はおよそつきのとおりであった。

あらさ増加量 (μm) :

	(A)	(B)	(B')	(C)
7.5m/sのとき	12	0	-	11
5 m/sのとき	8	-	0	1

顕微鏡写真による塗膜表面の“あれ”の状態もあらさ増加量の傾向とはほぼ一致していた。

回流水槽と大形ロータリーにおける“流れの状態”的違いによる消耗劣化塗膜の表面状態については明瞭な差異はみとめられなかった。また、図 4.1.11.(1)~(2)に示すように、塗膜消耗度と表面あらさ増加量との関連性もなかった。これらのこととは、流速 5~7.5m/sの範囲では両装置とも表面あらさを増加させるエロージョン作用のような現象は生じていないこと、塗料組成（樹脂の種類、PVCなど）の違いにより水流による塗膜の自己研摩性が異なることなどに原因があるものと考えられる。

(c) 消耗劣化塗膜の耐生物汚損性

図 4.1.12 に前記の回流水槽－海中静置浸漬サイクル試験を終了した後、海中に3.5か月間静置浸漬した試験片の塗膜汚損状態、前記図 4.1.6.(3)にXMAによる塗膜の防汚剤分布分析結果をそれぞれ示す。

(A) 塗膜はフジツボが若干付着していたが、(B)はスライムの付着のみで耐生物汚損性は良好であった。これは(B)の消耗度が(A)よりも大きく比較的に防汚剤の溶出が多いためであろう。

しかし、図 4.1.13 のスライム付着量の経時変化が示すように、スライム付着量は(A)よりも(B)において多くなっている。これは前記の図 4.1.4.(1)~(2)のXMA分析結果からも判るように、サイクル試験終期においてスライム防止剤が殆ど消耗し効果が殆ど喪失したためと考えられる。

(d) 実船試験

供試塗料3種類の塗装箇所と塗装完了後の状態を図4.1.15.(1)～(2)に示す。試験船2隻とも現在就航中であり、次回入渠時に調査を行う。（平成元年3月～5月の予定である）

(e) 海水温度、流速および稼動率と塗膜消耗度の関係

上記の回流水槽単独試験、回流水槽と大形ロータリー比較試験、回流水槽－海中静置浸漬試験などによって得た塗膜消耗度のデータに基づいて、海水温度、流速および稼動率と塗膜消耗度との関係について検討した。

① 海水温度（温度係数）

図4.1.5.(1)から、回流水槽の流速7.5m/s, 5m/sの場合、Ⓐ, Ⓑ, Ⓑ'およびⒸ塗膜の任意温度における塗膜消耗度の変化係数(C)を次式により試算すると下記のようになる。

$$C = E_r / E_s$$

E_r ：任意温度における塗膜消耗度(μm/月)

E_s ：基準温度における塗膜消耗度(μm/月)

変化係数：

7.5m/sのとき：

	<u>10°C</u>	<u>15°C</u>	<u>20°C</u>	<u>25°C</u>
20°C基準	0.7	0.8	1	1.3
25°C基準	0.5	0.6	0.8	1

5m/sのとき：

20°C基準	-	0.4	1	1.1
25°C基準	-	0.3	0.9	1

7.5m/sの場合の消耗度変化係数は、任意温度／基準温度の商の値とほぼ一致する。

したがって、20°Cまたは25°Cのいずれかを基準温度とするときは、t/20またはt/25(t:基準温度)の値を温度係数として任意温度における消耗度の近似値を求めることができる。

回流水槽の常温における消耗度測定値にこの温度係数を乗除することによって基準温度における消耗度の近似値を算定可能である。

なお、大形ロータリーの場合も殆ど同様の関係がある。

しかし、5m/sの場合は図4.1.5.、図4.1.6.および上表から明らかなるおり、15°C以下の水温においては供試塗料はいずれも著しく消耗度が低下するためこの

方法を検討することは困難であった。

② 流速 (流速係数)

図 4.1.5.(1)により、回流水槽の 7.5m/s, 5m/s流速におけるⒶおよびⒸの平均塗膜消耗度を比較すると、

	Ⓐ	Ⓒ
7.5m/sのとき	1	1
5 m/sのとき	1	0.7

となり、Ⓐは上記流速範囲では差がみとめられなかった。Ⓒについては 5m/sでは 7.5m/s の場合の約 0.7倍となり、これは流速比 5/7.5の値に近似する。したがって、或種の塗料については基準流速の消耗度に流速比を乗除することにより任意流速における消耗度が概算できることを示唆している。

大形ロータリーの場合もほぼ同じ関係がある。

③ 稼動率 (稼動係数)

図 4.1.14にⒶとⒷについての稼動率と塗膜消耗度の関係、表 4.1.4に稼動率データを示す。稼動率は回流水槽 7.5m/s×約7か月間のものとサイクル試験5サイクルにおけるもので、それぞれ約90%と40%であった。

図 4.1.14 から、基準稼動率を75%とするときの任意稼動率における稼動率を試算するとおよそつぎのとおりとなる。

稼動率 (%)	40	60	75	90
稼動係数	0.8	0.9	1	1.1

稼動率 60~90%の範囲では、Ⓐ, Ⓑ塗膜の場合 任意稼動率/75 の値を用いて消耗度の近似値を算定できる。

以上のように、自己研磨形防汚塗膜の消耗劣化は塗料組成、水温、流速、稼動率等の条件に支配されることがほぼ明らかになったが、試験条件を補足してさらに明確にする必要がある。しかし、任意の水温、流速、稼動率等の各種試験条件における回流水槽の塗膜消耗度測定値から、基準条件における消耗度を算定できる見通しが得られた。

4.1.4 まとめ

本年度に実施した回流水槽による溶解度因子の定量化と耐生物汚損性に関する研究結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 塗膜消耗度は、塗料組成、水温、流速、稼動率等に影響されることがほぼ明らかになったが、さらに明確にするために補足試験が必要である。
- (2) 回流水槽による塗膜消耗度測定値から水温、流速、稼動条件等の係数を求め、所要条件における消耗度を算定できる見通しが得られた。
- (3) 回流水槽の場合に比し、大形ロータリーによる塗膜消耗度は約1.2～1.3倍である。
- (4) 回流水槽および大形ロータリーの5～7.5m/s流速範囲においては“流れの状態”の違いによる消耗劣化塗膜の表面あらさの差異や表面あらさと消耗度の関連性はみとめられない。
- (5) 防汚塗膜のスライム付着防止性、耐生物汚損性などの経時変化は回流水槽による消耗劣化塗膜について、XMA分析法により防汚剤成分の特定イオンを追跡することにより判定することができる。
- (6) 回流水槽と実船における塗膜消耗度の相関性については、追って試験船入渠後に塗膜を調査して検討する。

表 4.1.1 供試防汚塗料の組成 (W %)

塗 料 成 分	有機錫共重合樹脂系			
	(A)	(B)	(B')	(C)
OMP ワニス(1)	44.0	44.0	44.0	-
OMP ワニス(2)	-	-	-	44.0
亜酸化銅	36.0	36.0	36.0	36.0
スライム防止剤*	-	5.0	5.0	-
シリカ粉	5.5	5.5	0.5	5.5
べんがら	1.0	1.0	1.0	1.0
搖変剤	1.2	1.2	1.2	1.2
キシレン	12.3	7.3	12.3	12.3
計	100.0	100.0	100.0	100.0
PVC (%)	35.1	41.3	37.6	35.1

注) OMPワニス(1), (2) : 不揮発分 50 %

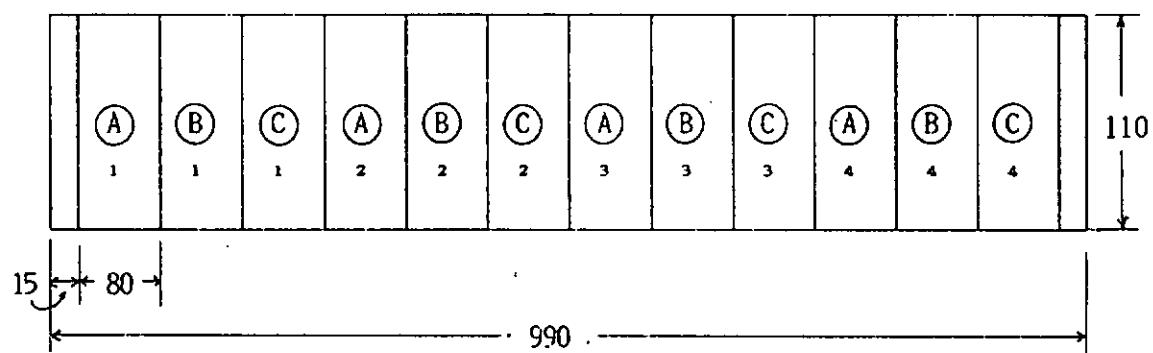
※ : エチレンビスジチオカルバミン酸亜鉛 ($C_4H_6N_2S_4Zn$)

表 4.1.2 供試塗料の塗装系

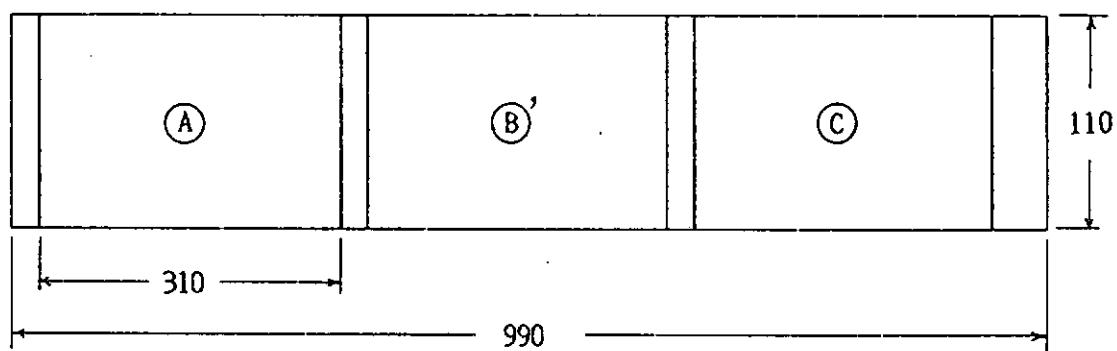
防汚塗料 の種類	素地 調整	ショップ プライマー	塗 装 系 (): 塗膜厚さ μm			
			1 _{st}	2 _{nd}	3 _{rd}	4 _{th}
(A)						A (100)
(B)						B (100)
(B')	Sd3	OZ (20)	TE (100)	TE (100)	VT (50)	B (100)
(C)						C (100)

注) : Sd3…サンドblast OZ…エポキシ樹脂系ジンクプライマー
TE…タールエポキシ樹脂系塗料 VT…ビニルタール樹脂系塗料

(62年度分)



(63年度分)



(単位:mm)

図 4.1.1 回流水槽用試験片形状および塗り分け状態

表 4.1.3

試験対象船の概要

要目 船名	第 27 東洋丸	阿 蘇
船 種	自動車運搬船	フェリー
ト ン 数	999 D/T	1,625 G/T
寸 法 (m)	52.5×10×4.85	74.4×12×4.8
巡航速度(ノット)	12~13	16.5
航 路	北九州～関東	広島～別府

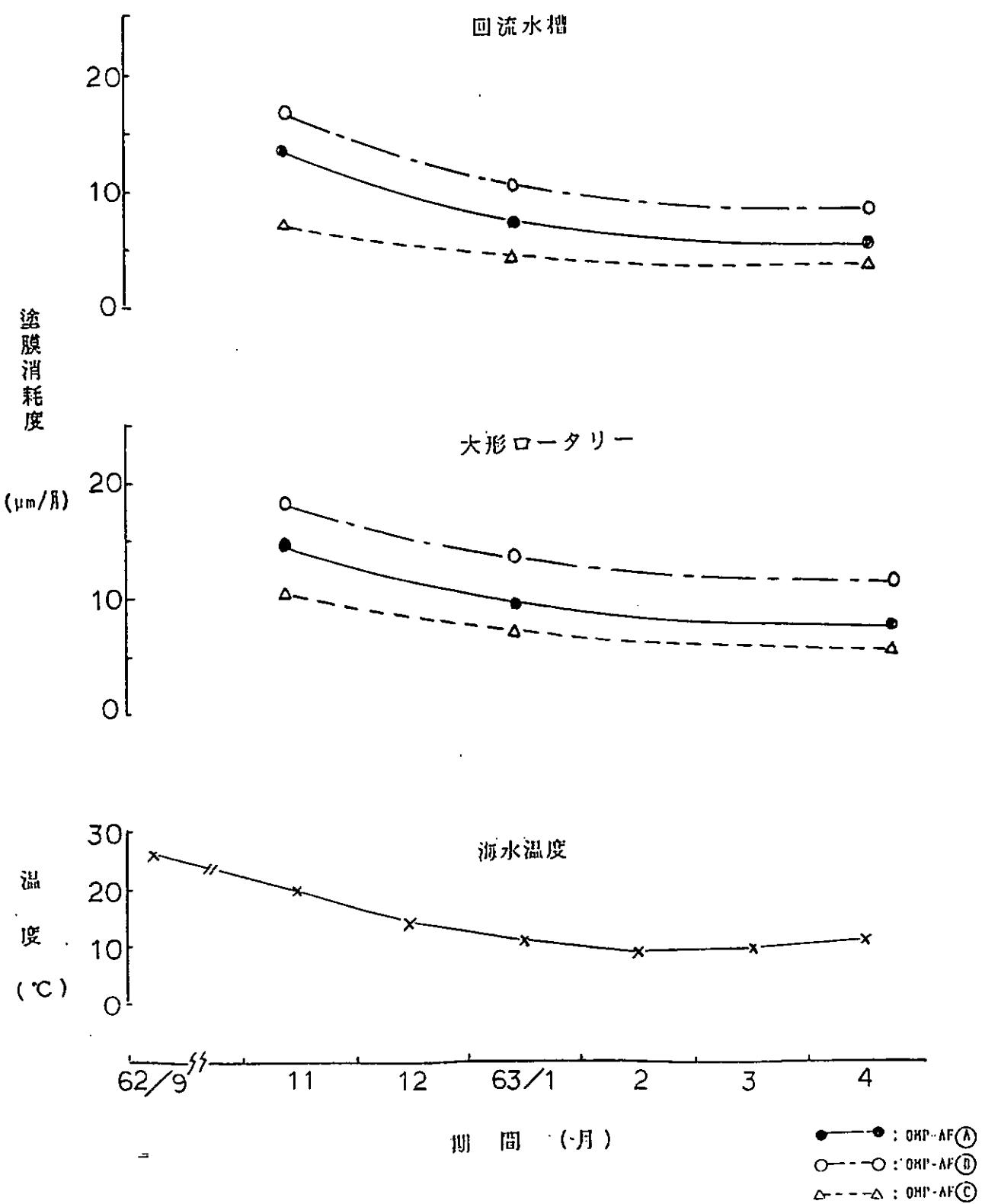


図 4.1.2 回流水槽と大形ロータリーにおける塗膜消耗度 (7.5 m/s)

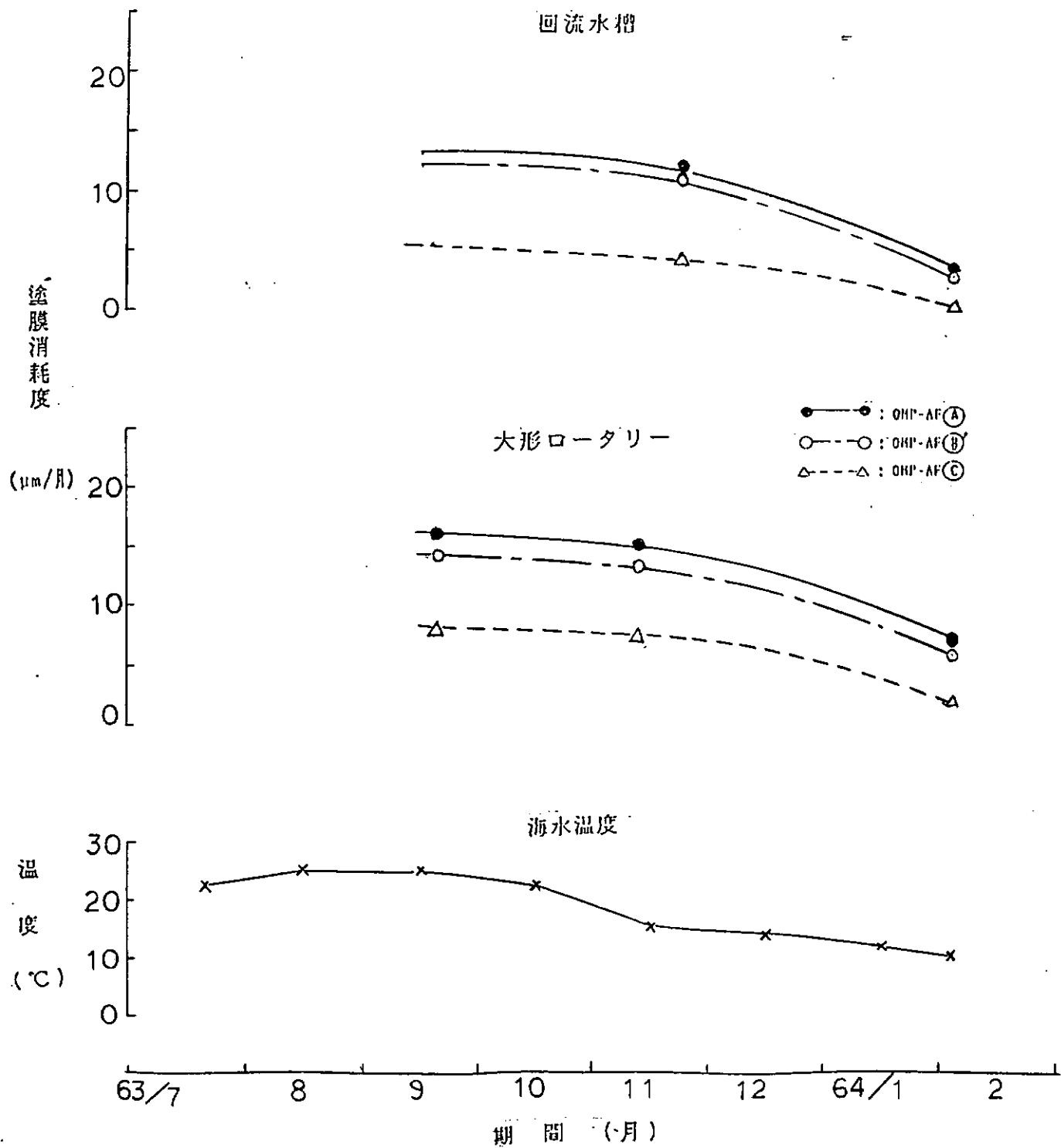


図 4.1.3 回流水槽と大形ロータリーにおける塗膜消耗度
(5m/s)

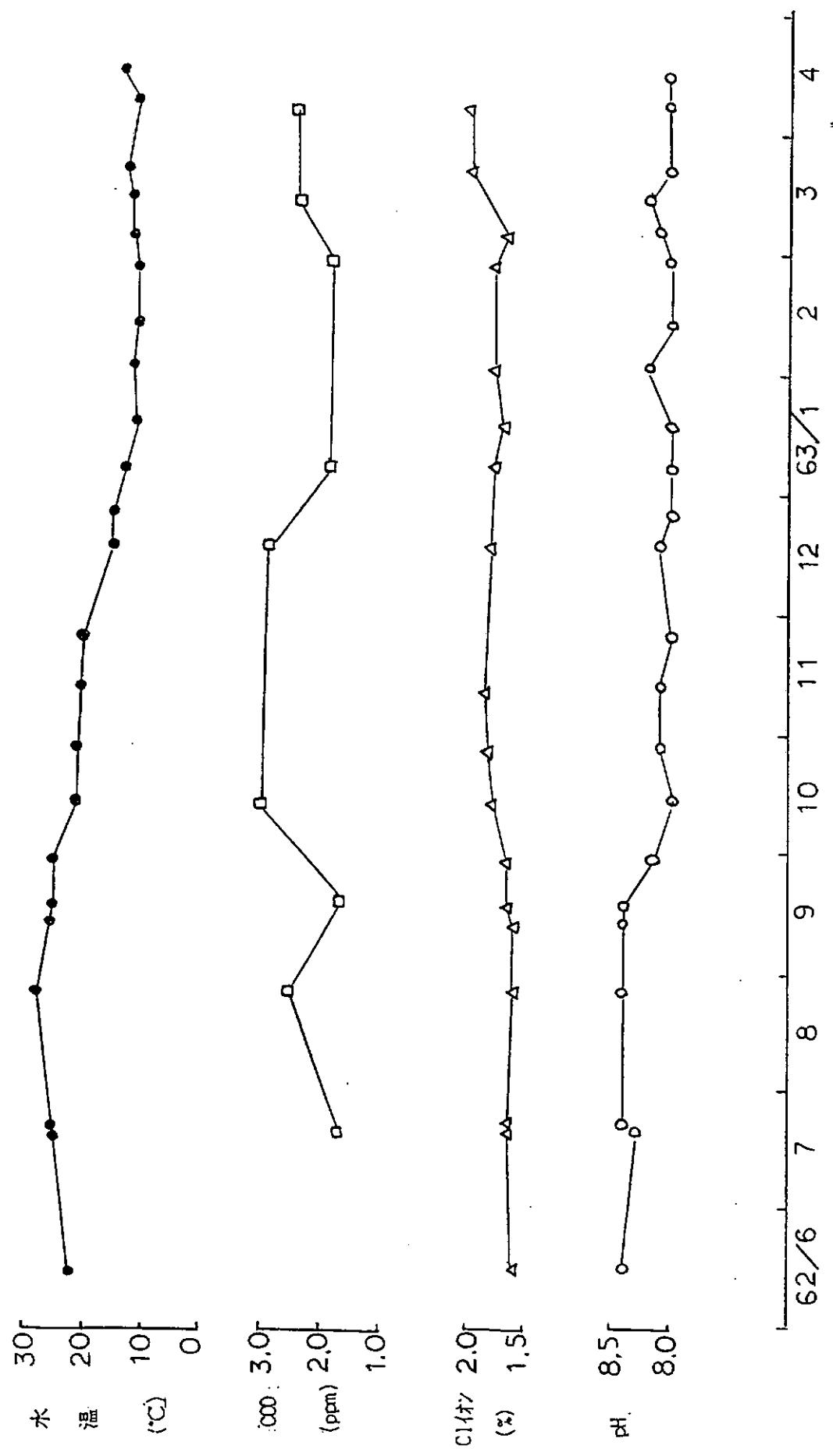


図 4.1.4(1) 海水の性状
(福岡市宇品港)

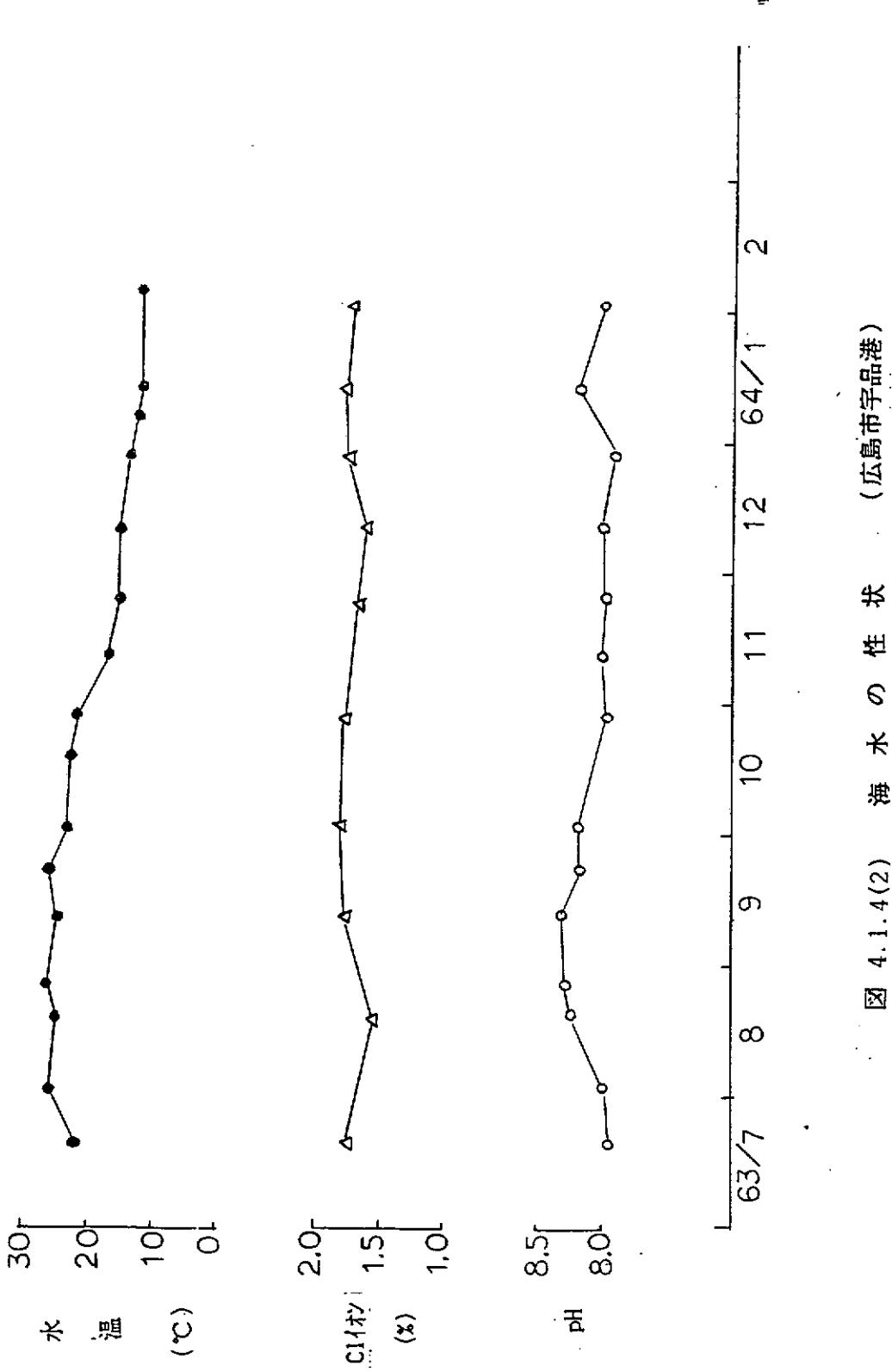


図 4.1.4(2) 海水の性状 (広島市宇品港)

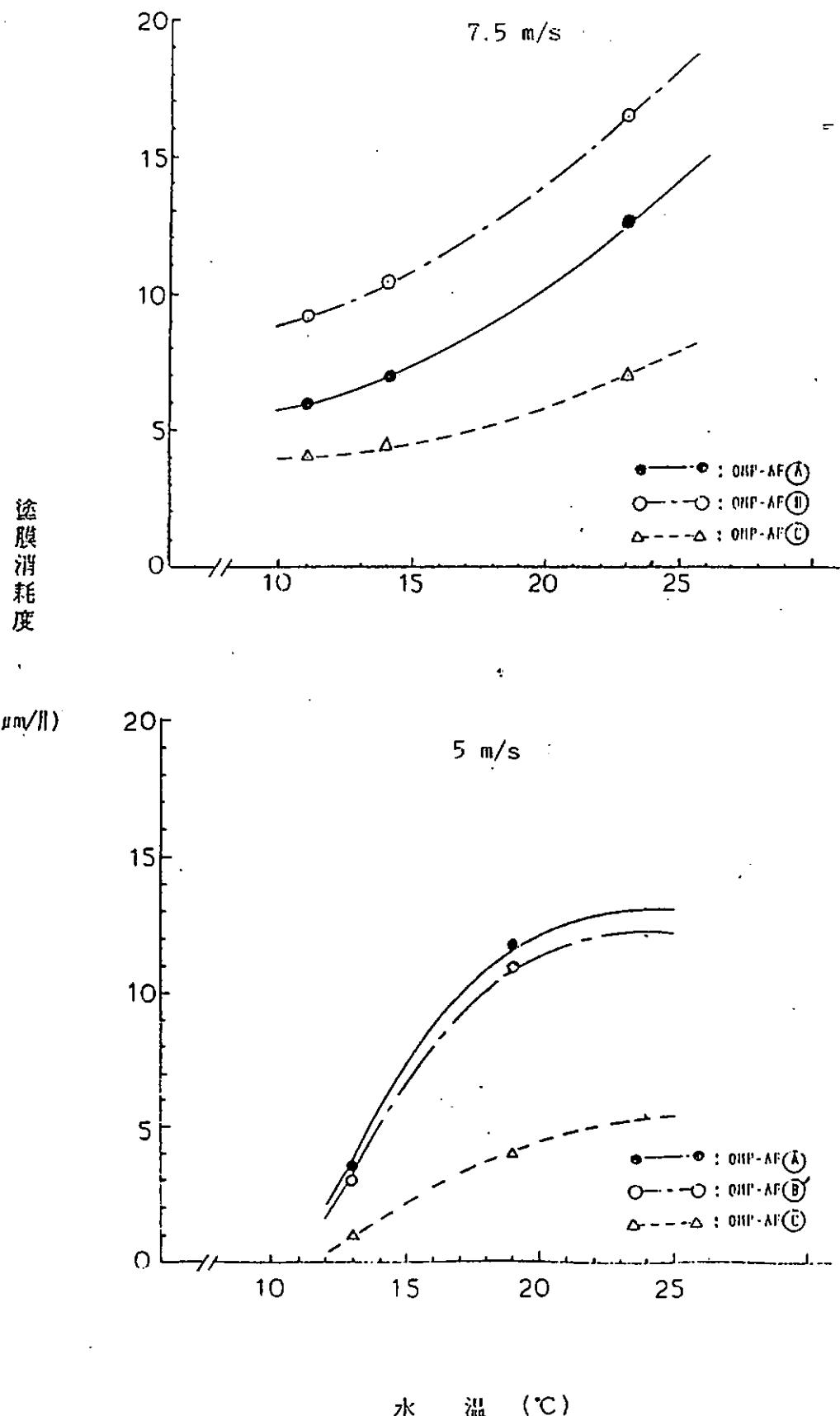


図 4.1.5.(1) 塗膜消耗度と海水温度の関係 (酸素水槽の場合)

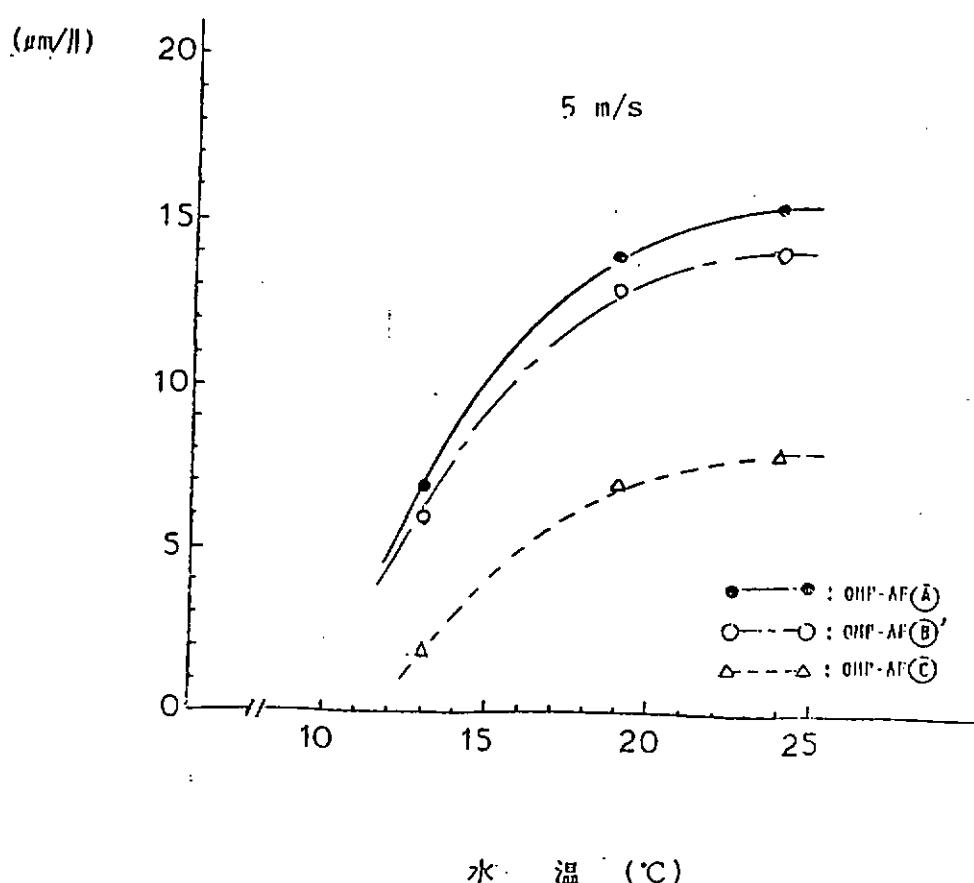
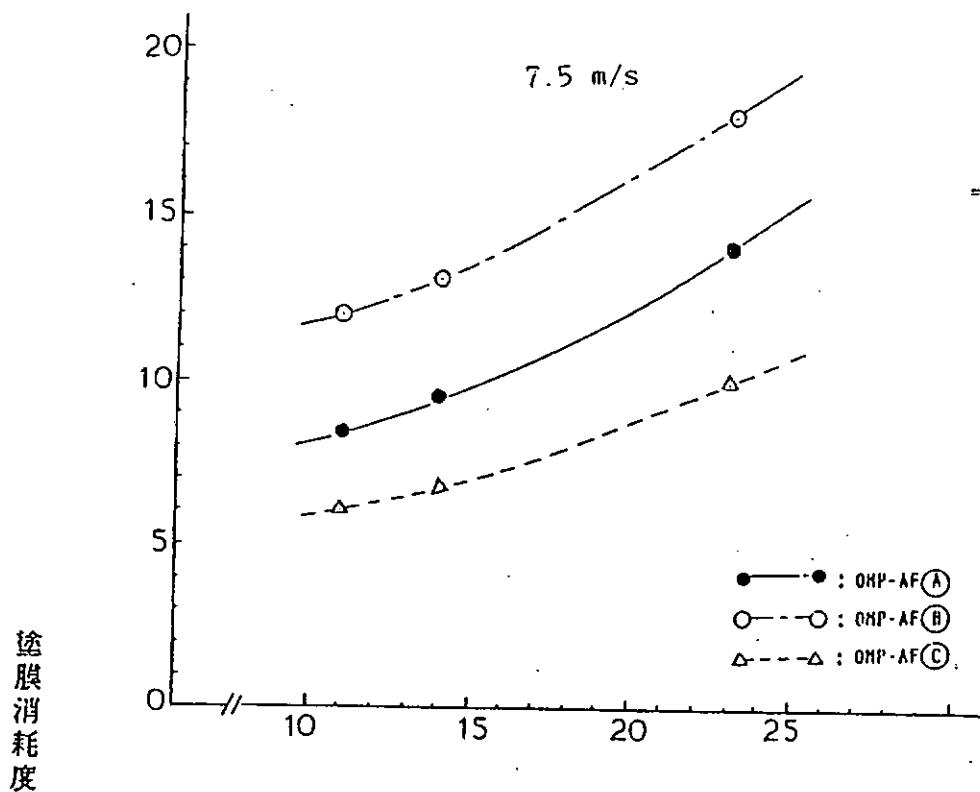


図 4.1.5.(2) 塗膜消耗度と海水温度の関係 (大船ロータリーの場合)

供試塗膜	原塗膜	回流水槽試験 (7.5 m/s)		大形ロータリー (7.5 m/s)	
		3か月後	7か月後	3か月後	7か月後
(A)		*	*	*	*
(B)		*	*	*	*
(C)		*	*	*	*

図 4.1.6.(1) 塗膜のX.M.A.分析結果

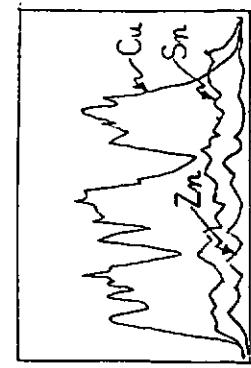
図 4.1.6. (2) 塗膜の X.M.A 分析結果 (5 m/s × 7 か月後)

塗膜の X.M.A 分析結果

供試塗膜	原塗膜	回流水槽試験	大形口一タリー
(A)			
(B)			
(C)			

供試塗膜	サイクル試験	
	3サイクル後	5サイクル後
(A)		
(B)		

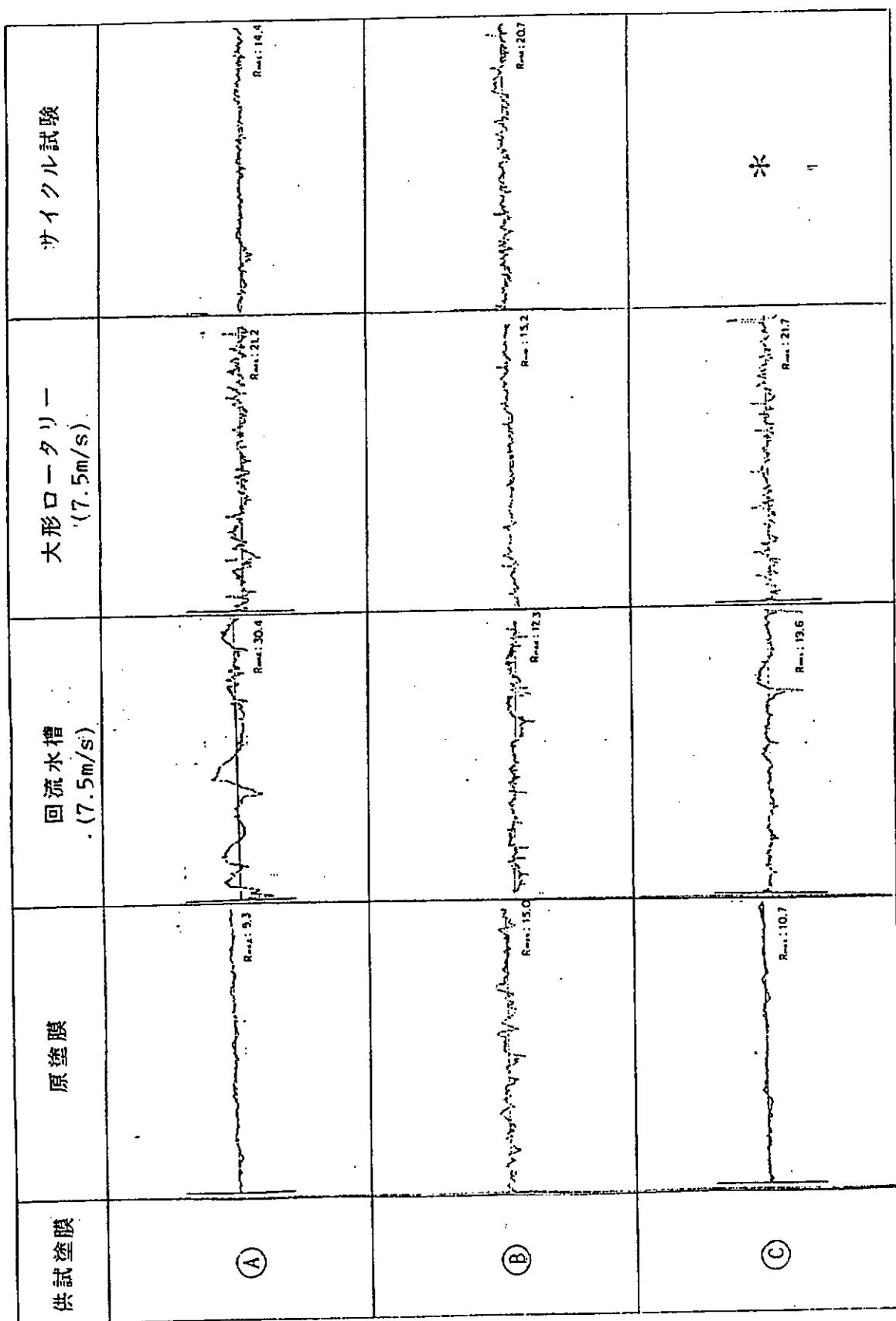
備考：



表面 → → 内面

図 4.1.6.(3) 塗膜の XMA 分析結果

図 4.1.7.(1) 消耗劣化塗膜の表面あらさ (7か月後)



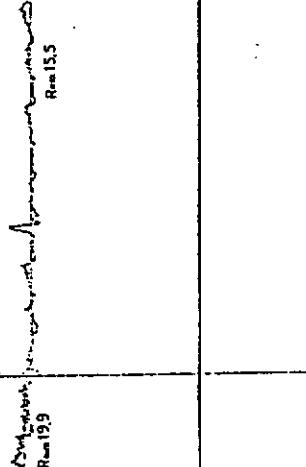
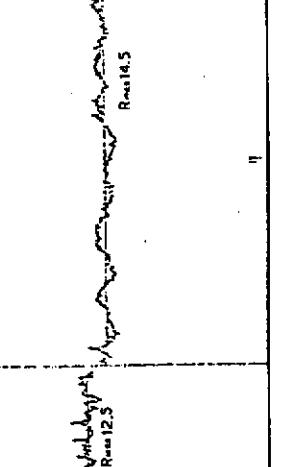
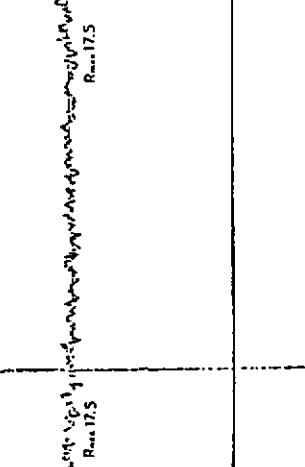
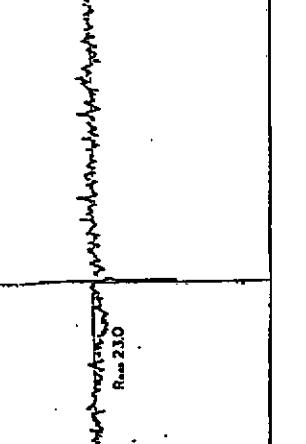
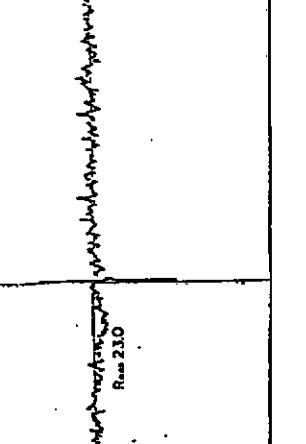
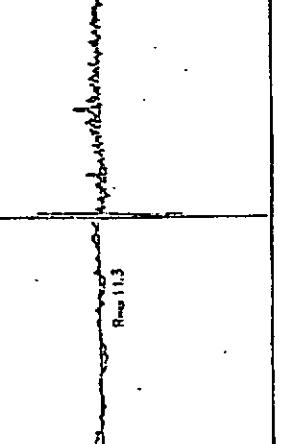
供試塗膜	原塗膜 (5m/s)	回流水槽 (5m/s)	大形口一タリ一 (5m/s)	海中静置浸漬
Ⓐ			 R _{ave} 19.9	 R _{ave} 15.5
Ⓑ			 R _{ave} 17.5	 R _{ave} 17.5
Ⓒ			 R _{ave} 21.0	 R _{ave} 14.5

図 4.1.7.(2) 消耗劣化塗膜の表面あらさ (7か月後)

塗膜	原 塗 膜	回 流 水 槽	大形ロータリー
(A)			
(B)			
(C)			

図 4.1.8.(1) 消耗劣化塗膜の表面状態 ($\times 60, 7.5\text{m/s} \times 7\text{か膜}$)

塗膜	原塗膜	回流水槽	大形ロータリー	海中静置浸漬
(A)				
(B)				
(C)				

図 4.1.8.(2) 消耗劣化塗膜の表面状態 ($\times 90$, 7か月後, $\pm 5\text{m/s}$)

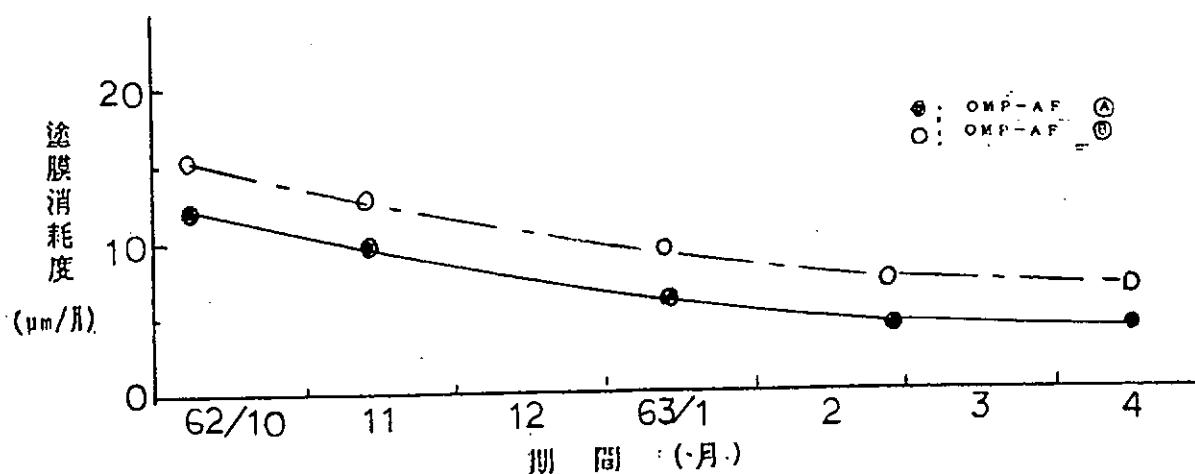


図 4.1.9 サイクル試験時の塗膜消耗度

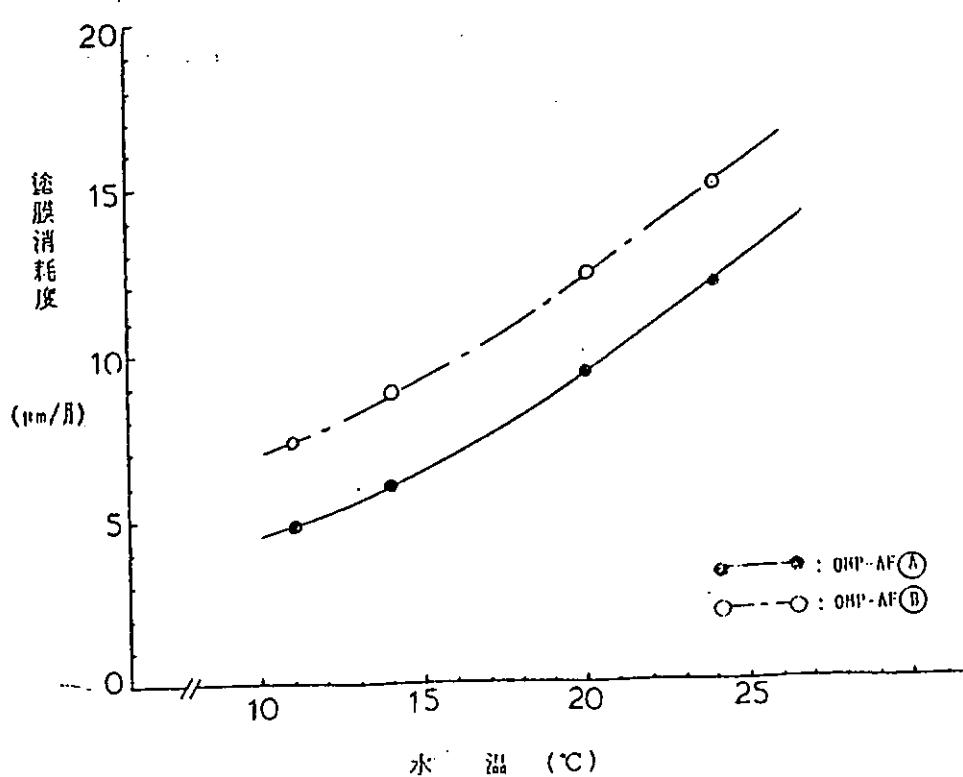


図 4.1.10 サイクル試験における塗膜消耗度と海水温度の関係

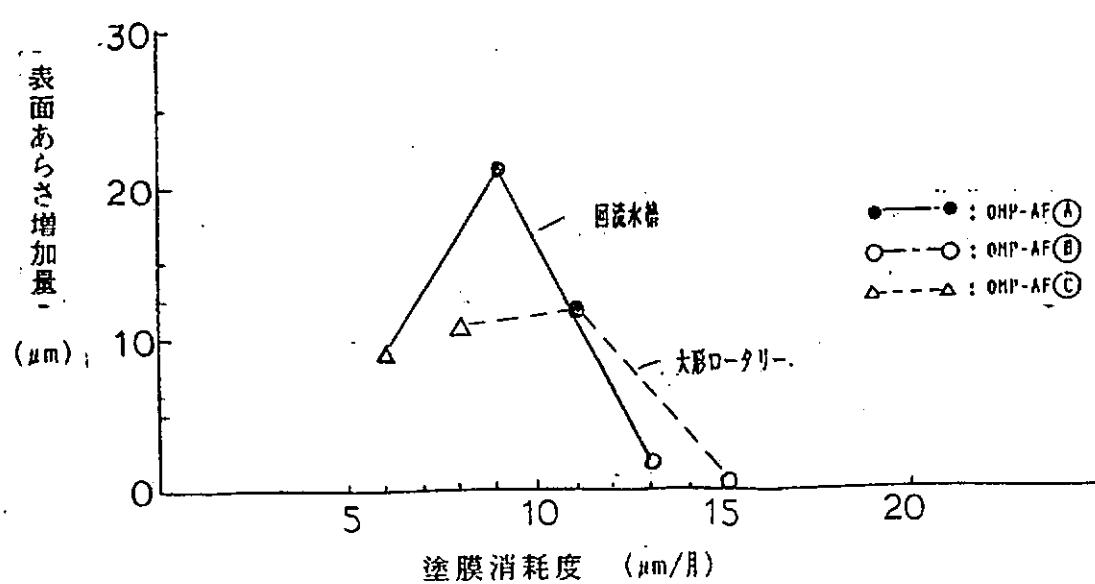
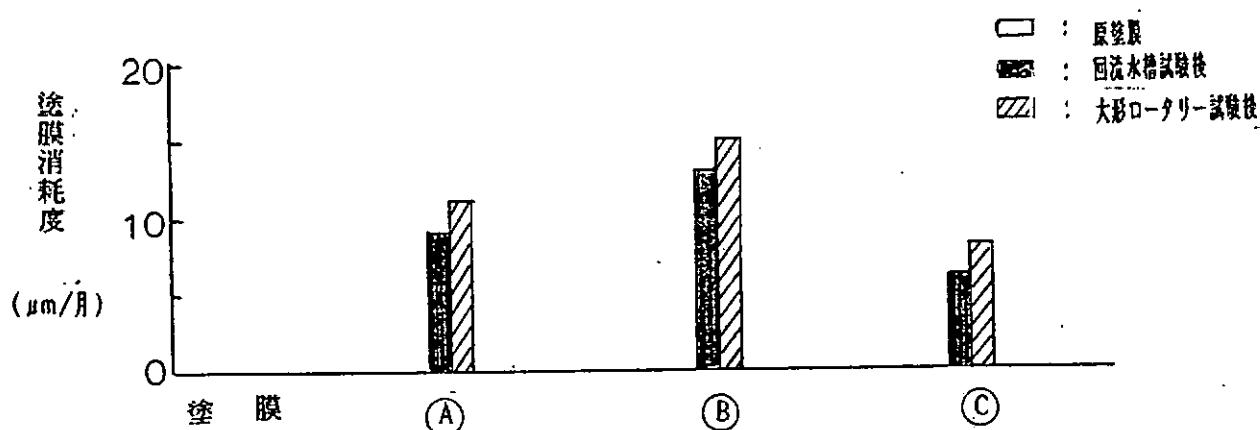
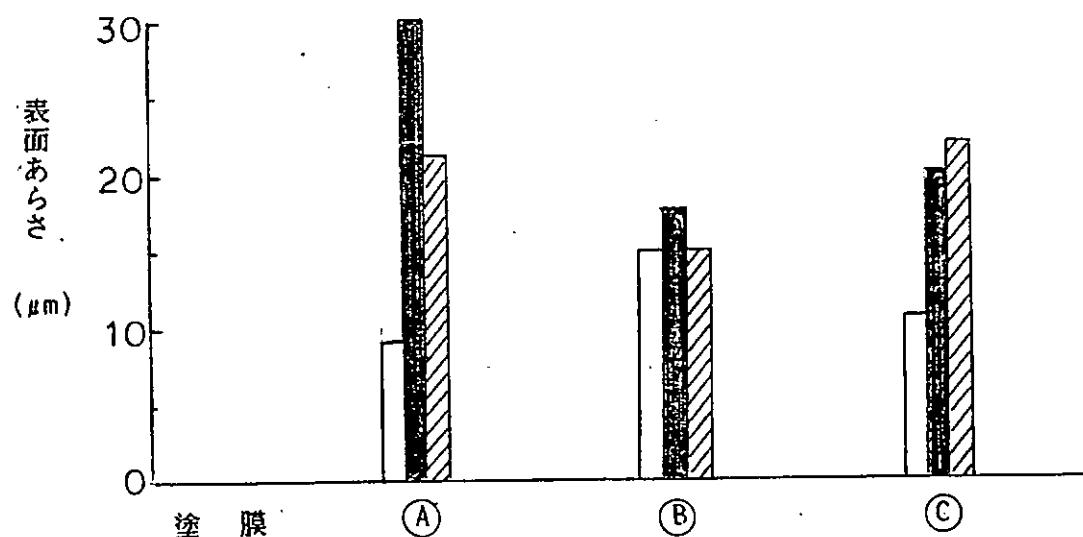


図 4.1.11.(1) 塗膜の表面あらさと消耗度 (7.5 m/s)

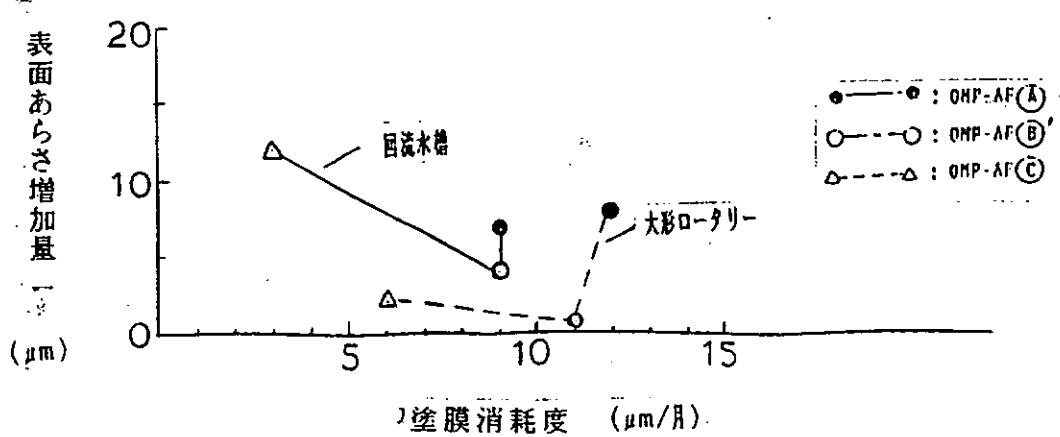
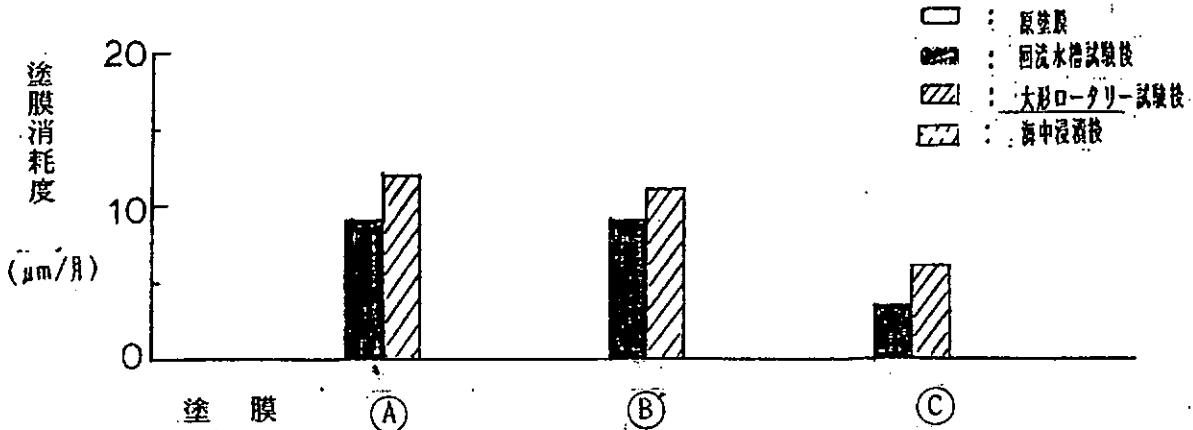
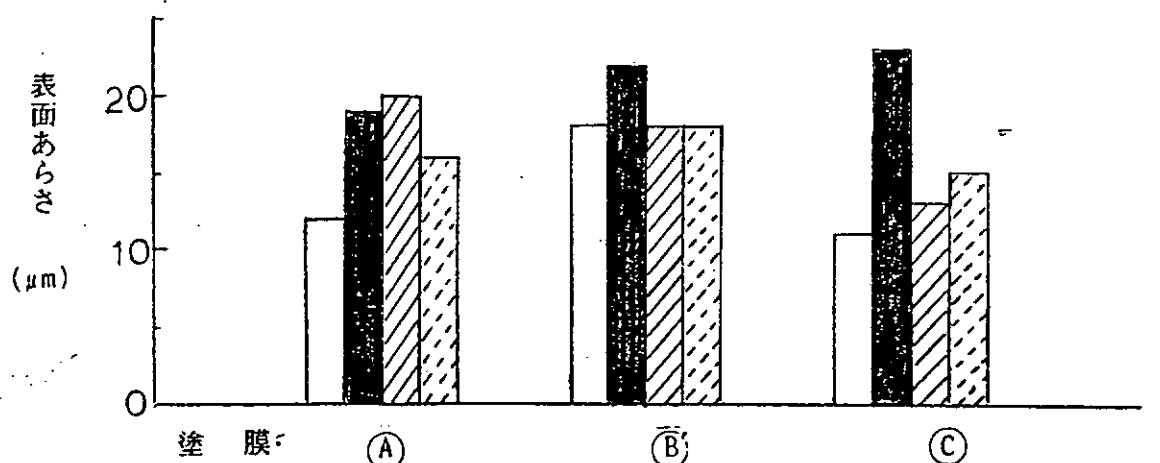


図 4.1.11.(2) 塗膜の表面あらさと消耗度 (5 m/s)

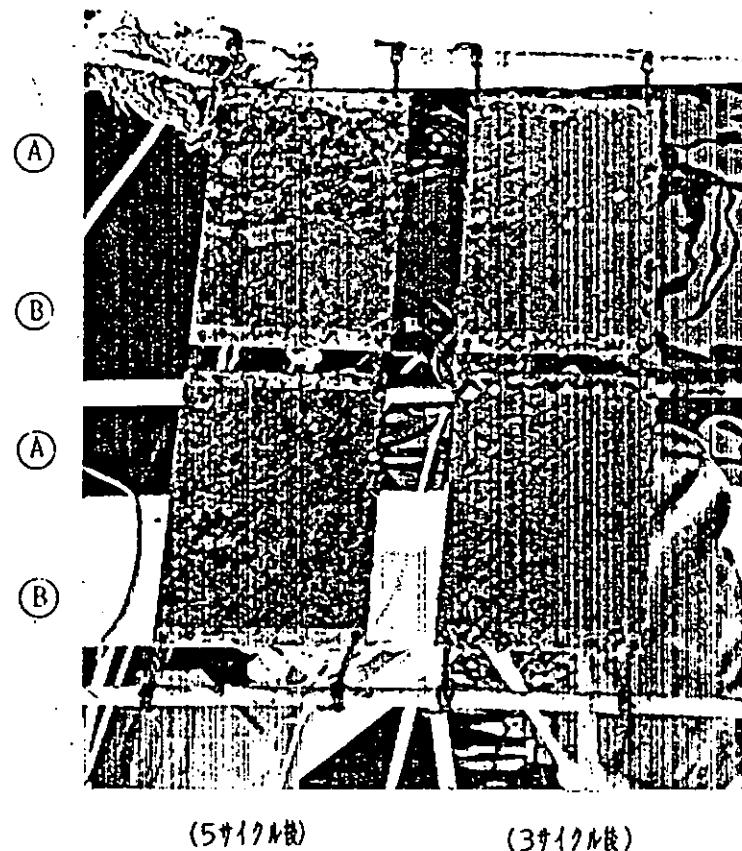


図 4.1.12 サイクル試験後の塗膜汚損状態

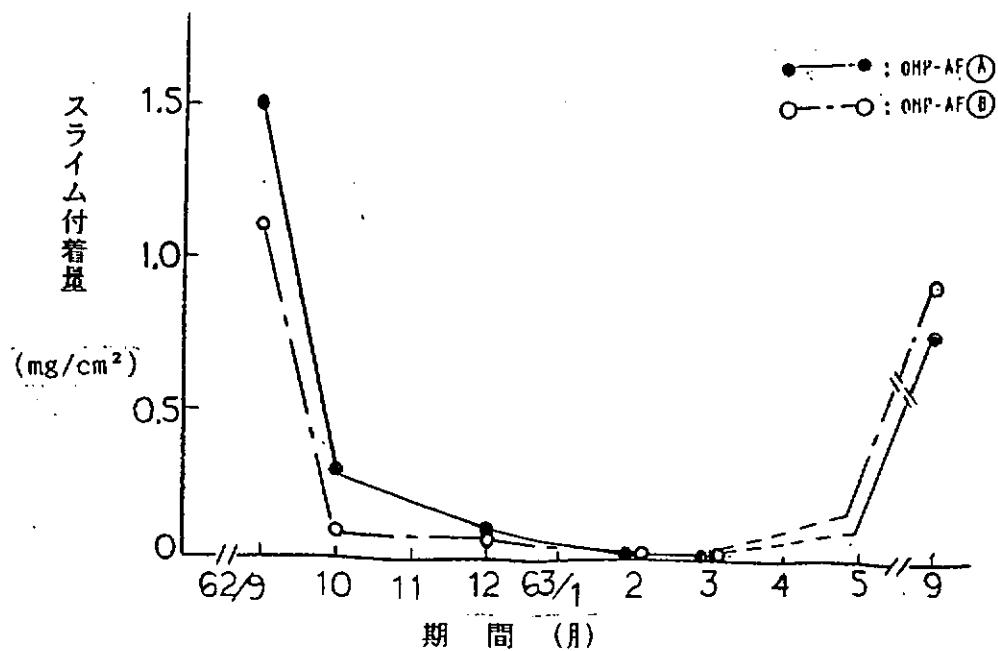


図 4.1.13 スライム付着量の経時変化 (サイクル試験時)

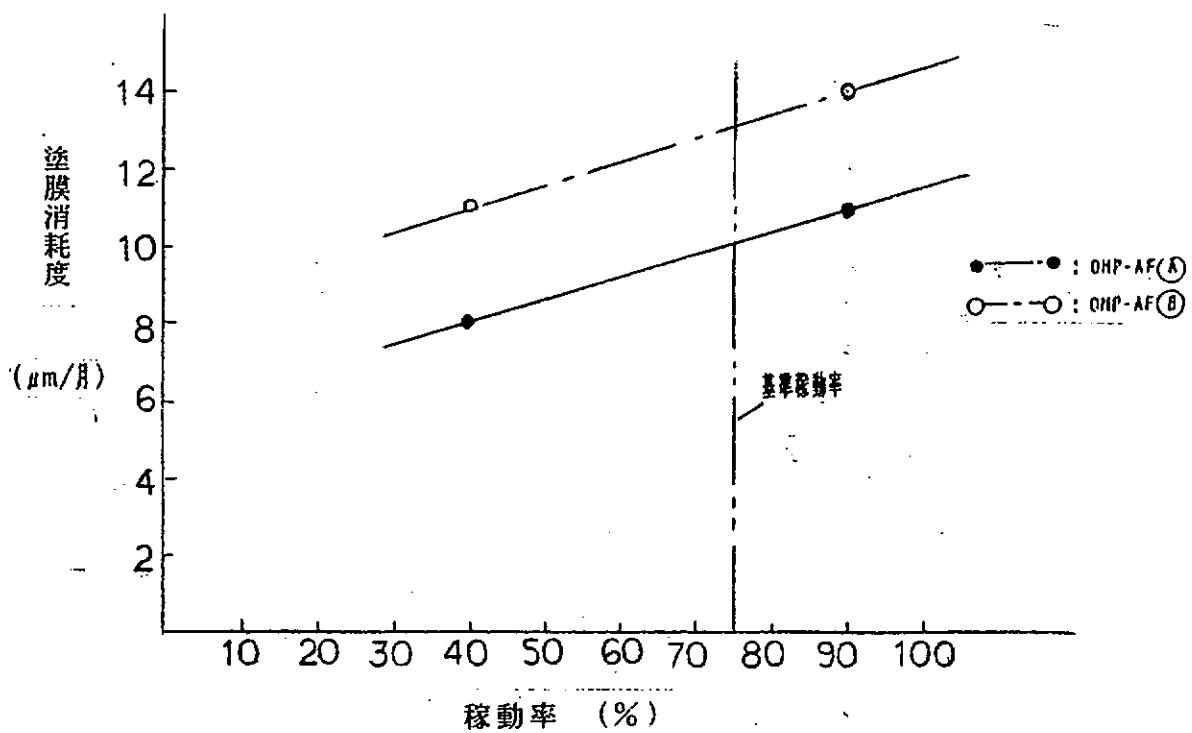
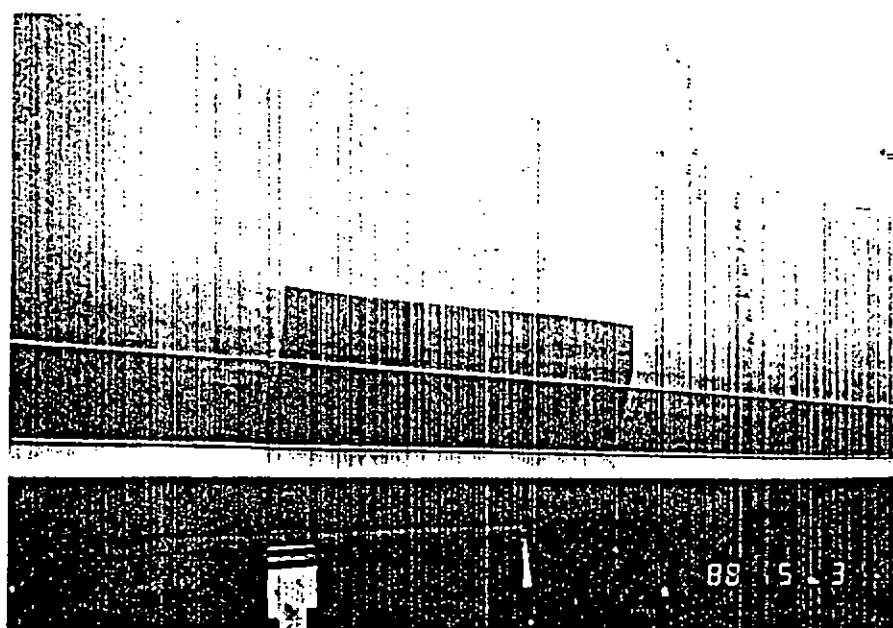


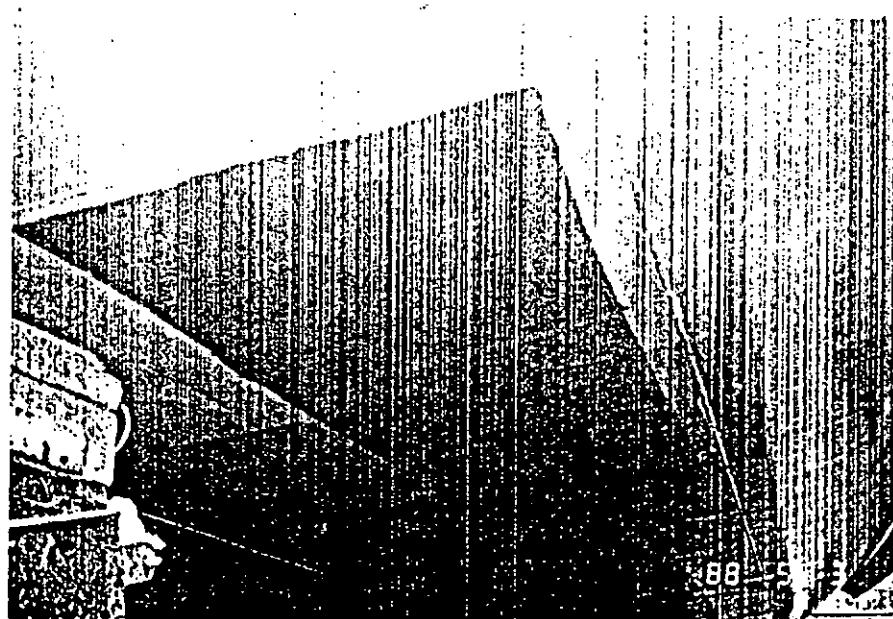
図 4.1.14 稼動率と塗膜消耗度

表 4.1.4 稼動率データ

試験方法	総日数(日)	流動(日)	静置(日)	稼動率(%)
回流水槽試験 (7.5m/s)	205	184	21	90
サイクル試験 (海中浸漬—回流水槽7.5m/s)	226	92	134	40

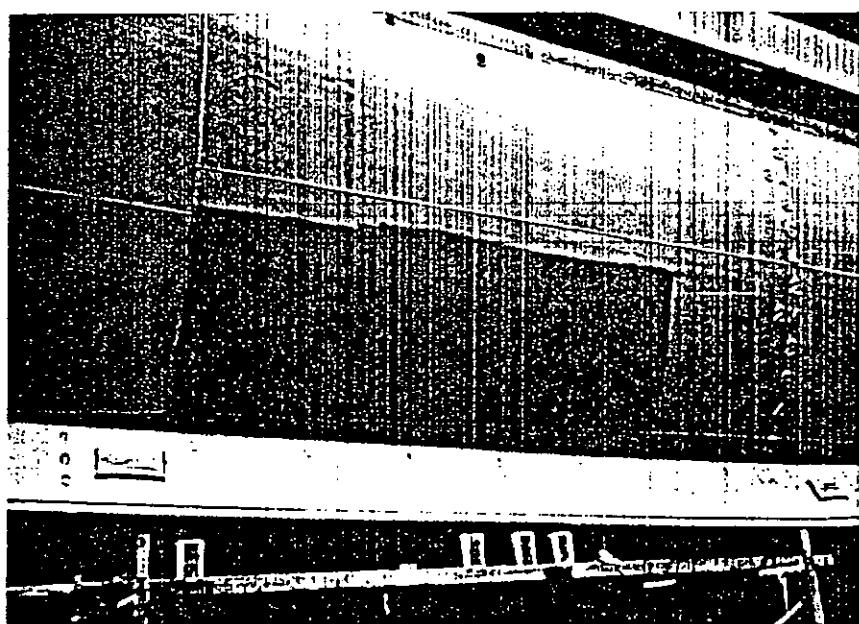


右舷側壁部

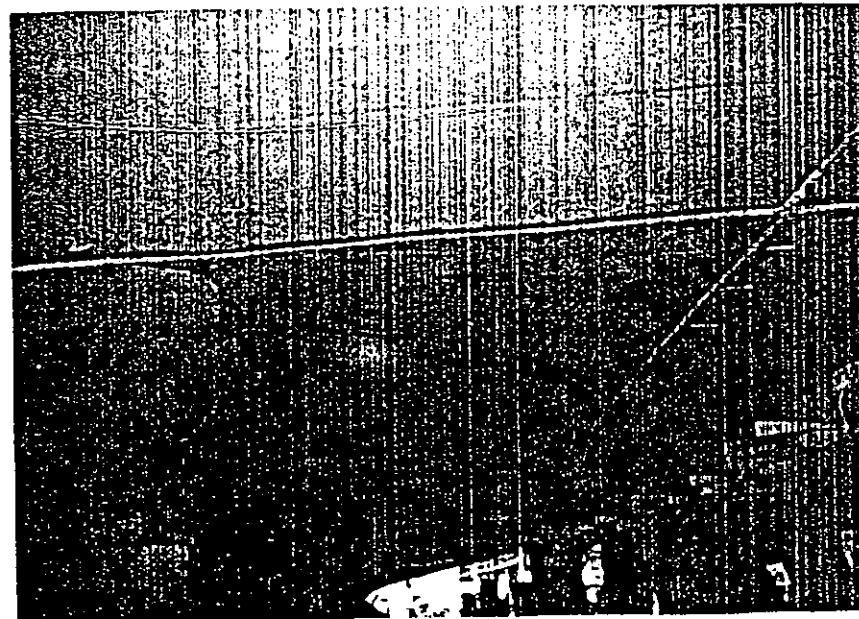


右舷平底部

図 4.1.15(1) 試験塗装箇所 (第 27 東洋丸)



右舷側壁部



右舷平底部

図 4.1.15(2) 試験塗装個所 (阿蘇)

4.2 スライム定量法の実用化の検討

4.2.1 研究目的

実船における防汚塗料の耐生物汚損性の評価方法として、スライム定量法の実用化を検討する。

4.2.2 研究内容

昭和60年度および61年度の研究結果から、スライム付着量の定量には乾燥重量の測定、アントロン法による糖質量（ヘキソース残基量）の定量およびクロロフィル定量が有効であることがわかった。昭和62年度はこれらの測定法を用い、実船に付着したスライムが定量可能か検討を行ったが、乾燥重量およびクロロフィルの定量は実船へ適用するには不適であった。また、アントロン法については、スライムを採取する際に混入する塗膜成分により誤差が生じることがわかった。

昭和63年度は塗膜成分のアントロン法に対する影響を調査するとともに糖質量の定量法について一部検討を行った。

4.2.3 実験方法

1) 塗膜成分のアントロン法への影響

糖質を含まない人工海水および濃度既知のグルコース溶液に塗膜成分を添加し、アントロン法による糖質量の定量に及ぼす影響の調査を行う。

(イ) 人工海水およびグルコース溶液の調製

人工海水の組成を表4.2.1に示す。グルコース溶液はこの人工海水にグルコースを溶解し、それぞれ $25\mu\text{g}/\text{ml}$ 、 $50\mu\text{g}/\text{ml}$ になるように調製した。

(ロ) 塗膜成分の添加

調製した人工海水およびグルコース溶液にOMPワニス、TPTH、亜酸化銅、弁柄、有機赤顔料を各溶液 1ml に対しそれぞれ 5mg 、 10mg 添加しアントロン法で糖質量の測定を行った。

(ハ) アントロン法による糖質量の定量

検量線作成用のグルコース標準液および(ロ)で作成した塗膜成分を添加した各溶液 1ml に0.2%アントロン濃硫酸溶液 4ml を加え、沸騰水中で10分間加熱する。冷却後 620nm で吸光度を測定し検量線により濃度を求めた。

2) アントロン法とフェノール硫酸法との比較

糖質量の測定としてこれまで用いてきたアントロン法とフェノール硫酸法とを比較してより精度の高く簡便な定量法を選択する。

(イ) 人工海水およびグルコース溶液の調製

人工海水は4.2.3-1)-(イ)と同様の処方のものを用いた。また、この人工海水を用いて5、10、50、100ppmのグルコース標準人工海水溶液を作成した。

(ロ) スライムの生成

昭和63年10月に兵庫県洲本市由良港内で採取した未濾過海水5リットルを蓋付きガラス容器に入れ、その中にスライム生成用グラススライド($100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 1.5\text{mm}$)3枚を図4.2.1のように浸漬し、濾過空気でエアレー

ションしながら25℃、人工照明下で2カ月間放置してスライムを生成させた。

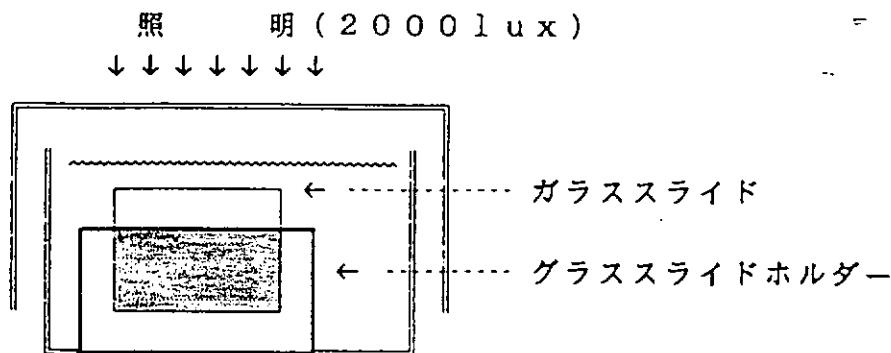


図4.2.1 ガラススライド上へのスライムの生成

(ハ) スライムの採取

スライムが生成したガラススライド3枚の両面からミクロスパーテルで30mℓの人工海水中にスライムを完全に掻き落し、試験管ミキサーで十分懸濁させ重量測定用として10mℓずつ2本、アントロン法およびフェノール硫酸法の定量用としてそれぞれ1mℓずつ5本の試験管に注入した。

(ニ) アントロン法とフェノール硫酸法による糖質量の定量

アントロン法及びフェノール硫酸法のそれぞれでグルコース標準人工海水溶液による検量線を作成した。アントロン法は4.2.3-1)-(ハ)の方法により定量を行った。

フェノール硫酸法は、各懸濁液1mℓに5%フェノール水溶液1mℓを加え、試験管ミキサーで混和後、5mℓの濃硫酸を加えて混和し、10分間放置する。その後、振とうし、30℃水浴中で20分放置後488nmで吸光度を測定し、検量線から濃度を求めた。

対照として人工海水のアントロン法およびフェノール硫酸法による糖質量を測定した。

アントロン法及びフェノール硫酸法の手順の比較を図4.2.2に示した。

表4.2.1 人工海水の組成

NaCl	30.0g
KCl	0.7g
MgSO ₄	2.6g
MgCl ₂	5.0g
CaSO ₄	1.0g
蒸留水	1000ml

pHSに調整する。

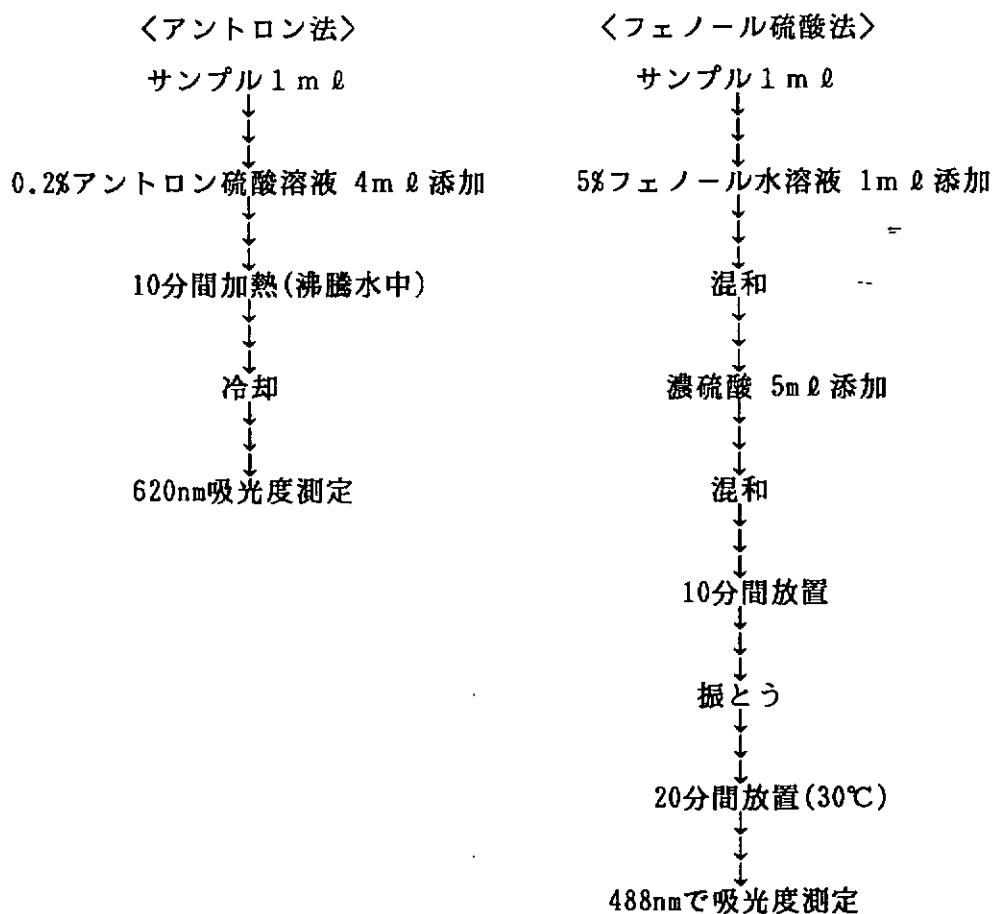


図4.2.2 アントロン法とフェノール硫酸法の手順の比較

4.2.4 結 果

1) 塗膜成分のアントロン法への影響調査

人工海水および濃度既知のグルコース溶液に塗膜成分を添加し、アントロン法で測定した結果を表4.2.2に示す。また、グルコース溶液の数値からブランクとして人工海水の数値を差し引いた結果を表4.2.3に示す。

人工海水に添加した結果からみて今回調査した5種類の物質はアントロン法による糖質量の定量に影響があることがわかった。このうち、OMPワニス、亜酸化銅および有機赤顔料についてはその影響が特に大きい。しかし、人工海水の数値をそれぞれの値から差し引くと添加前の溶液濃度と大きく異なるのはOMPワニスのみであった。このことにより、昭和62年度の補足実験で得られなかったOMP A/F塗膜のアントロン法への影響はOMPワニスであることが明らかになった。

2) アントロン法とフェノール硫酸法との比較

グラススライド表面に生成したスライムは全体に濃黄色から褐色で、グラススライドの周縁部の色が薄く、中心部がより濃い色であった。顕微鏡での観察によりスライムはナビキュラ、ニッチャ、アンフォーラ等となる珪藻とグラム陰性の運動性のあるかん菌とそれらが生成したと思われる粘質が主体であった。

表4.2.2 濃度既知溶液への添加による塗膜成分の影響

	A		B		C	
濃度既知溶液	人工海水		$25\mu\text{g}/\text{ml}$ グルコース溶液		$50\mu\text{g}/\text{ml}$ グルコース溶液	
※添加量	5mg	10mg	5mg	10mg	5mg	10mg
OMPワニス	25.6	34.8	39.0	37.6	62.3	68.4
TPTH	1.0	1.0	21.9	22.7	44.0	42.2
亜酸化銅	40.9	49.1	61.2	69.9	87.4	105.1
弁柄	5.9	6.8	33.6	36.8	57.2	62.7
有機赤顔料	108.4	342.0	136.1	364.3	168.0	400.5

※ 溶液 $1\text{m}\text{l}$ あたりの塗膜成分の添加量数値の単位： $\mu\text{g}/\text{ml}$

表4.2.3 人工海水での影響を差し引いた塗膜成分の影響

	B - A		C - A	
濃度既知溶液	$25\mu\text{g}/\text{ml}$ グルコース溶液		$50\mu\text{g}/\text{ml}$ グルコース溶液	
※添加量	5mg	10mg	5mg	10mg
OMPワニス	13.4	2.8	36.7	33.6
TPTH	20.9	21.7	43.0	41.2
亜酸化銅	20.3	20.8	46.5	56.0
弁柄	27.7	30.0	51.3	55.9
有機赤顔料	27.7	22.3	59.6	58.5

※ 溶液 $1\text{m}\text{l}$ あたりの塗膜成分の添加量数値の単位： $\mu\text{g}/\text{ml}$

グラススライド表面に生成したスライム重量とアントロン法およびフェノール硫酸法による糖質量を表4.2.4に示す。

今回のスライムは昭和61年度に行った予備実験と比較すると、その面積当たりの重量がやや多い。これは採取した原海水の違いによるものか、予備試験に比較して生成時間を約4倍にしたスライムの生成条件によるものかは不明である。しかし、アントロン法による糖質量は平均44.8%であり、予備試験の結果の43.7%と40.9%とほぼ同様の割合となっている。フェノール硫酸法で定量した糖質の割合は平均50.2%とアントロン法に比較してやや高い数値を示している。これはアントロン法はヘキソース、6-デオキシヘキソースは強くきわめて鋭敏に発色するが、ペントース、ウロン酸、RNA、DNAなど多くの糖質が発色し、さらにタンパク質等により発色妨害を受けないため、高い数値を示したものと考えられる。

のことから、スライムの定量をする際に細胞内物質の質によりすなわちスライムを構成する生物により変化する可能性のあるフェノール硫酸法と、スライム粘質の主体と考えられているヘキサンを鋭敏に定量できるアントロン法の優劣はさらに検討がなされる必要があると考えられる。一方、実験方法については図4.2.2に示した手順の比較からも明らかなように、アントロン法がフェノール硫酸法より優れているように思われる。

表4.2.4 スライム重量及びアントロン法とフェノール硫酸法による糖質量

測定項目	スライム重量	糖質量	
		アントロン法	フェノール硫酸法
測定結果	62.3mg/200cm ²	25.33 mg/200cm ²	25.33 mg/200cm ²
		28.46	30.55
		27.50	28.04
		25.93	31.11
		27.86	30.14
		平 均	60.3
		27.016 (44.8%)	30.276 (50.2%)

4.2.5 まとめ

今年度の実験により塗膜成分のアントロン法による糖質量の定量への影響が明らかになった。また、その影響は物質により異なり、OMPワニスのように量的に差がみられるものとそうでないものの両方の結果を得た。

今後、アントロン法を実船から採取したスラスムに適用する場合、塗膜の混入については十分注意を払ったとしても多少の混入は避けられないため、予め対象塗膜のアントロン法に対する影響を調査し、スライム中の混入塗膜量を定量できる方法を検討しておく必要がある。こうした意味においてアントロン法を実船に適用するのは非常に困難であると考えられる。

また、糖質量の定量法としてアントロン法とフェノール硫酸法の比較検討を行ったが、スライムの粘質の主体と考えられているヘキサンを鋭敏に定量できるアントロン法とスライムの生物構成により数値が変化する可能性のあるフェノール硫酸法の優劣については結論は得られなかった。ただし実験法についてはアントロン法が簡便である。

実船における防汚塗料の耐生物汚損性評価法としてスライムの定量法の検討を行ったきたが、種々の問題から今まで検討をしてきた方法は全て実船への適用が困難であるとの結論を得た。しかし、これまで検討してきた防汚塗料は加水分解型を含め溶出タイプであったためスライム採取の際塗膜が混入したが、非溶出タイプの防汚塗料、例えばシリコンなどの澆水性を利用した防汚塗料の性能評価法としては十分適用の可能性は残されており、また浸漬試験における初期のスライムの定量は現在のままでも適用可能であり、防汚塗料の性能評価法としての利用価値はあると考える。

5. 文献調査

スライムの定量法・耐生物汚損及び船底塗料に関する

文献調査

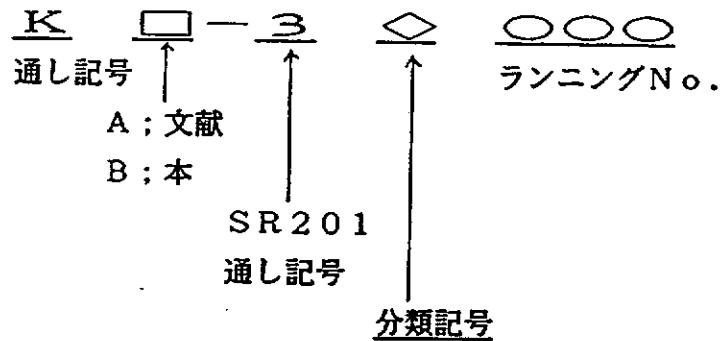
昭和63年度最終報告

昭和63年度これまでに収集した文献は、140編と1冊あり 内容別に分類すると下記のようになる。

1) 防汚剤の溶出機構	9編
2) 船底塗料の試験方法	7編
3) 表面粗度と摩擦抵抗、燃費節減	4編
4) 船底塗料関連(配合・性能)	
ア) 報文	19編
イ) 日本特許	39編
ウ) 外国特許	8編
5) 安全衛生	29編
6) 生物関連	18編 + 1冊
7) その他	7編
合計	140編 + 1冊

今回は、“The Ocean's '87 International Organotin Symposium”が、中心となっている。

文献記号について



- 1 ; 防汚剤の溶出機構
- 2 ; 船底塗料の試験方法
- 3 ; 表面粗度と摩擦抵抗、燃費節減
- 4 ; 船底塗料関連報文
- 5 ; 船底塗料関連日本特許
- 6 ; 船底塗料関連外国特許
- 7 ; 安全衛生
- 8 ; 生物関連
- 9 ; その他

ランニングN○. は、昭和60年度からの通し番号です。

1) 防汚剤の溶出機構、防汚剤関連

KA-31026

J. R. W. Harris, J. J. Cleary

"Particle-water partitioning and organotin dispersal in an estuary"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1370-1374, (1987)

英國の河口からTBTが拡散して行く程度を塩濃度、微粒子との関連づけて検討した。

KA-31027

A. O. Valkirs, M. O. Stallard, P. F. Seligman

"Butyltin partitioning in marine water"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1375-1380, (1987)

溶剤抽出法とフッ化水素による直接法を用いて海水の微粒子と結合しているTBTを測定した。TBTと結合した或るものは直接法では測定できないことが判った。

KA-31028

J. J. Cleary, A. R. D. Syebbing

"Organotins in the water column --- Enhancement in the surface microlayer"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1405-1410, (1987)

英國東部および南部河川において夏・冬両季節に採取した水に含まれる有機錫濃度を同定した。深さ方向で採取した試料の分析結果によると、その最大濃度は極表面において測定された。表面下においても英國政府の"EQT"値および多くの生物に対する限界許容濃度を越えていた。

KA-31029

R. F. Lee, A. O. Valkirs, P. F. Seligman

"Fate of tributyltin in estuarine waters"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1411-1415, (1987)

米国、スキッダウェイ川(ジョウジア州)、ジェームズおよびエリザベス川(ヴァージニア州)河口で採取した水の中のTBTの分解速度を測定した。TBT分解速度はエリザベス川ではジェームズ川に比べ著しく速い。又、日光があたっている時は、そうでない時に比べ常に速い分解速度を示す。河口におけるTBTの分解に対し細菌類が相当に関与していることも認められた。

KA-31030

K. R. Hinga, D. Adelman, M. E. Q. Pillson

"Radiolabeled butyl tin studies in the MERL enclosed ecosystem"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1416-1420, (1987)

NARRAGANSETT湾に近い状態を維持した閉鎖生態系においてラベル化したトリプチル錫の崩壊速度、沈殿及び揮散などについて測定を実施。結果としてトリプチル錫の半減期が3.5日であったなどについて考察。

KA-31031

P. A. Keifer, K. L. Rinehart, Jr.

"Renillafoulins, antifouling diterpenes from the Sea Pansy

Renilla reniformis(Octocorallia)"

J. Org. Chem., Vol.51, No.23, p4450-4454, (1987)

フジツボの幼生の付着を抑制するRenilla reniformisの抽出物が3種のジテルペンを含むことを発見。3種の化合物は、すべて0.02~0.2 μ g/mlの濃度で忌避効果を示す。構造はNMRデータとIRのスペクトル比較で明確となりX線回折で確認したことを紹介。

KA-31032

H. Oh sug i, N. Yamamori, et al
"Anti-fouling behavior of copper-containing copolymer"
Proc. XIIIth Internat. Conf. in Organic Coatings Sci. Tech. Athens, p273-286, (1987)

銅ーエステル結合をもつポリエステル銅とアクリル酸を合成しそれを配合した防汚塗料を評価した。アクリル酸銅は海水中で加水分解し防汚塗料のバインダーとして優れている。

KA-31033

M. J. Round
"A new concept in anti-fouling treatment"
Corrosion Prevention & Control, Vol.34, No.3, p74-79, (1987)
S cometは、特別に配合された樹脂に銅及び銅合金を混ぜ合わせた防汚材である。これを金属、炭素繊維強化プラスチック及びコンクリートなどの表面に適用すると、長期間、汚れのない表面を保持するため、経済的である。S cometは、海洋汚染問題を引き起こさず、従来行なわれている保守点検作業を必要としない。

KA-31034

A. B. Tadros
"An approach to the evaluation of some triazole compounds as antifouling and anticorrosive agents"

Paint Resin, Vol.57, No.6, p25-27, (1987)
4-アミノ-3-ヒドロジノ-5-チオ-1, 2, 4-トリアゾールの7種類の新規誘導体とその銅錯体を合成し、IRによる同定を行なった。全化合物をPVC及び鉄素材を用いて74容量%防汚兼防食剤として評価した。海中生物及び錆の抑制と合成化合物の構造変化の影響についても論述。

2) 船底塗料試験方法

KA-32022

W. R. Blair, K. L. Jewett, et al
"Design and progress of a comprehensive internasional laboratory speciation intercalibration study of a multispecies butyltin reference material: Significance for new analytical methods and biofilm testing"
The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1339, (1987)
NBSに於けるブチル錫化合物の新しい分析方法の紹介と有機錫ポリマーA/Fの表面に生成しているバイオフィルムでのTBTの濃度と蓄積速度を調べていく重要性を述べている。

KA-32023

P. Michel
"Automatization of a hydride generation/A.A.S. system. --- An improvement for organotin analysis"
The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1340-1343, (1987)
有機錫の従来の分析方法を自動化するシステムに関して記述されており、その方法によると分析時間は7分に短縮できるとのことである。

KA-32024

C. L. Matthias, J. M. Bellama, F. E. Brinckman
"Determination of tributyltin in estuarine using bonded C-18 silica solid phase extraction, hydride derivatization and GC-FPD"
The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1344-1347, (1987)
水素誘導法と、錫選択性炎光光度計を組み合わせたガスクロマトグラフィーにより、河口水中のブチル錫の測定を固層吸着剤にC-18シリカを使い行なった。その分析法と結果を示す。

KA-32025

B. R. Appleman

"Painting over soluble salts; A perspective"

Journal of Protective Coating & Linings, Oct., p68-82, (1987)

近年、船や海洋建築物の鉄板上での見えない汚染、つまり酸性雨との反応により生じる塩化物、硫化物のような溶解性塩による汚染が注目を集めている。これらの溶解性塩が塗膜に及ぼす影響は複雑であり、明確なレベルまでは判らないが、実験データからは塗膜にとって有害である事が判る。

KA-32026

M. M. A. El-Malek, R. M. Mohsen, M. M. H. Ayoub

"New approach to the effect of binder composition on antifouling efficiency using scanning electron microscopy"

J. Oil Colour Chem. Assoc., Vol.70, No.11, p337-341, (1987)

ビニルポリマーI (VC1/VAc) + トリクロジルホスフェート (TCP)、ビニルポリマーII (VC1/ビニルイソブチルエーテル) + ポリビニルブチルエーテル (PVME) に微分散亜酸化銅 (全体の81.9%) と2水準 (4.2, 12.2%) のロジンWWを添加した計4種の塗料を作成し、その塗膜を食塩水中に浸漬し、塗膜表面の変化をSCMで調べた。ロジンWWが多く加水分解性TCPを使用した場合は、亜酸化銅粒子の特に初期の溶出が速い。これに対してロジンWWが少なく、膨潤性加塑剤PVME使用の場合は、膨潤塗膜がスポンジのように働いて亜酸化銅の溶出は長期間にわたりコンスタントに持続する。

KA-32027

辻本 武次、都築 英明、足立 透、時武 正明、藤田研

"フロリジルカートリッジを前処理したガスクロマトグラフィーによる魚体中のトリブチルズズ化合物の定量"

食品衛生学雑誌、Vol.29, No.2, p141-145, (1988)

トリブチル錫化合物を塩化トリブチル錫(I)として抽出し、フロリジルカートリッジによるクリーンアップを行ない、分離カラムに10% KOCL-Snを用いてECD-GCで定量。本報はIの検出限界が試料中濃度で0.003μg/gであり、回収率も良好。本報により、天然魚5種類から0.05μg/g以下、養殖はまちから0.064~0.213μg/gのIを検出。

KA-32028

宮内 徹夫

"人工海水、エタノール及びツイン#80が防汚の生物検定にもたらす弊害について"

生態化学、Vol.9, No.2, p37-44, (1988)

船底塗料など防汚塗料の効力を検定するために自然海水と人工海水で供試原液を作製して生物検定を実施すると塗料塗装面からの防汚剤の溶出速度が異なることが分った。供試生物の感受度にも差がある。エタノールおよびツイン#80防汚の生物検定にもたらす影響として極微量の共存で水産生物に対する毒性が考えられる。

3) 表面粗度、汚損と摩擦係数、燃費節減

KA-33024

著者記載なし

"A shipowners conclusions on underwater hull painting"

Shipcare & Maritime Management, Vol.17, No.4, p21-23, (1985)

船舶の外板船底部の塗装に関して表面粗度とその増加に対して補修塗装の帰与、塗料の帰与、塗装指導者の帰与などが述べられており、今後の塗装計画としてまとめられている。

KA-33025

J. H. Nath

"Biofouling and Morison equation coefficients"

Proc. 7th Int. Conf. Offshore Mech. Arct. Eng., Vol.2, p55-64, (1988)

28種類の表面粗度を持つ水平および鉛直円筒の抗力係数と質量係数を計測し生物付着による汚損が波力に及ぼす影響を把握する資量を得た。実験は、規則波中で行なったが、それに加えて不規則波中の波力、潮流中の抗力、実海域での諸係数の推定なども考察した。Reynolds数は200000まで、K数は約25までで実験。

KA-33026

前田 邦夫、北崎 寧昭、玉島 正裕、恋塚 初

"海生生物の付着による小型船舶の抵抗増加とその防止用粘着シートの効果について"

西部造船会論文こう概、Vol.1988, p13-16, (1988)

銅合金と耐水性に侵れた粘着剤で構成した粘着シートを貼りつけた板と、小型船に用いる船底塗料を塗った板とを用いて海生生物付着試験を行ない、更にシートの重ね合わせの方法による抵抗増加と海生生物付着時の抵抗増加を平板抵抗試験により調べた。小型船の抵抗増加の簡易推定法も記述。

KA-33027

N. Takagi, T. Asao, S. Morita, et al

"A study on wave forces on a cylinder in the field where wave and flow coexist"

Proc. 5th Int. Offshore Mech. Arct. Eng. Symo., Vol.1, p130-135, (1986)

海洋環境における生物の付着の問題及び波浪と流れの共存の問題は、海洋構造物に働く波力の推定時に、現実的問題として共に重要である。付着生物の影響と波力と共存する定常流について調査した。この調査の完遂のために生物の人工的付着模型に作用する力を波浪と流れの中で計測した。各種の抗力係数を図示。

4) 船底塗料の配合および性能

4-1) 稿文

KA-34067

M. A. Champ, W. L. Pugh

"Tributyltin antifouling paints; Introduction & Overview"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1296-1308, (1987)

TBTを用いたA/Fの解説と規制にいたった理由と今後の問題点について記述している

KA-34068

J. W. Ludgate, Jr

"The economic and technical impact of TBT legislation on the USA marine industry"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1309-1313, (1987)

TBTの規制により各船主が被る経済的な影響と、その波及効果について述べ、過度な影響が出ないような施策を望んでいる。

KA-34069

R. Abel, R. A. Hathaway, et al

"Assessment and regulatory actions for TBT in the UK"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1314-1319, (1987)

1987年英國政府はTBT含有塗料の使用および小形ボート、養殖設備類の処理を禁止した。この決定に至る科学的裏づけにつき、法令及び政府によって取られる関係処置を述べながらレビューしてみた。

KA-34070

O. Linden

"The scope of the organotin issue in Scandinavia"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1320-1323, (1987)

スカンジナビアにおける有機錫問題について概説。1970年代中頃開始した有機錫の分解性と影響に関する研究はフィールド並みに実験室の両面にわたり行なわれてきた。デンマーク、ノルウェーおよびスウェーデンは船底塗料中に使用する有機錫の規制を検討中である。更にヘルシンキ会議の当事国間でも何らかの共同行為がとられる可能性がある

KA-34071

P. Schatzberg

"Organotin antifouling hull paints and the U.S. Navy: A historical perspective"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1324-1333, (1987)

米国海軍研究所においてトリプチル錫を含む船底塗料について実際の船での試験を実施し経済的効果などを調査し考察した。概要は環境問題を重視し、今後10年以上に渡りゆるやかな遂行を実施し、溶出速度が $0.1 \mu\text{g TBT}/\text{cm}^2/\text{day}$ 以下のものの使用や、港湾の安全目標濃度として $0.5 \text{ng TBT}/\text{l}$ 以下にすることなどを報告。

KA-34072

D. M. Allison, L. J. Sawyer

"The UK ministry of defence's experience, practices' and monitoring programmes for the application maintenance and removal of erodible organotin antifouling paints"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1392-1397, (1987)

有機錫を含む防汚塗料及び他の防汚塗料の適性、メンテナンス及び移動による摩耗性などに関するMODにおける試験と実際について考察。

KA-34073

C. A. Giudice, B. del Amo, V. Rascio
"Influence of composition and film thickness on antifouling paints bioactivity containing castor oil as thixotropic agent"

ACS, Div. of PMSE, Papers, Vol.56, p565-569, (1987)

WWロジンと10種類の塩化ゴムとの樹脂組成をもつ防汚塗料の浸海試験を行ない25ヶ月の浸海結果をのせている。必要膜厚は120~140μm以上でロジン/塩ゴム比が2/1で樹脂濃度64%のものが最も良い結果を示した。

KA-34074

R. F. Brady, Jr

"Nontoxic Alternatives to antifouling paints"

Proc. Annu. Mar. Offshore Coat Conf. (USA), Vol.27, p58-62, (1987)

従来の鉛、水銀、ヒ素を使ったものから、銅や錫を使った塗料まで禁止されようとしているところから、現在検討テシト中のもの2種の内容と、実地テストの状況について紹介。粉末のポリテトラフルオロエチレンを含むフルオロポリウレタン塗料とシリコーンゴム塗料などについて述べた。

KA-34075

著者記載なし

"Period of change for antifouling paints"

Manufacturing Chemist, Vol.July, p38-41, (1987)

近年、TBT防汚塗料による海洋汚染が叫ばれ、小型船での使用禁止が現実になろうとしている。その代替品となる可能性のある数種についてA/F塗料としての5つのカテゴリーを挙げながら考察する。

KA-34076

著者記載なし

"Fluidized-bed heat exchanger avoids fouling problems"

Chem. Eng. (New York), Vol.95, No.2, p43, (1988)

多段式熱交換器に固体粒子を用いて、スケールの生成及び沈殿物の付着を回避しようとする方法である。固体粒子には、ガラス、セラミックまたは金属ビーズ、ワイヤーの細片、砂利などが使える。固体粒子は垂直管内で多少同じ位置で流動するか、上部から下降管を通じ戻り、循環する。ファウリング解消のほか、表面流体速度を下げ、圧力損失を低下するという利点もある。

KA-34077

R. F. Brady, J. R. Griffith, K. S. Love, et al

"Nontoxic alternatives to antifouling paints"

J. Coatings Technol., Vol.59, No.755, p113-119, (1987)

現在の防汚塗料は亜酸化銅やSn化合物等の有毒物を含み、英、仏では使用禁止、米国でも禁止を検討中である。これに代わるものは、汚染生物の付着を弱めて海水との摩擦による弱い力などで除去される剥離型防汚塗料である。米国海軍で試験中のポリテトラフルオロエチレン粉を充填したフルオロポリウレタン塗料とシリコーンゴム塗料の試験結果を紹介。

KA-34078

S. Karpel

"Organotin polysiloxanes --- A new antifouling coating"

Pigm. Resin Technol., Vol.17, No.2, p13-14, (1988)

親水性アクリルポリマーをベースにトリプチル錫(メタ)アクリレートを共重合させた線状のものと異なり、ポリシロキサン骨格にトリプチル錫が結合した系は湿気で三次元硬化するタイプで、元来は疎水性であるが、加水分解して有機錫毒物を遊離すると親水性となり、混合していた亜酸化銅なども溶け出しが、シロキサン骨格そのものは強固に残るので塗膜の耐久性に優れている。Ameron社市販のもの3種を紹介。

KA-34079

Z. Han, H. Shen, Q. Zhang, K. Chen
"Study on the kinetics of polymerization of tributyltin methacrylate"
J. Macromol. Sci. A., Vol.24, No.3/4, p301-309, (1987)

ベンゼン中、AIBNの存在下、60～75°Cでの標題化合物(1)の重合を速度論的に検討。重合速度Rは $R = K [1]^{1.5} \times [AIBN]^{0.5}$ 乗で表され、重合の活性化エネルギーは18.1 kcal/molであった。生成重合体の分子量は温度の上昇により低下し、重合度に対する活性化エネルギーは約-12.3 kcal/molであった。

KA-34080

林 一朗、今島 実

"船底防汚塗料別による生物付着の状況調査Ⅱ"

水産工学研究所報告、No.7, p97-105, (1986)

水産工学研究所所員調査船「たか丸」(50t)の左右両舷共船着部、中央部及び船尾部の3区域に6種類の防汚塗料を塗装して、生物の付着状況を調べた。第1回は1983年12月8日に、第2回は1984年6月18日に塗装して、約6ヶ月就航後の状況を調べた。塗料の成分と生物の種類別の付着状況との関係を考察。

KA-34081

林 一朗、今島 実

"海中物体の防汚塗料の開発について"

海洋工学シンポジウム、Vol.8th, p161-167, (1988)

防汚物質を含まずビヒクルの発水性を利用して生物の付着を不可能とする無公害型防汚塗を開発し、通常の防汚塗料5種類とFRP調査船たか丸の船底に塗り分け、6ヶ月単位で1年間の船底付着生物の継続調査を行なった。その結果、塩化ゴム系防汚塗料に次ぐ防汚効果を示し、養殖漁業の網の表面防汚に使用が可能である。

KA-34082

広田 信義

"海洋生物の付着を防ぐ無公害な防汚塗料バイオクリーン"

配管技術、Vol.30, No.3, p137-142, (1988)

海洋環境を汚染しない防汚塗料の紹介。バイオクリーンは表面自由エネルギーが低いシリコン系合成樹脂を特殊な塗膜表面調整剤で変性し、これを塗膜要素とした塗料で、強いはつ水性(接触角100～105°)を呈し、生物の粘着性分泌物の付着を阻害する。防汚剤を含有せず、塗装容易かつ長期(1～2年)にわたる防汚機能を有し、今後臨海工業、火力・原子力発電などへの利用増加を期待。

KA-34083

鈴木 義久、三枝 武男、星野 友慶

"超音波による海水配管内の防汚"

電気学会論文誌C, Vol.107, No.5, p477-484, (1987)

必要箇所に複数の振動子を設置し、順次に切り換えて励振する方式は励振電力を増大せずに防汚領域拡大が可能。実験では振動子励振電力は40W以下だったが、パルス励振を含めて、いずれも0.2 bar以上の音圧領域が防汚効果を生じる限界で、良好結果のためには0.3 bar以上の音圧が必要なことを確認した。海洋生物に対する超音波の効果、実験および結果と検討について記述。

KA-34084

N. N. Messihz, N. E. Ikladious, et al

"Antifouling — Beschichtungen auf Basis von Organozinnpolymeren"

Farbe Lack, Vol.93, No.8, p630-633, (1987)

地中海と紅海における一連の実験結果から温海水浸漬試験が防汚効果の評価に好適なことを確認、試験法の改良を行なった。錫含量20%のアクリル系有機錫三元共重合体について実験し、共重合成分としてN-ビニルピロリドンには特に性能改良効果のないことが判明。亜酸化錫など適当な顔料の配合は防汚性能を向上する。

KA-34085

G. W. Swain

"Evaluation of antifouling coating for fixed offshore structures"

Proc. 6th Int. Offshore Mech. Arct. eng. symp., Vol.3, p445-451. (1987)

標題塗装開発の重要性を検討し、理想的な塗装の基準を決定した。防汚塗装を調査しそれらが海中の生物の付着を防ぐ方法を述べた。経済性のデータを示し、欠点を指摘した。海中生物の成長の問題、防汚法として活性殺虫剤を含む塗料、銅及び銅合金に基づく塗料、低エネルギー表面に基づく塗料、機械的掃除、防食システムとの相互作用につき紹介。

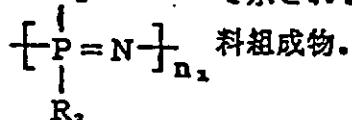
4-2) 日本特許

KA-35138

特許公開 昭和62-131076

名西 靖、中山 博之、関西ペイント㈱
"防汚塗料組成物"

一般式 R_1 で示される窒化リジ化合物と塗料用樹脂とを主成分とする防汚塗



KA-35139

特許公開 昭和62-135575

米原 洋一、名西 靖、寺嶋 弘和、村瀬 平八、平間 敏郎、関西ペイント㈱
"防汚塗料組成物"

カルボキシル基を有する水溶性不飽和单量体3~80重量%及び非水溶性不飽和单量体20~97重量%を共重合させることにより得られる数平均分子量3万~20万、ガラス転移温度-10℃~200℃の共重合体を含有することを特徴とする防汚塗料組成物。

KA-35140

特許公開 昭和62-158202

山本 徳治、井上 逸郎、森 秀次、酒井硝子㈱、中国塗料㈱、万松商事㈱
"防汚剤"

組成中に一価の銅を含有する溶解性ガラスから成る防汚剤。

KA-35141

特許公開 昭和62-201975

井村 博之、森本 耕二、中村 直哉、尾野 真史、中国塗料㈱
"防汚塗料"

低摩耗、ハイソリッド型防汚塗料に関するもので二塩基性不飽和カルボン酸のビス(トリ有機錫)塩を含むポリマーに着色剤として金属亜鉛末を併用することを特徴とする。

KA-35142

特許公開 昭和62-249906

小林 征男、小林 正雄、昭和電工㈱
"水中防汚材"

主鎖に共役二重結合を有する高分子化合物とアニオンとからなる電気伝導度が 10^{-9} 以上 S/cm の電導性高分子化合物を有効成分として含有することを特徴とする水中防汚剤。

KA-35150

特許公告 昭和63-2243

吉野 彰、加畠 信、北浜 良治、岩見 勇、階 久雄、 旭化成工業㈱
“水中生物付着防止剤”

380nm～800nmの波長領域に吸収帯を有し、かつ溶存酸素消費値が0.5以上である増感物質を有効成分とする水中生物付着防止剤。

KA-35151

特許公告 昭和63-2995

広田 信義、網台地 勝美、 中国塗料㈱
“無毒性防汚塗料組成物”

化学反応硬化形シリコーンゴムとペトロラタムまたはペトロラタム・流動パラフィン混合物と低粘度シリコーンオイルとを混合してなり、上記低粘度シリコーンオイルは、25℃に於ける動粘度0.65センチストークスを越え、20センチストークス未満のものであることを特徴とする無毒性防汚塗料組成物。

KA-35152

特許公開 昭和63-6067

大杉 宏治、山盛 直樹、原田 昭夫、 日本ペイント㈱
“発水型防汚塗料組成物”

側鎖に長鎖のシリコーンオイルを有するシリコーンアクリル単量体と該単量体と共に重合可能な他のエチレン不飽和単量体との共重合体を含有することを特徴とした発水型防汚塗料組成物。

KA-35153

特許公開 昭和63-6068

大杉 宏治、山盛 直樹、原田 昭夫、 日本ペイント㈱
“生物難付着性表面を形成する塗料組成物”

加水分解性シリル基またはチタニウム基を側鎖に持つ単量体を含有する共重合体を有することを特徴とする生物難付着性表面を形成する塗料組成物。

KA-35154

特許公開 昭和63-8462

斎藤 信宏、栗田 明嗣、 東芝シリコーン㈱
“水棲生物付着防止用表面処理剤”

(A) (メタ) アクリル酸からなるアクリル系ポリマーのエマルジョンをポリマー成分で100重量部、(B) 第4級アンモニウム塩型界面活性剤0.1～80重量部、(C) アルミナゾルを0.1～30重量部からなることを特徴とする水棲生物付着防止用表面処理剤。

KA-35155

特許公開 昭和63-33304

紺屋 一美、山野 忠成ら、 イハラケミカル工業㈱
“水中付着生物防除剤”

2,3-ジクロロ-N-(2',6'-ジアルキルフェニル)マレイミドを有効成分とする水中付着生物防除剤。

KA-35156

特許公開 昭和63-48366

山本 徳治、井上 逸郎、森 秀次、 中国塗料㈱、 酒井硝子㈱
“防汚塗料組成物”

展色剤100重量部と組成中に一価の銅イオンまたは亜酸化銅の微結晶を含有する溶解性ガラス100～1000重量部とから成る防汚塗料組成物。

KA-35157

特許公開 昭和63-57675

政岡 滉、 斎藤 信宏ら、 中国塗料㈱、 東芝シリコーン㈱

“防汚性コーティング剤”

少なくとも1種の不飽和トリオルガノシリル単量体を含む共重合体より成る防汚コーティング剤。

KA-35158

特許公開 昭和63-57676

政岡 滉、 斎藤 信宏ら、 中国塗料㈱、 東芝シリコーン㈱

“防汚塗料”

少なくとも1種の不飽和トリオルガノシリル単量体を含む共重合体に銅粉、ポリメチルセルセスキオキサン微粉末を含む防汚コーティング剤。

KA-35159

特許公開 昭和63-105075

橋場 弘

“水中防汚塗料”

酢酸塩水溶液に溶解したキチンを成分として含有する水中防汚塗料。

KA-35160

特許公開 昭和63-110268

土井 浩、 外岡 茂、 日本油脂㈱

“水中防汚被覆剤”

側鎖にポリジメチルシロキサン基かトリメチルシリル基を有する重合体を含み、有機アミンを必須成分とする水中防汚被覆剤。

KA-35161

特許公開 昭和63-110269

杉山 富男、 関西ペイント㈱

“防汚方法”

水中構造物に厚塗り型防食塗膜を形成させ、かつ防汚すべき部分の塗膜表面に防汚性金属を露出させておくことによる水中構築物の防汚方法。

KA-35162

特許公開 昭和63-251483

竹内 久佳、 四国化研工業㈱

“防藻防カビ塗料組成物”

塗料中に防藻防カビ剤として、有機ポリマービーズを核物質とし、金属系殻物質によりカプセル化を行なったものを用いることを特徴とする塗料組成物。

KA-35163

特許公開 昭和63-128084

山盛 直樹、 松田 雅之、 石倉 慎一、 肥後 清彰、 日本ペイント㈱

“防汚塗料”

酸基を有する基体樹脂と低沸点有機塩基酸の金属塩とを低沸点有機酸を系外に除去しつつ加熱反応せしめて得られる金属含有樹脂組成物をビヒクルとする防汚塗料。

KA-35164

特許公開 昭和63-178135

アラン・ペリショー、 ジョルジュ・ソーベ、 ユニベルシテ・ド・プロバンス

“汚染物及び生物に抵抗性のバインダー及びその製造方法”

第4アンモニウム塩と塩素化ビニル樹脂との組み合わせで新規なバインダーを防汚塗料用に提供している。

KA-35165

特許公開 昭和63-179934

村林 勝義、小谷 元春、佐藤 圭司、ダイセル化学工業㈱
“防臭、防かび性シート”

水に難溶性または不溶性の脱臭剤および抗菌剤を塩化ビニル樹脂シートに含有せしめた防臭・防カビ樹脂シート。

KA-35166

特許公開 昭和63-179979

森本 耕二、尾野 真史、鬼石 康之、湯木 安広、中国塗料㈱
“防汚塗料組成物”

高分子有機錫化合物に銅化合物を混合した防汚塗料の貯蔵性が悪さを、顔料の一部として金属粉を含むことで解決した。

KA-35167

特許公開 昭和63-190693

松本 陽一、片山 博幸、丸本 明比古、三菱重工業㈱、西菱エンジニアリング㈱
“水生物付着防止装置”

海水または淡水の流れを阻害しないようにして絶縁管を配置し一定の間隔で3個の金属球を配置する。中心の金属球を高電圧電極とし、両側をアース電極とし高圧電極に高電圧パルスを印加する電源を備えた装置で水棲生物の付着を防止する。

KA-35168

特許公開 昭和63-196657

小林 正典、五十嵐 敏郎、三谷 銀雄、小田島 治、住友化学工業㈱、神東塗料㈱
“防かび樹脂成型物”

2-(4-チアゾリル)-ベンズイミダゾールと、2-ピリジオチオール-1-オキシドあるいはその塩との混合物を含有してなる防カビ樹脂成型物。

KA-35169

特許公開 昭和63-202677

加藤 直行、三菱油化バーディッシュ㈱
“防藻用塗料組成物”

カチオン系界面活性剤と酵素、必要により有機酸を組み合わせることにより藻類の発生を防ぎ網等に付着させる水性エマルジョン。

KA-35170

特許公開 昭和63-205374

松尾 利郎、末武 幸男、日本油脂㈱
“防汚塗料”

防汚剤を保持する樹脂成分として特定の重合体を用いることにより難分散であった1,4-ナフトキノン化合物を微細粒子に容易に分散することができ、そのため海水中への溶解性が向上し、長期にわたって適度で安定した防汚性を持続する防汚塗料を完成した。

KA-35171

特許公開 昭和63-215780

岩村 哲郎、今野 英寿、横山 幸夫、東海林 章夫、大日本インキ化学工業㈱
“防汚塗料用樹脂”

カルボン酸をシロキシ基でブロック化せしめた形の特定の単量体を一定の比率で共重合させた樹脂が、海水のPH域で徐々に水溶化されて防汚剤とともに海水中に溶出する防汚塗膜形成剤。

KA-35172

特許公開 昭和63-218292

森 恒、薄井 耕一、後藤 邦男、菅沢 力男、五洋建設㈱、水沢化学工業㈱
“水中藻類の除去方法”

粘土鉱物と粘土鉱物中のアルミナおよび酸化鉄成分当たり10~90当量%の無機酸との粉末状反応生成物からなる処理剤を藻類を含有する水に添加し、該処理剤と藻類との凝集フッロクを形成させて浮上させ、この凝集フロックを分離除去するという水中藻類の除去方法。

KA-35173

特許公告 昭和63-6116

斎藤 徳男

“錫を含有しない防汚用加工処理剤”

錫の代わりに酸化銅または亜酸化銅、ビリタジン誘導体、アリールスルホン酸、またはその誘導体および吸湿性のアクリル樹脂またはナイロン樹脂をアルコール溶媒に混合してなる防汚用加工処理剤を開発した。

KA-35174

特許公告 昭和63-12909

竹本 索、川田 修、梅屋 薫、日本ペイント㈱

“水中摩擦抵抗低減型船底防汚塗料”

膨潤性フッ素雲母鉱物を1種または2種以上の混合物を配合してなることを特徴とする水中摩擦抵抗低減船底防汚塗料。

KA-35175

特許公告 昭和63-33513

門田 理、岡嶋 真人、土井 浩、日本油脂㈱

“防汚塗料組成物”

有機錫防汚塗料のクラック等の発生を防止するための内部応力低減剤として板状あるいは柱状もしくは針状の無機物（マイカ、雲母状酸化鉄、白土、石膏など）を含有する防汚塗料。

KA-35176

特許公告 昭和63-36637

今崎 秀之、藤野 淳二、日東化成㈱

“水中防汚塗膜形成剤”

ビヒクルの一部または全部に特定のN-ビニルアミド化合物重合体を使用することにより、防汚塗料を貯蔵安定化し、優れた防汚塗膜を形成。

KA-35177

特許公告 昭和63-55547

篠原 稔男、田辺 弘往、岸田 邦雄ら、大日本塗料㈱、三菱金属㈱

“防汚塗料組成物”

着色剤として、ニッケルおよびマンガンから選ばれた金属の少なくとも一種を3～25重量%と、鉄を0.1～1.5重量%含有する銅合金粉末から成る水中防汚塗料。

4-3) 外国特許

KA-36024

EP-0, 051, 930

Sghibartz, C.Marius, International Paint LTD
"Marine paint"

0~45%のTBTと不飽和カルボン酸塩をモノマーとするアクリルポリマーを用いた船底塗料。

KA-36025

US-4, 661, 400

R.J.Guglielmo, Sr., Cresskill, EMA Company
"Net antifouling composition"

TBT化合物を配合した溶剤及び水希釈性漁網用塗料。

KA-36026

EP-0, 069, 559

Sghigbarg, C.Marius, International Paint LTD
"Marine paint"

オレフィン性不飽和カルボン酸のキノリニル又は置換キノリニルエステルを重量で20~80%を含むフィルム形成コポリマーと金属を含む除溶性顔料からなるマリンペイント。

KA-36027

US-4, 761, 439

Labofina SA

"Marine antifouling paint composition"

(A) オレフィン性不飽和カルボン酸のトリオルガノ錫塩を20~45重量%、
(B) ビニルビロドン、ビニルビペリドン、ビニルカプロラクタムから選ばれる少なくとも一種以上のコモノマーを5~35重量%、A+Bは約40~70重量であり、
(C) 低級アルキルメタクリレート、ステレンおよびこれらの混合物でバランスしてなるコポリマーをフィルム形成剤とする塗料組成物。

KA-36028

GB-2, 166, 143

International Paint PLC

"Self-polishing anti-fouling paint for ships hull"

SPC型防汚塗料は、海生生物に対する防汚剤と樹脂から構成される。樹脂は、フリーのカルボン酸基と無水カルボニール基とからなる直鎖の合成ポリマーである。酸としては、240~750等量を有し、分子量が3000~100000の特性を持つ組成物。

KA-36029

US-4, 752, 629

International Paint PLC

"Antifouling marine paint contg."

SPC型防汚塗料(I)は、顔料と防汚剤と加水分解するポリマー樹脂(II)から構成される。(II)は分子式(III)のエステルから誘導される。Arはアリル基であり、R1は水素、アルキル基、アリル基からなる。(III)の分子式は、トリフェニール(メタ)アクリル酸エステルからなる組成物。

KA-36030

US-4, 698, 098

M.Nissenbaum

"Anti-algal antifouling paints"

フェロシアン化塩またはフェリシアン化塩を含有することを特徴とする防汚塗料組成物。

KA-36031

US-4, 710, 220

Ciba-Geigy Corp.

"Pasty Composition contg."

S-トリアジンとポリエチレングリコール/ポリプロピレングリコール縮合物又はエトキシ化合物とを含むベーストの調合法について示す。このベーストは、分散染料、ラッカーフ防汚塗料中で防藻剤として使用できる。

5) 安全衛生

KA-37038

M. D. Stephenson, D. R. Smith, et al

"An international intercomparison of butyltin determinations in mussel tissue and sediments"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1334-1338, (1987)

7つの研究所で組織と底質物中のブチル錫の測定を行ない比較検討した。環境中の幾つかの試料に適する数種のTBT分析法があることが判った。

KA-37039

B. Humphrey, D. Hope

"Analysis of water, sediments and biota for organotin compounds"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1348-1351, (1987)

水、底質物、生物中の有機錫化合物の分析を行ない、分析精度、最大測定域について記述している。生物中の含有量を監視計測するのは高価であるとしている。

KA-37040

M. J. Waldock, M. E. Waite, J. E. Thain

"Change in concentrations of organotins in U.K. rivers and estuaries following legislation in 1986"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1352-1356, (1987)

小型船舶からTBTの流れ出ることをコントロールするため一連の規制を1986年1月より施行した。この効果をモニターしたところノーフォークのBure川では、淡水中のTBT濃度は過去の河口での値より上昇していることから、TBTを含むA/Fの販売と使用を禁止する処置を実施することになった。

KA-37041

P. F. Seligman, C. M. Adema, et al

"Monitoring and prediction of tributyltin in the Elizabeth river and Hampton road, Virginia"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1357-1363, (1987)

エリザベス川とバージニアのハンプトンロード地区の9地点で21ヶ月にわたり13回TBT濃度のモニターを実施した。ハンプトンロードの海軍基地では10mg/l以下であったが、企業のドックが隣接した川上地区では最高値となり、それより上流では下がった。動的予測では減少方向に向かうものとするも、造船所の排水方法の改善が必要。

KA-37042

W. E. Johnson, L. W. Hall, Jr., et al

"Organotin concentrations in centrifuged versus uncentrifuged water column samples and in sediment pore water of a northern Chesapeake Bay tributary"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1364-1369, (1987)

遠心分離と未遠心分離した川の水中のブチル錫濃度を場所、時期、潮時期に区分して分析した。遠心分離処理の差は認められなかった。防害物や回収率の問題があり分析精度は下がったが、TBT, DBTの分析ができた。

KA-37043

M. A. Unger, W. G. Macintyre, R. J. Huggett

"Equilibrium sorption of tributyltin chloride by Chesapeake Bay sediments"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1381-1385, (1987)

チェザピーク湾で採取した沈殿物についてTBTの吸着係数の範囲を確定するため調査を行なった。24時間吸着等温線は直線的で約1000倍の吸着係数を与えた。24時間脱着等温線は、吸着が可逆的であることを示している。塩分についても、TBT吸着の依存性を調べ、塩分濃度上昇と共に吸着係数が低下することを見い出した。

KA-37044

P. M. Stang, P. F. Seligman

"in situ adsorption and desorption of butyltin compounds from Pearl Harbor, Hawaii sediment"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1386-1391, (1987)

ハワイ・パールハーバーの同一場所での沈殿物-水海面におけるブチル錫化合物の吸着-脱着を測定する方法、および測定結果に関する報告。ブチル錫濃度は大形船がTBT含有塗料で塗られた前後において沈殿物-水境界あたりでほぼ平衡に達する。TBTは顯著には脱着しないが、0.57ng/TBT/cm²/dayの速度で吸着する。

KA-37045

J. E. Thain, M. J. Waldock, M. E. Waite

"Toxicity and degradation studies of tributyltin(TBT) and dibutyltin(DBT) in the aquatic environment"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1398-1404, (1987)

実験室的研究ではTBT濃度に対応してカキ殻の肥厚化は認められなかつたが、英國クラウチ川河口8ヶ所でのカキの発育の実験では船舶の高密度停泊地からの距離に対応してカキ肉の重量と殻の厚さへの応答が見い出され、商業的に可能な成長は、そこから6km河口においてのみ観察された。

KA-37046

H. A. Schweinfurth, P. Gunzel

"The tributyltins; Mammalian toxicity and risk evalution for humans"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1421-1431, (1987)

TBT化合物にかかる入手可能な、ほ乳類の毒性データについてレヴュ-し、それらと接触する立場におかれている人に対する危険性について評価する。データ類からは、催奇性、変異性、発癌性などの有害性は人類に対し与えないと結論される。

KA-37047

C. R. Meyer, C. R. Buncher, et al

"Statistical analysis of blood parameter surveillance data from workers at an organotin production facility"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1432-1437, (1987)

有機錫生産工場で働く労働者の血液パラメーター監視データの統計解析。有機、無機錫製造工場で働く人々は統計的に明らかに赤血球数、ヘモグロビンおよびヘマトクリットのレベルが他の人々のそれに比べ低下していることが判明した。しかし、治療を要するにはほど遠い僅かな差であった。

KA-37048

K. U. Wolniakowski, M. D. Stephenson, et al

"Tributyltin concentration and Pacific Oyster deformations in Coos Bay, Oregon"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1438-1442, (1987)

オレゴン州の、コース湾におけるトリプチル錫濃度と太平洋カキの奇形について調査し、ポートヤードやマリナー近辺のカキに奇形が見られ、海水、カキの組織の両者からトリプチル錫が発見され、カキの組織に蓄積されることを示した。

KA-37049

M. Rexrode

"Ecotoxicity of tributyltin"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1443-1455, (1987)

トリプチル錫が水生生物に毒性を示す微量濃度に関する報告。

KA-37050

J. S. Weis, P. Weis, F. Wang,
"Developmental effects of tributyltin on the fiddler crab, Uca Pugilator, and
the killfish, Fundulus Heteroclitus"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1456-1460, (1987)
トリプチル錫の濃度による、シオマネキ及びKillifishに対する奇形発生に関する影響について考察。

KA-37051

S. M. Salazar, B. M. Davidson, et al.
"Effects of TBT on marine organisms: Field assessment of a new site-specific
bioassay system"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1461-1470, (1987)
サンジエゴ湾において、海水中のトリプチル錫の3種類の濃度（平均）における海洋生物に対する影響について調査し、防汚剤濃度と生体濃度を調査した報文。

KA-37052

M. H. Roberts, Jr., M. E. Michael, et al.
"Sex ratio gamete production in American oysters exposed to tributyltin
in the laboratory"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1471-1476, (1987)
4種類のトリプチル錫濃度（50, 100, 500, 1000 ng/l）におけるカキに対する影響について調査した報文。

KA-37053

I. M. Davies, J. Drinkwater, et al.
"Effects of the use of tributyltin antifoulants in mariculture"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1477-1481, (1987)
トリプチル錫防汚剤がスコットランドで魚を養殖するケージに使われている。それらの塗料から放出されるTBT化合物が太平洋のカキの成長に影響を与えることが、環境観測からあきらかにされた。

KA-37054

P. E. Gibbs, G. W. Bryan
"TBT paints and the demise of the dogwhelk, Nucella Lapillus (Gastropoda)"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1482-1487, (1987)
TBT化合物を含む防汚塗料から溶出する有機錫によってバイ貝のNucella lapillusが死滅した。有機錫はバイ貝の生殖および産卵に悪影響を与えている。

KA-37055

A. R. Beaumont, D. K. Mills, P. B. Newman
"Some effects of tributyltin (TBT) on marine algae"

The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1488-1493, (1987)

1986年からTBTの2段階の濃度（0.1~0.2 ppm, 1~3 ppm）に於ける海藻中のクロロフィルAの生成を調べている。高濃度でもクロロフィルAの生成は変わらないが動物系の生物が生存しないため光合成により酸素過多となり、それが逆に海藻の成長阻害となっている。

KA-37056

R. B. Laughlin, Jr., P. Pendoley, et al
"Sublethal effects of tributyltin on the hard shell clam, *Meretrix mercenaria*"
The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1494-1498, (1987)
ハマグリへのトリプチル錫の致死効果を調べている。トリプチル錫のいろいろの濃度での生存試験を行ない、0.6 ppmでさえ8日間で悪影響が出ており、ハマグリが特にTBT化合物に敏感であることを示している。

KA-37057

S. J. Bushong, W. S. Hall, et al
"Toxicity of tributyltin to selected Chesapeake Bay Biota"
The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1499-1503, (1987)
チェサピーク湾におけるトリプチル錫(TBT)の毒性実験を無脊椎動物と魚類を使い海水にて行なった。現環境中の濃度でも両者にとっての毒性値は高く、環境濃度へのTBT毒性データの適応が論じられている。

KA-37058

M. H. Salazar, S. M. Salazar
"Tributyltin effects on juvenile mussel growth"
The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1504-1510, (1987)
場所、機関をそれぞれ変え、3種のトリプチル錫(TBT)濃度のものに浸した幼小のムラサキ貝(*Mytilus edulis* <20mm)を、ろ過していない海水で生化学的定量を行なった。その結果ムラサキ貝の成長にTBTは大きな影響を及ぼした。

KA-37059

D. R. Smith, M. D. Stephenson, et al
"The use of transplanted juvenile oysters to monitor the toxic effects of tributyltin in California waters"
The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1511-1516, (1987)
トリプチル錫(TBT)の含有量が高いことで知られているカリフォルニアの湾や港では幼小のカキ(*Crassostrea gigas*)が養殖されている。そこでこれらのカキの中のTBT量と海水との関係を調べたところ、このカキが海水中のTBTの存在を調べる定期モニタリング品として利用できることが判った。

KA-37060

C. A. Dooley, P. Kenis
"Response of bioluminescent bacteria to alkyltin compounds"
The Ocean's '87 International Organotin Symposium, p1517-1524, (1987)
毒性物質に触れると生物発光を起こすバクテリアでの光りの強さの変化は、毒物の短時間での振り分けに利用される。その結果しばしば、より高価な微生物定量法と比べられるほどである。それを用いて、アルキル錫化合物の安全性を調べた。

KA-37061

N. J. Snoeij, A. H. Penninks, et al
"Toxicity of triorganotin compounds; Comparative in vivo studies with a series of trialkyltin compounds and triphenyltin chloride in male rats"
Toxicol. Appl. Pharmacol., Vol.81, No.2, p274-286, (1985)
トリアルカリ錫化合物(TMTC, TETC, TPTC, TBTC, THTC, TOTC)と、トリフェニル錫クロライドの毒性をオスネズミを使って比較した。その結果、毒性はTHTC, TOTC, <TPTC, TBTC, トリフェニル錫<TMTC, TETCとなり、トリアルカリ錫系は分子量が低いほうが神経毒となる事がわかった。

KA-37062

宮内 敏夫

“ゼイロク防汚考 XVI ; TBTの弊害について”

塗装と塗料、No.433, p39-42, (1988)

有機錫の海洋汚染および赤潮の発生との関連などに関して述べ、海洋保全のため有機錫の全面使用禁止を訴えている。

KA-37063

G. Luhrs

“Korrosionsschutz - Bewuchsschutz - Umweltschutz im maritimen feld”

Schiff. Hafen Kommando bruecke, Vol.40, No.4, p44-48, (1988)

海、河川、大気の汚染防止に関する西独の法律(1980年)を概説し、技術利用時の有害影響を最少にする安全科学の必要性を説明した。造船の塗装作業を例に、防食、防汚、環境保護を効果的に行なう方法を述べた。無駄な出費、環境の悪化(有害塗料の飛散、ショットの粉塵、汚水)を最低にする塗装前表面処理作業、中間補修工程、塗装技術、塗膜修復の方法を記述。

KA-37064

永美 大志、宇野 正清、陰地 義樹、山添 ゆたか

“高速ガスクロマトグラフィーによる養殖鮮魚中のビストリブチルスズオキシドの定量”

食品衛生学会誌、Vol.29, No.2, p125-129, (1988)

試料をアルカリ分解後、ビストリブチル錫オキシド(I)をトリブチル錫クロリドに変化させ、イオン交換カラムにより精製。陽イオン交換タイプの分析カラムと紫外吸光光度検出器を用いるHPLCにより定量。その結果、本法は良好な再現性を示し、検出限界は0.01 ppmであり、養殖鮮魚のIを簡便に定量できた。

KA-37065

竹内 正博、水石 和子、山野辺 秀夫、渡辺 四男ら

“ビストリブチルスズオキシド(TBT)による魚介類の汚染実態について I

東京湾産のスズキ及びアサリ中のTBTの含有量”

東京都立衛生研究所研究年報、No.37, p154-157, (1986)

TBTの分析法の東京湾産スズキとアサリへの適応性の検討および標題について調べた試料中のTBTは塩酸酸性でトリブチル錫クロライドに変換後、溶媒抽出しフロリジールカラムでクリーンアップおよび溶媒濃縮後GCで測定した。前記試料を用いたTBTの添加回収実験を行なった結果、回収率、分析精度とも良好だった。実際試料の分析結果はスズキで平均32.4 ppb、標準偏差29.9 ppb、アサリで28.3 ppb、35.3 ppbであった。

KA-37066

M. S. Salazar, B. M. Davidson, et al

“Effects of TBT on marine organisms. Field assessment of a new site-specific bioassay system”

Oceans, Vol.4, P1461-1470, (1987)

サンジエゴ湾で7ヶ月間、標記の移動式環境試験装置を用いて、ppbレベルのTBTが二枚貝や海底の表在動物に及ぼす影響を検討した。TBTで被覆したパネルに現地の海水を注いで得たTBT浸出液を海水で3段階(原液、25%, 10%)に希釀して使用した。(0.200; 0.050; 0.020 µg/1を予定し、実際の平均濃度は0.193; 0.077; 0.065 µg/1)。TBTの影響はほとんど見られなかった。例えば、イガイの増殖およびカキの成長に対しても影響を示さず、わずかに若齢イガイの成長を抑制。本装置の評価と改善の方向を論じた。

6) 生物関連

KA-38085

R. F. Decker

"Biotechnology/materials; The growing interface"

Metall Trans A, Vol.17, No.1, p5-30, (1987)

生物化学と物質の関係は、3. 5億年も昔より続き、今日人類が創造的用途に用いようとしている。生物化学が各用途へ用いられる可能性についての概論。

KA-38086

H. J. Beckers

"Precision testing of standardized microbiological methods"

J. Test. Evab., Vol.14, No.6, p318-320, (1986)

標準化された微生物学的精密試験方法。

一定物質が一定条件下で常に一定な結果を与えるとは限らない。繰り返し性と再現性が、方法の正確さを示すに十分であることが判ってきた。本報では食物微生物の分野における研究室での正確な実験に関する幾つかの例が示される。

KA-38087

T. M. Birshtein, O. V. Borisov, et al

"Adsorption of polypeptides on a solid surface. IV. Adsorption and β -structure coil transition"

Biopolymers, Vol.24, No.11, p2057-2085, (1987)

固体表面におけるポリペプチド化合物の吸着理論について考察した報文。

KA-38088

日高 富男

"海洋細菌 --- ファージ系の生態"

海洋化学, Vol.20, No.2, p112-117, (1988)

微生物生態系の中で、細菌とファージの相互関係は宿主一寄生体関係にある。ファージはそれぞれ特異な細菌株の活力ある細胞に寄生し、その中で増殖し、ついには宿主細胞を溶解して自らを放出する。そのような両者の相互作用について考察した。

KA-38089

S. McElroy, M. Fletcher

"Effect of growth conditions and surface characteristics of aquatic bacteria on their attachment to solid surfaces"

J. General Microbiology, No.132, p513-523, (1986)

4種の水生バクテリアを使い、疏水性と親水性ポリスチレン表面への付着と栄養状態の関係を物理化学的見地から研究した。その結果は、自然界での栄養条件の変化がバクテリア種の付着を異ならせ、バイオフィルムの形成種に影響を与えていた事を示した。

KA-38090

J. H. Pringle, M. Fletcher

"Adsorption of bacterial surface polymers to attachment substrata"

J. General Microbiology, No.132, p743-749, (1986)

Pseudomonas fluorescensから単離された数種類のポリサッカライドのポリスチレンへの吸着特性を調べている。何から単離されたポリサッカライドであるかで吸着特性が異なることを示している。

KA-38091

M. M. Cowan, M. Fletcher

"Rapid screening method for detection of bacterial mutants with altered adhesion abilities"

J. Microbiological Methods, No.7, p241-249, (1987)

ポリスチレン表面に付着したバクテリアの突然変異体種の同定の迅速なスクリーニング方法に関する試験結果および考察した報文。

KA-38092

M. Fletcher

"Attachment of pseudomonas fluorescens to glass and influence of electrolytes on bacterium-substratum separation distance"

J. Bacteriology, No. May, p2027-2030, (1988)

蛍光シュードモナスH₂およびH₂Sのガラスへの付着に及ぼすNaイオン、Caイオン、Laイオン、Feイオンの影響について、IRMを用いて研究。IRMはガラスカバーストリップ表面への生体バクテリアの付着の場を視的にとらえ、バクテリアとガラス表面の“分離距離”を0～約100nmの範囲で評定を可能にする。各カチオンは、この“分離距離”に影響を及ぼす。

KA-38093

C. B. Panchal

"Experimental investigation of marine biofouling and corrosion for tropical seawater"

US DOE Report, No.COFN-8705145-1, 7p, (1987)

OTEC用熱交換器の汚損と腐食に関する長期実験を開始した。ハワイの試験所でチタン及びアルミニウム合金の試片を使い、海水を通しながら熱伝達抵抗を測定した。表面清掃の効果、塩素注入による防汚効果、チューブ形状・材質による防食効果などを求めた。

KA-38094

Y. G. Mussalli

"Biofouling control at water intake structures"

J. Hydraul Eng., Vol.114, No.6, p616-625, (1988)

取水口の付着生物は、コンデンサの性能および実用性に影響を与える。五つの付着生物コントロール技術を紹介した。付着生物の耐性以上の温度の水を逆流させること、付着生物にとって有毒な塗料でコーティングすること、有害でないコーティング、塩素処理、電気防食法の五つである。热水逆流はWest Coastやロングアイランド海峡の発電所に使用されている。有毒コーティングは有効であるが、現在、環境上の理由から限定されている。無害コーティングは全国的に評価されている。連続的に低レベルの塩素処理を行なう方法は、それが取水構造物全体に均等にゆきわたるならば有効である。電気防食法は、有効でない。

KA-38095

有賀 義明、堀 正幸

"沖縄沿岸域における付着海生生物"

電源開発株式会社調査資料、No.82, p27-56, (1988)

沖縄本島北部・美作地点に、海水揚水発電所を建設した場合に、発電所取水路、水圧管路の水路系に、どのような種類の海生生物が、どの程度付着するのか、また、それらが付着した場合に通水阻害要因となり得るのかどうか等について実証データを得るために、昭和57年9月～昭和62年3月の期間、沖縄本島において海生生物付着試験を実施した。

KA-38096

安井 勝美、坂口 勇、福原 華一

"海水管内流速と汚損生物付着に関する基礎実験結果IV

長期連続通水条件下における付着"

関西電力株式会社総研報告、No.39, p52-61, (1987)

取水管を模擬した実験模型管路を作り、天然海水を流して、管内流速が生物付着に及ぼす影響を検討した。フジツボ類はムラサキイガイより速い流速でも付着でき、初期壁面流速1.3m/sの実験管にも付着した。また通水時間が長くなると付着限界流速は上昇した。このことから、付着盛期だけでも1.0m/s程度の高流速を維持すれば、付着量が低減できると思われる。

KA-38097

田中 信義、浅川 明彦

"海藻のアレロバシー 海藻は自己の付着生物を制御できるのか"

化学と生物、Vol.26, No.2, p71-73, (1988)

水性植物のアレロバシー研究は非常に遅れている。褐藻アカモクの付着珪藻群が他と際だレロバシー物質を抽出できることが判明。多くの海藻を検索した結果、どの海藻も活性を有した。実際の藻場では、アカモクの場合抗藻活性と付着珪藻密度の変化はほぼ一致し、アレロバシー物質による付着珪藻の増殖促進を意味していると推測。

KA-38098

H. Kitamura, K. Hirayama

"Ecological studies of a fouling bryozoan Bugula neritina. VII Effect of cultured diatom films on the settlement of larvae of a bryozoan Bugula neritina"

日本水産学会誌、Vol.53, No.8, p1383-1385, (1987)

スライドグラスに、室内培養した3種類の珪藻 (*Navicula ulvacea*, *Navicula*属、*Achnanthes brevipes*) を付着させ、基盤への付着指数を求めた。3種とも基盤上での密度がある値を越えると、コケムシ幼生が付着しやすくなり、この密度以上では、珪藻密度の対数値と付着指数には、正の相関性を認めた。

KA-38099

H. Kitamura, K. Hirayama

"Ecological studies of a fouling bryozoan Bugula neritina. VI Effect of primary films on the settlement of larvae of a bryozoan Bugula neritina"

日本水産学会誌、Vol.53, No.8, p1377-1381, (1987)

フサコケムシ幼生を付着させるため、海域にスライドグラスを浸漬すると、基盤面には初期フィルムが形成され、形成が進むほどこれら基盤の付着指数が増加した。初期フィルムの構成成分では、付着珪藻の付着数と付着指数とに高い相関があり、付着基盤を選択する上で付着珪藻が重要な要因と考察。

KA-38100

H. Yamamoto

"Synthesis and adhesive studies of marine polypeptides"

J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1, No.3, p613-618, (1987)

カラスガイ、カキ、フジツボなどの貝類由来の接着性ポリデカペプチド (A-Lys-P-Pro-Ser-Tyr-Hyp-Thr-Dopa-Lys)_n (n=10) を合成した。保護基としてはO-ベンジル、O'-ジベンジル、及び N-e-2-クロロベンジルオキシカルボニル基を使用し、脱保護にはHBrを用いた。このポリペプチドの鉄及びアルミナ上の接着強さを既存のポリリジン・HBr及びゼラチンの場合と比較し、効果的接着剤になり得るための重要な因子について考察。

KA-38101

J. Larsen-Basse, S. Jain, et al

"Effect of marine microbiocorrosion and countermeasures on corrosion of some aluminum alloys under OTEC heat exchanger conditions"

Pap. Int. Corros. Forum., No.87-346, 10p, (1987)

5052, 3004, Al clad 3003, 同3004などの材料を標記の目的に用いることを念頭において、閉ループで、いろいろな対策を構じながら3年以上行なった試験(熱伝導の測定を含む)の報告。微生物汚損膜の生成は腐食速度に影響せず、また途中でブラシや塩素を用いてこれらを除去してもやはり腐食速度に変化はなかった。5052材を除き、連日スポンジボールを用いて清掃作業する方法は有害であった。

KA-38102

A. S. Gordon

"Influence of alginate on attachment of Vibrio spp. to stainless steel surfaces in seawater."

Appl. Environ. Microbiol., Vol.53, No.5, p1175-1177, (1987)

Vibrio alginolyticus および V. pelagius 生物型 II (I) の静止期には、アルギン酸 (A) により付着細菌数は減少する。A に成育した対数期の I での、スチーム表面への付着は A により増大。この増大は成育期間中特異的表面レセプタが誘導されることを示唆。無機表面への海性細菌付着と表面汚染について考察。

KB-30012

"無公害生物付着防止対策の最近進歩"

電気化学協会 海生生物汚損対策懇談会

電力発電所の防汚対策に関する方策が発表されている。防汚塗料関連では、特に無毒 A / F に関する報告が多い。

9) その他

KA-39030

著者記載なし

"Ocean's '87 国際会議の目次"

The Ocean's '87 International Workplace, (1987)

1987年に行なわれた OCEANS の会議の目次である。ボリューム IV の国際有機錫シンポジウムの文献は今回ほとんど収録している。

KA-39031

E. H. Andrews, T. A. Khan, N. A. Lockington

"Adhesion to skin"

J. Mater. Sci., Vol.22, No.8, p2833-2841, (1987)

天然ゴムのガラスや人間の皮膚に対する界面エネルギーの測定をしている。ガラスへは 28 J/m² で皮膚へは 14 J/m² である。

KA-39032

M. Mauzac, F. Hardouin, et al

"Effect of the chemical constitution of the side-chain on the formation and the structure of mesophases in some polysiloxanes"

Eur. Polym. J., Vol.22, No.2, p137-142, (1986)

同じメソ形の硬い構造を持っているが、置換基が異なったり、立体障害の大きさの違うポリメチルシロキサンを液体結晶側鎖にもつ数種について、合成や特性を考察した。

KA-39033

浜田 外治郎

"船舶と海洋構造物の防錆・防食技術と施工法 XV 船舶タンクコーティングの諸検討"

船の科学, Vol.40, No.11, p65-72, (1987)

昭和 40 年頃当時の技術レベルで取りまとめた資料を基にして、コーティング材料の展望及び特殊塗装の体制について述べた。コーティング材料については無機質ジンクリッヂペイント及びエポキシ樹脂系塗料の解説を行ない、特殊塗装では塗装工作法のあり方、塗装前処理、塗装専門工場設備などを紹介した。船級協会別防食措置一覧表を添付。

KA-39034

R. G. Rice, G. C. Baker

"The Annapolis experience"

Oceans, Vol.2, p391-396, (1987)

Annapolis 潮力発電所は 1984 年 8 月以降運転中で、大口径軸流タービンの商業運転実証用に建設した。本発電所の性能、アベイラビリティと信頼性、水密シール塗装機、海洋生物汚損、保全条件に関する現在までの経験を概観した。Stratoflo タービンの大型化は成功で、大型機械を海水中に設置する問題を解決した。大規模潮力発電開発への本経験の意味を検討。

KA-39035

荒木 道朗、肥後 竹彦

“海洋温度差発電システムに関する基礎研究　　海洋環境の影響及び取排水挙動”

サイシャイン計画研究開発の概況・総合研究、Vol.1986, p7-15, (1987)

熱交換器用材料であるアルミニウム合金等の液体アンモニア中での腐食破壊に及ぼす微量不純物の影響を調べた。また細菌ウイルスの溶菌作用を利用した材料の生物汚染防止方法について最適条件を検討した。更に流れのある場での発電プラントの表層・深層取水冷排水に関する水理実験を行ない、取水によるプラント周囲の水の流動及び冷排水の拡散拡散機構を調べた。

KA-39036

勝村 龍雄

“企業の研究”

科学と工業、Vol.62, No.5, p163-169, (1988)

基礎研究の重要性、研究テーマ選択の理由や動機に注目することの重要性について述べ、その具体例として、筆者の研究（微量水銀の回収、重合触媒の開発、廃液処理技術の研究から新素材の開発、有機錫系塩ビ安定剤の開発、船底塗料用防汚剤の開発）を紹介した。また、今後の企業研究の課題について述べた。

あとがき

本年度において実施した研究項目とその内容を要約すると以下のとおりである。

1. 防錆塗膜の耐久性に関する試験及び評価法

1.1 塗膜の劣化度合の判定方法の検討

本年度は初年度（昭和60年度）に海水に浸漬した塗装試験板2種（TEとCR・A/C・HB）の3年度のものについて劣化度に関する調査を行った。更に、実船・構造物等にインピーダンス法を適用し、塗膜劣化度の評価を行うときのノイズ対策等について検討した。また、劣化しつつある塗装鋼板の電気等価回路モデルについて検討した。

その結果は次の通り。

(a) 外観による評価

TE及びCR・A/C・HB 塗料の2種とも異状は認められない。

(b) 付着力による評価

TE及びCR・A/C・HB 塗料の2種とも経時変化はない。

(c) 塗膜内部へのCl⁻浸透深さ

浸漬期間と共にTE塗膜内部へのCl⁻浸透深さは増加している。

(d) カレントインターラップ法の抵抗・容量による評価

- ・TE塗料は自然電位が不安定のため、計測できなかった。
- ・CR・A/C・HB 塗料はコンピュータによる計算で、収束しなく求めることができなかった。

(e) LCRメータ(1KHz)のイビーダンスによる評価

- ・抵抗； TE塗料が $10^7 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 、 CR・A/C・HB 塗料は $10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ であり、 TE塗料がCR・A/C・HB 塗料より10倍、大きい。
- ・容量； TE塗料が $0.01\text{nF}/\text{cm}^2$ 、 CR・A/C・HB 塗料は $0.1\text{nF}/\text{cm}^2$ であり、 TE塗料がCR・A/C・HB 塗料より10倍、小さい。
- ・tan δ； 上記から、 TE塗料はCR・A/C・HB 塗料より、小さい。

(f) FRA法で得られるtan δの周波数依存性

TE及びCR・A/C・HB 塗料とも浸漬期間に比例し、低周波数側でのtan δが大きく増加した。また、目視又はピンホールテストで発見しにくい欠陥も判別できる。このときの計測周波数としては1～10Hzが適当と判断される。

(g) 実船・構造物のインピーダンス計測上のノイズ対策

印加電圧の調整により、計測できる。

(h) 劣化しつつある塗装鋼板の劣化モデルの検討

- ・水分、塩分の侵入しない塗装鋼の場合、一般的にはR、Cの並列回路と考えられるが、塗装鋼の場合、 $\tan \delta$ の周波数による変化は模擬RC並列回路を計測した場合と同じように下に凹曲線を示した。しかし、周波数の低い部分の $\tan \delta$ の傾斜は-1より小さく、単純にRCを集中常数として扱うことはできないことを示した。
- ・また、RC並列回路と見られた模擬回路の実測インピーダンスが理論値よりもれるため、実測値に合うように等価回路を検討した結果、二重のRCシリーズ回路と考えてもよさそうである。
- ・人工欠陥付塗装鋼板による計測値と模擬の等価回路モデルによるシミュレーションの計算値を比較検討した結果、ほぼ類似の $\tan \delta$ の周波数特性が得られた。
- ・上記の結果は水分、塩分の浸透していない塗装鋼について検討したものであり、従って、水分、塩分の浸透した塗装鋼のインピーダンスの等価回路検討が今後の課題である。

(i) 自動感度調整機能付の低周波発振型インピーダンス計の試作

FRA法での知見を基に、上記のインピーダンス計を試作した。

今後、更に改良を加え、実機への計測に適用していく。

- ・以上の結果から、外観、付着力、Cl_i浸透深さ、カレントインターラプタ法による抵抗・容量及びLCRメータ(1kHz)によるインピーダンス法等の評価方法では塗膜の初期劣化度の経時変化を把握しにくいが、低周波数1~10Hzにおけるインピーダンス測定から得られる $\tan \delta$ 法による評価方法が有効である見通しを得た。

2. 塗膜の耐久性に与える要因の検討

2.1 表面処理グレードと塗膜の耐久性

(a) 飛沫部を対象とした試験

本年度は、3種類の塗料の天然暴露試験30, 36箇月後とTE塗料促進試験の32~44サイクル後、PE・A/C塗料促進試験の8~24サイクル後、CR・A/C・HB塗料促進試験前と4サイクル後における表面処理グレード別試験片のデータを得た。

(i) 天然試験

取得したデータから電気抵抗値ではTE, CR・A/C・HB塗料に比べPE・A/C塗料は表面処理グレード差があり、取得データと外観を対応すると塗料種に拘わらず塗膜欠陥発生と電気的特性との関連は直、交流抵抗値の減少、周波数特性(交流抵抗、容量、 $\tan\delta$)で特異な変化が認められた。

更に、表面処理グレード差と外観との関連はPE・A/C塗料のみ全処理グレードで塗膜欠陥発生はないがTE塗料、CR・A/C・HB塗料でIHPt1は早期に塗膜欠陥発生し、CRA/CHB塗料の歪取り処理グレードすべて欠陥発生がありPt処理はSd処理に比べ欠陥発生が早い。

付着力に関しては現時点では破断形態で表面処理グレード差の影響は認められるが強度低下に及ぼす表面処理グレード差の影響は認め難い。

(ii) 促進試験

TE, PE・A/C・HB塗料に加え本年度、CR・A/C・HB塗料を開始した。現時点では3種類の塗料の塗膜欠陥発生は全くなく電気的特性及び付着力の経時変化において特異な現象も認められない。TE塗料では促進効果は認め難いがPE・A/C, CR・A/C・HB塗料で電気抵抗値の減少として促進効果が現れつつあり今後のデータ取得でその効果を明確化したい。

(b) 没水部を対象とした試験

本年度は3種類の塗料について天然試験30ヶ月、36ヶ月後の塗膜物性データと促進試験(TE塗料の24ヶ月、30ヶ月後、PE・A/C塗料の12ヶ月後、18ヶ月後、CR・A/C・HB塗料の初期、6ヶ月後)の塗膜物性データを得た。

(i) 天然試験

直流電気特性に関しては、TEおよびCR・A/C・HB塗料に比べてPE・A/C塗料において、表面処理グレードの塗膜および界面抵抗に及ぼす影響がより顕著に認められた。

また交流電気特性に関しては、TE塗料において表面処理グレードの差は

小さいのに対して、PE・A/C塗料ではその影響が大きく、特に歪取部ではその影響が著しかった。

さらに塗膜外観に関しては、各塗料ともサンドブラスト処理Sd3の方法がパワーツールPt3よりも外観劣化の少ない傾向が認められた。

塗膜の付着力は、歪取部において溶接部周辺よりも表面処理グレードの差が比較的顕著に認められた。塗料別ではTE, PE・A/C, CR・A/C・IIIB塗料の順に付着力の低下する傾向にある。

(ii) 促進試験

外観、電気的特性等の塗料劣化の度合は塗料の種類により差があるが、天然試験に比べて若干促進される傾向にある。

今後更に長期浸漬試験を実施して、表面処理グレードによる差を明らかにする必要がある。

2.2 変動荷重と塗膜の耐久性

本年度の調査結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 防食仕様No.2(CR系)は繰返し変動荷重の影響を受け、耐久性に劣る。大気中では外観的に異状はないが、海水中では早期に塗膜欠陥が発生する。
- (2) 防食仕様No.1(TE系)及びNo.5(PE系)は常温海水下で塗膜傷部に欠陥(ふくれ)発生の傾向がある。
- (3) 防食仕様No.4(IZ+TE系)及びNo.6(P EF系)は海水温度や塗膜傷の有無にかかわらず繰返し変動荷重の影響をほとんど受けず、長期の耐久性が期待できる。
- (4) 電気防食併用下では塗膜傷部や欠陥が発生しても発錆はなく、繰返し変動荷重下でも耐久性が延長される。

2.3 変動及び衝撃荷重下の塗膜の腐食疲労への影響

- ・変動荷重を受ける塗装材の腐食疲労寿命形状は、タールエポキシ系塗装材の場合は2母数のワイブル分布で近似できる。同一環境条件での試験片が6枚と少ないのでさらに追加する必要もある。しかし、寿命分布の簡易推定にベイズの定理の応用による方法が有効である。

- ・塗装材の塗膜の交流インピーダンスをマイクロコンピュータを利用して計測した結果、変動荷重によるインピーダンスの急減が観測された。このことから塗膜の耐久性劣化評価法として交流インピーダンス法は有効であることが確認できた。しかし、交流インピーダンス法は測定環境に大きく左右されるばかりでなく、測定システムの性能との関連で注意すべき点が多くある。

3. 防錆塗膜の耐久性データの総合的判定法の検討

SR182の防食仕様の試験片については、5年間の暴露試験データがそろい、東京(大気中)、大阪湾(水中)、長崎(水中)のデータが比較出来た。付着力については暴露期間、暴露場所による変動が大きく、一定の傾向が見出しづらいのに反し、交流インピーダンスについては、暴露期間の増加につれ、抵抗が次第に減少、容量はあまり変動せず、 $\tan \delta$ は次第に増加することがわかった。

塗膜による防食の信頼性を向上させるためのシステムを提案し、このシステムにより信頼性が向上することを具体的なデータで示した。

既発表の、劣化促進試験によるエポキシ系塗膜の初期劣化のモデルを実環境での暴露試験結果(劣化パラメーターは直流抵抗)に当てはめ、モデルが正しいことを示した。

4. 防汚塗膜の耐生物汚損性

4.1 塗膜表面に付着したスライムの定量化方法の研究

塗膜成分のアントロン法に対する影響は明らかであり、とくにOMPワニスについては人工海水での影響をさしづいても明らかな誤差を生じることが解った。

今年度の実験結果から、アントロン法を実船から採取したスライムに適用する事は採取時に混入する塗膜成分により影響を受けるため非常に困難であると考えられる。

4.2 回流水槽による溶解度因子の定量化と耐生物汚損性

- (1) 塗膜消耗度は、塗料組成、水温、流速、稼動率等によって異なる。
- (2) 回流水槽による塗膜消耗度測定値から得られる温度・流速・稼動条件等の係数により、必要な条件における消耗度を算定できる見込みである。
- (3) 大形ロータリーによる塗膜消耗度は回流水槽の場合の約1.2~1.3倍である。
- (4) 回流水槽および大形ロータリーの5~7.5m/sの流速範囲においては、消耗劣化塗膜の表面粗さと消耗度の関連性は殆ど認められない。

- (5) 回流水槽による消耗劣化塗膜の耐生物汚損性を判定するためにXMA分析法は有效な方法である。
- (6) 回流水槽と実船における塗膜消耗度の相関性は、試験船の入渠後に調査の上検討する。

5. 文献調査

昭和63年度に収集した文献は140編と1冊あり、内容別に分類すると下記のようになる。

1) 防汚剤の溶出機構	9編
2) 船底塗料の試験方法	7編
3) 表面粗度と摩擦抵抗・燃費節減	4編
4) 船底塗料関連（配合、性能）	
ア) 報文	19編
イ) 日本特許	39編
ウ) 外国特許	8編
5) 安全衛生	29編
6) 生物関連	18編+1冊
7) その他	7編
合計	140編+1冊