

平成6年度農林水産省補助事業
技術開発研究推進事業
住宅部材安全性能向上等事業

住宅部材安全性能向上事業報告書 (木製サッシ塗装技術開発事業)

平成7年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

は じ め に

近年、経済社会の成熟化に伴って、木材のもつよさが見直され、木材・木質製品を使いたいとするニーズは一段と高まっている。

しかし他方では、木材の持つ、狂う、腐る、色があせるなどの欠点などからせっかくのニーズも実際の需要に結び付き難いとする状況にあり、こうした問題の解決に向けた検討を行うことが緊急の課題となっている。

木製サッシについては、これまでも各般にわたる技術開発を図ってきたが、木材の劣化を防止するための塗装技術についての検討は、これまでほとんど行われていない。このため、木製サッシ用の屋外用塗料の種類、市場流通量は多いものの、品質性能の評価を的確に行い得る客観的な目安がないという状況にある。

本事業は、こうした状況に鑑み、木製サッシ用の屋外用塗料の品質性能評価方法を明らかにし、その塗装方法に関する製造マニュアルを作成することを目的とし、平成3年度より進めてきた。

本年度は継続で行っている促進耐候性試験、屋外暴露試験、実大木製サッシ暴露試験、カビ抵抗性試験のほかに、再塗装についての調査・検討を行った。

本年度の報告書取りまとめに当たり、本事業に積極的に取り組んで頂いた委員各位に深甚な謝意を表するとともに、事業を進めるに当たり貴重なご意見やご協力をいただいた関係各位に感謝申し上げます。

平成7年3月

(財)日本住宅・木材技術センター

理 事 長 下 川 英 雄

目 次

第1章 事業概要	1
	3
第2章 促進耐候性試験（ウェザーメーター試験）	
2.1 試験概要	3
2.2 試験片と塗装条件	3
2.3 試験方法	4
2.4 試験結果	6
第3章 屋外暴露試験	14
3.1 暴露地気象環境	14
3.2 劣化状態の評価	14
3.3 透明系保護塗料の屋外暴露試験	18
3.4 半透明着色保護塗料の屋外暴露試験	25 屋
第4章 実大木製サッシ暴露試験	52
4.1 試験方法	52
4.2 暴露12カ月までの試験結果	54
4.3 来年度の予定	54
第5章 かび抵抗性試験	63
5.1 はじめに	63
5.2 試験方法	63
5.3 試験結果	65
5.4 結果と考察	67
5.5 今後の検討課題	68
第6章 暴露試験体の寸法及び重量の経時変化	71
6.1 試験方法	71
6.2 測定結果	71
6.3 今後の予定	72
第7章 再塗装時期判定のためのアンケート調査	76
7.1 アンケート調査実施要項	76
7.2 アンケート結果	76

第8章	木製サッシ再塗装の調査報告	90
8.1	再塗装の時期	90
8.2	塗装前処理	90
8.3	塗装	90
第9章	木製サッシ用新塗料の開発	91
9.1	試験の概要、試験方法	91
9.2	試験結果	91
第10章	わかりやすい塗膜耐久性試験結果の表示法	93
10.1	わかりやすい表示法の必要性	93
第11章	来年度の課題	94

第1章 事業概要

1. 1 事業名：木製サッシ塗装技術開発事業

1. 2 委員会名：木製サッシ塗装技術開発委員会

1. 3 事業の目的：

木製サッシの耐候性及び耐久性を向上させるための塗装技術を開発し、木製サッシ塗装マニュアルを作成することを目的とする。

1. 4 平成6年度事業の内容

- ①促進耐候性試験と屋外暴露試験
- ②実大木製サッシ屋外暴露試験
- ③かび抵抗性試験
- ④暴露試験体の寸法及び重量の経時変化
- ⑤再塗装時期判定のためのアンケート調査
- ⑥木製サッシ再塗装の調査報告
- ⑦木製サッシ用新塗料の開発
- ⑧塗料耐久性試験結果の表示法

1. 5 委員名簿（順不同・敬称略）

委員長	川村二郎	川村木材塗装事務所	所長
委員	木口実	農林水産省森林総合研究所	耐候処理研究室
同	片岡厚	農林水産省森林総合研究所	耐候処理研究室
同	鈴木雅洋	東京都立工業技術センター	塗装研究室
同	木下稔夫	東京都立工業技術センター	塗装研究室
同	前島一雄	有限会社 共和木工	専務取締役
協力委員	宮沢俊輔	林野庁林産課	係長
事務局	牧勉	(財)日本住宅・木材技術センター	試験研究部長
同	小西信	木構造振興株式会社	専務取締役

1. 6 要約

①昨年に引き続き塗料塗装法11種類の塗装試料の2000時間促進曝露試験の外観、色差、光沢度、撥水度測定を行った。②屋外曝露3年後までの塗膜割れ、塗膜剥離、表面汚染、マス目試験、当初との色差を測定した。③屋外曝露と促進試験の結果の相関関係を検討し、塗り替え時期の判定基準の模索を行った。④実大木製サッシの屋外曝露試験体1年曝露後

の当初との色差、寸法変化の測定を行った。⑤カビ抵抗性試験を行い、造膜性及び含浸性塗料の相違をしらべた。⑥塗料メーカー、塗装業者、サッシメーカー20社から再塗装時期の判定の基準のアンケート調査を行った。

1.7 キーワード

促進耐候性試験、木材保護塗料、材中含浸型、表面造膜型、外観検査、色彩測定、光沢度測定、撥水度測定、屋外曝露試験、塗膜割れ、塗膜剥離、表面汚染、色差、寸法変化、カビ抵抗性試験、試験菌、添加栄養液、孢子懸濁液、再塗装、再塗装時期、塗装前処理

第2章 促進耐候試験（ウェザーメーター試験）

2. 1 試験概要

促進耐候試験については、前年度までに木材保護塗料の主要樹脂・塗装仕上げタイプの違う試験片について試験を実施し、劣化状況・基礎的性能を把握できた。今年度はこれらのデータをもとに、屋外暴露との相関性・防かび性能の持続性の検討を行う。その資料として、前年度に実施した促進耐候試験の内容をに示す。

2. 2 試験片と塗装条件

2. 2. 1 塗装基材（(有)共和木工 作成）

- ①材種 : 米松 柾目板 ウェザーメーター試験用 約70(R)×150(L)×15(T)mm
屋外暴露試験用 約70(R)×300(L)×15(T)mm
- ②乾燥 : 90℃8時間（含水率 平均12%）
- ③素地調整 : #180^ハ-^ハで研磨

2. 2. 2 木材保護塗料

主要樹脂、塗料タイプの異なる11種の塗料を選定した。

- ①主要樹脂 : 6種類（アルキド系、アマニ油系、ウレタン系、アクリル系、ウレタンアルキド系、シリコン系）
- ②塗装仕上げタイプ : 2種類（材中含浸型、表面造膜型）
- ③色調 : パイン色で半透明のもの（素材の木目が見えること）を指定
- ④各11種の塗料

A	: シリコン系	表面造膜型	G	: アルキド系	材中含浸型
B	: ウレタン系	表面造膜型	H	: アマニ油系	材中含浸型
C	: アルキド系	表面造膜型	I	: アマニ油系	材中含浸型
D	: アルキド系	表面造膜型	J	: ウレタンアルキド系	材中含浸型
E	: アクリル系	表面造膜型	K	: アルキド系	材中含浸型
F	: ウレタン系	表面造膜型			

*11種の塗料で各塗料メーカーにパイン色を指定したが、実際には色調にかなりのばらつきがみられた。

2. 2. 3 試験片作成

各11種の塗装系の内容を表1に示し、試験片作成手順を次に示す。

- ①選定した塗料の各メーカーにおいて、最適と思われる仕様で塗装基材の表面に対して塗装を行った。各11種の塗装系の内容を表1に示す。

- ②各メーカーで表面塗装後、裏面、両サイド、木口面にフタル酸樹脂エナメルをローラーにより2回塗装した。
- ③2週間以上乾燥させた後、木口面にアルミテープを張り付け（木口面に対して水の影響を無くするため）試験片とした。

2. 3 試験方法

2. 3. 1 促進耐候試験方法

J I S K 5 4 0 0 (1990) 塗料一般試験方法 における9.8促進耐候性の9.8.1サンシャインカーボンアーク灯式により行う。促進耐候試験の主な条件は次のとおりである。

- 1)試験時間 : 最高2000時間
- 2)温度 : $63 \pm 3^{\circ}\text{C}$ (ブラックパネル温度計)
- 3)スプレー時間 : 120分中で18分間
- 4)試験片 : 無塗装品Sを含め塗装試験片A~Kまでの12種類
- 5)評価方法 : ①目視による外観検査 ②測色 ③光沢度測定 ④撥水度測定

2. 3. 2 劣化評価方法

(1) 目視による外観検査

目視により、塗膜の変色、割れ、はがれの状態を評価する。

(2) 色彩測定

J I S Z 8 7 2 2 (1982) 物体色の測定方法 における4.分光測色方法により行う。測定条件は d-0 Sb10W10 でD65光源を標準光として用いる。測定機器は(株)村上色彩研究所製CMS-500を使用した。また、測定箇所の違いによる誤差をなくし、試験片全体を評価するため、図2-1に示すように測定箇所を一定化し、測定点を9点とした。9点測定の平均値を、J I S Z 8 7 2 9 (1980) $L^*a^*b^*$ 表色系及び $L^*u^*v^*$ 表色系による物体色の表示方法 および J I S Z 8 7 3 0 (1980) 色差表示方法 により $L^*a^*b^*$ および色差 ΔE^* の算出を行う。(ΔE^* については9点の最小値、最大値も算出し、劣化による色むら評価の数値化への可能性を探る。)

(3) 光沢度測定

J I S Z 8 7 4 1 (1983) 鏡面光沢度測定法 における60度鏡面光沢(方法3)による。測定装置は(株)村上色彩研究所製GMX-202を使用した。測定箇所は、色彩測定箇所と同じ点とし、9点の平均値で評価する。

表1 各種木材保護塗料試験片の塗装仕様

試験片No.	A	B	C	D	E	F
塗料樹脂系	シリコン系	ウレタン系	アルキド系	アルキド系	アクリル系	ウレタン系
塗装仕上げタイプ	表面造膜型	表面造膜型	表面造膜型	表面造膜型	表面造膜型	表面造膜型
色 L*a*b* HV/C	58.3+17.7+50.6 9.0YR 5.8/8.4	49.6+17.1+29.8 5.7YR 4.9/5.8	55.0+21.1+43.6 7.0YR 5.5/7.9	43.4+24.8+41.6 5.3YR 4.3/8.2	56.4+14.3+39.0 9.0YR 5.6/6.5	70.7+7.0+29.4 0.1Y 7.0/4.6
光 沢	75.7	39.8	20.8	81.1	24.1	14.0
前 処 理	#240 ^μ - μ -研磨	#180 ^μ - μ -研磨 ステインで着色	#240 ^μ - μ -研磨	-	-	-
下塗り 塗装方法 回数 乾燥時間	刷毛塗り 1回 12時間	スプレー塗装 1回 4時間	スプレー塗装 1回 16時間以上	刷毛塗り 1回 2~6時間	刷毛塗り 1回 30分	加圧注入 1回 24時間
中塗り 塗装方法 回数 乾燥時間	- - -	スプレー塗装 2回 16時間	- - -	刷毛塗り 1回 12時間以上	- - -	- - -
上塗り 塗装方法 回数 乾燥時間	刷毛塗り 2回 72時間	スプレー塗装 1回 24時間	スプレー塗装 2回 16時間以上	刷毛塗り 2回 24時間以上	スプレー塗装 2回 2時間	刷毛塗り 3回 24時間
総塗布回数	3回	4回	3回	4回	3回	4回
乾燥条件	常温乾燥	常温乾燥	常温乾燥	常温乾燥	常温乾燥	常温乾燥
予測耐用年数	3~5年	5年	約5年	8~10年	5年	5~7年
塗替え方法	未解答	塗膜剥離後、着色・下塗り・上塗り	軽く研磨、又は漂白後塗り重ね	5年毎に表面の汚れを落としとして1回塗装	上塗りのみ再塗装	再塗装

試験片No.	G	H	I	J	K	S
塗料樹脂系	アルキド系	アミノ油系	アミノ油系	ウレタン系	アルキド系	塗装基材 (無塗装試験片)
塗装仕上げタイプ	材中含浸型	材中含浸型	材中含浸型	材中含浸型	材中含浸型	
色 L*a*b* HV/C	51.5+23.4+38.0 4.9YR 5.1/7.6	62.2+17.9+35.2 6.4YR 6.2/6.6	53.8+19.8+38.5 6.8YR 5.4/7.1	54.0+22.5+36.6 5.3YR 5.4/7.3	45.8+13.8+32.0 8.5YR 4.5/5.5	69.0+9.9+21.7 7.1YR 6.8/4.0
光 沢	31.3	3.0	16.8	4.4	3.5	4.0
前 処 理	#320 ^μ - μ -研磨	サンダー研磨	#240 ^μ - μ -研磨	-	#120 ^μ - μ -研磨	
下塗り 塗装方法 回数 乾燥時間	刷毛塗り 1回 6時間	ディッピング 1回 24時間	刷毛塗り 1回 12時間以上	刷毛塗り 1回 4時間	刷毛塗り 1回 24時間	
中塗り 塗装方法 回数 乾燥時間	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	
上塗り 塗装方法 回数 乾燥時間	刷毛塗り 2回 8時間以上	刷毛塗り 2回 24時間	刷毛塗り 2回 12時間以上	刷毛塗り 2回 20時間	刷毛塗り 1回 24時間	
総塗布回数	3回	3回	3回	3回	2回	
乾燥条件	常温乾燥	常温乾燥	常温乾燥	常温乾燥	常温乾燥	
予測耐用年数	3~5年	3~5年	3年	2~3年	不明	
塗替え方法	汚れの清掃後、前色より濃色を塗装	塗装専門業者に依頼	汚れを落としした後塗り重ね	漂白・洗浄・塗装または洗浄・塗装	防腐・防虫剤塗布後、上塗り	

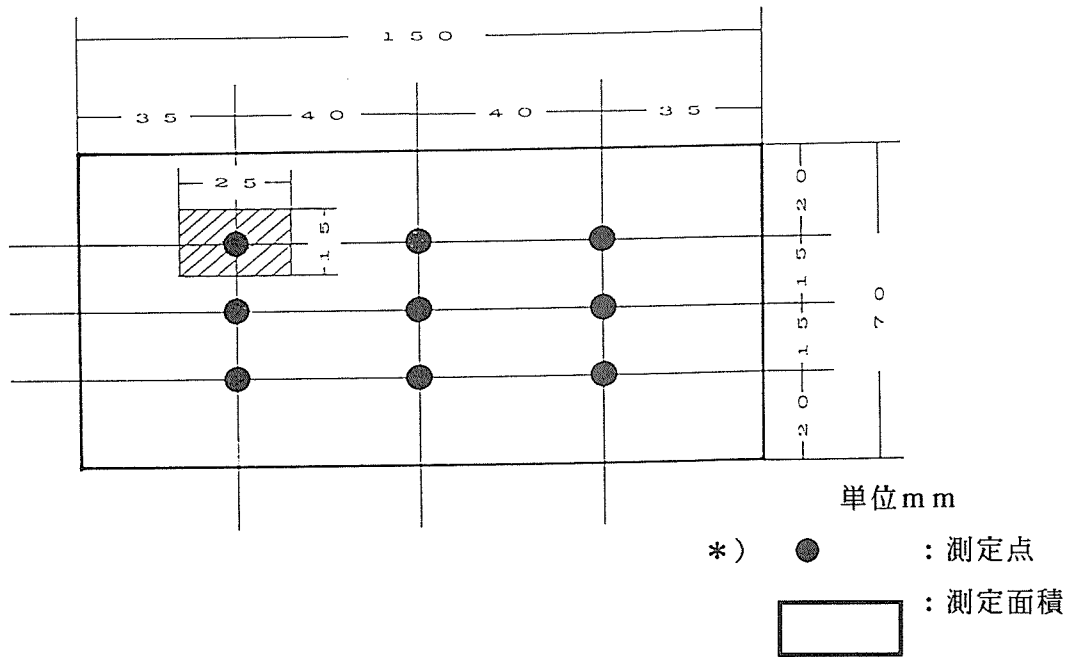


図1 色彩・光沢度測定のための測定箇所

(4) 撥水度測定

試験片を室内にて1週間放置した後、試験体の重量を測定し直ちに水（イオン交換水）1gをスポイトで試験体中央部に滴下しシャーレをかぶせ、1分間放置する。その後、ティッシュペーパーで拭き取り、再び試験体の重量を測定する。これを1試片当たり1箇所行い、試験前後の重量差から水の浸透量を求める。測定は1mg単位で行い、撥水度を次式より算出する。

$$\text{撥水度} = 100 - (\text{浸透量} / \text{水滴重量}) \times 100$$

2. 4 試験結果

2. 4. 1 目視による外観検査

各試験片の促進耐候試験の2000時間までの劣化状況は次のとおりである。。

1) S : 無塗装試験片

時間の経過とともに紫外線と水スプレーにより表面部のリグニンの離脱によって白色化してきた。800時間あたりから離脱程度の違いから色むらが生じ、早材部の凹状が目立ちはじめた。1600時間から全体に小さな割れが発生した。

2) A : シリコン系 表面造膜型

試験初期の変色は僅かであったが、800時間あたりから部分的な変色が発生し、その後時間の経過とともに発生箇所、面積ともに増大した。

3) B : ウレタン系 表面造膜型

初期に全面がやや暗い色に変色したが1600時間まで他の変化はなかった。1600時間で1箇所、2000時間で2箇所、塗膜の浮きとみられる小さな変色部が発生した。

4) C : アルキド系 表面造膜型

初期に全面が暗い色に変色したが1600時間まで他の変化はなかった。1600時間で数点小さな変色部が発生した。

5) D : アルキド系 表面造膜型

時間の経過とともに変色が大きくなり、色も濁ったような彩度の低い色へ変化した。また、1000時間あたりから、全面にやにが浮き出てきた。

6) E : アクリル系 表面造膜型

初期の変色は僅かで、他の異状も発生しなかった。しかし、1400時間で部分的な変色が発生し、その後時間の経過とともに発生箇所、面積ともに徐々に増大した。

7) F : ウレタン系 表面造膜型

初期に早材部と晩材部の色の差がはっきりしてきた。また、1000時間あたりからまだら状の色むら、小さな塗膜割れが発生し、徐々に発生箇所が増大した。

8) G : アルキド系 材中含浸型

初期に全面が暗い色に変色し、その後1000時間あたりから部分的な変色が発生するとともに、濁ったような彩度の低い色へ変化した。また、1600時間では表面の薄い塗膜がめくれあがるように割れてきて、その程度も時間の経過とともに増大した。

9) H : アマニ油系 材中含浸型

初期から脱色するように徐々に色が薄く白っぽくなり、1000時間では小さな素材割れも発生した。

10) I : アマニ油系 材中含浸型

初期に全面が暗い色、1000時間あたりから緑っぽい色に変色し、その後徐々に色が薄くなった。また、1000時間では早材部が小さな割れのように凹状となった。

1 1) J : ウレタンアルキド系 材中含浸型

初期から濁ったような彩度の低い色へ変化し、1.600時間あたりから部分的に白色化し、色むらが目立ち始めた。また、1000時間では早材部が小さな割れのように凹状となった。

1 2) K : アルキド系 材中含浸型

初期から脱色するように徐々に色が薄く白っぽくなり、1000時間あたりから部分的に白色化が進み、色むらが大きく目立ち始めた。

2. 4. 2 色彩測定

(1) 色差

促進耐候試験による表面造膜型の各試験片の色差を図2、材中含浸型の各試験片の色差を図3に示す。表面造膜型の各試験片の9点測定の色差の最大値と最小値の差を図4、材中含浸型の各試験片9点測定の色差の最大値と最小値の差を図5に示す。

(2) 光沢度測定

促進耐候試験による表面造膜型の各試験片の光沢度の変化を図6、初期光沢度との差を図7に、材中含浸型の各試験片の光沢度の変化を図8、初期光沢度との差を図9に示す。

(3) 撥水度測定

促進耐候試験による表面造膜型の各試験片の撥水度の変化を図10、材中含浸型の各試験片の撥水度の変化を図11に示す。

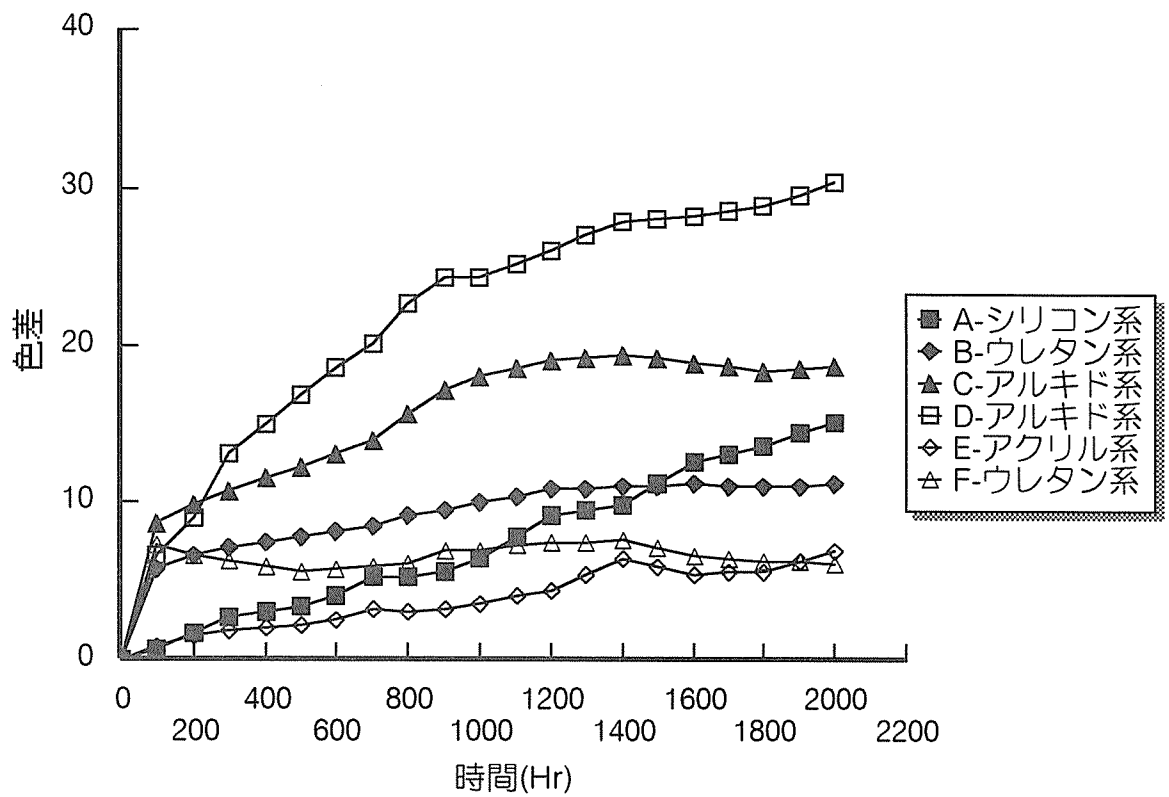


図2 促進耐候試験による色差 (造膜タイプ)

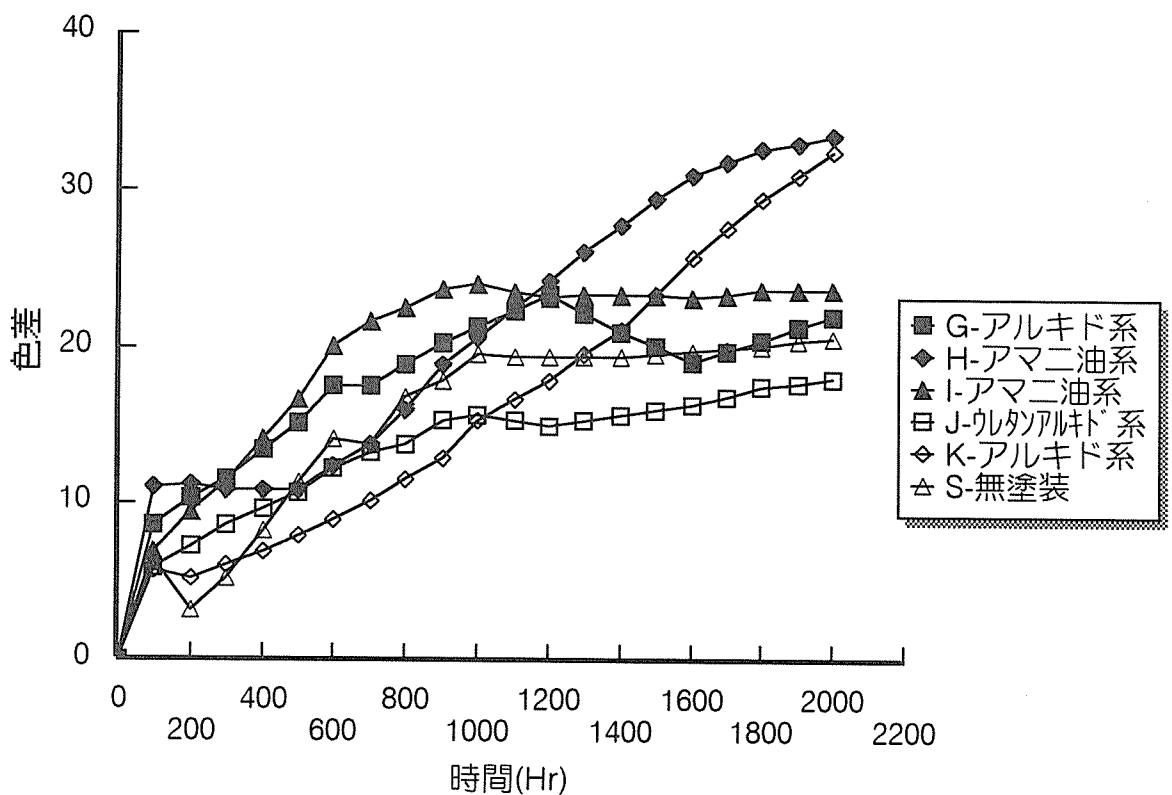


図3 促進耐候試験による色差 (含浸タイプ)

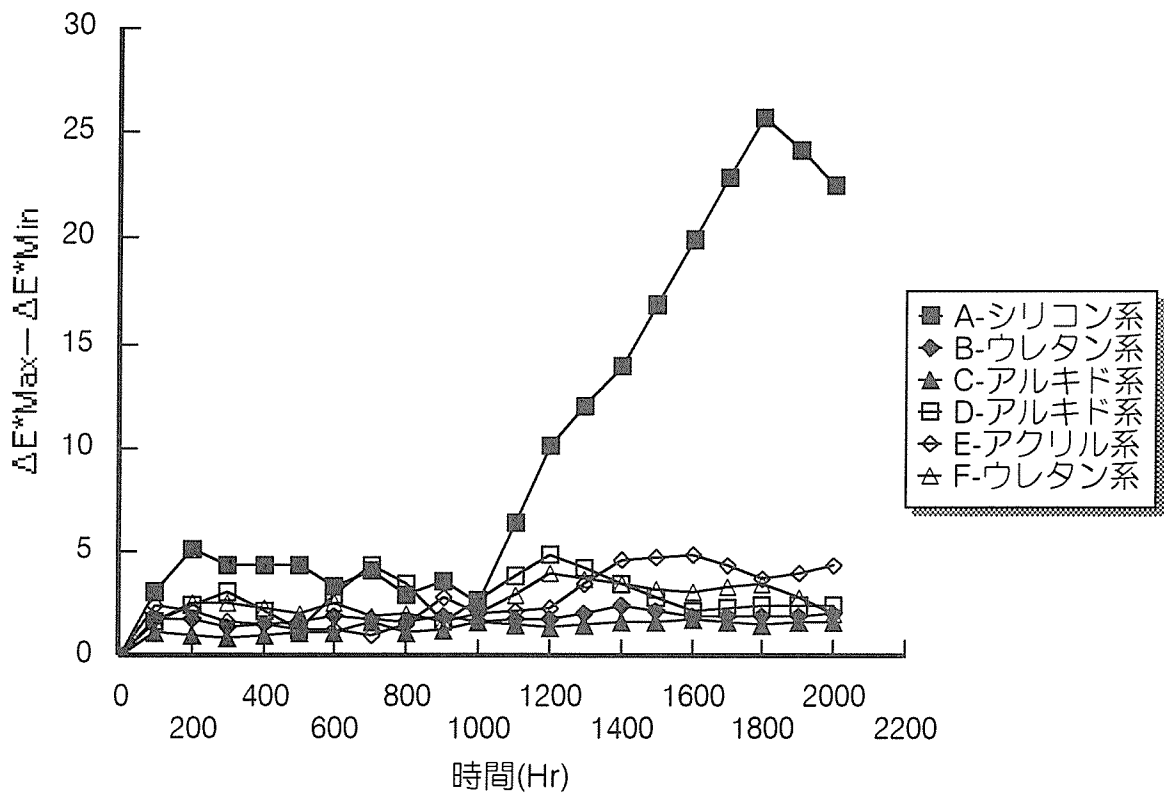


図4 促進耐候試験による色差Max—色差Min (造膜タイプ)

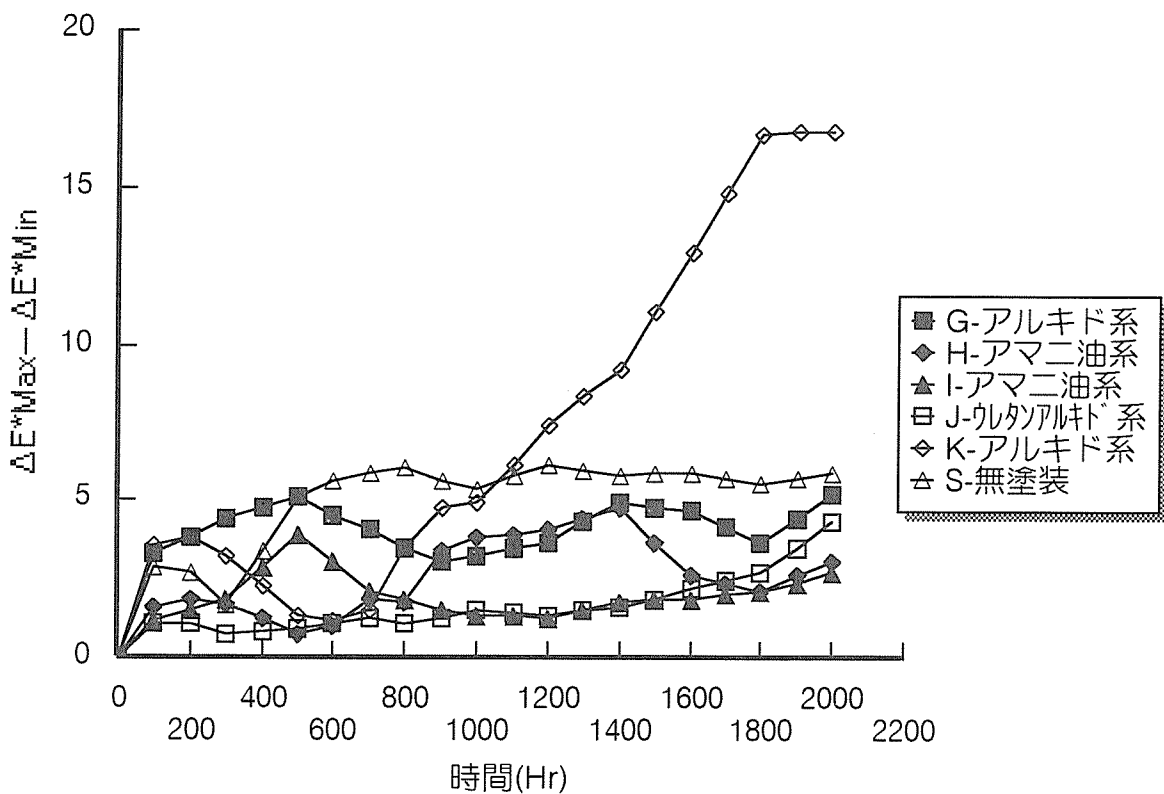


図5 促進耐候試験による色差Max—色差Min (含浸タイプ)

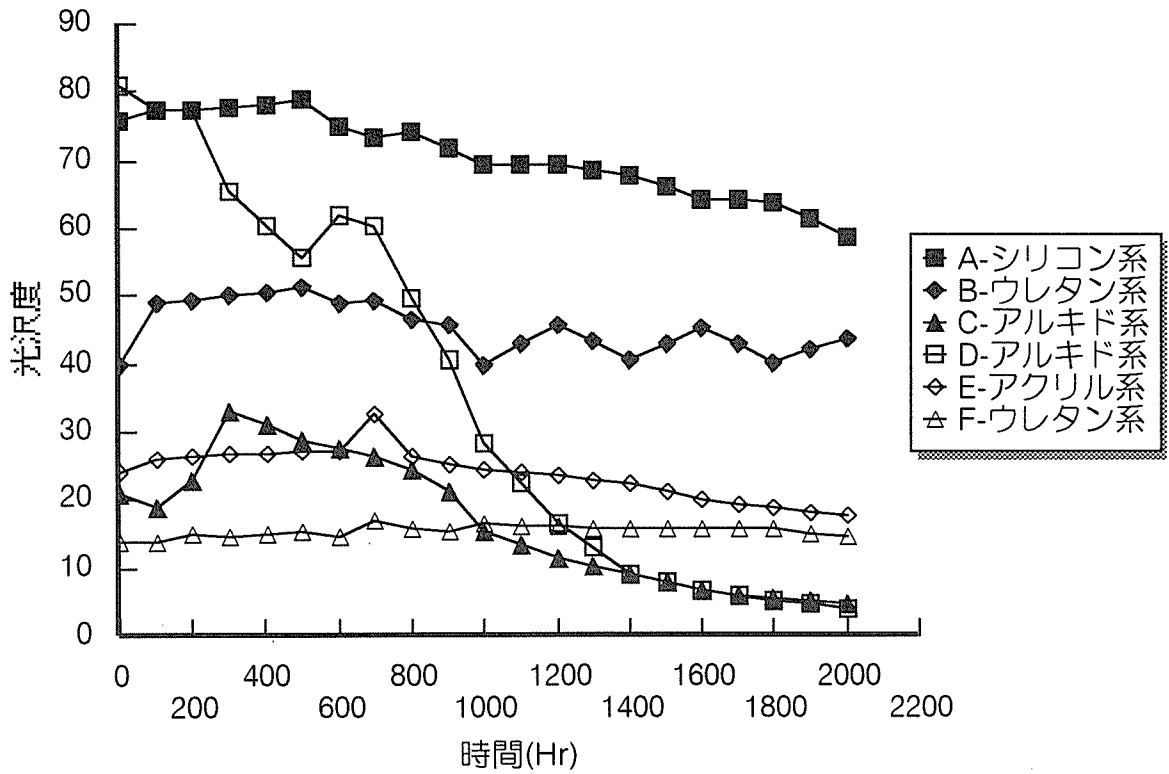


図6 促進耐候試験による光沢度変化 (造膜タイプ)

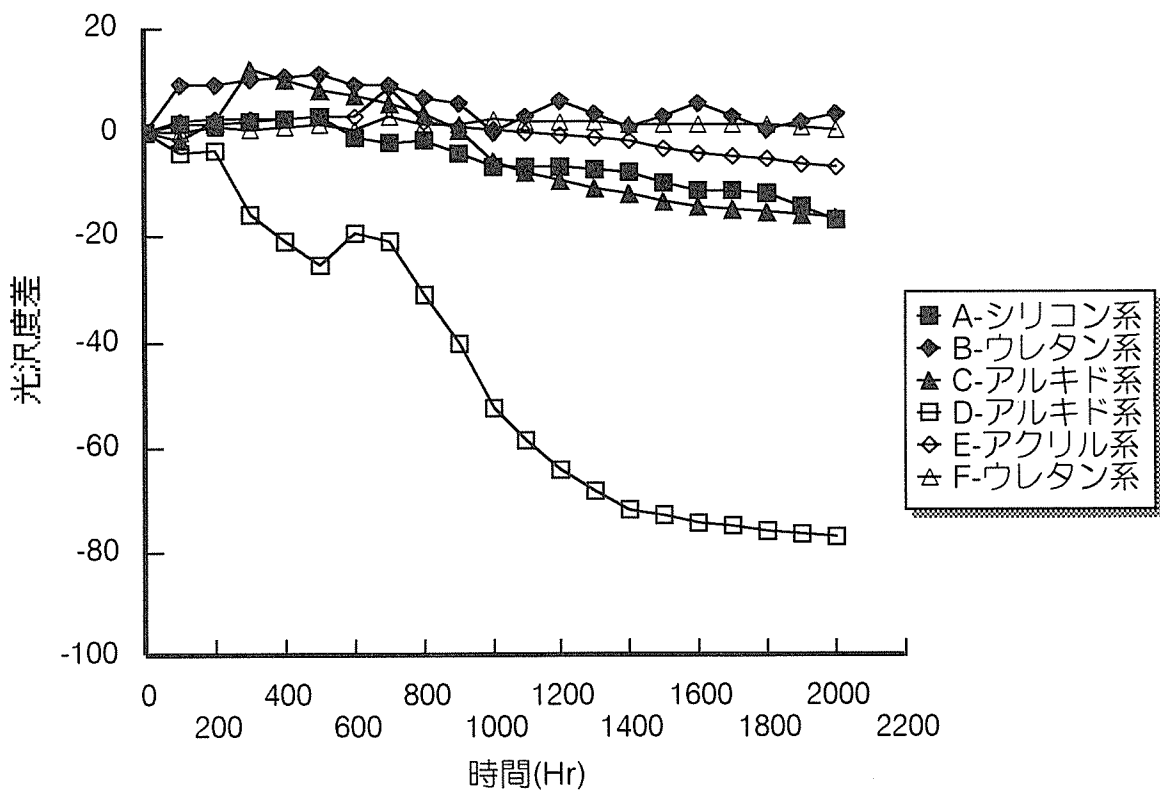


図7 促進耐候試験による光沢度差 (造膜タイプ)

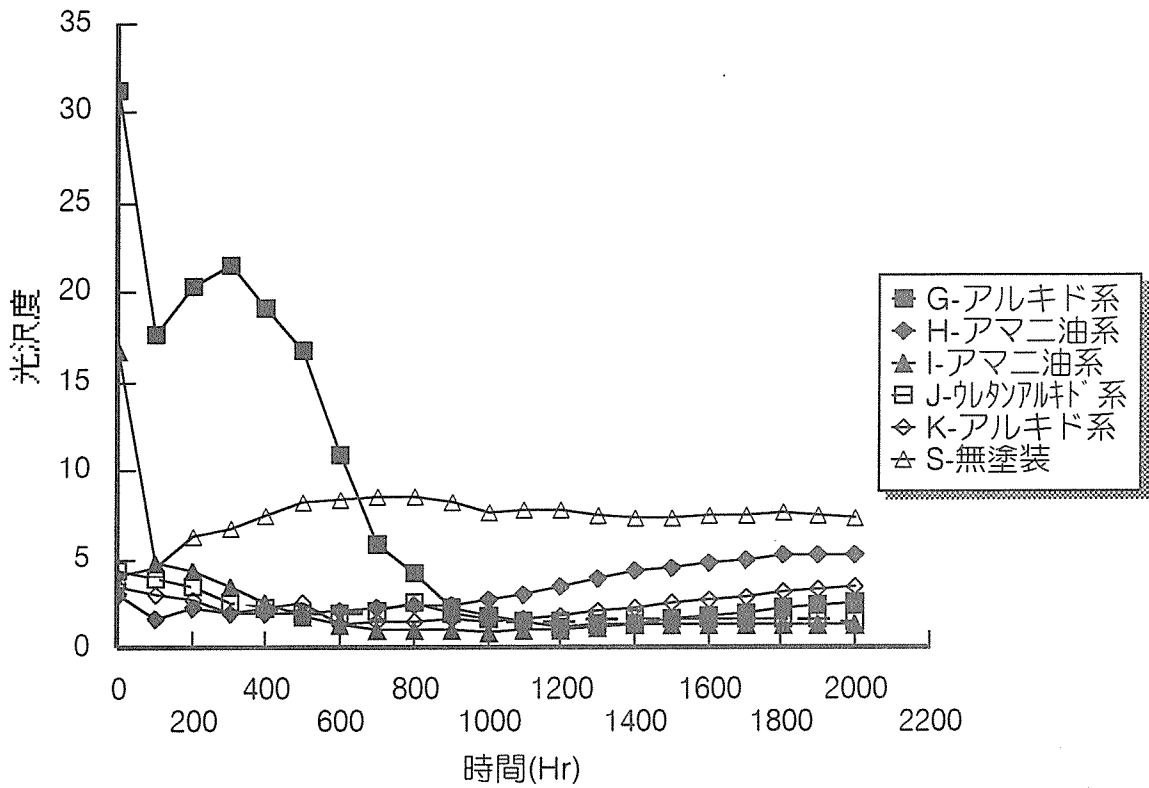


図8 促進耐候試験による光沢度変化 (含浸タイプ)

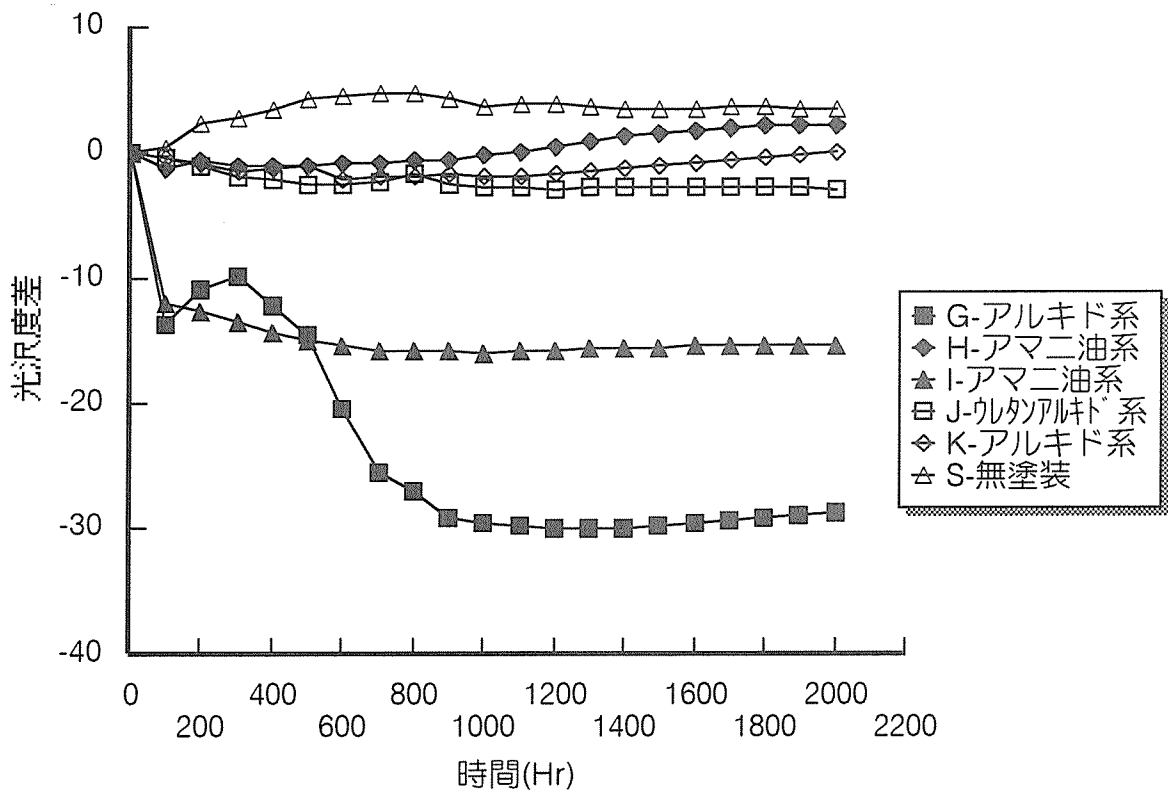


図9 促進耐候試験による光沢度差 (含浸タイプ)

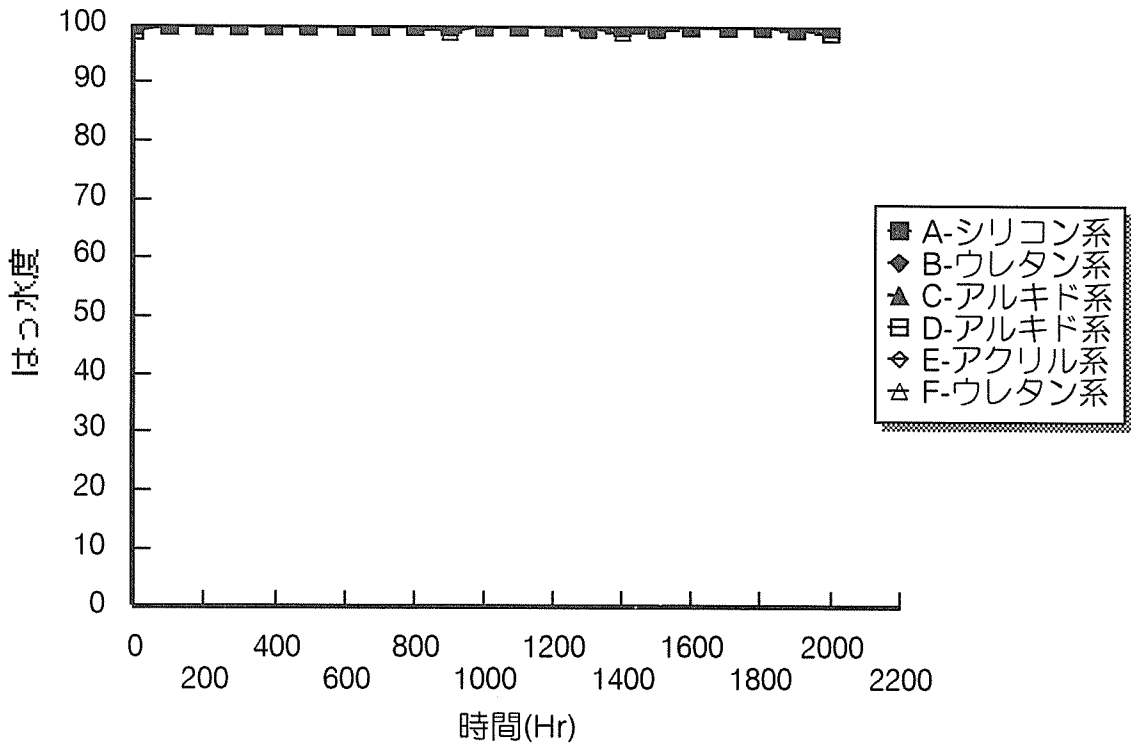


図10 促進耐候試験によるはっ水度（造膜タイプ）

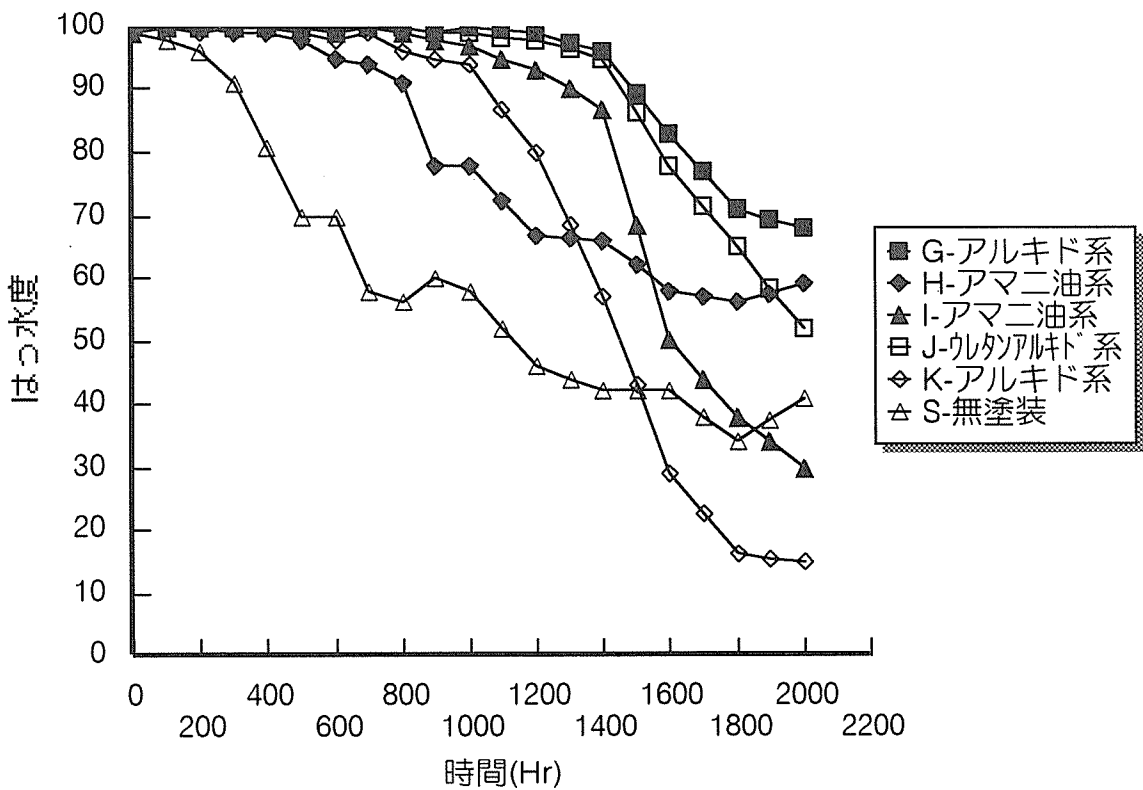


図11 促進耐候試験によるはっ水度（含浸タイプ）

第3章 屋外暴露試験

3.1 暴露地気象環境

表1に、1993年11月から1994年10月までの1年間の暴露地点付近（気象庁館野高層気象台）の気象観測データを示す。これによると、今年度の年平均気温は14.5℃であり昨年より1.4℃も高かった。年最高気温は37.0℃（昨年33.2℃）、年最低気温は-8.7℃（昨年-7.3℃）であり、年較差は45.7℃（昨年40.5℃）であった。今年度の特徴としては、例年に比べて夏季における気温が非常に高くまた降水量が少なかったことが挙げられる。図の1から3に月別の平均気温、日射量、降水量を比較として旭川（北海道）および名護（沖縄）のデータと共に示す。気温は、北海道と沖縄の間であり、日射量では4、5月と7、8月で特に高く、降水量は9月が多かった。

3.2 劣化状態の評価

試験体の劣化状態の評価は、前年と同様に塗装材表面の塗膜割れあるいは基材割れ、塗膜剥離、表面汚染をマス目試験により測定し、これらを総合して塗装面劣化割合を計算した。また、はっ水性も昨年と同様に水滴の基材中への浸透量からはっ水度を算出した。表面の色調の変化は、色彩色差計によりL*、a*、b*表色系により表し、暴露前の色調との差である色差 ΔE を算出した。光沢は、入反射角60度における光沢値Gr(60)を測定し、暴露前との差を計算した。これらは、暴露3ヶ月ごとに経時的に測定した。

表1. 暴露地付近の気象庁気象データ (1993. 11-1994. 10)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
平均気温 (°C)	2.4	3.8	5.9	13.5	17.4	20.5	26.1	27.2	23	17.9	11.0	5.4	14.5
最高気温 (°C)	16.3	14.5	21.7	25	28.8	32.4	35.3	37	33.5	27	22.3	17.5	37.0
最低気温 (°C)	-8.7	-6.2	-4.2	-0.4	6.1	13.4	19.8	18.7	14.4	7	-2.5	-5.5	-8.7
日射量 (MJ/m ²)	9.2	13.6	14.7	19.4	18.7	16	19.2	19.9	12	9.2	8.6	7.7	14.0
日照時間 (時間)	177.3	216.2	179.6	216.3	188.3	135.8	194.4	255.5	125	87.2	149.5	161.3	2086.4
降水量 (mm)	45.5	71.5	116	39	101.5	72	54.5	77.5	348	54	119.0	61.5	1160.0

気象データは、茨城県つくば市 館野高層気象台のもの。

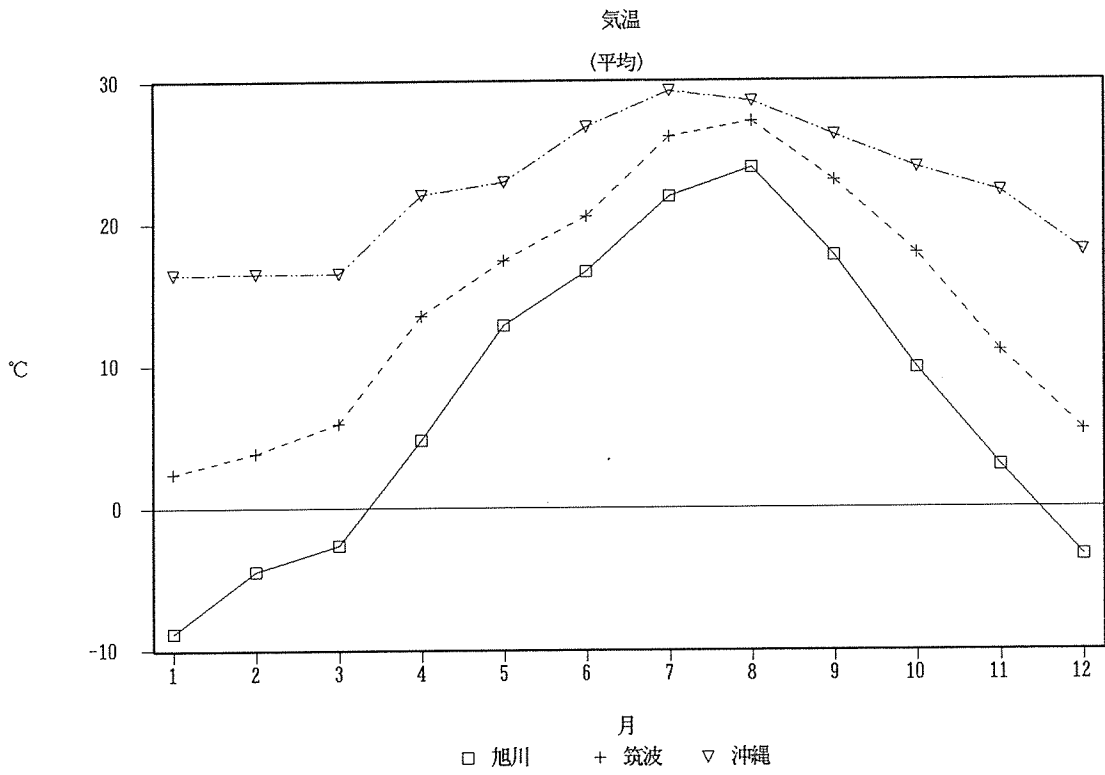


图 1 . 月別平均气温 (1993.11-1994.10)

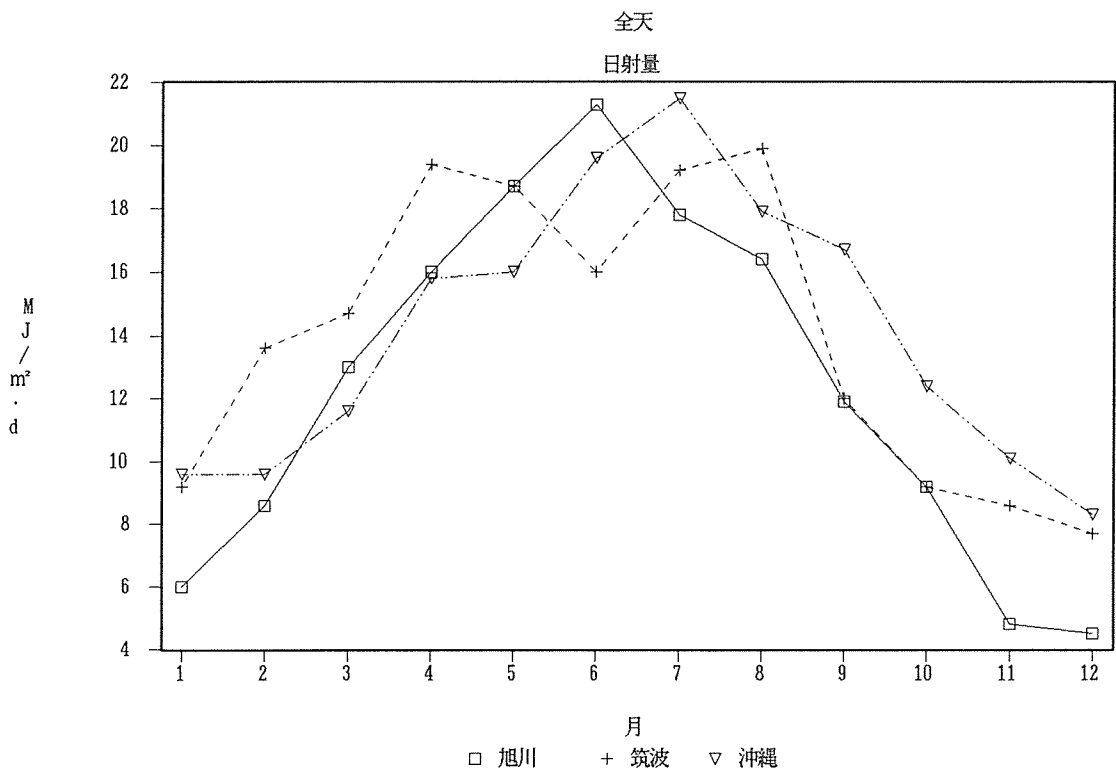


图 2 . 月別平均日射量 (1993.11-1994.10)

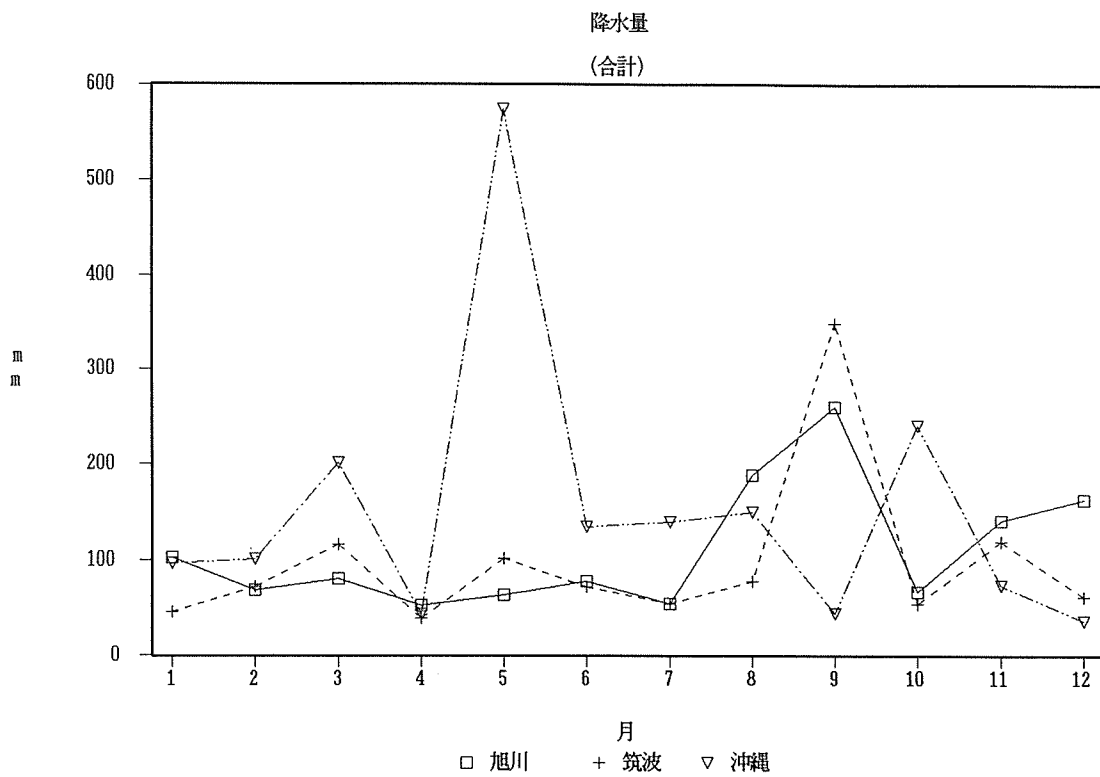


図3. 月別降水量 (1993.11-1994.10)

3. 3 透明系保護塗料の屋外暴露試験

3. 3. 1 暴露方法

暴露試験は、茨城県つくば市にある森林総合研究所第2樹木園内屋外暴露試験場に1992年1月26日より南面45度の傾斜暴露を開始し、今年度で3年間の屋外暴露試験が経過した。試験体は、ベイマツ試験片（寸法：70（R）×300（L）×10（T）mm）に顔料を含まないか、あるいは少量含む無色から半透明の8種類の木材保護塗料を刷毛塗りしたものである。供試塗料は以下の通りである。

(A) アルキド系	造膜・半透明着色タイプ	(プライマー+トップコート)
(B) ウレタンアルキド系	含浸・クリアタイプ	(トップコート2回)
(C) アルキド系	含浸・クリアタイプ	(トップコート2回)
(D) アマニ油系	含浸・クリアタイプ	(トップコート2回)
(E) ウレタンアルキド系	造膜・クリアタイプ	(トップコート2回)
(F) アマニ油系	含浸・クリアタイプ	(プライマー+トップコート)
(G) アルキド系	含浸・半透明着色タイプ	(プライマー+トップコート)
(H) フッ素樹脂系	造膜・クリアタイプ	(トップコート2回：2液型)
(S) 無塗装コントロール		

3. 3. 2 屋外暴露36ヶ月までの試験結果

(1) 塗装面劣化

図4-1（造膜型）及び図4-2（含浸型）に保護塗料ごとの屋外暴露36ヶ月までの塗装面欠陥の経時変化を示す。タイプ別では、造膜型塗料の方が塗装面劣化の進行が遅い傾向を示すが、暴露30ヶ月では全ての試験片において塗装面欠陥率は100%となった。塗装面欠陥の主なものとしては、造膜タイプは塗膜割れであり含浸タイプはカビ及び紫外線による変色、汚染である。塗料成分でみると、フッ素系（H）とウレタンアルキド系（E）が比較的良い値を示し、一方アマニ油系は変色が早かった。

造膜タイプの塗装面欠陥は、試験体端部からの剥離あるいは塗膜割れであり、剥離部分や割れ部分はカビと思われる黒色の汚染が発生している。造膜タイプの場合、わずかな塗膜割れでも汚染感が高くなるので、塗膜割れや塗膜剥離が塗装面の20%程度でも汚染感が高くなる。

含浸タイプは、暴露9ヶ月までに塗装表面全面が変色による塗装面欠陥が発生しているので、それ以上暴露を継続しても外観上の大きな変化はない。含浸タイプの場合、劣化は顔料の離脱とカビと思われる微生物による表面汚染及び基材割れであり、色調は暴露期間と共に更に黒色化が増し基材割れの幅及び深さが拡大した。

(2) 色差

保護塗料ごとの試験片の色差及び光沢の屋外暴露36ヶ月までの経時変化を、図5-1(造膜型)、図5-2(含浸型)および図6-1(造膜型)、図6-2(含浸型)に示す。図5は色差変化であるが、造膜型は含浸型より色差は小さい傾向が見られるが暴露20ヶ月後からは両者に大きな差はない。測定部は試験体中央部であるが、塗膜割れや塗膜剥離が発生している試験体端部では大きな色差変化を生じており、特に造膜系塗料では一様に劣化していないためこれらの欠点が目立ってしまう傾向が認められ、塗膜剥離により色差の増大が認められる。

含浸タイプの場合は、塗料の離脱とそれに続く紫外線劣化及びカビによる変色のため色差が大きくなり、ほとんど無処理と同様の劣化が見られた。およそ暴露1年後で色差はほぼ一定の値となった。

図6の光沢をみると、造膜タイプは初期の光沢値は高いがフッ素系を除いて屋外暴露により大幅な光沢の低下を示した。しかしフッ素系でも暴露30ヶ月で無塗装と同程度となり、これは塗膜の剥離によるものと考えられる。

含浸タイプでは、塗料が木材中に浸透して塗膜を形成しないため初期の光沢値が低く、暴露6ヶ月後からほぼ一定の値となった。

(3) はっ水度

図7-1(造膜型)、図7-2(含浸型)に、保護塗料別の屋外暴露36ヶ月までのはっ水度の経時変化を示す。はっ水度の場合も、造膜タイプでは含浸タイプに比べて高い値を保持しているが、造膜系では暴露24ヶ月まで低下しその後ほぼ一定の値となった。含浸タイプでは、暴露18ヶ月から24ヶ月までのはっ水度は低下してはっ水度は30以下となり、ほとんどはっ水性は認められなくなった。はっ水度は塗装面劣化との相関が低く、表面の汚染が激しいものでも高いはっ水性を維持しているものがあり、これは塗料中のはっ水剤の性能の違いと考えられる。

(4) 総合評価

木製サッシに使用される透明系の木材保護塗料の36ヶ月間の屋外暴露試験を行った。ここで注意すべき点は、現在行っている試験が保護塗料の基礎的性能を把握するものであり、特に防腐剤、防虫剤、防カビ剤などの性能や展色剤の性能を試験することを主目的としている。透明タイプを用いたのは、顔料の種類が非常に多く塗料の色調を統一することが困難なためであり、供試した塗料は顔料を含んでいないクリアタイプかあるいは含んでいても少量の半透明性タイプのもを用いた。しかし、実際に使用されている保護塗料は顔料により木材表面はもちろんのこと、塗料に含まれる防腐、防虫、防カビ剤等の成分の耐候性をも高めており、今回の結果がただちに市販されている顔料含有タイプの保護塗

料の性能にあてはまるとはいえない。

造膜タイプと含浸タイプとでは、造膜タイプは暴露24ヶ月までは色差、光沢、はっ水度、塗装面欠陥の全てにおいて含浸タイプより数値的に優れた結果となった。これは、塗膜により紫外線や水分からの直接の劣化を防ぎ、木材基材および塗料成分の耐候性を向上させた結果と考えられる。しかし、造膜タイプの全ての試験体において、暴露12ヶ月後には50%以上の塗膜剥離や塗膜割れが発生し、更に24ヶ月後にはほとんどが剥離に近い状態となっており、暴露36ヶ月ではタイプによる差はほとんどない。造膜タイプの劣化は試験体の端部から発生するため、暴露12ヶ月では測定部である試験体中央部はほとんど劣化しておらず、このため色差やはっ水性等の低下としては現れていないが、暴露24ヶ月では剥離は中央部にも及び、更に暴露36ヶ月では全面に及んだ。塗膜割れや塗膜剥離が生じた箇所はカビによる汚染などの劣化が一層目立つため、造膜タイプの塗料の場合は耐候性の評価を塗装面欠陥によって行うことが望ましいと考えられる。また、造膜タイプの塗料は、再塗装の際に重ね塗りができないことに注意すべきである。特に、このように汚染が拡大した場合は、再塗装の場合に残存塗膜の剥離作業の他に漂白作業も必要となる。

含浸タイプは、顔料が含まれていないこともあって変色を中心とした塗膜面汚染が目立つ。暴露24ヶ月後では無処理と変わらないものが多くなった。また、カビの発生が暴露初期に生じたことから、防カビ剤の耐候性が非常に低いことが指摘できる。含浸タイプは暴露後の変色が大きくなるが、変色は一様に起こる傾向がありまた再塗装においては重ね塗りができるという特徴は評価すべきである。

本試験は、暴露36ヶ月において全ての試験片で全面の塗装面劣化が生じたため、暴露36ヶ月をもって試験を終了した。

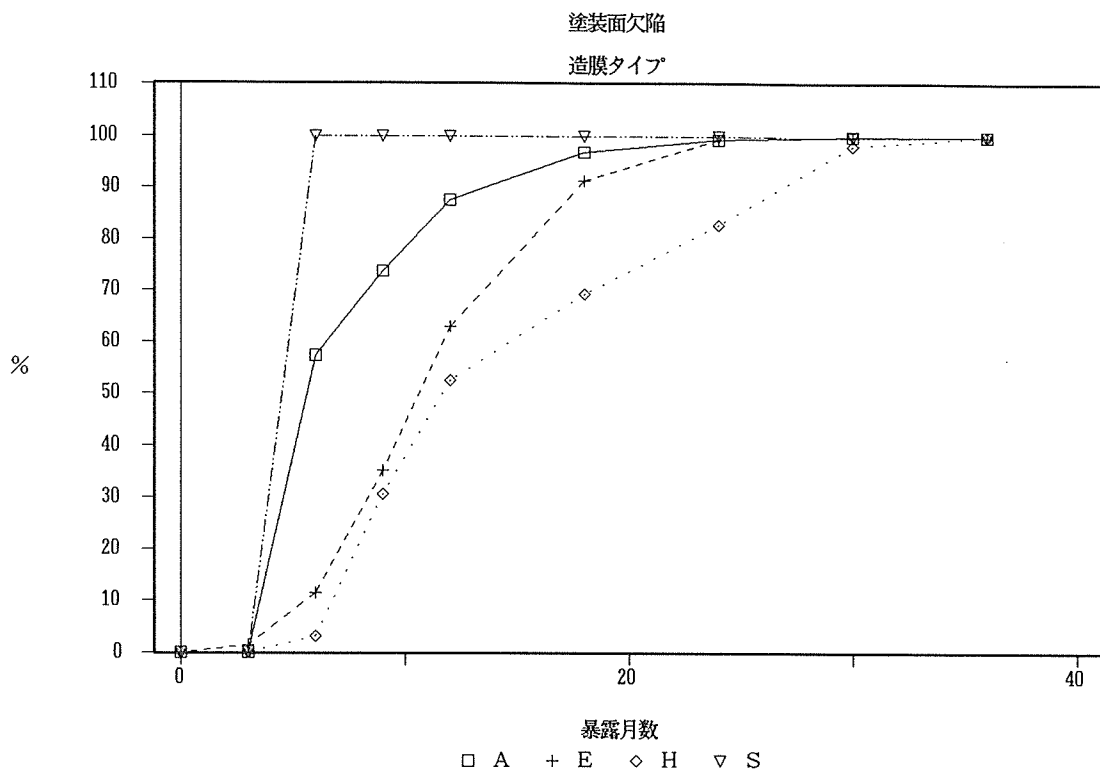


図 4 - 1 . 屋外暴露 3 6 カ月までの造膜型保護塗料の塗装面欠陥

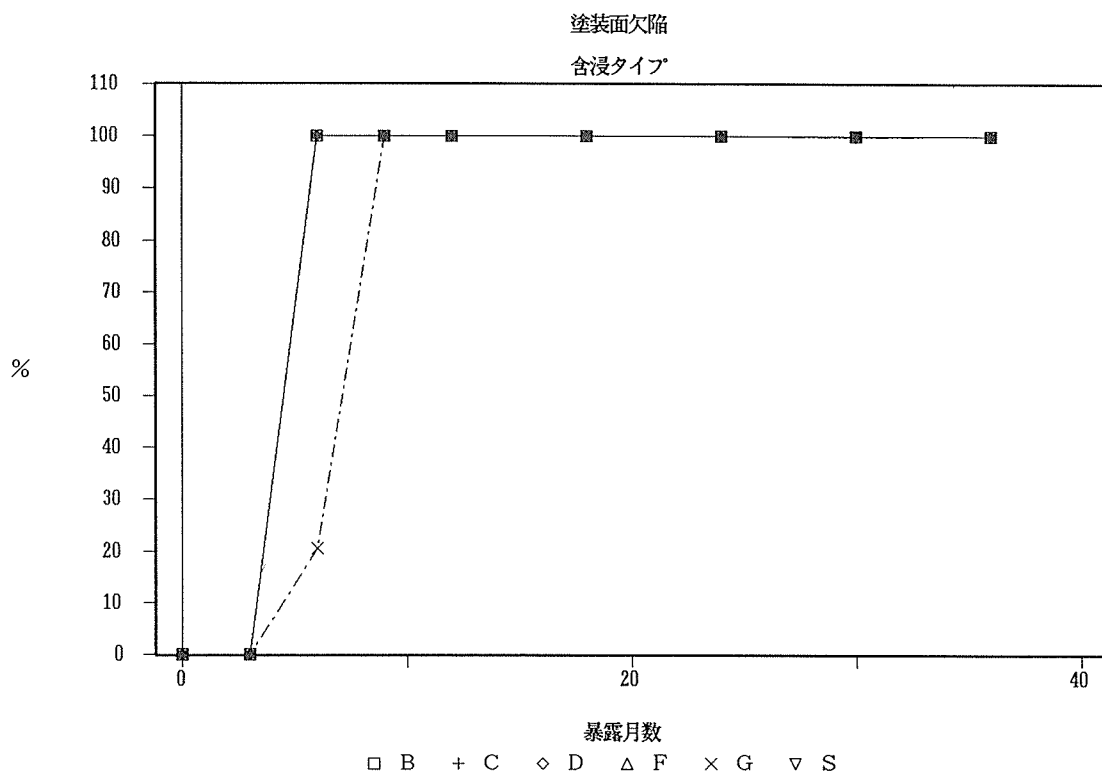


図 4 - 2 . 屋外暴露 3 6 カ月までの含浸型保護塗料の塗装面欠陥

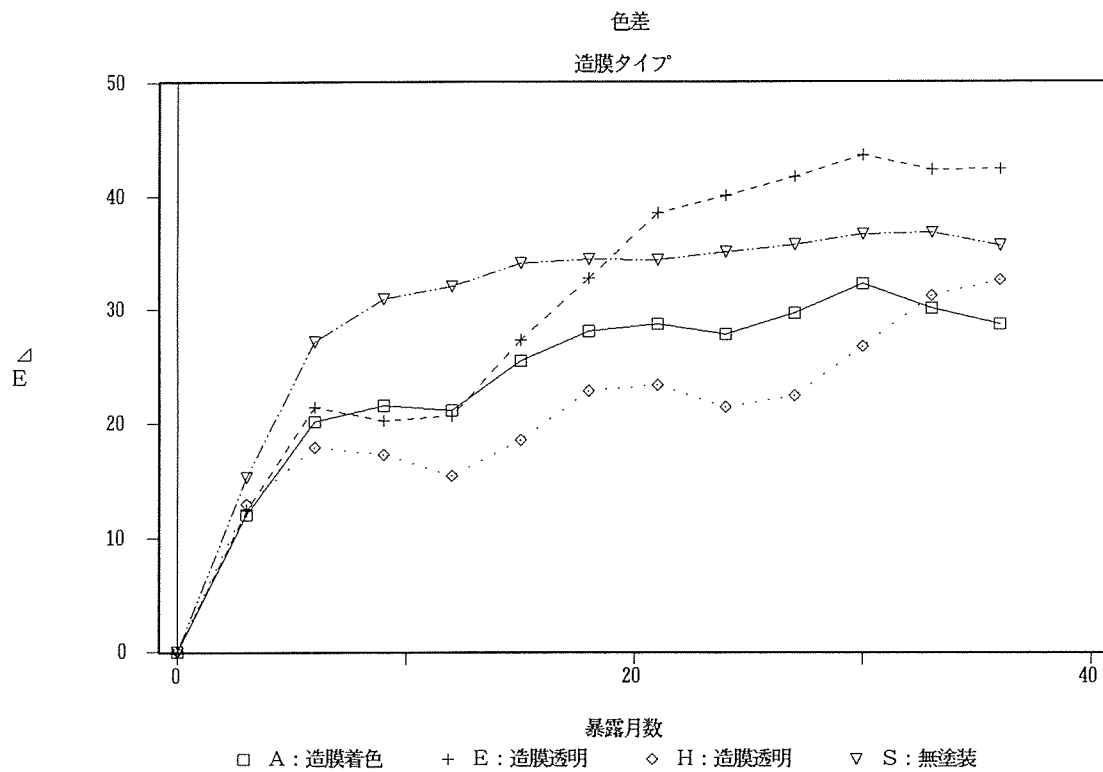


図 5 - 1 . 屋外暴露 36 カ月までの造膜型保護塗料の色差変化

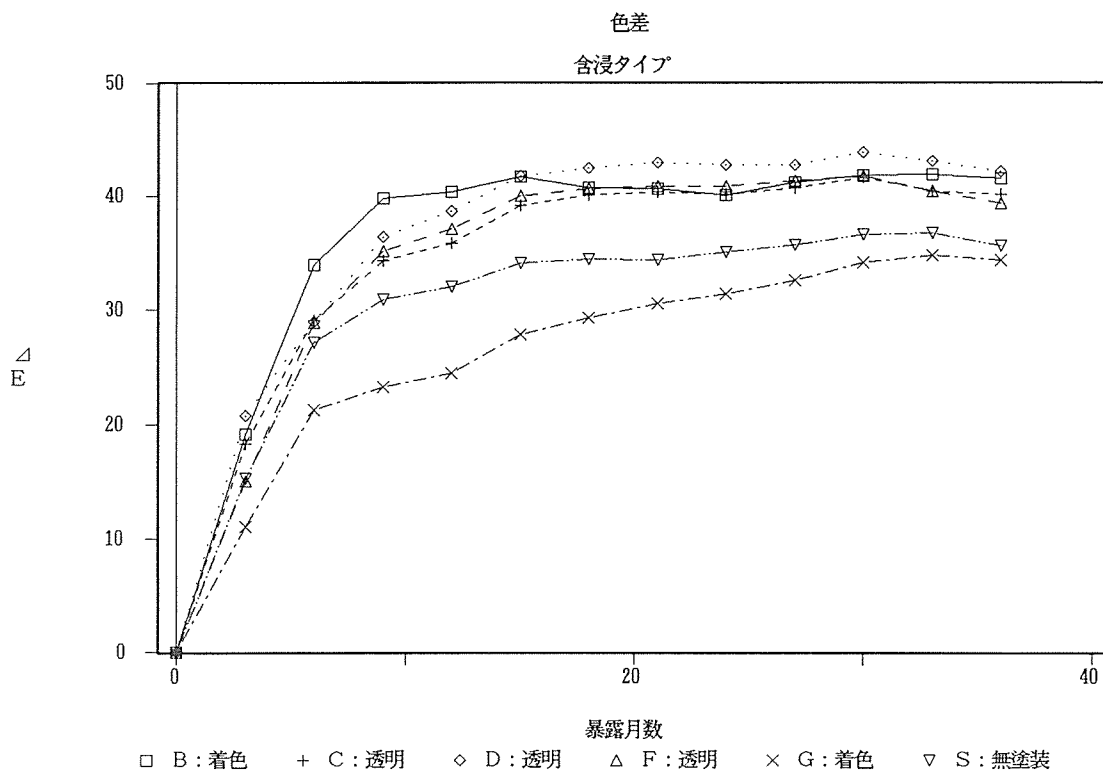


図 5 - 2 . 屋外暴露 36 カ月までの含浸型保護塗料の色差変化

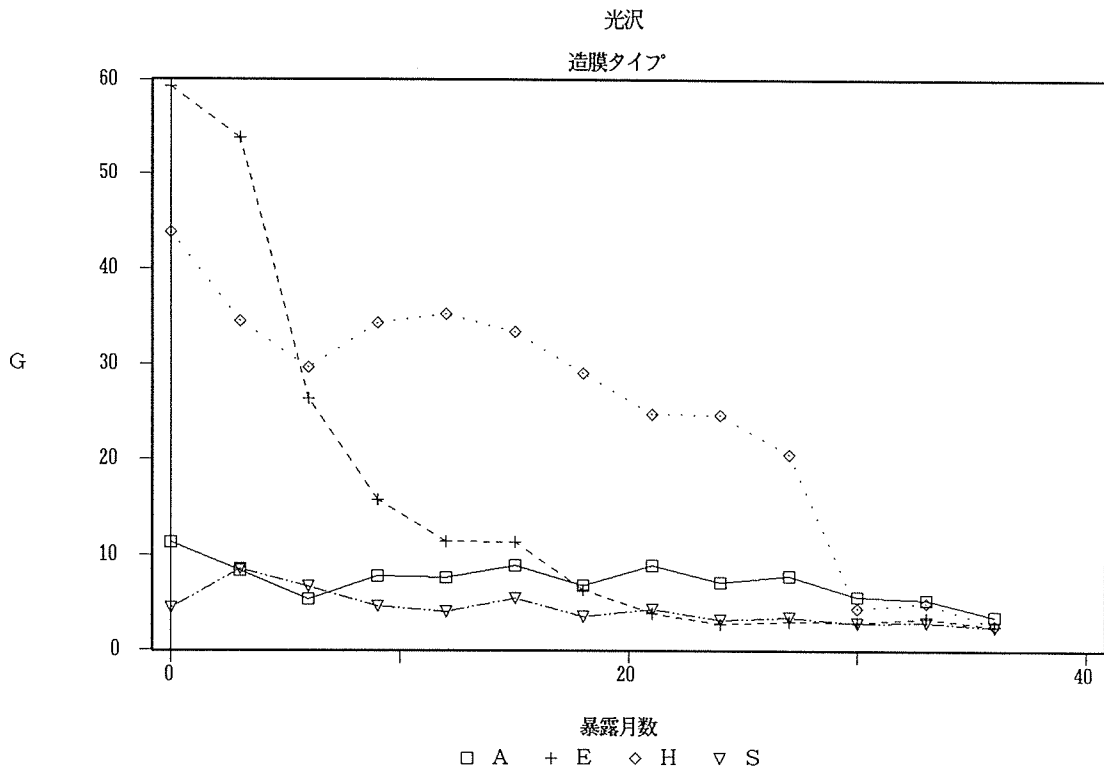


図 6 - 1 . 屋外暴露 3 6 カ月までの造膜型保護塗料の光沢変化

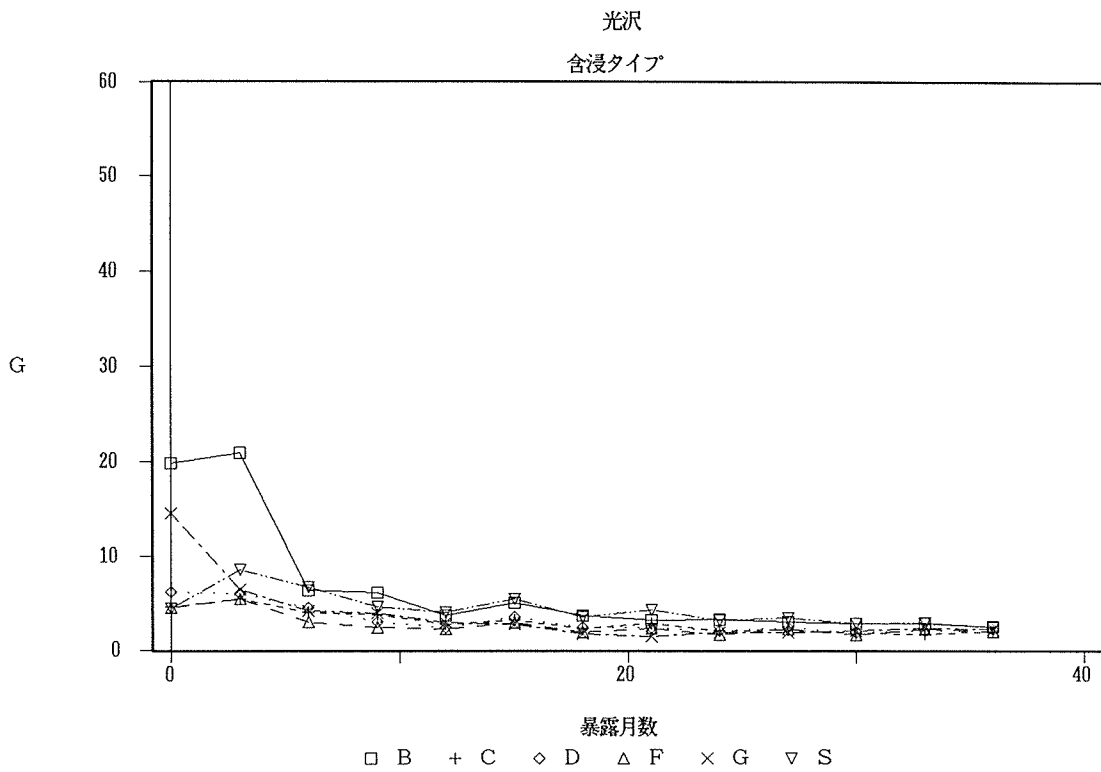


図 6 - 2 . 屋外暴露 3 6 カ月までの含浸型保護塗料の光沢変化

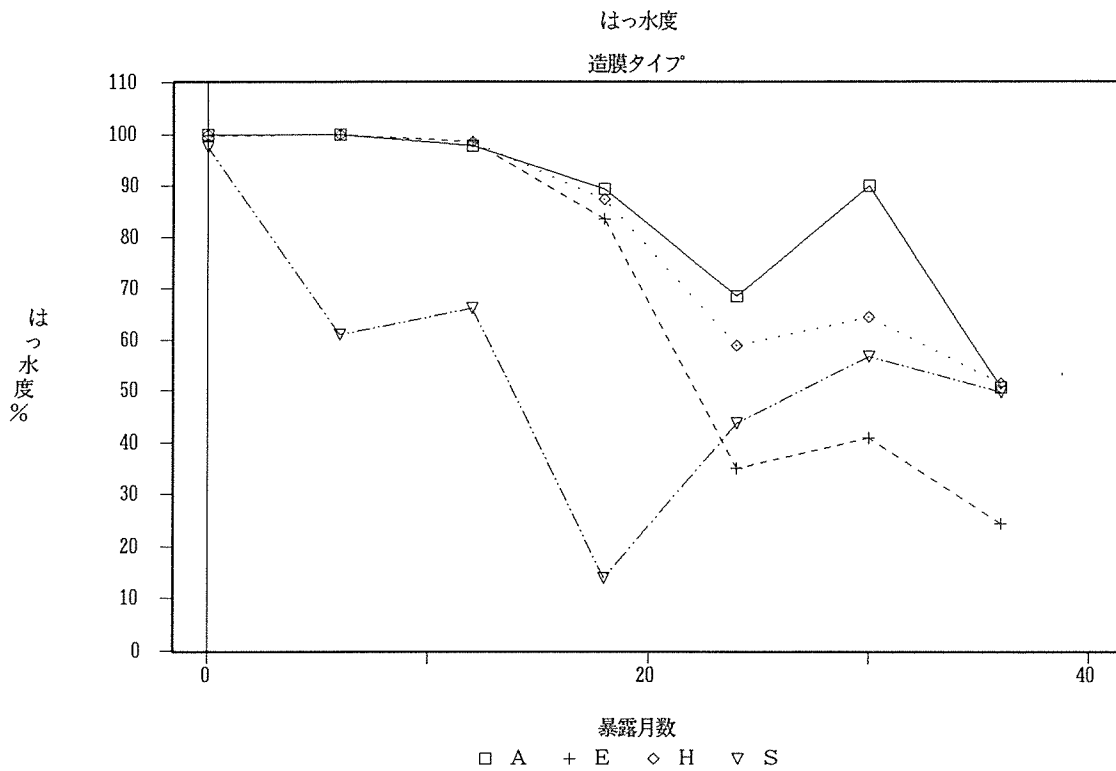


図 7 - 1 . 屋外暴露 36 カ月までの造膜型保護塗料のはっ水度変化

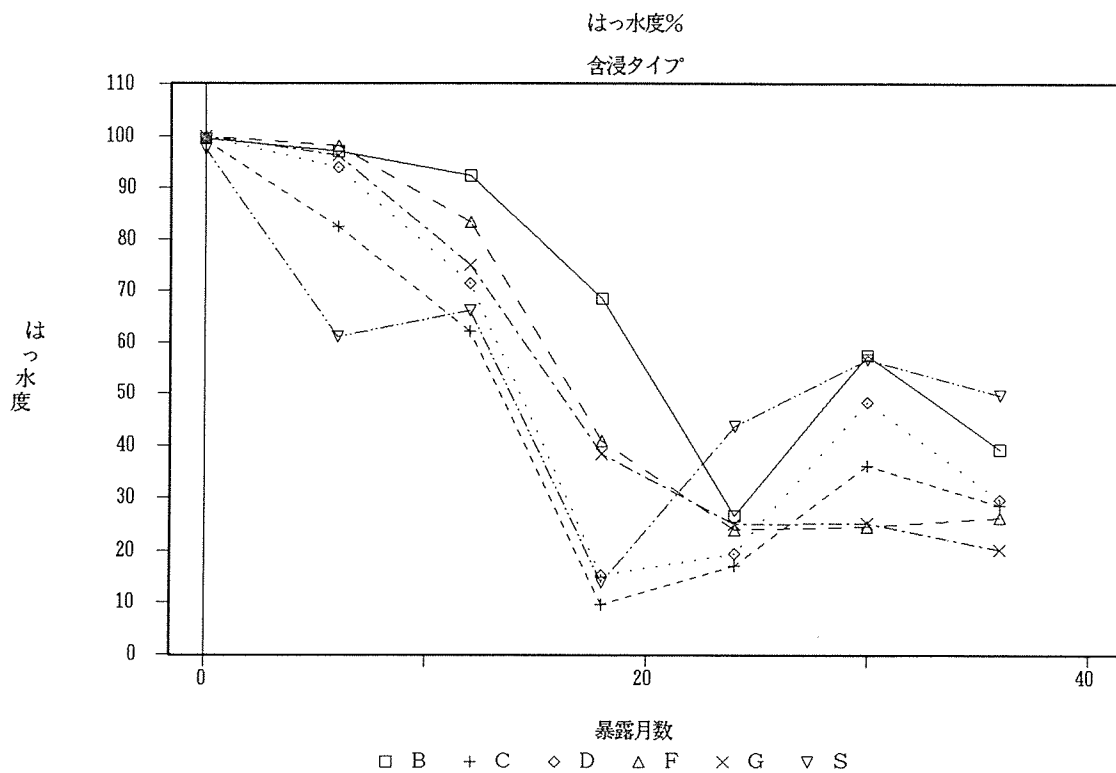


図 7 - 2 . 屋外暴露 36 カ月までの含浸型保護塗料のはっ水度変化

3. 4 半透明着色保護塗料の屋外暴露試験

3. 4. 1 暴露方法

暴露試験は、茨城県つくば市にある森林総合研究所第2樹木園内屋外暴露試験場に1993年3月4日より南面45度の傾斜暴露を開始し、2年間の屋外暴露試験を経過した。試験体は、ベイマツ柾目試片(70(R)×300(L)×10(T)mm：(有)共和木工提供)を、各塗料につき2枚ずつ用いた。促進試験と同様に試験体は、90℃、8時間の高温蒸気乾燥による脱脂乾燥を行い、含水率を約12%まで乾燥させた。また、塗装前にNo.180のサンドペーパーにより素地調整を行った。塗装は、木理が見えることを前提として顔料を含まないかあるいは少量含む無色からパイン系色調の半透明の含浸、造膜、半造膜タイプの8種類の木材保護塗料を刷毛塗りした。塗装は、塗料提供企業にカタログマニュアルと同様に塗装するよう依頼した。塗装後、暴露面を残して全ての面をフタル酸系合成樹脂ペイントで隠ぺいし、更に木口面は速乾性エポキシ樹脂で封鎖した後、アルミテープでシールした。劣化状態の評価は3.2と同様に行った。供試塗料及び塗装処理は促進暴露試験と同様であり、以下の通りである。

A：シリコン系	造膜	・クリアタイプ	(下塗り1回+上塗り2回)
B：ウレタン系	造膜	・パイン半透明タイプ	(下地着色，下塗り1回+上塗り3回)
C：アルキド系	造膜	・パイン半透明タイプ	(下塗り1回+上塗り2回)
D：アルキド系	造膜	・パイン半透明タイプ	(下塗り2回+上塗り2回)
E：アクリル系	造膜	・パイン半透明タイプ	(下塗り1回+上塗り2回)
F：ウレタン系	造膜	・白色半透明タイプ	(下塗り1回+上塗り3回)
G：アルキド系	半造膜	・パイン半透明タイプ	(下塗り1回+上塗り2回)
H：アマニ油系	含浸	・パイン半透明タイプ	(下塗り1回+上塗り2回)
I：アマニ油系	含浸	・パイン半透明タイプ	(下塗り1回+上塗り2回)
J：ウレタン系	含浸	・パイン半透明タイプ	(下塗り1回+上塗り2回)
K：アルキド系	含浸	・パイン半透明タイプ	(下塗り1回+上塗り1回)
S：無塗装	コントロール		

3. 4. 2 屋外暴露24ヶ月までの試験結果

(1) 塗装面劣化

図8-1(造膜型)、図8-2(含浸型)に保護塗料の違いによる屋外暴露24ヶ月までの塗装面欠陥の経時変化を示す。造膜タイプと含浸タイプとを比較すると、暴露18ヶ月までは造膜タイプの劣化は少ない。造膜タイプの場合、顔料が含まれていることで塗膜の耐久性が向上し、18ヶ月までの暴露では塗膜の劣化はほとんど見られない。しかしその中で塗料Fは白色系の色調を持つ造膜タイプの塗料であるが、暴露6ヶ月目あたりから

カビと思われる変色が目立ち始め、18ヶ月後にはほぼ全面に拡大した表面汚染を生じている。透明なシリコン樹脂タイプの塗料Aでは徐々に塗膜の割れが現れ、暴露24ヶ月後では約50%の塗膜割れが認められた。塗料Dも暴露24ヶ月後あたりから急激に塗装面劣化が目立ってきた。塗料B及びCは、暴露24ヶ月後でも顕著な劣化は認められない。

一方、含浸タイプの場合は顔料の脱離による塗装面の変色による欠陥が主であり、暴露24ヶ月で全ての試験片において100%の塗装面欠陥が認められた。ただ、全面が一様に退色していくため見た感じではそれほどの汚染感はいまのところ感じられない。その中で半造膜タイプの塗料Gは、わずかに黒色の点状のカビが見られるのみで塗装表面の欠陥は少なかったが、暴露18ヶ月後からは塗装面全体の汚染が見られるようになった。

(2) 色差と光沢

保護塗料ごとの色差および光沢の屋外暴露24ヶ月までの経時変化を、図9-1（造膜型）、図9-2（含浸型）及び図10-1（造膜型）、図10-2（含浸型）に示す。図9は色差であるが、含浸タイプに比べて造膜タイプの色差は小さい。造膜タイプでは夏季に色差が増大する傾向が見られる。また、塗料BとEの色差が小さく、その他はほぼ同様に20程度の値となっている。

含浸タイプは、暴露12ヶ月以降色差はほぼ一定の値となり20から30程度を示している。塗料Hは無処理より大きい変色を起こしている。含浸タイプでは、塗料G、Kが比較的色彩は少なく20程度の値である。

図10の光沢をみると、暴露前の光沢値が高かった造膜タイプの塗料A、Dの暴露による低下が大きい。塗料Aは暴露9ヶ月以降光沢値が再び増加し、塗料BとEも暴露期間と共に増加の傾向を示している。これは、塗膜割れが生じないうちは風雨により塗膜表面が研磨され光沢が増加するためと考えられる。その中で、塗料Dの光沢の低下が大きい。塗料C、Fは初期の光沢値が低いため光沢の低下は少ない。

含浸タイプは初期の光沢値が低いため光沢の低下は少ないが、半造膜タイプの塗料Gは暴露18ヶ月で他の含浸タイプの塗料と同程度の値となった。

(3) はっ水度

図11-1（造膜型）及び図11-2（含浸型）に、保護塗料別の屋外暴露24ヶ月までののはっ水度の経時変化を示す。屋外暴露24ヶ月後では、造膜タイプは塗膜割れ等が発生していないのでほとんどがはっ水度100%を保っているが、塗料Fは暴露24ヶ月で90%程度に低下した。

含浸タイプでは暴露12ヶ月では10から20%程度のはっ水度の低下が見られたが、暴露24ヶ月では40から80%のはっ水度の低下が見られ、急激なはっ水性の低下が認められた。特に塗料Gは急激に低下し、塗膜の寿命による塗膜割れの増加によるものと考えられる。

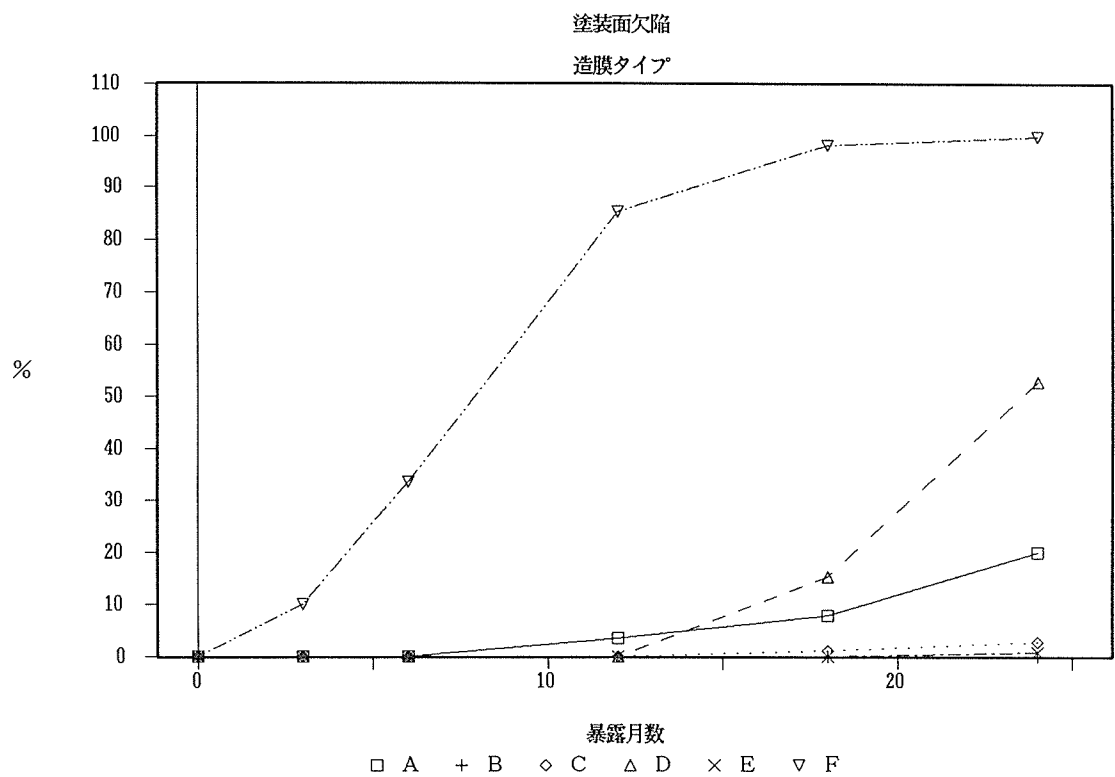


図 8 - 1 . 屋外暴露 2 4 カ月までの造膜型保護塗料の塗装面欠陥

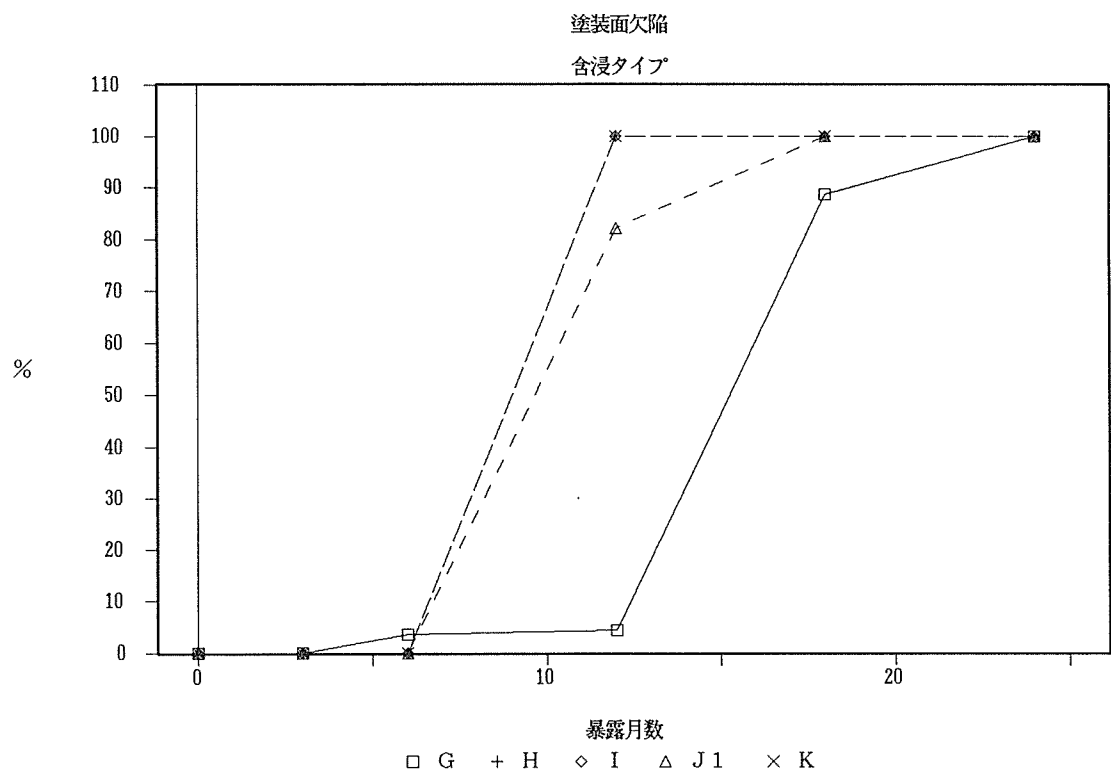


図 8 - 2 . 屋外暴露 2 4 カ月までの含浸型保護塗料の塗装面欠陥

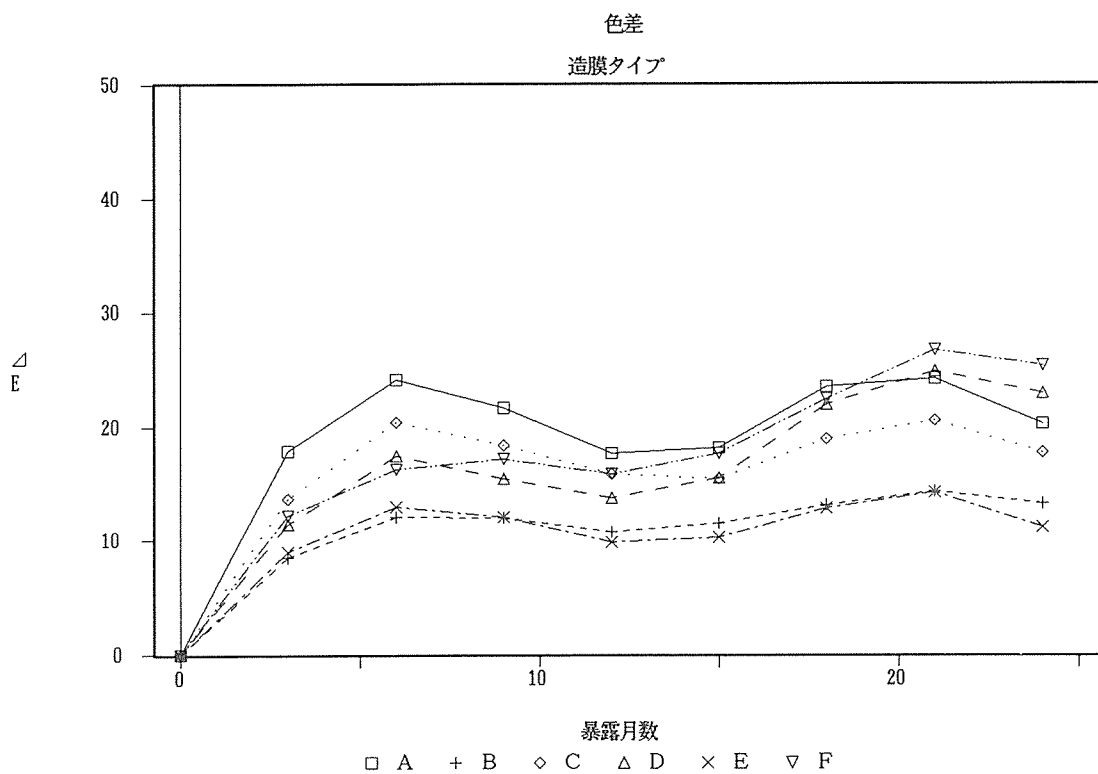


図 9 - 1 . 屋外暴露 24 カ月までの造膜型保護塗料の色差変化

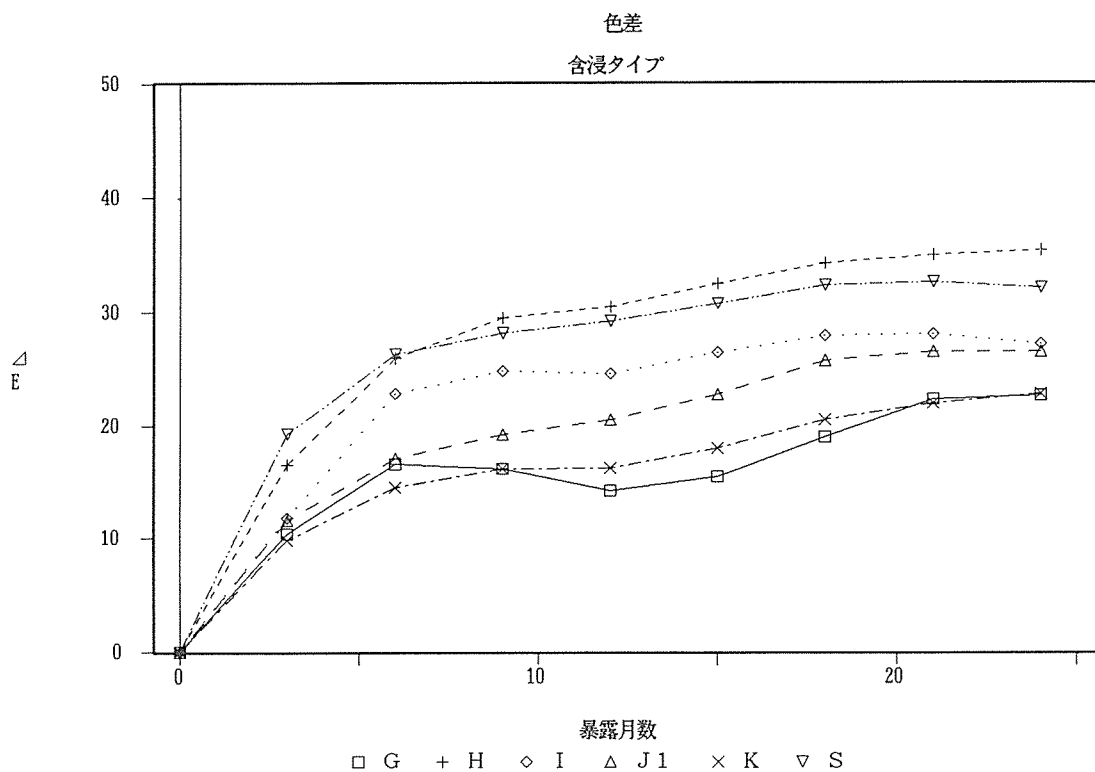


図 9 - 2 . 屋外暴露 24 カ月までの含浸型保護塗料の色差変化

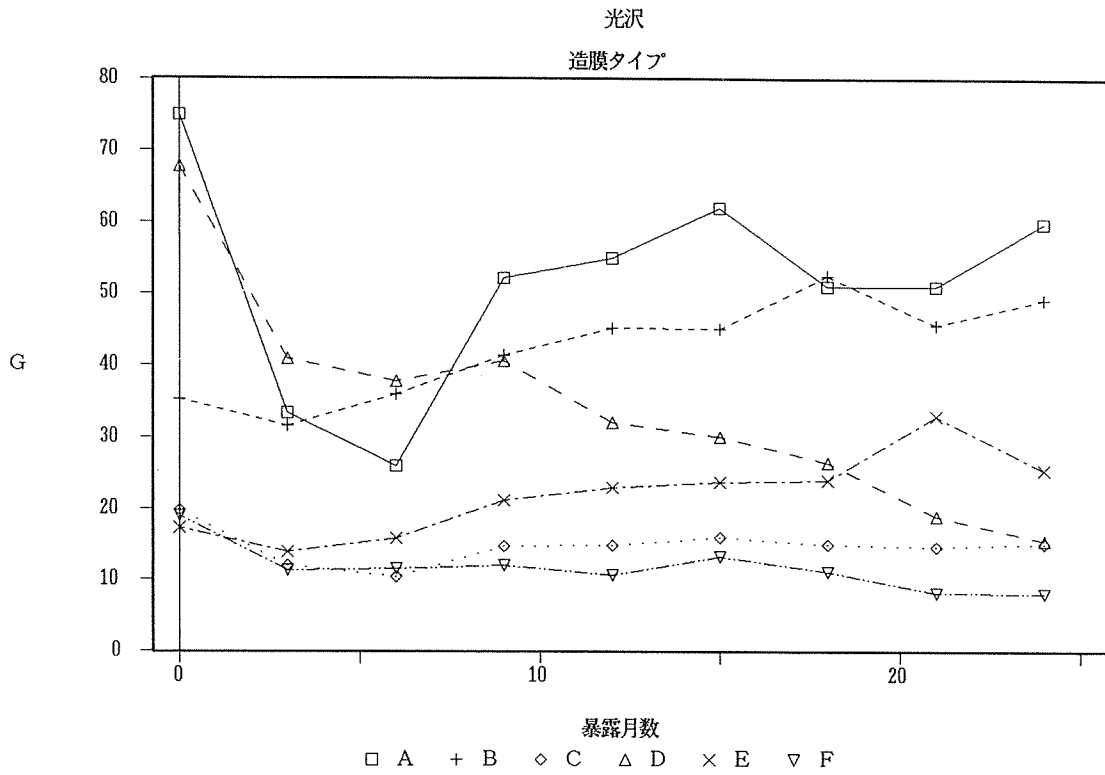


図10-1. 屋外暴露24ヵ月までの造膜型保護塗料の光沢変化

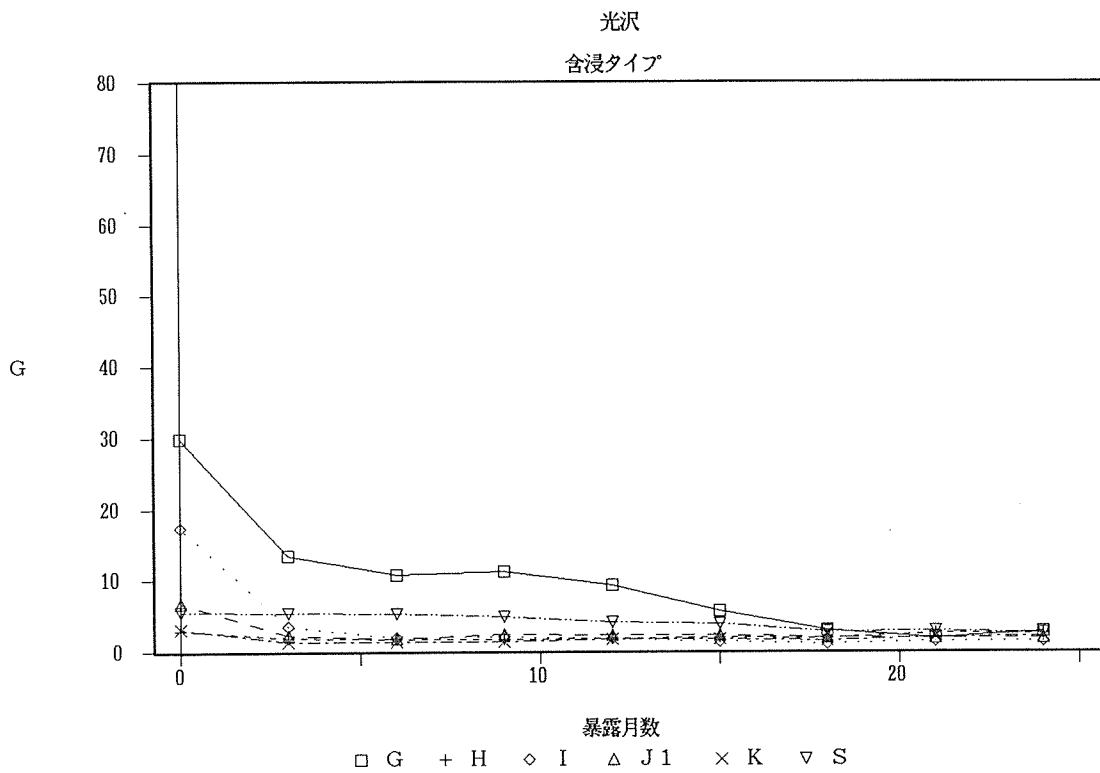


図10-2. 屋外暴露24ヵ月までの含浸型保護塗料の光沢変化

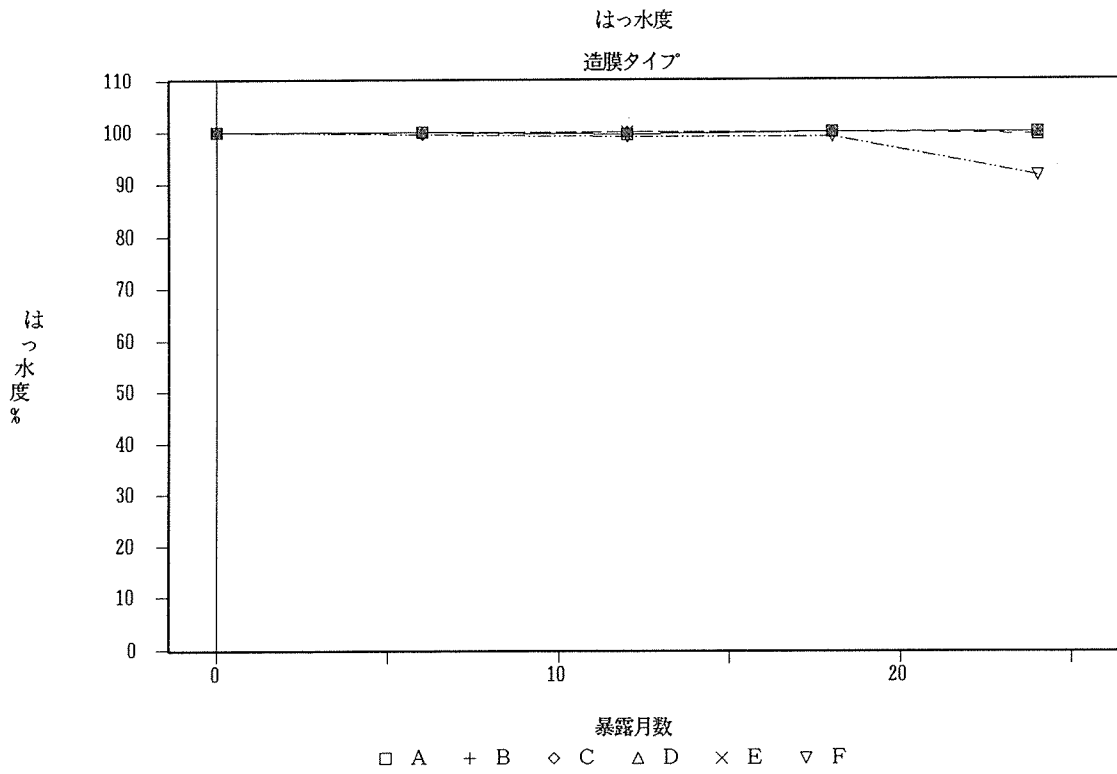


図 1 1 - 1 . 屋外暴露 2 4 カ月までの造膜型保護塗料のはっ水度変化

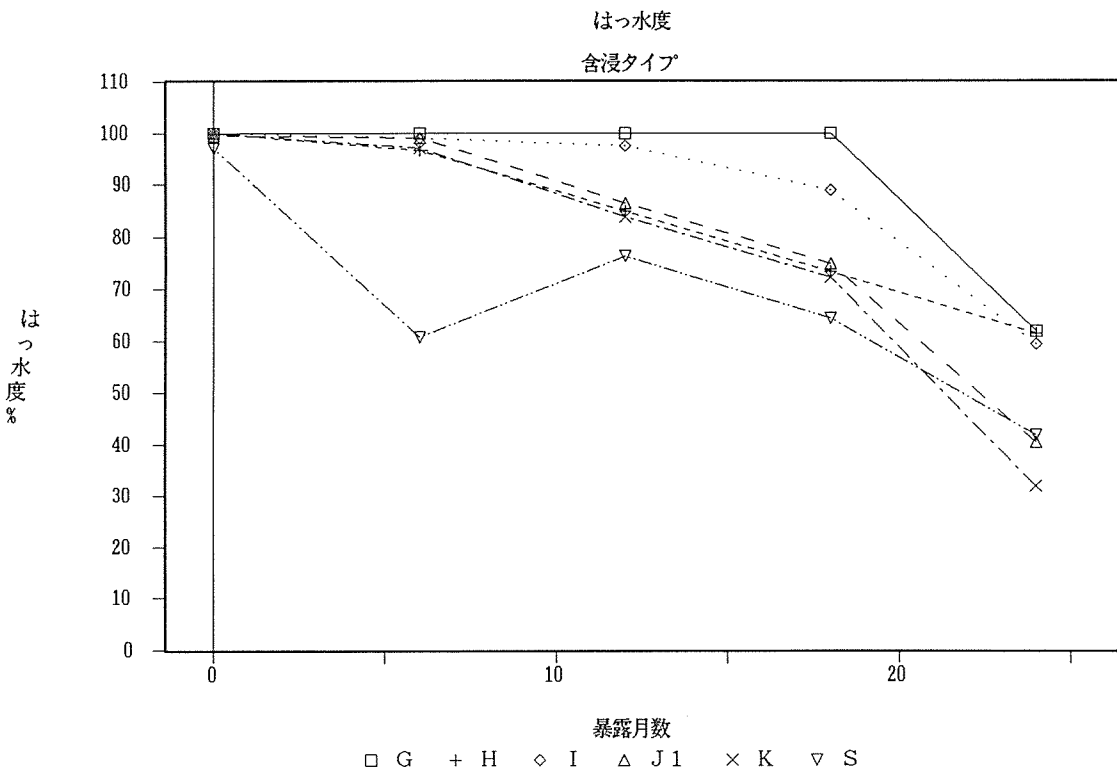


図 1 1 - 2 . 屋外暴露 2 4 カ月までの含浸型保護塗料のはっ水度変化

図12-1から図12-12に屋外暴露24ヶ月後の写真を示す。

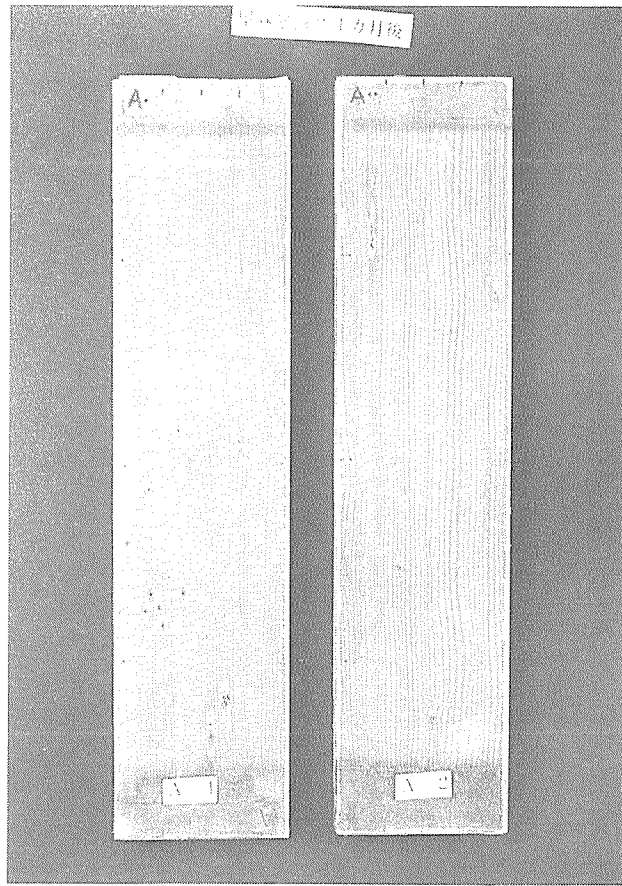


図12-1 屋外暴露24ヶ月後のシリコン系造膜タイプ(A)

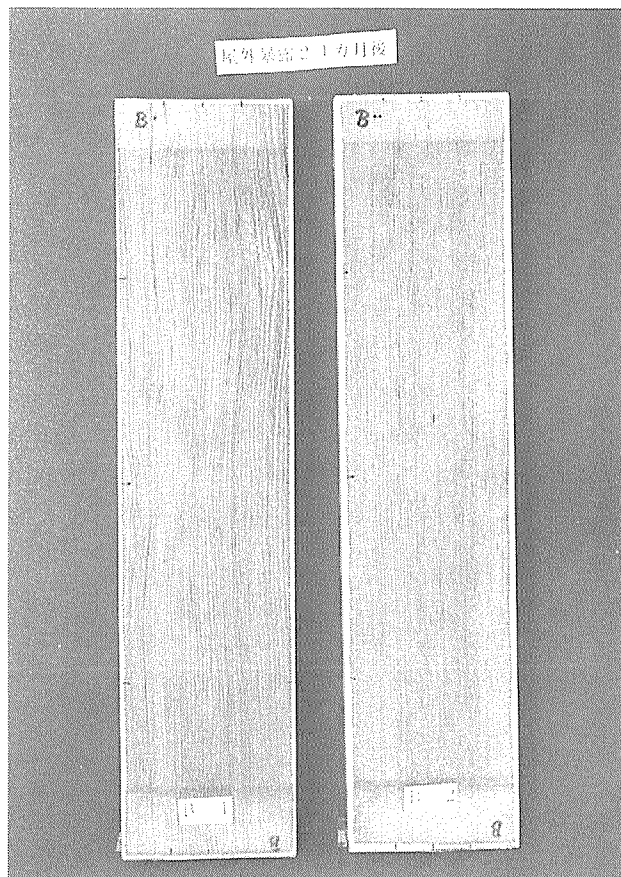


図12-2 屋外暴露24ヶ月後のウレタン系造膜タイプ(B)

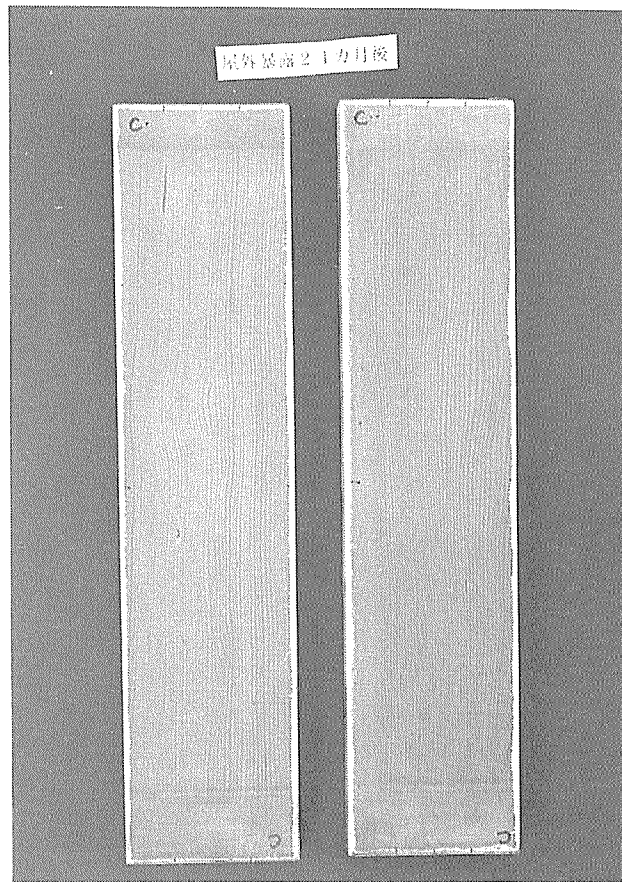


図 1 2 - 3 屋外暴露 2 4 ヶ月後のアルキド系造膜タイプ (C)

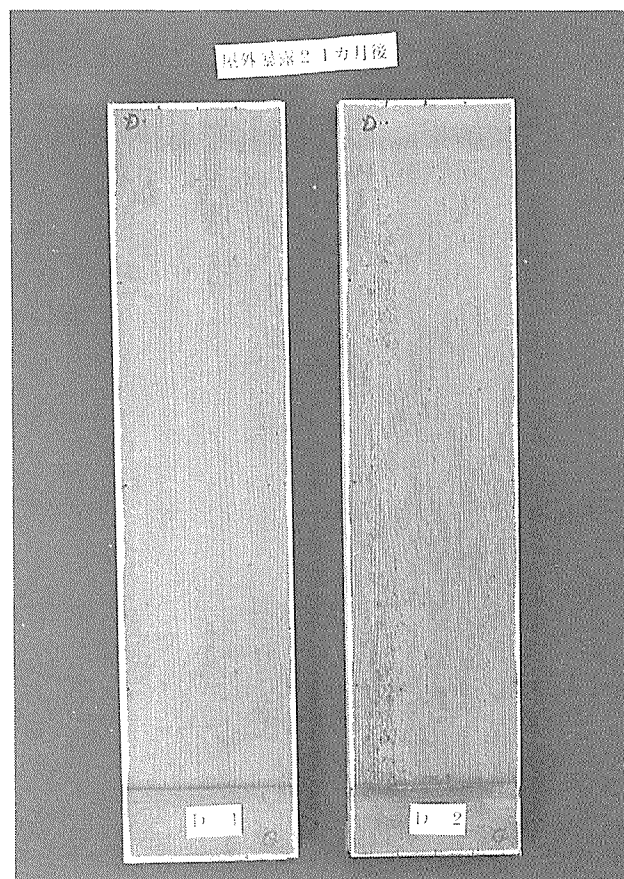


図 1 2 - 4 屋外暴露 2 4 ヶ月後のアルキド系造膜タイプ (D)

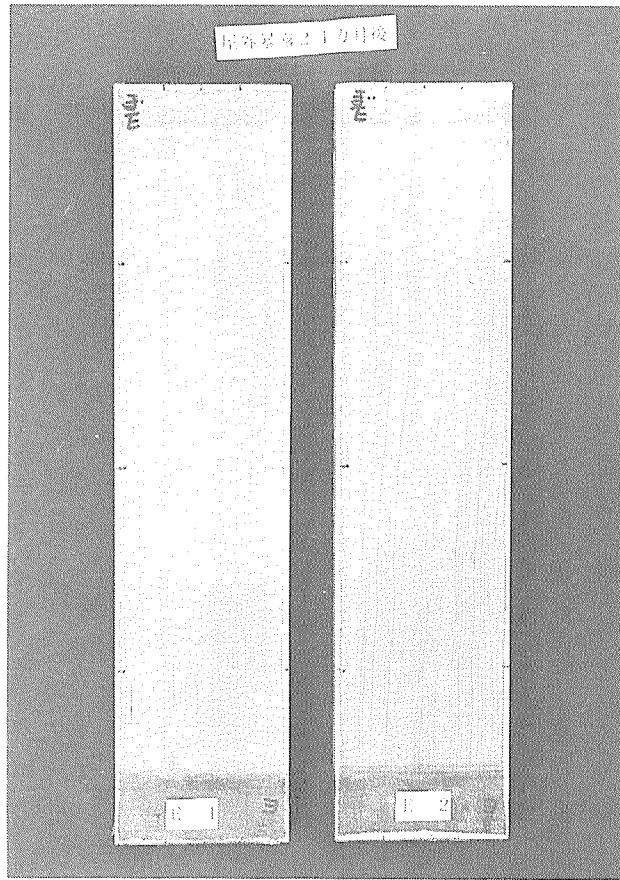


図 1 2 - 5 屋外暴露 2 4 ヶ月後のアクリル系造膜タイプ (E)

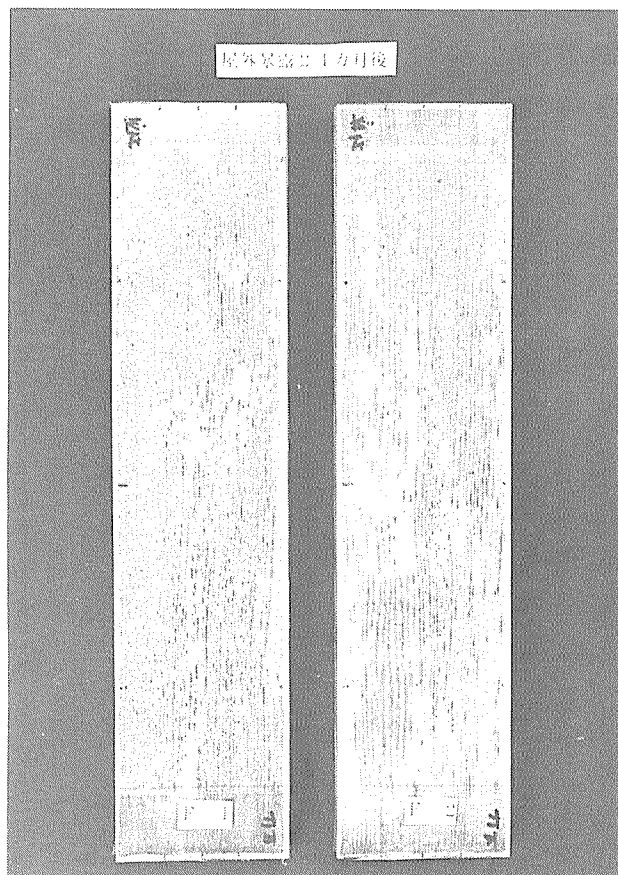


図 1 2 - 6 屋外暴露 2 4 ヶ月後のウレタン系造膜タイプ (F)

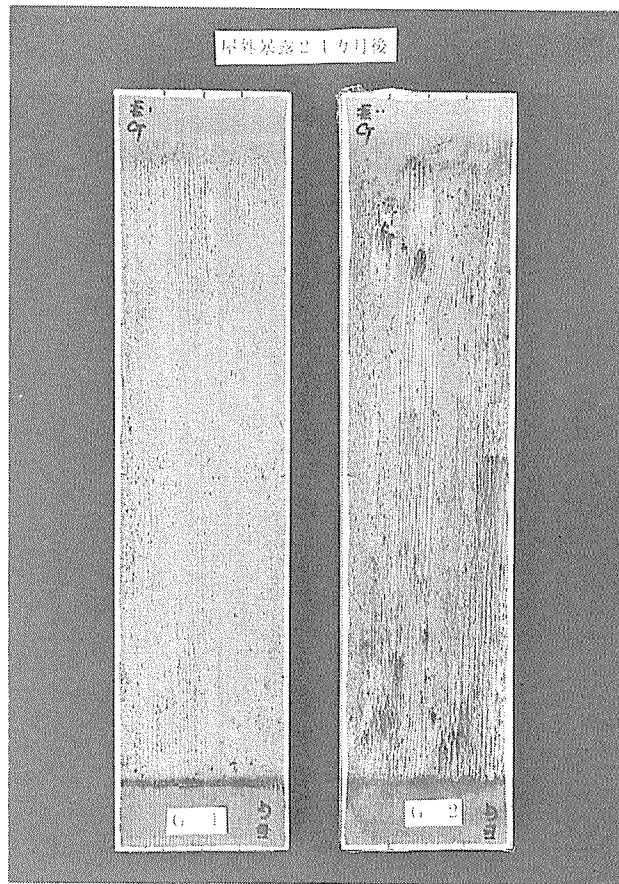


図 1 2 - 7 屋外暴露 2 4 ヶ月後のアルキド系含浸タイプ (G)

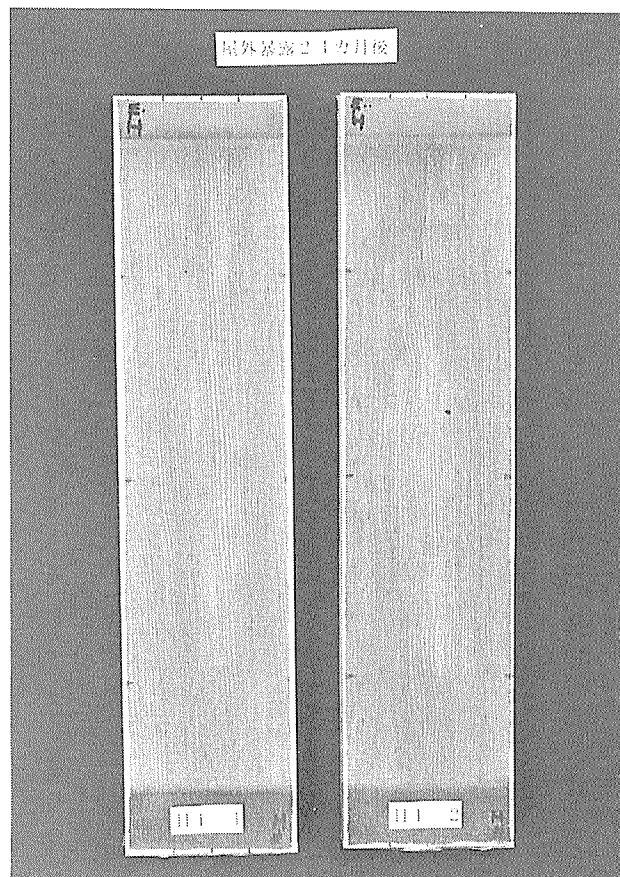


図 1 2 - 8 屋外暴露 2 4 ヶ月後のアミノ油系含浸タイプ (H)

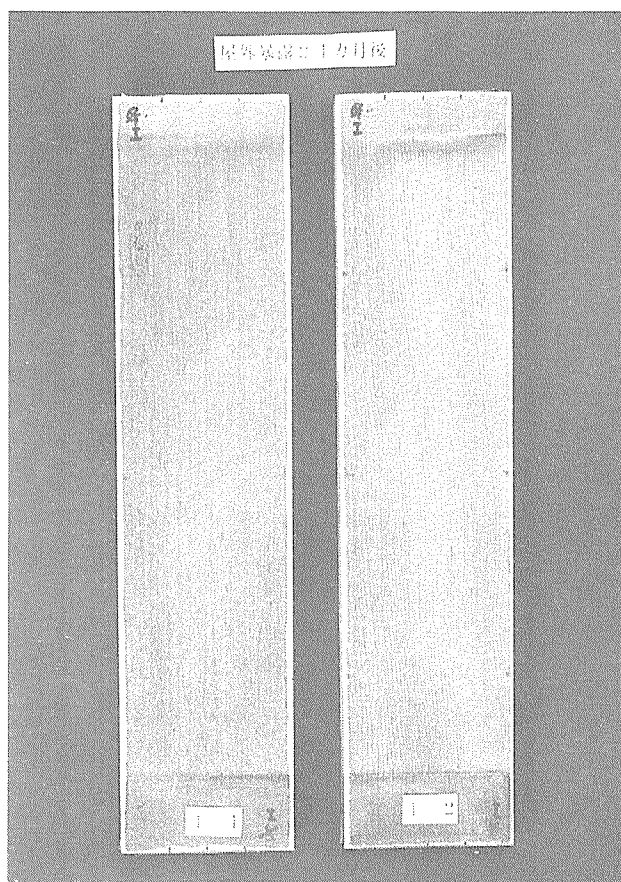


図 1 2 - 9 屋外暴露 2 4 ヶ月後のアミノ油系含浸タイプ (I)

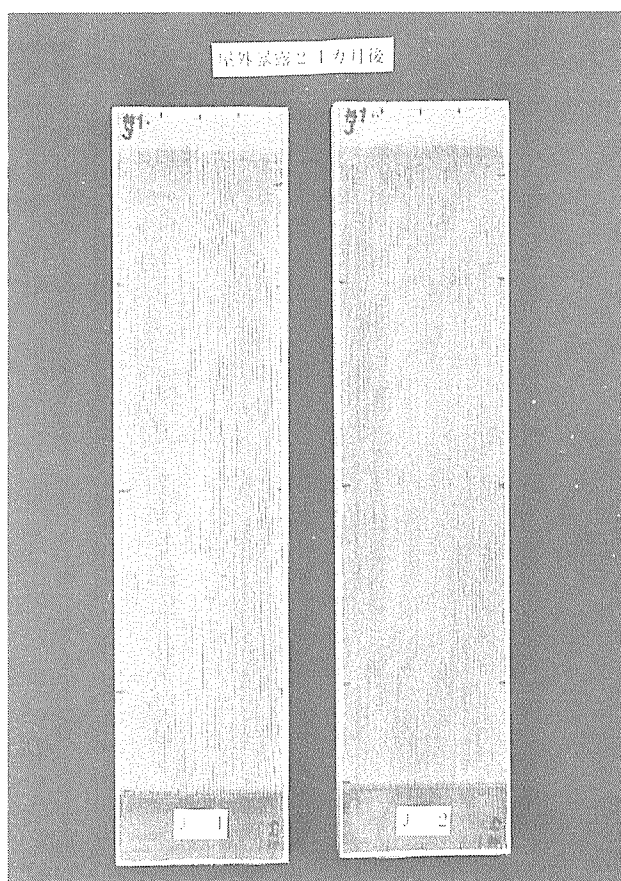


図 1 2 - 1 0 屋外暴露 2 4 ヶ月後のウレタンアルキド系含浸タイプ (J)

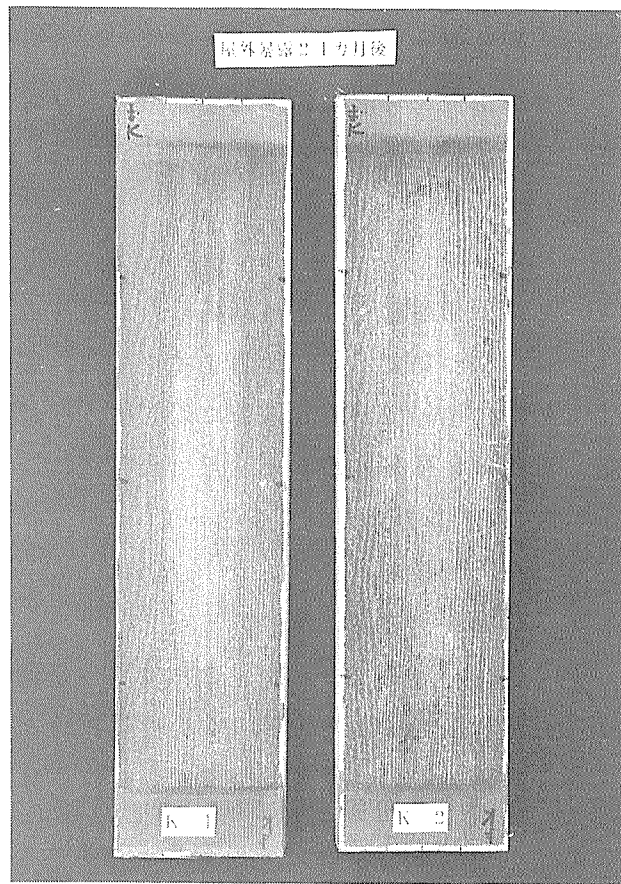


図 1 2 - 1 1 屋外暴露 2 4 ヶ月後のアルキド系含浸タイプ (K)

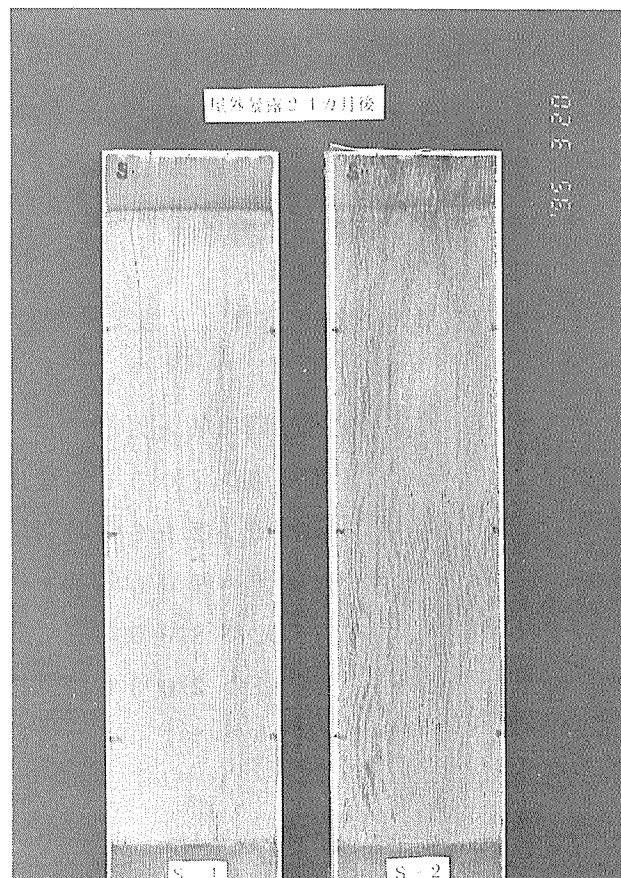


図 1 2 - 1 2 屋外暴露 2 4 ヶ月後の無塗装コントロール試片 (S)

3. 4. 3 屋外暴露試験と促進暴露試験との相関性

筑波における24ヶ月までの南面45度傾斜屋外暴露試験と2000時間までのサンシャインカーボン促進暴露試験との関係を考察する。

(1) 色差

図13-1から図13-4に屋外暴露及び促進暴露した試験片の色差を造膜タイプ(1, 2)及び含浸タイプ(3, 4)について示す。造膜タイプでは、屋外暴露では夏季に色差の増加が見られ季節により色差の増加量が異なるのに対して、促進暴露では試験と共に色差は徐々に増加している。塗料別に屋外暴露24ヶ月での色差の大きい順にみると

$$F > D = A > C > B = E$$

となり、一方促進試験2000時間後では

$$D >> C > A > B > E = F$$

の順となった。塗料Fが全く逆の結果となったが、これは屋外暴露試験において塗料Fはカビの発生による変色が大きく、生物劣化の影響のない促進試験と異なる結果となった。このことは、白木用の白色系塗料の場合、促進試験ではカビによる汚染を特に考慮する必要のあることを示唆している。

含浸タイプでの色差の大きい順では、24ヶ月後の屋外暴露試験では

$$H > \text{無塗装} > I = J > K = G$$

促進試験2000時間後では

$$H = K >> I > G = \text{無塗装} > J$$

となった。促進試験では塗料Kの変色が大きく、逆に無塗装の変色が屋外暴露試験の結果と比べて小さい値となった。これは、カビによる生物劣化の有無のためと思われる。

色差による評価では、淡色系の塗料ほど試験による差が大きくなり、これは屋外暴露における生物劣化の影響が大ききことを示している。

屋外暴露試験の色差における促進時間との対応は以下のようなものである。

屋外暴露12ヶ月後

塗料A > 2000時間以上

塗料B = 900時間

塗料C = 800時間

塗料D = 400時間

塗料E = 1000時間

塗料F >> 2000時間以上

屋外暴露24ヶ月後

塗料A > 2000時間以上

塗料B > 2000時間以上

塗料C = 900時間

塗料D = 800時間

塗料E > 2000時間以上

塗料F >> 2000時間以上

塗料G = 400時間

塗料G = 1000時間

塗料H = 1900時間

塗料H = 2000時間

塗料I > 2000時間以上

塗料I > 2000時間以上

塗料J > 2000時間以上

塗料J > 2000時間以上

塗料K = 800時間

塗料K = 1000時間

無塗装 >> 2000時間以上

無塗装 >> 2000時間以上

試験体中央部を測定する色差については、汚染感が強くなる局所的な塗膜割れなどの影響が出ないため、試験体表面の9箇所を測定することにより色差の最大値と最小値との差を求めこれを試験体表面全体の汚染ムラとして表した。図14-1から図14-4は、これを屋外暴露及び促進暴露試験について造膜タイプと含浸タイプについて示したものである。

造膜タイプでは、促進試験によって塗膜割れが顕著となった塗料Aで促進試験1200時間後から表面ムラが大きくなり、この時点で塗膜割れが発生したと考えられる。一方屋外暴露試験では塗料Aについてはほとんど表面ムラとして値は小さくなく、むしろ塗料Fについて暴露9ヶ月後から表面ムラが開始した。これは、局所的な塗膜割れとこの部位へのカビの発生による表面ムラと思われる。

含浸タイプでは、促進試験において塗料Kの表面ムラが大きい結果となっているが、屋外暴露試験では塗料間の差はほとんどなく、表面ムラの値も促進試験に比べて小さい。これは、屋外暴露試験では試験片表面が均一に劣化するといえる。しかし、屋外暴露試験では試験片が均一の気象環境に置かれた場合のことであり、実際には建築物中に使用された場合は庇の影響など施工場所により微視的気象環境が異なるので、木製サッシ表面も不均一に劣化すると考えられる。

図15-1から図15-4に明度(L*)について示す。造膜タイプでは、促進試験においては明度はほぼ一定であるのに対して、屋外暴露では明度は試験と共に急激な低下を示す。含浸タイプでは、促進試験においては明度が逆に増加するが屋外暴露では造膜タイプ以上に急激な低下を生じる。これは、促進試験では紫外線によるリグニンの分解と水のスプレーによる試験体表面の分解物の除去により、紫外線に比較的安定な白色のセルロースが試験体表面に堆積するため明度、白色度が増加するのに対して、屋外暴露では紫外線劣化と共にカビなどの微生物により表面が汚染されるため、明度は急激に低下する。そのため、屋外暴露試験と促進暴露試験では色差に関しては特に明度の違いが大きいといえる。

(2) 光沢

図16-1から図16-4に光沢値について示す。造膜タイプでは、屋外暴露試験において暴露初期に急激な光沢の低下が生じその後物理的研磨により再び光沢が増加するのに対して、促進試験では塗膜割れが生じない限り光沢の低下はほとんどない。塗料Dは促進

試験により急激な光沢の低下が生じたが、これは塗膜の耐候性が低いためと考えられる。

含浸タイプでは、初期の光沢値が低いため両試験に大きな差は見られない。塗料Gは半造膜タイプで塗膜が薄いため塗膜の劣化による光沢値の低下が大きい。

(3) はっ水度

図17-1から図17-4にはっ水度を示す。造膜タイプでは、促進試験による大きな塗膜劣化が生じないためほとんどはっ水度の低下はない。一方、屋外暴露試験では塗料Fが暴露24ヶ月で9%程のはっ水度の低下を示した。その他の塗料では促進試験と同様にはっ水度の顕著な低下が認められないため両試験の比較は難しい。

含浸タイプでは、両試験においてはっ水度の大きな低下が見られた。はっ水度の低下を大きい順にみると、屋外暴露試験では

$$K > \text{無塗装} = J >> H = I = G$$

であり、促進暴露試験では

$$K > I > \text{無塗装} > J > H > G$$

となった。低下開始時期を見ると、屋外暴露試験では塗料H、J、Kが暴露12ヶ月後、塗料Iが18ヶ月後、塗料Gが24ヶ月であった。促進試験では塗料Hが900時間後、塗料Kが1100時間後、塗料G、I、Jが1500時間後であった。はっ水度の順位に若干の違いはあるが、低下開始時期の傾向は類似しておりはっ水度の低下の傾向は両試験ともほぼ同様といえる。含浸タイプの各塗料のはっ水度について、屋外暴露試験と促進試験との相関をみると以下のようなものである。

屋外暴露12ヶ月

塗料G = 低下無し
塗料H = 800時間
塗料I = 1000時間
塗料J = 1600時間
塗料K = 1200時間
無塗装 = 500時間

屋外暴露24ヶ月

塗料G = およそ2000時間
塗料H = 1500時間
塗料I = 1500時間
塗料J > 2000時間以上
塗料K = 1600時間
無塗装 = 1600時間

(4) まとめ

屋外暴露試験と促進暴露試験では、塗装木材の劣化状態は異なるといえる。特に白色系あるいは透明系にその傾向が強い。これは、屋外暴露では特にカビと考えられる生物劣化により塗装面が汚染されるのに対して、促進試験では塗膜割れあるいは顔料の離脱による色アセにより劣化が進むためである。このため、屋外暴露期間と促進暴露期間との数値による相関を求めることは難しく、各塗料ごとに色差やはっ水度等の劣化基準を定め、この劣化基準ごとに相関関係を求めていくことが必要と思われる。これについては7章の塗り

替え判定時期に関するアンケート調査の結果を基に平成7年度に検討する。

促進試験は、造膜タイプでは塗膜割れを比較的早く引き起こすので、塗膜性能の低い半造膜タイプや透明系造膜タイプの評価には適していると考えられる。また、濃色系顔料を含む含浸タイプの塗料に付いても、顔料の離脱による色アセが塗り替えの判定基準となれば、促進試験は有効な評価方法といえる。

半透明系保護塗料の暴露試験は、暴露24ヶ月において一旦終了しメンテナンスを考慮した再塗装試験に使用する予定である。

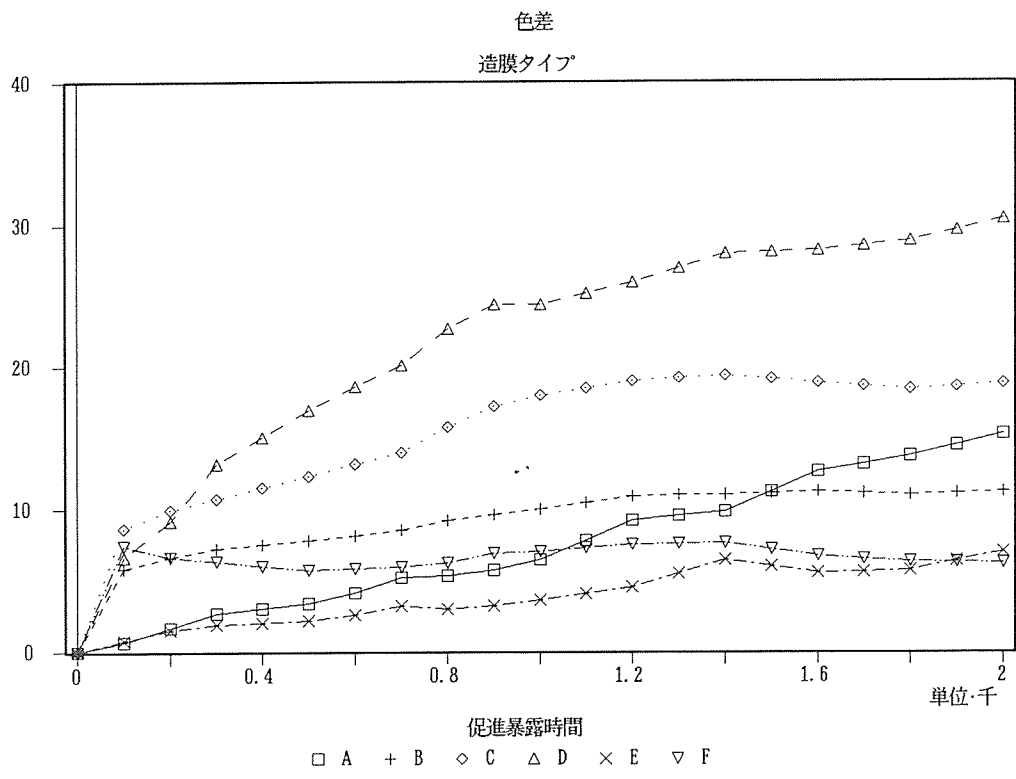


図 1 3 - 1 . 造膜型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験による色差変化

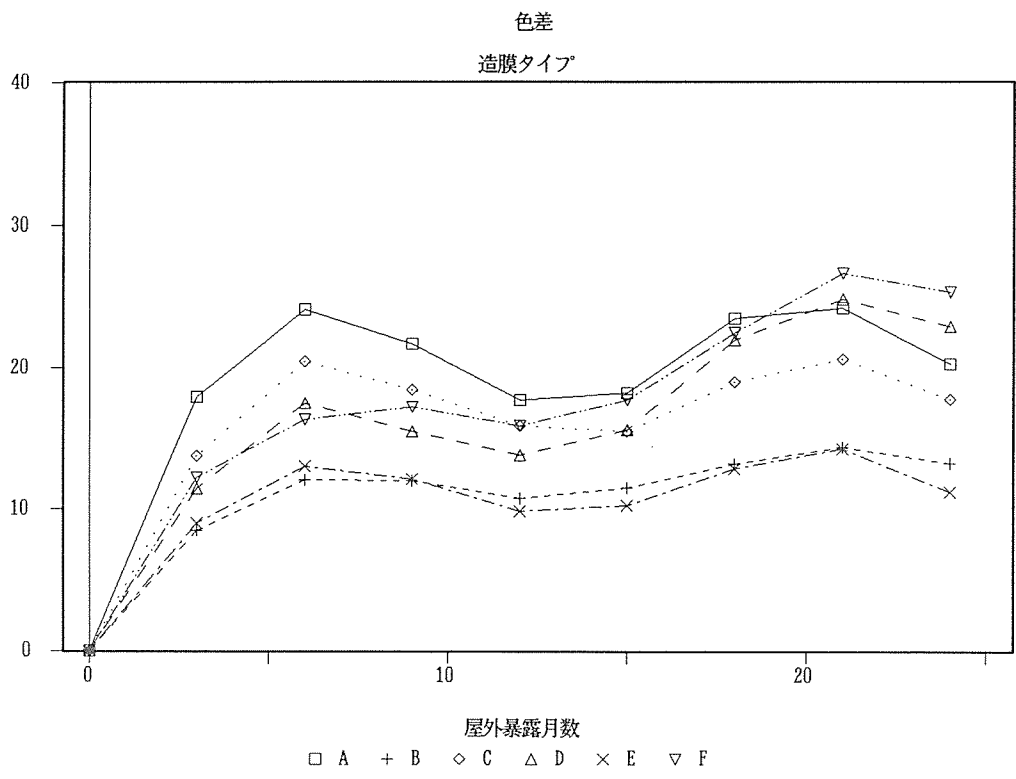


図 1 3 - 2 . 造膜型塗料で塗装した木材の促進暴露試験による色差変化

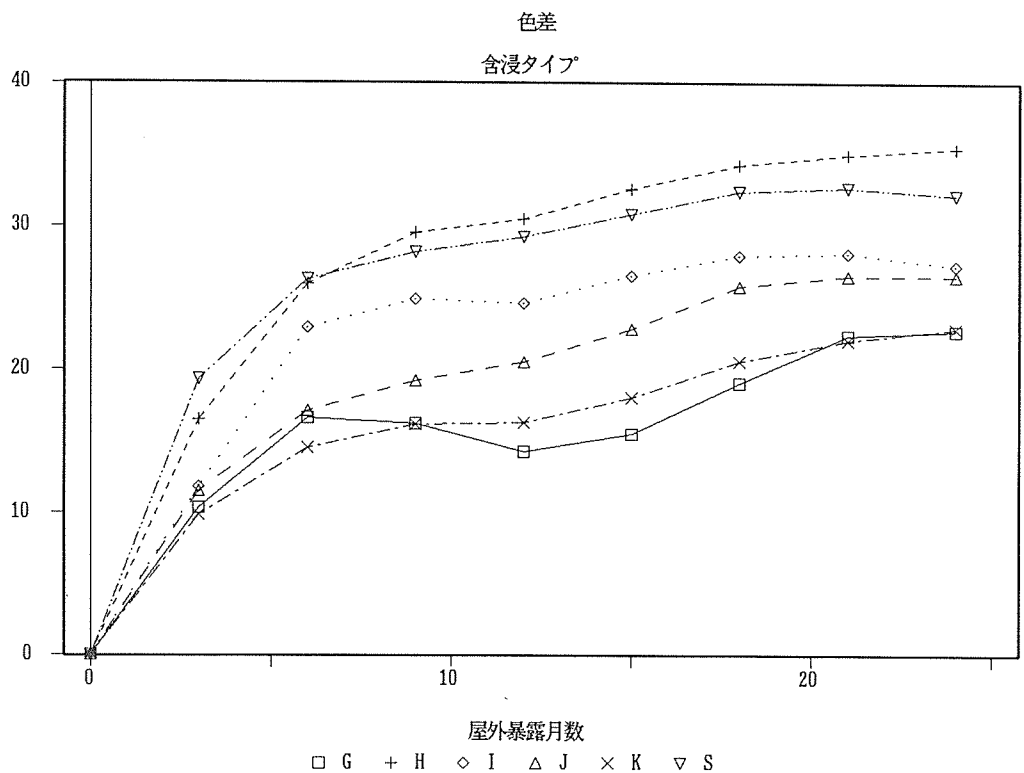


図 1 3 - 3 . 含浸型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験による色差変化

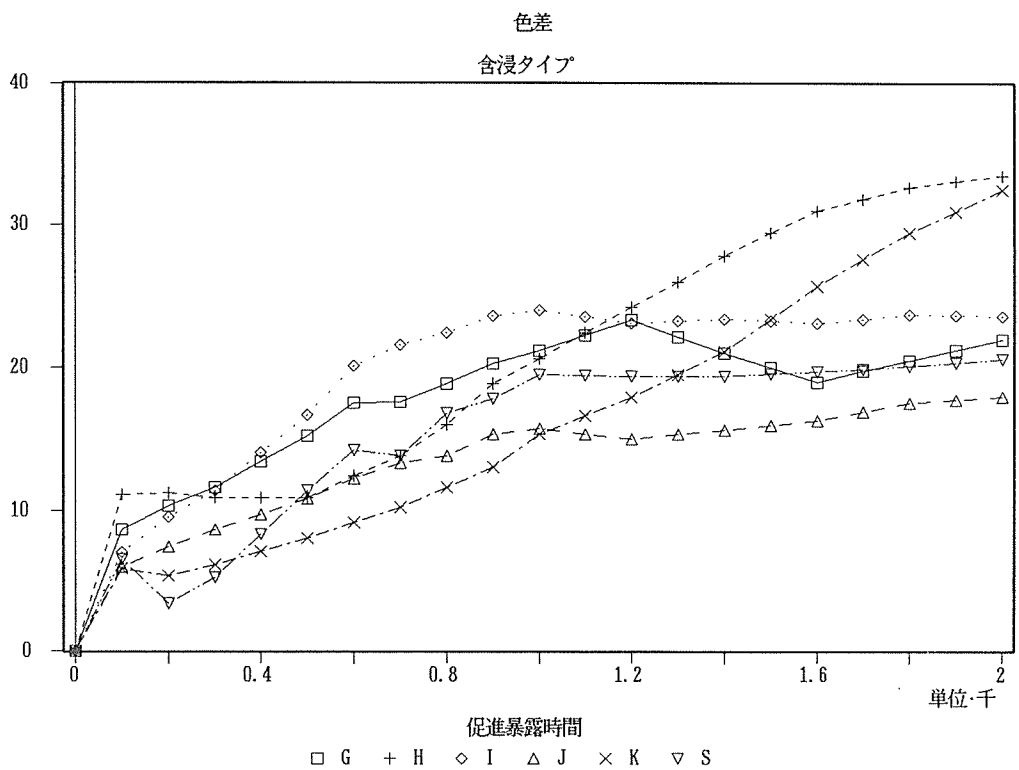


図 1 3 - 4 . 含浸型塗料で塗装した木材の促進暴露試験による色差変化

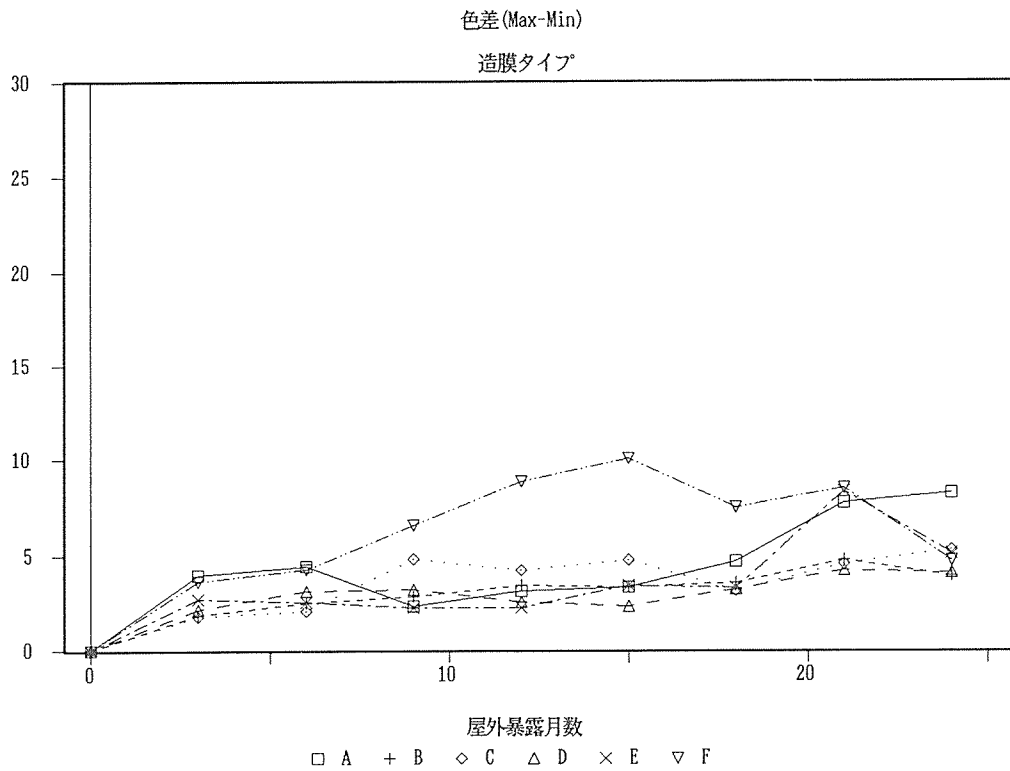


図 1 4 - 1 . 造膜型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験による色差較差

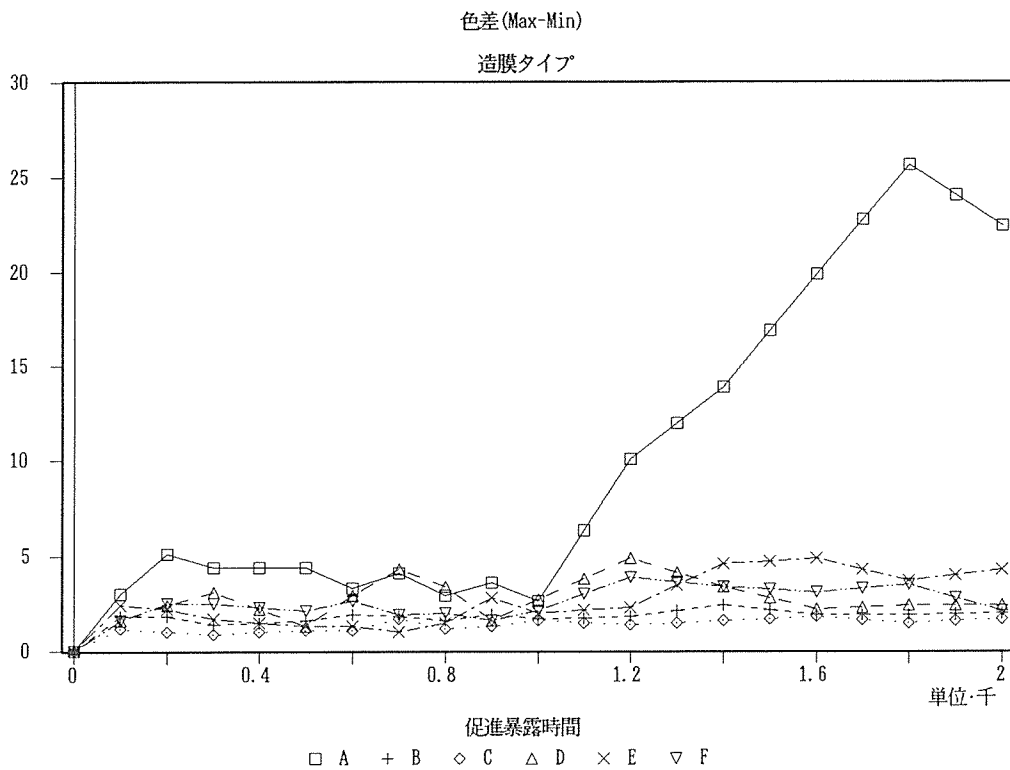


図 1 4 - 2 . 造膜型塗料で塗装した木材の促進暴露試験による色差較差

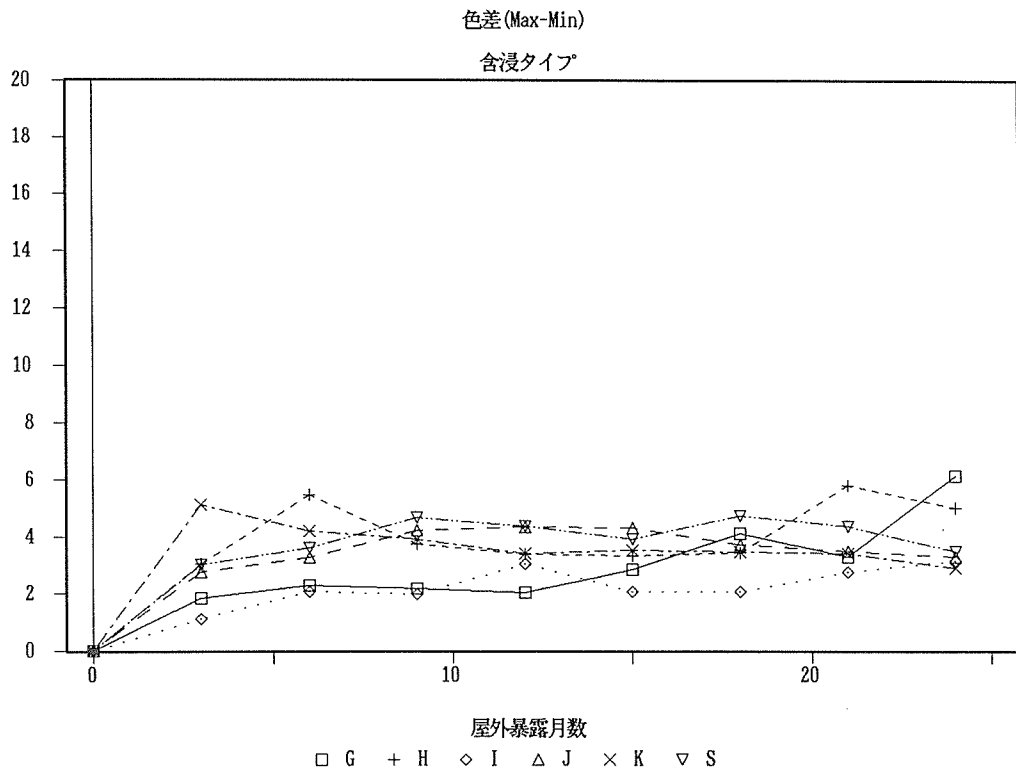


図 1 4 - 3 . 含浸型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験による色差較差

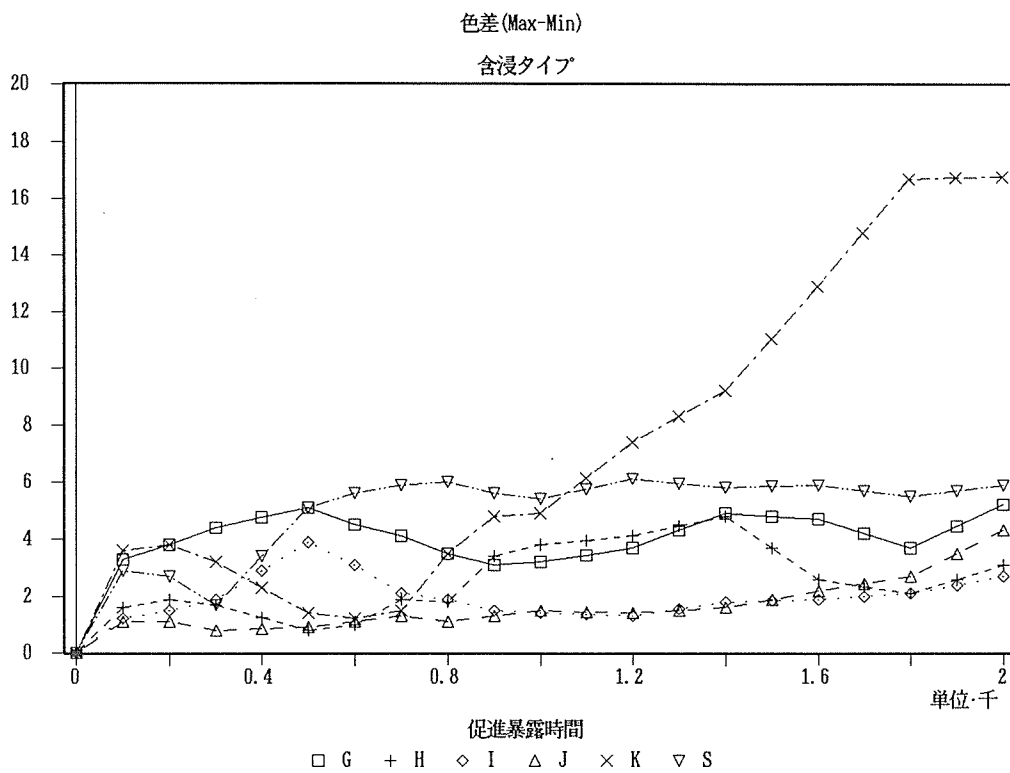


図 1 4 - 4 . 含浸型塗料で塗装した木材の促進暴露試験による色差較差

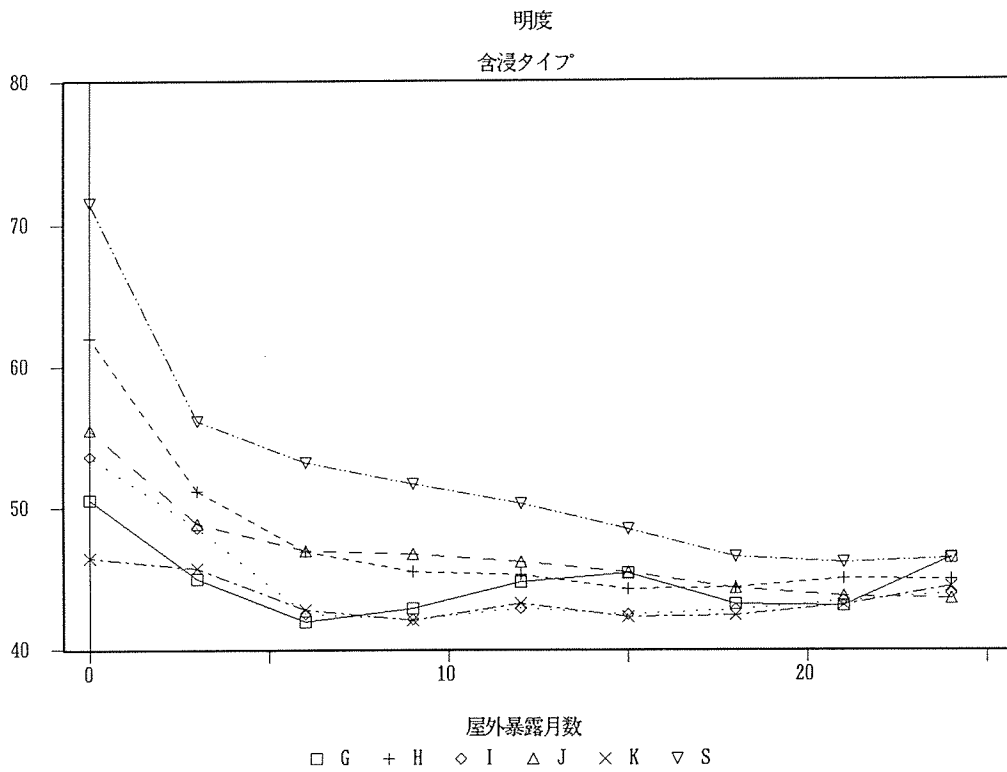


図 15 - 1 . 造膜型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験による明度変化

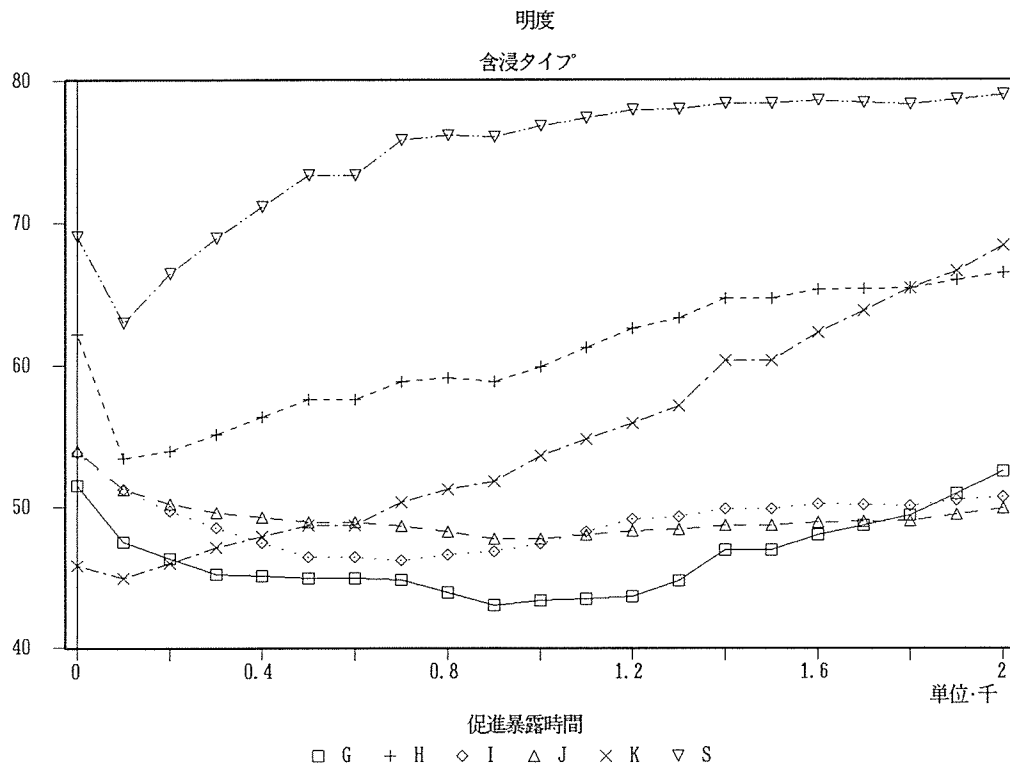


図 15 - 2 . 造膜型塗料で塗装した木材の促進暴露試験による明度変化

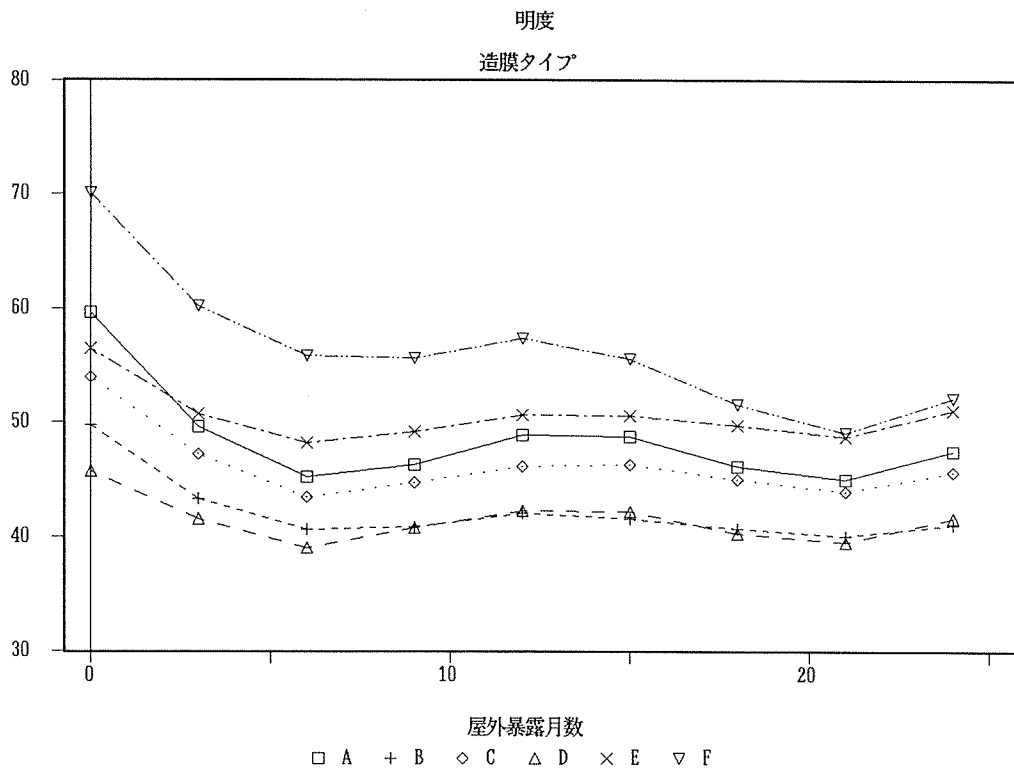


図 15 - 3 . 含浸型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験による明度変化

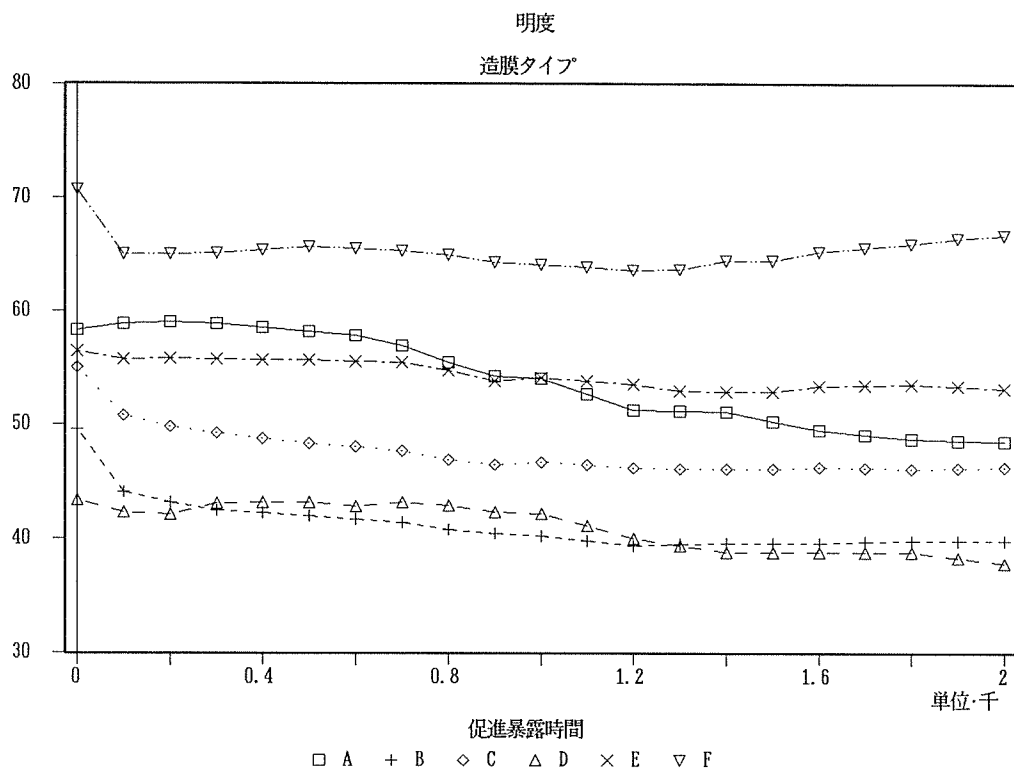


図 15 - 4 . 含浸型塗料で塗装した木材の促進暴露試験による明度変化

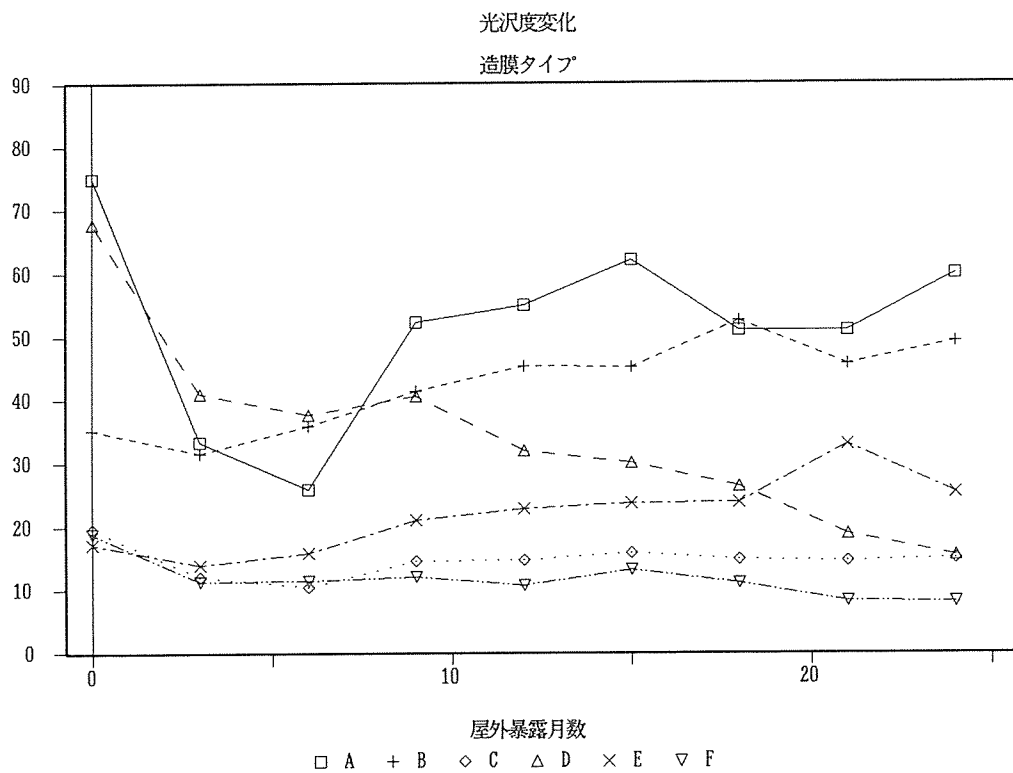


図 16 - 1 . 造膜型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験による光沢変化

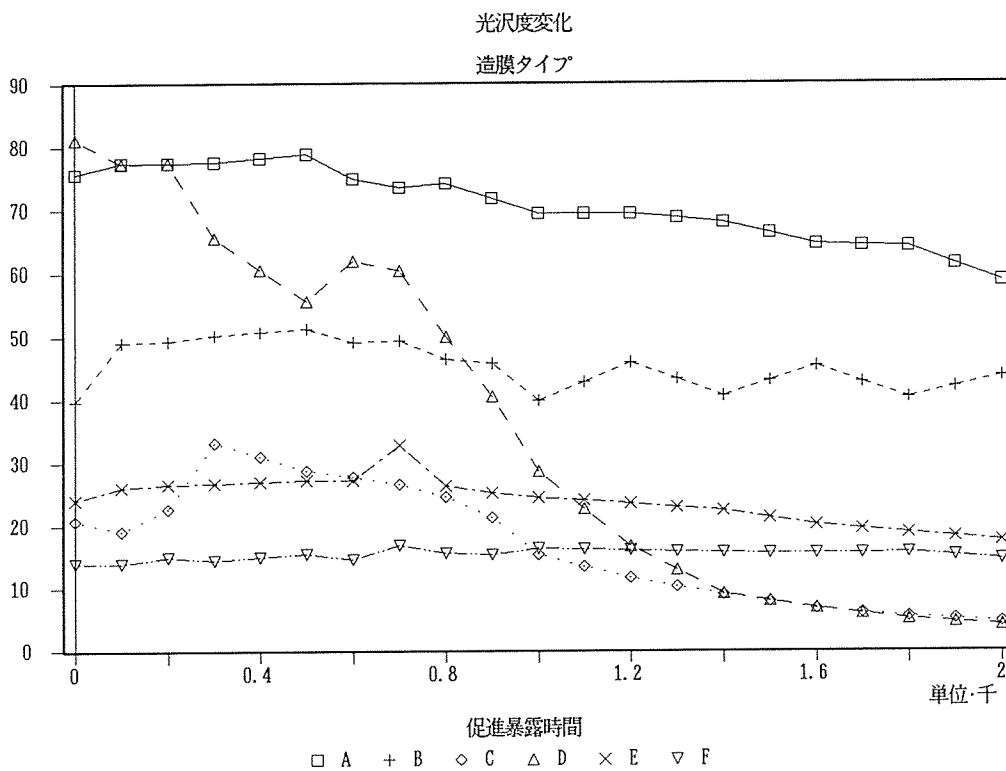


図 16 - 2 . 造膜型塗料で塗装した木材の促進暴露試験による光沢変化

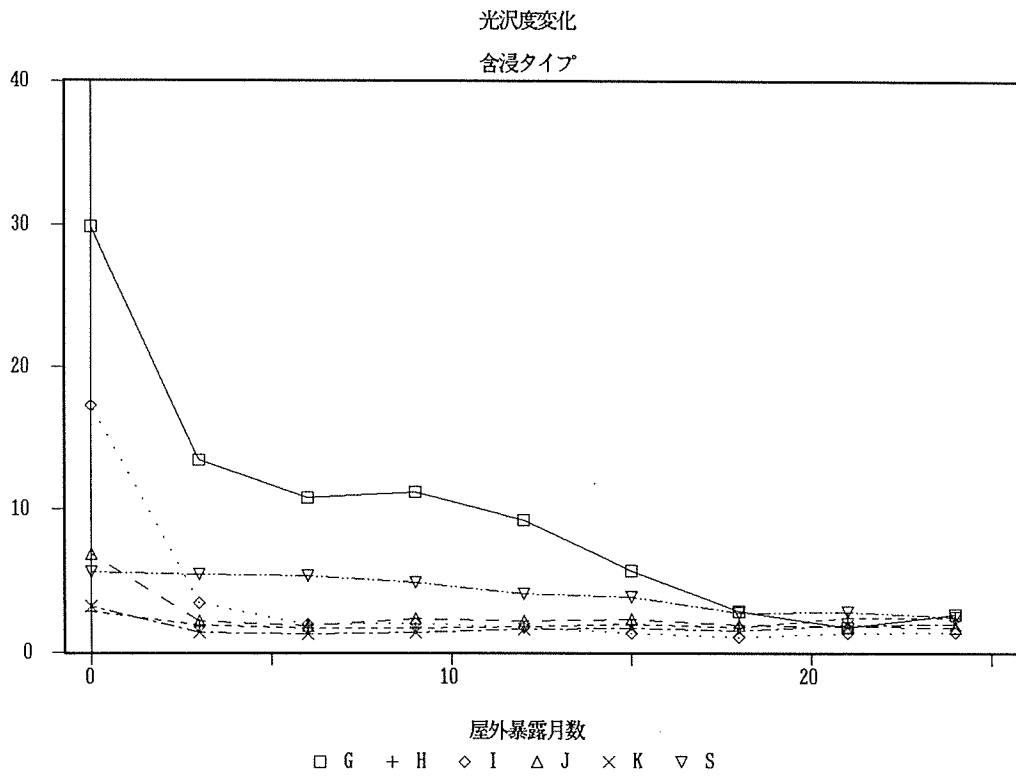


図 1 6 - 3 . 含浸型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験による光沢変化

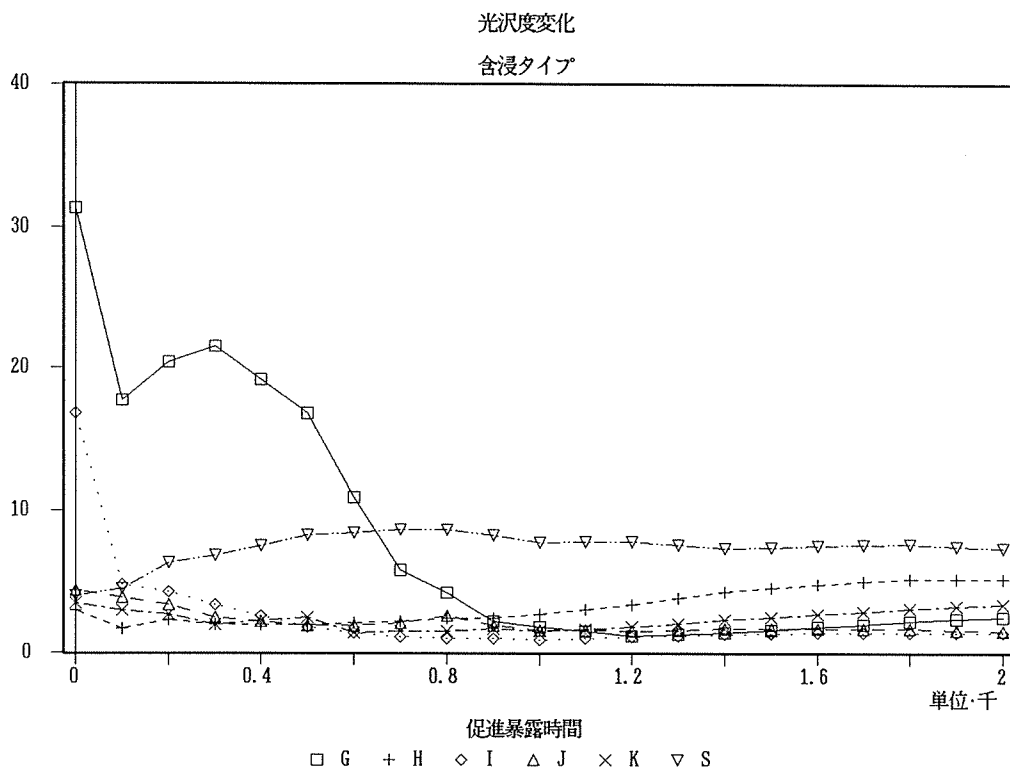


図 1 6 - 4 . 含浸型塗料で塗装した木材の促進暴露試験による光沢変化

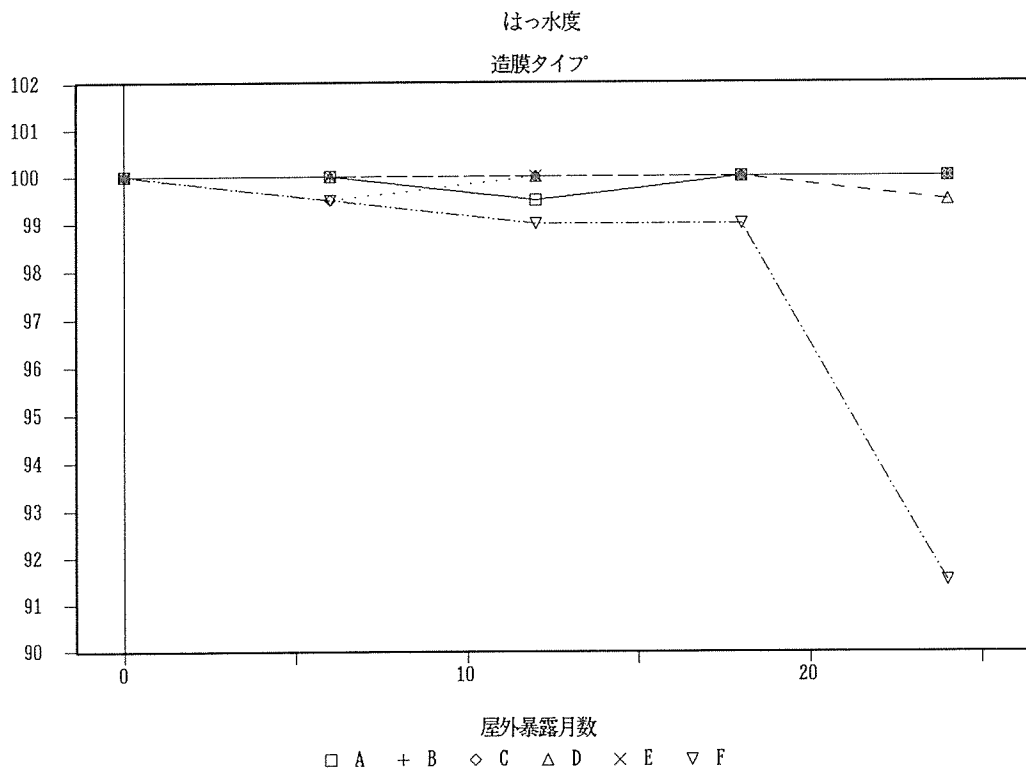


図 1 7 - 1 . 造膜型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験によるはっ水度変化

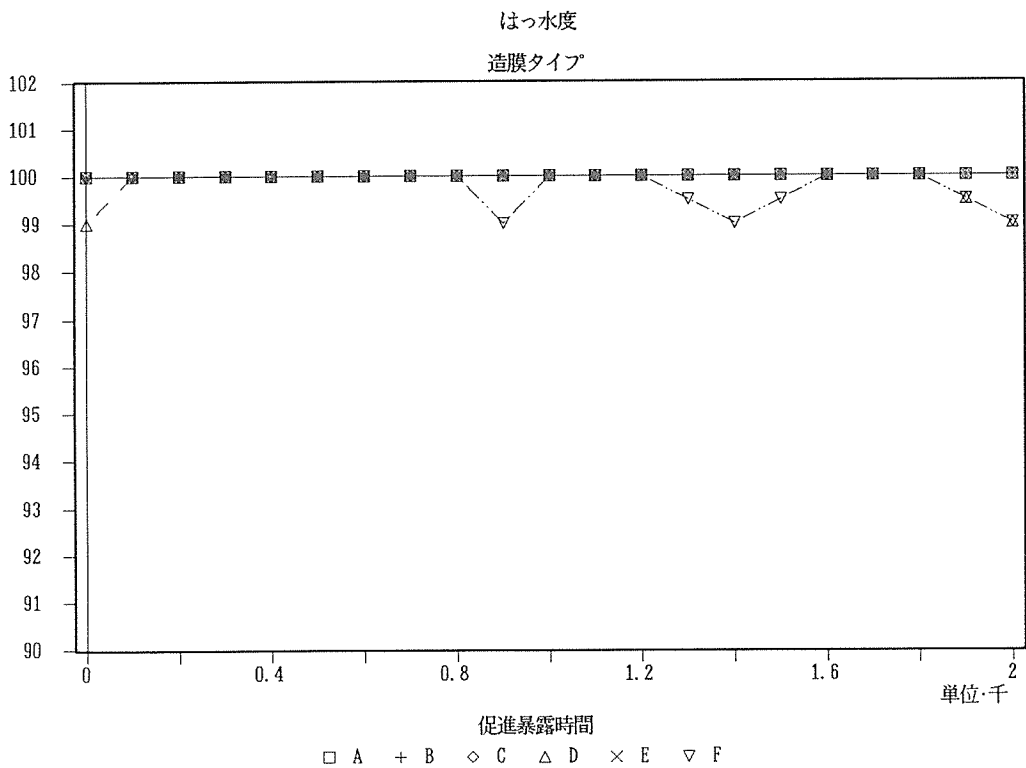


図 1 7 - 2 . 造膜型塗料で塗装した木材の促進暴露試験によるはっ水度変化

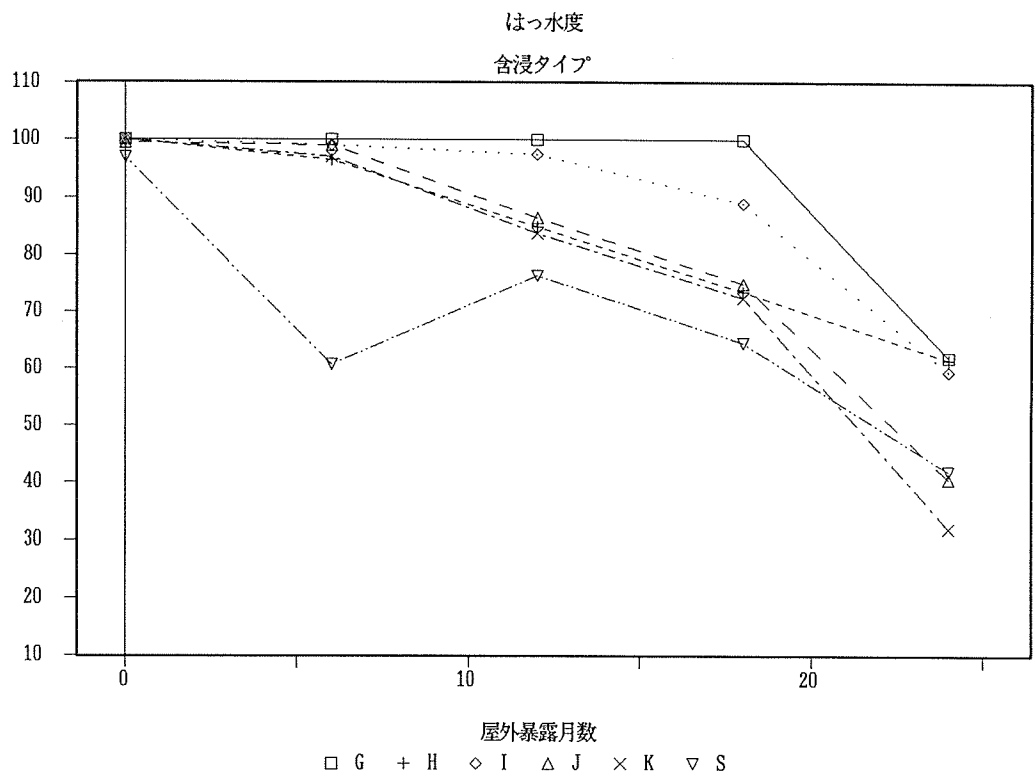


図 1 7 - 3 . 含浸型塗料で塗装した木材の屋外暴露試験によるはっ水度変化

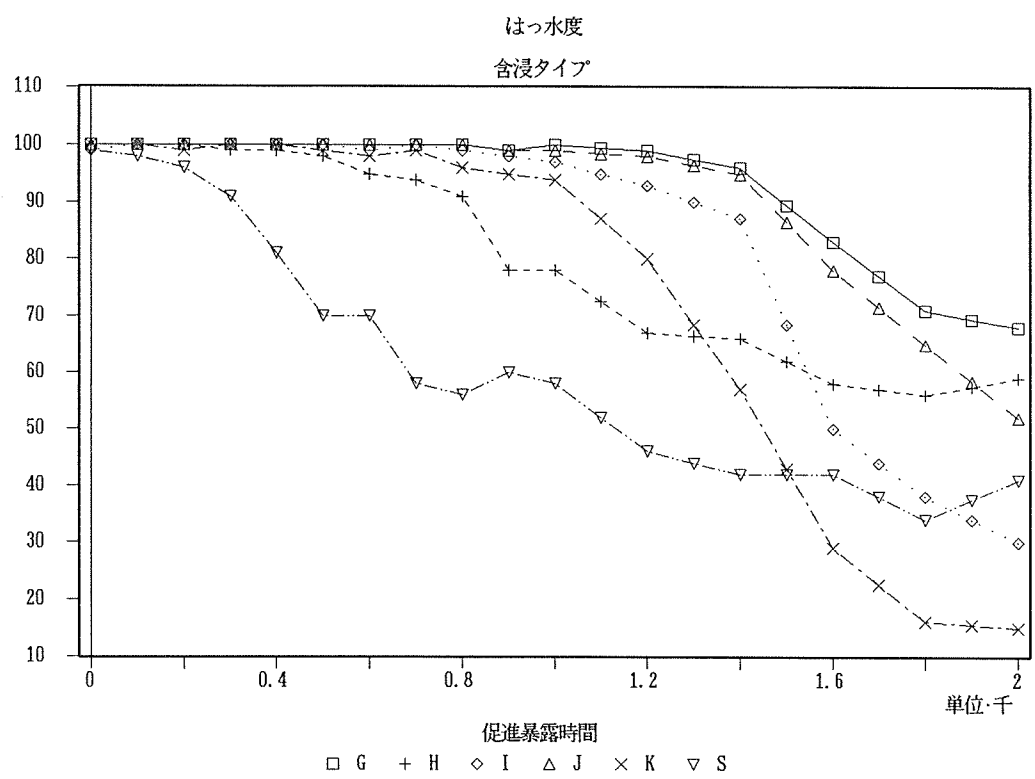


図 1 7 - 4 . 含浸型塗料で塗装した木材の促進暴露試験によるはっ水度変化

第4章 実大木製サッシ暴露試験

4. 1 試験方法

4. 1. 1 試験材料

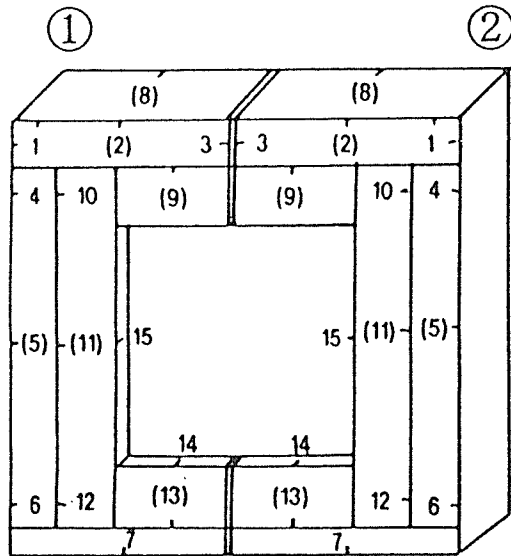
実大の木製サッシは、(有)共和木工で製造販売されているベイマツ製のサッシ3台を用いた。サッシは、外枠と窓枠部の二つからなりガラスははめ込まれていない。

塗料は、含浸タイプ2種類と造膜あるいは半造膜タイプ3種類を用い、色調はパイン系とした。塗装は、サッシを左右の片方ずつ異なる塗料で塗装した。塗装は刷毛塗りにより行い、それぞれの塗料に付属する専用の下塗り剤を塗った後パイン系に着色したトップコート塗料を2回塗りした。更に、実大サッシの他にベイマツ柾目試片(70(R)×300(L)×10(T)mm)についてサッシに用いた同じ塗料を各塗料につき3枚ずつ塗装し、45度南面及び水平暴露試験に供した。供試塗料は以下の通りである。

- | | | |
|-------------|------|-------------|
| ①：アクリル系 | 半造膜型 | 下塗り2回+上塗り2回 |
| ②：アルキド系 | 含浸型 | 下塗り2回+上塗り2回 |
| ③：ウレタンアルキド系 | 含浸型 | 下塗り2回+上塗り2回 |
| ④：アルキド系 | 半造膜型 | 下塗り2回+上塗り2回 |
| ⑤：アマニ油系 | 半造膜型 | 下塗り2回+上塗り2回 |
| ⑥：無塗装コントロール | | |

4. 1. 2 暴露試験

塗装した実大サッシは、つくば市にある森林総合研究所の第2樹木園内屋外暴露施設に垂直に暴露し、試験は1994年1月20日より開始した。測定項目は、1ヶ月ごとに写真撮影と色差及び光沢の測定を行った。更に木製サッシ各部の寸法変化を2週間ごとに経時的に測定した。また、45度及び水平に暴露した試験体について寸法及び重量を2週間ごとに測定した。図1に木製サッシの測定部位番号を示す。



() は光沢も測定

図1. 実大木製サッシの色差, 光沢, 寸法測定部位

4. 2 暴露12ヶ月までの試験結果

4. 2. 1 色差

図2-1から図2-6に塗料別にサッシの部位ごとの色差を示す。これをみると、暴露後12ヶ月では塗料⑤が最も色差が大きく無処理と同程度の30近い値を示した。次いで塗料③、④であり15程度、塗料①、②が色差変化が最も小さく10程度の値である。

部位別では、各塗料ともに横下棧の上部が最も変色が大きく、これは目視による塗装面劣化とも一致している。縦棧は横棧に比べて水分の停滞が少ないためカビの発生や塗膜の劣化が少なく、色差も小さい傾向を示す。

図3-1から図3-3に暴露後12ヶ月の試験体の状態を示す。

4. 2. 2 寸法変化

図4-1から図4-6にサッシ各部位の寸法変化を塗料別に示す。季節的な寸法変化をみると、暴露開始時の寸法を基準にした寸法変化率では、暴露開始直後から3月中旬まで急激に膨潤が見られる。これは、暴露前にサッシが室内で十分に乾燥されていたため外気の湿度及び降雨により膨潤したと考えられる。3月中旬までに外気の雰囲気とほぼ平衡に達し、これ以降5月上旬まで乾燥過程に入る。5月中旬から膨潤に転じ梅雨が明ける7月下旬まで膨潤が続く。梅雨明け後収縮が始まり、9月から10月の秋雨時に膨潤しその後は乾燥による収縮過程に入る。

塗料別のサッシの寸法変化では、塗料④、⑤が寸法変化が小さく部位による差も少ない。次いで塗料①、②、③、無塗装であり、これらは最も寸法変化が大きい縦棧下部で最大6%程度の膨潤が認められた。部位別では、横棧端部などの木口面付近の寸法変化が大きく、縦棧、横棧共に木口面から距離のある中央部は2%以下の膨潤に抑えられている。

サッシの寸法変化は、塗料の性能もさることながら基材である木材の比重や木理、木取り等により大きく影響されるため、寸法変化の値のみで保護塗料の耐水性能を評価することは危険である。

4. 3 来年度の予定

来年度は、実大木製サッシの屋外暴露試験を継続し、塗料別及びサッシの部位別に詳細な劣化のデータを蓄積する。これは、木製サッシ塗装マニュアルの実際的なデータとなる。

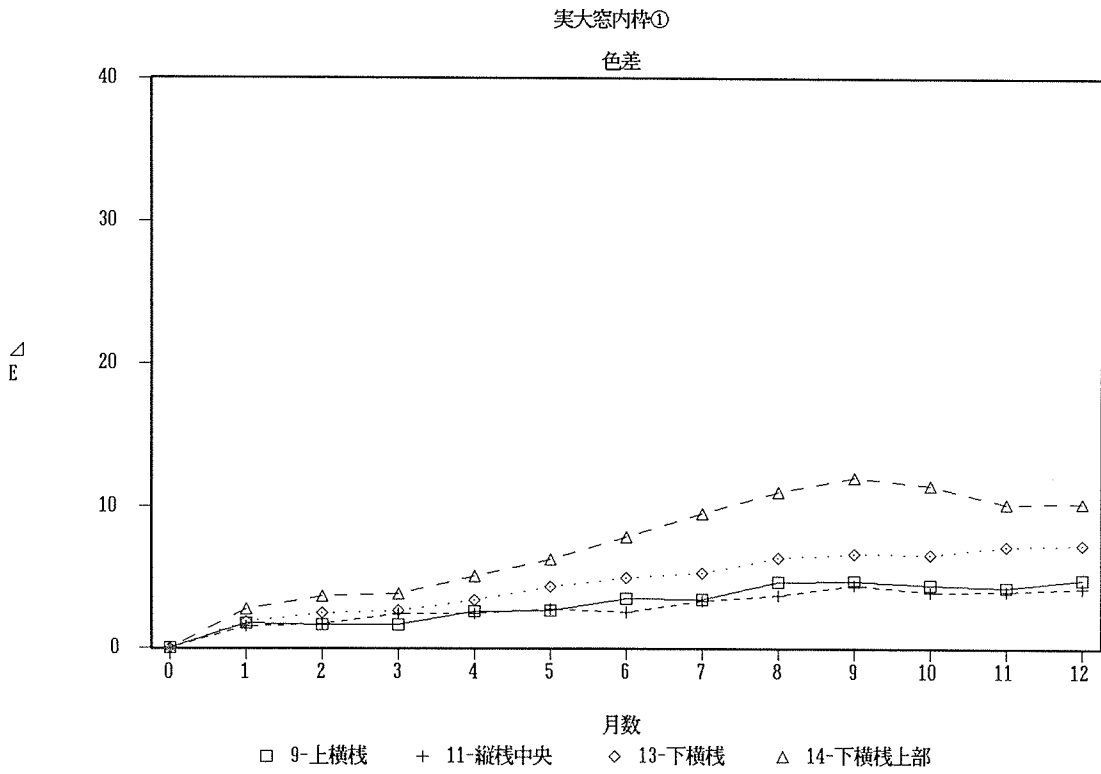


図 2 - 1 . 実大木製サッシに塗装した塗料①の色差変化

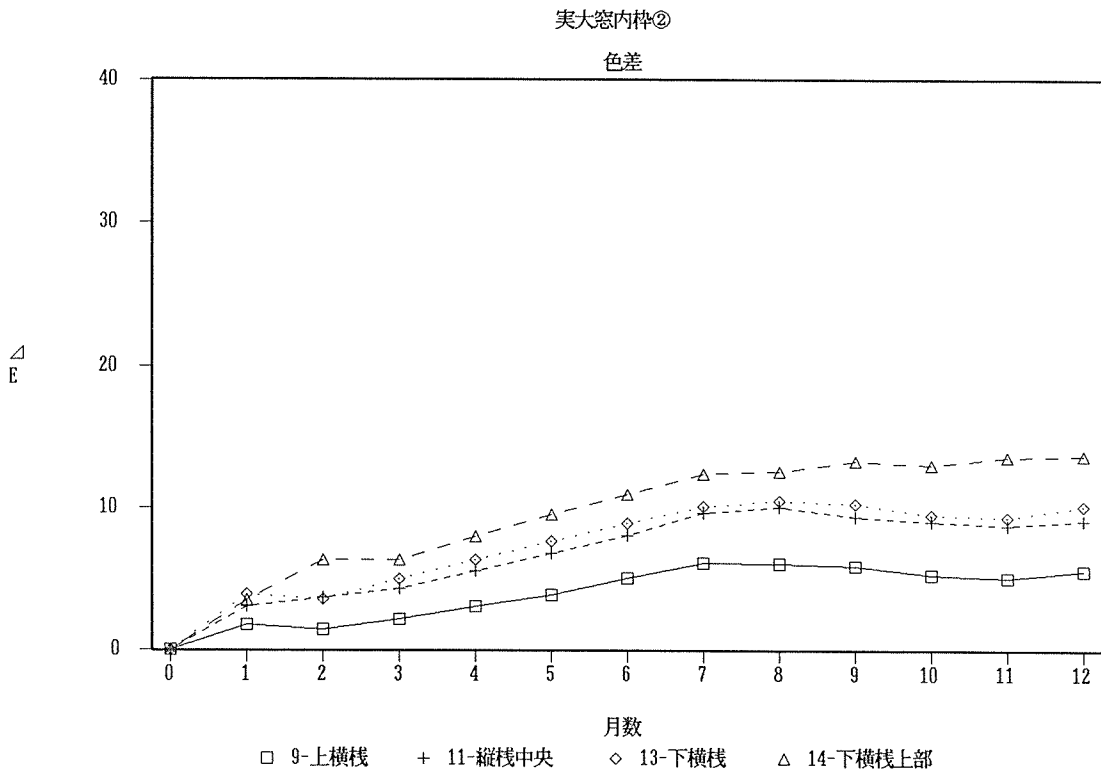


図 2 - 2 . 実大木製サッシに塗装した塗料②の色差変化

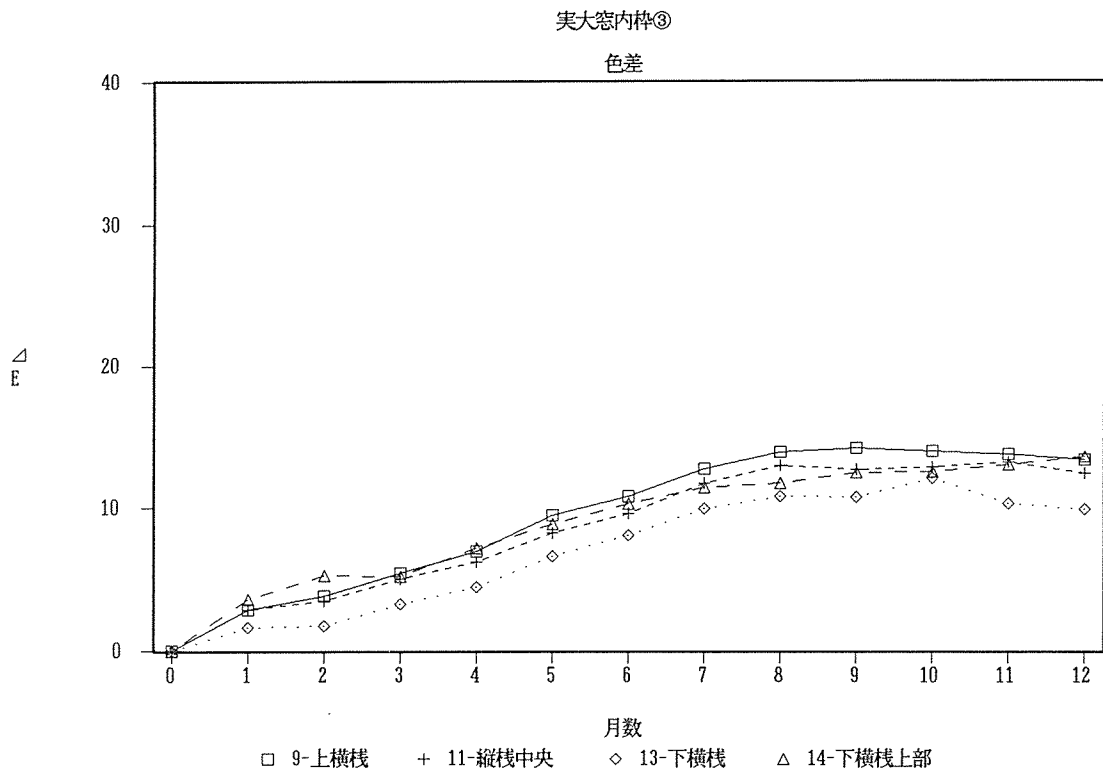


図 2 - 3 . 実大木製サッシに塗装した塗料③の色差変化

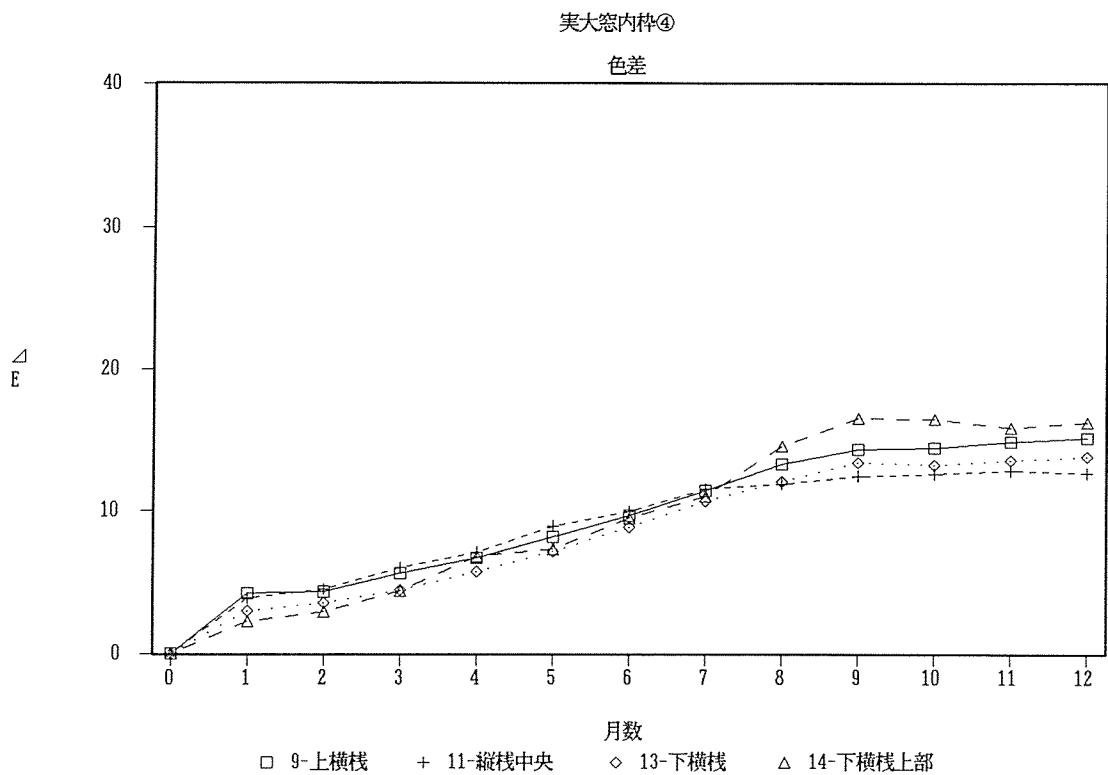


図 2 - 4 . 実大木製サッシに塗装した塗料④の色差変化

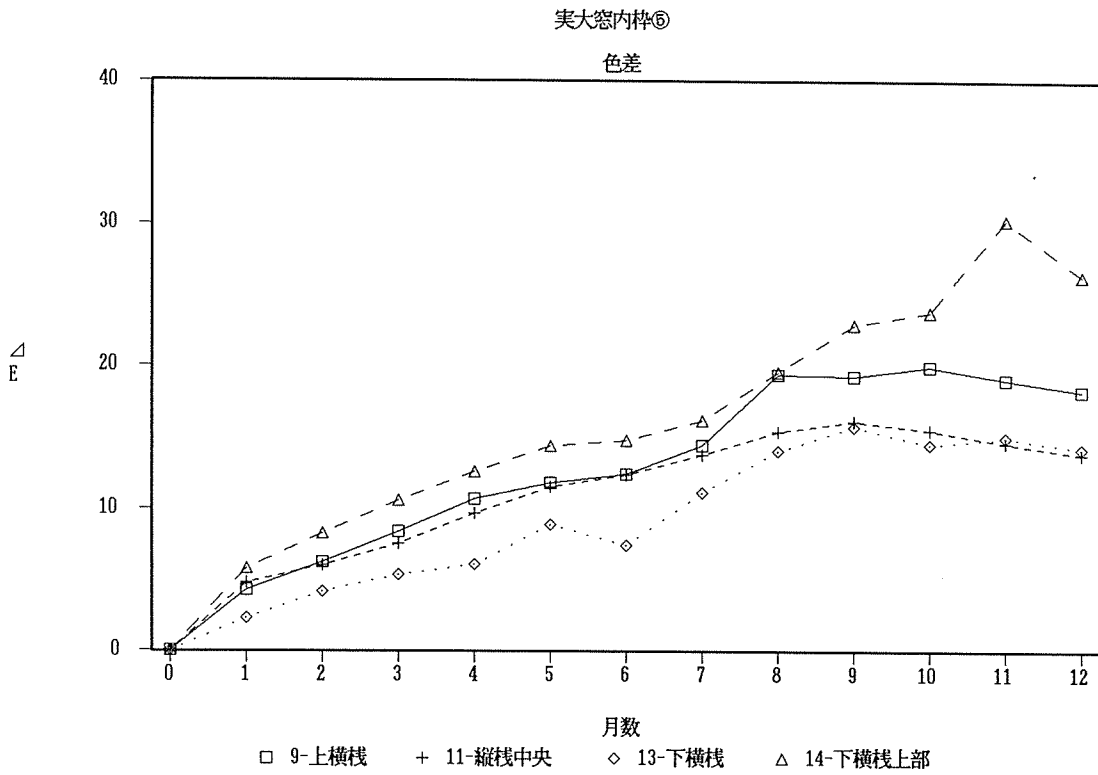


図 2 - 5 . 実大木製サッシに塗装した塗料⑤の色差変化

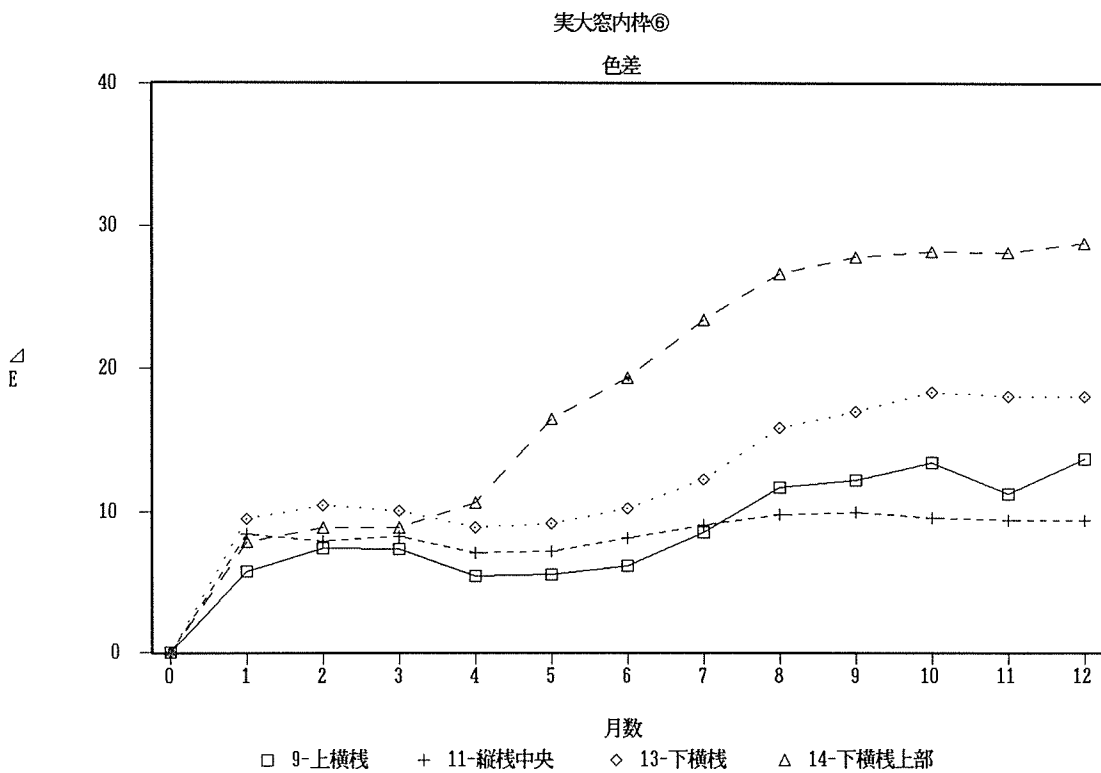


図 2 - 6 . 無塗装実大木製サッシの色差変化

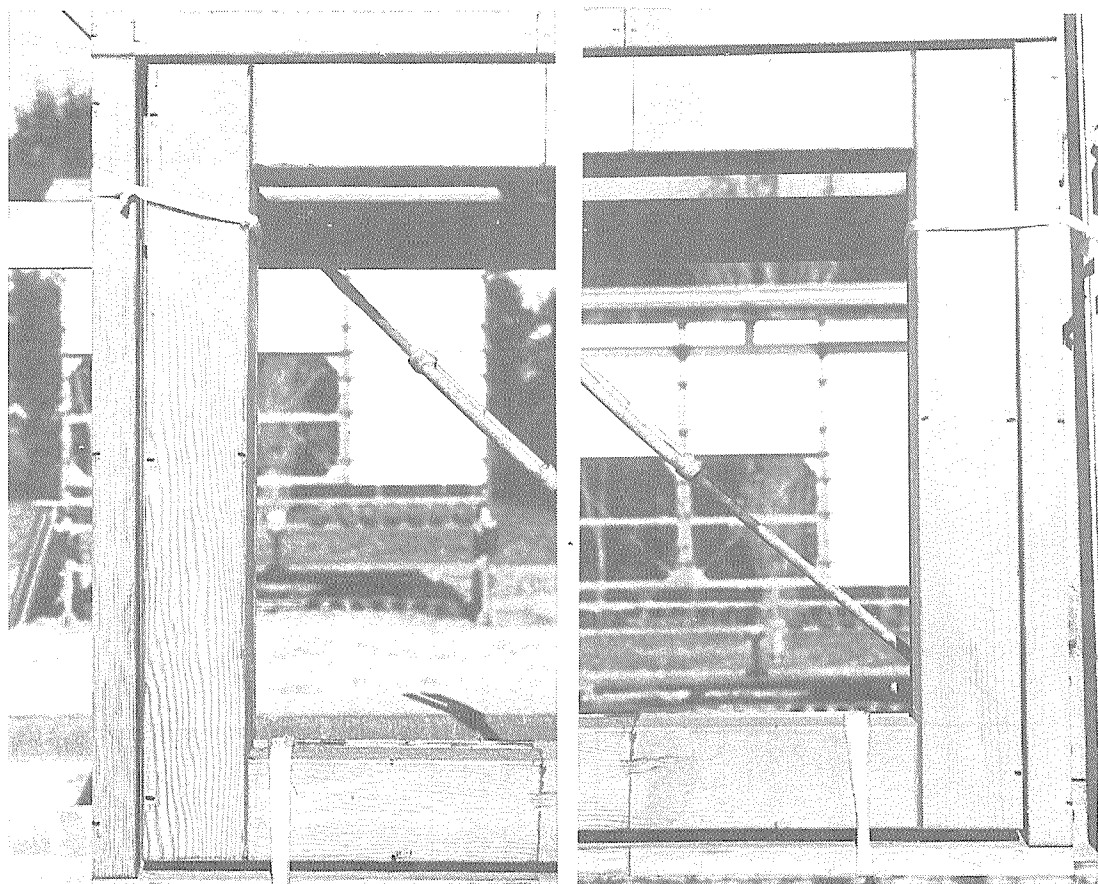


図 3 - 1. 屋外暴露 12 ヶ月後の実大木製サッシ（塗料①左：塗料②右）

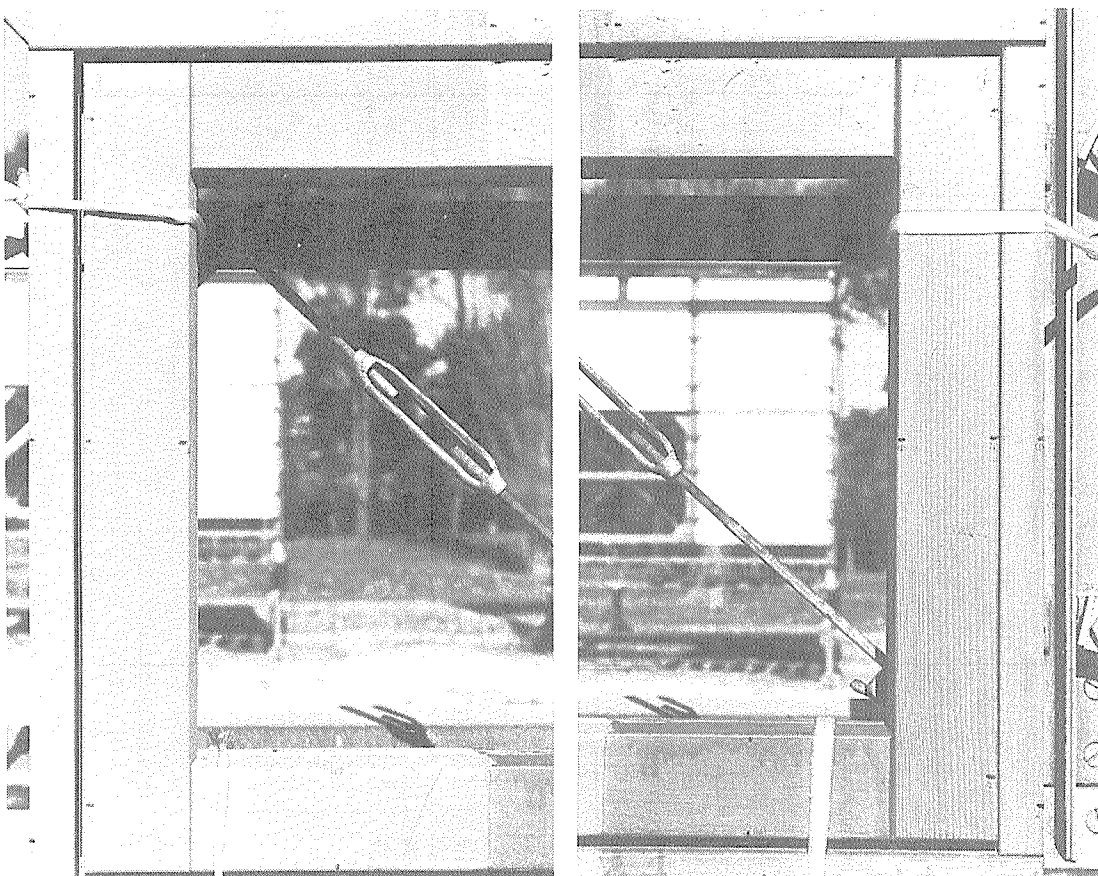


図 3 - 2. 屋外暴露 12 ヶ月後の実大木製サッシ（塗料③左：塗料④右）

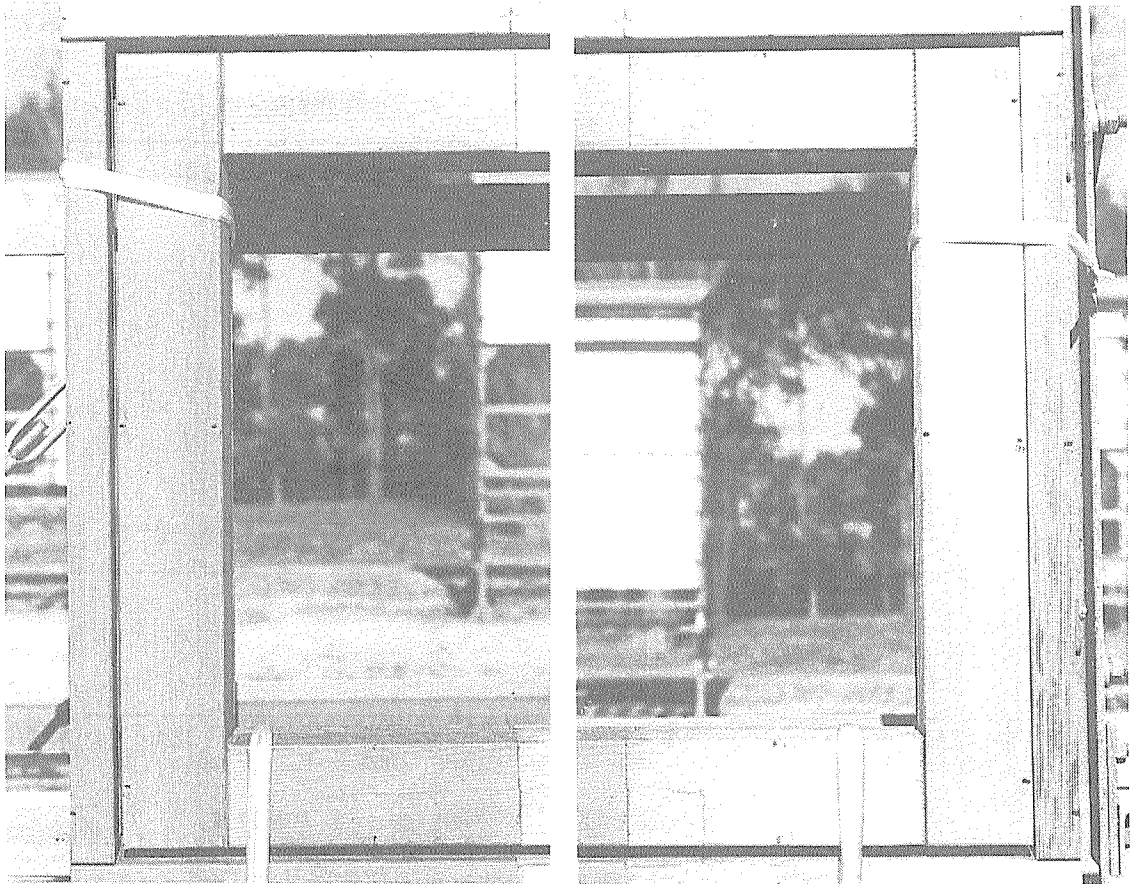


図 3 - 3 . 屋外暴露 1 2 ヶ月後の実大木製サッシ (塗料⑤左 : 無塗装右)

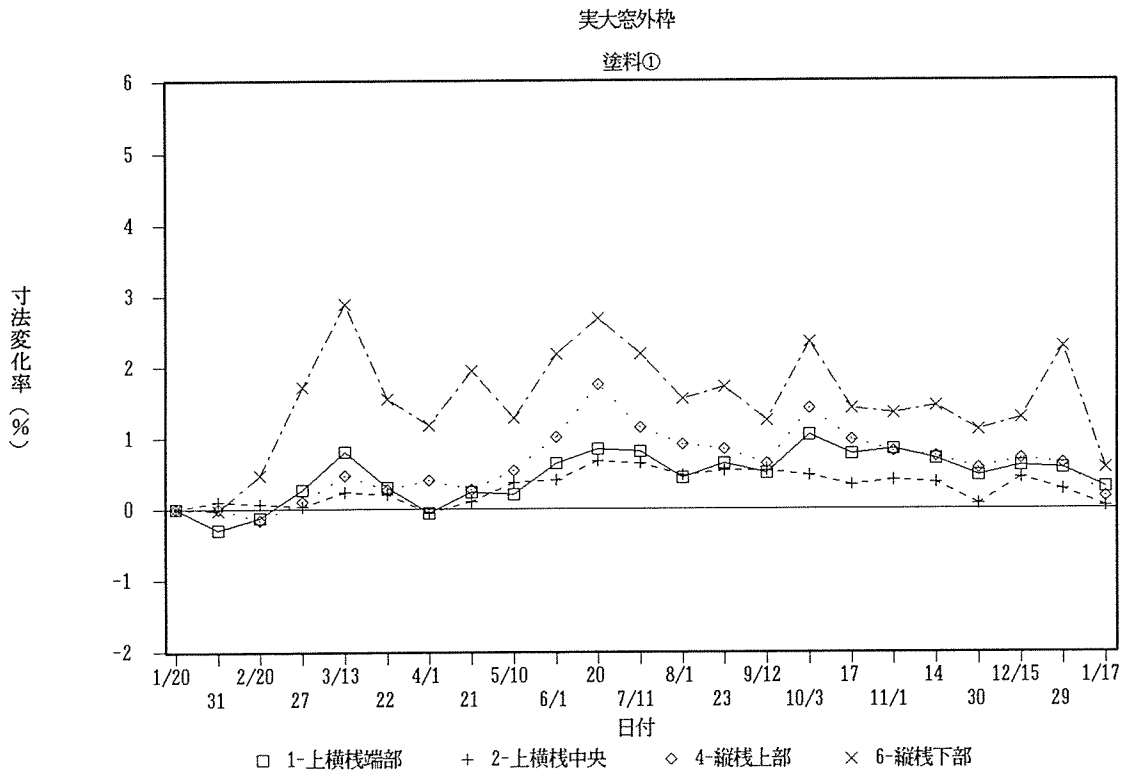


図 4 - 1 . 塗料①を塗装した実大木製サッシの部位別寸法変化

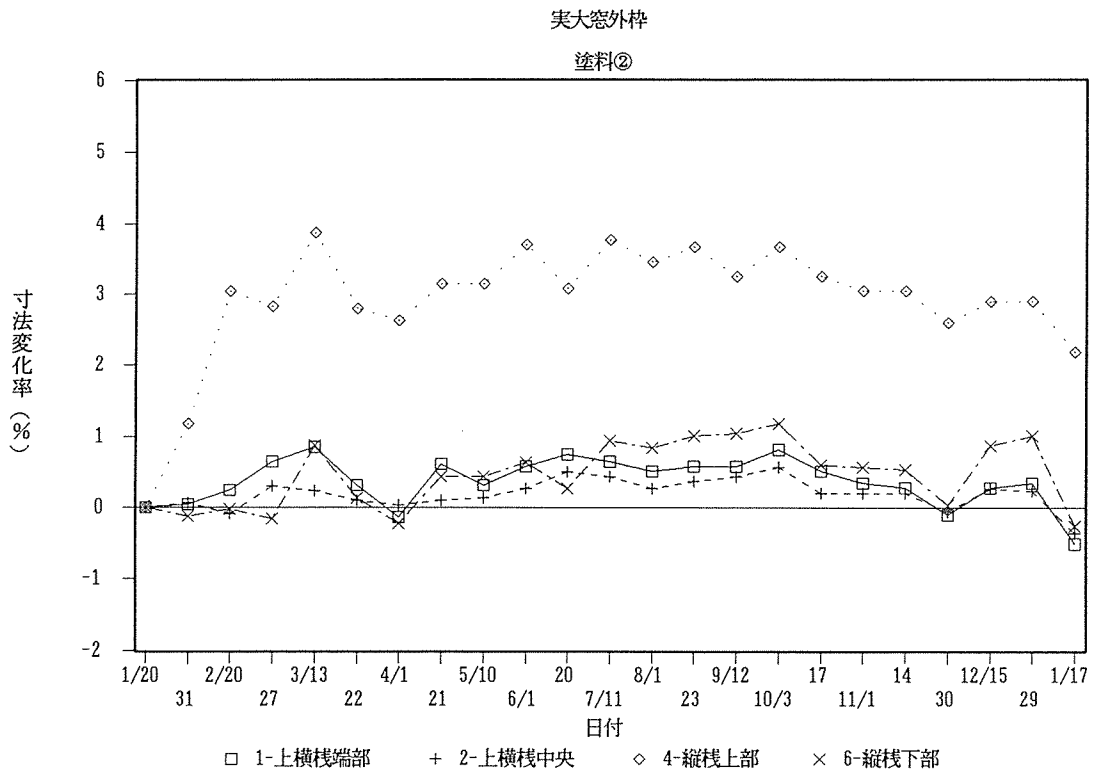


図 4 - 2 . 塗料②を塗装した実大木製サッシの部位別寸法変化

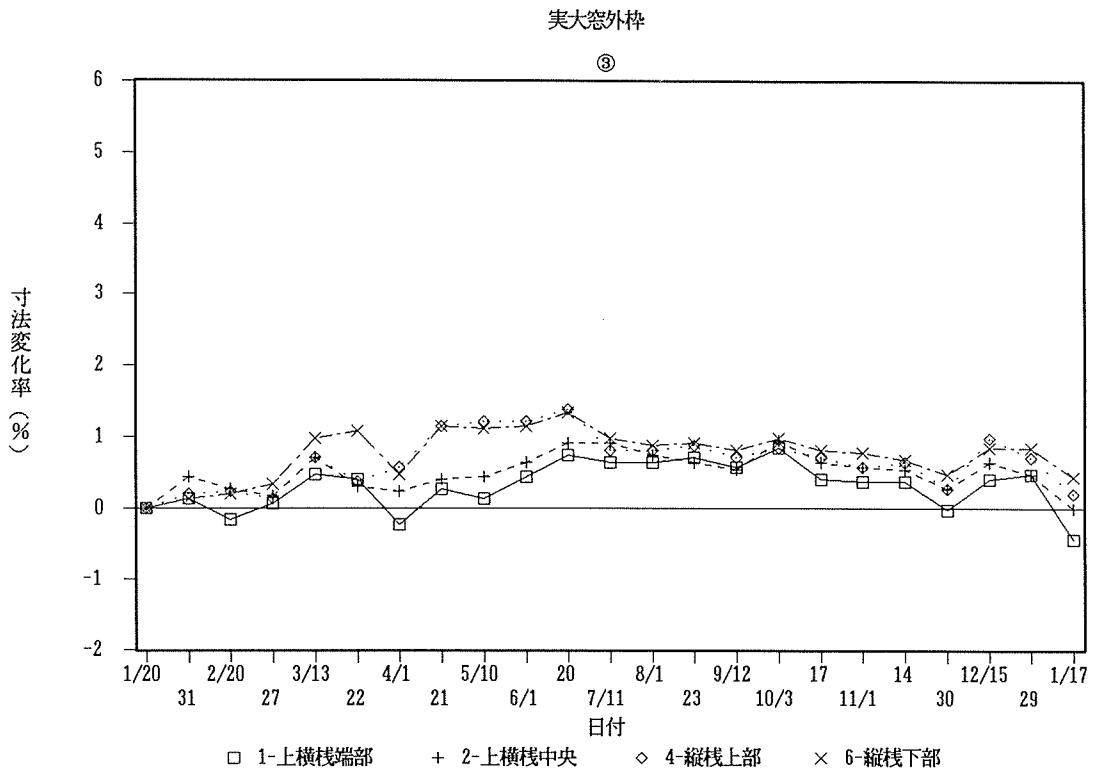


図 4 - 3 . 塗料③を塗装した実大木製サッシの部位別寸法変化

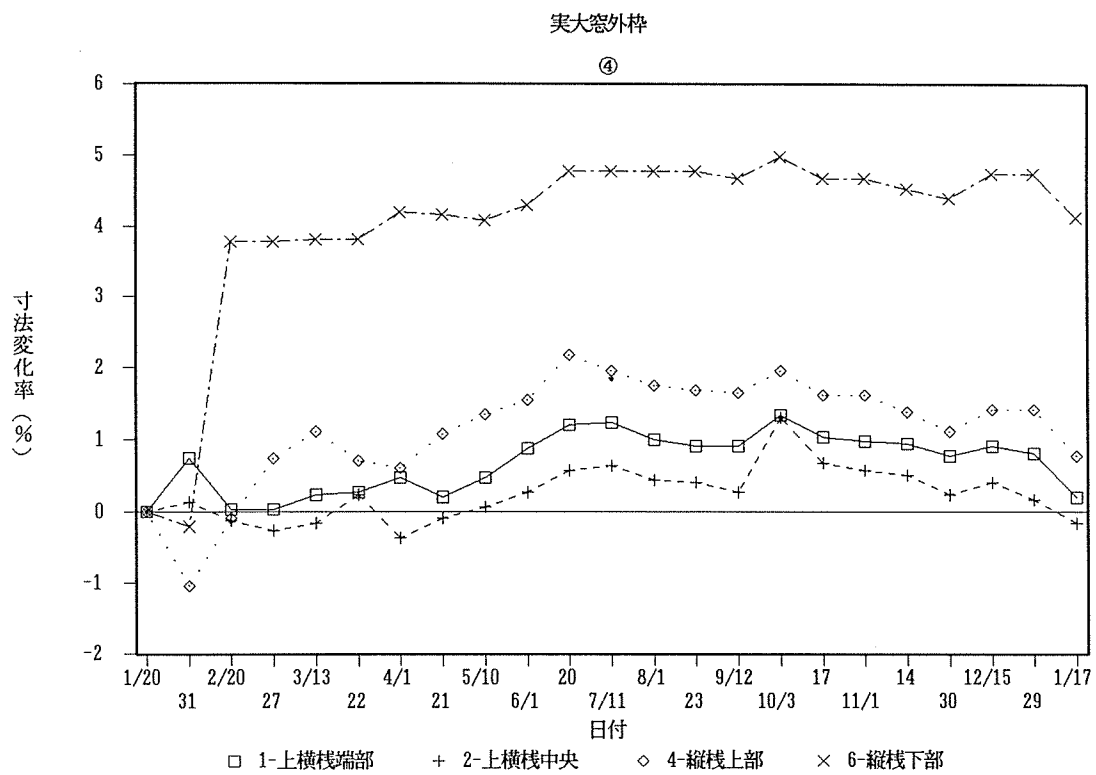


図 4 - 4 . 塗料④を塗装した実大木製サッシの部位別寸法変化

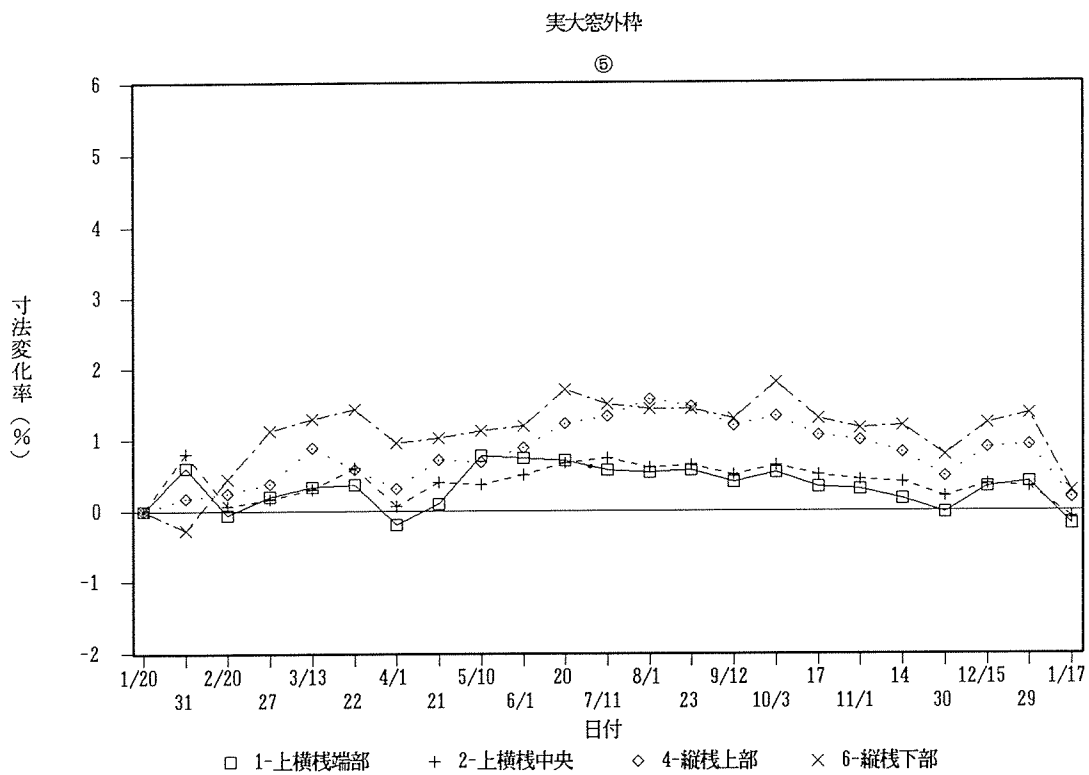


図 4 - 5 . 塗料⑤を塗装した実大木製サッシの部位別寸法変化

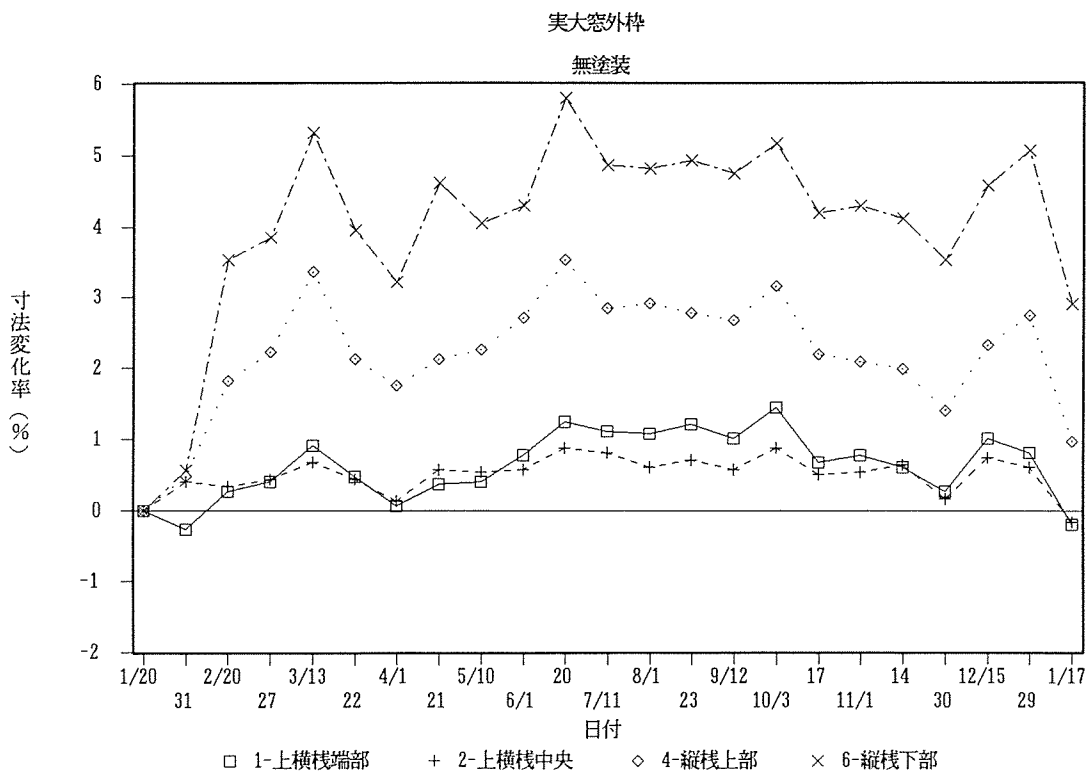


図 4 - 6 . 無塗装の実大木製サッシの部位別寸法変化

第5章 かび抵抗性試験

5.1 はじめに

今までの一連の耐久性評価では、木製サッシを対象とした木材塗装試験片を促進耐候試験と屋外暴露試験の両面から比較検討を行ってきた。両者の結果で最も異なっている点は生物劣化の有無である。屋外暴露された無塗装の木材試験片では短期間にかびが生え、灰色あるいは黒く変色してきた。劣化に伴い、含浸タイプの塗装試験片全面をはじめ、造膜タイプの塗装試験片でも塗膜割れや塗膜剥離を生じた箇所はかびと思われる汚染が目立ってきた。一方、促進耐候試験では強力な紫外線照射と短時間サイクルで繰り返されるイオン交換水の水スプレーにより、無塗装試験片は白色化し、すべての塗装試験片にかびなどの生物劣化の影響がなかった。このことは、塗装木材の場合、実際の屋外暴露試験と促進耐候試験との相関性が、他材料に比べ著しく低いと言われていることの一要因になっている。したがって、屋外暴露試験と促進耐候試験との相関性について検討するに当たり、促進耐候試験と耐生物劣化との関連を調べることはたいへん重要である。

今回の実験では、各試験体における促進耐候試験の時間経過に伴う耐生物劣化の影響として、かび抵抗性試験を実施した。

5.2 試験方法

5.2.1 試験体の作成

無塗装試験体Sを含め、塗装仕様の異なるA～Kまでの試験体の計12種類についてかび抵抗性試験を行い、比較検討をする。試験に用いる試験体は、劣化の状況を考慮してSとA～Fまでの造膜タイプでは、ブランク（無負荷の試験体：0時間）と促進耐候試験1500時間まで500時間毎にサンプリングした試験体（500、1000、1500時間）の計4種類、G～Kまでの含浸タイプでは同様に促進耐候試験1000時間までの試験体（0、500、1000時間）の3種類とする。また各1枚の試験片は6等分（35×50mm）し、右側上中下の3片を試験に用い、左側3片は現状見本として保存する。

- | | |
|----------------------|-------|
| 1) 塗装仕様の種類：S（無塗装試験体） | 1種類 |
| A～F（造膜タイプ） | 6種類 |
| G～K（含浸タイプ） | 5種類 |
| | 計12種類 |

- | | | |
|---------------------|-------------------|--------|
| 2) 促進耐候試験時間：S + A～F | 0、500、1,000、1,500 | 時間の4水準 |
| G～K | 0、500、1,000 | 時間の3水準 |

- 3) 各試験片のサイズと数：35×50mm 3片（70×150mmを6等分した右側上中下3片）

- | | | | | | | |
|-----------------|---|-------|---|------|---|-------|
| 4) 試験片の総数：7（種類） | × | 4（水準） | × | 3（片） | = | 84（枚） |
| 5 | × | 3 | × | 3 | = | 45 |
| | | | | | | 計129枚 |

5. 2. 2 試験菌の調製

試験に使用した菌（かび）は一般に環境中に存在し、塗装面や木材に多く発生・繁殖していることが確認されている種類の中から下記の6種を選択した。

- (1) *Aspergillus niger* ATCC 9642
- (2) *Penicillium funiculosum* ATCC 9644
- (3) *Cladosporium cladosporioides* IAMF518
- (4) *Aureobasidium pullans* IAMF24
- (5) *Gliocladium virens* ATCC 9645
- (6) *Alternaria citri*

上記の菌（かび）のそれぞれについて、斜面培養基から胞子を白金耳により一定量採取し、スルホコハク酸ジオクチルナトリウムの50ppm水溶液に懸濁させて胞子懸濁液を調製した。6種類の胞子懸濁液を合わせて混合胞子懸濁液とした。

5. 2. 3 添加栄養液

下記の成分組成により調製した。

- | | | |
|-------------|----------------------|--------|
| (1)リン酸二カリウム | K_2HPO_4 | 0.7g |
| (2)リン酸一カリウム | K_2HPO_4 | 0.7g |
| (3)硫酸マグネシウム | $MgSO_4$ | 0.7g |
| (4)硝酸アンモニウム | NH_4NO_3 | 1.0g |
| (5)塩化ナトリウム | $NaCl$ | 0.005g |
| (6)硫酸第一鉄 | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.002g |
| (7)硫酸亜鉛 | $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.002g |
| (8)硫酸マンガン | $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ | 0.001g |
| (9)精製水 | | 1000ml |

この溶液をオートクレーブにより滅菌処理した。

5. 2. 4 混合胞子懸濁栄養液

調製した混合胞子懸濁液（5.2.2）を遠心分離して上澄液を除去した後、滅菌水を遠沈管に一定量添加してガラス棒で攪拌し、遠心分離し上澄液を除去した。

この胞子洗浄操作を後2回、計3回行った

3回目の遠心分離をした後、上澄液を除去した遠沈管に調製した栄養液（5.2.3）を一定量加えてガラス棒で遠沈管を攪拌し、胞子を栄養液に懸濁させた。

5. 2. 5 試験片への胞子の接種

試験片は径9cmのシャーレの中に入れ、さらにこのシャーレをドラフトチャンバーの中に置いた。

調製した混合孢子懸濁栄養液（5.2.4）は滅菌した噴霧器に入れ試験片にまきかけた。

その後シャーレを温度28℃、相対湿度96%にセットした恒温恒湿槽の中に収納し、培養した。培養期間は28日とした。

5.3 試験結果

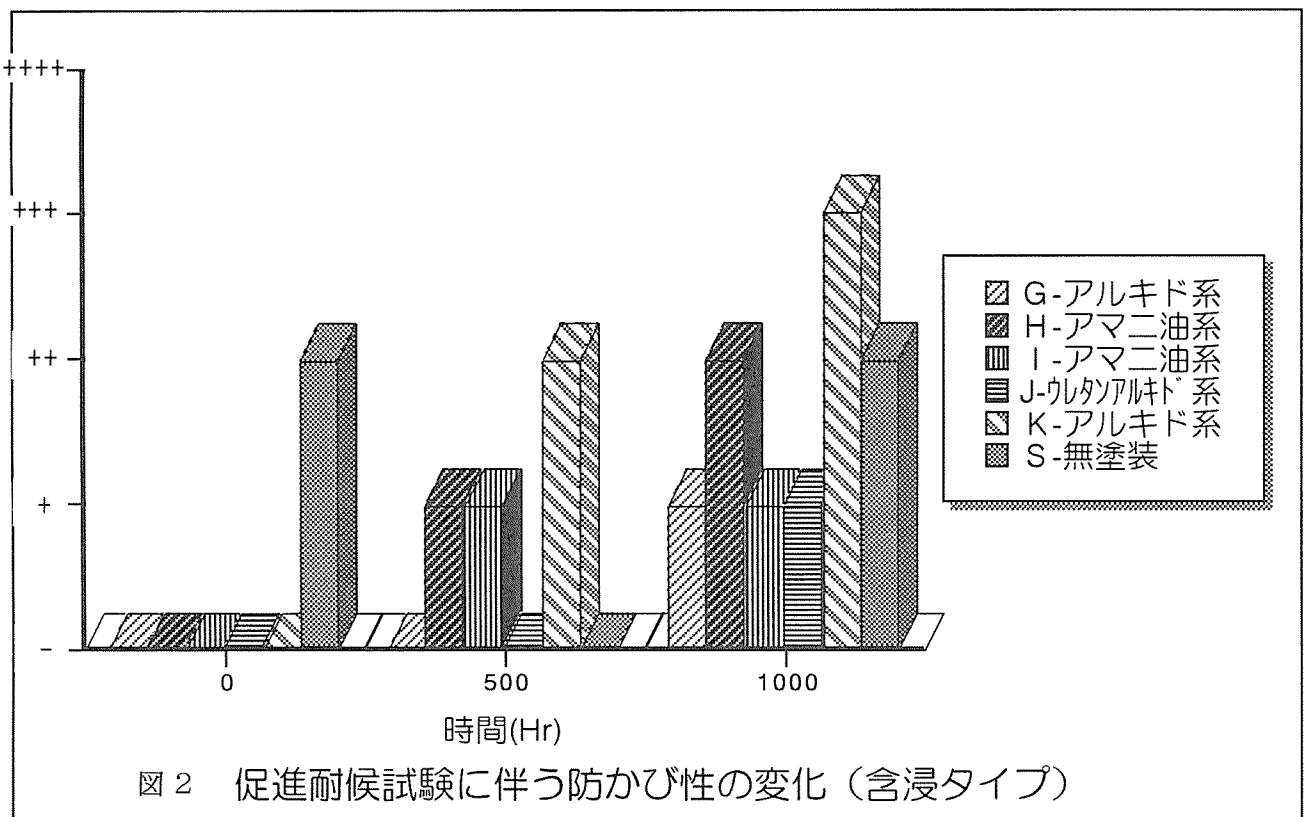
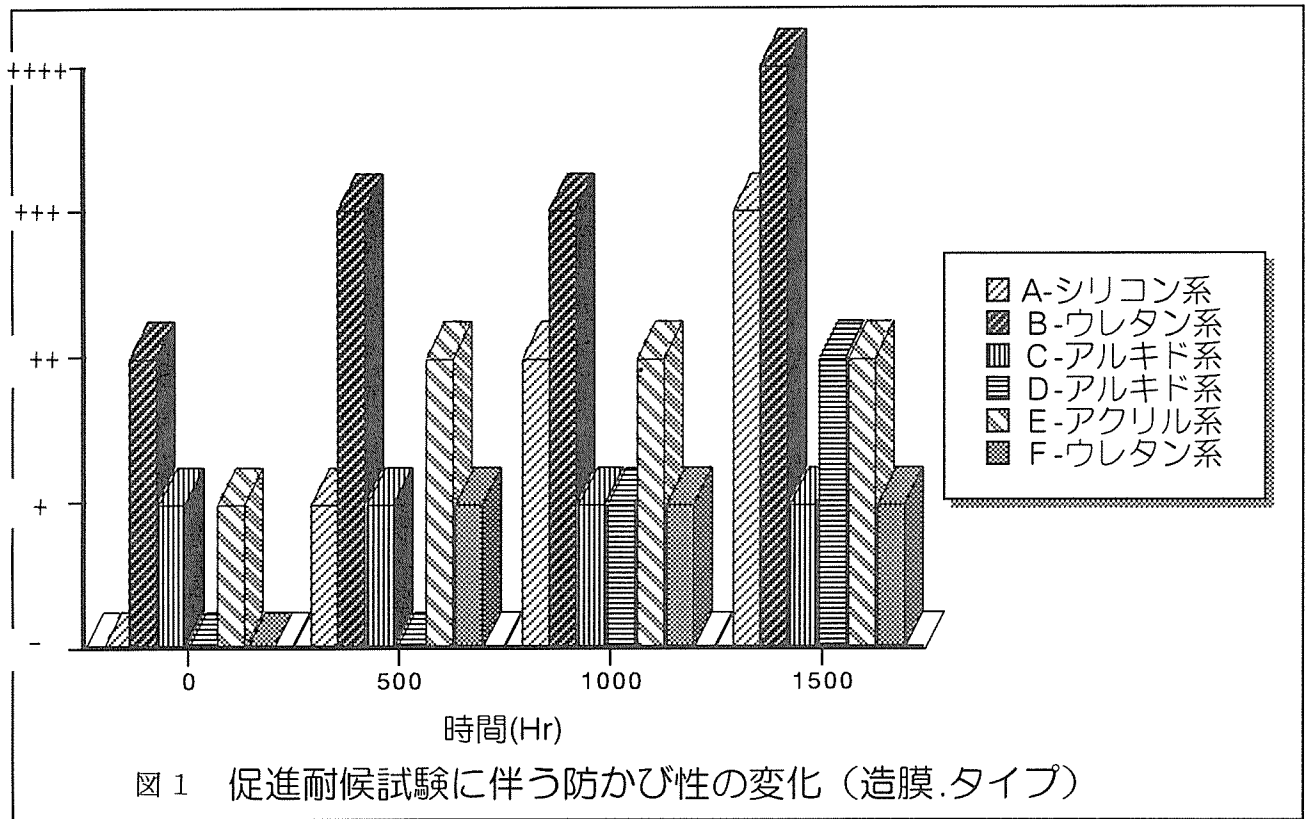
4週間目の総合結果を表1に、促進耐候試験に伴う防かび性の変化を図1（造膜タイプ）
図2（含浸タイプ+無塗装S）にそれぞれ示す。

表1 4週間目のかび抵抗性試験結果

塗膜種類	NO	促進耐候試験時間 (H)			
		0	500	1000	1500
無塗装	S	++	-	++	+++
表面造膜型	A	-	+	++	+++
	B	++	+++	+++	++++
	C	+	+	+	+
	D	-	-	+	++(+)
	E	+	+++(++)	++	++
	F	-	+	+	+(++)
材中含浸型	G	-	-	+	
	H	-	+	++	
	I	-	+	+	
	J	-	-	+	
	K	-	++	+++(++++)	

*)表示基準

- : 試験片にはかびの発生は認められない
- + : 試験片に発生したかびは、全面積の10%未満
- ++ : " " 30% "
- +++ : " " 70% "
- ++++ : " " 70%以上



5. 4 結果と考察

このかび抵抗性試験方法は無機塩類を栄養源として試験片に添加するため、栄養源をいっさい付加しないJIS Z-2911の一般工業製品の試験法に比べて、かびがより一層発生しやすい方法といえる。

5. 4. 1 造膜タイプの塗料

Aの塗料は促進耐候試験処理0時間の試験片で、かびの発生は認められなかった。このことは塗料の主成分がシリコン系バインダーであるので、かびによる劣化を受けにくいためと推測される。

しかし、500時間の促進耐候性試験処理では塗膜が少し劣化したため、少量のかびが発生したといえる。1000、1500時間の促進耐候性試験処理を行った試験片では時間が増すとともに塗膜ががより劣化し、木肌、下塗り面の現れる面積が増加し、かびがそれに比例しより多くの面積に発生・繁殖したと思われる。

Bの塗料はウレタン系でバインダー自身は大変かびが発生しやすい素材で、今回の試験の結果でも、促進耐候性試験処理0時間の試験片で、表面積の30%程度にかびが発生してしまった。促進耐候性処理の試験片では自然劣化の進行にともない500、1000時間処理の試験片では表面積の50から60%程度に1500時間の処理の試験片では全面近くにかびが発生・繁殖した。

Cの塗料はアルキド系で、バインダー自身はややかびが発生しやすいといえる。

促進耐候性試験処理0時間では表面積の10%未満にかびが発生したが、自然劣化しにくいためか促進耐候性試験処理500、1000、1500時間処理の試験片でもかびの発生量はほとんど変わらなかった。

Dの塗料はCと同様アルキド系バインダーであるがCとバインダーの量および添加剤等の種類・添加量が異なるため、促進耐候性試験処理0時間ではかびの発生は認められなかった。

しかし、1000、1500時間の促進耐候性試験処理をした試験片では塗膜が劣化するためかびの発生・繁殖が認められた。

Eの塗料はアクリル系でバインダー自身は比較的かびが発生しやすい素材といえる。

促進耐候性処理0時間で少量のかびが発生した。促進耐候性処理500時間での試験片では表面積の50%程にかびが発生・繁殖してしまった。ただ、1000、1500時間処理の試験片では500時間処理の試験片よりかびの発生・繁殖量がやや少なかった。

このことは自然劣化の度合いとかびの発生とが比例しない場合もあるといえる。その原因については今後検討する必要がある。

Fの塗料はウレタン系バインダーであるが促進耐候性処理0時間でかびの発生が認められなかった。このことは塗料に防黴剤が含有されているためと思われる。

促進耐候性処理500～1500時間では促進劣化の進行と共に防黴剤もかなり流失し

ているものと思われる。

一般的に造膜タイプの塗料は促進耐候性処理の時間が長い試験片ほどかびが多く発生・繁殖する傾向にある。

5. 4. 2 含浸タイプの塗料

Gの塗料はアルキド系バインダーで促進耐候性試験処理0時間の試験片でかびの発生は認められなかった。1000時間の促進耐候性試験処理で僅かにかびが発生した。

このことは含浸タイプの塗料は表面造膜タイプの塗料に比べ自然劣化の影響が少なく、かびが被塗物である木肌と接触し、そこから栄養分を接種することを含浸した硬化した塗料のビヒクル成分が阻害していることも考えられる。

また、ビヒクル成分がかびの栄養となりにくい場合も考えられる。

Hの塗料はバインダーがアマニ油系のためかびが非常に発生しやすいが、今回の試験では促進耐候性試験処理0時間の試験片でかびの発生は認められなかった。

防かび剤が含まれていばその影響も考えられる。

促進耐候処理1000時間の試験片では表面積の30%程にかびが発生・繁殖した。

自然劣化の影響で防かび剤等が少し流失した可能性も考えられる。

Iの塗料はHと同様にバインダーがアマニ油系でありかびが発生しやすいといえる。

今回の試験では促進耐候性処理した試験片でもかびは僅かしか発生しなかった。

Hと同様に防かび剤の影響も考えられる。

Jの塗料はバインダーがウレタンアルキド系で比較的にかびが発生しやすいといえる。

今回の試験では促進耐候性試験処理0時間でかびは発生せず、促進耐候性試験処理1000時間で少しかびが発生した程度であった。

防かび剤が含まれているならその影響が若しくは試験片自身が自然劣化しにくいためと考えられる。

Kの塗料はバインダーがアルキド系で、促進耐候性試験処理0時間ではかびの発生は認められなかったが、促進耐候性1000時間では試験片の70%程にかびが発生・繁殖した。

このことは自然劣化により、ビヒクル成分が他の含浸タイプの塗料に比べビヒクル成分が流失したためか防かび剤が添加されていれば同様に流失したとも考えられる。

一般的には含浸タイプの塗料は造膜タイプの塗料に比べて促進耐候性処理後の試験片ではかびの発生・繁殖の量は少なかった。

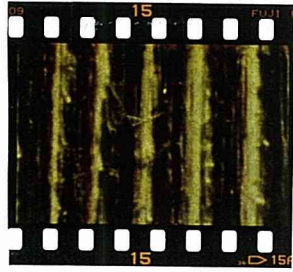
5. 5 今後の検討課題

- (1) 屋外暴露した試験体について、かびの発生状況を調査・検討するとともにかびを採取し、これらのかびの同定を試みる。
- (2) かび抵抗性試験方法について、湿式法や栄養分の無添加等の条件で比較検討する。

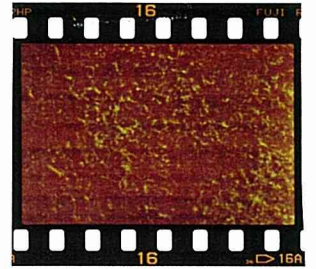
試験片の顕微鏡写真



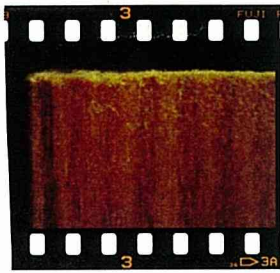
S 試験片 促進耐候性試験0時間
かびが発生した部分 倍率×20



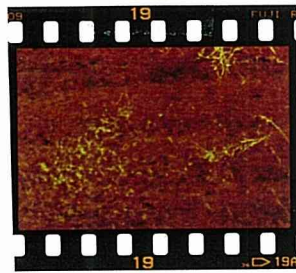
S 試験片 促進耐候性試験1500時間
かびが発生した部分 倍率×25



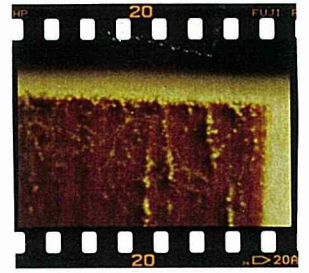
A 試験片 促進耐候性試験1500時間
かびの発生した部分 倍率×20



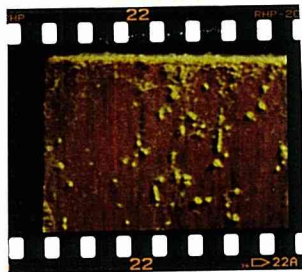
B 試験片 促進耐候性試験0時間
かびの発生した部分 倍率×15



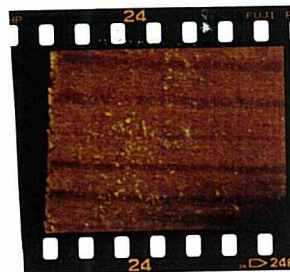
B 試験片 促進耐候性試験1500時間
かびの発生した部分 倍率×15



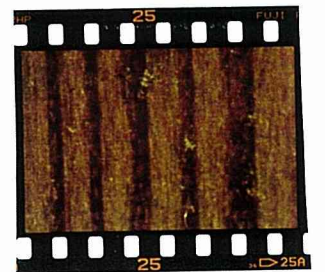
C 試験片 促進耐候性試験1500時間
かびの発生した部分 倍率×20



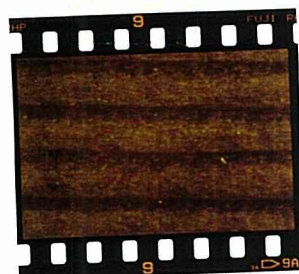
D 試験片 促進耐候性試験1500時間
かびの発生した部分 倍率×15



E 試験片 促進耐候性試験1500時間
かびの発生した部分 倍率×15

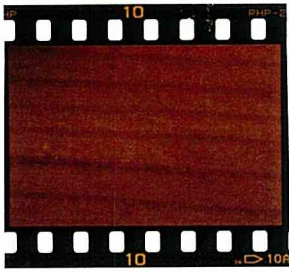


F 試験片 促進耐候性試験1500時間
かびの発生した部分 倍率×18

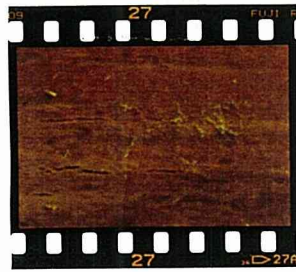


F 試験片 促進耐候性試験0時間
かびの発生なし 倍率×20

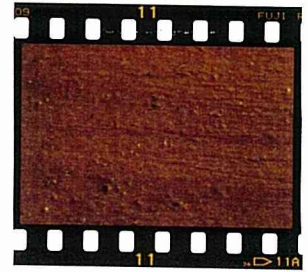
試験片の顕微鏡写真



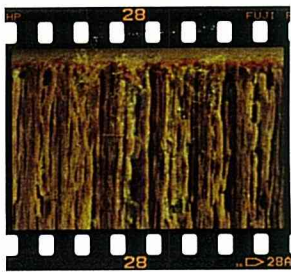
C試験片 促進耐候性試験0時間
かびの発生なし 倍率×20



G試験片 促進耐候性試験1000時間
かびの発生した部分 倍率×20



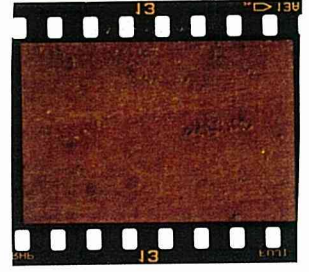
H試験片 促進耐候性試験0時間
かびの発生なし 倍率×20



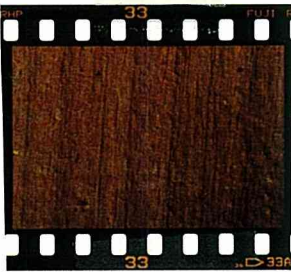
H試験片 促進耐候性試験1000時間
かびの発生した部分 倍率×25



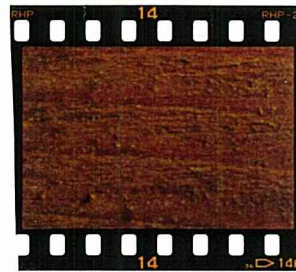
I試験片 促進耐候性試験1000時間
かびの発生した部分 倍率×20



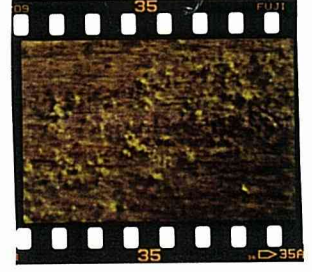
J試験片 促進耐候性試験0時間
かびの発生なし 倍率×20



J試験片 促進耐候性試験1000時間
かびの発生した部分 倍率×20



K試験片 促進耐候性試験0時間
かびの発生なし 倍率×20



K試験片 促進耐候性試験1000時間
かびの発生した部分 倍率×20

第6章 暴露試験体の寸法及び重量の経時変化測定

6.1 試験方法

保護塗料の耐水性能を評価するために、塗装した試験体の半径方向及び接線方向の寸法と重量を約1週間おきに測定した。測定に用いた試験体は、第3章で取り上げた着色タイプの保護塗料及び第4章の実大サッシに用いた保護塗料により塗装したものを用いた。試験体の暴露は1993年3月及び1994年1月より開始し、経時測定は1993年10月及び1994年1月から行った。

寸法測定は1/100mm精度のデジタルノギスを用い、重量測定には1/100g精度の電子天秤を用いた。寸法変化及び重量変化は、測定開始時の値を基準として重量増加率、減少率及び膨潤率、収縮率で表した。

6.2 測定結果

6.2.1 重量変化

図1-1は、1993年10月から1995年3月までの造膜タイプの保護塗料で塗装した試験体の重量変化を示す。この期間における最大の重量増加率は2.0%、重量減少率は-3.0%であった。塗料別では、Bが最も変化が小さく(+0.2, -1.8%, 計2.0%)優れた耐水性能を示した。次いでC, E, A, D, Fの順となったが、特にFの重量変動が大きかった(-3.2%, +1.5%, 計4.7%)。

図1-2は、含浸タイプの保護塗料で塗装した試験体の重量変化であるが、最大の重量増加率は1.8%、重量減少率は-3.5%であり、造膜タイプと比べてほぼ同様な重量変化を示した。塗料別では、暴露12ヶ月までは半造膜タイプの塗料Gが最も変化が少なく造膜タイプに匹敵する性能を示していたが、その後は他の含浸型塗料と同様な値となった。暴露12ヶ月以降は含浸型塗料は無塗装材とほぼ同様な重量変化を示した。

図2-1及び図2-2に、測定期間ごとの無処理試片の重量変化率に対する処理試片の重量変化率の割合(対無処理重量変化率)を示す。この時、100%は無処理と同じ重量変化をしたことになる。これを見ると、造膜型では塗料Fが無処理と近い重量変化をしており、他の塗料は概ね無処理に比べて10%から70%の重量変化に抑えられていることが分かる。

図2-2の含浸タイプをみると、塗料Kが無処理と同様な変化であり、他の塗料は無処理の80%程度の重量変化であることがわかる。これらの結果は、造膜タイプの方が含浸タイプに比べて重量変化を抑制しているといえる。

6.2.2 寸法変化

図3-1は、造膜タイプの保護塗料で塗装した試験体の半径方向の寸法変化を示す。試

験期間中における最大の膨潤は0.65%であり、収縮は-0.8%であった。塗料別ではBが最も寸法変化が少なく、次いでC, A, E, D, Fの順となった。特に暴露18ヶ月後以降塗料間の寸法変化率にバラツキが出ており、塗料の性能の差が現れてきたようである。

図3-2は、含浸タイプの保護塗料で塗装した試験体の半径方向寸法変化を示す。期間中の最大の膨潤は0.55%、収縮は-1.3%と造膜タイプの1.5倍程度になっているが、暴露12ヶ月後では造膜タイプとの差は縮小してきた。塗料別では大きな差は見られないが、塗料Gが最も寸法変化が小さく、次いでI, H, 無塗装, J, Kの順となり、重量変化とほぼ同様の傾向を示した。塗料Kは、無処理のコントロール以上の寸法変化を生じた。

6.3 今後の予定

半透明系塗料の暴露試験は一旦終了するが、再塗装後に改めて寸法変化及び重量変化を経時的に測定し、再塗装の効果を考察する。また、暴露12ヶ月の水平及び45度傾斜暴露試験は継続し、暴露角度の影響を更に検討する。

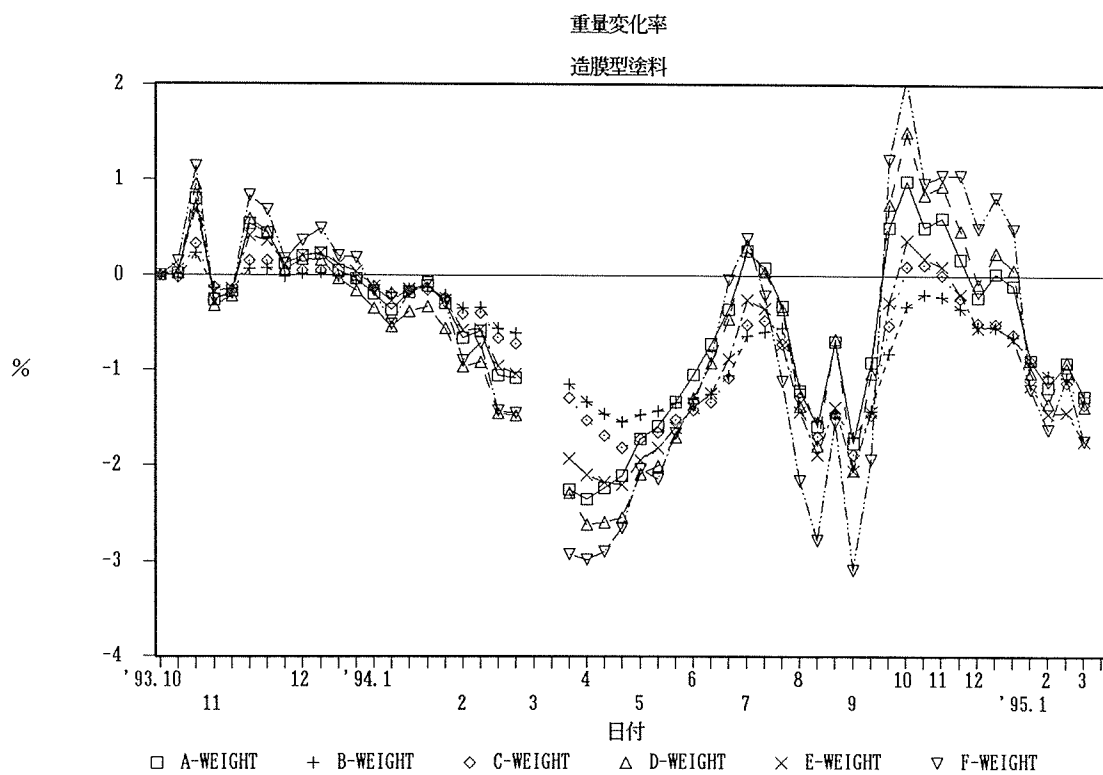


図 1 - 1 . 造膜タイプの保護塗料で塗装した木材の重量変化 (1993.10-1995.3)

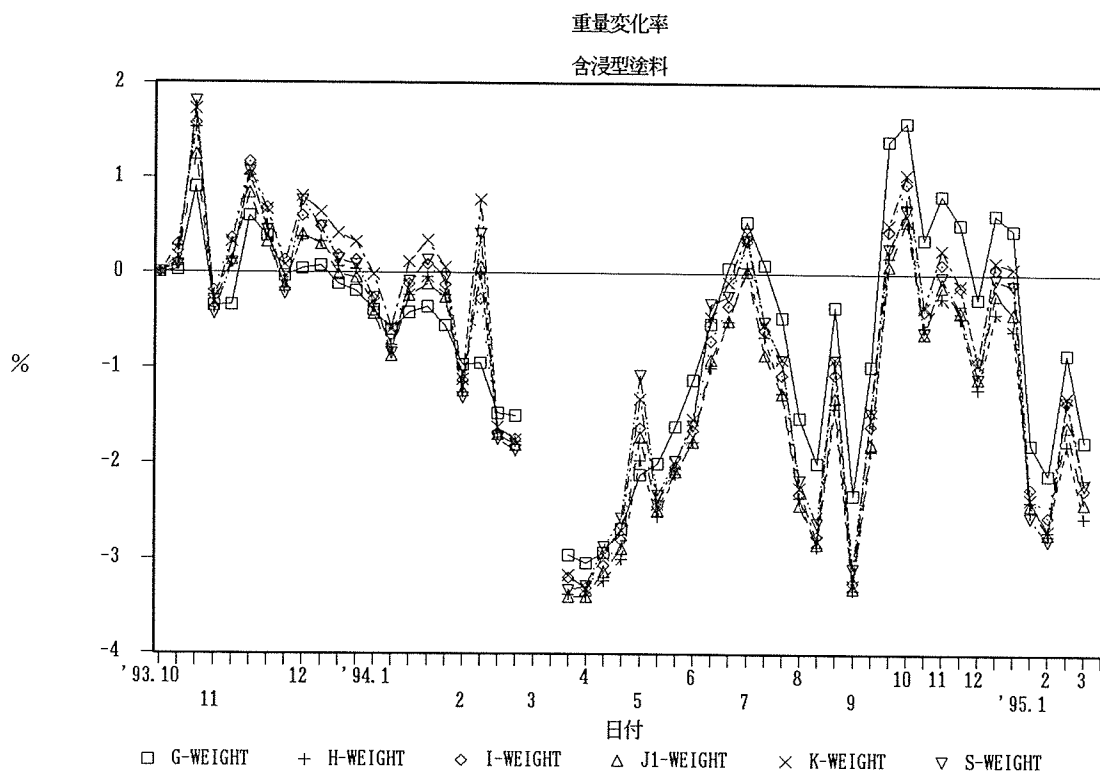


図 1 - 2 . 含浸タイプの保護塗料で塗装した木材の重量変化 (1993.10-1995.3)

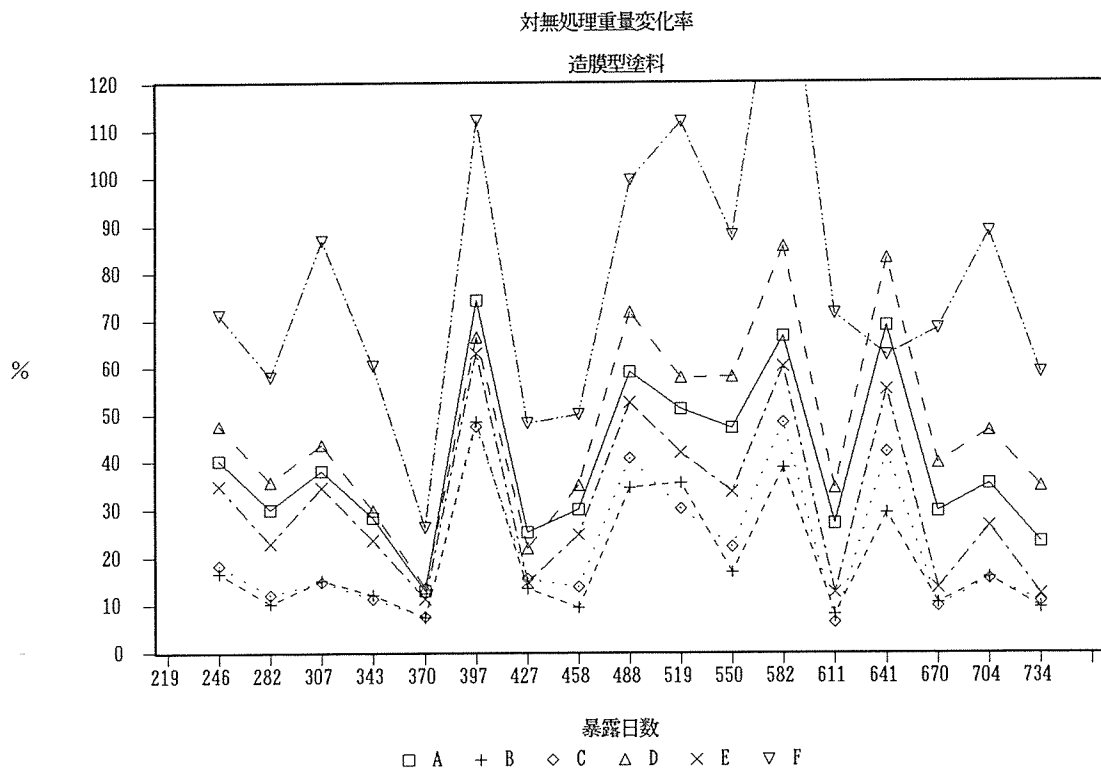


図 2 - 1 . 造膜タイプの保護塗料で塗装した木材の対無処理重量変化率 (1993.10-1995.3)

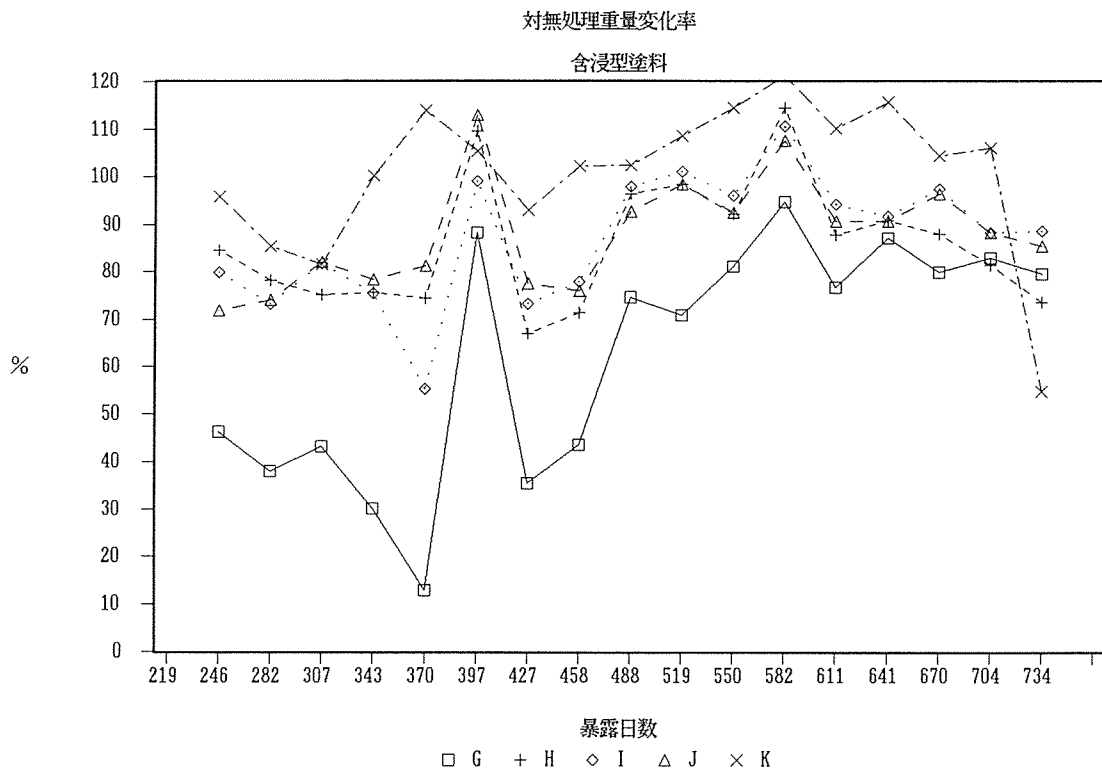


図 2 - 2 . 含浸タイプの保護塗料で塗装した木材の対無処理重量変化率 (1993.10-1995.3)

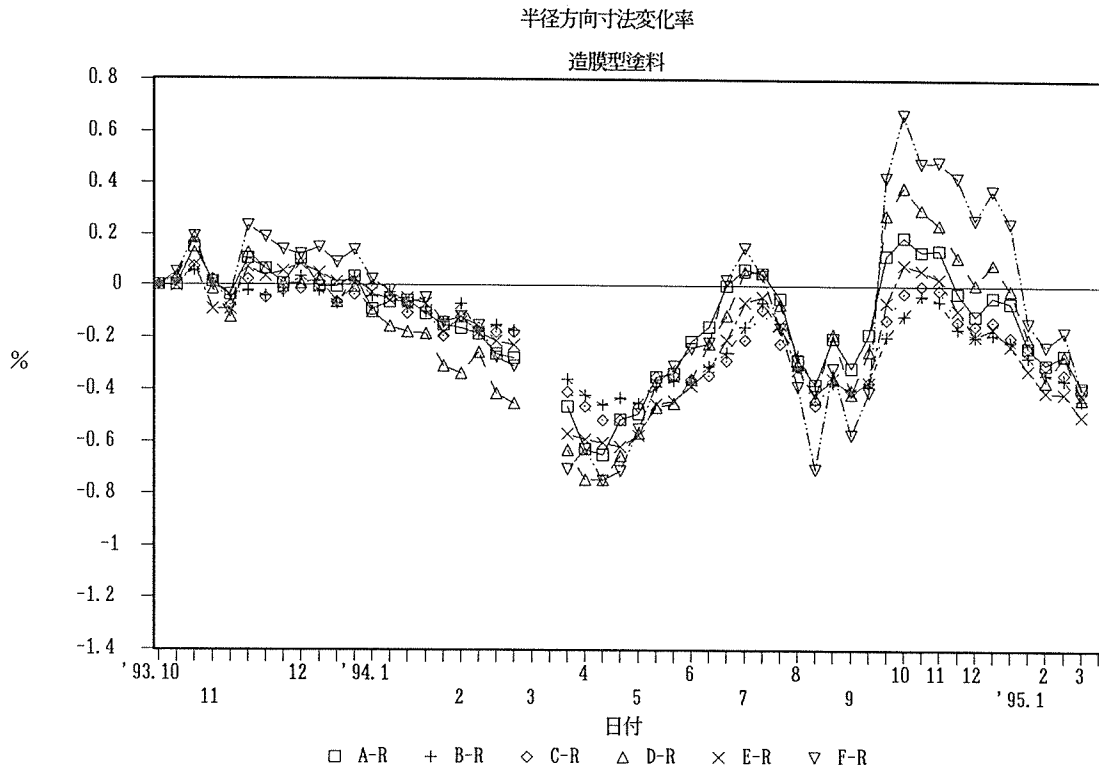


図 3 - 1 . 造膜タイプの保護塗料で塗装した木材の半径方向寸法変化率 (1993.10-1995.3)

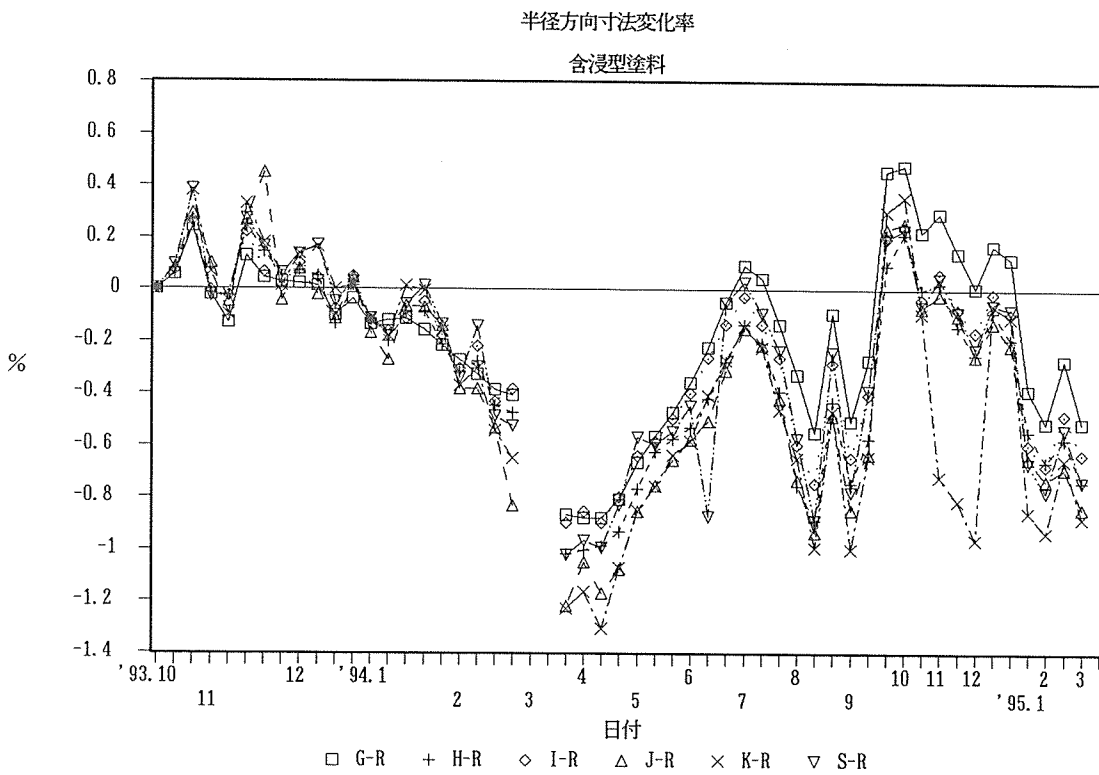


図 3 - 2 . 含浸タイプの保護塗料で塗装した木材の半径方向寸法変化率 (1993.10-1995.3)

第7章 再塗装時期判定のためのアンケート調査

7. 1 アンケート調査実施要項

これまで屋外暴露試験及び促進暴露試験により木製サッシ用保護塗料の性能について評価試験を行ってきたが、実際の使用時における再塗装の目安については現場の意見が最も重要と考え、塗装の耐久性に関するアンケート調査（再塗装判定目安調査）を行った。

アンケート調査は、半透明系保護塗料（第3章4. 1参照）により塗装したベイマツ試験片をサンシャインウェザーメータにより2000時間まで促進暴露試験を行い、図1-1から図1-4に示すように、500, 1000, 1500, 2000の各試験時間後における写真から再塗装の判定をお願いした。促進暴露試験片を用いたのは、試料の再現性があるためである。判定は、全国木製サッシ協議会会員を中心に実際に木製サッシの塗装に携わる業者をお願いした。回収した結果の業者の構成は、保護塗料メーカー4社、塗装業者11社、木製サッシメーカー5社の計20社であった。

7. 2 アンケート結果

7. 2. 1 塗料別の結果

図2-1及び図2-2に塗料別の促進暴露時間ごとの再塗装目安の割合を示す。これより造膜タイプにおいて再塗装が1500時間以上という割合が多い順に並べると、

$$C(70\%) = E(70\%) > B(65\%) >> F(35\%) > D(20\%) > A(15\%)$$

であり、この結果は造膜型の場合塗膜割れや汚染など僅かでも欠点が認められると再塗装の対象になるようである。すなわち、マス目試験において10%以上の塗装面欠陥は再塗装と考えられる。また、塗装面欠陥のうち特に塗膜割れが最も厳しくチェックされるようである。

同様に、含浸タイプについて再塗装目安1500時間以上の割合の多い順に並べると、

$$J(55\%) >> K(25\%) > G(20\%) = I(20\%) > H(5\%)$$

となった。含浸タイプでの再塗装の目安は、色調の変化よりも顔料の離脱による色アセによるようである。そのため、色差でこれを判定することは難しく、促進暴露試験においては明度の増加が一つの数値的目安となるかもしれない。しかし、実際の屋外暴露ではカビによる明度の低下があるため、カビの発生面積と顔料の離脱面積による再塗装目安の数値化が必要であろう。

図3に造膜タイプ及び含浸タイプの再塗装目安を示す。再塗装目安1500時間以上の

割合で見ると、造膜型 45.8%，含浸型 25.0% となり造膜タイプの方が再塗装の面から見れば耐久性は高いと考えられる。しかし、造膜タイプでも 500 時間での再塗装が 12.5% もあり、メンテナンスの手間等を考慮した場合、含浸タイプとの差は大きいとはいえない。

7. 2. 2 取扱い業者による差

図 4-1 から図 4-11 に、各塗料ごとに業者別の結果を示す。造膜タイプでは、塗装業者とサッシメーカーとは類似の傾向があり、短時間の暴露でも再塗装が必要と判断する評価の厳しい層と、多少の劣化は再塗装の目安にならないと判断する層とに別れている。一方、塗料業者の評価基準は概ね類似しており、塗装業者、サッシメーカーの中間の評価の層が最も多くなる。

含浸タイプで見ると、サッシメーカーは再塗装の目安の暴露時間が比較的長い傾向にあり、塗膜割れに比べてある程度の顔料の離脱による色ムラは許容しているようである。塗膜割れに比べて、色ムラはユーザーサイドから見ればそれほどの劣化には感じないのかもしれない。逆に塗料メーカーは、顔料の離脱にも塗膜割れと同様に厳しく評価している傾向が認められる。

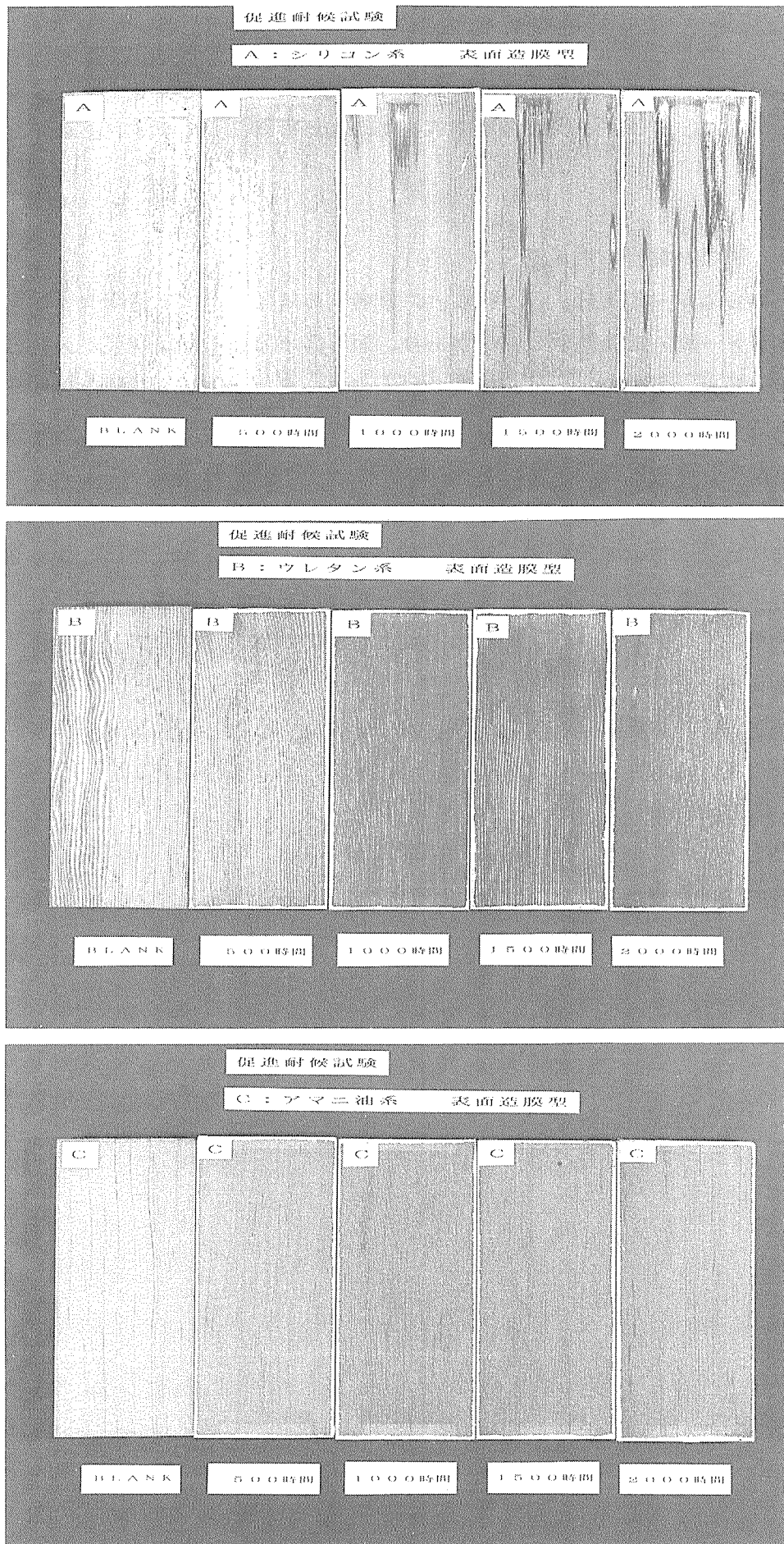


図 1 - 1. 再塗装判定用写真（造膜型 A ~ C : 促進暴露試験）

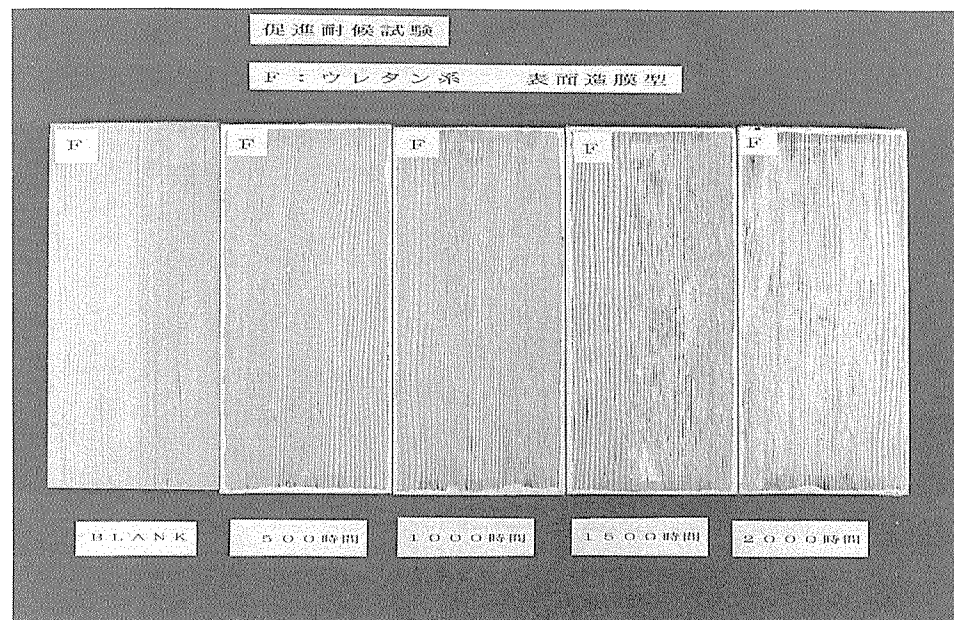
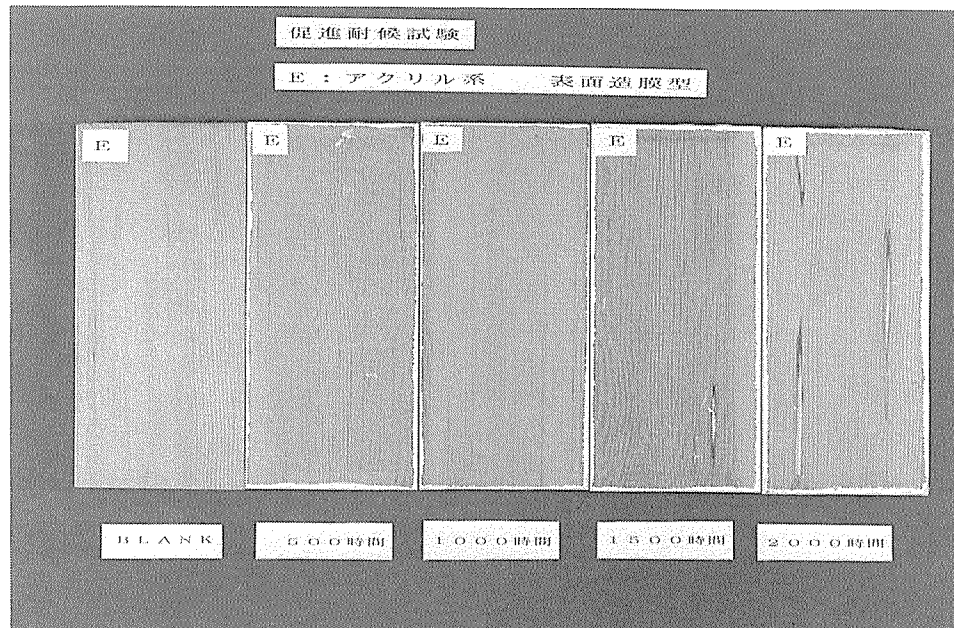
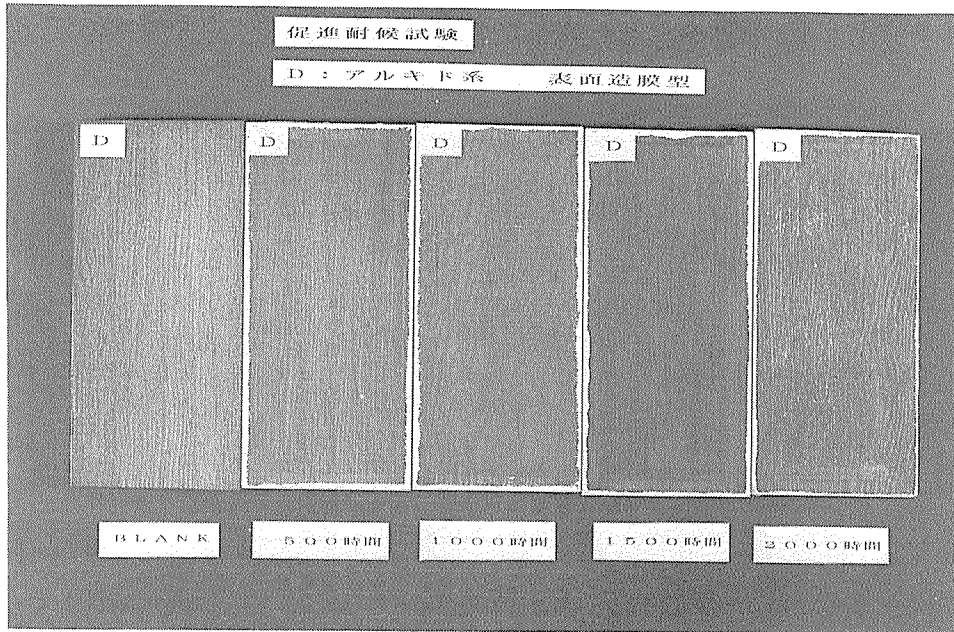


図 1 - 2 . 再塗装判定用写真 (造膜型 D ~ F : 促進暴露試験)

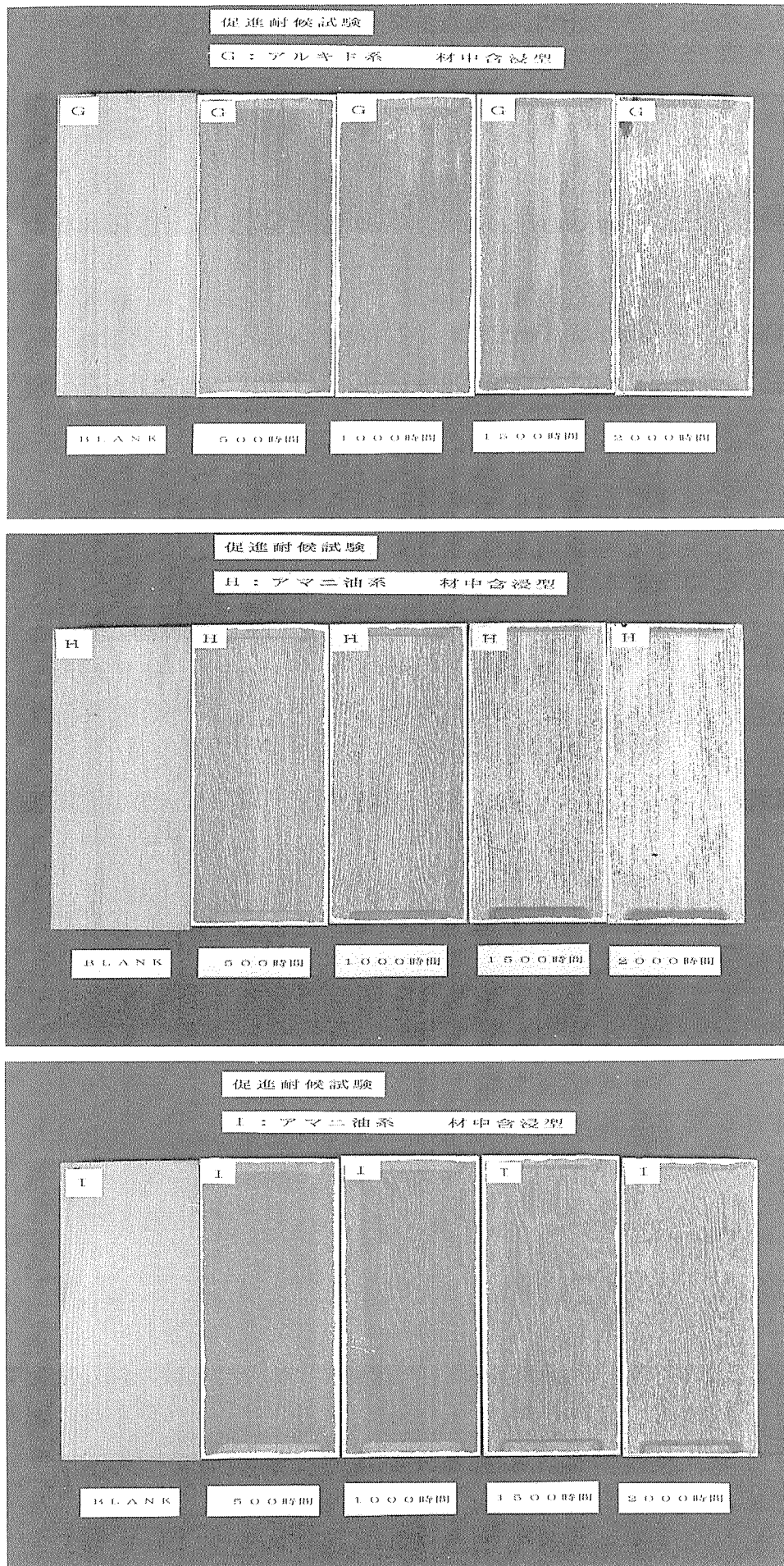


図 1 - 3. 再塗装判定用写真 (含浸型 G ~ I : 促進暴露試験)

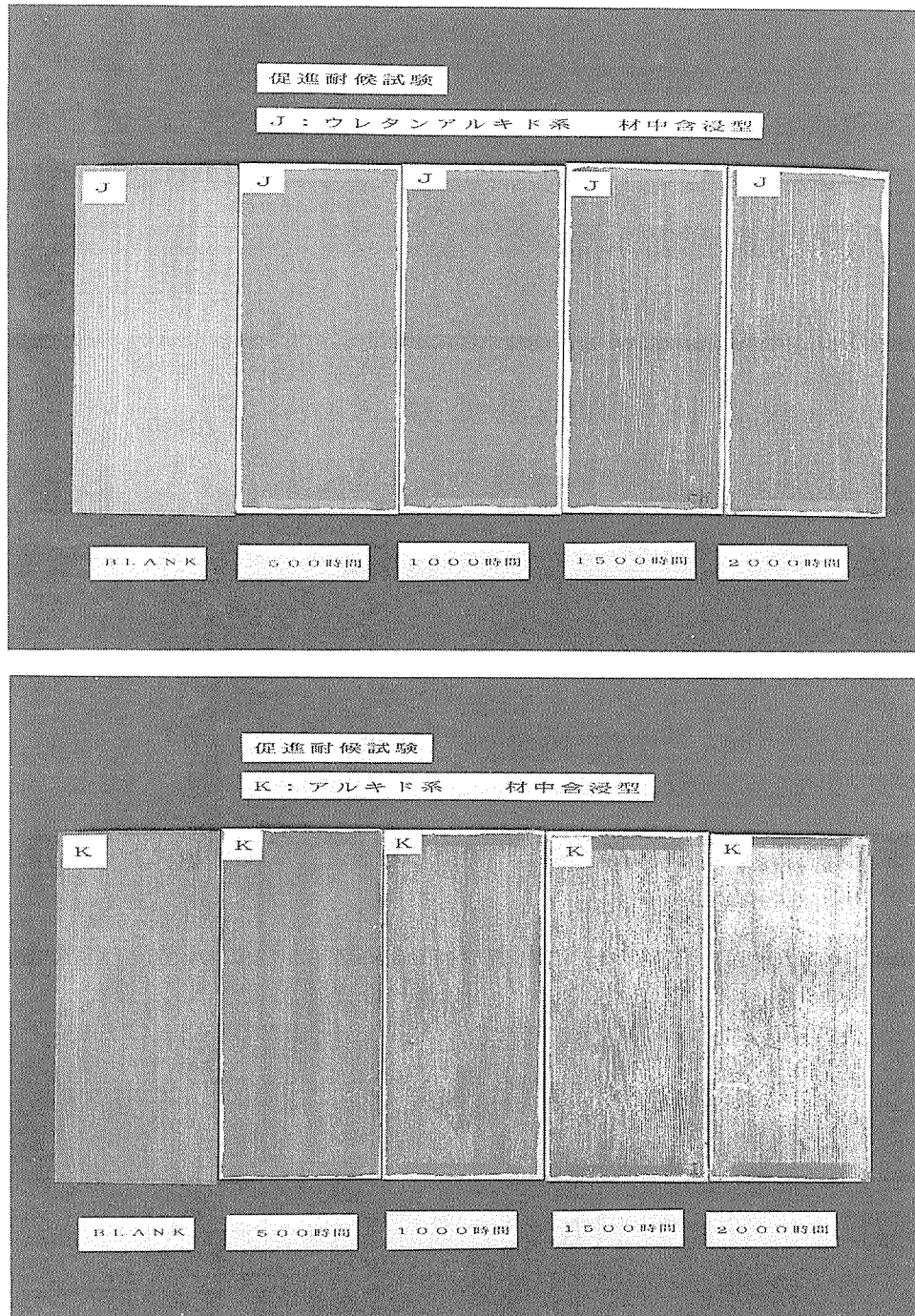
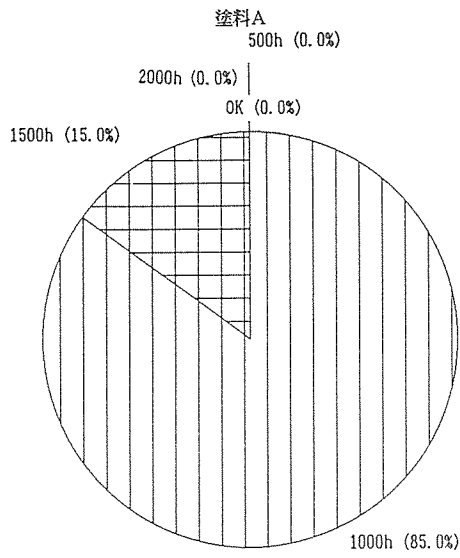
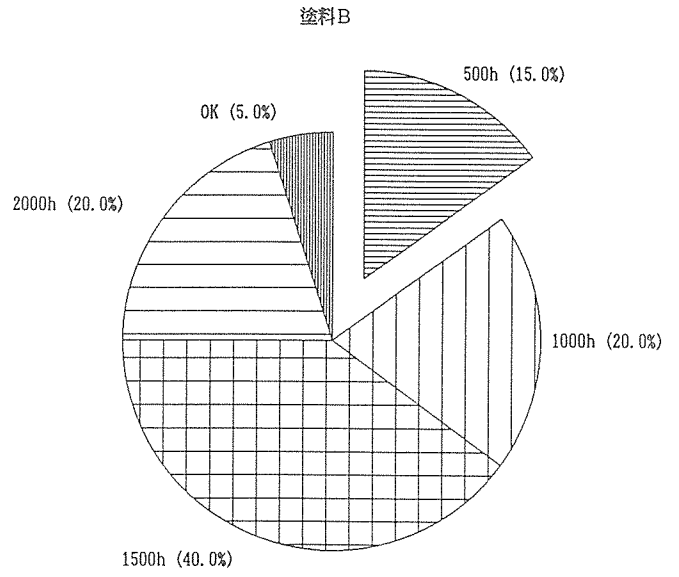


図1-4. 再塗装判定用写真(含浸型J~K: 促進暴露試験)

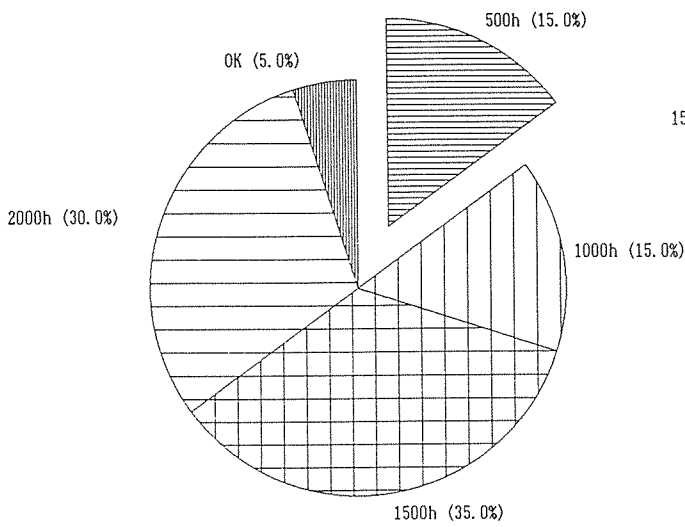
塗料別塗り替え時間目安



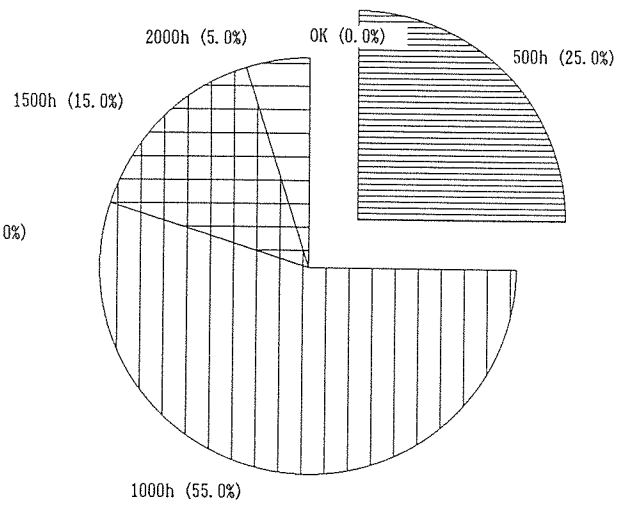
塗料別塗り替え時間目安



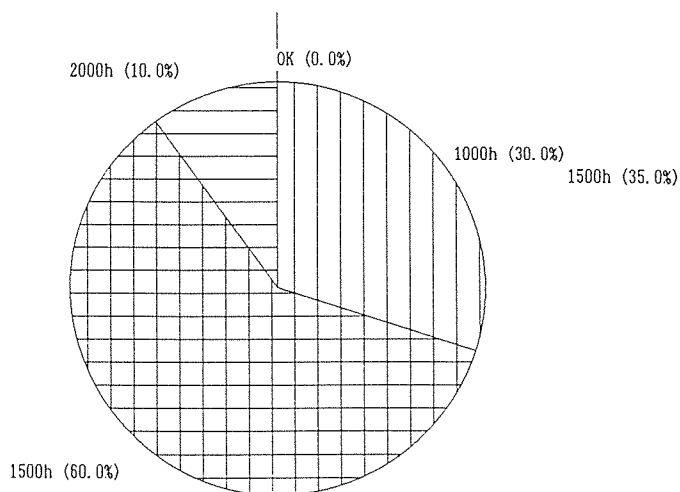
塗料C



塗料D



塗料E



塗料F

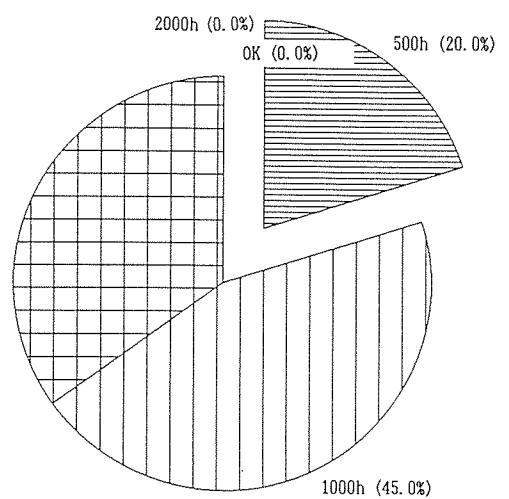
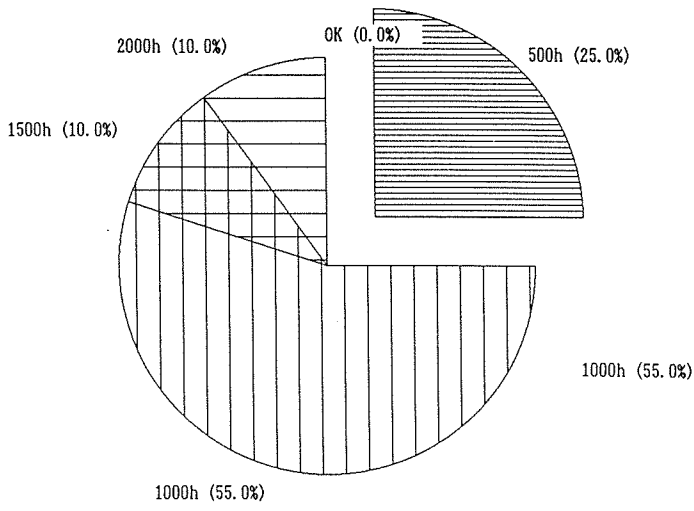


図 2 - 1 . 再塗装目安 (造膜型 A ~ F : 促進暴露試験)

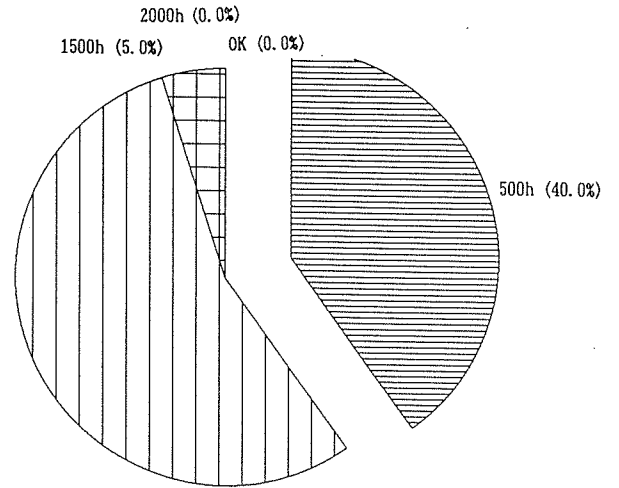
塗料別塗り替え時間目安

塗料G

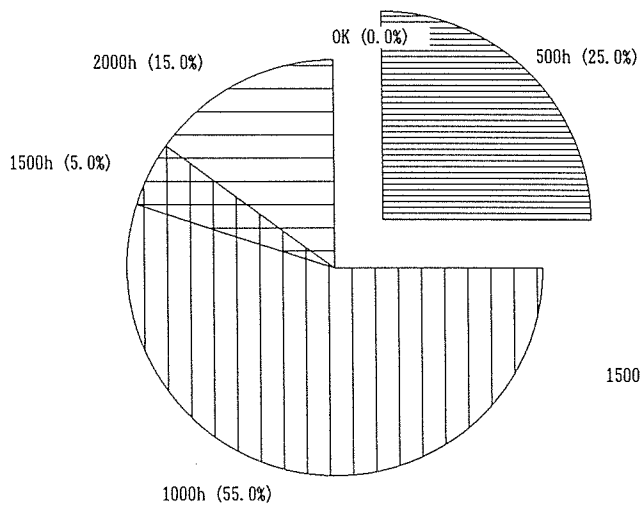


塗料別塗り替え時間目安

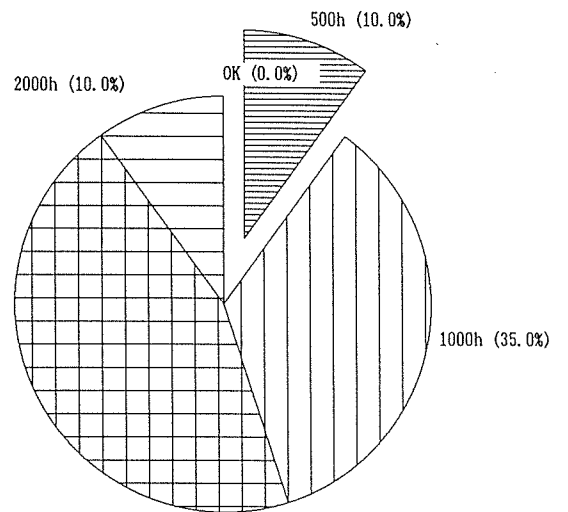
塗料H



塗料I



塗料J



塗料K

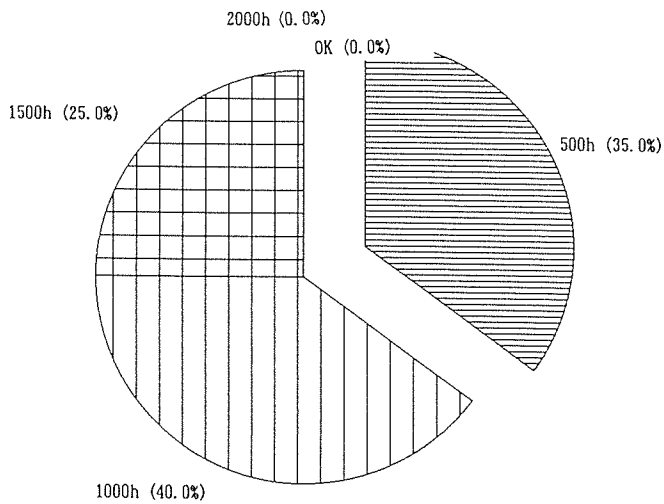


図 2 - 2 . 再塗装目安 (含浸型 G ~ K : 促進暴露試験)

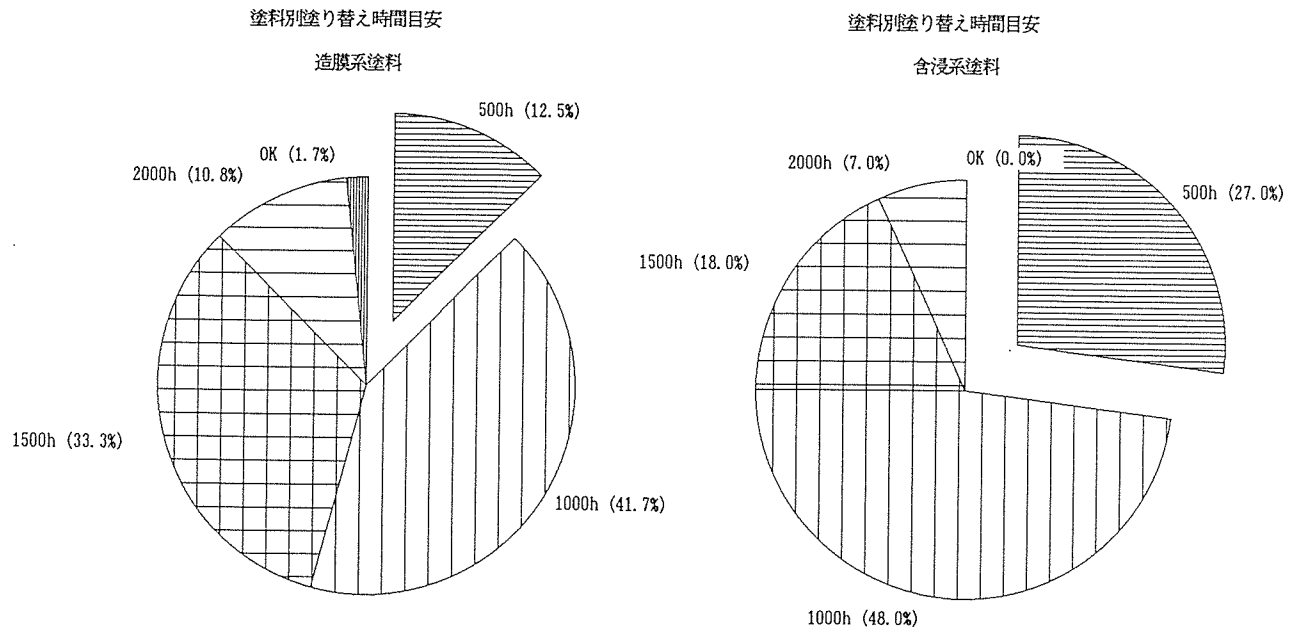


図 3. 造膜タイプ及び含浸タイプの再塗装目安

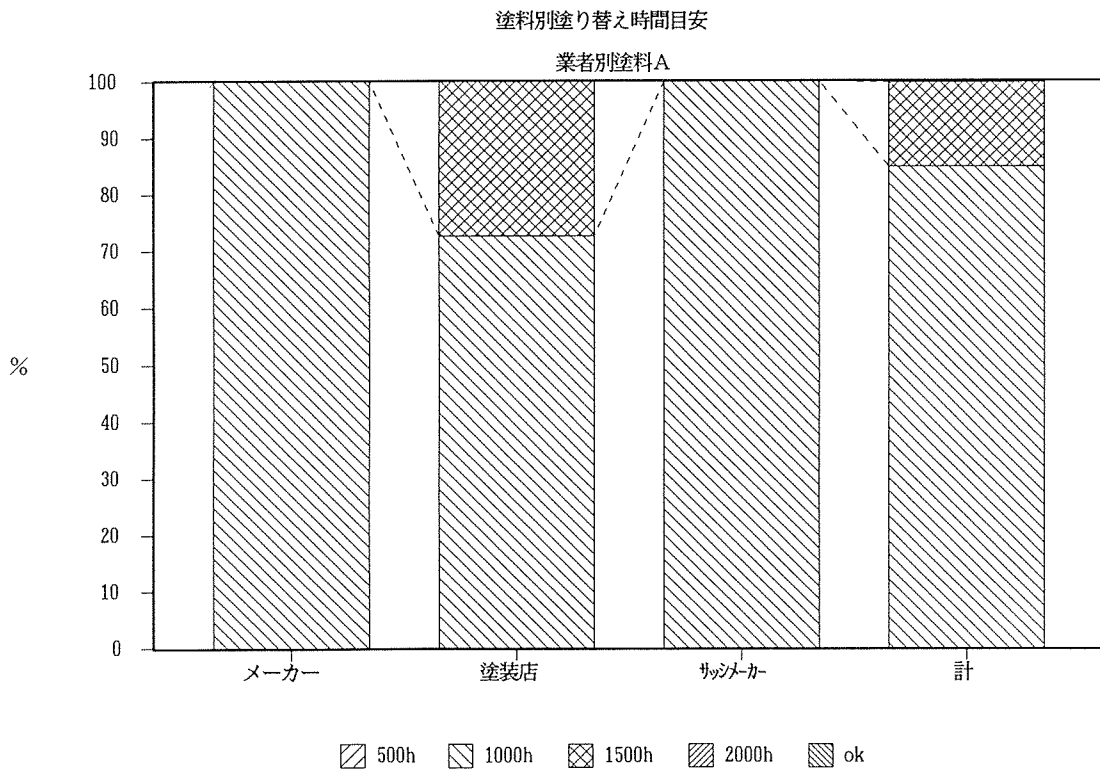


図 4 - 1. 塗料 A (造膜タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

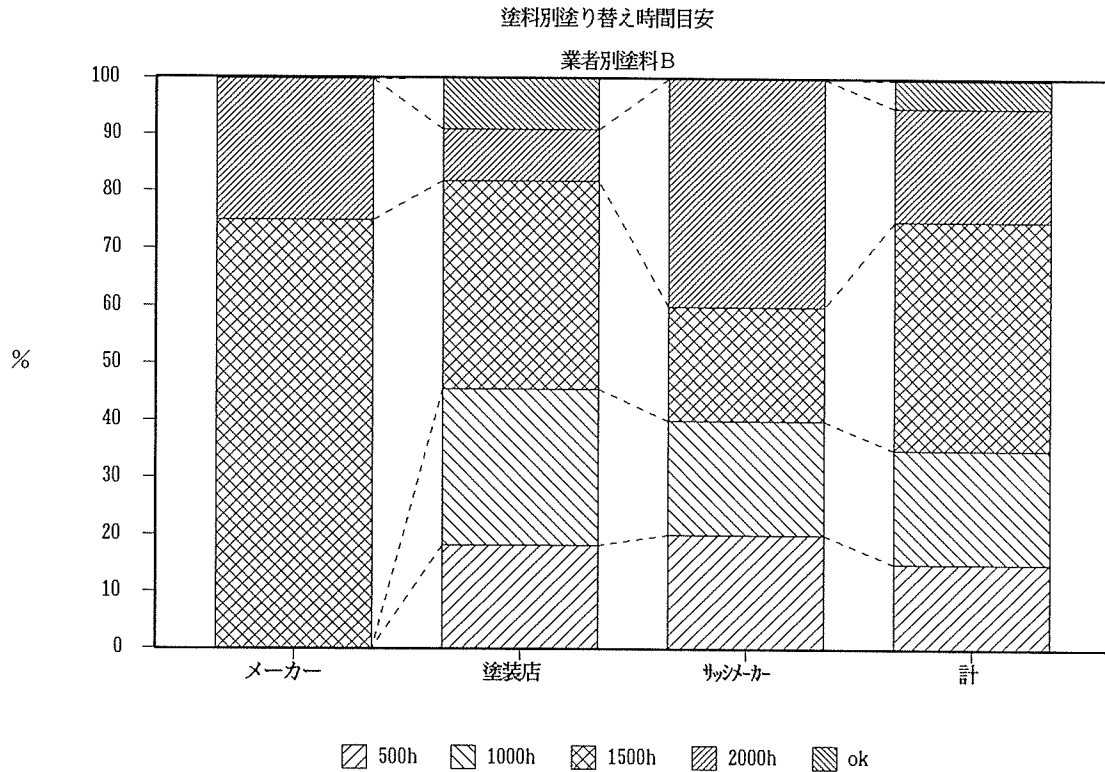


図 4 - 2. 塗料 B（造膜タイプ）における業者別再塗装目安の傾向

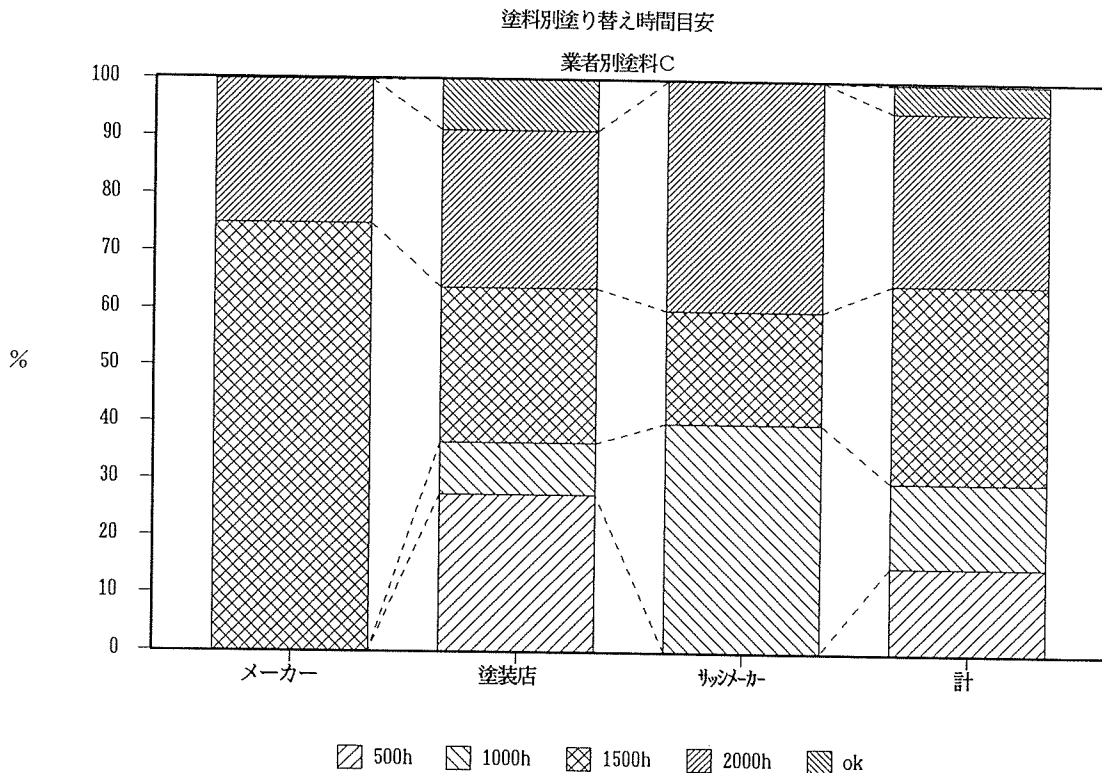


図 4 - 3. 塗料 C（造膜タイプ）における業者別再塗装目安の傾向

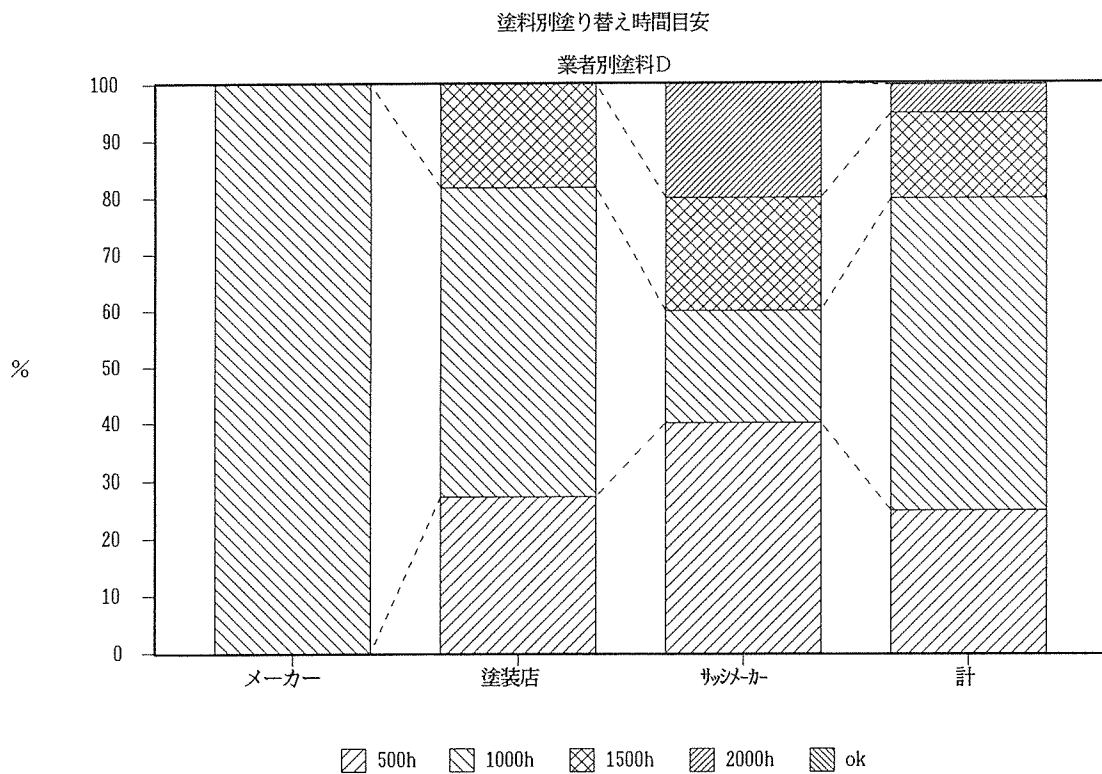


図 4 - 4 . 塗料 D (造膜タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

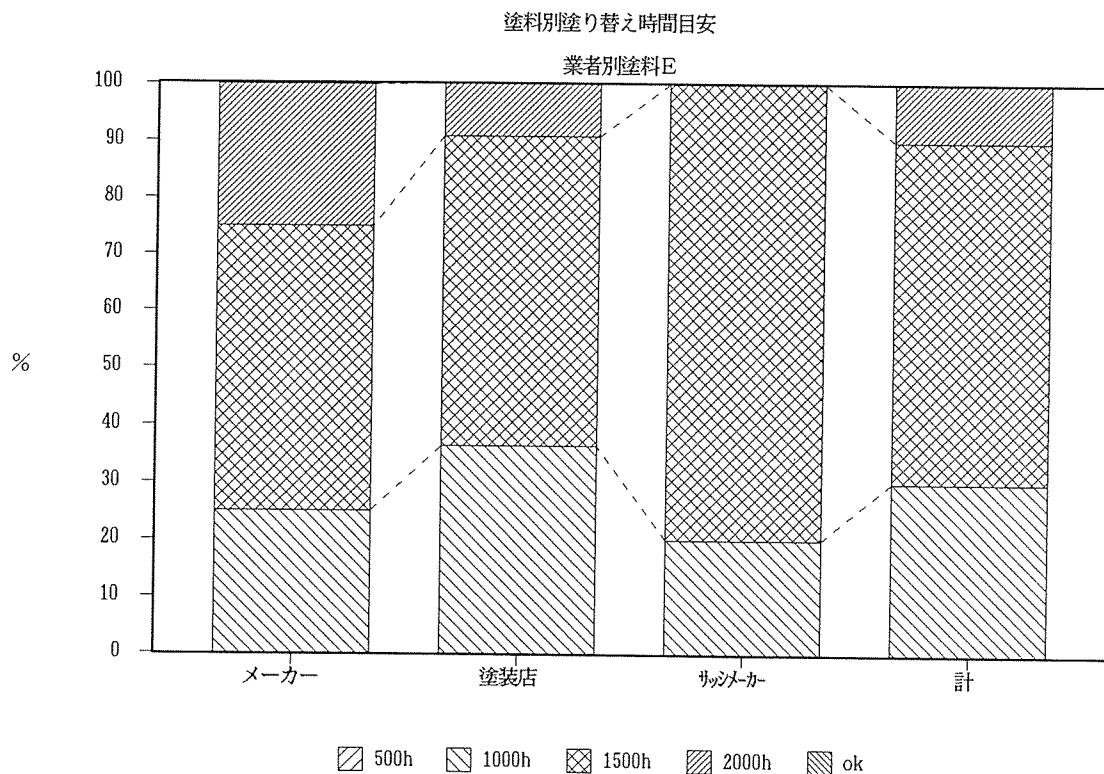


図 4 - 5 . 塗料 E (造膜タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

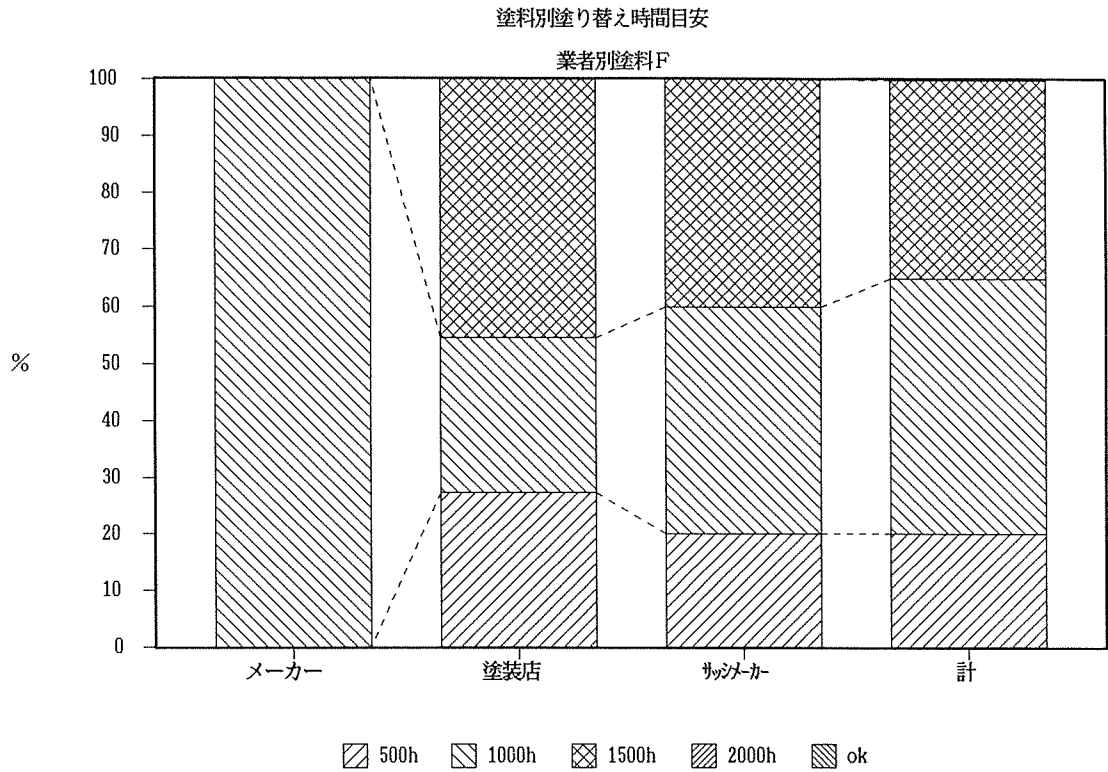


図 4 - 6 . 塗料 F (造膜タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

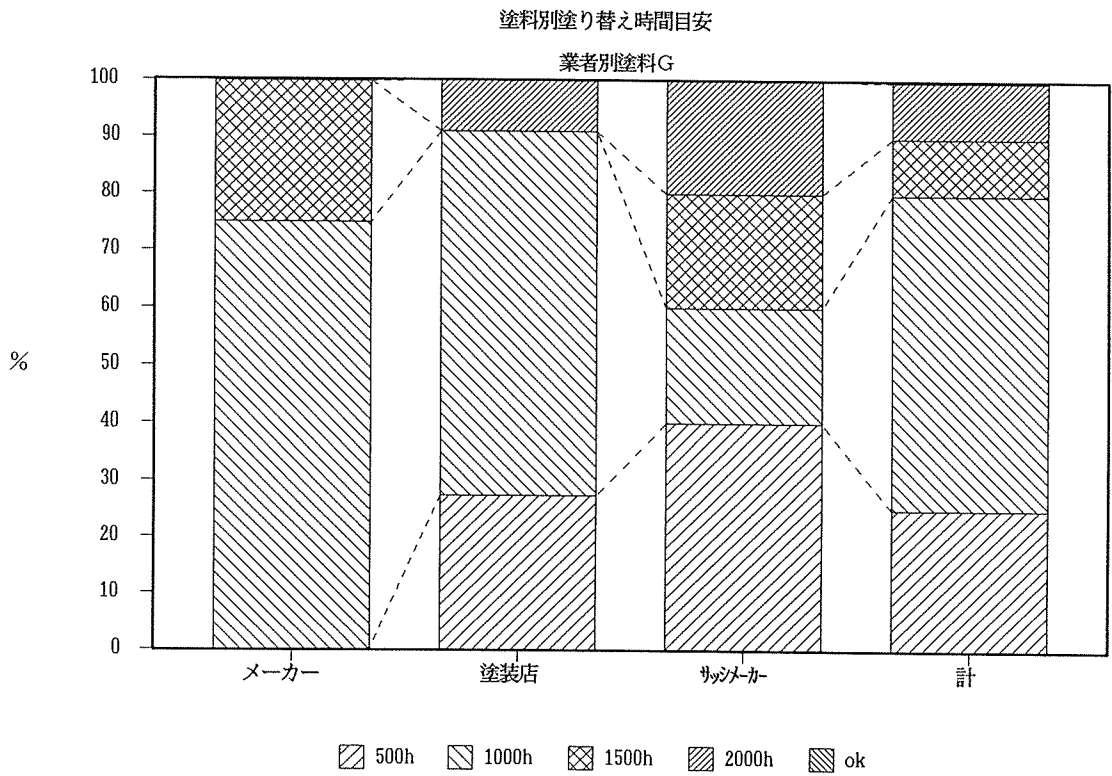


図 4 - 7 . 塗料 G (半造膜タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

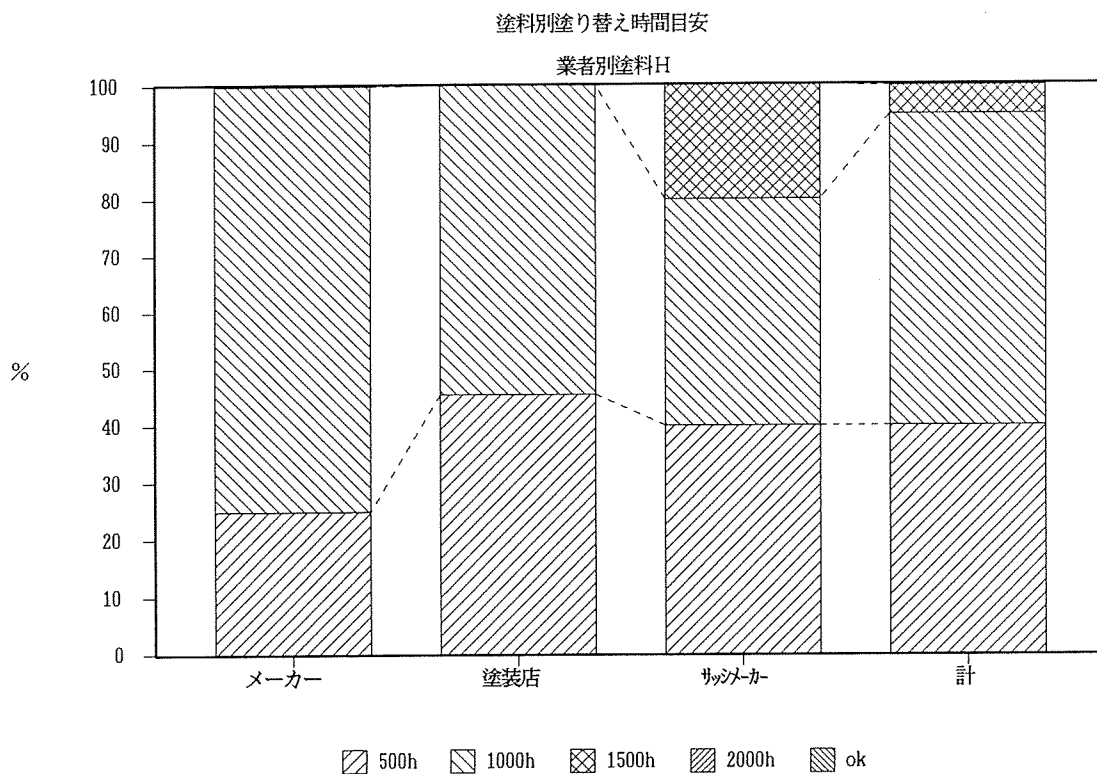


図 4 - 8. 塗料 H (含浸タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

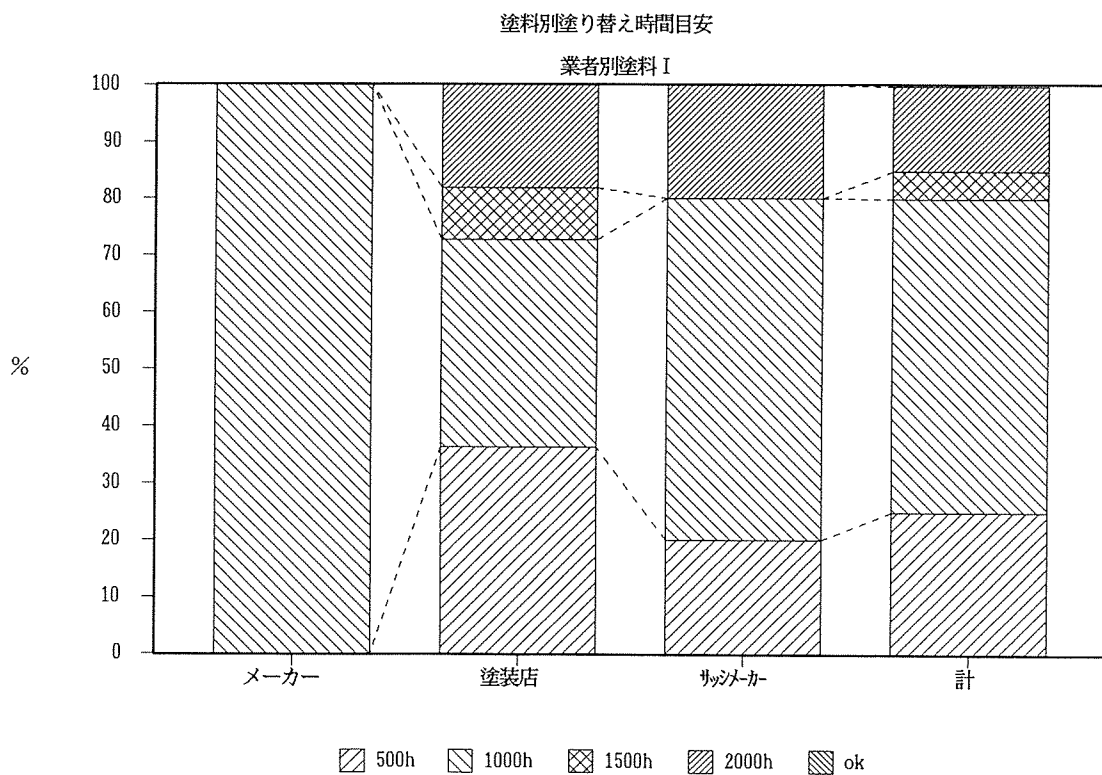


図 4 - 9. 塗料 I (含浸タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

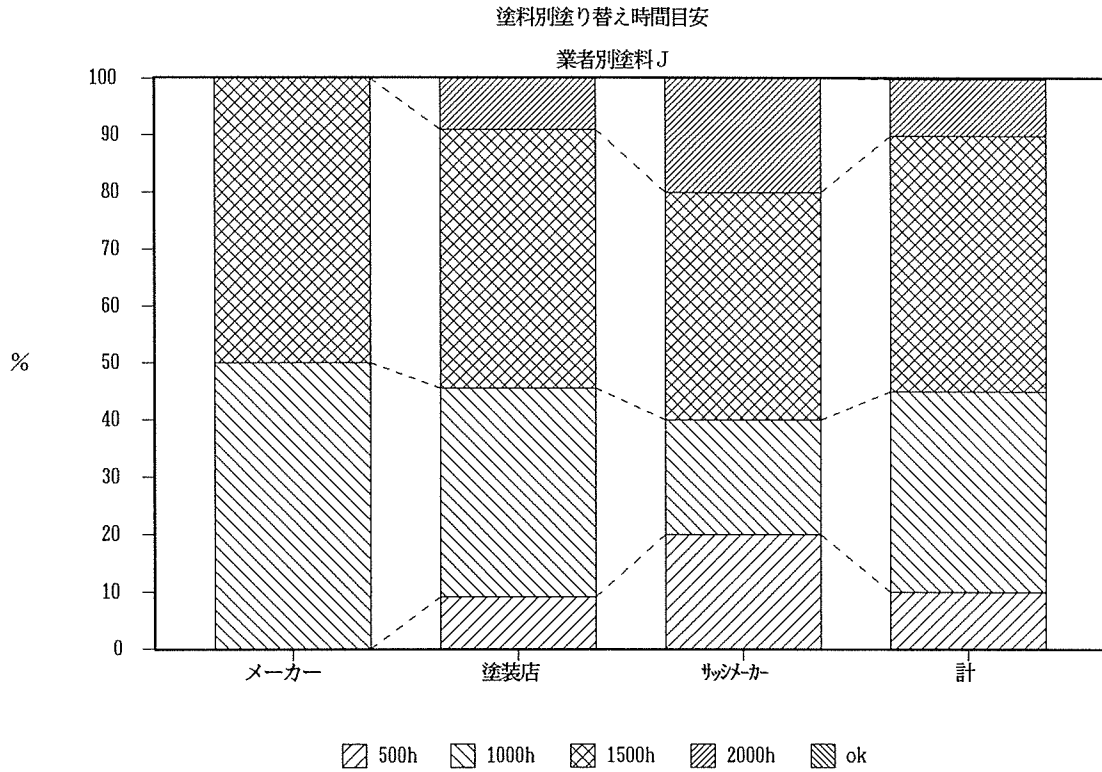


図 4 - 1 0 . 塗料 J (含浸タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

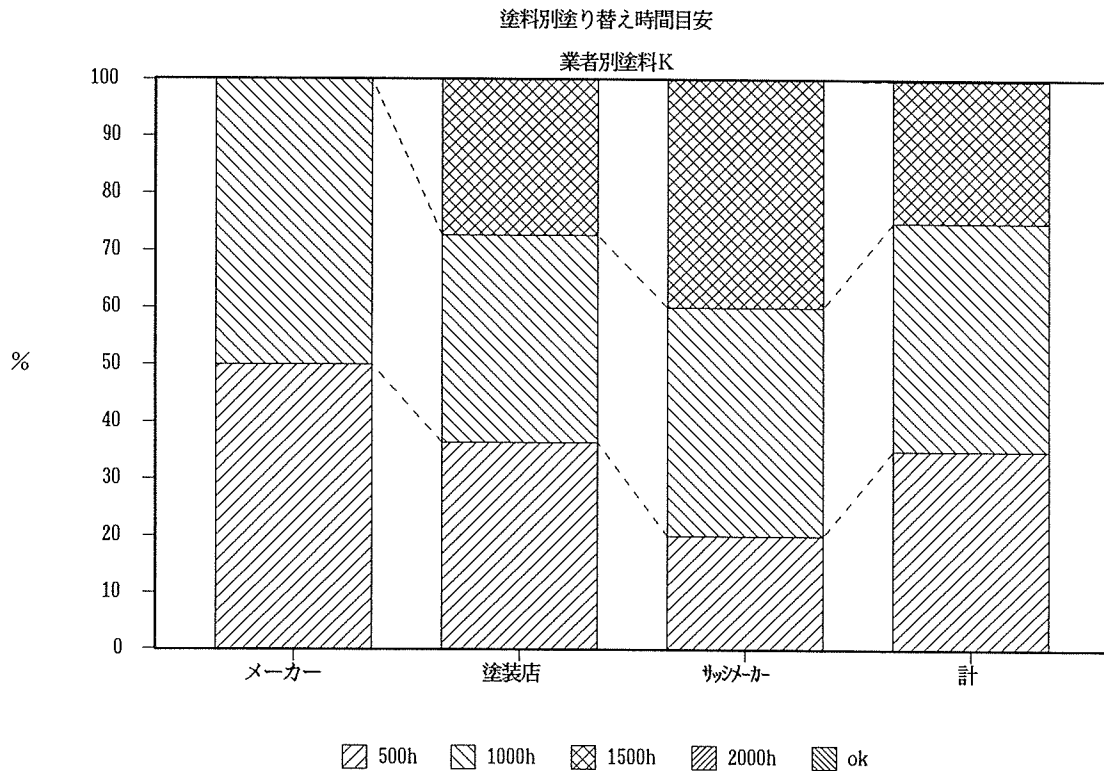


図 4 - 1 1 . 塗料 K (含浸タイプ) における業者別再塗装目安の傾向

第8章 木製サッシ再塗装の調査報告

最終年度の実施計画の一つに木製サッシ塗装メンテナンスのマニュアル作りがあり、作成時に参考にするために、現在実際に行われている塗装メンテナンスを調査した。

8.1 再塗装の時期

再塗装時期を決定する因子が大変複雑で、予算、美感、美感上外壁との釣り合いなどによって再塗装が行われている。

塗装業者は、再塗装費用が比較的やすく、新設時の美感に近付けることが可能でしかも再塗装後の塗膜寿命を延ばすことができ、木製サッシ自体が痛んでいない2年後ないし3年後を希望している。

実際に行われている再塗装時期は、5年後から10年後が普通である。また塗装業者が行う場合は、建築物の外壁の再塗装と同時に行うのが一般的である。

10年後の再塗装では、塗装前処理に複雑な処理を必要とし、経費が高く、新設時の美感に戻すことが困難である。

8.2 塗装前処理

前処理の方法は、旧塗膜が造膜タイプか含浸タイプか、劣化の程度、汚れの度合い、木製サッシ自体の劣化程度などによって異なっている。

一般的な前処理は、塗装後相当の年数を経過しているので、塗膜は一部剥がれ、着色が退色し、かびによる汚れが激しい場合が多い。そのため、複数の前処理が行われる。

① 造膜タイプの場合は、残存する塗膜を塗膜剥離剤で除去する。

② かびによる汚れ、木材のやけ、やにの変色等は漂白剤で除去する。激しく劣化した造膜タイプの塗膜、含浸タイプの塗膜は塗膜剥離剤を使わなくても漂白で除去できる場合がある。

③ 漂白剤、汚れ、劣化した塗膜を除くために、硬いブラシを使い水洗する。高圧洗浄ができるときは使用し、作業能率をあげている。

④ 乾燥させるために約1週間放置する。

⑤ 木製サッシに毛羽たちが激しい、部分的に塗膜が残っているまたは汚れが残っているときはサンドペーパーで除去する。

8.3 塗装

ほとんどの場合、刷毛塗りによる現場塗装なので含浸タイプの木材保護着色塗料が多く使われる。

塗料がクリヤーの下塗りと着色半透明の上塗りに別れているタイプでは、下塗り1回、上塗りを1～2回塗布する。このタイプは着色むらを防ぐのに効果がある。

着色半透明の上塗りだけのタイプは、これを2～3回塗布する。

第9章 木製サッシ用新塗料の開発

9.1 試験の概要、試験方法

今年度は効果的な発水剤を探すのを主目的に試験を進めた。

木材保護着色塗料のタイプは、塗りやすさ、再塗装の難易、屋外使用時の劣化による美感低下などを考慮して、含浸タイプに的を絞って試験を進めた。

(1) 試験体

5種類の発水剤について、塗料への添加量、発水剤の組合せ、展色剤の樹脂との組合せを変えて木材保護着色塗料を製造した。

(2) 塗装試験

発水剤単体の場合、添加量を5段階に増加させ、木材保護着色塗料に配合し、木材に塗布して塗装性を試験した。

発水剤を組み合わせる場合、2種類から5種類まで組合せを変えるとともに、配合量も変化させ、塗装性を試験した。

展色剤の樹脂は、最も多く木材保護着色塗料に使われている長油型アミノアルキド樹脂を使い、これに上記条件の発水剤を配合し、塗装性、発水性、暴露による劣化性を試験した。

(3) 促進暴露試験および屋外暴露試験

塗装性試験に合格した試験体を促進暴露試験および屋外暴露試験を行った。

9.2 試験結果

(1) 塗装試験結果

発水剤を単独に配合する場合、全ての種類は5%を越えると塗装性に問題が生じた。例えば、塗料のはじきを生じ塗膜にクレーターができる種類、塗料中の顔料の分散性が悪くなる種類などがあった。

発水剤の種類によって差があるものの、一般的に配合量が増加するに従い塗装作業性や塗膜の仕上がり具合が低下した。

(2) 発水性試験結果

各暴露試験前の発水性能は、全ての種類において発水剤配合量の増加に従い向上した。この結果の傾向は、発水剤単独も数種類混合した発水剤でも同じであった。

発水剤配合量2～3%までは、配合量と発水性が直線の比例関係があった。3%を越えると発水性の向上が鈍り、約5%の配合量でほぼ飽和する。

発水剤を塗料に配合した試験片では、塗料中の樹脂の発水性との総合作用になり、発水剤配合量2～3%で発水性能がほぼ飽和した。

(3) 促進耐候性試験および屋外暴露試験結果

促進耐候性試験は1000時間後、屋外暴露試験は1年後の結果である。

結果を要約すると、発水剤単独では、配合量3%以下の試験片は各暴露試験によって発水性が約40%に低下した。

数種類の発水剤を組合わせた試験片は、発水剤単独より発水性の低下を防ぐことができた。

発水剤を木材保護着色塗料に組合わせた試験片は、配合量3%で発水性が約80%の低下であった。

発水剤4種類を組合せ、総量7%を木材保護着色塗料に配合した試験片は、暴露による発水性の低下がみられなかった。

(4) まとめ

発水剤配合量はある量を越えると塗装作業性、塗膜の仕上がりに悪い影響を与える。

発水剤1種類より、数種類組合わせることによって暴露による発水性の低下を防ぐことができる。

木製サッシに高い発水性を付与することは、窓枠の狂いを防ぎ、防腐、防蟻、防かび効果を物理的に向上させるので大変重要である。

特に、屋外暴露による発水性能の低下を防ぐ効果的な処理を研究しなければならない。その際、発水性と塗装作業性は相反する関係にあるので、木材保護着色塗料との組合せによって塗膜の仕上がり性と発水性を向上させる必要がある。

第10章 わかりやすい塗膜耐久性試験結果の表示法

10.1 わかりやすい表示法の必要性

本事業で行なわれている各種試験の結果を木製サッシのユーザー、メーカー等多くの人に利用、活用してもらうためには試験結果の表示が数値の羅列であってはならない。

試験結果を正確に実験者の主観が入らない方法で表示するためには、数値の表現が最も正確である。しかし、この表示では一般の人に判断できない短所がある。

試験結果が多くの人理解され、実用に際して塗料の選択、メンテナンス時期の判断、塗装設計に役立つ試験結果の表示法を作製する必要がある。

JIS, JAS規格に塗膜試験法および結果表示があるのは造膜タイプだけである。

しかる木製サッシ用塗料は、含浸タイプが主流をしめ、造膜タイプも使われている。このように極端に異なる目的で作られた塗料を同一の基準で評価することは問題が多い。

両タイプの塗料の試験法が規格にないので、次年度に新たに試験法を作るとともにわかりやすい耐久性結果表示法を制定する必要がある。

第11章 来年度の課題

平成7年度は、本事業の最終年度にあたり、新たに行う試験は再塗装試験のみで、上記の継続している各種研究を終了させ、早期に取りまとめを行う。

各種試験結果、各試験結果間の相関等を参考にして、本事業の最終目的である木製サッシの塗装仕様書、塗装メンテナンスの仕様書、塗膜試験規格およびそれぞれの解説書を作製する。