

高機能ガラスフレーク

同志社大学工学部 奥田 聡

1. 緒 言

ガラスフレークは厚さ約1~5 μm 、直径約45~3000 μm の鱗片状のガラスをいう。

ガラスフレークをファイラーに使用した樹脂ライニングはフレークライニングと称され、ガラスフレークが数十から数百層、ライニング膜内に平行に分散配列して層状構造を形成し、環境剤の浸透をその遮蔽効果により効果的に阻止することにより、きわめて優れた防食効果を発揮することができる。

ガラスフレークはまた、ライニング材としてのいわゆるバリアー効果(遮蔽効果)のほかに、粒子分散系複合材料として、マトリックス樹脂の機械的性質を強化する働きも持っている。そのほかに、線膨張係数などの物理的性質の改善に多くの優れた特性を有する。

ここでは、フレークライニングの性能に及ぼす諸因子について述べ、その寿命について考え方、さらに応用例について紹介したい。

2. フレークライニングの防食性能の評価

2.1 ガラスフレークの種類

表1に試験したガラスフレークの種類を示す。一般に標準品としてはCガラスフレーク150#(メッシュ)(CCF-150)が用いられる。CガラスフレークはEガラスフレーク(CEF)に対して優れた耐酸性を有するので、耐食分野では専らCガラスフレークが用いられる。また図1は3種のガラスフレークの粒度分布を示す。

2.2 試験片

環境剤の浸透・透過に対するライニング材の抵抗性を調べるための試験片としては80×80×3mm(厚さ3mm)の炭素鋼板の片面をサンドブラストにてWhiteの状態まで処理後、スプレーまたはコデ塗りで、表面処理済みのガラスフレークを所定量(30wt%が最適と考えられる)充てんしたビニルエステル樹脂(リポキシR-806[®])を塗布したものをライニング試験片として用いた。膜厚は電磁式膜厚計によってライニング皮膜の10

表1. ガラスフレークの種類

品 種	CCF-048 (CEF-048)	CCF-150 (CEF-150)	CCF-325 (CEF-325)	
ガ ラ ス 組 成	含アルカリガラス(無アルカリガラス)			
真 比 重	2.52(2.60)			
厚 さ (μm)	約3			
粒 度 分 布 (%)	#10 オ ン	0	0	0
	#10 ~ #48	80以上	5以下	12以下
	#48 ~ #100		70以上	
	#100 ~ #325	20以下	25以下	88以上
	#325 バ ズ			
平均フレーク径(μm)	約600	約140	約40	
嵩 密 度(g/cm^2)	0.30	0.80	1.15	

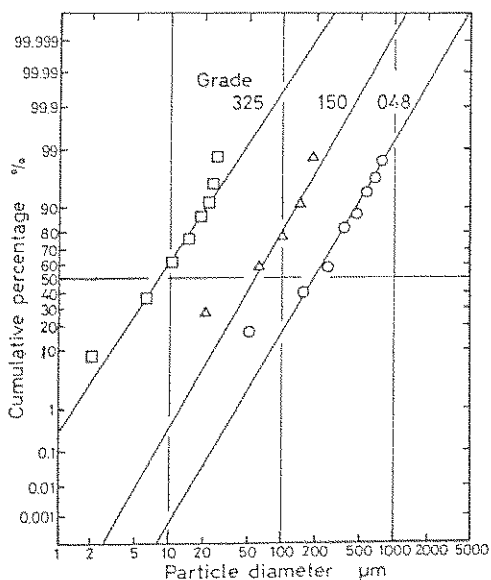


図1 ガラスフレークの粒度分布

ヶ所を測定し、その平均値をもつて膜厚とした。試験片はデシケーター中に室温で2週間以上保存した後、実験に供された。

2.3 実験装置

図2および図3に示すような片面浸漬試験装置

- ① Environmental liquid
- ② Glass cell
- ③ O-ring
- ④ Viton® rubber
- ⑤ Lining specimen
- ⑥ Teflon® mat
- ⑦ Clamps

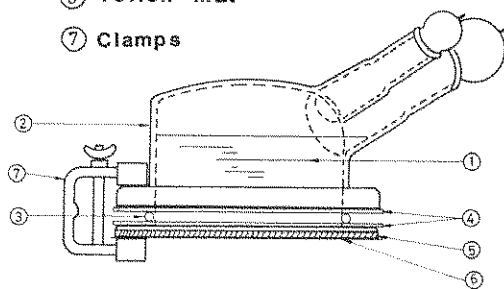


図2 片面浸漬装置

および図4に示すような温度勾配下での浸漬試験装置がライニングの浸透試験には最適であると考えられる。図3は電気的測定の場合の電極の封入の状態を示す。なおこのような試験方法の基準として、樹脂ライニング工業会基準：PLAS-7-87、樹脂

- ① Environmental liquid
- ② Pt wire electrode
- ③ Viton® rubber
- ④ O-ring
- ⑤ Glass cell
- ⑥ Teflon® mat
- ⑦ Lining specimen
- ⑧ Clamps
- ⑨ M type connector
- ⑩ Electrometer

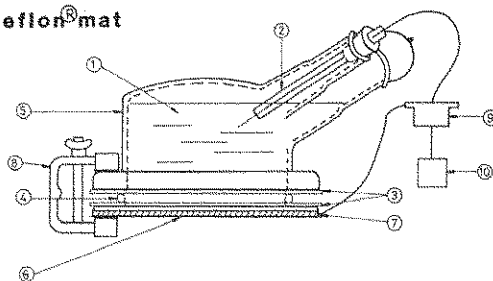


図3 片面浸漬による電気的特性試験装置

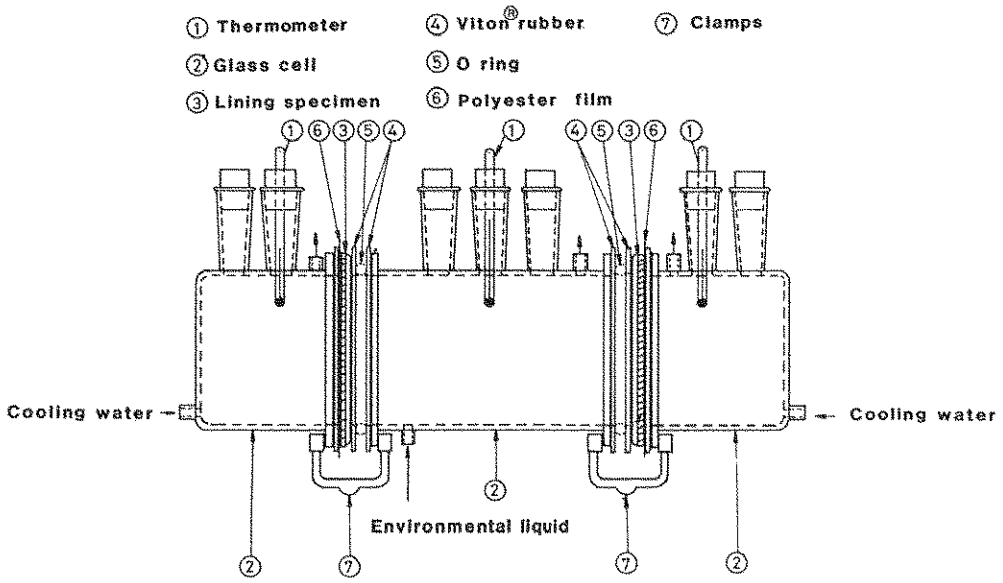


図4 温度勾配下のライニング材の浸透試験装置

ライニングへの環境剤の浸透試験法⁶⁾がある。

またその試験片を前述のような寸法にすることにより 200 g 以下の重量とし (精密天秤の最大秤量は 200 g であることにより), 天秤による重量変化の時間的経過を両対数紙上にプロットするこ

とにより, 図5に示すように三期に分けられる浸透拡散過程が一般に見られる。

2.4 フレークライニングへの環境剤の浸透特性

通常の樹脂単体のライニングにおける浸透特

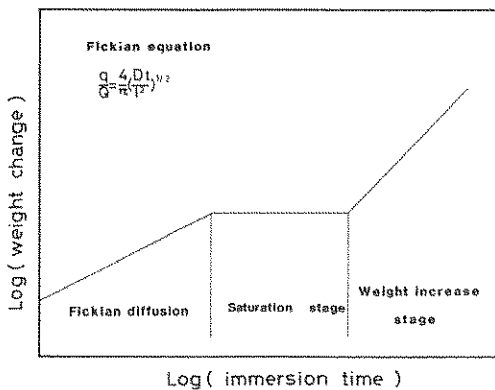


図5 ライニング膜の吸水による重量変化曲線の log-log 表示

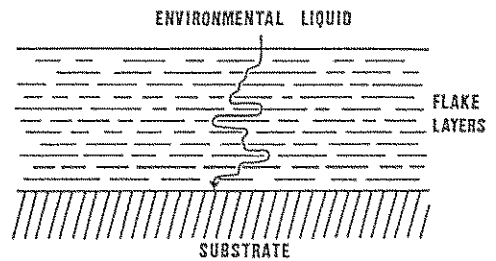


図6 フレーク充填層中の環境剤の浸透様式の模式図

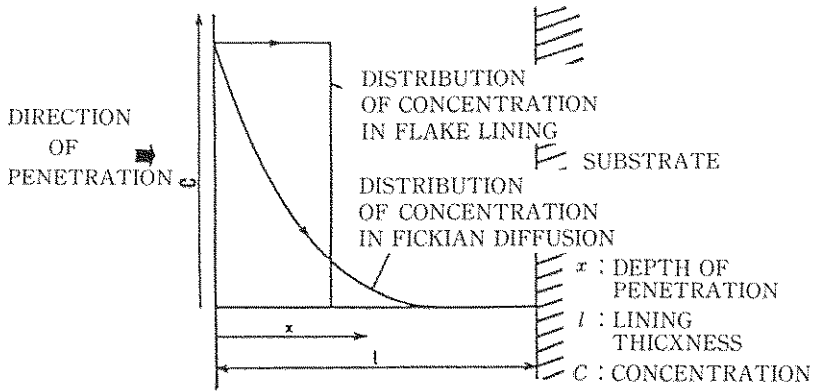


図7 フレークライニングの取着濃度分布様式とフィック拡散による場合の濃度分布様式の比較

性・拡散に比べて図6に示すように、環境剤はフレークを回しながら浸透していくことから、図7に示すようにフレークライニング独特の浸透剤の膜中の濃度分布になると考える。すなわち分散配向したフレーク層間のマトリックス樹脂層がそれぞれ飽和濃度に近い濃度まで飽和しながら内部へ浸透していくので、その濃度分布は一定の濃度で浸透する箱型に近い濃度分布を示し、取着量もフィック拡散の場合よりも大きい。

2.5 片面浸漬試験結果

図8に40°C蒸留水の三種ライニング厚さの試験片に対する試験結果を示す。また図9および図10は同様に60°Cおよび80°C蒸留水の結果を示す。フレーク充てん率0%のものに対してフレーク充てんによってライニング材の浸透に対する寿命が延びていることがわかる。重量変化曲線からの寿命は一応第II期 (saturation stage) の最終の時間であり、第III期 (weight increase stage) に

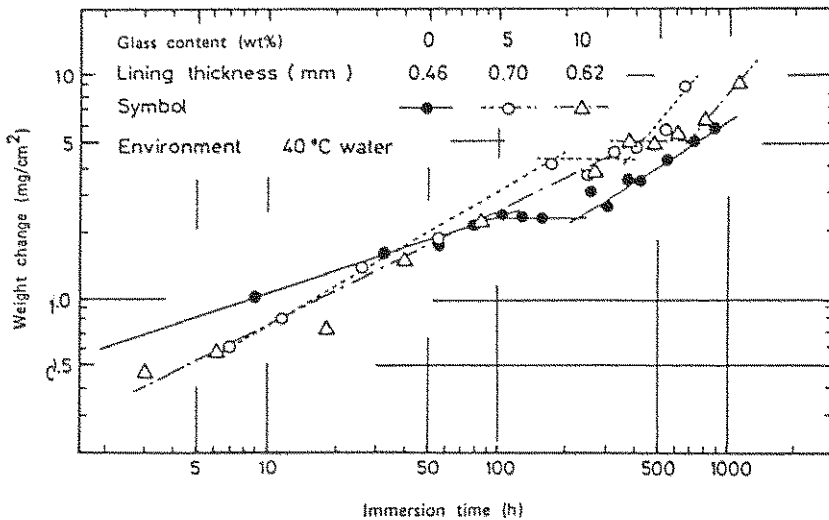


図8 フレークライニングの浸漬試験結果 (濃度40°C、マトリックスはビスフェノール不飽和ポリエステル)

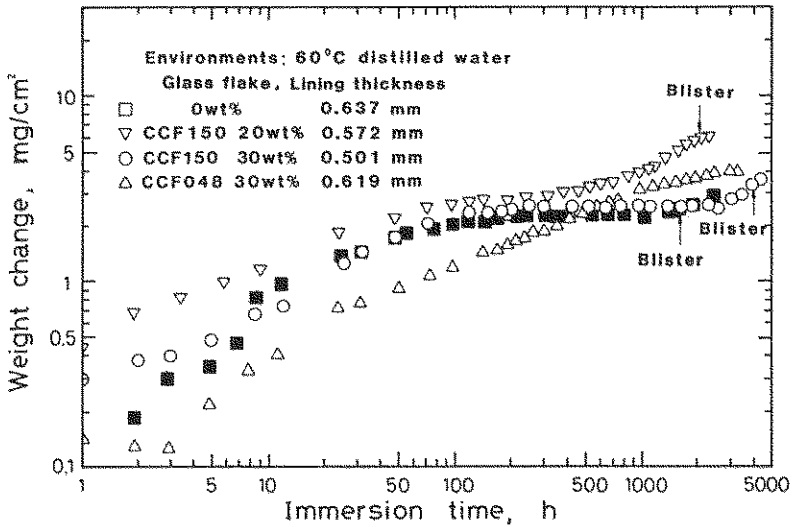


図9 ビニルエステル樹脂/ガラスフレークライニングの60°C蒸留水による重量変化曲線

おいては下地金属の腐食、ふくれの発生などにより重量の急速な増加が現われる。

図11は第I期(Fickian diffusion)における拡散係数とフレーク径との関係を示す。フレーク径は大きいほうが遮蔽効果が大いことがわかる。図12は飽和吸水量とその飽和に達するまでの浸漬時間の関係を示すが、膜厚、温度にかかわらず浸漬時間が大きいほど飽和吸水量は大きい。

2.6 温度勾配下での浸漬試験結果

ライニング層中に温度勾配が環境剤の拡散と同

方向に存在すると、異常に速く浸透拡散する。従って促進試験法としてもこの方法を用いることができる。

図13は40°-20°C, 図14は60°-40°Cの温度勾配下のフレークライニングの重量変化曲線を示す。

2.7 フレークライニング層への浸透剤の濃度分布

フレークライニング層への浸透による環境剤の濃度分布をX線マイクロアナライザーを使用し

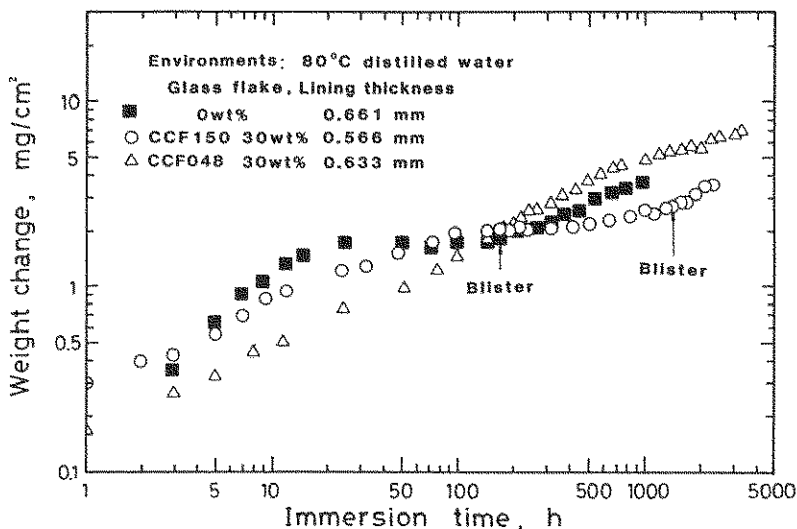


図10 ビニルエステル樹脂/ガラスフレークライニングの80°C蒸留水による重量変化曲線

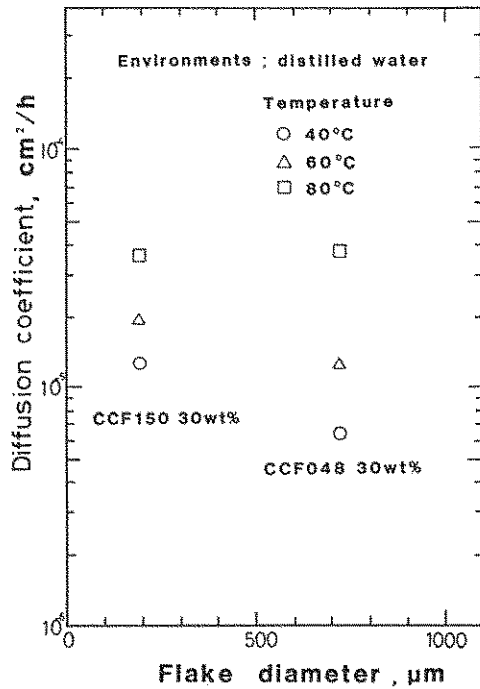


図11 フレーク直径と拡散係数の関係

て検査した結果を図 15⁹⁾に示す。長時間塩酸中に浸漬した試料中への塩素イオンの浸透はガラスフレーク充てん不飽和ポリエステルの場合、阻止さ

れていることがわかる。

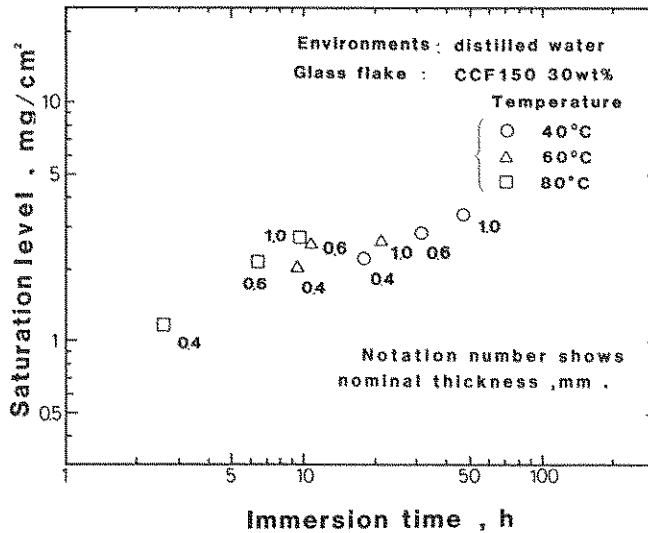


図12 飽和水量の膜厚、温度との関係

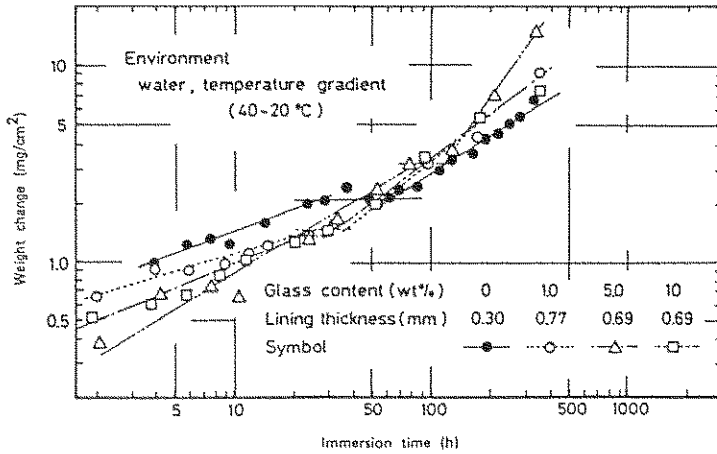


図13 フレークライニングの温度勾配下での重量変化曲線 (温度40~20°C、ビスフェノール型不飽和ポリエステル)

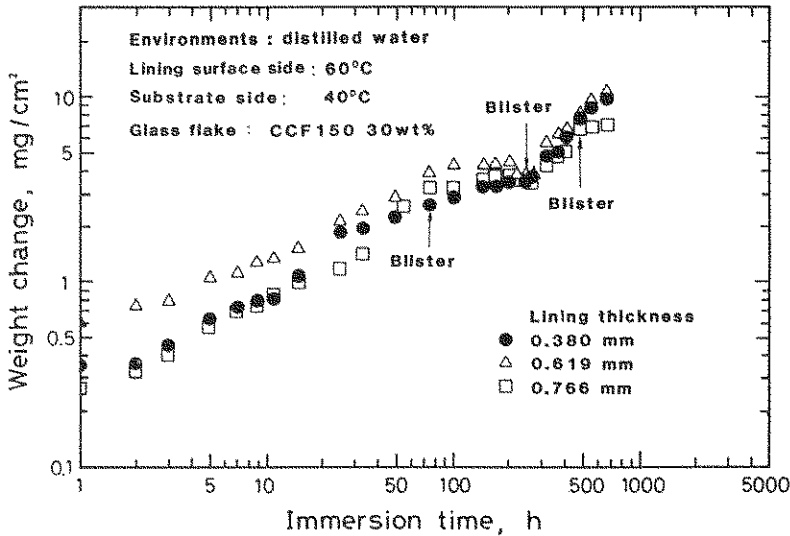


図14 フレークライニングの温度勾配下での重量変化曲線 (温度60~40°C、Cカガラス150Mesh 30wt%/ビニエステル樹脂)

3. フレークライニングの機械的性質

ガラスフレーク充填のフレークライニングは環境剤の遮蔽効果とともに、粒子の分散系複合材料として機械的性質を改善する働きも持っている。不飽和ポリエステルライニング膜の機械的性質に及ぼすガラスフレークの影響を調べた坪田ら²⁾の実験によると、シランカップリング剤で表面処理したガラスフレークを使用した場合、図16²⁾およ

び図17²⁾に示すように、ガラスフレークの充填量が増加するにつれて、キシレンおよび水に対する膨潤度は低下し、抗張力は増加することが報告されている。

古谷ら³⁾は樹脂の配合組成と硬化膜の性能を調べ、ガラスフレークの充填量の増加に従って硬化膜の弾性率が増加することを報告している。

さらにフレークを充填することは、膜の膨張係数を低下させる効果がある。鋼の線膨張係数は1.1

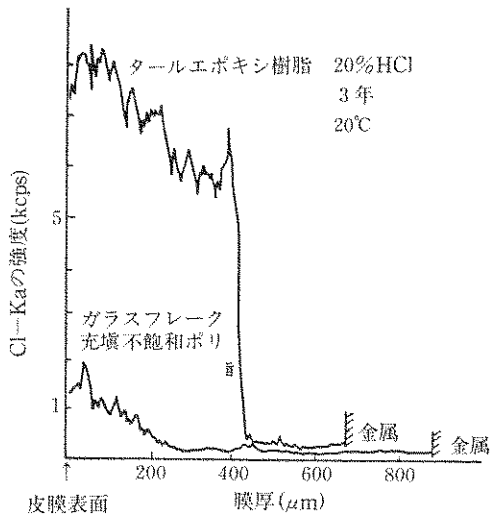


図15 3年間塩酸(20%)に浸漬した膜中のCl⁻濃度

$\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, またコンクリートのそれは $1.4 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ であるのに対して, 樹脂単体の線膨張係数は $4 \sim 30 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ と大きい差がある. 温度変化が大きい場合には膜の割れや接着の剝離など問題が起きやすい. フレークライニングの線膨張係数は $1.5 \sim 3 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ と下地材料と近い値を示し, それだけライニング特性が改善されたものになることが期待される.

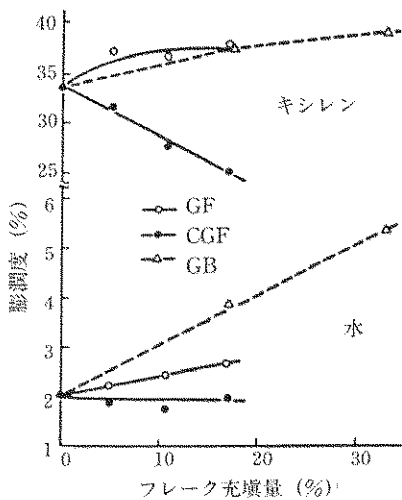


図16 フレーク充填量と膨潤度との関係
 GE : 未処理ガラスフレーク
 CGF: シランカップリング剤処理ガラスフレーク
 GB : 未処理ガラスビーズ

4. フレークライニングの応用例と耐用年数

一定の環境条件下で, ライニング材の寿命に大きい影響を与える因子としては, ライニング厚さと温度とがある.

図18は北海油田の海中構造物の期待寿命と膜厚との関係を示す, 20年ないし25年の以上の寿命を持たせるためには, 1mm厚さ以上のフレークライニングが有効なライニングであることがわ

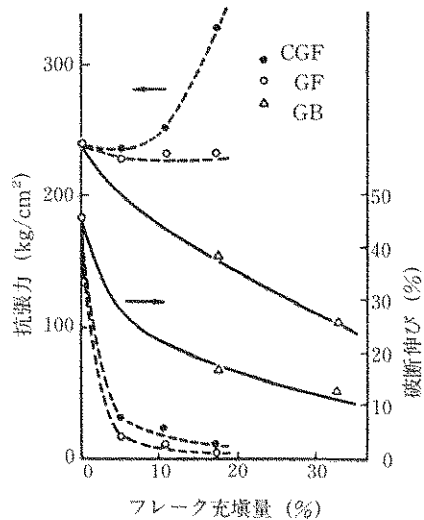


図17 フレーク充填量と機械的性質の関係

かる.

わが国においてはフレークライニングが公害防止の防食ライニングとして, 極めて高い信頼性をもって使用され, 特に排煙脱硫装置の内面ライニングとして防食用実績はすでに20年に達する.

海上長大橋の耐久性塗装として, サンフランシスコの金門橋の3年間にわたる評価実験がある. すなわち1976年に金門橋の 2250 m^2 の部分がガラスフレーク/ポリウレタンライニングが施工され, 3年間の実験で他の8種の材料よりもすぐれた耐久性が示された.

その他, 原油タンクの底板の防食コーティング, 船舶・交通機関などに広く用いられる傾向にある.

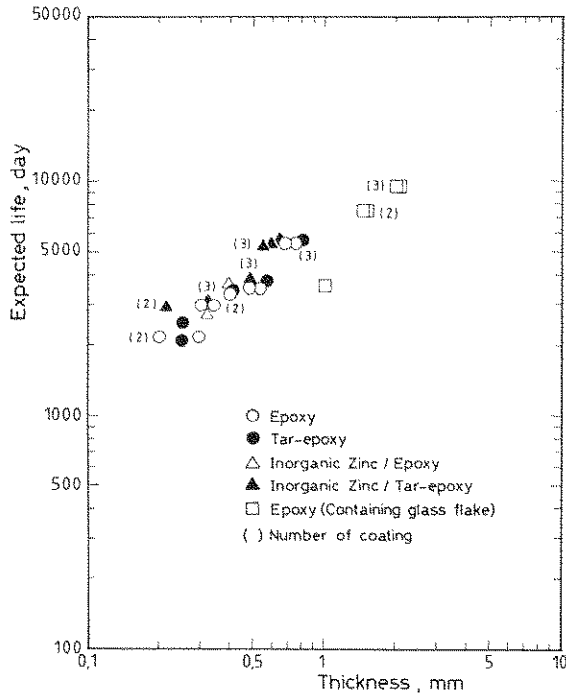


図18 海中構造物(防食併用)コーティングの期待寿命

5. 結 言

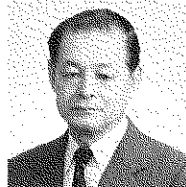
52, 553 (1979)

ガラスフレークライニングが信頼性の高い、耐久性ライニングとして期待されているが、フレークライニングの性能に及ばず諸因子について述べ、さらに寿命についての考え方、環境剤の浸透に対する試験、評価の方法について述べた。また応用例の一部について報告した。

〔参考文献〕

- 1) 多記 徹, 田辺弘住, 辻 敏幹, 篠原稔雄: 色材, 56, 22 (1983)
- 2) 坪田 実, 植木憲二: 色材, 55, 69 (1982)
- 3) 古谷昭夫, 深原稔雄, 多記 徹, 山田正治: 色材,

〔著者紹介〕



奥田 聡

大正11年 島根県松江市に生れる。本籍：山口県，昭和20年 旅順工科大学機械工学科卒業，京都大学助手，講師を経て，昭和34年 助教授（工学部），工学博士，昭和35年 愛媛大学教授（工学部），昭和37年 同志社大学教授（工学部）現在に至る。昭和38年 同志社大学大学院工学研究科教授兼任，現在に至る。