技 術 解 説

◆複合塗装シリーズ (5/7)

非破壊方法による塗装金属の防食性評価

尼 子 宏*

Anti-Corrosive Evaluation of Coated Steel by Electrochemical Methods

Hiroshi AMAKO*

1. ま え が き

金属を腐食環境より保護する手段のうち、塗装は施工が容易で経済的であるという特長から今日でも代表的な防食手段とされている。塗装の目的は被塗物に保護と美観を与えることである。この両者の機能をより満足させるため、被塗物である金属表面に金属めっき膜・酸化

表1. 耐食性に関する因子

塗	料—組成, 分散
塗	装—乾燥, 環境, 塗装法
被塗物金属	—材質, 表面, 形状, 加工
塗	膜—力学的性質, 拡散, 重量変化, 可溶物
塗 装 金 属	—付着, 塗膜欠陥, 塗装系 腐食反応生成物, 加工
腐 食 環 境	—組成, 濃度, 温度 物理的力, 光
腐 食 形 態	—全面, 局部
管	理—補修, 塗替

表2. 耐食性評価値

目 視 評 価	—サビ幅, 点サビ面積, ブリスター, ワレ, 変色, ハク離
力 学 的 評 価	—剛性率, 伸び率, 網目密度, 硬度, 付着力, 内部応力, マーモール度, 衝撃度
分 析 的 評 価	—反応率, 分子量, 腐食量, 可溶物, 吸水量, 表面分析
電 気 的 評 価	—膜厚, ピンホール
透 過 性 評 価	—透過速度: 浸透圧
電 気 化 学 的 評 価	—交流抵抗, 静電容量, $\tan\delta$, 時定数, 短絡電流, 電極電位, 直流抵抗, 分極挙動

皮膜・化成皮膜を形成させたうえ、下塗塗膜・中塗塗膜・上塗塗膜を施行する複合膜形成技術は向上しつつある。特に近年では耐食性の優れた鋼板の開発ということで防錆鋼板の研究が活発に行われている。

このように防食のための塗装系が複雑になるにつれ単体膜あるいは被塗物界面, 膜-膜間相互作用等, 各々の性能, 特長を明確にすることが必要となる。しかし, 従来の代表的評価方法である目視観察は, 美観という立場から評価するのであれば十分有効な評価方法であるものの, 保護という立場からでは不十分であろう。それ故, 防食性を科学的に表現することが望まれる。

近年塗装鋼板の腐食-防食機構を科学的に知る手段として電気的測定方法が応用されるようになった。ここでは, 塗装された金属に対する電気的測定方法による耐食性評価方法とその測定事例について記する。

2. 耐食性の定義

塗装された金属の性能を左右する因子は多く(表1), その性能を評価する方法としては現在のところ表2に示すように官能的, 定量的等と多種多様であり, 「耐食性」を一義的に定めることは難しい。しかし, 塗装の目的からすれば「被塗物を主体とした腐食-防食反応の挙動から塗膜の被塗物に対する耐食性寄与を論ずる」ことが望ましい。そのためには, 耐食性の評価に当たり耐食性の意味するところを理解することに留意しなければならない。例えば, 被塗物の強度(評価値: 腐食速度, 孔食速度, 割れ時間等)が重視される場合と塗装面上のサビ面積増加速度, サビ幅増加速度が重視される場合に要求される塗膜の性質とは大きく異なる。

3. 塗装された金属の電気的測定法

現在, 塗装鋼板の防食性評価はソルトスプレーテス

* 日本ペイント株式会社 技術センター (〒572 大阪府寝屋川市池田中町19-17)

* Nippon Paint Co., Ltd. Technical Center(19-17, Naka-machi, Ikeda, Neyagawa-shi, Osaka 572)

ト、浸せきテスト等のいためつけ試験後、サビの肉眼観察とテープはく離によるサビの広がり程度で塗膜の耐食性を判断されることが多い。サビの広がりをテープはく離で評価する場合、試験塗膜を破壊することになり十分な科学的検討は無理であり、更には経時による変化を定量的に追跡できない。ところが電気的測定方法であれば試験塗膜の実用性能を定量的に把握でき、かつ塗装による防食性能を向上させる科学的データをも入手できる特長がある。そして最も大きな特長は、塗装金属の自然状態を極力保持した状態で定性的、定量的に評価ができることにある。

3-1 塗膜への溶液拡散現象測定法

通常、被塗物金属の腐食は湿潤環境下において起こる。そこで被塗物である金属を保護するための塗膜は、外部溶液の透過を如何に抑制しているかが防食性の重要な判断基準の一つとなる。

塗膜中への溶液の拡散を知る手段としては、種々提案されているが塗装された塗膜で取り扱う例は少ない。筆者らは、塗装塗膜の溶液拡散係数を電気的測定手段により求める方法を開発した¹⁾。この方法は、図1に示すように塗装鋼板の塗膜上に溶液を接し溶液と被塗物間に直流電圧を加え、溶液を接してから電流変化から求めるものである。図2の実線がこの方法より求めた結果であり、計算値（図2の点線）と極めてよく一致し溶液の拡散係数を求めることができる。塗膜への溶液拡散はFickの第2法則に従い、拡散係数は変化しない、および塗膜の抵抗は塗膜中の含溶液率に反比例すると仮定すると、塗膜の電気抵抗は(1)式で表わせ、抵抗変化より拡散係数が求められる。(1)式を電子計算機により計算させた結果が図2の点線である。

$$R \propto \int_0^l \frac{C_0}{C_1} + \left(1 - \frac{C_0}{C_1}\right) \left[1 - \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} \exp\left\{-\left(\frac{(2n+1)^2}{2}\right) \frac{Dt}{l^2}\right\} \cos \frac{(2n+1)\pi x}{2l}\right] dx \quad (1)$$

l : 膜厚 D : 拡散係数

C_0 : 初期濃度 t : 測定時間

C_1 : 表面濃度 x : 塗膜中の基板からの距離

この方法は経年した実用中の塗装鋼板にも簡単に適用可能である。下記に2～3の事例を示すが、注意しなければならないことは必ずしも透過性と耐食性とは関連するとはかぎらない。何故なら塗膜によって腐食環境を完全にシャ断することはできないため、塗膜を透過して被塗物表面に達する溶液、すなわち顔料をも含めた塗膜より溶出した物質を含んだ溶液が被塗物の腐食環境を作るのであり、この溶液が腐食抑制剤か又は促進剤として働くためである。そのため、透過した溶液の内容を如何に

して評価するかが重要になる。

塗装鋼板の実海水浸せきによる測定例を図3、図4に示す²⁾。図3では、実海水浸せき経時により塗膜中への

図1 塗装鋼板への溶液拡散現象測定のプロック図

図2 log R-t 曲線

図3 実海水に浸せきした塗装鋼板の塗膜中への溶液拡散現象

4. 塗装された金属の腐食-防食反応の電気化学的測定

金属の腐食の多くは電気化学反応に基づいて進行することが認められている。そのため、塗膜の腐食-防食反応を電気化学的に検討することが最も有効であるとされ、防食性評価手段としては早くから電気化学的測定が取り入れられた。しかしながら、高抵抗塗膜を有した実用的塗装金属を取扱った例はきわめて少ない。そこで筆者らは、実用的塗装金属の腐食-防食反応を電気化学的手法で追跡する装置²⁾を開発した(図8に当社より販売中のコロージョンレートメーター、C RM-AT型の外観およびブロック図を示す)。

本装置はポテンシostat、ガルバノスタットを基本とした電圧、電流のスイープ法、パルス法を用い、自動的に測定および自動解析するもので、この装置を用いて得られる値とこれより得られる情報を表3に示す。

塗装された金属の電気化学的腐食現象の測定並びに解析するときの重要なポイントは、

第1に塗膜の電気抵抗は非常に高いことである。塗膜を介して金属表面近傍を論じるには微少電流のため、外部分極の影響に配慮する必要がある。また通常、IRドロップの補償値は、外部分極方向の抵抗であり、腐食モデル(図9)によって

は変更しなければならない。しかし現在のところ、その局部電池モデルに沿った補償法は確立していない。筆者らは塗膜の機能を重視する立場から、少なくともA-BとCとの分離法を検討している²⁾。

第2に塗膜外部の腐食液組成と塗膜下金属面近傍の腐食液組成とは同一でない。塗膜は

程度の差があるものの、イオン交換性、透過性および水可溶物質(腐食促進物質、腐食抑制物質)を有している。

第3は還元反応である。特に塗膜下金属の腐食形態は還元反応を無視して論じることはいかなる。塗膜下金属面は必ずしも酸素還元反応支配とは言えない。また、第4は塗膜形成側より塗膜下金属の腐食反応を電気化学的手法で測定するには通常、塗膜側に溶液の存在が必要となる。しかし実環境下での塗装金属は必ずしも浸せき状態にないことが多い。

第5は塗膜下金属表面近傍の現象のうち、塗膜フクレ(プリスター)が先か、腐食反応が先かの議論の取り扱い

図8 塗装鋼板の腐食状態測定装置(コロージョンレートメーター)のブロック図および外観

いを如何にするかである。

以上の各項目に留意する必要がある。

以下コロージョンレートメーターを使用し実用塗装金属を取り扱った測定例について記する。

カチオン型電着塗装鋼板とアニオン型電着塗装鋼板の化成処理皮膜効果の一例を示す⁷⁾。図10は腐食液を3% NaCl, かつ塗膜側50°C, 塗装鋼板裏側15°Cの温度勾配としたときの塗膜欠損部の腐食電流の経時変化を示し

表3. CRMより得られる値と情報

CRMにより測定できる値	CRM応用例
腐食電流	腐食電流, 腐食面積比
分極曲線	孔食等腐食形態
腐食電位	電気化学的腐食・防食反応
塗装金属の等価回路	防錆顔料の挙動
	塗膜中の水可溶物質の挙動
	浸透圧作用の挙動
	水透過性
	膜厚の検討, 寿命予測
	塗装システムの検討
	塗膜の欠陥の検討

図9 塗膜下金属表面近傍の局部電池モデル

図10 電着型塗装鋼板の腐食電流の経時変化

た。リン酸亜鉛系の化成処理皮膜を施したカチオン型電着塗装鋼板, アニオン型電着塗装鋼板の腐食電流は化成処理を施さない塗装鋼板に比べ小さく, リン酸亜鉛系の化成処理皮膜をすることにより腐食抑制効果は大きいことを示している。またリン酸亜鉛系の化成処理皮膜を施した鋼板にカチオン型電着を塗装した系が, 他に比べ最も腐食電流が小さくなっている。これらの傾向は暴露テスト, 実用テストの結果と極めてよく一致している。

図11~図14に各々の試料の分極曲線の経時変化を示した。いずれの試料ともカソード分極曲線に山状の特異現象(これをピークと名付けた)が発生している。このカソード分極曲線上のピークは筆者らがすでに報告⁷⁾したように塗膜欠損部の腐食形態を表わすものであり, ピークが検出されると塗膜下鋼面のヨコ方向に腐食反応が広がっており, ピークが検出されない場合には鋼板の板厚方向に腐食反応が進行する。例えば化成処理されたカチオン型電着塗装鋼板の場合, 初期ではピークが認められないが, その後浸せき320時間後においてはピークが認められており, いわゆる板厚方向ヨコ方向に腐食の進行が変化する。しかし, この系の腐食電流は極めて小さいためアニオン型電着塗装鋼板より板厚方向およびヨコ方向の広がりは小さいと言える。腐食電流と分極曲線

図11 化成処理皮膜を施したアニオン型電着塗装鋼板の分極曲線

から塗膜欠損部分の主な浸せき時間後の腐食形態のモデル化を試みると図15のようになる。これらの腐食形態は肉眼観察とよく一致する。

以上のように塗膜欠損部の分極曲線と腐食電流を得ることにより、浸せき時間と共に腐食量、腐食形態、腐食された断面がどのように推移しているかが塗装系をほぼ破壊することなく容易に推定できる。

次に各種金属被覆上に塗装した試料の測定例について述べる。各金属系被覆の上に、化成処理皮膜を施さないで直接アニオン型電着塗料を塗装した塗膜に欠損がある場合の約300時間浸せきした時の分極曲線と腐食電流の経時変化を図16、図17に示す⁸⁾。腐食液は3%NaCl、浸せき温度は50°C/15°C(塗膜側50°C、塗装鋼板裏側15°C)の温度勾配とした。分極曲線より鋼(Fe)に対して鋼面に亜鉛(Zn)を被覆したZn-1, 2では電位が卑で電流も多くなっている。これに対して鋼(Fe)の腐食電位に近づくように処理したZn-3では腐食電流も少なくなり、更に電位をより鋼に近づけたZn-4では腐食が極めて抑制されている。例えばZn-4の腐食電流は、鋼(Fe)に対して約1/100以下の腐食電流になっている。

一方、図18、図19⁹⁾は、無機質ジंकリッチペイント

・鉛系サビ止めペイント・熔融亜鉛めっき鋼板の上に重防食系塗料を塗装した系の塗膜に欠損がある場合の、腐食電位と腐食電流の経時変化を示したものである。浸せき温度は40°C、浸せき液は3%NaClである。亜鉛系の腐食電位の経時変化はいずれも浸せき初期で貴な方向に変化している。これは亜鉛の不活性あるいは亜鉛の消耗を示すものである。一方、腐食電流についても特に熔融亜鉛めっきの腐食電流は大きく、また腐食電位は卑であり、亜鉛の反応は活性であることを示している。

いま、被塗物鋼を基準に耐食性を判断するならば、Znの反応が長期間続く塗装系は耐食性良好と言える。ところがZn-Feの反応速度が大きすぎるとZnの消耗が大きくなり、塗膜-Znのはく離速度が大となり、塗膜を基準とする耐食性評価法からでは悪いと判断される。以上の測定例は従来の肉眼観察結果の傾向と一致する。

5. 塗装金属裏側より塗膜形成側を判定する方法

塗膜側より電気化学的に測定する最大の欠点は塗膜側に溶液の存在を必要とし、かつ必ず外部より分極しなくてはならない。ところが実際の腐食環境において、塗装

図12 化成処理皮膜を施さないアニオン型電着塗装鋼板の分極曲線

図13 化成処理皮膜を施したカチオン型電着塗装鋼板の分極曲線

金属は常時浸せき状態にあることが少なく湿気中あるいは腐食性ガス中などの環境下でも腐食されることが認められる。そこで筆者らは、図20に示す方法により塗装鋼板の裏側から測定する方法を提案した¹⁰⁾。

図14 化成処理皮膜を施さないカチオン型電着塗装鋼板の分極曲線

図15 塗膜欠損部の腐食形態モデル図

図16 各種金属被覆上にアニオン型電着塗料を塗装した鋼板の分極曲線

図17 各種金属被覆上にアニオン型電着塗料を塗装した鋼板の腐食電流の経時変化

式(4)に示すように塗膜下鋼面のカソード反応によって生じた水素イオンは鋼面で原子状水素に変化し、この水素は鋼中に溶解し、そして塗膜下鋼面から塗装鋼板裏側に拡散する。もし裏側が水素イオン化反応に十分な電位に保持されると、原子状水素は裏側の鋼面で再び水素イオンに変化する。したがって裏側で水素イオンになる時の反応電流を測定することにより、塗膜下鋼面の腐食反応を追跡することができる。この測定法の特徴は、先に述べたように塗膜側の腐食環境がどのような環境においても適用できることと、塗膜に電気的な影響を全く与えず連続的に腐食反応を追跡できることである。

図18 重防食塗装鋼板の腐食電位の経時変化

る。この測定法で得られた結果を次に述べる。

測定された裏側の反応電流の変化は図21に示すように、3つのピークによって特徴づけられる。この3つのピークは次の反応に相当する。

- 1) 第1ピークは塗装鋼板裏面の不働態保持電流であり、塗膜下鋼板面の腐食反応に関係していない。
- 2) 第2ピークは塗膜下鋼面のきわめて初期の腐食反応によるものである。
- 3) 第3ピークは通常肉眼観察および前項の方法より評価される腐食反応と対応するものである。

図22は、塗膜中に各種防錆顔料を含有した時の塗装鋼板裏側の電解電流の経時変化を示したものである。図22の浸せき20時間までの電気量から水素溶解量を求め、塗装、塗膜側の自然電極電位と対応させた結果が図23である。ほぼ直線関係が得られ、卑な電位になる程水素溶解量が多く、かつ第2ピークが認められるようになる。また水可溶物がアルカリ性を呈する試料程、水素溶解量が少なく、かつ電位は貴であり、かつ直線関係になることから、浸せき20時間後サビが観察されるとき電位発生機構は H^+ が支配的因子というより、むしろ H^+ が H_2O になり、これが浸せき20時間後の電位発生機構に影響を与えているものと推察される。

この測定法により糸状腐食について検討した結果を次に述べる。

糸サビの発生は湿度が重要な因子である。一般に湿度の比較的高いときに糸サビが発生しやすいことはよく知られており、相対湿度で80~90%で非常に活発に生じる。この糸状腐食の頭部のpHは1.2~2.0であること、

図19 重防食塗装鋼板の腐食電流の経時変化

図20 ブロック図

図21 測定例

No. 1~No. 6: 防錆顔料種, G: 裏側の不働態保持電流

図22 塗膜中に各種防錆顔料を含有したときの塗装鋼板裏側の電解電流の経時変化

および生長には水素イオンが水素ガスに変わる反応がかかわっていると言われている¹³⁾。

図24が、糸サビ試験と水素溶解量との関係を示す。こ

の結果、原点を通る直線上にのる。但し1のみずれる。これはpHの影響であると考えられる。このように原点を通る直線になったことより、糸サビ進行の駆動力の一つとして、水素電極反応が重要な因子の一つであろうと

図23 水素溶解量と自然電極電位の関係

図24 糸サビ試験と水素溶解量の関係

図25 高張力鋼棒の形状

図26 水素溶解挙動の立ち上がり時間と破断時間の関係

考えられる。

6. 鋼強度の測定法

鋼構造物の腐食による強度減少を塗膜により抑制しようとする場合、肉眼観察によるサビ評価は実 際 的 でない。このため、前に述べたように腐食電流を測定することにより金属素材の腐食重量減少を知り、強度の減少を推定することができる。しかし、腐食による金属の損傷は重量減少だけでなく種々な形で現われる。その一つは割れが生じたり金属の延性が失われる腐食である。特に軽量化に伴う高強度鋼の使用が増加しつつある今日、硫化物割れ、水素ぜい性腐食等の腐食形態に対しては塗膜の防食性を科学的に表現する必要がある。この種の腐食は前項に述べた水素溶解挙動と密接に関係している。

いま、図25に示す高張力鋼棒に各種塗料を塗装し、テコ式静荷重引張り試験装置に設置し、腐食環境下(3% NaCl 中に硫化水素ガスを吹込む)で破断する時間と水素溶解挙動とを測定すると図26になる。破断時間と水素溶解挙動の立ち上がり(第3ピーク)時間との関係を探ると直線関係になる。従って水素溶解が早い塗装系の方が、早く水素ぜい性が発生すると言える。ところが、ソルトスプレーテストによる肉眼観察では破断時間と対応しない(図27)¹²⁾。

以上のように塗装鋼板の一般的な防食評価方法としてはソルトスプレーテスト等のいためつけ試験をした後、主にフレ・サビの発生を調べることが多く美観的要素

塗 料	ソルトスプレーテスト		破断時間 hrs
	120 hrs	156 hrs	
NO.6			430
NO.7			1210
NO.5			3618

図27 ソルトスプレーテストと破断時間との比較

が大きい。被塗物の種類によっては肉眼観察も重要であるが、保護の立場からでは被塗物を主体に評価することが望ましいであろう。

7. 塗膜と塗膜下金属表面近傍との分極特性の分離法(無欠陥塗膜)

塗装鋼板は「塗膜」と「鋼表面近傍」からできており、塗装鋼板の腐食は鋼表面近傍に生成した局部電池の放電である。それ故、鋼表面近傍の分極特性は第1に腐食状態と関連があり、第2に塗膜が示す分極特性と塗装鋼板が示す分極特性との差によって表現できるものと考え、筆者らは直線分極法およびパルス分極法による塗膜下鋼面の分極特性の分離について検討を加えた¹³⁾。その結果、鋼表面近傍の分極特性を利用して塗装鋼板の耐食性評価が可能であることを見出した。その1測定例について記する。

一般に塗装された金属の電気的等価回路は抵抗 R ・容量 C の並列回路が2組、直列に接続されたものであると考えられている。この2つの並列回路を外部分極特性で分離しないと腐食電流、分極曲線は求められない。いま塗膜の電気的等価回路として図28に示す抵抗成分と容量成分との並列回路で表現し得るとすれば、電流走査(走査速度 k , A/sec)において V/k - t 関係が電位走査(走査速度 k -V/sec)において、 i/k - t 関係が各々走査速度に依存しない曲線となる(図28)。一方、塗膜下金属表面近傍では電解反応の抵抗が分極の増加とともに図29に示したように変化するため、塗装鋼板の η/k - t 関係は走査速度に依存する。そこで、走査速度に依存しない塗膜成分と走査速度に依存する金属表面近傍成分とが単に足し合わさったものが塗装金属とすれば、二つの電流走査速度 k_1 と k_2 で得た V/k_1 - t 関係と V/k_2 - t 関係の差を取り出せば、塗膜に起因する V/k - t 関係は相殺され鋼表面近傍に起因する η/k - t 関係の差のみが得られ、塗膜下金属表面近傍の分極特性は分離可能となる。

図30ははく離塗膜の測定例で、電位走査を実施した場

図28 C, R 並列回路の分極特性

合である。図のように走査速度 k に依存しない。一方、図31は塗装鋼板を35°Cの温度で約1ヶ月間浸せきしたものの電流走査における分極特性である。Aは防錆顔料を含む塗料、Bは防錆顔料を含まない塗料である。図中Aでは明らかに走査速度に依存したがBは浸せき初期にお

図29 電解反応の分極特性(活性化支配型の場合)

図30 はく離塗膜の分極特性

図31 塗装鋼板の分極特性

いては無視できるほど小さいものとなっている。

走査速度依存成分は、式(5)に示すよう鋼表面近傍の過電圧に関連したものである。

$$\Delta(V/k) \equiv V/k_1 - V/k_2 = \eta/k_1 - \eta/k_2 \dots\dots\dots(5)$$

η : 鋼表面近傍の過電圧

鋼表面近傍の分極抵抗が小さく、電流走査範囲で鋼表面近傍の過電圧が数mVにしか達しない場合は、分極抵抗は一定とみなすことができるので $\Delta(V/k)$ はゼロとなる。図31のBの場合である。一方、鋼表面近傍の分極が数10mV以上に達する場合には分極抵抗は電流の関数として変化するので、 $\Delta(V/k)$ 値はそれにみあう値となる。

図31のAの場合である。AとBの塗装鋼板の耐食性を比較するとAの方が良好であることを確認している。もし塗膜下金属面の反応が無塗装金属と同様にターフェルの関係式で表わし得るならば、走査速度依存度から分極抵抗、腐食電流、分極曲線を計算で求めることができる。

8. お わ り に

以上、塗装金属の防食性評価方法について筆者らが実験した例を中心に述べた。この中には題目の非破壊方法に必ずしも準じないものもある。例えば水素ぜい性腐食を評価する場合は、鋼材内部の問題であるため肉眼観察あるいは腐食電流測定による腐食重量減では評価できない。そのため、鋼材の破断時間で評価した。しかし、塗装鋼板裏側より評価する方法を採用することにより推察できることがわかる。また塗装金属の腐食反応を塗膜を介して金属面上を電気的にながめようとする場合、電気的な力により系は乱されるとの本質的な問題をかかえている。そのため系を乱されないようにすることが必要ではあるが、この影響をゼロにすることは極めて困難である。従って乱された状態を如何に把握し、測定値を解釈するかが重要になる。幸いにして外部分極の影響よりは外部腐食環境による変化の方が大きく、かつ常に塗装金属は変化してゆくため、若干の外部分極による影響はあっても工業的に役立つことは多くの事例で示されている。

唯一の非破壊による評価方法は、塗装鋼板裏側より評価する方法である。しかし事例は少ないが、酸素消費型

のカソード反応を呈する場合には追跡できない欠点がある。

このように各評価方法には各々長所と短所がある。そのため塗膜の防食機構を科学的に解明するにあたっては、如何なる電気的評価方法を適用すべきか、かつ何を評価しているかに留意することが必要であろう。また塗膜の防食性能を語るには、塗膜のおかれている腐食環境がどのようなものかを知り、その塗膜の寿命を予測する技術の向上への取り組みも極めて重要である。

最後に塗料による金属の腐食の抑制は、省資源、省エネルギーを担うための一助となるべき役割を強く認識し、今後共、読者の御批判、御指導を承って、更に防食技術向上に努力をつくしたいと存じます。

文 献

- 1) 川井 均, 山本 隆, 尼子 宏: 色材, **47**, 394 (1974)
- 2) 山本 隆, 尼子 宏, 小田光之: 未発表
- 3) 山本 隆, 尼子 宏: 未発表
- 4) 大藪権昭, 川井 均, 池田承治: 色材, **37**, 90 (1964)
- 5) D.M. Brasher, A.H. Kingsbery: *J. Appl. Chem.*, **4**, 62 (1954)
- 6) 山本 隆, 尼子 宏, 大藪権昭: 色材, **48**, 352 (1975)
- 7) 山本 隆, 尼子 宏: 防食技術, **28**, 444 (1979)
- 8) 尼子 宏, 山本 隆: 1978年度色材研究発表会要旨集19 (1978)
- 9) 山本 隆, 尼子 宏, 小田光之: 未発表
- 10) 山本 隆, 尼子 宏, 大藪権昭: 色材, **50**, 177 (1977)
- 11) W.H. Slabaugh, W. DeJager, S.E. Hoover, L.L. Hutchinsan: *Journal of Paint Technology*, **44**, 566, 76 (1972)
- 12) 山本 隆, 尼子 宏: '78春期学術講演大会予稿集 52 (1978)
- 13) 小田光之, 尼子 宏, 山本 隆: 1980年度色材研究発表会要旨集 55 (1980)

実務表面技術'81—9月号の紹介

<今月のことば>

破壊事故防止について一言 藤木 栄(都工技)

<解 説>

脱脂浴の清浄化とその効果

柳下相三郎(三進製作所)
ほか1名

ろ過機によるめっき液の品質向上,
省資源

柳下相三郎(三進製作所)
ほか1名

プラスチック仕上げ面の定量的評価

青木 茂(千代田化工建設)

溶融亜鉛合金めっき膜の表面処理

杉本正威(三井金属鉱業)

拡散透析法の応用プロセス 宇都宮赳夫(旭硝子)

<現場の知恵>

絶縁ネットによる変色, 腐食,

付着の防止

桑 宗彦(プラセラム)

<随 想>

省貴金属化の夢

村田種雄(アルプス電気)

<講 座>

わかりやすいマイコン入門<基礎編>(IV)

—アルゴリズムとプログラム(マイコンの

仕事を決めるもの)—

米島照幸(都工技)