

DF-P49-18

P49 船舶塗装防食設計指針の改訂

最終版

2018年 3 月 27 日

公益社団法人 日本船舶海洋工学会

造船設計・生産技術研究会

造船設計部会 編

## まえがき

昭和 59 年 4 月に発行した「船舶塗装防食設計指針」は、有機錫型防汚塗料の自主規制、重防食仕様の採用、ブロック塗装の拡大などを考慮して見直しが行われ、平成 12 年 10 月に改訂版が発行された。その後、タールエポキシの使用禁止など塗装に関する環境の変化、PSPC 規則の発効などで、造船所における塗装環境が大きく変わり、改訂版の内容も現状に合うよう見直すことになった。

今回の改訂においては、塗料に関する一般記述は出来るだけ残すこととし、現在の仕様状況を追記することで現状に合うよう調整した。また、新しく使われるようになった塗料の説明、現状における各区画の塗料の記述を追加し、PSPC 規則についてはできるだけ詳しく紹介した。

これから塗装・防食を勉強しようとする技術者にとって、実際の設計に役立つ基礎知識と最新情報について、わかり易さと利用しやすさを主眼において見直しを行った。基本的な情報も引き継いでおり、実務に役立てていただければ幸甚である。

(社) 日本船舶海洋工学会 造船設計・生産技術研究会 造船設計部会委員名簿 (2017年9月現在)

委員名	氏名	所属
☆◎部会長	田中 進	広島大学大学院 工学研究科 輸送・環境システム専攻 准教授
幹事	宮島 隆	三菱重工業(株) インダストリー&社会基盤ドメイン 船舶・海洋事業部 船舶・海洋技術部 次長
幹事	大黒 克伸	ジャパソマリノコアイテツト(株) 商船事業本部 基本設計部船装グループグループ長
委員	荒井 誠	横浜国立大学大学院 工学研究院 海洋空間システムデザイン教室 教授
委員	大沢 直樹	大阪大学 工学部 船舶海洋工学教室 教授
委員	田中 太氏	九州大学大学院 工学研究院 海洋システム工学部門 准教授
*委員	太田 進	海上技術安全研究所 特別研究主幹 (国際連携センター長)
*委員	岸本 研一	(一財)日本海事協会 船体部 主管
委員	稲垣 秀彦	住友重機械マシエンジニアリング(株) 製造本部 船装設計グループ 主任技師
委員	中村 千春	ジャパソマリノコアイテツト(株) 呉事業所 設計部 船装設計グループ グループ長
*委員	高木 圭一郎	佐世保重工業(株) 設計部 船装設計課 課長
委員	小西 陽一	ジャパソマリノコアイテツト(株) 商船事業本部 基本設計部 船装グループ主査
*委員	山崎 英司	三菱重工業(株) インダストリー&社会基盤ドメイン 船舶・海洋事業部 船舶・海洋技術部 艦装設計グループ 主席技師
委員	藤田 卓也	川崎重工業(株) 船舶海洋カンパニー 技術本部 造船設計部 船装設計第一課 課長
委員	白石 開	サノヤス造船(株) 技術本部 艦装設計部 船装設計課 課長
委員	中桐 裕明	三井造船(株) 船舶艦艇事業本部 艦船設計部 船装設計課 課長
*委員	石山 直	三井造船(株) 千葉事業所 船舶・艦艇事業本部 船舶設計部 船装設計課 課長
○委員	津上 由紀夫	(株)名村造船所 伊万里事業所 設計本部 参事
*委員	大石 浩正	ジャパソマリノコアイテツト(株) 有明事業所 設計部 船装設計グループ グループ長
委員	野村 明宏	三菱重工業(株) インダストリー&社会基盤ドメイン 船舶・海洋事業部 下関技術部 内艦設計課 課長
委員	丸田 康貴	(株)大島造船所 設計部 船装設計課 主務
委員	武田 宏之	川崎重工業(株) 船舶海洋カンパニー 技術本部 基本設計部 基本計画第二課 主事
委員	目見田史郎	今治造船(株) 設計本部 執行役員

☆ (社) 日本船舶海洋工学会 造船設計・生産技術研究会 委員長

◎ P-110「船舶塗装防食設計指針の改訂」小委員会 委員長

○ 同 小委員会リーダー

\* 同 討議参加 及び 執筆担当

\* 安田 耕造 (株)名村造船所 伊万里事業所 設計本部 理事

\* 森 剛敏 佐世保重工業(株) 設計部 船体計画課 課長

\* 山崎 純 三菱重工船舶海洋(株) 設計部艦装設計課 主任

\* 橋本 誠司 三菱重工船舶海洋(株) 設計部艦装設計課

\* 中原 慎剛 ジャパソマリノコアイテツト(株) 有明事業所 造船部塗装グループ計画チーム チーム長

アドバイザー

西野 広昭 関西ペイントマリン(株) コーティングテクニカルサービス部コーティングアドバイザー

金川 義則 中国塗料(株) 技術生産本部技術企画部 部長

加藤 修 中国塗料(株) 技術生産本部防食技術部 防食第二グループ リーダー

## 目 次

### 第 1 章 金属の腐食と防食

1	腐食形態の分類	1
1.1	腐食環境による分類	1
1.2	腐食因子による分類	1
1.3	腐食面の状態による分類	2
2	防食法	3
2.1	材料側からの防食法	3
2.2	表面処理による防食法	3
2.2.1	塗装	3
2.2.2	金属被覆	3
2.2.3	熔融めっき	3
2.2.4	金属溶射	4
2.2.5	クラッド	4
2.3	環境側からの防食	4
2.3.1	空気中の除湿	4
2.3.2	水中の溶存酸素の除去	4
2.4	電気防食	4
2.5	鉄イオン供給による防食法	4

### 第 2 章 鉄鋼の腐食と塗装による防食

1	鉄鋼の腐食理論	5
1.1	化学的因子による腐食	5
1.2	電気化学的因子による腐食	5
1.2.1	局部電池の形成	5
1.2.2	腐食電流と防食電流について	5
2	鉄の塗装による防食概論	6

### 第 3 章 塗料の概要

1	塗料の構成 (pigment)	7
1.1	顔料	7
1.2	展色剤 (vehicle)	7
1.2.1	溶剤 (塗膜形成助要素)	7
2	塗料体系の分類	8
2.1	瀝青質塗料 (Bituminous Paint)	8
2.2	フェノール樹脂塗料 (Phenolic Resin Paint)	8
2.3	アルキッド樹脂塗料 (Alkyd Resin Paint)	9
2.4	メラミン樹脂塗料 (Melamine Resin Paint)	9
2.5	ビニル樹脂塗料 (Vinyl Resin Paint)	9
2.6	塩化ゴム樹脂塗料 (Chlorinated Rubber Resin Paint)	9
2.7	エポキシ樹脂塗料 (Epoxy Resin Paint)	9
2.8	タールエポキシ樹脂塗料 (Tar Epoxy Resin Paint)	9
2.9	変性エポキシ樹脂塗料 (Modified Epoxy Resin Paint)	9
2.10	不飽和ポリエステル樹脂塗料 (Unsaturated Polyester Resin Paint)	9
2.11	ポリウレタン樹脂塗料 (Polyurethane Resin Paint)	9
2.12	アクリル樹脂塗料 (Acrylic Resin Paint)	10
2.13	シリコン樹脂塗料 (珪素樹脂塗料) (Silicon Resin Paint)	10
2.14	シリケート塗料 (無機質珪酸樹脂塗料) (Silicate Paint)	10
2.15	水性 (水系) 塗料 (Water Based Emulsion Paint)	10
2.16	ショッププライマー (Shop Primer)	10
3	塗料の乾燥機構	10
4	船舶用塗料の特性	10
4.1	船舶主要区画の環境条件と塗膜に要求される性能	10

### 第 4 章 塗装手順及び品質管理

1	表面処理	14
1.2	表面処理の種類と方法	14

## 第 5 章 塗装仕様の決定要因

15

## 第 6 章 各部の塗装仕様

1	各部に対する塗装系	16
2	船体主要部に対する塗装系	16
2.1	外板部	16
2.2	暴露甲板、上部構造外面	17
2.3	タンク、ホールド関係	17
2.3.1	タンク	17
2.3.2	ホールド（船倉）	18
2.3.3	プロダクトタンク	18
2.3.4	コファダム、ボイドスペース	18
2.4	機関部、居住区の塗装例	19
2.4.1	機関室、ポンプ室	19
2.4.2	居住区、ストアー	19
2.4.3	バッテリールーム	19
2.4.4	冷蔵庫	19
2.5	塗料記号一覧表	20

## 第 7 章 詳細設計上の注意事項

21

## 第 8 章 塗装以外の防食法

1	電気防食法	22
1.1	電気防食法の種類	22
1.2	電気防食(陰極防食)の原理	22

1.3	防食電位	-----	23
1.4	防食電流密度	-----	23
1.5	電気防食（陰極防食）の種類	-----	23
1.5.1	流電陽極方式	-----	23
1.5.2	外部電源方式	-----	26

## 第 9 章 PSPC

1	PSPC とその目的気化性防錆剤	-----	27
2	PSPC 適用船	-----	27
3	適用手順	-----	27
4	規則要求項目（文書）	-----	28
4.1	三者合意文書（PSPC 規則 3.2）	-----	28
4.2	塗装テクニカルファイル CTF (Coating Technical File)	-----	28
5	規則要求項目(施工)	-----	28
5.1	塗装システムの計画	-----	28
5.2	一次表面処理	-----	29
5.3	二次表面処理	-----	29
6	塗装検査要件	-----	30
6.1	塗装検査員の資格(PSPC 規則 6.1)	-----	30
6.2	検査項目(PSPC 規則 6.2)	-----	30
7	品質管理プロセス	-----	31

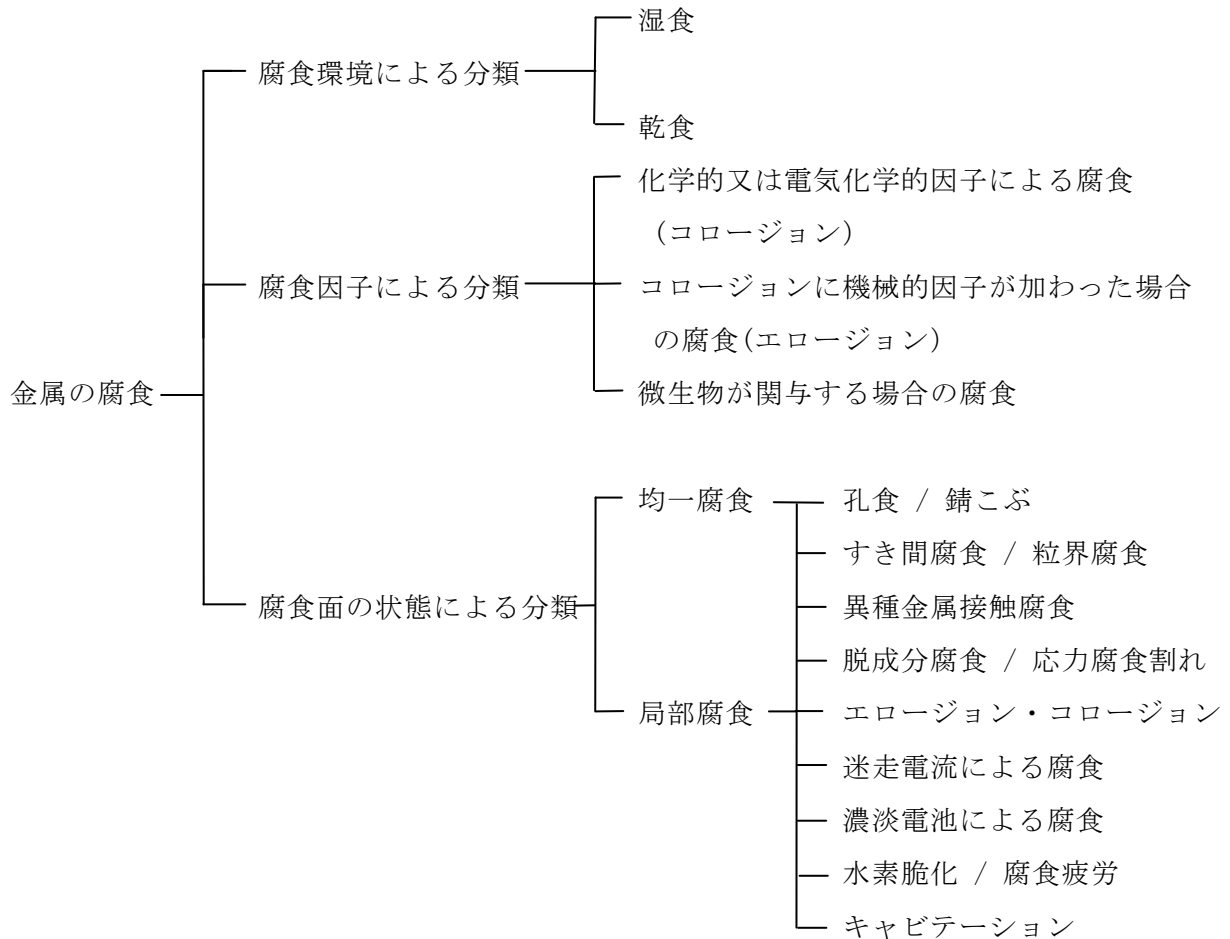
## 第 10 章 船舶用塗料に関連する環境問題

1	VOC（揮発性有機化合物）問題	-----	32
2	有機錫化合物規制	-----	32
3	コールタール問題	-----	32

# 第1章 金属の腐食と防食

金属は、ある環境中では酸化して元の安定な酸化物に落ち着こうとする傾向があり、金属が環境と化学的あるいは電気化学的反応によって表面から消耗する現象を腐食(corrosion)という。

## 1 腐食形態の分類



1.1 腐食環境により、湿食腐食と乾食腐食に分類できる。

### 1.2 腐食因子による分類

化学的又は電気化学的因子による腐食をコロージョンという。

塩水、酸性液のような電解液の中では、金属イオンとなって溶液中に溶け込むことにより腐食することを電気化学的腐食と称し、金属が溶液中でイオンを生じる生じやすさをイオン化傾向 (ionization tendency) という。

金属のイオン化傾向	
← 大 (卑な金属)	小 (貴な金属) →
K, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Cd, Fe, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Bi, Sb, As, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au	

コロージョンに機械的因子が加わった場合の腐食をエロージョンという。



金属内部に残留する応力状態が継続する部分に、化学的又は電気化学的腐食条件が整うと腐食が発生し、応力腐食割れとして知られる割れを起こす。金属に交番荷重や繰り返し荷重がかかった状態では、金属は疲労限度より小さい応力で割れる腐食疲労といわれる割れが発生することがある。

淡水や海水中に広く存在する、嫌気バクテリア（硫酸還元バクテリア）が腐食に関係する場合がある。

### 1.3 腐食面の状態による分類

腐食面の状態によって均一腐食、局部腐食（代表例：孔食）、腐食割れ（代表例：応力腐食割れ、腐食疲労）、粒界腐食、脱成分腐食（代表例：脱亜鉛腐食）などがある。

代表的な腐食の概念図を図1-1に示す。

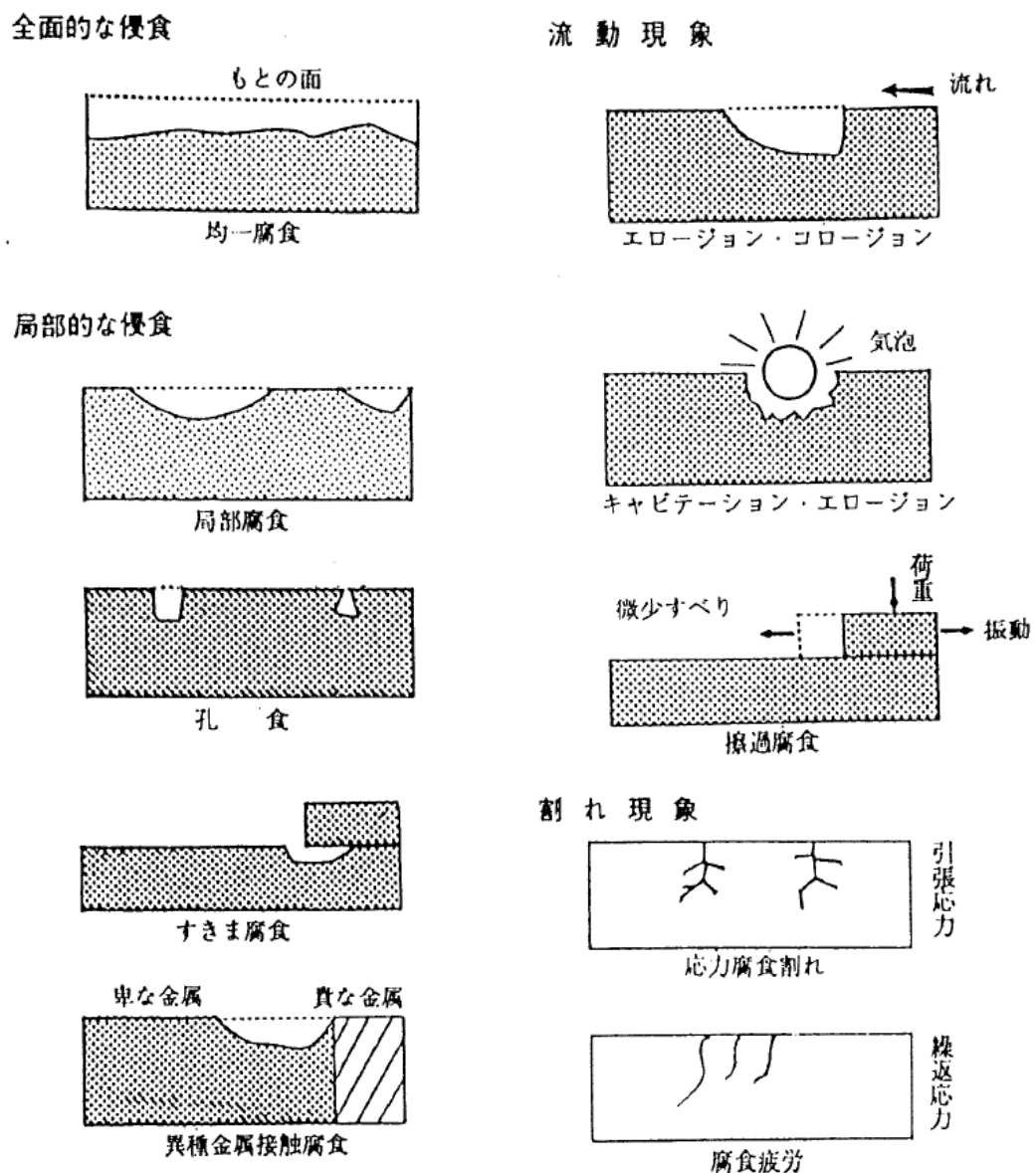


図1-1 腐食の概念図

## 2 防食法

金属の防食法は、材料側からの防食、塗装を含む金属表面処理による防食、そして環境側からの防食、更に電気防食に分けられる。

### 2.1 材料側からの防食法

使用する金属材料は、その役割、目的、操等による制約、耐用年数、予算、使用環境に関する条件などを考慮する。

### 2.2 表面処理による防食法

金属表面に耐食性金属や非金属の被膜を施す方法や、有機・無機材料を浸透させて耐食表面処理をしたり、化学的に安定な不活性被膜を生成させる防食法である。

#### 2.2.1 塗装

表面にいろいろな方法で塗料を塗り、その乾燥被膜によって耐食、耐候、耐汚染などの性能を持たせるものである。

#### 2.2.2 金属被覆

鉄やその他金属に他の金属を被覆して防錆・防食に利用されている。

#### 2.2.3 溶融めっき

溶融させた金属中に被処理物を浸漬し、引き上げて溶融金属を被処理物表面に凝固させて被膜を形成する方法を溶融めっきという。一般に被処理物は鉄鋼であり、アルミニウム、亜鉛、鉛、すずなどが被覆に用いられている。表 1 - 1 に概要をまとめる。

表 1 - 1 溶融めっき

溶融めっきの方法	概 要
1. 溶融亜鉛めっき	鉄鋼製品に防錆防食の目的で施した溶融亜鉛めっきについて、その種類、品質、試験法などが、JIS H 8641（溶融亜鉛めっき）に規定されている。また、亜鉛鉄板（JIS G 3302）、亜鉛めっき鉄・鋼線類は別に規定されている。大気暴露では耐食性に優れ、ピンホール、切断面などのめっき欠陥部を犠牲的に防食する。 同じ環境条件であれば、その耐候性は亜鉛の付着量に比例する。 亜鉛めっきが有効な耐食性を示すのは、pH6~12、水温 50℃以下の条件である。
2. 溶融アルミニウムめっき	溶融アルミニウムめっきは、アルミニウムの持つ美しい外観と耐食性、耐熱性が優れていることから広く用いられている。JIS H 8642（溶融アルミニウムめっき）には溶融アルミニウムめっきの種類、品質及び試験法などが規定されている。 特に工業地帯での大気暴露では優れた耐候性を示す。水中の耐食性では、pH4~8、水温 60℃以下の環境でほとんど腐食されず、長期間光沢を失わない。
3. その他の溶融めっき	55%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板、5%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板がある。前者の性質は溶融アルミニウムめっき鋼板に近く、後者の性質は溶融亜鉛めっき鋼板に近い。 また、ターンシート（鉛-すず合金めっき鋼板）はその耐食性を活かして、ガソリタンクなどに用いられている。

#### 2.2.4 金属溶射

各種の金属を熔融し、これを高速度で飛散させて微粒子として物体の表面に皮膜を作る方法を金属溶射という。

#### 2.2.5 クラッド

クラッドは異種金属を積層させることによって、単独の金属材料では満たすことが出来ない経済性、強度、耐食性などの要求を満たすことに利用される。

### 2.3 環境側からの防食

金属がおかれる環境を整えて腐食しにくくするのも一つの防食法である。水中や溶液中の場合はその中の pH を中性又はアルカリ性にするとか、溶存酸素を少なくしたりする。

#### 2.3.1 空気中の除湿

空気中の除湿の方法としては、冷凍法、吸湿剤による方法が用いられているが、密閉区画等においては不活性ガスを併用することもある

#### 2.3.2 水中の溶存酸素の除去

水中の酸素を除去することによって、水と接する金属の腐食を防止できる。脱酸素の方法としては、水中の酸素を水の温度の上昇又は圧力の降下によって減少させる脱気法や、化学処理によって、溶存酸素を消費し酸素濃度を減らす脱酸素法がある。

### 2.4 電気防食

金属の腐食を電気化学的作用で防止しようとするもので、使用方法により陰極防食法と陽極防食法とがあるが、一般には陰極防食法が使用されている。

### 2.5 鉄イオン供給による防食法

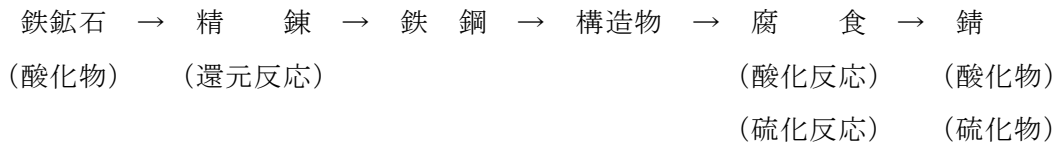
銅合金製の冷却管を使用する熱交換器において海水冷却液による潰食防止を行うため、冷却液中に鉄イオンを供給することにより、器内銅合金面に防食性酸化鉄被膜を形成付着させる方法である。

## 第2章 鉄鋼の腐食と塗装による防食

船舶設計のために必要最小限の常識的な腐食と防食方法の概論的内容を示す。

### 1 鉄鋼の腐食理論

鉄の原料である酸化鉄、硫化鉄は精錬、加工され鉄鋼構造物と形を変えても、いずれはもとの形である酸化物、硫化物等の化学的に安定な物質（錆）に帰る宿命にある。



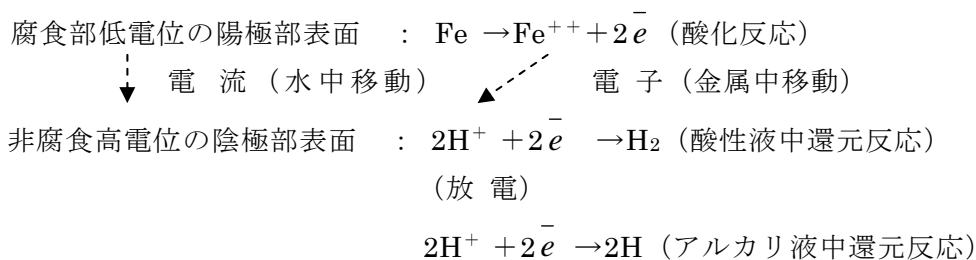
#### 1.1 化学的因子による腐食

鉄と塩素ガスの様に金属と腐食性ガスが直接反応する場合や、鉄と硫酸との反応や鉄と塩化銅が反応する場合のように、鉄は化合物化（腐食生成物化）し低活性度の水素ガスや金属銅を析出する。

#### 1.2 電気化学的因子による腐食

##### 1.2.1 局部電池の形成

鉄と異種金属との接触で、鉄より電位的に貴な金属が接する場合は鉄の腐食条件となることを局部的電池の形成と言う。局部電池が形成された場合、その電池発生の局部において電気的活性卑鉄となったところが陽極（アノード、anode）となり、それに近接した低活性貴鉄面（又は接触貴金属）が陰極（カソード、cathode）となり、結果的に両者間に金属の電位差による起電力が発生する。



##### 1.2.2 腐食電流と防食電流について

電気化学反応回路において、陽極の Fe が  $\text{Fe}^{++} + 2e^-$  と腐食溶解反応を起すとき、 $2e^-$  の放出移動に伴い、それを逆方向に陽極部から電解質を經由して流れ出る電流を腐食電流と言い、それは陰極表面へ供給される。陽極は陰極に対して自から犠牲的に腐食しつつ腐食電流を流出し、対極である陰極に対して防食電流として供給する。これが電気化学反応に伴う両極間の電流の授受である

電気化学的局部電池（galvanic cell）のダイアグラム

- (1) 陽極とは…(+)電気の流出する側で電池の(-)極であり、電気分解の(+)極を意味する
- (2) 陰極とは…(-)電気の流入する側で電池の(+極)であり、電気分解の(-)極を意味する

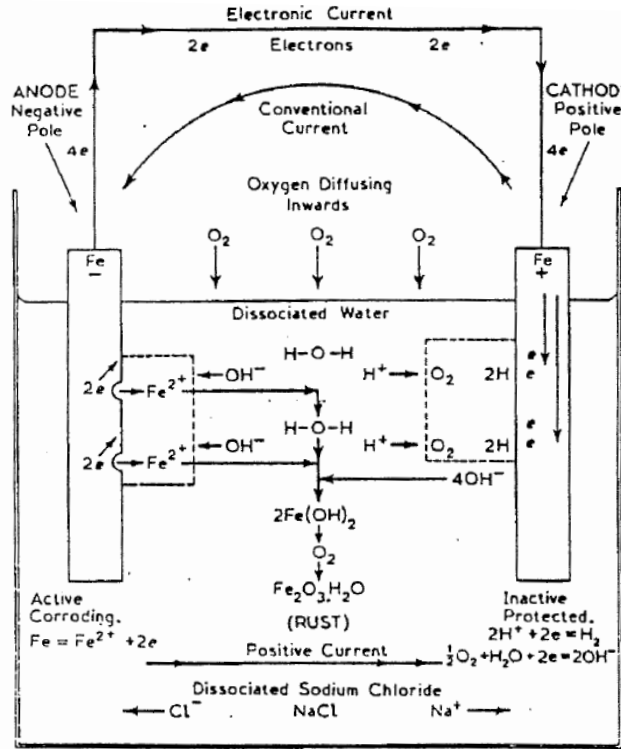


図 2 - 1 鉄-鉄

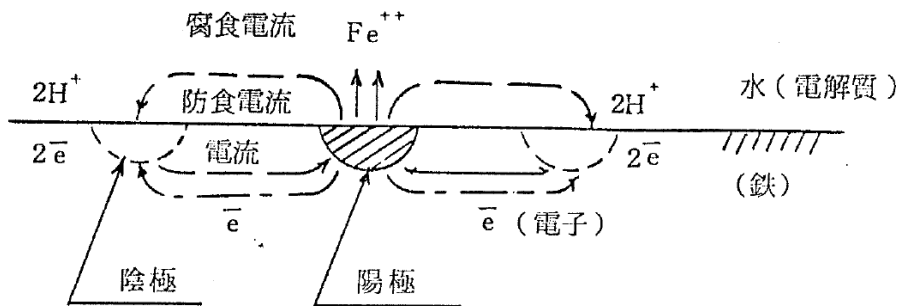


図 2 - 2 鉄面自身の組成的な局部電池形成による腐食

## 2 鉄の塗装による防食概論

自然に出来た鉄の錆は、ステンレスやアルミニウムの様な強固な不導体被膜状の酸化物でなく、多孔質で密着性の悪いものであるから、これを抑制又は阻止するために塗装が行われる。塗装による防食は、塗膜によって鋼表面から腐食反応に関与する水分と酸素を遠ざけると共に塗膜の高い電気抵抗によって腐食反応を阻止することである。

## 第 3 章 塗料の概要

塗料とは流動状態で物体の表面に塗りひろげて膜を形成したのち乾燥硬化（中には乾燥硬化しないものもある）につれて物体表面に固着し、連続した被膜を形成するものをいう。塗装は金属、非金属、プラスチック、木材、その他被塗物の表面に塗料を塗布することによって、大気中の水分、酸素、その他腐食条件から「保護」し、又、自由な色彩、及び光沢を与えることによって「美装」することが目的である。

### 1 塗料の構成

塗料の構成は、一般に図3-1に示す通り顔料と展色剤（ビヒクル）に大別される。

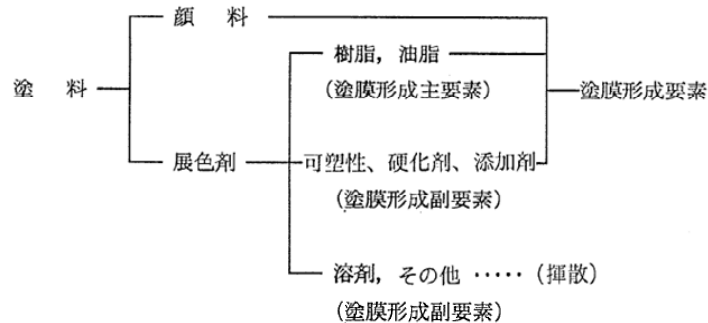


図 3-1 塗料の構成

#### 1.1 顔料 (pigment)

顔料は水または溶剤に不溶性の粉体の成分であり、使用目的により、防錆顔料、着色顔料、体質顔料、特殊顔料に分類される

#### 1.2 展色剤 (vehicle)

塗料が液体の状態にあるとき、顔料を分散させている液体成分をいい、顔料を結合して塗膜を固める成分と、これを溶解、希釈する成分とでできている。

##### 1.2.1 溶剤 (塗膜形成助要素)

塗膜形成主要素である油脂、樹脂などを塗装に適した流動状態になるよう溶解、希釈するものを溶剤という。一般には、塗料の粘度調整のために油脂、樹脂を溶解させるものを溶剤と称し、塗料の種類によっては水を溶剤として用いることもあるが、塗膜形成の過程で蒸発するものをいう。表3-1に溶剤の種類を示す。

表 3-1 溶剤の種類

分類	溶剤名	塗料の種類
混合炭化水素溶剤	ミネラルスピリット	アルキド
芳香族系炭化水素溶剤	トルオール、キシロール、C9系炭化水素、C10系炭化水素	アクリル、シリコン、エポキシ、ウレタン
エステル系	酢酸エチル、酢酸ブチル、メトキシプロピルアセート	ウレタン
エーテル系	メトキシプロパノール、ブチルセロソルブ	エポキシ
ケトン系	メチルエチルケトン メチルイソブチルケトン	エポキシ樹脂、ウレタン
アルコール系	エタノール、IPA、N-ブタノール、イソブタノール	無機ジンク、エポキシ
水性（水系）	水、イオン交換水	水性（水系）塗料

## 2 塗料体系の分類

塗料の分類の例を表3-2に示す。

表 3-2 塗料の分類

分類	塗料
展色剤の種類	油性塗料、合成樹脂塗料、繊維素塗料
使用溶剤の種類	有機溶剤を使用する塗料、水を溶剤として使用するエマルジョン塗料および水溶性塗料、溶剤を使用しない無溶剤塗料
塗膜の性能	錆止塗料、耐薬品塗料、耐熱塗料、船底塗料、防火塗料、結露防止塗料、ノンスリップ塗料
塗膜の目的	ショッププライマー、パテ、下塗塗料、中塗塗料、上塗塗料、はく離型塗料
被塗物または用途	船舶用塗料、木工用塗料、自動車用塗料、橋梁用塗料、家庭用塗料、ゴムプラスチック用塗料、非鉄金属用塗料
塗膜の状態	艶有塗料、艶消塗料、透明塗料（クリヤー）、蛍光塗料
乾燥の方法	常乾型塗料、焼付型塗料、光硬化型塗料

展色剤の種類による主な船舶用塗料の特質を以下に述べる。

### 2.1 瀝青質塗料（Bituminous Paint）

アスファルト、ギルソナイト、コールタール、などを原料とする塗料でビチューミナスソリューション及びエナメルが代表的なものである。

### 2.2 フェノール樹脂塗料（Phenolic Resin Paint）

もっとも早く開発された合成樹脂塗料でフェノール樹脂と植物油を反応させて作った樹脂

ワニスを展色剤とした塗料である。

### 2.3 アルキッド樹脂塗料 (Alkyd Resin Paint)

多価アルコールと多塩基酸の縮合反応によって形成された樹脂をアルキッド樹脂という。

### 2.4 メラミン樹脂塗料 (Melamine Resin Paint)

メラミン樹脂はメラミンとホルムアルデヒドの縮合反応により生成される樹脂で、塗料としてはメラミン樹脂と短油性アルキッド樹脂を併用したものが多い。

### 2.5 ビニル樹脂塗料 (Vinyl Resin Paint)

ビニル樹脂には塩化ビニル樹脂、酢酸ビニル樹脂、ポリビニルアルコール等多くの種類がある。一般に塩化ビニル樹脂塗料は、塩化ビニル、酢酸ビニル共重合樹脂をケトン、エステルおよびキシレンなどの混合溶剤に溶かした塗料である。

### 2.6 塩化ゴム樹脂塗料 (Chlorinated Rubber Resin Paint)

塩化ゴム樹脂塗料は、塩化ゴム単独、又は他の樹脂を併用したものに可塑剤として塩化パラフィンやアルキッド樹脂を加えたもので溶剤揮発乾燥型塗料である。

### 2.7 エポキシ樹脂塗料 (Epoxy Resin Paint)

一般に2個以上のエポキシ基  $\begin{array}{c} \text{-CH-CH}_2 \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad / \\ \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$  を持った樹脂をエポキシ樹脂と呼び、塗料用としては、エピクロロヒドリンとビスフェノールAの縮合反応によってできたエポキシ樹脂を使っている。エポキシ樹脂は耐熱性、耐薬品性、密着性、硬度が大である等、数々の特徴がある

### 2.8 タールエポキシ樹脂塗料 (Tar Epoxy Resin Paint)

瀝青質にエポキシ樹脂を配合した塗料であり、瀝青質の特長である耐水性に優れた点とエポキシ樹脂の特長を生かすようにしたものである。密着性が良く透過性の小さい塗膜で、吸水率が低く、特に耐水、耐海水性に優れており、貨物油タンク、バラストタンク、送水管など利用度が高かった。現在は使用されない。

### 2.9 変性エポキシ樹脂塗料 (Modified Epoxy Resin Paint)

タールエポキシ樹脂に、キシレン樹脂などの石油系合成樹脂や石炭を原料とするクマロン樹脂などをエポキシ樹脂に配合した塗料である。ノンタールエポキシ樹脂塗料、ブリーチドタールエポキシ樹脂塗料とも呼ばれ、その性質は耐水性、耐薬品性に優れ、コールタールエポキシ樹脂塗料と良く似ている。

### 2.10 不飽和ポリエステル樹脂塗料 (Unsaturated Polyester Resin Paint)

不飽和ポリエステル樹脂はアルキッド樹脂にスチレン樹脂を共重合させた熱硬化性樹脂で、塗料には加熱硬化型と硬化剤、促進剤を使用時に加える常温硬化型がある。

### 2.11 ポリウレタン樹脂塗料 (Polyurethane Resin Paint)

ポリウレタン樹脂はポリオール樹脂とイソシアネートの重合により生成される熱硬化性樹脂でウレタンフォームなどの発泡体、断熱材などに利用されている。エポキシ樹脂下塗塗膜面への上塗塗料として使用されている。



## 2.12 アクリル樹脂塗料 (Acrylic Resin Paint)

アクリル樹脂はアクリル酸 又はメタクリル酸誘導体の重合により生成される熱可塑性樹脂の総称である。塗料としては、アクリル酸エステルとスチレンあるいは酢酸ビニルの共重合樹脂が主に使用される。

## 2.13 シリコン樹脂塗料 (珪素樹脂塗料) (Silicon Resin Paint)

シリコン樹脂は、珪素とハロゲン化アルキルとの反応で生成されるアルキルハロゲンシランを加水分解して得られるアルキルシラノールの縮合樹脂である。

## 2.15 水性 (水系) 塗料 (Water Based Emulsion Paint)

一般に使用されている塗料は有機溶剤が使われているので大量の有機溶剤がなんらかの形で空気中に放出され、大気汚染の原因の一つとなっている。塗料中の有機溶剤を衛生面、火災面から安全な水に置かえることができることから、最近、水性 (水系) 塗料が無公害塗料として見直されてきている。

## 2.16 ショッププライマー (Shop Primer)

一般に造船産業では工程の合理化のため、鋼材を素材の段階でショットブラストに依りミルスケールを除去し、直ちに一次防錆用のプライマーを塗装するが、これをショッププライマーと称する。

## 3 塗料の乾燥機構

塗料、塗膜の構造を知るうえでの一例として乾燥機構の分類について表3-3に示す。

表 3-3 塗料の硬化乾燥機構

硬化乾燥機構	塗料の組成 (樹脂)	乾燥の機構	塗料
揮発硬化乾燥	塗膜形成要素は溶解性の固体で、溶剤にとけている。	溶剤が蒸発してあとに固体の塗膜形成要素が塗膜となる。	ニトロセルロース系、アクリル系、ビニルブチラール系、塩化ビニル系、塩化ゴム系
揮発酸化硬化乾燥	塗膜形成要素は常温の液体で、空気中で酸化する性質を有している。溶剤が含まれている。	溶剤が蒸発したあとに塗膜形成要素が残り、空気中の酸素を吸収して酸化し、これに伴う重合が起って硬化乾燥する。	油性系、アルキド系
揮発重合硬化乾燥	塗膜形成要素は重合によって硬化する液体もしくは固体で、溶剤にとけている。	溶剤が蒸発したあとに塗膜形成要素が残り、重合によって硬化して塗膜ができる。加熱乾燥させる場合もある	フェノール系、タールエポキシ系、ポリエステル系、メラミン系、アクリル系、ウレタン系、エポキシ系、シリコン系、アルキルシリケート系、アルカリシリケート系

## 4 船舶用塗料の特性

### 4.1 船舶主要区画の環境条件と塗膜に要求される性能

船舶では区画あるいは部位によってそれぞれ環境条件が異なり、しかも腐食要因は種々複雑である。一般的に各塗料のもつ性能を表3-4に示す。また、船舶主要区画の環境条件と塗膜に要求される性能を表3-5に示す。

表 3-4 塗料のタイプと性能

性能 その他 塗料の タイプ	性 能								表面 処理の 難易	色相 制限	価 格
	乾 燥 性	耐 水 性 (没水)	防 食 性	耐 酸 性	耐 ア ル カ リ 性	耐 溶 剤 性	耐 候 性	耐 熱 性 (℃)			
油 性 系	△	×	○	△	×	×	△	60	◎	無	低
油性合成樹脂系	□	×	○	△	×	×	△	80	○	無	低
フタル酸系	○	×	○	□	×	△	◎	100	○	無	低
ビ ニ ル 系	◎	○	○	◎	◎	△	◎	80	○	無	高
塩 化 ゴ ム 系	◎	○	◎	○	○	×	◎	80	○	無	中
エ ポ キ シ 系	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	150	□	無	高
変性エポキシ系	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	150	□	有	高
タールエポキシ系	□	◎	◎	◎	◎	□	△	100	○	有	中
ポリウレタン系	○	○	○	◎	◎	◎	◎	150	□	無	高
瀝 青 質 系	○	□	○	◎	◎	×	△	60	○	有	低
アクリルエポキシ系	○	○	◎	◎	◎	○	◎	150	○	無	高
有 機 ジ ン ク 系	○	◎	◎	×	×	○	○	200	○	有	高
無 機 ジ ン ク 系	◎	◎	◎	×	×	◎	○	400	△	有	高

◎：優秀 ○：良好 □：やや良好 △：可 ×：不可

注1) 上表の評価は塗料メーカーの各製品に依り異なる場合があるので、実際の塗装仕様決定時には注意が必要。

表 3-5 船舶主要区画の環境条件と塗膜に要求される性能

区 画		環境条件	塗膜に要求される性能
外 板	船底部	<p>常時海水に没水されていて、この部分では海洋生物の付着がある。</p> <p>船首部でのチェーンズレ外傷等による腐食。</p>	<p>1) 水分、腐食性塩類の浸透性が少ないこと。</p> <p>2) 化学的、物理的に金属面を防食する作用を有すること。</p> <p>3) ショッププライマーとの付着性が良好なこと。</p> <p>4) 仕上げ塗料には生物の付着を防ぐ防汚効果があること。</p> <p>5) 防汚塗料が黒変しないこと。</p>
	水線及び外舷部	<p>海水との乾湿交互という条件下にあり、特に水面との境界付近ではアオサの付着がある。</p>	<p>1) 水分、腐食性塩類の浸透性が少ないこと。</p> <p>2) 化学的、物理的に金属面を防食する作用を有すること。</p> <p>3) ショッププライマーとの付着性が良好なこと。</p> <p>4) 耐アオサ効果をもつこと。</p> <p>5) 耐候性に優れていること。</p>
暴露甲板部、及び上部構造物外部		<p>塩風下で大気暴露条件下にあり、特に甲板部は機械的損傷を受け易い環境にある。また、暴露構造物は、常時海塩粒子の影響で腐食を受け易い状況下におかれている。</p>	<p>1) 水分、腐食性塩類の浸透性が少ないこと。</p> <p>2) 化学的、物理的に金属面を防食する作用を有すること。</p> <p>3) ショッププライマーとの付着性が良好なこと。</p> <p>4) 耐衝撃性、耐摩耗性がよいこと。</p> <p>5) 美観、色彩仕上げを必要とする。</p>
バラスタック及び原油タンク		<p>海水或は原油、場合には海水と原油の交互という非常に腐食環境の激しい条件下にある。</p>	<p>1) 水分、腐食性塩類の浸透性が少ないこと。</p> <p>2) 化学的、物理的に金属面を防食する作用を有すること。</p> <p>3) ショッププライマーとの付着性が良好なこと。</p> <p>4) 耐衝撃性、耐摩耗性がよいこと。</p> <p>5) 原油タンクにおいては使用塗料の成分の溶出性が少ないこと。</p>
カーゴホールド		<p>積荷の搬入、搬出に伴う機械的損傷を受けやすい条件下にある。</p>	<p>1) 水分、腐食性塩類の浸透性が少ないこと。</p> <p>2) 化学的、物理的に金属面を防食する作用を有すること。</p> <p>3) ショッププライマーとの付着性が良好なこと。</p> <p>4) 耐衝撃性、耐摩耗性がよいこと。</p>
石油製品タンク、清水タンクなど		<p>油又は清水中に浸されている腐食環境条件であることから、その防食性も耐油性、耐水性を中心としたものが要求される。</p>	<p>1) 水分、腐食性塩類の浸透性が少ないこと。</p> <p>2) 化学的、物理的に金属面を防食する作用を有すること。</p> <p>3) ショッププライマーとの付着性が良好なこと。</p> <p>4) 耐衝撃性、耐摩耗性がよいこと。</p> <p>5) 耐水、耐油性が優れていること。</p>

## 第 4 章 塗装手順及び品質管理

船舶の建造工程の中での塗装工程について簡単に記述する。

図4-1は造船に於ける代表的な塗装工程を示す

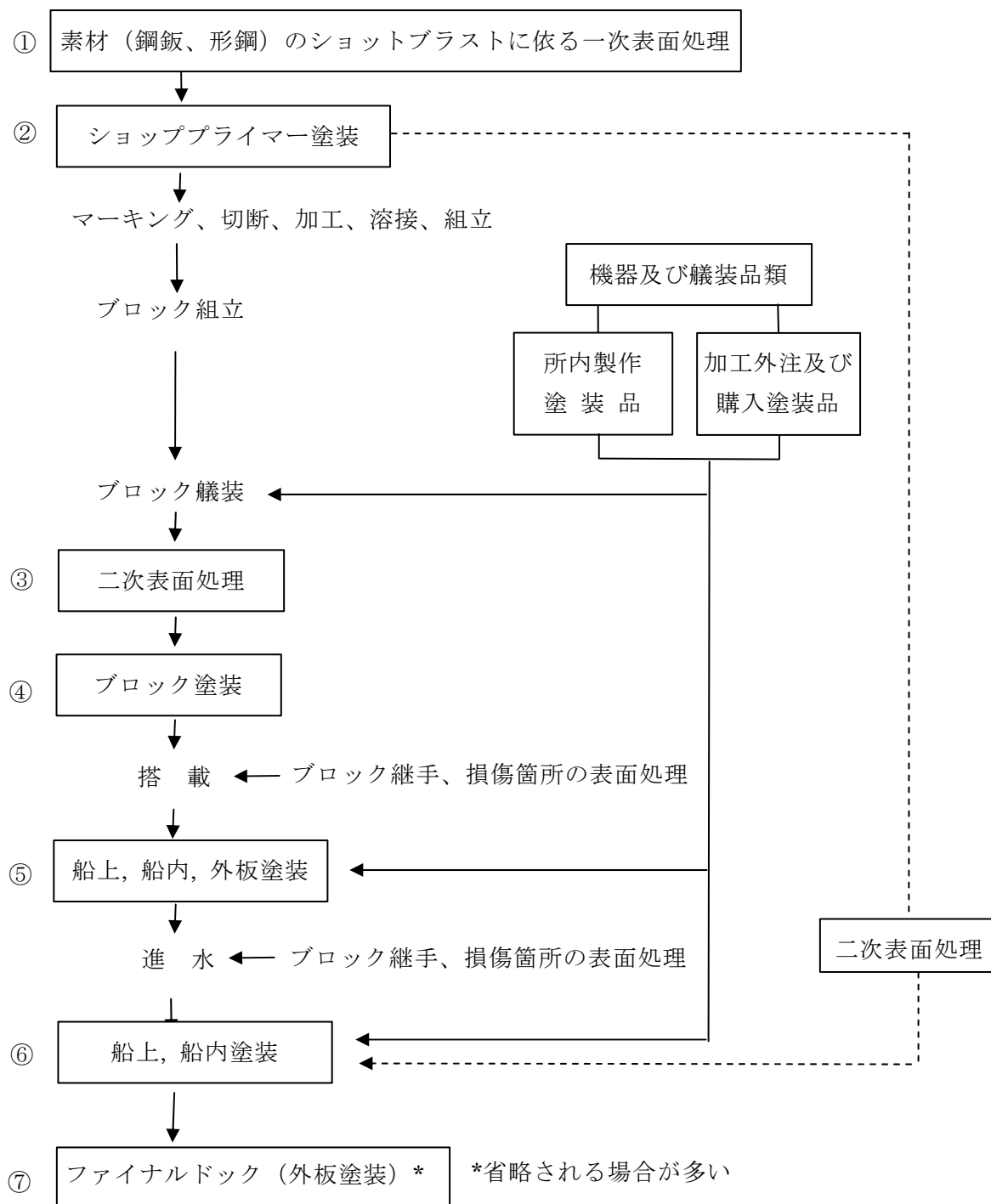


図 4-1 塗装工程例

注) 塗装以外の工事は省略した。

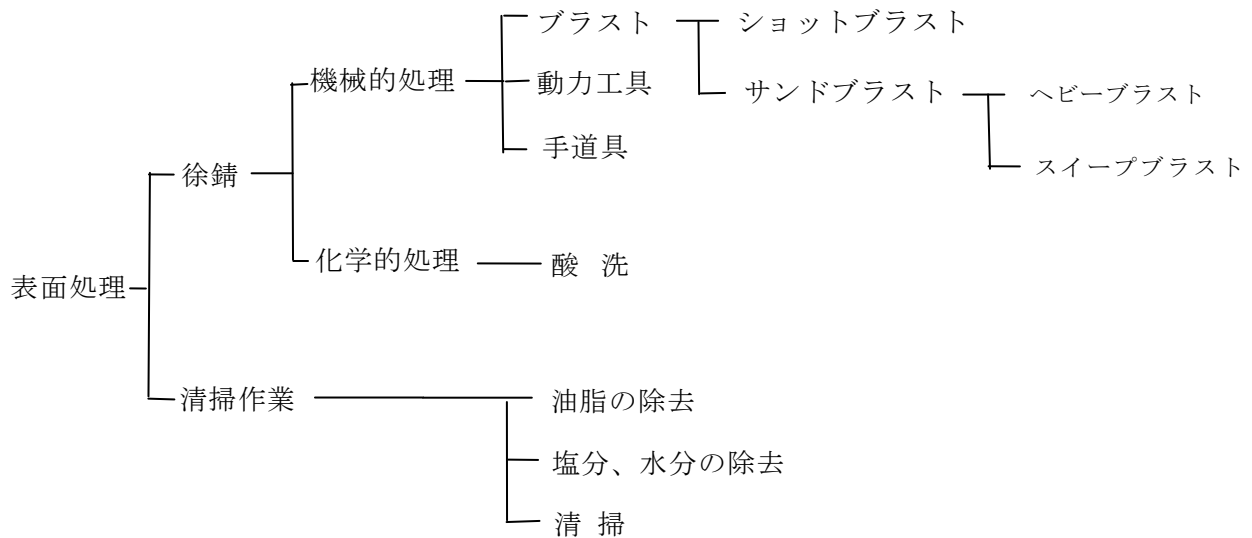
## 1. 表面処理

塗装前に金属面から錆、油、水、等の異物を取り除いたり、表面に適度の粗さを与えたりすることを表面処理という。下地処理、素地調整又は塗装前処理ともいわれる。

熱間圧延鋼材はミルスケール(黒皮)で覆われる。このミルスケールは鋼素地に対し電気化学的に貴であるため鋼材の腐食を促進する。また残存するミルスケールや赤錆の上に塗装した場合、局部電池作用によって腐食が起り、塗膜のふくれ、はく離等の原因を作る。この様にミルスケールや赤錆の付いた鋼板面の一次表面処理は塗料の付着及び耐久性に大きく影響するので出来るだけ入念に行う必要がある。

### 1.2 表面処理の種類と方法

造船において比較的良く行なわれる表面処理を図式化すると次の様になる。



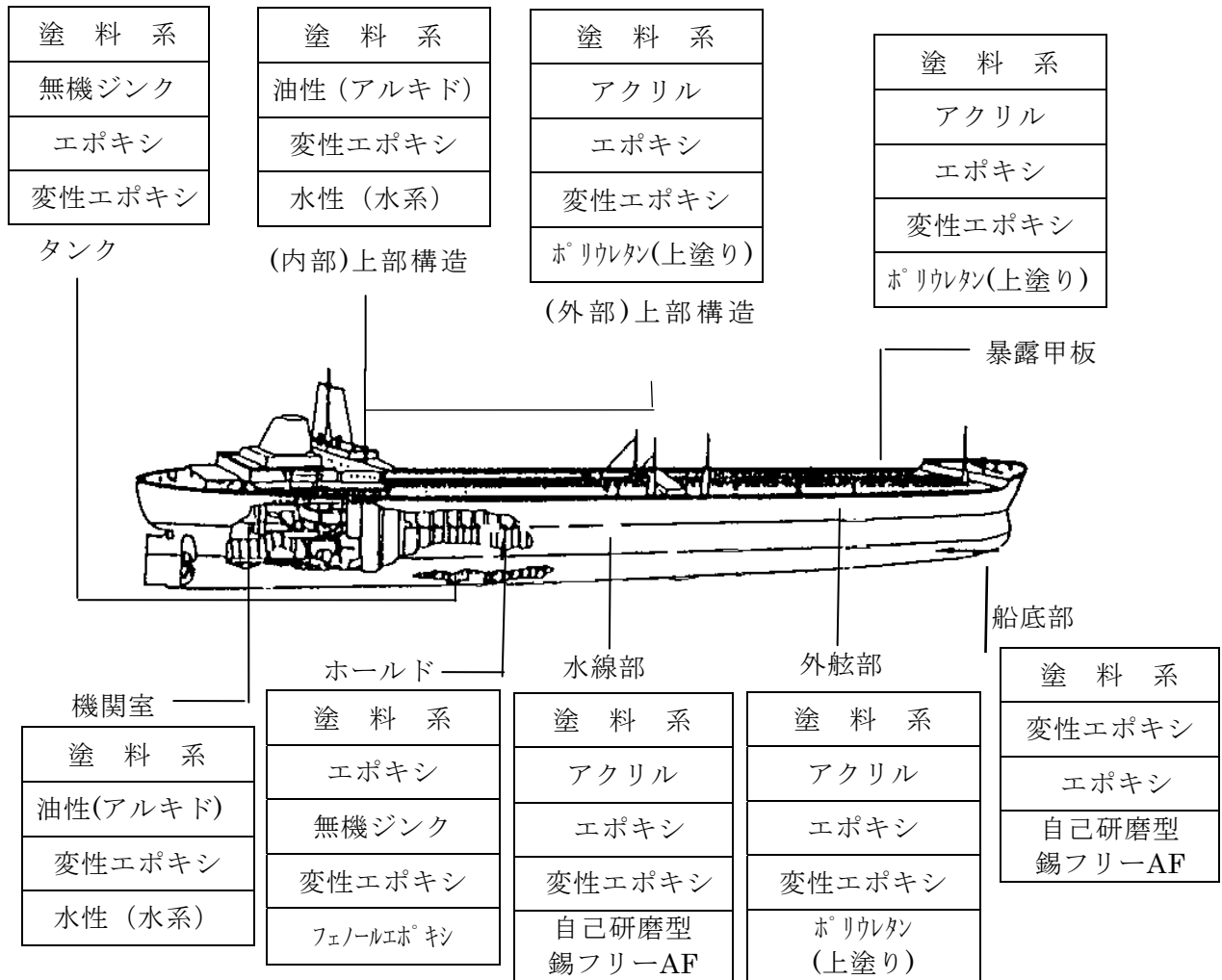
## 第 5 章 塗装仕様の決定要因

以降本章掲載割愛

## 第 6 章 各部の塗装仕様

### 1 各部に対する塗装系

近年一般的に採用されている塗装仕様に基づく参考事例として紹介する。



船舶塗装図

### 2 船体主要部に対する塗装系

#### 2.1 外板部

区 画	CASE	1st	2nd	3rd	4th	備考
船底部外板	1	PE-AC	PE-BC	SPC-AF	—	
	2	PE-AC	SPC-AF	—		
水線部外板	1	PE-AC	PE-BT	—		
	2	PE-AC	PE-BC	SPC-AF	—	
	3	PE-AC	AC-BT	AC-BT	—	
外舷部外板	1	PE-AC	PE-TS	—		
	2	PE-AC	PU-TS	PU-TS	—	
	3	PE-AC	AC-TS	AC-TS	—	

## 2.2 暴露甲板、上部構造外面

区 画	CASE	1st	2nd	3rd	4th	備考
暴露甲板	1	PE-AC	AC-DP	—	—	
	2	PE-AC	PU-DP	PU-DP	—	
	3	PE-AC	PE-DP	—	—	
	4	MEP	MEP	—	—	
上部構造外面	1	PE-AC	AC-FP	—	—	
	2	PE-AC	PU-FP	PU-FP	—	
	3	PE-AC	PE-FP	—	—	
	4	MEP	MEP	—	—	

## 2.3 タンク、カーゴホールド関係

### 2.3.1 タンク

区 画	CASE	1st	2nd	備考
バラストタンク（海水）	1	MEP	MEP	
	2	PE	PE	
貨物油タンク（原油）	1	無塗装		
	2	MEP	MEP	
	3	PE	PE	
	4	IZP	—	
飲料水タンクおよび 清水タンク	1	PE	PE	
	2	NS-PE	—	
雑用清水タンク	1	MEP	—	
	2	PE	PE	
FO.DOタンク	1	SP	—	
	2	油ぶき		
LOタンク	1	油ぶき		
	2	PE	PE	
	3	SP	—	



### 2.3.2 カーゴホールド（船倉）

区 画		CASE	1st	2nd	備考
穀物 (石炭、鉱石、混 載)	一般	1	MEP	—	
		2	PE-AC	—	
	バラスト 兼用	1	MEP	—	
		2	PE-AC	—	
鉱石（専用）	一般	1	MEP	—	
		2	PE-AC	—	
	バラスト 兼用	1	MEP	—	
		2	PE-AC	—	
コンテナ		1	MEP	—	
一般貨物用 自動車用		1	PE-AC	—	
		2	MEP	—	
木材チップ		1	MEP	—	
		2	PE-AC	—	

### 2.3.3 プロダクトタンク

区 画	CASE	1st	2nd	3rd
プロダクト ケミカル タンク	1	PE	PE	PE
	2	PE	PE	—
	3	IZ	—	—
	4	PHE	PHE	PHE

### 2.3.4 コファダム、ボイドスペース

区 画	CASE	1st
ボ イ ド	1	OL
	2	MEP

## 2.4 機関部、居住区の塗装例

### 2.4.1 機関室、ポンプ室

区 画		CASE	1st	2nd	3rd
壁・天井	防熱下	1	OL-RP	—	—
		2	UHP	—	—
		3	WBP	—	—
	その他 一般	1	OL-RP	OL-FP	—
		2	OL-RP	OL-RP	OL-FP
		3	WBP	—	—
床		1	OL-RP	OL-DP	—
		2	MEP	—	—
		3	WBP	—	—
タンクトップ		1	MEP	—	—

### 2.4.2 居住区、スチアー

区 画		CASE	1st	2nd	3rd
壁・天井	防熱下	1	OL-RP	—	—
		2	UHP	—	—
		3	WBP	—	—
	露出部	1	OL-RP	OL-RP	OL-FP
		2	WBP	—	—
床	セメント下	1	無塗装	—	—
	露出部	1	OL-RP	OL-DP	—
		2	WBP	—	—

### 2.4.3 バッテリールーム

区 画	CASE	1st	2nd
天井、壁、床	1	MEP	—

### 2.4.4 冷蔵庫

区 画	CASE	1st	2nd
防熱下鋼板	1	MEP	—

## 2.5 塗料記号一覧表

塗 料 名	略 号	膜厚( $\mu$ m/回)
油性錆止塗料	OL-RP	30~70
デッキ塗料	OL-DP	25~35
油性上塗塗料	OL-FP	25~35
エポキシ錆止塗料	PE-AC	75~250
エポキシバインダーコート	PE-BC	100~250
エポキシ水線塗料	PE-BT	30~100
エポキシ外舷塗料	PE-TS	30~100
エポキシデッキ塗料	PE-DP	30~100
エポキシ上塗塗料	PE-FP	30~100
無機ジンク塗料	IZ	45~80
無機ジンクプライマ	IZP	15~20
有機ジンクプライマー	ZP	15~25
変性エポキシ塗料	MEP	100~250
自己研磨型防汚塗料	SPC-AF	75~160
超耐熱塗料	UHP	30
タンク用エポキシ塗料	PE	75~250
無溶剤型エポキシ塗料	NS-PE	300
ポリウレタン上塗塗料	PU-FP	25~50
ポリウレタンデッキ塗料	PU-DP	25~50
ポリウレタン外舷塗料	PU-TS	25~50
アクリル水線塗料	AC-BT	30~40
アクリル外舷塗料	AC-TS	30~40
アクリル上塗塗料	AC-FP	30~40
アクリルデッキ塗料	AC-DP	30~40
水性(水系)塗料	WBP	80
フェノールエポキシ塗料	PHE	75~160

## 第 7 章 詳細設計上の注意事項

以降本章掲載割愛

## 第8章 塗装以外の防食法

### 1 電気防食

#### 1.1 電気防食の種類

電気防食は電流の作用で金属の電位を変化させて腐食を防止する方法である。電流の作用によって鉄の腐食を防止するための基本的条件を図 8 - 1 に示す鉄の電位-pH 図から説明すると、腐食を防止するには次の二つの方法がある。

- 1) 鉄の電位を不活性域まで卑方向(電位がマイナスになる方向)へ移動させる。
- 2) 鉄の電位を不動態域まで貴方向(電位がプラス

になる方向)へ移動させる。

これらのうち、1) の方法が陰極防食法 (カソード防食法、cathodic protection) であり、2) の方法が陽極防食法 (アノード防食法 anodic protection) である。

電位 (V, 標準水素)

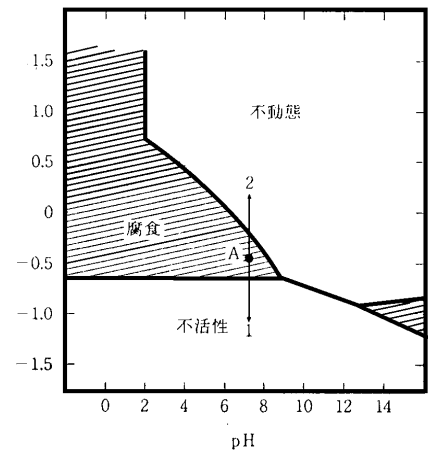


図 8 - 1 鉄の電位

#### 1.2 電気防食(陰極防食)の原理

腐食反応している金属表面について、陽極反応と陰極反応の電位-電流関係を示すと図 8 - 2 のようになる。 $E_a$  及び  $E_c$  はそれぞれ陽極反応及び陰極反応の平衡電位である。

腐食反応の開始と共に、陽極反応と陰極反応が進行し両極は分極のため電極面を通る電流の増加につれて陽極電位は一層貴な値へ、陰極反応は一層卑な値へ移動する。腐食している金属では、陽極電流と陰極電流が等しいから液間の電圧降下が無視できる場合、両分極の交点 C が金属の腐食状況を表し、この交点の電位が腐食電位であり、これに対応する電流が腐食電流である。

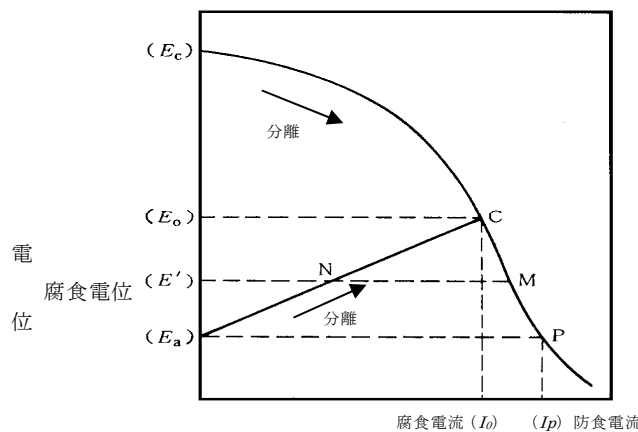


図 8 - 2 陰極防食原理図

### 1.3 防食電位

通常の自然環境下での種々の金属・合金の防食電位は、表 8-1 の数値が適当とされている。

表 8-1 各種金属・合金の防食電位

金属	防食電位 (V)		
	飽和硫酸銅電極基準	海水塩化銀電極基準	飽和甘汞電極基準
鉄鋼	-0.85	-0.78	-0.77
鉄鋼 (嫌気性環境) *	-0.95	-0.88	-0.87
銅合金	-0.50~-0.65	-0.43~-0.58	-0.42~-0.57
鉛	-0.60	-0.53	-0.52
ステンレス鋼	-0.83	-0.76	-0.75
アルミニウム合金	-0.95, 上限-1.20	-0.88, 上限-1.13	-0.87, 上限-1.07

\* 嫌気性硫酸塩バクテリアが繁殖している環境

### 1.4 防食電流密度

種々の環境における各種金属に対する所要防食電流密度の代表的数値を表 8-2 に示す。

表 8-2 防食電流密度

金属	環境	電流密度 (mA/m <sup>2</sup> )
鉄鋼	海水	50~150
	海水 (高速流)	150~300
	淡水 (流動)	60
	温水	50~150
	中性土壌 (不通気性、乾燥)	5~15
	中性土壌 (通気性、湿潤)	20~50
	中性土壌 (細菌繁殖)	400
	コンクリート (塩化物なし)	1
	コンクリート (塩化物含有)	5~20
ステンレス鋼	海水	20~50
アルミニウム	海水	20~50
銅合金	海水	150~300

### 1.5 電気防食 (陰極防食) の種類

電気防食には、流電陽極方式 (Galvanic Anode System 又は Sacrificial Anode System) と外部電源方式 (Impressed Current Cathodic Protection) とがある。

#### 1.5.1 流電陽極方式

##### (1) 防食理論

流電陽極方式は、被防食体にこれより卑な金属を接続し、両者間の電位差を利用して防食電流を流す方式である。金属は電解質中に浸漬されるとその金属特有の電位を生じる。表 8-3 にその一例を示す。このような自然電位列の中から 2 つの金属を組み合わせると電位の低い方の金属陽極が腐食し、電位の高い金属が防食される。このような原理を応用したのが図 8-3 に示す流電陽極方式である。

表 8-3 自然電位列

材質	定常電位 (V)	材質	定常電位 (V)
亜鉛	-1.03	赤色黄銅	-0.33
Al clad 3003 H	-0.94	アンブロイ	-0.32
Al 3003 H	-0.94	配合G	-0.31
Al 6061 H	-0.76	Admiralty	-0.29
Al 6063 H	-0.75	90-10 Cu Ni + 0.82Fe	-0.28
Al 5052 H	-0.74	70-30 Cu Ni + 0.66Fe	-0.27
2% Ni 鑄鉄	-0.68	70-30 Cu Ni + 0.37Fe	-0.25
鑄鉄	-0.61	ステンレス 430 (不動態)	-0.22
炭素鋼	-0.61	ニッケル	-0.20
Cor-Ten	-0.60	ステンレス 316 (活性)	-0.18
ステンレス 430 (活性)	-0.57	インコネル	-0.17
ニレジスト (第2種)	-0.54	ステンレス 410 (不動態)	-0.15
ステンレス 304 (活性)	-0.53	銀	-0.13
ステンレス 410 (活性)	-0.52	B 1 チタニウム	-0.10
ニレジスト (第3種)	-0.49	ステンレス 304 (不動態)	-0.084
ニレジスト (第4種)	-0.48	ハステロイ C	-0.079
ニレジスト (第1種)	-0.46	モネル	-0.075
トピン青銅	-0.40	ステンレス 316 (不動態)	-0.05
黄銅	-0.36		
銅	-0.36		

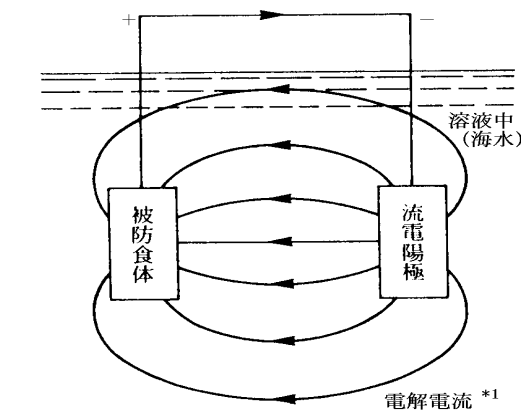


図 8-3 流電陽極方式

(2) 流電陽極材料

流電陽極は使用期間中、被防食体に対し有効な電位差を保ち、しかも単位重量当りの有効発生電気量も大きい材料が望ましい。現在使用されている流電陽極は、亜鉛、マグネシウム及びアルミニウムの金属又は合金で、それらの代表的特性を表 8-4 に示す。

表 8-4 流電陽極材料の特性

種類	亜鉛系	マグネシウム系	アルミニウム系
比重	7.14	1.77	2.83
開路電位 (V vs SCE)	-1.05	-1.50	-1.10
陽極効率 (%)	95	50	80~95
有効電気量 (Ah/kg)	780	1100	2300~2750

(3) 防食電流密度

外板及びバラストタンクに対する電気防食仕様を表 8・5 及び表 8・6 に示す。

表 8・5 外板の電気防食仕様

防食方法 適用項目		流電陽極法	外部電源防食法
		アルミニウム陽極・亜鉛陽極	
全浸水 外板 対象	計画対象面積	船体・舵・プロペラ	船体・舵・プロペラ
	防食電流密度	プロペラ 400～1600 mA/m <sup>2</sup> 、 船体部 3～10 mA/m <sup>2</sup>	プロペラ 400～1600 mA/m <sup>2</sup> 、 船体部 10～40 mA/m <sup>2</sup>
	陽極個数	$\frac{\text{船体部面積} \times 3 \sim 10 + \text{プロペラ} \times 400 \sim 1600}{1 \text{ヶ当たりの発生電流}}$	$\frac{\text{船体部面積} \times 10 \sim 40 + \text{プロペラ} \times 400 \sim 1600}{1 \text{ヶ当たりの発生電流}}$
	取付場所	ビルジキール、船尾部、舵	長さ 200m 以下船尾部のみ 200m 以上船首部、船尾部
船尾部 のみ 対象	計画対象面積	(舵+船体面積)×0.1+プロペラ面積	—
	計画対象密度	プロペラ 400～1600 mA/m <sup>2</sup> 、 船体部 5～10 mA/m <sup>2</sup>	—
	計画個数	$\frac{\text{船体部面積} \times 5 \sim 10 + \text{プロペラ} \times 400 \sim 1600}{1 \text{ヶ当たりの発生電流}}$	—
	取付場所	船尾部、舵	—
期待耐用年数		—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・陽極は10～20年</li> <li>・電源装置は約20年</li> </ul>
特 徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日常の保守、管理を特に必要としない</li> <li>・最初の取付け費用が安価</li> <li>・アルミニウム陽極は軽くて安価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流体抵抗の軽減</li> <li>・陽極新替を特に必要としない</li> <li>・入梁間隔の延長が可能</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・陽極の定期的な新替えが必要</li> <li>・亜鉛陽極は重い</li> <li>・亜鉛陽極は高価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日常の保守、管理を必要とする</li> <li>・最初の取付け費用が高価</li> <li>・装置取付けには施工日数がかかる</li> </ul>



表 8-6 新造船のバラスタタンクに対する電気防食仕様

計画年間漲水率	40 ~ 50%		
計画防食電流密度	5 mA/m <sup>2</sup> 以上 (塗装と併用の場合、バックアップ用)		
計画陽極重量	対象鋼材面積×防食電流密度×漲水率×耐用年数×0.0876 kg 当たり発生電気量 (アルミニウム陽極：2300、亜鉛陽極：780)		
適用	アルミニウム陽極	<ul style="list-style-type: none"> <li>・引火点が 60℃以下のオイルタンカーにおいて；船底部からの高さの積が 275J(28kgf·m)以上には装備しない。</li> <li>・Mg を含有する陽極は装備しない。</li> </ul>	
	亜鉛陽極	特に制限なし	
特徴	アルミニウム陽極	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発生電流が大きいため個数が少ない。</li> <li>・重量が軽いため取付け作業に良い。</li> </ul>
		短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水酸化物等が多く掃除に手間がかかる</li> <li>・取付け箇所の制限がある。</li> </ul>
	亜鉛陽極	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・陽極は取付け制限がない</li> </ul>
		短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アルミニウム陽極に比べ取付け個数が多い</li> <li>・アルミニウム陽極に比べ重量が大きい</li> </ul>

### 1.5.2 外部電源方式

#### (1) 装置の動作原理

船内電源を利用し船体外板を防食する方法である。

その動作図を図 8-4 に示す。

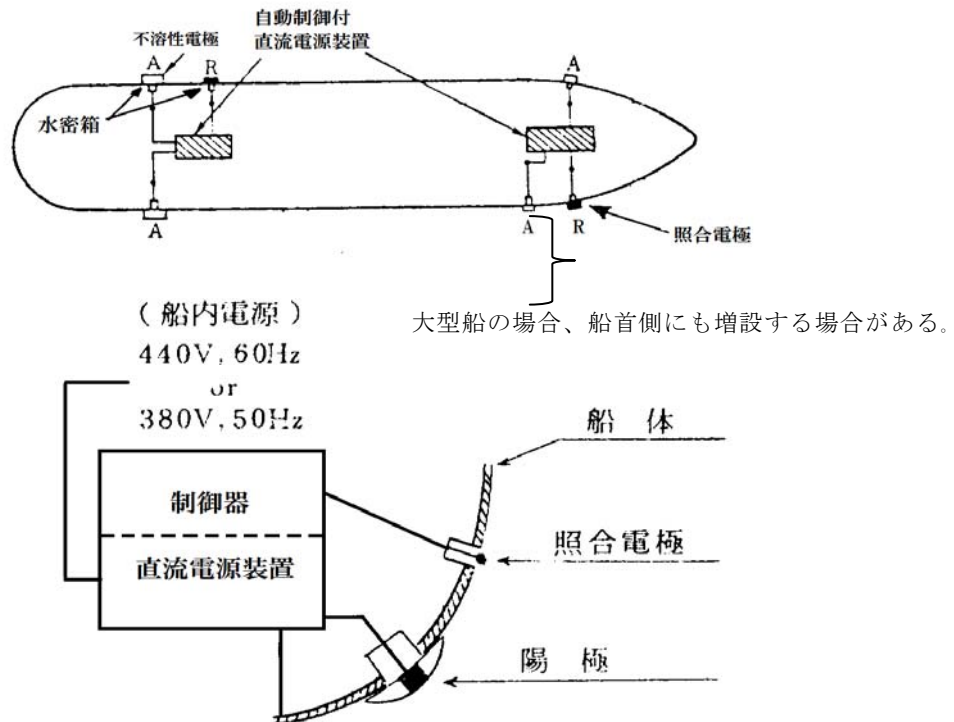


図 8-4 外部電源防食装置動作図

# 第 9 章 PSPC

## 1 PSPCとその目的

PSPC (Performance Standard for Protective Coatings)は、船舶の構造部材が腐食により衰耗し、船舶の構造安全性が損なわれるのを防ぐために、IMO決議 MSC.215(82) (2006年12月8日)にて採択された。

本基準の目的は、塗装システムが最初に塗布されて以降、“優良”の状態を維持するよう想定された15年の目標耐用年数を実現することである。そしてPSPCはその目的を達成させるための仕様と要件に基づいた強制標準と言える。

なお、本章ではIMO決議 MSC.215(82) 及び MSC.288(87)の内容を「PSPC規則」と表す。

## 2 PSPC適用船

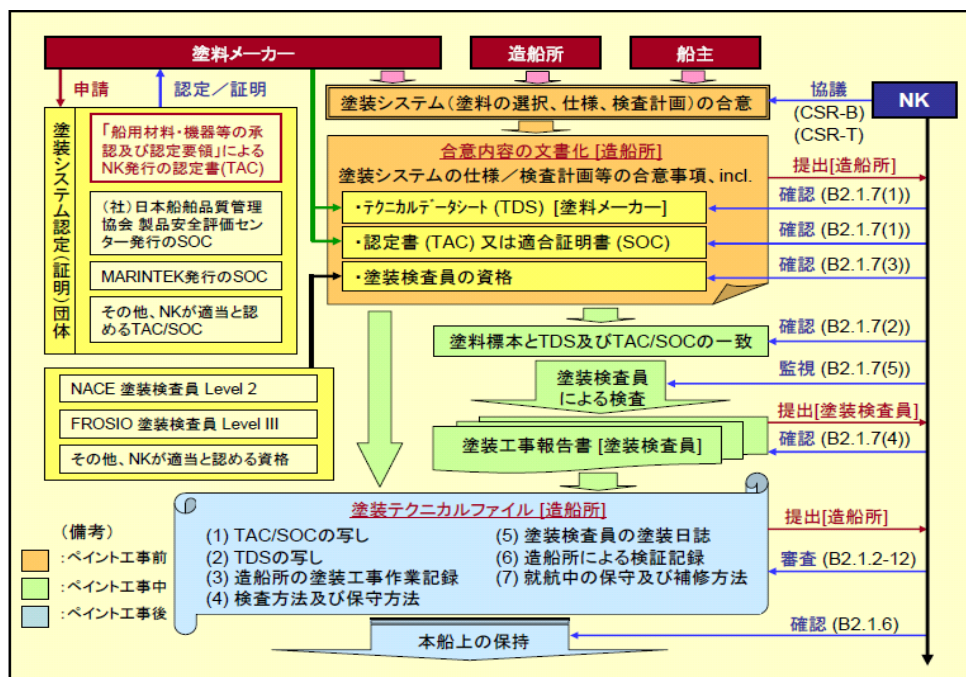
PSPCは、総トン数500トン以上の船舶のバラストタンク及び長さ150m以上のバルクキャリアの二重船側部の塗装に関して適用される。

一方、バラストタンクと並んで船内区画の広範囲を占めるカーゴオイルタンクについても、IMO決議 MSC.288(87) (2010年5月14日) でカーゴオイルタンク塗装性能基準が採択され、載貨重量5,000トン以上の原油タンカーのカーゴオイルタンクに適用される。

## 3 適用手順

PSPCの適用手順の概要を表9-1に示す。(NKガイドラインより抜粋)

表 9 - 1 塗装性能基準の適用手順の概要



## 4 規則要求項目(文書)

### 4.1 三者合意文書 (PSPC規則 3.2)

建造開始に先立ち、表面処理及び塗装工程の検査方法は、船主、造船所及び塗料メーカーの間で合意される必要がある。

### 4.2 塗装テクニカルファイル CTF (Coating Technical File)

#### 1) 新造時の塗装テクニカルファイル (PSPC規則 3.4.1)

塗装工事完了後には、塗装テクニカルファイルを造船所が作成し、主管庁(船級協会)の審査を受けなければならない。塗装テクニカルファイルには本基準に関する項目を含み、建造段階で造船所が提出すること。

本塗装テクニカルファイルは、船舶の一生を通じて船上に保持する必要がある。(PSPC規則 3.4.5)

#### 2) 就航後の保守、修繕及び部分的再塗装のCTF (PSPC規則 3.4.3)

就航時の保守、補修及び部分的再塗装は、塗装の保守及び補修のためのガイドラインの該当部分に従って塗装し、塗装テクニカルファイルに記録しなければならない。

#### 3) 再塗装のCTF (PSPC規則 3.4.4)

全面再塗装を行った場合には、PSPC規則 3.4.2 に規定する事項を塗装テクニカルファイルに記録しなければならない。

## 5 規則要求項目(施工)

### 5.1 塗装システムの計画

#### 1) 塗装型式 (PSPC規則 表1 1.2)

エポキシを主剤とするシステム(塗装システムとして型式承認が必要)。

塗装が多層の場合には、異なる色の塗装層を推奨する。

塗装の最上層は、就航中の検査を容易にするために明るい色とする。

#### 2) 施工仕様 (PSPC規則 表1 1.4)

最低2回のストライプ塗装及び2回のスプレー塗装。

ストライプ塗装は、ブラシ又はローラーで施すこと。ローラーはスカラップ、ラットホール等のみを使用すること。

#### 3) 公称乾燥膜厚(NDFT) (PSPC規則 表1 1.5)

エポキシベース塗装の公称乾燥膜厚 $320\mu\text{m}$ で90/10ルールに適合すること。

(90/10ルールとは、全ての膜厚計測点の90%の膜厚はNDFT以上であり、かつ、残り10%の計測点の膜厚は $0.9\times\text{NDFT}$ を下回らないことを意味する。)

過大な膜厚を避けるように十分考慮を払うこと。

ウェット膜厚は、塗装中、定期的に確認すること。

シンナーの種類及び量は、塗料メーカーの推奨によること。

## 5.2 一次表面処理

### 1) ブラスト処理及び粗度 (PSPC規則 表1 2.1)

Sa2-1/2(Sa2.5) : 30-75  $\mu$  mの間とすること。

以下の場合にあっては、ブラスト処理を施さないこと。

1. 相対湿度85%以上の場合
2. 鋼材表面温度が露点より3度高い温度未満の場合

### 2) NaClに相当する塩分濃度 (PSPC規則 表1 2.2)

塩化ナトリウムは50mg/m<sup>2</sup>以下にすること。

### 3) ショッププライマー (PSPC規則 表1 2.3)

防錆材を含まないジンクシリケートベース、又は同等物とすること。

塗料メーカーは主塗装システムとの適合性を確認すること。

## 5.3 二次表面処理

### 1) 鋼材状態 (PSPC規則 表1 3.1)

鋼材表面は、選択した塗装が要求される公称乾燥膜厚となるように均一な分布が得られ、かつ、十分な付着力を確保できるようにするため、シャープエッジの除去、溶接ビードのグラインダ処理並びに溶接スパッタ、及びその他の表面の汚れの除去を行うこと。

塗装前に、半径最小2mm又は3面の面取り、もしくは同等以上の方法でエッジ処理すること。

### 2) 表面処理 (PSPC規則 表1 3.2)

ショッププライマーの損傷部及び溶接部にあっては、Sa2-1/2(Sa2.5)とすること。

PSPC規則1.3の塗装認定試験に合格していないショッププライマーにあっては、健全部を少なくとも70%除去するSa2とすること。

### 3) ブロック結合後の表面処理 (PSPC規則 表1 3.3)

ブロック結合部はSt3以上、又は実行可能な場合Sa2-1/2(Sa2.5)とする。

バラストタンク：

総面積2%までの小損傷部はSt3とする。また、連続した損傷部が25m<sup>2</sup>以上、又はタンク総面積の2%を超える場合、Sa2-1/2(Sa2.5)を適用すること。

カーゴオイルタンク(甲板裏)：

総面積3%までの小損傷部はSt3とする。また、連続した損傷部が25m<sup>2</sup>以上、又はタンク総面積の3%を超える場合、Sa2-1/2(Sa2.5)を適用すること。

カーゴオイルタンク(内底板)：

総面積20%までの小損傷部はSt3とする。また、連続した損傷部が25m<sup>2</sup>以上、又はタンク総面積の20%を超える場合、Sa2-1/2(Sa2.5)を適用すること。

### 4) 粗度要求 (PSPC規則 表1 3.4)

全面ブラスト処理又は部分ブラスト処理部は30-75  $\mu$  mとする。それ以外の場合はメーカーの推奨による。

5) ダスト (PSPC規則 表1 3.5)

ダストサイズ”3”、“4”、又は”5”の場合にあつては、ダスト量”1”とする。さらに細かなダストサイズにあつては、塗装する表面において拡大鏡なしで目視確認できた場合、これを除去すること。

6) ブラスト／グラインダ処理後のNaClに相当する塩分濃度 (PSPC規則 表1 3.6)

塩化ナトリウムは50mg/m<sup>2</sup>以下にすること。

7) 油汚れ (PSPC規則 表1 3.7)

油汚れがないこと。

8) 塗装環境条件 (PSPC規則 表1 3.7)

- ・換 気：適切な塗装の乾燥及び硬化のため、十分な換気が必要。
- ・環境条件：塗装は湿度及び表面状態が管理された状態で行うこと。

以下の環境条件にあつては、塗装を行わないこと。

1. 相対湿度85%以上の場合
2. 鋼材表面温度が露点より3度高い温度未満の場合

- ・塗装の試験：破壊試験は実施しないこと

各層の塗装の施工毎に乾燥膜厚を測定すること。

最終塗装後に合計乾燥膜厚を確認すること。この場合、適正な膜厚計を用いる。

- ・補 修：ピンホール、気泡、空隙等の欠陥のある場所はマークし、適切に補修すること。  
また、その補修は再度確認し、記録すること。

## 6 塗装検査要件

### 6.1 塗装検査員の資格 (PSPC規則 6.1)

NACE Level II、FROSIO Level III または主管庁、もしくは認定機関が確認する同等の資格を有する塗装検査員によって、規定の検査事項が行われなければならない。

### 6.2 検査項目 (PSPC規則 6.2)

#### 1) 一次表面処理

- ・鋼材の表面温度、湿度及び露点をブラスト処理開始前、及び天候急変時に計測及び記録すること。
- ・鋼材表面の塩分濃度を測定し、油、グリース及びその他の汚れの有無を確認すること。
- ・ショッププライマー塗布時の鋼材表面の清浄度を監視すること。
- ・ショッププライマーがPSPC規則 表1の2.3の規定に適合していることを確認すること。

#### 2) 膜厚

- ・ショッププライマーと塗料の適合性が確認される場合にあつては、ジンクシリケートショッププライマーの膜厚及び硬化に関して、規定値を満足していることを確認すること。

#### 3) ブロック製造時

- ・ブロック完成後であって二次表面処理開始前に、エッジ処理を含む鋼材表面処理の目視検査を行うこと。  
全ての油、グリース、その他の目視できる汚れが除去されていること
- ・ブラスト処理、グライディング処理、及び清掃後であって、塗装前に二次表面処理の目視検査を行うこと。
- ・ブラスト処理及び清掃後であって、1回目の塗装前にブロック毎に、少なくとも1カ所の鋼材表面の塩分濃度を測定すること。
- ・塗装工事中及び硬化中は、表面温度、湿度及び露点を監視し、記録すること。
- ・IMO PSPC ANNEX 3に掲げる箇所において、仕様上の乾燥膜厚であることを膜厚計測により確認すること。

#### 4) ブロック結合時

- ・鋼材表面状態、表面処理、及びPSPC規則 表1 塗装システム要件のその他の要件に適合することを検証するための目視検査を行い、合意された仕様が実施されていることの確認。
- ・塗装の開始前及び塗装中、定期的に、表面温度、湿度及び露点を計測し、記録すること。
- ・PSPC規則 表1 塗装システム要件に規定するペイント工事手順の各工程において、検査すること。

## 7 品質管理プロセス

PSPCの品質管理とは、PSPC規則で定められた標準に沿って管理を行うものである。上記してきた通り、一定の数値目標が定められており、その数値に目標を置いて管理を行う必要がある。

## 第 10 章 船舶用塗料に関連する環境問題

最近では地球規模の環境問題が大きな社会問題となっており、塗料もこの環境問題と大きな関わりを持っている。現時点における船舶用塗料を取り巻く環境問題、その対応の方向などを以下に参考用として紹介する。

### 1 VOC（揮発性有機化合物）問題

VOCとは、「Volatile Organic Compound」の略であり、一酸化炭素、二酸化炭素、炭酸、金属の炭化物または炭酸塩、及び炭酸アンモニウム以外の炭素化合物であって大気中の光化学反応に関係する揮発性有機化合物を指す。

VOC削減は、作業環境の改善、環境情報の透明化によるCSRの確保、化学物質管理の進展、悪臭の防止などを促進させることが期待できる。

VOC削減の手法としては次のような方法がある。

#### (1) 低VOC塗料の採用

塗料中のVOC含有量が30%以下の塗料である低VOC塗料を使うことで削減できる。

#### (2) 水性塗料の採用

溶剤として水を使用する。

#### (3) 無溶剤塗料の採用

溶剤を使用しない塗料を採用すれば削減できる。

### 2 有機錫化合物規制

IMOでは、ブチル錫系塗料（TBT塗料）を新たに塗布することを禁止し、また、船舶に塗布されていることも禁止するための新条約（AFS条約：船舶についての有害な防汚方法の管理に関する国際条約）を2001年10月に採択し、この条約は、2008年に発効した。

### 3 コールタール問題

船舶のバラスタックにおいては防食性及び経済性に優れたタールエポキシ樹脂塗料が長年使われてきた。しかしタールエポキシ樹脂塗料に含まれるタール成分が特定化学物質であり発がん性物質の疑いがあるため使用の制限が行われた。塗料業界では自主的に2004年をめどにタールの生産を停止しタールを使用しない変性エポキシ樹脂塗料へ移行した。