

海洋構造物の防食

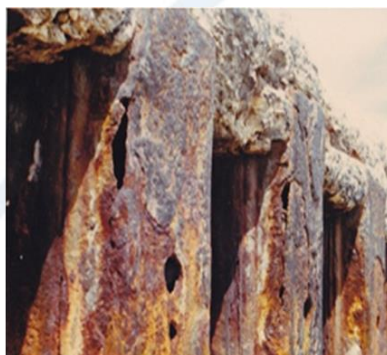
本資料は当社独自の技術情報を含みますが、公開できる範囲としています。
より詳細な内容をご希望される場合は、「お問い合わせ」よりご連絡願います。

港湾施設の腐食事例

港湾施設で下部工に位置づけられる **鋼矢板**、**鋼管矢板**、**鋼管杭** などの **鋼材** は海水により腐食（錆び）が進行します。これは、一般的な腐食要因である水分や酸素が豊富に存在することに加え、海水中の塩分が腐食を著しく促進する環境にあるためです。対策が施されていないと腐食が進行し、劣化・損傷が見逃され大事故につながる可能性があります。



鋼管杭



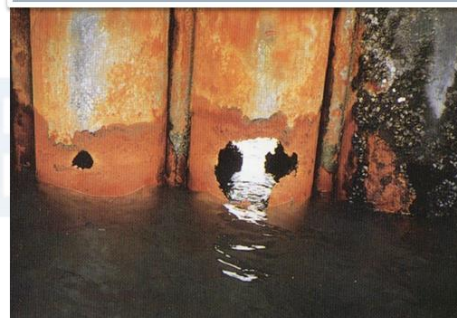
鋼矢板



鋼管矢板



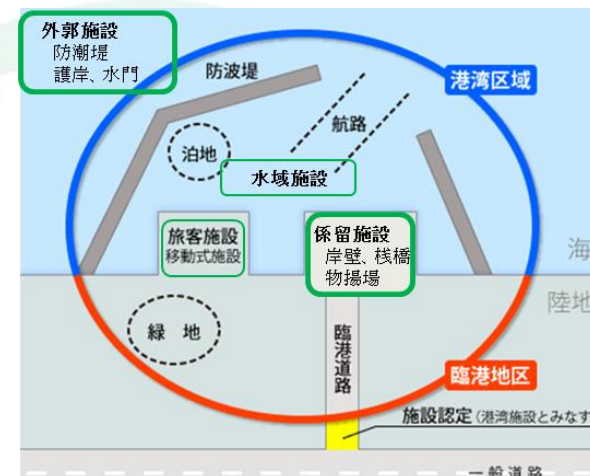
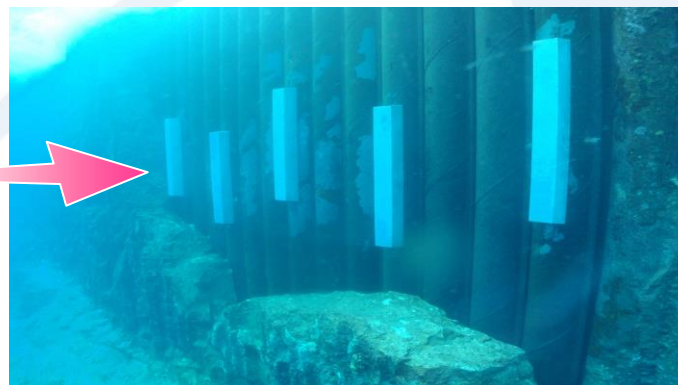
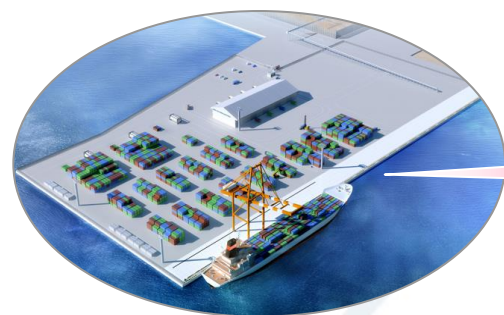
栈橋鋼管杭の腐食により穴が開き、座屈した結果、上部エコンクリートが陥没



鋼矢板の腐食により穴が開き、中詰土砂が流出、上部エコンクリートが重量に耐えきれず陥没

港湾施設の電気防食

港湾施設には、防波堤、岸壁、栈橋など外郭施設から係留施設まで色々あります。防食対策を適用するのは、港湾施設で下部工に位置づけされる **鋼矢板**、**鋼管矢板**、**鋼管杭** などの **鋼材** です。なかでも電気防食は、鋼材の腐食を電気化学的な作用で防ぐ特殊な技術です。



昭和34年に発行された「**港湾工事設計要覧**」で電気防食法が紹介されてから約60年を経て、現在では **港湾鋼構造物には電気防食を施す** というのが周知となっています。

また、現在使われる国土交通省監修の図書、「**港湾工事共通仕様書**」は昭和38年、「**港湾の施設の技術上の基準・同解説**」は昭和51年に制定されました。

そして、昭和61年に **防食設計の手順** が記載された「**港湾鋼構造物 防食マニュアル**」が（一財）沿岸技術研究センターより発行され、港湾工事における**防食・補修のガイド本**となりました。

防食の設計・施工に関する関連図書

①「**港湾の施設の技術上の基準・同解説**」

(平成30年5月発行)

監修:国土交通省港湾局

編著:港湾の施設の技術上の基準・同解説検討委員会

発行:(公社)日本港湾協会

②「**港湾工事共通仕様書**」

(平成16年3月改版、2年毎改訂、最新版は国土交通省HP)

監修:国土交通省港湾局

発行:(公社)日本港湾協会

③「**港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル(2022年版)**」

(令和4年9月発行)

発行:(一財)沿岸技術研究センター

④「**港湾鋼構造物 [新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック] 2013年度版**」

(平成26年3月発行)

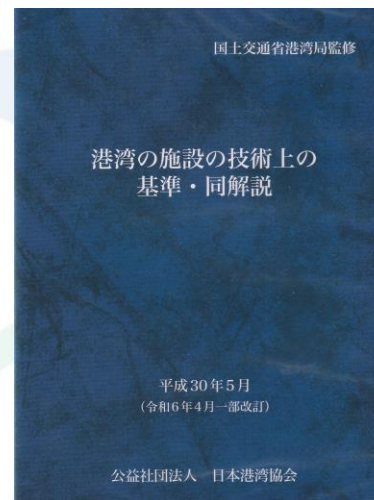
発行:防食・補修工法研究会

⑤各施設の基準(地域・企業独自基準)

水産省(漁港)・自治体・埠頭 等

※ 防食設計・施工は、上記図書を参考に行っています。

①



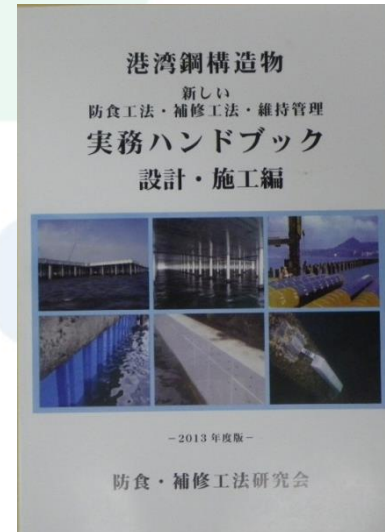
②



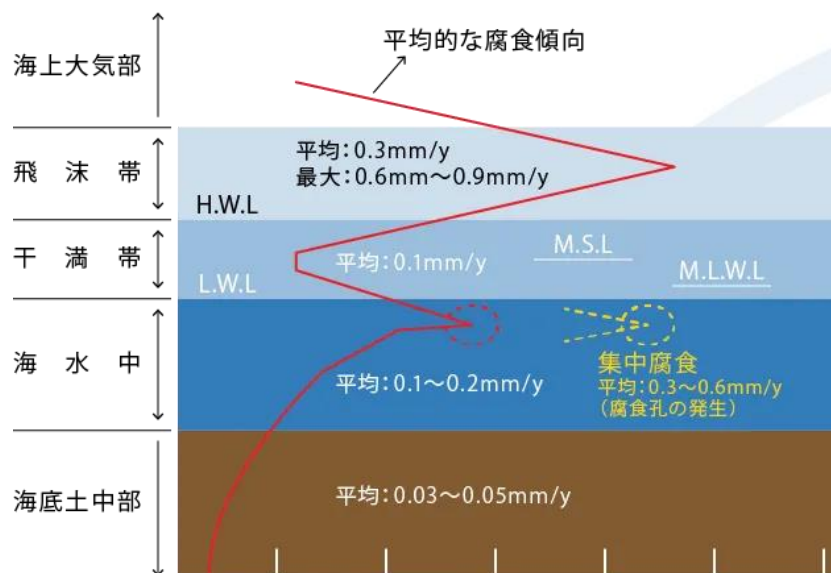
③



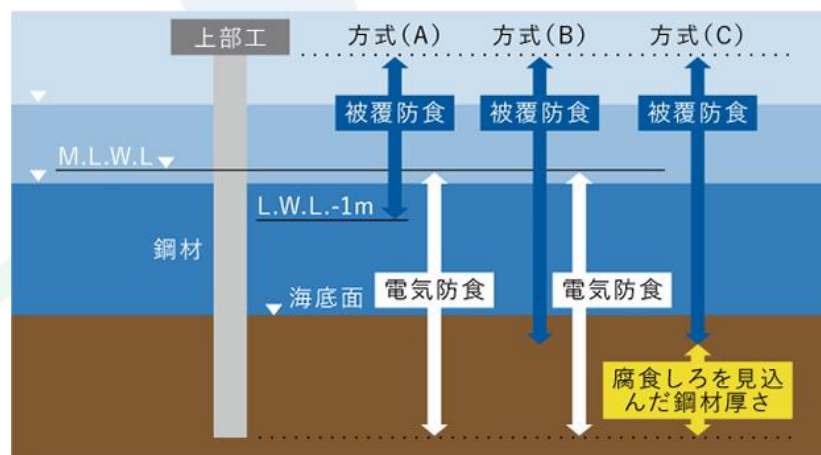
④



腐食プロフィール



港湾鋼構造物の腐食環境と適用防食法



(A) L.W.L.~1.0m以上に被覆防食を、M.L.W.L.以下に電気防食を適用する方法

実績が多く、信頼性も確認されている方法

M.L.W.L.~L.W.L.~1.0mの間は集中腐食を防止を配慮し、被覆防食と電気防食を併用

(B) 外洋や高潮流海域などで、電気防食の防食電流密度が大きな値を必要とする場合

季節により海水の電気抵抗率が大きく変動する環境など(経済的・効果的な場合)

(C) 水深の浅い鋼矢板護岸など

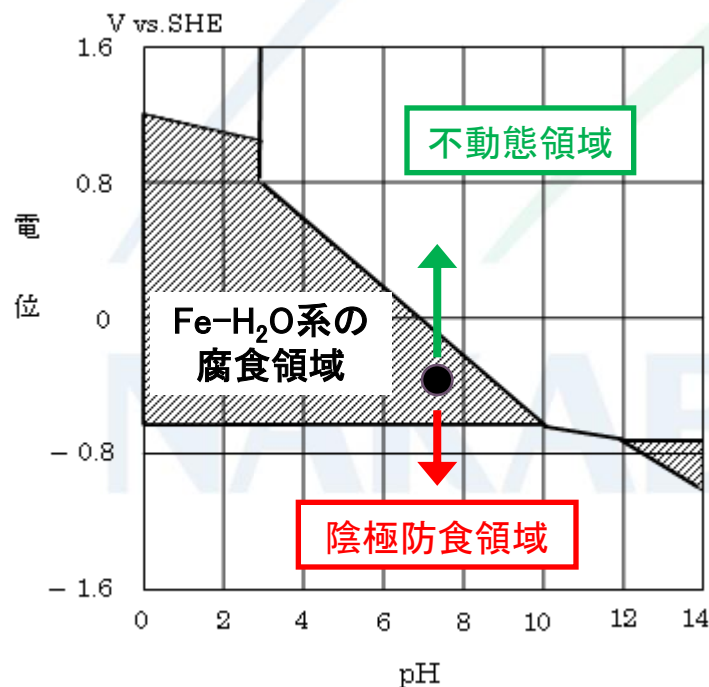
被覆防食の下端深度は海底土としては腐食性の強い泥土(ヘドロ)が推積していることが多いことや海底面の若干の変動などに配慮して、海底面~1.0m程度とすることが多い
海底土中部の鋼材は、その海域に合った肉厚の増加が必要

海水中にある鋼材の自然電位は、電気化学的に見れば腐食領域内(●印近傍)にあります。

この鋼材を防食するには、

- ① カソード分極によって 陰極防食領域 に移行させる。(陰極防食)
- ② アノード分極によって 不動態領域 に移行させる。(陽極防食)

通常、電気防食法とは、① 陰極防食 を指します。



① 鉄の電位を腐食域から陰極防食領域へ移動させる。

② 鉄の電位を腐食域から不動態域へ移動させる。

金属体を安定域に移動させることで
防食状態にする。

電気防食の種類

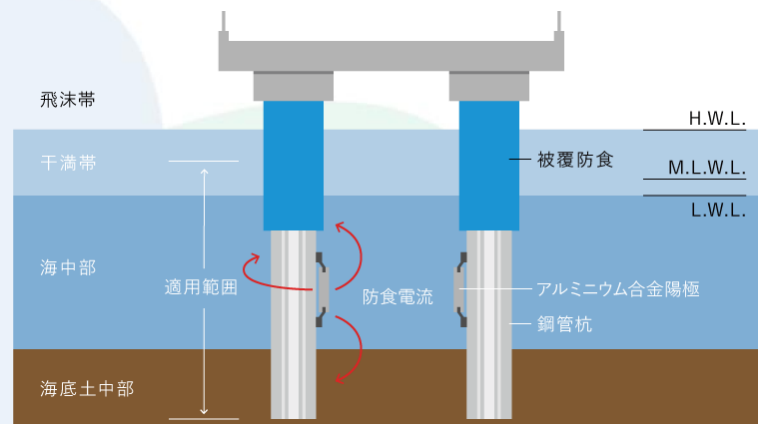
電気防食には2つの方法があります。

流電陽極方式

陽極自身が溶出することにより、防食電流を供給します。

【流電陽極と鋼材の電位差を利用して防食する方法】

一般的にアルミニウム合金陽極が使われており、他には、亜鉛合金陽極、マグネシウム合金陽極等があります。

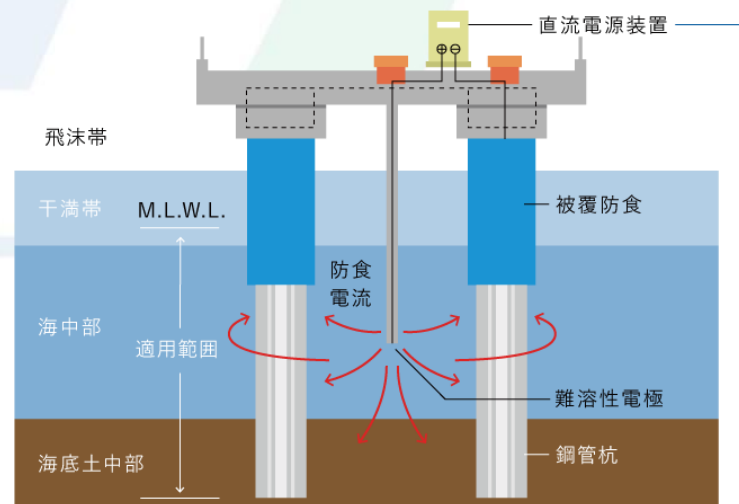


外部電源方式

直流電源装置を用い、強制的に防食電流を供給します。

【直流電源装置に受電した交流入力を変換し、難溶性電極から鋼材へ流して防食する方法】

難溶性電極には、白金系電極や金属酸化物被覆電極等があります。



方 式	長 所	短 所
流電陽極方式	・メンテナンスが容易 ・施工が容易 ・陽極寿命を任意に設定可能 ・小規模、独立した施設では割安 ・電源のない場所で適用	・河川等高抵抗率環境には不適 ・防食電流の調整が不可 ・陽極が寿命に達した時には、取替えが必要
外部電源方式	・出力電圧を任意に調整可能 ・高流速下、河川水混入下など、変化の激しい特殊な環境にも可	・電源のない場所では、適用困難 ・維持電力費が必要 ・過防食や隣接鋼構造物への影響を留意する必要あり

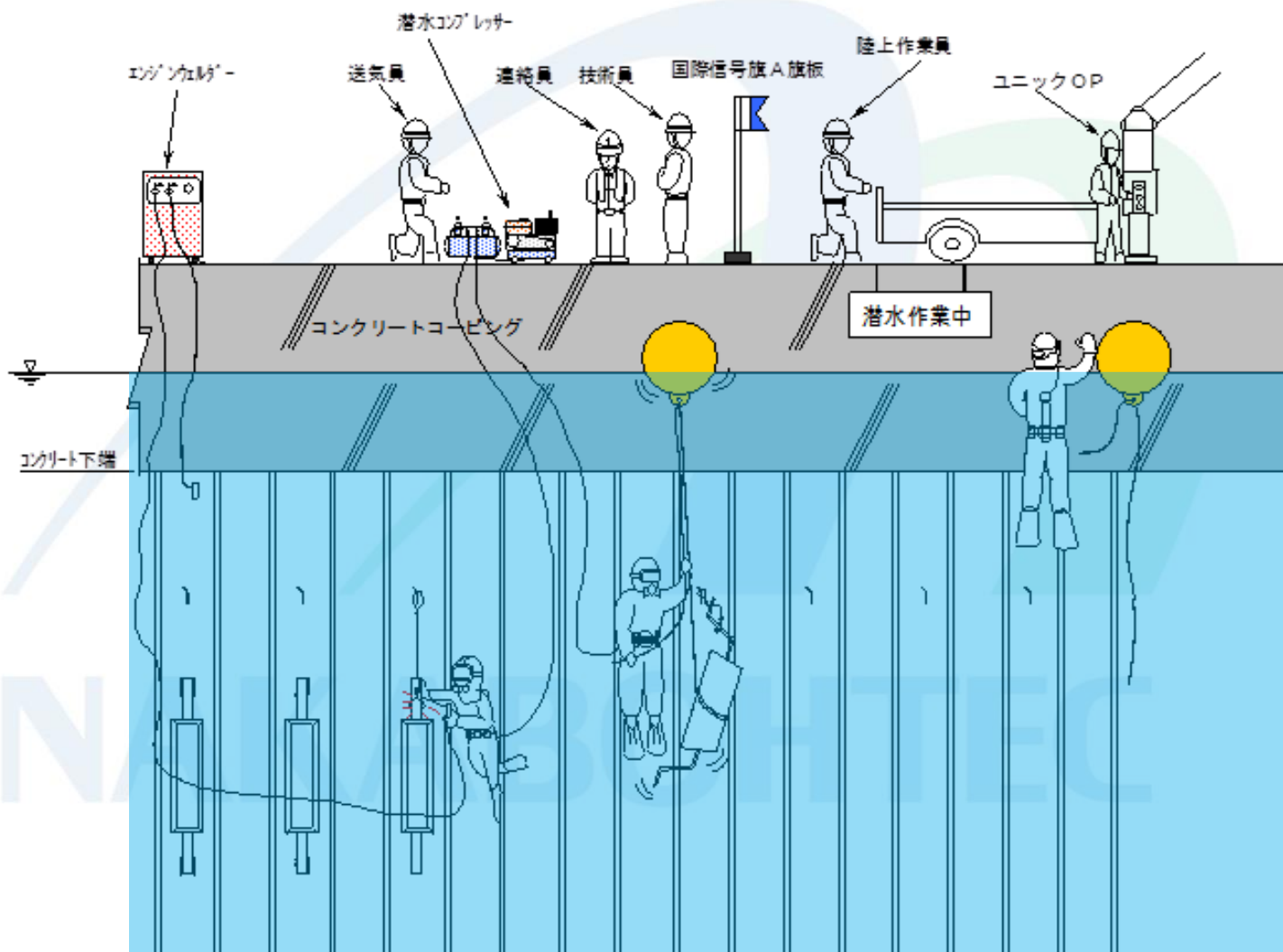
両方式を比較した場合、電源を要しないこと、施工およびメンテナンスが容易なこと、経済性に優れることなどから「流電陽極方式」が有利です。

特にメンテナンスでは、定期点検や長期にわたる補修、部品交換などを必要とする外部電源方式に比べ、流電陽極方式では故障する部品もなく容易です。

現在、港湾構造物に適用する電気防食は、特殊な例（流電陽極方式の採用が困難な環境等）を除き「流電陽極方式」が採用されています。

施工方法 ～流電陽極方式～

◆ 施工要領図



施工方法 ～流電陽極方式～

◆ 施工手順

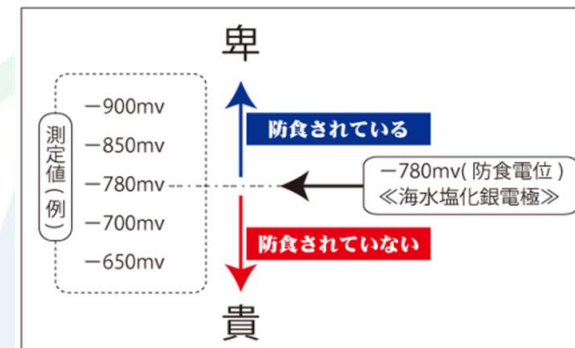
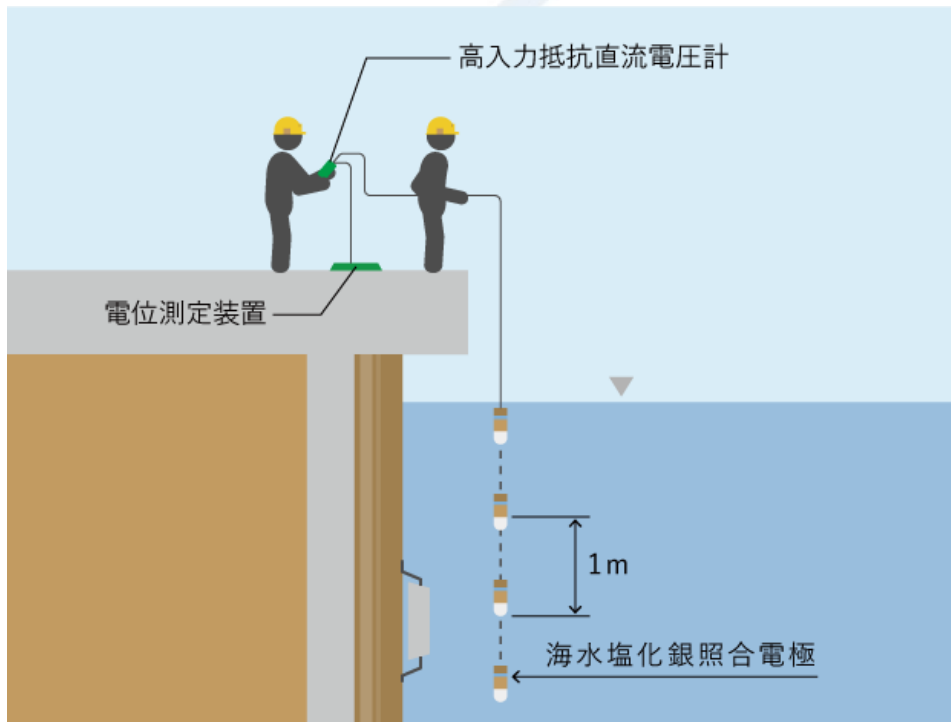


防食効果の確認(電位測定)

港湾鋼構造物の防食電位は、

—780mV(vs Ag/AgCl[sw])

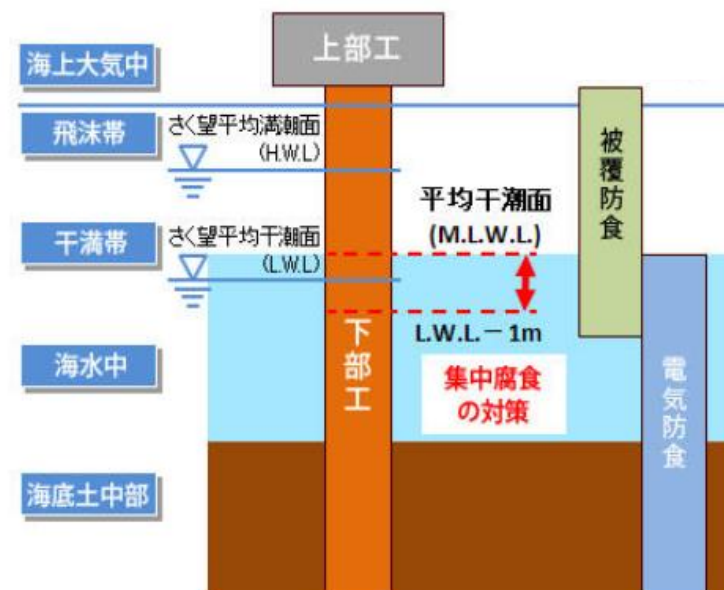
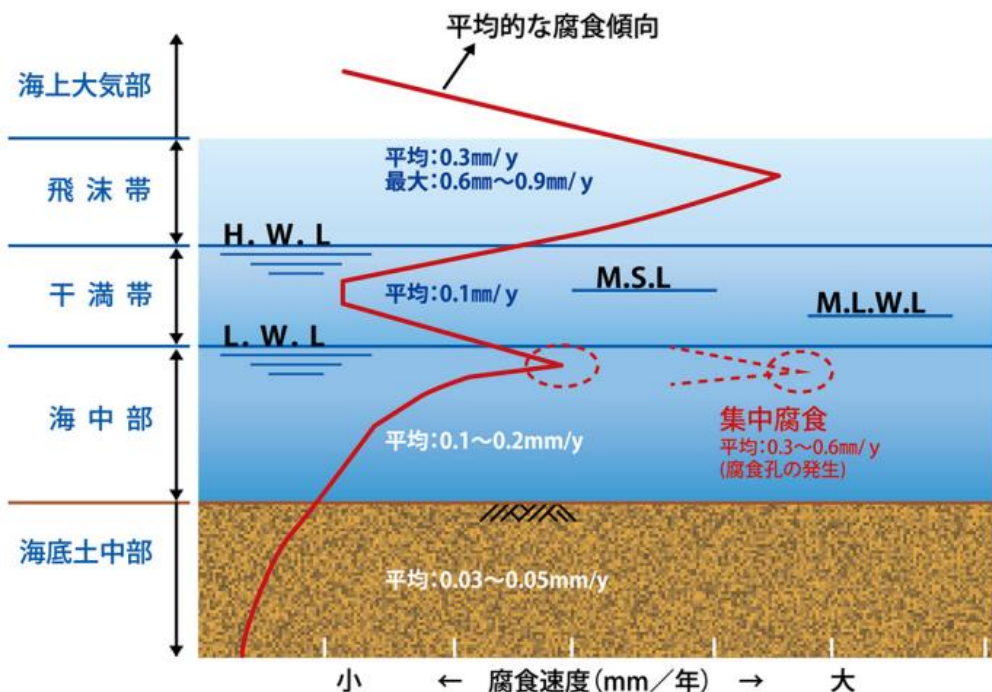
海水塩化銀電極によって鋼材の電位を測定した際に、その測定値が—780mVより卑(マイナス側)な値であれば防食されている状態にあります。



被覆防食の概要

港湾施設において、海水に常時浸漬していない大気部および飛沫帯・干満帯は防食電流が海水を介して十分に供給されないため、電気防食による防食効果が十分に得られません。そのため、当部位における腐食対策には、腐食の環境因子から遮断できる被覆防食を適用する必要があります。

無防食の港湾鋼構造物の腐食状況の例



実績が多く最も一般的な方法

ペトロラタム被覆の概要

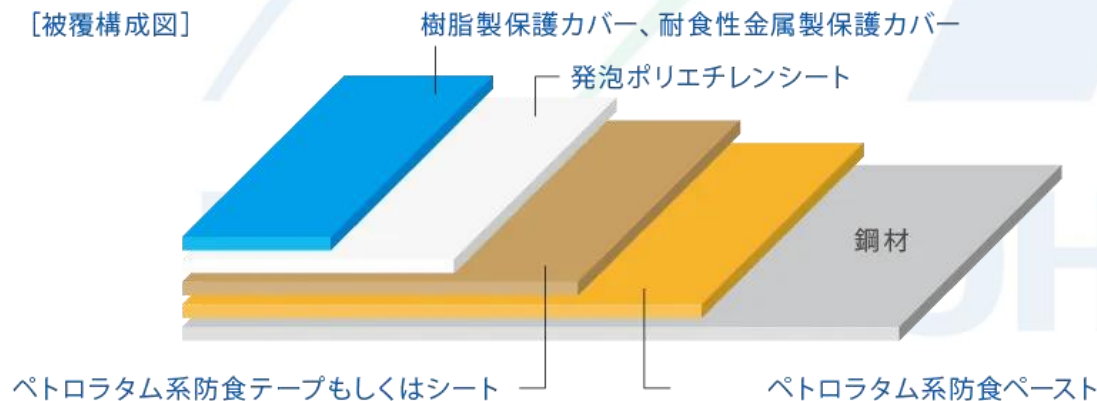
ペトロラタム被覆工法は環境遮断型防食システムの一つです。

◆システム構成

優れた防食性能を有するペトロラタム系防食材を防食層とし、柔軟な防食層を保護するため樹脂製または耐食性金属製の保護カバーを組み合わせた長期耐用防食システム

- ・ペトロラタム：防錆油の一種で、化学的に不活性であり、極めて低い透湿性と優れた酸素遮断性を持ち、高い電気絶縁性を備えた防食材料
- ・保護カバー：防食層を外部からの衝撃や摩耗のほか、海水、紫外線などの環境因子から保護し、長期的な密着性を確保する保護層

〔被覆構成図〕



ペトロラタム被覆の概要

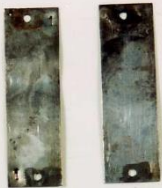
◆期待耐用年数

30～35年程度

(国研)港湾空港技術研究所 波崎海洋研究施設栈橋暴露試験、(国研)土木研究所 海洋技術総合研究施設暴露試験、三河検潮所暴露試験等の結果から反映

◆防食性能

ペトロラタム系防食材は粘着性、撥水性、電気絶縁性などに優れ、一定の厚さで被覆することで鋼材を腐食環境から遮断する機能を有します。

海上大気部		干満帯	
処理前	処理後	処理前	処理後
			
防食率：99%以上 腐食速度： $4.3 \times 10^{-5} \text{ mm/y}$		防食率：99%以上 腐食速度： $4.3 \times 10^{-5} \text{ mm/y}$	

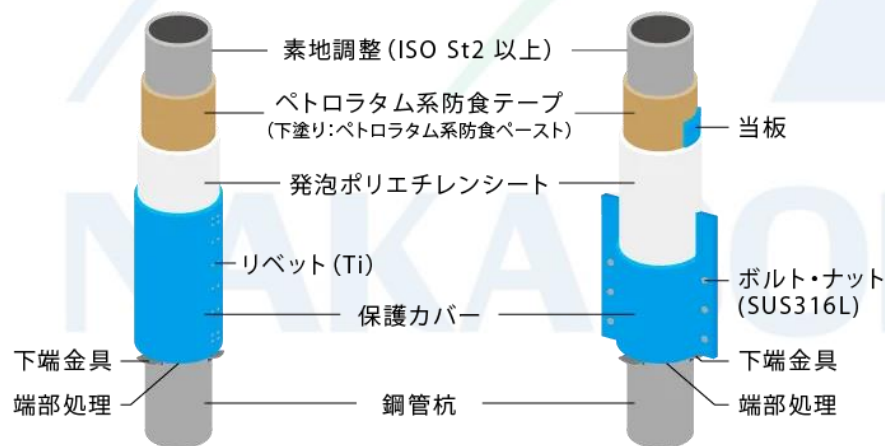
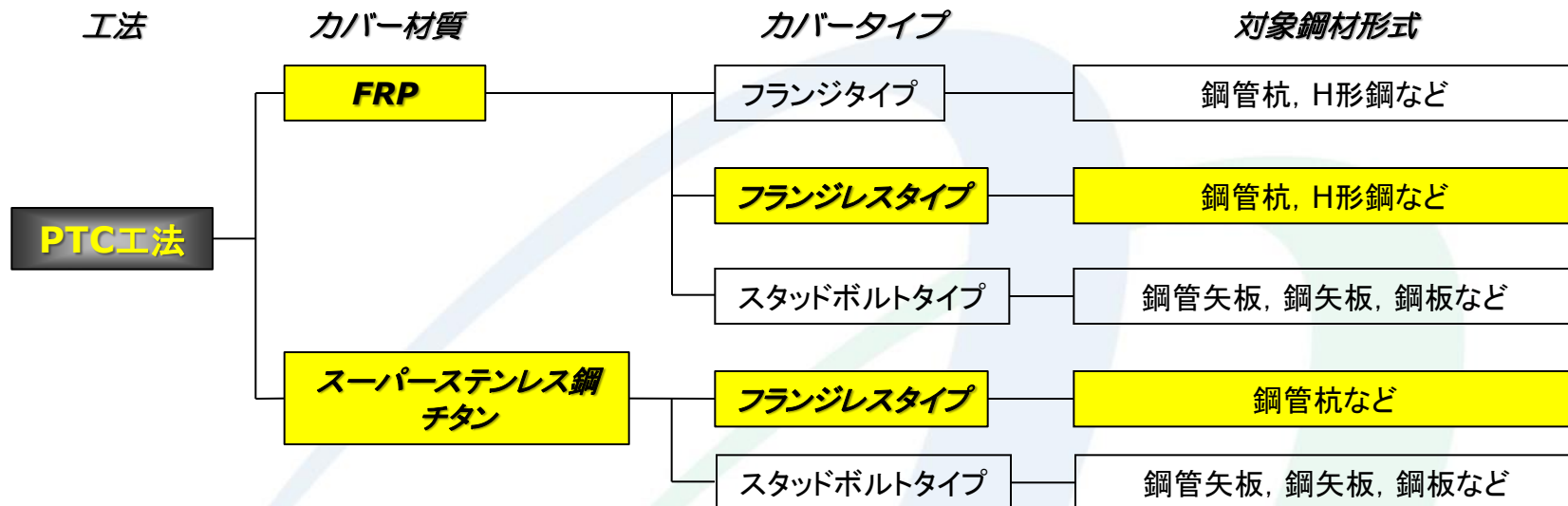


波崎海洋研究施設栈橋（暴露試験）

引用：鋼管杭の防食工法に関する現地試験, No.1123, 2006年6月
(国研)港湾空港技術研究所

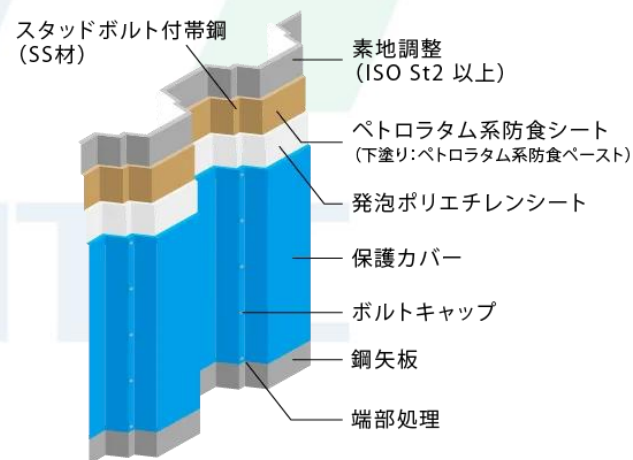
ペトロラタム被覆の体系および特徴

◆ 工法体系



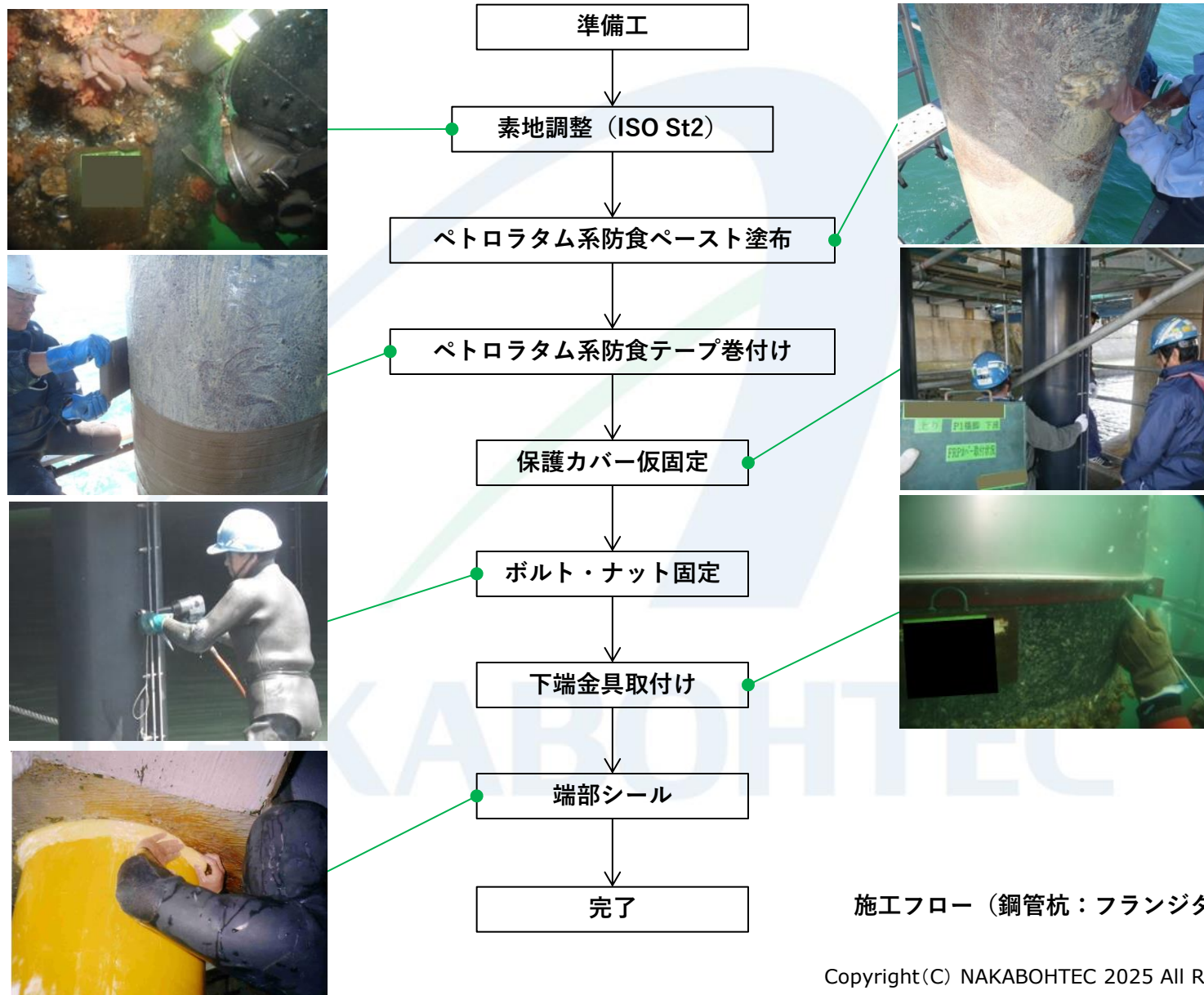
鋼管杭用標準被覆図（フランジレスタイプ）

鋼管杭用標準被覆図（フランジタイプ）



鋼矢板用標準被覆図（スタッドボルトタイプ）

施工方法 ～ペトロラタム被覆～



施工フロー（鋼管杭：フランジタイプ）

施工事例 ～ペトロラタム被覆～



栈橋鋼管杭への適用事例（フランジタイプ：FRP）



鋼管矢板への適用事例（スタッドボルトタイプ：FRP）



鋼矢板への適用事例（スタッドボルトタイプ：FRP）



鋼矢板への適用事例（スタッドボルトタイプ：チタン）

保護カバーのフランジレス化

◆ システム構成

ペトロラタム系防食材 + FRP保護カバー(リベット締結式)
チタンリベットによりFRP保護カバーを締結

◆ 期待耐用年数

30～35年程度

◆ メリット

・美観の向上

突起部(フランジ・ボルト)が無い

・破損確率の低下

ボルト脱落、突起部への漂流物の衝突等の軽減

・締結材の耐久性向上

純チタン製の締結部材のため、海水環境下においても
高耐食性を有し、締結信頼性の向上に寄与

