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。

Copyright（C） NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

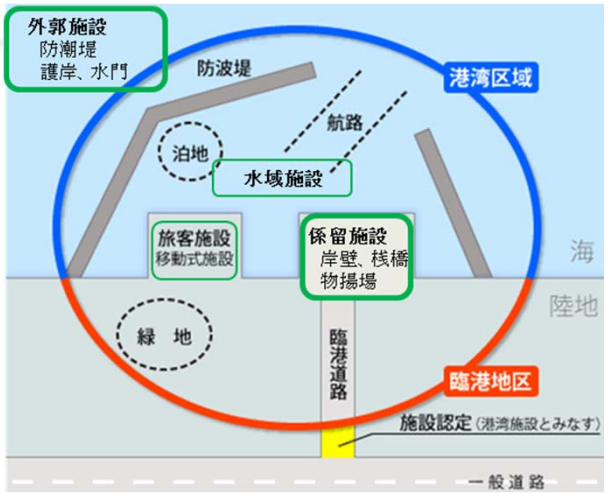
港湾施設の電気防食

防波堤、岸壁、桟橋など外郭施設から係留施設まで港湾施設には色々あります。
電気防食を適用するのは、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。

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50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。

ちなみに、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
(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。

これが現在の「港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル」です。



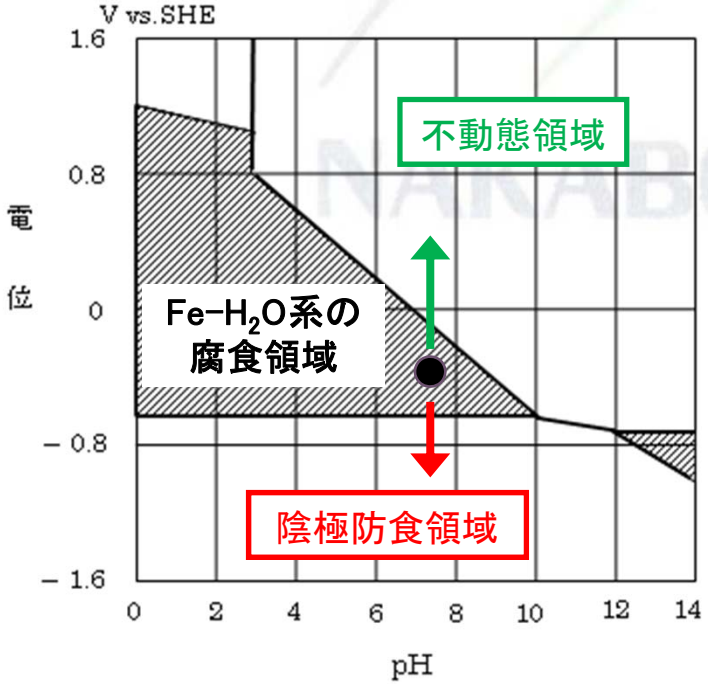
Copyright(C) NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

電気防食法とは

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）にある。

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 を指す。



① 鉄の電位を腐食域から不活性域へ移動させる。

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。

Copyright（C） NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

電気防食法の種類

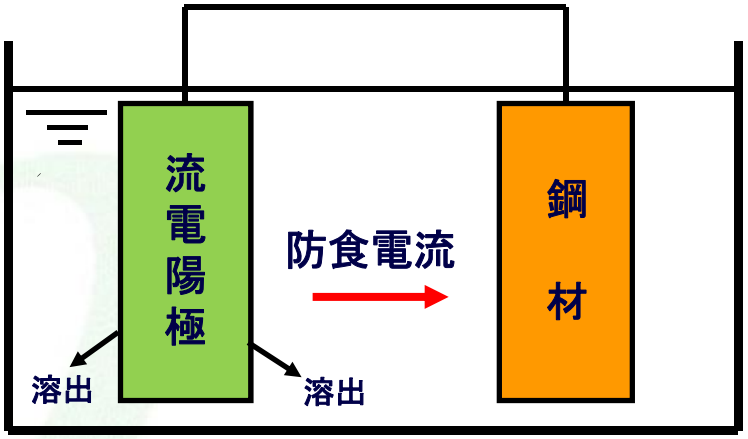
電気防食法には2つの方法があります。

流電陽極方式

陽極自身が溶出することにより、防食電流を供給する方式。

流電陽極と鋼材の**電位差**を利用して防食する方法。

港湾鋼構造物では、**アルミニウム合金陽極**が一般的に使われおり、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。

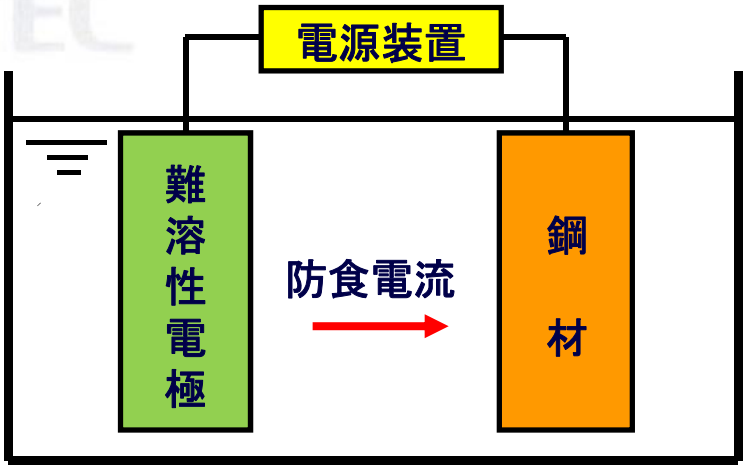


外部電源方式

直流電源装置を用い、**強制的に**防食電流を供給する方式。

直流電源装置に受電した交流入力を直流電流に変換して、**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、**白金めっき系電極**や**金属酸化物被覆電極**等があります。



Copyright(C) NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

電気防食方式の特徴

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。

Copyright（C） NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

防食電位

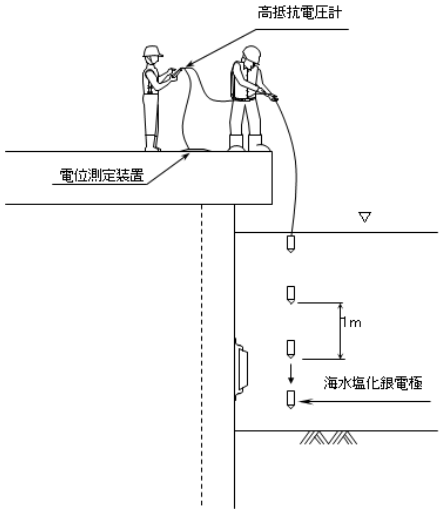
港湾鋼構造物の防食電位は、

－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。

防食電位	照　合　電　極	適用環境
－780mV	海水塩化銀電極　：　Ag/AgCl[sw]	海水中
－850mV	飽和硫酸銅電極　：　$Cu/CuSO_4$	海底土中部、陸土中部
＋250mV*1	亜　鉛　電　極　：　Zn	海水中、海底土中部

＊1　亜鉛電極の固有電位が－1030mV（vs Ag/AgCl[sw]）の場合
換算値：－780 mV（防食電位）＝（－1030 mV）＋（＋250 mV）



Copyright（C） NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

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19年９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：（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、平成27年3月改訂）

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（2009年版）**」
（平成21年11月発行）

発行：（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）

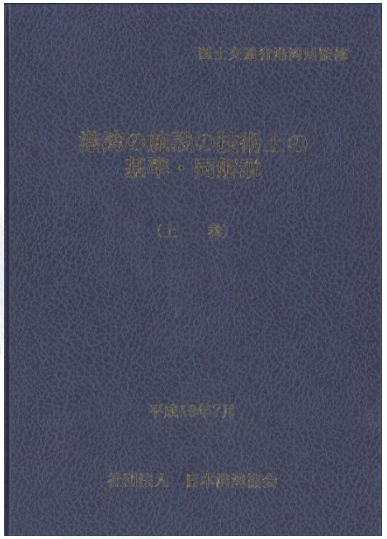
発行：防食・補修工法研究会

⑤ **各施設の基準（地域・企業独自基準）**

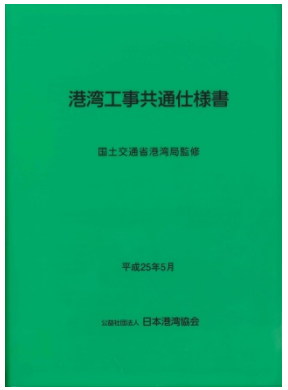
水産省（漁港）・ 自治体 ・ 埠頭　等

※ 防食設計・施工は、上記図書を参考に行っています。

①

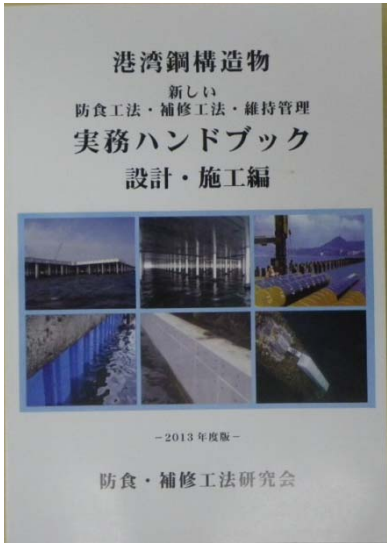


②



③

④



Copyright（C） NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

港湾鋼構造物の腐食環境と適用防食法

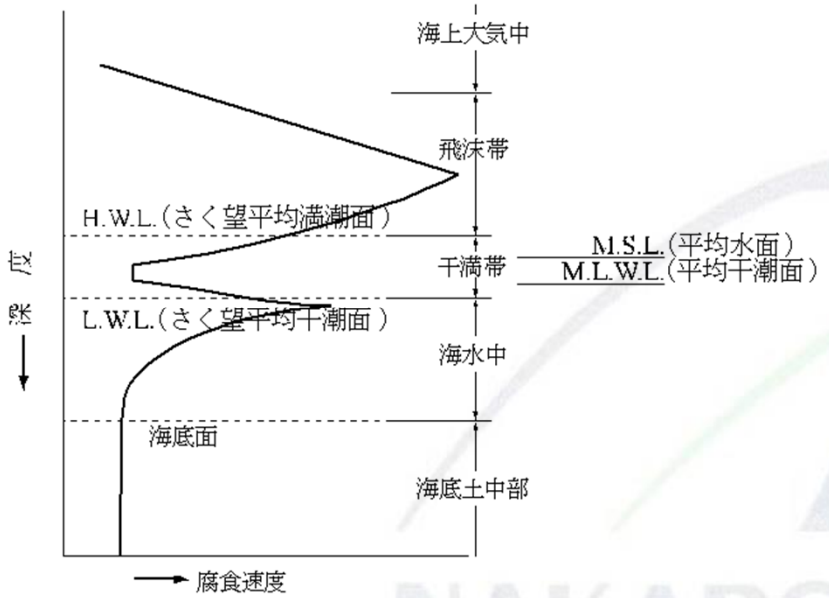


図　鋼管杭の板厚減少のプロフィール

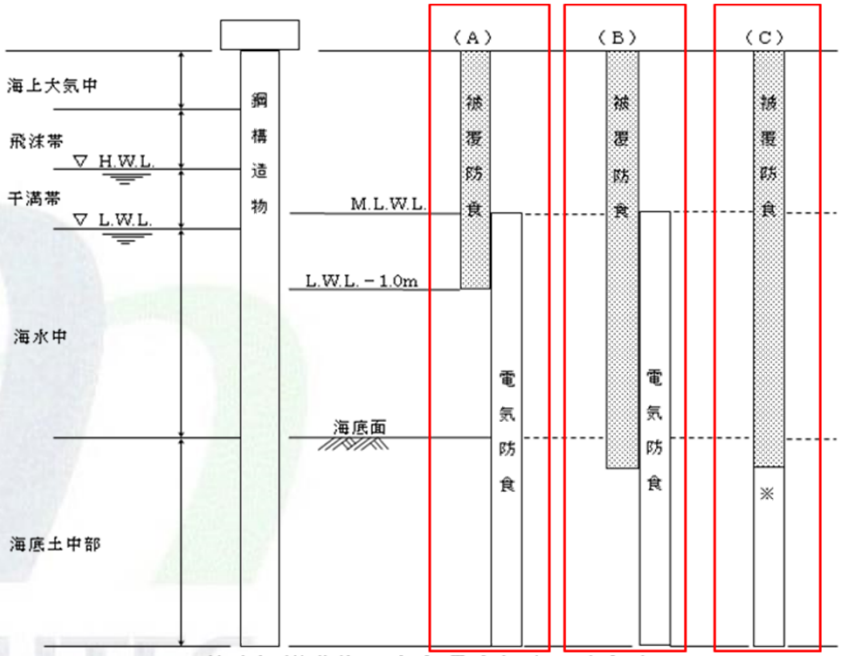


図　港湾鋼構造物の腐食環境と適用防食法

（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。

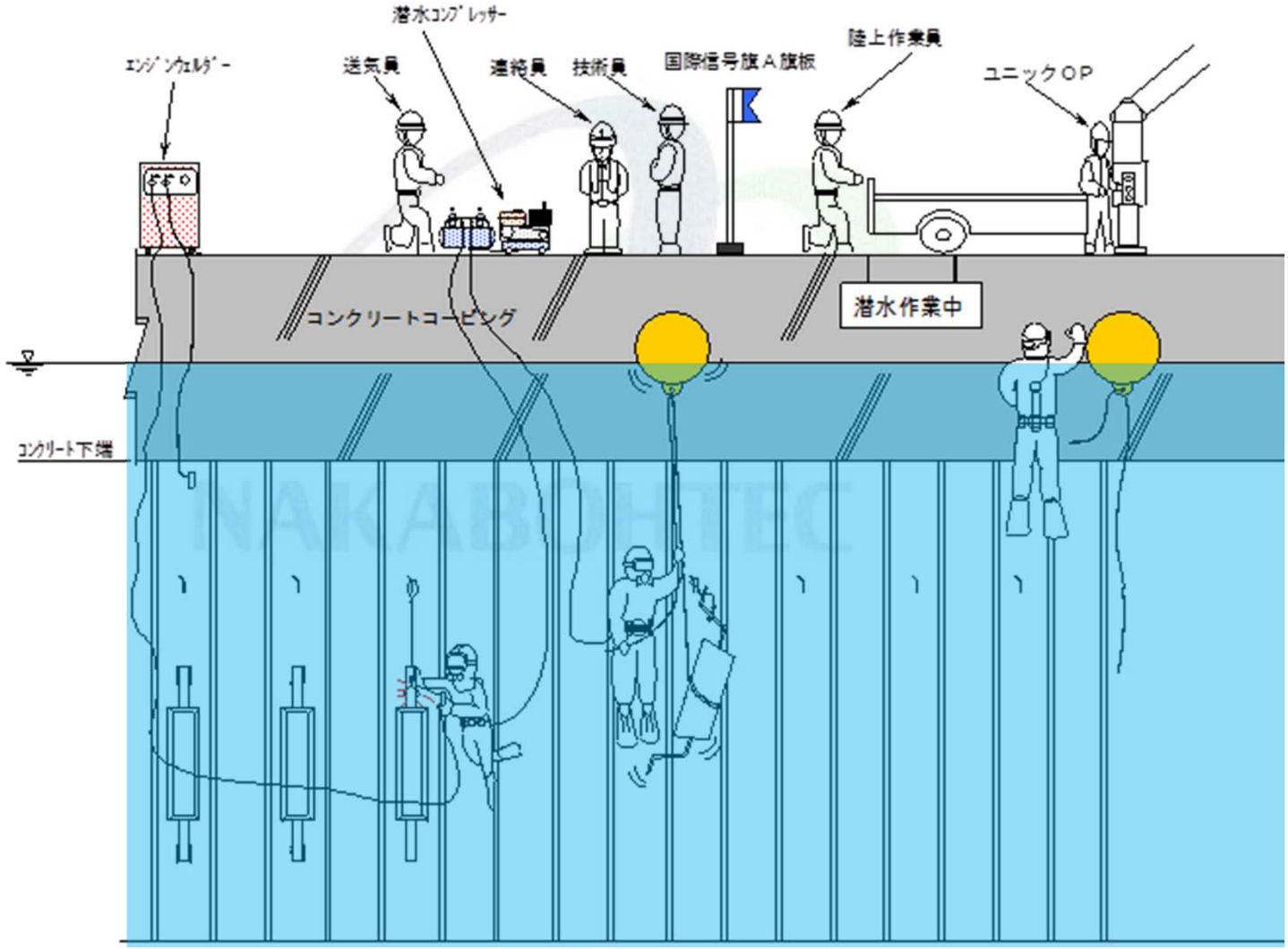
（B）外洋や高潮流海域などで、電気防食の防食電流密度が大きな値を必要とする場合。
季節により海水の電気抵抗率が大きく変動する環境など。（経済的・効果的な場合）

（C）水深の浅い鋼矢板護岸など。（**重要度が低く設計供用期間が短い場合のみ**）
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）が推積している場合が多いことや、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。

Copyright（C）NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

施工方法　～流電陽極法～

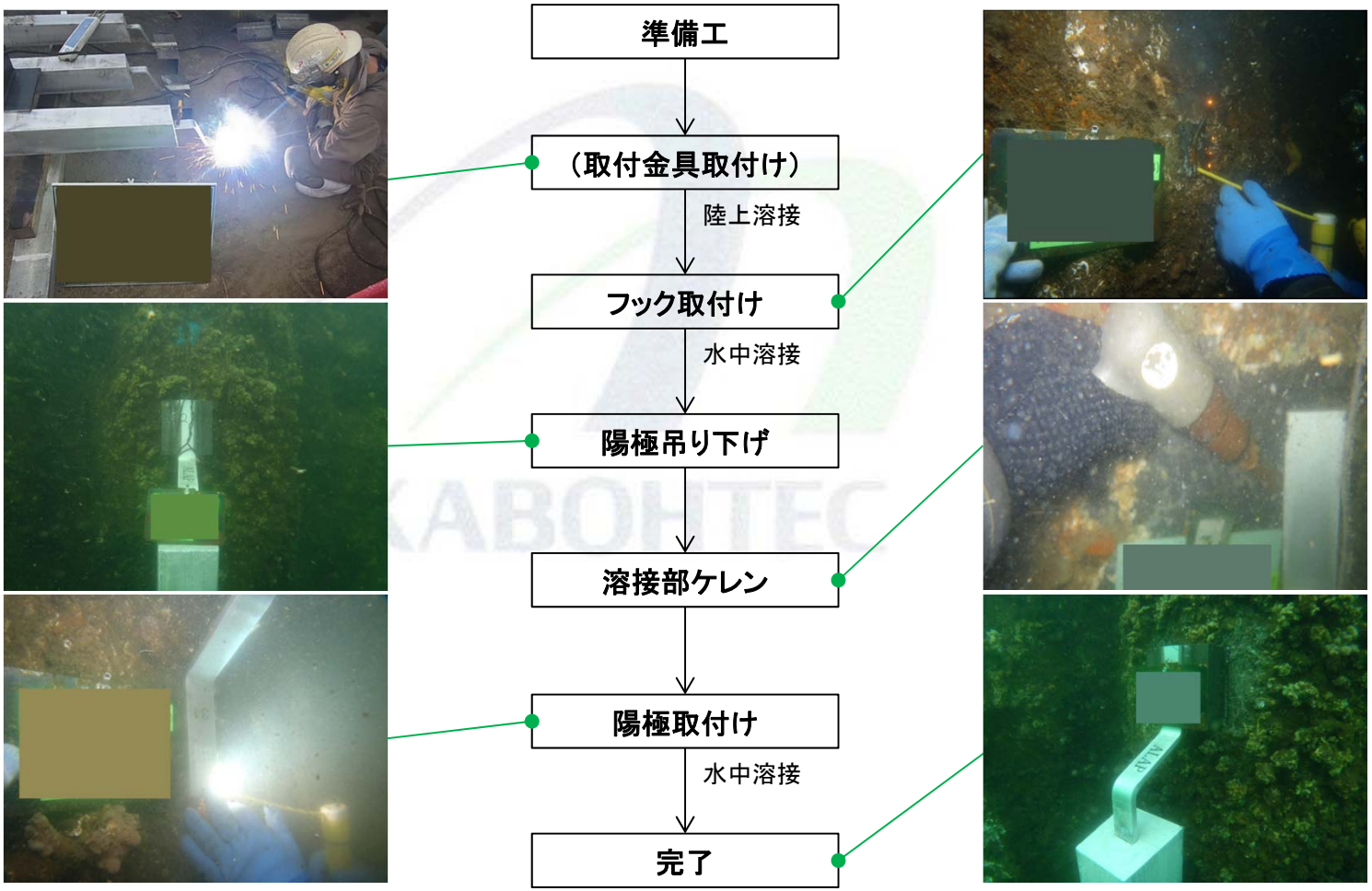
◆ 施工要領図



Copyright（C）NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

施工方法　～流電陽極法～

◆ 施工手順



Copyright（C） NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

ペトロラタム被覆の概要

◆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FRP保護カバーを組み合わせた長期耐用防食システム。

◆期待耐用年数

30年程度

（独）港湾空港技術研究所 波崎海洋研究施設桟橋暴露試験、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。

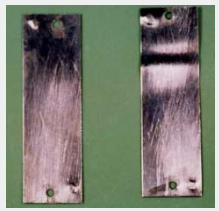
海上大気部		干満帯	
処理前	処理後	処理前	処理後
			
防食率 ： 99%以上 腐食速度 ： 4.3×10^{-5} mm／y		防食率:99%以上 腐食速度 ： 4.3×10^{-5} mm／y	

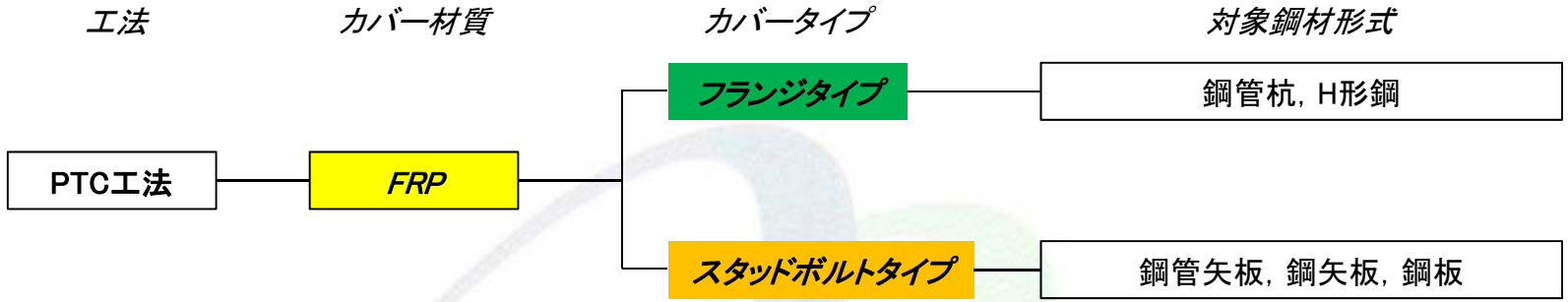
写真1　波崎海洋研究施設桟橋（暴露試験）

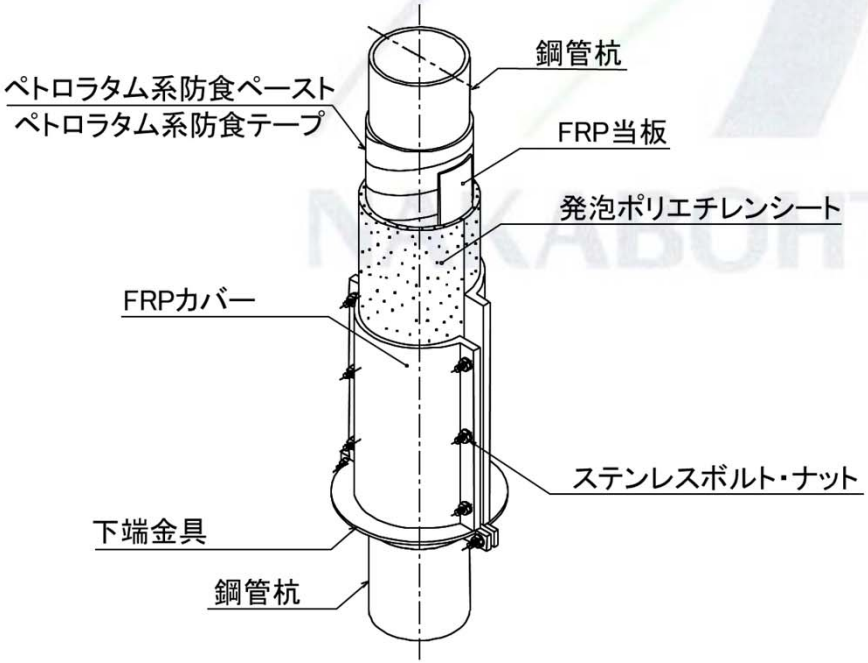
引用:鋼管杭の防食工法に関する現地試験,No.1123,2006年6月
（独）港湾空港技術研究所

Copyright（C） NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

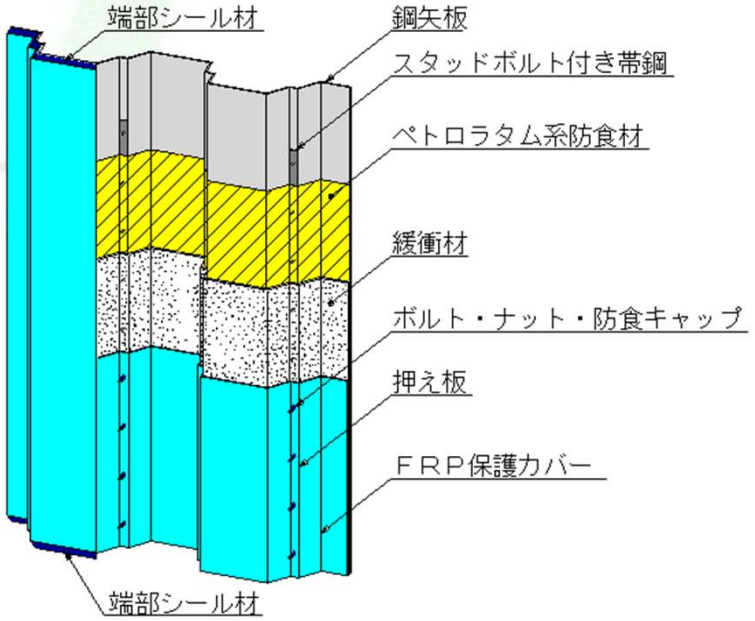
ペトロラタム被覆の体系および特徴

◆ 工法体系





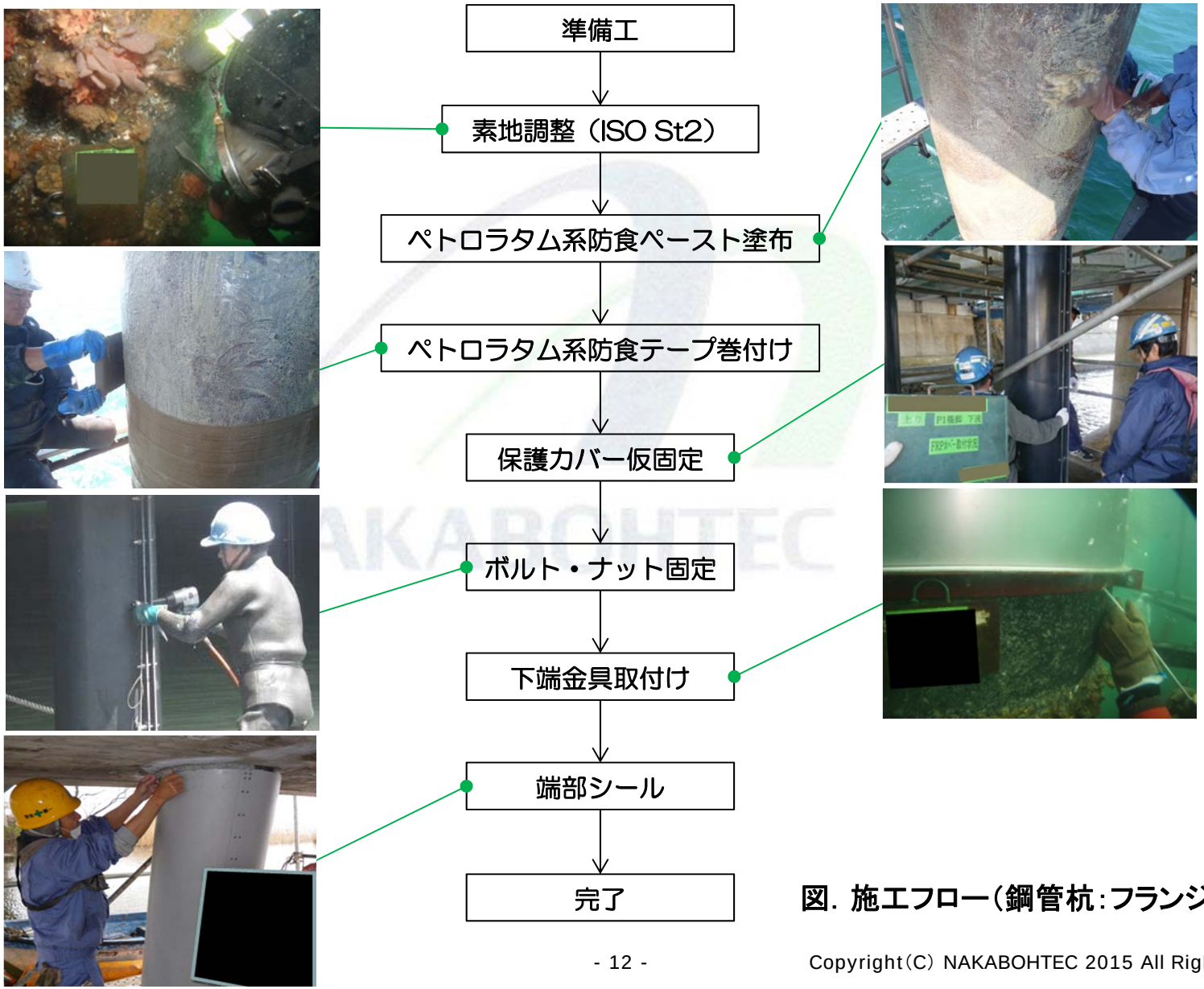
図．鋼管杭用標準被覆図（フランジタイプ）



図．鋼矢板用標準被覆図（スタッドボルトタイプ）

Copyright（C）NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

施工方法　～ペトロラタム被覆～



図．施工フロー（鋼管杭：フランジタイプ）

Copyright（C）NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

施工事例　～ペトロラタム被覆～

写真　桟橋鋼管杭への適用事例（フランジタイプ）

写真　桟橋鋼管杭への適用事例（フランジタイプ）

写真　桟橋鋼管杭への適用事例（フランジタイプ）

写真　鋼矢板への適用事例（スタッドボルトタイプ）

Copyright（C）NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.

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保護カバーを締結します。

◆ 期待耐用年数

30年程度

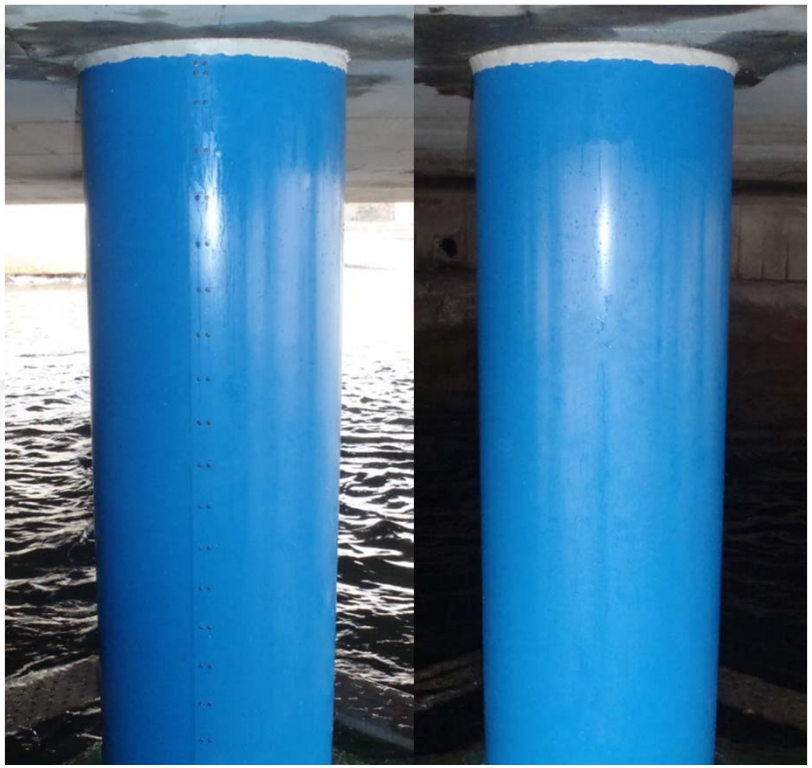
◆ メリット

美観の向上

突起部（フランジ・ボルト）がありません

破損確率の低下

ボルト脱落、突起部への漂流物の衝突等



Copyright（C） NAKABOHTEC 2015 All Rights Reserved.