

さび

第157号

日本防蝕工業株式会社

さ び 第 157 号

目 次

ご挨拶	1
代表取締役社長	佐藤元彦
海洋生物付着防止装置の歩みと創造	2
大阪支店	土倉拓也
TELPRO 製 MMO Flex-Anode の紹介と施工事例	7
東京支店	阿部 健
〃	山野 剛

日本防蝕工業株式会社「さび」編集室

令和 6 年 1 月 発行（非売品）

©2024 The Nippon Corrosion Engineering Co., Ltd.

ご挨拶



日本防蝕工業株式会社

代表取締役社長 佐藤 元彦

皆様方におかれましては、健やかに新年を迎えられたこととお慶び申し上げます。この度、当社の研究開発の成果をご紹介する技術情報誌『さび』157号を発行できましたのも、皆様方のご支援の賜物と感謝申し上げます。

さて、この数年来、世界はさまざまな試練に立ち向かってきました。新型コロナウイルスの感染拡大、国際社会の緊張、物価高騰などにより、我々のビジネスは少なからず影響を受けてきました。その中で、昨年3月開催の「2023 WORLD BASEBALL CLASSIC」において“侍ジャパン”は見事優勝を成し遂げ、我々国民は歓喜にわきました。優勝の立役者は大谷翔平選手かもしれませんが、各選手が自身の役割を果たしたことが優勝に繋がったと思います。野球に限らず、人にはそれぞれ役割があって、世界は役割で満ちています。自身ではできないことがあっても他者が担ってくれるように、我々は互いに補完しあい共に成長することで、社会全体を支えています。これと同じことは企業にも当てはまると思います。当社の役割は経営理念でもある「優れた防食技術を活かし、社会と生活の安全に貢献する」ことです。このことを改めて深く認識し、社員一同、一丸となって当社に与えられた役割を一意専心に果たしていく所存です。本年も引き続き変わらぬご愛顧を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

今回お届けする技術報告は「海洋生物付着防止装置の歩みと創造」および「TELPRO製 MMO Flex-Anode の紹介と施工事例」の2件です。

・海洋生物付着防止装置の歩みと創造

従来、船舶に装備される復水器や冷却器等は海水に接する内部表面に海洋生物が定着・繁殖することで冷却管の閉塞や腐食が起り、甚大な損害を受けていました。これに対し、当社は冷却水系の機器に海洋生物が付着するのを防止するために海水を電気分解して次亜塩素酸を発生させる海洋生物付着防止装置を開発いたしました。本報では各種海洋生物付着防止装置の特徴と、開発の経緯から現在に至るまでの変遷をご紹介いたします。

・TELPRO製 MMO Flex-Anode の紹介と施工事例

土中埋設配管に対する電気防食において、マクロセル腐食等の局部腐食に対して通電電極を設置する方法として近接陽極法があります。しかしながら、当社の MMO 電極は延長 1.5m が最長であるため、防食対象が長距離となる場合に近接陽極法を適用する際は多大な労力を要します。本報では近接陽極法の長距離施工を目的として、最長 150m での製作が可能である MMO Flex-Anode を実現場に適用しましたので、当該製品とその施工事例をご紹介いたします。

海洋生物付着防止装置の歩みと創造

大阪支店 土倉拓也

1. はじめに

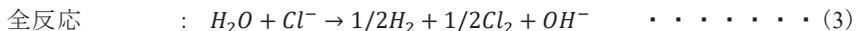
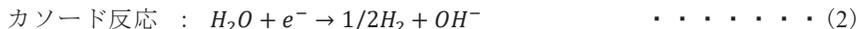
従来、船舶に装備される復水器や冷却器、また、それらに付帯する配管類は海水に接する内部表面に海洋生物が定着・繁殖することで冷却管の閉塞や腐食（デポジットアタック）が起こり、甚大な損害を受けていた。当社が、冷却水系の機器に海洋生物が付着するのを防止するために海水を電気分解して次亜塩素酸を発生させる海洋生物付着防止装置（防汚装置ともいう）を開発したのは昭和41年で、それ以来57年間、顧客のニーズに応えながら海洋生物付着防止装置の販売を行ってきた。当初は塩素式の防汚装置のみであったが、Cu-Al 式の防汚装置が市場に出て来たのを機に、当社もそれに追従した。一方、Cu-Fe 式の防汚装置の開発も行った。その結果、当社の海洋生物付着防止装置のラインナップは塩素式の MGPS（Marine Growth Preventing System）、Cu-Al 式のデファロン（DEFORON）および Cu-Fe 式のデフェクロン（DEFECURON）で、これらの装置は船用の外部電源防食装置と並ぶ主力製品となっている。

本報では海洋生物付着防止装置に関して、各方式の特徴と開発の経緯から現在に至るまでの変遷を紹介する。

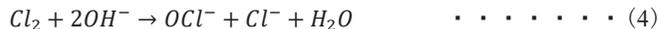
2. 海洋生物付着防止装置とは

2.1 MGPS

海水中には、通常 15000ppm～20000ppm の塩化物イオンが存在している。MGPS によって海水を電気分解すると、次の反応が起こる。



式(2)よりカソードには OH^- 、すなわちアルカリが生じ、アルカリと塩素とが反応して、主として式(4)の如く次亜塩素酸イオンを生じる。



次亜塩素酸イオンは優れた防汚効果を有するので、次亜塩素酸イオンを冷却海水系に少量流すことによって海洋生物の付着を抑制することができる。



図1 MGPSの電源装置と電解槽

2.2 デファロン (DEFOURON)

デファロンは電解槽内部に装填した銅電極およびアルミニウム電極で海水を電気分解することによって、銅イオンおよびコロイド粒子状の水酸化アルミニウム化合物を発生させる。銅イオンがシーチェストおよび冷却海水系配管内面に海洋生物が付着するのを抑制することで閉塞トラブルを防止するとともに、コロイド粒子状の水酸化アルミニウム化合物が当該配管内面に付着して保護被膜を形成することで、銅イオンに起因する腐食の抑制とその防汚効果を両立させることができる。

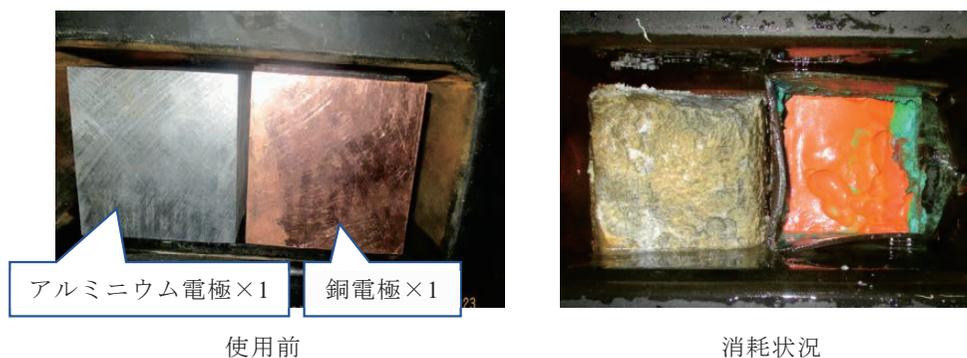


図2 デファロンの電極

2.3 デフェクロン (DEFECURON)

デフェクロンは電解槽内部に装填した銅電極および鉄電極で海水を電気分解することによって、銅イオンおよびコロイド粒子状の水酸化鉄を発生させる。銅イオンがシーチェストおよび冷却海水系配管内面に海洋生物が付着するのを抑制することで閉塞トラブルを防止するとともに、コロイド粒子状の水酸化鉄が冷却器内の銅合金材表面に付着して保護被膜を形成することで腐食を抑制する。



図3 デフェクロンの電極

2.4 各海洋生物付着防止装置の特徴

各海洋生物付着防止装置の特徴を表1に示す。

表1 海洋生物付着防止装置の特徴

装置名	有効電解生成物	効果	長所	短所
MGPS	OCl^-	海洋生物付着防止	ほとんどの海洋生物に有効	注入管系の腐食性 他装置と比較して高い
デファロン	Cu^{2+}	海洋生物付着防止	他装置と比較して電力消費量が少ない	防汚効果の点で OCl^- タイプと比較して劣る
	Al^{3+}	銅イオンの腐食性を和らげる		
デフェクロン	Cu^{2+}	海洋生物付着防止	海洋生物付着抑制と冷却器内銅系材料に対する腐食抑制	防汚効果の点で OCl^- タイプと比較して劣る
	Fe^{2+}	冷却器内銅系材料の防食		

3. 海洋生物付着防止装置の歴史

3.1 デファロン (Defouron) の開発と MGPS の導入

昭和41年、当社は船舶の冷却海水系配管内面に海洋生物が付着するのを防止するため、海水を電気分解して次亜塩素酸を発生させる海洋生物付着防止装置を開発し、商標を「デファロン (Defouron)」として販売を開始した。そして日東商船日和丸に初めて本装置が採用され、その後、数隻に設置された。当該デファロンでは陽極に鉛銀電極、陰極に鋼管を使用していた。一方、ほぼ同時期に、三菱重工業(株)長崎造船所様においてデファロンと同じ原理のMGPSが開発されたが、船主ユーザーへの売り込みに際し三菱重工業(株)様と競合することがあり、販売対策上両社間で調整を行うこととなった。その結果、昭和44年、当社は三菱重工業(株)様と技術提携の上、デファロンとMGPSを統合させた「三菱-日防海洋生物付着防止装置 (船用MGPS)」を開発し、海水処理量1000 m³/h以下の装置については当社が製造・販売・アフターサービスを行うこととなった。¹⁾

3.2 新デファロン (DEFOURON) の開発

デファロンとMGPSを統合させた「三菱-日防海洋生物付着防止装置 (船用MGPS)」は塩素式の防汚装置のため、一部の海水管に対する腐食性が問題となり、昭和43年、当社は新たにCu-Al式の防汚装置を開発した。本装置で発生した銅イオンとコロイド粒子状の水酸化アルミニウム化合物を冷却海水系に注入することで、銅イオンによる防汚被膜とコロイド粒子状の水酸化アルミニウム化合物による防食被膜が形成され、海洋生物の付着抑制と防食を同時に行うことができるようになった。現在、当社が販売しているデファロンはCu-Al式の新デファロンである。デファロンのアルファベット表記もDefouronからDEFOURONに変更した。¹⁾

3.3 デフェクロン (DEFECURON) の開発

冷却海水系配管内面の防食工法としてエンジニアリング・プラスチックのライニング施工が増加するにつれ、潤滑油系のクーラーやエアクーラーに使用される銅配管内面が鋼製配管の自然腐食により発生する鉄イオン不足で腐食する事例が多発した。対策として、昭和43年、Cu-Fe式の防汚装置を開発し、銅イオンとコロイド粒子状の水酸化鉄を発生させ、銅イオンで海洋生物の付着を抑制し、コロイド粒子状の水酸化鉄で冷却器内の銅合金材の防食ができるようになった。¹⁾

4. 海洋生物付着防止装置の新たな事例

4.1 EGCS

近年、船舶排ガスによる大気環境への負荷低減が求められる中で、排ガスに含まれる硫黄酸化物(SOx)の排出を抑制するため、船舶で使用される燃料油中の硫黄分濃度に係る規制が段階的に強化されることが International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (海洋汚染防止条約)、いわゆる MARPOL 条約 附属書VIの第 14 規則に規定された。令和 2 年 1 月 1 日から実施されている硫黄分規制強化により、排気ガス中の硫黄分を海水等による洗浄によって取り除き排出する EGCS (Exhaust Gas Cleaning System: 船舶用排ガス浄化システム) を搭載する船舶が増えてきている。EGCS の追設に伴い海水処理量は増加し、顧客より海洋生物付着防止装置追設の依頼を多数いただいた。

EGCS の概略配管系統図を図 4 に示す。

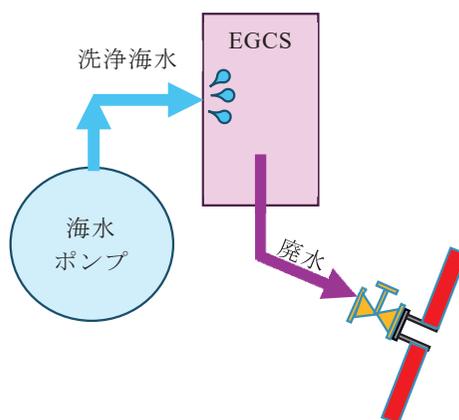


図 4 EGCS の概略配管系統図

4.2 腐食状況

船舶に EGCS を追設した複数の顧客より EGCS の廃水ラインのディスタンスピースが腐食し、船内または機関室内に海水が漏水してくるとの連絡が相次ぎ、対策を求められた。EGCS に関するディスタンスピースの腐食に関しては、日本海事協会からアナウンスされる「Class NK テクニカルインフォメーション」で注意喚起が行われるほどの問題となった。

EGCS のディスタンスピースの腐食箇所の詳細を図 5 に示す。

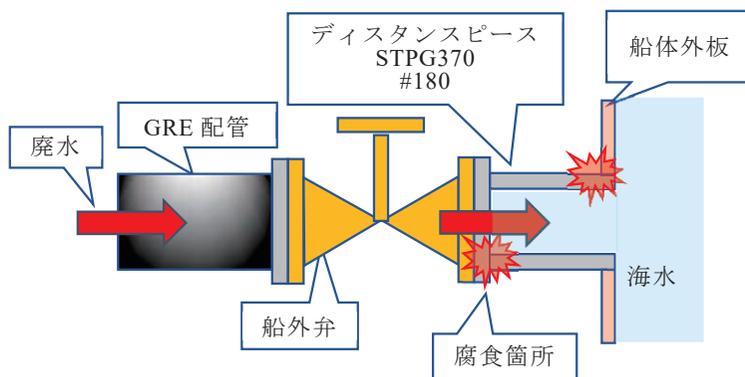


図 5 EGCS のディスタンスピースの腐食箇所詳細図

EGCS のディスタンスピースの腐食状況と対策等を表 2 に示す。

表 2 腐食状況と対策等

腐食環境	酸性廃液 (pH2~3)
材質	STPG370 (sch.160)
腐食発生箇所	塗膜剥離部
	配管とフランジの肉盛り溶接部
	配管と船体の溶接部近傍
腐食形態	塗膜剥離部の全面腐食
	塗膜剥離部の肉盛り溶接部 (熱で組成変化) とフランジ・配管との異種金属接触腐食 (局部腐食)
	酸性廃液による腐食の加速
対策	酸性廃液 (pH2~3) に耐えられる内面塗装またはライニングの検討
	配管材質の変更
	塗装剥離を見越した電気防食の採用

4.3 腐食対策事例

表 2 に記載した腐食対策以外に、顧客の要望により DEFOURON (銅電極×1, アルミニウム電極×1) の銅電極をアルミニウム電極に変更し、アルミニウム電極のみの金属電解装置 (アルミニウム電極×2) を EGCS のディスタンスピースの腐食対策用として追設した。ディスタンスピースの材質変更および DEFOURON の仕様変更 (アルミニウム電極×2) 後、腐食は起こっていないとの報告を受けている。アルミニウム電極のみからなる金属電解装置を採用したことで、弱アルカリ性の水酸化アルミニウム化合物が EGCS からの酸性廃液に混ざり、酸性廃液の腐食性が緩和されたためと考えられる。また 7 隻の船に金属電解装置 (アルミニウム電極×2) を追設した実績がある。

腐食対策の概要を図 6 に示す。

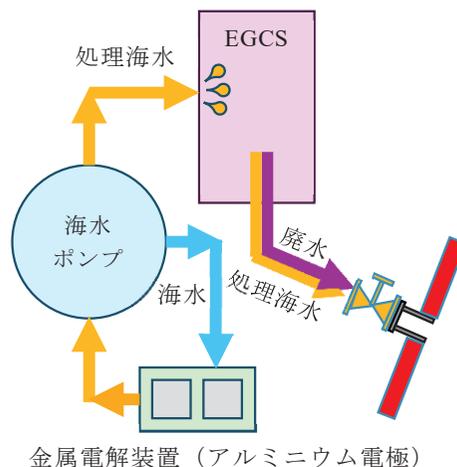


図 6 腐食対策概要図

5. まとめ

当社が海洋生物付着防止装置を開発してから 57 年が経過したが、今も多くの顧客に当該装置を使用いただいていることは、当該装置の根底にある技術は変えずに顧客と時代のニーズに対応し続けてきた結果であり、本装置の歩みと創造の賜物と考える。

参考文献

- 1) 早川武夫, 創業五十年の歩み 日本防蝕工業株式会社 (2002).

TELPRO 製 MMO Flex-Anode の紹介と施工事例

東京支店 阿部 健
" 山野 剛

1. はじめに

土中埋設配管に対する電気防食では、図 1 のように外部電源方式用通電電極として MMO 電極を用いることが一般的である。また、外部電源方式を適用する上で、コンクリート/土壌マクロセル腐食が生じる環境ならびにボーリング等大型重機での施工が不可能な環境では、防食対象の腐食が激しい箇所に通電電極を近接して設置する近接陽極法が適用される。しかしながら、当社の MMO 電極は延長 1.5m が最長であるため、防食対象が長距離となる場合に近接陽極法を適用する際は通電電極の設置数量が膨大となり、その設置数量分の結線作業が発生し、多大な労力が必要となる。

本報では、近接陽極法の長距離施工を目的として、最長 150 m での製作が可能であることを特長とした MMO Flex-Anode (TELPRO 製) を実現場で採用したので、当該製品とその施工事例を紹介する。

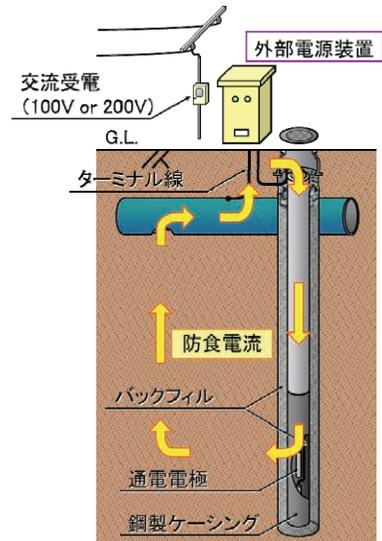


図 1 外部電源方式の概要

2. 製品の概要

2.1 概要

MMO Flex-Anode の概略図を図 2 に示す。本製品は MMO ワイヤあるいはリボンを押着端子で継ぎ足して所定の長さ(最長 150 m)とし、バックフィルを充填した不織布に包まれており、電線は両端部より露出している。また、IR ドロップを軽減するため、MMO 電極と並列となるように電線も並行して接続している。

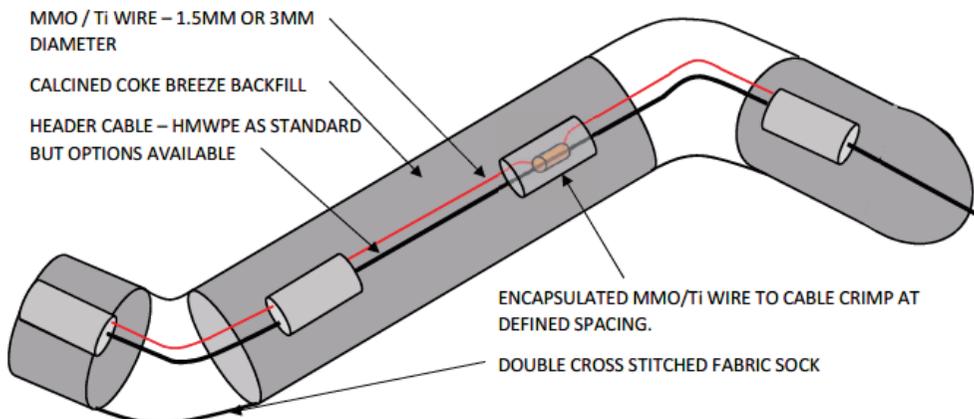


図 2 MMO Flex-Anode 概略図

(出典：THE WEBSITE OF TITANIUM ELECTRODE PRODUCTS COMPANIES
<http://www.telprocompanies.com/flex-anodes.html>)

2.2 仕様

MMO Flex-Anode の標準仕様の概略を下記に示す。

- 1) 定格電流：以下の 5 点より選択可能
①52 mA/m, ②100 mA/m, ③250 mA/m, ④400 mA/m, ⑤650 mA/m
- 2) 電極寿命：25 年
- 3) 電極材料：以下の 3 点より選択可能
①MMO/Ti ワイヤー φ 1.5 mm, ②MMO/Ti ワイヤー φ 3.0 mm
③MMO/Ti リボン W6.35×t0.6 mm
- 4) 電極径：φ 38 mm(バックフィル込み)
- 5) 電極長さ：最長 150 m

3. 施工事例

MMO Flex-Anode を実現場に適用した事例を紹介する。本工事は小雀隧道(L=920 m)内に布設されている横須賀市上下水道局送水管の内、総延長 341.5 m に外部電源方式による電気防食を適用したものである。なお、本工事では隧道内という限られた空間での施工となるため近接陽極法としたが、防食対象の延長が長距離のため、MMO Flex-Anode を通電電極として採用した。

3.1 施工概要

- 1) 工事件名：小雀系送水管電気防食工事(2019 の 1)
- 2) 客 先：横須賀市上下水道局
- 3) 施工場所：神奈川県横浜市金沢区六浦 2170 番地先 小雀 2~4 号隧道内(図 3~図 5 参照)
- 4) 防食対象：水道配管(鋼管)・・・φ 1200×2 条(図 6 参照)
2号隧道内 延長 180 m, 4号隧道 延長 161.5 m 計 341.5 m (図 7 参照)
- 5) 電防方式：外部電源方式 直流電源装置 60V-40A×2 回路(2号および4号隧道 各 1 回路)
- 6) 通電電極：MMO Flex-Anode (TELPRO 製)・・・L=80 m×4 本, L=20 m×1 本, L=1.5 m×1 本



図 3 防食対象位置図



図 4 防食対象位置図(拡大)



図5 小雀隧道入口



図6 小雀隧道内

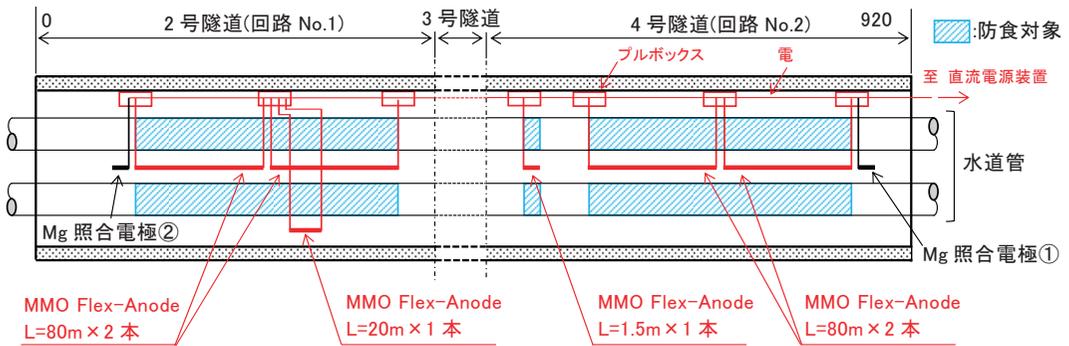


図7 防食対象概略図(平面図)

3.2 電極設置方法

本工事の施工状況を図8～図11に示す。本工事は隧道内という限られた空間であることおよび一酸化炭素中毒の危険があるため、重機および発電機の使用は不可ということがあり、図11に示すように管頂から深さ800mmとなるまで手掘りで掘削し、電極を設置した。設置後は管頂から400mmまでは発生土で、残りの400mmは改良土を搬入し埋戻した。また、直流電源装置は隧道入口付近に設置し、隧道から直流電源装置までの配線は図12および図13に示すように埋設設置した。



図8 電極搬入状況

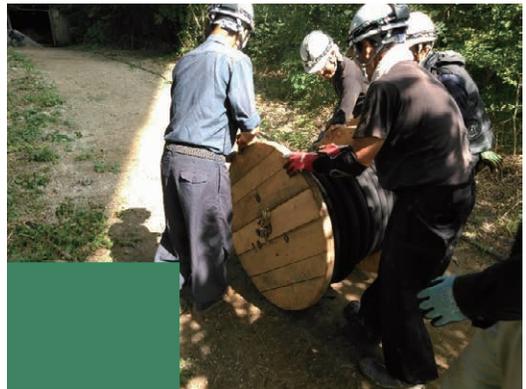


図9 電極運搬状況



図 10 電極設置状況

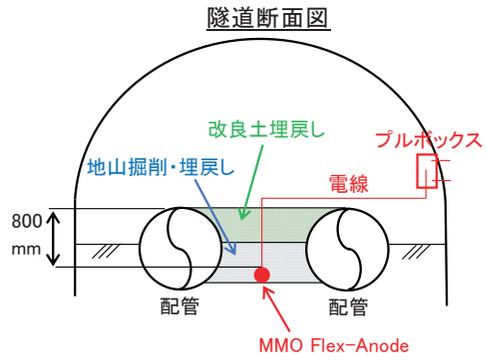


図 11 隧道内埋設概略図



図 12 配線布設状況(隧道外)



図 13 配線布設状況(直流電源装置付近)

3.3 完工測定

施工完了時の写真を図 14 および図 15 に、完工測定の結果を表 1 および図 16 に示す。施工完了後、通電電極近傍に埋設した Mg 照合電極①、②を用いて管対地電位を計測した結果、表 1 のように 2 号隧道側の回路は-1050 mV vs. CSE(以降、mV と称す)、4 号隧道側の回路は-900 mV で両回路共に防食電位-850 mV を満足した。しかしながら、4 号隧道側の回路は防食電位を僅かに上回ったのみであったため、図 16 に示すように電極直上で管対地電位測定を実施した。その結果、-1400~-2950 mV となり、防食対象範囲全体で防食電位を満足したことが分かった。



図 14 施工完了(隧道内)



図 15 施工完了(直流電源装置)

表 1 完工測定結果

回路 No.1(2号隧道)				回路 No.2(4号隧道)			
出力電圧 タップ	出力電圧 (V)	出力電流 (A)	管対地電位 (mV vs. CSE)	出力電圧 タップ	出力電圧 (V)	出力電流 (A)	管対地電位 (mV vs. CSE)
2-2	10.0	15.0	-1050	1-6	6.0	14.8	-900

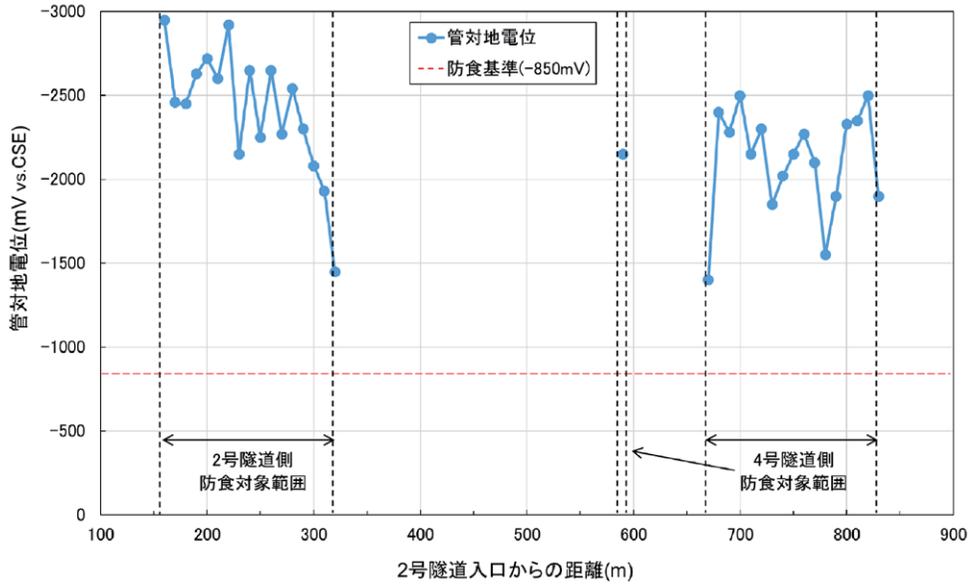


図 16 防食対象における管対地電位分布

4. まとめ

近接陽極法における通電電極として TELPRO 製 MMO Flex-Anode を使用したところ、良好な防食効果が得られた。今回の工事では隧道内という限られた空間での作業であったため、通電電極の搬入から設置まで手作業で行ったが、本製品は図 8 のとおりケーブルドラムに巻かれた状態で納品されるため、屋外での作業の場合はドラムジャッキ等を使用することで作業の省力化が図れると考えられる。

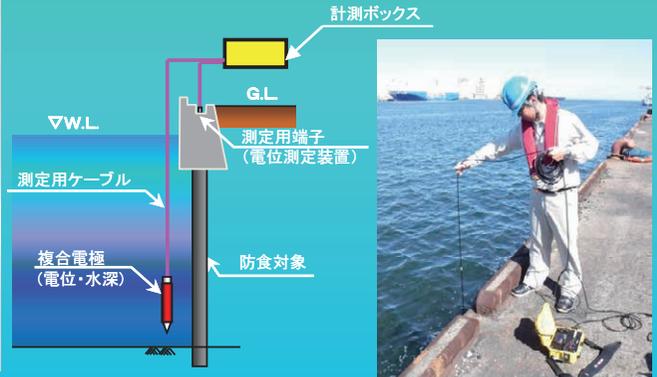
マリンチェッカー

(電位分布計測システム)

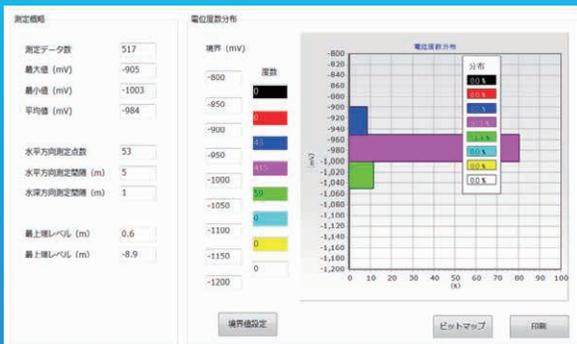


電位分布計測システム

左: 複合電極 (電位・水深) 右: 計測器本体

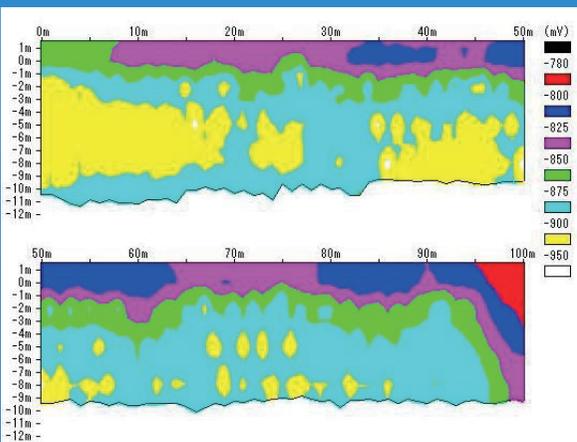


測定状況



最大・最小・平均値の算出 度数分布の解析

測定中のモニタでは現水深での電位、最貴値を示したときの電位と水深および最卑値を示したときの電位と水深の3つのデータを表示する。これにより、自動測定中でもリアルタイムで測定結果をみる事ができる。また、実測データは統計処理され、最大・最小・平均値の算出や度数分布解析結果がパソコン画面に表示される事で容易に電気防食の効果判定ができます。



電位分布のグラフィック表示

解析ソフトがインストールされたパソコンによりデータ処理後、電位分布図をカラーでグラフィック表示させることが可能である。このように電位分布を視覚的にとらえることで、電位の異常箇所を一目で確認することができる。

日本防蝕工業株式会社
THE NIPPON CORROSION ENGINEERING CO., LTD.

『電気防食法』を利用したサンゴ増殖の取り組み

1. サンゴ増殖を始めたきっかけ

沖縄県八重山諸島に設置された浮栈橋において多数のサンゴが生育していることが確認されました。この海域では浮栈橋の他にサンゴの生息は認められませんでした。

このことをきっかけに、浮栈橋に適用している『電気防食法』に着目し、2005年より研究を行っています。



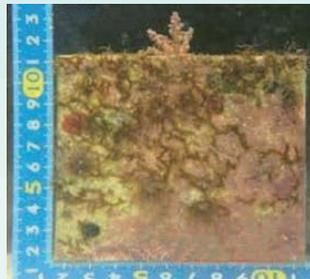
浮栈橋設置から4年後のサンゴ生育状況

2. 研究成果

- ① 実海域において電気防食法を利用したサンゴ増殖棚は、写真に示すように顕著な有効性が確認されました。



- ② 電気防食法にて製作した電着基盤へのサンゴ着床数は、一般的に用いられるタイル基盤と比較して、4~5倍に増大したことが確認されました。



1.5年経過後のタイル基盤



1.5年経過後の電着基盤 (4~5倍に増大)

3. その他の取り組み

2019年8月、サンゴ電着技術を活用して新たにデザインしたサンゴ育成装置を長崎県長崎市高島町に設置しました。サンゴ育成装置の海中からの景観は高島海水浴場を訪れる観光客への環境教育に役立ち、またサンゴの成長を楽しみにしてくれるリピーターの増加と新たな観光客の獲得にも繋がって、本活動は2020年3月、環境大臣から第15回エコツーリズム大賞パートナーシップ賞を受賞しました。



全国を網羅するサービスネットワーク

- 北海道地区 ●北海道支店
〒060-0807 札幌市北区北七条西 1-1-2 (SE 札幌ビル 6 階)
TEL (011) 736-6591 FAX (011) 736-6593
- 東北地区 ●東北支店
〒980-0804 仙台市青葉区大町 2-15-28 (藤崎大町ビルディング 1 階)
TEL (022) 264-5511 FAX (022) 265-6506
- 関東甲信越地区 ◎本社
〒144-8555 東京都大田区南蒲田一丁目 21 番 12 号 (昭和ビル)
TEL (03) 3737-8400 FAX (03) 3737-8479
●広域営業部 (本社内)
TEL (03) 3737-8441 FAX (03) 3737-8459
●東京支店 (本社内)
TEL (03) 3737-8450 FAX (03) 3737-8458
●千葉営業所
〒260-0834 千葉市中央区今井 1-20-1 (Y's21 ビル 2 階)
TEL (043) 263-2118 FAX (043) 263-2558
●新潟営業所
〒950-0086 新潟市中央区花園 2-1-16 (三和ビル 3 階)
TEL (025) 244-0911 FAX (025) 247-6030
- 中部地区 ●名古屋支店
〒464-0075 名古屋市千種区内山 1-10-10
TEL (052) 735-3481 FAX (052) 735-3480
●四日市営業所
〒510-0061 四日市市朝日町 3-2 (PLAZA1986 2 階)
TEL (059) 351-7163 FAX (059) 353-8599
- 関西地区 ●大阪支店
〒530-6004 大阪市北区天満橋 1-8-30 (OAP タワー 4 階)
TEL (06) 6356-9800 FAX (06) 6356-9820
●神戸営業所
〒651-0085 神戸市中央区八幡通 4-1-38 (東洋ビル 7 階)
TEL (078) 242-2535 FAX (078) 242-5426
●本四営業所
〒700-0962 岡山市北区北長瀬表町 3-1-12 (北長瀬駅前Ⅱビル 1 階)
TEL (086) 805-0287 FAX (086) 244-1077
- 中国地区 ●中国支店
〒730-0051 広島市中区大手町 5-1-1 (大手町ファーストビル 3 階)
TEL (082) 243-2720 FAX (082) 248-2364
●徳山営業所
〒745-0073 周南市代々木通り 1-30 (山陽ビル 4 階)
TEL (0834) 31-3762 FAX (0834) 31-3791
- 九州地区 ●九州支店
〒810-0013 福岡市中央区大宮 1-4-34 (五常物産ビル 2 階)
TEL (092) 523-8001 FAX (092) 523-8002
●沖縄営業所
〒900-0006 那覇市おもろまち 4-10-18 (タカダ新都心マンション 2 階)
TEL (098) 862-0226 FAX (098) 864-2383