



# さび

第159号

日本防蝕工業株式会社

# さ び 第 159 号

## 目 次

ご挨拶 .....	1
代表取締役社長 佐藤元彦	
水道施設内での 30 年経過した電気防食施設の更新工事 .....	2
東京支店 阿部 健	
〃 井上貴行	
供用後 47 年経過した LNG タンクの鋼管杭の電気防食効果 .....	7
株式会社大林組 辻まりな, 石田剛, 阿久津富弘	
北九州エル・エヌ・ジー株式会社 西本真悟	
日本防蝕工業株式会社 吉田弘毅	

# 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、健やかに新年をお迎えのこととお慶び申し上げます。本年も当社の技術情報誌『さび』をご愛読いただきまして、誠にありがとうございます。

本年は、60年に一度巡る干支、丙午（ひのえうま）の年に当たります。丙午は、情熱や強い意志を象徴し、変化と飛躍をもたらす年とされています。一方で、古くからの言い伝えにより、時にネガティブに語られることもあります。しかし私どもは、そうした年こそ変化を恐れず挑戦することで、新たな成長を遂げる好機と捉えています。物事の捉え方は人それぞれであり、何が正しいかは一概に言えませんが、私どもは、常に前向きな姿勢で物事に取り組んでまいります。その先には、きっと明るい未来が待っているものと信じております。

さて、当社の防食装置は、製品や用途により更新周期が異なります。2年ごとの短期更新から、10年・20年・30年の中長期更新、さらに対象設備によっては50年以上におよぶ長期運用が見込まれます。昭和から平成初期にかけて先輩方が設計・施工した装置はすでに35年以上の月日を経ており、現在、順次補修・取替・更新が進められています。今後、補修・更新の需要は一層高まると見込まれますが、私どもは従来仕様を踏襲するのではなく、これまでに培った知見を活かし、新

たな技術を積極的に取り入れながら、より確かな提案を行ってまいります。既設設備はもとより、新設案件においても50年以上の耐用年数を見据えた設計提案など、多様なご要望に柔軟にお応えし、品質の向上と顧客満足のさらなる向上に努めてまいります。

本年もより一層のご愛顧を賜りますよう、よろしく願い申し上げます。

今回お届けする技術報告は以下の2件です。

## ・水道施設内での30年経過した電気防食施設の更新工事

本工事では、埋設配管の位置不確定、深い位置での掘削、搬入経路の制約といったリスクに対し、事前調査を徹底し機材および搬入方法を見直して施工に臨み、施工中は安全対策を徹底し関係者の安全を確保して無事故・無災害で完了しました。本報では、主要な対策とその効果をご紹介します。

## ・供用後47年経過したLNGタンクの鋼管杭の電気防食効果

供用後47年を経過したLNGタンクの鋼管杭について、建設時から継続して実施してきた電気防食の効果を確認するため板厚調査を行ったところ、47年以上経過してもほとんど腐食が進行していない良好な結果を得ることができました。本報では、調査結果と維持状況をご紹介します。

# 水道施設内での 30 年経過した電気防食施設の更新工事

東京支店 阿部 健

// 井上貴行

## 1. はじめに

土壌中に埋設された鋼管はさまざまな腐食環境の影響を受ける。特に鋼管がコンクリートを貫通して土壌中に埋設される箇所では、図 1 のようなコンクリートと土壌の環境差により電位勾配が発生し、腐食電池が形成されるため、コンクリート/土壌 (C/S) マクロセル腐食により急速に腐食が進行する懸念がある。そこで当該箇所では、一般に図 2 のように鋼管のコンクリート貫通部に近接して通電電極を設置し、防食電流を通電する近接陽極法による電気防食が採用される。この工法はコンクリートと土壌の環境差による電位勾配を解消し、腐食反応を停止させるため、抜本的な腐食対策となる。

本報で紹介する水道施設でも C/S マクロセル腐食が懸念されたため約 30 年前に上記の工法が施工され、現在まで漏水等の問題は発生していない。しかしながら、電気防食システム（外部電源装置、通電電極および電材等）の老朽化が懸念されたため、大規模な更新工事を実施した。その際、施工に多大な労力を要する箇所への対応や安全上の懸念を解消するため、さまざまな創意工夫を行った。以下にその一例を紹介する。

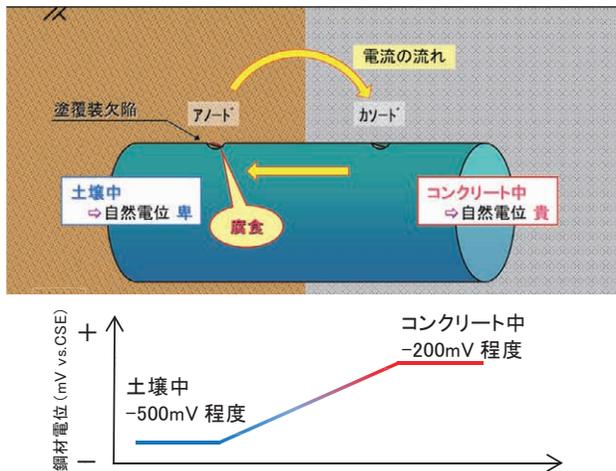


図 1 C/S マクロセル腐食の概念図

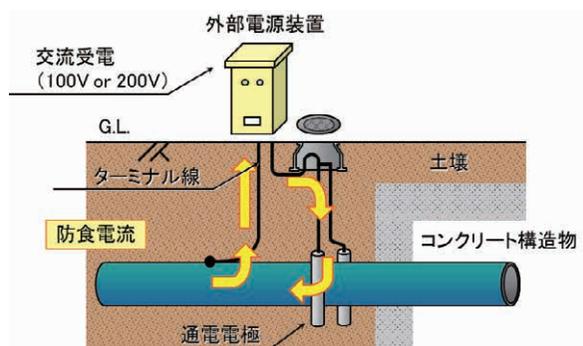


図 2 電気防食（近接陽極法）概要図

## 2. 工事概要

本工事は約 30 年前に水道施設内に設置された電気防食システムを更新する工事である。なお、通電電極および電材は経時的な劣化あるいは断線による不通電が発生しているもののみを更新対象とした。以下に本工事の詳細を記載する。

- 1) 工事内容：以下の設備を更新した。
  - ①外部電源装置 更新 ×8 面（全数）
  - ②電極電流調整器盤 更新 ×6 基（全数）
  - ③通電電極 更新（ボーリングにより設置） ×22 本（全 95 本中）
  - ④その他付帯工事（交流電源ケーブル更新等）
- 2) 防食対象：水道配管（鋼管）×37 条
- 3) 盤仕様：屋外自立閉鎖式 ×2 面（水道施設外周 屋外設置）  
屋内壁掛け式 ×6 面（水道施設地下通路 屋内設置）
- 4) 電極仕様：MMO 電極 φ150×L1500 mm（バックフィル込み）  
ボーリング掘削（φ250 mm）により設置した。

## 3. 創意工夫事例

本工事における懸念事項およびそれらを解決するために実施した対策を表 1 に示す。

表 1 本工事における懸念事項

懸念事項	想定される事象	対策
防食対象配管および地下構造物の位置が不明である	ボーリングにより配管を損傷する	①測量による位置出し ②調査ボーリングの実施
ボーリング地点付近に支障物がある	機材移動時に支障物と接触する	小型移動式のボーリング機材を使用
盤搬入経路が狭く、階段が急勾配である	盤を通路・設備にぶつけて損傷する	①階段部は敷板を設置し、ウインチで昇降 ②吹き抜け部に盤昇降用ヤグラを設置

### 3.1 測量による防食対象配管の位置出し

防食対象である配管は施設竣工図に詳細なオフセット図が残されておらず、配管埋設深度が 10～17 m 程度の位置であり、手掘り試掘による配管位置確認も困難であった。そこで、配管が露出している地下ポンプ室で測量を行い、地上における水平位置を推定した。

本工事で適用した測量法は図 3 に示す多角（トラバース）測量で、座標が分かっている 1 点を基準点として出発し、複数の測点で角度と距離、高さを測定し相対的な位置を測る方法である。測量後、現場に推定した配管位置をマーキングし、この位置から 1 m 以上離れた位置をボーリング地点とした。

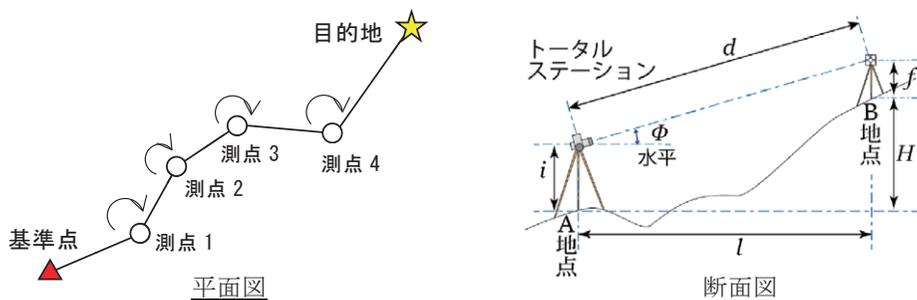


図3 多角（トラバース）測量概略図



図4 測量状況（屋外）

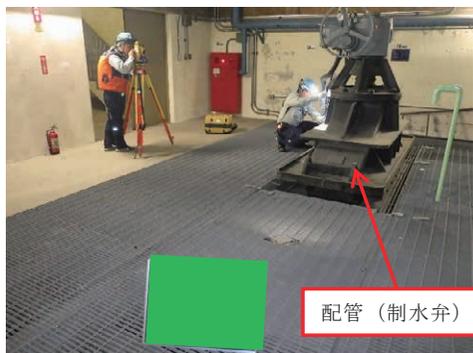


図5 測量状況（ポンプ室内）

### 3.2 調査ボーリングの実施

3.1 項の対策に加え、本掘削に先立ち、調査ボーリング（試掘）を実施した。調査ボーリングは図6に示すφ40 mmのアルミニウム製のビットを使用してボーリング予定深度まで掘削し、支障物の有無を確認するものである。支障物があった場合は調査用ビットが摩耗し、それ以上掘削できなくなるため、ボーリング地点を変更した。



図6 調査用ビット  
（左：使用前，右：使用后（摩耗状態））



図7 試掘ボーリング状況

### 3.3 小型移動式のボーリング機材

本工事ではボーリング地点が 22 箇所と多く、移動の度に機材を解体していると時間を要し工期を圧迫する恐れがあったため、移動式のボーリングマシンを採用することとした。また、現場には支障物が多くあり、それらに接触しないように移動するためには極力小型とする必要があるため、図 8 に示すボーリングマシンを選定した。

また、前述の調査用ボーリングによる試掘も本機を使用した。

#### ○仕様

機器名：エコプローブ EP-26  
寸法：H2330×W1550×D3060 mm  
(マスト直立時 H3810 mm)  
重量：2650 kg  
(4 tトラック積載可)  
ロッド：φ40.5～φ60 mm  
機能：無水掘り、泥水掘り可  
パイプロ付き  
ウインチ付き  
クローラ式



図 8 ボーリングマシン (マスト直立状態)

### 3.4 盤搬入経路の確保

現場の盤搬入経路において、図 9 のように盤搬入経路の階段が狭く、急勾配のため階段台車が使用できなかった。そこで、図 10 のように階段に敷板を敷き、ウインチで巻き上げて搬入した。また、図 11 のように吹き抜け部においては盤昇降用のヤグラを組立て、ホイストクレーンで昇降した。

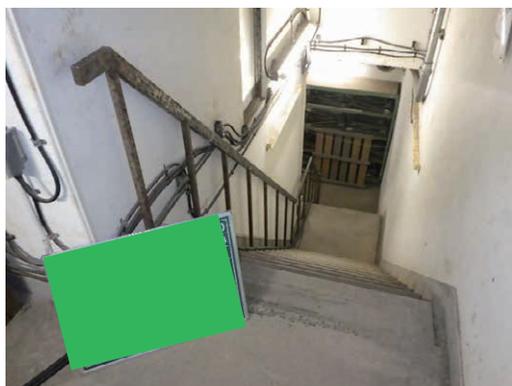


図 9 搬入困難箇所 (左：階段部、右：吹き抜け部)

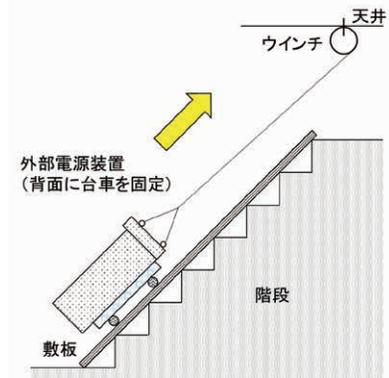


図 10 敷板およびウインチで昇降（階段部）

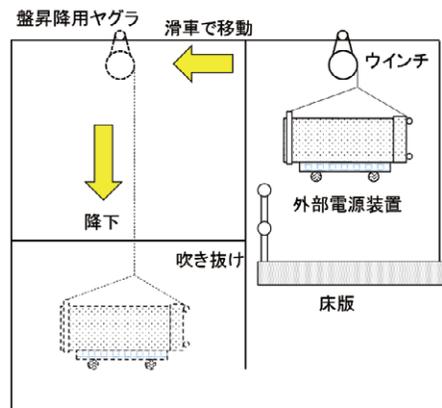
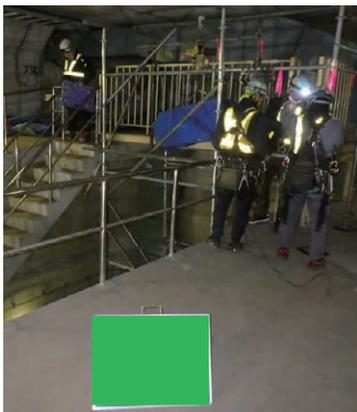


図 11 盤昇降用ヤグラで昇降（吹き抜け部）

#### 4. まとめ

図 12 に盤設置後の状況を示す。上述の対策を実施することで、本工事は無事故・無災害で完成を迎えることができた。



外部電源装置（屋外自立）



直流電源装置および電極電流調整器（屋内壁掛）

図 12 完成状況例

# 供用後 47 年経過した LNG タンクの鋼管杭の電気防食効果

株式会社大林組 辻まりな, 石田剛, 阿久津富弘  
北九州エル・エヌ・ジー株式会社 西本真悟  
日本防蝕工業株式会社 吉田弘毅

## 1. はじめに

1977 年 9 月に供用を開始した液化天然ガス (LNG) を貯蔵する LNG タンクは供用開始後 47 年以上経過している。LNG タンクは臨海埋立地である北九州エル・エヌ・ジー戸畑工場に建設されており海からの外部劣化因子の影響を受ける環境にあることから、LNG タンクの基礎杭である鋼管杭には建設中から電気防食を施している。本稿は、供用開始後 47 年以上経過した土中の鋼管杭の周辺を掘削し鋼管杭の板厚を調査することにより電気防食の効果を報告することを目的とする。

## 2. LNG タンクの基礎構造

タンクの荷重を支持する鉄筋コンクリート製基礎版は高床式となっており、万が一 LNG が漏洩した場合に冷熱衝撃から鋼管杭を保護するためのコンクリートが突出部に設置されている。基礎版および鋼管杭の諸元を図 1 に示す。鋼管杭上杭の板厚は 12.7 mm である。

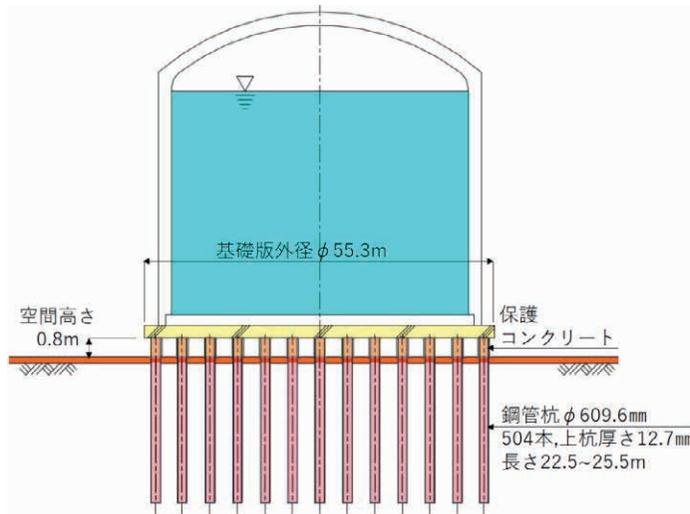


図 1 LNG タンク基礎図

## 3. 電気防食の方法

鋼管杭は異なる土層を通過し上部はコンクリートで覆われるため、通気差やコンクリートの影響によるマクロセル腐食が懸念された。従って、建設中から鋼管杭に対して直流電源装置と電極装置を用いた外部電源方式による電気防食を採用している。直流電源装置のプラス極を土中（電解質中）に設置した電極装置に接続し、マイナス極を被防食体である鋼管杭に接続して防食電流を通電する方式とした。供用開始後 21 年目の 1998 年頃、直流電源装置の部品劣化が散見されたが製造停止のため在庫が無く故障時の対応が困難となった。そのため、確実な防食電位を確保し、

鋼管杭の延命を図るため直流電源装置盤を更新している。また、建設当時の電極装置は高珪素鉄電極としていたが、現在は MMO 電極（白金族金属酸化物）を採用している。

防食対象面積は土中の鋼管杭の外表面積 23,165 m<sup>2</sup>とした。

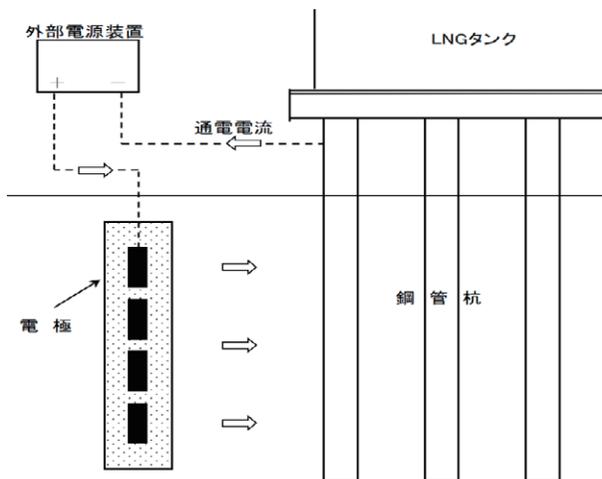


図2 電気防食の方法

#### 4. 定期点検の方法

電気防食装置の定期点検は、①防食盤（直流電源装置）の運転状態の点検・確認、②通電用電極接地抵抗測定、③通電用電極通電電流測定、④各回路電位及び電流の確認、調整、⑤各回路出力電流長時間測定（1週間）の手順で実施している。防食盤（直流電源装置）に問題ないこと、電流を流すための通電電極の消耗の有無、電極の接地抵抗値を1本毎に測定し良好であることを確認している。電流値から各電極の残寿命を推定し電極が完全に消耗する前に取替の判断が出来ることを目的とし点検は2年から4年毎に実施した。定期点検時の値が次の点検までの2年から4年の期間中流れ続けるものとして残寿命を推定した。

#### 5. 鋼管杭の電気防食効果

##### 5.1 土壌抵抗率の測定

鋼管杭周辺の土壌を調査することにより腐食性環境の度合いを把握した。LNG タンク近傍の地盤で土壌抵抗率の測定、鋼管杭の板厚調査に伴い発生した掘削土からサンプリングを行い室内で含水率・含水比、塩化物イオン、硫酸イオン、土懸濁液の pH を室内で測定した。広範囲に深さ方向に土壌抵抗率を推定できる L-10 型大地比抵抗計を使用し、電気探査法（ウェンナーの四電極法）により測定した。得られた土壌抵抗率（見かけ比抵抗）をもとに、垂直電気探査解析のための自動解析プログラム（ElecAuto）にて各土層の層厚や土壌抵抗率の形に置き換えた大地パラメータとして算出する。得られた大地パラメータを表1に示す。

表1 大地パラメータ

	第1層	第2層	第3層
地層の深度 (m)	0~0.7	0.7~18.55	18.55~
土壌抵抗率 (Ω・cm)	58,760	1,929	8.2

土壌抵抗率の低い土壌は腐食電流が流れ易く、一般に腐食土壌とされる。F.O.Waters による土壌の腐食性と抵抗率の関係より、地表面下 0~0.7 m 深さの鋼材に対する腐食性は極めて少ない、地表面下 0.7 m~18.55 m の深さの腐食性はやや激しい、地表面下 18.55 m 以深の腐食性は激しいと判定した。ただし、地表面下 18.55 m 以深の深い箇所では土中の酸素量が少ないことから腐食は進行しにくいものと評価した。また、室内での地表面付近の土壌分析試験で含水比試験の一部が鋼材の腐食を誘発する結果となっていたが、その他の試験で腐食を誘発する結果は無かった。

## 5.2 鋼管杭板厚の測定

海からの外部劣化因子を受け易い地点に設置されている LNG タンク 1 基を対象に鋼管杭 504 本に対して基礎版外周に設置されている電極と隣り合う電極の間かつ 180° 対になる 2 箇所 で板厚調査を実施した。

鋼管杭の上部は防護コンクリートで覆われていることから防護コンクリートの下端の直下を目視で確認できるよう地表面から 1 m の深さ、幅は約 2 m 程度の掘削を行った。

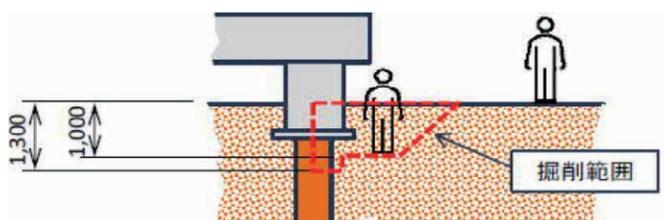


図 3 掘削計画図

鋼管杭の外側を掘削後、鋼管杭外面の一部をグラインダーで研磨し超音波厚さ計で鋼管杭の板厚を測定した。鋼管杭の板厚は 1 箇所あたり 5 点で測定した。また測定箇所 1 点あたり 3 回測定した。鋼管杭の板厚測定結果を表 2 に示す。

鋼管杭の板厚は 12.4 mm から 12.6 mm 残存しており、元厚である 12.7 mm に対し 47 年以上経過後もほとんど腐食が進行していないことを確認できた。

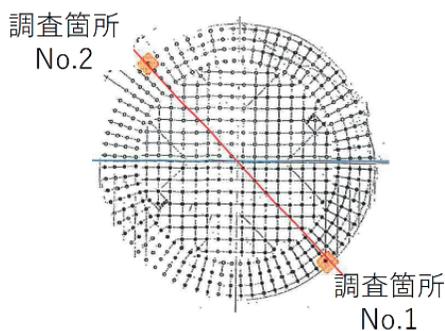


図 4 板厚調査箇所（鋼管杭杭伏図）

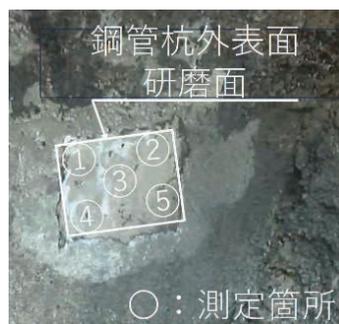


図 5 板厚測定箇所

表 2 鋼管杭の板厚測定結果

調査箇所	測定箇所	鋼管杭板厚 (超音波厚さ計による測定値)			平均板厚	元厚
		1回目	2回目	3回目		
No.1	①	12.5mm	12.5mm	12.5mm	12.5mm	12.7mm
	②	12.4mm	12.4mm	12.4mm	12.4mm	
	③	12.5mm	12.5mm	12.6mm	12.5mm	
	④	12.5mm	12.4mm	12.5mm	12.5mm	
	⑤	12.6mm	12.6mm	12.6mm	12.6mm	
No.2	①	12.6mm	12.6mm	12.7mm	12.6mm	
	②	12.6mm	12.6mm	12.6mm	12.6mm	
	③	12.6mm	12.6mm	12.6mm	12.6mm	
	④	12.7mm	12.6mm	12.6mm	12.6mm	
	⑤	12.6mm	12.6mm	12.6mm	12.6mm	

## 6. まとめ

本工場の供用開始後 47 年以上経過後した LNG タンクの鋼管杭はほとんど腐食が進行していないことを確認できた。LNG タンクの鋼管杭の設計では腐食代を考慮し防食対策を講じない事例が多いが、LNG が普及する黎明期に LNG タンクの鋼管杭全数に対して電気防食を施し 47 年間に渡って電気防食装置が健全に機能していた結果と評価できる。まもなく供用開始後 50 年を迎えるが LNG タンクの長期継続利用に繋がるものと考ええる。

※本報告は、著者および公益社団法人土木学会の許諾を得て、令和 7 年度土木学会全国大会 第 80 回年次学術講演会講演概要集から転載したものである。



陸上からの簡易な電位測定の結果  
を用いた犠牲陽極寿命評価技術

# Quick Anode Checker

クイック アノード チェッカー (Q.A.CHECKER)



QAチェッカーは、陸上からの簡易な電位測定の結果から、鋼構造物に取付けられた犠牲陽極の発生電流を統計学的手法に基づいて推定し、犠牲陽極の残寿命を求める計測機器です。本計測では、ケレンを伴う潜水作業を必要とせず、安全でかつ定量的に評価可能な手法です。

本技術は、国土交通省「港湾の施設の新しい点検技術カタログ」に掲載されています。



カタログ



動画



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

# 水中ROVを活用した 海洋鋼構造物および浮体施設等 の電気防食点検技術



本技術は、照合電極（海水塩化銀照合電極等）を装備させた水中ROVにより、矢板式構造物（係船岸・護岸）のほか、棧橋の内部鋼管杭や浮体施設底板など上部工の上からでは測定が困難な部位の鋼材電位を潜水土に頼らず測定可能とした点検技術です。

本技術は、国土交通省「港湾の施設の新しい点検技術カタログ」に掲載されています。



カタログ



動画



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

# サビない 想いがここにある

日本防蝕工業株式会社は、電気防食技術で  
半世紀以上にわたって重要なインフラを守っています。



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

〒144-8555 東京都大田区南蒲田 1-21-12 (昭和ビル)  
TEL: (03)3737-8441 FAX: (03)3737-8459  
E-mail: kouiki@nitibo.co.jp URL: <https://www.nitibo.co.jp>



## 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  
〒260-0013 千葉市中央区中央 1-11-1 (千葉中央ツインビル 1 号館 9 階)  
TEL (043) 441-4075 FAX (043) 441-4076  
●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  
〒464-0850 名古屋市千種区今池 1 丁目 5 番 10 号 (千種 KI ビル 2 階)  
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