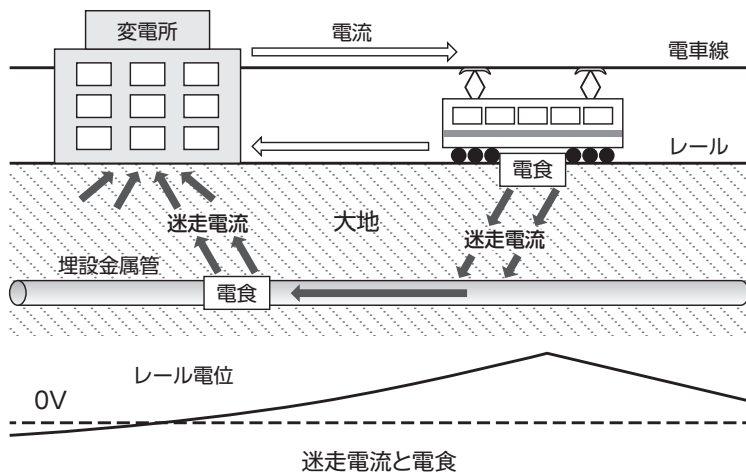


防食対応用

迷走電流の測定 は、お任せください



- 全国規模で対応
- 消防法に基づく測定と、判定基準の提供
- 測定結果を基に各種サポート
- 実績多数



地質環境テック株式会社

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-9-4
日幸小津ビル4階
TEL.03-6661-2007 FAX.03-6661-2008
<http://www.geotech.co.jp>



OTOWA 音羽電機工業株式会社

営業本部 〒661-0976 兵庫県尼崎市潮江5-6-20
TEL.06-6429-9591
東京本社、仙台営業所、北陸支店、九州支店、沖縄営業所
<http://www.otowadenki.co.jp>

電気防食と 迷走電流の測定

志賀 悟 井上伸二

月刊「電設資材」2016年11月号抜刷

地質環境テック株式会社

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-9-4
日幸小津ビル4F
電話 (03) 6661-2007

電気防食と 迷走電流の測定

志賀 悟 井上伸二

1. はじめに

近年、電気鉄道近辺へ工場やビルなどの建築物が増加傾向にあり、地下埋設物のタンクや配管および金属構造物への電気防食対策要否確認の案件が増えている。当社はこれに対応するため、迷走電流の測定や関連データを提供しているが、これらに対する経緯や知識は一般の電気技術者には十分に理

解されていないのが現状である。

今回、防食に関する歴史や対応方法の実務について取りまとめる機会があったので、概要を紹介する。

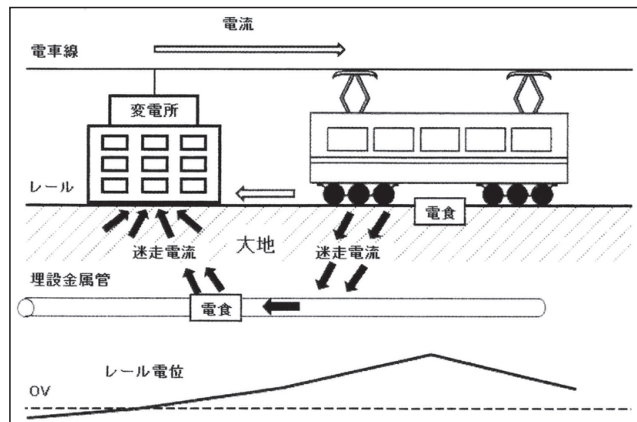


図1 迷走電流と電食の仕組み

土壌中の電位勾配 (mV/m)	迷走電流の大きさ
0.5 以下	弱
0.5~5	普通
5 以上	強い

表1 電位勾配と迷走電流

のよい金属構造物に流入し、その電流が土壤中に流出する部分で電気分解作用により発生する。図1に迷走電流と電食の概念図を示す。

表1に電位勾配と迷走電流の大きさの関係を示す。電位勾配が5mV/m以上では迷走電流の大きさは強くなっている。埋設配管が電食の影響を受ける大きな要因はレールからの迷走電流

2. 金属腐食の概念⁽¹⁾

1. 電気防食

電気防食（電食）は直流電気鉄道のレールからの漏れ電流、および直流電気設備からの干渉に起因して発生する金属の電気腐食と定義されている。金属腐食はレール（軌道）からはずれた漏洩電流（迷走電流）が土壤より導通

の大きさである。

迷走電流の影響下に敷設される場合、埋設配管が受ける対地電圧は地平部、高架部、隧道部などや周囲の地形、地質により変化すること、また迷走電流に大きく左右する要因は大地電位勾配の大きさであることは経験的に知られている。電食を防止するためにはレールからの迷走電流を制限す

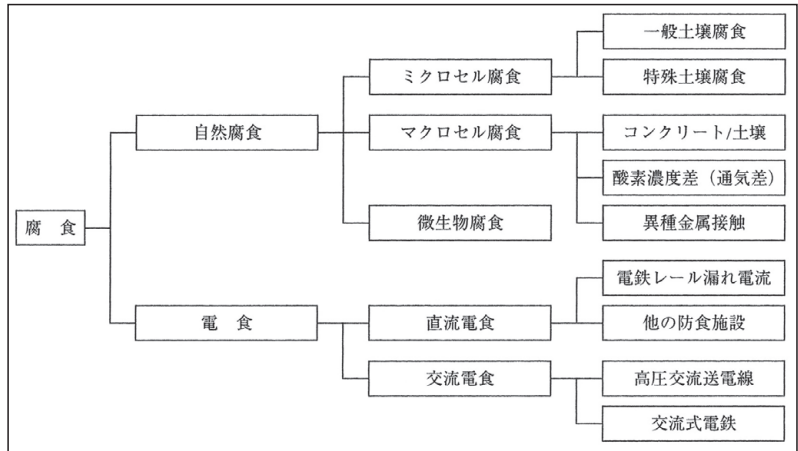


図2 土壤腐食の分類

ることが望ましいが、迷走電流を簡単にかつ正確に測定する方法がないため、レール近接部分に生じる電位勾配を制限する方法が採用されている⁽³⁾。

2. 自然腐食

自然腐食はマクロセル腐食、微生物腐食、マイクロセル腐食に大きく分類される。マクロセル腐食としてはコンクリート/土壌系の腐食電池回路のような大きな腐食や、異なる金属配管が電氣的に接続される場合に発生する異種金属腐食などがある。一方、金属表面上のミクロ(微視)的な局部電池作用によって生じる腐食をマイクロセル腐食として分類している。

図2に土壤腐食の分類を示す。表2にはPH値と金属の腐食性、表3に土壤の大地抵抗率と腐食性の関係を示す。PHや大地抵抗率は金属腐食の因子となっている。

PH値	成分	鉄	鉛
4.5 以下	酸性	非常に腐食性	非常に腐食性
4.5~6.5	弱酸性	腐食性	やや腐食性
6.5~8.5	中性または弱アルカリ	非腐食性	非腐食性
8.5 以上	アルカリ	不明	非常に腐食性

表2 PH値と金属腐食性

腐食性	大地抵抗率 ρ (Ω c m)	腐食度 (mm/年)	せん孔までの年数 (年)
激しい	0~900	0.125 以上	1~3
やや激しい	900~2300	0.04~0.125	3~5
中	2300~5000	0.01~0.04	5~10
小	5000~10000	0.025~0.01	10~25
極めて小	10000 以上	0.025 以下	25 以上
	FO Water 氏	Posenquist 氏	Purilula 氏

表3 土壤の大地抵抗率と腐食性

3. 電食の発見と歴史(1)(2)

米国では1900年初期に市街電車が開通した際に石油やガス管に迷走電流による腐食が多発した。1913年には米国標準局が米国電食委員会を設置した。1928年には埋設ガス管に電気防食を適用している。また、1943年には米国腐食技術者協会が創立されている。

一方、国内においては明治28年(1895年)に架空単線式直流電気鉄道の営業運転に端を発し、その後、明治後期から大正初期にかけて電気鉄道が多数開業されると電食による被害が急増した。昭和8年(1933年)に学術振興会が腐食防止第5小委員会を設置した。米国より7年遅れの1950年には学術腐蝕防止第97委員会が設立されている。また、1951年に電食専門会社も設立され、その後、1974年に腐蝕防食協会が創立されている。1965年からは埋設配管に対して選択排流器や強制排流器による対策が講じられ、レールからの漏れ電流に起因する埋設配管の電食は解決されるようになってきた。

4.電気防食に関する規則と基準

電気防食に関する規則は消防法と電気設備の技術基準の解釈に定められているので概要を示す。

1. 消防法

①消防法の規制に関する規則（平成28年4月1日改正）総務省令第146条

第1章総則 第十三の四条

・地下の電気的腐食のおそれのある場所に設置する配管にあつては告示に定めるところにより、塗覆装またはコーティングおよび電気防食を行うこと。

②危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示（昭和49年5月1日）

定義 第四条：地下配管の電気防食

・電気防食を施工する場合の条件を規定している。

2. 電気設備の技術基準の解釈⁽³⁾

第209条（電食の防止）平成28年9月13日改正

・第四項：直流帰線のレール近接部分が金属製地中管路と1km以内に近接する場合は、次項の規定による場合を除き、

金属製地中配管に対する電食作用による障害を防止する対策を施すこと（除外規定はある）。

・金属製地中管路の電食に関する要因は極めて多いが、主なものとして、帰線の電気抵抗、軌道床の漏洩抵抗、大地の電気抵抗、き電用変電所および負絶縁帰線の施設状態、金属製地中管路との離隔距離である。一般に金属製地中管路の電食とレールの対地電位傾度は、図3に示すように帰線の付近が最も急激で、1km程度離れていれば非常にわずかとなる。従って、1km以内は電食のおそれがある場合とみなしている。

・金属製地中管路の電食を防止するためには、帰線から大地へ流出する漏洩電流を制限することが望ましいが、漏洩電流を簡単に、かつ、正確に測定する方法がないため、帰線のレール近接部分に生じる電位降下を制限する方法を採用している。

3. 東京消防庁

危険物施設の審査基準（本編）平成27年7月改正

第16電気的腐食のおそれのある場所

・地表面電位勾配を測定する場合、最大電位変動幅は5mV/m以上とする。

・電位勾配の測定方法

①配管埋設予定場所の敷地の直角2方向について飽和硫酸銅電極（または飽和カルメル電極）を用いて測定する。

②照合電極の間隔はおおむね10m以上

③測定は電車が通過している時間帯とする。

4. 横浜市消防局

危険物規制事務審査基準（平成26年5月1日）

第5章 地下配管に設ける電気防食の施工に関する技術基準

第5章の1：電気防食施工の適用範囲

①直流電気鉄道の軌道または変電所からほぼ1kmの範囲の場所。

②直流電気設備の周辺

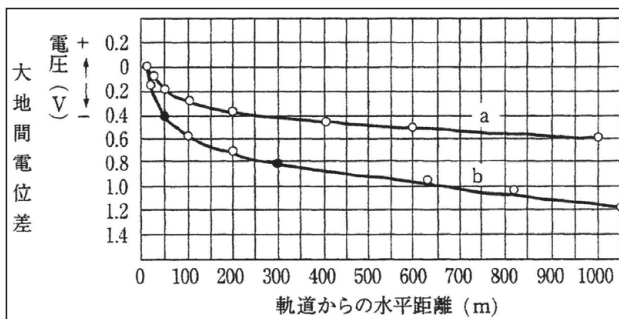


図3 軌道からの距離と大地間電位差

③迷走電流等を測定し、以下のア、イのいずれにも該当しない場合は電食の適用範囲外とする。

- ア) 大地比抵抗率が $2000\Omega\text{ cm}$ 未満
- イ) 大地の電位勾配が約 5mV/m 以上が認められるもの。

5. 迷走電流の測定と評価

1. 測定方法

①地表面電位勾配の測定（東京消防庁第16-2図（図4））

直交する2方向にそれぞれ2個の照合電極を地面に差し込み、電極間の電位差を測定して迷走電流の影響を確認する。照合電極は飽和硫酸銅を用い、電位差計は内部抵抗の高い高感度電圧記録計を用いる。電極間はおおむね 10m とする。

②大地抵抗率の測定（横浜市消防局第4-5-1図（図5））

測定はウエンナーの四電極法を用いた電気探査法で行われる。測定は地表面から大地に電流を流し、ある一定の電極間隔における電位差を測定することにより深度方向の大地抵抗率の分布を測定する。

図において C_1 、 C_2 端子に電流を流し、 P_1 、 P_2 間の電位差を測定する。

2. 電食のおそれのある場所の評価

東京消防庁や横浜消防局では基準値を公表しているが、全国的には統一されていないのが現状である。従って、電位勾配と大地抵抗率を測定し、測定地点における、危険物規制の管轄部署である各自治体の消防局にデータを提出して承認をもらうことになっている。

6. 迷走電流測定の実例

表4に迷走電流と大地抵抗率の実測例を示す。

電位差は測定中の最大値を示しているが、いずれも 5mV/m 以下となっている。大地抵抗率は土壤改良の影響もあり、測定地点ごとに差異がでている。

図6に電位勾配の測定オシログラムの例を示す。図において横軸は時間、縦軸は対地電位を示す。電位勾配差は電極間距離が 10m におけるデータを示している。上段はレールに平行方向、下段はレールに直角方向の電位差を示している。

7. 防食対策の主な種類 (1) (4)

表5に電食対策の主な方法と特徴を示す。電食防食法には流電陽極法と外部電源法の二つの方法が

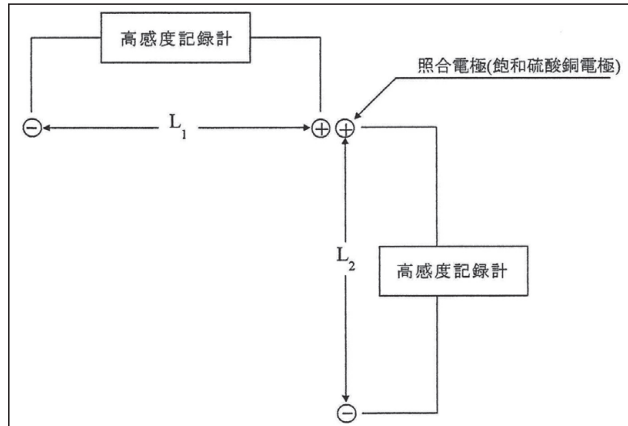


図4 地表面電位勾配測定

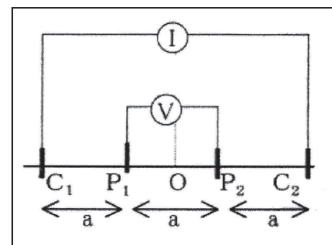


図5 ウエンナーの四電極法

地点	A	B	C	D	E
場所	東京	東京	東京	東京	愛知
レールとの距離 (m)	900	100	30	200	30
線路状況	高架	高架	地下	地上	土手
最大電位勾配 (mV/m)	0.4	0.32	3.4	1.9	2.9
大地抵抗率 ($\Omega\text{ m}$)	測定セズ	3~73	22~50	70~640	9~135

表4 測定実測例

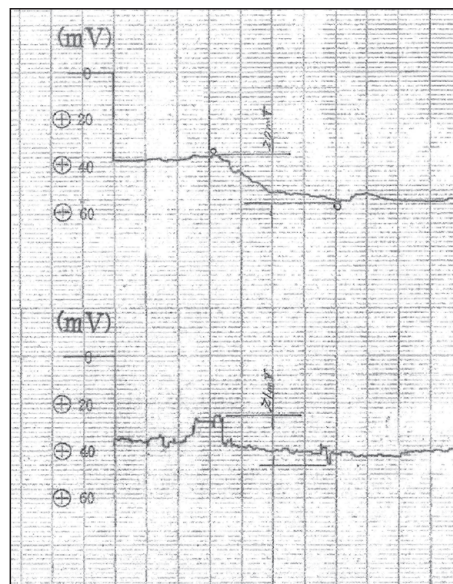


図6 電位勾配のオシログラム例

あるが、地下に埋設された危険物施設において実施されているのは大半が流電陽極方式で、新設時に施工されている。流電陽極法は配管（カソード）よりも自然電位がマイナスの金属（アノード）

	電食防食法		被覆防食法			
原理	埋設管の金属表面に所定量以上の防食電流を流入させて局部電池を消滅して電食を防止する		埋設管の外面を絶縁物で覆って、周囲の腐食因子を遮断する。			
	流電陽極法	外部電源法	プラスチック被覆		現地防食法	
	被防食電極に流電電極を接続する 有効電圧：0.2～0.7V	耐久性電極に+を接続する 有効電圧： 60V以下	ポリエチレン（押し出し被覆と粉体融着被覆：厚み2mm）	ポリウレタン（二液内部混合塗装：厚み2mm）	熱収縮ポリエチレン（加熱、収縮被覆）	防食テープ（手巻きで施工）
特長	施工簡単・電源不要 防食電流が小さい所に有利。 他の埋設物への干渉が小さい（大部分はこの方式を新設時に採用）	防食電流の調整が可能 防食電流が大の所は有利	耐候性がよい	衝撃に強い	施工簡単、多く使用されている	常温施工ができる

表5 電食対策と特長

を電線で接続し、カソードとアノードの異種金属電池作用による直流電流（防食電流）を配管に常時流して腐食を防止する。一方、外部電源法は直流電源装置より直流電圧（60V以下）を与え、任意に設定した防食電流を常時、配管に流入させて腐食を防止する方法である。被覆防食法は各種、それぞれ、一長一短があるが、施工が簡単なことから、熱収縮性架橋ポリエチレンが多く利用されている。図7に流電陽極法の概要、図8に外部電源法の概要を示す。

8. おわりに

電気防食に関する概念、歴史、規則、基準および迷走電流の測定や対策方法について最近の技術動向を紹介した。

電気防食対策の有無は鉄道線路からの離隔距離や迷走電流による電位勾配の測定で判断している。しかし、測定結果の評価は現在、全国的に統一されていないだけでなく一部の消防局を除いて公表されていない。

測定結果は測定場所における、危険物規制を管轄する各自治体の消防局となっているので測定データを提出し、承認を得ることになる。

本稿が防食や迷走電流測定を理解する上で参考になれば幸いである。

<参考文献>

- (1)「電食防止・電気防食ハンドブック」平成23年1月 電気学会・電食防止研究委員会
- (2)「材料環境学入門」平成27年5月12刷発行 公益社団法人 腐食防食学会
- (3)「電気設備の技術基準の解釈：解説」平成28年9月改正 経済産業省 商務流通保安グループ編
- (4)「危険物施設の鋼製地下貯蔵タンク及び鋼製地下配管の電気防食」JSCE S 0601 2006年 公益社団法人 腐食防食学会

（執筆者：地質環境テック株式会社）

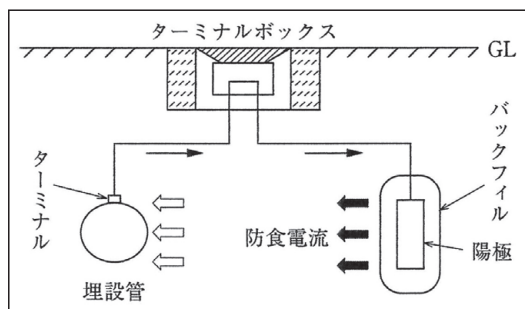


図7 流電陽極法

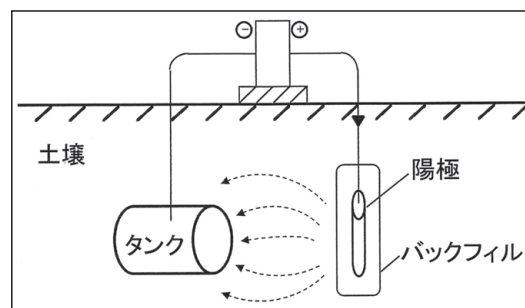


図8 外部電源法