

# 直流電気鉄道と電食

2022年3月 持永 芳文

直流電気鉄道において、レールから大地へ流出する漏れ電流、漏れ電流による近接する埋設金属の電食と電食量、および電気鉄道の電食対策と電気防食について説明します。

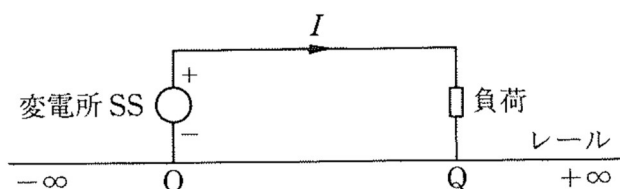
## 1. 直流電気鉄道とレールから大地への漏れ電流

レールはマクラギによって支持され、漏れ抵抗を通して大地に接続されており、レールに電流が流れると電位が発生するとともに、大地への漏れ電流が生じます。レールの漏れ抵抗は道床の種類や天候などによって異なりますが、概略値は表1のようになります。

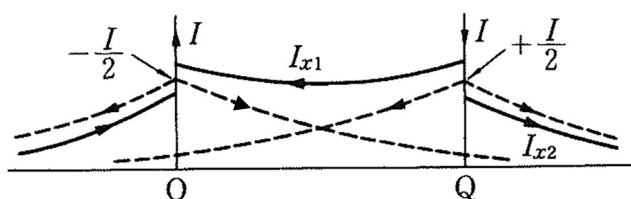
表1 直流区間のレール漏れ抵抗

天候	漏れ抵抗 $\rho$ ( $\Omega \cdot \text{km}$ )	
	スラブ軌道	砕石・砂利
晴	50 以上	10 以上
雨	10	5

直流電気鉄道の基本的な回路として、非接地で左右に無限に延びているレールに、一箇所の変電所から一つの電車に電流を供給する片送りき電について、図1を考えます。



(a) き電系統



(b) 電流分布

図1 直流片送りき電の電圧・電流分布

図1(b)の電流分布で、負荷電流を  $I$ 、変電所から距離  $x$  の点のレール電流を  $I_x$  とします。負荷位置  $Q$  点から延びる点線はレールから大地へ漏れる減衰電流で、変電所  $O$  点から延びる点線は大地からレールに流入する減衰電流（矢印方向が負）です。

実際にレールに流れる電流は、正負の減衰電流の和となり、実線の電流で表されます。

## 2. 電食と電気防食

### (1) 電食

直流電気鉄道に近接してケーブル、水道管などの埋設金属があると、図2に示すように、レールから流出した漏れ電流は、大地より抵抗の低い金属を通り、変電所付近で埋設金属から流出してレールに戻ります。

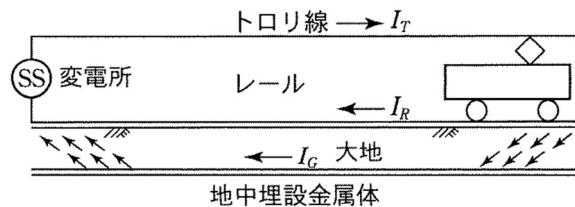


図2 地中埋設金属体を流れる漏れ電流

金属体は地下水が電解質となり、陽極部にあたる電流の流出部分は腐食します。このような現象を電食といい、電食量  $M$  はファラデーの法則に従い、次式の関係になります。

$$M = Zit \text{ (g)} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $Z$  : 金属の電気化学当量 (原子量 / 原子価) (g/C)

$I$  : 通電電流 (A)

$t$  : 通電時間 (s)

例えば、鉄の場合は、 $Z = 0.2894\text{mg/C}$  であり、1Ah 当たりの電解量は 1.042g で、ほぼパチンコ玉 1 個に相当します。

### (2) 電気鉄道の電食対策

電気鉄道の電食対策としては、レールから大地への漏れ電流を小さくすることが必要です。このため、① 道床の排水を良くし、② コンクリート道床を使用する、③ 重軌条化 (断面の大きいレール) やロングレールにより帰線抵抗を小さくする、④ 変電所を増加して漏れ電流を減少するなどが行われています。

路面電車では線路が平面的に分布しており、図3のように、架空絶縁帰線を設けて漏れ電流を少なくすることがあります。

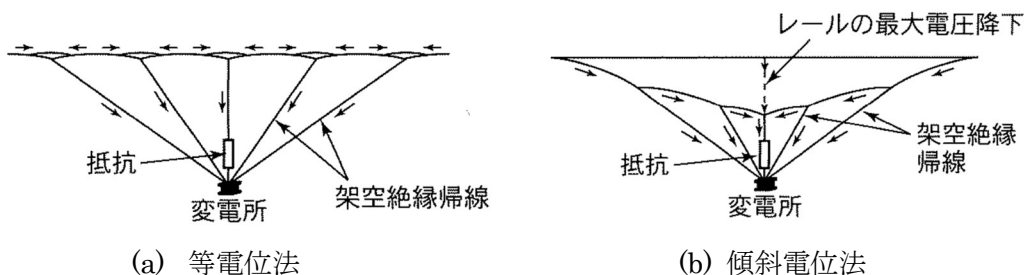


図3 路面電車の架空絶縁帰線

### (3) 埋設金属の防食対策

埋設金属の防食対策として、① 直流電気鉄道との接近を避ける、② 埋設金属を絶縁物で覆う、③ 金属管の接続部を絶縁する、④ 金属体の外側に遮へい導体を置く、などの対策が行われています。

また、次のように、電流を電解液中から金属体に向かって流し、電食を防止することを電気防食といいます。なお、(a) 流電陽極法および (b) 外部電源法は主に自然腐食の防止を目的としています。

#### a. 流電陽極法

図 4 に示すように、陽極として地中埋設金属体より電位の低いマグネシウムなどの金属を地中に埋設し、両金属間の電位差を利用して、電食防止のための電流を供給します。

#### b. 外部電源法

図 5 に示すように、直流電源を用いて、地中の接地電極を陽極として給電する方法です。陽極材料は、磁性酸化鉄、ケイ素铸铁、黒鉛などが用いられ、陽極にはバックフィルとして、黒鉛粉末、コークス粉末などを充填しています。

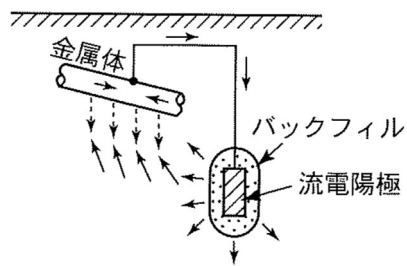


図 4 流電陽極法

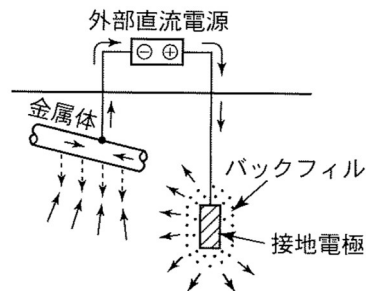


図 5 外部電源法

#### c. 排流法

埋設金属体にレールを電氣的に接続し、金属体に流れる電流を一括してレールに戻し、分散して流出するのを防ぐ方法です。埋設金属体とレールを直接接続する直接排流法のほか、図 6 に示すダイオードを用いた選択排流法、および図 7 に示す強制排流法があります。

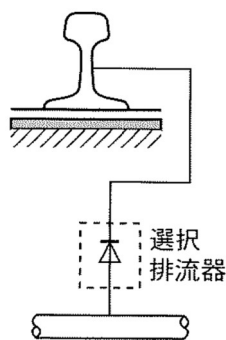


図 6 選択排流法

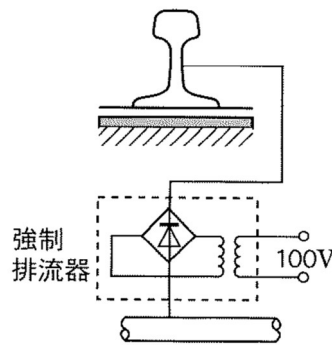


図 7 強制排流法