

地下鉄の漏水による電食多発区間における化学分析結果

東京地下鉄株式会社 正会員 ○小林 実
 東京地下鉄株式会社 久保田聡一
 東京地下鉄株式会社 岡島 寛季

1. 目的

東京地下鉄の線路は、一部区間が河川や濠に近接しており、当該区間は湿潤な環境下にある。そのため、帰線からの漏れ電流の影響によってレール腐食が促進される電食反応が頻発しており、場所によっては電食の進行により毎年レール交換を行っている箇所も存在している。このように東京地下鉄において電食対策は重要課題のひとつである。東京地下鉄におけるこれまでの検討結果¹⁾から、排水溝およびその周辺の滞水、トンネル内の漏水等、水の存在が電食の発生や進行促進に対して影響していることを確認している。

東京地下鉄では、土木構造物からの漏水の止水やレールに対する防食剤の塗布、軌道面の洗浄などの対策を施すなどの電食対策を行ってきた。このことを踏まえ、今回は電食の進行が著しい区間において、電食生成物および電食環境周辺の水を採取し成分の化学分析を行ったため、その結果および考察内容を報告する。

2. 分析の概要

今回の分析は、電食の進行が著しい千代田線の北千住駅・町屋駅間および新御茶ノ水駅・大手町駅間を対象とした。この区間は隅田川の下や濠に近接しており、漏水量が多い。当該区間はレール交換が一年に一回の頻度行われている。そこで、各区間で2ヶ所ずつ、電食生成物をレール近傍から採取した。さらに北千住駅・町屋駅間においては、トンネル部からの漏水および電食生成物近傍からの水分を採取した(図-1)。これらの試料に対し、表-1に示す成分分析を実施している。



表-1 試料種別と分析の概要

試料種別	採取場所	分析試験項目	
A	電食生成物	粉末 X 線回析分析 全塩化物イオン量分析	
B			北千住・町屋間 A 線 4k871m レール近傍
C			新御茶ノ水・大手町間 A 線 12k685m レール近傍
D			新御茶ノ水・大手町間 B 線 12k706m レール近傍
1	水	pH 測定	
2		北千住・町屋間 A 線 4k802m トンネル漏水 Cl ⁻ 分析	



図-1 サンプル採取状況
(上：電食生成物 下：水)

3. 分析の結果および考察

電食生成物試料および水試料の分析結果を表-2、表-3に示す。過去の研究や文献などから、レール表面にはオキシ水酸化鉄 FeOOH が形成され、オキシ水酸化鉄には、結晶構造が異なる α 型、β 型、γ 型などの種類が存在することがわかっている。今回の分析では、4 つのサンプル共にオキシ水酸化鉄 α 型であるゲーザイトと、β 型であるアガナイトが検出された。アガナイトは塩分共存下で生成される低密度結晶である。電食生成物の全塩化物イオン量は 3~8mass% という高い数値を示した。また、採取した水の成分分析結果において、漏水からの試料 2 に比べ、電食レール近傍から採取した水試料 1 は Cl⁻濃度は 3.57% と高い値を示しており、高濃度まで濃縮されていることが分かる。

キーワード 電食, オキシ水酸化鉄, 塩化物イオン, 成分分析

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野三丁目 19-6 東京地下鉄株式会社 TEL 03-3837-7094

以上の分析の結果から、レールの鉄が腐食反応により段階的にイオン化し、酸化が進行していく過程が推測することができる。過去の研究により、宇野ら²⁾が環境の違いにより鉄さびの生成プロセスが異なることを明らかにしており、その結果から、析出された電食生成物の成分は図-2で示す過程をたどって生成していると考えられる。電食反応により、鉄分子に水の電気分解により生成するOH⁻と空気中の酸素O₂が取り込まれ、オキシ水酸化鉄FeOOHとして生成される。そして、水の電気分解により生成したH⁺が軌道レール付近にとどまった結果、pH2.1という強い酸性を示していることが推測される。既往の研究のとおり、アカガナイトは乾湿繰り返しClが存在する環境下で生成されるということがわかっており、一般的なさび発生の過程であるレドクサイト、ゲーサイトおよびマグネタイトの生成の過程から、さらに漏水中の塩化物イオンCl⁻が濃集したことによって、腐食反応の第二段階としてアカガナイトの生成を促進させていると考えられる。

表-2 結晶質成分同定結果

試料種別	ゲーサイト (α-FeOOH)	アカガナイト (β-FeOOH)	レドクサイト (γ-FeOOH)	マグネタイト (Fe ₃ O ₄)	Cl含有量 (mass%)
A	+	+		++	3.09
B	+	++	+	++++	7.86
C	+	++++		+++	4.54
D	+	++			8.36

※記号は当該物質回析線におけるメインピークの大きさ

- ++++ : 大 (4000counts 以上),
- +++ : 中 (3000~4000counts),
- ++ : 小 (2000~3000counts),
- + : 微小 (検出限界以上~2000counts),
- 無印 : 検出限界以下

表-3 採取水の分析結果

試料種別	pH	Cl ⁻
1	2.1	3.57%
2	7.1	0.26%

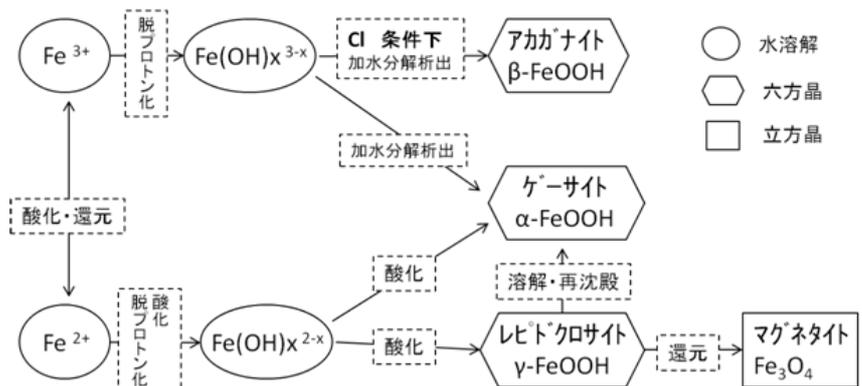


図-2 レールの鉄さび生成プロセス（「環境の違いが鉄さびの生成プロセスに与える影響に関する一考察」より抜粋）

4. まとめ

河川下の電食多発区間を対象として、電食生成物と周辺の水の成分分析を行った。その結果、レールの鉄がイオン化し、段階的に腐食が進行していく過程が明らかになった。その中で生成されるアカガナイトが低密度結晶であることから、アカガナイトの生成がレールの強度低下に大きな影響を与えている可能性がある。これらの検討をもとに、電食発生の中でもアカガナイトの発生を抑制するための保守の可能性を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 石川幸宏, 星子遼, 大澤純一郎: 軌道に係る電食発生を助長する要因についての一考察, 土木学会第68回年次学術講演会, 平成25年9月。
- 2) 宇野祐司, 高谷哲, 中村士郎, 山本貴士, 宮川豊章: 環境の違いが鉄さびの生成プロセスに与える影響に関する一考察, 土木学会第67回年次学術講演, V-102, 2012。