

## 非塩化物および防錆剤添加凍結防止剤の鋼材腐食抑制効果

岐阜大学 学生会員 永井 綾音, 正会員 木下 幸治, 蓮池 里菜

## 1. 背景と目的

我が国では、冬季の道路凍結防止の為に塩化ナトリウム等の塩化物系凍結防止剤が多く散布されている。一方、これにより道路構造物等の腐食が発生しており、その腐食の抑制を目的に、非塩化物系凍結防止剤や塩化物系凍結防止剤に添加して使用する防錆剤の開発が行われている。非塩化物系凍結防止剤について、塩化物系凍結防止剤と非塩化物系凍結防止剤の混合割合を9:1とした凍結防止剤の散布による効果検証が実橋梁で進められ、腐食の抑制が確認されている<sup>1)</sup>。

これに対し、普通鋼材を対象に、塩化物系凍結防止剤への非塩化物系凍結防止剤や防錆剤の添加によって、塩化物に起因する腐食を抑制する手法の研究が進められている<sup>2)</sup>。

そこで本研究では、耐候性鋼材へ非塩化物系凍結防止剤および防錆剤添加凍結防止剤の腐食抑制効果を明らかとすることを目的に、腐食促進試験を実施する。腐食抑制効果の評価は、試験体の質量増加量およびさび層断面分析に基づき実施する。

## 2. 試験方法

## 2.1 試験体の概要

試験体は、50[mm]×50[mm]×8[mm]の3年半大気暴露された耐候性鋼材8体とした。

## 2.2 各種凍結防止剤を用いた腐食促進試験

本試験では期間により試験条件を変更した。0~141サイクルでは、試験体を図-1の凡例に示す3%濃度の各水溶液へ1分間浸漬し、室内環境へ24時間曝露する24時間1サイクルの試験とした。なお、非塩化物系凍結防止剤はプロピオン酸塩を、防錆剤は、特許製品のため詳細な成分は公開されていないがオキシカルボン酸塩およびポリリン酸塩を含む材料である。図-1に示すように本サイクルでは腐食促進が不十分であったため、142サイクル以降では、図-2に示す促進環境下での試験とした。また、溶液内の溶質減少による影響を防ぐため、208サイクルから溶液を1週間ごとに新しくし、241サイクルからは、スプレーを噴射する方法に変更した。スプレーは241サイクルから256サイクルまでは片面に2回ずつ吹きかけた。しかし、質量増加量に変化がなかったため、4回ずつに吹きかける回数を増加した。

## 3. 結果

## 3.1 計測結果

図-1に各種凍結防止剤を用いた試験の296サイクルまでの質量増加量の推移を示す。142~210サイクル付近において、非塩化物系凍結防止剤および防錆剤の添加による腐食抑制効果が確認できる。一方、210サイクル以降では、1:9および非塩化物系凍結防止剤単体以外で同様の質量増加量を示しており、腐食が進行することで抑制効果に変化があると考えられる。

## 3.2 断面の分析結果

電子マイクロアナライザー(以下EPMA)を用いて、さ

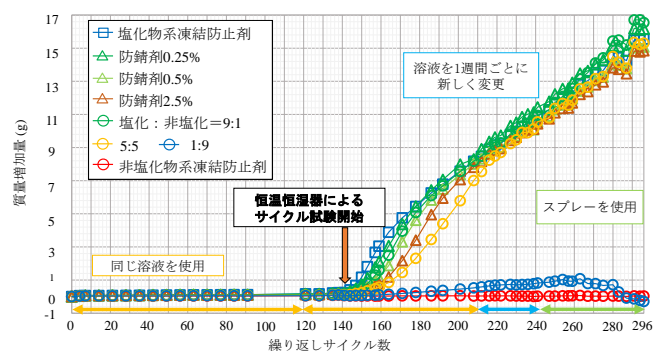


図-1 耐候性鋼材試験体の質量増加量

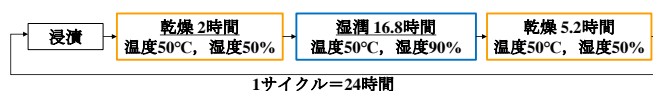


図-2 142~207 サイクル時の乾湿繰返し試験サイクル

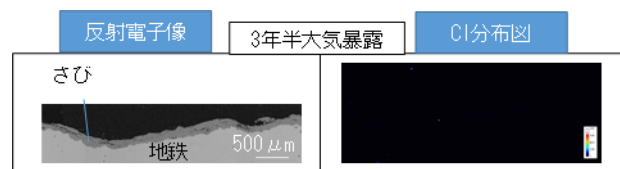


図-3 3年半大気暴露時点の断面分析結果

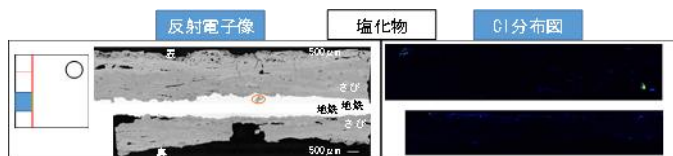


図-4 塩化物試験体の断面分析結果

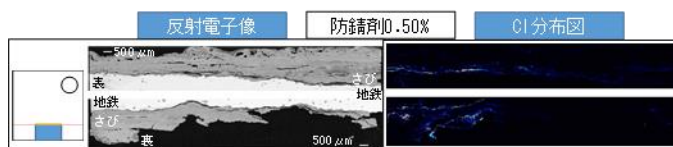
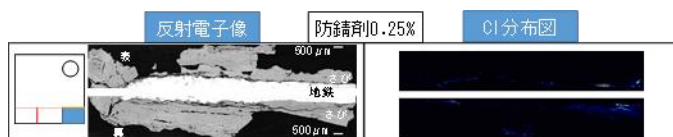


図-5 防錆剤添加試験体の断面分析結果

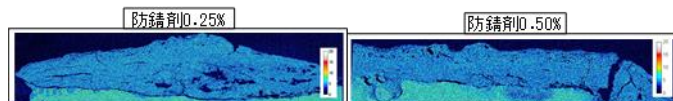


図-6 防錆剤添加試験体のさび層中のP分布

び層断面の分析を行った。EPMAとは、真空中で細く絞られた電子線を個体試料表面に照射し、元素ごとに固有の値である特性X線を計測することで、元素分析を行うことができる機器である。本研究では、296サイクル時点で各試験体を切断し、小片をエポキシ樹脂に埋め込み、分析を行った。

図-3に浸漬開始時である3年半暴露時点試験体の、図-4から図-8に各種凍結防止剤を用いた試験体の切断箇所、組成像ならびにCl, Pの分布図を示す。なお、図-3から図-7では観察時に断面を洗浄しており、図-8には未洗浄の断面を示す。組成像中のオレンジ線で示した箇所は、さびではなく鉄表面にある汚れである。

図-3より、3年半暴露時点では、緻密なさび層が形成されていることが分かる。これと比較し、図-4に示す塩化物試験体では、さび層が大きく成長していること、ならびに地鉄境界面にクラックは入っていないことがわかる。図-8より、さび層には塩化物イオンが内包されている。

図-5、図-8より、防錆剤添加試験体では、地鉄との境界面に水平方向に $50\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}$ 幅のクラックが存在し、塩化物イオンも、そのクラック内に存在していることがわかる。防錆剤の含有成分であるPの分析結果である図-6より、防錆剤はさび層全体に存在し、添加量によるPの分布の違いは見られなかった。また、防錆剤によるさび層の特徴に差異は見られないが、さび厚は、塩化物試験体と比較し、0.25%添加では大きく、0.50%、2.50%添加では小さくなっている。

非塩化物試験体、および塩化物：非塩化物の1:9混合試験体は、図-7より、さび厚が3年半大気暴露時点より減少していることが分かる。1:9試験体では、さび層に地鉄境界面に沿うようなクラックが見られ、塩化物イオンが地鉄界面に存在していることが分かる。9:1試験体では、図-7、図-8に示すように、水平方向のクラックが地鉄から $384\mu\text{m}\sim 2100\mu\text{m}$ に存在し、幅の広いクラックが点在している。塩化物イオンは、さび層中間層、水平方向に存在していることが分かる。5:5試験体では、さび層全体に空隙が多く、幅の広いクラックが点在している。塩化物イオンは、中間層に水平方向に存在し、さびが剥離する際には、塩化物イオンが含有された状態で剥離し、地鉄側のさび層中には塩化物イオンの含有は少ないことが分かる。

#### 4. 結論

防錆剤の添加によるさび層形状、塩化物の分布への影響は少ないが、添加量が多いほどにさび厚の減少が確認され、腐食抑制に寄与していると考えられた。非塩化物系凍結防止剤は、さびを脆くし、塩化物を含んださびを剥離させることによって鋼材付近のさび層中に含まれる塩化物イオン量を低減し、腐食抑制に寄与している可能性が考えられた。今後、さび層組成分析により検討を進める。

【参考文献】1) NEXCO 中日本ニュースリリース：[http://www.c-nexco.co.jp/corporate/pressroom/news\\_release/4445.html](http://www.c-nexco.co.jp/corporate/pressroom/news_release/4445.html)

2) 木下幸治ら：凍結防止剤の変更による実橋梁の塩化物に起因した腐食抑制効果のさび組成に基づく評価、高速道路と自動車vol. 63, pp. 21-27, 2019.

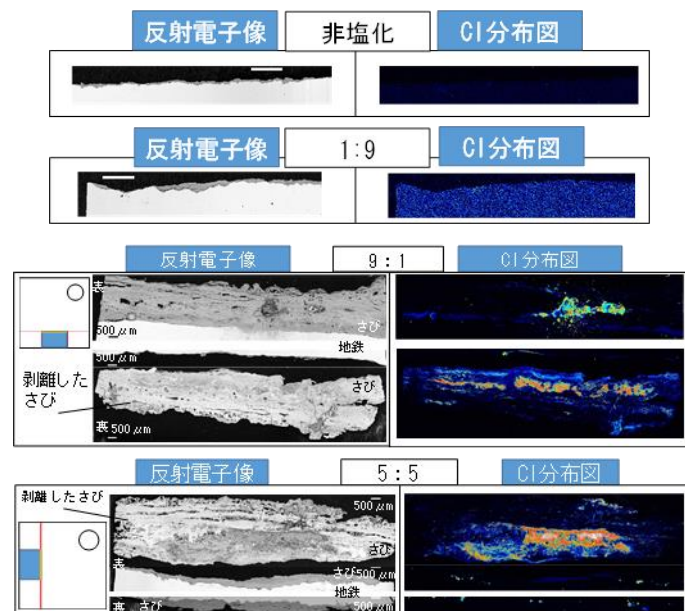


図-7 非塩化物試験体および塩化非塩化混合凍結防止剤試験体の断面分析結果

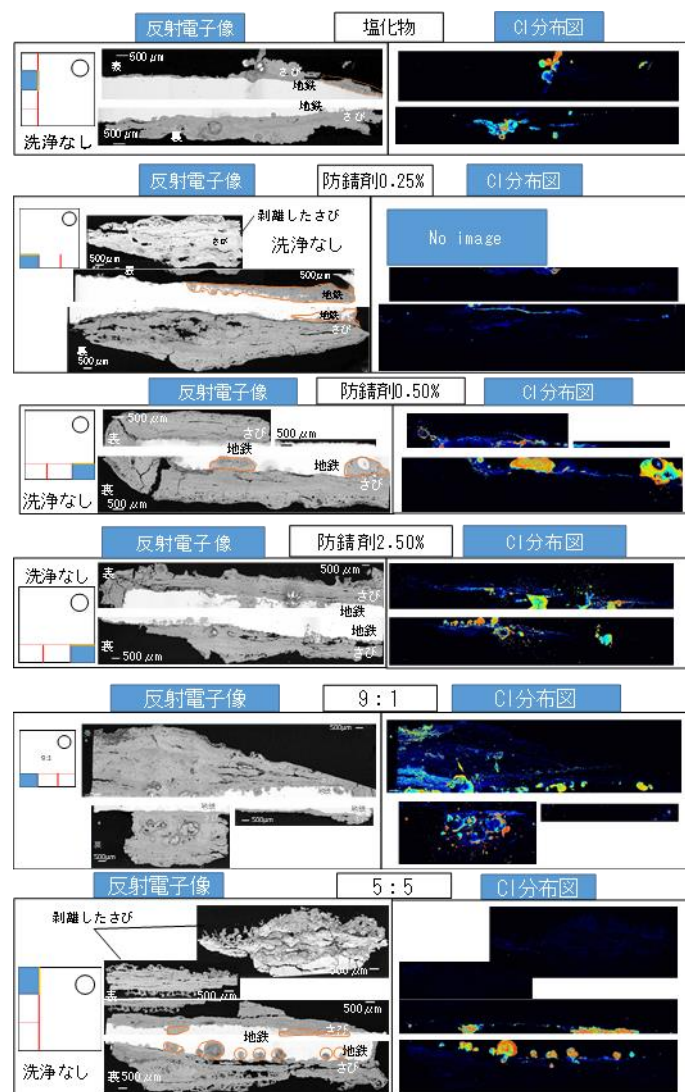


図-8 断面未洗浄の各種凍結防止剤試験体の断面分析結果