

苫小牧市における ACM 型腐食センサによる環境調査と腐食試験の検討

Corrosive Environmental Survey with ACM Sensor in Tomakomai City and Cyclic Corrosion Test

苫小牧工業高等専門学校創造工学科

苫小牧工業高等専門学校創造工学科

苫小牧工業高等専門学校環境システム工学専攻

苫小牧工業高等専門学校創造工学科

出光興産株式会社北海道製油所

出光興産株式会社生産技術センターエンジニアリング室

正 員

松尾優子 (Yuko Matsuo)

浅見廣樹 (Hiroki Asami)

○学生員

中川拓己 (Takumi Nakagawa)

笹森聖人 (Masato Sasamori)

小倉 剛 (Tsuyoshi Ogura)

釜賀 輝 (Akira Kamaga)

1. 研究背景

北海道太平洋沿岸は海霧により夏季の湿度が高く、全国的に見ても年間湿度は高く鋼材が腐食しやすい環境下にある。特に、苫小牧港湾は国際拠点港湾として流通の拠点でもある上、臨海部は工業港、エネルギー港湾として多くの企業や工場が立地している。そのため、これらの港湾施設および工場施設には鋼構造物が多く用いられており、苫小牧港沿岸の腐食環境を調査し実環境にあった鋼材の耐食性を短期間で評価する腐食加速試験条件を確立することは、鋼構造物の劣化予測や維持管理計画を行う上で非常に重要である。しかし、一般的な腐食加速試験法は塩水噴霧試験が代表的であり特殊な試験装置が必要となる上、腐食は使用環境に大きく依存するための確かな評価が困難である。そこで、本研究は ACM 型腐食センサ（以降、ACM センサ）を用いて測定した温度、湿度、塩分量から腐食環境を定量的に評価し、これに基づき簡易に行える腐食試験条件を検討することを目的とする。本稿では、2020 年 8 月から計測した ACM センサの測定結果と腐食加速試験の基礎段階について報告する。

2. 実験概要

(1) ACM センサによる環境調査

ACM センサ¹⁾ (植田工業、Fe/Ag)とは 2 つの異種金属 (Fe-Ag)を互いに絶縁した状態のもと両者の端部を大気に曝すことで金属間に水膜を形成し連結されて生じる腐食電流をもとに、腐食が起きる大気環境を 1nA の分解能でモニタリングする機器である。本実験では、図-1 に示す塩害防止柵背面の太平洋側（以降、外洋側）と掘込港湾側（以降、湾内側）の 2 箇所に設置し、2020 年 8 月 7 日 16 時から 20 分間隔で測定している。測定項目は温度、湿度、センサの出力電流であり、この出力電流から付着塩分量、侵食度を推定が可能である。センサはセンサ寿命のため 10 月に 1 度交換した。

(2) 腐食加速試験

苫小牧における高腐食環境を模擬し、簡易的かつ再現性の高い腐食加速試験（以降、腐食試験）法の検討として、以下の内容で実施した。なお、2 種類の試験温度にて試験を実施し、試験温度の影響についても調査した。

1) 塩分には、海水に食塩を添加し塩分濃度 5.5%に調整した塩水を用いた。付着工程では、ピペットにて塩水 40 μ l/cm² をまんべんなく塗布した。

2) 乾湿サイクル（図-2）は、恒温槽を用いて温度管理

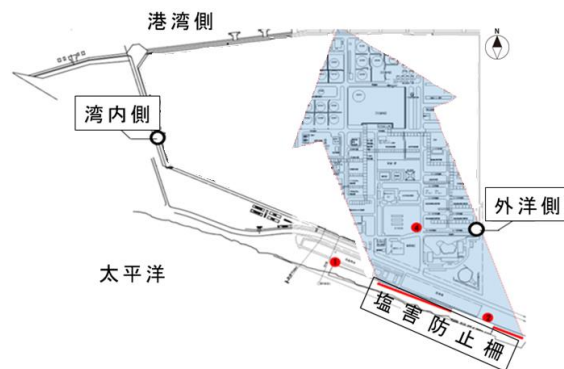


図-1 ACM センサの設置箇所

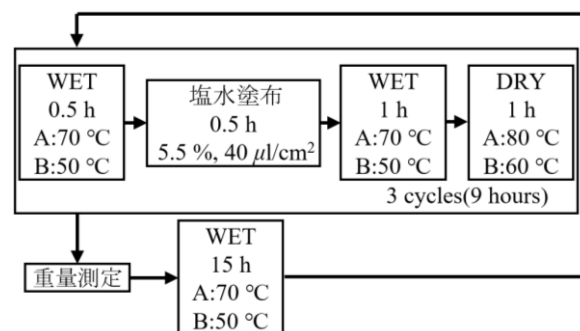


図-2 腐食加速試験サイクル条件

した。WET(湿潤)では、槽内に水蒸気発生源を設置し、槽内の湿度を 95%RH 以上に保持した。サイクル A (WET70 $^{\circ}$ C、DRY80 $^{\circ}$ C) とサイクル B (WET50 $^{\circ}$ C、DRY60 $^{\circ}$ C) の 2 種類の温度条件にて、20 日間行った。

3) 試験片には、素地調整として 3 種ケレンを施した低炭素鋼に対して、下塗として変性エポキシ樹脂(60 μ m $\times$ 2)、中上塗料にアクリルシリコン樹脂(計 55 μ m)を塗装した塗装鋼材を用いた。

3. 実験結果と考察

(1) ACM センサによる測定結果

図-3 に 8~11 月の各月ごとの付着塩分量を示す。8、9 月では湾内側が外洋側の 2 倍近い値となっているが、10 月以降その差は 1 割程度と小さくなった。これは、気象庁のデータより風向を調べると、夏季では南東方向からの風が多いため、塩害防止柵の効果を受けているが、10 月以降の風向きは北西方向が主となり、塩害防止柵の

位置の反対方向から風を受けるため2地点の塩分量の差が小さくなったと推察される。

図-4 に濡れ時間割合と侵食度の関係を示す。ここで濡れ時間²⁾とは湿度80%以上で温度0℃以上の時間であり、侵食度は単位面積当たりの腐食量から単位期間あたりの厚み減少量に換算した値である。図-4の横軸はその月の計測時間の合計と濡れ時間の合計との比であり、全体の濡れ時間の占める割合を表す。図-4より、8、9月は計測期間の7割以上が濡れ時間が占めており、10月以降は濡れ時間の割合が半分以下になっている。侵食度はいずれの月も、湾内側の方が高く、濡れ時間割合が多いほど侵食度が高くなる傾向にある。

図-5 に付着塩分量と侵食度の関係を示す。付着塩分量と侵食度については明確な関係性が見られなかった。しかし、塩分量は鋼材の不動態被膜の破壊など間接的に腐食に作用するため、長期的な腐食進行に影響を及ぼすと考えられる。

(2)腐食加速試験による結果

図-6 に腐食試験開始から5日目及び20日目の鋼材表面の腐食状況を示す。この結果より、5日目において、腐食温度の差により表面錆の発生状況に差が生じていることが観察された。また20日目においては、クロスカット部周辺の錆び幅や塗装隆起の状況より、サイクルAの方が、明確に腐食進捗が高いことが確認された。

図-7 に、図-6のA点およびB点の鋼材切断面の光学顕微鏡像を示す。図中において、上側が塗装表面である。図-7より、双方の試料にて塗装下に錆が生成されているのが観察された。また、塗装面からの腐食厚さは、サイクルAは0.3~0.4mm程度であるのに対して、サイクルBでは0.2mm程度となり、サイクルAの方が2倍近い腐食速度であることが分かった。一般に自然環境で生じる鋼材の腐食速度は年間0.1mm程度を超えることは少ない³⁾と言われていることから、耐食性の評価としてサイクルBの条件でも十分な腐食量が得られるといえる。

4. 結言

今回の調査では以下のことが明らかとなった。

- 1)付着塩分量は季節の風向に影響され、夏季では塩害防止柵のある外洋側は湾内側の半分以下であるが、秋季では風向が変わるため2地点の塩分量の差が減少した。
- 2)8月、9月の夏季は濡れ時間を占める割合は7割と高く、侵食度が高くなった。また、侵食度はいずれの月も湾内側が外洋側に比して高い。
- 3)腐食試験の結果より、本研究における腐食試験方法は、塗装鋼材の耐食性を評価するのに十分な腐食量が得られるものであることが確認された。

参考文献

- 1) ACM センサによる腐食環境に関する研究、木村保崇ほか5名、土木学会第57回年次学術講演会
- 2) 大気腐食試験方法、外川靖人、(J.Soc. Mat. Sci, Japan), Vol. 45, No.8, pp.952-958, Aug, 1996
- 3) 自然環境における腐食、松島巖、金属表面技術 31 巻 (1980)7 号 p.383-392

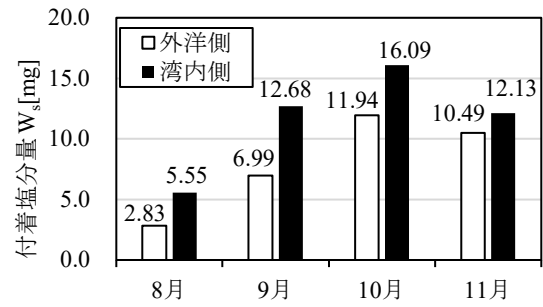


図-3 付着塩分量 W_s

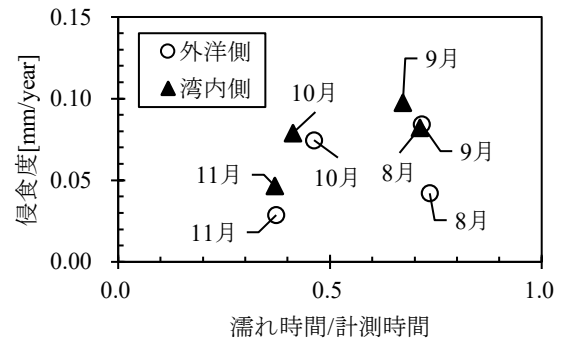


図-4 濡れ時間割合と侵食度の関係

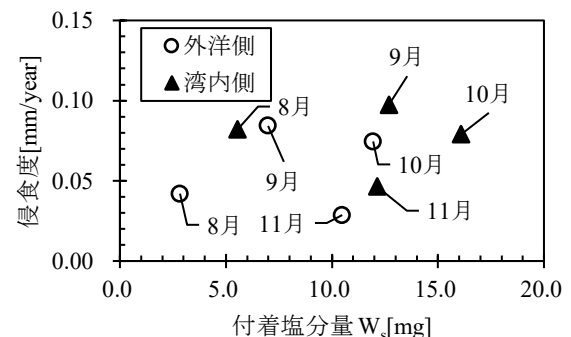


図-5 付着塩分量 W_s と侵食度の関係

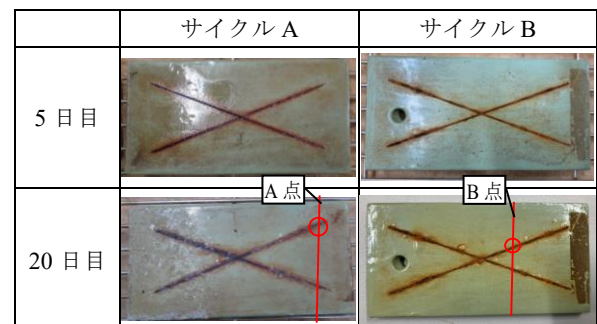


図-6 鋼材表面の腐食状況 (腐食試験)

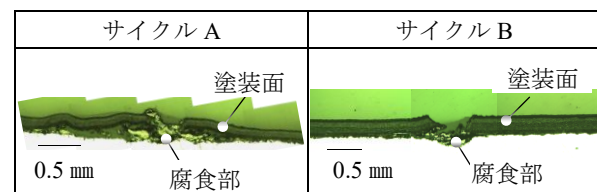


図-7 腐食加速試験後の鋼材断面の様子