

## 苫小牧市における ACM センサによる環境調査と簡易的な腐食試験法の検討

苫小牧工業高等専門学校創造工学科	正会員	松尾優子
苫小牧工業高等専門学校創造工学科		浅見廣樹
苫小牧工業高等専門学校環境システム工学専攻	学生会員	○中川拓己
出光興産株式会社北海道製油所		小倉 剛
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		釜賀 輝

### 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（以降、腐食試験）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、一般的な腐食試験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試験結果よりの確かな評価を行うことが困難である。そこで、本研究は ACM 型腐食センサ（以降、ACM）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するとともに大気暴露試験を実施し、これらに基づき簡易的に行える腐食試験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 の測定結果と腐食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<sup>1)</sup>とは、絶縁された異種の金属(Fe/Ag)が大気中に暴露されると降雨や結露により水膜が形成され、両金属間に流れる腐食電流により腐食速度を推定するものである。また、センサ出力と相対湿度との関係式により、海塩相当付着も推定可能である。

本研究では、図 1 に示す塩害防止柵背面の太平洋側（以降、外洋側）と苫小牧港掘込港湾側（以降、湾内側）の 2 箇所に設置した。ACM センサは Fe-Ag 型を用い出力電流と、温度、湿度はデータロガー（(株)植田工業）にて 2020 年 8 月 7 日から 20 分間隔で測定している。また、センサは 2~3 ヶ月に 1 度交換している。

#### (2) 腐食加速試験

本研究で提案する簡易的な腐食加速試験法により、塗装種類、素地調整の性能差が比較できるのかを検討するため以下の内容で実施した。

- 1) 塩分は海水に人工海水塩を添加し塩分濃度  $5.0 \pm 0.1$  % に調整したものをを用いた。付着工程では、ピペットにて塩水  $40 \mu\text{l}/\text{cm}^2$  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し、20 日間実施した。湿潤では槽内に水蒸気発生源を設置し相対湿度 95 %RH 以上、乾燥では 10 %RH 以下に保持した。

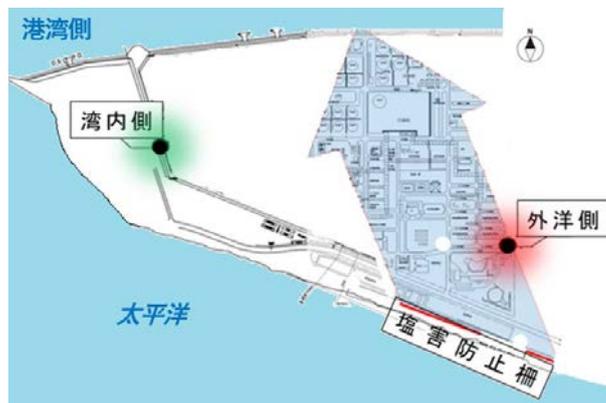


図 1 ACM センサ設置箇所

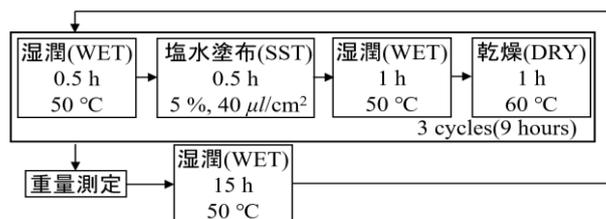


図 2 腐食加速試験のサイクル条件

表 1 腐食試験の塗装条件

No.	塗装条件	素地調整
1	下塗:A 剤配合エポキシ樹脂(60 $\mu\text{m}$ × 2 層)	1 種ケレン(Sa2)
2	中塗:アクリルシリコン樹脂(30 $\mu\text{m}$ )	2 種ケレン(St3)
3	上塗:アクリルシリコン樹脂(25 $\mu\text{m}$ )	3 種ケレン(St2)
4	下塗:変性エポキシ樹脂(60 $\mu\text{m}$ × 2 層)	1 種ケレン(Sa2)
5	中塗:アクリルシリコン樹脂(30 $\mu\text{m}$ )	2 種ケレン(St3)
6	上塗:アクリルシリコン樹脂(25 $\mu\text{m}$ )	3 種ケレン(St2)
7	下塗:有機ジンク(75 $\mu\text{m}$ ) + 変性エポキシ樹脂(60 $\mu\text{m}$ × 2 層) 中塗:アクリルシリコン樹脂(30 $\mu\text{m}$ ) 上塗:アクリルシリコン樹脂(25 $\mu\text{m}$ )	1 種ケレン(Sa2)

キーワード ACM センサ、濡れ時間、腐食速度、腐食加速試験

連絡先 〒059-1275 北海道苫小牧市宇錦岡 443 E-mail:nt20903@tomakomai.kosen-ac.jp

3) 試験片は表 1 に示す 7 種類の塗装条件を各 1 片ずつ用い、2 回実施した。なお、同様の試験片で暴露試験も 2020 年 8 月から行っている。

### 3. 実験結果と考察

#### (1) ACM センサによる測定結果

図 3 に 2020 年 8 月～2021 年 2 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。これは観測地点周辺の気象データ(図 4)より 1 時間ごとの平均風速の風向発生頻度を調べると、8～9 月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 地点の差が小さくなったと考えられる。

図 5 に濡れ時間割合と腐食速度の関係を示す。ここで、濡れ時間<sup>[2]</sup>とは湿度 80% 以上で温度 0℃ 以上の時間であり、腐食速度は単位面積当たりの腐食量である。図 5 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 5 より 8～9 月は計測期間の 7 割以上が濡れ時間になっており、濡れ時間割合が多いほど腐食速度が高くなる傾向を示している。

#### (2) 腐食試験結果

図 6 に試験終了後の鋼材表面の様子を示す。塗装種類に依らずケレン種類が 1 種、2 種、3 種の順に表面錆が少なく、3 種ケレンのもの(No.3, No.6)は塗装の剥がれが生じた。

図 7 に図 6 中の A, B, C 点の鋼材切断面の光学顕微鏡像を示す。No.1 は深さ方向に侵食し、No.4 は塗装と鋼材の間の界面方向に侵食している。No.7 は他 2 つと比べ塗装の削られ方は大きい。有機ジंक中の Zn の犠牲防食効果のため鋼材の腐食を防いでいる可能性が示唆され、3 つの腐食進展形態が異なると考えられる。以上より、本研究で提案する腐食試験法により今回の塗装条件の比較検討に十分な腐食を与えることができた。

### 4. まとめ

今回の調査・実験では以下のことが明らかになった。

- 1) 濡れ時間割合が比較的多い 8～10 月は腐食速度が高くなる傾向にある。また、南東方向からの風が多いときには、塩害防止柵による差異が見られた。
- 2) 腐食試験の結果より、本条件では塗装種類、素地調整の違いによる性能差は確認できたが、防食性の高い試料については未確認のため引き続き検討が必要である。

### 参考文献

- [1] 竹田俊明他 4 名, “ACM センサを用いた鋼桁塗装劣化予測手法の検討”, 土木学会構造工学論文集 Vol.51A, 2005.  
 [2] 外川靖人, “大気腐食試験方法”, J.Soc.Mat.Sci,Japan, Vol.45, No.8, pp952-958, 1996.

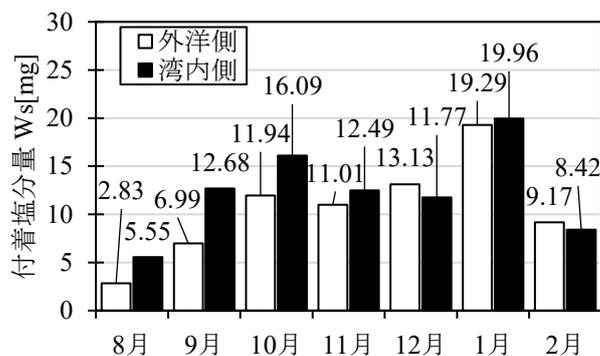


図 3 月別付着塩分量

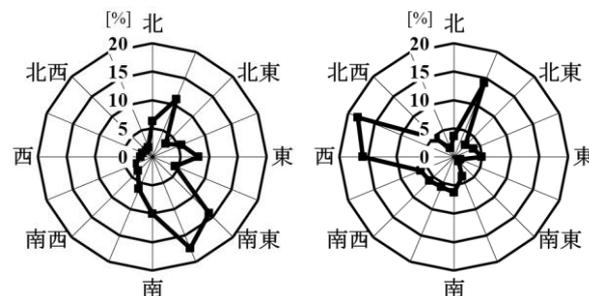


図 4 9月(左)と11月(右)の風向発生頻度

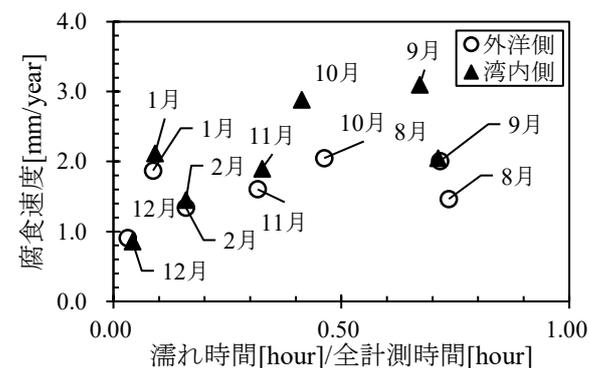


図 5 濡れ時間割合と腐食速度の関係

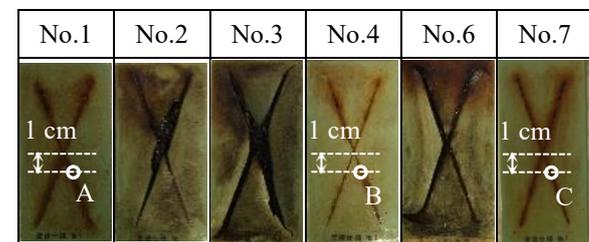


図 6 試験終了後(20日目)の鋼材表面の様子

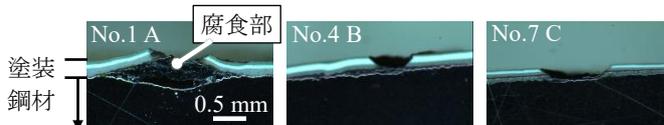


図 7 A,B,C 点の鋼材切断面の光学顕微鏡像