

## 論文の内容の要旨

論文題目 ACM 型腐食センサによる非露出大気環境の腐食性評価

氏名 元田 慎一

大気環境における水膜下での腐食挙動の把握、あるいは環境因子の測定を目的として種々のモニタリングセンサが開発されている。本論文は、精密スクリーン印刷技術により、量産性および再現性に優れ、かつセンサ出力の対相対湿度特性から付着物量を実時間的に測定できる、Fe/Ag-対 ACM(Atmospheric Corrosion Monitor)型腐食センサを開発し、これを工業化住宅内や大型構造物の雨がかりのない非露出部位の環境腐食性評価に適用した結果を考察したものである。以下、各章ごとにその内容を要約する。

第 1 章では、本研究の目的と既往の研究について述べた。四周を海に囲まれて海洋環境下にある我が国においては、海塩粒子は金属材料の腐食を促進する第一の影響因子である。そのため、暴露試験において飛来海塩量は一般に測定されているが、これは一定期間にガーゼ等に付着した累積値であり、実際に付着している付着海塩量ではない。また、上述のモニタリングセンサも開発され

ているが、量産性・再現性に優れ、かつ実環境で付着物量を実時間的に測定できるセンサは見あたらない。そこで、我々はこのような特徴を備える Fe/Ag-対 ACM 型腐食センサを開発し、付着物の影響が大きいとされる非露出環境の腐食性評価に適用した。

第 2 章では、Fe/Ag-対 ACM 型腐食センサの構成と作製条件、およびセンサの基本特性について考察した。実験室試験により、本センサの出力が優れた再現性を示すこと、また、センサ出力が付着海塩量  $W_s$  と相対湿度 RH との関数で表されることを利用して  $W_s$  の測定が可能となることがわかった。そこで雨がかりではあるが海塩の付着が見込まれる海洋性環境に本センサを暴露して、実環境での適用性を検討した。その結果、本センサは個体差が極めて小さく、優れた再現性を示す。本センサの寿命は屋外でおおよそ 2 ヶ月であるが、これを更新することで数年にわたる測定が可能である。さらに、 $W_s$  の実時間測定が可能で、 $W_s$  の測定結果は化学分析によるそれとおおよそ一致する。環境因子のモニタリングを目的とするセンサは他にも開発されているが、本センサは付着海塩量の実時間測定をはじめて可能にしたといえる。さらに、その形状、構造から暴露地・暴露部位ごとの局所的な環境の腐食性評価にも適用できる。

第 3 章では、第 2 章の結果を実環境の腐食性評価に適用することを目的に、本センサを比較的穏やかな海洋性腐食環境と考えられる静岡県清水市に 1~2 ヶ月更新で 1 年間暴露し、温度、湿度、降水量などの環境因子と併せてセンサ出力を連続測定した結果について考察した。センサ出力を、その対時間変化から、降雨・結露・乾燥の 3 期間に判別して解析を行い、これより 1992 年 7 月~1993 年 6 月の 1 年間における清水での結露時間（時間割合）は 39%、降雨時間は 20%、および乾燥時間は 41%であった。また、屋外の上向き 30° の暴露で、年間を通して  $W_s$  はおおよそ  $10^2 \sim 10^1 \text{g/m}^2$  の範囲にあり、それに対応する結露発生臨界湿度  $RH^*$  は 80~50% の範囲にある。 $W_s$  の増加に伴い  $RH^*$  が低下することから、ISO 方式のように環境の RH のみによりぬれ時間を予測するこ

とは困難であることを示した。さらに、結露および乾燥期間の RH 分布データは、ステンレス鋼の発錆可能性を判定するための環境条件としても役立つとした。

第 4 章では、非露出環境として実際工業化住宅の屋内部位に本センサを暴露し、センサ出力を 3 年間にわたって測定した結果について考察した。各部位の腐食性はセンサ出力の日平均電気量  $Q$  で代表され、これは海塩相当でみた付着量  $W_s$  と、RH とに依存して大きくなる。また、 $Q$  が Fe および Zn の腐食速度と対応することから、部位ごとの亜鉛めっき鋼材の寿命期待値を試算した。これより、日本建築センターが規定する必要限のめっき付着量および鋼材の板厚としての耐用年数は、最も腐食性の厳しい床下で 62 年、穏やかな小屋裏で 115 年以上と見積もられる。屋内の腐食速度は鋼材およびめっき亜鉛ともに屋外の  $1/5 \sim 1/7$  と低く、これは屋内での  $W_s$  が少ないことと対応する。従って、屋内の腐食性は RH を制御して 50%以下にすることで、より長い寿命  $-W_s=10^{-3} \text{g/m}^2$  で 65~200 年以上という穏和な環境腐食性が達成できるとした。

第 5 章では、 $\text{Cl}^-$  イオンに対する感受性が高いステンレス鋼の発錆条件を調べるため、本センサおよびステンレス鋼 4 鋼種を露出ながら雨がかりのない実構造物の軒下・軒天部位に 1~2 カ月の期間毎に 1 年間暴露し、 $W_s$  と RH とによる発錆条件を検討した。測定データの解析結果と暴露試験による発錆の有無とに基づいて、ステンレス鋼の発錆条件 ( $W_s^*$ :下限/  $\text{g}\cdot\text{m}^2$ ,  $\text{RH}^*$ :上限/%)を判定した。その結果、SUS410 鋼は ( $5 \times 10^{-3}$ , 45), 22Cr-0.8Mo 鋼は ( $5 \times 10^{-1}$ , 38), 430 鋼と 304 鋼は ( $4 \times 10^{-2}$ , 43) と、高  $W_s$  低 RH 条件で発錆が起きる。このように実環境データによりステンレス鋼の発錆条件を求めた例は他にはなく、本手法はステンレス鋼を使用した実構造物にも適用できる。

第 6 章では、海洋環境にある大型建築物の腐食性評価を目的として、2 年間にわたり幕張メッセ国際展示場の軒天部に本センサおよび 22Cr-0.8Mo 鋼を暴露し、試料の発錆状況を調べると共に  $W_s$  を連続測定した結果について考察し

た。2年間の試験期間で 22Cr-0.8Mo 鋼が発錆したのは海岸側の部位の 1 回のみで、本鋼の発錆には  $1\text{g}/\text{m}^2$  以上の海塩の付着が必要であることがわかった。さらに、アメダス観測年報および気象庁年報のデータの風速・風向の解析結果から、このような大量海塩の付着は平均風速と風の息との和で表される風力エネルギー比例係数  $\alpha^*D$  が決定因子となることを見出し、これより本鋼が発錆する可能性が高い日を遡って特定した。その結果、幕張メッセで 22Cr-0.8Mo 鋼が発錆する可能性があった日は竣工以来 7 年間で 2 日と、極めて少なかったと推定された。

第 7 章は総括であり、本論文の主な成果をまとめた。

以上、本論文は、量産性および再現性に優れ、センサ出力の対相対湿度特性から付着物量を実時間的に測定できる、Fe/Ag-対 ACM(Atmospheric Corrosion Monitor)型腐食センサを開発し、これを工業化住宅内や大型構造物の雨がかりのない非露出部位の腐食性評価に適用した結果について考察した。非露出環境 (Sheltered Environment) では付着物量  $W_s$  と相対湿度  $RH$  によって腐食性が決定され、特に住宅内環境のように付着物が少ない場合には、 $RH$  を低減することで使用される鋼材の寿命を延長できる。