

論文提出者氏名 元田 慎一

構造物に使用されている金属材料の腐食挙動は各部位で異なることが知られている。しかし、従来の暴露試験で得られる腐食度や侵食度は試験期間全体にわたる腐食の累積であるため、時々刻々変化する環境と厳密に対応した腐食性を評価する手法は未だ確立されていない。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、かつ環境腐食性を実時間的に測定できる Fe/Ag-対 ACM(Atmospheric Corrosion Monitor)型腐食センサ開発に関するものであり、工業化住宅の屋内や大型構造物軒天部など雨がかりの少ない非露出部位の環境腐食性を定量評価したものである。本編は 7 章からなる。

第 1 章は緒言であり、大気腐食および大気環境の腐食性評価法に関する既往の研究について解説するとともに、本論文の構成について述べている。

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検討している。精密スクリーン印刷のパターンやペースト等について順次最適化し、歩留まり 90%以上の量産化に成功した。また、実験室的試験および実環境中と暴露試験を通じて、本センサの優れた再現性を確認し、これを定期的に更新することで長期にわたる環境腐食性のモニタリングが可能であることを示した。さらに、センサ出力が付着海塩量( $W_s$ )と相対湿度(RH)の関数で表されることを利用して、従来拭き取り法などにより累積値としてしか求められなかった付着海塩量の実時間測定をはじめ可能にした。

第 3 章では、ACM センサを比較的穏やかな海洋性腐食環境に 1~2 ヶ月更新で 1 年間暴露し、本センサの実環境の環境腐食性評価への適用可能性を調査した。付着海塩は降雨により流されるが、その量( $W_s$ )は数日で定常値に達すること、およびこの値を環境腐食性の代表値としうることを明らかにした。また、センサ出力の大きさと経時変化とから、降雨・結露・乾燥の 3 期間を判別できることを見出し、それぞれの時間を推定している。ここで、降雨期間と結露期間の和として与えられるぬれ時間は、ISO の規定では、「気温  $0^{\circ}\text{C}$  以上、湿度 80% (臨界湿度) 以上の継続時間」と、温度と湿度という気象条件だけで決まるとされてきた。しかし、実際のぬれ時間は  $W_s$  に大きく依存し、ISO 方式で提案されているように臨界湿度を一意的に決めることは困難であるということを示した。

第 4 章では、非露出環境として実際の工業化住宅の屋内部位に本センサと亜鉛めっき鋼板を 3 年間暴露し、各経過時点での環境腐食性調査結果をまとめている。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、鉄および亜鉛の腐食速度がこの Q の関数として与えられることを明らかにした。また、海塩相当でみた付着量(Ws)は住宅の寿命より十分に短い数か月で定常値に達し以後はほとんど変化しないことから、鉄および亜鉛の腐食量は当該部位での湿度分布だけで決まるとしている。これに基づき各部位ごとの亜鉛めっき鋼材の寿命期待値を試算し、最も腐食性の厳しい床下で 60 年、穏やかな小屋裏で 110 年以上と見積もっている。

第 5 章では、本センサおよびステンレス鋼 4 鋼種を雨がかりのない実構造物の軒下・軒天部位に 1~2 カ月毎に取り替え計 1 年間暴露し、実測データと暴露試験による発錆の有無とに基づいて、付着海塩量(Ws)と相対湿度(RH)とによる各鋼の発錆条件を検討している。高 Ws・高 RH 条件ほど腐食性が厳しい炭素鋼とは異なり、ステンレス鋼においては高 Ws・低 RH 条件下で発錆が起きることを明らかにし、各々の下限、上限を、SUS410 鋼では  $5 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 45%, 430 鋼及び 304 鋼では  $4 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 43%, また 22Cr-0.8Mo 鋼では  $5 \times 10^{-1} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 38%と見積もっている。また、このような挙動は、湿度の低下に伴い水膜が薄くなり、Cl<sup>-</sup>濃度が上昇するためであるとしている。

第 6 章では、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と軒天部に用いられている 22Cr-0.8Mo 鋼試片を暴露し、付着海塩量の実時間測定および発錆状況の調査を行なうとともに、気象庁が監修し公表している風向・風速データを解析し、これと付着海塩量との関係についても検討している。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、22Cr-0.8Mo 鋼が発錆するような大量海塩の飛来・付着については、有効風力エネルギー比例係数 ( $\alpha * D$ : 風速の 2 乗の 1 日当たりの積算) が決定因子となることを見出すとともに、この値を公表データから推定する式を提案して、本鋼が発錆した可能性が高い日を遡って特定しうることを示した。そのような日は幕張メッセ竣工以来 7 年間で 2 日間と、極めて少なかったとしている。

第 7 章は総括である。

以上要するに、本論文は、量産性および再現性に優れた大気腐食センサを開発し、これによる非露出部位における各種金属材料に対する環境腐食性評価法を確立したものであり、金属表面工学への貢献が大きい。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。