Ⅳ. 各種環境での電気化学測定 —ACMセンサー—

押川 渡*

琉球大学 工学部工学科 エネルギー環境工学コース

Ⅳ. Electrochemical Measurements in Various Environments —ACM Type Corrosion Sensor—

Wataru Oshikawa*

Energy and Environment Program, School of Engineering, Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

*責任著者 (Corresponding Author) 〒 903-0213 中頭郡西原町字千原 1 (1 Senbaru, Nishihara, Nakagami-gun, 903-0213, Japan)
E-mail: oshikawa@tec.u-ryukyu.ac.jp

The measurement method of the ACM sensor under the atmospheric corrosion environment was described with actual samples. By analyzing the sensor output and humidity data obtained every 10 minutes, it is possible to estimate the wetting time and sea salt attachment amount, and by correcting the sensor output during rainfall, corrosion rate in the outdoor can be estimated.

Key words : Atmospheric corrosion, ACM sensor, time of wetness, amount of deposited sea sale, corrosion rate, monitoring

1. はじめに

ガルバニックタイプの ACM (Atmospheric Corrosion Monitor) センサ^{1)~4)}は、橋梁^{5)~6)}、電力設備⁷⁾、自動車^{8),9)}などさまざまな分野で大気腐食環境評価法として適用されてきている。ここでは、ACM センサについて解説するとともに、いくつかの適用事例を紹介する。

2. ACM センサによる環境腐食性評価

2.1 ACM センサの構成

二つの異種金属を互いに絶縁した状態で樹脂中に埋め込み、両者の端部を環境へ露出する。水溶液中ではもちろん、大気または室内環境でも比較的高い湿度条件がそろえば、両金属間を水膜が連結するので腐食電流が流れる。この電流は水膜の形成とその腐食性に対応することから、大気腐食センサとして使用できる。

図1は初期のACM センサの概略である。アノード金属にFe、カソード金属にCuを使用し、両者の対向距離(L)は20 mmとし、マイラーシートの厚さを変化させることで電極間距離dを変化させた(a)。それによると、電極間距離を小さくすることがセンサ出力の増大を図るには効果的であることが判明した。電極間距離は約30 μmが限界であったため、次に電極を平面的に櫛形に変更し、電極間の対向距離を増大させることで、出力の大幅な増大に成功した(b)。さらにはアノード基板上に絶縁層を配置し、その上にカソードを櫛形に配置する現在のモデルの基礎を築いた(c)。

その後、精密スクリーン印刷技術を採用したことで量産性と再現性に優れているACM センサが完成した。現在、主に使用されているACM センサが図2に示すもの

図1 初期のACM型腐食センサの構成

図2 Fe-Ag 対 ACM 型腐食センサの構成

である¹⁾⁻²⁾。アノードとなる 64×64 mm の基板 Fe 上に絶縁層 BN(窒化ホウ素)を挟んでカソード層である Ag 層を積層印刷する。楕形にすることで総対向距離を 950 mm と長くし、センサの高出力化を図った。絶縁層厚さは薄いほどアノードとカソードの電極間距離が短くなり高出力化が図られるが、逆に絶縁が保たれなくなるため、本センサでは $20 \mu\text{m}$ である。本センサの表面上に水膜が形成されると、基板表面の露出部である Fe がアノードとなり、導電性ペーストの Ag がカソードとして作用し、ガルバニック電流が検出される。センサ出力範囲は $0.1 \text{ nA} \sim 1 \text{ mA}$ である。

基板は Fe 以外に Zn, ステンレス鋼やカソードには C (カーボン)を適用した例も報告されている。また、センサの小型化、湾曲できる薄型化など、さまざまな環境への適用を念頭に開発されてきている。

2.2 ACM センサの解析

2.2.1 濡れ時間の推定

これまでの研究により、ACM センサ出力(以下、センサ出力)を解析することで、濡れ時間、海塩付着量、腐食速度を推定することが可能となっている。解析には腐食防食学会から市販されている解析ソフトを用いた。

ACM センサを大気環境に曝しておく、一般的には、相対湿度の変動に同調する傾向にある。これは表面に目には見えないが薄い水膜が形成されることによる。したがって、夜間の相対湿度上昇あるいは結露に伴いセンサ出力は増大し、日中は気温の上昇および相対湿度の低下により、水膜厚さも減少するのでセンサ出力も低下することとなる。降雨時には、結露時に比較して1~2桁大きなセンサ出力となることから、その経時変化を解析することにより降雨(Rain)、結露(Dew)、乾燥(Dry)の3期間を判定し分類することが可能である。図3にその概要を示す。まず、降雨の判定である。別途、測定した転倒ます型雨量計により10分間に0.5 mm以上の降雨が観測された時のセンサ出力は、全体の80%が $1 \mu\text{A}$ を越えていた。そこで、しきい値 I_H を設けてそれ以上のセンサ出力の場合は降雨と判定することとした。図中の例では $I_H = 1 \mu\text{A}$ である。ここで $I > I_H$ となった時点からさかのぼり、 I の変化率(所定の時刻での I と10 min 後のそれとの比)が2以上になる最も早い時期を降雨開始時刻とする。また I がほぼ定常になった後、極大値をとるか、あるいは I の変化率が $1/2$ 以下になった時点で降雨が終了したと判定し、降雨開始から終了までを降雨期間

図3 ACMセンサ出力の解析方法

とした。それ以外の期間で、 0.1 nA を超えるセンサ出力が検出された期間を結露期間、そうでない期間を乾燥期間と決定できる。このようにセンサ出力の経時変化から降雨、結露、乾燥期間が判別でき、濡れ時間(降雨+結露)が求まる。ただし、測定限界が 0.1 nA であることより、乾燥期間が結果的に測定機器に依存する結果になる。例えば、飛来海塩が多いような厳しい環境では、一旦センサ出力が観測されると、その後は常に出力が得られ、乾燥がないことにもなる。濡れと乾燥を決めるしきい値の設定には注意が必要である。

2.2.2 センサ出力の特徴と海塩付着量の推定

実際のセンサ出力をみてみよう。図4は沖縄県西原町の屋外暴露場(屋外, Outdoor)と同4号館ビル5階(屋内, Shelter)での比較である。暴露場は雨に濡れるが、5階は建物の中に位置する場所で、風は抜けるが、直接、降雨がかかりにくい構造となっている。図中には、別途、ガーゼに覆われた2本の白金線の抵抗値を測定する濡れ計により降雨(Rain)、結露(Dew)、乾燥(Dry)を測定しており、区別して表示した。濡れ計では乾燥となっても、 $0.01 \mu\text{A}$ 以上のセンサ出力が得られており、センサ間で感度が異なることがわかる。また、屋外でも屋内でも、一旦センサ出力が得られると、 0.1 nA 以下の出力になることはほとんどないこともわかる。ただし、他の観測地や測定月によっては、 0.1 nA 以下になることもある。

屋外では降雨によりセンサ出力が増大するが、晴天時には出力は低下する。一方、屋内では、一旦出力が増大すると、そのまま高いセンサ出力を維持していることがわかる。屋内で得られたセンサ出力をその時々相対湿度に対してプロットすることで、海塩付着量が推定できることを示したのが図5である。図中の実線はあらかじめ

図4 センサ出力の比較 (a)屋外 (b)屋内

め、センサ表面に種々の量の海塩($Ws=0.0001\sim100\text{ g/m}^2$)を付着させ、恒湿槽中で所定の相対湿度に到達後30分間保持し、センサ出力と相対湿度の関係を求めた校正曲線である。海塩付着量 Ws が多いほど、相対湿度が高いほどセンサ出力は大きくなることからわかる。 $Ws=0.0001\text{ g/m}^2$ では、いずれの相対湿度に保持してもセンサ出力は得られなかった。センサ表面に海塩が付着していない場合、センサ出力は90%RHでも検出されないが、海塩が付着すると、その量に応じてセンサ出力が増大する。図中(a)の屋外では、暴露5日目までは $Ws=0.01\text{ g/m}^2$ 程度であるが、それ以降 $Ws=0.1\text{ g/m}^2$ を行き来しており、80%RH以上においてはさらに高い出力となっている。これは降雨の影響を受けており、相対湿度の低下に伴う際の遷移区間とみなせる。一方、雨のかかりにくい屋内(b)では暴露5日目までは $Ws=0.01\text{ g/m}^2$ 上に分布しているが、期間の経過とともに次第に増加し、 $Ws=0.1\text{ g/m}^2$ からさらには $Ws=1\text{ g/m}^2$ まで増加していることがわかる。

図6に半日ごとに校正曲線に照合して得られた海塩付着量 Ws の経時変化を示した。暴露初期は屋外が多いものの、日数の経過に伴い屋内は増加していくのに対し、屋外ではさほど変化が見られない。これは降雨により洗

浄作用を受け、ある程度までしか上昇しないためと考えられる。屋内において高いセンサ出力を維持していたのは、海塩付着量の増加のためである。ステンレス鋼板上の付着している塩分を拭き取り法で測定した結果、屋外においては降雨の洗浄作用を受けるのに対し、屋内ではその効果が小さく、堆積していく傾向を示していたこととも合致している。

このように海塩付着量がある一定値まで上昇した値を定常値として、月別に求めたものを図7に示す。静岡県清水市、沖縄県西原町、宮古島、沖縄県西海岸近くの鉄塔40m地点での海塩付着量の定常値である。どの環境下でも対数正規分布に従う。標準偏差もほぼ同程度であるが、鉄塔40mでは月により変動が激しく、冬に高くなる傾向を示した。鹿児島県隼人町や栃木県野木での屋内、屋外や海水散布の場合の結果も併せて各地での海塩付着量の定常値の範囲を比較して図8に示した¹⁰⁾。直接雨がかかる条件(屋根上)での Ws は沖縄では $10^{-1}\sim3\times10^0\text{ g/m}^2$ 、静岡県清水では $10^{-2}\sim10^{-1}\text{ g/m}^2$ である。清水でも降雨の洗浄作用が生じないよう海面上50cmの高さに下向きに設置すると沖縄の屋根下に匹敵する 10^1 g/m^2 にもなることがある。この付着した海塩が温度、相対湿度が変化する際、吸湿することで、表面に水膜が形成され、腐食が進

図5 海塩付着量の推定 (a)屋外 (b)屋内

図6 海塩付着量の経時変化

図7 種々の暴露環境下での海塩付着量の定常値

図8 種々の環境下での海塩付着量の変動範囲

行していくこととなる¹¹⁾。海塩付着量が多く、相対湿度が高いと水膜厚さも厚くなり、腐食速度も高くなる傾向にある。

2.2.3 腐食速度の推定

センサ出力と腐食速度の関係は降雨時におけるセンサ出力を補正することで良好な関係式を見いだした¹²⁾。降雨時のセンサ出力はそれ以外の場合に比較して桁違いに大きくなる。これには水膜厚さの影響による酸素還元電流の変化によるものもあるが、カソード面積の変化も考えられる。低湿度のような水膜厚さが薄い場合には、櫛部以外の外周のカソードは有効には作用しないであろうが、高湿度や降雨のように水膜厚さが厚くなってくると、あるいは水膜の抵抗が小さくなってくると、外周のカソードが影響を及ぼすようになる。外周のカソードを塗装した場合、 $1\mu\text{A}$ 以上の高い出力域において差が現れ、それ以外の低い出力域では大差がないことがわかった。その割合はかなりばらついており、一定ではなかった。1日あたりの平均電気を降雨時、結露時でそれぞれ算出すると、全電気に占める降雨時の電気量は8~9割となる。数日間程度の降雨が全体の電気を支配することとなり、腐食速度との関連性は低い結果となった。そこで、図9に概念図⁴⁾を示すように、降雨時の電気量の一部が有効に作用するとして、換算係数 α を0.1~1まで変化させて検討した。 $\alpha=0.2$ で最も相関性が高くなった。その結果を図10に示す。図は3か所の暴露地で3年間の1か月間の腐食速度とセンサ出力のデータを用いている。

同様に降雨時のセンサ出力の補正は貝沼らも行っている^{3), 4)}。まず、4年間の暴露試験から平均腐食深さ

図9 降雨時のセンサ出力の換算方法

図10 屋外におけるセンサ出力と腐食速度の関係

d_{mean} (mm)と暴露期間 t (year)の関係式 $d_{\text{mean}} = a \cdot t^b$ を求めている。係数 b が a の関数として示される。センサ出力を補正した値と平均腐食深さ d_{mean} の大小関係に矛盾が生じないように換算係数 α を求めた結果、 $\alpha=20\%$ を採用している。このようにして得られた日平均電気量 q により係数 a が求まる。ここで係数 a は1年間の腐食量に相当する。補正されたセンサ出力から鋼板の腐食深さ d_{mean} の経時性の評価式を得ている。

耐候性鋼材の腐食量 Y (mm)と暴露年数 X (y)との関係は腐食速度パラメータ A と B を用いて $Y = AX^B$ で記述できる。 A は初期1年の腐食量であるので、これを暴露試験から直接求めることができる。腐食速度の低減を表す B は A の関数で表される¹³⁾。 B は長期の暴露試験から精度良く求めたいのが実情であるが、1年の腐食量から推定できる点は誤差を考慮しても利点がある。さらに環境因子の影響を考慮した環境腐食性指標 Z が提案された¹⁴⁾。 Z は濡れ時間 (ISO)、飛来塩分量、温度、硫酸化物量の関数であり、風による乾燥効果や飛来塩分量による抑制あるいは促進効果も含んでいる。その Z を効率良く求める手法として、1年間のセンサ出力値 (電気量) が用いられた。センサ出力から求まる電気量 Q と Z の間には良好な線形関係が得られ、 Z と B の間にも線形関係があることがわかった¹⁵⁾。腐食量を予測するには、暴露試験で A を実測し、センサ出力から Z を求め、 Z から B が推定できるということである。

3. Fe センサと Zn センサの比較

基板が Fe の Fe センサは住宅のようなマイルドな環境から、海岸に近い鉄塔のような厳しい環境などでの使用実績がある。しかし、雨のかかる屋外においては、アノード部の劣化が激しく、センサ寿命が問題となる。センサ寿命に関しては、どの時点まで寿命と判断するかについては議論があるが、時間経過とともに、下地の Fe 部が腐食し、絶縁層を押し上げ、センサ櫛部が破断に至るようになり、センサとしての機能は維持できなくなる。そこで、毎月更新したセンサと連続暴露したセンサの出力比に着目し、どの時点まで有効であるかを検討した¹⁶⁾。新品との出力比が0.5~2倍を許容範囲として、1日ごとの割合を調べ、割合が80%以上の日が7割以上あれば使用可能、すなわち新品と同様との判定をした。ただし、センサ更新後、5日間は出力が安定しないので対象外とし

表1 毎月更新のFeセンサと長期連続測定 of Zn センサ

		Tdew [days]	Train [days]	Tall [days]	Qdew [C]	Qrain [C]	Qall [C]	Qall [C/day]	Q' [C/day]	CR [mm/y]
Outdoor	Fe	270.7	72.8	343.5	7.3	90.6	97.9	0.285	0.074	0.042
	Zn	271.0	72.6	343.5	8.3	89.9	98.1	0.285	0.076	
Shelter	Fe	243.0	65.2	308.2	12.5	88.4	100.9	0.327	0.097	0.145
	Zn	147.0	161.2	308.2	28.5	264.7	293.1	0.951	0.264

図11 Fe センサと Zn センサの出力の比較

図12 Fe センサと Zn センサの出力分布 (a)屋外 (b)屋内

た. その結果, 許容範囲 0.5~2 倍では電気量 $Q=18C$ を超えると, 7 割を維持できなかった. 許容範囲 0.2~5 倍では $Q=30\sim50C$ が限界となった. 2 年間の測定期間中, 4 回は $20C$ を超える電気量が観測された. また, 海岸から 6 km の地点で長期連続したセンサとの出力比は時間の経過とともに低湿度域で大きくなること, 110 日経過の総電気量 $Q=17C$ 程度から劣化が見られたとの報告がある⁷⁾. したがって, 長期になると新品との差が広がる傾向にあり, その時期が来る前に, センサの更新を行う, あるいは定期的に毎月更新をして対応しているのが現状である.

これに対し Zn センサでは, Fe センサより長寿命化が期待されている. そこで, Fe センサと Zn センサを同時に設置して, 短期間および長期間のデータから腐食性評価を行い, Fe センサと Zn センサの比較検討を行った¹⁷⁾. Zn センサの出力は屋外では図 11 に示すように, Fe センサよりも変動幅が大きくなる. 夜間の高湿度には Fe センサより大きく, 昼間の低湿度では小さくなる傾向を示す. 暴露 11 か月経過の Zn センサと新品の Fe センサを比較したところ, 初期はやや異なるものの, 数日経過し, Fe センサが安定になれば, 降雨などの高湿度時ではほぼ同じ出力で, それ以外で若干小さくなる傾向にある. 1 年間の両者のセンサ出力の度数分布を比較したのが図 12 である. 屋外では $0.01\sim1\mu A$ の出力が多く, Fe センサが高出力側で多く分布しており, Zn センサは $1\mu A$ 以下の低出力側に多く分布している. 雨のかかりにくい屋内では塩の蓄積があるため, 長期暴露している Zn センサが高出力側に多く分布している. しかし, ACM 解析ソフトを使用し, 1 年間の測定データを乾燥, 結露, 降雨期間に区分し, 濡れ時間および電気量を求めてみると, 表 1 に示すように屋外ではほぼ同じ結果が得られた. すなわち, 雨のかかる屋外では 1 か月更新した Fe センサの積算値と 1 年間継続して得られた Zn センサの

電気量 Q_{all} は, ほぼ近い値になっていることがわかる. 交換直後の Fe センサは, 継続して暴露している Zn センサよりも低い出力となるので, これが影響していると考えられる. しかし, 屋内で塩分の蓄積があるため, Zn センサでの出力が大きくなる. Zn センサは長期モニタリング用として有望であるので, さらなるデータの蓄積が必要である.

4. 実現場での測定例

海岸から約 1 km の距離にある那覇市の実橋梁において, ACM センサを用いた部位別の腐食モニタリングを行った¹⁸⁾. 雨に濡れない内桁および雨のかかる外桁の計五つの部位で 1 年の長期連続モニタリングを行った. ステンレス鋼板上の塩分を拭き取り法で測定した結果, 内桁の G3S, G3M, G3U は $0.02 g/m^2$ 程度, G3SF は G3 桁下フランジ上面に設置したため, 毎月 $0.1 g/m^2$ を超えていた. 雨のかかる G4S では 9 月の台風時は $0.1 g/m^2$ を超えていたが, それ以外の月では $0.04 g/m^2$ 以下と多くはなかった. 長期間になると内桁は次第に増加する傾向にあるが, 外桁 G4S はほとんど変化がなく, $0.1 g/m^2$ であった. 下フランジ上面の G3SF は最も多く付着しており, $0.5\sim0.8 g/m^2$ となっていた. 腐食量も海塩付着量と同様の順列であった.

センサを取り替えることなく, 連続で測定した結果を図 13 に示す. 海塩付着量および腐食量も小さかった内桁(a)ではほぼ同じ出力で $0.1\mu A$ を超えることがわずかなし. 得られた電気量から計算された腐食速度は $0.016 mm/y$ であり, 実測値とほぼ一致した. 同図(b)は海塩付着量および腐食量も大きかった G3SF であるが, かなり変動が大きいことがわかる. 同様に降雨の影響を受ける G4S(C) も変動が大きい. 300 日以降ではセンサ

図13 1年間の連続モニタリング(Fe センサ)

図14 連続モニタリング(a)Zn センサ (b)Fe センサ

櫛部の劣化が激しく、時間の経過とともに不安定となった。G3SFの電流量から計算された腐食速度は0.056 mm/yであり、実測値0.024 mm/yよりも約2倍高い値を示した。センサ出力から腐食速度を推定することは可能であるが、精度に関してはまだ検討の余地がある。

腐食速度あるいは腐食量は試験片で実測できるのであるから、むしろ、腐食環境の変化をモニタリングする点に重点を置くほうが望ましいと考える。

次の事例は海から約500 mの地点に1984年建設された耐候性橋梁への適用例である¹⁹⁾。外観に比べて内面の腐食状況は厳しく、桁端だけでなく、海からの塩分が運び込まれる内桁中央部も板厚が数倍になっている箇所も見られた。飛来塩分は最大2 mddを超え、平均は0.6 mddと適用指針の0.05 mddを大きく超えていた。全長24 mの桁端および桁中央部の内側にFeおよびZnセンサを設

置した。1年の連続測定であったが、バッテリー交換などの不慣れな点もあり、データの欠測もあった。その一部のデータを図14に示す。同(a)に示す中央部内桁のZnセンサch6は海からの飛来塩分を直接受けるため、ch5よりもセンサ出力が高くなっていることがわかる。桁端よりも中央部のほうがセンサ出力は高く、暴露した鋼板の腐食量も多い結果を示しており、海塩付着量が多いことを支持する結果であった。同(b)にFeセンサを示すが、Feセンサでも同様に、直接飛来塩分を受けるch8が常に出力が高い結果であった。腐食量が降雨、温度、湿度あるいは海塩(塩分)のどちらが大きく影響しているかは不明になりやすい。原因究明の点からACMセンサによるモニタリングは有効になるであろう。

5. ま と め

ACM センサを用いた大気腐食環境評価について解説を行った。センサ出力から降雨、結露、乾燥時間がわかり、濡れ時間を計測できる。また相対湿度と合わせることで、海塩の飛来量ではなく、付着量が推定できる。さらに降雨時のセンサ出力の20%が有効とすると、腐食速度が推定可能となった。ただし、海塩付着量および不足速度の精度に関してはさほど高くはなく、オーダーで判定できる程度である。

現在、センサの小型化や基板アノード材として、Cu, Al, SUS, カソード材としてCなどが検討されている。いずれもアノード材が腐食、劣化していくことは避けられず、屋外においてはセンサの寿命についての議論が必要である。また、表面の酸化皮膜の影響により、センサ出力が安定するまでにある程度の時間を要する。特に屋内のような環境では影響が大きくなるため、適切な酸化皮膜の除去方法について検討が必要と思われる。全体のシステムとしては長寿命化センサを用いて無線でデータの取得が可能な方向へ進んでいくであろう。

参 考 文 献

- 1) S.Motoda, Y.Suzuki, T.Shinohara, S.Tsujikawa, W.Oshikawa, S.Itomura, T.Fukushima and S.Izumo, *Zairyo-to-Kankyo*, **44**, pp.218-225 (1995).
- 2) T.Shinohara, S.Motoda and W.Oshikawa, *Zairyo-to-Kankyo*, **54**, pp.375-382 (2005).
- 3) S.Kainuma, Y.Yamamoto, Y.Ito and W.Oshikawa, *Zairyo-to-Kankyo*, **60**, pp.497-503 (2011).
- 4) S.Kainuma, Y.Yamamoto, H.Hayashi, Y.Ito and W.Oshikawa, *Zairyo-to-Kankyo*, **63**, pp.50-57 (2014).
- 5) S.Kainuma, *Bosei Kanri (Rust Prev.Control)*, **60**, pp.446-453 (2016).
- 6) S.Kainuma, M.Michino, Y.Yamamoto, Y.Fujioka, A.Warashina, S.Takagi and K.Naka *Bosei Kanri (Rust Prev.Control)*, **60**, pp.338-346 (2016).
- 7) T.Matsunaga, T.Tatsuoka, A.Takagi and S.Tsujikawa, Proc.50th Jpn. Conf. Materials and Environments, JSCE, pp.19-20 (2003).
- 8) K.Fukuda, K.Ochiiwa, K.Sonoda and T.Yamane, *Mazda Technical Review*, **33**, pp.72-77 (2016).
- 9) J.Shimizu, M.Aono, S.Umezawa, K.Shiabata, K.Fukuda, N.Konagai, G.Nakayama and T.Suzuki, Proc.186st. Symposium, JSCE, pp.78-83 (2017).
- 10) T.Shinohara, *Zairyo-to-Kankyo*, **63**, pp.116-120 (2014).
- 11) W.Oshikawa, T.Shinohara and S.Motoda, *Zairyo-to-Kankyo*, **52**, pp.293-298 (2003).
- 12) W.Oshikawa, Y.Sasaki and T.Shinohara, Proc.52nd Jpn. Conf. Materials and Environments, JSCE, pp.53-56 (2005).
- 13) C.Miki, A.Ichikawa, M.Ukai, Y.Takamura, T.Nakayama and H.Kihira, Proc.Jpn.Soc.Civ.Eng., 738/I-64, pp.271-281 (2003).
- 14) H.Kihira, K.Tanabe, T.Kusunoki, H.Takezawa, H.Yasunami, M.Tanaka, K.Matsuoka and Y.Harada, Proc. Jpn.Soc.Civ.Eng., 780/I-70, pp.71-86 (2005).
- 15) A.Tanabe, E.Sasaki and C.Miki, Proc.Jpn.Soc.Civ.Eng., **69**, pp.275-282 (2013).
- 16) Y.Sasaki, W.Oshikawa and T.Shinohara, Proc.52nd Jpn. Conf. Materials and Environments, JSCE, pp.57-58 (2005).
- 17) W.Oshikawa, Proc.165th.Symposium, JSCE, pp.32-36 (2008).
- 18) W.Oshikawa, M.Nagayama and T.Shinohara, Proc.55th Jpn. Conf. Materials and Environments, JSCE, pp.335-338 (2005).
- 19) W.Oshikawa and A.Nakano, Proc. JSCE Materials and Environments 2016, JSCE, pp.249-250 (2016).

(2018 年 4 月 11 日受理)

要 旨

大気腐食環境下での ACM センサの測定例について、事例を挙げて解説した。10 分ごとに得られたセンサ出力と湿度データを解析することにより、濡れ時間、海塩付着量が推定でき、降雨時のセンサ出力を補正することで屋外における腐食速度が推定可能となった。

キーワード 大気腐食, ACM センサ, 濡れ時間, 海塩付着量, 腐食速度, モニタリング