

Zn/Ag 対の ACM 型腐食センサを用いた鋼部材の大気腐食環境評価に関する研究

(株)神戸製鋼所 学生会員 ○伊藤義浩 九州大学 正会員 貝沼重信 琉球大学 正会員 押川渡

1.はじめに 鋼構造物に対して適切な維持管理を行うためには、部位・部材レベルにおける腐食環境を定量的に把握する必要がある。そこで、著者らは Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサ（以下、Fe センサ）を用いて、大気腐食環境における鋼材の腐食挙動を評価する手法を提案した¹⁾。しかし、高腐食性環境では Fe センサの経時劣化に伴いセンサ出力が比較的早期に低下するため、数ヶ月で新規センサに交換する必要がある。そのため、鋼構造物の多点の腐食環境を通年でモニタリングする場合、コスト高となり、Fe センサの適用が困難となる。そこで、本研究では Fe センサの経時劣化による出力低下に対する補正方法、および高耐久性の Zn/Ag 対 ACM 型腐食センサ（以下、Zn センサ）を用いた大気腐食環境のモニタリング方法を提案するために、様々な大気マイクロ腐食環境で Fe センサと Zn センサを用いた腐食環境モニタリングを実施した。

2.腐食環境モニタリングの方法 腐食環境モニタリングは、1)沖縄本島の東側海岸線から約 2.3km、西側海岸線から約 4.4km に位置する降雨の影響があり、飛来塩分量が比較的多い琉球大学千原キャンパス構内 (Lat.26°15'N, Long.127°46'E), 2)東側海岸線から約 2.5km、西側海岸線から約 5.3km に位置する九州大学伊都キャンパス構内 (Lat.33°35'N, Long. 130°12'E), 3)博多湾の海岸線から約 70m 南に位置する橋梁桁下 (Lat.33°35'N, Long.130°21'E), および 4) 沖縄本島の西側海岸線から約 30m に位置する沖縄自動車道の橋梁下 (Lat.26°32'N, Long.127°57'E), の計 4 カ所で実施した。本研究では大気腐食環境データを効率的に収集するために、暴露地点 1)~3)については、鋼板を水平に対して 0°, 45°および 90°の角度で設置した。また、暴露地点 4)については、0°のみの角度で設置した。それらの鋼板の表裏面にそれぞれ Fe センサと Zn センサを貼付することで、4 カ所の暴露地点で計 20 種類の大気マイクロ腐食環境における各センサのガルバニック腐食電流を 10 分毎にモニタリングした。また、温湿度についてもセンサを用いて 30 分毎にモニタリングした。各暴露地点の気温、相対湿度、降水量および飛来塩分量 (JIS Z 2382 (ドライガーゼ法)) の年平均値を表-1 に示す。

表-1 暴露地点の大気環境の諸値
(年平均値：2009/4~2010/10)

暴露地点	温度 <i>T</i> (°C)	相対湿度 <i>RH</i> (%)	年降水量 <i>P</i> (mm)	飛来塩分量 <i>w</i> (mdd)
1)	23.0	72	1,620	0.30
2)	15.9	78	1,660	0.065
3)	18.1	64	1,780	0.52
4)	21.9	71	1,420	0.78

3.腐食環境モニタリングの結果

3.1 Fe センサ劣化の経時変化に伴う出力低下

本研究では経時劣化に伴うセンサの出力低下に対する補正方法を検討するに際して、予備検討に基づき劣化によるセンサ出力低下が5%以下である使用開始後0~1ヶ月間を劣化の影響が無いと仮定する。また、総電気量 Q は図-1で示したように2つのセンサA, Bの使用後0~1ヶ月間 (健全期) の Q を Q_{0A} と Q_{0B} , 1~2ヶ月間 (劣化期) を Q_{dA} と Q_{dB} , と仮定して、以下に示す式(1)と式(2)から健全期と劣化期の Q をそれぞれ

Q_0 と Q_d として定義した。これらの Q_0 と Q_d を比較し、劣化によるセンサ出力低下の補正方法を検討する。

$$Q_0 = Q_{0A} + Q_{0B} \quad (1)$$

$$Q_d = Q_{dA} + Q_{dB} \quad (2)$$

健全期の総電気量 Q_0 と劣化期の総電気量 Q_d の関係を図-2に示す。 Q_0 と Q_d には高い線形の相関があることから、次式(3)を用いて、 Q を補正できると言える。

$$Q_0 = 1.28 \cdot Q_d \quad (3)$$

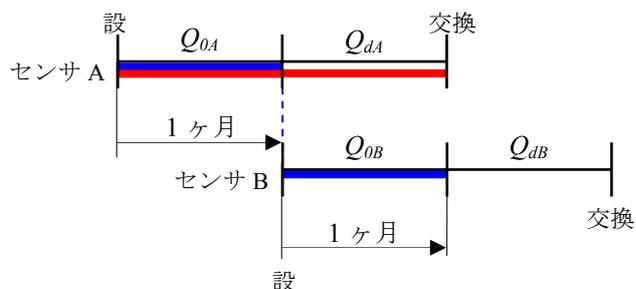


図-1 ACM センサの設置期間

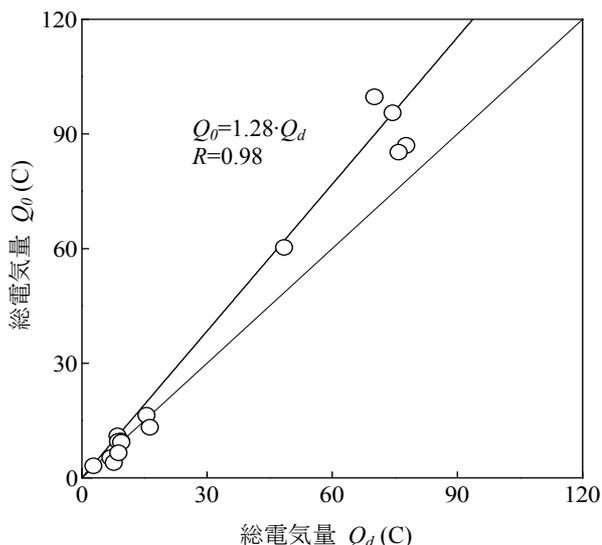


図-2 健全期の総電気量 Q_0 と劣化期の総電気量 Q_d の関係

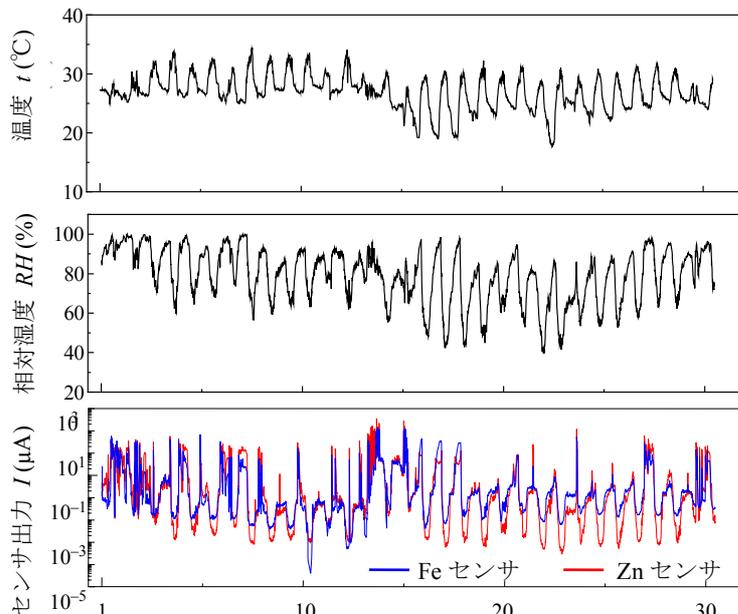


図-3 Fe センサおよび Zn センサの出力例 2006/09/

3.2 Fe センサと Zn センサの換算方法

Fe センサと Zn センサの出力の例を図-3 に示す. Zn センサは, 高出力域では Fe センサと比較して, Zn センサ出力は高い傾向を示す. 一方, 低出力域では Fe センサと比較して, Zn センサ出力は低い傾向を示す. Zn は Fe よりも分極抵抗が低いいため, センサ表面に形成される水膜の性状に敏感に反応したと考えられる.

Zn センサ出力に対する Fe センサ出力の比 I_{Fe}/I_{Zn} の関係を図-4 に示す. 高出力域と低出力域では, 前述したように Zn センサと Fe センサの出力が著しく異なっている. Zn センサ出力 I_{Zn} が $1\mu A$ 以下の場合, I_{Fe}/I_{Zn} は I_{Zn} に反比例して低下している. また, $1\mu A$ 以上の場合, I_{Fe}/I_{Zn} は一定になっており, その値は 0.391 となっている. したがって, Zn センサ出力を次式により, Fe センサ出力に換算することで, 著者らが提案した Fe センサに対する腐食環境の評価手法¹⁾を適用できると考えられる.

$$I_{Fe} = 0.391 \cdot I_{Zn}^{0.380} \quad (I_{Zn} < 1) \quad (1)$$

$$= 0.391 \cdot I_{Zn} \quad (I_{Zn} \geq 1) \quad (2)$$

4.まとめ

Fe/Ag 対の ACM 型腐食センサに対して, 経時劣化による出力低下の補正方法を提案した. また, Fe/Ag 対と Zn/Ag 対の ACM 型腐食センサの出力の相関性を定量的に明らかにした上で, Zn/Ag 対センサ出力を Fe/Ag 対センサ出力に換算することで腐食環境をモニタリングする手法を提案した.

参考文献

- 1) S.Kainuma, K.Sugitani, Y.Itoh and I.T.Kim: Evaluation Method for Time-Dependent Corrosion Behavior of Carbon Steel Plate Using Atmospheric Corrosion Monitoring Sensor, Proc. of 6th International Conference on Fracture and Damage Mechanics, Malta, 2009.
- 2) 押川渡, 長山雅, 篠原正: Fe/Ag および Zn/Ag 対 ACM 型腐食センサによる腐食環境評価, (社)腐食防食協会主催 第165回腐食防食シンポジウム, p32-41, 2009.

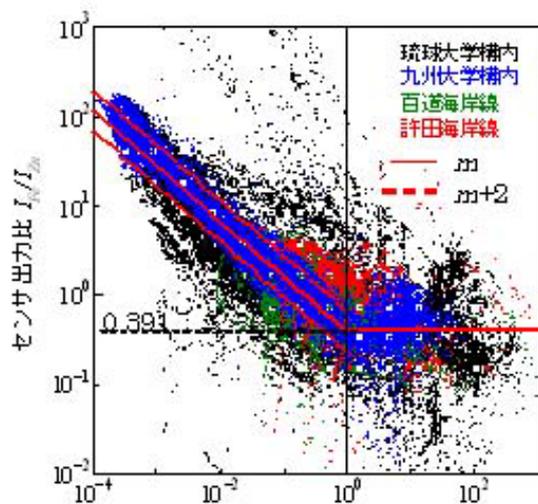


図-4 Zn センサ出力に対する Fe センサ出力の比較