

ACM型腐食センサを用いた車載式塩分濃度計の検討

Investigation of using a vehicle-mounted ACM sensor as a salinometer

大廣智則 (株式会社ネクスコ・エンジニアリング北海道)

柴田賢治 (株本田技術研究所 四輪 R&D センター)

萩原亨 (北海道大学大学院工学研究院)

Tomonori Ohiro, Kenji Shibata, Toru Hagiwara

1. はじめに

北海道の高速道路において、冬期間における気温の低下は路面凍結の原因となる。したがって、凍結防止剤の散布は、お客様へ安全で安心な走行環境を提供する上で欠かすことのできない作業である。しかし、塩化ナトリウムを主材料とする凍結防止剤は、道路構造物の長寿命化に対して影響があることが分かっている。凍結防止剤の散布量を最小限にする必要がある。

これまで、凍結防止剤の散布判断は、熟練の道路管理者のこれまでの経験やノウハウから、気象と雪氷量や気象予測等から総合的に判断されている。路面状態が湿潤・半湿路面の場合、路面温度が 0℃以下、または、路面予測温度が 0℃以下で路面の塩分濃度が凝固点以下の場合に散布作業を行っている。このため、路温や路面塩分濃度の把握が重要となる。

北海道の高速道路での路面塩分濃度の測定は、3~5 時間毎に出動する雪氷巡回時に一部の区間を除いて手持ち式の塩分濃度計により行われている。手持ち式の塩分濃度計の測定は、連続的にデータを取得できないといった課題があった。一部の区間で現在導入されている車載式塩分濃度計は、連続測定が可能という利点があるものの、価格や測定条件の面で課題があり解決が必要とされていた。

一方、他業界では、ACM 型腐食センサ(Atmospheric Corrosion Monitor 以下 ACM センサとする)を組付けた実車走行による部位別腐食モニタリングにより、凍結防止剤に起因する自動車の腐食に対しても有効な計測手法となりうることを示唆されている¹⁾。図 1 に室蘭管内の日常点検車に取り付けた ACM センサの月別の値を示す。ACM センサの出力値は、凍結防止剤を散布している冬期間の値が大きいことが確認できる。

これまで、車載式塩分濃度計を活用した研究は様々行われている。吉江ら²⁾は、車載

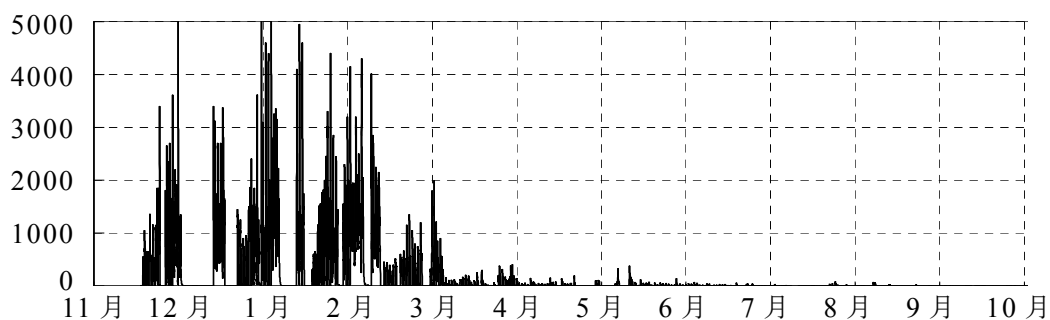


図 1 室蘭管内の日常点検車に取り付けた ACM センサの値 (月別)

のシステムで測定した路面塩分濃度と路温の関係から濃度管理を行う手法について提案した。路温に応じて所定の路面塩分濃度を保つ手法である。しかし、本手法は北海道の高速道路では採用されていない。路面塩分濃度の把握は、代表地点のみである。路面塩分濃度を考慮した凍結防止剤散布の効率化を進めるには、自動路面状態判別システム(CAIS)などの他の先進システムとの連携が必要である。

本研究では、安価で水飛沫でも連続測定可能な新たな車載式塩分濃度計を開発するために、ACMセンサを車両に取付け実験を行った。ACMセンサの測定は、塩分濃度の異なる湿潤路面を作成し、測定速度、路面の水膜を変化させ行った。本研究の目的は、ACMセンサの出力と路面塩分濃度の関係を明らかにすることである。

2. ACM センサの原理

本研究で用いた ACM センサは、母材が鉄の溶融亜鉛メッキ鋼板の上に間隔をあけて、絶縁層となるシリコンを設け、さらにその上に銀を配置する。図 2 に ACM センサを示す。自然状態では、絶縁層があるため通電しない。しかし、水滴が付着すると金属間を水膜が連結する。この時、イオン化傾向の違う異種金属間接触による腐食電流が流れる。腐食電流は、腐食の進行度によって異なる。つまり、水滴に塩分が含まれていると腐食が進行するため、ACM センサの出力値は大きくなる。図 3 に ACM センサの原理を示す。

3. 研究方法

2016 年 11 月に苫小牧寒地試験道路（北海道苫小牧市字柏原 211 番地）にて路面塩分濃度の変化と ACM センサの出力に関係があると考え実験を行った。路面塩分濃度、水膜、測定速度を変化させ、ACM センサを設置した車両を走行させ実験を行った。

3.1 ACM センサによる路面の残留塩分濃度の測定方法

ACM センサは、ホイールハウスの運転席側に設置した。実験車両は、SUV を使用した。路面の残留塩分濃度は、2 %～10 %で 2 %毎に 5 パターンとした。測定速度は 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h の 3 パターンとした。規定の速度となるように助走区間を 300 m 設けた。水膜は給塩水時に 5 mm 以上となるようにし、徐々に水膜が減少するのを測定毎に計測した。塩水路面を各速度で 7 往復計測した。

3.2 塩水路面作成および測定方法

図 4 に塩水路面作成および測定方法を示す。塩水路面作成区間は 100 m である。車



図 2 ACM センサ

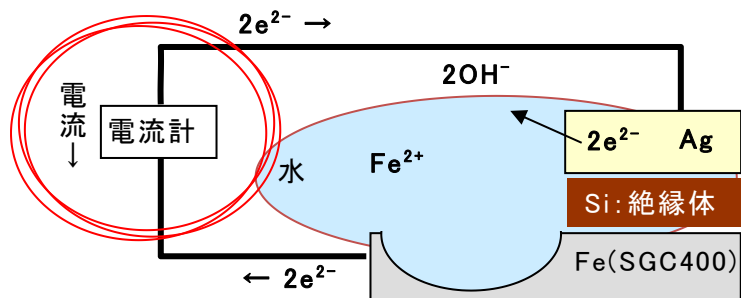


図 3 ACM センサの原理

線幅 3.5 m の 2 車線道路の片側で塩水路面を作成し、もう一方に機器を配置した。路面は横断勾配が設けられており塩水が流れ出るため、中央破線側にゴム板と垂木で堰き止めた。塩水路面作成は、2 t ダンプトラック 1 台に 2 ℓ のタンクを 1 基、水中ポンプを 2 台、発電機を 1 台用意し、2 台編成にて行った。2 t ダンプトラックは、塩水路面作成区間の起終点から 25 m の位置に配置した。作業員が 4 台の水中ポンプから 25 m 程度のホースにより塩水路面作成区間 100 m をむらなく散水した。水中ポンプの吐出量は 120 ℓ/min とした。

測定員は、起終点 12.5 m の位置から 25 m 間隔で計 4 人配置した。散水後および測定毎に水膜の厚さを路肩側と中央破線側で直定規を使用し目視により計測した。また、路面塩分濃度を手持ち式塩分濃度計により測定した。往路・復路含め、5 回走行で給塩水した。ただし、測定速度が変わった場合は給塩水した。測定終了後は、水切りワイパーやデッキブラシで路面に溜まった塩水を除去した。現在の測定よりも次回の測定の塩分濃度が低い場合は、真水を散水車で散水し、路面残留塩分を除去した。

3.3 塩分濃度溶液の作成方法

塩分濃度溶液の作成は、2～10 % の間で 2 % 毎に 5 パターン行った。作成方法は、まず 20 % の塩分濃度溶液を作成し、次に 0 % の真水で希釈することで作成した。表 1 に塩分濃度溶液の作成方法を示す。

4. 研究結果

図 5 に全データの ACM センサ出力と塩分濃度の関係を示す。ACM センサの出力と塩分濃度には正の相関があり、決定係数が 0.58 であった。表 2 に ACM センサ出力と塩分濃度の関係について測定速度毎の決定係数のまとめを示す。測定速度毎に ACM センサ出力と塩分濃度の関係を整理することにより、決定係数が、平均で 0.67 と向上した。これは、速度が速くなると酸素の供給が大きくなるためと考えられる。表 3 に ACM センサ出力と塩分濃度の関係について水膜毎の決定係数のまとめを示す。水膜毎に AC

表 1 塩分濃度溶液の作成方法

塩分濃度(%)	20%の塩濃度溶液(ℓ)	0%の真水(ℓ)
2	200	1,800
4	400	1,600
6	600	1,400
8	800	1,200
10	1,000	1,000

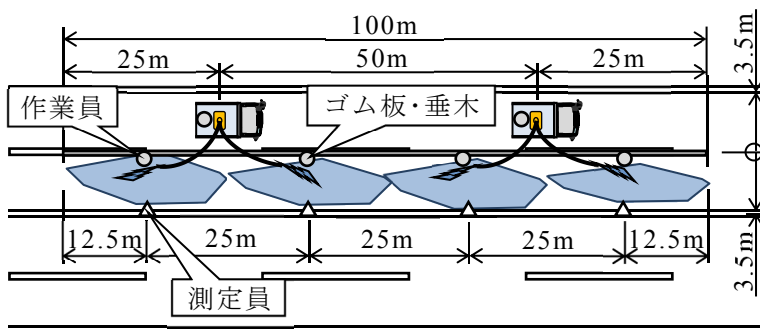


図 4 塩水路面作成および測定方法

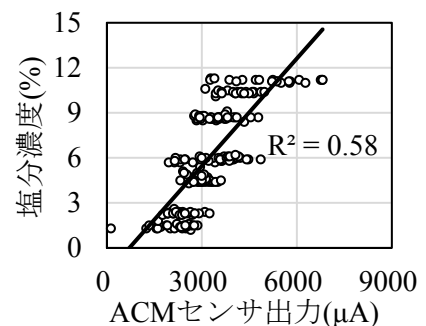


図 5 全データの ACM センサ出力と塩分濃度の関係

M センサ出力と塩分濃度の関係を整理することにより、薄い水膜（0.3 mm 以下）では決定係数が 0.70 と向上した。これは、水膜が厚くなると、ACM センサへの塩水の付着面積が増えるためと考えられる。表 4 に ACM センサ出力と塩分濃度の関係について測定速度と水膜毎の決定係数のまとめを示す。測定結果を測定速度と水膜毎に ACM センサ出力と塩分濃度の関係を整理することにより、決定係数が平均で 0.70 と向上した。これは、測定速度による酸素供給の関係と水膜による付着面積の関係の相乗効果によるものと考えられる。実験結果からは、ACM センサの出力と塩分濃度の関係は、測定速度の影響を考慮する必要があることが分かった。

表 2 測定速度毎の決定係数のまとめ

測定速度	40 km/h	60 km/h	80 km/h	平均
0～5mm	0.66	0.67	0.68	0.67

表 3 水膜毎の決定係数のまとめ

路面の水膜	0.3 mm 以下	0.5～1 mm	2～5 mm	平均
40～80 km/h	0.70	0.55	0.58	0.61

表 4 測定速度と水膜毎の決定係数のまとめ

	0.3 mm 以下	0.5～1 mm	2～5 mm	平均
40 km/h	0.71	0.59	0.81	0.70
60 km/h	0.69	0.63	0.77	0.70
80 km/h	0.74	0.64	0.75	0.71
平均	0.71	0.62	0.78	0.70

5. おわりに

本研究では、ACM センサを車両に取り付け、塩分濃度の異なる湿潤路面を作成し、測定速度、路面の水膜を変化させ測定を行った。本研究で明らかになった点を以下に整理する。

- ・ ACM センサの出力と塩分濃度には正の相関がある。
- ・ 測定結果を測定速度毎に整理すると、決定係数が向上する。
- ・ 測定結果を水膜毎に整理すると、薄い水膜では決定係数が向上する。
- ・ 測定結果を測定速度と水膜毎に整理すると、決定係数が向上する。

本実験結果からは、ACM センサの出力と塩分濃度の関係は、測定速度の影響を考慮しなければならず、水膜まで考慮することで、さらなる精度向上を目指すことができることが分かった。本研究により、ACM センサの出力と路面塩分濃度の関係を明らかにした。本実験では、路面塩分濃度が同一な塩水路路面を作成し測定を行った。今後は、路面塩分濃度が不連続な塩水路路面について、測定を行う必要がある。また、高濃度の塩分濃度の測定や外気温等、その他の影響について調べる予定である。

参考文献

- 1) 渡邊弘和, 植木光彦, 斎藤康介, 2008 : ACM 型腐食センサを用いた自動車の腐食環境評価, 腐食防食シンポジウム, 165, 80-83.
- 2) 吉江誠吾, 七五三野茂, 桜庭拓也, 2008 : 地域特性を考慮した凍結防止剤散布の濃度管理図の作成とその活用方法について, 寒地技術シンポジウム, 24, 278-282.