

車載式塩分濃度測定車による凍結防止剤散布状況の解析

米本浩也^{*1}、草野智之^{*1}、関真由子^{*2}

1. はじめに

平成26年度より金沢支社管内の巡回車に車載式塩分濃度測定器を試行導入し、雪氷巡回時に路面の残留塩分濃度の測定を行っている。

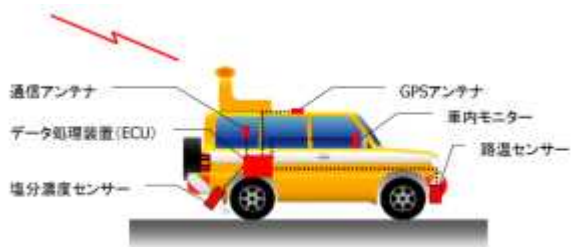


図1. 車載式塩分濃度測定車

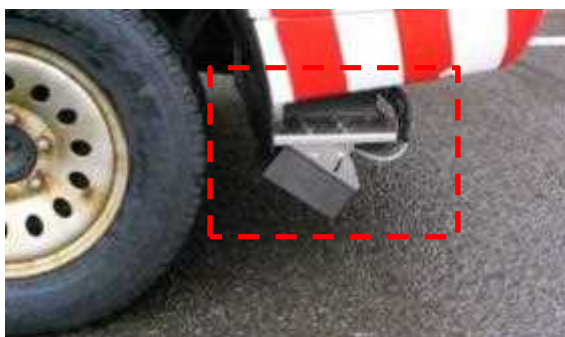


写真1. 塩分濃度センサー



図2. 車載式塩分濃度測定車による測定結果

導入によって、巡回員が本線上に降車して行う手持ち式塩分濃度測定器による残留塩分濃度の測定の必要が無くなり、巡回作業を安全に実施することが出来るようになった。また、図2の通り、路面状況と残留塩分濃度を対比することができ、現場状況を把握しやすくなると共に、適切な雪氷対策作業指示を行いやすくなった。

しかし、雪氷巡回は路面の残留塩分濃度の測定以外にも気象状況や路面状況の確認、標識等への着雪状況の確認等を行うことから、様々な時間帯・方面に巡回に行く必要があり、凍結防止剤散布作業後の残留塩分濃度を継続的に計測することは出来ず、その減衰傾向を把握するには至っていない。

そこで、車載式塩分濃度測定車による凍結防止剤散布状況の解析を実施し、凍結防止剤散布作業後の残留塩分濃度を一定間隔で測定することにより残留塩分濃度の減衰傾向の把握、道路構造物単位等での残留塩分濃度の傾向の把握を行う。

2. 凍結防止剤散布状況調査の概要

(1) 実施日時

平成28年2月9日(火)・15日(月)・16日(火)の19時～翌7時頃

(2) 実施場所

北陸自動車道 武生IC～今庄IC間 本線部

(3) 測定間隔

凍結防止剤散布作業実施直後、1時間経過後、2時間経過後、3時間経過後の計4回

(4) 凍結防止剤散布作業実施状況

表1. 凍結防止剤散布作業実施状況

実施日	散布種別 [*]	作業開始時刻		備考
		【上り線】	【下り線】	
平成28年 2月9日(火)	①事前散布	19:40	20:00	1-2時間後に降雪
	②追加散布	翌0:10	翌0:30	0-1時間後に降雪
	③追加散布	翌4:20	翌4:40	
平成28年 2月15日(月)	④追加散布	21:35	21:55	降雪
	⑤追加散布	翌1:20	翌1:40	降雪
	⑥追加散布	翌4:40	翌4:55	降雪
平成28年 2月16日(火)	⑦追加散布	21:10	21:25	
	⑧追加散布	翌1:30	翌1:45	
	⑨追加散布	翌5:55	翌6:15	降雪

^{*}事前散布:実施日当日の初回散布
追加散布:実施日当日の2回目以降の散布

(5) 実施日の天候状況等

①平成28年2月9日(火)

天候:雨～曇り～雪、路面状態:湿潤

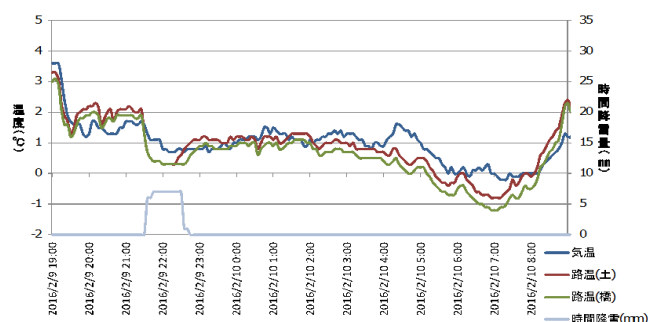


図3. 2月9日の気温、路温、時間降雪量

*1 中日本高速道路株式会社 金沢支社 保全・サービス事業部 保全チーム

*2 中日本ハイウェイエンジニアリング名古屋株式会社 道路技術部

②平成28年2月15日(月)

天候：雪、路面状態：湿潤～黒シャーベット～積雪

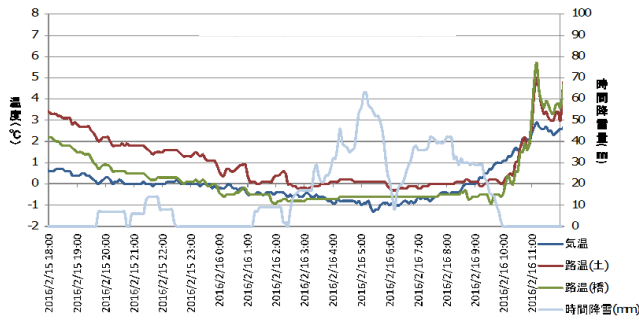


図4. 2月15日の気温、路温、時間降雪量

③平成28年2月16日(火)

天候：曇り～雪、路面状態：湿潤～乾燥～黒シャーベット～白シャーベット

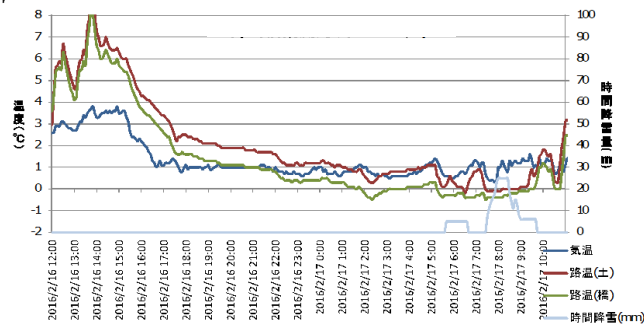


図5. 2月16日の気温、路温、時間降雪量

3. 車載式塩分濃度測定器のキャリブレーション

(1) 実施方法

車載式塩分濃度測定器と手持ち式塩分濃度測定器の測定結果を比較することで車載式塩分濃度測定器のキャリブレーションを行う。

(2) 実施日時

平成28年2月9日(火)の19時～翌7時

※初回の凍結防止剤散布状況調査時に手持ち式塩分濃度測定器の測定を行う。

(3) 実施場所

北陸自動車道 上り線南条SAノーズ間(72.3KP付近) 走行車線左轍部

(4) キャリブレーション結果

車載式塩分濃度測定器と手持ち式塩分濃度測定器の測定結果の比較を図6に示す。図6より、両者の測定方法では概ね同等の結果が出る事が確認する事が出来た。

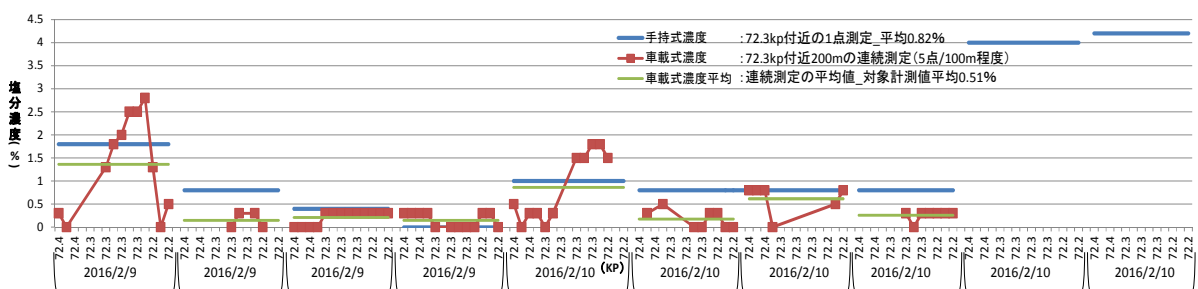


図6. 車載式塩分濃度測定器と手持ち式塩分濃度測定器の測定結果の比較

4. 残留塩分濃度の減衰傾向

(1) 解析方法

①凍結防止剤散布後の経過時間と残留塩分濃度を比較することで、残留塩分の時間当たりの減衰傾向を把握する。

②凍結防止剤散布作業後の降雪状況と残留塩分濃度を比較することで、降雪状況が残留塩分に及ぼす影響を把握する。

(2) 解析結果

①凍結防止剤散布後の経過時間と残留塩分濃度を図7に示す。

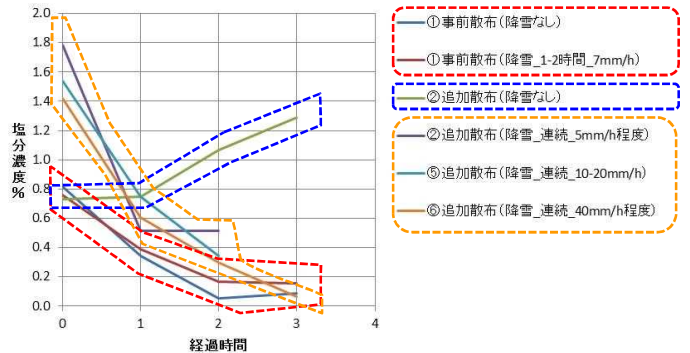


図7. 凍結防止剤散布後の経過時間と塩分濃度

図7より、事前散布では散布前の残留塩分が少ないため、散布直後の残留塩分濃度は1%以下と低く、時間の経過と共に塩分濃度は低下し、2時間経過後では0.2%以下となる(赤色)。追加散布では、散布前の残留塩分があるが、降雪なしの場合は降雪による濃度希釈がないため、塩分濃度は低下しない(青色)。降雪ありの場合は降雪強度に係らず1時間経過後では0.6%程度、2時間経過後では0.4%程度、3時間経過後では0.1%程度まで塩分濃度は低下する(黄色)。

②凍結防止剤散布作業後の累計降雪量と残留塩分濃度を図8に示す。

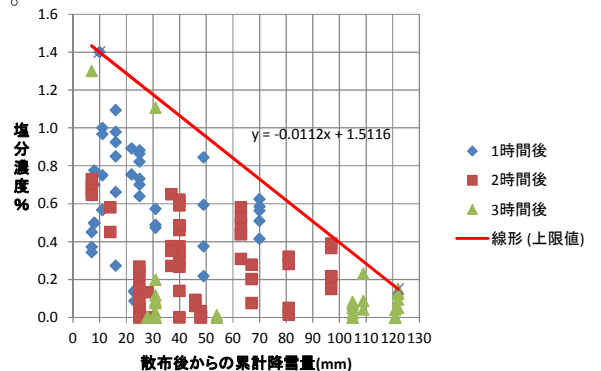


図8. 凍結防止剤散布作業後の累計降雪量と塩分濃度

図8より、経過時間に係らず、散布後からの累計降雪量と残留塩分濃度には反比例の傾向があり、散布後からの累計降雪量によって残留している可能性のある最も高い塩分濃度を推測することが出来る事が分かった。

5. 道路構造物単位等での残留塩分濃度の傾向

(1) 解析方法

①舗装種別（高機能舗装Ⅰ型・Ⅱ型、密粒度舗装）、道路構造物種別（切土、盛土、橋梁、トンネル）単位での残留塩分濃度を比較することで、道路構造物等が残留塩分に及ぼす影響を把握する。

(2) 解析結果

①密粒度舗装と高機能Ⅰ型舗装の残留塩分濃度の比較結果を図9に示す。

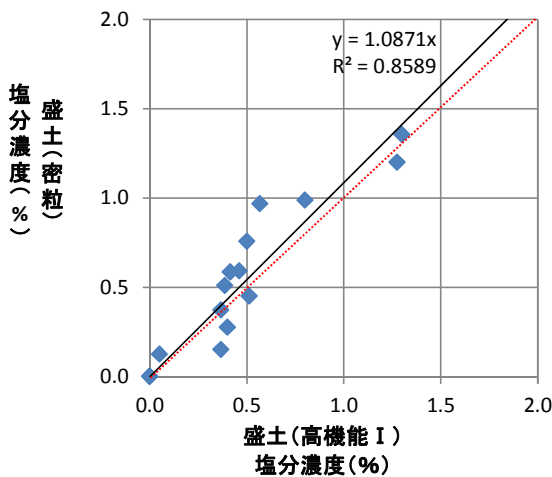


図9. 密粒度舗装と高機能Ⅰ型舗装の塩分濃度の比較

図9より、高機能舗装Ⅰ型に比べて密粒度舗装の残留塩分濃度はやや高い（約1.1倍）。

高機能Ⅰ型舗装とⅡ型舗装の残留塩分濃度の比較結果を図10に示す。

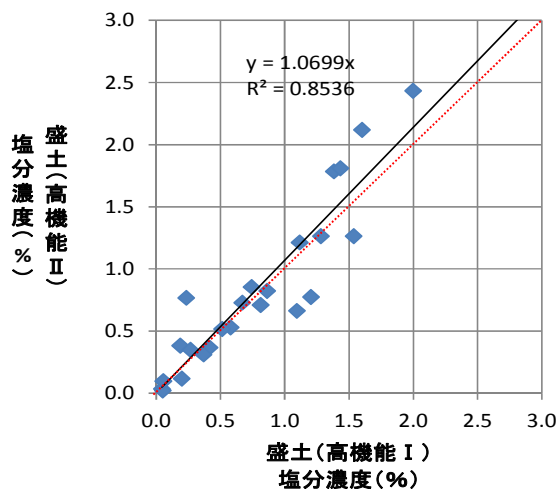


図10. 高機能Ⅰ型舗装とⅡ型舗装の塩分濃度の比較

図10より、高機能舗装Ⅰ型に比べて高機能舗装Ⅱ型の残留塩分濃度はやや高い（約1.1倍）。これは、表層内部を通水する高機能舗装Ⅰ型は、他の舗装種別に比べて塩分が流出しやすいためであると考えられる。

橋梁と盛土の残留塩分濃度の比較結果を図11、図12に示す。

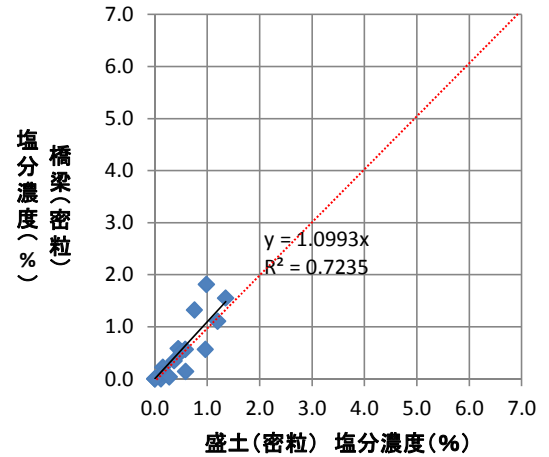


図11. 橋梁と盛土の塩分濃度の比較（密粒）

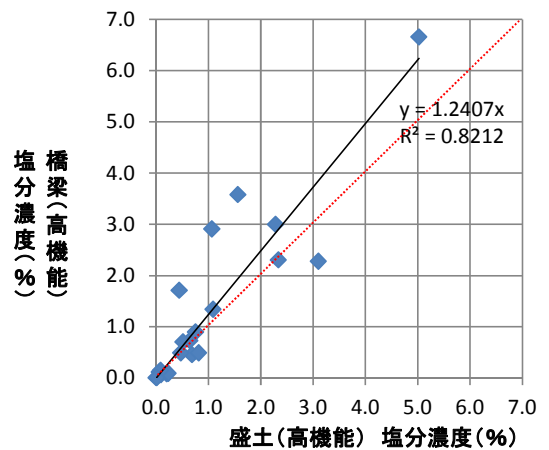


図12. 橋梁と盛土の塩分濃度の比較（高機能）

図11、図12より、盛土区間に比べて橋梁区間の残留塩分濃度はやや高い（約1.1～1.2倍）。これは、橋梁上の壁高欄が凍結防止剤の飛散低減に寄与している等、盛土区間に比べて塩分流出が起こりにくい環境にあるためだと考えられる。

6. 解析結果と今後の対策方針

(1) 残留塩分濃度の減衰傾向

事前散布では、散布直後の残留塩分濃度は1%以下と低く、時間の経過と共に塩分濃度はさらに低下することが分かった。現状の雪氷対策作業では、気温が低下する前に事前散布を行っているが、事前散布1回では路面凍結の抑制を期待出来る塩分濃度が発現しないことから、以下対策方針（案）を検討すべきと考える。

【事前散布作業の対策方針（案）】

- 1) 気温が低下する前に複数回の散布を行う。
- 2) 散布後、より短時間での塩分濃度の発現が期待出来る溶液散布を行う。
- 3) 散布量 (g/m²) を増やし、発現する塩分濃度を高める。

降雪時の追加散布では、降雪強度に係らず1時間経過後では0.6%程度、2時間経過後では0.4%程度、3時間経過後では0.1%程度まで塩分濃度は低下することが分かった。現状の降雪時の追加散布は、降雪が多い場合を除き散布作業のみを行っているが、追加散布1回では路面凍結の抑制を期待出来る塩分濃度が発現しないことから以下対策方針（案）を検討すべきと考える。

【降雪時の追加散布作業の対策方針（案）】

- 1) 降雪前に複数回の追加散布を行い、発現する塩分濃度を高める。
- 2) 散布量 (g/m²) を増やし、発現する塩分濃度を高める。
- 3) 除雪作業のタイミングと合わせて追加散布作業を行い、塩分濃度の低下を防ぐ。

また、散布後からの累計降雪量と残留塩分濃度には反比例の傾向があり、散布後からの累計降雪量によって残留している可能性のある最も高い塩分濃度を推測することが出来る事が分かった。現状の雪氷対策作業では、路面の残留塩分濃度を測定した後に凍結防止剤散布作業の指示を行っているが、残留塩分濃度の測定が十分に行えない場合も考えられることから以下対策方針（案）を検討すべきと考える。

【凍結防止剤散布作業（開始目安）の対策方針（案）】

- 1) 散布後からの累計降雪量を測定し、凍結防止剤散布作業の開始目安を設ける*。

*図8では、散布後からの累計降雪量によって残留している可能性のある最も高い塩分濃度を上限値とした。しかし、雪氷対策作業の実施判断は安全側に立つて行う必要があるため、上限値の精度向上や凍結防止剤散布作業の開始目安の考え方の確立を図る必要がある。（例：「上限値×0.8」を残留している可能性のある最も高い塩分濃度とし、凍結防止剤散布作業の開始目安を設ける。）

(2) 道路構造物単位等での残留塩分濃度の傾向

盛土区間に比べて橋梁区間の残留塩分濃度はやや高いことが分かった。現状の雪氷対策作業では、橋梁区間は他の区間に比べて路温が低下することから散布量 (g/m²) をスポット的に増やす対策を行っている場合があるが、橋梁区間は他の区間に比べて塩分流出が起こりにくいことから、以下対策方針（案）を検討すべきと考える。

【構造物別の散布作業の対策方針（案）】

- 1) 構造物単位で散布量を変更するのではなく、塩分流出の発生状況に応じて、散布量を変更する。

7. 今後の課題

今回の解析では、解析を進めていく上で必要となる最小限の条件を有する範囲・期間の調査を実施した。そのため、必要となるデータにばらつきが見られ、今回得られた解析結果の精度が高いとは言えない。今後は、その検証及びその解析精度を高めていくためにもより広範囲・長期間の解析が必要である。

8. おわりに

車載式塩分濃度測定車による凍結防止剤散布状況の解析を実施し、凍結防止剤散布作業後の残留塩分濃度を一定間隔で測定することにより残留塩分濃度の減衰傾向の把握、道路構造物単位等での残留塩分濃度の傾向の把握を行うことが出来た。しかし、得られた解析結果の精度向上が必要であり、今後の雪氷対策作業の対策方針を決定するには至っていない。今後は、冬季交通確保に向けてより適切な凍結防止剤散布作業を行うために、解析結果の精度向上及び雪氷対策作業の対策方針の検討を進めていきたい。