

16.2 効率的な冬期路面管理のための複合的路面処理技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地道路研究グループ（寒地交通）、
寒地保全技術研究グループ（寒地道路保全）、
技術開発調整監（寒地機械技術）

研究担当者：石田樹、熊谷政行、大槻敏行、高橋尚人、丸山記美雄、徳永ロベルト、安倍隆二、住田則行、川端優一、切石亮、藤本明宏、田中俊輔、中村隆一、三浦豪

【要旨】

昨今の厳しい財政事情の中、道路維持管理費が削減され、冬期路面管理についても一層の効率化が求められている。凍結防止剤等についてもより適正な散布が求められているが、薬剤の散布は舗装の種類にかかわらず一律に行われているのが現状である。より効果的・効率的に凍結路面对策を行うため、舗装の種類・特性に応じた凍結防止剤散布技術を確立する他、凍結防止剤散布、舗装等の個別技術による凍結路面对策に限らず、凍結防止剤散布・舗装対策・散布機械改良等による複合的な凍結路面処理技術の開発が喫緊の課題である。

本研究では、より効果的・効率的な凍結路面对策の実施に資するため、舗装の種類・特性に応じた凍結防止剤の散布技術を確立するとともに、散布剤、散布技術及び散布機械の改良による複合的な凍結路面処理技術の開発に取り組むこととする。平成 25 年度は、現道での粗面系舗装と密粒度舗装区間の路面状態の出現割合の比較から粗面系舗装の優位性の確認、すべり抵抗値推定手法の構築、防滑材の加熱水混合散布機構の加熱機器と熱交換器を組み合わせた水循環回路の凍結対策の改善等を行ったので、以下に報告する。

キーワード：凍結路面对策、舗装種類、散布剤、散布機械

1. はじめに

スパイクタイヤ使用規制以降、積雪寒冷地における路面管理の重要性は高まり、凍結防止剤の散布、凍結抑制舗装、散布機械の開発等が進められたが、依然として冬型事故の約 9 割をスリップ事故が占める¹⁾など冬期の道路交通性能は低いままである。

これまで、凍結路面对策に関する試験研究は、塩化物を主体とした凍結防止剤の散布試験、また、SMA 等の凍結抑制舗装の開発や舗装としての効果の検証がそれぞれ行われてきた。凍結防止剤の散布は、舗装種類にかかわらず一律に行われてきており、舗装種類に適した凍結防止剤散布技術は未開発である。

また、凍結防止剤散布車の改良については、加熱水混合散布などに対応する散布機械の改良は未着手であり、散布剤・舗装・散布機械の改良等を組み合わせた路面処理技術も未開発である。

そのため、本研究では、舗装の種類・特性に応じた凍結防止剤の散布技術、塩化物以外の散布剤や散布技術の

改良、および散布機械の改良も合わせた凍結路面処理技術を開発することで、より効果的・効率的な凍結路面对策の実施に資する技術開発に取り組むものである。

2. 研究実施内容

本研究では、より効果的・効率的な凍結路面对策の実現に資するため、以下の研究に取り組んでいる。

- ① 舗装種類に合致した効果的・効率的な凍結防止剤等の散布技術の検討
- ② 散布剤や散布技術の改良、散布機械の改良も合わせた凍結路面処理技術の検討

3. 舗装種類に合致した効果的・効率的な凍結防止剤等の散布技術の検討

3.1 舗装種類毎の路面状態の把握

25 年度は、密粒度舗装区間と排水性・機能性 SMA 舗装（粗面系舗装）区間のすべり抵抗値出現傾向を把握するため、一般国道 230 号札幌市内（KP1.0～45.0 の区間、

L=44.0km) で実施している、路面すべり抵抗モニタリングデータを用い、粗面系区間および密粒度区間のすべり抵抗値等の特徴を比較分析した。分析には、粗面系舗装と密粒度舗装区間（ロードヒーティング、トンネル区間を除く）で得られたすべり抵抗値（HFN）データ、測定車両に取り付けた赤外放射温度計で計測した路面温度、気象庁札幌管区気象台の降雪データ、測定車両に搭乗した観測員が目視判別した路面状態（乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪および凍結）を用いた。

粗面系舗装区間と密粒度舗装区間のすべり抵抗値を日別に比較すると、粗面系のすべり抵抗値が密粒度の値以上だった日がほとんどを占めた（表1）。また、路面すべり計測時に観測員が目視観測した路面状態の出現割合（図1）から、シャーベット、圧雪、凍結の雪氷路面で粗面系区間のすべり抵抗値が低下する場合を確認した。

室内試験の結果から、路面上の雪氷量が多い場合、粗面系舗装のテクスチャの持つ凍結抑制等の機能が発揮されにくいことが確認されている¹⁾。

表1 粗面系舗装と密粒度舗装の日別 HFN の比較

すべり抵抗値	粗面系 \geq 密粒度	粗面系 $<$ 密粒度
日数	40	5

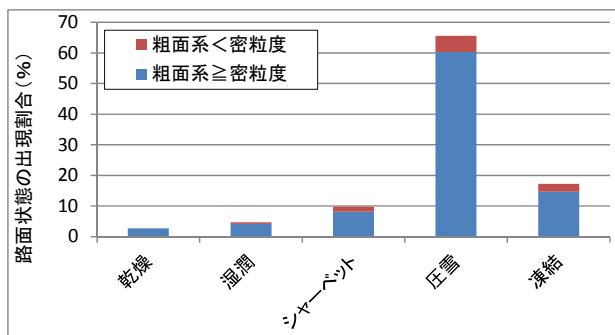


図1 目視観測された路面状態の割合

目視観測では路面上の雪氷量を評価していないが、粗面系 $<$ 密粒度となった日は、路面上の雪氷量が多かったと推察できる。今後、路面すべり抵抗値に影響を与える様々な要因を考慮した分析を行い、粗面系舗装のすべり抵抗値の低下抑制および早期改善効果と、それらの効果が発揮される条件の明確化に取り組む予定である。

3.2 舗装種類毎の適切な散布技術に関する試験

交通安全上、舗装の種類が異なってもすべり抵抗（HFN）は連続すべきとの視点から、舗装毎に適正な散布量を決定することは必要である。そのためには、凍結

防止剤散布後の HFN を推定する手法の確立が必要となる。平成25年度は密粒度舗装を対象とし、野外走行試験を実施し、路面氷膜厚とすべり抵抗値の関係を解明した上で HFN の推定法を構築した。

3.2.1 HFN の推定法

図2に示す概要図に沿って、HFNの推定法を説明する。同図の i. 凍結防止剤散布前の氷膜路面と ii. 散布後に水の融解と凍結防止剤の溶解が完了（十分に時間が経過）した状態を考える。氷膜路面に塩化ナトリウムを散布すると、氷と塩化ナトリウムの接触により飽和塩化ナトリウム溶液が発生する。塩化ナトリウム溶液は、凝固点曲線²⁾に準じた温度に対応する濃度になるまで周囲の水を融かすことで希釈する。

すなわち、融水量（凍結防止剤の散布によって融ける氷の量）は散布量と濃度（あるいは温度、温度が分かれば凝固点曲線から濃度は推定可能）によって決定される。ここで、散布前の路面氷膜厚が既知であれば、散布後の路面氷膜厚（＝散布前の路面氷膜厚－融水量）は算出できる。次に、路面氷膜厚と HFN に相関関係があれば、路面氷膜厚から HFN を求めることができる。路面氷膜厚と HFN に相関関係については、次項に記載する野外試験より明らかにする。

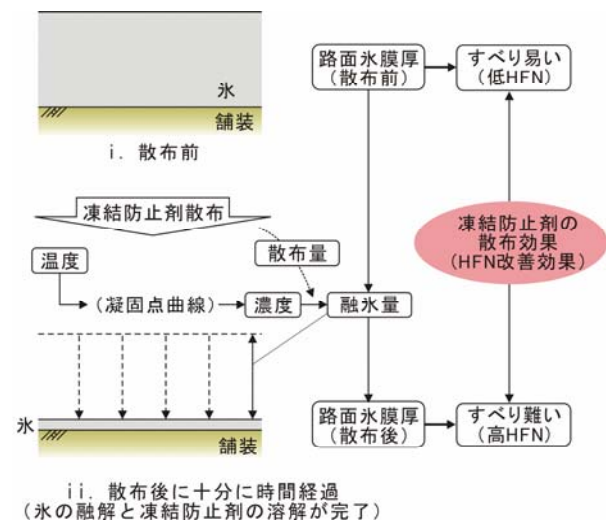


図2 HFN 推定法の概念図

3.2.2 野外走行試験の概要および結果

苫小牧寒地試験道路において、氷膜路面に凍結防止剤を散布した後、車両を走行させる野外走行試験を実施した（図3）。本試験では、すべり抵抗値および路面氷膜厚を定期的に測定した^{3), 4)}。



図3 野外走行試験の概要

3.2.3 HFNの推定の方法及と例

図4は、すべり抵抗値HFNと路面氷膜厚 H_i (mm) の関係である。

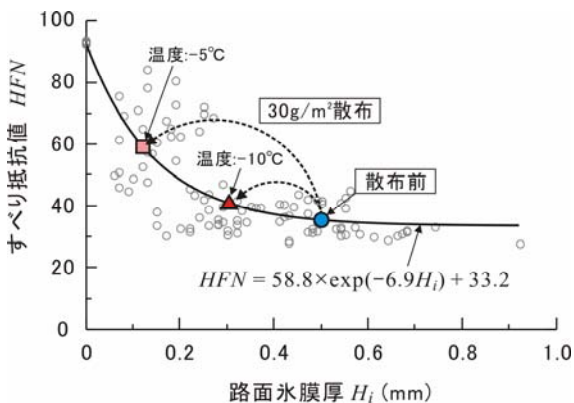


図4 すべり抵抗値と路面氷膜厚の関係

凍結防止剤散布後のHFNは、以下に示すHFNと H_i の関係式を用いて求められる。

$$HFN = 58.8 \exp\{-6.9(H_{ib} - H_{melt})\} + 33.2$$

$$H_{melt} = M_{melt} / \rho_{ice}$$

$$M_{melt} = (1 - C/C) M_{salt}$$

$$C = 0.01T(-0.02T - 1.63)$$

ここに、 H_{ib} ：凍結防止剤散布前の路面氷膜厚 (mm)、 H_{melt} ：凍結防止剤散布による融氷量 (M_{melt}) を換算した融氷厚 (mm)、 M_{melt} ：凍結防止剤散布による融氷量 (kg/m^2)、 ρ_{ice} ：氷の密度 (kg/m^3)、 C ：凍結防止剤を含む水溶液の濃度 (-)、 M_{salt} ：凍結防止剤の散布量 (kg/m^2) および T ：温度 ($^{\circ}\text{C}$ 、気温や路面温度) である。これにより、任意の温度および路面氷膜厚における凍結防止剤散布後のHFNの推定が可能となった。

例として、温度 $=-5^{\circ}\text{C}$ かいは -10°C かつ路面氷膜厚 $=0.50\text{mm}$ において、塩化ナトリウム $30\text{g}/\text{m}^2$ を散布した後のHFNの推定結果を述べる(図4)。まず、温度 $=-5^{\circ}\text{C}$ に対して塩濃度 $=0.08$ となる。次に、塩濃度と散布量が

ら計算すると、融氷量 $=0.35\text{kg}/\text{m}^2$ 、融氷厚 $=0.38\text{mm}$ となる。従って、散布後の路面氷膜厚 $=0.12\text{mm}$ となり、 $HFN=58.9$ が得られる。同様に、温度 $=-10^{\circ}\text{C}$ の場合は $HFN=40.6$ となる。

3.2.4 まとめ

本研究により、凍結防止剤散布後のHFNを推定することが可能となり、凍結防止剤の散布効果をHFNで表現できることが示された。凍結防止剤の散布効果を事前に知ることにより、より客観的で適切な凍結防止剤散布の実現が期待される。但し、現道では車両による飛散、道路勾配に伴う流出、排水性舗装であれば鉛直方向の浸透など、散布した凍結防止剤の全てが路面氷膜の融氷に作用するとは限らない。今後は、路面上の塩移動を定量的に評価するとともに、粗面系舗装への適用も考慮して本手法の実用化を目指す。

4. 散布剤や散布技術の改良、散布機械の改良も合わせた凍結路面処理技術に関する検討

4.1 機械的改良による散布技術の検討

4.1.1 機械散布の概要

すべり止め材の定着性向上を図るために、散布機械の改良によるすべり止め材と加熱水の湿式散布手法(以下、加熱水混合散布)の可能性について検討した。

検討にあたり、新たな機械を開発することは、導入コストが高額となり、実導入に向けて支障となることから、既存の散布機械を改造する方法を採用した。

加熱水混合散布の試作システムを設計し、既存の凍結防止剤散布車に搭載(以下、試作機)して動作試験を行った。

4.1.2 散布機械の改良検討

すべり止め材の定着性向上を図るため、凍結防止剤散布車に車載可能な加熱機能の検討を行った。本検討を行う際、以下の基本条件を設定した。

- ① 国内で販売されている凍結防止剤散布車に搭載可能であり、車検取得等の各種法令、法規を準拠した設計とする。
- ② 「加熱水混合散布」及び「凍結防止剤+塩化水溶液の湿式散布」の散布手法を切り替え可能とする。
- ③ 加熱する対象は水とし、すべり止め材と混合して散布できること。なお、加熱温度は 40°C 以上とする。

上記条件から、平成23年度は車載可能な加熱手法、搭載容積、配管系統等の構築方法の検討、試作機の構築及び動作確認を行った。その結果、試作機で加熱水混合散布の施工が可能であることを確認したが、実導入する

上で水循環回路の凍結対策が課題となった。よって、平成 24 年度は試作機の水循環回路に凍結対策を講じるため、水溶液タンクと加熱機器の水循環系統間に熱交換器を介し、加熱機器側の水循環系統に不凍液を循環させることで加熱機器を凍結から保護する検討を行った。

平成 25 年度は、加熱機器と熱交換器を組み合わせ、水循環回路の凍結対策を施した試作機を用いて動作試験を行った。試作機は、図 5、図 6 に示すとおり、直列系統の加熱機器 2 台に熱交換器 1 台を介して、水溶液タンク内の水を循環させて加熱する予熱方式とし、制御部を含めてユニット化した。水循環回路は、加熱機器と熱交換器間には不凍液を、水溶液タンクと熱交換器間には水を循環させ、熱交換器内で水を加熱することとした。熱交換器内で冷却された不凍液は再び加熱機器へ、加熱された水は水溶液タンクへ循環し、水溶液タンク内の水を予熱する。また、不凍液の循環時の排熱を利用して、凍結しやすい水溶液ポンプ、ストレーナを含む水循環回路を凍結から保護するため、それらを覆う保温カバーを設けた。

加熱水混合散布作業後の水循環回路内の凍結対策は、水溶液タンクから散布円盤までの散布回路及び熱交換器間の予熱循環回路の水抜き後、それらの回路に塩化水溶液又は不凍液を循環させることで完了できる。

試作機の主要水循環回路内部の温度を熱電対で測定した結果、外気温 -20°C ~ 0°C 程度の条件下では、散布円盤手前の散布回路温度は、いずれも散布開始から数秒で水溶液タンク内の温度に推移した。しかし、加熱機器を停止状態で走行した場合、水溶液タンク内の温度が1時間当たり 10°C ~ 20°C 程度低下したことから、水溶液タンク内の温度は、散布作業時間を加味した温度に設定する必要がある。

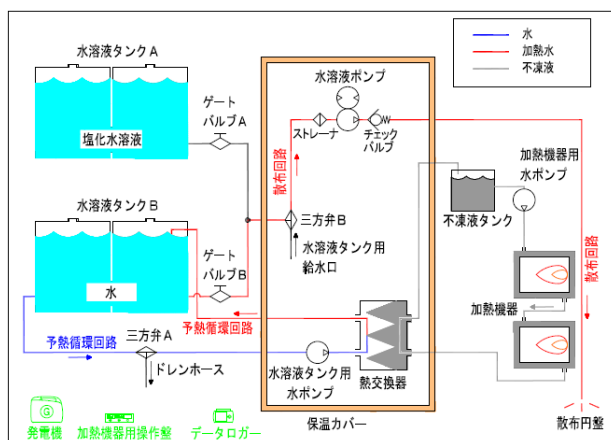


図 5 試作機の系統図

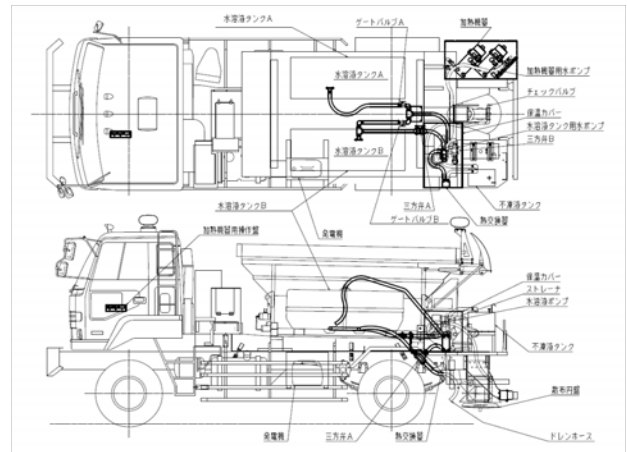


図 6 試作機の外観図

4.2 散布剤や散布技術の改良による散布技術の検討

4.2.1 既往の取り組みと課題

積雪寒冷地では、凍結路面対策として凍結防止剤の散布を行っているが、厳寒時や路面上の雪氷量が多い場合には、凍結防止剤だけでは路面のすべり抵抗値を改善させる十分な効果が得られない場合があり、7号砕石等を防滑材として散布している。

防滑材の散布手法としては、防滑材のみを散布する「乾式散布」、防滑材と凍結防止剤水溶液を混合して散布する「湿式散布」がある。湿式散布は乾式散布に比べ、路面への定着性が高く、乾式散布に比べると散布効果が持続することが知られている⁵⁾。しかし、防滑材の湿式散布を行った場合でも、車両の走行などにより防滑材が飛散し、時間の経過と共にすべり抵抗値が低下する場合がある⁶⁾。

海外においては、表 2 に示す仕様⁷⁾で加熱水混合散布が行われているが、我が国における適用性を確認するため、佐藤ら⁸⁾は、低温室内において基礎的な試験を行った。その結果、加熱水温度 20°C 、加熱水混合割合 20% の場合、90%以上の7号砕石が氷の上に定着し、温度上昇に伴い7号砕石の定着率が向上することを確認した。

表 2 海外における加熱水混合散布の主な仕様

防滑材の粒度	0~4 mm
加熱水の温度	90~95 $^{\circ}\text{C}$
加熱水の混合割合	重量比30 %
散布量	200 g/m ²

当研究所では、過年度までに苫小牧寒地試験道路において実際の散布装置、一般交通を模擬した車両等を用いた試験を行い、すべり抵抗値を用いて散布効果を評価し

た。その結果、加熱水温度 20℃の場合には車両の通行により防滑材が飛散し散布効果が低下したが、加熱水温度 40℃の場合には車両の通行がある場合でも散布効果が持続した。このことより、加熱水温度が 20℃では当該手法の効果は得られないことを確認した。しかし、40℃より高い加熱水温度や 20%以外の加熱水混合割合における散布効果は不明であった。以上のことから、本研究では加熱水温度 60℃と加熱水混合割合 30%の散布効果に関する試験を行った。以下に、試験の概要とその結果について記述する。

4.2.2 散布試験の概要

本散布試験は、加熱水の温度及び混合割合による散布効果を検証するために行った。散布試験は、平成 24 年冬期及び平成 25 年冬期に苫小牧寒地試験道路で行った。表 3 に、試験実施時における試験条件を示す。

表 3 散布試験実施時の条件

試験月日	平成24年1月17日	平成24年1月18日	平成25年1月23日	平成25年1月30日
時刻	18:30~23:47	17:49~22:54	17:56~22:38	17:31~22:30
気温(℃)	-10.4 ~ -12.3	-5.0 ~ -13.3	-6.0 ~ -12.0	-0.7 ~ -3.4
路温(℃)	-5.4 ~ -7.9	-4.0 ~ -8.3	-3.0 ~ -6.9	-1.7 ~ -4.7
散布条件	無散布	無散布	無散布	無散布
	7号砕石 150g/m ²	7号砕石 150g/m ²	7号砕石 150g/m ²	7号砕石 150g/m ²
	7号砕石+ 加熱水(40℃) 150g/m ²	7号砕石+ 加熱水(60℃) 150g/m ²	7号砕石+ 加熱水(40℃) 150g/m ²	7号砕石+ 加熱水(40℃) 150g/m ²
	加熱水割合 20%	加熱水割合 20%	加熱水割合 20%	加熱水割合 30%
	7号砕石+ 凍結防止剤水溶液 150g/m ² 水溶液割合 20%	7号砕石+ 凍結防止剤水溶液 150g/m ² 水溶液割合 20%	7号砕石+ 凍結防止剤水溶液 150g/m ² 水溶液割合 20%	7号砕石+ 凍結防止剤水溶液 150g/m ² 水溶液割合 20%

当該試験では、図 7 に示すコースレイアウトのように氷膜路面を作成し、4 区間の氷膜路面を無散布区間、7 号砕石散布区間、7 号砕石+加熱水散布区間、7 号砕石+凍結防止剤水溶液（以下、CaCl₂ 水溶液）散布区間を設定した。各区間に必要な散布材を散布した後、交通模擬車両（以下、ダミー車）を走行させ、車両の通行による影響を再現した。

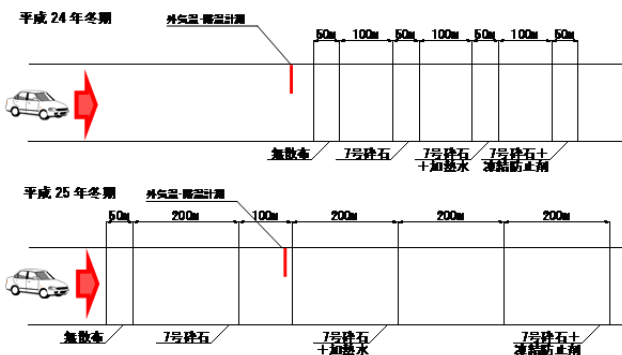


図 7 散布試験のコースレイアウト



図 8 散布試験に用いた凍結防止剤散布車

調査項目は、氷膜・散布後における路面のすべり抵抗値、時刻、気温、路温、各区間の写真撮影とした。気温及び路温は、コース上の固定点において計測した。調査のタイミングは、散布前、散布直後、ダミー車の走行 50 台毎に 300 台走行までの 8 回とした。

散布作業には、図 8 に示す凍結防止剤散布車を使用した。当該車両は、国土交通省北海道開発局で多く使用されている機種と同様の機械である。散布装置部分には、前節記述の水を加熱・保温する機構を搭載した。なお、すべり抵抗値の計測には CFT を用いた。

4.2.3 試験結果

平成 24 年冬期に実施した試験(加熱水温度 40℃・60℃)の結果を図 10、11 に示す。この図では、各区間(無散布、7 号砕石、7 号砕石+加熱水、7 号砕石+CaCl₂ 水溶液) 50m における 0.1 秒毎に計測したすべり抵抗値を箱ひげ図で示している。なお、1 月 17 日(加熱水温度 40℃)の結果を図 10 上に、1 月 18 日(加熱水温度 60℃)の結果を図 10 下に示す。

1 月 17 日の試験では、加熱水混合散布(40℃)が 50 台走行後から徐々にすべり抵抗値が低下しているが、従来の散布手法(7 号砕石、7 号砕石+CaCl₂ 水溶液)に比べて高いすべり抵抗値を示した。また、1 月 18 日の試験においても前日の試験結果と同様に加熱水混合散布(60℃)が 100 台走行後から徐々にすべり抵抗値が低下しているが、従来の散布手法(7 号砕石、7 号砕石+CaCl₂ 水溶液)に比べて高いすべり抵抗値を示した。一方、加熱水温度 40℃に対する加熱水温度 60℃のすべり抵抗値(HFN)は、各区間の平均値で-1.2~4.9 異なり、加熱水の温度によるすべり抵抗値の違いは確認できなかった。

次に、平成 25 年冬期に実施した試験結果を、図-13 に示す。この図では、各区間(無散布:50m、7 号砕石:200m、

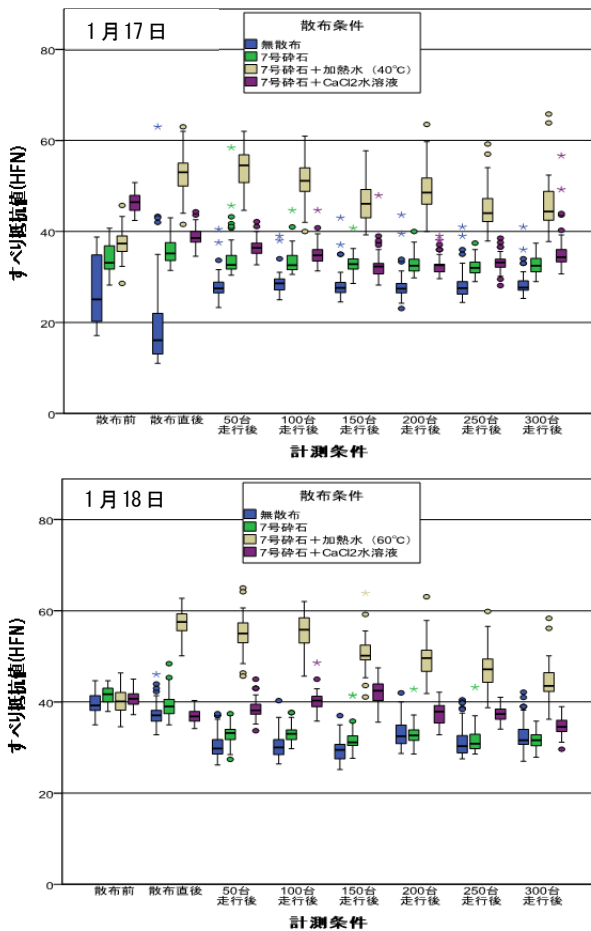


図10 平成24年冬期の結果
(上:1月17日、下:1月18日)

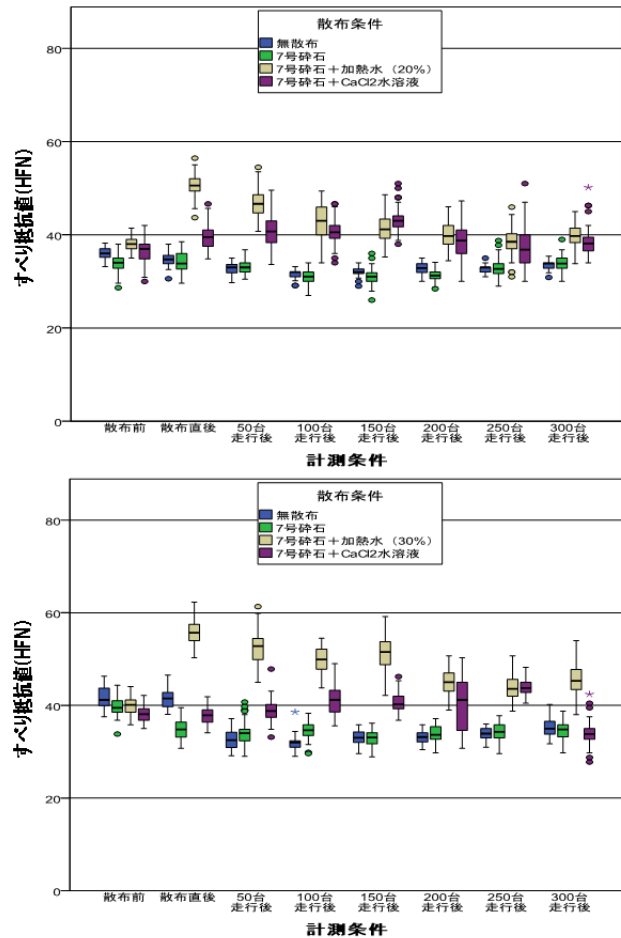


図11 平成25年冬期の結果
(上:1月23日、下:1月30日)

7号砕石+加熱水:200m、7号砕石+CaCl₂水溶液:200m)における0.1秒毎に計測したすべり抵抗値を箱ひげ図で示している。なお、1月23日(加熱水混合割合20%)の結果を図11上に、1月30日(加熱水混合割合30%)の結果を図11下に示す。

1月23日の試験では、加熱水混合散布(20%)が散布直後から徐々にすべり抵抗値が低下しており、7号砕石に比べ高いすべり抵抗値を示したが、100台走行後以降は7号砕石+CaCl₂水溶液と同等程度のすべり抵抗値を示した。また、1月30日の試験においても、前日の試験結果と同様に加熱水混合散布(30%)が散布直後から徐々にすべり抵抗値が低下しているが、7号砕石に比べ高いすべり抵抗値を示し、7号砕石+CaCl₂水溶液に対しても200台走行後及び250台走行後を除き高いすべり抵抗値を示した。

加熱水混合割合20%に対する加熱水混合割合30%のすべり抵抗値(HFN)は、各区間の平均値で5.2~9.6高く、加熱水の混合割合により散布効果の違いが現れた。

4.2.3 まとめ

以上の結果より、防滑材の加熱水混合散布は従来の散布手法に比べて高いすべり抵抗値が持続することを既往の試験結果と同様に確認した。

加熱水温度については、40℃と60℃ではすべり抵抗値に明確な差が確認できなかった。既往の試験結果を考慮すると、加熱水温度は40℃以上必要であるが、既存の凍結防止剤散布装置の改良を考慮した場合、既存の装置は高温の水に対応した設計がなされていないことや水の加熱に必要な費用等の面から加熱水温度を必要以上に高くすることは望ましくない。そのため、加熱水温度は40℃として今後の検討を進めていくことが望ましいと考える。

加熱水の混合割合については、加熱水混合割合30%の場合に高いすべり抵抗値を示したことから、加熱水混合割合が防滑材の散布効果に影響を及ぼす事を確認した。このことにより、防滑材の散布効果を高めるためには、加熱水温度に加えて加熱水の混合割合も防滑材の散布効果を左右する要素として検討を進める必要がある。

今後は、30%より高い加熱水混合割合での散布効果や圧雪など氷膜以外の各種路面状態における散布効果を含め、様々な条件下における試験・検討を計測し、防滑材の加熱水混合散布手法の確立を目指す予定である。

4.3 散布剤の改良による散布技術の検討

4.3.1 新散布剤を用いた散布試験の概要

より効果的・効率的な凍結路面処理技術を確立するため、海外で使用例のある凍結防止剤の散布効果を新たに検証した。平成25年度は、トウモロコシから製造された糖蜜（以下、コーンシュガー）（図12）の湿式剤としての有用性を調べるため散布試験を行った。試験では、苫小牧寒地試験道路に氷膜路面区間を作製し、そこに固形塩化ナトリウムと湿式剤の混合物を散布した後にHFNを計測し、散布効果を検証した。湿式剤には、コーンシュガーと塩化カルシウムの2種類の水溶液を用いた（塩化ナトリウムと湿式剤の混合比は9:1）。



図12 左：コーンシュガー、右：塩化ナトリウムとコーンシュガーの混合物

4.3.2 散布試験の結果

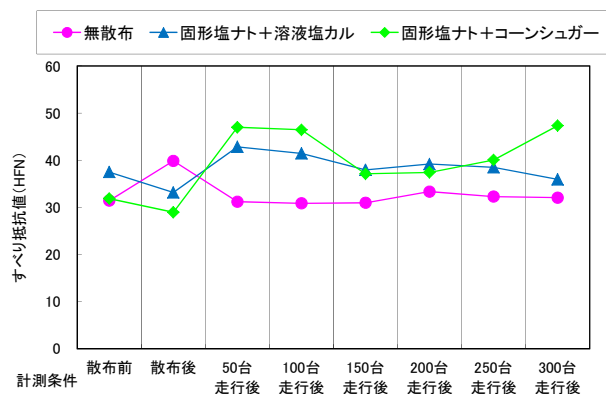


図13 散布試験結果例

図13に、散布試験結果例を示す。無散布区間のHFNは、30程度を推移した。固形塩ナト+溶液塩カルの湿式散布区間では、散布前のHFNが35程度から散布後に40程度に向上した。固形塩ナト+コーンシュガーの湿式散布区間は、散布前30程度から散布後に40~50程度に向

上した。固形塩ナト+溶液塩カルの湿式散布区間と比較して、固形塩ナト+コーンシュガーの湿式散布区間で、同等あるいはやや高いHFNで推移した。

4.3.3 まとめ

コーンシュガーを湿式剤として用いた場合、塩カル水溶液と同等以上の散布効果が得られることを確認した。他の新散布剤についても引き続き調査し、効果や実用性が期待できるものについては、散布効果検証や導入可能性を検討する予定である。

5. 今後の予定

引き続き、室内試験、苫小牧寒地試験道路での試験、実道でのデータ取得を行い、舗装種類に合致した効果的・効率的な凍結防止剤等の散布技術の提案、散布剤や散布技術の改良、散布機械の改良も合わせた凍結路面処理技術の提案に向けて研究に取り組む予定である。

参考文献

- 1) 田湯文将、武市靖、高橋尚人、田中俊輔、藤本明宏：粗面系舗装における凍結防止剤散布後の塩分および融解水の移動現象に関する研究，土木学会論文集E1（舗装工学）、Vol69, No. 3, pp. I_67-I_74, 2013.
- 2) 社団法人日本建設機械化協会、2004：2005 除雪・防雪ハンドブック（除雪編）、p. 204.
- 3) 藤本明宏、徳永ロベルト、川端優一、切石亮、高橋尚人、石田樹、2013：凍結防止剤散布路面における氷膜厚およびすべり抵抗値測定（その1）、雪氷研究大会（2013・北見）、p. 92.
- 4) 川端優一、藤本明宏、切石亮、徳永ロベルト、高橋尚人、石田樹、2013：凍結防止剤散布路面における氷膜厚およびすべり抵抗値測定（その2）、雪氷研究大会（2013・北見）、p. 252.
- 5) （社）日本建設機械化協会、2004：2005 除雪・防雪ハンドブック（除雪編）213-214
- 6) 宮本修司、森田英俊、倉内圭、阿部英樹、舟橋誠、高橋尚人、浅野基樹、2004：防滑材の再利用に関する研究、寒地土木研究所月報、No. 615, 44-49
- 7) Torigeir Vaa, 2004: Implementation of New Sanding Method in Norway, Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology, TRB Electronic Circular 63, 473-486
- 8) 佐藤圭洋、秋元清寿、宮本修司、徳永ロベルト、2009：防滑材の飛散対策に関する基礎的研究、寒地土木研究所月報、No. 675, 35-41

A STUDY ON COMPLEX ROAD SURFACE TREATMENT TECHNOLOGY FOR EFFICIENT WINTER ROAD SURFACE MANAGEMENT

Budged: Grants for operating expenses
General account

Research Period: FY2011-2016

Research Team: Cold Region Road Engineering Research Group (Traffic Engineering Research Team, Road Maintenance Research Team)
Cold Region Technology Development Coordination (Machinery Technology Research Team)

Authors: ISHIDA Tateki, KUMAGAI Masayuki, OTSUKI Toshiyuki, TAKAHASHI Naoto, MARUYAMA Kimio, TOKUNAGA Roberto, ABE Ryuji, SUMITA Noriyuki, KAWA-BATA Yuichi, KIRIISHI Makoto, FUJIMOTO Akihiro, TANAKA Shunsuke, NAKAMURA Ryuichi and MIURA Go

Abstract: In order to implement more efficient and effective measures against icy road surface is necessary to establish a spreading technology of salt and/or abrasive according to the characteristics and type of pavement. In addition to individual technologies through pavement and anti-freezing spreading, it is necessary to develop a management technology that combines spreading technology, pavement technology and machinery improvement.

In this project, to contribute in the more effective and efficient winter roadway management implementation, the authors conducted a series of studies and experiments such as non-chloride materials, new spreading methodology, spreader machine improvement, etc. to establish a complex road surface treatment technology.

Key words: snow and ice control, pavement types, agents, spreader machine