

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、寒地道路保全）技術開発調整監（寒地機械技術）
研究担当者：渡邊政義、熊谷政行、柳沢雄二、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、高田哲哉、布施浩司、中村隆一、三浦豪、岸寛人

【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ており冬期路面管理についても一層の効率化が必要とされており、凍結防止剤等の散布についても一層の削減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・効率的に凍結路面対策を行うため、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対策に限らず、薬剤散布・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・効率的な凍結路面対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。本報では、平成 23 年度の実施状況について報告する。

キーワード：凍結路面対策、舗装種類、散布剤、散布機械

1. はじめに

90 年代の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。

これまでの研究では、塩化物主体の凍結防止剤の散布試験を行ってきた。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行われてきたが、舗装種類に適した凍結防止剤散布技術は未開発である。更に、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の状態である。

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を確立し、塩化物以外の散布剤や散布技術の改良及び散布機械の改良による複合的な凍結路面処理技術を開発することで、より効果的・効率的な凍結路面対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・効率的な凍結路面対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 舗装種類毎の凍結防止剤実態及び路面状態の把握

舗装種類毎の凍結防止剤散布実態把握のケーススタディとして、一般国道 230 号の排水性舗装が多い区間及び密粒度舗装が多い区間の凍結防止剤散布実態について調べた。その結果、気象条件や地形条件（例：標高）は異なるが、当該路線における凍結防止剤散布量は、粗面系舗装が多い区間（札幌都心側）より密粒度舗装区間（中山峠側）の方が多事が判った。

現道の舗装種類毎のすべり抵抗値（以下、HFN）を比較するため、平成 21 年度および 22 年度に行った一般国道 230 号におけるすべり抵抗モニタリング結果のデータから、当路線の排水性舗装施工箇所と一般舗装（細密粒

度アスコン) 箇所における HFN を比較し分析を行った。

試験の測定頻度は平成 21 年度に 42 日間、平成 22 年度に 45 日間行っており、一日当たりの測定回数は 4～8 回行った。

その結果、排水性舗装箇所の HFN は一般舗装よりも高い傾向にあることが確認された (図-1)。

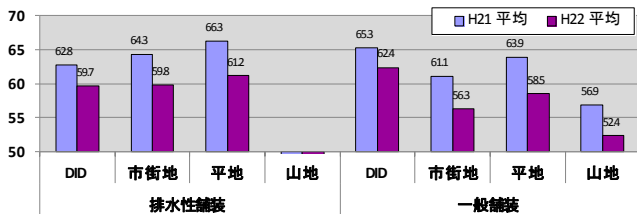


図-1 排水性舗装と一般舗装のすべり抵抗値の比較

3.2 舗装種類毎の適切な散布技術に関する試験

(1) 試験方法

舗装種類毎の凍結防止剤の散布効果を検証するため苦小牧寒地試験道路に施工している特殊舗装「密粒度アスコン、機能性 SMA、排水性舗装 17%、排水性舗装 20%」区間において、バス型すべり測定試験車および連続路面すべり抵抗値測定装置 (Continuous Friction Tester: CFT) を用いた HFN の測定および凍結防止剤の残分量測定試験を行った。

試験条件は各延長 100m の特殊舗装区間のうち起点から 50m ずつ散水車を用いて氷膜路面 (厚さ 0.5~1.0mm) (写真-1) を作製し、凍結防止剤を 20g/m² の量で散布した状態で交通模擬車両 (以下、ダミー車) を走らせて試験を行った。

測定頻度は「散水前、散水前 (凍結後)、散布直後、ダミー車の累計 50 台、100 台、150 台、200 台、250 台、300 台走行」を 1 サイクル (1 日) としたものを 6 サイクル (6 日) 行った。



写真-1 凍結路面状況

(左: 密粒度アスコン 右: 機能性 SMA)

(2) 試験結果

特殊舗装別の HFN と温度の時間変化の結果を図-2 に示す。各舗装を比較すると凍結防止剤の散布前は各舗装体とも 40 前後の HFN になっているが、機能性 SMA

や排水性舗装などの粗面系舗装については、凍結防止剤散布後、ダミー車の走行台数が増えるに従って、HFN が高くなっていく傾向が確認された。一方、密粒度アスコンについては、HFN はダミー車の走行台数が増えてもあまり高くない傾向が見られた。

次に、凍結防止剤を採取した残分量の測定結果を図-3 に示す。その結果、機能性 SMA や排水性舗装 17% などの粗面系舗装については、密粒度アスコンよりも残分量が多く、凍結防止剤の飛散が少ない状況が確認された。

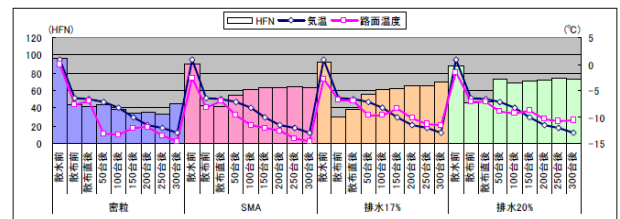


図-2 舗装種類別の HFN と温度の時間変化

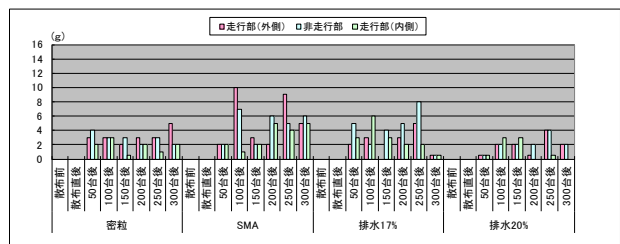


図-3 舗装種類別の凍結防止剤の残分量

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

凍結防止剤散布量及び舗装材の違いによる散布効果の把握を目的に、苦小牧寒地試験道路において散布試験を行った。

試験薬剤に塩化ナトリウム+塩化カルシウム水溶液 (湿式散布) を用いて、路面温度-11℃~-4.9℃の低温条件において事後散布を実施し、凍結防止剤散布量や舗装材の違いを踏まえた散布効果について検証した。

低温条件における凍結防止剤散布試験の結果は、凍結防止剤の散布量 (20~60g/m²) に関係なく、路面状態が改善されないことを確認した (図-4)。他方、舗装材の違いによる凍結防止剤散布試験の結果からは、低温条件下でも密粒度舗装と排水性舗装 (空隙率 20%) を比較した場合、排水性舗装における HFN の上昇及び持続性を確認した (図-5)。

以上のことから、低温条件の下で路面のすべり抵抗を改善するためには凍結防止剤散布のみでは難しく、舗装材と凍結防止剤の組み合わせ、又は、すべり止め材の散

布による HFN の改善方法が考えられる。

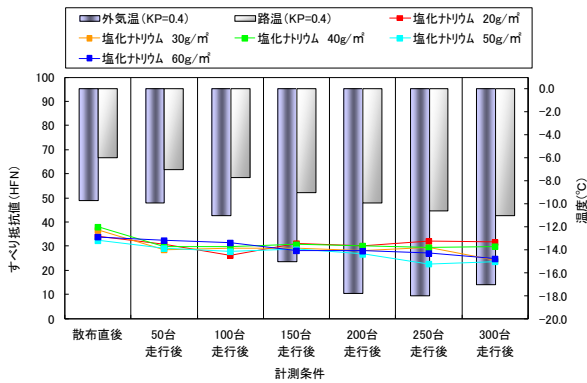


図-4 低温時における凍結防止剤散布試験の結果例 (散布量別)

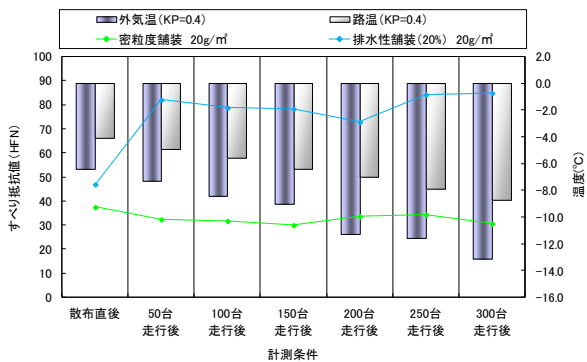


図-5 低温時における凍結防止剤散布試験の結果例 (舗装材料別)

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。

新たな機械を開発することは、導入コストが高額となり、実務への導入に向けて支障となることから、既存の散布機械に改造を行うという方法を採用した。

加熱機器を用いた試作システム(以下、試作機)を既存の凍結防止剤散布車に搭載し、動作試験を行った。

4.1.2 散布機械の改良検討

平成23年度は、すべり止め材の定着性向上を目的に、加熱水混合散布の適用可能性を検証するため、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。

検討する上で以下に示す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であること。

- ② 凍結防止剤散布車の機能に悪影響を及ぼさないこと。
 - ③ 加熱する対象は真水とし、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℃以上とする。
 - ④ 「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こと。
- 以上の条件から、加熱の検討は、燃焼による手法、電熱による手法、化学反応による手法等を行ったが、求める熱量が確保できるのは燃焼式のみであった。この燃焼式加熱手法について、凍結防止剤散布車に搭載可能な空間及び積載量が確保でき、かつ車載での使用を可能とする仕様を選定した。

選定した加熱機器を基本に、既存の凍結防止剤散布車に加熱散布システムを構築した。試作したシステムは、1台の加熱機器では求める熱量が確保できないため、複数台の機器をユニット化した。ユニット化するにあたり、システム試作用に改良した凍結防止剤散布車(以下、試作機)を用いて、直列・並列の配管系統、予熱・散布直前加熱等の構築方法を検討し、加熱に要する時間、散布直前までの熱損失を確認した。

加熱時間は、加熱機器を直列と並列にした場合のそれぞれで確認した。加熱方法は、真水を加熱循環させる予熱方式を採用した。結果、直列・並列共に大きな差異は認められず、水溶液タンクの加熱水温度を40℃にする場合、加熱器1台で約50分、2台で約30分、3台で約20分、加熱水温度を60℃にする場合、1台で約120分、2台で約45分、3台で約30分だった。散布直前加熱は一定の散布流量が得られない場合、加熱機器の安全装置による自動停止が確認されたため、本検討では不採用とした。また、直列、並列の予熱試験における熱効率は差異がなかったが、直列は系統を簡素、安価にできるが不具合が生じた場合の代償が大きい。並列は系統が直列に比べ複雑になるが不具合が生じた場合、回路が複数ある分代償が小さくなる。このことから確実性を期すため本検討では並列を採用した。

加熱水の熱損失は、散布経路の水温を熱電対で測定し確認した。測定箇所は、主要部である水溶液タンク内、水溶液ポンプ直前、路面に散布される出口部分である散布円盤直前とした。水溶液タンク内は熱対流が起るため水溶液タンク内の底部前方、後方及び加熱機器からの循環部の3点の計5点とした(図-6)。

水溶液タンクの加熱水温度を40℃及び60℃で測定した結果、外気温-5℃程度の場合、水溶液タンクから散布円盤直前まで両条件共に5℃程度の温度低下が確認できた。このことから、散布したい温度に対して水溶液タ

ンクの加熱水は5℃以上高い温度を保つ必要がある。

以上の検討から、平成 23 年度は、加熱機器 3 台を並列系統に加熱循環させる予熱方式にてユニット化し、制御部を含めたシステムを試作した。

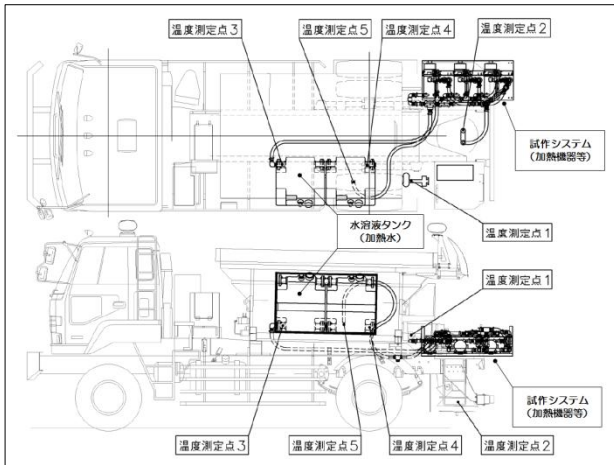


図-6 試作機外観図

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 海外事例

すべり止め材の加熱水混合散布は、1997 年からノルウェー公共道路庁が実施した「Winter Friction Project in Norway」と名付けられた研究の成果として開発された²⁾。写真-2 にスウェーデン製の試作機を、表-1 にノルウェーにおける加熱水混合散布の主な仕様について示す。当該手法は、従来の砂を乾式散布する手法に比べ、HFN の改善効果が高く、乾式散布に比べて、10~20 倍散布効果が持続し、すべり止め材の使用量が 40~50% 削減できる可能性があるとして報告された。加熱水混合散布はカナダのオンタリオ州においても試験が行われ、少なくとも 1 日は散布効果が持続することが確認された³⁾。



写真-2 スウェーデン製試作機

表-1 ノルウェーにおける加熱水混合散布の仕様

すべり止め材の粒度	0~4 mm
加熱水の温度	90~95 ℃
加熱水の混合割合	重量比 30 %
散布量	200 g/m ²

4.2.2 国内における既往研究

すべり止め材の定着性について、宮本ら⁴⁾が碎石をすべり止め材として使用した試験を行った。その結果、乾式散布は、散布したすべり止め材が飛散し、散布効果が持続しなかったが、湿式散布は、乾式散布に比べ散布効果の持続性を高める効果があることを確認した。

佐藤ら⁵⁾は、すべり止め材として焼砂及び 7 号碎石を用いた加熱水混合散布試験を行った。その結果、加熱水温度が 20℃以上ですべり止め材の定着率が 90%以上となることを確認した。また、加熱水の混合割合は、焼砂を使用した場合では約 30%必要だったのに対し、7 号碎石を使用した場合では約 20%で同程度の定着率を得られることを確認した。しかし、水の加熱、散布手法の確立及び走行車両の影響等を考慮した試験を実施し、さらなる検証が必要であるとの課題も指摘した。

4.3 試験道路における散布技術の効果検証

4.3.1 試験方法

試験方法は、図-7 に示すとおり、試験道路の直線区間に散水車による散水を行い、日没後の気温の低下を利用して、延長 50m の氷膜路面を 4 区間作製した。作製した氷膜路面 4 区間のうち、3 区間にはすべり止め材単体(以下、7 号碎石)、7 号碎石+加熱水(40℃及び 60℃)、7 号碎石+塩化水溶液(以下、CaCl₂水溶液)とし、比較用に、散布を行わない区間を設けた。

散布は、試作機を用いて各種設定条件に合わせた作業を行った(写真-3、図-8)。

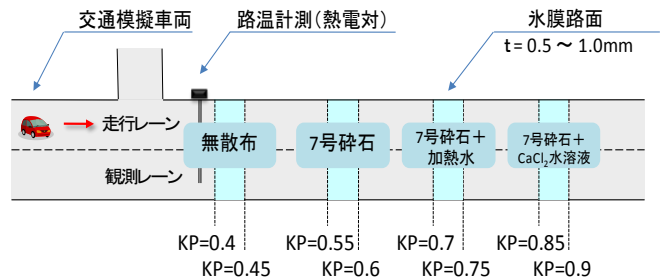


図-7 試験コースレイアウト



写真-3 試作機による散布状況

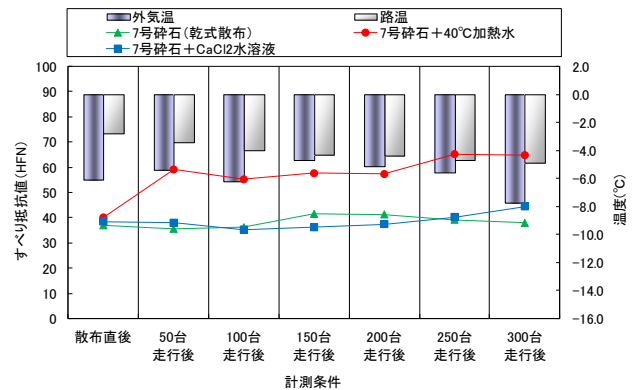


図-9 加熱水温度 40°Cにおける試験結果

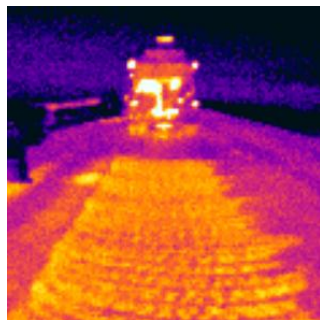


図-8 加熱水混合散布の温度分布イメージ

測定項目は、氷膜路面の HFN、気温、路温とした。気温及び路温は $KP=0.4$ 地点において測定した。なお、各種測定は、散布直後、ダミー車 50 台通過毎に 300 台通過後まで行った。

加熱水温度 40°C の場合における試験結果を図-9 に示す。加熱水温度が 40°C の場合は、ダミー車 300 台走行後も高い HFN を保持し、散布効果とその持続性を確認した。加熱水温度が 60°C の場合においても、他の散布手法に比べて高い HFN を保持しており、本試験条件下では、加熱水混合散布手法の有効性を示す結果となった。

また、本試験において、乾式散布、湿式散布（湿式剤に CaCl_2 水溶液を使用）、加熱水混合散布（湿式剤として加熱水を使用）を試験対象としたが、湿式剤に CaCl_2 水溶液を使用した場合、乾式散布と散布効果の差は見られない結果となった。

今回の試験結果は、加熱水混合散布の優位性を示すだけでなく、現在、湿式剤として使用されている CaCl_2 水溶液の使用条件を見直す必要がある可能性を示唆しており、本研究での検討課題としたい。

5. まとめと今後の課題

平成 23 年度は、舗装種類毎の散布実態及び路面状態

の把握を行い、凍結防止剤散布車を改良し加熱水混合散布の試験を行った。

今後は、舗装種類別の凍結防止剤散布後の拡散状況や効果の持続性、散布時期（事前散布、事後散布）の影響などを確認する予定である。また、様々な路面状態や気象条件下におけるすべり止め材と加熱水の混合散布手法について更なる検討を進め、現道における試験を含め散布効果を確認する予定である。それと並行して、散布機械のシステム構成、操作性、メンテナンス性等の課題を解消し、道路管理者へ車載式加熱散布システムを提案する。それらにより、凍結防止剤やすべり止め材の効果的・効率的な散布手法を明らかにする所存である。

参考文献

- 1) 高田哲哉、徳永ロベルト、高橋尚人、2009：冬期交通事故の発生要因に関する基礎的分析、第 25 回寒地技術論文・報告集 vol.25、pp.311-314
- 2) 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
- 3) Max Perchanok、Liping Fu、Feng Feng、Taimur Usman、Heather McClintok、Jim Young、Kevin Fleming、2010：Sustainable Winter Sanding with Pre-wetting、2010 Annual Conference of the Transportation Association of Canada
- 4) 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

- 5) 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

Budgeted: 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: WATANABE Masayoshi, TAKAHASHI Naoto, TOKUNAGA Roberto, KAWA-BATA Yuichi, KIRIISHI Makoto, TAKADA Tetsuya, KUMAGAI Masayuki, MARUYAMA Kimio, ABE Ryuji, FUSE Hiroshi, YANAGISAWA Yuji, SUMITA Noriyuki, NAKAMURA Ryuichi, MIURA Go, KISHI Norihito

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