平成23年度

効率的な防滑材散布手法に関する研究

（独）土木研究所寒地土木研究所　寒地交通チーム　　○切石　　亮
（独）土木研究所寒地土木研究所　寒地交通チーム　　徳永　ロベルト
（独）土木研究所寒地土木研究所　寒地機械技術チーム　中村　　隆一

厳寒時の冬期路面管理では、凍結防止剤の散布効果が低下するため、防滑材を散布している。しかし、散布した防滑材は車両の走行等により飛散してしまうことがある。海外では、防滑材に加熱水を混合して散布する事例があり、その効果が報告されている。本研究では、我が国における当該手法の適用可能性を検証するため、氷膜路面での散布試験を実施した。試験の結果、当該手法の有効性とともに、加熱水の温度によって効果が異なることを確認した。

キーワード：冬期路面管理、防滑材、散布、加熱水

1. はじめに

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[1)]。その様な場合には、砕石などを防滑材として散布している[2)3)]。

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[4)]。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[4)]。

そのため、当研究所では、苫小牧寒地試験道路において、実際の道路環境に近い条件で、加熱水を用いた防滑材の散布手法[5)]（以下、加熱水混合散布）の有効性を検証するための散布試験を行った。本稿では平成22年度冬期に実施した加熱水混合散布試験の概要とその結果について述べる。

2. 既往研究

(1) 海外事例

防滑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[5)]。**写真-1**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、すべり抵抗値の改善効果が高く、乾式散布に比べて、10～20倍散布効果が持続し、防滑材の使用量が40～50%削減できる可能性があると報告された。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[6)]。

写真-1　スウェーデン製試作機

表-1　ノルウェーにおける過熱水混合散布の仕様

防滑材の粒度	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

(2) 国内における既往研究

防滑材の定着性について、宮本ら[4)]が砕石を防滑材として使用した試験を行った。その結果、乾式散布は、散布した防滑材が飛散し、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[7)]は、防滑材として焼砂及び７号砕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℃以上で防滑材の定着率が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号砕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。

そこで、本研究では、既往研究を踏まえ、実際の道路に近い状況で、加熱水混合散布による防滑材の散布効果を検証するため試験を行った。

3. 散布試験

(1) 試験概要

試験は、当研究所所有の苫小牧寒地試験道路で行った。**表-2**に、各試験日における試験条件を示す。

(2) 試験方法

試験方法は、**図-1**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、二車線分の氷膜路面（厚さ0.5～1.0mm）を４区間作製した。また、作製した４区間のうち、３区間には防滑材単体（以下、７号砕石）、７号砕石＋加熱水（20℃及び40℃）、７号砕石＋凍結防止剤水溶液（以下、$CaCl_2$水溶液）とし、比較用に、散布を行わない区間を設けた。

二車線分の氷膜路面では、左側車線を走行レーンとして交通模擬車両（以下、走行車両）を走行させ、右側車線を観測レーンとし、走行車両による影響の有無を確認した。測定項目は、氷膜路面のすべり抵抗値、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、走行車両50台通過毎に300台通過後まで行った。

(3) 試験装置

加熱水混合散布作業は、**写真-2**に示す凍結防止剤散布車を使用して行った。なお、凍結防止剤散布車には、液体を加熱する装置が搭載されていないため、**写真-3**に示すように、別途作製した加熱水を凍結防止剤散布車の水溶液タンクに注水し、散布作業を行った。

すべり抵抗値は、**写真-4**に示す連続路面すべり抵抗値測定装置[8]（以下、CFT）を用いて計測を行った。CFTで計測するすべり抵抗値は、当該装置の開発者が独自に設定したHFN（Halliday Friction Number）と呼ばれる値で、すべりにくい路面ほど高い値を示し、すべり易い路面ほど低い値を示す。既往の研究からHFN=60はすべり摩擦係数0.35の路面状態、HFN=35はすべり摩擦係数0.15の路面状態に相当することが判っている[9]。

表-2　試験条件

試験月日	2011年2月1日	2011年2月2日	2011年2月3日
時　刻	17:51～22:37	18:33～23:15	19:04～23:42
天　候	晴一時雪	晴	晴
気温(℃)	−13.9 ～ −6.9	−7.4 ～ −1.9	−7.7 ～ −4.0
路温(℃)	−8.0 ～ −2.8	−3.3 ～ −2.3	−5.0 ～ −1.6
散布条件	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＋加熱水(40℃) 150g/m^2 加熱水割合　20%	7号砕石＋加熱水(20℃) 150g/m^2 加熱水割合　20%	7号砕石＋加熱水(40℃) 150g/m^2 加熱水割合　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%

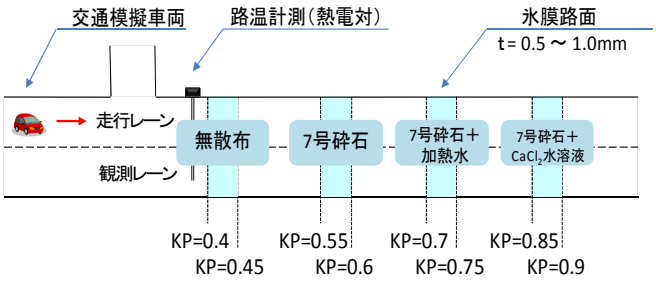

図-1　試験コースレイアウト

写真-2　凍結防止剤散布車

写真-3　加熱水作製状況

写真-4　連続路面すべり抵抗値測定装置(CFT)

(4) 試験結果

a) ２月１日の試験結果（加熱水温度40℃）

図-2 に、試験結果を示す。走行レーンでは、７号砕石、７号砕石＋CaCl2 水溶液での HFN は、散布直後ではそれぞれ約 50、約 60 だったが、50 台走行後、100 台走行後には無散布区間より低い HFN を示した。150 台通過後以降は HFN が 40 前後で推移し、無散布区間と同程度の HFN を示した。一方、７号砕石＋加熱水温度 40℃は、散布直後は HFN が約 50 だったが、走行車両 50 台通過後以降は HFN が 55 以上を保持した。

観測レーンでは、７号砕石、７号砕石＋CaCl2 水溶液の HFN は散布直後には約 45 だった。その後 HFN は約 30～40 で、無散布区間と同程度の HFN で推移した。一方、７号砕石＋加熱水温度 40℃は、散布直後から試験終了まで HFN が 55 以上を保持した。

b) ２月２日の試験結果（加熱水温度20℃）

図-3 に、試験結果を示す。走行レーンでは、全ての散布区間において、散布直後の HFN は 45 以下で、その後も HFN の上昇は認められず、無散布区間と同程度の HFN で推移した。

観測レーンでは、７号砕石、７号砕石＋CaCl2 水溶液散布区間での HFN は、散布直後から走行車両 300 台通過後まで約 45～50 の間で推移した。観測レーンでも７号砕石、７号砕石＋CaCl2 水溶液散布区間では HFN の上昇が認められず、無散布区間と同程度の HFN で推移した。一方、７号砕石＋加熱水温度 20℃での HFN は、散布直後は約 45 であったが、走行車両 50 台通過後以降は HFN が上昇し試験終了まで HFN が 60 以上を保持した。

c) ２月３日の試験結果（加熱水温度 40℃）

図-4 に、試験結果を示す。走行レーンでは、７号砕石、７号砕石＋CaCl2 水溶液は、散布直後から走行車両 300 台通過後まで、HFN が 35～45 の間で推移した。HFN の上昇は認められず、無散布区間と同程度かそれ以下の HFN を示した。一方、７号砕石＋加熱水 40℃は、散布直後

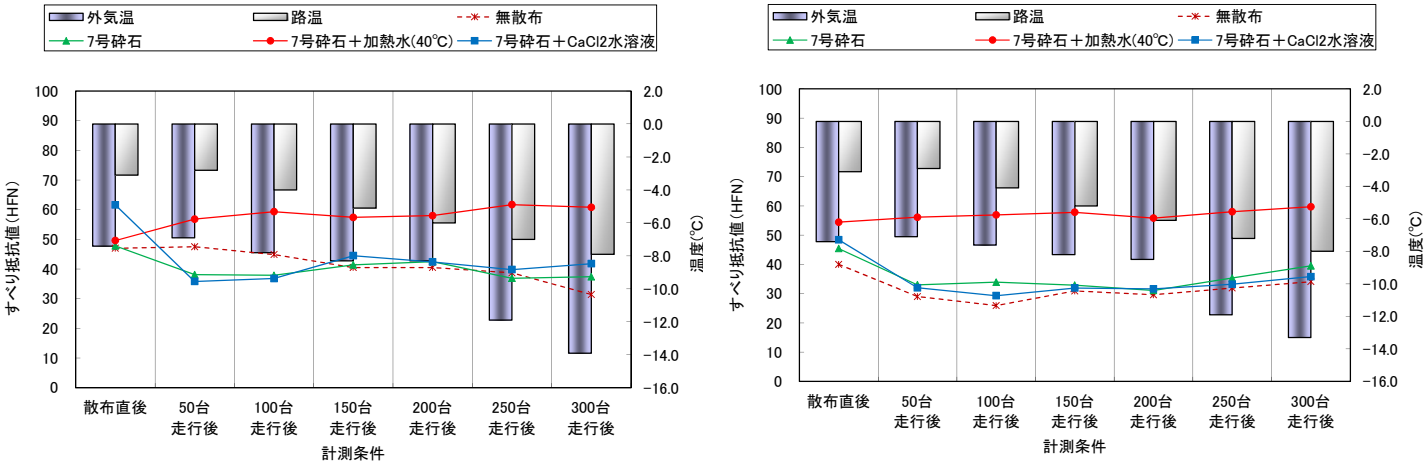

図-2　２月１日の試験結果（加熱水温度 40℃）　左：走行レーン、右：観測レーン

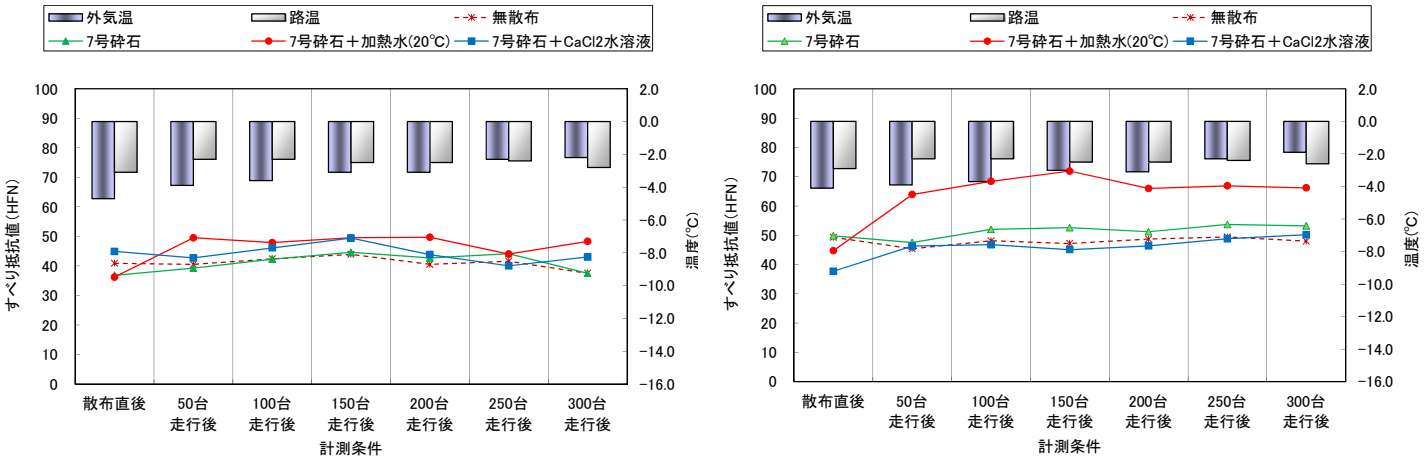

図-3　２月２日の試験結果（加熱水温度 20℃）　左：走行レーン、右：観測レーン

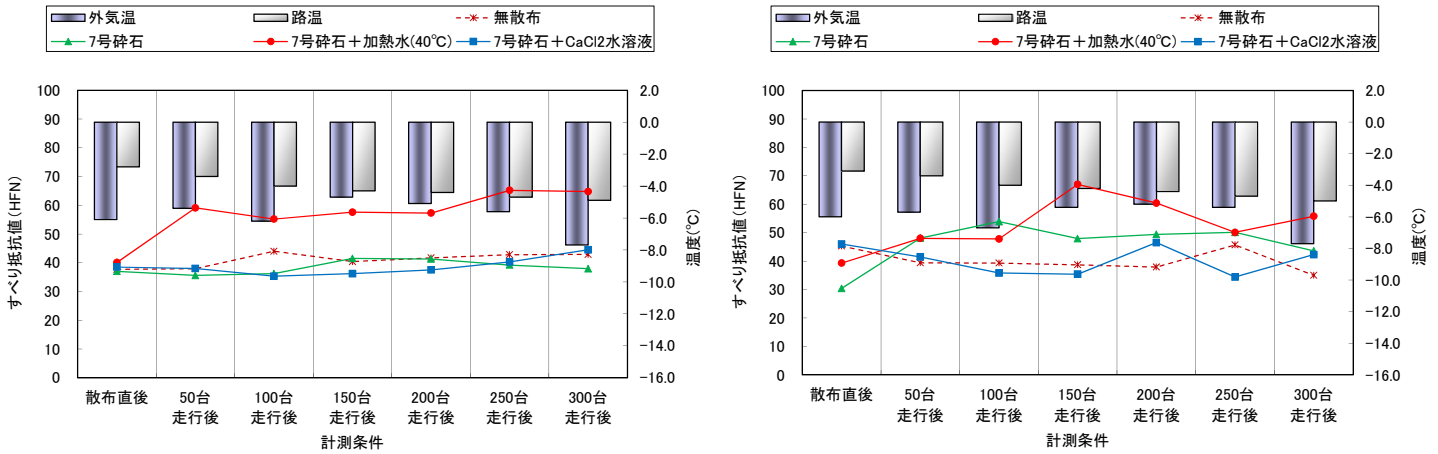

図-4　２月３日の試験結果（加熱水温度 40℃）　左：走行レーン、右：観測レーン

は HFN が約 40 だったが、走行車両 50 台通過後以降は HFN が上昇し、走行車両 300 台通過後まで HFN が 55 以上を保持した。

観測レーンでは、７号砕石のHFNは、散布直後が約30だったが、走行車両50台通過後以降は約45～55の間で推移した。７号砕石＋$CaCl_2$水溶液のHFNは、散布直後約45だったが、走行車両50台通過後以降はHFNが35～50の間で推移し、HFNの上昇は認められなかった。7号砕石＋加熱水40℃のHFNは、散布直後が約40だったが、走行車両50台、100台、250台通過後のHFNは約50、走行車両150台通過後のHFNが約70と、大きく値が変動した。この日の観測レーンの試験結果では、各散布手法でHFNが大きく変動している。この原因としては、散布量や路面状態が均一でなかった可能性があると考えられる。

4.　まとめと今後の課題

本研究で行った試験結果から、加熱水混合散布の有効性を確認した。なお、加熱水温度が 20℃では、走行車両がない場合は従来の散布手法より高い散布効果を示したが、走行車両がある場合は従来の散布手法と同程度の HFN を示した。加熱水温度が 40℃では、走行車両がある場合においても従来の散布手法より高い散布効果を示したことから、加熱水温度が高いほど防滑材の路面定着が強くなる可能性がある。よって、加熱水混合散布では、従来の散布手法に比べて高い散布効果が長時間持続し、散布回数を減らすなど防滑材散布の効率化が期待できる（**図-5**）。

しかし、我が国で市販されている凍結防止剤散布車を使用して加熱水混合散布を行うためには、既存の凍結防止剤散布車に加熱機構を付加する必要があり、加熱水温度が高いほどコスト増につながる懸念がある。よって、散布車の改造コストも考慮して加熱機構の検討を行うとともに北海道の交通条件や気象条件に適合した加熱水温度、加熱水の混合割合を見出す必要があり、それらについては今後の研究課題としたい。

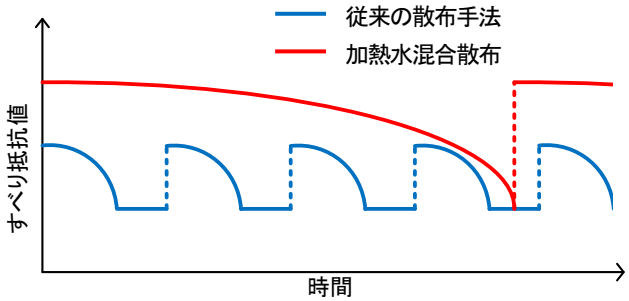

図-5　防滑材散布効果の概念図

なお、本研究の試験結果では、氷膜路面に対して従来の散布手法で防滑材を散布しても無散布と同程度の HFN で推移する結果となり、氷膜路面に対する防滑材散布の有効性に疑問の残る結果となった。そのため、有効な氷膜路面対策の確立の観点からも加熱水混合散布の早期確立を目指す所存である。

参考文献

1) 大日向昭彦、髙田哲哉、徳永ロベルト、2011：凍結防止剤の散布手法に関する基礎的研究、第 54 回（平成 22 年度）北海道開発技術研究発表会
2) 北海道開発局、1997：冬期路面管理マニュアル(案)
3) (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
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) 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
6) 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

7) 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
8) 舟橋誠、徳永ロベルト、浅野基樹、2007：連続路面すべり抵抗値測定装置（RT3）の導入について、寒地土木研究所月報、No.651、40-47
9) 切石亮、徳永ロベルト、高橋尚人、2011：冬期路面状態評価手法の比較試験について、寒地土木研究所月報、No.702、50-55