冬期路面管理における防滑材の定着性向上に関する研究

切石亮，大日向昭彦，徳永ロベルト，高橋尚人，
中村隆一（(独）土木研究所寒地土木研究所））

１．はじめに

積雪寒冷な地域では，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（大日向ら，2011）[1]．そのような場合には，砕石などをすべり止め材（以下，防滑材）として散布している（北海道開発局，1997）[2]（(社）日本建設機械化協会，2004）[3]．

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防滑材の散布効果が持続し路面への定着性が高い．しかしながら，防滑材の湿式散布を行った場合でも，十分な定着性が得られず車両の走行等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（宮本ら，2004）[4]．そのような中，海外では防滑材の定着性を向上させる新たな散布手法として，防滑材に加熱した水を混合して散布する手法（以下，加熱水混合散布）が開発された（Vaa ら，2004）[5]．佐藤ら（2009）[6]は，加熱水混合散布の我が国における冬期路面管理への適用可能性を検討するため，基礎的な室内試験を行い加熱水混合散布の有効性を確認した．

筆者らは，佐藤らが行った室内試験の結果及び課題を踏まえ，実際の道路環境に近い条件で当該散布手法の散布試験を行った．本報では，その概要と結果について報告する．

２．本研究の背景

2.1 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プロジェクトの成果として開発された[5]．図-1 にスウェーデン製の試作機を，表-1 に当該手法における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，少なくても 1 日は散布効果が持続することが確認された（Perchanok ら，2010）[7]．

図-1　スウェーデン製試作機[5]

表-1　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 ℃
加熱水の混合割合	重量比30 %
散布量	200 g/m^2

2.2 国内における既往研究

防滑材の定着性については，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

Copyright © 2011 （社） 日本雪氷学会北海道支部

は散布した防滑材が飛散し路面へ定着しなかったが，湿式散布は，防滑材の定着性向上について一定の効果があることを確認した．

佐藤らは[6)],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%必要であったのに対し，7号砕石を使用した場合では約20%で同程度の定着率が得られる事を確認した．しかし，水の加熱・散布手法の確立や，走行車両の影響等を考慮した試験を実施し，更なる検証が必要であるとの課題も示した．

そこで，本研究では，佐藤らの試験結果及び課題を踏まえ，実際の道路に近い状況で，加熱水混合散布による定着性向上の効果を検証するため試験を行った．

３．防滑材散布試験

3.1 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．各試験日における試験条件については表-2に示す．

3.2 試験方法

試験方法は，コース上に延長50m，2車線分の氷膜路面を100mの間隔を空けて4区間作製した(図-2).氷膜路面は，舗装路面上に水膜を作製し，水膜が自然凍結した路面である.4区間の氷膜路面は，無散布，7号砕石（図-3），7号砕石＋加熱水,7号砕石＋凍結防止剤水溶液（以下，$CaCl_2$水溶液）とした．

2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，ダミー車）を走行させ，右側車線を観測レーンとして走行車両の有無による散布効果の違いを調査した．

調査項目は，氷膜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KP=0.4地点において計測した．調査のタイミングは，散水前，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9回で，それぞれの回で走行レーンと観測レーンの調査を行った．

3.3 試験装置

散布作業は図-4に示す凍結防止剤散布車を使用して散布作業を行った．なお，凍結防止剤散布車には，液体を加熱する機構が設けられていないため，

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%

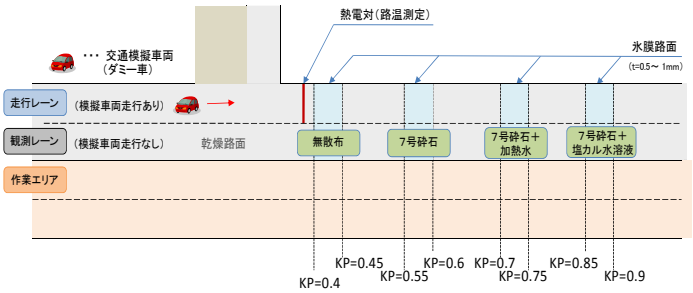

図-2　試験コースレイアウト

図-3　7号砕石

図-4　凍結防止剤散布車（4.0m^{3}級，湿式）

Copyright © 2011(社)日本雪氷学会北海道支部

図-5 に示すように別途作製した加熱水を凍結防止剤散布車に投入し加熱水混合散布を行った．

すべり抵抗値は図-6 に示す連続路面すべり抵抗値測定装置（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，HFN と呼ぶ独自の値で，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．

図-5　加熱水作製状況

図-6　連続路面すべり抵抗値測定装置（CFT）

3.4 試験結果

(1)2 月 1 日の試験結果（加熱水温度 40℃）

走行レーン（図-7）では，7 号砕石，7 号砕石＋$CaCl_2$水溶液は，散布直後にすべり抵抗値が上昇したが，ダミー車 50 台走行後以降はすべり抵抗値が低下した．一方，7 号砕石＋加熱水 40℃は，散布直後一時的にすべり抵抗値が低下したが，ダミー車 50 台走行後以降は HFN56 以上を保持し，加熱水（40℃）混合による防滑材の定着性向上を確認した．

(2)2 月 2 日の試験結果（加熱水温度 20℃）

走行レーン（図-8）では，全ての散布条件において，散布後すべり抵抗値の上昇を明確に確認できず，防滑材の定着性向上は確認できなかった．

一方，観測レーン（図-9）では 7 号砕石，7 号砕石＋$CaCl_2$水溶液は，すべり抵抗値は上昇しなかったが，7 号砕石＋加熱水 20℃は，散布直後一時的にすべり抵抗値が低下しダミー車 50 台走行後以降は HFN60 以上を保持し，走行車両のない場合は，加熱水（20℃）混合による防滑材の定着性向上が確認できた．

(3)2 月 3 日の試験結果（加熱水温度 40℃）

走行レーン（図-10）では，7 号砕石，7 号砕石＋$CaCl_2$水溶液は，散布後すべり抵抗値は上昇しなかった．7 号砕石＋加熱水 40℃は，散布直後一時的にすべり抵抗値が低下したが，ダミー車 50 台走行後以降 HFN55 以上を保持した．このことから，2 月 1 日の試験時と同様，加熱水（40℃）混合による防滑材の定着性向上を確認できた．

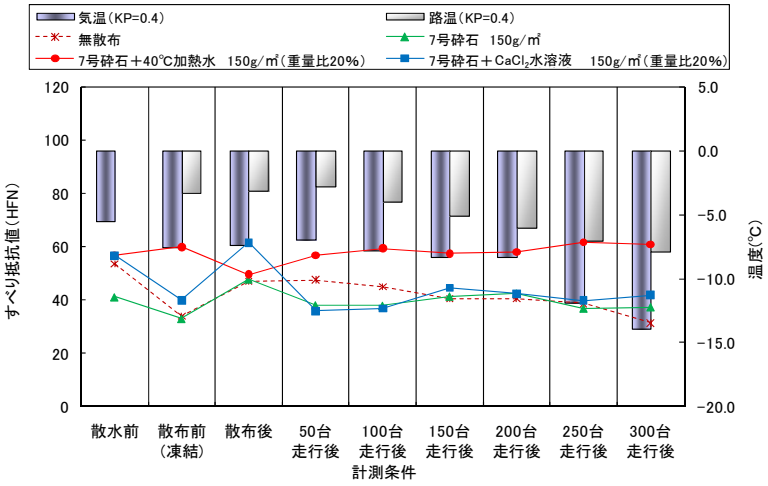

図-7　2 月 1 日の試験結果（走行レーン）

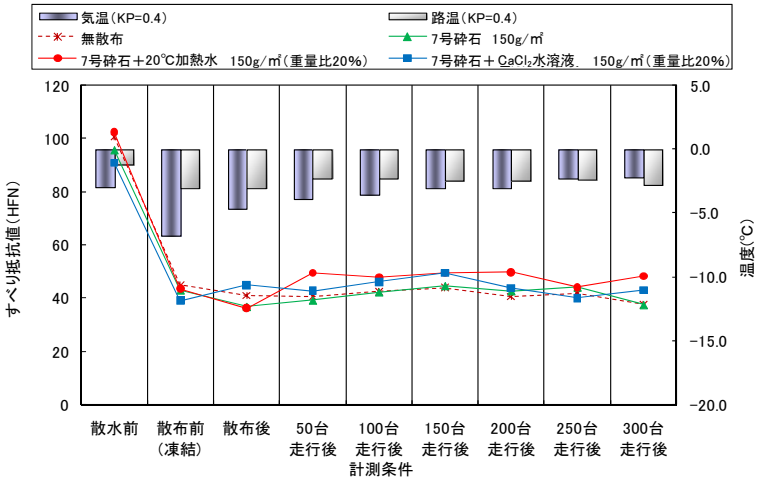

図-8　2 月 2 日の試験結果（走行レーン）

Copyright © 2011 （社） 日本雪氷学会北海道支部

4．まとめと今後の展望

本研究結果より，防滑材に 7 号砕石を用いた加熱水混合散布は，加熱水温度 20℃では，走行車両の影響により防滑材が飛散する事が確認できた．一方，加熱水温度 40℃では，走行車両がある場合においても防滑材の定着性が高い状態で維持可能であることを確認した．このことにより，防滑材の定着性向上には加熱水温度が重要な要素の一つであると考える．なお，加熱水の作製には凍結防止剤散布車の改造を要する．加熱水温度が高いほど定着性向上が見込まれるが，加熱水温度を高めるために凍結防止剤散布車の改造コストが嵩むと実務への導入が難しくなるため，加熱機構の検討と適切な加熱水の温度，加熱水の混合割合等の検討を並行して行い，防滑材の加熱水混合散布手法の確立を図る所存である．

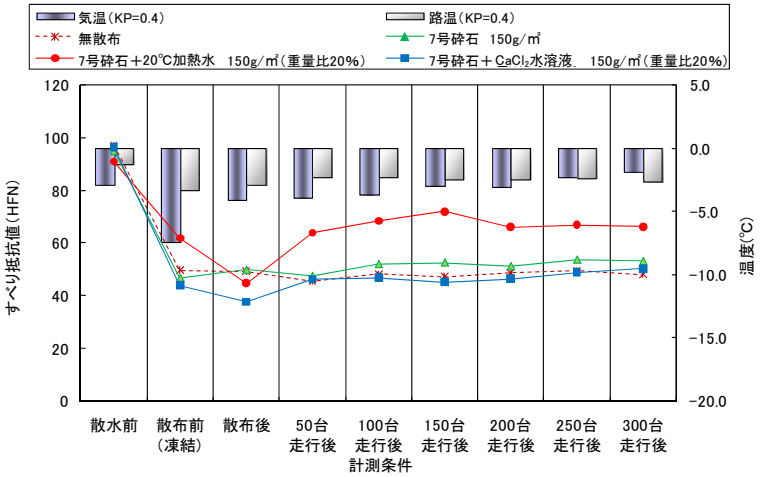

図-9　2 月 2 日の試験結果（観測レーン）

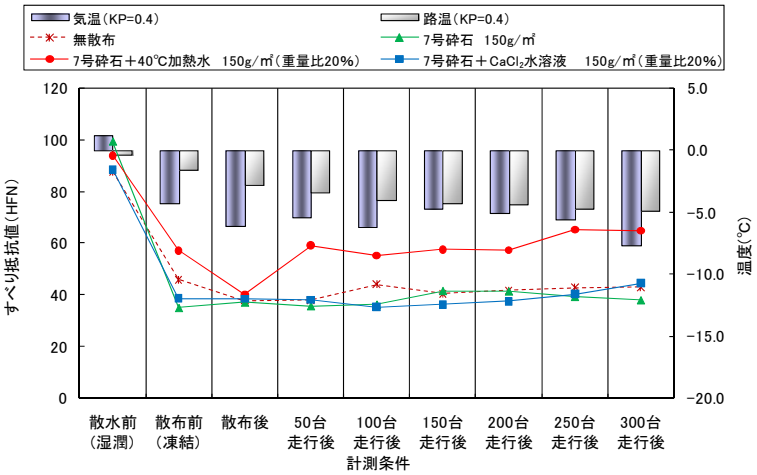

図-10　2 月 3 日の試験結果（走行レーン）

【参考・引用文献】

1) 大日向昭彦，高田哲哉，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），16-21
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) 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
7) 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

Copyright © 2011 (社) 日本雪氷学会北海道支部