

7. 5 凍結防止剤散布量の低減に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 20～平 22

担当チーム：寒地交通チーム・寒地機械技術チーム

研究担当者：高橋尚人、徳永ロベルト、切石亮、高田
哲哉、大日向昭彦、国島英樹、佐々木憲弘、
大上哲也、中村隆一

（道央支所）宮本修司、坂口勝利

（道南支所）磯田卓也

（道北支所）瀨崎良

（道東支所）葛西隆廣

【要旨】

積雪寒冷地では、積雪による道路幅員の縮小や、路面の凍結が発生し、冬期特有の渋滞・事故などが発生している。特に、スパイクタイヤの使用規制以降、「つるつる路面」と呼ばれる非常に滑りやすい路面が出現するようになり、対策として大量に凍結防止剤が使用される等、維持管理コストの増大、環境への負荷などが懸念されている。

このため、本研究では、環境負荷の小さい散布剤等の散布手法の開発、薄氷処理技術の開発及び冬期路面管理による環境負荷の予防など凍結防止剤の散布量の削減等に資する技術開発を行うものである。

キーワード：凍結防止剤、散布手法、環境負荷、薄氷処理技術

1. はじめに

積雪寒冷地では、積雪による道路幅員の縮小や、路面の凍結が発生し、冬期特有の渋滞・事故などが発生している。特に、スパイクタイヤの使用規制以降、「つるつる路面」と呼ばれる非常に滑りやすい路面が出現するようになり、凍結路面对策として大量に凍結防止剤が使用される等、維持管理コストの増大、環境への負荷などが懸念されている。

このため、本研究では、環境負荷の小さい散布剤等の散布手法の開発、薄氷処理技術の開発及び冬期路面管理による環境負荷の予防など凍結防止剤の散布量の削減等に資する技術開発を行うものである。

2. 研究実施内容

本研究では、凍結防止剤散布量の低減に資する技術開発として、

- (1) 冬期道路管理による環境負荷評価と予防手法の開発
- (2) 塩化物以外の散布材等とその散布手法の開発
- (3) 薄氷処理技術の開発

等に取り組んでいる。

3. 冬期道路管理による環境負荷評価と予防手法の開発

3. 1 試験道路における凍結防止剤の散布試験

凍結防止剤の散布手法を検討するにあたっては、凍結防止剤の種類、散布量および散布方法の違いによる散布効果の基礎的な特性を把握しておくことが必要である。

苫小牧寒地試験道路において冬期路面管理の実務において凍結防止剤として使用されている塩化物（塩化ナトリウム、塩化カルシウム）を対象として、外気温が0℃付近と-10度以下の厳寒条件において事前散布、事後散布を実施した。各種試験車両を用いてすべり抵抗値等を計測し、その散布効果を検証した。

図1に事後散布、図2に事前散布の結果例（厳寒時、交通模擬車両走行なし、バス型すべり試験車）を示す。

事後散布試験では、試験薬剤散布後、各試験薬剤のすべり摩擦係数 μ (BF)はほとんど変化しなかった。事前散布試験では、塩化カルシウム (15g/m²) のすべり摩擦係数 μ (BF)は、散布後も上昇しなかった。塩化カルシウム (30g/m²) のすべり摩擦係数 μ (BF)は、車両150台走行後上昇に転じ、 μ (BF)=0.61まで上昇した。塩化ナトリウム (15g/m²・20g/m²・30g/m²) のすべり摩擦係数は μ (BF)=0.25~0.46の範囲で推移した。

試験の結果、

- ・事前散布試験において、塩化カルシウムと塩化ナトリウムを比較した場合、塩化ナトリウムの方が凍結防止効果および持続性が高いことが確認できた。また、塩化ナトリウムおよび塩化カルシウム共に散布量が多いほど凍結防止効果が高い傾向が伺える。
- ・事前散布と事後散布の散布効果を比較した場合、事後散布よりも事前散布の方がすべり摩擦係数およびすべり抵抗値の値が高い傾向があり、路面凍結の対策としては事前散布の方が事後散布よりも優位と考えられる。

ことなどを確認した。今回の凍結防止剤散布試験は、試験日数(回数)が限られた中での結果であり、今後も継続的に同様の試験を実施し、散布試験データの蓄積に努める必要がある。

に照らして調査項目と分析方法を決定した(図4、表1及び表2)。

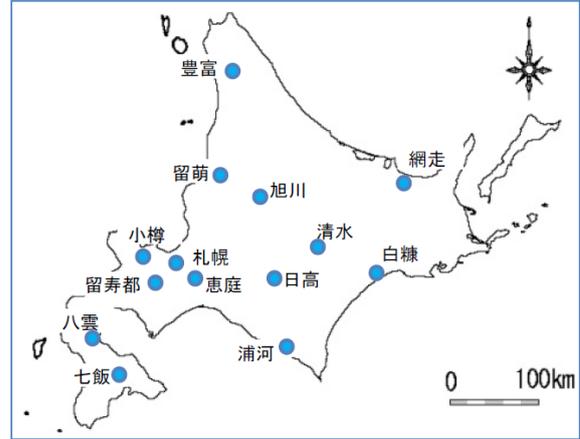


図3 沿道環境調査実施箇所図

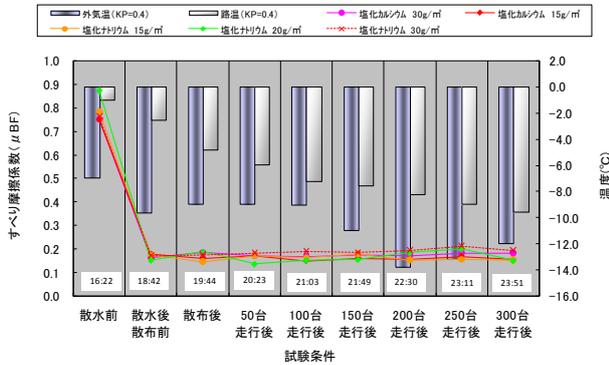


図1 バス型すべり試験車の計測結果(事後散布)



図4 現地観測(サンプル採取)状況

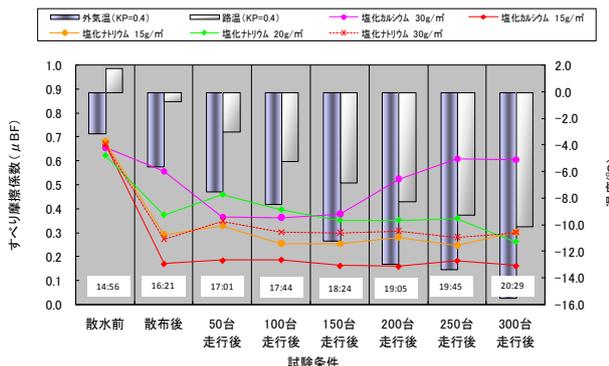


図2 バス型すべり試験車の計測結果(事前散布)

表1 水質調査項目と分析方法

分析項目	分析方法
電気伝導度	JISK0102 13 電気伝導率測定法
水素イオン濃度	JISK0102 12.1 ガラス電極法 水質分析
ナトリウムイオン	JISK0102 48.2 フレーム原子吸光法
カルシウムイオン	JISK0102 50.2 フレーム原子吸光法
マグネシウムイオン	JISK0102 51.2 フレーム原子吸光法
塩素イオン	JISK0102 35.3 イオンクロマトグラフ法
炭酸水素イオン	JISK0101 25.2及び25.1 赤外線分析法
カリウムイオン	JISK0102 49.2 フレーム原子吸光法
硫酸イオン	JISK0102 41.3 イオンクロマトグラフ法
硝酸イオン	JISK0102 43.2.5 イオンクロマトグラフ法
ホウ素	JISK0102 47.3 ICP発光分光分析法
フッ素	昭和46年環境庁告示第59号付表6 イオンクロマトグラフ法

表2 土壌調査項目と分析方法

分析項目	分析方法
水素イオン濃度	JISK0102 12.1 ガラス電極法
塩基置換容量	JISK010241.1及び42.2 インドフェノール青色吸光法
置換性ナトリウムイオン	JISK0102 48.2 フレーム原子吸光法
置換性カルシウムイオン	JISK0102 50.2 フレーム原子吸光法
置換性マグネシウムイオン	JISK0102 51.2 フレーム原子吸光法
塩素イオン	JISK0102 35.3 イオンクロマトグラフ法

3. 2 沿道環境調査の実施

散布された凍結防止剤の成分が沿道環境に与える影響に関する基礎的なデータを収集・蓄積するため、北海道の国道沿道において水質調査及び土壌成分調査を実施した(図3)。水質調査及び土壌調査の実施時期は、凍結防止剤の散布前(10月)、散布前期(11~12月)、散布中期(1月)、散布後期(3月)の計4回とし、環境上の基準

表3に水質の分析結果を示す。環境上の諸基準に照らして、基準値を超える項目はなく、また、特段の値の変動も見られず、平成21年度の調査では、凍結防止剤の散布によると思われる水質の変化は観測されなかった。

表3 水質分析結果

	単位	平成21年10月	平成21年12月	平成22年1月	平成22年3月
水素イオン濃度	—	6.1	6.2	6.1	6.2
電気伝導度	mS/cm	0.186	0.167	0.164	0.168
ナトリウムイオン	mg/l	9.9	9.1	8.7	9.5
	meq/l	0.43	0.40	0.38	0.41
カルシウムイオン	mg/l	17	14	14	14
	meq/l	0.85	0.70	0.70	0.70
マグネシウムイオン	mg/l	4.2	3.4	3.8	3.8
	meq/l	0.35	0.28	0.32	0.32
塩素イオン	mg/l	27	20	20	21
	meq/l	0.76	0.56	0.56	0.59
炭酸水素イオン	mg/l	57	54	52	53
	meq/l	0.93	0.89	0.85	0.87
カリウムイオン	mg/l	5.3	5.0	4.7	4.7
	meq/l	0.14	0.13	0.12	0.12
硫酸イオン	mg/l	5.6	6.0	5.8	6.7
	meq/l	0.12	0.13	0.12	0.14
硝酸イオン	mg/l	0.1 未満	0.2	0.2	0.1
	meq/l	0.00	0.00	0.00	0.00
ホウ素	mg/l	0.01	0.01	0.01	0.02
フッ素	mg/l	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満

表4に、土壌成分の分析結果例として置換性ナトリウムイオン濃度の推移を示す。土壌成分についても、環境上の諸基準に照らして、基準値を超える項目はなかったが、地点No. 2、No13など、平成22年3月に置換性ナトリウムイオンの濃度が高くなり、凍結防止剤の散布が影響している可能性がある。

過年度からの調査であること、他の地点ではこのような変動は確認できなかったことから因果関係の特定はできないが、このような基礎的な調査を継続し、データを収集・蓄積していくことが必要である。

4. 塩化物以外の散布材等とその散布手法の開発

冬期路面管理において、厳寒地域では防滑材の散布が主に行われているが、車両の通過に伴い飛散することがあり定着性向上が課題となっている。海外において防滑材と加熱水を混合することにより定着性が向上した事例があることから、今後国内への導入可能性を検討するための基礎資料を得る目的で、室内において基礎的な試験を行った。

試験条件は、氷板上に散布した防滑材の定着性向上による飛散対策のため、砂や碎石の加熱や、加熱水を混合

表4 土壌成分の分析結果（置換性ナトリウムイオン）

単位：mg/100g

調査地点	平成21年10月	平成21年11～12月	平成22年1月	平成22年3月
No.1	3.5	2.9	3.7	3.3
No.2	82	80	77	115
No.3	25	19	12	23
No.4	14	15	24	67
No.5	3.5	2.4	1.6	4.8
No.6	4.5	7.6	5.7	6.0
No.7	3.9	4.3	5.4	8.9
No.8	40	44	59	63
No.9	1.8	1.4	2.8	3.2
No.10	4.1	6.1	6.6	9.1
No.11	9.8	8.2	7.8	8.4
No.12	13	13	10	13
No.13	4.4	4.9	29	58
No.14	9.6	9.4	7.8	8.0

して散布したときの氷への付着状態を把握することを目的として設定した。（図5、表5）

乾式散布では防滑材を所定の温度まで加熱し氷に散布した。湿式散布では水を加熱し、散布用の防滑材と混合して氷に散布した。時間経過後、試料表面をハケで掃き、試料の状態を目視確認し、試料表面から取れた試料の重量を測定した。

乾式散布では、加熱しない防滑材に比べて、加熱した



図5 室内試験状況

表5 試験条件

実施場所：寒地土木研究所 多用途低温実験棟	
対象材料：7号碎石、砂	試験温度：-8℃、-20℃
散布量：25g	計測時間：10分
材料温度：乾式散布（20℃、40℃、60℃、90℃、試験温度）	
湿式散布（水：20℃、40℃、60℃、塩化カルシウム水溶液（濃度30%：試験温度））	
湿式散布時の水・水溶液の量：5ml、10ml（10mlは砂のみ）	

防滑材の方が氷と防滑材が付着し易かった。湿式散布では、従来の塩化カルシウム水溶液を混合した防滑材に比べて、加熱した水を混合した防滑材の方が氷と防滑材が付着し易く、散布後の定着性が大幅に改善されることがわかった。

乾式散布と湿式散布の双方について、砂よりも碎石の方が、氷への付着率が高くなった。また、乾式散布の碎石や砂と、湿式散布の湿式剤である水を、同一温度に暖めて散布した場合、いずれも水を温めた方が氷への付着率が高くなった(表6、表7)。

防滑材の加熱や、加熱水との混合により、防滑材の定着性の向上が確認できた。今後は加熱方法や散布機械の検討や試験道路等や実道での散布試験を行うなど、検証を積み重ねていく予定である。

表6 乾式散布 (試験温度-8℃) の結果

散布材料		材料温度				
		20℃	40℃	60℃	90℃	-8℃ (試験温度)
7号碎石 (25g)	目視判断	△	△	○	○	×
	定着した 防滑材(g)	15.3	22.8	24.4	24.6	0.0
砂 (25g)	目視判断	△	△	△	△	×
	定着した 防滑材(g)	1.9	4.9	8.4	17.8	0.0

上段:経過時間後(10分後)の試料の状態
 ○:掃いても材料が取れない
 △:材料が一部取れている
 ×:掃くと材料が取れる
 下段:定着した試料の重量(g)

表7 湿式散布 (試験温度-8℃) の結果

散布材料		水・水溶液温度			
		水 20℃	水 40℃	水 60℃	水溶液 (-8℃)
7号碎石(25g)+ 水・水溶液(5ml)	目視判断	○	○	○	×
	定着した 防滑材(g)	25.0	25.0	25.0	0.0
砂(25g)+ 水・水溶液(5ml)	目視判断	△	△	△	×
	定着した 防滑材(g)	17.9	22.9	22.8	0.0
砂(25g)+ 水・水溶液(10ml)	目視判断	○	○	○	×
	定着した 防滑材(g)	24.9	24.7	25.0	0.0

上段:経過時間後(10分後)の試料の状態
 ○:掃いても材料が取れない
 △:材料が一部取れている
 ×:掃くと材料が取れる
 下段:定着した試料の重量(g)

5. 薄氷処理技術の開発

凍結防止剤散布量の削減等に資する技術開発を行うため、ブラシ式除雪試験装置及び凍結防止剤散布車を用いて薄氷処理及び、すべり摩擦係数の改善効果について確認試験を実施した。

平成21年度は、横軸縦回転式(図6)で平成20年度に検討した改善傾向の高い平鋼線ブラシ(平鋼線を面状の束とし放射状に配列(図7))を装着したブラシ式除雪試験装置及び凍結防止剤散布車(乾式:塩化ナトリウム

(NaCl))の組合せ検討とした。



図6 ブラシ式除雪試験装置



図7 平鋼線ブラシ

表8 機械の施工条件

機械	条件	速度	備考
ブラシ式除雪試験装置	670rpm	1km/h	平鋼線
凍結防止剤散布車(乾式)	15g/m ² ・20g/m ²	20km/h	塩化ナトリウム

試験結果の一例を図8及び図9に示し、考察を以下に整理する。

- ・アスファルトの表面には細かい凹凸があるため、溝に入り込んだ氷を完全には処理ができず、削った雪粉も溝に残る(図10及び図11)。
- ・制動距離、すべり摩擦係数BF(μ)値の改善傾向は高い。
- ・ブラシ式除雪試験装置又は凍結防止剤散布車の単独施工より、組合せ施工は改善傾向が高い。
- ・ブラシ式除雪試験装置の施工は気温・路温共に温度による影響が少ない。

今後は、現道での施工を考え、凍結防止剤散布車への搭載について検討するなど、薄氷処理技術の実用化に向けた機能の整理に取り組む予定である。

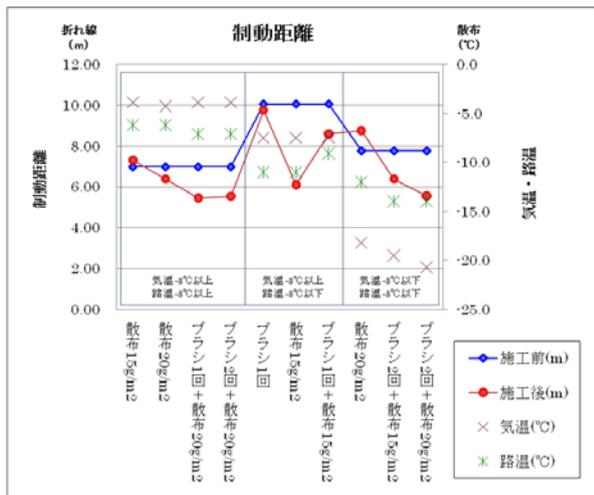


図8 制動距離 (m) 測定結果

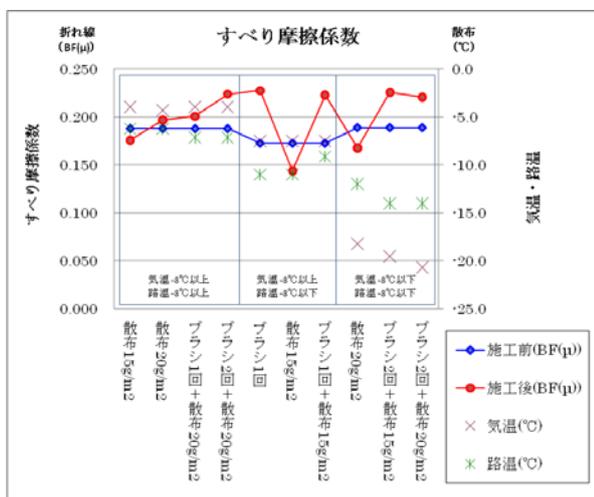


図9 すべり摩擦係数 (BF(μ)) 測定結果



図10 アスファルト表面

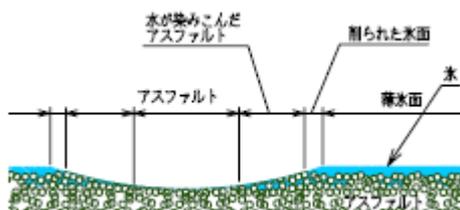


図11 アスファルト断面イメージ

6. まとめ

我が国で凍結防止剤の散布が本格化したのは、1990年代のスパイクタイヤ使用規制以降であり、凍結防止剤の散布による沿道環境への負荷に関する調査等の事例が少なく、データや知見の蓄積が乏しいのが現実である。

凍結防止剤の特性を把握し、有効かつ環境への負荷が少ない散布手法を確立すること、凍結防止剤散布以外の凍結路面对策を構築することは、凍結防止剤散布量の低減にとどまらず、環境負荷の少ない持続可能な社会の構築に資するものである。そのために必要となる技術開発に取り組んで参りたい。

RESEARCH ON REDUCTION IN THE APPLICATION AMOUNT OF ANTI-ICING AGENT

Abstract : In this research, Traffic Engineering Research Team and Machinery Technology Research Team perform research on technological developments that reduce the application amount of anti-icing agent. In FY 2008, the teams perform research on environmental load arising from winter road maintenance, research on chloride-free materials and application method of them, and technological development of treating techniques on ice sheet.

Key words : anti-icing agent, environmental load, application method, treating techniques on ice sheet