

## 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、佐藤圭洋、秋元清寿、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、熊谷卓士

（道南支所）吾田洋一、木村崇

（道北支所）高玉波夫、濱崎良

（道東支所）葛西隆廣、渡邊崇史

### 【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 凍結防止剤の融氷量試験

凍結防止剤の散布手法を検討するにあたっては、凍結防止剤の融氷量等の基礎的な特性を把握しておくことが必要である。

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、塩化カルシウム及び塩化マグネシウム）の他に、塩化物の混合物（NM-MIX 及び NC-MIX）を対象として、凍結防止剤を水（液体）に散布して時間経過とともに凍結状態を調べる“凍結試験”（事前散布を想定）と凍結防止剤を氷に散布して融氷量の時間経過を調べる“融氷量試験”（事後散布を想定）を実施した。

図 1 及び図 2 に融氷量試験の結果を示す。融氷量試験では、約 400 g の試料（氷）に 10g の凍結防止剤を散布し、散布から 360 分後までの融氷量を計測した。温度の低下に伴う凍結防止剤の散布効果（融氷量）の変化は著しく、室内温度が $-5^{\circ}\text{C}$ から $-8^{\circ}\text{C}$ に低下すると融氷量は約半分になった。

試験の結果、

- ・塩化ナトリウム(NaCl)は散布効果(融氷量及び持続性)が高く、管理延長が長い区間(=散布サイクルが長時間)や交通量の少ない区間での散布に適している
- ・塩化カルシウム(CaCl<sub>2</sub>)は即効性があり、凍結路面が発生した場合に、至急対策を講じる必要がある区間(交通量の多い市街地交差点部など)での散布に適している
- ・塩化物の混合物(NM-MIX及びNC-MIX)の融氷量は塩化ナトリウムに若干劣るが、低温時には融氷量の差がほとんど無い。吸湿性のあるカルシウム、マグネシウムを含んでいるため、低温地域での固結防止対策として、保管環境の悪い箇所での導入も考えられる

ことなどを確認した。平成20年度に試験対象とした凍結防止剤以外も製造・販売されていることから、今後は、市場調査の実施や、海外で使用・開発されている凍結防止剤の資料収集などにも取り組む予定である。

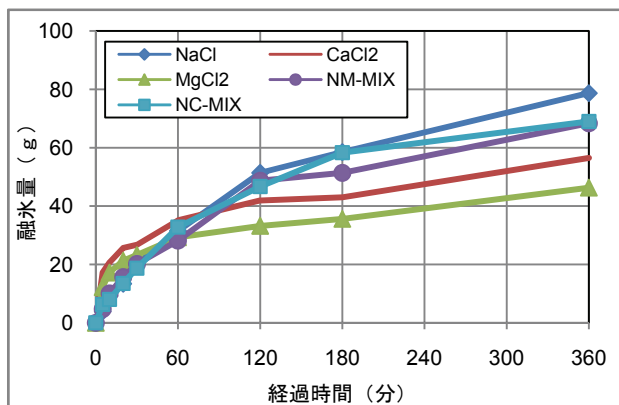


図1 凍結防止剤の融氷量試験結果(室内温度-5°C)

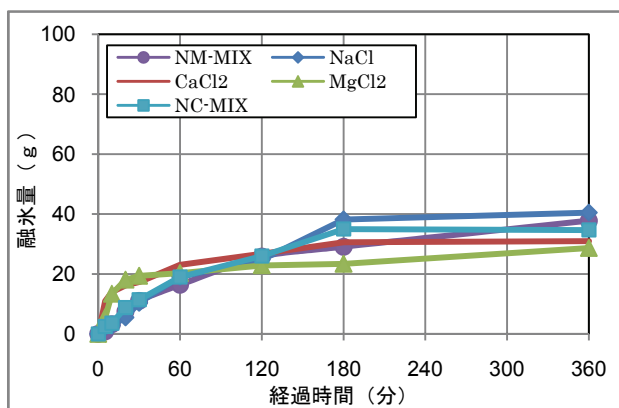


図2 凍結防止剤の融氷量試験結果(室内温度-8°C)

### 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)。

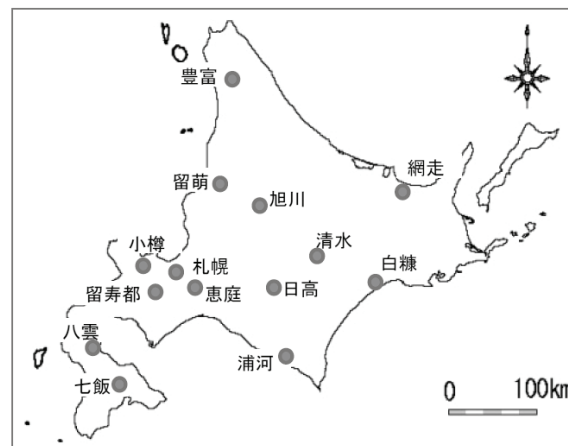


図3 沿道環境調査実施箇所図



図4 現地観測(サンプル採取)状況

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

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20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20年10月	平成20年12月	平成21年1月	平成21年3月
水素イオン濃度	—	6.0	6.0	6.0	6.1
電気伝導度	mS/cm	0.161	0.142	0.143	0.145
ナトリウムイオン	mg/l	9.1	8.91	9.46	9.13
	meq/l	0.396	0.388	0.411	0.397
カルシウムイオン	mg/l	13.5	11.6	11.8	12.8
	meq/l	0.674	0.579	0.589	0.639
マグネシウムイオン	mg/l	3.25	2.94	2.92	3.07
	meq/l	0.267	0.242	0.24	0.252
塩素イオン	mg/l	13.9	11.4	11.3	13.2
	meq/l	0.392	0.322	0.319	0.372
炭酸水素イオン	mg/l	43.9	46.1	45.6	49.8
	meq/l	0.719	0.755	0.747	0.816
カリウムイオン	mg/l	4.61	4.43	4.48	4.46
	meq/l	0.118	0.113	0.115	0.114
硫酸イオン	mg/l	6.3	6.5	6.6	5.5
	meq/l	0.131	0.135	0.137	0.115
硝酸イオン	mg/l	0.4	0.4	0.4	0.4
	meq/l	0.006	0.006	0.006	0.006
ホウ素	mg/l	0.03	0.02	0.02	0.04
フッ素	mg/l	0.05未満	0.05未満	0.09	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では、平成21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。

一冬期間の調査であること、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。

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20年10月	平成20年11～12月	平成21年1月	平成21年3月
No.1	2.2	1.7	2.3	1.9
No.2	57.8	57.0	56.7	116.0
No.3	15.5	15.9	16.4	23.0
No.4	32.0	34.0	42.8	43.3
No.5	2.5	2.4	3.0	2.4
No.6	4.7	6.2	5.3	5.2
No.7	7.3	5.1	11.1	10.5
No.8	26.4	23.3	30.7	22.0
No.9	2.7	2.5	3.1	3.3
No.10	5.3	9.1	5.2	7.3
No.11	8.7	9.3	12.3	12.9
No.12	14.2	16.0	14.4	14.3
No.13	13.4	4.4	5.9	35.5
No.14	7.8	11.6	10.6	5.6

#### 4. 塩化物以外の散布材等とその散布手法の開発

現在、冬期路面管理においては、凍結防止剤の散布が恒常的に行われており、凍結防止剤には、塩化ナトリウムなどの塩化物が主に使用されているが、塩化物は沿道環境への負荷が懸念されるため、塩化物以外の散布材の利用可能性について検討を行っている。

北海道循環資源利用促進協議会に設置されたワーキンググループでは、甜菜（ビート）から砂糖を製造する過程において発生する残渣（以下、ライムケーキと称す）を防滑材として活用する可能性について検討している。

ライムケーキとは、甜菜から砂糖を製造する過程で、甜菜より抽出した糖汁から不純物を取り除くため、糖汁に消石灰と炭酸ガスを投入し、濾過によって糖汁を取り出したあとに残った副産物（残渣）である（図5）。

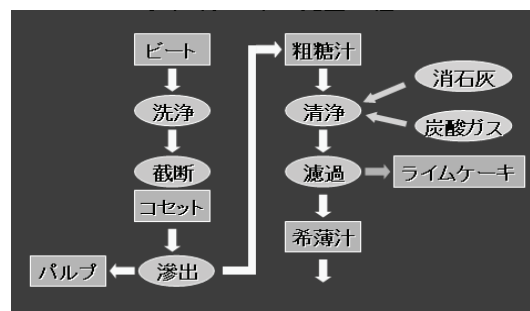


図5 ライムケーキの発生工程

〔資料提供：北海道循環資源利用促進協議会無機性循環資源部会：路面維持資材への利用検討WG〕

ライムケーキは、年間約20万トン発生し、そのうち約13万トンが農地還元等に再利用されている。しかし、残

り約7万トンは再利用されずに産業廃棄物として処分されている(図6)。このため、ワーキンググループでは、未利用資源であるライムケーキを有効活用する方策として、ライムケーキを固形化・成形し(図7)、防滑材として利用することを検討している。

発生量		
212,329t(100%)		
H17	農地還元 96,073t 45.3%	その他※ 42,725t 20.1%
		埋立処分 73,531t 34.6%
再資源化		
138,798t(65.4%)		

図6 ライムケーキの発生状況

〔資料提供：北海道農政部食の安全推進局農産振興課〕

ライムケーキをすべり止め材として利用することができれば、リサイクルを促進し、(社会的コストも含めた)コスト縮減につながる可能性があり、当研究所では、検討の一環として散布効果の検証を行っている。



図7 固形化・成形したライムケーキ

平成20年度は、苫小牧寒地試験道路の雪氷路面を作成し、硬度の異なるライムケーキ3種類(ライムA, ライムB, ライムC)と現在すべり止め材として散布されている7号砕石を散布して、散布前後の路面のすべり抵抗値の変化から散布効果を検証した。

散布試験の結果の一例を図9に示す。路面のすべり抵抗値の測定には、連続路面すべり抵抗値測定装置(図10)を使用した。試験の結果、散布直後のすべり抵抗値(HFN)は7号砕石より低下するが、時間経過とともに7号砕石と同程度かそれ以上のすべり抵抗値を示すこと、ライムケーキ3種類の中ではAが最も散布効果(すべり抵抗値の改善効果)が高いことを確認した。

苫小牧寒地試験道路での試験結果から、ライムケーキは、散布後の車両の走行によって徐々に破碎し、雪氷路面上に広がることで路面のすべり抵抗値を向上させると推察され、至急対策を講じる必要がある場合ではなく、効果の持続性が求められる散布サイクルが長い路線

などでの適用が望ましいと考えられる。

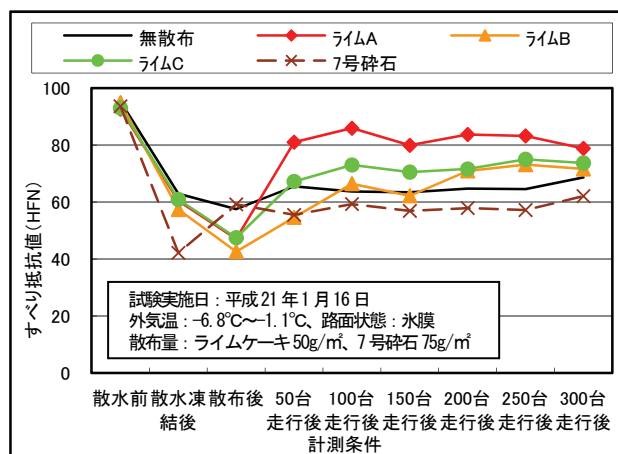


図9 散布試験結果例



図10 連続路面すべり抵抗値測定装置

次に、道路管理者の協力を得て、実道での散布試験を実施した(図11)。試験の結果、散布後のすべり抵抗値の改善を確認した。今後、路肩への残留物の量や成分の確認などを行う予定である。



図11 実道での散布試験

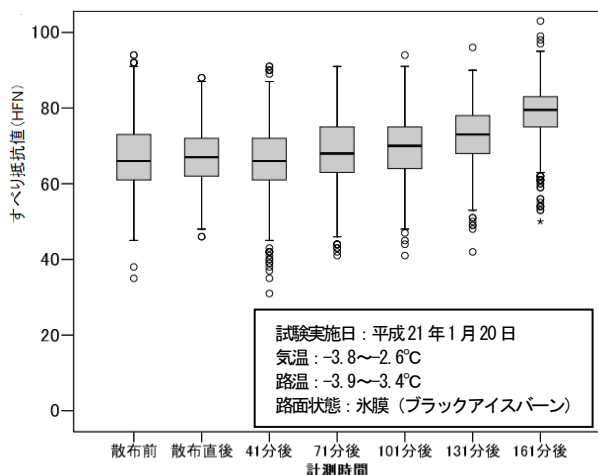


図 12 実道での散布試験結果例

### 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行った。

平成 20 年度に使用したブラシ式除雪試験装置は、横軸縦回転式 (図 13) で、ブラシ材は、波状に縮れた丸鋼線をスパイラル状にピッチ巻きした縮毛丸鋼線ブラシ (図 14) と平鋼線を面状の束とし放射状に配列した平鋼線ブラシ (図 15) の 2 種類にて試験を行った。

なお、装置の動力は既存の小形除雪車両 (型式 KBR100) を使用した。



図 13 ブラシ式除雪試験装置

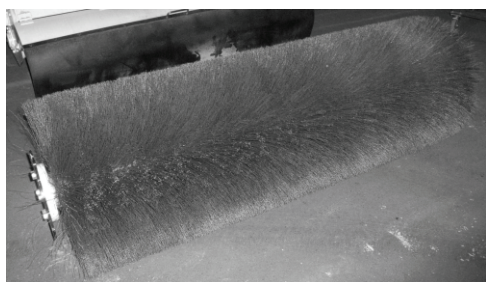


図 14 縮毛丸鋼線ブラシ

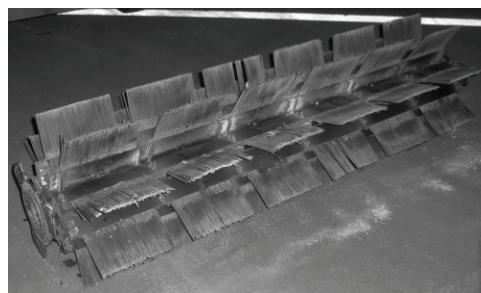


図 15 平鋼線ブラシ

試験手順は、以下のとおりである。

〈試験フィールド作製〉

①散水車にて疑似薄氷路面作製 (1mm 程度)

〈施工前測定〉

②路面すべり測定車 (すべり摩擦係数 BF ( $\mu$ ) 値)

③車両運動測定車 (加減速度及び制動距離)

〈施工〉

④ブラシ式除雪試験装置 (横軸縦回転式)

⑥機械施工により発生する雪粉の人力による除去

〈施工後測定〉

上記②及び③

※施工条件は表 5、測定回数は各 3 回とした。

表 5 薄氷処理機械の施工条件

ブラシ材	接地幅 (mm)	ブラシ回転数 (rpm)	施工速度 (km/h)	ブラシ装置角 (°)	施工回数 (回)
縮毛丸鋼線	80~130	500~670	0.5~5.0	0~8	・単独施工 ・組合せ施工 の各 1~4 回
平鋼線	-				

試験の結果、以下のことがわかった。

- 1) アスファルトの表面には細かい凹凸があるため、溝に入り込んだ氷は完全には処理ができなく、削った雪粉も溝に残ってしまう (図 16 及び図 17)。
- 2) 減速度、制動距離、すべり摩擦係数 BF ( $\mu$ ) 値の改善傾向は高い (図 18)。
- 3) 施工速度 1.0km/h 以下で複数回施工、もしくは 2 種類のブラシによる組合せ施工の場合は、単位面積当たりのブラシ通過回数が多いため、より効果が高く、施工速度 1.0km/h 以上 1 回施工の場合は単位面積当たりのブラシ通過回数が少ないため、改善効果が低かった。

今後、現道での施工を考えた場合、凍結防止剤散布車への搭載について検討する必要がある。



図16 アスファルト表面

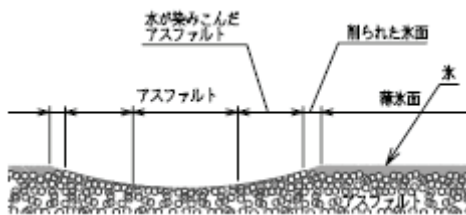


図17 アスファルト表面イメージ

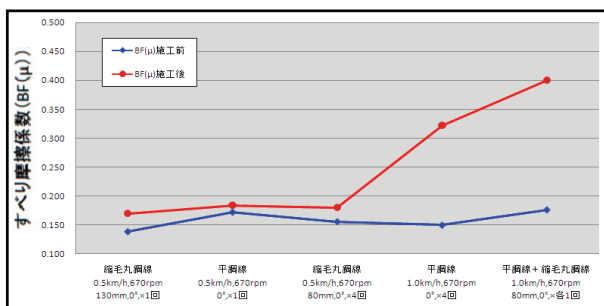


図18 すべり摩擦係数 (BF (μ)) 測定結果

## 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 Research 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