

# 凍結防止剤の散布手法に関する基礎的研究

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム ○大日向昭彦  
同上 高田哲哉  
同上 徳永ロベルト

積雪寒冷な地域では、安全な冬期道路交通機能確保のため凍結防止剤の散布が行われている。より効率的・効果的に凍結防止剤の散布を行うためには、凍結防止剤を、適切な種類、量及びタイミングで散布することが必要である。本稿では、適切な凍結防止剤の散布手法構築の基礎資料を得るため、苫小牧寒地試験道路で実施した基礎的な散布試験の結果を報告する。

キーワード：冬期維持管理、凍結路面对策、凍結防止剤

## 1. はじめに

積雪寒冷な地域では、降積雪と気温の低下により凍結路面が発生する。凍結路面は路面のすべり摩擦が低減することによりスリップ事故などの冬期特有の交通事故が発生するとともに、平均旅行速度が低下するため交通渋滞の要因となることがある。そのため凍結路面对策は、安全で円滑な冬期道路交通を確保する上で重要な施策となっている。特に1990年代初頭のスパイクタイヤ使用規制以降「つるつる路面」と呼ばれる非常にすべりやすい凍結路面が多く出現するようになり、道路管理者は図-1のような凍結路面对策を実施している<sup>1)</sup>。

しかしながら、今般の道路管理に係わる予算制約のある中、除雪作業や凍結防止剤散布などの冬期路面管理のより一層の効率化が求められている。

本研究はこのような現状を踏まえ、凍結防止剤の種類、散布量及び散布時期の違いによる散布効果を把握し、凍結防止剤のより効率的な散布手法に関する基礎資料を得ることを目的として、苫小牧寒地試験道路で散布試験を実施した。本稿ではその結果を報告する。

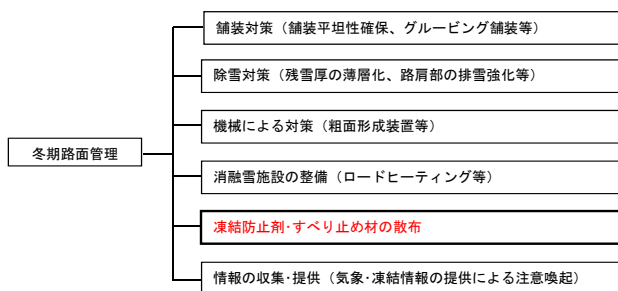


図-1 凍結路面对策の施策体系図

## 2. 凍結防止剤の散布時期と目的<sup>2)</sup>

凍結防止剤散布は、凍結防止剤の持つ2つの大きな機能を利用して路面凍結の防止を行っている。

- ①凍結防止剤散布による路面水分の凝固点降下作用
- ②凍結防止剤散布による路面上の雪氷融解作用

これらの機能を効果的に発揮させるために、散布時期や散布の目的を明確にして散布する必要がある。散布時期とその期待する効果は図-2 に示すように、凍結路面発生前に散布する「事前散布」と凍結路面発生後に散布する「事後散布」に大別される。

事前散布は、主に凍結防止剤散布による凝固点降下（路面水分の凍結温度低下）機能を利用したもので、路面上にある水分の凍結を防止する目的で実施される。事後散布は、凍結防止剤散布による融解（氷から水に変化）作用を期待したもので、路面上の雪氷を融かす目的で実施される。

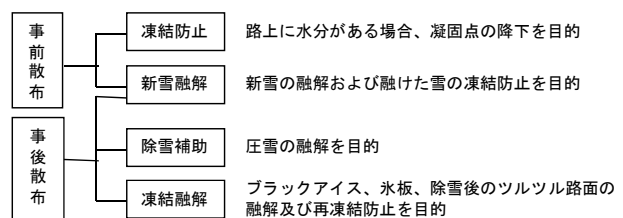


図-2 凍結防止剤の散布時期と目的

## 3. 凍結防止剤散布効果に関する既往研究

凍結防止剤散布による冬期路面管理は、凍結防止剤の持つ凝固点降下作用及び融水効果を期待したもので、現在までそれらに関する試験結果が報告されてきた<sup>3) 4)</sup>。凍結防止剤の散布による路面のすべり改善効果について

は、村国ら<sup>5)</sup> がポータブルスキッドレジスタンステスターを使用し、凍結防止剤の事前散布効果を確認した。また、実道に凍結防止剤を散布し、すべり試験車ですべり摩擦係数を計測することで、凍結防止剤の事後散布効果を確認した<sup>6)</sup>。

#### 4. 試験方法

2010年の1月から2月にかけて、当研究所が所有する苫小牧寒地試験道路において凍結防止剤の種類、散布量及び散布方法の違いによる散布試験を実施した。散布試験では試験道路に作製した氷膜路面に、薬剤の種類及び散布量が異なる凍結防止剤を散布し、一般の道路交通を模擬したダミー車を走行させ、一定台数通過ごとに路面のすべり易さを計測することで散布効果を検証した。路面のすべり易さの計測には連続路面すべり抵抗値測定装置（写真-1）を使用した。

なお、連続路面すべり抵抗値測定装置とは、走行用の車輪とは別に、車両進行方向に対して1~2°程度に傾けた測定輪に発生する横力を測定し、連続的に路面のすべり抵抗値を測定することが可能な装置である（図-3）。この装置で測定したすべり抵抗値はHFN（Halliday Friction Number）と呼ばれ、製作会社が独自に設定した値であり、すべり難い路面ほど高い値を示す。以下、試験方法について詳述する。

##### (1) 試験実施日：

散布試験は、2010年1月19・21・28日、2月4日の計4日間実施した。散布方法及び天候等は表-1に示す。

##### (2) 試験実施場所：

散布試験は当研究所所有の苫小牧寒地試験道路で実施した。試験走路は1周L=2,700m（直線区間L=1,200m、曲線区間L=160m）である。

##### (3) 試験材料：

試験材料は実務において一般的に使用されている塩化ナトリウム（NaCl）及び塩化カルシウム（CaCl<sub>2</sub>）の2種類を選定した。散布量は実務における凍結防止剤の散布基準<sup>1)</sup>が15g/m<sup>2</sup>~30g/m<sup>2</sup>であることから、塩化ナトリウム15g/m<sup>2</sup>、20g/m<sup>2</sup>、30g/m<sup>2</sup>の3種類、塩化カルシウム15g/m<sup>2</sup>、30g/m<sup>2</sup>の2種類、計5種類を設定した。また、散布方法は湿式散布とした。なお、湿式散布とは塩化ナトリウム等の固形剤を塩化カルシウム水溶液等の凍結防止剤水溶液で湿らせて散布する方法で、路面への付着性がよく、風や通行車両による飛散を少なくし、速効性及び持続性が優れた散布方法である。また、固形剤と水溶液の散布混合比は、実務での散布基準<sup>1)</sup>が重量比10%~30%であることからその下限値10%とした（表-2）。



写真-1 連続路面すべり抵抗値測定装置

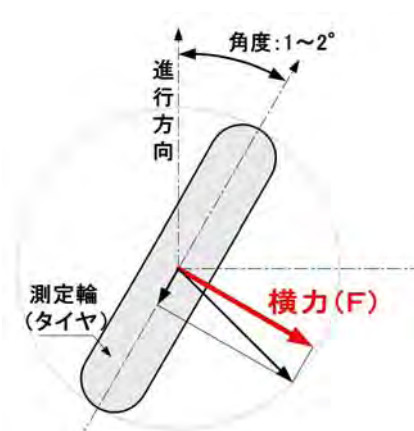


図-3 連続路面すべり抵抗値測定装置の測定原理

表-1 散布方法と天候

試験日	散布時期	外気温		路温		天候
		最低	最高	最低	最高	
1月19日	事後散布	-7.0	0	-3.4	-1.4	晴れ
1月21日	事後散布	-14.0	-6.8	-9.5	-0.9	晴れ
1月28日	事前散布	-3.3	0.4	-3.0	1.3	曇り
2月4日	事前散布	-15.5	-2.9	-10.5	1.8	晴れ

表-2 試験対象凍結防止剤

凍結防止剤	散布量 [g/m <sup>2</sup> ]	散布混合比 (重量比)
塩化ナトリウム (湿式散布)	15	10%
塩化ナトリウム (湿式散布)	20	10%
塩化ナトリウム (湿式散布)	30	10%
塩化カルシウム (湿式散布)	15	10%
塩化カルシウム (湿式散布)	30	10%

(4) 試験手順：

①氷膜路面の作製

試験で使用する氷膜路面（厚さ： $t=0.5\sim 1\text{mm}$ ）は、試験道路に散水し日没後の気温の低下を利用して作製した。

②試験対象凍結防止剤の散布

路面上に試験対象凍結防止剤を散布した。事前散布は散水した水が凍結し氷膜路面になる前に散布し、事後散布は散水した水が凍結した後に散布した。なお、散布間隔は走行車両によるひきずりの影響を防止するため100m間隔とした（図-4）。

③凍結防止剤散布前後の路面測定

連続路面すべり抵抗値測定装置で凍結防止剤散布前後の路面のすべり抵抗値（以下HFNと記す）を測定した（写真-2）。

④交通模擬車両（ダミー車）通過後の路面測定

車両の走行による路面状態の変化を計測するため、道路交通を模擬したダミー車を時速40km/hで走行させ、50台走行毎（50台・100台・150台・200台・250台・300台通過時）に各散布箇所をHFNを測定した。

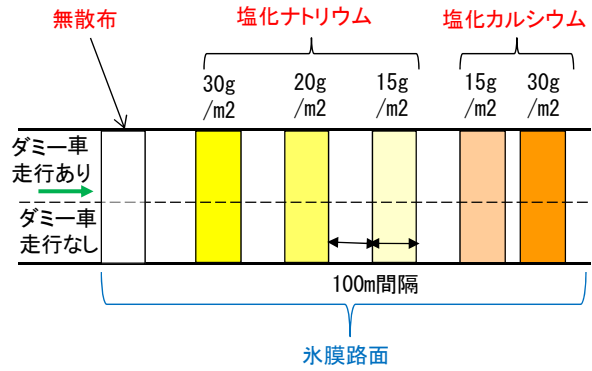


図-4 試験コース概略図



写真-2 すべり抵抗値（HFN）の測定状況

5. 試験結果

(1) 事後散布（外気温0°C付近）の測定結果

図-5に外気温0°C付近時に実施した事後散布（交通模擬車両なし）の試験結果を示す。塩化ナトリウム15g/m<sup>2</sup>、塩化カルシウム15g/m<sup>2</sup>・30g/m<sup>2</sup>のすべり抵抗値は、散布後も大きな変化はなくHFN=24~36で推移した。一方、塩化ナトリウム20g/m<sup>2</sup>・30g/m<sup>2</sup>のHFNは散布直後から上昇し、塩化ナトリウム20g/m<sup>2</sup>は散布後のHFN=30からダミー車300台通過後HFN=56まで上昇を続け、塩化ナトリウム30g/m<sup>2</sup>についてもHFN=29から75まで上昇した。なかでも塩化ナトリウム30g/m<sup>2</sup>のHFNの上昇傾向が最も大きい結果となった。

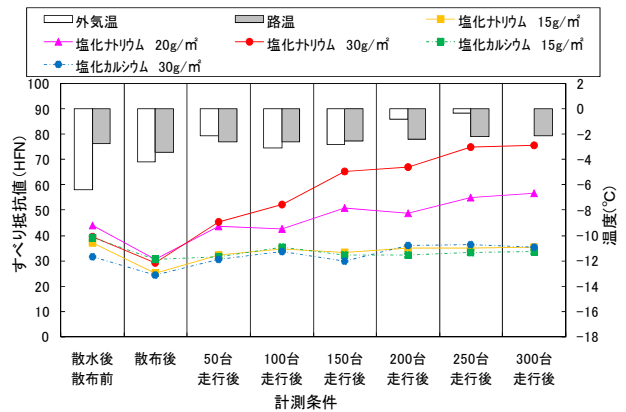


図-5 事後散布の試験結果（外気温0°C付近）

(2) 事後散布（外気温-10°C以下）の測定結果

図-6に外気温-10°C以下の低温時に実施した事後散布（交通模擬車両あり）の試験結果を示す。塩化カルシウム30g/m<sup>2</sup>のHFNについては、散水後散布前のHFN=20から散布後のHFN=42まで上昇し、その後はHFN=31~38で推移した。なお、塩化カルシウム15g/m<sup>2</sup>・塩化ナトリウム15g/m<sup>2</sup>・20g/m<sup>2</sup>・30g/m<sup>2</sup>のHFNについては散布直後からダミー車300台通過後まで凍結防止剤散布によるHFNの上昇は確認できなかった。また、凍結防止剤散布区間について、無散布区間よりもHFNが低下する場合が見受けられた。

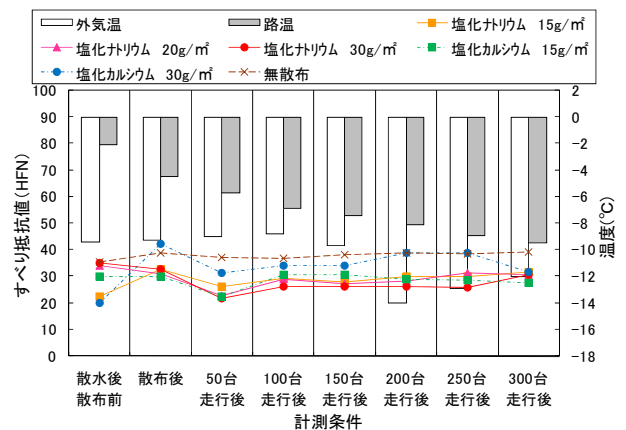


図-6 事後散布の試験結果（外気温-10°C以下）

(3) 事前散布（外気温0°C付近）の測定結果

図-7に外気温0°C付近時に実施した事前散布（交通模

擬車両あり)の試験結果を示す。塩化カルシウム15g/m<sup>2</sup>・30g/m<sup>2</sup>のHFNは、ダミー車100台走行後より低下傾向を示し、ダミー車200台走行後にはHFN=50となっている。塩化ナトリウム15g/m<sup>2</sup>・20g/m<sup>2</sup>・30g/m<sup>2</sup>のHFNについては、ダミー車300台走行後までHFN=60以上を保持し、その中でも塩化ナトリウム30g/m<sup>2</sup>はダミー車150台走行後以降も高いHFNを保持した。また、塩化カルシウムの低下傾向は塩化ナトリウムの低下傾向に比べて低下幅が大きい。

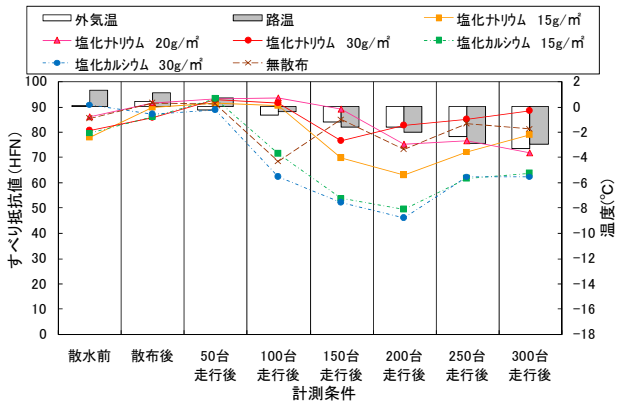


図-7 事前散布の試験結果 (外気温0°C付近)

(4) 事前散布 (外気温-10°C以下) の測定結果

図-8に外気温-10°C以下の低温時に実施した事前散布 (交通模擬車両あり)の試験結果を示す。塩化ナトリウム15g/m<sup>2</sup>・20g/m<sup>2</sup>のHFNは、散布後からダミー車300台走行後まで39~57で推移し、HFNの向上を確認できなかった。塩化ナトリウム30g/m<sup>2</sup>のHFNについては、散布後からダミー車200台通過後までHFN=42~57で推移した後、ダミー車250台走行後にはHFN=82まで上昇した。塩化カルシウム30g/m<sup>2</sup>は、ダミー車200台走行後までHFN=38~61で推移し、250台通過後にはHFN=94に上昇した。塩化ナトリウム及び塩化カルシウムの30g/m<sup>2</sup>散布においては、他の散布量よりHFNの値が高く、特に塩化カルシウム30g/m<sup>2</sup>のHFNの上昇傾向が大きい。

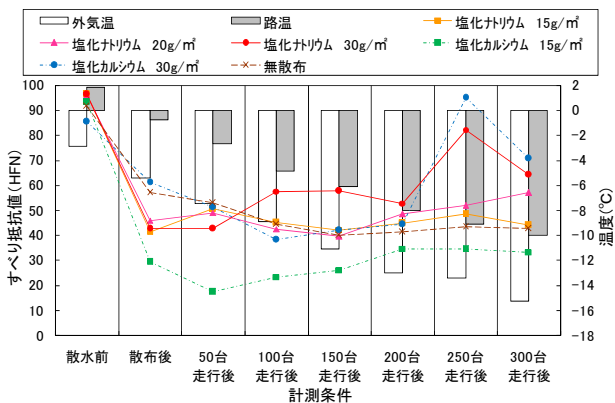


図-8 事前散布の試験結果 (外気温-10°C以下)

6. まとめと今後の課題

下記に苫小牧寒地試験道路にて実施した、凍結防止剤散布試験の結果を述べる。

- 事後散布では、塩化ナトリウム 20g/m<sup>2</sup>・30g/m<sup>2</sup> で凍結防止剤散布後の HFN の上昇が確認できたが、他の凍結防止剤では HFN の変化は確認できなかった。
- 事後散布における塩化カルシウムの速効性について、今回の苫小牧寒地試験道路での凍結防止剤散布試験からは確認することができなかった。
- 低温時における事後散布において、無散布区間より凍結防止剤散布区間の HFN が低下する場合があった。これは、凍結防止剤が氷膜の一部を融解し、氷膜上に水膜を形成するため、無散布区間よりもすべり易い状態になったものと考えられる。
- 事前散布において、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、塩化ナトリウム及び塩化カルシウムともに散布量が多いほど凍結防止効果が高い傾向が伺える。
- 10°Cを下回るような低温時における事前散布では、塩化カルシウム 30g/m<sup>2</sup> の HFN の改善が確認できた。気温が急激かつ著しく低下する気象条件では、塩化カルシウムを散布する管理手法も考えられる。

今回の凍結防止剤散布試験より、事後散布よりも事前散布の方が HFN が高い傾向にあり、路面凍結対策としては事前散布の方が散布効果が優位であるものと考えられる。また、塩化ナトリウムと塩化カルシウムの比較においては、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傾向が伺えた。ただし、今回の散布試験は試験日数 (回数) が限られた中での結果であり、今後も継続して同試験を実施し、散布試験データの蓄積に努めて参りたい。

参考文献

- 北海道開発局：冬期路面管理マニュアル(案)、1997年11月
- 木村恵子、曾根真理、並河良治、桑原正明、角湯克典：凍結防止剤散布と沿道環境、国土技術政策総合研究所資料 No. 412、2007年7月
- 村国誠：冬期路面管理に使用する薬剤 (1) ~ (4)、(社)雪センターゆき No. 10~No. 13、1993年1月~10月
- 宮本修司、高木秀貴、大沼秀次：北海道における凍結防止剤による冬期路面管理について、北海道開発土木研究所月報 No. 487、1993年12月
- 村国誠、林康啓、寺門裕一：薬剤の路面凍結防止特性、日本道路公団試験所報告 Vol. 25、1988年
- 川村浩二、高木秀貴、美馬大樹：雪氷路面における凍結防止剤等の散布効果に関する研究、北海道開発土木研究所月報 No. 520、1996年9月