

# 非塩化物系の凍結防止剤散布試験 —寒地試験道路における散布効果確認—

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 ○高田 哲哉  
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 徳永 ロベルト  
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 佐藤 昌哉

凍結防止剤としては主に塩化ナトリウムが使用されているが、道路構造物や植物などへの影響が懸念されることから、これらへの影響軽減に資する新たな凍結防止剤が求められている。本研究では、沿道環境への負荷が小さく、実道への導入が検討されている非塩化物系の凍結防止剤を対象に、厳冬期の苫小牧寒地試験道路において計測車両を用いた散布効果に関する走行試験を実施した。本稿では、当試験の概要と結果を述べる。

キーワード：冬期路面对策、凍結防止剤、非塩化物、すべり抵抗値

## 1. はじめに

積雪寒冷な地域においては、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量の多い地域においては交通渋滞の要因となることがある。このため、冬期間の交通安全と円滑性確保の面から、道路管理者は凍結防止剤の散布を主とした冬期路面管理の対策<sup>1)</sup>を実施している。凍結防止剤としては、価格、入手のし易さ、融氷性能および取り扱いのし易さなどの点から、主に塩化ナトリウムが使用されている。しかし、塩化ナトリウムをはじめとした塩化物系の凍結防止剤は、土壌、植物、道路構造物や車両などへの負荷が懸念されており、これら沿道環境への負荷が少ない新たな凍結防止剤が求められている。

本研究では、沿道環境への負荷が少ない非塩化物の凍結防止剤について、当研究所が所有する苫小牧寒地試験道路にて、凍結防止剤の種類による違いを把握するため基礎的な散布効果試験を実施した。本稿では、その結果を報告する。

## 2. 非塩化物系の凍結防止剤

散布試験で使用した非塩化物の凍結防止剤は、様々な非塩化物系化合物の凝固点、臭いおよび価格などについて調査し、その中で総合的に優れた、以下の2種類を対象とした。なお、これら2種類の対象物質を単体で使用した場合、従来の塩化ナトリウム単体の散布よりも散布コストが嵩むことが考えられることから、これらの対象物質を塩化ナトリウムと混合して散布することとした。

Tetsuya Takada, Roberto Tokunaga, Masaya Sato



写真-1 非塩化物系の凍結防止剤

左：プロピオン酸ナトリウム（顆粒）  
右：コハク酸二ナトリウム・六水和物（粉末）

### (1) プロピオン酸ナトリウムについて

プロピオン酸ナトリウムは（写真-1）、細菌や真菌の増殖抑制効果があるため、食品保存料として使用されている。食品以外にも化粧品、飼料、塗料、接着剤としての用途もあり、日本国内での年間流通量は40 t程度と見積もられている。外観は白色であり、形状は一般的に粉末状であるが扱いやすい顆粒状への加工も可能である。水への溶解度は995g/L [20°C] であり、塩化ナトリウム360g/L [20°C] よりも溶解しやすい。金属腐食性については、佐藤ら<sup>2)</sup>によるとプロピオン酸ナトリウム単体ではほぼ腐食は発生しておらず、塩化ナトリウムとの重量比で1~2割のプロピオン酸ナトリウムを混合させた場合、塩化ナトリウム単体に比べ約20~65%の金属腐食量となることを確認した。

### (2) コハク酸二ナトリウム・六水和物について

コハク酸二ナトリウム・六水和物（写真-1）は、国内で主に食費添加物やメッキ剤の原料として流通しており、

国内の年間流通量は3,000 t程度とプロピオン酸ナトリウムよりも市場規模は大きい。外観はプロピオン酸ナトリウムと同様に白色である。水への溶解度は349g/L [35℃]であり、塩化ナトリウムより溶解度はやや低い。金属腐食性に関しては、塩化ナトリウムとの重量比で1割のコハク酸二ナトリウム・六水和物を混合させた場合、塩化ナトリウム単体に比べ約64%の金属腐食量となっており、プロピオン酸ナトリウムと同様に金属腐食の進行を抑えられることが確認<sup>3)</sup>されている。

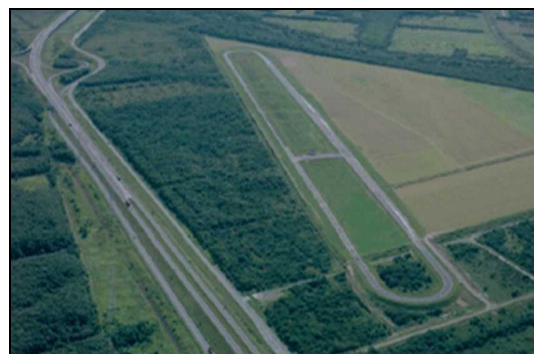


写真-2 苦小牧寒地試験道路

### 3. 散布試験

本研究では、非塩化物系の凍結防止剤と路面のすべり抵抗値の変化の関係について、以下の散布試験を実施した。

#### (1) 試験概要

2019年1月21日から24日にかけて、当研究所が所有する苦小牧寒地試験道路(写真-2)において各散布剤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雪氷路面に、薬剤の種類が異なる凍結防止剤を散布し、一般の道路交通を再現するため交通模擬車両(ダミー車)を走行させ、一定台数通過ごとに路面のすべり抵抗値を測定することで散布効果を検証した。

#### (2) 試験実施日

散布試験は、2019年1月21日、22日、24日の計3日間実施した。散布時期および天候等を表-1に示す。

#### (3) 試験箇所

散布試験は、当研究所所有の苦小牧寒地試験道路の直線部で実施した。なお、試験走路は1周L=2,700m(直線部L=1,200m、曲線部L=160m)である。

#### (4) 試験材料および散布方法

凍結防止剤は、非塩化物系のプロピオン酸ナトリウム、コハク酸二ナトリウム・六水和物の2種類と、比較対象として一般的に使用されている塩化物系の塩化ナトリウムを用いた。

散布量は実務における凍結防止剤の散布基準のうち事後散布を想定して30g/m<sup>2</sup>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、水溶液状にした塩化カルシウム等の凍結防止剤溶液に混合して散布する方法で、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、即効性や持続性が優れた散布方法である。

今回、非塩化物のプロピオン酸ナトリウムおよびコハク酸二ナトリウム・六水和物は固形剤としての散布ではなく溶液状にした湿式材として、固形剤の塩化ナトリウ

表-1 散布方法および気象条件

試験日	散布時期	外気温		路温		天候
		最低	最高	最低	最高	
2019/1/21	事後散布	-13.4	-4.5	-10.5	-1.2	曇
2019/1/22	事後散布	-11.0	-3.6	-8.9	-1.4	晴
2019/1/24	事後散布	-4.7	-2.5	1.7	-4.9	晴のち雪

表-2 使用薬剤(凍結防止剤)

凍結防止剤(湿式散布)		散布量 [g/m <sup>2</sup> ]	散布混合比 (固形:溶液)
固形	溶液		
塩化ナトリウム	塩化ナトリウム水溶液(25%)	30	3:1
塩化ナトリウム	プロピオン酸ナトリウム水溶液(30%)	30	3:1
塩化ナトリウム	コハク酸二ナトリウム・六水和物水溶液(15.3%)	30	3:1

ムに混合して散布を行った。なお、固形剤と湿式材の散布混合比については表-2に示すとおりである。

#### (5) 計測装置

##### a) 連続路面すべり抵抗値計測装置

散布効果の把握は、連続路面すべり抵抗値計測装置(写真-3)を用いてすべり抵抗値を測定した。連続路面すべり抵抗値計測装置(Continuous Friction Tester: CFT)とは、車両後部に計測輪を設け、計測を車両進行方向に対して1~2°程度の角度を与え、計測輪が回転する際に発生する横力を計測し、連続的に路面のすべり値を計測する装置である(図-1)。



写真3 連続路面すべり抵抗値計測装置 (CFT)

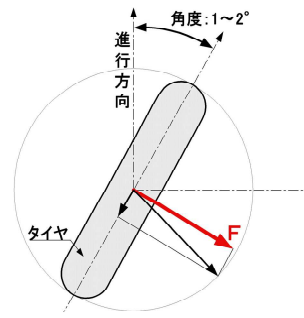


図-1 計測概念図

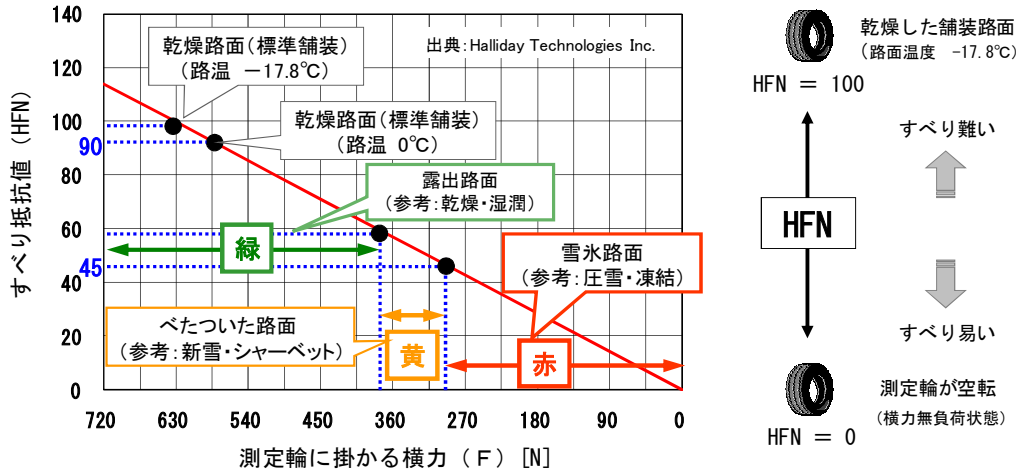


図-2 すべり抵抗値と横力

## b) すべり抵抗値

すべり抵抗値とは、当該装置の開発者が独自に設定したHFN (Halliday Friction Number) と呼ばれる値である。図-2に示すとおり、通常0~100の範囲で変化し、すべりにくいほど高い値を示す。また、測定値が表す路面として、0~44は雪氷路面、45~59はべたついた路面、60~100は良好な路面を示している。

## (6) 試験手順

### a) 氷膜路面の作製

試験で使用する氷膜路面 (厚さ:  $t=0.5\sim 1.0\text{mm}$ ) の作



写真4 氷膜路面作製状況

製は、試験道路直線部に4区間を設定し、散水車 (写真-4) による散水を行い、日没後の気温低下を利用して作成した。設定した4区間の延長はそれぞれ100mとした。また、各区間の間隔は、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。

### b) 凍結防止剤の散布

事後散布については、散水した水が凍結し氷膜路面になった後に各凍結防止剤の散布を行った。各凍結防止剤の散布に関する試験コースレイアウトを図-3に示す。

### c) 凍結防止剤散布前後の路面測定

各凍結防止剤散布後、路面連続すべり抵抗値計測装置を40km/hで走行させ、路面のすべり抵抗値を計測した。

### d) 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両を時速40km/hで走行させ、50台走行毎 (50台、100台、150台、200台、250台及び300台走行後) に、路面のすべり抵抗値を計測した。

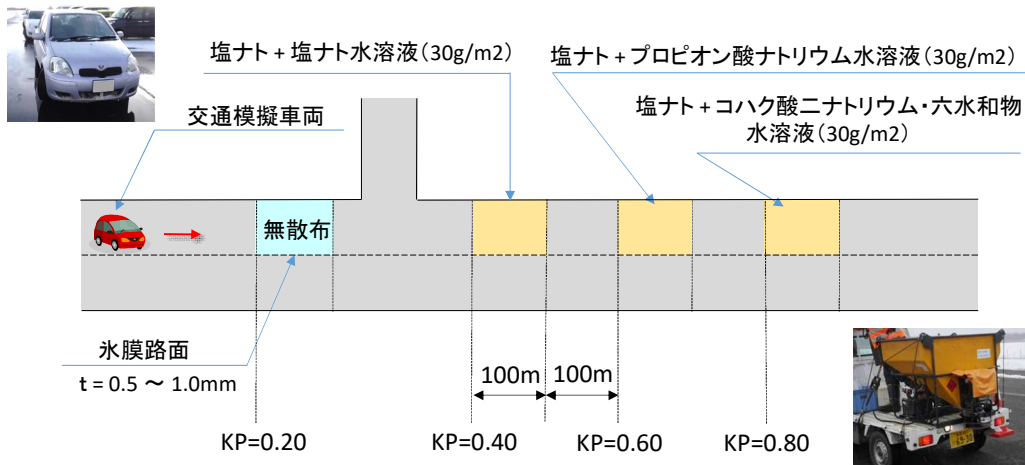


図-3 試験コースレイアウト

#### 4. 試験結果

図-4に1月24日（事後散布）の試験結果を示す。なお、試験期間3日間のうち1月21、22日の両日については、試験実施中に $-10^{\circ}\text{C}$ を下回る急激な気温低下があったことから凍結防止剤の散布効果に関する比較可能なデータを取得することができなかった。

散布直後の路面のすべり抵抗値（以下、HFNと記す）については、無散布区間のHFNは43であり、プロピオン酸ナトリウム水溶液、コハク酸二ナトリウム・六水和物水溶液および塩化ナトリウム水溶液の湿式材を混合した区間のHFNは27~28と無散布区間のHFNを下回った。これは、大日向<sup>4)</sup>や川端<sup>5)</sup>らが指摘したように、凍結防止剤が氷膜の一部を融解し、氷膜上に水膜を形成したために

一時的にすべり易くなったものと考えられる。しかし、交通模擬車両（ダミー車）50台走行後は、無散布区間以外のHFNは平均で20（Min16-Max24）上昇し、プロピオン酸ナトリウム水溶液を混合した区間はHFN43、コハク酸二ナトリウム・六水和物水溶液の区間はHFN52、塩化ナトリウム水溶液の区間はHFN48の値を示した。

100台走行後から200台走行後までは、プロピオン酸ナトリウム水溶液区間の平均HFNは47（Min42-Max51）、コハク酸二ナトリウム・六水和物水溶液区間の平均HFNは52（Min49-Max56）、塩化ナトリウム水溶液区間の平均HFNは45（Min44-Max46）の値を示し、無散布区間の平均HFN33（Min33-Max36）よりも高い値で推移した。

交通模擬車両300台走行後までの全走行を通して最もすべり抵抗値が改善したのは、コハク酸二ナトリウム・

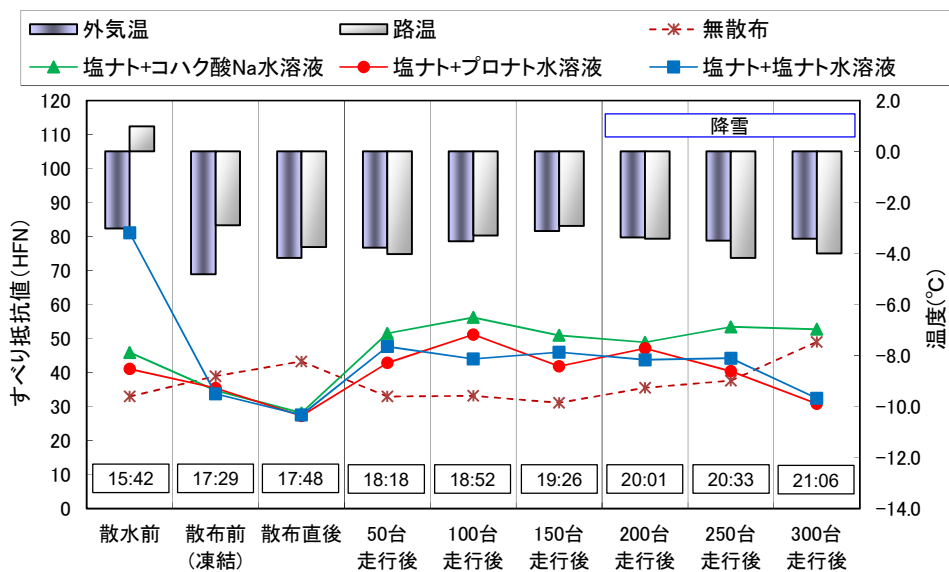


図-4 試験結果（2019年1月24日：事後散布）

六水和物水溶液を散布した区間であり、平均HFNは52 (Min49-Max56) で推移した。また、プロピオン酸ナトリウム水溶液区間の平均HFNは42 (Min31-Max51)、塩化ナトリウム水溶液区間の平均HFNは43 (Min32-Max48) であった。

なお、交通模擬車両が200台走行後からはHFNの値が低下する散布区間が発生したが、降雪の影響を受けたものと思われるものの、その低下の理由については分からなかった。

## 5. まとめ

下記に苫小牧寒地試験道路にて実施した、非塩化物系の凍結防止剤に関する散布試験の結果をまとめる。

- 1) 非塩化物系のプロピオン酸ナトリウムおよびコハク酸二ナトリウム・六水和物の湿式材においても、塩化ナトリウムの湿式材を混合して散布する場合と同様にすべり抵抗値が改善した。
- 2) 最もすべり抵抗値が改善したのはコハク酸二ナトリウム・六水和物水溶液を散布した区間であり、次いで塩化ナトリウム水溶液区間とプロピオン酸ナトリウム水溶液区間が続いた。
- 3) 各凍結防止剤散布直後にHFNが無散布区間よりも低下したのは、融氷効果により一時的に氷膜上に融けた水が滞水しすべり易い路面が形成されたものと考えられる。

- 4) 交通模擬車両の200台走行後から降雪があったことから、その後はHFNの値が低下する区間が発生した。

今回、2種類の非塩化物系の凍結防止剤を対象に、当研究所が所有する寒地試験道路にて散布効果に関する試験を実施した結果、非塩化物系の凍結防止剤を混合した場合においても、従来の塩化ナトリウムと同程度の散布効果を確認できたものとする。

しかし、試験期間(日数)が限られた中での試験であったことや試験実施中の気象条件の影響を大きく受け、降雪時のHFNが低下した理由が不明であることなど、十分なデータを得ることができなかったものと考えている。

今後も同様の試験を継続して実施し、更なるデータの蓄積を図りつつ、事前散布に関する散布効果についても検証を進めて参りたい。

## 参考文献

- 1) 北海道開発局：冬期路面管理マニュアル(案)
- 2) 佐藤賢治、中島範行、藤野友裕：プロピオン酸ナトリウムの本線試行導入による効果検証の実施について、平成30年2月、第62回北海道開発技術研究発表会
- 3) 佐藤賢治、徳永ロベルト、高橋尚人、中島範行：コハク酸二ナトリウム・六水和物の凍結防止剤としての適用性に関する研究、寒地土木研究所月報、No.787、pp.2-11、2018。
- 4) 大日向昭彦、高田哲哉、徳永ロベルト：凍結防止剤の散布手法に関する基礎的研究、平成23年2月、第54回北海道開発技術研究発表会
- 5) 川端優一、高田哲哉、徳永ロベルト：凍結防止剤散布の効果に関する試験研究、平成24年2月、第55回北海道開発技術研究発表会