

新たな非塩化物系凍結防止剤の開発に関する研究 A Study on the Development of Non-chloride Based Deicer

佐藤賢治，藤本明宏（（国研）土木研究所 寒地土木研究所），
切石亮（北海道開発局 札幌開発建設部），
徳永ロベルト，高橋尚人（（国研）土木研究所 寒地土木研究所），
中島範行（富山県立大学 工学部）

Kenji Sato, Akihiro Fujimoto, Makoto Kiriishi, Roberto Tokunaga,
Naoto Takahashi, Noriyuki Nakajima

1. 研究の背景と目的

北海道などの積雪寒冷地において、凍結防止剤散布は、安全・円滑な冬期交通の確保を図る上で重要な施策である¹⁾。凍結防止剤には、価格、入手し易さ、融氷性能および取り扱い易さなどの点から総合的に優れている塩化ナトリウム（以下、塩ナト）が主に使用されている。一方、塩ナトをはじめとした塩化物系凍結防止剤は、土壌、植物、道路構造物、ならびに走行車両など、道路環境への負荷が懸念されている。

土木研究所寒地土木研究所と富山県立大学は共同で、沿道環境への負荷が少ない、新たな非塩化物系凍結防止剤の開発に関する研究を実施している。既往の研究では、宮本ら²⁾、明嵐ら³⁾は市販の非塩化物系凍結防止剤について、価格、環境性および融氷性能等を調べた。しかしながら、市販の非塩化物系凍結防止剤は、塩化物系凍結防止剤と比較して価格が高いことから、道路維持管理コストの削減が進む昨今において、全国的な普及には至っていない。本稿では、食品添加物であるプロピオン酸ナトリウムに着目し、冬期道路管理における実用化や普及へ向けた検討の一環として、室内での金属腐食性試験および苫小牧寒地試験道路での散布試験を実施した結果について報告する。

2. 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（以下、プロナト）は、細菌や真菌の増殖を抑制する効果があるため、食品保存料として使用される。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、日本国内での年間使用量は約 36 t と見積られている。外観は白色であり、形状は一般的に粉状であるが、粒状への加工が可能である（写真 1）。価格



写真 1 プロピオン酸ナトリウム
(左：粉状， 中央：粒状， 右：粒状接写)

は粉状で 1,200 円/kg (取引数量 10t の場合 250 円/kg), 粒状で 1,800 円/kg であり, 塩ナト (30 円/kg 程度) と比較すると高価である.

凝固点に関して, 塩ナト 20%水溶液の-19.1℃に対し, プロナト 20%水溶液は-16.4℃であり, 塩ナトとプロナトの 8:2 混合物の 20%水溶液では-18.9℃である.

3. 金属腐食性試験

3. 1 試験の概要

プロナトの金属腐食性を確認するため, 地方独立行政法人北海道立総合研究機構に依頼し, 同試験場が定める方法⁴⁾で試験を実施した.

3. 2 試験方法

試験方法を述べる. i) 試料, 塩ナトおよび塩化カルシウム (以下, 塩カル) を蒸留水 100cc に対して 3.0g の割合で溶解し水溶液を作る, ii) それぞれの水溶液に亜鉛メッキを除去した鉄片を 1 枚入れ, 24 時間浸漬した後, 取り出し, 24 時間放置する, iii) ii) を 7 日間行い, 8 日目に取り出す, iv) 鉄片の錆を完全に取り, 試験前と後で鉄片の重量の変化をみる.

3. 3 試験結果

表 1 に本試験の結果を示す. 金属腐食性は腐食減少量 (mdd) という値で評価され, この値が大きいほど腐食量が多いことを表す. プロナト単体および塩ナトとプロナトの 8:2 混合物の腐食減少量は, それぞれ 0.3 と 4.4 mdd であった. 本試験から, プロナト単体および塩ナトとプロナトの 8:2 混合物は蒸留水, 塩ナトおよび塩カルと比べて, 金属腐食の進行を抑えられることがわかった.

表 1 金属腐食性試験結果

	腐食減少量 (mg/dm ² *day)
蒸留水	8.6 mdd
特級試薬塩ナト	22.5 mdd
特級試薬塩カル(無水)	27.5 mdd
プロナト	0.3 mdd
塩ナト+プロナト (8:2)	4.4 mdd
塩ナト+プロナト (9:1)	12.5 mdd
塩ナト+プロナト (19:1)	14.6 mdd

4. 試験道路での散布試験

4. 1 試験の概要

プロナトの散布効果を確認するために散布試験を実施した. 試験は平成 27 年 1 月 21 日に苫小牧寒地試験道路で実施した. 試験道路は全長 2700 m の水平な周回道路であり, 本試験は密粒度アスファルト舗装区間の直線部で実施した. 試験条件は表 2 のとおりである.

前述のとおり, プロナトは塩ナトと混合しても凝固点および金属腐食性において優れていることや, 価格面を考慮し, 本試験では, 粒状塩ナトに粒状プロナトを混合した乾式散布 (以下, 混合乾式散布), 粒状塩ナトにプロナト水溶液を付加した湿式散布 (以下, プロ湿式散布) を実施した. また, 比較のため, 無散布, 粒状塩ナト単体の乾式散布 (以下, 塩ナト乾式散布) および粒状塩ナトに塩カル水溶液を付加した湿式散布 (以下, 塩カル湿式散布) を実施した.

4. 2 試験方法

散布試験のレイアウトは図 1 のとおりである。試験の手順を述べる。
 i) 試験道路の直線区間に散水を行い、日没後の気温の低下を利用して、氷膜路面を形成する、ii) すべり抵抗値を測定する、iii) 氷膜路面に凍結防止剤を散布する、iv) すべり抵抗値を測定する、v) 交通模擬車両を 50 台通過させる、vi) 手順 iv)~v) を通過台数が 300 台 (50 台×6 セット) に達するまで繰り返す。凍結防止剤の散布量は 20 g/m² に設定した。各凍結防止剤の散布区間はいずれも 50 m である。

表 2 試験条件

試験日	2015年1月21日
天候	晴れ
外気温 (°C)	-6.0 ~ -3.8
路面温度 (°C)	-3.3 ~ -2.0
散布時期	事後散布
散布条件	無散布
	粒状塩ナト
	粒状塩ナト+粒状プロナト (重量比 8:2)
	粒状塩ナト+プロナト水溶液(濃度30%) (重量比 9:1)
散布量	20 g/m ²

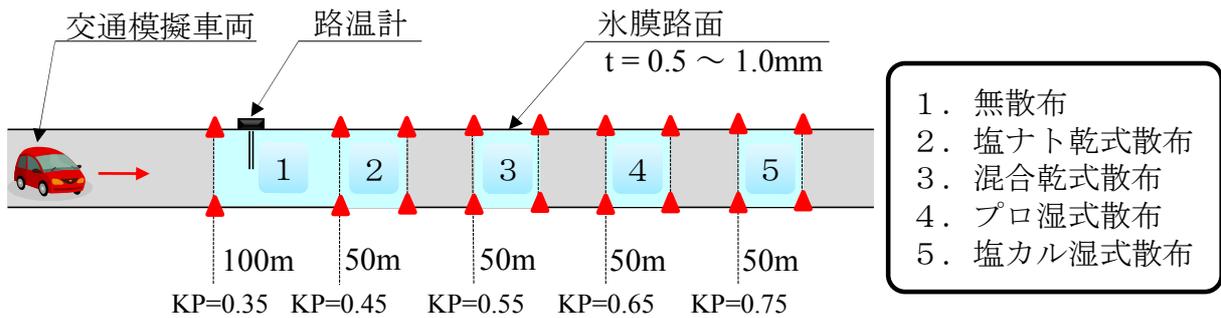


図 1 散布試験レイアウト

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⁵⁾ (写真 2) を使用した。すべり抵抗値は、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、すべり難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。なお、試験車両および交通模擬車両の走行速度は 40 km/h とした。



写真 2 連続路面すべり抵抗値測定装置

4. 3 試験結果

図 2 に車両通過に伴う HFN の変化を示す。また、同図に HFN 測定時の外気温および路面温度も併せて示す。外気温は、散布後から試験終了時まで -6.0 ~ -3.8 °C で推移した。路面温度は -3.3 ~ -2.0 °C で推移した。

HFN について述べる。無散布区間の HFN は 45 程度で推移した。乾式散布の 2 区間について述べる。塩ナト乾式散布区間の HFN は、散布前の約 37 から、50 台走行後以

降徐々に上昇し、300台走行後には約100に達した。混合乾式散布区間のHFNは、散布前の約46から150台走行後には80~100程度まで上昇した。次に湿式散布の2区間について述べる。プロ湿式散布区間のHFNは散布前の約44から50台走行後以降徐々に上昇し、300台走行後には約100に達した。塩カル湿式散布区間のHFNは42から、50台走行後以降徐々に上昇し、300台走行後には約82に達した。

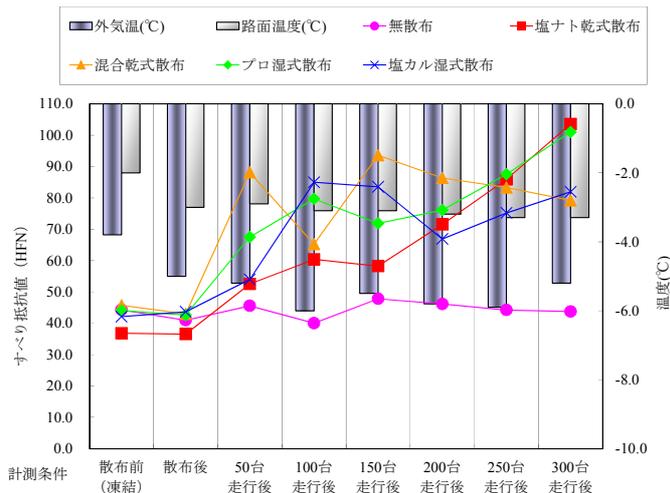


図2 車両通過に伴うHFNの変化

5. まとめと今後について

本研究では、プロナトの冬期道路管理における実用化や普及へ向けた検討の一環として、金属腐食性試験および苫小牧寒地試験道路で散布試験を実施した。その結果、以下の知見が得られた。

- (i) プロナトは、金属腐食の進行が小さく、塩ナトと混合した場合にも腐食の進行を抑えられる。
- (ii) 塩ナトとプロナトの乾式散布および塩ナトにプロナト水溶液を付加した湿式散布は、塩ナトの乾式散布および塩ナトに塩カル水溶液を付加した湿式散布と比べて同等のすべり改善効果がある。

現在、市販の非塩化物系凍結防止剤は、環境負荷が少ないとされているが、価格が高いことから冬期道路管理への普及は進んでいない。したがって、今後、プロナトの融氷性能および効果的で安価な使用方法等の検討と並行して、道路構造物、自動車、土壌、植物等の沿道環境への負荷の低減効果などを視野に入れた研究を進める予定である。

【参考・引用文献】

- 1) 北海道開発局, 1997: 冬期路面管理マニュアル (案).
- 2) 宮本ら, 1993: 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, 開発土木研究所月報, No. 487, 9-26
- 3) 明嵐ら, 2003: 非塩化物型凍結防止剤の開発等に関する共同研究報告書.
- 4) 片山直樹, 2013: (地独)北海道立総合研究機構の分析依頼試験, 表面技術, 64(9), 474-476.
- 5) 舟橋ら, 2007: 連続路面すべり抵抗値測定装置 (RT3) の導入について, 寒地土木研究所月報, No. 651, 40-47.