

# 塩化ナトリウムに替わる新たな凍結防止剤の適用性検討 —室内および試験道路での性能試験—

佐藤賢治\*<sup>1</sup>、徳永ロベルト\*<sup>1</sup>、高橋尚人\*<sup>1</sup>、中島範行\*<sup>2</sup>、藤野友裕\*<sup>3</sup>、松浦智典\*<sup>3</sup>

## 1. 研究の背景と目的

道路用凍結防止剤には、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の散布による、道路構造物への影響など沿道環境への負荷が懸念されている。

寒地土木研究所、富山県立大学および中日本高速道路株式会社は、沿道環境負荷が小さい新たな凍結防止剤として、主に食品添加物に利用されるプロピオン酸ナトリウム（以下、プロナト）（写真-1）の適用性を共同で研究している。プロナトは、塩ナトと比べて金属腐食を抑制する効果が高い（図-1）が、剤の価格を考慮して、塩ナトとの混合利用を前提とした研究を進めている<sup>1)2)</sup>。本稿では、塩ナト・プロナト混合物を対象に室内でコンクリートの凍結融解試験および苫小牧寒地試験道路で散布試験を実施した結果について報告する。



写真-1 プロピオン酸ナトリウム（粉末状）

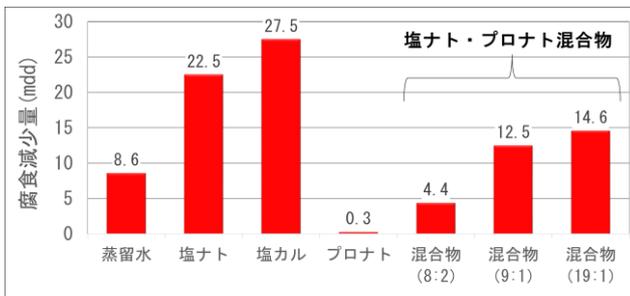


図-1 金属腐食性確認結果

## 2. コンクリートの凍結融解試験

### 2.1 試験の概要

塩ナト・プロナト混合物がコンクリートの凍害劣化へ与える影響を確認するため、コンクリートの性能評価手法のひとつである RILEM-CDF 法<sup>3)</sup>に準拠した室内凍結融解試験を実施し、スケーリング量を調査した。

本試験では、対象薬剤を塩ナトおよび塩ナトとプロナトの重量比 9:1 混合物（以下、混合物 9:1）とした。コンクリート供試体（以下、供試体）の配合を表-1 に示す。使用材料として、セメント（C）には普通ポルトランドセメント、細骨材（S）には海砂、粗骨材（G）には 2 種類の粒度の碎石、混和剤として AE 減水剤および AE 剤を用いた。

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				AE 減水剤 (C×%)	AE 剤 (C×%)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
50	44	145	290	850	1075	0.25	0.0038

目標スランブ 8.0±2.5cm  
目標空気量 4.5±1.0%

### 2.2 試験の手順

試験手順を以下に示す。

- 10×10×40 cm の供試体を作成し、成型後 1 日で成型する
- 材齢 7 日まで 20℃で水中養生、供試体を 10×10×20 cm に切断する
- 水中養生後、20℃、60%Rh で気中養生し、材齢 21～27 日の間で試験面（本試験では打設面）以外をアルミテープでシールする
- 材齢 28 日目から 7 日間、試験水溶液（対象薬剤濃度 3%）に試験面下部 5 mm 程度を浸し事前吸水させた後、吸水量を計測する
- 試験器に入れた後、±20℃の凍結融解サイクルを 28 サイクル（14 日）与える
- 8,14,28 サイクル毎にスケーリング片を採取し乾燥質量を計測する

\* 1 (国研) 土木研究所寒地土木研究所

\* 2 富山県立大学

\* 3 中日本高速道路株式会社

供試体は対象薬剤毎に 5 個用意し、サイクル毎に計測した乾燥質量 (g) をスケーリング量 (g/m<sup>2</sup>) に換算して平均値を結果とした。写真-2 に凍結融解試験状況を示す。

### 2.3 試験の結果

図-2 にサイクル毎の平均スケーリング量を示す。また、写真-3 にサイクル毎の供試体の状況を示す。

塩ナトの平均スケーリング量は、317、456、725 g/m<sup>2</sup> で推移した。対して混合物 9:1 の平均スケーリング量は、261、351、521 g/m<sup>2</sup> で推移した。このように、いずれのサイクルにおいても塩ナトと比べて混合物 9:1 の平均スケーリング量が少なく、塩ナトと比べて混合物 9:1 がコンクリートの凍害劣化を軽減させる可能性が示された。



写真-2 凍結融解試験状況

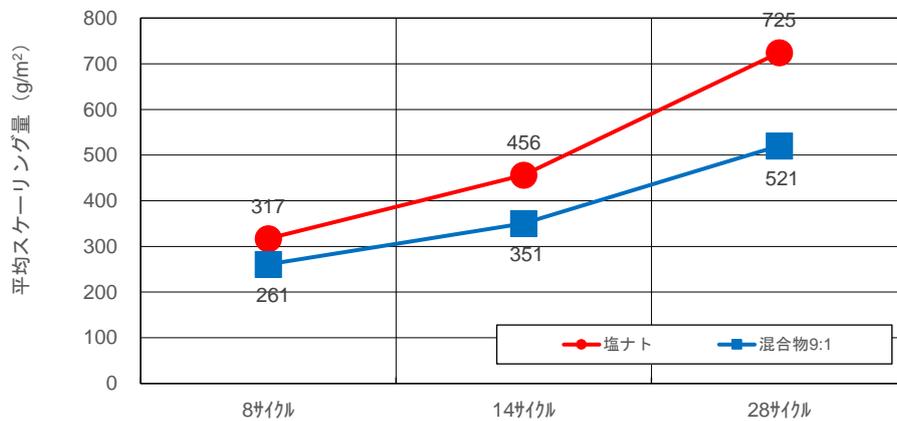


図-2 サイクル毎の平均スケーリング量

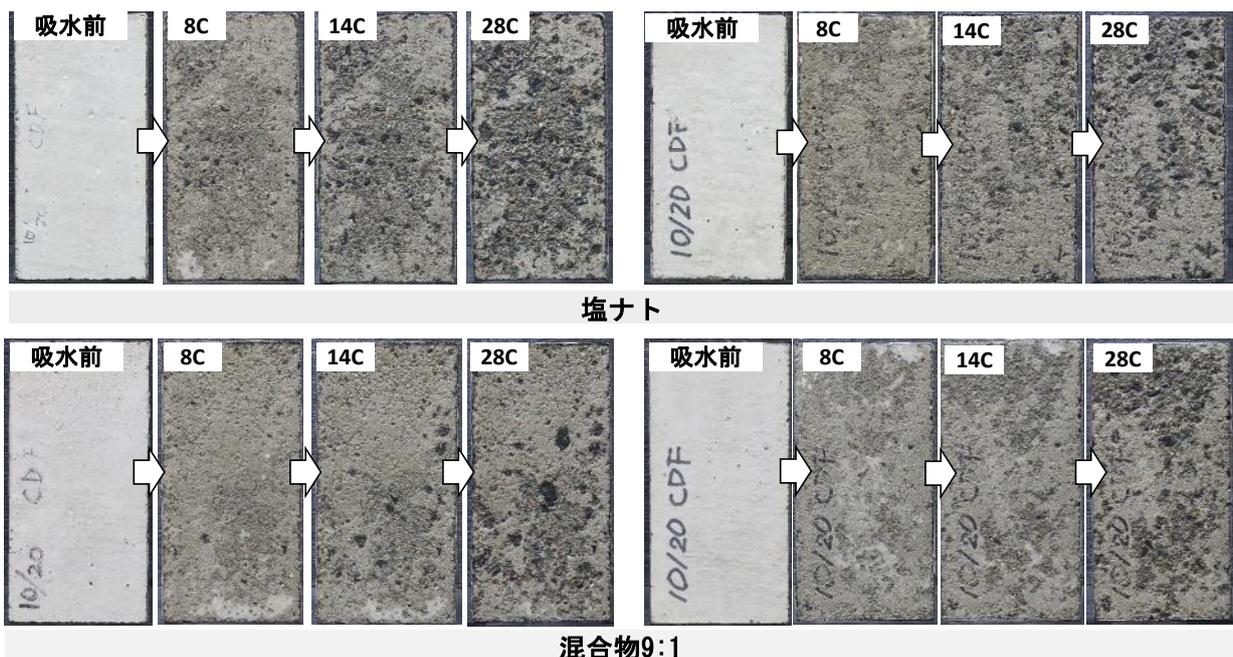


写真-3 試験後の供試体

### 3. 試験道路での散布試験

#### 3.1 試験の概要

塩ナト・プロナト混合物の散布による路面すべり抵抗値の改善効果を確認するため散布試験を実施した。試験は、冬期に苫小牧寒地試験道路の密粒度アスファルト舗装区間で実施した。本試験では、**図-3** に示すとおり、直線部の 4 区間に凍結路面を作製し、1 区間は無散布区間とし、3 区間に散布した。

散布条件は、中日本高速道路株式会社管内で実施している散布方法のひとつである湿塩散布を基本に決定した。1 区間は、一般的な散布条件である、粒状塩ナトに塩ナト濃度 25%水溶液を重量比 3:1 で付加する湿塩散布（以下、塩ナト湿塩散布 3:1）とし、他 2 区間は、粒状塩ナトにプロナト濃度 25%水溶液を重量比 3:1 で付加する湿塩散布（以下、混合湿塩散布 3:1）、同じく重量比 2:1 で付加する湿塩散布（以下、混合湿塩散布 2:1）とした。散布量は  $20 \text{ g/m}^2$  とした。

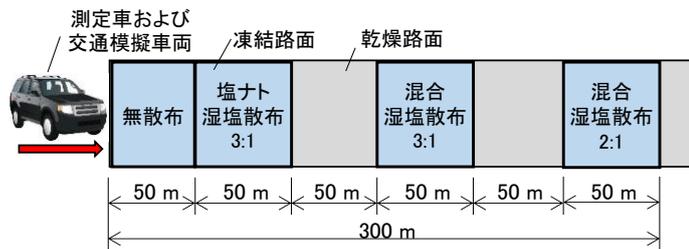


図-3 散布試験実施区間図

#### 3.2 試験の手順

試験手順を以下に示す。

- i) 無散布を含む散布区間に散水車で散水し、日没後の気温低下を利用して凍結路面（氷膜厚  $0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ ）を作製する
- ii) 凍結路面に薬剤を散布する
- iii) 連続路面すべり抵抗値測定装置<sup>4)</sup>を用いてすべり抵抗値を計測する（**写真-4**）
- iv) 交通模擬車両を延べ 300 台走行させ、50 台走行毎にすべり抵抗値を測定する

測定車の走行速度は  $30 \text{ km/h}$  とし、交通模擬車両の走行速度は  $40 \text{ km/h}$  とした。

#### 3.3 試験の結果

**図-4** に交通模擬車両通過に伴うすべり摩擦係数  $\mu$ （以下、 $\mu$ ）の変化を示す。また、同図に測定時の外気温および路面温度も合わせて示す。天候は晴れ、外気温は散布後から試験終了時まで  $-4.4 \sim -3.6^\circ\text{C}$  で推移し、路面温度は  $-6.1 \sim -4.9^\circ\text{C}$  で推移した。



写真-4 連続路面すべり抵抗値測定装置

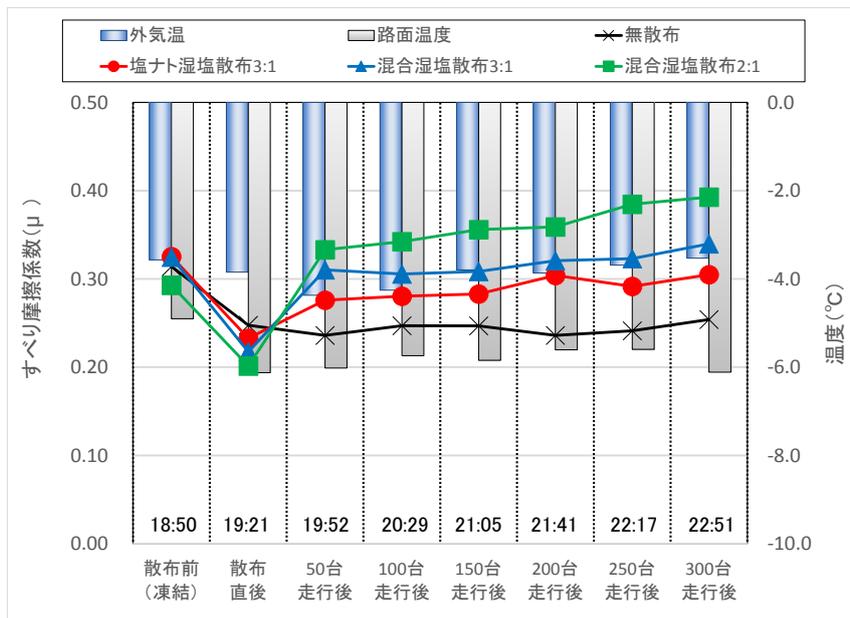


図-4 車両通過に伴う  $\mu$  の変化

$\mu$ について述べる。無散布区間の  $\mu$  は、散布前の 0.31 から、300 台走行後には 0.25 に低下した。塩ナト湿塩散布 3:1 の  $\mu$  は、散布前の 0.33 から、300 台走行後には 0.30 になった。混合湿塩散布 3:1 の  $\mu$  は、散布前の 0.32 から、300 台走行後には 0.34 になった。混合湿塩散布 2:1 の  $\mu$  は、散布前の 0.29 から、300 台走行後には 0.39 になった。

室内試験の結果<sup>2)</sup>から、プロナトの散布効果は塩ナトに若干劣ると予想される。試験道路での試験では、氷膜厚さのばらつきなど様々な要因の影響を受ける。今回の試験では、塩ナト・プロナト混合物散布区間のすべり摩擦係数が塩ナト散布区間のすべり摩擦係数を上回る結果となったが、過年度実施した散布試験の結果<sup>1)</sup>も併せて考えると、塩ナト・プロナト混合物は、塩ナトと同程度のすべり改善効果があるといえる。

#### 4. まとめ

本研究では、塩ナト・プロナト混合物を対象にコンクリートの凍結融解試験および散布試験を実施した。その結果、以下のことがわかった。

- i) 塩ナトとプロナトの重量比 9:1 混合物は、塩ナトと比べてコンクリートの凍害劣化へ与える影響が小さい、
- ii) 塩ナトにプロナト濃度 25%水溶液を重量比 3:1 および 2:1 で付加した湿塩散布は、塩ナトに塩ナト濃度 25%水溶液を重量比 3:1 で付加した湿塩散布と同程度のすべり改善効果がある

プロナトは、金属腐食を抑制する効果が高いことがわかっており<sup>1)</sup>、本稿の試験結果と併せて凍結防止剤散布による道路構造物への影響低減が期待される。

#### 参考文献

- 1) 佐藤賢治、藤本明宏、切石亮、徳永ロベルト、高橋尚人、中島範行：新たな非塩化物系凍結防止剤の利用可能性に関する研究、第 31 回日本道路会議論文集、No.2029、2015
- 2) 佐藤賢治、藤本明宏、中島知幸、徳永ロベルト、高橋尚人、石田樹、中島範行：新しい非塩化物系凍結防止剤の融氷特性と植害に関する研究、寒地技術論文・報告集、Vol.32、pp.141-145、2015
- 3) Setzer, M. J., Fagerlund, G. and Janssen, D. J. (1996). CDF Test – Test method for the freeze-thaw resistance of concrete - tests with sodium chloride solution (CDF), *Materials and Structures*, Vol.29, pp.523-528.
- 4) 舟橋誠、徳永ロベルト、浅野基樹：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、pp.40-47、2007