

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 —現場における施工性検討—

松浦智典^{*1}、米本浩也^{*1}、草野智之^{*1}、藤野友裕^{*1}、石川剛巳^{*1}、
小酒井涼介^{*1}、中島範行^{*2}、高橋尚人^{*3}、佐藤賢治^{*3}

1. はじめに

中日本高速道路株式会社 金沢支社（以下、「金沢支社」という）は、日本海側ならではの季節風に影響を受けやすく、冬期になると積雪深が時に 2m を超える積雪寒冷地域である北陸自動車道、東海北陸自動車道、舞鶴若狭自動車道の総延長 340km を管理している。これより、冬期には安全な交通確保の為に路面凍結防止を目的とする、塩化ナトリウム（以下、「塩ナト」）をはじめとした塩化物凍結防止剤を冬期間に約 16,119 トン散布している。その為、塩化物との反応により影響されるガードレール支柱や橋梁等のコンクリート構造物に塩害が顕著に現れている。

これら、構造物に負の影響を与える凍結防止剤に対して、平成 27 年度より富山県立大学と国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所及び中日本高速道路株式会社にて「構造物に負の影響を与えない凍結防止剤の研究」として塩ナトに替わる凍結防止剤として研究が行われているプロピオン酸ナトリウム（以下、「プロナト」）に着目し、構造物の長寿命化・変状発生から補修までのライフサイクルコストの低減に繋がる凍結防止剤の仕様・施工方法の検討及び試験施工を行っている。

本研究は、第 1 回試験施工（H28 年 7 月）及び第 2 回試験施工（H29 年 6 月）に実施した既存の雪氷基地施設及び雪氷車両（湿塩散布車及び溶液散布車）を用いてプロナトを使用した凍結防止剤溶液の製造・散布作業（試験施工）を行った結果を基に、施工性の確認結果を報告すると共に、供用道路への散布に向けた課題解決策の提案を行うものである。

2. プロナトの概要

プロナトの金属腐食性を確認した研究¹⁾によると、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、保存料として使用されている食品添加物の一つであり、外観は白色、形状は粉状が一般的である。

材料価格は、粉状で 250 円/kg（取引数量 10t の場合）であり、塩ナトの 16 円/kg（金沢支社管内平成 28 年度実績）と比較すると約 15 倍程度と高価である（プロナトの日本国内の年間使用量は約 36 t 程度）。

凍結温度（凝固点）は、塩ナト 20%水溶液が -19.1°C に対し、プロナト 20%水溶液は -16.4°C 、塩ナトとプロナトの混

合比 8:2 混合物の 20%水溶液は -18.9°C であり、凍結温度に大きな違いは見られない。



写真1. プロピオン酸ナトリウム（粉状）



写真2. プロピオン酸ナトリウム（1mm 粒状）

金属腐食性は腐食減少量（mdd）で評価され、この値が大きいほど腐食量が多いことを示すが、金属腐食性の確認結果（表 1）によると、プロナト単体では蒸留水よりも腐食減少量が少なく、塩ナトとプロナトの 9:1 混合物でも蒸留水程度に腐食減少量が少ない。

表 1. 金属腐食性試験結果

材料	腐食減少量
蒸留水	8.6 mdd
特級試薬塩ナト*	22.5 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

*日本工業規格（JIS）の塩ナト

^{*1}中日本高速道路株式会社

^{*2}富山県立大学

^{*3}（国研）土木研究所寒地土木研究所

3. 試験施工の前提条件

塩ナトとプロナトの混合比について、プロナトは材料価格が高価であると共に国内使用量が少ないことから、プロナト単体を凍結防止剤として使用することは現実的では無い。そこで、蒸留水程度に金属腐食を抑えることが出来る塩ナトとプロナトの混合比9:1で試験施工を行うこととする。

4. 試験施工の概要

(1) 実施日

平成28年7月22日(金) 【第1回試験施工】

平成29年6月12日(月) 【第2回試験施工】

(2) 場所

北陸自動車道 黒部IC 内プラ

(3) 試験施工内容

既存の雪氷基地施設を用いたプロナト溶液製造、雪氷車両への溶液積込、散布試験

(4) 散布種別

①溶液(25%濃度溶液)

プロナト0.5t+水1.5t

②湿塩(25%濃度溶液を使用)

塩ナト(固形)+[プロナト0.5t+水1.5t](溶液)

(5) プロナト溶液製造方法

事前に水を貯めておいた溶解槽に薬剤庫からシュータを使用し、以下の方法にてプロナトの投入を行う。投入後、ブローを用いて溶解槽内の攪拌を行い、25%溶液を製造する。

(6) プロナト形状及び溶液槽への投入方法

①粉末状プロナト(25kg小袋)

②粉末状プロナト(1tフレコンバッグ)

※従来の塩ナト投入方法

③粒状1mmプロナト(内装無し110kgフレコンバッグ)

④粒状1mmプロナト(内装有り110kgフレコンバッグ)



写真3. ①粉末状プロナト (25kg 小袋)



写真4. ②粉末状プロナト (1t フレコンバッグ)



写真5.

③粒状1mmプロナト(内装無し110kgフレコンバッグ)



写真6.

④粒状1mmプロナト(内装有り110kgフレコンバッグ)

(7) 雪氷車両への溶液積込

作成した溶液を溶解槽から雪氷車両へ水中ポンプを用いて溶液の直接積込^{*}を行う。

^{*}本来の溶液積込は、「溶解槽⇒溶液槽⇒雪氷車両」となるが、溶解槽から溶液槽への移送には汲み上げ設備の構造上多量の溶液を必要とするため、「溶解槽⇒散布車両」へ直接積込行う。

(8) 散布方法及び散布ヤード

黒部IC内に散布ヤードを設け、雪氷車両を用いて湿塩散布、溶液散布を行う。

散布ヤード内を1周散布した後、臭気等を計測する。散布・計測を湿塩散布、溶液散布で各3回ずつ行う。

散布ヤードは雪氷車両の散布量車速同調装置が稼働する30km/h以上を確保できる広さとする。

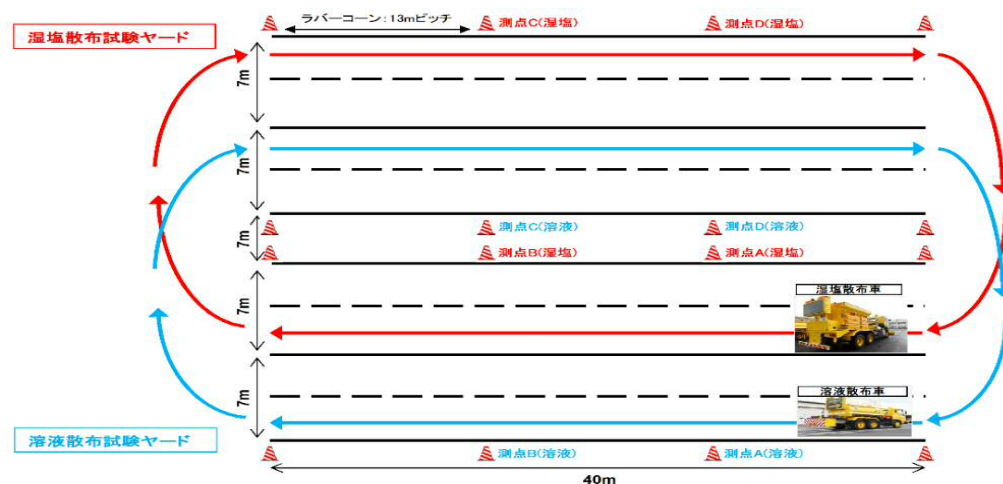


図1. 散布ヤード（黒部I C内プラ）



写真7. 散布ヤード（黒部I C内プラ）



写真8. 粉末状プロナト投入後の溶解槽の状況

5. 試験施工の結果

(1) プロナト溶液製造

①粉末状プロナト（25kg小袋）及び②粉末状プロナト（1tフレコンバッグ）投入時、粉状のプロナトが舞い上がり薬剤庫内外に飛散した。（写真8. 粉末状プロナト投入後の薬剤庫外の状況）また、投入後及び攪拌時に水面にプロナトが浮上するものの、ブローにて攪拌を行うと速やかに沈下した。（写真9. 粉末状プロナト投入後の溶解槽の状況）

③粒状1mmプロナト（内装無し110kgフレコンバッグ）及び④粒状1mmプロナト（内装有り110kgフレコンバッグ）投入時はプロナトは飛散せず、従来の塩ナトと同様に薬剤槽に投入することができた。また、投入後についても塩ナトと同様に滞りなく攪拌を行うことができ、従来と同様の作業性を確保できることが分かった。（写真10. 粒状プロナト投入後の薬剤庫外の状況）加えて、内装有りのフレコンバッグを使用時のプロナト投入は内装内側にプロナトが引っ掛かり、その都度、内装を振動させる必要があるため、内装無しのフレコンバッグと比較して作業時間が約1.2倍掛かった。

粉末状及び粒状でのプロナト投入後の薬剤庫周辺の臭気濃度は、0.15ppm 程度が計測され、臭気強度は3（楽に感知出来るにすぎない）を超過した。プロピオン酸の臭気濃度と快・不快度の関係²⁾より、不快度は-2（やや不快）を超過した。



写真9. 粉末状プロナト投入後の溶解槽の状況



写真10. 粒状プロナト投入後の薬剤庫外の状況

また、プロナト投入及び攪拌の所要時間よりプロナトは塩ナトと比べ約半分の時間で攪拌することができるため、溶液の作成効率向上を図れることが分かった。

表 2. プロナト投入及び攪拌の所要時間

粒状プロナト投入	所要時間
粉末状プロナト投入 小袋 (25kg*40 袋=1.0 t)	32 分
粉末状プロナト投入 1t フレコンバッグ (1.0 t)	15 分
粉末状プロナト 1t 攪拌時間*	約 35 分
粒状プロナト投入	所要時間
粒状プロナト投入 内装無し (110kg*9 袋=990kg)	約 34 分
粒状プロナト投入 内装有り (110kg*9 袋=990kg)	約 29 分
粒状プロナト 1t 攪拌時間*	約 24 分

*攪拌を開始し、溶解完了までの時間
(塩ナトの攪拌時間 (目安) : 60 分/t)

(2) 散布試験

溶液積込時及び散布試験時、支障となる事象は発生しなかった。溶液積込時及び湿塩散布試験時に臭気は計測されなかったが、溶液散布試験時、路面が乾燥する際の臭気は、0.10～0.15ppm 程度が計測され、臭気強度は 3 (楽に感知出来るにおい) を超過した。プロピオン酸の臭気濃度と快・不快度の関係²⁾ より、不快度は -2 (やや不快) を超過した。



写真 1 1. 粉末状プロナト投入後の溶解槽の状況

6. 結果の考察と課題解決策の提案

プロナト投入時、粉末状のプロナトが舞い上がり薬剤庫内外に飛散した。これは、プロナトが粉状であることと、投入後にプロナトが水面に浮上し、沈下しなかったことが原因として考えられる。そのため、プロナトとして粒径を大きくし、粉末が飛散せず、水中に沈下する粒状タイプが導入に向けて適当でる。

また、小袋からフレコンバッグ内装材有り無し等の数種類の梱包材によるプロナトを用意し、投入時の作業性を比較することにより、内装なしのフレコンバッグを使用すると効果的な作業が可能であると分かった。

7. 今後の課題

作業効率及び作業員の負担とならないプロナトの梱包材種類として内装無しのフレコンバッグが導入に向けて最適であると仮定したが、保管中にプロナトが空気中の水分を吸湿して、納入から時間が経過した場合に固結し、作業に支障を及ぼす可能性があるため、納入後の経過時間からプロナトの状況を観察する必要がある。

また、プロナト投入時に発生する臭気については粉末状から粒状にする事により 0.15ppm から 0.10ppm に抑えることができたが、不快度 -2 (やや不快) を改善する事ができなかった。これらは、今回試験施工を行った溶液散布の溶液が 100% プロナト溶液であったことが原因として考えられる。そのため、プロナトと塩ナトの混合物の事前調達や雪氷基地施設の改善 (2 種類の固形剤を混合する施設の導入や、異なる濃度の溶液を作成するための溶解槽・溶液槽の導入) を行っていく必要があると言える。

8. おわりに

今回の試験施工を通じて、プロナト自体の特徴、凍結防止剤としての施工性の確認を行うことが出来た。しかし、改善すべき点は残っており、今後周辺への臭気の影響を確認する余地があることから、より実態に近い環境かつ本線隣接民家の少ないインター区間で本線試験施工を行い、検討を進めていく。

今後も継続して構造物の長寿命化・ライフサイクルコストの低減に繋がる凍結防止剤としてプロナトの仕様・施工方法の検討を進めていきたい。

○. 参考文献

- 1) 佐藤ら、2015 : 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)
- 2) 永田ら、1981 : 悪臭物質の濃度と不快度の関係に関する検討