

IV-93

融雪剤・凍結防止剤使用に関する一考察

北海道開発局 開発土木研究所
同 上
同 上

○正員 服部 健作
正員 蛭川 浩一
正員 宮本 修司

まえがき

北海道では2年後のスパイクタイヤ全面禁止にむけて冬期の路面管理が、なお一層重視されている。冬期路面管理の一手法に融雪剤・凍結防止剤の使用があるが、厳寒地域である北海道では融雪剤を用いて雪を溶かすということは場合によっては、そのままでは決して氷になることはない雪を凍り易い水にすることである。またどんな高濃度の薬剤溶液であっても周囲の雪氷や融雪水に希釈されてやがて普通の水と同様に凍ってしまう。

1 融雪剤・凍結防止剤について

一般的に融雪剤・凍結防止剤（以下薬剤と記す）として、塩化カルシウム・塩化ナトリウムが主に用いられている。この2種類の薬剤について、一般的に言われている最低凍結温度は、塩化カルシウム－5℃、塩化ナトリウム－21℃となっているがこれはそれぞれ29.9%、22.4%という通常の薬剤散布では考えられない高濃度のときの凍結温度である。その他に塩化マグネシウム・尿素・アルコール類・アセテート系の混合物も用いられている。しかし薬剤には、副次的な影響があり薬剤散布によって、金属の発錆腐食の原因となったりさらに構造物・人体・植物などに影響を与えられている。

2 薬剤の室内試験

2-1 融解試験

室内の冷凍庫を用いて、塩化ナトリウム（NaCl）と塩化カルシウム（CaCl₂・2H₂O）の2種類の薬剤について融解試験をおこなった。試験は一定温度の下で温度測定器を取り付けた水の供試体（15cm×9cm×2cm）に薬剤を散布し、4時間後の融水量を記録した。図-1は薬剤散布後の融水量を示したものである。この図から全体として冷凍庫の温度が高いほど融水量は多く、また同一条件（温度・散布量）の下では、塩化ナトリウムの方が塩化カルシウムより融水量が多くなっていることがわかる。

2-2 凍結試験

凍結試験は塩化カルシウムと塩化ナトリウムについてそれぞれ同一重量濃度の溶液と同一モル濃度（溶液濃度については表-1、表-2を参照）の溶液に付いて試験を行なった。試験は各溶液をシャーレ（直径58mm×深10mm）に入れ同一温度で3時間放置し凍結させ、凍結状態を目視観測した。図-2は同一重量濃度による試験結果、図-3は同一モル濃度による試験結果である。この図から同一重量濃度では塩化カルシウム溶液の方が凍結し易く、同一モル濃度ではモル凝固点降下の理論通りほぼ同一の凍結度になっている。これらの結果より塩化カルシウムに塩化ナトリウムと同一の凍結防止効果を期待するには約1.6倍の散布量が必要となる。なおモル濃度にはイオン等に解離した状態も含まれる。解離した状態では、例えばNaCl 1モルはNa⁺とCl⁻の2モルのはたらきをする。

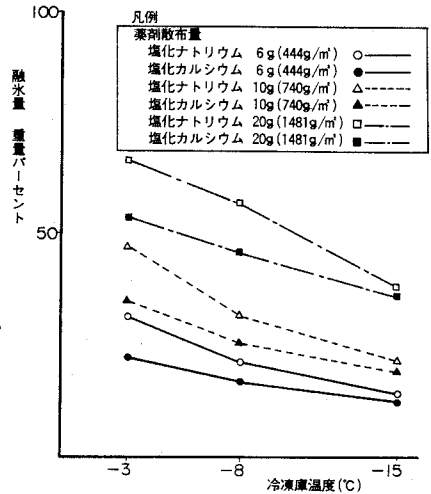


図-1 薬剤の融解試験

表-1 モル濃度分析表

薬剤名	イオンモル濃度 (mol/H ₂ Okg)	薬剤量 (g)	水(H ₂ O) (g)	重量濃度 (W/W%)
塩化ナトリウム (NaCl)	1.08	32.36	999.22	3.136
	1.85	54.93	998.67	5.264
	3.86	114.55	997.23	10.385
塩化カルシウム (CaCl ₂ ・2H ₂ O)	1.09	53.21	986.42	5.169
	1.84	90.25	976.97	8.500
	3.85	188.23	951.96	16.613

表-2 重量濃度分析表

薬剤	濃度	重量濃度 (W/W%)	イオンモル濃度 (mol/H ₂ Okg)
塩化ナトリウム	3%	3.084	1.06
塩化ナトリウム	5%	5.121	1.80
塩化ナトリウム	10%	10.428	3.87
塩化カルシウム	3%	2.745	0.57
塩化カルシウム	5%	4.562	0.96
塩化カルシウム	10%	9.222	2.01

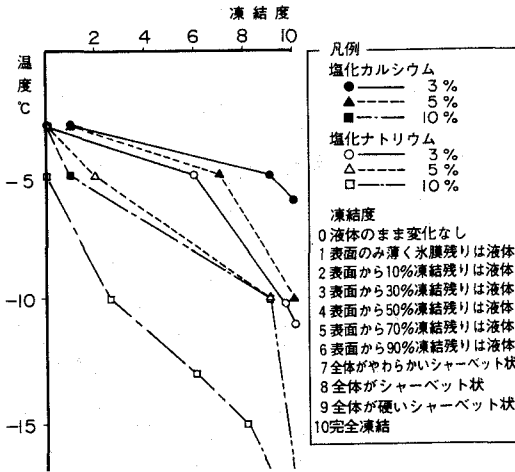


図-2 凍結試験（重量濃度）

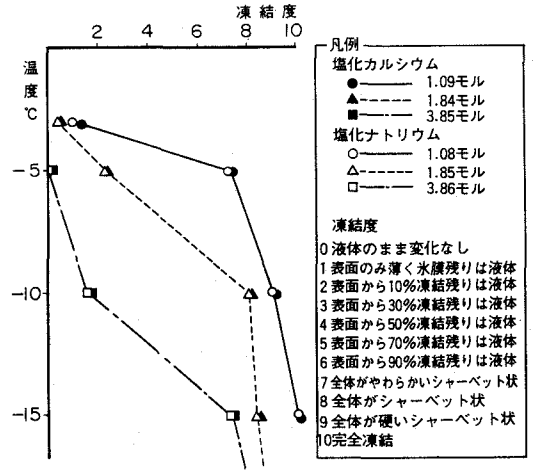


図-3 凍結試験（モル濃度）

3 薬剤溶液中の塩素イオン濃度

3-1 塩素イオン濃度

モル濃度から発錆に影響する塩素イオン濃度について考えると、塩化カルシウムと塩化ナトリウムの塩素イオン濃度には、表-3のような関係がある。この表より同じモル濃度のときを比較すると塩化カルシウムの方がより塩素イオン濃度が高いことがわかる。

3-2 残留 CaCl_2 濃度試験

圧雪路面の薬剤散布後における薬剤濃度の経時変化について屋外で調査を行なった。調査方法は圧雪路面に塩化カルシウムを、 40 g/m^2 と 100 g/m^2 の2種類の散布量について散布し散布した直後から24時間経過するまでの圧雪路面上の雪と融雪水の塩素イオン濃度の経時変化を記録した。図-4はその結果である。散布直後から急激に濃度が薄くなり10時間ほどで、低濃度で安定した。

まとめ

- 1) 薬剤は、使用量が多く周辺温度が高いほど融雪・凍結防止効果は大きい。低温域では薬剤の効果は少なく、よほどの高濃度でなければ凍結の可能性はある。
- 2) 塩化ナトリウム (NaCl) の方が塩化カルシウム ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) よりも融雪・凍結防止効果は高い。
- 3) 薬剤の凍結温度は薬剤のモル濃度と密接な関係があり薬剤の種類の違うものであってもモル濃度が同一であれば凍結に関して同一の挙動を示す。

あとがき

本調査の結果、塩化ナトリウムや塩化カルシウムには、融雪・凍結防止効果があるが、どちらも低温域や低濃度では大きな効果は期待できない。薬剤の効果は、薬剤の濃度条件、大気・路面などの温度条件、降雪・降水条件、散布する箇所の除排雪・排水条件によって異なる。豪雪で厳寒な地域における薬剤散布については、機械除雪の補助手段として適切な運用が必要である。薬剤散布の薬剤もやはり薬であり、運用いかんでは冬期路面管理そのものに対して毒にも薬にもなる。なお試験にあたり御協力いただいた関係各位に深く謝意を表します。

表-3 薬剤の塩素イオン濃度

塩素イオン濃度 mg/l	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		NaCl	
	重量濃度 ($\text{W/W}\%$)	イオンモル濃度 ($\text{mol/H}_2\text{Okg}$)	重量濃度 ($\text{W/W}\%$)	イオンモル濃度 ($\text{mol/H}_2\text{Okg}$)
5000	1.032	0.212	0.821	0.283
10000	2.053	0.425	1.634	0.568
15000	3.060	0.640	2.438	0.855
20000	4.056	0.854	3.241	1.146
25000	5.039	1.069	4.019	1.433

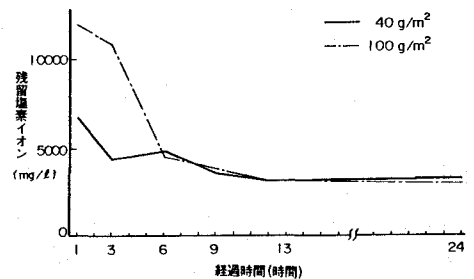


図-4 残留塩素イオン濃度