

IV-10

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

北海道開発局	開発土木研究所	正員	宮本 修司
同	上	正員	高木 秀貴
同	上	正員	大沼 秀次

まえがき

凍結防止剤の散布は、脱スパイクタイヤ時代の路面管理として期待されている手法の一つである。この手法は道路上に特別な施設等の必要がなく、またコストが安価であるという長所も有している。しかしこれまで北海道においては、スパイクタイヤの完全普及などの要因からその使用量は他の都府県と比較して非常に少なかった。

しかし平成3年度の冬から札幌市などでスパイクタイヤの使用が法律で禁止（罰則適用は、平成4年度から）され、今後スタッドレスタイヤ交通へのスムーズな移行を推進するために、冬期道路管理のグレードアップが求められているところであり、特に道路雪氷の融解と道路の凍結防止に関する要求は今後ますます強くなることが予想される。

しかしこれまで凍結防止剤として、塩化ナトリウムや塩化カルシウム等の塩化物が用いられていたため、凍結防止剤の大量散布は、金属腐食や動植物への影響、コンクリート構造物などへの影響が発生する可能性があり、より効果的な使用によって必要最小限の散布とする必要がある。またこれらの塩化物にかわり、二次的影響のほとんどない酢酸塩を主成分とした凍結防止剤もアメリカを中心に用いられ始めている。今後これらの使用についても、橋梁や動植物への配慮が特に必要な場所などを中心に、使用を検討する必要がある。

1. 凍結防止剤の室内試験

1-1 凍結防止剤融氷性能試験

各種凍結防止剤の性能を調査するため、室内の低温施設を用いて凍結防止剤による氷の融氷性能に関する室内試験を行なった。試験は温度センサー（タイプT熱電対）を中心部にとりつけた氷の供試体（寸法15cm×9cm×2cm 重量200g）に一定量の凍結防止剤を散布し、凍結防止剤による氷の融氷量を経時測定した。

試験を行った凍結防止剤は、塩化カルシウム、塩化ナトリウム、CMA（酢酸カルシウム／酢酸マグネシウム）、KAC（酢酸カリウム）、尿素有の5種類である。その結果を図-1（試験温度-5℃）と図-2（試験温度-10℃）に示すが、このように塩化カルシウムとKACは散布直後から効果が現われるが、塩化ナトリウムは効果出現に多少の時間を要し、CMAと尿素は効果が現われるまで時間がかかる。また尿素については、他の凍結防止剤と比較して効

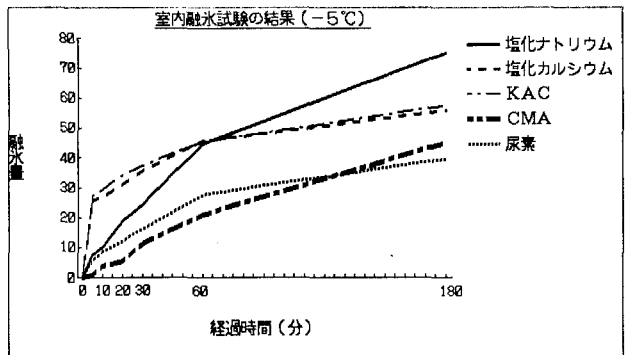


図-1 室内融氷試験の結果（-5℃）

Maintenance and Management of Road Surface by Applying Deicing Chemicals During the Winter in Hokkaido by Syuuji MIYAMOTO, Hideki TAKAGI, Hidetsugu ONUMA

果が少ないため、180分経過時では、最も融水量が少なくなっている。

これらのことから凍結防止剤を融氷に用いる場合には、危険箇所に対するスポットの事後散布など凍結防止剤の初期効果が重要な場合には塩化カルシウムとKACが適しており、凍結防止剤の事前散布や道路延長に沿っての全線散布など初期効果よりも持続効果が重要な場合には、塩化ナトリウムが適している。またCMAに関しては、融氷に必要な時間が非常に長いため、凍結防止の事前散布用として用いるべきであり、特に気温の低いときの融氷用には適していない。

1-2 凍結防止剤種類別凍結防止試験

凍結防止剤には融氷性能の他に凍結防止性能もある。溶液の凍結温度は、溶質（この場合は、凍結防止剤）の種類とは無関係に、一定量の溶媒中に含まれる溶質分子の量（モル濃度）に比例する。

しかし凍結の状態には様々な形状が考えられる。そこで各種凍結防止剤溶液の凍結状況を目視で観測した結果を報告する。

試験は、各種凍結防止剤溶液20gをシャーレ（直径58mm×深さ10mm）に入れ、一定温度の試験温度の下で一定時間経過した後の溶液の様子を目視観測した。ここで凍結防止剤の混合割合については、2.68mol/kg・H₂O（凍結温度-5℃）に統一している。

表-1は、その結果を示したものであり、（ ）内の数字は、水100gに対する凍結防止剤の量を表している。このように-5℃の凍結温度の溶液を作成するために必要な凍結防止剤の量は、塩化ナトリウムが最も少なく、塩化カルシウム、CMA、KACの必要量がほぼ同量、そして尿素の必要量が最も多く必要である。

次に試験結果についてであるが、溶液の凍結形状と溶液の凍結時間は、溶液の凍結温度、すなわちモル濃度によって決

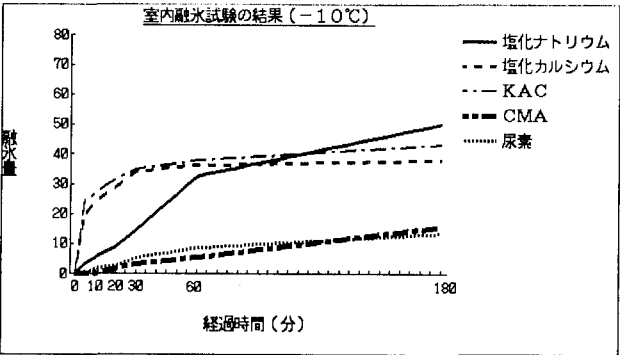


図-2 室内融氷試験の結果（-10℃）

表-1 溶液凍結試験の結果

時間 薬 剤	温 度	10分	30分	1時間	3時間
塩化ナトリウム (7.9g)	-5℃	○	△	△	△
	-7℃	○	△	△	△
	-15℃	△	△	△	△
	-20℃	△	△	×	×
塩化カルシウム (13.2g)	-5℃	○	△	△	△
	-7℃	○	△	△	△
	-15℃	△	△	△	△
	-20℃	△	△	×	×
尿 素 (16.1g)	-5℃	○	△	△	△
	-7℃	○	△	△	△
	-15℃	△	△	△	△
	-20℃	△	△	×	×
K A C (13.2g)	-5℃	○	△	△	△
	-7℃	△	△	△	△
	-15℃	△	△	△	△
	-20℃	△	△	×	×
C M A (12.7g)	-5℃	○	△	△	△
	-7℃	○	△	△	△
	-15℃	○	△	△	△
	-20℃	△	△	△	×
蒸 留 水	-5℃	△	△	△	△
	-7℃	△	△	×	×
	-15℃	△	×	×	×
	-20℃	×	×	×	×

（ ）内の数字は、水100gに対する凍結防止剤の量
×----完全凍結
△----シャーベット状または一部凍結
○----未凍結

定されており、凍結防止剤の種類とは無関係であることが明らかとなった。従って、凍結防止剤の事前散布（凍結防止散布）を行う場合には、同じ凍結温度の溶液を作成するために必要な凍結防止剤の量が最も少ない塩化ナトリウムが最も効果的であることを示唆するものである。

ただし実際の散布現場においては、凍結防止剤の残留量の違い、即ち凍結防止剤溶液の流れやすさによる違いが考えられるので、今後の課題として詳細な調査を行う必要がある。

1－3 室内金属腐食試験

凍結防止剤の散布には、様々な二次的影響があることが知られている。ここでは中でもっとも重要な問題一つである金属腐食について試験を行った結果を報告する。試験は、あらかじめ酸で表面処理を行った後さらにアルコールで脱脂した金属（鉄）の試験片（6.68cm×9.96cm）を、1日サイクルで凍結防止剤溶液に浸し、7日間経過した後（8日目）に金属腐食部分をプロパルギルアルコールを混合した弱酸によって溶解して、金属腐食部分の重量を測定することによって行った。

このときの凍結防止剤種類別の試験結果を表－2に、また塩化ナトリウムと塩化カルシウムに各種金属腐食防止剤（以下防錆剤と記す）を混入したときの試験結果を表－3に示す。これらの試験結果から、塩化ナトリウムと塩化カルシウムには、金属腐食の原因となる性質があり、CMAとKACにはむしろ金属腐食を防止する効果があること

表－2 室内金属腐食試験の結果

（平成4年度調査）

種 類 \ 濃 度	1％濃度	3％濃度	5％濃度	10％濃度
塩化ナトリウム	31.7 mdd*	47.3 mdd	49.3 mdd	37.5 mdd
塩化カルシウム	40.9	70.2	72.7	36.0
C M A	0.1	0.3	0.1	0.1
K A C	0.1	0.2	0.1	0.0**

*mdd:mg/dm²/day（1日100cm²当たりの金属腐食量）

**腐食量があまりにも少ないため、測定不可能

***参考:蒸留水 5.4mdd 水道水 10.0mdd

ことがわかる。また塩化ナトリウムや塩化カルシウムに防錆剤を入れることによって、金属腐食量はかなり低減することが可能であることが明らかとなった。ただし防錆剤の効果は、塩化ナトリウムと比較して塩化カルシウムに対しては効果が弱いことも明らかとなった。

表－3 室内金属腐食防止試験の結果

凍結防止剤	腐食防止剤 \ 混合割合	1.00％	3.00％	10.00％	30.00％	100.00％
塩化ナトリウム	カルボン 酸	11.1 mdd	11.9 mdd	3.4 mdd	1.2 mdd	0.3 mdd
	リグニンスルホン酸	—	38.7	22.7	33.5	30.8
	亜硝酸ナトリウム	8.6	12.9	1.7	0.9	1.7
	ピロリン酸ナトリウム	21.4	18.0	12.0	10.6	7.0
	C M A	—	—	39.2	19.8	6.4
	K A C	—	29.9	25.8	17.5	2.6
塩化カルシウム	カルボン 酸	17.8 mdd	16.1 mdd	6.8 mdd	4.6 mdd	0.9 mdd
	リグニンスルホン酸	—	38.8	26.1	21.3	15.2
	亜硝酸ナトリウム	20.0	20.9	4.7	1.5	1.7
	ピロリン酸ナトリウム	—	—	43.3	62.4	41.4
	C M A	—	—	50.9	30.6	16.9
	K A C	—	36.6	39.6	23.7	1.1

表中の混合割合は、凍結防止剤の量に対する割合である。すなわち表中の1％の混合割合とは、凍結防止剤100に対して金属腐食防止剤1の混合である。

1-4 まとめ

これまでの試験結果等から、凍結防止剤の散布を行うに当たっては、使用する凍結防止剤の種類の特徴をふまえて使用方法を決定する必要があることが明らかとなった。即ち、

- ①事前散布については、局所的散布と全線散布の両方に関して塩化ナトリウムが適しており塩化カルシウムは適していない。CMAについては、特にこのような事前散布が適している。
- ②事後散布に関して、局所的散布には塩化カルシウムが適している。ただし比較的高い気温（ -7°C 以上）の下では塩化ナトリウムを使用しても特に支障はない。全線散布については基本的には塩化ナトリウムが適しているが、気温の低いときや速効性が重要であるときには塩化カルシウムの使用も考える。
- ③CMAに関しては、特に低温域での融氷効果が低下するため比較的高い温度条件の下で用いるべきである。
- ④橋梁等の重要構造物に対しては、塩化物系の凍結防止剤に防錆剤の混合を考える必要があり、動植物への影響が懸念される場合にはCMAやKACの使用を検討すべきである。

あとがき

凍結防止剤散布は、冬期路面の管理手法として非常に効果的な手法であり、ドイツにおいては凍結防止剤の散布前後で交通事故の発生率が大きく変化した例も報告されている。しかし最も重要なことは道路利用者の道路管理に対する要求を踏まえつつ、各地域の気象条件や交通条件そして沿道条件に適した凍結防止剤散布を行うことであり、厳冬期における路面のペアーペーブメント化は、北海道のような多雪低温の気象条件では不可能であるし、またその必要もないと考える。

また凍結路面のすべり摩擦係数は、 0°C 付近で最低となり温度の低下とともにすべり摩擦係数が向上することが報告されている。また平成4年度に札幌市内で頻発した「ツルツル路面」についても日中の気温が 0°C を前後するような気温条件で多数発生していることが指摘されている。このようなことから、今後は -10°C 以下の低温時における凍結防止よりも、 0°C 付近の温度が高い条件下での融氷・凍結防止がより重要になると考えられる。

今回の報告はより効率的な凍結防止剤散布を実施するために、北海道における凍結防止剤散布基準を策定することを目的にとりまとめたものであり、これらの検討を踏まえた当面の具体的な散布基準案は文献1)でとりまとめているので参照していただきたい。

しかし凍結防止剤の大量散布は、金属腐食や動植物への影響、コンクリート構造物への影響もあると言われている。この中で金属腐食については、塩化物にカルボン酸等のインヒビター（金属腐食防止剤）を混合することで効果的に防止することが可能であり、その混合割合についても同様に文献1)で提案している。しかしこのほかの影響については、添加物によって防止することは難しいと考えられる。そのため金属腐食以外の二次的影響が問題となる場所への散布は、CMAやKACを使用する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 宮本修司, 高木秀貴, 大沼秀次: 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, 北海道開発局開発土木研究所月報 No. 487, 1993年12月
- 2) P. P. HUDEC, C. MACINNIS, F. ACHAMPONG: PROPERTIES OF A GOOD DEICER; Low Temperature Effect on Concrete Second Canada/Japan Workshop August 1-2 1990
- 3) Gurdrum Oberg, Kent Gustafson, Lennart Axelsson: VTI (スウェーデン道路局) rapport; More Effective deicing with less salt Final report of MINSALT project summary (より少ない塩による効果的な路面凍結対策 開発土木研究所道路部翻訳; (財)北海道道路管理技術センター発行)