

凍結防止剤の作用（その1）

- 事前散布(前編) -

交通研究室

はじめに

凍結防止剤の散布は脱スパイクタイヤ時代の冬期道路管理手法として、最も一般的に行われている手法ですが、実際に散布された凍結防止剤が道路上の雪氷に対してどのように作用しているかは、非常にわかりにくい事柄の一つです。しかしながら凍結防止剤の追加散布はあまり効果が望めないことや、路面上の水分凍結を防止する事前散布の方が雪や氷を溶かす事後散布よりも効果的であることなどを理解するためには重要です。過去、交通研究室でも2回の月報の解説¹⁾²⁾で述べていますが、実際に散布された凍結防止剤がどのように作用し、どのようにして非常に滑りやすい凍結路面が改善されるのかという説明が不足していました。そこでここでは道路に散布された凍結防止剤がどのように働くのかをもう一度説明します。

1. 基本的な考え方

1.1 事前散布と事後散布は全く別物

路面上にある水分の凍結防止を行う事前散布と路面上の雪や氷を溶かす事後散布は本来は同じ作用なのですが、全く別な現象と考えた方がわかりやすいと思います。すなわち事前散布では雪や氷が溶けないのですから熱は必要ありません。それに対して事後散布は、

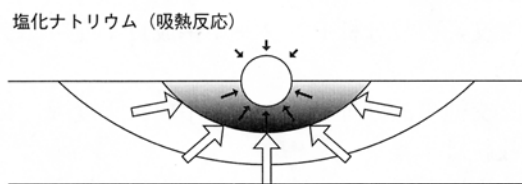


図-1 凍結防止剤の事後散布（熱移動・有）

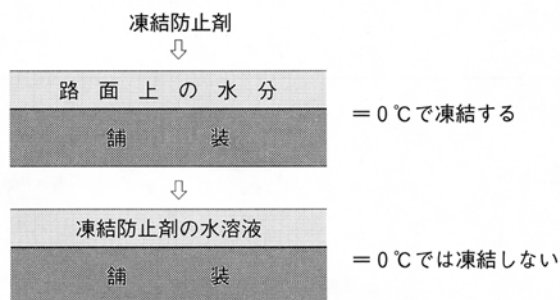


図-2 凍結防止剤の事前散布（熱移動・無）

雪や氷を溶かすために熱が必要ですからその熱をどこからか熱を持ってくることになるのです。（図-1、図-2）

1.2 室内試験と実際の道路は違う

どのような実験でも同じことが言えますが、特に凍結防止剤の試験は室内試験と実際の道路とは様々な条件で違いが生じます。すなわち、実験室では車両の走行による攪拌条件を再現することは非常に難しいですし、また融解試験を行う際には実際の道路は舗装がありその下に路盤工、路床と直接の熱供給源があります。以下このことを踏まえてお話をします。（図-3、図-4）

2. 事前散布

まず熱の移動がない事前散布とは、路面上の水分が凍結しないように凍結防止剤散布を行うことです。例えば日中雪や氷が溶けて路面が濡れている状態のとき、夜間の冷え込みによって凍結することを防止するために散布するのが事前散布の典型的な例でしょう。ここで路面の水分が凍らないようにすることは、水に何か溶かすことで0℃で凍るはずの氷を氷点降下によって0℃では凍らないようにすることです。わかり

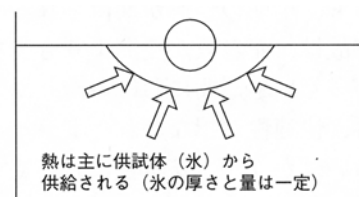


図-3 凍結防止剤の室内試験（事後散布）

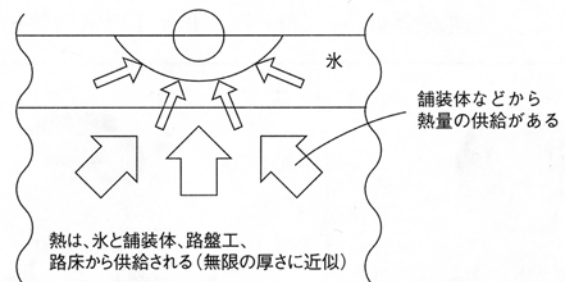


図-4 実際の道路での様子（事後散布）

やすい例では、塩が溶けているので0℃では凍りません。当然路面上の水が海水ならば、0℃では湿潤路面なのです。とすれば夜間の冷え込みで-5℃になることが予想される日には、-5℃以下の凍結温度となる溶液であれば路面は常に湿潤状態に保たれるということになります。

2.1 溶液の凍結温度

溶液の凍結温度は参考文献³⁾によると、一定量の純溶媒に含まれる溶質のモル数に比例し、溶質の種類には関係しないとあります。これをもっとわかりやすく言うと、水に塩化ナトリウムであっても塩化カルシウムであっても同じ量の粒子が溶けていれば、同じ温度で凍結する溶液になるということです(図-5)。当然これは砂糖であっても粉薬であっても同様のことが言えるわけです。実は水の場合には、水1リットルに 6.02×10^{23} 個(1モル)の粒子が溶けていると凍結温度は-1.86℃、2倍の 12.04×10^{23} 個(2モル)の粒子では-3.72℃で凍る溶液となるわけです。即ち、水の凍結温度は、以下の式で表されます。

$$t = 0 - 1.86 \times \text{モル数} \dots \dots \dots (1)$$

表-1には、主な凍結防止剤100gが、水中でいったいどれだけの粒子として存在するかを示しています。当然同じ100gでも、より数の多い粒子の数からできている凍結防止剤が、効率よく溶液の凍結温度を下げることができるのです。

-5℃で凍る水溶液とは？

水1000gに
 3.24×10^{24} (5.38mol)
 個の粒子が溶けている。
 粒子の種類には関係ない

図-5 -5℃で凍る水溶液

表-1 主な凍結防止剤の100gあたりの粒子数

塩化ナトリウム	20.59×10^{23} (3.42mol)
塩化カルシウム	12.29×10^{23} (2.04mol)
尿素	10.05×10^{23} (1.67mol)
CMA	12.34×10^{23} (2.05mol)
酢酸カリウム	12.28×10^{23} (2.04mol)

2.2 実際の道路での作用

では実際に現在湿潤状態にある路面に、凍結防止剤を散布して夜間の冷え込みによって凍ることを防止する場合を考えてみましょう。ここで散布量は、冬期路面管理マニュアル(案)⁴⁾第3章3-3-2の湿式散布の事前散布量(同マニュアルP19 表3-3-3)

表-2 凍結防止剤の散布方法と散布量

(北海道開発局 冬期路面管理マニュアル)

区分	散布方法	散布量	備考
凍結防止剤	湿式散布 (固形材散布)	30g/m 15g/m 事前散布(凍結 予防)雪氷量の 少ない場合	湿式散布の溶液は固形材に対し、重量比10~30%で調整 溶液は塩化ナトリウム、または、塩化カルシウム
	溶液散布	50ml/m 事前散布、または雪氷量の少ない場合	溶液濃度 : 塩化ナトリウム 23~25% : 塩化カルシウム 30%程度
すべり止め剤		150~350g/m	湿式散布の溶液は塩化ナトリウムまたは、塩化カルシウム

に従って15g/m²とし、散布する凍結防止剤は塩化ナトリウムとします。(表-2)

まず路上にある水の量ですが、仮に路面上の水が1mmの厚さがあるとすると、1m²当たりの水の量は、

$$0.1\text{cm} \times 100\text{cm} \times 100\text{cm} = 1,000\text{cm}^3 \dots \dots \dots (2)$$

1,000cm³すなわち1リットルの水があることとなります。このことからここに15gの塩化ナトリウムを散布すると、塩化ナトリウム100gで3.42モルなので15gの塩化ナトリウムのモル数は15/100×3.42モルとなり、凍結温度は(1)にあてはめ

$$0 - 1.86 \times 3.42 \times (15 / 100) = -0.95 \dots \dots \dots (3)$$

-0.95℃となります。とすれば-1℃以下の温度でこの散布量は全く意味をなしません。しかし路上1mm程度の水分とは、実際の道路の轍にたまる水の厚さに比べるとかなり少ない量です。ところが実際に散布するこの条件下でもかなりの効果があります。このように単純な計算では説明がつかないことが凍結防止剤散布の難しいところであり、逆を言うと我々の研究の意義もここにあると言えるのです。

(来月へ続く)。

引用文献

- 1) 例えば、交通研究室：凍結防止剤の基本的性質：開発土木研究所月報 No.488 1994年1月
- 2) 例えば、交通研究室：凍結防止剤による氷の融解のしくみについて：開発土木研究所月報 No.563 2000年4月
- 3) 日本化学学会編：化学便覧 基礎編
- 4) 北海道開発局：冬期路面管理マニュアル(案)：平成9年11月
- 5) 北海道開発局 開発土木研究所 交通研究室：凍結防止剤の基礎知識：平成6年11月

(文責 宮本修司)