

凍結防止剤の作用（その2） - 事前散布（後編） -

はじめに

凍結防止剤の作用（その1）³⁾では、溶液の凍結温度について述べました。しかしながら実際の道路では、こちらが考えていた以上に温度が低下したり、わだちなどによって路上の水分が多い場合など様々な状況が考えられます。また単純に溶液の凍結温度のみから凍結防止剤の評価を行うと、現在の冬期路面管理マニュアル（案）²⁾で示されている散布量（散布基準）では凍結防止剤の量が十分とは言い難いものとなってしまいます。そこで今回は、水溶液と普通の水の違いが路面状態にどのような違いになって現れるかを簡単に説明したいと思います。

1. 水が凍ったときと水溶液が凍った時の違い

水は摂氏 0 で氷になります。これは水が氷になる温度を 0 に決めているのですから、ある意味で当たり前のことです。凍結防止剤が溶けている水溶液ではどうでしょうか？これは前回説明したとおり、凍結温度は 0 よりも低くなります。例えば水 1 リットルに、食塩（塩化ナトリウム）が約 80g 溶けている溶液（約 7.4%）は、おおよそ -5 の凍結温度となります。

ではこの溶液を -10 まで冷やしてみるとどうなるのでしょうか？実は塩分の含まれていない普通の氷と、濃縮されて濃くなった溶液に分かれるのです。そ

してこの溶液は凍結温度が -10 の溶液（約 13.6%）となっています。言い換えるとにも溶けていない普通の水は、0 よりも低い温度では全部が氷になってしまいますが（以下完全凍結）塩分（凍結防止剤）が溶けている溶液は全てが凍結するわけではないのです。これを図で表したのが図-1 と図-2（参考文献 1 より引用）です。

即ち普通の水が凍ると全てが氷になるのですが、水溶液が凍ると液体（水溶液）の部分と氷の両方が混在しているという大きな違いがあります。

2. 実際の道路では

路面上にある水分が凍結することを防止するため事前散布された凍結防止剤は、たとえ 0 以下に気温が下がってもそのまま凍らないで水溶液の形で路面上にあるならば、路面は夏の湿潤路面とほぼ同じと考えて良いと思います。

ではそれ以上に温度が低下したときはどうなのでしょう？その場合にも当然路上の水分のうち一部は凍結することとなります。しかしながら、これまで説明したように、氷と同時に濃度が濃くなった溶液も同時に存在しているので完全凍結のような状態にはなりにくいのです。なぜならば実際の道路では車両による攪拌が伴うので、水と氷がごちゃごちゃ混じっている

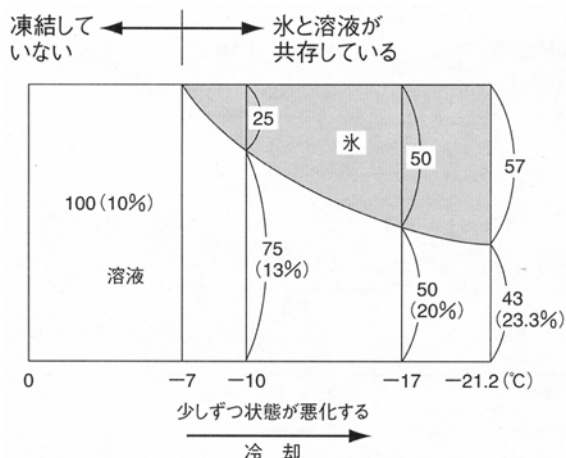


図-1 塩化ナトリウム10%水溶液の状態変化

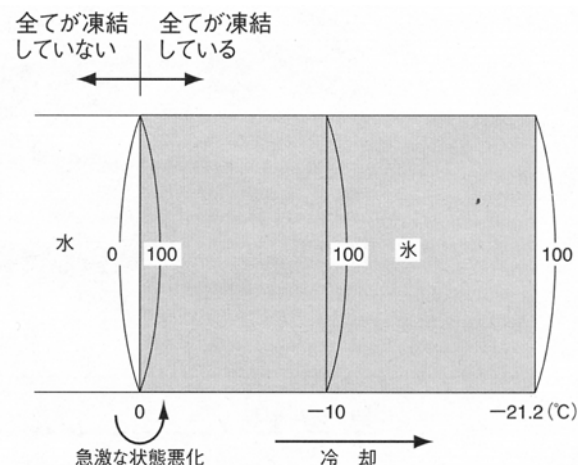


図-2 水の状態変化



写真-1 水と氷が混合し、シャーベット状になっている路面

状況になるのです。この状況にある路面（例えば写真-1 によような路面）を私たちはシャーベット状とか、「サクサク路面」「ザクザク路面」等と言っているわけです。当然このような条件下においては、非常に滑りやすい「つつる路面」は発生せず、冬用タイヤ使用時にはそれなりに安全な走行が可能とされます。このことに関して、村国¹⁾は、路面の表面がタイヤと接するか否かで、すべり易さは大きく異なっていると報告しています。(図-3、図-4)

3. 室内試験による検証

溶液の凍結温度については、事前散布（前編）で、全ての水に溶けるものについて、種類が何であっても水に溶けている粒子の数で決まると言うことを説明しました。これをもとにして道内で一般的に使われている各種凍結防止剤について、-5 の凍結温度になるよう濃度を調整した溶液 20g をシャーレ（直径 58 mm × 深さ 10 mm）に入れ、一定時間経過した後の様子を目視観測した結果を表-1 に示します。このように凍結防止剤が溶けている溶液は、たとえ凍結温度が -5 の溶液であっても、-15 まではシャーベット状となって完全凍結にはなりません。これに対して蒸留水は、例え -1 でも十分な時間がたてば完全凍結になってしまうことは明らかです。ここで重要なのは一部凍結から完全凍結に移行する蒸留水と、液体全体がシャー

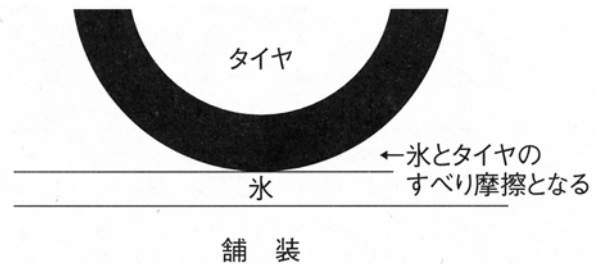


図-3 タイヤと路面の接触（完全凍結の場合）

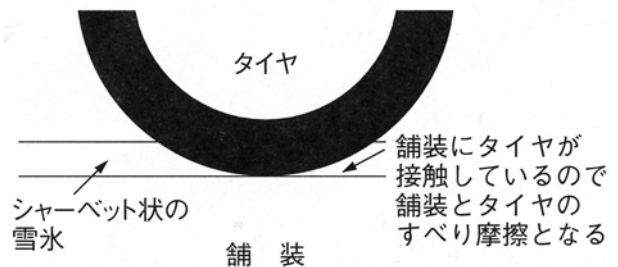


図-4 タイヤと路面の接触（シャーベット状の雪氷の場合）

ベット状になる溶液では氷のでき方が全く違うと言えるでしょう。

実際の道路ではこれと同様に、溶液の厚さがごく薄い（浅い）ことやさらに車両による攪拌作用があるので、路面上で水溶液はこの室内試験と同様にシャーベット状になると考えられます。

表-1 -5℃の凍結温度となる溶液と水の凍結試験

薬剤	時間	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 (16.1g)	素	-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
 ▲ …… 一部凍結
 ○ …… 未凍結

まとめ

北海道の冬期間においては、全ての道路利用者が冬用タイヤを装着しています。このことは冬用タイヤで安全に走行することができる路面状態が道路利用者のニーズであると言えるでしょう。逆に例えば東京より南の地方のようなほとんど冬用タイヤが普及していない地方では、夏用タイヤで安全に走行できるような路面状態を年間を通して道路利用者に提供しなければなりません。これを凍結防止剤の事前散布に置き換えると、冬用タイヤで走行が可能であり夏用タイヤでは不可能な路面とは凍結防止剤によってシャーベット状とした路面、夏タイヤでの走行も可能である路面とは、散布量を増やして溶液の凍結温度を気温以下より低くして路面を湿潤状態に保った路面ということになると考えられます。

(文責:宮本 修司)

参考文献

- 1) 村国誠: 冬期道路管理に使用する薬剤(1)~(4) 社団法人雪センター発行 ゆき No.10(1)~No.13(4) : 1993年1月~10月
- 2) 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: 開発土木研究所月報 No.487 1993年12月
- 3) 交通研究室: 凍結防止剤の作用(その1) - 事前散布(その1) - : 北海道開発土木研究所月報 No.576 2001年5月