酢酸系液状凍結防止剤およびゼオライトを用いた凍結防止剤について

The Characteristics of Liquid Antiicer Contains Acetate and it's Adsorbote on Zeolite

深山雅彦*・土居内 一 範*
Masahiko Fukayama Kazunori Doiuchi

玉井 哲也*
Tetsuya Tamai

1. はじめに

積雪寒冷地域では、平成3年度にスパイクタイヤの使用が禁止され、スタッドレスタイヤの装着が増える中、凍結面が鏡面ようになる「ツルツル路面」の出現で車のスリップ事故や歩行者の転倒事故が急増した。冬季の交通安全と交通の円滑性確保の面から、凍結路面の融解や路面の凍結防止などの路面凍結対策のグレードアップが求められている。

現状として、ロードヒーティング、凍結防止剤散布が実施されているが、特にコストパフォーマンスに優れている凍結防止剤の散布は、今後とも広く用いられる手法である。凍結防止剤としては、塩化カルシウム、塩化ナトリウム等の塩化物系、CMA（酢酸カルシウム・マグネシウム）、酢酸カリウムなどの酢酸系、および尿素、アルコール（グリコール類を含む）などのその他系の3系統に分けられる。

価格及び供給の点より塩化物系凍結防止剤が主であるが、塩化物系凍結防止剤が、自動車の金属部分の腐食、橋梁・セメント構造物の劣化などの問題の発生源であることが明らかとなり¹⁾、さらに自然環境への影響が問題となってきた。

この、凍結防止剤に要求される主な特性として、

- ①融氷能力、効果の持続性が高い
- ②動植物などの周辺環境に対して影響を与えない
- ③金属腐食しない

④コンクリート、アスファルトへ影響を与えない

などがあげられる。今回これらを満足する凍結防止剤として非塩素系・酢酸系である液状「カマグ」の特性、「カマグ」を天然ゼオライトに含浸させてスリップ防止性能を強化した「ロードカム」の特性、および秋田県二ツ井町を中心に現場散布試験結果を報告する。

2. 「カマグ」の特性

2.1 凍結防止剤の濃度と凝固点の比較（図1）

カマグは高濃度で低い凝固点を維持し、実際の散

図1 凍結防止剤の濃度と凝固点の関係

* 日本油脂株式会社化学研究所

布現場での路面乾燥による薬剤濃度上昇の際も、再凍結が発生し難い。この利点より自動散布方式に対応できる。塩化物系は、高濃度で凝固点の上昇が認められ、散布現場での再凍結発生の恐れがある。

2.2 「カマグ」と各種凍結防止剤の特徴

表1 凍結防止剤の特徴

	カマグ	塩化ナトリウム	塩化カルシウム	CMA	尿素
最低凝固点温度 ℃	-57	-21	-55	-25	-12
凍結防止効果					
低温での効果	◎	×	○	×	×
速効性	◎	△	◎	×	△
持続性	◎	○	△	○	○
水への溶解性	◎	△	◎	×	○
二次的影響					
植 物	○	×	×	○	△
金属腐蝕	◎	×	×	◎	○
河川水質	○	塩分濃度↑	塩分濃度↑	○	富栄養化
作業性(設備を含む)	◎	△	○	◎	△
貯蔵性	◎	×	○	◎	○

2.3 「カマグ」の融氷試験

カマグは各温度で塩化物系より高い融氷率%【{(所定時間後の全液体重量-凍結防止剤重量)/凍結防止剤重量}×100】が得られ、特に-15℃でも高い融氷率を示すことより、低温現場での効果が期待できる。

図2 時間と融氷率の関係

3. 環境への影響

3.1 カマグの安全性

カマグは、毒性、刺激性とも大変低いが、薬剤としての一般的な取り扱い注意は必要である。

表2 カマグの安全性

試 験 名	結	果
【有害物質試験】	有機水銀 総水銀 カドミウム	鉛 砒素 シアン 検出せず
【急性経口毒性試験】：ラット	LD ₅₀ 2000mg/kg 以上	
【眼粘膜刺激性試験】：ウサギ	最小の刺激（非洗眼）	
【魚類急性毒性】：ヒメダカ	LC ₅₀ 9300mg/L	
【ヒト皮膚に対するパッチテスト】	陰 性	

3.2 植物・土壌への影響

12～3月期間に5%水溶液を散布した結果、カマグの開芽率（広葉樹）、着葉率（針葉樹）への影響は認められず、塩化物系ではいずれも低下した。しかし、凍結防止剤を葉に繰り返し直接付着させる散布方法はいずれにおいても影響が認められた。

春先の融雪直前の雪上に散布した場合、土壌のpH への影響および水稻の収量への影響は認められなかった。

3.3 コンクリート、金属への影響

3.3.1 コンクリートの腐食

コンクリートの円柱型供試体を作成後、常温で25ヶ月浸漬し圧縮強度試験を行った。

カマグはブランクと同等の値を示し、薬剤の影響は認められず、塩化カルシウムでは崩壊が発生コンクリートへ重大な影響を与えた。

表3 コンクリートの浸漬強度試験

	圧縮強度 (MPa)
30%カマグ水溶液	34.8
水道水	34.6
30%塩化カルシウム水溶液	崩壊により測定不能

3.3.2 金属への腐食

カマグは水道水ブランクに比較し、1/50以下の

表4 金属腐食性試験

	カマグ	0.2
鉄板腐蝕速度 (mdd) mdd : mg/(dm) ² ・day	水道水	12.3
	蒸留水	9.1
	塩化ナトリウム	19.2
	塩化カルシウム	23.6

腐食の程度となり、塩酸化物系薬剤との比較では、明らかに金属腐食が小さくなる。

以上のようにカマグは、各種環境への影響がほとんどないことがわかる。一般道へ散布し、雪解け後に、土中に残留した場合および橋梁に付着した場合でも、より影響は小さく安全な薬剤と言える。

4. 「ロードカム」の特徴：天然ゼオライトに「カマグ」を含浸させた滑り止め材

図3 アスファルトでのすべり程度指標 (BPN)
(散布条件 -5℃, 100g/㎡)

天然ゼオライト：沸石と呼ばれる微小空洞がある鉱物。土壌改良材、工業用吸着材、飼料添加剤などの広い用途がある。主な産地は、北海道長万部、秋田県二ツ井町、山形県板谷、宮城県仙台市、島根県石見など全国に及ぶ。

5. 「ロードカム」実路面散布試験

1998.2.4～5（秋田県二ツ井町：相染町二ツ井停車場線、太田面上野線、宝来町線）、1999.2.16～17（秋田県二ツ井町：町道切石荊又石線、県道高屋敷～茶屋下線）の期間で、サン・ゼオライト工業㈱製ゼオライトに「カマグ」を含浸させ、散布試験を行った。（散布方法：1998年は手まき散布、1999年は散布機を搭載した自動散布にて、100～150g/㎡の散布量とした）

調査項目として、天候、気温、路面温度、路面状態およびすべり抵抗値測定を行なった。

5.1 試験散布概要

薬剤の散布は、手撒きまたは散布機を搭載した自動散布で行った。

5.2 「ロードカム」散布試験

5.2.1 相染町二ツ井停車場線

図4 滑り摩擦係数測定結果

1日目、散布前の路面状態は圧雪で表面に薄い新雪で覆われ、散布前の滑り抵抗値は0.33～0.34であった。1回目散布後、30分～1時間後、散布路面はザクザク状態で、一部アスファルト路面が露出し、滑り抵抗値は0.40～0.41へ急激に上昇し、速効的な滑り止め効果が発揮された。

2日目、早朝の滑り抵抗値は0.37～0.38で、1日目午後2回目散布後（0.38～0.39）との変化が認められないことより、持続性が確認できた。2日目（3回目）散布後、気温上昇とともに雪の融解が急激に進み、アスファルト路面が露出した。車両通行量が少なかったが、延伸効果としては約2倍であった。

なお、無散布路面は、試験期間中（2日間）、圧雪から一部ザクザク状態のままであり、滑り抵抗値は0.33～0.36であった。

5.2.2 町道切石荊又石線

散布前の路面状態は、厚い圧雪であったが、「ロードカム」の散布により、滑り抵抗値は散布前0.38～0.39であったのが、散布直後に0.43～0.47に上昇した。1時間後、散布路面はザクザク状態に変化し滑り抵抗値は0.45であるのに対し、無散布路面は0.34～0.36であった。

2回目散布は、路面状態が悪いため一度除雪を行

散布車

日 時：1999年 2月16日 試験地：二ツ井町

散布前

日 時：1998年 2月 4日 午前 7：00

試験地：二ツ井町

路面状態：圧雪で表面に薄い新雪

散布後

日 時：1998年 2月 5日 午前11：30

試験地：二ツ井町

路面状態：気温の上昇とともに雪の融解が起こり、
ザクザク状態で、アスファルト路面が露出

い、新たな圧雪/アイスバーン路面を露出させてから試験を行った。散布前の滑り抵抗値が0.32であったのに対し、散布直後には0.39～0.43に上昇し、速効的効果が確認された。

翌日は天候が雨のため路面は水を含んだシャーベット状態であった。滑り抵抗値は無散布場所で0.20に対し、散布後では0.32～0.33であり、凍結防止および持続的すべり止め効果が確認された。

6. まとめ

凍結防止剤「カマゲ」およびすべり止め材「ロードカム」につき、各種試験の結果、以下の点が確認された。

(1) 凍結防止効果

低い凝固点を有し、高い融氷率を示す

(2) 速効性

散布後、10分程度で効果が発現する

(3) 持続性

気象条件によるが、数日の効果を持続する

(4) 再凍結が起こり難い

高濃度に移行しても低い凝固点を維持する

(5) 環境への配慮

安全性が高く、植物や、金属・コンクリートへの影響が小さい

7. 謝辞

最後に執筆の機会をいただきました編集委員会の方々へ感謝するとともに、散布試験にあたり、秋田県二ツ井町、(有)伊藤組の方々の多大なご協力をいただいたことを深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 三浦 尚, 外門正直, 川村満紀, 関 博,
原 忠勝：融雪剤によるコンクリート構造物の劣化研究委員会報告, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.1, pp.29-38, 1999