

防氷剤の特性値と路面管理

防氷剤の基礎知識と路面凍結防止作業

佐藤 巖*¹ 西村 隆男*¹

1. はじめに

路面が凍る前や雪の降り始め、降雪前に防氷剤を散布すると、雪氷が舗装面に付着するのを抑制することができる。更に、降雪中に、計画的な防氷剤散布は、雪氷の路面付着防止効果を持続する。このような予防的な作業が路面凍結防止作業である。

路面凍結防止作業を効果的に実施するためには、防氷剤や気象の知識が大切である。我が国の積雪寒冷地域は国土面積の約62%である。これらの地域は、気象変動が激しく、局部的気象変化であることが多く、気象を的確に予測し、道路の路面状態を周知させることは困難である。特に冬季における降雪や気温の低下は、短時間、広範囲に路面が凍結し、路面の滑り抵抗が著しく低下し、道路の定時性が失われ交通機能がマヒすることがある。

路面積雪による交通機能の低下を防ぐために、除雪車により積雪を路側に寄せている。しかし、除雪車作業後の薄い氷盤、降雨後の気温低下、放射冷却による路面凍結の処理には機械対応では困難であることから種々の凍結路面対策が行われている。現在行われている主な対策は、滑止材散布、防氷剤散布、ロードヒーティングであり、温暖な地域では散水消雪が行われている。中でも滑止材や防氷剤の散布は、経済的理由と交通の連続性から一般的な凍結路面対策として採用されている。

滑止材には安価なことから天然の砂や砕砂が使用され、防氷剤には塩（えん）と言われる化学材料が使用されている。防氷剤は、凍結防止剤、融雪剤、融氷剤、薬剤、防氷剤などと言われているが、本文では、材料に求められている性能が液体の水分子（一般的に水）を氷にしないこと（凍結防止）と氷を水にする（融氷）ことであることから防氷剤と呼ぶことにしている。

防氷剤は経済性と環境影響の面から材料の特性を理解し、効果的に使用することが大切である。本文は、路面凍結防止作業関係者が防氷剤の特性や性能と散布作業を理解するために必要な基礎的知識とをまとめたものである。

2. 防氷剤の現状

防氷剤は、酸とアルカリの化合物で水に融解すると電

解液になる「塩^{えん}」と呼ばれる材料である（「塩^{えん}」の代表的な材料は、混同されているが同じ漢字「塩」で「しお」と呼ばれる塩化ナトリウムである）。防氷剤として一般に使用されている塩は、①無機塩、②有機塩、③塩混合物、④塩混合滑止材等がある。

①無機塩は、塩素化合物の塩化物塩で一般的に塩化ナトリウムと塩化カルシウムが使用されている。

塩化ナトリウム（塩しお）の製造方法は岩塩、天日塩、せんごう塩である。岩塩は地中や塩湖から掘り出した無水塩で防氷性能が一番優れている。天日塩は塩田で海水や地下水を蒸発させて作った塩で無水塩と2水塩があり外観は明確に分からないが2水塩の防氷性能は無水塩の62%程度で塩化カルシウム並みである。せんごう塩は海水を釜で炊いて作った塩で高価なので防氷剤としては使用されない。

国内の無機塩防氷剤は、価格の面から輸入の天日塩が使用され、海外では岩塩が多く使用されている。

②有機塩は、水に融解するカルボン酸塩で、ギ酸または酢酸とナトリウム、カリウムの化合物がある。有機塩は高価であるが、環境に優しく、再結晶率が高いので持続効果が大きい。

③塩混合物は、性能価格を向上させるために無機塩または有機塩と無機塩の混合物で、無機塩に有機塩を25%以上混合すると金属腐食効果が向上し、散水設備のない防氷剤散布車の場合には無機塩に塩化マグネシウムを混合すると防氷剤の初期効果が早くなる。

④塩混合滑止材は、塩の混合した滑止材で塩の初期効果を上げたり、滑止材の固化を防ぐために使用されている。

防氷剤には、多種多様なものがあり、防氷剤の選択に必要な、性能や特性に関する多くの規格の試験方法がある。一般的な材料規格や性能規格としては、JIS（日本工業規格）、ASTM（米国試験材料協会規格）、AMS（航空宇宙材料規格）が公表されている。ヨーロッパでは、更に厳しい性能規格が適用されている。

防氷剤の多くは、雨水管や法面を経由して河川に流失することから水質汚濁防止法に規定された「排水基準」を遵守しなければならない。

*1 ソリトン・コム株式会社

水分子が、不規則に結合した液体で不思議な物質である。温度が100℃以上になると気体になり、温度が0～100℃の間では液体の水に、0℃以下になると固体の氷になる。防水剤が溶けた水中では、0℃以下でも液体になる。

－15℃以上の氷の表面は、液体の薄い氷面層っており、－7℃以上になると氷面層は厚くなり、タイヤが滑り易い状態になる。氷盤が舗装に付着すると連続的に滑りやすくなる。

防水剤は、イオン結合の塩で、水に溶けると電解液になる。電解液は、氷を融解する。

凍結防止剤は、液体の水が氷にならないように凍結温度を下げる働きをする材料で氷を融解できない。

防水剤を含んだ水は、電解液なので、鋼材や土壌などの環境に影響を与える。また、化学物質なので有害物質を含むことがある。

防水剤は、塩素と化合したものが無機塩で、カルボン酸と化合したものが有機塩である。

無機塩は、横方向に溶解するので氷は表面から融け、ウェットシャベットの状態になる。

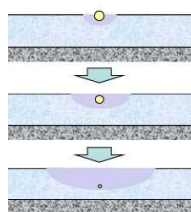


図-1 無機塩の融解

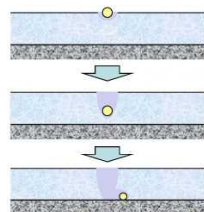


図-2 有機塩の融解

有機塩は、氷盤を舗装面まで貫入し、舗装面で、横方向に拡散し、氷を舗装から剥離して、ドライシャーベットの状態になる。ドライシャーベットの状態になる。ドライシャーベットの滑り抵抗が大きくなる。

無機塩は防錆剤を混合しないと腐蝕を防止できない、再結晶するときには防錆効果がなくなる。有機塩は防水剤には防錆剤不用である。

表-1は、各種防水剤の金属腐食である。高純度カルボン酸塩は、極めて少ないが、純度が低いと低いと無機塩並みに腐蝕する。

表中の材料は

- ① 蒸留水
- ② カルボン酸塩
- ③ 塩化ナトリウム
- ④ 塩化カルシウム

塩化ナトリウム以外の防水剤は、化学物質であることから材料の特性を記入した材料安全データシート(SDS)が添付される。防水剤はSDSで概略のことは分かるが、組成と化学反応過程を理解しないと効果的な使用は困難である。

4. 防水剤の特性試験方法

防水剤を効果的に使用するためには、特性を把握する必要がある。特性試験には、環境試験、性能試験がある。環境試験には、水質汚濁防止法に基づく排水基準、腐食試験、自然に対する安全性試験等がある。

性能試験には、防水剤の化学的な特性が分かる成分試験(組成成分、含有元素比率)、散布作業に大きさ影響がある作業性試験(粒度試験 持続性試験)、貯蔵性試験(水分試験 固結性試験)、滑り抵抗試験等がある。最近の滑り抵抗試験は簡単な加速度センサーで測定できるようになった。

5. 凍結路面体策

冬季の交通機能を維持するために、各種の凍結路面体策が行われている。雪氷路面は非常に滑りやすいので防滑材や防水剤の散布か消融雪設備を設置して交通機能を維持している。防水剤による凍結路面体策はレベルの高い路面維持なので気象や路面変化に対応した体制とシステム化が必要である。

路面凍結防止作業に当たっては気象と路面変化を把握して作業内容を決める。気象は、降雪、温度、風を考慮し、降雪を下記のように区分した、作業マニュアルが必要である。

- ・小雪 可視に有害な影響が無い。
- ・雪 可視度が低下する。12mm/h 程度以上の降雪
- ・大雪 可視度が極めて悪い。
- ・霜またはブラックアイス 路面に薄い氷、滑りやすい。
- ・みぞれ 雪が部分的に溶解した雨、雪混合物。

路面状態に応じて、作業開始時や、継続作業の内容を明示する。

6. まとめ

積雪寒冷地において連続的な交通機能を維持するためには、防水剤の使用は効果的である。

防水剤は、化学的知識を理解し、公表された性能試験方法と仕様書により、路面凍結防止作業マニュアル作成し、運用することにより経済的で効果的な交通機能を維持できる。積雪寒冷地は、地域が広く防水剤の使用量が多いので、前述の試験や発注仕様書、作業マニュアル等は統一されたものを期待します。統一により管理者間の不均衡が無くなり経済的な運用が可能となるので規格制定の効果は大きいものと考えます。

表-1 高純度カルボン酸塩の金属腐食(mdd)

測定 年度	測定材料			
	①	②	③	④
2012	5.4	0.8	26.0	34.2
2013	7.9	0.7	23.8	29.4
2014	4.6	0.5	18.7	24.3
2015	6.8	0.4	22.0	26.4
2016	6.7	0.7	27.9	35.6
平均	6.3	0.6	23.7	30.0
比率	1.00	0.10	3.77	4.77

表-2 汎用カルボン酸塩の金属腐食(mdd)

測定 年度	測定材料			
	①	②	③	④
2012	8.0	16.2	21.3	25.7
比率	1.00	2.03	2.66	3.21

