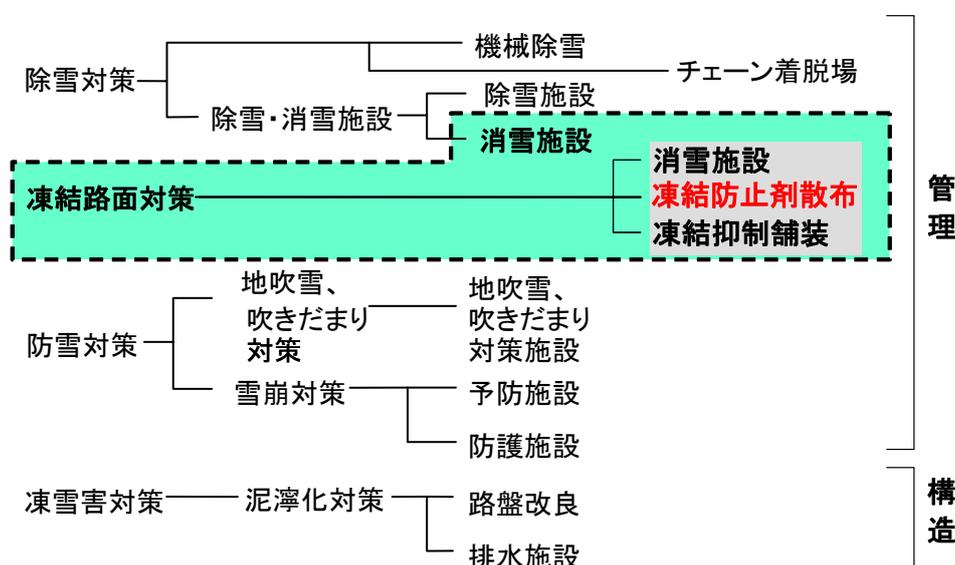


第2章 凍結防止剤散布について

2.1 冬期道路管理の概要

2.1.1 雪寒対策の概要

積雪寒冷という厳しい条件下でも、道路は安全な交通の確保と人々の生活を維持するという機能が求められる。そのため、道路の除雪や消雪、地吹雪対策などにより安全で快適な冬期歩行空間の確保を行う必要がある。このような積雪寒冷地域での対策の体系を図2-1-1に示した。これらの雪寒事業のなかでも、凍結路面对策は円滑な冬期道路交通を確保する上で、重要な施策と位置付けられている。



出典：(社)雪センター資料

図2-1-1 雪寒対策の概要

2.1.2 凍結防止対策の概要

積雪寒冷地域では、路面温度の低下によって道路上の水分が凍結して「凍結路面」が発生する。一口に凍結路面といっても、滑りやすい氷板路面、圧雪、新雪、また氷板の上に積雪がある二層になった路面もある。雪氷の有無、表面の光沢、路面上の雪氷が二層になっている場合の下層の状況等により路面の状況が分類される。

凍結路面对策は図2-1-2に示すような施策体系となり、大きく施設面、運用面に分類されるが、「機械による粗面化工法」「固定式凍結防止剤散布」、「凍結防止剤散布」、「防滑剤散布」は施設面、運用面の両面で実施される対策となっている。



出典：(社) 雪センター資料

図 2-1-2 凍結路面対策の概要

2.1.3 路面凍結の形態

路面凍結は、路面の温度が凍結点以下に降下し、路上の水分が凍結する現象である。路上の水分が凍結に至る過程は、表 2-1-1 に示すように 3 つの形態に分類できる。我が国は、冬期間に降雪や降雨が多く、また、欧米諸国と比較すると緯度が低いため冬期であっても、昼間の日照で路面上の雪が溶けやすい。したがって、我が国では、表 2-1-1 のうち①と②が多く発生し、③の発生は少ない。

表 2-1-1 氷になるプロセス

	プロセス	概要
①	雪→氷	路上の雪が部分的な凍結・融解を繰り返し、圧雪を經由して凍結する場合
②	水→氷	湿潤路面あるいは排水不良の路上水分が凍結する場合
③	水蒸気→氷	空気中の水蒸気が直接昇華によって路面に付着して凍結する場合

路面上の水分の発生原因には、降雨によるもの、降雪・融雪によるもの、路側雪堤からの滲み出し水によるもの、漏水によるもの、降霜や結露によるもの、車両のタイヤによって持ち込まれるものなどの種々の形態がある。このような路面凍結形態を一般化して整理すると表 2-1-2 のように分類される。

表 2-1-2 路面凍結の形態

プロセス	路面凍結形態	説明
① 雪→氷	圧雪型	路面積雪が通過車両のタイヤによって圧雪化し、タイヤの熱や日射、気温上昇で圧雪表面だけ融けた後、気温低下に伴って圧雪表面が凍結するもの。
	融雪型(路上残留)	降雨後や融雪後に路上に残った水分が気温低下に伴って凍結するもの。
② 水→氷	融雪型(除雪水)	気温上昇に伴い路側や中央分離帯の雪堤が一部融解し、車道にしみ出してきて気温低下時に凍結するもの。
	漏水型	道路に出た地下水やトンネル湧水が気温低下に伴って凍結するもの。
	引き水型	通過する車両のタイヤによって引き込まれた水がトンネル内等の日陰部で凍結するもの。
	降霜・結露型	寒気流の通り道、川面に近い場所、日陰部等で霜がそのまま凍結するもの。また、河川周辺や放射霧多発地で結露がそのまま凍結するもの。
③ 水蒸気→氷	凍雨型	海拔高度の高い寒冷山間地に多く、過冷却の雨が路面に接触すると同時に凍結するもの。



圧雪



圧雪型



融雪型(除雪水)

出典：2005 除雪・防雪ハンドブック

2. 1. 4 凍結防止剤の種類

現在国内で市販あるいは開発等されている主な凍結防止剤の種類は、表2-1-3に示すように塩化物系と酢酸系に大別される。

一般的に使用されているのは塩化物系が多く、中でも塩化ナトリウムの使用が多くなっている。

表2-1-3 凍結防止剤の種類

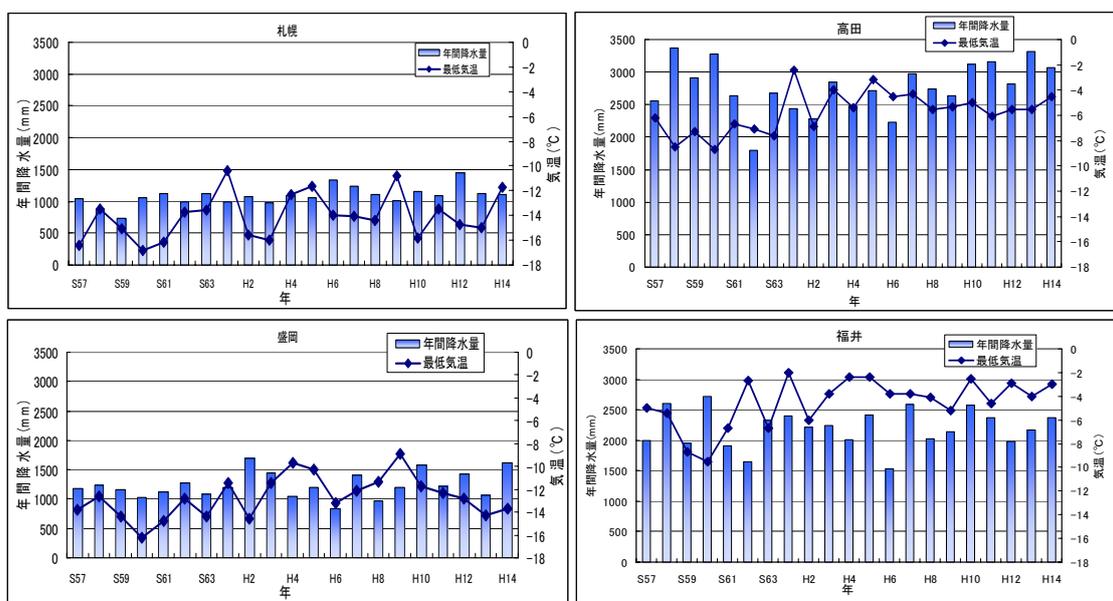
分類	凍結防止剤名	化学式
塩化物系	塩化ナトリウム系	NaCl
	塩化カルシウム系	CaCl ₂ · nH ₂ O
	塩化マグネシウム系	MgCl ₂ · nH ₂ O
酢酸系	酢酸カルシウムマグネシウム系	CaMg ₂ (CH ₃ COO ₂) ₆
	酢酸ナトリウム系：(開発中)	Na(CH ₃ COO ₂)
	酢酸カリウム：(開発中)	K(CH ₃ COO ₂)

出典：(社)雪センター資料

2. 1. 5 雪寒地域の多様性

凍結防止対策が実施される寒冷地域の気象状況について、北海道、東北地方、及び日本海側の気象データを整理し、図2-1-3、図2-1-4に示した。

年間の最低気温及び降水量を比較すると、札幌と盛岡は、最低気温はほぼ同じレベルで推移しているが、年間降水量は盛岡の方がやや多くなっている。日本海側の高田や福井は、気温は札幌と盛岡に比べてやや高く、年間降水量は2倍～2.5倍と多くなっている。

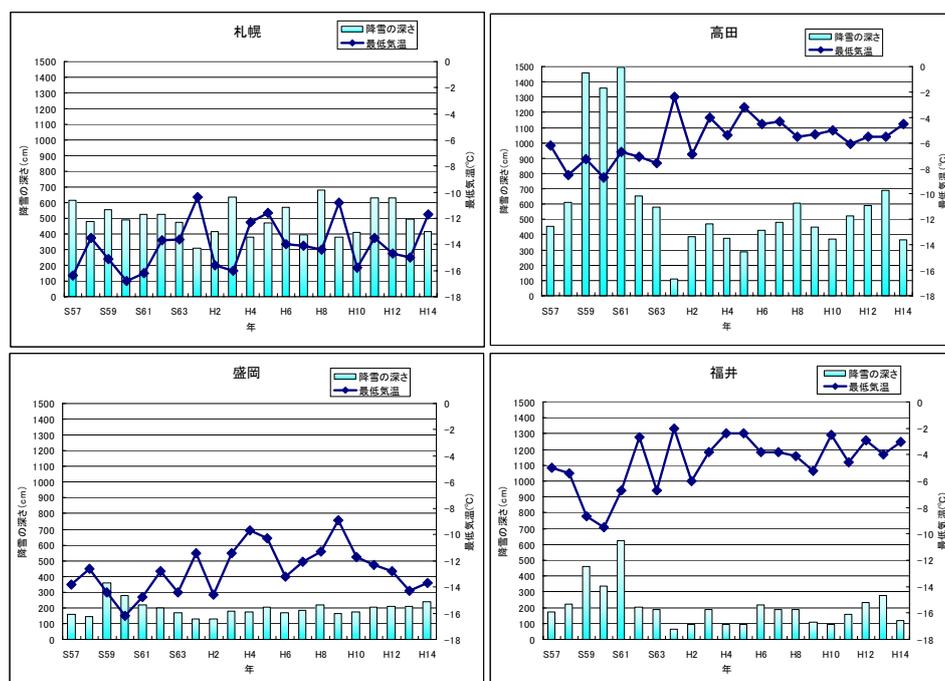


出典：気象庁観測データ(年間：1月～12月)

図2-1-3 各地の年間降水量と年間最低気温

年間最低気温と累加降雪深の深さについて図2-1-4に示した。

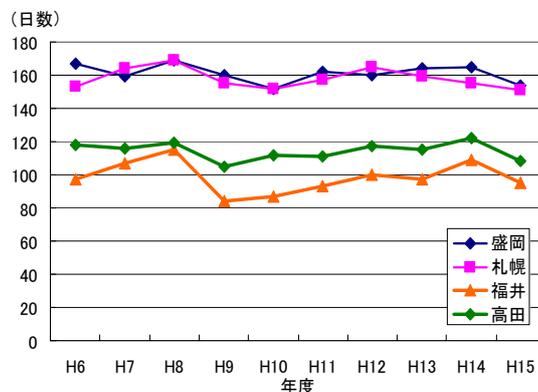
高田では1980年代に10mを越える豪雪も見られたが、全体的には気温が高く、積雪量の多い地域となっている。札幌は最低気温も低く積雪も例年多く、盛岡の最低気温は低いものの積雪は少ない。高田の最低気温は札幌、盛岡に比べやや高く、積雪はもっとも多い。福井は最低気温も高く、積雪はばらつきが多く一時的な降雪が多い状況となっている。



出典：気象庁観測データ（年間：1月～12月）

図2-1-4 各地の累加降雪深と年間最低気温の経年変化

冬の雪寒対策実施の目安のひとつとなる、最低気温3℃以下の近年10ヵ年の発生日数を図2-1-5に示した。札幌・盛岡はほとんど同程度の発生日数で160日前後で推移している。次いで高田が120日、福井が100日前後となっている。雪の降り方は地域性があるものの、福井を除きどの地点でも100日以上となっている。



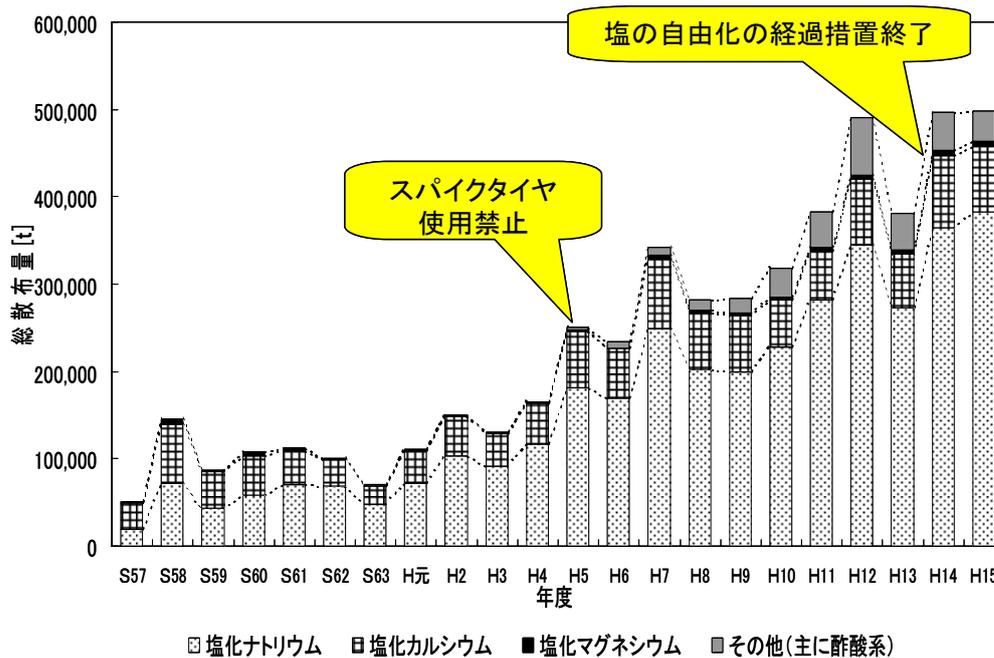
出典：気象庁観測データ（年間：1月～12月）

図2-1-5 近年10ヵ年の最低気温3℃以下発生日数

2. 1. 6 凍結防止剤の散布量

凍結防止の主要な対策である凍結防止剤の散布は図2-1-6に示すように、平成5年のスパイクタイヤ使用禁止以降、年々増加傾向にあり、平成15年度には全量で49.8万tとなっている。

使用されている薬剤はNaCl、CaCl₂、MgCl₂及びその他として一部酢酸系のものとなっている。CaCl₂は従来から使用されておりその使用量も昭和57年度以降変動はないが、NaClについては平成5年度頃から使用量が急激に増加しており、最近では全使用量の70%以上を占めるようになっている。



出典：平成16年 「凍結防止剤散布実態調査(8)」報告書

図2-1-6 近年22年間の凍結防止剤の散布経年変化（全国）

北陸地方での、平成元年以降の凍結防止剤散布量の推移と、除雪工事費に占める凍結防止剤散布費用の推移を図2-1-7に示す。全国的な傾向と同様に平成5年のスパイクタイヤ禁止以降、散布量は年々増加傾向を示しており、散布費用も除雪対策費用全体の35~40%にまで増加している。ちなみに、冬期の平均的な散布量は概ね8~12t/車線-kmである。

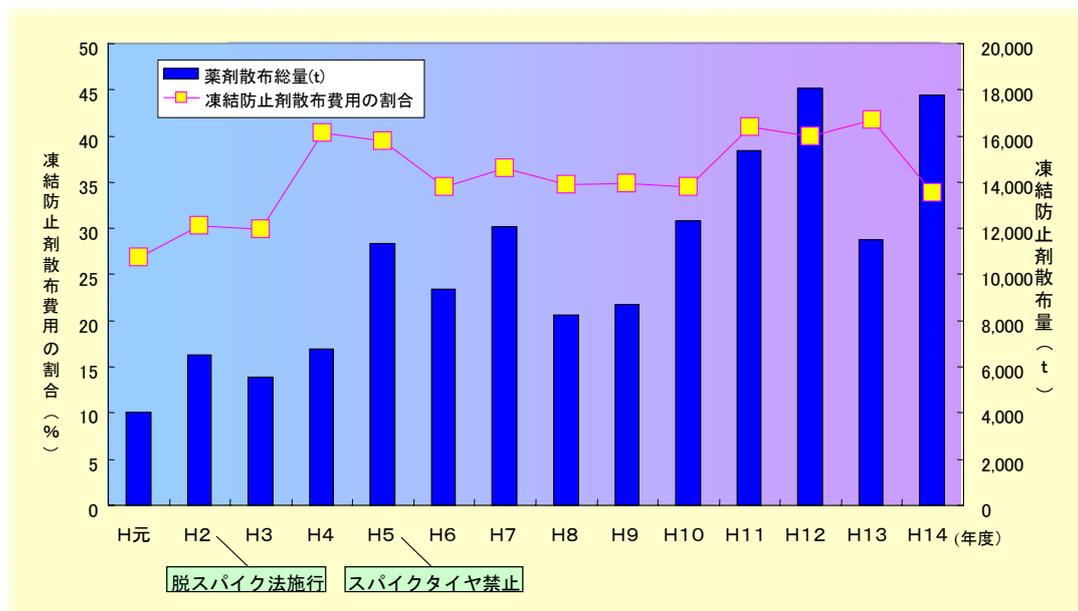


図2-1-7 凍結防止剤の散布量と散布対策費の推移（北陸）

2.1.7 凍結防止剤が備える要件

凍結防止剤の選定にあたっては、定められた基準はないが、使用、選定にあたっては概ね次のような要件を備えておくことが望ましいとされている。

① 凍結温度が低く、溶解性、即効性にすぐれ、効果の持続性が良いこと

冬期には同じ時間帯に広い範囲にわたって凍結が発生する。凍結が予想される箇所には事前に散布することも行われている。気温の低下が早いと凍結が早く起こるので、散布した後にすぐに効果が出るような即効性が求められる。また、散布した後に効果が持続することで、散布回数を少なくすることが可能となる。

② 価格が安く、供給量が豊富で容易に入手できること

「スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律」が平成2年度に施行されて以来、凍結防止剤の使用量が増える傾向にあるため、凍結防止剤の費用が安価で多くの量を入手できることが条件である。

③ 必要な時に必要な量を使用できるよう、貯蔵し易く運搬しやすいこと

凍結防止剤を保管する時は、取り扱い易さを考慮してフレキシブルコンテナ（略して「フレコン」と呼ばれている）が多く用いられている。冬期間は散布

に備えて各事務所や事業所とその除雪ステーションなどの薬剤庫や倉庫に「フレコン」を保管している。保管している間に固結しないことも大切な条件である。

④ 運搬および散布しやすいなど取り扱いに優れていること

凍結防止剤の散布は、通常は凍結防止剤散布車を使って行われる。薬剤の形も液体状、粒状がある。場合によっては、人力散布、定置施設からの散布も行われている。各種の使用方法があり、それぞれの方法に対応できることが求められる。

⑤ 散布による副次的なマイナス影響が少ないこと

凍結防止剤が道路に散布され雪を融かした後には、いろいろな形で自然界に戻る。土壤に浸透するもの、河川に流れるもの、自動車に付着するもの、車の走行により霧状の飛沫となり植物に付着するものがある。散布効果や経済性に優れ、土壤や河川等の自然環境に影響の少ないことが必要である。

以上のような点を、凍結防止剤の性能、使用の容易さ等に分類し、整理すると次の表 2-1-4 のようになる。

このような要件を備える凍結防止剤として、総合的に優れている NaCl の使用が多くなっている。

表 2-1-4 凍結防止剤の備える要件

- | | |
|----------|--|
| ① 性能 | : 凍結温度が低く、溶解性、速効性に優れ、効果の持続性が良い。 |
| ② 使用の容易さ | : 価格が安く、供給量が豊富で入手が容易。必要な時に使用でき、貯蔵し易く扱い易い。運搬及び散布しやすい。 |
| ③ その他 | : 散布による副次的なマイナス影響が少ない。 |