

# 効果的な凍結防止剤散布とそれに伴う塩分濃度について ～凍結防止剤散布要領の改訂に向けて～

中田 京之介<sup>1</sup> 谷澤 俊夫<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北陸技術事務所 雪害防災減災課 (〒950-1011 新潟県新潟市西区山田2310-5)

冬期道路管理において凍結防止剤散布量等の検討は重要な課題となっており、効果的で効率的な凍結防止剤散布が従来から求められている。

本報文では散布要領の改訂に向け、路面塩分濃度や路面温度の観測技術の進展により得られる、気温と路面温度との相関や散布効果持続時間を検証する事により、湿潤式凍結防止剤散布量等の標準的な考え方をとりまとめたので報告するものである。

キーワード 凍結防止剤散布、散布要領改訂、湿潤式、塩分濃度

## 1. はじめに

現行の凍結防止剤散布要領（以下「要領」という）は平成3年に作成され、平成19年度の改訂を最後に18年が経過している。

しかし現在では、凍結防止剤散布車の性能向上、路面塩分濃度や路温の観測技術の進展、また、凍結防止剤の価格高騰（図-1）もあり、これらを踏まえて効果的で効率的な散布が求められていることから、要領を改訂する必要があった。



図-1 凍結防止剤（新潟）の価格の推移

そこで、効率的な凍結防止剤散布に向け、課題整理を踏まえた調査・検討をおこない、散布対象区間や散布量、散布時期等の見直しを凍結防止剤散布要領（案）（以下「要領（案）とする」）として作成した。また、作成した要領（案）に基づき、選定したモデル工区において、現場での路面塩分濃度等の検証および、机上でのシミュ

レーションをおこなった。令和7年度には要領（案）改訂版の通知、除雪作業においての運用、またその聞き取り調査をおこなうこととしている。

本稿では、要領の改訂内容、及び、主に塩分濃度に着目した有効性の検証結果について報告するものである。

## 2. 凍結防止剤散布に関する実態調査

### (1) 課題

除雪時期における凍結防止剤散布は、現在でも課題となる部分が多く、散布方法も各地域によって異なっている。これらを踏まえ、北陸技術事務所では全国の事例を収集し、凍結防止剤散布への課題を整理した。

凍結防止剤散布の課題については、その中でも、特に凍結防止剤散布に重要な6課題を抽出し検討した（表-1）。

表-1 凍結防止剤散布の課題及び検討内容一覧

No	項目	課題	検討内容
1	散布対象区間	○縦断勾配箇所、手前100m散布の根拠の不足などの見直し。 ○手前散布区間の妥当性検証	
2	散布目的	○地整ごとでの散布目的の違い ○散布目的の統一 ○凍結防止と凍結融解の統合	
3	標準散布量	○気温に関係無く一律に散布している地域がある。 ○地域ごとの気象状況（日最低気温等）の把握 ○上記の気象状況に対応した気温区分の設定と標準散布量の検討	
4	気温区分	○全国を対象とした気温区分になっていない	○雪寒法に示す地域区分から全国を対象とした気温区分へ見直し
5	再散布時機	○再散布時機の明確化が示されていない	○効果持続時間から、再散布時機・散布間隔の見直し
6	散布方法	○基本となる散布方法の記載が無い	○散布方法（乾式散布、溶液散布、湿式散布、湿潤式散布）を検討し、基本とする散布方法を選定

## (2) 塩分濃度の実態分析と調査方法

それぞれ課題に対する検討は路面塩分濃度の実測をもとに実施するものとし、調査に必要となる路面塩分濃度調査の計測方法については、低下箇所の把握と塩分濃度を箇所別・気象状況（降雪量等）別に複数回分は把握する必要があるため「測定車（車載式塩分濃度システム）による自動観測」をおこなった（写真-1）。



写真-1 パトロール車による車載式塩分濃度システム

## (3) 結果と凍結防止剤散布要領（案）について

実態分析と現地調査の結果により、各課題に対する対応方策を整理した。

### ① 散布対象区間の改訂

#### 1) 縦断勾配が急な区間の散布検証

凍結路面は積雪路面よりも交通事故の発生が多く、危険な路面となっている。スタック車も凍結・シャーベット路面で発生するため、スタック車発生箇所は早期に対応していく必要がある。

（図-2）はH23年度～R4年度の全国におけるスタック車発生件数調査データである。縦断勾配4%以上の地点で多くスタック車が発生しており、さらに、縦断勾配3%の区間で交差点密度が高い区間（3箇所/km）でもスタック車が増加していることが確認された。

そのことから、従来どおり、4%以上の区間は散布対象区間とするが、4%以下でも信号交差点の停止・発進等で大型車の発進不能が発生するため、3%以上の区間についても散布を検討することとした。

#### 2) 散布対象箇所100m手前散布の妥当性検証

現行の要領では通過車両の引きずりによる散布開始位置周辺の塩分濃度低下を考慮し、散布対象箇所の手前100mを含めて散布することとしている。

しかし、手前100mの塩分濃度の推移を定量的に示した結果は無い。このことから、散布対象箇所100m手前散布の妥当性の検証を目的に、散布対象箇所の始まりの塩分濃度を1.0として塩分濃度の変動比率で分析をおこなった。

その結果、手前100mから散布することにより、引きず

り効果から散布対象箇所では塩分濃度が確保されており、現行の要領に記載の手前100m散布は必要であることが確認できた（図-3）。

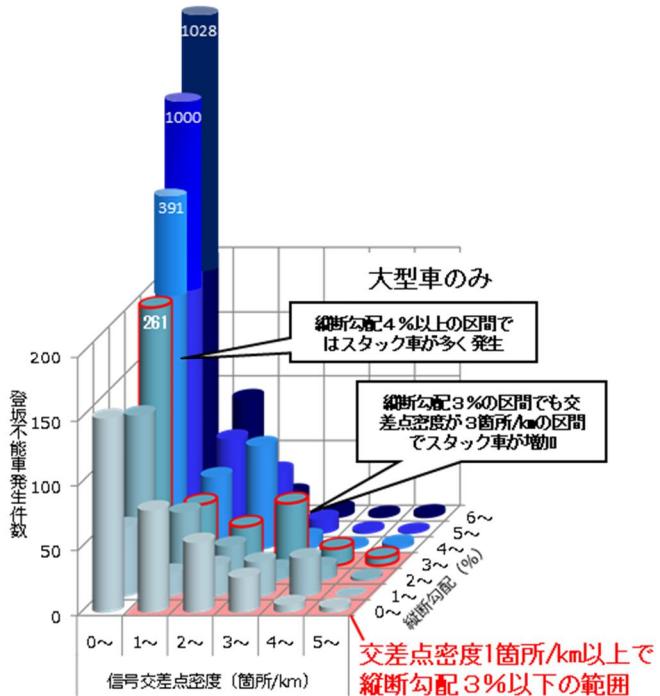


図-2 縦断勾配別、信号交差点密度別の大型車スタック発生件数

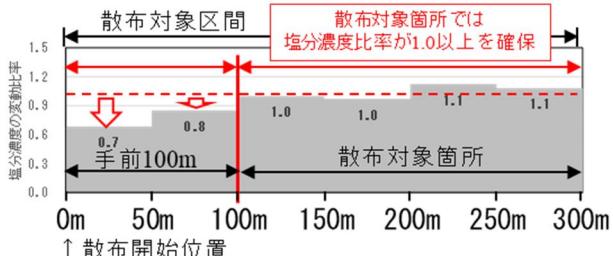


図-3 散布開始位置からの塩分濃度の変動

### 3) 排水性舗装区間での散布の検証

現在、排水性舗装区間は空隙つまり、空隙つぶれによる機能低下が発生している。そのため、機能低下した排水性舗装区間は密粒舗装と同じ扱いとして散布をおこなうこととした。

しかし、排水性機能が確保されている区間も存在する場合、密粒舗装と排水性舗装の境目で路面が急激に変化する恐れがあるため、排水性舗装区間の手前100mを含めて散布対象区間として見直しをおこなった（図-4）。

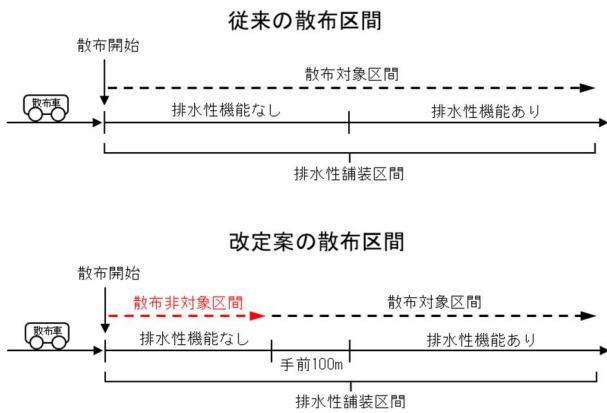


図-4 改定案による排水性舗装区間の散布イメージ

## ② 散布目的の改訂

従来の要領（案）では、凍結防止、凍結融解、圧雪処理の3つの散布目的を示しているが、凍結融解の実施頻度が少ないことから、凍結融解を圧雪処理に含めるものとし、散布実態と合わせて散布目的を見直した（表-2）。

表-2 散布実態に合わせた散布目的の見直し

散布目的		
凍結防止	凍結融解	圧雪処理
凍結防止		圧雪処理 (凍結融解)

## ③ 標準散布量の改訂

北陸地整管内では、気温区分別の標準散布量を設定しているが、北陸地整以外では気温に関係なく一律となっているところもある。路面凍結が路温と塩分濃度の関係で決まる中で、気象条件が一律となっていることが問題であった。

そのため、散布目的、散布方法、全国の気温の調査データを用いて地域ごとの気象状況（日最低気温等）の把握と気温区分の設定、標準散布量の検討をおこなうこととした。

気温区分については全国を対象としたもの見直すため、雪寒法で示す地域区分別、時間帯別の平均的な気温を算出し、最低値（-3°C、-5°C）で区分することとした（図-5）。

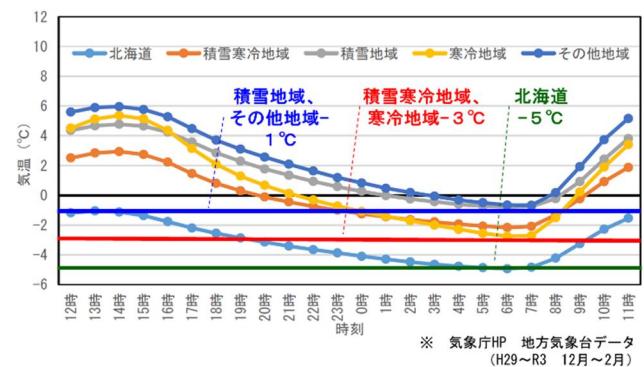


図-5 地域別時間帯別の平均気温

## ④ 散布時機及び再散布時機の改訂

従来の要領では気象状況や路面状況を元に路面凍結が予想される場合、散布をおこなうため、安全側の散布になりやすかった。そのため、改定案では気温や気象予報、交通状況などから効果持続時間のシミュレートをおこなった。しかし、効果持続時間は、経過時間と交通量等の変化を受けて変動する。そのため、一概には示すことは難しく、引き続き調査する必要がある。

このことを踏まえ、路面が凍結する恐れがあると判断された場合は、気温等の予測データ等を基に凍結前の散布に努めることとし、前回散布完了後も再散布が必要と判断された場合は、前回散布の開始時刻からの経過時間と効果持続時間を参考に再散布の開始時刻を設定することとした。

## ⑤ 凍結防止剤散布要領（案）の作成

以上の分析結果から要領を見直し、要領（案）を作成した。以下に改訂箇所を示す（表-3）。

表-3 凍結防止剤散布要領（案）の改訂箇所

## 従 来：乾式散布の標準散布量

気温	目的					
	凍結防止		凍結融解		圧雪処理	
	一般舗装	排水性舗装	一般舗装	排水性舗装	一般舗装	排水性舗装
-3°C以上	20g/m <sup>2</sup> (15g/m <sup>2</sup> )	30g/m <sup>2</sup>	40g/m <sup>2</sup>	40g/m <sup>2</sup>	40g/m <sup>2</sup>	40g/m <sup>2</sup>
-3°C～-6°C	30g/m <sup>2</sup>	40g/m <sup>2</sup>				
-6°C以下	40g/m <sup>2</sup>	40g/m <sup>2</sup>				

4) 排水性舗装区間は全て散布区間とする。

但し、施工からの経過年数や現場条件等により、透水機能が低下している区間についてはこの限りでない。

## 4. 敷設時期

気温・気象予報・地域性等により路面が凍結する恐れがあると判断された場合は、気温等の予測データ等を基に事前散布に努める。

①縦断勾配が急な区間（4%以上の区間とするが、沿道状況、道路状況等を勘案のうえ、3%を越える区間についても検討する。）



## 改定案：湿润式散布の標準散布量

気温	目的	
	凍結防止	圧雪処理 (凍結融解)
-3°C以上	15g/m <sup>2</sup> (20g/m <sup>2</sup> )	40g/m <sup>2</sup> (40g/m <sup>2</sup> )
-3°C～-5°C	25g/m <sup>2</sup> (30g/m <sup>2</sup> )	
-5°C以下	35g/m <sup>2</sup> (40g/m <sup>2</sup> )	

⑨排水性舗装区間は一般舗装と同一の扱いとする。ただし、排水機能が確保されている排水性舗装区間で、路面に積雪がある場合又は、積雪が予想される場合には排水機能が確保されている区間とその手前100mに散布する。

## 4. 敷設時期及び再散布時期

気温・気象予報・地域性・交通状況等により路面が凍結する恐れがあると判断された場合は、気温等の予測データ等を基に凍結前の散布に努める。

また、前回散布完了後も再散布が必要と判断された場合（気温が出動基準以下かつ予報の気温が0°C以下で、路面上に水分があり、路面凍結が予想される場合）は、前回散布の開始時刻からの経過時間と効果持続時間を参考に再散布の開始時刻を設定する。

①縦断勾配が急な区間（4%以上とする。ただし、信号交差点の停止・発進等で4%以下の区間でも大型車の発進不能が発生するため、スタッフ車の発生実績等を踏まえて勾配3%以上の区間についても散布を検討する。）

### 3. 凍結防止剤散布要領（案）の有効性の検証

要領（案）の有効性検証のため、現場検証をおこない、散布回数や散布間隔等（作業効率による評価）の面および、路面塩分濃度確保状況（安全性に対する評価）の面から評価をおこなうこととした。

要領（案）の散布量（15g、25g、35g）については机上にてシミュレートをおこなった結果、算定したものである。

#### （2）改訂案の実現場での調査・検証

凍結防止剤散布は路面凍結を防止することを主目的に実施される。そのため「（凍結しないため）に必要な塩分濃度が確保できているか否か」を評価することが重要であることからこれを（安全性に対する評価）とすることとした。

（作業効率に対する評価）については、散布効率を自由に変えられる（散布量を多くして、散布回数を減らすなど）ことから、散布量の減少や、散布の効率化（散布回数の減少、適切な散布間隔での設定）といった作業効率の観点でも評価することとした。

それを踏まえ、塩分濃度の確保状況、危険挙動の変化、散布量、散布間隔、散布回数、維持出張所等への意見照会の6つを評価項目とし調査をおこなった。

主に、設定した評価項目に対して、塩分濃度調査結果及び既往データ（除雪日報など）を用いて評価する方法を検討した（表-4）。

また、今回の検証で、地域区分毎（沿岸部：海岸から10km程度の範囲にある工区）、（平地部：沿岸部に該当する区間を除いた、「平地部」への該当が多い工区）、（山地部：「山地部」への該当が多い工区）のモデル3工区を選定し、現場検証をおこなうこととした（表-5）。

表-4 評価項目

	評価項目	評価の概要
安全性	A：塩分濃度の確保状況	・改訂案により、経時的な塩分濃度の推移及び、凍結路面などが発生していないかを評価。
	B：危険挙動の変化	・散布対象外とした区間で凍結が発生した場合、大幅に減速して走行することが想定される。この速度低下を危険な状況の発生と判定し、評価。
作業効率性	C：散布量、D：散布間隔、E：散布回数	・散布作業は散布量を増やし、散布回数を少なくする事も可能なため、散布量の減少や散布の効率化（散布回数の減少、散布間隔の延長）も評価。
その他	F：維持出張所、除雪業者の意見	・アンケートにより、設定した評価項目には表れない安全性、作業効率性などについて定性的に評価。

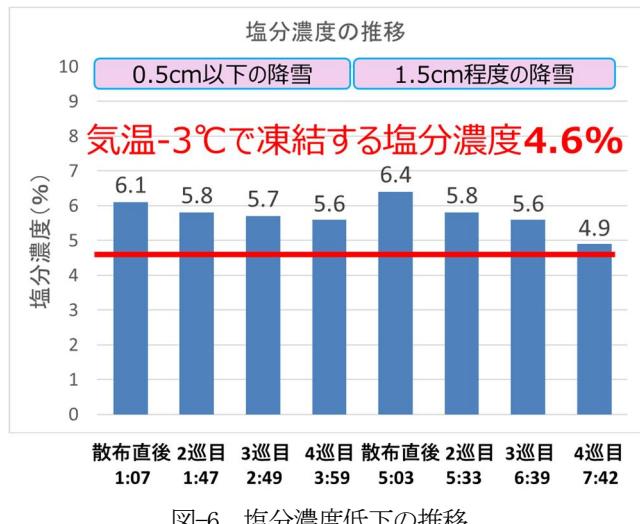
表-5 選定したモデル工区

工区	沿道状況	危険挙動が確認されている区間
加治川	沿岸部	排水性舗装
津川	山地部	カーブ
安田	平地部	カーブ

#### ① 塩分濃度の確保状況について

路面塩分濃度の確保状況については、湿潤式15g/m<sup>2</sup>と湿潤式20g/m<sup>2</sup>の塩分濃度低下率の推移（シミュレート）により比較、評価をおこなった。

塩分濃度の調査については同様に測定車（パトロール車）による自動観測にて現地調査を行い、10m毎に測定をおこない、15g/m<sup>2</sup>散布直後からの平均値の推移を確認した（図-6）。しかし、散布量（25g、35g）は検証中にそのような気象条件になることが無く、現場検証できなかった。そのため、散布量15g/m<sup>2</sup>にて現場検証をおこない、その結果、机上結果と合致している事が確認できた。このことから、15g/m<sup>2</sup>と同様の算出方法を用いて（25g、35g）の有効性を求めることができた。



#### ② 危険挙動の変化（路面凍結の危険性）

調査をおこなった対象区間の全体については、ETC2.0から車両の走行履歴や挙動情報を収集し、大幅な速度低下を評価した。凍結の危険があった区間の有無と、それに伴う評価は、調査した10m区間毎の路面塩分濃度、気温からおこなった。凍結の危険があった路面から塩分濃度を測り、凍結する塩分濃度より下回っていた場合、「凍結の危険があった区間」とした。

調査の結果、3工区ともに十分な路面塩分濃度を確保しており、路面の凍結発生は確認されなかつたので、危険挙動は無いことが確認できた。

### ③ 敷布量、敷布間隔、敷布回数について

この3つについては、「凍結防止目的の散布であること」「全線散布であること」「要領に合致した散布であること」の3つを条件として設定し、除雪日報に記載のある日散布量より、1日あたりの平均散布量、平均散布間隔、平均散布回数を算定した。

今回の15g/m<sup>2</sup>で散布した結果、日あたり散布量は全体的に削減され、散布回数、散布間隔に大きな変化は見られなかったことから、効果的な散布を確認できる結果となつた。

### ④ 維持出張所、除雪業者の意見

調査をするにあたり、現場からの意見も徴収した。地域住民からの苦情や、作業効率に関する課題は発生していないことが結果により確認できた。

## 4. まとめ

要領（案）の改訂内容、及びその妥当性や有効性等について効果検証を実施したものである。

現場検証及び机上シミュレートをおこなった結果、散布量等から見ても、効率的な散布をしている事が確認でき、要領（案）の有効性を検証する事ができた。

引き続き関係部署等と詳細部の調整をすすめ、令和7年度内の要領改訂版の策定を目指している。

### 参考文献

1) 凍結対策報告書 建設省北陸地方建設局 北陸技術事務所 (H5. 3)