

# 排水性舗装の冬期路面管理に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）  
研究期間：平 19～平 21  
担当チーム：舗装チーム  
研究担当者：久保和幸、寺田 剛

【要旨】排水性舗装は、雨水を路面下に速やかに浸透させ、路側あるいは路肩に排水することで雨天時の走行安全性や水はね、水しぶきの緩和による視認性の向上及び道路交通騒音の低減対策のため、これまでに全国の道路で多く施工されている。しかし、排水性舗装は、排水機能により水分を排除しているとともに、一般に施工されている密粒度舗装に比べ空隙が多いため、雪が解けづらい、路面凍結しやすい等、走行安全性が劣るとの懸念が積雪寒冷地はもとより温暖地域においても指摘されている。また、冬期において、排水性舗装は絶えず水分に浸されており、はく離抵抗性が低下するとともにチェーン等により骨材飛散やポットホールが多く発生している。このため、冬期においても排水性舗装の走行安全性を確保できる適切な冬季路面管理方法の確立が必要となっている。

本研究では、冬期における排水性舗装の融雪、凍結状況及びすべり抵抗性の実態を明らかにし、融雪や路面凍結防止及び除雪に有効な凍結防止剤散布方法を検討し、排水性舗装の冬期路面管理方法の提案及びチェーン等による骨材飛散やポットホールが発生しづらい材料や構造について検討を行った。

キーワード：冬期路面管理、凍結防止剤、排水性舗装、すべり抵抗性、骨材飛散

## 1. はじめに

積雪寒冷地域では快適で安全な道路交通確保のため、除排雪、凍結防止剤散布等の冬期路面对策がとられている。近年、視認性の向上及び道路交通騒音の低減対策のため、全国の道路で排水性舗装が多く施工されているが、密粒度舗装に比べ空隙が多いため、雪が解けづらい、路面凍結しやすい等、走行安全性が劣る、また、排水性舗装は絶えず水分に浸されて、はく離抵抗性が低下するとともにチェーン等により骨材飛散やポットホールが多く発生するとの指摘がされている。

そこで本研究では、①冬期における排水性舗装の融雪、凍結状況及びすべり抵抗性の実態を明らかにするとともに、融雪や路面凍結防止及び除雪に有効な凍結防止剤散布方法を検討し、排水性舗装の冬期路面管理方法の提案、②チェーン等による骨材飛散やポットホールが発生しづらい材料や構造について検討を行った。

## 2. 冬季路面における排水性舗装の実態調査

文献等を参考に冬季路面における排水性舗装の実態について整理した。

### 2. 1 凍結路面对策と排水性舗装

排水性舗装は、路面水分除去機能（排水機能）に

より極寒冷地では路面凍結対策の一つと行われている箇所がある。しかし、排水性舗装上で凍結防止剤を散布すると、その排水機能によって水分と一緒に塩分も除去されることによる残留塩分濃度の減少が懸念されている。また、排水性舗装は、空隙があるため地熱の伝達がしにくく雪融け水が排水性機能層に浸透してしまうため、雪がシャーベット状になりやすく、降雪量が



写真-1 積雪状態の一例（つくば市内）

写真-1 に示すように状況によっては排水性舗装箇所だけ雪が残る場合もある。

これらのことから、表-1 に示すように事前散布では、排水性舗装は密粒度舗装より散布量を多く設定されている例が多い。

表-1 凍結防止剤の散布量（北陸地整の例）

気温	目的					
	凍結防止(事前散布)		凍結融解(事後散布)		圧雪処理(除雪補助)	
	密粒度舗装	排水性舗装	密粒度舗装	排水性舗装	密粒度舗装	排水性舗装
-3℃以下	20g/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℃～-6℃	30g/m <sup>2</sup>	40g/m <sup>2</sup>				
-6℃以下	40g/m <sup>2</sup>	40g/m <sup>2</sup>				

表-2 排水性舗装の特徴

	特徴	すべり摩擦	凍結防止剤の 効果	塩分濃度 減衰
乾燥時	熱しにくく冷めにくい	排水性>密粒	—	排水性<密粒
湿潤時	表面に水膜ができにくい	排水性>密粒	排水性<密粒	—
凍結時	表面に凍結ができにくい(骨材が露出しやす くすべりにくい)	排水性>密粒	排水性>密粒	—
圧雪時	密粒と差がない	排水性=密粒	排水性=密粒	—
薄い シャー ベット時	骨材が露出しやすい 上、含水率が低くなる ためすべりにくい	排水性<密粒	排水性<密粒	—
厚い シャー ベット時	排水されるので含水 率が下がり融解が促 進されない	排水性<密粒	排水性<密粒	—

### 3. 効果的・効率的な凍結防止剤散布方法の検討

排水性舗装の融雪や路結防凍止及び除雪に有効な凍結防止剤散布方法を提案するためには、気象状況、路面状況等の諸条件から適切な散布量および散布時期を判断する効率的な散布方法の確立が必要である。効率的な凍結防止剤の散布方法を確立するためには以下に示した3つの課題がある。図-1にこの課題を考慮した効率的な凍結防止剤の散布方法イメージを示す。土木研究所ではこれまでに、密粒舗装に対して、この3つの課題に対して検討を行い、密粒舗装における塩分濃度を指標とした効率的な凍結防止剤の散布方法の提案<sup>1), 2)</sup>を行っている。排水性舗装に対しても密粒舗装と同様な考え方ができるため、本研究では、現地調査、供試体を用いた低温実験を行い、排水性舗装におけるピーク濃度の推定、減衰推定式の提案、路面管理上必要な塩分濃度の推定を行い、排水性舗装の融雪や路結防凍止及び除雪に有効な凍結防止剤散布方法を検討、提案した。

- ① 散布量毎の塩分濃度増加量の推定（ピーク濃度の推定）
- ② 塩分濃度の減衰の推定（減衰推定式の提案）
- ③ 路面管理上必要な塩分濃度の推定

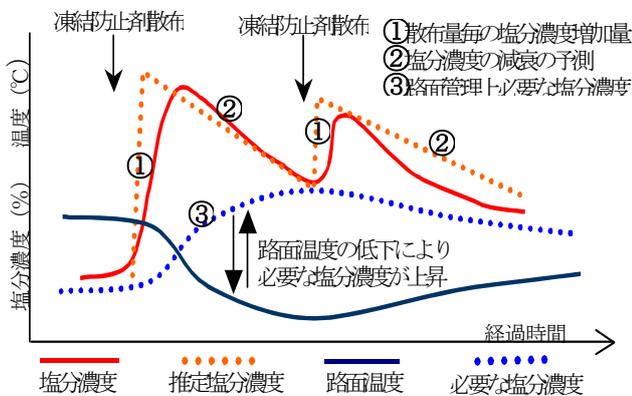


図-1 効率的な凍結防止剤の散布方法イメージ

### 3. 1 調査方法

#### 3.1.1 現地調査方法

散布量毎の塩分濃度増加量の推定、塩分濃度の減衰の推定をする

ための式の作成及び路面管理上必要な塩分濃度の検討に使用するデータを収集するために、一般国道8号の排水性舗装工区に



写真-2 現地調査時の状況

において現地調査を実施した。調査項目を以下に、現地調査時の状況を写真-2に、現地調査箇所を図-2に示す。現地で散布された凍結防止剤は、塩化ナトリウムであった。

- 1) 観測地：一般国道8号大湊除雪ステーション周辺（119.5kp 近辺）の100m
- 2) 対象舗装：排水性舗装
- 3) 現地調査回数：H18年度～21年度の6回
- 4) 現地観測項目
  - ① 気象状況：気温、路面温度、降雪量、風向・風速
  - ② 路面状況：土木研究所提案の17分類を目視で判別
  - ③ 凍結防止剤散布車通過時刻及び散布量
  - ④ 残留塩分濃度：路面上の水分（雪氷含む）を採取し、残留塩分濃度を光学式（屈折式）塩分濃度計で計測、参考値として側溝等の排水の塩分濃度も計測。
  - ⑤ 現地交通量：大湊除雪ステーションのトラフィックカウンターデータ。



図-2 現地調査箇所

### 3.1.2 供試体を用いた低温室実験

排水性の異なる供試体を用いて、排水性舗装にお

ける塩分濃度減衰の性について整理するために、低温室実験を行った。調項目を以下に、供



写真-3 供試体の一例

濃特てた温行査

試体状況

を写真-3に示す。使用した凍結防止剤は、現地と同じ塩化ナトリウムである。

- 1) 供試体の種類：透水係数の異なる排水性舗装（供試体 A：透水係数 1200ml 程度、供試体 B：透水係数 700ml 程度、供試体 C：透水係数 400ml 程度）及び密粒舗装（供試体 D）
- 2) 供試体の大きさ：30×30cm×5cm（ホイールトラック試験用供試体）
- 3) 凍結防止剤散布量：10、20、30g/m<sup>2</sup>
- 4) 路面性状：湿潤→凍結、湿潤→シャーベット、シャーベット→圧雪
- 5) 測定項目：路面温度、路面上塩分量、排水塩分量、路面状況、路面雪氷厚

## 3.2 調査結果

### 3.2.1 供試体を用いた低温室実験結果

#### (1) 湿潤路面性状変化実験まとめ

路面性状を湿潤に変化させた時の各供試体の凍結防止剤散布後の経過時間と塩分濃度の関係を調べた。一例として凍結防止剤散布量 20g/m<sup>2</sup>の結果を図-3に示す。湿潤の残留塩分濃度は、密粒舗装では凍結防止剤がすぐ溶け出すため大きく、排水性供試体では、水分がすぐ排水されるため凍結防止剤が余り溶けず濃度は密粒舗装の約半分以下となっている。排水性の供試体別では濃度は概ね供試体 A、B、C の順で小さくなっており、排水機能（透水係数）の低下とともに残りの水分量が多くなり、凍結防止剤が溶けやすくなった。各供試体の塩分濃度は凍結防止剤の散布量が多くなると高くなる傾向であった。また、路面温度が低くても塩分濃度が高い箇所はシャーベット、更に高い箇所は湿潤になっていることが分かった。排水塩分濃度は密粒舗装がやや高く、排水性舗装は低い。これは排水性舗装では凍結防止剤が溶け出す前

に水分が排水され、密粒舗装では空隙がないため、塩分を含む水が流れたためであると思われる。

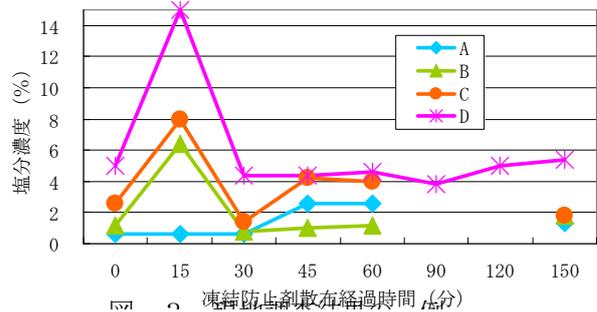


図-3 凍結防止剤散布後の塩分濃度の変化 (20 g/m<sup>2</sup>)

#### (2) シャーベット路面性状変化実験まとめ

路面性状をシャーベットに変化させた時の各供試体の凍結防止剤散布後の経過時間と塩分濃度の関係を調べた。一例として凍結防止剤散布量 20g/m<sup>2</sup>の結果を図-4に示す。密粒舗装、透水性を変えた排水性舗装とも約 15 分後にピークに達し、その後徐々に減少する傾向であった。これは路面性状が湿潤と違いシャーベットであるため、水分が余らないため舗装の空隙の違いがでなかったものと思われる。排水塩分濃度は、排水性舗装においては徐々に高くなった。これは徐々に塩水が排水されるためだと思われる。

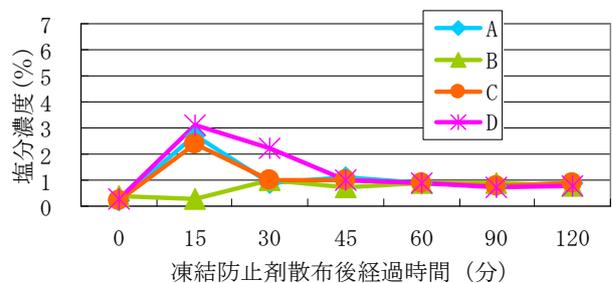


図-4 凍結防止剤散布後の塩分濃度の変化 (20 g/m<sup>2</sup>)

### 3.2.2 塩分濃度の推定結果

現地調査及び供試体を用いた低温室実験から排水性舗装におけるピーク濃度の推定、減衰推定式の提案、路面管理上必要な塩分濃度の推定を行い、排水性舗装の融雪や路結防面凍止及び除雪に有効な凍結防止剤散布方法を検討、提案した。

#### (1) 散布毎の塩分増加量の推定

##### 1) 湿潤路面時における散布量毎の塩分増加量の推定

図-5に示したように凍結防止剤散布後、塩分濃度は増加し、ピークを過ぎた後に減衰し始める。ここでは湿潤路面時における散布後のピーク濃度を推

定することを目的にピーク濃度と気象データ及び散布量等のデータの解析を行った。使用したデータは、平成H18年度～21年度に観測した湿潤時の7事例(7データ)である。

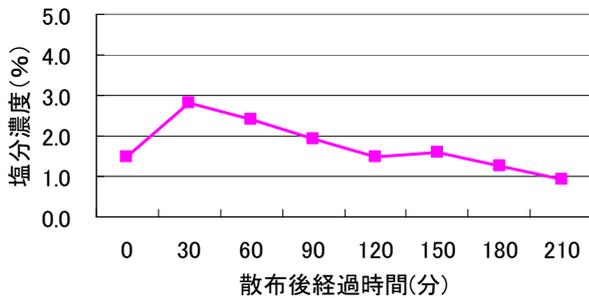


図-5 凍結防止剤散布後の塩分濃度の推移例

ピーク塩分濃度(%)を目的変数として、凍結防止剤散布量(g/m<sup>2</sup>)、散布時の気温(°C)、路面温度(°C)、雪氷厚(cm)、交通量(台/h) 散布前1時間交通量(台)、散布後1時間交通量(台)、散布後1時間降雪量(cm)の8項目を説明変数とし重回帰分析を行った。重回帰分析を行った結果、すべての変数において有意(有意確率:0.05)な相関は見られず、推定式を作成することはできなかった。これはデータが少ないため、ばらつきが大きく評価されたためではないかと思われる。しかし、供試体を用いた低温室の実験結果から排水性舗装のピーク濃度は密粒舗装のピーク濃度の約半分であったため、土木研究所が平成17年度に提案を行っている密粒舗装のピーク濃度の推定式を用い、その値の半分を排水性舗装におけるピーク濃度と見なすこととした。下記にその(式-1)を示す。

$$Y=0.235X_1 + 0.305X_2 - 0.005X_3 - 82.85 \dots \dots \dots (式-1)$$

- ここで、Y : ピーク濃度 (%)
- X1 : 散布量 (g/m<sup>2</sup>)
- X2 : 気温 (K 値)
- X3 : 1時間前交通量 (台/h)

この式を基に実際の路面管理時において、必要な塩分濃度に到達させる散布量を求める式として(式-2)を作成した。

$$Y=4.26X_1 - 1.30X_2 + 0.02X_3 + 352.55 \dots \dots \dots (式-2)$$

- ここで、Y : 散布量 (g/m<sup>2</sup>)
- X1 : 必要なピーク濃度(%)
- X2 : 気温 (K 値)
- X3 : 1時間前交通量 (台/h)

## 2) 推定式の妥当性の確認

推定式の妥当性を確認するために、各観測データにおける実測値のピーク濃度と推定式(式-1)から求めたピーク濃度の推定値を比較したものを図-6に示す。この結果、一部合っていないものもあるが、ほとんどの箇所で合っており、今回算出した推定式の妥当性が検証できた。

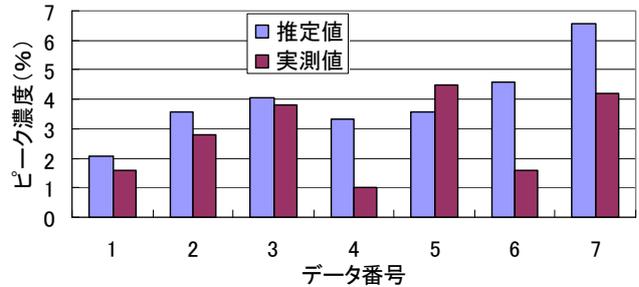


図-6 湿潤路面時における実測値と推定値のピーク濃度

## 3) シャーベット及び圧雪路面時の散布量と濃度の関係

湿潤路面時と同様にシャーベット及び圧雪路面状態における散布後のピーク濃度を推定することを目的にピーク濃度と気象データ及び散布量等のデータについて解析を行った。使用したデータは、平成19年度と21年度冬期に観測された3事例である。湿潤時と同様に重回帰分析を行った結果、全ての変数において有意な相関はみられず、推定式を作成することはできなかった。推定式が作成できなかった理由としては、データ数が少ないのとシャーベットおよび圧雪路面のピーク濃度は散布時の雪氷厚に大きな影響を受けるためであると考えられる。よって、気象データ等から推定することが困難であるため、ここでは、路面上の雪氷の厚さと密度から散布後の濃度を推定する方法を提案する。

雪氷厚(t)の路面上の液相と固相を合わせた水の量(g/m<sup>2</sup>)は(式-3)で得られる。

$$Y=10000 \rho t \dots \dots \dots (式-3)$$

- ここで、Y : 舗装面上の水の量 (g/m<sup>2</sup>)
- t : 雪氷厚 (cm)
- ρ : 密度(g/cm<sup>3</sup>)

なお、一般国道18号や8号で観測された雪氷の密度の範囲はシャーベット(つぶ雪を含む):0.5~1.0g/cm<sup>3</sup>、やわらかい圧雪:0.4~0.7g/cm<sup>3</sup>、かたい圧雪0.5~0.9g/cm<sup>3</sup>である。

例えば0.5cmの厚さのシャーベット路面に30g/m<sup>2</sup>

の散布量で凍結防止剤を散布し、完全に融解したとすると、期待されるピーク濃度は散布量を(式-3)で求めた水の量で除せばいいので  $30 \text{ (g/m}^2\text{)} / 5000 \sim 2500 \text{ (g/m}^2\text{)} \times 100 = 0.6 \sim 1.2 \text{ (\%)} \text{ となる。}$

同様に 1 cm の厚さの圧雪路面に  $30\text{g/m}^2$  の散布量で凍結防止剤を散布し完全に融解したとすると、期待されるピーク濃度は  $30 \text{ (g/m}^2\text{)} / 9000 \sim 4000 \text{ (g/m}^2\text{)} \times 100 = 0.3 \sim 0.8 \text{ (\%)} \text{ となる。}$

ここで仮に各路面雪氷の密度をシャーベット  $0.8\text{g/cm}^3$ 、やわらかい圧雪： $0.6\text{g/cm}^3$ 、かたい圧雪  $0.7\text{g/cm}^3$  とすると散布量と路面雪氷厚とピーク濃度は表-3に示したとおりとなる。

表-3 各路面性状における散布量と路面雪氷厚とピーク濃度の関係

散布量 (g/cm <sup>2</sup> )	シャーベット(%)					やわらかい圧雪(%)					かたい圧雪(%)				
	2.5	0.5	0.3	0.1	0.1	3.5	0.7	0.3	0.2	0.1	3	0.6	0.3	0.1	0.1
20	4	0.8	0.4	0.2	0.1	5	1	0.5	0.3	0.1	4.5	0.9	0.4	0.2	0.1
30	5	1	0.5	0.3	0.1	6.5	1.3	0.7	0.3	0.1	5.5	1.1	0.6	0.3	0.1
40	6.5	1.3	0.6	0.3	0.1	8.5	1.7	0.8	0.4	0.2	7	1.4	0.7	0.4	0.1
50	0.1	0.5	1	2	5	0.1	0.5	1	2	5	0.1	0.5	1	2	5
雪氷厚 (cm)	0.1	0.5	1	2	5	0.1	0.5	1	2	5	0.1	0.5	1	2	5

※密度をシャーベット  $0.8\text{g/cm}^3$ 、やわらかい圧雪： $0.6\text{g/cm}^3$ 、かたい圧雪  $0.7\text{g/cm}^3$  と仮定した場合

## (2) 塩分濃度減衰予測式の作成

### 1) 湿潤路面における塩分濃度減衰式の作成

湿潤路面において1時間後の塩分濃度を推定することを目的に気象データ及び散布量等のデータの解析を行い、塩分濃度減衰予測式を以下に示した考え方で作成した(図-7参照)。使用したデータは、平成19年度～平成21年度の現地調査6事例31個のデータである。

- ① 散布直後：散布時の各データおよび推定ピーク濃度を基に散布から1時間後の塩分濃度を推定
- ② 散布0.5時間後：散布から0.5時間後までに得られたデータを基に散布から1時間後の塩分濃度を推定(以降同様に継続)

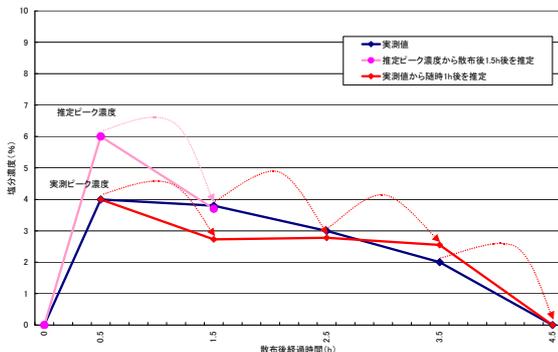


図-7 塩分濃度減衰予測方法

1時間後塩分濃度(%)を目的変数、現在塩分濃度(%)、凍結防止剤散布量(g/m<sup>2</sup>)、現在の気温(°C)、雪氷厚(cm)、路面温度(°C)、前1時間交通量(台)、後1時間交通量(台)、後1時間降雪量(cm)、散布後経過時間(分)の9項目を説明変数として重回帰分析を行った。ステップワイズ法(有意確率:0.05)により解析を行った結果、重相関係数(R)が0.88の(式-4)が得られた。

$$Y = 0.217X_1 - 0.040X_2 - 0.001X_3 - 0.241X_4 + 1.977 \dots \text{(式-4)}$$

- ここで、
- Y : 1時間後塩分濃度 (%)
  - X1 : 現在塩分濃度 (%)
  - X2 : 散布量 (g/m<sup>2</sup>)
  - X3 : 後1時間交通量 (台/h)
  - X4 : 後1時間降雪量(cm)

密粒舗装における推定式に取込まれた散布前1時間交通量と路面温度が選ばれず、その代わりに散布後1時間交通量及び散布後1時間降雪量が選ばれた。これは排水性舗装においては水分が空隙より抜けるため、散布後1時間交通量が散布前1時間交通量より影響が大きく、気温・路面温度よりも降雪量の影響が大きいためであると思われる。

### 2) 推定式の妥当性の確認

推定式の妥当性を確認するために、湿潤路面の各観測データにおける30分毎の濃度の実測値と(式-4)から求めた減衰濃度の推定値を比較した1例を図-8に示す。この結果、だいたい合っており、今回算出した推定式の妥当性が検証できた。

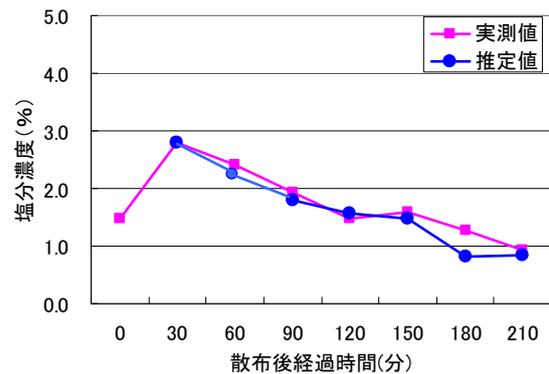


図-8 湿潤路面時における実測値と推定値の比較

### 3) シャーベット及び圧雪路面における塩分濃度減衰式の作成

シャーベット及び圧雪路面のピーク後の塩分濃度減衰推定式の作成に用いたデータは、平成19年度及び21年度の現地調査3事例15個のデータである1

時間後塩分濃度(%)を目的変数に、現在塩分濃度(%)、凍結防止剤散布量(g/m<sup>2</sup>)、現在の気温(°C)、雪氷厚(cm)、路面温度(°C)、散布前1時間交通量(台)、散布後1時間交通量(台)、散布後1時間降雪量(cm)、散布後経過時間(分)を説明変数とし、重回帰分析を行った。ステップワイズ法(有意確率:0.05)により解析を行った結果、重相関係数(R)が0.84の(式-5)が得られた。

$$Y = 0.660X_1 - 0.006 \dots \dots \dots \text{(式-5)}$$

ここで、 Y:1時間後塩分濃度(%)

X1:現在塩分濃度(%)

説明変数として現在塩分濃度(%)しか選ばれなかったが、これはデータが少ないため、その他要素のばらつきが大きく評価されたためではないかと思われる。

#### 4) 推定式の妥当性の確認

推定式の妥当性を確認するために、シャーベット路面の各観測データにおける30分毎の濃度の実測値と(式-5)から求めた減衰濃度の推定値を比較した1例を図-9に示す。この結果、シャーベットであるため塩分濃度は1%と小さいがほとんど合っており、今回算出した推定式の妥当性が検証できた。

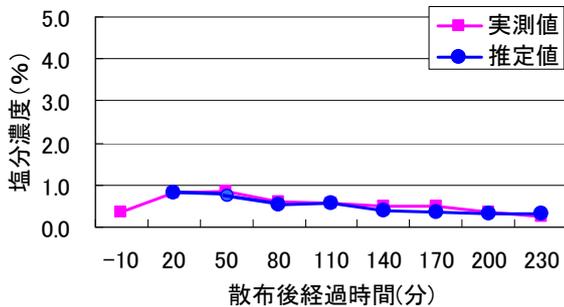


図-9 湿潤路面時における実測値と推定値の比較

### (3) 路面管理上必要な塩分濃度の指標の検討

#### 1) 検討方法

路面温度、路面性状(湿潤、シャーベット、圧雪)及び塩分濃度には密接な関係にあり、路面温度が下がれば路面性状は、湿潤からシャーベットへ、シャーベットから圧雪へ変化する。よって、路面を適切に管理するには、路面性状を悪化させないために凍結防止剤を散布し、必要な塩分濃度を確保する必要がある。よって、路面状況毎に必要な塩分濃度とは路面管理上適切なすべり摩擦を保つのに必要な濃度という考えの下、土木研究所では平成17年度に密粒舗装に対して、図-10に示すように適切なすべり摩擦を保つには、現在の路面性状からより滑りやすい路面性状へと変化させることを防ぐのに必要な濃度

であると考え、塩分濃度と路面温度の関係から、湿潤とシャーベット、シャーベットと圧雪の境界の回帰式を求め、この式から求められる塩分濃度が路面性状を悪化させないために路面管理上必要な濃度であるとしている<sup>2)</sup>。排水性舗装においても密粒舗装と同様に、塩分濃度を冬期路面管理指標とし、各路面性状管理に必要な塩分濃度について、現地調査結果及び低温室実験結果を用いて密粒舗装との比較・検討を行い、路面管理に必要な塩分濃度の検討・提案を行った。また、路面性状管理の目的は路面すべり摩擦抵抗の向上にあるため、過年度業務結果から路面性状とすべり摩擦抵抗との関係から排水性舗装における適切な路面性状管理についても検討した。

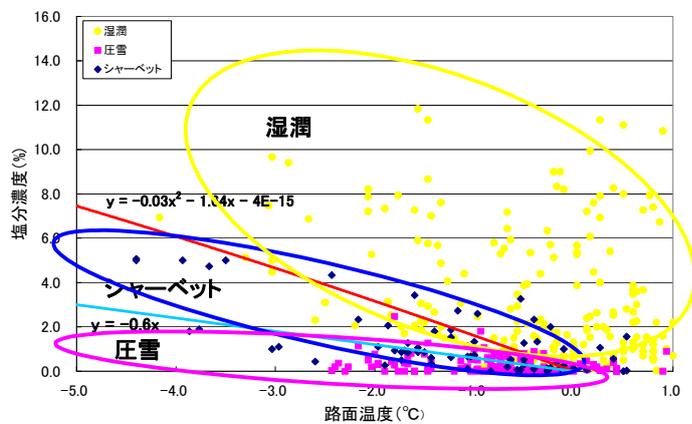


図-10 密粒舗装における塩分濃度と路面性状の関係

## 2) 検討結果

低温室実験の結果と現地調査の路面性状毎における塩分濃度と路面温度の関係をプロットした。結果を図-11に示す。

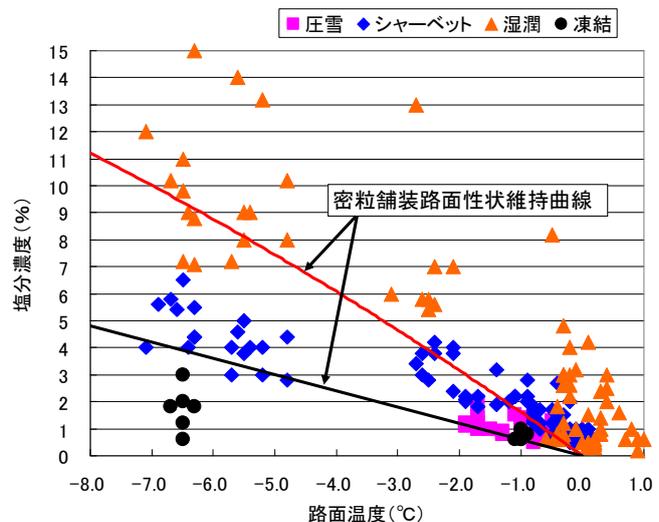


図-11 排水性舗装の塩分濃度と路面温度の関係

圧雪及び高温部のシャーベット路面では密粒舗装路面性状維持曲線と合致しない部分があるが概略適合しており、この結果から密粒舗装路面性状維持曲線は排水性舗装にも適用できると思われる。その式を(式-6)と(式-7)に示す。

- ・ 湿潤路面  

$$: Y > -0.03x^2 - 1.64x - 4 \times 10^{-1} \dots (式-6)$$
  - ・ シャーベット :  $Y > -0.6x \dots (式-7)$
- ここで、Y : 路面性状を悪化させないために必要な濃度 (%)  
X : 路面温度 (°C)

### 3) 各路面性状におけるすべり摩擦抵抗性

現地調査におけるすべり摩擦測定結果から路面性状とすべり摩擦抵抗との関係を整理し、排水性舗装に適切な路面性状管理について検討した。図-12に各路面性状における雪氷厚とすべり摩擦抵抗との関係を示す。データは少ないが、同じ路面性状において、排水性舗装は密粒舗装に比べすべり摩擦抵抗は大きいか、あるいは同程度であるため、車両走行安全性は密粒舗装に比べ高いか同程度の可能性がある。そのため、密粒舗装と同様な路面管理を実施すれば、同程度あるいは高い走行安全性を得ることができると推測される。しかし、図から分かるように排水性舗装では、路面雪氷厚が厚い場合はすべり摩擦抵抗が低下する場合もあり、雪氷厚の管理に注意が必要と考えられる。

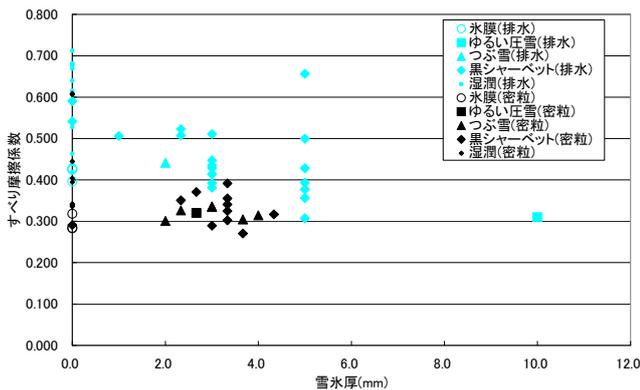


図-12 路面雪氷厚とすべり摩擦係数との関係

#### 3.2.4 排水性舗装における冬期路面管理方法及び提案

本研究で行った現地調査及び低温室実験等の結果から排水性舗装における適切な凍結防止剤の散布方法を含めた冬期路面管理方法について検討した結果を以下に示す。

#### (1) 路面性状管理

密粒舗装と同様な路面性状管理を行えば密粒舗装と同程度或は以上の走行安全性が得られる。これは同様な路面性状では排水性舗装が密粒舗装に比べ、路面摩擦抵抗が同程度或は大きいと推測されるためである。また、密粒舗装と同様に塩分濃度を路面性状管理の指標にする。これは排水性舗装においても同じ塩分濃度では密粒舗装と同様な路面性状が得られると推測されるためである。

#### (2) 散布量

湿潤路面において、凍結防止剤の散布により短時間に密粒舗装と同程度の効果を得るためには散布量を増加させる必要がある。これは同じ凍結防止剤散布量のピーク塩分濃度は、排水性舗装が密粒舗装に比べ約半分程度であり、ピーク塩分濃度は散布量の増加に伴い増加する傾向があると推測されるためである。排水性舗装のピーク濃度が密粒舗装に比べ小さいのは、密粒舗装では水が多く残ったため塩が多く溶け、また塩水の拡散が早い、排水性舗装では水が舗装の窪みに溜まる程度であるため塩が多く溶けず、また、塩水の拡散も行われにくいと推測される。

シャーベット及び圧雪路面において、排水性舗装と密粒舗装のピーク濃度は同程度であると推測されるため、同じ散布量であれば同程度の効果が得られると思われる。これはシャーベット及び圧雪路面では排水性舗装においても常に水分の供給があり、また、塩水は路面上のシャーベット及び圧雪を通して拡散が行われやすいためであると推測される。

#### (3) 散布頻度

湿潤路面、シャーベット及び圧雪路面において、凍結防止剤の散布頻度は密粒舗装と同程度或は少なくとも良いと思われる。これは湿潤路面、シャーベット及び圧雪路面において塩分濃度の減衰速度は密粒舗装が排水性舗装に比べ早いと推測されるためである。排水性舗装においては水が常に排水としてなくなり、塩が短時間に多くは溶けないため塩分濃度は密粒舗装に比べ持続性が高いためであると推測される。

#### (4) 散布方法

湿潤路面において、排水性舗装では湿塩散布方法が凍結防止剤の効果が現れやすい可能性がある。これは前述のように排水性舗装では水が舗装の窪みに溜まる程度であるため塩が多く溶けず、また、塩水の拡散も行われにくいと推測されるため、湿塩散布により、均等な

散布、塩の融解促進、塩水が拡散しやすくなるなどの効果が期待できるためである。

#### 4. 冬期路面対策に有効な排水性舗装の検討

##### 4.1 試験方法

排水や騒音低減に効果があり骨材飛散やポットホールが発生しづらい冬期路面に有効と思われる舗装として3種類の混合物について、骨材飛散抵抗性の評価としてねじり骨材飛散抵抗性試験とラベリング試験、凍結抑制機能の評価として氷板ホイールトラッキング試験とすべり抵抗性試験を行い、その効果を確認した。

##### 4.1.1 試験に供したアスファルト混合物の種類

試験に供したアスファルト混合物は以下の3種類で、表-4にそれぞれの配合を示す。

- ①ポーラスアスファルト混合物(13)：従来の排水性舗装として使用されている混合物（以下、ポーラスアスコン(13)）
- ②ポーラスアスファルト混合物(30)：大粒径骨材を使用することにより排水性を確保しつつ耐骨材飛散

表-4 試験したアスファルト混合物の配合

混合物名	空隙率 (%)	使用アスファルト	配合割合 (%)										
			4号碎石	5号碎石	6号碎石 (9.5mm以上)	6号碎石 (9.5mm以下)	7号碎石	砕砂	細砂	石粉	アスファルト	植物繊維	計
ポーラスアスコン(13)	20	改質アスファルトH型	-	-	20.90	58.90	-	-	10.45	1.75	5.00	-	100
ポーラスアスコン(30)	20	改質アスファルトH型	34.48	18.16	5.5	15.36	5.8	11.5	-	5.8	3.4	-	100
小粒径SMA	5	改質アスファルトII型	-	-	-	-	60.1	16.8	3.7	12.6	6.8	0.3	100.3

や交通荷重による氷板等の破壊を期待した混合物（以下、ポーラスアスコン(30)）

- ③小粒径碎石マスチック：小粒径の骨材粒度をやや粗めにするにより表面流水を確保しつつ耐骨材飛散や交通荷重による氷版等の破壊を期待した混合物（以下、小粒径 SMA）

##### 4.1.2 評価試験方法及び条件

- (1)ねじり骨材飛散抵抗性試験：舗装性能評価法別冊 1-3 ねじり骨材飛散値〔IV〕測定方法に準拠し、試験機はタイヤ旋回タイプBとした。
- (2)ラベリング試験：舗装調査・試験法便覧 B002 ラベリング試験方法の往復チェーン型に準拠し、チェーンはサイドチェーンを使用した。
- (3)氷板ホイールトラッキング試験（氷板 WT 試験）：新しい評価法として 30cm×30cm のホイールトラッキング試験用供試体の表面に氷板

を 1mm 形成し、走行荷重試験を行って氷板の破碎した面積からひび割れ率を算出して凍結抑制効果を評価した。試験条件は舗装調査・試験法便覧 B003 ホイールトラッキング試験に準拠し、試験温度を-5℃とした。

- (4)すべり試験方法：錘を載せた 10×10cm のゴムスライダーを氷板WT試験前後の供試体上で引っ張り、その時の引っ張り荷重を測定し摩擦係数を算出した。錘荷重 30N、引張速度 3cm/s、試験温度-5℃、測定器の概念図を図-14 に示す。

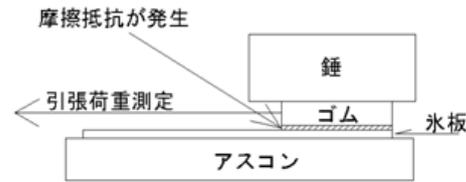


図-14 すべり測定器の測定概念図

#### 4.2 試験結果

##### 4.2.1 ねじり試験結果

ねじり試験結果を図-15 に示す。ポーラスアスコン(13)の骨材飛散損失率は一般的な数値となっ

ているが、小粒径 SMA はポーラスアスコン(13)の 1/3、ポーラスアスコン(30)は 1/10 以下

となった。小粒径 SMA もアスモル分が多く空隙率が小さいため、抵抗性が向上したが、骨材最大粒径を大きくしたポーラスアスコン(30)は、骨材の噛み合わせが向上して非常に高い骨材飛散抵抗性を示した。

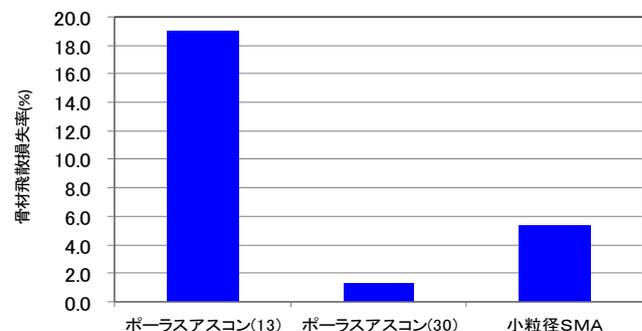


図-15 ねじり試験結果

#### 4.2.2 ラベリング試験結果

ラベリング試験結果を図-16に示す。一般的なポーラスアスコン(13)と比べ、ポーラスアスコン(30)、小粒径SMAの順にすり減り量は小さい値になった。小粒径SMAの方が良好な結果となったのは、ラベリング試験が耐衝撃性と耐摩耗性を評価する要素が大きいため、アスファルト量とアスモル量の多い構造の混合物である小粒径SMAが最も良好な結果となったと考えられる。

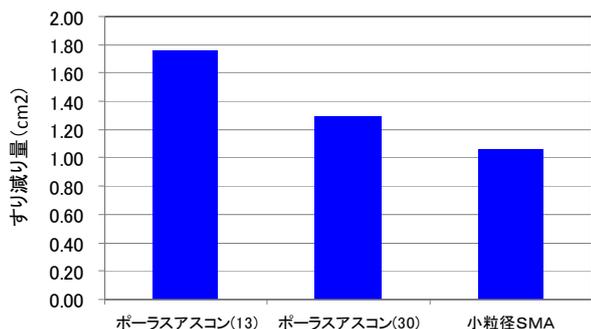


図-16 ラベリング試験結果

#### 4.2.3 氷板WT試験結果

氷板WT試験結果を図-17に示す。小粒径SMAが最もひび割れ率が大きく、次いでポーラスアスコン(30)、ポーラスアスコン(13)の順で小さくなり、骨材粒径が5mmと小さい小粒径SMAが一番凍結抑制効果(氷板の破壊)は大きい結果となった。

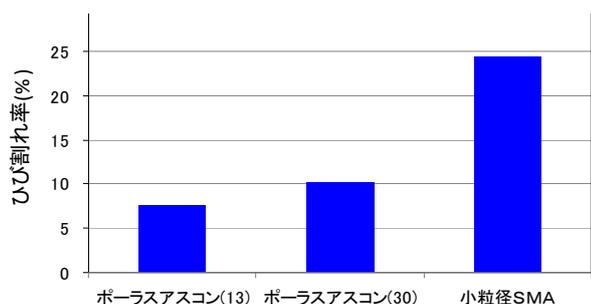


図-17 氷板WT試験結果

#### 4.2.4 すべり試験結果

すべり試験結果を図-18に示す。氷板WT試験走行前の摩擦係数は3種類の混合物とも同程度の摩擦係数で、氷板の形成方法に大きなバラツキは無いと考えられる。氷板WT試験走行後は小粒径SMAが最も大きな摩擦係数となり、次いでポーラスアスコン(13)、ポーラスアスコン(30)の順で摩擦係数は小さくなった。これは氷板WT試験のひび割れ率が高い小粒径SMAが最も大きな摩擦係数となり、氷板の

破壊効果を適切に表している結果となった。なお、参考までに氷板を形成する前(氷板なし)の摩擦係数も測定したところ粒径が一番粗いポーラスアスコン(30)が一番大きな摩擦係数であった。

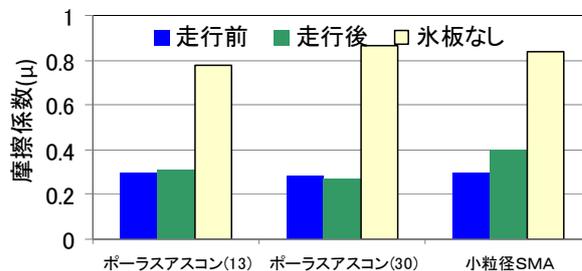


図-18 すべり試験結果

### 5. まとめ

本研究の結果をまとめると以下のとおりである。

#### 5.1 効果的・効率的な凍結防止剤散布方法の検討

1) 排水性舗装における効果的・効率的凍結防止剤の散布手法として、凍結防止剤の適切な散布量の指標となる塩分濃度増加量の推定式、適切な散布時期の指標となる塩分濃度減衰予測式、路面管理上必要な塩分濃度を提案することができた。

2) 排水性舗装における冬期路面管理方法を提案することができた。以下に提案した冬期路面管理方法を示す。

①路面性状管理：密粒舗装と同様な路面性状管理を行えば同程度或は以上の走行安全性が得られ、また、密粒舗装と同様な塩分濃度が路面性状管理の指標になる。

②散布量：湿潤路面においては凍結防止剤の散布により短時間に密粒舗装と同程度の効果を得るためには散布量を増加させる必要があり、シャーベット及び圧雪路面においては同じ散布量であれば同程度の効果が得られる。

③散布頻度：湿潤路面、シャーベット及び圧雪路面において、凍結防止剤の散布頻度は密粒舗装と同程度あるいは少なくとも良いと推測される。

④散布方法：湿潤路面において、排水性舗装では湿塩散布方法が凍結防止剤の効果が現れやすい可能性がある。

#### 5.2 冬期路面対策に有効な排水性舗装の検討

①排水機能や低騒音機能を従来品のポーラスアスコン(13)と同じに確保しつつ耐骨材飛散や氷板等の破壊を期待したポーラスアスファルト混合物(30)は、非常に高い骨材飛散抵抗性を示したが、氷板の破壊効果は思ったほどではなかった。

- ②表面流水により排水機能を持たせ耐骨材飛散や氷版等の破壊を期待した小粒径 SMA は、ねじり骨材飛散抵抗性及びすり減り抵抗性も良く、特に氷板破壊効果に優れていることが分かった。
- ③今回は、凍結抑制効果の確認は氷板 WT 試験限定であったため、今後は凍結防止剤の散布効果や引張接着試験及び実道での検討を行い、冬期路面对策に有効な排水性舗装の提案を行う必要がある。

#### 参考文献

- 1)花岡正明、小林一治、久保和幸、寺田剛、池田慎二：塩分濃度を指標とした効率的な凍結防止剤散布に関する試験調査、雪みらい研究発表会、2006.2
- 2)寺田剛、久保和幸、加藤秀樹、池田慎二：塩分濃度を指標とした効率的な凍結防止剤散布に関する試験調査(その2)、雪みらい研究発表会、2007.2