

# 凍結防止剤最適散布システムの開発

東 忍 \*1

## 1. はじめに

「安全・安心・快適・便利」な高速道路の車両走行を提供するため、除雪・凍結防止剤散布作業などの路面状況に応じた適切な雪氷作業の管理運営は重要な役割を担っている。

凍結防止剤散布作業を自動化することで、作業を効率化し凍結防止剤散布量を低減させることを目的に、凍結防止剤最適散布システムをH26から導入をおこなっており、H30年度からはNEXCO東日本北海道支社が管理する全基地に搭載している。昨年度（令和5年度）の凍結防止剤削減量は約1,750 tになっている。

凍結防止剤最適散布システム（図1）は、①路面状態判別システム、②凍結防止剤の適量（0.1t）積込装置、③凍結防止剤自動散布装置からなる。これまで人力判断では困難であった100m毎の細やかな路面状態を把握し、WEB上にDBを構築する。凍結防止剤の散布量を事前に把握して0.1t単位で積み込むことができる。手動操作では瞬時に変更することが難しい複合的な散布条件を100m毎に細かく変化させて散布することが可能なシステムである。

現状の路面状態判別システムは、特に消耗品であるタイヤを使用しているため、剤削減による道路劣化の影響減を加味しても運用費の低減を図る必要があり、オペレーターを介在させない同程度以上の正答率の識別システムを構築する必要があった。現状のシステムでの運用に対する問題点を改良したAIによる静止画像判別を含んだ路面状態判別の高度化をおこなってきており、オペレーションの簡素化を念頭に置き、路面状態判別システムを含めた現システムの全体的な見直しをおこなった。

## 2. 現状の凍結防止剤最適散布システム

### 2.1 路面状態判別システム

現状の路面状態判別システム（図2-1）は、タイヤ内面に設置した加速度センサー（図2-2）により、タイヤ（加速度センサー）が道路に接地（道路を蹴り上げる状態）した際の振動波形を高速で計測しその波形特徴を分類することで7つの路面状態（乾燥・半湿・湿潤・シャーベット・積雪・圧雪・凍結）に判別する。タイヤ内面に発電機を取り付け、タイヤの回転する動力で発電することが可能である。

路面状態の判別結果はリアルタイム送信され、専用のWEBビューソフトにより、ライブで路面状態判別結果

および走行画像をGIS地図上にモニタリング表示する。

また、路面ダイアグラムを自動作成し、路面状態を細かく確認することができる。

①正答精度が目視との比較で82%の正答率のため、道路管理者の道路状態判断が異なるときがある②走行車線のみ判定（追越車線の判定ができない）の課題があることからオペレータを介在させ、自動化を補完するシステムを開発し運用している。

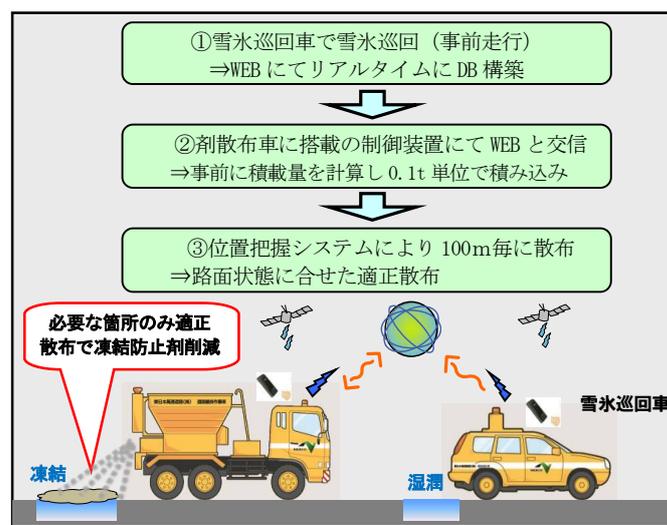


図1 凍結防止剤最適散布システム



図2-1 路面状態判別システム

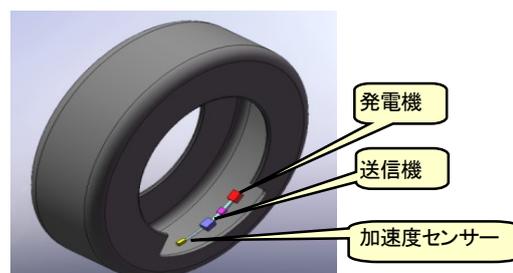


図2-2 タイヤ内面に設置した加速度センサー

\*1 (株) ネクスコ・エンジニアリング北海道

## 2. 2 凍結防止剤の適量 (0.1t) 積込装置

これまで凍結防止剤の積み込みは、0.5t 単位で行われていた。剤を積み残した際に懸念される剤散布車タンク内における剤の固結を防ぐため、積み込んだら全て撒ききる手法である。一例を挙げると、2.8t 必要なところ、3.0t を積み込み撒ききっていた。無駄な凍結防止剤の散布を防止するため、本装置はすり鉢状のホッパーの下部がハンドルにより開口する仕組みで、1t パック投入後、目盛りを見ながら 0.1t 単位で積み込むことができる。本装置を活用することにより、必要量を積み込み無駄なく散布することが可能となる。図 2-3 に凍結防止剤適量積込装置を示す。



図 2-3 凍結防止剤適量積込装置

## 2. 3 凍結防止剤自動散布装置

図 2-4 に凍結防止剤自動散布装置の機器構成を示す。構成は自動散布制御装置、タッチパネル、GPS、通信モジュールである。自動散布制御装置から剤散布車操作卓へシリアル接続し自動制御を行うため、リアルタイム処理が可能となる。散布前にオペレーターがタッチパネルで散布区間を選択し、WEB 交信することでその区間の路面状態から散布量を算出する。事前に散布量を把握して、凍結防止剤を適量積み込むことが可能となる。



図 2-4 凍結防止剤自動散布システム

## 2. 4 凍結防止剤最適散布補完システム

システムの運用をおこなう場合、システムに含まれる路面状態判別システムが路面状態を誤判別する場合など、路面管理手法として不適切な散布判断を行う場合がある。そこで、このような不適切な散布判断をカバーするために、巡回連絡員あるいは道路管理者による路面状態の再判定などの関与により、凍結防止剤散布作業をサポートする補完システムを開発し運用している。

補完システムは、①巡回時に目視により散布必要路面を散布指示する押しボタンSWによる手動散布判定と、②巡回後に未散布画像のみを確認し散布指示を行う手動散布指示を組み合わせて路面状態誤判別の影響を最小化し、より安全に管理することが可能である。図 2-5 に押しボタンSWによる手動散布判定を示す。図 2-6 に未散布画面の手動散布指示を示す。



図 2-5 押しボタンSWによる手動散布判定



図 2-6 未散布画面の手動散布指示

## 3. 凍結防止剤最適散布システムの問題点・改良点

凍結防止剤最適散布システムの問題点・改良点を以下に示す。

### ①路面状態判別システム

- ・補完システムについては、手動散布判定を行わなければならない、オペレーターを介在させる必要がある。
- ・路面状態判別システムで色々に分類しているが、結果として安全側に散布するため、乾燥と乾燥以外（湿潤、凍結・雪）の判別で充分。
- ・ランプ、BS、PA・SA、料金所、取付道路部などを自動判定できない。（タイヤ内面に設置した加速度センサーは車速 40 km/h 以上で判定するため、それ以下では判定できないため）

## ②凍結防止剤の適量積込装置

- ・凍結防止剤がホッパー内の保管時間が長くなると、ホッパー内を滑らなくなる。
- ・ハンドルを回す場合、手動だと重く連続使用時する場合はオペレーターの負担が大きくなる。

## ③凍結防止剤自動散布装置

- ・指令台から指示するとき各車両毎、1台ずつ対応しないといけないため、指示に時間が掛かる。
- ・路面状態判別システムで自動判定できない箇所については手動散布での対応となり、オペレーター対応となっていた。
- ・車両の応援などで基地移動にて対応する場合、データの入替が必要となり即時対応がむずかしい。

## ④全体

- ・雪氷巡回車走行から凍結防止剤を剤散布車に積み込むまでにタイムラグが発生する。

## 4. 次世代凍結防止剤最適散布システム

3章に示した、凍結防止剤最適散布システムの問題点・改良点を踏まえて凍結防止剤最適散布システムの再構築を行った。

### 4. 1. 次世代路面状態判別システム

路面状態判別システムとして、画像判別システム（識別器を用いたAIによる判定システム）で主に追越車線側の判定をおこない、車両に搭載した光波器で走行車線側の判定をおこなう。両方のシステムを組み合わせることで路面状態を判別する。（乾燥、湿潤、凍結・雪の3区分）安全側の判定として、両方のシステムの判定結果が乾燥な場合の正答率は97%以上となっている。走行中は自動取得となるので、オペレーターの介入は無い。（但し光波器の故障時は手動対応も可能なシステムとした。）

図4-1に次世代路面状態判別システム概要を示す。図4-2に走行中画面を示す。

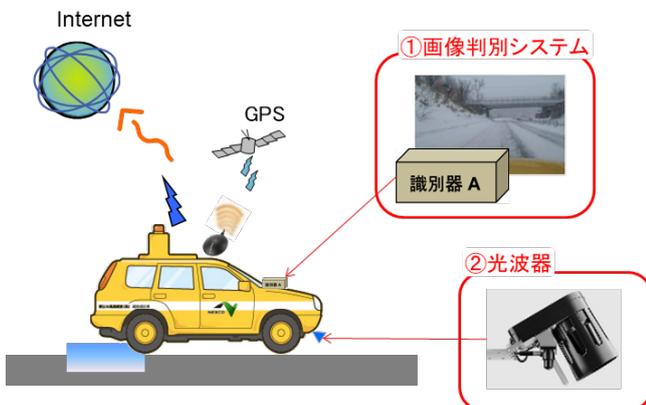


図4-1 次世代路面状態判別システム概要

## 4. 2. 凍結防止剤の適量積込装置電動化

オペレーターの負担を低減するために、凍結防止剤の適量積込装置電動化を検討した。ポータブル電源を使用することで、積込装置を移動可能とした。0.5t、0.2t、0.1tのボタンを押すことで規定量を積み込むことができる。ホッパー内の凍結防止剤の滑り対応としてホッパー外側に振動子を取り付け、ON-OFFスイッチにて対応可能にした。図4-3に凍結防止剤の適量積込装置電動化概要を示す。図4-4にスイッチ構成を示す。



図4-2 走行中画面



図4-3 凍結防止剤の適量積込装置電動化概要



図4-4 スイッチ構成

#### 4. 3. 凍結防止剤自動散布装置の改良

凍結防止剤自動散布システムの改良点について以下に示す。

①GPSソフトを、ランプ、BS、PA・SA、料金所、取付道路部、Uターン路を判別できるように改良した。剤散布車の走行前に自動散布開始前に指令台で決定された散布判定結果が通信され、自動開始ボタンを押すことでGPSにて、KPおよび各ランプ、BS、PA・SA、料金所、取付道路部、Uターン路を通過する際、散布・不散布対応をおこなえるようになった。

②路面状態判別システムから凍結防止剤を剤散布車に積み込むまでにタイムラグが発生することについては、気象データ（APIデータ）を使用して3時間後までに天候が悪化する場合は路面状態判別データを使用せずに全面散布するようにソフト対応をおこなった。

最終的には、指令台にて最適散布または全面散布の決定をおこなう。また、各管理事務所内にあるすべての車両を一括計算できるように改良した。

基地毎に散布パターン設定をおこない、車番毎に基地と散布パターンを指令台ソフトで入力入替対応できるため、車両を別基地に移動してもすぐに対応可能となった。

図4-5に指令台操作システムを示す。図4-6に剤散布車散布前画面、図4-7に剤散布車走行時画面を示す。

車番メニュー

- 散布量シミュレーション
- 散布量設定
- 基地設定
- 料金所
- バスカード変更

共通設定メニュー

- 施設管理
- 施設設定
- 施設管理
- 散布量条件設定
- 施設状態別散布量条件設定
- 基地条件設定
- 散布量条件設定

収集データメニュー

- 施設情報ダイヤグラム
- 散布実績ダイヤグラム

散布量シミュレーション

散布量計算

収集データ有効時間 6 時間 有効割合 0 %以上

施設情報 ダイヤグラム	車番 番号	基地	散布パターン	散布量計算		気象データ分析結果 (3時間後推定)	最終選 択	散布量 (t)	計算日時
				最適	全面				
☐	1057	苫小牧	苫東→新千歳→苫東→苫中→苫東(簡 略)	0.3	0.3	全面	全面	0.3	2024/10/07 11:33:16
☐	1131	北広島	北広島→札幌南→北恵庭→北広島	2.9	2.9	最適	最適	2.9	2024/10/07 11:33:17
☐	1995	苫小牧中 央	苫中→白老→苫中	3.4	3.4	全面	全面	3.4	2024/10/07 11:33:18
☐	1996	登別東	登別東→登別室蘭→白老→登別東	6.1	6.1	全面	全面	6.1	2024/10/07 11:33:19
☐	3872	道分	道分町→夕張→U (1) →道分 (簡略)	3.3	3.3	全面	全面	3.3	2024/10/07 11:33:20
☐	3873	道分	道分→U (23→1→23) →道分	4.6	4.6	全面	全面	4.6	2024/10/07 11:33:21
☐	4105	千歳	千歳→北恵庭→新千歳→千歳	3.4	3.4	全面	全面	3.4	2024/10/07 11:33:21
☐	5647	苫小牧中 央	苫中→苫東→樽前→冠/磯西→苫中	2.6	2.6	全面	全面	2.6	2024/10/07 11:33:23

図4-5 指令台操作システム

車番メニュー

車番 3000 基地 : 美瑛 散布パターン : 北広島～恵庭～北広島

GPS ● 通信 ●

再計算 最適 1.9t 全面 1.9t 気象分析 最適 積込量 1.9t

順路	路線	上下	施設(自)	KP	施設(至)	KP	延長(km)	作業形態
1	-	-	北広島IC Aランプ	-	-	-	0.1	回送
2	道央道(南)	上り	北広島IC	12.4	輪厚PA上り	16.3	3.9	剤散布
3	道央道(南)	上り	輪厚PA上り	16.3	北恵庭BS	22.6	6.3	回送
4	道央道(南)	上り	北恵庭BS	22.6	恵庭IC	26.3	3.7	回送
5	-	-	恵庭IC Bランプ	-	-	-	0.2	剤散布
6	-	-	恵庭IC 取付道路	-	-	-	0.5	回送
7	-	-	恵庭IC Cランプ	-	-	-	0.3	剤散布
8	道央道(南)	下り	恵庭IC	26.3	輪厚PA下り	16.3	10.0	剤散布
9	道央道(南)	下り	輪厚PA下り	16.3	北広島IC	12.4	3.9	剤散布
10	-	-	北広島IC Dランプ	-	-	-	0.4	回送

自動開始 設定 操作パネル

図4-6 剤散布車散布前画面

■走行時画面

車番 3000 下り 14.36KP 湿塩 20 本線 6.0m 暫定・ランプ 3.0m

GPS ● 通信 ●

散布 ● 不散布 ●

現在 北広島IC 残量 1.9t

100m 12.4KP 12.5KP 12.6KP

1 北広島IC Aランプ -KP ④ 手動散布 本線 暫定・ランプ

2 北広島IC 12.4KP ⑤ 手動厚撒 湿塩 30 固形 35

輪厚PA上り 16.3KP ⑥ 自動散布 ⑦ 設定 ⑧ 操作パネル

図4-7 剤散布車走行時画面

#### 5. まとめ

現状の凍結防止剤最適散布システムの問題点・改良点を踏まえてオペレーションの簡素化を念頭に置き、路面状態判別システムを含めた現システムの全体的な見直しをおこなった。

今年度、北海道の一部管理事務所に導入をおこない、再度問題点・改良点のフィードバックをおこない、北海道内外に展開していきたい。