

# 迅速かつ効率的な凍結防止剤散布手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 21～平 23

担当チーム：寒地道路研究グループ（寒地交通  
チーム）

技術開発調整監（寒地機械技術  
チーム）

研究担当者：高橋尚人、徳永ロベルト、  
川端優一、切石亮、高田哲哉、  
牧野正敏、岸寛人、小宮山一重、  
大上哲也

## 【要旨】

積雪寒冷地では冬期の凍結路面对策として、凍結防止剤散布車等を用いた凍結防止剤と防滑材の散布が、事前散布と事後散布という手法で行われている。事後散布の実施判断は、目視による路面状態判別によるため、凍結箇所の見落としや凍結していない箇所への過剰散布の可能性がある。また、道路巡回等による路面状態判別から出動、散布までに時間を要することがある。本研究では、凍結路面を客観的に判別し、散布が必要な箇所への迅速・的確な凍結防止剤散布判断を支援する技術として、凍結防止剤散布車への連続路面すべり抵抗値測定装置の適用に関する検討を行った。その結果、連続路面すべり抵抗値測定装置により、事後散布における散布実施の判断支援が可能であることがわかった。

キーワード：凍結防止剤散布、凍結防止剤散布車、連続路面すべり抵抗値測定装置、路面状態判別

## 1. はじめに

積雪寒冷地では冬期の凍結路面对策として、凍結防止剤散布車等を用いた凍結防止剤と防滑材の散布が行われている。散布の実施形態には、凍結箇所を事前に予測して散布する「事前散布」と、凍結が発生している箇所に散布する「事後散布」がある。このうち、事後散布の実施判断は、道路巡回や凍結防止剤散布車オペレータの目視による路面状態判別に基づいているが、「凍結しているのか濡れているだけなのか」など判別が難しい路面状態や個人差があるため、凍結箇所の見落としや凍結していない箇所への過剰散布の可能性がある。一方、道路巡回等による路面状態判別から出動、散布までに時間を要するため、すべりやすい路面状態が続くことがある。また道路管理者からは、散布作業時の路面のすべりやすさを数値的に把握したいという意見も聞いている。

そこで、本研究では路面のすべり抵抗値を計測することにより凍結路面を客観的に判別し、散布が必要な箇所への迅速・的確な凍結防止剤散布判断を支援する技術の検討を行った。

## 2. 研究方法

路面のすべり摩擦係数の標準的な測定装置として利用されている「すべり試験車」や「加速度計」は、測定輪や測定装置を搭載した車両に制動をかけて計測を行うため、断続的な地点での計測となる<sup>1)</sup>。一方、凍結防止剤散布車による散布作業は、走行しながら実施するため、路面のすべり摩擦係数を測定する度に制動をかける必要がある測定装置を凍結防止剤散布車に使用することは現実的ではない。

連続的に路面状態を検知し、凍結防止剤を散布する手法としては、吉江ら<sup>2)</sup>の研究のように非接触で塩分濃度と路面温度を測定し、濃度管理図を作成して必要散布量を試算する手法や、斉藤ら<sup>3)</sup>の研究のように光学式の路面性状計測センサ（Ground View Sensor、以下、GVS）と路面温度計を用いて路面状態を判別する手法などがある。これらは凍結など路面状態の予測や検知の手段となるが、実際にその路面がどれだけすべりやすいかを示すものではない。山際ら<sup>4)</sup>はGVSと路面温度計、加速度センサを用いて、非常にすべりやすい路面の検知を試みているが、路面の色が黒い場合、GVSは誤判定をしやすいと述べ

ている。また、徳永ら<sup>5)</sup>は道路パトロールカーなど乗用車で牽引する連続路面すべり抵抗値測定装置(Continuous Friction Tester、以下、CFT)<sup>6)</sup>を用いて一般国道で計測を行い、冬期路面状態を連続的・定量的に把握できることを示している。しかし、凍結防止剤散布車は最後部に散布円盤があることや、牽引式では散布直後の路面のすべり摩擦を計測することになるため、凍結防止剤散布車には適用できない。また、牽引式CFTをパトロールカーに取り付け使用した場合でも、道路巡回から凍結防止剤散布車出動までの時間差は解消されない。

そこで本研究では、車体下部に取り付けることができる連続路面すべり抵抗値測定装置(Continuous Friction Tester-Under Truck、以下、CFT-UT)の凍結防止剤散布車への適用について検討を行った。

## 2. 1 連続路面すべり抵抗値測定装置の概要

CFT-UT と計測原理を図-1 に示す。図-1 左下がCFT-UT 本体であり、測定輪とセンサが組み込まれたハブ、鋼製フレーム、装置の昇降と衝撃を緩和する油圧ユニットにより構成されている。



CFT-UT 制御・表示器



CFT-UT 本体

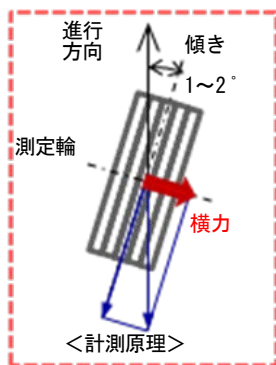


図-1 CFT-UT 概要

CFT-UT の測定輪は車両進行方向に対して傾きをもたせて取り付けられている。そのため、走行中は常に斜めに引きずられながら回転することになり、測定輪の軸方向には横力が発生する。この横力をハブ内のセンサにより計測し、すべり抵抗値(Halliday Friction Number、以下、HFN) に換算する。HFN は路面温度0°Cの乾燥路面を90、無負荷状態を0とし、

その間を90等分して路面のすべりを数値化するので、すべりやすい路面ほど小さい値を示す。HFNは運転室内に取り付けられたCFT-UT制御・表示器(図-1 左上)に数値とLEDで表示される。LEDはCFT-UT制御・表示器正面に、左から緑色、黄色、赤色が各10個ずつ付いており、HFNが大きい状態では緑色、小さくなるにつれ、黄色、赤色と右側へ点灯する数が増えていく。また、CFT-UTはステアリング角(操舵角)も計測している。これはCFT-UTの構造および計測原理上、ステアリング角の絶対値が16度以上ではHFNが正しい値を示さないことから、この範囲の計測値を除外するためである。なお、ステアリング角の除外範囲は車両ごとに異なるため、キャリブレーション時に設定する必要がある。表-1に示すHFN以外の出力データもCFT-UT制御器に収集され、パソコン等と接続することにより、記録およびリアルタイム表示ができる。

表-1 主要諸元

寸法	(長さ)1.2m×(幅)1.3m×(高さ)1.2m
重量	約230kg(油圧ユニット約30kg)
測定タイヤ	205/65R15
測定可能温度範囲	-54~121°C
出力データ	計測開始からの走行距離, すべり抵抗値, ステアリング角, 速度
データ出力間隔	0.1s, 1s, 2s, 5s, 10sから選択

## 2. 2 CFT-UT 搭載型凍結防止剤散布車の機構検討・試作機の製作

CFT-UTを取り付けるベース車両には、北海道開発局札幌開発建設部保有の車両を使用した。CFT-UTは海外での使用実績はあるが<sup>6)</sup>、日本国内では使用実績がない。そこで、第3章で述べる試験に使用する車両の寸法を実測してメーカーへ送り、車両への取り付け部を設計し、また、日本国内の他の車両での使用も考慮して、取付高さの調整ができるものとした。

CFT-UTは前述の原理により計測を行っており、ステアリング角が一定の範囲を超える場合には正しい値を示さない。同様の理由から、CFT-UTを車両前方に設置した場合、より小さな蛇角による車両の旋回でも測定輪に生じる横力に影響を及ぼす。そのため、凍結防止剤散布車へは写真-1のように、後前軸の直前の位置に取り付けた。その際、車両バッテリーおよび燃料タンクを車両前方へ移設した。

また、第3章で述べる試験を実施する前に、CFT-UTのキャリブレーション作業を行った。キャリブレーションは、乾燥路面における路面温度に対して、HFNが基準値と一致するよう調整を行うものである。キャリブレーションは苫小牧寒地試験道路のテストコースで実施したが、テストコースは横断方向に勾配が設けられている。そこで、車両を順方向および逆方向に走行させ平均値を取り、基準値に近づくよう調整を行ったが、HFNを一定値に調整するのに時間を要した。この原因としては、使用した凍結防止剤散布車が15年間稼働している車両であったため、車両の剛性が低下していたことが考えられる。



写真-1 CFT-UTを取り付けた凍結防止剤散布車  
(赤枠の位置にCFT-UTを取り付け)

ラグ」の計測も実施した。これについては5.2節で述べる。



写真-2 試験道路(氷膜路面)



写真-3 氷板路面走行状況

### 3. CFT-UTによる路面状態分類試験

平成22年1月、苫小牧寒地試験道路にて、乾燥、湿潤、圧雪、氷膜、氷板の5種類の路面を作成し、CFT-UTを取り付けた凍結防止剤散布車でHFNの計測を行った(写真-2、3)。

図-2は乾燥-氷膜-乾燥と路面状態が変わる試験区間を時速20kmで走行した場合の計測結果である。乾燥路面から氷膜路面へ入るとHFNが約50程度低下していることがわかる。また同図で、ステアリング角が大きく下がっている部分ではHFNが変化していないが、これはステアリング角が-16度を下回り、HFNを除外したためである。

前述の5種類の路面について、HFNの計測試験を行い、路面別に集計した結果を図-3に示す。乾燥および湿潤では、 $HFN \geq 60$ がそれぞれ93%、80%であった。一方、圧雪、氷膜、氷板における $HFN < 60$ の割合はそれぞれ、98%、88%、100%であった。この結果から、乾燥や湿潤などの比較的すべりにくい路面と、圧雪や氷膜、氷板などのすべりやすい路面をHFNにより区別することができる。と考える。

また、上述の計測と合わせて、「HFNが変化してからオペレータが散布スイッチを押すまでのタイム

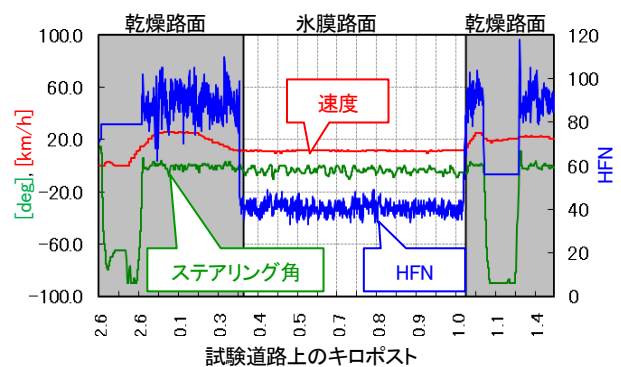


図-2 乾燥と氷膜路面における計測結果の一例  
(データ記録間隔: 10Hz)

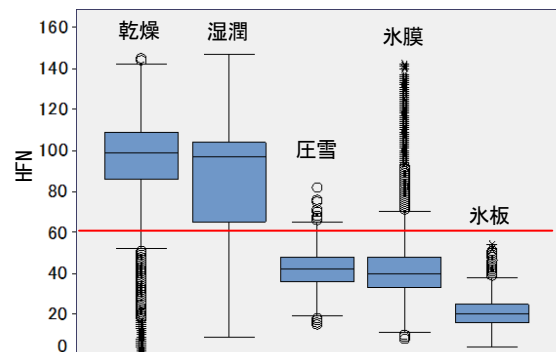


図-3 路面状態別 HFN(パーセンタイル)



## 4. 凍結防止剤散布作業時の HFN 計測試験

### 4. 1 試験概要

路面のすべりやすさと散布作業の関係の実態調査を行うことを目的として、北海道開発局札幌開発建設部深川道路事務所および除雪工事受注者の協力のもと、北海道深川市の一般国道 12 号と 233 号で実際の凍結防止剤散布作業を行う凍結防止剤散布車（写真-4）に CFT-UT を取り付け、平成 23 年 3 月および平成 24 年 1～2 月に HFN 計測試験を行った。



写真-4 試験使用車両



図-4 計測対象車両作業範囲

表-2 主な計測項目

計測項目	検出方法
位置座標	GPSによる
すべり抵抗値(HFN)	CFT-UTによる
散布スイッチ ON/OFF信号	凍結防止剤散布情報収集・管理システムによる
散布剤放出信号	散布剤放出部に取り付けた光電センサにより、散布材がセンサ前を通過したタイミングを検出
路面温度	路面温度計による
路面状態	オペレータが目視により、乾燥、湿潤、シャーベット、圧雪、凍結の路面状態を判別し、タッチパネルにより記録

計測対象車両作業範囲は図-4、主な計測項目は表-2のとおりであり、これらを計測するセンサ及び記録装置を凍結防止剤散布車に取り付けた。凍結防止剤散布車のオペレータには、HFN とは無関係に通常の散布作業を行ってもらい、その内、散布スイッチ

ON/OFF 信号等を凍結防止剤散布情報収集・管理システム<sup>7)</sup>から抽出した。なお、CFT-UT により計測したデータは、冬期道路マネジメントシステム<sup>8)</sup>によりリアルタイムで道路管理者および除雪工事受注者に提供した。

### 4. 2 データ処理方法と計測結果

CFT-UT による計測データと凍結防止剤散布情報収集・管理システムの情報は異なる記録装置（システム）に記録されているため、以下に示すデータ処理を行った。

#### 1) キロポスト付加

散布作業は一般国道 12 号（往復約 34km）および 233 号（往復約 36km）の決まった範囲で行われる（図-4）が、GPS が計測する凍結防止剤散布車の走行軌跡は毎回少しずつ異なる。そこで、CFT-UT の計測データ（CSV 形式）に記録された各位置座標（緯度、経度）に対応する、キロポスト（以下、KP）情報を付加した。これにより、走行軌跡が異なるデータを KP の同一線上のものとして扱うことができ、また、次項以下で述べる KP 情報を有する他のデータとの合成を行うことができる。

#### 2) 散布計画箇所データの合成

当該工区の凍結防止剤の散布作業は、工区全体に渡り、一様に連続的に散布するのではなく、道路管理者により指定された区間に散布する手法で行われており、散布箇所は、起点（散布開始位置 KP）と終点（散布終了位置 KP）が指定されている。当該工区内で指定されている散布箇所数は、一般国道 12 号で 35 箇所、233 号で 65 箇所であり、1 箇所当たりの延長も最短 40m から最長 2300m までとまちまちである。この散布計画箇所の起点及び終点情報を KP に基づき合成した。これにより、散布計画箇所とそれ以外の箇所のすべりやすさについて比較・検証を行うことができる。

#### 3) 凍結防止剤散布情報収集・管理システムのデータ合成

凍結防止剤散布情報収集・管理システムでは、凍結防止剤散布作業時の散布位置（KP）、散布量 $[g/m^2]$ 、散布幅 $[m]$ 、散布材の種類（凍結防止剤、防滑材）等の散布作業設定情報を収集し、サーバへ送信することで、道路管理関係者がリアルタイムで閲覧することや、散布作業履歴情報を CSV 形式でダウンロードすることができる。サーバからダウンロードした散布作業 1 回ごとの散布作業履歴情報を、CFT-UT の計測データと合成した。

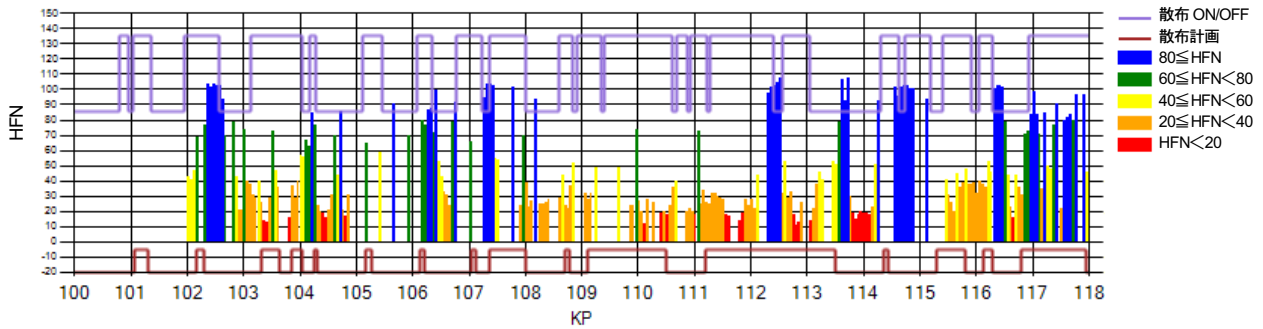


図-5 散布作業 1 回ごとのデータ表示例(一般国道 12 号下り線)

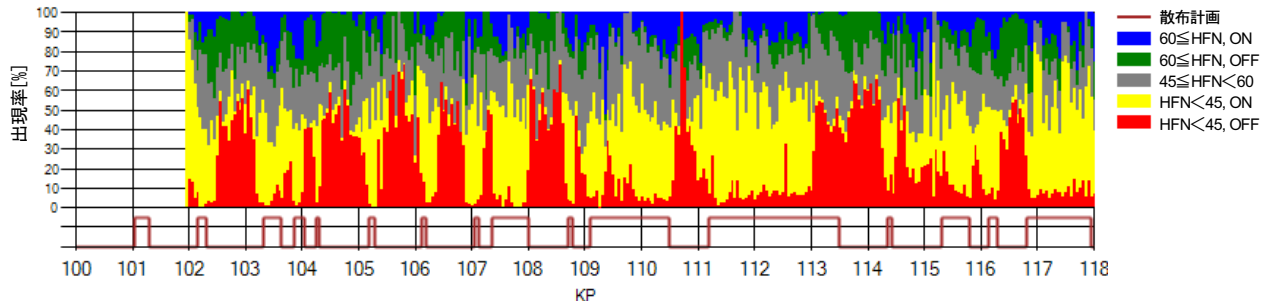


図-6 HFN と散布位置の関係(一般国道 12 号下り線、平成 24 年 1 月 5 日～2 月 27 日)

このように処理を行った計測結果の一例を図-5 に示す。横軸に KP、縦軸に HFN (1 秒平均データ) を色分けした棒グラフで表示している。グラフ上方の矩形波は凍結防止剤散布情報収集・管理システムによる散布 ON/OFF データ (ON: 上昇、OFF: 下降)、下方の矩形波は散布計画箇所(散布計画箇所: 上昇、それ以外: 下降)である。HFN に着目すると、地点によって大きく異なっていることがわかる。散布 ON/OFF と散布計画箇所を比較すると、散布作業はほぼ散布計画箇所とその前後を含むように行っていることがわかる。また、HFN と散布計画箇所を比較すると、散布計画箇所がすべりやすいとは限らないことがわかる。KP114 付近では非常にすべりやすい赤色となっているが、散布計画箇所ではなく散布も実施されていない。このように表示することで、各散布作業がどのような路面のすべり状況に対して実施されたかが確認できる。

また、一定期間における HFN と散布 ON/OFF について、以下のようにパターン分けし出現率として表すことで、路面のすべりやすさと散布作業の関係を示すことができる(図-6)。図-6 は横軸を KP、縦軸を出現率[%]として、各地点において「赤: HFN < 45 かつ散布 OFF、黄: HFN < 45 かつ散布 ON、グレー: 45 ≤ HFN < 60、緑: 60 ≤ HFN かつ散布 OFF、青: 60 ≤ HFN かつ散布 ON」として表示している。なお、KP110.7

で 1 つの色が 100% を占めているのは、出現率を計算する際に分母となる全データ数が少なかったためである。この図では、青色と黄色が散布 ON を表しており、これらの色が散布計画箇所によく現れていることがわかる。一方で、緑色と赤色は散布 OFF を表しているが、特に赤い部分は HFN が小さい場合であり、すべりやすい状態でも散布しない箇所が多くあることがわかる。また、散布計画箇所でなくても黄色や青色が見られる箇所は、オペレータが散布が必要と感じている箇所であり、このような箇所が複数あることをオペレータからも聞いている。

次に、オペレータの目視に基づき分類した路面状態(乾燥、湿潤、圧雪、凍結)における HFN と路面温度の関係について述べる。図-7 は路面状態別の HFN-路面温度をプロットしたものである。路面状態の分類は、散布車助手が助手席で路面状態を目視で判別し、タッチパネル操作により記録を行った。そのため、散布作業で助手が忙しい場合は、路面状態の入力が正確に実施されない場合がある。これを踏まえて、平成 21 年度に実施した路面状態分類試験結果(第 3 章の図-3)と比較、考察した。

#### 1) 乾燥について

図-3 および図-7 ともに HFN ≥ 60 以上が 93% であった。また図-7 において、オペレータが乾燥と判断している路面の中に、HFN < 60 が少ない(7%) ことか

ら、乾燥路面はすべりにくいと判別できていることがわかる。

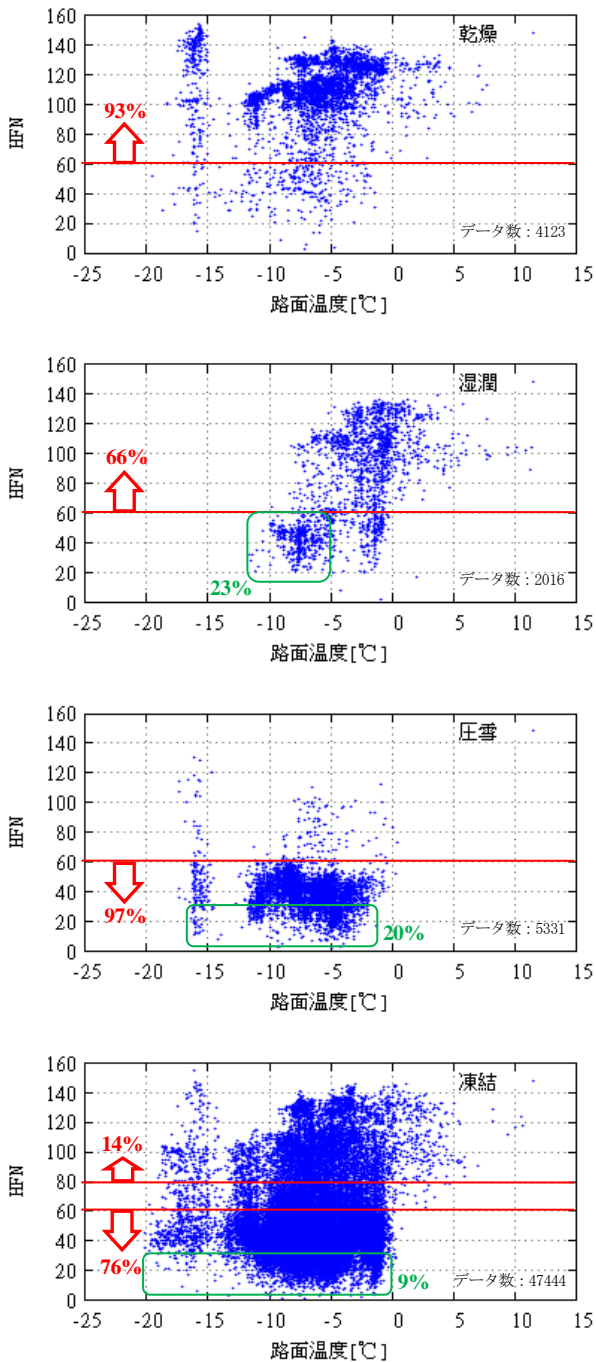


図-7 路面状態別の HFN-路面温度分布

## 2) 湿潤について

HFN  $\geq 60$  が図-3 では 80%、図-7 では 66%である。路面温度は表面温度を計測しているため、湿潤の場合、水膜の表面温度を計測していることになるが、水膜表面が  $0^{\circ}\text{C}$  以下ということは凍結している可能性がある。特に、路面温度が  $-5^{\circ}\text{C}$  以下と低い範囲に HFN  $< 60$  のデータが分布 (23%) しており、凍結して

いることが考えられる。

このように目視では湿潤と判別される中に、すべりやすい路面と湿潤の判別が難しい状態が存在していたと考えられる。

## 3) 圧雪について

図-3 では約 98%が HFN  $< 60$ 、図-7 では 97%であり、圧雪は高い割合ですべりやすい傾向にあると判別できる。また、HFN  $< 30$  の非常にすべりやすい状態が 20%あり、 $-5^{\circ}\text{C}$  付近に集中していることがわかる。

## 4) 凍結について

図-3 では、氷膜と氷板を分けており、氷膜では HFN  $< 60$  が 88%、氷板では HFN  $< 40$  が 100%、図-7 データでは HFN  $< 60$  が 76%であった。

路面温度  $0^{\circ}\text{C}$  以上に着目すると、HFN  $< 60$  にはほとんどデータがないことがわかる。これは全路面状態で共通であり、路面温度が  $0^{\circ}\text{C}$  以上であればほとんどの場合 HFN  $\geq 60$  のすべりにくい路面状態であったと言える。

一方で、HFN  $\geq 60$  に 24%、HFN  $\geq 80$  に 14%が含まれており、凍結と判別される中にすべりにくい路面が含まれていることがわかる。

また、圧雪と同様に、HFN  $< 30$  の非常にすべりやすい状態 (9%) が存在し、 $-10 \sim 0^{\circ}\text{C}$  付近に特にすべりやすい状態が集中していることがわかる。

以上の結果から、目視判断では乾燥をすべりにくいと判別することおよび、圧雪をすべりやすいと判別することは、高い割合でできるが、湿潤や凍結では目視判断だけではすべりやすさの判別が難しいと言える。

この点に関して、CFT-UT により路面状態をモニタリングしながら散布作業を実施することで、すべりやすさを定量的に示すことができるため、より適切に散布実施判断を支援することができるようになる考える。

## 5. タイムラグ計測試験

既存の凍結防止剤散布車に CFT-UT を搭載し、すべりやすい路面を検出して迅速に散布を実施するという散布手法において生じる以下の 3 つのタイムラグを把握するために、次の計測を行った。

- ① CFT-UT がすべりやすい路面を検出してから、HFN が大きく変化するまでのタイムラグ (機械的)
- ② HFN が変化してからオペレータが散布スイッチを押すまでのタイムラグ (人為的)
- ③ オペレータが散布スイッチを押してから、散布



材が放出されるまでのタイムラグ（機械的）  
これらの計測について以下に述べる。

### 5. 1 CFT-UT がすべりやすい路面を検出してから、 HFN が大きく変化するまでのタイムラグの計測

石狩吹雪実験場の試験コース上に幅約 1.5m×長さ約6.1mの敷き鉄板を縦断方向に3枚並べて設置し、その上に水をまき、すべりやすさが乾燥路面とは異なる擬似的なすべりやすい路面を作成した。

この敷き鉄板上に凍結防止剤散布車を走行させ、CFT-UT の測定輪が敷き鉄板に進入してから HFN が変化するまでのタイムラグを計測した。CFT-UT 測定輪の位置を検出するために写真-5 のような位置検出装置を構成した。

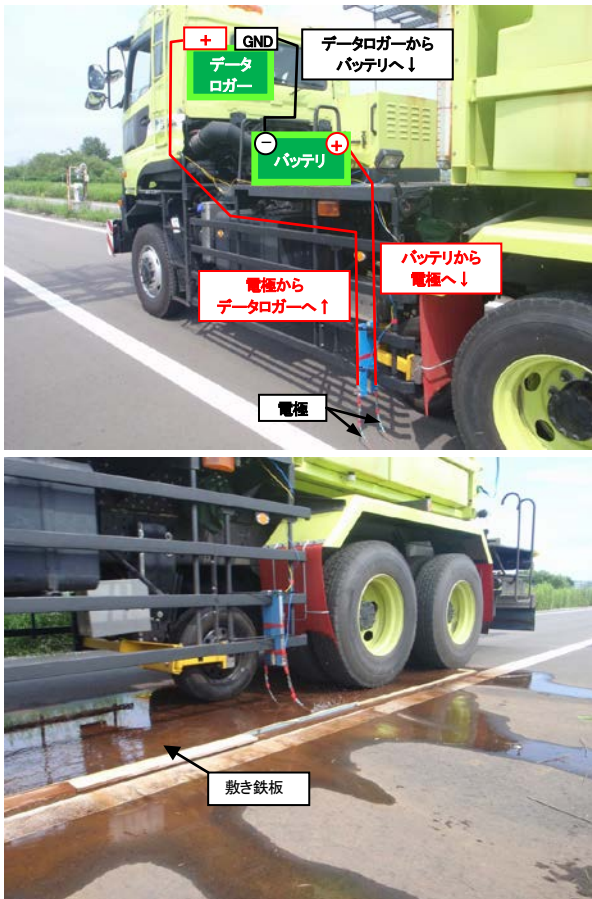


写真-5 位置検出装置(上:配線概略、下:計測状況)

写真-5 (上) のように凍結防止剤散布車の中央ステップ上にバッテリーを設置し、バッテリーのプラス端子から地表へ電極を接地させ、マイナス端子をデータロガーのGNDに入力する。またデータロガーのプラス端子からも地表へ電極を接地させる（車両進行方向に対する電極およびCFT-UT測定輪接地位置が同じになるよう設置）。この2本の電極が敷き鉄板に

接触するとバッテリーからの電流が敷き鉄板を通り、データロガーへ入り電圧が上昇、敷き鉄板から脱出すると電圧が下降する。電極とCFT-UT測定輪は車両進行方向に対してほぼ同じ位置に取り付けられているため、この電圧の昇降タイミングを測定輪の鉄板通過タイミングと同一と考え、図-8のようなデータを取得した。

この敷き鉄板進入時の電圧の上昇とHFN低下のタイミングの時間差を検出した結果、平均0.1秒、最大でも0.2秒程度で数値が変化することがわかった(図-9)。

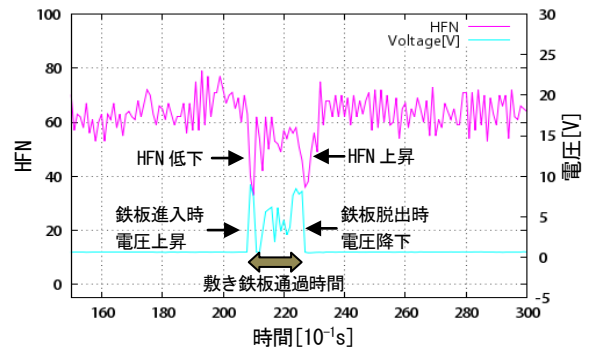


図-8 敷き鉄板通過時のHFNと電圧の変化

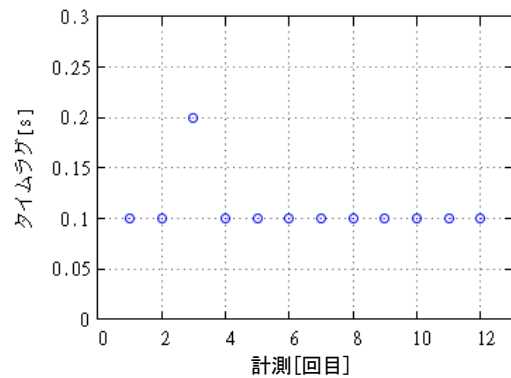


図-9 CFT-UT がすべりやすい路面を検出してから、  
HFN が大きく変化するまでのタイムラグ

### 5. 2 HFN が変化してからオペレータが散布スイッチを押すまでのタイムラグの計測

第3章で述べた苫小牧寒地試験道路における路面状態判別試験と合わせて、本計測を実施した。

すべりやすい路面をCFT-UTを取り付けた凍結防止剤散布車が通過すると、HFNが低下しCFT-UT制御・表示器の赤いLEDが点灯する。助手席に乗車した被験者は赤いLEDの点灯を確認した場合、すぐに散布スイッチを押す。この時間差を記録装置および

ビデオにより記録した。

その結果、最小値および最大値はそれぞれ、2.0秒と3.1秒、平均値は2.3秒であった(図-10)。

このタイムラグの一因としては、CFT-UT制御・表示器が黄色から赤色へ順次点灯していくが、赤表示が1つだけ点灯する場合に視認性が悪かったことが挙げられる(写真-6)。したがって、実際にCFT-UTを使用しHFNに基づき散布作業を行う場合には、視認性を考慮したディスプレイを作成するなど、オペレータの反応を向上させる工夫をする必要がある。

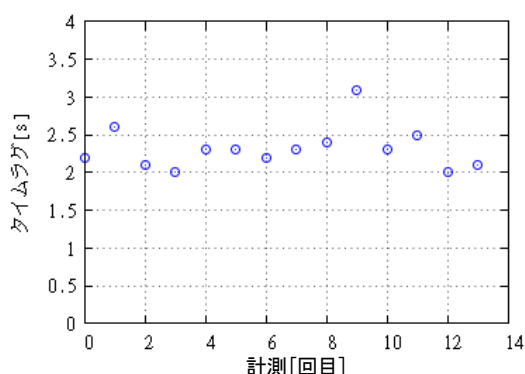


図-10 HFN が変化してからオペレータが散布スイッチを押すまでのタイムラグ



写真-6 試験状況(運転室内から CFT-UT 制御・表示器および前方路面を撮影)

### 5.3 オペレータが散布スイッチを押してから、散布材が放出されるまでのタイムラグの計測

4.1 節の表と同様に、散布スイッチ ON/OFF 信号と散布剤放出信号を計測し、そのタイムラグを算出した。ただし、本実験の散布スイッチ ON/OFF 信号データは凍結防止剤散布情報収集・管理システムからのデータではなく、散布操作パネルからの電圧を分岐し記録した。

図-11 に結果を示す。この図から、タイムラグは散布量が多いほど、また走行速度が大きいほどタイムラグが小さくなるのがわかるが、これは散布装置の速度同調機能により、散布材を送り出すスクリーコンベアの回転数が多くなるためと考えられる。タイムラグの最小値は速度 40km/h、散布量 80g/m<sup>2</sup> のときで 2.4 秒、最大値は速度 5km/h、散布量 20g/m<sup>2</sup> のときで 8.1 秒であった(5km/h は実走行をしないシミュレーション散布による)。なお、作業速度 40km/h、タイムラグ 2.4 秒で、散布目標位置からのずれは 27m となる。

また、時速 5km/h、散布量 20g/m<sup>2</sup> (シミュレーション散布) の計測時に、各装置の動作を観察したところ、散布スイッチを押してから油圧ポンプが動作し、スクリーコンベアが回転し始めるまでに約 3 秒、それから散布材がシュート内に落下し始めるまでに約 3 秒かかることを目視で確認した。

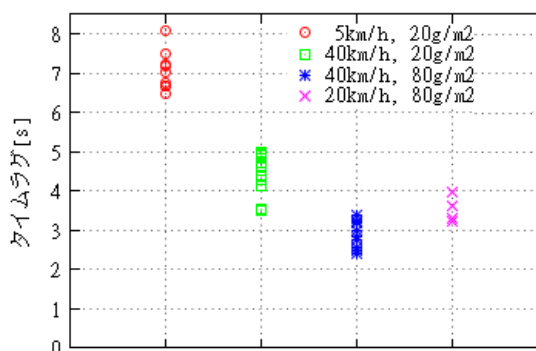


図-11 オペレータが散布スイッチを押してから散布材が放出されるまでのタイムラグ

### 5.4 考察

以上の結果から、まず、①のタイムラグについて、速度 40km/h で走行した場合、0.2 秒では 2m 進むが、散布位置検出の誤差としては許容できる範囲と考える。一方、②と③のタイムラグについては、最小の場合でも合計 4.4 秒であり、速度 40km/h と仮定すると 49m の散布誤差となる。道路管理者が指定している散布計画箇所には短い箇所もある(深川工区の場合、最小区間 40m) ことから、HFN を活用して効率的な散布を行うためには、今後、②と③のタイムラグの短縮を図っていくことが必要と考える。たとえば、②については HFN に基づく自動散布機能、③については散布装置自体のタイムラグを補完する補助散布装置による方法などが考えられる。



## 6. CFT-UT 利用の利点と課題

本章では、CFT-UT を利用することによる利点及び凍結防止剤散布車に適用する場合に生じる課題について述べる。

### 1) 均質な路面に対する CFT-UT の精度は良好

・第3章の路面判別試験からすべりにくい路面とすべりやすい路面を判別できる。

・事後散布を対象とすれば、すべりやすい路面の中の特にすべりやすい箇所もリアルタイムで定量化できるため、オペレータの散布判断を支援する装置としての使用は有効と考える。

・CFT は北米、北欧を中心に使用実績（75 台（内、UT25 台）、2011 年 3 月現在）があり、米国の空港の滑走路面評価用装置としても認可を受けている<sup>6)</sup>。

### 2) 取付車両の車体の性能に考慮が必要

CFT-UT は凍結防止剤散布車のフレームへ固定しており車体の影響を受けるため、取付車両の選定時には、車体の性能（剛性など）を考慮する必要がある。

### 3) 着冰雪対策

現道試験期間中に、CFT-UT 測定輪を格納位置から計測位置へ降下させることができないという現象が発生した。詳細な原因については特定できなかったが、現象発生当時、装置フレーム部および油圧シリンダ部に着氷があり、過負荷を防ぐために電氣的に動力をカットし、動作しなかったものと推測される。着冰雪除去に留意後は発生していない。使用に当たっては注意が必要である。

## 7. まとめ

本研究では、迅速かつ効率的な凍結防止剤散布手法として、凍結防止剤散布車への CFT-UT の適用について検討を行った。その結果、以下のことがわかった。

1) CFT-UT により路面のすべりやすさを定量化することができるため、事後散布におけるオペレータの散布判断の支援が可能である。また、HFN が特に小さい、非常にすべりやすい路面を検出する場合にも有効である。

2) オペレータの目視による路面状態判別において、乾燥はすべりにくい路面状態、圧雪はすべりやすい路面状態と高い割合で判別できるが、湿潤と凍結では目視判断だけではすべりやすさの判別が難しいと言える。この点について、CFT-UT を活用することで、適切に散布実施判断を支援することができる。

3) タイムラグ計測試験を行った結果、CFT-UT の HFN 検出に関するタイムラグは平均 0.1 秒と小さいが、散布操作の人為的なタイムラグおよび散布装置の機械的なタイムラグが最小で合計 4.4 秒と大きいことがわかった。HFN を活用した効率的な散布を行うためには、今後、これらのタイムラグの短縮を図っていく必要があると考える。

4) CFT-UT を取り付ける車両の選定時には、車体の性能（剛性など）を考慮する必要がある。

5) 散布作業での使用に当たっては、CFT-UT 各部の着氷対策に注意が必要である。

以上 1)～5)の結果を踏まえて、凍結防止剤散布作業を効率化・迅速化する手法として、以下 2 つの案を提案する。

### 案 1) 使用方法の提案

CFT-UT を凍結防止剤散布車へ取り付けた場合、オペレータの散布判断支援装置として、次のような利用方法が考えられる。

①オペレータが HFN を見て、すべりやすさを確認しながら散布（散布判断の補完機能）。

②熟練でないオペレータの散布判断を支援。

③道路管理者としては、作業ごとの路面のすべり状況と散布状況の確認や、一定期間の HFN を集計することで、散布計画箇所の見直し等に活用。

④巡回に凍結防止剤散布車を使用し、HFN が低い場合に散布することにより、即時性を向上。

⑤冬期道路マネジメントシステムの一部として活用し、道路管理関係者へリアルタイムに情報提供。

### 案 2) 他の路面状態判別装置の評価用としての活用

凍結防止剤散布装置付きの除雪トラックなど、車両下部に作業装置が付いている車両には CFT-UT は適用できない。そこで、それらの車両には他の路面状態判別装置を CFT-UT により評価、校正した上で取り付け、活用する方法が考えられる。

## 参考文献

- 1) 舟橋誠、徳永ロベルト、浅野基樹：「連続路面すべり抵抗値測定装置（RT3）の導入について」、寒地土木研究所月報、No.651、40-47 頁、2007 年 8 月
- 2) 吉江誠吾、七五三野茂、桜庭拓也：「地域特性を考慮した凍結防止剤散布の濃度管理図の作成とその活用方法について」、寒地技術論文・報告集（CD-ROM）、278-282 頁、2008 年
- 3) 斉藤勉、山田正二：「凍結防止剤散布自動化技術の開発」、第 42 回北海道開発局技術研究発表会発表概要集、1 号、

315-322 頁、1999 年 2 月

- 4) 山際祐司、加治屋安彦、三好達夫：「非常にすべりやすい路面の検知手法の研究」、寒地技術論文・報告集、21 巻、739～745 頁、2005 年 12 月
- 5) R. A. Tokunaga, M. Funahashi, N. Takahashi, M. Asano : “A Feasibility Study on Friction for Winter Road Management”, Transportation Research Circular, No.E-C126, pp.352-363, 2008.6
- 6) Halliday Technologies Inc. : <http://www.hallidaytech.com/>、2010
- 7) 佐々木憲弘、岸寛人、牧野正敏：「散布情報収集システムの開発と散布時路面のすべり抵抗値計測実験」、第 23 回ふゆトピア研究発表会口頭発表論文、[http://www.hkd.mlit.go.jp/fuyutopia/pdf/3\\_06.pdf](http://www.hkd.mlit.go.jp/fuyutopia/pdf/3_06.pdf)、19-22 頁、2011 年
- 8) 徳永ロベルト、切石亮、高橋尚人：「冬期路面管理の効率性向上に資する意志決定支援システムの開発について」、平成 23 年度国土交通省国土技術研究会、<http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/giken/program/kadai/innovation.html>、2011 年

## A STUDY ON PROMPT AND EFFICIENT DE-ICING APPLICATION METHOD

【Budget】	Grants for operating expenses General account
【Research Period】	FY2009-2011
【Research Team】	Traffic Engineering Research Team Machinery Technology Research Team
【Authors】	TAKAHASHI Naoto, TOKUNAGA Roberto, KAWABATA Yuichi, KIRIISHI Makoto, TAKADA Tetsuya MAKINO Masatoshi, KISHI Norihito, KOMIYAMA Kazushige, OGAMI Tetsuya

【Abstract】 In cold snowy regions, anti/de-icing and anti-slip agents are applied as a form of treatment for frozen road surfaces in winter. Application operations can be categorized as either anti-icing or de-icing. Decisions of de-icing operations are based on visual observation of road surface conditions during road patrols. However, it may sometimes be difficult to assess road surface conditions, frozen spots may be overlooked, and excessive application may be implemented on unfrozen road surfaces. In addition, it takes time for spreader vehicles to be dispatched and start operations. In order to eliminate human error and to enable road administrators to implement application in real time, we investigated adaptability of CFT-UT (Continuous Friction Tester) to application operations. As the result, it was found that CFT-UT can support decisions of application in de-icing operations.

【Keywords】 Anti/de-icing application, spreader vehicle, continuous friction tester, road surface condition discriminant