# NEXCO中日本金沢支社における雪に起因する通行止めゼロに向けた取組み

柳澤　敏彦＊1　宮地謙介＊2　辻岡　雷太＊3

## 1. はじめに

NEXCO中日本金沢支社（以下「当支社」と記載。）においては、340.3kmの高速道路を管理しており、管理している路線等の内訳は下表（表-1）及び事業エリア（図-1）に示すとおりである。

表-1　管理路線及び延長

| 道路名 | 管理延長（km） | 備　考 |
|---|---|---|
| 北陸自動車道 | 258.7 | |
| 東海北陸自動車道 | 42.6 | 暫定区間 |
| 舞鶴若狭自動道 | 39.0 | 暫定区間 |
| 計 | 340.3 | |

なお、これらの高速道路について、富山保全・サービスセンター（以下HSC）、金沢HSC、福井HSC及び敦賀HSCの4HSCで管理を実施している。

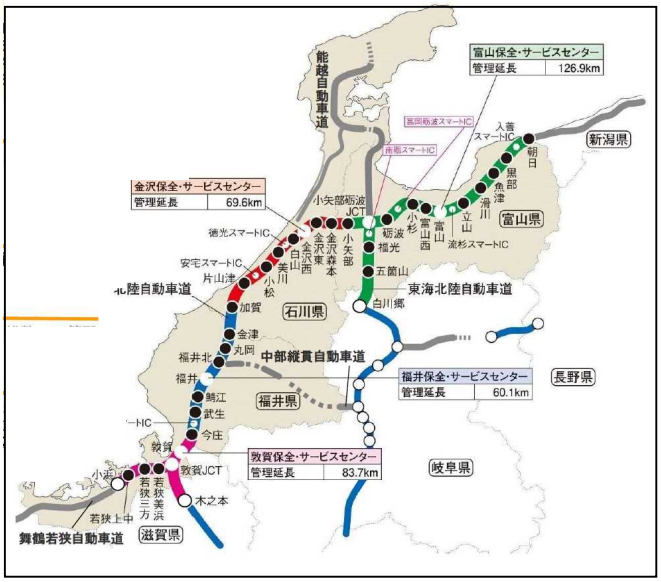



図-1　金沢支社の事業エリア

## 2. 各道路別の路線特性について

### (1)　北陸自動車道（木之本～朝日）

滋賀県、福井県、石川県、富山県を通過する路線であり、橋梁やトンネルなどの構造物比率が約2割と低い。

しかし、敦賀HSC管内は大半が急峻な山間部で複雑な地形となっており、敦賀IC付近（標高約34m）から滋賀・福井県境付近の最高地点（標高約260m）までを約11km、最大縦断勾配4.49%の構造であり、敦賀IC～今庄IC間21.5kmではトンネル比率が約4割と示すとおり、山岳道路であり最大縦断勾配は4.85%と極めて冬期には厳しい路線構造となっている。

また、金沢HSC管内の石川・富山県境付近において、最大縦断勾配5.00%となっており、これらの箇所・区間においては冬期降雪時において登坂不能車両が発生するなど、冬期交通確保上の課題を有している。

### (2)　東海北陸自動車道（白川郷～小矢部砺波JCT）

富山県、岐阜県を縦断する路線であり、大部分が暫定二車線区間となっている。この区間の構造物比率は約6割と高く、トンネル比率は4割を超える。なお、豪雪地帯を通過する白川郷IC～福光IC間の約28.5kmのうち、約7割の19kmがトンネル構造となっており、明かり部の橋梁にはロードヒーティングが設置されるている。また、交通量や約8千台/日程度という状況もあり、トンネル内への持込雪対策と路面凍結防止対策が主な課題であるが、明かり部の約3.5kmの区間で縦断勾配3.00～4.8%と連続する区間での登坂不能車両対策も課題となっている。

### (3)　舞鶴若狭自動車道（小浜～敦賀JCT）

福井県内を通過する暫定二車線の路線であり、平成26年7月に供用を開始した比較的新しい路線である。このため、建設段階からロードヒーティングや雪氷Uターン路、道路監視施設など事前対策に配慮した構造となっている。ほぼ日本海に近接・平行した路線であり、最急縦断勾配は4.00%である。

## 3. 当支社管内の冬期気象データ等について

表-2に平成26年度及び27年度各路線別の冬期気象データを一覧に取りまとめる。この一覧より、東海北陸道が冬期気象条件としては厳しく、舞若道が比較的降雪量が少ないことが判る。

表-2　冬期気象データ　（　）はH26年度値

| | 北陸道 | 東海北陸 | 舞若道 |
|---|---|---|---|
| 降雪日数 | **53日**<br>**(63日)** | **53日**<br>**(63日)** | 27日<br>(44日) |
| 累計降雪量 | 372cm<br>(627cm) | **639cm**<br>**(918cm)** | 151cm<br>(321cm) |
| 冬日日数 | 59日<br>(76日) | **88日**<br>**(108日)** | 34日<br>(37日) |
| 最低気温 | -8.3℃<br>(-8.2℃) | **-10.1℃**<br>**(-9.7℃)** | -7.3℃<br>(-3.1℃) |

なお、表-3に北陸道について各HSC管内別の冬期気象データと雪氷作業データを下表に取りまとめる。

＊1、＊2及び＊3所属（中日本高速道路㈱金沢支社保全･サービス事業部企画統括チーム）

表-3　北陸道の各HSC別の冬期気象及び雪氷作業データ

| | 富山HSC［朝日～小矢部］84.3km | 金沢HSC［小矢部～加賀］69.6km | 福井HSC［加賀～今庄］60.1km | 敦賀HSC［今庄～木之本］44.7km |
|---|---|---|---|---|
| 降雪日数 | 35日（47日） | **53日（63日）** | 31日（51日） | 33日（58日） |
| 累計降雪量 | 250cm（518cm） | **372cm**（627cm） | 233cm（347cm） | 249cm（**711cm**） |
| 冬日日数 | 59日（**76日**） | 29日（74日） | 49日（53日） | **61日**（74日） |
| 最低気温 | -6.1℃（**-8.2℃**） | -5.8℃（-7.2℃） | -6.3℃（-5.5℃） | **-8.3℃**（-6.1℃） |
| 雪氷基地 | 4基地 | 5基地 | 3基地 | 3基地 |
| 雪氷パーティ | 8P | 6P | 6P | 6P |
| 作業日数 | 53日（73日） | **63日**（75日） | 50日（73日） | 53日（**85日**） |
| 凍結防止剤 | **3622t（5799t）** | 2132t（2915t） | 1820t（2533t） | 1502t（3177t） |

※（　）はH26年度値

北陸道においては、降雪日数は金沢HSC管内が多く、降雪量は敦賀HSC及び金沢HSC管内が多い傾向となっている。

4.福井豪雪（H22）における長期通行止め事象の発生

平成23年1月30日から31日かけて大雪となり、敦賀HSC管内の北陸道では、140cmの日降雪量となり、時間最大降雪量は16cm/hを観測した。この大雪に伴い登坂不能車等停滞車両に起因した長期通行止めが発生した。

◆最長通行止め区間

・時間　　北陸道（下り）　敦賀～今庄間　28時間50分

・区間　　北陸道（上り）　敦賀～福井間　50.7km

◆滞留車両　約800台（敦賀～今庄間　上り　約300台

下り　約500台）

写真-1　本線滞留車両の状況

写真-2　人力・TSによる除雪と救援物資配布状況

この通行止め事象から、①登坂不能車による通行止めが発生（縦断勾配3.5%以上の区間）、②通行止めの長時間化などが課題となり、「急勾配箇所の路面を圧雪にしない路面管理（除雪間隔を短く）」、「お客様車両の冬装備の徹底」、「監視カメラ増設による監視体制の強化」、「救出用トラクターショベルの増強などを講じてきたところである。

5.「雪に起因する冬期通行止めゼロ」目指した取組み

(1) 取組の必要性について

前述のとおり、福井豪雪により北陸道を丸一日以上通行止めを実施し、お客様をはじめ、各関係機関へ多大なご迷惑をおかけした事象について、PDCAにより支社管内全体として「雪に起因する冬期通行止めゼロ」を目指して取り組むこととした。

なお、具体な取組実施にあたっては、中長期的な対策と短期的対策があり、以下に詳細を記述する。また、ある一つの施策だけでは通行止めを回避する事は困難であり、各種対策を総合的に行うことにより、雪による通行止めを少なくすることに結びつくものと考えられる。

(2) 総合的な雪氷対策作業について

雪氷対策作業に当っては、気象予測、気象観測機器によるリアルタイムの監視、カメラや巡回による路面情報収集、除雪作業、お客様への情報提供など各種対策を総合的に行う事が重要である。

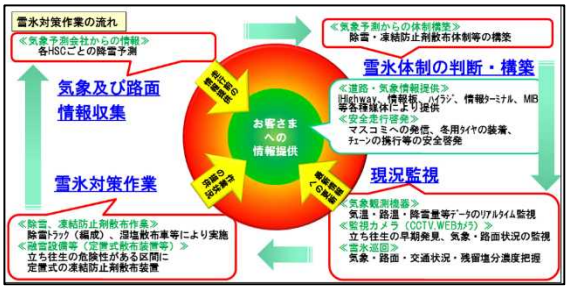



図-2　総合的な雪氷対策作業の流れ

(3) 具体的な取組内容

2016年度までに実施した取組の一例を以下に記載する。

①　雪氷車両の効率的有効活用

東海地方の降雪に備えて配備された除雪トラック6台、湿塩散布車1台、標識車3台　計10台の車両について、敦賀HSC及び福井HSCに配置させ、除雪作業の効率化を図っている。

なお、南岸低気圧などによる東海地方の降雪時においては、これらの車両は東海及び関東の除雪作業を行うこととし、全体の最適化・効率化による作業を実施している。

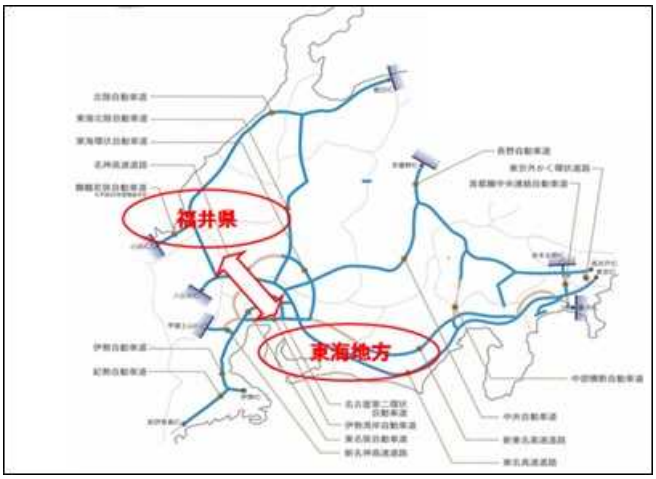



図-3　雪氷車両の効率的有効活用

①　異常降雪時の臨機の除雪編成による除雪作業の円滑化

路面状況に応じた的確な除雪を行うため、Uターン路及び中央分離帯開口部を活用した除雪ローテーションを臨機に変更、また、IC間の除雪パーティー数の変更を行うなど、柔軟な体制構築により対応している。

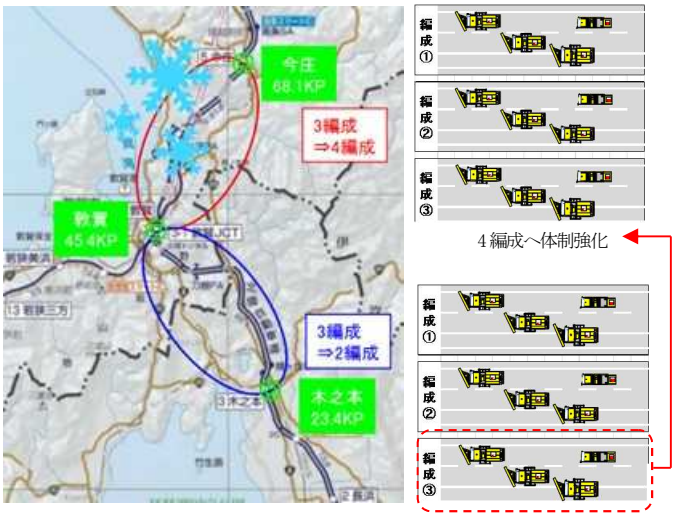



図-4　除雪編成による除雪作業の円滑化

②　救援車両の事前配備

気象予測に基づき、立往生車両の早期救出対策として、救援車両（トラクターショベル）について、雪氷基地や急勾配箇所などの前線基地に事前配備を行っている。（13箇所14台）

写真-3　救援車両の事前配備

①　融雪設備等による立往生車両の発生抑制

特に、敦賀HSC管内の木之本IC～今庄IC間では、過去の通行止め発生箇所などの約4㎞の区間は、定置式溶液散布装置を設置し、圧雪の発生に登坂不能車・立往生車両発生抑制を行っている。

写真-4　定置式溶液散布装置

②　遠隔監視強化

立往生車両などによる交通障害を早期発見し、早期対応を行うことが重要であり、監視カメラによる監視強化を行っている。なお、北陸道においては上り勾配3%以上の区間についてほぼ監視可能な状態となっている。（監視装置北陸道140基、舞若道35基、東海北陸道15基）

写真-5　監視カメラによる監視強化

③　タイヤチェックの実施

敦賀管内の北陸道では、関西方面からのお客様も多く、冬用タイヤ等の未整備でのご利用もあり、木之本IC～今庄IC間での登坂不能車両が発生している。これを未然に防ぐ事が通行止め事象発生の回避ともなるため、南条SA（上り：米原方面）、賤ヶ岳SA（下り：福井方面）において、冬用タイヤ装着率が90%以上となるまでタイヤチェックを行っている。なお、初冬期においては各休憩施設でのタイヤ確認を行い、冬用タイヤ装着状況について記者発表するなど、早期の冬用タイヤ装着へ向けた取組も行っている。

写真-6　タイヤチェックの実施状況

④　情報提供の強化及び事前広報の実施

お客様への情報提供についても事故防止に繋がることから、注意喚起・安全啓発を目的とした簡易情報板を61基設置し、除雪情報、タイヤチェックの実施と冬用タイヤ等未着車両への啓発、渋滞情報の提供を行っている。

写真-7　簡易情報版による注意喚起や安全啓発

また、大雪が予測された場合において、「出控え広報」を情報板やハイウェイラジオで行うとともに、記者発表を併せて実施するなど事前広報・啓発を強化した取組を行っている。

写真-8　情報版による大雪予測情報

⑤　啓発活動の実施

冬期の交通安全啓発と事故防止対策として、「冬道走行に気をつけガイド」などのガイドブックを関係機関や自動車販売店、スキー場などに配布し、冬道の注意するポイントや安全走行へのアドバイスを紹介している。

図-5　冬道走行に気をつけガイド

⑥　関係機関との連携強化

大雪の場合などは、各県内の道路管理者（国、県など）や交通管理者の各機関の連携により、交通の確保と面的な情報収集・共有を行うため「情報連絡室（情報連絡本部）」が設置される。この共有・一元化された情報などについて、お客様やマスコミ等への情報発信を行っている。（富山県・石川県・福井県で設置の枠組みが構築されている。）

写真-8　福井県情報連絡室の状況

6. 課題

「雪に起因する冬期通行止めゼロ」目指し、各種取組を講じてきているところである。

冬期の通行止め事象発生の要因としては、異常降雪などによる気象要因も多く含まれるものの、道路構造や登坂不能実態に対応した融雪装置のなどのハード的対策とともに、お客様車両の冬用装備を確実に対応して頂く事も非常に重要であると考えられる。

一方では、今後の労働人口の減少が見込まれるという情勢からは、いかに除雪作業を効率的、かつ作業労力をかけないで対応していくという大きな課題についても検討を行い、適切に対応していく必要が生じるものと考える。

また、ハード面の対策についてはその効果と費用面がトレードオフの関係ともなることから、メンテナンス費用を含めた費用対効果の検討を行う必要がある。

7. まとめ

NEXCO中日本高速道路㈱金沢支社においては、上述のとおり、「雪に起因する通行止めゼロを目指した取組」を実施してきているところである。

今後とも、降雪予測に対応した適切に体制の事前構築と安全な路面に向けた除雪作業の実施、融雪・散水消雪による立ち往生・登坂不能車両の未然防止、交通管理者との協働による冬用タイヤの早期対応啓発などの総合的な対応を行い、継続した取組を行っていく予定である。

# 冬期間の給水支援に係わる散水車の凍結防止について

浅野真周　千葉隆宏

## １．はじめに

北海道開発局（以下に「当局」という。）は、道路清掃を目的とする散水車を全道各地に配置し、管理及び運用を行っている。散水車は、水の保管、運搬及び散水の機能を有しており、このうち、保管機能と運搬機能は、水道事業者等が運用する給水車と共通する機能であることから、当局は、平成１７年度以降、地方自治体の支援を目的に、一部の散水車の仕様に給水機能を追加した。（**写真－１**）

当局が行う道路清掃は元々夏期に実施することから、散水車の仕様は、夏期の使用を前提としたものである。

散水機能　　給水機能

**写真－１**　散水車を使用した道路清掃と給水支援

水道法第１５条は、水道事業者等に対し給水義務を課し、又同条第２項は、災害その他正当なやむを得ない場合、給水の停止を認める。災害その他やむを得ない場合とは水質事故、施設事故等であるが、これらは発生の時期を予断できるものではないことを平成２３年３月の東日本大震災による水道施設の損壊及び平成２８年１月の九州北部をおそった記録的寒気による水道管の凍結及び破裂で相次いだ断水の事故等[1)]は示している。これらはいずれも冬期の事故で、水道事業者は給水停止措置を講じている。

冬期間の給水支援を目的とする散水車の運用については、夏期の使用を前提とする仕様のままでは十分に期待できない。とりわけ、給水機能を構成する外部に露出した小口径（５０Ａ）管路及び弁類は、容易に凍結することが予測されるので、その凍結防止は優先されねばならないと思料する。

本稿は、平成２３年度に国土交通省北海道開発局稚内開発建設部稚内道路事務所に配置された散水車（給水装置付）（以下に「散水車」という。）について、平成２７年度に行った給水機能の凍結防止対策と、平成２７年度から平成２８年度に行った当該対策の効果の確認及び自治体支援の運用実績についての報告を行うものである。

## ２．凍結防止対策の概要

### (1) 凍結防止対策の検討

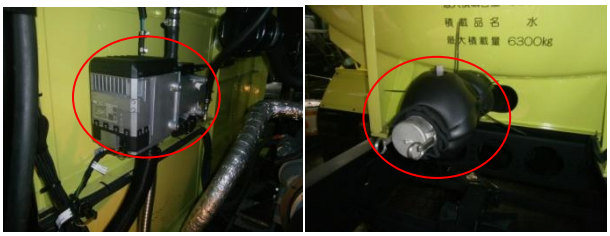
散水車の給水機能は外気に暴露しているため、保温と加熱を行う凍結防止対策とした。

保温は、発泡電子線架橋ポリエチレンフォームシートを厚さ２０ｍｍで配管等に巻き付けた。

加熱は、以下を条件とし、バス又はトラック等で一般的に使用される１．５ｋW以上の市販されている燃焼式暖房機を選定し、装備を行った。

・散水車の道路運送車両法に示す保安基準に変更が生じないこと。（質量及び容積）
・加熱の熱源は、散水車で使用する軽油の燃焼熱によるものとする。

燃焼式暖房機及び保温の諸元を**表―１**に示す。



燃焼式暖房機　　保温筒

**写真－２**　使用した暖房機とシーリングされた保温筒

**表―１**　燃焼式暖房機の諸元

| | |
|---|---|
| 暖房機 | 軽油燃焼式暖房機 |
| 暖房能力 | １．５～９．５kW |
| 燃料消費量 | ０．１８～１．２ℓ／ｈ |
| 消費電力 | ３５～８６W |
| 質量 | ６．２kg |
| 大きさ | ３３１×１３８×１７４mm |
| 保温材及び厚さ | 発泡電子線架橋ポリエチレンフォーム<br>０．４１W/m/K　２０mm |

### (2) 保温方法と加熱方法（写真－２）

国土交通省北海道開発局稚内開発建設部

加熱は、燃焼式暖房機で発生する燃焼熱により温めた不凍液を循環させて弁類を対象とした。

保温は、発泡電子線架橋ポリエチレンフォームシートを２０ｍｍ厚さで配管及び弁類を一様に覆うこととした。

### (3) 燃焼式暖房機と保温筒の凍結防止能力の検討

本凍結防止対策について以下を条件として検討を行った。

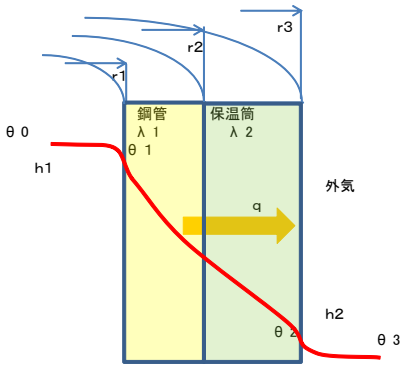
・北海道の最低気温は、明治３５年に旭川市で観測されたマイナス４１．０℃＝２３２Ｋを公式記録とすることから、この観測記録を外気温の下限の条件とする。

・管路は、水平直線状（５０Ａ×７ｍ）とし、両端部は閉じたものとする。

・凍結防止は、０℃＝２７３Ｋの水の液相状態の維持とする。

・暖房機に必要とする暖房能力は、無加熱で単位時間当たりに移動する熱量相当とする。

ここでは、簡易的に考えるために円管の熱収支を基に検討を行った。（**図－１**）




**図－１**　　円管の熱伝導と熱伝達のモデル

一般に管路内外面と流体との間の熱伝達及び管路内部の熱伝導の現象により移動する単位時間当たり熱量ｑは、流体の熱伝達率をｈ、円管部の熱伝導率をλとして（１）式を得る

$$q(W) = \frac{-2\pi\cdot\ell\cdot(\theta_3-\theta_0)}{\frac{1}{h_1\cdot r_1}+\frac{1}{\lambda_1}\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)+\frac{1}{\lambda_2}\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)+\frac{1}{h_2\cdot r_2}} \quad \cdots(1)$$

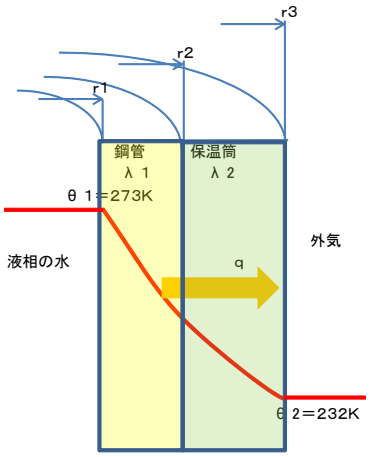
（１）式は、境界条件として管表面温度$\theta_1$及び$\theta_2$を所与とし、熱伝達率ｈについては無限大又$\theta_1=\theta_0$、$\theta_2=\theta_3$を仮定すると[2)]

$$q(W) = \frac{-2\cdot\pi\cdot\ell\cdot(\theta_2-\theta_1)}{\frac{1}{\lambda_1}\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)+\frac{1}{\lambda_2}\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)} \quad \cdots(2)$$

なり、**図－２**に示すフーリエの式（法則）の熱伝導現象だけとなる。

（２）式は暖房機に求める単位時間当たりの熱量と保温筒の関係を示す。

温度差以外の変数に関する関係式は、熱通過抵抗Ｒと呼ばれ、（３）式にこれを示す。




**図－２**　円管の熱伝導モデル

（３）式に物性値を代入し（４）式を得る。

$$R(K/W) = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot\ell}\left(\frac{1}{\lambda_1}\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)+\frac{1}{\lambda_2}\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)\right)$$

$$= \frac{1}{2\cdot\pi\cdot\ell\cdot\lambda_2}\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)+\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)\right) \quad \cdots(3)$$

$$= \frac{1}{2\cdot\pi\cdot\ell\cdot\lambda_2}\left(0.01392+\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)\right) \quad \cdots(4)$$

・物性値を**表―２**に示す。

**表－２**　物性値

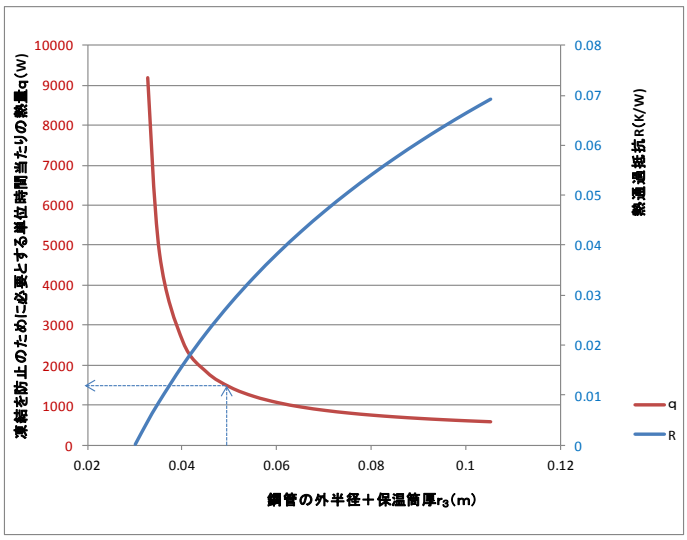
| | |
|---|---|
| 鋼管の熱伝導率$\lambda_1$ | ５３（Ｗ／ｍ／Ｋ） |
| 保温筒の熱伝導率$\lambda_2$ | ０．４１（Ｗ／ｍ／Ｋ） |
| 鋼管の内径$r_1$ | ０．０２６７５（ｍ） |
| 鋼管の外径$r_2$ | ０．０３０２５（ｍ） |
| 鋼管の長さ$\ell$ | ７．０（ｍ） |
| 保温筒の外径$r_3$ | ０．０５０２５（ｍ） |
| 管内面温度$\theta_0$ | ２７３（Ｋ）＝０（℃） |
| 管外面温度$\theta_3$ | ２３２（Ｋ）＝－４１（℃） |

上記を条件とする凍結防止を目的とする燃焼式暖房機の能力は、１．５ｋＷとする結果を得た。

なお、同一条件で保温筒を巻かない場合（$r_3=r_2$）燃焼式暖房機の能力は、７７７．０ｋＷとする結果となった。

鋼管の外半径＋保温筒厚$r_3$と熱通過抵抗Ｒの関係から、$r_3$と必要とする暖房機の単位時間当たりの熱量ｑについては、**図－３**に示すとおり背反的な関係にあることを確認できた。

本凍結防止対策の暖房機は１．５ｋＷから９．５ｋＷの暖房機を選定したが、本検討の条件下においては１．５ｋＷの暖房能力を認めるところであり、本機の選定は十分であることを確認する。




図－３　凍結防止に必要とする熱量と熱通過抵抗

## ２．試験

### (1) 試験の概要

試験については、冬期における保管及び運搬を想定した試験とした。

試験は、当局管理の豊富除雪ステーション及び高規格幹線道路を使用し、試験を行った。（**図－４**）

凍結防止の評価は、暖房機から出入りする不凍液の温度変化の測定などから求めるべきではあるが、測定を行う計装を装備していないため、給水機能端部の止水弁を開放し、放出される水の温度を測定することとし、効果を確認することとした。

図－４　試験場所

試験の概要を以下に示す。

●日時

○運搬試験

平成 27 年 3 月 6 日　14 時 30 分から 16 時 30 分

○保管試験

平成 28 年 3 月 5 日　17 時 00 分から 05 時 00 分

●場所

○運搬試験

高規格幹線道路（豊富・幌富バイパス）

○保管試験

稚内開発建設部稚内道路事務所豊富管理ステーション

●試験方法

○運搬試験

散水車の水タンクに水２０００ℓを注入し、及び燃焼式暖房機で弁類の加熱を行いながら保管し、散水車を２時間走行させた。

不凍液の温度設定を２０℃＝２９２Ｋとした。

○保管試験

散水車の水タンクに水３０００ℓを注入し、エンジンを停止し、及び燃焼式暖房機で弁類の加熱を行いながら保管し、１２時間外気に放置させた。

不凍液の温度設定を２０℃＝２９２Ｋとした。

### (2) 運搬試験

運搬試験の結果を表－４に示す。

**表－４**　運搬試験結果

| 計測時刻 | 気温（℃） | 放水水温（℃） | 温度差（℃） |
|---|---|---|---|
| 14:30 | －６．０ | １３．１ | １９．１ |
| 15:00 | －６．０ | １６．５ | ２２．５ |
| 15:30 | －６．０ | １７．１ | ２３．１ |
| 16:00 | －６．０ | １６．９ | ２２．９ |
| 16:30 | －６．０ | １３．５ | １９．５ |

### (3) 保管試験（写真－３）

保管試験の結果を表―５に示す。

**写真－３**　保管試験

**表－５**　保管試験結果

| 計測時刻 | 気温（℃） | 放水水温（℃） | 温度差（℃） |
|---|---|---|---|
| 17:00 | －１．１ | ０．８ | １．９ |
| 18:00 | －１．６ | １５．８ | １７．４ |
| 20:00 | －３．０ | １８．４ | ２１．４ |
| 22:00 | －６．７ | １９．４ | ２６．１ |
| 0:00 | －９．３ | １９．２ | ２８．５ |
| 5:00 | －１１．５ | １５．５ | ２７．０ |

### (4) 考察

放水温度は、管路内壁面温度に等しいと仮定し、（４）式を使用し移動した単位時間当たりの熱量を求める。計測時刻で温度差のばらつきを確認するので温度差の平均を元に単位時間当たりの熱量を求める。

なお、保管試験の計測時刻１７：００については、暖房機の運転直後の温度となるので、対象としない。

・運搬試験

$(\theta_2 - \theta_1)_{t\text{-}mean} = 21.4℃$

$q_{t\text{-}mean} = 0.76kW$

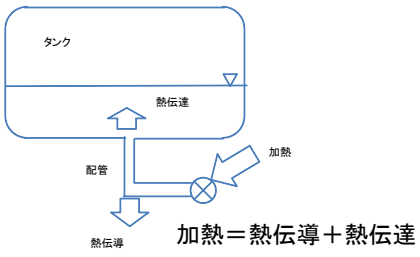
・保管試験

$(\theta_2 - \theta_1)_{s\text{-}mean} = 24.1℃$

$q_{s\text{-}mean} = 0.85kW$

運搬及び保管試験中に熱伝導で移動する単位時間当たりの熱量は、暖房機の暖房能力下限１．５ｋＷを下回る結果を得た。試験中に発生した単位時間当たりの熱量を定量的に評価できていないが、暖房能力下限１．５ｋＷの熱量を管路の熱伝導だけに消費される場合、温度差は４０Ｋ程度を見込むところであることから、熱伝導以外の熱の漏洩が伺える。原因としては、給水機能の配管路とタンクの接続部分が開放しているため、自然対流及び熱伝達現象を推測するところである。

給水機能の凍結防止のための暖房機の決定については、熱伝導だけではなく、水タンクと管路の温度差により生じる熱伝達を仕様に考慮されるべきと思料する。




図－５　熱の収支概念図

本試験の結果は、定量的な評価を困難とするが、タンクと管路との間の熱伝達現象からタンク内へ漏洩する熱のため、本暖房機の暖房能力については、２０Ｋ程度の温度差であっても１．５ｋＷ以上を費やすと推測される。このことから、選定した燃焼式暖房機の１．５ｋＷから９．５ｋＷの暖房能力は、北海道内での運用に必要とする能力と判断する。

## ４．運用実績

稚内開発建設部は、平成２８年３月９日管内の地方公共団体からの支援の要請により散水車の貸付を行った。（**写真－４**）散水車の冬期の貸付に関しては、当局初の対応となった。

本貸付にあたって、水道水を散水車に補給し、運搬を行ったが、給水機能の凍結防止の効果を確認できた。

**写真－４**　水道水の補給

なお、本貸付にあたって行った水道水の補給作業は、冬期夜間の作業であったことから、給水口廻りの暗さ、水タンクからの滑落及び転落のおそれがあることが確認された。これらは冬期の使用に限った作業ではないが、より安全を確保するため、水タンク上部の歩廊及び梯子に滑落防止及び転落防止並びに給水口廻りにおける照明措置の必要があると思慮される。

## ５．まとめ

散水車の凍結防止対策及び運用について以下をまとめる。

- 散水車の給水機能の凍結防止対策は、保温と加熱を組み合わせて措置した。
- 保温は、凍結防止に必要とする暖房機の単位時間当たりの熱量を著しく軽減できる事が確認できた。
- 本確認及び試験では、本凍結防止対策は必要十分であることを認めることができた。
- 本凍結防止装置による冬期の給水支援は、北海道内のみならず全国での運用を十分期待できる。
- 作業の安全向上のため、散水車の水タンク上部の滑落防止、転落防止及び給水口廻りの照明を必要とすることが確認できた。

参考文献及び資料

１）産経新聞社：
http://www.sankei.com/region/news/160128/rgn1601280020-n1.html
寒波断水なお１４万世帯　福岡・大牟田の小中一部休校

２）森北出版株式会社：関　信弘，伝熱工学

# 吹雪視程予測情報による行動判断支援について

國分徹哉＊1 原田裕介＊1 武知洋太＊1 大宮 哲＊1 西村敦史＊1 松澤 勝＊1

## 1. はじめに

積雪寒冷地の冬期道路では図 1の様な吹雪による視程障害がしばしば発生するなど、厳しい走行環境にある。

**図 1 吹雪による視程障害**

これまで、防雪柵などのハード対策によって吹雪災害の軽減に効果を上げているが、これらの整備には多くの費用と時間が必要となる他、極端な暴風雪への対応には限界がある。このような暴風雪に対して早急な対策を行うには、従来のハード対策に加えて、吹雪の現況および予測情報を提供するソフト対策を行い、暴風雪時におけるドライバーの行動判断を支援することが必要と考えられる。

寒地土木研究所では、インターネットサイト「吹雪の視界情報」において、北海道内の視界の現況と予測情報の提供を開始した。さらに、従来の情報提供に加えて、スマートフォン向け情報提供サイトの構築と注意喚起メール配信実験を開始した。そして、平成26年度に行ったアンケート調査では、回答者の約80%が情報提供サイトを利用して交通行動を変更する実態が明らかになり[1)]、さらに、視界の予測情報と併せて、天気予報、気象警報・注意報、通行止め情報を利用し、交通行動判断をおこなっている実態が明らかになった[1)]。しかし、具体的にどのような条件で、どのような情報を与えたときに、どのような行動を選択するのか明らかになっていない。

災害時における情報提供の効果は置かれている環境や、情報を受け取るドライバーの特性など、様々な要因に影響されると考えられる。

他の災害の事例においては、片田ら[2)]は台風接近時における水害を事例に、時々刻々と変化する状況や情報と連携して、住民の危機意識がどのように変遷し、また、対応行動がとられたのか、その実態と相互の関連性について分析をおこなっている。その結果、住民の持つ災害に対する知識等の違いによって、取得する情報の内容やタイミング、その後の対応行動に大きな差が生じることを示している。

また、横山ら[3)]は火山噴火時において、過去の被災経験が、避難行動に大きな影響を与えており、被災の未経験者にも、被災状況をイメージできるような啓発学習を実施することが重要であることを示している。

吹雪災害においては、原田ら[4)]が冬期の吹雪視界の状況、走行距離、走りやすさが道路利用者のルート選定に与えている影響についてコンジョイント分析を実施し、吹雪視界の状況が利用者の運転経験に差異によらずルート選定の最重要要素として寄与していることを示している。しかし、過去に経験した視程障害の程度や、啓発学習の有無が、ドライバーの交通行動に与えている影響については明らかになっていない。

本論文では、過去に経験した視程障害の程度や啓発学習の有無が、道路利用者の交通行動に与えている影響を把握することを目的に、アンケートを実施し分析した結果について報告する。

なお、対象物を視認できる最大距離を意味する気象用語としては「視程」が正しいが、本情報提供は道路利用者向けに行うため、一般に使われている「視界」という用語を用いた。そのため、本論文でも視界を視程と同義とする。

## 2. 「吹雪の視界情報」について

### 2.1 「吹雪の視界情報」のこれまでの経緯

表 1に一般ドライバー向けに提供している「吹雪の視界情報」の取り組みの経緯を示す。「吹雪の視界情報」は、平成21年度に北海道の石狩、空知、留萌、宗谷、釧路、根室地方を対象に19エリアに細分化し現況の視界を提供開始した。翌年度は全道を対象に46エリアに細分化し提供を行っている。その後利用者アンケートを実施した結果、市町村単位の提供を希望していることが判明[5)]したため、平成24年度に概ね旧市町村単位の203エリアで提供を行った。平成25年度からは、従来のパソコン向けの情報提供に加えて、スマートフォン向け情報提供サイトの構築と注意喚起メール配信を開始した。

平成26年度は、年々アクセス数が増大しているためデータベース処理部のシステム増強等をおこなった。

＊1 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

さらに、平成27年度は視程演算処理部のシステム増強等をおこなった。

表１「吹雪の視界情報」の取り組みの経緯

| 年度 | 取り組み事項 | 提供期間 | 「吹雪の視界情報」日平均アクセス数 |
|---|---|---|---|
| 平成20年度 | 北海道の石狩、空知、留萌、釧路、根室地方を19エリアに細分化し現況の視界情報を提供開始 | 平成21年2月11日～平成21年3月31日 | 251件 |
| 平成21年度 | 北海道を46エリアに細分化し現況の視界情報を提供開始 | 平成21年12月22日～平成22年4月30日 | 367件 |
| 平成22年度 | 「吹雪の投稿情報」を開始 | 平成22年12月1日～平成24年5月7日 | 426件 |
| 平成23年度 | | 平成24年5月7日～平成24年5月7日 | 616件 |
| 平成24年度 | 北海道を203エリアに細分化し、現況に加え24時間先までの予測を提供開始 | 平成24年12月1日～平成25年5月6日 | 1,098件 |
| 平成25年度 | 「吹雪の視界情報（スマートフォン版）」を追加「メール配信サービス」を開始 | 平成25年12月1日～平成26年5月7日 | 2,416件 |
| 平成26年度 | 北海道を221エリアに細分化し提供開始視界情報DB処理部システム増強 | 平成26年11月28日～平成27年5月7日 | 4,157件 |
| 平成27年度 | 各気象情報や道路交通情報のリンク欄追加視程演算処理部システム増強 | 平成27年11月20日～平成28年3月31日 | 2,995件 |

## 2.2　平成27年度の「吹雪の視界情報」提供概要

### 1)　パソコン版　吹雪の視界情報

吹雪の視界情報（PC版）は、「吹雪の視界情報」、「吹雪の投稿情報」、「気象警報・注意報」、「道路通行止め情報」、「お役立ち情報」を集約したもので、平成25年2月1日から運用を行っている（図 2）。

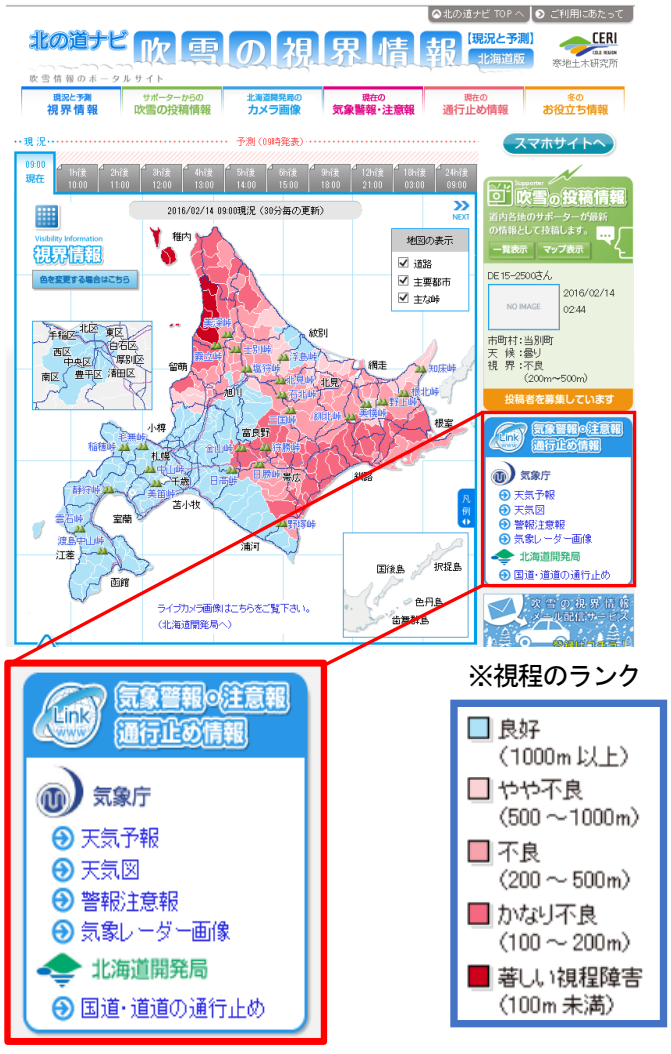



図２パソコン版　吹雪の視界情報（北海道版）提供画面
（平成 28 年 2 月 14 日 9 時発表）

そのうち、「吹雪の視界情報」は、北海道を221に細分化したエリアごとに提供している。提供情報は現況と予測であり、予測時間は1～6時間先までは1時間ごと、それ以降は9、12、18、24時間先となっている。現況値の更新は30分ごと、予測値は6時～21時までの3時間ごとに提供している（図 3）。

平成27年度は、暴風雪警報発表中の情報の使われ方を分析し、利用する頻度の高いリンク先をトップ画面に配置する改良を行った（図 2の赤枠部分）[1)]。

視界不良の程度は、吹雪時のドライバーの運転挙動に関する研究成果[6)]をもとに、視程100m未満、100～200m、200～500m、500m～1,000m、1,000m以上の5ランクに区分し、エリアごとに赤色から青色に分類して表示した（図 2の青枠部分）。

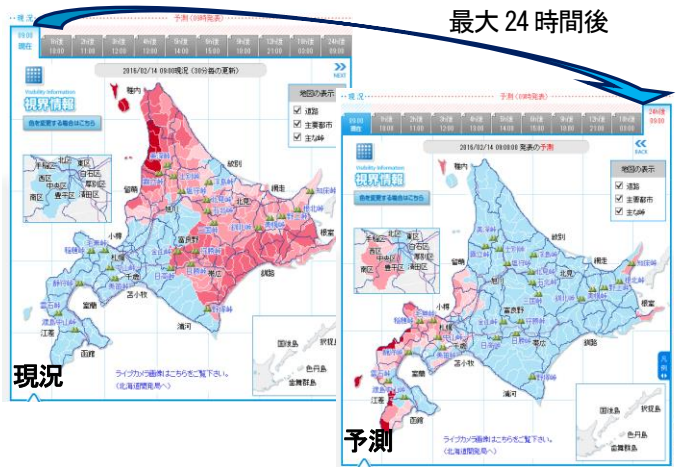



図３吹雪の視界情報のエリアと予測時間
（平成 28 年 2 月 14 日 9 時発表）

## 3.　アンケート調査について

過去に経験した視程障害の程度や啓発学習の有無が、道路利用者の交通行動に与えている影響を把握することを目的に、ホームページ上でアンケート調査を実施し、965名の有効回答数を得た。

### 3.1　アンケート結果

#### 1)　回答者の属性

図 4は、アンケート回答者の属性である。20歳代から50歳代までで、84%以上を占めている。また、男女比については、男性が80%以上を占めている。

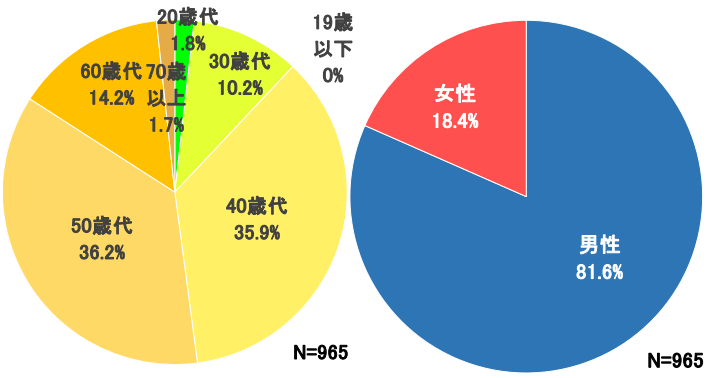



図 4 回答者の年齢構成と男女比

### 2) 視程障害の遭遇経験について

図 5 は、「吹雪による視程障害に遭われたことがありますか」と言う問いに対する回答結果である。「まったく前の見えないホワイトアウト（以下、WO という）に遭ったことがある」と回答した割合が 80%以上となっており、「軽度の視界不良に遭ったことがある」と回答した割合も含むと、100%に近い割合であった。

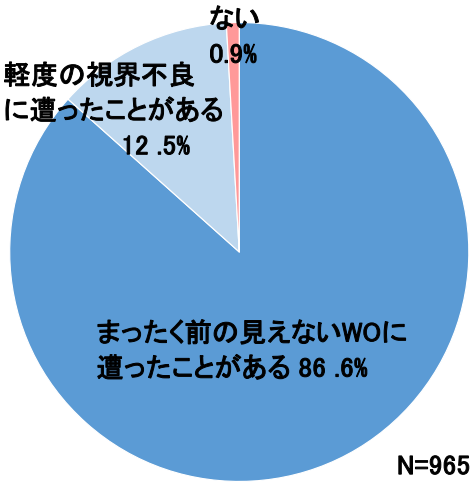



図 5 吹雪視程障害の遭遇経験

### 3) 暴風雪災害被害の軽減を目的とした啓発学習の有無について

「これまでに、暴風雪の防災に関する講習会に参加したことや、暴風雪の防災に関するパンフレットを読んだことがありますか」と言う問いに対する回答結果である。「ある」と回答した割合が 47.6%となっており、約半数が暴風雪災害被害の軽減を目的とした啓発学習を行ったことがあると回答している。

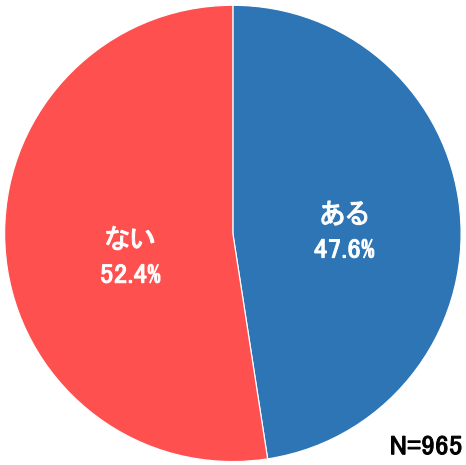



図 6 暴風雪災害被害の軽減を目的とした啓発学習の有無

### 4) 「視界の状況」、「走行距離」、「交通行動の内容」の関係について

視界不良の程度および走行距離が道路利用者の行動判断に与えている影響を評価するため、以下 a)～c）に示す属性を選び、それぞれに水準（レベル）を設定しアンケートを実施した（図 7）。

#### a) 視界の状況

「視界の状況」は、吹雪視界情報で提供している視界のランクを基準とし、安全な行動判断に変化するかを把握するために選出した。回答の 2 極化を避け、かつ適切な程度を把握するために 4 水準とした。

#### b) 走行距離

「走行距離」は、出発地から目的にまでのルート距離の差と、他の属性と結合させた際の関係性を明らかにするために選出した。回答の 2 極化を避け、かつ適切な程度を把握するために 4 水準とした。

#### c) 交通行動の内容

「交通行動の内容」は、交通行動の内容と、他の属性と結合させた際の関係性を明らかにするために選出した。回答の 2 極化を避け、かつ適切な程度を把握するために 3 水準とした。

| 属性 | 水準（レベル） | | | |
|---|---|---|---|---|
| 視界の状況 | 100m未満（著しい視程障害） | 100m～200m（かなり不良） | 200m～500m（不良） | 500m～1000m（やや不良） |
| 走行距離 | 5km | 20km | 60km | 120km |
| 交通行動の内容 | この道路は運転しない | この道路を注意して運転する | この道路を問題なく運転する | |

図 7 交通行動の選定に関わる属性と水準

図 8 に、「走行距離」ごとの「視界の状況」と「交通行動の内容」について回答結果を示す。走行距離によらず、視界が悪いほど、「この道路は運転しない」と回答する割合が多い。また、100m 未満の視界だと、「この道路を問題なく運転する」と回答する割合が走行距離によらず、1%前後と極端に少ないこともわかった。

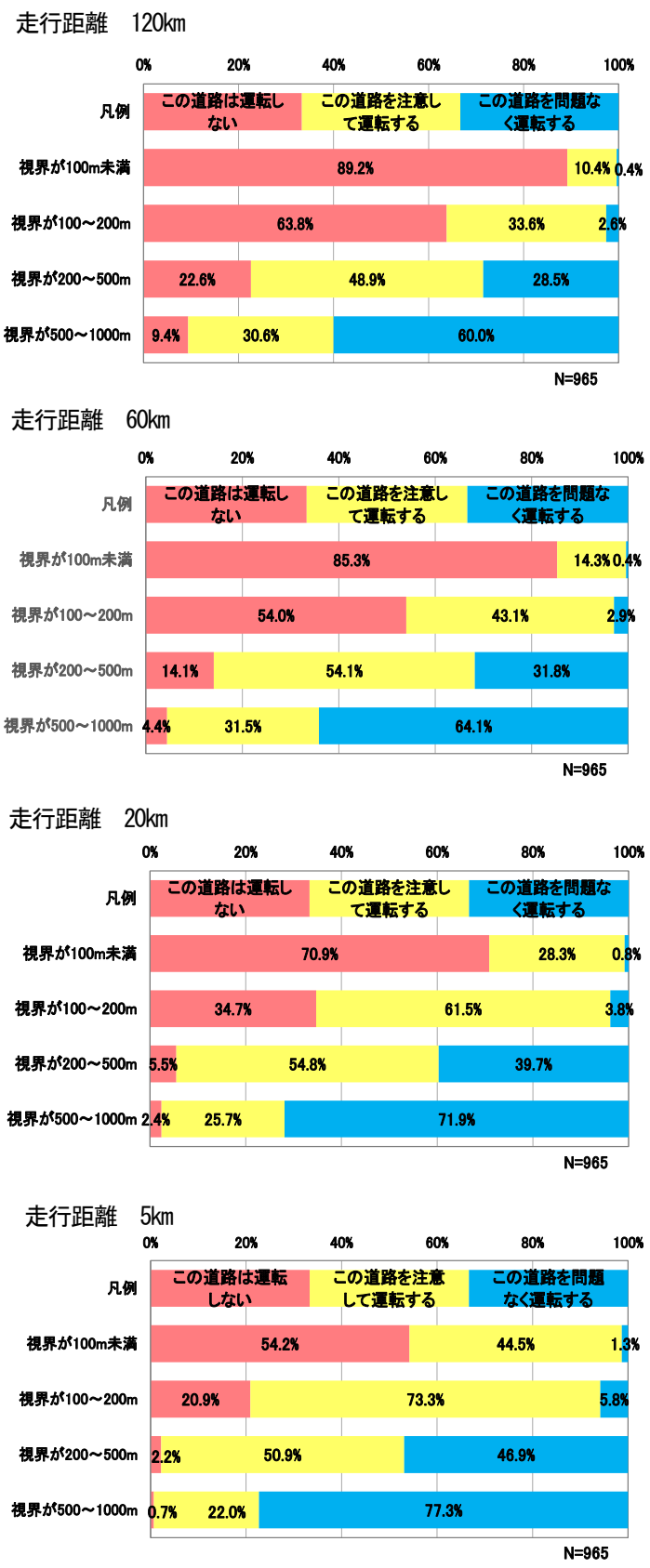



図 8 走行距離ごとの「視界の状況」と「交通行動」の関係

さらに、走行距離ごとの「視界の状況」と「交通行動」の関係（図 8）から、「この道路は運転しない」と回答した割合を抽出して、この割合と「移動距離」を「視界の状況」ごとにグラフにまとめた結果を図 9 に示す。「視界の状況」が 100m 未満だと、「移動距離」に関係なく半分以上が運転しないと回答している。

また、「視界の状況」が 100～200m で移動距離が約 50km 以上になると、半数以上が「この道路は運転しない」と回答していることがわかった。

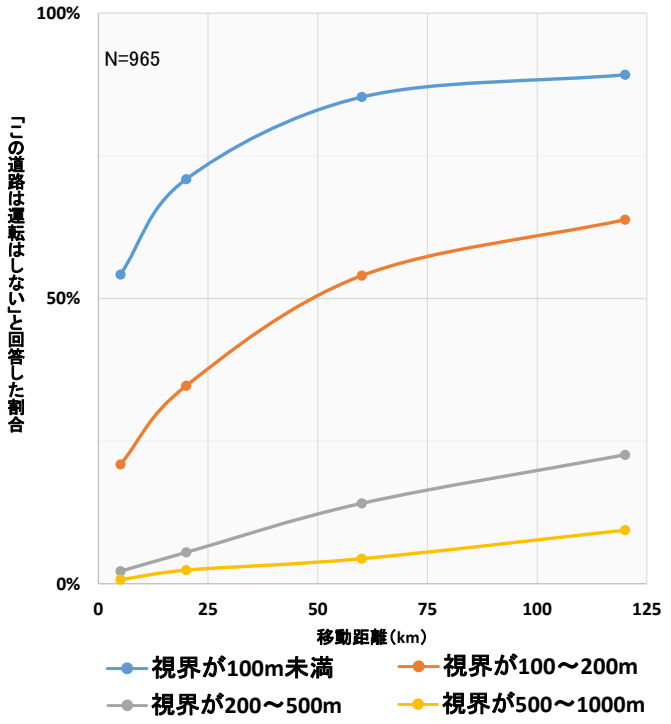



図 9 視界の状況ごとの「この道路は運転はしない」と回答した割合

つぎに、視界の状況ごとに「この道は運転はしない」と回答した割合（図 9）を、図 5 に示した吹雪視程障害の遭遇経験のうち、「軽度の視界不良にあったことがある」、「まったく前のみえない WO に遭ったことがある」の回答者で、場合分けした結果を図 10 に示す。

その結果、視界不良の程度および移動距離に関わらず、WO を経験したことがある回答者よりも、軽度の視界不良を経験したことがある回答者のほうが「この道路は運転しない」と回答した割合が高い結果が得られた。これは、WO を経験したことのあるドライバーは、そのときに交通事故を起こさなかったという成功体験から正常性バイアス [7]が働いていると考えられる。反対に、WO を経験していないドライバーにとっては未知の現象に対する恐怖から「この道路は運転しない」と回答していると考えられる。

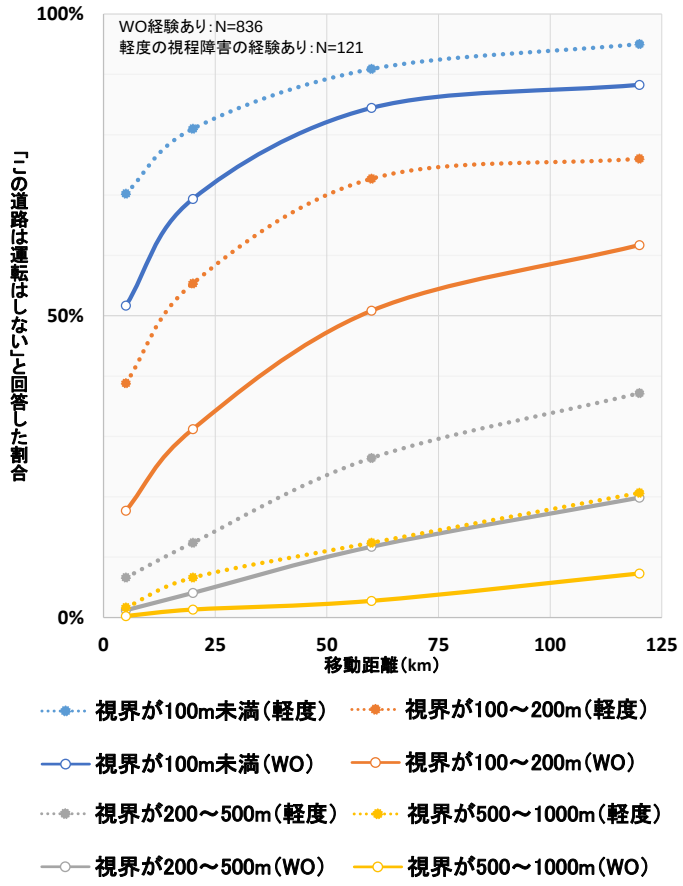



図 10 視界の程度ごとの「この道路は運転はしない」と回答した割合（視程障害遭遇経験別）

また、視界ごとに「この道は運転はしない」と回答した割合（図 9）を、図 6 に示した暴風雪災害被害の軽減を目的とした啓発学習の有無で場合分けした結果を図 11 に示す。

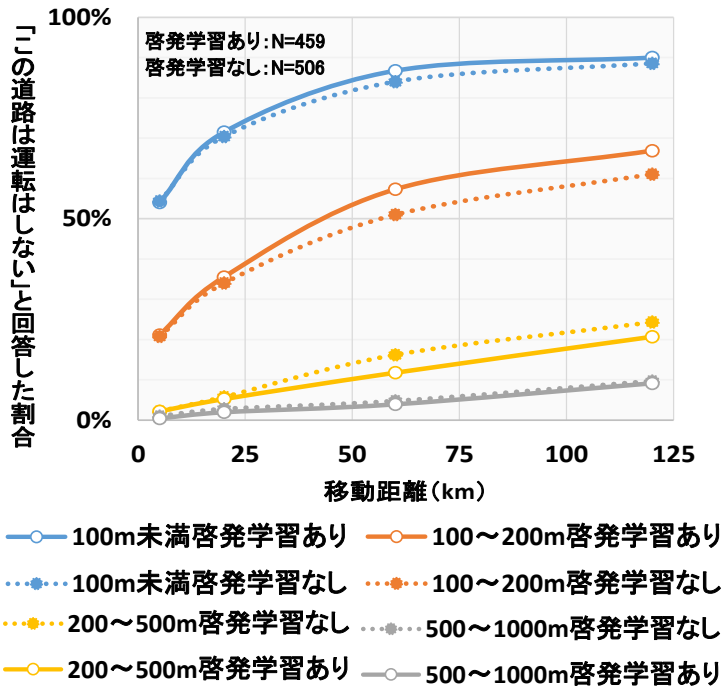



図 11 視界の程度ごとの「この道路は運転はしない」と回答した割合（啓発学習の有無）

その結果、視界不良が運転挙動に影響が及ぼす視界 200m 未満 [6]のときには、啓発学習がある回答者は、ない回答者よりも「この道は運転はしない」と回答した割合が、移動距離に関わらず高いことがわかった。このことから、啓発学習の効果が伺える結果となった。

## 4. おわりに

暴風雪時におけるドライバーの行動判断を支援するために、吹雪時の視程予測に関する情報提供実験を行った。その後、過去に経験した視程障害の程度や啓発学習の有無が、道路利用者の交通行動に与えている影響を把握することを目的にアンケート調査をおこなった。その結果、以下のことが把握できた。

(1) 吹雪による視界が100m未満だと、移動距離に関係なく半分以上が運転しないと回答している実態が把握できた。また、視界が100～200mで移動距離が約50km以上になると、半数以上が「運転しない」と回答していることがわかった。

(2) 視界不良の程度および移動距離に関わらず、WOを経験したことのある回答者よりも、軽度の視界不良を経験したことのある回答者のほうが「運転はしない」と回答する割合が高いことがわかった。これは、WOを経験したことのあるドライバーは、交通事故を起こさなかったという成功体験が働いていると考えられる。反対に、WOを経験していないドライバーにとっては未知の現象に対する恐怖から「運転はしない」と回答していると考えられる。

(3) 視界不良が運転挙動に影響を及ぼす視界 200m 未満のときには、移動距離に関わらず、啓発学習がある回答者は、ない回答者よりも「運転はしない」と回答した割合が高いことがわかった。このことから、啓発学習の効果が伺える結果となった。

今後は、暴風雪災害被害の軽減に向けた啓発学習に積極的な取り組みをおこなうことで、減災に寄与していきたい。

## 謝辞

本研究の実施に関して、「吹雪の視界情報」の周知やアンケートに協力していただいた各位に謝意を示す。

## 参考文献

1) 國分徹哉，原田裕介，武知洋太，大宮 哲，松澤 勝：吹雪時の視界情報提供による行動判断支援について，寒地技術論文・報告集 vol31，pp. 11-16，2016

2) 片田敏孝，及川 康，児玉 真：住民の災害情報取得行動と対応行動，防災科学技術研究所研究資料第 243 号，pp. 7-33，2003

3) 横山 洋，渡邊康玄，井出康郎：2000 年有珠山噴火時の住民行動と災害情報に関するアンケート調査，土木学会年次学術講演会講演概要集，pp. 597-598，2002
4) 原田裕介，國分徹哉，武知洋太，松澤 勝：吹雪時の冬期道路環境が利用者の走行ルート選定に与える影響について，日本雪工学会論文集 Vol. 31，pp. 59-67，2015
5) 金子 学，國分徹哉，松澤 勝：吹雪の視界情報と投稿情報 －視界予測情報の提供と自動撮影投稿システムの開発－，ふゆトピア研究発表会，2014
6) 加治屋安彦，松澤 勝，鈴木武彦，丹治和博，永田泰浩：降雪・吹雪による視程障害条件下のドライバーの運転挙動に関する一考察，寒地技術論文・報告集 vol. 20，pp. 325-331，2004
7) 廣井 修：災害時の人間行動，学術月報 56(7)，pp. 716-720，2003

# 平成28年1月新潟県中越地域における集中降雪による交通障害の検証と対応策について

志田　和弘　＊1

## １．はじめに

平成 28 年 1 月 23 日～25 日にかけて日本上空に非常に強い寒気が入り、23 日夕方頃から 25 日にかけて新潟県中越地域の平野部を中心に記録的な大雪となりました。これにより、鉄道の運休・遅延の他、高速道路の通行止めや、国道 8 号等での交通障害が長時間にわたり発生し、社会・経済活動に大きな影響をもたらしました。

本稿は、平成 28 年 1 月 24 日～27 日に市街地部で発生した、集中降雪による交通障害について、気象、道路・交通状況、情報収集・提供等の面からの検証結果と、その対策案について紹介するものです。

## ２．集中降雪による交通障害の検証

### 2.1　気象概況

1 月 24 日～25 日に日本上空に非常に強い寒気が入り、北陸地方は冬型の気圧配置となり、北陸地方整備局管内全域でまとまった降雪（図－１参照）となりました。そのため、除雪車はすでにフル稼働となっており、早期の段階で広域的な除雪支援を実施できる状況にはありませんでした。

特に、見附市・長岡市上空には断続的に強い雪雲が流れ込み集中降雪に見舞われ、気象庁の長岡観測所で最大日降雪量 69cm（観測史上 4 位）、整備局の国道 8 号中之島観測所で 75cm（観測史上最大）という記録的な大雪となりました。

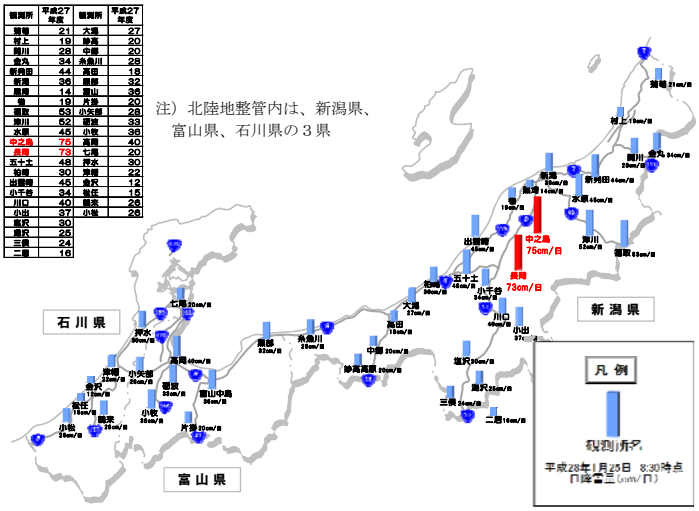



図-１　平成 28 年 1 月 25 日 8:30 時点の日降雪量（cm/日）の状況（北陸地整観測所）

### 2.2　高速道路の状況

北陸地方の北陸道は全線で通行止めとなりました。特に、長岡 IC～中之島見附 IC 間（上り）で約 33 時間、長岡 IC～三条燕 IC 間（下り）で約 36 時間、柏崎 IC～長岡 JCT 間（上り下り）で約 38 時間にわたる長時間の通行止めとなりました。

※過去 10 年間の最大通行止め時間は約 12 時間

### 2.3　国道 8 号の交通障害状況（次頁図２　参照）

24 日深夜から 25 日未明にかけ、高速道の通行止めにともない交通量が増加した国道 8 号の上り勾配区間（3%程度）の圧雪路面において、スタック車が発生しました。そのスタック車への対応により、除雪作業が円滑に進みませんでした。その後、気温上昇により圧雪路面が悪化し、特に路面が荒れた交差点部でスタック車が多く発生しました。最大渋滞長は上りで約 15km、下りで約 10km に及びました。

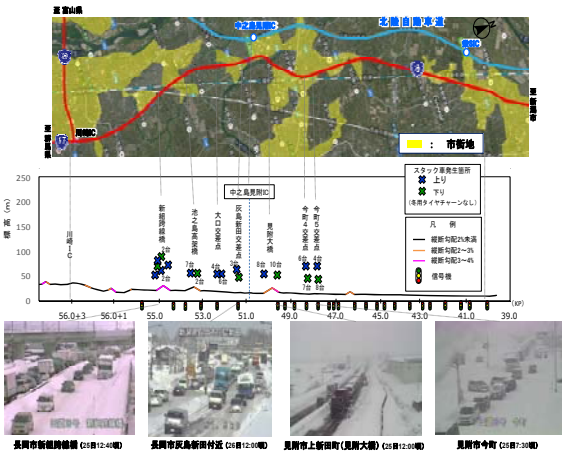



図-2　国道 8 号におけるスタック車の発生場所

25 日 20:30 に災対法に基づく区間指定を行いました。また、26 日未明から、27 日未明にかけて他工区及び隣接事務所からの除雪車を集結し、集中除雪（圧雪除去・拡幅除雪）を実施しました。

### 2.4　情報収集・情報提供

CCTV 及び除雪業者からの報告による状況把握、現地調査班の派遣、道路情報板による情報提供、災害対策基本法の区間指定や高速道路無料措置及び通行止めによる集中除雪の実施の記者発表、事務所ホームページにてライブカメラの道路状況画像の提供を行っていました。

しかし、渋滞中のドライバー等への除雪状況等の情報提供が不十分でした。

＊1　国土交通省　北陸地方整備局　長岡国道事務所

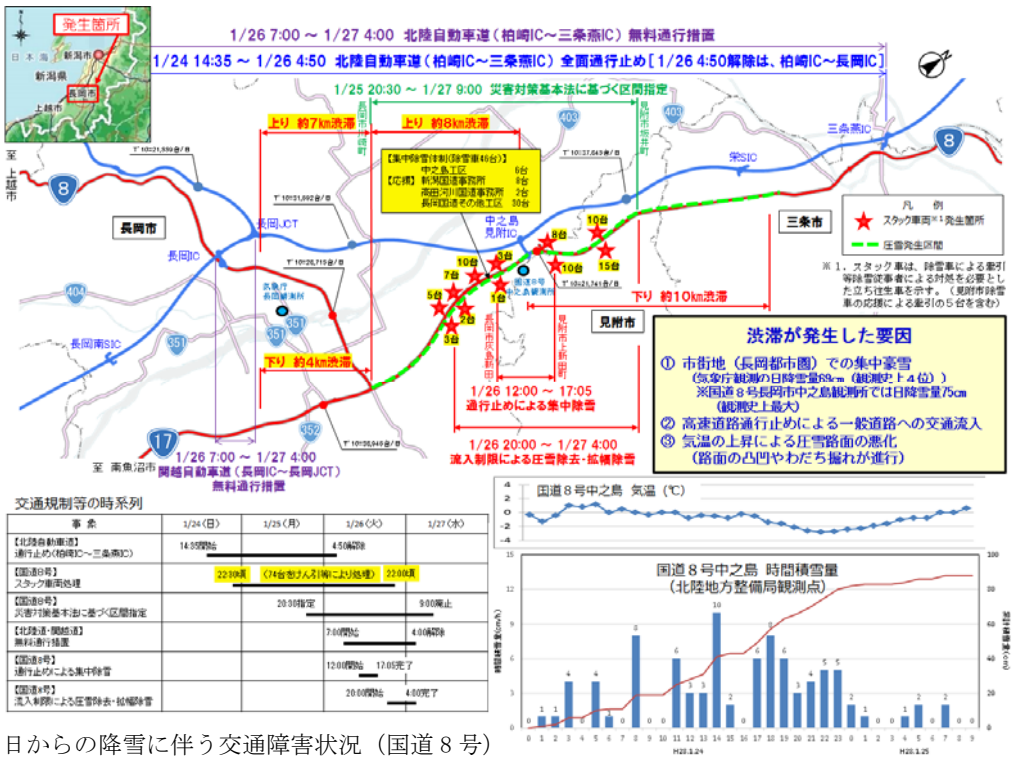



図-3　1月24日からの降雪に伴う交通障害状況（国道8号）

2.5　ドライバー支援

1月25日に渋滞が長時間に及んだため、渋滞中のドライバーに長岡国道事務所と長岡市が連携して非常食（栄養調整食品）と水（ミネラルウォーター）約1,000食分を配布しました。

2.6　意見・要望の聴取

情報提供の対応策を検討するにあたり、流通、消防・救急、公共交通等に携わる企業・団体に今回の大雪を受けての意見・要望を聴取しました。その主な意見・要望を表1に示します。

表1　ヒアリング対象者と主な意見・要望

| ヒアリング実施日 | 対象機関 | 対象者 |
|---|---|---|
| 2月18日、19日 | 流通業者 | 新潟県トラック協会長岡支部<br>長岡新産業センター卸事業協同組合<br>中之島流通団地の企業（1社） |
| 2月19日、22日 | 消防本部 | 長岡市、見附市 |
| 2月22日 | バス事業者 | 地元バス事業者 |
| 2月22日 | タクシー事業者 | 地元タクシー協会 |

流通業者等の主な意見・要望

① 関係機関の情報を集約し、わかりやすく発信して欲しい。
② リアルタイム情報が欲しい、ライブカメラ情報が有効。
③ 「どこがだめか、その原因、見込み」が欲しい、「目処が立たない」も有効な情報。

## 3．平成28年1月集中降雪の検証・対策検討会の開催

3.1　目　的

1月24日から25日にかけて長岡圏域を襲った記録的な集中降雪により、国道8号を中心に大渋滞が発生したことから、今後の各機関の連携のあり方等について確認する為「長岡都市圏冬期交通確保会議」を開催し、その中で（**平成 28 年 1 月集中降雪の検証・対策検討会**）（以降「検討会」と言う）を検討し、今後の各機関の連携のあり方等について確認する。

3.2　構成員（表2　参照）

3.3　開催状況

平成28年2月2日、3月8日、3月29日、8月22日、10月4日　計5回開催

## 4．今後の対応の視点

今回の状況を踏まえ、今後の対応について連携会議で整理し、4つの視点（次頁表3　参照）で検討することとしました。

## 5．問題点と課題の整理

今後の対応の4視点に対し、問題点と課題(対応方針)を第2回の連携会議で整理しました。(次頁表3　参照)

## 6．対応策

各課題（対応方針）を踏まえ、4 つの視点に対して計34項目の対応策を検討しました。（次頁図-4　参照）

これらの対応策のうち、第5回の連携会議で確認された平成 28 年度冬に実施の目処がついた主要な施策を以降で紹介します。

表2　検討会の構成員

| | 所属機関 | 役　職 |
|---|---|---|
| 委員長 | 国土交通省　北陸地方整備局　長岡国道事務所 | 所　長 |
| 委　員 | 新潟県　長岡地域振興局 | 地域整備部長 |
| | 長岡市 | 土木部長 |
| | 見附市 | 建設課長 |
| | 小千谷市 | 建設課長 |
| | 東日本高速道路株式会社　新潟支社　長岡管理事務所 | 所　長 |
| | 新潟県　長岡警察署 | 署　長 |
| | 新潟県　小千谷警察署 | 署　長 |
| | 新潟県　警察本部　交通部　高速道路交通警察隊 | 隊　長 |
| 臨時委員 | 国土交通省　北陸地方整備局　道路部 | 道路管理課長 |
| | 新潟県　土木部 | 道路管理課長 |
| | 東日本高速道路株式会社　新潟支社 | 保全課長 |
| | 新潟県　警察本部　交通部 | 交通規制課長 |

表３　　問題点と課題（対応方針の整理）

| 視　　点 | 問　題　点 | 課　題（対応方針） |
|---|---|---|
| **車両流入が避けられない市街地での除雪体制・除雪方法** | ・スタック車を要因として渋滞が発生し　除雪作業が進まず<br>・除雪車がスタック処理に追われ除雪作業の効率が大幅に低下<br>・市街地部では沿道状況等から車両の通行止めや流入抑制が困難<br>・広範囲で多くの降雪があり他工区からの応援が困難<br>・国道８号を中心とする交通渋滞を回避する大型車が、普段流入しない県市道管理道路へ流入し、各地での渋滞の要因となった | **・スタック車を発生させないための事前対策**<br>**・除雪体制の強化と異常降雪時の除雪方法の改善**<br>**・市街地部及び渋滞時における集中除雪方法の検討**<br>**・異常降雪時の除雪支援体制の強化**<br>**・除雪・スタック車移動における関係機関の連携・協力**<br>**・大雪渋滞時の迂回路設定と大型車の流入抑制**<br>**・渋滞部における流入抑制・交通誘導の強化**<br>**・異常降雪を想定した行動計画（タイムライン）の策定** |
| **住民、ドライバー、企業への除雪状況等の情報提供と不要不急の外出を控える呼びかけ** | ・　交通障害・交通状況に係るリアルタイムな全容の把握が不十分<br>・　目先の対応に追われ利用者への情報提供が不十分<br>・　各機関がそれぞれバラバラに情報発信<br>・　情報提供不足が利用者の混乱を助長し不安を招いた<br>・　情報提供媒体の所在が道路利用者に分かりづらい | **・関係機関が連携した情報収集体制の強化**<br>**・情報連絡本部による情報の一元化と定時発信**<br>**・住民・ドライバー・企業等が求める情報を迅速に提供**<br>**・各種媒体の特性に応じた情報提供の実施と媒体の周知**<br>**・不要不急の外出を控える呼びかけ等行動抑制情報の提供** |
| **並行する高速道路の早期交通解放** | ・異常な降雪量では、現状の除雪体制では限界（応援が必須）<br>・一般道の渋滞もあり、ＩＣランプ部の除雪作業に時間を要した | **・除雪車の機能強化及び増設**<br>**・ランプ部の散水消雪の設置（長岡IC、中之島見附IC）**<br>**・異常降雪時の除雪支援体制の強化**<br>**・除雪における関係機関の連携・協力** |
| **長時間渋滞が発生した際のドライバー支援** | ・支援に対する事前準備が不十分<br>・車が動いている時は配布が困難 | **・ドライバー支援体制の明確化と事前準備による各種支援策** |

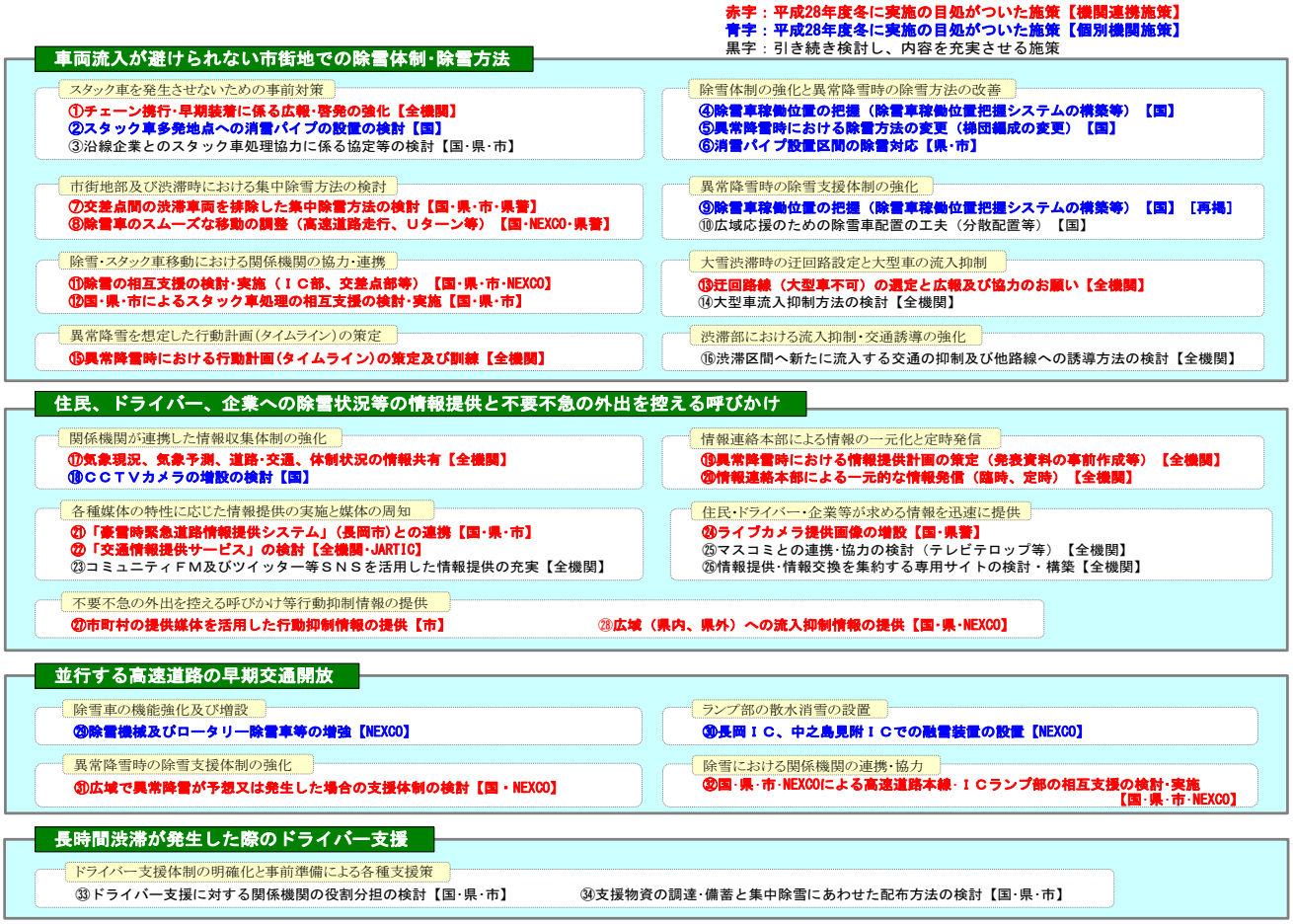



図-4　４つの視点に対する 34 項目の対応策

6.1　機関連携施策

(1) 集中降雪時における行動計画(タイムライン)

気象庁から発表される「大雪に関する気象情報」（大雪の恐れ）の時点からの連携会議構成機関の行動計画を具体化しました。これにより、早期の段階から、構成機関が情報を共有・一元管理し、同じ目線で行動することで、相互に連携・支援する体制を確実なものとしました。

特に、連携会議の構成機関からメンバーが参集し、「情報の一元化・共有」「情報提供」「機関連携・相互支援に向けた対応協議」を行い中枢機関となる『情報連絡本部』開設の判断基準を更に明確化しました。

(2) 集中降雪時における情報提供計画

情報提供は、『情報連絡本部』が中心となって行うものとし、情報提供のタイミングと情報内容を具体化しました。また、情報連絡本部の開設とともに、概ね２時間おきに定時情報（交通規制、交通渋滞・障害、解消見込み等）を提供するものとしました。

更に、各情報提供のタイミングにおける情報提供媒体を具体的に定めるとともに、情報提供内容を様式化して具体化しました。

(3) ライブカメラ提供画像（静止画）の増設

新潟県警との協議・調整により、要望が強かったライブカメラ画像提供箇所数を大幅に増設しました。中之島除雪工区は、現状 1 箇所から 10 箇所に増設されました。

(4) 高速道路 SA での情報提供による大型車の流入抑制

関越道・下り線の上里 SA に「新潟県道路情報スポット（仮称）」を開設し、一般道のライブカメラ画像や情報連絡本部から発信される情報を掲示します。首都圏から新潟県に向かっているドライバーに情報を提供することで、大型車の流入抑制を図ります。

(5) 除雪及びスタック車処理の相互支援

高速道路の早期通行止め解放による円滑なネットワークの確保を目指し、国による高速道路本線除雪の相互支援、及び国・県・市による IC ランプ部の相互支援を実施します。また、一般道では、スタック車の早期処理実施のため、構成機関の除雪車で最も現場に近い除雪車を急行させ、スタック車の救出及び周辺の除雪作業を実施します。（図-5　参照）

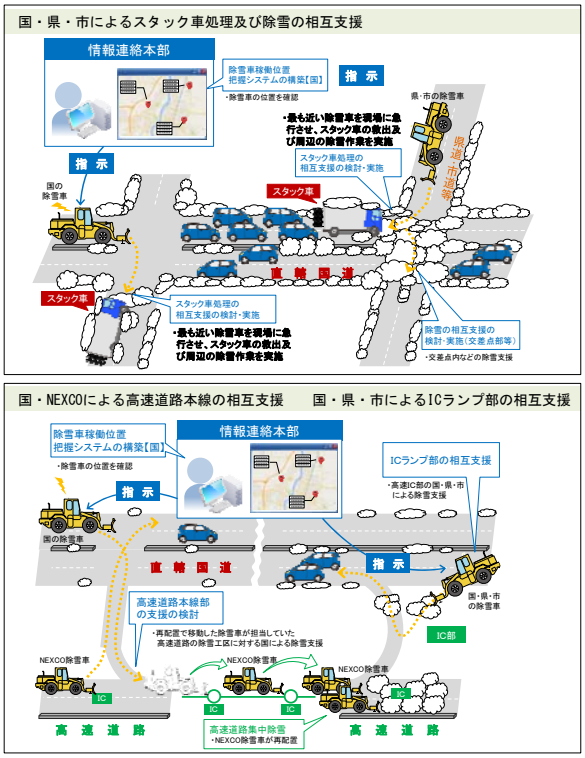



図-5　除雪及びスタック車処理の相互支援のイメージ

(6) 除雪車のスムーズな移動

集中降雪時には、道路管理者間及び警察との連携・協力により、高速道路を使った迂回、一般道での逆走やU ターンによるスムーズな除雪車の移動について、情報連絡本部が中心となって調整を図ります。

(7) 迂回路の選定と広報及び協力のお願い

長岡圏域の交通の要である直轄国道における交通障害を早期に解消するため、迂回路の検討・設定を新潟県が中心となって行います。また、迂回路情報の広報と迂回にあたっての走行注意のお願いについて、様式化を図って具体化しました。

(8) 交差点間の渋滞車両を排除した集中除雪

直轄国道において対応の遅れによる立ち往生の発生を回避するため、適切な時期に交通規制を伴う集中除雪を実施します。関係機関は通行規制への協力や従道路通行車両の迂回等に連携・協力して取り組みます。

6.2　個別施策

(1) 長岡国道事務所

① スタック車多発地点への消雪パイプ設置

橋梁部（渡河・高架・跨線）上り勾配のスタック車多発地点（3 地点）に消雪パイプを設置します。

② 集中降雪時における除雪方法の変更

集中降雪時には、除雪予備車の配備調整等により、通常 1 梯団の除雪体制を 2 梯団に分割して直進車線の除雪体制の強化を図ります。更に、隣接除雪工区からの応援除雪（隣接区間乗り入れ）の調整により除雪体制を強化します。

(2) NEXCO 東日本(株)

① 除雪機械及びロータリー除雪車等の増強

集中降雪時は、除雪 1 梯団を現状の除雪車 2 台編成から 3 台編成に増強し、また料金所から一般道までの間に専用除雪車を配備して除雪体制を強化します。

② 長岡 IC、中之島見附 IC での融雪施設の設置

集中除雪時にボトルネックとなるランプ部に融雪施設を設置します。

(3) 新潟県長岡地域振興局

① 消雪パイプ設置区間の除雪対応

消雪パイプの能力を超える降雪に対して、除雪業者及び臨時道路巡視員による道路情報収集体制を構築し、適正な機械除雪出動判断を図ります。

## 7．情報連絡訓練及び実働訓練の実施

平成 28 年 9 月 14 日に情報連絡本部を中心とする情報連絡訓練を連携会議構成機関メンバーで行いました。また、10 月下旬には、高速道路 IC 部での相互支援について、除雪車を用いた実働訓練を実施する予定です。

## 8．おわりに

近年、異常降雪といわれる局地的な降雪が頻発し、これまで経験してきたものとは違う対応が求められています。今回の連携会議でとりまとめられた対応策を、今後の冬期管理に活かし、安全安心な冬期交通環境につなげていきたいと考えています。

また、これらの取組が各関係機関の冬期管理の参考となれば幸いです。

# 冬季除雪支援におけるレーダ技術の活用に関する一考察
## Ｘバンドレーダによる雪検知性能と活用案について

今長信浩※１、齋藤清志※１、大手 方如※２、石井洋輔※１、片岡正次郎※１

１．はじめに

冬季における適切な道路交通の確保は道路管理者にとって大きな課題と言える。近年、道路交通は人、物の輸送の大部分を占めている。また、高速自動車国道等の整備により物流車輌等の長距離トリップも日常茶飯事になっている。この様な状況は、人々の暮らしを便利で豊かにしている反面、大雪等における交通障害が発生した場合、社会経済活動に図りしれない被害を与える場合がある。

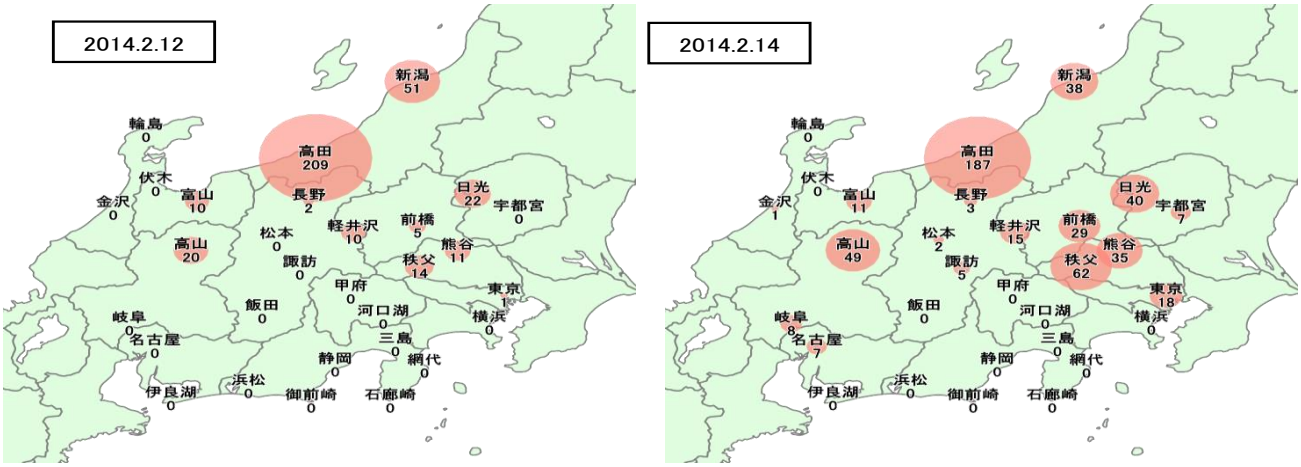
一方、近年における降雪状況を見ると、絶対的な降雪量は減少傾向にあるものの、局所的且つ短時間に大量の降雪が発生、それにより各地で交通障害が発生している。特に、大型車による交通障害は車輌移動が困難なためそれが引き金となって多数の車輌が長時間、道路上で走行不能となる状況も発生している。図-１は 2014 年 2 月に発生した南岸低気圧に伴う関東、北陸エリアの降雪状況を示したものである。新潟県高田付近で大量の降雪が発生しているが、周辺エリアでの降雪は限定された量に留まっている。また、この様な積雪は定常的に降雪が発生するエリアに留まらず、四国や九州など、定常的に積雪が発生しないエリアでも発生している。写真－１は四国地方整備局管内における積雪による交通障害発生状況である。

**写真－１　国道１９２号の降雪状況**
**（四国地整ＨＰより）**

この様な状況を踏まえ、国土交通省では、「異例の降雪を想定したタイムライン（防災行動計画）」を平成 26 年 12 月に策定した。この行動計画を有効にするためには、降雪状況を適切に把握するための技術が必要になる。

除雪を行う際に必要となる情報は、「いつ」、「どこで」、「どの程度（量）」の雪が「どの程度降り続くか」等に関する情報である。これらの情報は気象（予測）データ、雨量計、積雪深計、ＣＣＴＶ等各種センサから入手することができ、それらを道路管理者が総合的に判断し、除雪を行っている。

近年、国土交通省では、集中豪雨等を把握すべくＸバンドレーダ雨量計(以下、Ｘバンドレーダと記す)の整備を




**図－１　2014 年 2 月 12～14 日の降雪状況（単位：cm）**

進めている。このXバンドレーダから得られる情報を降雪把握に適用する事が可能であれば、除雪行動の適切化に寄与する可能性がある。本報告は、Xバンドレーダによる降雪把握可能性及び降雪時における除雪行動への反映形態について述べる。

## ２．Xバンドレーダの概要

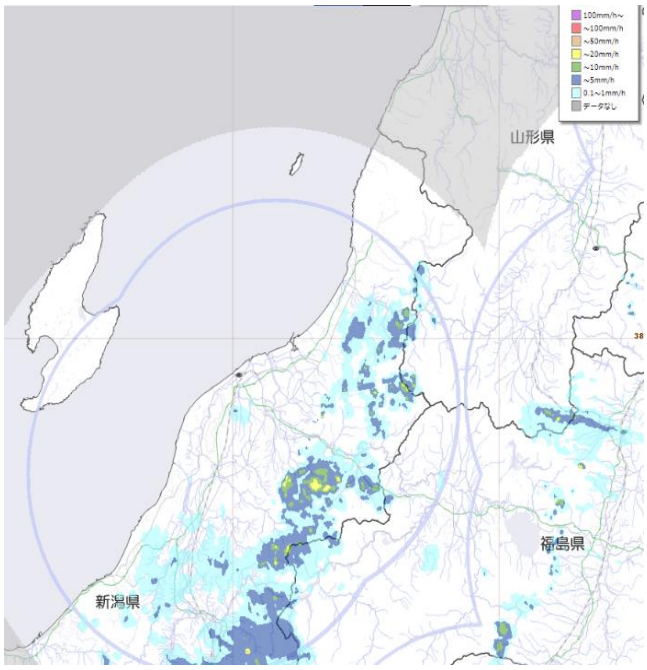
Xバンドレーダは、マイクロ波（9.7GHz 帯）を利用したレーダである。250m メッシュで降雨データが取得可能であり更新頻度は 1 分、検出可能距離は 60 ㎞～80 ㎞である。全国の主要都市部を中心に 39 基が整備されている。

高い精度で降雨位置・量が把握可能であること、雨滴（あるいは雪・氷）の移動速度が把握出来る事等の特徴を有している。なお、冬季における降雨量については、地表面の融解層データが 0 度以下になった場合、降雪と判断し補正を行った上で算出している。また、データの合成、蓄積を行う合成処理局で過去の降雨データの記録機能も保有している。写真-2 にXバンドレーダの外形を、図－2 に表示画面例を示す。

**写真－２　Xバンドレーダ外形**

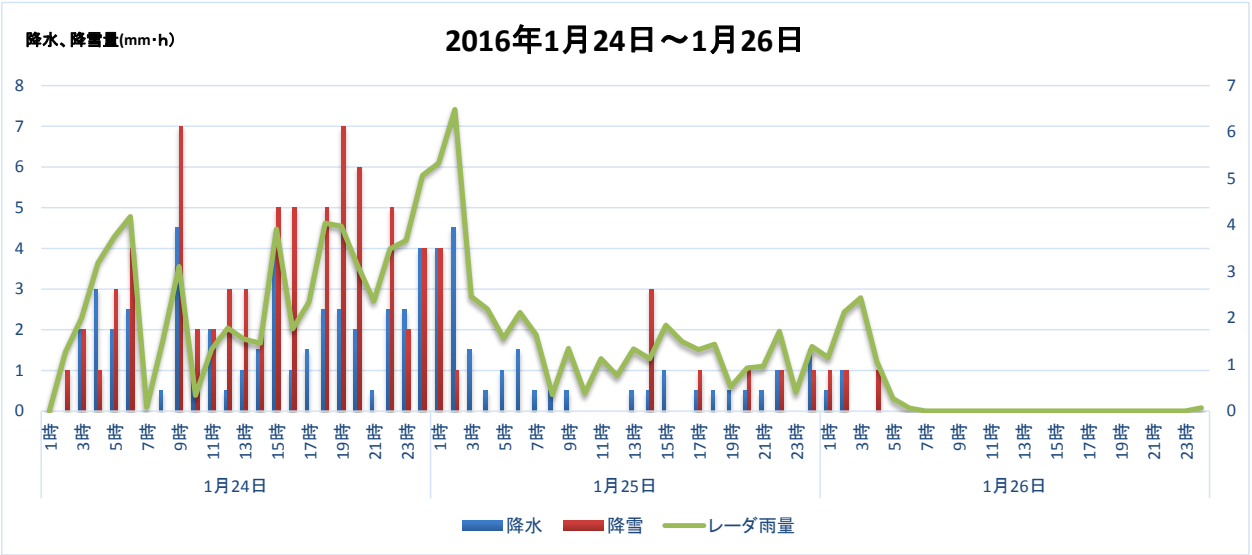
## ３．Xバンドレーダによる雪検出性能の検証

Xバンドレーダは本来、集中豪雨を観測するために整




**図－２　Xバンドレーダ表示例**

備されたものである。そのため、一種の積雪深計の一部として活用するには、降雪の有無とその量が把握可能であるかの検証が必要になる。そこで 2016 年 1 月 24 日～25 日にかけて発生した新潟県長岡市における大雪による交通障害発生時におけるXバンドレーダで取得した降雨データと気象庁が保有する近傍地点における降雪及び雨量データを比較することにより検討を行った。その結果、図－３に示す様に降雪有無の検知は、気象庁データとXバンドレーダは一部に乖離が見られるものの、ほぼ一致していた。一方、降雨（雪）量については、乖離が生じている時間帯が散見され大きな差が生じているものもある。そのため、降雪有無の把握には、活用可能性を有しているが、正確な降雨（雪）量を把握するには、何らかの補正技




**図－３　Xバンドレーダと気象庁降水量データの比較**

術の併用等が必要であると想定される。今後、国交省が整備している降雨把握用Ｃバンドレーダにおける降雨量把握補正法であるダイナミックウインドウ法等の活用や、テレメータやＣＣＴＶ等から得られる情報の組み合わせ活用について検討を行う予定である。

４．除雪行動における各種センサとＸバンドレーダ情報の活用案

Ｘバンドレーダの特徴はレーダを中心として60㎞～80㎞の範囲における雨滴の分布とその強弱、雨滴の移動方向、速度が検出可能である。反面、レーダ単体での降雨（雪）量の把握については、正確とは言い難い。一方、国土交通省では、表－１に示す降雪等を把握する様々なセンサを有している。また近年、走行中の車輌速度等を把握可能なプローブ情報も利用可能になりつつある。現在、整備されているセンサの多くは直接的に降雪や路面の状態を把握するものである。ＣＣＴＶは目視可能時間帯や範囲の制約を有する。また、融雪機能付きテレメータ、路面温度計、路面センサはいずれも降雪によって発生する路面変化情報を把握し、その情報から降雪状況の判断に活用するものである。適用可能時間帯には制約が無いが、情報収集範囲は極めて狭い範囲（点）に限られる。プローブ情報は線での情報収集は可能であるが常時性は有していない。一方、Ｘバンドレーダ情報は、広範囲を面的に常時観測できるが、精度に問題があるため、他センサの情報を適切に組み合わせる事により冬季除雪行動への効果的な活用が可能と想定される。

また、活用タイミングについては除雪作業の流れ（除雪に従事する要員の確保→資機材の準備→除雪作業）を考慮する必要がある。表－２は、除雪に必要な行動内容と

**表－１　降雪把握に活用可能なセンサとその特徴**

| センサ | 概要 | 適用時間帯 | 情報収集範囲 | 特徴 | 履歴保有機能 |
|---|---|---|---|---|---|
| CCTV | ・カメラにより道路状況を把握する。 | ・可視光時間帯（ただし、専用照明設置箇所や赤外線カメラの場合は常時） | ・設置箇所を中心に十数メートル | ・目視に近い状態で降雪状況が収集可能。映像の判断にはばらつきが発生する可能性がある。画像処理機能の併用により降雪判断も可能。 | 有 |
| 融雪機能付きテレメータ | ・降雪を降雨量に換算し把握する。 | ・常時 | ・設置ポイント | ・地点における降雨量が把握可能。 | 有 |
| 路面温度計 | ・赤外線センサなどにより路面の温度を把握する。 | ・常時 | ・設置ポイント | ・路面温度から路面の状態が推定可能。 | 有 |
| 積雪深計 | ・超音波や光の反射により積雪深を把握する。 | ・常時 | ・設置ポイント | ・積雪深さが把握可能。 | |
| 路面センサ | ・路温や路面画像などから路面の状態を判断する。 | ・常時 | ・設置ポイント | ・各種のセンサから路面の状態が把握可能。 | 有 |
| レーダ | ・雲の状況から一定範囲の気象状態を把握する。 | ・常時 | ・レーダ中心から一定範囲（Ｘバンドレーダでは約60km～80kmの範囲） | ・雲の分布状況から降雪範囲、降雪強度が推定可能。 | 有 |
| 道路パトロール | ・目視により路面状態、車輌走行状態等を判断する。 | ・常時 | ・視界の範囲 | ・パトロール要員からの目視情報により降雪状況、路面状態等が把握可能。判断によるためばらつきが発生する可能性がある。 | 無 |
| プローブ情報 | ・車輌の走行速度等を把握する。 | ・常時 | ・路線全線 | ・車輌の走行速度から路線の走り易さを推測可能。情報の把握にタイムラグが発生する。 | 有 |

| 時間 | 降雪3日前～降雪1日前 | 降雪1日前～除雪行動開始まで | 除雪行動開始後 |
|---|---|---|---|
| 行動 | ・体制構築（除雪人員確保等） | ・資機材準備、除雪計画（細部）策定 | ・除雪車運用<br>・道路利用者に対する情報提供<br>・除雪体制の継続判断等 |
| 活用情報、センサ | ・気象庁天気予報情報（週間）等 | ・気象庁天気予報情報<br>・レーダ情報（雲移動の変化） | ・気象庁天気予報情報<br>・CCTV<br>・テレメータ情報<br>・路面温度計<br>・気象センサ<br>・道路パトロール<br>・プローブ情報<br>・レーダ情報 |

概要、単独情報から、詳細、複数情報の活用

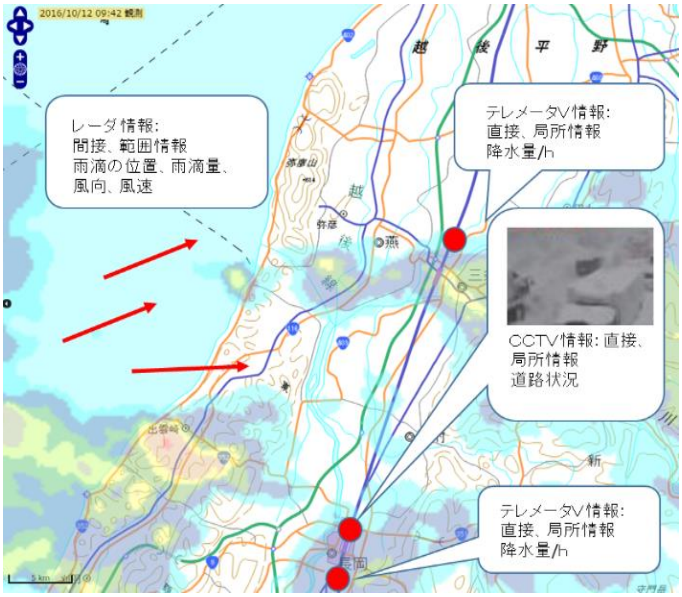
各時点で必要となるセンサの例について示したものである。Xバンドレーダ情報は、常時性と一定範囲の情報が取得可能である事、過去の履歴と現状を比較可能な事等の特徴から、除雪行動開始１日前～除雪行動開始後の各場面での活用可能性がある。

## ５．Xバンドレーダ情報の冬季道路管理における活用可能性

前述の如く、Xバンドレーダは除雪行動への活用可能性を有している。一方、冬季道路管理は、除雪のみでは無くドライバーに対して走行時における補助となる情報を提供することも有用である。ここでは、現場を管理する国道事務所の意見を踏まえ、Xバンドレーダから得られる情報の道路管理及びドライバーへの情報提供について具体的な活用イメージ例を示す。なお、記載内容はあくまでもイメージであり、現時点で実際の活用、情報提供等が行われているものではない。

### （１）除雪開始タイミングの判断

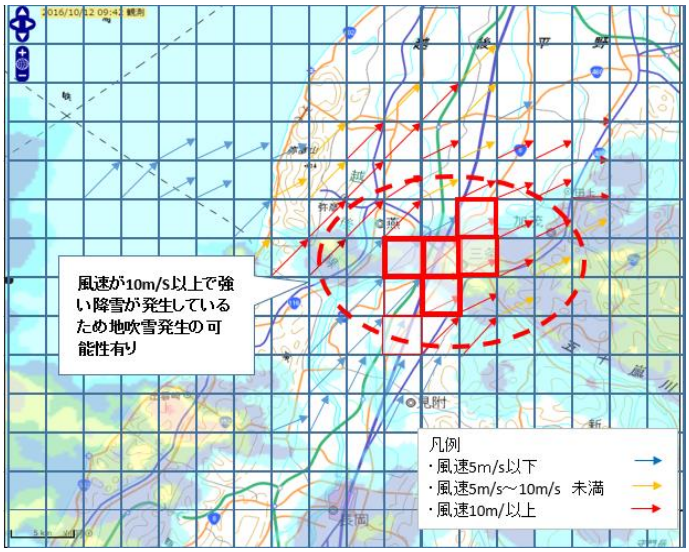
除雪の実施は、路面が一定の積雪深さ（車輌の走行に支障を与える可能性がある深さ）になる前に開始する。これら情報は、従来型センサである積雪深計やＣＣＴＶからの目視情報によって判断されていたが、いずれも局所的であった。一方、Xバンドレーダは降雨（雪）位置とその強度（相対比較）を一定の範囲で把握可能であり、既存センサと組み合わせる事により、除雪開始タイミングや優先除雪箇所の判断に活用可能性がある。




**図－４　センサの組み合わせ活用イメージ**

### （２）地吹雪の把握と情報提供

Xバンドレーダは、ドップラーレーダであり、複数の基地局情報により雪の移動速度と方向も把握可能である。冬季において道路利用者の走行安全性に大きな影響を与える項目の一つとして降雪時或いは積雪している雪が風によりが舞う地吹雪がある。これは、しばしば視程障害を伴う。Xバンドレーダから得られる風向、風速、降雪情報を組み合わせれば、地吹雪発生有無を検出する事で冬季道路交通の安全性向上に寄与する可能性を有している。図－５は地吹雪の発生表示イメージである。




**図－５　地吹雪発生表示イメージ**

### （３）降雪履歴情報の活用

Xバンドレーダ合成処理局ＷＥＢ装置では、過去の降雪位置・量に関する情報が蓄積され、過去 30 日間についてはリアルタイムに表示可能である。この情報を活用する事により一連の降雪において、事務所管内或いは隣接事務所管内の降雪履歴が迅速に把握可能となり、積雪量の多い箇所に対する除雪機材の支援運用、降雪に伴う道路施設被害発生の把握等への活用可能性がある。

## ６．おわりに

冬季における道路管理、特に除雪を適切に実施し良好な道路交通の確保を行う事は、道路管理者の責務である。Xバンドレーダは広範囲に降雪状況を把握する可能性を有しているといった従来のセンサには無い特徴を有している。これを従来のセンサを適切に組み合わせ冬期除雪行動に運用する手法、取得情報の提供方法等についてさらなる検討を進める予定である。

※１　国土交通省国土技術政策総合研究所　　※２国土交通省関東地方整備局企画部

# 富山県南砺市で発生した雪崩災害について
## ～雪崩による被災状況と災害復旧、再度災害防止対策について～

名畑　博文＊1、石橋　克彦＊2

### 1. はじめに

平成 27 年 3 月 4 日、主要地方道利賀河合線（南砺市利賀村大勘場田島地内）で豪雪に伴う雪崩が発生した。

図－1　位置図

この雪崩による雪が道路上に大量に堆積（延長約 40m、幅約７m、高さ約４m）したことから、約４時間半にわたり全面通行止めとなり、当該地の上流にある南砺市利賀村千束地内の方々が一時孤立した。

また、斜面下部にある落雪防護柵が約30mにわたり被災するなど、公共土木施設にも甚大な被害が発生した。

写真－1　雪崩発生直後の状況

本稿では、雪崩の発生した原因と落雪防護柵の被災状況及び復旧状況、雪崩による再度災害防止対策について報告する。

写真－2　道路上に堆積した雪

写真－3　被災した落雪防護柵

### 2. 雪崩の区分と発生原因

2.1　雪崩の区分

一般的に雪崩は、斜面上に積った雪が重力の作用によって下方にすべり落ちようとする現象であり、斜面上の雪がすべり落ちようとする力がこれを支えようとする斜面の摩擦抵抗・かん木の引抜強度などの支持力よりも大きくなった場合に発生する。[1)]

現地の状況から、雪崩の発生源は斜面上方の植生境界付近であり、積雪層が全層に渡って崩落する「全層雪崩」が発生し、また、雪崩が発生した３月４日は融雪期にあり、最高気温が高く融雪が進んでいたことから、雪崩層に多くの水分が含まれた状態であったと思われる。

このことから、当該地で発生した雪崩は、大きな災害を伴うことも多い「面発生湿雪全層雪崩」であったと考えられる。

＊１　富山県砺波土木センター　　＊２　富山県富山港事務所（前　富山県砺波土木センター）

表－1　雪崩の分類 1)

| | | なだれ発生の形 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 点発生 | **面発生** | |
| 雪崩層の雪質 | 乾雪 | 点発生乾雪<br>表層雪崩 | 面発生乾雪<br>表層雪崩 | 面発生乾雪<br>全層雪崩 |
| | **湿雪** | 点発生湿雪<br>表層雪崩 | 面発生湿雪<br>表層雪崩 | **面発生湿雪<br>全層雪崩** |
| | | 表層 | | **全層** |
| | | すべり面の位置 | | |

・面発生湿雪全層雪崩

春先の融雪期に多いが、冬でも気温が高いとき起こりやすい。斜面上の頂上近くに、雪の表面から地面まで割れ目ができ、地面と積雪下部との間に雪解け水が流れて隙間ができてくると、雨の日や暖かい日にこの雪崩が発生しやすい。

2.2　発生原因（地形及び植生要因）

雪崩は一般的に、斜面勾配 20 度～60 度の斜面、積雪深 1.0m 以上で発生しやすいとされている。

当該地は勾配が約50度の法枠及びモルタル吹付け斜面であり摩擦抵抗が少ない。このため、一旦崩落すると、周辺の積雪も一気に不安定化しすべり落ちやすい性状を有している。

また、法枠及びモルタル吹付け斜面辺縁部もかん木が疎らな状態であり、さらに上位斜面の積雪も融雪・グライドによって巻きだれ状に不安定雪塊として発達しやすく、これらが雪崩発生の地形及び植生要因として考えられる。

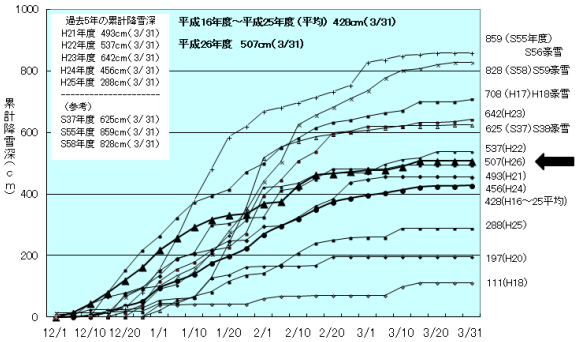
写真－4　雪崩が発生した斜面の状況

2.3　発生原因（気象要因）

表－2 は、県内 5 地点（魚津、富山、高岡、富山（八尾）、南砺（福光））で観測された降雪量の累計値を表している。

平成26年度の富山県の累計降雪深は、平成27年3月31日までに507cmと、平成16年度から平成25年度の平均累計降雪深428cmに比べ約80cm多く、近年では、平成17年度の708cm、平成23年度の642cm、平成22年度の537cmに次いで降雪量が多い年となった。

表－2　富山県の過去の豪雪時と近年の降雪深グラフ




累計積雪深：（3 月 31 日までに）降った雪の量の累積値

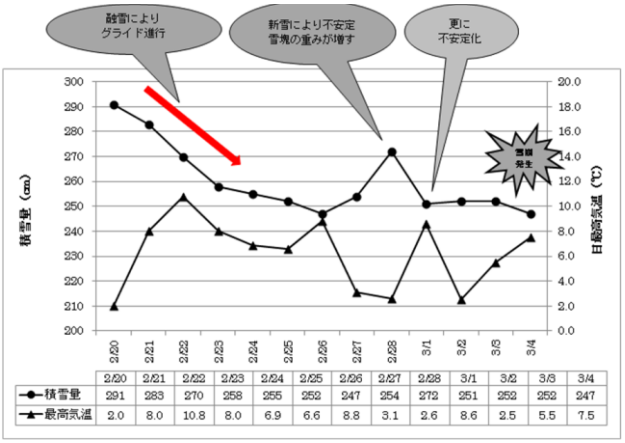
表－3は当該地近隣の気象観測所で観測された雪崩発生前約2週間の積雪量と日最高気温を表している。

平成27年3月4日の雪崩発生前の積雪深の推移を気象データで見てみると、積雪期の後半期にあたるこの時期、比較的気温が高い状態が続いたことから、積雪深は2月20日の291cmから26日の247cmへと、6日間で44cmの融雪が一挙に進み、斜面積雪のグライドが進行していたものと考えられる。

また、2 月 28 日の降雪により、斜面上の不安定な雪塊の重みが増し、さらに不安定化したものと推定される。

雪崩が発生した3月4日は、前日、前々日に比べ気温が急激に上昇しており、かつ当該地では約2.5mの積雪があった。これらの気象要因が重なり、今回の雪崩が発生したものと考えられる。

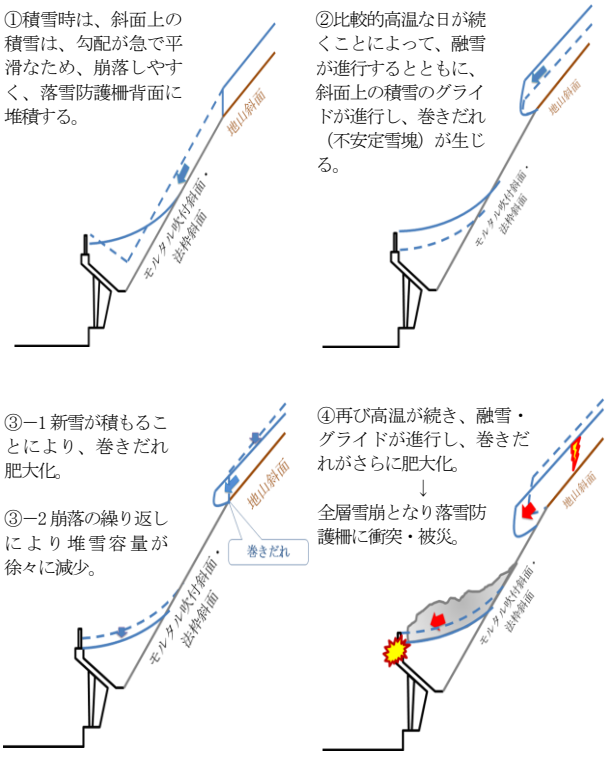
表－3　雪崩発生前の積雪量と最高気温の推移
（平成 27 年　坂上観測所）




| | 2/20 | 2/21 | 2/22 | 2/23 | 2/24 | 2/25 | 2/26 | 2/27 | 2/28 | 3/1 | 3/2 | 3/3 | 3/4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 積雪量 | 291 | 283 | 270 | 258 | 255 | 252 | 247 | 254 | 272 | 251 | 252 | 252 | 247 |
| 最高気温 | 2.0 | 8.0 | 10.8 | 8.0 | 6.9 | 6.6 | 8.8 | 3.1 | 2.6 | 8.6 | 2.5 | 5.5 | 7.5 |

## 3. 落雪防護柵の被災状況及び復旧状況

今回被災した落雪防護柵は、法面からの小規模な崩落雪対策として平成 16 年度に延長約 210m に渡り整備されたものである。今回の雪崩により被災した箇所は、落雪防護柵を整備した箇所のほぼ中央部にあたる。




図−2　雪崩の発生状況と落雪防護柵の被災イメージ

本施設は、整備後これまでたびたび発生していた崩落雪や表層雪崩により被災した事実はなかったことから、今後も、斜面からの小規模な崩落雪、表層雪崩に対しては落雪防護柵で対応することとして、被災した箇所については、災害復旧事業にて原形復旧することとし平成27年9月に完成した。

（平成27年4月30日及び5月1日　現地にて災害査定実施。）

写真−5　復旧箇所全景

写真−6　復旧後の全景

【災害復旧事業　工事概要】

復旧延長　L=30.7m

落雪防護柵工　19.9m、雪庇防止柵工　30.4m

雪庇防止柵基礎工　29.9m

## 4. 雪崩による再度災害防止対策

今回の被災原因となった全層雪崩に対しては、斜面下部の落雪防護柵の機能を生かしながら斜面全体で再度災害防止を図ることとして、斜面上での雪崩予防対策の検討を行った。

### 4.1　雪崩対策施設の選定

雪崩対策施設の選定にあたっては、雪崩の発生区・走路・堆積区といった対策位置により適用できる施設が異なる。

当該地の斜面は、走路が短く発生区と堆積区が接近していること、堆積区とされる法尻部には落雪防護柵が整備されていることから、発生区対策を検討することとした。

【当該地の設計条件】

雪崩の種類：全層雪崩、設計積雪深：400 cm

斜面勾配：50°、地形：凸凹地形

施設位置区分：発生区

道路防雪便覧を参考に、当該地では発生区における雪崩の予防対策工として、下表のとおり「予防杭」及び「予防柵」を選定し、これら2工法について詳細な検討を行った。

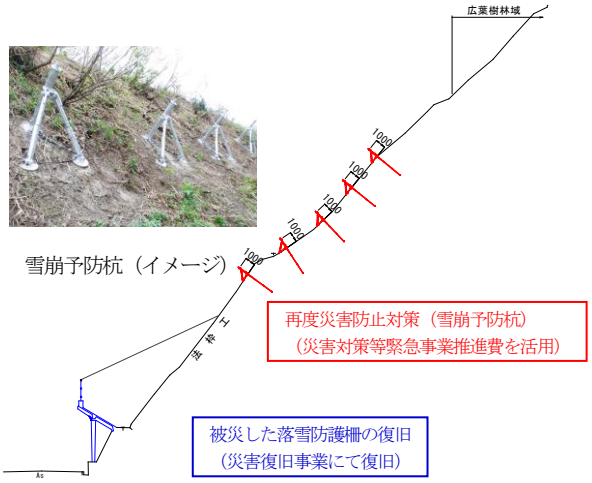
表−4　各種発生予防工の評価選定

| 発生予防工 | 評価 | 選定 |
|---|---|---|
| 雪崩防止林 | 斜面は、50 度の急勾配でかつ法枠も一部施工されているため樹木の生育には適さず、高積雪地のため成長するまでの維持管理が必要である。その上、道路の通行維持のためにも緊急度が高く、雪崩予防機能が発揮されるまで長い年月がかかる本施設は、不適。 | × |
| 予防杭 | 斜面勾配40°～50°の斜面について適用にやや問題ありとされているが、近年、新技術情報提供システム（NETIS）にも登録されている雪崩予防杭の工法の1つであるトライパイル工法において、設計積雪深 4.5m までの全層雪崩の予防効果が確認されており、適用は可能である。 | ○ |
| 予防柵 | 雪崩予防柵は適応性が高く、本斜面においても、十分効果は期待できる。但し、設置される斜面は法枠が施工されていることから地耐力が小さい可能性があり、剛体基礎による直接基礎構造は不向き。アンカー構造の工法が妥当である。 | ○ |
| 吊り枠吊り柵 | 斜面上部に大きいｺﾝｸﾘｰﾄｱﾝｶｰﾌﾞﾛｯｸを設置する必要がある。このため、本斜面上部の雪崩防止に有効な植生を伐採することとなる。重量物を斜面上位に置くことから斜面安定に支障が大きい。よって不適とする。 | × |

4.2　対策工の決定

詳細な対策工の検討にあたっては、対策工法としての効果、施工実績を踏まえ、「雪崩予防杭工」、「スノーネット工」「雪崩予防杭工＋スノーネット工」の３案について、経済性、構造性、施工性、環境への適用性、維持管理性の５項目において検討を行った。検討の過程においては、これまで当該地では表層雪崩は発生しているものの斜面下部にある落雪防護柵が被災した事実はなく、斜面上からの雪の落ち方（雪崩の発生の形）をコントロールする、つまり、全層雪崩は発生させないが、表層雪崩の発生は許容することとして、最終的に「雪崩予防杭工」を選定した。

なお、再度災害防止対策として斜面上に実施する雪崩予防杭については、平成27年度第1回災害対策等緊急事業推進費を国へ要求し、6月に事業の採択をいただいた。




図－3　対策工標準断面図

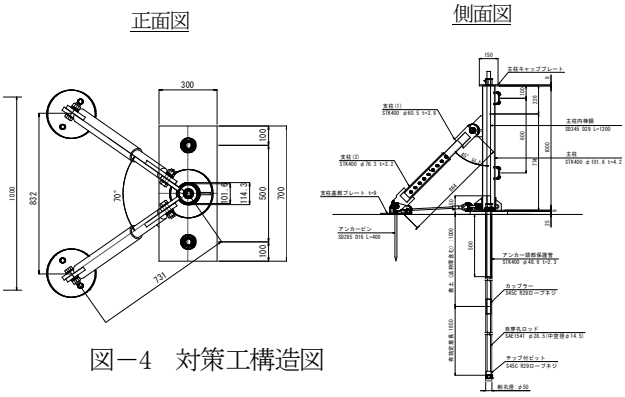
【雪崩予防杭工】

杭高　1.0m

杭間隔　延長方向間隔 3.0m、

横断方向（斜面方向）間隔 4.5m

千鳥配置




図－4　対策工構造図

4.3　対策工の施工

施工にあたっては、道路との高低差が約30mあること、また復旧した落雪防護柵を跨いでの作業となることから、クレーンを使用した削孔方法が困難であった。

そのため、足場を組みエアー式削孔機にて施工を行ったが、資機材を運搬するにあたり、斜面勾配が約50度と急勾配な箇所でモノレールを設置する必要があったことから事故が発生しないよう特に細心の注意を払い工事を進めた。

写真－7　雪崩予防杭工（施工前）

写真－8　施工状況

写真－9　雪崩予防杭工（施工後）

## 5. おわりに

今回の災害については、例年と異なる積雪、気温変化による気象要因が重なり、想定していない全層雪崩が発生したことにより起きたものである。当土木センター管内は県内でも有数の豪雪地帯を管理していることから、同様の災害が発生しないよう、引き続き点検・対策を実施していくとともに、今回施工した雪崩予防杭については、堆雪状況を注視し、その効果について観察・検証していきたいと考えている。

参考文献

1）道路防雪便覧（平成２年５月）社団法人　日本道路協会

# 国道８号親不知地区における集中豪雪対応について

相田　秀樹[1]・飯田　正巳[1]

## １．はじめに

２０１６年１月２４日、国道交通省北陸地方整備局高田河川国道事務所管内は広範囲にわたり大雪となり、特に国道８号親不知地区において観測史上最大の短時間での降雪を記録した。このため、北陸自動車道が通行止めとなり、国道８号親不知地区では大型車によるスタック車両が発生し、１５ｋｍにも及ぶ大渋滞が発生した。

高田河川国道事務所では災害対策基本法の一部改正後、北陸地方整備局管内では初めてとなる、災害対策基本法に基づく道路区間指定を適用し、指定区間内の車両排除及び除雪を実施した。本報分では、その際の対応等について検証し、今後の課題等について報告するものである。

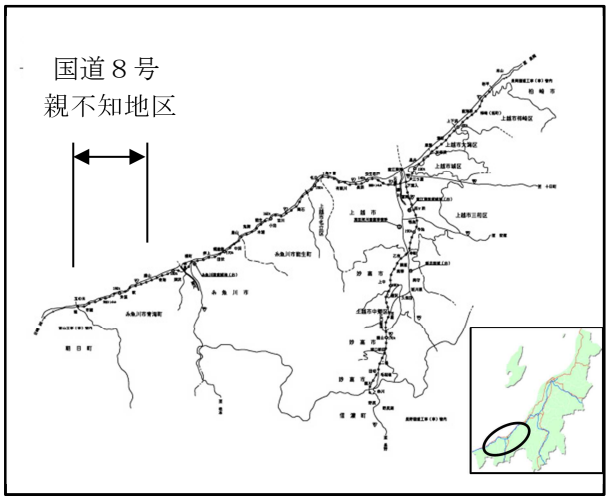



図-1　位置図

## ２．概要

国道８号は新潟市を起点として京都に至る、日本海側で唯一の主要幹線道路である。その中で新潟県糸魚川市親不知地区(図-1)は新潟県の最西端に位置し、延長１５ｋｍにも及ぶ急峻な斜面や断崖絶壁、日本海側特有の厳しい気象から「天下の嶮」として古くから交通の難所として、名を馳せていた。現在、当地区の１０．７ｋｍ間は一般通行規制区間に指定されている。

今回の災害対策基本法に基づく道路区間指定の適用はこのような急峻な地形条件と短時間豪雪が起因となり実施したものである。

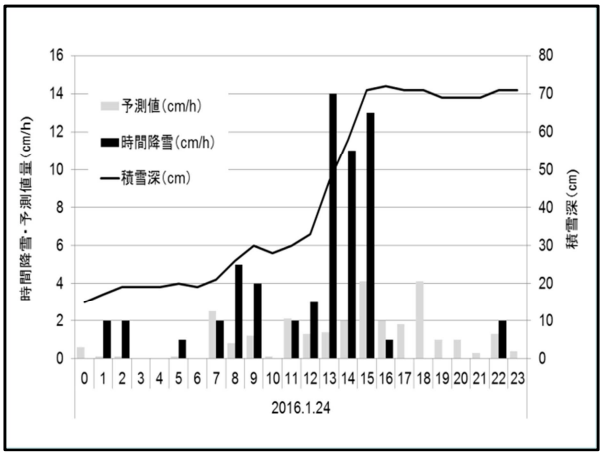



図-2　親不知地区（玉ノ木観測所）気象状況

## ３．２０１６年１月２４日の異常降雪対応

### 3.1気象概要

１月２３日未明から日本上空に非常に強い寒気が入り、２４日には北陸地方整備局管内は冬型の気圧配置となった。高田河川国道事務所管内にも断続的に強い雪雲が流れ込み、広範囲にわたり大雪となった。

国道８号親不知地区も１月２３日未明から降り始め、２４日も断続的に１ｃｍ～５ｃｍ程度と比較的緩やかな降雪状況であった。

しかし、２４日の１３時から１５時の３時間のみ突然天候が急転し、降雪予測値４ｃｍ以下に対して１３時：１４ｃｍ、１４時：１１ｃｍ、１５時：１３ｃｍと短時間（３時間）で３８ｃｍと予測降雪量を大幅に上回る時間降雪量を記録した。(図-2)

### 3.2当日の対応及び時系列

当日の対応は以下のとおりである。(図-3, 4)

a) １３時５５分　親不知地区を通行する北陸自動車道の朝日ＩＣ～糸魚川ＩＣ間が気象（大雪）の悪化で通行止めとなる。それに伴い、高速道路の通行車両が国道８号に流入する。

b) １４時４５分　北陸自動車道の朝日ＩＣ～新潟中央ＪＣＴ間及び上信越自動車道の上越高田ＩＣ～上越ＪＣＴ間通行止めとなる。

c) １５時００分　親不知地区にて大型トレーラーＡがスタックし、上下線２車線を閉鎖する。（写真－１）確認後、除雪ステーションより牽引車両（除雪機械）が出動し、対応する。

[1] 国土交通省北陸地方整備局高田河川国道事務所　道路管理第一課

写真-1　スタック車両（チェーン未装着車）

d) １５時４５分大型トレーラーＡの牽引完了後、再度同箇所で大型車両Ｂが停車し、片側交互通行になる。これを受けて、高田河川国道事務所は事務所内に災害対策支部を設置し、同時刻をもって注意体制を発令する。

e) １６時４５分　大型車両Ｂの脇でトラックＣが停車し、全面通行止めになる。同箇所を中心に上下線で渋滞が発生する。同地区は迂回路がなく、牽引車両が現地に向かうことが困難と判断し、糸魚川市寺島～同市市振間で災害対策基本法に基づく道路区間指定を実施、同時に警戒体制に移行する。

f) １８時００分　糸魚川市大字外波地区～同市市振地区８．７ｋｍ間にて通行止めによる集中除雪を実施。この間渋滞が１５ｋｍにも及ぶ。

g) ２２時５５分　通行止め区間の車両排除及び除雪が完了する。これに伴い、糸魚川市大字外波地区～同市市振地区の通行止めを解除する。

h) ２５日８時３０分　災害対策基本法に基づく道路区間指定を解除し、同時に警戒体制を平常体制に移行する。

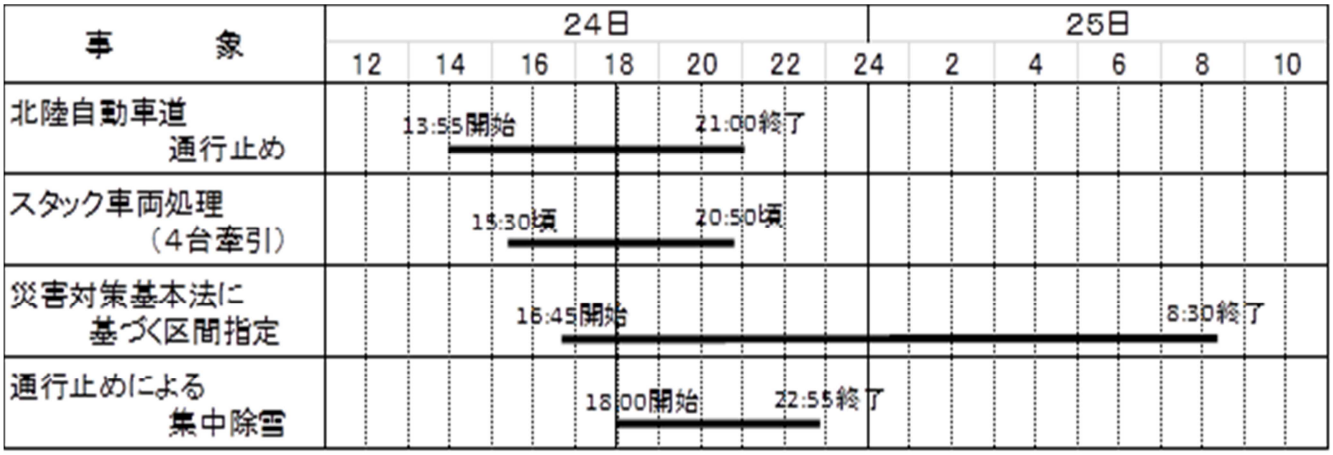



図-3　交通規制等の時系列表

図-4　交通規制等の状況図

## ４．災害対策基本法を執行するための事前準備

高田河川国道事務所では、災害対策基本法を円滑に執行するため、事前準備を実施してきた。

### 4.1手順書の作成

災害対策基本法適用時に一連の業務を円滑に執行するため、手順書（図-5）を作成した。

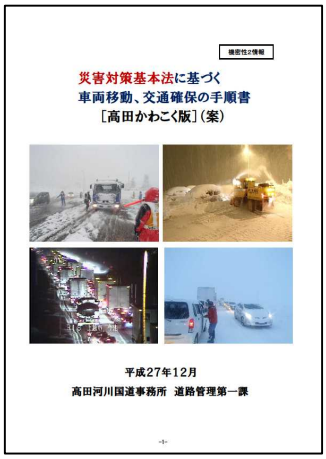



図-5　災害対策基本法の手順書

### 4.2事前訓練の実施

高田河川国道事務所管内は、大雪による大型車等の登坂不能及び立ち往生対応が発生するリスクの高い箇所が在るため、降雪期前の１１月２５日に机上訓練、２６日に実働訓練を実施した。

a)机上訓練

災害対策基本法に基づく道路区間指定等の連絡体制について、本局との合同訓練を実施した。その際、関係道路管理者、警察、消防、自衛隊との情報伝達訓練を併せて実施した。（写真-2）

写真-2　連絡体制の机上訓練状況

b)実働訓練

車両移動装置の使用方法や手順について、北陸技術事務所や防災エキスパートを講師に招き、ＤＶＤの視聴による座学の後、事務所構内でカーリフティング等にて実際に車両を移動させる訓練を実施した。（写真-3, 4）

写真-3　実働訓練（車両移動手順確認）

写真-4　実働訓練（放置車両移動作業）

## ５．課題及び問題点とその対応

国道８号親不知地区での災害対策基本法に基づく道路区間指定については、事前訓練や関係各位の協力もあり、比較的早期に終了することができたが、課題及び問題点が浮き彫りとなった。

### 4.1初動体制における緊急時の連絡体制

今回、体制を実施した親不知地区は一般通行規制区間に指定されており、連続雨量１４０ｍｍの事前通行規制区間であったことから、事務所内の所属課や出張所の任務分担が確立されていた。そのため、通行止めの段取りについてスムーズに対応した。また、関係機関（ＮＥＸＣＯ、自治体、警察、その他等全４１機関）との情報伝達・連携についてもスムーズに対応することができ、通行止めを早期に解消することができた。

今後は今回の事象を検証し、他地区での大型車等によるスタック車両発生から通行止めの解除に至るまで、更なる改善に向けて対策を検討する。

5.2地元住民への情報発信

当地区は前項で記述したとおり、雨量による通行止めを実施している区間であるため、通行止めを実施する際に当所から発信した「通行止め通知」を基に自治体が地元住民へ一斉メールを送信する仕組みとなっている。この連絡先に国道維持出張所の電話番号しか記載しておらず、住民からの生活情報等の電話（コンビニやスーパー等についての問い合わせ）が殺到し、一時回線が繋がりにくくなるなど、本来業務に支障をきたす事態となった。

そこで自治体と協議し、今後の発信では道路に関する問合せとそれ以外の問合せについて、連絡先を分別して情報を発信するように変更した。

5.3トンネルのラジオ再放送

トンネル内で渋滞に巻き込まれた運転者から「ラジオを聞いても通行止めという同じ情報が流れるのみで、一般のニュースを聞くことができない。」との苦情が受けた。これは全線通行止めという重要な情報のため、トンネル及び洞門内のラジオ再放送を発生時からすべて「割込放送」に変更したために起こった事象である。

苦情受付後、放送をハイウェイラジオに切り替え、一般放送が聞けるように措置を講じたが、今後は割込放送にインターバルを持たせることや伝えるべき情報項目について、検討したい。

5.4牽引車両の配置

今回、スタック車両が発生した親不知地地区は、狭い幅員と急カーブ、急勾配が連続する交通の難所である。また、迂回路がないため、登坂不能車による渋滞が発生しても牽引車両（除雪機械）が発生地点に容易に到達することができない。そこで渋滞区間内の牽引車両の通行を確保するため、所轄警察に要請しパトカーによる先導を受けたが、牽引車両が現地に到着するのに多大な時間を要した。

今回の事例を教訓に、当地区における登坂不能及び立ち往生対策を新規に策定し、当該地区近くのパーキングに牽引車両を待機（オペレータの宿泊含）させる措置を執った。（写真-5）

5.5通行止め時の要員配置

今回、国道及び高速道路が通行止めのため、現地への応援要員が速やかに配置できない状況であった。そこで下記対策を講じた。

事務所から国道維持出張所への応援及び現地での通行止め交替要員及び車両配置をするため、ＮＥＸＣＯ管理事務所に緊急依頼し、閉鎖中の北陸自動車道を特別に通

写真-5　牽引車両待機状況

行許可を得て通行し、配置した。第２陣については北陸新幹線を利用して現地に向かった。

６．登坂不能車への是正処置

高田河川国道事務所では、平成２６年度より適切なチェーン装置を怠り、路上で立ち往生した大型トレーラー等の安全運転管理者あてに「是正要請文書＋登坂不能啓発チラシ」を送付している。今回の登坂不能車は災害対策基本法による牽引となった。そこで重大な交通障害を発生させたことへの認識をもってもらうため、原因となった車両の所有者を特定し、是正要請文書及び登坂不能啓発チラシ(図-6)を送付した。その結果、文書を送付した３社のうち、２社より謝罪の電話をいただいた。

図-6　是正要請文書及び登坂不能啓発チラシ

７．おわりに

今回の災害対策基本法に基づく道路区間指定の対応は、関係機関の協力により、適用から約１６時間で解除することができた。今後も関係機関と連携を密に行い、冬期間の安全な交通を確保できるように努めていきたい。

# 2014年12月18日オソベツ川における
# 晶氷流下に伴うアイスジャム現象について

鳥谷部　寿人＊1、岡部　博一＊2、吉川　泰弘＊3

2014 年12 月18 日に低気圧に伴う大雪の影響により釧路川水系オソベツ川で雪由来の晶氷が大量に発生・流下し、アイスジャムが発生して水位が上昇した。
本研究では、晶氷発生計算モデルを用いて現地の気象・水文および調査に基づき、晶氷発生要因を明らかにした。また過年度にも冬期における急激な水位上昇が発生していることから、その要因について分析し、今回のアイスジャム現象との関連について比較した。

キーワード：晶氷、河川管理、オソベツ川

## 1. はじめに

北海道の結氷河川では、冬期において氷板、晶氷等の流下によって引き起こされるアイスジャムの発生が報告されている。この現象は、冬期間の水道用水や工業用水[1), 2)]、発電[3)]などの取水障害を引き起こし利水の安定的供給を脅かす大きな社会的リスクとして懸念される。また、2010年2月に渚滑川[4)]でもアイスジャムにより急激に水位が上昇した。近年冬の北海道でも大型低気圧のために吹雪による雪氷災害が発生しており、このような異常気象や温暖化による将来の気候変動がもたらすリスクを考えると、その発生要因等を調査・分析し、発生のメカニズムの解明、発生防止対策や被害軽減対策を立案する意義は大きい。

アイスジャムには河川解氷時の氷板の破壊と流下に起因するもの[5)]と、河川結氷初期の晶氷の増加と流下に起因するもの[6)]がある。2014年12月釧路川水系オソベツ川において暴風雪に伴う晶氷の増加によって**写真–1**のようなアイスジャムが発生した。冬期間の河川へのアクセスは限られており、このアイスジャムの材料となる晶氷がいつ、どのように発生したのかを整理し、水位上昇との関係を明らかにすることは冬期の河川管理を円滑に行う上で有意義な知見である。なお、晶氷の発生条件に関しては、晶氷発生計算モデル[6)]により、天塩川水系名寄川真勲別頭首工における現地観測において良好な結果が得られている。

本研究は、晶氷の増加によって発生したアイスジャム現象の解明を目的とする。はじめに現場の状況を確認するために行った気象・水文および現地調査について述べ、次に晶氷発生計算モデルを用いたアイスジャムの発生要因について述べる。最後に過年度の河川結氷初期の水位上昇とアイスジャム現象の関連について述べる。

**写真–1　2014 年 12 月 18 日　オソベツ川（釧路河川事務所撮影）**

**図–1　オソベツ川流域 (1/50, 000)**

＊１国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所　道東支所国立研究開発法人
＊2土木研究所　寒地土木研究所　寒地河川チーム
＊3北見工業大学　社会環境工学科

## 2. アイスジャム発生時の状況

### (1) 調査箇所

北海道東部を流れるオソベツ川は、**図-1**に示すとおり一級河川釧路川(幹線流路延長154km、流域面積2,510km$^2$)[2]の一次支川である。本川流路延長26.3km、流域面積168.2km$^2$であり、釧路川KP37.2地点右岸で合流している。なお、釧路川のKP(キロポスト)は河口からの距離(km)である。また、釧路川との合流点は釧路湿原内の釧路川中流部に位置しており、河床勾配は釧路川合流点付近で1/1200程度、上流部で1/200程度である。

### (2) 気象・水文

2014 年 12 月 17 日釧路地方では 948hPa まで急速に発達した低気圧により、16 日夕方から 18 日夕方にかけて暴風雪警報が発令され、17 日夜半から 18 日夕方にかけて大雪警報が発令された。オソベツ川に近いアメダス標茶観測所においてもその影響が観測された。アメダス標茶観測所の 1 時間当たりの気温、降雪・積雪、風向・風速と下オソベツ観測所(KP5.3)の 10 分水位を**図-2** に示す。なお、オソベツ川の KP は釧路川合流点(KP37.2)からの距離(km)である。気温は 12 月 14 日から 16 日にかけて日周期を繰り返しながらマイナスの値で推移していたが、低気圧の通過に伴い、17 日から 18 日にかけては一日を通してほぼ 0℃に近い値を記録した。降雪深ならびに積雪深は、16 日以前は 0cm であったが、16 日夜半から雪が降り始め 17 日には日降雪深が 32cm となり、積雪差日合計値としては観測史上 4 番目となる値を記録した。（観測開始は 1987 年 12 月からで 1 番目は 58cm で 2004 年 12 月 5 日）風向はこの時期南から西南西の風が卓越しているが、17 日から 18 日までは低気圧の移動に伴い、方角的には反時計回りに推移した。風速は 16 日午前中の平均で 2.0m/s 程度であったが、17 日には日平均風速 8.0m/s、18 日には日平均風速 5.2m/s の強い風が吹いていた。水位は 14 日 0:00 から 17 日 7:00 までは 12 月の平均水位(H=16.15m)程度であったが、17 日の 7:00 から 7:10 までの 10 分間で 13cm 上昇した。その後も水位の上昇が続き、18 日 7:20 に 16.63m だった水位がピーク時の 7:50 には 16.97m に達しており、この 30 分間で 34cm の急激な水位上昇を記録した。なお、水位はいずれも暫定値である。

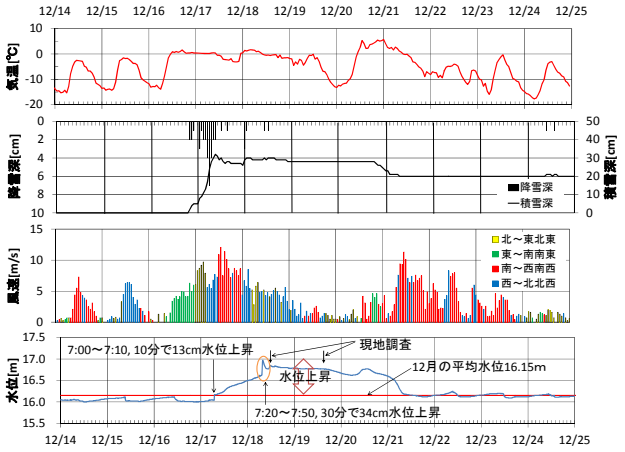



**図-2　気温、降雪深・積雪深、風向・風速、水位**
**(2014 年 12 月 14 日から 24 日)**

### (3) 現地の状況

**図-3**に調査箇所を示す。**写真-2**に河道の状況を示した。①合流部KP0.2と④恵橋KP8.0で河氷は確認されていない。②下オソベツ橋KP3.0、③厚生橋KP5.4は18日13時において上下流方向に晶氷が滞留していた。また、厚生橋KP5.4下流の下オソベツ観測所(KP5.3)における18日13時において水位(16.82m)はピーク時と比べて15cm低下していた。なお、すべての調査箇所において河道を覆うような氷板は確認されていない。

**写真-3**に河道踏査範囲の河道状況を示す。18日正午過ぎに下オソベツ観測所(KP5.3)から下流方向に向かって河道を調べた。KP5.2、KP5.0ではともに河氷が河道内に滞留あるいは堆積している状況が確認された。また、両河岸ともに樹木が繁茂しており、17日に大量に積もった雪の重みで樹幹が折れ、河道内に倒れこんでいる状況が確認できた。また上流側に向けて撮影した画像の枝に雪の痕跡がある一方で下流側に向けて撮影した画像にはないことから、降雪時は上流から下流に向かって強い風が吹

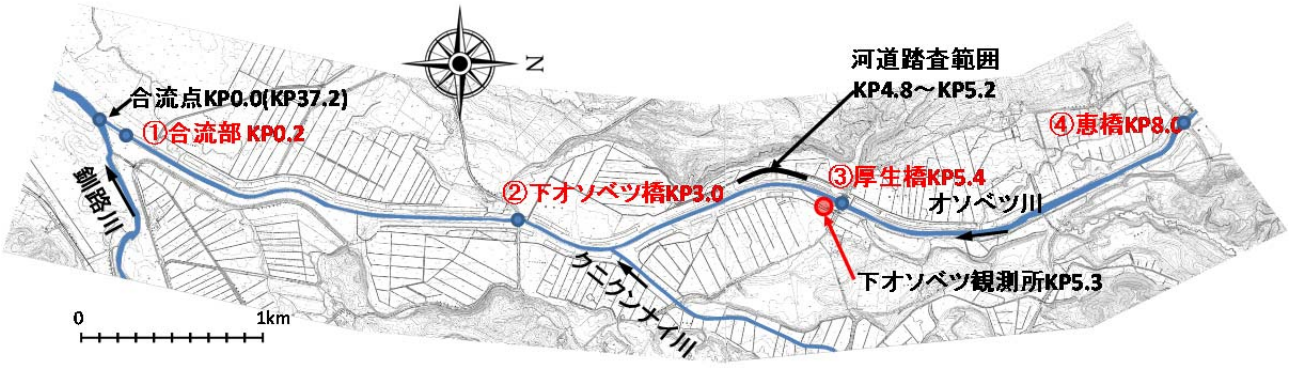



**図-3　調査箇所(1/2, 500)**

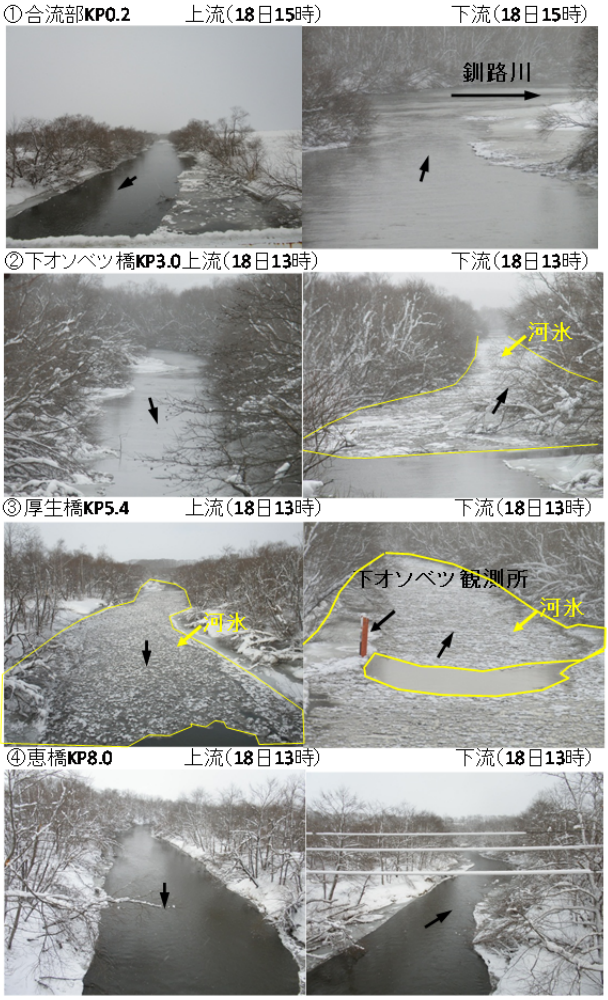



写真-2　河道の状況（前道東支所佐藤氏撮影）

いていたと推察された。なお、KP4.8では河道内に河氷は確認されなかった。

## 3. 晶氷の発生とアイスジャム現象

調査を行った結果、一時的に大量に降った雪や吹雪による雪が河川に供給され、雪由来の晶氷が大量に発生し、アイスジャムを引き起こしたことが考えられた。そこで、晶氷発生計算モデルを用いて晶氷の大量発生とアイスジャム現象の関係について検討を進めた。

### (1) 晶氷発生計算モデル

晶氷発生計算モデル [6]は、以下の開水面における熱収支と降雪の影響を考慮したモデルを用いた。

$$\frac{dh_f}{dt}=\frac{-\phi_s+\phi_b}{\rho_i L_i(1-\lambda_f)}+\frac{\phi_e+\phi_c}{\rho_i L_i(1-\lambda_f)}+\frac{(1-\lambda_a)dh_a}{(1-\lambda_f)dt}+\frac{\rho_s}{\rho_i(1-\lambda_f)}\frac{dh_s}{dt}+\frac{-\phi_w}{\rho_i L_i(1-\lambda_f)} \quad (1)$$

$\rho_i$［kg/m$^3$］：氷の密度、$\rho_s$［kg/m$^3$］：雪の密度、$\lambda_a$［無次元］：アンカーアイスの空隙率、$\lambda_f$［無次元］：晶氷の空隙率、$t$ [sec]：時間、$L_i$［J/kg］：氷の潜熱、$h$［m］：厚さ。添え字は各層の値であり、sは降雪、$a$はアンカーアイス、$f$は河川内の晶氷である。$\phi$［W/m$^2$］：熱フラックスであり、$\phi_s$：短波放射量、$\phi_b$：長波放射量、$\phi_e$：潜熱フラックス、$\phi_c$：顕熱フラックス、$\phi_w$：流水から晶氷への熱フラックスである。各値の計算方法は既往文献 [6]と同じにした。本計算モデルの入力値は、気温、風速、日照時間、降雪深、河川の水深、河川の流速、対象地点の緯度である。

KP5.2の下流側 12/18 12:20

KP5.0の上流側 12/18 12:37

KP4.8の下流側 12/18 12:45

写真-3　河岸の状況（北開水工コンサルタント撮影）

表-1　吹雪の発生条件

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 降雪有 | $0 > T > -5$ | かつ | $U_7 \geqq 6.0$ | かつ | $Sd \geqq 1$cm |
| | $T \leqq -5$ | かつ | $U_7 \geqq 5.0$ | かつ | $Sd \geqq 1$cm |
| 降雪無 | $0 > T > -5$ | かつ | $U_7 \geqq 11.0$ | かつ | $Sd \geqq 1$cm |
| | $T \leqq -5$ | かつ | $U_7 \geqq 10.0$ | かつ | $Sd \geqq 1$cm |

### (2) 吹雪による雪の供給について

アメダス標茶観測所では 12 月 18 日の気温は低く、日平均風速 5.2m/s が観測されている。さらに、写真-1 な

らびに**写真-3** から量水標や周辺の樹木に上流方向から吹き込んだとみられる積雪が確認された。降雪以外にも吹雪により雪が水面に運ばれた可能性が考えられる。晶氷発生計算モデルには吹雪による気象現象は考慮されていない。本研究では、あらたに吹雪による河川への晶氷の増加について、晶氷発生計算モデルに組み込んだ。松澤ら [8]は観測から得られた風速と吹雪量の経験式から飽和状態の吹雪量を式(2)で示している。

$$Q = 0.005U_{1.2}^{4} \qquad (2)$$

$Q$[g/m/s]:吹雪量、$U_{1.2}$[m/s]：高さ 1.2m の風速である。

吹雪量として供給される雪は降雪と積雪である。風速が速い場合でも、降雪や雪面からの雪が供給されなければ吹雪は発生しない。吹雪の発生条件は**表-1**に示す竹内 [9]による気温と風速による吹雪発生条件の判定に基づくものとした．著者ら[10]は降雪時の吹雪の判定において降雪終了からの継続時間を考慮しているが，次章で過年度の現象と比べるため，ここでは簡便に，降雪の有無に着目して吹雪量を推定した．ここで $T$[℃]：気温、$U_7$[m/s]：高さ7.0mの風速、$Sd$：積雪深[cm]である。また、風速分布は以下の対数則[11]を用いた。

$$U = \frac{u^*}{\kappa}\left(\ln\frac{z}{z_0}\right) \qquad (3)$$

$U$[m/s]：風速、$u^*$ [m/s]：摩擦速度、$\kappa$:カルマン定数(0.4)、$z$[m]：高度、$z_0$ [m]：粗度は周辺の土地利用状況より畑・草地 0.1～0.3 の中央値 0.2 として与えた。

式(2)で得られた吹雪量$Q$を降雪相当に換算して晶氷発生計算モデルに組み込む手法を記す。前提条件として、吹雪によって運ばれる雪はすべて河道に供給されたと仮定した。雪の密度について谷瀬ら[12]は、積雪深計と積雪重量計を用いた雪の密度の観測を行い、雪の密度は降雪後の気温変化や圧密に伴い時間と共に変化することを観測しており、観測結果から降雪直後の雪の密度は100kg/m$^3$程度の結果を得ている。例えば吹雪量 $Q$=1g/m/s の場合、10分間の累計吹雪量は0.6kg/mであり、雪の密度を100kg/m$^3$ として体積に置き換えると雪の体積は0.006m$^3$/mとなる。これをcm単位にして高さの次元で表すと0.6cmとなる。このようにして10分累計吹雪高 $H_s$[cm]を求めた。なお、(2)式は樹木の無い場合における吹雪の経験式であるため、河畔林による吹雪の捕捉は考慮されていない。本研究では枝に残された雪の痕跡から卓越した風は上流方向であり、河畔林による影響は少ないと考えた。なお、定量的な評価を行う場合は別途、現地観測あるいは実験等により捕捉率を考慮する必要がある。

### (3) アイスジャム発生時の晶氷の増加

本計算モデルを用いてアイスジャム発生時の晶氷の発生量を推定した。計算モデルの気象データ入力値は、アメダス標茶観測所の値を用いた。気温・風速は 10 分ごとの値とし、日照時間は 1 時間ごとの値を 10 分ごとの値とした。降雪深は、1 時間ごとの値を 10 分単位で等分した値と、式(2)から求められた 10 分累計吹雪量$Q$を基に計算した 10 分累計吹雪高$H_s$を加えた値とした。水理データは 12 月 3 日、11 日、22 日に下オソベツ観測所で行なった定期流量観測値を用いた。この値を平均して断面平均流速 0.573[m/s]、断面平均水深 0.303[m]の入力値とした。対象地点の緯度としてアメダス標茶観測所の緯度(北緯 43.30°)を与えた。なお、アンカーアイスは水温が 0℃以下の過冷却状態において最低気温約 - 10℃以下の時に発生する [13]とされており、今回は低気圧の通過に伴い、気温がアイスジャム発生前では、0℃付近であったことからアンカーアイスは発生していないと仮定して、無視した。

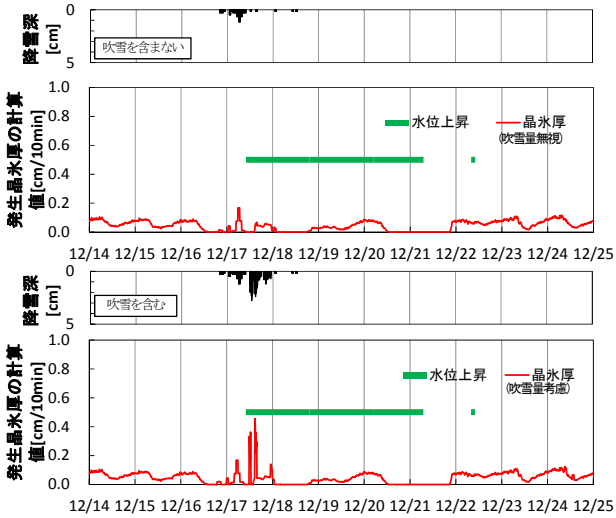



**図-4　晶氷発生計算モデルによる計算結果**

（上段：吹雪を考慮しない　下段：吹雪を考慮した）

平成 26 年 12 月 14 日 0:10 からの晶氷発生計算モデルによる発生晶氷厚の計算結果を**図-4** に示す。図中に吹雪量を考慮した場合としない場合の発生晶氷厚と降雪深の計算結果ならびに水位上昇期間を示した。水位上昇期間は平成 26 年 12 月の平均水位(16.15m)より水位が高い期間とした。下オソベツ観測所の水位は 12 月 17 日 7:00 から上昇し始め、12 月 18 日 7:50 にピークを迎えている。

発生晶氷厚の計算値の平均はいずれも 0.04cm/10min であるが、最大値で比較すると吹雪量を考慮した場合は平均の約 12 倍の 0.50cm/10min (12 月 17 日 14:50)であった。一方で吹雪量を考慮しない場合の最大値は平均の約 4 倍の 0.17cm/min(12 月 17 日 6:30) であり、吹雪量を考慮したことで、水位上昇期間の発生晶氷厚が増加しアイスジャムが発生したことがわかった。

## 4. 冬期の水位上昇に関する経年比較

### (1) 冬期の水位トレンド

下オソベツ観測所の冬期間（12月から翌年3月末まで）の11ヶ年分の時刻水位を比べたものを**図-5**に示す。**図-5**

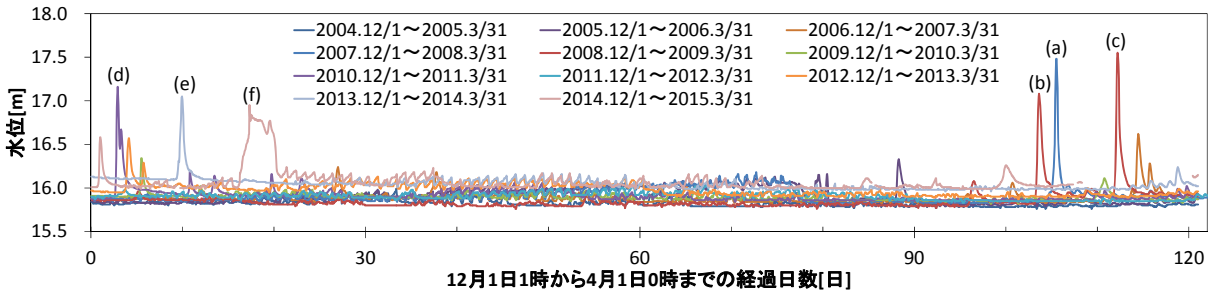



図-5　下オソベツ観測所水位の経年比較

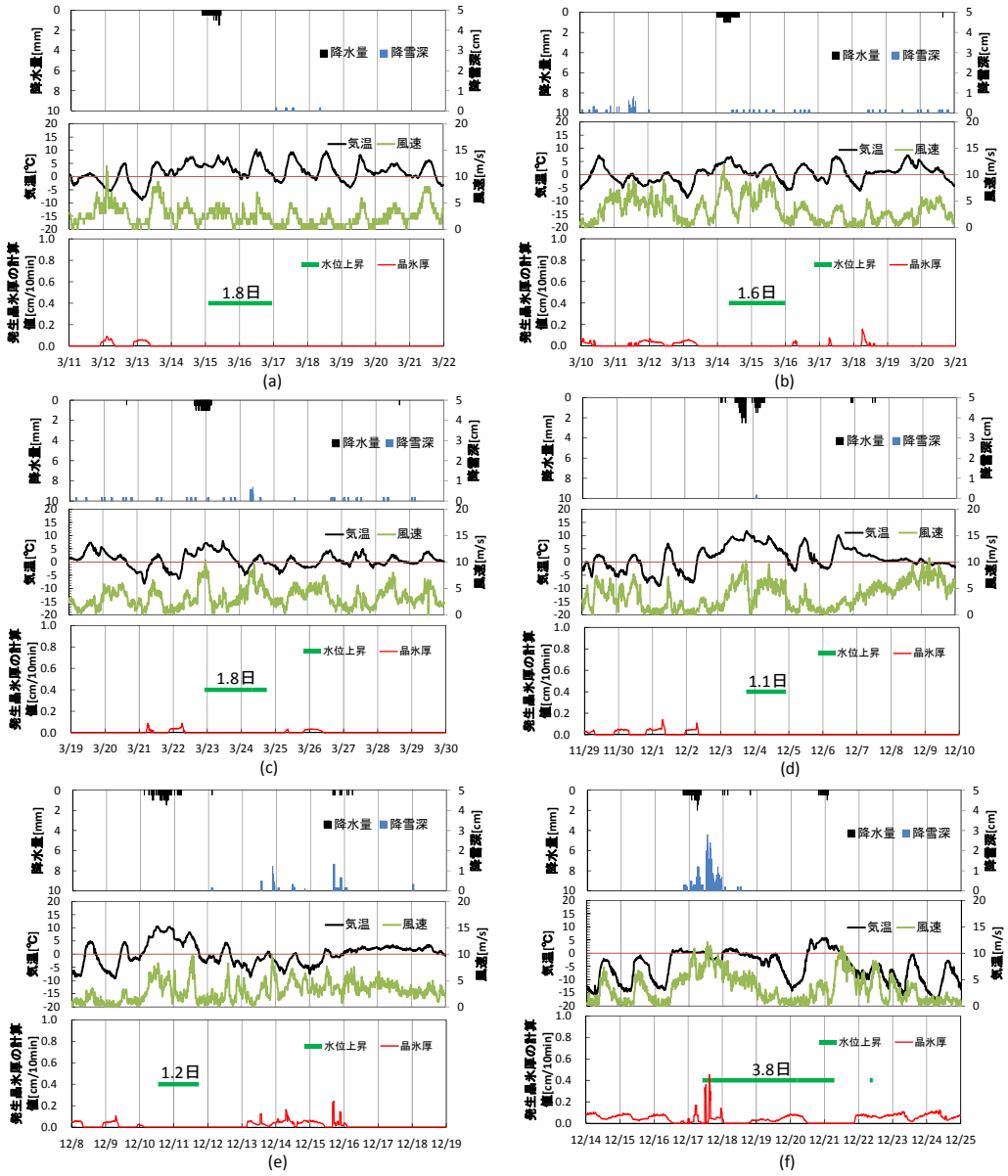



図-6　冬期の水位上昇の経年比較

(a)2008年，(b)と(c)2009年，(d)2010年，(e)2013年，(f)2014年

から(f) 2014年12月18日のピーク水位16.97mを上回ったのは(a) 2008年3月15日（17.48m）、(b) 2009年3月14日（17.05m）、(c) 2009年3月23日（17.55m）、(d) 2010年12月3日（17.08m）、(e) 2013年12月11日（17.01m）であり、12月に2回、3月に3回発生している。ちなみに各年の定期流量観測資料によれば、全面結氷に至った記録はない。次に、この水位上昇はどのようなことが要因となって発生したのかについて、先程の晶氷発生計算モデルや気象データ等を用いて推定した。

### ⑵ 冬期の水位上昇の要因

図-5の(a)～(f)について、高水位を含む前後11日間のアメダス標茶の降水量、降雪深、気温、風速、ならびに発生晶氷厚の計算値、下オソベツ観測所の水位上昇期間を

図-6に示した。なお、ここでは水位上昇期間に着目しており、この間の気温はほぼ0℃であった事から、晶氷発生計算モデルにおいてアンカーアイス由来の晶氷は考慮していない。しかし、厳冬期においてアンカーアイスが大量に発生した場合、河積を狭め、また、融けて河氷となって集中流下し、流れの阻害要因となることが考えられるので、今後はアンカーアイスの発生についても注視していく必要がある。(a)～(d)の水位上昇期間に共通しているのはまとまった降水量と気温の上昇である。一方で発生晶氷厚の計算値はほぼ0となっていた。(f)の水位上昇期間はまとまった降雪と氷点下の気温が観測されており、発生晶氷厚の計算値も増加している。その後12月20日11:40から気温はプラスに転じ、21日0:30に最高気温＋5.8℃まで上昇している。この気温上昇でアイスジャムが解消されるまで高水位は継続しており、過年度とは異なる現象が発生した。しかしながら、下オソベツ観測所の下流域の河床勾配は1/1200程度であり、上流域の1/600～1/200より緩勾配となっている。とりわけ冬期間は流量が減り水深も浅くなることから、ひとたび同じような気象条件が整えばアイスジャムが起きやすい区間といえる。

## 5. まとめ

オソベツ川における晶氷流下に伴うアイスジャム現象について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

1)大型低気圧による暴風雪由来の晶氷が大量に発生したことでアイスジャムによる水位上昇が発生した。経年的な違いを比較すると、降雨や融雪による高水位継続期間が5ヶ年の平均で1.5日なのに対し、アイスジャムによる高水位継続日数は3.8日であり、その差は約2.5倍であったことが示された。

2)晶氷発生計算モデルに吹雪の影響を取り込むことで、水位上昇に影響を及ぼす晶氷の増加を再現できた。

3)雪由来のアイスジャムが発生する条件として、気温が氷点下以下であること、降雪時は平均風速で5mもしくは6m以上の風があること、降雪がない場合は10mもしくは11mの風があること、全面結氷していないことがあげられた。

2014年12月の水位上昇は近年の異常気象や気候変動によって引き起こされるリスクの一つとして考えられ、同様な気象パターンには注意が必要であることを示唆している。今回得られた知見は、アイスジャムの発生防止対策や被害軽減対策について適用可能なものである。アイスジャム現象は条件さえ揃えば結氷河川において常に起こり得るといえる。今回は11ヶ年分のデータを比較することで、アイスジャムによる水位上昇の違いについて明らかにしたが、今後はさらに過去のデータについても見ていく必要がある。

**謝辞**：本研究を進めるにあたり、前任の佐藤好茂氏（現帯広河川事務所）、釧路河川事務所山崎猛氏（現池田河川事務所）、北開水工コンサルタント加藤三明氏から当時の貴重な資料を提供していただきました。寒地土木研究所雪氷チーム松澤勝博士には吹雪の発生現象について助言を頂きました。福田水文センター鈴木広卓氏には観測資料を提供して頂きました。北海道開発局釧路開発建設部の関係職員の皆様には資料の提供ならびに助言を頂きました。北開水工コンサルタント釧路支店の皆様には現地調査にご協力をいただきました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

1) 入交泰文，吉川泰弘，黒田保孝：天塩川水系名寄川真勲別頭首工における晶氷の発生について，第 58 回(平成 26 年度)北海道開発技術研究発表会，2015.
2) 中田満洋，菊谷智孝：結氷河川における取水確保対策について―永山床止めからの安定取水確保対策―，第 45 回(平成 13 年度)北海道開発技術研究発表会，2002.
3) 伊藤丹，吉川泰弘，黒田保孝，村瀬竜也：2013 年 4 月にAダムで発生したアイスジャムによる取水障害，土木学会北海道支部論文報告集，第 70 号，2013.
4) 吉川泰弘，渡邊康玄，早川博，平井康幸：渚滑川のアイスジャムに関する現地観測，寒地土木研究所月報，No701，pp.2-9，2011.
5) 吉川泰弘，渡邊康玄，早川博，平井康幸：河川解氷時の河氷の破壊と流下に関する研究，水工学論文集，第 55 巻，pp.S_1075-S_1080，2011.
6) 吉川泰弘,黒田保孝,橋場雅弘,入交泰文：寒冷地河川における晶氷発生計算モデルの開発と取水障害の発生条件，水工学論文集，Vol.59，pp.I_1327-1332，2015.
7) 吉川泰弘，黒田保孝，伊藤丹，渡邊康玄：結氷河川における河道形状を考慮したアイスジャム発生条件に関する研究，河川技術論文集第 20 巻，pp.241-246，2014.
8) 松澤勝，金子学，伊東靖彦，上田真代，武知洋太：風速と吹雪量の経験式の適用に関する一考察，第 26 回寒地技術シンポジウム，pp.45-48，2010.
9) 竹内政夫：降雪時の高い地吹雪の発生臨界風速，昭和 61 年度日本雪氷学会全国大会予稿集, pp.252，1986.
10) 鳥谷部寿人，吉川泰弘，阿部孝章，黒田保孝，船木淳悟，佐藤好茂，津村喜武：オソベツ川における吹雪による晶氷増加とアイスジャム発生危険箇所の抽出に関する研究，水工学論文集，Vol.60，2016.（投稿中）
11) 近藤純正ホームページ，URL: http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke01.html(参照日 2015 年 7 月 2 日)
12) 谷瀬敦，山下彰司：積雪重量計を用いた積雪層の観測について，水工学論文集，第 51 巻，pp.355-pp.360，2007.
13) 吉川泰弘，渡邊康玄，早川博，平井康幸：結氷河川における解氷現象と実用的な氷板厚計算式の開発，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.68，No.1，pp.21-34，2012.

# ふぶき待避所
## —紋別協働型道路マネジメントにおける取組—

紋別協働型道路マネジメント 代表 田中　夕貴＊1

1. 紋別市の概要

紋別市は、オホーツク海沿岸のほぼ中央に位置した人口2万3千人のまちです。主な基幹産業は漁業や農業、林業など一次産業が中心ですが、その他、食や花・流氷など地域資源を活かした観光推進にも積極的に取り組んでいます。特に漁業では、紋別市を含むオホーツク海沿岸は日本一のホタテ貝の産地であり、国内シェアの約70%を水揚げしています。その他、サケ、マス等の水揚量も安定的に多く、中国やＥＵ諸国へも高値で輸出されるなど、豊かな海と育てる漁業により国内屈指の漁場が形成されています。このように豊かな漁場であるのは冬期間オホーツク海が流氷に覆われ海水温が冷やされる事や、プランクトンが大量発生する事による恩恵です。

しかしながら、人々の暮らしにおいては、その独特な自然環境は恩恵ばかりではなく過酷なものでもあります。オホーツク海沿岸は寒さも厳しく、流水の接岸により内陸性の気候となる事で天候も変わりやすく、特に近年では二つ玉低気圧の影響で暴風雪の発生が目立ってきています。平成25年3月に発生した暴風雪では、道東の各地で長時間の通行止めやスタック車両が発生し、9名の尊い命が奪われました。紋別市においても、猛烈な吹雪とホワイトアウト現象の発生により交通事故が発生し、交通が麻痺する状況が続きました。

このような地域特有の厳しい環境の中、紋別市では平成元年に鉄道が全線廃線となって以来、道路が地域産業や地域住民の生活を支える唯一の交通手段です。特に市街地を横断する一般国道238号（図-1）は地域の生命線であり、冬期間の交通安全確保に向けた道路環境整備は非常に重要な課題です。

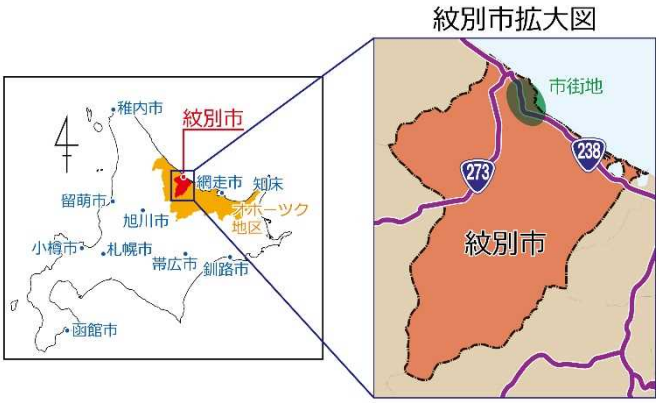



図-1 紋別市位置図

2. 紋別協働型道路マネジメントにおける取組

(1) 設立経緯

「誰もが安心・安全に暮らせるための道」や「豊かな未来を育む魅力あるまちづくり」を目指し、地域住民と行政が共に考え、共に行動し、地域課題を解消していく活動として、平成25年度に「紋別協働型道路マネジメント」（以下、「紋別協働」という。）が設立されました。

設立に当たっては、ワーキンググループを実施し、地域住民及び行政が考える地域課題を抽出し、課題解決に向けた共通認識を持って同じ目標に向かって取り組むことを目的に、基本プラン（図-2）を策定しました。

(2) 体制

地域住民側として紋別商工会議所、紋別商工会議所青年部、紋別観光協会、紋別青年会議所、Rosehips（道路を考える女性の会）、オホーツクのみちと未来を考える会が、行政側として国道、道道、市道の各道路管理者である北海道開発局網走開発建設部、北海道オホーツク総合振興局、紋別市役所が参加する企画運営委員会を組織しています。また、アドバイザーとして北見工業大学の髙橋清教授や北海道科学大学の石田眞二教授に参加いただいています。

(3) 地域と行政による意見交換会

基本プランを踏まえ、上記の企画運営委員会を中心に、より効率的・効果的な道路整備や維持管理等について意見交換を行い、検討を進めています（図-3）。

また、基本プランで策定した項目毎に、少人数編成でより活発な意見交換を目的とした推進グループ会議（図-4）を開催し、企画運営委員会にて報告を行っています。

(4) 紋別協働における取組

これまでに、冬道を安全に過ごすための「焼き砂入りペットボトル」の配布活動、層雲峡・オホーツクシーニックバイウェイと連携したホームページ「層雲峡・オホーツクiネット」の開設、地元女性団体Rosehipsが発行している地元ガイドマップ「ゴマップ」による道路情報等の提供など、様々な取組を検討・実践しています。

3. ふぶき待避所について

(1) 目的

地域住民の移動や産業、観光などの大部分を道路に頼らざるを得ない紋別市において、暴風雪時における避難車両の誘導・待避や幹線道路の交通確保を目的に、「ふぶき待避所」を実施しています。

(2) 取組の経緯

平成25年3月にオホーツク地方を襲った暴風雪を教訓に、

＊1　紋別協働型道路マネジメント

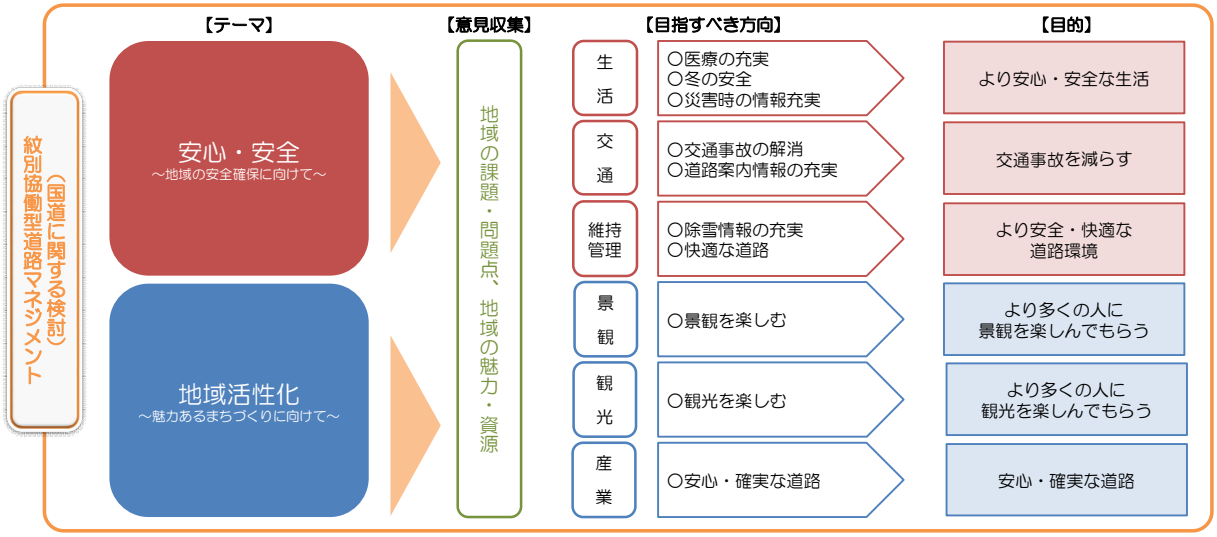



図-2 基本プラン

図-3 企画運営委員会での意見交換風景

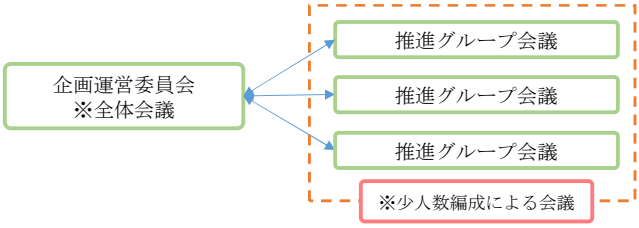



図-4 検討体制

地域として今後どのような備えが必要であるか、企画運営委員会において意見交換会を実施しました。

意見交換の中で、暴風雪の日に紋別空港から一般国道 238 号へ出る交差点周辺で事故が発生し、警察も到着が遅れている状況の中、後続の地元バスドライバーが「今後さらに大きな事故につながりかねない」との判断のもと、日頃から親交のある近くの運送会社に緊急的な待避場所の提供を依頼し、事故車両やスタック車両、観光バス等を待避させることによって、結果的に事故の影響を最小限に留めることができたという情報がありました。

この情報を踏まえ、これからは暴風雪時の対策のひとつとして、吹雪時に誰でも待避できる場所を事前に把握・提供することはできないかと考え、平成 25 年度から「民間企業等の駐車場を活用した『ふぶき待避所』」の実証実験（図-5）に取り組むこととしました。

(3) 実証実験について

a) 実証実験の実施に向けた準備

民間側の発想として、有事の際に地域の子どもたちを家に受け入れて守る「こども 110 番」のイメージで、吹雪時に危険な路上に車を停めるより、敷地内への待避を受け入れる取組ができないかと考え、地域住民と行政が幾度にもわたり意見交換を行い、運用方針等について検討を行いました。

実証実験に先立った議論・検討の中では、第一に「ふぶき待避所」の場所の選定、続いて現地で適切に誘導を行うためのサイン看板のデザインやサイズ、夜間や異常時において誘導できるよう回転灯の設置等を検討し、「ふぶき待避所」を道路利用者に広く周知するための方法を検討しました。

サイン看板については景観に関わる有識者の意見を頂きながら、地域住民へのヒアリング結果等を参考に決定しました。

b) 実証実験の実施

甚大な被害をもたらした暴風雪の翌シーズンである平成 25 年 12 月から、ドライバーの安全確保を目的に、民間企業等の駐車場を活用し、「ふぶき待避所」と称した暴風雪時の緊

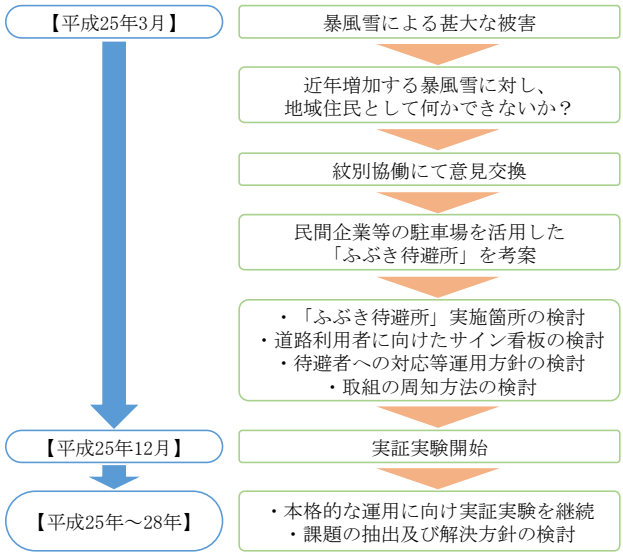



図-5 「ふぶき待避所」実証実験実施フロー

急待避所の実証実験（図-6）を開始しました。

企画運営委員会のメンバーの中で、国道沿いに広い駐車スペースを保有している民間企業 2 箇所の駐車場を「ふぶき待避所」として、それぞれの駐車場に「ふぶき P」と表記したサイン看板を設置し、吹雪で前が見えない、このまま進むと危険と判断した場合に利用してもらうものです。

また、運用の中で検討を重ね、平成 26 年には、有識者のご意見も頂きながら、「ふぶき待避所」であることがひと目で道路利用者に伝わるよう、サイン看板をシンプルなデザインに変更し、併せて景観にも配慮した色使い及びサイズに変更しました。平成27年には紋別市営大山スキー場の駐車場を追加し、現在では合計3箇所（図-7）で取組を行っています。

(4) 周知方法

このような新しい取組は、まず道路使用者の方々に認知していただくことが重要です。紋別協働では、「ふぶき待避所」の取組を道路利用者の方々に広く知っていただけるよう、チラシの作成・配布（図-8）、道の駅でのポスター展示、市の広報誌へ掲載するなどの周知活動を行っています。

(5) アンケートの実施

「ふぶき待避所」の取組について、利用者からみた課題や意見を抽出するため、平成 26 年に北見地区トラック協会へ、

図-6 実証実験イメージ図

図-7 実証実験協力会社・施設

図-8 配布用の「ふぶき待避所」チラシ

平成 27 年には紋別市民へのアンケート調査を実施しました。

(6) アンケート結果

北見地区トラック協会アンケート及び紋別市民アンケートの結果（一部抜粋）は以下のとおりです。運用上の課題は残るものの、「ふぶき待避所」の取組は有効と答えた方が多く、待避所の数を増やすべきと考える方も多いことから、道路利用者から必要とされる取組であると考えられます。

a) 走行中に暴風雪で危険を感じたことはあるか

トラック協会及び紋別市民ともに、走行中に暴風雪による危険を感じたことがあると答えた方は 8 割以上という結果となり、冬期環境における道路の安全確保の重要性が示される結果となりました。

また、自由回答では、ホワイトアウト等の視程に関する危険性以外にも追突の危険性や、長時間の渋滞発生の危険性などが指摘されました。

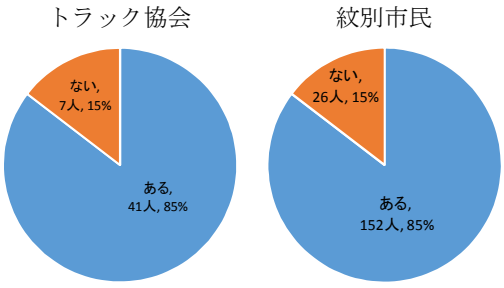



図-9 暴風雪時における危険度の認識

b) 危険を感じた際にどのような行動を取ったか

トラック協会においては 4 割弱が避難またはその場で待機しているものの、そのまま走行したと答えた方が 6 割以上、

紋別市民においては 7 割以上の結果となり、多くの方が危険な状況下で走行を続けている現状が浮き彫りとなりました。

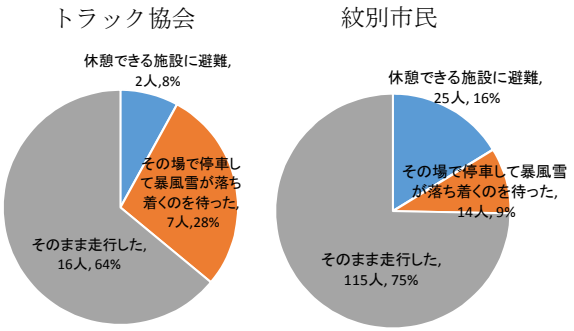



図-10 暴風雪による異常時の行動

c) そのまま走行した理由は何か

暴風雪で危険を感じた際、そのまま走行した理由について、「近くに避難できる施設がなかったから」と答えた方がトラック協会では約 6 割、紋別市民では約 4 割という結果となり、パーキングなど一時的に待避できる場所が非常に少ないことがわかりました。

自由回答では、追突や渋滞の危険性がある中でも避難場所がなければ進むしかないという意見も頂いており、また、代替路のない箇所において事故が発生した場合、緊急車両が通れないといった事象も考えられることから、「ふぶき待避所」の取組は非常に重要であるといえます。

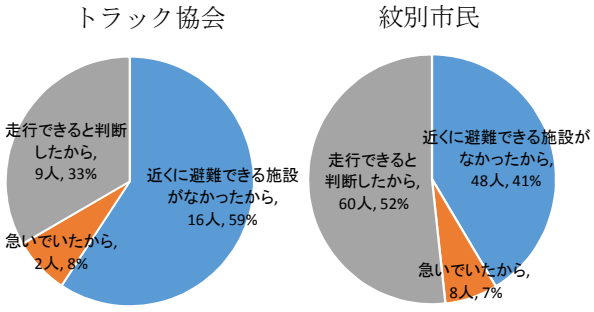



図-11 暴風雪時そのまま走行した理由

d) ふぶき待避所を増設していくべきか

ふぶき待避所を増設していくべきかという質問に対し、「思う」、「どちらかといえば思う」と答えた方が、どちらのアンケートにおいても 9 割以上を占めました。また、郊外への増設を希望する声が特に多くみられました。

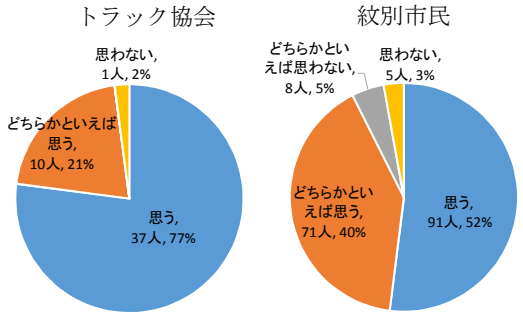



図-12 ふぶき待避所の増設に関する意識

(7) 課題の整理

平成 25 年度から行っている実証実験を通して、「ふぶき待避所」の敷地提供者（以下、「提供会社等」という。）および利用者の立場から、特に「『ふぶき待避所』の 24 時間運用」および「『ふぶき待避所』の増設箇所の検討方針」について課題が挙げられました。

そこで、以下に示すとおり、企画運営委員会および推進グループ会議において、課題の整理・検討を行っています。

a) 24 時間の運用

「ふぶき待避所」は 24 時間待避可能であることが理想的ですが、提供会社等に従業員がいなければ待避者への十分な対応を取れず、また事故や盗難の恐れなどもあることから、24 時間の運用については課題が残っています。ただし、「ふぶき待避所」の目的として地域住民や道路利用者の安全確保が前提であるため、異常時にはできる限り利用できるものにしたいと考えています。

そこで、実証実験を通して行政と提供会社等の間で待避者の受入体制、行政への連絡体制等を確認し、待避者発生時の迅速な対応の実現を図ります。

また、「ふぶき待避所」の運用だけでなく、防災の基本として「自分の命は自分で守る」という自助の意識を地域住民の方に持っていただくことも必要です。

b) 「ふぶき待避所」増設箇所の検討方針

現在、紋別市内 3 箇所で取組を実施していますが、今後のさらなる安心・安全の確保に向けて、増設の検討が必要です。

増設にあたっては、スタック車両や冬期環境下で事故が発生しやすい箇所、通行止め多発箇所への増設が望ましいですが、通行止め実施区間では車両の追い出しをかけることから、通行止め区間内ではなく通行止め区間の端部に設けるなどの課題も考えられるため、今後詳細な検討を進めてまいります。

また、北海道と防災協定を締結している企業との位置関係等も考慮しつつ、待避所が必要な箇所の検討及び提供会社等の増加に向けた周知活動も必要です。

## 4. おわりに

実証実験開始後、道路管理者の対策やメディアの注意喚起、また好天候であったこともあり、「ふぶき待避所」の利用は無い状況ですが、本取組は、利用者が多いことが良いわけではありません。最悪の事態を想定し、いかに危険回避のための備えができるか、また道路利用者一人ひとりの危機管理意識を高めることも重要であると思います。

そのためには、今後も引き続き「ふぶき待避所」の取組を通して、地域住民のためだけではなく訪れる方へも安全に過ごせる優しい地域づくりを行うとともに、北海道全体の冬期における交通の安全性向上のため、他地域への「ふぶき待避所」の取組の普及も検討してまいります。

# 無線式簡易振動センサネットワークによる検知及び通信に関する検討

藤浪武史*1・阿部孝章*1・船木淳悟*1

## 1．はじめに

北海道には活火山が 31（北方領土を含む）あり，そのうち，監視・観測体制の充実が必要な常時観測火山は，十勝岳や北海道駒ヶ岳など 9 火山に上る(図-1)[1]．このように火山が多く存在する北海道では，1926 年 5 月の融雪期に十勝岳が噴火し，積雪を融かして火山泥流を発生させ死者および行方不明者 144 名という大災害が起きた(写真-1)[2]．土砂移動量が莫大で高速移動する融雪型火山泥流等に対する減災には，土砂移動の早期検知と的確な避難が重要である．現在検知に多用されているワイヤセンサは，土砂の流下によってワイヤが切断されるという単純な原理を使用している（写真-2）．しかし，積雪の荷重でワイヤが切断されることや 1 回切断するとワイヤの接続が必要となり維持管理に課題が生じている．

泥流等土砂移動の検知方法は多くあるが，それぞれ一長一短があり，**図-2** に電源および通信基盤の整備水準と火口との距離に関する一般的な観測項目を示した．簡易な振動センサや免許が不要で機動的に整備できる無線による観測データ送信システムは，**図-2** 左下部に該当する．これらは，一定規模以上の振動加速度を検知・警告や複数の泥流検知が可能で，機動的な多点整備により被害の減少に有効と考えられる．一方，安価かつ小型のセンサによる土砂移動の監視に関する取り組みも開始されてきている [3]．著者らのグループでも簡易振動センサの実用化に向けた室内検討および冬期の屋外試験 [4]を行っている．

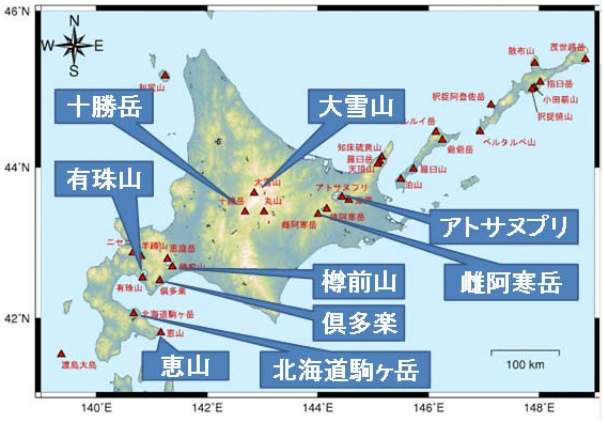



**図-1　北海道の活火山と常時観測 9 火山の分布状況**
**（気象庁「北海道の活火山」[1] に道内常時観測 9 火山を加筆）**

これらの背景を踏まえ，本検討では積雪寒冷環境下で簡易振動センサが通信ネットワーク機能をどの程度有するか確認した．

**写真-1　1926 年十勝岳山麓上富良野町の泥流被災状況**
**（上富良野町郷土館刊　大正 15 年十勝岳大爆発記録写真集　1980 年　から引用）**

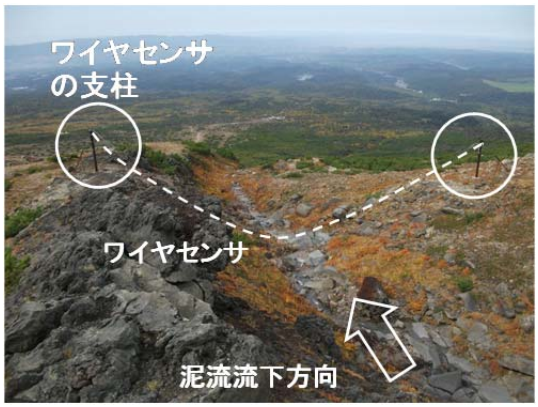



**写真-2　現在最も多く利用されている泥流検知用ワイヤセンサ（十勝岳山麓）**

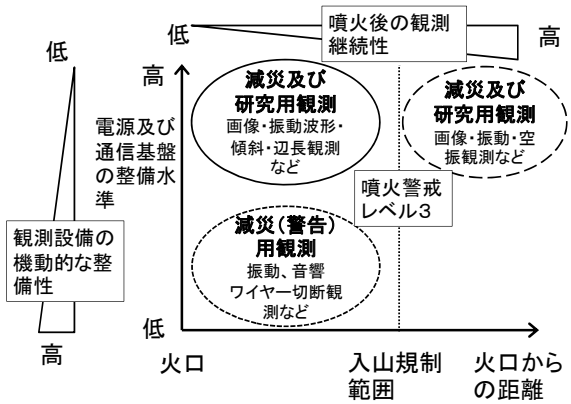



**図-2　火山噴火関連の土砂移動観測項目の模式図**

*1 国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所

## 2．実験方法

実験は，石狩川河口から約９km 上流の石狩水理実験場において，降雪はなく見通し良好な環境下で行った．振動検知及び通信試験の概要を**図-3, 4, 表-1, 写真-3, 4, 5** に示す．振動検知には MEMS 加速度センサ KXR94-2050(Kionix 社製)を使用し，センサを制御する汎用小型マイコンボードは，Arduino UNO R3 互換機を使用した．通信には送受信ともDigi International 社製の Zigbee モジュールを使用した．この通信モジュールは，データレート 250Kbps，周波数帯域 2.4GHz である．また，屋外見通しでの通信距離は公称値で最大 120mである．これらの製作費は１セット当たり約１万円である．

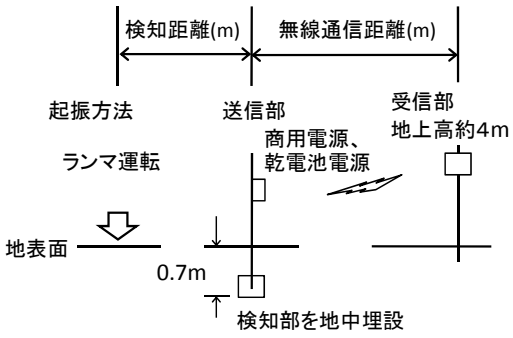



**図-3　振動検知及び通信試験の概要**

起振方法は，締固め用機械の 1.8KW 級ランマを除雪した地表で運転させた．振動数は毎秒約 11 回である．簡易振動センサは，直線上に 37mの等間隔で配置した５地点に，砂質土で構成された地表下 0.7mの掘削面に密着させてそれぞれ設置した．

以後，ことわりの無い場合は，５地点の振動センサから１箇所の受信機まで検知した加速度を順次送信した．なお，通信負荷軽減から，垂直方向１軸を観測・通信した．

### 2.1，通信ネットワーク試験

泥流等の流下を模擬して振動源を移動させて起振した．一つのセンサ埋設地点から１m離して， センサ埋設方向と平行に前後 10m ずつランマを概ね毎秒 0.2m の速度で移動させ，５地点で振動検知を行った（**図-4**）．これを St-1 前から St-5 前までの５地点で行った．

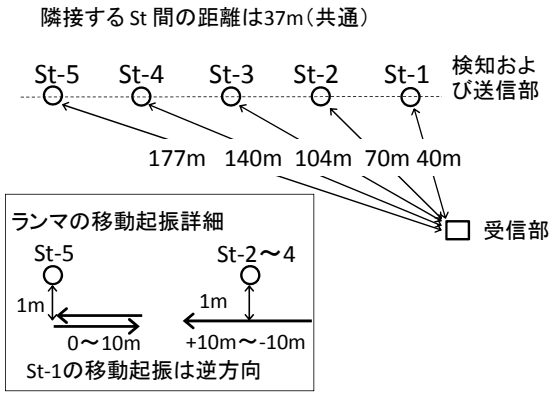



**図-4　検知および送信部と受信部とのネットワーク形態**

**表-1　試験概要一覧**

| | 通信ネットワーク試験 | 通信距離試験 | 通信間隔試験 | 電源別試験-1 | 電源別試験-2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 実験実施日 2015～2016年 | 12月11日 | 12月17日 | 12月17日 | 2月25日 | 2月26日 |
| 起振箇所 | St-1,2,3,4,5前 | St-1,2,4前 | St-1前 | St-1～5前 | St-1～5前 |
| 通信間隔 | 1.0 秒毎 | 0.5秒毎 | 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5秒毎 | 1.0秒毎 | 1.0秒毎 |
| 通信形態 | ネットワーク | 1対1 | 1対1 | ネットワーク | ネットワーク |
| 電源(検知および送信) | 商用電源 | 商用電源 | 商用電源 | 商用電源<br>乾電池 | 乾電池 |
| 電源(受信) | 商用電源 | 商用電源 | 商用電源 | 商用電源 | 商用電源 |
| 気温 | 5.5～8.9℃ | 1.4～3.3℃ | 1.4～3.3℃ | -2.7～-0.3℃ | -2.0～-0.9℃ |

**写真-3　検知部設置状況**

**写真-4　通信試験状況**

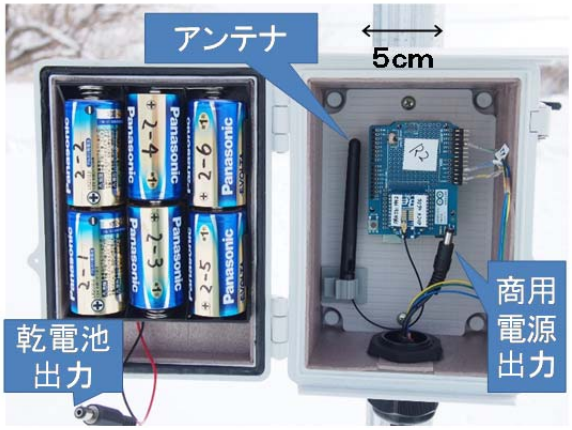



写真-5　送信部キャビネットの収納状況

### 2.2, 通信距離を変化させたデータ通信試験

通信距離を変化させたデータ通信試験は，通信の確実さと距離との関係を確認するため，検知および通信部と受信部との関係を１対１として実施した．起振条件は前節の通りである．無線通信距離を 40m，70m，140m とし，データ通信間隔を一律 0.5 秒と設定した．

### 2.3, 通信間隔を変化させたデータ通信試験

通信距離を St-1 から受信部までの 40m に固定して通信間隔を変化させ通信の確実さの確認を目的として実施した．通信間隔は 0.1 秒から 0.5 秒までの 0.1 秒おきである．検知および通信部と受信部との関係は１対１である．

### 2.4, 検知および送信電源を変化させたデータ通信試験

受信部は商用電源使用を共通とし，検知および送信部の電源を商用電源，アルカリ乾電池電源，一晩キャビネット内で野外に放置したアルカリ乾電池電源の３種類で実施した．野外放置時の最低気温は-9.1℃であった．

## ３．結果と考察

通信ネットワークについて，代表例として図-5 に St-2 前で起振し，5 地点で同時に受信した結果を示す．通信間隔 1.0 秒間では 5 地点のデータを 1 箇所の受信部で円滑に受信できていた．図-6 に通信距離試験の結果を示す．それぞれの観測所直近で起振して得た振動データの通信状況は，この条件下では通信距離に関わらず安定した受信状況であった．このうち，St-4 は地表にササが残っていることによる振動吸収が考えられる．図-7 に St-1 を送信地とする同一距離，通信間隔別の試験結果を示す．通信間隔が 0.1 秒の場合では，概ね 1.5 秒間の断続受信が見られ（グラフの直線部），再開後６～11 ミリ秒間に７～11 個のデータを集中的に受信（グラフの上下線部）した．この現象は，Zigbee 通信の特長である次善の送信先の探索と，通信再開後の集中的な情報伝達とに影響されていることが推察される．それ以外の通信間隔では円滑に受信出来ていた．図-8 に検知部および送信部の電源の違いに関する試験結果を示す．電源別に大きな相違は見られなかったことから，この試験条件下では乾電池への負荷は小さかったものと考えられる．既往の土石流の観測事例 [5]から 10～15gal 程度の加速度を取得できれば振動検知の実用可能性が考えられ，今回の試験ケースも検知に関する実用可能性が推察される．

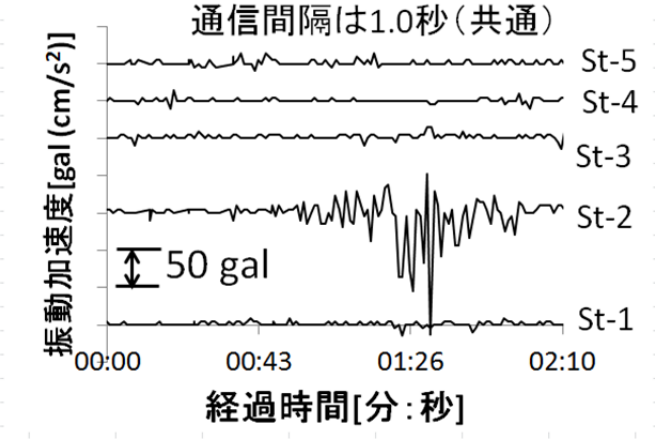



図-5　St-2 前で起振のデータ受信状況（5 地点）

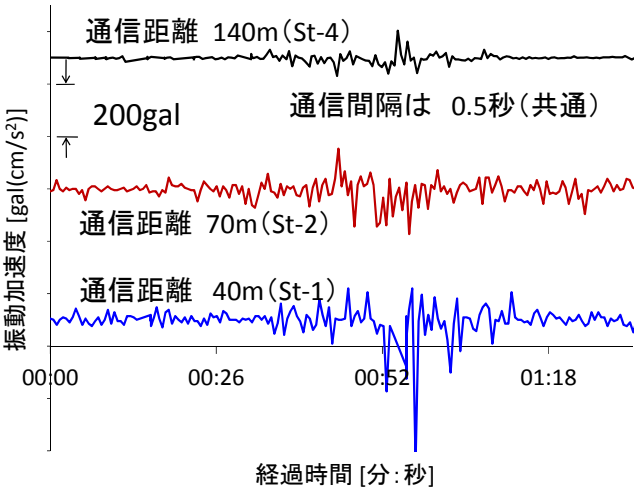



図-6　通信距離によるデータ伝達状況

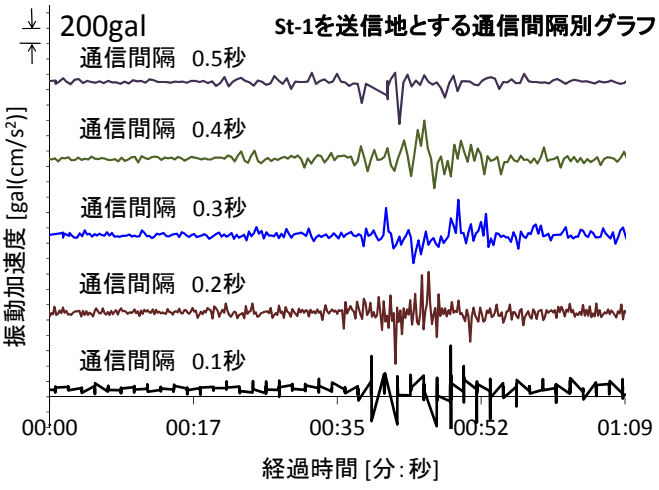



図-7　通信間隔によるデータ伝達状況

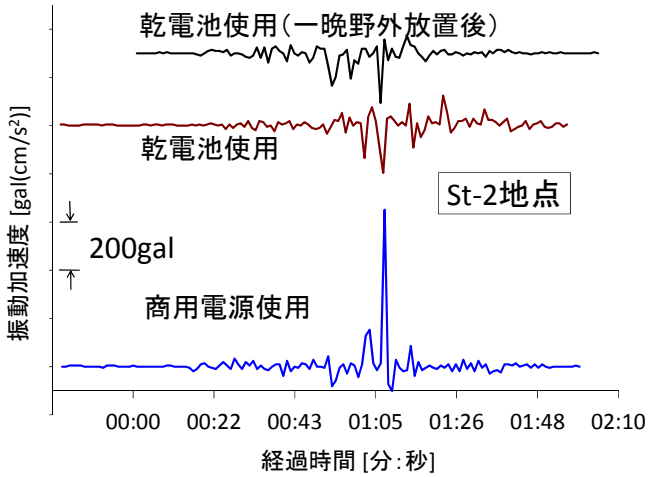



図-8　電源別のデータ伝達状況

## ４．まとめ

一定規模以上の振動加速度検知の場合，通信距離・データ通信間隔・電源等の使用条件の選定により，外気温がマイナス２度程度では簡易振動センサを用いたネットワークが可能なことがわかった．簡易振動センサを用いた観測システムは安価なこともあり，多点による面的観測が期待できる．

今後は火山地域での現地越冬試験等で，振動検知・通信・電池電源などの耐寒性・長期使用性・着氷雪による通信への影響等を明らかにして実用化につなげていきたい．

## 参考文献

1)　札幌管区気象台　地域火山監視・警報センター：北海道の活火山，
http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/sapporo/volcanosp.html.(2016 年 10 月 17 日閲覧)

2)　内閣府：過去の災害に学ぶ(第 15 回)　1926 年十勝岳泥流災害，広報ぼうさい，No.42，2007 年 11 月
http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyoukunnnokeishou/rep/1926-tokachiFUNKA/pdf/kouhou042_20-21.pdf.
(2016 年 10 月 17 日閲覧)

3)　水谷ら：安価かつ簡素な土砂移動時刻記録装置の開発と土石流発生時刻の検知事例，砂防学会誌　Vol.67，No.5，P.49-54，2015.

4)　藤浪ら：簡易振動センサによる寒冷環境下での検知及び通信に関する検討，平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集 B，　P.424-425，　2015.

5)　独立行政法人土木研究所ほか：振動検知式土石流センサーを活用した土石流監視手法に関する共同研究報告書，P.62，平成 24 年 10 月.

# 海氷による高波時の波浪低減効果と波の遡上特性

本間　大輔＊1

## １．はじめに

近年、地球温暖化などの影響により、北極圏内の海氷面積が将来的に著しく減少する可能性が高いことが報告されている[1)]。海氷は、波浪の発達を抑制する効果を有しているが、特に沖合に海氷がほとんど存在せず、沿岸部に海氷がある場合に発達した低気圧の影響を受けると、波そのものの遡上により海岸線の直近に位置している主要な交通路である道路盛土への被害のみならず、海氷を伴った波の遡上により打ち上げられる氷塊によって、施設や家屋への甚大な被害が想定される。著者ら[2)]は海氷のない状況下でのオホーツク海沿岸域における高波による海岸道路の盛土被害の発生条件について明らかとしているが、海氷を伴った場合の沿岸域への影響を解明することは、今後の沿岸域の防災の観点から重要な課題である。

海氷による波の減衰効果については、Wadhams ら[3)]Squire ら[4)]、が海氷距離の増加に伴って指数関数的に減少することを検証し、堺ら[5)]片山ら[6)]は、海氷が沖にシート状に卓越した状態を想定した場合の波浪低減特性や海氷の挙動について明らかとしている。また、Frankenstein ら[7)]は、高波浪の条件下では、海氷は小さく破壊され、surge、sway、pitch、roll、yaw などの複雑な動きとなることを指摘しており、Shen・Squire ら[8)]は、海氷域における波の減衰に影響を及ぼす要因として、氷盤間の衝突や相互作用による吸収、砕波による散逸、波の伝搬による氷の変形などの様々な要因があることを指摘している。しかしながら、被害が甚大となる可能性の大きい沖に海氷が少なく、沿岸部に海氷が卓越した状況で高波浪が作用した場合の沿岸部における海氷の遡上現象やパイルアップ現象、また、これに伴う波浪低減特性についての研究はほとんどされていないのが現状である。

本報告では、冬期において波の遡上により北海道オホーツク海沿岸域の道路盛土に被害のあった代表的な地形を基に、海氷が沖側にほとんどなく、沿岸部に卓越した状態を設定（**写真-1**参照）し、実海域に卓越する流氷盤の大きさや厚さ[9)]を考慮した上で、高波浪が作用した場合の沿岸部における海氷の遡上現象を把握し、海氷による波浪低減および遡上特性について、水理模型実験により明らかにするものである。

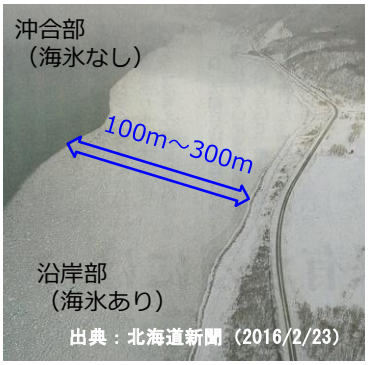



**写真-1　本研究で対象とした海氷状況**

## ２．実験の方法

### ２．１　実験地形

実験の地形条件を設定するにあたり、オホーツク海沿岸の国道において、冬期間に波の遡上により道路盛土に軽微な欠損が生じた数件の事例のうち代表的な地形である1:30および1:10の複合勾配を対象とした。**写真-2**および**図-1**は、道路盛土に被害の発生した状況および海岸と道路盛土の断面地形である。

**写真-2　波浪による盛土の被災状況**

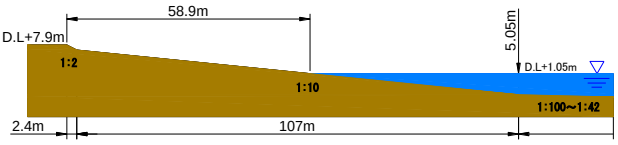



**図-1　被災事例の断面地形**

### ２．２　実験条件

海氷による波の波浪低減効果を明らかにするため、水理模型実験を実施した。**図-2**に示す反射吸収式造波装置を備えた2次元造波水路（長さ 24.0m，幅 0.8m，深さ 1.0m）に、現地の地形条件に合わせて1:30および1:10勾配のモルタル製固定床を設置した。模型縮尺は

＊1　国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所　寒冷沿岸域チーム

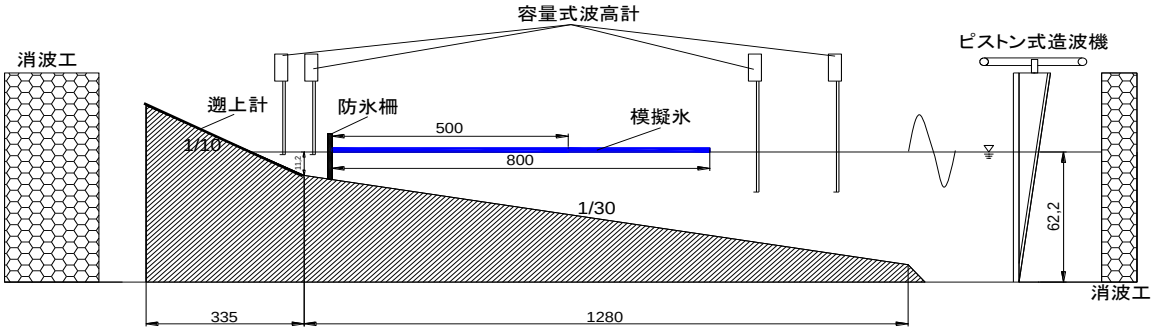



図-2　実験装置の概要図（単位：cm）

写真-3　防氷柵による海氷の制御状況

表-1　実験条件

（括弧内は現地量）

| | |
|---|---|
| 模型縮尺 | 1/45 |
| 入射波高 Ho(cm) | 6.7(3m)～20(9m)：6波高 |
| 入射周期 T(s) | 1.34(9s)，1.57(10.5s)，1.79(12s) |
| 実験水位 h(cm) | D.L.+0.23(+1.05m)，D.L.+0.34(+1.55m) |
| 海底勾配 i | 1/30と1/10の複合勾配 |
| 模擬氷設置範囲(cm) | 500.0(225m)、800.0(360m) |
| 模擬氷の大きさ(cm) | 6(2.7m)×6(2.7m)、10(4.5m)×10(4.5m) |
| 模擬氷被覆率　ICR(%) | 50%、80% |
| 模擬氷厚さ　ti(mm) | 5(22.5cm)，10(45.0cm)，20(90.0cm) |

1/45とし、実験にはすべて不規則波を用い、1波群200波を作用させたときの海氷の遡上特性、簡易的に設定した防氷柵背後における波の低減率、波の遡上特性、防氷柵前面における反射特性、模擬氷のパイルアップ厚さを調べた。波浪条件は、被災事例において道路盛土に軽微な被災が生じた $H_o$=7.5m、$T$=10.5s（水位D.L.+1.05m）を含めて、周期3種類、波高6種類に変化させた。海氷の模型には、ポリプロピレンを用いた模擬氷（比重0.91）を用いた。また、國松ら[9]によりオホーツク沿岸域で観測された海氷盤の大きさおよび厚さの実測データを参考に、6.0cm×6.0cmと10.0cm×10.0cmの2種類の大きさを用い、厚さは0.5cm、1.0cm、2.0cmの3種類とした。海氷被覆率$ICR$は50%と80%とし、2種類の大きさの模擬氷を同じ面積になるように設定した。模擬氷の設定範囲は500cmおよび800cm区間とし、海氷の対策工としては、**写真-3**に示す防氷柵をイメージした鉄網を設置した。以上の実験条件をまとめて**表-1**に示す。

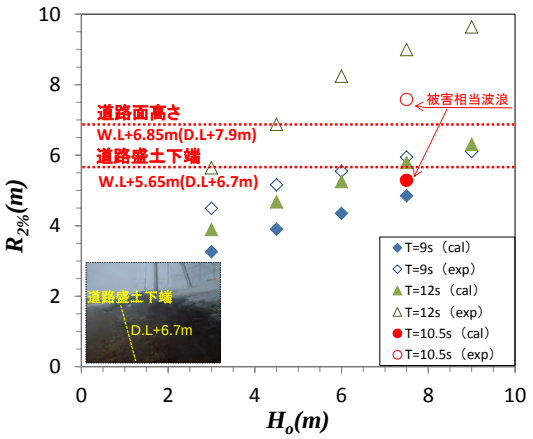
## ２．３　計測の方法

模擬氷の遡上高および防氷柵前面のパイルアップ厚さの計測にはデジタルビデオカメラを用いた。また、波高の伝達率$K_t$は、岸側2本で計測された波高の平均値を沖側2本の入反射分離した波高で除した値とし、波高の反射率$K_r$は沖側2本の波高計により計測した。波の遡上高の計測は、水路床の1:10勾配部分に幅2cmの溝を設けて、容量線を斜面と同じ高さになるように設置して計測した。全ての計測は同一の条件で3回行ってその平均値とした。模擬氷同士および模擬氷と水路床の摩擦係数は、水路床1:10の勾配箇所において20回～30回の繰り返し試験を行い、平均値および中央値を採用した。

## ３．不規則波による波の遡上高の再現

実験による波の遡上高の再現には、$R_{2\%}$（2%超過値）遡上高を玉田ら[10]により提案された算定式(1)による遡上高と、被害事例を再現させた水理模型実験による波の遡上高を比較し、被災時の波高と波の遡上高の関係を整理した。**図-3**は沖波波高$H_o$と代表遡上高$R_{2\%}$の関係であり、図中の○印は、被害のあった波浪条件（被害相当波浪）での結果である。計算値(cal)から求まる遡上高$R_{2\%}$は、実際の被害の高さまで到達しない結果となったが、実験値(exp)では被害範囲もしくはそれ以上の遡上高さとなった。実験値と計算値の値が異なる原因としては、沖波波高が比較的小さい場合には、1:30の地形勾配では砕波せず、勾配変化点もしくは1:10の地形勾配で砕波する現象が見られたことが主な要因と考えられる。現地の被災は、海水面(W.L)から5.65m～6.85m（道路面高）の間で発生しており、道路面の高さW.L+6.85m（D.L+7.9m）まで波の遡上痕が残っていたことから、実験値は実際の現地での被害レベルまで波が遡上しており、概ね再現できていると想定される。

$$R_{2\%}/H_0 = 2.99 - 2.73\exp\left[-0.57 * \left\{\tan\beta / \left(H_0/L_0\right)^{0.5}\right\}\right] \quad \cdots \quad (1)$$



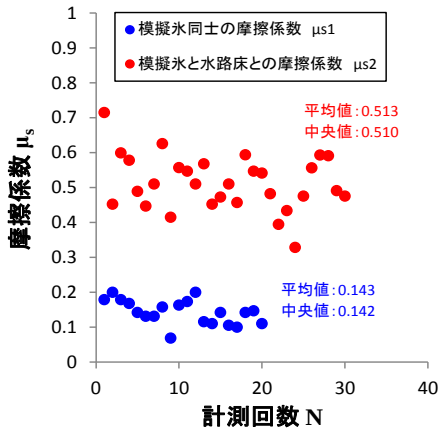

図−3　沖波波高 $H_o$ と遡上高 $R_{2\%}$ の関係

## 4．海氷の遡上

海氷の遡上状況を把握するため、水理模型実験を実施した。ここでは、被災時における波浪条件（$H_o$=7.5m、$T$=10.5s）をベースに海氷が**写真−1**に示す状況で高波が作用した場合の模擬氷の遡上状況について整理した。

### 4．1　摩擦係数

本実験における模擬氷同士の静止摩擦係数 $\mu_{s1}$ および模擬氷と水路床の静止摩擦係数 $\mu_{s2}$ は、現地の状態を想定し、湿潤状態とした。それぞれの値は**図−4** に示すとおりであり、摩擦係数の結果はバラツキのある傾向が見られた。安留ら [11]、Takeuchi ら [12]は氷と氷、海氷と地盤との摩擦係数に与える因子の効果について、相対速度、砂の粒径、鉛直応力、氷の温度などに依存することを明らかとしている。本検討で対象とした海岸における海浜の砂の中央粒径 $d_{50}$ は 1.2mm、2016 年における 2 月期の最低外気温は概ね-3℃～-14℃となっており、文献におけるこれらの条件下でのそれぞれの摩擦係数の値は今回の繰り返し試験により得られた摩擦係数の平均的な値および中央値と近い結果となった。

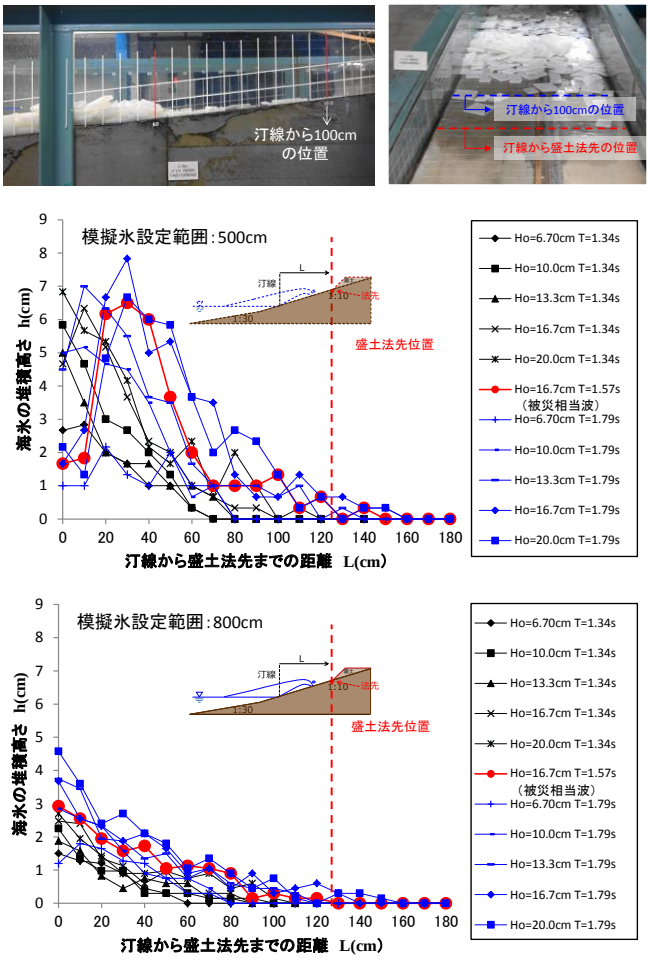



図−4　摩擦係数

### 4．2　海氷の遡上特性

**図−5** は、模擬氷設定範囲が 500cm および 800cm（現地換算 225m、360m）、模擬氷の厚さが 1.0cm（現地換算 45cm）のときの被災波浪を含む 6 波高、3 周期の条件での模擬氷の遡上範囲の一例である。模擬氷の堆積傾向は、波高および周期の増加により、到達距離および堆積高さが増加する。また、模擬氷の設定範囲および図示はしていないが、模擬氷の厚さ $t_i$ が大きいほどその傾向は小さくなるが、この要因として考えられるのは、模擬氷の設定範囲が大きい場合、汀線付近から沖側にかけて多量の模擬氷が集積し、波浪のエネルギーが吸収・減衰され、模擬氷が遡上しづらくなる傾向があるためである。被災相当波（10 年確率波程度）では、模擬氷の厚さ $t_i$ による差はあるが、110cm～140cm まで遡上し、概ね盛土法先位置である 125cm（現地換算 56m）程度まで遡上する結果となった。

著者ら [2]は、オホーツク沿岸域における自然海岸における盛土の被災事例を整理しており、概ね 10 年確率波程度以上の波浪が作用した場合、汀線から 60m 程度離れた盛土に被災が発生する可能性があることを報告している。このことからも、1:10 および 1:30 の海底勾配を持つ未整備の当該自然海岸においては、汀線より




図−5　模擬氷の遡上状況

60m 程度の値を目安に、ハード面では、波浪および海氷を直接的に抑制する対策あるいは路線の変更、ソフト面では、日々のパトロールの強化および通行止めの措置等を行うことが重要と考えられる。

## ５．海氷による高波の低減特性

海氷による波高低減の要因としては、Shen・Squireら[8]、著者ら[13]も指摘している、①海氷の相互作用（衝突や摩擦）、②海氷面上での波の砕波、③海氷の変形に伴う波の反射（海氷厚さに依存）などが考えられる。しかしながら、高波浪時にはこれらの要因が同時に発生し、非常に複雑な現象となる。ここでは、波浪低減に影響を及ぼす①～③について全体を考慮した検討とした。**図-6**は模擬氷の遡上を防氷柵で対策を施した**表-1**の条件での模擬氷による波浪低減効果の結果である。図中の$K_t$は模擬氷存在時の伝達率であり、模擬氷が無い場合の伝達率$K_t^*$で除することにより波浪の低減割合を示している。模擬氷設定範囲$X$が大きく波長$L_o$が小さいほど、また、$ICR$が高く氷厚$t_i$が厚いほど波浪低減効果が大きい。$ICR$80%，$t_i$=20mmの場合では、おおよそ30%～50%程度の低減効果があり、波浪低減の要因である①②③が複合的に発生していることが実験映像より確認できた。特に$H_o$が大きくなるほど模擬氷が激しく衝突しながら、岸方向に移動し、大きな氷群となって堆積（パイルアップ）することにより②と③の現象が強く出ていた。$ICR$50%、$t_i$=5mmでは、X/$L_o$（模擬氷設置範囲と波長との比）が小さい場合ではほとんど低減効果が見られなかった。この要因としては、X/$L_o$が1程度の条件では模擬氷がその場に留まった上下運動が主となり、前述した波浪低減の要因の②と③の影響はほとんどなく、①が主な要因となるため低減効果が小さかったと考えられる。

**図-7**は、一例として模擬氷の設定範囲が500cm、沖波波高$H_o$=16.7cm、周期$T$=1.57sのときの模擬氷通過後の波高であり、0.032s間隔、8192データにおけるスペクトル密度を示したものである。スペクトル密度は$ICR$が高く氷厚が大きいほど低減効果が高い。また、$ICR$や氷厚の違いに関わらず全周波帯でスペクトル密度が減衰する傾向が見られた。

つぎに海氷による反射率特性（③）を確認するため、模擬氷の有無による反射率 $K_r$ を調べた（**図-8**）。模擬氷設定範囲が 500cm の場合（上図）では、海氷存在時の反射率 $K_r$ は、模擬氷の無い場合の反射率 $K_r$ と比較してほとんど差のない結果となったが、模擬氷設定範囲が 800cm の場合（下図）ではその差が明確にでている。

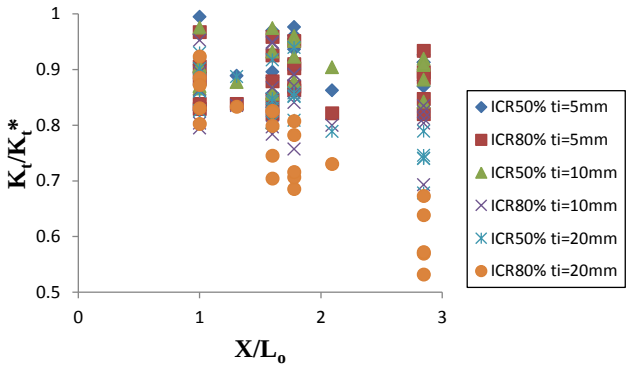



図-6　$X/L_o$ と $K_t$ /$K_t^*$の関係

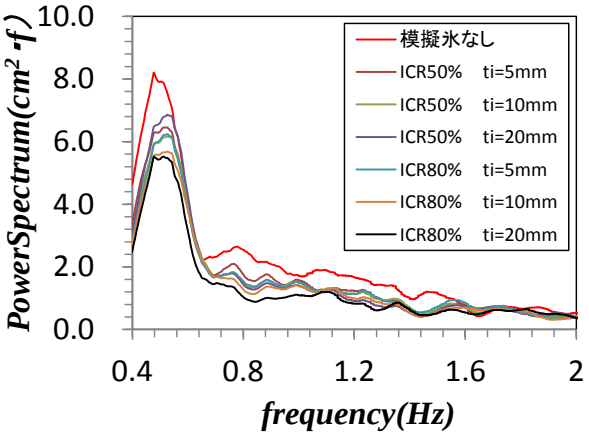
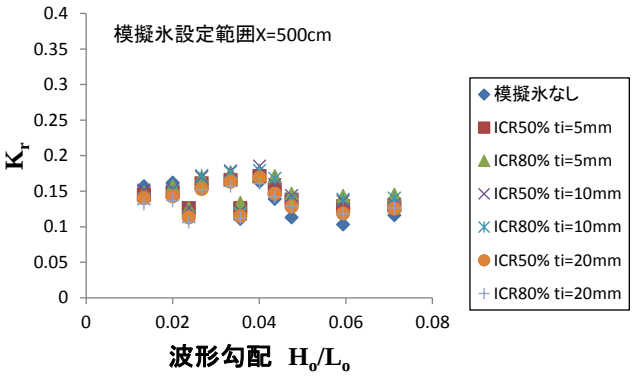



図-7　周波数とスペクトル密度の関係



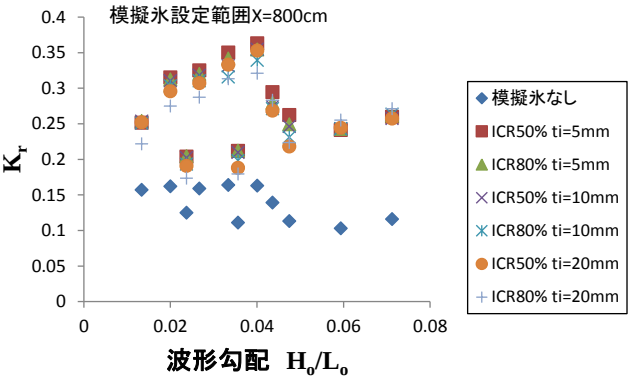




図-8　波形勾配 $H_o/L_o$ と反射率 $K_r$ の関係

反射率 $K_r$ は最大で 0.35 程度となり、模擬氷がない場合の 2 倍～3 倍程度となった。この要因としては、*ICR* が高く、氷厚 $t_i$ が大きいほど、模擬氷が防氷柵前面付近に堆積し、反射波が大きくなったことが考えられる。

## 6．海氷による波の遡上特性

海氷による波の遡上高の低減効果を明らかにするため、模擬氷のない状態での波の代表遡上高$R_{2\%}^*$（2%超過値）をベースとし、模擬氷を設定したときの遡上高の関係を調べた。**図-9**は、**表-1**の条件での海氷による波の遡上低減効果の結果である。図中の$R_{2\%}$は、模擬氷設定時の遡上高であり、模擬氷がない場合の遡上高$R_{2\%}^*$で除することにより、波の遡上低減割合を示している。*ICR*と氷厚$t_i$が大きくなる程、低減効果が増し、*ICR*80%，$t_i$=20mmの場合では最大で8割程度の低減効果が見られた。*ICR*と氷厚$t_i$が小さく、$H_o/L_o$も小さい場合は、ほとんど波の遡上低減効果はなく、この傾向は波浪低減特性と同様である。

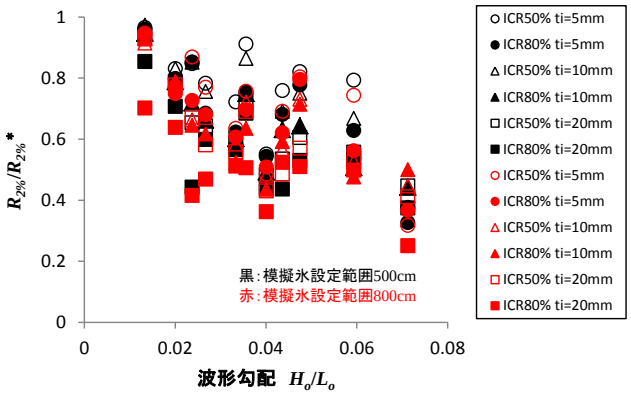



図-9　波形勾配 $H_o/L_o$ と波の遡上低減効果の関係

## 7．波浪による海氷のパイルアップ

沖に海氷がなく、沿岸部に海氷が卓越した状況において、**図-2**に示す仮設防氷柵を設定し、波浪による海氷のパイルアップ厚さ*T*を計測した（**写真-4**参照）。**図-10**は、沖波波高$H_o$と防氷柵前面の模擬氷のパイルアップ厚$T_{2\%}$の関係の結果である。図中の$T_{2\%}$は、模擬氷のない状態で、波の代表遡上高$R_{2\%}^*$が発生する波浪が作用したときの防氷柵前面のパイルパップ厚さを示している。$T_{2\%}$ は*ICR*および氷厚 $t_i$ に依存しない結果となったが、沖波波高$H_o$との強い関連性があり、$H_o$の増加にともない*log*関数的に増加する傾向がみられた。

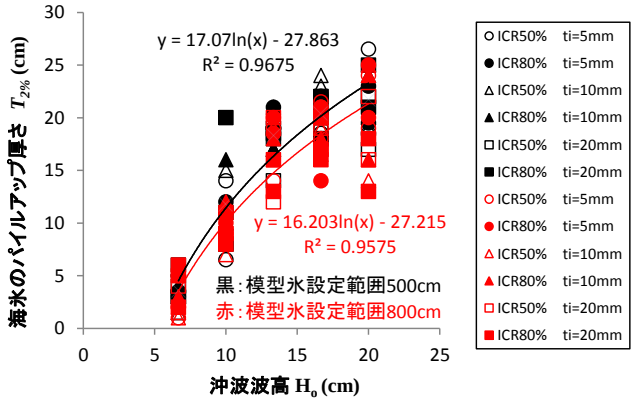



図-10　沖波波高 $H_o$ とパイルアップ厚さ *T* の関係

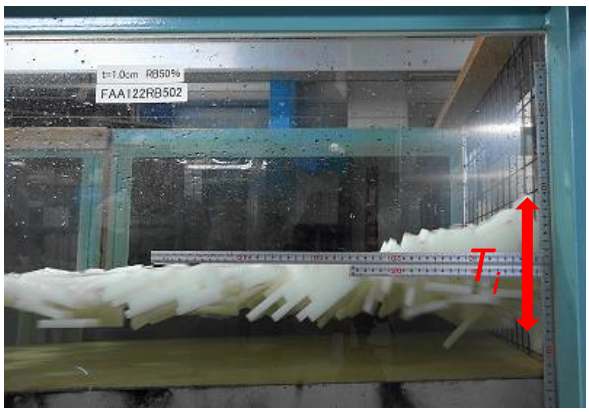



写真-4　実験状況

## 8．まとめ

本研究で得られた結果は以下の通りである。

1）10年確率波相当の波浪に対する1:30および1:10の勾配を持つ対象海岸における海氷の遡上影響範囲は、汀線から概ね60m程度と想定される。

2）模擬氷による波の低減効果は、模擬氷設定範囲が大きいほど効果が大きく、*ICR*80%かつ氷厚$t_i$=20㎜の場合では30%～50%程度となり、どの条件においてもスペクトル密度は全周波帯で低減している。

3）模擬氷による波の反射率特性は、模擬氷設定範囲が増加する程大きくなり、最大で模擬氷がない場合の2倍～3倍程度となる。

4）模擬氷による波の遡上低減効果は、模擬氷設定範囲および*ICR*、氷厚$t_i$が大きいほど高く、*ICR*80%，*t*=20mmの場合、最大8割程度の効果がある。

5）模擬的に設置した防氷柵前面での波浪による海氷のパイルアップ厚さ*T*の値は、模擬氷設定範囲が増加するほど小さくなり、*ICR*と$t_i$の違いにあまり依存せず、波高による影響が大きい。

6）オホーツク海沿岸域における高波浪作用時の沿岸部における海氷による波浪低減の要因は、海氷の*ICR*と$t_i$および波高に依存し、①海氷の相互作用（衝突や摩

擦）、②海氷面上での波の砕波、③海氷に作用する波の反射（海氷厚さに依存）による影響があることを確認した。

**参考文献**


1) IPCC 第 5 次評価報告書 第 1 作業部会報告書 政策決定者向け要約. 気象庁暫定訳（2014 年 3 月 6 日版）.
2) 本間大輔，山本泰司，宮武誠，木村克俊（2015）：高波による海岸道路の盛土被害の発生条件と対策の検討，土木学会論文集 B3（海洋開発）Vol.71，No.2，pp.269-274.
3) Wadhams,P.,V.A.Squire,D.J.Goodman,A.M.Cowan,and S.C.Moore：The attenuation rates of ocean waves in the marginal ice zorn (1998),J.Geo-phys.Res., pp.6799-6818.
4) Squire,V.A.,J.P.Dugan,P.Wadhams,P.J.Rottier,andA.K.Liu：Of ocean waves and sea ice (1995), Annu.Rev.Fluid Mech.,27, pp.115-168.
5) 堺茂樹，笹本誠，片山潤之助，劉暁東，平山健一，泉山耕，金田成雄(1996)：氷板による不規則波の変形に関する実験，海岸工学講演会論文集，第 43 巻，pp.426-430.
6) 片山潤之助，劉暁東，笹本誠，金田成雄，泉山耕，堺茂樹（1997）：氷盤群下の波浪変形特性に関する実験，海岸工学講演会論文集，第 44 巻，pp.146-150.
7) Frankenstein,S.,S.Loset,and H.H.Shen (2001)：Wave-ice interractions in Barents Sea marginal ice zone, Journal of Cold Region Engineering,15, pp.91-102.
8) Shen,H.H.and V.A.Squire (1998)：Wave damping in compact pancake ice fields due to interactions between pancakes,In jeffris, M.O.,ed.Antrctic sea ice , physical processes,interations and variability.Washington, DC,American., Geophysical Union, pp.325-341.
9) 国松靖，秋原真哉，榎国夫，高木雄一郎，原文宏，佐伯浩(1992)：氷盤の大きさに関する研究，寒地技術シンポジウム論文・報告集，第 8 回，pp.417-422.
10) 玉田崇，間瀬肇，安田誠宏（2009）：複合断面に対する波の不規則性を考慮した打上げ高算定法に関する研究，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.B2-65, No.1，pp.936-940.
11) 安留哲，荒川政彦，前野紀一(1999)：氷・氷摩擦係数の測定：日本雪氷学会誌，第 61 巻，6 号，pp.437-443.
12) Takahiro,T.,Mikio,S.,Kazuo,M.,Hirokazu,S. and Atushi T.atakeuch：Cofficients of Friction of Sea Ice on Sand：Proceeding of The Thiteenth International Offshore and Polar Conference，pp.461-464.
13）Honma.D.,Kioka,S. and Takeuchi,T：Effect of Sea Ice on the Wave Damping and the Wave Run-up Characterristics under High Waves in the Sea of Okhotsk off Hokkaido (2016): Proceeding of the 23rd IAHR International Symposium on Ice.(Paper.No.4871913).

# 2015年度　効率的・効果的な雪氷対策作業
# （実施評価と今期に向けた取組みについて）

北川　真史

## 1．はじめに

2014 年 12 月にの大雪により、名古屋支社管内の広範囲の区間で長期通行止めが発生した。

それを踏まえ、通行止めを発生させない、通行止めを実施しても影響を最小限に抑えるべく、2015 年度名古屋支社雪氷対策作業計画を立案した。

その実施結果について評価を行うとともに、それを踏まえた 2016 年度名古屋支社管内の雪氷対策作業計画案について報告する。

## 2．2014 年度雪氷対策作業状況

2014 年度の冬期気象状況について図１、図２に、雪通行止め状況について表１に示す。

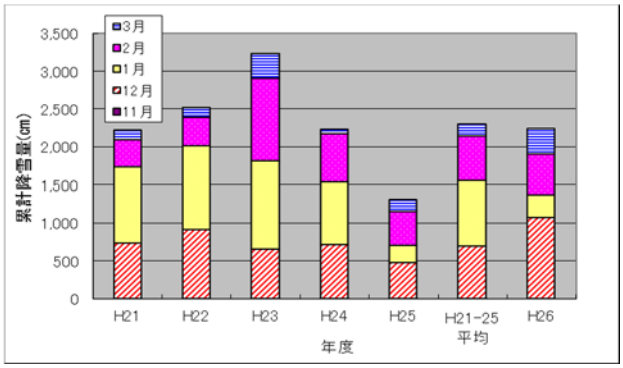



図１．累計降雪量（cm）

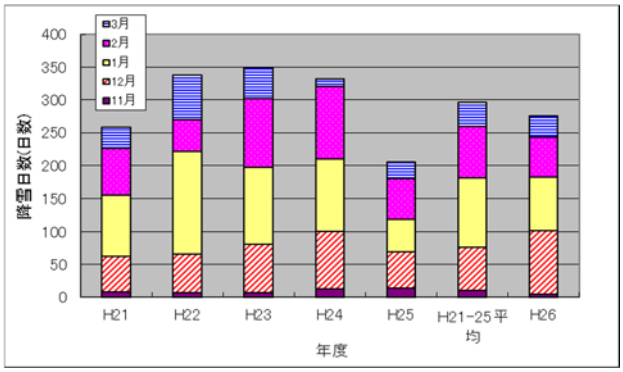



図２．降雪日数（日）

表１．雪通行止め状況

| 年度 | 通行止時間(h) | 回数(回) | 延長（km） |
|---|---|---|---|
| 2010 | 383:49 | 35 | 678.4 |
| 2011 | 518:50 | 18 | 355.1 |
| 2012 | 53:28 | 6 | 570.1 |
| 2013 | 308:15 | 12 | 359.0 |
| 2014 | 1291:58 | 49 | 843.4 |

図－１、図－２より、2014 年度は累計降雪量は例年並みではあったが、12 月の累計降雪量、降雪日数は過去５ヵ年と比較し多い冬であったといえる。

また、表－１より、通行止め時間、回数、延長全てにおいて 2014 年度は過去５ヵ年で最大であった。

次に、通行止めの発生及び長時間化の要因を下記に示す。

① 立ち往生車両が多発し、発見、排除に時間を要した。
② 路面に広範囲の圧雪が発生し、除去に時間を要した。
③ 作業中における、追加の応援体制の構築に時間を要した。
④ 高速隊との解除要件について、認識の共有が十分ではなかった。
⑤ 本線除雪を最優先し、路面以外の支障事案についての対応が十分ではなかった。

## 3．雪による通行止めの原因と対策

2014 年度に発生した雪による通行止めの原因と 2015 年度の対策及び具体的な実施内容について、表－２に示す。

＊１　中日本高速道路㈱　名古屋支社　保全サービス事業部　保全チーム

表－２．2014 年度 雪による通行止めの原因と 2015 年度の対策

| 原因 | 目標 | 対策の立案 | 実施 |
|---|---|---|---|
| ① 時間８ｃｍの降雪が５～６時間続いたことにより、除雪作業が十分ではなく、立ち往生車両が発生した。 | ・気象急変に備えた、応援体制の早期構築等の雪氷作業の強化 | 1）新東名が開通に向けて購入した雪氷車両（42 台）の有効活用として、降雪地域の HSC の除雪ローテーション時間を短縮することを目的に、21 台を高山 HSC（13 台）、飯田 HSC（4 台）、多治見 HSC（4 台）へ配置運用する。 | ・雪氷対策期間までに計画通り HSC に配置した。<br>・既存のローテーション及び強降雪時のローテーションに組込んだ。 |
| | | 2）気象予測について、週間予測では不明確な降雪ピーク時間や短時間降雪を見える化する目的で３日前予報を導入する。 | ・強降雪前までに運用開始し、応援派遣や事前広報実施判断に使用した。 |
| | ・お客さまへの事前情報提供の拡大 | 3）出控えを目的とし、旅行先のライブ映像や天気予報を休憩施設にてドライビングウェザーにて提供しているが、更なる関西方面からのお客さま、また、北陸道を利用されるお客さまに対する情報提供を強化する。<br>・経路選択のための更なる情報提供として、現場での除雪・散布作業状況を情報提供する。 | ・強降雪予測前までに運用開始した。 |
| ② 立ち往生車両を早期に発見出来なかったこと、レッカー、トラクターショベル等の立ち往生車両排除体制を構築していたが、十分ではなかった。 | ・立ち往生車両の早期発見、早期排除 | 4）過去の立ち往生車両発生箇所と最適なレッカー、トラクターショベルの配置を決定。 | ・通行止めが想定される降雪前に、レッカー、トラクターショベルを確実に配置した。 |
| ③ 放射冷却により、最低気温が－８℃を下回ったことにより、路面が凍結し圧雪処理に時間を要した。 | ・圧雪処理作業の強化 | 5）広範囲の薄い圧雪を早期融解することを目的に、塩化カルシウム（0.5ｔ）詰めを配備。<br>広範囲への散布を実施する為、散布車による散布を実施。 | ・凍結防止剤購入契約において、塩化カルシウム（0.5ｔ詰め）を含み契約<br>・強降雪予測時に事前配備実施。<br>・圧雪路面への散布を実施。 |
| ④ 飛石連休であることより雪道に不慣れなお客さまが増加していること、初冬期であることに対し、高速隊との解除要件等の認識の共有が十分ではなかった。 | ・解除に向けた高速隊との連携強化と、確実な路面状況の確認 | 6）通行止め解除に向けた計画立案、高速隊の解除前立会の実施が出来るかを判断すべく、NEXCO 自らが確実に現場状況を確認する。<br>7）高速隊と基本的な解除要件について、事前に写真による確認をする。 | ・通行止め解除時に NEXCO 自らが現場確認を実施した。 |
| ⑤ 通行止め解除における、非常駐車帯の除雪不足、掘割部のルーバーへの着雪、解除前確認時にトンネル坑口につららを発見し、除去に時間を要したこと。 | ・路面以外の支障事案の整理と確認方法の明文化 | 8）トンネル等からのツララ、倒木等の植栽状況、標識等からの落雪等、過去に通行止め解除遅延することが想定される、路面以外の支障事案についてチェックリストを作成し、誰が現場巡回へ行っても同じ視点で確認出来る体制を構築。 | ・路面以外の支障事案による通行止め遅延はなかった。 |

＊１　中日本高速道路㈱　名古屋支社　保全サービス事業部　保全チーム

## ４．実施内容の詳細と対策の結果

### 4.1　新東名雪氷車両の有効活用の評価

新東名雪氷車両の有効活用の評価を表－３に示す。

表－３　新東名雪氷車両の有効活用の評価

| ＨＳＣ名 | ローテーション変更箇所 | 実施評価 |
|---|---|---|
| 飯田 HSC | 中津川 IC～飯田 IC 間の黒管理区間において、通常 3 梯団程度のところを、8 梯団のローテーションとし運用した。 | 当該区間において、8ｃｍ/ｈの予想以上の短時間強降雪にも除雪体制強化により、通行止めを実施することなく交通確保が出来た。 |
| 多治見 HSC | 全線でのローテーション変更を実施し、ローテーション時間は中央道において 26 分短縮、東海環状道は 42 分短縮、全線において 68 分短縮を図った。 | 多治見ＩＣ周辺に最大 11ｃｍ/ｈの短時間強降雪が発生したが、除雪体制強化により、通行止めを実施することなく交通確保が出来た。 |
| 高山 HSC | 2014 年度の大雪を受け、ローテーション時間が 120 分である、<br>・荘川ＩＣ～飛騨清見ＩＣ<br>・美並ＩＣ～白鳥ＩＣ<br>に増車し、高山 HSC 管内全ての区間でローテーション時間６０分で運用した。 | ８ｃｍ/ｈが２時間続く、強降雪にも除雪体制強化により、通行止めを実施することなく交通確保出来た。 |

### 4.2　３日前予報の導入

先３日間の予報を毎日 13 時に発表、発表様式は、先３日間の予報を３時間単位で区分し、３時間の予想降雪量を表示し、また、着色を施すことにより、一目で強い降雪があるかを判断可能とした（図３）。

図３　３日前予報コンテンツ

３日前予報を導入したことにより、３日前からの応援派遣調整において、応援派遣先の到着希望時間や終了予定時間の記載を明確化することができ、より効果的で効率的な応援派遣調整及び運用が可能となった。

事前広報においては、お客さまに朝方や夕方などの降雪の降り始めや降り終わりを、より正確に広報ができた。

### 4.3　休憩施設での雪道情報提供

休憩施設での雪道情報（以下、「ドライビングウェザー」という）提供において、2015年度は東海北陸道、中央道、名神の３路線に北陸道を加えた全４路線の路線情報（図－４、図－５）及び関西方面から東京方面、また、東京方面から関西方面へ向かわれるお客さまに新名神、名神の経路選択可能な広域情報を提供し、かつ、広域情報には除雪、散布の作業状況（図－６）を併せて提供した。

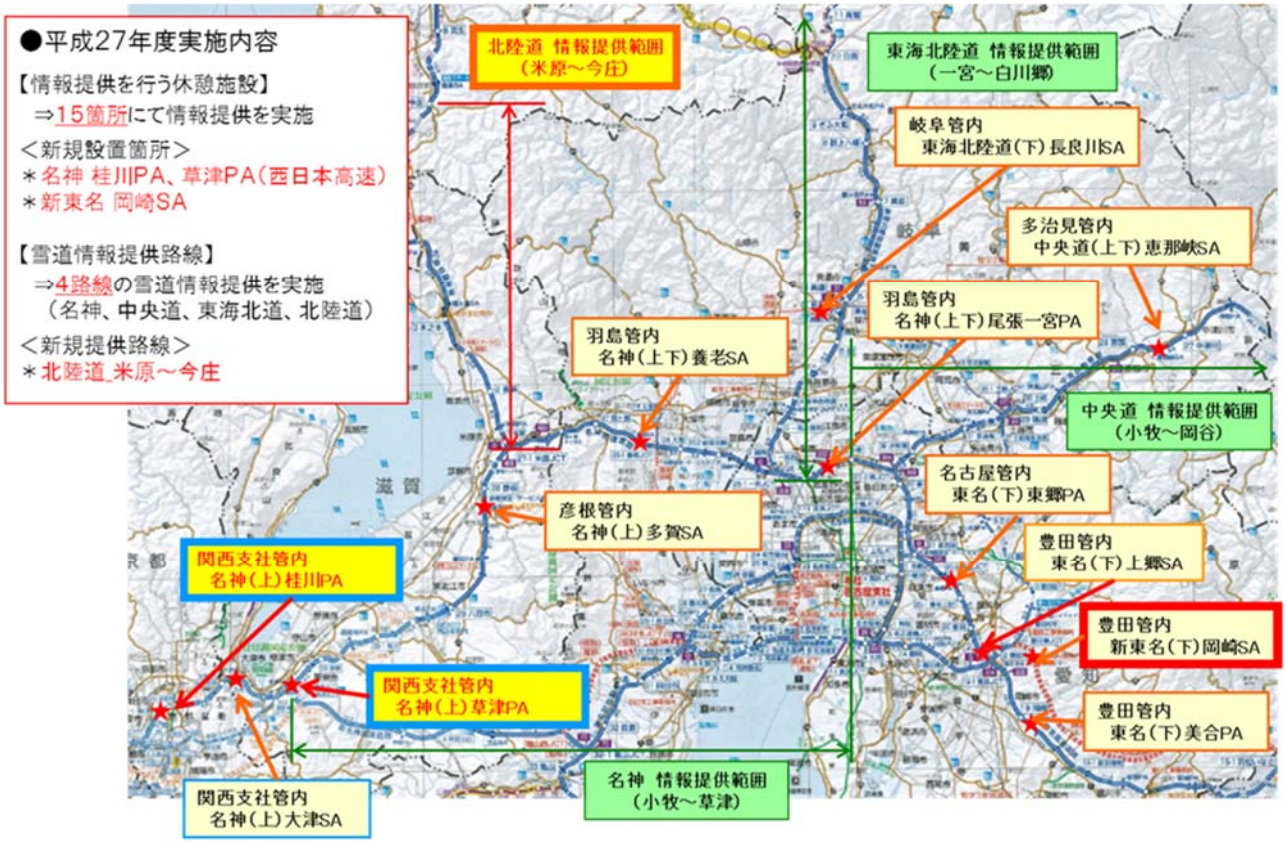
図４　交通情報、ピンポイント天気予報

図５　交通情報、ライブカメラ映像

図６　ルート選択サポート・除雪散布情報

ドライビングウェザーを設置した休憩施設を図－７に示す。

＊１　中日本高速道路㈱　名古屋支社　保全サービス事業部　保全チーム




図－７　ドライビングウェザー提供箇所

ドライビングウェザーの評価として、休憩施設のコンシェルジュにヒアリングを実施した結果を以下に示す。

・ドライビングウェザーがフードコートに設置されていることより、食事をしながら閲覧されている状況を多数確認した。
・ドライビングウェザーを閲覧した上で、天気等内容についての問い合わせがあった。
・ドライビングウェザーと情報ターミナルを並べて情報提供している為、併せて立ち止まって閲覧されている状況を確認した。

以上より、ドライビングウェザーを立ち止まって閲覧されているお客さまが多数存在することが確認できた。

また、2015 年度において２回の通行止めを実施した新名神の情報提供は現在実施していないが、

・桑名 HSC 管内の冬用タイヤ装着率が２０％程度であり、非常に低いこと
・新名神も降雪が多い地域であること

をお客さまに認識して頂くため、新名神の路線情報提供が必要である。かつ、名神、新名神の経路選択可能な更なる情報提供として、名神、新名神ルート情報を１コンテンツ内で提供することが必要と考える。

4.4　最適なレッカー・トラクターショベルの配置

2015 年度は立ち往生車両排除用として、トラクターショベルを２台追加したが、当該箇所における立ち往生車両は発生しなかった。

しかし、新名神通行止め時に亀山ＪＣＴ-Ｄランプにて立ち往生車両が発生し、それに対応するレッカーの配置計画が十分でなく、早期排除ができなかった。

それを受け、気象状況が変化する中、2015 年度雪氷対策期間中に体制構築毎に降雪箇所等を考慮した、レッカーの配置を見直すことで対応した。

4.5　塩化カルシウム（0.5ｔ詰）の配備

2014 年 12 月に高山 HSC 管内において雪による通行止めが発生した際、通行止めが長期化した。長期化の一つの要因として、圧雪除去を塩化カルシウムの小型散布機による散布、作業員による手撒き、ガスバーナーの使用等による作業を実施したが、広範囲にわたる圧雪であったため、作業に多大な時間を要した。

2015年度においては、新名神で雪による通行止めが発生し、夜間に上り線全線に圧雪が発生したが、圧雪を早期に除去するため、湿塩散布車を使用して塩化カルシウムを新名神全線に散布し、１時間の融雪時間を確保後、除雪車（グレーダー付）にて融けた圧雪を除去し、凍結防止剤の散布を実施した。

＊１　中日本高速道路㈱　名古屋支社　保全サービス事業部　保全チーム

以上の作業を実施したことにより、圧雪状況を確認した時点では、朝方までの通行止め解除が困難であると想定されていたが、支障となる圧雪を早期に除去することができ、朝方に通行止めを解除することができた。

4.6　通行止め解除時の高速隊立会前のNEXCO自らの現場状況確認

2016 年１月に発生した新名神の雪による通行止めの際、通行止め解除前に、NEXCO 自らの現場確認を実施したが、確認が十分ではなかったこと、また、高速隊からの指摘箇所を対応する作業班が帯同していなかったことより、指摘箇所対応に時間を要し、通行止め解除遅延が発生した。

4.7 高速隊との基本的な解除要件についての写真による事前確認

各県警高速隊と事前の雪氷連絡調整会議にて解除要件の確認を実施するとともに、通行止め時においても、通行止め解除要件の再確認を実施した。

4.8 路面以外の支障事案の整理と確認方法の明文化

路面以外の支障事案においては、チェックリストを作成し、誰が現場巡回に行っても同じ視点で核にできる体制を構築したことにより、2015 年度は路面以外の支障事案における通行止め解除遅延はなかった。

５．今後の課題

新名神の亀山ＪＣＴ-Ｄランプは上り勾配が 5.7%であることより、立ち往生車両が発生しやすい箇所であると考えられる。

そのため、当該箇所についてはソフト対策、ハード対策双方を視野に入れ対策立案が必要と考える。

また、桑名管内の冬用タイヤ装着率が 20%であることより、お客さまに対する冬用タイヤ必要の啓発広報の実施、更なるお客さまへの事前広報の実施が必要である。

６．おわりに

2014年度は12月の豪雪を始め、降雪の厳しい冬であり、各課題に対する対応策を雪氷対策期間前に講じた。

2015 年度は暖冬の影響もあり、全体を通して降雪量が少ない冬ではあったものの、短時間強降雪が発生し、新名神においては２回の通行止めを実施した。

2016 年度は新名神通行止めにおける課題を確実に解決する計画立案、雪氷対策作業を実施するとともに、強降雪があった場合には、その都度、次の降雪に向けた課題抽出と対応策の立案を実施していく。

＊１　中日本高速道路㈱　名古屋支社　保全サービス事業部　保全チーム

# あられセンサーの開発について

桶野　誠*1、竹中將雄*1

## １．はじめに

中日本高速道路株式会社 金沢支社（以下「NEXCO中日本」という。）が管理する北陸自動車道では、初冬期に局地的なあられが頻繁に降ることで、特にトンネル出口通過直後の明かり部において、急ブレーキ等によるスリップ事故が発生している。もちろん降雪情報を収集し、お客様に注意喚起を促し事故抑制に努めているところであるが、局地的なあられの降雪情報をリアルタイムに提供することが困難であることから、スリップ事故は減少していない。このような状況を踏まえ、更なる事故抑制を図るべくリアルタイムな情報提供等を鑑み、あられセンサの開発を行ったものである。

## ２．開発経緯

NEXCO中日本では、近年あられの降雪情報を収集するため、様々なセンサによる検知方式の装置を導入しており、過去の事故発生箇所を優先して装置を設置し、情報収集並びに注意喚起として運用している。しかし設置している装置は高価であり、局地的にあられが降る箇所には全箇所設置することに至っていない。また、安価なセンサを追加設置し、注意喚起を促しているが、センサの検知精度が悪いことが危惧されている。

過去には、図1に示すとおり画像処理技術による路面降雪監視システムを設置したが、これも高価であったことから、導入拡大に至らなかった経緯がある。よって、検知精度が信頼でき、安価なセンサの開発を行ったものである。

**図 1　路面降雪監視システム**

## ３．検知方式の選定

これまでのあられを検知する方法として、センサ検知部に付着する雪を検知する「水分検知方式」と雪が赤外線を反射させる性質を利用する「赤外線方式」が主流となっている。また、検知精度を上げるために検知条件の組合せを行っており、主に温度と水分の組合せで検知している方式がある。

センサの設計にあたり、検知精度向上を図るため、検知条件を組合わせることとした。表1に示す検証結果から、「水分」と「振動・音」を組合わせることが優位であることが分かった。また、それぞれの特徴を活かし、安価で検知精度が信頼できるものを検知方式として選定した。

**表 1　検知方式比較結果**

| 検知方式 | コスト | 雪検知 | あられ検知 | メンテナンス |
|---|---|---|---|---|
| 水分 | ◎ | ○ | △ | ◎ |
| 赤外線 | △ | ○ | △ | ○ |
| 画像処理 | × | ◎ | ○ | × |
| 振動・音 | ○ | × | ◎ | △ |

## ４．あられ検知センサの試作

あられを検知する「水分」検知センサの開発においては、技術的には既に確立されたものであり、容易に試作機を製作することができ、図2に示す検知部センサの開発及び試験検証ができた。また、もうひとつの検知条件である「振動・音」検知センサの開発においては、物体の動きの変化や振動・衝撃を計測する必要があることから、一般的に加速度センサを利用することが多いが、本開発では「振動・音」に関しては、図3に示すとおり加速度センサの代わりにスピーカーを利用することとした。

*1　中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社　金沢支店

図 2　水分検知センサの検知試験・検証

図 3　振動・音検知としてスピーカを取付け

スピーカは本来、電気信号を物理振動に変えて音を生み出すものであるが、本開発においては、あられの降雪音を電気信号に変えて利用できるものと考え採用した。採用したのメリットは以下のとおりである。

(1) 筐体に密着し取付できるため、空気中を伝搬する音（振動）ではなく、あられが筐体に当たる金属音を直に振動としてピックアップできることができる。また、空気中を伝わる外乱音が伝わりにくいことである。

(2) あられが直接当たらないことで、裏面に設置であってもピックアップ可能である。

なお、あられの判定基準の設定は、ピックアップした音（振動）は信号処理し、あられ降雪の場合のみ出す金属音の周波数を抽出し、一定以上検知した時にあられ降雪と判定するものとした。

試作機は、現地への持運びと試験・検証が容易にできるよう、図4に示すとおりセンサ部と制御部を一体化し製作を行った。また、あられや雪が積らないようにヒータを追加した。

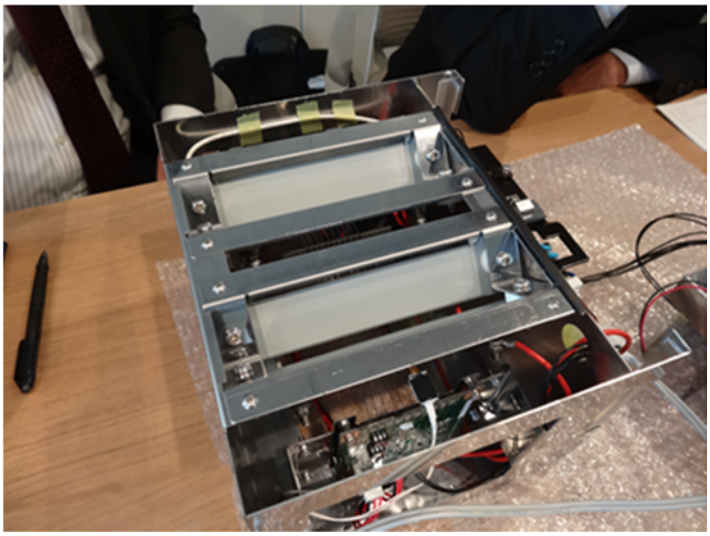


図 4　あられセンサ試作機

5．あられセンサ試作機の試験・検証

試作機の試験・検証では、早々にあられを検知することができたが、以下のとおり不具合点が確認できた。

＝不具合点＝

(1)一定以上の雪が降った際は、センサ本体上に積もった雪がセンサの開口部に入り込み誤動作した。

(2)センサの開口部が狭く、あられが入り込みにくい。

(3)センサ本体が大きく設置困難。

図 5　試作機のフィールド試験状況

試験・検証の結果を踏まえ、次のとおり改良を行った。

・改良①：センサ上部への積雪防止ヒータの出力向上し能力アップを図った。

・改良②：センサ開口部の拡大及び形状の変更し、センサを

*1　中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社　金沢支店

露出させた。

・改良③：センサ部と制御部を個別化することで、コンパクト化した。

試作機は、センサ部と制御部を一体化したことで、容易に改良ができない形状となっていたため、図6に示すとおり改めてセンサ部を単独で設置できるよう設計することとした。

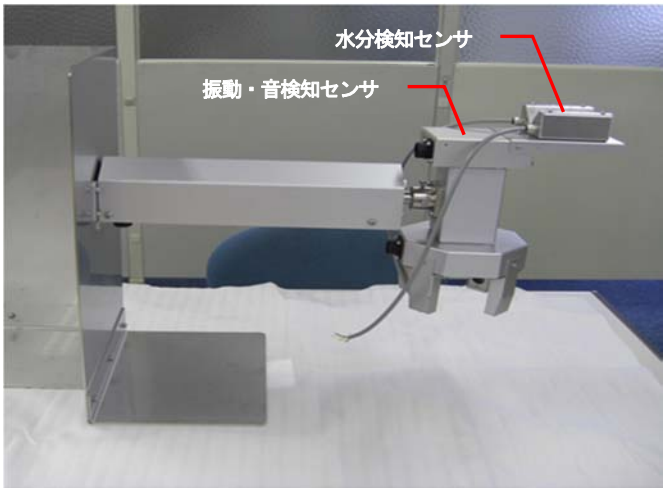



図 6　あられセンサ全体写真

■あられセンサ仕様

| | |
|---|---|
| 入力電源 | AC100V |
| 消費電力 | 100VA |
| センサモジュール | 144×585×300（mm） |
| あられセンサ | 94×130×81（mm） |
| 制御 BOX | 350×250×151（mm） |

あられセンサの検知信号を既存設備で使用している情報板と連動させることで、リアルタイムに注意喚起できるシステムとした。また、トンネル坑口付近にあられセンサを設置し、その検知信号を特定小電力無線でトンネル内に設置されている情報板に信号を送信、道路を走行するお客様に対しトンネル出口の路面情報をリアルタイムに提供することで注意喚起を行い、事故抑制が図れるものとして期待できる。

6．あられセンサのフィールド試験・検証

フィールド試験は、NEXCO中日本 敦賀保全・サービスセンター管内の北陸自動車道 今庄トンネル下り出口付近にて、平成27年11月中旬～平成28年1月中旬で試験・検証を実施した。試験・検証においては、表2に示すとおり最寄りの気象観測局のデータとあられセンサのログを比較し、検知精度を検証することとし、センサの動作確認は監視カメラを設置し確認することとした。

表 2　気象観測局との検証比較

| 検証内容 | あられセンサ ログデータ | 比較対象設備 |
|---|---|---|
| 水分検知の検証 | 水分検知出力 | 気象観測局（雨量ﾃﾞｰﾀ） |
| あられ検知の検証 | 音検知出力 | 監視カメラ映像　LED 灯 |
| | 監視カメラ映像 | 気象観測局（降雪量ﾃﾞｰﾀ） |

図 7　あられセンサ監視状況

図 8　あられセンサ検知状況

※みぞれ・あられの降雪時に水分検知と音検知出力（黄色と緑色 LED 点灯確認）

*1　中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社　金沢支店

**図 9　あられセンサ水分検知状況**

※雪の降雪時は雪が降積り、センサー内蔵ヒータにより雪が融解され水分検知（黄色 LED 点灯確認）

気象観測局との比較検証結果データは、図 10 に示すとおりである。

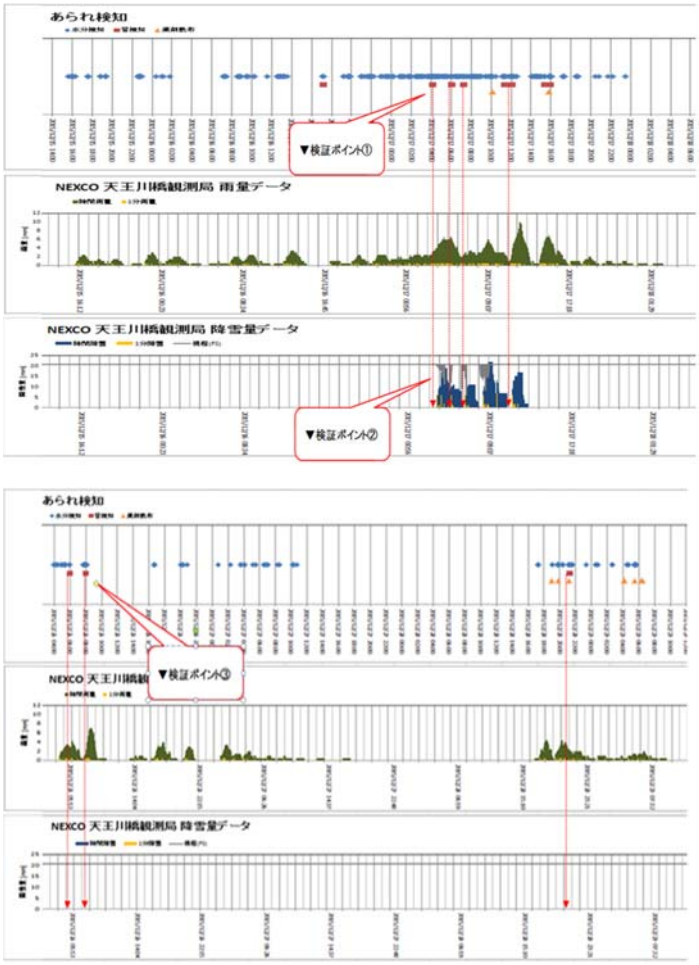



**図 10　気象観測局との検証結果**

検証の考察は以下のとおりである。

検証ポイント①：あられセンサーの水分検知と気象観測局の雨量データが一致。

検証ポイント②：あられは雪の降り始めに降る傾向通り、あられを検知している。

検証ポイント③：降雪量に満たない、みぞれまじりの雨も検知している。

フィールド試験では、気象観測局とのログデータとの乖離は見受けられず、あられセンサのが正常に検知したこと、信憑性を確認できた。

雨量1㎜程度での検知は、みぞれ交じりの雨が検知でき、雪では検知しない結果を得ることができた。

フィールド試験の結果から、検知速度が安定しない傾向も見受けられたことから、検知精度を向上させる必要がある。また、あられが降った場合にあられを集める導入板を大きくし、多くのあられが収集することで検知速度を安定させられると考えている。また、あられセンサの暴露試験を実施した結果、センサと筐体を絶縁する樹脂の劣化による絶縁低下も確認できた。これらの課題については、既に改良を行っている。

## 7．まとめ

あられセンサの開発においては、平成 26 年度の冬期から試験と検証を行い、今季 3 年目となった。今年度は昨年のフィールド試験を踏まえ、NEXCO 中日本 敦賀保全・サービスセンターへの本格導入が決まり、現地に設置することとなった。

昨年のフィールド試験による課題は対策済みであるが、今後も引き続き、あられセンサの検知精度向上のために検証及び改良を行っていきたい。更に正確で確実な情報提供ができる装置を開発することで、スリップ事故の抑制に寄与できるものと考えている。

*1　中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社　金沢支店

# 独自観測インフラを用いた気象現象の把握と道路利用者向け情報発信

有賀　哲夫、戸部　明、飯田　和雄、吉本　享、川畑　貴義、中山　桃子＊1

## 1．はじめに

近年、局所的な気象現象に伴い、高速道路管理上影響を及ぼした事例が多く挙げられる。直近5年以内で見ると、大雪事例では、2014年2月の首都圏を通過した南岸低気圧（図1.）の他、2016年1月の長岡での大雪事例が挙げられる。一方で、大雨事例を見ると、東北・北海道の交通インフラに影響を及ぼした2016年台風7号、9号、10号、11号が記憶に新しい（図2.）。

図1. 2014年2月首都圏大雪時のレポート情報
（ウェザーニューズHPより）

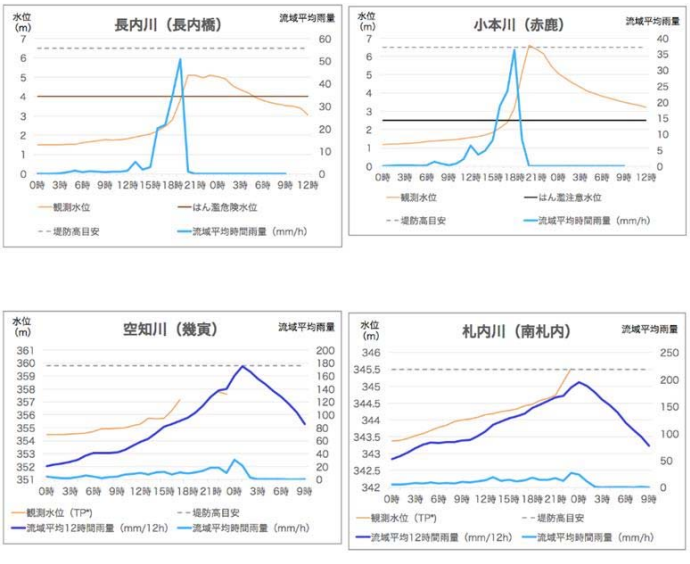



図2. 小本川、長内川、札内川、空知川の水位と流域平均雨量
※河川水位：川の防災情報HPより取得）
※流域平均雨量はウェザーニューズ解析雨量

ウェザーニューズ（以下、WNI）では、2008年よりWNI独自小型ドップラーレーダー（以下、WITHレーダー 図3.）による様々な気象現象の観測を行っている。本書では、WITHレーダーを含め、独自観測データを用いた大雪事例等の早期検知事例等の関する事例紹介を行う。

図3. WITHレーダー

一方で、大雪時を中心に、高速道路利用者向けの情報発信（名称：ドライビングウェザー、以下、DW）を、東日本高速道路株式会社（以下、NEXCO東日本）東北支社管内及び新潟支社管内の一部のサービスエリア・パーキングエリア（以下、SAPA）において実施している（図4.）。本書では、大雪時に提供しているDWの事例紹介を行う。

図4. SAPAにおけるDW提供（長者原SA上り）

## 2. 独自観測インフラについて

### (1)WITHレーダー

WITHレーダーの特徴としては、6秒/回での観測を可能とする事、水平方向観測以外に、鉛直方向を可能とし、雪雲の雲長高度・反射強度から発達・衰退等の現象をリアルタイムに観測する事が可能である。（表1.）

表1. WITHレーダー性能について

| 項目 | | WITHレーダー | 気象庁レーダー |
|---|---|---|---|
| 観測高度 | | 0km以上 | 2km以上 |
| 観測範囲 | | 半径50km | 半径250km |
| 観測頻度 | | 6秒 | 5分 |
| 解像度 | | 150m | 1km |
| 解像度 | | 3次元的に表示 | 固定レーダ値もしくは最大値を利用 |
| 観測方向 | | 水平方向・鉛直方向 | 水平方向 |
| 観測要素 | 降水強度 | ○ | ○ |
| | 移動方向・速度 | ○ | ○ |
| | 降水相判別 | ○ | × |

また、起伏の激しい地形を多く抱えている地域においては、気象庁レーダーでエコーを観測していなくても実際には降雪や降雨を観測している事例が多く報告されており、峠などの山間部や平地であっても山影にあたる地域（ブラインドエリア）で顕著となっている。このため、ブラインドエリアにWITHレーダーを設置する事で、雨雲・雪雲の見える化を実現している（図5.）。

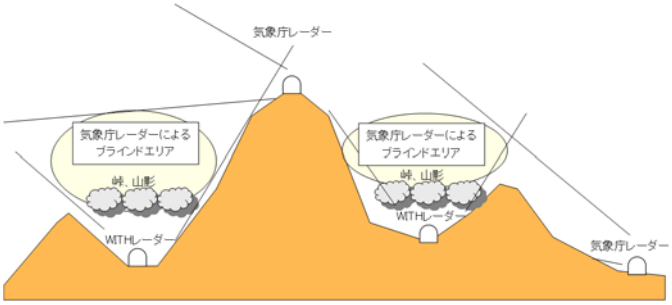



図5. ブラインドエリアへのWITHレーダー設置

(2)サポーター情報

WNIでは、一般の気象情報サイト（ウェザーニュース）会員の方々から天候状況をリポートしていただく取り組み（以下、サポーター情報）を実施している（図6.）。気象庁レーダー等では雨雲・雪雲の広がりの様子等把握する上で有効性あるが、このサポーター情報については、地上に降ってきている気象要素（雪・みぞれ・雨）の判別の他、雪の降り始め、降り終わりを行う上で有効な情報の１つとなっている。

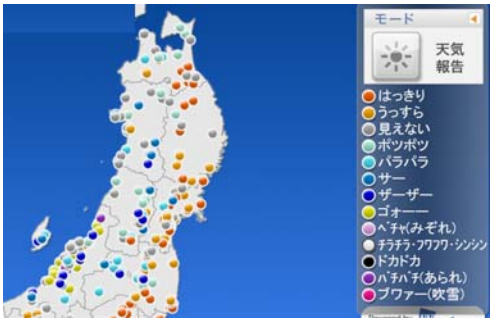



図6. サポーター情報

(3)ライブカメラ

WNIでは、各地域における気象特性を踏まえ、定点観測となるライブカメラを整備し観測を行っている。特に、高速道路に影響を及ぼす雪雲を早期に把握する事を目的に、高速道路周辺及び風上側へライブカメラを設置し観測を行っている（図7.）。気象レーダーでは映りにくい降雪の降り始めの他、降雪ピーク等気象レーダーとの組み合わせにより有効な情報の１つとなっている。

図7. 北海道厚田ライブカメラ（2015年12月6日）
（左： 21:30、右：21:40　○印にて降雪変化を確認）

3. 具体的な観測事例

(1)短時間強雪事例（2015年12月7日　小樽～北広島　図8.）

・気象状況

小低気圧が石狩湾を南下し、札幌・岩見沢周辺を中心に活発な雪雲が流れ込んだ。小低気圧周辺では雪雲が発達し、時間５cm前後の強雪の影響で視程が悪化した。

図8.2015年12月7日気象状況

・WITHレーダー観測状況

小低気圧に伴う発達した雪雲が小樽方面から接近し、5時に小樽上空にあった雪雲は雲頂が2,000m以上に発達していた。また、6時頃には小樽上空のエコーは黄色くなってきており、雪雲がさらに発達傾向であることがわかる(図9.～図10.)。さらに、WITHレーダー(ドップラー速度観測)からは、雪雲が小樽から札幌～千歳周辺に進んでいる様子が分かる。その結果、図13.の通り、道央道の北広島周辺では7～9時頃にかけて時間5cm程度の強い雪を観測した。

その後、8時頃には、WITHレーダー(雲の発達度)のエコーが札幌～小樽間で途切れている。また、9時のWITHレーダー(ドップラー速度)を見ても小樽から札幌周辺に接近する雪雲はほとんどなく、小樽方面では強雪の継続性がなく天気の回復が早いことが分かる(図11.～図12.)。

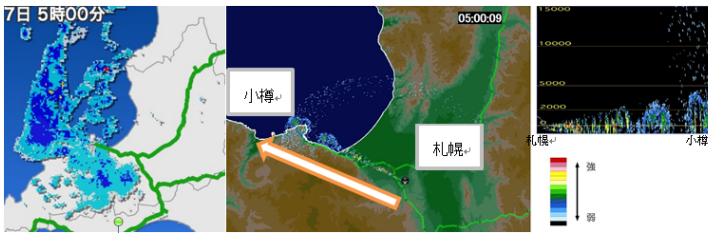



図9. WITHレーダー観測事例（12月7日5時：雲頂高度）

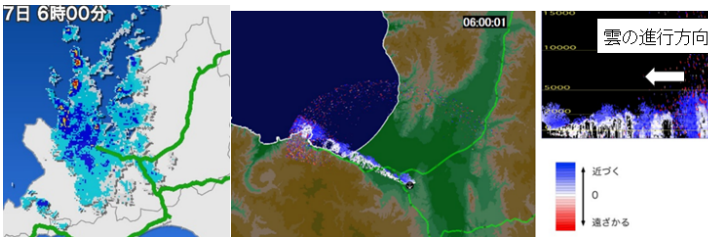



図10. WITHレーダー観測事例（12月7日6時：速度観測）

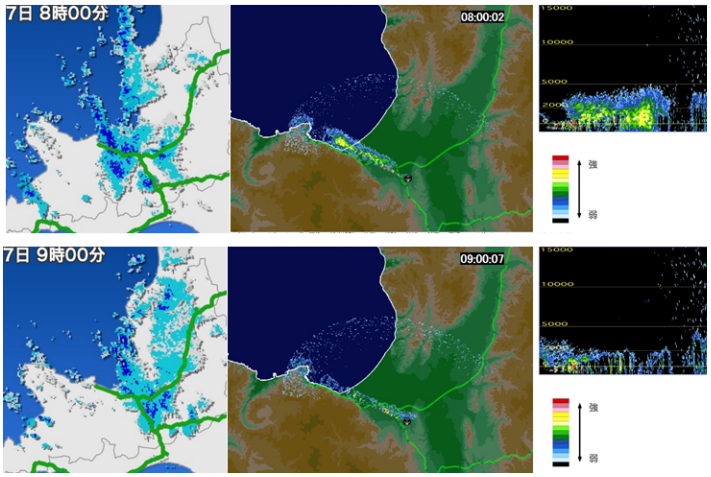



図11. WITHレーダー観測事例（12月7日8-9時：雲頂高度）

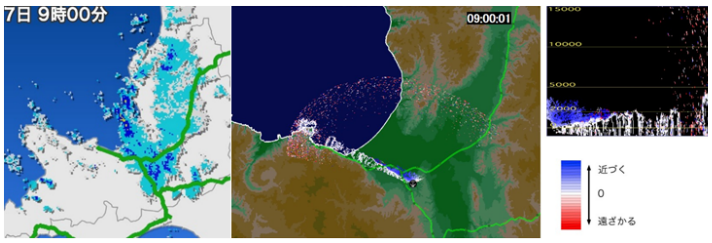



図12. WITHレーダー観測事例（12月7日9時：速度観測）

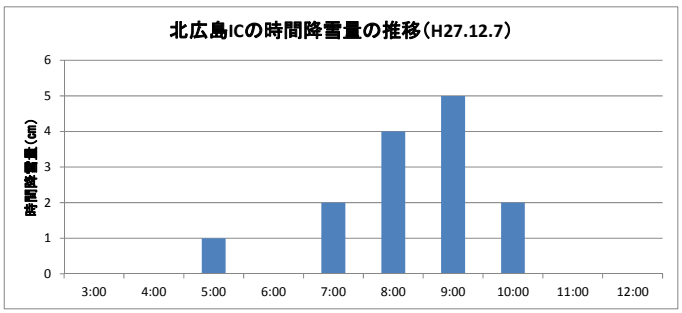



図13. 北広島IC降雪量（12月7日）

(2) 雨雪判別事例（2013年1月13日：関東地方）

・気象概況（図14.～15.）

南岸低気圧によって1月13日の夜間に長野地方で雪が降り始め、1月14日の日中には関東全域で大雪となった。

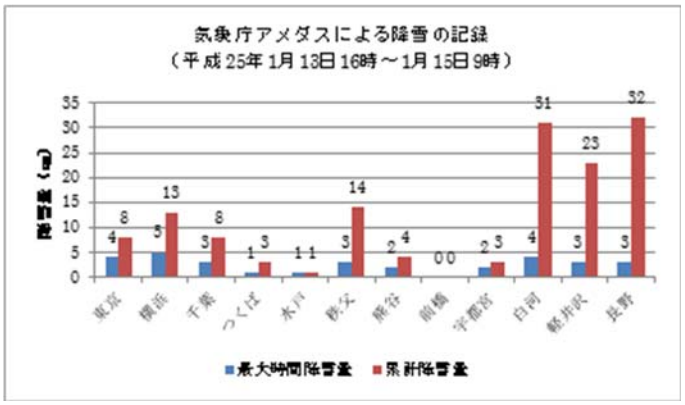



図14. アメダスによる降雪量

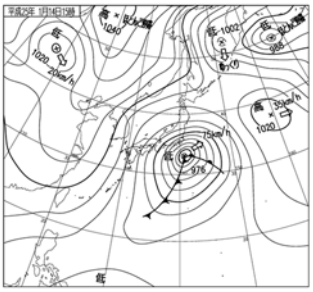


図15. 2013年1月14日天気図

・観測状況

南岸低気圧が通過する際には、概ね雪雲・雨雲が低気圧進行方向に沿ってかかってくる。一方で、南岸低気圧の特徴として、上空の気温、湿度等により雨雪判別が非常に難しい気象現象である。気象庁レーダーでは9～11時の間、雨雪雲がかかっている状況（図16.）であったが、サポーター情報によると9時では関東南部は比較的雨の範囲が多いが、11時では大半が雪の範囲となっているのが分かる（図17.）。これにより、雨雪判別の境界線を見える化できる事が可能となった。

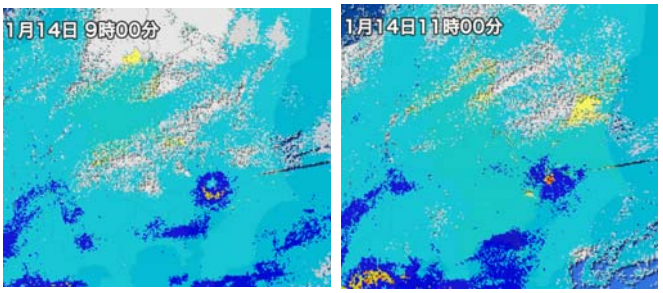



図16. 1月14日気象庁レーダーによる雨雪雲の様子

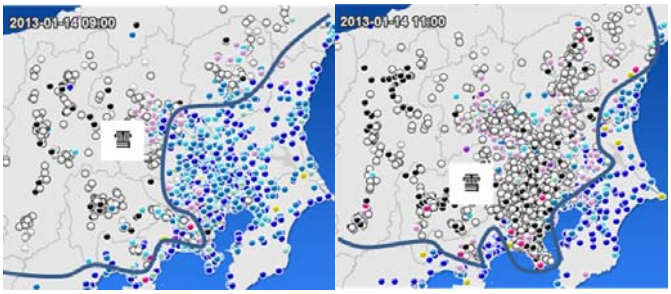



図17. 1月14日サポーター情報による雨雪判別の様子

4. DWの具体的な番組構成について

前項までは観測インフラによる具体的観測事例を紹介したが、本項では道路利用者向け情報提供の具体的事例を紹介する。

DWの中で最も重要視していることは「高速道路利用者が知りたい情報」＋「道路管理者が伝えたい情報」を提供することであり、以下４点をポイントとしながら番組を構成している。

＜ポイント＞

A：地域性

B：対応策の見える化（気象情報及び交通情報）

C：リアリティのある実写映像、動画の活用

D：リアルタイムな情報発信（知りたい情報を知りたい時に、伝えたい情報を伝えたい時に）

高速道路利用者がSAPAに立ち寄る平均時間は、トイレ休憩で７～８分、食事休憩で３０分といわれている。そのため、SAPAに立ち寄る時間の中で伝えたい情報を的確に伝えるため４画面構成（図18.）をとり、番組の１サイクルは約５分としている。

図18. DWの画面構成

5. 設置箇所

現在、東北支社管内には４９箇所、新潟支社管内には２２箇所設置している。また、特に冬期、関東エリアから東北及び新潟支社管内へ流入してくるノーマルタイヤを装着した道路利用者による交通事故が発生していることも多いため、関東支社管内の一部SAPAにおいて東北及び新潟支社管内の情報が確認できるようDWの提供を行っている。

6. DWにおける具体的大雪時の取り組み事例

2016年1月18日に東北関東エリアは南岸低気圧による大雪に見舞われ、東北支社管内での高速道路は一部で通行止めが発生した。その際、高速道路利用者が国道へ迂回するための準備情報として高速道路のSAPAのDWにて並行する国道のライブカメラ画像が含まれる並行国道コンテンツの提供を行った（図19.）。高速道路が通行止めになり、迂回路として並行する国道がある場合、高速道路利用者が国道へ迂回する前に国道の状況を確認することが可能となった。

図19. 2016年1月18日の山形道通行止時提供

また、2015年3月に常磐道が全線開通したことにより東北エリアと関東エリアを繋ぐ高速道路は東北道、常磐道のダブルネットワーク化が実現した。このダブルネットワークに着目し、DW上にて東北道、常磐道の経路選択いただく事に着眼点をあてたコンテンツの提供を行った（図20.）。東北道、常磐道の路線特性、気象状況は大きく異なっているため、高速道路利用者自身で高速道路沿線の気象状況、交通状況を確認の上、最適なルート選択いただく事が可能となった。

図20. ルート選択情報コンテンツ

7. まとめ

現在、道路管理者向け情報提供を行うための必要な観測インフラの整備・観測・予測と道路利用者向けの情報提供をそれぞれ行っている。引き続き、最適な道路管理支援を行うための情報提供と共に、より道路利用者の視点に着眼点を当てた情報発信を行っていく。

＊１　株式会社ウェザーニューズ