

雪氷チーム

はじめに

雪氷チームは、北海道開発局開発土木研究所の防災雪氷研究室であったが、平成 13 年 4 月の独立行政法人化を経て、平成 18 年 4 月に現在の名称となり今日に至っている。雪氷チームでは、吹雪や雪崩など道路雪氷災害の軽減のため、様々な研究に取り組んできている。ここでは、現在行っている研究をこれまでの経緯・背景とともに紹介し、今後の研究の方向性について記したい。

研究概要

(1) 吹雪対策に関する研究

吹雪対策に関する研究は、当チームの前身である北海道開発局土木試験所応用理化学研究室時代より、北海道開発局開発土木研究所防災雪氷研究室などを経て現在まで 50 年以上の蓄積がある。この間、行政や道路利用者のニーズ及び冬期の気象環境は、次第に変化しつつある。昭和 30~40 年は、昭和 31 年の雪寒法の制定を機に冬期除雪が全道に拡大した時期で、冬期に車両が通行できることへのニーズが最も高かった。そのため、当時の吹雪対策は吹きだまり対策が主であった。その後、高速道路が延伸されるにつれて、冬期にも高速で走行できることに対する要望が高くなった。そのような中、平成 4 年 3 月に道央自動車道千歳において猛吹雪の中で 186 台の多重衝突事故が発生し、吹雪による視程障害対策がクローズアップされた。その一方で、平成 25 年 3 月の北海道での暴風雪など、急速に発達した低気圧によってもたらされる暴風雪により車両の立ち往生がしばしば発生するなど、吹雪災害は複雑化している。

① 吹雪視程障害予測技術の開発

平成 20 年 2 月及び 4 月に、南空知、釧路・根室地方が暴風雪に襲われ、多くの車両が立ち往生し社会生活に影響を与えた。このような異常な暴風雪に対しては、ハード対策だけでは対応が難しいため、吹雪視程障害状況を予測し情報提供するなどのソフト的な対策も併せて実施することが必要である。吹雪時の視程は気象条件と関係が深い。過去には、理論モデルと野外での飛雪流量調査(図-1)を元に、一般的な気象データ(降雪、風速、気温)から吹雪時の視程を推定する手法が開発され、平成 14 年度に(社)日本雪氷学会より平田賞が授与されている。

この手法では、入力する気象データとして予測値を用いることで、視程の予測も可能となる。そこで、吹雪時の交通行動の判断を支援するために、これまでの研究成果と気象庁から配信される降水強度、風速、気温の予測値を用いて、『北の道ナビ 吹雪の視界情報<北海道版>』(図-2、URL: <http://northern-road.jp/navi/touge/fubuki.htm>)にて北海道内 221 エリアの吹雪視界の現況と、24 時間先までの予測情報を 5 段階で配信している(気象予報業務許可 183 号)。この情報は、パソコン、スマートフォン、携帯電話で閲覧可能である。平成 26 年度冬期の最大日アクセス数は 33,547 件で、多くの方々



図-1 飛雪流量調査の様子

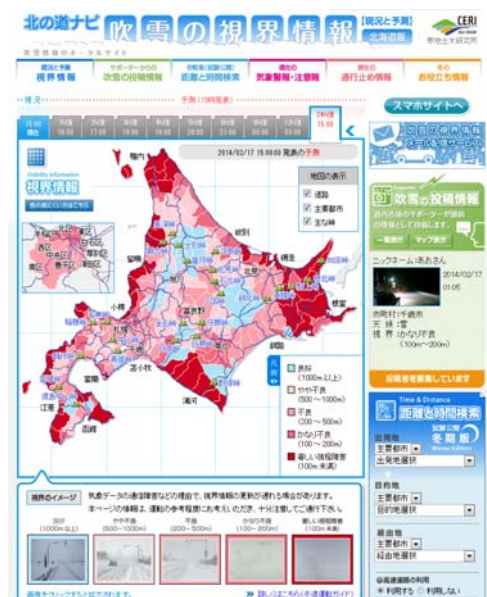


図-2 北の道ナビ 吹雪の視界情報<北海道版>

に活用頂いている。また、吹雪の発生が予想されるときに、注意喚起を行うメールを配信するサービスも行っている(URL: <http://time-n-rd.jp/fubuki/>)。これは、事前に登録された条件に応じて、視程不良の予測を自動でメール通知するものである。

現在は、視程障害予測の精度向上を図るため、野外観測データを解析して、雪面の状態を考慮した吹雪の発生条件について研究を行っている。さらに、降雪形態による視程低下メカニズムを加味した広域に適用できる道路の吹雪視程障害予測技術の開発に向けて研究に取り組んでいる。

吹雪情報を提供する媒体として活用している北海道の道路情報のポータルサイト『北の道ナビ』は、多様化する道路情報に関するニーズに応えるため、雪氷チームの前身である防災雪氷研究室時代（平成11年）に開設したものであり、平成12年度からは民間約10社と『移動中の高度情報通信社会流通情報の利用技術に関する研究』の共同研究を実施して充実が図られた。このようなドライブ観光などの情報提供に関する研究は、平成18年の北海道開発土木研究所と土木研究所との統合時に防災雪氷研究室から切り出す形で新設された地域景観ユニットが担うこととなり、雪氷チームは冬期の道路情報提供の部分を分担している。

② 吹雪危険度評価に関する研究

効率的に吹雪対策施設の整備を行うためには、路線の中で防災上のネックとなっている箇所、つまり吹雪危険度の高い箇所の特定が必要である。そこで、路線を通した吹雪視程障害の危険度を連続的に評価する技術を開発している。この研究では、視程障害移動観測車(図-3)を用いて吹雪時に移動気象観測を行い、同一区間で風向の違いにより視程の低下箇所が異なる実態の把握や吹雪の危険要因となる沿道環境条件やその影響度の定量的な解明などを行った。

視程障害移動観測車は、走行速度、GPS位置に加え、走行しながら気温、風向風速、視程、ハンドルの操舵角、ブレーキやアクセルの踏量が計測可能な試験車両で、平成7年に開発したものである。現在では、北海道内外の多くの調査コンサルタント会社でも同様な車両を所有して、吹雪調査に用いられている。

③ 極端な暴風雪等の評価技術に関する研究

近年、気象変化が激しくなり、雪氷災害が激甚化している。雪対策の長期的計画や防雪対策施設の設計に資するため、平成10年頃に、北海道を対象にして吹きだまり分布図や視程障害頻度分布図の作成を行った。これらの分布図は、吹雪対策の計画や対策施設の設計に用いられているほか、ドライバーへの啓発資料(図-4)にも活用されている。将来の雪氷環境の予測は、長期的な防雪対策計画を検討する際に参考になるものである。平成23年度から25年度にかけて、近年の雪氷環境の変化を解析し、それらを反映した吹雪量などの雪氷気候値の分布図を作成した。また、気候モデルの将来予測値を用いた雪氷気候推定技術を提案し、将来の雪氷気候値の分布図を作成した。現在は、極端な暴風雪時の危険要因



図-3 視程障害移動観測車



図-4 冬道ドライブの心構え
(北海道開発局)

https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/dou_iji/ud49g7000000vyh.html#s0。視程障害頻度分布図が用いられている。

の影響度の解明を行い、一回の暴風雪や大雪の厳しさを適切に評価する指標の提案とハザードマップの開発に向けて取り組んでいる。

④ 防雪柵に関する研究

防雪柵には、大きく分けて吹きだめ柵、吹き止め柵、吹き払い柵の3種類がある。

吹き払い柵は路側に設置され、用地確保の必要が無いため多く採用されている。

しかし、吹き払い柵は風が柵に対して斜めに入射した場合や、積雪により下部間隙が狭められた場合に防雪効果が低下することが指摘されていた。そこで、雪氷チームでは上記の課題を解決するため、凹凸の形状かつ1枚板の防雪板で構成する斜風時にも効果を持続できる新しい「路側設置型防雪柵(特許第5610251号)」(図-5)を開発し、民間への技術移転をすすめている。

さらに、防雪柵の整備区間であっても柵端部や開口部のように視程急変する箇所対策が課題として残っており、これを解消するため視程急変メカニズムの解明と条件に応じた対策技術の選定方法の提案に向けた研究に取り組んでいる。

過去に防雪柵の研究としては、高盛土道路に対応する防雪柵の開発を行ったほか(図-6)、野外観測によって、吹きだめ柵や吹き止め柵の防雪機能の解明と設計方法を検討してきた。これらの成果については、『道路吹雪対策マニュアル(平成23年改訂版)』に整理され、後述する防雪林や視線誘導施設とともに実際の吹雪対策に活用されている。なお、吹雪対策技術のマニュアル化に対して、平成16年度に(社)日本雪氷学会より技術賞が授与されている。

⑤ 防雪林に関する研究

防雪林は、昭和53年に国道12号岩見沢市岡山で整備が行われたのを始めに、国道や高速道路など、現在も多くの箇所で整備が進められている(図-7)。しかし造成地の気象や環境条件が厳しいことから、防雪林の生育が良好でない箇所が存在する問題が生じている。また、生長した防雪林では、防雪林が混み合って下枝の枯れ上がりが生じ、防雪機能を損ねる懸念が生じている。これらの課題に対処するため、これまで生育不良要因の特定と適切な防雪林の造成基盤の規格の明示を行った。現在、下枝の枯れ上がりに伴う防雪機能の変化について調査するとともに、適切な間伐時期、立木密度などの管理方法を明らかにするための研究を行っている。

(2) 雪崩対策に関する研究

① 雪崩災害の危険度評価に関する研究

近年、我が国において、冬期の気温上昇が報告されており、冬期の降水量も増加している。冬期の降雨は、積雪に降雨が浸透することによる湿雪雪崩、あるいは大量の水を含んだ雪が長距離流下するスラッシュ雪崩などによる災害の多発につながる恐れがあ



図-5 斜風対応可能な新型吹き払い柵



図-6 高盛土対応型の高機能防雪柵

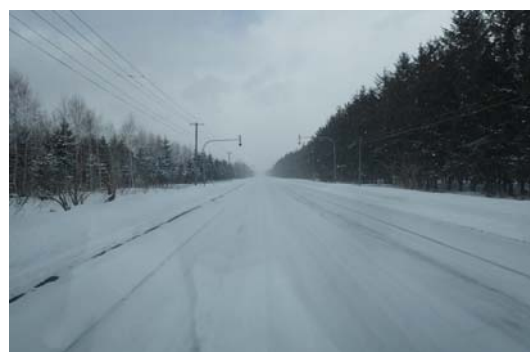


図-7 防雪対策として高い効果が期待される防雪林

る。これらの湿雪雪崩の発生条件については不明な点が多いことから、新潟県妙高市にある土木研究所雪崩地すべり研究センターと共同で、斜面積雪内の水の浸透状況を考慮した積雪モデルを用いることにより冬期の温暖化に伴う降雨等による湿雪雪崩発生危険度の評価手法の提案を行った。

短時間多量降雪時には、これまで雪崩が発生しにくいと考えられていた地域や樹林帯でも発生する等の特徴が指摘されており、簡便な雪崩発生危険度指標を用いた評価手法に関する検討を行うこととしている。また、平成22年には、道路付近の雪崩現象把握のための着眼点を記載した『雪崩現象の基礎に関する技術資料（案）』をとりまとめて、実際の冬期道路管理の参考資料として活用されている。

②雪崩対策施設の設計に関する研究

北海道では平成10年頃から、多量降雪時に斜面の新積雪が雪崩予防柵の支持面の梁材の間をすり抜ける雪崩が発生し、問題となっていた。その対策としてエキスパンドメタルなどのネット類を施工する方法について現地試験を行い、適切な仕様と設置方法を検討した（図-8）。その成果は、平成22年に『北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料（案）』としてまとめられ、ホームページ上で公開されている。



図-8 雪崩対策施設の現地試験の様子

また、雪崩予防柵（吊り柵）に関して、現在はスイス示方書に基づく設計が行われている。

北海道と本州では雪崩予防柵の設計方法に相違点がある。例えば、柵の設計に用いるグライド係数は、本州では柵の倒壊を機に、平成5年にスイス示方書の約1.5倍に割増しされた。一方、北海道では、雪氷チームの前身である防災雪氷研究室が現地計測（昭和63年～平成6年）により安全性を検証し、現在でもスイス示方書の値を用いている。近年の冬期温暖化により雪質や柵にかかる雪圧について再調査を行った結果、現時点では設計値を見直す必要は無いと判断された。

さらに、積雪期に雪崩予防柵上部に発生する巻きだれについては安定度評価手法がないことから、巻きだれ形成条件の解明や、安定度評価手法を提案すべく取り組んでいる。

（3）着氷雪対策に関する研究

冬期間において道路案内標識に着雪や冠雪が発生し成長する事例が見られる。落雪により通行車両等に被害を及ぼす危険性があるほか、事前の落雪処理にも高所作業車が必要となるなど、作業手間やコストがかかっている。道路案内標識の背面全面にカバーを付けるなどの既往の着氷対策があるが規模が大きくなり高価である。そこで、道路施設からの落氷雪について、道路施設の形状や勾配等の基本構造と着氷雪時の気象条件等との関係の調査を行い、さらに落氷雪による衝撃力の調査を行うことにより、構造物の着氷雪量と落氷雪による被害発生の危険度評価手法の検討を行った。現在は、レーザー表面加工による撥水特性を利用した着氷雪防止の基礎技術開発や、遠隔レーザー融氷雪による着氷雪処理の基礎技術開発に取り組んでいる。

（4）今後の研究の方向性

冒頭でも述べたが、近年、冬期の気象状況が大きく変わってきている。雪氷災害の発生地域や発生形態、災害規模は変化しており、多発化・複雑化がみられる。平成18年豪雪では152名、平成22年度冬期以降5冬期続けて80名以上の方が雪害で亡くなっている。その一方で、道路事業の予算は年々厳しくなっている。雪氷チームでは、このような背景のもと、持続可能な冬期道路サービスの提供を支援するために、研究を進めていく考えである。