

北陸地域における雪害対策の変遷と今日的課題の対応について

キーワード；防災・減災対策、情報共有・連携、情報発信・啓発

遠藤 正樹¹ 姫野 芳範²

1. はじめに

北陸地方整備局では、「38豪雪」を契機に本格的な雪害対策に取り組み、除雪延長の拡大、防雪施設整備（シェッド、柵、消融雪等）、除雪機械の改良やスパイクタイヤ使用禁止（平成2年）に伴う凍結路面对策等の雪害対策を推進してきた。

一方、車社会、高齢化の進行、生活スタイルの変化に伴って冬期道路交通確保に対する国民のニーズは高まり、かつ、多様化している。

このようなことから、集中降雪による走行環境の悪化、渋滞や通行止め等が日常生活・社会経済活動へ与える影響は、より拡大している。

本稿では、北陸地域におけるこれまでの雪害対策の変遷、冬期道路管理における最近の課題とその対応を紹介するとともに、平成25年7月に雪害への防災・減災対策を更に強化すべく設置した「北陸雪害対策技術センター」が今後、推進していく主な取り組みについても併せて紹介する。



写真-2 進めない車

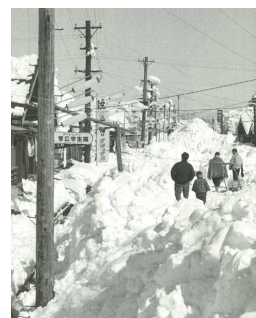


写真-3 雪の山を歩く



写真-4 自衛隊出動



写真-5 鉄板を敷いた緊急輸送

2. 雪害対策の変遷

2-1 「38豪雪」が本格的な道路除雪の始まり

我が国における道路除雪の本格的な機械化は、「積雪寒冷特別地域における道路交通確保に関する特別措置法」が昭和31年度に制定されてからで、北陸地方整備局が管理する国道における道路除雪は、昭和34年度に国道8号の富山県内及び石川県内で、計94kmを土工用のブルドーザ（写真-1）とモーターグレーダによって除雪したのが最初である。



写真-1 土工用ブルドーザによる除雪

昭和38年（昭和37年度）の豪雪では、典型的な里雪型の豪雪に見舞われ、特に国道8号沿線では平年の3倍（当時）を超える3m以上の積雪となり、約2週間に渡って道路交通が途絶し、その影響が広範囲に及んだことから社会的な混乱が生じた（写真-2～写真-5）。

この「38豪雪」を経験した北陸地方の人々は冬期間の道路交通確保の重要性を再認識するとともに、道路管理者においては、これまでの除雪体制、除雪機械、防雪施設の未熟さを痛感することとなった。

また、これが契機となり、雪害対策技術の調査・研究、除雪専用機械の開発、除雪体制の強化などの雪害対策について本格的な取り組みが開始されたことから昭和38年は「除雪元年」とも称されている。

昭和38年に約350kmであった道路除雪延長は、現在約1,000kmに拡大している（図-1）。

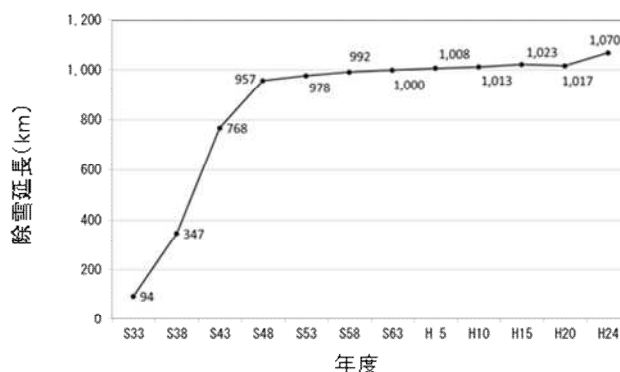


図-1 北陸管内直轄国道の除雪延長の推移

※¹ 国土交通省北陸地方整備局 北陸技術事務所 雪害対策官（北陸雪害対策技術センター）

※² 国土交通省北陸地方整備局 北陸技術事務所 雪害防災減災課長（北陸雪害対策技術センター）

2-2 消雪パイプは新潟県長岡市が発祥の地

昭和36年に新潟県長岡市が全国で初めて道路に消雪パイプ（写真-6）を設置した。北陸地方整備局においても、昭和37年度から消雪パイプの整備を進め、平成24年度における整備延長は約165kmとなっている。



写真-6 消雪パイプ

2-3 除雪体制強化・除雪機械の高度化・通行空間確保

昭和38年以降、我が国の経済成長と同様に自動車の保有台数は右肩上がりで増加し、人や物の移動手段は鉄道から自動車に大きくシフトし、車社会へと大きく進展してきた。

例えば、北陸管内（新潟・富山・石川県）における自動車の保有台数は昭和41年度と平成24年度を比較すると、約1.2倍に増加している（図-2）。



図-2 北陸管内の自動車保有台数

このようなことから北陸地方整備局では、冬期においても円滑な道路交通を確保し、地域の社会経済活動を支え、国民生活の安全・安心を確保すべく、除雪体制の強化、除雪機械の高度化を進めてきた。

主な具体事例を以下で紹介する。

① 道路の多車線化や交通量の増加、高速化への対応

北陸地方整備局が保有する除雪機械の台数は昭和38年度と平成24年度を比較すると、約20倍に増強され、除雪体制を強化している（図-3）。



図-3 北陸地方整備局の除雪機械保有台数

また、除雪機械の高度化（機械の高出力・高速化、操作性の向上、ブレードの広幅化等）と除雪機械の増強により、幹線道路の多車線区間では梯団除雪（写真-7）により迅速な除雪作業を実施し、円滑な交通を確保している。



写真-7 梯団除雪の状況

② 歩行者の安全確保

車社会の進展に伴い、歩行者の交通事故が急増し、大きな社会問題となっていた。このため、昭和40年代から幹線道路においては自動車と歩行者を分離する歩道の整備が急ピッチで進められてきた。

しかしながら、冬期間は車道除雪による排雪が歩道上に山積みされて、歩行者は車道脇に形成された雪山の上を通行することを余儀なくされていた（写真-8）。



写真-8 歩道上の雪山を歩く歩行者（昭和40年代）

北陸地方整備局では、昭和52年度に歩道の試験除雪を開始し、通学路や歩行者の多い区間を主体に歩道用小型除雪機械による除雪や歩道用消雪パイプを設置し、歩行者の安全を確保している（写真-9）。

現在（平成24年度）の北陸地方整備局が管理する国道における歩道除雪延長は約600km。



写真-9 除雪された歩道を通学する生徒

③ 除雪を考慮した道路幅員

本格的な積雪期になると道路除雪による排雪の堆雪スペースが不足し、除雪作業に支障をきたしていた。

このため昭和45年の道路構造令改正では、積雪地域の道路幅員に除雪を勘案することが明記され、以降の道路整備では堆雪幅を考慮した道路幅員を確保している（図-4）。

また、このことにより前述の歩道除雪を円滑に行うことが可能となっている。

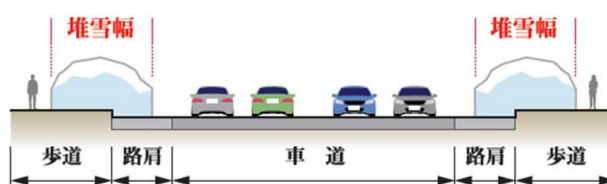


図-4 堆雪幅を考慮した道路幅員

④ 脱スパイクタイヤ時代への対応

平成2年には、「スパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律」が施行され、平成3年4月からスパイクタイヤの使用が禁止となった。

これにより、スリップ事故の増加、登坂不能車の発生、交差点での始動の遅れや速度低下などの問題を招いたことで、凍結路面への対応強化が求められることとなった。

北陸地方整備局では、これに関する対応として、凍結防止剤散布の強化、消融雪施設やチェーン着脱場の整備といったハード面の対策の他に、道路情報板や気温表示板の設置、道の駅等での道路状況の画像提供情報（写真-10）、ホームページ、ラジオ等を活用したリアルタイムな情報（気象状況、路面状況等）を道路利用者へ提供し、注意喚起を啓発するといった対策も併せて講じてきた。



写真-10 画像の提供（R17 湯沢道路情報ターミナル）



3. 冬期道路管理における最近の課題と対応

3-1 冬期広域幹線道路ネットワーク確保（登坂不能・スタック車両・渋滞対策等）

北陸地方整備局では、地域の社会経済活動や安全・安心な暮らしを支えるべく（写真-11、写真-12）、除雪体制の強化や除雪機械の高度化などにより、冬期においても円滑な道路交通の確保に努めている。



写真-11 物流の確保



写真-12 緊急車両の通行確保

しかしながら、平成に入ってしばらく続いた暖冬少雪傾向への慣れから、道路利用者の雪への備えの不備（タイヤチェーン未装着等）が要因となり、登坂不能車両やスタック車両が後を絶たず、それに伴う渋滞・通行止めなどが通行に支障を与えている（写真-13）。



写真-13 登坂不能車両発生による渋滞

また、集中的な降雪時には、高速道路の通行止めにより、直轄国道等の一般道路へ交通が集中し、山地部では登坂不能車両が増加する。

更に、交通量の多い市街地の幹線道路を中心に大規模な渋滞が発生（写真-14）し、一般道路の除雪作業に支障を来すことにより、走行環境の悪化を招いて渋滞を増長している（写真-15）。



写真-14 一般道路に交通が集中



写真-15 凹凸路面による走行環境の悪化

これらの課題について、北陸地方整備局では「直轄国道は止めない」という意識のもと様々な対応を実施しており、主な事例を以下で紹介する。

① チェーン指導の実施

高速道路通行止め時には、並行する直轄国道へタイヤチェーン未装着の大型車両が多数流入してくることから、山地部手前の除雪ステーション等で警察と連携し、タイヤチェーンの装着指導を行い登坂不能車両の発生を未然に防いでいる（写真-16）。

また、降雪前には事前の訓練を行っている。



写真-16 チェーン指導の状況

② 関係機関との連携強化

特に都市部での冬期道路ネットワーク確保においては、各道路管理者間（NEXCO、地方公共団体）及び警察との連携が重要であり、降雪前には関係者連携会議で情報連絡体制等について調整・確認し、事前訓練も実施している他、豪雪による交通混乱が予測される際には、情報連絡本部に関係者が参集し、情報連絡等の対応強化を図り、交通混乱の抑制に努めている。

③ 道路利用者への啓発

タイヤチェーン指導は、登坂不能車両の抑制に相応の効果を発揮しているが、それは一過性のものである。2.3④で記述しているとおり、日常的な対応は道路情報板、ホームページ、ラジオ等を活用した注意喚起の啓発に頼っているのが現状であり、今後は登坂不能車両の常習者に対する処分の適用なども求められる。

3-2 人材育成・技術継承の観点から

近年、公共事業の減少に伴う建設企業の体力の低下が、建設企業所有の除雪機械台数の減少や老朽化の進行、除雪オペレーターの減少や高齢化を招いており、これらが除排雪体制を確保する上での課題ともなっている。

除雪の技能習得には相当の期間を要するため、今のうちから、オペレーターを育成し技能を継承していくことが必要である。

4. 北陸地方整備局における今年度の主な取り組み

4-1 北陸雪害対策技術センターの設置

平成25年7月1日に「北陸雪害対策技術センター」を設置し、雪害による被害を最小限に止めるべく、ハード・ソフトの両面から雪害の防災・減災対策を総合的・一体的に取り組むこととした。

北陸雪害対策技術センターの主な業務内容は以下のとおり。

- ① 雪害対策に関する研究・開発の推進
- ② 雪害対策に関する情報集約とマニュアル類の作成・見直し
- ③ 雪害対策に関する人材育成・技術継承
- ④ 雪害に関する国民への情報提供と啓発
- ⑤ 雪害対策に関する地方公共団体等への支援

4-2 北陸雪害対策技術センターの取り組み状況

現在、「北陸雪害対策技術センター」で検討等を進めている主な内容をいくつか紹介する。

① 大型除雪グレーダの生産中止に伴う対応

幹線道路における除雪（特に圧雪処理）の主力機械である大型除雪グレーダについて、「公道を走行する大型特殊自動車及び小型特殊自動車の排ガス規制（ディーゼル車）強化（2011年規制）」を期に、平成24年度末をもって製造・販売を中止することが販売会社より通知された。

この対応については、本省や他地方整備局とも連携し、外国製グレーダの導入、国産グレーダ（3.7m級）の適用性、除雪トラックや除雪ドーザによる代替機能、除雪施工法等について検討を進めている。

② ロータリ除雪車の情報化施工の導入検討

除雪機械オペレーターの高齢化に伴う熟練者の減少への対応として、位置情報を利用したガイダンス導入（投雪位置等）による操作支援と、それに伴う除雪作業の効率化を図ることを目的として、検討を進めている。

③ 集中的な降雪（ゲリラ豪雪）への備え

全国的な共通課題であるゲリラ豪雪に関する既往事例を中心に背景（状況）、原因、対応の分析を行い、ゲリラ豪雪の経験を継承し活かすために、教訓や対策をノウハウ集・事例集として取りまとめる。

5. おわりに

「38豪雪」から半世紀が経過し、今冬は51年目の冬を迎える。この間、多くの諸先輩方が試行錯誤の末、苦労を重ねて積み上げてきた雪害に関する技術の変遷、その時々の新技術や豪雪時の教訓、ノウハウ等を継承し各関係者に伝えて、活用していくことは、北陸雪害対策技術センターの大きな使命の一つである。

また、先人に負けることなく、今後も雪害への防災・減災対策に関する既存技術の更なる進化、新たな取り組みに積極的に挑戦していきたい。

参考文献

- 1) 建設省 北陸地方建設局道路部、（社）雪センター：北陸の雪2000（H12.12）
- 2) （社）雪センター：北陸克雪の歩みと展望（H7.3）
- 3) 冬期道路交通の確保のあり方に関する検討委員会：提言（H25.5）
- 4) （社）日本建設機械化協会：雪みち今昔（S58.6）

「北陸雪害対策技術センター」問合せ先

北陸技術事務所 025-231-8034

雪害対策官 endo-m2hs@hrr.mlit.go.jp

雪害防災減災課長 himeno-y84my@hrr.mlit.go.jp

道有未利用地・道河川敷地等の雪捨場としての利活用について ～雪捨場の情報共有による連携強化に向けて～

足立 浩^{*1}、永岡 孝康^{*1}

1. はじめに

平成 23, 24 年度の豪雪により、市町村等で排雪のための雪捨場が不足するという事態が発生した。また、雪捨場の確保については、雪捨場をより近い場所に求めることは、排雪作業における運搬距離の低減など除排雪の一層の効率化やコスト縮減に資するものと認識しているところである。

そのため、道では、この対策の一つとして、道が所有する未利用地や河川敷地の情報をできる限り早い時期から国、市町村に提供し、必要となる場合に相互に迅速な貸付けまたは共同利用ができるようあらかじめ候補地を選定しておくことが適当と考えた。

2. 道の情報公開

道所有の未利用地情報は、下記の二つの情報がある。

2.1 建設部が所管する未利用地情報

(1) 建設部総務課用地管理G所管

「北海道土地開発公社の長期保有地処分の方策」、「美唄住宅団地用地等のお知らせ」

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/sum/index.htm> (※上記リンク先)



図-1 建設部総務課ホームページ

(2) 各建設管理部用地管理室用地課所管

「廃川、廃道敷地の未利用地情報」

(H25 年度未利用地・低利用地処理方針物件一覧)

※各建設管理部用地管理室用地課所有の一覧（建設部・地域別）

2.2 総務部が所管する未利用地情報

(1) 総務部総務課ファシリティマネジメントG所管

「庁舎・学校・公宅・道営住宅敷地の未利用地情報」

「道が保有する未利用地の情報公開」について

(H25 年度未利用地・低利用地処理方針物件一覧)

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/sum/fm/miriyouti.htm> (※上記リンク先)

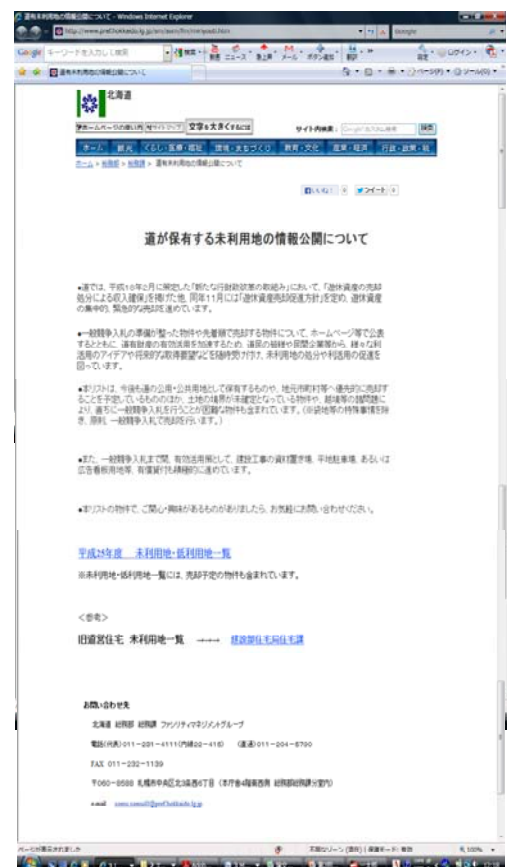


図-2 総務部総務課ホームページ

^{*1} 北海道建設部土木局道路課維持管理グループ

3. 道有未利用地等の使用検討の流れ

- (1) 未利用地、河川敷地情報から各建設管理部内で位置、面積、周辺環境などから絞り込みを行う。
- (2) 絞り込んだ情報を管内市町村等に通知し、選定地としての可否を検討してもらう。併せて各機関から希望候補地があれば聞き取りし追加検討する。
- (3) 前記の結果を連絡調整会議の場に提供し、国、市町村の各道路管理者と貸付け候補地および共同利用について調整の上、最終的な道有未利用地、道河川敷地の雪捨て場使用候補地を決定し、情報の共有を図る。なお、最終的な候補地は、必要に応じて所管部に使用、貸付けの可否を確認するなど、降雪シーズン前に事前の事務手続きが完了できるよう、関係部署と連携し諸準備を進める。

4. 検討にあたっての留意事項

検討にあたっては、下記事項に留意する。

- (1) 市町村からの貸付け要望以外にも、道が民地などを借用（有償）している雪捨て場の近郊に、道有未利用地や河川敷地の適地がないかどうかについても必ず確認する。
- (2) 情報公開されている全ての「道有未利用地」及び「道河川敷地」が、必ず「雪捨て場」として使用できるとは限らない場合もあるので、候補地選定後、所管部署に確認する。
- (3) 道以外への道有未利用地、河川敷地の貸し出しは、豪雪災害とみなされる緊急避難的な場合を除き、通常時の使用にあたっては、「有償」での貸し付けとなるので留意する。ただし、道が使用する場合はこの限りではないので、別途確認する。
- (4) 候補地が市街地や住居地近郊の場合、周辺住民などの理解が必要なので留意する。
- (5) 道有未利用地、河川敷地の雪捨て場使用の貸付け条件に留意する。主な貸付条件は下記のとおり。
 - ・道有地借受表示看板を設置すること。
 - ・部分借受の場合は、借受範囲の境界線に柵、ロープ等を設置すること。
 - ・事故防止措置等については自己（貸付けを受けた機関）の責任において万全を期し、事故等があったときは、その責任において処理すること。特に車両の出入りに伴う交通事故や火災発生に十分注意すること。
 - ・借受地内の清掃を行い、環境の整備、保全に努めること。

ること。

- ・使用許可期間が満了したときは、使用者は自己の負担で、各総合振興局長（振興局長）等が指定する期日までに、使用許可物件を現状に回復して返還しなければならない。

5. 平成 24 年度の貸付状況

平成 24 年度の道有未利用地の貸付実績は 4 箇所、道河川敷地等への貸付実績は 143 箇所となっている。

堆雪場として貸出道有未利用地		
	道有未利用地	貸出先
①	美唄住宅団地用地	美唄市
②	旭川市永山5条19丁目旧上川農業試験場庁舎・農高実習地	旭川市
③	旭川市近文13・14丁目近文町公団団地	旭川市
④	留萌市沖見町4丁目	留萌市

表-1 雪捨て場として貸出している道有未利用地（H24 年度）

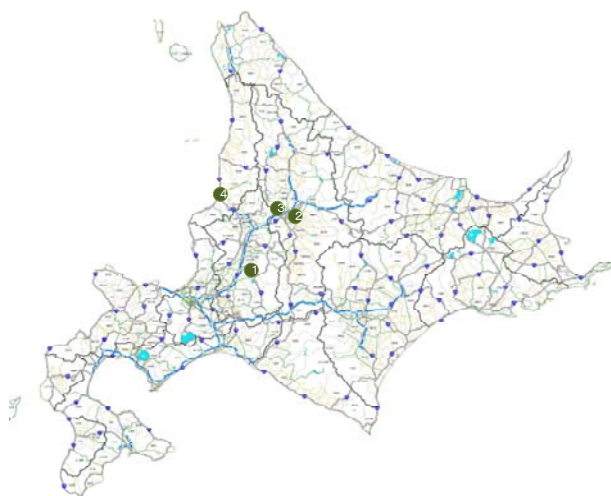
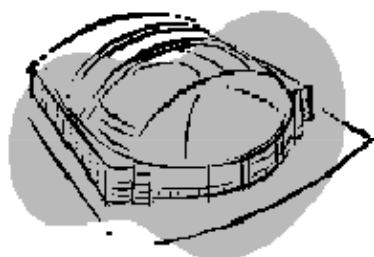


図-3 雪捨て場として貸出している道有未利用地（H24 年度）の位置図

堆雪場として貸出河川敷き			
建管名	箇所数	総延長(m)	面積(m ²)
札幌	31	12,376	388,745
小樽	39	4,560	130,319
函館	17	13,860	29,122
室蘭	3	190	5,400
旭川	11	1,987	95,444
留萌	4	467	18,594
稚内	6	360	11,272
網走	9	1,103	38,501
帯広	16	1,756	63,397
釧路	7	1,697	46,575
合計	143	38,356	827,369



※国や市町村への貸出河川敷の面積は
札幌ドーム約 16 個分に相当

表-2 雪捨て場として貸出している
道河川敷地 (H24 年度)

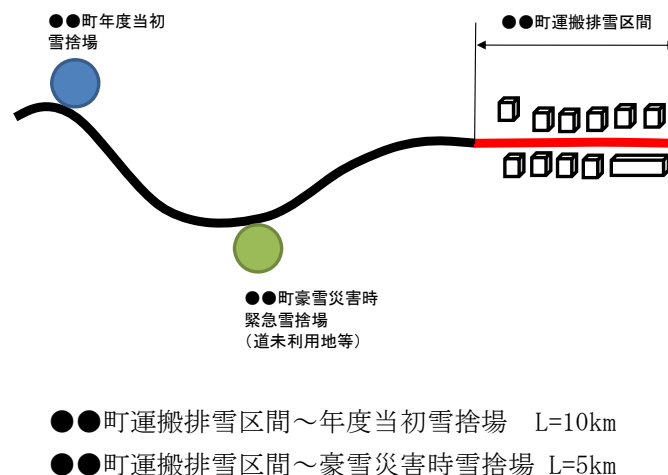


図-4 豪雪時の雪捨て場の確保イメージ

【参考：イメージ写真】



写真-1 道道深川雨竜線の運搬排雪状況



写真-2 深川市の雪捨て場の状況
(深川・一已地区の雪捨て場：深川市 HP より)

6. 期待される効果

6-1 迅速な貸付手続きと情報共有

- (1) 道が所有する未利用地や河川敷地の情報をできる限り早い時期から国、市町村に提供することにより、豪雪災害時など、雪捨て場の確保に緊急を要する場合は、相互において迅速な貸付申請、承諾の手続きが可能となる。
- (2) 連絡調整会議の場を活用した雪捨て場の情報共有により、豪雪災害時での共同利用などの調整がスムーズに進むことが期待される。

6-2 雪捨て場までの運搬距離の低減

- (1) 共同利用などにより、近場に雪捨て場が確保出来た場合、排雪用ダンプトラックの運搬距離が低減され、ダンプトラック台数も削減が可能となる。

7. まとめ

除排雪の効率化、除排雪費用の低減を図るためには、ストック（施設）とフロー（除排雪）の適切な組み合わせが有効である。

冬期における円滑な道路交通の確保は、地域住民の安心で安全な暮らしを支える上で重要なものと考えており、このように、あらかじめ、道有未利用地や道河川敷地を臨時の雪捨て場の候補地として選定し、各自治体に周知するなど、豪雪災害などの不測の事態に備えた取り組みを展開していくことで、冬期間における円滑な通行の確保の一助になることを期待するものである。

参考文献

- 1) 冬期道路交通の確保のあり方に関する検討委員会
「提言」平成 25 年 5 月（国土交通省）

ちょっとした排雪で渋滞緩和

簾内 宏明^{*1}

1. はじめに

冬道、自動車を運転していて、雪が降っていない。路面も凍結していない。交通事故も発生していない。故障車が停車している訳でもない。それなのに渋滞している。そんな経験はありませんか。

渋滞には原因があり、その渋滞原因を取り除けば渋滞は無くなるはずです。

でも実際は、渋滞対策には多大な費用がかかることから、渋滞対策が遅れ、毎年のように冬になれば渋滞が発生する箇所があります。

これから除雪に関わる職員として考えた、私なりの除雪による（除雪費用を考慮した）渋滞緩和策を考えましたので報告いたします。



写真1 渋滞状況



写真2 路面の凹凸状況



写真3 区画線が見えない状況

2. 冬の渋滞の原因について

冬に渋滞が起こる原因は

- ・路面が滑る。
- ・雪山により道路の幅員が狭い。
- ・視界の不良。
- ・路面の凸凹。
- ・人が車道を歩いている。
- ・自転車が冬道も走行している。
- ・区画線が見えない。
- ・その他（高速道路の通行止めによる等）。

が考えられ、その結果

- ・走行速度が遅くなる。
- ・車間距離が長くなる。
- ・坂道で自動車がタイヤが滑って発進できなくなる。
- ・ある箇所においてボトルネックが発生する。

3. 実際に渋滞が起きている場所について

北海道の国道、道道、市町村道で実際に渋滞が起きている場所について列記します。

- ・交通量が多い片側2車線の道路で、右折車が多い、右折車線の整備されていない交差点部。
- ・交通量が多い片側1車線の道路のバス停付近部。
- ・交通量が多い片側2車線の道路で、かつバスの便数とバス停が多いのに、バス停車帯が整備されていない道路。
- ・ロードヒーティングが整備されていない坂道発進す

^{*1}北海道後志総合振興局小樽建設管理部事業室事業課

る必要がある交差点部。

- ・ 交通量が多い片側3車線の道路で、中央分離帯側と歩道側とに雪を堆雪し片側2車線になっている道路。
 - ・ 信号機と信号機の間隔が短く、信号機同士のサイクルが連動していない道路。
- 等があります。

4. 実際に渋滞が起きる原因について

4.1 右折車線が整備されていない交差点部の渋滞原因

道路による渋滞原因と車の車体からの渋滞原因について究明します。

道路の構造（右折車線が整備されていないこと）から図のような現象が起きています。

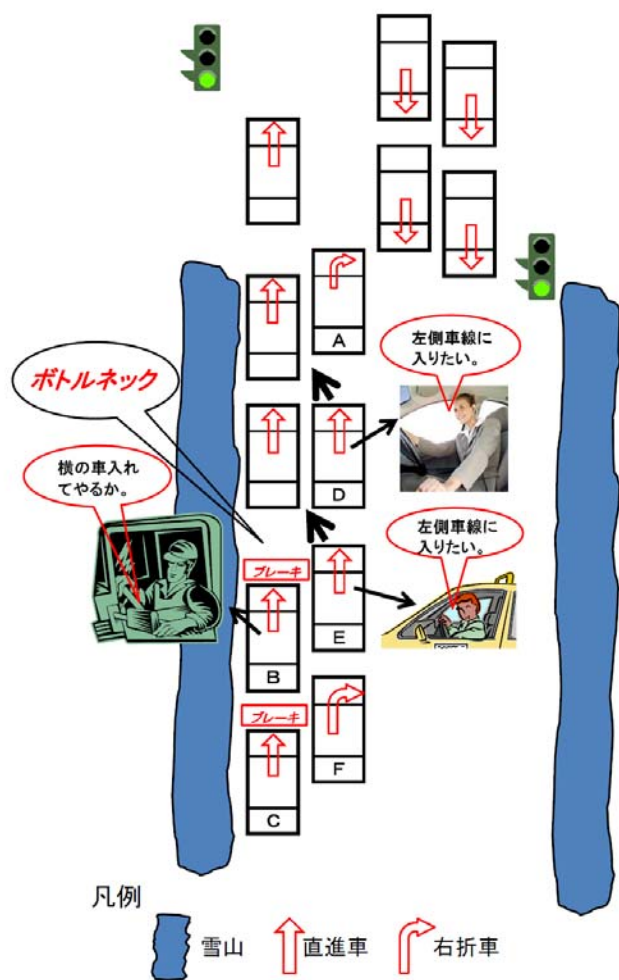


図1 交差点手前の状況

図1の説明をします。

- ・ 車線の路肩が雪山になっており、春夏秋と比べ道路の幅員が狭くなっています。
- ・ 片側2車線の道路において、右側の車線には右折車と直進車が入り混じっています。（車ADEF）
- ・ 右折車の先頭Aは、信号が青だが対向車が走行しているため停車しています。

- ・ Aの後続車Dは直進したいため左側車線に入りたがっています。
- ・ 左側車線のBの運転手はブレーキをかけ、DとEの車を入れようとしています。
- ・ Cの運転手は、前の車Bがブレーキをかけたため、自分もブレーキをかけます。

その結果、交差点手前でボトルネックが発生し渋滞が起きます。

よって原因は、雪山により道路の幅員が狭くなることが一番の原因と考えられます。（雪山がない時は、車道幅員に余裕があるため、左側車線を走行している自動車路肩側によればボトルネックは起きない。）

車の車体からの渋滞については、昭和から平成の初め頃においては、まだ、ワンボックスカーや車の後ろの窓をスモーク窓にしている車も少なかったため前方の状況はある程度判断出来ましたが（前に自動車がいてもその前方が見えましたが）、今は、ワンボックスカーの台数も多く、ほとんどの車の後ろ窓はスモーク窓のため、前方の状況が判断しづらくなってきており、その結果、運転手の行動が遅くなるため（車の発進・停止が遅くなったり、右折車のいることが判明しにくいため）渋滞が発生しております。



ワンボックスカー



後ろの窓がスモーク窓

写真4 現在の車の後部の状況



写真5 運転席から見た状況

4.2 バス停付近部の渋滞原因

雪が降らない期間においては、バスがバス停に停車しても、道路の幅員に余裕があるため、バスの後続車は少

し右側によることで直進することは可能ですが、車道に雪山がある冬は、バスがバス停に停車した場合、道路の幅員に余裕が無い場合片側1車線の道路においては、バスの後続車はバスと一緒に停車したり、反対車線に進入しようとしています。（図2参照）

同じように2車線の道路においては、バスの後続車はバスと一緒に停車したり、右車線に進入しようとしています。そのためバス停付近でボトルネック現象が発生し渋滞が発生します。

よって、雪山により道路幅員が狭くなることが渋滞の原因であります。

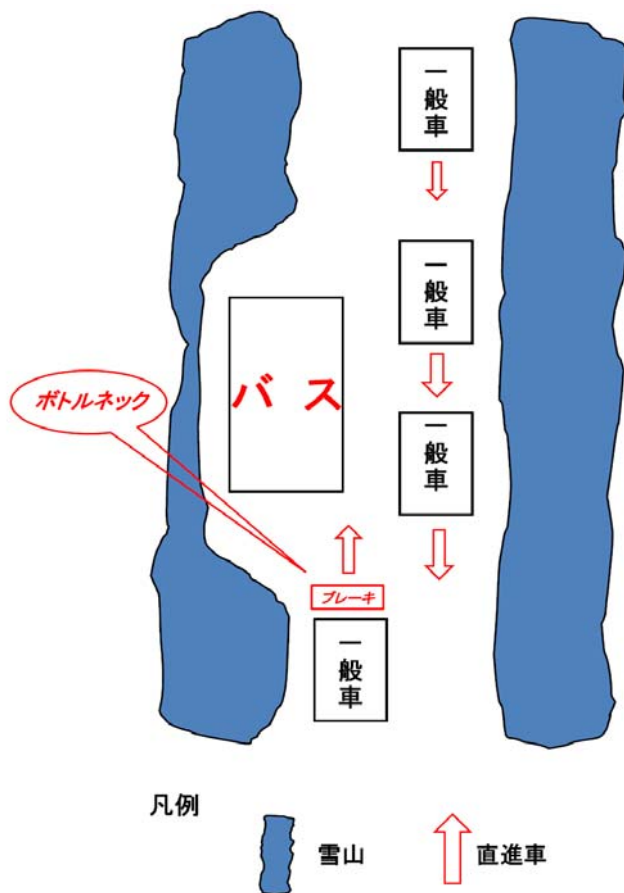


図2 バス停付近の状況

4.3 坂道発進する必要がある交差点部の渋滞原因

坂道発進する道路においては、路面が凍結した時、路面の雪がザクザクの状態時（凍結防止剤散布後に雪が降った場合）には、タイヤが空回し発進できない車が多く発生します。

その結果渋滞が発生します。

よって、車道路面上の悪化（凍結・雪がザクザク状態）が渋滞の原因であります。

4.4 片側3車線道路が雪山により2車線道路になっている路線の渋滞原因

中央分離帯側と歩道側とに雪を堆雪することによって車線数が3車線から2車線になると、区画線の標示箇所と車の走行箇所が一致しないため、どこを走行して良いか迷ってしまい2車線の真ん中を走行する車が発生します。その結果、全体の車の走行速度も遅くなることから渋滞が発生します。

よって、雪山により車線数が減ることと、走行車線が分かりづらいことが渋滞の原因であります。

4.5 信号機同士のサイクルが連動していない道路の渋滞原因

信号機の設置間隔が短く、また、信号機同士が連動していないと、発進してもすぐに止まって、信号が青になるまで待ち、また発進してもすぐに止まることにより車の平均速度は遅くなります。

よって、信号機同士のサイクルと車の速度とが連動していないことが渋滞の原因です。

5. 道路管理者が出来る渋滞対策について

道路管理者が出来る渋滞対策は、

- ・道路工事により道路の幅員を広げる。
- ・道路工事により右折車線を設置する。
- ・道路工事によりバス停車帯を設置する。
- ・排雪作業を実施し雪山をなくする。
- ・ロードヒーティングを設置する。
- ・除雪作業で路面整正を実施する。
- ・凍結防止剤を散布（砂散布含む）する。
- ・その他（新しい道路を整備する等）。

が考えられますが、実際、早期に可能な対策は、排雪作業、路面整正、凍結防止剤の散布となります。

排雪作業により道路幅員を広げれば、渋滞が緩和されるのは自明であります。費用面など様々な問題があるため、頻繁に実施出来ない状況となっています。

6. 現実の排雪作業とこれからについて

北海道においては、公共土木施設の維持管理をこれまで以上に効率的・効果的に行っていくため、施設ごとの維持管理作業を体系化し、作業内容別に維持管理水準を設定するなど、除排雪作業をはじめとする今後の維持管理に対する道の基本的な考え方を示した「公共土木施設の維持管理基本方針」（以下、基本方針）を平成21年3月に策定しております。

このうち排雪作業（運搬排雪）の実施については、市街地で車道横の雪山が高く堆雪余裕も無い等、安全な住民の生活や交通の確保ができないと判断した場合に行うこととしております。



写真 6 排雪作業実施前の状況

また、実際の排雪作業については、交差点部の終点側から車の進行方向に向かって実施されています。これは排雪作業の作業効率から、交差点部を先行する排雪が非効率になりやすいためだと考えられます。

しかし、これからの排雪作業において、基本方針をベースにしつつ諸課題を解消していくには、作業効率の優先から道路利用者の利便性や安全性の優先に方針を転換していく必要があると考えます。

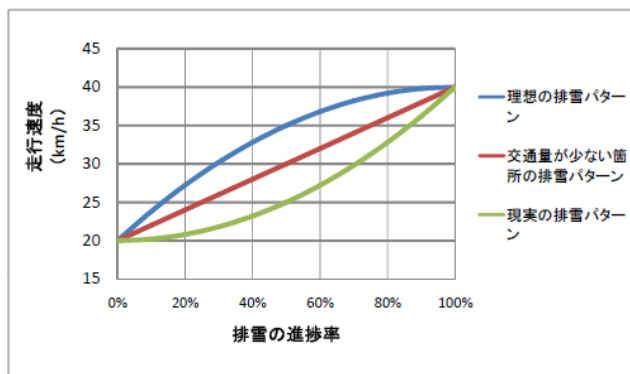


図 3 排雪の進捗率と自動車の走行速度（概念図）

道路利用者の利便性を向上させるには、現状を鑑みるに、進捗率が低い段階からでも走行速度の向上が発現する方法が望ましく（図 3 の「理想の排雪パターン」）、具体的には前述した渋滞の原因となっている箇所の解消を優先的に実施することが挙げられます。

このことは、費用対効果の面からも優位になると考えられます。期待される効果としては、自動車の走行速度が速くなることによる時間短縮便益、燃料の消費量が減少することによる便益のほか、渋滞を避けるため、歩道も整備されていない通学路へ自動車が進入することの減少、交差点の見通しが良くなることによる事故損失減少

便益のほか、金額換算はできませんが、運転者のイライラ減少も期待できるのではないのでしょうか。

一方、作業の所要日数や費用といった面では、理想の排雪パターンによる方が、現状よりは増加すると考えられます。

7. まとめ

今後の排雪作業においては、道路利用者の利便性と安全を優先していくことが望ましく、具体的対応として考えられる事項としては

- ・渋滞の有無により、排雪出動のタイミングを変える。
- ・渋滞している路線においては、交差点部、バス停部、それ以外で区分して排雪基準を設定する。（雪山の高さに加え、道路の幅員でも設定）
- ・作業内容に応じた排雪単価の設定。
- ・渋滞箇所と渋滞原因の早期把握。
- ・渋滞原因が雪山によるボトルネックの場合はボトルネック箇所の排雪を重点的に実施する。
- ・排雪作業を計画する時は、費用対効果を考える。

以上のことを実施すれば、ちょっとした排雪であっても渋滞緩和に資するものと考えます。

8. おわりに

サッチャー元英国首相（故人）は、自分のお金を自分のために使う場合が一番無駄が無く、他人のお金を他人のために使う場合が一番無駄が多いと言ったそうです。

私たち道路管理者は、他人のお金（税金）で他人（自動車等）のためにお金（税金）を使っています。除排雪についてもそのことを念頭に対応していく必要があると考えます。

また、除排雪を巡っては、少子高齢化の進行により顕在化してきた諸問題（高齢者住宅前の間口除雪、空き家の屋根雪処理、商店街の空き店舗前の除雪（流雪溝の維持管理含む。）、限界集落地の除雪、等々）、ダンプトラックの台数減少や交通誘導員の人手不足により作業体制の構築が困難になってきている等、様々な問題があります。

これからは、組織的な横断も含め、官民が一体となり、これまで以上に除排雪について考えていく必要があるのではないのでしょうか。

雪との共生

キーワード；総合雪対策、雪に強いまちづくり、冬季ボランティア、調査研究の推進

川向 徹 *1 麻井 孝之 *2

1 はじめに

富山県では、昭和56年、59年の豪雪を契機として、昭和60年3月に、道府県では初めての「富山県総合雪対策条例」を制定し、雪に強いまちづくりを推進し、雪による障害を克服するとともに、雪に親しみ、雪を資源として活用するための取り組みを、長期的かつ総合的に推進してきた。今回は、その取り組みの一部を紹介する。

2 雪に強い快適なまちづくり

2.1 道路除雪の課題

当県では、道路の除雪業務を全面的に業者に委託しているが、これまでの暖冬傾向や建設業をとりまく環境が厳しくなる中、このままでは近い将来、除雪体制に支障が出るのが想定されることから、除雪機械やオペレーターの安定的な確保に向けた取り組みが一層必要と考えられている。

2.2 道路除雪の現状

当県では管理する道路延長2,468kmのうち、冬期閉鎖区間を除く2,293kmを除雪しており、このうち約7割が除雪機械による除雪、残りの約3割が消雪施設による除雪となっている。

歩道除雪については、歩道延長1,526kmのうち65%にあたる995kmを除雪している。

除雪機械による効率的な除排雪を実施するため、土木センター・事務所管内を地域ブロックごとに分け、除雪共同企業体を形成してもらい、そのブロック内の道路除雪を一括委託している。（ブロック別一括委託方式を採用）

県が保有する除雪機械は403台、業者から常時借り上げる除雪機械は277台、豪雪時等に臨時に借り上げる除雪機械は842台となっている。



写真-1 除雪状況

2.3 県の取り組み

2.3.1 契約の見直し

除雪業者の経費負担を軽減するため、以下の取り組みを行っている。

（1）民間借上機械の契約の見直し

民間保有機械の借上料について、運転時間に応じて支払っていたが、運転時間が少ない場合でも機械保管の負担を軽減するため、平成19年度から契約方法を見直し、保険料などの必要経費（保険料・税金・格納保管等の経費）を固定費として支払う契約としている。（図-1）

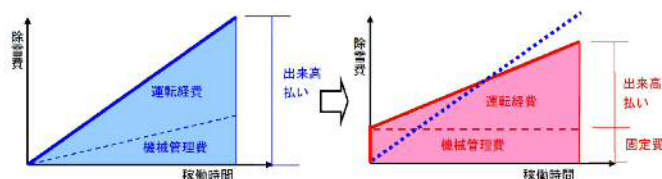


図-1 借上料の見直し

（2）人件費の見直し

除雪要員の待機費について、除雪機械の出動がなかった場合のみ支払っていたが、平成22年度から契約方法を見直し、出動があった場合でも情報連絡要員（世話役）の人件費を支払う契約としている。

また、大型除雪機械のオペレーターの人件費について、実情をより反映した算定とするため、平成23年度から契約方法を見直し、出動までに必要な準備作業にかかる費用を支払う契約としている。（図-2）

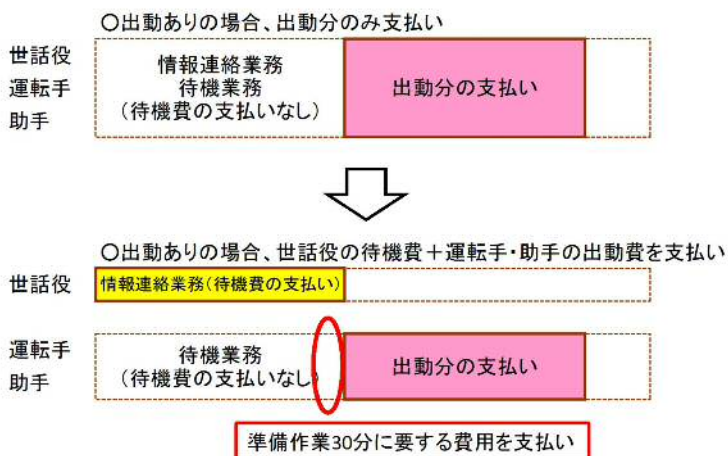


図-2 情報連絡要員の待機費の見直し

*1 富山県生活環境文化部県民生活課

*2 富山県土木部道路課

2.3.2 オペレーターの確保

オペレーターの高齢化への対応及びモチベーションの向上を図るため、以下の取り組みを行っている。

(1) 除雪オペレーターの実地研修

後継者の育成と技術向上を図るため、平成22年度から若手オペレーターが熟練オペレーターと除雪機械に同乗し、直接技術指導を受けることとしている。(写真-2) これまでの実施状況は以下の通りである。(表-1)



写真-2 除雪オペレーター実地研修の様子

H22	富山地区	受講者13名	講師3名
	高岡地区	受講者23名	講師3名
	砺波地区	受講者28名	講師4名
		64名	10名
H23	富山地区	受講者11名	講師3名
	新川地区	受講者14名	講師3名
	砺波地区	受講者12名	講師3名
		37名	9名
H24	新川地区	受講者12名	講師2名
	砺波地区	受講者 8名	講師3名
		20名	5名

表-1 除雪オペレーター実地研修実績

(2) 道路除雪功労者表彰

除雪従事者を激励する観点や除雪水準の向上につながることを目的として、平成21年度から特に顕著な功績があった方々を、各土木センター・事務所で所長賞として表彰している。

さらに、平成24年度からはこれに加え、とりわけ永年にわたり道路除雪に従事され県行政の推進に多大な貢献をした道路除雪功労者に知事感謝状を贈呈している。(写真-3、表-2)



写真-3 知事感謝状贈呈状況

	所長賞	知事感謝状
平成21年度	17名	—
平成22年度	26名	—
平成23年度	24名	—
平成24年度	21名	2名

表-2 道路除雪功労者表彰実績

2.3.3 県民との協働

除雪には県民の理解と協力が欠かせないため、以下の取り組みを実施している。

(1) 地元自治会等への歩道除雪機械の貸与

県民との協働による除雪を推進するため、平成16年度から地元自治会等へ歩道除雪機械を貸与し、県管理道路の歩道除雪を推進している。(写真-4、表-3)

平成23年度からは、協力して頂いた団体に対して報償費を支払っている。



写真-4 歩道ボランティア除雪の様子

	協力団体数
平成16年度～	1団体
平成18年度～	3団体
平成23年度～	5団体
平成24年度～	2団体
計	11団体

表-3 県民との協働による歩道除雪実績

(2) 雪と汗のひとかき運動の実施

県民との協働による除排雪を推進する一環として、平成16年度から交差点などにスコップを置き、地域住民や通行する方々に信号待ち等の時間を利用して雪だまりなどをひとかき除雪してもらっている。(写真-5)

毎年設置箇所を追加しており、平成24年度で127箇所となっている。



写真-5 雪と汗のひとかき運動実施状況

(3) こども雪教室の開催

冬期間の安全な道路交通がどのようにして確保され、県民の安全な暮らしが守られているかを理解してもらうとともに、県民ができる除雪作業などについて周知することを目的として、平成 20 年度から小学生の高学年を対象にこども雪教室を開催している。

講義により、建設業などの方々が、みんなが寝ている間に除雪を行い、その後は通常の仕事もしていることを説明するなど、除雪の大変さを理解してもらっている。(写真-6、表-4)



写真-6 講義の様子

	開催校数	生徒数
平成20年度	4校	64名
平成21年度	9校	303名
平成22年度	8校	363名
平成23年度	9校	328名
平成24年度	7校	391名

表-4 こども雪教室開催実績

また、凍結防止剤の効果について、実際に雪を入れたビーカーに塩、塩以外のものを入れて、溶けるかどうかを比較する実験を行ったりしている。(写真-7)



写真-7 実験の様子

さらには、除雪機械に体験乗車してもらい、運転席からは死角があって除雪車に近づくと危険であることを伝えたり、実際に除雪しているところを見てもらうなどしている。
(写真-8)



写真-8 体験乗車の様子

(4) 除雪評価の実施

県管理道路の除雪方法や質等について、県民の方に評価していただき、その結果を除雪作業に反映し、より一層安全で円滑な冬期交通の確保を図ること及び県の除雪活動を理解していただき、地域ぐるみの除排雪活動を今後さらに拡大することを目的に、県民（除雪モニター）からの意見収集を行っている。

例年、約 60 名の方に除雪モニターになっていただき、意見交換会を開催するなどして評価の方法について説明し実施してもらっている。(写真-9)



写真-9 意見交換会開催状況

2.3.4 機械除雪の効率化

昼夜の並行勤務を行っているオペレーターの負担を軽減するため、以下の取り組みを実施している。

(1) 路面凍結予測

凍結防止剤の散布を効率的に行うため、路面凍結予測手法を開発し、県内に 47 箇所ある凍結センサーのうち 20 箇所において、平成 7 年度から翌朝の最低路温予測を行い、夕方に除雪業者に情報提供している。(図-3)

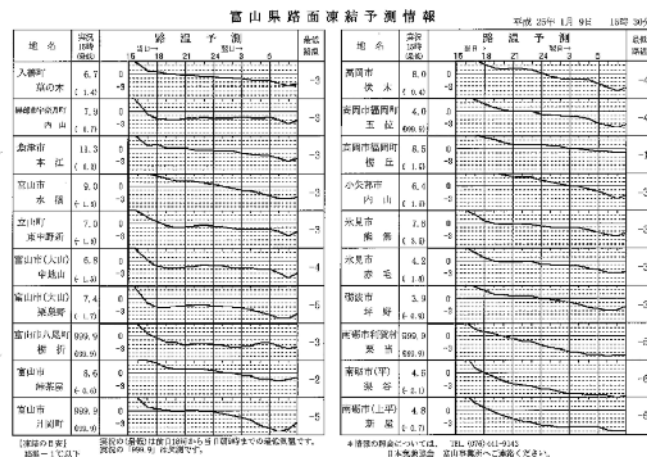


図-3 最低路温予測表

これにより、凍結防止剤の散布時期・回数を見極め、適時的確な散布を行うことが可能となっている。

（２）消雪施設の中抜け区間の解消

機械除雪を効率的に行う観点から、消雪施設が一定区間抜けていることで、除雪機械がその箇所の除雪のためだけに消雪区間を通過し除雪後折り返してくるような、いわゆる中抜け区間の消雪整備を、平成 22 年度から取り組んでいる。（図-4）

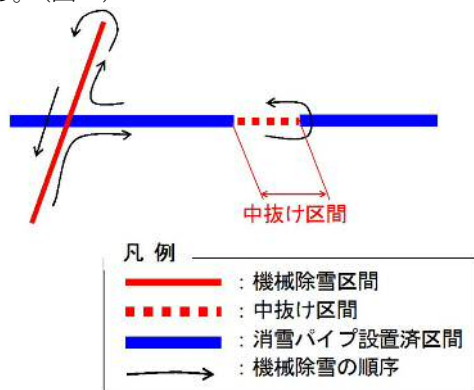


図-4 消雪施設の中抜け区間

これにより、除雪機械の移動距離が短縮されオペレーターの負担が軽減され、また、消雪施設のある区間とない区間が入り混じるまだら状態が解消されることにより、ドライバーの不安が解消され安全性が高まっている。

2.4 まとめ

今後とも、雪に強い快適なまちづくりのため、建設企業等が意欲を持って除雪に従事でき、除雪に対する県民の協力が得られ、道路利用者が安全に通行できるよう努めていきたい。

3 越中雪かき道場

3.1 目的

富山県では、平成 22 年度から「地域が助け合いで除雪できる体制づくり」の構築を目指して「越中雪かき道場」を実施している。

この雪かき道場は、雪に不慣れな地域内外のボランティアが、特定非営利活動法人「中越防災フロンティア」の協力の下、地元のベテラン（師範）から「雪かき」の知識と技術を学ぶものであり、地域が大雪時にも適切に対処できる体制づくりへの後押しをし、また、地域の除雪リーダーや除雪ボランティアの育成等を図るものである。

3.2 背景および経緯

屋根雪及び家屋周辺の雪処理は地域内で対処するのが基本であるが、少子・高齢化の影響もあり、除雪作業におけ

る地域のリーダー不足、屋根雪下ろし等での技術不足が深刻さを増しており、大雪があった場合などにおいては除雪中の事故の増加が不安視される場所である。また、地域内の担い手が著しく不足するため、地域外からの応援や協力に頼らざるを得ない。

しかしながら、雪に慣れていない方が雪国で自立的に除雪作業を行うことは困難であり、必要な知識と技術を学び、実施地域・場所をコーディネートしてもらってはじめて力を発揮することができる。

また、受け入れる自治体や地域においては、広域からの雪処理の担い手（除雪ボランティア）を円滑に受け入れられるような受け皿機能の組織化を図り、コーディネーターの確保・養成を行い、共助による雪処理活動の仕組みづくりを進めていく必要がある。

こうしたことから、広域からの雪処理の担い手を円滑に受け入れられるような受け皿機能の組織化を図り、共助による雪処理活動の仕組みづくりを進めるため、新潟県長岡市の特定非営利活動法人「中越防災フロンティア」の協力を得て「越中雪かき道場」を実施することとなったものである。

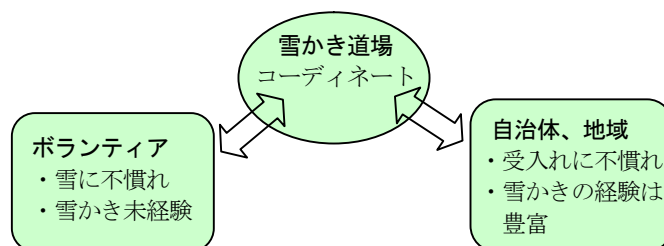


図-5 雪かき道場の役割

3.3 開催状況

平成 22 年度から県内の 5 地区で開催してきており、これまで、雪かき初心者を対象とした初級コースを 5 回、屋根雪除雪に関する技術を学ぶ中級コースを 1 回実施している。

参加者は、5 地区の計が 108 名で、そのうち県外からの参加者が 60 名となっている。

年度	場 所	講習内容	参加者
H22	中新川郡上市町 東種地区	初級・中級コース (1泊2日)	22名 (うち県外14名)
H23	黒部市宇奈月町 浦山地区	初級コース (日帰り)	21名 (うち県外10名)
	南砺市北野地区	初級コース (日帰り)	21名 (うち県外10名)
H24	立山町吉峰地区	初級コース (日帰り)	16名 (うち県外3名)
	南砺市大島地区	初級コース (日帰り)	28名 (うち県外23名)
合計	5 地区		108名 (うち県外60名)

表-5 開催状況

講習内容は、座学と実技とで構成されている。

座学は、室内でテキストを用いて、雪かきに関する心構え、除雪にふさわしい服装、除雪の際の危険箇所の確認など、除雪技術の基礎を学ぶものである。(写真-10)

また、実技は、初級コースがカンジキの履き方、スコップでの雪の切り方・投げ方、スノーダンプの使い方など基礎的な除雪作業を行い、中級コースが命綱や安全帯の使い方、屋根の雪を安全に効率的に除雪する方法を学ぶ。



写真-10 座学による安全講習

3.4 雪かき道場の実施事例

平成24年度に南砺市大島地区で開催された雪かき道場初級コースの実施事例を紹介する。

午前中は、座学を1時間ほど受けたあと、実際にかんじきを履いて雪の中を歩いたり、スコップやスノーダンプの使い方を学ぶ。(写真-11)



写真-11 かんじきを履いての基礎実技

お昼は、簡単な食事を地元のお母さんたちに用意してもらった。これは、実際にボランティアを受け入れる時や、災害時の炊き出し訓練にもなっている。(写真-12)



写真-12 地域の特産物を用いた昼食の説明

午後からは、いくつかの班に分かれて、地元の師範（ベテラン）の方の指導のもと、地域のお寺や神社の雪かきを行った。(写真-13)



写真-13 午後からの実践実技

3.5 参加者の感想・意見

雪かき道場に参加した方からは、次のような感想・意見があった。

(1) ボランティア

- ・雪の怖さを改めて知った。
- ・コツを教えてもらい楽にできるようになった。
- ・楽しみながら、学ぶことができた。
- ・地元の方の役に立てて良かった。 など

(2) 地元の方

- ・若い人と話ができて楽しかった。
- ・この道場に取り組んだことにより、地域内の連携の取り方などさまざまな地域の課題について話をする良い機会となった。 など



写真-14 任務完了！

3.6 まとめ

今回の南砺市大島地区では、南砺市と「災害時相互応援協定」を結んでいる愛知県半田市から18名もの参加をいただいた。これは、南砺市と半田市の連携体制を示すものでもあり、豪雪地帯の自治体にとって豪雪時の備えを考える際の良いヒントになるのではと思われる。

これまで開催した雪かき道場は、日帰りでの初級コースの実施が多く、遠方からの参加者からは、1泊2日での実施を望む声をいただいている。また、開催地となった市町村からは、別の地区でも開催したいとの声もいただいております。今後は、1泊2日の中級コースも実施していきたいと考えている。

「越中雪かき道場」は、「中越防災フロンティア」のスタッフの方々の熱意や、地元の方々のご協力によって支えられており、この場を借りて関係者に厚く御礼申し上げます。

4 富山県元気な雪国づくり事業

4.1 目的

県内の個人、グループや国内の高等教育機関の教員等から雪に関する調査研究や普及啓発活動などの計画を募集し、その事業の実施に対して支援することにより、誰もが住みたい雪国富山の実現と雪対策の先進県富山のアピール、さらには雪国文化と雪に関わる科学技術の発信拠点の形成を進めることを目的としている。

4.2 補助対象事業

雪に関するもので、下記のいずれかに該当する事業を対象としている。

(1) 調査研究・技術開発事業

雪による障害の克服や雪の利活用等に関する調査研究又は技術開発並びに越冬及び雪に関する生活文化に関する調査研究又は技術開発

(2) 普及啓発事業

県内で開催する雪に関する学習機会の提供

4.3 事例

今回、調査研究・技術開発事業において、立山、剣岳の万年雪の流動、内部構造観測を行った事例について紹介する。

実施主体は、(財)立山カルデラ砂防博物館であり、当博物館では、平成21年9月に富山県を代表する山、立山の主峰雄山の東側、御前沢(ごぜんざわ)雪渓(写真-15)の内部構造をアイスレーダ(電波で氷の内部をスキャンする機材)で調査し、積雪の下に厚さ最大30mに達する日本最大級の氷体が存在することを発見した。

この氷体はその厚さと表面傾斜から現在でも流動している氷河である可能性があることから、本研究で、平成22年秋に高精度のGPS(衛星利用測位システム)を使用した流動観測を行った。(図-6)その結果、雪渓下流部の氷体が下方へ約1ヶ月で6~30cm動いていることを突き止めた。短期間ではあるが氷体の流動が観測されたのは日本で初めてであり、この氷体はこれまで日本にないと考えられ

てきた現存する氷河である可能性が高まった。

現存する氷河であると確定するためには長期間(1年以上)の観測が必要であり、その後他の予算で観測を継続した結果、平成24年4月に他の小窓雪渓、三ノ窓雪渓とともに国内初の現存する「氷河」と学術的に認められている。

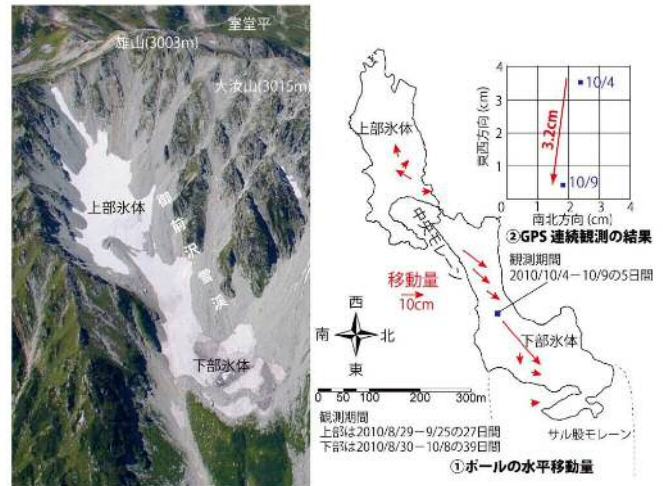


写真-15 御前沢雪渓

図-6 氷体の流動観測

4.4 まとめ

この事業を活用した調査研究が貴重な発見につながったことは、嬉しい限りである。

今後も、雪の冷熱エネルギーの利用促進など、この事業が有意義に活用されることを期待している。

5 おわりに

これまで富山県では総合雪対策として、克雪のみならず、利雪、親雪の面でも取り組みを進めてきたところである。しかし、近年、暖冬・小雪の傾向にあるものの、年によっては短期的・局地的に大雪となり、高齢化・核家族化が進展している県民生活に大きな影響を及ぼしている。また、雪は、当県にとって切り離すことのできない自然環境であり、貴重な資源でもあることから、今後とも雪に対する各種取り組みを行ってまいりたい。

貯雪庫からの流水による冷熱取り出しにおける簡易的手法を用いた性能改善

河田剛毅*1,

増田健太*2

1. はじめに

著者らは、雪冷房の中でも、貯雪底部に水を流して冷熱を取り出す方式である「横断水流型冷水循環式雪冷房」に着目し、冷熱取り出し性能に関する研究を行ってきた。これまでのところ、床面へのせきの設置や事前の貯雪分割等の簡易な工夫を施すことで、冷熱取り出し性能に変化が生じることが確認された。しかし、過去に行われた実験では、2章で述べる水中カメラ用通路の不具合による流水の漏出により冷熱取り出し性能向上の効果が明確ではなかった。そこで、不具合を改善し、せきにさらなる工夫を施すことで、冷熱取り出し性能に与える効果を調査するための実験を行った。この結果についてまとめたものを報告する。

2. 実験内容

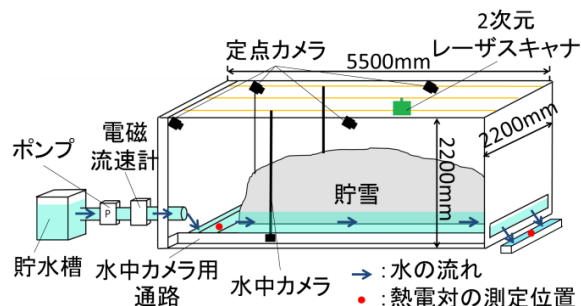
2.1 実験装置・方法

実験装置概要を図1に示す。貯雪庫は海上輸送用保冷コンテナをベースにしたものであり、同じものを3基用意した。内寸法は長さ5500mm、幅2200mm、高さ2200mmである。図1(a)において、貯雪庫左側面は観音開きの扉になっており、ここから雪の投入をすることが可能である。右側面下部には排水用に幅1900mm、高さ110mmのくり抜きが施されている。底面には木板を敷き詰め、平らにし、その上から水漏れ防止用にブルーシートを敷いた。水の流れについては図1(a)左側面から貯水槽に貯めた水をポンプにより給水し、貯雪通過後に右側面のくり抜きより排水される。排水された流水の一部(排水量の2~3割)は、貯水槽水温の調整のため、ポンプにより貯水槽へ戻した。

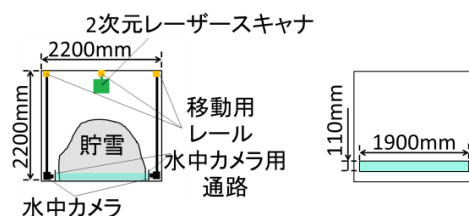
実験中の貯雪の監視用に、定点カメラを天井部に4ヶ所取り付けた。貯雪表面形状測定のため、測定角度範囲180°の2次元レーザースキャナを天井部中央長手方向に設置した移動用レールに吊るした。水中の貯雪の監視用に、水中カメラを天井部両端長手方向に設置した移動用レールに吊るした。水中カメラの移動スペース確保のため、底面部両端にカメラ移動用の通路を設けた。この通路と貯雪部の水路を仕切るため、水位より少し高めのアクリル板を設置した。定点カメラによる観察は、実験中常時行った。レーザースキャナによる測定と水中カメラによる監視は、2時間毎に行った。

水温測定用に、熱電対を貯雪庫の入口と出口に設置した。流量は電磁流量計を用いて測定した。水温ならびに流量の測定信号は、5秒毎にデータロガーにより記録した。

平成25年3月上旬に雪入れ作業を行い、7月上旬までの4ヶ月間、雪を保存した後、7月上旬から中旬にかけて実験を行った。給水の条件は水温15℃、水位100mm、貯雪庫の単位幅あたりの流量を37L/minと設定した。



(a) 装置全体図



(b) 正面断面図

(c) 背面図

図1 実験装置概要

2.2 性能改善方策

冷熱取り出し性能の改善を図る方策として、可動せきの設置と事前の貯雪の分割を試みた。

(1) 可動せきの設置

貯雪底部にせきを設置した場合の周囲の流れ状態の概要図を図2に示す。せきを設置すると、その部分の流路が狭くなるため、その部分の流速が上昇し、熱伝達率が増加する。この効果により、せき周辺の貯雪融解を促進させる。その効果は、貯雪底部とせきの間の隙間が小さいほど大きくなる。この効果をより効率よく得るため、可動せきが考案された¹⁾。

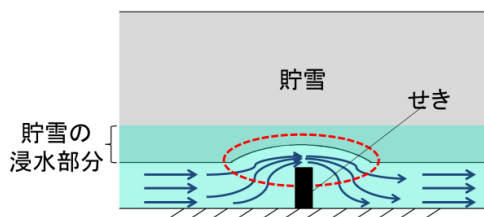


図2 せきを設置した場合の周囲の流れ状態

*1 長岡工業高等専門学校

*2 長岡工業高等専門学校専攻科

可動せきの概要図を図3に示す。大まかな構造としては、せき底部の浮き防止用の金属板の上に、浮力を生む発泡板を長手方向に分割して並べ、これら全体をせき外形となるシートで包んだものである。貯雪がせきの上にある時点では、貯雪の重さにより可動せきは沈んでいる。貯雪底部の融解に伴い空洞が発生すると、発泡板の浮力により貯雪底部に追従して立ち上がる。さらに発泡板が分割されていることにより、貯雪底部の形状にある程度フィットすることができる。この仕組みにより、せきと貯雪底部との隙間を常に小さく保持できるので、せきによる融解促進効果も安定して保持できる。また、貯雪の割れや傾きの発生により、再びせきの上の貯雪が落ちてきた場合は、再びせきは沈み込み、貯雪の水中への落下を防げない。このような可動せきを多数設置することで、貯雪底部全体の均一かつ安定的な融解が期待できる。

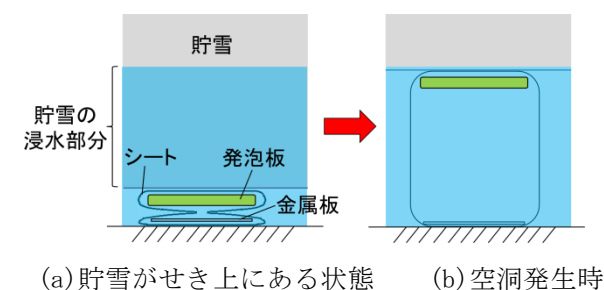


図3 可動せきの構造

平成24年度は、発泡板として10mm厚発泡スチロール(50mm×700mm)を3枚、シートの材料としてポリエチレンシート、金属板として2mm厚ステンレス板(2200mm×50mm)を用いた。また、設置数の違いによる冷熱取出し性能の違いを調べるため、図4に示すように流れ方向に等間隔に5ヶ所と10ヶ所の設置条件を設定した。これに対して、平成25年度は、次の4つの変更・対策を施した。

- ①発泡板をより強度がある押出法ポリスチレンフォームに変更
- ②シートをより柔軟性がある農業用ビニールに変更
- ③発泡板の分割数を3分割から10分割に変更
- ④新たに可動せき両端へのガイド板の設置

図5に設置写真を示す。①により、貯雪保存中に貯雪の重みで発泡板が圧密され、体積減少するのを防ぎ、浮力の低下を防ぐことができる。②と③により、貯雪底部へのフィッティング性を上昇させ、コンテナ幅方向の融解を均一化することができる。④のガイド板は2mm厚の亚克力板(145mm×100mm)をせき両端に設置したものである。これにより、流水によりせきが押し流されるのを防ぎ、同時にせき両端からの流水の漏出を防ぐ効果が期待できる(図5(b))。せきの効果は、流水がせきを避け、他

の部分に流出してしまうと低下する。そのため、ガイド板の設置と2.3で述べる水中カメラ用通路の改善により、流水がせきの上以外への漏出を防ぎ、せきの能力を十分に発揮できることが期待できる。

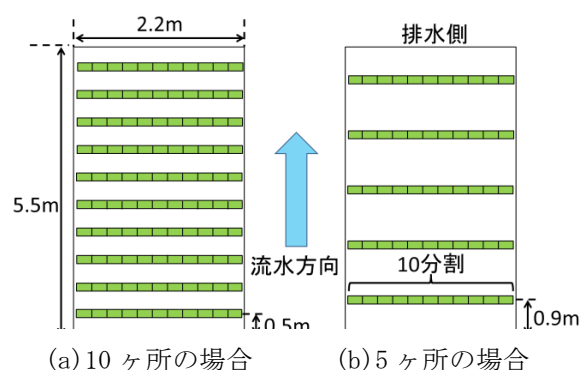


図4 可動せき設置箇所(発泡板は平成25年度の条件)

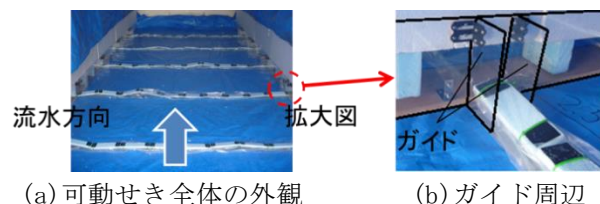


図5 平成25年度可動せき設置写真(5ヶ所設置)

(2) 事前の貯雪分割

割れが発生しやすい部分を事前に分断しておくことで、貯雪底部に大規模な空洞が形成されるのを防止することが目的である。これまでの研究から、本実験に使用する貯雪は、給水側から1.8m、3.6mの地点に割れが発生しやすいとされている。そのため、予めこれら2地点で高圧洗浄機(Kranzle製K-1121最大吐出圧力10MPa)を用いて、貯雪を切断した(図6)。この方策は、せき等の特別な装置の設置が必要なく、安価に実施できるのが特徴である。

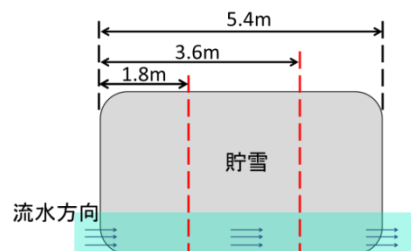


図6 貯雪分割位置

2.3 その他平成25年度の改善点

平成24年度の実験装置の問題点として、水路と水中カメラ用通路を仕切る亚克力板の破損による、水中カメラ用通路への流水の漏出があった。水中カメラ用通路は、コンテナ内の側壁面近くに設置され、貯雪がある水路とカメラが移動するためのスペースを、水位より少し高い

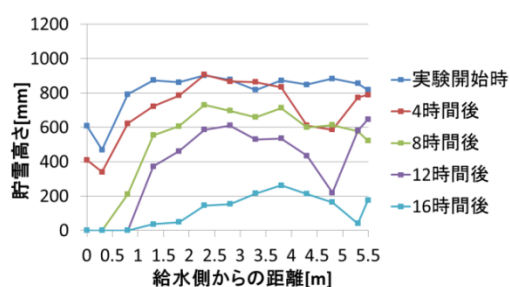
アクリル板で区切っている。しかし、平成 24 年度は、実験中の水位の上昇やアクリル板が固定部より外れる不具合により、流水の一部がカメラの移動用のスペースに漏出した。これにより、貯雪に接触する流水が減少し、冷熱取出し性能が低下したと考えられる。特にせきを設置した場合には、流水はせき以外の周辺に流れ込みやすくなるため、この問題が顕著に表れたと考えられる。この問題点を踏まえ、平成 25 年度は水中カメラ用通路への流水の漏出を防ぐために 2 つの対策を施した。水位の上昇による漏出を防ぐため、アクリル板の高さ 110mm から 145mm に変更した。またアクリル板の固定方法を接着剤からねじ留めによる固定に変更した。

性能向上方策の比較のために、平成 25 年度の貯雪の分割、可動せき 10 ヶ所、可動せき 5 ヶ所の条件をそれぞれ実験条件 1、実験条件 2、実験条件 3 とし、平成 24 年度の貯雪の分割、可動せき 10 ヶ所、可動せき 5 ヶ所の条件をそれぞれ実験条件 4、実験条件 5、実験条件 6 とする。また、比較のため、平成 23 年度に行った何も工夫を施していない条件のものを実験条件 7 とする。

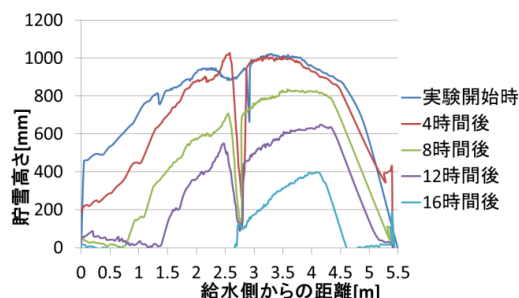
3. 実験結果

3.1 貯雪の形状変化について

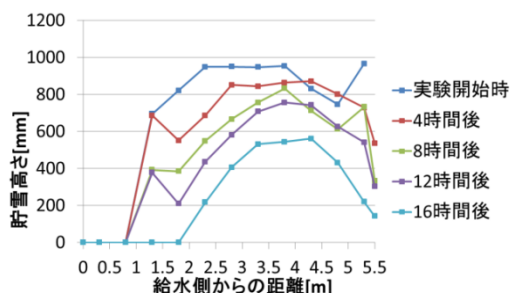
幅方向中央部における貯雪高さの流れ方向分布の時間経過を図 7 に示す。平成 24 年度以前のグラフは流れ方向の



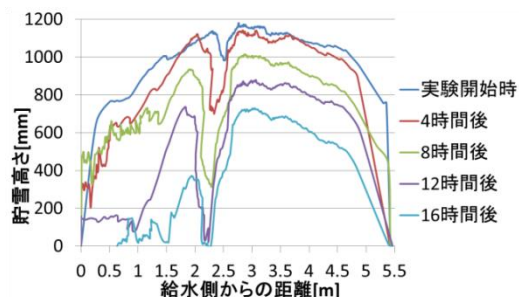
(a) 実験条件 1 (H25 貯雪分割)



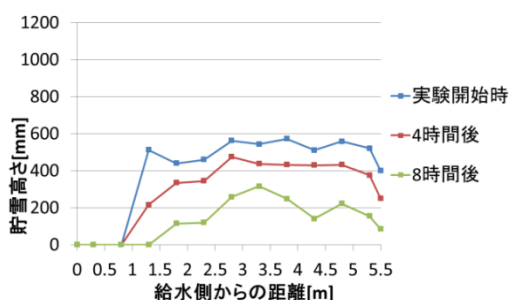
(b) 実験条件 4 (H24 貯雪分割)



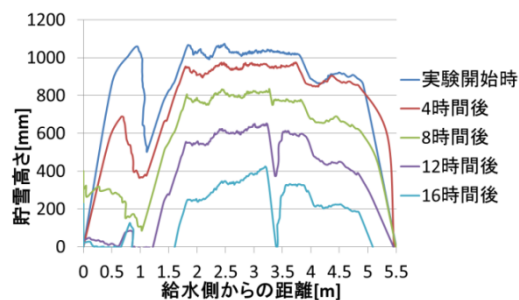
(c) 実験条件 2 (H25 可動せき 10 ヶ所)



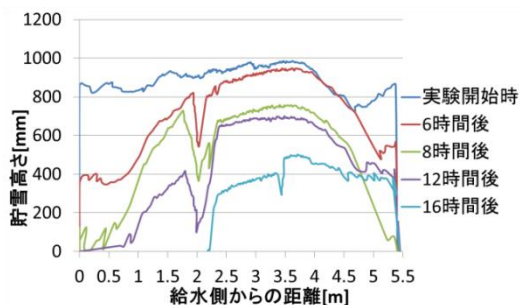
(d) 実験条件 5 (H24 可動せき 10 ヶ所)



(e) 実験条件 3 (H25 可動せき 5 ヶ所)



(f) 実験条件 6 (H24 可動せき 5 ヶ所)



(g) 実験条件 7 (H23 工夫なし)

図 7 貯雪の形状変化

スキャンにより連続的に測定したデータを示しているが、平成 25 年度のグラフは流れ方向に 0.5m おきに測定した値を繋いだものになっている。これは、流れ方向をスキャンしたデータに不備があったためである。また、各実験条件によって実験開始時の貯雪高さに違いがあることが確認できる。これは、保存中の条件(保存期間、周囲の環境条件)の違いによるものである。本来は、貯雪の実験開始時の条件(貯雪量、貯雪形状)を揃える必要があるが、これまでの研究から冷熱取出し性能に主に影響するのは、貯雪量よりも貯雪が流水と接する長さ(流れ方向の貯雪長さ)であることがわかっている。したがって、貯雪の実験開始時の条件の違いは、冷熱取出し性能の比較には大きく影響しないと考えられる。

最初に、何も工夫を施していない実験条件 7 の結果の特徴について説明する。上流側の貯雪ほど高さの減少が速いのが確認できる。また、同じ位置であっても経過時間による、貯雪高さの減少量にばらつきがある。これは、貯雪融解の特徴が関係している。貯雪は底部上流部より融解する。その後、融解した部分は空洞となり、貯雪は片持ち梁状になる。空洞がある程度成長すると、片持ち梁状の部分が落下する。この際に空洞の成長中は、貯雪高さがほとんど変化せず、高さ減少は緩慢である。しかし、貯雪に割れや傾きが発生すると、その部分や上流側から、顕著に融解が進行するため、急激に貯雪高さが減少する。

事前の貯雪分割を施した実験条件 1 と 4 においては、いずれも上流側の貯雪ほど高さの減少が速いことがわかる。これは、貯雪分割を施したことで、貯雪底部に大きな空洞ができにくく、上流側の貯雪塊から順次融解が進行したため、貯雪全体が上流側に傾きつつ高さが減少したためだと考えられる。実験条件 4 においてこの傾向が顕著に見られる。また、実験条件 7 と比較し、貯雪高さの減少量のばらつきが少ないため、全体を通して大きな空洞を形成せず、融解が進行したことが確認できる。

次に、可動せきを設置した実験条件 2、3、5、6 においては、いずれの条件でも、給水側からの距離に係らずほぼ均一に貯雪高さが減少しているのが確認できる。しかし、平成 24 年度の実験条件 5、6 は、実験開始時に既に貯雪前部に割れが発生していた。さらに実験条件 6 では、約 3.5m の地点で 2 ヶ所目の割れも発生しており、これら割れの発生による融解促進効果による影響も表れていると考えられる。これらのことから、可動せきの設置により貯雪全体の均一な融解を促進させる効果が認められるが、平成 25 年度と 24 年度の違い、設置数による違いは明確ではない。

3.2 水温変化について

貯雪を通過することによる水温の低下度合いを評価するために、次式で定義する水温低下率を導入する。

$$\text{水温低下率} = \frac{T_i - T_o}{T_i - T_s} \quad (1)$$

ここで、 T_i は貯雪流入水温、 T_o は流出水温、 T_s は雪の温度(=0℃)である。定義より、水温低下率は 0~1 の値をとり、値が大きいほど水がよく冷やされることを表す。

(1) 水温低下率の時間変化

図 8 に実験開始からの経過時間と水温低下率の変化の関係を表したグラフを示す。このグラフにより水温低下率の時間変動の様子を知ることができる。水温データそのものは 5 秒毎に測定をしているが、そのままではデータ数が非常に多いため、図 8 では、30 分毎の平均値を繋いで示している。実験条件 1~3 は、実験開始から実験終了まで通して実験を行ったが、実験条件 4~7 では、1 回の実験を 3 日間に分けて行ったため、実験日毎にグラフを分割した。いずれの実験条件であっても、最初は貯雪量が多いため水温低下率は高いが、時間経過に伴い貯雪は減少するため、最終的には低い値になる。

最初に何も工夫を施していない実験条件 7 の結果について説明する。実験条件 7 においては、実験開始時から水温低下率は低く、時間経過によりさらに値は低下していく。また、実験開始 5 時間後に値が急激に上昇しているのは、貯雪に割れが発生したためであると考えられる。

事前の貯雪分割を施した実験条件 1 と 4 においては、実験開始直後はいずれも実験条件 7 と比較し、高い水温低下率を示している。平成 24 年度の実験条件 4 では、水温低下率は時間経過に伴い、ある程度の一定値の保持をはさみ、次第に減少する一方である。平成 25 年度の実験条件 1 では、6 時間後までは一定値を保持し、その後大きく値は低下するが、再度 10 時間後に大きく上昇している。これは、6 時間後以降に貯雪底部に空洞が発生したものの、10 時間後に貯雪の割れや傾きが発生したためだと考えられる。水温低下率のレベル自体も実験条件 4 よりも概ね高く、水中カメラ用通路を改善した効果が表れたといえる。

可動せきを設置した実験条件 2、3、5、6 においては、他の実験条件と比べ、水温低下率の変動が小さいことが確認できる。これは、可動せきを設置したことにより、概ね空洞が発生せずに、均一に貯雪融解が進行したためだと考えられる。実験条件 2 と 5 を比較すると、今年度実施した実験条件 2 の方が高い水温低下率を示している。しかし、実験条件 3 と 6 においては、同様の傾向は見られない。これは、実験条件 3 において実験開始時の貯雪量が非常に少なかったためと考えられる。

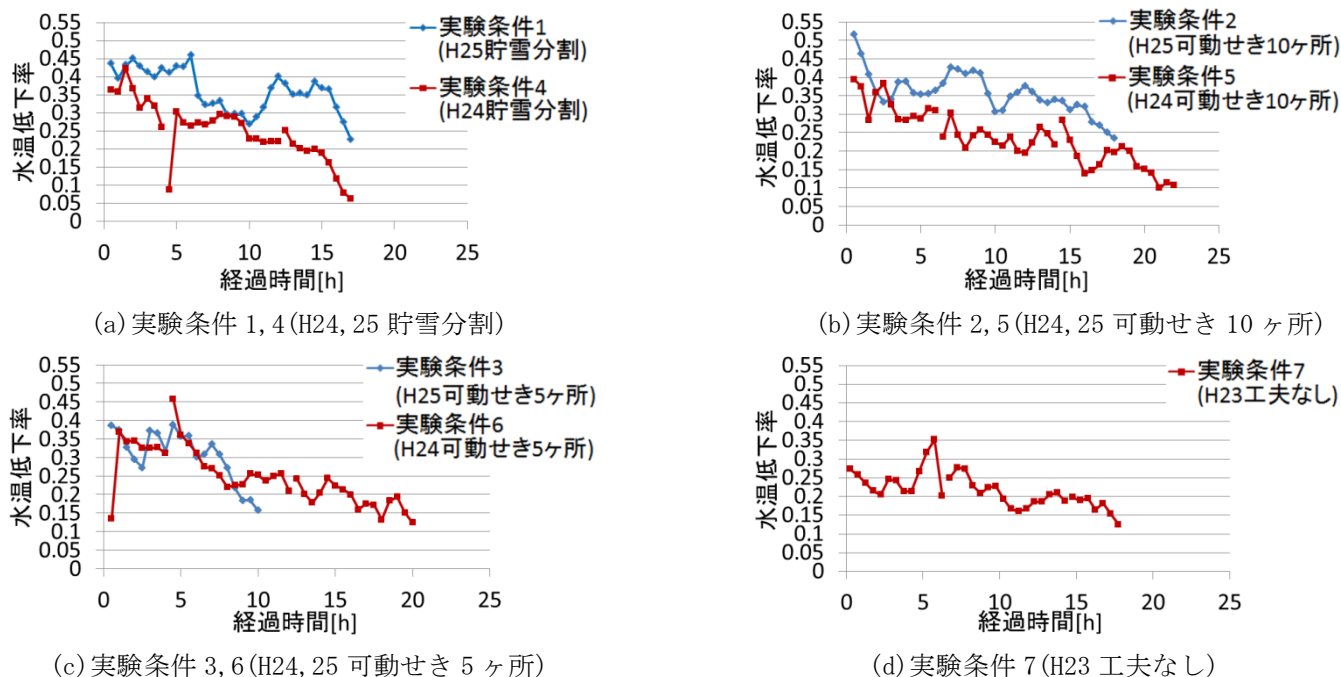


図 8 水温低下率時間変化

(2) 貯雪長さと水温低下率の関係

図 8 のグラフでは、経過時間は同じでも、条件によって貯雪量は異なるので、貯雪量と水温低下率の関係がわからない。また、3.1 で述べたように、水温低下率に主に影響を及ぼすのは、貯雪と流水の接触する長さであることがわかっている。そこで、貯雪長さと水温低下率の関係を表したグラフを図 9 に示す。ここで、貯雪長さは、幅方向中央部における流水方向の長さとして算出した。このグラフは貯雪長さが大きいほど実験開始時に近く、貯雪が小さくなるほど時間が経過している状態である。分布にはばらつきがあるが、特に大よそ同じ貯雪長さでありながら水温低下率が大きく異なるデータがある(例：実験条件 1 の 4.5m 付近、実験条件 4 の 2m 付近)。これはその貯雪長さ付近で貯雪底部の状態が大きく変化しているからである。水温低下率がかなり低いデータは、

貯雪底部に空洞が発生し、水が冷えにくくなっている状態に対し、水温低下率が高いデータは、その後割れが発生し、水が冷えやすい状態に対応している。このとき、割れの発生前後では貯雪長さはほとんど変化しない。したがって、大よそ同じ貯雪長さでも、貯雪底部の状態によって、水の冷え方に大きく差が出るといえる。

何も工夫を施していない実験条件 7 においては、貯雪長さが減少すると、水温低下率もそれに伴い右肩下がりに低下することが確認できる。平成 24 年の実験条件 4～6 においても、水温低下率の分布は実験条件 7 とほぼ重なっている。これは、水中カメラ用通路の破損により、水路中の流水が水中カメラ用通路に漏出したことで、可動せき・貯雪分割共に効果を発揮しなかったためだと考えられる。

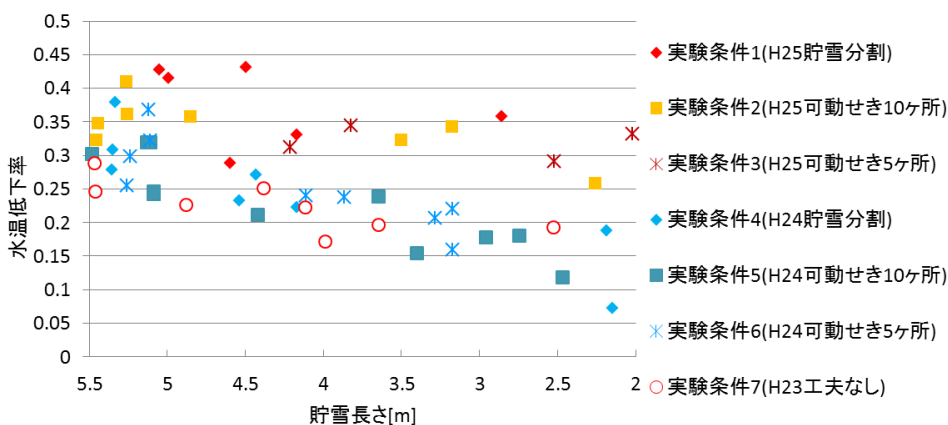


図 9 貯雪長さと水温低下率の関係

平成25年度の事前の貯雪分割を施した実験条件1においては、どの貯雪長さにおいても高い水温低下率であるが、4.5m付近でかなり低い値がある。これは、前述の割れの発生前の空洞が発生している状態に対応していると考えられる。平成25年度の可動せきを設置した実験条件2、3においては、水温低下率のばらつきが少ないことがわかる。これは、可動せきを設置したことにより、空洞の発生・成長が抑えられ、常に貯雪底部全体が安定して平成25年度の事前の貯雪分割を施した実験条件1においては、どの貯雪長さにおいても高い水温低下率であるが、4.5m付近でかなり低い値がある。これは、前述の割れの発生前の空洞が発生している状態に対応していると考えられる。平成25年度の可動せきを設置した実験条件融解がしたためだと考えられる。しかし、可動せきの設置個数による差は明確ではない。これは、10ヶ所設置した実験装置において、保存中に貯雪の重みにより装置が傾き、水中カメラ用通路が破損していたためだと考えられる。

(3) 水中カメラ用通路の改善・可動せきの改良による効果の整理

以上のことから、貯雪の分割を施すと、貯雪量の多い実験開始直後は、高い水準の水温低下率の値をキープできるが、時間経過により底部に小さな空洞が発生すると値は低下する。低下後に貯雪の割れや傾きが発生すると、再び値は上昇する。これにより、実験後半の冷熱取出し性能は、貯雪形状の変化により大きく左右されることがわかる。可動せきを設置すると、貯雪底部の均一な融解を促進させ、大きな水温低下率の変動を防ぐ効果があることがわかる。また、貯雪長さに依存せず、長時間にわたり安定した冷熱の取出しが可能であることがわかる。しかし、可動せきの設置個数による冷熱取出し性能の差は明確ではない。水中カメラ用通路の改善と可動せきの改良により、貯雪分割による冷熱取出し性能の効果は確認できたが、可動せきの設置による効果は、どちらの処置の影響が大きいかは明確ではない。

4. まとめ

モデル装置において、流水の漏出を防いだ上で実験を行い、以下のことがわかった。

- ①貯雪の分割を施すことで、実験開始後しばらくは、高い水温低下率が見込めるが、実験後半の値は貯雪の割れや傾きの発生に依存する。
- ②可動せきを設置することで、高い水温低下率を安定して保持できる。
- ③可動せきの設置個数による性能向上効果の違いは明確ではなかった。

参考文献

- 1) 河田剛毅, 阿部駿: 第27回北陸雪氷シンポジウム論文集・保冷コンテナを用いた貯雪庫からの流水による冷熱取出し(取出し性能改善の試み), 北陸雪氷技術研究会(2012), pp. 115-120

貯雪の力学的強度の評価 (含水率を変えた実験結果)

キーワード； 利雪、冷熱エネルギー、雪冷房、強度試験、含水率

河田 剛毅*1、五十嵐 大輔*2

1. はじめに

自然エネルギーの一つに雪氷冷熱エネルギーがある。この雪氷冷熱エネルギーは冬季に降雪の多い地域で実用化が行われており、用途の代表格が雪冷房システムである。この雪冷房システムは文字通り冬季に降った雪を夏季まで貯蔵し、雪から冷たい熱である冷熱を取り出し、冷熱を冷房のエネルギーとして用いて冷房を行うというものである。この雪冷房システムには貯雪から冷熱を取り出す媒体として空気を用いる空気循環型雪冷房システムと媒体として水を用いる冷水循環式雪冷房システムの2種類が存在する。空気循環式雪冷房システムについてはいくつかの研究報告が行われている。一方、後者の冷水循環式雪冷房システムについての研究はほとんど行われていなかったが、近年著者らは雪への水の通し方として導入例の多い貯雪底部に水を流す方式について、融解過程の特徴と基本的な熱交換特性を明らかにした[1]。特に、本質的な問題点として、はじめ底部上流側から融解していくが、その消失部はそのまま空洞として残るため、空洞部の成長に伴い、水が冷えにくくなることが分かった。この原因は雪粒子が互いに結合し、大きな塊を形成するという性質にある。したがって、貯雪の結合に関する力学的な評価を行うことができれば雪冷房システムの評価・予測に役立つと考えられる。そして、著者らはこれまでに貯雪のせん断・引張強度を測定するための手法・装置の開発に取り組み、ほぼ確立することができた[2]。

上述の問題点を考慮すると、何らかの方法で貯雪の結合強度を低下させれば熱交換性能が向上するものと考えられる。そこで本研究では、貯雪の結合強度を低下させる簡単な方法として、貯雪をに水で湿らせることを考え、これにより貯雪の力学的強度がどのように変化するかを調べることを目的とする。

2. 実験内容

2.1 概要

図1に示すように貯雪底部に水を流し貯雪から冷熱を取り出す冷水循環式雪冷房システムでは水の上流側の貯雪底部から融解が進み、雪の消失部は空洞となる。この空洞が成長すると、その上部の貯雪は片持ち梁と似たような形状となる。この片持ち梁部分の支持端にはせん断・引張・圧縮の3つの力が作用するが、このうち片持ち部分を貯雪本体から引き離

す働きをするせん断と引張、および曲げの強度を本研究での評価対象とする。

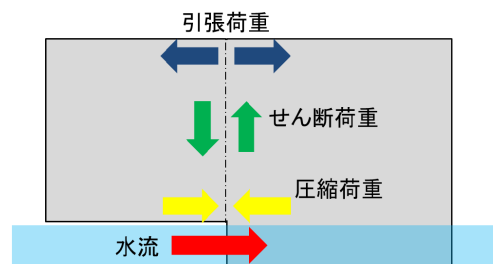


図1 片持ち梁状態の貯雪に作用する荷重

本研究では貯雪を水で濡らして含水率を変化させ、それら強度測定を行った。加えて、雪の物性が力学的強度に与える影響も調べるため、貯雪の密度測定を行った。試料となる雪は、実際の雪冷房設備同様数ヶ月間保存し、これを用いて雪試験片を成形した。実験の大まかな流れとしては、まず、雪試験片の元となる大きな雪塊を貯雪から切り出し、密度測定を行う。その後、その雪塊を切り分けて複数の強度試験用試験片を製作し、各強度試験を行う。これら一連の測定は約0℃の低温室内で行う。

2.2 雪試料の保存方法

3月初旬から8月初旬にかけて断熱を施した保冷コンテナと0℃に保たれた低温室に保存する。

(1) 保冷コンテナでの保存

実設備に近い条件で保存を行うため、貯雪用試料として長さ3.5m×幅2.2m×高さ2.2mの保冷コンテナ内で保存する。太陽光、および周囲の熱流入による貯雪の融解を抑えるために遮光シートと厚さ50mmの第3種発泡板で断熱を施し、さらに貯雪全体をポリエチレン製のシート覆った。融解した水は排水されるようになっている。

(2) 低温室での保存

保冷コンテナでの保存は実設備に近い環境条件や規模での貯雪保存が可能であるが、野外に設置しているため気温や日射などの自然環境の影響を受け融解が進みやすい。また、実験のたびに扉を開閉し外の空気が入るとともに、試料を切り出す分、貯雪が減るので、実験を重ねるほど、更に融解が促進される。これらを考慮し、周囲環境の影響を受けにくい保存方法として、約0～1℃で保たれた低温室での保存を考えた。

*1 長岡工業高等専門学校

*2 長岡工業高等専門学校専攻科

高さ2000mm、内径270mmの発泡パイプを直立させ、その中に雪を入れる。四方を発泡板で覆い、発泡パイプとの隙間に砕氷を入れ断熱を施す。砕氷は定期的に補充を行う。この発泡パイプを12本用意した。これにより、保冷コンテナの保存に比べ、貯雪の規模は小さいものの、保存状態の良い貯雪を多数用意することができる。

2.3 密度測定方法

密度測定に用いた雪塊のおおまかな形状・寸法はコンテナの貯雪は長さ400mm×幅400mm×高さ300mmの直方体、低温室の貯雪は直径270mm×高さ450mmの円柱であり、この質量と体積から密度を求めた。雪塊の体積は次の方法で測定した。図2に体積測定装置の概略図を示す。まず、高さ1000mm、内径392mm、肉厚4mmの亚克力パイプの半分程度まで0℃の水を入れる。そして、高さ測定用のマイクログラフで初期の水面高さを測定し、圧縮袋で密閉した雪塊を水へ沈める。上から発泡ブロックで押さえ、その状態の水面高さをマイクログラフで測定する。水位の変化とパイプの内径から求められる体積から発泡板と圧縮袋の体積を引くことで雪塊の体積を求める。

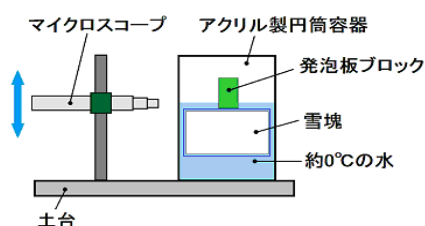


図2 体積測定装置概略図

2.4 強度測定装置と測定方法

2.4.1 セン断強度測定

せん断強度測定装置の概略図を図3に示す。この装置は、試験片挿入部、ロードセル、リニアヘッド、モータ、及びレーザー変位計から構成され、これらが厚さ4mmのアルミ製土台版上に構成されている。試験片挿入部は厚さ6mmのアルミ板材を内寸法で高さ70mm×幅100でU字に形成したもので、土台の長手方向に直動可能なベアリング上に設置された長さ50mmの固定部と、同じく長さ50mmの可動部からなる。ロードセルはリニアヘッドの軸と可動部の間に設置され、リニアヘッドの軸はモータにより土台の長手方向に直動する。試験片挿入部にこの内側形状とほぼ同じ形状の試験片を挿入し、モータを一定で動作させると、リニアヘッドの軸の直動により可動部のみが一定速度で直動する。この時の可動部の抵抗力、すなわち試験片の抵抗力がロードセルによって測定され、可動部の移動量、すなわち雪試験片の変位量がレーザー変位計によって測定される。いずれの測定信号もサンプリングレート1kHzのADコンバータを通してパソコンに取り込まれる。雪試

験片が破壊するまで続け、試験後、試験片に生じた応力とひずみを計算する。

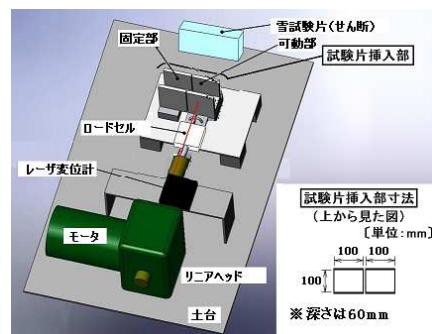


図3 セン断強度測定装置概略図

2.4.2 引張強度測定

図4に、引張強度試験機の概略図を示す。この装置の構成は、せん断強度測定装置の試験片挿入部を引張試験用に置き換えたものである。雪試験片の両端に氷ブロックを凍り付け、この氷ブロックを引っ張ることで雪の引張強度試験を行う。氷ブロックの製作方法と雪試験片との凍結接着手順の概略を図5と以下に示す。

- ①内側寸法幅145mm、奥行き94mm、高さ74mmの金属容器の底に厚さ10mm、縦101mm、横61mmのアルミ板を設置し、金属容器の3分目まで水入れて約-10℃の低温室で凍らせる。
- ②水が凍ったら金属フックを氷の上面中央部に置き、金属容器に金属フックが十分に固定される程の水を入れ低温室で凍らせて金属フックを固定する。
- ③氷ブロックを金属容器から取り出し、アルミ板を取り外した後、約-60℃の冷凍庫に入れて冷やす。
- ④約0℃の低温室において、氷ブロックに雪試験片をのようにはめ込み、両者のすきまに水を少量注入し凍結接着する。反対側も同様に接着を行う。

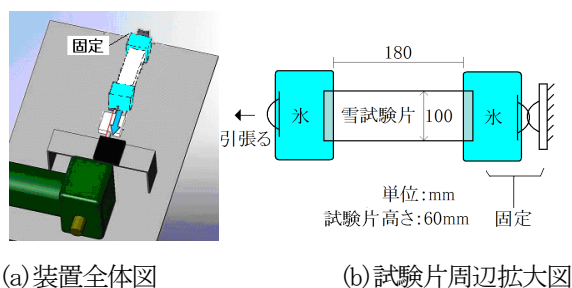


図4 引張強度測定装置概略図

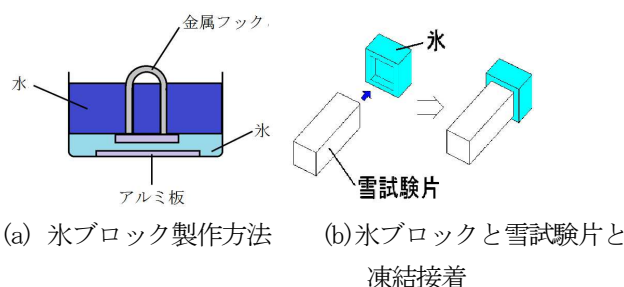


図5 氷ブロックの製作方法と雪試験片との凍結接着

2.4.3 曲げ強度測定

三点曲げ強度測定装置の概略図を図6に示す。この装置の構成は、せん断強度測定装置の試験片挿入部を曲げ試験用に置き換えたものである。試験片挿入部には固定支点用に直径15mmの2本のアルミ丸棒が154mm離して設置されている。ロードセルの先端には荷重付加用の直径15mmのアルミ丸棒が取り付けられている。図6のように雪試験片を固定丸棒に接して置き、リニアヘッドにより荷重付加用丸棒を一定速度で押すことで三点曲げ試験を行う。

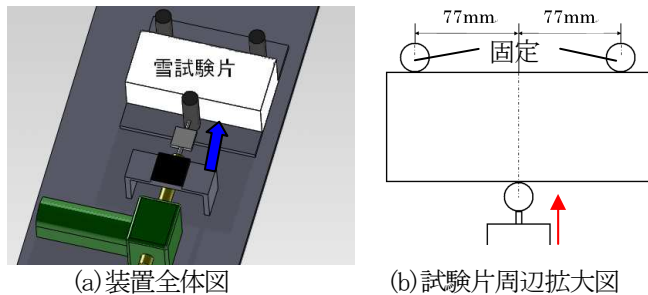


図6 曲げ強度測定装置概略図

2.4.4 雪試験片の製作方法

各雪試験片の形状と寸法は共通で長さ200mm×幅100mm×高さ60mmの直方体形である。雪塊の密度測定を行った後、厚さ70mmで輪切りにし、最後はチップソー切断機により指定寸法の形状に仕上げる。

2.4.5 含水率の調節方法

通常、雪の含水率は次式で定義される。

$$\frac{\text{雪に含まれる水の質量}}{\text{雪全体の質量}} \quad (1)$$

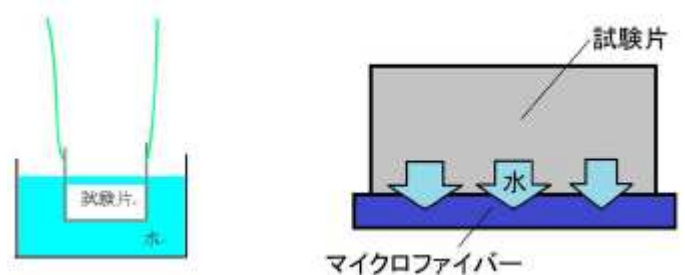
しかし、これを正確に測定するための熱量法は非常に手間がかかる。さらに、本研究では雪の濡れ具合がどの程度強度に影響するのかを、まずは大雑把に把握したかったため、次の含水増加率で水の含み具合を評価した。

$$\text{含水増加率} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \quad (2)$$

W_1 : 保存した雪試料から切り出した試験片そのままの質量

W_2 : 上記試験片に水を含ませた試験片の質量

本研究では含水増加率として、0%、3%、7%の3種類を設定した。感覚的には、含ませた水が滴り落ちない上限が7%である。雪試験片の湿らせ方は図7のように行う。温度0℃の水の中に試験片を入れた籠を沈め、雪試験片全体を水に浸した後、引き上げる。高吸水性のマイクロファイバーの上に試験片を置き、雪試験片から水分を吸収さる。一度、質量を測定し、一定時間ごとに試験片の質量を測定し、所定の含水増加率となる質量に調節する。



(a) 試験片を水に浸した様子

(b) 試験片からの水分の吸収方法

図7 含水増加率の調節方法

2.5 その他、測定条件

測定はコンテナの貯雪は6月、7月の2回、低温室の貯雪は6月、7月、8月の3回行った。試験片の数は低温室の貯雪は各測定で6個ずつ、コンテナ貯雪では用意できる試験片の数が低温室の貯雪より少ないため、各測定で3個ずつ用意した。強度測定時のリニアヘッドの変位速度は0.6mm/sで一定とした。

3. 実験結果と考察

3.1 貯雪の密度

図8は低温室に保存した貯雪とコンテナに保存した貯雪それぞれの密度の変化を示す。これまでの研究で貯雪の密度は保存期間が増すほどに増大していくことが分かっている。低温室内で保存した貯雪については、これと同様の傾向を示しており、値そのものも昨年度得られたものと同程度となっている。一方、保冷コンテナで保存した貯雪については、保存期間90日より120日の方が密度は小さくなっている。保存期間120日の保冷コンテナの貯雪では雪塊の切り出しの際に空洞が多数確認された。この空洞部は融解等によって生じたと思われ、これにより密度が低下したと考えられる。

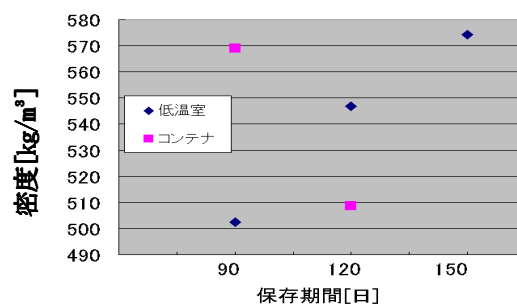


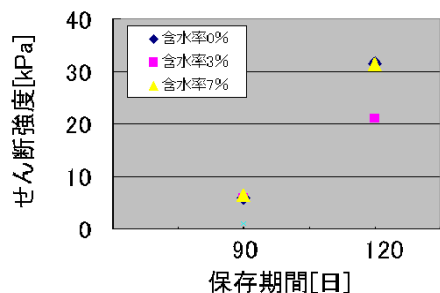
図8 貯雪の密度変化

3.2 貯雪の強度

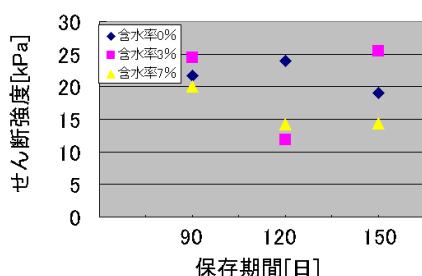
試験片の含水率を増加させた場合も、せん断と曲げ強度測定はうまく行うことができた。しかし、引張強度測定につい

ては氷ブロックとの接合部近辺等で、明らかに水の偏在による脆弱化が生じ、その脆い部分での破壊が生じることが多かったため今回は結果を掲載しない。

せん断強度、曲げ強度の保存期間との関係を図9と図10に示す。含水増加率0%の値に着目すると、いずれの強度の測定値も昨年度と比較して若干小さな値はあるものの同ような変化をしているため、本研究の強度測定手法は再現性があり信頼のおけるものであると言える。また、含水率を増加させたときの変化は、増加と減少の両方があり、ばらついていて傾向は明確ではない。

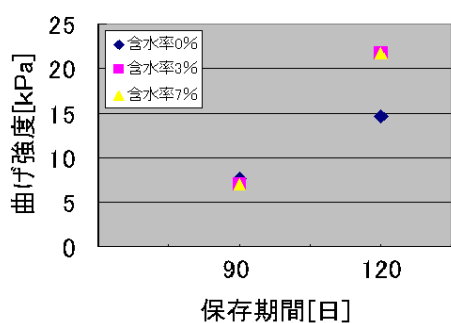


(a) 保冷コンテナの貯雪

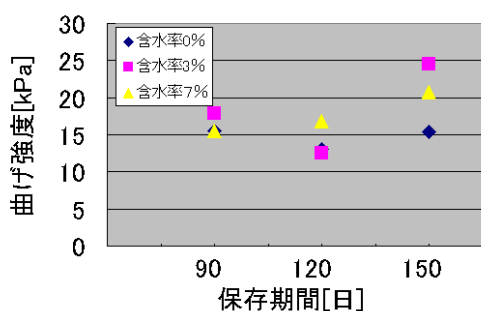


(b) 低温室内の貯雪

図9 貯雪のせん断強度変化



(a) 保冷コンテナの貯雪



(b) 低温室内の貯雪

図10 貯雪の曲げ強度変化

含水増加率の変化による影響が明確に現れなかった原因について、例えば今回の実験では試験片の含水増加率を調節した直後に試験を行っていたが、それでは試験片全体に水が浸透していなかったことが考えられる。また、引張試験において水の偏在部で脆弱化が生じたことから、含水率を更に上げると影響が明確になる可能性がある。したがって、今後、湿らせ条件・方法、試験方法等を検討して、水の濡らし具合が強度に与える影響を調べる予定である。

4. まとめ

- (1) 今回の実験条件・方法では、雪の含水率が雪の強度に与える影響は明確ではなかった
- (2) 含水率をより上げるなど、湿らせ条件・方法を変えれば、強度に与える含水の影響が現れる可能性がある。
- (3) 昨年度確立した雪の引張強度測定手法を湿らせた試験片に適用するには何らかの工夫・改良が必要である。

参考文献

- [1] 河田剛毅，前川龍一：保冷コンテナを用いた貯雪庫からの冷水による冷熱取り出し（基本的特性および流水条件の影響），第25回北陸雪氷技術シンポジウム論文集，pp. 45-50，2010. 11.
- [2] 河田剛毅，飯塚悠気：雪冷房用貯雪の力学的強度評価（実験装置の製作・改良および確認実験），第25回ゆきみらい研究発表会論文集，pp. 78，2013. 2

雪害と水害の2つのボランティアセンターの経験から得た協働型災害対応の教訓

諸橋和行*1

1. はじめに

2011年1月及び2012年1月、長岡市は豪雪により災害救助法の適用を受け、積雪による市民の生活不安の解消のため、「長岡雪害ボランティアセンター（以下、長岡雪害 VC）」を開設した。長岡市社会福祉協議会が主体となって設置し、中越防災安全推進機構をはじめ、様々な関係団体と協働型で運営している点が大きな特徴である¹⁾²⁾。

さらに、2013年7月29日から30日にかけて、長岡市は豪雨に見舞われ、一部の地域において甚大な被害が発生した（平成25年7月・8月豪雨）。土砂崩れと河川の氾濫により、床下浸水及び床上浸水の住家が多数発生したことを受け、長岡雪害 VC とほぼ同様の体制と手順で、「長岡災害ボランティアセンター（以下、長岡水害 VC）」を設置・運営した。

本稿では、長岡水害 VC の概要を紹介するとともに、近年3年間における雪害と水害の2種類のボランティアセンターの経験から得られた教訓（知見）について報告する。

2. 長岡水害 VC の活動実績

長岡水害 VC は、被害が発生した翌日に設置し、その翌日からボランティアによる活動を開始した。当初は、8月1日から4日間を活動期間と定めて運営したが、被害状況及び作業の進捗状況を考慮し、1週間延長して計11日間、復旧活動を行った。主な活動概要・実績は以下のとおりである。

○設置日時：2013年7月31日（木）午前10時

○場 所：ながおか市民防災センター
乙吉町公民館（現地本部）

○活動期間：8月1日（木）～11日（日）計11日間

○活動地域：長岡市乙吉町全域、長岡市東片貝町の一部

○活動内容：住居内の土砂出し

住居の出入り口や周囲の土砂片づけ
敷地内の流木やゴミの片づけ

○活動件数：延べ260箇所

○参加ボランティア数（延べ人数）：2,331人

○実施体制：以下のとおり（ボラセン本部）

【主体】

社協 総務、ボランティアの受付、マッチング、送迎
長岡市 ボラセン場所の提供、がれき撤去、資材確保
長岡 JC 飲料の確保、
NPO団体 ホームページ、facebook による情報発信
個人ボラ ボラセン現地本部の運営サポート
団体ボラ ボランティアの継続的派遣
町内会 被災住民への周知、支援ニーズの報告
中越防災 現場の各種調整、町内会・行政との連絡、
作業現場の見まわり、被災者へのヒアリング

【主な役割】



写真1 (上) 2 (下) 長岡市乙吉町の被害状況①②



写真3 長岡市乙吉町の被害状況③

*1 (公社) 中越防災安全推進機構 地域防災力センター

日別でみたボランティアの活用状況は、表 1 のとおりである。8 月 4 日までは一般ボランティアを広く募集し、人海戦術で作業にあたった。8 月 5 日以降は方針を変更し、民間企業やボランティア団体等を中心にボランティアを募集し、少数精鋭のチームで作業を行っている。

表 1 ボランティアの活動状況

日	活動数 (箇所)	ボランティア数 (人)	延べ人数 (人)
8/1 (木)	28	177	177
8/2 (金)	34	371	371
8/3 (土)	44	392	392
8/4 (日)	40	448	448
8/5 (月)	11	55	88
8/6 (火)	14	102	102
8/7 (水)	17	100	106
8/8 (木)	20	156	173
8/9 (金)	20	139	141
8/10 (土)	17	131	131
8/11 (日)	15	202	202
合 計	260	2,273	2,331



写真 4 長岡水害 VC ボランティアへの事前説明



写真 6 ボランティアによる土砂出し作業①



写真 5 現地本部におけるマッチング作業



写真 7 ボランティアによる土砂出し作業②

3. 長岡水害 VC の特徴的な取組

長岡水害 VC では、ボランティアの派遣・調整以外に、新たな取組も実施している。他の参考になるものであり、いくつかを紹介する。

①要援護世帯への見守り支援

被災世帯の中には、高齢者一人暮らしの人もおり、土砂出し作業に加え、心のケアも必要とされる。通常の災害ボランティアセンターでは、そこまでの対応はしないが、長岡水害 VC では、8 月 6 日、7 日に行政職員と保健師による戸別訪問が実施され、そこで要支援世帯と判断された 13 世帯に対し、長岡市と協議の上、長岡水害 VC として 8 月 11 日（活動終了日）まで見守り訪問による支援を行った。

②活動最終日の炊き出し交流会

長岡水害 VC の活動期間終了と同時に、被災地域からボランティアがいつせいに姿を消すことになり、被災者に焦燥感や絶望感を与えかねないことを危惧した。そのため、活動終了日に「炊き出し交流会」を企画・実施した。本部スタッフや外部協力者によって、お汁、流しそうめん、かき氷がふるまわれ、ギター演奏会や足湯なども行われた。



写真8 炊き出し交流会 かき氷



写真9 炊き出し交流会 足湯

③町内クリーン作戦

活動期間終了後も、被災者からボランティアを求める声は上がっていたが、それらに個別に対応した場合、住民の間で不公平感が生じ、トラブルの発生も懸念された。そこで、町内清掃と高齢者世帯等の片づけ支援として、8月24日（土）、地域住民とボランティアが一緒に行う「町内クリーン作戦」と称して、1日限定のボランティアセンターを開設し、敷地内に残っている土砂やゴミの撤去作業などを行った。

4. 雪害と水害の比較による災害対応の特徴

長岡雪害 VC と長岡水害 VC の経験から、両者の災害対応の特徴を比較すると、表2のとおりである。

表2 雪害対応と水害対応の主な違い

	雪害	水害
被災世帯の分布	点在	被災地全域
ボランティアの作業内容	住家まわりの積雪の排出（放置可能）	住家内・まわりの土砂の排出、家財の処理（運搬が必須）
作業量	比較的少ない	多い
マッチング	事前	現場（当日）

これらの比較検討から、両災害対応の特徴と方策について以下に整理する。

①被災世帯の分布

水害の場合、対象地域全域がほぼ被災世帯となるが、雪害の場合、降雪量は同じであっても、各世帯の雪に対する対応力が大きく異なるため、被災世帯（除雪ボランティアが必要な世帯）は点在することになる。例えば克雪住宅やマンションの住民などは、豪雪であっても除雪作業には困らず、支援も不要である。一方、雪害の被災世帯については、自力での除雪作業が困難な世帯であり、たとえ豪雪に見舞われなくても、事前にある程度把握することができる。これらのことから、災害対応として以下の特徴が挙げられる。

マッチング	長岡雪害 VC は、支援世帯とボランティア（班単位）を事前にマッチングする方式、長岡水害 VC は、現場で随時ニーズを受け付けてマッチングする方式が効率的。
民生委員等との連携	雪害の場合、支援が必要な世帯については町内会や自主防災会、あるいは普段の福祉サービスの中で民生委員等が把握しており、これらと連携した支援ニーズの把握が必要。水害の場合は目視で把握しやすい。
現地本部	水害の場合は、地域一帯が被災地域であり、現地本部（拠点）の必要性が高い。雪害の場合は、被災世帯の分布状況に応じて判断（必ずしも必要ではない）。

②ボランティアの作業内容

雪害時のボランティアの作業は、住家まわりの積雪を支障にならないところへ排出する作業であり、いずれは融けて水になるので放置しても構わない。一方、水害の場合、住家の中やまわりの土砂やがれき等を排出する作業であるが、近場の適当な場所であっても放置することが許されず、すべて運搬排出しなければならない。



写真10 行政とボランティアの協働による排出作業

この運搬排出は、通常、行政が重機を手配して対処するが、住宅の敷地から道路までの搬出は住民側の責任であり、この役割分担が基本である。しかしこれは作業の効率性を著しく損う。長岡水害 VC では、行政とボランティアが協働で、敷地からの搬出及びトラックへの積み込みを行うことができ、これが復旧活動の速度を飛躍的に高めることとなった。

水害の復旧現場では、行政とボランティアの協働による作業体制の構築が極めて重要であることを実感した。長岡雪害 VC の場合、現場におけるこのような協働は実施していなかったが、より効率的な除雪作業を行うため、その可能性を大いに検討していきたい。

③被災世帯当たりの作業量

被災世帯 1 件につき必要となるボランティアの作業量は、水害の方が雪害よりもはるかに多い。床上浸水や床下浸水の場合はより顕著である。したがって、水害の場合は、同じ世帯に対して続けて何日もボランティアを派遣する必要がある。一方、雪害の場合はたいてい 1 日作業で完了することができ、ボランティアにとっても達成感を感じやすい。

そこで重要になるのが、作業の優先順位である。雪害対応の場合、被災家屋が点在していること、作業がほぼ 1 日で完了することから、住民（被災者）からの苦情はほとんどない。しかし水害対応の場合、近所のボランティア作業が視界に入ること、住家 1 件の作業が数日にも渡ることから、「なぜ我が家にはすぐに来てもらえないのか」といった不公平感が蓄積する。さらにボランティアからも「なぜもっと大変な住家があるのに、庭の土砂出し作業をしなければいけないのか」といった疑問の声も上がる。

そこで長岡水害 VC の活動 3 日目から、以下のように作業の優先順位を定め、図 1 のようなチラシを作成し、被災地域の全世帯に配布するとともに、優先度の高い被災世帯からマッチングを行うことにした。

【水害対応 ボランティア作業の優先準備】

- 1 位 家の中 家具などの搬出
- 2 位 家の中 床上の泥出し
- 3 位 家の中 床下の泥出し（状況によって要確認）
- 4 位 庭の大きなゴミだし
- 5 位 玄関前、家までの通路の確保
- 6 位 小屋や車庫の泥出し・片付け
- 7 位 庭の泥出し・片付け
- 8 位 畑の泥出し・片付け

このような対応によって、長岡水害 VC の運営スタッフが被災者に対して、作業の順序を明確に説明することができるようになり、苦情もなくなるとともに、被害が特に深刻な被災世帯を中心にボランティアを派遣する仕組みが回り出した。

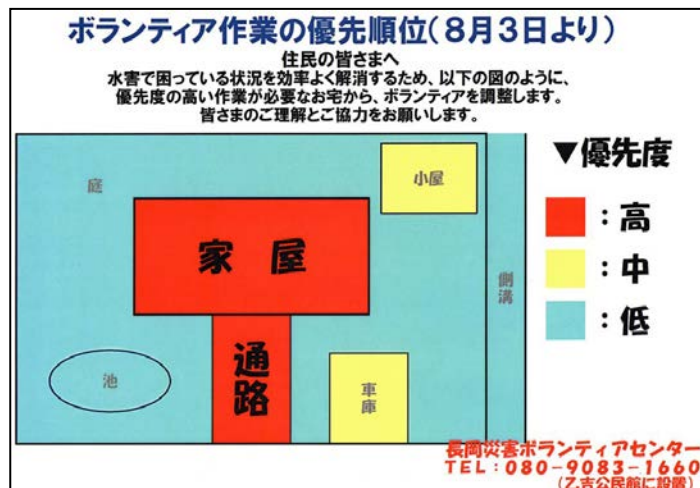


図 1 優先順位を示したチラシ（住民配布用）

5. おわりに

長岡水害 VC は、当初の想定とは異なる出来事もいくつか発生したものの、「予測できないことは起きて当たり前。その都度現場で知恵を出して乗り切る」というぶれない覚悟が共有されているため、大きな混乱・支障もなく、無事活動を完了することができた。同時に、長岡雪害 VC の経験と比較することによって、災害対応の効率的な手段やその理由を再確認することができた。

災害の種類が何であれ、我々が創り上げてきた協働型災害支援体制はなんら揺らぐものでない。今回の水害対応の経験を積み重ねたことで、より一層、強固かつ柔軟な仕組みへと進化した。この経験と教訓を積極的に発信し、地域防災力の底上げに資するものとしていきたい。



写真 11 ボランティアさん！ありがとう

参考文献

- 1) 諸橋和行 (2012) : 豪雪災害時における担い手確保の新しい仕組み～長岡市雪害ボランティアセンター2011 を例に～, ゆきみらい 2012 in 金沢 研究発表会論文集.
- 2) 諸橋和行 (2013) : 長岡発・協働型雪害ボランティアセンターの実践と今後の展望, ゆきみらい 2013 in 秋田 研究発表会論文集.

自発光SPの自動点灯制御の検証について

武井靖記^{※1}、大廣智則^{※2}

1. はじめに

H24 冬期前に自発光スノーポール（以下、「自発光SP」という。）を気象変化に合わせて、タイムリーかつきめ細かな自動点灯・消灯制御を行うことを目的として、システムの構築を行った。本報告では、試行的に冬期間システム運用結果を元に諸問題を明らかにするとともに、改善案を提案し、より熟成されたシステムへ改善するべく検証を行った。

2. H24 冬期検証システム

(1) 簡易視程計

簡易視程計は、降雪強度・風速・温度・湿度・気圧・日射計の6つの小型計測器からなる。写真1に簡易視程計を示す。計測値は1分間のインターバルで平均値として出力する。降雪強度センサにより、降雪時の雪粒の数をカウントし視程値に換算する。風速が15m/s以上の場合は雪粒の数が少なく見積もられるため自動補正される。日射センサにより昼夜の識別が可能で、温度・湿度センサにより霧の検知が行われる。



写真1 簡易視程計

(2) 制御区間

図1に簡易視程計の設置箇所と制御区間を示す。検証のために、野外監視カメラを簡易視程計設置箇所と107.8KPに設置した。簡易視程計の設置箇所は道路画像配信システムの視程障害発生頻度から抽出した。また、制御ブロックは、旭川鷹栖IC、常磐TN、深川ICに設置されている自動積雪深計の時間降雪量から、降雪特性を考慮して決定した。

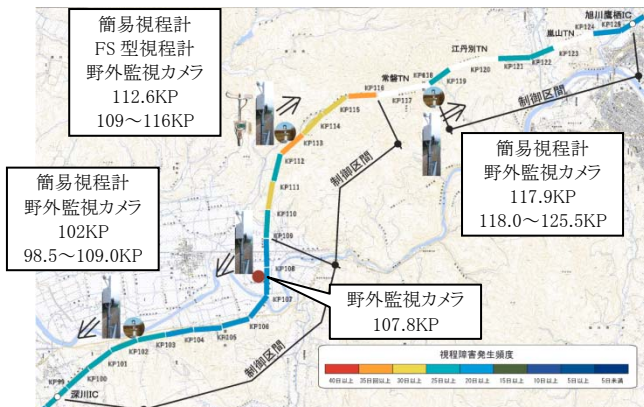


図1 簡易視程計の設置箇所と制御区間

(3) 自発光SPの点灯制御フローチャート

図2に自発光SPの点灯制御フローチャートを示す。点灯制御の判断は1分毎に行われる。点灯制御の初期設定閾値は、過年度における札幌管理事務所の検討結果から、全灯を判断する閾値を500m、調光を判断する閾値を1,000mとした。その後、気象条件の相違や点灯判断の迅速化を考慮し、今冬期運用し試行錯誤した結果、全灯判断125m、調光判断250m、判断回数3回とした。

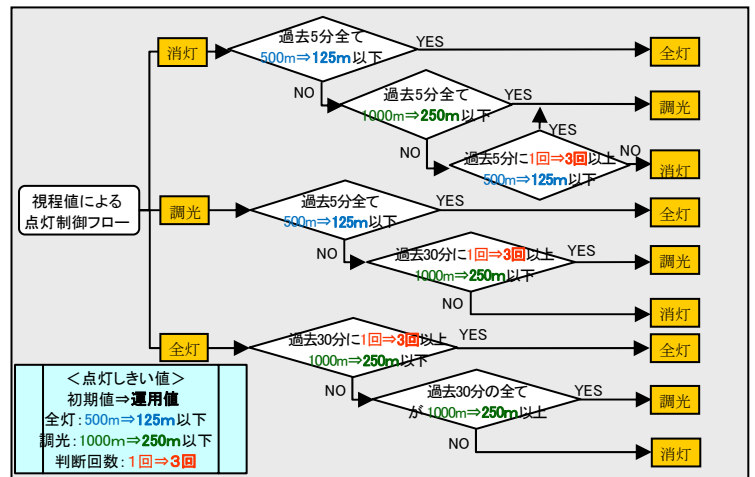


図2 自発光SPの点灯制御フローチャート（初期値と運用値）

3. 視程値の検証

(1) 概要

簡易視程計の精度や信頼性は自動点灯制御の重要なファクターとなる。このためH24 冬期、112.6KPにおいてFS型視程計を簡易視程計に併設し、同時観測を実施し簡易視程計の検証を行った。図3に視程値の経時変化を示す。図3より簡易視程計とFS型視程計の視程の変動傾向はおおよそ類似していることが確認できる。また、全般的に視程悪化時において、簡易視程計の方がFS型視程計より視程値が低く出る傾向があることが確認できる。すなわち、閾値も低めに設定することで、FS型視程計レベルの精度を確保できると言える。

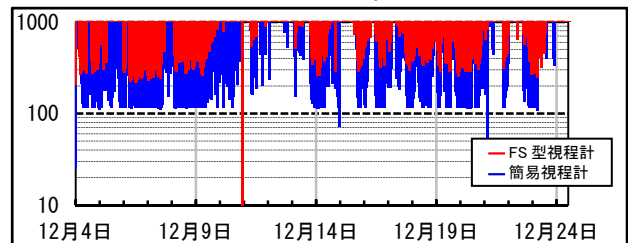


図3 視程値の経時変化

(2) 結果

表1に視程範囲毎の出現率を示す。簡易視程計はFS型視程計と比較して、視程500m以下の出現率は同程度であるが、500~1000mの視程出現率が低かった。

表1 視程範囲別の出現率

※1 東日本高速道路(株) 北海道支社 旭川管理事務所

※2 (株)ネクスコ・エンジニアリング北海道

視程範囲	簡易視程計	FS 型視程計
1000m<視程	84.3%	73.2%
500<視程≤1000m	3.8%	16.7%
視程≤500m	12.0%	10.0%

(3) 視程範囲の適正化

簡易視程計の視程範囲を 200mに変更した際の視程範囲別の出現率を表 2 に示す。200～1000 の出現率が高くなり、200m以下の出現率が低くなった。視程範囲の適正化、すなわち閾値を適正に設定することで、簡易視程計は自発光 SP を自動で点灯制御するためのセンサーとして有効に機能すると考えられる。

表 2 視程範囲別の出現率(視程範囲を 200mに変更)

視程範囲	簡易視程計
1000m<視程	84.3%
200<視程≤1000m	11.0%
視程≤200m	4.7%

4. 閾値の検証

(1) H24 冬期の状況

表 3 に H24 冬期の閾値変更の経過を示す。当初導入した閾値は、1 回でも視程が悪化すると点灯するようになっていたため、晴天時にも関わらず点灯した。その後、晴天時の点灯を無くすために閾値を小さく設定したため(1/10 以降)、視程悪化しても未点灯となった。

表 3 H24 冬期の閾値変更の経過

設定	当初	12/6	12/28	1/10	2/5
調光	1000m	1000m	1000m	500m	250m
全灯	500m	500m	500m	250m	125m
判断回数	1 回	3 回	1 回	3 回	3 回
点灯時間	5 分	10 分	5 分	5 分	5 分
消灯	30 分	20 分	30 分	30 分	30 分

(2) 閾値の最適化

簡易視程計の視程値を検証すると、トラックの雪煙の巻き上げ、強風による地吹雪、何らかの原因により突如視程が悪化した事象(異常値)を計 236 分確認した。異常値は判断回数を適正化することで、異常値が発生しても適正に点灯制御することができる。表 4 に点灯を判断する 5 分(回)の中で、異常値の出現回数を示す。調光判断回数を 4 回とすることで、異常値が発生してもほぼ適正に点灯制御できることが分かった。

表 4 異常値の出現回数

異常値	1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	計
出現回数	158 分	41 分	31 分	6 分	0	236 分
割合	67%	17%	13%	3%	0	100%

5. 制御ブロックの検証

(1) 代表地点の推定

センサー(簡易視程計)が不足していたため、視程悪化しているが未点灯という事象が多く発生していた。そこで、代表地点の推定を行うために道路画像配信システムの画像視程値(輝度コントラスト解析)から視程階級別の出現頻度の算出を行った。図 4 に KP 別視程障害頻度分布

度分布を示す。各年度により傾向が異なるため、過去最新の 3 カ年におけるデータを用いた。ここで、200m以下の出現頻度に注目すると、代表地点を 99KP、108KP、113KP、124P と推定できる。

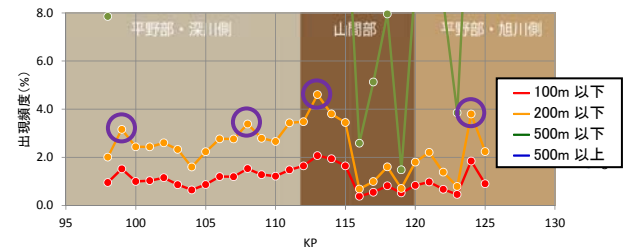


図 4 KP 別視程障害頻度分布(H22～H24(3カ年))

(2) 代表地点における制御ブロックの検証

各 KP において、視程が 200m 以下となった場合に、代表地点も視程が 200m 以下であれば適合、200m 以上であれば不適合と判断した。図 5 に 99KP と 108KP の適合率を示す。ここで、適合率 75%以上の場合に各 KP を代表できると判断すると、99KP は 98～100KP まで代表でき、108KP は 107～111KP までを代表できる。従って、100～107KP を補完する代表地点が必要である。

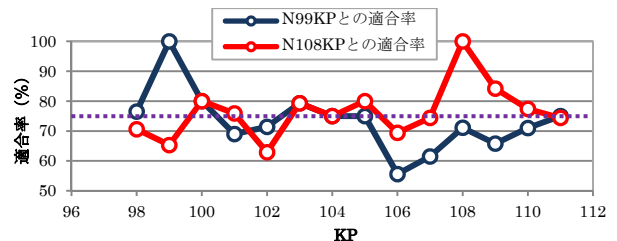


図 5 99KP と 108KP の適合率(視程 200m 以下)

(3) 制御ブロックの検証

全ての KP の適合率が 75%以上となるように代表地点を検討した。99KP(98～100)、102KP(100～104)、106KP(104～107)、108KP(107～111)、115KP(111～120)、124KP(120～125)の 6 箇所を代表すれば、全ての KP において適合率が 75%以上となることが分かった。図 6 に制御ブロックの検証結果を示す。

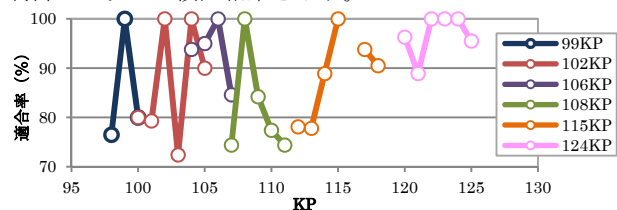


図 6 制御ブロックの検証結果

6. おわりに

これまでの自発光 SP の手動制御は、制御区間の一部でも視認性が低下していることが確認されると自発光 SP を点灯していた。自発光式 SP の自動点灯制御は、経済性を考慮した上で、できる限りこの状態に近づけなければならない。

本検証により深川 IC～旭川鷹栖 IC は、6 つの簡易視程計の設置およびブロック分けが必要ことが明らかとなった。また、簡易視程計の特徴を考慮した閾値として、全灯 200m、調光 1000m、判断回数を 4 回とすることが最適であることが分かった。