

雪氷北信越

第 45 号

2025 年 11 月

(公社) 日本雪氷学会北信越支部

雪氷北信越 第45号

目 次

巻頭言：

北信越から読み解く雪氷災害の現在と未来 ―地域特性に根ざした観測がもたらす
備え―

日本雪氷学会北信越支部支部長 杉浦 幸之助 1

受賞者のことば：

2025 年度北信越支部賞受賞者と授賞理由 石坂 雅昭 2

雪氷技術賞を受賞して 町田 敬 8

雪氷奨励賞を受賞して 砂子 宗次朗 9

雪氷功労賞を受賞して 飯田 肇 11

雪氷功労賞を受賞して 上石 勲 12

北信越支部賞受賞者一覧 13

2025 年度北信越支部総会・研究発表会・製品発表検討会：

次第・プログラム 16

講演予稿集 19

2024 年度事業報告 71

2024 年度収支決算報告 75

2025 年度事業計画 76

2025 年度予算計画 77

(公社) 日本雪氷学会北信越支部 支部規程施行内規 78

(公社) 日本雪氷学会北信越支部 表彰規程 79

2025-26 年度 (公社) 日本雪氷学会北信越支部 役員 80

(公社) 日本雪氷学会北信越支部 特別・賛助・購読会員名簿 82

北信越から読み解く雪氷災害の現在と未来

—地域特性に根ざした観測がもたらす備え—

日本雪氷学会北信越支部支部長 杉浦 幸之助（富山大学）

1960年代から1970年代にかけて、世の中では「やがて寒冷化するのではないか」ということが話題になっていました。幼少の頃、冬が近づくと、雪が降るのを心待ちにしていたものです。当時は、その先に気温が上昇し、温暖化が待っているとは想像していませんでした。

気象庁の発表によれば、日本の年平均気温は変動を繰り返しつつも上昇傾向にあり、特に1990年代以降、高温の年が多くなっています。「地球の平均気温は約15℃」という報告がありますが、大学の授業で学生に、ここ、富山の平均気温はそれより高いか低いと尋ねると、季節にもよりますが、高いと答えるか低いと答えるかのどちらかが多く、同程度と答える学生は少数派です。実際に日本雪氷学会の支部毎に年平均気温を見てみると、北海道の札幌で9.2℃、東北の仙台で12.8℃とやや低く、関東以西では東京で15.8℃とやや高くなっています。北信越はというと、富山14.5℃、金沢15.0℃、福井14.8℃、新潟13.9℃、長野12.3℃と、まさに地球平均に近い値を示しています。

暑さも寒さも経験するここ北信越では、日本アルプスなど本州中央の代表的な山岳を有し、長年にわたる雪との共生の中で、雪氷災害に対する知見と対策が積み重ねられてきました。この伝統は、将来の雪氷災害への備えを強化する礎となっています。

一方、気温の上昇に伴って、雪氷災害の発生条件やその種類も変わりつつあります。かつては雪崩が主でしたが、近年では屋根からの落雪や雪下ろし中の事故など、生活空間での災害が目立つようになりました。被災者の年齢も、以前は35歳未満の方が多かったのですが、現在は65歳以上の方が過半を占めています。

今後、これまでは南方で見られていたような雪氷災害が北信越で見られるようになり、東北や北海道では北信越で特徴的だった雪氷災害が見られるようになるという懸念があります。

「北信越化する東北・北海道」といった現象が起こるかもしれません。一方で、北信越は日本を代表する山岳域を有するため、依然として雪崩や吹雪などの危険があり、どちらの雪氷災害にも備える必要があります。

雪氷災害は地域の気象条件によってその姿を変えています。だからこそ、現場に根ざした観測による科学的なデータの蓄積が不可欠です。生成AIのような革新的なツールが登場した今、その記録を分析し、活用する能力は飛躍的に高まっていますが、観測していない過去のデータをAIが生み出すことはできません。未来の安心と安全を築くために「今」を観測し、記録を残しておくことの意味は、いっそう大きくなっています。

北信越という多様な雪氷環境を有するこの地域で、今後も正確な観測と科学的知見の蓄積を続けることが、変化する気候の中で私たちの暮らしを守る確かな道筋であると、改めて感じています。河島克久前支部長の後任として、2025-2026年度の北信越支部長を務めさせていただくことになりました。責任の重さを感じておりますが、支部会員の皆さまのお力添えをいただきながら、実りある2年間となるよう努めてまいります。どうぞよろしくお願いいたします。

2025 年度日本雪氷学会北信越支部賞受賞者と授賞理由

2025 年 4 月 4 日～21 日までの間、リモート会議システム（Zoom）とメールによる審議を併用し、2025 年度北信越支部賞受賞候補者選定委員会（石坂雅昭（委員長）、飯田肇、上石勲、上村靖司、オブザーバ：河島克久（支部長））が開催された。推薦された支部賞候補者から、推薦書ならびに参考資料に基づき慎重に議論した結果、4 件が受賞候補に選定された。その後、4 月 25 日～5 月 9 日の 2025 年度第 1 回北信越支部理事・幹事合同会議（文書審議）で承認された。2025 年度日本雪氷学会北信越支部賞受賞者と授賞理由は以下の通りである。

雪氷技術賞：町田 敬 氏（町田建設株式会社，取締役）

件 名：デジタル技術を活用した道路雪崩の管理技術の近代化

理 由：冬期山岳地の道路交通の安全確保のために、積雪期には日常的な雪崩管理が行われる。雪崩管理では、雪崩発生の危険性を把握するための雪崩点検を行い、必要に応じて斜面雪処理や、雪崩防護のための雪堤の構築などの対策が講じられる¹⁾。これら作業の多くは、雪崩危険斜面に近寄って、あるいは、立ち入って行う必要があることから、作業員の安全性の確保や負担軽減、少子高齢化に伴う担い手不足などが課題となっている。

受賞候補者の町田敬氏は、国道 17 号等の道路の雪崩管理業務に従事し、このような背景のもと、最新のデジタル技術の雪崩対策現場への実装を進めてきた。雪崩点検では、斜面監視に無人航空機やモバイル通信付き定点カメラを活用することで、高い安全性を確保しながら、効率的な点検の実施を可能にした^{2),3)}。また、これらにより取得したデータを、現場からクラウドサーバーに送信することで、関係者間の迅速な情報共有を可能にした。雪崩発生時には、無人航空機や地上型 3D レーザースキャナを用いた 3 次元測量を行うことで、雪崩の発生や堆積の状況を安全かつ正確に把握できることを示した^{2)~4)}。斜面雪処理では、これまで人力除雪作業により行ってきた“せり出し防止柵”の背面の空間確保に対して、照射型の遠赤外線融雪装置を導入することで、斜面雪処理の省人化を図った⁵⁾。また、融雪装置に積雪深センサーを組み合わせて運転制御を行うことで、融雪効果を確保しながら、装置の消費電力の低減を図った^{6)~8)}。爆薬を用いた人工雪崩誘発においては、爆薬の雪中発破により生じる積雪中を伝播する発破圧力や発破騒音を計測し、湿雪全層雪崩の効率的で的確な誘発手法を確立した^{9),10)}。

以上のように、町田敬氏が主導した種々の技術開発と社会実装は、わが国の雪崩管理技術に近代化をもたらすとともに、冬期山岳地の道路交通の安全確保に大きく貢献するものであることから、雪氷技術賞に相応しいので受賞候補者として選定した。

関連論文

- 1) 町田敬, 町田誠, 松井 富栄, 岩崎 剛, 2017: 雪崩管理の現状と課題, 雪氷研究大会 (2017・十日町) 講演要旨集, 107.

- 2) 町田敬, 2021: ドローンによる雪崩パトロール -定点撮影と 3 次元点群共有-, 雪氷研究大会 (2021・千葉-オンライン) 講演要旨集, 114.
- 3) 町田敬, 2019: ICT 技術を活用した雪崩点検, 雪氷研究大会 (2019・山形) 講演要旨集, 241.
- 4) 町田敬, 町田誠, 松田重雄, 遠藤信乃, 上石勲, 2010: 3. 雪崩の発生と堆積状況の計測への応用, 写真測量とリモートセンシング, 49(4), 206-209.
- 5) 町田敬, 関根伸幸, 大崎智, 町田 誠, 新井智, 宮谷繁, 北谷公昭, 2016: 遠赤外線融雪装置による落雪・雪崩予防, 雪氷研究大会 (2016・名古屋) 講演要旨集, 103.
- 6) 町田敬, 長澤輝, 松井富栄, 四十谷朋子, 古澤立樹, 新井智, 北谷公昭, 2017: 遠赤外線融雪装置による空間確保運用による効率化検証, 雪氷研究大会 (2017・十日町) 講演要旨集, 223.
- 7) 町田敬, 上村靖司, 竹原正, 藤野丈志, 余根田義幸, 2019: 遠赤外線融雪装置のコスト低減化, 雪氷研究大会 (2019・山形) 講演要旨集, 155.
- 8) 上村靖司, 杉原幸信, 代田俊登, 町田敬, 2021: 遠赤外線融雪面の積雪深推計モデルと最適運転条件, 雪氷, 83(4), 385-401.
- 9) 町田敬, 陸旻皎, 町田誠, 上石勲, 早川典生, 佐藤篤司, 2009: 雪中爆破による爆雪圧と発破騒音の計測, 雪氷研究大会 (2009・札幌) 講演要旨集, 111.
- 10) 町田敬, 陸旻皎, 町田誠, 上石勲, 2010: 湿雪の雪中発破によって生じる衝撃圧の計測, 雪氷研究大会 (2010・仙台) 講演要旨集, 190.

雪氷奨励賞：砂子 宗次郎 氏（防災科学技術研究所雪氷防災研究センター，契約研究員）

件 名：フィールド観測に基づいた多様な雪氷環境変動および雪氷防災に関する研究
理 由：砂子宗次郎氏は，名古屋大学在学中よりヒマラヤ地域の氷河を対象にフィールド観測を中心とした研究を実施しており，現場観測と熱収支モデルにより高標高域に位置する大型氷河における長期質量収支変動を初めて明らかにした¹⁾。また，UAV と GPS 測量結果から得られた数値標高モデルを利用して，小型氷河における氷河変動を見積もる研究²⁾にも取り組んできた。さらに同氏の研究は氷河変動のみならず，2015 年のネパール・ゴルカ地震時に発生した雪崩の UAV 測量結果の精度検証³⁾など多岐にわたる分野へと広がっている。

2019 年に防災科学技術研究所雪氷防災研究センター（長岡）に勤務してからは，フィールド観測で培った知識を生かし，防災科学技術研究所が運用する積雪・気象観測ネットワーク（SW-NET）の観測点の管理・整備，取得データの品質管理や解析を主導している⁴⁾。同氏が管理する情報は，雪氷防災対策の基礎情報として web で公開されているだけではなく，気象庁にリアルタイムでデータ提供されるなど，地域防災にも貢献している。また家屋の屋根に GNSS を設置し，積雪の影響による測位誤差を利用することで，直接観測が困難な屋根雪重量を推定する新しい手法開発⁵⁾に意欲的に取り組んでいる。

さらに同氏はスマートフォンを活用した AI 路面判定システムの開発⁶⁾に携わり，路面状態の検証のため移動観測車を用いた気象観測やデータ解析を数年にわたり実施してき

た。得られた知見は、AI 路面判定システムの検証・精度向上に貢献している。また現場観測のみならず、GIS を活用した除雪車の最適ルート解析アルゴリズム⁷⁾の開発など、点の予測を面的に展開するための研究も進めている。

以上のように、砂子宗次郎氏は、主研究テーマを氷河から雪氷災害へとシフトさせつつ、これまで培った現場観測技術を基礎に、新たな技術や知見を積極的に取り入れながら研究を推進している。これにより、山岳域の雪氷環境変化に関する研究のみならず雪氷防災研究にも新たな展開が期待されるとともに、今後これらの分野で中心的な役割を果たしていくことが見込まれる。そのため同氏を授賞候補者として選定した。

関連論文

- 1) Sunako, S., Fujita, K., Sakai, A., Kayastha, B. R. (2019): Mass balance of Trambau Glacier, Rolwaling region, Nepal Himalaya: in-situ observations, long-term reconstruction and mass-balance sensitivity. *Journal of Glaciology*, 65(252), 605-616.
- 2) Sunako, S., Fujita, K., Izumi, T., Yamaguchi, S., Sakai, A., Kayastha, B. R. (2023): Up-glacier propagation of surface lowering of Yala Glacier, Langtang Valley, Nepal Himalaya. *Journal of Glaciology*, 69(274), 425-432.
- 3) Sunako, S., Fujita, K., Yamaguchi, S., Inoue, H., W. Immerzeel, W. W., Izumi, T., Kayastha, B. R. (2024): Quality Assessment of Multiple UAV-SfM DEMs Derived for Impact Assessment of a Co-Seismic Avalanche in the Himalayas. *Journal of Disaster Research*, 19(5), 865-873.
- 4) Sunako, S., Yamaguchi, S., Ito, Y., Yamashita, K., Arakawa, H., Nemoto, M. (2025): Understanding snow conditions in Japanese Mountains through a quarter century of insights. *EGU General Assembly 2025*.
- 5) 砂子宗次郎, 吉原貴之, 本吉弘岐, 2023: 屋根上に設置した GNSS の測位誤差と屋根雪荷重との関係について. 雪氷研究大会(2023・郡山).
- 6) 中村一樹, 砂子宗次郎, 上石勲, 宮島亜希子, 中条仁, 2022: スマートフォン画像を用いた AI 路面判定システムの開発. 寒地技術論文・報告集, 38, 103-108.
- 7) 砂子宗次郎, 山下克也, 山口悟, 荒川逸人, 2021: GIS を用いた除雪ルート算出モデルの検証について. 第 37 回寒地技術シンポジウム.

雪氷功労賞：飯田 肇 氏（富山県立山カルデラ砂防博物館，学芸課長）

件 名：長年にわたる立山山岳積雪観測と北アルプス現存氷河研究および支部活動への貢献

理 由：飯田肇氏は、北アルプス立山周辺を主なフィールドとして積雪、雪崩、山岳気象、氷河の研究を 1980 年代から続け、数々の業績を上げてきた。その中でも 40 年を超えて続けられている室堂平での積雪断面観測は、日本の高山帯で最も長期間にわたる積雪観測の一つであり、そのデータおよびサンプルは多くの研究者に利用されている。また、2009 年以降、共同研究者とともに立山の御前沢、内蔵助雪溪、劔岳の三ノ窓、小窓、池ノ谷雪溪、鹿島槍ヶ岳のカクネ里雪溪で氷厚および流動の現地観測を実施し、これ

らの雪渓がそれまで日本に存在しないと考えられていた現存氷河であることを突き止め（福井・飯田，2012），北日本新聞文化賞特別賞（2012 年），日本雪氷学会論文賞（2013 年），第 15 回秩父宮記念山岳賞（2013 年）を福井幸太郎会員とともに受賞した。

一方で 1987 年から黒部市教育委員会，黒部市吉田科学館，富山県立山カルデラ砂防博物館において，学芸員，主任学芸員，学芸課長の立場で雪氷に関する様々な展示やイベントを積極的に企画・実施し，来館者に立山の雪の凄さや面白さを精力的に紹介した。あわせて，テレビ・ラジオへの出演，講演活動，執筆活動を通じて一般に向けて雪氷現象の紹介を続けた。さらに富山県総合雪対策事業の事務局員としても各方面への啓蒙活動が続けている。雪氷と関わりの深い登山界においても，独立行政法人国立登山研修所講師および雑誌「登山研修」編集委員，公益社団法人日本山岳ガイド協会常務理事，公益社団法人日本山岳会副会長の立場を通じて雪氷や山岳気象に関する啓蒙・普及活動を進め，登山の安全と登山界の発展にも寄与している。気候変動に関わる気象の急激な変化の様相などを山岳ガイドや登山者に啓発し，気象遭難の防止に務めた功績に対し，令和 5 年度「みどりの日」自然環境功労者として，環境大臣表彰を受賞した。

北信越支部においては 1988 年から幹事，2009 年に理事，そして 2011 年から 2020 年は副支部長を歴任し，現在は支部監事として支部運営と発展に大いに貢献している。

以上のように，飯田肇会員の立山の積雪・氷河研究，雪氷学の普及及び支部活動への貢献は多大なものであり，雪氷功労賞にふさわしいと考え受賞候補者として選定した。

関連論文

- 1) 飯田肇，福井幸太郎，2025: 剣岳，三ノ窓氷河の内部構造. 地学雑誌，印刷中。
- 2) 福井幸太郎，飯田肇，2012: 飛騨山脈，立山・剣山城の 3 つの多年性雪渓の氷厚と流動—日本に現存する氷河の可能性について—。雪氷，74（3），212-222。
- 3) Iida, H., Watanabe, O. and Takikawa, M. (1984): First results from Himalayan Glacier Boring Project in 1981-1982; Part II. Studies on internal structure and transformation process from snow to ice of Yala Glacier, Langtang Himal, Nepal. Bulletin of Glaciological Research, 2, 25-33.
- 4) 羽根田治，飯田肇，金田正樹，山本正嘉，2010: トムラウシ山遭難はなぜ起きたのか，東京，山と溪谷社，304pp.

雪氷功労賞：上石 勲 氏（防災科学技術研究所雪氷防災研究センター，契約研究員（前センター長））

件 名：長年の雪氷防災対策と支部活動への貢献

理 由：上石勲氏は，1984 年 3 月に富山大学大学院理学研究科修士課程を修了し，（株）アルゴスに勤務し（新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程を社会人で修了），長きにわたり，数々の雪崩災害の現地調査を行っている。それによって得られた知識・経験と雪崩シミュレーション技術等とを融合させることによって，新しい雪崩危険度の評価方法を確立した。また，人工雪崩技術等を用いたスキー場の雪崩対策，環境やコスト縮減等に配慮した新しい雪崩対策工法を積極的に提案した。

2006年に防災科学技術研究所雪氷防災研究センター（長岡）に勤務してからは、2013年3月2日北海道吹雪災害、2014年2月関東甲信地方大雪災害、2017年3月那須岳雪崩災害ほか多くの雪氷災害現場で研究チームを組織していち早く調査を実施し、例えば、文部科学省科学研究費助成事業（特別研究促進費）「2017年3月27日に栃木県那須町で発生した雪崩災害に関する調査研究」の代表を務めるなど、災害調査と自治体等への災害対策支援の中心的な役割を果たした。上記の業績を「2005除雪・防雪ハンドブック」（日本建設機械化協会・雪センター）、等の著書、学会誌への掲載、雪崩研修会等における数多くの講演を通して広く公開し、雪崩防災の技術・知識の普及に著しく貢献した。また、新潟市除雪体制等検証会議委員長（令和3年度、新潟市）、富山県総合雪対策推進会議副委員長、令和2年12月関越自動車道集中降雪に関する対応検討会委員（国土交通省北陸地方整備局、ネクスコ東日本）等数多くの雪氷災害対策検討の委員に就任し、長年の雪氷災害対応で培われた知見を、北信越地域を中心に自治体や道路管理の雪氷災害対策にフィードバックするために尽力した。

さらに、北信越支部役員を長年務め、2017～2020年度には支部長を務めるなど、支部活動にも大きく寄与した。

以上のような上石勲氏の長年の活動は、北信越支部の雪氷防災対策の推進や支部活動に大きく貢献するものであり、雪氷功労賞に該当すると考えられるため授賞候補者として選定した。

関連論文

- 1) 上石勲, 2023: 最近の新潟県内での大雪による渋滞検証委員会での検討状況ーこれまでの経験を活かし、これからも伝える異次元の取り組みー, 雪氷研究大会（2023・郡山）講演要旨集, 20.
- 2) 中村一樹, 上石勲, 仲条仁, 2023: スマホ AI 路面判定システムの実証と AI 検知要素の拡張, 寒地技術論文・報告集, 39, 7-12.
- 3) 上石勲, 2022: 自然災害科学・防災の百科事典, (担当：共著, 範囲：10章 雪氷災害（項目執筆）), 日本自然災害学会編, 丸善出版.
- 4) 上石勲, 中村一樹, 伊藤陽一, 2021: 2021.3.21 富士山で発生したスラッシュ雪崩とその対応, 寒地技術論文・報告概要集, 37, 244-246.
- 5) 上石勲, 中村一樹, 2019: 2014年2月の南岸低気圧による大雪における被害と対策, 気象研究ノート, 239, 94-103.
- 6) 上石勲, 2019: 防災工学, (担当：分担執筆, 範囲：第6章 雪害と減災), 理工図書.
- 7) 上石勲, 2017: わが国における道路防雪対策の変遷とその課題, 寒地技術論文・報告概要集, 33, 96-97.
- 8) 上石勲, 2018: 2017年3月27日に栃木県那須町で発生した雪崩災害に関する調査研究-科学研究費補助金・特別研究促進費による突発災害調査報告-, 自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, 55, 1-12.
- 9) 上石勲, 2015: 雪崩対策の基礎技術 2015, (担当：分担執筆, 範囲：第5章 雪崩対策工の調査・計画・設計), 日本雪氷学会.
- 10) 上石勲 (共著), 2014: 新版雪氷辞典, 古今書院.

- 11) 上石勲, 中村一樹, 2014: 2014 年 2 月の南岸低気圧による大雪とその対策の方向性, 寒地技術論文・報告集, 30, 93-94.
- 12) 河島克久, 和泉薫, 上石勲, 福原輝, 2014: 2014 年 2 月の関東甲信地方を中心とした広域雪氷災害に対する学会を挙げた取り組み, 雪氷北信越, 34, 27.
- 13) 上石勲, 2014: 平成 26 年 2 月の関東甲信の大雪被害と各機関の対応, 日本雪工学会誌 30(2), 127-130.
- 14) 上石勲, 佐藤威, 2012: 道路雪氷災害による経済損失と雪氷予測の経済効果の試算, 北陸雪氷シンポジウム論文集, 1, 91-92.
- 15) 上石勲, 本吉弘岐, 石坂雅昭, 佐藤威, 2012: 2011 年 3 月 12 日に発生した長野県北部地震による雪崩発生状況と地震の影響, 雪氷, 74(2), 159-169.
- 16) 上石勲, 山口悟, 佐藤篤司, 兒玉裕二, 尾関俊浩, 阿部幹雄, 樋口和生, 安間莊, 竹内由香里, 町田敬, 諸橋良, 後藤聡, 興水達司, 内山高, 川田邦夫, 飯田肇, 和泉薫, 花岡正明, 岩崎和彦, 中野剛士, 福田光男, 池田慎二, 会田健太郎, 勝島隆史, 2007: 2007 年 2 月～4 月に発生した雪崩事故状況調査報告, 雪氷, 69(4), 69, 507-512.
- 17) 上石勲 (共著), 2004: 2005 除雪・防雪ハンドブック (防雪編), 日本建設機械化協会・雪センター.
- 18) 上石勲, 川田邦夫, 1994: 密度流による雪崩の運動に関する模型実験, 雪氷, 56(2), 109-118.
- 19) 上石勲, 早川典生, 川田邦夫, 千葉京衛, 1994: ガゼックスを用いた雪崩発生法に関する研究, 雪氷, 56(2), 127-136, 1994.
- 20) 上石勲, 滝川真澄, 1984: 立山室堂平の積雪にみられた筒状氷, 雪氷, 46(2), 59-61, 1984.

雪氷技術賞を受賞して

町田建設株式会社 町田 敬

このたびは、雪氷北信越支部より「雪氷技術賞」という栄えある賞を賜り、誠に光栄に存じます。雪崩災害防止のために取り組んできたデジタル技術を活用した監視や効率的な除雪管理技術の社会実装に対し、このようなご評価をいただいたことは、長らく雪崩管理業務に従事している身としてこの上ない喜びであり、大きな励みとなっております。ご推薦、ご支援をいただきました皆様に、心より感謝申し上げます。

弊社業務範囲としては、新潟県魚沼地域を主に行っており、日本でも有数の豪雪地帯として知られとりわけ山間地域では、雪崩による人的・物的被害が毎年のように発生しています。こうした雪崩災害に対して、的確なリスク評価と事前の備えが不可欠である一方、近年では雪に対する体制を維持することすら困難になりつつあります。その背景には、除雪や雪崩管理に従事する人材の高齢化と担い手不足、人口減少に伴う地域力の低下、そして働き方改革による労働時間の制約など、複合的な社会課題が横たわっています。

そのため、私は研究活動において、道路管理者や地域自治体、除雪作業従事者と連携し、現場の課題に即した雪崩管理方法の提案や技術移転に力を注いでまいりました。例えば、限られた人員でも効率的に危険箇所を把握できるカメラ監視体制の構築や、斜面監視の安全確保を支援する自動ドローン点検や3次元測定の導入などにも取り組んでおります。これらの研究成果を社会に活かすための学会発表や雪崩講習会を通じて、道路管理者や自治体、除雪従事者などへの知見の橋渡しに取り組んでおります。また、少子高齢化が進行する地域社会において、災害対応を次世代に持続可能な形で継承していくための視点があります。新たな人材確保や、子供たちの興味を引くようなデジタル技術を活用することは、労働軽減・観測の自動化・情報の統合管理など、人的リソースの制約下でも効率的かつ安全な雪崩管理が確立され则认为しており、今後もより発展できるような技術開発に取り組んでいく所存です。

今回の受賞は、私個人の努力に対する評価というよりも、雪氷災害に立ち向かう研究者・技術者・現場従事者の方々との協働が、着実に実を結びつつあることへのご認識であると受け止めております。この励みを胸に、今後も謙虚な姿勢で探究を続け、実践的な研究をさらに深化させてまいります。

結びに、今回のご栄誉に深く感謝申し上げますとともに、雪氷北信越支部のますますのご発展と、関係各位のご健勝を心よりお祈り申し上げます。引き続き、変わらぬご指導ご鞭撻を賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

雪氷奨励賞を受賞して

防災科学技術研究所雪氷防災研究センター 砂子 宗次朗

このたびは日本雪氷学会北信越支部雪氷奨励賞をいただき、誠にありがとうございます。ご推薦いただいた方々、選考委員の皆様、そしてこれまで研究にご協力いただいた多くの皆様に心より感謝申し上げます。今後の研究に対するご期待の表れと受け止め、身の引き締まる思いです。

受賞対象となった「フィールド観測に基づいた多様な雪氷環境変動および雪氷防災に関する研究」は、私が博士課程在学時より継続して取り組んでいるヒマラヤの氷河変動と、現在の職場で進めている雪氷災害に関する二つの研究テーマに基づいています。

前者については、1970年代以降日本の研究者を中心に現場観測に基づく研究が進められ、ヒマラヤの氷河が縮小傾向にあることが報告されてきました。しかしこれまで観測されている氷河の多くは小規模で比較的低標高域に位置しており、質量収支観測結果の地域代表性には限界がありました。そこで私は名古屋大学の藤田耕史氏の研究グループで、ネパールの標高 6000 m までアクセス可能な大型氷河を対象に複数回の現地観測を実施し、質量収支や気象観測結果など多様なデータを取得しました。これらを用いて質量収支モデルを駆動し、過去四十年間の質量収支を復元した結果、高標高域の大型氷河においても一貫して氷河が縮小していることを初めて明らかにしました。この研究は、ヒマラヤ地域の氷河質量収支をテーマとする多くの研究で引用されており、一定の評価を得たと自負しています。フィールドでの苦勞を書き出すと枚挙にいとまがありませんが、その経験の積み重ねが現在の各研究に活かされています。同氷河を対象とした現場観測はコロナ禍を経て現在まで継続されており、様々なデータ（と宿題）が蓄積されています。これらの観測データを基礎に、今後もヒマラヤ地域の氷河研究をさらに発展させたいと考えています。

博士課程初年度の 2015 年にネパールでゴルカ地震が発生し、大なだれによって壊滅したランタン村の被害調査に参加することになりました。この際お会いした山口悟氏とのご縁により、2019 年 11 月より防災科学技術研究所雪氷防災研究センターにてお世話になっています。現在は、主に山地積雪・気象観測網のデータ解析や GNSS を使った屋根雪重量の推定に関する研究に取り組んでおり、これらが受賞対象の後半に該当します。雪氷防災研究センターが管理する山地観測点は新潟県内外に複数地点あり、1990 年代より現在まで継続して運用されています。30 年近く続く観測データを解析すると、観測点によっては気温上昇やそれに伴う積雪量減少など、気候変動の影響が山地でも確認され始めています。これらは既往研究でも既に指摘されてきたことですが、山地における観測データに基づいた研究は依然として限られており、継続的な観測の重要性を改めて実感しています。近年の観測データ及びその解析結果については、早急に論文として出版できるように準備したいと思います。

一方、日本の山地における積雪量の空間分布や総量、その変動特性に関する基本的情報は依然として十分に把握されていません。また山地積雪に関する研究については、欧

米諸国が大きく先行しているのが現状です。今後は北信越支部の会員の皆さんと協力して、現場観測データを基礎としつつ、新たに衛星データや数値モデルを駆使した日本の独自性を発揮できる研究を展開したいと考えています。

最後に、共同研究者の皆様ならびに職場である防災科学技術研究所の皆様に改めて感謝申し上げます。今後ともより一層のご指導とご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

雪氷功労賞を受賞して

富山県立山カルデラ砂防博物館 飯田 肇

このたびは日本雪氷学会北信越支部の雪氷功労賞をいただき、誠にありがとうございます。身に余る光栄に感じ入っております。推薦して頂いた方々、選考委員の方々、北信越支部会員の方々に深くお礼申し上げます。

思い返せば、雪氷と関わりを持つ様になってから早いもので半世紀近くが経過しました。1982年に名古屋大学大学院の樋口敬二先生の研究室の門戸を叩いたのが始まりでした。当時の樋口研究室には、樋口先生、渡邊興亜先生をはじめ、氷河研究のエキスパートの方が多数出入りしていて、お話をうかがいながらおおいに刺激を受けたことが記憶に新しいです。大学院1年生のときに、ネパールヒマラヤ氷河学術調査隊に参加して、ランタン・ヒマールで氷河底までのボーリング調査を行う機会に恵まれました。このときのフィールドワーク体験が、その後の私の雪氷研究の原点になりました。

その後も、名古屋大学のネパールヒマラヤ氷河学術調査隊や日本山岳会のヒマラヤ登山遠征隊へ数回参加させていただきました。これらのフィールドワークを通しての人との出会いは、私の人生の大きな糧となっています。

国内では、当時最も氷河に近いと考えられていた立山劔岳の雪渓調査に通いました。この頃の観測機器では、厚い氷体があることまでは把握出来ても氷体の流動を測定することは出来ませんでした。しかし、南極観測等に精通している福井幸太郎さんが博物館に加わったことで調査が一気に進展し、立山連峰で氷河が現存するのを確認することが出来ました。ここでも、人との出会いやタイミングに恵まれました。

氷河や雪渓の調査を続けていると気になるのは冬期の涵養量の変動です。そこで、立山室堂平で、積雪全層の断面観測を30年間以上続けています。これらのモニタリング調査は、単年度での成果は得にくいのですが、気候変動期には欠かせない調査なので、ぜひ後輩の皆さんにも継続していただきたいと思っています。また、長年フィールドワークを実践してきて感じることは、リモートセンシングやシミュレーション中心の研究をしても、ぜひ現地のフィールドに出向いて欲しいということです。フィールドに出ることで初めてわかることが必ずあると思います。

最後に、受賞理由に上げていただいた雪氷に関する普及活動は、今後も可能な限り続けていけたらと考えています。特に、立山のフィールドに出た氷河圏ジオツアーなどを続けていけたらたいへん幸せに思います。今後もより一層のご指導、ご鞭撻をいただきますようお願い申し上げまして、受賞のお礼とさせていただきます。

雪氷功労賞を受賞して

防災科学技術研究所雪氷防災研究センター 上石 勲

このたびは日本雪氷学会北信越支部の雪氷功労賞をいただき、身に余る光栄に感じ入っております。ご支援下さった支部会員の皆様に深く御礼申し上げます。

私が雪のことに本格的にかかわったのは、1983年の富山大学理学部の雪氷学講座に入ったときで、対馬先生から推薦を頂いて、日本雪氷学会に入会させていただきました。その後、北信越支部の初代支部長である大沼先生からの勧めもあり、雪関係のコンサルタントに就職することができました。上越市にあった大沼先生の家は私の家から川を挟んで見えるところにあり、よくお邪魔して、日本酒を飲みながら雪の話、蜂の話はもちろん、北信越支部ができた理由などもよくお話いただきました。56豪雪、59豪雪、60豪雪、61豪雪と大雪が続いて、雪氷災害対策は大きな社会課題となっており、これを解決するには、地元密着の北信越支部が必要なんだと。

そして、雪氷学会北信越支部が1987年(S62)に設立されました。当時、利雪という言葉も生まれ、雪問題は選挙の多くの候補者の政策課題になっていました。発足当時の北信越支部の活動は見学会なども多く、研究機関はもとより、新幹線の消雪設備や克雪住宅の比較実験施設、流雪溝なども見学したのを覚えています。支部の行事には、研究者だけでなく、行政や地元企業の方も多く参加いただいております。支部活動は、まさに地元密着で多くの情報を得る場であり、人的交流の場でもあったような気がします。私が支部長をしていたときは、ちょうどコロナ禍で、残念ながら実現できませんでしたが、これからも身近な雪対策やそれに携わる方々を紹介したいと思っています。

北信越支部設立後、しばらく北信越地方では比較的雪が少ない年が続きました。流雪溝や消雪パイプ、雪崩などの防雪施設などのハード対策が進み、さらに、屋根雪や歩行者にも配慮した克雪計画などがいろいろな自治体で作成されました。その後、2005年(H17)の中越地震の後の豪雪では、地震と複合災害という新たな災害が認識されました。2006年の平成18豪雪などの豪雪も経験し、近年は時間的にも場所的にも集中的に大雪となつて多くの雪氷災害が発生しています。雪氷災害による犠牲者は、支部設立時期、雪崩や吹雪による比率が高かったのですが、今は、除雪中の事故が多くを占めています。除雪に従事する方など、除雪のスキルを持った方々も高齢化しており、技術の継承も大きな課題となっています。道路や鉄道も大雪によって大きな影響を受けるのは、支部設立当初から変わらない問題で、推薦文にもご紹介いただきましたように、多く雪関係の委員会にも参加させていただきましたが、問題の多くは、未解決のままです。

最近、IoTやAIなどの新しい技術も日常生活にも大きくかかわっていく時代となってきました。このような新しい技術を応用することによって、さらに地域に密着して、時代とともに変遷する雪氷災害の軽減にも貢献できるのではないかと思います。少しでも私もお手伝いできたらと考えています。今後もより一層のご指導、ご鞭撻をいただきますようお願い申し上げます。どうもありがとうございました。

公益社団法人日本雪氷学会北信越支部賞受賞者

1993 年度	雪氷技術賞：田村 盛彰 大 沼 賞：五十嵐 高志
1994 年度	大 沼 賞：大関 義男，新潟県中山間地農業技術センター気象観測チーム 雪氷功労賞：阿部 勉
1995 年度	雪氷技術賞：村本 健一郎，椎名 徹，(株) インテック，ソーラーシステム (株) (代表：湯本 喜久雄)，農事組合法人グリーンファーム (代表：橘 守) 大 沼 賞：須藤 伊佐夫，遠藤 徹 雪氷功労賞：高瀬 信忠
1996 年度	大 沼 賞：北原 拓夫，小林 俊市 雪氷功労賞：古川 征夫
1997 年度	大 沼 賞：和泉 薫，納口 恭明 雪氷功労賞：遠藤 治郎，鈴木 哲
1998 年度	雪氷技術賞：対馬 勝年，木内 敏裕 大 沼 賞：河島 克久 雪氷功労賞：和田 惇，国際雪形研究会
1999 年度	大 沼 賞：町田 誠，清水 増治郎，上村 靖司 雪氷功労賞：新宮 璋一
2000 年度	雪氷技術賞：福井県雪対策・建設技術研究所雪対策研究グループ (代表：杉森 正義，研究推進者：宮本 重信他) 大 沼 賞：石坂 雅昭 雪氷功労賞：中村 勉，梅村 晃由
2001 年度	雪氷技術賞：石丸 民之永 大 沼 賞：上石 勲，立山積雪研究会 (代表：川田 邦夫) 雪氷功労賞：小林 詢，神田 健三
2002 年度	大 沼 賞：竹井 巖，佐藤 国雄 雪氷功労賞：河田 脩二，山田 穰
2003 年度	雪氷技術賞：山田 忠幸 大 沼 賞：横山 宏太郎 雪氷功労賞：早川 典生
2004 年度	大 沼 賞：熊倉 俊郎，中井 專人 雪氷功労賞：小林 俊一
2005 年度	大 沼 賞：小南 靖弘 雪氷功労賞：前田 博司
2006 年度	雪氷技術賞：松田 正宏 大 沼 賞：竹内 由香里，松井 富栄 雪氷功労賞：遠藤 八十一

2007 年度	雪氷技術賞：貴堂 靖昭, 村井 昭夫
	大 沼 賞：若林 隆三, 佐藤 和秀
	雪氷功労賞：福島 祐介
2008 年度	雪氷技術賞：宮崎 伸夫
	大 沼 賞：庭野 昭二
	雪氷功労賞：対馬 勝年
2009 年度	雪氷技術賞：高田 英治
	大 沼 賞：鈴木牧之記念館
	雪氷功労賞：川田 邦夫, 横山 宏太郎
2010 年度	大 沼 賞：飯田 肇
	雪氷奨励賞：山口 悟, 渡辺 幸一
	雪氷功労賞：杉森 正義
2011 年度	雪氷技術賞：(株) 大原鉄工所雪上車グループ
	大 沼 賞：樋口 敬義
	雪氷奨励賞：平島 寛行
2012 年度	雪氷技術賞：加藤 務
	大 沼 賞：(社) 新潟県融雪技術協会
	雪氷奨励賞：伊豫部 勉
2013 年度	雪氷功労賞：佐藤 篤司
	雪氷技術賞：越後雪かき道場
	大 沼 賞：本田 明治
2014 年度	雪氷功労賞：丸山 敏介
	雪氷技術賞：大川 滋
	雪氷奨励賞：池田 慎二, 福井 幸太郎
2015 年度	雪氷技術賞：安達 聖
	大 沼 賞：島田 互
	雪氷奨励賞：佐々木 明彦
2016 年度	大 沼 賞：松元 高峰
	雪氷奨励賞：勝島 隆史
2017 年度	大 沼 賞：藤野 丈志
2018 年度	大 沼 賞：本吉 弘岐
	雪氷功労賞：和泉 薫
2019 年度	雪氷功労賞：鈴木 啓助
2020 年度	雪氷奨励賞：山下 克也
2021 年度	大 沼 賞：鈴木 博人
	雪氷奨励賞：新屋 啓文
	雪氷功労賞：石坂 雅昭
2022 年度	大 沼 賞：伊藤 陽一
	雪氷奨励賞：勝山 祐太
	雪氷功労賞：佐藤 和秀

2023 年度	大 沼 賞：山口 悟
	雪氷功労賞：町田 誠
2024 年度	大 沼 賞：小川 弘司
	雪氷功労賞：田村 盛彰
2025 年度	雪氷技術賞：町田 敬
	雪氷奨励賞：砂子 宗次朗
	雪氷功労賞：飯田 肇
	雪氷功労賞：上石 勲

2025 年度（公社）日本雪氷学会北信越支部

総会・授賞式・研究発表会・製品発表検討会

2025 年 5 月 31 日（土）

長野市生涯学習センター

2025 年度（公社）日本雪氷学会北信越支部 総会および研究発表会・製品発表検討会

日 時：2025 年 5 月 31 日（土）11:10～17:10

場 所：長野市生涯学習センター（長野市鶴賀問御所町 1271-3 TOiGO WEST 4F）

次 第：

研究発表会 11:10～12:15

総 会 13:30～14:20

支部賞授賞式 14:20～14:45

雪氷技術賞：町田敬 氏

件 名：デジタル技術を活用した道路雪崩の管理技術の近代化

雪氷奨励賞：砂子宗次朗 氏

件 名：フィールド観測に基づいた多様な雪氷環境変動および雪氷防災に関する研究

雪氷功労賞：飯田肇 氏

件 名：長年にわたる立山山岳積雪観測と北アルプス現存氷河研究および支部活動への貢献

雪氷功労賞：上石勲 氏

件 名：長年の雪氷防災対策と支部活動への貢献

研究発表会 14:50～17:10

研究発表会・製品発表検討会プログラム（発表 10 分・質疑 2 分）

A 会場 I 雪崩（11:10-12:15）

座長：町田敬（町田建設）

- 2025 年 1～2 月 新潟県、福島県県境付近で発生した雪崩被害事例速報
○上石勲・山口悟（防災科研）
- 2025 年 3 月に白馬村源次郎沢で発生した大規模な湿雪表層雪崩（速報）
○勝山祐太・勝島隆史・竹内由香里（森林総研）・石川颯一郎（八方尾根スキーパトロール）
- 今冬（2024/2025 冬期）の柵口地区降積雪状況と雪崩発生
○渡辺伸一・榊直人（土研）
- 水文観測結果の雪崩災害警戒指標としての活用について
○藤平大（土研）
- 斜面上の積雪状況を考慮した推定雪崩発生区の GIS 上における抽出へ向けた試み
—糸魚川市柵口地区権現岳を例として—
○榊直人・渡辺伸一・藤平大（土研）

A 会場Ⅱ 雪崩, 降雪 (14:50-15:55)

座長：勝山祐太（森林総研）

6. 天狗山・国見岳で発生した巨大雪崩
○飯田肇・福井幸太郎（立山カルデラ博）
7. 霰による弱層をもたらす降雪の特徴とその検出手法ー2024年3月の立山での霰弱層に起因する広範囲の雪崩に関連してー
○石坂雅昭（防災科研客員）・杉浦幸之助（富山大）・飯田肇（立山カルデラ博）
8. 2024/2025年初冬の降水に対する日本海の海面水温の影響とその地域差
○田村健太（防災科研）
9. 長岡における強い降雪時の降雪粒子の特徴について
○本吉弘岐（防災科研）・石坂雅昭（防災科研客員）・山下克也・中井専人（防災科研）
10. 2025年2月7日の大雪時に新潟市で観察された雪結晶
○藤野丈志（興和）

A 会場Ⅲ 雪渓, 気候, 積雪分布 (16:05-17:10)

座長：浜田崇（長野県）

11. 過去最少となった白山・千蛇ヶ池雪渓
○小川弘司・藤原洋一（石川県立大）
12. 槍ヶ岳を源流とする梓川と高瀬川の上流域における降積雪量の変動
○鈴木啓助（信州大・大町山岳博）
13. 信越地方における年最深積雪の長期変化
○栗林正俊（長野県）
14. UAV-LiDARによる2025年4月の立山黒部アルペンルートの標高毎の積雪深分布観測
○福井幸太郎・飯田肇（立山カルデラ博）・川瀬宏明（気象庁）
15. AMeDASデータを用いた初期積雪形成時の気象条件と標高特性
○杉浦幸之助・本井雅也（富山大）

B 会場Ⅰ 交通, 計測 (11:10-12:15)

座長：太田あみ（長野地台）

16. 非積雪地域における雪による車両滞留発生時の気象条件
中島正太郎・○河島克久（新潟大）
17. 消融雪施設の冗長化設計に向けた降雪量の統計
藤野丈志（興和）・渡辺柚香（長岡技大）・○碓井大成（興和）
18. 路面雪氷状態解析における車両通過と凍結防止剤散布の重要性について
○藤本明宏（福井大）

19. 新潟市における AI スマホ路面判定システムを活用した冬期道路管理に関する研究
ー2024/25 年冬期観測速報ー
○上石勲・中村一樹（防災科研）・関根正道・布川亮・神保元（新潟市）・岸田佐世子（シルソナ）
20. LiDAR を用いた道路上の雪氷の計測
○福原匠流・杉原幸信・上村靖司（長岡技大）・藤野丈志（興和）

B 会場Ⅱ 利雪・克雪，吹雪，融雪，積雪の構造（14:50-15:55）

座長：砂子宗次朗（防災科研）

21. 雪散布による夏季舗装養生時間短縮
○山田佳汰・齋藤進・杉原幸信・上村靖司（長岡技大）・岩崎伸一・荒川涼（ネクスコ・エンジニアリング新潟）・中川直人・大久保忠彦（ネクスコ・メンテナンス新潟）
22. 機械学習を用いた新潟県長岡市の人身雪害発生予測 ー人身雪害発生件数に基づく重み付けを施したモデルの作成と評価ー
石川大貴・○杉原幸信・上村靖司（長岡技大）
23. プローブ型積雪硬度計を用いた吹きだまり内部構造の解明 ー断面観測との比較ー
○新屋啓文（新潟大）・大宮哲（寒地土研）・松宮央登・丹治星河（京大）・大風翼（東京科学大）
24. 温暖多雪地における積雪期間を通じた積雪底面流出の推移
○竹内由香里・勝島隆史・勝山祐太（森林総研）
25. 数値モデルによる積雪中の水分凍結に伴う氷板形成過程の再現の試み
○平島寛行（防災科研）・八久保晶弘・白川龍生（北見工大）・大澤光（森林総研）

B 会場Ⅲ 雪氷化学・雪氷物理・着氷雪（16:05-17:10）

座長：藤野丈志（興和）

26. 富士山頂における微生物粒子個数濃度の連続測定
○渡辺幸一（富山県立大）・村田浩太郎（埼玉県）・加藤俊吾（東京都立大）
27. 融雪期の山岳域における表層雪中の化学成分の特徴および冷蔵保存中の濃度変化
○森智晴・大納涼雅・山崎雄太・渡辺幸一（富山県立大）・岩本怜佳・酒徳昭宏・田中大祐（富山大）
28. 滴下法による氷柱花作成 ー気泡発生位置の予測と花氷の形状変化が気泡発生に与える影響ー
丸山翔生・○東條将也・上村靖司・杉原幸信（長岡技大）
29. 不凍液濃縮のための冷却ロール型連続製氷技術の開発
村田隆太郎・○原祥栄・上村靖司・杉原幸信（長岡技大）
30. 野外計測によるスギ樹冠の抗力係数に及ぼす着雪の影響評価
○勝島隆史・勝山祐太・竹内由香里（森林総研）

1

2025 年 1～2 月 新潟県、福島県県境付近で発生した雪崩被害事例速報

○上石 勲¹・山口 悟¹
(1:防災科研雪氷技術センター)

1. はじめに

2025 年 1～2 月に新潟県と福島県県境付近で雪崩が発生し、一部で被害が発生した事例と現地の被害事例を報告する。

2. 新潟県、福島県県境付近で雪崩被害の発生が確認された事例

新潟県と福島県県境の近くで、報道や現地調査から雪崩被害の発生が確認された事例を図 1 に示す。

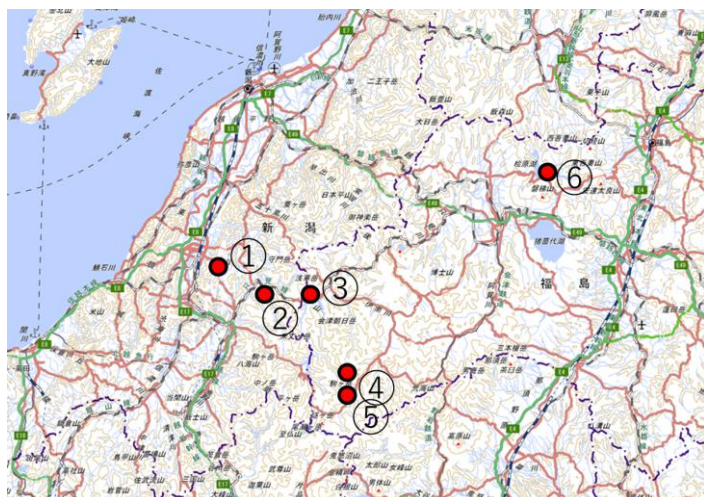


図1 2025/1-2 新潟県、福島県県境付近で雪崩被害が確認された事例

①では、厳冬期に大規模な全層雪崩が発生し雪崩防護施設の一部が破損した。⑤⑥の雪崩事例は、2 月の集中的な降雪時に発生した表層雪崩と推定され、住宅被害や道路の通行止めなどの影響が出た。どの事例も人的被害は幸いにも無かった(図 2)。

- ①新潟県長岡市栃尾 中地区 発生日 25/2/?
全層雪崩・雪崩防護施設被害
- ②新潟県魚沼市大白川 発生日 25/1/23
湿雪雪崩、道路埋雪
- ③福島県只見町 R252 出逢橋
発生日 25/2/? 出逢橋流出
- ④福島県南会津町国道 352 号タケナグラ沢
発生日 25/2/23
面発生乾雪表層雪崩・道路埋雪
- ⑤福島県桧枝岐村下ノ台地区
発生日 25/2/9/AM11
乾雪表層雪崩 1軒住居被害
- ⑥福島市本宮土湯温泉線
発生日 25/2/10 0340 発見
面発生乾雪表層雪崩・道路埋雪



図 2 雪崩発生事例

左:①栃尾中地区, 中:⑤桧枝岐村下ノ台地区, 右:福島市本宮土湯温泉線

3. 降積雪状況

⑤の雪崩発生の2月9日の前には気象庁桧枝岐観測点では、5日間で積雪深が150cm程度増加していた(図3)。また、天気図やレーダーからも冬型が強まり、新潟県福島県県境あたりにも強い雪雲がかかっているのがわかる(図4)。

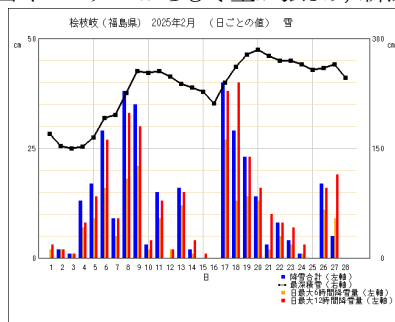


図 3 積雪, 降雪, 気象庁桧枝岐観測点(2025/2)

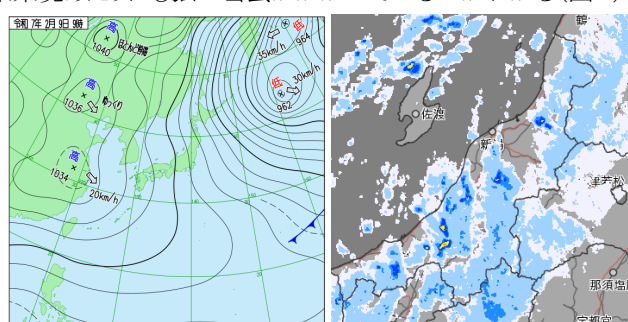


図 4 天気図, 気象レーダー(2025/2/9 気象庁)

2

2025 年 3 月に白馬村源次郎沢で発生した大規模な湿雪表層雪崩 (速報)

○勝山祐太¹・勝島隆史¹・竹内由香里¹・石川颯一郎²
 (1: 森林総合研究所十日町試験地 2: 八方尾根スキーパトロール隊)

1. はじめに

2025 年 3 月 3 日朝 (正確な時刻は不明) に白馬村崩沢の東側に隣接する源次郎沢で大規模な湿雪表層雪崩が自然発生した。雪崩発生の前日に降雨が観測されており, rain-on-snow イベントをきっかけとして雪崩が発生した可能性がある。本講演では, この雪崩の現地調査の結果を報告する。

2. 方法

2025 年 3 月 10 日・11 日にドローンを使った写真測量を雪崩発生区と堆積区で行った。後処理キネマティック法で写真データの正確な位置情報を求めた後に, SfM 処理で地表面モデル (DSM) とオルソ画像を作成した。国土地理院 5m メッシュの数値標高モデル (DEM) と DSM との差分から積雪深分布を推定した。また, 破断面で積雪層構造の観察や破断面の厚さ, 積雪水量, 積雪深を計測した (図 1 左)。雪崩堆積区では, 測深棒の貫入抵抗の変化によってデブリの厚さと自然積雪深をそれぞれ区別して複数箇所計測した。また, デブリの密度についても計測した。

3. 結果と考察

目視や写真測量の結果から発生区は複数存在し, 主とする箇所は斜度約 35° の南東向き斜面の標高 1530m 付近を上端とする幅約 360m の破断面を形成していた (図 1 左)。2 つの積雪層がすべり面となっており, それぞれ雪面から 98cm と 112cm の深さに位置していた。これら積雪層は粒度の異なるざらめ雪の境界になっていた。このような層境界は帯水層となりやすく, 雪崩発生前の降雨に伴う浸透水によって急速に積雪不安定化が進み, 雪崩発生に至った可能性がある (cf. Wever et al., 2018)。

雪崩は水平距離で 1660m 流下し, 標高 860m の沢出合いにまで達していた。堆積区末端から発生区上端を見上げた見通し角は 22° だった。これは, 表層雪崩の見通し角の限界値として知られる高橋の 18° 則よりも大きく, 全層雪崩の見通し角の限界値の 24° よりも小さい値だった。ドローンによる写真測量から得られた堆積区の積雪深から測深棒で調べた自然積雪深 1.8m を差し引いてデブリ厚さを計算したところ, 多いところで 8m を超える厚さのデブリが形成されており (図 1 右), 総体積は $9.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ だった。これに現地で計測したデブリの密度 629 kg/m^3 を乗じると総重量は $6.1 \times 10^7 \text{ kg}$ となり, size-4 に相当する規模の雪崩だった (McClung and Schaerer, 2006)。

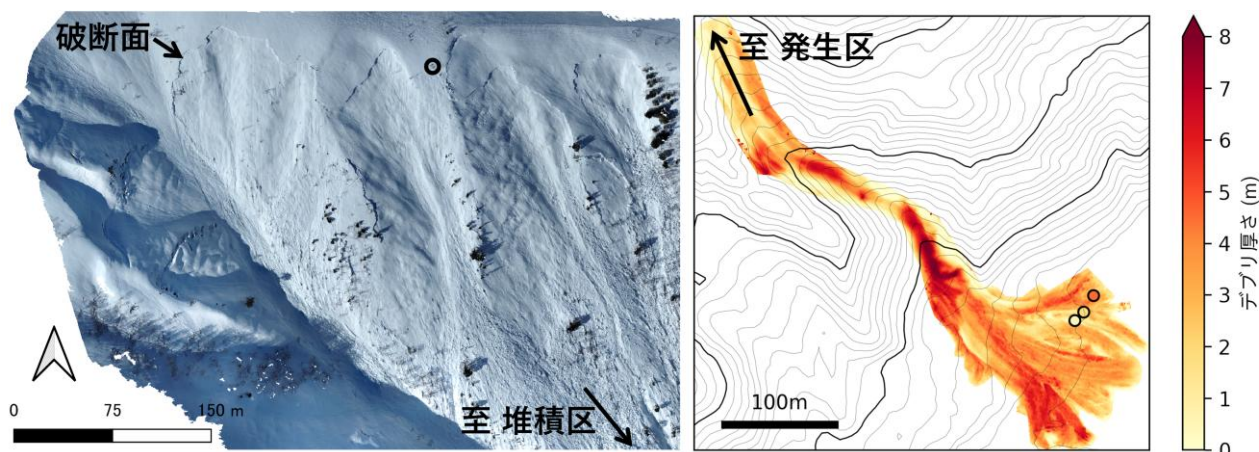


図 1 (左) 主とする雪崩発生区のオルソ画像。破断面の観察を行った場所を○印で示した。(右) 堆積区のデブリ厚さの分布。測深棒でデブリ厚さを計測した位置を○印で示した。標高 5m/50m 毎に細い/太い黒線で等高線を描いた。

文献

- Wever, N., Vera Valero, C., and Techel, F. (2018): Coupled snow cover and avalanche dynamics simulations to evaluate wet snow avalanche activity. *J. Geophys. Res.: Earth Surface*, **123**, 1772–1796.
 D. McClung and P. Schaerer (2006): *The Avalanche Handbook*. 3rd Edition, Mountaineers Books.

今冬（2024/2025 冬期）の柵口地区降積雪状況と雪崩発生

○渡辺伸一・榊直人
国立研究開発法人 土木研究所

1. はじめに

当センターでは昭和 61 年に 13 名が亡くなる雪崩災害が発生した糸魚川市柵口地区（権現岳東側斜面，図 1 参照）において，継続して雪崩の観測を実施している（秋山，2021）．これまでカメラや地震計，積雪計などの機器を山麓に設置し，雪崩発生の有無，発生時の気象条件の把握を行ってきた．観測データは雪崩に関する研究の基盤データとして利用している．

本報告では，今冬期の柵口地区での気象と雪崩発生状況を示すとともに，昨年度報告した乾雪雪崩の発生条件で評価した結果についても報告する．

2. 調査方法

2. 1 雪崩発生の把握

雪崩の発生は 10 分毎の静止画を記録した「自動撮影カメラ」画像と，1 秒間隔のコマ送り「動画カメラ」画像に加え，地震計の計測データより把握した．乾雪・湿雪の雪崩種別の判別は「煙り型」の運動形態を示すものを「乾雪雪崩」とした．加えて運動形態の観察はできなかったものの，降雪中または降雪直後に発生し発生区の気温が氷点下で推移していると推測されたものについても「乾雪雪崩」と判断した．また，「流れ型」の運動形態を示すものを「湿雪雪崩」とした．

表 1 は近年 4 冬期に確認した流下長の長い乾雪雪崩で，昨年度解析した乾雪雪崩発生条件の検討の対象雪崩である（解析対象だった 2023 年 2 月 16 日の雪崩は見直しの結果対象から外した）．ここに記した雪崩は何れも大雪積を乗り越え 1 号誘導工前を流下している（推測を含む）．

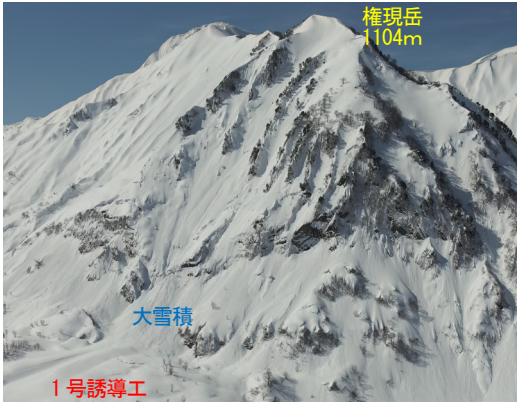


図 1 権現岳東側斜面 2025/2/25 撮影

表 1 近年 4 冬期に確認した流下長の長い乾雪雪崩

冬期	月日	時刻	雪崩種類	特記事項	発生区
2020/21	2021年1月11日	13:52	乾雪雪崩	煙り型	不明
2021/22	2022年2月6日	2:09	乾雪雪崩	観測用バンザマストが倒壊	△
	2022年2月23日	16:56	乾雪雪崩	ごんげんの里公園 樹木幹折れ	不明
2022/23	2023年1月29日	6:16	乾雪雪崩	2号誘導工中間部まで到達，流下長は今冬期最長	不明
2023/24	2024年1月13日	17:16	乾雪雪崩	2号誘導工中間部まで到達，昨冬期最長雪崩（2023年1月29日）より流下長が長い．動画カメラ2台の向きが変化	不明
	2024年1月14日	12:07	乾雪雪崩	1号誘導工前を通過する雪煙を動画記録	○

2. 2 昨年度解析した乾雪雪崩発生条件での評価

昨年度，過去 4 冬期の雪崩発生データと新潟県田麦平観測所の気象観測値を用いて乾雪雪崩発生条件の検討を実施した（渡辺ら，2024）．柵口では山麓で積雪深，気温等の観測を行っているが，雪崩等により欠測となることも多く，安定的に観測値が得られることも重要であることから，約 1.6km 東側に位置する新潟県田麦平観測所の気温と積雪深・時間降雪量（1 時間毎の積雪深差）の観測値を用いることとした．解析された乾雪雪崩発生条件を以下に示す（対象雪崩を見直したため再解析を実施している）．

2 日間積雪増加深が 41cm 以上，3 日間積雪増加深が 42cm 以上，1 日間累計降雪量が 24cm 以上，1 日間平均気温が -0.2℃以下，3 日間平均気温が -0.1℃以下

これらの指標の値がこのしきい値を超えると乾雪雪崩が発生する可能性が高いものとして評価を行い，4 冬期で 15 期間が評価され，捕捉率は 100 %，的中率は 40 %（6÷15）という結果を得ている．これを今冬期の気象データに適用して評価を行う．

3. 調査結果

3. 1 雪崩発生と発生時の気象

上記の方法で今冬期（3 月 13 日現在）確認した雪崩の発生回数は 19 回であった（表 2）．19 回のうち 8 回を「乾雪雪崩」，11 回を「湿雪雪崩」と判断した．この回数には小規模の雪崩は含んでいない．

図 2 は 9 時の積雪深（山麓・田麦平）9 時の気温（山麓）の時系列変化である．1 月末頃からまとまった降雪が複数回発生，2 月下旬には 5 日連続で積雪が 500cm を超える 3 年ぶりの大雪年となった．

今冬期は積雪が多い時期があったものの，大雪積を越えて 1 号誘導工前を流下する流下距離の長い規模の大きな雪崩は確認できなかった．

表2 今冬期発生を確認した雪崩

今期	月日	時刻	雪崩種類	特記事項	発生区
2024/25	2024年12月18日	23:06	乾雪雪崩	煙り型	○
	2024年12月21日	12:49	湿雪雪崩	2023年3月1日雪崩とほぼ同じ位置から発生	○
	2024年12月21日	15:31	湿雪雪崩		○
	2024年12月22日	9:01	乾雪雪崩	煙り型	○
	2024年12月23日	10:37	乾雪雪崩	煙り型	不明
	2024年12月23日	13:43	乾雪雪崩	煙り型	○
	2025年1月7日	11:04	湿雪雪崩		○
	2025年1月11日	11:02	乾雪雪崩	煙り型	○
	2025年1月11日	11:19	乾雪雪崩	煙り型	○
	2025年1月12日	1:48	乾雪雪崩	煙り型	○
	2025年1月12日	7:27	湿雪雪崩		○
	2025年1月20日	15:26	湿雪雪崩		○
	2025年2月10日	8:12	乾雪雪崩	2024年2月19日雪崩とほぼ同じ位置から発生	○
	2025年2月17日	8:01	湿雪雪崩	2024年2月18日雪崩とほぼ同じ位置から発生	○
	2025年2月17日	15:12	湿雪雪崩	2024年2月18日雪崩とほぼ同じ位置から発生	○
	2025年3月1日	14:18	湿雪雪崩		○
	2025年3月2日	10:44	湿雪雪崩	2025年1月20日 15:26とほぼ同じ位置（少し上側に広がり）から発生	○
	2025年3月3日	2:06	湿雪雪崩	映像不明瞭	不明
	2025年3月13日	4:15	湿雪雪崩	2024年1月19日雪崩とほぼ同じ位置から発生	○

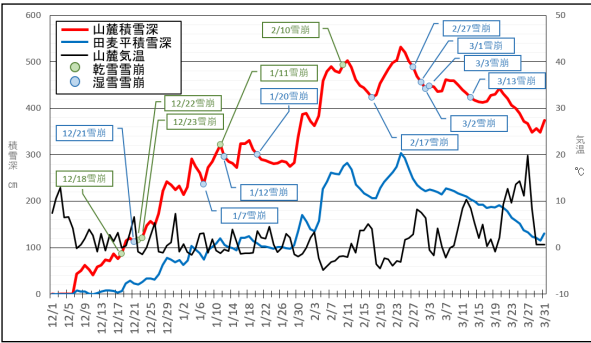


図2 気象状況と雪崩発生 2024/25 冬期

3. 2 昨年度解析した乾雪雪崩発生条件での評価結果

今冬の田麦平観測所の観測値を使用し上記しきい値で評価すると、乾雪雪崩が発生する可能性が高い期間として4期間が評価された(図3)．昨年度の検討実施時に解析対象とした大雪積を越えて1号誘導工前を流下する流下距離の長い雪崩は確認できていないため、4評価期間は全て空振りとなった．

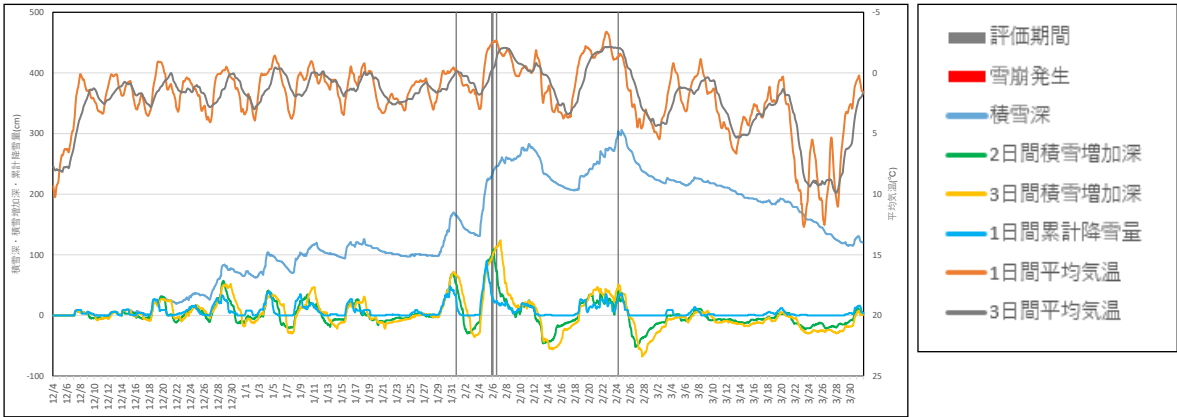


図3 乾雪雪崩発生条件の評価 2024/25 冬期

柵口山麓観測点と田麦平観測所の積雪深の変化を比較(図2 参照)すると、今冬は2/1 以前(積雪が150cmに達する前)は田麦平の降雪量は山麓の概ね半分程度であったが、2/1以降(積雪が150cm以上)は山麓と同程度の降雪量を記録するようになった．

全て空振りとなったのは、発生条件を解析した期間(2020/21 冬期～2023/24 冬期の4 冬期)と異なり、今冬1 月末以降の田麦平の雪の降り方(降雪量)が、標高の高い山麓と同程度となる日が多かったことから、発生可能性がより高く評価されたことも影響していると推測される．

4. まとめ

- ・今冬期、柵口地区(権現岳東側斜面)では8 回の「乾雪雪崩」、11 回の「湿雪雪崩」の発生を確認した．
- ・今冬期は積雪が多い時期があったものの、大雪積を越えて1 号誘導工前を流下する流下距離の長い規模の大きな雪崩は確認できなかった．
- ・田麦平の今冬期の観測値を使用し、昨年度解析した権現岳東側斜面で発生する乾雪雪崩発生条件を適用して乾雪雪崩が発生する可能性が高い期間を評価すると、4 期間が評価される結果になった(全て空振り)．

文献

秋山一弥(2021)：動態観測による雪崩の発生状況と発生規模・発生数の関係，日本工学会論文集，37 (3)，37-39
渡辺伸一，吉柳岳志，石井靖雄(2024)：糸魚川市柵口地区での乾雪雪崩発生条件の検討，雪氷北信越，第44 号，13-14
渡辺伸一，吉柳岳志，石井靖雄(2024)：乾雪雪崩発生条件の検討～糸魚川市柵口地区での観測結果より～，雪氷研究大会(2024・長岡)講演要旨集，153

4

水文観測結果の雪崩災害警戒指標としての活用について

○藤平 大

国立研究開発法人 土木研究所

1. はじめに

雪崩災害については、発生するおそれがあると予想したときに气象台によりなだれ注意報として発表されている。一方、降雨に起因する土石流や地すべり災害については、气象台と都道府県庁が連携して、降雨量を指標として土砂災害警戒情報が発表され、市町村が避難勧告を発表するなどの目安として活用されている。後者と比較して前者は、住民の避難を訴える指標としては切迫性を明瞭に示すことができていない。

なだれ注意報は、新潟地方气象台の場合には、① 24 時間降雪の深さが 50cm 以上で気温の変化が大きい場合、または、② 積雪が 50cm 以上で最高気温が 8℃以上になるか、日降水量 20mm 以上の降雨がある場合に、発表されている。おおむね①は乾雪による雪崩、②湿雪による雪崩に対応しているものと思われる。積雪が多い地方では気温が高くなる時期には②に連日該当することになり、予報精度や実質的な効果は低くなる。

雪崩に関する気象・積雪情報については、特に、気温と積雪量の関係が深いと思われる。気温と積雪量は標高との関係が深いことが一般に知られている。そこで、標高ごとに雪崩の発生危険度示すことができないかを検討していきたい。

本報告では、上記の狙いと類似した事例として過去に、融雪地すべりに関して、標高ごとに発生危険度を検討した事例を紹介する。

2. 調査方法

多雪地における地すべりについては、一般的な傾向として、融雪期に地下水位が上昇し、消雪直後に年最高地下推移を記録する傾向があり、融雪水により地すべりが多発されると考えられている。このため、地すべり地内での地下水変動等を観測することは地すべり活動を予測するうえで極めて重要である。しかし、すべての地すべり地の地すべり面に作用する地下水位を観測し、地すべり発生の可能性を評価することは、経済性の観点などにより現実には困難である。

一方、雪解けにより、ダム流入量や溪流水位が上昇することは経験的によく知られている。ダム流入量や溪流水位は上流域の融雪量の増加に対応するものと考えられ、広域的な地すべり発生危険度を示す指標として活用できる可能性がある。

2. 1 調査対象地域概要

調査は、図 1 に示す新潟県中越地方を対象とし、対象期間を 2003 年 12 月 1 日～2013 年 11 月 30 日とし、地すべり災害の発生時刻と溪流水位、流量との関係について分析をおこなった。表 1 に観測点及び流域の特徴をまとめた。地すべり災害データ（発生件数と発生時刻）は国土交通省砂防部が取りまとめたデータを用いた。

2. 2 調査手法

調査では、降雨やダム、溪流への流入と地すべり災害が発生するまでの間には、時間の遅れ（地すべり性の変位が

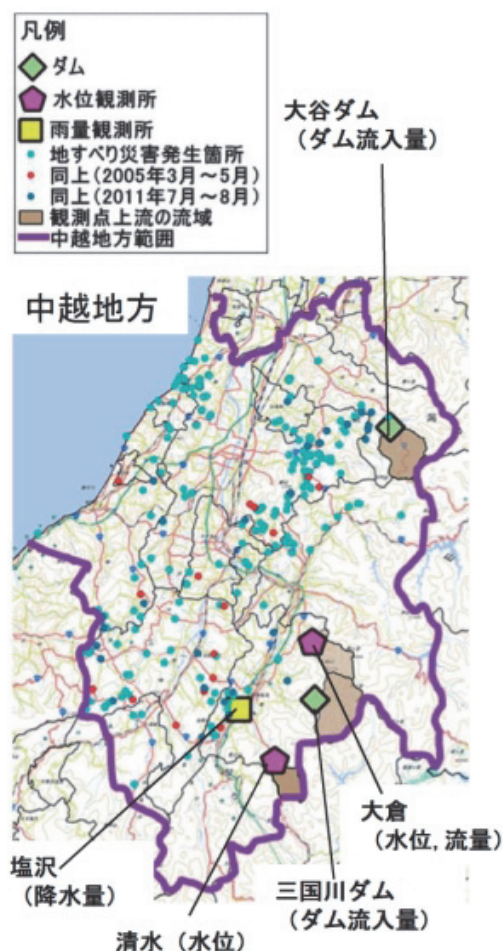


図-1 分析に利用した水文観測点の位置（地すべり災害発生箇所は2003年12月1日～2013年11月30日に発生したものを表示）

継続して災害と認識される規模に拡大するまでの時間や巡視等によりその現象を発見するまでの時間)が生じることを考慮して、一定の継続時間 (N 時間) における各観測データ

(渓流水位, 流量, ダム流入量, 降水量) の積算値求め, それぞれの偏差を求めた. 次いで, 観測データごとに, 年平均超過日数 D が最少となる D_{min} 及び超過日数が最少となる積算時間 N_{min} を求めた (表 2). また表 2 では, 各観測データの積算 N 時間ごとに, 期間中に発生した地すべり災害捕捉率 70%を補足できる偏差 σ_{70} についても求めた.

3. 調査結果

図 2 に示す通り, 偏差が大きいときに地すべり災害が

発生する傾向が確認できた. また, 図 1 に赤丸で表示した地すべり災害発生 17 か所は, 標高 200m 以上の箇所では 12 件発生しており, 通年の全災害発生箇所では標高 200m 未満が約 50%超を示すことを考慮すると, この時期には標高 200m 以上の高標高地域において地すべりが多く発生している傾向が認められた.

4. まとめ

今後の雪崩研究の参考として, 雪崩の類似性である標高依存の特性などをもつ融雪地すべりに関する事例を紹介させていただいた. なお, 本報告は, 藤平ら (2016) を改変して作成したものです.

参考文献

- 1) 藤平大, 鳥海貴裕, 杉本宏之, 桂真也, 石井靖雄 (2016): 水文観測結果の地すべり災害警戒指標としての活用, 土木技術資料, 58-2, 20-23

表-1 観測点及び流域の特徴

観測点名	流域面積 (km ²)	最高標高 (m)	観測点標高 (E.Lm)	流域の地質
三国川ダム	76.2	2085	394.0	深成岩類
大谷ダム	56.2	1350	184.1	火山岩類
大倉水位観測所	37.2	2076	237.3	付加コンプレックス
清水水位観測所	28.0	1900	576.5	深成岩類
塩沢雨量観測所	-	-	-	-

表-2 70%捕捉偏差と偏差日数

観測データ	超過日数が最少となる積算時間 N_{min}	70%捕捉偏差 σ_{70}	最小超過日数 D_{min} (日/年)
三国川ダム流入量	48時間	0.83	55
大谷ダム流入量	72時間	0.36	64
清水水位	48時間	0.47	80
大倉水位	48時間	1.16	48
大倉流量	48時間	0.94	51
塩沢降水量	12時間	-0.36	153

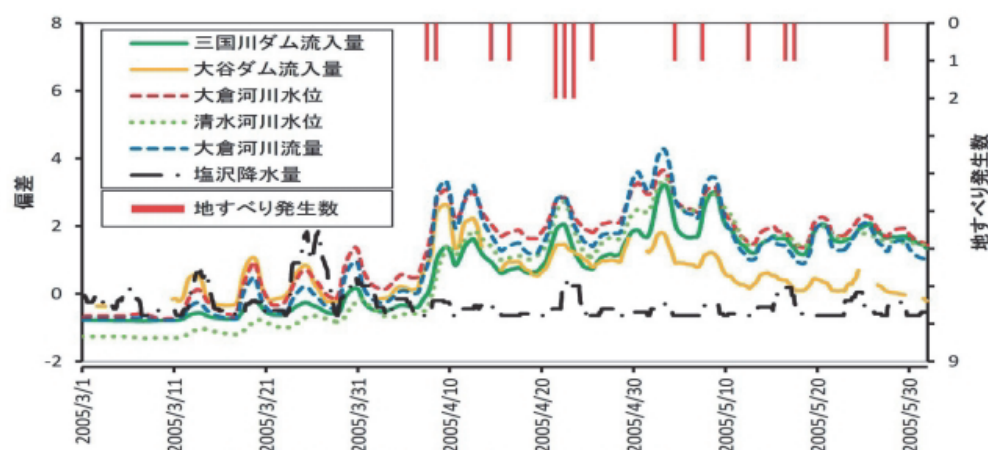


図-2 48時間積算値における偏差の経時変化と地すべりの関係 (2005年3月～5月)

斜面上の積雪状況を考慮した推定雪崩発生区の GIS 上における抽出へ向けた試み

一条魚川市柵口地区権現岳を例として

○榊直人・渡辺伸一・藤平大

国立研究開発法人 土木研究所

1. 背景

スイス (Bühler *et al.* (2013) ; Veitinger *et al.* (2016) ; Bühler *et al.* (2018) ; Bühler *et al.* (2022)) やノルウェー (Issler *et al.* (2023)) では、雪崩によるハザードエリアを作成すること等を目的として、特に雪崩発生の可能性の高い箇所 (以下「推定雪崩発生区」と呼ぶ) を GIS 上で抽出する試みが行われてきている。日本においても近年こうした動きがあり (明石ら, 2024), 抽出に向けた動きが活発になりつつある。当研究所においても推定雪崩発生区の抽出へ向け、これまで UAV を用いた柵口地区における実際の雪崩発生区の調査を実施してきている (榊ら, 2024)。しかし、これまで斜面におけるその時々積雪状況を考慮し、推定雪崩発生区を抽出する例は少なくとも日本では例がない。近年の気候変動により、日本においても局地的な「ドカ雪」が増える地域の存在が示唆されていることを考慮すれば、その都度ごとに斜面の積雪状況を踏まえた推定雪崩発生区を把握することが必要である。

本発表では、雪崩によるハザードエリアの提示を見据えた、斜面の積雪状況を踏まえた推定雪崩発生区を抽出するプログラムの開発に向け、まずは先行研究と同様に、元地形データから推定雪崩発生区を抽出するプログラムを作成することを目指した。なお、当研究所がこれまで取り組んできた UAV 撮影による雪崩斜面の 3 次元データについても活用する。

2. 手法

本研究の対象地として、雪崩が頻発することで知られる糸魚川市柵口地区の権現岳の東側斜面を選定した (図 1)。山頂 (標高 1104m) から標高 600m 付近までが急な斜面となっている。その急斜面で雪崩が頻発する。また、標高 600~250m 付近にかけては緩斜面となっている。また、権現岳には土木研究所の雪崩観測サイトがあり、標高 520m 付近に、雪崩の発生区から堆積区までを記録するカメラ (10 分ごとの静止画・1 秒ごとのコマ送り動画) を設置しており、加えて雪崩の振動を記録する地震計、積雪深や気温も計測している。標高 290m にも東側斜面全体を見渡せるカメラ (1 秒ごとのコマ送り動画) を設置し、温湿度計等の気象観測についても実施している。さらに、RTK-UAV による当該斜面の自動航行による地形計測を定期的に行っている。



図 1 権現岳の東側斜面の全景

(2025 年 2 月 3 日 10 時 5 分ごろ撮影)

本研究では、Bühler *et al.* (2013) が開発したアルゴリズムをベースに元地形データを処理した。元地形データとして、松本砂防事務所が平成 25 年度に撮影した LP データ (1m メッシュ) を使用した。撮影日は平成 25 年 12 月 9 日である。元地形の LP データに対して、勾配・曲率・粗度の閾値を設定し、その条件を満たす箇所を推定雪崩発生区のポリゴンとして抽出する。勾配は、28 度から 60 度を満たす範囲とした。曲率は、 1m^{-1} 以下を満たす範囲とした。また、粗度は、0.03 以下を満たす範囲とした。これらの閾値は Bühler *et al.* (2013) と同様の値を採用した。これらの抽出には、Esri 社の ArcGIS pro 3.4.3 を用いた。

また、Bühler *et al.* (2013) は植生が存在する箇所を推定雪崩発生区から除外していたが、判断する方法として、正規化植生指数あるいは植生情報が記載された GIS データをもとにしていた。本研究においては、LP 測定日にマルチスペクトル画像の取得を行っていないこと、及び当該斜面における植生に関する GIS 情報は存在しないことから、植生の存在の判断として、2024 年 2 月 13 日に UAV で撮影したオルソ画像より植生が存在する箇所を判読し、その箇所を推定雪崩発生区から除外することとした。

面積の大きな推定雪崩発生区となったポリゴンに関しては Bühler *et al.* (2013) と同様に ArcGIS の flow direction という関数を用いて 8 つの流れ方向ごとに分解した。分解した後は、隣接しかつ流れ方向が隣り合う推定雪崩発生区のポリゴン同士を合成し、1 つの推定雪崩発生区とした。また、推定雪崩発生区抽出のプロセス中、面積の小さ

なポリゴンは除外した。加えて、隙間の空いた推定雪崩発生区の場合、隙間を埋めた上で推定雪崩発生区とした。

3. 結果

2.の手法により、抽出した推定雪崩発生区は図2のようになった。背景のオルソ画像は、2024年2月13日であり、ポリゴンで表示されたものがBühler *et al.* (2013) のアルゴリズムをもとに抽出した推定雪崩発生区である。全部で88個抽出された。

本実装の定性的な validation として、柵口地区において、2022-23 冬期から 2023-24 冬期において実際に観測された実際の雪崩発生区と重ね合わせた。図2の紫、黄土、緑、黄、青、赤色の線で囲われた箇所が、雪崩発生前後において UAV で撮影した画像から SfM 処理して得られた3次元データをそれぞれ2時期比較した結果から得られた雪崩発生区である。それぞれ2023年2月28日、2023年3月1日、2024年1月18日、2024年1月19日、2024年2月18日、2024年2月19日に発生している。UAV 観測によって得られた実際の雪崩発生区と、Bühler *et al.* (2013) の手法をもとに抽出した推定雪崩発生区はある程度重なり合っていることが確認された。本アルゴリズムが問題なく作動していることがわかる。

4. まとめ

本研究では、その時々積雪状況を反映した推定雪崩発生区抽出手法を開発することを念頭に、まずは、地形的特徴のみから推定雪崩発生区を抽出する手法を実装させることを目指した。アルゴリズムは既往の研究のものをベースとした。対象とした場所は、糸魚川市柵口地区の権現岳東側斜面とした。得られた推定雪崩発生区のポリゴンは88個であった。また、抽出した推定雪崩発生区の正当性を検証するために、柵口地区において実際に観測された雪崩発生区の位置と比較した。その結果、抽出した推定雪崩発生区は、ある程度実際に観測された雪崩発生区の位置と重なった。したがって、今回実装したアルゴリズムは正しく機能していることが保証された。

今後の展望として、積雪状況を加味するアルゴリズムを追加する予定である。湿雪雪崩を対象として、融雪量を別途計算したうえで、UAV で計測した斜面の3次元モデルから積雪深を算出し、含水率を推定雪崩発生区ごとに計算したいと考えている。含水率の大小により、今回得られたような地形条件から算出した推定雪崩発生区を絞り込むことを想定している。

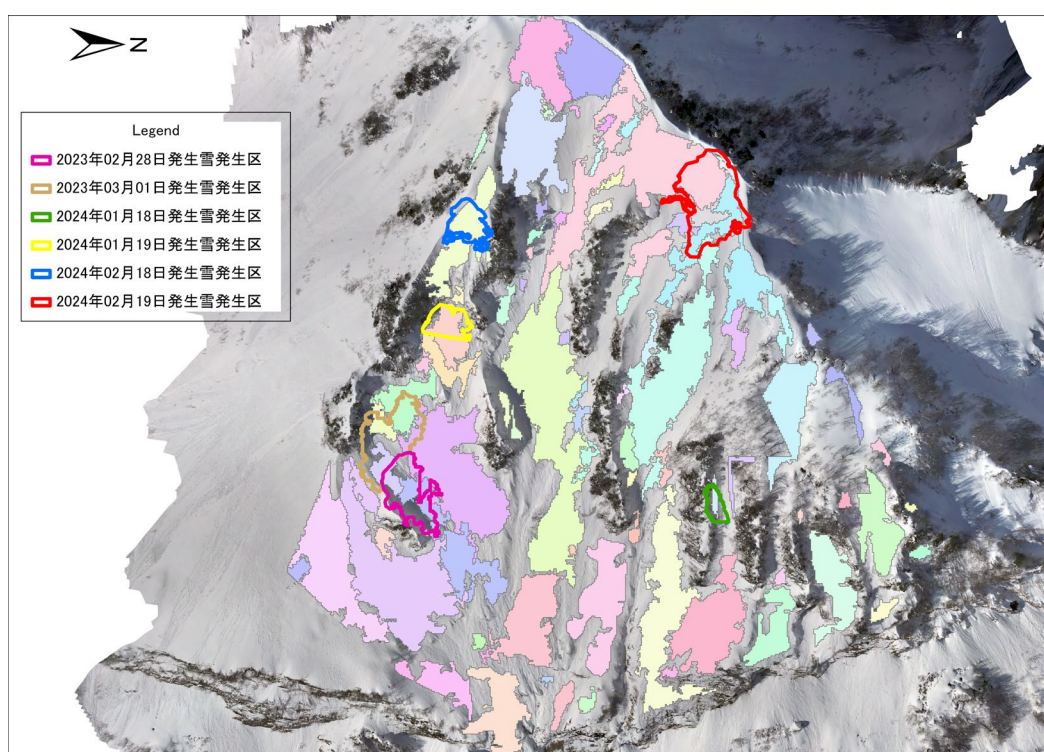


図2 権現岳東側斜面において抽出された推定雪崩発生区ポリゴンと実際に観測された雪崩発生区（背景：2024年2月13日撮影のオルソ画像）

文献

- 明石亜子, 砂子宗次郎, 田邊章洋, 新屋啓文 (2024) : 数値標高モデルから潜在的な雪崩発生区を推定する手法の確立. 雪氷研究大会 (2024・長岡) 講演要旨集, 133.
- Bühler, Y., Kumar, S., Veitinger J., Christen M., Stoffel A. and Suehmani (2013): Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **13**, 1321-1335.
- Veitinger J., Purves R. S. and Sovilla B. (2016): Potential slab avalanche release area identification from estimated winter terrain: a multi-scale, fuzzy logic approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **16**, 2211-2225.
- Bühler, Y., von Rickenbach, D., Stoffel A., Margreth, S., Stoffel L. and Christen M. (2018): Automated snow avalanche release area delineation – validation of existing algorithms and proposition of a new object-based approach for large-scale hazard indication mapping. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **18**, 3235-3251.
- Bühler, Y., Bebi, P., Christen M., Margreth, S., Stoffel L., Stoffel A., Marty C., Schmucki, G., Caviezel, A., Kühne R., Wohlwend S. and Bartelt, P. (2022): Automated avalanche hazard indication mapping on a statewide scale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **22**, 1825-1843.
- Issler, D., Gislås K. G., Gauer P., Glimsdal S., Domaas U. and Sverdrup-Thygesen K. (2023): NAKSIN – a New Approach to Snow Avalanche Hazard Indication Mapping in Norway. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4530311>.
- 榎直人, 高原晃宙, 渡辺伸一, 吉柳岳志 (2024) : 新潟県糸魚川市柵口区で発生した雪崩事例に対する UAV-SfM 解析. 雪氷研究大会 (2024・長岡) 講演要旨集, 14.

6

天狗山・国見岳で発生した巨大雪崩

○飯田 肇¹・福井幸太郎¹

(1: 富山県立山カルデラ砂防博物館)

1. はじめに

2024年3月24日、北アルプス立山連峰の天狗山(2581m)・国見岳(2620m)において、幅約1kmの破断面を持つ巨大雪崩が発生した。この地域で発生した雪崩としては最大級のものと考えられる。同日、近隣の室堂平で積雪断面観測を実施したので、その結果とあわせて雪崩の規模、発生要因等について検討した。

2. 雪崩の規模

図1に、雪崩発生地域の写真を示す。雪崩は①国見岳北東斜面、②天狗山北東斜面、③天狗山西斜面の3地域で短期間に発生した。また、雪崩発生地域の様子を見ると、破断面は天狗山北東斜面のほぼ全域に広がる巨大なもので、雪崩規模の大きさが示唆される。このうち②天狗山北東斜面の雪崩について、雪崩発生の約1ヶ月後の4月26日にドローンによるレーザー測量を実施した。図2に測量結果を示す。図より、破断面の幅は約1kmにも達しほぼ天狗山北東斜面を覆いつくしている巨大なものだった。破断面の厚さは最大で1.1mであった。また、破断面からデブリ末端までの直線距離は最大で約300mに達した。



図1 雪崩発生地域。国見岳北東斜面①と天狗山北東斜面②に顕著な破断面がみられる。

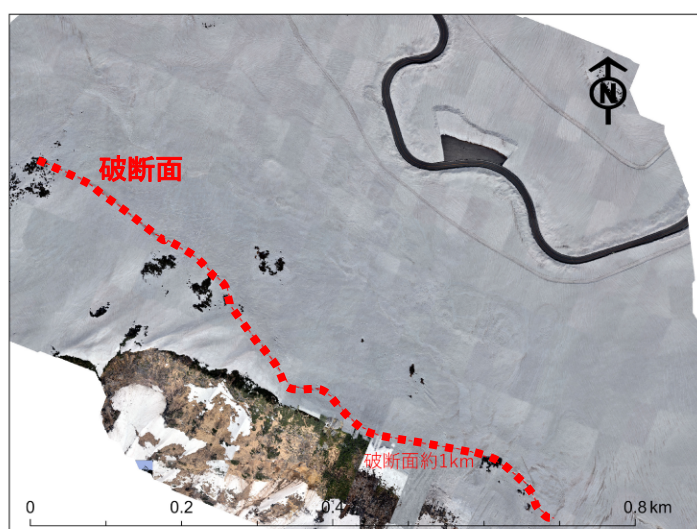


図2 天狗山北東斜面の雪崩跡。稜線(下側)直下の斜面に幅約1kmにわたり顕著な破断面(赤点線)が続く。

3. 積雪断面観測結果と雪崩発生要因

図3に、付近の室堂平(2450m)で3月24日に実施された積雪断面観測結果の一部を示す。図より、雪面より約1m下部に厚さ10~15cmの顕著なあられ層が存在した。あられの粒径は2~4mmで厚さは10~15cmに達した。積雪上層で他に雪崩の弱層となる可能性のある層が存在しないこと、破断面の厚さとあられ層の位置に良い相関があることより、巨大雪崩は厚いあられ層が弱層となり発生した可能性が高いと考えられる。

しかし、一般的にあられ層は比較的狭い範囲に不均一に堆積するといわれている。今回の雪崩は、顕著な破断面が見られ走路斜面がきれいに磨かれていたことから弱層を伴う面発生表層雪崩と考えられるが、弱層の形成範囲が広大であることから、雪崩発生の要因となったのがあられ層の弱層だったかどうかについては、さらに気象面からの検討が必要である(石坂他, 2025)。

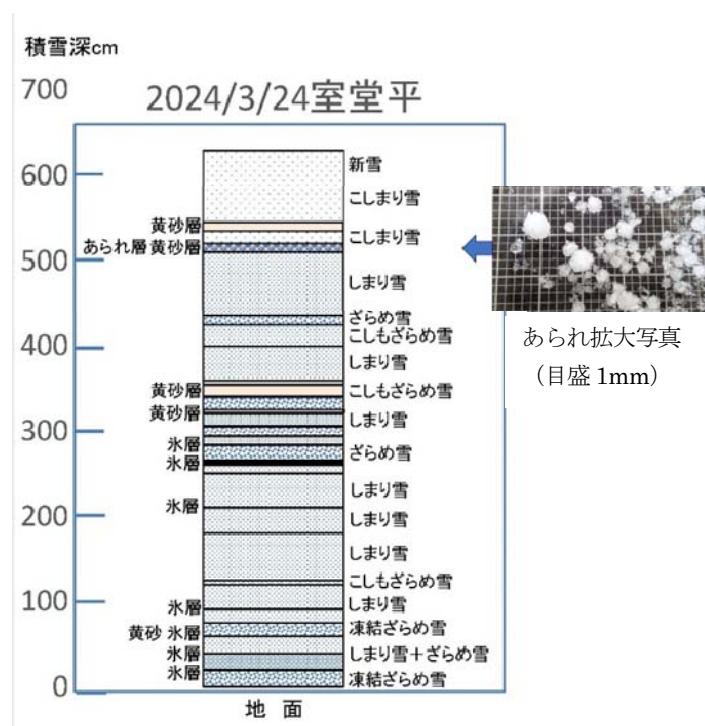


図3 室堂平における積雪断面観測結果

雪面から1m下部に幅10~15cm、粒径1~4mmに達する顕著なあられ層が存在する。

4. 引用

石坂雅昭, 杉浦幸之助, 飯田肇 (2025) : 霰による弱層をもたらす降雪の特徴とその検出手法—2024年3月の立山での霰弱層に起因する広範囲の雪崩に関連して—。2025年度日本雪氷学会北信越支部研究発表会予稿集。

7

霰による弱層をもたらす降雪の特徴とその検出手法 ー2024年3月の立山での霰弱層に起因する広範囲の雪崩に関連してー

石坂雅昭¹・杉浦幸之助²・飯田肇³

(1: 防災科研客員 2: 富山大学 3: 富山県立山カルデラ砂防博物館)

1. はじめに

2024年3月24日、北アルプス立山連峰の天狗山、国見岳山頂直下で広範囲に起きた雪崩が確認された。3月24日に行った現地での断面観測では直径2

～4mm以上の大きな霰を含む霰層（厚さ10～15cm）が観測され、本雪崩はこの霰層に起因すると推測された（飯田ほか，2025）。本稿はこの雪崩の要因となった大きな霰をもたらした降雪の観測と検出手法について述べる。

2. 観測場所と機器

降雪観測は立山カルデラ砂防博物館に設置された富山大学所有の光学式ディストロメーター-LPMによるものである。観測場所の博物館は雪崩現場とおおよそ10km離れた西側山麓に位置する（図1黒丸）。冬季の雪雲は一般に北西ないし西からもたらされることから、観測場所を通り雪崩現場を通過するという経路を通ることが多い。ただ、標高は雪崩現場のおおよそ2000mに対して観測場所の標高は約500mであり、標高2000mの現場では地形上昇によってより多くの降雨・降雪が生じることは十分考えられる。

3. 大きな霰降雪の検出方法

降雪粒子は分単位でも数が多くかつ大きさ種類も多様である。このような降雪に対してIshizaka et. al (2013) は、一定期間に観測される粒子の粒径、落下速度を用いてその間の主要な降雪の種類を同定する指標CMF（Centert of Mass Flux distribution）を導入した。CMFは一定期間観測された降雪粒子の降水寄与（mass flux）で重み付けした平均の粒径と落



図1 雪崩現場と降雪観測場所（立山カルデラ砂防博物館）。

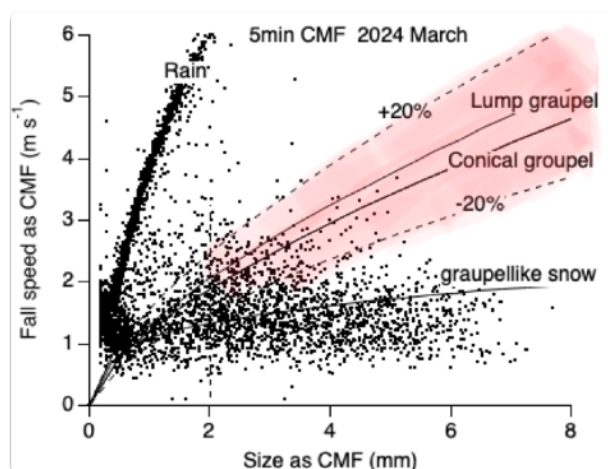


図2 3月1日から雪崩発生日（3/24）までの5分間のCMF（黒点：粒径・落下速度）と「大きな霰を含む降雪」として設定した領域（薄い赤色）。

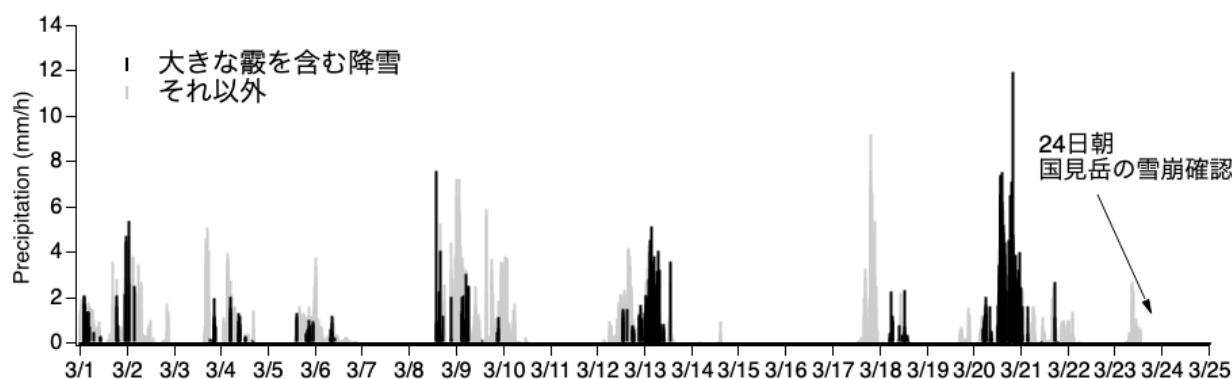


図3 大きな霰を含むと推定される（図2の色付け領域）降雪（黒）とそれ以外の降雪（灰色）の降水強度。3月1日から雪崩が確認された3月24日まで、5分毎の1時間降雪強度。

下速度で、本指標を用いることによって粒径・落下速度関係から当該期間の降水量寄与を代表する降雪の粒径と落下速度及び種類を知ることができる。

図2は3月1日から雪崩が確認された3月24日までのLPM観測から得られた5分毎のCMFと代表的な霰の降水粒子の粒径・落下速度曲線 (Locatelli and Hobbs, 1974) である。雨も含め様々な降水があったことがわかる。ここで大きな霰を含む降雪(以下、霰降雪)があった期間を検出するため霰降雪と推定される場合のCMFの領域を設定した。それは図2の中の薄い赤色の領域で、粒径が2mm以上、かつばらつきを考慮して塊状霰 (Lump graupel) より2割速度が大きく紡錘状霰 (Conical graupel) より2割速度が小さい範囲が設定されている。

図3は5分毎のCMFから霰降雪(黒)とそれ以外の降雪・降水(灰色)を区分し時間相当の降雪強度で示したグラフである。3月13日と同20日にまとまった霰降雪があったことがわかるが、中でも20日の降雪は強度が大きくかつ継続時間も長いことから、雪崩をもたらした霰層の形成に関係した降雪であると推定された。

4. 観測された霰とCMF

細かく見ると20日の大きな霰を含む降雪は12時から翌21日0時までの間にもたらされていた。図4はその期間の5分毎のCMFの分布である。多くが大きな霰領域に観測されていることがわかる。図で最も降雪強度が大きかった5分間は20日19時50分からの5分間(矢印)で観測された粒子数は34392であった。その分布をLPMのクラス区分毎の数濃度分布で示すと図5のようになる。小さな粒径では観測

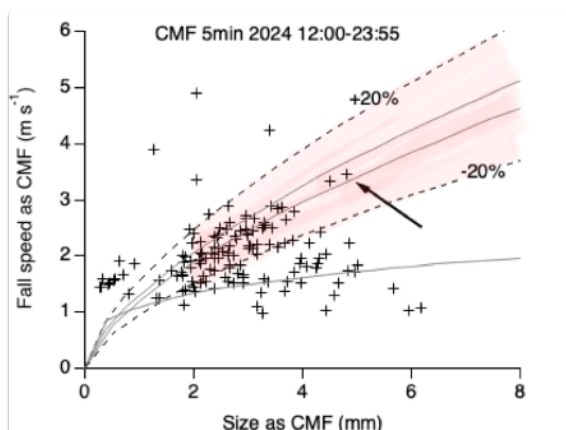


図4 3月20日12時から翌21日0時までの5分毎のCMF。薄赤色は大きな霰降雪と指定した領域。

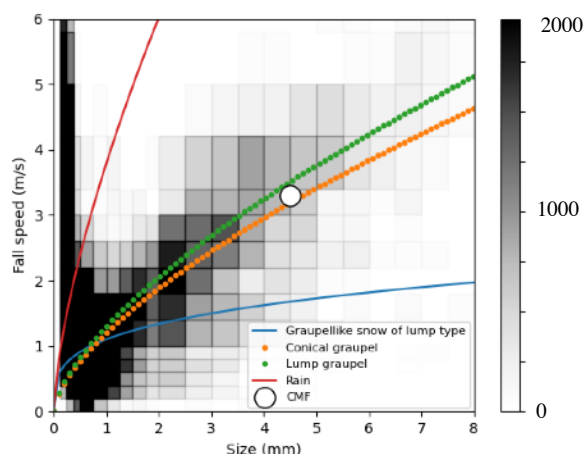


図5 LPMが観測した3/20 19:50前5分間の降雪の粒径と落下速度の数濃度分布。

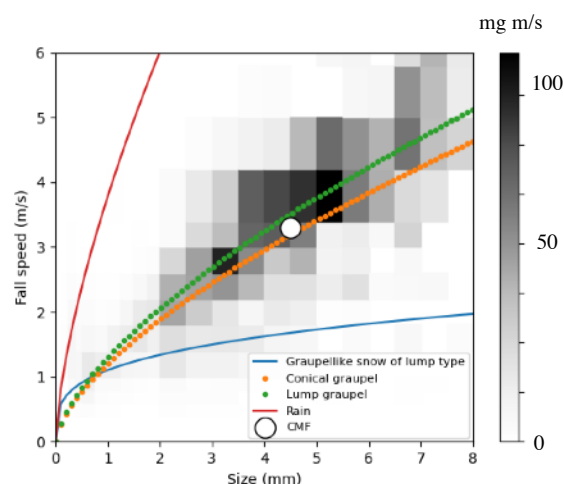


図6 図5の粒子分布から求めた質量フラックス分布とCMF。

機器特有のエラー(雨より落下速度が大きいもの)を含むが確かに4から5mmを超える大きな霰も降ったことがわかる。本分布に対してCMFを求めるために作成したLPM用の推定質量分布図(mass chart:補遺図11参照)を用いて各区分(ビン)の質量フラックス(降水量)分布とそれで重み付けした平均の粒径・落下速度すなわちCMF(白丸)を表したものが図6である。紡錘状から塊状霰の落下速度をもつ4~5mmから、さらにそれを上回る大きな粒径の霰粒子がこの間の降水に寄与していたことがわかる。

5. 霰層の厚さの推定

本報告で検出した大きな霰を含む降雪期間(3月20日の午後)に形成された霰層の厚さを推定を試み

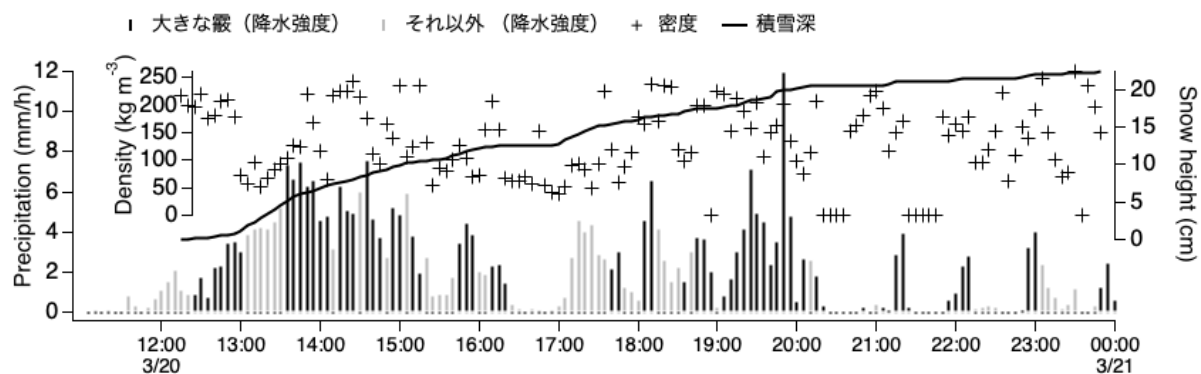


図7 霰降雪期間の5分毎の新雪密度(+), 新雪の層厚の増加(累積:実線), 降水強度(縦棒; 黒色は霰降雪)。

た、この期間の降水量が推定されているので密度が分かればその期間の積雪=層厚が計算できる。ここでは5分間の降雪のCMFから密度を推定する手法を用いて求めた(Ishizaka et. al, 2016))。図7には集中的な霰降雪が続いた3月20日の12時から翌21日0時の間の降水強度(棒線)とCMFから求めた推定密度(+), そして密度と降水量から求めた新雪層の厚さの累積(実線)を示した。密度は大きい時で200から250kg/m³, この期間の平均では125kg/m³で、圧密を考慮せずに求めた霰層の厚さは22.4cmとなった。図8にその推定された霰層の密度成層の様子を示した。本推定の霰層の厚さは現場での観測10~15cmより薄いが、圧密を考慮していないことも要因の一つと考えられる。それでも相当のまとまった霰層が形成されたことが推定できる。また、その成層は図8

に示すようにさまざまな密度からなり、かつ大きい密度は大きな霰に対応することから大小の霰が複雑に入り組んだ構造を持つことがわかる。そのことが霰が弱層となる要因の一つと思われるが、詳しい議論は別に検討する必要がある。

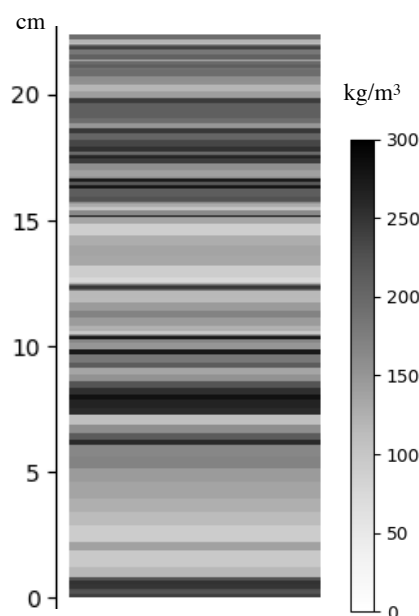


図8 霰層の推定密度成層。濃い色ほど密度大。

6. 大きな霰をもたらした降雪時の気象

最後に参考のために本事象時の気象場について簡単に触れる。大きな霰をもたらした時の降雪は上空に寒気を伴った低気圧が日本海から日本の東に通過した際のものであった(図9)。この期間の気象庁レーダー画像のスナップショットでも霰が観測される時によく見られる強い反射強度を示す領域(黒色)が多数認められ、この時の低気圧の通過に伴う

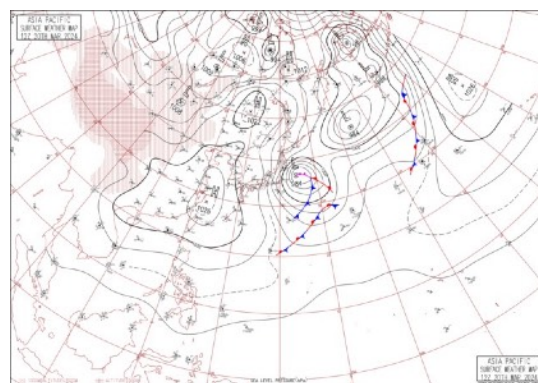


図9 2024年3月20日21時の天気図。

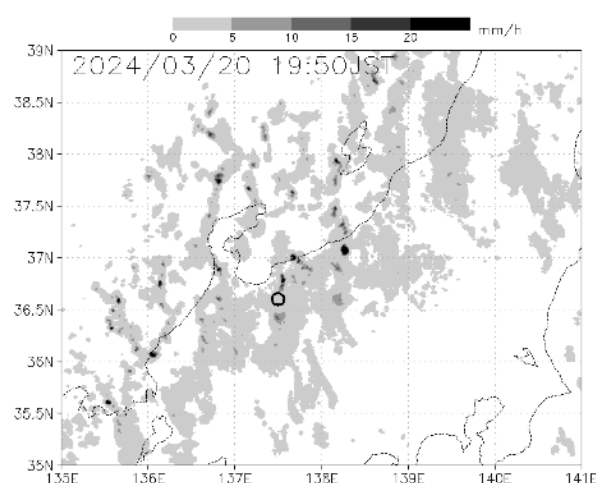


図10 2024年3月20日19時50分の気象庁レーダーの反射強度。○は博物館の所在地点。

降水・降雪には大きな霰を含む雲域が含まれ、その一部が現場付近を通り過ぎたと考えられる。

6. 終わりに

立山連峰の国見岳周辺から天狗山などにかけて広範囲の雪崩が確認され、後に大きな霰を含む積雪層が観測されたことから、本雪崩が霰に起因する弱層によって生じたと推測された。ここでは、雪崩のあった山岳の麓に位置する立山カルデラ砂防博物館に設置した光学式ディストロメータの観測から本雪崩をもたらすような大きな霰を含む降雪の検出を試みた。その結果、降雪の種類と合わせて代表的な降雪粒子の粒径・落下速度を求めることができる指標CMFを用いることによって推定可能であることを示した。その結果、霰の弱層は数日前の寒気を伴う低気圧通過時の約半日にわたる大きな霰を含む降雪によって形成されたと推測された。霰層の密度構成及び層厚もCMFから推定される密度から求めることができた。ただ、層厚の推定には形成後の圧密過程が入っておらず、当然観測された霰層の厚さより大きな値になった。さらにここで用いたLPMには粒径の最大クラスに限界がある点も推定の誤差を生じる。今後の課題とする。

7. 謝辞

図1に使用した地図は「国土地理院地図（電子国土WEB）」を加工して作成したもの、また、図9に使用の天気図は原典：気象庁「天気図」、加工：国立情報学研究所「デジタル台風」によるもの、図10は京都大学生存圏データベースの気象業務センター配信の全国合成レーダーGPVのデータを利用しました。感謝します。

8. 補遺

CMFを求めるには粒径・落下速度の分布に対応する質量フラックス（一定時間に水平面を通り過ぎる質量）の表が必要である。その求め方については参考文献（Ishizaka et. al, 2013）に述べた。そして、そこでは質量フラックスの表をFlux chartとしている。ただ、LPMでは設定された水平面を通り過ぎる粒子数を観測しているので対応する質量がわかれば質量フラックスを「通り過ぎた粒子数」×「各粒子に対応する質量」として求めることができる。したがって、LPMの場合に必要なのは質量フラックスではなく質量の表（Mass chart）である。それをLPMが設定している粒径・落下速度のクラス区分

（ビン）毎に求めると図11のようになる。参考までに補遺とした。

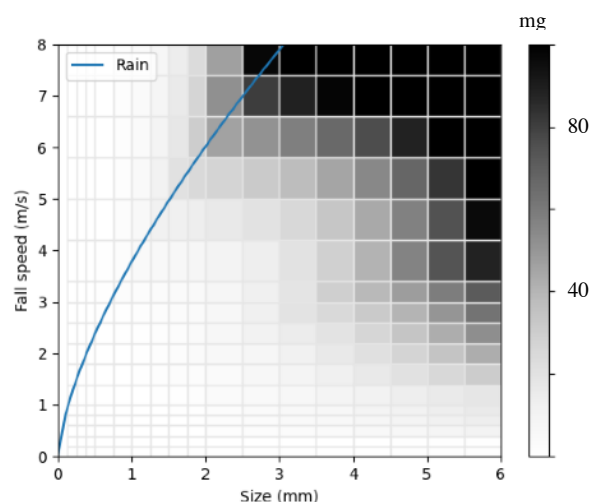


図11 LPM用のMass chart.

文献

- 飯田肇・福井幸太郎(2015)：天狗山・国見岳で発生した巨大雪崩. 2025 年度日本雪氷学会北信越支部研究発表会予稿集.
- Ishizaka et al. (2013): A New Method for Identifying the Main Type of Solid Hydrometeors Contributing to Snowfall from Measured Size-Fall Speed Relationship. *J. Meteorol. Japan*, **91**, 747-762.
- Ishizaka et al. (2016): Relationships between snowfall density and solid hydrometeors, based on measured size and fall speed, for snowpack modeling applications. *The Cryosphere*, **10**, 2831-2845.
- Locatelli, J. D. and Hobbs P. V. (1974): Fall speed and mass of solid precipitation particles, *J. Geophys. Res.*, **79**, 21885-2197.

2024/2025 年初冬の降水に対する日本海の海面水温の影響とその地域差

○田村健太¹

(1: 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター)

1. はじめに

2024/2025 年の冬季は度重なる寒気の流入と低気圧の通過により日本各地で大雪に見舞われた。冬の初めは日本海側の地域で降水量が多く、特に青森では 12 月の月降水量が統計開始以来最大となる 318 mm を記録した。また、北陸地方平野部では降雪量は少なかったものの、大雨警報が発令されるほどの降水が度々観測されていた。先行研究では、日本海側地域における初冬の降雪は日本海の海面水温の影響を強く受けることが指摘している。本研究では、2025 年 12 月上旬から 1 月上旬にかけて日本海側の地域を中心に発生した降水に着目し、降水に対する日本海の海面水温の影響を調査した。

2. データ

領域気象モデル WRF を用いて 2024 年 12 月 1 日から 2025 年 1 月 7 日を対象に日本周辺領域を 2km 格子の解像度にダウンスケーリングする数値実験（再現実験）を実施した。初期値及び境界値として大気は ERA5、海面水温は OISST を用いた。また、日本海の海面水温を気候値（1991 年から 2020 年までの日別平均値）に変えた海面水温改変実験を実施し、2024/2025 年冬季の日本海の海面水温が降水に与えた影響を評価した。

3. 結果

再現実験における 2024 年 12 月 3 日から 2025 年 1 月 7 日までの積算降水量を図 1a に示す。2024/2025 年の初冬は日本海側を中心に平地では 300mm から 500mm、山間部では 1000mm 以上と降水量が多く、北海道から東北では主に季節風による冬型の降水、北陸から中国地方では JPCZ による降水が発生していた。図 1b に再現実験と海面水温改変実験の積算降水量の差を示す。本州の日本海側では新潟と青森周辺で実験間の降水量の差が大きいことが分かる。2024/2025 年の日本海の海面水温が降水量に与えた影響を評価するため、海面水温改変実験での降水量に対する再現実験での降水量の変化量を地域ごとに調べたところ、新潟県では上越が+1.4%、中越が+8.3%、下越が+10.6%と各地で降水量が増加していた。また、青森では+41.6%と大きく増加しており、日本海の海面水温が降水量に与えた影響が地域ごとに異なることが分かった。また、青森では降水量に対する降雪量の割合も減少しており、再現実験では 69.7%、海面水温改変実験では 76.6%と約 7%変化していた。これらの結果から、青森では日本海の海面水温の影響で水分の多い重い雪が増加した可能性が示唆される。

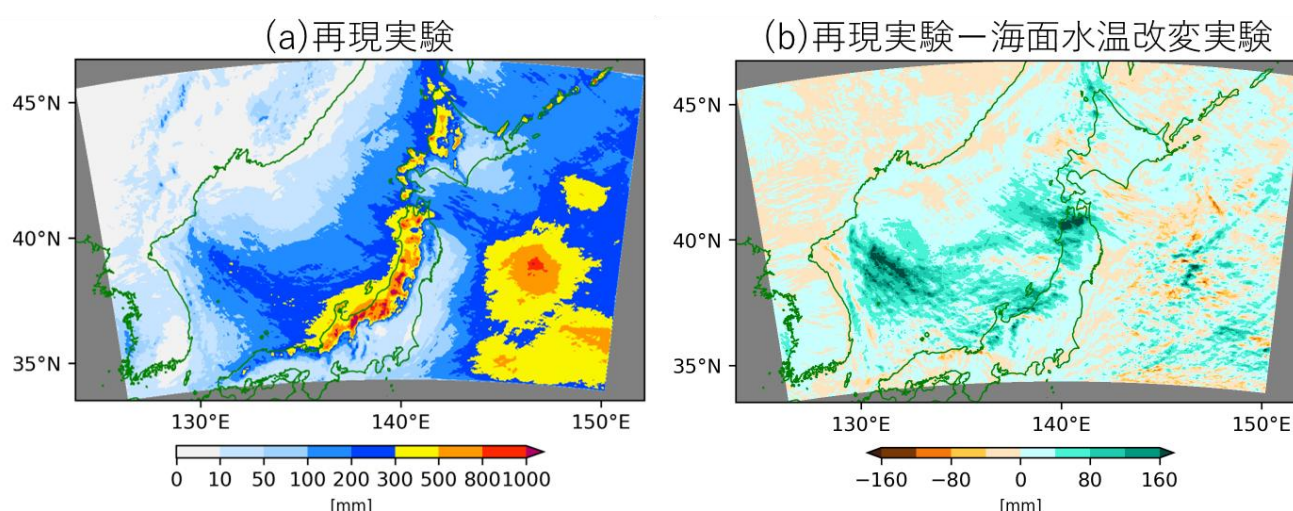


図 1 (a)再現実験における積算降水量(2024 年 12 月 3 日から 2025 年 1 月 7 日)と(b)積算降水量の実験間の差

文献

Kawase, H., Imada, Y., and Watanabe, S. (2022): Impacts of historical atmospheric and oceanic warming on heavy snowfall in December 2020 in Japan. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **127**(21). <https://doi.org/10.1029/2022jd036996>

長岡における強い降雪時の降雪粒子の特徴について

○本吉弘岐¹・石坂雅昭²・山下克也¹・中井専人¹

(1: 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター、2: 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター客員)

1. はじめに

防災科学技術研究所雪氷防災研究センター（新潟県長岡市）では、降雪粒子観測施設において降雪粒子観測を行ってきた。施設内には天井開口部から自然降雪を取り込める低温室があり、ベルトコンベアーを用いて連続的に降雪粒子のマクロ画像を取得している。2009 年冬期以降はビデオマイクロスコープによるマクロ画像、2016 年 1 月以降はデジタルカメラを用いた高解像度のマクロ画像を取得している。本研究では、これらの画像データと露場において実施している気象観測とから大雪時の特に強い降雪がみられたケースの降雪粒子の特徴を調べた。

2. 調査結果

解析対象期間を画像データがアーカイブされている 2009 年から 2025 年の 17 冬期とした。雪氷防災研究センターの露場における 1 時間ごとの積雪深データから 1 時間積雪深差を求めた。得られた積雪深差の頻度分布を図 1 に示す。積雪深は 1cm 単位で計測されているため、その差分も 1cm 単位となっている。積雪深差の最大値は 10cm で、1cm 以上が観測された 4238 回うち 1 回のみであり、9cm が 6 回、8cm が 15 回であった。3cm 以上の積雪深差を強い降雪の目安とすると、その頻度は 1090 時間（1 冬期あたり 64 時間）であった。

表 1 に、1 時間積雪深差が 10cm(最大値)と 9cm のケースの時刻と気象要素を示す。これらのケースでは、1 時間平均気温は-2.2~-0.4 の間であり、風速は 1 つの欠測事例を除き 0.1~2.4m/s の間であった。いずれも寒気吹き出しに伴い日本海上に JPCZ（日本海寒帯気団収束帯）が生じた降雪事例であったが、必ずしも JPCZ に伴う帯状雲の中でたらされたものではなかった。

表 1 の降雪イベントで観察された降雪結晶としては、塊状霰、六花霰、霰状雪のほか、板状結晶としては樹枝状結晶のようなものや、板状結晶の破片のようなもの、板状結晶が複雑に重なりあったものや放射状に伸びたものが多数含まれていた。また、多重鼓様結晶¹⁾が多く見られる時間帯もあった。霰の大きさは大きくても数 mm 程度であった。その他、整った形状の雪結晶は少ないものの樹枝状結晶、扇状結晶、針状結晶、鼓状結晶などが確認できた。霰以外の雪結晶には雲粒付きの場合が多いが、濃密雲粒付きのものや、逆に雲粒のつかないものが多数を占める時間帯もあった。上記の降雪結晶の組み合わせが移り変わりが降っており、多くの時間帯でも概ね雪結晶には雲粒付着を伴っていたが、付着した雲粒からの板状成長を伴う結晶も多く見られた点は降雪結晶の特徴と言える。これは、多重鼓様結晶が多数を占める時間帯もあったが、これも付着雲粒からの板状成長によるものと考えられる¹⁾。この期間に観測された降雪結晶の写真の 1 例を図 2 に示す。

今後は、積雪深差が 9cm 以下のケースにも広げ、他の降雪観測（光学式ディスドロメータなど）や面的な気象解析との比較により、この地域の大雪次の降雪粒子の特徴について解析を進めていく予定である。

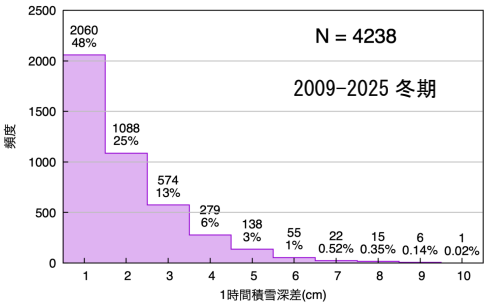


図 1: 1 時間積雪深差の頻度分布

表 1: 積雪深差が 10cm と 9cm の時刻と気象要素

時刻	積雪深差 (cm)	積雪深 (cm)	気温 (°C)	風速 (m/s)
2019-01-21 20:00	10	42	-0.4	--
2018-02-06 01:00	9	170	-1.9	2.2
2020-12-31 23:00	9	66	-2.2	1.0
2022-02-05 03:00	9	107	-1.0	2.4
2022-02-16 22:00	9	113	-0.5	1.8
2022-02-16 23:00	9	122	-0.6	1.7
2022-12-19 07:00	9	98	-0.8	0.1

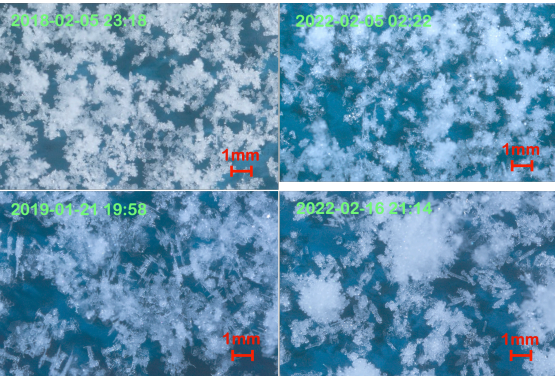


図 2: 表 1 のイベントで観測された降雪写真の例

1) 本吉弘岐, 藤野丈志, 神田健三, 石坂雅昭, 北陸地域における多重鼓様雪結晶の観察およびその成因について, 雪氷研究大会 (2019・山形) 講演要旨集, p. 38.

2025 年 2 月 7 日の大雪時に新潟市で観察された雪結晶

○藤野 丈志¹

(1: 株式会社 興和)

1. はじめに

2025 年 2 月 7 日, アメダス新潟において 18 時から 21 時の 3 時間に, 1997 年以降最大となる 30 cm の 3 時間降雪量 (気象庁, 2025) を記録した. この間, 新潟市西区において雪結晶の観察をおこなったので, 雪結晶の特徴と結晶形の分類結果を報告する.

2. 観察方法

雪結晶の観察は 2025 年 2 月 7 日の 18 時 28 分から中断を挟み 21 時 25 分までおこなった. 結晶を受けるガラス板に自然に落ちてきた雪結晶のうち, 形状がわかりやすい雪結晶を選んで観察及び撮影をおこなった. 次に, 写真に写りこんでいる形状判別可能な雪結晶を, グローバル分類 (菊地ら, 2012) に基づいて分類した. 鼓状結晶については『多重鼓様結晶』 (本吉ら, 2018) を判別した. また, 交差角板状の枝が付いた雪結晶も判別した.

3. 観察結果

撮影した写真より結晶形を判別できた 300 個の雪結晶の分類, および雲粒付着の程度の結果を図 1 に示す. 最も多く観測された雪結晶は放射状結晶 (P7) で, 約 28% を占めた. 放射状結晶には, 中心部が交差角板状結晶であるものがみられた. 鼓状結晶 (CP1) は約 12% 観察されたが, その約 1/3 が『多重鼓様結晶』であった. 雲粒付着量をみると, 付着なし結晶が最も多く, 雲粒付結晶 (R1) 程度と合わせて 8 割を占めた. 交差角板状の枝が付いた雪結晶は, 扇状結晶 (P2), 樹枝状結晶 (P3), 複合板状結晶 (P4), 放射状結晶 (P7) で観察された. 雪結晶の形から, 広い温度領域で結晶成長がおこなわれていたことが読み取られる.

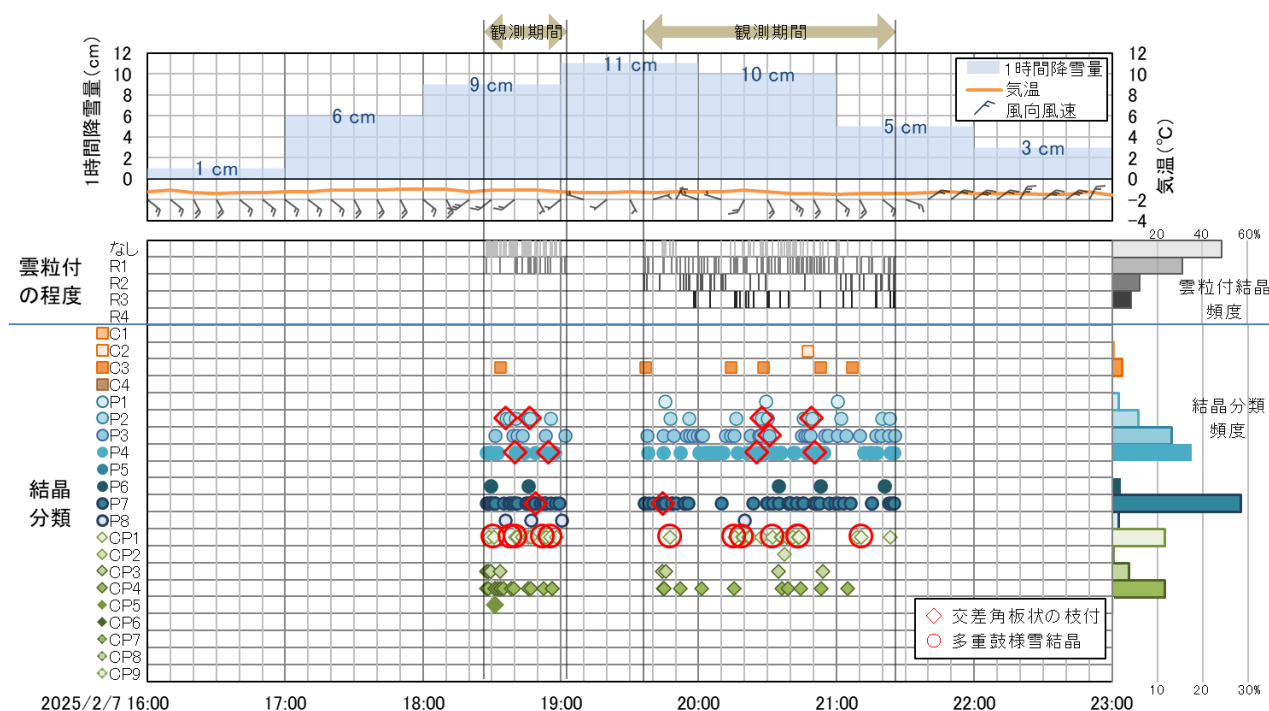


図 1 雪結晶の分類結果 (気温, 降雪量, 風向風速はアメダス新潟による)

文献

気象庁 (2025): 過去の気象データ検索, <https://www.data.jma.go.jp/stats/etm/index.php> (2025.4.7 閲覧)

菊地ら (2012): 中緯度と極域での観測に基づいた新しい雪結晶の分類—グローバル分類—, 雪氷, 74(3), 223-241

本吉ら (2018): 北陸地域における多重鼓様結晶の観察及びその原因について. 雪氷研究大会 (2018・札幌) 講演要旨集, P1-26

過去最少となった白山・千蛇ヶ池雪渓

小川弘司¹・藤原洋一¹

(1:石川県立大学生物資源環境学部)

1. はじめに

白山にある、多年性の千蛇ヶ池雪渓を対象に、本雪渓の長期変動を明らかにするために面積等の規模を継続して計測している。2024 年の千蛇ヶ池雪渓は記録のある中で過去最少となった。2024 年の本雪渓の計測結果と過去のデータとあわせた長期変動のトレンドについて報告する。

2. 調査方法

雪渓の測量は、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いたデジタル写真測量によりおこなった。2024 年は、融雪期中期は 8 月 9 日に、融雪期末期は 10 月 31 日におこなった。撮影データは Metashape (Agisoft 社製) を用いてオルソ画像を作成し、GIS (ESRI 社製 ArcGIS) 上で水平面積 (以下面積)、体積、雪面高をもとめた。

雪渓規模の長期変動のトレンド分析には、Mann-Kendall 検定を採用した (フリーソフト R4.4.2 使用)。ここで、検定の際の p 値が 1% (0.01) 以下の場合は減少/増加している、同 5% (0.05) 以下の場合は減少/増加傾向が現れている、同 10% (0.1) 以下の場合は減少/増加しているとみられる、これら以外の場合は、変化傾向はみられない、といった記述方式を用いた (気象庁, 2023)。

3. 結果

測量の結果は (図 1)、融雪期中期については面積 2141 m²、体積 7951 m³、雪面高 11.5 m、融雪期末期については、面積 48 m²、体積は 31 m³ となり、雪面高は計測地点には雪渓が残存していなかったために値なしとなった。このうち融雪期末期は、例年雪渓が残っている部分に池が形成され、雪渓は池の南側のふちにわずかに残るのみとなった。1960 年代以降のこれまでの長期データと比較して、小さい方からの順位は、融雪期中期で、面積が 2 位、体積が 3 位、雪面高が 5 位、融雪期末期では、面積が 1 位、体積が 1 位となり、2024 年の千蛇ヶ池雪渓は、非常に小さな年であった。特に、融雪期末期については、これまでの値と比較するとかなり小さくなった。なお、この池のふちにわずかに残った雪渓は、過去の写真記録から 1985 年以前に堆積したかなり古いものであると考えられた。

2024 年の計測結果を加えた雪渓の長期トレンドを見ると、融雪期中期の面積は減少しており (p 値: 0.001)、末期の面積も減少していた (p 値: 0.001)。体積については、融雪期中期は減少傾向が現れており (p 値: 0.020)、末期は減少していた (p 値: 0.001)。雪面高は、融雪期中期、末期とも減少しているとみられる (p 値: 0.0748, 0.055) となった。以上の結果から、千蛇ヶ池雪渓の面積および体積は減少しているあるいは減少傾向が現れていることとなり、雪面高においては融雪期中期、末期ともに減少しているとみられ、千蛇ヶ池雪渓の長期トレンドの減少傾向がさらに顕著になった。

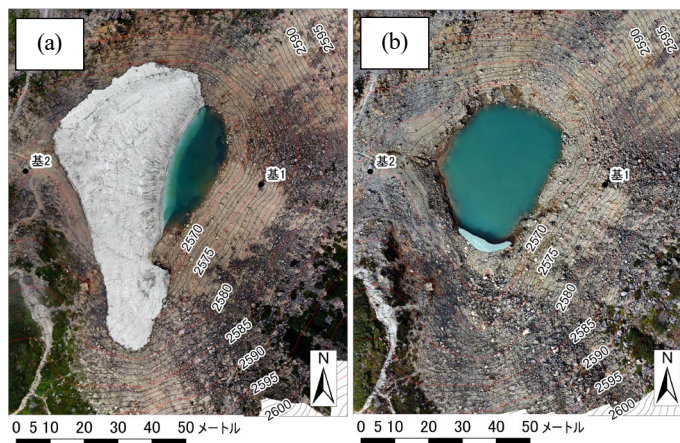


図 1 2024 年の千蛇ヶ池雪渓の測量結果

(a) 融雪期中期 (8 月 9 日), (b) 融雪期末期 (10 月 31 日)

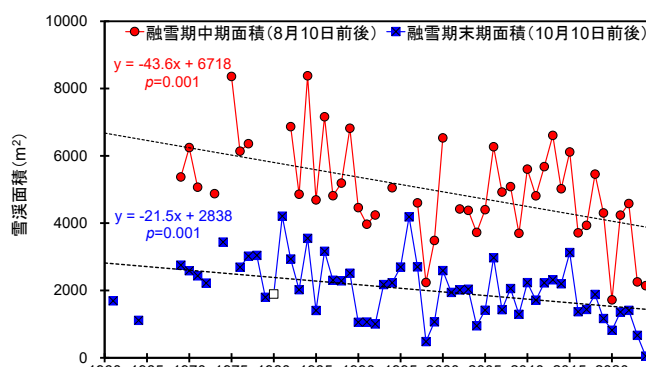


図 2 千蛇ヶ池雪渓の面積の長期変動

□は 1980 年 9 月 15 日撮影の空中写真から求めた値。参考値として掲載した。

文献

気象庁 (2023): “長期変化傾向 (トレンド) の解説”, 気温・降水量の長期変化傾向.
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/trend.html>.

槍ヶ岳を源流とする梓川と高瀬川の上流域における降積雪量の変動

鈴木啓助

(信州大学山環境研究センター・大町市立山岳博物館)

1. はじめに

世界的な観光地である北アルプス・上高地では、梅雨の時期に梓川での洪水災害が頻発するが、秋の台風の影響による大雨を起因とする洪水は多くない。これは、梓川上流域内の槍穂高連峰の高標高域に冬期間に積もった雪が、夏になるまで大量に残ることに起因する。積雪の多くは日射熱と気温・風による顕熱によって融解する。山岳地域での梅雨の季節の降雨時は、日射量は小さいが気温が高く風も強いために、顕熱による融雪量が多くなる。これに降雨量が加算されるために洪水が発生することになる。いわゆる「rain on snow (ROS)」型の洪水である。

山岳地域での降水量の観測は困難であることが多く、電源の確保が難しい場所での固体降水（降雪）による降水量の観測は、従来の方法ではほとんど不可能である。このことから、多量の降雪がある山岳地域では、冬期間の降雪量を直接的に測定することができないため、その量の年々変動を議論することもできない。山岳地域の積雪量は、航空レーザー測量などの方法で見積もることはできるが、高頻度での測量は経費的にも容易ではない。山岳地域の降積雪量は、融雪による下流域での洪水のみならず、わが国の水資源として大きな役割を果たしているため、その変動を探ることは重要である。そこで、山岳流域の融雪期流量から、当該流域内の降積雪量を間接的に算定し、その年々変動を検討する。

2. 研究対象流域

研究対象とする流域は、信濃川水系である梓川の上高地大正池の上流域と高瀬川の高瀬ダムの上流域である。梓川にも高瀬川にも複数のダムが存在するが、大正池も高瀬ダムもそれぞれ最上流部の貯水池である。梓川も高瀬川も、南北に連なる北アルプス（飛騨山脈）のふたつの稜線に挟まれた山岳河川で、槍ヶ岳と大天井岳を結ぶ稜線（東鎌尾根など）が両河川の分水嶺である。この分水嶺の南側に降った雨や雪は、南流し梓川となり松本市内を流れ安曇野市の押野崎で犀川となる。分水嶺の北側に降れば、北流し高瀬川となり大町市などを流れ、押野崎で梓川と合流し犀川となる。犀川は千曲川と合流し、やがて信濃川となって日本海に

注ぐ。梓川と高瀬川の最高標高地点は、それぞれ、奥穂高岳の3190 mと槍ヶ岳の3180 mである。大正池の標高は1490 mであるから梓川流域の標高差が1700 mであり、高瀬ダムの標高が1270 mであるから高瀬川流域の標高差は1910 mである。大正池上流の梓川の流域面積は106 km²で、高瀬ダム上流の高瀬川の流域面積は131 km²であり、高瀬川の方が梓川よりも流域面積は2割以上広い。

3. 結果

大正池と高瀬ダムのふたつの貯水池への流入量から、梓川と高瀬川の流出高を算出する。その結果、大正池と高瀬ダムにおける降水量は、梅雨の時期に大きくなるが、梓川と高瀬川の月流出高は5月から7月の間で、降水量よりも圧倒的に大きくなる。基本的な水収支式（降水量＝蒸発散量＋流出高）では、流出高が降水量より多くなることはない。この矛盾をもたらしているのは、流域内に冬期間に降雪（吹きだまり効果も含む）としてもたらされた多量の積雪に起因すると考えられる。つまり、天然の白いダムとして流域内に堆積していた積雪の多くが、5月から7月の間に融解するために、その融雪量が降水量に付加され、流出高が降水量よりも多くなるのである。このことから、流出高と降水量の差が、前述した上流域に残っている積雪からの融雪水量に相当すると考えられる。さらに、高標高地域とは言え、気温が高い時期でもあることから蒸発散量も考慮する必要がある。なお、流域蒸発散量は気温から推定することになるが、解析期間では気温の変動傾向が認められないため、流出高の増減傾向を議論する際には考慮しない。

梓川の融雪期の流出高は、解析期間では統計的に有意に増加しており、降水の変動は有意ではない。その結果として、算定された梓川流域の降積雪量は統計的に有意に増加傾向にある。

解析期間が短い高瀬川では、融雪期の流出高と降水量の変動は統計的に有意ではなく、算定された高瀬川流域の降積雪量の変動も統計的に有意ではないが、減少傾向ではないことがわかる。

信越地方における年最深積雪の長期変化

○栗林正俊¹
(1：長野県環境保全研究所)

1. はじめに

地球温暖化が積雪に及ぼす影響を明らかにするためには、長期間に渡る均質で精緻な気象観測が必要である。信越地方(長野県と新潟県)には、100年以上に渡り積雪深を観測している箇所がいくつかあり、年最深積雪の経年変化に関する報告がいくつかある。例えば、鈴木(2021)は森林総合研究所十日町試験地(標高 200 m)において1918～2020年の年最深積雪が減少傾向であることを報告している。また、鈴木(2022)は気象庁の大町(標高 784 m)と松本(標高 610 m)における1898～2021年の年最深積雪の経年変化を評価し、大町では増減傾向が認められないのに対し、松本では減少傾向であることを報告している。しかしながら、信越地方の複数地点で年最深積雪の経年変化を100年規模で解析し、標高や気候区分などの地理特性に応じた違いを比較・考察した研究はほとんどない。そこで、本研究では信越地方の年最深積雪の観測値を解析し、その経年変化の特徴を地点間で比較するとともに、気温や降水量の経年変化との関係を明らかにすることを目的とする。

2. データと方法

本研究では、表1に示した7つの気象官署における年最深積雪、冬季(前年12月～2月)の平均気温と3カ月積算降水量(冬季降水量)の観測値を利用した。各観測値やその均質性に関する情報は、気象庁ホームページから取得し、解析には気象観測統計指針の正常値と準正常値を使用した。各観測値の経年変化の統計解析を行う期間は、1926～2025年の100年間とした。各気象要素の経年変化について、統計的な有意性を検定する際は、長期変動傾向の統計解析に用いられるノンパラメトリック検定の一つで、外れ値の影響を受けにくいとされるMann-Kendall検定を利用した。

表1 各気象官署の位置と積雪深の観測開始時期

観測所名	東経(°)	北緯(°)	標高(m a.s.l.)	積雪深の観測開始
相川	138.240	38.028	5.5	1911年12月
新潟	139.018	37.893	4.1	1891年1月
高田	138.247	37.107	12.9	1922年1月
長野	138.192	36.662	418.2	1892年1月
松本	137.970	36.247	610.0	1898年1月
飯田	137.822	35.523	516.4	1897年11月
軽井沢	138.547	36.342	999.1	1925年1月

3. 結果と考察

年最深積雪の変化率は全ての地点が負の値で、この100年間で年最深積雪は減少していた(表2)。この年最深積雪の減少について、統計的な有意性を検定した結果、新潟では有意水準10%以下、松本と飯田では有意水準5%以下、相川と高田では有意水準1%以下、でそれぞれ有意と判定された。冬季平均気温は100年あたり1.38～2.39℃の範囲で上昇していて、この上昇傾向は全ての地点が有意水準1%以下で統計的に有意と判定された(表2)。冬季降水量の変化率は全ての地点で負の値で、この100年間で冬季降水量は減少していた(表2)。この冬季降水量の減少について、統計的な有意性を検定した結果、長野では有意水準10%以下、高田では有意水準5%以下、でそれぞれ有意と判定された。

年最深積雪と冬季平均気温の相関関係を評価した結果、全ての地点が有意水準5%以下で統計的に有意な負の相関を示した。特に、新潟県の3地点は長野県の4地点に比べて相関がより強かった。年最深積雪と冬季降水量の相関関係を評価した結果、飯田を除く全ての地点が有意水準1%以下で統計的に有意な正の相関を示した。これらの結果から、温暖化に伴う冬季平均気温の上昇は年最深積雪を減少させており、地点によっては冬季降水量の減少も年最深積雪の減少を助長していると考えられる。

文献

鈴木啓助(2021)：大町市とその周辺における近年の気候変動。市立大町山岳博物館研究紀要，6，1-5。
鈴木啓助(2022)：大北地域におけるアメダス観測以前の積雪深変動。市立大町山岳博物館研究紀要，7，1-8。

表2 各気象官署における1926～2025年の年最深積雪・冬季平均気温・冬季降水量の変化率

観測所名	年最深積雪 (cm/100年)	冬季平均気温 (°C/100年)	冬季降水量 (mm/3カ月/100年)
相川	-15.3	2.39	-46.5
新潟	-13.6	1.74	-25.8
高田	-104.0	1.47	-258.2
長野	-6.5	2.03	-33.3
松本	-8.9	2.38	-17.6
飯田	-6.4	1.39	-1.4
軽井沢	-3.9	1.38	-23.9

は有意水準10%以下で統計的に有意。
は有意水準5%以下で統計的に有意。
は有意水準1%以下で統計的に有意。

UAV-LiDAR による 2025 年 4 月の立山黒部アルペンルート の標高毎の積雪深分布観測

○福井幸太郎¹・飯田肇¹・川瀬宏明²

(1: 富山県立山カルデラ砂防博物館 2: 気象庁気象研究所)

1. はじめに

豪雪であった 2025 年の山地積雪の特徴を明らかにするため、2025 年 3 月 29 日と 4 月 7 日に立山黒部アルペンルート沿い 5 つの観測エリアで UAV-LiDAR による積雪深分布観測を行った。この観測結果を 2024 年 4 月の積雪深分布観測結果と比較した。

2. 方法

現地観測には DJI 社製 Matrice 350 RTK (UAV 本体) と Zemmuse L1, D-RTK2 を用いた。D-RTK2 の座標は 2 周波 GPS (イネブラー社製 GEM-1) によるスタティック測位で求めた。UAV による観測では、地形フォロー機能を利用して ASTER-GDEM3 の楕円体高+100m で自動飛行を行った。点群のデータ処理は DJI Terra, データ解析は ArcGIS pro を用いた。

観測エリアは美女平 (標高 1100m 前後), 下ノ小平 (標高 1200m 前後), 大観台 (標高 1450m 前後), 弥陀ヶ原 (標高 1900m 前後), 室堂 (2400m 前後), 観測日は美女平と下ノ小平, 大観台, 弥陀ヶ原が 2025 年 4 月 7 日, 室堂が 2025 年 3 月 29 日である。

無雪期の地表面データとして、国土交通省立山砂防事務所が所有している航空レーザー測量による 1m メッシュ DEM (2021 年 10 月の観測データ) を使用した。誤差は 0.2m 程度と言われている。現地観測データ (積雪期 DSM) と無雪期 DEM の差分を ArcGIS Pro のラスタ演算で求め、積雪深分布を推定した。

3. 結果

UAV-LiDAR 観測による雪の大谷付近の積雪深は 15.9 m であった (図 1)。これは雪の大谷の高さの公表値 (16 m) とほぼ一致し、2024 年 4 月よりも 2m ほど高い結果となった。

各観測エリア全体の 2025 年の平均積雪深は室堂平が約 5.8m, 弥陀ヶ原が約 3.8m, 大観台が約 2.9m, 下ノ小平が約 2.4m, 美女平が約 2.1m であった。2024 年の平均積雪深は室堂平が約 5.3m, 弥陀ヶ原が約 3.2m, 大観台が約 1.4m, 下ノ小平が約 0.8m, 美女平がほぼ無積雪で、2025 年の平均積雪深は室堂平や弥陀ヶ原で 1 割前後, 大観台や下ノ小平, 美女平で 2 倍以上大きかったといえる。

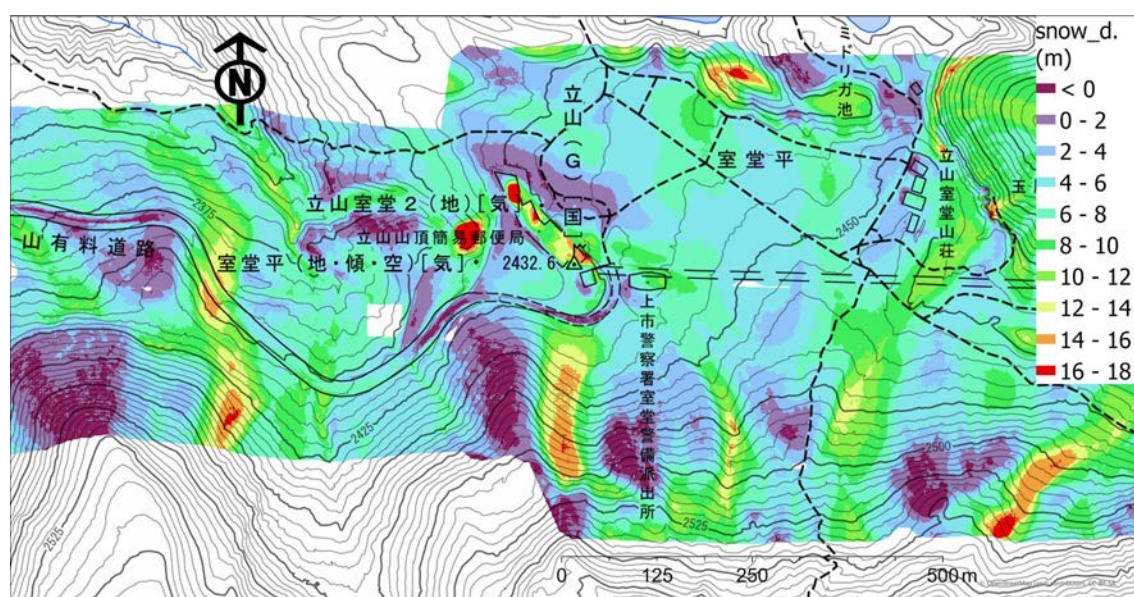


図 1 2025 年 3 月 29 日の室堂平の積雪深分布

AMeDAS データを用いた初期積雪形成時の気象条件と標高特性

○杉浦幸之助¹・本井雅也¹

(1: 富山大学)

1. はじめに

降り落ちた雪粒子が積雪を形成するかどうかは、雪氷対策にとって重要であるだけでなく、冬の絶景を生み出すためにも欠かせない情報である。これまで雨雪判別に関する研究は数多くなされてきたが、降雪となって、雪が積もるか積もらないかの気象条件や標高依存性については十分に調べられていない。先行研究では、富山を対象に野外観測から積雪が形成される気象条件が解析された(杉浦・衛本, 2020)。本研究では、AMeDAS データを用いて、積雪が初めて形成される時の気象条件が地域によってどのように異なるのかを調べたので報告する。

2. 解析方法

AMeDAS データのうち、気温、相対湿度、降雪量、積雪深、降水量、風速を使用した。なお、降水量に関して、固体降水には大きな誤差が生じることが報告されているため、風による捕捉損失の補正をした。対象期間は、2015/2016 年冬期、2016/2017 年冬期、2017/2018 年冬期の 3 冬期である。全国 AMeDAS 地点のうち、対象期間中に実際に積雪が観測された 64 地点を解析対象とした。

3. 結果と考察

初期積雪形成時の気温と相対湿度の関係を図 1 に示す。日本海側では、気温+2℃以上でも積雪が形成されることがあり、気温が高いときには相対湿度は低い結果となった。太平洋側では、日本海側のような気温が高いときには積雪が形成されず、気温+1℃以下での積雪が目立っている。この傾向は 3 冬期で同じ傾向であった。また、北陸地方は、より高温かつ低湿度で積雪するパターンが特徴的に多く確認された(図省略)。この傾向も 3 冬期で同じ傾向であった。さらに、北陸地方は、同じ日本海側の東北地方に比べて、降水量が多い場合にも積雪が形成されていた。よって、降水強度が強いと地表への雪粒子の供給量が多く、地表温度がより冷やされ、積雪しやすいため、北陸地方では特徴的により高温かつ低湿度でも積雪したのではないかと考えられる。

初期積雪形成時の標高と気温の関係をみると(図省略)、積雪開始時の気温は、標高が高くなると低下していた。これは標高が高い AMeDAS 地点ほど、例えば降雪粒子が小さく降水強度が弱いために地表面で融解しやすいことが推測されるが、今後の解析が必要である。また、約 0m~200m の低い標高の場合、日本海側では気温が高くて積雪が形成する傾向が顕著であった。今後は、標高特性に関して、広い標高範囲で降雪粒子の粒径や高層気象データなどを解析する必要がある。

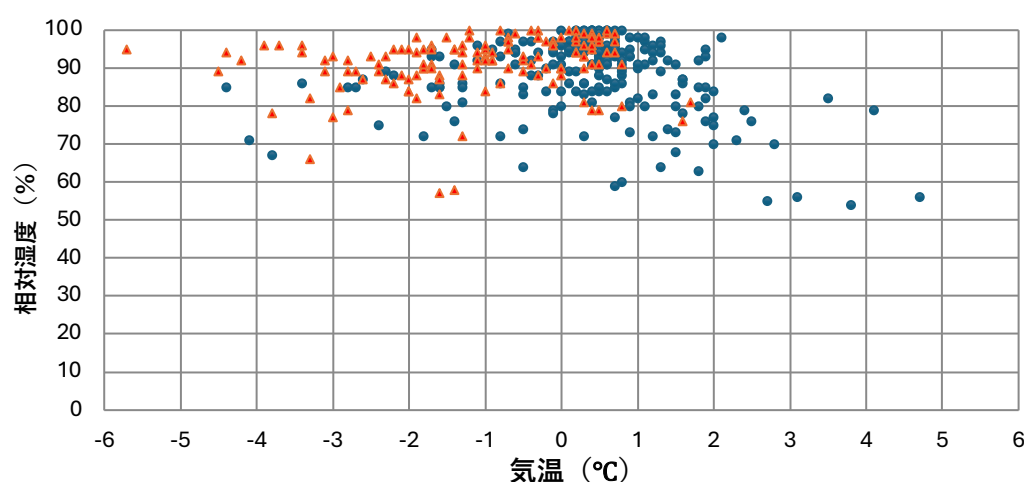


図 1 初期積雪形成時の気温と相対湿度 (2017/2018 冬期の例)。●: 日本海側, ▲: 太平洋側。

文献

杉浦幸之助, 衛本雄太 (2020): 富山における降雪時の積雪形成時に限する気象条件非。雪氷研究大会 (2020・オンライン), B2-2, https://doi.org/10.14851/jcsir.2020.0_60.

非積雪地域における雪による車両滞留発生時の気象条件

中島正太郎¹・河島克久²

(1:新潟大学理学部 2:新潟大学災害・復興科学研究所)

1. はじめに

雪による大規模車両滞留は日本海側の地域だけでなく、太平洋側の地域でも発生することがある。例えば、2024年1月24日には強い冬型の気圧配置となり、太平洋側にも雪がもたらされ、名神高速道路関ヶ原IC付近で合計約1200台の車両滞留が発生した。ひとたびこのような車両滞留が発生すると社会に大きな被害を与えることから、国土交通省は予防的通行止めと集中除雪などの対策を道路管理者に要請している。しかし、道路管理者が予防的通行止めの実施を適切なタイミングで判断することは容易ではなく、この判断を支援するための気象経過・予測等に基づく基準の策定が望まれる。

予防的通行止めの基準を検討するためには、これまでの車両滞留発生時の気象の特徴を分析する必要がある。積雪地域における大雪による車両滞留には、発生前10～30時間の降雪が関係しており、車両滞留発生時の気象の特徴は、「発生前24時間の累積降雪量と平均気温がそれぞれ40cm以上、0℃以下」であることが明らかになっている(村田・河島, 2021)。非積雪地域でも降雪量と気温が重要だと考えられるが、ドライバーが雪に不慣れである、冬用装備をしていない車両が多い、積雪地域と雪の降り方が異なるなどの理由から、必ずしも積雪地域の条件が当てはまるとは限らない。そこで本研究では、非積雪地域における過去の車両滞留発生事例に基づいて、発生前の気象(降雪量、気温)推移の特徴を調べ、降雪量と気温の累積・平均時間を検討する。そのうえで、決定した時間幅の累積降雪量と平均気温を求めることによって、車両滞留発生時の気象条件を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2. 1 車両滞留事例の抽出

非積雪地域で大規模な車両滞留が多く発生した2022/23年、2023/24年の2冬期(12月～3月)を対象に、新潟大学災害・復興科学研究所の「雪による車両滞留イベントデータベース」を用いて、非積雪地域で発生した事例を抽出した。その中から、発生地点と時間が明確な事例を使用した。

2. 2 使用データと解析方法

発生地点近傍の気象データが必要であるため、降雪量は気象庁の解析降雪量(酢谷ら, 2024)、気温は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の農研機構メッシュ農業気象データ(大野ら, 2016)を使用した。

解析降雪量は5kmメッシュデータである。これは、積雪変質モデルSMAPによって推定した積雪の深さをアメダス観測値で補正し、1時間ごとの差分をとったデータである。農研機構メッシュ農業気象データの気温は、アメダス観測値と気温の平年値を基に標高を考慮して作成された1時間データであり、1kmメッシュ格子点データとして提供されている。

気温データも降雪量データも、ともに発生地点に最も近い格子点のデータを使用した。抽出事例の発生時の降雪量推移に基づいて、降雪開始から降雪終了までの時間(降雪継続時間)と、降雪開始から車両滞留発生までの時間(発生前降雪時間)を求めた。また、発生前降雪時間における平均気温と累積降雪量を求めた。

3. 抽出された車両滞留事例

データベースから合計23件の車両滞留事例が抽出された(2022/23年冬期:19件、2023/24年冬期:4件)。その発生場所は関東地方から九州地方の広い範囲に分布しており、特に近畿地方で多かった。

23件を道路別にみると、高速道路3件、国道13件、県道4件、市道3件であった。月別に見ると、1月に発生した事例が多かった(16件)。23件のうち、冬型の気圧配置時の事例が19件あり、残り4件は南岸低気圧通過時であった。

4. 解析結果

4. 1 降雪時間

各事例の降雪継続時間を調べた結果、6～28時間であり、12時間以内の事例が17件と多かった。車両滞留発生事例の多くが降雪継続時間の前半で発生しており、発生前降雪時間が9時間以内の事例がほとんどであった(図1)。これは積雪地域の発生前降雪時間に比べて極めて小さい。発生前降雪時間が3時間以内の事例(10件)は全て国道、県道、市道といった一般道路であるのに対し、高速道路の事例(3件)は全て6時間以上であった。

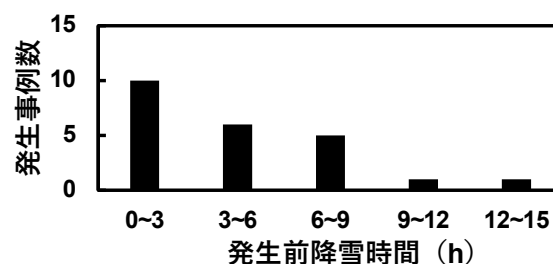


図1 発生前降雪時間の頻度分布

4. 2 発生前降雪時間の気象の特徴

発生前降雪時間の累積降雪量と平均気温を調べた結果、累積降雪量が2 cm 以上、平均気温が0℃以下という特徴があった(図2)。平均気温については積雪地域と同じであるが、累積降雪量は、積雪地域の「累積降雪量が40 cm 以上」とは大きく異なる結果となった。

5. 考察

5. 1 降雪量と気温の累積・平均時間

予防的通行止めの基準を決定するためには、降雪量と気温の累積・平均時間を決める必要がある。図1の発生前降雪時間の頻度分布から、おおよそ発生前9時間以内の時間幅の気象が車両滞留発生に関係している。このことから、本研究では、降雪量と気温の累積・平均時間を発生前6時間とすることにした。

5. 2 車両滞留発生時の気象条件

発生前6時間の平均気温と累積降雪量の関係を調べた結果、累積降雪量が2 cm 以上、平均気温が2℃以下という特徴が認められた(図3)。

累積降雪量の変動幅を見ると、2~21 cm まで幅広く分布している。そのなかで、2~3 cm の小さい事例(7件)は、すべてが国道、県道、市道であった。これらの一般道路では、交通の妨げとなりにくい未明から早朝の時間帯に新雪除雪が実施される。つまり、新雪除雪が行われない時間が長い一般道路では、短時間の少ない降雪量で車両滞留が発生する可能性があることを意味している。それに対して、24時間体制で新雪除雪が行われる高速道路では、わずか3件の事例ではあるものの、発生前6時間の累積降雪量が9~13 cm であり、一般道路より車両滞留発生時の累積降雪量が多い。

平均気温の変動幅も-4℃~2℃まで幅広く分布している。そのなかで、0℃以上の事例(7件)は全てが一般道路であった。これらの事例はいずれも累積降雪量が比較的小さく、発生前降雪時間が短い(3時間以内)事例である。つまり、これらは発生前6時間のなかで降雪がない時間が長く、その時間を含めた平均気温であるため、平均気温が高くなっている。それに対して高速道路では、発生前降雪時間が全て6時間以上であるため、平均気温が0℃以下と低い。

以上から、非積雪地域における車両滞留発生時の気象条件は、降雪量と気温の累積・平均時間を発生前6時間とした場合、「累積降雪量と平均気温がそれぞれ2 cm 以上、2℃以下」である。ただし高速道路に限ると、累積降雪量の閾値は若干大きくなり、平均気温の閾値は0℃程度に下げることができると考えられる。

6. まとめ

非積雪地域における車両滞留発生時の気象を解析した結果、非積雪地域では積雪地域よりも発生前降雪時間が短く、おおよそ発生前9時間以内の気象が関係している

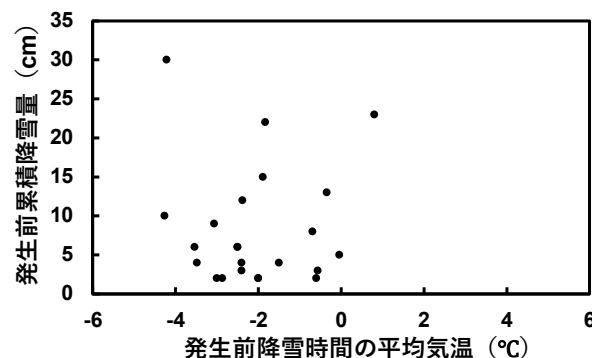


図2 発生前降雪時間の累積降雪量と平均気温の関係

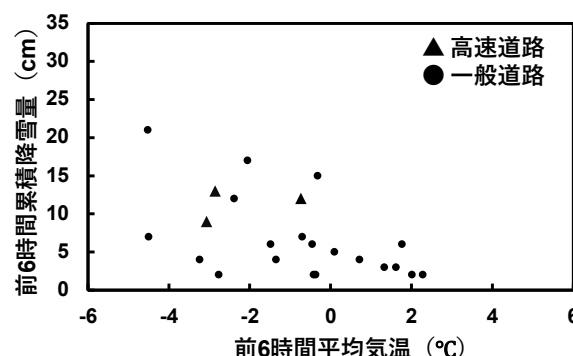


図3 発生前6時間の累積降雪量と平均気温の関係

ことがわかった。降雪量と平均気温の累積・平均時間を6時間とした場合、非積雪地域における車両滞留発生時の気象条件は、「累積降雪量と平均気温がそれぞれ2 cm 以上、2℃以下」であると言える。

今後は、非積雪地域で発生した他の車両滞留事例を上記の条件で良好に捕捉できるか調べる必要がある。そのうえで、安全性と安定性の両面を考慮して予防的通行止め基準を策定すべきである。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 22H01737 の助成を受けて実施された。

文献

- 村田晴彦, 河島克久 (2021) : 雪による車両滞留発生前の気象変化の特徴. 雪氷北信越, No.41, 64.
- 大野宏之, 佐々木華織, 大原源二, 中園江 (2016) : 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象, 16, 71-79.
- 酢谷真巳, 畑中謙一郎, 長屋幸一, 庭野匡思 (2024) : 解析積雪深・解析降雪量及び降雪短時間予報について. 測候時報, 91, 1-25.

消融雪施設の冗長化設計に向けた降雪量の統計

藤野丈志¹・渡辺柚香²・〇碓井大成¹

(1: 株式会社興和 2: 長岡科学技術大学)

1. はじめに

消融雪施設の設計において、融雪対象とする降雪量は日降雪深の累積相対頻度 80%を基本としており、短時間の大雪は対象外となっている(路面消・融雪施設等設計要領編集委員会, 2008)。近年は短時間の大雪による交通障害が問題となっていることから、消融雪施設においても大雪への対応を考慮する必要がある。そこで、消融雪施設が対象とする降雪量を検討する前段階として、全国のアメダス観測点を対象に寒候年ごとの総降雪量と 6 時間降雪深の最大値について統計を行ったので報告する。

2. 方 法

2024 年 5 月末時点で観測データが 20 年以上あるアメダス観測地点を対象に、寒候年ごとの総降雪量(310 地点)と 6 時間降雪深の最大値の変化(237 地点)について調べた。

3. 結果と考察

寒候年ごとの総降雪量の変化について調べた結果、増加傾向にあるのは 23 地点のみであった。月別で見ると、1～3 月で増加傾向にあるのは 50 地点未満であったが、12 月のみ 120 地点で増加傾向が見られた。

寒候年ごとの 6 時間降雪深の最大値の変化について調べた結果、増加傾向にあるのは 93 地点であった(図 1)。月別で見ると、1～3 月は半数以上の地点で減少傾向にあるのに対し、12 月のみ半数を超える 132 地点で増加傾向であった(図 2)。

総降雪量、6 時間降雪深の最大値ともに 12 月のみ他の月と比較して増加傾向の地点が多い結果となった。また、6 時間降雪深の最大値は日降雪深の累積相対頻度 80%より算出した 6 時間降雪深の 2～3 倍であった。

川崎・河島(2024)により、新潟県下越地方を中心とした地点において、大雪(3～48 時間降雪量)の出現頻度が増加していること、新潟県内の多くのアメダス観測地点で大雪の 12 月出現割合が高くなっていることが報告されている。本統計結果より、全国的にも同様の傾向が見られた。増加傾向が見られた地域では、増加量を踏まえた消融雪施設の冗長化設計も検討課題となる。

4. まとめ

寒候年ごとの総降雪量および 6 時間降雪深の最大値はほとんどの地点で減少傾向であることが分かった。月別で見ると、12 月のみ他の月と比較して多くの地点で総降雪量、6 時間降雪深の最大値ともに増加傾向であることが分かった。今回得られた知見は消融雪施設が対象とする

降雪量や冗長化設計について検討する際のデータになると考えられる。

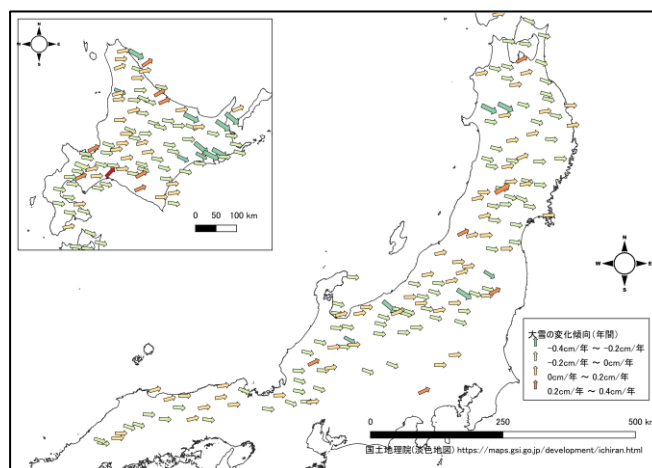


図 1 6 時間降雪深の最大値の変化傾向(年間)

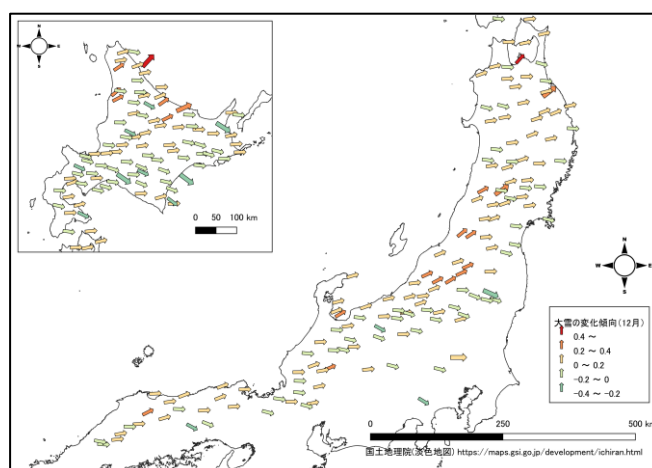


図 2 6 時間降雪深の最大値の変化傾向(12 月)

文献

- 川崎・河島(2024): 新潟県における大雪の出現頻度と出現時期の近年の変化. 雪氷研究大会(2024・長岡)講演要旨集, B3-2.
- 路面消・融雪施設等設計要領編集委員会(2008): 路面消・融雪施設等設計要領, 新潟県, 社団法人日本建設機械化協会北陸支部, 21pp.

路面雪氷状態解析における車両通過と凍結防止剤散布の重要性について

○藤本明宏¹

(1: 福井大学学術研究院工学系部門)

1. はじめに

筆者らは、熱、水質量、氷質量、空气体積、固相凍結防止剤（以下、塩）質量および液相塩質量収支による路面雪氷状態モデルを開発している。本モデルは、機械除雪に加えて、塩散布の影響と通過車両の熱的および物理的影響を考慮した点に特徴があり、世界的に見ても類がない。

本論文は、野外観測との比較を通じて本モデルの妥当性検証の一部を紹介するとともに、数値シミュレーションによって通過車両による飛散と塩散布が解析結果に及ぼす影響について述べる。

2. 路面雪氷状態モデルの概要

本モデルは、気象、道路構造、交通、機械除雪・塩散布条件を入力条件に、路面雪氷層の温度、水質量、氷質量、空气体積、固相塩質量および液相塩質量を解析する。これを基に、路面雪氷状態、塩分濃度、路面すべり摩擦係数などが出力される。詳細は参考文献を参照されたい。

3. 野外観測

本研究では、北陸地域の国道（標高約 180m）において気象および道路雪氷の野外観測を実施した。当該地は、積雪寒冷地に属し、冬期には機械除雪や塩散布が行われる。観測期間は 2023 年 1 月 21 日～同月 30 日の 9 日間である。1 月 24 日 8:00 頃から断続的な降雪があり、特に 24 日～26 日は最強寒波が襲来し、時折強い降雪が観測された。道路は密粒度アスファルト舗装であり、片側 1 車線の 2 車線である。また、登坂区間であり、縦断勾配は約 7° である。

本観測では、気温、相対湿度、風速、降水量、天空長波放射フラックスおよび短波放射フラックス、道路雪氷状態（DSC111, Vaisala 製）を計測した。路面上の雪厚さおよび水厚さ、路面温度も計測した。加えて、道路状況をカメラによって連続的に記録した。交通量は動画から車両を自動抽出する技術を用いてカウントした。交通量のカウントは休日の 1 月 22 日（日）、最強寒波時の平日の 1 月 25 日（水）および平常時の平日であった 2 月 21 日（火）に行った。

除雪と凍結防止剤散布については、道路管理者からこれらの稼働状況の記録を入手し、実際の稼働の有無を動画でも確認した。除雪は除雪グレーターと除雪トラックで実施された。凍結防止剤散布は塩化ナトリウムの固形散布であり、散布量は約 20 g/m² が基準値として設定されている。

4. 解析結果

4. 1 モデルの検証

ここでは結果の一例として、2023 年 1 月 25 日～同月 27 日の結果を紹介する。図 1 は解析期間における路面雪氷状態の推移である。図 2(a) は雪氷層の厚さと水・氷・空気厚さの解析結果 ($H_{wias,c}$, $H_{w,c}$, $H_{i,c}$ および $H_{a,c}$)、雪・水厚さの計測結果 ($H_{sn,m}$ および $H_{w,m}$) を、同図(b) は路面雪氷状態の測定結果と計測結果 (CL_m および CL_c) を、同図(c) は路面上の塩質量および塩分濃度の解析結果 (M_s および C) をそれぞれ示す。

1 月 25 日 16:00～翌日 8:00 までは断続的に降雪が観測された。 CL_m は 26 日 6:00 まで圧雪状態であり、それ以降は凍結防止剤散布や気温上昇によりシャーベットあるいは湿潤状態となった。 CL_c は CL_m を概ね一致した。 $H_{sn,m}$ には上下の変動が見られる。これは、図 1 の写真から分かるように通過車両の飛散により道路横断方向に雪の凹凸（凹はタイヤが通過して $H_{sn,m}$ が減少した箇所。凸は飛散によって雪が堆積して $H_{sn,m}$ が増加した箇所）が発生したためと推察される。6:00 に凍結防止剤が散布されたことにより、 $M_s=20\text{ g/m}^2$ となった。 M_s は排水や通過車両による飛散が生じるまで減らない。そのため、26 日 7:00 まで $M_s=20\text{ g/m}^2$ を維持した。日射や気温上昇に伴い雪氷層の温度が上昇したことにより、 $H_{w,c}$ が増大し、 C は減少した。26 日 8:00 から雪氷層の水分が増えたことにより通過車両による飛散が発生し、急激に $H_{sn,m}$ は減少した。 $H_{sn,m}$ ・ $H_{w,m}$ と H_{wias} を見比べると、前述のとおり $H_{sn,m}$ の上下変動を正確に再現できないものの、 H_{wias} は $H_{sn,m}$ ・ $H_{w,m}$ の時間変化を概ね追従できている。

4. 2 通過車両および塩散布の影響

図 3(a) は通過車両と塩散布をともに考慮した結果を、同図(b) は塩散布のみ考慮した結果を、同図(c) は通過車両のみ考慮した結果をそれぞれ示す。なお、路面雪氷状態の変化が分かり易いように、ここでの解析に限っては 27 日 10:00 の除雪を考慮していない。

同図(b) では、凍結防止剤散布によって圧雪状態からシャーベット状態に変状しているが、飛散がないため $H_{wias,c}$ に低下が生じない。そのため、同図(a) に比べて路面上には厚いシャーベットが形成された。その後、12:00 頃に日射と気温上昇により $H_{i,c}$ が低下し、主に排水によって $H_{w,c}$ が低下した。同図(c) の場合、塩散布による融雪が生じないために、水分が発生せず、通過車両による飛散が生じない。なお、過去の実験に基づき、解析では質量含水率が

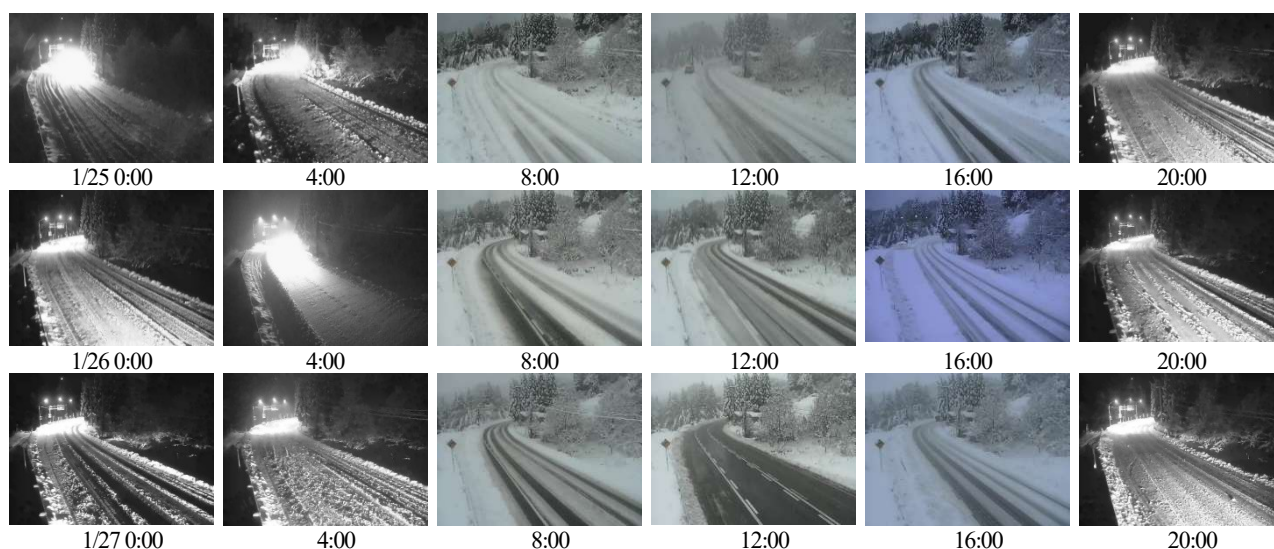


図1 路面雪氷状態の推移

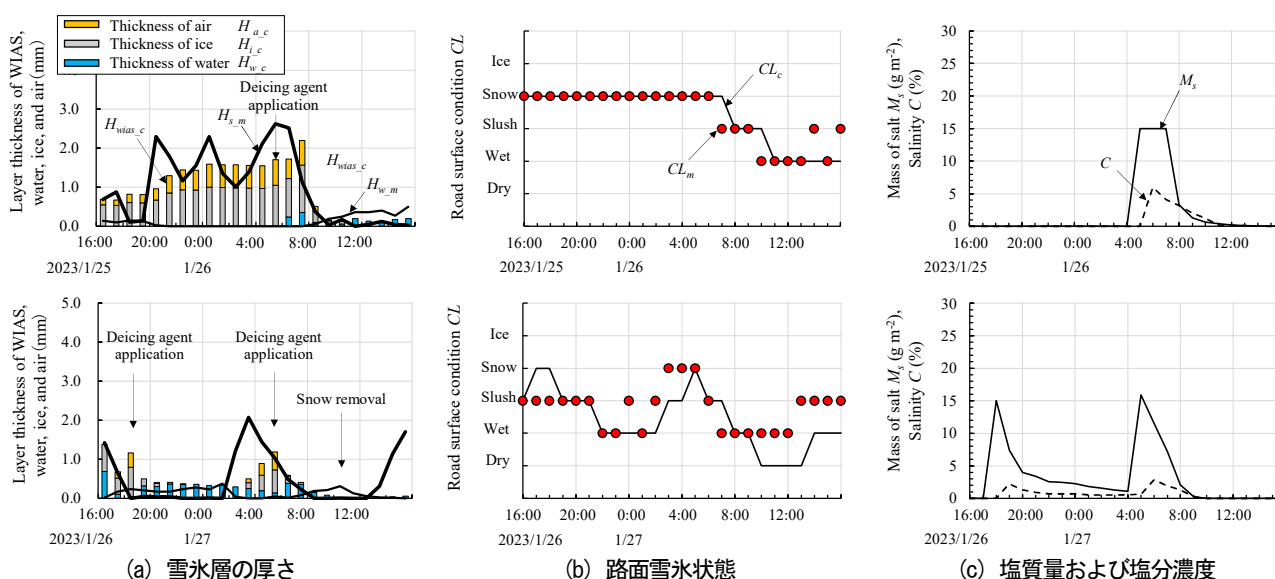


図2 解析結果と測定結果の比較

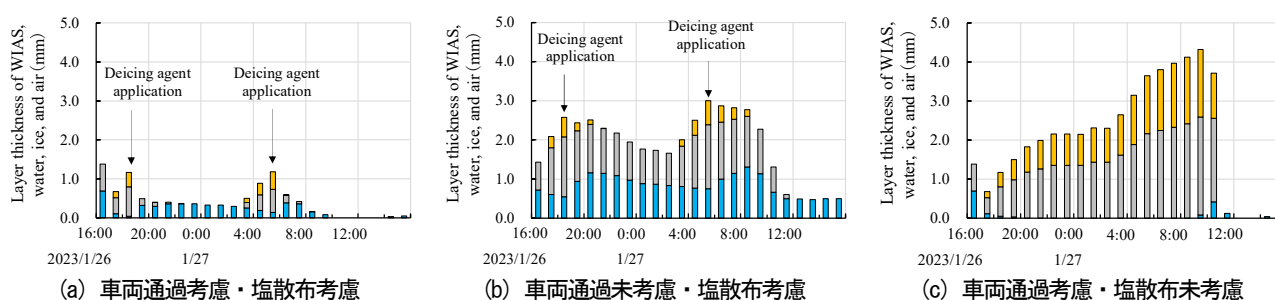


図3 車両通過または塩散布が路面雪氷状態に及ぼす影響

25%以上で飛散を生じさせている。その結果、圧雪路面が継続し、 $H_{wias,c}$ は時間とともに増大した。このように、通過車両による飛散を考慮しない場合はシャーベット路面の出現率が多くなり、塩散布を考慮しない場合は圧雪路面が継続し易くなる。通過車両による飛散と凍結防止剤の散布の両方を考慮しなければ、解析において実際の路面雪氷状態の変化を再現することは難しい。

文献

- Fujimoto, A. et al. (2012): A new approach to modeling-vehicle-induced heating and its thermal effect on road surface temperature. *J. Appl. Meteorol.*, **51**, 1980-1993.
- Fujimoto, A., et al. (2014): A Road Surface Freezing Model Using Heat, Water and Salt Balance and Its Validation by Field Experiments. *Cold Reg. Sci. Technol.*, **106-107**, 1-10.
- 藤本ら (2006) : 通過車両に伴うシャーベットの飛散実験～その2～, 寒地技術論文・報告集, 22, 239-243.

新潟市における AI スマホ路面判定システムを活用した冬期道路管理に関する研究

ー2024/25 年冬期観測速報ー

○上石 勲¹・中村一樹¹・関根正道²・布川 亮²・神保 元²・岸田佐世子³

(1: 防災科研雪氷技術センター 2: 新潟市 3: シルソナ)

1. はじめに

新潟市では、近年集中的な降雪により大規模な交通障害が発生しており、各種の新技术を用いた対応も検討されてきた。AI スマホ路面判定システムは、車載したスマホで撮影した画像から路面状況の情報収集するもので、新潟市では 2022/23 年冬期から導入され、より効率的・効果的な道路管理への適応のため防災科学技術研究所と共同研究を進めてきた。

2. 2024/25 年冬期の観測

2024/25 年冬期、新潟市では AI スマホ路面判定システムを活用した冬期道路管理に関する研究を継続して行った。2025 年 2 月 7 日 17 時から 22 時までに、気象庁の新潟観測点で 1 時間 11cm、3 時間 30 cm、5 時間 41 cm の記録的な降雪を記録した(図 1)。新潟市では、2024/25 年冬期から市内の 8 区にそれぞれ 1 か所の路面の雪の深さを測る積雪深計と周辺の状況を撮影する簡易カメラを設置して監視を行ってきた。西区では、同じ時間帯に 1 時間 16 cm、3 時間降雪 30cm、5 時間 45 cm というさらに集中的な降雪が記録された(図 2)。カメラ画像からも、この後、降雪が小康状態になり、除雪が比較的スムーズに行われ、大きな混乱はなかったことがわかる(図 3)。この集中降雪時の AI スマホによる観測結果を図 4 に示す。新潟市全体の道路が大量の降雪や圧雪に覆われたことが記録から読み取れる。さらに、今冬からは地元の交通事業者の協力の下、バス会社のパトロール車や地元タクシーにも AI スマホを設置することにより、大量降雪時の路面データや画像が取得できた(図 5, 6)。路面積雪深と各種画像データを利用して解析することにより道路管理に今後活用される可能性が示された。

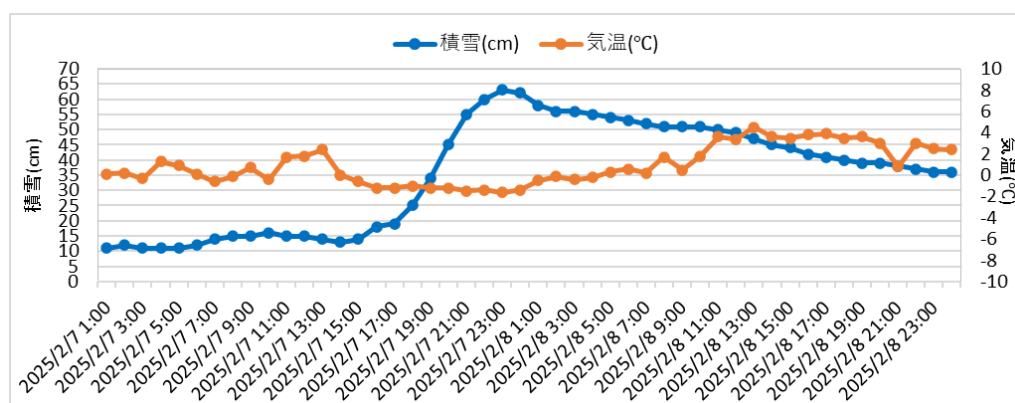


図 1 新潟市集中降雪時の積雪と気温(気象庁新潟観測点 2025.2.7-8)

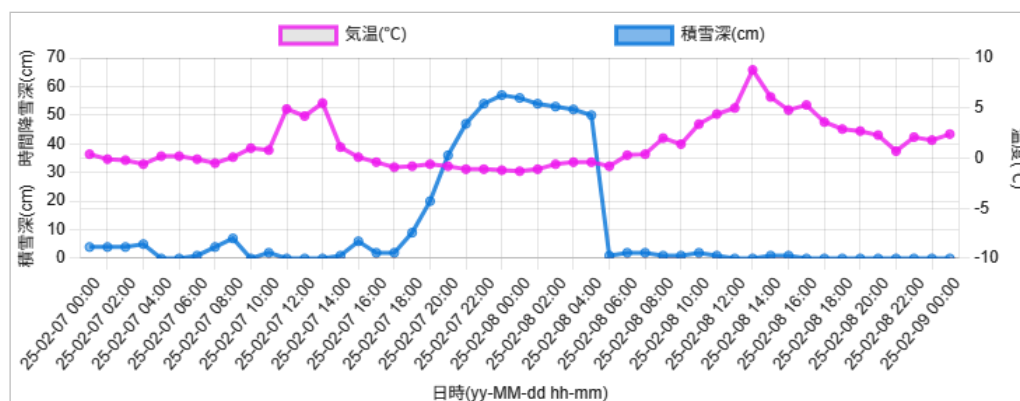


図 2 新潟市集中降雪時の路面積雪深と気温(新潟市降積雪量観測システム西区 2025.2.7-8)



図3 定点カメラ画像抽出（西区 2025.2.7-8）

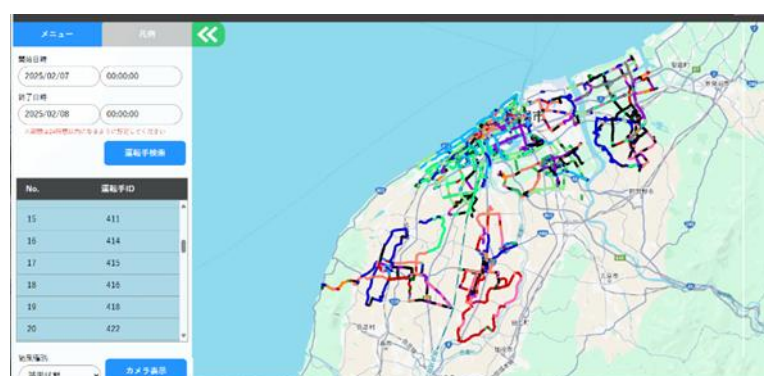


図4 AI スマホ路面判定結果（新潟市 2025.2.7）

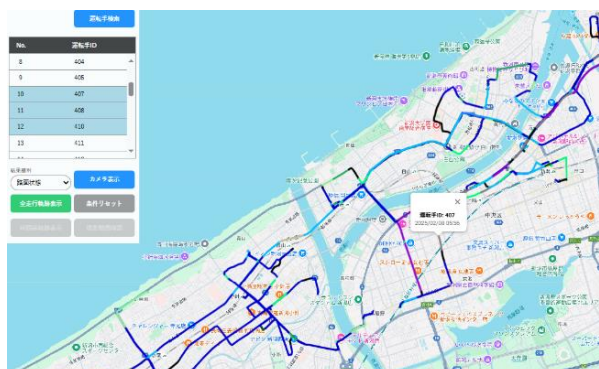
図5 バス、タクシー会社に協力を得た
AI スマホ路面判定結果（中央区・西区 2025.2.7）

図6 取得された大雪時のAI スマホ画像（西区 2025.2.7）

3. おわりに

新潟市では、最近の大雪を受けて除雪体制に関する検証会議やその後のオブザーバー会議で、新技術の活用による除雪の効率化も目指すことにしている。今後、さらに研究を進め、AI スマホ路面判定システムの路面判定精度向上、側方余裕幅、路肩高さ判定等道路管理に役立つ活用方策の検討、冬期以外の活用など検討していきたい。調査に全面的に協力頂いた、新潟市の各区の除雪担当の方々に感謝いたします。

LiDAR を用いた道路上の雪氷の計測

○福原匠流¹・杉原幸信²・上村靖司²・藤野丈志³

(1: 長岡技術科学大学・工学専攻・機械工学分野 2: 長岡技術科学大学・技学研究院・機械系 3: 株式会社興和)

1. はじめに

日本の降雪地帯の中において、比較的温暖な地域である北陸地域では、地下水を散水して路面上の融雪を行う散水消融雪装置、いわゆる消雪パイプが広く普及している。この装置では比較的低コストで道路交通の維持が可能であるが、一方で新潟県 HP によると過剰な地下水のくみ上げによる散水停止や地盤沈下といった問題も発生している。田中らの先行研究(2023)において、残雪深制御の導入により地下水の節水ができることが確認されている。一方、杉原ら(2024)によると単一レーザー距離計を用いた残雪深の計測では、測定箇所が一点であるため、解けむらの計測ができないという課題がある。そこで本研究では、LiDAR センサを用いた残雪深計測について検討し、積雪路面を面的に測定することを目指す。さらに空間中の雪情報を同時に判別し、その有効性を検討する。

2. 実験における各種条件

本研究では、電柱上部に取り付けた LiDAR センサで路面上を計測するという想定の下、各種試験条件を設定した。試験時は建物2階に LiDAR を設置し、屋外のアスファルト路面に向けて測定を行った。今回の試験で使用した LiDAR センサの詳細を表1に示す。センサの位置と撮影角度は表2に示す姿勢方位センサを用いて、地上約5m、下向き30°に設定した。

表1 使用した LiDAR センサの詳細

距離測定方式	Time of Flight 方式
最大測定距離	450 m (0 klx@反射率 80%)
点群データレート	240,000 点 sec ⁻¹
角度精度	0.05° (1σ)
測定範囲 (FoV)	70.4° (水平)×77.2° (垂直)
測定精度	2 cm (1σ@20 m)
レーザー波長	905 nm

表2 使用した姿勢方位センサの概要

ロール&ピッチ精度(静的)	0.1°
ヘディング精度(静的)	0.5°
速度精度	0.005 m sec ⁻¹

3. データの処理

LiDAR センサを用いて撮影したデータは、秒間240,000個の点群データとして記録され、各点はレーザー光の反

射強度によってカラースケールによる色分けが行われる。図1に晴天時にアスファルト路面を撮影した際のデータを示す。本研究では LiDAR によって撮影されたデータを生データとし、編集ソフトである Cloud Compare を用いて解析を行った。この操作によって反射強度を示す色分けを RGB255 階調によって数値的に表し、また各点群間の距離から積雪の深さを測定した。

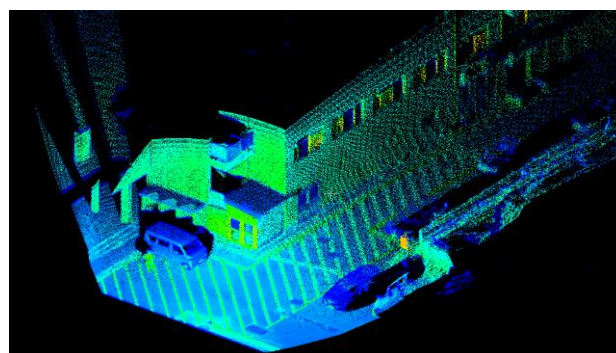
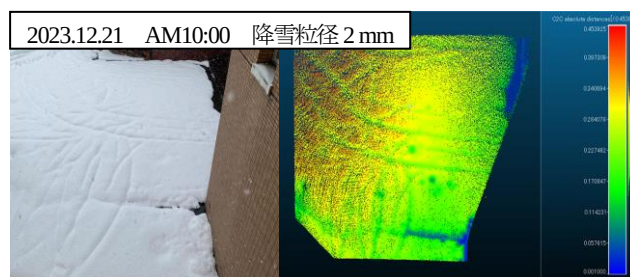


図1 LiDAR による撮影データの例(晴天時)

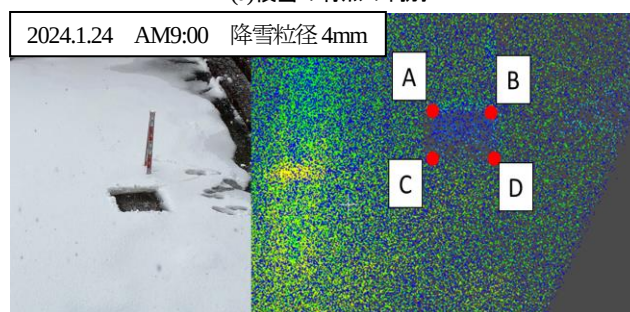
4. LiDAR を用いた路面の雪氷計測

4. 1 積雪深の計測

令和5~6年度の冬季において、アスファルト路面上の積雪を LiDAR で撮影し、積雪深測定の精度を確認した。



(a)積雪の有無の判別



(b)積雪深測定

図2 LiDAR による積雪の撮影

図 2(a)は積雪の有無を判断するため、積雪面と路面が露出している部分を同時に撮影したものである。図中で青く示されている範囲がアスファルト路面が露出している部分であり、緑で示されている範囲が積雪面を表している。また図中から積雪上に存在する凹凸がレーザー光の反射強度の変化として表されており、積雪面の状態が判別可能であることが分かる。

また図 2(b)では積雪面に人工的に溝を掘り、路面と積雪面上の高さから積雪深を算出した。検測ロッドを用いて実測した積雪深の値と LiDAR による撮影データの測定値の比較を表 3 に示す。

表 3 積雪深の測定値 単位 [mm]

位置	① 実測値	② LiDAR	①－②
A	81	76	5
B	79	73	6
C	81	77	4
D	79	74	5

表 3 より LiDAR による積雪深の測定では、約 5 mm 実際よりも小さい値が生じた。これはレーザー光が氷のような光を透過する物質に当たる際に生じる表面下散乱によるものと考えられ、実際の値とのずれを補正するための手段を今後検討していく必要がある。

4. 2 天候の判別

LiDAR センサを用いる利点の一つとして、広範囲を一度に把握できることが挙げられる。そこで、LiDAR によるレーザー光が空気中の雪粒子をとらえることで、雪情報センサとしての役割を持たせることが可能か試験した。本研究中においては、雨、粒径の小さい雪、粒径の大きい雪の 3 種に天候を分け、それぞれ LiDAR による撮影データへの影響を測定した。測定したデータを図 3 に示す。

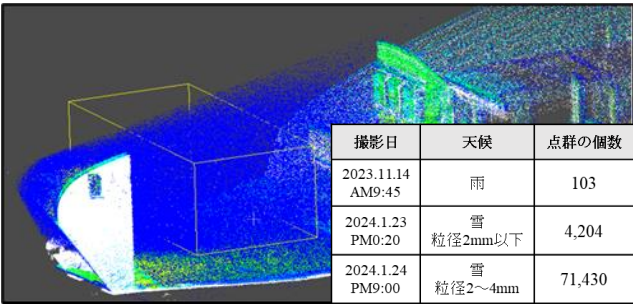


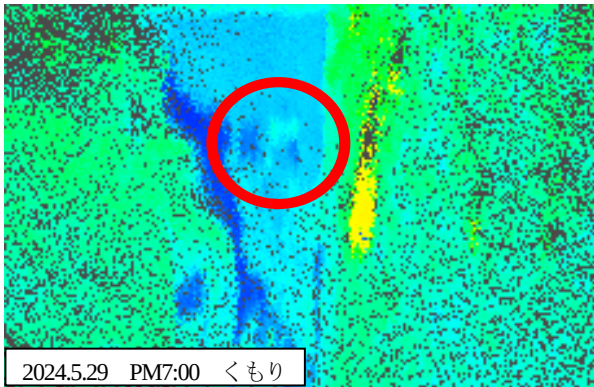
図 3 LiDAR による天候の判別

図中では、四角で示されている範囲内に存在する点群データの数を右下に示している。ここでは雨粒に対し降雪粒子がレーザー光を反射する頻度が非常に多いことが分かる。この差を用いて降雪強度の推定が可能であると

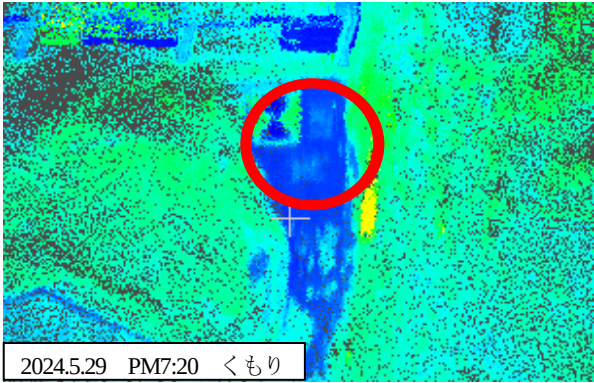
考えられるため、LiDAR のみで路面計測と雪情報センサとしての利用を同時に行うことができると考えられる。

4. 3 凍結路面の計測

ここまでLiDARを用いた雪の計測に焦点を当ててきたが、一般的に道路路面において最も危険な状態は凍結である。特にブラックアイスバーンと呼ばれるような目視でも判断が難しい危険な路面状況に対して、LiDAR センサによる判別が可能か試験した。試験では冷凍庫で厚さ約 10 mm の氷板を作成し、路面上に設置して LiDAR で撮影した。



(a)氷板設置直後



(b)氷板周辺濡れ状態

図 4 路面状態による氷板の見え方

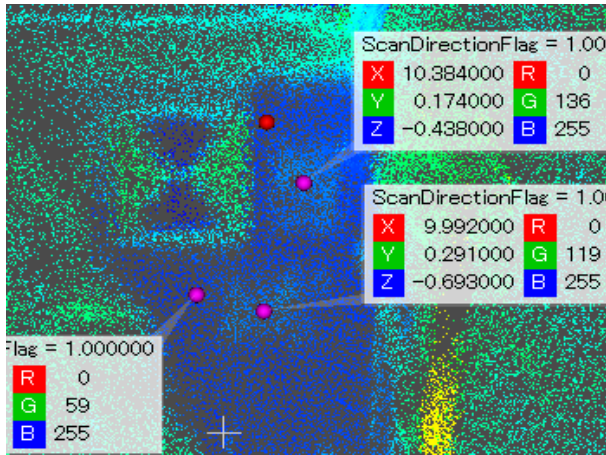


図 5 RGB で表した氷板の反射強度

路面上に設置した氷板を LiDAR で撮影すると、図 4 の丸で示す位置のように、周囲と比較して若干レーザー光の反射強度が変化しているように見える。より変化が大きい図 4(b)の濡れ路面上での氷板について、RGB255 階調によって数的に比較すると、図 5 に示すように G の値が周囲より大きくなっているため、氷板は濡れ路面よりも反射強度が高いといえる。しかし、内部に気泡がなく、透明な氷板を作成して同様に試験を行ったところ、図 6 に示す通り、反射強度による色の変化は微小であった。

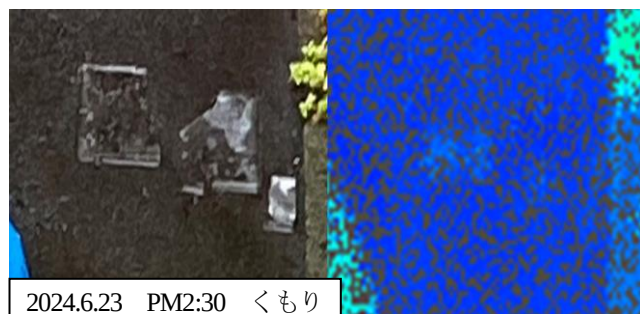


図 6 透明氷板の撮影データ

これらの結果から、LiDAR センサを用いた路面凍結の判別については、特に透明な氷が路面に張っている場合は判別ができない。そのため、路面凍結については LiDAR センサだけでなく路面温度や湿度など複数のデータを用いた予測が必要となる。

5. まとめ

残雪深制御の精度を上げるための試みとして LiDAR センサを用いた路面状況の計測を行った。また LiDAR センサの利点である面的な測定を活用するため、降雪検知といった雪情報センサへの活用の可能性や、路面凍結のような判別が困難な状況の計測について試験を行った。路面状況の計測ではアスファルト路面と積雪面の違いだけでなく、積雪面上の凹凸や轍などの表面形状を詳しく判別することは可能であった。しかし積雪深の測定については、表面下散乱現象によって実際の積雪深より小さい値が生じるため、補正方法などの検討が必要である。次に降雪検知への応用については、降雪の有無だけでなく降雪強度についても予測可能な測定結果が得られたため、雪情報センサへの活用が十分に可能であると考えられる。路面凍結の判別は、結果からみると LiDAR センサ単体では困難であると考えられるため、新たな判別方法を検討する必要がある。

今後は、路面状況の変化をリアルタイムに計測し判定する手段を考案し、実際に残雪深制御に取り入れる際の有効性を検証していく。

文献

- 福原匠流, 杉原幸信, 上村靖司, 藤野丈志, 2024: LiDAR を用いた残雪深および路面状況の計測, 雪氷研究大会 (2024・長岡)講演要旨集, 271
- 新潟県ホームページ, 長岡地域における地盤沈下, <https://www.pref.niigata.lg.jp/site/kankyo/1331240506475.html> (2024, 6, 24 閲覧)
- 杉原幸信, 山賀康平, 田中日菜, 上村靖司, 2024: 汎用レーザー距離計による路面残雪深計測, 日本雪工学会論文集, 40, 2, 1-13.
- 田中日菜, 上村靖司, 杉原幸信, 2023: 道路消融雪施設における多段階出力制御の有効性評価, 寒地技術論文・報告集, vol.39, 103-107.

雪散布による夏季舗装養生時間短縮

○山田佳汰¹・齋藤進¹・杉原幸信²・上村靖司²・岩崎伸一³・荒川涼³・中川直人⁴・大久保忠彦⁴

(1: 長岡技術科学大学 工学専攻 機械工学分野 2: 長岡技術科学大学 工学研究院 機械系

3: 株式会社ネクスコ・エンジニアリング新潟 4: 株式会社ネクスコ・メンテナンス新潟)

1. はじめに

道路走行時の快適性や安全性を維持するため、必要に応じて、道路面の舗装補修を行う必要がある。図1にアスファルト舗装の施工工程図を示す。補修作業は降雪のない時期に限定されるが、特に夏季の補修作業は路面温度が下がりにくく、養生と呼ばれる施工工程に長時間を要する。一般道では60°C以下で交通開放するのに対して、高速道路では交通開放温度が40°Cと低く、目標温度まで冷えるのにより長い時間を要するといった問題がある。この問題に対して、施工時間を短縮し、迅速に交通開放するための1つの手法として、舗装冷却工株式会社NIPPOの噴霧水の気化熱で舗装冷却する方法がある。

本研究では降雪地域ならではの豊富な雪資源を利用し、夏季のアスファルト補修施工時に雪を散布することで、養生時間を大幅に短縮する可能性を検討する。その検討の第一段階として、本報告では実際の舗装現場にて路面の自然冷却過程を温度測定した。それに加え、どのような気象条件下において雪散布のような強制的な冷却が必要となるかを熱伝導解析によって検討した。さらにアスファルト舗装の表層上部に雪を模した平板を設置してシミュレーションを行い、表層内部が交通開放温度に達するまでの時間を計算した。以上の結果について報告する。

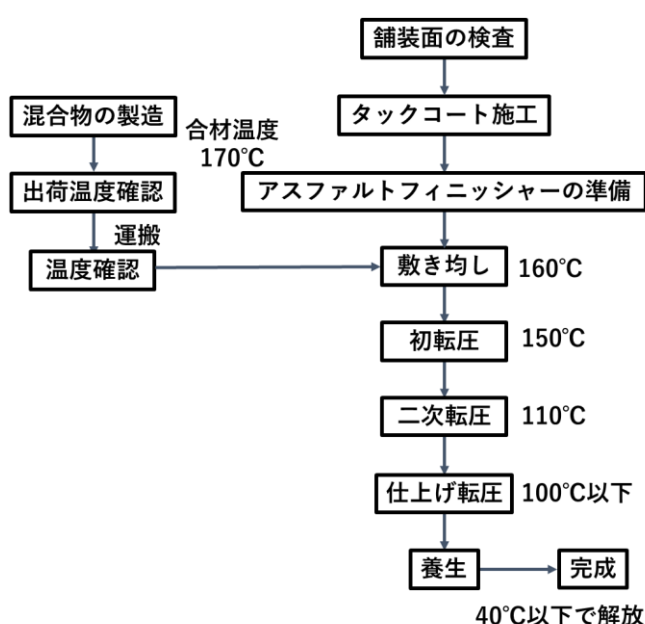


図1 アスファルト舗装の施工工程図

2. 路面温度測定

2. 1 測定方法

実際の舗装現場にて、路面温度の測定を行った。測定日時、地点、目視による天候は下記のとおりである。図2に2024年8月29日の舗装現場を示す。

- A) 2024年8月29日（11:30 から 14:00 まで）
関越自動車道上り片貝高速バス乗り場前
（234.9KP）曇りのち小雨、平均外気温 30.0°C
- B) 2024年9月11日（15:10～16:00）
北陸自動車道上り曾地高速バス乗り場付近
（402.7KP）晴れ、平均外気温 33.3°C

測定方法は、T型熱電対、接触型のデジタル温度計（図3）、サーモグラフィーを用いて測定した。T型熱電対による測定は黒木(1981)の代表的な温度測定を参考にし、アスファルト舗装路面に絶縁テープで熱電対計測部を貼り付け、測定を行った。測定値は3か所の平均とした。デジタル温度計は本体センサーを路面に接触させて測定をした。いずれも仕上げ転圧後に施工確認が実施され、現場監督の了承が得られてから測定を開始した。



図2 アスファルト舗装施工の様子（2024年8月29日）



図3 佐藤計量器製作所 防水型デジタル温度計

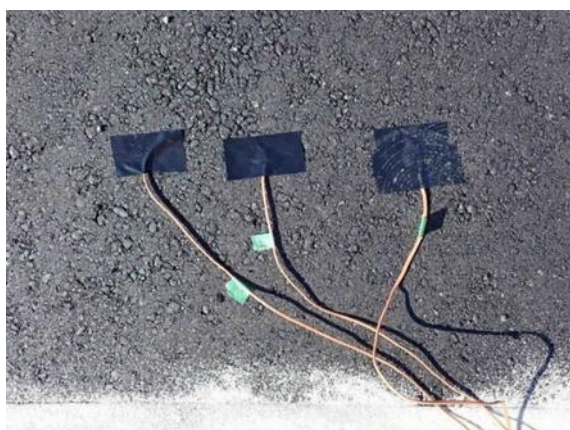


図4 熱電対による路面温度測定の様子

2. 2 測定結果

図5にサーモグラフィーによる仕上げ転圧後の舗設面と付近の路面を撮影した写真を載せる。仕上げ転圧直後の舗設面の温度はおよそ 90°C ~ 100°C であった。 70°C ~ 80°C となっている箇所は、アスファルト付着防止のために転圧機に噴霧した水が路面に流れ、揮発している箇所と対応している。

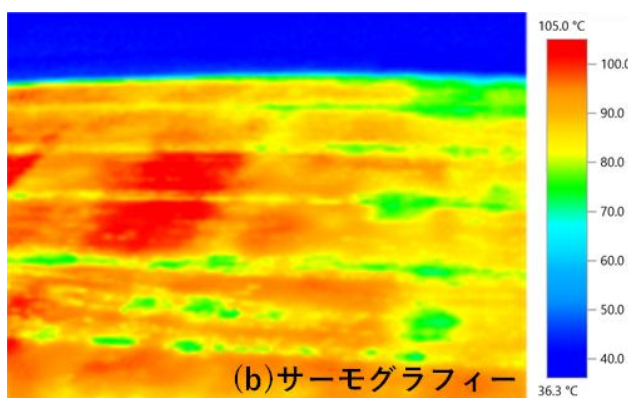


図5 舗設面と付近の舗装との温度

8月29日と9月11日のアスファルト舗装路面の温度測定結果をそれぞれ図6、図7に示す。8月29日は、測定開始時から40分たったところに小雨が降り出し、雨による冷却効果もあったため、交通開放温度である 40°C 付近ま

で2時間半ほどで到達した。9月11日は、測定時と比較すると気温が高く、日射量も大きかったこともあり、冷却速度が遅かった。これにより交通開放温度に到達するまでにさらに時間を必要とすると予想される。また付近の既設路面温度は 40°C を超えていた。

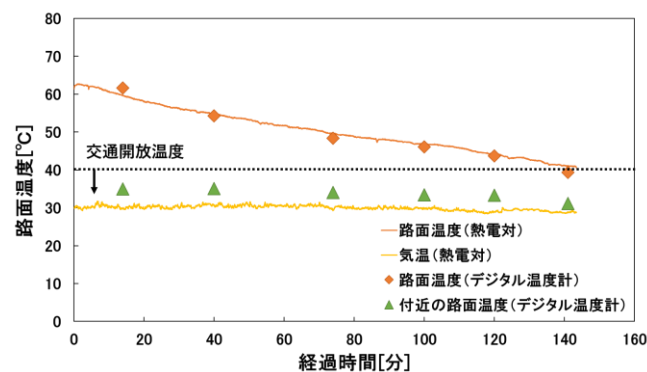


図6 路面温度測定結果 (8月29日)

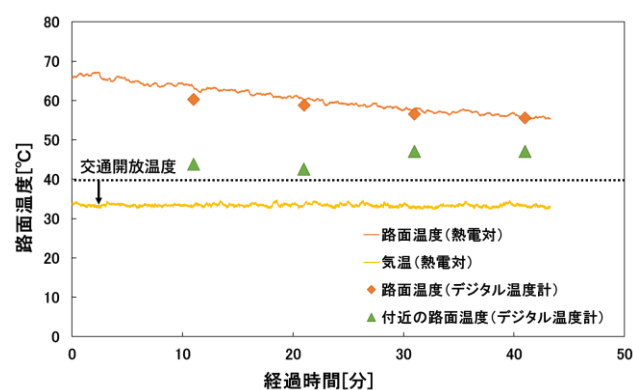


図7 路面温度測定結果 (9月11日)

3. 路面温度の熱伝導解析

3. 1 シミュレーション条件

本研究では熱流体解析ソフトとして Cradle CFD STREAM 2023.1 Student Edition を用いて、敷き均し後のアスファルトの自然冷却過程について熱伝導解析を行った。図8に解析モデルの概要を示す。解析領域は $300 \times 300 \times 300 \text{ cm}^3$ の立方体とし、領域下部に、表層 (4 cm)、基層 (6 cm)、上層路盤 (20 cm) のモデルを作成した。また表層の中心部には敷き均し時を想定した 160°C のアスファルトを配置した。詳細なシミュレーション条件は表1に示す。今回のシミュレーションの気象条件は8月の新潟県を想定して設定した。天候は晴れ、曇りとし、それぞれ次のように日射量と気温を変更した。日射量は NEDO 日射量データベース閲覧システムより新潟県のデータを参照した。晴れは日射量 800 W/m^2 、気温 35°C とした。曇りは日射量 400 W/m^2 、気温 30°C とした。さらに風速を 0.2, 2.0, 4.0 m/s とし、晴れと曇りの気象条件と組み合わせた計6種でシミュレーションを行った。

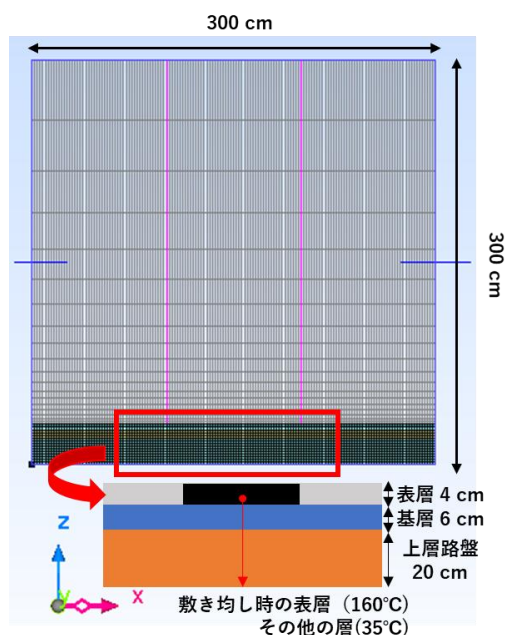


図8 解析モデル概要

3. 2 熱伝導解析結果

図9に敷き均しから480分後の表層表面から深さ0～10 cmの温度を示す。熱伝導解析の結果、晴れ、曇りの日中において自然冷却では交通開放温度である40℃まで下がらないことが分かった。またいずれの気象条件においても、内部温度より路面温度の方が高い結果となった。アスファルト混合物は日射吸収率が高いため、日中は路面温度が下がりにくく、舗装内部の温度が低下しにくいと考えられる。また風速が高いほど路面温度、内部温度ともに冷めやすいことが分かる。よって気温が30℃を超えるような条件下での夏季のアスファルト舗装施工において、高速道路の交通開放温度である40℃以下の条件を達成することは困難であり、外部からの強制冷却が不可欠であるといえる。

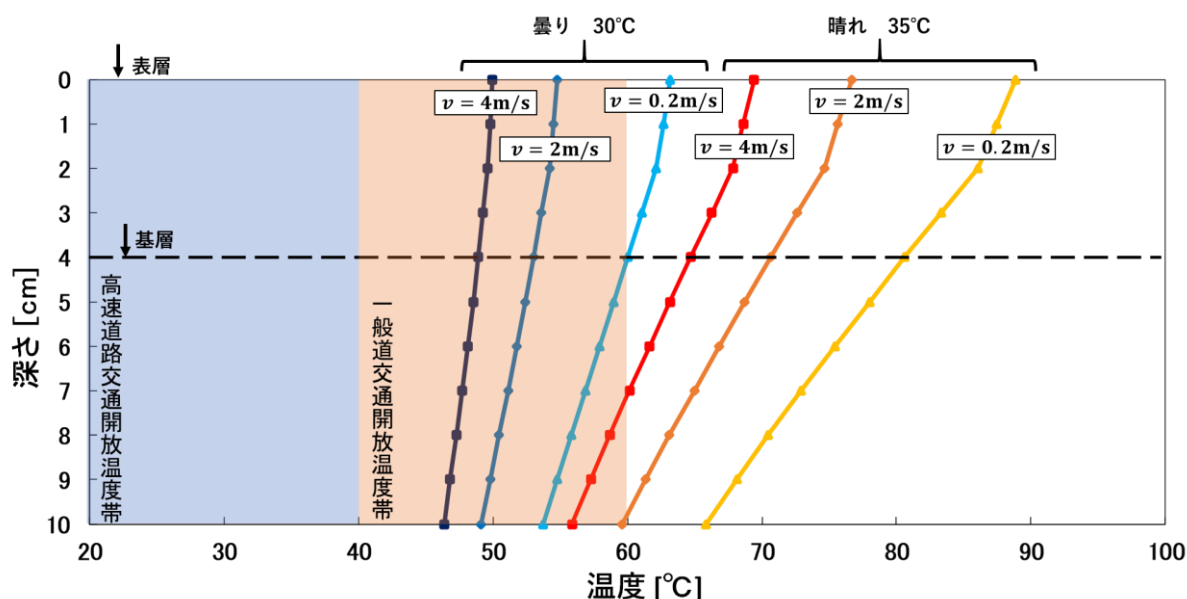


図9 敷き均しから480分後の表層及び基層の熱伝導解析結果

表1 解析条件

Cradle CFD V2023.1 (STREAM) 非定常解析	
解析領域	300 × 300 × 300 cm ³
メッシュ分割数	150 × 150 × 34 = 765000
乱流モデル	標準k-εモデル
日射	800 or 400 W/m ²
雰囲気温度	晴れ 35 °C or くもり 30°C
初期条件	敷き均し時の表層 : 160°C その他の層 : 35°C
強制対流	風速 v [m/s] : 0.2 or 2 or 4
解析時間	480分 (8時間)
計算結果出力	10分毎
拡散反射率	アスファルト : 0.1
吸収率	アスファルト : 0.9
輻射率	アスファルト : 0.9

4. 雪散布による熱伝導解析

4. 1 シミュレーション条件

解析モデルを図10に示す。解析条件は路面温度の熱伝導解析と同様である。本シミュレーションソフトでは、雪や氷などの物体の融解過程を再現することができないため、表層上部に雪を模した平板を設置した。平板温度は0℃一定とし、アスファルト舗装表面に雪を十分に散布し、常に0℃の氷水で表面を冷やし続けている状況を想定した。この仮定において、どの程度の時間で表層内部が交通開放温度まで冷却されるかを計算する。なお、この雪を模した平板の反射率はシップ・アンド・オーシャン財団(1999)から0.8とし、透過率を0.2とした。また、雪ありでのシミュレーションでは、雪を散布するタイミングを仕上げ転圧後と想定し、2章で示した路面温度測定を開始地点が該当するため、そのときの温度70℃を路面温度の初期温度とした。またその際の基層の温度を前節のシミュレーション結果より70℃とした。詳細なシミュレーション条件は表2に示す。

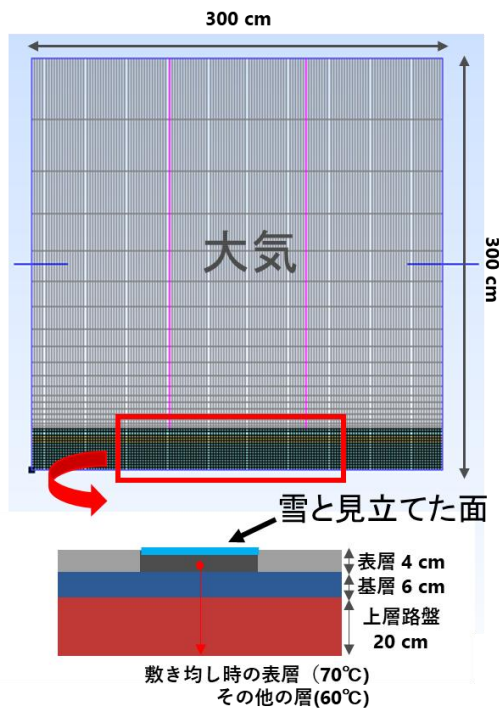


図 10 解析モデル概要

表 2 解析条件

Cradle CFD V2023.1 (STREAM) 非定常解析	
解析領域	300 × 300 × 300 cm ³
メッシュ分割数	150 × 150 × 34 = 765000
乱流モデル	標準k-εモデル
日射量	800 or 400 W/m ²
雰囲気温度	晴れ 35℃ or くもり 30℃
初期条件	敷き均し時の表層: 70℃ 敷き均し表層下の基層: 60℃ その他の層: 35℃
強制対流	風速 v [m/s]: 0.2 or 2.0 or 4.0
解析時間	60分
計算結果出力	1分毎
拡散反射率	アスファルト: 0.1
吸収率	アスファルト: 0.9
輻射率	アスファルト: 0.9
雪の透過率	0.2
雪の反射率	0.8

4. 2 雪散布による熱伝導解析結果

図 1 1 に雪と見立てた面をアスファルト舗装路面に設置した際に、各気象条件で表層の下端（路面から深さ 4 cm）が交通開放温度である 40℃を下回ったときのアスファルト舗装内部温度と深さの関係を図 1 1 に示す。風速に寄らず、晴れの気象条件（日射量 800 W/m²、雰囲気温度 35℃）では表層の下端が交通開放温度である 40℃に達するまで 46 分、曇りの気象条件（日射量 400 W/m²、雰囲気温度 30℃）では 45 分であった。熱伝導解析により、

気温が高く日射量の大きい気象条件でも、アスファルト舗装路面上を 0℃一定の面で覆うことで、仕上げ転圧終了から 1 時間以内に表層を交通開放温度である 40℃まで冷却できることが示唆された。

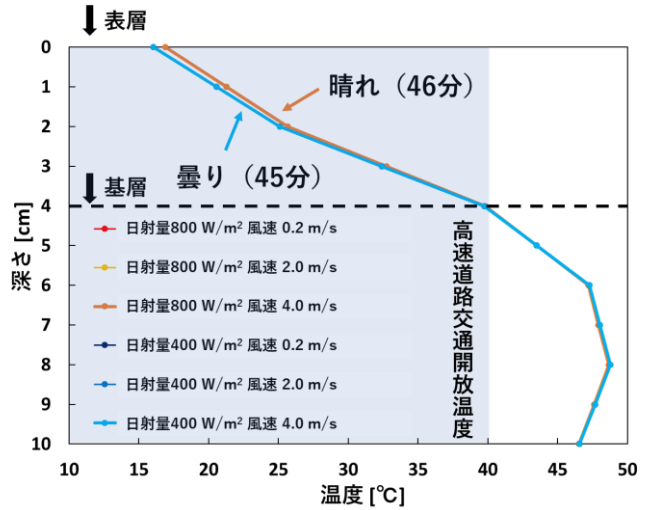


図 1 1 熱伝導解析結果

5. まとめ

実際の舗設現場にて、路面の温度測定を行った結果、舗設していない路面の温度が 40℃以上であり、夏季のような気温が高く、日射量が多い気象条件の際は、養生時間を短縮するために、路面を強制的に冷却する必要があることが分かった。熱伝導解析を行った結果、晴れ、曇りの日中において自然冷却では交通開放温度である 40℃まで下がらないことが分かった。雪散布による強制冷却シミュレーションでは、路面温度が交通開放温度になるまで雪が十分にあると仮定したとき、表層内部まで目標温度まで到達するのに晴れか曇りかによらずおよそ 45 分で済むことがシミュレーションにより分かった。

文献

舗装冷却工株式会社 NIPPO：アスファルト舗装の養生時間短縮工法, https://www.nippo-c.co.jp/tech_info/general/SG02053_g.html(2025.03.19 閲覧)

黒木勝一(1989), 熱物性, 3(2), 94-101

NEDO：日射量データベース閲覧システム, 国立研究開発法人, 新エネルギー・産業技術総合開発機構

シップ・アンド・オーシャン財団(1999): 北極海航路—東アジアとヨーロッパを結ぶ最短の海の道, 3.1.7 アルベドの季節変化, <https://nippon.zaidan.info/seikabutsu/1999/00862/contents/029.htm>(2025.03.19 閲覧)

機械学習を用いた新潟県長岡市の人身雪害発生予測

ー人身雪害発生件数に基づく重み付けを施したモデルの作成と評価ー

石川大貴¹, ○杉原幸信², 上村靖司²

(1: 長岡技術科学大学 工学専攻 機械工学分野 2: 長岡技術科学大学 技学研究院 機械系)

1. はじめに

日本は国土の51%が豪雪地帯であり、人口の15%に当たる2000万人が豪雪地帯で生活している。この豪雪地帯では毎年のように人身雪害が発生していて、例えば新潟県長岡市では、平成21年から令和5年の間に537件発生しており、雪の多い年では100件近くにものぼる。そこで、著者らは人身雪害を未然に防ぐための注意喚起を目的に、機械学習を用いた人身雪害発生予測モデルの開発に取り組んでいる。新潟県長岡市の人身雪害を対象とし、気象条件を説明変数として、人身雪害が生じるか否かを日単位で予測する機械学習モデルをこれまでに作成し(石川ら, 2023), このモデルの説明変数に平年比および平年差の気象条件を追加するなど予測精度の向上に取り組んできた(石川ら, 2024)。

本報告では、引き続き新潟県長岡市の人身雪害を対象とし、新たに人身雪害発生件数に基づく重み付けを施したモデルを作成し、予測精度を評価した結果を報告する。

2. 人身雪害発生件数に基づく重み付けを施したモデル

機械学習を用いて人身雪害発生の有無を日単位で予測するモデルを作成する。その手順を図1に示す。人身雪害データは、新潟県長岡市において平成21年度から令和5年度の11月から翌3月までの2268日間に発生した537件を対象とした。モデルの構築にはPythonの機械学習ライブラリであるscikit-learnを用い、サンプリング、説明変数の選定、モデル構築、評価を一貫して行った。それぞれの詳細は既報(石川ら, 2024)に譲る。

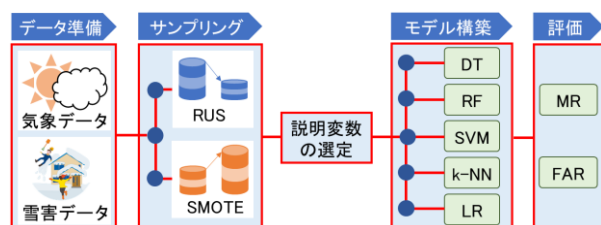


図1 機械学習を用いて人身雪害の発生を予測する流れ

本報告の人身雪害発生件数に基づく重み付けを施したモデルの構築には、決定木(DT)とランダムフォレスト(RF)の機械学習アルゴリズムを使った。ここで、決定木を例に重み付けの方法を説明する。決定木の分岐条件を決定するため指標として、ジニ不純度を用いる。このジニ不純度へ代入するクラスの割合を、石川ら(2023;

2024)では日数で求めている。すなわち、総日数(=発生日+非発生日, 単位は日数)に占める人身雪害発生日数(クラスA)の割合および非発生日数(クラスB)の割合を算出し、ジニ不純度を計算していた。しかし、この方法では分岐条件の決定に1日当たりの人身雪害発生件数が考慮されず、そのため、人身雪害が多く発生する日の気象条件を、分岐条件を決定する際に重視させることができなかった。

そこで本報告の人身雪害発生件数に基づく重み付けを施したモデルでは、ある日の人身雪害発生件数に基づく重みを「1日当たりの人身雪害発生件数+1」と定義してクラスの割合を求め、ジニ不純度を計算し、決定木モデルの分岐条件を決定した。すなわち、総重み(=発生日の重み+非発生日の重み)に占める人身雪害発生日の重み(クラスA)の割合および非発生日の重み(クラスB)の割合を算出し、ジニ不純度を計算することで、人身雪害発生件数の多い日の気象条件をより重視させる予測モデルとした。

3. 説明変数の選定

人身雪害発生件数に基づく重み付けを施したモデルは、サンプリング方法をRUS(Random Under Sampling)とSMOTE、機械学習アルゴリズムを決定木(DT)とランダムフォレスト(RF)とした合計4種類を作成した。それぞれのモデルでは、表1に示す計25の気象条件を説明変数の候補とし、特徴量重要度に基づいてそれらを選定した。その結果、表2の説明変数の組合せを得た。なお、説明変数欄の気象条件の先頭の数字が、そのサンプリングと機械学習アルゴリズムの組合せで人身雪害の発生を予測するうえでの、説明変数の重要度の順位を示す。たとえば、SMOTE(Synthetic Minority Oversampling Technique)と決定木(DT)のモデルでは、七日間降雪量と当日降雪量、平年比当日積雪深の3つの気象条件によ

表1 説明変数の候補となる25の気象条件

No.	説明変数	No.	説明変数	No.	説明変数
1	当日降水量	10	当日最大風速	19	平年差当日最低気温
2	当日降雪量	11	当日最大瞬間風速	20	平年比当日降雪深
3	前日降雪量	12	平年比当日降水量	21	平年差当日降雪深
4	七日間降雪量	13	平年差当日降水量	22	平年比当日積雪深
5	当日最大積雪深	14	平年比当日平均気温	23	平年差当日積雪深
6	当日平均気温	15	平年差当日平均気温	24	平年比前日降雪量
7	当日最高気温	16	平年比当日最高気温	25	平年差前日降雪量
8	当日最低気温	17	平年差当日最高気温		
9	当日平均風速	18	平年比当日最低気温		

表2 重要度の高い説明変数の組合せ

サンプリング	アルゴリズム	説明変数
RUS	DT	① 平年比当日積雪深, ② 七日間降雪量, ③ 当日平均気温, ④ 平年差当日最高気温
	RF	① 当日最大積雪深, ② 平年比当日積雪深, ③ 七日間降雪量
SMOTE	DT	① 七日間降雪量, ② 当日降雪量, ③ 平年比当日積雪深
	RF	① 七日間降雪量, ② 平年差当日積雪深, ③ 平年比当日積雪深

って新潟県長岡市のある日の人身雪害の発生を予測することができ、最も重要な気象条件は七日間降雪量であった。また、4種類の機械学習モデルの全てにおいて、七日間降雪量と平年比当日積雪深が重要な説明変数に選定されていた。

4. モデルの評価

混同行列から見逃し率と空振り率を算出してモデルを評価した。実際に人身雪害が発生しているが予測できなかった日を見逃し、実際は人身雪害が発生していないものの発生と予測してしまった日を空振りとした。そして、全ての予測結果に占める見逃しの割合を見逃し率、空振りの割合を空振り率とした。

また、交差検証を用いてモデルの予測精度を検証した。これは、データを年度ごとに分割してそのうち1ヵ年度をテストデータに、残りの年度を学習データとして評価する方法である。本報告では平成21年度から令和5年度までのそれぞれの年度をテストデータとして交差検証し、1ヵ年度ごとに見逃し率と空振り率を求めた。そして、15ヵ年度分の見逃し率と空振り率を平均することでモデルの予測精度を評価した。

図2に人身雪害発生件数に基づく重み付けを施した4つのモデルの予測精度を示す。例えば、サンプリング方法にSMOTE、機械学習アルゴリズムに決定木を用いて作成したモデルの場合は、「SMOTE_DT」と表記する。なお、それぞれのモデルにおいて予測に用いた説明変数は表2の通りである。

図2より、SMOTEでデータを前処理したDTおよび

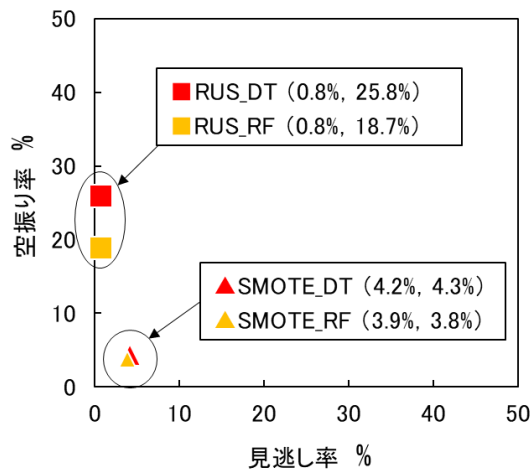


図2 人身雪害発生件数に基づく重み付けモデルの予測精度

RFの見逃し率および空振り率はいずれも5%以内となり、人身雪害発生件数の多かった日の気象条件をより重視させることで極めて高い精度の予測モデルを構築できた。これまでの研究で作成したSMOTE_RFおよびSMOTE_DTモデル(石川ら 2023 ; 2024)では、空振り率が12%以下となることはなかったため、人身雪害発生件数に基づく重み付けを施すことで、特に空振り率を低下させることが可能となったといえる。また、サンプリング方法をRUSにすることで、見逃し率はSMOTEの約5分の1となるが、空振り率は約5倍となった。

本報告ではサンプリング方法をSMOTEとしたモデルが、見逃し率および空振り率がともに低く、人身雪害の発生を予測するにあたりバランスの良いモデルだと判断した。

5. モデルの適用範囲

SMOTE_RFによって予測した15ヵ年度分の結果を詳細に分析した結果、全予測対象日2268日のうち、見逃しが合計88日、空振りが合計84日発生していることがわかった。

空振りが発生した日は12月、1月、2月に集中しており、これらの月では降雪が多いことが確認された。本報告の予測モデルでは、表2に示す説明変数の組合せ(SMOTE_RFでは七日間降雪量、平年差当日積雪深、平年比当日積雪深)を用いているため、人身雪害が発生すると学習した各説明変数のしきい値に当日の気象条件が達したとしても、実際には人身雪害が発生しなかった場合に空振りが生じたと考えられる。

さらに見逃しが発生した日を分析した結果、人身雪害分類の発病、転倒、除雪機による事故において見逃しが多いことが明らかとなった。また、七日間降雪量の少ない11月および3月に発生した人身雪害は、すべて見逃されていた。これらの時期については表2の説明変数の組合せと本モデルでは予測困難であるといえる。ことが主な原因と推測される。

6. まとめ

本報告では機械学習を用いて新潟県長岡市における人身雪害発生の有無を日単位で予測するモデルを、人身雪害発生件数の多い日の気象条件を重視させて作成した。その結果、SMOTEでデータを前処理したDTおよびRFの見逃し率および空振り率は5%以内となり、極めて高い精度の予測モデルを構築できた。

文献

石川大貴, 杉原幸信, 上村靖司, 諸橋和行. (2023) : 機械学習を用いた長岡市の人身雪害発生予測. 寒地技術・論文報告集, **39**, 254-258.

石川大貴, 杉原幸信, 上村靖司, 諸橋和行. (2024) : 機械学習を用いた新潟県長岡市の人身雪害発生予測. 寒地技術・論文報告集, **40**, I-043-1- I-043-6.

プローブ型積雪硬度計を用いた吹きだまり内部構造の解明

—断面観測との比較—

○新屋啓文¹・大宮哲²・松宮央登³・丹治星河⁴・大風翼⁵

(1：新潟大学災害・復興科学研究所 2：土木研究所寒地土木研究所 3：京都大学大学院工学研究科

4：京都大学防災研究所 5：東京科学大学環境・社会理工学院)

1. はじめに

防雪柵や防雪林の周りには、風で運ばれた雪粒子が堆積することで、吹きだまりが形成される。これまで我々は、防雪柵を模した仮設フェンスを雪原に設置し、その周囲に形成される吹きだまりを調査してきた。具体的には、UAV-SfM や LiDAR で吹きだまり形状を捉え、断面観測により積雪密度を得ることで、吹きだまり量に基づく防雪柵の捕捉性能を論じてきた。しかしながら、断面観測で吹きだまりの内部構造を面的に調べることは、時間的に難しい。加えて、断面観測で吹きだまりを崩してしまうと、吹きだまりの時間発展を調べることができない。そのため、断面観測に代わる簡易な方法で、吹きだまりの内部構造を計測する必要がある。本研究では、プローブ型の積雪硬度計により吹きだまりの内部構造を調べ、断面観測との比較を行ったので、その結果を報告する。

2. 手法

吹きだまり観測は、寒地土木研究所が構築した吹雪観測サイト（釧路圏摩周観光文化センターの敷地内）で実施された。仮設フェンスは、2025 年 1 月 7 日に卓越風向と直交するよう空隙率 34%のネットを長さ 10 m・高さ 1 m に設置された。そして、2025 年 2 月 16 日まで複数の吹雪イベントによって形成された吹きだまりを観測した。観測では、卓越風向に沿って仮設フェンスの中央から風上 10 m の地点まで 1 m 間隔で断面観測を実施した。各地点において積雪深を測るとともに、深さ 10 cm 間隔で雪温・積雪密度・積雪硬度を計測した。さらに、断面観測と並行して、プローブ型積雪硬度計による計測を仮設フェンスの風上 10 m から風下 7 m まで行った。

3. 結果と考察

図 1 は、仮設フェンスから風上 1 m の地点での断面観測とプローブ型硬度計（SSP）による積雪硬度を示している。断面観測の結果は 3 回計測した平均値と標準偏差であるが、プローブ型硬度計の結果は 1 mm 間隔で記録された生データと深さを実際の積雪深（61 cm）で規格化した補正データを表している。雪質は、深さ 17～19 cm の氷板（IF）を除いて、こしまり雪（DF）であった。

プローブ型積雪硬度計による積雪深は 68.1 cm であり、実測値の 61 cm より約 11%の過大評価であった。この原因として、光学式センサーの変位から深さに換算しているため、空隙の多い箇所で誤差が生じた可能性が考えられる。ただし、補正したデータでは、深さ 17～19 cm の氷板と合致するように積雪硬度の急増が確認される。そのため、積雪深の実測値による補正が有効であると判断できる。

プローブ型積雪硬度計で得られた積雪硬度を断面観測と比較すると、断面観測での積雪硬度の平均値と同程度の値が記録された。さらに、断面観測での積雪硬度の標準偏差に焦点を当てると、積雪硬度の変動幅と標準偏差の大きさが対応しているように見える。つまり、積雪の不均一性の激しい箇所では、プッシュプルゲージによる値が計測毎に大きく異なると判断できる。

4. まとめ

本観測では、吹きだまり形状を乱さずに内部構造を調べる新たな手法としてプローブ型積雪硬度計を導入し、断面観測と比較することで精度検証を行った。積雪深のズレは見られるものの、得られた積雪硬度は断面観測と一致するだけでなく氷板の位置とも整合した。

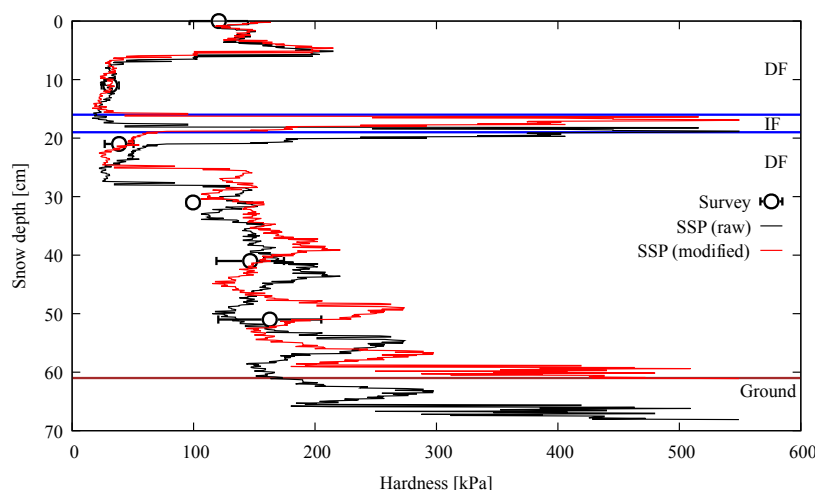


図 1 仮設フェンスから風上 1 m 地点での積雪硬度の鉛直分布

温暖多雪地における積雪期間を通した積雪底面流出の推移

○竹内由香里¹・勝島隆史¹・勝山祐太¹

(1: 森林総合研究所十日町試験地)

1. はじめに

融雪水や積雪期に降った雨は積雪底面から土壌へ浸透し、河川へ流出する。積雪底面からの流出量を把握することは雪氷災害や土砂災害の防災上、また流域の水収支や物質循環に関わる研究上も重要であるが、雨水や雪面で生じた融雪水は、積雪内の流下過程を経て底面から流出するため、流出量の把握は容易ではない。よく知られているように、融雪水や雨水は積雪内を一樣に流下するより、水みちを集中的に流下することが多く、その過程で積雪の層境界に沿って側方へ移動することもあり、底面流出量の測定や数値モデルによる再現を難しくする要因となっている。ライシメーターを用いた融雪流出の研究は早くから行われてきたが、近年は積雪期に雨が降ること (Rain on snow: ROS) による融雪災害に関連して積雪底面流出への関心が高い。そこで、積雪期を通した積雪底面流出量の変化を調べ、時期による融雪量、降雨量の違いや積雪状態の変化との関係を明らかにするために解析を行った¹⁾。

2. 方法

解析には森林総合研究所十日町試験地 (新潟県十日町市) において観測した気温、湿度、風速、降水量、正味放射量、地中熱流量、積雪深、積雪底面流出量の1時間値とほぼ10日毎に実施した積雪断面観測のデータを使用した。積雪底面流出量の測定に使用したライシメーターは、底面が3.6 m×3.6 mの大きさで、転倒ますの容積は500 cm³、1回の転倒は約0.04 mmの水量に相当する。降雨量は降水時の気温で降水量を雨と雪に配分し²⁾、風速に基づいた捕捉率で補正した。雪面融雪量は熱収支法で算出し、底面融雪量は、地面から2cmの深さに設置した地中熱流板で測定した上向きの地中熱流量が底面融雪熱量に等しいとみなして算出した。

3. 結果と考察

図1に2022年の積雪期間に観測した積雪底面流出量と、積雪に流入した雪面融雪量+底面融雪量+降雨量の変化を各時期の特徴を表す3日間について示した。1~2月の厳冬期は底面流出量の日変動がほとんどなく、たまに降雨や雪面融雪があっても流出量の増加はみられず、底面融雪量だけが観測された(図1a)。融雪期に入り、雪面での融雪が連日生じると、底面流出量が増加するとともに融雪量を反映して規則的な日変動が現れるようになった(図1b)。融雪最盛期になると流入量と同じか流入を上回る量の流出が観測されるようになった(図1c)。

積雪断面観測結果から、積雪初期から厳冬期には粒径の小さな新雪、こしまり雪、しまり雪の層が存在したこと、さらに融雪初期にかけては積雪全層の含水量が徐々に増加したことが明らかになった。流入した水の一部が積雪内に保持されたことにより、この時期は日流出量が日流入量より少なくなったといえる。融雪期には、雪面融雪量が増加し、全層がざらめ雪に変化したため、流入から流出までの時間が縮まり流出率が増加したと考えられる。さらに融雪最盛期には、積雪深の低下に伴い積雪内に保持されていた水も流出したために流出量が流入量を上回る日があったと考えられる。積雪期間を通して積雪のほぼ全層が湿った状態で経過する温暖な積雪地域であっても、1~2月に多量の雪が積もる多雪地においては、融雪水や雨水が積雪内に保持され、一部だけが積雪底面から流出する期間が長く、そのような時期の積雪底面流出応答は融雪期とは大きく異なることが確かめられた。

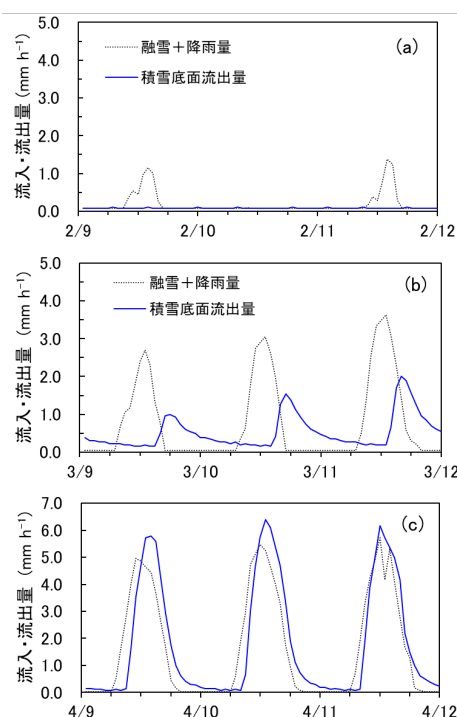


図1 2022年積雪期の積雪底面流出量と積雪への流入量の変化

文 献

- 1) 竹内由香里ら, 2024: 水利科学, 68(3), 130-147.
- 2) 竹内由香里ら, 2016: 森林総合研究所研究報告, 15(4), 145-149.

数値モデルによる積雪中の水分凍結に伴う氷板形成過程の再現の試み

○平島寛行¹・八久保晶弘²・白川龍生²・大澤光³

(1: 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター 2: 北見工業大学 3: 森林総合研究所)

1. はじめに

斜面積雪中水が移動する際には、粒径の異なる層境界や氷板上で浸透が妨げられて帯水し、斜面に平行に移動することがある。層境界における毛管障壁による帯水層は帯水量の増加や粒径成長の進行によりバランスが崩れて下層に流出する。一方で、氷の不透水性による帯水層は氷板の孔等を通して下層に浸透する。このように氷板による側方流はその形状が影響するため、氷板の形成過程もモデル化する必要がある。本研究では積雪変質モデル SNOWPACK¹ 及び凍結過程を組み込んだ 3 次元の水分移動モデルを用いて氷板の再現計算を試みた。

2. 方法

本研究では、まず、北見工業大学の露場で観測された氷板²を再現するため、露場の気象データを入力して水みちを考慮した積雪変質モデル SNOWPACK² で氷板の再現を試みた。続いて、3 次元水分移動モデル³ に熱伝導及び凍結過程を組み込む改良を加えて下記の計算を行った。30cm 幅、10cm 奥行き、28cm 高さを持つ 2cm メッシュの 3 次元空間を設定し、初期密度は 300 kg m^{-3} 、粒径は上半分を 0.5mm、下半分を 1.2mm に設定して毛管障壁により帯水する条件にした。積雪の初期温度は全層で -5°C 、 -10°C 、及び 20°C に設定した 3 パターンで上部から 1 時間に 2mm の水を供給し、24 時間分の計算を行った。

3. 結果及び考察

北見における 2023/24 冬期の SNOWPACK による計算結果を図 1 に示す。3 月 11 日に高さ 29cm の所で氷板が形成され、その後融雪によって消失するまで残った。この氷板の層は次のメカニズムで形成された。1) 2 月 27 日の降雪で古い雪の上に新しい雪が堆積し、それらの雪層の間で粒径に差が見られた。2) その後の融雪により浸透した水が、古い雪との境界部分で毛管障壁により帯水した。3) その後の気温低下に伴い積雪内部も冷やされ、帯水層の水の凍結が進んだ。4) 密度が 700 kg m^{-3} を超えた段階で SNOWPACK では氷板と分類された。

この計算で現れた氷板は実際の断面観測でも、同じ箇所を確認されていたが、形成のタイミングが異なったことや、観測で確認されたが計算で再現できなかった氷板もあり、改善の余地が見られた。

続いて、3 次元水分移動モデルで計算した、計算終了後の含水率分布及び密度の分布を図 2 に示す。粒径の異なる層境界で含水率の高い層が見られたが、その層の一部で乾燥密度が大きく増加した。また、水みちとなった部分

も凍結により乾燥密度が増加した。これらは氷板やアイスパイプに相当し、北見で確認された氷板周辺の様子をよく再現していた。

4. まとめ

2 つの数値モデルを用いて氷板の再現計算を行なった。氷板の再現性は水分移動過程やそれに影響する粒径等の再現精度が大きく影響する。今後も実験、観測による検証やモデル間比較を進めてより正確な再現を目指す。

本研究は科研費 24K0713 及び防災科研雪氷と北見工業大学 SAFER の連携協定のもとで行なった。

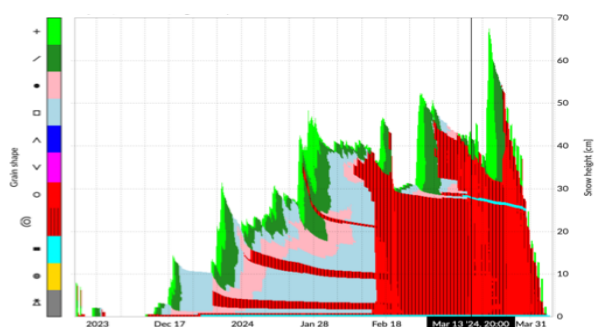


図 1 SNOWPACK による北見における雪質の計算結果。3 月中旬から高さ 25～30 cm の所で氷板が形成された。

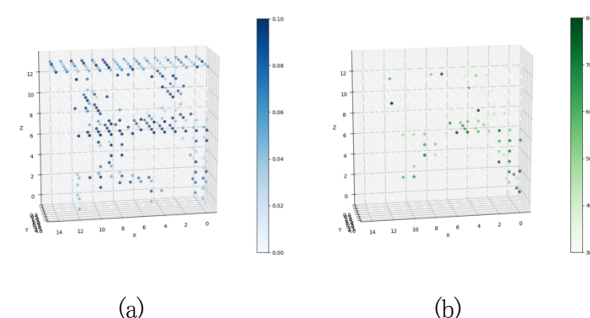


図 2 3 次元モデルで計算した含水率(a)及び乾燥密度(b)の分布。密度は初期値からの増加量で着色した。

文献

- 1) 八久保ら(2024): 積雪中の水の移動にともなう水安定同位体比プロファイルの移動, 雪氷研究大会 (2024・長岡) 講演要旨集, 145.
- 2) Wever et al. (2016): Simulating ice layer formation under the presence of preferential flow in layered snowpacks, *The Cryosphere*, 10, 2731–2744.
- 3) Hirashima et al. (2014): A multi-dimensional water transport model to reproduce preferential flow in the snowpack, *Cold. Res. Sci. Technol.*, 108, 80-90.

富士山頂における微生物粒子個数濃度の連続測定

渡辺幸一¹・村田浩太郎²・加藤俊吾³

(1:富山県立大学工学部 2:埼玉県環境科学国際センター 3:東京都立大学都市環境学部)

1. はじめに

近年、バイオエアロゾル(微生物粒子)についての関心が高まっているが、中でもその一部が強力な氷核活性を持つなど、気象学や雪氷学においても注目されている(牧ら, 2020). そのため、雲活動が活発な高高度において、微生物粒子の連続的な計測が重要となる. しかしながら、国内において微生物粒子個数濃度の連続計測例は非常に少なく、山岳域などの高所での測定はほとんどなされていない. 本研究では、リアルタイム浮遊菌カウンタにより、微生物粒子数の連続的な計測を夏季の富士山頂で行い、その変化特性や氷晶核への影響について考察した.

2. 方法

2024年7月23日から8月22日までの1カ月間、富士山頂(富士山測候所内)に TSI 社製リアルタイム浮遊菌カウンタ(BioTrack MODEL 9510-BD)を設置し、粒径別エアロゾル粒子個数濃度および微生物粒子個数濃度を連続的に測定した. 計測は2時間毎に1分間行った. なお、本計測器の概要および予備的な富山県での測定結果を、Watanabeら(2022)に報告している. 本浮遊菌カウンタで計測できる微生物粒子は粒径 1 μm 以上の粗大粒子モードであるため、微小な(< 1 μm)微生物粒子の測定はできない. 計測した微生物粒子個数濃度について、富士山頂で測定されている微量気体成分や氷晶核実験の結果との比較を行った.

3. 結果と考察

図1に2024年夏季の富士山頂における微生物粒子個数濃度の時系列を示す. 富士山でのエアロゾル粒子および微生物粒子個数濃度は共に富山県の平野部で測定された個数濃度より低かったが、日中に高く、夜間に低くなる明瞭な日変化が観測された. 山岳域の大気循環の特徴によるものであり、日中に下層から微生物が輸送されているものと考えられる. また、台風の影響による(海塩粒子によると考えられる)粗大粒子の増加現象が度々観測されたが、同期間中の微生物粒子は比較的低かった.

微生物粒子個数濃度は、海洋性の大気中で低く、日本国内や大陸由来の気塊中で高くなる傾向を示し、特に一酸化炭素濃度の変化と良く対応していた. また、微生物粒子数が高かった7月31日については、氷晶核実験においてバイオエアロゾルの影響がみとめられた. 今後、更に微生物粒子数とエアロゾルの氷晶核活性との関連性を詳しく評価していくことが重要となる.

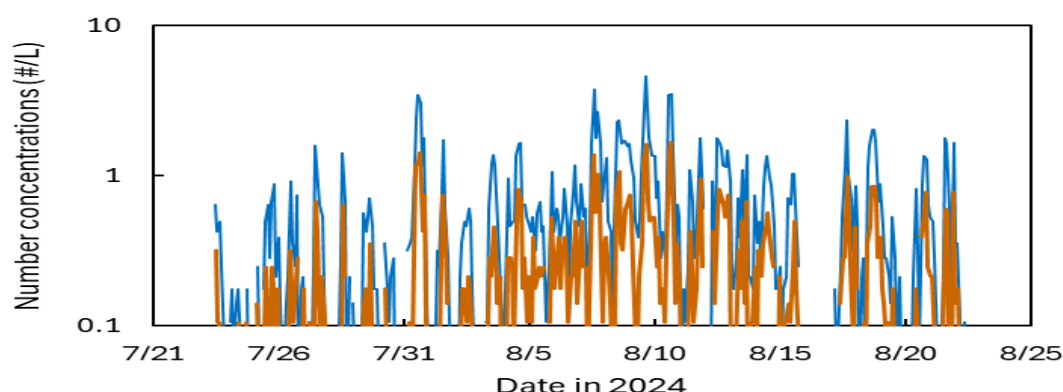


図1 2024年夏季の富士山頂における微生物粒子個数濃度の時系列

文献

牧輝弥, 北和之, 保坂健太郎, 三星かおり, 五十嵐康人(2020): 森林大気のバイオエアロゾル. 大気化学研究, **43**, No. 043A02.

Watanabe, K., Satoh, H. and Maki, T. (2022): Continuous measurements of microbial particles in central Japan using a Real Time Viable Particle Counter. SOLA., **18**, 104-109.

融雪期の山岳域における表層雪中の化学成分の特徴および冷蔵保存中の濃度変化

○森智晴¹・大納涼雅²・山崎雄太²・渡辺幸一²・岩本玲佳³・酒徳昭宏³・田中大祐³

(1: 富山県立大学大学院工学研究科 2: 富山県立大学工学部 3: 富山大学理学部)

1. はじめに

立山などの山岳域では融雪期に、雪氷藻類の繁殖による赤色に着色した雪や、非水溶成分の濃縮による汚れ雪が生成されるが、融雪期の積雪はイオン成分が溶脱するため、融雪期の積雪表面における化学成分および濃度の時間変化について調査された事例は必ずしも多くない。本研究では、融雪期の立山などにおける表層雪の採取を行い、化学成分の分析および冷蔵保存中の濃度の時間変化について評価した。

2. 方法

2024 年の融雪期の立山・室堂平周辺および乗鞍岳において着色した表層雪の採取を行い、試料を融解させないまま富山県立大学に持ち帰り冷凍保存した。試料融解後、ろ過（孔径 0.45 μm ）、未ろ過試料に分け、主要イオン成分をクロマトグラフ法で測定した。解凍後の試料は冷蔵保存し、同試料を 1 週間おきに主要イオン成分の分析を行った。ろ過したフィルターについては SEM-EDX 解析を行った。また、冷蔵保存した立山・室堂周辺の表層雪試料について、富山大学理学部の田中研究室内で DNA 抽出および 1stPCR を行った後、16S rRNA V3/V4 領域のアンプリコンシーケンス解析を株式会社生物技研 (<https://gikenbio.com/>) に依頼した。

3. 結果・考察

融雪期の立山・室堂周辺で採取した試料では、未ろ過で冷蔵保存中に硫酸イオン濃度およびアンモニウムイオン濃度が大幅に増加し、一時的な pH の低下がみられたが、その後 pH が増加した。特に、「室堂東部」と「雪の大谷」で採取した試料において硫酸イオン濃度が著しく増加した（図 1）。融雪期に濃縮した非水溶性の硫黄が（硫黄酸化細菌の働きにより）硫酸へと酸化されたためと考えられる。また、「雪の大谷」試料ではアンモニウムイオン濃度の有意な増加もみられた。一方、乗鞍岳で採取した試料では、硫酸イオンの顕著な増加はみられなかった。室堂周辺の試料をろ過したフィルターを SEM-EDX 解析した結果、非水溶性の硫黄が有意にみとめられた。特に室堂東部の試料において、付近に存在する地獄谷由来の硫黄成分の影響を大きく受けていたものと考えられる。

細菌叢解析の結果から、室堂東部と雪の大谷の試料で硫黄酸化細菌である *Sulfuriferula* 属が検出された。また、同試料においては強力な窒素固定菌である *Paraburkholderia* 属もみとめられ、貧栄養環境である室堂周辺の窒素循環としての意義が大きいといえる。

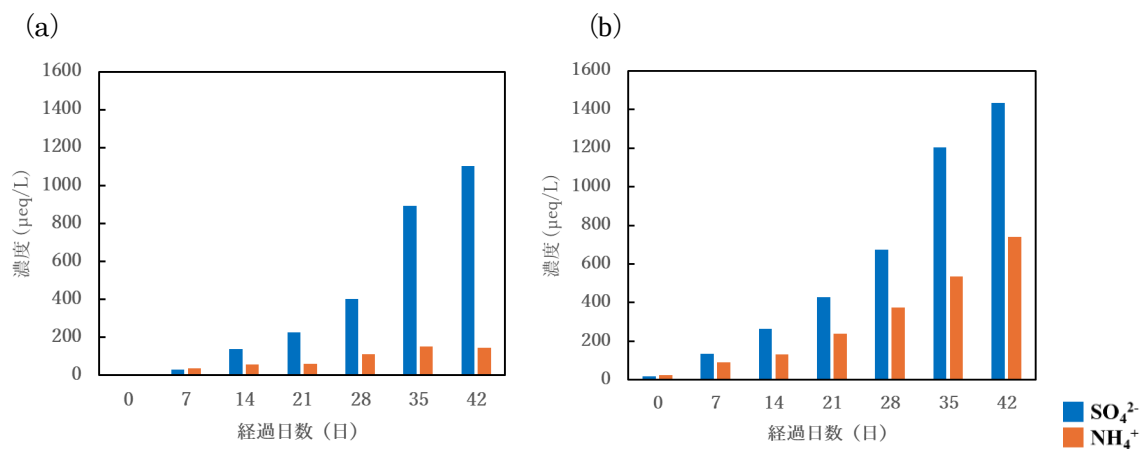


図1 融雪期の未ろ過試料の冷蔵保存中の硫酸イオンおよびアンモニウムイオン濃度の時間変化

(a; 室堂東部 2024 年 7 月 5 日採取, b; 雪の大谷 2024 年 8 月 11 日採取)

滴下法による氷柱花作成

一気泡発生位置の予測と花氷の形状変化が気泡発生に与える影響一

丸山翔生¹・〇東條将也¹・上村靖司²・杉原幸信²

(1: 長岡技術科学大学大学院 工学専攻機械工学分野 2: 長岡技術科学大学 技学研究院 機械系)

1. はじめに

氷柱花は外観の美しさから飲食業界や観光業界で需要がある。しかし、藤田ら(2022)によれば飲料用の透明度が高い小さな氷柱花を作成することは容易ではなく、放射製氷装置の途中に、食用花を直接投入し、製氷を継続することで氷柱花の作製を試みたが、この方法では、氷の成長に伴って食用花下方に多数の気泡が発生し、濁った氷となった。そこで、本研究では滴下法を用いて花や葉を取り込んだ氷(以下「花氷」と称する)を作製し成形する行程(STEP1)の後に花氷を放射製氷過程の途中に投入して取り込ませる工程(STEP2)を行う2段階製氷によって、高品質な氷柱花を作成することを試みた。透明度の高い氷柱花を作製するためには STEP1 と STEP2 のそれぞれで気泡発生を抑えることが重要である。

本報告では、花氷作製段階(STEP1)と氷柱花作製段階(STEP2)で発生する気泡の原因および抑制方法について検討した結果を報告する。

2. 氷柱花作製方法

花氷作製段階(STEP1)について説明する。花氷作製装置の概要を図1に示す。断熱槽内の上部に熱交換器を取り付けて-20℃の不凍液を循環させることで、槽内を任意の温度(-2, -5, -7℃)にした。また、槽内温度を一定に保つため、底部から380 mmの温度測定点が設定以上になった場合には不凍液の循環を開始し、設定値以下になった場合には不凍液の循環を停止するという温度制御を行った。

花氷作製の手順は次のとおりである。まず温度制御により一定に保たれた断熱槽内に花や葉を設置する。その後、水滴の滴下間隔を0.12 mL min⁻¹に調整し、水を花や葉に供給する。水滴の滴下をおよそ24時間継続し、氷を成長させ、十分に成長した花氷をバンドソーで切り出す。

3. 花氷作製段階(STEP1)での気泡発生

第2章の方法で作成した花氷を観察すると、ある位置から白濁していることが確認できた。これは気泡の発生によるものであり、透明度の高い氷柱花を作製するために花氷作製段階では、花や葉の周りは気泡発生を抑える必要がある。そのため、この滴下法による花氷作製における気泡発生位置を予測し、気泡が含まれない花氷を作成する条件を検討する必要がある。気泡発生位置の予測は以下の手順で行う。

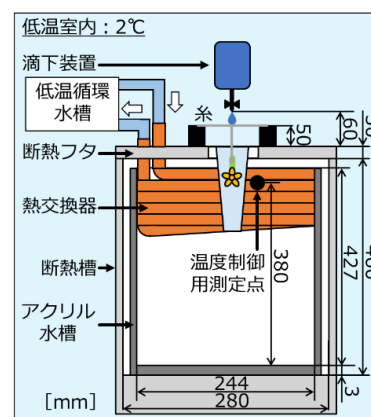


図1 花氷作製装置の概略図

(1) 花氷作製環境のモデル化と仮定

滴下法を用いた花氷作製環境の液滴の形状、熱の授受、溶存気体の種類と変化についてモデル化

(2) 流下速度の実験式の導出

各槽内温度の花氷表面を流れる液滴の速度を測定し、実験式を導出

(3) 凍結速度の算出

熱収支計算より凍結速度を算出

(4) 液滴の溶存酸素濃度が飽和に達する時間の算出

時間によって変化する液滴の体積および溶存酸素濃度を考慮

(5) 気泡発生位置の推定

液滴が移動する距離、形状予測式から気泡が発生し始める位置を推定

これらの詳細について以下の節で説明する。

3. 1 気泡発生位置の予測

(1) 花氷作製環境のモデル化と仮定

気泡の発生メカニズムは、前野(1966)によって解明されている。まず、原料水が凍結する際に原料水の溶存気体が掃き出されるように未凍結の原料水に移動する。掃き出された溶存気体は凍結面を離れて水中に拡散するが、この拡散速度よりも凍結により掃き出される溶存気体の移動速度が速い場合、凍結面前面の未凍結水では溶存気体濃度が増加する。この未凍結水の溶存気体濃度が飽和に達することで未凍結水中に気泡が発生し、氷の成長とともに気泡が取り込まれる。

花氷作製環境についてモデル化を行う。モデル図を図2に示す。まず、花氷表面に流れる液滴の形状では底面が円の半扁平楕円体とし、その形状を維持した状態で凍結

により液滴のサイズが縮小するとした。また、熱の授受では液滴が流下することで空気の相対的な流れが発生するため液滴と空気間の強制対流を考慮し、さらに熱交換器で槽内を冷却するため液滴と熱交換器との放射も考慮する。最後に、液滴に溶存する気体は代表して酸素のみを考慮する。液滴は空気と触れていて酸素が常に供給されるため液滴の溶存酸素濃度は時間変化するとした。

(2) 流下速度の実験式の導出

強制対流の熱伝導率や液滴が移動する距離を求める際に必要となる花氷表面での液滴の流下速度を求める実験式を導出する。初めに、槽内温度 -2°C 、 -5°C 、 -7°C において、 $0.0\sim 2.0\text{ s}$ までの 0.2 s 間に流下した距離を測定し、流下速度を求めた。次に、その結果を時間ごとに整理し、槽内温度と流下速度の関係の近似式を算出した。その結果を図3に示す。なお、 0 s は測定開始時点の結果であるため、測定結果の不安定性が高いと考え、排除した。この近似式の決定係数 R^2 は $R^2=0.95\sim 0.99>0.80$ であるためこの近似式は有効であると考えられる。最後に近似式により求めた流下速度を使用して任意の槽内温度での流下速度を時間を変数として近似し、近似式を算出した。

(3) 凍結速度の算出

時間とともに変化する液滴の体積を求めるには液滴の凍結速度が必要となる。凍結速度は熱収支計算により液滴から奪われる熱量と液滴が放出する熱量から求める。液滴から奪われる熱量では、強制対流と放射を考慮し、液滴が放出する熱量では液滴の温度変化分の顕熱と水から氷への状態変化分の潜熱を考慮した。

まず強制対流による熱量 $Q_d[\text{W}]$ はニュートンの冷却法則より

$$Q_d = Ah(T_1 - T_2) \quad (1)$$

と表すことができる。ここで、 A は水滴表面（底面は考慮しない）の熱伝達面積で $9.08\times 10^{-4}\text{ m}^2$ 、 h は水滴と空気との熱伝達率 $[\text{W m}^{-2}\text{ K}^{-1}]$ で、 T_1 は水温で 276.65 K 、 T_2 は槽内温度 $[\text{K}]$ である。熱伝達率の算出は西川ら(1982)の平板に沿う流れ(壁温一定)での層流の式を使用した。

次に液滴と熱交換器表面との放射熱 $Q_r[\text{W}]$ は、ある面での放射熱 Q_k の和から求めることができ、

$$Q_r = \sum Q_k \quad (2)$$

と表せる。

続いて顕熱 $Q_s[\text{J}]$ と潜熱 $Q_i[\text{J}]$ はそれぞれ

$$Q_s = mC_{pw}(T_1 - T_3) \quad (3)$$

$$Q_i = L_f m \quad (4)$$

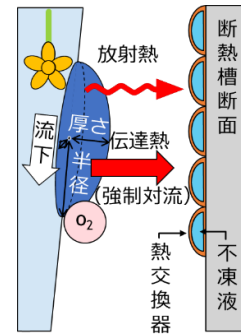


図2 花氷作製環境のモデル図

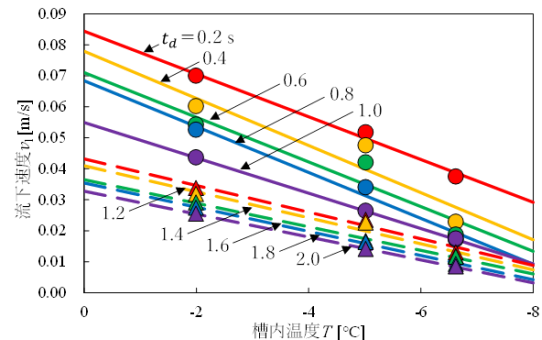


図3 経過時間 t_d ごとの槽内温度 T と流下速度 v_l

より求めることができる。ここで m は液滴の質量 $[\text{kg}]$ 、 c_{pw} は水の比熱で $4.22\times 10^3\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ (西川, 1982)、 T_3 は 0°C ($=273.15\text{ K}$)、 L_f は水の凝固潜熱で $333.55\times 10^3\text{ J kg}^{-1}$ である。以上の奪われる熱量と放出する熱量の関係を整理して凍結速度 $v_s[\text{m}^3\text{ s}^{-1}]$ を求めると、式(1)~(4)より

$$Q_s + Q_i = Q_d t + Q_r \quad (5)$$

$$m c_{pw} T_1 + L_f m = Q_d t + Q_r t \quad (6)$$

$$v_s = \frac{m}{t} \frac{1}{\rho_w} = \frac{Q_d + Q_r}{c_{pw} T_1 + L_f} \frac{1}{\rho_w} \quad (7)$$

と表すことができる。ここで、 t は経過時間 $[\text{s}]$ 、 ρ_w は水の密度 $[\text{kg m}^{-3}]$ である。

(4) 液滴の溶存酸素濃度が飽和に達する時間の算出

液滴の溶存酸素濃度が飽和に達するまでに移動する距離を求めるには液滴の溶存酸素濃度が飽和に達するまでに要する時間が必要となる。凍結による液滴の体積変化 $V[\text{m}^3]$ は式(7)を使用すると

$$V_t = -v_s t + V \quad (8)$$

と表すことができる。ここで、 V は液滴の初期体積 $[\text{m}^3]$ である。また、式(8)および黒澤(2013)の酸素移動速度の式より時間変化する液滴の溶存酸素濃度 $a[\text{mg L}^{-1}]$

$$a_t = \frac{1000 \left\{ C_s - (C_s + C_i) \left(1 - \frac{v_s}{V} t \right)^{\frac{K_L A}{v_s}} \right\} M V}{-v_s t + V} \quad (9)$$

となる. ここで, K_L は液側境膜での酸素移動係数 $[\text{m s}^{-1}]$, C_t は時間変化する溶存酸素濃度 $[\text{mol m}^{-3}]$, C_s は飽和溶存酸素濃度で 0.458 mol m^{-3} (0°C) (理科年表, 2007), C_i は初期の溶存酸素濃度 $0.4125 \text{ mol m}^{-3}$ である. a_t が飽和溶存酸素濃度 $a_s=14.67 \text{ mg L}^{-1}$ (0°C) (理科年表, 2007) となる時に液滴が飽和に達するため $a_t=a_s$ となる時間 t_s [s] を求める必要がある. そこで, 図 4 に示すように式(9)のグラフを作成し, 近似を利用して計算した.

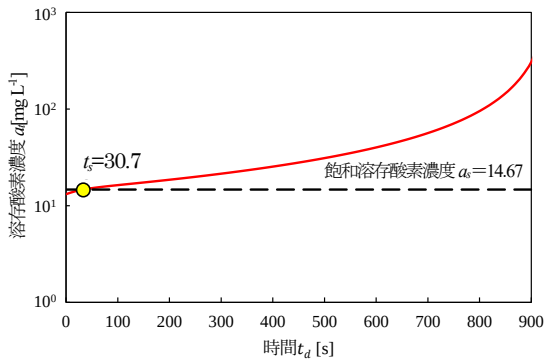


図 4 -2°C における式(9)のグラフ概形

(5) 気泡発生位置の算出

これまでに測定, 算出した結果を利用して気泡が発生する位置を算出する. 流下速度 v_l と液滴が飽和に達するまでの時間 t_s を使用すると液滴が気泡発生までに移動する距離 L [m] は

$$L = \int_0^{t_s} v_l dt \quad (10)$$

と表わせる. 液滴は花氷表面上を流れ落ち, その表面上で液滴の溶存酸素濃度が飽和に達するため花氷の形状も考慮する必要がある. 時間によって変化する花氷の形状については既に予測を行っており (丸山ら, 2023), 成長する氷柱の先端 l と半径 r を熱平衡方程式と物質平衡方程式の微分方程式を解くことで求め, その 2 点から 1 次式 ($y=ax+b$) を算出して花氷の形状予測式とした. 気泡発生までの移動距離 L と形状予測式を利用して花氷上で気泡が発生する座標 (x,y) を求めると, 気泡発生位置の x 座標が花氷上部の半径 r より小さい ($x < r$) ことを考慮して

$$x = \frac{-(ab-r) - \sqrt{(ab-r)^2 - (a^2+1)(b^2-L^2+r^2)}}{a^2+1} \quad (11)$$

$$y = a \frac{-(ab-r) - \sqrt{(ab-r)^2 - (a^2+1)(b^2-L^2+r^2)}}{a^2+1} + b \quad (12)$$

となる. したがって式(11), (12)より気泡が発生する位置を予測する.

3. 2 予測結果と評価

-2°C における気泡発生位置の予測結果と作製した花氷を図 5 に示す. 作製した花氷と比較するために, 花氷の透明度 D [%] を測定した. 透明度測定では, レーザー光を氷に透過させた強度値から局所的な透明度 D を評価した. 測定点は花や葉の上部を基準点として 10 mm 上方向の位置と下方向に 20 mm 毎に花氷の下端まで測定した. 氷の透明度 D はレーザーの透過率によって評価し, 以下のよう

$$D = \frac{I_1}{I_0 T} \times 100 [\%] \quad (13)$$

$$T = (1 - R)^2 \quad (14)$$

ここで, I_1 は氷透過時のレーザー光強度 $[\mu\text{W}]$, I_0 は空気中のレーザー光強度 $[\mu\text{W}]$, T は透過率 $[-]$, R は反射率 $[-]$ を示す. 透明度測定では花氷の中心付近にレーザー光を入射させることで垂直入射での透過率 $T=0.96$ を使用した. 槽内温度 -2°C での透明度測定の結果を図 5 の中央に示す. なお, 本研究では透明度が 90%未満で気泡が発生しているとした. 槽内温度 -2°C では透明度測定の結果より約 150 mm で 90%を下回っているため, この位置で気泡が発生していると考えられる. 予測では 133.0 mm で気泡が発生するためその差は約 20 mm である. 同様に -5°C , -7°C における予測と結果を比較した結果, それらの差は最大でも $\pm 20 \text{ mm}$ 程度であった. 気泡発生位置の予測は様々な近似式を用いて行っていることを考慮すると, これらの実測値との差は許容範囲であり, 実際の現象の予測精度は高いと考える.

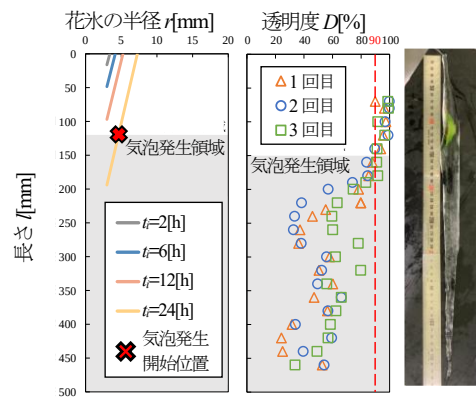


図 5 槽内設定温度 -2°C における気泡発生予測(左)および花氷の透明度測定結果(中央), 花氷の写真(右)

4. 氷柱花作製段階(STEP2)での気泡発生

4. 1 氷柱花の作製

2°C の低温室に設置した放射製氷装置で氷を成長させ, 一定厚さの水ができた後に連結している水槽から放射製氷装置へと花氷を投入し, 氷に花氷を取り込ませる. 作成した氷柱花を観察すると, 放射製氷装置による氷の成長

面と花氷との接触面で気泡が多く発生していることが確認できた。この気泡発生の原因を検討するために立方体および円柱の氷での氷取り込み実験を行った。

4. 2 氷の取り込み実験の概要

放射製氷装置に取り込む氷は一边が 30 mm の立方体および直径 38 mm、高さ 40 mm の円柱を用いた。ここで、立方体の氷は表面が粗いものと、滑らかなものを用い、円柱の氷も表面が滑らかなものを用いた。それらの氷をそれぞれ、放射冷却によって、氷の成長速度 0.5, 1.2 mm/h¹ で取り込んだ。また、透明度は図 6 の白点を式(13)を使用して測定を行った。その後、これらの氷を 50 mm の立方体へとバンドソーで切り出した。

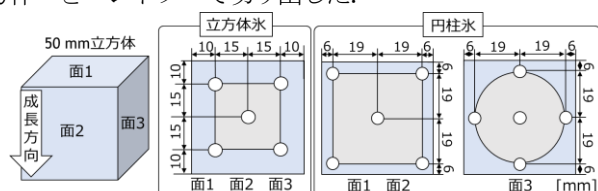


図6 透明度測定点

4. 3 結果・考察

氷の写真と透明度測定の結果を図7および図8に示す。氷の写真を見ると表面が粗い氷を取り込んだ場合では全面に気泡が発生しているのに対して、滑らかな氷は中央部に偏り、縮小していることがわかる。また、円柱氷を取り込んだ場合は、中央ではなくその上下方向に気泡が多く取り込まれていることがわかる。そしてどの条件においても成長速度が速いほど気泡量が増加した。

次に透明度からも、同様の傾向が見られ、最小値に注目すると、滑らかな氷より、円柱の氷の方が透明度が高いという結果になった。

表面の粗さの違いによる気泡量の違いは表面粗さの違いに起因する接触角の違いによるものだと考えられる。西谷(2004)によると接触角が小さいほど核生成に必要なエネルギーが小さくなる、つまり、気泡の核が発生しやすくなる。そして、表面が粗いほど接触角は小さくなるため、気泡が多く発生したのだと考えられる。

成長方向 X	立方体 (粗い)	立方体 (なめらか)	円柱 (なめらか)
0.5 mm/h			
1.2 mm/h			

図7 取り込み後の写真

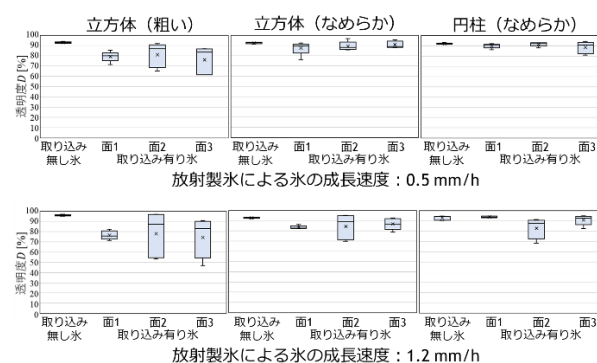


図8 それぞれの氷の透明度測定結果

また、円柱氷を用いた際に透明度が高くなったのは、放射製氷による氷と取り込み用水との接触面積が小さくなり、接触面に取り残される未凍結水がなくなったためであると考えられる。

以上より、気泡を発生させない取り込み用水としては円柱形状が適していると考えられる。

5. まとめ

本報告では、二段階製氷による透明度の高い氷柱花を作製するために、花氷の気泡発生位置予測式の導出および放射製氷装置に取り込ませた氷の形状が気泡発生にどう影響するかを報告した。

導出した気泡発生位置と実際の花氷を比較した結果、温度による最大でも±20 mm 程度であり、実際の現象を高い精度で予測することができた。

また、放射冷却氷との接触面積を小さくなるような花氷を用い、放射冷却装置による氷の成長速度を遅くすることで、より透明度の高い氷柱花を作製することができたことが分かった。

文献

- 藤田愛稀, 杉原幸信, 上村靖司 (2022): 水滴下による 氷柱花製造の試み, 雪氷研究大会 (2022・札幌) 講演 要旨集, 23
- 黒澤尋 (2013): 培養細胞への酸素供給, 生物工学, 91(11), P.648-649
- 前野紀一 (1966): 氷の中の気泡, 雪氷, 28(1), 11
- 丸山翔生, 杉原幸信, 上村靖司(2023): 二段階製法による氷柱花作製—花氷の形状予測—, 日本雪氷北信越支部予稿集, P.29
- 西川兼康 ほか (1982): 伝熱学, 理工学社, P.172・297・305・457・458
- 西谷滋人 (2004): 核生成と界面, nucleation, pp.5-8
- 自然科学研究機構 国立天文台 (2007): 理科年表平成 20 年 (卓上版), 丸善株式会社, P.503

不凍液濃縮のための冷却ロール型連続製氷技術の開発

村田隆太郎¹・○原 祥栄¹・上村靖司¹・杉原幸信¹

(1: 長岡技術科学大学)

1. はじめに

近年、生鮮食品の長期保管に高湿度冷蔵庫の利用が広がっている。この冷蔵庫は湿度の安定性に優れており、生鮮食品の品質を保ちやすいことが特徴である。一方で、冷却システム内部において冷媒の不凍液に結露水が混入し、不凍液が希釈されてしまうという問題が生じている。これにより冷却能力が低下し、性能が維持できない。さらに、濃度が低下した不凍液は交換が必要で、廃棄や補充にかかるコストが新たな課題となっている。

これらの問題の解決策として、不凍液を蒸発濃縮により再利用する方法があるが、従来の蒸発濃縮法では濃縮効率が低く、処理のたびに不凍液を取り出さなければならず、冷蔵庫の稼働を一時的に停止させる必要がある。

そこで本研究では、冷蔵庫を稼働させたまま、希釈された不凍液を効率的に濃縮するための凍結濃縮技術の開発を目的とする。

2. 濃縮プロセス

一般的に、水溶液の濃縮には蒸発濃縮および凍結濃縮の2つの方法がある。図1(a)に示す蒸発濃縮は、水溶液に減圧下で熱を加えることで、常圧下よりも低温で水分を蒸発させ、溶液を濃縮する手法である。一方、図1(b)に示す凍結濃縮は、水溶液を冷却して液中の水分を氷として凍結させ、その凝固層を取り除くことで濃縮を行う方法である。水の相変化に必要な熱エネルギーを濃縮に必要な熱エネルギーと仮定して両者の熱効率の比較を行うと、蒸発濃縮は2442 kJ/kg、凍結濃縮は333 kJ/kgである。したがって、凍結濃縮は蒸発濃縮よりエネルギー効率が高い濃縮技術であるといえる。

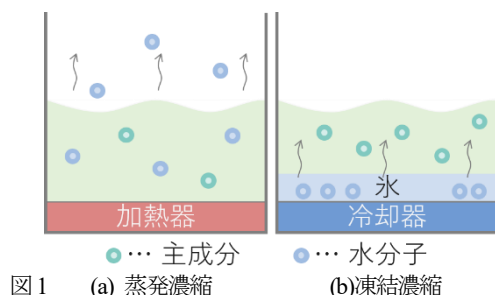


図1 (a) 蒸発濃縮 (b) 凍結濃縮

3. 製氷・除氷プロセス

本研究では、製氷部に可撓管を用いた「冷却ロール式」によって、連続製氷技術の開発に取り組む。図に、冷却ロールと可撓管の断面図を示す。本方式では、可撓管として軟

質の熱交換チューブを採用し、その内部に低温の不凍液を流し、チューブ表面に氷を生成させることとした。可撓管を巻き付けた冷却ロールを回転させ、チューブ表面に生成された氷を除氷板ではがすことで、連続製氷が実現される。

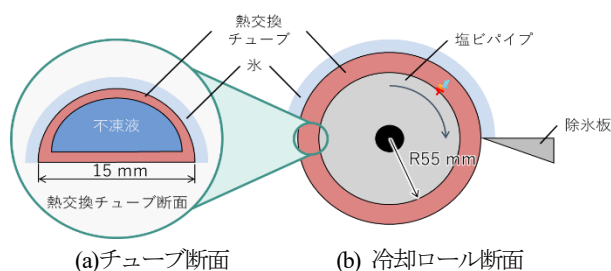


図2 断面のイラスト

4. 連続製氷実験

4. 1 実験装置および条件

試作した冷却ロール式製氷機を図3に示す。実験条件を表1に示す。冷却ロールの回転は、ステッピングモータとArduinoにより制御した。本実験は、低濃度不凍液の濃縮を目的としたものではなく、製氷機の試運転および製氷能力の確認を目的として実施した。そのため、水溶液には不凍液ではなく水道水を使用した。

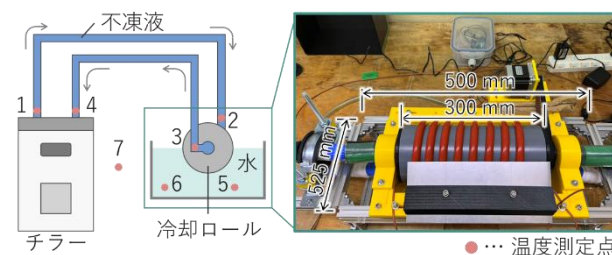


図3 実験装置概要

表1 実験条件

不凍液温度	-15°C
室温	20°C
水溶液	水道水
ロール回転速度	1 rpm

4. 2 結果

15分経過後の氷厚さと製氷量はそれぞれ1 mm, 30 gであった。この結果から推測した1時間および1日の製

氷量を表2に示す。

表2 製氷量

	製氷量 [g]
15 min	30
1 Hour (予測)	120
1 Day (予測)	2880

5. 低濃度不凍液濃縮実験

5. 1 実験条件

次に水道水を用いた連続製氷実験と同様の方法で、水溶液を低濃度不凍液に置き換えた凍結濃縮実験を行った。使用した低濃度不凍液 (20 wt%) は、原液の不凍液 (75 wt%) に水道水を加えて希釈し、調整した。実験は、空調温度を 20℃に設定した室内で実施し、チラーの設定温度を -25℃から -5℃まで 5℃刻みで変化させながら、各条件で 180 分間連続運転を行った。

5. 2 結果

図4に、30分ごとに計測した水槽内の低濃度不凍液の濃度変化を示す。いずれのチラーの不凍液温度 (実測値) においても、180 分間の凍結濃縮により濃度が上昇する傾向が確認された。特に、-16.7℃の条件では、3.9wt%の濃縮が達成され、濃縮後の不凍液濃度は 23.9wt%となった。しかしながら、本実験において目標濃度である 25wt%には到達しなかった。この目標値を達成するには、さらに約 120 分間の運転継続が必要であると予測される。なお、濃縮効率の低下要因として、水槽内の水位低下により熱交換チューブと不凍液との接触面積が狭くなったことが挙げられ、このことも目標濃度未達の一因と推察される。

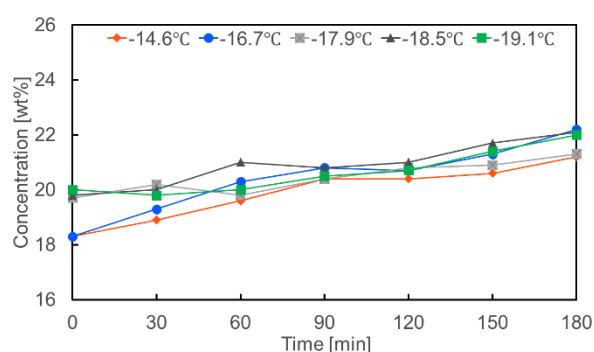


図4 不凍液濃度

図5に、180 分間の氷収量と氷濃度の関係を示す。ここで、氷濃度とは、30 分ごとに回収した氷を 1 つの容器に入れ、すべて融解させた後の不凍液の濃度として定義した。氷収量および氷濃度は、ともに -16.7℃の条件で最大となることが確認された。

図6に、氷収量と濃縮度の関係を示す。ここで、濃縮

度は濃縮後の不凍液濃度から初期濃度を差し引いた値、濃縮効率は単位濃縮度あたりの氷収量として定義した。濃縮度は -16.7℃において 3.9wt%と最も高く、一方で濃縮効率は -14.6℃において最大であることが確認された。これは、-14.6℃の条件下では凍結過程においてエチレングリコールを取り込まずに氷が生成されており、不凍液中の水分を効率よく抽出できていることを示している。

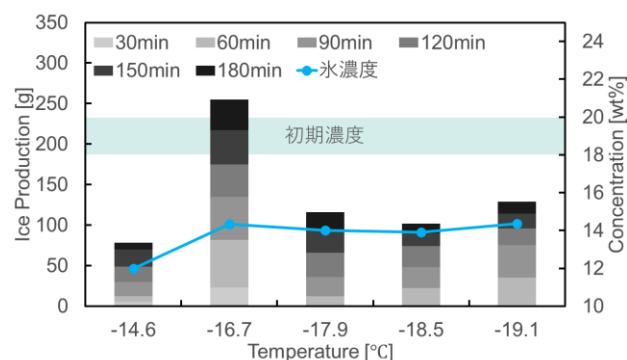


図5 氷収量と氷濃度の関係

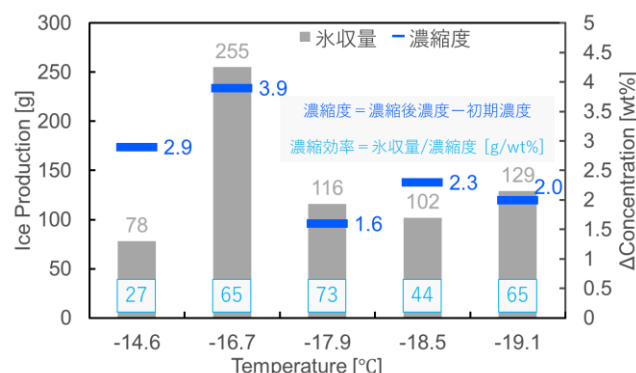


図6 180 分間の氷収量と濃縮度の関係

6. まとめ

本研究では、表面に氷を生成させ、生成された氷を除氷板にて可撓管を弾性変形させて除氷を行う原理を考案し、これを冷却ロールに巻きつけることで連続的に製氷と製氷を行う装置を試作した。これを用いて 15 分間で 30g の氷を連続製氷することができた。不凍液の凍結濃縮実験においては、-16.7℃の条件で氷収量および氷濃度が最も高く、濃縮度は 3.9wt%、濃縮後の不凍液の濃度は 23.9wt%であった。目標濃度である 25wt%には到達しなかったものの、水槽内の低濃度水溶液の水位低下を抑制しつつ、さらに 120 分程度濃縮を継続すれば、目標値に到達可能であると予測された。

文献

明和工業：凍結濃縮事業, <https://www.meiwa-ind.co.jp/our-business/freezing-concentration/> (2025 年 4 月 10 日閲覧)

前川製作所：凍結濃縮の基礎とその利用技術, <https://rdc.mayekawa.co.jp/column/02-7.shtml> (2025 年 4 月 10 日閲覧)

野外計測によるスギ樹冠の抗力係数に及ぼす着雪の影響評価

○勝島隆史¹・勝山祐太¹・竹内由香里¹

(1: 森林総合研究所十日町試験地)

1. はじめに

強風を伴う大雪により、甚大な倒木被害が生じることが知られている。このような倒木は、着雪の荷重や風圧力が樹木に作用することで生じる。樹木に生じる風圧力は、風速と抗力係数、受風面積を用いて推定することができるが、着雪時の抗力係数の測定事例は、風洞装置によるスギ枝葉を対象とした限定的な結果にとどまる（勝島ら、2023）。樹木の抗力係数は、測定に使用する試験体の大きさに影響を受ける可能性があるが、実木スケールの樹木の試験体を風洞装置内に設置することは、物理的な制限から困難である。本研究では、伐倒したスギの梢端部を用いた着雪の野外計測の結果から、樹木の抗力係数に及ぼす着雪の影響を調査した。

2. 手法

森林総合研究所十日町試験地の気象観測露場において、長さ 6m 程度のスギの梢端部を試験体として自立用の架台に設置し、樹冠に生じる着雪量と風圧力を測定した。2021-22 年および 2022-23 年の 2 冬期にわたり測定を実施した。試験体は、各冬期で異なるものを使用した。架台の下に設置したロードセルにより、降雪時の装置全体の質量の時間変化を測定し、その増加分から、単位樹冠投影面積あたりの着雪量を求めた。枝下の樹幹の 4 方向にひずみゲージを設置し、風により生じる曲げモーメントを測定した。そして、樹冠を水平方向に投影したときの重心位置に、風圧が集中荷重により作用する状態を仮定して、樹冠投影面積と曲げモーメント、その時の風速から、風圧力と抗力係数を求めた。抗力係数は、10 分間の最大瞬間値に対応するものとした。樹冠投影面積は、着雪が生じていない状態で測定したものを使用し、期間を通して一定の値を使用した。

3. 結果と考察

図 1 に、最大瞬間風速が 3 m s^{-1} から 7 m s^{-1} の範囲のときの、着雪量に対する抗力係数の関係を示す。抗力係数はばらつきが非常に大きいですが、着雪量の増加とともに、抗力係数が増加する傾向が見られた。風洞装置による抗力係数の測定結果では、着雪量が 13 kg m^{-2} 以下のときに、着雪量の増加とともに流体抵抗が減少する傾向が見られたが、今回の結果では、そのような傾向は見られなかった。着雪の成長は樹冠投影面積の増加をもたらすが、樹冠投影面積を一定として抗力係数を求めた場合には、抗力係数は見かけ上大きくなる。今回の結果は、着雪による樹冠投影面積の増加の影響が、抗力係数の見かけ上の変化として現れたものと考えられる。

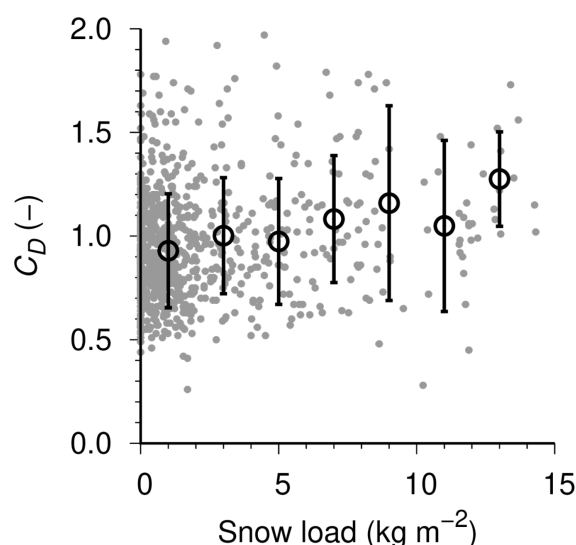


図 1 単位樹冠投影面積あたりの着雪量に対する抗力係数 C_D の関係。エラーバーは平均値と標準偏差を示す。

文献

勝島隆史, 安達聖, 南光一樹, 竹内由香里 (2023): スギ枝葉の抗力係数に及ぼす着雪の影響に関する風洞実験. 雪氷, **85**(2), 101-114.

2025 年度（公社）日本雪氷学会北信越支部

- ・ 2024 年度事業報告
 - ・ 2024 年度収支決算報告
 - ・ 2025 年度事業計画
 - ・ 2025 年度予算計画
-
- ・ 北信越支部 支部規程施行内規
 - ・ 北信越支部 表彰規程
 - ・ 2025-26 年度北信越支部 役員
 - ・ 北信越支部 特別・賛助・購読会員名簿

2024 年度日本雪氷学会北信越支部事業報告

1. 研究発表会

2024 年度北信越支部研究発表会・製品発表検討会 (2024 年度日本雪氷学会北信越支部大会)

日 時：2024 年 6 月 1 日 (土) 11:00～17:10

場 所：福井大学文京キャンパス総合研究棟 I

参加者：48 名

研究発表：31 件

プログラム：

研究発表会 11:00～12:00

総 会 13:15～14:00

支部賞授賞式 14:00～14:10

研究発表会 14:20～17:10

2. 研修会等

2.1 講演会

今年の雪速報会 2023-24

日 時：2024 年 6 月 11 日 (火) 13:30～16:40

場 所：まちなかキャンパス長岡 301 (ライブ配信あり)

共 催：NPO 法人水環境技術研究会，(公社) 日本雪氷学会北信越支部，(国研) 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター，(一社) 北陸地域づくり協会

参加者：333 名 (会場 63 名，オンライン 270 名)

プログラム：

開催挨拶：陸旻皎 (水環境技術研究会)

第一部：今年の雪の気象学的特徴について 司会：平島寛行 (防災科学技術研究所)

「北陸地方を中心とした 23/24 冬の天候と降雪の特徴」：山本浩 (新潟地方気象台)

「2023/24 冬季の少雪にかかわる大気循環場の特徴」：本田明治 (新潟大学)

第二部：今年の雪への対応について 司会：太田あみ (新潟県南魚沼地域整備局)

「長岡国道事務所における今冬の取り組み」：山田宗明 (国土交通省北陸地方整備局)

「大雪による立ち往生の事例とその対策に関する最近の研究」：藤本明宏 (福井大学)

「スマホ AI 路面判定システムを用いて実施した 2023/24 冬期の雪氷災害調査」：

中村一樹 (防災科学技術研究所)

「山岳域で発生した雪崩の特徴」：原田裕介 (土木研究所寒地土木研究所)

「地震と雪，20 年」：上石勲 (防災科学技術研究所)

第三部：総合討論 司会：勝島隆史 (森林総合研究所)

閉会挨拶：相村成一 (北陸地域づくり協会)

信州の雪は将来，どうなる？

日 時：2025 年 2 月 11 日 (火・祝) 14:00～16:00

場 所：長野市生涯学習センター 4階 大学習室（対面），Zoom（オンライン）

主 催：（公社）日本雪氷学会北信越支部

共 催：長野県環境保全研究所（信州気候変動適応センター）

参加者：150 名

プログラム：

第一部 話題提供

「近年の異常気象と気候変動 ―極端化する雪の降り方―：井田寛子（気象予報士・キャスター）

「地球温暖化で雪はどうなる？ ―長野の雪は増える？減る？―：川瀬宏明（気象研究所）

第二部 パネルディスカッション「信州の雪を守るためには」

進行役：浜田崇（長野県環境保全研究所）

パネリスト：川瀬宏明（気象研究所），高田翔太郎（（一社）Protect Our Winters Japan）

中野比呂志（（株）五竜），尾日向梨沙（Stuben Magazine、雪国飯山ソーラー発電所）

2.2 見学会

第 29 回雪形ウォッチング

日 時：2024 年 4 月 20 日（土）～21 日（日）

場 所：石川県加賀市片山津

主 催：国際雪形研究会，（公社）日本雪氷学会北信越支部

後 催：中谷宇吉郎雪の科学館

参加者：78 名

2.3 学習会

2023 年立山・内蔵助カールから見る変わりつつある雪氷環境

講 師：杉浦幸之助（富山大学都市デザイン学部教授）

日 時：2024 年 7 月 17 日（水）17:00～18:00

場 所：新潟大学災害・復興科学研究所 1F プレゼンテーションスペース（対面），Zoom（オンライン）

主 催：新潟大学災害・復興科学研究所，（公社）日本雪氷学会北信越支部

参加者：22 名（対面 12 名，オンライン 10 名）

過去の大雪・雪崩災害を読み解き今後の発生に備える

講 師：和泉薫（新潟大学名誉教授）

日 時：2024 年 11 月 18 日（月）10:00～11:00

場 所：新潟大学災害・復興科学研究所 1F プレゼンテーションスペース（対面），Zoom（オンライン）

主 催：新潟大学災害・復興科学研究所，（公社）日本雪氷学会北信越支部

参加者：30 名（対面 9 名，オンライン 21 名）

2.4 講習会

積雪観測&雪結晶撮影講習会

日 時：2025 年 1 月 18 日（土）13:00～17:45

場 所：防災科学技術研究所雪氷防災研究センター

共 催：（公社）日本雪氷学会北信越支部，（公社）日本雪氷学会関東・中部・西日本支部，
（国研）防災科学技術研究所

参加者：21 名

プログラム：

「雪結晶で読み解く雲の心」：荒木健太郎（気象研究所）

「雪結晶・積雪粒子撮影法」：藤野丈志（株式会社興和）

「積雪の変化と観測方法」：勝島隆史（森林総合研究所）

3. 普及・啓発

3.1 支部ホームページの運営 (<https://www.seppyo.org/hse/>)

大会プログラム・予稿集の掲載，および学習会等イベントの広報などの情報を随時更新

3.2 教育普及に関する共催事業

積雪観測&雪結晶撮影講習会

日 時：2025 年 1 月 18 日（土）13:00～17:45

場 所：防災科学技術研究所雪氷防災研究センター

共 催：（公社）日本雪氷学会北信越支部，（公社）日本雪氷学会関東・中部・西日本支部，
（国研）防災科学技術研究所

参加者：21 名

プログラム：

「雪結晶で読み解く雲の心」：荒木健太郎（気象研究所）

「雪結晶・積雪粒子撮影法」：藤野丈志（株式会社興和）

「積雪の変化と観測方法」：勝島隆史（森林総合研究所）

4. 2024 年度北信越支部賞の表彰

大沼賞：

小川弘司（石川県立大学 客員研究員）

「湿雪の水分移動と比表面積の測定に基づく積雪微細構造に関する先駆的研究」

雪氷功労賞：

田村盛彰

「雪国生活の向上に資する雪氷関連技術の研究・開発と支部活動への貢献」

5. 出版事業

5.1 支部機関誌

「雪氷北信越」第 44 号を 7 月に発行した。北信越支部ホームページにて公開。

6. 管理事項

6.1 北信越支部総会

2024 年 6 月 1 日 (土), 福井大学文京キャンパス総合研究棟 I

6.2 理事・幹事会議

第 1 回理事・幹事合同会議: 2024 年 5 月 1 日 (水) ~ 5 月 8 日 (水), 文書審議

第 2 回理事・幹事合同会議: 2024 年 5 月 15 日 (水) ~ 5 月 23 日 (木), 文書審議

第 3 回理事・幹事合同会議: 2024 年 11 月 18 日 (月), 長岡市まちなかキャンパス 301 会議室, Zoom

6.3 顧問・評議員会

2024 年 11 月 18 日 (月), 長岡市まちなかキャンパス 301 会議室, Zoom

2024 年度日本雪氷学会北信越支部収支決算報告

		2024年度予算	2024年度執行	増 減	
		(A)	(B)	(B) - (A)	
収 入		363,000	324,480	△ 38,520	
会費収入	支部会員費	0	0	0	
事業収入	研究発表会収入	35,000	28,500	△ 6,500	
	研修会講演会等収入	10,000	10,500	500	
	出版収入	北信越支部機関誌	10,000	2,250	△ 7,750
雑収入		0	0	0	
本部からの繰り入れ		308,000	283,230	△ 24,770	
支 出		363,000	324,480	△ 38,520	
事業費	事業費 計	270,000	312,120	42,120	
1 調査・研究		0	0	0	
2 研究会研修会	研究発表会	北信越支部大会	70,000	70,207	207
	研修会等	講演、見学、学習会	100,000	180,781	80,781
	普及・啓発	教育普及事業	15,000	2,202	△ 12,798
	褒賞	北信越支部褒賞費	25,000	8,030	△ 16,970
3 出版事業	支部機関誌	北信越支部機関誌	60,000	50,900	△ 9,100
	その他出版		0	0	0
管理費	管理費 計	93,000	12,360	△ 80,640	
事務局費		8,000	0	△ 8,000	
会議費		85,000	12,360	△ 72,640	
支払手数料		0	0	0	
役員選挙費		0	0	0	
雑費		0	0	0	

2025 年度日本雪氷学会北信越支部事業計画

事業分類	事業小分類	事業名	担当
1 調査・研究	調 査		
	研 究		
2 研究会研修会	研究発表会	北信越支部 研究発表会・製品発表検討会の開催（長野市）	北信越支部
	研修会等	北信越支部 講演会の開催（2回） 北信越支部 見学会の開催（1回） 北信越支部 学習会の開催（3回） 北信越支部 積雪観測講習会の開催（1回）	北信越支部 北信越支部 北信越支部 北信越支部
	普及・啓発	北信越支部 ホームページの運営 北信越支部 教育普及に関する事業の開催（2回）	北信越支部 北信越支部
	褒 賞	2025年度北信越支部賞の表彰	北信越支部
3 出版事業	学会誌		
	支部等機関誌	北信越支部 機関誌「雪氷北信越」45号の刊行	北信越支部
4 その他	管理事項	北信越支部 総会の開催 北信越支部 理事・幹事合同会議の開催 北信越支部 顧問・評議委員会の開催	北信越支部 北信越支部 北信越支部

2025 年度日本雪氷学会北信越支部予算計画

		2024年度予算	2025年度予算	増 減	
		(A)	(B)	(B) - (A)	
収 入		363,000	363,000	0	
会費収入	支部会員費	0	0	0	
事業収入	研究発表会収入	35,000	35,000	0	
	研修会講演会等収入	10,000	10,000	0	
	出版収入	北信越支部機関誌	10,000	10,000	0
雑収入		0	0	0	
本部からの繰り入れ		308,000	308,000	0	
支 出		363,000	363,000	0	
事業費		事業費 計	270,000	270,000	0
	1 調査・研究		0	0	0
2 研究会研修会	研究発表会	北信越支部大会	70,000	70,000	0
	研修会等	講演、見学、学習会	100,000	100,000	0
	普及・啓発	教育普及事業	15,000	15,000	0
	褒賞	北信越支部褒賞費	25,000	25,000	0
3 出版事業	支部機関誌	北信越支部機関誌	60,000	60,000	0
	その他出版		0	0	0
管理費		管理費 計	93,000	93,000	0
	事務局費		8,000	8,000	0
	会議費		85,000	85,000	0
	支払手数料		0	0	0
	役員選挙費		0	0	0
	雑費		0	0	0

公益社団法人日本雪氷学会北信越支部 支部規程施行内規

- 第1条 本支部は、公益社団法人日本雪氷学会支部規程第1条に基づき、公益社団法人日本雪氷学会北信越支部と称する。
- 第2条 本内規は、支部規程第2条2項に基づき、本支部における支部規程の施行に必要な事項を定めるものである。
- 第3条 本支部の会員は、北信越地方（新潟県、長野県、富山県、石川県、福井県）に在住する公益社団法人日本雪氷学会の会員とする。また、他支部に所属する会員であっても、本支部に所属することを希望する場合は、重複所属することを妨げない。
- 第4条 本支部に次の役員をおく。
- | | |
|-------|------------------|
| 支部長 | 1名 |
| 副支部長 | 若干名 |
| 支部顧問 | 若干名 |
| 支部評議員 | 若干名 |
| 支部理事 | 若干名（副支部長、幹事長を含む） |
| 支部監事 | 2名 |
| 支部幹事 | 若干名 |
- 第5条 支部長は、支部からの推薦に基づき、定款施行細則第28条により、定款第20条に定める理事の中から理事会において選出する。
- 第6条 副支部長、支部理事および支部監事は支部総会において、支部会員の中から選任する。
- 第7条 支部の幹事長は支部理事の中から支部長が委嘱する。支部幹事は支部会員の中から支部長が委嘱する。
- 第8条 支部長は本支部を代表しその会務を総理する。
- 第9条 副支部長は支部長に事故ある場合、その職務を代行する。
- 第10条 支部理事会は支部長、副支部長、支部理事で構成され、支部会務執行に必要な協議を行う。支部理事会の議長は支部長とする。
- 第11条 支部監事は支部の事業ならびに会計を監査する。
- 第12条 支部幹事会は幹事長、幹事で構成され、支部長の命を受けて支部事業の企画及び会計ならびにその他の会務を処理する。
- 第13条 支部長の任期は2年とする。ただし連続する2期を超えて在任することはできない。支部長を除く役員の任期は2年とする。ただし再任を妨げない。その他は定款第24条の定めるところによる。
- 第14条 支部顧問および支部評議員は支部理事会の議決を経て支部長がこれを委嘱する。支部顧問及び支部評議員は本支部の発展に寄与するものとする。
- 第15条 本支部は毎年1回定時総会を開くほか必要に応じ臨時総会を開く。
- 第16条 総会においては下記事項の承認を受けなければならない。
- | |
|-------------|
| 事業報告・収支決算報告 |
| 事業計画・予算案 |
| 役員の決定 |
| 支部規程施行内規の変更 |
| その他重要な事項 |
- 第17条 本支部の事業年度は毎年4月より翌年3月までとする。

附 則

本内規は2013年5月11日より施行する。

公益社団法人日本雪氷学会北信越支部 表彰規程

1. 本規程は、主として北信越地方において雪氷に関し下記の貢献をした者を表彰することを目的とする。
2. 支部長は、受賞者を選定するために受賞候補者選定委員会（以降、委員会という）を設ける。
3. 委員会は、数名をもって組織し、支部長がこれを委嘱する。
4. 支部長は、毎年下記の賞に該当する候補者の推薦を求める。
 - (1) 雪氷技術賞：克雪・利雪など雪氷に関する新しい技術を確立したものに贈る。
 - (2) 大沼賞：長年にわたる観測データの集録など、雪氷に関する地道な貢献を行ったもの、もしくは雪氷研究に関して斬新なアイデアを生み出したものに贈る。
 - (3) 雪氷奨励賞：雪氷学の研究に顕著な成果をあげ、今後の発展を奨励することが適当と考えられるものに贈る。
 - (4) 雪氷功労賞：支部の発展に著しい貢献をしたものに贈る。
5. 候補者の推薦は、下記の項目を記載した書類を支部事務局に提出するものとし、その締め切りを毎年3月15日とする。
 - (1) 雪氷技術賞、大沼賞、雪氷奨励賞、雪氷功労賞の区別
 - (2) 推薦者の氏名、所属、職名
 - (3) 受賞候補者の氏名（または団体名）、所属、職名。
 - (4) 推薦理由書（〇〇〇の功績、などの受賞表題を挙げ、800字ほどにまとめたもの）。
 - (5) 上記の理由書を証明する関係書類（論文等の業績一覧など）を添付する。
6. 委員会は、推薦書類を検討し、その年の受賞者を項目ごとに1～2件選定し、支部長に報告する。受賞者は、支部理事会の承認を得て決定する。
7. 各賞は賞状とし、支部定時総会においてこれを贈呈する。

附 則

本規程は2013年5月11日より施行する。

本規程は2016年6月4日に改正する。

本規程は2018年6月2日に改正する。

本規程は2021年2月15日に改正する。

2025-26 年度 公益社団法人日本雪氷学会北信越支部 役員

(* 本部理事)

支部長

杉浦幸之助*	富山大学学術研究部都市デザイン学系教授
--------	---------------------

副支部長

竹内由香里	森林総合研究所十日町試験地長
中村一樹	防災科学技術研究所雪氷防災研究センターセンター長

支部顧問

花角英世	新潟県知事
新田八朗	富山県知事
宮崎悦男	小千谷市長
関口芳史	十日町市長
宮元 陸	加賀市長

支部評議員

宮澤健太郎	新潟県知事政策局長
竹内延和	富山県生活環境文化部長
勝野和晃	小千谷市建設課長
荒川哲郎	十日町市建設部長
古川義純	中谷宇吉郎雪の科学館館長
加藤博亮	北陸電力送配電(株)電力流通部送電チーム統括課長
石坂雅昭	防災科学技術研究所客員研究員
和泉 薫	新潟大学名誉教授
上石 勲	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター契約研究員
河島克久	新潟大学災害・復興科学研究所教授
川田邦夫	雪環境研究塾塾長/富山大学名誉教授
齋藤浩之	(株) 興和代表取締役社長/新潟県融雪技術協会会長
佐藤和秀	長岡工業高等専門学校名誉教授
鈴木啓助	信州大学名誉教授・特任教授/大町山岳博物館館長
竹井 巖	元北陸大学薬学基礎教育センター教授
古川大助	(株) アルゴス代表取締役
町田 誠	町田建設(株) 代表取締役
丸山敏介	新潟電機(株) 代表取締役
山田忠幸	山田技研株式会社代表取締役
横山宏太郎	元中央農業総合研究センター

支部理事

伊藤陽一	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任専門研究員
小川弘司	石川県立大学客員研究員
勝島隆史	森林総合研究所十日町試験地主任研究員
上村靖司	長岡技術科学大学工学部機械系教授
藤平 大	土木研究所雪崩・地すべり研究センター所長

熊倉俊郎	長岡技術科学大学工学部環境社会基盤系准教授
齋藤隆幸	(株)スノーテック新潟代表取締役
佐々木明彦	国土舘大学文学部准教授
島田 亙*	富山大学学術研究部理学系准教授
瀬戸民枝	新潟県土木部都市局都市整備課課長
浜田 崇	長野県環境保全研究所自然環境部主任研究員
平島寛行	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任研究員
藤野丈志	(株)興和水工部技師長
堀 雅裕	富山大学学術研究部都市デザイン学系教授
本田明治	新潟大学理学部教授
町田 敬*	町田建設(株)取締役
松元高峰	新潟大学災害・復興科学研究所特任准教授
本吉弘岐	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任研究員
山口 悟	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター上席研究員
山下克也*	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任研究員
渡辺幸一	富山県立大学工学部教授

支部監事

飯田 肇	立山カルデラ砂防博物館学芸課長
長峰 聡	元新潟地方気象台観測予報グループ

支部幹事長

伊藤陽一	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター主任専門研究員
------	----------------------------

支部幹事

上村あみ	¹⁾ 庶務, ²⁾ 会計, ³⁾ 雪氷北信越編集, ⁴⁾ 支部だより, ⁵⁾ HP の各担当者
小川克昌	長野地方気象台防災管理 G 要配慮者対策係長
勝山祐太 ¹⁾	(有)アサップ代表取締役
木戸瑞佳	森林総合研究所十日町試験地研究員
榊 直人	富山県環境科学センター副主幹研究員
杉原幸信 ²⁾	土木研究所雪崩・地すべり研究センター研究員
砂子宗次朗 ³⁾	長岡技術科学大学工学部機械系助教
田村健太	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター契約研究員
永井翼	防災科学技術研究所雪氷防災研究センター契約研究員
新屋啓文	見附市上下水道局下水道施設係主任
西田陽一	新潟大学災害・復興科学研究所准教授
西村基志 ⁵⁾	(株)プロテックエンジニアリング
福井幸太郎	信州大学社会実装クラスター山岳科学研究所特任助教
藤本明宏 ⁴⁾	立山カルデラ砂防博物館主任学芸員
丸山ひかる	福井大学学術研究院工学系部門准教授
皆巳幸也	(株)ネクスコ・エンジニアリング新潟土木事業部土木技術部交通技術課
村井昭夫	石川県立大学生物資源環境学部准教授
山倉祐也	石川県立大学客員研究員
	(株)スノーテック新潟システム開発部課長

公益社団法人日本雪氷学会北信越支部 特別・賛助・購読会員

特別会員 (5)

富山県	930-8501	富山市新総曲輪1-7	生活環境文化部県民生活課 水雪土地対策班
新潟県	950-0965	新潟市中央区新光町4-1	知事政策局地域政策課
小千谷市	947-8501	小千谷市城内2-7-5	建設課
加賀市	922-0411	加賀市潮津町イ106番地	中谷宇吉郎雪の科学館
十日町市	948-8501	十日町市千歳町3-3	建設課

賛助会員 (13)

(株) アルゴス	944-0009	妙高市東陽町1-1
(有) アサップ	944-0005	妙高市中川3-5
(株) キタック	950-0965	新潟市中央区新光町10番地2
(株) 興和	950-8565	新潟市中央区新光町6-1
(株) 上越観光開発	949-6431	南魚沼市樺野沢112-1
(株) スノーテック新潟	940-1101	長岡市沢田1-3535-41
セキド新潟上越 (株) フォトオフィスオーツー	943-0171	上越市藤野新田336-1
長岡舗道 (株)	940-2115	長岡市下山町651-1
新潟電機 (株)	940-1101	長岡市沢田1-3535-41
(株) ネクスコ・エンジニアリング新潟	950-0916	新潟市中央区米山5-1-35
北陸電力送配電 (株)	930-8686	富山市牛島町15-1
(株) 星野工業	946-0024	魚沼市中原65-1
町田建設 (株)	949-6407	南魚沼市島新田374

購読会員 (8)

石川県農林総合研究センター林業試験場	920-2114	白山市三宮町ホ1
国土交通省北陸地方整備局	950-8801	新潟市中央区美咲町1-1-1
国土交通省北陸地方整備局 北陸技術事務所	950-1101	新潟市西区山田2310-5
清明堂書店	930-0083	富山市総曲輪3-2-24
富山県農林水産総合技術センター 森林研究所	930-1362	中新川郡立山町吉峰3番地
新潟大学 学術情報部	950-2181	新潟市西区五十嵐二の町8050
(国研) 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター	940-0821	長岡市栖吉町前山187-16
(株) 北国書林 外商部	921-8112	金沢市長坂2-12-16

2025年10月現在

雪氷北信越編集委員

伊藤 陽一（委員長）・勝山 祐太・杉原 幸信・砂子 宗次朗・西村 基志・藤本 明宏

（公社）日本雪氷学会北信越支部ホームページ

<https://www.seppyo.org/hse/>

SEPPYO HOKUSHIN'ETSU

Journal of Hokushin'etsu Branch of Japanese Society of Snow and Ice

No. 45 November 2025

Editor and Publisher: Hokushin'etsu Branch, Japanese Society of Snow and Ice

Office: Snow and Ice Research Center, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

187-16 Suyoshi, Nagaoka 940-0821, Japan

雪氷北信越 第 45 号

編集・発行：（公社）日本雪氷学会北信越支部

事務局：防災科学技術研究所雪氷防災研究センター気付

〒940-0821 長岡市栖吉町前山 187-16

印刷所：富士印刷株式会社

〒950-1233 新潟市南区保坂字岡下 353-1

発行年月日：2025 年 11 月 30 日

© 2025（公社）日本雪氷学会

掲載された記事の著作権は（公社）日本雪氷学会に属する。

（表紙題字：大沼匡之）