

論文

北海道岩見沢における2020/21年冬期の降雪と積雪の特徴

白川龍生^{1*}, 尾関俊浩², 金田安弘³, 松岡直基⁴

要旨

2020/21年冬期、北海道の空知南部が大雪となり、岩見沢では最深積雪205cmを記録し、2011/12年冬期の208cmに次ぐ記録となった。そこで本研究は、岩見沢における大雪時の積雪層構造とその要因、地域経済や市民生活への影響、大雪の将来予測結果との照合について解析した。積雪断面観測は融雪出水直前期に計2回実施した。寒冷でしまり雪主体だった2011/12年冬期と比較すると、2月中旬以降の気温の高さや降雨の影響を受け、積雪深は同程度ながら、雪質はざらめ雪主体で帯水層や氷板も複数確認され、異なる特徴を示した。積雪水量は610mmだった。今回の大雪の要因は、西よりの風に伴い日本海上の筋状雲の雲パターンが変わらず、岩見沢付近に継続的に流入する日が多かったことによる。さらに2月下旬には北海道西岸帯状雲が石狩湾上で筋状雲と合流し、これが岩見沢付近に達し大雪をもたらした。岩見沢では公共交通機関の運休や落雪による事故、老朽化した建物の倒壊など、地域経済や市民生活に大きな影響が生じた。岩見沢付近は高齢者の人口比が40%に達し、雪の事故リスクが特に高く、対策が必要である。

キーワード：積雪断面観測、降雪、筋状雲、雪害、雪の事故リスク

Key words: snow profile observation, snowfall, cloud streak, snow and ice disasters, risk of snow accidents

1. はじめに

2020/21年冬期、日本海側の多雪地帯、北関東、中部地域では平年を大きく上回る積雪となり、人的被害や建物被害が多数発生、幹線道路における交通障害など社会的影響の大きい雪害が生じた(雪害調査研究委員会, 2021)。北海道でも、空知南部に位置する岩見沢で9年ぶりの記録的大雪に見舞われた。気象庁岩見沢特別地域気象観測所

(旧測候所)における最深積雪は、2021年2月25日に205cmを記録した。これは2011/12年冬期の最深積雪208cm(1947寒候年の観測開始以降の最大値;ただし計器故障による欠測を含む値)に次ぐ記録となった。岩見沢では公共交通機関の運休や落雪による事故、家屋の倒壊など、地域経済や市民生活に大きな影響が生じた(たとえば、岩見沢市, 2021)。

北海道石狩平野においては、風向と周辺地形の影響で、西寄りの風では岩見沢方面、北寄りの風では札幌方面に雪雲が進入したときに降雪が多くなることが知られている(たとえば、岡林・里見, 1971)。岩見沢は地形が西側に開けているため、西北西の風に伴う雪雲が流入しやすい。一方、札幌は西側に積丹半島から手稲山周辺にかけて1000m級の山地が連なり、西よりの風の場合、雪雲が遮られる。空知中部の滝川周辺は西に暑寒別連峰が位置し、岩見沢に比べ西よりの風の影響

1 北見工業大学

〒090-8507 北海道北見市公園町165番地

2 北海道教育大学札幌校

〒002-8502 北海道札幌市北区あいの里5条3丁目

3 一般社団法人北海道開発技術センター

〒001-0011 北海道札幌市北区北11条西2丁目2-17 セントラル札幌北ビル

4 株式会社北海道気象技術センター

〒064-0824 北海道札幌市中央区北4条西23丁目

* 問合せ先: shirakaw@mail.kitami-it.ac.jp

を受けにくい。2020/21 年冬期は、石狩平野で西よりの風向が卓越したため、岩見沢で顕著な大雪になった(尾関ら, 2021a; 尾関ら, 2021b)。

岩見沢における近年の大雪事例としては、先述の 2011/12 年冬期の事例がある。この際は、日本雪氷学会北海道支部による呼びかけで「2011-2012 年冬期に北海道岩見沢市を中心として発生した大雪調査チーム」(尾関俊浩代表, 参加者 21 名)が編成され、岩見沢を中心とした石狩・空知地方および北海道全域(計 130 地点)で詳細な積雪調査が行われた(金田ら, 2012; 堤ら, 2012; 尾関ら, 2012; 白川ら, 2012; 荒川ら, 2012)。この調査により、2011/12 年冬期は石狩市厚田から岩見沢にかけての平地で積雪水量の多い地域が帯状に広がり、特に当別付近は家屋倒壊のおそれがあるとされる 700mm(たとえば, Hirashima *et al.*, 2020)に近い値に達していることがわかった。また 1 冬期にわたり寒冷で、各地の積雪には融解履歴が少ないという特徴が見られた。

本研究で述べる 2020/21 年冬期、岩見沢では 12 月から 1 月中旬にかけて低温が続いたが、一転して 1 月下旬以降は平年に比べ気温が高く、降水量も多いという特徴が見られた。この大気場の特徴は、2011/12 年冬期とは異なる。

そこで筆者らは、2020/21 年冬期における岩見沢の積雪について、2011/12 年冬期の調査結果と比較・考察することを目的に、融雪出水直前期(2月中旬~3月上旬)にかけて積雪の現地調査を実施した(尾関ら, 2021a; 尾関ら, 2021b; 白川, 2021a; 白川, 2021b)。本研究ではこの積雪調査結果を示し、関連して岩見沢における降積雪の特徴とそれらをもたらし気象パターン(雲の進入パターン)、大雪による影響(交通機関、行政サービス、市民生活)についての調査結果を取りまとめた。また、考えられる原因や事故リスクについても考察する。

2. 調査方法

2.1 降雪および積雪

本研究で使用した地上気象観測データは、岩見沢を含む北海道内 14 振興局所在地における気象庁の気象官署または特別地域気象観測所(旧測候所)の地上気象観測結果である。積雪観測データ

は、積雪観測ガイドブック(日本雪氷学会編, 2010)および Fierz *et al.* (2009) に準じて筆者らが実施した結果を用いた。

筆者のうち尾関は北海道教育大学岩見沢校グラウンド(43°11'15.5"N, 141°46'45.9"E)にて、2021 年 2 月 16 日および 28 日の 2 回、積雪深、雪温、雪質・粒径、密度、硬度および積雪水量を観測した(尾関ら, 2021a)。本稿では、これを岩見沢における代表的な観測結果とし、結果を 3 章に記す。一方、筆者のうち白川は岩見沢市菅あさぎり公園(43°12'42.0"N, 141°44'58.0"E)にて、同年 2 月 21 日および 3 月 5 日の 2 回、積雪深、雪質・粒径および積雪水量を観測した(白川, 2021a; 白川, 2021b)。これは積雪水量が最大値に近いとみなせる融雪出水直前期に実施した調査で、2012 年以降毎年の調査結果がある(ただし 2012 年は岩見沢市北村にて実施, 2013 年は積雪深データのみ)。このうち積雪深と積雪水量について、4 章にて毎年の観測結果と比較する。

空知・石狩における積雪深・積雪水量の分布図については、農研機構メッシュ農業気象データ(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO; <https://amu.rd.naro.go.jp/>)を利用し作成した。

2.2 北海道の気象経過

雪雲の移動を把握するための 850hPa 高度の風向データは、気象庁札幌管区气象台(43°03'36.5"N, 141°19'44.5"E)の高層気象データを使用した。

北海道への雪雲進入パターンの解析には気象衛星ひまわり 8 号の衛星画像を使用した。また、北海道の気象経過については、札幌管区气象台(2021a; 2021b)を参照した。

2.3 大雪に伴う影響

大雪に伴う鉄道(JR)・路線バスの運休状況、岩見沢市の除排雪費、同市堆雪場への運搬状況、市民からの苦情件数については、北海道新聞データベース(<https://www.hokkaido-np.co.jp/db>)および岩見沢市公式ホームページ(<https://www.city.iwamizawa.hokkaido.jp/index.html>)により調査した。

2021 年 2 月 23 日に発生した JR 函館本線の列車立ち往生については北海道旅客鉄道株式会社へ、

北海道の行政区域別の雪による建物被害棟数は北海道総務部危機対策局へ、それぞれ協力を依頼しヒアリング調査を実施した。

北海道における雪の事故リスクの年齢別比較、人的被害の発生内訳については、北海道公式ホームページ (<https://www.pref.hokkaido.lg.jp>) により調査した。

また岩見沢市中心部の数カ所では、融雪出水直前期における堆雪状況の現地調査を行った。

3. 調査結果

3.1 降雪および積雪の特徴

3.1.1 岩見沢

気象庁岩見沢特別地域気象観測所で記録された

日最深積雪および積算降雪量の推移を図 1 に示す。図 1a は 2020/21 年冬期、図 1b は比較のため 2011/12 年冬期を示す。図 1a, 1b とも、平年値 (1991~2020 年の 30 年間) を加えた。また、岩見沢における 11~4 月の降雪の深さ合計、月別降水量合計、月単位の雪水比を表 1 に示す。

2020/21 年冬期は、11 月 9 日に積雪初日を記録し、翌 10 日には日最深積雪 44cm に達したが、同 16 日に一度消雪した。11 月は断続的な積雪があり、同 27 日から 2021 年 4 月 11 日まで長期積雪 (135 日間) になった。年最深積雪は同 2 月 25 日の 205cm であった (1947 寒候年の観測開始以降 2 位)。2020/21 年冬期における 12 月の降雪の深さ合計は 382cm で、これは平年を大きく上回

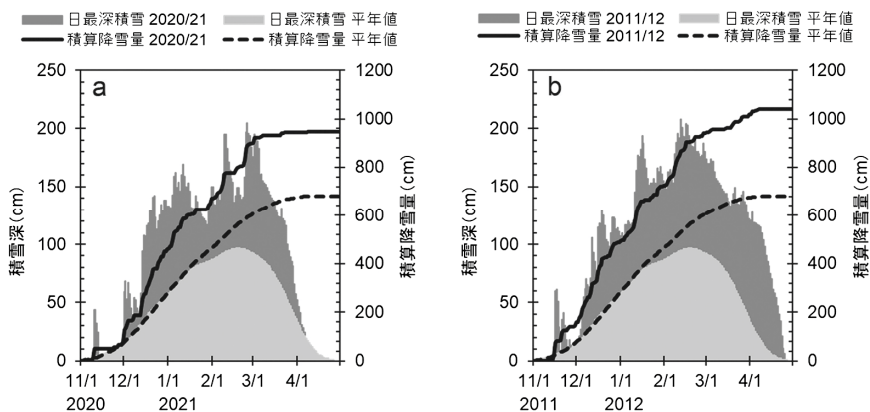


図 1 岩見沢の日最深積雪と積算降雪量の推移。(a) 2020/21 年冬期、(b) 2011/12 年冬期。いずれも気象庁岩見沢特別地域気象観測所における観測結果。

表 1 岩見沢における 11~4 月の降雪の深さ合計、月別降水量合計、月単位の雪水比。表の数値に*のある値は、統計を行う対象資料が許容範囲で欠けていることを示す (準正常値: 資料が欠けていない正常値と同等に扱う)。降雪の深さ合計、月別降水量合計は気象庁ウェブサイト「過去の気象データ検索」における岩見沢の値を使用し、月単位の雪水比は計算で求めた。

岩見沢	降雪の深さ合計 (cm)			月別降水量合計 (mm)			月単位の雪水比 (cm / mm)		
	2020/21	2011/12	平年値	2020/21	2011/12	平年値	2020/21	2011/12	平年値
11月	77	142	70	172	198.5	118.8	0.45	0.72	0.59
12月	382	346	200	299	241	144.5	1.28	1.44	1.38
1月	211	237*	187	138	182	119.4	1.53	1.30*	1.57
2月	227	217	137	190.5	156.5	85.5	1.19	1.39	1.60
3月	47	77	72	49.5	46	59.4	0.95	1.67	1.21
4月	2	21	8	108.5	54	52.7	0.02	0.39	0.15
期間合計	946	1040	674	957.5	878	580.3	0.99	1.18	1.16

り (平年比 191%, 1953 寒候年の観測開始以降 3 位), 2 月も同 227cm (平年比 142%) で平年を上回った. 同観測所では, 11~2 月の期間中, 日降雪量 30cm 以上の日が毎月あり, 計 6 日あった. 特に降雪量が多かったのは, 51cm (12 月 1 日), 40cm (2 月 9 日), 50cm (2 月 24 日) である. 日降雪量 20cm 以上についても計 16 日あった. 累計降雪量は 946cm で, これは 1952 寒候年の観測開始以降, 8 位の記録である. これは平年値に比べ極端に大きな値ではないが, その理由としては 3 月以降の降雪が少ない点が挙げられる. 3 月の月降雪量は 47cm で, 月平均気温も +1.9℃ と高く経過した. このため, 4 月 1 日の時点で最深積雪は 52cm まで減少した.

一方, 2011/12 年冬期は積雪初日を 11 月 15 日に記録した. 翌 16 日には日最深積雪が 60cm に達している. その後, 積雪深は一旦減少するが 0 cm にならず, 2012 年 4 月 25 日まで積雪が続いた (長期積雪期間: 163 日間). 年最深積雪は同 2 月 12 日の 208cm であった. 累計降雪量は 1040 cm で, これは観測開始以降 2 位の記録である. 2020/21 年冬期 (本研究) と比較すると, 3 月の降雪の深さ合計が 77cm と多い. また, このときの月平均気温は -1.6℃ と低く経過したため, 4 月 1 日の日最深積雪は 121cm であり, 長期積雪

期間は 28 日間長かった.

冬期の降水量に着目すると, 2020/21 年冬期は期間合計値が 957.5mm で, これは 2011/12 年冬期の 878mm を上回る. 特に 12 月と 2 月の月降水量は平年値の 2 倍以上に達した. 降水量 1mm に対する降雪量 (cm) を示す雪水比については, 月単位で算出した結果, 表 1 のように 2020/21 年冬期は全ての月で平年値を下回った. 雪水比は値が小さいほど降雪が湿雪であることを示している. 一方, 2011/12 年冬期は, 1 月と 2 月の雪水比が平年より小さいが, その他は値が大きく, 2020/21 年冬期とは特徴が異なっている.

次に, 岩見沢における日降雪量と気温の推移 (2020 年 11 月 1 日~4 月 1 日; 図 2) を用いて, 2021 年 2 月に 2 回実施した岩見沢の積雪層構造について記す (図 3).

図 3a は 2021 年 2 月 16 日, 図 3b は同 2 月 28 日に北海道教育大学岩見沢校グラウンドで実施した観測結果である. 比較対象として, 2012 年 3 月 2 日の観測結果を図 3c および図 3d に示した (尾関ら, 2012). 図 3c は北海道教育大学岩見沢校グラウンド (図 3a, 図 3b と同じ場所), 図 3d は岩見沢市立南小学校である (尾関ら, 2012).

2 月 16 日 (図 3a) の時点で平年値 (96cm) より約 30cm 積雪が多い. 岩見沢では 2 月 9 日に日

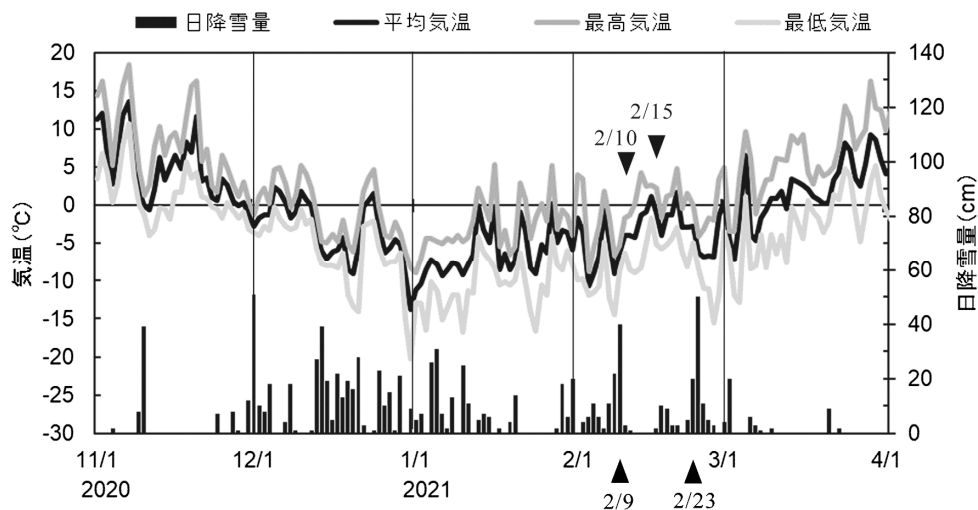


図 2 岩見沢の日降雪量と気温 (日最高/日平均/日最低) の推移. いずれも気象庁岩見沢特別地域気象観測所における 2020 年 11 月 1 日~4 月 1 日の観測結果.

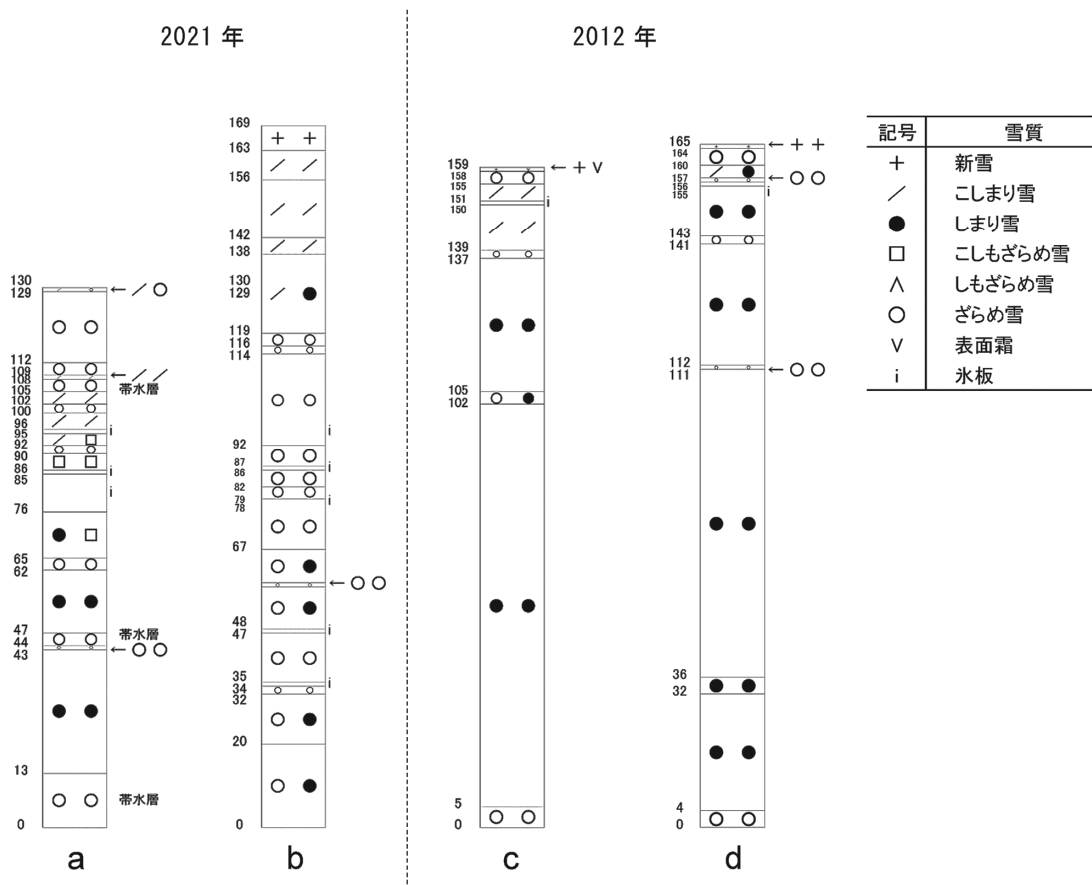


図 3 岩見沢における積雪層構造。(a) と (b) は 2021 年の観測結果で、(a) は 2 月 16 日、(b) は 2 月 28 日に北海道教育大学岩見沢校グラウンドで実施した。(c) と (d) は 2012 年の観測結果で、いずれも 3 月 2 日に、(c) は北海道教育大学岩見沢校グラウンド、(d) は岩見沢市立南小学校で実施した。

降雪量 40cm を記録している (図 2)。その後、2 月 10~11 日は真冬日だったが、同 12~14 日 (最高気温 +2.5℃) と暖かい日が続き、同 15 日にみぞれを含む降雨があった。図 3a における積雪上部のざらめ雪はこの暖気と降雨の影響であり、また 102cm より上層の密度が約 400 kg m^{-3} と大きい理由は、この降雨の影響が大きい。

また、積雪内には複数の帯水層が見られた。2 月中旬における岩見沢の平均気温は、平年値 (旬ごとの値) が -4.5°C であり、一般的にはまだ乾雪が観測される時期である。2 月 15 日の降雨は、2020/21 年冬期の特徴の一つといえる。

その後、岩見沢では同 23~25 日にかけて累計 81cm の降雪があった (図 2)。同 28 日の調査 (図 3b) では、このとき積もったこしまり雪主体

の層が上層に見られた。その下の積雪層はざらめ雪主体へ変態していた。また、積雪内に氷板層 4 層が確認された。このことは、寒冷だった 2011/12 年冬期の積雪がしまり雪主体だったこと (図 3c、図 3d) と対照的である。

2021 年 2 月に実施した積雪断面観測における積雪深と雪温・密度の関係を図 4 に示す。ここで、図 4a は雪温、図 4b は各層の密度である。なお 2 月 28 日の 0~92cm の層の密度はスノーサンプラーによる平均密度である。2 月 16 日はほぼ全層 0°C で、ざらめ雪層の密度は 400 kgm^{-3} 以上であり、特に帯水層では 600 kgm^{-3} を超えていた。同 28 日は積雪層の上半分が当日の気温経過 (午前 6 時 38 分に最低気温 -11.8°C を記録) を反映し雪温がマイナスであるが、92cm から地面までは

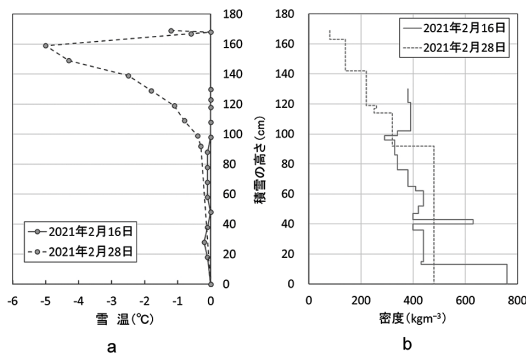


図 4 積雪深と雪温・密度の関係。(a) 雪温。(b) 密度。いずれも北海道教育大学岩見沢校グラウンドでの観測結果を示す。

ほぼ 0°C であり、密度は 480kgm^{-3} と高い値を示した。

積雪水量および全層平均密度は、2月16日が 565mm (438kgm^{-3})、同28日が 610mm (361kgm^{-3}) であり、これは2011/12年冬期(3月2日、 611mm (379kgm^{-3}))と同水準だった(尾関ら, 2012)。

3.1.2 北海道全域

北海道内14振興局所在地における、2020/21年冬期の降雪の深さの合計とその平年差を図5に示す。北海道全体の降雪量は冬期を通じ全般に平年並みから平年よりやや少ない量であったが、岩見沢のみ、平年値を大きく上回った。これは岩見沢付近に大雪が集中したことを裏付ける。

北海道内の積雪分布については、白川(2021a)が、道央・道東・道北の41地点における広域積雪調査を実施した。岩見沢をピークに空知～上川～宗谷にかけ積雪が多い。一方、道東各地の積雪は少なく、降雪量を反映した分布となっている。

3.1.3 空知・石狩の積雪深・積雪水量

図6は空知・石狩の平野部における2021年3月1日の積雪分布を示す。本研究はこのうち海拔100m以下の平地積雪を対象とした(おおよそ石狩平野に相当する)。

図6aは積雪深の分布を示す。積雪深は日本海から石狩平野北東部へ向かうにしたがって値が大きくなり、岩見沢を含む帯状の狭い範囲で最も大きくなっている。図6bは積雪水量の分布を示す。分布傾向はおおよそ積雪深分布と同様で、岩見沢

周辺には500mmを超える帯状のエリアが確認できる。

3.2 北海道の気象経過

3.2.1 札幌における高層気象観測データ

雪雲の移動を支配する高度(上空約1500m)に相当する札幌高層観測850hPaの風向出現率を図7に示す。ここで見られる特徴としては、気温が日別平年値(1991～2020年)以下の日に西北西(WNW)の風向が約50%と卓越し、次いで西(W)となっている点である。全期間を通じて、出現率の高い風向は、西北西、西の順となった。西寄りの風向のときは、日本海の筋状雲が岩見沢方面に侵入しやすいことが知られている。2020/21年冬期については、平年より気温が低いときに、より西寄りの風向が卓越していた。

3.2.2 気象経過

ここでは札幌管区気象台(2021a; 2021b)に基づき、2020/21年冬期の気象経過を要約する。

12月上旬～1月中旬における大気場は、北極付近が気圧の尾根となり、寒冷渦がオホーツク海に偏在する傾向が見られた。このため、極域からの強い寒気が南下しやすく、冬型の気圧配置が長続きした。これは北極振動が負位相であったことも要因と考えられる。この影響で、日本海側では降雪量が多くなり、局地的に大雪となった地点もあった。気温は平年より低い日が多く、特に1月上旬の北海道地方は1961年の統計開始以降、第3位の低温となった。

1月下旬～2月は一転して寒気の南下が弱く、北海道は低気圧の影響を受けた。2月中旬の気温と降水量は、同統計開始以降第1位の高温と第2位の多雨となった。

3月は黄海から日本のはるか東にかけて気圧が高く、南からの暖湿空気が北海道に入りやすかったため、気温は記録的な高温となった。

太平洋側については、全期間を通じて大雪をもたらす低気圧の数は少なかった。このため、北海道内の多くの地点では、降雪量が平年を下回る地点が多かった(図5)。

3.3 大雪に伴う影響

本節では、岩見沢付近で生じた大雪に伴う交通機関、行政サービス、市民生活への影響について記す。

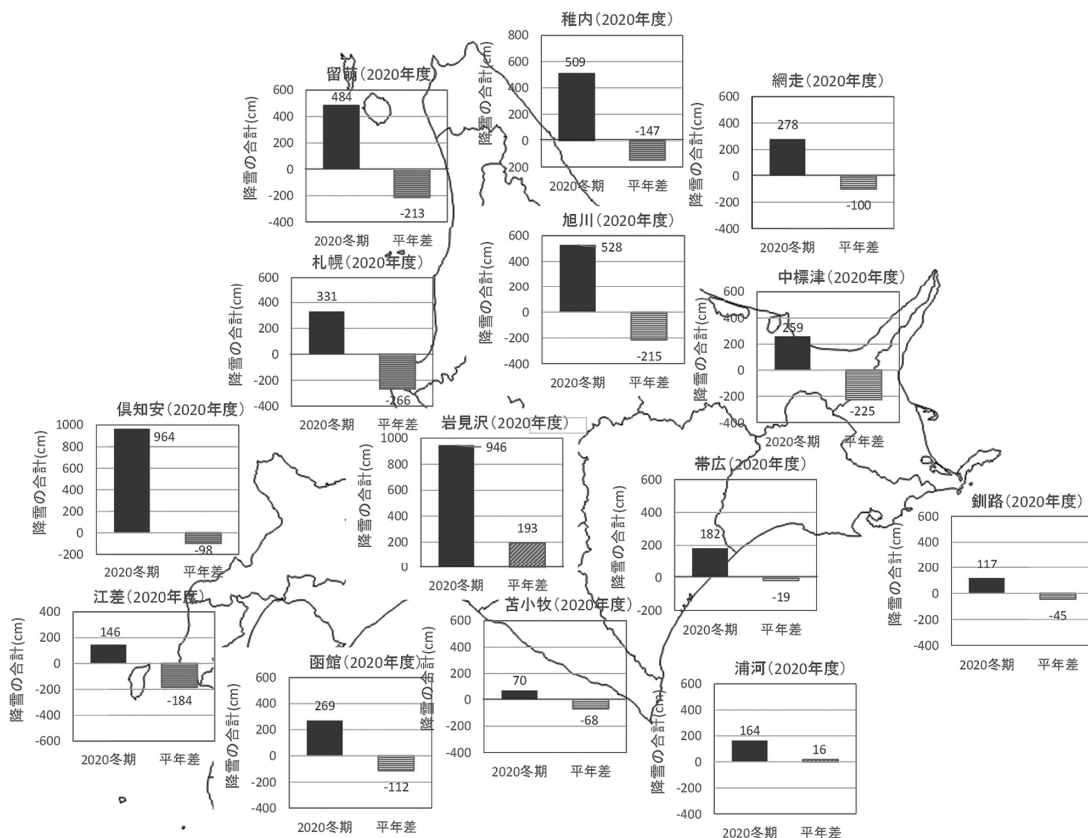


図 5 北海道内 14 振興局の代表地点における降雪の深さの合計とその平年差。いずれも 2020/21 年冬の値を示す。

3.3.1 交通機関（鉄道，路線バス）

2020/21 年冬期は、岩見沢を発着する鉄道や路線バスにて、運休や遅延などの輸送障害が発生した。鉄道のターミナル駅を抱える拠点都市が大雪になると、市民生活のみならず、都市間輸送にも影響が波及する。

岩見沢で日降雪量 20cm を記録した 2021 年 2 月 23 日深夜、JR 函館本線岩見沢～峰延間では普通列車の立ち往生が発生した（図 8a）。大雪の影響により、2 月 24 日からの 2 日間で、札幌・旭川間の特急列車を含む 563 本が運休となった。岩見沢周辺の鉄道路線では、終日、除雪作業が行われた（図 8b）。

なお図 3b 上層でみられるこしまり雪は、このときに積もったものと考えられる。

路線バスについては、12～3月の間に北海道中央バスの岩見沢市内および郊外線（平日は約 230 本）の 15 路線で約 1700 本が運休した（2021 年 4

月 18 日付北海道新聞）。

3.3.2 行政サービス（除排雪，雪堆積場，苦情要望対応）

岩見沢市の公開データによると、2020 年度の除排雪対策経費（除雪経費・排雪経費・その他経費）は総額 26 億 7200 万円に達した。同市は当初予算で例年並みの 13 億 6000 万円を計上したが、排雪経費（積算単価：200 万円/km）が不足し、さらに除排雪業者に支払う委託料が増加したため、その後に計 3 回の追加補正により、除排雪対策経費は過去最大規模となった（従来の最高額は 2011/12 年冬期の 20 億 4000 万円）。同市内の企業や市民が利用できる計 4 か所の雪堆積場への総搬入量は、2011/12 年冬期の $1.61 \times 10^6 \text{ m}^3$ を上回り、従来の記録を更新する $2.16 \times 10^6 \text{ m}^3$ に達した。

2021 年 4 月 21 日付北海道新聞によると、岩見沢市は、2020/21 年冬期に雪堆積場への搬入量が増えた理由として、以下 2 つを挙げている。1 つ

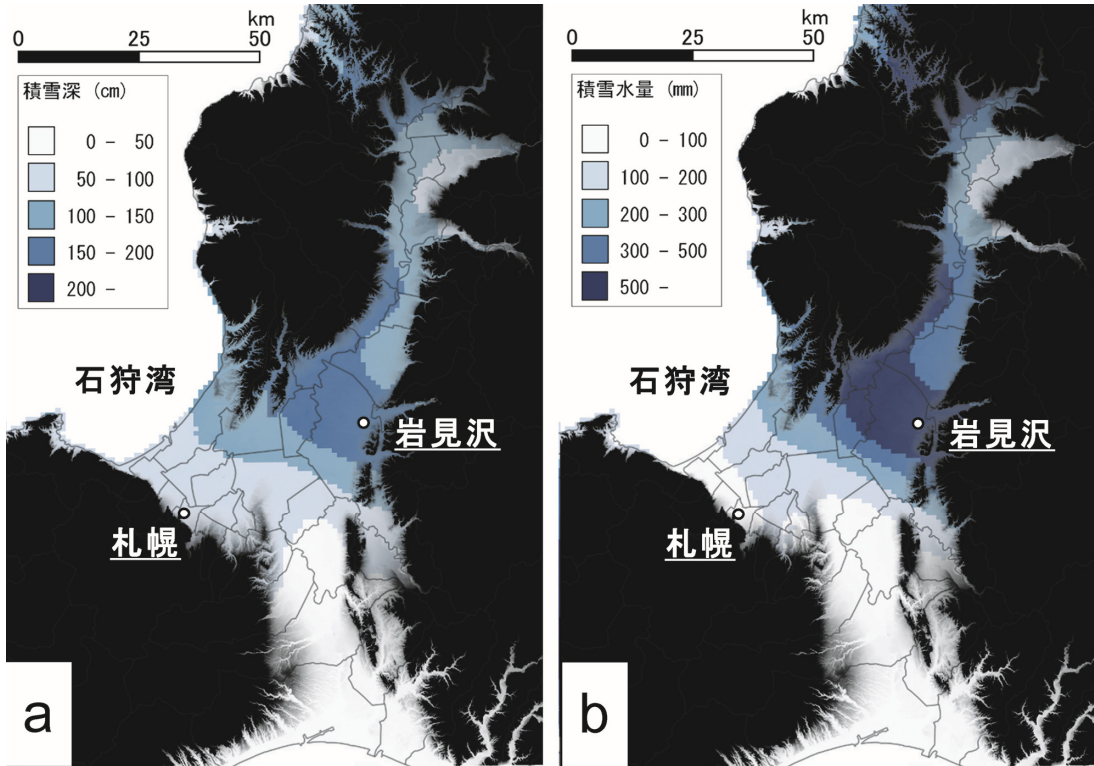


図 6 空知・石狩の平野部における 2021 年 3 月 1 日の積雪分布図。(a) 積雪深, (b) 積雪水量. いずれも農研機構メッシュ農業気象データシステムによる 1km メッシュデータを使用した. 標高 100m 以上の領域はマスキング処理した. 市区町村界は細線で示す. 札幌は気象庁札幌管区気象台, 岩見沢は気象庁岩見沢特別地域気象観測所を示す.

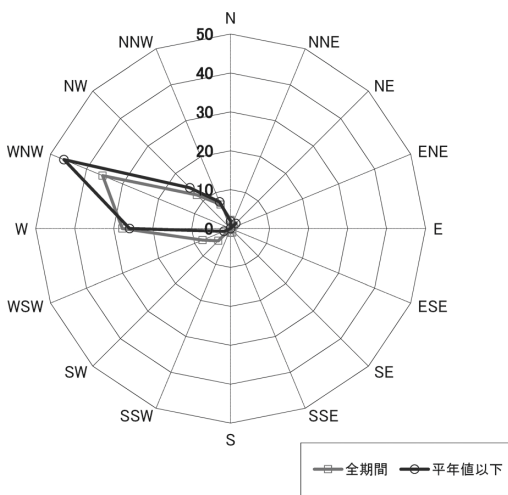


図 7 札幌高層観測 850hPa の風向の出現率 (単位: %). 2020 年 12~2021 年 2 月における 09 時の観測結果で, 全期間を通じた出現率, 気温が特別平年値以下の場合の出現率を示す.

は, 今冬は日降雪量 20cm を超える日が続いたため, 自宅敷地内など雪を捨てる場所が不足したことである. もう 1 つは, 2019 年度に導入した高齢者や障害者世帯を対象とした定期排雪費の一部助成制度を利用する市民が増加したことである (岩見沢市, 2021).

また 2021 年 4 月 22 日付北海道新聞によると, 同市の除排雪対策本部に 2021 年 3 月末までに寄せられた市民からの雪に関する苦情・要望は 4797 件に達した. これは 2011/12 年冬期の 5300 件に次ぐ 2 番目の記録である. 分類別では, 道路の除排雪に関するものが 1012 件と最多で, 除雪方法に関するものが 902 件となった. 市の分類には当てはまらない「その他」については落雪に関する相談が中心で, 1920 件だった.

期間を通じた雪質の特徴としては, 表 1 に示すように, 11~4 月の全ての月で平年より雪水比が



図 8 大雪による鉄道の輸送障害。(a) JR 函館本線 岩見沢～峰延間で停止した普通列車，(b) 雪に覆われた JR 札沼線の線路状況。写真提供：北海道旅客鉄道株式会社。

小さかった点が挙げられる。乾雪に比べ、湿雪は除排雪作業時の負荷が大きい。加えて 2020/21 年冬期の岩見沢は寒暖差が大きく、気温の高い日がある一方、真冬日も多かった(図 2)。湿雪は水分を多く含み、凍結すると硬度の高い雪に変化する。このことも、除雪作業の負担を高める一因となったと考えられる。

3.3.3 大雪の岩見沢市内の様子

筆者らが現地調査時に撮影した岩見沢市内の様子を図 9 に示す。図 9a は 1 階部分が雪に埋もれた岩見沢市内の建物，図 9b は融雪による道路の冠水の様子である(2 月 28 日)。また，図 9c は道路両側に高さ約 3m の雪壁が連続し有効幅員の狭い道路の様子である(3 月 5 日)。

2021 年 3 月 5 日付北海道新聞によると，同日，

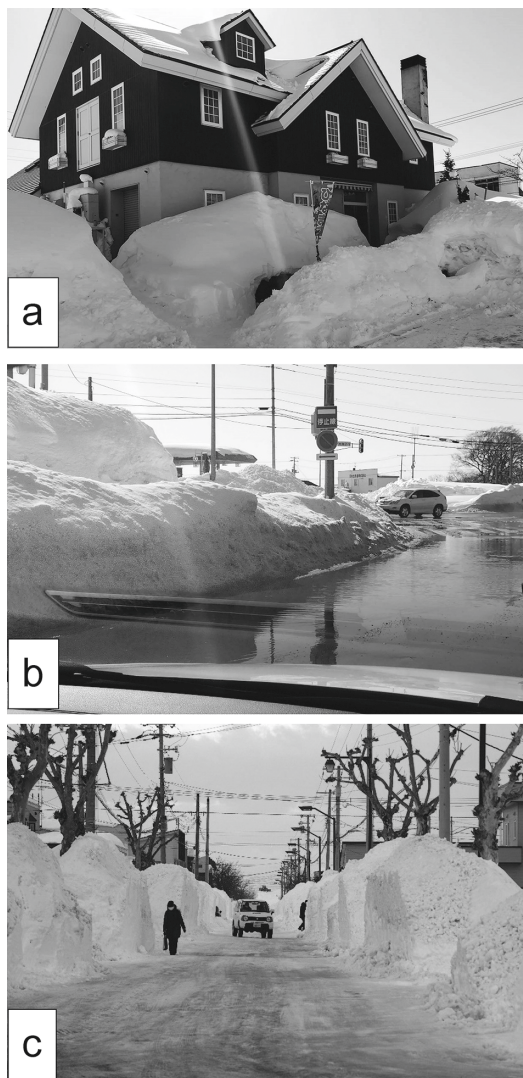


図 9 大雪の岩見沢市内。(a) 1 階部分が雪に埋もれた建物(2021 年 2 月 28 日，尾関撮影)，(b) 融雪による道路の冠水と除雪により高く積もった雪壁(同)，(c) 道路両側に高さ約 3m の雪壁が連続し有効幅員の狭い道路(同年 3 月 5 日，白川撮影)。

岩見沢では日最高気温が +9.7℃ に達し，空知地方を中心に複数の建物被害が発生した。美瑛市では老朽化した木造二階建て住宅が雪荷重によりほぼ全壊し，住人ががれきに足を挟まれ負傷した。岩見沢市中心部では商店街に面した老朽化した木造空き店舗が日中時間帯に突然倒壊する事故が発生し，店舗前の道路にがれきが散乱する被害が生

じた（この事例と積雪水量の関係については 4.1.3 節に記す）。深川市でも、屋根から落下した雪が空き店舗に衝突し、建物が倒壊する事故が発生した。

4. 考察

4.1 降雪および積雪

4.1.1 雪雲の進入パターン

気象衛星ひまわり 8 号の可視画像を図 10 に示す。図 10a は岩見沢で日降雪量 19cm を記録した 2020 年 12 月 15 日 12 時の画像であり、日本海上ではロシア沿海州から北海道に伸びる筋状雲が確認できる。この筋状雲は、大陸で発達したシベリア気団からの乾燥空気が日本海上で多量の顕熱と水蒸気の供給を受け、暖湿な空気へ変質し発生した雪雲である。同日の日本海における日別海面水温および年差を図 11 に示す。図 11a は海面水温、図 11b は年差を示す（年：1991~2020 年の平均値）。岩見沢方面に伸びる雪雲は、大陸を離岸後に海水温の温度シアライン（寒暖の境界）に沿って吹走し、その後、年より海面水温が高い領域を通り石狩湾に進入している（図 11b）。

佐藤・亀田（2021）は、日本海北部で 2020 年 11 月頃から対馬暖流の特異な北向き移流に伴う海洋温暖化が発生していたことを再解析データにより明らかにした。この影響の一端は図 11 にも現れていると考えられる。そしてこの海洋温暖化が、12~1 月に岩見沢を含む北海道西部沿岸地域へ大雪をもたらす重要な役割を果たすことを示した。

先述の図 10a のうち日本海北部に着目すると、大陸から岩見沢へ直線的に進入する雲が明瞭に現れている。村松（1978）および Muramatsu（1979）は、日本海北部の主風向が西北西の場合、積丹半島の山地を通過し発達した雪雲が岩見沢へ直接流入しやすいことを示した。大陸の寒気はロシア沿海州のシホテアリニ山脈を迂回する形で北東側と南西側に流出し、同山脈の風下にあたる日本海上で低圧部と風の収束・合流域が形成される。同山脈の高さは北東側と南西側で異なるため、日本海側に流出する空気塊に温位差が生じ、このとき形成される局地的な前線が降雪バンドの形成・発達に寄与している（Ohtake *et al.*, 2009）。図 10a はこの典型的なパターンと考えられる。

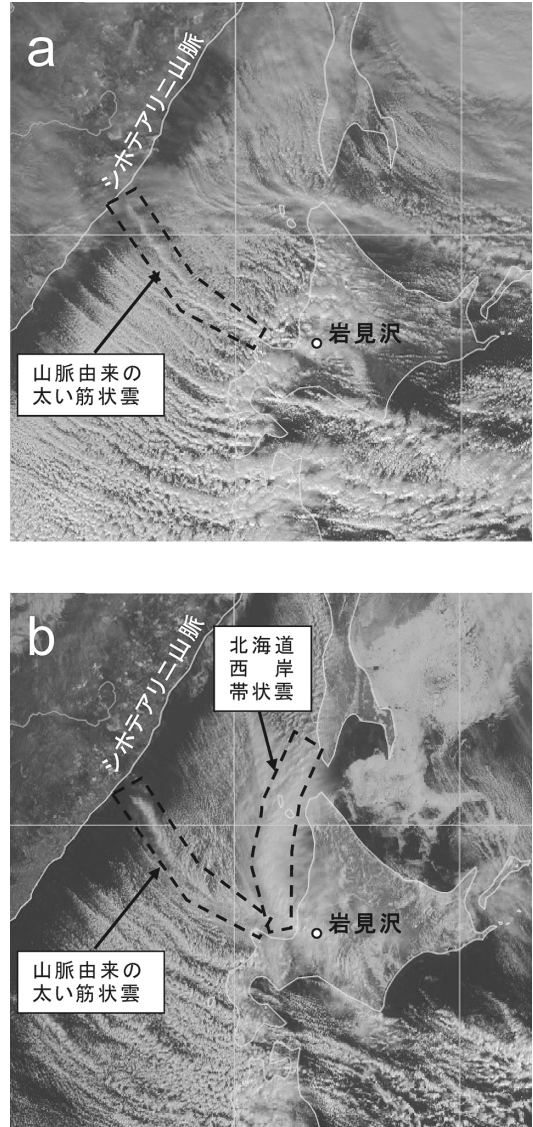


図 10 気象衛星ひまわり 8 号の可視画像。(a) 2020 年 12 月 15 日 12:00 (JST), (b) 2021 年 2 月 24 日 9:00 (JST)。

一方、2 月 23~25 日の大雪時（2 月 24 日の日降雪量：50cm）は、上記と異なる気象経過を示した。北海道北部では北から東寄りの風が日本海側に流入し、雪雲が日本海側北部から弧状に南下している。ここで、JAXA/EORC による SGLI RGB2 画像（海水と雲が識別しやすい配色になるように合成された画像）を図 12 に示す。2 月 23 日は、北海道西海上にて低気圧性循環と大陸から

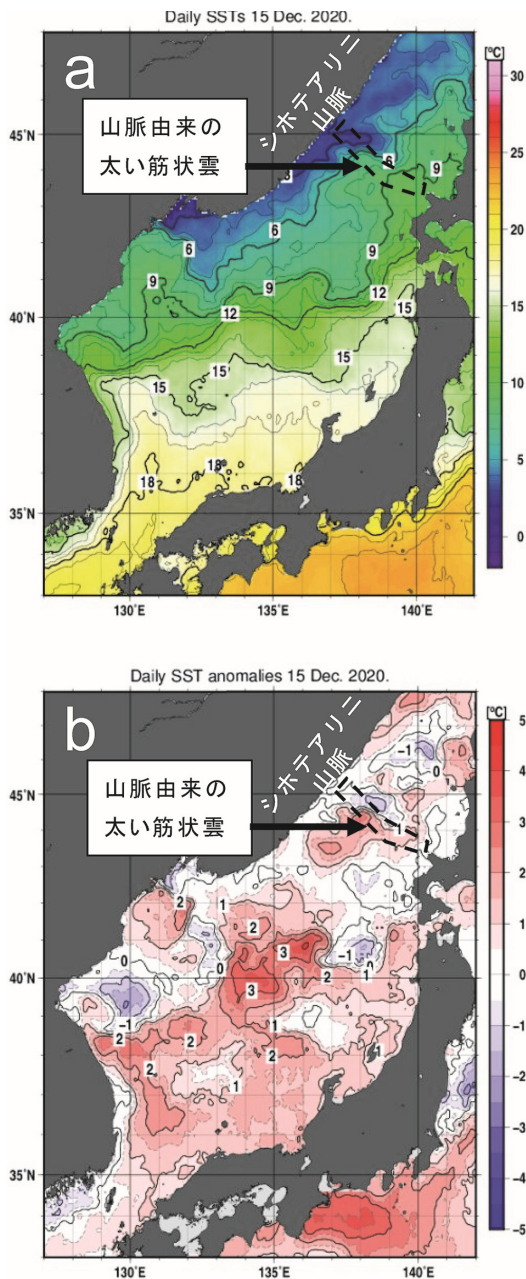


図 11 2020 年 12 月 15 日の日本海における日海面水温および年差。(a) 日海面水温, (b) 年差。気象庁ウェブサイト「日別海面水温」に一部加筆した。

の北寄りの風によるウインドシア（大気中の 2 点間の風のベクトル差）が形成され、この場所に氷雲（明るい黄色）が見られる（図 12a）。翌 24 日

は低気圧が千島近海に北東進したため、北海道内陸部の等圧線の間隔は前日より広がったが、北海道西海上で 1014hPa 等圧線が西へ膨らんでいる。この付近にウインドシアが形成され、対応する雪雲（通称、北海道西岸带状雲）が弧状に南下する様子を確認できる（図 12b）。その後、雪雲は石狩湾付近で大陸からの雪雲と合流している。このため雪雲がさらに発達し、岩見沢へ長時間流入したと考えられる（図 10b, 図 12b；石井ら, 2021）。このパターンは岡林・里見（1971）および村松ら（1975）で示された気象経過とも類似している。

4.1.2 札幌 850hPa 気温年差と総降雪量の関係

図 13 は、2020/21 年冬期における札幌の 850 hPa 気温（平均高度 1375m）と岩見沢の日降雪量の経過を示したものである。これによると、850hPa 気温は 12~1 月中旬に平年（1991~2020 年）よりも低く、1 月中旬以降に平年並み、または平年よりも高い傾向がわかる。

図 14 は、12~2 月における札幌の 850hPa 平均気温と岩見沢の総降雪量の関係を示す。両者には相関関係が認められ、下層の寒気移流が降雪現象に結びつくことが示唆される（松岡・西山, 2012）。2011/12 年冬期は回帰直線に近いが、2020/21 年冬期はこの関係から外れ、気温に対し総降雪量が多い。この理由は、1 月中旬以降の気温が平年並みから高めであったこと（図 13）に加え、大陸にある山脈由来の筋状雲に北海道西岸带状雲が合流し、降雪量が増えた事例等の影響と考えられる。

4.1.3 2012~2021 年の積雪深・積雪水量

図 15 に融雪出水直前期における岩見沢の積雪深・積雪水量・全層密度の現地調査結果（2012 年以降）を示す。図中の二重線は 2 月下旬における岩見沢特別地域気象観測所の積雪深の平年値（1991-2020 年；106 cm）を示す。調査時期と各冬期の最深積雪の関係把握するため、旬ごとの最深積雪（同観測所）も付記した。

図 15 より、2012 年と 2021 年の積雪深の観測結果は、平年値と比べ突出していることがわかる。同時期に実施した尾関による観測結果（図 3, 図 4）より、この 2 冬期の雪質は、圧密・焼結の進んだしまり雪またはざらめ雪主体である。全層密

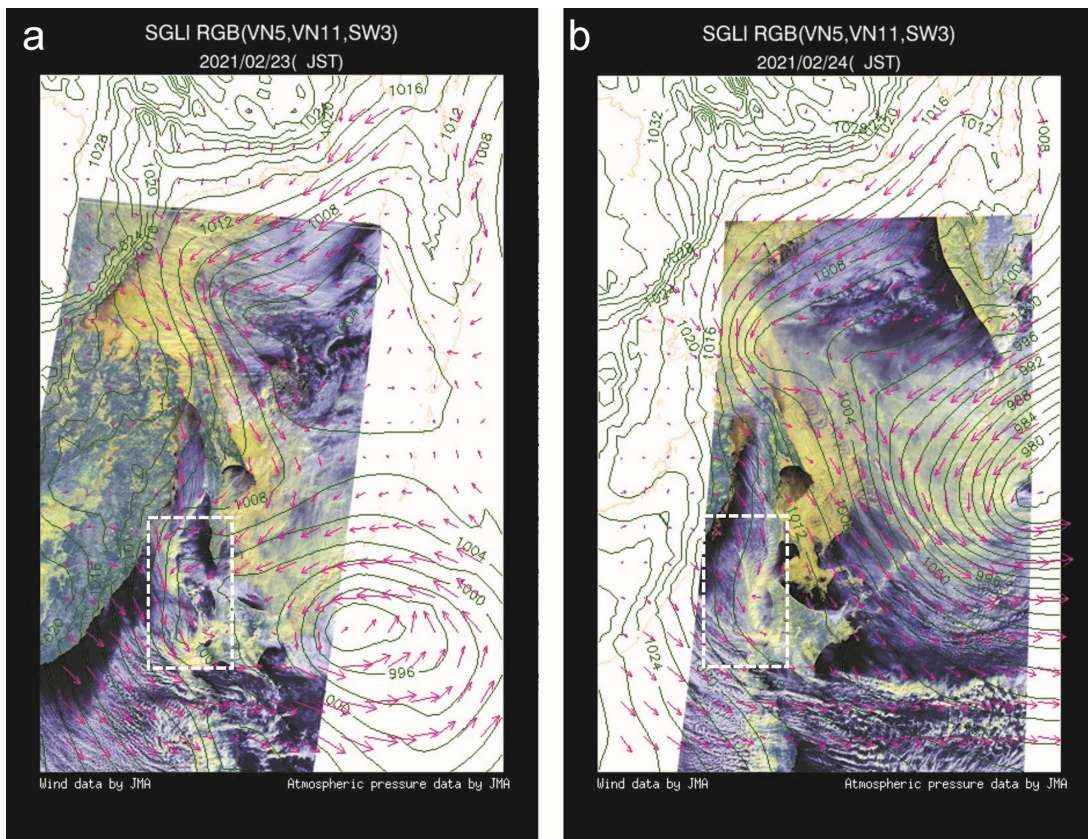


図 12 JAXA/EORC による SGLI RGB2 画像。(a) 2021 年 2 月 23 日, (b) 同 24 日。地上風の風向風速および海面更正気圧のデータが追加されている。RGB2 画像は海水と雲が識別しやすい配色になるよう合成された画像で, 緑色が植生域, 濃い黄色が海水・積雪域, 明るい黄色が氷雲, 白色が氷雲, 黒色が海面を示す。図中, 北海道西岸を含むエリアを白破線の枠で示す。

度は, 欠測した 2013 年を除く 9 年分の平均値が 351kgm^{-3} であるが, 多雪年の 2012 年と 2021 年の値はこれを上回っており, 結果として積雪水量も多くなる。特にこの 2 冬期の積雪水量は, 建物倒壊のおそれがある 700mm (700kgm^{-2}) を超えており, 雪の少ないシーズンと比べ 2~6 倍の水量が積雪として留まっていたことがわかる。

岩見沢における 2012~2021 年の積雪深と積雪水量の関係を図 16 に示す。両者には有意な直線関係があり, 融雪出水直前期の岩見沢の全層平均密度は平均 372kgm^{-3} である。一方, 図中の破線は道央 (12 地点) における 2014~2018 年の全層平均密度を示す ($312 \pm 45\text{kgm}^{-3}$; 白川・亀田, 2019)。岩見沢の全層平均密度は道央地域の中でも高い傾向にある。先述の図 9c は 2021 年 3 月 5

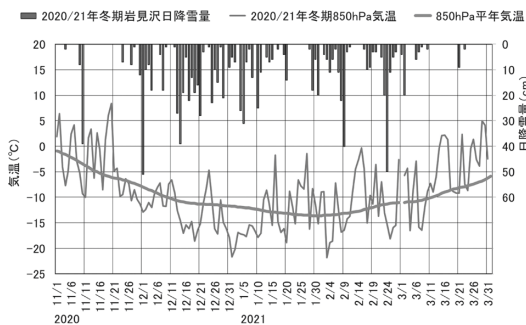


図 13 2020/21 年冬期における札幌の 850hPa 気温と岩見沢の日降雪量。850hPa 気温データは 00Z (日本時間 9 時) のみを使用した。

日の岩見沢市内であるが, この日の積雪水量は 702mm (図 15) であり, 市内中心部では老朽化し

た建物（木造、空き店舗）の倒壊が発生している。

4.2 大雪に伴う影響

4.2.1 雪の事故リスク

表 2 に 2020/21 年冬期および 2011/12 年冬期における北海道の雪による死傷者数と年齢別の雪の

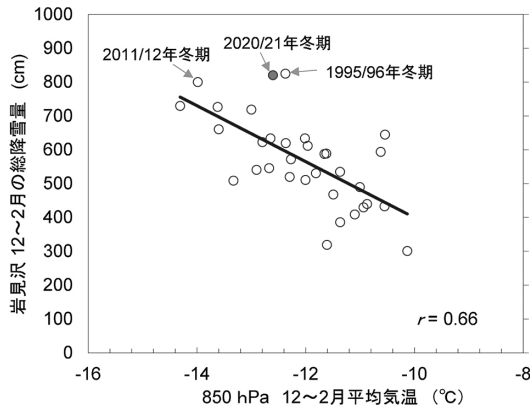


図 14 12～2 月における札幌の 850hPa 平均気温と岩見沢の総降雪量の関係（1988/89 年冬期以降）。札幌の 850hPa 気温データは 00Z（日本時間 9 時）のみを使用した。年の付記は総降雪量が 800cm を超えた年を示す。

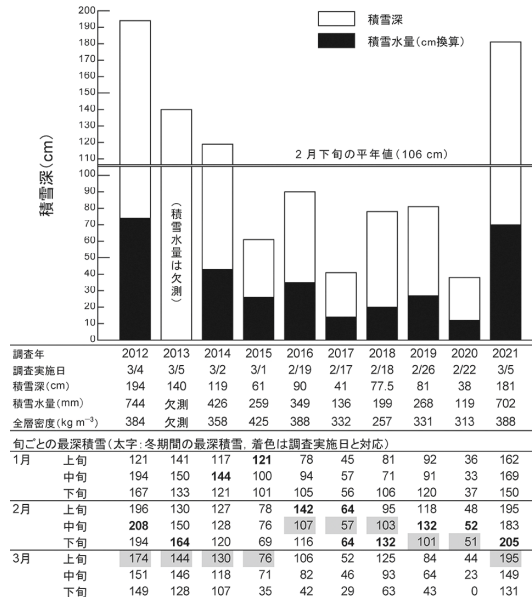


図 15 融雪出水直前期の岩見沢における積雪深・積雪水量・全層密度の現地調査結果（2012 年以降）。図中の二重線は 2 月下旬における岩見沢特別地域気象観測所の積雪深の平年値（1991-2020 年；106 cm）を示す。調査時期と各冬期の最深積雪の関係把握するため、旬ごとの最深積雪（同観測所）を付記している。

表 2 北海道における雪の事故リスクの年齢別比較。人口は北海道庁ウェブサイト「住民基本台帳人口・世帯数」、死傷者は同「雪による被害」を使用した。

	区分	人口	人口比	死傷者	雪の事故リスク
		(人)	(%)	(人)	(10 万人当たり の死傷者数)
2020/21 (北海道全体)	全体	5228732	100	388	7.4
	65歳未満	3557745	68	132	3.7
	65歳以上	1668858	32	256	15.3
2011/12 (北海道全体)	全体	5498916	100	494	9.0
	65歳未満	4145435	75	235	5.7
	65歳以上	1353481	25	259	19.1
2020/21 (うち空知)	全体	282686	100	119	42.1
	65歳未満	169569	60		
	65歳以上	112716	40		
2011/12 (うち空知)	全体	329864	100	137	41.5
	65歳未満	221936	67		
	65歳以上	107928	33		

注) 年齢階級別の外国人住民数が非公表となる市区町村がある場合や年齢不詳者がいる場合、各年齢階級の合計と総数が一致しないことがある。

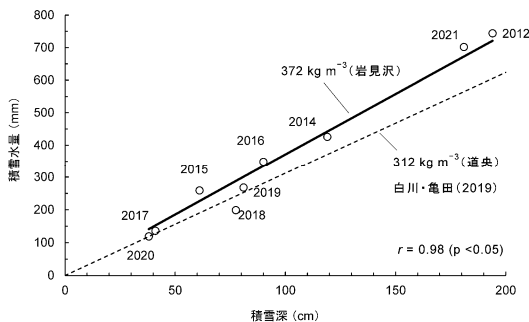


図 16 岩見沢における 2012~2021 年の積雪深と積雪水量の関係. 2013 年は積雪深データのみ (140 cm). 破線は道央 ($n = 12$) における 2014~2018 年の全層平均密度 (白川・亀田, 2019).

表 3 人的被害の発生内訳. データは, 北海道庁ウェブサイト「雪による被害」を使用した.

原因	2020/21	2011/12
	(人)	(人)
屋根転落	129	210
はしご転落	73	101
落水雪	54	87
除雪機	20	20
その他	112	76
合計	388	494

表 4 北海道内の各振興局における雪による建物被害状況. データは北海道総務部危機対策局より提供を受けた.

		各振興局における雪による建物被害状況(棟)														
		空知	石狩	後志	胆振	日高	渡島	檜山	上川	留萌	宗谷	オホーツク	十勝	釧路	根室	合計
2020/21	住家	23	0	2	1	0	2	6	3	3	2	0	2	0	0	44
	非住家	84	0	4	0	0	1	1	10	1	3	0	2	0	0	106
	合計	107	0	6	1	0	3	7	13	4	5	0	4	0	0	150
2011/12	住家	20	1	0	5	0	80	0	4	0	10	0	0	0	0	120
	非住家	143	10	0	1	7	12	0	9	20	110	30	0	1	10	353
	合計	163	11	0	6	7	92	0	13	20	120	30	0	1	10	473

事故リスク (10 万人当たりの死傷者数) を示す. 2020/21 年冬期における北海道全体の事故リスク (10 万人当たりの死傷者数) は 7.4 で, うち 65 歳未満は 3.7, 65 歳以上は 15.3 であった. いずれの数値も 2011/12 年冬期 (堤ら, 2012) に比べ少ないが, 65 歳以上のリスクは 65 歳未満に比べ 4.1 倍で, これは 2011/12 年冬期 (3.4 倍) より値が高い. 2011/12 年冬期から 9 年が経過し, この間に北海道の人口は 65 歳未満が 588690 人減少した (住民基本台帳年齢階級別人口, 2021 年 1 月 1 日現在). 一方, 65 歳以上の人口は 315377 人増加したため, 高齢者の人口比は増加している. 特に岩見沢を含む空知 (空知総合振興局管内) は高齢化傾向が顕著で, 高齢者の人口比は 2012 年より 7 ポイント増加し, 40% に達している. 空知は北海道の中でも降雪・積雪の多い地域として知られているが, 地域の高齢化についても顕著であるた

め, 高齢者の雪の事故対策が急務であるといえる.

表 3 に北海道における雪による人的被害の発生内訳を示す. 2020/21 年冬期の事故原因は「屋根転落」が最も多く (129 人), 次いで「その他」 (112 人), 「はしご転落」 (73 人), 「落水雪」 (54 人), 「除雪機」 (20 人) の順である. 2011/12 年冬期と傾向が異なる点として, 「その他」に分類される件数が増加している. 「その他」には転倒や心疾患など, 高齢者に生じやすい人的被害が含まれている. このため, 今後は近年の傾向に応じた新たな対策も必要になると考えられる.

4.2.2 雪による建物の被害状況

2020/21 年冬期および 2011/12 年冬期における北海道の雪による建物被害状況を表 4 に示す. 2020/21 年冬期の住家被害は 44 棟, 非住家被害 (公共施設や倉庫, 農業施設) は 106 棟, 計 150 棟であり, 北海道全体の被害棟数の 71% が空知

表 5 2020/21 年冬期・2011/12 年冬期における北海道内各振興局所在地の最深積雪と累計降雪量. 太字は平年値を上回る数値で, 灰色着色は平年値 +20~40%, 黒色着色は平年値 +40%以上を示す. 表の数値に * のある値は, 統計を行う対象資料が許容範囲で欠けていることを示す (準正常値; 資料が欠けていない正常値と同等に扱う). 最深積雪と累計降雪量は気象庁ウェブサイト「過去の気象データ検索」における各地の値を使用した.

	空知	石狩	後志	胆振	日高	渡島	檜山	上川	留萌	宗谷	林-ツ	十勝	釧路	根室
単位: cm	岩見沢	札幌	倶知安	室蘭	浦河	函館	江差	旭川	留萌	稚内	網走	帯広	釧路	根室
2020/21 最深積雪	205	79	236	44	34	44	15	109	81	104*	70	67	45	41
累計降雪量	946	331	964	188	164	269	146	528	484	509	278	182	117	153
2011/12 最深積雪	208*	76	228	24	22	91	45	94	146	101	62	76	36	49
累計降雪量	1040	399	1046	128	137	465	298	559	558	633	300	263	115	188
平年値 最深積雪	120	97	183	26	19	45	26	89	90	72	63	71	34	34
累計降雪量	664	479	921	157	128	306	219	557	546	477	312	198	127	159

に集中している. 一方, 2011/12 年冬期は住家被害 120 棟, 非住家被害 353 棟, 計 473 棟であり, 空知以外にも渡島・宗谷で多くの被害がみられた.

北海道における 2020/21 年冬期の被害棟数は, 2011/12 年冬期に比べるとかなり少ない. この理由としては, 老朽化により強度低下していた建物が 2011/12 年冬期以前には潜在的に存在していた可能性と, それらの多くがその時の大雪で壊れた可能性が考えられる. このため, 単純な数値比較はできないが, 空知に限れば 2020/21 年冬期の住家被害は 23 棟で, これは 2011/12 年冬期 (20 棟) を上回っている. また非住家被害も 84 棟で北海道全体の 79% を占めている.

堤ら (2012) は, 2011/12 年冬期に倒壊した建物の特徴をまとめている. それによると, いずれも 1970 年代以前に建てられていること, 気象条件 (多雪, 低温) に加え冬期に室内暖房が使用されていないなど, 屋根雪が融けにくい環境が存在することが挙げられている. これらの特徴は, 3.3.3 節に記したように, 2020/21 年冬期も共通して確認された. 大雪の影響で倒壊した建物は, 経年による老朽化や使用形態の変化によって, 設計時に想定した雪荷重に耐えられなかった可能性が高い.

2020/21 年冬期・2011/12 年冬期における北海道内各振興局所在地の最深積雪と累計降雪量を表 5 に示す. 表中, 太字は平年値を上回る数値で, 灰色着色は平年値 +20~40%, 黒色着色は平年値

+40%以上を示す. 表 4 および表 5 より, 最深積雪や累積降雪量が平年値より高い地域では, 建物被害も多くみられたことがわかる.

このため, 特に大雪シーズンは老朽化した建物の健全度や空き家・空き店舗等の情報把握とともに, 積雪水量のリアルタイム把握など, 気象・雪氷情報を組み合わせた災害対策が必要である. 防災科学技術研究所・新潟大学・京都大学はこのような問題を解決するため, 積雪荷重計算システム「雪おろシグナル」を共同開発した (Hirashima *et al.*, 2020). 北海道の降雪地域でも 2022 年 2 月から同システムが運用されている. 今後, 岩見沢のように積雪の多い地域で有効活用が期待される.

4.3 北海道における大雪の将来予測

Inatsu *et al.* (2021) は, 冬期 (11~3 月) の天気図パターンについて, 機械学習に基づき北海道の過去の大雪事例と照合して, パターン 1: 南岸低気圧通過, パターン 2: 西風卓越, パターン 3: 北風卓越, の 3 種類に分類した. 全球平均気温が 4℃ 上昇した将来予測 (d4PDF) データを上述の 3 パターンに分類した結果, 北海道の将来予測は, パターン 2 の増加がみられ, パターン 1 の出現頻度は大きな変化がなかった. しかしパターン 1 において, 気温の上昇により低気圧の暖域では, 降水形態が降雪から降雨へと変化し, 降雪量は減少することが示された.

2020/21 年冬期に岩見沢で見られた大雪事例 (本研究) は, Inatsu *et al.* (2021) が示す温暖化

時の傾向, および岩見沢に大雪を降らせる天気図パターン (西風卓越) の将来予測結果と整合している。

5. まとめ

本研究をまとめると下記ようになる。

- (1) 2020/21 年冬期, 北海道では岩見沢など空知南部が大雪となり, 気象庁岩見沢特別地域気象観測所による観測では, 最深積雪が 205 cm を記録した。これは 2011/12 年冬期の 208cm に次ぐ記録となった。
- (2) 岩見沢で 2021 年 2 月に計 2 回の積雪断面観測を実施した。寒冷でしまり雪主体だった 2011/12 年冬期と比較すると, 2 月中旬以降の気温の高さや降雨の影響を受け, 積雪深は同程度ながら, 雪質はざらめ雪主体で帯水層や氷板も複数確認され, 対照的な結果だった。積雪水量は 2 月 28 日に 610mm を記録した。全層平均密度は 361kgm^{-3} で, これは同時期における道央の平均値 (312kgm^{-3}) に比べ値が高く, 注意を要する。
- (3) 今回岩見沢が大雪になった要因としては, 寒気の流入に伴い日本海の海上で発生した筋状雲が西寄りの風で岩見沢付近に移流する日が多かったことによる。さらに 2 月下旬には日本海北部を弧状に南下した北海道西岸帯状雲が石狩湾上で大陸からの筋状雲と合流し, これが岩見沢付近に達し大雪をもたらした。
- (4) 岩見沢では公共交通機関の運休や落雪による事故, 老朽化した木造空き店舗の倒壊など, 地域経済や市民生活に大きな影響が生じた。2011/12 年冬期から 9 年が経過し, 岩見沢を含む空知では高齢化と過疎化の傾向が顕著で, 大雪への耐性が以前より低下した可能性がある。
- (5) 北海道における大雪の将来予測結果と照合すると, 今回の岩見沢での大雪事例は, Inatsu *et al.* (2021) が示す温暖化時の傾向, および岩見沢に大雪を降らせる天気図パターンの将来予測結果と整合している。

岩見沢を含む空知南部は北海道の中でも降雪・積雪の多い地域であり, 今後も記録的な大雪が起りうる可能性が高いとみられる。このことから,

今後, 気象と積雪層構造についての現地調査結果の解析と, 得られた知見の高齢化・過疎化地域の雪害対策への活用が急務といえる。

謝 辞

岩見沢での積雪調査にご協力頂きました, 北海道教育大学岩見沢校, ならびに岩見沢市総合体育館の関係各位に御礼申し上げます。

大雪時の写真をご提供頂きました, 北海道旅客鉄道株式会社の関係各位に御礼申し上げます。

雪による行政区域別の建物被害棟数データをご提供頂きました, 北海道総務部危機対策局の関係各位に御礼申し上げます。

本稿の校閲にあたっては, 2 名の匿名査読者より, 多数の貴重なコメントを頂きました。これらは改稿に大変有益なものでした。ここに記し, 感謝の意を表します。

本研究は, JSPS 科研費 18K02929 および 19K04647 の助成を受け実施しました。

文 献

- 荒川逸人, 雪氷学会北海道支部雪氷災害調査チーム (2012): 資料編 2011-2012 冬期における北海道内の広域積雪調査データ。北海道の雪氷, **31**, S1-S14 (pdf data).
- Fierz, C., Armstrong, R. L., Durand, Y., Etchevers, P., Greene, E., McClung, D. M., Nishimura, K., Satyawali, P. K. and Sokratov, S. A. (2009): The international classification for seasonal snow on the ground. IHP-VII Technical Documents in Hydrology N83, IACS Contribution N1, UNESCO-IHP, Paris, 80pp.
- Hirashima, H., Iyobe, T., Kawashima, K. and Sano, H. (2020): Development of a Snow Load Alert System, "YukioroSignal" for Aiding Roof Snow Removal Decisions in Snowy Areas in Japan. *Journal of Disaster Research*, **15** (6), 688-697, <https://doi.org/10.20965/jdr.2020.p0688>.
- Inatsu, M., Kawazoe, S. and Mori, M. (2021): Trends and projection of heavy snowfall in Hokkaido, Japan, as an application of self-organizing map. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **60** (10), 1483-1494, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-21-0085.1>.
- 石井日菜, 白川龍生, 亀田貴雄 (2021): 2020-2021 年冬季における北海道の広域積雪分布の特徴。雪氷研究大会 (2021・千葉-オンライン) 講演要旨集, 129.
- 岩見沢市 (2021): 広報いわみざわ (2021 年 4 月号),

- 岩見沢市秘書課広報係, 30pp.
- 金田安弘, 永田泰浩, 丹治和博, 松岡直基, 尾関俊浩 (2012): 2011-2012 年冬期に北海道岩見沢市を中心として発生した大雪について (その 1) —大雪の概要と気象の特徴—. 北海道の雪氷, **31**, 115-118.
- 松岡直基, 西山直樹 (2012): 2012 年冬季の岩見沢の大雪について. 細氷, **58**, 22-23.
- 村松照男 (1978): 蛇行した雲バンドによる 8 時間周期の降雪量の変動. 天気, **25** (3), 199-207.
- Muramatsu, T. (1979): The cloud line enhanced by upwind orographic features in winter monsoon situations. *The Geophysical Magazine*, **38** (4), 1-15.
- 村松照男, 小倉志郎, 小林尚治 (1975): 北海道西海岸小低気圧型の大雪. 天気, **22** (7), 43-53.
- 日本雪氷学会編 (2010): 積雪観測ガイドブック, 朝倉書店, 136pp.
- Ohtake, H., Kawashima, M. and Fujiyoshi, Y. (2009): The formation mechanism of a thick cloud band over the northern part of the sea of Japan during cold air outbreaks. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **87** (2), 289-306, <https://doi.org/10.2151/jmsj.87.289>.
- 岡林俊雄, 里見 穂 (1971): レーダーと気象衛星による雪雲の研究 (I) (北海道石狩湾付近の小低気圧を中心として). 天気, **18**, 573-581.
- 尾関俊浩, 金田安弘, 松岡直基 (2021a): 2020-2021 年冬期に大雪に見舞われた岩見沢の積雪と降雪の特徴. 北海道の雪氷, **40**, 11-12.
- 尾関俊浩, 白川龍生, 金田安弘, 松岡直基 (2021b): 2020-2021 年冬期の岩見沢の積雪観測の特徴と大雪をもたらした気象パターン. 雪氷研究大会 (2021・千葉-オンライン) 講演要旨集, 100.
- 尾関俊浩, 津田将史, 荒川逸人, 山田高嗣, 渡邊崇史, 原田裕介, 佐藤文隆, 井上 聡, 堤 拓哉, 阿部佑平, 金田安弘, 丹治和博, 平松和彦 (2012): 2011-2012 年冬期に北海道岩見沢市を中心として発生した大雪について (その 3) —空知・石狩の積雪調査—. 北海道の雪氷, **31**, 123-126.
- 佐藤和敏, 亀田貴雄 (2021): 対馬暖流が岩見沢の大雪に与える影響. 雪氷研究大会 (2021・千葉-オンライン) 講演要旨集, 101.
- 札幌管区气象台 (2021a): 2020 年 12 月~2021 年 2 月 北海道地方 冬の天候. <https://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/kikou/weatherflush/pdf/matome20211.pdf> (2021.08.01 閲覧).
- 札幌管区气象台 (2021b): 2021 年 3 月~5 月 北海道地方 春の天候. <https://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/kikou/weatherflush/pdf/matome20212.pdf> (2021.08.01 閲覧).
- 雪害調査研究委員会 (2021): 特集 今冬の積雪と雪害発生状況について (速報). 日本雪工学会誌, **37** (2), 46-50.
- 白川龍生 (2021a): 道央・道東・道北 41 地点における広域積雪調査 (データ集: 2021 年). 北見工業大学雪氷防災研究室研究資料, <https://kitami-it.repo.nii.ac.jp/records/8964> (北見工業大学学術機関リポジトリ, 2021 年 3 月 24 日登録).
- 白川龍生 (2021b): 9 年ぶりに大雪となった岩見沢市での積雪断面観測 (2021 年 3 月). 北海道の雪氷, **40**, 9-10.
- 白川龍生, 亀田貴雄 (2019): 北海道の道央・道東地域における 5 冬期の積雪特性と気象要素との関係 —2014 年冬期から 2018 年冬期に実施した広域積雪調査—. 雪氷, **81** (4), 163-182.
- 白川龍生, ヌアスムグリ アリマス, 八久保晶弘, 荒川逸人, 野口 泉, 尾関俊浩, 中村一樹 (2012): 2011-2012 年冬期に北海道岩見沢市を中心として発生した大雪について (その 4) —広域積雪調査—. 北海道の雪氷, **31**, 127-130.
- 堤 拓哉, 高橋章弘, 阿部佑平 (2012): 2011-2012 年冬期に北海道岩見沢市を中心として発生した大雪について (その 2) —大雪災害の被害—. 北海道の雪氷, **31**, 119-122.

Characteristics of snowfall and snow cover in Iwamizawa, Hokkaido, Japan, during 2020/21 winter season

Tatsuo SHIRAKAWA¹, Toshihiro OZEKI², Yasuhiro KANEDA³ and Naoki MATSUOKA⁴

¹ *Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami, Hokkaido 090-8507*

² *Sapporo Campus, Hokkaido University of Education, 5-3 Ainosato, Kita-Ku, Sapporo, Hokkaido 002-8502*

³ *Hokkaido Development Engineering Center, N1W2 Kita-Ku, Sapporo, Hokkaido 001-0011*

⁴ *Hokkaido Weather Technology Center CO., Ltd., N4W23, Chuo-ku, Sapporo, Hokkaido 064-0824*

**Corresponding author: shirakaw@mail.kitami-it.ac.jp*

Abstract: In the winter of 2020/21, the southern part of Sorachi, Hokkaido, experienced heavy snowfall. Iwamizawa recorded the snow depth of 205cm which is the second – highest following 208cm observed in 2011/12. We analyzed the structure of the snow layer and the factors thereof during the heavy snowfall in Iwamizawa, as well as its impact on the local economy and citizens' lives. We compared it with the results of future projections of heavy snowfall. Snow profile observations were conducted twice in the period immediately before snowmelt runoff. Compared to the winter of 2011/12, when snow was mostly lumpy, the snow in winter 2020/21 was affected by high temperatures and rainfall from mid – February onward. Furthermore, the snow texture in the latter was mainly rough with several aquifers and a high sleet content. The reason for the heavy snowfall was that a pattern of streaky clouds over the Japan Sea moved over the Iwamizawa area on many days due to westerly winds. In addition, in late February, meridionally elongated clouds to the west of northern Hokkaido merged with streaky clouds over Ishikari Bay and caused heavy snowfall when they reached the Iwamizawa area. The local economy and citizens' lives were greatly affected by the suspension of public transportation, accidents caused by falling snow, and collapsed houses. The population of Sorachi is aging rapidly, with the elderly accounting for 40 % of the total, and the risk of snow – related accidents is exceptionally high.

(2022 年 1 月 28 日受付, 2022 年 6 月 16 日受理, 討論期限 2023 年 1 月 15 日)