

融雪期まで存在した長期積雪初期の湿雪層 (2022/23 年冬期, 北海道北見)

Wet snow layer in the initial stage of long-term snow cover that showed characteristics until the melting period (case study of Kitami, Hokkaido, winter 2022/23)

白川 龍生¹

Tatsuo Shirakawa¹

Corresponding author: shirakaw@mail.kitami-it.ac.jp (T. Shirakawa)

On December 22, 2022, an extratropical cyclone with warm and moist air moved northward over the Pacific Ocean and then stalled off the coast of Abashiri. Strong winds with moist snow continued to blow from the same direction over Kitami and Monbetsu areas. The wet snow layer in the initial stage of long-term snow cover later froze and remained in the lower part of the snow cover until the snow melting period. In this study, we report on the transformation process of the wet snow layer based on snow profile observation during the winter of 2022/2023 at Kitami.

1. はじめに

2022 年 12 月 22 日, 北海道付近には暖湿空気を伴う温帯低気圧が太平洋を北上した影響で, 北海道内各地では暴風雪となった. 温帯低気圧はその後に網走沖で停滞し, オホーツク海側の北見・紋別地方では, 湿雪を伴う強風が同一風向から吹き続き, 着雪および大雪による雪害(信号柱や樹木の倒壊とそれに伴う停電など)や除排雪作業の遅れなど, 多くの影響が生じた(図 1).

長期積雪の初期に積もったこの湿雪層は後に凍結して積雪の一部となり, 融雪期まで存在した. 厳冬期の北海道において, 長期積雪初期に湿雪が降り, それが他の層と異なる特徴を維持したまま融雪期まで存在した事例はこれまでに報告されていない.

そこで本研究では, 北見工業大学敷地内で実施した 2022/23 年冬期の積雪断面観測(定点観測)の結果から, この湿雪層の経時変化と積雪層に及ぼす影響について報告する.

2. 2022 年 12 月 22 日から 27 日の気象経過¹⁾

2022 年 12 月 22 日は, 日本海と関東の南をそれぞれ低気圧が北東進した. 850 hPa 面には, 低気圧の暖域に相当温位の高い暖湿空気が流入している(図 2a). 北海道では雨または雪が降り始めた. 翌 23 日は冬型が強まり, 日本列島には強い寒気が流入した. 北海道付近の低気圧は前線を失い, 寒気場に停滞した(図 2b). この影響で, オホーツク地域では同一方向(北東象限)から風雪が強まり, 沿岸部や北見地域では湿雪, みぞれ,

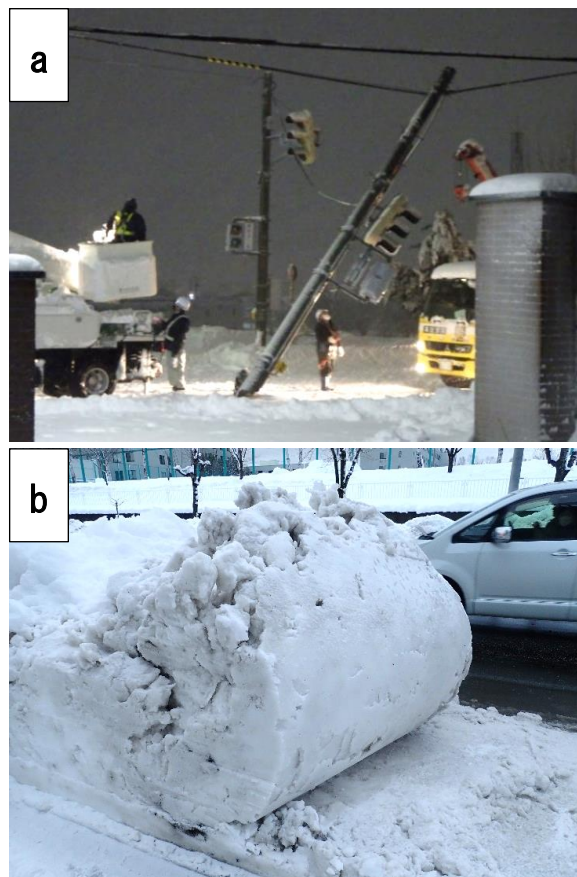


図 1 着雪および大雪による影響. (a) 着雪により折曲した信号柱, (b) 除雪作業で道路脇に寄せられた湿雪(後に凍結). いずれも 2022 年 12 月 23 日, 北見市内にて筆者撮影.

または雨が観測された. 内陸部では大雪となり, 遠軽町白滝では 6 時間降雪量が 56 cm に達した. 24 日以降も冬型の気圧配置となり, 北見では

¹ 北見工業大学

Kitami Institute of Technology.

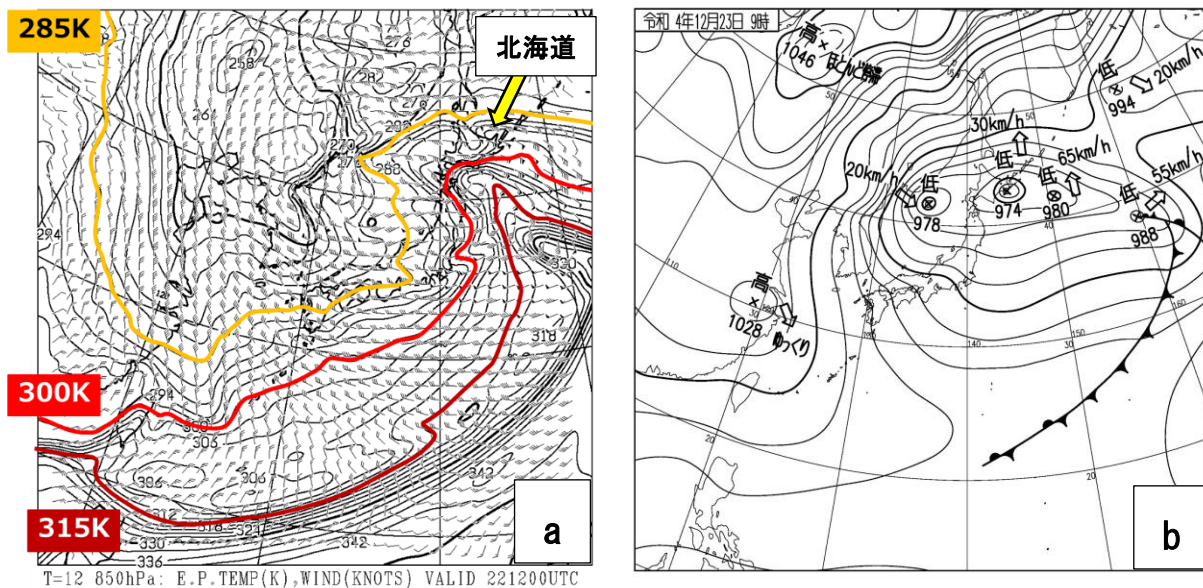


図2 本湿雪事例における天気図¹⁾。(a)FXJP 日本 850hPa 風・相当温位図(予想時刻 2022 年 12 月 22 日 21 時; 筆者による加筆あり), (b)SPAS 速報天気図(実況 2022 年 12 月 23 日 9 時)。

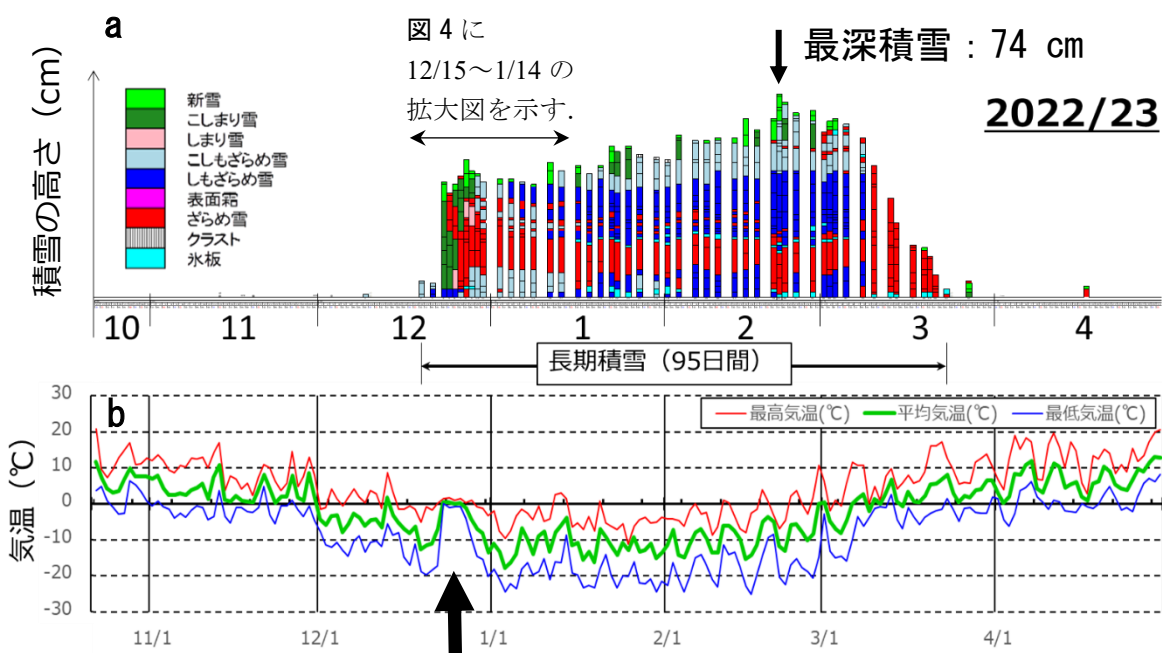


図3 2022/23 年冬期における北見の積雪と気温経過。a) 積雪図(北見工業大学内露場), b) 日最高・日平均・日最低気温(気象庁北見地域気象観測所)。図中 b の矢印は、本湿雪事例の期間を示す。

26 日まで断続的な降雪が記録された。気象庁北見地域気象観測所(以下「北見アメダス」とする)の日最深積雪は、21 日(湿雪前)に 2 cm であったが、ピーク時の 26 日には 51 cm に増加した¹⁾。

3. 2022/23 年冬期における積雪の特徴

図3 は、2022/23 年冬期における北見の積雪と気温経過をまとめたものである。図 3a は積雪図

であり、筆者が北見工業大学内の露場にて実施した積雪断面観測結果を並べたもの、図 3b は北見アメダスで観測された、日最高・日平均・日最低気温の推移である。積雪観測は積雪観測ハンドブックに準じて実施した²⁾。

2022/23 年冬期の長期積雪(いわゆる根雪; 露場による実測値)の初日は 12 月 19 日で、21 日までは積雪深 10 cm 未満で経過したが、本事例の

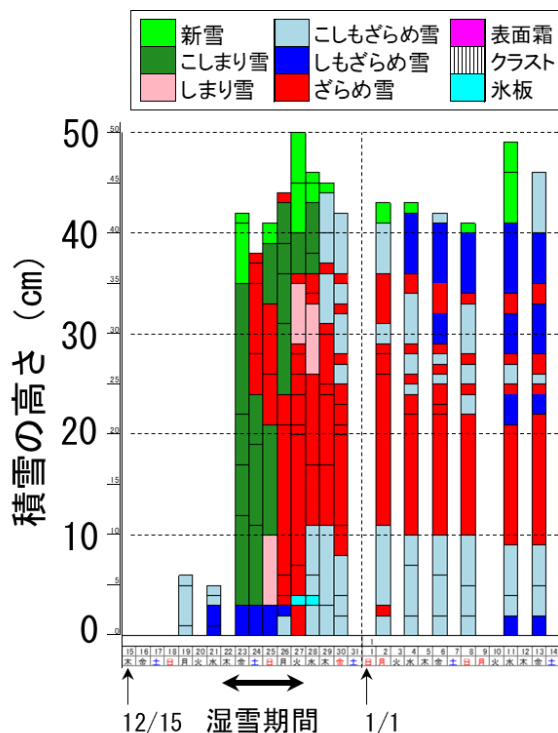


図4 湿雪期間に形成されたざらめ雪層とその上下層の雪質変化. 2022 年 12 月 15 日～2023 年 1 月 14 日, 北見工業大学露場.

降雪に伴い, 27 日の積雪深は 50 cm (露場での実測値) に増加した. 図 3b の矢印で示す部分を見ると, この期間の気温は 0°C 前後で推移したことがわかる. 図 3a の積雪図でこの期間の雪質を確認すると, 22 日はこしまり雪主体であったが, 23 日には水を含んで粗大化したざらめ雪に変態し, 27 日までに積雪の中層から下層にかけ, ざらめ雪化が進行した (図 4). その後, 28 日に日平均気温が -4.3°C (北見アメダス) へ低下したことに伴い, 湿雪層は積雪内で凍結した. 積雪内に温度勾配がかかったため, 28 日から 29 日にかけて当該層の上下にこしもざらめ雪が形成された.

凍結したざらめ雪の層は層厚が 10 cm 以上あり, 図 3a に示すように融雪期 (全層ざらめ雪となる 3 月 10 日) まで, 他の層とは特徴の異なる層として積雪内に顕在化した.

この凍結ざらめ雪層を境に, 積雪内に鉛直温度分布の不連続が発生し, 結果, 当該層の上下で異なる雪質の変化が見られた. 上部に形成されたこしもざらめ雪は, 1 月 4 日にしもざらめ雪主体に変化し, 融雪期まで存在した. 下部のこしもざらめ雪は, 上部に比べ変態が遅れ, しもざらめ雪が顕在化したのは 1 月 20 日である.

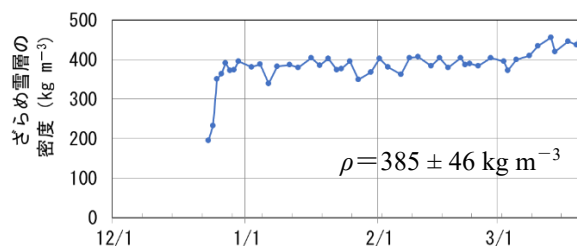


図5 湿雪期間に形成され, その後凍結したざらめ雪層の密度変化 (測定期間: 2022 年 12 月 23 日～2023 年 3 月 20 日).

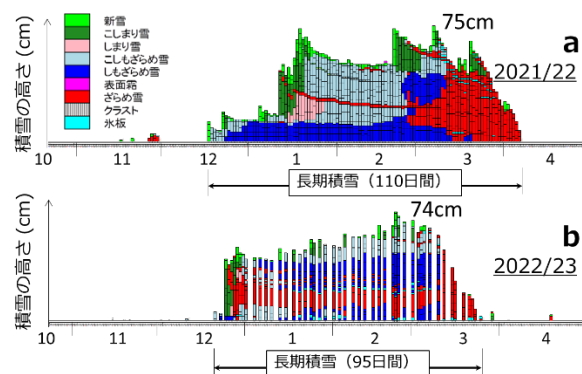


図6 北見における積雪図の比較. (a) 2021/22 年冬期, (b) 2022/23 年冬期 (本事例).

また, このシーズンの特徴としては, 1 月 8 日までに形成された積雪が, その後圧密による層位低下がほとんど生じていない点が挙げられる. この理由の一つとして, 凍結ざらめ雪層の密度が融雪期に至るまで $\rho = 385 \pm 46 \text{ kg m}^{-3}$ と高い値で推移した点が挙げられる (図 5). 北見における平均的な積雪パターンを示した 2021/22 年冬期と比較すると (図 6), 圧密による層位の低下が見られない特徴が顕在化する. このことから, 厳冬期に高密度層が形成され, その後の圧密が進まず, 通常とは異なるパターンで推移した.

2022/23 年冬期の長期積雪期間は 95 日間であった. 直近 10 年間における北見工業大学露場の長期積雪期間は 115 ± 15.3 日であり, 本事例は短いといえる. 特に全層ざらめ雪が確認された 3 月 10 日からの融雪の進行が早く, 14 日後の 3 月 24 日に消雪が確認された. 凍結ざらめ雪層の存在が融雪速度に及ぼす影響については今後の研究課題である.

なお, 北見アメダスにおける累計降雪量や最深積雪の値については平年と同程度であった. しかしながら降雪形態や気象条件の違いにより, 積雪の特徴は大きく異なるものとなった.

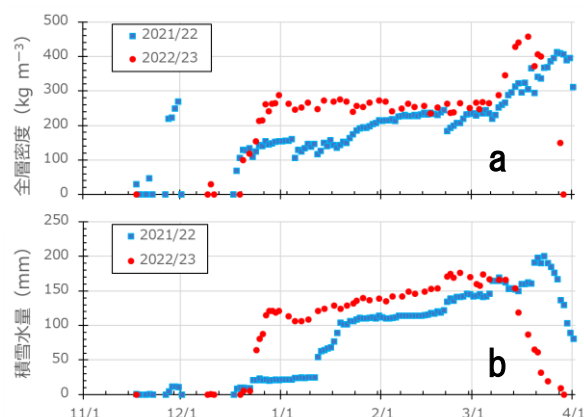


図 7 北見における全層密度・積雪水量の比較.
(a)全層密度, (b)積雪水量. 比較のため,
2021/22 年冬期のデータも記した.

4. 2022/23 年冬期における全層密度・積雪水量の特徴

図 7 に, 2022/23 年冬期における全層密度と積雪水量の推移を示す. 比較のため, 図 6 と同様に 2021/22 年冬期の場合と比較した. 12 月 22 日からの湿雪後, 全層密度は図 7a のように高い水準で推移し, 1~3 月の値はほぼ一定で推移した. 一方, 図 7b の積雪水量は 3 月の融雪出水直前期まで漸増した. これは全層密度が積雪深とスノーサンプラーによる単位面積あたりの質量との比で決まるため, 両者の値が同様に増加すると値が一定である. これに対し, 積雪水量は後者のみで求まるため, 融雪出水が生じる前に漸増することはこれで説明できる.

図 7b におけるもう一つの特徴としては, 12 月に積雪水量が 100 mm を超えたことである. これは北見の積雪観測では初めての事例である.

5. 雪面の窪み模様の出現と積雪観測への影響

図 8 は, 湿雪時の 12 月 24 日に撮影した雪面の窪み模様である. 窪み模様は融雪期に積雪内で水みちが形成される過程で生じるが, 長期積雪期間の初期にこれが見られたのは初めてである.

湿雪は後に凍結したが, このとき窪み模様のパターンもそのまま凍結したため, 積雪内に全層密度の不均一分布が発生した. 下部には不連続氷板も形成された.

その後の新たな降雪により窪み模様は雪面から消失したが, 積雪水量測定のためスノーサンプラーにより積雪を採取する際, 不均一分布の影響を受けることとなった. 対策として測定回数を増

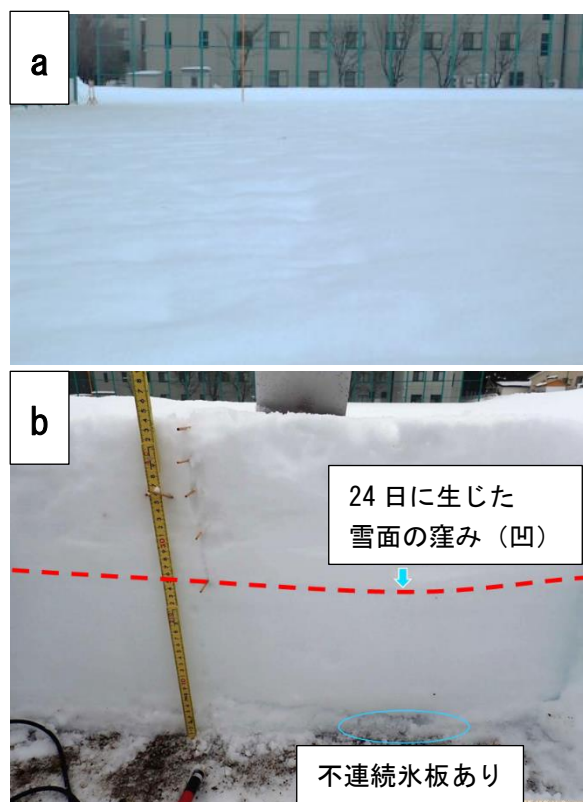


図 8 雪面の窪み模様. (a)雪面 (2022 年 12 月 24 日撮影), (b)積雪断面に残る窪みの影響 (2023 年 1 月 10 日撮影).

加させたが, これにより積雪観測に時間を要した. 今後の参考のため, ここに付記しておきたい.

6. まとめ

本研究を要約すると, 今回の湿雪は低気圧によりもたらされた暖湿空気と, 低気圧が停滞し, 雪を伴う風が同一風向から吹き続けたことが原因でもたらされたと考えられる. 大雪と着雪により雪害が発生し, 地域社会には大きな影響が生じた. 厳冬期のため, この湿雪は後に凍結し, 融雪期まで積雪内に存在し, 積雪内の雪質分布をはじめ, 例年と異なるパターンが見られた.

【参考文献】

- 1) 気象庁ウェブサイト
URL: <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>
(2022 年 12 月 23 日閲覧)
- 2) 日本雪氷学会編, 2010: 積雪観測ガイドブック, 朝倉書店, 136pp.