

北海道における融雪開始時期の変化傾向について

Recent trends in the onset of the snowmelt season in Hokkaido, Japan

松下 拓樹¹, 櫻井 俊光¹, 吉井 昭博¹, 西村 敦史¹

Hiroki Matsushita¹, Toshimitsu Sakurai¹, Akihiro Yoshii¹, Atsushi Nishimura¹

Corresponding author: matsushita-h@ceri.go.jp (H. Matsushita)

Recent trends in the onset of the snowmelt season in Hokkaido, Japan, were investigated using the daily mean air temperature and daily maximum snow depth for the past 46-48 years. The first day in winter when the air temperature exceeds 5.0°C in recent years has tended to occur 10-30 days earlier than that of 50 years ago. Although the trend was statistically significant, the snow depth on that day increased slightly or showed no obvious trend. These results indicate that the snowmelt season tends to start earlier, although large amounts of snow remain at the start of the season.

1. はじめに

近年、気候変動に伴う災害の規模や形態の変化が指摘されている。例えば、欧州等では冬期の気温上昇に伴い湿雪雪崩の発生が増加する傾向にある¹⁾。国内において比較的寒冷な北海道でも、融雪期の気温上昇等により積雪期間が短縮する傾向にあり²⁾、湿雪雪崩の多発等が懸念される³⁾。また、気温がさらに上昇する北海道の将来気候では、積雪期間のさらなる短縮や積雪がざらめ雪へ変化する時期の早まり等が予想されている^{4,5)}。

このような背景の中、2024年2月の北海道は記録的な高温となり、気象庁の173の観測地点のうち160地点で2月の気温の極値を更新した⁶⁾。積雪期の大幅な気温上昇は急激な融雪を引き起こし、災害の発生につながる可能性があるが、融雪が始まる時期の長期的な変化傾向について、これまでほとんど調査が行われていない。本稿では、北海道における過去の気温の観測データを用いて、融雪開始時期の変化傾向を調べた。

2. 方法

2.1 融雪開始時期について

融雪は気温のみならず日射等の影響により進行するが、本解析では、融雪開始時期の一つの目安として、北海道における気象庁のなだれ注意報の発表基準⁷⁾である「日平均気温5°C以上」となる日の出現の経年変化を調べた。

なお湿雪雪崩は、顕著な融雪により積雪が初めて乾雪から湿雪へ変化する過程で発生する傾向がある^{8,9)}。よって本解析では、湿雪雪崩の発生との関係も意識した融雪開始時期として、各年の

1月1日以降において初めて日平均気温が5°C以上となった日の出現に着目する。

2.2 解析データ

解析に用いたデータは、気象庁アメダスの日平均気温¹⁰⁾であり、解析期間は地点により異なるが1977~1979年の観測開始から2024年までの46~48年間である。北海道内のアメダスのうち、この期間において1年の欠測もなく日平均気温のデータが連続していること、日平均気温に統計的な切断がないこと、一部の日に欠測があるが日平均気温5°C以上の最初の日の抽出に影響がないこと、これら全ての条件を満たす144のアメダスの日平均気温データを用いた。

また、より長期的な変化傾向を調べるため、札幌の過去142年間(1883~2024年)と網走の過去135年間(1890~2024年)の日平均気温データも用いた。さらに、積雪深を観測しているいくつかのアメダスについては、日平均気温が5°C以上になった日の日最深積雪データも用いた。

2.3 解析方法

解析は、まず各年の1月1日以降初めて日平均気温が5°C以上となった日(日平均気温5°C以上の出現日)を抽出して、1月1日を起点とした経過日数を求めた。次に、この経過日数の46~48年間の時系列データに対して、Theil-Sen (median-slope) 回帰¹¹⁾により解析期間内の平均的な変化傾向(トレンド)を求めた。トレンドの有意性には、ノンパラメトリック法の一つであるMann-Kendall検定¹¹⁾を実施した。これらは順位相関に基づく手法で、データが従う確率分布を仮定する必要がない。また、トレンドが線形か非線形かに

¹ 土木研究所 寒地土木研究所

Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute

雪の経年変化である。図中のトレンドの数値は、10年あたりの変化傾向（/10年）である。

3. 1 代表地点の融雪開始時期の変化傾向

宇登呂 (図 1 (a)) では、日平均気温 5°C 以上の日の出現は、1990 年代までは 3 月下旬～4 月上旬 (左縦軸の日数で 90 日前後) であるが、2000 年以降は 2 月 (同 60 日未満) でもみられるようになった。このトレンドは -7.50 日/10 年であり、50 年に換算すると 37.5 日早まっている結果となる。同様に、西興部、夕張、鶯における日平均気温 5°C 以上の日の出現は、それぞれ過去 50 年で 23.7 日、21.0 日、30.0 日早まっている結果となった。

一方、日平均気温 5°C 以上の日の最深積雪は、西興部 (図 1 (b)) で有意な増加傾向を示し、過去に比べて積雪が多く存在する状況で日平均気温が 5°C 以上になる傾向がある。宇登呂 (図 1 (a)) と夕張 (図 1 (c)) では、日最深積雪に有意な傾向はみられないが、100cm 程度の積雪が多い状況で日平均気温 5°C 以上の出現日が早まる傾向にある。以上の傾向は、音威子府や阿寒湖畔、余市等の他の多くの地点でも同様であった¹²⁾。

図2は、各地点の日平均気温5℃以上の出現日のトレンドを地図上に示したものである。北海道のほぼ全域で、トレンドが-2日/10年より大きく(50年あたり10日以上早まる)、このトレンドは128地点中、123地点で有意(有意水準1%が90地点、5%が23地点、10%が10地点)であった。このうち、さらにトレンドが-4日/10年と大きく、50年あたり20日以上早まる地点をみても、道南や道央に限らず道北や道東にもみられる。よって、北海道の全域で日平均気温5℃以上の日の出現が、10年あたり2~6日、50年で10~30日早まる傾向にあると言える。

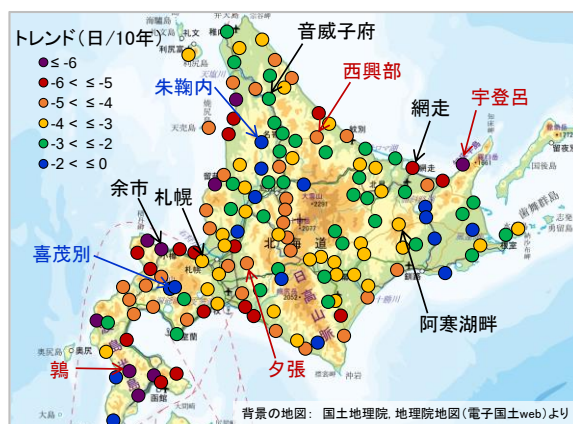


図2 日平均気温 5℃以上の出現日のトレンド.

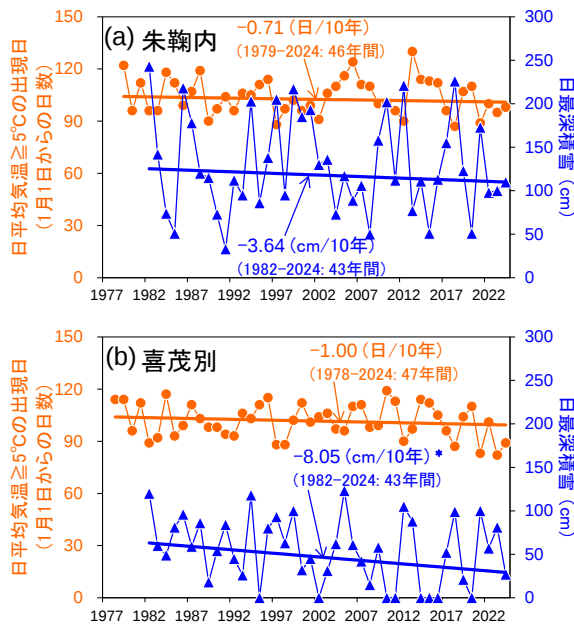


図3 図1に同じ。ただし(a)朱鞠内、(b)喜茂別。

ただし、日平均気温 5°C 以上の出現日の早期化の傾向が弱く、トレンドが -2 日/10 年より小さい (10 年あたりの早まりが 2 日以下) 地点が 16 ある。この例として、朱鞠内と喜茂別の日平均気温 5°C 以上の出現日の経年変化を図 3 に示す。いずれも日平均気温 5°C 以上の出現日のトレンドは負 (早まる傾向) ではあるが、朱鞠内で -0.71 日/10 年、喜茂別で -1.00 日/10 年で有意な傾向ではなかった。この要因の一つとして、朱鞠内や喜茂別のような内陸の盆地では、気温変化に対して局地的な気象 (冷気湖の形成等) が影響している可能性があるが、今後詳細な解析が必要である。

3. 3 融雪開始時期の変化傾向のまとめ

北海道では、日平均気温 5°C 以上となる日の出現が、過去 50 年で 10~30 日早まる傾向にある。一方、日平均気温 5°C 以上の日の最深積雪は、やや増加する傾向か有意な変化がなかった。以上より、北海道では、積雪が多く残るこれまでより早い時期に融雪が始まる傾向にあると考えられる。

4. 考察

4. 1 長期的な変化傾向について

ある事象の変化傾向を調べる場合、できるだけ長い期間のデータを用いることが望ましい。ここでは、3. 章で示した日平均気温 5°C 以上の出現日の変化傾向が、より長い期間でみた場合にどのような位置づけにあるのかを考察する。図 4 は、100 年以上の日平均気温の観測データがある札幌と

網走における日平均気温 5°C 以上の出現日の経年変化である。

札幌 (図 4 (a)) の過去 142 年間のトレンドは -1.46 日/10 年であり、最近の 47 年間のトレンド (-3.53 日/10 年) より小さい結果となった。しかし、いずれのトレンドも有意であり、最近 47 年の日平均気温 5°C 以上の出現日は、過去 142 年間のトレンド (図中の回帰直線) から大きく外れてはいない。よって、最近 47 年間のトレンドがやや強く現れてはいるが、長期的にみると過去 142 年で緩やかに日平均気温 5°C 以上の日の出現が早まっているとみることができる。

一方、網走 (図 4 (b)) では、最近 47 年における日平均気温 5°C 以上の出現日は、過去 135 年間のトレンド (図中の回帰直線) と比べて早い年が多く、その傾向は特に 1990 年以降で顕著である。つまり、最近の 47 年における日平均気温 5°C 以上の出現日の早期化は、過去 135 年の長期的な視点からみても顕著であると言える。

以上、長期間のデータを有する地点は限られるが、可能な限り長い期間の変化傾向を調べた上で、近年の傾向を議論する必要があると考えられる。

4. 2 3 日平均気温 5°C 以上の出現日について

融雪による湿雪雪崩の発生について、日射が直達する状況であれば 1 日程度の顕著な気温上昇で雪崩発生に至る場合があるが³⁾、多くの場合は数日間の気象状況が雪崩発生に関与する^{8,9)}。そこで図 5 に、3 日間の平均気温が 5°C 以上となっ

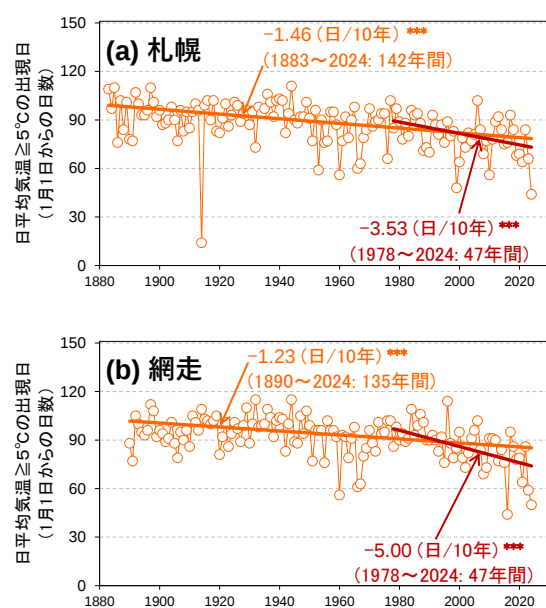


図4 図1に同じ。ただし(a)札幌、(b)網走。

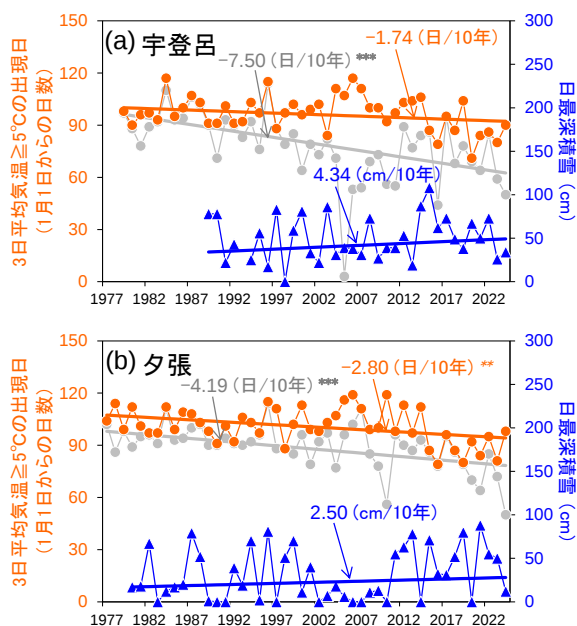


図5 3日平均気温5°C以上の出現日(●)と最深積雪(▲)の経年変化。(a)宇登呂, (b)夕張。日平均気温5°C以上の出現日(図1)を灰色で示す。

た日の出現について、同様に解析した例を示す。

図5より、3日平均気温とすることで、日平均気温と比べて5°C以上の出現日の早期化は弱まる傾向にあり、宇登呂では有意な傾向は得られなかった。一方、夕張では、日平均気温の場合よりも全体的に出現が遅くなるものの3日平均気温5°C以上の出現日のトレンドは-2.80日/10年であり、50年で14日早まる結果となった。

以上より、気温の平均をとる日数等の条件によりその傾向が異なることから、今後雪崩の発生に関する長期変化を具体的に議論する場合は、その条件をより明確にする必要があると考えられる。

5. おわりに

北海道における近年の融雪開始時期の変化傾向を調べるため、本稿では、一つの試みとして日平均気温5°C以上になる日の出現に着目し、そのトレンドを解析した。その結果、北海道のほぼ全域で、日平均気温5°C以上の出現日が、過去50年で10~30日早まっていることが明らかとなった。一方、日平均気温5°C以上の日の最深積雪は、やや増加する傾向か有意な変化がなかった。よって、北海道では、積雪がまだ多く残るこれまでよりも早い時期に日平均気温が5°C以上になる傾向にあると考えられる。融雪初期の大幅な気温上昇は

急激な融雪をもたらし、湿雪雪崩等の発生につながる可能性があるため、今後これらの推移に留意する必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) Reuter, B., Hagenmuller, P. and Eckert, N. (2023): Snow and avalanche climates in the French Alps using avalanche problem frequencies. *J. Glaciol.*, **69**, 1292-1304.
- 2) 亀田貴雄, 桑迫拓哉, 白川龍生 (2023): 日本の積雪地域における積雪深および積雪期間の長期変化. 雪氷, **85**, 199-222.
- 3) 松下拓樹, 吉井昭博, 櫻井俊光, 西村敦史 (2023): 北海道の2023年融雪期と湿雪雪崩の特徴. 寒地技術論文・報告集, **39**, 166-171.
- 4) 谷口陽子, 中津川 誠, 工藤啓介 (2016): 将来の気候変化が積雪の量的・質的变化に及ぼす影響に関する研究. 土木学会論文集 G (環境), **72**(5), I_205-I_211.
- 5) Katsuyama, Y., Inatsu, M. and Shirakawa, T. (2020): Response of snowpack to +2°C global warming in Hokkaido, Japan. *J. Glaciol.*, **66**, 83-96.
- 6) 札幌管区气象台 (2024): 2024年北海道地方2月の天候. <https://www.data.jma.go.jp/sapporo/tenki/kikou/weatherflush/pdf/sokuhou202402.pdf> (2024.07.01 閲覧).
- 7) 気象庁 (2024): なだれ注意報警報・注意報発表基準一覧表. <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kijun/index.html> (2024.07.01 閲覧).
- 8) Wever, N., Valero, C. V. and Techel, F. (2018): Coupled snow cover and avalanche dynamics simulations to evaluate wetsnow avalanche activity. *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, **123**, 1772-1796.
- 9) Mitterer, C. and Schweizer, J. (2013): Analysis of the snow-atmosphere energy balance during wet-snow instabilities and implications for avalanche prediction. *Cryosphere*, **7**, 205-216.
- 10) 気象庁 (2024): 過去の気象データ・ダウンロード. <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2024.07.01 閲覧).
- 11) Wilks, D. S. (2019): *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (4th ed.). Elsevier, 818pp.
- 12) 松下拓樹, 櫻井俊光, 吉井昭博, 西村敦史 (2024): 北海道における融雪開始時期の近年の傾向. 砂防学会研究発表会概要集, 661-662.