

## 北海道の雪は将来、本州の雪に似る？

～北海道で降る雪の特徴を初めて計算～

### ポイント

- ・冬季に北海道で降る雪の特徴の将来変化をシミュレートすることに初めて成功。
- ・将来北海道で降る雪が、現在の本州の雪のようになることを解明。
- ・雪質の将来予測や雪に関連した災害対策の進展に資する成果。

### 概要

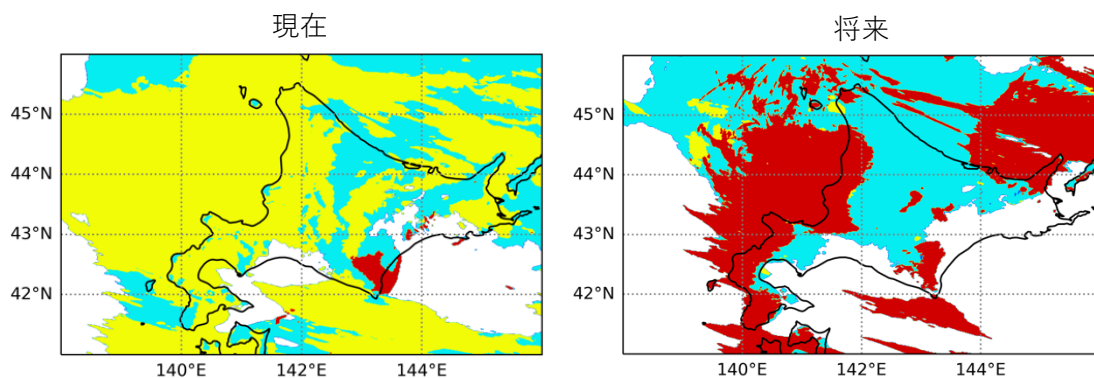
北海道大学大学院理学研究院の佐藤陽祐准教授、稲津 将教授の研究グループは、気象庁気象研究所の橋本明弘室長と共同で、北海道で冬季に降る雪の特徴が将来どのように変化するかを数値シミュレーションで計算することに成功し、将来北海道で降る雪が、現在本州で降る雪のようになることを初めて明らかにしました。

これまでの数値シミュレーションによる雪の将来変化に関する研究は、雪崩の発生や雪質に深く関わるとされる降雪粒子（降ってくる雪）の特徴を扱っていないため、降雪量や積雪量の変化といった雪の総量を対象としたものがほとんどで、降雪粒子の特徴がどう変わるか？については調べられていませんでした。

研究グループは、独自に開発した、降雪粒子の成長過程を直接追跡できるモデル（成長過程追跡モデル<sup>\*1</sup>、Process Tracking Model, PTM(図1))と、北海道大学のスーパーコンピュータ「Grand Chariot」を用いて、降雪粒子の特徴を考慮した数値シミュレーションを行い、降雪粒子の特徴が、現在と温暖化が進んだ将来とでどう変わるかを調べました。その結果、温暖化が進むと、北海道で降る雪は、現在の本州で降る雪のように変化する可能性があることを明らかにしました。このような数値シミュレーションは独自の成長過程追跡モデルと大型計算機を用いて初めて可能になった計算です。

現在の気候変動予測に基づく北海道の雪の将来予測では、降雪粒子の特徴の変化を計算できませんが、降雪粒子の特徴の変化を計算できれば、雪質の将来変化の予測や雪崩の起こりやすさの予測に貢献できることが期待されます。

なお、本研究成果は、2024年7月10日（水）早期公開版の Journal of Applied Meteorology and Climatology 誌に掲載されました。



成長過程追跡モデル (PTM)によって計算された一冬に降る降雪粒子に最も寄与した昇華成長<sup>\*2</sup>と雲粒捕捉成長<sup>\*3</sup>の分布。黄色・水色は昇華成長（温度帯が異なる）、赤は雲粒捕捉成長が最も降雪粒子の成長に寄与したことを示す。（左）は現在気候、（右）は気候変動が進んだ将来気候での計算結果を示す（当該論文の図7、11より引用）

## 【背景】

冬季の北海道において、降雪は交通障害をはじめとした災害をもたらすだけでなく、観光資源など生活に密接に関係する現象です。降雪の特徴の中でも、形状や大きさといった降雪粒子の特徴は雪崩の発生や雪質に密接に関わります。そのため、それらの特徴が、気候変動の進んだ将来にどう変化するかを知ることは北海道での将来の生活に関わる重要な情報です。しかし、日々の天気予報や気候変動予測に用いられるシミュレーションでは、それらの特徴を直接計算していません。そのため、従来の主な研究では、形状や密度といった降雪粒子の特徴が将来どのように変化するかを調べることは困難であり、降雪量や積雪量といった雪の総量の将来変化を調べることはできませんでした。

## 【研究手法】

研究グループでは、上記の問題を解決するために、雪粒の成長過程を直接追跡できるモデル（成長過程追跡モデル、Process Tracking Model, PTM）を、先行研究をもとに独自に開発し、理化学研究所と研究グループが共同で開発する気象モデル<sup>4</sup>「SCALE」に実装しました。このモデルを用いることにより、主に降雪粒子の成長に寄与した変化が分かります。その情報をもとに、降雪粒子の形状の情報を計算することができます。このモデルと擬似温暖化実験<sup>5</sup>と呼ばれる手法を組み合わせ、北海道を対象として現在における降雪と温暖化が進んだ将来における降雪のシミュレーションを実施し、その違いを解析することで、降雪粒子の特徴の変化を調べました。

## 【研究成果】

上記の手法により北海道全域で冬季にもたらされる降雪粒子の特徴がどう変化するかを計算することに初めて成功しました（p1 概要図）。計算結果から、現在においては、降雪粒子は柱状結晶や板状・扇状結晶が形成される昇華成長が主な成長過程であるのに対して、温暖化した将来においては、雲粒付き粒子<sup>6</sup>や霰が形成される雲粒捕捉成長が主な成長過程であることが明らかになりました。

冬の気温が高く、このような粒子が増えた将来の北海道の降雪は、現在の本州（主に北陸地方～東北地方の日本海側）の降雪と似ています。これにより、現在において、さらさらとした特徴の雪質をもたらすことが多い北海道の降雪が、温暖化が進むと、将来的には、現在の本州で降るような雪になることを明らかにしました。

## 【今後への期待】

現在の天気予報や気候予測のシミュレーションでは降雪量や積雪量といった降った雪の総量を調べることは可能ですが、降雪粒子の特徴を調べることはできません。降雪粒子の成長過程を直接計算することで、降雪粒子の特徴の予測や、降雪粒子の将来変化の計算が可能になります。降雪粒子の特徴は、雪の重さや雪質、雪崩の発生に密接に関わります。このような研究を進めることで、雪氷災害の予測を通じた防災に貢献するのみならず、雪質の分析を通じて観光業にも貢献することが期待されます。

## 【謝辞】

本研究は JSPS 科研費（基盤(A) JP21H04571）、寄附分野北海道気象予測技術分野（北海道気象技術センター）、千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究の支援を受け実施しました。また本研究の計算は北海道大学が提供するスーパーコンピュータ Grand Chariot（グラン・シャリオ）を用いて実施しました。

## 論文情報

論文名	Future change in the contribution of riming and depositional growth to the surface solid precipitation in Hokkaido, Japan (雲粒捕捉成長と昇華成長が北海道の降雪に与える影響の将来変化)
著者名	佐藤陽祐 <sup>1</sup> 、鎌田萌花 <sup>2</sup> 、橋本明弘 <sup>3</sup> 、稲津 将 <sup>1</sup> ( <sup>1</sup> 北海道大学大学院理学研究院、 <sup>2</sup> 北海道大学大学院理学院、 <sup>3</sup> 気象庁気象研究所)
雑誌名	Journal of Applied Meteorology and Climatology (米国気象学会の専門誌)
DOI	10.1175/JAMC-D-23-0226.1
公表日	2024年7月10日(水)(オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院理学研究院 准教授 佐藤陽祐 (さとうようすけ)

T E L 011-706-2879 F A X 011-706-2879 メール [yousuke.sato@sci.hokudai.ac.jp](mailto:yousuke.sato@sci.hokudai.ac.jp)

U R L <https://geodynamics.sci.hokudai.ac.jp/humet/meteo/>

※出張などで電話に出られないこともありますので、その場合はメールにてお問合せください。

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール [jp-press@general.hokudai.ac.jp](mailto:jp-press@general.hokudai.ac.jp)

## 【参考図】







成長	昇華成長						雲粒捕捉成長
温度T(°C)	-4<T<0	-10<T<-4	-20<T<-10	-17<T<-14	-36<T<-20	T<-36	
氷に対する過飽和度S(%)			S<7 (-17<T<-14)	S>7			
結晶の形	異形の針	針 屏風型 さや 角柱	扇形 角板	樹枝状	角柱	その他	雲粒付き
							

図1. 成長過程追跡モデル (Process Tracking Model) によって追跡される降雪粒子の成長過程とその温度帯、及び対応する降雪粒子の形状

## 【用語解説】

- \*1 成長過程追跡モデル … 図1で示される成長プロセスを直接計算するモデル。
- \*2 昇華成長 … 大気中の氷粒子が周囲の水蒸気を取り込みながら大きくなる成長プロセス。その際、形成される降雪粒子の形状が気温や湿度に依存して変化することが知られている。
- \*3 雲粒捕捉成長 … 大気中の氷粒子が、水滴と衝突・併合しながら大きくなる成長プロセス。
- \*4 気象モデル … 地球の大気の流れや雲の動き、物質の輸送などをシミュレーションするためのプログラムのこと。日々の天気予報は気象庁が保有する気象モデルとスーパーコンピュータを用いて、地球の大気の流れや雲の動きなどを計算した計算結果と観測データなどをもとにして発表されている。
- \*5 擬似温暖化実験 … 地球全体を覆う気象モデルで計算された現在気候と温暖化気候の大気の状態の差を、観測データに基づいて解析された現在の気候状態に加算する。こうして得られた擬似的な将来の大気状態をもとに数値シミュレーションを行う実験のこと。
- \*6 雲粒付き粒子 … 大気中の氷粒子に水滴が付着してできる降雪粒子の種類。