



## 温暖化する北極海から大陸に向かう水蒸気量の増加を発見

～北極の温暖化に伴う中・高緯度の気候変動や水循環過程の理解向上に寄与～

### ポイント

- ・北極海から蒸発し、シベリアや北米大陸に輸送される水蒸気量が近年増加していることを発見。
- ・晩秋から初冬における北極海起源の水蒸気輸送量の増加は、大陸の地域的な積雪増加傾向と整合的。
- ・北極海、大気、陸域の相互作用を介した北極域の気候変動メカニズムや水循環研究の進展に期待。

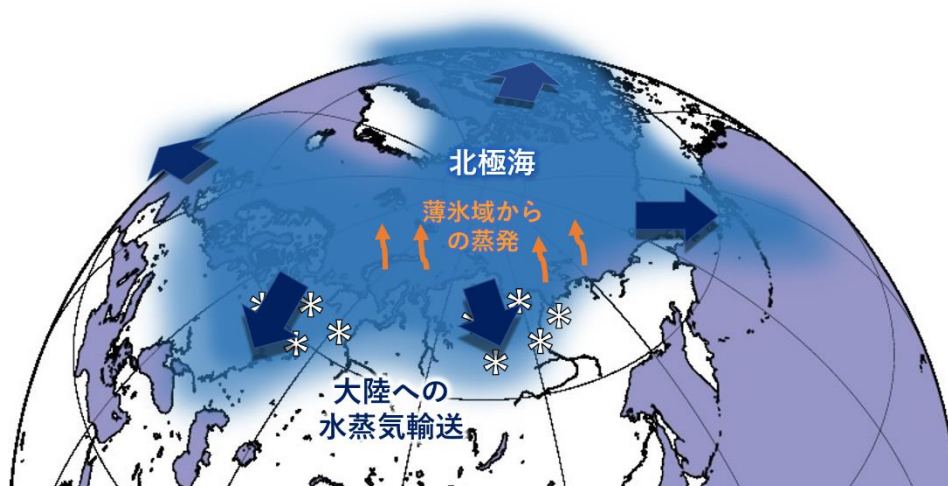
### 概要

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学宇宙地球環境研究所の檜山哲哉教授と北海道大学大学院地球環境科学研究院・同大学北極域研究センターの佐藤友徳准教授、中村 哲博士研究員（研究当時、現・気象庁大気海洋部）、三重大学大学院生物資源学研究科の飯島慈裕教授の研究グループは、海水面積の縮小や海水温の上昇など、近年急速に温暖化が進行する北極海周辺における大気中の水蒸気の流れを解析し、北極海から蒸発した水蒸気がユーラシア大陸や北米大陸に向かって近年多く輸送されていることを解明しました。

北極域では地球全体の平均に比べて早いペースでの温暖化が進行しており、この傾向は今後も継続することが予測されています。このような北極の温暖化は様々な環境変化を誘発することが懸念されています。研究グループは特定の地域から蒸発した水蒸気の大気中における動きを追跡できる数値計算法を用いて、北極海から蒸発した水蒸気の輸送経路や輸送量を明らかにしました。

1981年から2019年までの期間について解析したところ、北極海を起源とする水蒸気の輸送が9月から12月にシベリア地域で増加していることが分かりました。このことはシベリアにおける地域的な積雪増加傾向とも整合的であり、北極海の海水減少や水温上昇が、ユーラシア大陸や北米大陸の水循環や生態系にも影響を与えることを示唆する結果と言えます。

なお、本研究成果は、日本時間2022年11月24日(木)午後7時公開のnpj Climate and Atmospheric Science 誌に掲載されました。



北極域の温暖化と水蒸気輸送変化の模式図

### 【背景】

近年、地球温暖化の進行に伴う気候変動や、それに起因する人間社会や生態系への影響が世界各地で懸念されています。なかでも、北極域は他の地域に比べて早いペースで温暖化が進行しており、この傾向は今後も継続するとの予測が IPCC 第 6 次評価報告書などで述べられています。

大気中の水蒸気は強い温室効果を持つことに加え、降水や積雪などの量に影響を与えます。そのため、水蒸気の輸送は多くの研究者が注目してきましたが、北極海から低緯度側へ水蒸気が輸送される仕組みはよく分かっていませんでした。北極海では海氷面積の減少や海水温の上昇が観測されているため、これらの海洋環境の変化が北極域の水蒸気の流れに及ぼす影響を解明することが求められていました。

### 【研究手法】

本研究では、大気中の仮想的な水蒸気の塊を追跡する計算プログラムを作成しました。この手法を用いることで、任意の時刻に任意の場所に存在する大気中の水蒸気が、どこの陸地や海で蒸発したもののかを特定することができます。計算には気象庁が作成した全球再解析データ<sup>\*1</sup>が公開する 3 時間間隔の水循環に関する物理量データ（世界各地の降水量、蒸発量、大気中の水蒸気輸送量と輸送の向き）を入力データとして使用しました。解析は 1981 年から 2019 年までを対象期間として、特に北極海から蒸発した水蒸気に着目してその輸送量や輸送経路を調べました。

### 【研究成果】

北極海で蒸発した水蒸気の存在量を各地域について調べたところ、9 月から 12 月にかけて北極海上に加えて、シベリアでも増加していることが分かりました（図 1）。シベリアの中では、9 月に西シベリアで、10～12 月には東シベリアで近年増加傾向にあります（図 2）。この原因としては、北極海の海氷面積が縮小した領域で海面からの蒸発量が増加していることに加えて、大気の循環により北極からシベリアへと水蒸気が運ばれやすくなっていることが考えられます。

北極海を起源とする水蒸気の存在量がシベリアで最大となった日に着目すると、北極海沿岸付近に高気圧や低気圧が位置しており、これらが駆動する時計回りと反時計回りの大気循環が、海氷が後退した海域から低緯度側に向かう水蒸気の流れを強めていたことが分かりました。今後、北極海と大陸間の水蒸気輸送量の変動要因やその将来変化を解明するためには、海上と陸上それぞれの地域における蒸発量の詳細な把握に加えて、大気中の輸送を駆動する高・低気圧活動の理解を深める必要があります。

北極域から低緯度へ向かう大気の流れは一般的に低温の空気を伴うため、秋から冬にかけての大陸へ

の水蒸気輸送の強化は、陸上の降雪・積雪と関係していることが予想されます。シベリアなどのユーラシア大陸北部では、地球温暖化が進行するなかで積雪が増加している地域もあり、本研究が示す結果とも整合します。

### 【今後への期待】

本研究は、北極海の海水減少や水温上昇がユーラシア大陸や北米大陸の水循環に影響を与えることを示しました。これは陸上の雲や降水、積雪、土壌水など様々なプロセスに関連し、結果として生態系を含む自然環境や人間社会に影響を及ぼします。研究グループによるこれまでの研究で、北極の温暖化や水循環の変化によって日本付近の梅雨期の降水が変化することや（関連するプレスリリース①）、中・高緯度地域の熱波が強化されることが指摘されています（関連するプレスリリース②）。温暖化が顕在化している北極域の気候変動や水循環を理解することは、日本を含む遠く離れた地域の気象や気候の予測精度向上にも繋がるため、重要な研究課題と言えます。

### 【謝辞】

本研究は科学研究費補助金基盤研究 S「北極海－大気－植生－凍土－河川系における水・物質循環の時空間変動」（19H05668）、戦略的国際共同研究プログラム（JST-SICORP）日露共同研究「北極水循環変化：環境の持続可能性と自然資源へのインパクト」（JPMJSC1902）及び北極域研究加速プロジェクト（ArCSII）「気象気候の遠隔影響と予測可能性：陸域プロセスを介した気象・気候変動の理解」（JPMXD1420318865）の支援により実施されました。

### 【関連するプレスリリース】

①北海道大学プレスリリース「北極温暖化の遠隔影響により梅雨期の降水量が増加することを発見～豪雨災害の予測にむけて新たなメカニズムを提唱～」

発表日：2022年2月28日 URL：<https://www.hokudai.ac.jp/news/2022/02/post-998.html>

②北海道大学プレスリリース「北極域の積雪がユーラシア大陸の熱波を強めることを解明～雪氷圏のモニタリングによる夏の季節予報の改善を示唆～」

発表日：2019年8月6日 URL：<https://www.hokudai.ac.jp/news/2019/08/post-556.html>

### 論文情報

論文名	Enhanced Arctic moisture transport toward Siberia in autumn revealed by tagged moisture transport model experiment（タグ付き水蒸気輸送モデルによって明らかにされた秋の北極起源水のシベリアへの輸送量の増加）
著者名	佐藤友徳 <sup>1, 2</sup> 、中村 哲 <sup>1(当時)</sup> 、 <sup>3</sup> 飯島慈裕 <sup>4</sup> 、 <sup>5</sup> 檜山哲哉 <sup>5</sup> （ <sup>1</sup> 北海道大学大学院地球環境科学研究院、 <sup>2</sup> 北海道大学北極域研究センター、 <sup>3</sup> 気象庁大気海洋部、 <sup>4</sup> 三重大学大学院生物資源学研究所、 <sup>5</sup> 名古屋大学宇宙地球環境研究所）
雑誌名	npj Climate and Atmospheric Science（気候科学及び大気科学の専門誌）
DOI	10.1038/s41612-022-00310-1
URL	<a href="https://www.nature.com/articles/s41612-022-00310-1">https://www.nature.com/articles/s41612-022-00310-1</a>
公表日	日本時間 2022年11月24日（木）午後7時（英国時間 2022年11月24日（木）午前10時）（オンライン公開）



【参考図】

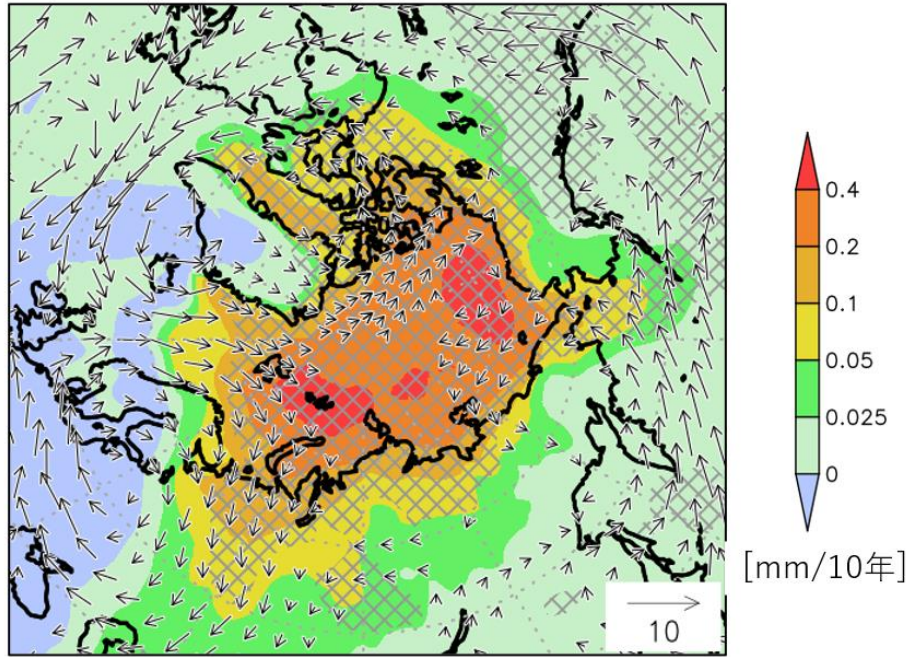


図 1. 北極海で蒸発した水蒸気の存在量の変化（9月～12月の平均）。解析した1981年～2019年間の変化を10年あたりの変化量（単位：mm/10年）に換算してカラーで表し、統計的に有意な変化のあった場所を灰色の斜線で示す。正の値は増加傾向で、負の値は減少傾向を表す。矢印は水蒸気輸送量の10年あたりの変化（単位：kg/m/sec/10年）を表す。

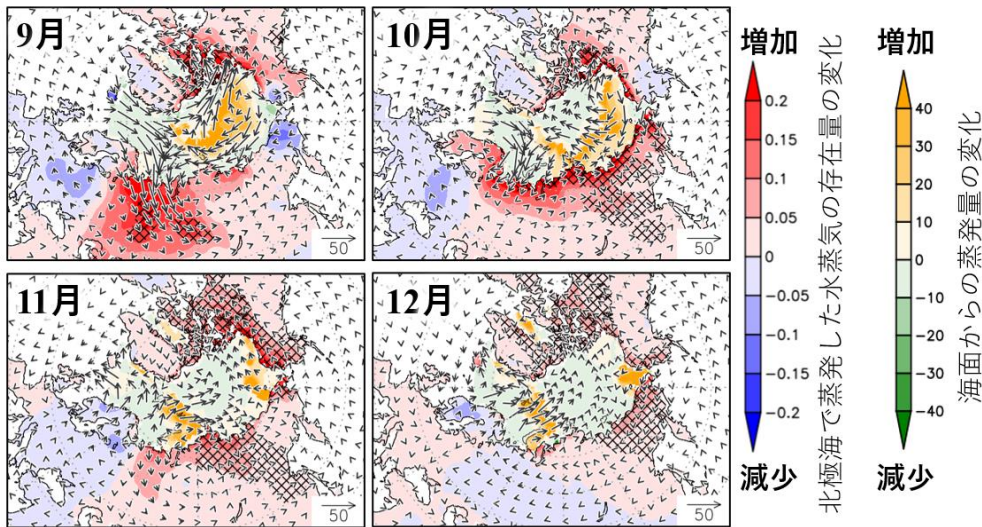


図 2. 月別にみた北極海で蒸発した水蒸気の存在量の変化。赤色は増加傾向、青色は減少傾向を表し、陸域のみ描画している。値は10年あたりの変化量（単位：mm/10年）を表し、統計的に有意な変化のあった場所を斜線で示す。矢印は水蒸気輸送量の10年あたりの変化（単位：kg/m/sec/10年）を表す。黄色は北極海からの蒸発量が増加した領域とその変化量（単位：mm/月/10年）を表す。

【用語解説】

\* 1 全球再解析データ … 地球全体の大気の状態を計算する数値モデルと世界各地の気象観測データや人工衛星データを組み合わせて作成されたデータ。過去や現在の気候の分析によく用いられる。