

2023 年 2 月 24 日

国立大学法人筑波大学
国立大学法人北海道大学

高緯度と熱帯からの遠隔影響がオホーツク海氷の年々変動を引き起こす

～「環オホーツク気候システム」の端緒を開く～

オホーツク海は北半球で最も南まで海氷（流氷）が到達する海域です。冬季から春先にかけて、世界自然遺産・知床をはじめとした北海道の沿岸には流氷が接岸しますが、オホーツク海の家氷は年によって多い年と少ない年があります。その変動理由の解明は、地球温暖化の進行に伴う海氷の減少傾向を理解する上でも、流氷観光など社会経済活動への影響を考える上でも、重要な研究課題です。

本研究では、シベリア高気圧、アリューシャン低気圧、太平洋などで構成される「環オホーツク気候システム」の観点から、長期の観測データ（全球大気データや人工衛星データ）に基づき、オホーツク海全域の家氷の発生量が年ごとに変動するメカニズムを解析しました。

その結果、海氷が平年よりも多い年は、アリューシャン低気圧が北太平洋の全域で強まっていることが分かりました。これに伴い、シベリアからの北西風（寒気流）がオホーツク海上で強まり、寒気の家積量も多くなっていました。一方、熱帯域との関係に注目すると、海氷が多い年はエルニーニョ的な海水温分布になっており、アリューシャン低気圧の強化とも連動していることが確認されました。これに対し、海氷が少ない年の熱帯域では、ラニーニャ的な海水温分布になっていました。

さらに、海氷が多い年は、海氷の面積が増え始めてから数カ月後に、アリューシャン低気圧が強まることが分かりました。アリューシャン低気圧の強化は、ユーラシア大陸からの寒気の流れを促進します。このため、寒気家積→海氷増加→アリューシャン低気圧の強化という連鎖的な季節進行は、海氷の維持につながる正のフィードバック関係にあることが示唆されます。

本研究が示した「環オホーツク気候システム」の観点から海氷の変動機構のメカニズム解明をさらに進めることで、季節予報の精度向上や温暖化予測の理解が深まることが期待されます。

研究代表者

筑波大学生命環境系

植田 宏昭 教授

北海道大学低温科学研究所

三寺 史夫 教授

研究の背景

オホーツク海は北半球で最も南まで海氷が観測される海域です。世界自然遺産・知床を擁する北海道のオホーツク海沿岸域では、冬季から春先にかけて流氷が接岸します。この流氷は、ユーラシア大陸に接するオホーツク海北西部の沿岸ポリニヤ^{注1)}と呼ばれる海域で生産された海氷が、冬季東アジアモンスーンに伴う北西風と東樺太海流によって運ばれてきたものです。この沿岸ポリニヤでは、ユーラシア大陸から流入する寒気によって海氷が次々と生産されます。

オホーツク海の家氷は、年によって海氷の多い年と少ない年があります。北海道の観光資源としての重要性だけでなく、進行する地球温暖化に伴う海氷の将来変化を理解する上でも、オホーツク海の家氷の変動メカニズムを解明することは重要な研究課題です。

オホーツク海の家氷面積は冬季後半（1月～3月）に最大となります。本研究では、その期間の家氷面積が年ごとに変動（年々変動）するメカニズムを、高緯度だけでなく熱帯からの影響にも着目し、オホーツク海氷の観測データ、全球大気および海洋・海氷データ、人工衛星データを用いて調べました。

研究内容と成果

オホーツク海全域の家氷面積が多い年（多氷年）/少ない年（少氷年）をそれぞれ抽出し、海氷密接度（海氷に覆われている海面の割合）や大気・海洋の様子を比較しました。多氷年では海氷密接度がオホーツク海全域で高く、少氷年では海氷密接度が小さくなります（図1）。地上の気圧配置を比較すると、多氷年にアリューシャン低気圧^{注2)}が強まっていることが分かりました（図2）。同時に、シベリアからオホーツク海上にかけて、寒気の蓄積が多くなっていることも分かります。少氷年では逆の特徴を示します。さらに、寒気の流れを示す寒気質量フラックスを用いた解析から、多氷年には北西方向からの寒気流がオホーツク海上で強まる（少氷年は弱まる）ことが示されました（図3）。こうした高緯度からの寒気流の強化は、オホーツク海での海氷の生成・維持に有利に働くと考えられます。

一方、熱帯域の海面水温と対流活動（降水）に着目すると、オホーツク海の家氷面積変動に対するエルニーニョ現象^{注3)}の遠隔的な影響が示唆されました（図4）。多氷年ではエルニーニョ的な海面水温分布、少氷年ではラニーニャ的^{注3)}な海面水温分布となっていることが分かります。これに伴って、少氷年では、東南アジア付近で活発化した対流活動によって励起された対流圏上層のロスビー波列^{注4)}が、中国南部から日本付近を経て北西方向へ伝播し、アリューシャン列島付近まで達していることが読み取れます（図5）。

上述のような大気から海氷への影響とは逆に、海氷もまた大気に影響することが先行研究によって指摘されています。そこで本研究では、オホーツク海の家氷面積、オホーツク海上の寒気の量、アリューシャン低気圧の強度の時系列を調査しました（図6）。その結果、海氷の面積増大の開始から数カ月ほど遅れてアリューシャン低気圧の明瞭な強化が起こることが分かりました。オホーツク海上の寒気量の変化については、海氷面積に対して先行する効果もあるようです。この結果は、海氷の増加がアリューシャン低気圧の強化を引き起こし、他方でアリューシャン低気圧は寒気流をオホーツク海に引き込むことで海氷を増加させるといった正のフィードバックを表し、オホーツク海氷の自己維持的な相互作用の存在を示唆するものと考えられます。

今後の展開

今回の解析から示唆された海氷の自己維持的な相互作用を確認するため、数値モデルによるコンピュータシミュレーションを用いた実験を行っています。また、進行する地球温暖化により、オホーツク海氷がどのような効果でどの程度減少するのかという疑問にも同様の方法で取り組んでいます。本研究で着

目したオホーツク海氷変動に関連する大気―海洋―海氷の相互作用について、「環オホーツク気候システム」として整理し、引き続きその実態やメカニズムの解明に取り組んでいきます。

参考図

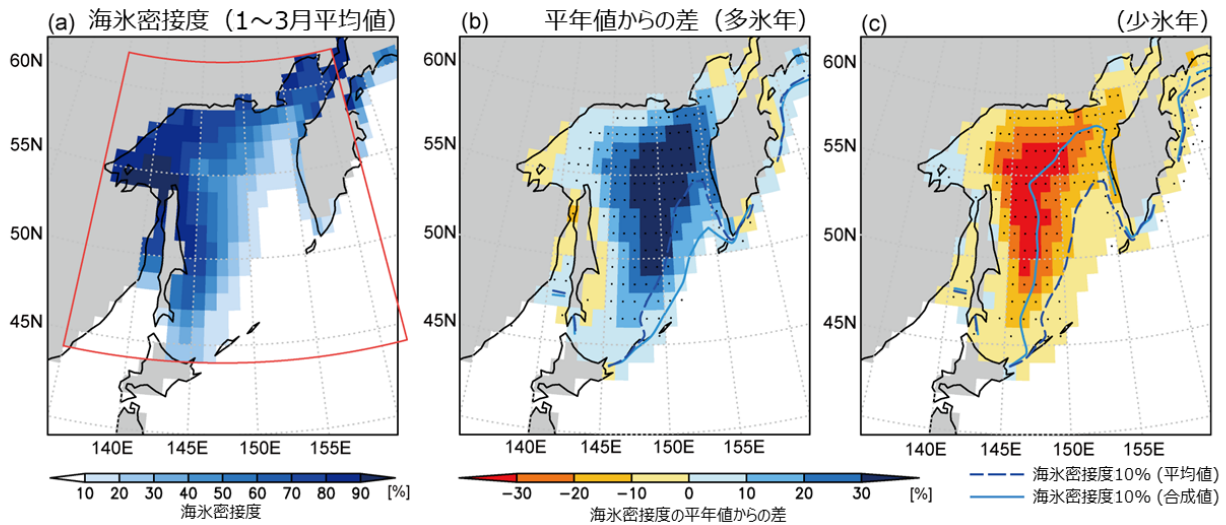
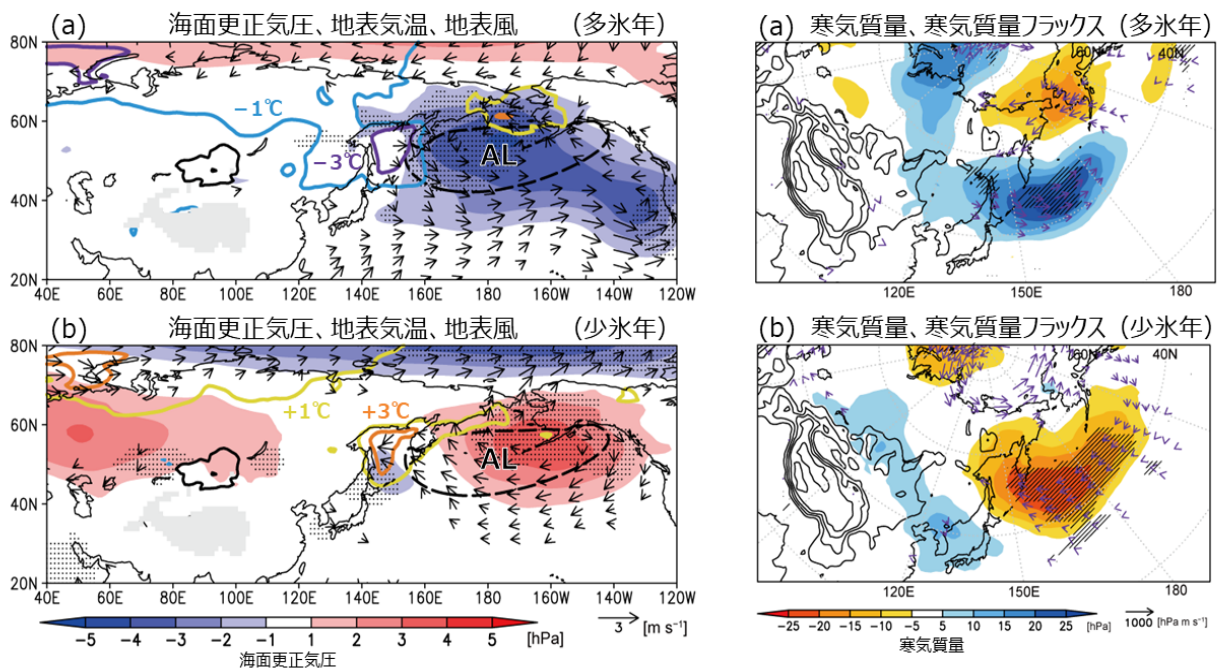
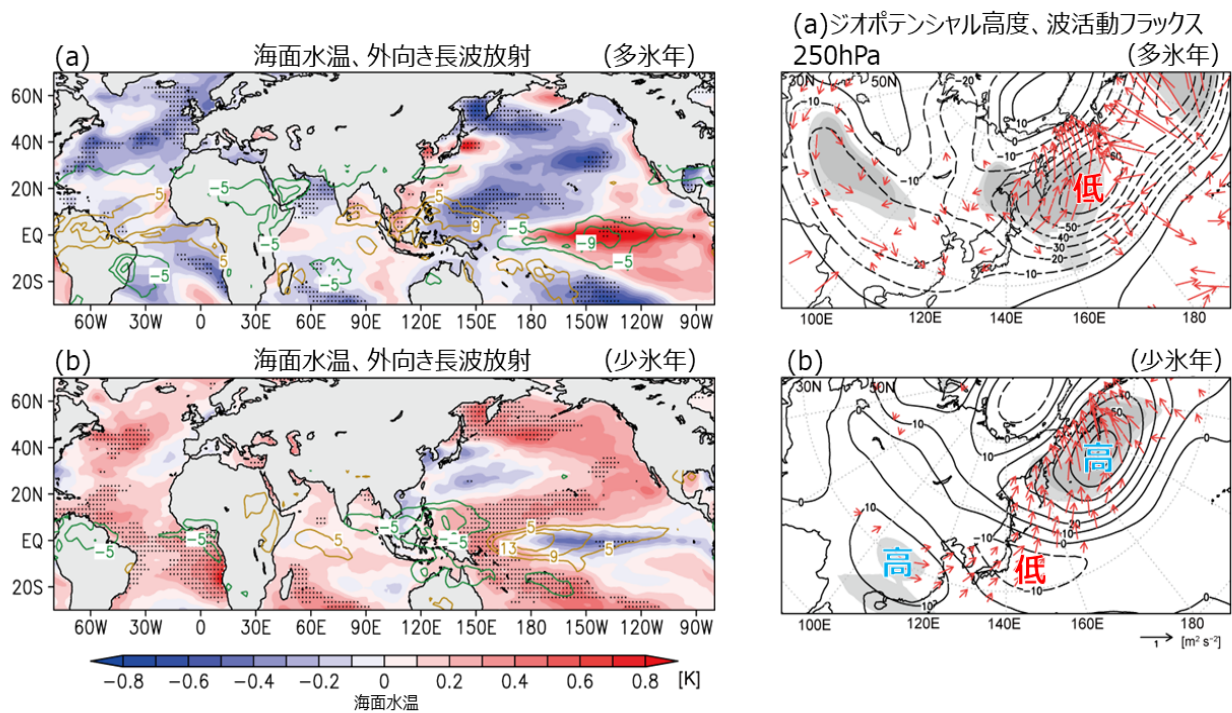


図 1：(a)海氷密集度の平年値。赤枠はオホーツク海氷の年々変動を捉えるために用いた領域。(b)多氷年と(c)少氷年での海氷密集度の平年値からの差（陰影）。



(左列) 図 2：(a)多氷年と(b)少氷年における海面更正気圧（陰影）、地上気温（色の等値線）、地表風（矢印）の平年からの差。黒い破線はアリューシャン低気圧（AL）の平年の位置を示す。

(右列) 図 3：(a)多氷年と(b)少氷年における寒気質量（陰影）、寒気質量フラックス（矢印）の平年からの差。寒気質量は 280 K 等温位面以下の空気塊で定義される。



(左列) 図 4 : (a)多氷年と(b)少氷年における海水温（陰影）、外向き長波放射（色の等値線）の平年からの差。外向き長波放射は熱帯対流活動の指標として扱われ、負の値（緑線）が対流活動の活発化に対応する。

(右列) 図 5 : (a)多氷年と(b)少氷年における 250 hPa 面のジオポテンシャル高度（等値線）の平年からの差と波活動フラックス（矢印）。波活動フラックスはロスビー波束の伝播を示す。

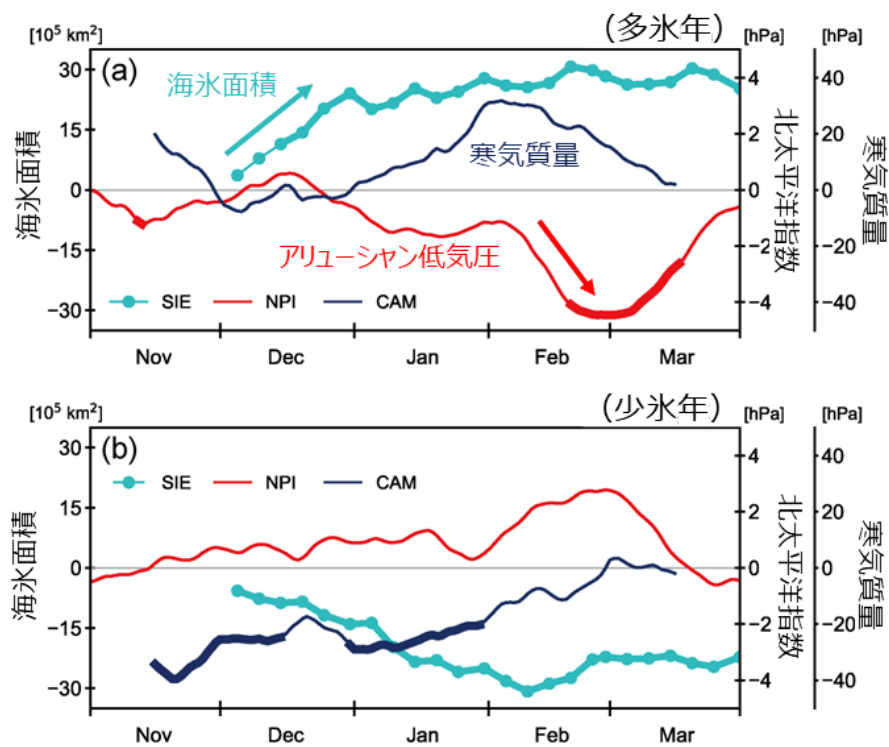


図 6 : (a)多氷年と(b)少氷年におけるオホーツク海氷面積、オホーツク海上の寒気質量、北太平洋指数（アリューシャン低気圧の強度を表す）の時系列。それぞれ平年値からの差。

用語解説

注1) 沿岸ポリニヤ

海氷は大陸近くの比較的浅い海で、冷たい大気による冷却によって生産される。海氷が風や海流によって沖に運ばれ、海氷が部分的に開いている場所を沿岸ポリニヤという。沿岸ポリニヤでは海洋が冷たい大気によって冷却されるため、海氷の生産が継続的に生じている。

注2) アリューション低気圧

冬季の北太平洋に定在する下層の低気圧。

注3) エルニーニョ現象

赤道太平洋東部の広い領域で海面水温が平年よりも高い状態が続く現象。逆に低い状態が継続する現象をラニーニャ現象という。

注3) ロスビー波列

ロスビー波は地球上に存在する大規模な大気の波動であり、地球の自転で生じるコリオリ力が緯度によって異なることで生じる。ロスビー波によって大気中の低気圧/高気圧が列のように交互に並ぶとき波列と呼ぶ。

研究資金

本研究は、環境省・環境研究総合推進費「世界自然遺産・知床をはじめとするオホーツク海南部海域の海氷・海洋変動予測と海洋生態系への気候変動リスク評価」、および文部科学省・科学研究費補助金「梅雨前線の形成・変動の理解に向けた新しい気団形成論の構築」の支援を受け実施されました。

掲載論文

【題 名】 Interannual variations of sea-ice extent in the Okhotsk Sea—A Pan-Okhotsk climate system perspective

(オホーツク海の海氷の年々変動—環オホーツク気候システムの視点から)

【著者名】 植田宏昭 (筑波大学生命環境系)、倉持将也 (筑波大学理工情報生命学術院)、三寺史夫 (北海道大学低温科学研究所附属環オホーツク観測研究センター)

【掲載誌】 Atmosphere-Ocean

【掲載日】 2023年2月14日

【DOI】 doi:10.1080/07055900.2023.2175639

問い合わせ先

【研究に関すること】

植田 宏昭 (うえだ ひろあき)

筑波大学生命環境系 教授

TEL: 029-853-4430

Email: ueda.hiroaki.gm@u.tsukuba.ac.jp

URL: <https://www.u.tsukuba.ac.jp/~ueda.hiroaki.gm/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

北海道大学

北海道大学社会共創部広報課

TEL:011-706-2610

E-mail: jp-press@general.hokudai.ac.jp