

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月28日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22740317

研究課題名（和文） 北極海の急激な海氷減少に影響を及ぼす北極圏の大気大循環の役割に関する研究

研究課題名（英文） The role of atmospheric circulation in the rapid decrease of Arctic sea-ice

研究代表者

小木 雅世 (OGI MASAYO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

研究者番号：50392957

研究成果の概要（和文）：本研究では、近年の北極海の海氷が激減する理由について、北極海を覆う大気循環が、海氷にどのような影響を及ぼすことにより、海氷が激減するののかのメカニズムについて明らかにすることを目的とした。その結果、北極海を覆う夏の高気圧性循環が卓越すると、夏の海氷が減少することがわかった。また、海氷には減少トレンドがあり、近年の夏の大気循環のトレンドも、高気圧性循環が卓越しており、海氷減少と高気圧性循環のトレンドと関係あることもわかった。

研究成果の概要（英文）：In this study, I examine how the atmospheric circulation over the Arctic influence the rapid decrease of Arctic sea-ice. The results point out that the summer atmospheric circulation is characterized by strong anticyclonic circulation over the Arctic Ocean. The anticyclonic circulation influences the decrease of summer Arctic sea-ice. The decrease in the sea-ice over the Arctic has been accelerating. In recent year, the summer anticyclonic circulation over the Arctic has contributed to accelerated decrease in sea ice over the Arctic.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：大気科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：大気海洋相互作用

## 1. 研究開始当初の背景

衛星による観測データが存在する1979年以降、北極海の海氷は減少し続けている。その北極海の夏の海氷が、2007年に激減し、史上最小を記録した。この2007年の北極海の海氷減少は、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate

Change：IPCC）で使用された気候予測モデルにおいて、2100年までに二酸化炭素を少しずつ増加させて得られた未来予測結果の約2040年に相当する海氷の激減である。

つまり、二酸化炭素の増加による原因で地球が温暖化し、温暖化による気温上昇で減少す

ると気候モデルで予測された 30 年後の海水減少が、今まさに、この地球上で起こっている。

近年、地球温暖化が危惧されているにもかかわらず、このような北極海の急激な海水減少は、地球温暖化による気温上昇では説明ができない。

それでは、「なぜ、北極海の海水が減少し続けているのか？その理由は何が原因であるのか？」そのメカニズムを早急に解決することが急務である。

本研究では、北極海の海水を支配する重要な要素は、北極圏の大気大循環であると考える。

これまでの研究では、冬の大気循環が北極域で低気圧循環である時、夏の北極海の海水が減少することが示された (Rigor et al. J. climate, 2002)。申請者は、北極海を覆う夏の高気圧性循環が卓越することが夏の北極海の海水減少に影響を及ぼすことを示した (Ogi and Wallace GRL, 2007, Ogi et al. GRL, 2008)。これら研究から、北極域の大気循環が北極海の海水に影響を及ぼすことは示唆されるが、その物理的なメカニズムはいまだ不明である。したがって、この物理的なメカニズムを解明することが、気候変動の研究、及び異常気象の研究において非常に重要な研究である。

## 2. 研究の目的

申請者はこれまで、夏の高気圧性循環が北極海の海水減少に影響を及ぼすことを示した。しかし、夏の高気圧性循環がどのように影響を及ぼし、北極海の海水が減少するののかの原因や物理的なメカニズムについては不明である。一方、冬の大気循環が夏の海水減少に影響を及ぼすという結果も存在し、北極海の海水は、冬と夏のどちらの大気循環と関係があるのかについても全くわかっていない。

そこで本研究では、衛星による海水データ、大気観測データ、海洋観測ブイデータ、海洋—海水モデルを用いて、

- 1) 北極海の海水減少に影響を及ぼすことが考えられる、北極海を覆う大気循環、特に地表面の風の場合に注目し、地表面の風がどのように海水を駆動することにより、海水が減少するのかを明らかにする。さらに、
- 2) 冬と夏の地表面の風がどのような役割を果たすことが海水減少に影響を及ぼすのか、冬と夏の風がどのくらい海水減少に影響を及ぼすのかの定量的な見積もりを行う。

## 3. 研究の方法

本研究では、北極海の急激な海水減少のメカニズムを解明するために、衛星による海水観測データ、海洋観測によるブイデータ、大気観測データを用いて、北極圏における冬季と夏季の大気循環、特に地表面の風に注目し、どのような風の強化が北極海の海水減少に影響を及ぼすのかについて解析を行う。

さらに、この結果を強化するため、海水—海洋モデル実験に、冬季と夏季のそれぞれの風の場合による強制応答を与えて、海水の動きを詳細に調べ、どのような風の循環場が海水の減少に影響を及ぼすのかを明らかにする。

## 4. 研究成果

本研究の目的は、北極海の夏季の海水減少のメカニズムを解明することであり、そのために北極圏の大気循環に注目した研究を行った。具体的には、地表面の風がどのように海水減少に影響を及ぼすのかを、大気観測データと衛星による海水データを用いて解析を行った。

その結果、図1に示したように、夏季の海水の減少には、冬季の北極海から北大西洋に流れる風の影響と、夏季の北極海を覆う高気圧性循環とそれに伴う北大西洋に向かう風が影響を及ぼすことがわかった。つまり、冬季と夏季の風が、北極海から北大西洋に海水を移流する働きにより海水を減少させているという重要な結果を得ることができた。



図1：6—9月平均の925 hPaの地表面の風と9月の北極海面積との帰図

さらに、近年、夏季の高気圧性循環が強まっていることが、より海水の激減に大きく関わっていることも示唆した。過去の研究では、北極振動などの大気の卓越するパターンによる影響や、冬か夏かどちらかの大気循環と北極の海水減少の関係について議論された研究のため、本研究で冬と夏の両方の地表面の風が北極海の海水減少に重要な役割を

果たしているという結果は、これまでの研究には存在しない意義のある研究結果である。

また、2010年や2011年も、これまで観測された2007年に続く北極海の海水が減少した年であった。そこで、これまで行ってきた北極海を覆う地表面の風が海水減少に及ぼす影響についての研究を、2010年、2011年夏の、月ごとの海水減少と大気循環の関係について、衛星データによる海水データや大気観測データを使って、海水が激減した2007年と比べる解析を行った。

まず初めに、図2に、6月から10月までの、2007年、2010年（上図）2011年（下図）の北極海の海水時系列を示す。2010年の海水は、2007年の海水と比べて、6月の海水は少なかったが、その後多くなったので、風の間を6月までと7-9月までに分けて解析した。同様に、2011年は、2007年の海水と比べて、8月まではほぼ同じ大きさだったが、9月に多くなったので、風の間を6-8月と9月に分けて解析をした。

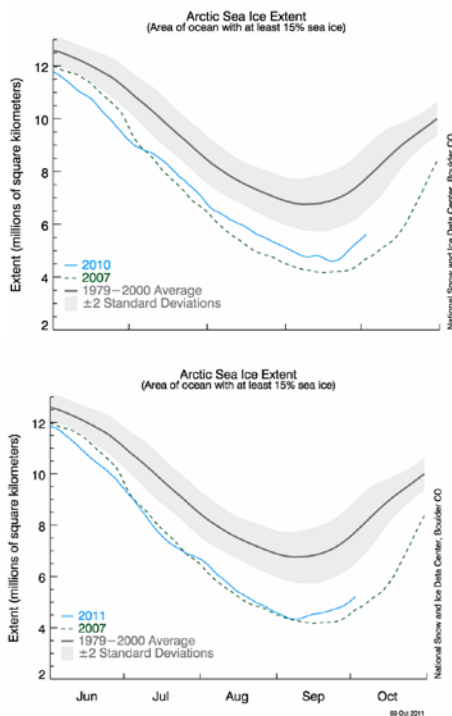
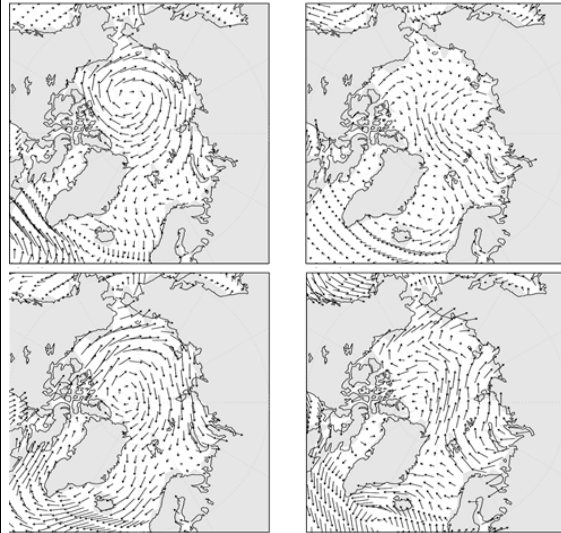


図2：6月から10月までの北極海の海水面積時系列。青線2010年（上図）青線2011年（下図）緑線2007年

その結果、図3で示したように、2010年も2011年も、2007年の海水よりも少なかった月では、北極海を覆う高気圧性循環が卓越し、海水が多かった月では、高気圧性循環が卓越していなかったことがわかった。つまり、これまで行ってきた年々変動ばかりではなく、

月ごとの解析においても、北極海を覆う高気圧性循環が卓越するかどうかで、海水の増減を決めていることが分かった。この結果は、冬の気循環よりも夏の気循環がより海水増減に大きな影響を及ぼすことも示唆した。

過去の研究では、冬の北極振動などの気候の卓越するパターンが、夏の北極海の海水減少に影響を及ぼすことが報告されていたが、本研究では、冬の気循環よりも夏の気循環が、北極海の海水減少に重要な役割を果た



しているという結果である。

図3：925hPaの地表面の風（上図）2010年5-6月平均（左）7-9月平均（右）。（下図）2011年6-8月平均（左）9月平均（右）。

さらに、北極海の海水減少にはトレンドがあるので、この長期的なトレンドが気候循環のトレンドとどのような関係にあるのかを探るため、長期的な気候 - 海洋 - 海水相互作用の研究も行った。その結果、図4で示したように、近年の夏の気候循環のトレンドは、高気圧性循環が卓越し、海水の動きも高気圧性循環と同じ動きをしており、北極海の海水も減少トレンドがあることがわかった。

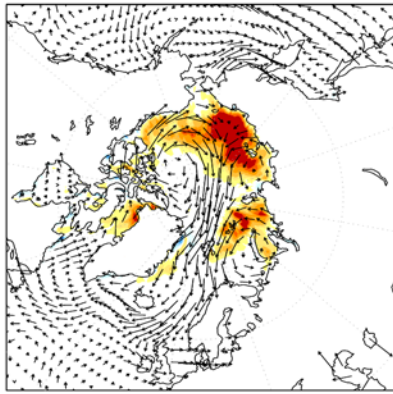


図4：6-9月平均の925hPaの地表面の風（矢印）と海氷面積（カラー）の、1996年から2011年までの、トレンド。

なお、研究協力者であるワシントン大学のRigor Ignatius氏やJohn Wallace氏と研究の議論をするために、米国に訪問したり、これまでの研究成果をまとめ、論文投稿受理及び国内・国際学会で研究発表も行った。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

① E. Watanabe and Masayo Ogi: How does Arctic summer wind modulate sea ice-ocean heat balance in the Canada Basin? *Geophysical Research Letters*, 2013, Vol.40, 1-6, doi:10.1002/grl.50363. 査読有

② Masayo Ogi and I. G. Rigor: Trends in Arctic sea ice and the role of atmospheric circulation, *Atmospheric Science Letters*, 2013,14:97-101, doi:10.1002/asl2.423. 査読有

③ Masayo Ogi and J. M. Wallace: The rule of summer surface wind anomalies in the summer Arctic sea ice extent in 2010 and 2011, *Geophysical Research Letters*, 2012, Vol.39, L09704, doi:10.1029/2012GL051330. 査読有

④ Masayo Ogi, K. Yamazaki and J. M. Wallace: Influence of winter and summer surface wind anomalies on Summer Arctic sea ice extent, *Geophysical Research Letters*, 2010, Vol.37, L07701, doi:10.1029/2009GL042356. 査読有

〔学会発表〕（計16件）

① Bunmei Taguchi and Masayo Ogi 「Decada-scale co-variability in sea-ice extent

between summer Arctic and winter Okhotsk Seas」 The 28th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice, Mombetsu, February 19, 2013.

② Eiji Watanabe and Masayo Ogi 「How does Arctic summer wind modulate ocean heat budget in sea ice reduction zone?」 The 28th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice, Mombetsu, February 19, 2013.

③ Eiji Watanabe and Masayo Ogi 「How does Arctic summer wind modulate ocean heat budget in sea ice reduction zone?」 Third International Symposium on the Arctic Research (ISAR-3), Tokyo, January 17, 2013.

④ Honami Hirano, Masayo Ogi and Yoshihiro Tachibana 「The role of atmospheric circulation for sea ice on the Arctic by applying the CMIP3 model」 Third International Symposium on the Arctic Research (ISAR-3), Tokyo, January 17, 2013.

⑤ Masayo Ogi and John M. Wallace. The role of summer surface wind anomalies in the summer Arctic sea ice extent in 2010 and 2011. AMS 2012, Austin, January 10, 2013, USA.

⑥ Masayo Ogi and John M. Wallace. The role of summer surface wind anomalies in the summer Arctic sea ice extent in 2010 and 2011. AGU 2012, San Francisco, December 5, 2012, USA.

⑦ 小木雅世、J. M. Wallace 「北極海の海氷面積と夏の気象循環の関係—2010年・2011年の事例解析—」日本気象学会、札幌、2012年10月5日

⑧ 田口文明、小木雅世 「秋の北極海と冬のオホーツク海に於ける海氷の十年規模共変動」日本気象学会、札幌、2012年10月3日

⑨ 小木雅世 「北極海の海氷面積と夏の気象循環の関係～最近の傾向～」北海道大学低温科学研究所共同研究「全球・領域気候モデルにおける環オホーツク地域の相互比較」、札幌、2012年8月3日

⑩ Masayo Ogi, Koji Yamazaki and John M. Wallace. Influence of winter and summer wind anomalies on summer Arctic sea ice extent. IPY conference, Montreal, April 26, 2012, CANADA.

⑪ 小木雅世 「北極海の海氷減少に及ぼす北極圏の大気大循環の役割」 大槌シンポジウム、大槌、2011年11月12日

⑫ Masayo Ogi, Koji Yamazaki and John M. Wallace. Influence of winter and summer wind anomalies on summer Arctic sea ice extent. WCRP, Denver, October 26, 2011, USA.

⑬ Masayo Ogi, Koji Yamazaki and John M. Wallace. Influence of winter and summer wind anomalies on summer Arctic sea ice extent. AGU 2010, San Francisco, December 15, 2010, USA.

⑭ 小木雅世、山崎孝治、J. M. Wallace 「夏の北極海の海氷に影響を及ぼす冬と夏の風の役割」 大槌シンポジウム、大槌、2010年8月4日

⑮ Masayo Ogi and Koji Yamazaki Trends in the summer Northern Annular Mode and Arctic sea ice. International Polar year (IPY) Oslo Science Conference 2010, Oslo, June 10, 2010, NORWAY.

⑯ 小木雅世、山崎孝治、J. M. Wallace 「夏の北極海の海氷に影響を及ぼす冬と夏の風の役割」 日本地球惑星科学連合 2010年大会、千葉、2010年5月28日

〔図書〕 (計1件)

① 小木雅世、北極海の海氷減少に影響を及ぼす北極圏の大気大循環の役割、気象研究ノート第222号、日本気象学会、2011、p117-131.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小木 雅世 (OGI MASAYO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

研究者番号：50392957