

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04058

研究課題名（和文）亜寒帯海域起源の下層冷気の大規模流出が極端現象の発生に与えた影響の解明

研究課題名（英文）Effects of large-scale outflow of low-level cool air originating from the subarctic ocean on the occurrence of extreme events

研究代表者

島田 照久（Shimada, Teruhisa）

弘前大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：30374896

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、亜寒帯海域起源の下層冷気が日本周辺の2つの極端現象の発生に与えた影響の解明に取り組んだ。まず、2019年7月の低温事例については、太平洋の沖合から北日本・東日本に向かって、下層冷気が吹き寄せていた。特に、仙台平野から関東平野にかけて、冷気の進入と蓄積が顕著であった。次に、2018年7月上旬の豪雨事例について、下層冷気の分布と変動を解析した。豪雨期間の前半は、オホーツク海から日本海に下層冷気が流入していたが、後半は、下層冷気は北海道の南を回って日本海に流入していた。本研究により、日本周辺の夏季気候に対する、亜寒帯海域起源の下層冷気の影響を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果の学術的意義は、下層冷気の分布と変動という観点から、日本付近で発生した極端現象の発生要因を考察したことである。夏季の亜寒帯海域起源の下層冷気が、記録的な低温や豪雨の発生要因の一つとして挙げられることはあったが、下層冷気の影響についての詳しい研究はこれまではほとんどなかった。本研究の成果の社会的意義は、夏季気候の極端化についてのさらなる理解に貢献できることである。社会に大きな影響を与える極端現象に関する理解は、様々な分野（防災、農業、漁業、再生可能エネルギー等）から求められている。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the effects of low-level cool air originating from the subarctic oceans on the occurrence of two extreme events in summer. First, the low temperature event in July 2019 was analyzed. The low-level cool air flowed from the Pacific to northern and eastern Japan. In particular, the cool air significantly intruded into the Sendai Plain and the Kanto Plain. Next, we analyzed the distribution and variation of the low-level cool air. In the first half of the heavy precipitation period, the low-level cool air flowed into the Japan Sea from the Okhotsk Sea, whereas, in the latter half, the low-level cool air flowed into the Japan Sea from the south of Hokkaido. Thus, this study clarified the role of low-level cool air originating from the subarctic oceans in the summer climate around Japan.

研究分野：気象学

キーワード：極端現象 下層冷気 亜寒帯海域 冷夏 豪雨 気象シミュレーション 衛星観測 海上風

## 1. 研究開始当初の背景

夏季のオホーツク海高気圧の間欠的な発達に伴って、大気下層の冷氣(下層冷氣)が、東風により北日本のオホーツク海/太平洋側に押し寄せて低温をもたらす(この気象状況は、ヤマセと呼ばれる)。卓越したヤマセは、夏季の異常気象(冷夏)を引き起こすため、ヤマセの理解は、20世紀始め以来、社会的に重要な課題であり続けてきた。木村(気象研究ノート1995)は、「ヤマセの本質は、オホーツク海起源の下層冷氣が、地形に沿って南下する過程」とした、地球流体力学に基づく概念モデルを提唱した。この下層冷氣という観点は長い間着目されることはなかったが、近年の極端現象の発生に関わっていることが示唆されるようになった。

2018年と2019年の夏季に、日本で2つの極端現象が発生した。一つは、2018年7月上旬に発生した豪雨「平成30年7月豪雨」である。この豪雨は甚大な災害をもたらした。そして、災害発生直後から、この豪雨災害の研究が集中的に行われた。気象庁などの分析から、この記録的豪雨の発生の主要因は、1)西日本への水蒸気流入が合流したこと、2)梅雨前線の停滞と強化が持続したこと、3)線状降水帯が断続的に発生したこと、にあることがわかった。その後も、豪雨発生のメカニズムについては多くの研究が進んできた。また、この豪雨災害を機に、予測技術の高度化・降水観測の稠密化が以前にも増して進んでいる。しかしながら、平成30年7月豪雨の発生メカニズムを考察した時、下記の2点を課題として挙げるができる。1)平成30年7月豪雨の発生要因の1つとして、「オホーツク海高気圧からの下層冷氣が梅雨前線に流入し、梅雨前線を活発化させた」ことが指摘されている。しかし、亜寒帯海域からの下層冷氣の流出過程に関する研究はほとんどないのが実情である。水蒸気流入や線状降水帯に関する研究が多いことは対照的である。2)オホーツク海と北太平洋の亜寒帯海域から、下層冷氣が日本海に流出する経路が明らかになっていない。日本海に流出した下層冷氣が、日本海をどのように南下し、梅雨前線に到達するかを明らかにする必要がある。もう一つの極端現象は、「2019年7月の記録的低温」である。2019年7月は、関東では低温・日照不足による作物被害が発生しており、また、梅雨前線によって九州南部で大雨が発生している。しかし、低温をもたらした状況や原因の詳細は明らかになっていない。特に、夏季の低温(冷夏・ヤマセ)に関する研究の長い歴史を振り返っても、下層冷氣の流出過程と記録的低温の関係を、具体的に解明した研究はこれまでにほとんどない。

以上をまとめると、この2つの極端現象の理解について、次の課題を挙げるができる。2つの極端現象が発生した時、亜寒帯海域からの下層冷氣は、どのような経路で日本周辺に流出していたのか? 下層冷氣は地形に捕捉されることがあるが、どのように地形の影響を受けていたのか? 特に、平成30年7月豪雨の期間は、下層冷氣はどのように梅雨前線に流入し、豪雨発生に寄与したのか? どの問いも、夏季気候の体系的理解と極端現象が引き起こす気象災害の低減にとって重要であるが、現状の知見ではどの問いにも答えることができない。本研究申請者は、亜寒帯海域起源の下層冷氣に関わる系の気候学的な様子を明らかにした(Shimada et al. 2018)。この研究の手法をもとに、極端現象の発生に対する下層冷氣の役割を明らかにする。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、「広域かつ高解像度の気象シミュレーション・大気再解析データに、下層冷氣の変動解析に効果的な温位座標解析を適用して、亜寒帯海域起源の下層冷氣が2つの極端現象の発生に与えた影響を解明すること」である。2つの極端現象とは、平成30年7月豪雨と2019年7月の記録的低温である。

## 3. 研究の方法

研究の主な方法は、気象シミュレーションデータと大気再解析データの解析である。また、両方のデータに、下層冷氣の変動解析に効果的な温位座標解析(Iwasaki et al. 2014)を適用し、下層冷氣の分布・量などを解析する。気象シミュレーションは、気象モデルWRFを用いて水平解像度2kmで実施した。境界条件には、ERA5大気再解析データ、OSTIA SST海面水温データを用いた。大気再解析データを直接解析する場合にも、ERA5データを用いた。事例解析の一方で、長期間の現場観測データ・大気再解析データを用いて、気候学的な解析を行い、極端現象発生時の状況と気候値との違いを明らかにした。

## 4. 研究成果

### (1) 2019年7月の低温事例

まず、衛星観測による海上風データと大気再解析データを用いて、対象とする現象の実態把握を行った。2019年7月は、東日本から西日本にかけての広域で平年に比べて低温偏差であった。北東北・北海道では気温は正偏差であったものの、北海道で雲量の正偏差・日射の負偏差が顕著に現れていた。また、2019年7月上旬は、オホーツク海高気圧が間欠的に発達していたが、南よりに存在することが多かった。オホーツク海高気圧と日本の東方に進んだ低気圧の気圧配置により、北日本・東日本の太平洋側で強い北東風が持続していた。北日本・東日本の太平洋岸沿

いには、気圧の高い地域が南に伸びており、下層冷気が地形に沿って南下していることを示す。ひまわり 8 号の観測からは、北日本・東日本の太平洋側が継続して下層雲に覆われていたことがわかった。ひまわり 8 号から導出された日射分布には、太平洋側に沿った地域の日射量の少なさと日本海・日本海沿岸の日射の多さのコントラストが特に顕著に現れていた。このような特徴はヤマセ時の状況に当てはまるが、南東北から関東にかけて雲量の増加と日射の減少が今回の対象期間の特徴である。

次に、2019 年 7 月上旬に発生した低温事例に着目し、気象モデルによるシミュレーションデータを解析した。シミュレーション結果を衛星観測・大気再解析データと比較した結果、対象期間中の気象状況をよく再現できていることがわかった。観測データを用いて、風速や気温の分布・時間発展も検証した。このシミュレーションデータに温位座標解析を適用して下層冷気データを作成し、東日本・北日本の温位の 3 次元構造と下層冷気の分布と水平フラックスを調べた。その結果、太平洋の沖合から北日本・東日本に向かって、西向きに下層冷気が吹き寄せていたことがわかった。顕著な特徴は、仙台平野から関東平野において、冷気が陸域に進入して蓄積していることである。一部の下層冷気は、関東平野から本州の南岸に沿って西に伸びて分布していた。

最後に、気象官署のデータを用いて、日射の経年変動を調べた。2019 年 7 月は、変動の大きかった地点（北海道や関東地方にある地点）についてみると、過去 50 年程度のデータ期間中で特に日射量が少ない月であることがわかった。

## (2) 平成 30 年 7 月豪雨

平成 30 年 7 月豪雨が発生した 2018 年 7 月上旬について、大気再解析データを用いて、豪雨発生の要因の一つとして挙げられている、オホーツク海高気圧起源の下層冷気の分布と変動を解析した。その結果、西日本を中心に記録的な大雨となった期間（2018 年 7 月 5-8 日）の前半は、オホーツク海に厚く分布する下層冷気が日本海北部から日本海を南下し、梅雨前線帯に流入していた。しかし、期間の後半は、北海道を南に迂回した東寄りの気流によって下層冷気が日本海に流入したあと、梅雨前線帯に南下していたことがわかった。南下する下層冷気がユーラシア大陸の地形に捕捉されている時間帯があったことも特徴である。

以上の成果より、下層冷気の分布・変動という観点から、2 つの極端現象が発生した時の気象状況と極端現象への影響を明らかにすることができた。下層冷気についてのこれまでの研究による気候学的理解と、本研究で明らかになった下層冷気の極端変動の理解を統合することにより、夏季気候のさらなる理解につながる。今後は、下層冷気の分布や変動を代表する指標を検討し、極端現象の長期変化や将来気候データへの適用可能性を探る。また、この研究を実施した期間にも、大規模な豪雨が日本で複数発生している。他の豪雨事例についても、下層冷気が影響している事例があるのかどうか、下層冷気が豪雨発生にどのように影響したのかを検討していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Teruhisa Shimada   | 4. 巻<br>17              |
| 2. 論文標題<br>Strong surface winds in the vicinity of Cape Erimo: Distributions and synoptic fields | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>SOLA   | 6. 最初と最後の頁<br>191 - 195 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.2151/sola.2021-033   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）  | 国際共著<br>-               |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>島田照久                         | 4. 巻<br>145     |
| 2. 論文標題<br>陸奥湾の風況・海況:局地的強風と波浪応答        | 5. 発行年<br>2023年 |
| 3. 雑誌名<br>風力エネルギー学会論文集                 | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし          | 査読の有無<br>有      |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著<br>-       |

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>大澤輝夫、嶋田進、竹山優子、種本純、島田照久、本田明弘、久保田健、大庭雅道 | 4. 発行年<br>2023年 |
| 2. 出版社<br>日本気象学会                                | 5. 総ページ数<br>208 |
| 3. 書名<br>気象研究ノート「再生可能エネルギーの気象学」 第2章 風力賦存量       |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|