

## 近年において災害級の冷夏が発生していない理由とは？

\*天野未空<sup>1</sup>・立花義裕<sup>1</sup>・安藤雄太<sup>2,3</sup>

1. 三重大院 生物資源, 2. 新潟大学院 自然科学, 3. 鈴鹿高専

### 1. はじめに

日本を含む中緯度域は、暖かい海と大気、冷たい海と大気とが隣接した地域である。このような地域では、風の吹き方、つまり高・低気圧の配置によって、暑夏・冷夏いずれも発生する可能性がある。しかしながら、後述の結果の中でも示すように、近年は猛暑が頻発している。この猛暑頻発の理由を考察した先行研究はいくつか存在するが「なぜ冷夏は発生していないのか」という逆の視点での考察を行った先行研究は存在しない。将来における冷夏発生の可能性に関する議論を進めるためにも、この視点での考察を行い、現在の気候変化を正しく理解する必要があると考える。

そこで本研究では、災害級の冷夏が近年発生していない理由の解明を目的とした。過去冷夏による被害が度々発生している北日本の7月に着目し、解析を行なった。冷夏時の特徴として先行研究では、海面水温(SST)の低水温偏差<sup>[1]</sup>、オホーツク海高気圧の発生<sup>[2]</sup>、負の太平洋-日本(Pacific-Japan, PJ)パターン<sup>[3]</sup>が挙げられている。これを踏まえ本研究では、1) SSTが暖かくなっている、2) オホーツク海高気圧が発生していない、3) 負のPJパターンが発生していないという3つの仮説を立て、検証・考察を行なった。

### 2. 使用データ・解析手法

大気場のデータにはJRA-55再解析データ、SSTのデータにはHadISSTを使用した。いずれも7月の月平均データを1958-2022年の65年分使用し、これを気候値と定義した。近年・冷夏年の指標には、北海道、東北六県、新潟の気象官署40地点の月平均気温データを使用した。これより気温インデックスを作成後、値が $-0.5\sigma$ 以下である年を“冷夏年”、最後の冷夏年が発生した年の翌年以降を“近年”と定義した。近年・冷夏年それぞれについて合

成図解析を行い、各大気海洋場の特徴を調べた。さらに、冷夏年の特徴を表す各種インデックスを作成し、近年において冷夏が発生していない理由の考察を行った。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 近年と冷夏年の抽出

作成した北日本における気温インデックスを図1に示す。これより、前節で定義した冷夏年として、15事例(1964年, 1965年, 1966年, 1974年, 1979年, 1980年, 1982年, 1983年, 1986年, 1988年, 2003年, 2005年, 2007年, 2009年)が抽出された。また、冷夏が2010年以降発生していないことから、2010-2022年の13年間を近年と定義した。

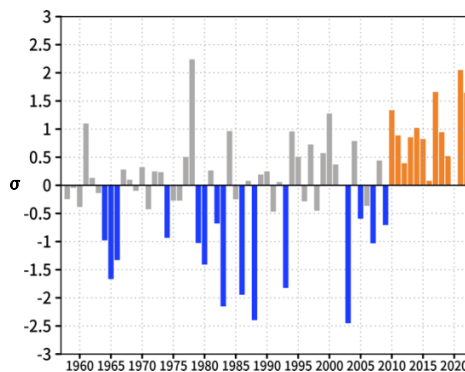


図1 北日本の7月における平均気温インデックス  
青色は冷夏年, オレンジは近年を表す。

#### 3.2 近年と冷夏年の大気海洋場の特徴

まず、海面更正気圧の合成図を示す。近年においては、オホーツク海高気圧の弱まりや、正のPJパターン強化が予想されたが、顕著な特徴は見られなかった(図2a)。冷夏年では、オホーツク海高気圧の発生、負のPJパターンという特徴が見られた(図2b)。

250 hPa面のジオポテンシャル高度では、近年は北半球のほとんどの領域が、高気圧偏差となっていた(図3a)。中でも、北太平洋北東部とカムチャツカ半島付近で大きな値

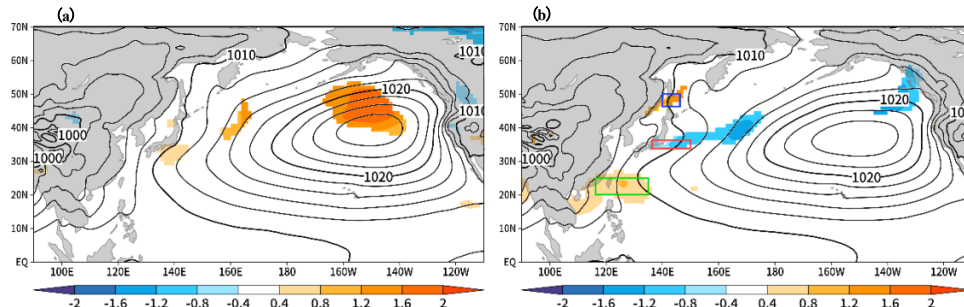


図2 (a) 近年と (b) 冷夏年における海面更正気圧 (hPa) の合成図。等値線は近年と冷夏年それぞれの平均値、陰影は気候値からの偏差 (信頼係数90%以上で有意である領域のみ描画) を示す。青、赤、緑のボックスはそれぞれ、オホーツク海高気圧インデックス、日本インデックス、太平洋インデックスの作成領域を表す。

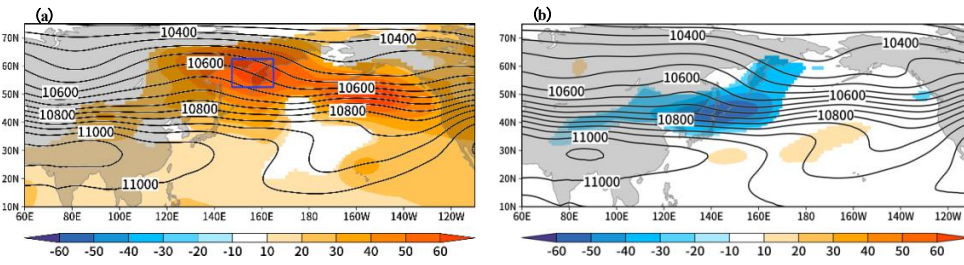


図3 (a) 近年と (b) 冷夏年における250 hPa面のジオポテンシャル高度 (m) の合成図。等値線は近年と冷夏年それぞれの平均値、陰影は気候値からの偏差 (信頼係数90%以上で有意である領域のみ描画) を示す。青ボックスはカムチャツカインデックスの作成領域を示す。

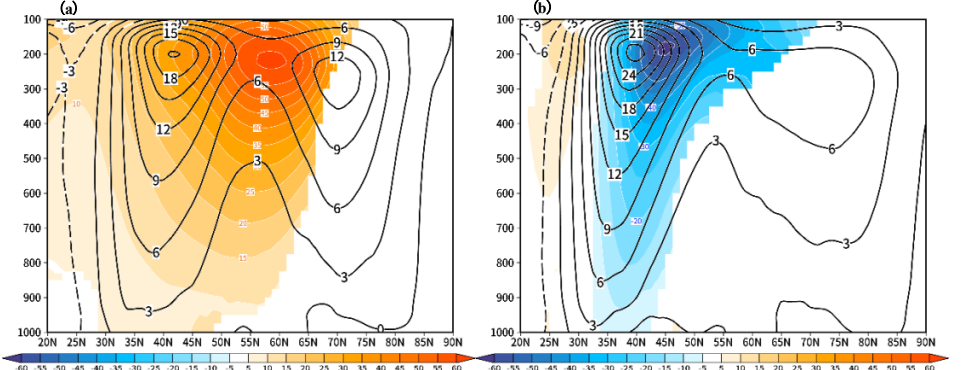


図4 (a) 近年と (b) 冷夏年における緯度-鉛直断面図 (東経135-165度平均) の合成図。等値線は近年と冷夏年それぞれの平均東西風 (m/s)、陰影は気候値からの偏差 (信頼係数90%以上で有意である領域のみ描画) を示す。

を示しており、偏西風の北への蛇行が予想される。冷夏年においては、反対に日本周辺は低気圧偏差となっており、極域ジェットが南へ蛇行が予想される (図3b)。

次に、緯度-高度断面図を示す。近年では、対流圏上層、オホーツク海北部やカムチャツカ半島付近において高気圧偏差が見られ、この正偏差の尾根は下層まで延びている (図4a)。そして、日本の位置する北緯30度から45度付近で地表面に接している。つまり、南北に傾いた鉛直構造をしており、図2aと図

3aに見られる高気圧偏差は、同一のものであることがわかる。また、対流圏上層の高気圧偏差の位置には、ダブルジェット構造が明瞭に見られる。一方、冷夏年においては、極域ジェット気流が存在しておらず、近年とは逆の鉛直構造となっている (図4b)。

SSTについては (図略)、近年は日本周辺、特に親潮流域で高水温偏差であった。オホーツク海では、ほとんどの領域で顕著な偏差は見られなかった。一方、冷夏年においては、低水温偏差が日本周辺から北太平洋中央部

まで広がっていた。

### 3.3 近年における各年の特徴

いくつかのインデックスを作成し、それらを元に、近年において冷夏時の特徴が現れているか否かを調べた(表)。

オホーツク海高気圧インデックスより、オホーツク海高気圧が活発であった年が、近年においても出現していた。したがって、オホーツク海高気圧の弱화가、冷夏にならなかった原因とは言えない。

次に PJ パターンについて見ていく。本研究では、太平洋インデックスと日本インデックス、それぞれの値の絶対値が  $0.25\sigma$  以上である場合に、PJ パターンが発生したと見なした。太平洋インデックスについては、対流活動が活発な年、不活発な年が近年においても同程度出現しており、正・負の PJ パターンが発生する可能性があったことが分かる。しかしながら、日本インデックスは、正偏差である年がほとんどとなっており、結果、正・負の PJ パターンの発生回数は、それぞれ 3 回と 2 回に留まっている。これは、近年は、正・負の PJ パターンいずれも発生しづらい可能性を示唆している。

SST インデックスは、親潮流域に領域を設定した。2015、2018 年を除き、近年のほとんどの年で正偏差となっていた。これは、冷夏

時の低水温偏差という特徴が、近年のほぼ全ての夏において現れていないことを示す。

## 4. 議論

### 4.1 仮説の検証

SST が暖かくなっているという、第一の仮説は、表に示す結果より支持された。SST 上昇により、大気が暖められた可能性がある。しかし反対に、大気によって SST が高くなっている可能性もあるため、SST が高いために冷夏にならないとは言い切れない。

オホーツク海高気圧が発生していないという、第二の仮説は否定された。2014、2015、2017 年を除けば、2010 年以降もオホーツク海高気圧は出現していた。それにも関わらず、日本が冷夏とならない理由の 1 つとして、オホーツク海高気圧だけでは、冷夏の十分な条件にはならないことが考えられる。オホーツク海高気圧に伴い、寒気移流が存在することが、必要な条件である可能性がある。強い北東風がもたらされるためには、図 2b のような、北太平洋西部での低気圧偏差が存在し、親潮域に沿った北東風が吹く必要があると考えられる。近年の夏においては、この北太平洋北部の低気圧偏差という特徴がなく、高気圧偏差となっている。

表 近年における大気海洋場の特徴。1つの+、-マークは、インデックスの値の絶対値が  $0.25\sigma$  未満であることを表す。2つであれば、値の絶対値が  $0.25\sigma$  以上  $1\sigma$  未満、3つであれば、 $1.0\sigma$  以上であることを示す。また、冷夏年の特徴が現れていた場合に、青色で塗りつぶしている。

|      | 北日本<br>気温 | オホーツク海<br>高気圧 | PJパターン | 太平洋<br>インデックス | 日本<br>インデックス | SST | KM  |
|------|-----------|---------------|--------|---------------|--------------|-----|-----|
| 2010 | +++       | +             |        | +++           | +++          | ++  | +++ |
| 2011 | +         | +             |        | --            | -            | ++  | +++ |
| 2012 | ++        | +             |        | --            | -            | ++  | +++ |
| 2013 | ++        | +             | 負      | +++           | --           | +++ | +++ |
| 2014 | +++       | --            |        | --            | +            | +++ | +++ |
| 2015 | ++        | --            | 正      | --            | +++          | --  | --  |
| 2016 | +         | ++            |        | ++            | +            | +   | +++ |
| 2017 | +++       | ---           |        | +++           | +++          | ++  | -   |
| 2018 | ++        | ++            | 正      | ---           | +++          | -   | +++ |
| 2019 | ++        | ++            |        | -             | +            | +++ | --  |
| 2020 | +         | ++            |        | +++           | +++          | +++ | -   |
| 2021 | ++        | +++           | 正      | ---           | ++           | +++ | +++ |
| 2022 | +++       | ++            | 負      | ++            | --           | +++ | +++ |

#### 4.2 近年において冷夏が発生していない理由

仮説の検証より、冷夏が発生していない理由は、冷夏時の特徴が現れていないためではなかった。結果より、別の理由として、南北に傾圧構造を持つ高気圧の存在が考えられる。表のカムチャツカインデックスの結果より、この高気圧は近年頻繁に出現していると言える。この高気圧に伴う断熱昇温により、SST が高くなり、これに伴う暖気移流が、気温上昇に寄与していると考えられる。また、この対流圏上層の高気圧の存在は、亜熱帯ジェット気流の弱体化、ダブルジェット構造の出現に対応する。これにより、ロスビー波が伝播しづらくなっており、熱帯の対流活動に対して日本付近の大気場が応答しづらくなっているのではないかと考える。

加えて、図には示していないが、この高気圧は過去の夏にはほとんど発生しておらず、近年顕著に発生していることがわかっている。また、このカムチャツカ半島を中心とする大気上層の循環の変化は、Ogi et al. (2004)<sup>[4]</sup>が定義した夏季の北極振動指数(AO)でも見られる。近年は大きな正偏差の値を示していた。したがって、この高気圧の出現に伴う、大気上層の循環の変化は、半球的なものであり、これが近年において冷夏が発生していない原因となっている可能性が考えられる。

#### 5. まとめ

今後、半球的な大気大循環の変化や高気圧の出現が定常化すれば、過去と比べ、冷夏は発生しづらくなる可能性が高いと言える。また、一時的に北東風が吹いた場合であっても、SST が高ければ、寒気移流は弱くなることが予想される。

しかしながら、現時点では、内部変動と外部変動とを切り分けての解析が出来ていない。また、太平洋高気圧の強弱に寄与する他の要因が隠れている可能性もある。加えて、Kubota et al. (2016)<sup>[5]</sup>が示すような、ENSO-PJ パターンの関係の数十年規模での変動についても検討する必要もある。今後の日本の

夏の天候を考える上では、こういった点を考慮し、この「南北傾斜高気圧」に着目したさらなる解析を行う必要があるだろう。

#### 引用文献

1. Kodama Y., 1997, *J. Meteor. Soc. Japan*, **75**, 737-751
2. Ninomiya K. and Mizuno H., 1985, *J. Meteor. Soc. Japan*, **63**, 859-871
3. Nitta T., 1987, *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 373-390
4. Ogi M. et al., 2004, *J. Geophys. Res.*, 109
5. Kubota H. et al., 2016, *Int. J. Climatol.*, **36**, 1575-1589