

2020年8月の北西太平洋における 記録的な高海面水温に対する人為的地球温暖化の寄与

林 未知也*、塩竈 秀夫、江守 正多、小倉 知夫、廣田 渚郎
国立環境研究所・地球環境研究センター

1. 背景

日本南方沖を含む北西太平洋の海面水温が2020年8月に観測史上で最も高い値を記録したと、同年9月に気象庁や米国海洋大気庁から報道発表された(図1)。北半球夏季になると28°Cを超える暖水域が赤道付近から北西太平洋へ張り出すため、北西太平洋の海面水温は例年8月に特に暖まる傾向にある(図1a)。2020年8月には、30°Cを超える異常高温域が西太平洋に広がり、日本南岸付近まで到達した(図1b)。これは季節によらず観測史上最高の値である(図1c)。少なくとも9月中旬まで続いたこの異常高温は、台風10号(ハイシェン)など熱帯低気圧の勢力を強め、日本や朝鮮半島への被害を甚大化した可能性がある。

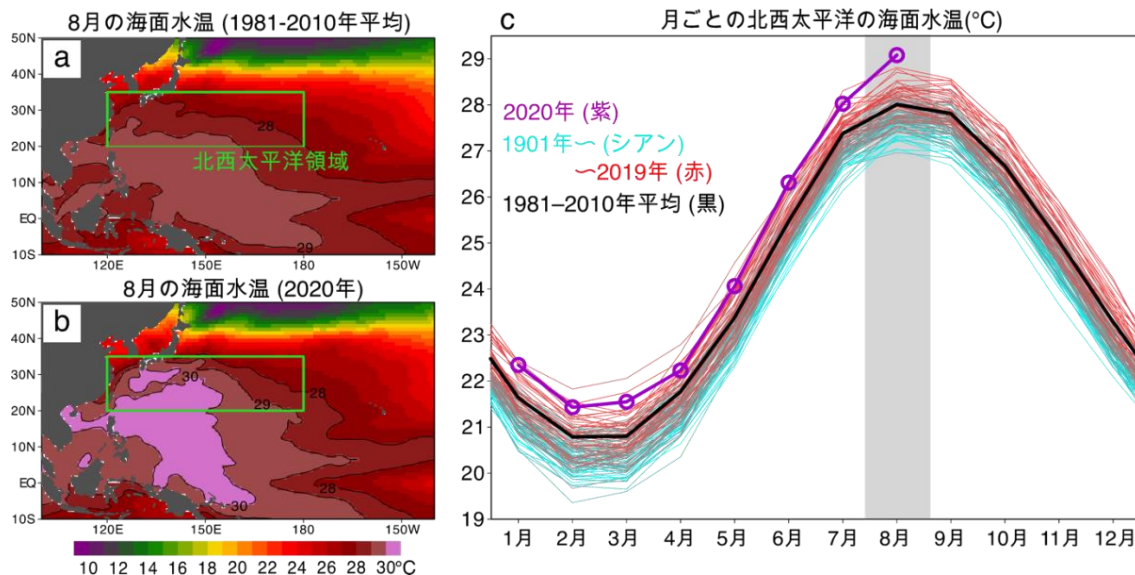


図1: 観測された8月の海面水温と北西太平洋平均値の長期変化。(a, b) 1981~2010年平均と2020年の8月海面水温と北西太平洋定義域(緑線)。(c) 1901~2019年(シアンから赤色)と2020年(紫色)の北西太平洋の海面水温。黒線は1981~2010年の平均値。COBE SST2を用いた。

海洋温暖化が20世紀半ばから全球規模で進行していることは観測的研究から知られており、また海洋表層の昇温傾向が人間活動に伴う温室効果ガスなどの長期的な放射強制力の変動で説明されると気候モデルを用いた研究は指摘する。特に、インド・西太平洋や大西洋の熱帯暖水域拡大の理解は、台風のような熱帯低気圧の特性の地球温暖化に伴う変化を予測する上で重要である。今後さらに進行すると予測される地球温暖化へ社会が緩和・適応策を適切に講じるためには、2020年8月の北

西太平洋のような地域的な異常海面水温の発生要因を定量的に理解することが求められる。

そこで本研究では(Hayashi et al. 2021)、日本南方沖を含む北西太平洋の海面水温が2020年8月に未曾有の高温となった事例に対して、過去の間活動に伴い排出された二酸化炭素などの温室効果ガスが与える影響を定量的に評価することを目的とする。最新の気候モデルによる多くの実験出力と観測データから、2020年8月に相当する北西太平洋の異常高温状態が起こる確率を、20世紀から現在・将来の気候について統計的に見積もる。

2. データと手法

本研究では、北西太平洋領域(東経120度~180度・北緯20度~35度)での8月の海面水温に着目する。気象庁気象研究所が提供する全球海面水温の長期客観解析データ(COBE SST2)を、1901~2020年の観測データとして用いた。結果は、米国と英国が提供する異なる3つのデータとも比較される。

自然変動と人間活動がもたらす気候変化を定量的に区別するために、第6期結合モデル相互比較計画(CMIP6)に参画する最新の気候モデルからなるアンサンブルを利用した。CMIP6アンサンブルは、人為的放射強制力と自然外部強制を与えた一連の過去再現実験(1850~2014年)とSSP2-4.5シナリオに基づく将来予測実験(2015~2100年)と、産業革命前(1850年)に固定した条件で200年間積分した参照実験からなる(31モデル、1メンバーずつ)。2020年までの気候変動の検出と要因分析のために、気候変動の検出と要因分析に関するモデル相互比較計画(DAMIP)に6モデル(3メンバーずつ)が提供する、産業革命後の人間活動の影響を外部放射強制に含めない実験(非温暖化実験)などの感度実験も併せて解析した。これにより、2020年8月事例のイベントアトリビューションを試みる。

長期変化に焦点を当てるため、北西太平洋海面水温の上昇傾向が比較的小さい1921~1980年8月の長期平均値について、それぞれの気候モデルによる過去再現実験とCOBE SST2が格子ごとに合うように、実験出力を補正した。北西太平洋の8月海面水温が含む温暖化シグナルと年々の変動幅はそれぞれ、系統誤差を補正したCMIP6アンサンブルの中央値(強制応答)と2.5th-97.5thパーセンタイル幅(95%発生確率幅)として算出される。

3. 結果と考察

北西太平洋における8月の海面水温は、観測データによらず2020年に観測史上最高水温を記録した(図2)。1901~2020年の観測値は、過去再現実験から見積もられた温暖化シグナルの近傍を年々の変動幅のほぼ範囲内で変動しており、気候モデルは観測された長期変化をよく再現している。産業革命前(参照実験)の変動幅を大きく超える海面水温は20世紀の間ほとんど観測されない一方で、2010年以降たびたび発生した。これは、人為起源のエアロゾルに伴う冷却効果の増加傾向が1980年代までに抑制され、依然として増加し続ける人為起源の温室効果ガスによる昇温

効果が卓越したためだと確認された(図略)。1980年代以降の加速的な昇温の結果、2010年には温暖化シグナルが産業革命前の変動幅を超え、記録的な異常高温が発生しやすくなったことがわかる。以上の結果を踏まえると、2020年8月の異常な高海面水温は、温暖化シグナルなしではほぼ起こり得なかったものであるが、温暖化が進んだ現在の気候であれば年々の自然変動に伴い十分に生じ得る事例だと言える。

観測と気候モデルによる北西太平洋の8月の海面水温(°C)

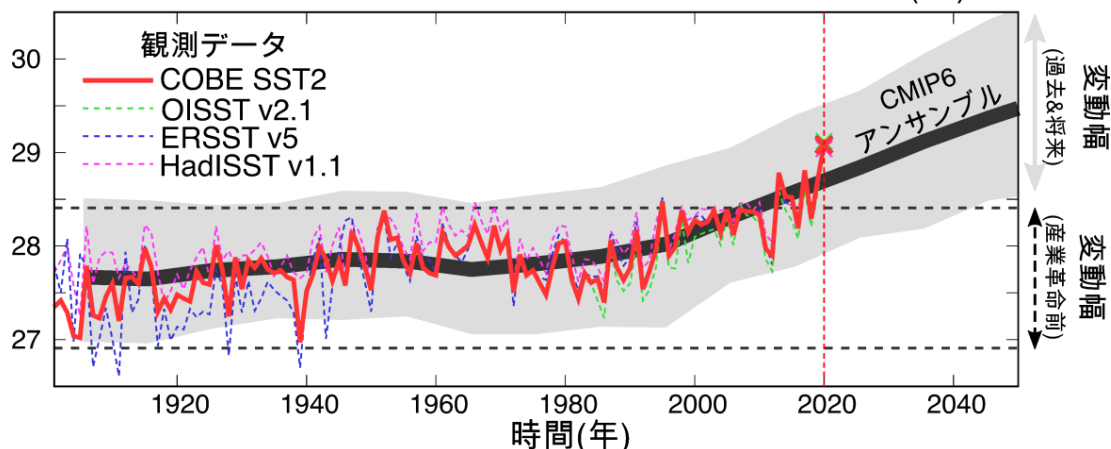


図 2: 北西太平洋における観測および気候モデルの海面水温の時系列。CMIP6 アンサンブルから見積もられた温暖化シグナル(黒線)と年々の変動幅(陰影)、産業革命前の年々の変動幅(黒破線)。観測データ COBE SST2(赤線)は、米国や英国が提供する観測的データ(点線)と整合する。

次に、2020年8月に相当する北西太平洋の異常高温が発生する確率の変化を20世紀から現在・将来気候にかけて見積もり、過去の人間活動の寄与を定量的に評価した(図3)。20世紀(1901~2000年)に2020年8月を超える高温状態が発生する頻度は非常に低く、過去再現実験から約600年に一度(0.16%/年の確率; ブートストラップ法による95%有意幅は0.07-0.26%/年)と見積もられる。温暖化シグナルが顕在化する2001~2020年での発生頻度は約15年に一度(6.9%; 5.5-8.5%)であり、観測と同様、20世紀から大きく増加したことが分かる。一方、産業革命後の人間活動の影響がなければ2001~2020年での発生頻度は1000年に一度以下(0.03%; 0.00-0.10%)と極めて低いことが、非温暖化実験から分かる。したがって、2020年8月の異常高温状態は、過去の人間活動に伴う温室効果ガスの増加が原因で発生した可能性が極めて高いと結論づけられる。

さらに、SSP2-4.5シナリオの将来予測実験によると、2031~2050年には2020年相当の北西太平洋の異常高温状態(29°C以上)が8月の新たな平常状態となることが予測された(図3)。これは、気候感度が4.5Kよりも高く非現実的と考えられている気候モデルを除いたアンサンブルでも同様の結果が確認されている(図略)。また、CMIP6アンサンブルのさらなる解析から、28°Cを超える暖水域が2031~2050年には日本や朝鮮半島、インド西海岸、米国本土東海岸やハワイ諸島西方沖を覆うほど拡大することが示唆された(図略)。これらの地域では将来、熱帯低気圧の強化などによる自然災害や甚大化や海洋エコシステムの変容が危惧される。また、たとえ全球平均気温の産業革命前からの上昇を1.5°Cに留めて、パリ協定の定める

「2.0° C 目標」を十分に達成したとしても、このような状況は免れない可能性が高いことが示された(図略)。

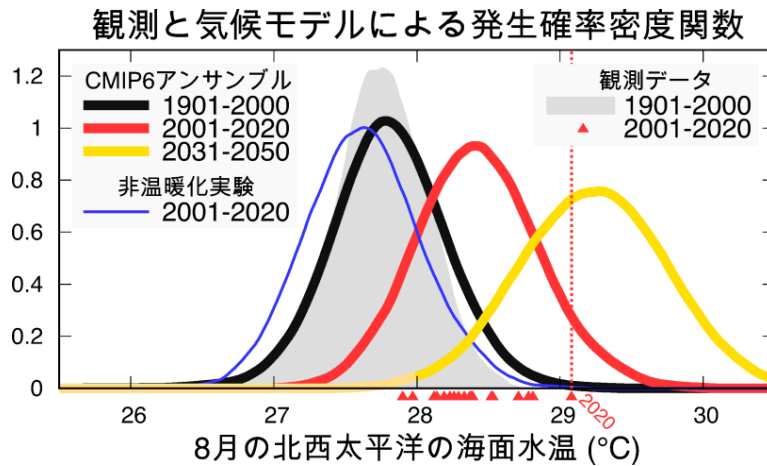


図 3: 観測および気候モデルの北西太平洋の海面水温の発生確率密度関数。CMIP6 アンサンブルの過去再現実験と将来予測実験から見積もられた 1901~2000 年(黒線)と 2001~2020 年(赤線)、2031~2050 年(黄線)での発生確率と、非温暖化実験から見積もられた 2001~2020 年での発生確率(青線)。陰影は 1901~2000 年に観測された発生確率、赤マークは 2001~2020 年の値。

4. まとめと今後の課題

本研究では、2020 年 8 月の北西太平洋の記録的に高い海面水温が、これまでの人為的な温室効果ガス排出によってもたらされた可能性が極めて高いことを、観測データと CMIP6 モデルによる実験結果を統計解析することで示した。この成果は、同年に発生した台風の発生・発達要因の分析や、日本近辺での海面水温や降水システム、エコシステムなどの長期変化と将来予測の理解の進展につながると予想される。今後、本研究で定量化された温暖化シグナルを考慮して自然変動のさらなる調査を進めることで、近年の北西太平洋異常高温のより詳細なメカニズムが解き明かされると期待される。詳細は Hayashi et al. (2021)を参照されたい。

謝辞

本研究は、文部科学省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」(JPMXD0717935457)および(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20192004)により実施した。2020 年の COBE SST2 データは気象研究所の今田由紀子博士から提供された。本資料の図はいずれも、国立環境研究所 (2021)より転載されたもので、Hayashi et al. (2021)の Figures 1, 2, S1 を改変したものである。

参考文献

Hayashi, M., Shiogama, H., Emori, S., Ogura, T., & Hirota, N. (2021) The northwestern Pacific warming record in August 2020 occurred under

anthropogenic forcing. *Geophysical Research Letters*, **48**,
e2020GL090956. <https://doi.org/10.1029/2020GL090956>

国立環境研究所 (2021) 報道発表「過去の間活動がもたらす日本南方沖の夏季異常
高温～2020年8月の記録的北西太平洋高温の要因を分析～」(2021年1月
14日).