

## 令和2年7月豪雨の発生要因はインド洋・太平洋間の複合効果で説明できる

2020年7月3～31日にかけて、九州や東北など日本各地で記録的な大雨による甚大な災害が発生しました。気象庁が「令和2年7月豪雨」命名したこの大雨は、日本付近に停滞した梅雨前線の影響でした。この年は梅雨明けが平年より10日ほど遅く、中国大陸上でも前線活動（メイユ前線）が活発化するなど、東アジア広域で平年の2倍前後の降水量となりました。本研究では、多雨をもたらした水蒸気の流入経路を特定するため、世界の気象・海洋観測データを解析するとともに、数値モデルを用いた気候状態の再現実験を行い、豪雨の発生要因を解明しました。

梅雨・メイユ前線活動の停滞を引き起こした第一の要因は、日本の南海上で強化された太平洋高気圧の西側を、暖かく湿った風が北上したことでした。また、このような高気圧性循環の強化・維持において、インド洋の昇温による遠隔影響が重要な役割を果たしていたことが実験的に示されました。

2020年夏の熱帯太平洋では、ラニーニャ現象に近い状況（西太平洋では高温、東太平洋では低温傾向）となっていました。このような場合、統計的には、水温の高い西太平洋上で対流（降水）が活発化して梅雨明けが早まり、それに引き続いて暑い夏となることが知られています。しかし、インド洋の昇温に伴う遠隔影響により、暖かい西太平洋上であっても高気圧（下降気流）の強化によって降水活動が抑制され、結果として梅雨明けの遅延が引き起こされていたことが明らかになりました。

インド洋の昇温は、熱帯太平洋で発生するエルニーニョ現象の最盛期から約半年後に発生することが知られています。エルニーニョ現象の発生・発達・消滅といったライフサイクルに関する予測精度は、近年急速に向上しています。今回の成果は、インド洋を介した東アジアにおける梅雨期から盛夏期にかけての季節予報の精度向上に寄与するだけでなく、それらを利活用することにより防災・減災に貢献す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

## 研究の背景

2020年の梅雨期は全国的に平年より不順な天候となりました。降水量は約2倍、梅雨明けも平年より各地で10日前後遅くなりました。特に九州付近に長く停滞した梅雨前線の影響で記録的な雨となり、各地で洪水災害が発生しました。気象庁は、一連の顕著現象を「令和2年豪雨」と命名しました。

こうした異常気象の要因の一つとして、熱帯インド洋・太平洋を起源としたテレコネクション<sup>注1)</sup>が考えられます。

2020年の夏は、東（西）太平洋の水温が低（高）くなるラニーニャ現象<sup>注2)</sup>が発達する状況でした。統計的には日本付近に太平洋（小笠原）高気圧が張り出すことにより<sup>注3)</sup>、梅雨明けの早期化や暑夏となることが予想されます。しかし、実際にはそれとは全く反対の現象が生じていました。一方、インド洋では、この夏は2018/2019年に発生したエルニーニョ現象後にあたり、ラニーニャ現象に転じるタイミングの中で、全域で海水温が昇温<sup>注4)</sup>していました。

そこで本研究では、太平洋とインド洋の海水温変動とそれに呼応する対流（降水）活動の多寡に着目し、降水に伴う大気加熱を起源とするテレコネクションの実態について、全球気象・海洋観測の解析と数値モデルによる気候状態の再現実験を通して調べました。

## 研究内容と成果

2020年の6月から7月の梅雨期間における降水量は、日本（図1[i]）だけではなく中国大陸南部（図1[ii]; メイユ前線域）、更にはインド洋の全域において平年を大きく上回っていました（図1a）。その一方で、西太平洋上の対流（降水）活動は強く抑制されていました。熱帯太平洋ではエルニーニョから徐々にラニーニャに転じる状況となっており（図1[iii]）、西太平洋では高温、東太平洋では低温傾向となっていました（図1b）。インド洋では、2018年のエルニーニョ後から水温が高い状態が継続していました（図1[iii]）。日本の南方海上では高気圧性（時計回り）の循環が強化されており（図1c）、その循環の西側を経由して、熱帯からの暖かく湿った空気が梅雨前線に流れ込んでいることが、水蒸気フラックスの解析からも確認されます（図1d）。

このような大気循環場が生み出された原因を特定するために、線形傾圧モデルを用いて、熱帯の熱源に対する大気循環の応答実験を行いました（原著論文 Fig. 4）。その結果、前述の高気圧性循環は、インド洋の対流活発化（大気加熱）と西太平洋の対流抑制（冷却偏差）による大気への応答として理解できることが分かりました。次に、降水活動を規定する海面水温の情報を、大気大循環モデルに与えた感度実験を行ったところ（原著論文 Fig. 5）、西太平洋では暖かい海水温によって低気圧性循環が作り出されてしまい、観測とは反対の結果となりました。一方、インド洋の昇温を与えた実験では、西太平洋上における高気圧性循環の強化が確認されました。

インド洋の昇温による西太平洋上の対流（降水）抑制効果は、西太平洋の昇温に伴う局所的な対流活発化に比べて大きく、このことは観測された高気圧性循環とも矛盾しません。以上の結果は、日本の夏の天候を考える際に、エルニーニョ/ラニーニャ現象だけではなく、インド洋からの遠隔影響も合わせて検討する必要があることを示唆しています。

## 今後の展開

梅雨前線の活動を論じるためには、前線の北側にある冷たい気団の影響や寒冷渦なども論じる必要があります。熱帯と中高緯度相互作用の解明が今後の課題として残されています。また、実際の降水現象をもたらすメソスケール等の比較的スケールの小さい気象現象との関係についても、分野横断的な研究が期待されます。

参考図

平年からの違い 2020年6~7月

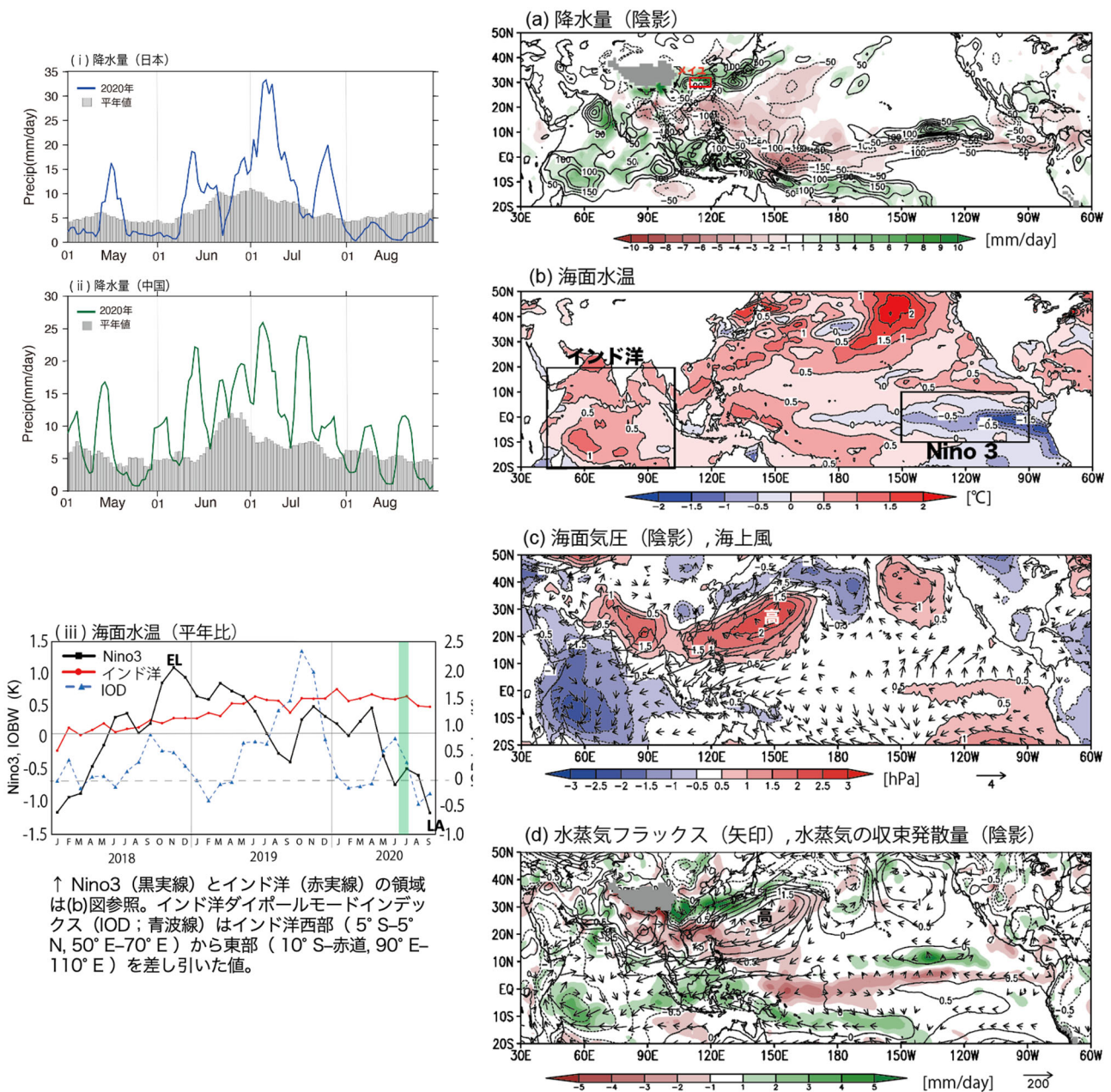


図 1a~d 2020年6・7月の循環場の特徴 (平年比) ※(i)~(iii)は降水量、海面水温の領域平均した時系列を示す。このような状況を生み出した要因について、大気加熱・冷却量を線形傾圧モデルに与えた感度実験を行うとともに、海面水温偏差 (平年比) を全球大気循環モデルに与えた気候再現実験を行った。

用語解説

注1) テレコネクション

遠隔影響とも言う。遠く離れた地域の気象要素が互いに相関を持って中長期的に変動する現象。

注2) ラニーニャ現象

赤道太平洋東部の広い海域で海面水温が例年よりも低い状態が続く現象をラニーニャと呼ぶ。逆に高い状態が続くことをエルニーニョと呼ぶ。どちらも熱帯だけでなく、日本を含む世界各地で異常な天候をもたらすことがある。

### 注3) ラニーニャ現象と日本の猛暑

猛暑を引き起こすテレコネクションの一つ。西太平洋の水温が平年に比べて高い場合、対流活動の活発化に伴うロスビー波の励起と伝播によって日本付近の高気圧性循環の強化が引き起こされる。

### 注4) インド洋の全域昇温

統計的・力学的には、インド洋はエルニーニョ現象の後に遅れて昇温することが知られている。また、インド洋の昇温は、テレコネクションを通して、日本の南海上における高気圧性循環の強化を引き起こす。

## 研究資金

本研究は、つくば産学連携強化プロジェクト(筑波大学・合わせ技ファンド[令和2年度][令和3年度])、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】 Enhanced subtropical anticyclone over the Indo-Pacific Ocean associated with stagnation of the Meiyu-Baiu rainband during summer, 2020.

(2020年夏前半において停滞したメイユ・梅雨前線とインド・太平洋上での垂熱帯高気圧の強化)

【著者名】 Hiroaki Ueda (筑波大学生命環境系), Mikihiro Yokoi(筑波大学理工情報生命学術院), Masaya Kuramochi (筑波大学理工情報生命学術院)

【掲載誌】 SOLA (#気象集誌 JMSJ) との「[2017-2021における東アジアの顕著な気象現象]に関する共同特集号)

【掲載日】 2021年9月9日

【DOI】 doi:10.2151/sola.17B-002

## 問い合わせ先

【研究に関すること】

植田 宏昭 (うへだ ひろあき)

筑波大学生命環境系 教授

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

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

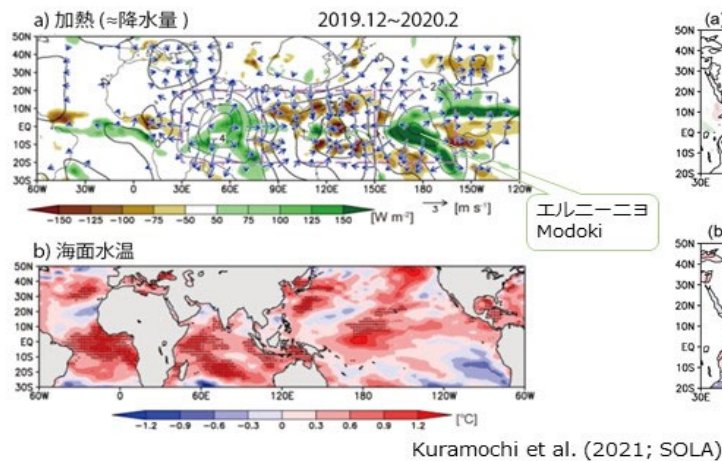
E-mail: [kohositu@un.tsukuba.ac.jp](mailto:kohositu@un.tsukuba.ac.jp)



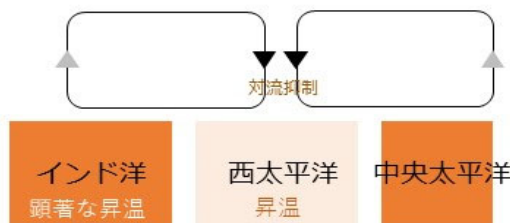
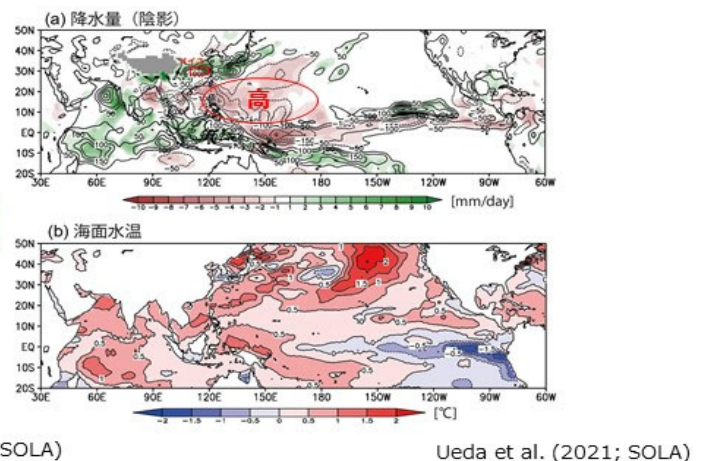
## 【補足】「令和2年豪雨」と「19/20年大暖冬」の共通要因と差異

2019/20年の冬は記録的な暖冬となりました（参考[1]）。今回の報告と同様に、この時もインド洋の海面温度が例年より高い状態にあり、これが大暖冬の要因ともなりました。つまり、時系列的に連続する季節の違う異常気象の要因が、同じインド洋の異常な昇温にあったのです。一方で、太平洋の状況は異なっていました。二つの大洋間の相互作用の観点から、その差異について以下に補足します。

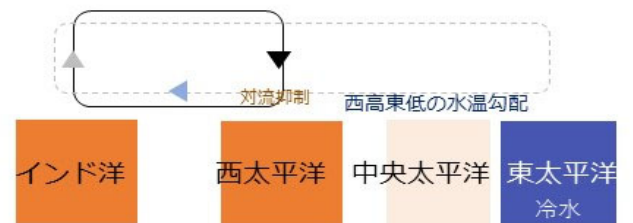
2019/2020大暖冬



2020 令和2年豪雨



**インド洋ダイポール+エルニーニョ Modoki**  
 → 海洋大陸での対流抑制  
 → 反転した冬のPJ → 暖冬



**インド洋ダイポール+弱いラ・ニーニャ**  
 → 西太平洋での対流抑制  
 → 太平洋高気圧の強化 → 梅雨前線維持

○記録的な暖冬となった2019/20年冬期は、インド洋での昇温、中央太平洋での対流（降水）活動の活発化（エルニーニョ Modoki）の発生により、海洋大陸（インドネシアやその周辺地域）付近での降水活動が強く抑制されていました。その反対に、冬期の海洋大陸付近における対流活動が活発化すると、日本海側での豪雪が引き起こされることが、力学的には知られています（参考[2]）。私たちはこの現象を冬の太平洋・日本(Pacific-Japan)パターンと呼んでいますが、2019/20の冬は、冬のPJパターンが反転した状況となり、日本付近は暖冬（高気圧性偏差）となりました（参考[1]）。

○熱帯インド洋では数年に一度、秋から冬を中心に海水温や対流活動が西インド洋で上昇・活発化、東インド洋（主にスマトラ沖）で下降・不活発化することが知られています。これをインド洋ダイポールモードと呼びます。また、エルニーニョ現象と連動して起きる場合は、インド洋の全域昇温前に発現することが多いことが知られています。今回のケースでは、2018年の秋から2019年の夏前半まで続いたエルニー

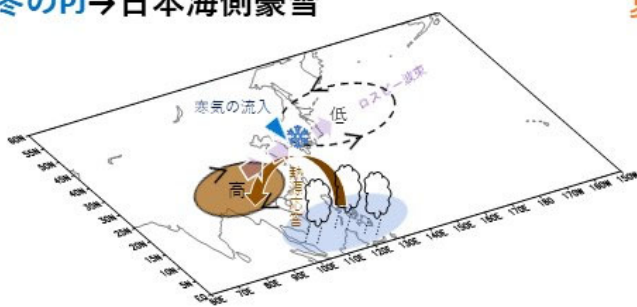
ニョ現象後の2019年秋に顕著なダイポールモードが発生し、豪雨前の2020年6月から7月にかけてもダイポールの水温勾配が熱帯インド洋に出現していました（原著論文Fig. 3）。

○令和2年豪雨時は、インド洋での昇温の程度は2019/20年暖冬時とほぼ同じでした。しかし、インド洋と東太平洋間の西高東低の水温勾配の増大の効果も加わり、鉛直東西循環（Walker循環）が大きく変調した。これにより、西太平洋域では水温が高いにもかかわらず、太平洋高気圧（小笠原高気圧）が強化され、梅雨前線の活動が維持されたと考えられます。

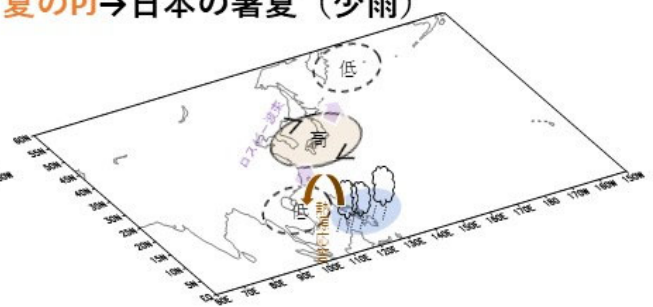
## 西太平洋の対流活発化の影響（冬と夏の違い）

### 西太平洋での対流活発化

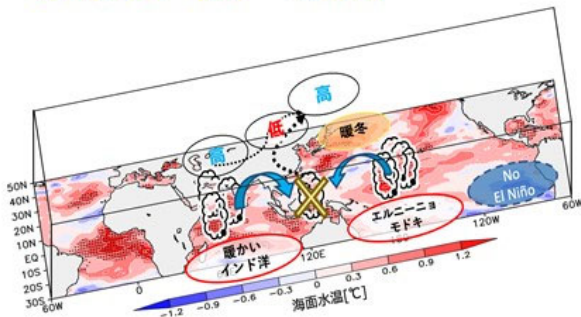
#### 冬のPJ→日本海側豪雪



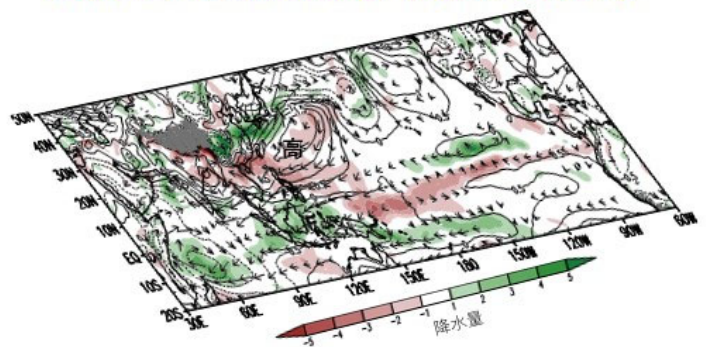
#### 夏のPJ→日本の暑夏（少雨）



#### 「2019/2020大暖冬」 反転した（負）"冬のPJ"



#### 「令和2年(2020)7月豪雨」 西太平洋での対流抑制（高気圧性偏差）



○エルニーニョの半年先の予測は75%前後の確率で可能になっており、インド洋の昇温は統計的に、エルニーニョのピークから半年後に生じることが分かっています。このことは、日本の天候を半年以上前から予測できる可能性を示唆しています。このような季節予報に関する情報を、さまざまな社会経済活動、農業・エネルギーなどに適用することは、SDGsの達成にもつながるだけでなく、防災・減災にも役立つことが期待されます。

#### 参考

[1] 2021.9.15 プレスリリース「2019/20年の記録的暖冬はインド洋・太平洋の複合効果が原因だった」

URL:

[2] 2016.1.28. 筑波大学記者発表「今後の日本の気象予測～太平洋・インド洋の変動が日本の降水・降雪に影響を及ぼす～」 URL: [https://www.u.tsukuba.ac.jp/~ueda.hiroaki.gm/id/ueda\\_rev\\_20160113.pdf](https://www.u.tsukuba.ac.jp/~ueda.hiroaki.gm/id/ueda_rev_20160113.pdf)