

令和 3 年 2 月 1 9 日

気 象 研 究 所

令和 2 年の活発な梅雨に熱帯インド洋が与えた影響を解明

気象庁気象研究所の研究グループは、最新の季節予報モデルによる数値シミュレーション結果を用いて、令和 2 年の活発な梅雨に対する熱帯インド洋の影響を解析しました。その結果、令和元年の強い正のインド洋ダイポールモード現象とそれに続く熱帯インド洋の昇温、アジアモンスーンの不活発化が、活発な梅雨の要因の一つになっていたことを明らかにしました。

令和 2 年梅雨期（6 月～7 月）、日本付近では梅雨前線が停滞し続け、暖かく湿った空気が継続して流れ込んだことによって、令和 2 年 7 月豪雨等の大雨が発生し、各地で甚大な被害が発生しました。また、中国中部の長江、淮河流域においても同様に、活発な梅雨¹によって甚大な被害が発生しました。

気象庁の異常気象分析検討会の分析結果²によると、梅雨の活発化には、太平洋高気圧が平年よりも南西に張り出したことや、日本付近で偏西風の北上が遅れたこと、黄海付近では上空の気圧の谷が現れやすかったことが関係していたことが指摘されています。また、こうした大規模な大気の流れの変化の背景には、インド洋で海面水温が平年より高かったことが示唆されていますが、インド洋が高温だったことについて詳細なメカニズムの解明には至っていませんでした。

¹ 本来は、中国での梅雨前線活動は梅雨（メイユ）として区別されるが、本解析では日本と中国の梅雨前線活動を合わせて「梅雨」と表記する。

² 「令和 2 年 7 月の記録的大雨や日照不足の特徴とその要因について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～」、令和 2 年 8 月 20 日発表
<https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/20a/kentoukai20200820.html>

梅雨の解析を行うには、梅雨の年々変動をよく再現できる数値予報モデルを用いることが必要です。そこで、本研究では、現在気象庁が季節予報に用いている最新の季節予報モデル³を調査に用いることとし、まず、今回の調査に用いる実験設定でも、過去30年間（1981年～2010年）、毎年4月末の時点でその年の梅雨期の降水をある程度適切に予測できる能力があることを確認しました。その上で、令和2年の活発な梅雨について、インド洋からの影響を詳細に分析しました。数値シミュレーションを使った分析の結果、以下のプロセスによって梅雨が活発化したことが分かりました（下図参照）。

- ① 令和元年秋の正のインド洋ダイポールモード現象⁴に続いて、インド洋全域、特に北インド洋の海面水温が高い状態になった。
- ② 熱帯インド洋南西部及び東部、アラビア海で対流活動が活発化。
- ③ ソマリア沖から東南アジアにかけての風の流れ（モンスーン循環）が弱化。
- ④ 太平洋高気圧が南西方向に張り出した。
- ⑤ 中国東部から日本にかけて南西風が強まり、水蒸気の輸送が増えた。
- ⑥ 梅雨が活発化。

これらの成果を通して、東アジアの気候に対するインド洋の影響に関する理解がより深まることが期待されます。引き続き、季節予報技術の高度化に役立てるための研究を進めていく予定です。

本研究成果は、2020年11月28日付けで、アメリカ地球物理学連合が発行する「Geophysical Research Letters」誌に掲載されています。

³ 現在、気象庁で季節予報を発表するために運用されている計算モデル。大気と海洋の変動を併せてシミュレーションする。

⁴ インド洋における大気と海洋の結合変動のひとつ。正のダイポールモード現象発生時には、インド洋東部で平年より海面水温が低くなり、インド洋西部で海面水温が高くなる。

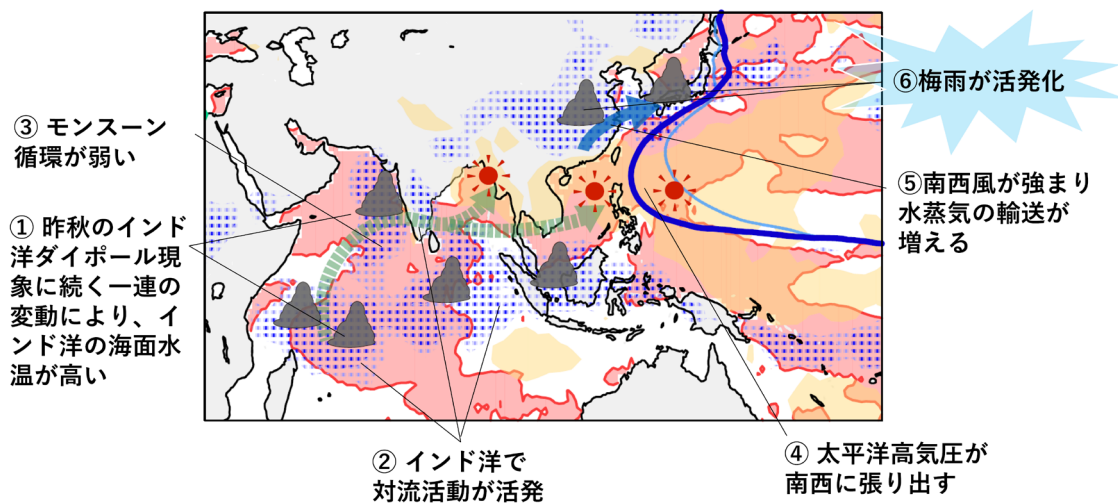


図 インド洋に関連する令和2年梅雨の活発化をもたらした要因の模式図。赤色は海面水温が平年より高い海域、青点は降水が活発な領域（雲のマーク）、黄色は降水が不活発な領域（晴れのマーク）を示す。緑色の破線矢印はモンスーン循環が弱いことを、水色の矢印は水蒸気の輸送が平年より多いことを示す。濃い青色線は、令和2年6月～7月の太平洋高気圧の縁の位置、水色線は平年の位置を示す。

< 発表論文 >

掲載誌：Geophysical Research Letters

タイトル：Enhanced Meiyu–Baiu Rainfall in Early Summer 2020: Aftermath of the 2019 Super IOD Event

著者名：Yuhei Takaya, Ichiro Ishikawa, Chiaki Kobayashi, Hirokazu Endo, and Tomoaki Ose

所 属：気象庁気象研究所

< 関連情報 >

本研究は、JSPS科研費JP17K14395及び（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20192004）の助成を受けています。

問合せ先：気象研究所 全球大気海洋研究部 主任研究官 高谷祐平

メール：yuhei.takaya@mri-jma.go.jp

(広報担当)

気象研究所 企画室 広報担当 電話：029-853-8535

1. 背景

梅雨前線は、6月～7月頃にかけて、上空の偏西風に沿って形成される、東西に帯状に伸びる停滞前線であり、太平洋高気圧の西縁を吹く南風及びインド洋・南シナ海からの南西風による水蒸気の流入により、華中から日本にかけて大量の降水をもたらします。梅雨の降水は、太平洋高気圧や上空の偏西風などの変動に影響されますが、これら大気変動は太平洋やインド洋の海洋変動と密接に関わっています。数値予報モデルの技術向上により、モデルによる梅雨前線の再現はある程度可能になりましたが、関連する大気・海洋変動の再現の難しさや予測の不確実性などにより、1か月以上前から梅雨の降水を予測することは困難であると考えられていました。

令和2年6月～7月にかけて、日本付近に停滞した梅雨前線の影響により、暖かく湿った空気が継続して流れ込み、各地で大雨となりました。また、中国中部の長江、淮河流域においても大雨となり、日本や中国の各地で甚大な被害が発生しました（気象庁 2020）。6月と7月の2か月間の梅雨前線域（25～37.5°N, 110～140°E）の積算降水量は、衛星観測による降水量の解析のある1979年以降としては最多となり、平年値の1.5倍にあたる約620 mmでした⁵。

気象庁の異常気象分析検討会の分析結果（気象庁 2020）によると、東アジア域の梅雨の降水活動の活発化には、大規模な大気の流れの特徴として、太平洋高気圧が平年よりも南西に張り出したことや、日本付近で偏西風の北上が遅れたこと、黄海付近で上空の気圧の谷が現れやすかったことが関係していたとされています。また、こうした大規模な大気の流れの変化の背景には、インド洋で海面水温が平年より高かったことが示唆されていますが、詳細なメカニズムの解明には至っていませんでした。

そこで、本研究ではまず、現在気象庁が季節予報に用いている最新の季節予報モデルが、4月末の時点で梅雨期の降水をある程度適切に予測できる能力があることを確認した上で、令和2年の活発な梅雨について、イン

⁵ 米国海洋大気庁提供の全球降水気候計画（GPCP）降水量解析値による。1981年～2010年の期間の平均値は約410 mm。

ド洋からの影響を詳細に解析しました。

2. 解析の結果

(1) 季節予報モデルの再現性の確認

気象庁は2010年に、それまでの大気モデルに代えて大気海洋結合モデルを季節予報に導入することで、梅雨の降水を左右する北西太平洋モンスーン（太平洋高気圧）の予測精度を大幅に向上しています。本研究では詳細な解析にあたって、あらためて、現在運用中の最新の季節予報モデルが1981年～2010年の30年間について、毎年4月末の時点で、その年の6月～7月の梅雨の平均降水量をある程度の精度（相関係数0.48）で予測できることを確認しました（図1）。この再現性の良いモデルを用いて、以下の解析を行いました。

(2) インド洋の高い海面水温による梅雨への影響

令和2年4月末を初期値として6月～7月の梅雨を予測する実験では、観測（図2a）と同様に、中国中部及び日本付近で平年より多い降水が捉えられています（図2c）。

一方、インド洋の高い海面水温の影響を除いた感度実験では、中国中部及び日本付近では平年より多い梅雨降水がみられないほかインド洋の活発な対流活動が弱まっているのが分かります（図2d）。また、予測実験で観測と同様に再現されている、北西太平洋域（フィリピン東方）の抑制された対流活動や、太平洋高気圧の南西方向への張り出しがみられません（図2a、d）。

これらのことは、6月～7月のインド洋の高い海面水温が、太平洋高気圧の南西方向への張り出しを通じて、梅雨に伴う多雨に寄与していたことを示しています。

(3) インド洋の高い海面水温のメカニズム

令和元年秋には、過去の強い事例に匹敵する正のインド洋ダイポールモード現象が発生していました（図3）。正のインド洋ダイポールモード現

象とは、スマトラ沖で平年より海面水温が低くなり、インド洋の西部で海面水温が高くなる現象です（図4 a）。

このインド洋ダイポールモード現象は、インド洋の熱帯域にロスビー波⁶と呼ばれる海洋表層の変動を生じました。令和元年/2年冬には、この変動に伴う暖かい海洋表層水温がインド洋の西部に到達し、一部は赤道域にケルビン波⁷と呼ばれる海洋表層の変動を生じることで（図4 f）、昨年春にはインド洋の赤道域及び南半球側で広く海面水温が平年より高い状態となりました（図4 c）。

さらに、その後、インド洋の南西域で平年より高水温が維持され、対流活動が活発となったことで、夏季アジアモンスーンを弱め、その結果⁸、北インド洋や南シナ海で夏季前半に海面水温が上昇しました（図4 d）。このように、一昨年のインド洋ダイポールモード現象とそれに続く一連の大気と海洋の変動によって、夏季前半のインド洋の高水温が生じました。

このような一連のインド洋域の変動は、インド洋－西太平洋コンデンサーモードと呼ばれ、エルニーニョ現象の発生した冬から翌夏にかけて見られる変動として知られています。一方、昨年の冬はエルニーニョ現象が発生しておらず、稀なケースでした。この理由には、一昨年秋から昨年冬にかけて、インド洋から西太平洋にかけての海面水温の平年差に三極パターン（西から平年より高い、低い、高い）が生じたことが考えられます（図4 a）。この海面水温パターンに伴い、インド洋ダイポールモード現象及びインド洋赤道域の平年に比べ東風傾向を強めたことで、2020年夏のインド洋の高い海面水温を引き起こしました。

3. 考察と展望

⁶ 地球の自転の影響で海洋内部に生じる大規模な波の一つで西に伝播する。

⁷ 地球の自転の影響で赤道付近の海洋内部に生じる大規模な波の一つで東に伝播する。

⁸ 海上風が弱まることで、海から大気への熱の輸送が小さくなるため。

今回の研究では、気象庁の最新の季節予報モデルが1か月以上前から6月～7月平均の梅雨の降水量をある程度予測できることを確認した上で、2020年6月～7月の梅雨の多雨にはインド洋の高い海面水温が影響していたことが分かりました。さらに、インド洋の高い海面水温には、一昨年秋のインド洋ダイポールモード現象に続く一連の大気海洋変動が関わっていたことが示されました。数値予報モデルの高度化によって、インド洋の大気海洋変動及びそれが遠隔地に与える影響をより高い精度で再現・予測できるようになれば、東アジア域においてもさらなる季節予報の精度向上が得られることが期待されます。

また、インド洋の変動メカニズム及びその東アジア域への影響メカニズムの理解は、将来の地球温暖化の影響を議論する上でも重要です。特に東アジア域の気候変化予測における温暖化モデル間の違いを理解するためには、全球規模の変化のみならず、地域規模の影響メカニズムに基づく理解が必要です。本研究の成果は、インド洋の長期的な海面水温の上昇による東アジア域の気候への影響の理解にも役立つと期待されます。

今後、季節予報モデル及び大気・海洋の解析システムの更なる高度化と合わせて気候変動メカニズムの解明を進め、東アジア域の季節予報の精度向上を目指す予定です。

<参考文献>

気象庁（2020）．「令和2年7月の記録的大雨や日照不足の特徴とその要因について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～」（令和2年8月20日発表）

<https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/20a/kentoukai20200820.html>

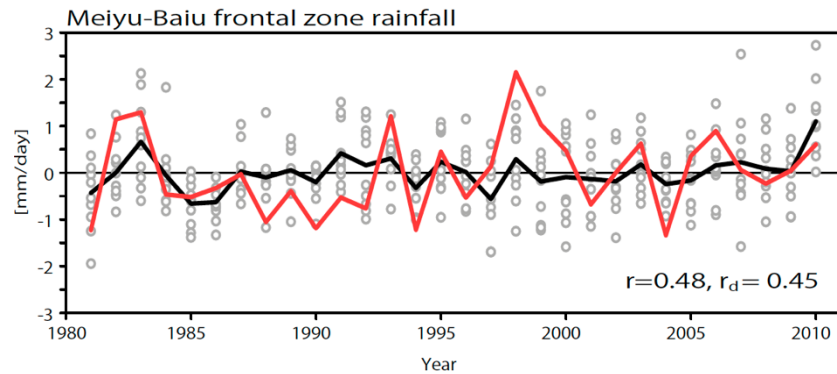


図1 梅雨域における1981年～2010年の毎年の6月～7月降水量（mm/日）の平年値（上記期間の平均）からの差。赤線：衛星観測データを用いた解析値（観測）、黒線：毎年の4月26日を初期値とする10メンバーアンサンブル予報の平均値。白丸：各アンサンブルメンバーの予測値。

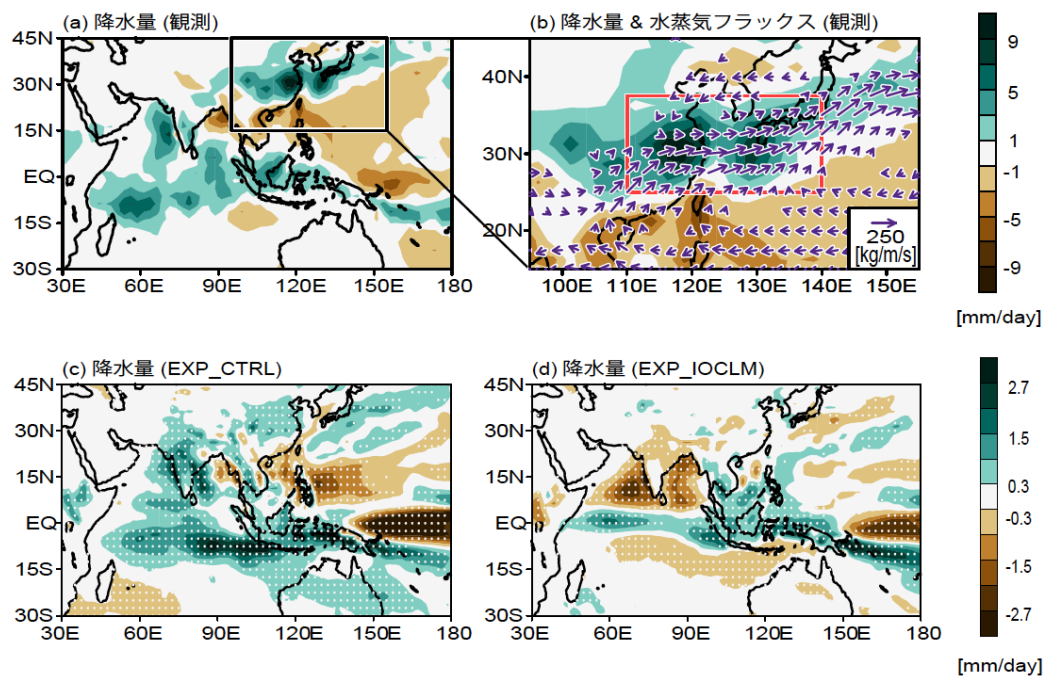


図2 大気－海洋結合モデルが計算した令和2年6月～7月平均降水量の平年差。(a) 衛星観測データを用いた解析値（観測）、(b) (a)の東アジア域拡大図と水蒸気の輸送、(c) 4月末を初期値とした数値予報モデルによる予測（予測実験）、(d) インド洋の平年より高い海面水温の状態を除いた数値シミュレーション（感度実験）の結果。

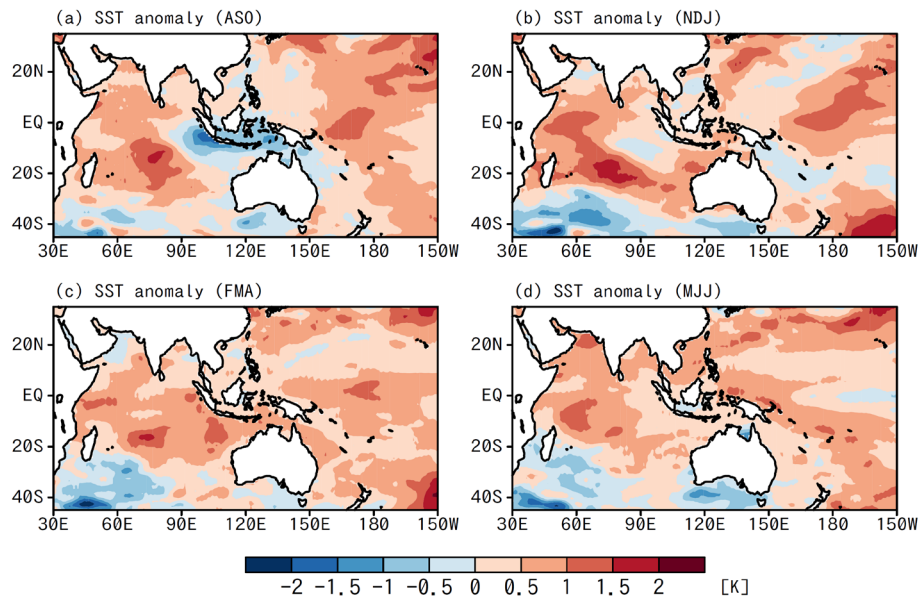


図3 気象庁の海面水温解析による2019年夏から2020年夏までの3か月平均海面水温の平年差 (a-d)。(a) 2019年8月～10月、(b) 2019年11月～2020年1月、(c) 2020年2月～4月、(d) 2020年5月～7月。

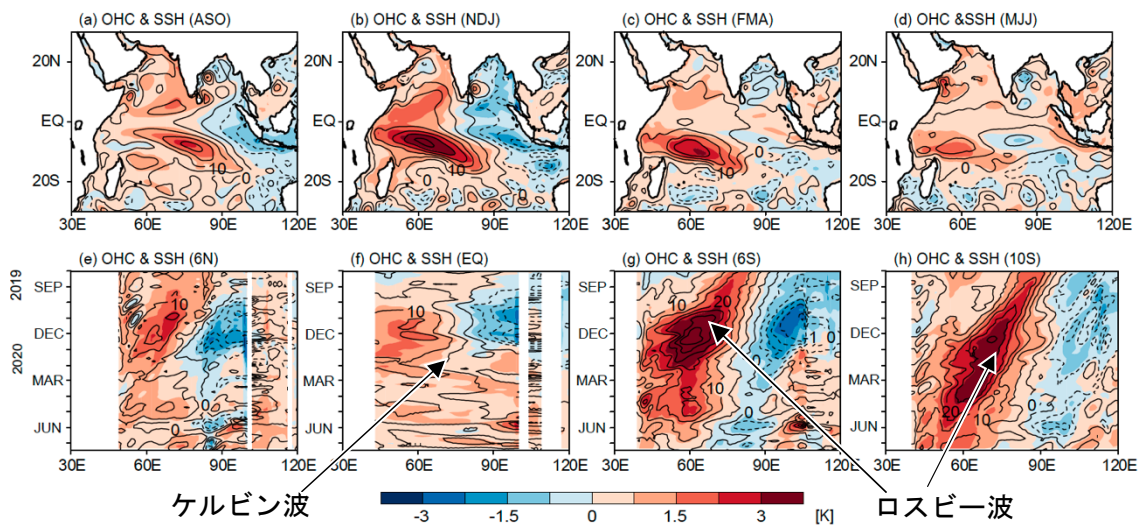


図4 気象庁の全球海洋解析による2019年秋から2020年夏までの3か月海洋貯熱量(海面から水深300 mまでの平均水温)の平年差(a～d)と、北緯6度(6°N)、赤道(EQ)、南緯6度(6°S)及び南緯10度(10°S)に沿う線上における海洋貯熱量(OHC)と海面高度(SSH)の平年差の経度－時間断面図(e～h)。SSHの等値線間隔は5 cm。