

# 2008年夏の日本付近の特徴的な循環場について

藤川典久・原田やよい・牛田信吾・長谷川寛・後藤敦史（気象庁・気候情報課）

## 1. はじめに

2008年7月上旬に平年より10日前後早く梅雨が明けた西日本では、8月前半にかけて高気圧に覆われて、晴れて気温の高い日が続き、顕著な高温・少雨・多照となった。一方、寒気が時折南下するようになった7月末以降は、局地的な短時間の大雨が散発的に観測され、上空の寒気と下層の暖湿流が共に本州付近に流れ込んだ8月下旬から9月初めにかけては東日本の一部で総降水量が400mmを超えるなど局地的大雨の規模が大きくなり、「平成20年8月末豪雨」となり、大きな被害がでた（図1）。ここでは、このような天候をもたらした日本付近の特徴的な循環場をもたらした背景場について述べる。

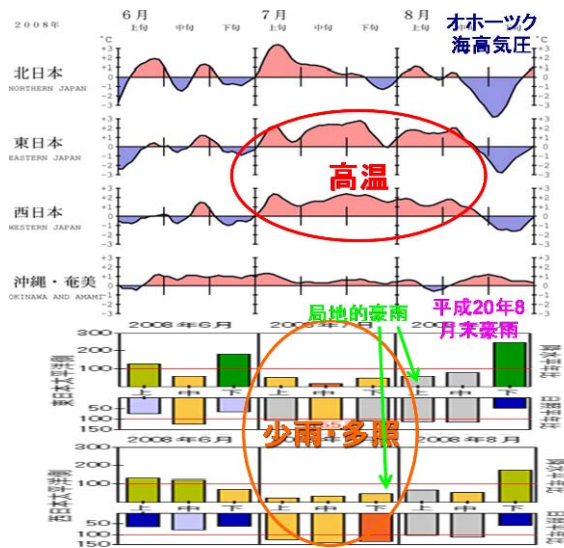


図1 2008年夏の日本の天候

上段：地域した5日移動平均気温平年差、  
下段：東日本・西日本太平洋側の旬降水量平年比と旬日照時間平年比

## 2. 2008年夏平均の熱帯および北半球の特徴

2008年夏の熱帯の特徴をまとめると（図2）、

- ① SST は、太平洋中西部の馬蹄形をした正偏差と負偏差の分布、インド洋のダイポールモード（以下、IOD）が卓越。
- ② 対流活動は、太平洋でラニーニャ的な偏差分布、インド洋でIOD対応の偏差分布が顕著。

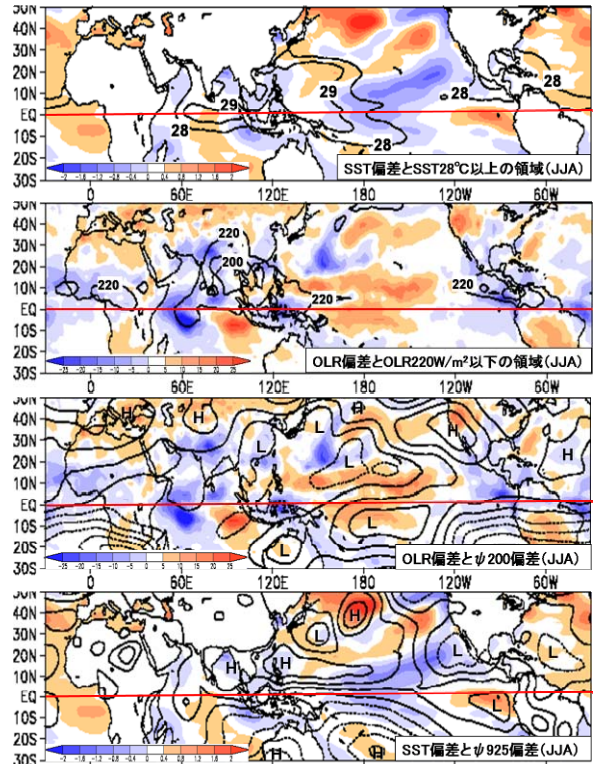


図2 2008年夏の熱帯の海面水温・対流活動・循環の特徴

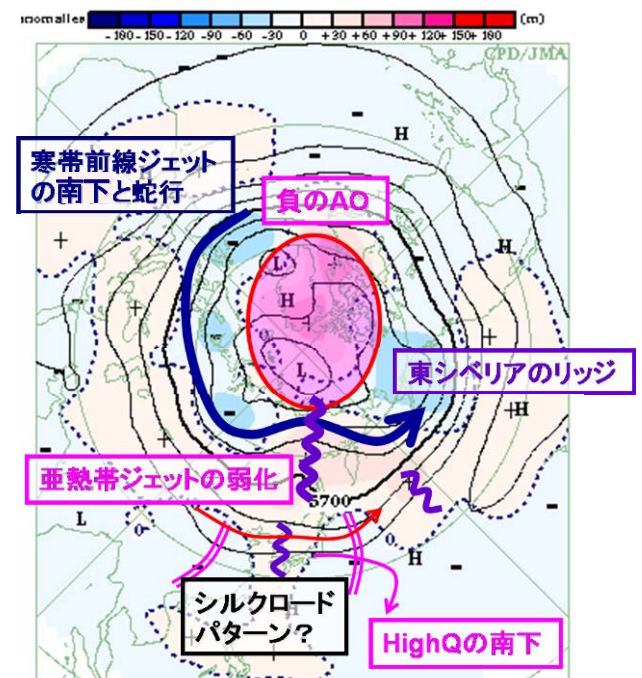


図3 2008年夏の北半球500hPa高度・同偏差と循環の特徴

- ③対流圏上層では、チベット高気圧の西偏と、極東域の偏西風の弱化和高渦位の南下。
  - ④対流圏下層では、インド洋中部から太平洋中部にかけての南北両半球対の顕著な高気圧性循環偏差。
  - ⑤アジアモンスーンの活動は平年並だが西偏。
- が、また北半球の循環の特徴として (図3)、
- ①負の AO の卓越と寒帯前線ジェットの南下。
  - ②東シベリアで停滞したリッジ(ブロッキング)。
  - ③亜熱帯ジェットの弱化和高渦位の南下。
- が挙げられる。

### 3. 2008 年夏のアジアモンスーンの特徴

熱帯の特徴として挙げられた 5 項目は互いに整合的である。中でも、標準偏差の 2 倍を越えて活発となったインド洋西部赤道域の対流活動に着目してみると、2008 年夏のインド洋から太平洋中部にかけての SST や下層循環の偏差分布が過去の統計的な関係とよく似ていることがわかる (図4)。このため、2008 年夏のアジアモンスーンシステムにおける大気・海洋結合系の偏差の一翼を、インド洋西部赤道域の活発な対流活動が担っていたものと推察される。

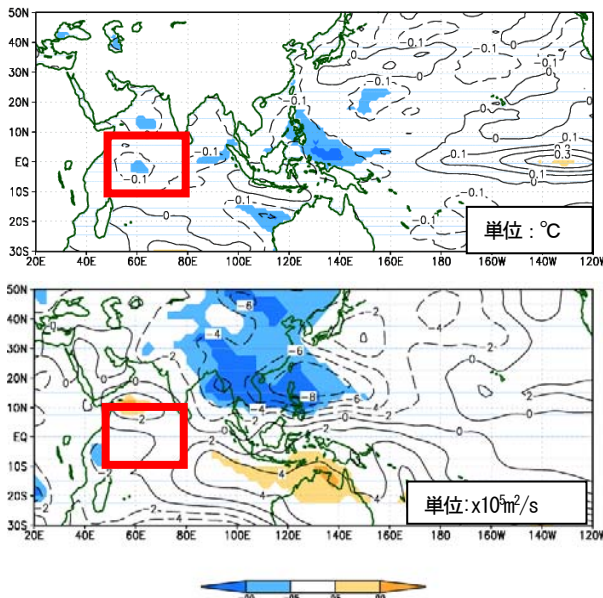


図4 インド洋西部の対流活動と SST (上) および 925hPa 流線関数 (下) の回帰係数の分布 (6~8月: 1979~2007年)  
 矩形領域(10°S~10°N, 50~80°E): インド洋西部の対流活動の指標とした OLR の平均領域  
 陰影: 凡例で示した有意水準を満たす領域

さて、先行する冬に ENSO イベントが発生していた場合に、翌年の春から夏にかけてのアジアモンスーンにおける大気・海洋結合系には起こりやすいモードがあることが報告されている (Wang and Zhang, 2002, Xie et al., 2009)。2008 年は、2007 年 12 月から 2008 年 2 月にかけて最盛期を迎えたラニーニャ現象の後続シーズンにあたり、2008 年春のインド洋から太平洋中部にかけての下層循環や SST は、そのようなモード (以下、Post La Niña 時の特徴と記載) とよく似た偏差分布となった (図5)。しかし、2008 年夏には一転して Post La Niña 時の特徴とほぼ逆の偏差分布となり、過去の Post La Niña 時に現れやすかったアジアモンスーンに伴う大気・海洋の相互作用は見られなかった (図2)。

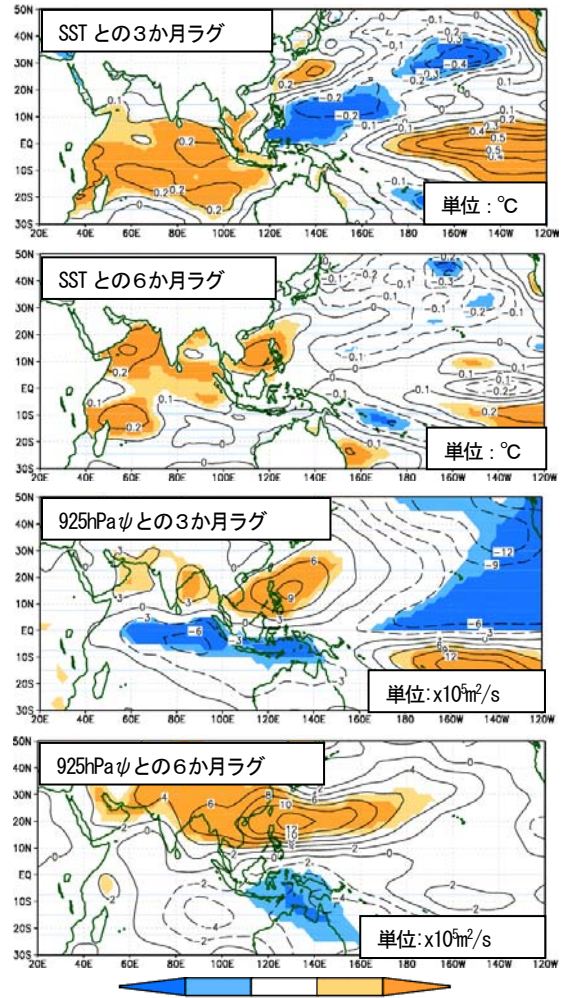


図5 先行する冬の NINO.3 と SST および 925hPa 流線関数のラグ回帰係数の分布 (1979~2007年)  
 陰影: 凡例で示した有意水準を満たす領域



Post La Niña 時の特徴と同じような経過で進行していたアジアモンスーンが、一転しておおよそ逆の 2008 年夏の特徴へと移行する直前の 4 月下旬から 5 月中旬にかけて、アジアモンスーンの東半分を構成する北西太平洋モンスーン（以下、WNPM）に顕著な pre-onset イベントが発生した（図 6）。このイベントは、振幅の大きな赤道季節内変動（以下、MJO）の位相に合わせて、気候的な onset よりも 1 か月半程度早く発生し、フィリピン付近の対流活動は同時期の標準偏差の 3 倍を超える 1979 年以降で最も活発なものとなった。一方、同時期の南インド洋のマスカーレン高気圧も標準偏差の 2 倍を超えるほど発達し、インド洋西部やスマトラ島西方では赤道越え下層風とともにモンスーンハドレー循環（Krishnan, 2003）が強まった。この下層風の強まりによって、スマトラ島西方の海域では潜熱フラックスの強まりによる SST の低下が顕著に見られ、6 月初めにはインド洋赤道域における SST 偏差の東西コントラストが明瞭となった（図 7）。その後、8 月前半にかけては、インド洋赤道域で大気と海洋の結合が強まって IOD が発達し、対流活動が西部で活発・東部で不活発、SST が中部から西部で正偏差・東部で負偏差という状況が続いた。夏平均の状況は、上述のように大気・海洋が結合した互いに整合的な偏差分布となったことから、WNPM の pre-onset イベントが Post La Niña 時に典型的な季節進行を 2008 年夏の特徴へと移行させた主要な要因であると考えられる。

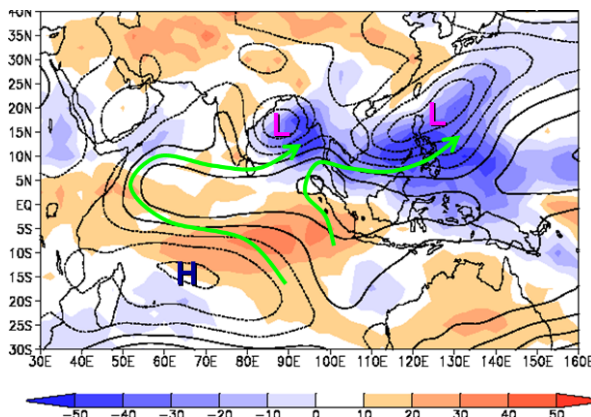


図 6 北西太平洋モンスーンの pre-onset イベント（2008 年 4 月 21 日～5 月 20 日平均）  
等値線：925hPa 流線関数年平均偏差（間隔： $\times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ ）、  
陰影：OLR 年平均偏差（単位： $\text{W}/\text{m}^2$ ）

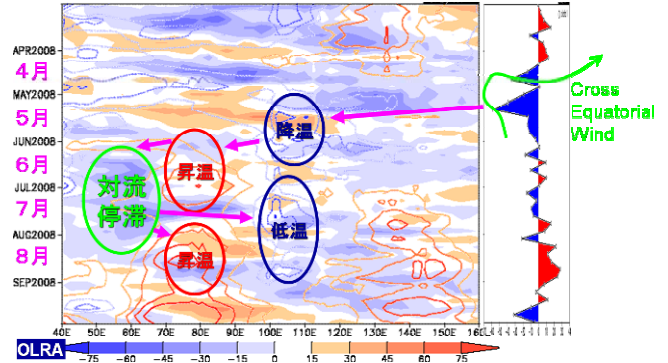


図 7 インド洋ダイポールモードの発達

等値線：赤道域（ $10^\circ\text{S}\sim 10^\circ\text{N}$ ）の SST 年平均偏差（間隔： $0.3^\circ\text{C}$ ）、陰影：赤道域（ $10^\circ\text{S}\sim 10^\circ\text{N}$ ）の OLR 年平均偏差（単位： $\text{W}/\text{m}^2$ ）、右折線図：スマトラ島沖付近（ $95\sim 105^\circ\text{E}$ 、 $10^\circ\text{S}\sim 10^\circ\text{N}$ ）で平均した潜熱フラックス年平均偏差（単位： $\text{W}/\text{m}^2$ 、気象庁海洋データ同化システムによる）

#### 4. 高温少雨期から低温多雨期への変化

本州付近の天候は、7 月から 8 月上旬にかけての高温少雨期から 8 月半ばから 9 月初めの低温多雨期へと大きく変化した。熱帯の対流活動は、大規模上層発散域がアフリカからインド洋に停滞し（図 8）、インド洋東部から太平洋中部で下層高気圧性循環偏差が卓越した（図 9）ほか、北半球の循環でも負の AO が継続し、東シベリア付近でリッジが発達するなど、大規模な循環場の特徴は持続していたように見える。しかし、両時期を詳細に比較してみると、大規模上層発散域の波数 1 の東西偏差分布において低温多雨期の方が偏差の振幅が大きくなっていたほか、インド洋での大規模上層発散偏差域は高温少雨期には北半球側に位置したのに対し、低温多雨期には南半球側に位置した点が異なっていた。もう少し小さなスケールに注目すると、高温少雨期には IOD の発達に伴うインド洋での東西対照的な対流活動偏差が明瞭だったのに加え、北西太平洋域では対流活発域の北進も見られ、南シナ海から北西太平洋の  $20^\circ\text{N}$  帯でも対流活動が活発となった結果、下層循環には PJ パターン（Nitta, 1987）が見られた時期もあった（図 11 も参照）。一方、低温多雨期にはインドネシア付近で対流活動が活発となり、インド洋から太平洋中部にかけての  $5\sim 25^\circ\text{N}$  帯には顕著な下層高気圧性循環偏差が見られ、負の PJ パターンが卓越した。このように、両時期において PJ パターンの符号が反転したことが日本付近の天

候を大きく変化させた一因であると考えられる。

両時期での基本場の違いは中緯度帯でも見られ、インド洋での大規模発散偏差域が北半球側から南半球側に変化したのと同じ頃に、アジア域では、平年より北偏していた亜熱帯ジェットが、平年より南偏するように変わった(図10)。亜熱帯ジェットの南北変動にインド洋での大規模発散域の変化がどの程度影響したかについては未調査だが、両者の変化は気候的に整合のとれた変化である。そして、この亜熱帯ジェットの変化もまた、北偏した亜熱帯ジェットに沿った準定常ロスビー波束の伝播も寄与して発達し

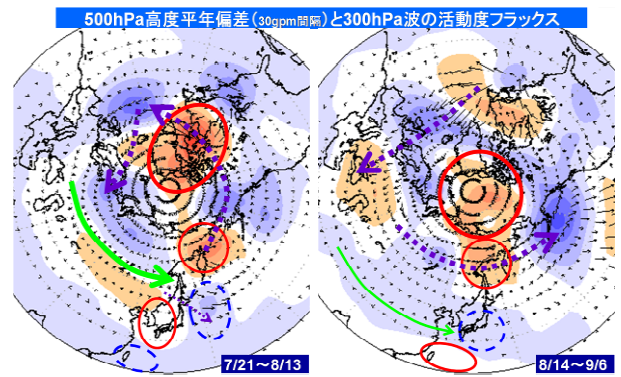


図10 500hPa 高度平年偏差(陰影)と300hPa 波の活動度フラックス  
丸囲みと矢印は注目すべき偏差域と偏西風の様子

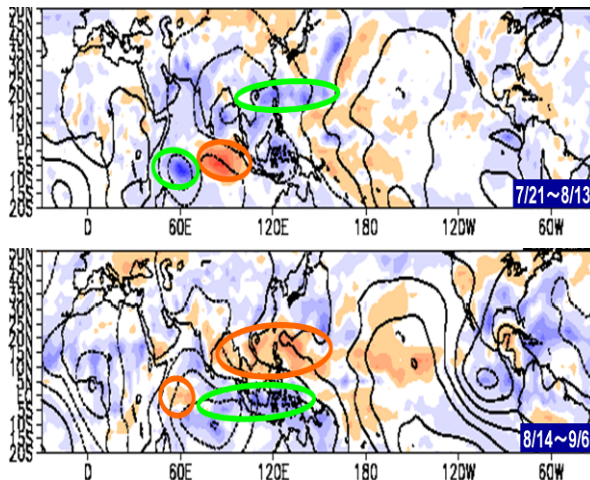


図8 高温少雨期と低温多雨期の熱帯の対流活動の変化  
陰影: OLR 平年偏差 (単位:  $W/m^2$ )、等値線: 200hPa 速度ポテンシャル平年偏差 (間隔:  $\times 10^6 m^2/s$ )、丸囲みは注目すべき偏差域

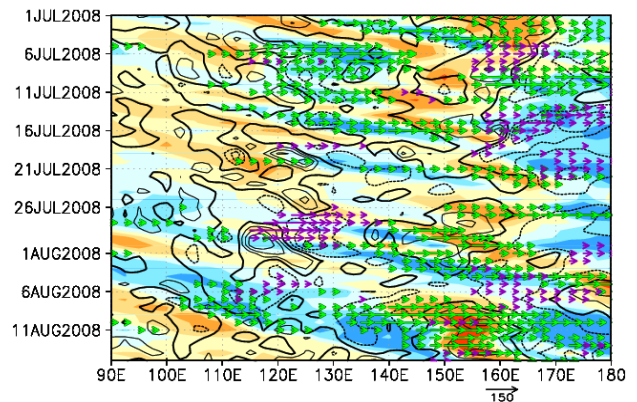


図11 西日本付近の高気圧の推移と準定常ロスビー波束の伝播の様子(2008年7月1日~8月15日)  
陰影: 200hPa 渦度 ( $37.5\sim 42.5^\circ N$  平均で暖色系が正、寒色系が負、間隔  $3 \times 10^{-5}/s$ )、等値線: 850hPa 渦度 ( $30\sim 40^\circ N$  平均で実線が正、点線が負、間隔  $2 \times 10^{-5}/s$ )、緑矢印: 200hPa 波の活動度フラックス 東向き成分 ( $37.5\sim 42.5^\circ N$  平均)、紫矢印: 850hPa 波の活動度フラックス 北東向き成分 ( $25\sim 35^\circ N$  平均)

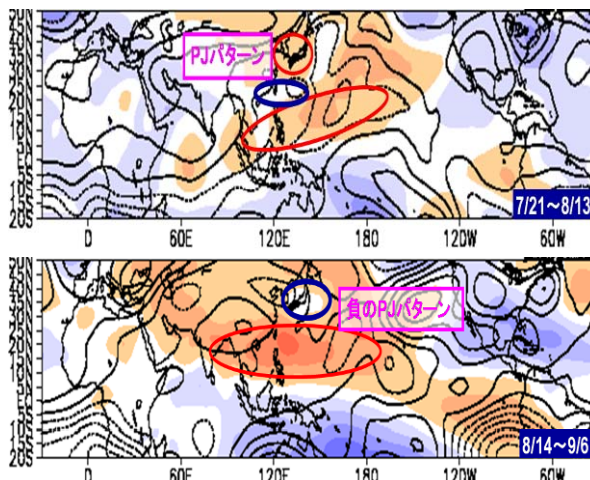


図9 高温少雨期と低温多雨期の熱帯の循環の変化  
850hPa (陰影) および 200hPa (等値線) 流線関数平年偏差 (間隔:  $\times 10^6 m^2/s$ )、丸囲みは注目すべき偏差域

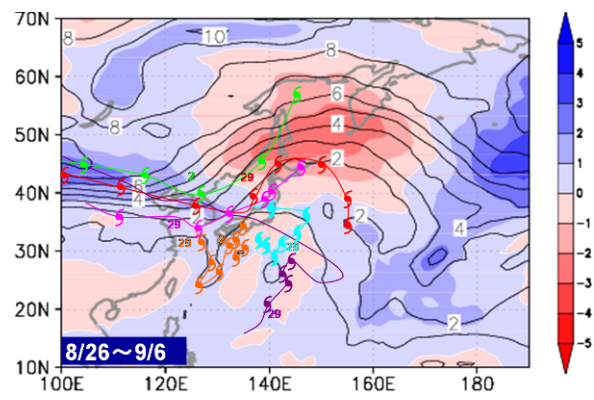


図12 350K 等温位面上における渦位・同平年偏差と期間中の主な高気圧中心の経路(2008年8月26日~9月6日)



た高気圧（シルクロードパターン(Enomoto, 2004)）によってもたらされた高温少雨期（図11）が、一転して上層寒気の相次ぐ通過に伴う低温多雨期に移行した要因の一つであると考えられる。

また、夏を通して維持された東シベリアのリッジだが、高温少雨期には150°E付近に見られていたものが、低温多雨期には140°E付近へとやや西に移動した（原因は未調査だが、低温多雨期には大西洋北部からユーラシア大陸上を伝播する準定常ロスビー波東が明瞭であり、この波の位相に支配されたものと推測される）。この位相のわずかな違いにより、準定常ロスビー波の碎波によって切離された上空の寒気（高渦位）も日本付近に影響を与えるようになった（図12）。日本海沿岸を通過した上層寒気は、本州付近の大気の状態を不安定にするのに直接的に寄与したほか、南に南下したものは日本の南海上の低圧部の維持に寄与し、結果として下層暖湿流の強化をもたらした。

## 6. まとめ

上述の解析結果をもとに、8月8日に開催された異常気象分析検討会では、西日本を中心とした高温・少雨の要因として以下の3点を見解として取りまとめて公表し、概念図として図13を添付した。

- ① 西日本上空の気温は地表に近いほど高温が顕著であり、高気圧に覆われて強い日射により地面が暖められた効果が寄与していたと考えられる。
- ② 日本上空の偏西風は7月前半に平年よりかなり弱く、梅雨前線の活動は不活発だった。西日本は、高気圧に覆われる日が続いた。
- ③ このような大気の流れには、北西太平洋を中心とした20°N帯およびインド洋西部赤道域で活発だった対流活動が影響した可能性が大きい。また、これらの対流活動には、太平洋西部やインド洋の海面水温分布が影響しているものと考えられる。

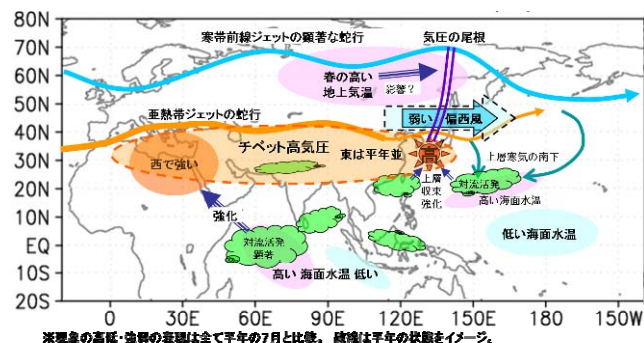


図13 2008年7月の西日本に高温・少雨をもたらした要因の概念図

さらに、「平成20年8月末豪雨」等の局地的な大雨の頻発に対しても、異常気象分析検討会委員の意見を頂いた上で、気象庁として以下の要因を概念図（図14）とともに公表した。

### A. 偏西風の蛇行の持続

① 2008年は夏を通して偏西風が蛇行しやすい状況が続いた。春に東シベリアの気温が高いと、その夏に東アジアで偏西風が蛇行しやすいという研究結果もあり、この影響が現れた可能性がある。

② 8月下旬には日本付近で偏西風の蛇行が強まった。これには、寒帯前線ジェットに沿った波長数千kmの波の伝播が影響していたと考えられる。

### B. 8月下旬の日本南海上の低圧部の強まり

① 日本が暑夏になるケースとして、フィリピン付近の活発な対流活動を伴う低気圧が日本付近の高気圧を強めるという仕組みが良く知られているが、8月下旬にはその逆のパターンが見られ、フィリピン付近の高気圧の発達とともに、日本の南海上の低圧部が強まった。

② フィリピン付近の高気圧の発達には、同時期に活発化したインドネシア付近の対流活動が影響したと考えられる。また、この対流活動には、西部太平洋赤道域の高い海面水温と中部太平洋赤道域の低い海面水温のコントラストが影響を与えた可能性が大きい。

③ 2008年は、夏を通してフィリピン付近で高気圧が強まることが多かった。これには、インド洋西部から中部にかけての高い海面水温等、インド洋から太平洋に

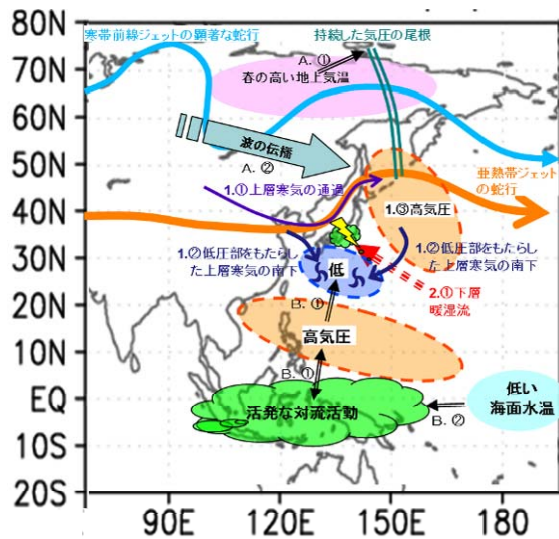


図14 「平成20年8月末豪雨」等をもたらした大気の流れの特徴（概念図）

かけての海面水温分布が影響を与えた可能性が大きい。

これまで述べたように、2008年夏の本州付近に高温少雨期および低温多雨期をもたらした要因として、インド洋から太平洋中部にかけての大気・海洋の状況（IODと太平洋中西部の馬蹄形偏差分布）および寒帯前線ジェットの蛇行に伴う東シベリアのリッジの持続が両時期共通の要因として考えられる。IODの発達は、2007/08ラニーニャ現象後というPost La Niña時に特徴的なアジアモンスーンの季節進行とは異なるものであり、WNPMの顕著なpre-onset現象が2008年夏のアジアモンスーンの特徴を決定づけた可能性がある。また、4月頃にシベリアの地上気温が高い場合に初夏を中心として7月くらいまで東シベリアにリッジが発達しやすいことが報告されている（Arai and Kimoto, 2005）が、2008年春のシベリアも全般に平年より気温が高かったことから、この影響が現れた可能性があるほか、負のAOの卓越に伴って寒帯前線ジェットがユーラシア大陸上で南下して明瞭だったことも、東シベリアのリッジの持続の一つの要因と考えられる。

このように、全球規模の基本場として大きな変化がなかったにも関わらず、本州付近の天候が高温少雨から低温多雨に大きく変わったことは、2008年夏の最大の特徴である。これには、インド洋から海洋大陸にかけての対流活動分布

の変化がキーになっており、その影響によってPJパターンの符号の逆転や亜熱帯ジェットの南北位置の変動が起こったと考えられる。さらに、亜熱帯ジェットの南北変動によって、シルクロードパターンが出現しやすくなったり、寒帯前線ジェットの蛇行の影響が本州付近まで及びやすくなったりしたのではないかと推察される。この対流活動分布の変化が実際どれほどの影響を与えたのか、また、何がきっかけとしてこの変化がおこったのかについては、季節予報における予測可能性という観点からも、さらなる調査が必要である。

### 参考文献

- Arai, M. and M. Kimoto, 2005: Relationship between springtime surface temperature and early summer blocking activity over Siberia. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 261–267.
- Enomoto, T., 2004: Interannual Variability of the Bonin High Associated with the Propagation of Rossby Waves along the Asian Jet. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 1019–1034.
- Krishnan, R., et al, 2003: The Abnormal Indian Summer Monsoon of 2000. *J. Climate*, **16**, 1177–1194.
- Nitta, T., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 373–390.
- Wang, B., and Q. Zhang, 2002: Pacific-East Asian Teleconnection. Part II: How the Philippine Sea Anomalous Anticyclone is Established during El Niño Development. *J. Climate*, **15**, 3252–3265.
- Xie, S-P, K. Hu, J. Hafner, H. Tokinaga, Y. Du, G. Huang, and T. Sampe, 2009: Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño. *J. Climate*, in press.