

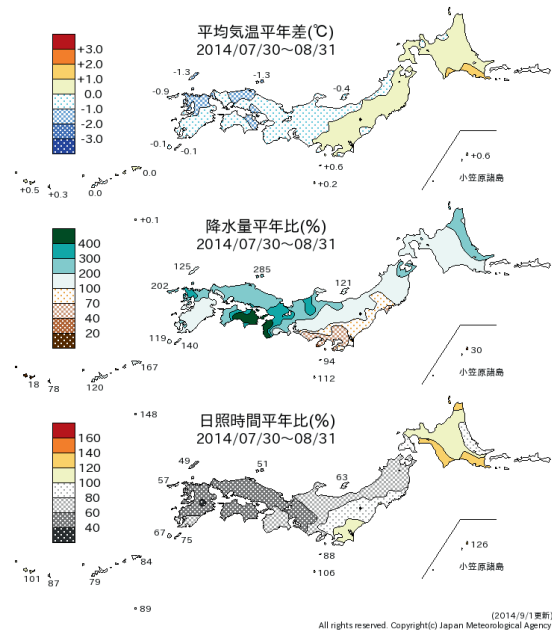
### 3 2014年8月の不順な天候<sup>1</sup>

2014年7月末から8月にかけての日本は、台風が相次いで接近・上陸したことや、湿った空気が持続的に流入したことにより、全国的に曇りや雨の日が多い不順な天候となった。7月30日から8月26日にかけては各地で大雨が発生し（「平成26年8月豪雨」と命名）、大きな被害を生じた。特に広島市では、8月19日から20日の明け方にかけて、集中豪雨により大規模な土砂災害が発生し、多数の人命が失われた。不順な天候は、野菜等の生育状況の悪化、消費活動の低迷など、経済的な面でも国民生活に大きな影響を及ぼした。このような状況を踏まえて、気象庁の異常気象分析検討会<sup>2</sup>は、この時期の気象循環の特徴を詳しく分析し、不順な天候をもたらした要因等について見解を発表した（平成26年9月3日報道発表<sup>3</sup>）。本章では、同検討会での分析結果をもとに、この不順な天候の事例の詳細について記述する。

#### 3.1 天候の特徴

2014年7月30日から8月31日までの期間の平均気温平年差、降水量平年比、日照時間平年比を第3.1図に示す。西日本太平洋側を中心に降水量が顕著に多くなっており、四国や紀伊半島の一部の地域では平年比400%を上回った。高知、徳島、潮岬ではこの期間の総降水量が1,000mmを超え、高知県内のアメダス観測点では2,000mmを超える地点もあった（第3.1表）。西日本太平洋側では8月の月降水量が平年比301%に達し、1946年の統計開始以降で8月としては最も多い記録となった。北海道などを除いて全国的に日照不足となり、西日本太平洋側の8月の日照時間は平年比54%で1946年の統計開始以降の8月としては最も少ない記録となった。また、西日本の8月の平均気温

は2009年以来5年ぶりに低温となった。



第3.1図 2014年7月30日～8月31日の平均気温、降水量、日照時間の平年差（比）の分布

第3.1表 2014年7月30日～8月31日の期間降水量上位10地点（アメダスによる）

順位	都道府県	地点名	期間降水量 (mm)
1	高知県	繁藤	2401.0
2	高知県	魚梁瀬	2320.5
3	高知県	鳥形山	2267.0
4	高知県	船戸	2047.5
5	高知県	本山	1941.0
6	高知県	佐川	1776.0
7	高知県	大栃	1701.0
8	徳島県	福原旭	1602.5
9	高知県	須崎	1592.5
10	高知県	大正	1591.0

#### 3.2 7月30日～8月上旬の状況

7月30日～8月上旬は、台風第12号と台風第11号が相次いで日本の南海上を北上し、西日本や沖縄・奄美に接近、上陸した。第3.2図に8月1日9時、8月8日21時の地上天気図と同時刻の解析雨量を示す。

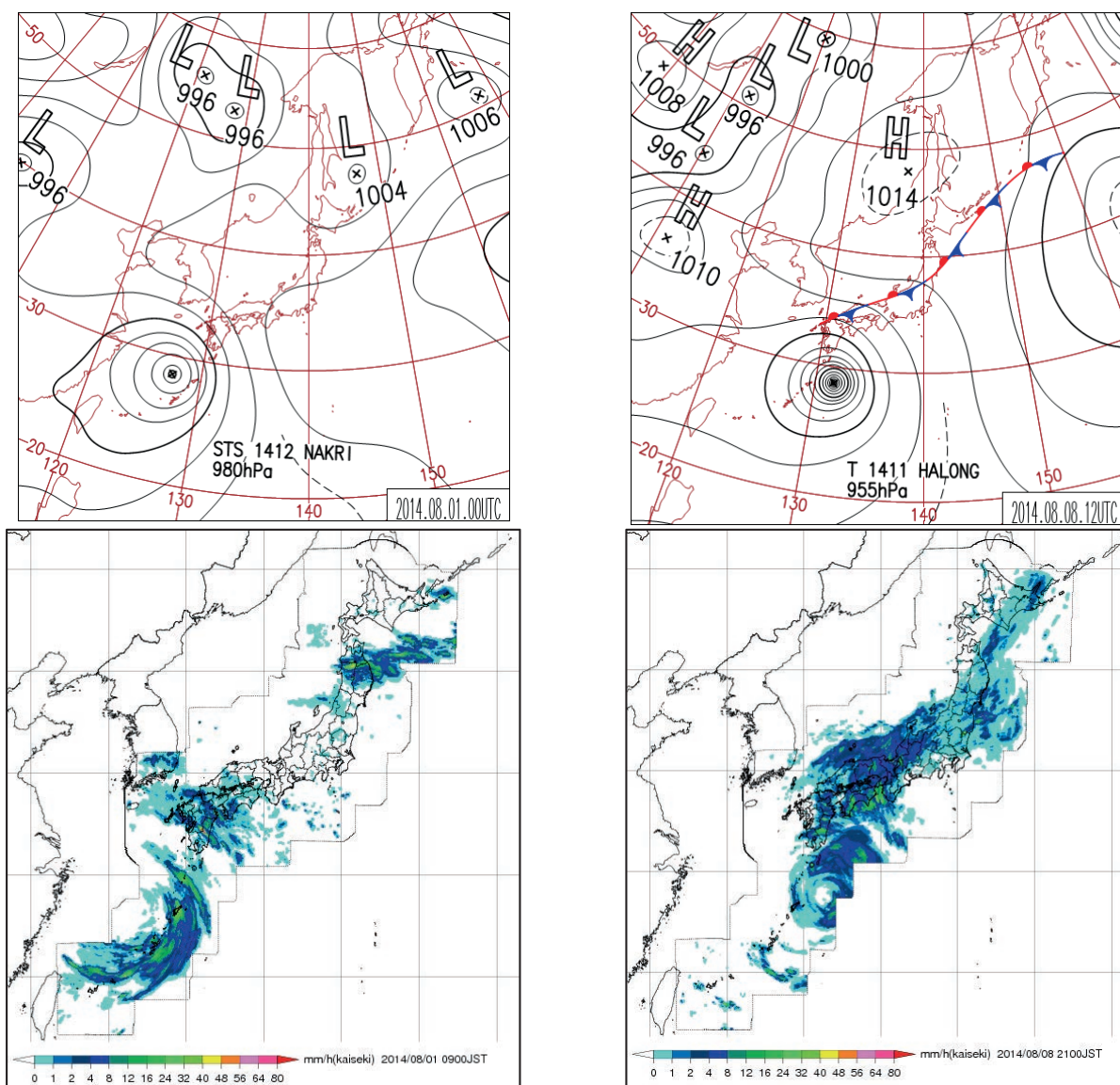
7月29日にフィリピンの東で発生した台風第12号は、31日から8月1日にかけて沖縄本島に接近、東シナ海を北上後、3日には黄海で熱帯低気圧に変わった。この時期、上空の偏西風は平年の

<sup>1</sup> 及川 義教

<sup>2</sup> 大学・研究機関等の気候に関する専門家から構成され、社会経済に大きな影響を与える異常気象が発生した場合に、最新の科学的知見に基づく分析検討を行う。

<sup>3</sup>

[http://www.jma.go.jp/jma/press/1409/03b/kentouka\\_i140903.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1409/03b/kentouka_i140903.html)



第 3.2 図 台風第 12 号、第 11 号が接近した 2014 年 8 月 1 日 09 時（左）と 8 日 21 時（右）の地上天気図（上）及び解析雨量（下）。

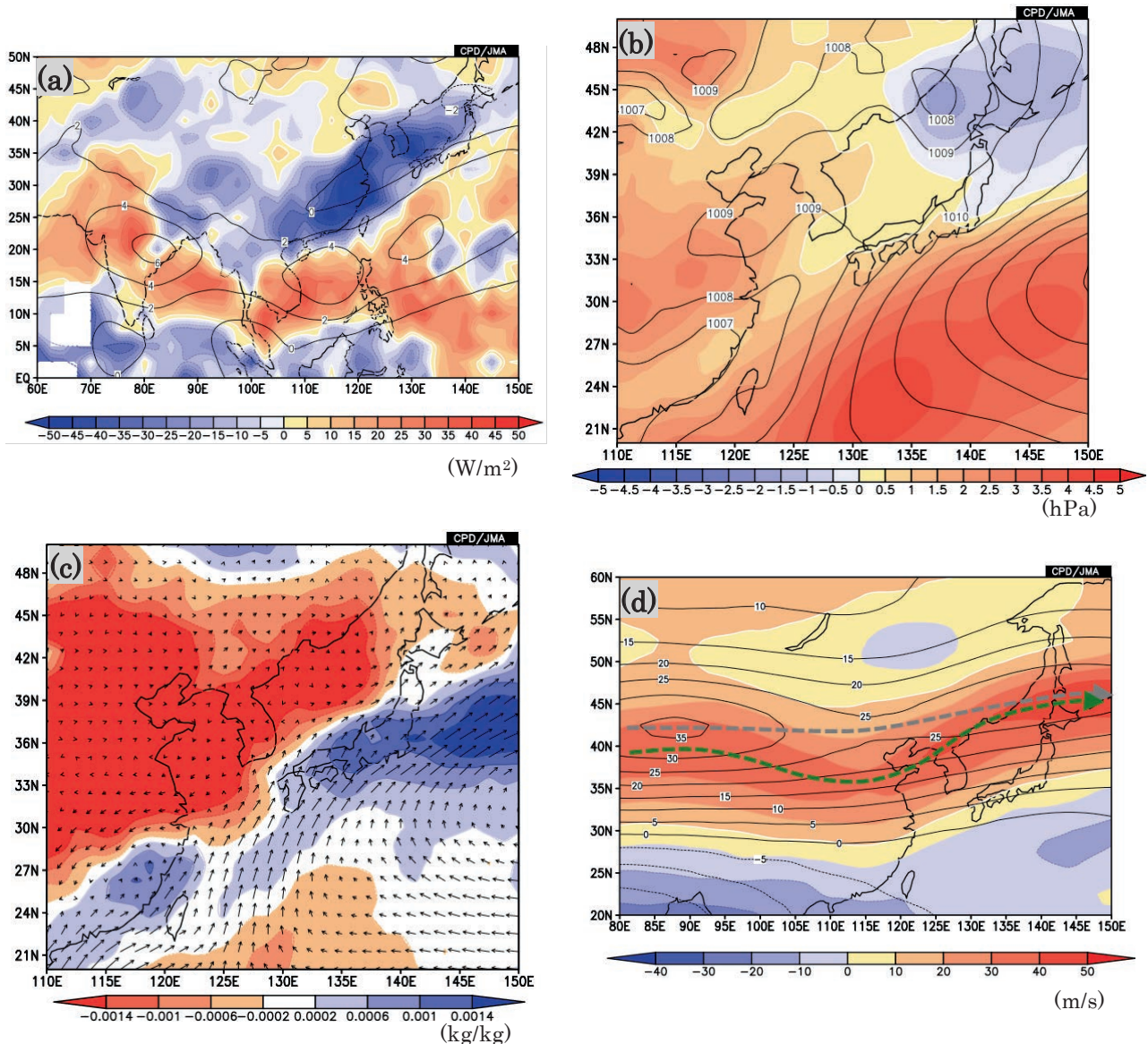
解析雨量とは、気象レーダーとアメダス等の雨量計を組み合わせ、雨量分布を 1 km 四方の格子で解析したもの。

位置よりも北偏し北海道の北に軸があり、台風の移動速度が遅かったことから、進路の東側に入った西日本太平洋側を中心に、長時間にわたって湿った空気が流入して雨が降り続いた。4 日には熱帯じょう乱としては消滅したものの、このじょう乱に伴って流れ込んでいた湿った空気の影響で、5 日には北海道でも日降水量が 100mm を超える大雨となったところがあった。

台風第 11 号は 7 月 29 日にグアム島の東の海上で発生し、西進後、8 月 4 日には北に向きを変えて 9 日にかけて日本の南海上を進み、10 日には四国に上陸した。この台風も第 12 号と同様に遅い速

度で南海上を北上したため、日本付近は長時間にわたって湿った空気が流れ込みやすい状態が続き、日本海から北日本にかけて停滞した前線の影響もあって全国的に大雨となった。9 日には三重県で大雨特別警報が発表された。11 日には日本海北部に達し温帯低気圧に変わったが、この低気圧により北海道では日降水量や 1 時間降水量の極値を更新する大雨となった地点もあった。

このように、7 月末から8月上旬にかけては、移動速度の遅い二つの台風が相次いで接近・上陸した影響と前線の影響で、広い範囲で記録的な降水量となった。



第 3.3 図 8 月 11 日～20 日で平均した (a) 850hPa 流線関数年偏差 (等値線、間隔は  $2 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ ) と外向き長波放射射量 (OLR、単位は  $\text{W}/\text{m}^2$ ) 年偏差 (陰影)、(b) 海面気圧 (等値線、間隔は 1 hPa) と年偏差 (陰影)、(c) 925hPa 水蒸気フラックス (矢印) と比湿年偏差 (陰影、単位は  $\text{kg}/\text{kg}$ )、及び (d) 200hPa 東西風の年偏差 (等値線、間隔 5m/s) と実況値 (陰影)。(d) の太い破線は亜熱帯ジェット気流の軸の実況の位置 (緑色) と平年の位置 (灰色) を示す。

### 3.3 8 月中旬の状況

台風第 12 号と台風第 11 号が相次いでフィリピンの東海上を通過した後、フィリピン周辺では対流活動が不活発となり、それに伴って下層には明瞭な高気圧性循環偏差が形成された (第 3.3 図 (a))。太平洋高気圧は日本付近から後退し、南東海上で勢力を強めた (第 3.3 図 (b))。このため、西日本周辺の対流圏下層では南西からの湿った気流が入りやすい状況が続いた (第 3.3 図 (c))。ま

た、この期間、上空の偏西風は中国東部から日本海で平年の位置より南偏、かつ、大きく南に蛇行してトラフを強化し (第 3.3 図 (d))、トラフの前面となった黄海～日本海周辺は前線帯となって低気圧がたびたび発生した。これらの湿った気流や前線、低気圧の影響を受け、上旬に引き続き広い範囲で大雨が降りやすい状況となった。

8 月 19 日から 20 日の明け方にかけての広島市内では、発達した積乱雲に伴い局地的に 1 時間降

水量 100mm、3 時間降水量で 200mm を超える大雨となり、住宅地で大規模な土砂災害が発生して死者 75 名（広島市、災害関連死を含む）の甚大な被害となった。

### 3.4 8 月下旬の状況

下旬に入ると偏西風の蛇行は小さくなったが、引き続き中国東部付近で南偏して流れ、黄海から日本海付近でトラフ、日本の南東でリッジとなる気圧配置が続き、日本付近には前線が停滞した。24 日には、日本海で発生した低気圧と上空寒気の影響により北海道で大雨となり、日降水量が 160mm となった礼文島では土砂崩れによる住宅倒壊で 2 名が死亡した（消防庁調べ）。

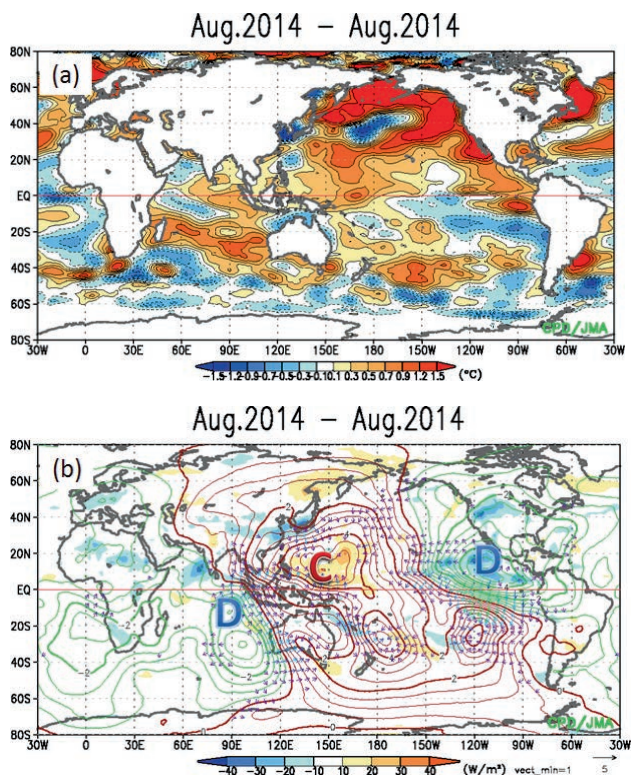
下旬後半になるとオホーツク海高気圧の勢力が強まって、前線は日本の南海上まで南下し、大雨の降りやすい状況は解消した（図省略）。

### 3.5 全球の大気と海洋の状況

第 3.4 図に 8 月平均の全球海面水温偏差分布、及び OLR と 200hPa 速度ポテンシャル偏差分布を示す。海面水温は春頃から全球的に高い状態が続いており、特に北太平洋では広い範囲で顕著な正偏差だった（第 3.4 図(a)）。

太平洋の熱帯域では、2014 年の初めは東部で海面水温が平年より低くラニーニャ現象時に現れやすい偏差分布だったが、1 月から 2 月にかけて西部で見られた強い西風偏差を契機に海洋表層の暖水域が東へ拡大し、5 月にはほぼ全域で海面水温が正偏差となり、夏にはエルニーニョ現象が発生した。インド洋熱帯域の海面水温は西部を除いて正偏差だった。

2014 年 8 月は、これらの海面水温分布に対応して北太平洋熱帯域の東部とインド洋熱帯域の中部から東部で対流活動が活発で、これらの地域の上層で発散偏差となった。一方、南シナ海周辺から太平洋西部にかけては、海面水温は正偏差だったものの対流活動は不活発で、上層では収束偏差となった（第 3.4 図(b)）。



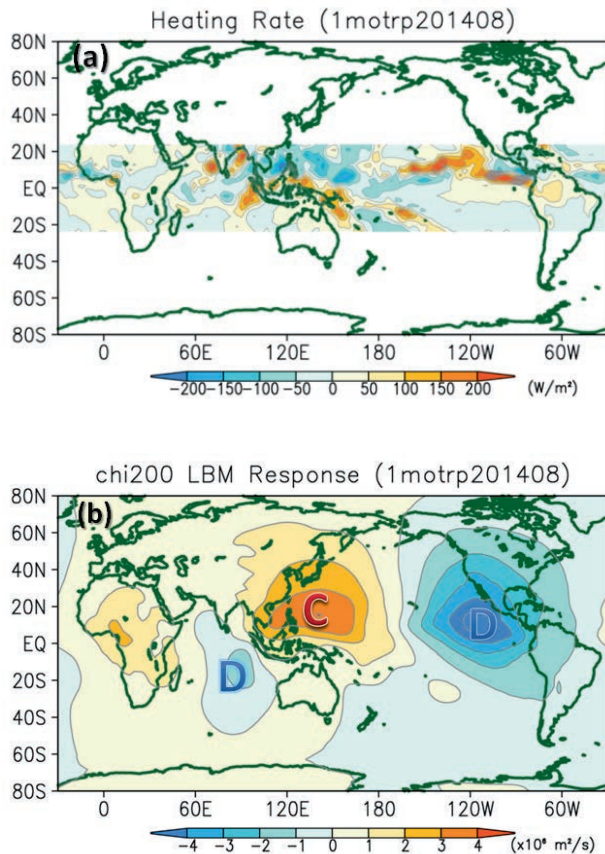
第 3.4 図 8 月平均の (a) 海面水温平年偏差、(b) OLR 平年偏差（陰影）及び 200hPa 速度ポテンシャル平年偏差（等値線、間隔は太線  $2 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ 、細線  $0.5 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ ）大文字アルファベットで示された C 及び D は、それぞれ収束偏差、発散偏差であることを示す。

### 3.6 熱帯域の加熱偏差に対する応答

前節で述べた熱帯域の対流活動偏差分布に対する大気循環の応答を確認するため、線型傾圧モデル（Linear Baroclinic Model: LBM、Watanabe and Kimoto 2000）を用いた再現実験の結果を示す。

第 3.5 図(a)は、2014 年 8 月平均の非断熱加熱偏差である。太平洋熱帯域の東部とインド洋熱帯域の中部から東部で正の加熱偏差、南シナ海から太平洋西部で負の加熱偏差となっている。この加熱偏差分布を与えた LBM による 200hPa 速度ポテンシャルの応答を第 3.5 図(b)に示す。インド洋から太平洋にかけての大規模な上層発散・収束の偏差パターンは、実況で解析された分布（第 3.4 図(b)）と整合している。

同様に、200hPa 流線関数、850hPa 流線関数における LBM の応答について、解析された実況と対比



第 3.5 図 (a) 線形傾圧モデル (LBM) に与えた熱帯域の非断熱加熱偏差 (2014 年 8 月平均) 及び (b) 200hPa 速度ポテンシャルにおける LBM の定常応答 (b) では基本場として 8 月の平年値を使用。大文字アルファベットで示された C 及び D は第 3.4 図と同様。

して第 3.6 図に示す。上層では、中国南部の高気圧性循環偏差、海洋大陸北部と東アジア東部の低気圧性循環偏差が実況の特徴と対応して再現されている。また、北太平洋中部ではミッドパシフィックトラフが平年と比べて顕著に浅い (高気圧性循環偏差) 状況が解析されていたが、この特徴も LBM の応答として再現されている。下層の応答を見ると、南シナ海からフィリピン海北部にかけての高気圧性循環偏差、日本海周辺の低気圧性循環偏差、北太平洋では亜熱帯高気圧の循環が西部を除き広範囲で弱い特徴が実況と整合している。

これらの結果から、2014 年 8 月の日本付近で解析された大気循環場の特徴には、熱帯の対流活動の偏差分布の寄与があったと考えられる。

### 3.7 アジアモンスーンと亜熱帯ジェット気流

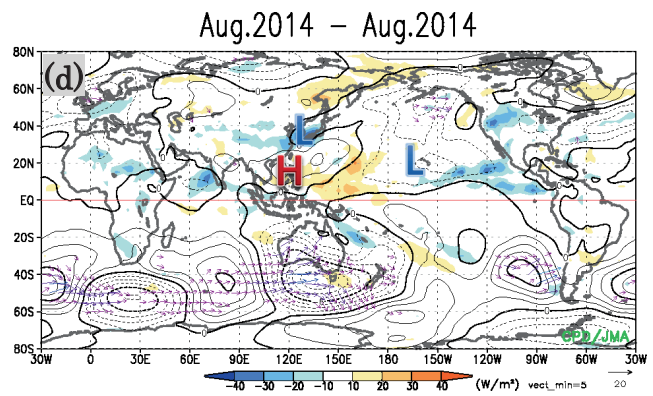
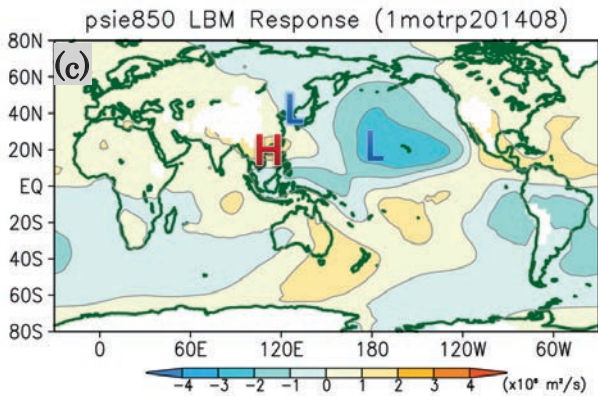
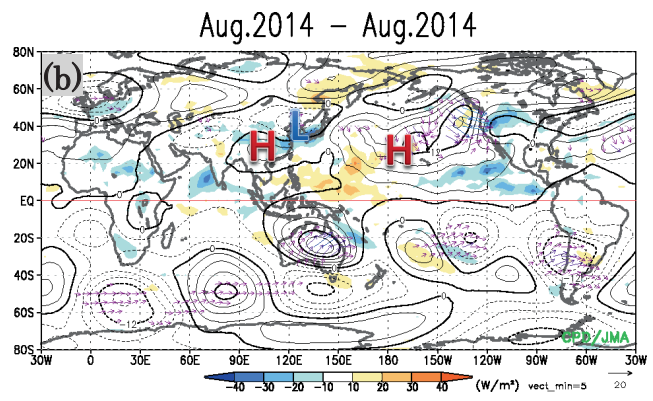
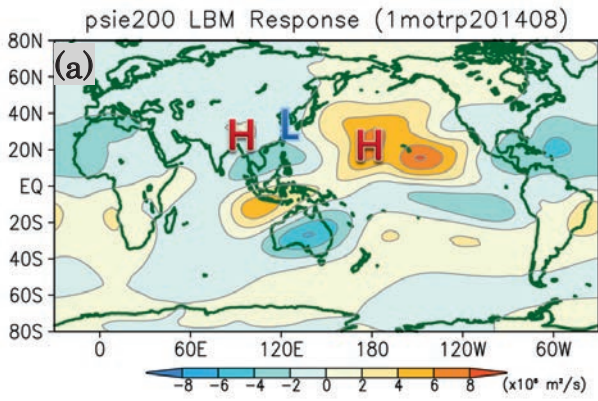
アジアモンスーンの全体的な活動度を示す指数である SAMOI-A<sup>4</sup>の変動を第 3.7 図(a)に、フィリピン付近で平均した OLR を同図(b)に示す。

アジアモンスーンは、7 月はほぼ月を通して平年より活発な状態が続いたが、8 月になって急速に活動が低下し、月末まで不活発な状況が続いた。同様に、フィリピン周辺の対流活動は 7 月にかなり活発な状況が続いたが、8 月は一転して対流不活発となった。

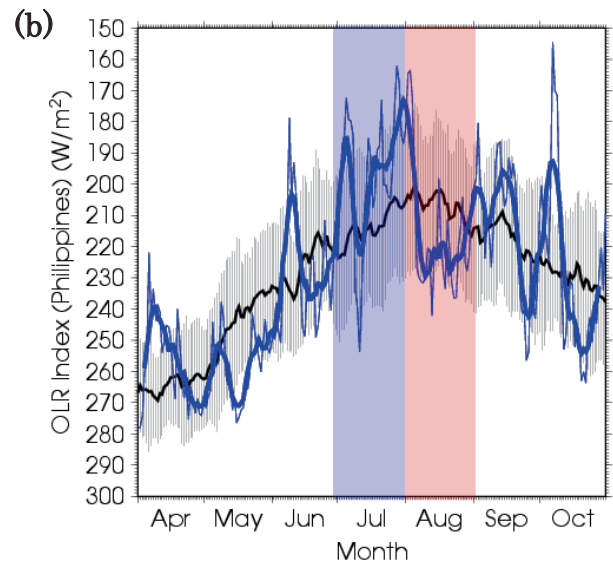
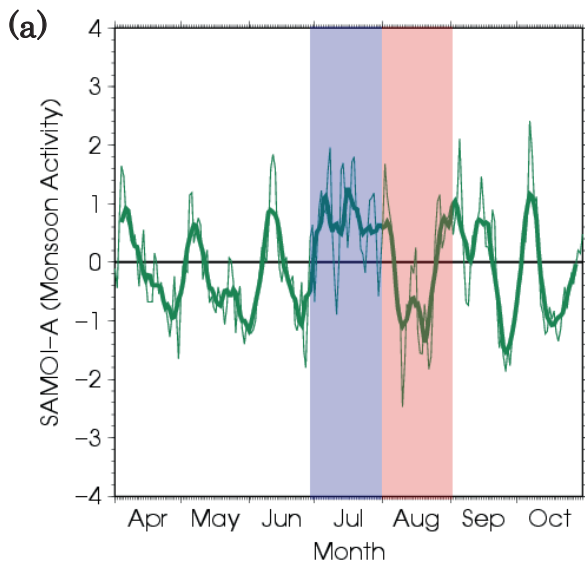
7 月から 8 月にかけては、アジアモンスーンの活動に対応して亜熱帯ジェット気流が北偏 (活発時) あるいは南偏 (不活発時) する傾向がみられた (第 3.8 図)。また、過去の統計関係からは、アジアモンスーンが不活発なときには、東アジア周辺で亜熱帯ジェット気流が平年の位置より南偏・蛇行する傾向がみられる (第 3.9 図)。

このことから、8 月に中国東部から日本海で亜熱帯ジェット気流が南偏・蛇行したことには、アジアモンスーンの不活発な状態が関連した可能性がある。

<sup>4</sup> ベンガル湾からフィリピン海にかけての領域で平均した OLR 偏差に基づく指数で、対流活発時に正の値となるよう符号を反転させたもの。

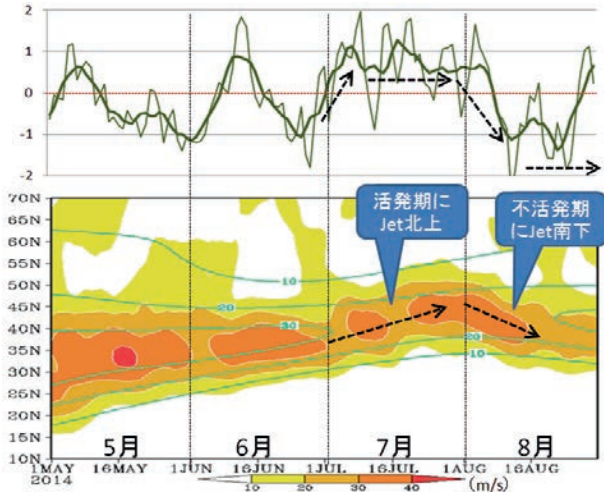


第 3.6 図 第 3.5 図 (a) の加熱偏差を与えた LBM 実験による (a) 200hPa 流線関数の応答と (c) 850hPa 流線関数の応答、及び、それぞれに対応する実況の (b) 200hPa 流線関数偏差と (d) 850hPa 流線関数偏差 (a) と (c) の偏差は帯状平均からのずれとして表示している。大文字アルファベットの H、L はそれぞれ高気圧性循環偏差、低気圧性循環偏差を示している。(b) の等値線間隔は太線  $12 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 、細線  $3 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 、(d) の等値線間隔は太線  $6 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 、細線  $1.5 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$  で、陰影は OLR 偏差。



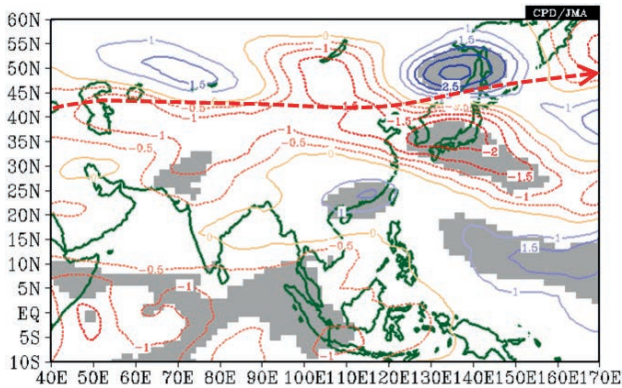
第 3.7 図 (a) SAMOI-A 及び (b) フィリピン周辺 ( $10^\circ\text{N} \sim 20^\circ\text{N}$ ,  $115^\circ\text{E} \sim 140^\circ\text{E}$ ) で平均した OLR の変動 (2014 年 4 月 ~ 10 月)

左図の緑線、右図の青線について、いずれも細線は日平均値、太線は 7 日平均値を示す。右図の黒線は日平年値、灰色の陰影は 1 標準偏差の範囲を示す。7 月に青い陰影、8 月に赤い陰影を施している。



第 3.8 図 2014 年 5 月～8 月の (上) SAMO1-A の変動と (下) 60°E～150°E で平均した 200hPa 東西風の 7 日移動平均 (陰影) 及び平年値 (緑線) の時間緯度断面図

上図の細線は日平均、太線は 7 日移動平均。アジアモンスーンの活動が活発化 (不活発化) すると、やや遅れてアジア域の偏西風が北上 (南下) する傾向がみられる。



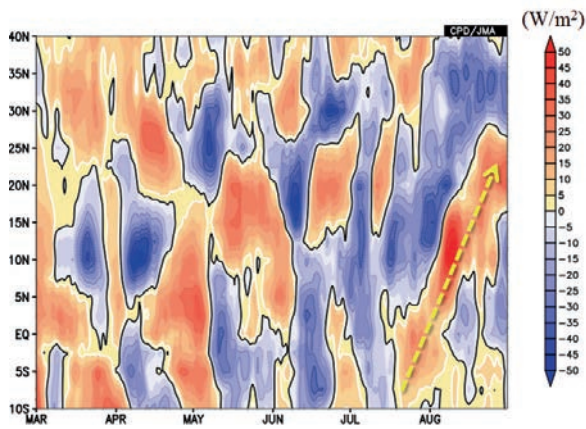
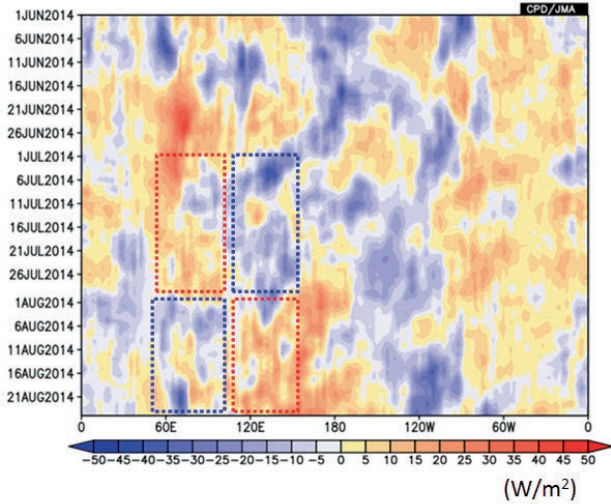
第 3.9 図 SAMO1-A に回帰した 200hPa 東西風 (8 月) 統計期間は 1979～2013 年。暖色系 (寒色系) の等値線は、アジアモンスーンが不活発なときに西風が強い (弱い) 傾向があることを示す。単位は m/s。信頼度水準 95% で有意な領域に灰色の陰影を施している。赤の太い破線は平年の亜熱帯ジェット気流の軸の位置を表している。

### 3.8 夏季熱帯季節内振動

前節で述べたように、フィリピン周辺の対流活動は、7 月には活発だったが、8 月に入って急激に不活発な状態に転じた。これと対照的に、インド洋の対流活動は 7 月に不活発だったが 8 月に活発になった。赤道～20°N で平均した OLR 偏差の時間-経度断面図 (第 3.10 図 (上)) はこの様子を明瞭に示している。また、フィリピン付近の 115°E～135°E で平均した OLR 偏差の時間-緯度断面図 (第 3.10 図 (下)) で見ると、7 月後半から対流不活発域が北進し、8 月にはフィリピン付近の緯度に不活発域の位相が位置していたことがわかる。

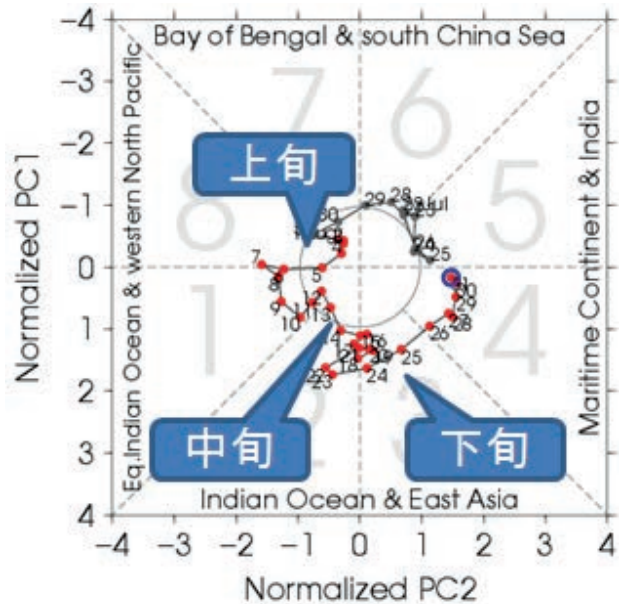
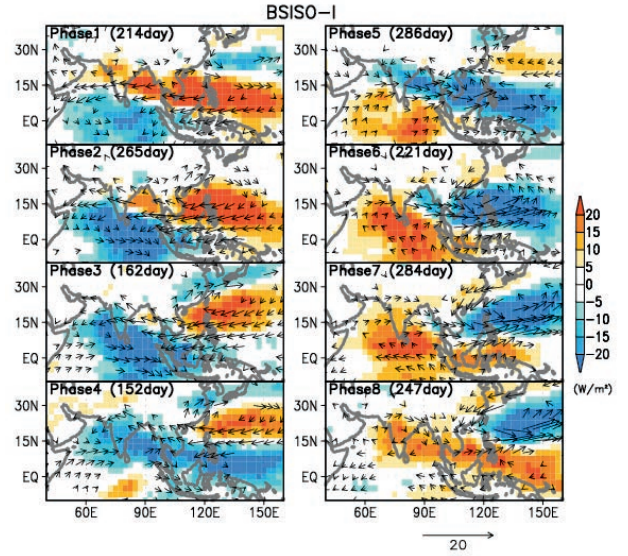
このような対流活発・不活発域の変動は、北半球夏季熱帯季節内振動 (Boreal Summer Intra-seasonal Oscillation: BSISO) として知られる変動の各位相の典型的な特徴と一致していることがわかる。第 3.11 図は、Lee et al. (2013) に基づき、OLR 及び 850hPa 東西風の多変量経験的直交関数の第 1・第 2 主成分から合成した、BSISO における 8 つの特徴的な位相と、2014 年 7 月末から 8 月にかけての日ごとの実況に対して各主成分得点をプロットした位相ダイアグラムを示している。7 月下旬の対流活動はフィリピン付近で活発、インド洋では不活発で、Phase5 から Phase7 に対応している。8 月に入るとインド洋の対流不活発域は北東進して、南シナ海からフィリピン周辺に達し、中旬から下旬前半は Phase2 から Phase3 に対応した分布となった。

このように、2014 年 8 月は、BSISO に伴う変動が卓越し、その対流不活発な位相が北東進してフィリピン付近に達するタイミングだったことが、フィリピン付近で対流活動が不活発だったことに寄与した可能性がある。



第 3.10 図 (上) 赤道~20°N で平均した OLR 平年偏差の時間-経度断面図 (2014 年 6 月 1 日~8 月 31 日)、及び (下) 115°E~135°E で平均した OLR 平年偏差の時間-緯度断面図 (2014 年 3 月 1 日~8 月 31 日、7 日移動平均)

暖色域 (正偏差) は対流活動が平年より不活発なことを、寒色域 (負偏差) は平年より活発なことを示す。上図は、7 月はインド洋で不活発、フィリピン付近で活発、8 月はインド洋で活発、フィリピン付近で不活発となったことを表している。下図の破線矢印は、7 月後半から 8 月にかけて対流不活発域が北上しフィリピン付近に達したことを示している。



第 3.11 図 (上) 夏季熱帯季節内振動 (BSISO) における特徴的な 8 つの位相、及び (下) 位相ダイアグラム

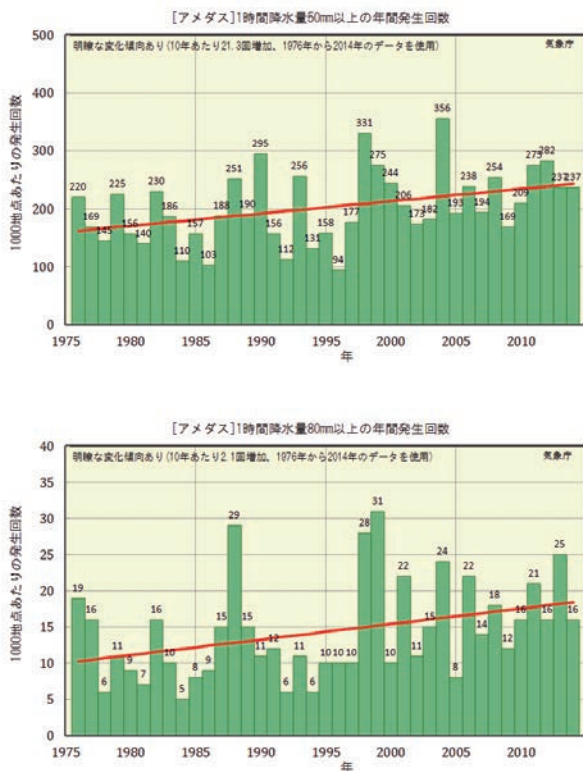
上図は、1981~2010 年のデータを用いて求めた、OLR 及び 850hPa 東西風の多変量経験的直交関数の第 1・第 2 主成分から合成。矢印は 850hPa 風偏差、陰影は OLR 偏差を表す。下図は、2014 年 7 月末から 8 月にかけての第 1・第 2 主成分得点をプロットしたもの。



### 3.9 短時間強雨発生回数の長期変化傾向

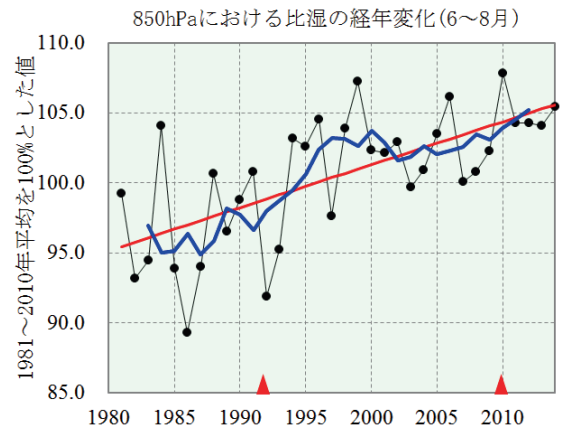
2014年8月は、広島市で1時間降水量が100mmを超える猛烈な雨が降るなど、短時間強雨に伴う被害が発生した。

気象庁の地域気象観測所（アメダス）で観測された1時間降水量50mm以上の発生回数は増加しており、80mm以上の年間の発生回数についても、明瞭な増加傾向が現れている（第3.12図）。また、高層気象観測による上空の水蒸気量にも増加傾向が現れており（第3.13図）、これは大気中の二酸化炭素等の温室効果ガスの増加に伴う気温上昇から予期される変化と整合的である。一般に、短時間に降る強い雨の量は、大気中の水蒸気量の増加に伴って増えると考えられる。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第5次評価報告書第1作業部会報告書は、地球温暖化の進行に伴って、今世紀末までに、我が国を含む中緯度陸域のほとん



第3.12図 アメダスによる1時間降水量(上)50mm以上、及び(下)80mm以上の年間発生回数(1976~2014年)。1,000地点あたりの回数として示している。赤い直線は期間にわたる変化傾向。

どで極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高いこと、大気中の水蒸気量が世界平均で5~25%増加することを予測している(Collins et al. 2013)



第3.13図 日本付近における対流圏下層の夏季(6~8月)の水蒸気量の経年変化(1981~2014年) 850hPa 気圧面の比湿(空気1kgあたりに含まれる水蒸気量、1981~2010年平均を100%とした値で示す)の経年変化。ここでは、国内13高層気象観測地点(稚内、札幌、秋田、輪島、館野、八丈島、潮岬、福岡、鹿児島、名瀬、石垣島、南大東島、父島)の算術平均を用いた。細線(黒)は13高層観測地点の平均、太線(青)は5年移動平均、直線(赤)は期間にわたる変化傾向。赤三角は測器の変更のあった年を示す。

以上のことから、日本における短時間強雨の増加傾向には、地球温暖化の影響が現れていると考えられる。ただし、観測期間がまだ40年程度と短いことから、因果関係についてより確実に評価するためには、今後さらにデータを蓄積する必要がある。

### 3.10 まとめ

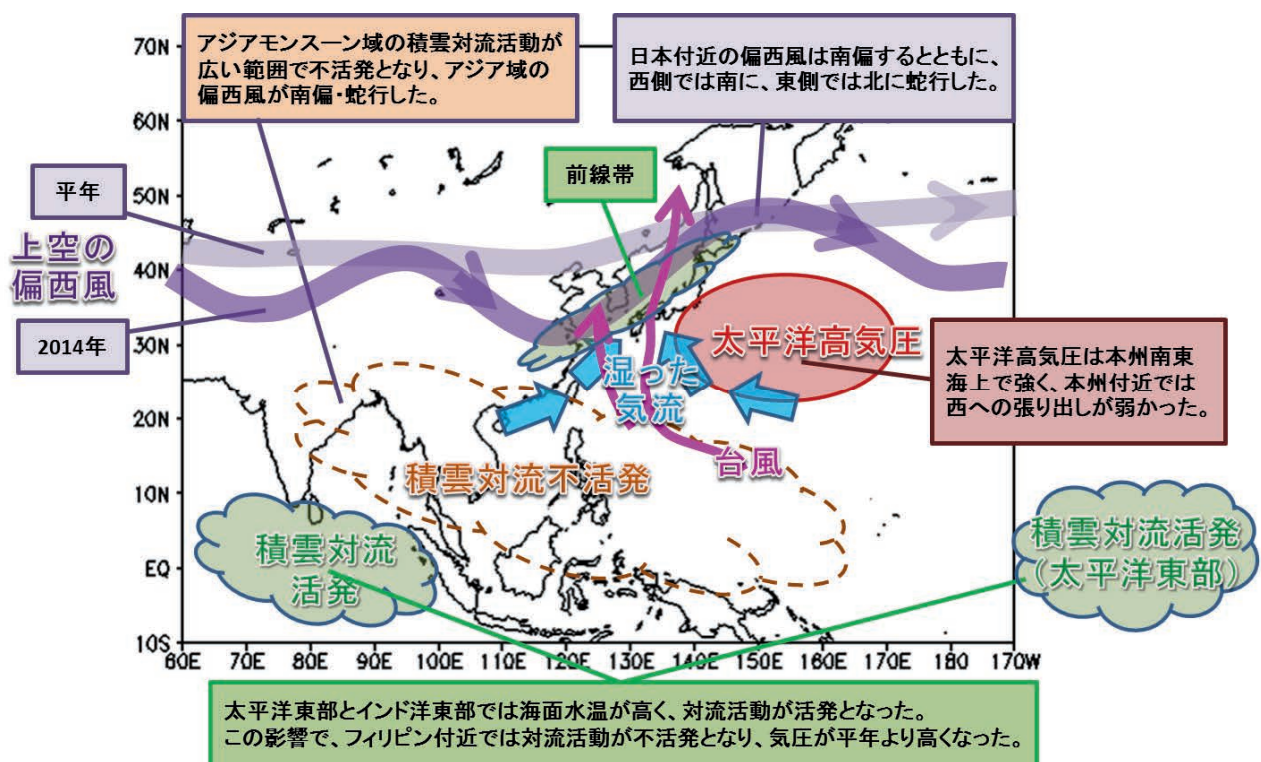
2014年8月の日本の不順な天候の要因は、次のように要約される。上旬の天候不順は、2つの台風が日本に接近・上陸したことと前線の影響による。偏西風が平年の位置と比べて北寄りを流れており、台風の移動が遅かったために西日本を中心に台風の影響を長く受けた。中旬以降は、日本付近の前線帯と、南~南西からの水蒸気の流入が持続したために、雨量が多くなった。前線帯の形成・

持続は、亜熱帯ジェット気流の南偏・蛇行に伴うものとみられる。亜熱帯ジェット気流の南偏・蛇行は、不活発だったアジアモンスーンに関連していると考えられる。湿った気流の持続は、日本の南東海上での高気圧偏差の強まりや、フィリピン付近の高気圧偏差に伴う下層の南西風が寄与した。フィリピン付近の高気圧偏差は、季節内振動に伴いフィリピン付近で対流活動が不活発になる位相だったことが関連したとみられる。また、太平洋東部とインド洋東部熱帯域で海面水温が高かったことにより対流活動が活発だったことも関連していると考えられる。さらに、長期的な傾向として、短時間強雨の発生数と対流圏の水蒸気量には明瞭な増加傾向があり、この背景には地球温暖化の影響が現れていると考えられる。

以上の結果を概念的に表した図を第 3.14 図に示す。

### 参考文献

- Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichefet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver, and M. Wehner, 2013: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lee, J., B. Wang, M. C. Wheeler, X. Fu, D. E. Waliser, and I. Kang, 2013: Real-time multivariate indices for the boreal summer intraseasonal oscillation over the Asian summer monsoon region, *Climate Dynamics*, **40**, 493-509.
- Watanabe, M. and M. Kimoto, 2000: Atmospheric-ocean thermal coupling in North Atlantic: A positive feedback, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **126**, 3343-3369.



第 3.14 図 2014 年 8 月の日本の不順な天候をもたらした要因の概念図