

3 2013年夏の日本及び東アジアの極端な天候¹

2013年夏(6～8月)の日本は全国的に高温となり、西日本の夏平均気温は統計を開始した1946年以降で最も高くなった。また、日本海側の地域を中心に多雨となった一方、太平洋側の地域や沖縄・奄美で少雨となった。気象庁の異常気象分析検討会²では、このような極端な天候をもたらした大気循環について分析を行い、その要因に関する見解を発表した(平成25年9月2日報道発表)。本章では異常気象分析検討会での分析結果を中心に、この事例の詳細について述べる。また、日本以外の東アジアやその周辺でも、中国南部の高温・少雨、中国中部から朝鮮半島北部の大雨、アムール川流域の多雨等、極端な天候が現れたことから、その概要も記す。なお、本章で用いた大気循環データは、気象庁と電力中央研究所が共同で実施した長期再解析(JRA-25)及びそれと同じシステムの気象庁気候データ同化システム(JCDAS)による解析値である。

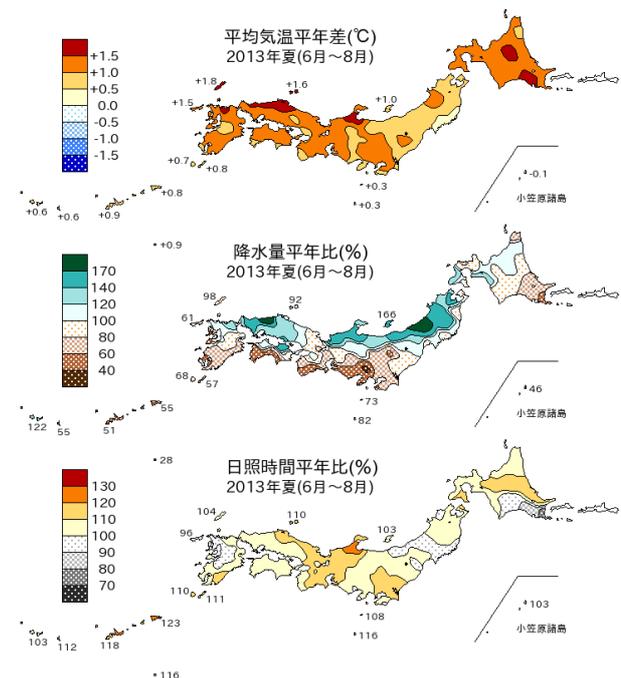
3.1 天候の特徴

2013年夏の日本の平均気温(第3.1.1図)は、全国的に平年を上回った。西日本では統計を開始した1946年以降で最も暑い夏となり、東日本では3位タイ、沖縄・奄美は2位タイの高温となった(第3.1.1表)。8月上旬後半～中旬前半は、東・西日本太平洋側を中心に厳しい暑さとなり、多くの地点で真夏日や猛暑日を記録した(第3.1.2図)。8月12日には高知県四万十市江川崎で国内の日最高気温の歴代1位となる41.0℃を記録した。この夏に日最高気温の高い記録を更新した地点は143地点、日最低気温の高い記録を更新した地点は93地点にのぼった(タイ記録含む)。

¹ 田中 昌太郎

² 異常気象分析検討会は、気象庁が2007年6月に設置し、大学・研究機関等の気候に関する専門家から構成される。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、検討会は最新の科学的知見に基づいて発生要因を分析し、気象庁は検討会の分析結果を踏まえて異常気象の発生要因等に関する見解を迅速に発表している。

2013年夏の降水量(第3.1.1図)は、東北日本海側、北陸地方、中国地方で多雨となった。東北地方では7月に梅雨前線が停滞することが多く、雨の日が続いたため、降水量平年比は182%となり、7月の降水量としては統計を開始した1946年以降で最も多かった。北陸地方の夏の降水量平年比は151%で、歴代4位の記録となった。また、7月末～8月上旬や8月下旬には山口県、島根県、秋田県、岩手県の一部地域で、豪雨に見舞われた。

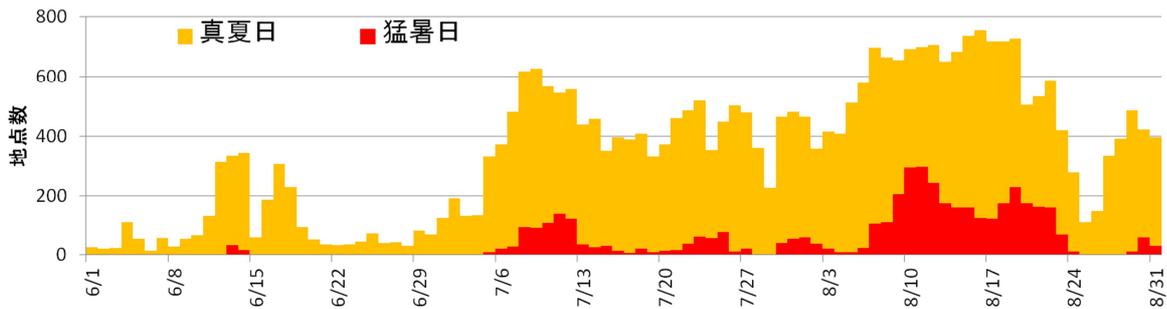


第3.1.1図 2013年夏(6～8月)の平均気温、降水量、日照時間の平年差(比)の分布
平年値は1981～2010年の平均値。

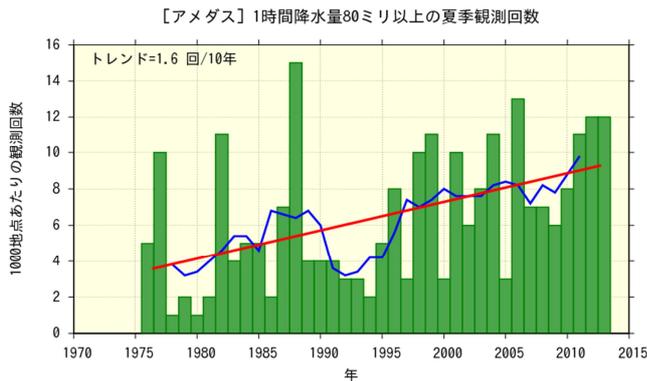
第3.1.1表 地域別の夏(6～8月)平均気温平年差(単位:℃)の高い方からの順位
2013年の値を黄色セルで示す。平年値は1981～2010年の平均値。

	1位	2位	3位
北日本	+2.2 (2010年)	+1.9 (1978年)	+1.5 (1999・1950・1946年)
東日本	+1.5 (2010年)	+1.3 (1994年)	+1.1 (2013・1978年)
西日本	+1.2 (2013年)	+1.1 (1994年)	+0.9 (2004・1990年)
沖縄・奄美	+0.8 (1991年)	+0.7 (2013・2001・1998年)	—

北日本の2013年は+1.0 (10位タイ)



第 3.1.2 図 2013 年の猛暑日・真夏日の地点数の推移（6 月 1 日～8 月 31 日）
 全国のアメダス 927 地点について。猛暑日は日最高気温 35 以上、真夏日は日最高気温 30 以上。



第 3.1.3 図 アメダス地点における 1 時間降水量 80mm 以上の夏（6～8 月）の観測回数の経年変化（1976～2013 年）
 期間を通して均質な統計値を得るため、正時に観測された 1 時間降水量を対象とし、1,000 地点あたりの観測回数に換算した。棒グラフ（緑）は各年の値、折れ線（青）は 5 年移動平均値、直線（赤）は長期にわたる変化傾向を示す。

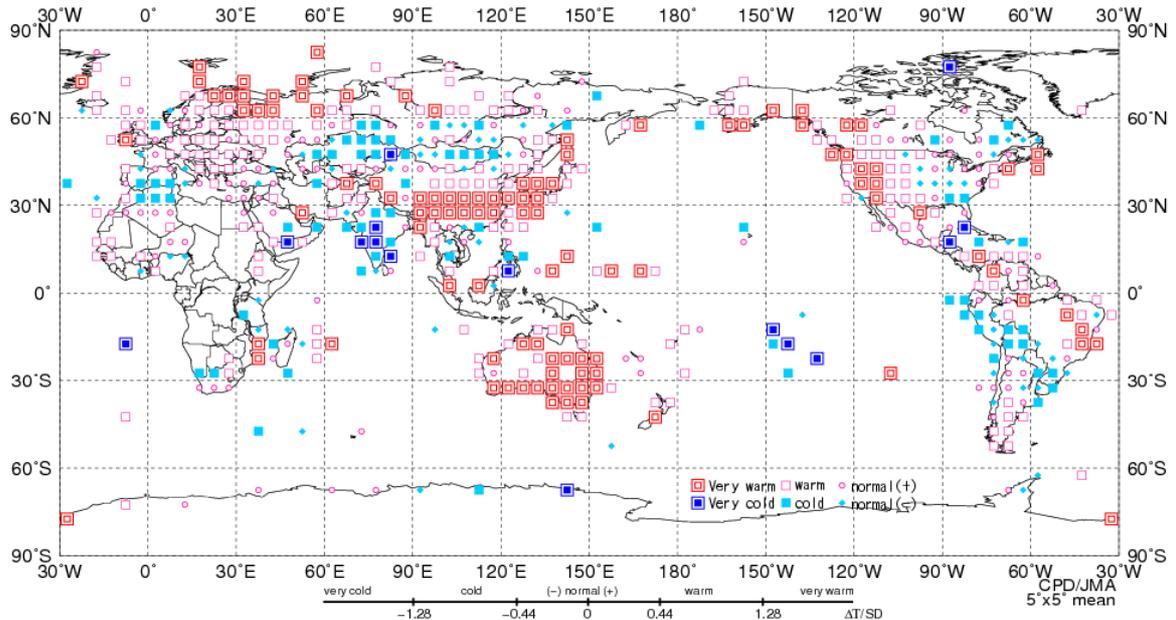
この夏のアメダス地点で観測した 1 時間降水量 80 mm 以上の観測回数は 1976 年以降で 3 番目に多かった（第 3.1.3 図）。一方、太平洋側では夏の降水量が平年を下回り、東日本太平洋側と沖縄・奄美ではかなり少なかった。九州南部・奄美地方の 7 月の降水量平年比は 11%で、7 月としては統計を開始した 1946 年以降で最も少なく、東海地方の夏の降水量平年比は 64%で 3 番目に少なかった。

2013 年夏の東アジアの気温は、モンゴルを除いて平年より高く、特に日本から中国南部にかけては平年よりかなり高くなった（第 3.1.4 図）。月平均気温について、7 月は北海道や朝鮮半島東部、中国中部から南部で、8 月は朝鮮半島東部や中国中部から南部で 2 以上高かった（第 3.1.5 図(a)と(c)）。中国気象局によると、重慶市や湖南省などで 35 以上の日最高気温が 20 日以上続き、40～42 に達する地域もあった。上海市のシージャーホウエイ（徐家匯）では、1872 年の統計開始以

来最も高い気温（40.8）を記録した。

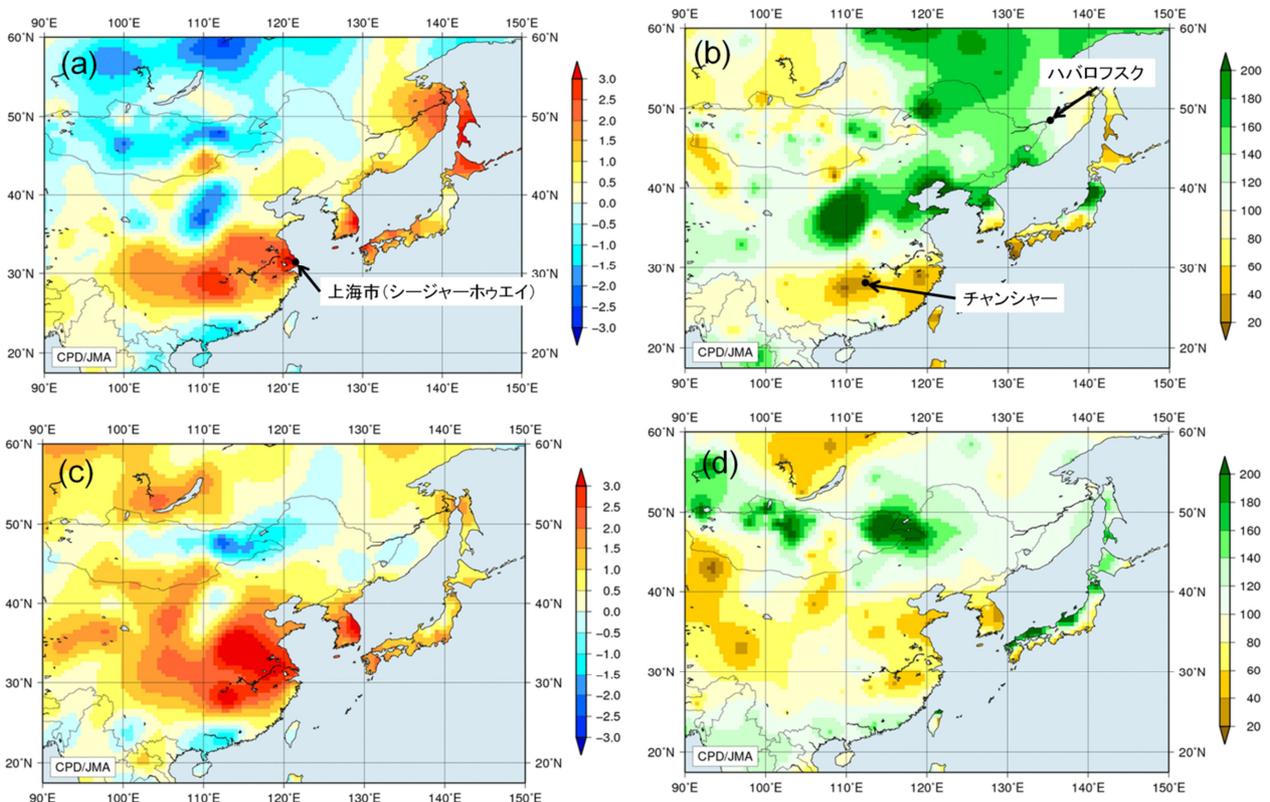
東アジアの月降水量は、7 月に東北地方や朝鮮半島北部から中国北部、東シベリア南部から中国北東部で平年の 160%以上の地域がある一方、九州地方南部や中国南部では平年の 40%以下の地域がみられた（第 3.1.5 図(b)）。8 月の月降水量は、東日本・西日本の日本海側の地域とモンゴル東部付近で平年の 160%以上、朝鮮半島から中国東部で平年の 60%以下となった（第 3.1.5 図(d)）。中国気象局によると、湖南省のチャンシャー（長沙）では、7 月の月降水量が 8mm（平年比約 6%）だった（第 3.1.6 図）。7 月以降の少雨により、貴州省・湖南省では 2,120 万人が影響を受け、187 万ヘクタール以上で農作物への被害が発生した（中国政府）。

中国の北東部から東シベリア南部のアムール川流域では、降水量が平年より多かった（第 3.1.5 図(b)と(d)）。アムール川流域の 39 地点で平均した 7 月 1 日～9 月 18 日の積算降水量は 1996 年以降で最も多く、1996～2012 年の平均値（183mm）の約 2.1 倍（381mm）となった（第 3.1.7 図）。ロシア水文気象環境監視局によると、アムール川の中流・下流域の各地では過去最高の水位を 1.5～2m 上回り、洪水が発生した。ハバロフスク市の水位は 9 月 3～4 日に 808cm となり、これまでの最高記録 642cm（1897 年）を上回った。ロシア極東域では 13 万 5 千人以上の住民、1 万 4 千の家屋、総延長 1,600km に及ぶ道路や 170 以上の橋が洪水の影響を受けた（ロシア政府）。中国北東部では 8 月に、大雨による洪水の影響で 110 人以上が死亡した（中国政府）。



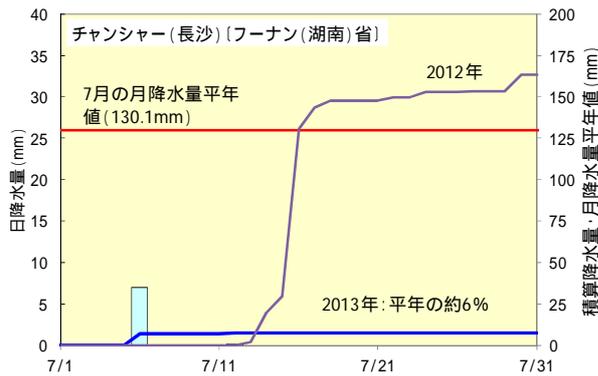
第 3.1.4 図 2013 年夏（6～8 月）平均気温の規格化平年差の分布

3 か月平均気温の平年差を標準偏差で割って求めた値（規格化偏差）を、緯度 5 度×経度 5 度の領域ごとに平均し、6 つの階級に分けて記号で表示する。それぞれの階級のしきい値は±1.28、±0.44、0。ただし、観測地点数や観測データ数が十分でない領域については計算していない。平年値及び標準偏差は、1981～2010 年のデータに基づく。

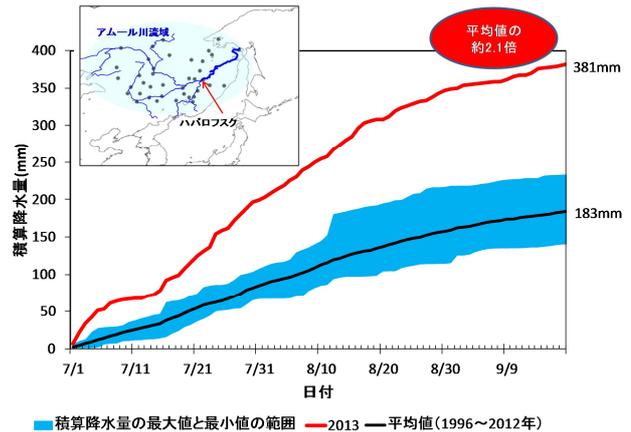


第 3.1.5 図 2013 年 7 月と 8 月の月平均気温平年差と月降水量平年比の分布

(a) 7 月の月平均気温平年差 () (b) 7 月の月降水量平年比 (%) (c) 8 月の月平均気温平年差 () (d) 8 月の月降水量平年比 (%)。平年値は 1981～2010 年の平均値。



第 3.1.6 図 湖南省チャンシャー（長沙）での降水量の推移（2013 年 7 月 1 ～ 31 日）
水色の棒グラフは 2013 年の日降水量（mm；左軸）、青実線は 2013 年の積算降水量（mm；右軸）、紫実線は 2012 年の積算降水量、赤実線は 7 月の月降水量平年値（1981 ～ 2010 年の平均値：130.1mm；右軸）。



第 3.1.7 図 アムール川流域の平均積算降水量（7 月 1 日～9 月 18 日）
アムール川流域の 39 地点（地図の黒丸）から算出した 7 月 1 日からの平均積算降水量。赤実線は 2013 年の値、青い領域は 1996～2012 年の最大値と最小値の範囲、黒実線は 1996～2012 年の平均値を示す。左上の地図の水色の領域は、アムール川流域のおおよその範囲。

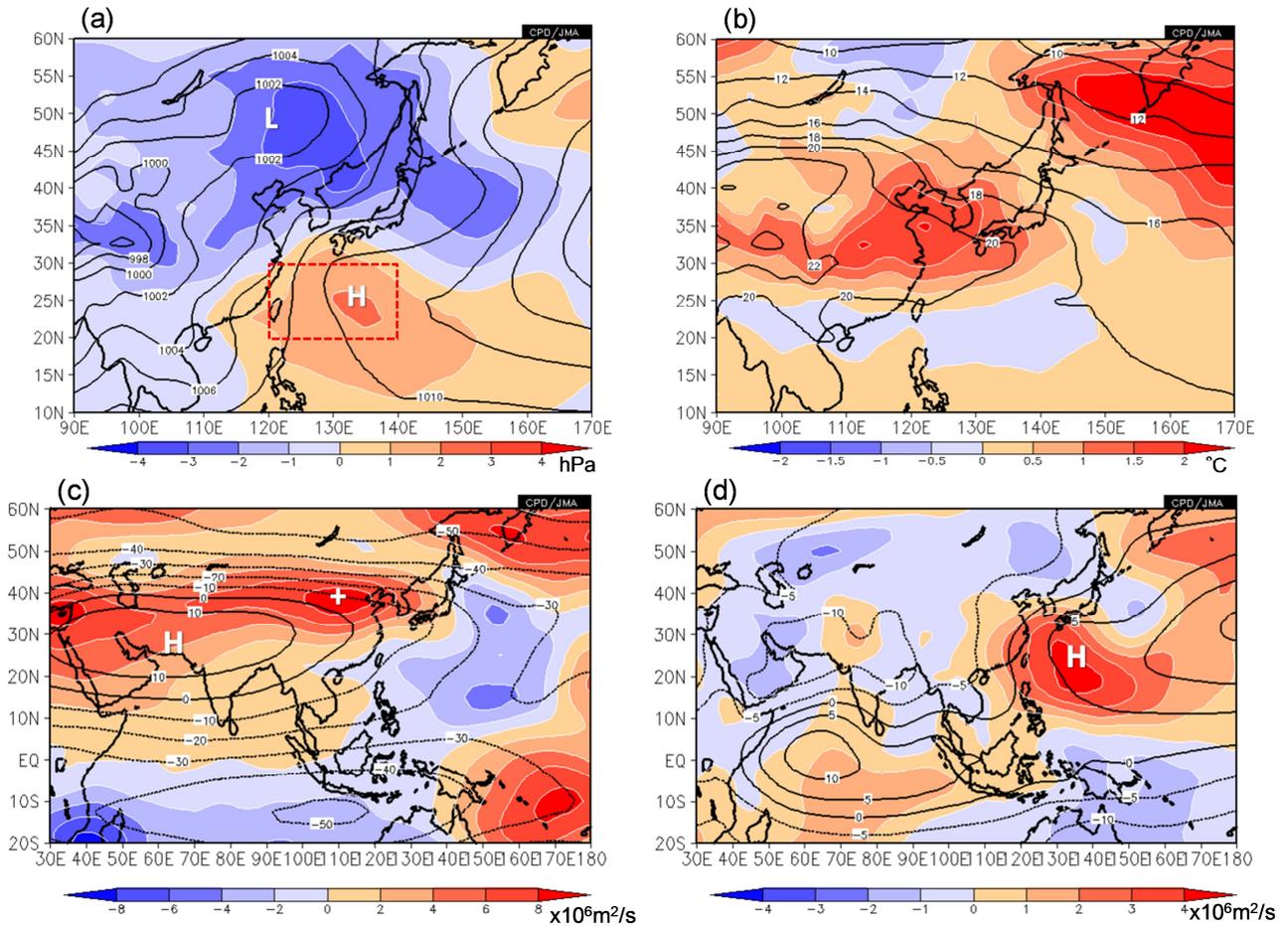
3.2 極端な天候をもたらした大気循環場の特徴

2013 年 7 ～ 8 月は、太平洋高気圧が本州の南海上で優勢で、中国東部や西日本への張り出しが非常に明瞭だった（第 3.2.1 図(a)と(d)）。太平洋高気圧が本州南海上で勢力の強い状態は、台風第 12 号が通過した 8 月半ば頃を除いて持続した（第 3.2.2 図）。また、対流圏上層では、チベット高気圧が平年より強く、中国東部や西日本への張り出しが明瞭だった（第 3.2.1 図(c)）。中国東部から西日本にかけては、上層のチベット高気圧と下層の太平洋高気圧に覆われ（第 3.2.1 図(c)と(d)）、顕著な高温偏差となった（第 3.2.1 図(b)）。また、日本近海の海面水温（SST）は 8 月中旬を中心に平年を大きく上回った（第 3.2.3 図）。

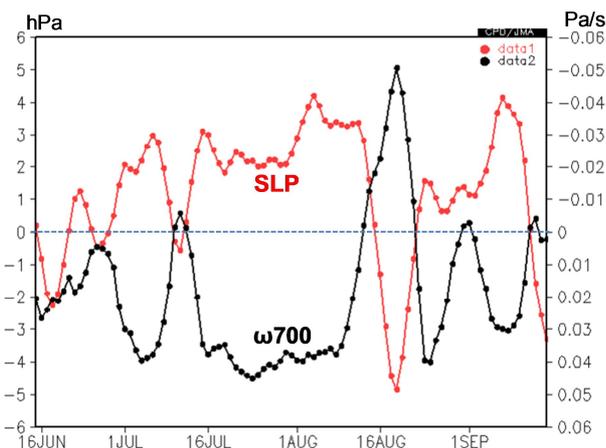
2013 年 7 ～ 8 月のアジアモンスーン域（東南アジアや南アジア）の積雲対流活動は全般に平年より活発で、特にインドネシア付近や南シナ海で明瞭だった（第 3.2.4 図）。これに対応して、東南アジアの対流圏上層では発散偏差となり（第 3.2.5 図）収束域となったフィリピン東海上や本州南海上では顕著な下降流偏差となった（第 3.2.6 図）。本州南海上の下降流は 1979 年以降で最も強い水

準であった（第 3.2.7 図）。第 3.2.2 図に本州南海上での海面気圧と下降流の平年偏差の推移を示しているが、期間を通して両者はよく対応している。第 3.2.8 図に 850hPa における渦度収支解析の結果を示す。本州南海上の優勢な太平洋高気圧に対応した負の渦度偏差の領域では、収束・発散の寄与が渦度移流の寄与に比べて卓越していることがわかる。これらのことから、アジアモンスーンの対流活発域の上層発散域を起源とする下降流により、本州南海上の優勢な太平洋高気圧が維持されていたと考えられる。

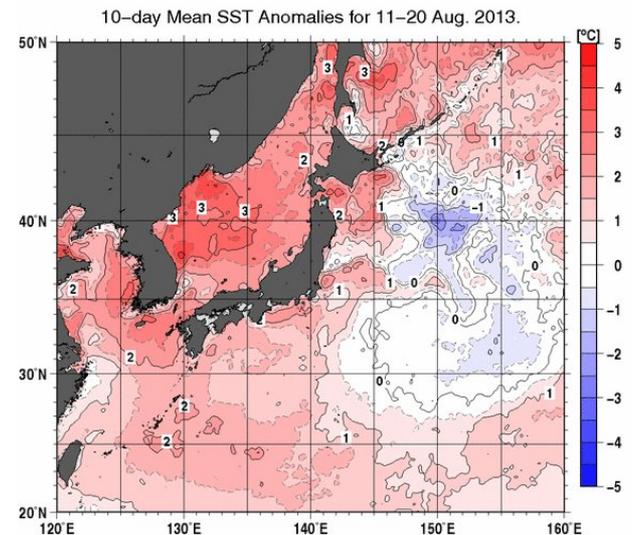
次に、チベット高気圧と積雲対流活動の関係を見るため、インドからフィリピン付近にかけての領域で平均した外向き長波放射量（OLR）に対する上層の流線関数の回帰係数の分布を第 3.2.9 図に示す。これによれば、対流活発時にはチベット高気圧が強く、本州付近へ張り出す傾向がみられ、この夏の特徴と一致する（第 3.2.1 図(c)）。このため、チベット高気圧の中国東部や本州付近への張り出しにもアジアモンスーン域の活発な対流活動が寄与したと考えられる。



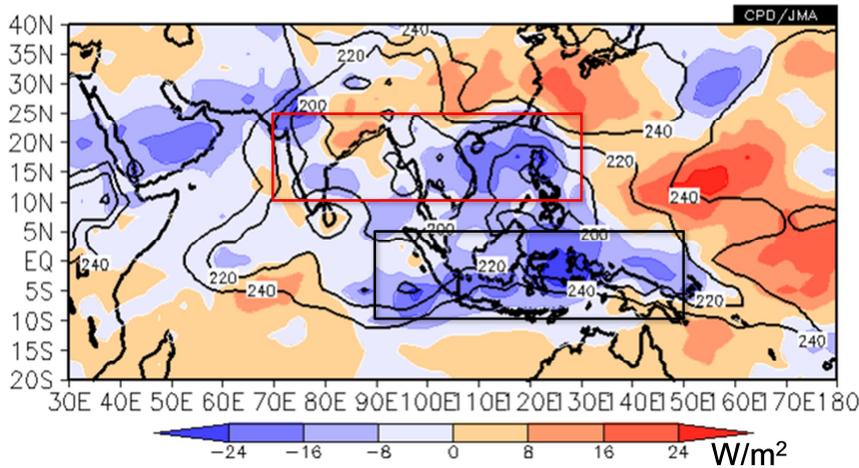
第 3.2.1 図 2013 年 7 ~ 8 月平均 (a)海面気圧、(b)850hPa 気温、(c)200hPa 流線関数、(d)850hPa 流線関数
 陰影は平年偏差。等値線間隔は(a)2hPa、(b)2、(c)10 × 10⁶m²/s、(d)5 × 10⁶m²/s。平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。



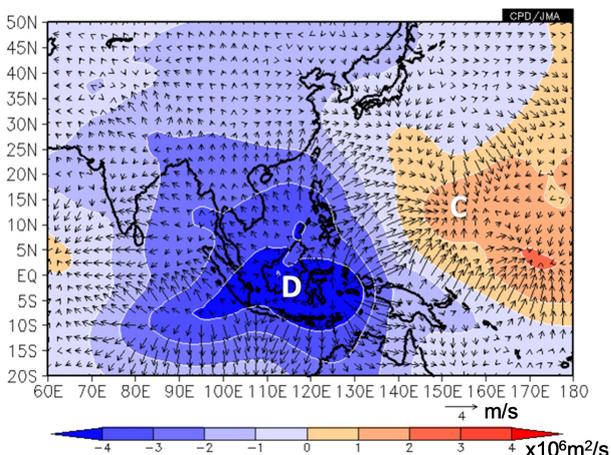
第 3.2.2 図 本州南海上 (20°N ~ 30°N、120°E ~ 140°E :
 第 3.2.1 図 (a) 赤破線枠や第 3.2.6 図黒破線枠) で領域平均した海面気圧 (赤線; 左軸) 及び 700hPa 鉛直 p 速度 (黒線; 右軸) の平年偏差の推移 (2013 年 6 月 15 日 ~ 9 月 15 日)
 5 日移動平均値。鉛直 p 速度は正の値 (下側) が下降流偏差を示す。



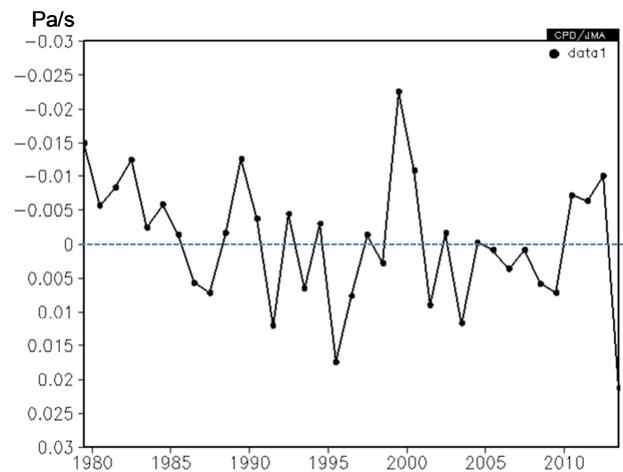
第 3.2.3 図 2013 年 8 月中旬の海面水温 (SST) 平年偏差
 平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。



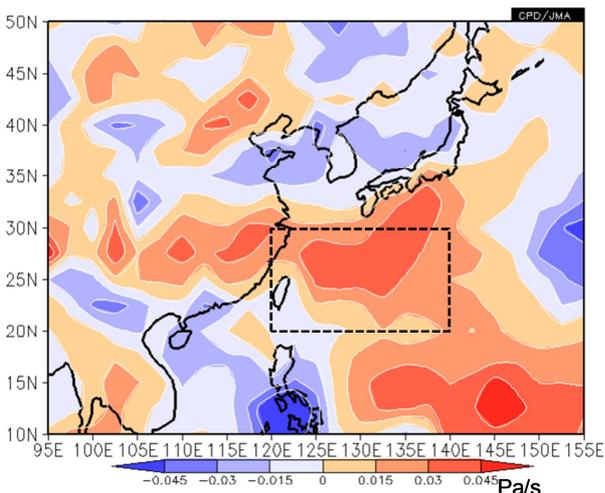
第 3.2.4 図 2013 年 7 ~ 8 月平均外向き長波放射(OLR)
陰影は平年偏差。等値線は 240W/m^2 以下を 20W/m^2 ごとに表示。負偏差(寒色)域は積雲対流活動が平年より活発で、正偏差(暖色)域は平年より不活発と推定される。平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。



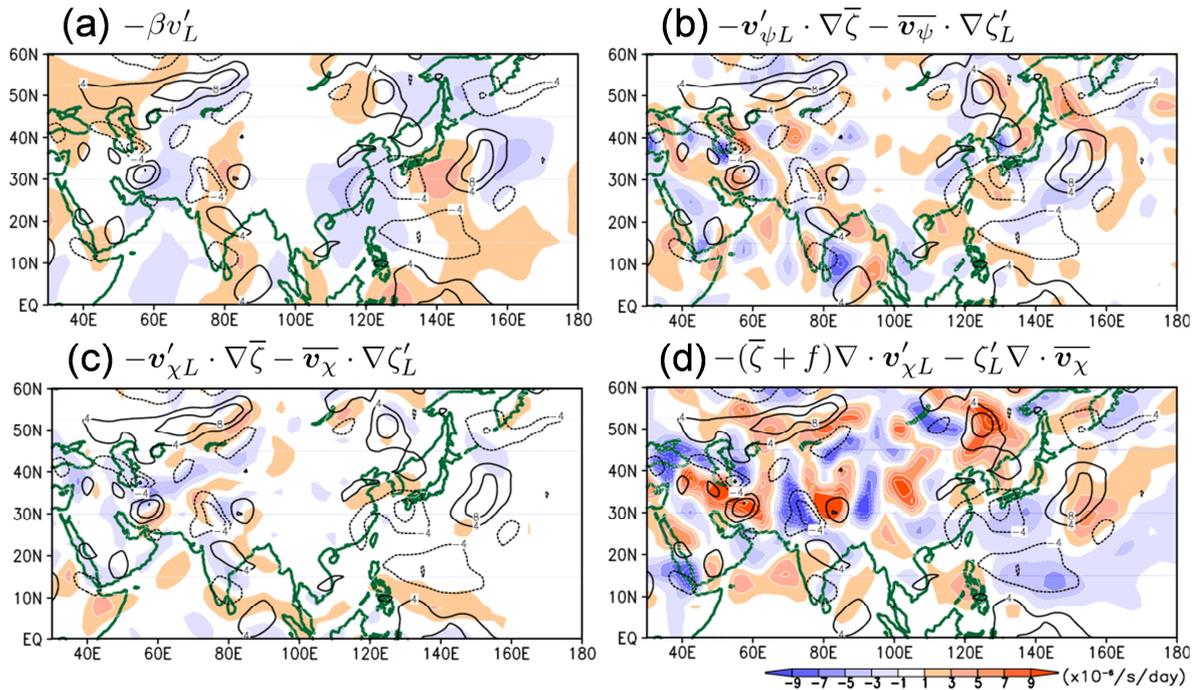
第 3.2.5 図 2013 年 7 ~ 8 月平均 200hPa 速度ポテンシャル平年偏差(陰影)及び 200hPa 発散風平年偏差(矢印)
平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。



第 3.2.7 図 本州南海上($20^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ}\text{E} \sim 140^{\circ}\text{E}$: 第 3.2.6 図黒破線枠)で領域平均した 7 ~ 8 月平均 700hPa 鉛直 p 速度平年偏差の経年変化(1979 ~ 2013 年) 正の値(下側)は下降流偏差を示す。平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。

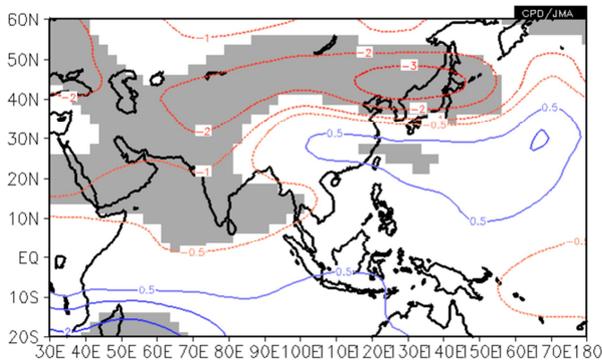


第 3.2.6 図 2013 年 7 ~ 8 月平均 700hPa 鉛直 p 速度平年偏差
正の値(暖色)は下降流偏差を示す。平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。

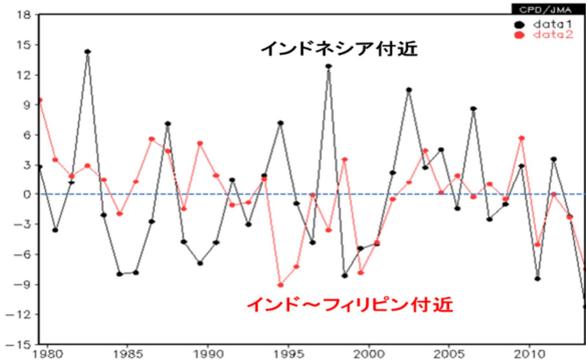


第 3.2.8 図 2013 年 7 ~ 8 月平均 850hPa 渦度収支解析

陰影は(a)惑星渦度移流、(b)回転風による相対渦度移流、(c)発散風による相対渦度移流、(d)収束・発散による渦度変化率の年平均偏差を表す。等値線は相対渦度の年平均偏差を示す(間隔: $4 \times 10^{-6}/s$ 、ただし 0 線は省略)。計算式を各図の上に表示している。ここで、 f : 惑星渦度、 ζ : 惑星渦度の南北勾配、 ζ' : 相対渦度、 v : 南北風、 v : 発散風ベクトル、 v : 回転風ベクトル、ダッシュ・添え字 L: 5 日移動平均値の年平均偏差場の 2013 年 7 ~ 8 月平均、 $\bar{\quad}$: 7 ~ 8 月平均年値を示す。年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。



第 3.2.9 図 インド~フィリピン付近 ($10^{\circ}N \sim 25^{\circ}N$ 、 $70^{\circ}E \sim 130^{\circ}E$: 第 3.2.4 図赤枠) で領域平均した 7 ~ 8 月平均 OLR に対する 200hPa 流線関数の同時回帰係数 $\pm 0.5, 1, 2, 3 \times 10^6 m^2/s$ の等値線を、正值(低気圧性循環)は青色、負値(高気圧性循環)は赤色で表示。灰色は 95%信頼度水準で統計的に有意な領域。統計期間は 1979 ~ 2012 年。



第 3.2.10 図 インド~フィリピン付近(赤線; $10^{\circ}N \sim 25^{\circ}N$ 、 $70^{\circ}E \sim 130^{\circ}E$: 第 3.2.4 図赤枠) 及びインドネシア付近(黒線; $10^{\circ}S \sim 5^{\circ}N$ 、 $90^{\circ}E \sim 150^{\circ}E$: 第 3.2.4 図黒枠) で領域平均した 7 ~ 8 月平均 OLR 年平均偏差の経年変化(1979 ~ 2013 年) 負の値は年より対流活発であることを示す。年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。

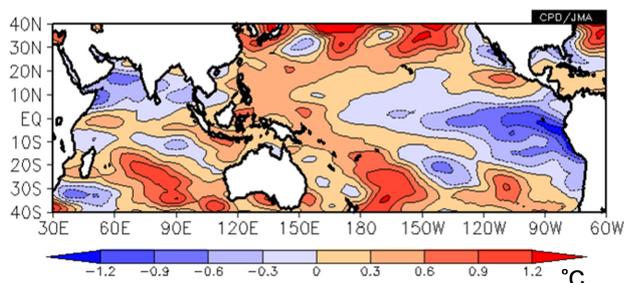
以下、アジアモンスーンの活動が活発となった要因について考察する。第 3.2.10 図はインドからフィリピン付近の領域及びインドネシア付近でそれぞれ領域平均した 7 ~ 8 月平均 OLR 年平均偏差の経年変化であるが、2013 年 7 ~ 8 月の積雲対流活

動はいずれの領域でも 1979 年以降で最も活発な水準であったことがわかる。なお、両者に相関関係はみられなかった(相関係数: $+0.07$; 統計期間: 1979 ~ 2012 年)。

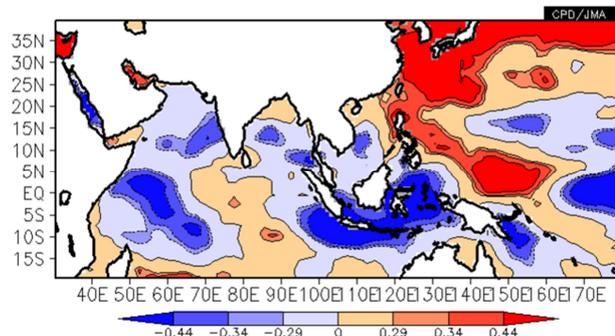
2013 年 7 ~ 8 月の熱帯域の SST はインドネシア

付近から太平洋西部にかけて平年より高かった（第 3.2.11 図）。また、太平洋中・東部の赤道域では平年より低く、太平洋ではラニーニャ現象時に現れやすい偏差パターンとなった。SST と OLR の相関関係から、7～8月にインドネシア付近で SST が高いとき（第 3.2.12 図）あるいはエルニーニョ監視海域(NINO.3)で低いとき（第 3.2.13 図）にはいずれもインドネシア付近で積雲対流活動が活発となる傾向があり、2013 年の特徴とよく一致する。このため、インドネシア付近の活発な対流活動には、インドネシア付近から太平洋西部で平年より高く、太平洋東部で平年より低いという海面水温偏差分布が影響した可能性がある。

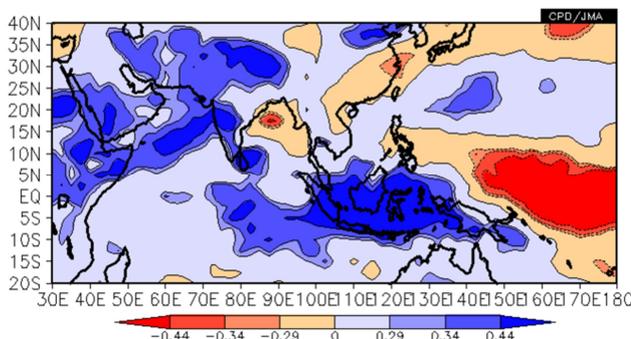
アジアモンスーンは、基本的にユーラシア大陸とインド洋の温度差によって生じ、季節的に交替する大規模な風系である。第 3.2.14 図は、インド洋からユーラシア大陸における地表付近の南北温度勾配を表す指標として、ユーラシア大陸南部（20°N～40°N、50°E～100°E）と北インド洋付近（赤道～20°N、50°E～100°E）のそれぞれで領域平均した 2m 気温平年偏差の差の推移を示す。これによると、2013 年の南北の温度勾配は 5 月後半以降、平年よりかなり大きい状態で推移した。この指標には長期的に明瞭な上昇傾向が見られることもあり（図略）、月平均すると 6 月と 7 月ともに 1979 年以降で最も大きな値となった。したがって、モンスーン期の早い段階から海陸間の温度勾配の大きい状態が持続したことが、活発なアジアモンスーンに関連した可能性があるが、この点についてはさらに調査する必要がある。



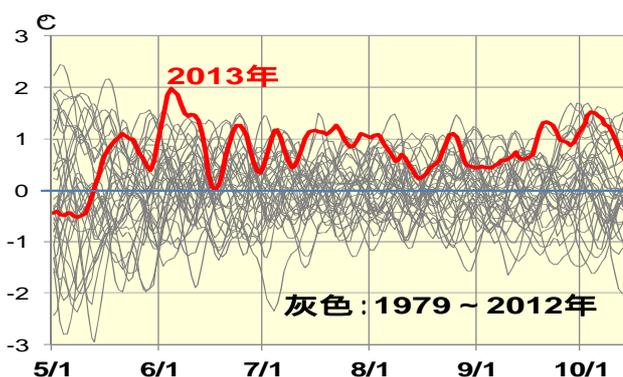
第 3.2.11 図 2013 年 7～8 月平均 SST 平年偏差
平年値は 1981～2010 年の平均値。



第 3.2.12 図 7～8 月平均した OLR と SST の同時相関係数
青（赤）色は負（正）相関の領域で、SST 高温時にその上空の積雲対流活動が活発（不活発）傾向であることを示す。 $\pm 0.29, 0.34, 0.44$ はそれぞれ 90, 95, 99% の信頼度水準で統計的に有意であることに相当。統計期間は 1979～2012 年。



第 3.2.13 図 7～8 月平均した OLR とエルニーニョ監視海域（5°S～5°N、150°W～90°W）SST との同時相関係数
青（赤）色は正（負）相関の領域で、エルニーニョ監視海域の SST 低（高）温時に積雲対流活動が活発（不活発）傾向であることを示す。 $\pm 0.29, 0.34, 0.44$ はそれぞれ 90, 95, 99% の信頼度水準で統計的に有意であることに相当。統計期間は 1979～2012 年。



第 3.2.14 図 インド洋～ユーラシア大陸における 2m 気温平年偏差の南北差の推移（5 月 1 日～10 月 15 日）
20°N～40°N、50°E～100°E で領域平均した 2m 気温平年偏差から赤道～20°N、50°E～100°E で領域平均した 2m 気温平年偏差を引いた値。正（負）の値は、大陸と海洋間の温度傾度が平年より大きい（小さい）ことを示す。赤線は 2013 年、灰色線は 1979～2012 年の各年。5 日移動平均値。平年値は 1981～2010 年の平均値。

3.3 大雨や少雨をもたらした要因

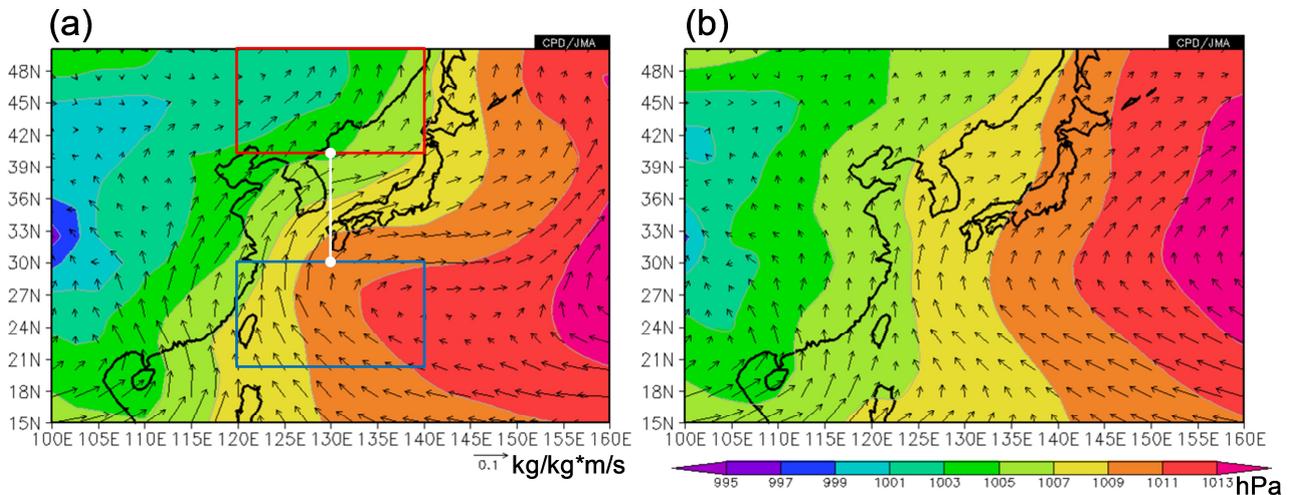
第3.1節で述べたとおり、2013年夏は日本海側の地域を中心に多雨となった。太平洋高気圧が本州南海上から沖縄・奄美を中心に勢力の強い状態が続いたため(第3.2.1図(a))、太平洋高気圧の周縁を吹く暖かく湿った空気が東北地方と日本海側の地域に流れ込みやすくなり大雨になったと考えられる(第3.3.1図(a))。また、中国北東部の顕著な低気圧偏差は、本州南海上の優勢な太平洋高気圧との間の南北の気圧勾配を強めることで、日本海側の地域における西寄りの水蒸気フラックスの強化に寄与した可能性がある(第3.3.2図)。

そのほか、7月下旬など偏西風の蛇行に伴って上空に寒気が流入するときがあり、そのため大気の状態が不安定になったことも大雨が降りやすい状況をもたらしたとみられる。さらに、日本海海面水温が平年よりかなり高かったことから(第3.2.3図)大量の水蒸気を含んだ空気がほとんど

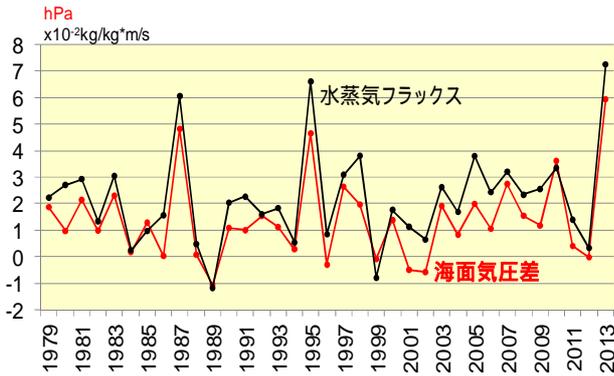
水蒸気を失わずに東北地方まで達しやすい状況となり、このことが大雨に寄与した可能性がある。

一方、高気圧に覆われやすかった沖縄・奄美や西・東日本太平洋側では、雨の少ない状態が続いた。太平洋側の地域では、平年では本州東海上を中心とする太平洋高気圧の周縁に沿って南から水蒸気が流入するが(第3.3.1図(b))、2013年は太平洋高気圧の勢力が本州南海上で強く、南からの水蒸気が流入しにくかったことが(第3.3.1図(a))、少雨の一因と考えられる。

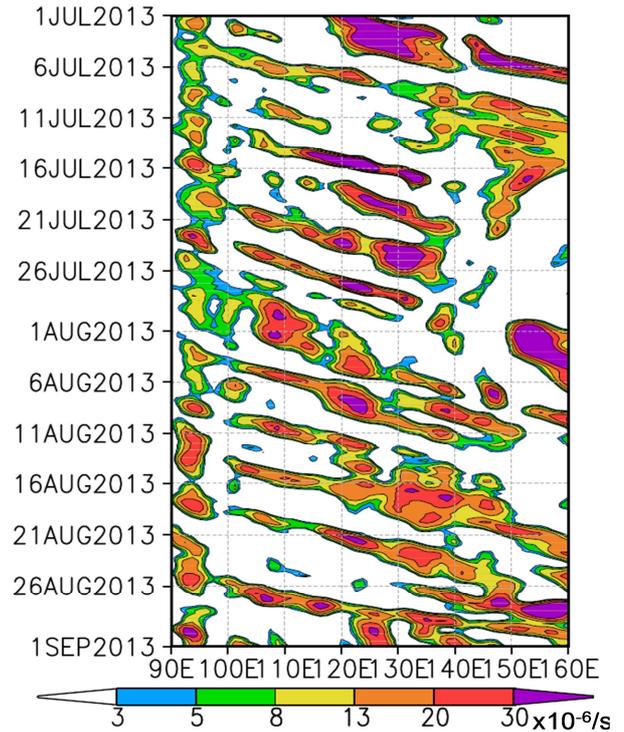
本節の最後に、第3.1節で述べたアムール川流域の多雨をもたらした循環場について簡単に触れる。アムール川流域では、低気圧がたびたび通過し(第3.3.3図、第3.3.4図)多雨となった。上述の中国北東部付近での顕著な低気圧偏差は、この活発な低気圧の活動に対応していると考えられる。



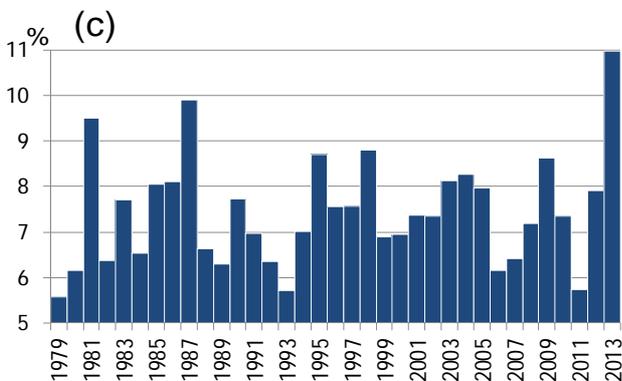
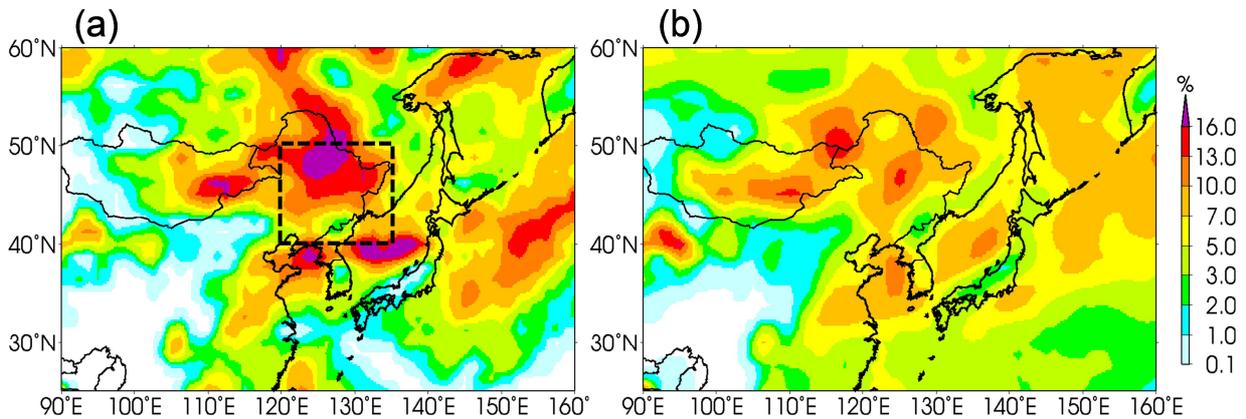
第3.3.1図 (a)2013年及び(b)平年の7～8月平均海面気圧(陰影)及び925hPa水蒸気フラックス(矢印) 平年値は1981～2010年の平均値。



第 3.3.2 図 第 3.3.1 図(a)の青枠 (20°N ~ 30°N, 120°E ~ 140°E) と赤枠 (40°N ~ 50°N, 120°E ~ 140°E) で領域平均した海面気圧の差 (赤線) 及び同図の白線 (30°N ~ 40°N, 130°E) を横切る 925hPa 東向き水蒸気フラックス (黒線) の 7 ~ 8 月平均値の経年変化 (1979 ~ 2013 年)
両者の相関係数は +0.91 (統計期間: 1979 ~ 2012 年)。



第 3.3.3 図 40°N ~ 50°N 平均 850hPa 相対渦度の時間 - 経度断面図 (2013 年 7 月 1 日 ~ 9 月 1 日)



第 3.3.4 図 (a)2013 年と(b)平年の 7 ~ 8 月の低気圧の存在頻度の分布及び(c)中国北東部付近 (40°N ~ 50°N, 120°E ~ 135°E; (a)の黒破線枠) における 7 ~ 8 月の低気圧の存在頻度の経年変化 (1979 ~ 2013 年)
1.25 度格子、6 時間ごとに、850hPa 相対渦度が $40 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 以上の閉領域を低気圧として抽出し、期間内に低気圧が存在した頻度を集計した (詳細は Inatsu 2009、Inatsu and Amada 2013 を参照)。平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。

3.4 8月上旬後半～中旬前半の顕著な高温をもたらした要因

8月上旬後半～中旬前半は、太平洋高気圧が沖縄・奄美から西・東日本で強まるとともに、亜熱帯ジェット気流が北へ蛇行したことに対応してチベット高気圧の本州付近への張り出しが強まった(第3.4.1図)。それにより、高気圧に覆われて晴れたことや高気圧に伴う下降流によって気温が上昇した。

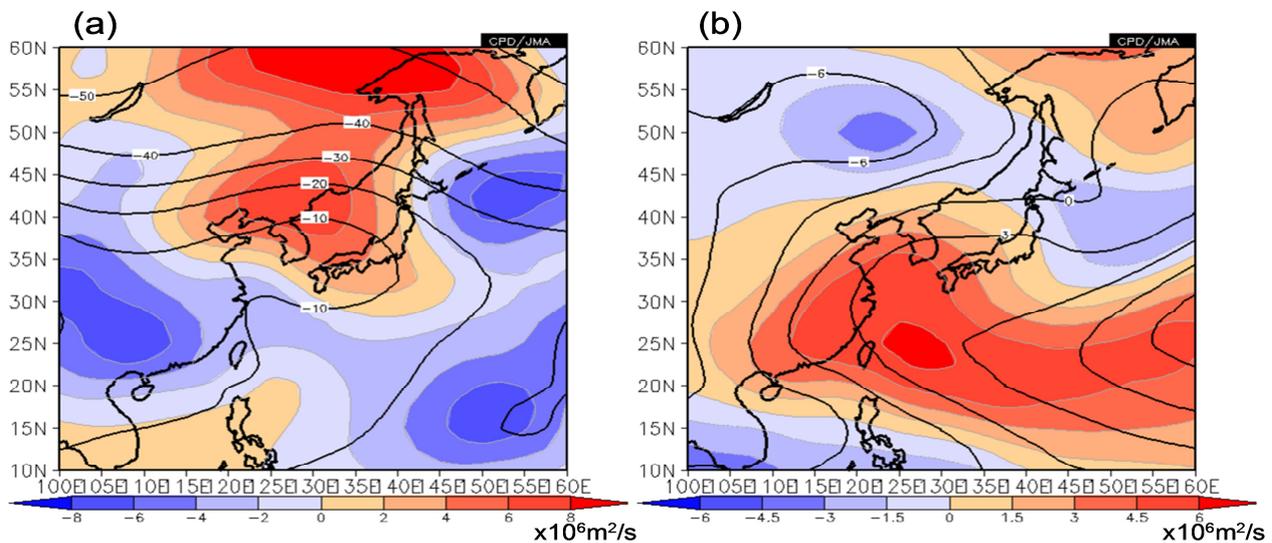
また、西に強く張り出した太平洋高気圧の周りを流れる風が、平年と比べて非常に暖かかった中国東部～東シナ海の空気を西・東日本に移流させた(第3.4.2図)。さらに、平年では西・東日本の太平洋側は南寄りの海風が卓越するが(第3.4.2図(b))、2013年は西寄りあるいは北寄りの流れとなったため海風の入りにくい状態であった(第3.4.2図(a))。これらも顕著な高温に寄与したと考えられる。

気温の変動の要因を詳細にみるため、第3.4.3図に西日本付近における断熱加熱と水平温度移流

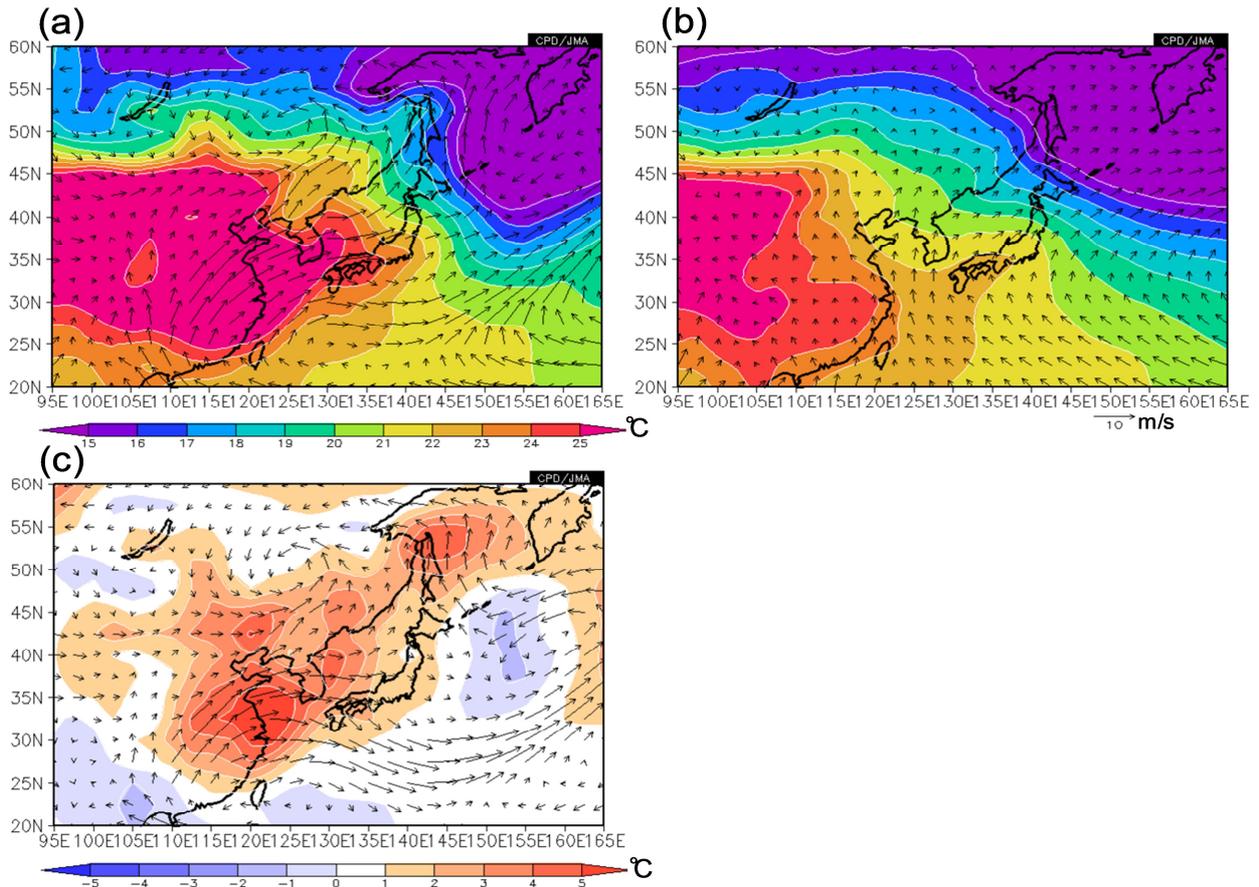
の寄与及び地表面短波放射フラックスの推移を示す。西日本付近では、8月に入って水平暖気移流の寄与が卓越するようになり、6日頃に最も大きくなったことがわかる。さらに8日頃以降、背の高い高気圧に覆われたことに対応して、断熱加熱と日射の効果も加わったことが顕著な高温につながったと考えられる。

また、水平暖気移流に対して気温平年偏差と風平年偏差の寄与を評価すると、両者が同時に現れたことが重要であった(第3.4.4図;風平年偏差・気温平年偏差(d)の項が卓越)。これは、中国東部～東シナ海の高温度偏差と西に張り出した太平洋高気圧の北側の西風偏差がともに暖気移流に寄与したことを示しており、前述の内容と整合している。

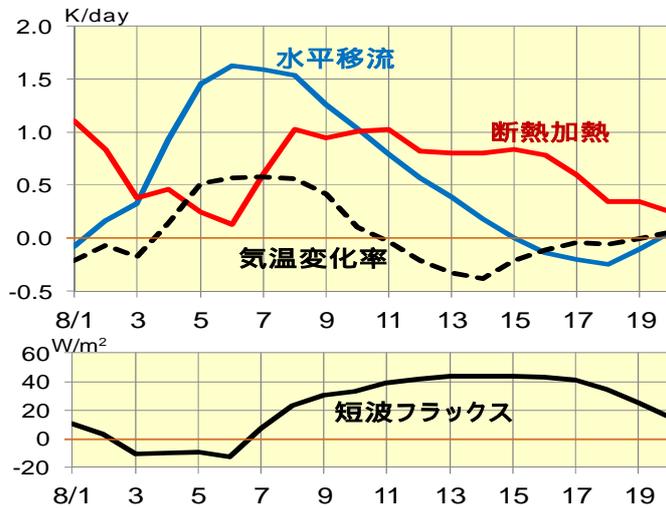
そのほか、太平洋側を中心に、日照時間が長く、また、南寄りの海風が入りにくいなど、ヒートアイランド現象などの都市化の影響が強まりやすい気象条件であったため、太平洋側の都市部では高温がさらに強められたと考えられる(第3.4.5図)。



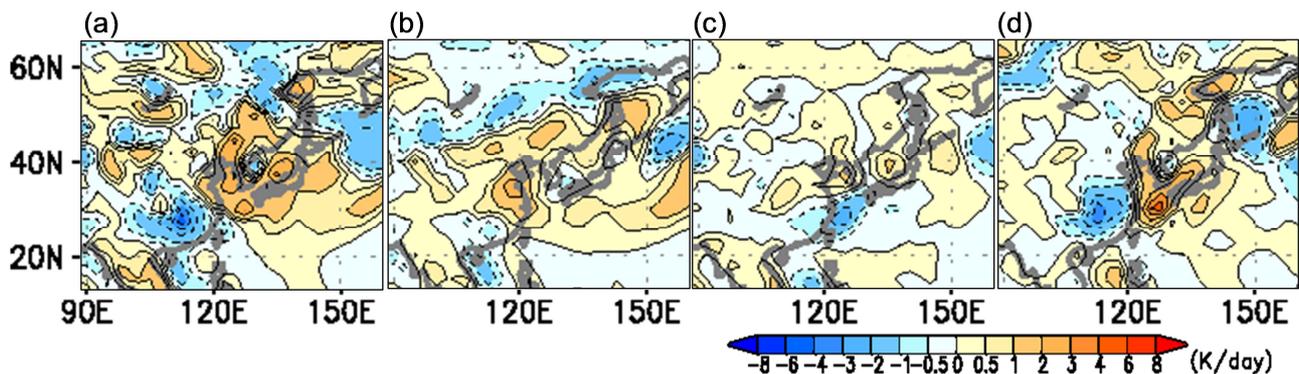
第3.4.1図 2013年8月7～13日平均(a)200hPa及び(b)850hPa 流線関数
陰影は平年偏差。等値線間隔は(a) $10 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 、(b) $3 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 。平年値は1981～2010年の平均値。



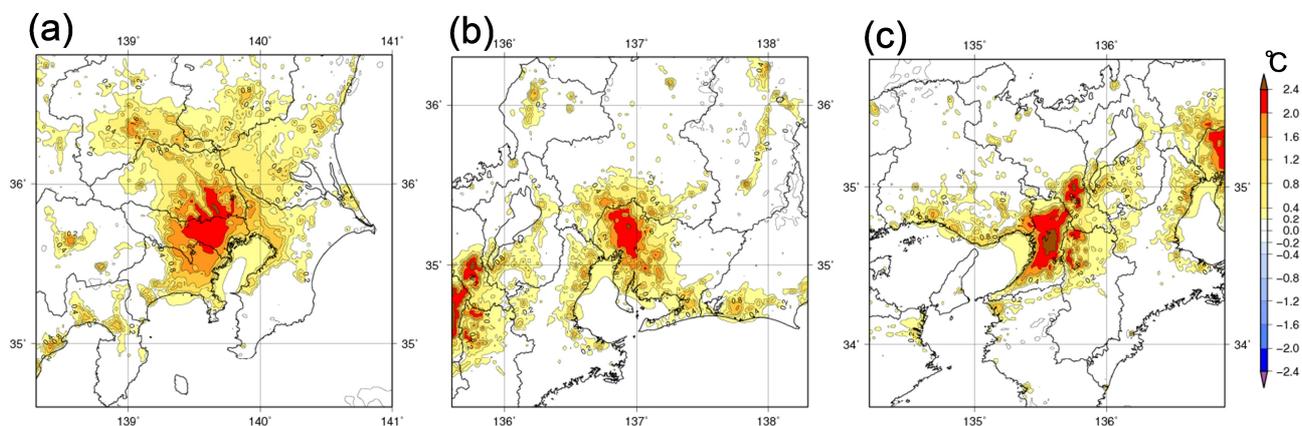
第 3.4.2 図 2013 年 8 月 4 ~ 10 日平均 925hPa 気温及び風ベクトル
(a)実況、(b)平年値 (1981 ~ 2010 年の平均値)、(c)平年偏差。



第 3.4.3 図 西日本付近 (30°N ~ 37.5°N、130°E ~ 137.5°E) における (上段) 925hPa 気温平年偏差変化率 (黒線)、水平温度移流平年偏差 (青線)、断熱加熱平年偏差 (赤線) 及び (下段) 地表面下向き短波放射フラックス平年偏差の推移 (2013 年 8 月 1 ~ 20 日) 6 時間ごとのデータから評価。5 日移動平均値。平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。



第 3.4.4 図 2013 年 8 月 4 ~ 10 日平均 925hPa 水平温度移流平年偏差
 水平温度移流の各項の大きさを評価した。(a)全項(非定常擾乱の寄与を含む)、(b)風平年偏差・気温平年値、(c)
 風平年値・気温平年偏差、(d)風平年偏差・気温平年偏差による寄与。平年値は 1981 ~ 2010 年の平均値。



第 3.4.5 図 2013 年 8 月の気温に対する都市化の効果の寄与
 (a)関東地方、(b)中部地方、(c)近畿地方。気象庁非静力学都市気候モデル(Aoyagi and Seino 2011)を用いて、都
 市化の効果がある場合とない場合のシミュレーションを行い、両者の気温の差を示す。都心部では数度程度の気温
 上昇の影響がみられる。

3.5 気温の長期変化傾向

都市化の影響が比較的少ないと考えられる 15
 の観測地点³で平均した日本の夏の平均気温は、統
 計を開始した 1898 年以降長期的に上昇している
 (第 3.5.1 図)。また、日最高気温 35 以上の猛
 暑日の年間日数は 1931 年以降増加傾向が明瞭に
 現れている(第 3.5.2 図)。これらの長期的な傾向
 には、二酸化炭素などの温室効果ガスの増加に伴
 う地球温暖化の影響が現れているとみられる。近
 年、夏季に高温が現れやすくなっている背景には、
 地球温暖化が影響していると考えられる。

3.6 まとめ

2013 年 7 ~ 8 月の日本の極端な天候をもたら
 した主な要因の概念図を第 3.6.1 図に示す。2013
 年 7 ~ 8 月は、優勢な太平洋高気圧とチベット高
 気圧により、西日本を中心に顕著な高温となった。
 また、日本海側の地域では、西に張り出した太平
 洋高気圧の縁辺を回る暖かく湿った空気が流入し、
 たびたび大雨となった。太平洋高気圧、チベット
 高気圧が平年より強まったのは、アジアモンス
 ーンの活動が広い範囲で活発だったことが影響し
 たとみられる。アジアモンスーンの活動が活発な
 ったのは、インドネシア付近や太平洋西部で海面
 水温が平年より高く、太平洋東部で低かったこ
 とが寄与した可能性がある。

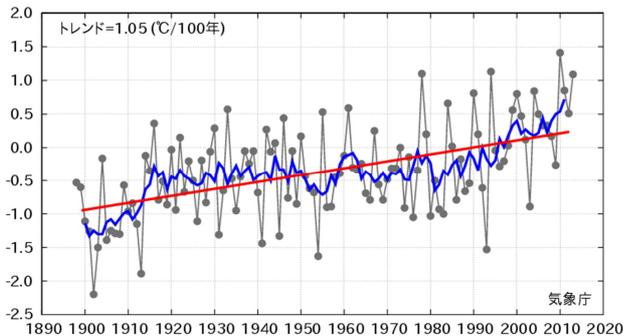
³ 網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、
 境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島の 15 地
 点

参考文献

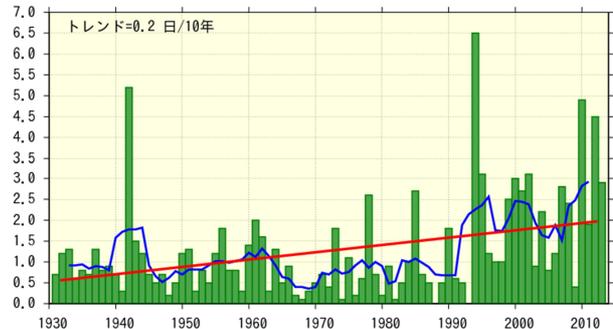
Aoyagi, T. and N. Seino, 2011: A square prism urban canopy scheme for the NHM and its evaluation on summer conditions in the Tokyo metropolitan area, Japan. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **50**, 1476-1496.
 Inatsu, M, 2009: The neighbor enclosed area tracking algorithm for extratropical wintertime cyclones.

Atmos. Sci. Lett., **10**, 267-272.

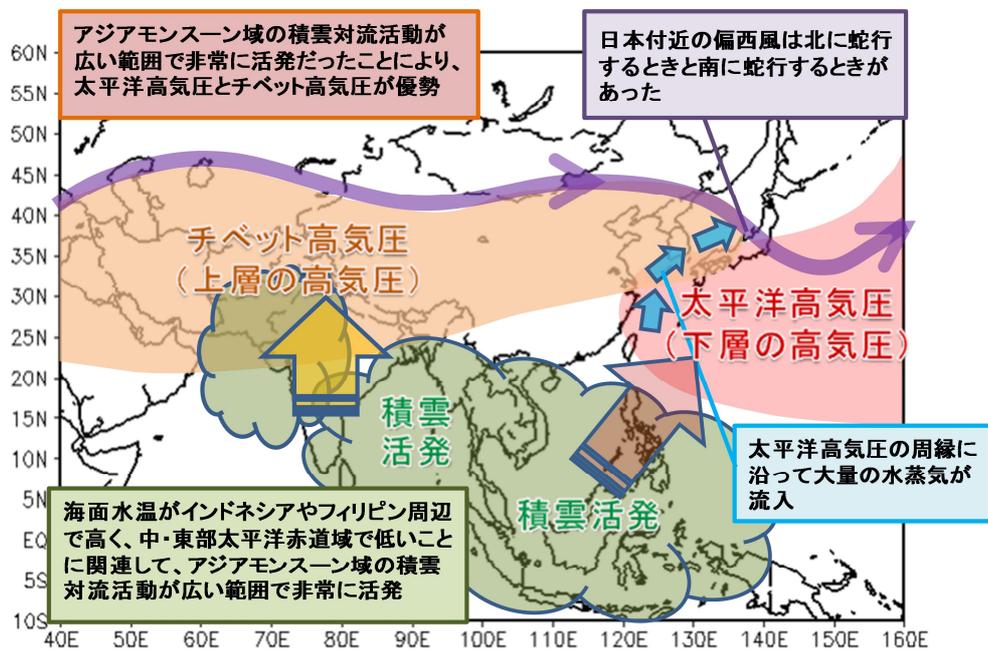
Inatsu, M. and S. Amada, 2013: Dynamics and geometry of extratropical cyclones in the upper troposphere by a neighbor enclosed area tracking algorithm. *J. Climate*, **26**, 8641-8653.



第 3.5.1 図 日本における夏(6~8月)平均気温の経年変化(1898~2013年)(単位:)
 細線(黒)は、都市化の影響が比較的少ないとみられる気象庁の15観測地点での各年の夏平均気温の基準値からの偏差を平均した値を示す。太線(青)は偏差の5年移動平均値、直線(赤)は長期的な変化傾向を示す。基準値は1981~2010年の平均値。



第 3.5.2 図 日最高気温 35 以上(猛暑日)の年間日数の経年変化(1931~2013年、1地点あたりに換算)棒グラフ(緑)は各年の値、折れ線(青)は5年移動平均値、直線(赤)は長期的な変化傾向を示す。都市化の影響が比較的少ないとみられる気象庁の13観測地点(第3.5.1図で利用した15観測地点のうち、期間内に移転のあった宮崎と飯田を除く)のデータで解析。



第 3.6.1 図 2013 年 7 ~ 8 月の日本の極端な天候をもたらした要因の概念図