

2 2016 年の気候系の特徴

2.1 日本の天候

2016 年の日本の天候の主な特徴は以下のとおりである。

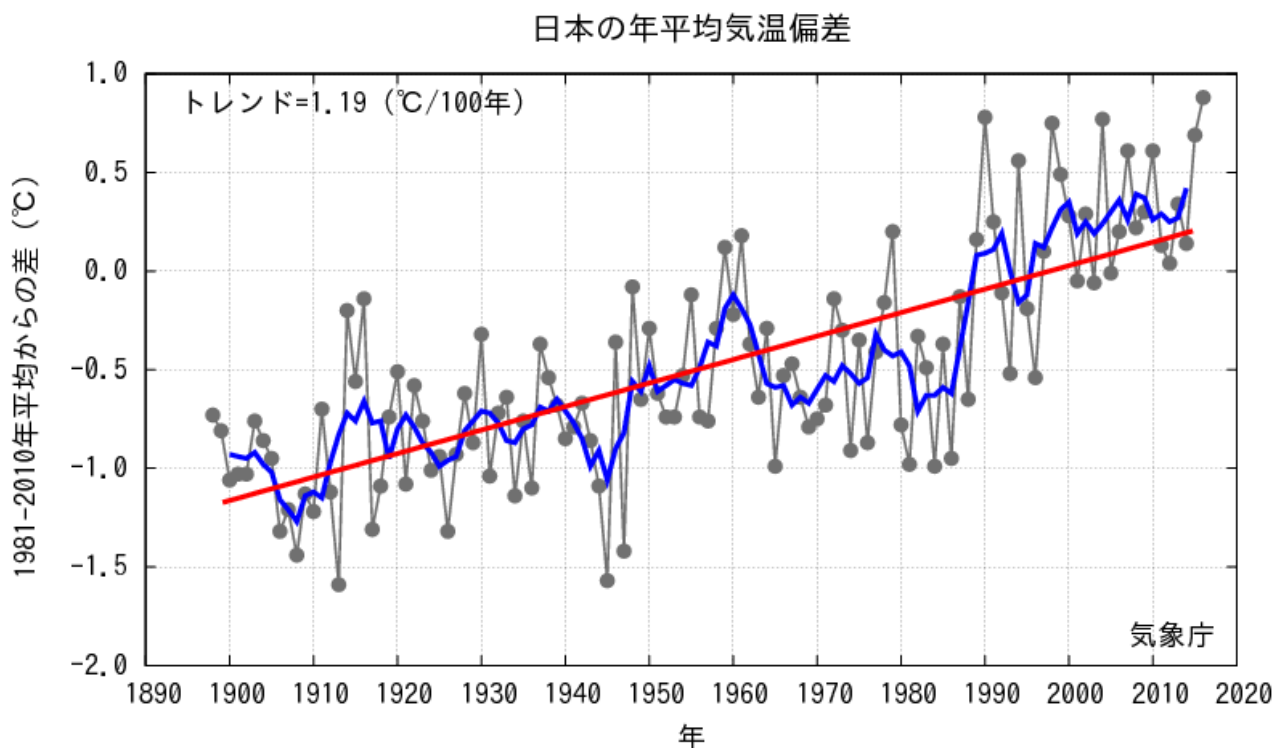
- 高温が持続し、年平均気温は東日本以西でかなり高く、北日本で高かった。
- 北日本では、8月に4個の台風が相次いで上陸し、大雨や暴風となった。
- 秋に西日本で顕著な多雨寡照となった。

2.1.1 年平均気温の経年変化

都市化の影響の小さい全国 15 地点で平均した 2016 年の日本の年平均気温偏差は $+0.88^{\circ}\text{C}$ で、統計

を開始した 1898 年以降で最も高い値となった。長期的には、日本の年平均気温は 100 年あたり約 1.19°C (統計期間: 1898~2016 年) の割合で上昇している (第 2.1-1 図)。

2016 年の記録的な高温は、第 2.1-3 項の(1)から(4)に記述する各季節の大気循環場によってもたらされ、年間を通じて、ほぼ全国的に高温傾向が続いたことが主な要因である。また背景には、地球温暖化や 2015/2016 年冬にピークを迎えたエルニーニョ現象の影響により対流圏全体の大気が暖められたことが要因として考えられる。



第 2.1-1 図 日本の年平均気温偏差($^{\circ}\text{C}$)の経年変化

黒丸は各年の平均気温の基準値からの偏差、太線(青)は偏差の 5 年移動平均、直線(赤)は長期的な変化傾向を表す。基準値は 1981~2010 年の平均値。

2.1.2 年平均気温、年降水量、年間日照時間(第 2.1-1 表、第 2.2-2 図、第 2.1-3 図)

北日本の秋を除き、全国的に高温傾向が続いた。年平均気温は東・西日本、沖縄・奄美でかなり高く、北日本で高かった。東日本では、平年差+1.0℃となり 1946 年の統計開始以降で 2004 年と並んで、最も高かった。全国 154 の気象台、測候所のうち 16 地点で年平均気温の高い方から 1 位の値を更新し、34 地点で 1 位タイを記録した(第 2.1-2 表)。

年降水量は、8 月に北日本に台風が相次いで接近・上陸したこと、秋に西日本中心に低気圧や前線及び台風の影響を受けやすかったこと、2015/16 年冬に沖縄・奄美では低気圧の影響を受けやすかったことなどにより、北日本太平洋側、西日本、沖縄・奄美でかなり多く、北日本日本海側で多かった。室戸岬では年降水量の多い方から 1 位の値を更新した。東日本は平年並だった。

年間日照時間は、西日本では少なかった一方、春は北日本を中心に高気圧に覆われやすかったことから、北日本や東日本日本海側では多かった。東日本太平洋側と沖縄・奄美は平年並だった。

2.1.3 季節別の天候の特徴

(1)冬(2015 年 12 月～2016 年 2 月)(第 2.1-4 図(a))

- 全国的に暖冬となった。
- 全国的に降水量が多く、沖縄・奄美では記録的な多雨となった。
- 日本海側の降雪量はほぼ全国的に少なかった。

冬の後半に寒気の影響を受けた時期もあったが、冬型の気圧配置は長続きしなかったため、全国的に気温が高く暖冬となった。特に、東・西日本の冬の平均気温はかなり高かった。低気圧や前線の影響で、全国的に降水量が多く、特に沖縄・奄美では、平年比 188%となり、1946/47 年の統計開始以降で最も多かった。日本海側の冬の降雪量は、冬型の気圧配置が長続きしなかったため、ほぼ全国的に少なかったが、1 月下旬の強い寒気の影響で、九州北部地方ではかなり多くなった。

平均気温:全国的に高く、東・西日本はかなり高かった。

降水量:全国的に多く、西日本と沖縄・奄美ではかなり多かった。

日照時間:沖縄・奄美でかなり少なく、北・西日本日本海側で少なかった。北・西日本太平洋側と東日本は平年並だった。

(2)春(2016 年 3～5 月)(第 2.1-4 図(b))

○全国的に顕著な高温となった。

○西日本太平洋側と沖縄・奄美の降水量は多く、北日本太平洋側と東日本日本海側で少なかった。

○北・西日本と東日本日本海側の日照時間は多かった。

日本の南と日本の東で高気圧が強く、南から暖かい空気が流れ込んだため、春の平均気温は全国的にかなり高かった。春の降水量は、4 月に低気圧や前線の影響を受けやすかった西日本太平洋側と沖縄・奄美では多くなった。一方、3 月と 5 月に移動性高気圧に覆われて晴れる日が多かった北日本太平洋側では少なく、東日本日本海側ではかなり少なかった。また、春の日照時間は、東日本日本海側ではかなり多く、北・西日本で多かった。

平均気温:全国的にかなり高かった。

降水量:東日本日本海側ではかなり少なく、北日本太平洋側で少なかった。一方、西日本太平洋側と沖縄・奄美では多かった。北日本日本海側と東日本太平洋側、西日本日本海側は平年並だった。

日照時間:北・西日本で多く、東日本日本海側ではかなり多かった。東日本太平洋側、沖縄・奄美は平年並だった。

(3)夏(2016 年 6～8 月)(第 2.1-4 図(c))

○全国的に暑夏となり、特に沖縄・奄美では記録的な高温となった。

○北日本太平洋側は記録的な多雨となった。

○ほぼ全国的に日照時間が多かった。

日本付近は暖かい空気に覆われやすく、全国的に夏の平均気温は高かった。特に、沖縄・奄美では、日

照時間が多く日射が強かったことから、夏の平均気温は平年差+1.1℃となり 1946 年の統計開始以降、最も高かった。北日本では、6 月は低気圧の影響を受けやすく、8 月は台風が相次いで接近・上陸したこと及び前線や湿った気流の影響で、降水量がかなり多かった。特に、北日本太平洋側では、夏の降水量は平年比 163%となり、1946 年の統計開始以降最も多かった。台風は、第 7 号、第 11 号、第 9 号が相次いで北海道に上陸し、第 10 号が岩手県に上陸した。台風の影響で、東日本から北日本を中心に、大雨や暴風となり、特に北海道と岩手県では記録的な大雨となり、河川の氾濫、浸水害、土砂災害などが発生した。西日本では、6 月上旬から 7 月中旬にかけての梅雨期に梅雨前線の活動が活発だった影響で、太平洋側を中心に度々大雨となり、西日本太平洋側の夏の降水量は多かった(第 2.1-3 表)。6 月下旬頃は、九州を中心に断続的に大雨になり、土砂災害、浸水害等大きな災害が発生した。夏を通して、平均的には日本付近は高気圧に覆われやすかったため、夏の日照時間は、ほぼ全国的に多かった。

平均気温: 沖縄・奄美でかなり高く、北・東・西日本でも高かった。

降水量: 北日本でかなり多く、西日本太平洋側でも多かった。一方、沖縄・奄美で少なかった。東日本、西日本日本海側では平年並だった。

日照時間: 北・東日本日本海側、西日本、沖縄・奄美で多かった。北・東日本太平洋側では平年並だった。

(4) 秋(2016 年 9~11 月)(第 2.1-4 図(d))

○西日本と沖縄・奄美では記録的な高温となった。
一方、北日本は低温だった。

○西日本では降水量がかなり多かった

○全国的に日照時間が少なく、西日本では記録的な寡照となった。

○北日本は低温だった。

西日本と沖縄・奄美では寒気の影響が弱く、南から暖かい空気が流れ込んだため、秋の平均気温はかなり高く、沖縄・奄美で平年差+1.3℃、西日本で+1.2℃となり、統計を開始した 1946 年以降で最も高い記録となった。一方、北日本では 9 月は高温となったが、10 月からは断続的に大陸からの強い寒気が流れ込んだため、秋の平均気温は 2002 年以来 14 年ぶりに低温となった。西日本では、低気圧と台風や前線の影響で、秋の降水量はかなり多く、特に、西日本日本海側で平年比 173%となり、1946 年の統計開始以降で最も多かった。全国的に低気圧や前線などの影響で、秋の日照時間が少なく、特に、西日本日本海側で平年比 74%、西日本太平洋側で平年比 82%となり、いずれも 1946 年の統計開始以降で最も少なかった

平均気温: 西日本、沖縄・奄美でかなり高く、東日本で高かった。北日本で低かった。

降水量: 西日本でかなり多く、東日本太平洋側、沖縄・奄美で多かった。北日本では少なかった。東日本日本海側では平年並だった。

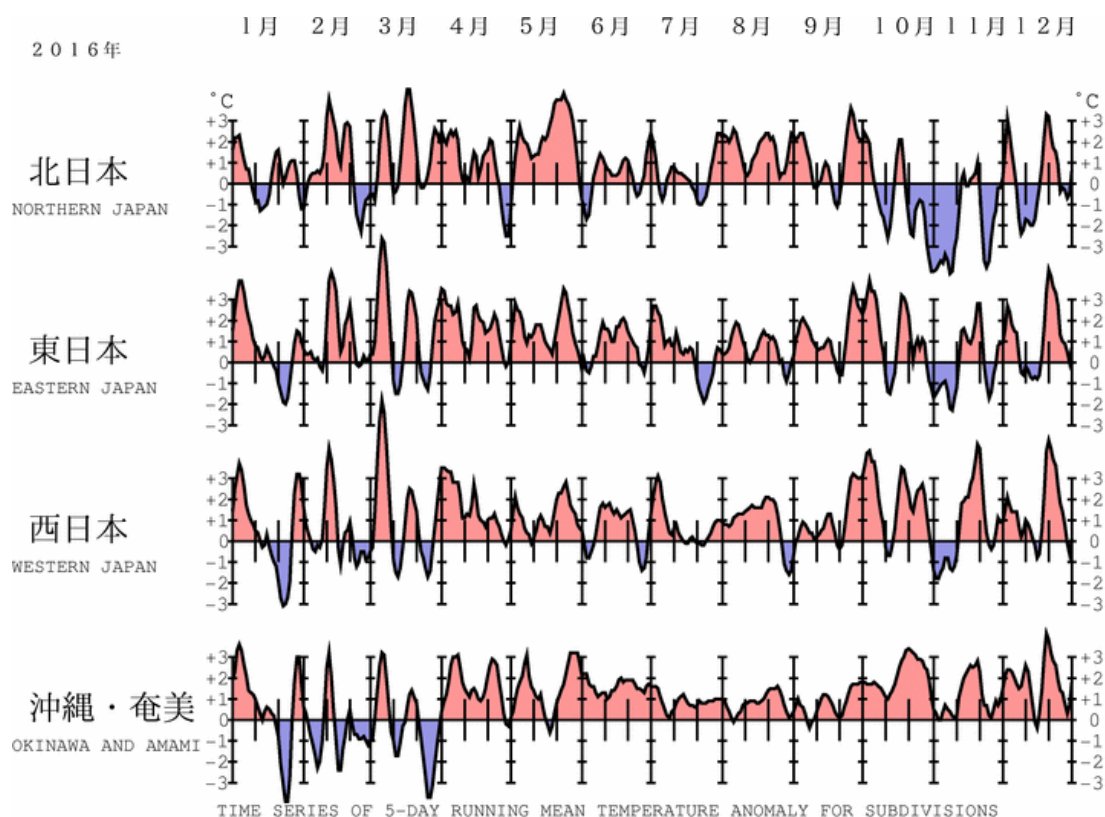
日照時間: 北日本日本海側、東日本太平洋側、西日本でかなり少なく、北日本太平洋側、東日本日本海側、沖縄・奄美で少なかった。

第 2.1-1 表 年平均気温、年降水量、年間日照時間の地域平均平年差(比)と階級(2016 年)

本文中の北・東・西日本の降水量・日照時間の特徴は、日本海側・太平洋側の階級に基づいて記述している。

	気温 平年差 ℃ (階級)	降水量 平年比 % (階級)	日照時間 平年比 % (階級)		気温 平年差 ℃ (階級)	降水量 平年比 % (階級)	日照時間 平年比 % (階級)
北日本	0.6 (+)	114 (+) 日 110 (+) 太 117 (+)*	103 (+) 日 102 (+) 太 104 (+)	北海道	0.4 (+)	124 (+)* 日 114 (+) 才 141 (+)* 太 128 (+)*	102 (0) 日 100 (0) 才 100 (0) 太 104 (+)
				東北	0.9 (+)*	101 (0) 日 102 (0) 太 101 (0)	105 (+) 日 106 (+) 太 105 (+)
東日本	1.0 (+)*	105 (0) 日 98 (0) 太 107 (0)	102 (0) 日 106 (+) 太 101 (0)	関東甲信	1.0 (+)*	107 (+)	101 (0)
				北陸	0.9 (+)*	98 (0)	106 (+)
				東海	1.0 (+)*	107 (0)	102 (0)
西日本	1.0 (+)*	125 (+)* 日 123 (+)* 太 127 (+)*	99 (0) 日 98 (-) 太 99 (-)	近畿	1.0 (+)*	114 (+) 日 106 (+) 太 118 (+)	103 (+) 日 105 (+) 太 103 (+)
				中国	0.9 (+)*	119 (+)* 陰 106 (0) 陽 134 (+)*	98 (0) 陰 100 (0) 陽 96 (-)
				四国	1.1 (+)*	126 (+)	99 (0)
				九州北部	1.1 (+)*	132 (+)*	96 (-)
				九州南部	1.0 (+)*	128 (+)*	99 (0)
				本 奄美	1.0 (+)* 1.0 (+)*	本 133 (+)* 奄 107 (+)	本 99 (0) 奄 102 (0)
沖縄・奄美	1.0 (+)*	118 (+)*	101 (0)	沖縄	1.0 (+)*	123 (+)*	101 (0)

階級表示 (-):低い(少ない) (0):平年並 (+):高い(多い) 地域表示 日:日本海側 陰:山陰 本:本土(九州南部)
(*)はかなり低い(少ない)、かなり高い(多い)を表す オ:オホーツク海側 陽:山陽 奄:奄美
太:太平洋側



地域平均気温平年差の5日移動平均時系列

第 2.1-2 図 地域平均気温平年差の5日移動平均時系列(2016 年 1 月~12 月)

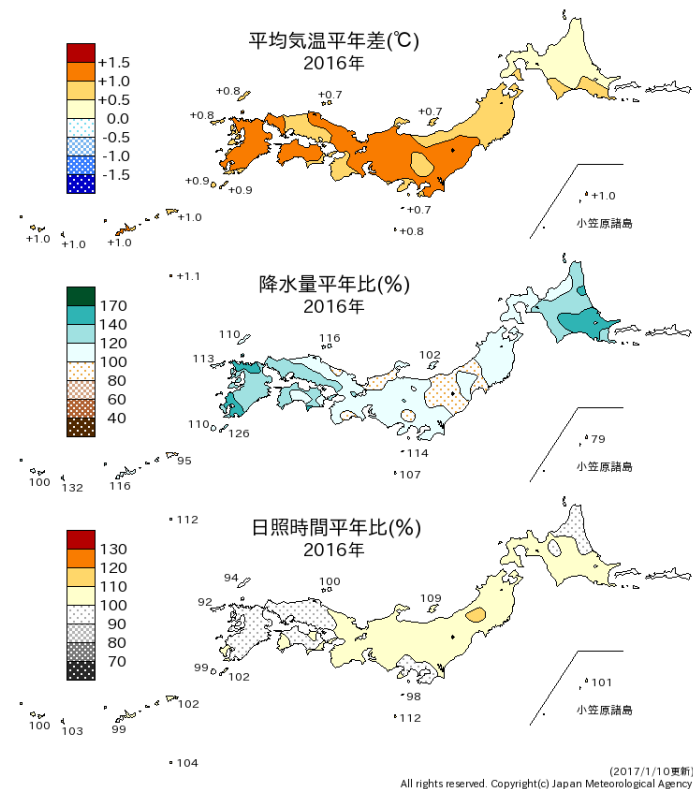
第 2.1-2 表 観測史上 1 位の値(月・季節、年別値)の更新地点数(平均気温、降水量、日照時間)(2016 年)

全国 154 の気象官署及び特別地域気象観測所のうち、各要素の記録を更新した地点数を示す。タイはこれまでの記録と同じ値となった地点数。地域は更新及びタイ記録の地点数の合計が地域内で 5 地点以上ある地域を記載した。

(気温)北:北日本、東:東日本、西:西日本、沖奄:沖縄・奄美

(降水量、日照時間)北日:北日本日本海側、北太:北日本太平洋側、東日:東日本日本海側、東太:東日本太平洋側、西日:西日本日本海側、西太:西日本太平洋側、沖奄:沖縄・奄美

	平均気温(地点)		降水量(地点)		日照時間(地点)	
	高い記録	低い記録	多い記録	少ない記録	多い記録	少ない記録
1 月			5 沖奄			3
2 月	1		1		1	2
冬	13、6 タイ 東・西		9 西太			
3 月	3、3 タイ		8 東日			
4 月	2		2			
5 月	25、5 タイ 北					
春	14、5 タイ 東		1		1	
6 月	1		6			
7 月	1、3 タイ			1		
8 月	3、2 タイ		8 北太		6、1 タイ	
夏	7、2 タイ 沖奄		8 北太			
9 月	1		1	1 タイ		8 西日
10 月	40、1 タイ 西、沖奄		1		1	12 西日
11 月		1、1 タイ				1
秋	22、7 タイ 西、沖奄	1、2 タイ	2、1 タイ	1		18 西日
12 月	5 沖奄		2	1		
年	16、34 タイ 東・西		1			



第 2.1-3 図 年平均気温、年降水量、年間日照時間の平年差(比)の分布(2016 年)

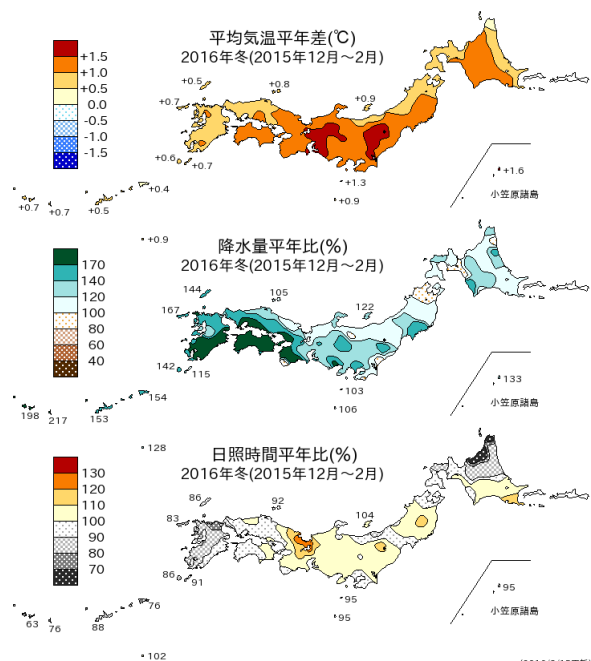
第2.1-3表 梅雨入り・梅雨明けの時期(2016年)

地方名	梅雨入り(注1)	平 年	梅雨明け(注1)	平 年	梅雨時期の降水量平年比と階級(注2)
沖 縄	5月16日ごろ(+)	5月 9日ごろ	6月16日ごろ(-)*	6月23日ごろ	84%(0)
奄 美	5月16日ごろ(+)	5月11日ごろ	6月18日ごろ(-)*	6月29日ごろ	103%(0)
九州南部	5月24日ごろ(-)	5月31日ごろ	7月18日ごろ(0)	7月14日ごろ	147%(+)*
九州北部	6月 4日ごろ(-)	6月 5日ごろ	7月18日ごろ(0)	7月19日ごろ	117%(0)
四 国	6月 4日ごろ(0)	6月 5日ごろ	7月18日ごろ(0)	7月18日ごろ	132%(+)
中 国	6月 4日ごろ(-)	6月 7日ごろ	7月18日ごろ(0)	7月21日ごろ	106%(0)
近 畿	6月 4日ごろ(-)	6月 7日ごろ	7月18日ごろ(0)	7月21日ごろ	103%(0)
東 海	6月 4日ごろ(-)	6月 8日ごろ	7月28日ごろ(+)	7月21日ごろ	89%(0)
関東甲信	6月 5日ごろ(-)	6月 8日ごろ	7月29日ごろ(+)	7月21日ごろ	74%(-)
北 陸	6月13日ごろ(0)	6月12日ごろ	7月19日ごろ(0)	7月24日ごろ	91%(0)
東北南部	6月13日ごろ(0)	6月12日ごろ	7月29日ごろ(+)	7月25日ごろ	70%(-)
東北北部	6月13日ごろ(0)	6月14日ごろ	7月29日ごろ(0)	7月28日ごろ	91%(0)

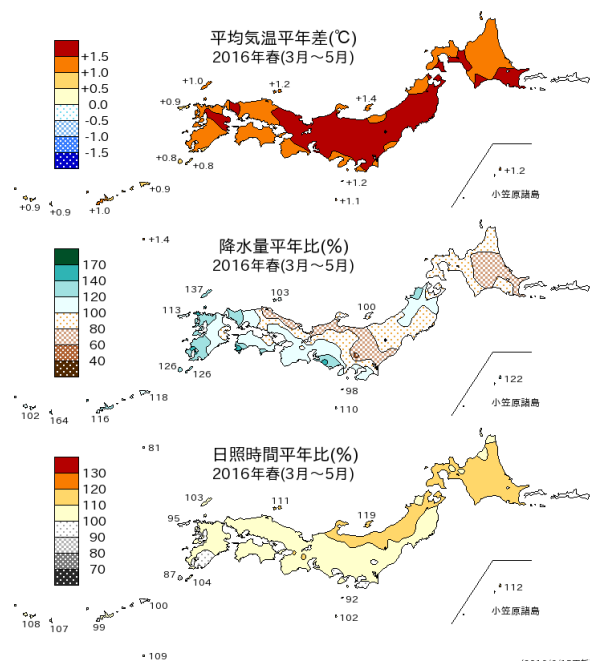
(注1) 梅雨の入り・明けには平均的に5日間程度の遷移期間があり、その遷移期間のおおむね中日をもって「○日ごろ」と表現した。記号の意味は、(+)*:かなり遅い、(+):遅い、(0):平年並、(-):早い、(-)*:かなり早い、の階級区分を表す。

(注2) 北海道を除く全国の气象台・特別地域観測所での観測値を用い、梅雨の時期(6～7月。沖縄と奄美は5～6月)の地域平均降水量を平年比で示した。記号の意味は、(+)*:かなり多い、(+):多い、(0):平年並、(-):少ない、(-)*:かなり少ない、の階級区分を表す。

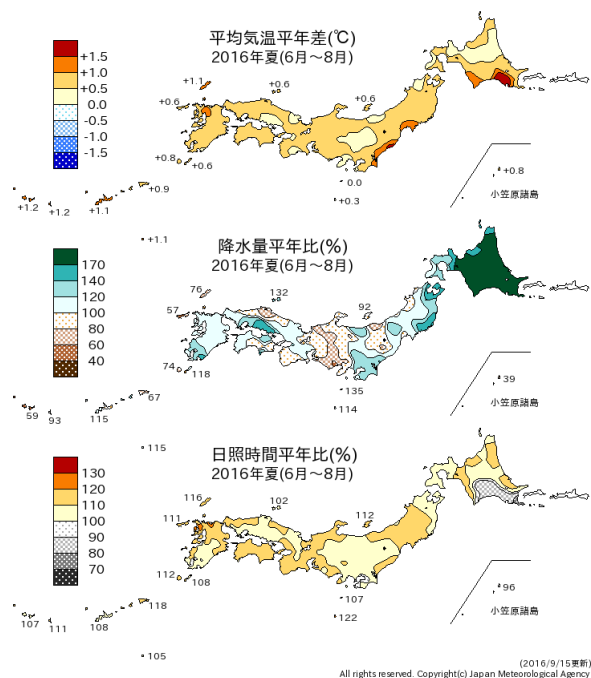
(a) 冬(12~2月)



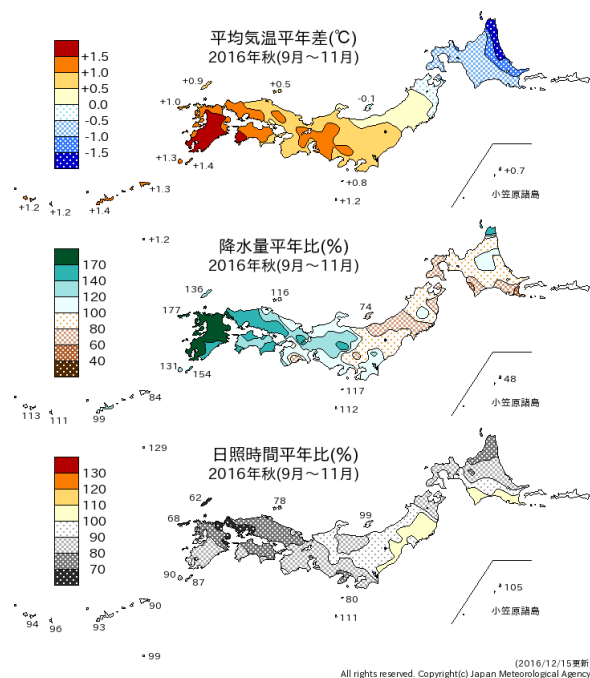
(b) 春(3~5月)



(c) 夏(6~8月)



(d) 秋(9~11月)



第 2.1-4 図 2016 年の季節別の平均気温、降水量、日照時間の平年差(比)の分布

(a)冬(2015 年 12 月~2016 年 2 月)、(b)春(3~5 月)、(c)夏(6~8 月)、(d)秋(9~11 月)。

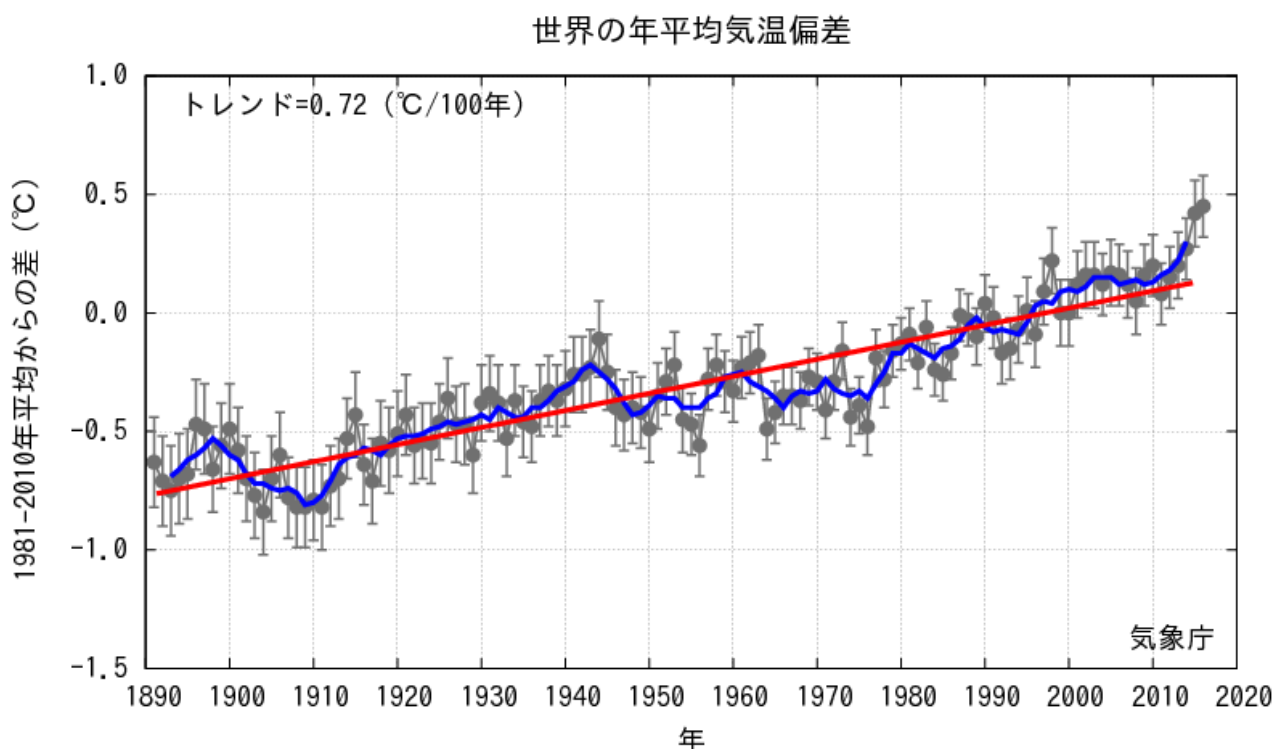
2.2 世界の天候

2.2.1 世界の平均気温

2016 年の世界の年平均気温の偏差及び誤差幅は $+0.45 \pm 0.13^{\circ}\text{C}$ で、統計を開始した 1891 年以降で最も高い値となった(第 2.2-1 図)。これまで最も高かった 2015 年の $+0.42^{\circ}\text{C}$ の記録を上回り、3 年連続で過去の最高値を更新した。長期的には、世界の年平均気温は 100 年あたり約 0.72°C (統計期間: 1891~2016 年) の割合で上昇しており、高温の上位 10 年のうち 9 年が 21 世紀に入ってから記録であるなど近年は気温が高い状態が続いている。また、月別では 1~4 月、6~7 月、季節別では冬(前年 12~2 月)、春(3~5

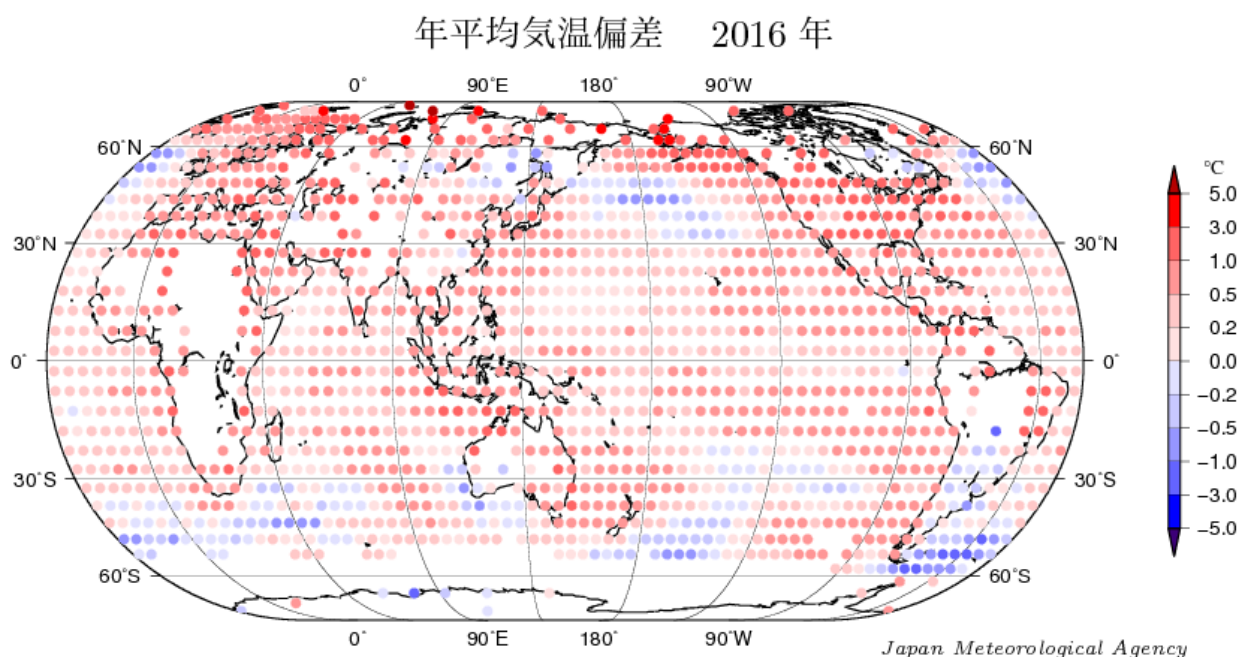
月)、夏(6~8 月)が統計開始以来、最も高い値を記録した。地域別にみると、北大西洋や北太平洋の一部地域等で低温となったが、ユーラシア大陸、北米大陸、太平洋熱帯域、インド洋など、広い範囲で顕著な高温となる特徴がみられた(第 2.2-2 図)。

近年、世界の年平均気温が高温となる年が頻出している要因としては、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考えられる。また、数年~数十年程度の時間規模で繰り返される自然変動の影響も受けており、2016 年の世界の年平均気温が高くなった要因の一つとして、2016 年春まで発生していたエルニーニョ現象の影響が考えられる。



第 2.2-1 図 世界の年平均気温偏差($^{\circ}\text{C}$)の経年変化

黒丸は各年の平均気温の基準値からの偏差、黒い縦棒は 90%信頼区間、太線(青)は偏差の 5 年移動平均、直線(赤)は長期的な変化傾向を表す。基準値は 1981~2010 年の平均値。



第 2.2-2 図 2016 年の年平均気温偏差(°C)の分布図

各観測点の 2016 年の年平均気温偏差を緯度 5 度×経度 5 度の領域ごとに平均した値を示す。基準値は 1981～2010 年の平均値。

2.2.2 地域ごとの天候

年平均気温は、世界の広い範囲で平年より高く、東シベリア南西部やアルゼンチン北部の一部地域などでは平年より低かった(第 2.2-3 図)。特に低緯度域では異常高温となる月が多く、モンゴル東部及びその周辺では異常低温となる月が多かった(第 2.2-4 図)。

年降水量は、中国東部、モンゴル、中央アジア、ヨーロッパ南東部、インドネシア、アルゼンチン南部などで平年より多く、ブラジル東部、チリ南部などでは平年より少なかった(第 2.2-5 図)。ヨーロッパ南東部、米国中西部から南部、オーストラリア南東部では異常多雨となる月が多く、フランス南西部からスペイン北東部、ブラジル東部では異常少雨となる月が多かった(第 2.2-6 図)。

季節別の気温と降水量の分布をそれぞれ第 2.2-7 図と第 2.2-8 図に、2016 年に発生した主な異常気象・気象災害を第 2.2-9 図に示す。各異常気象・気象災害の概況は以下のとおり。

(1) 北朝鮮北東部の大雨(8～9 月)

北朝鮮北東部では、8 月末から 9 月初めにかけて、台風第 10 号から変わった低気圧の影響を受け、大雨及び洪水により 130 人以上が亡くなったと伝えられた(国連人道問題調整事務所)。

(2) モンゴル東部及びその周辺の低温(1、10～11 月)

モンゴル東部及びその周辺では、1 月、10 月から 11 月にかけて異常低温となった。モンゴル東部のバルーンウルトでは 1 月の月平均気温が -26.7°C (平年差 -5.8°C)、中央シベリア南部のキイラでは 10～11 月の 2 か月平均気温が -11.3°C (平年差 -6.1°C)だった。

(3) 中国の大雨(4～7 月)

中国では、4 月から 7 月にかけて南東部から南部を中心にたびたび大雨に見舞われ、長江流域の大雨、台風第 1 号による大雨、チアンスー(江蘇)省での竜巻の影響により、合計で 490 人以上が死亡したと伝えられた。また、北部では 7 月の大雨により 160 人以上が死亡したと伝えられた(中国政府)。

中国のコワントン(広東)省コワンチョウ(広州)では4~6月の3か月降水量が1074mm(平年比135%)、フーペイ(湖北)省ウーハン(武漢)では6~7月の2か月降水量が1036mm(平年比225%)、ペキン(北京)では7月の月降水量が361mm(平年比225%)だった。

(4)九州南部から中国南東部の高温(4~6、10、12月)

九州南部から中国南東部では、4月から6月、10月、12月に異常高温となった。沖縄県の石垣島では4~6月の3か月平均気温が27.4℃(平年差+1.8℃)、沖縄県的那覇では10月の月平均気温が27.7℃(平年差+2.5℃)、石垣島では12月の月平均気温が22.0℃(平年差+1.9℃)だった。

石垣島では、5月、6月、10月の月平均気温の高い方から1位の値を更新し(統計開始1896年)、沖縄地方の5月、10月、12月の月平均気温は、それぞれの月として統計を開始した1946年以降で最も高かった。

(5)東南アジアの高温(1~5、7~11月)

東南アジア各地では、1月から5月、7月から11月にかけて異常高温となった。マレーシアのミリ(カリマンタン島)では1~5月の5か月平均気温が28.2℃(平年差+1.2℃)、タイ北西部のチェンマイでは3~5月の3か月平均気温が31.0℃(平年差+2.6℃)、インドネシアのスマラン(ジャワ島)では7~8月の2か月平均気温が28.8℃(平年差+1.1℃)、ラオスのビエンチャンでは9~11月の3か月平均気温が27.7℃(平年差+1.1℃)、マレーシアのクアラルンプールでは9~11月の3か月平均気温が28.1℃(平年差+1.1℃)だった。

シンガポールの1月と4月の月平均気温は、それぞれの月として1929年以降でいずれも最も高かった(シンガポール気象局)。

(6)東南アジアの干ばつ(1~5月)

東南アジア各地では、2015年から続く少雨によって1月から5月にかけて干ばつとなったと伝えられた。ベトナムではここ90年間で最悪の干ばつ(国際連合

食糧農業機関)となり、メコンデルタでは河川水位の低下に起因する海水遡上によって塩害が広がり流域行政機関から非常事態が宣言された(駐ベトナム国連カントリーチームのレポート)。インドネシアやマレーシアでは森林火災の増加(米国航空宇宙局)のほか、稲作に深刻な被害が発生したと伝えられた。

(7)スリランカ、インド北東部、バングラデシュのトロピカル・ストーム(5月)

トロピカル・ストーム「ROANU」の影響による大雨により、5月中旬にスリランカで100人以上(スリランカ政府)、インド北東部で10人以上(インド政府)、バングラデシュで20人以上(欧州委員会)が死亡したと伝えられた。

スリランカ西部のコロンボでは5月の月降水量が752mm(平年比243%)だった。

(8)インド南部からスリランカの高温(1~4、7~8、10、12月)

インド南部からスリランカでは、1月から4月、7月から8月、10月、12月に異常高温となった。インド南部のコジコードでは1~4月の4か月平均気温が31.4℃(平年差+2.6℃)、インド南部のティルバナンプーラムでは7~8月の2か月平均気温が27.9℃(平年差+1.1℃)、スリランカ南西部のコロンボでは10月の月平均気温が28.4℃(平年差+1.1℃)、インド南部のコジコードでは12月の月平均気温が28.9℃(平年差+1.4℃)だった。

(9)インドの熱波(3~5月)・大雨(7~10月)

インドでは、3月から5月にかけて熱波に見舞われ、東部から南東部で合計で580人以上が死亡したと伝えられた(インド政府、欧州委員会)。

また、7月から10月のモンスーン期間中の大雨や洪水により、北部や中部を中心に940人以上が死亡したと伝えられた(インド政府、インドビハール州政府)。インド北部のサガルでは7~8月の2か月降水量が1270mm(平年比200%)、インド中部のハイデラーバードでは9~10月の2か月降水量が477mm(平年比192%)だった。

(10) パキスタンの大雨(7～8 月)

パキスタンでは北部を中心に、7 月から 8 月にかけて、大雨により合計で 230 人以上が死亡したと伝えられた(パキスタン政府)。

(11) パキスタン北部からアフガニスタンの大雨(3～4 月)

パキスタン北部からアフガニスタンでは、3 月から 4 月にかけて、大雨により合計で 290 人以上が死亡したと伝えられた(パキスタン政府、欧州委員会)。

パキスタン北部のパラチナールでは 3～4 月の 2 か月降水量が 636mm(平年比 364%)だった。

(12) 中央シベリア北部からスバルバル諸島の高温(2、4～7、9 月)

中央シベリア北部からスバルバル諸島では、2 月、4 月から 7 月、9 月に異常高温となった。ノルウェー北部のスバルバル諸島では、2 月の月平均気温が -5.6°C (平年差 $+8.0^{\circ}\text{C}$)、ロシア北西部のマールイエカルマクレイ(ノヴァヤゼムリヤ)では 4～7 月の 4 か月平均気温が 3.5°C (平年差 $+4.9^{\circ}\text{C}$)、西シベリア北東部のディクソンでは 9 月の月平均気温が 7.2°C (平年差 $+5.5^{\circ}\text{C}$)だった。

ロシアの月平均気温は、9 月としては 1891 年以降で最も高かった(ロシア水文気象局)。

(13) ヨーロッパ南東部の多雨(2～3、5～6、10 月)

ヨーロッパ南東部では、2 月から 3 月、5 月から 6 月、10 月に異常多雨となった。オーストリア南部のクラゲンフルトでは 2 月の月降水量が 126mm(平年比 407%)、イタリア中部のテルモリでは 3 月の月降水量が 58mm(平年比 236%)、オーストリア西部のザルツブルクでは 5～6 月の 2 か月間降水量が 738mm(平年比 269%)、ルーマニアのブカレストでは 10 月の月降水量が 128mm(平年比 259%)だった。

(14) フランス南西部からスペイン北東部の少雨(7～8、10、12 月)

フランス南西部からスペイン北東部では、7 月から 8 月、10 月、12 月に異常少雨となった。フランス南西部

のグールドンでは 7～8 月の 2 か月間降水量が 13mm(平年比 10%)、フランス南西部のボルドー・メリニャックでは 10 月の月降水量が 12mm(平年比 13%)、スペイン北東部のパンプロナでは 12 月の月降水量が 2mm(平年比 3%)だった。

フランスの 7～8 月の 2 か月降水量、12 月の月降水量は、1959 年以降で最も少なかった(フランス気象局)。

(15) アルジェリア北部及びその周辺の高温(1～2、10 月)

アルジェリア北部及びその周辺では、1 月から 2 月、10 月に異常高温となった。チュニジア北部のカイルアンでは 1～2 月の 2 か月平均気温が 15.5°C (平年差 $+3.1^{\circ}\text{C}$)、アルジェリア北部のベジャイア空港では 10 月の月平均気温が 22.3°C (平年差 $+2.4^{\circ}\text{C}$)だった。

(16) サウジアラビア北東部から紅海南部沿岸の高温(3、5～7 月)

サウジアラビア北東部から紅海南部沿岸では、3 月、5 月から 7 月にかけて異常高温となった。サウジアラビア西部のメッカでは 3 月の月平均気温が 31.5°C (平年差 $+4.1^{\circ}\text{C}$)、サウジアラビア北西部のワジュでは 5～7 月の 3 か月平均気温が 30.8°C (平年差 $+2.4^{\circ}\text{C}$)だった。

(17) 西アフリカ西部から中部アフリカ北西部の高温(4～6、8～12 月)

西アフリカ西部から中部アフリカ北西部では、4 月から 6 月、8 月から 12 月にかけて異常高温となった。マリ西部のキータでは 4～6 月の 3 か月平均気温が 33.4°C (平年差 $+1.8^{\circ}\text{C}$)、コンゴ共和国北部のウェツソでは 8～12 月の 5 か月平均気温が 25.5°C (平年差 $+0.9^{\circ}\text{C}$)だった。

(18) セーシェルから南アフリカ北東部の高温(1～4、10 月)

セーシェルから南アフリカ北東部では、1 月から 4 月、10 月に異常高温となった。モーリシャスのロドリゲス島では 1～4 月の 4 か月平均気温が 28.0°C (平年差

+1.4℃)、モザンビークのマプトでは 10 月の月平均気温が 24.2℃(平年差+1.5℃)だった。

(19) 東シベリア東部からカナダ西部沿岸の高温(4～8、10 月)

東シベリア東部からカナダ西部沿岸では、4 月から 8 月、10 月に異常高温となった。米国のアラスカ州キングサモンでは 4～8 月の 5 か月平均気温が 11.8℃(平年差+2.9℃)、東シベリア東部のアナディリでは 10 月の月平均気温が 2.8℃(平年差+7.4℃)だった。

米国アラスカ州の 4～8 月の 5 か月平均気温は、1925 年以降で 2 番目に高かった(米国海洋大気庁)。

(20) 米国中西部から南部の多雨(3～4、7～8 月)

米国中西部から南部では、3 月から 4 月、7 月から 8 月にかけて異常多雨となった。米国のイリノイ州スプリングフィールドでは 3 月の月降水量が 142mm(平年比 225%)、テキサス州サンアントニオでは 4 月の月降水量が 157mm(平年比 295%)、ミズーリ州セントルイスでは 7～8 月の 2 か月降水量が 360mm(平年比 210%)だった。

米国本土の月降水量は、8 月としては 1895 年以降で 2 番目に多かった(米国海洋大気庁)。

(21) 米国東部から南部の高温(3、6～10 月)

米国東部から南部では、3 月、6 月から 10 月にかけて異常高温となった。米国のバージニア州ワシントン・ナショナル空港では 3 月の月平均気温が 12.0℃(平年差+3.8℃)、ミシシッピ州メリディアンでは 6～10 月の 5 か月平均気温が 27.3℃(平年差+2.7℃)だった。

米国本土の 3 月、6 月、10 月の月平均気温は、それぞれの月として 1895 年以降で 4 番目、1 番目、3 番目に高かった(米国海洋大気庁)。

(22) 米国南西部からメキシコ北西部の高温(2～3、10～12 月)

米国南西部からメキシコ北西部では、2 月から 3 月、10 月から 12 月にかけて異常高温となった。メキシコ北西部のシウダーコンスティチュションでは 2～3 月の 2

か月平均気温が 21.6℃(平年差+3.3℃)、米国のテキサス州エルパソでは 10～12 月の 3 か月平均気温が 15.2℃(平年差+2.7℃)だった。メキシコ西部のテピクでは、10～12 月の 3 か月平均気温が 22.8℃(平年差+2.1℃)だった。

米国本土の 11 月の月平均気温及び月平均最高気温は、1895 年以降で 2 番目に高く、月平均最低気温は最も高かった(米国海洋大気庁)。

(23) ハイチ、米国南東部のハリケーン(10 月)

ハリケーン「MATTHEW」により、ハイチでは 540 人以上が死亡(国連人道問題調整事務所)、米国南東部では 40 人以上が死亡した(米国政府)と伝えられた。

(24) メキシコ南部からコロンビアの高温(1～8、10 月)

メキシコ南部からコロンビアでは、1 月から 8 月、10 月に異常高温となった。コロンビア北西部のペレイラでは、1～6 月の 6 か月平均気温が 23.4℃(平年差+1.5℃)、メキシコ南部のコミタンデドミンゲスでは 7～8 月の 2 か月平均気温が 19.9℃(平年差+0.7℃)だった。コロンビアのボゴタでは 10 月の月平均気温が 14.2℃(平年差+0.9℃)だった。

(25) ブラジル東部の高温(2～8 月)・少雨(2～5 月)

ブラジル東部では、2 月から 8 月にかけて異常高温、2 月から 5 月にかけて異常少雨となった。ブラジル東部のバロドコルダでは 2～8 月の 7 か月平均気温が 28.1℃(平年差+2.3℃)、東部のビトリアダコンキスタでは 2～5 月の 4 か月降水量が 32mm(平年比 9%)だった。

(26) チリ中部及びその周辺の高温(1～2、8～9、11 月)

チリ中部及びその周辺では、1 月から 2 月、8 月から 9 月、11 月に異常高温となった。チリ中部のコンセプションでは 1～2 月の月平均気温が 17.8℃(平年差+1.5℃)、アルゼンチン中部のメンドーサ空港では 8 月の月平均気温が 13.3℃(平年差+2.7℃)、チリ中部

のサンティアゴでは9月の月平均気温が13.1℃(平年差+2.0℃)、チリ中部のラセレナでは11月の月平均気温が15.6℃(平年差+1.3℃)だった。

(27)ミクロネシアの高温(3～4、6、8月)

ミクロネシアでは、3月から4月、6月、8月に異常高温となった。ミクロネシア連邦のヤップ島では3～4月の2か月平均気温が29.4℃(平年差+1.8℃)、6月の月平均気温が29.6℃(平年差+2.1℃)、8月の月平均気温が28.6℃(平年差+1.3℃)だった。

(28)オーストラリア北部から南東部の高温(3～7、9、11月)

オーストラリア北部から南東部では、3月から7月、9月、11月に異常高温となった。オーストラリア北部のダーウィンでは3～6月の4か月平均気温が29.3℃(平年差+2.2℃)、南東部のシドニーでは3～7月の5か月平均気温が18.3℃(平年差+1.8℃)、北東部のウェイパでは9月の月平均気温が28.8℃(平年差+2.5℃)、北西部のブルームでは11月の月平均気温が31.2℃(平年差+2.0℃)だった。

オーストラリアの3～5月の3か月平均気温は、1910年以降で最も高かった(オーストラリア気象局)。

(29)オーストラリア南東部の多雨(1、6、9月)

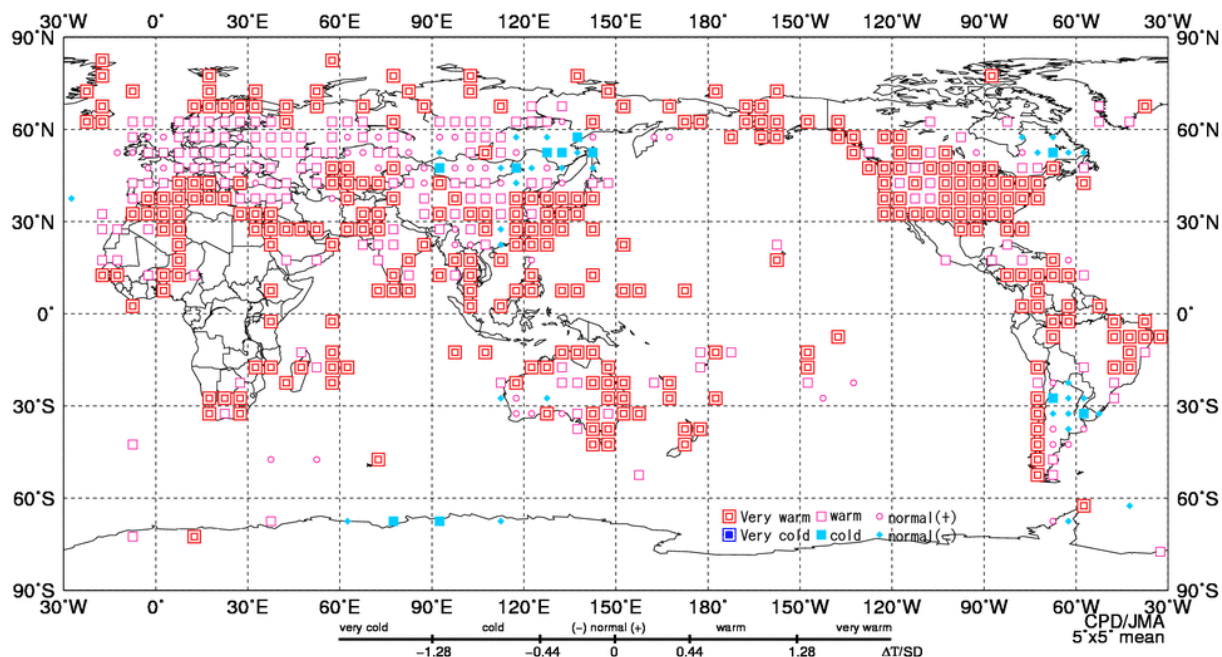
オーストラリア南東部では、1月、6月、9月に異常多雨となった。オーストラリア南東部のウィルソンズ・プロモントリーでは1月の月降水量が199mm(平年比346%)、キャンベラでは6月の月降水量が144mm(平年比333%)、南東部のメルボルンでは9月の月降水量が95mm(平年比280%)だった。

オーストラリアの6月、9月の月降水量は、それぞれの月として1900年以降で2番目に多かった(オーストラリア気象局)。

(30)ニュージーランド及びその周辺の高温(2、5、9月)

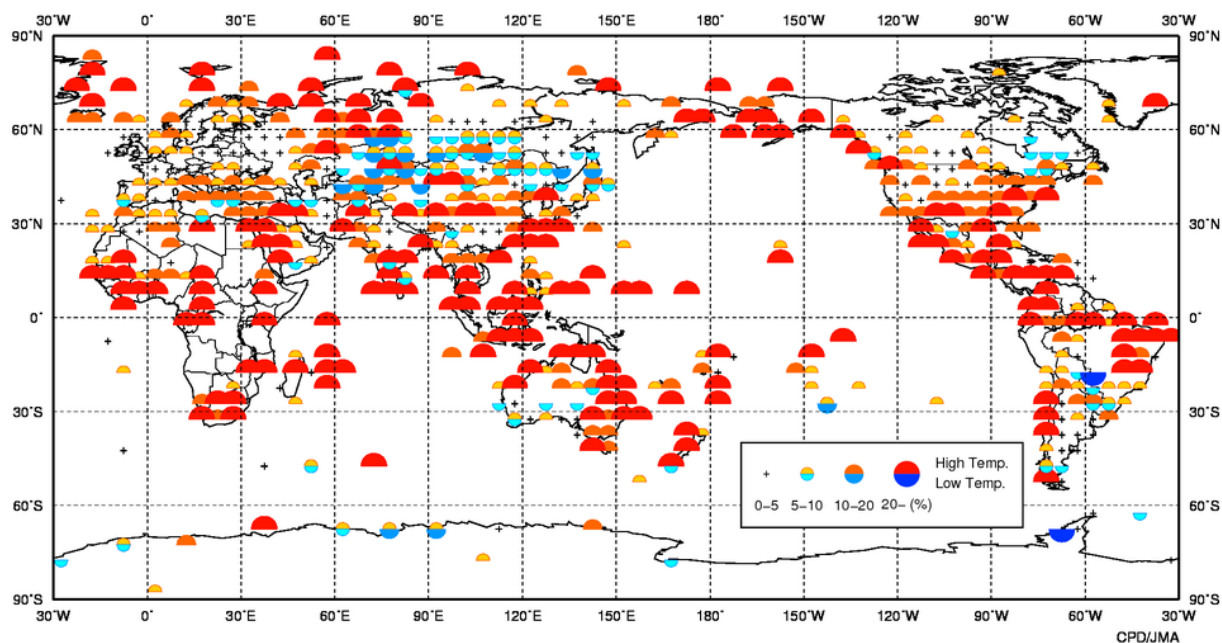
ニュージーランド及びその周辺では、2月、5月、9月に異常高温となった。ニュージーランド南部のインバーカーギル空港では、2月の月平均気温が15.9℃(平年差+2.2℃)、同国北東部のギズボーンでは5月の月平均気温が15.2℃(平年差+2.8℃)、オーストラリア東部のノーフォーク島では9月の月平均気温が17.7℃(平年差+1.1℃)だった。

ニュージーランドの2月、5月の月平均気温は、それぞれの月として1909年以降で2番目、1番目に高かった(ニュージーランド気象局)。



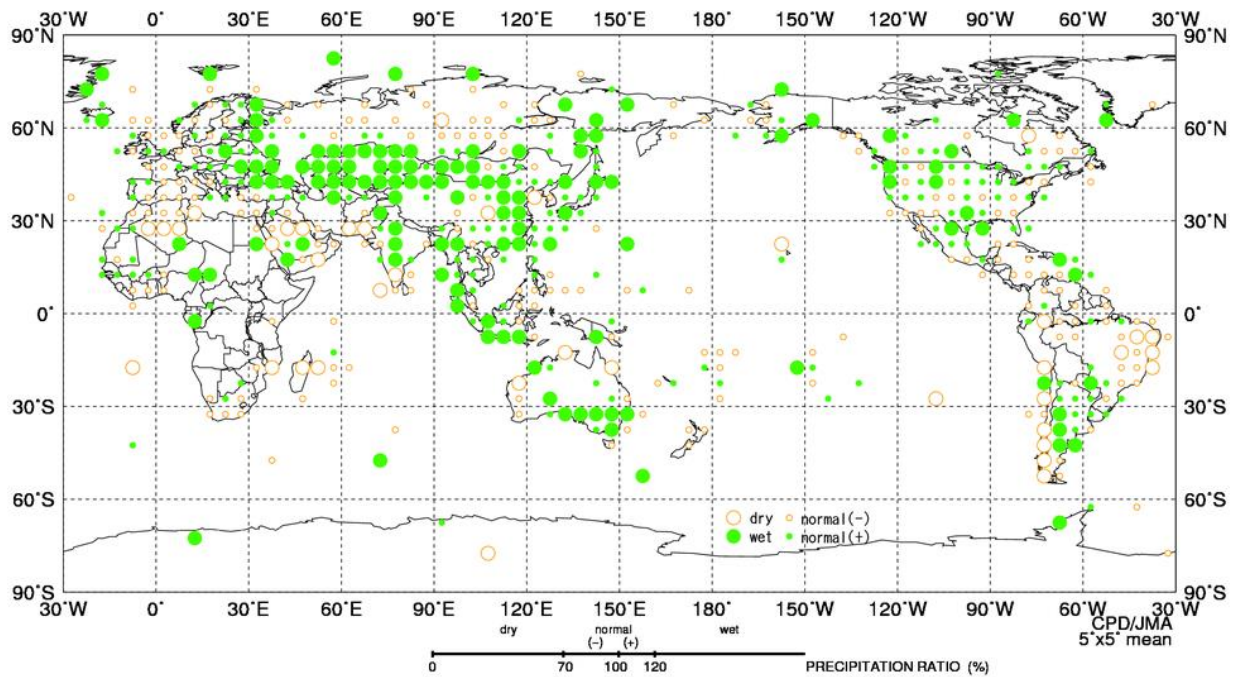
第 2.2-3 図 年平均気温規格化平年差階級分布図(2016 年)

年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。



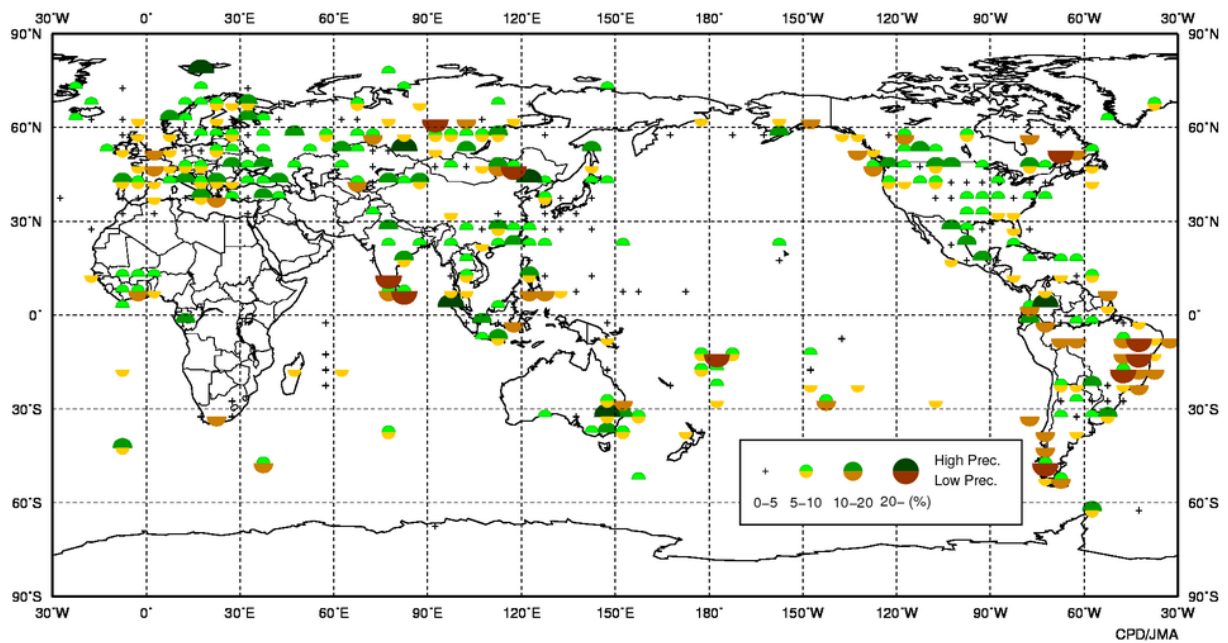
第 2.2-4 図 異常高温・異常低温出現頻度分布図(2016 年)

緯度 5 度×経度 5 度ごとに各観測地点を対象に、その年の各月の月平均気温が異常高温・異常低温となったのべ回数を数え、それをのべ観測データ数で割って出現頻度を算出した。ただし、観測地点数や観測データ数が少ない領域については計算していない。



第 2.2-5 図 年降水量平年比階級分布図(2016 年)

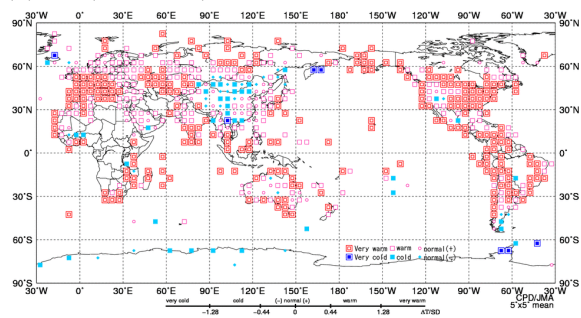
年降水量の平年比を、緯度 5 度×経度 5 度の領域ごとに平均し、4 つの階級に分けて記号で表示する。それぞれの階級のしきい値は 70%、100%、120%。ただし、観測地点数や観測データ数が十分でない領域については計算していない。



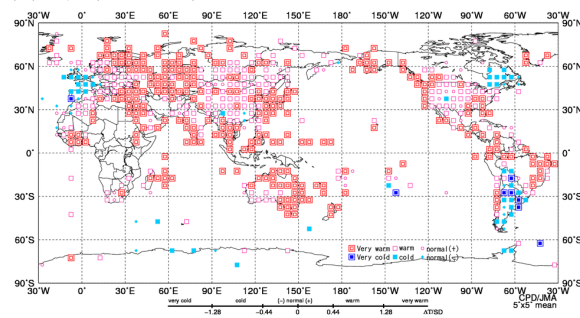
第 2.2-6 図 異常多雨・異常少雨出現頻度分布図(2016 年)

第 2.2-4 図と同様。ただし、月降水量の異常多雨・異常少雨の出現頻度。

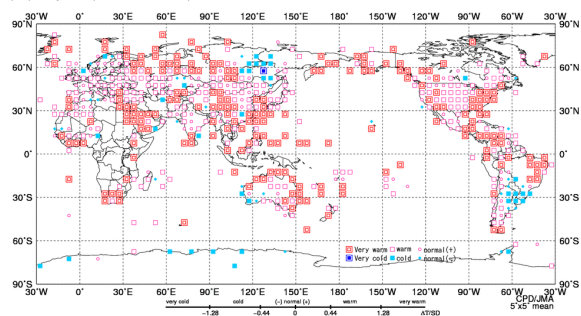
(a) 冬(12~2月)



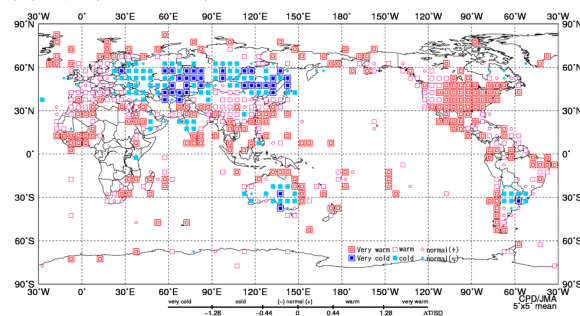
(b) 春(3~5月)



(c) 夏(6~8月)



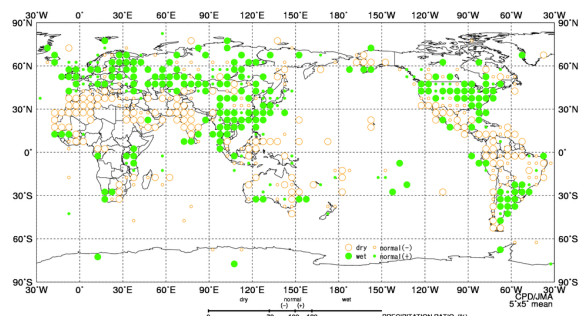
(d) 秋(9~11月)



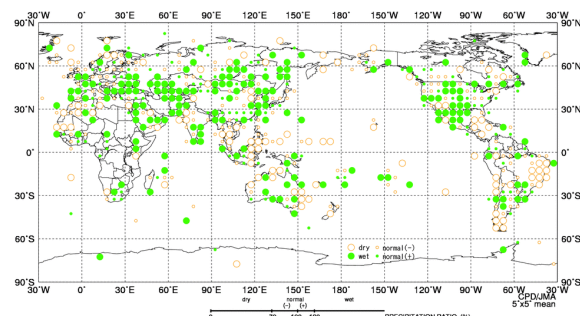
第 2.2-7 図 季節別(冬、春、夏、秋)の平均気温規格化年差階級分布図(2016 年)

(a) 冬(2015 年 12 月~2016 年 2 月)、(b) 春(3~5 月)、(c) 夏(6~8 月)、(d) 秋(9~11 月)。第 2.2-3 図と同様。ただし、季節別の平均気温規格化年差。

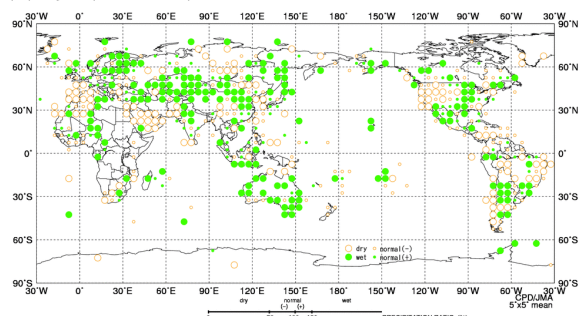
(a) 冬(12~2月)



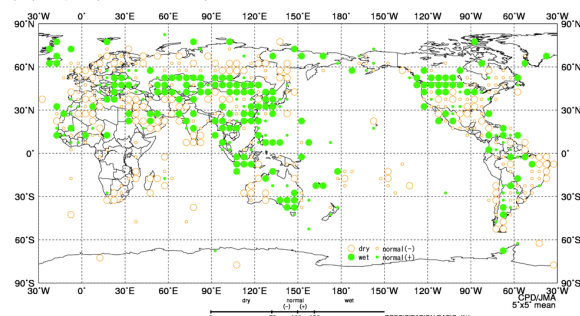
(b) 春(3~5月)



(c) 夏(6~8月)

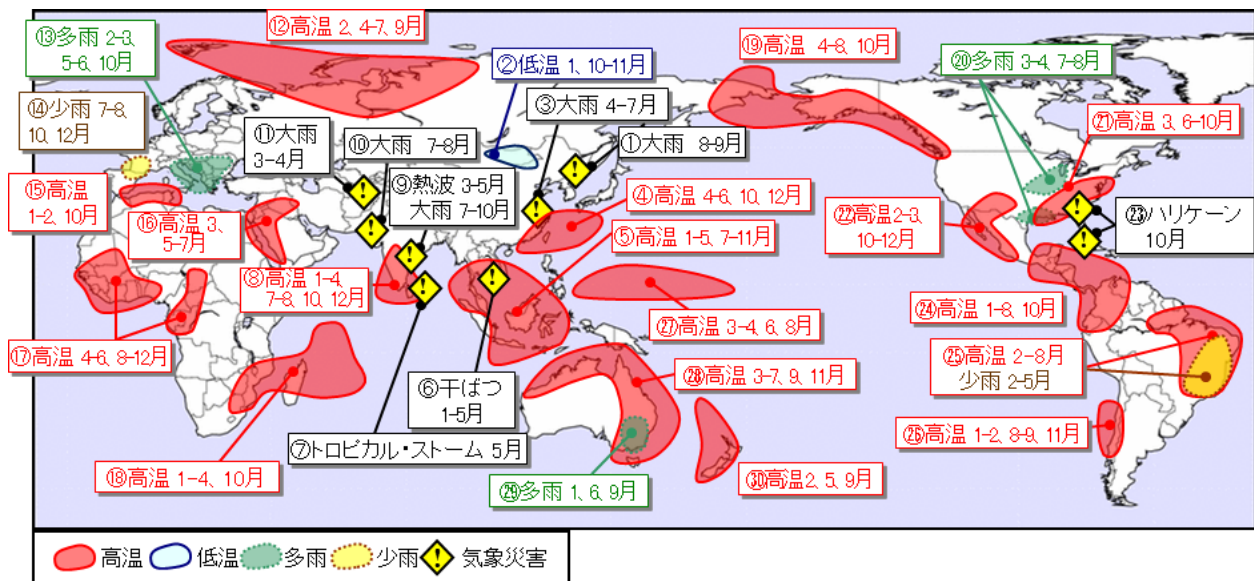


(d) 秋(9~11月)



第 2.2-8 図 季節別(冬、春、夏、秋)の合計降水量年比階級分布図(2016 年)

(a) 冬(2015 年 12 月~2016 年 2 月)、(b) 春(3~5 月)、(c) 夏(6~8 月)、(d) 秋(9~11 月)。第 2.2-5 図と同様。ただし、季節別の合計降水量年比。



第 2.2-9 図 世界の主な異常気象・気象災害(2016 年)

異常気象や気象災害のうち、規模や被害が比較的大きかったものについて、おおよその地域・時期を示した。図中の丸数字は本文中の括弧付き数字と対応している。

2.3 中・高緯度の気候循環

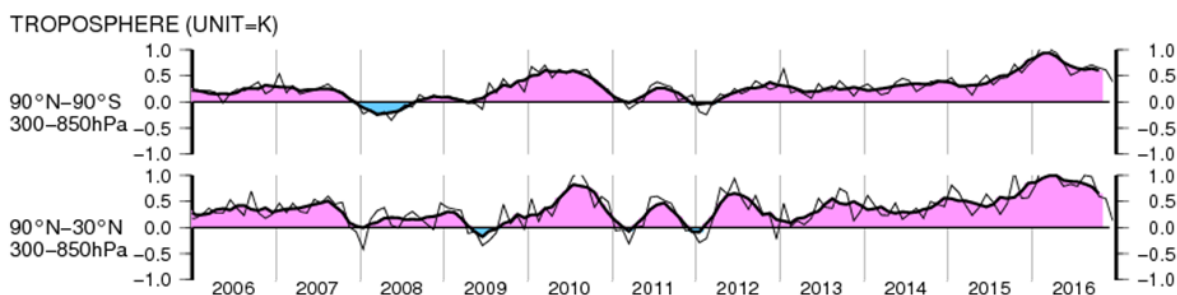
2016 年の北半球中・高緯度域は広い範囲で高温となった。その背景の一部には 2016 年春に終息したエルニーニョ現象の影響が考えられる。本節では、このことも踏まえながら、主に季節ごとに北半球中・高緯度の気候循環の特徴について述べる。

2.3.1 帯状平均層厚換算温度及び東西風

対流圏の全球及び北半球中・高緯度域における帯状平均層厚換算温度年偏差の時系列(第 2.3-1 図)

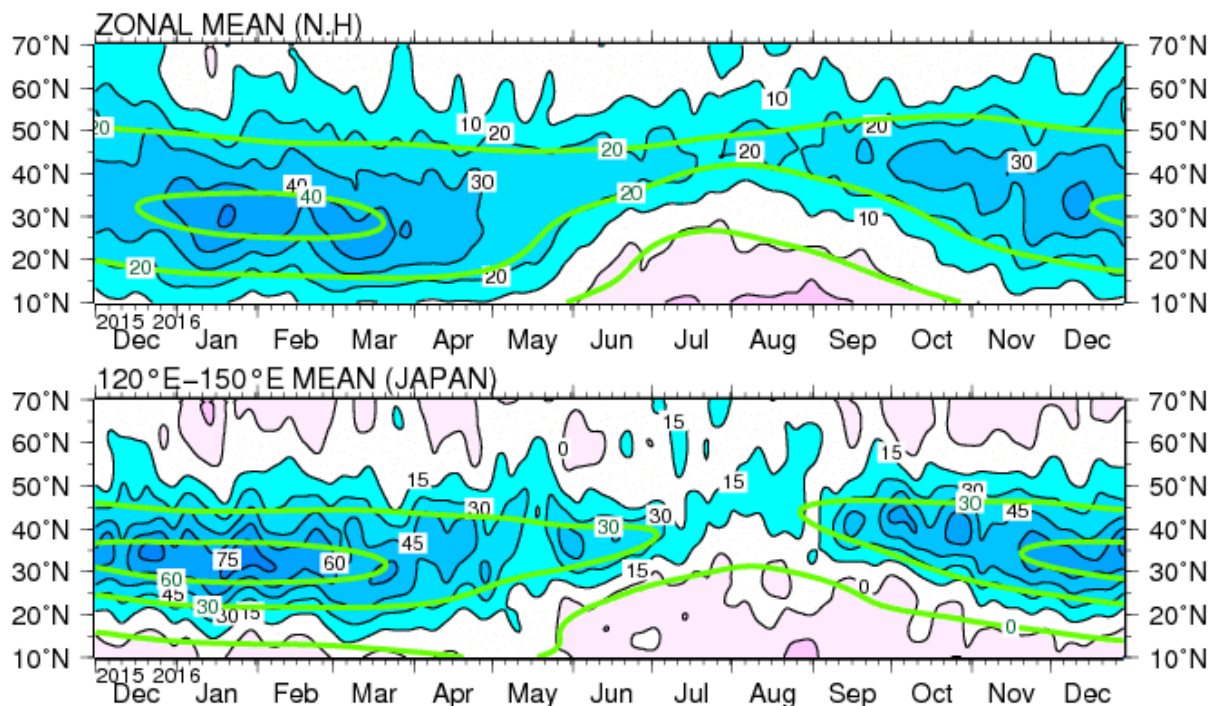
をみると、2016 年春に高温のピークとなり、その 5 か月移動平均値は約+1K とかなり高い水準に達した。その後、気温偏差は低下傾向となったものの、依然として高い状態で推移した。

北半球域における帯状平均した東西風(第 2.3-2 図上段)をみると、偏西風は、10 月までは概ね平年の位置で強かったが、11 月後半は平年の位置と比べて南寄り flowed。日本付近の偏西風(同図下段)は、平年の位置と比べて、4 月、10 月及び 12 月を中心に北寄り flowed。



第2.3-1図 対流圏の帯状平均層厚換算温度年偏差の時系列(2006年1月～2016年12月)

上から順に、全球、北半球中・高緯度(90°N-30°N)における層厚換算温度年偏差を示し、細実線は月別値、太実線は5 か月移動平均を表す。単位はK。



第2.3-2図 北半球の5日移動平均200hPa東西風の時間-緯度断面図(2015年12月～2016年12月)

上段は帯状平均、下段は120°E～150°Eでの平均。黒線及び陰影は実況値(上段は10m/s、下段は15m/s間隔)、緑線は平年値(上段は20m/s、下段は30m/s間隔)。

2.3.2 冬(2015年12月～2016年2月)

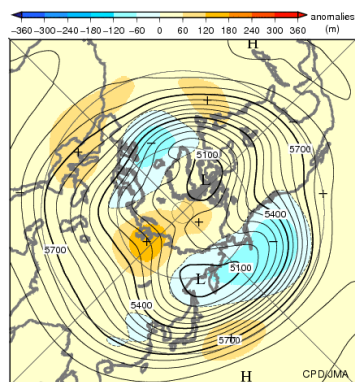
500hPa 高度をみると、広い範囲で正偏差となり、特に西・中央シベリアで明瞭だった(第2.3-3図)。極うずは平年と比べて弱かった。東シベリアからアラスカの南海上にかけると英国の西海上では負偏差となった。1月にはユーラシア大陸北部で波列パターンが卓越し、西・中央シベリアで明瞭な正偏差となった(第2.3-7図)。

海面気圧をみると、アイスランド低気圧及びアリューシャン低気圧は平年の位置と比べて東側で強かった

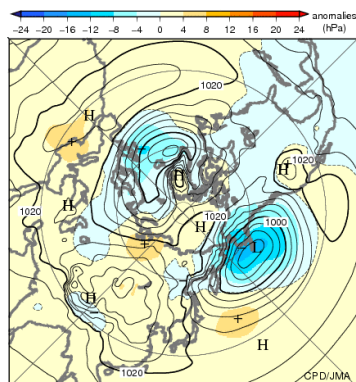
(第2.3-4図)。ユーラシア大陸東部では正偏差が広がり、特に1月にシベリア高気圧の勢力が強まった(第2.3-8図)。

対流圏下層の気温をみると、北半球の広い範囲で正偏差となり、特に極域、アラスカ及び西・中央シベリアで明瞭となった(第2.3-5図)。東シベリア南東部では低温偏差となった。

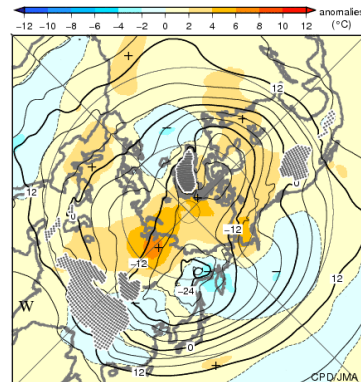
対流圏上層の風をみると、偏西風は平年の位置と比べて、中国付近では南寄りを、日本の東海上では北寄りを流れた(第2.3-6図)。



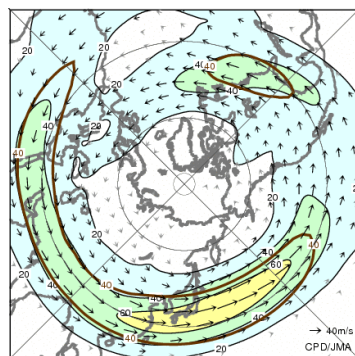
第2.3-3図 3か月平均500hPa高度・平年偏差(2015年12月～2016年2月) 等値線は500hPa高度を表し、間隔は60m。陰影は平年偏差を表す。



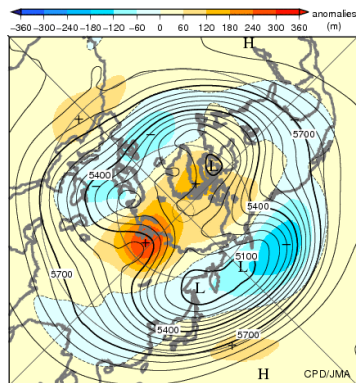
第2.3-4図 3か月平均海面気圧・平年偏差(2015年12月～2016年2月) 等値線は海面気圧を表し、間隔は4hPa。陰影は平年偏差を表す。



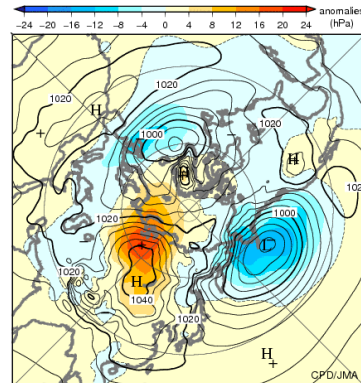
第2.3-5図 3か月平均850hPa気温・平年偏差(2015年12月～2016年2月) 等値線は850hPa気温を表し、間隔は4℃。陰影は平年偏差を表す。点状の陰影は標高が1600m以上の領域を表す。



第2.3-6図 3か月平均200hPa風速・風ベクトル(2015年12月～2016年2月) 矢印は風向・風速を表す。等値線と陰影は風速を表し、間隔は20m/s。茶線は平年値で間隔は40m/s。



第2.3-7図 月平均500hPa高度・平年偏差(2016年1月) 等値線は500hPa高度を表し、間隔は60m。陰影は平年偏差を表す。



第2.3-8図 月平均海面気圧・平年偏差(2016年1月) 等値線は海面気圧を表し、間隔は4hPa。陰影は平年偏差を表す。

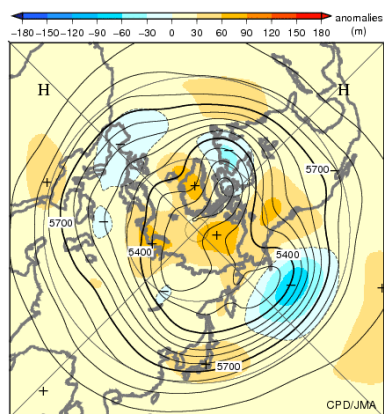
2.3.3 春(2016年3～5月)

500hPa 高度をみると、広い範囲で正偏差となり、高緯度域、北米北西部、北アフリカ東部、日本付近で明瞭となった(第 2.3-9 図)。アラスカの南西海上、カナダ北東部では負偏差となった。

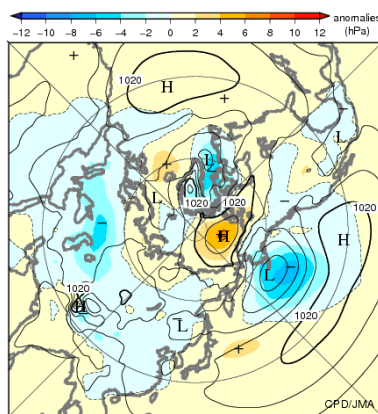
海面気圧をみると、ボーフォート海で正偏差、ユーラシア大陸の広い範囲では負偏差となった(第 2.3-10 図)。アリューシャン低気圧は、平年の位置より南東側で発達した。太平洋高気圧の西への張り出しが平年と比べて強かった。

対流圏下層の気温をみると、北半球の広い範囲で正偏差となり、北米北西部、北アフリカ東部、中央アジア及びロシア西部から西シベリアにかけて明瞭となった(第 2.3-11 図)。

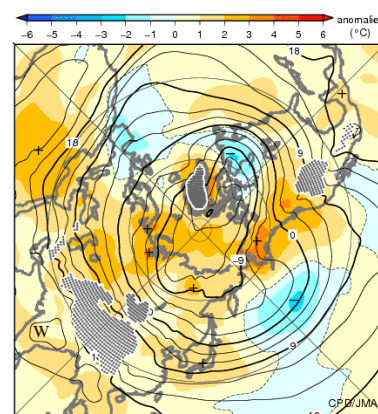
対流圏上層の風をみると、亜熱帯ジェット気流は中国付近では平年の位置と比べて南寄りを流れた(第 2.3-12 図)。日本付近からその東海上にかけての偏西風は、平年の位置と比べて北寄りを流れた。



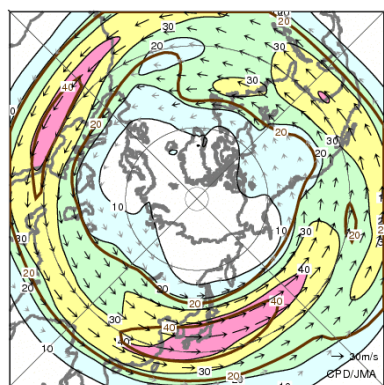
第2.3-9図 3か月平均500hPa高度・平年偏差(2016年3～5月)
等値線は500hPa高度を表し、間隔は60m。陰影は平年偏差を表す。



第2.3-10図 3か月平均海面気圧・平年偏差(2016年3～5月)
等値線は海面気圧を表し、間隔は4hPa。陰影は平年偏差を表す。



第2.3-11図 3か月平均850hPa気温・平年偏差(2016年3～5月)
等値線は 850hPa 気温を表し、間隔は3℃。陰影は平年偏差を表す。点状の陰影は標高が1600m以上の領域を表す。



第2.3-12図 3か月平均200hPa風速・風ベクトル(2016年3～5月)
矢印は風向・風速を表す。等値線と陰影は風速を表し、間隔は10m/s。茶線は平年値で間隔は20m/s。

2.3.4 夏(2016年6~8月)

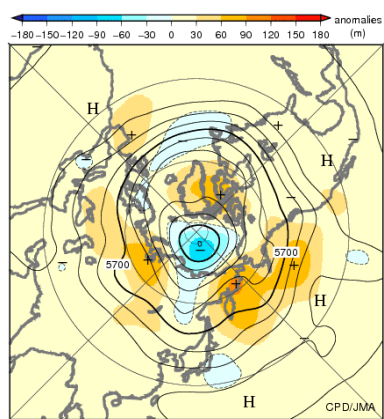
500hPa 高度をみると、極付近を除き広い範囲で正偏差となり、カムチャツカ半島付近から北太平洋北東部にかけて、カナダ東部からグリーンランドにかけてと西シベリアで明瞭となった(第 2.3-13 図)。カムチャツカ半島付近の正偏差や日本の南東海上の負偏差は、特に 8 月に明瞭となった(第 2.3-17 図)。

海面気圧をみると、ユーラシア大陸、北太平洋の中緯度域及びカナダ北部からグリーンランドにかけての広い範囲で正偏差となった(第 2.3-14 図)。日本付近

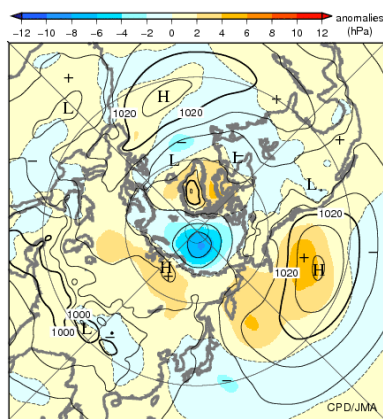
では南東海上を中心に負偏差となり、太平洋高気圧の日本への張り出しは弱かった。

対流圏下層の気温をみると、北半球の広い範囲で正偏差となり、特に東シベリアからアリューシャン列島付近、北米北部及びロシア西部から西シベリアにかけて明瞭となった(第 2.3-15 図)。

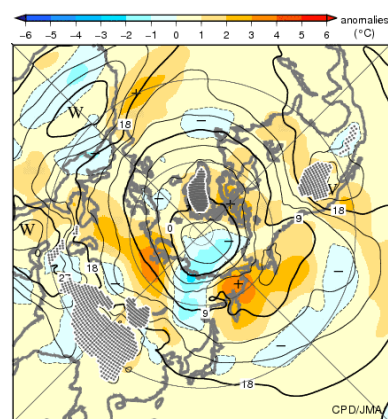
対流圏上層の風をみると、偏西風は、チベット高気圧の東への張り出しに対応してユーラシア大陸東部では平年の位置と比べて北寄りを流れた(第 2.3-16 図)。日本付近から北太平洋中部にかけての偏西風は平年と比べて弱かった。



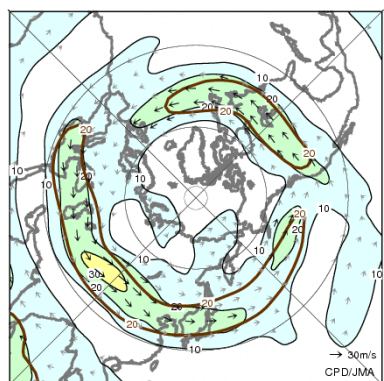
第2.3-13図 3か月平均500hPa高度・平年偏差(2016年6~8月)
等値線は500hPa高度を表し、間隔は60m。陰影は平年偏差を表す。



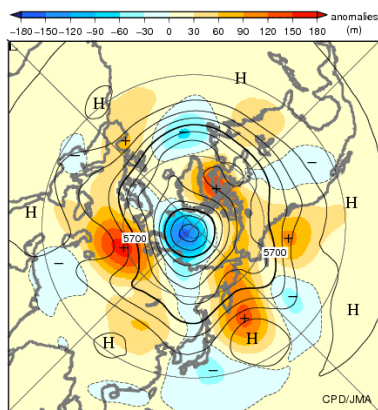
第2.3-14図 3か月平均海面気圧・平年偏差(2016年6~8月)
等値線は海面気圧を表し、間隔は4hPa。陰影は平年偏差を表す。



第2.3-15図 3か月平均850hPa気温・平年偏差(2016年6~8月)
等値線は 850hPa 気温を表し、間隔は3°C。陰影は平年偏差を表す。点状の陰影は標高が1600m以上の領域。



第2.3-16図 3か月平均200hPa風速・風ベクトル(2016年6~8月)
矢印は風向・風速を表す。等値線と陰影は風速を表し、間隔は10m/s。茶線は平年値で間隔は20m/s。



第2.3-17図 月平均500hPa高度・平年偏差(2016年8月)
等値線は 500hPa 高度を表し、間隔は60m。陰影は平年偏差を表す。

2.3.5 秋(2016年9～11月)

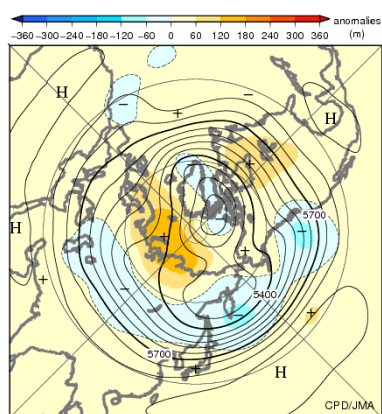
500hPa高度をみると、極域の東半球側や北米東部で明瞭な正偏差となり、中央アジアから北太平洋西部にかけての中緯度帯や北米の西で負偏差となった(第2.3-18図)。北半球中緯度帯の負偏差は、特に10月に明瞭だった(第2.3-22図)。

海面気圧をみると、ヨーロッパから中央シベリアの高緯度帯で明瞭な正偏差、中国付近で負偏差だっ

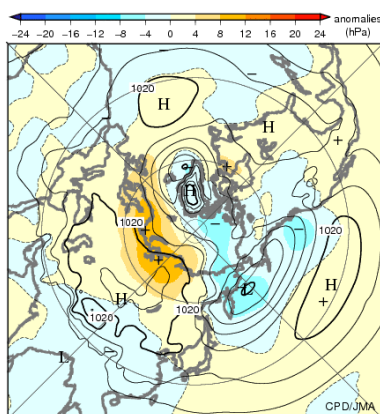
た(第2.3-19図)。北太平洋では40°N以南で正偏差、40°N以北で負偏差だった。

対流圏下層の気温をみると、極域と北米中・東部で明瞭な正偏差、ヨーロッパ東部から北太平洋西部にかけての中緯度帯で広く負偏差となった(第2.3-20図)。

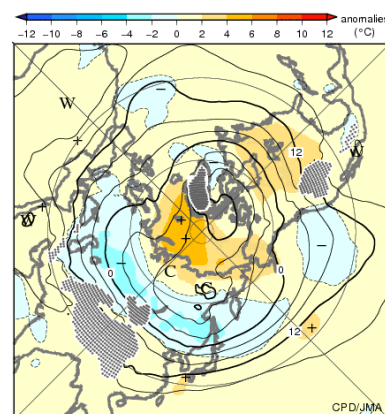
対流圏上層の風をみると、偏西風はユーラシア大陸から太平洋にかけての40°N帯で平年より強かった(第2.3-21図)。



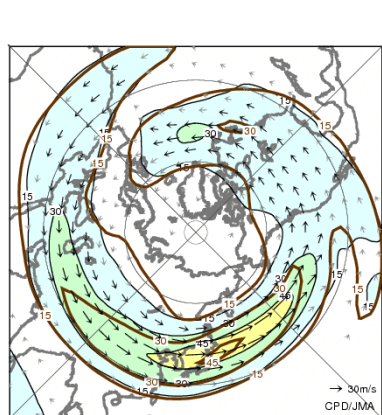
第2.3-18図 3か月平均500hPa高度・平年偏差(2016年9～11月)
等値線は500hPa高度を表し、間隔は60m。陰影は平年偏差を表す。



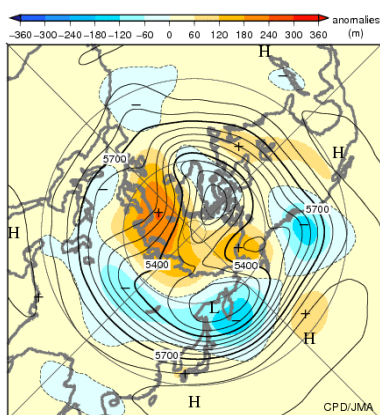
第2.3-19図 3か月平均海面気圧・平年偏差(2016年9～11月)
等値線は海面気圧を表し、間隔は4hPa。陰影は平年偏差を表す。



第2.3-20図 3か月平均850hPa気温・平年偏差(2016年9～11月)
等値線は850hPa気温を表し、間隔は4℃。陰影は平年偏差を表す。点状の陰影は標高が1600m以上の領域を表す。



第2.3-21図 3か月平均200hPa風速・風ベクトル(2016年9～11月)
矢印は風向・風速を表す。等値線と陰影は風速を表し、間隔は15m/s。茶線は平年値で間隔は15m/s。



第2.3-22図 月平均500hPa高度・平年偏差(2016年10月)
等値線は500hPa高度を表し、間隔は60m。陰影は平年偏差を表す。

2.4 熱帯の大気循環と対流活動

2014 年夏に発生したエルニーニョ現象は 2016 年春に終息した。このため 2016 年春までは、熱帯の循環指数や大気循環にはエルニーニョ現象発生時に現れやすい特徴がみられた。本節では、熱帯の大気循環と対流活動の推移について、エルニーニョ現象との関連にも着目しつつ述べる。

2.4.1 熱帯大気の監視指数の推移

熱帯の大気循環に関する月別の指数を第 2.4-1 表に、2006～2016 年の指数のグラフを第 2.4-1 図に示す。

南方振動指数(SOI)は、4 月までは負の値(貿易風が平年より弱い)だったが、5 月に正の値(貿易風が平年より強い)に転じ、10 月、11 月を除いて 12 月まで正の値となった。OLR 指数は、年の前半はフィリピン付近(OLR-PH)とインドネシア付近(OLR-MC)では概ね負の値(対流活動が平年より不活発)、日付変更線付近(OLR-DL)では概ね正の値(対流活動が平年より活発)で推移したが、後半はその逆の傾向で推移した。赤道東西風指数は、年の前半は太平洋中部の上層

(U200-CP)では概ね負の値(東風偏差)、インド洋の上層(U200-IN)、太平洋西・中・東部(U850-WP、U850-CP、U850-EP)は概ね正の値(西風偏差)だったが、後半にはその逆の傾向となった。

各指数に共通してみられる年の前半から後半にかけての大きな変動は、SOI のほか、エルニーニョ監視指数(第 2.5-3 図)の推移ともよく対応している。このことから、年の前半を中心に、春に終息したエルニーニョ現象が熱帯の大気循環に大きく影響を及ぼした可能性がある。

MJO に伴う対流活発な位相は、年を通して断続的に東進し、2015 年 12 月から 2016 年 8 月にかけては振幅の大きな位相の東進がみられた(第 2.4-2 図(a))。季節内振動よりも長い時間規模でみられる活発な対流活動の中心は、4 月までは太平洋中・東部にみられたが、5 月以降はインド洋からインドネシア付近にみられ(同図(a))、これに対応して、対流圏下層の西風偏差の中心も太平洋中部からインド洋東部へ大きくシフトした(同図(b))。

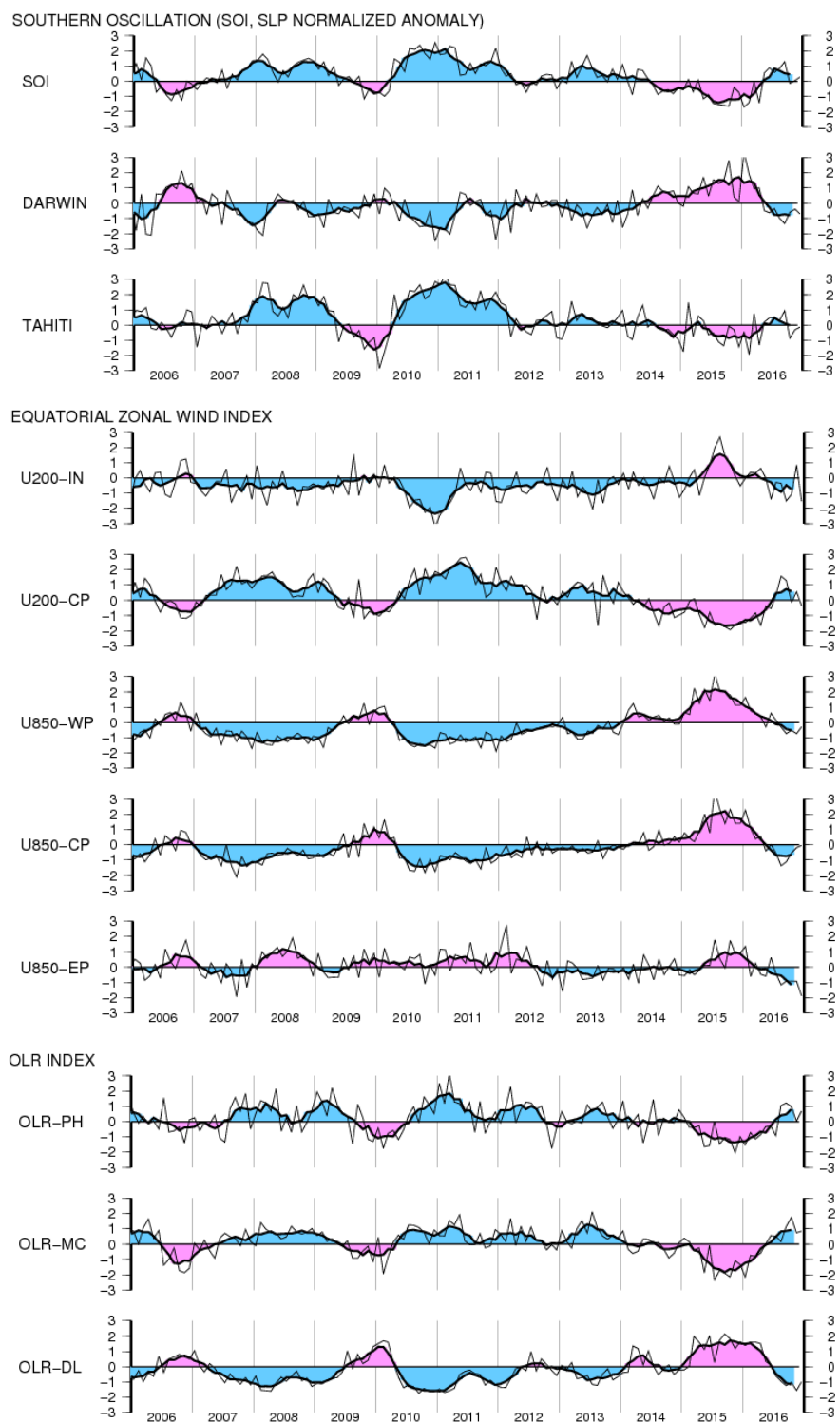
第2.4-1表 熱帯の大気の監視指数¹(2015年12月～2016年12月)

OLR指数は速報値に基づく値。平年の期間は1981～2010年の30年間。

年月	南方振動指数			OLR指数			赤道東西風指数					夏のアジアモンスーン OLRインデックス		
	SOI	DARWIN	TAHITI	OLR-PH	OLR-MC	OLR-DL	U200-IN	U200-CP	U850-WP	U850-CP	U850-EP	Activity	N-shift	W-shift
2015年12月	-0.7	0.1	-1.4	-1.0	-1.3	1.6	-0.5	-1.4	1.1	1.4	0.9	///	///	///
2016年1月	-1.7	3.3	-0.4	-1.5	-2.1	1.4	0.0	-1.5	1.6	2.3	1.4	///	///	///
2016年2月	-1.4	1.9	-1.9	-0.7	-0.7	1.6	0.4	-1.2	0.8	1.1	-0.6	///	///	///
2016年3月	-0.1	1.0	0.7	-1.1	-0.8	1.6	0.3	-0.8	0.6	0.4	0.3	///	///	///
2016年4月	-1.4	1.0	-1.3	-0.9	-0.6	1.5	0.6	-1.6	0.4	0.6	-0.5	///	///	///
2016年5月	0.5	-0.5	0.2	-0.3	0.0	0.3	0.0	-0.4	-0.3	-0.4	-0.6	0.4	-0.8	1.2
2016年6月	0.9	-0.6	0.5	-0.3	0.6	0.1	-1.4	-0.5	0.6	0.0	0.6	0.3	-0.5	1.0
2016年7月	0.6	-0.4	0.5	-0.9	0.5	-0.6	-0.3	0.3	0.1	-0.5	-0.4	-0.4	0.1	1.2
2016年8月	0.8	-1.0	0.3	1.0	0.2	-0.9	-0.4	1.6	-0.3	-1.4	-1.2	0.5	0.3	-0.9
2016年9月	1.3	-1.3	0.9	1.2	1.1	-1.2	-1.5	1.3	-0.7	-1.1	-0.9	1.6	0.8	0.0
2016年10月	-0.1	-0.6	-0.9	1.0	1.7	-1.0	-1.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.9	1.1	-0.9	-0.5
2016年11月	0.0	-0.4	-0.3	0.0	0.7	-1.5	0.8	0.5	-0.7	-0.2	-0.9	///	///	///
2016年12月	0.3	-0.8	-0.1	0.7	0.8	-1.0	-1.5	-0.4	-0.3	0.0	-1.9	///	///	///
地点または領域	TAHITI - DARWIN	12.5°S 131°E	17.5°S 150°W	20-10°N 110-140°E	5°N-5°S 110-135°E	5°N-5°S 170°E-170°W	5°N-5°S 80-100°E	5°N-5°S 180-125°W	5°N-5°S 160°E-175°W	5°N-5°S 170°W-135°W	5°N-5°S 130-100°W	SAMOI (A)	SAMOI (N)	SAMOI (W)

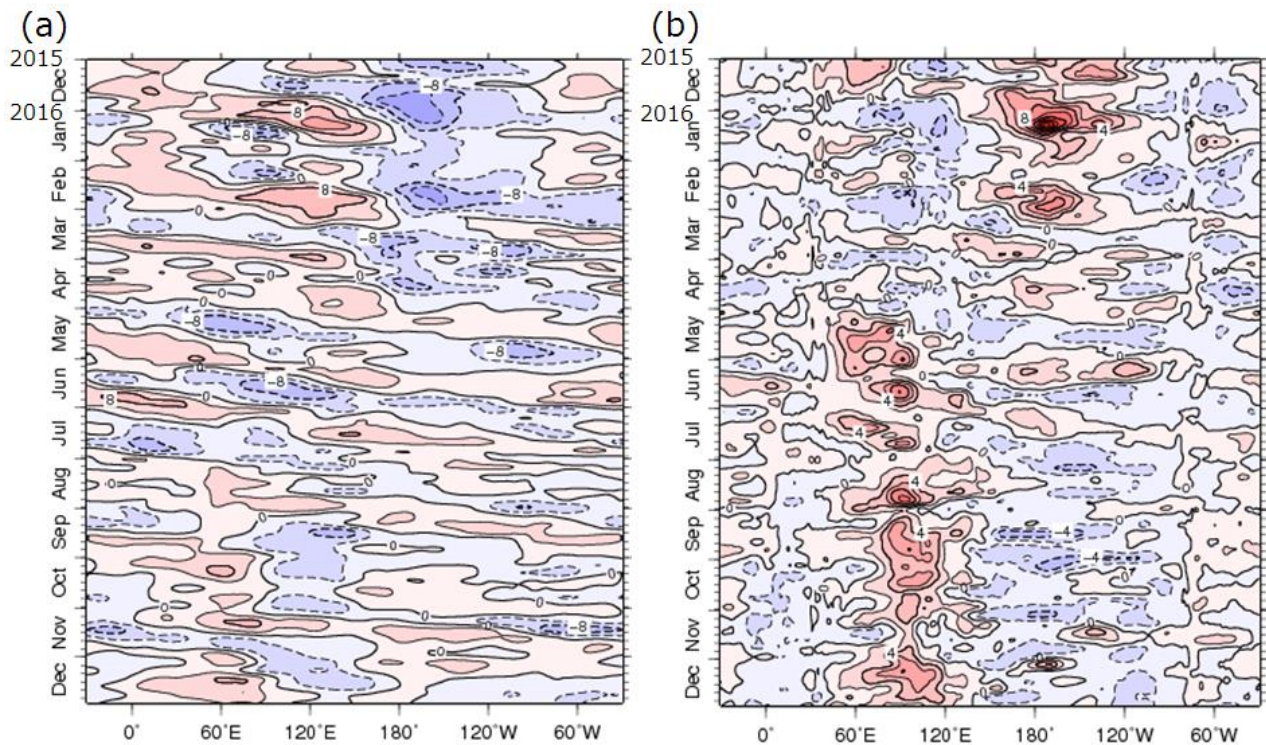
¹ 各監視指数の解説については以下を参照。

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/diag/note.html>



第 2.4-1 図 熱帯の大気の監視指数の推移(2006 年 1 月～2016 年 12 月)

細実線は月平均値、太実線は 5 か月移動平均値を表す。赤色(青色)側はエルニーニョ(ラニーニャ)現象時に現れやすい偏差を示す。平年値は 1981～2010 年平均値。領域は第 2.4-1 表を参照。



第 2.4-2 図 5 日平均した赤道付近 ($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ 平均) の(a)200hPa 速度ポテンシャル平年偏差と(b)850hPa 東西風平年偏差の経度・時間断面図(2015 年 12 月~2016 年 12 月)
等値線の間隔は(a) $4 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ 、(b)2m/s。 (a)の寒色系は発散偏差(対流活動が活発)、暖色系は収束偏差(同不活発)を、(b)の寒色系は東風偏差、暖色系は西風偏差を示す。

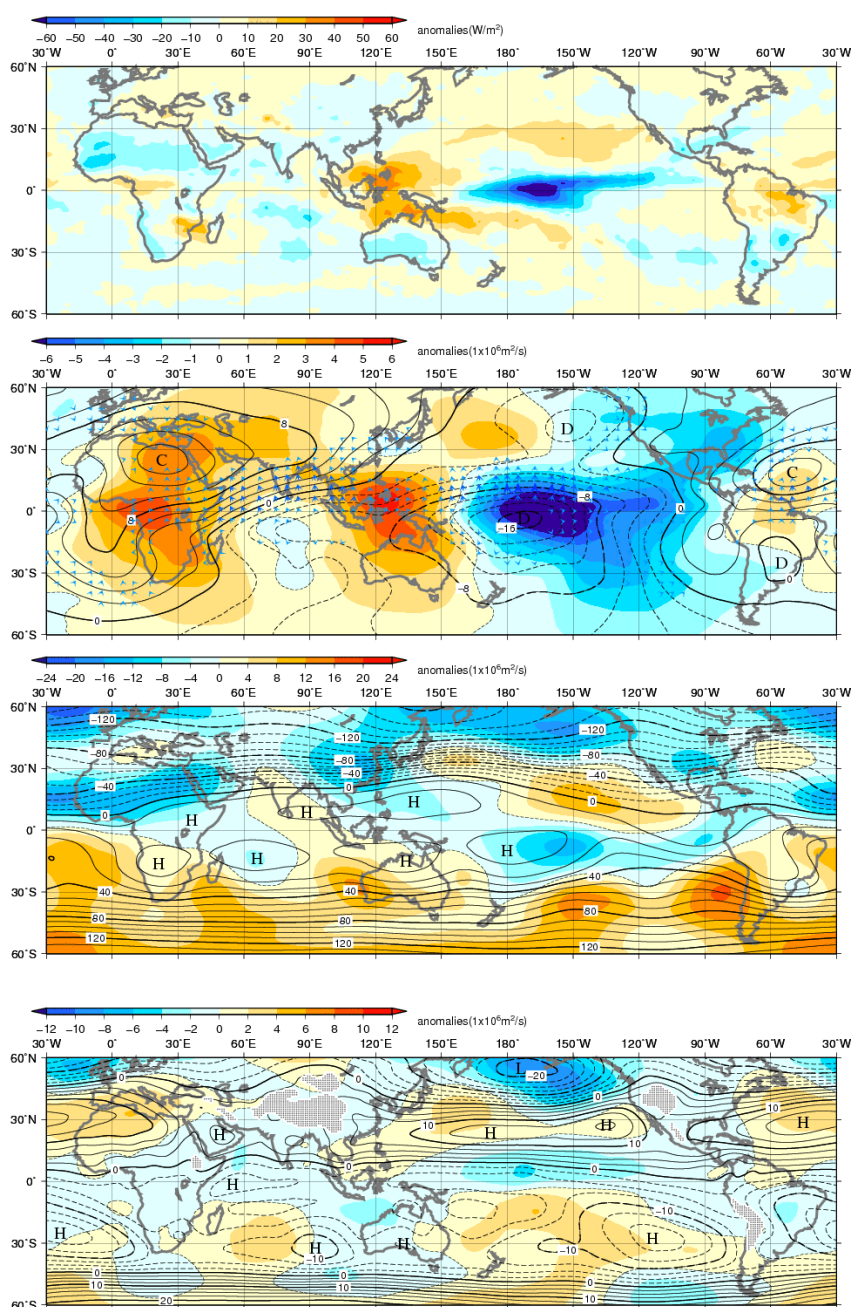
2.4.2 冬(2015年12月～2016年2月)

熱帯の対流活動は、平年と比べて、日付変更線の西側から東部太平洋赤道域にかけてとインド洋で活発、インドネシア付近で不活発だった(第2.4-3図)。

対流圏上層では、日付変更線の西側から太平洋東部にかけて発散偏差、アフリカ及びインドネシア付近で収束偏差となった(第2.4-4図)。太平洋中部から東部にかけて高気圧性循環偏差、インドネシア付近で低気圧性循環偏差が、それぞれ南北半球対でみられた(第2.4-5図)。

対流圏下層では、太平洋西部から中部にかけては低気圧性循環偏差、インドネシア付近や大西洋では高気圧性循環偏差が、それぞれ南北半球対でみられた(第2.4-6図)。

MJOに伴う対流活発な位相は、12月中旬から1月中旬にかけてインドネシア付近から太平洋を通過してインド洋に達した。2月には、インド洋東部から太平洋東部にかけて東進した(第2.4-2図)。



第2.4-3図 3か月平均外向き長波放射量(OLR)平年偏差(2015年12月～2016年2月)

熱帯域では、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。

第2.4-4図 3か月平均200hPa速度ポテンシャル(2015年12月～2016年2月)

等値線は実況値を表し、間隔は $2 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ 。陰影は平年偏差、矢印は発散風を表す。図中の'D'は発散、'C'は収束の中心域を示す。

第2.4-5図 3か月平均200hPa流線関数・平年偏差(2015年12月～2016年2月)

等値線は実況値を表し、間隔は $10 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ 。陰影は平年偏差を表し、北半球(南半球)では、暖色は高気圧(低気圧)性循環偏差、寒色は低気圧(高気圧)性循環偏差を示す。図中の'H'は高気圧性循環の中心域を示す。

第2.4-6図 3か月平均850hPa流線関数・平年偏差(2015年12月～2016年2月)

等値線は実況値を表し、間隔は $2.5 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ 。陰影は第2.4-5図と同じ。図中の'H'、'L'はそれぞれ高気圧性、低気圧性循環の中心域、点状の陰影は標高が1600m以上の領域を示す。

2.4.3 春(2016年3~5月)

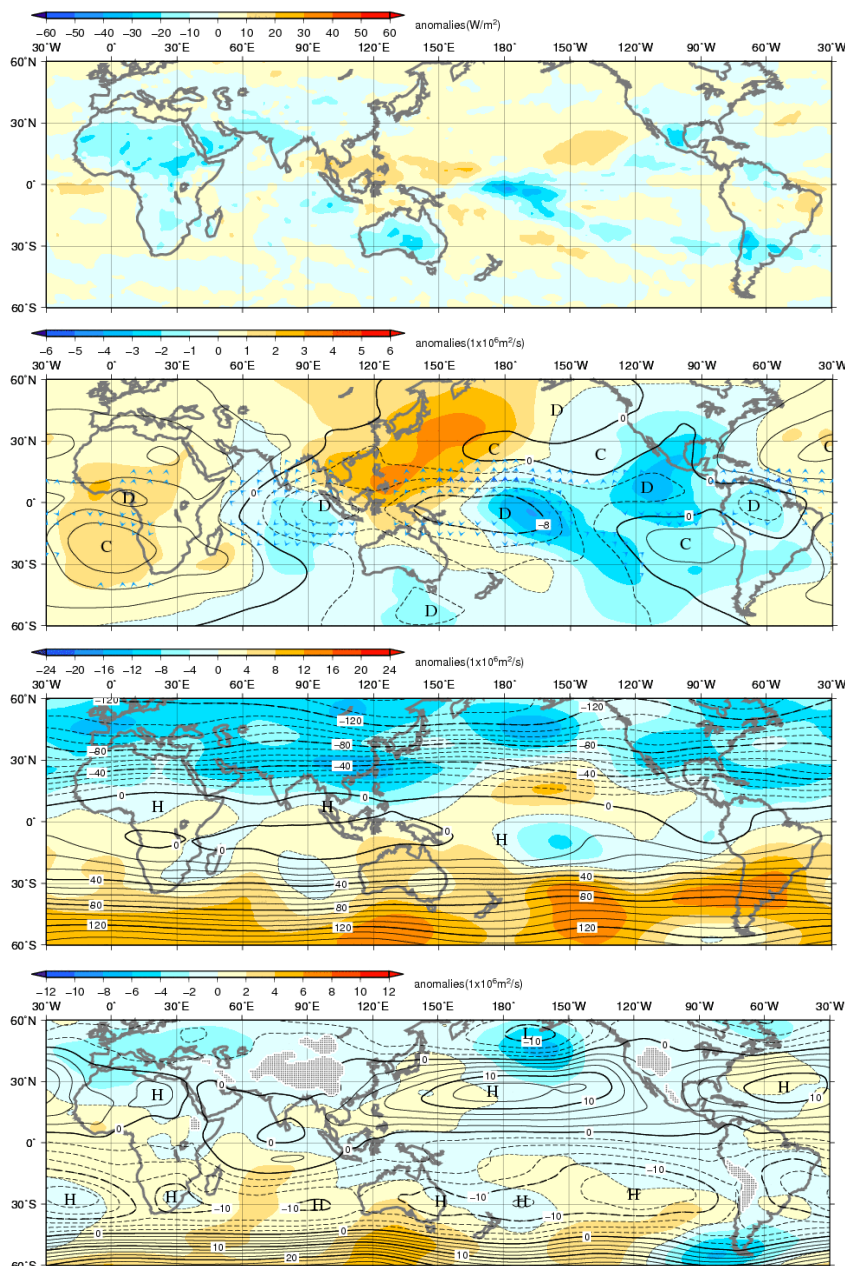
熱帯の対流活動は、平年と比べて、日付変更線の西側から太平洋中部にかけて活発、インドネシア付近から太平洋西部にかけては不活発だった(第2.4-7図)。

対流圏上層では、インド洋、日付変更線付近から太平洋東部にかけて発散偏差、インドネシア付近、大西洋からアフリカにかけて収束偏差だった(第2.4-8図)。太平洋中部で高気圧性循環偏差、インドネシア

付近で低気圧性循環偏差が、それぞれ南北半球対でみられた(第2.4-9図)。

対流圏下層では、インド洋で低気圧性循環偏差、ベンガル湾から太平洋西部にかけて高気圧性循環偏差となった(第2.4-10図)。

MJOに伴う対流活発な位相は、3月にインド洋からインドネシア付近を通して太平洋にかけて、5月上旬から中旬にかけてはアフリカからインド洋を東進した(第2.4-2図)。



第2.4-7図 3か月平均外向き長波放射量(OLR)平年偏差(2016年3~5月)
偏差の読み方は、第2.4-3図と同じ。

第2.4-8図 3か月平均200hPa速度ポテンシャル(2016年3月~5月)
等値線や陰影は、第2.4-4図と同じ。

第2.4-9図 3か月平均200hPa流線関数・平年偏差(2016年3~5月)
等値線や陰影は、第2.4-5図と同じ。

第2.4-10図 3か月平均850hPa流線関数・平年偏差(2016年3~5月)
等値線や陰影は、第2.4-6図と同じ。

2.4.4 夏(2016年6~8月)

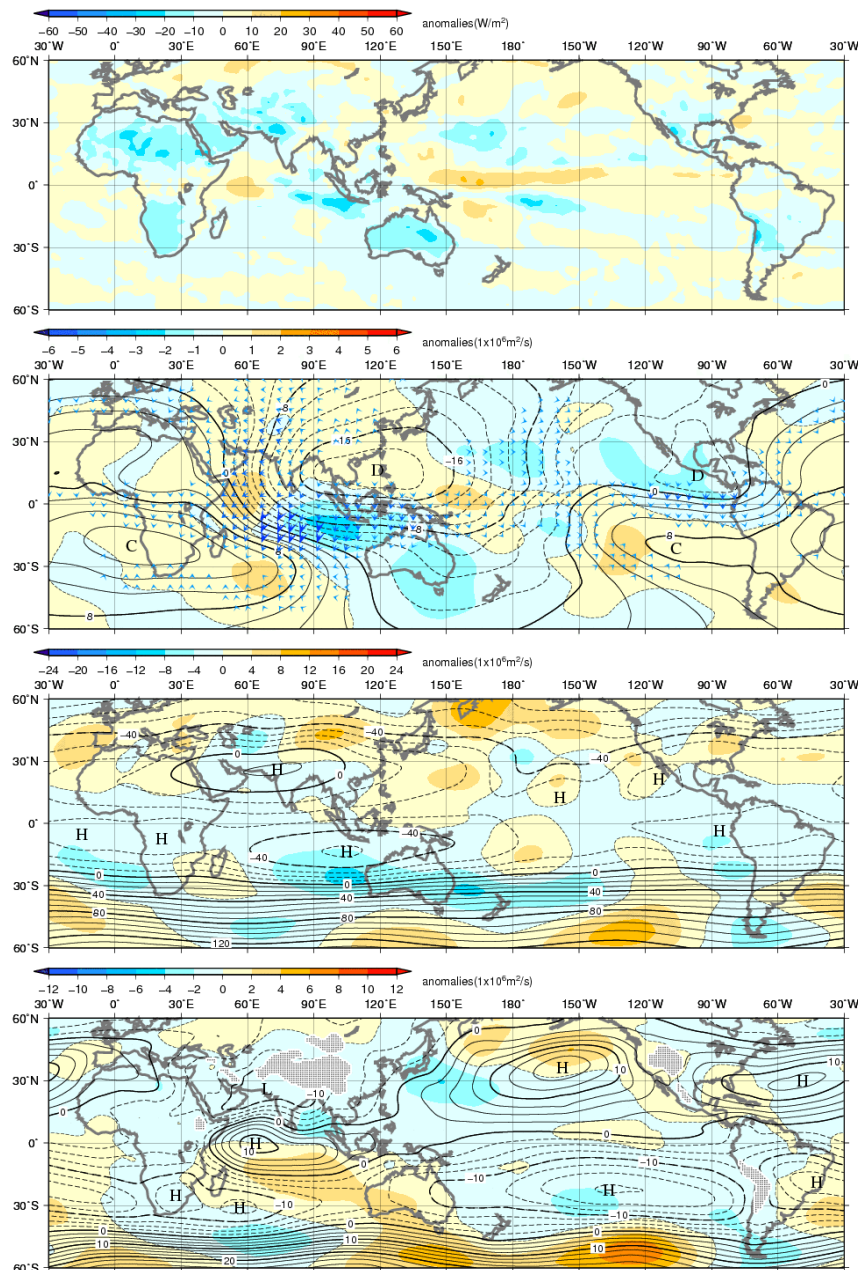
熱帯の対流活動は、平年と比べて、インド洋東部で活発、インド洋西部、西・中部太平洋赤道域で不活発だった(第2.4-11図)。

対流圏上層では、インド洋東部からインドネシア付近の南半球側で発散偏差、インド洋西部、太平洋西部で収束偏差だった(第2.4-12図)。太平洋西部で高気圧性循環偏差が南北半球対でみられた。ユーラシア大陸の40°N帯では波列パターンとなり、チベット

高気圧の北東側への張り出しが強かった(第2.4-13図)。

対流圏下層では、インド洋で低気圧性循環偏差が南北半球対でみられた(第2.4-14図)。太平洋高気圧の西への張り出しは、平年より弱かった。

MJOに伴う対流活発な位相は、6月はアフリカからインドネシア付近にかけて、7月は太平洋からインド洋にかけて、8月はインドネシア付近から太平洋にかけて東進した(第2.4-2図)。



第2.4-11図 3か月平均外向き長波放射量(OLR)平年偏差(2016年6~8月)
偏差の読み方は、第2.4-3図と同じ。

第2.4-12図 3か月平均200hPa速度ポテンシャル(2016年6月~8月)
等値線や陰影は、第2.4-4図と同じ。

第2.4-13図 3か月平均200hPa流線関数・平年偏差(2016年6~8月)
等値線や陰影は、第2.4-5図と同じ。

第2.4-14図 3か月平均850hPa流線関数・平年偏差(2016年6~8月)
等値線や陰影は、第2.4-6図と同じ。

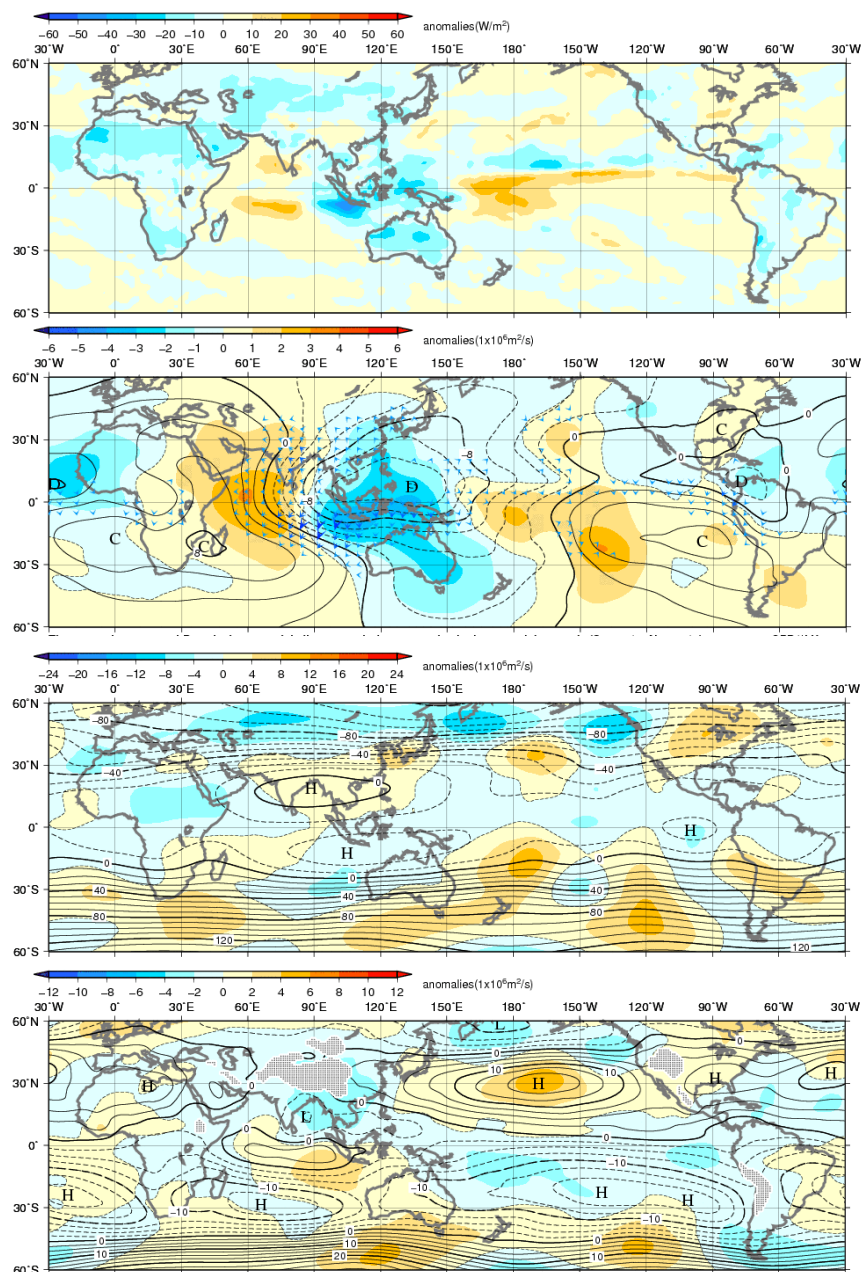
2.4.5 秋(2016年9～11月)

熱帯の対流活動は、平年と比べて、インドネシア付近、太平洋の10°～15°N付近で活発、インド洋西・中部、太平洋赤道域で不活発だった(第2.4-15図)。

対流圏上層では、インドネシア付近、大西洋で発散偏差、インド洋西・中部、太平洋赤道域で収束偏差だった(第2.4-16図)。インド洋からインドネシア付近にかけては高気圧性循環偏差が南北半球対でみられた(第2.4-17図)。

対流圏下層では、インド洋東部からインドネシア付近にかけて低気圧性循環偏差、太平洋で高気圧性循環偏差が南北半球対でみられ、日本からその南東海上にかけて太平洋高気圧の張り出しが強かった(第2.4-18図)。

MJOに伴う対流活発な位相は、9月はインド洋東部からインドネシア付近にかけて、11月には太平洋からインド洋にかけて東進した(第2.4-2図)。



第2.4-15図 3か月平均外向き長波放射量(OLR)平年偏差(2016年9～11月)
偏差の読み方は、第2.4-3図と同じ。

第2.4-16図 3か月平均200hPa速度ポテンシャル(2016年9～11月)
等値線や陰影は、第2.4-4図と同じ。

第2.4-17図 3か月平均200hPa流線関数・平年偏差(2016年9～11月)
等値線や陰影は、第2.4-5図と同じ。

第2.4-18図 3か月平均850hPa流線関数・平年偏差(2016年9～11月)
等値線や陰影は、第2.4-5図と同じ。

2.4.6 台風

2016 年の台風の発生数は 26 個(平年値 25.6 個)で平年並¹だった(第 2.4-2 表、第 2.4-19 図)。台風第 1 号の発生は 7 月 3 日と、台風の統計を開始した 1951 年以降、1998 年の 7 月 9 日に次いで 2 番目に遅かった。これは、エルニーニョ現象が最盛期を迎えた翌年に見られる特徴として、北西太平洋熱帯域の大気の循環が台風の発生しにくい状況であったためと考えられる。7 月以降は平年よりも多くの台風が発生し、年間の発生数としては平年並となった。

2016 年の日本への台風の接近数は平年並¹の 11 個(平年値 11.4 個)だったが、北日本、東日本(伊豆諸島・小笠原諸島除く)への接近数は平年よりも多く、特に北海道地方への接近数は 5 個と 1951 年の統計開始以降最多となった。

日本に上陸した台風は、第 7 号、第 9 号、第 10 号、第 11 号、第 12 号、第 16 号だった。年間 6 個(平年値 2.7 個)の上陸数は 1951 年の統計開始以降 2004 年の 10 個に次いで 1990 年、1993 年と並んで 2 番目に多かった。このうち、台風第 7 号、第 9 号、第 10 号、第 11 号は 8 月中旬から下旬にかけて、北海道地方、東北地方、関東地方に相次いで上陸した。ひと月の上陸数 4 個は 1954 年 9 月、1962 年 8 月と並んで最多タイであり、さらに北海道地方に年間 2 個、再上陸も含めて 3 個の台風が上陸したのはともに初めてだった。また台風第 10 号は、東北地方太平洋側に初めて上陸した。

第 2.4-2 表 2016 年の台風一覧

番号	呼名	台風期間 ¹⁾	階級 ²⁾	最大風速(knots) ³⁾
1601	Nepartak	7/3 - 7/9	TY	110
1602	Lupit	7/23 - 7/24	TS	40
1603	Mirinae	7/26 - 7/28	STS	55
1604	Nida	7/30 - 8/2	STS	60
1605	Omais	8/4 - 8/9	STS	60
1606	Conson	8/9 - 8/15	TS	45
1607	Chanthu	8/13 - 8/17	STS	55
1608	Dianmu	8/17 - 8/19	TS	40
1609	Mindulle	8/19 - 8/23	TY	65
1610	Lionrock	8/21 - 8/30	TY	90
1611	Kompasu	8/20 - 8/22	TS	35
1612	Namtheun	9/1 - 9/4	TY	70
1613	Malou	9/6 - 9/7	TS	40
1614	Meranti	9/10 - 9/15	TY	120
1615	Rai	9/12 - 9/13	TS	35
1616	Malakas	9/12 - 9/20	TY	95
1617	Megi	9/23 - 9/28	TY	85
1618	Chaba	9/29 - 10/5	TY	115
1619	Aere	10/5 - 10/10	STS	60
1620	Songda	10/8 - 10/13	TY	100
1621	Sarika	10/13 - 10/19	TY	95
1622	Haima	10/15 - 10/21	TY	115
1623	Meari	11/3 - 11/7	TY	75
1624	Ma-on	11/10 - 11/12	TS	35
1625	Tokage	11/25 - 11/28	STS	50
1626	Nock-ten	12/21 - 12/27	TY	105

1) 台風期間は世界時(UTC)による

2) 最大風速による階級

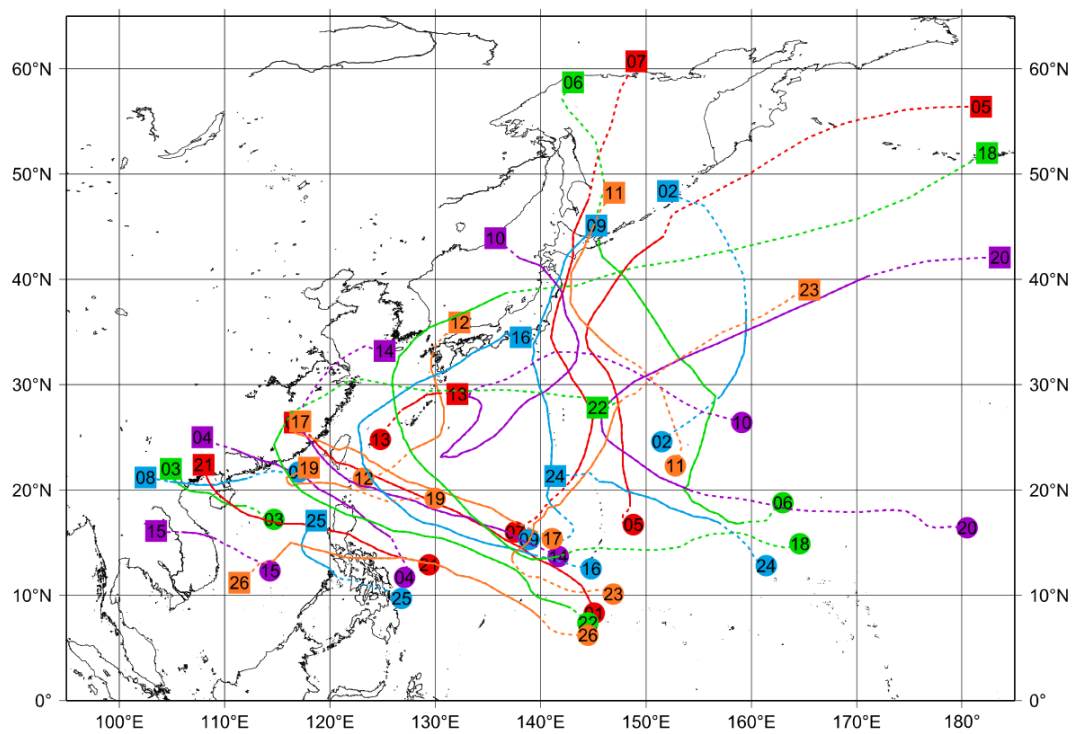
TS: Tropical Storm(34~47knots)

STS: Severe Tropical Storm(48~63knots)

TY: Typhoon(64knots 以上)

3) 10 分間平均した値

¹台風の年間発生数の平年並の範囲は 24~28 個、全国への年間接近数の平年並の範囲は 11~12 個。



第 2.4-19 図 2016 年の台風経路図

経路の両端の●と■は台風の発生位置と消滅位置、数字は台風番号を示す(点線は熱帯低気圧または温帯低気圧の期間)。

2.5 海況

全球平均海面水温は 2016 年を通して平年より非常に高い状態が持続し、特に夏までは記録的な高温であった。これには地球温暖化による長期的な海面水温の上昇傾向に加え、2016 年春まで発生していたエルニーニョ現象の影響で太平洋やインド洋の熱帯域で海面水温が高くなったことなどが寄与している。年平均した偏差は $+0.33^{\circ}\text{C}$ で、統計を開始した 1891 年以降最大となり、これまで最大だった 2015 年の $+0.30^{\circ}\text{C}$ を上回った。

太平洋赤道域の海面水温は、2015/2016 年冬には中部から東部にかけて顕著な正偏差だったが、春に東部で正偏差が弱まった(第 2.5-1 図(a)、(b)、第 2.5-2 図(左))。夏から秋にかけては西部で顕著な正偏差、中部から東部にかけて負偏差となった(第 2.5-1 図(c)、(d)、第 2.5-2 図(左))。

エルニーニョ監視海域(NINO.3 海域)の月平均海面水温の基準値(前年までの 30 年平均値)との差は、2015 年 12 月の $+3.0^{\circ}\text{C}$ から 2016 年 7 月の -0.6°C まで下降した後、 $-0.6\sim -0.3^{\circ}\text{C}$ で推移した(第 2.5-3 図(上))。5 か月移動平均値は 2014 年 6 月から 2016 年 4 月にかけて $+0.5^{\circ}\text{C}$ 以上となったが、2016 年 5 月に $+0.5^{\circ}\text{C}$ を下回り、2014 年夏に発生したエルニーニョ現象は 2016 年春に終息した。南方振動指数の月平均値は 2016 年 4 月までは負の値、5 月以降は 10 月を除いて正の値で推移した(第 2.5-3 図(下))。

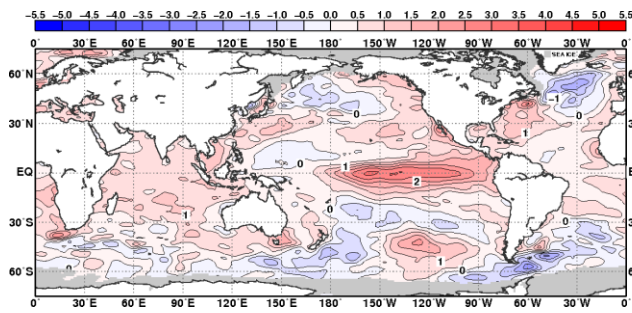
太平洋赤道域の海洋表層では冬に中部の暖水が東進した後、春に西部の冷水が東進し、ほぼ全域で負偏差となった。中部から東部にかけての負偏差は秋にかけて持続した(第 2.5-2 図(右))。

北太平洋の海面水温は、北米沿岸及び熱帯域の中部から東部にかけての領域で顕著な正偏差が持続し、正の太平洋十年規模振動(PDO)¹に相当するパターンが現れて PDO 指数は一年を通じて正となった(第 2.5-4 図)。南太平洋では、一年を通して南米沿岸付近で正偏差が見られた。また、春から夏にかけて

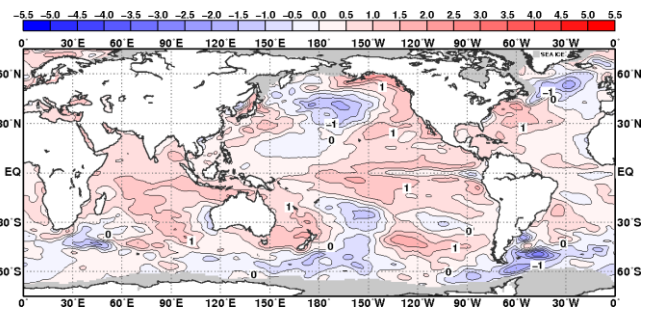
はオーストラリアの東で顕著な正偏差が見られ、秋にはニュージーランドの北東で顕著な正偏差が見られた。インド洋では、冬から春にかけては熱帯域のほぼ全域で顕著な正偏差が見られたが、夏に西から正偏差が弱まった。夏から秋にかけては東部熱帯域で顕著な正偏差が見られた。北大西洋では、一年を通じて米国東方で正偏差が見られた。冬から春にかけてと秋にはグリーンランドの南で顕著な負偏差が見られた(第 2.5-1 図)。

¹ PDO についての詳しい解説や診断は気象庁ホームページ「海洋の健康診断表(太平洋十年規模振動(PDO)指数の変動)」(http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/b_1/pdo/pdo.html)に掲載。

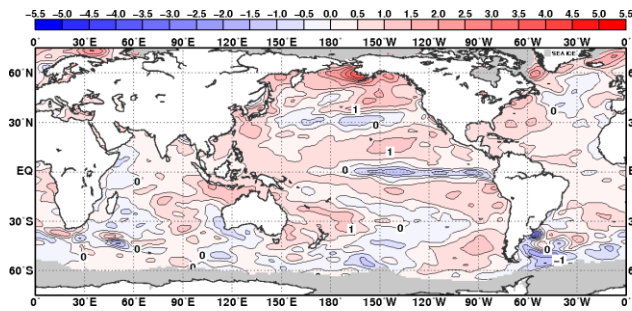
(a) 冬



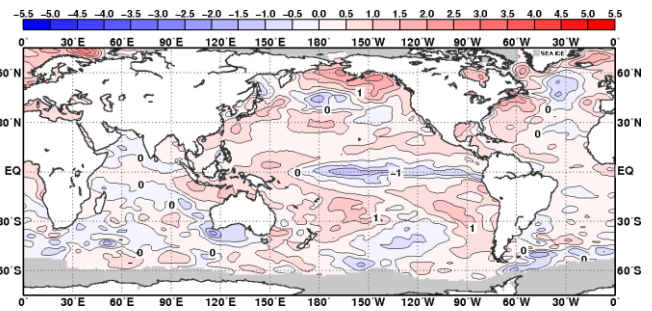
(b) 春



(c) 夏



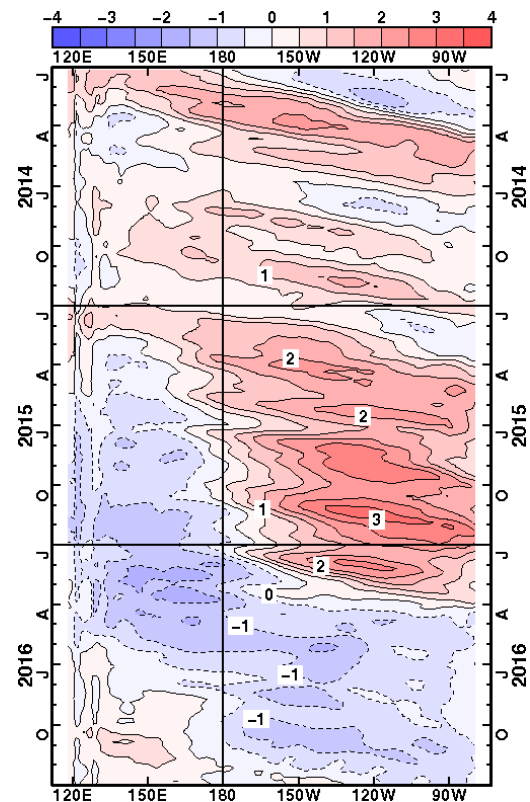
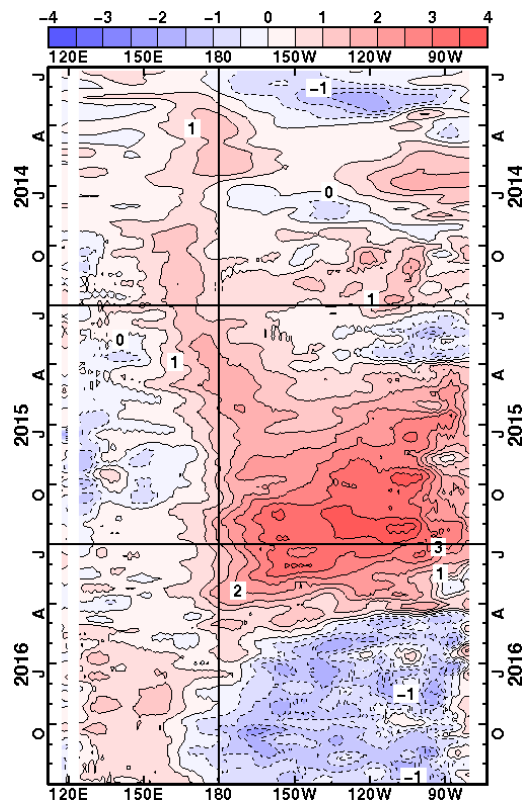
(d) 秋



第 2.5-1 図 季節平均海面水温年偏差図(2016 年)

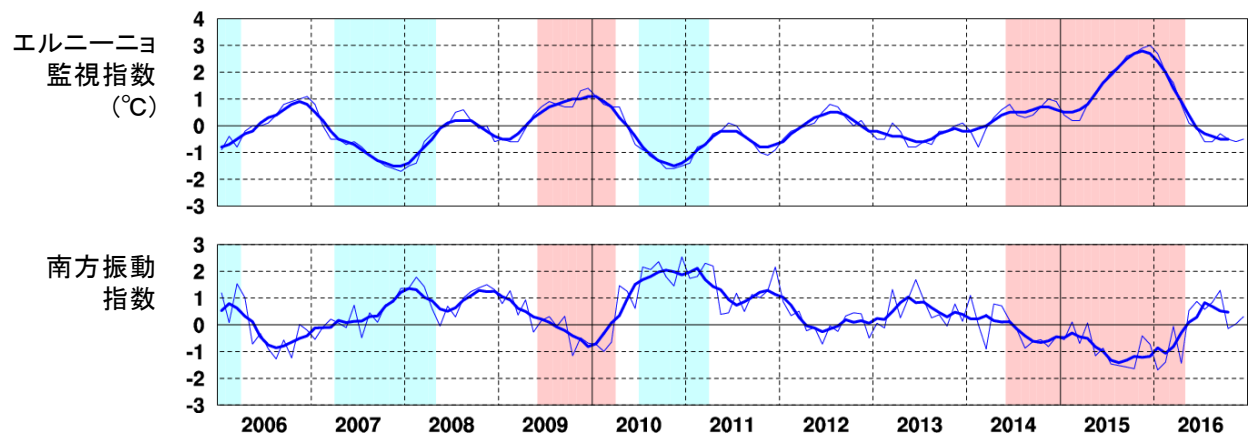
(a)冬(2015 年 12 月～2016 年 2 月)、(b)春(3～5 月)、(c)夏(6～8 月)、(d)秋(9～11 月)。

等値線の間隔は 0.5℃、陰影は年偏差を示す。灰色域は海水域を表す。



第 2.5-2 図 2014 年 1 月～2016 年 12 月の太平洋の赤道に沿った海面水温偏差(左)と表層貯熱量(海面から深度 300m までの平均水温)偏差(右)の経度-時間断面図

等値線の間隔はいずれも 0.5℃で、陰影は年偏差を示す。

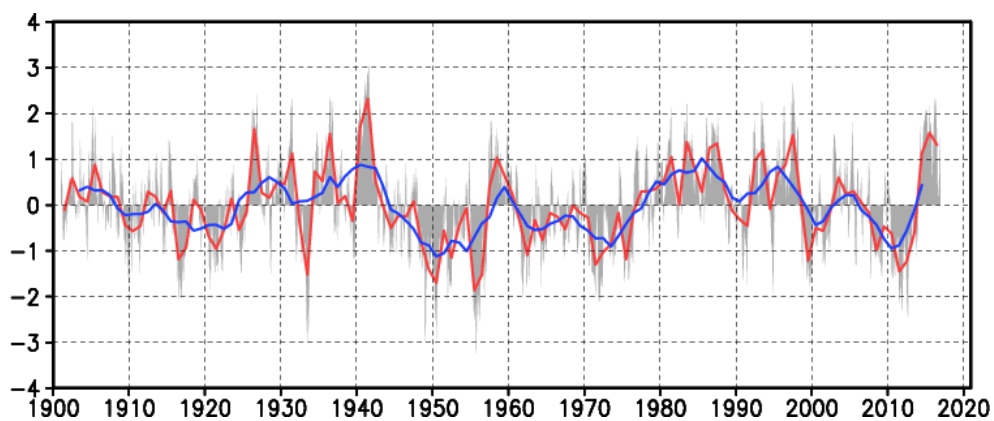


第 2.5-3 図 2006～2016 年のエルニーニョ監視指数(上)と南方振動指数(下)の時系列

各図の細線は月平均値、太線は 5 か月移動平均値。

陰影はエルニーニョ現象(赤)／ラニーニャ現象(青)の発生期間。

エルニーニョ監視指数は NINO.3 海域 (5°N-5°S, 150°W-90°W) の月平均海面水温の基準値からの差で、基準値は前年までの 30 年平均値である。



第 2.5-4 図 1901～2016 年の太平洋十年規模振動(PDO)指数の時系列

赤線は PDO 指数の年平均値、青線は 5 年移動平均値。また、月ごとの指数を灰色の棒グラフで示す。

2.6 冬季北半球成層圏の大気循環

成層圏突然昇温は、冬季の極域成層圏の気温が数日の間に数十℃以上も上昇する現象で、1952年にベルリン自由大学の R. Scherhag によって発見された。この現象は、対流圏に起源をもつプラネタリー波が成層圏に伝播し、そこで平均流を減速させることにより引き起こされることがわかっている(Matsuno, 1971; 塩谷, 2002)。世界気象機関(WMO)の定義(WMO, 1978)によると、突然昇温の発生は、成層圏の極付近で1週間に25℃以上の昇温がみられた場合とされている。この条件に加えて、成層圏での帯状平均気温が極域に向かうほど高くなり、帯状平均東西風が(北半球の場合)60°N以北で10hPa面付近かそれより下層で西風から東風に変った場合には大規模突然昇温、それ以外は小規模突然昇温と呼ばれる。

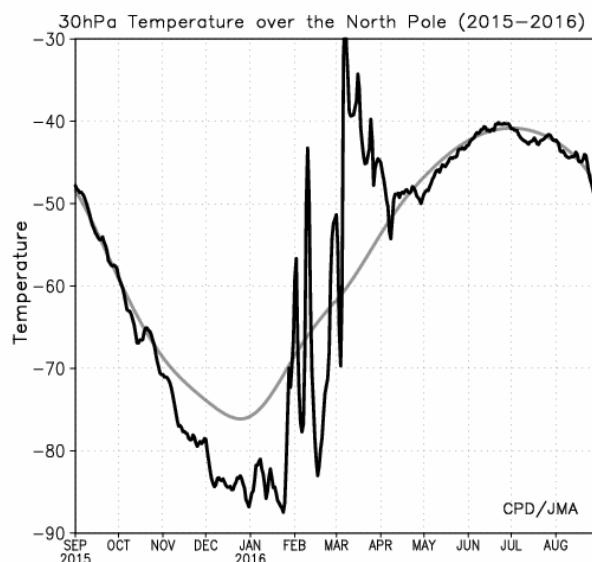
2015/2016年冬季の北半球成層圏では、冬平均では極うずは平年と比べて強かったが、冬後半以降は極うずが弱まる時期があり、1月下旬から2月中旬にかけて小規模突然昇温が、2月下旬から4月上旬にかけては大規模突然昇温が発生した(第2.6.1図)。本節では、突然昇温の発生期間を含む、成層圏の大気循環場の特徴について述べる。

2.6.1 北半球成層圏の循環場

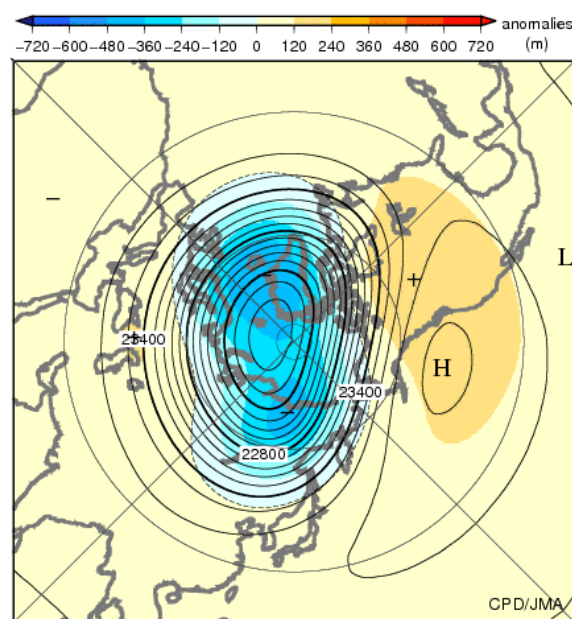
2015/2016年冬平均の30hPa高度をみると、高緯度域で負偏差、中緯度域で帯状に正偏差となる環状の偏差パターンがみられ、極うずは平年と比べて強かった(第2.6-2図)。太平洋東部から北米では正偏差が明瞭となり、アリューシャン高気圧の東への張り出しが平年と比べて強かった。

2015年12月から2016年4月における30hPa高度の月ごとの推移をみると、12月、1月は高緯度域で負偏差が明瞭となり、極うずは平年と比べて強かった(第2.6-3図(a)と(b))。2月は、アリューシャン高気圧の張り出しが強く、極うずが平年の位置と比べてユーラシア大陸側にずれ(同図(c))、1月下旬から2月中旬にかけて発生した突然昇温と対応する(第2.6-1図)。この特徴は3月にさらに明瞭となり(第2.6-3図(d))、2月下旬から4月上旬にかけて発生した大規模突然昇

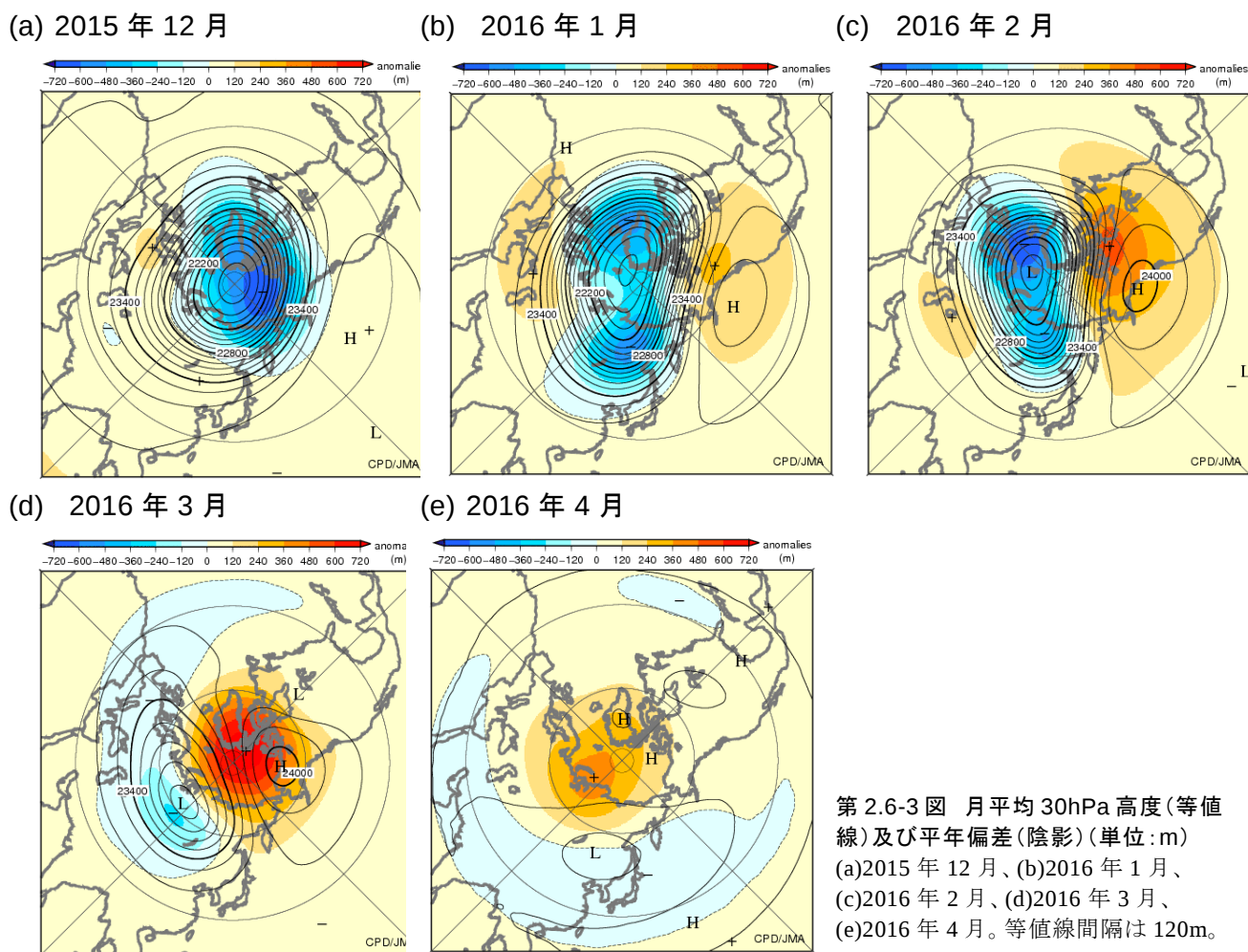
温と対応する(第2.6-1図)。この2回にわたる突然昇温とそれに伴う循環場の推移について、次項以降で詳しく述べる。



第2.6-1図 2015年9月から2016年8月にかけての30hPaにおける北極点の気温の時系列(単位:℃) 黒線は実況値、灰色線は平年値。



第2.6-2図 3か月平均30hPa高度(等値線)及び平年偏差(陰影)(2015年12月～2016年2月)(単位:m) 等値線間隔は120m。



2.6.2 1 月下旬～2 月中旬に発生した突然昇温

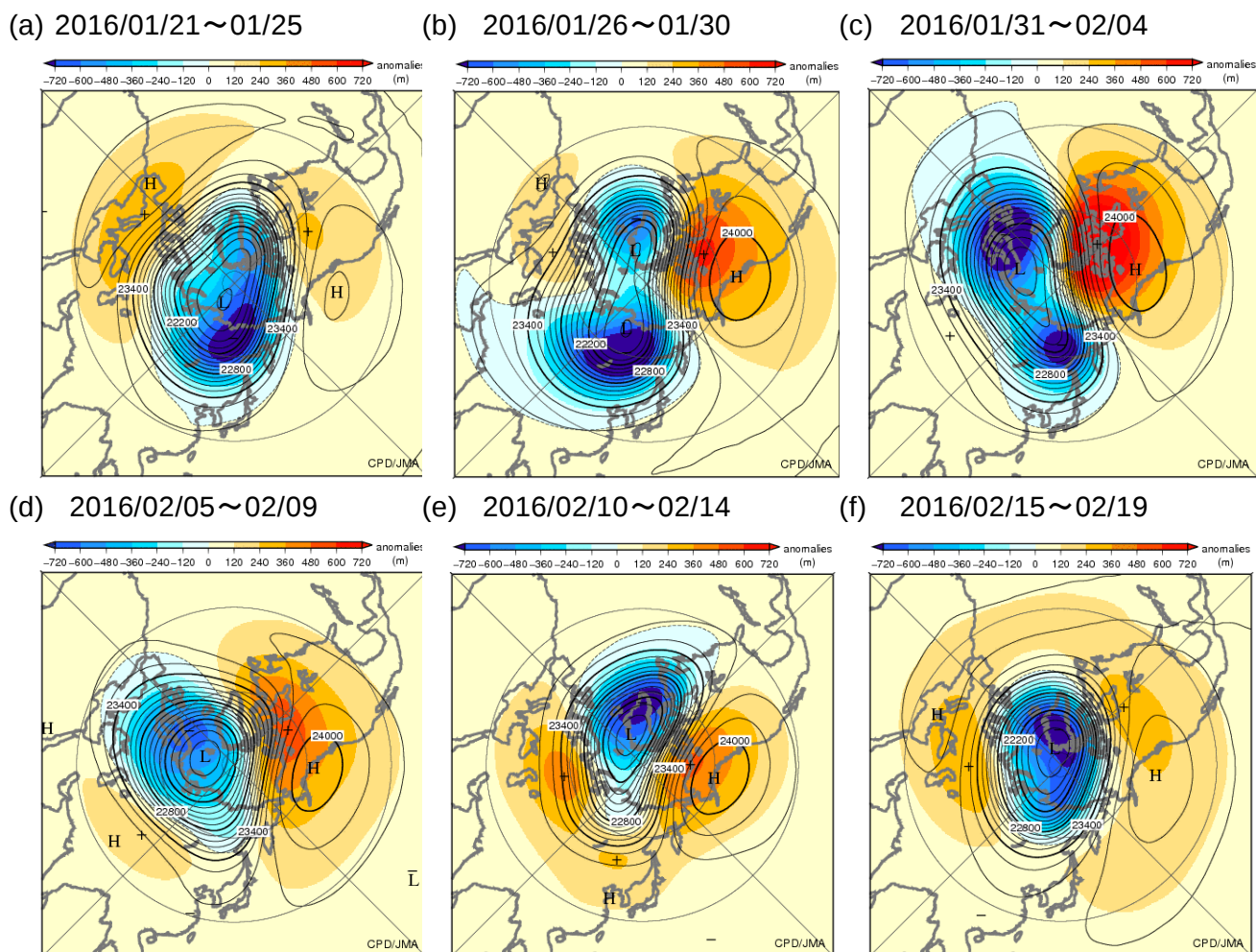
1 月下旬から 2 月中旬にかけての期間における 30hPa 高度の半月ごとの推移を第 2.6-4 図に示す。1 月下旬前半まで平年と比べて強かった極うずは(同図(a))、アリューシャン高気圧の張り出しが強まったことと対応して、2 月上旬前半にかけて大西洋～ユーラシア大陸側に偏った(同図(b)と(c))。これに関連して、平年と比べて低い状態で推移していた北極上空 30hPa 気温は、1 月下旬に急激に上昇し、成層圏突然昇温が発生した(第 2.6-1 図)。

1 月下旬前半における Eliassen-Palm (E-P) フラックス¹(Edmon et al., 1980)をみると、60°N 帯付近で対流圏からのプラネタリー波の鉛直伝播が明瞭となり(第

2.6-5 図(a)の矢印)、成層圏高緯度域における西風の減速に寄与している(同図の陰影)。さらにこのプラネタリー波の鉛直伝播について、東西方向の構造に着目すると、西・中央シベリア付近の対流圏にみられる高度の正偏差域から太平洋中・東部の成層圏にかけて強い波束伝播がみられ(同図(b))、このことがアリューシャン高気圧の張り出しに寄与したとみられる(第 2.6-4 図(a)～(c))。同期間における 500hPa 高度をみると、西・中央シベリア付近に明瞭なリッジがみられ、成層圏循環のほか、東アジアへの強い寒気の吹き出しにも大きく影響したとみられる(第 2.6-6 図)。

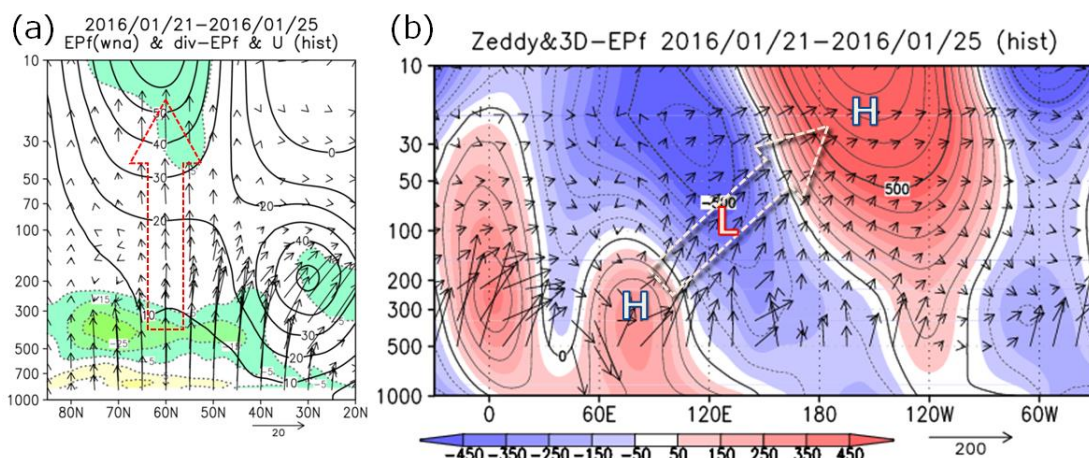
極うずの中心は、2 月中旬前半にかけても大西洋側に偏った状態が続き、その後、中旬後半にかけて極域で強まった(第 2.6-4 図(d)～(f))。これと対応して、北極上空の気温も平年と比べて低い状態となり、突然昇温は終息した(第 2.6-1 図)

¹ E-P フラックスは、Transformed Eulerian Mean (TEM) 方程式系での波と平均流の相互作用を表し、その収束(発散)は帯状平均場の西風の減速(加速)と対応する。



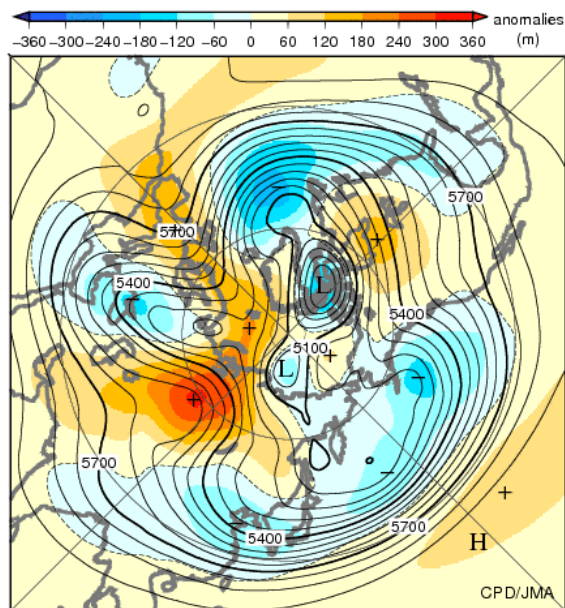
第 2.6-4 図 半旬平均 30hPa 高度(等値線)及び平年偏差(陰影)(単位: m)

(a)2016 年 1 月 21 日～25 日平均、(b)1 月 26 日～30 日平均、(c)1 月 31 日～2 月 4 日平均、(d)2 月 5 日～9 日平均、(e)2 月 10 日～14 日平均、(f)2 月 15 日～19 日平均。等値線間隔は 120m。



第 2.6-5 図 2016 年 1 月 21 日～25 日で平均した、(a)緯度-高度断面図と(b)50°N～70°N 平均の経度-高度断面図

(a)の等値線は带状平均東西風(10m/s 間隔)、矢印と陰影は、E-P フラックスとその収束発散に伴う西風加速度(10m/s/day 間隔、黄(緑)色は発散(収束)域)。縦軸の単位は hPa。E-P フラックスは気圧の平方根で割った値(単位: 南北成分 $10^6 \text{ m}^3/\text{s}^2$ 、鉛直成分 m^2/s^2)。赤点線の矢印は鉛直伝播が明瞭だった箇所を示す。(b)高度の带状平均からの差(等値線; 100m 間隔)及び Plumb(1985)の波の活動度フラックス(矢印; 単位は、水平成分 m^2/s^2 、鉛直成分 $\text{Pa} \cdot \text{m}/\text{s}^2$)。図中 H、L は高度の正偏差、負偏差、白点線の矢印はプラネタリー波の伝播がそれぞれ明瞭だった箇所を示す。



第 2.6-6 図 2016 年 1 月 21 日～25 日で平均した 500hPa 高度(等値線)及び平年偏差(陰影)(単位:m) 等値線間隔は 60m。

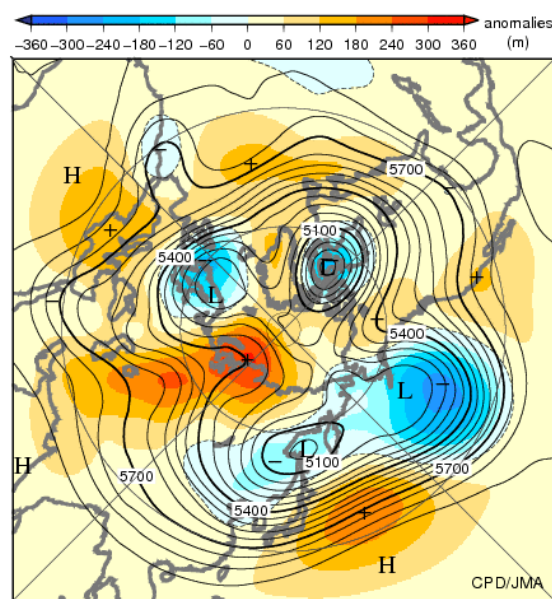
2.6.3 2 月下旬以降に発生した大規模突然昇温

2 月下旬から 3 月中旬にかけての期間における 30hPa 高度の半旬ごとの推移を第 2.6-7 図に示す。2 月中旬に一旦強まった極うずは、3 月上旬にかけて再びユーラシア大陸側に大きく偏り、アリューシャン高気圧が北米北部から極域にかけて張り出した(同図(a)～(d))。これと対応して、北極上空 30hPa 気温は 2 月下旬に再び急激に上昇し(第 2.6-1 図)、成層圏高緯度域では西風から東風に変わり(図省略)、大規模突然昇温が発生した。

2 月下旬前半における E-P フラックスやプラネタリー波の鉛直伝播の東西方向の構造をみると、1 月下旬の事例と同様に、西シベリア付近の対流圏にみられる高度の正偏差域から太平洋中・東部の成層圏にかけての強いプラネタリー波の鉛直伝播がみられ(第 2.6-8 図)、このことがアリューシャン高気圧の張り出しに寄与したとみられる(第 2.6-7 図(a)～(d))。また、同期間における 500hPa 高度をみると、西シベリア付近に明瞭なリッジがみられ、大規模突然昇温の発生に大きく影響したとみられる(第 2.6-9 図)。

2.6.4 まとめ

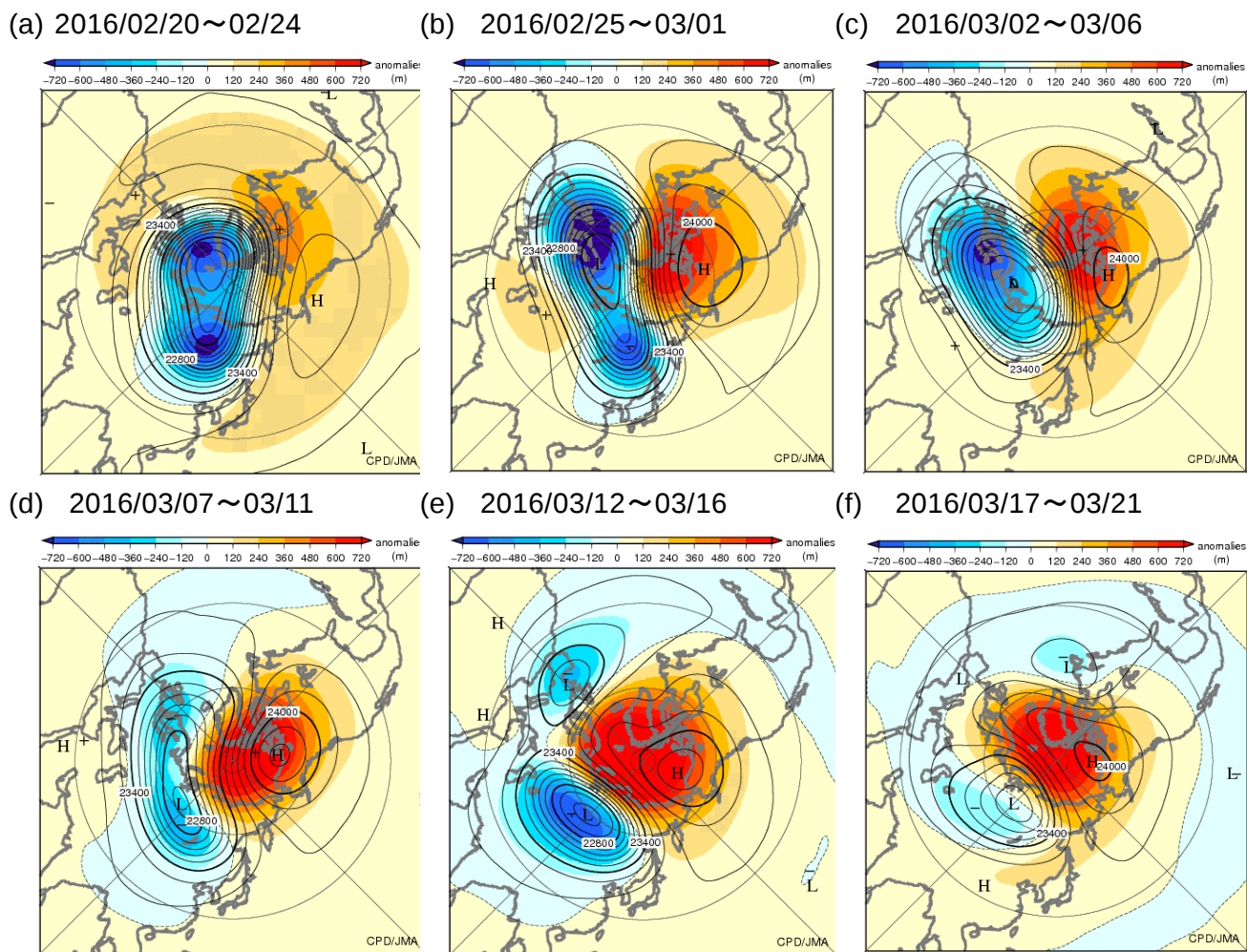
2015/2016 年冬季～春前半の期間における 2 度の成層圏突然昇温の発生には、対流圏の西・中央シベリア付近で発達したリッジが関連していた可能性が示唆された。この領域でのリッジの発達は、シベリア高気圧の発達と関連し、冬季の日本付近を含む東アジア域の天候に大きく影響することから、成層圏循環への影響も含め、その動向を注視する必要がある。



第 2.6-9 図 2016 年 2 月 20 日～24 日で平均した 500hPa 高度(等値線)及び平年偏差(陰影)(単位:m) 等値線間隔は 60m。

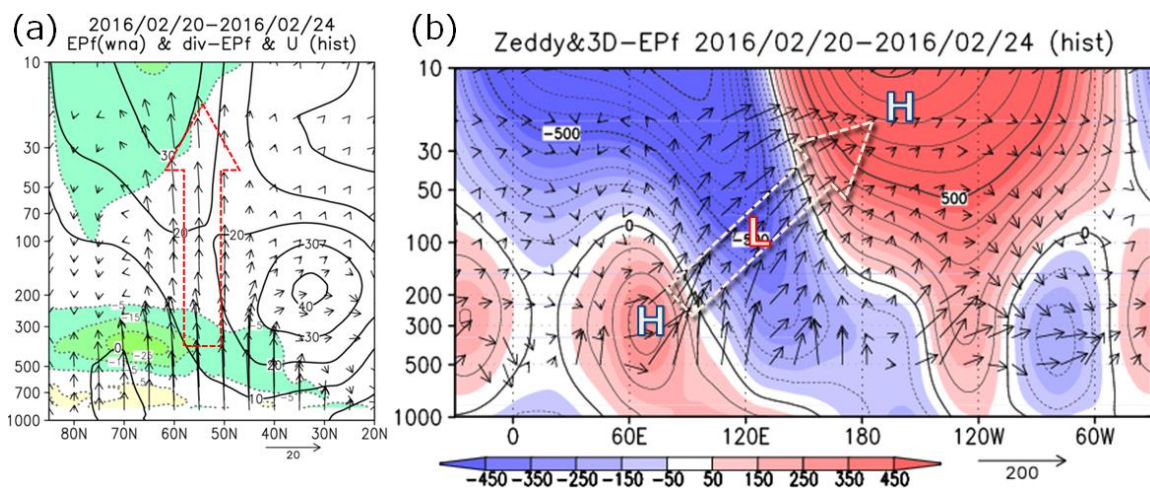
参考文献

- 塩谷雅人, 2002: 成層圏突然昇温. キーワード 気象の事典, 朝倉書店, 91-95.
- Edmon, H. J., B. J. Hoskins and M. E. McIntyre, 1980: Eliassen-Palm cross sections for the troposphere. *J. Atmos. Sci.*, **37**, 2600-2616.
- Matsuno, T., 1971: A dynamical model of stratospheric sudden warming. *J. Atmos. Sci.*, **28**, 1479-1494.
- Plumb, R. A., 1985: On the three-dimensional propagation of stationary waves. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 217-229.
- WMO, 1978: Abridged final report of Commission for Atmospheric Sciences. *WMO Rep.*, **509**, 113pp.



第 2.6-7 図 半月平均 30hPa 高度(等値線)及び平年偏差(陰影)(単位:m)

(a)2016 年 2 月 20 日~24 日平均、(b)2 月 25 日~3 月 1 日平均、(c)3 月 2 日~6 日平均、(d)3 月 7 日~11 日平均、(e)3 月 12 日~16 日平均、(f)3 月 17 日~21 日平均。等値線間隔は 120m。



第 2.6-8 図 2016 年 2 月 20 日~24 日で平均した、(a)緯度-高度断面図と(b)50°N~70°N 平均の経度-高度断面図の見方は、第 2.6.5 図と同じ。

2.7 夏季アジアモンスーンの特徴

夏季のアジアモンスーンに伴う対流活動及び大気循環の変動は、日本を含むアジア地域の天候に大きな影響を及ぼすことから、その監視は重要である。本節では、2016 年夏季のアジアモンスーンの特徴を、気温や降水量の分布と気象災害、対流活動、大気循環の視点から記述する。

2.7.1 気温と降水量

CLIMAT 報に基づく 6～9 月の 4 か月平均気温(第 2.7-1 図)は、東アジアの広い範囲、特に北緯 30 度以北で平年より 1℃以上高かった。月平均気温による 6～9 月の各月の異常高温は、以下の地域で見られた(図省略)。

6 月 沖縄地方～中国南部

7 月 中国北東部～モンゴル中部、カリマンタン島南部～インドネシア南部、インド南部及びその周辺

8 月 九州地方～中国中部、マレーシア～インドネシア中部、インド南部

9 月 モンゴル西部～パキスタン、カリマンタン島西部～スマトラ島北部

同期間の 4 か月間降水量(第 2.7-2 図)は、北海道、中国東部、モンゴル南部、ラオス北部からミャンマー北部、パキスタン北部及びその周辺、インドネシア中部及びその周辺で、平年比 140%以上だった。一方、朝鮮半島、中国北東部及び中部、インド南部、パキスタン南西部で平年の 60%以下だった。月降水量による異常多雨は、8 月に北海道地方、9 月に九州北部から中国東部、及びインドネシア南部で見られた(図省略)。

6～9 月に報じられた主な気象災害は以下のとおり。

北朝鮮北東部では 8 月末から 9 月初めにかけて、台風第 10 号から変わった低気圧による大雨や洪水で 130 人以上が亡くなったと伝えられた(国連人道問題調整事務所)。

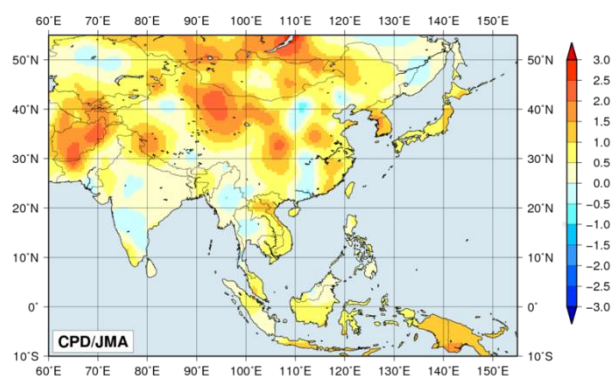
中国では 6 月から 8 月にかけて、長江流域の大雨、黄河流域の大雨、台風第 1 号、南部の大雨の影響により、合計で 600 人以上が死亡したと伝えられた(中

国政府)。また、チアンスー(江蘇)省では、6 月下旬の竜巻により 90 人以上が死亡したと伝えられた(中国政府)。7 月の月降水量は、フーナン(湖南)省チャンシャー(長沙)で 352mm(平年比 271%)、リャオニン(遼寧)省シェンヤン(瀋陽)で 364mm(平年比 209%)だった。

ネパールでは 7 月の大雨や地すべりにより、120 人以上が死亡したと伝えられた(国連人道問題調整事務所)。

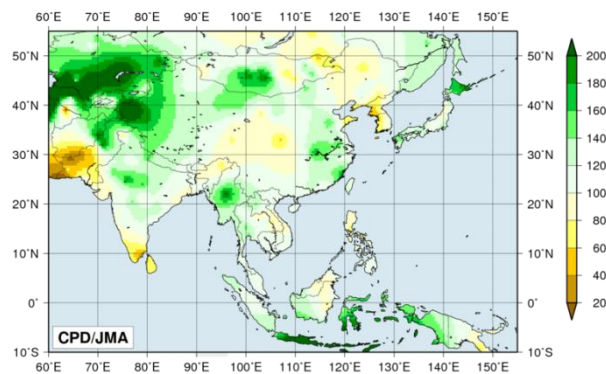
インドでは大雨や洪水によって、7 月から 8 月にかけて東部や北部を中心に 600 人以上、9 月に中部を中心に 30 人以上が死亡したと伝えられた(インド政府)。インド中部のハイデラーバードでは、9 月の月降水量が 440mm(平年比 358%)だった。

パキスタンでは 6 月から 8 月にかけて、大雨により北部を中心に合計で 140 人以上が死亡したと伝えられた(パキスタン政府)。



第 2.7-1 図 4 か月平均気温平年差(℃)(2016 年 6～9 月)

データについては、第 1.3.2 項を参照。



第 2.7-2 図 4 か月降水量平年比(%) (2016 年 6～9 月)

データについては、第 1.3.2 項を参照。

2.7.2 対流活動と大気循環

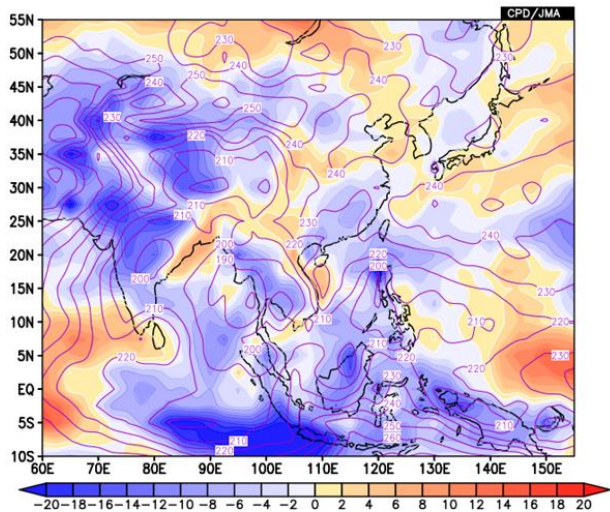
夏季モンスーン期における対流活動を OLR (第 2.7-3 図)により確認すると、インド洋東部～海洋大陸付近、ベンガル湾～インドシナ半島の南西部、中国南部～フィリピンの北東海上、インドで平年より活発、西部太平洋赤道域で平年より不活発だった。夏のアジアモンスーン OLR 指数を見ると(第 2.7-1 表)、アジアモンスーン全体の活動度は 8 月までは概ね平年並だったが、9 月以降は平年より活発だった。また、アジアモンスーン活動に伴う対流活動活発域は、7 月までは平年の位置に比べて西偏傾向だった。

対流圏上層では(第 2.7-4 図(a))、チベット高気圧の北東側への張り出しは平年より強かった。対流圏下層では(第 2.7-4 図(b))、インド洋のモンスーン循環は平年より強く、インド洋から海洋大陸付近にかけては南北半球対の低気圧性循環偏差となった。これに対応して、北インド洋及びアジア南部におけるモンスーン循環の強さの指標である東西風の鉛直シアー (Webster and Yang, 1992) (第 2.7-5 図)は、5 月中旬以降は 7 月後半と 8 月下旬前半を除き平年より強い状態で経過した。

月別に概観すると(第 2.7-6 図)、海洋大陸付近の対流活動は夏を通して平年より活発、フィリピンの東海上の対流活動は平年に比べて7月までは不活発、8 月以降は活発となった。8 月は、南シナ海～西部太平洋の 10°N～20°N 付近での活発な対流活動に対応して日本の南東海上で下層の低気圧性循環が明瞭となり、モンスーントラフが日本の南まで深まった(図略)。

参考文献

Webster, P. J. and S. Yang, 1992: Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 118, 877-926.

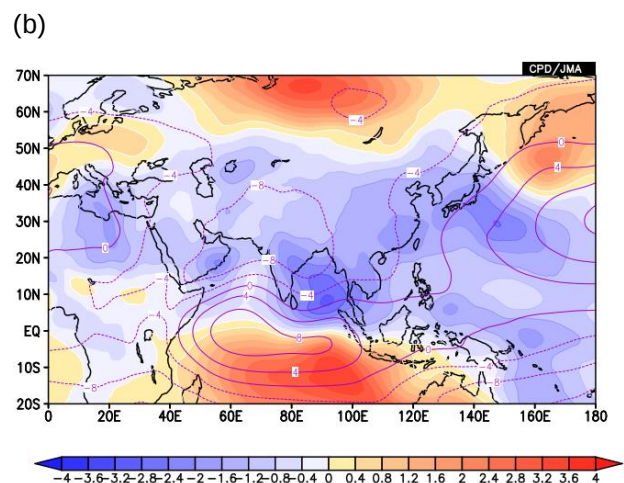
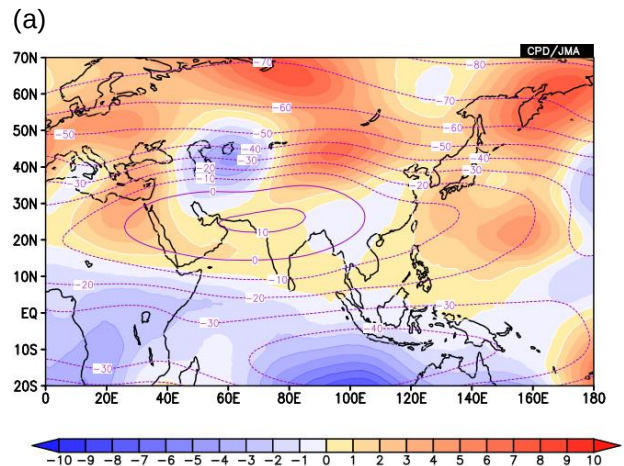


第 2.7-3 図 4 か月平均外向き長波放射量(OLR)及び
年偏差(2016 年 6~9 月)
等値線は実況値を表し、間隔は 10W/m^2 。陰影は年偏差
(単位: W/m^2)。負偏差(寒色)域は積雲対流活動が平年より
活発で、正偏差(暖色)域は平年より不活発と推定され
る。

第 2.7-1 表 夏のアジアモンスーン OLR 指数(2016 年 5
~10 月)

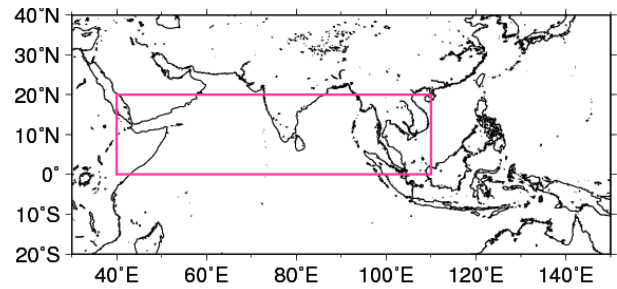
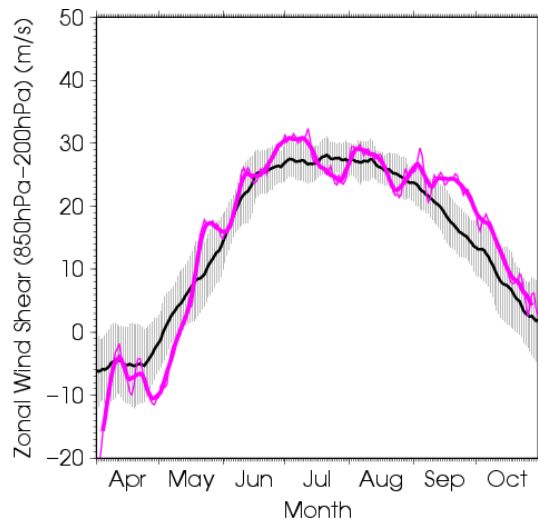
SAMOI(A)の正(負)の値はベンガル湾からフィリピン付近の
対流活動が平年より活発(不活発)であることを示す。
SAMOI(N)の正(負)の値は対流活発域の位置が平年と比
べて北(南)偏したことを、SAMOI(W)の正(負)の値は西
(東)偏したことを示す。SAMOI の詳細については第 1.4.3
項を参照。

2016 年	夏のアジアモンスーン OLR 指数		
	SAMOI (A) (活動度)	SAMOI (N) (北偏度)	SAMOI (W) (西偏度)
5 月	0.4	-0.8	1.2
6 月	0.3	-0.5	1.0
7 月	-0.4	0.1	1.2
8 月	0.5	0.3	-0.9
9 月	1.6	0.8	0.0
10 月	1.1	-0.9	-0.5



第 2.7-4 図 4 か月平均流線関数(等値線)及び年偏差
(陰影)(2016 年 6~9 月)

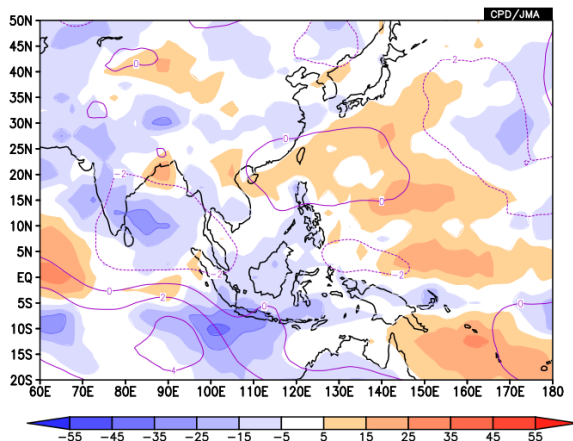
(a)200hPa、(b)850hPa。単位は $10^6\text{m}^2/\text{s}$ 。等値線間隔は
(a) $10 \times 10^6\text{m}^2/\text{s}$ 、(b) $4 \times 10^6\text{m}^2/\text{s}$ 。北半球(南半球)では、暖
色の陰影は高気圧(低気圧)性循環偏差、寒色の陰影は
低気圧(高気圧)性循環偏差を示す。



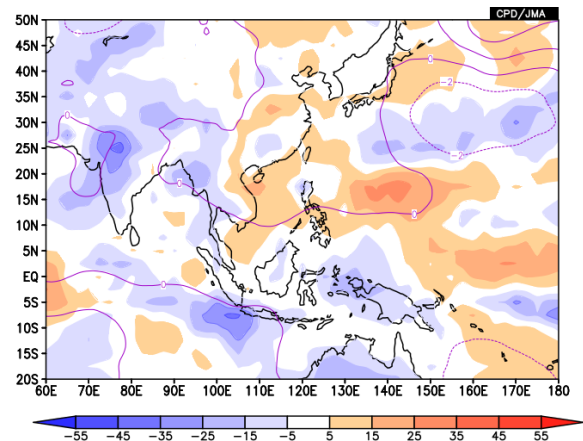
第 2.7-5 図 東西風鉛直シア指数の推移(2016 年 4~10 月)

東西風鉛直シア指数は、北インド洋及びアジア南部(赤道~20°N、40°E~110°E:左図のピンク線で囲まれた領域)で平均した 850hPa 東西風から 200hPa 東西風を引いた値(Webster and Yang, 1992)。右図の細いピンク線は日平均値、太いピンク線は 7 日移動平均値を表す。黒線は平年値、灰色領域は±1 標準偏差の範囲を表す。

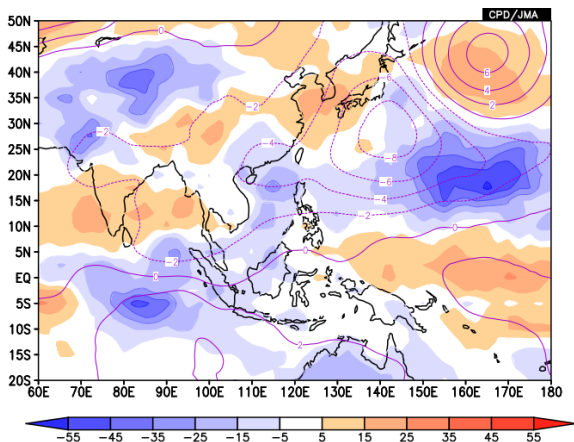
(a)2016 年 6 月



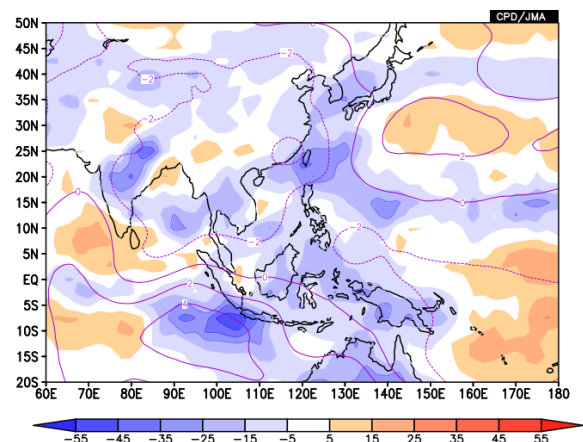
(b) 2016 年 7 月



(c) 2016 年 8 月



(d) 2016 年 9 月



第 2.7-6 図 2016 年 6~9 月の月平均 OLR 平年偏差(陰影、単位:W/m²)及び 850hPa 流線関数平年偏差(等値線、間隔:2×10⁶m²/s)

2.8 北極域の海氷

北極域における海水域面積¹は、統計を開始した1979 年以降、長期的に減少する傾向にあり、特に年最小値においてその傾向が顕著である(第 2.8.1 図、海洋の健康診断表²より)。海水域面積の年最小値は2007 年に大きく減少し、それ以降はいずれの年も2006 年以前よりも小さい。北極海の海氷の変動は、放射収支や大気と海洋の間の熱のやり取りの変化を通して、気候に影響を与えうることが指摘されており(本田ほか, 2007)、その監視はますます重要性を増してきている。本節では、2016 年の北極域の海氷の状況を、大気循環の特徴と合わせて記述する。

2.8.1 北極域の海水域面積の経過

2016 年の北極域の海水域面積は、3 月 23 日に年最大値(1474.15 万 km²)となり、年最大値としては1979 年以降で 2 番目に小さな値となった(第 2.8-2 図)。その後、海水域面積は減少し(第2.8-2 図)、9 月 6 日には年最小の 409.79 万 km²となり(第 2.8-3 図、図は 9 月 5 日の分布)、年最小値としても 1979 年以降で 2 番目に小さかった(第 2.8-1 図)。

2.8.2 融解期における北極域の大気循環

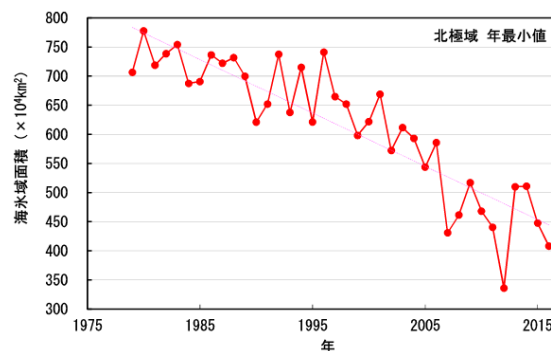
2016 年 8 月は北極海で低気圧が発達しやすかったが、9 月は低気圧の中心が北米側に偏り、ユーラシア大陸で高気圧が極側へ張り出した(第 2.8-4 図)。この気圧配置に対応して北極域を含む高緯度域の広い範囲で明瞭な高温偏差となり(第 2.8-5 図)、海氷の融解や少ない状態に寄与したとみられる。

参考文献

本田明治, 猪上淳, 山根省三, 2007: 冬季日本の寒さにかかわる北極海の海氷面積異常. 2005/06 年 日本の寒冬・豪雪, 気象研究ノート, 216, 201-208.

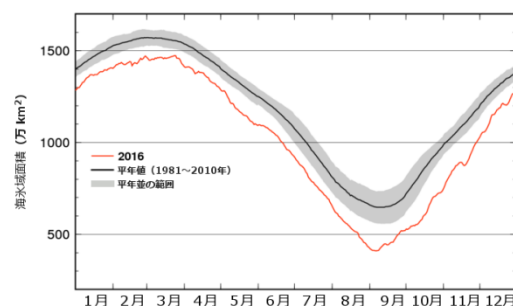
¹ 海水域面積は、海氷の密度度(氷に覆われている海面の占める割合)が 15%以上の領域の面積で定義している。

² http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/series_arctic/series_arctic.html



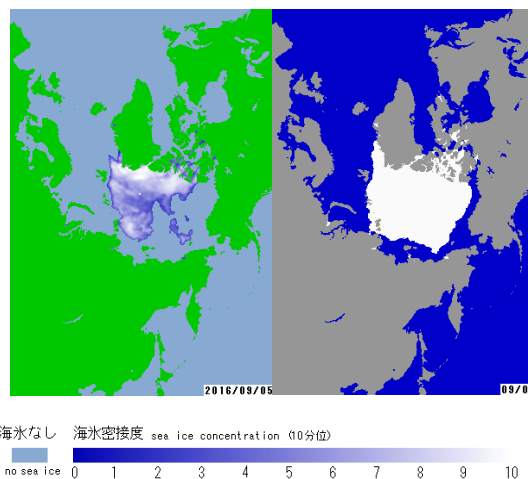
第 2.8-1 図 北極域の海水域面積の年最小値の経年変化(1979~2016 年)

破線は変化傾向を示す。1979 年から 2016 年までの年最小値の減少率は 9.2 万 km²/年。



第 2.8-2 図 北極域の海水域面積の推移

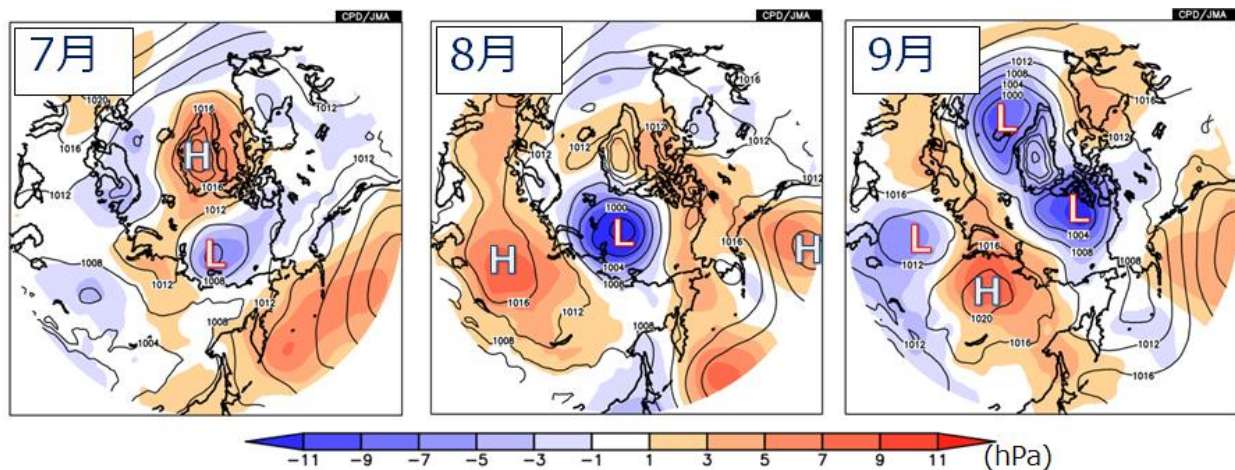
赤線は 2016 年、黒線は平年値、灰色陰影は平年並の範囲。



第 2.8-3 図 2016 年 9 月 5 日の海水密度度(左)及び 9 月 5 日の平年(1981~2010 年平均)の海水域³(右)

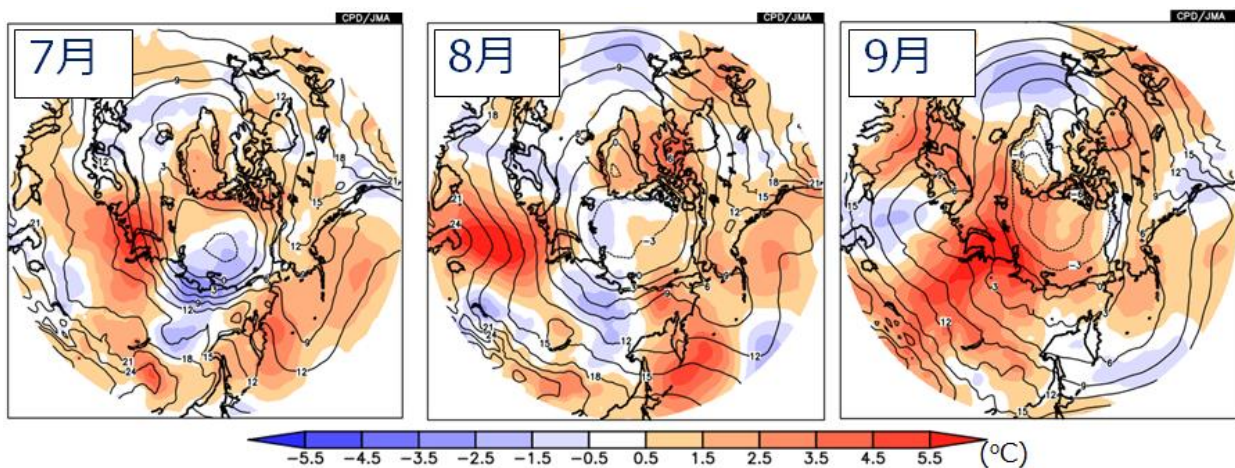
右図の白い領域が平年の海水域を示す。

³統計期間(1981~2010 年)で平均した海水域面積と出現率分布を求め、出現率の高い領域から順に面積を足し合わせていき、その累積面積が平均の海水域面積と等しくなったとき、算出された領域を平年の海水域としている。



第 2.8-4 図 北極域における月平均海面気圧(等値線)及び年平偏差(陰影)(左から順に 2016 年 7 月、8 月、9 月の各月平均)

等値線間隔は 4hPa。図中の”H”と”L”は、それぞれ高気圧と低気圧の中心を示す。



第 2.8-5 図 北極域における 925hPa 気温(等値線)及び年平偏差(陰影)(左から順に 2016 年 7 月、8 月、9 月の各月平均)

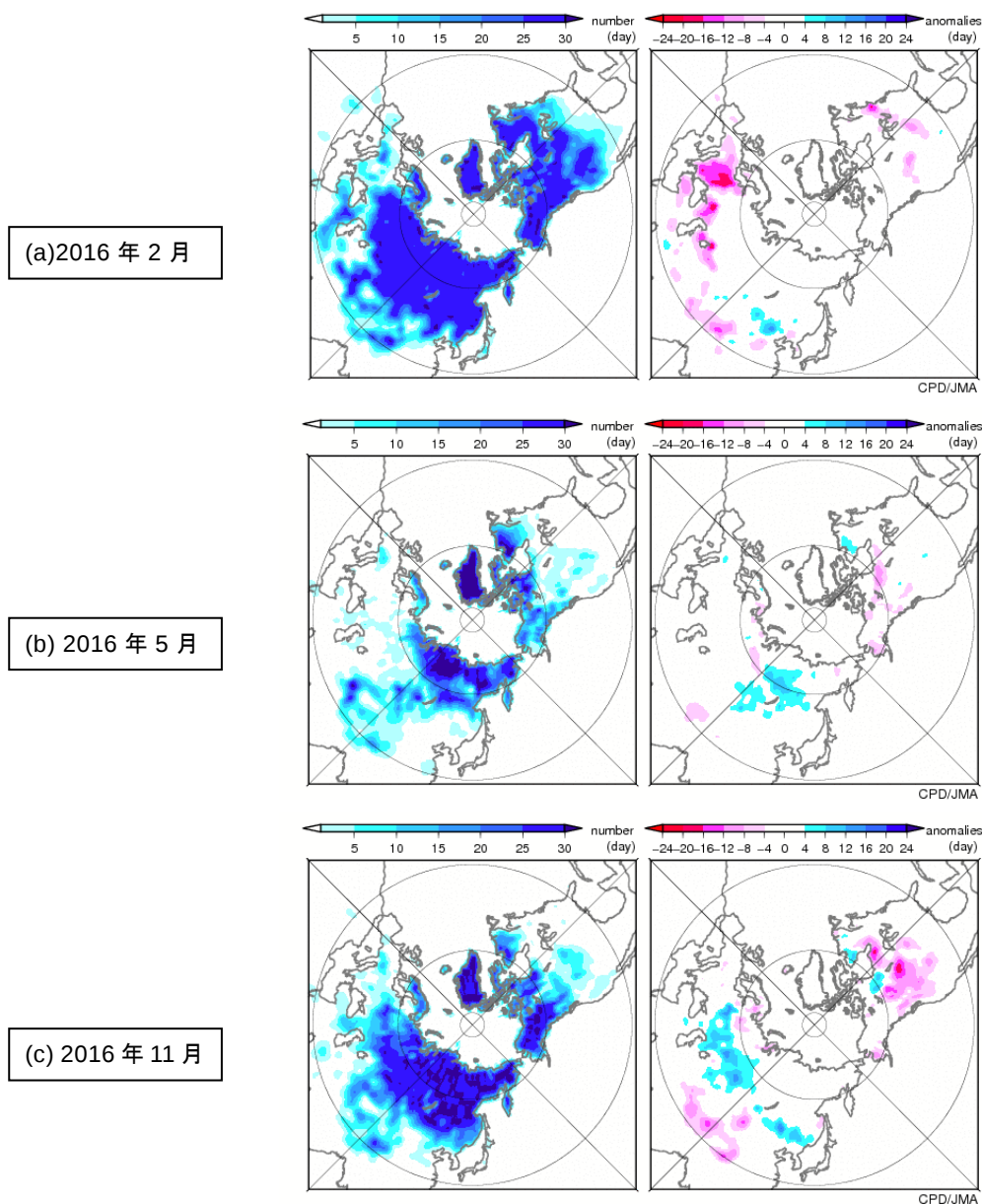
等値線間隔は 3°C。

2.9 北半球の積雪域

大気・海洋と積雪域には密接な相互作用がある。積雪に覆われた地表面は、覆われていない地表面と比べて太陽放射を反射する割合(アルベド)が大きい。このため、積雪域の変動は地表面のエネルギー収支や地球の放射平衡に影響を与える。また融雪に伴い、周辺の熱が奪われ、土壌水分量も変化する。一方、大気の流れや海洋の変動も、積雪分布に影響を及ぼす。この節では2016年の積雪域の特徴と長期変化傾向について記述する。

2.9.1 2016 年の特徴

冬(2015 年 12 月～2016 年 2 月)の積雪日数は、平年より少ない地域が多く、この傾向は 4 月まで続いた(2016 年 2 月の分布図のみ第 2.9-1 図(a)に示し、ほかは図略)。5 月は中央シベリア南部及びその周辺では平年より多かった(同図(b))。11 月は中央アジア及びその周辺、中国北東部で平年より多く、中国西部、北米で平年より少なかった(同図(c))。



第 2.9-1 図 衛星観測から解析した北半球の月積雪日数(左)及び平年偏差(右)

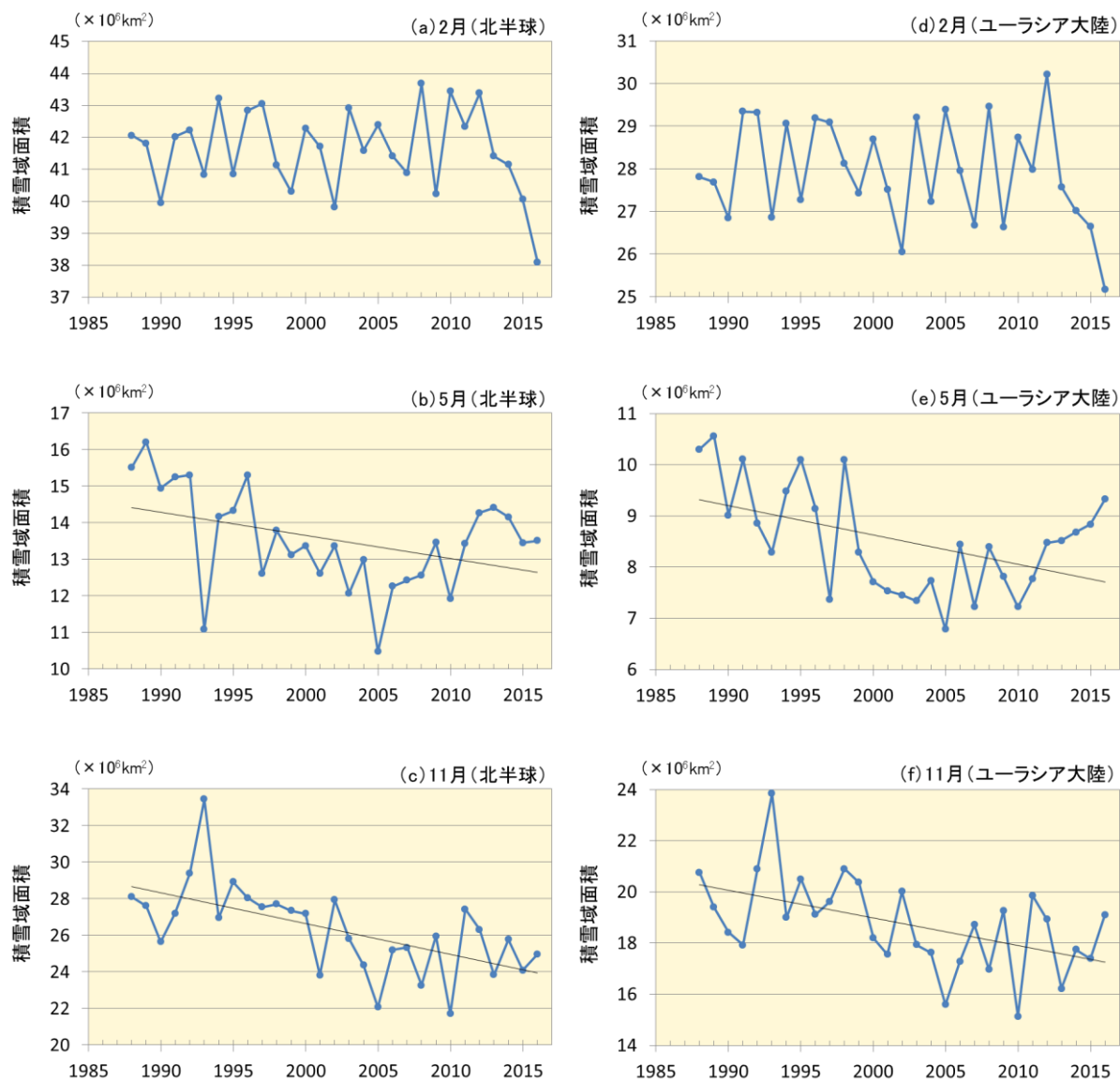
(a) 2016 年 2 月、(b)5 月、(c) 11 月。積雪日数は、米国国防省気象衛星(DMSP)に搭載されたマイクロ波放射計(SSM/I・SSMIS)の観測値を用いて、気象庁が開発した手法により解析した値。平年値は 1989～2010 年平均値。

2.9.2 長期変化傾向

過去 29 年間(1988～2016 年)における、北半球とユーラシア大陸の月別の積雪域面積の経年変動を第 2.9-2 図に示す(2 月、5 月及び 11 月のみ示し、ほかは図略)。

北半球では、5～6 月及び 9～12 月に減少傾向が現れている一方、1～4 月には有意な変化傾向は見られない。

ユーラシア大陸でも 4～6 月及び 9～12 月に減少傾向が現れている一方、1～3 月には有意な変化傾向は見られない。



第 2.9-2 図 北半球(30°N 以北; 左)及びユーラシア大陸($30^\circ\text{N} \sim 80^\circ\text{N}$, $0^\circ \sim 180^\circ\text{E}$; 右)の積雪域面積(10^6 km^2)の経年変動(1988～2016 年)

北半球の(a)2 月、(b)5 月、(c)11 月、ユーラシア大陸の(d)2 月、(e)5 月、(f)11 月。青色線は各年の積雪域面積、黒色線は長期変化傾向(信頼度水準 95%で統計的に有意な場合に描画)を示す。