

1.3 大気・海洋の特徴⁷

- 2020年夏に発生したラニーニャ現象は2021年春に終息した。2020/2021年冬の大気循環場には、このラニーニャ現象の影響と考えられる特徴が見られた。
- 2021年夏から秋にかけて負のインド洋ダイポールモード現象が発生した。夏季アジアモンスーンの対流活動は、概して平年よりも不活発だった一方、季節内の変動が明瞭だった。
- 2021年夏は、北半球でしばしば大振幅の偏西風蛇行が見られ、各地で熱波や大雨が発生した。
- 2021年秋にはラニーニャ現象発生時に類似した海面水温分布が再び現れ、同年秋の大気循環場には、この海面水温分布の影響と考えられる特徴が見られた。

異常気象の要因を把握するためには、上空の大気の流れや熱帯の積雲対流活動、海面水温、夏季アジアモンスーン等の状況など、大気・海洋の特徴を把握することが重要である⁸。以下では、2021年のこれらの特徴について記述する。

1.3.1 季節別の大気・海洋の特徴

(1) 冬（2020年12月～2021年2月）

2020年夏に発生したラニーニャ現象が持続した。太平洋赤道域の海面水温は、150°E以西で顕著な正偏差、160°Eから中部にかけて顕著な負偏差だった（図1.3-1(a)）。

熱帯の積雲対流活動は、平年と比べて、北インド洋～インドネシア付近で活発、太平洋赤道域の日付変更線付近で不活発だった（図1.3-1(b)）。熱帯の対流圏下層では、インド洋熱帯域～インドネシア付近で南北半球対の低気圧性循環偏差、太平洋熱帯域の西部～中部で南北半球対の高気圧性循環偏差となり、これはラニーニャ現象の影響が現れたものと考えられる（図1.3-1(c)）。

500hPa高度を見ると、極渦がシベリア側と北米側に分裂し、北極付近は正偏差（平年と比べて高度が高い）、中央・東シベリアでは負偏差（平年と比べて高度が低い）となった（図1.3-1(d)）。また、北米～ユーラシア大陸北部では波列パターンが見られ、北米北東部で正偏差、ヨーロッパ北西部で負偏差となった。偏西風は、東アジア～北太平洋で平年の位置と比べて北寄り flowed。海面気圧は、北極付近～ロシア北西部で正偏差、ヨーロッパ北西部で負偏差となった。シベリア高気圧の南東への張り出しは平年より弱く、アリューシャン低気圧は平年より北西側に位置した（図1.3-1(e)）。850hPa気温をみると、北極付近～北米北東部、ヨーロッパ南東部で高温偏差、シベリアで低温偏差となった（図1.3-1(f)）。冬前半には、寒帯前線ジェット気流と亜熱帯ジェット気流がとも

⁷ 本節の説明で言及する「エルニーニョ／ラニーニャ現象」「北極振動」「モンスーン」「インド洋ダイポールモード現象」については、巻末の用語一覧を参照のこと。

⁸ 大気・海洋の特徴の監視に用いられる代表的な図としては、以下のものがある。

- ・海面水温図：海面水温の分布を表し、エルニーニョ／ラニーニャ現象等の海洋変動の監視に用いられる。
- ・外向き長波放射量図：晴天時は地表から、雲のある場合は雲の上端から、宇宙に向かって放出される長波放射の強さを表す。この強さは雲の上端の高さに対応するため、積雲対流活動の監視に用いられる。
- ・850hPa流線関数図：上空1,500m付近の大気の流れや気圧配置を表し、太平洋高気圧等の監視に用いられる。
- ・500hPa高度図：上空5,500m付近の大気の流れや気圧配置を表し、偏西風の蛇行や極渦等の監視に用いられる。
- ・海面気圧図：地表の大気の流れや気圧配置を表し、太平洋高気圧やシベリア高気圧、北極振動等の監視に用いられる。
- ・850hPa気温図：上空1,500m付近の気温の分布を表す。
- ・対流圏層厚換算温度：2つの等圧面（300hPa面と850hPa面）の間の気層の平均気温を表し、対流圏の平均気温の監視に用いられる。

これらの図やより詳しい情報については、下記の気象庁ホームページに掲載している。

- ・海面水温：<https://www.data.jma.go.jp/cpd/data/elnino/clmrep/sst-ano-global-seas.html>
- ・外向き長波放射量、850hPa流線関数、500hPa高度、海面気圧及び850hPa気温：
https://www.data.jma.go.jp/cpd/db/diag/db_hist_3mon.html
- ・対流圏層厚換算温度：https://www.data.jma.go.jp/cpd/db/diag/db_hist_indx.html
- ・熱帯の大気および海洋の監視指数（夏季アジアモンスーン）：
https://www.data.jma.go.jp/cpd/db/diag/2021/index/html/soiolru/index.html%20soiolru_2021.html

に日本付近で南に蛇行し、日本付近に強い寒気が流れ込んだ(図 1.1-1⑤)。この亜熱帯ジェット気流の蛇行には、ラニーニャ現象に伴うインドネシア付近での活発な積雲対流活動が影響していたと考えられる。

(2) 春 (2021 年 3~5 月)

2020 年夏に発生したラニーニャ現象が終息した。海面水温は、太平洋赤道域の中部から東部にかけて顕著な負偏差だった一方、北太平洋では、熱帯域の西部から北米西岸沖にかけて顕著な正偏差が見られた(図 1.3-2(a))。

熱帯の積雲対流活動は、平年と比べて、北インド洋熱帯域の西部~インド北部、北太平洋熱帯域の西部、ハワイの東で活発だった(図 1.3-2(b))。熱帯の対流圏下層は、フィリピン付近で低気圧性循環偏差、南太平洋熱帯域の中部で高気圧性循環偏差となった(図 1.3-2(c))。

500hPa 高度を見ると、北太平洋中緯度帯で帯状に正偏差となり、特にアリューシャンの南で顕著だったほか、地中海東部付近でも顕著な正偏差が見られた(図 1.3-2(d))。北アフリカ~ユーラシア大陸南部では亜熱帯ジェット気流が概ね平年と比べて弱く、北太平洋では偏西風が北偏した。海面気圧は、北太平洋中緯度帯で帯状に正偏差となり、特にアリューシャンの南、北米西岸沖で顕著だった(図 1.3-2(e))。850hPa 気温は、アラビア半島北部付近、千島の東で顕著な高温偏差、ヨーロッパ中部で顕著な低温偏差となった(図 1.3-2(f))。

(3) 夏 (2021 年 6~8 月)

太平洋赤道域ではエルニーニョ現象もラニーニャ現象も発生していない平常の状態だったが、海面水温は中部から東部にかけて負偏差だった。インド洋では、スマトラ島の南で顕著な海面水温の正偏差が見られ、負のインド洋ダイポールモード現象が発生した。また、大西洋赤道域で顕著な正偏差が見られた(図 1.3-3(a))。

熱帯の積雲対流活動は、平年と比べて、スマトラ島の南西~インドネシア付近、日本の南海上、大西洋赤道域で活発、アラビア海、ベンガル湾~フィリピン付近、ニューギニア島の東で不活発だった(図 1.3-3(b))。特にアジアモンスーン域全体としては、対流活動が平年と比べて不活発だった(図 1.3-7)。熱帯の対流圏下層は、インド洋熱帯域の東部、大西洋熱帯域で南北半球対の低気圧性循環偏差、太平洋熱帯域の西部で南北半球対の高気圧性循環偏差となった(図 1.3-3(c))。太平洋高気圧は季節内の変動が明瞭で、日本の南海上での西への張り出しは、7 月は弱かった一方、8 月には一転して強まって日本付近の大雨をもたらした(詳細はトピックス II 参照)。

500hPa 高度をみると、極渦は平年より強く、北米の中緯度帯、北大西洋~ユーラシア大陸の北緯 60 度帯で正偏差となった(図 1.3-3(d))。ユーラシア大陸では、亜熱帯ジェット気流は平年と比べて南寄りを流れ、寒帯前線ジェット気流は明瞭だった。季節内の変動として、北半球ではしばしば大振幅の偏西風の蛇行が見られ、各地で熱波や大雨が発生した(1.1 節)。海面気圧はヨーロッパ北部~ロシア西部、千島近海で正偏差、北極域で広く負偏差となった(図 1.3-3(e))。8 月にはオホーツク海高気圧が発達して日本付近の大雨につながった(詳細はトピックス II 参照)。850hPa 気温は、北米西部、地中海中部周辺、カスピ海周辺、中央シベリア~サハリン付近で顕著な高温偏差、東アジア北部、アラスカの北で低温偏差となった(図 1.3-3(f))。

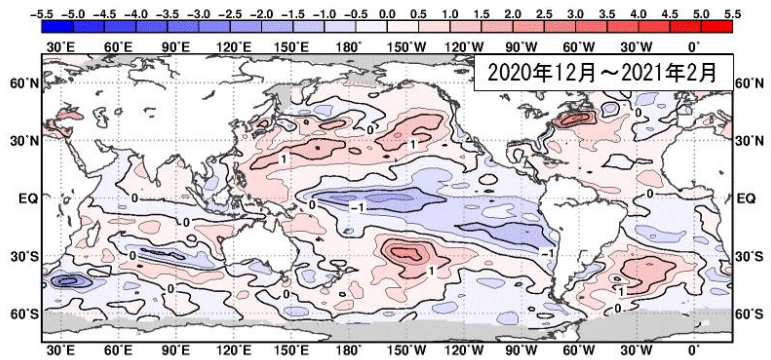
(4) 秋 (2021 年 9~11 月)

太平洋赤道域では 150°E 以西で顕著な正偏差、160°E 以東で負偏差が見られ、特に日付変更線付近で顕著な負偏差となり、再びラニーニャ現象発生時に類似した海面水温分布が現れた。インド洋では、スマトラ島の西で顕著な正偏差が見られ、負のインド洋ダイポールモード現象が持続した(図 1.3-4(a))。

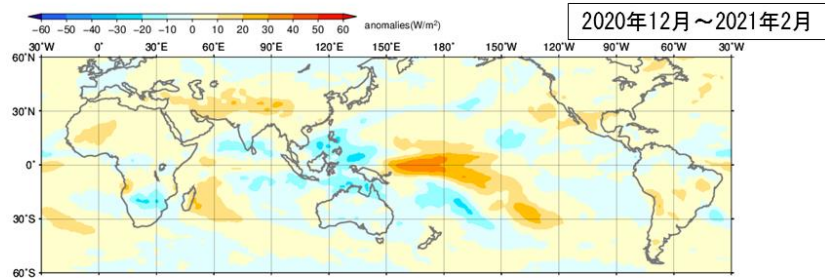
熱帯の積雲対流活動は、平年と比べて、アラビア海北部～インドシナ半島南部、南インド洋熱帯域の東部～ニューギニア島の西で活発、太平洋赤道域の西部～中部で不活発だった（図 1.3-4(b)）。熱帯の対流圏下層では、インド洋熱帯域で南北半球対の低気圧性循環偏差、太平洋熱帯域の西部～中部で南北半球対の高気圧性循環偏差となり（図 1.3-4(c)）、これは前述の太平洋赤道域の海面水温偏差の影響および負のインド洋ダイポールモード現象の影響が現れたものと考えられる。

500hPa 高度を見ると、アリューシャンの南から北米北部へ波列パターンが見られ、アリューシャンの南と北米北部で正偏差、アラスカ湾付近で負偏差となった（図 1.3-4(d)）。この波列パターンは、太平洋赤道域の海面水温偏差の影響を受けたものと考えられる。また、バイカル湖の東で 500hPa 高度の顕著な正偏差が見られた。偏西風はアリューシャンの南、北大西洋北部で北偏した。海面気圧は、グリーンランドの西で正偏差、ヨーロッパ北部～中央シベリア、北米の広い範囲で負偏差となった（図 1.3-4(e)）。850hPa 気温は、バイカル湖の北東、カナダ北部で顕著な高温偏差、アラスカ付近で顕著な低温偏差となった（図 1.3-4(f)）。

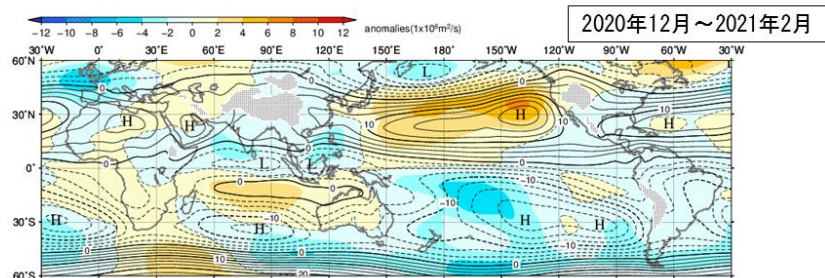
(a) 海面水温平年偏差



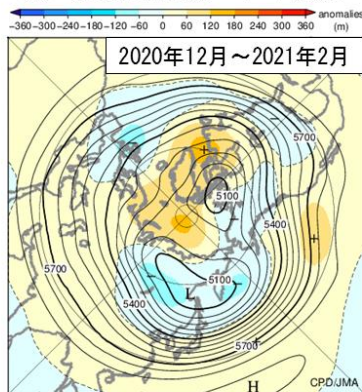
(b) 外向き長波放射量平年偏差



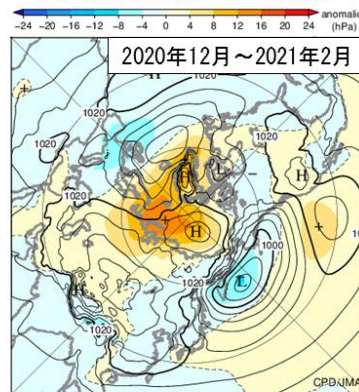
(c) 850hPa流線関数・平年偏差



(d) 500hPa高度・平年偏差



(e) 海面気圧・平年偏差



(f) 850hPa気温・平年偏差

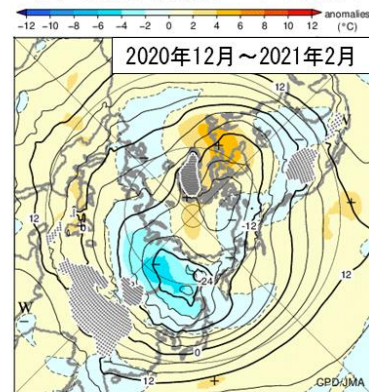
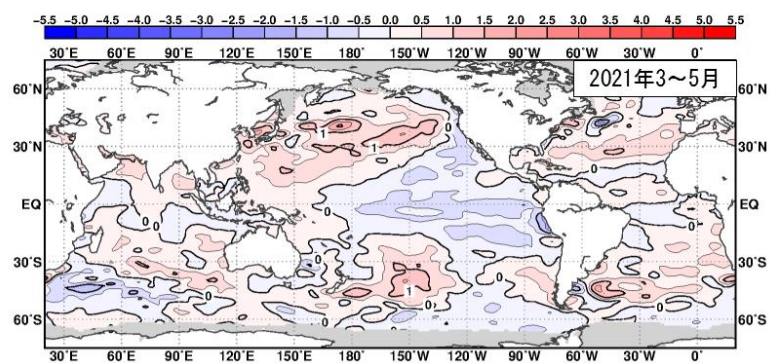


図 1.3-1 3か月平均の海面水温、大気の循環図 (2020年12月～2021年2月)

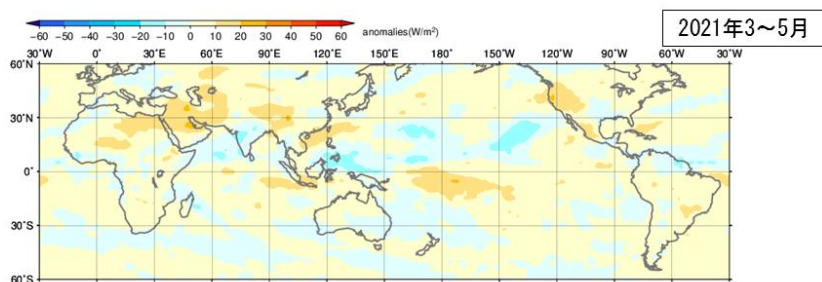
平年値は 1991～2020 年の平均値。陰影は平年偏差。(a)は気象庁の海面水温格子点データ (COBE-SST) (Ishii et al., 2005)、(b)は米国海洋大気庁より提供された外向き長波放射量データ、(c)～(f)は気象庁 55 年長期再解析 (JRA-55) (Kobayashi et al., 2015) に基づく。

- (a) 海面水温平年偏差。等値線の間隔は 0.5°C 。灰色陰影は海水域を表す。
- (b) 外向き長波放射量平年偏差。単位は W/m^2 。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。
- (c) 850hPa 流線関数及び平年偏差。等値線の間隔は $2.5 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 。北（南）半球では、流線関数が正（負）の値の場合は高（低）気圧性循環、負（正）の値の場合は、低（高）気圧性循環を表す。
- (d) 500hPa 高度及び平年偏差。等値線の間隔は 60m。等値線が高緯度側（図の中心方向）に湾曲しているところは高圧部、低緯度側（図の外側）に湾曲しているところは低圧部に対応する。偏西風は概ね等値線に沿って流れ、等値線間隔の広いところは風が弱く、狭いところは強い。
- (e) 海面気圧及び平年偏差。等値線の間隔は 4hPa。
- (f) 850hPa 気温及び平年偏差。等値線の間隔は 4°C 。点状の陰影域は高度 1,600m 以上の領域を表す。

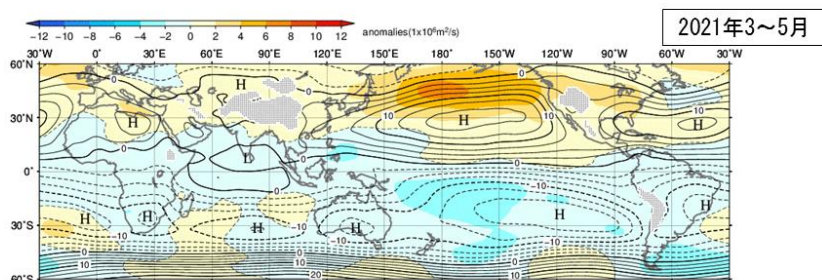
(a) 海面水温平年偏差



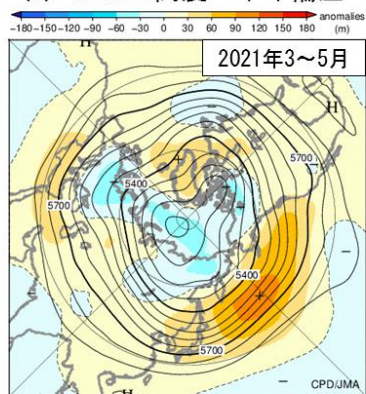
(b) 外向き長波放射量
平年偏差



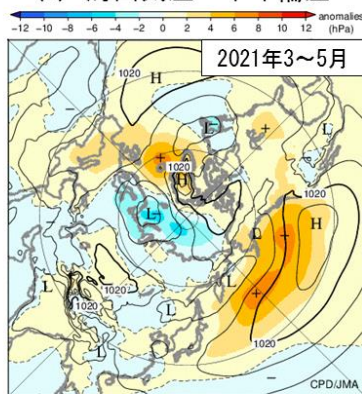
(c) 850hPa流線関数・
平年偏差



(d) 500hPa高度・平年偏差



(e) 海面気圧・平年偏差



(f) 850hPa気温・平年偏差

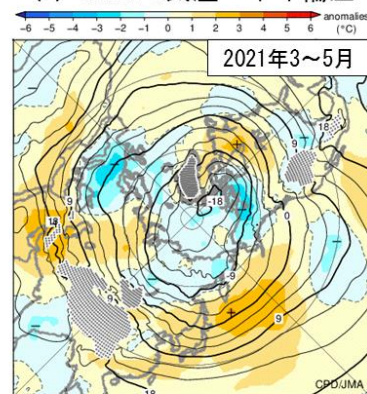
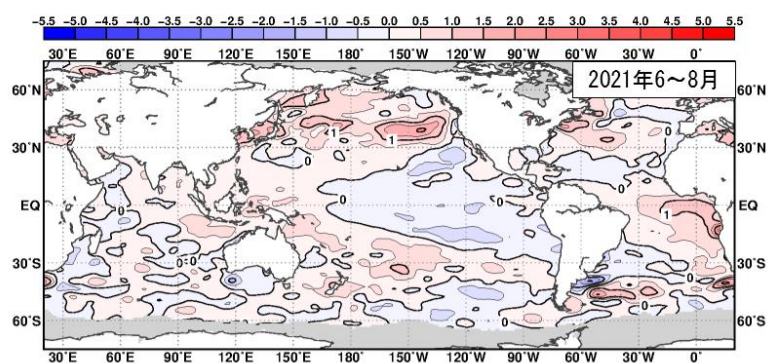


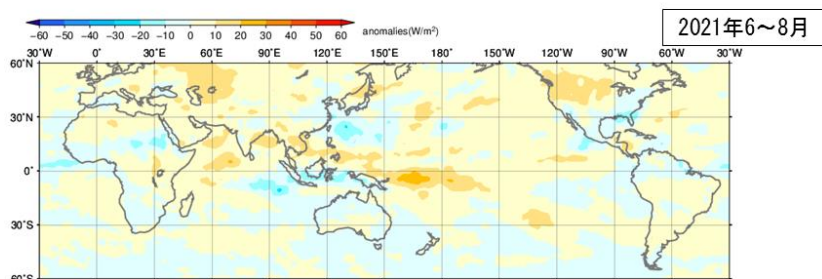
図 1.3-2 3 か月平均の海面水温、大気の循環図 (2021 年 3~5 月)

図の見方は図 1.3-1 と同様。但し(f)の等値線の間隔は 3℃。

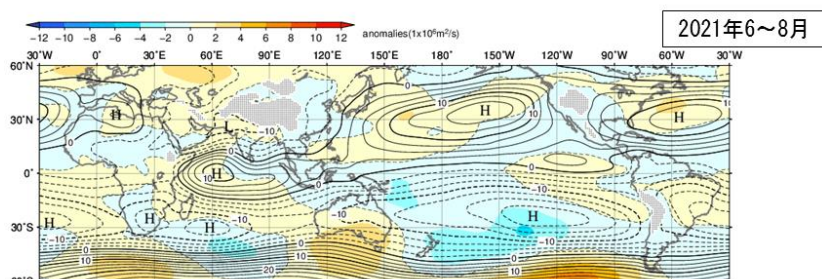
(a) 海面水温平年偏差



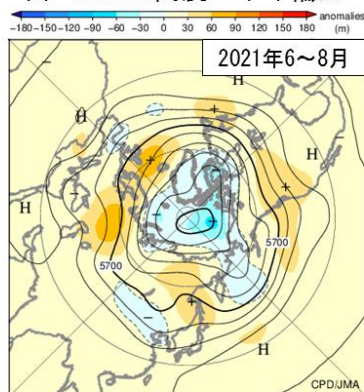
(b) 外向き長波放射量
平年偏差



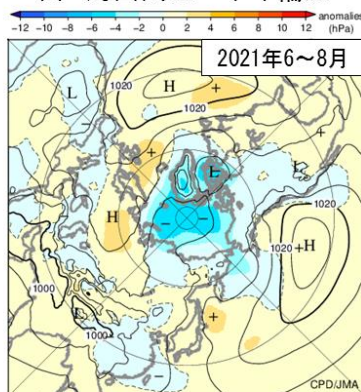
(c) 850hPa流線関数・
平年偏差



(d) 500hPa高度・平年偏差



(e) 海面気圧・平年偏差



(f) 850hPa気温・平年偏差

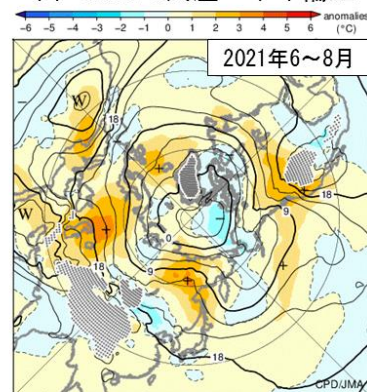
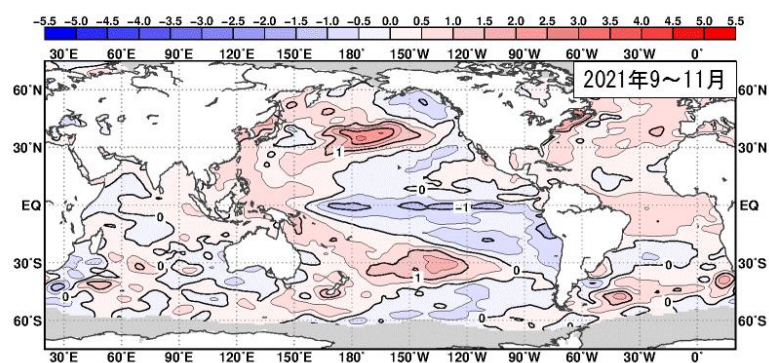


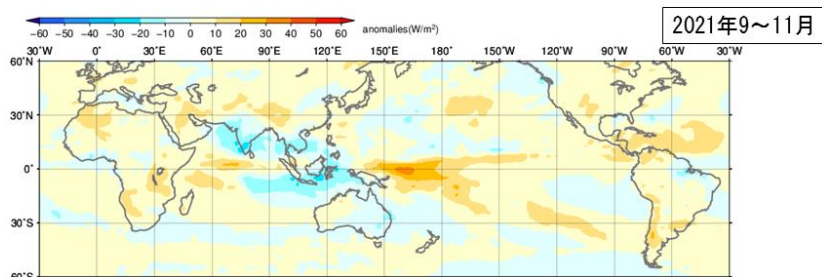
図 1.3-3 3 か月平均の海面水温、大気の循環図 (2021 年 6~8 月)

図の見方は図 1.3-1 と同様。但し(f)の等値線の間隔は 3℃。

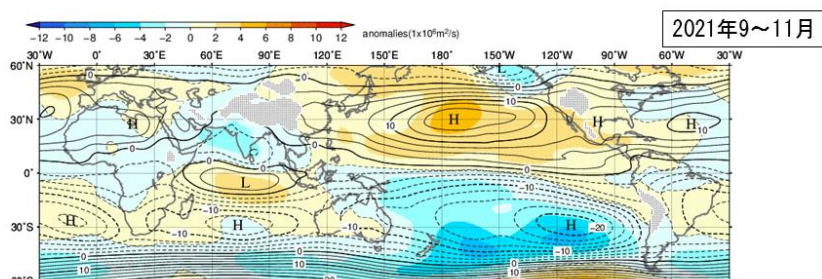
(a) 海面水温平年偏差



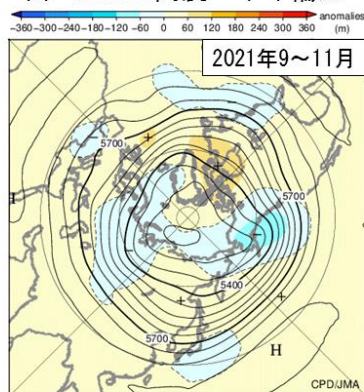
(b) 外向き長波放射量
平年偏差



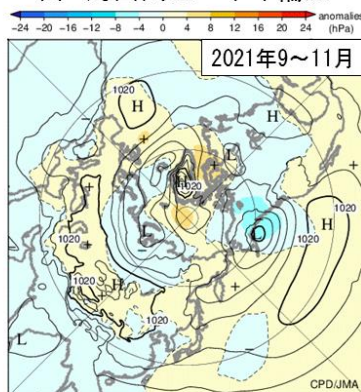
(c) 850hPa流線関数・
平年偏差



(d) 500hPa高度・平年偏差



(e) 海面気圧・平年偏差



(f) 850hPa気温・平年偏差

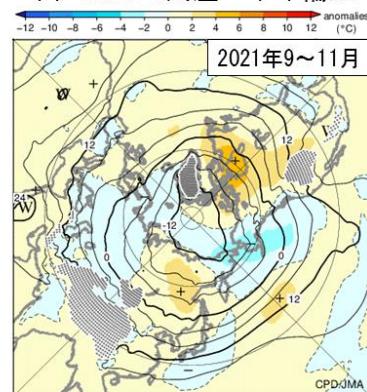


図 1.3-4 3 か月平均の海面水温、大気の循環図 (2021 年 9~11 月)

図の見方は図 1.3-1 と同様。

1.3.2 対流圏の平均気温

対流圏の全球平均気温（図 1.3-5）は、2020 年は平年より高い状態が持続したが、2020/2021 年冬に下降を始め、2021 年春には平年並まで低下した。その後再び上昇し、2021 年 10 月（図 1.3-6）には、10 月として 1958 年以降で 2 番目に高い値となった。

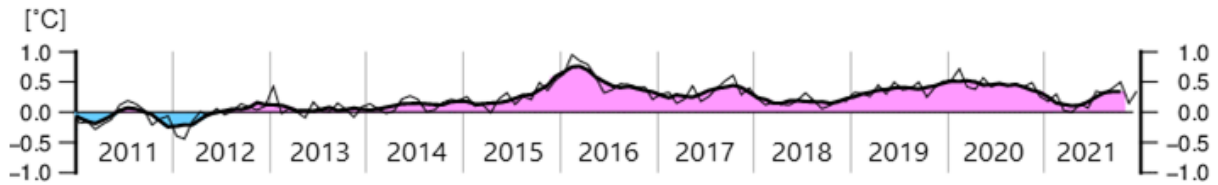


図 1.3-5 対流圏の全球平均層厚換算温度平年偏差の時間変化（°C）

細線は月平均値、滑らかな太線は 5 か月移動平均値を示し、正（負）の値は平年値より高い（低い）ことを示す。平年値は 1991～2020 年の平均値。気象庁 55 年長期再解析（JRA-55； Kobayashi et al., 2015）に基づく。

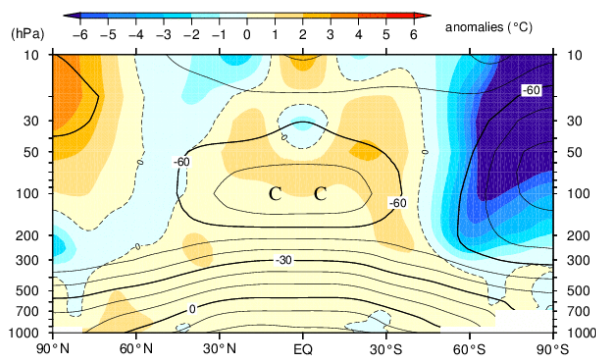


図 1.3-6 帯状平均気温の高度・緯度断面図（2021 年 10 月）

等値線は帯状平均気温で、間隔は 10°C。陰影は帯状平均気温平年偏差を示し、正（負）の値はその高度・緯度において平年値より気温が高かったことを示す。平年値は 1991～2020 年の平均値。気象庁 55 年長期再解析（JRA-55； Kobayashi et al., 2015）に基づく。

1.3.3 夏季アジアモンスーン

夏季アジアモンスーン期（6～9 月）におけるベンガル湾～フィリピン付近の積雲対流活動は概して不活発であった（図 1.3-7）。特に 8 月に不活発が明瞭だったことは、ユーラシア大陸上の亜熱帯ジェット気流の顕著な南偏をもたらし、日本付近において盛夏期にもかかわらず前線が停滞しやすく持続的な大雨となったことに影響した可能性がある（詳細はトピックス II 参照）。

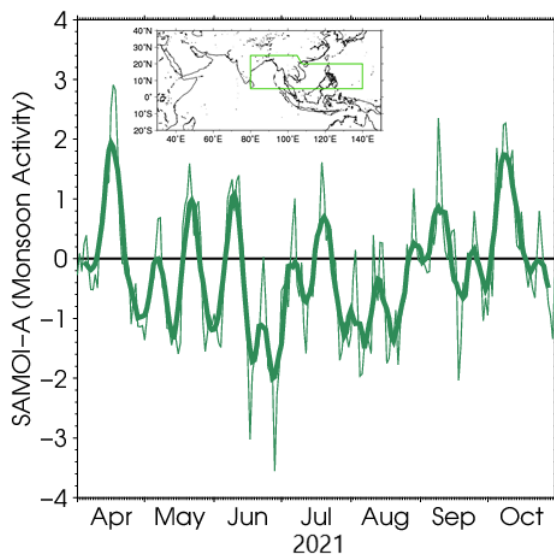


図 1.3-7 夏季アジアモンスーン OLR 指数（SAMOI（A））の時系列（2021 年 4～10 月）

細線は日別値、滑らかな太線は 7 日移動平均値。SAMOI（A）（気象庁, 1997）は、外向き長波放射量平年偏差を図中地図の緑枠の領域で平均し、年々変動の標準偏差で規格化した後に符号を反転した値で、正（負）の値は夏季アジアモンスーンの対流活動が活発（不活発）であることを示す。平年値は 1991～2020 年の平均値。外向き長波放射量は米国海洋大気庁より提供されたデータに基づく。

1.3.4 台風⁹

2021 年の台風の発生数は 22 個（平年値 25.1 個）で平年より少なかった（図 1.3-8、表 1.3-1）。特に、台風の発生数が最も多くなる 8～9 月において、例年台風が多く発生する海域での対流活動が不活発で、この期間の台風の発生数が 8 個（平年値 10.7 個）と平年より少なくなり、このため年間の発生数も平年より少なくなった。

2021 年の日本への台風の接近数は 12 個（平年値 11.7 個）で平年並みであった。日本への台風の上陸は第 8 号、第 9 号、第 14 号の 3 個（平年値 3.0 個）で、このうち第 8 号は宮城県に初めて上陸した台風となるとともに、2016 年台風第 10 号に次いで、東北地方太平洋側に上陸した 2 番目の台風となった。また、台風第 14 号は福岡県に初めて上陸した台風となった。

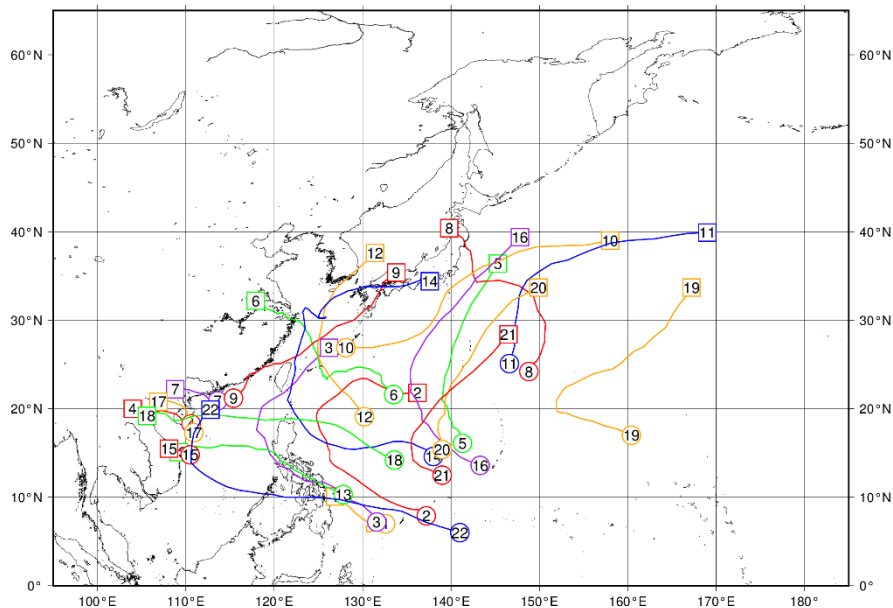


図 1.3-8 2021 年の台風経路図

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。

表 1.3-1 2021 年の台風一覧

台風期間は日本標準時（JST）による。最大風速は 10 分間平均した値である。

台風番号	呼名	台風期間	最大風速(m/s)	台風番号	呼名	台風期間	最大風速(m/s)
T2101	ドゥージェン	2/18 9 時-2/21 21 時	20	T2112	オーマイス	8/20 21 時-8/24 9 時	23
T2102	スリゲ	4/14 3 時-4/25 9 時	60	T2113	コンソン	9/6 9 時-9/12 3 時	25
T2103	チョーイワン	5/31 3 時-6/5 15 時	20	T2114	チャンスー	9/6 21 時-9/18 15 時	60
T2104	コグマ	6/12 3 時-6/13 15 時	18	T2115	ディアンムー	9/23 15 時-9/24 3 時	18
T2105	チャンパー	6/23 9 時-6/28 3 時	35	T2116	ミンドゥル	9/23 21 時-10/2 9 時	55
T2106	インファ	7/17 21 時-7/28 3 時	45	T2117	ライオンロック	10/8 3 時-10/10 15 時	18
T2107	チャンパカ	7/19 3 時-7/22 9 時	35	T2118	コンパス	10/8 9 時-10/14 21 時	30
T2108	ニパルタック	7/23 21 時-7/28 15 時	20	T2119	ナムセーウン	10/10 9 時-10/17 9 時	25
T2109	ルビート	8/4 9 時-8/9 9 時	23	T2120	マーロウ	10/25 3 時-10/29 21 時	40
T2110	ミリネ	8/5 15 時-8/10 9 時	25	T2121	ニヤトー	11/30 9 時-12/4 9 時	50
T2111	ニーダ	8/4 9 時-8/8 9 時	30	T2122	ライ	12/13 15 時-12/21 3 時	55

⁹ 熱帯または亜熱帯地方で発生する低気圧を熱帯低気圧といい、そのうち北西太平洋または南シナ海に存在し、低気圧内の最大風速（10 分間の平均風速）がおおよそ 17m/s 以上のものを日本では「台風」と呼んでいる。

気象庁ホームページでは、統計を開始した 1951 年以降に発生した台風に関する様々な統計資料を掲載している。

<https://www.data.jma.go.jp/vo/typhoon/statistics/index.html>