

エルニーニョ等に関する講習会

日本の天候とその予報

エルニーニョ現象だけが日本の夏の天候を決めているわけではない。日本の天候を左右している現象にどのようなものがあるのかを、最新の夏の季節予報も示しながら、解説します。

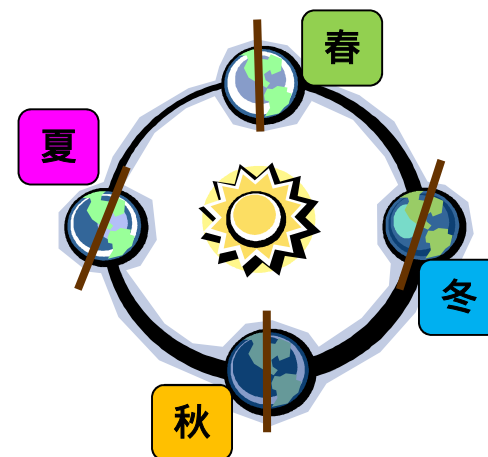
気象庁地球環境・海洋部
気候情報課

はじめに

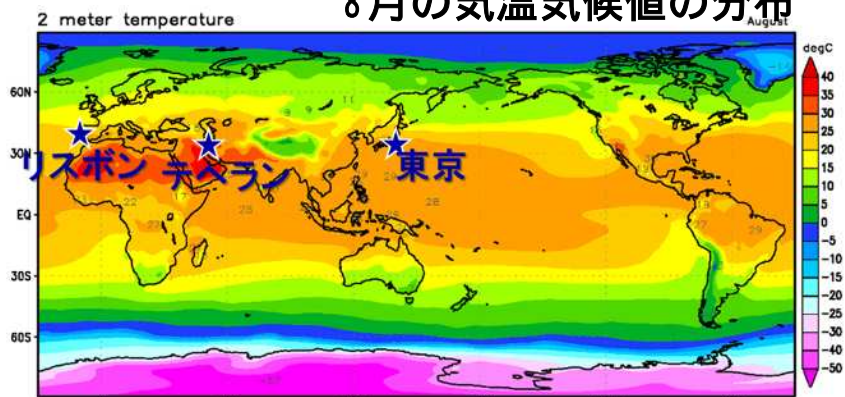
～ 今年の天候って？ ～

その土地の気候とは？

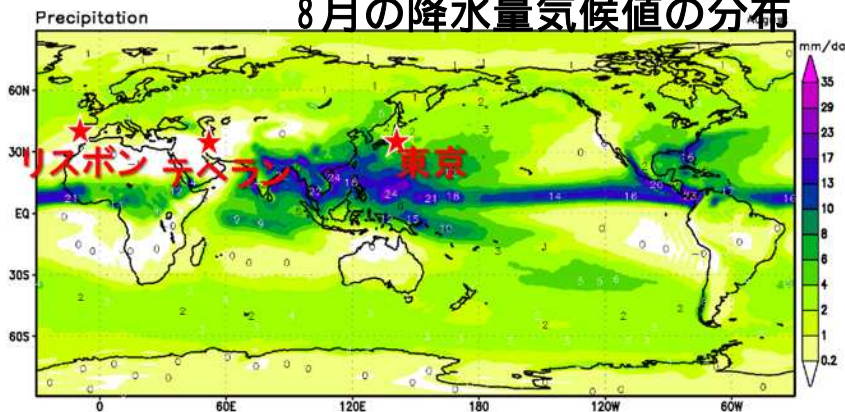
- ・地球上の気候分布を支配しているのは、傾いた地軸による公転と大陸・海洋の分布。
- ・中でもどのような地理的位置にあるのかで、その土地の季節変化を含めた気候が決まる。



8月の気温気候値の分布



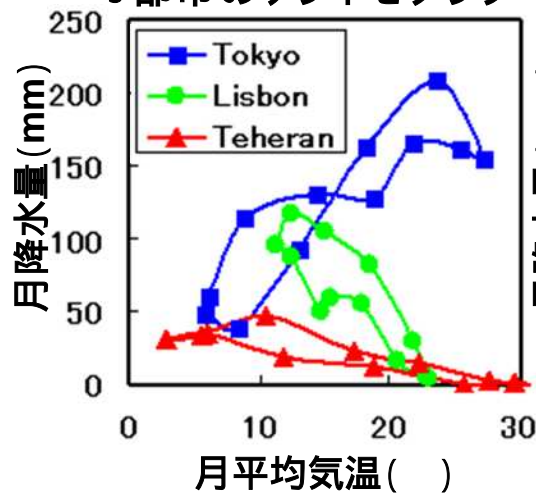
8月の降水量気候値の分布



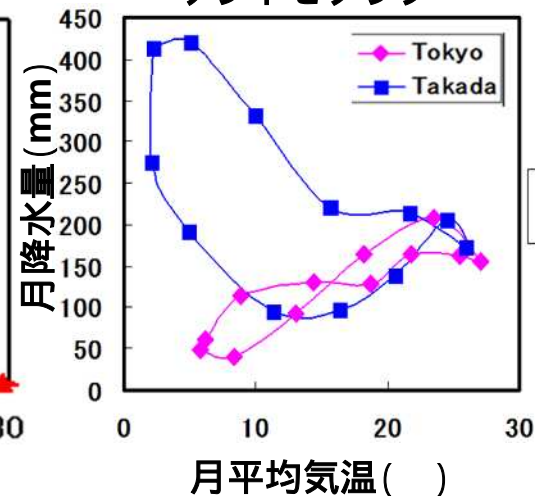
2014/6/26

講習会(日本の天候とその予報)

北半球の同じ緯度の3都市のクライモグラフ

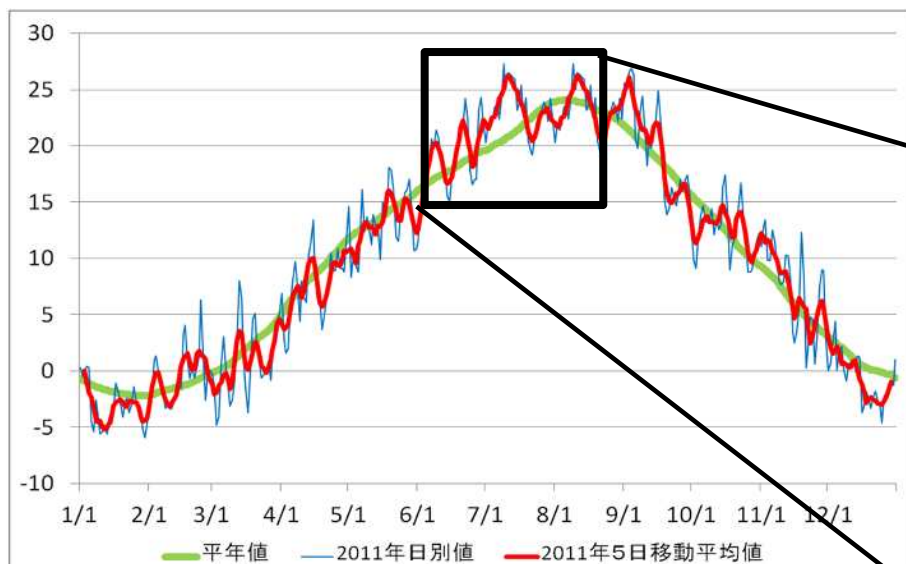


東京と高田のクライモグラフ



気候の年毎の違い（その年の天候の特徴）

- ・公転や海陸分布は人類の時間スケールでは変わらないので、その土地では毎年同じような季節変化をする天候が現れる（気候）。
- ・いつもの季節変化を、最近の30年分（現在は1981～2010年）の平均像として眺めたのを平年値と呼ぶ（下のグラフでは緑太線に相当）。
- ・同じような季節変化ではあるが、海水温等の海洋の状況や偏西風等の大気の状態には、その年毎の特徴があり、その土地のその年の天候に影響を与える（その結果が、下のグラフでは青細線に相当）。



弘前の日平均気温の季節変化

2014/6/26

講習会(日本の天候とその予報)

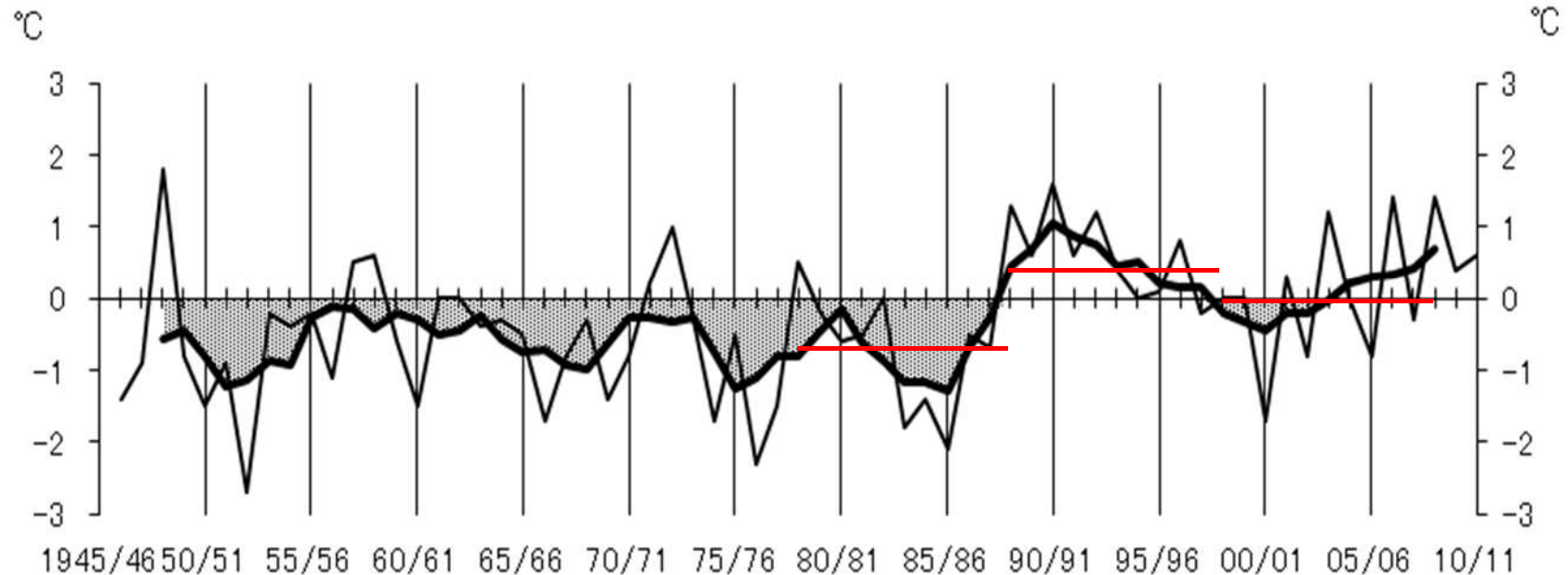
人々の生活に影響を与えるのは、いつもの季節変化とどれだけかけ離れた天候が現れるか。つまり、

平年との違いが
焦点となる

季節予報の対象
はこの部分

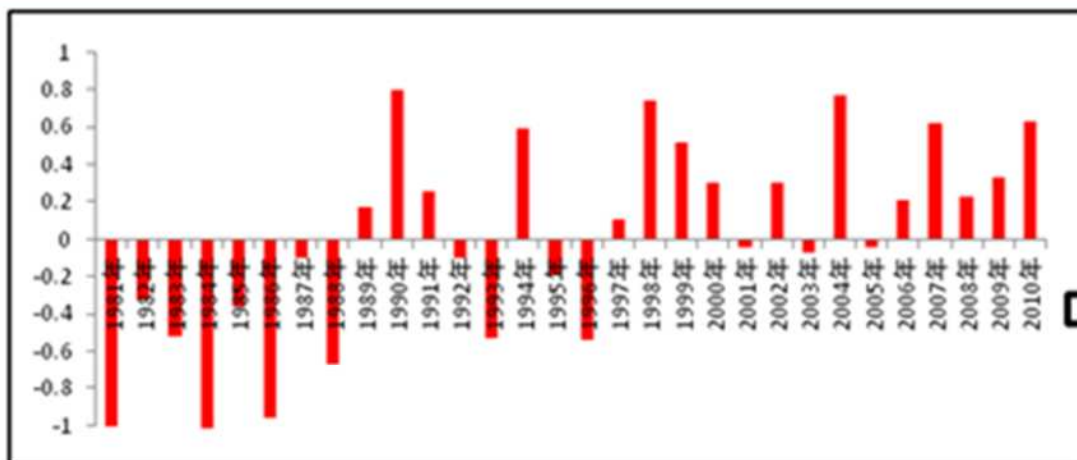
年々変動と平年値

北日本 冬(12~2月) 平均気温平年差



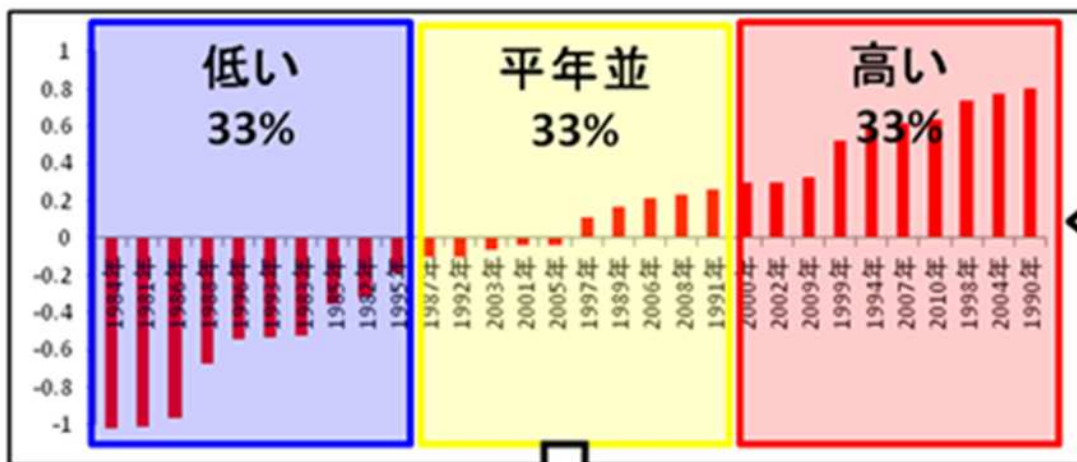
- ・天候の年毎の変動(年々変動)には、毎年のランダム(に見える)変動だけでなく、数年、十年程度、数十年、もっと長い変動が含まれている。
- ・短い期間の平均値では、平年値自体が大きく変動してしまう(上のグラフで赤線は10年ごとの平均値であり、変動が大きいことがわかる)。
- ・WMOでは30年間を使用するとしており、10年ごとに改訂する。

平年値はわかった！では、平年並とは？



平年値の30年間を基準とし、
 上位1/3を「高い」、下位1/3を
 「低い」、中位1/3を「平年並」
 と定義。

- ① 気温平年差を低い順に並び替える
- ② 低い10年の範囲を「低い」、真ん中の10年の範囲を「平年並」、高い10年の範囲を「高い」とする



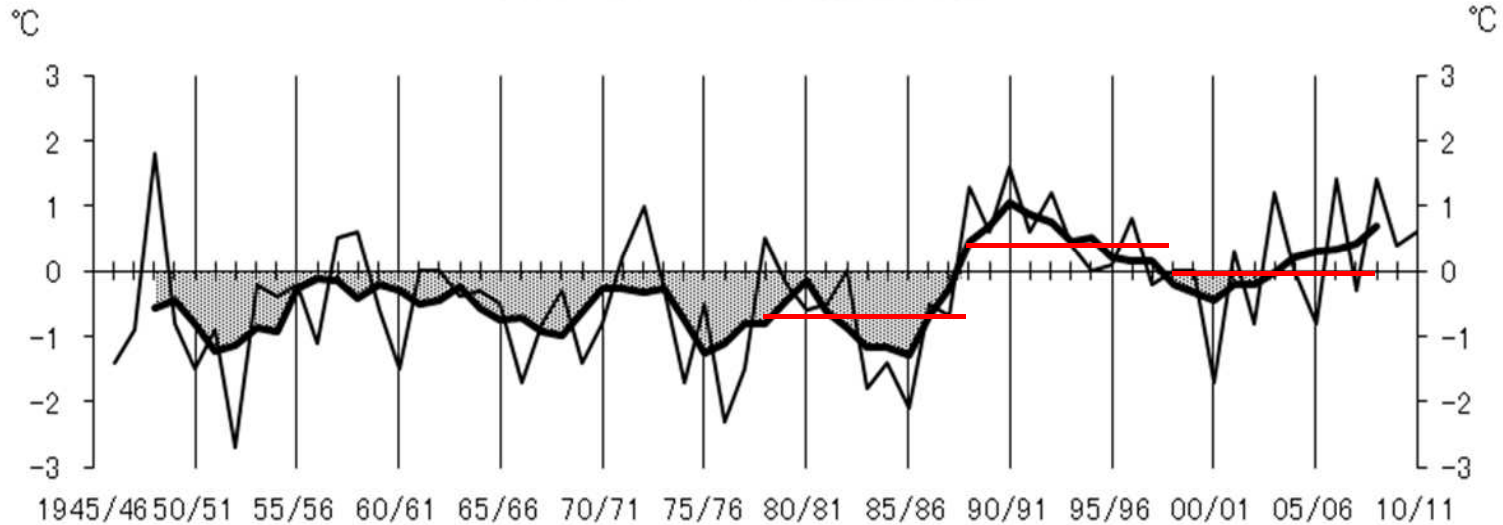
夏の3か月平均気温
 の平年並の範囲

	平均気温 3か月
北日本	平年差：-0.4~+0.3℃
東日本	平年差：-0.1~+0.3℃
西日本	平年差：-0.2~+0.3℃
沖縄・奄美	平年差：-0.1~+0.1℃

「平年並」の範囲：-0.1℃~+0.3℃

さて、年々変動をもたらしているものは何？

北日本 冬(12~2月)平均気温平年差



季節の天候に影響を与える大気や海洋の状況の変動として、
年々の変動
数年周期の変動
十～数十年周期の変動
もっと長い周期の変動
が知られている。
(季節内の天候の変動)

エルニーニョ現象
地球温暖化
PDO(Pacific Decadal Oscillation)
ラニーニャ現象
北極海の海氷の変動
MJO(Madden Julian Oscillation)
北極振動(Arctic Oscillation)

ちょっと、予備知識

季節予報って、何をどう予報しているのか

大気(流体)は、ほんのわずかな違いで将来の結果を大きく変えるカオスの性質を持っている。

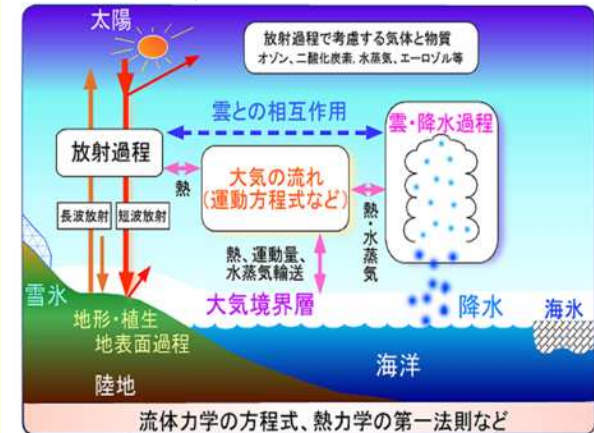
現在の状態を正確に把握することは不可能だし、数値予報モデルも不完全なので、初期値に含まれる誤差は拡大する一方。

これらに対応するため、少しずつ異なる数十個の初期値から数値予報を行う確率的な予報を行っている(アンサンブル予報)

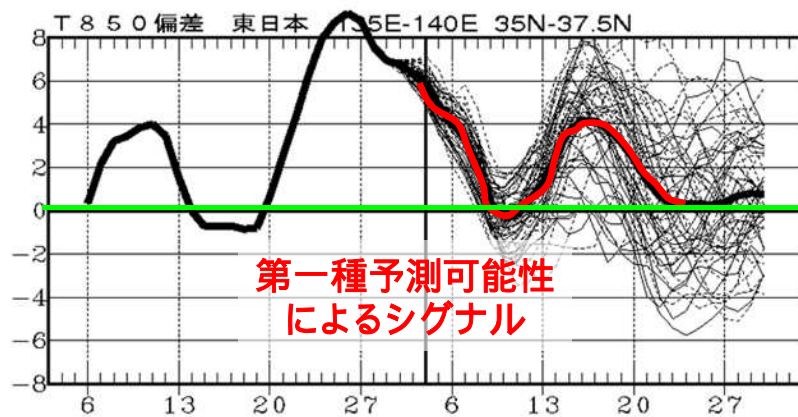
確率的な予報を用いることで、現在の大気の状態から1か月程度先までのシグナルを取り出すことができる(第一種予測可能性)。

一方、熱帯海洋は変動がゆっくりしていて、第一種予測可能性が半年以上あることから、海洋のゆっくりとした変化の影響を受けた大気の変化を確率的に予報することが可能である(第二種予測可能性)。

大気海洋結合モデルでやっていること

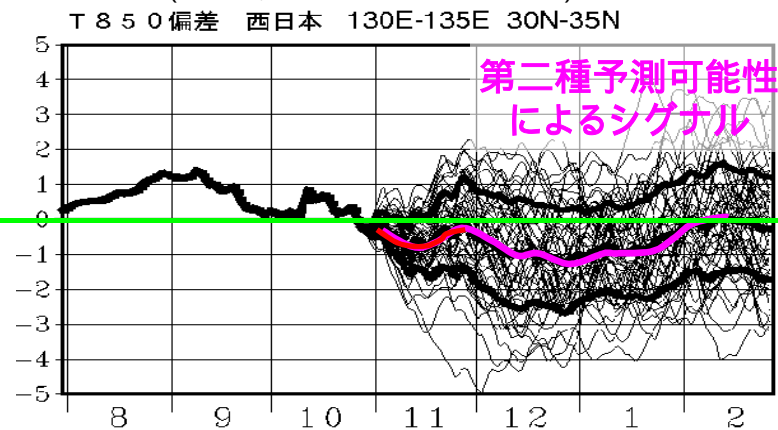


1か月予報(大気モデル)の予測結果の例



2014/6/26

3か月予報(大気海洋結合モデル)の予測結果の例



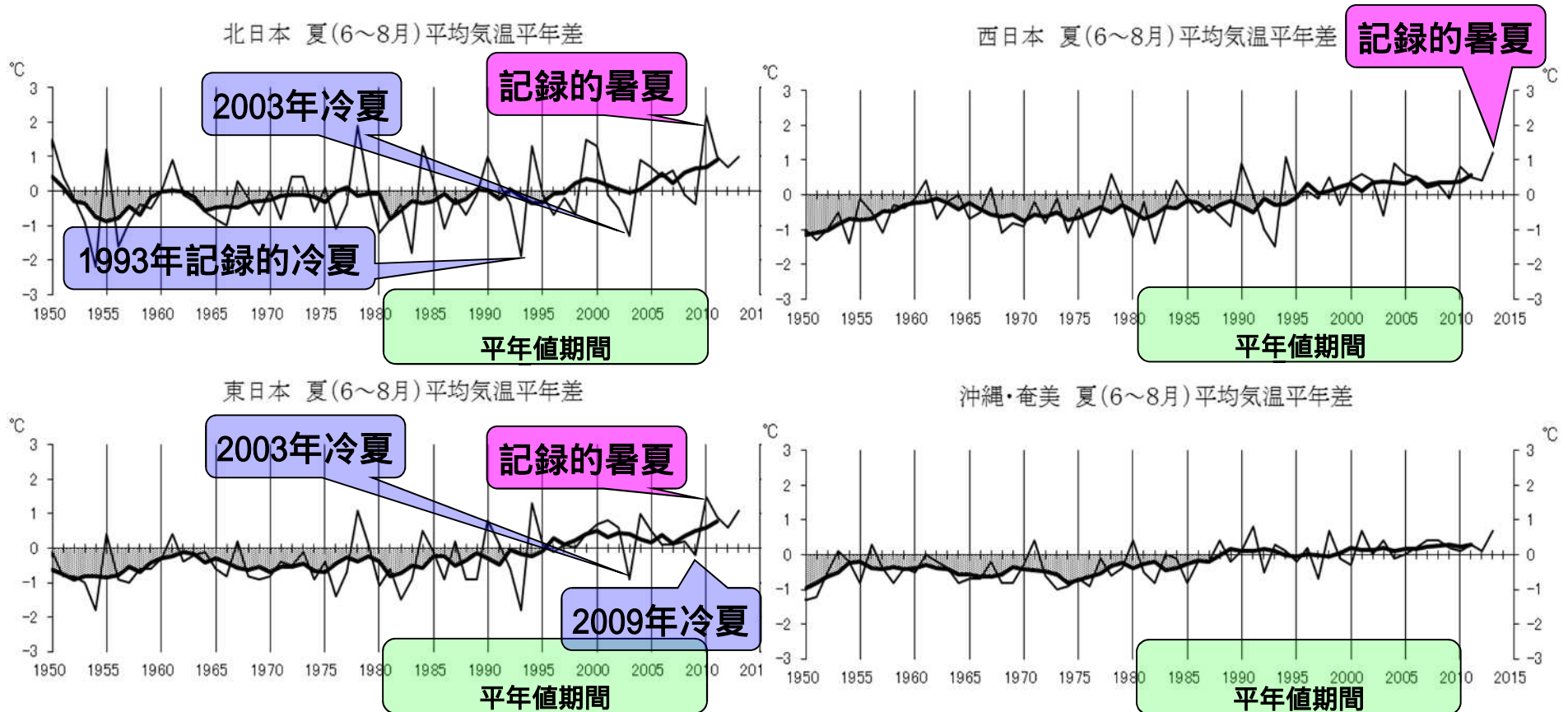
講習会(日本の天候とその予報)

近年の夏の天候

ここ11年間の夏の天候

年	夏平均気温平年差 (°C) と階級(*付はかなり)			
	北日本	東日本	西日本	沖縄・奄美
03	-1.3 (-)*	-0.9 (-)	-0.6 (-)	0.4 (+)
04	0.9 (+)	1.0 (+)*	0.9 (+)*	-0.1 (0)
05	0.7 (+)	0.5 (+)	0.6 (+)	0.0 (0)
06	0.4 (+)	0.1 (0)	0.5 (+)	0.2 (+)
ラニーニャ 07	0.6 (+)	0.1 (0)	0.2 (0)	0.4 (+)
08	-0.1 (0)	0.2 (0)	0.3 (0)	0.4 (+)
エルニーニョ 09	-0.4 (0)	-0.2 (-)	-0.1 (0)	0.2 (+)
ラニーニャ 10	2.2 (+)*	1.5 (+)*	0.8 (+)	0.1 (0)
11	1.0 (+)	0.9 (+)	0.5 (+)	0.3 (+)
12	0.7 (+)	0.6 (+)	0.4 (+)	0.1 (0)
13	1.0 (+)	1.1 (+)*	1.2 (+)*	0.7 (+)*

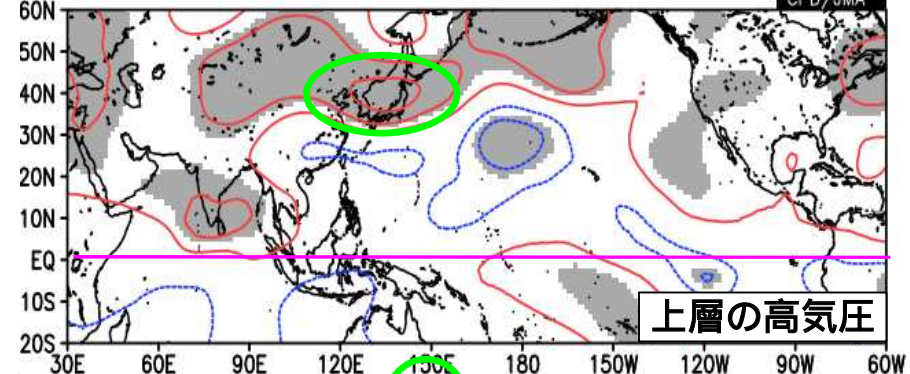
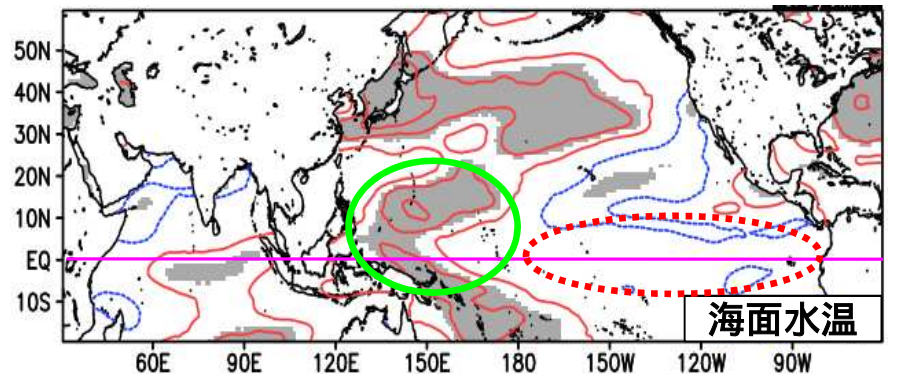
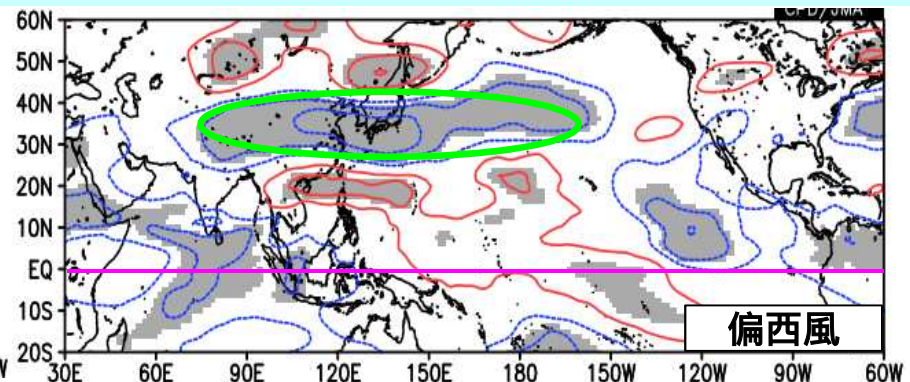
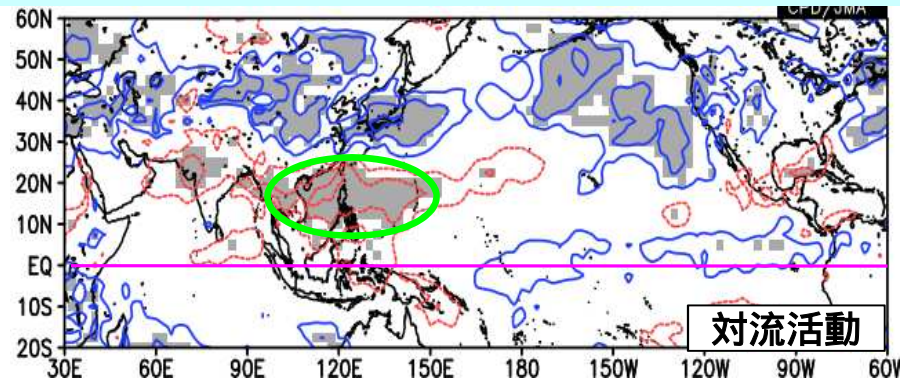
近年の夏の気温の経年変化



- ・北日本では、1970年代後半以降、年々の変動が大きいが、2004年以降は平年並または高温となっている。
- ・東・西日本では1994年以降、沖縄・奄美では1998年以降、平年並または高温の年が多く、有意(危険率5%)な上昇トレンドが見られる。

日本の夏の天候に 年々変動をもたらす現象

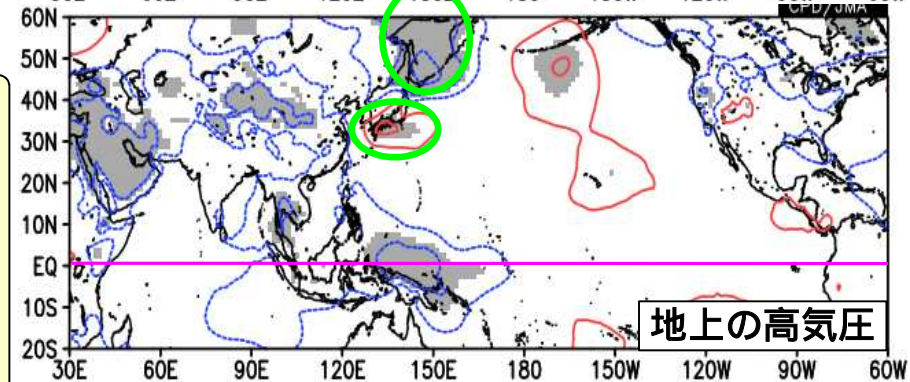
東日本の夏の気温との相関関係を調べてみた



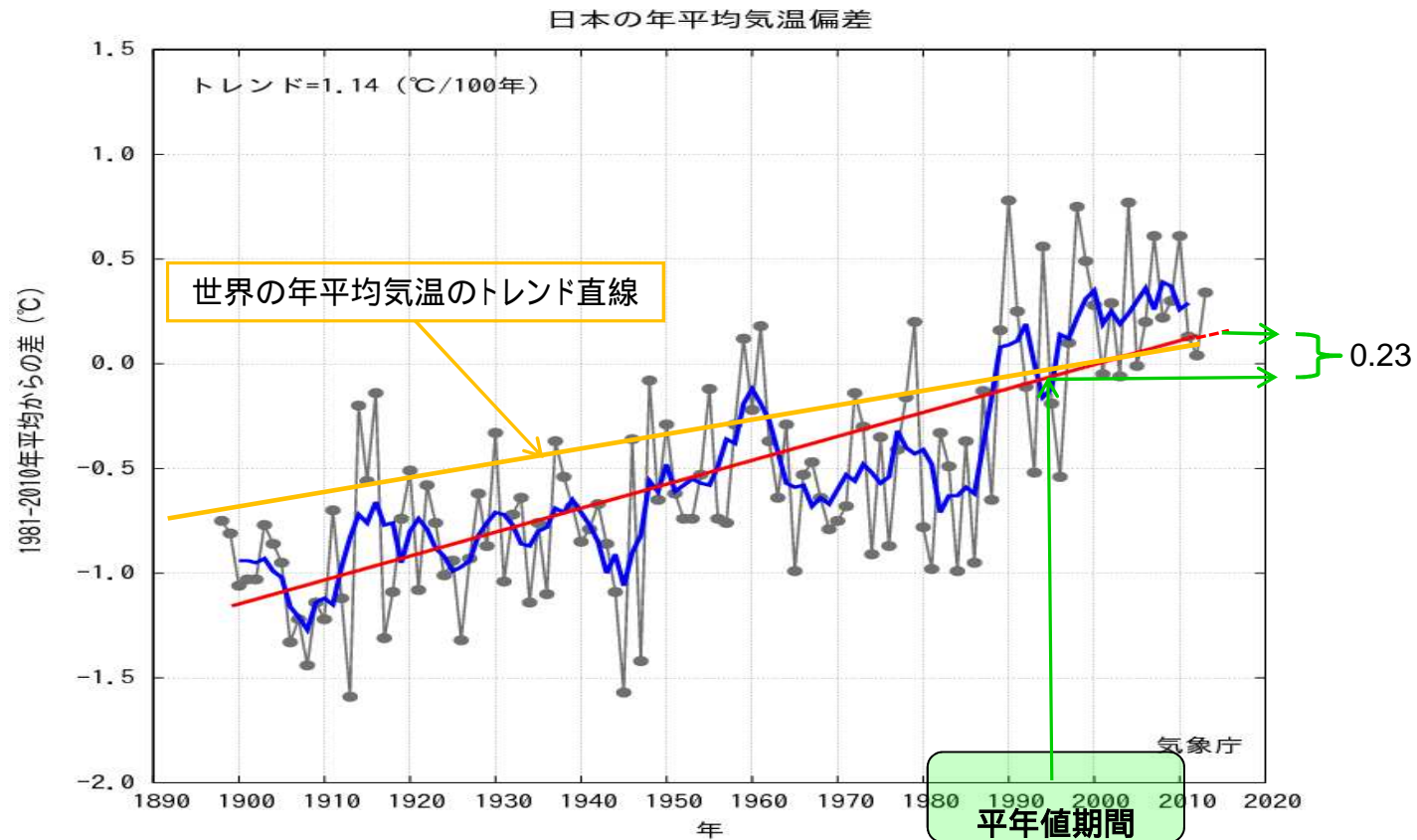
等値線は0.2間隔で零線省略、赤は正相関、青は負相関。
 陰影は危険率5%で有意な領域。特にトレンドは考慮していない。

【相関の高いもの】フィリピン周辺の対流活動、太平洋西部の海面水温、東アジアの偏西風、日本付近でのチベット・太平洋両高気圧、オホーツク海高気圧

【特に相関のないもの】エルニーニョ監視海域の海面水温 あれっ！？今日の主役のはずでは。

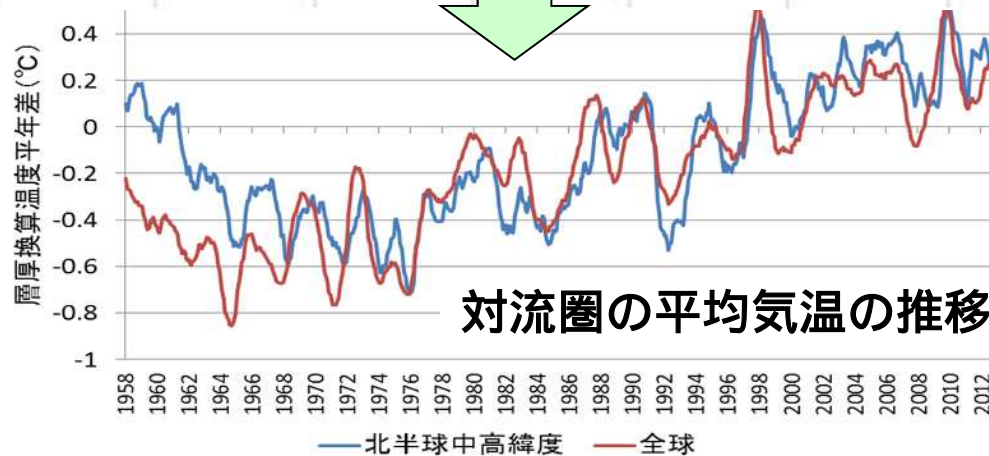
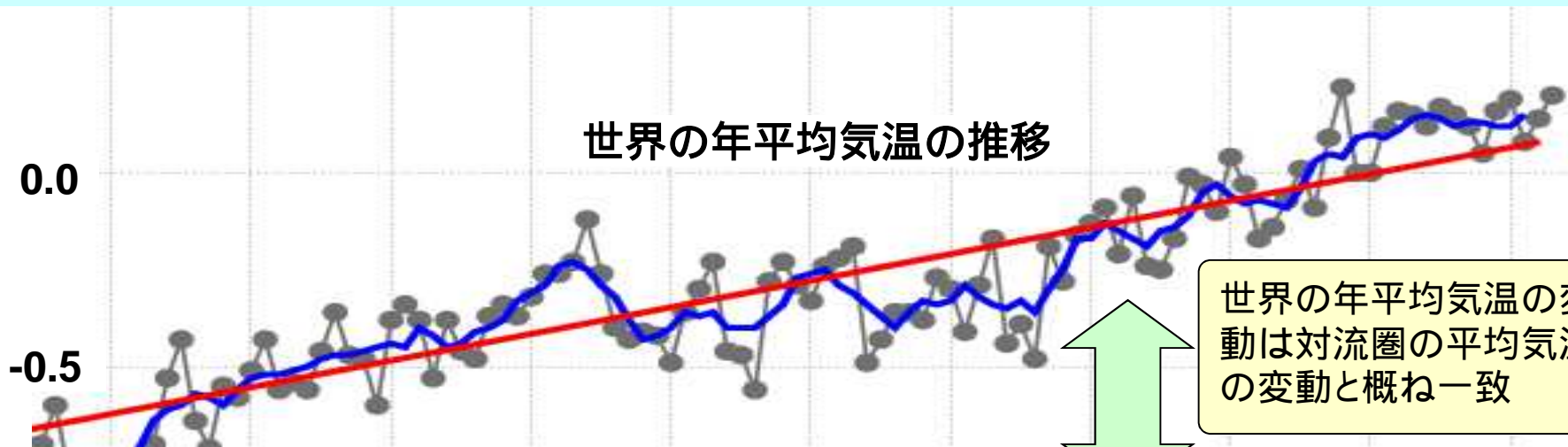


地球温暖化の影響



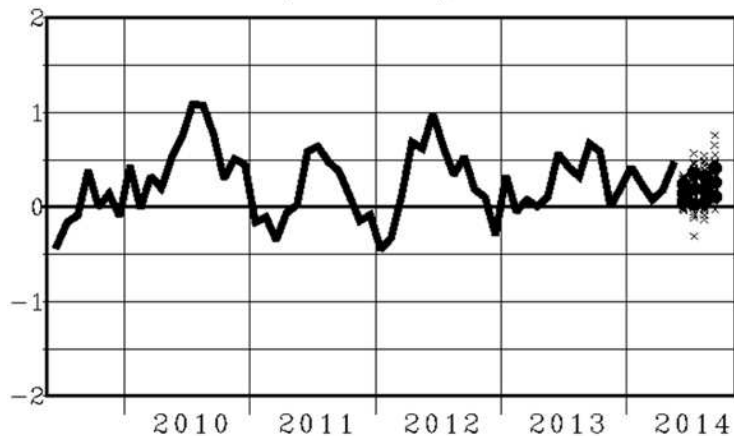
- ・世界および日本の年平均気温は、右肩上がりでも上昇しており、特に1990年代以降、高温となる年が多くなっている。
- ・100年間のトレンドを当てはめると、2015年には、1981～2010年の平年値期間よりも、0.2 程度高い気温が期待される。

地球温暖化の影響



最新3か月予報資料 FAX図

北半球層厚換算温度 (300-850hPa) 30N-90N

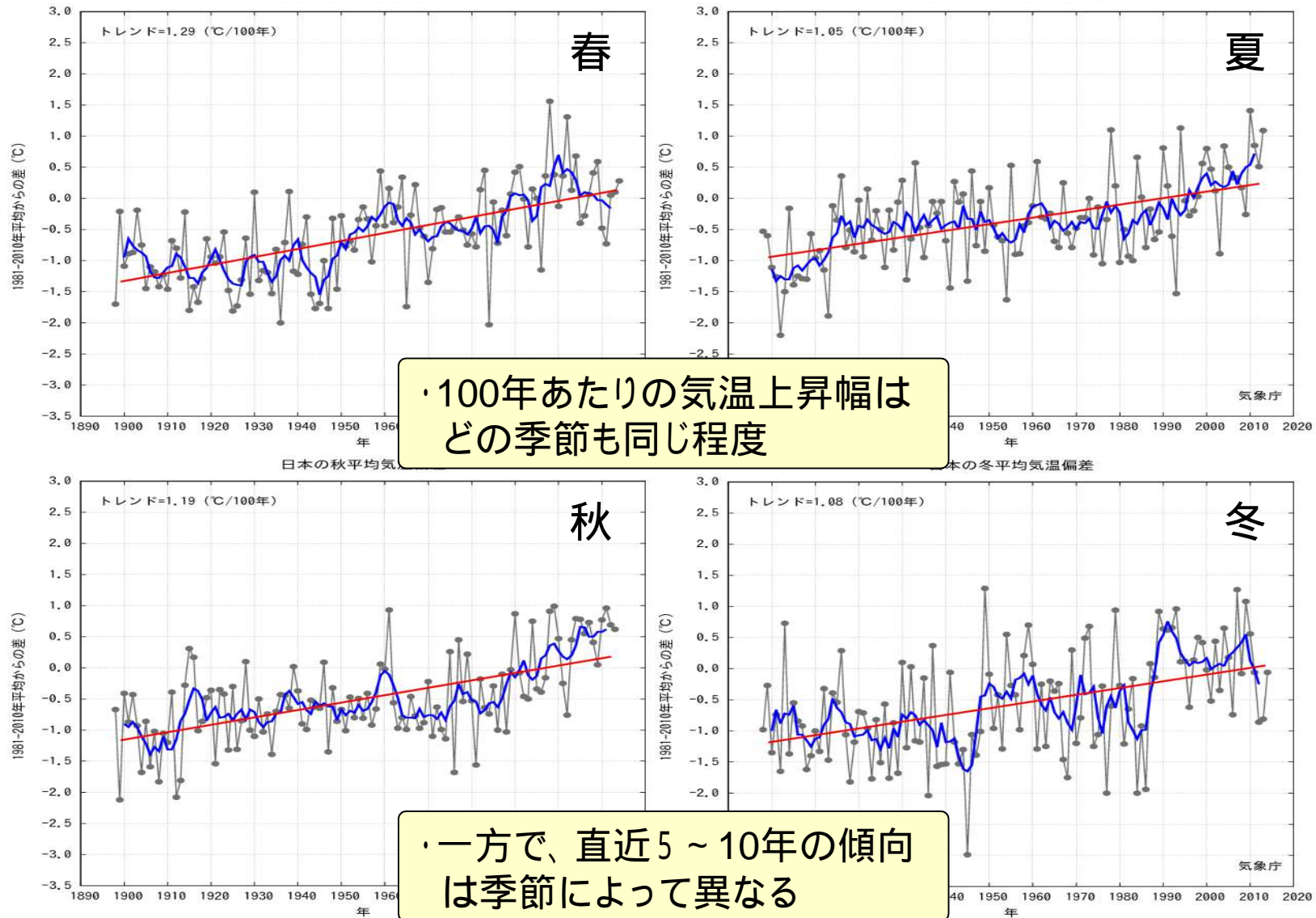


2014/6/26

季節予報では、地球温暖化の影響も含めて(実際には、十年規模変動やエルニーニョ現象等の影響も含まれている)、対流圏の平均気温の実況と予測を考慮。

十年規模変動の影響

日本の季節平均気温偏差の経年変化

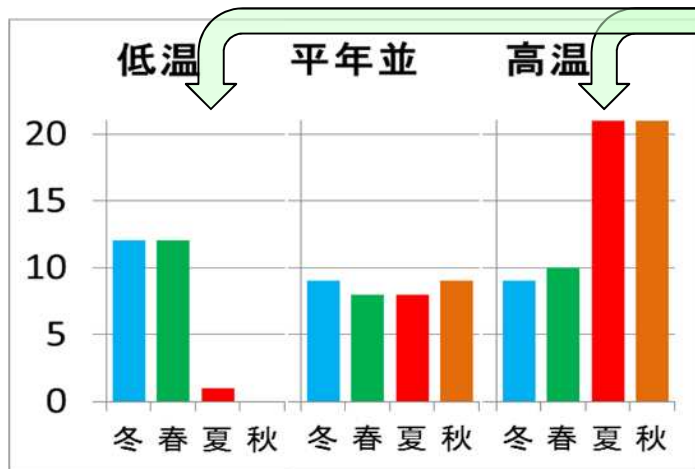


・100年あたりの気温上昇幅はどの季節も同じ程度

・一方で、直近5～10年の傾向は季節によって異なる

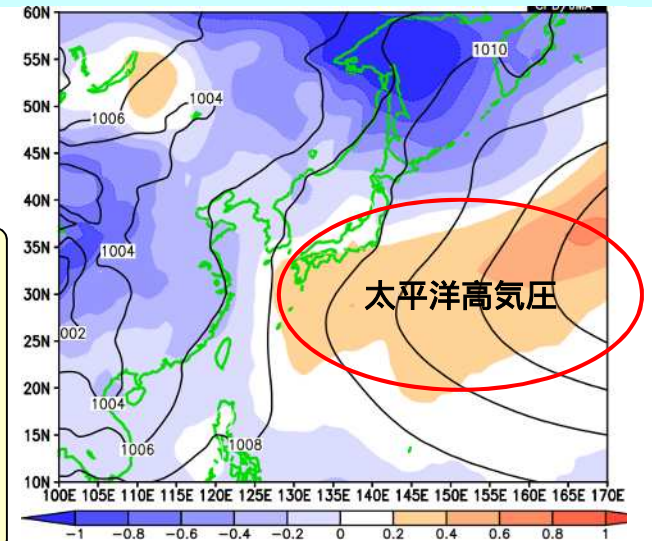
十年規模変動の影響

最近10年の季節平均気温の階級出現頻度
(ほぼ同様の傾向を示す北・東・西日本の頻度を合計)



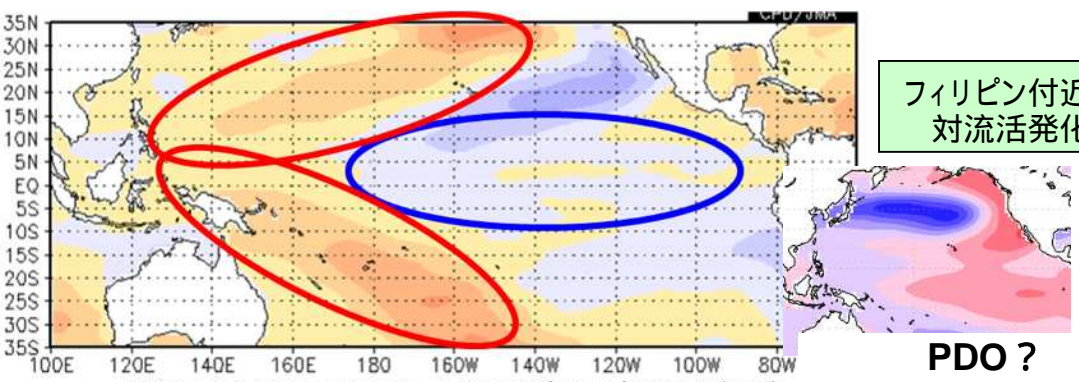
暑夏が増加
冷夏が減少

この10年間の海面水温はラニーニャ現象時の分布に似た傾向が続き、暑夏の年が多かった(メカニズム詳細は後ほど)。



最近10年間で平均した海面気圧と同平年差

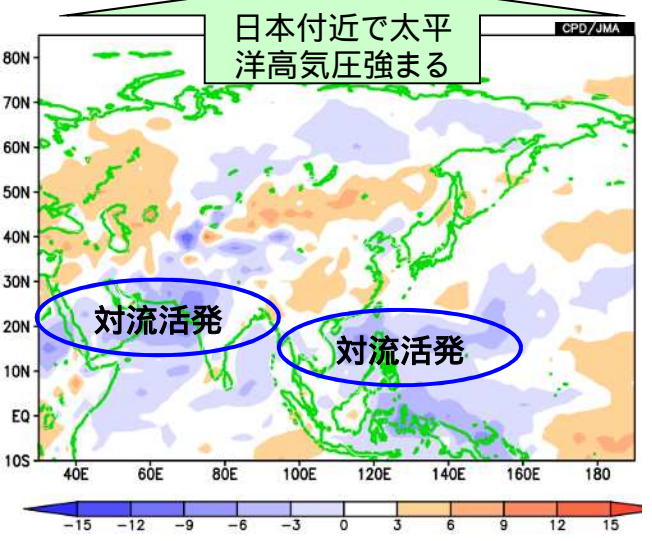
季節予報では、大気海洋結合モデルの結果に含まれるものとして、その解釈において考慮。



フィリピン付近で対流活発化

PDO ?

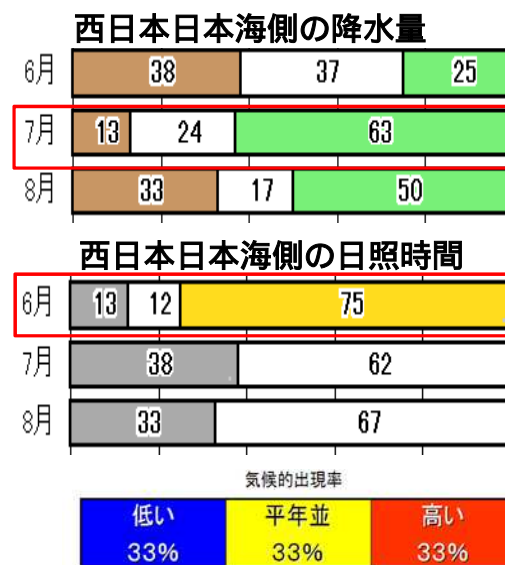
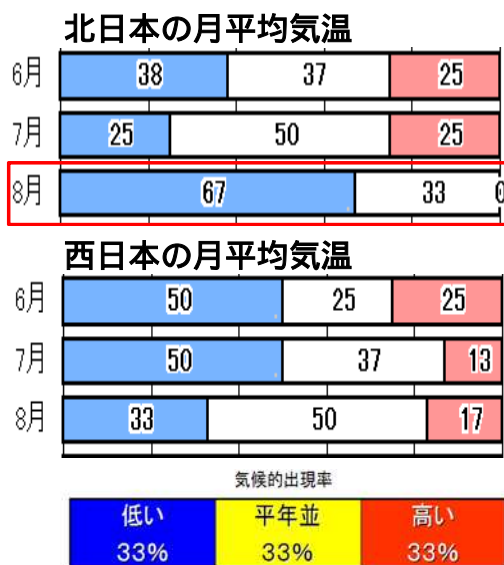
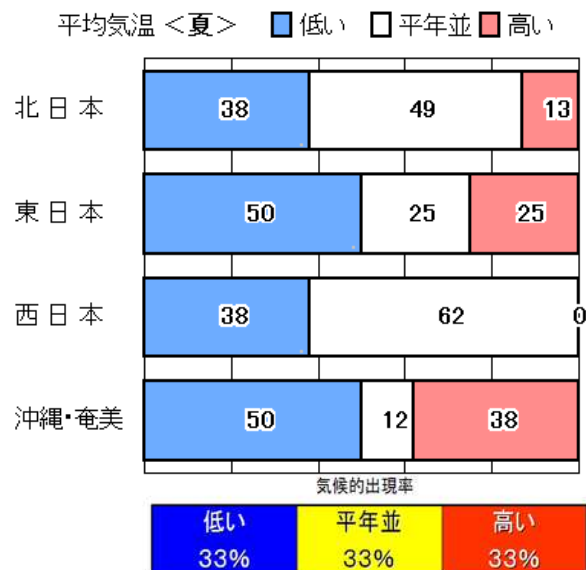
最近10年間で平均した夏の海面水温平年差 (左図の反転分布)



最近10年間で平均した対流活動(OLR平年差)

エルニーニョ現象の影響

赤枠囲みは危険率5%で有意な相関係数を示す

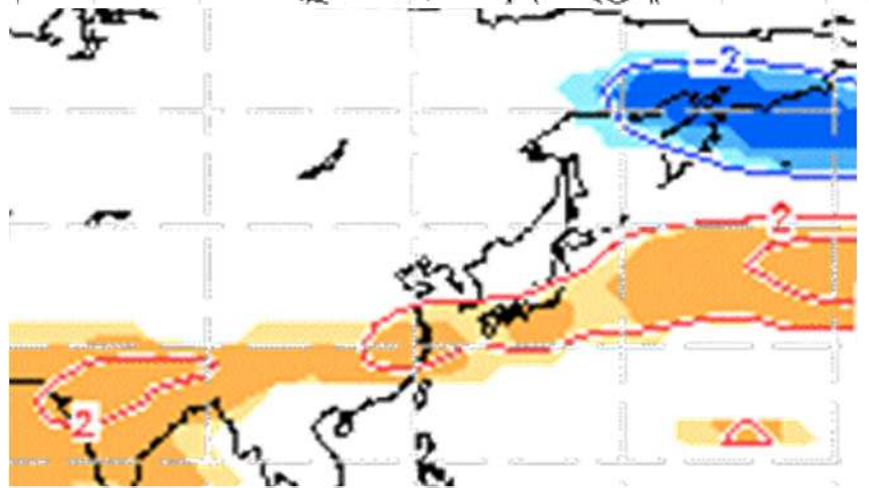
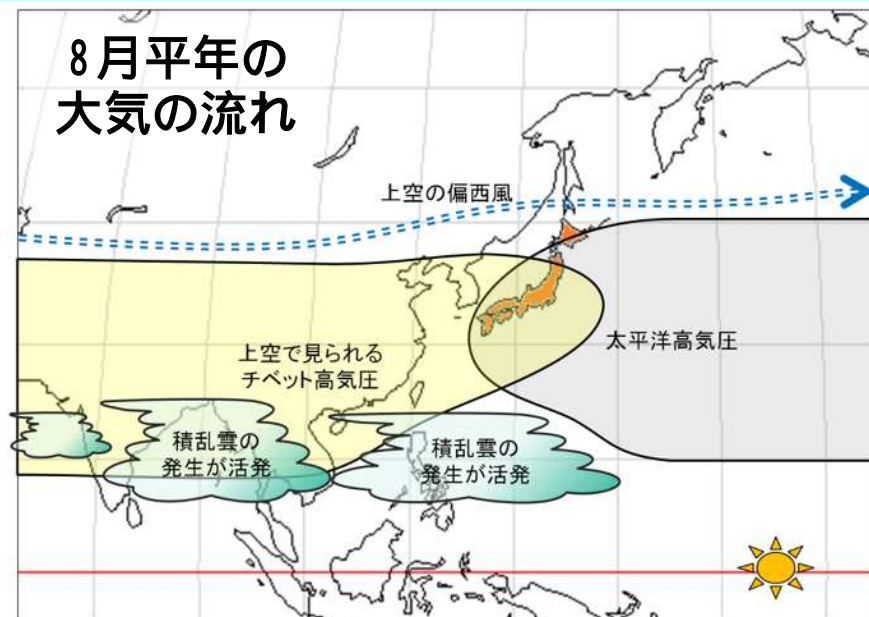


- ・ 過去の統計では、沖縄を除いて、暑夏は少なく、冷夏がやや多い。
- ・ 北日本では、8月の低温傾向が明瞭(有意)。
- ・ 西日本(日本海側)では、6月の多照傾向、7月の多雨傾向が明瞭(有意)。

なお、この統計は地球温暖化による気温の上昇トレンドを除いたもので、例えば、西日本の2002年夏の気温の実際の階級は「高い」になっている。

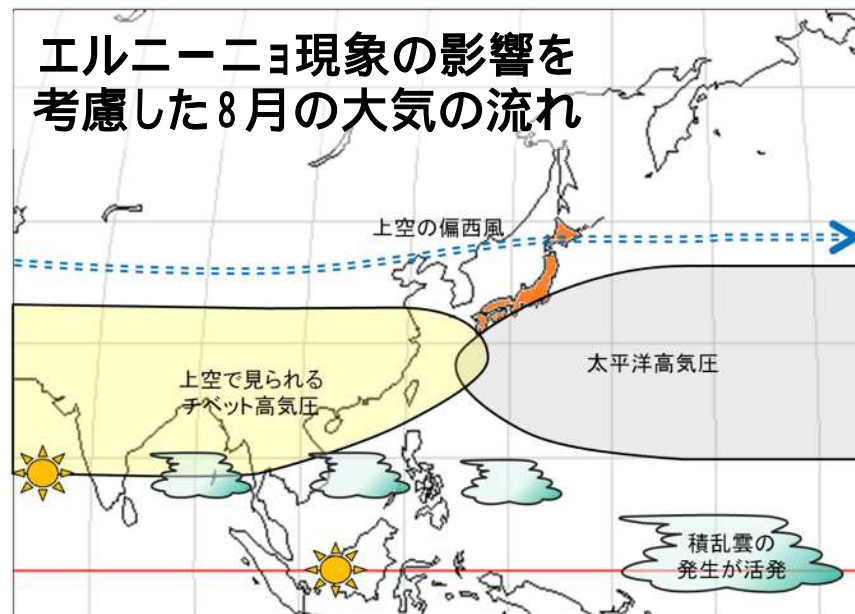
気象庁HPで公開しているこの統計は、1978年～2008年のものです。現在、1958年～2012年のデータを用いた統計を作成中で、今年度中には、更新する予定です。

エルニーニョ現象の影響



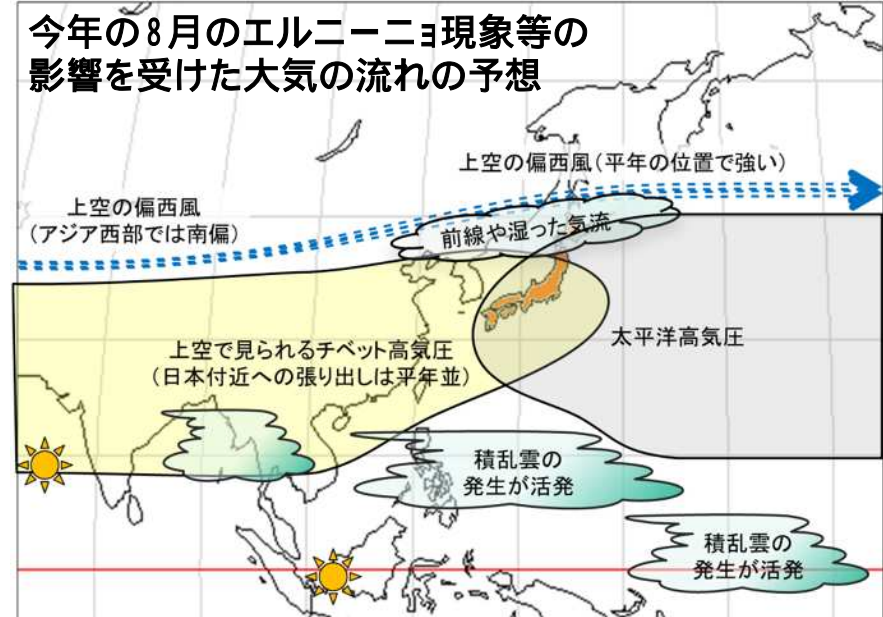
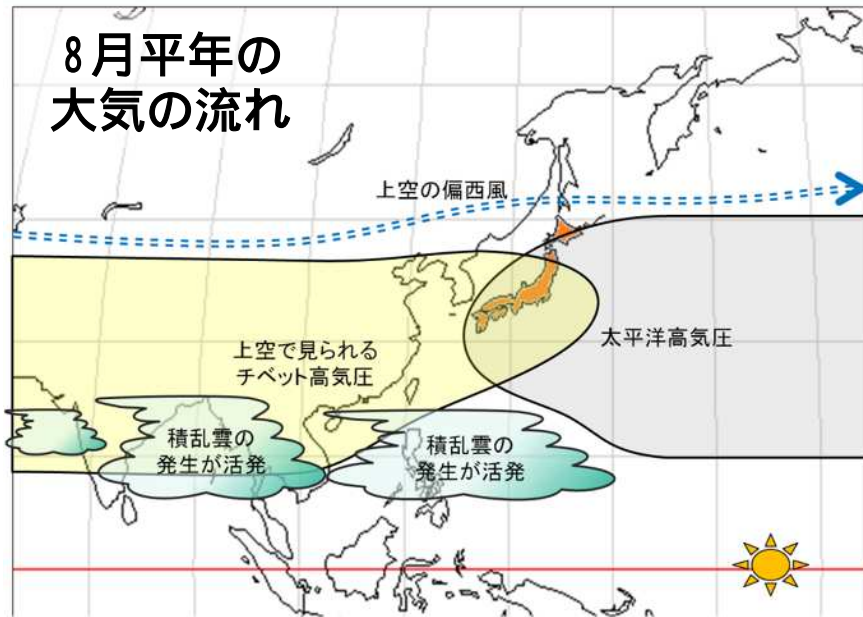
エルニーニョ現象時の偏西風の変化(8月)

エルニーニョ現象の影響を考慮した8月の大気の流れ

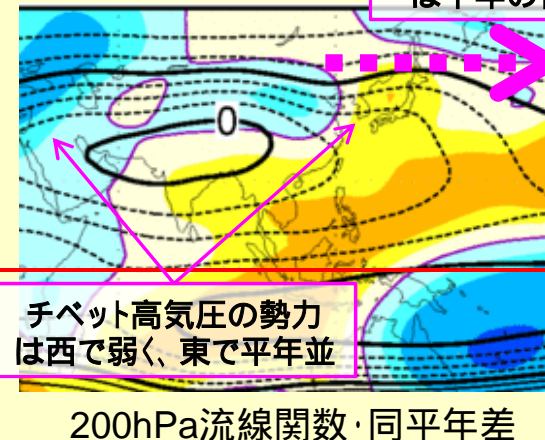
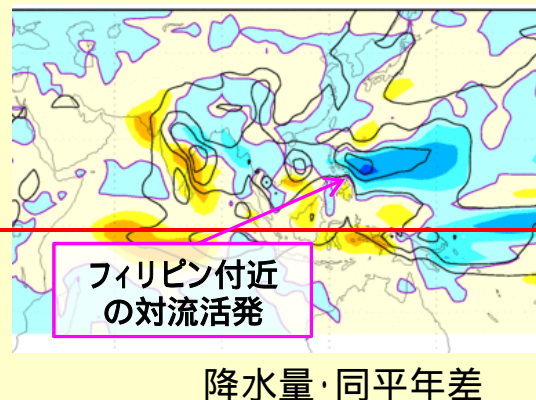
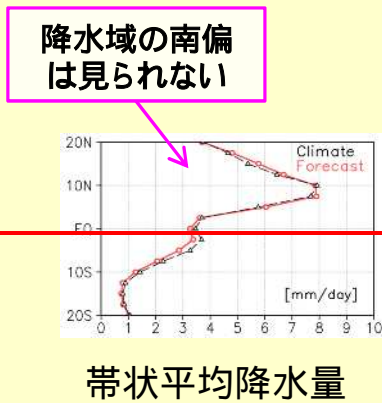


- ・海面水温が高い太平洋中部～東部の赤道付近で対流活動が活発化
- ・アジアモンスーン域の対流活動は、インド周辺を中心に不活発化
- ・チベット高気圧が平年より弱まる
- ・偏西風が平年より南側を流れる
- ・太平洋高気圧の北側への張り出しが弱まる
前線、上空の寒気、湿った気流の影響を受けやすく、安定した夏空になりにくい。

エルニーニョ現象の影響



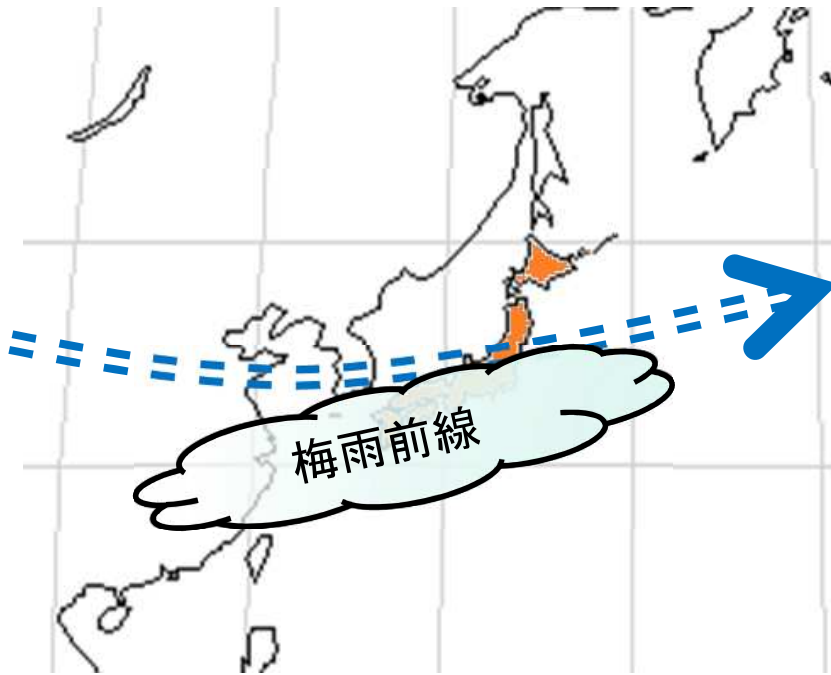
6/25発表の8月の大気海洋結合モデルの予測結果



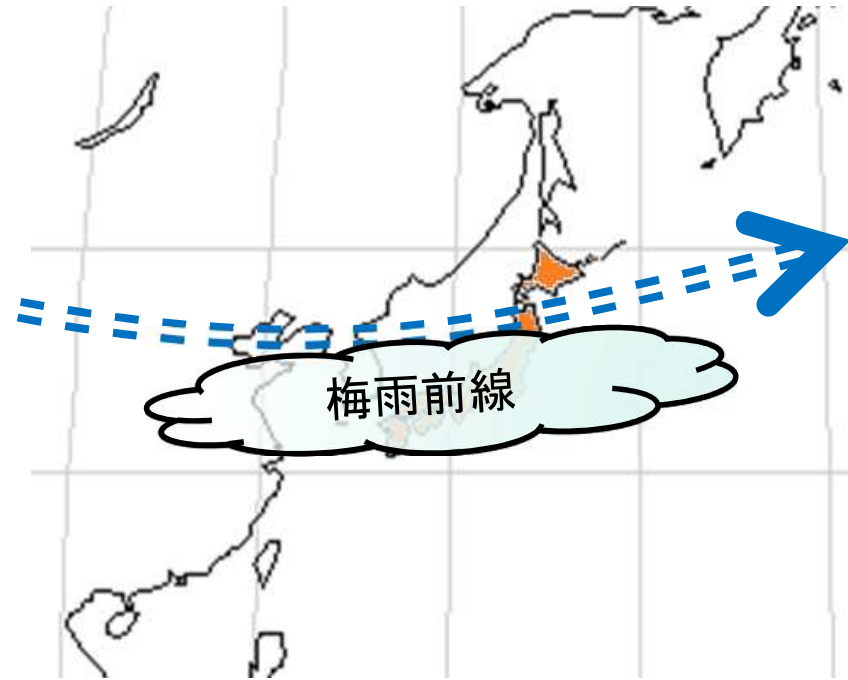
東アジア付近の偏西風は平年の位置で強め

エルニーニョ現象の影響

偏西風と梅雨前線(6月)



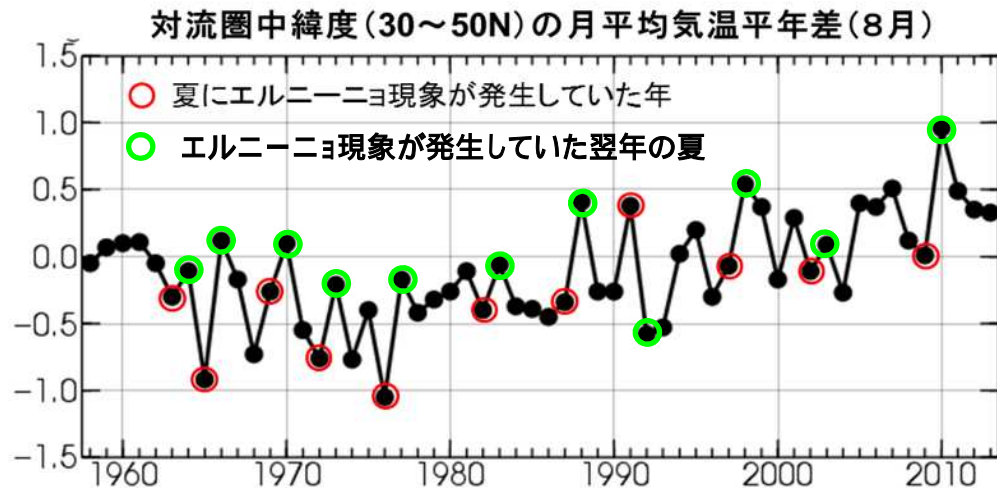
偏西風と梅雨前線(7月)



- ・偏西風、梅雨前線ともに平年より南偏
- ・東・西日本では、前線の影響を受けにくい
- ・平年と比べて、曇りや雨の日が少なく、晴れの日が多い傾向
- ・偏西風の南下による寒気の影響と晴れて日射が増える影響が相殺

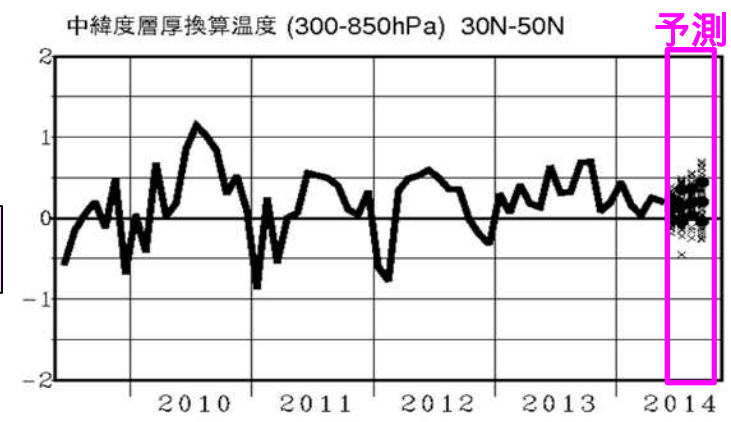
- ・偏西風、梅雨前線ともに平年より南偏
- ・7月後半になっても前線の影響を受けやすい(沖縄・奄美除く)
- ・平年と比べて、曇りや雨の日が多く、晴れの日が少ない傾向
- ・梅雨明けが遅い傾向

エルニーニョ現象の影響



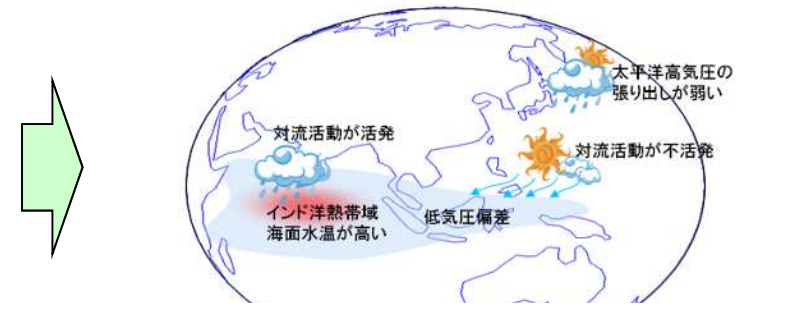
- ・偏西風が北半球規模で平年より南偏することに対応して、中緯度帯(30~50N)の対流圏の平均気温は、前後数年と比較して低い傾向がある。
- ・近年は、地球温暖化による昇温と相殺した結果となっている。

6/25発表の資料では、エルニーニョによる影響がそれほど大きく現れていないこともあり、北半球中緯度の対流圏平均気温は、平年並~やや高めを予測している。
今回の予報では低温側の資料として採用していない



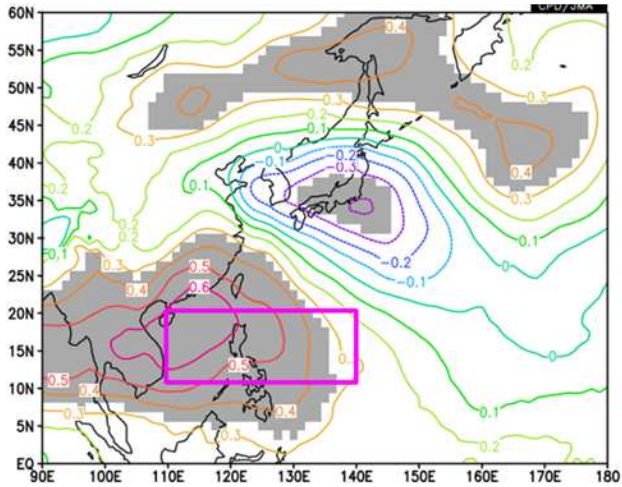
【ティークレイク:エルニーニョ現象の遅れ影響】
！！ 今年は無関係です！！

- ・エルニーニョ現象の進行に数ヶ月程度遅れて、対流圏の平均気温は中緯度帯も含めて高くなる。エルニーニョ現象の翌年の夏は高温傾向となる。
- ・ただし、その影響がインド洋の高温化に繋がることも多く、そうなると右図のメカニズムで不安定な夏となる。

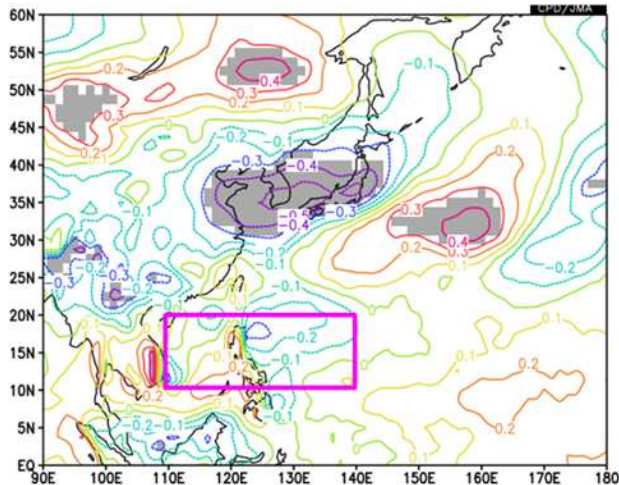


インド洋高温時の日本の夏の天候への影響

フィリピン付近の対流活動の影響



8月のフィリピン付近の対流活動と
850hPa高度の関係(1979~2013)



8月のフィリピン付近の対流活動と
850hPa気温の関係(1979~2013)

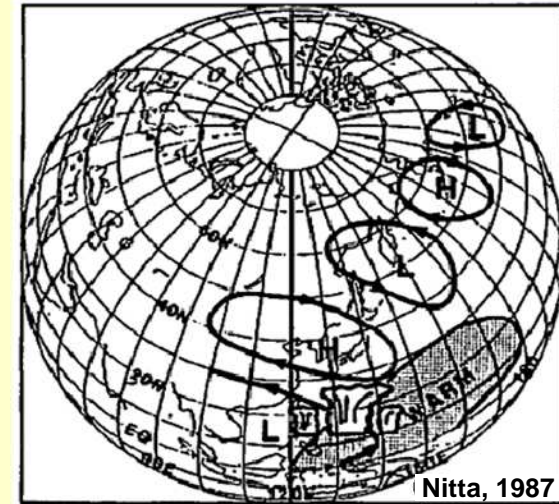
2014/6/26

・夏にフィリピン付近で対流活動(積乱雲の活動)が活発になると、本州付近の高気圧が強まり、気温が高くなる相関関係がある。

・このテレコネクションをPJ(Pacific-Japan)パターンと呼ぶ(Nitta, 1987)。

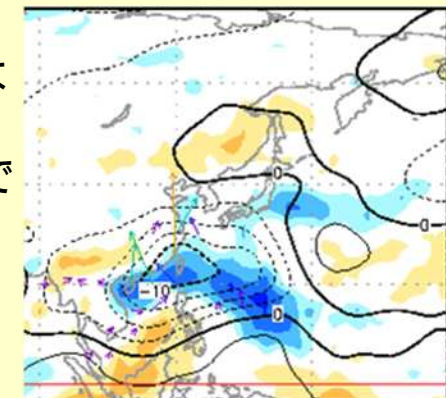
・波のエネルギーの伝播(準定常ロスビー波束伝播)

によるほか、東アジアでは、このパターンを増幅させやすい大気の流れになっていること(小坂, 2005)が、頻繁にPJパターンが見られる背景にあると考えられる。



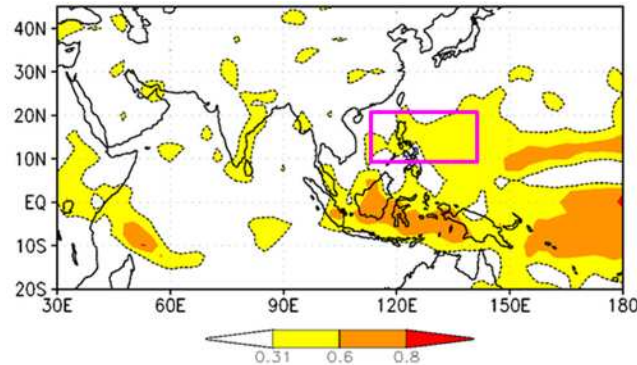
なお、偏西風が平年より南偏して、本州南部まで南下している場合には北北東側にできるはずの高気圧は東北東にずれて、日本の南東海上で強まってしまう。

ただ、フィリピン付近で対流活動が活発な時には、偏西風は平年より北偏していることが多い。

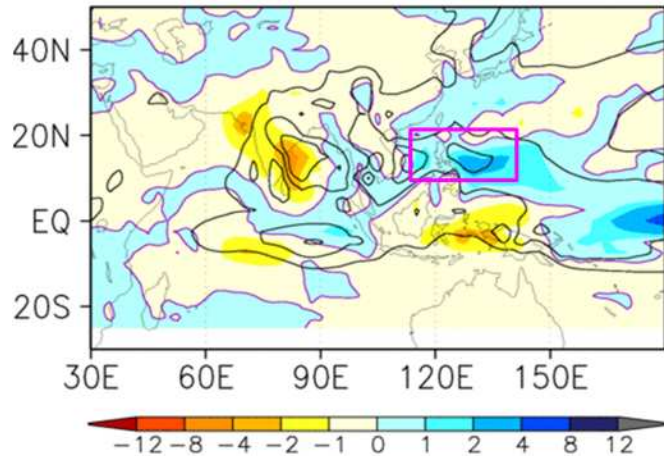


フィリピン付近の対流活動の影響

大気海洋結合モデルによる夏の降水量予測の精度



今年の夏の降水量予測 (5/23発表時)

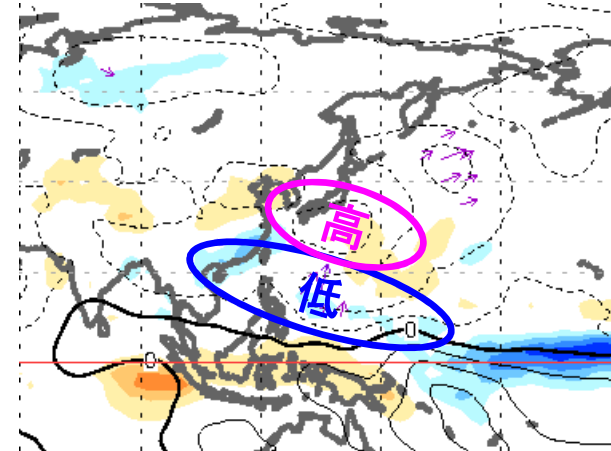


夏の季節予報では、フィリピン付近の降水量が多いことを予報根拠として採用。過去予報実験において、この領域の予測精度が有意であり、過去のエルニーニョ時に対流活動が活発になった例もある(右図)ことが、その理由。

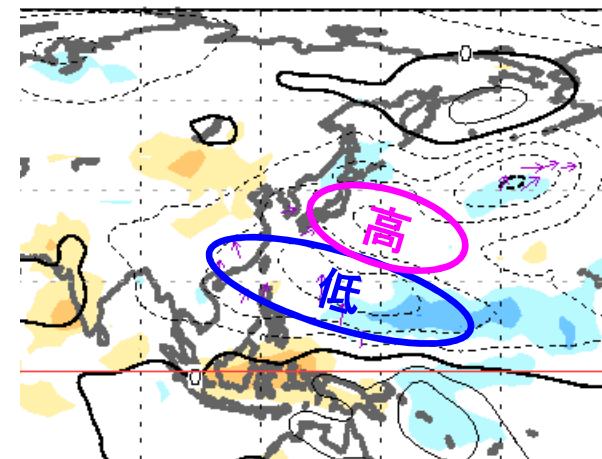
2014/6/26

講習会(日本の天候とその予報)

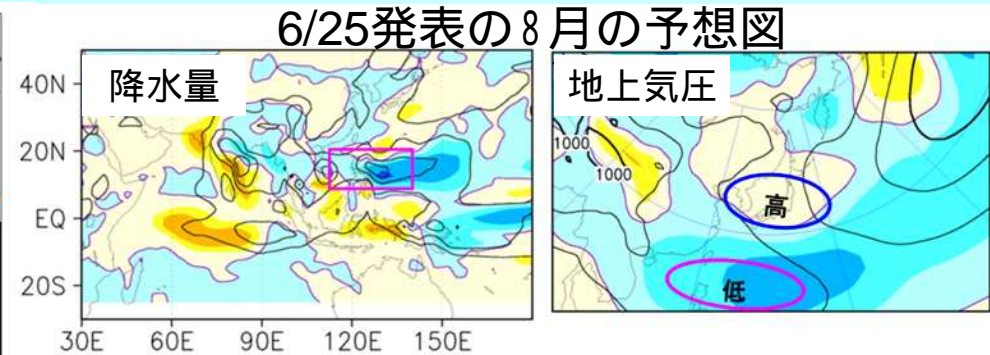
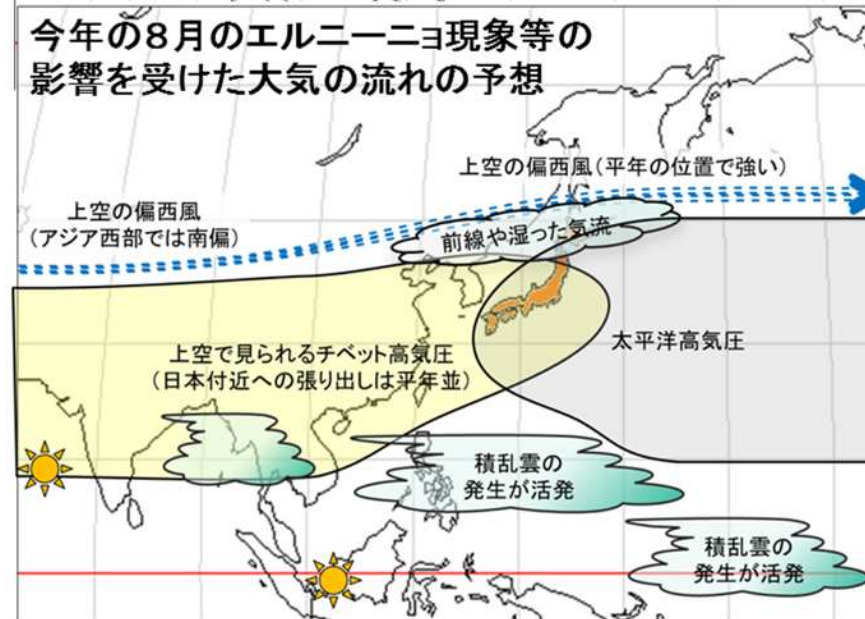
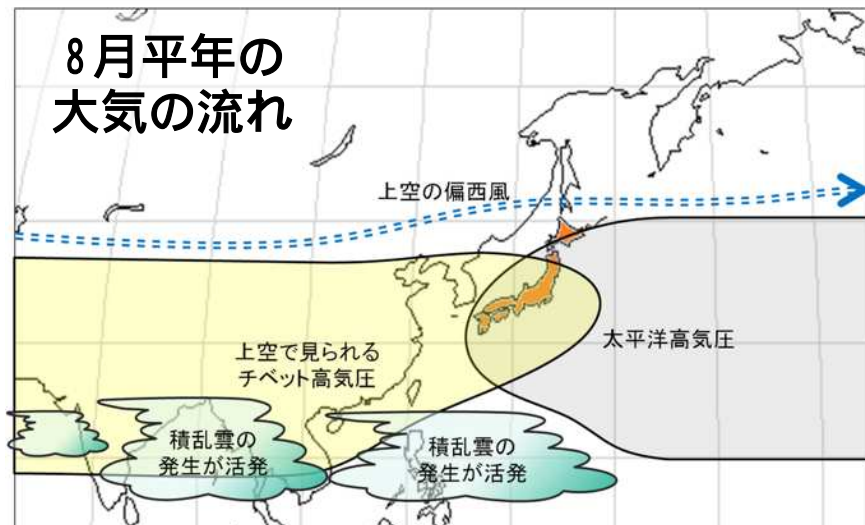
1997年7～8月の対流活動とPJパターン



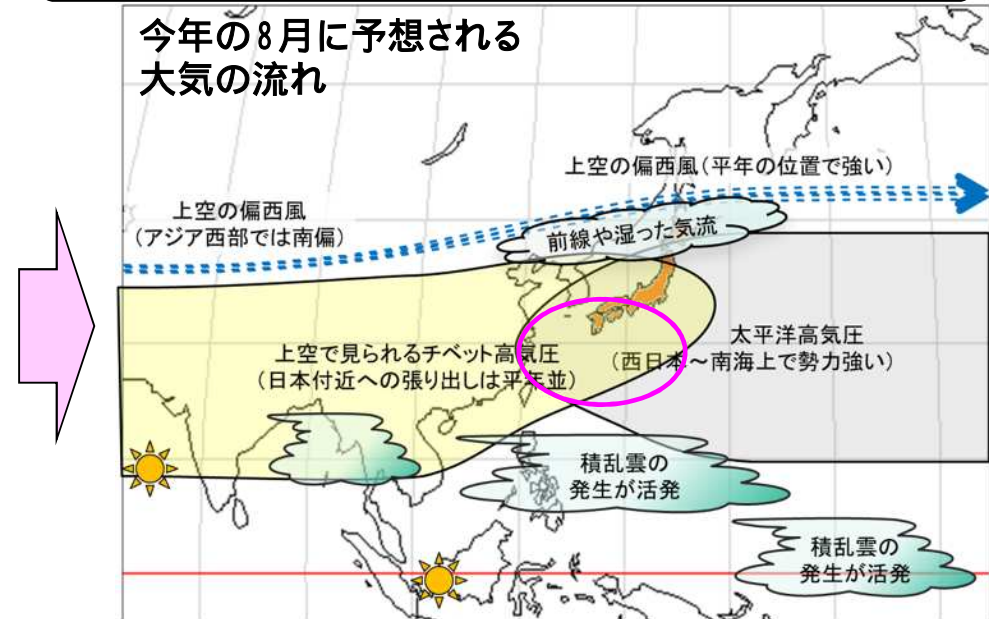
2002年7～8月の対流活動とPJパターン



フィリピン付近の対流活動の影響

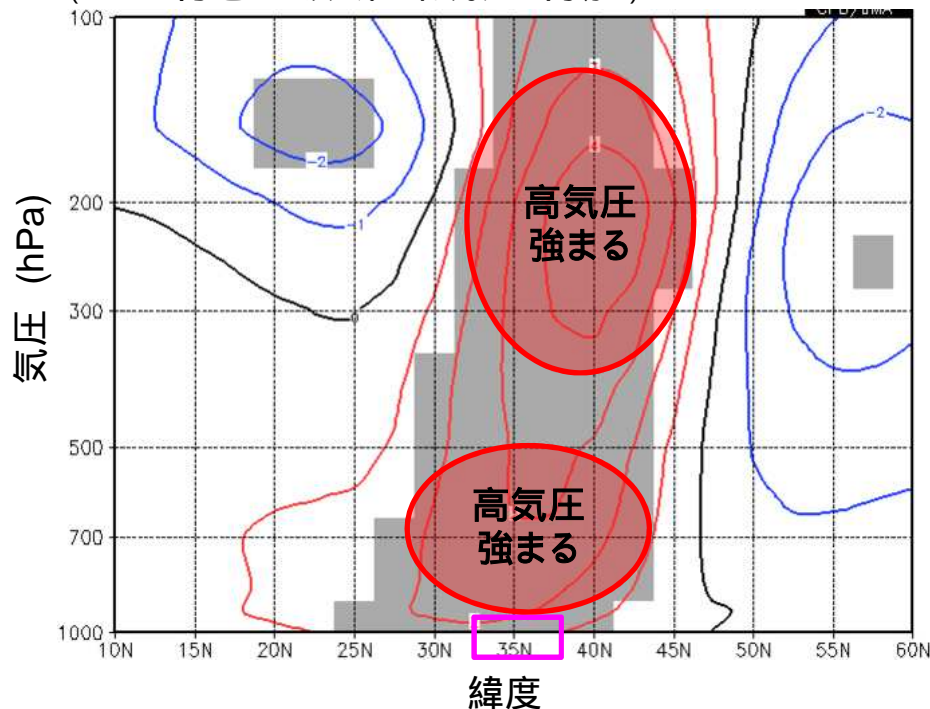


今回の予報においても、7～8月はフィリピン付近の降水量が多い予想で、P/Jパターンによる西日本～南海上で太平洋高気圧の強まりを考慮

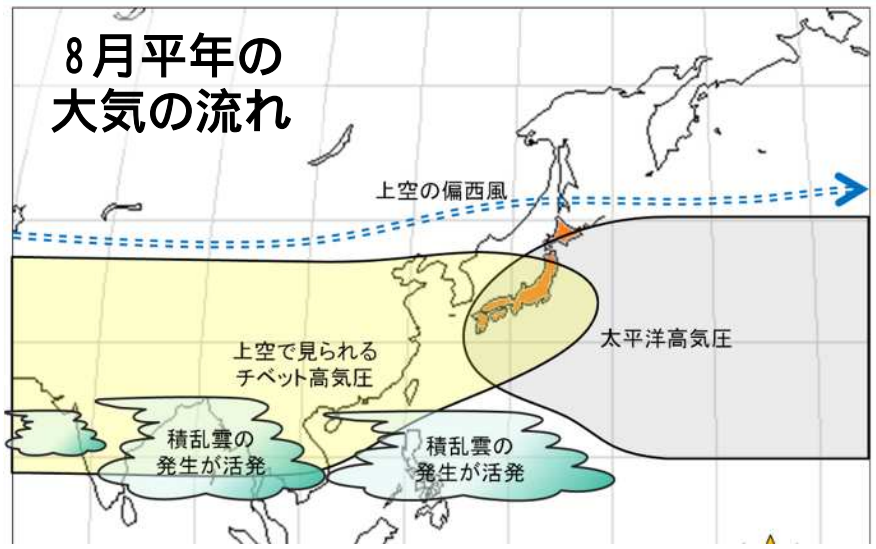


日本付近でのチベット高気圧の強まり

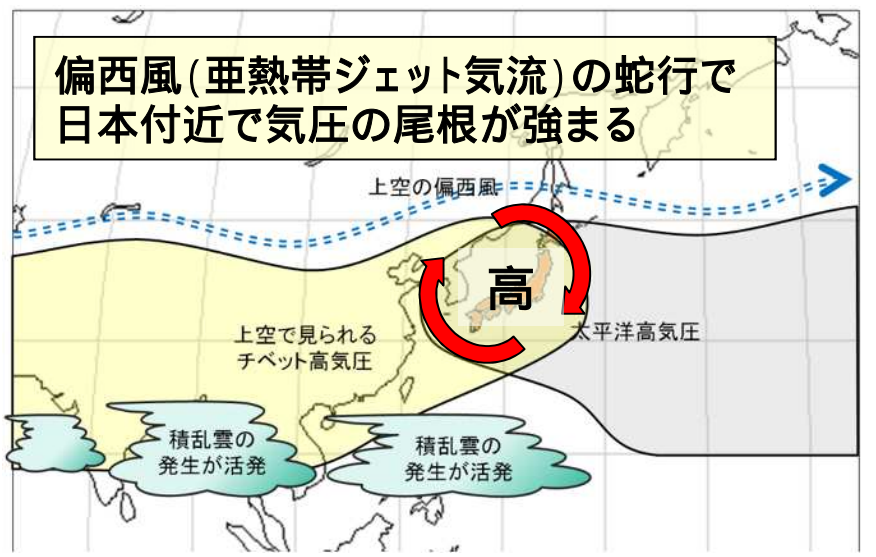
地上気温 (32.5 ~ 37.5N、130 ~ 140E) と流線
 関数 (130 ~ 140E) の回帰係数分布 (8月前半)
 (95%有意な領域に陰影を付加)



- ・盛夏期に、晴れて気温が上がる日が続くときは、上層、下層ともに勢力の強い高気圧に覆われていることが多い。
- ・上層 = チベット高気圧
- ・下層 = 太平洋高気圧



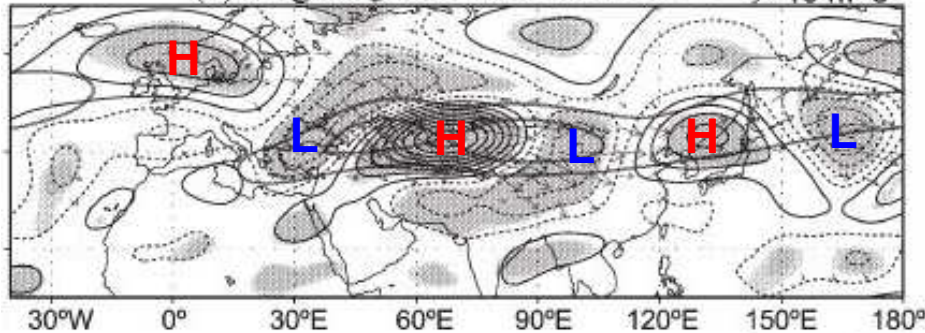
チベット高気圧が強まった時の大気の流れ



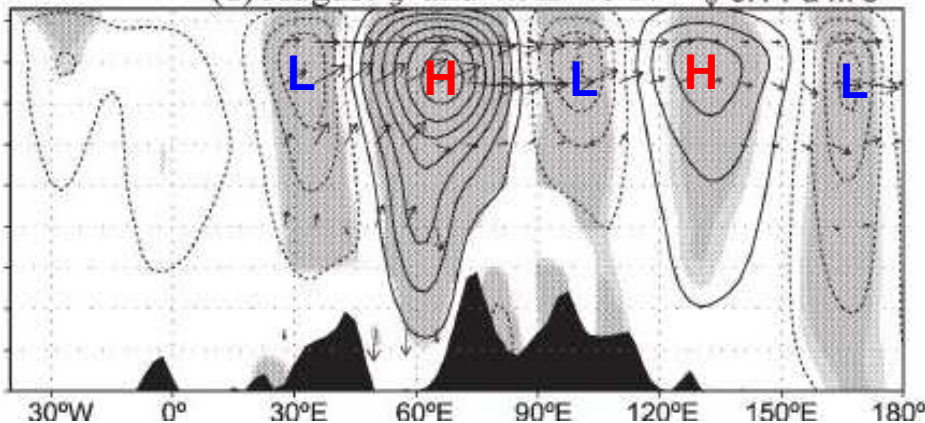
日本付近でのチベット高気圧の強まり

8月に現れやすい偏西風の蛇行
(シルクロードパターン) (小坂, 2011)

(b) August ζ' and WAF 200hPa $\rightarrow 10 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$



(d) August ζ' and WAF 40°N $\rightarrow 0.1 \text{ Pa m s}^{-2}$

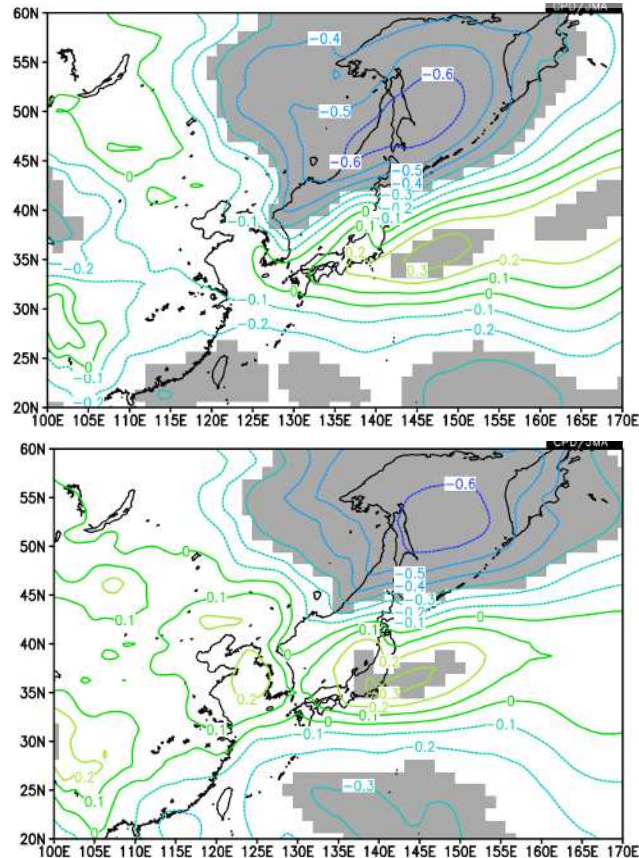


- ・日本付近でのチベット高気圧の強まりは、偏西風(亜熱帯ジェット気流)の蛇行によってもたらされることが多い。
- ・この蛇行はアジア西部から波のエネルギーの伝播(準定常ロスビー波束伝播)によって伝わってくる。さらに上流のヨーロッパから伝わってくる場合も多い。
- ・波のエネルギーが伝播してきた場合、偏西風が8月の気候的状态であれば、日本付近が気圧の尾根になりやすい(小坂, 2011)。

- ・3か月予報では、(熱帯の対流活動の影響ではない)偏西風の蛇行を予測するのは難しい。今回の予報でも考慮していない(P18右下図も蛇行を無視)
- ・偏西風の蛇行の予測精度が高まるのは2週間前から。1か月予報や異常天候早期警戒情報に留意!

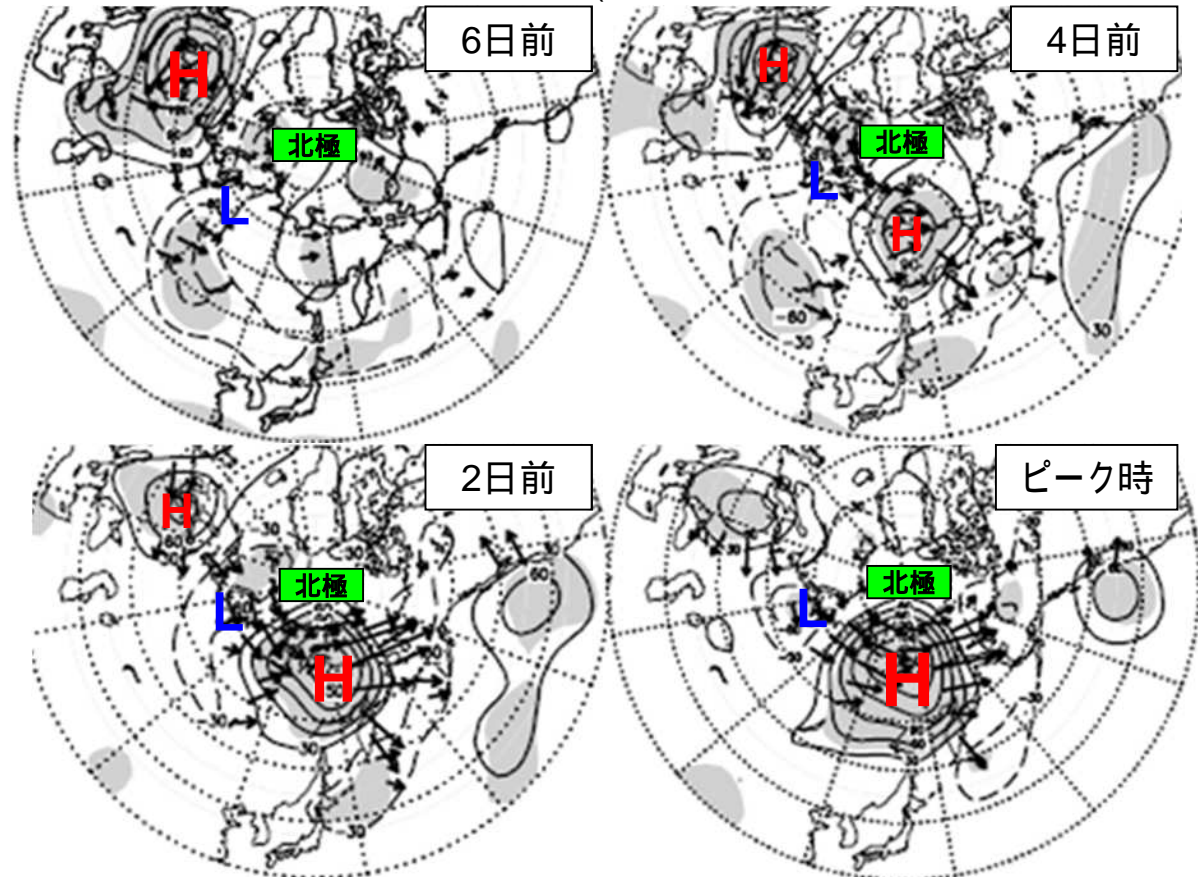
オホーツク海高気圧の出現

7月の北日本太平洋側の気温(上)、日照時間(下)と地上気圧の相関係数の分布



オホーツク海高気圧の出現は、北・東日本(特に太平洋側)の気温と天候に大きな影響を与える。

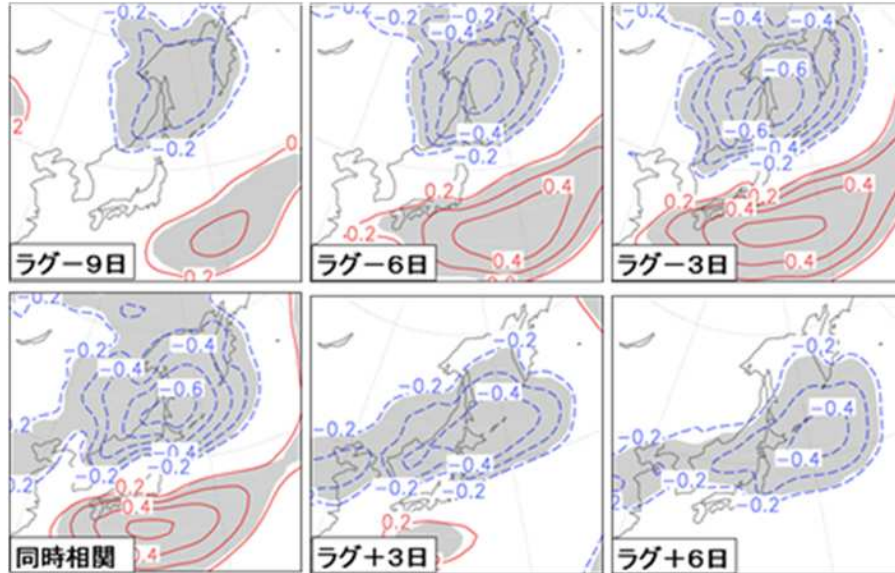
強いオホーツク海高気圧15例の300hPa高度合成図(陰影は高度偏差が信頼度95%で有意な領域) (Nakamura and Fukamachi, 2004)



7~8月の場合、偏西風(寒帯前線ジェット気流)の蛇行により東シベリアで気圧の尾根が強まる際にオホーツク海高気圧が発達する。

オホーツク海高気圧の出現

7日平均した東北地方の気温と海面気圧の相関係数分布。
6月下旬の7日平均場の連続3週分で作成。陰影は危険率
1%で有意な領域(平成24年度季節予報研修テキストより)



発達・南下・維持のメカニズム

(Nakamura and Fukamachi, 2004)

上層リッジ発達

下層高気圧性循環励起

励起された東風と東西気温勾配による下層寒気移流

地上高気圧の発達

地上高気圧の循環による下層寒気の南への移流

地上高気圧の南下

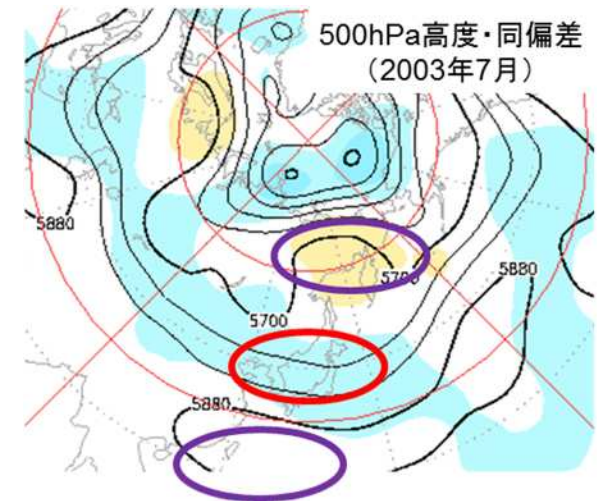
オホーツク海高気圧の長期持続の条件

上層リッジの停滞に伴う東風による下層寒気移流

>

下層寒気の南への移流

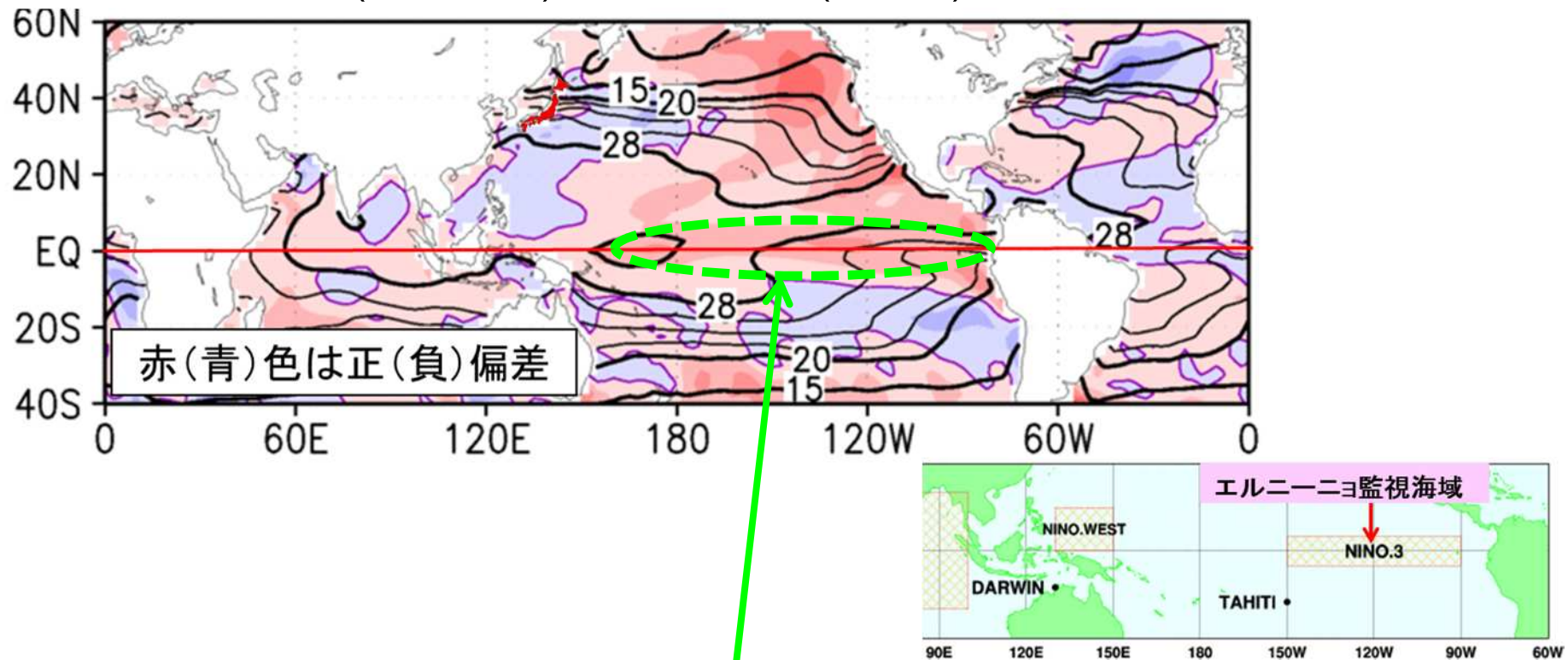
- ・持続的なオホーツク海高気圧は、偏西風(寒帯前線ジェット気流)の蛇行に伴う東シベリアの気圧の尾根によってもたらされる。3か月予報では予想は難しく、今回の予報でも考慮していない。
- ・なお、偏西風(亜熱帯ジェット気流)が南偏している状態で、寒帯前線ジェット気流の蛇行で東シベリアが気圧の尾根になると、オホーツク海高気圧が持続する典型的なパターンとなる(右図参照)。
- ・偏西風の蛇行の予測精度が高まるのは2週間前から。1か月予報や異常天候早期警戒情報に留意!



7 ~ 9月の天候の見通し
~ 6/25発表の3か月予報 ~

数値予報による海洋の予想結果

海面水温(等値線)・同平年差(色塗)

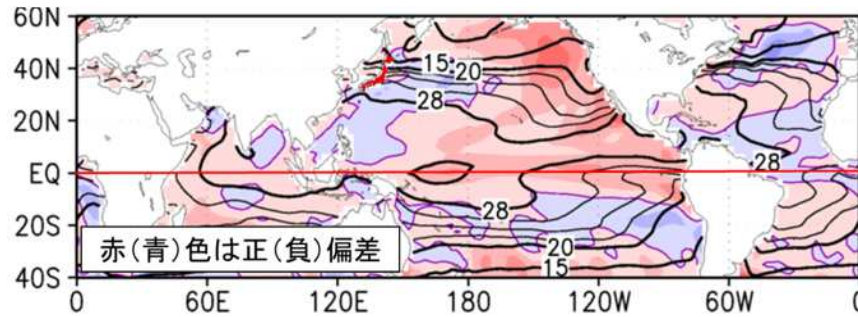


太平洋赤道域中部～東部にかけての海面水温が平年より高くなることが予想されている。

夏は、5年ぶりにエルニーニョ現象が発生し、秋にかけて続く可能性が高い。
ただし、5/23発表時の資料と比べると、強さが弱まった。

数値予報による熱帯の降水の予想結果

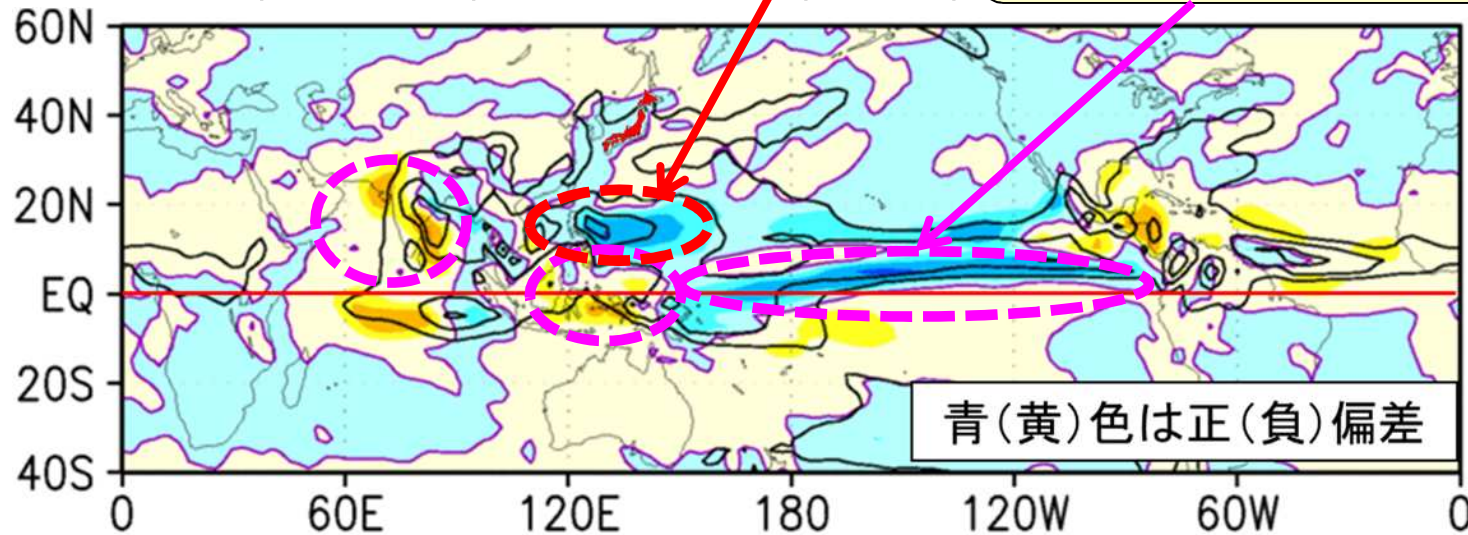
海面水温・同平年差



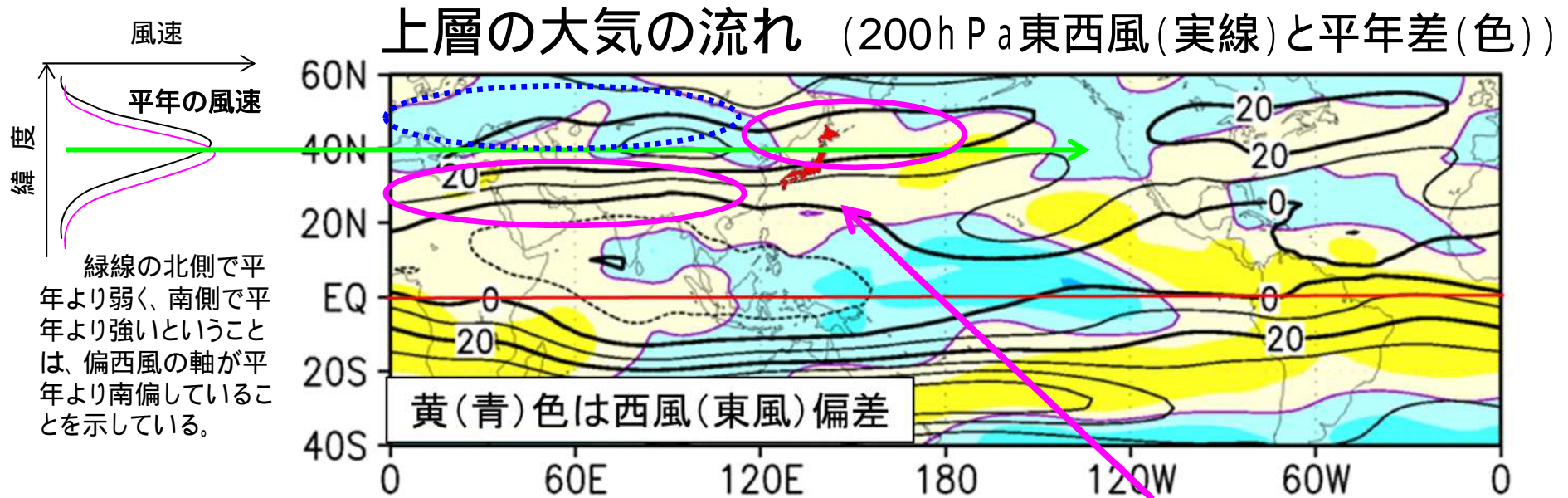
降水量がフィリピン付近で平年より多い
エルニーニョ現象発生時はどちらかという
と少ない傾向だが、1997年や2002年等多い
事例もある。

降水量が平年より
・太平洋赤道域中部～東部で多い
・インド、インドネシア付近で少ない
降水域が全体の南東にシフト
エルニーニョ現象発生時の特徴

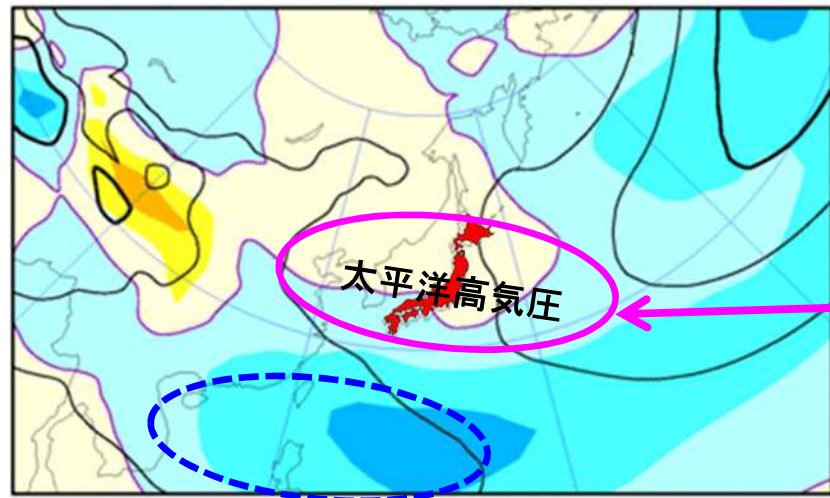
降水量(等値線)・同平年差(色塗)



数値予報による偏西風と気圧配置の予想結果



地上天気図



偏西風は、インド洋中西部に対流不活発に伴いアジア西部で南偏し、フィリピン周辺に対流活発に伴い東アジアでは平年並の位置を流れる

フィリピン付近で対流活動が平年よりも活発になることにより、その北側で太平洋高気圧が強まっている。

予想される海洋と大気の特徴

夏には、エルニーニョ現象が発生する可能性が高い。

この影響で、熱帯の対流活動(積乱雲の発生)の位置が全般に平年より東へずれ、インド洋西部やインドネシア付近で対流活動が不活発
一方、フィリピン付近では、対流活動が活発

その結果、日本付近の偏西風はほぼ平年の位置で強い見込み

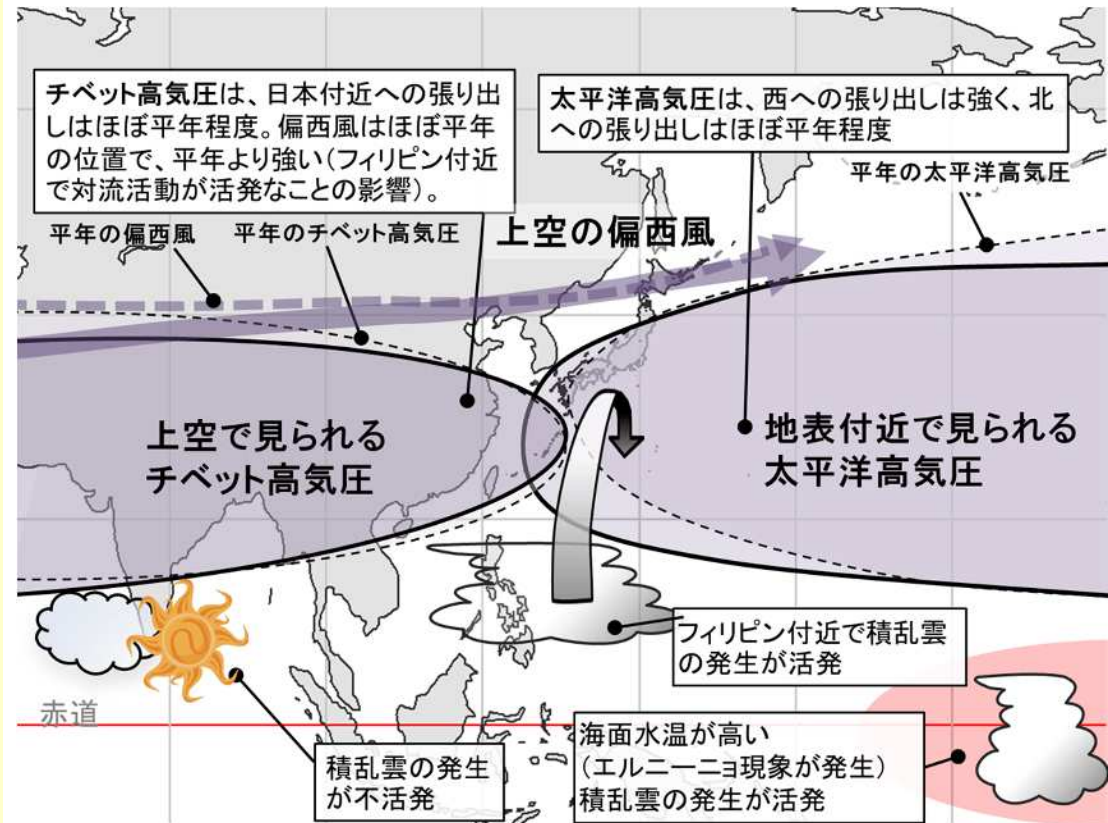
また、太平洋高気圧の北への張り出しはほぼ平年程度で、日本の南海上では勢力は強い

これらの特徴は夏に明瞭で、9月はフィリピン付近の対流活動は弱まり、偏西風は平年より南寄りを通る見込み

赤字は、エルニーニョ現象時の特徴

青字は、今回の予報の特徴

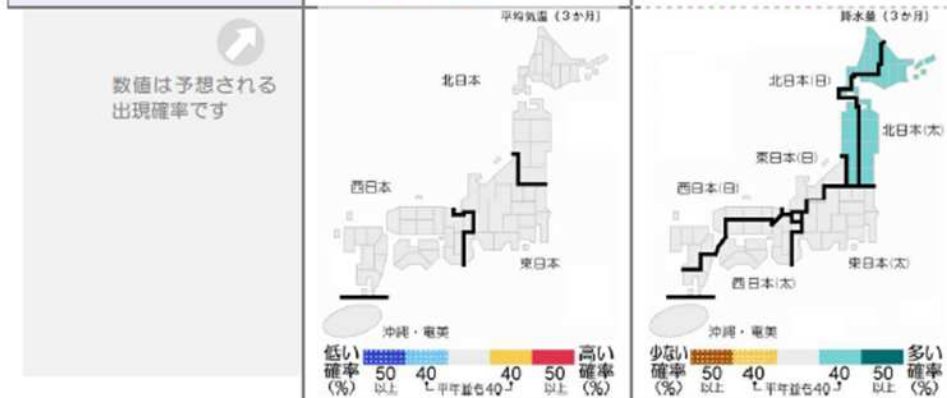
数値予報結果をもとにまとめた7～9月の特徴



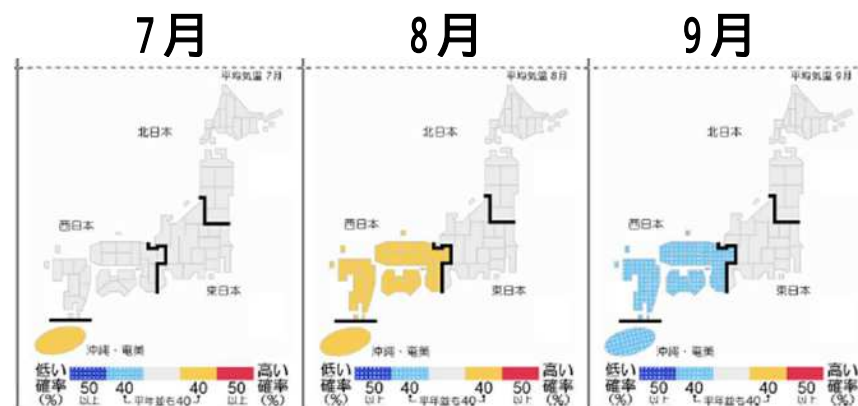
7 ~ 9月の予報 確率予報

3か月の平均気温・降水量

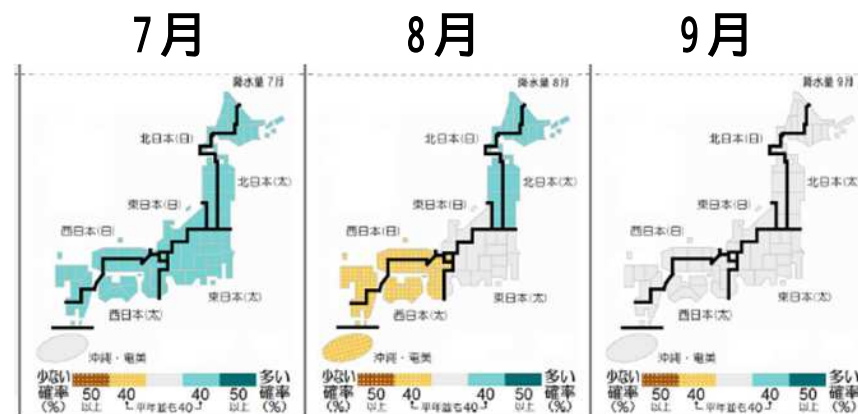
		平均気温 (3 か月)	降水量 (3 か月)
北日本	日本海側	低 30 並 40 高 30% ほぼ平年並の見込み	少 20 並 40 多 40% 平年並が多い見込み
	太平洋側		少 20 並 40 多 40% 平年並が多い見込み
東日本	日本海側	低 30 並 40 高 30% ほぼ平年並の見込み	少 30 並 30 多 40% ほぼ平年並の見込み
	太平洋側		少 30 並 30 多 40% ほぼ平年並の見込み
西日本	日本海側	低 30 並 40 高 30% ほぼ平年並の見込み	少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並の見込み
	太平洋側		少 30 並 40 多 30% ほぼ平年並の見込み
沖縄・奄美		低 30 並 30 高 40% ほぼ平年並の見込み	少 40 並 30 多 30% ほぼ平年並の見込み



気温



降水量

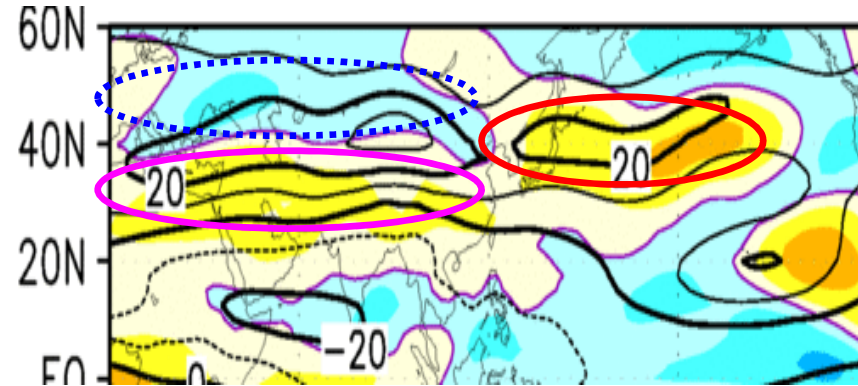
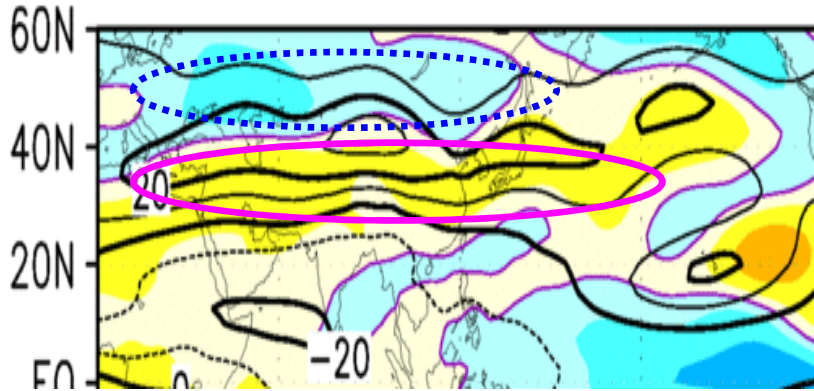


7~8月の偏西風の予想の違い

5/23発表の資料

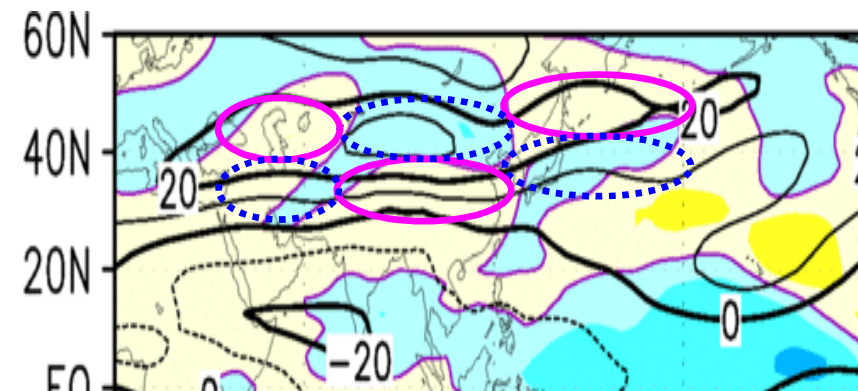
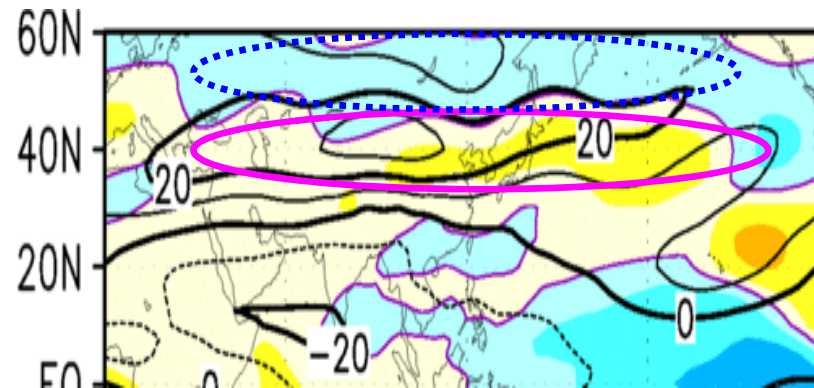
6/25発表の資料

7月



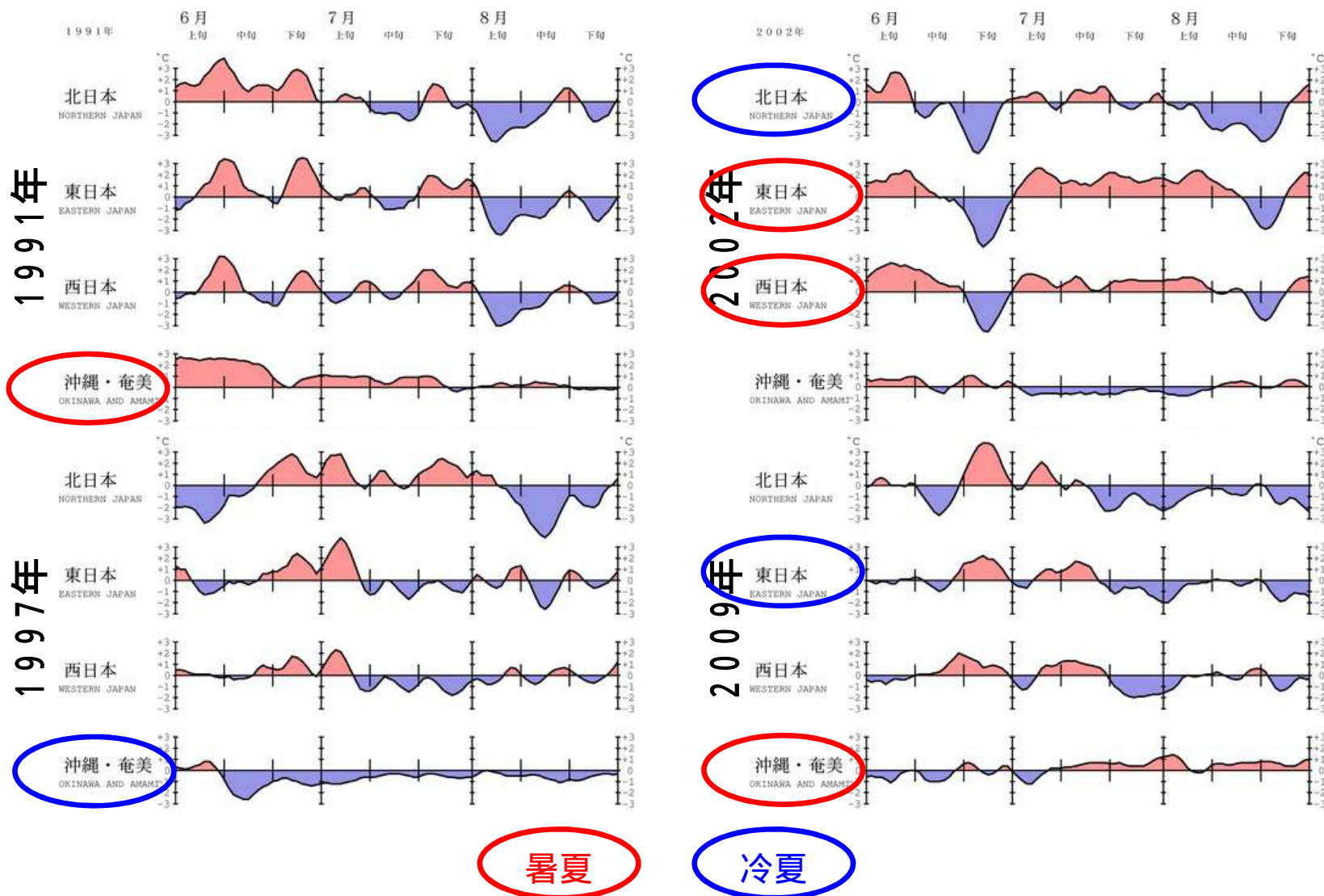
日本付近での南偏が明瞭でなくなった

8月

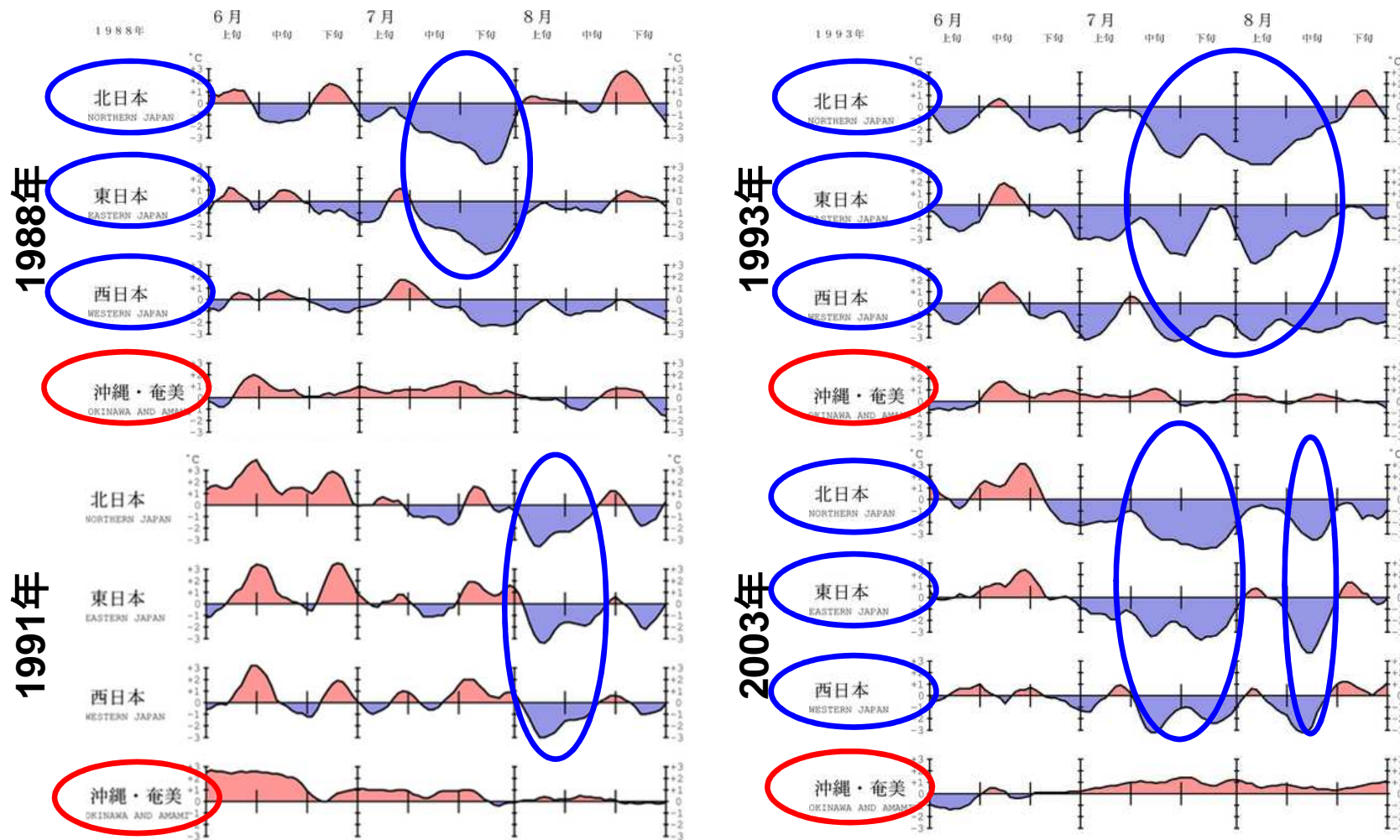


蛇行を除くと、ほぼ平年の位置を流れるようになった

最近のエルニーニョ現象が発生した夏の気温の経過



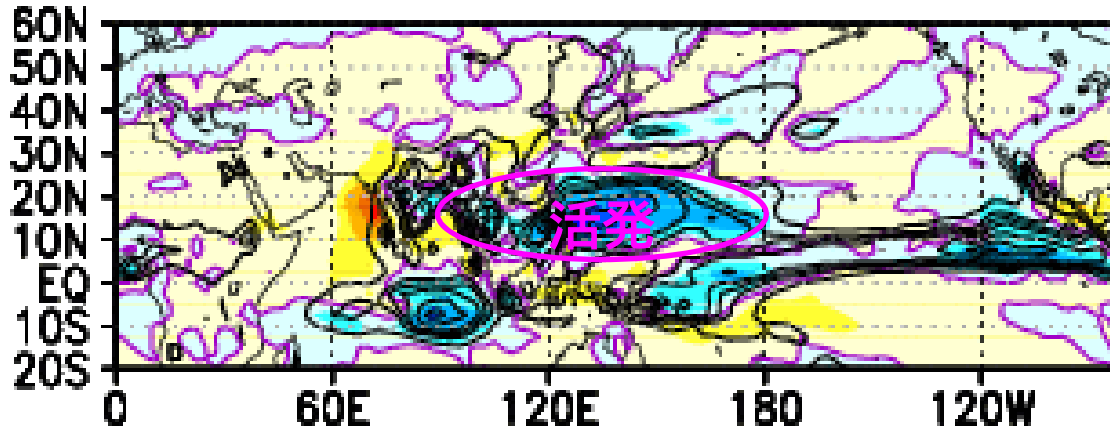
オホーツク海高気圧による顕著な低温が現れた例



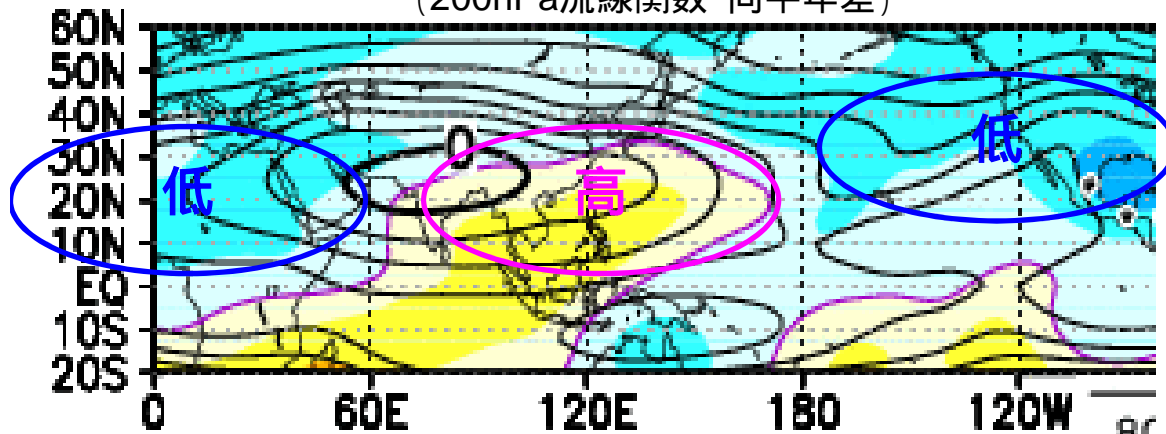
社会的に大きな影響を与える「2週間程度の顕著な高温や低温」は、3か月予報では予想できないので、最新の1か月予報や異常天候早期警戒情報に留意！

本日の1か月予報資料では

降水量の予測 (6/28 ~ 7/25)



上層の大気の流れの予測 (6/28 ~ 7/25)
(200hPa流線関数・同平年差)

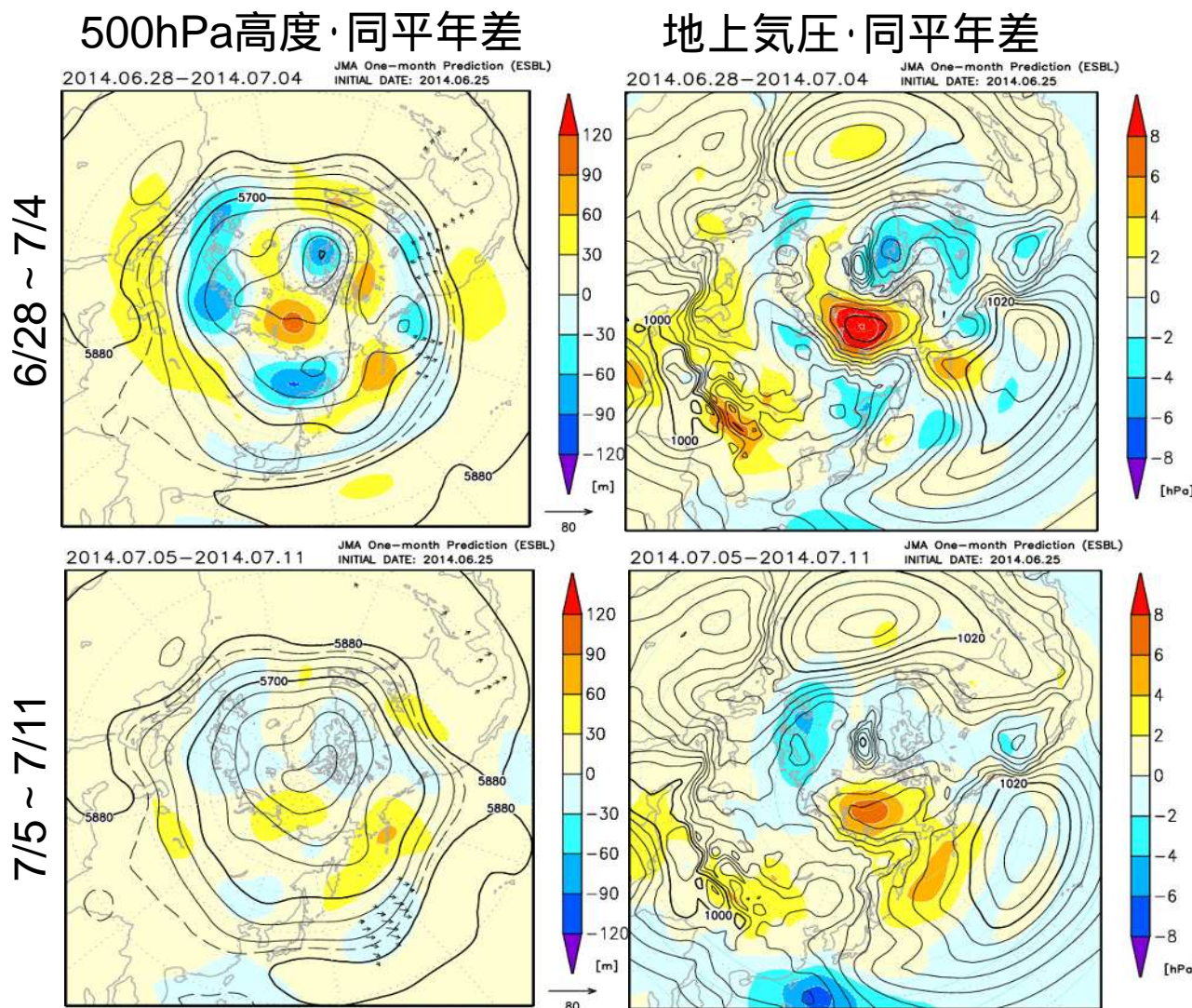


フィリピン周辺の対流活動は、非常に活発になる予想で、これは3か月予報と整合的。ただし、1か月予報モデルでは海面水温平年差を固定した予測であるため、予測期間後半まで非常に活発な状態が続く予測に関しては不確実性が大きい。

東アジアの偏西風は、ほぼ平年の位置で、強さもやや強い予想。これも、3か月予報と整合的。

ここに掲載した図は、6/26発表の1か月予報の予測資料のうち、6/25初期値の25メンバーの平均。

本日の1か月予報資料では



向こう2週間は、梅雨前線が本州付近まで北上して停滞する予想。

その他、キーとなる現象に注目すると、

<シルクロードパターン>

特に大きなシグナルはでていないが、2週目に亜熱帯ジェット気流に沿った波の伝播が見られるので、今後の予想に要注意。

<PJパターン>

2週目にはフィリピン付近の対流活動が非常に活発になる。今のところ亜熱帯ジェットがまだ本州上空のため明瞭なPJパターンとしては予測されていないが、今後の予想に要注意。

<オホーツク海高気圧> 寒帯前線ジェット沿いの波の伝播はリッジがカムチャツカ付近となっていて、地上の高気圧もアリューシャン付近が中心で、特に大きなシグナルはでていない。

ここに掲載した図は、6/26発表の1か月予報の予測資料のうち、6/25初期値の25メンバーの平均。

ご清聴ありがとうございました

引用文献

Nitta, t., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on th Northern Hemisphere summer circulation. *J. Met. Soc. Japan*, **65**, 373-390.

小坂優, 2011: シルクロードパターン再考. *天気*, **58**, 519-531.

Nakamura, H. and T. Fukamachi, 2004: Evolution and dynamics of summertime blocking over the Far East and the associated surface Okhotsk high. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **130**, 1213-1234.