



気候変動・地球温暖化と 季節予報の展望



気象庁 気候情報課
栗原弘一

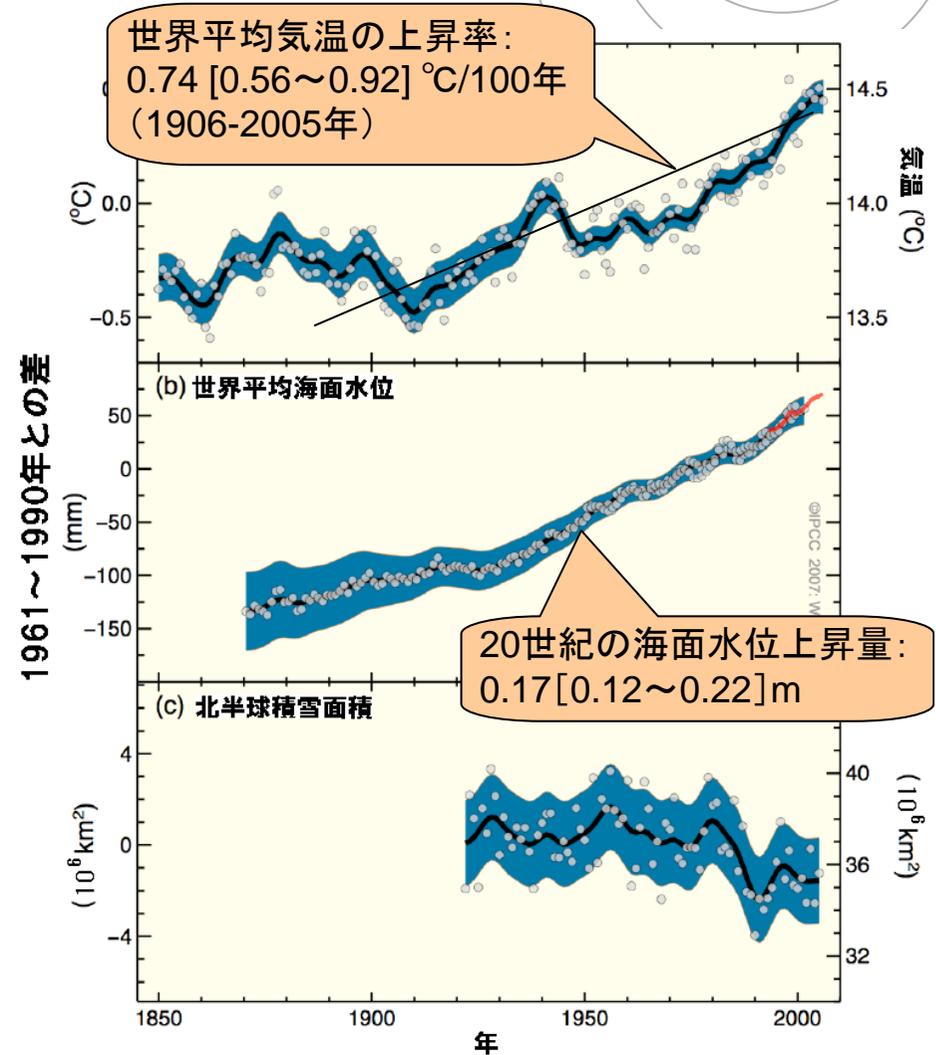
気象学会東北支部創立50周年記念講演会(仙台市、平成19年6月15日)

「気候システムの温暖化には疑う余地がない」 IPCC AR4より



- 大気や海洋の世界平均温度の上昇
- 世界平均海面水位上昇
- 雪氷の広範囲にわたる融解

- 最近12年のうちの11年の世界の地上気温は、1850年以降で最も温暖な12年の中に入る。
- 最近50年間の昇温傾向：過去100年の傾向のほぼ2倍。
- 全海洋が気候システムに加えられた熱の80%以上を吸収し、海水温と海面水位が上昇。
- 山岳氷河と雪氷域は平均すると後退。
- グリーンランド氷床と南極氷床の一部の流出速度が増加。
- ヒートアイランド現象の効果は局地的。トレンドには影響なし。



出典：AR4 SPM



- これまでの気候
- これからの気候
- 季節予報の展望
- まとめ

参考文献

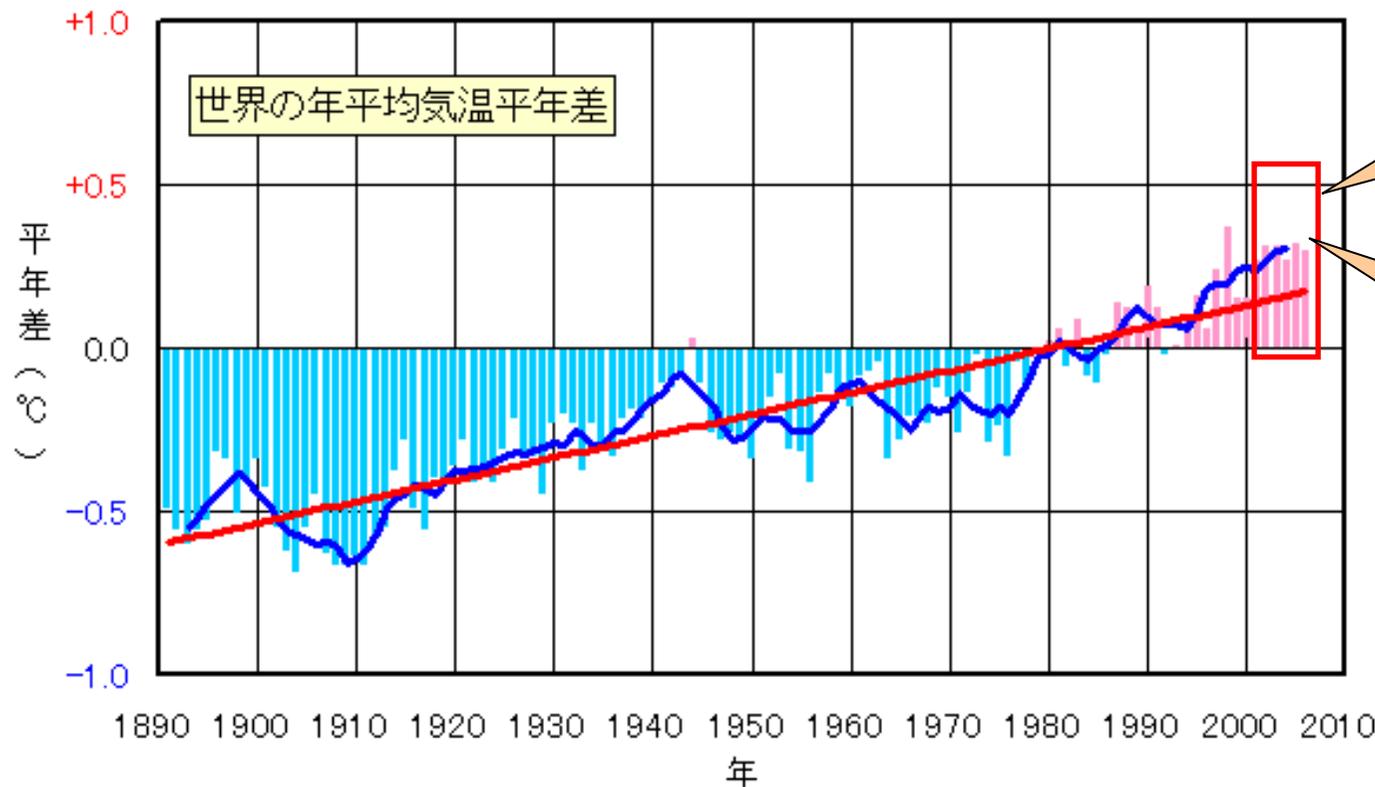
- ・異常気象レポート2005(気象庁,2005)
- ・地球温暖化予測情報 第6巻(気象庁、2005)
- ・気候変動に関する政府間パネル第1作業部会第4次評価報告書(IPCC AR4,2007)

これまでの気候



- 気温や降水量の長期的な変化は？
- 異常高温が増えているか？
- 大雨は増えているか？
- 動物や植物への影響は？

世界の年平均気温の変化(1891~2006年)

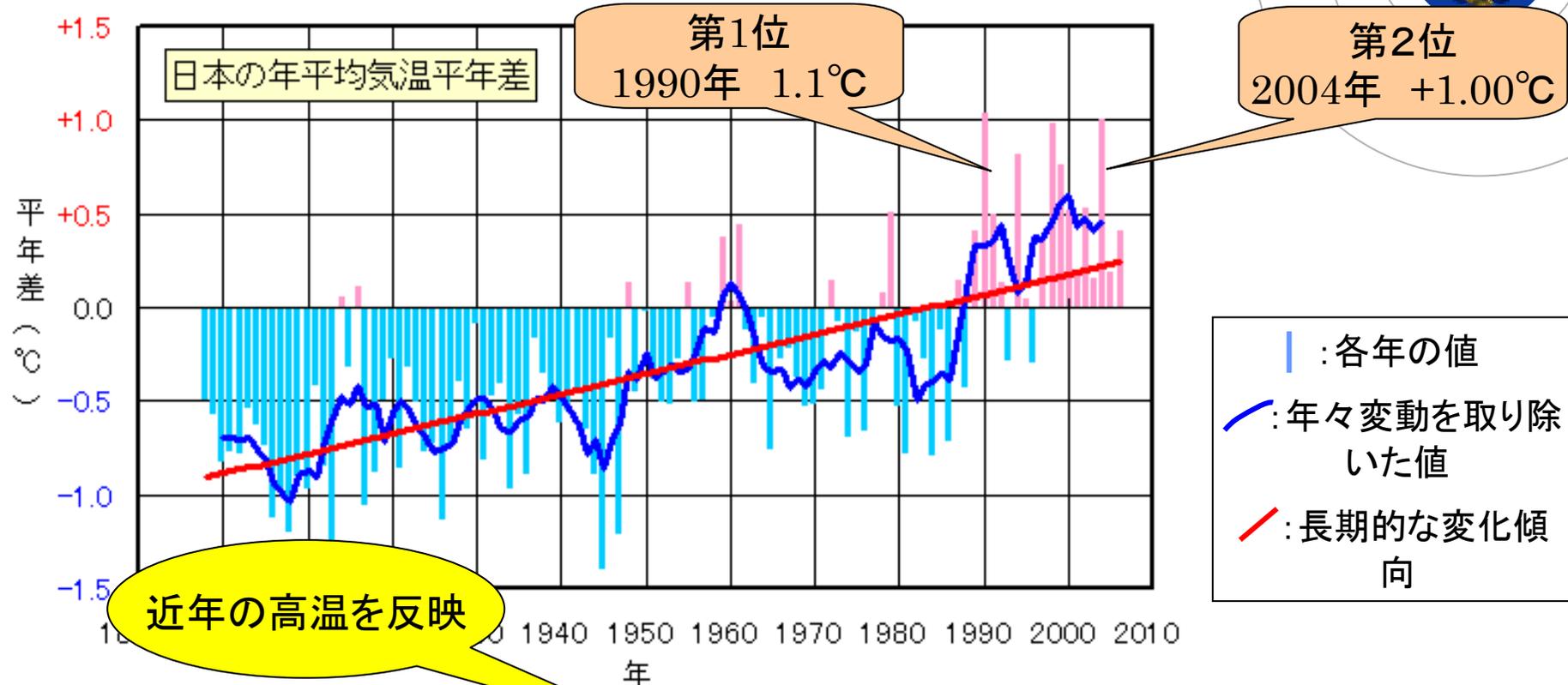


100年あたり0.67°Cの割合で上昇

1906~2005年の気温上昇量
0.74 [0.56~0.92] °C
(IPCC第4次評価報告書)

「異常気象レポート2005」より

日本の年平均気温の変化(1898~2006年)



100年あたり1.07°Cの割合で上昇

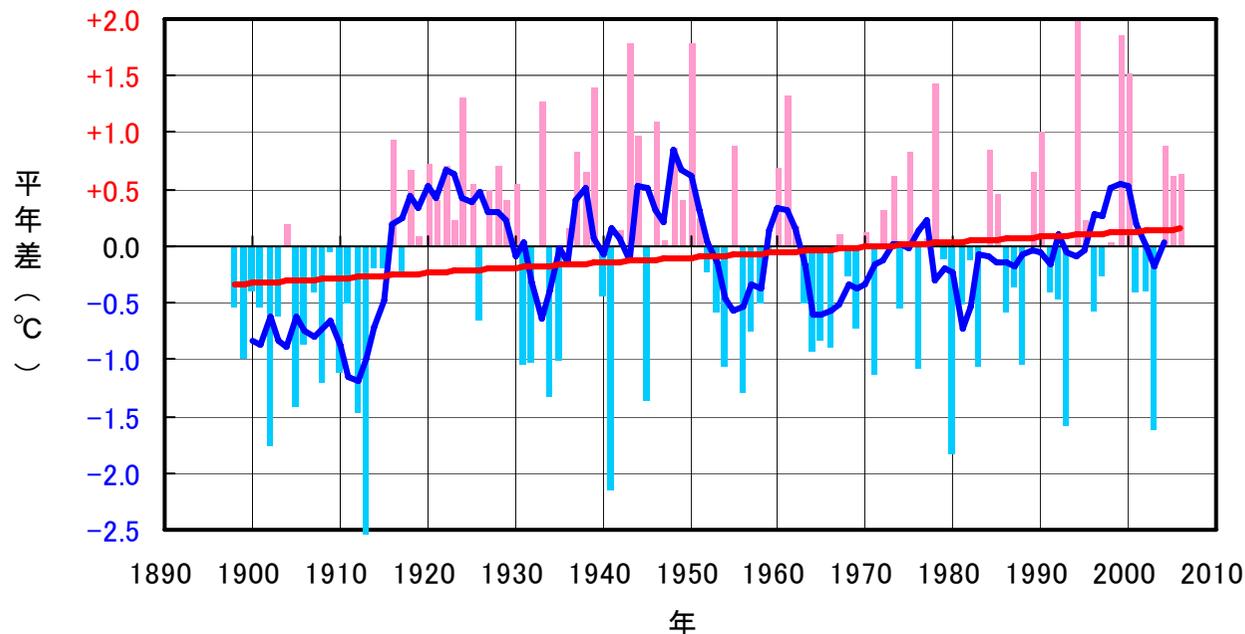
100年あたり0.89°C(1898~1997年)

・昇温の割合は、季節により、地域により異なる！

北日本の夏期(7-9月)の平均気温の変化

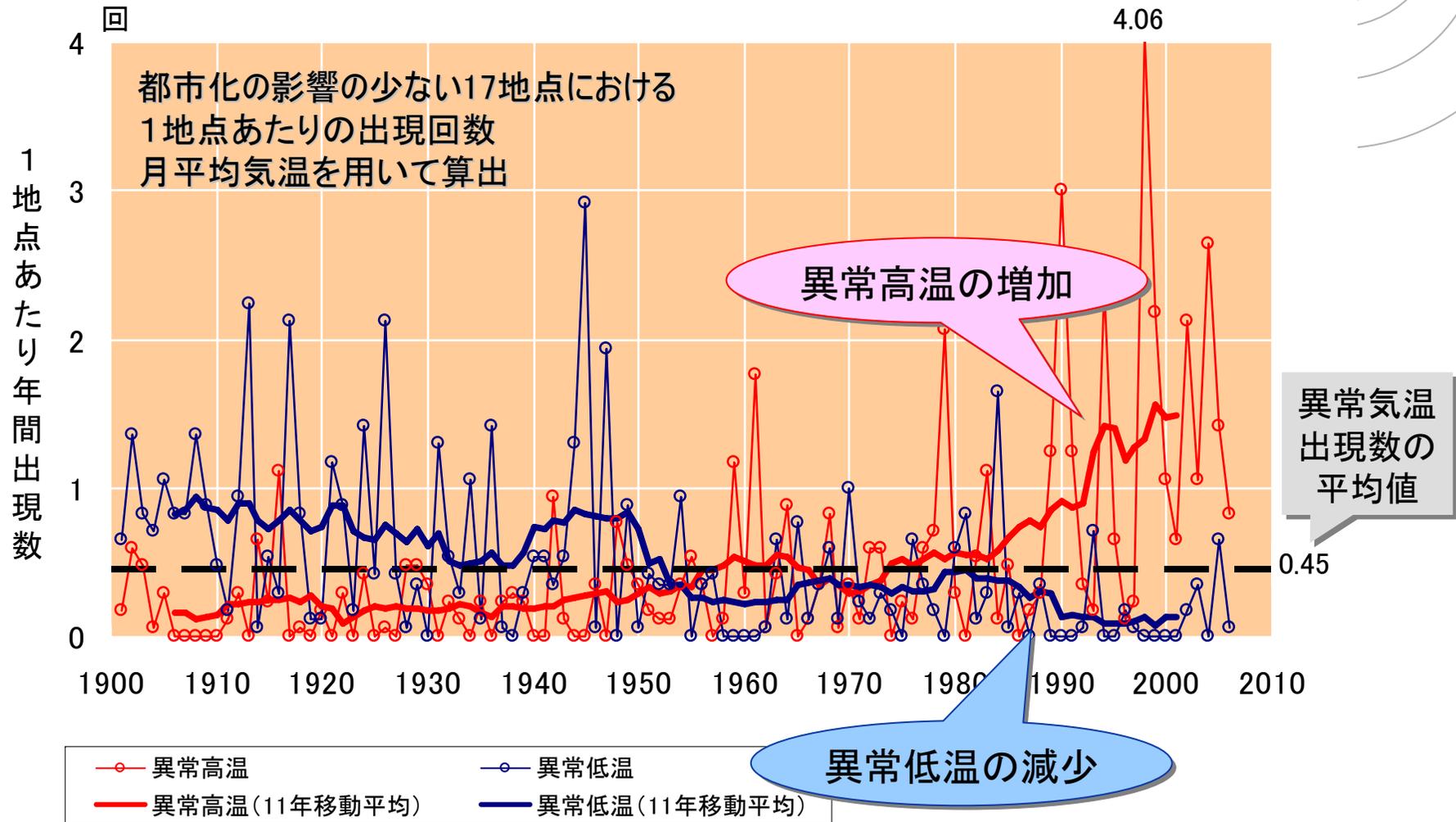


水稲の生育に大きく影響する

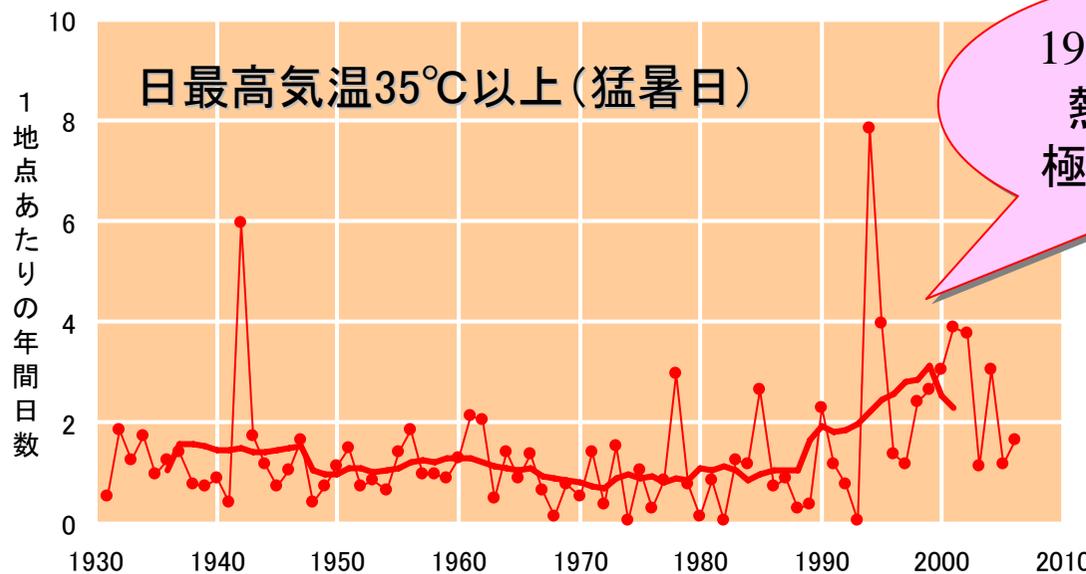
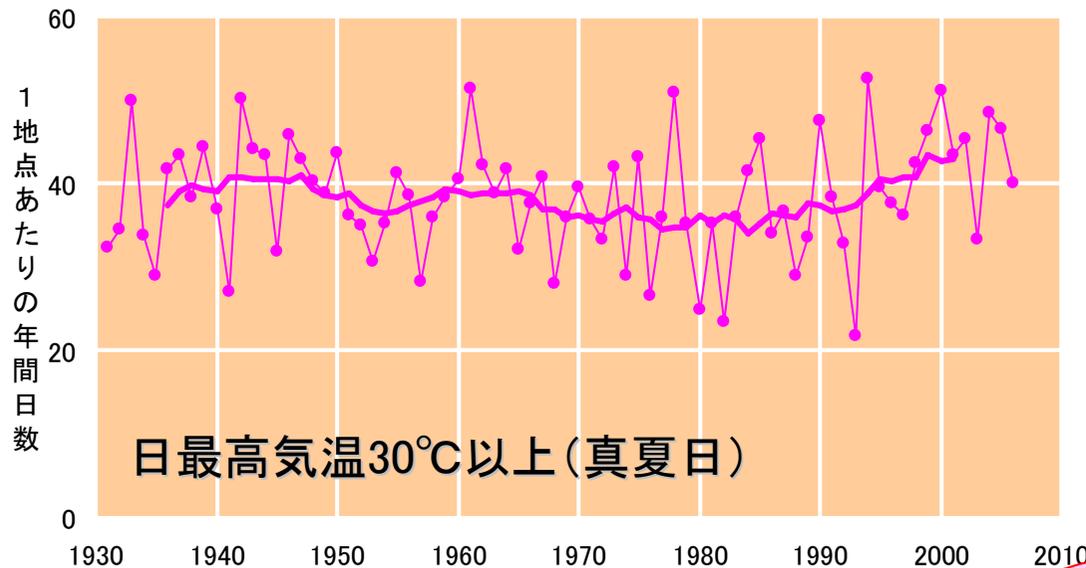


- ・夏の昇温割合は、冬に比べ小さい
- ・夏の昇温割合は、他の地域に比べ小さい
- ・近年は年々の気温変動が大きい傾向 (20世紀前半の一時期と同様、)

日本の異常高温・異常低温



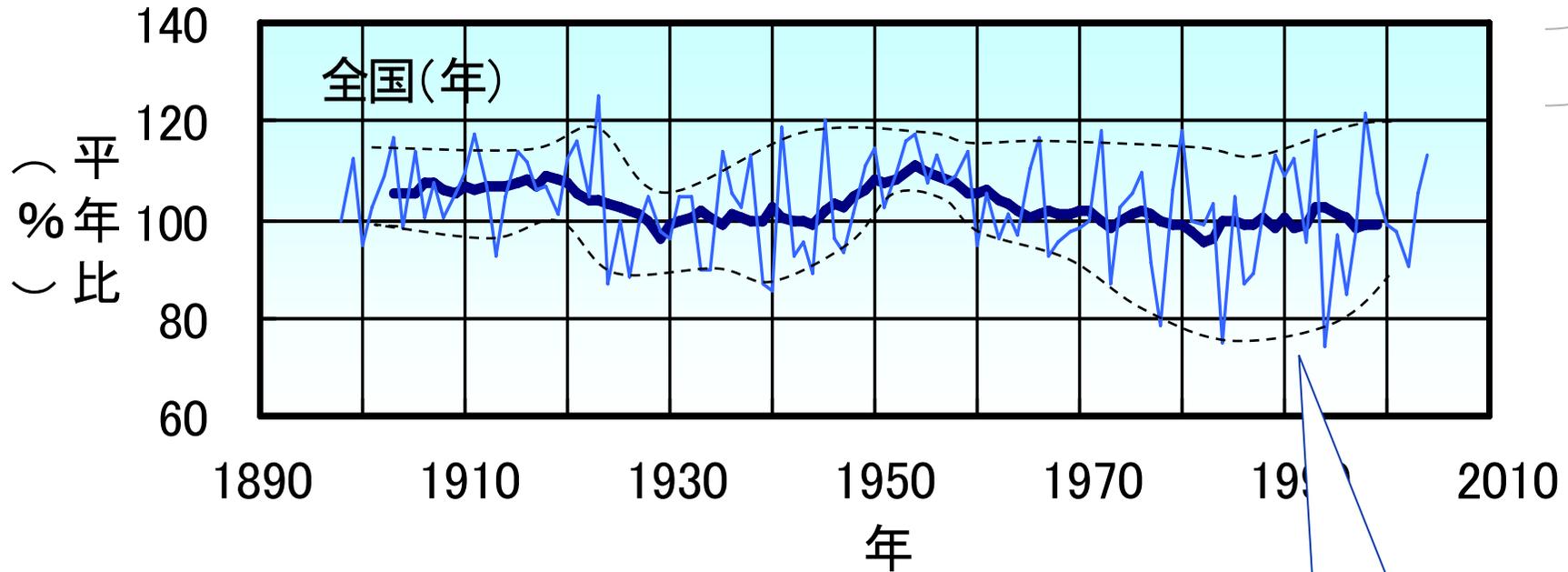
真夏日・猛暑日の日数の変化



1980年代後半以降
熱中症に関わる
極端な高温が増加

都市化の影響の少ない
17地点における
1地点あたりの出現数

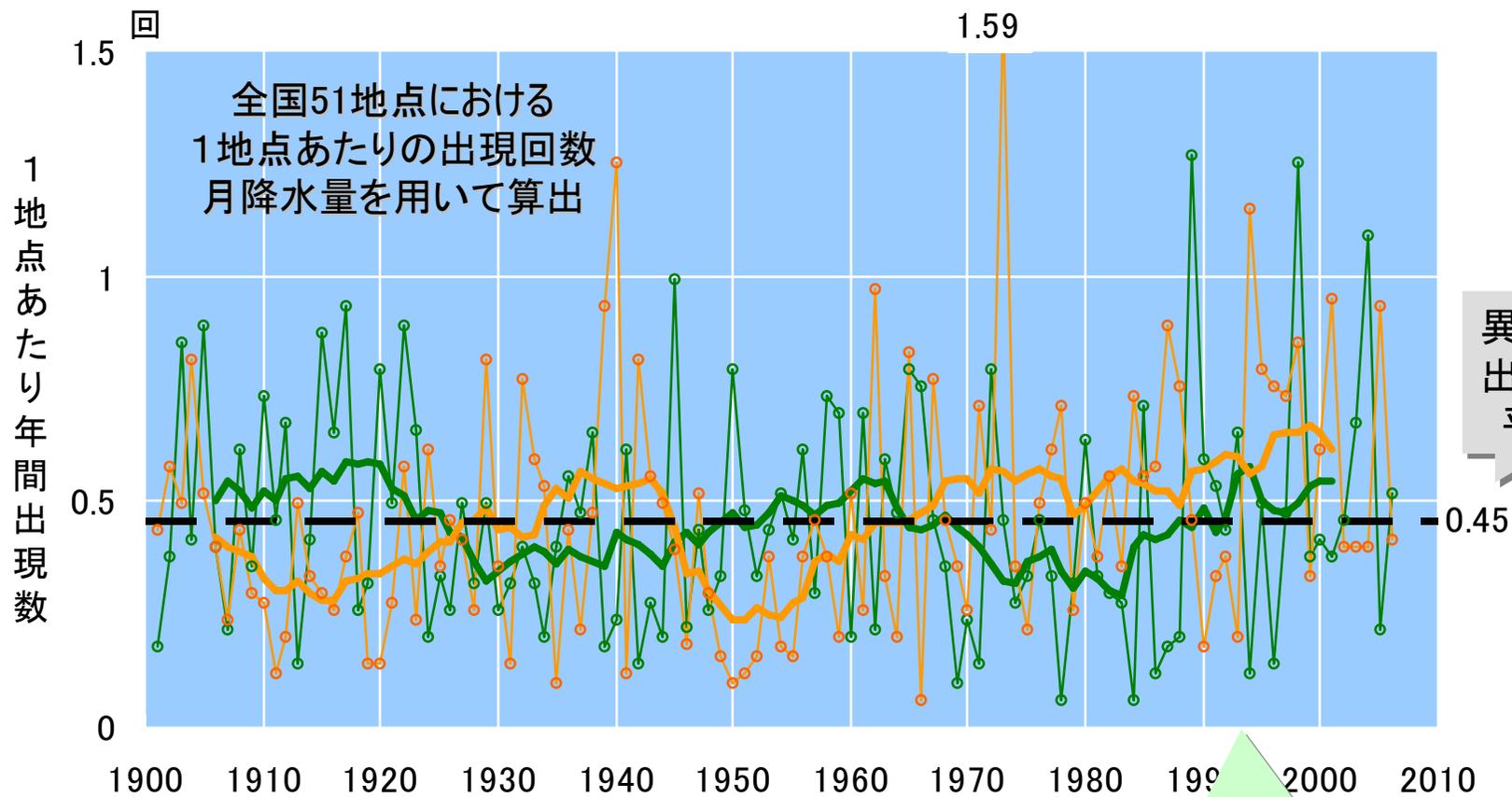
日本の年降水量の変化



- 一長期的にやや減少傾向がみられる(1980年代以降は変化小さい)
- 一年ごとの変動の幅が大きくなってきた

20世紀初頭に比
べ約1.4倍

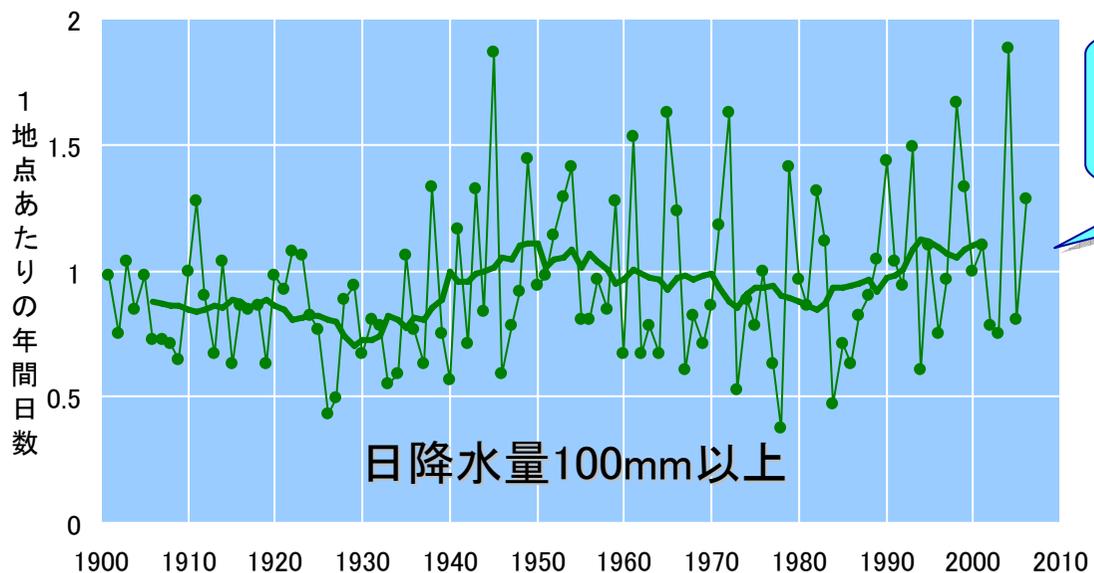
日本の異常多雨・異常少雨の変化



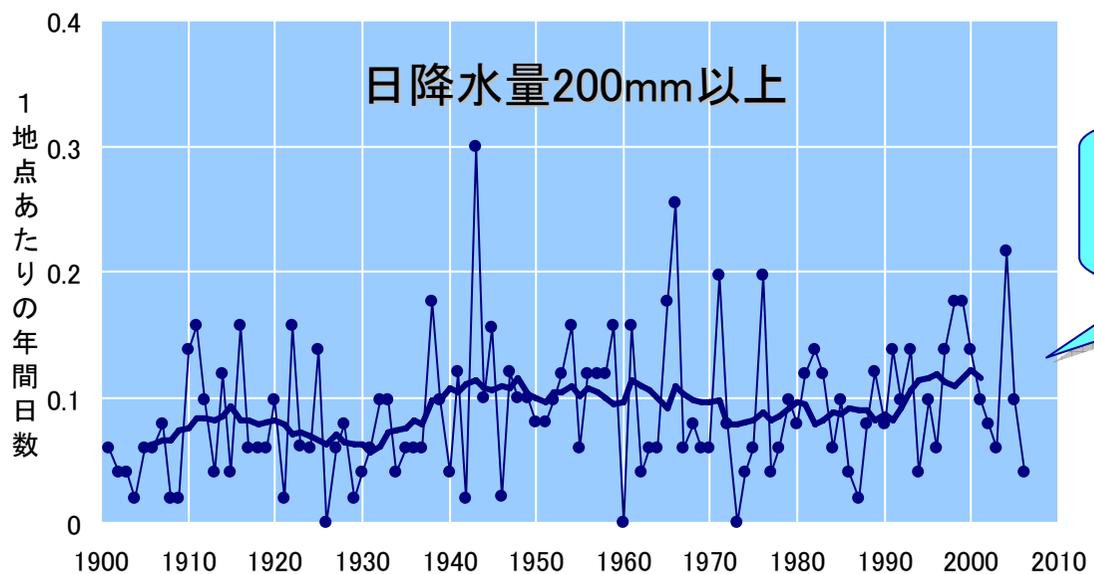
○ 異常多雨 ○ 異常少雨
 — 異常多雨(11年移動平均) — 異常少雨(11年移動平均)

1980年代以降、
 異常多雨・少雨ともに増加傾向
 → 降水量の変動性が増大

大雨日数が増加



大雨災害につながるような
大雨が有意に増加



1901年以降の
デジタル化・品質管理された
データによる解析

生物季節現象の変化



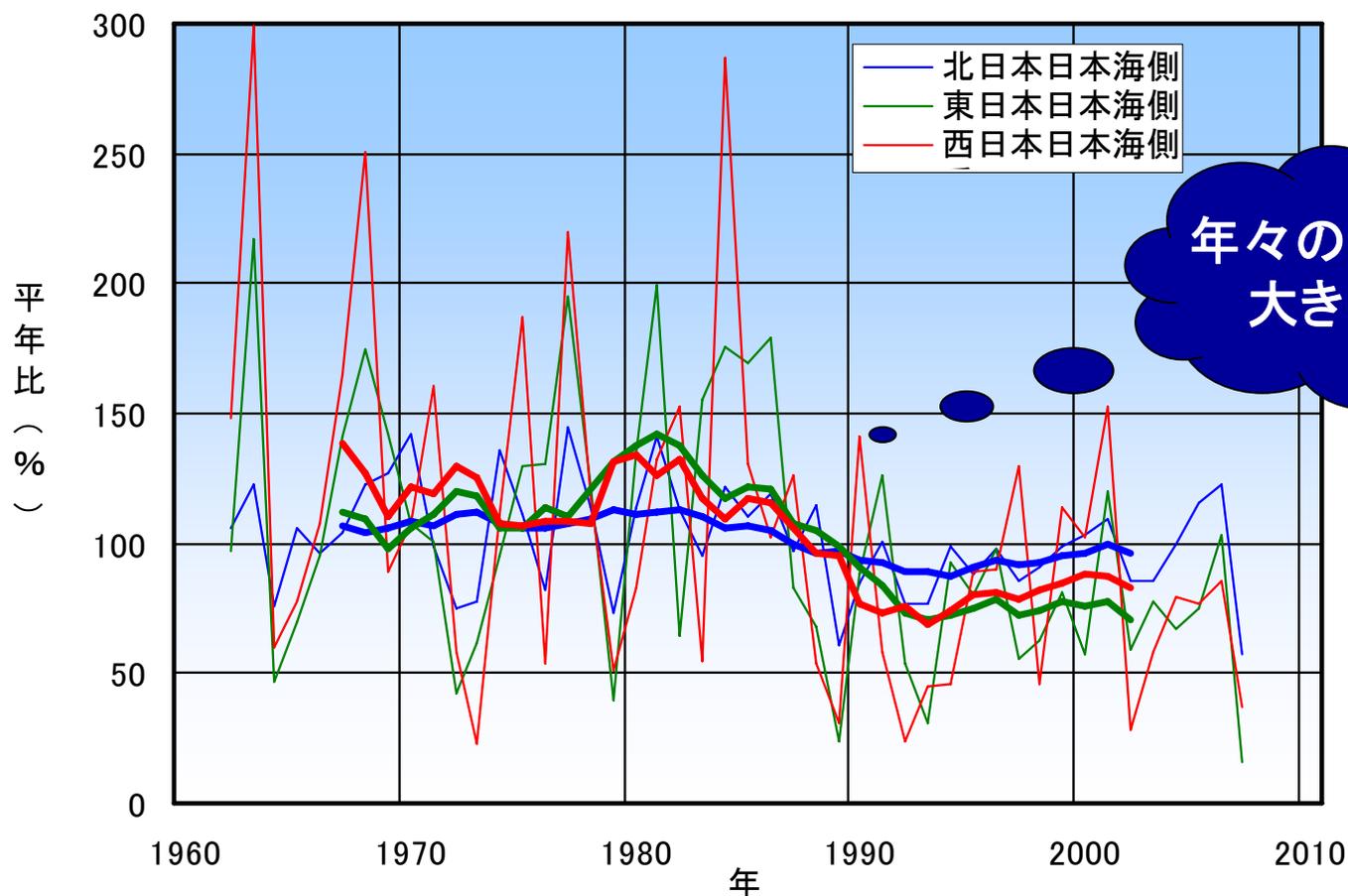
現象	地点数	変化傾向
ウメ開花	71	-5.4
ツバキ開花	54	-9.4
タンポポ開花	70	-6.0
サクラ開花	82	-4.2
サクラ満開	81	-4.3
イチョウ発芽	42	-3.2
ノダフジ開花	59	-3.6
ヤマツツジ開花	48	+1.1
サルスベリ開花	31	-5.8
イチョウ黄葉	43	+10.7
イチョウ落葉	39	+5.4
カエデ紅葉	46	+15.6
カエデ落葉	37	+9.1

(日/50年)



- ・カエデ紅葉は50年で15日以上遅くなっている
- ・気温との相関が高く、長期的な気温の上昇の影響が出ている

年最深積雪の変化(1963~2007)



(年最深積雪：前年秋～当該年夏までの最も深い積雪深)

東日本と西日本の日本海側では 長期的に減少傾向

これまでの気候変化（まとめ）



- 平均気温（世界、日本）が長期的に上昇している
 - ← 地球温暖化の影響が現れている可能性が高い
- 「過去50年にわたって、人為起源の顕著な温暖化が起こった可能性が高い」(IPCC AR4)

（日本）

- 異常高温は増加し、異常低温は減少
 - 熱中症につながるような極端な高温が増加
 - 近年、異常多雨、異常少雨ともに増加傾向
 - 災害にむすびつくような大雨の日数が増加
 - 積雪、植物の開花・紅葉、水位等が変化
-
- （都市の気温上昇は、都市化の影響を受けている）

これから気候はどうかわるか

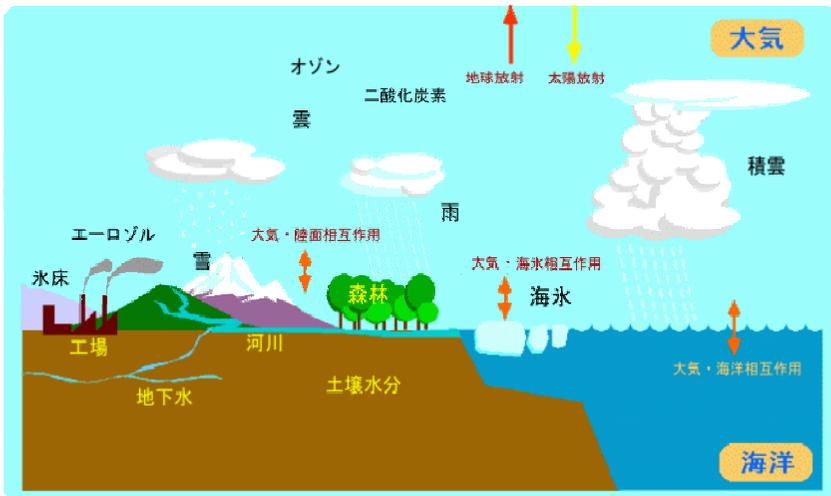


- 地球温暖化を予測するには
- 日本の気温や降水量の予測は？
- 極端な高温や大雨は？
- 熱帯低気圧の発生数は？

気候モデルを用いた地球温暖化予測



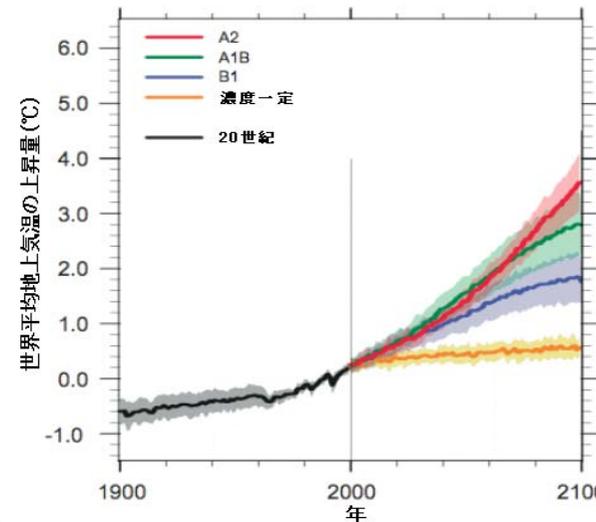
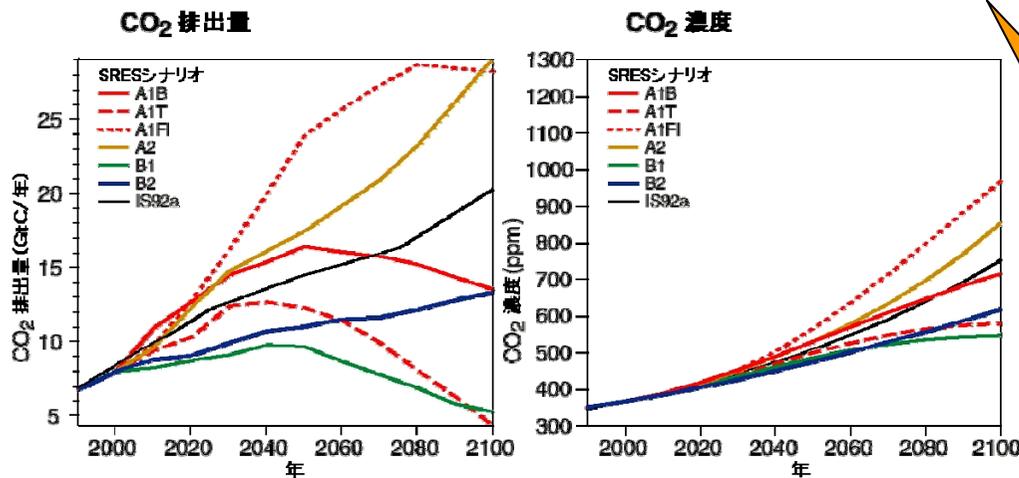
気候モデル: 大気・海洋・陸面の過程を計算機の中に再現



気象研究所全球気候モデル
分解能 約280 km、鉛直 30層

気候変動の将来予測

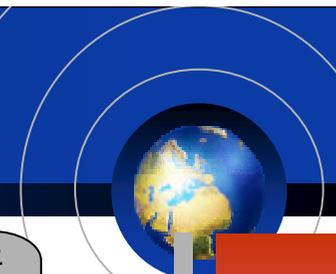
シナリオ: 社会情勢に応じた温室効果ガスの排出量予測



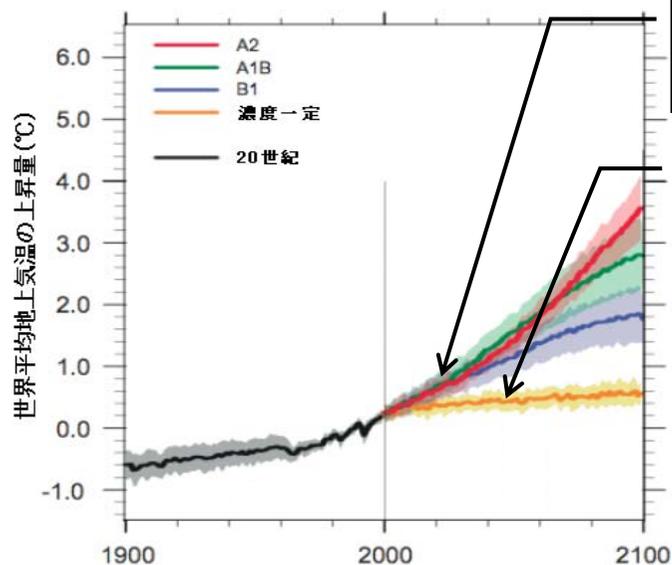
IPCCが社会・経済的要因に応じた複数のシナリオを作成

過去の気温変化と将来予測

(IPCC AR4)



- 21世紀末までの平均気温上昇予測
- 初めてシナリオごとの予測を提供。



世界平均気温の上昇量の予測

どのシナリオでも、今後20年間に10年当たり約0.2°Cの割合で気温上昇。

温室効果ガスやエアロゾルの濃度を2000年の水準で安定化しても、10年当たり0.1°Cのさらなる昇温。

地球温暖化は止まらない

緩和策だけでなく、対応策も必要

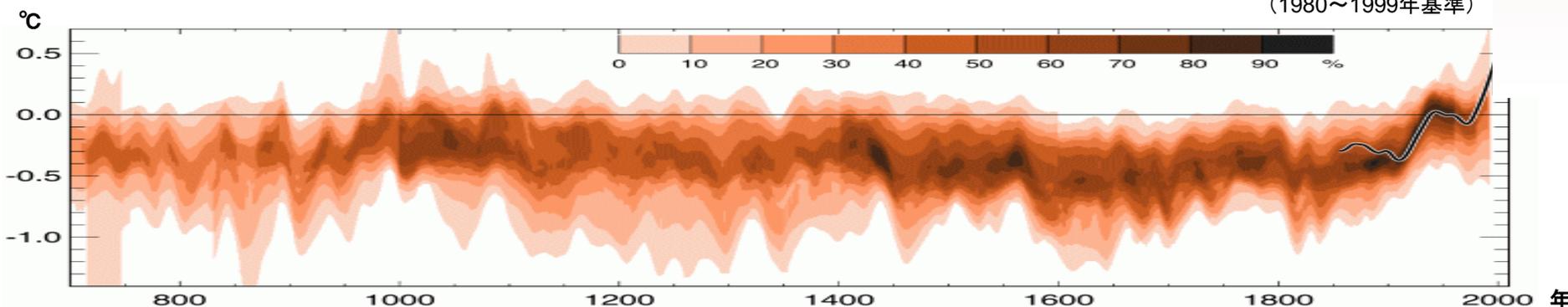
A1FIシナリオ(化石エネルギー源を重視しつつ高い経済成長): 4.0[2.4-6.4]°C

A2シナリオ(経済の地域ブロック化と高い人口増加): 3.4[2.0-5.4]°C

A1Bシナリオ(エネルギー源のバランスを重視して高い経済成長): 2.8[1.7-4.4]°C

B1シナリオ(環境の保全と経済の発展が地球規模で両立): 1.8[1.1-2.9]°C

(1980~1999年基準)

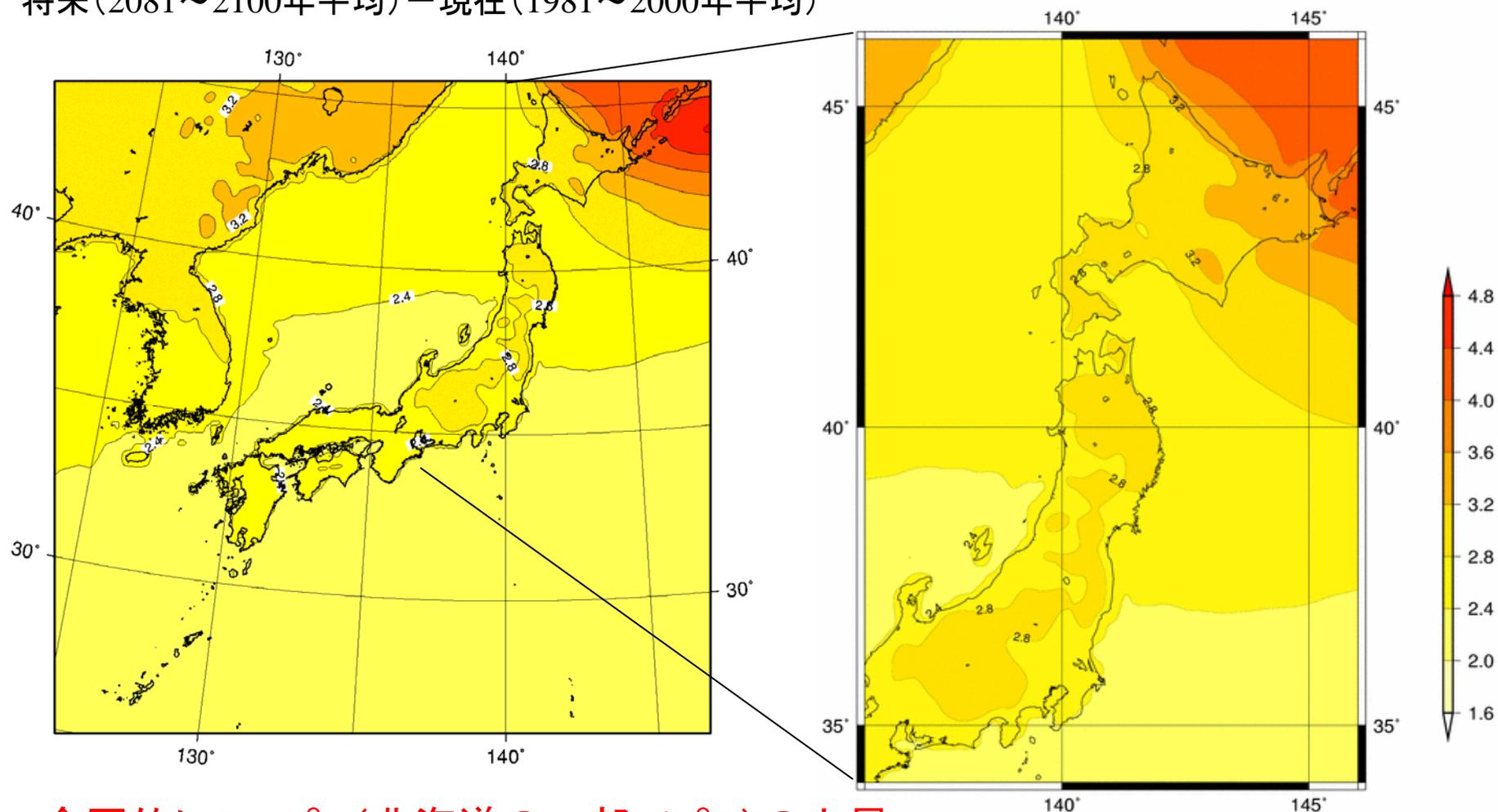


年平均気温の変化

CO₂排出が比較的
多いシナリオ(A2)

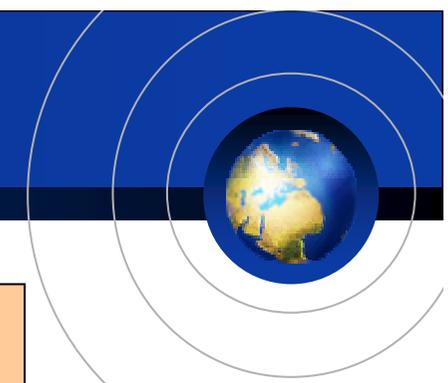


将来(2081~2100年平均) - 現在(1981~2000年平均)



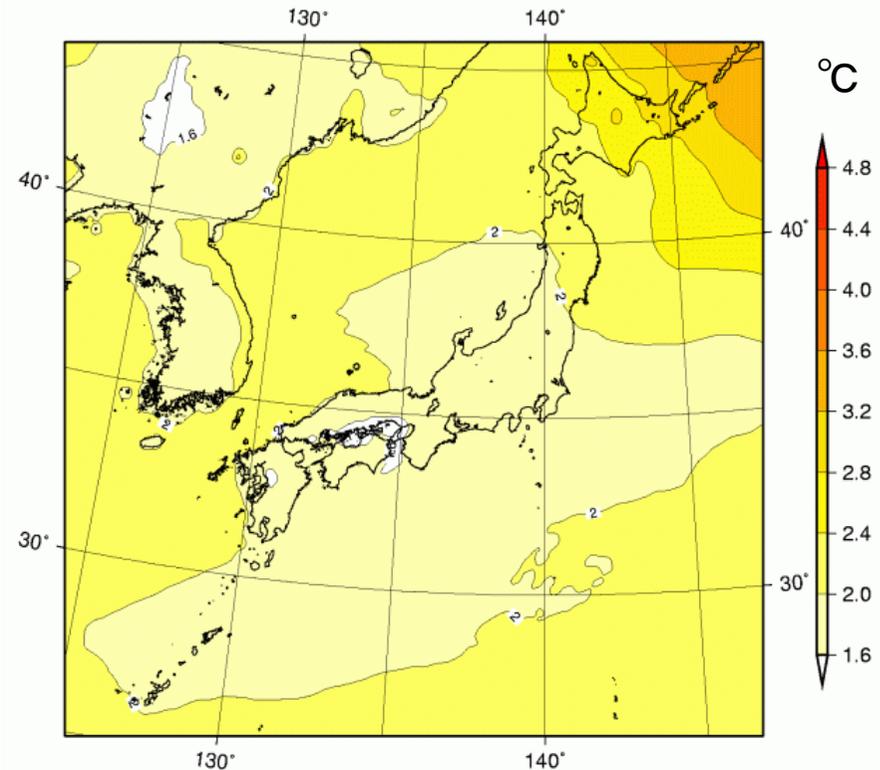
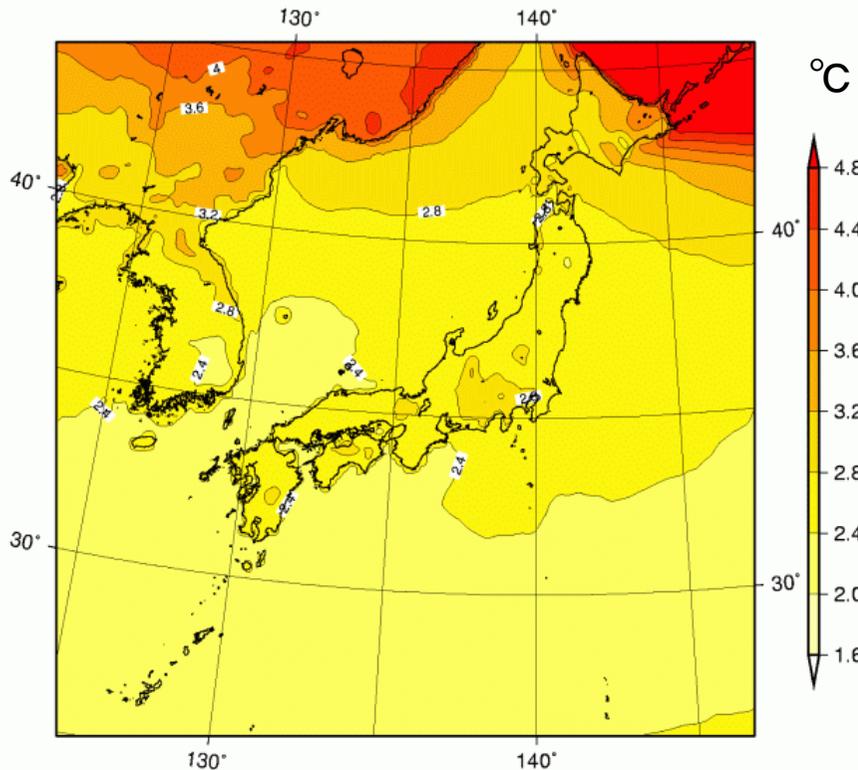
全国的に2~3°C(北海道の一部で4°C)の上昇

月平均気温の変化



1月

7月



将来(2081~2100年平均)－現在(1981~2000年平均)

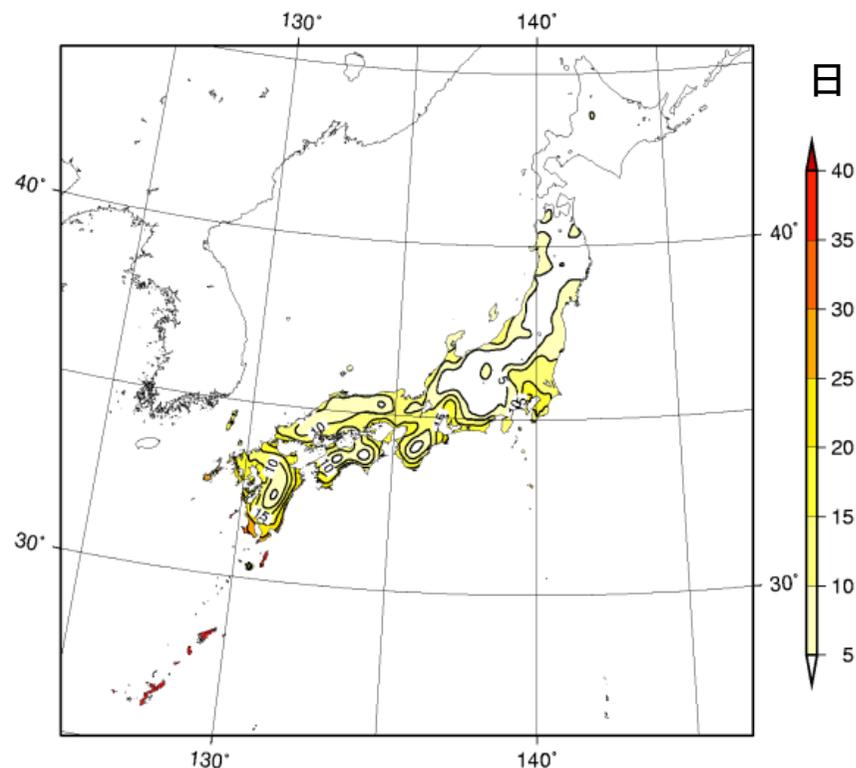
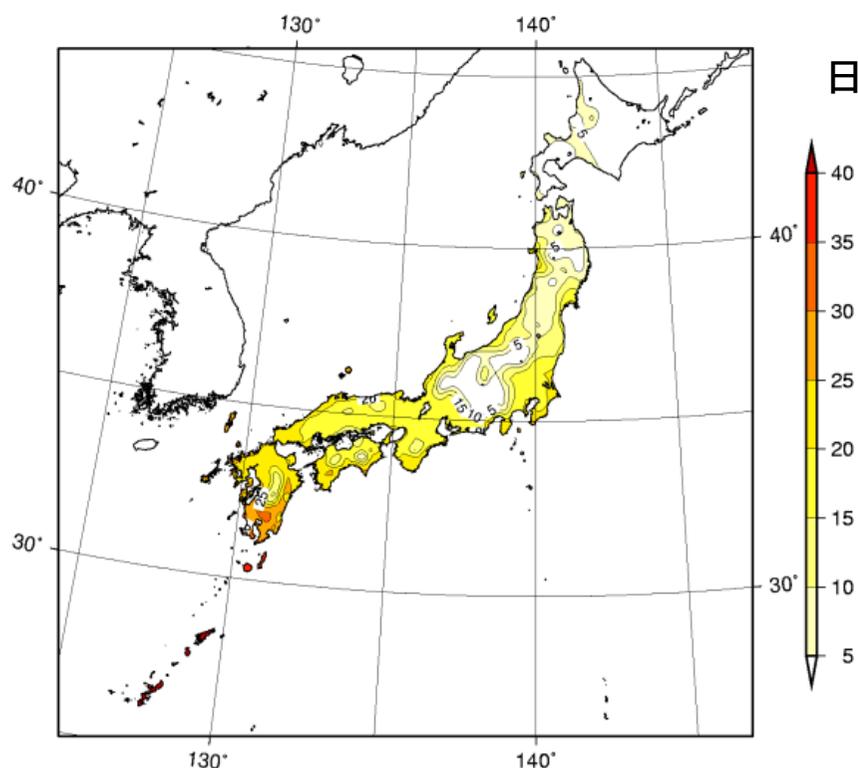
夏季よりも冬季に上昇が顕著

熱帯夜・真夏日の日数の変化



熱帯夜:最低気温が25°C以上の日
現在の仙台の日数:0.8日(1971~2000年)

真夏日:最高気温が30°C以上の日
現在の仙台の日数:16.8日(1971~2000年)



将来(2081~2100年平均)ー現在(1981~2000年平均)

熱帯夜:10日程度の増加 真夏日:5日程度の増加 (仙台)

冬日・真冬日の日数の変化



冬日:最低気温が0°C未満の日

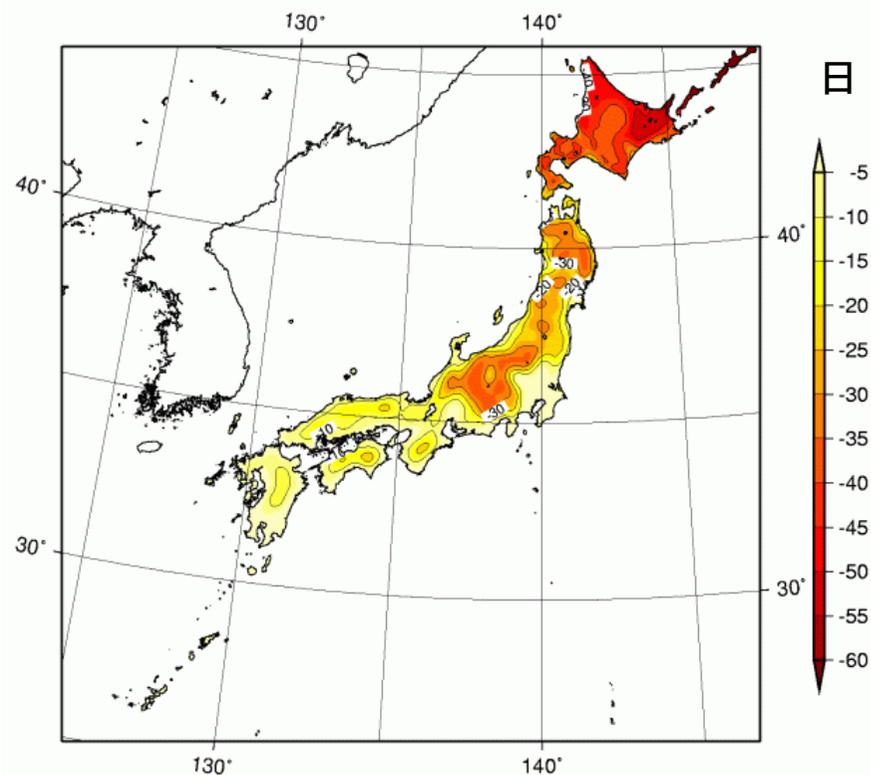
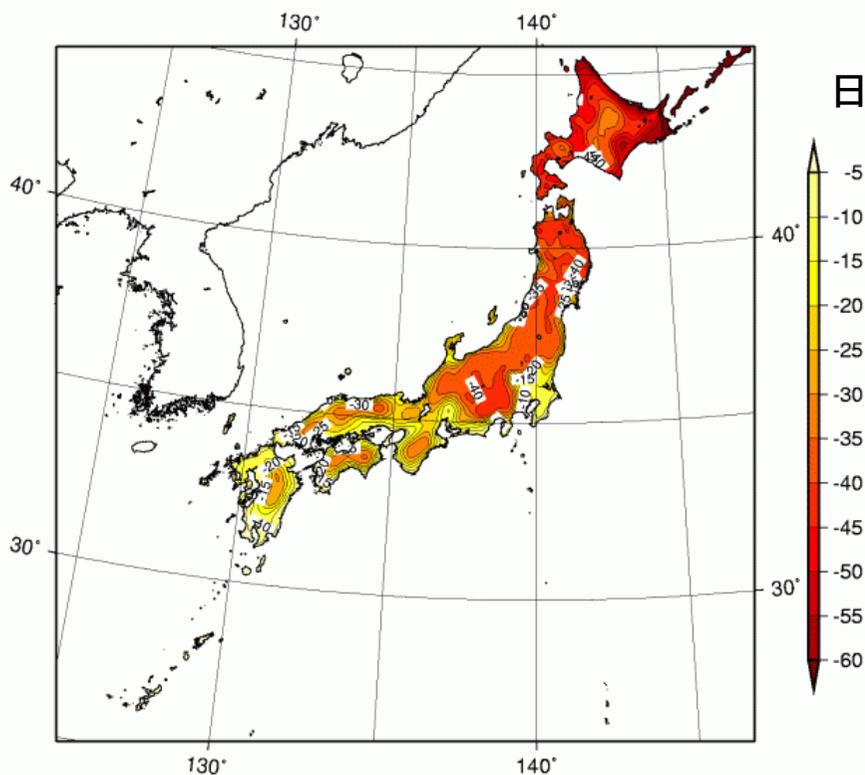
現在の仙台の日数:76.7日(1971~2000年)

現在の秋田の日数:90.4日

真冬日:最高気温が0°C未満の日

現在の仙台の日数:2.2日(1971~2000年)

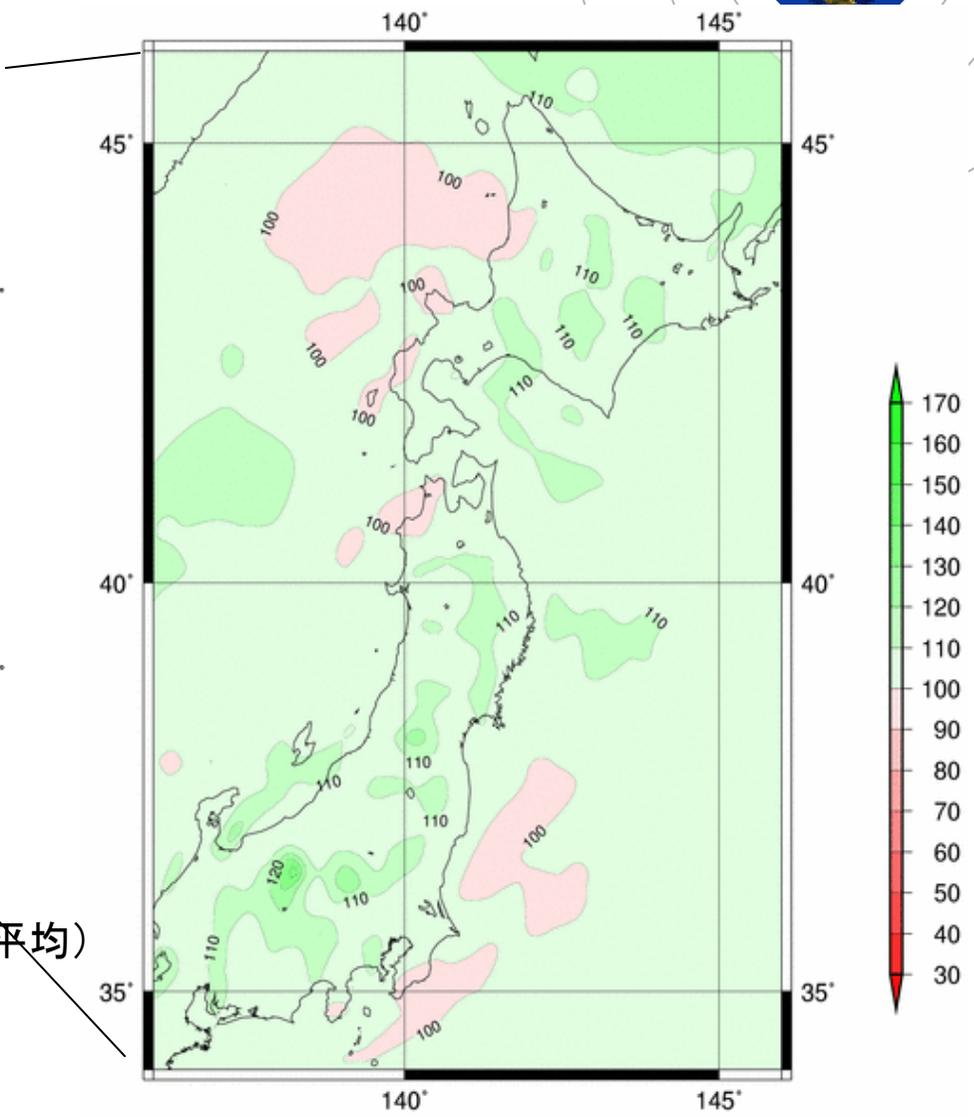
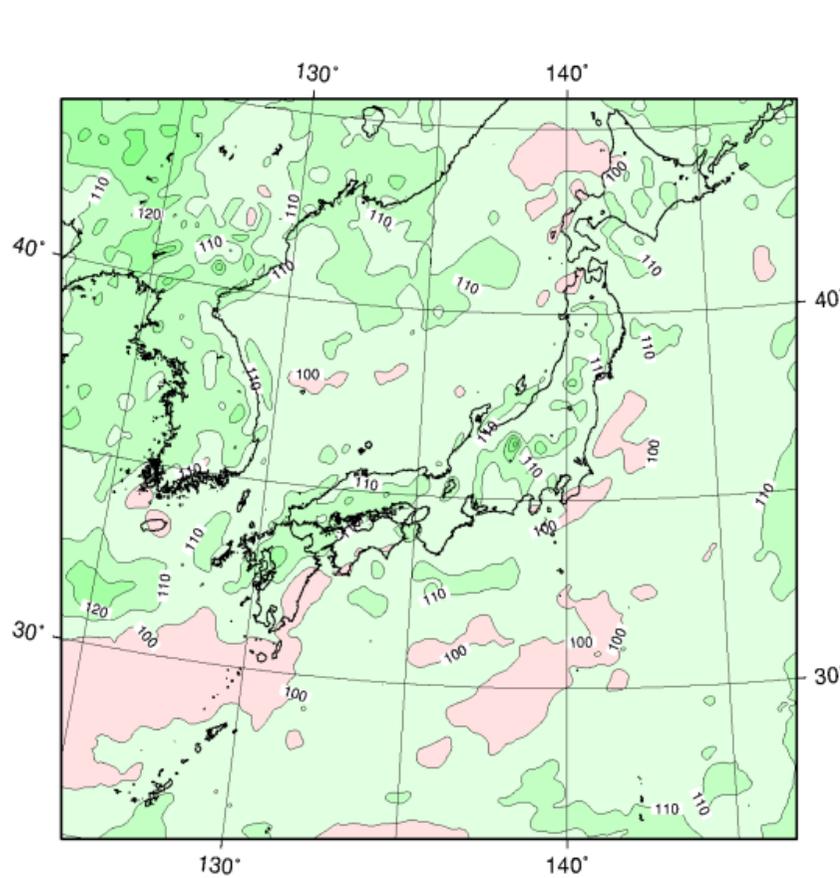
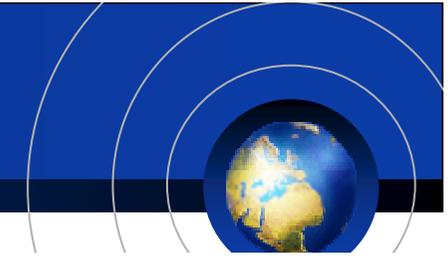
現在の秋田の日数:12.3日



将来(2081~2100年平均)ー現在(1981~2000年平均)

冬日:30日以上減少 真冬日:20日以上減少(沿岸部10日程度減少)

年降水量の変化



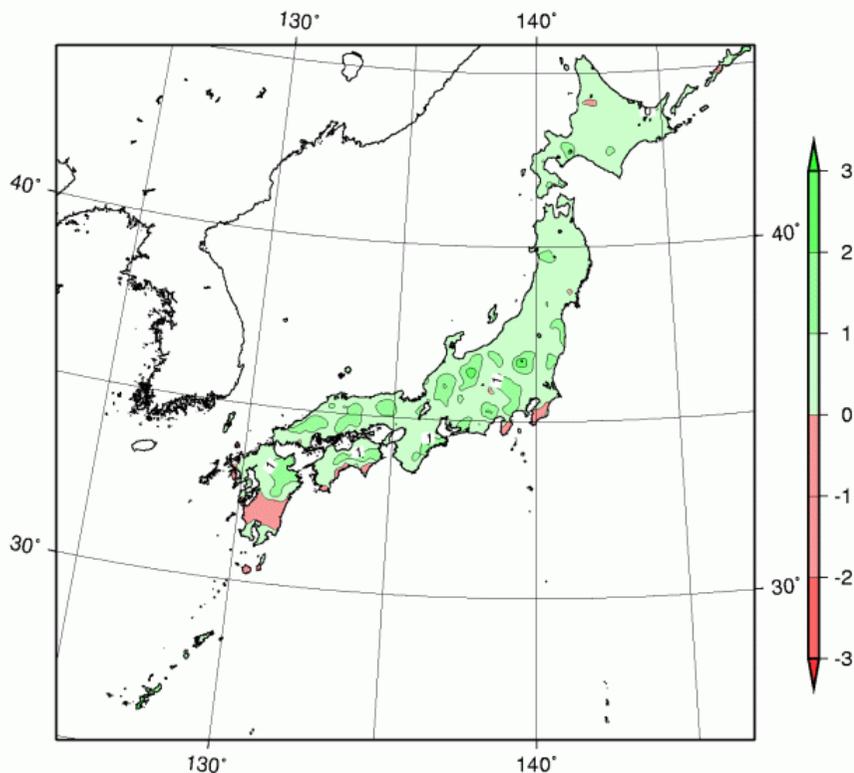
将来(2081~2100年平均) / 現在(1981~2000年平均)

ほとんどの地域で増加

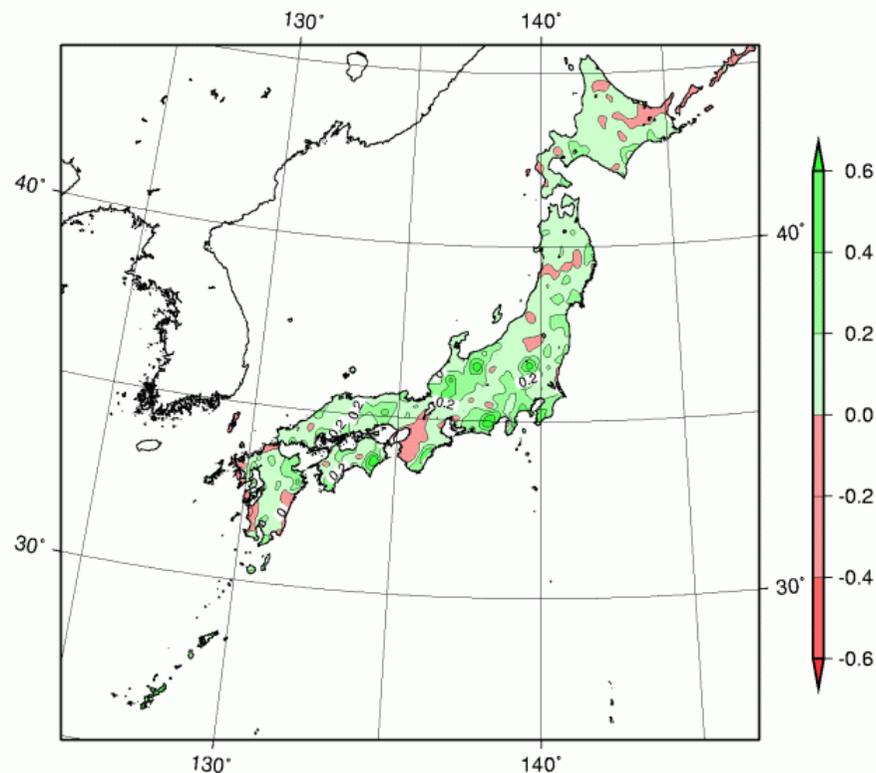
日降水量100、200mm以上の日数の変化



100mm以上



200mm以上

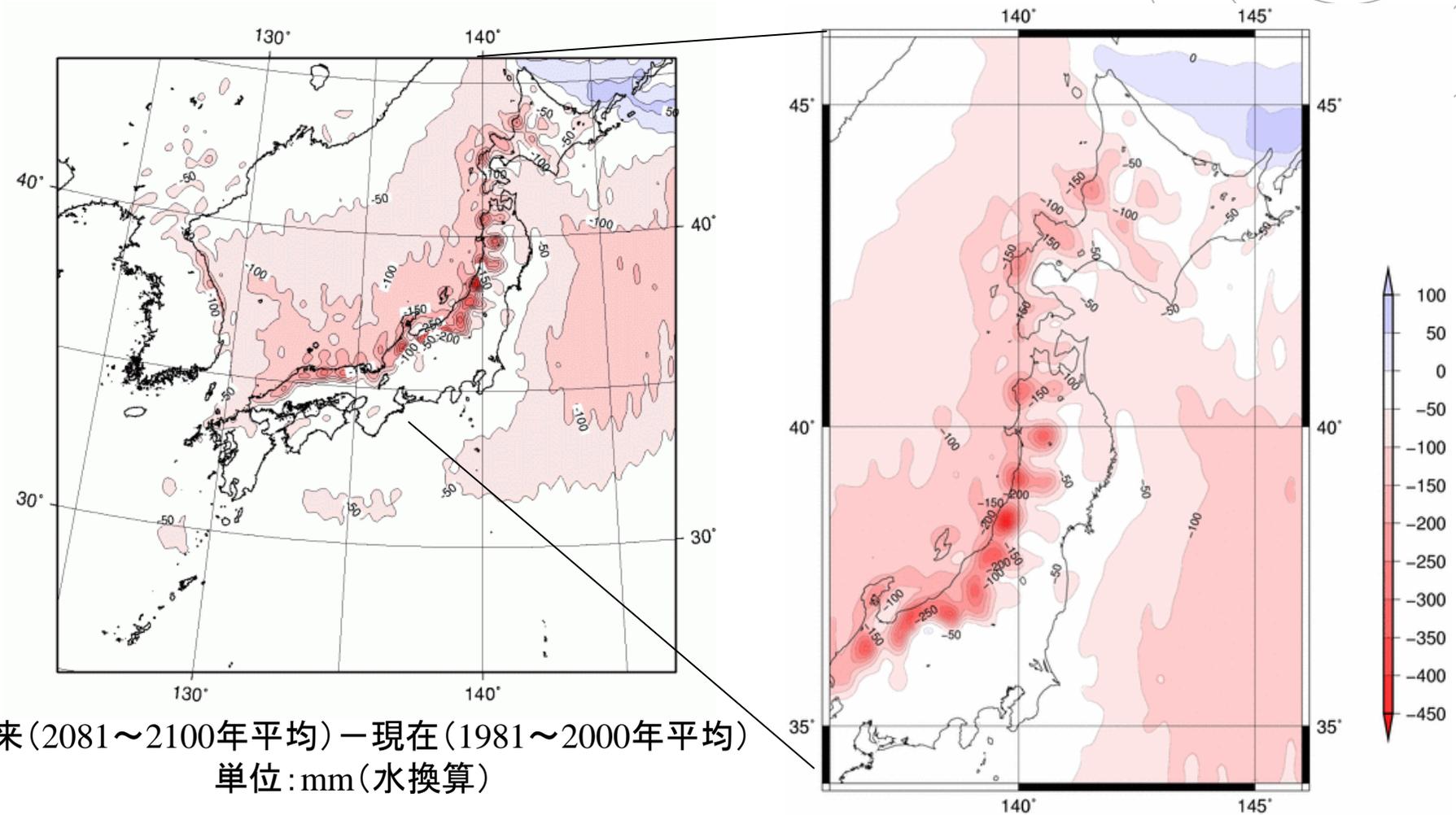
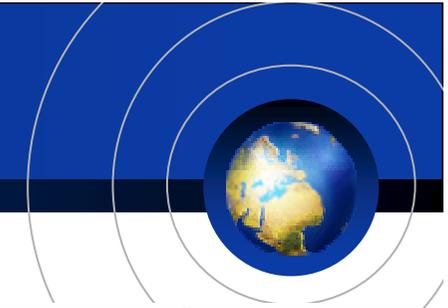


将来(2081~2100年平均)－現在(1981~2000年平均)

多くの地域で大雨の頻度が増加

100mm以上の日数：1日以上(1.5~2倍程度)増加

年降雪量の変化

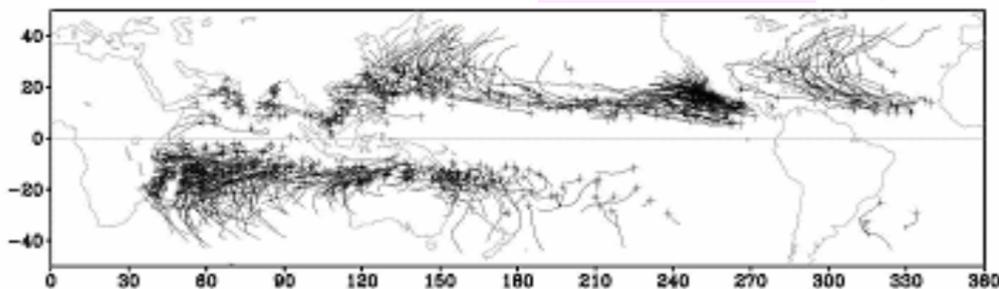


冬季の降雪量は全国的に減少

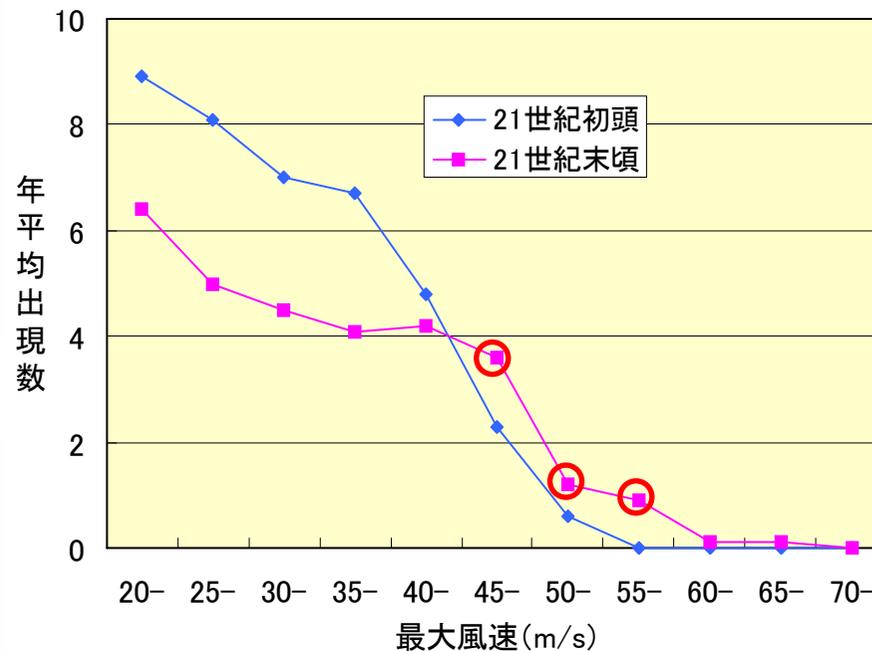
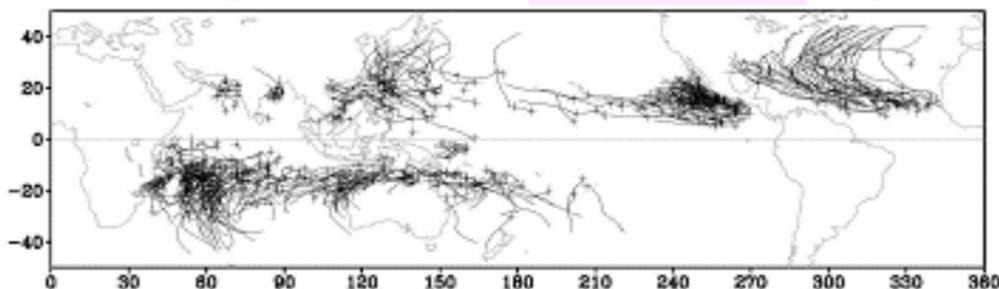
熱帯低気圧の見通し



現在の気候の再現実験結果 (21世紀初頭) **21世紀初頭** 10 years



温暖化予測実験結果 (21世紀末頃) **21世紀末頃** 10 years



熱帯低気圧の強度別の出現数の変化
(21世紀初頭と末頃)

熱帯低気圧の発生位置と経路の変化
(21世紀初頭と末頃)

- ・熱帯低気圧の発生数は30%減少
- ・強い熱帯低気圧の数は増加
- ・熱帯低気圧に伴う降水も増加

日本の気候はこう変わる (まとめ、ひとつのシナリオ)



(現在と比べて約100年後には)

- 年平均気温は2～3℃程度上昇(北海道では4℃の所も)
 - 年平均降水量は増加。特に西日本で増加が大きい
 - 年間降雪量は減少。
-
- 真夏日や熱帯夜も全国的に増加。
 - 冬日・真冬日は全国的に減少
 - 大雨(日降水量が100mm以上)の出現日数は、多くの地域で1日以上(1.5～2倍程度)増加。

季節予報の展望

—地球温暖化時代の季節予報—



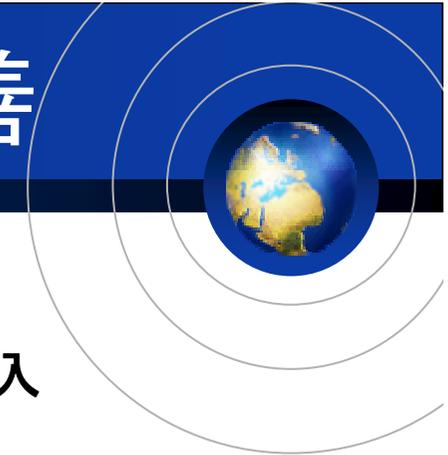
- ・地球温暖化が進む中、大雨や高温など極端な天候が現れやすくなっている
- ・季節予報の改善・高度化に向けた取組

最近の季節予報改善の歩み（抜粋）



- **1996年03月** アンサンブル数値予報による1か月予報開始
(毎週発表、気温・降水量・日照時間を対象に確率表現、)
- 1996年10月 3か月予報、暖・寒候期予報の確率表現(3か月平均気温)
- **2003年03月** 3か月予報へ力学的手法導入、統計予測手法の改善
(月及び3か月平均気温・降水量などの確率表現)
- 2003年09月 寒候期予報へ力学的手法導入
(冬の3か月平均気温・降水量・降雪量の確率表現)
- 2004年02月 暖候期予報へ力学的手法導入
(夏の3か月平均気温・降水量・梅雨期間降水量の確率表現)
- 2006年03月 1か月予報モデルのアンサンブルメンバー数50に増加
- **2007年03月** 異常天候早期警戒情報の試行開始
- 2007年06月 異常気象分析検討会の設置

季節予報(気候情報)の改善



- **季節予報技術の改善:**
 - ・数値予報技術の高度化→**大気海洋結合モデル**の導入
 - ・マルチモデルアンサンブル予報技術の検討
- **天候リスクマネジメント:**
 - ・早期警戒情報
 - ・異常気象分析検討会(異常気象共同分析体制)
- **基盤技術の整備:**
 - ・長期再解析:気候系監視・診断の基盤となるデータ
 - ・気候系監視、診断技術の高度化(異常気象共同分析体制)
- **ニーズに応じた気候情報:**
 - ・利用目的に合わせた気候要素、表現、リードタイム、対象地点(地域)……

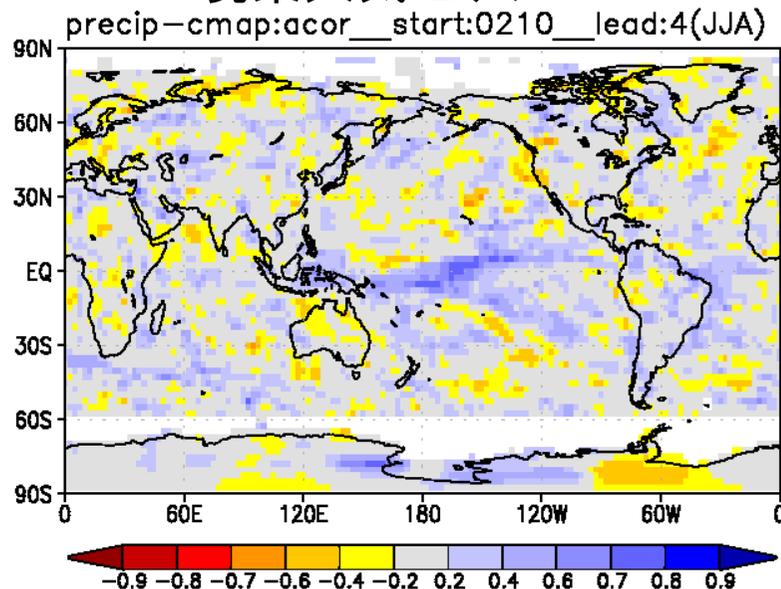
大気海洋結合モデルの導入



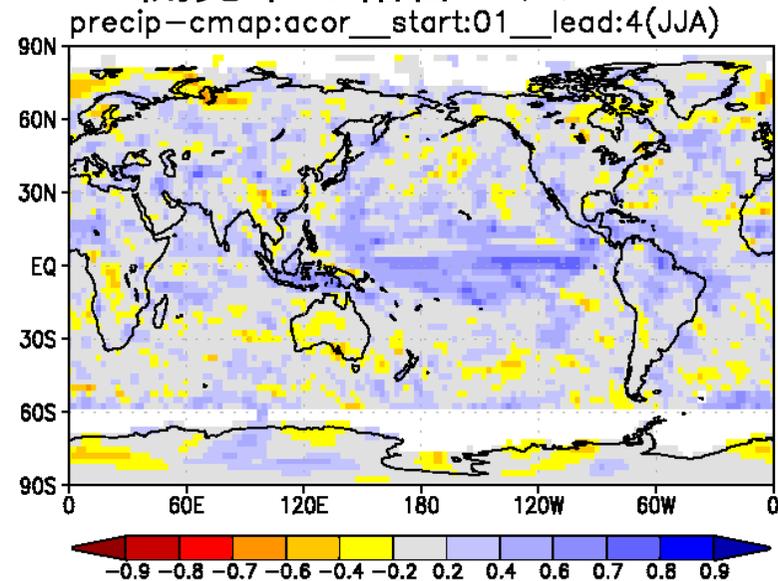
- 数か月にわたる予報においては海洋状態もかなり変化
大気と同時に海洋も予報する必要
- 季節予報のための大気海洋結合モデルの導入

例: 1月末を初期値とした、夏季(6~8月)の降水量予報のアノマリ相関
結合モデルにより予報精度が格段に向上

現業大気モデル



開発中の結合モデル



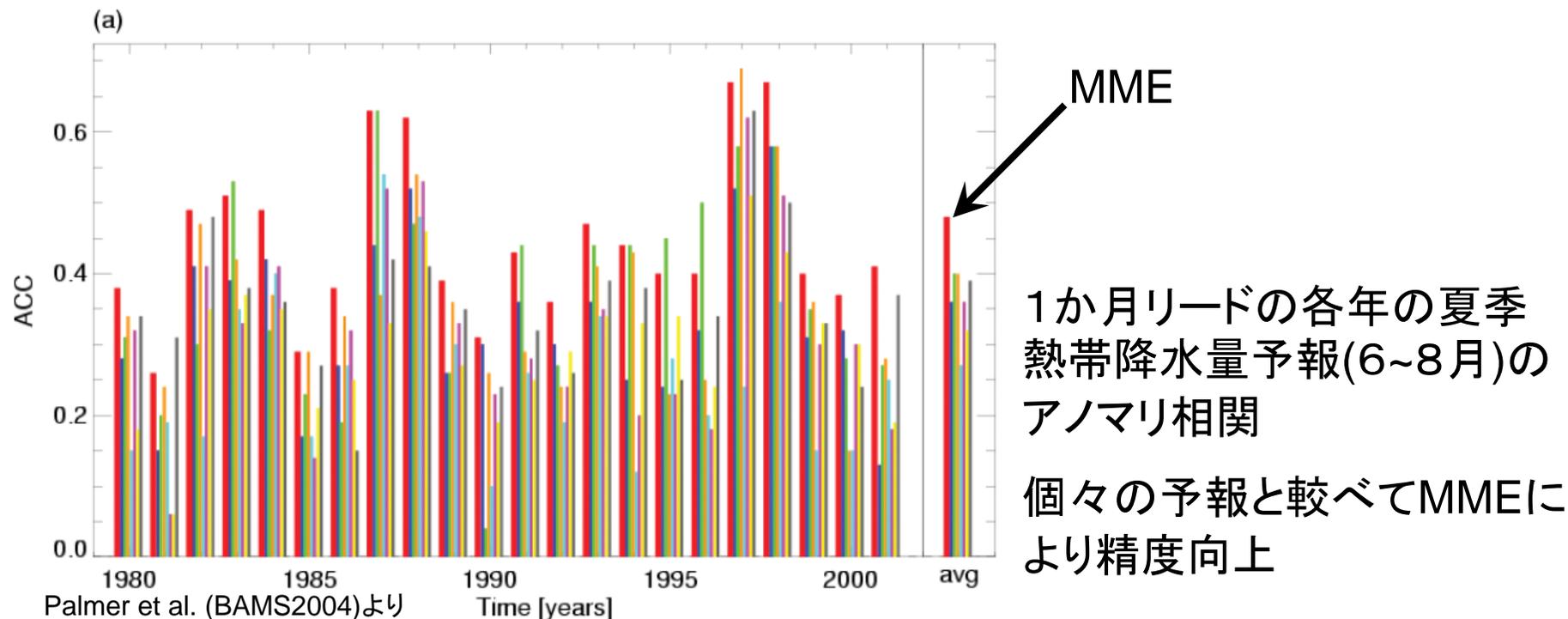
マルチモデルアンサンブル予報



- 従来のアンサンブル予報は初期値のアンサンブル
- モデル間のアンサンブルも精度向上に有効
「マルチモデルアンサンブル予報(MME)」

例: ECMWF/DEMETERプロジェクト

欧州の7機関の大気海洋結合モデルによるMME



異常天候早期警戒情報提供の背景

計算機能力の飛躍的な向上

数値予報
の導入
(1か月
アンサンブル
予報の
開始)

モデルの
改良
(最新の
知見の
取込み)

詳細な
確率情報
を導出
(メンバー
数の
倍増)

高頻度に
確率情報
を導出
(アンサン
ブル予報
実施、
高頻度化)

確率情報の利活用について
の関心の高まり

早期情報への
ニーズ

新たな気象情報の提供
「異常天候早期警戒情報」

異常天候早期警戒情報の内容

ユーザー(農業、保健、産業、一般市民)の
天候リスクの軽減

可読性の高い情報文にて
警戒事項の呼びかけ

定量的な個別の判断を可能とする、
数値情報の可視化もしくは
そのまま提供する仕組み

情報文の例

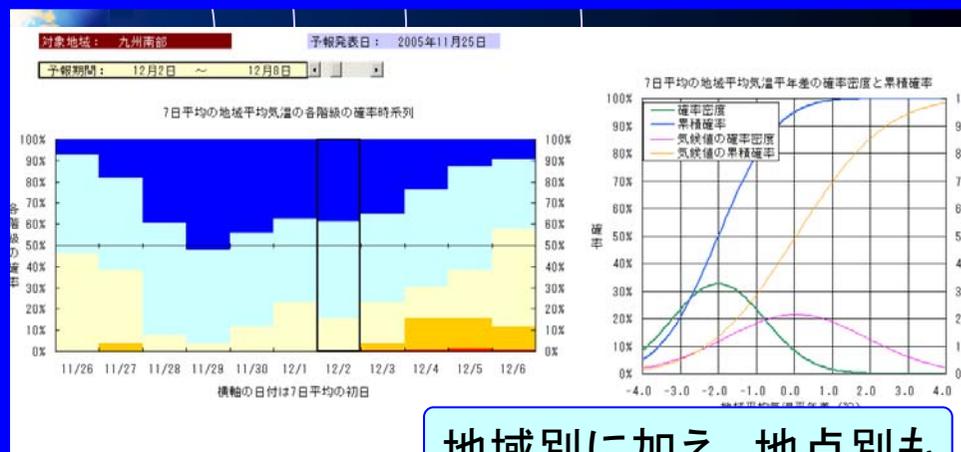
高温に関する関東甲信地方異常天候早期警戒情報
平成19年5月8日14時30分 気象庁発表

高温注意
対象期間 5月13日頃からの約1週間
対象地域 関東甲信地方
対象気温 7日間平均地域気温平年差 +1.7℃以上(かなり高)
確率 30%程度

5月13日頃からの1週間は、南高北低の気圧配置が卓越する見込みで、気温が平年よりかなり高い確率が30%程度となっています。

農作物の管理や健康管理等に注意して下さい。また、今後の気象情報に注意して下さい。

数値情報の可視化例



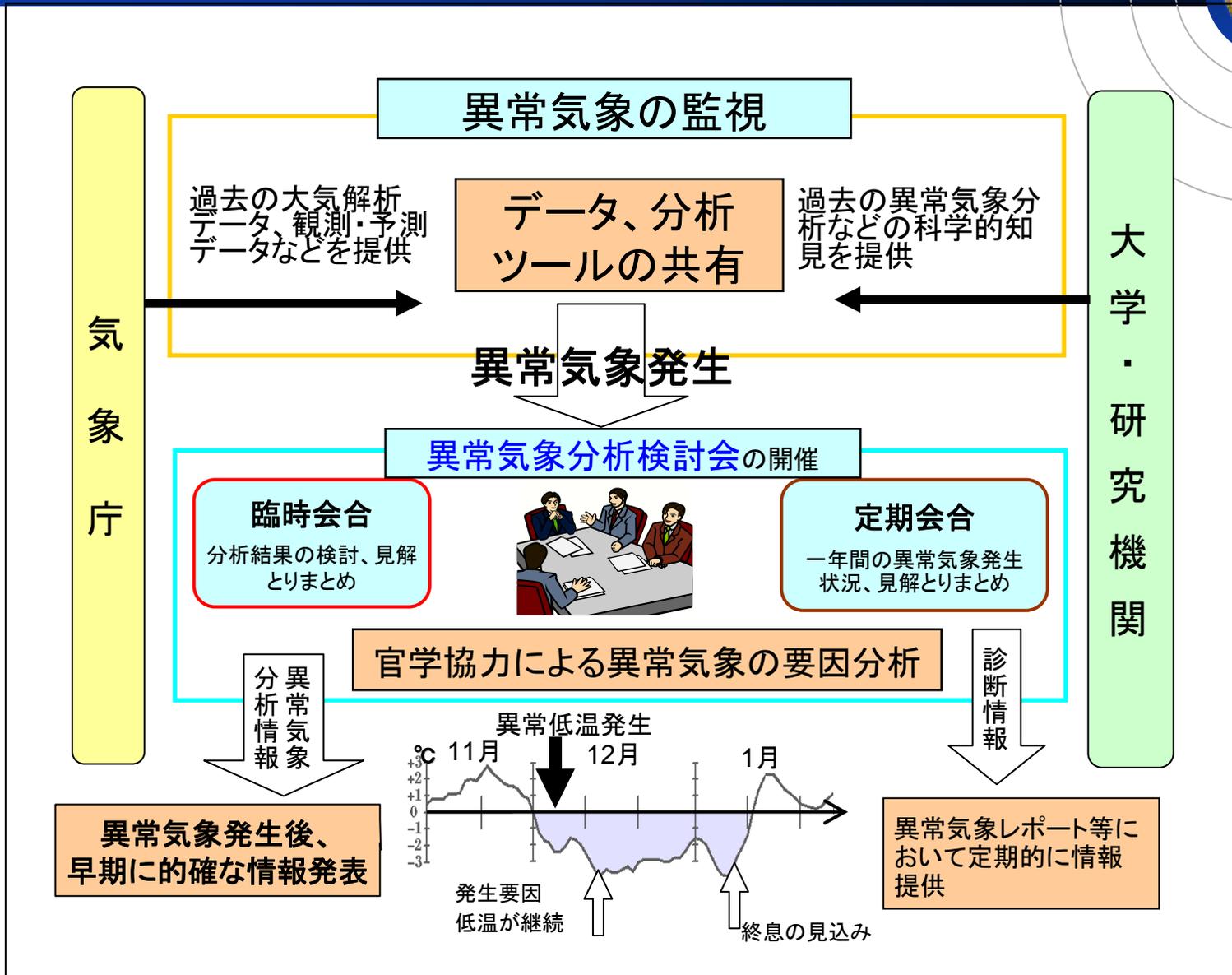
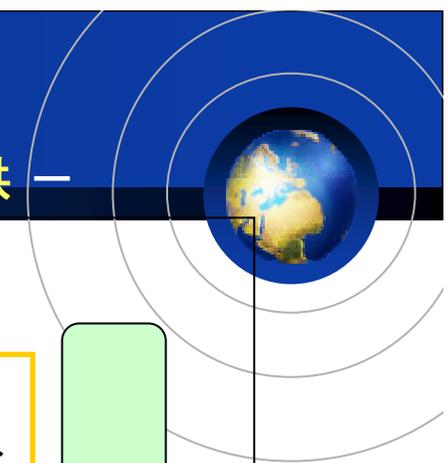
地域別に加え、地点別も

平成19年3月より特定の機関に提供開始(試行)。協力機関と十分に協議して情報の内容等について改善&ガイダンス技術の高度化→平成20年年度中に運用開始予定

※異常天候早期警戒情報の業務内容は、平成19年6月時点における記述であり今後、スケジュール等も含め変更になる可能性があります

異常気象分析検討会

— 異常気象の要因等に関する正確な情報を迅速に提供 —



まとめ（今後の取り組み）



○異常気象や気候変動の監視、原因の分析と診断：

気候系監視報告、気候変動監視レポート、
異常気象レポート2005、など

○異常気象に備えるため、より正確な情報をタイムリーに提供：

異常気象早期警戒情報、異常気象リスクマップの新たな提供
異常気象分析検討会……

○地球温暖化予測の科学的確からしさの向上、より確かな温暖化 予測情報の提供を続けること

○気候情報・季節予報の基盤技術の開発・高度化

終



ご静聴ありがとうございました

■ 異常気象レポートの閲覧は、気象庁HPへ！

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/index.html>

