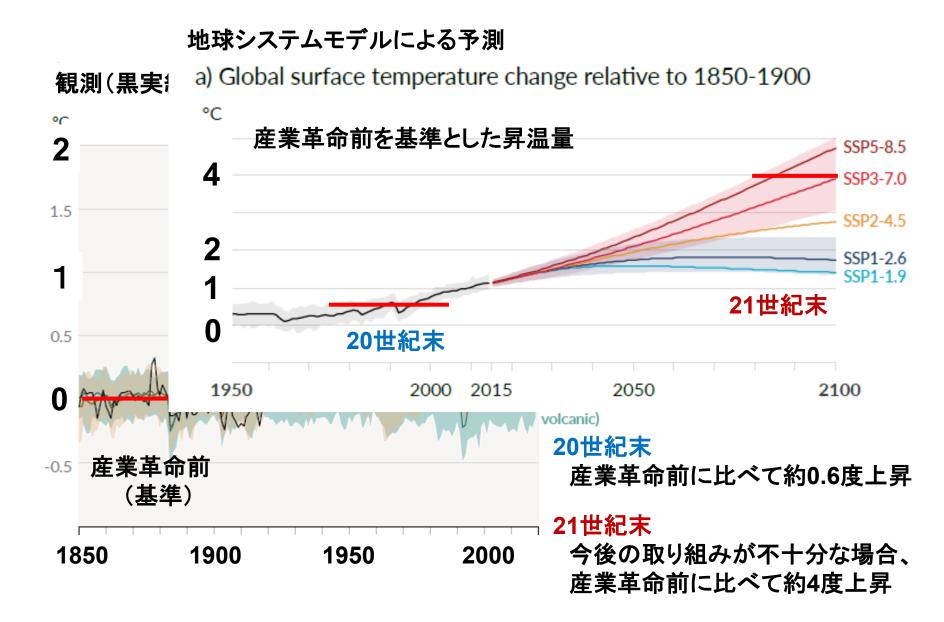


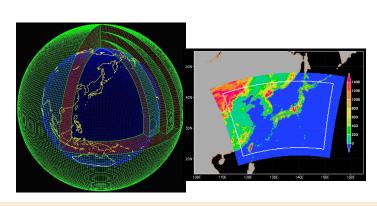
全球平均地上気温の変化



地球温暖化に対応する「緩和策」と「適応策」

地球システムモデル(格子間隔約100キロ)による予測 (行本さんの講演)

- O CO₂の排出量と、地球平均の気温の関係
 - → 緩和策:排出量の削減・技術開発等で、地球温暖化の抑制につなげる
- 〇 東アジアや日本域全体の気候の変化
- △ 日本のxx地方の気候はどう変わり、農業はどういう影響を受けるのか?
- △ 日本に来る台風はどう変わるのか?





影響評価研究

自然災害、農業、水 資源、生態系、健康、 等々。

格子間隔の細かい、**高解像度の気候モデルに** よる予測

平均的な**気候状態の変化**に加え、台風・大雨などの**極端な気象現象**を、**地域スケール**で詳細に、より高い確信度で予測



適応策

地球温暖化による被害を最小限に抑える対策につなげる

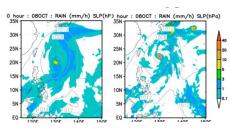
20年間の取り組み

地球シミュレータの 活用(2002年~)



全球大気(20km)モ

モデル改良



全球大気モデルの 改良、影響評価研究 向けデータ提供

地域気候モデル (2km, 5km) の適応 策向けデータ公開

情報の創出へ

全球モデルへの大 気•海洋結合効果 の導入

科学的にもより正

しいモデル、海洋

全球大気、地域気候 モデルの多数(100) メンバーによる地球温 暖化予測データ公開

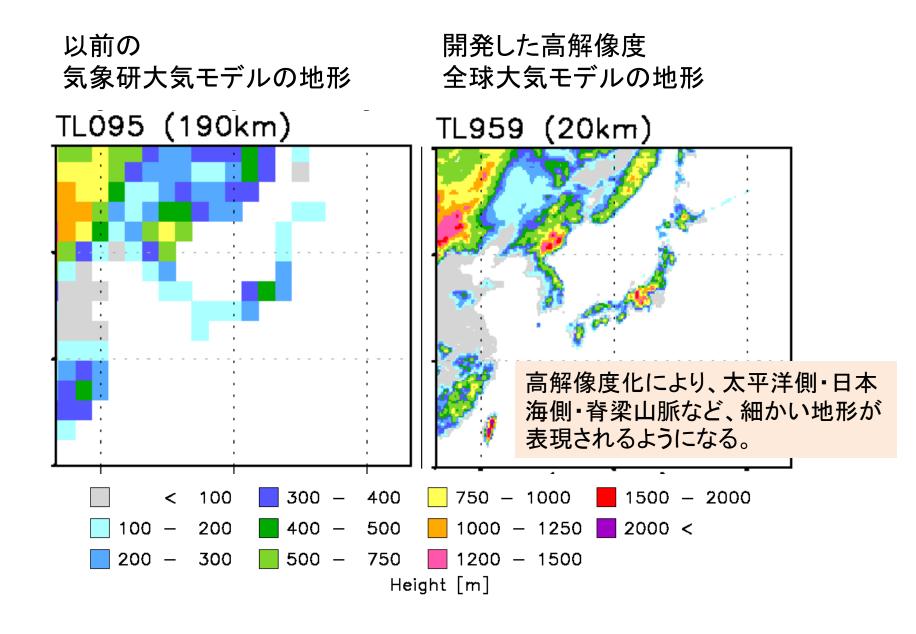
- デル開発、長期の地 球温暖化予測計算
 - 高解像度(格子間隔が細かい)
 - 高精度(高い現在気候再現性)

地球温暖化影響の研究に使えるデー タを作り、日本の適応策の策定に利用 してもらう。

- ダウンスケーリング (日本域の空間詳細化)
- 多数メンバー (確率的な統計予測情報)

非常に多数の予測計算を実施することで、 特に極端な現象(たとえば、100年に一度 の大雨)の予測の不確実性を減らす。

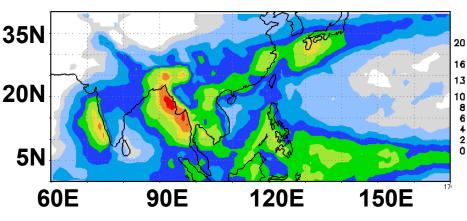
高解像度、高精度のモデルによる気候予測

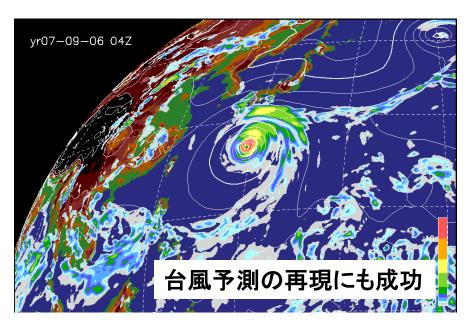


高精度化(高い再現性)に成功

アジア域・6月平均降水量

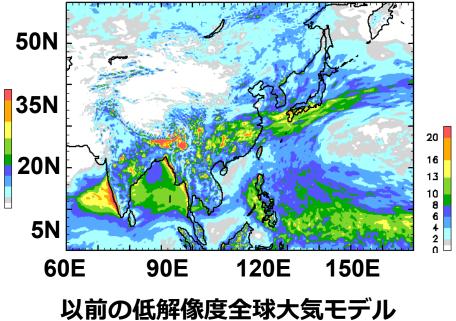
衛星観測 (TRMM 1998-2002)

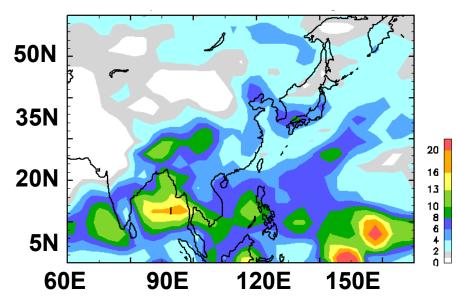




細かい地形分布に応じた降水分布の再現

開発した高解像度全球大気モデル

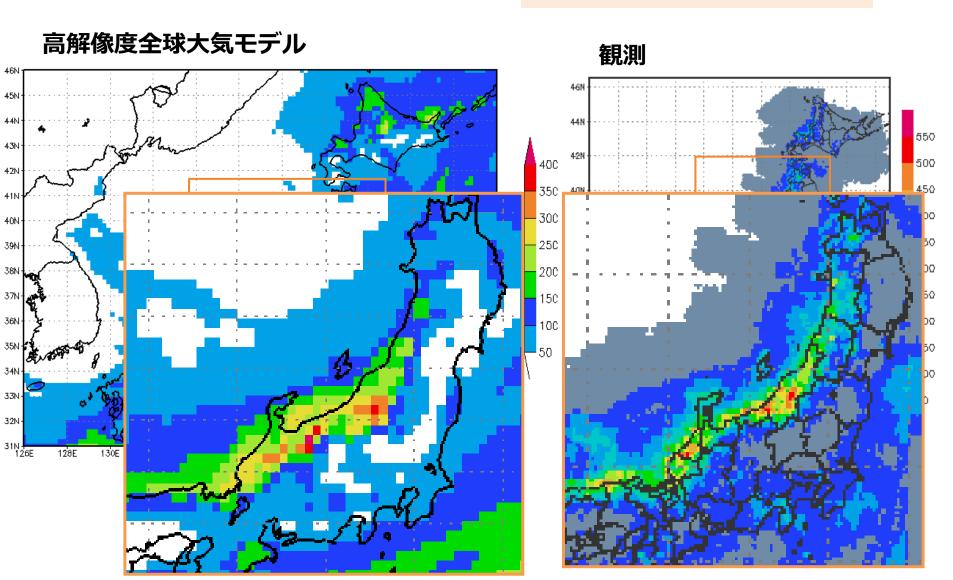




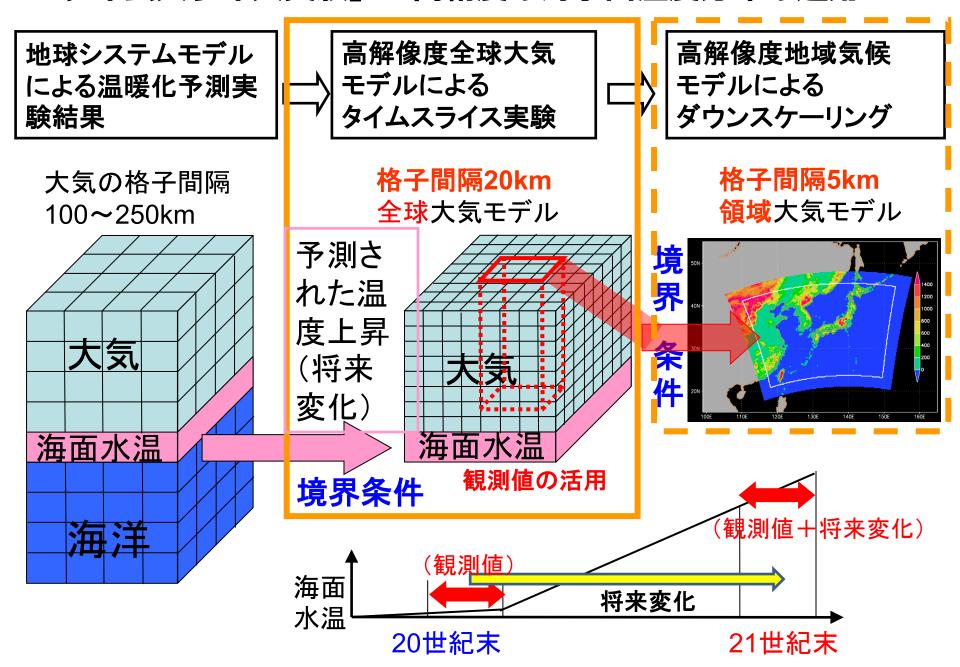
高精度化(高い再現性)に成功

日本域・1月の月平均降水量

日本海側の積雪分布という、細かい地形に応じた結果を再現

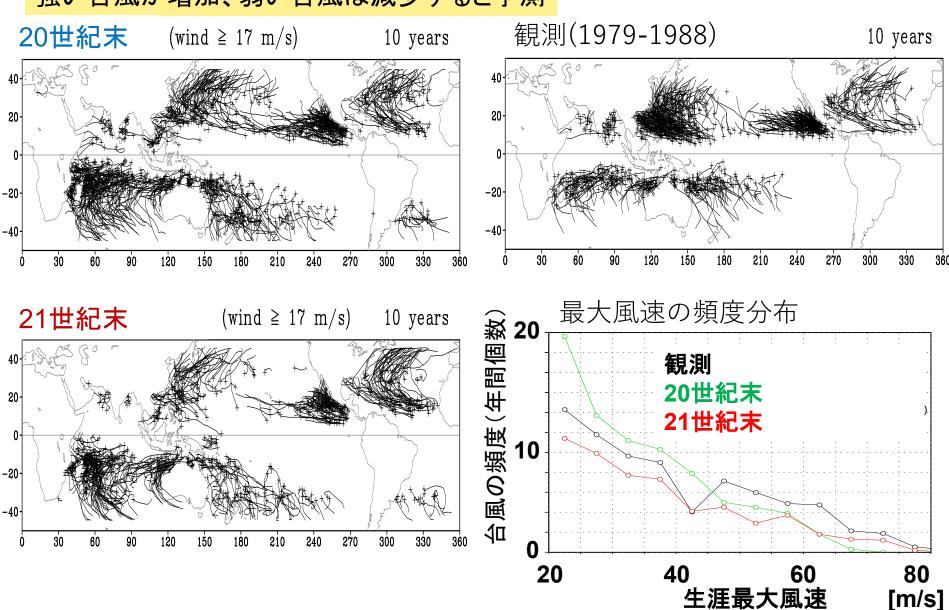


「タイムスライス実験」 高精度の海水面温度分布の適用

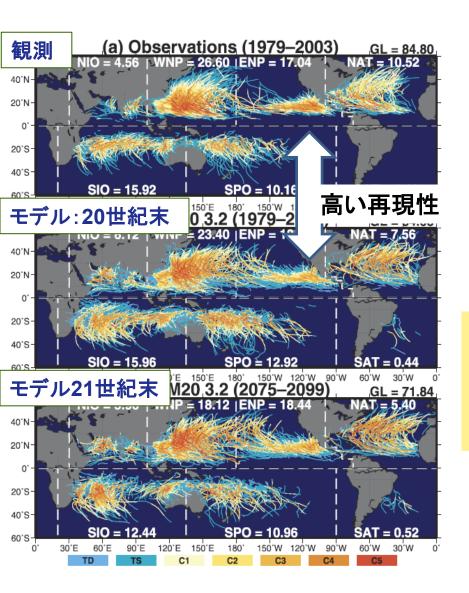


(Oouchi et al. 2006)

強い台風が増加、弱い台風は減少すると予測



地球温暖化による熱帯低気圧の変化



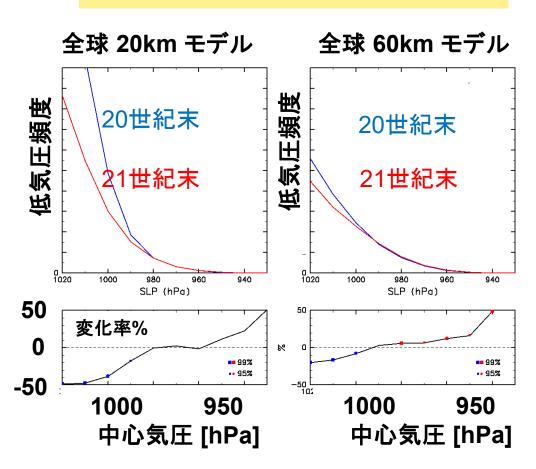
現実的に近い熱帯低気圧の強さ、発生分布を持つモデルを開発・改良することにより、より詳細な地球温暖化による変化を調べられるようになった。

台風の発生数は減ると予測されるが、いったん発生すると、発達に必要な水蒸気が(気温が高いと)多いため、最大風速は強くなると予測

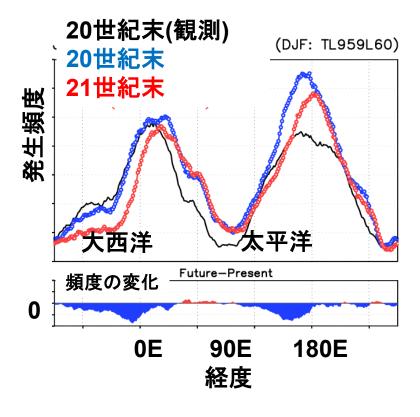
(Murakami et al. 2012)

地球温暖化による、中高緯度の低気圧活動の変化: 温帯低気圧とブロッキング

温帯低気圧: 全発生数は減少、強い低気圧の数は増加すると予測



ブロッキング:北大西洋・ 北太平洋とも頻度が減少 すると予測

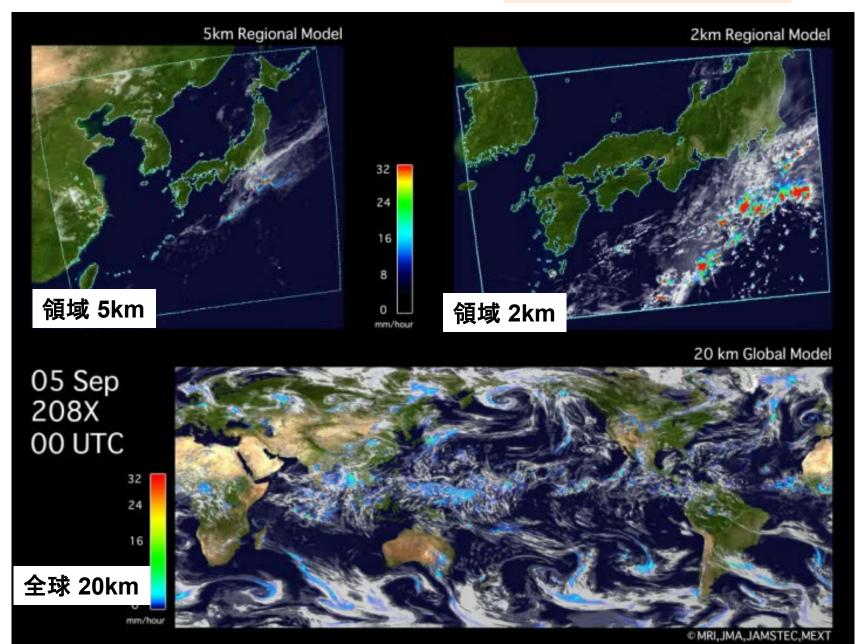


(Mizuta et al. 2011)

(Matsueda et al. 2009)

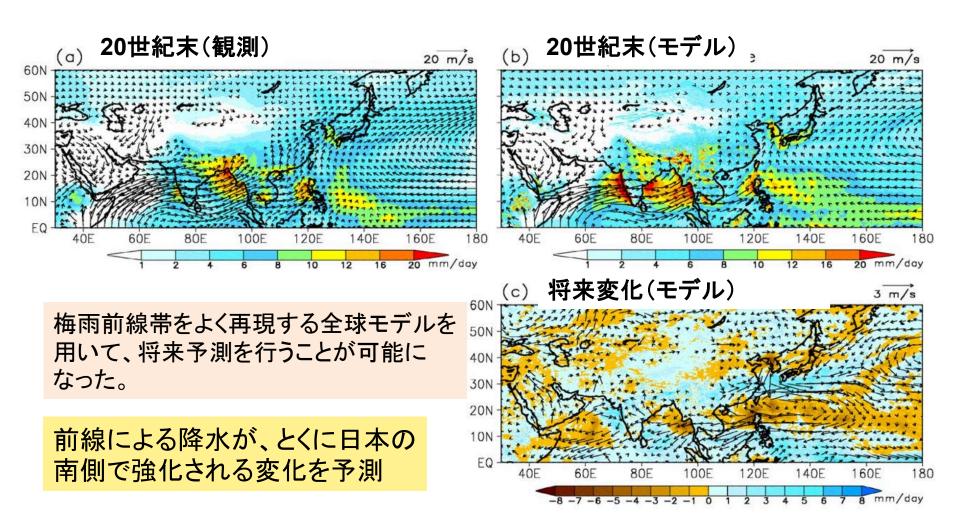
高解像度全球大気モデル + 地域気候モデル (ダウンスケーリング)

日本域はより高解像度で 細かい降水分布を表現



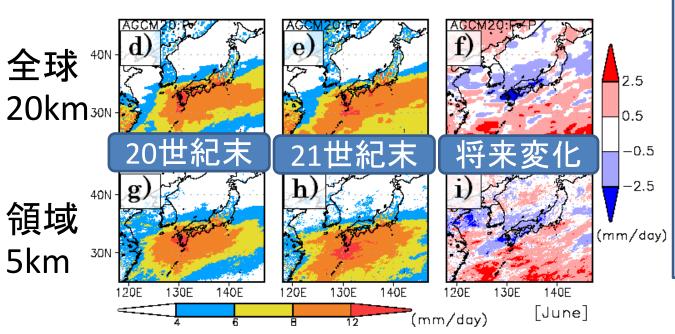
地球温暖化による梅雨の変化

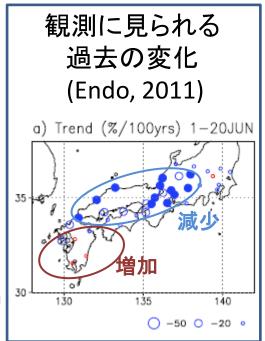
色: 降水量 矢印: 地上風速

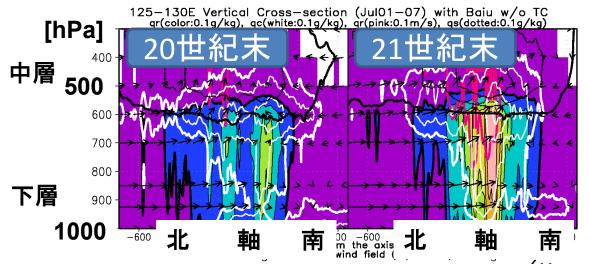


(Kusunoki et al. 2008)

地球温暖化による梅雨の変化



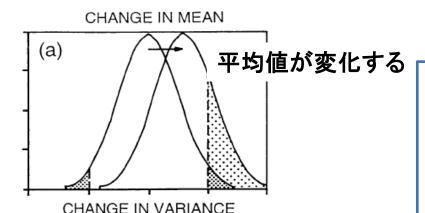




前線による降水が、 とくに日本の南側で強 化される変化を予測

(Kanada et al. 2012)

地球温暖化による極端現象の変化



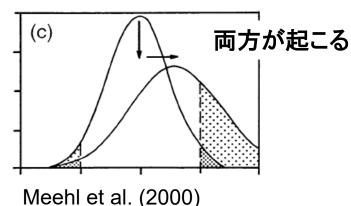


- 地球温暖化による変化として、平均値が 変わることもあれば、ばらつきが変わることもある。
- ◆ 特に降水の変化は、ばらつきが増えることが予測されている。



- 気温: 平均値が増加することで、極端高温(猛暑、 熱波)のような現象が非常に起こりやすくなる。
- 降水: 平均値もばらつきも増えるので、極端降水 (大雨)が起こりやすくなり、干ばつも増える地域がある。
- 降雪のように、平均値が減るものについても、ばらつきが増えた結果、大雪が増える場合もある。

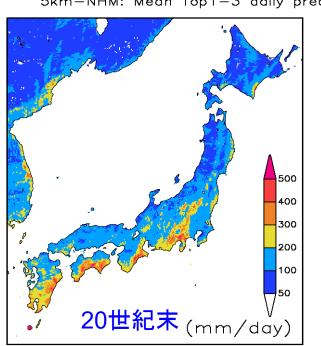


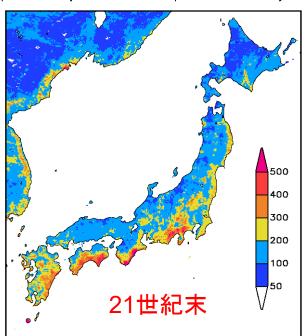


地球温暖化による大雨の変化

最大日降水量の上位3位平均 (Ptop3)

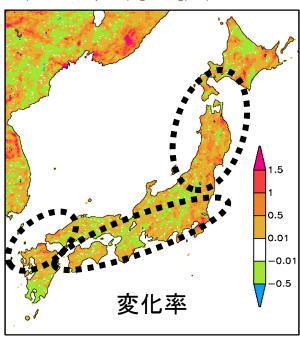
5km-NHM: Mean Top1-3 daily precipitation (1990-1999 | 2086-2095) recipitation ($P \mid [F-P]/P$)

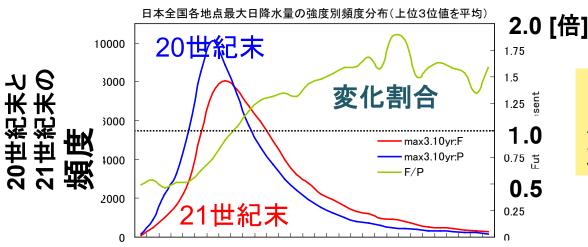




200

300 [mm/日]





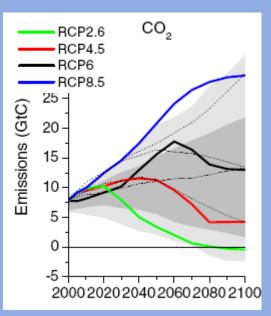
100

日降水量100 mm を超 えるような大雨の頻度が 大幅に増加すると予測

(M. Nakano)

地球温暖化予測の不確実性

排出シナリオ

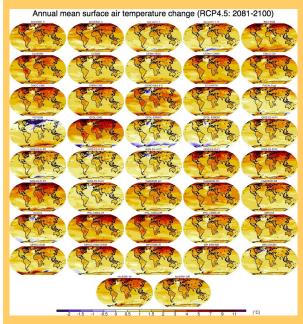


将来、どれだけの CO₂ の放出 があるのかわからない。



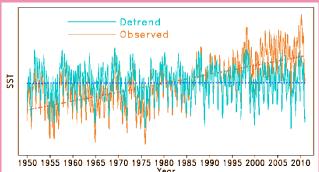
(IPCC AR5)

多数の地球システムモデル



地球システムモデルは不完全 であり、その予測にはばらつき がある。また、解像度も粗いの で、地域的なことはわからない。

内部変動



発生頻度の低い**異常気象・極端** 現象の変化については、予測の 不確実性が大きい。



多数メンバーの予測計算を 行って確率的な統計情報を 作成する。

多数の地球システムモデルで、複数のシナリオで地球温暖 化予測をすることで、全地球的な、起こりうる状況を見積も れるようにする。細かい情報は、高解像度モデルで見積もる。

多数メンバー実験

少しずつ異なる初期条件を用い、同じモデルによる多数の予測計算を行う。

1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
1930	1900	1970	1900	1990	2000	2010
The last last last last						
1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
128						
1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
19 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1						
1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
12/10						
1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
30 100E 100E 100E 100E 170E						
1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
- 57						

これら多数の予測計算では、気温、降水量の平年値などは、ほぼ同じ結果になる。しかし日々の気象状況はそれぞれで全く異なり、極端気象現象も多数、発生する。



多数メンバー実験の結果から、極端現象の地球温暖化予測について確率的な統計情報を作成することができるようになる。

多数メンバー実験

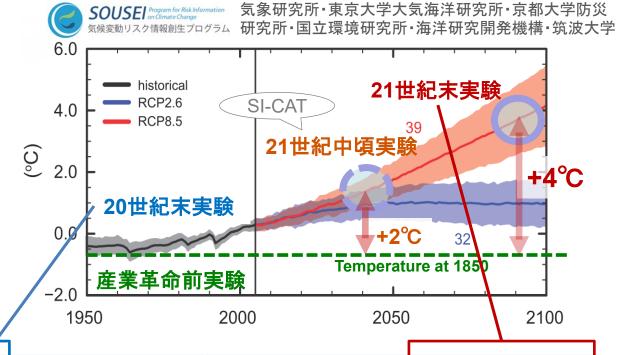


d4PDF:

高解像度大気モデルによる 多数メンバー実験 (Mizuta et al. 2017)

全球: 格子間隔 60km

領域:格子間隔 20km

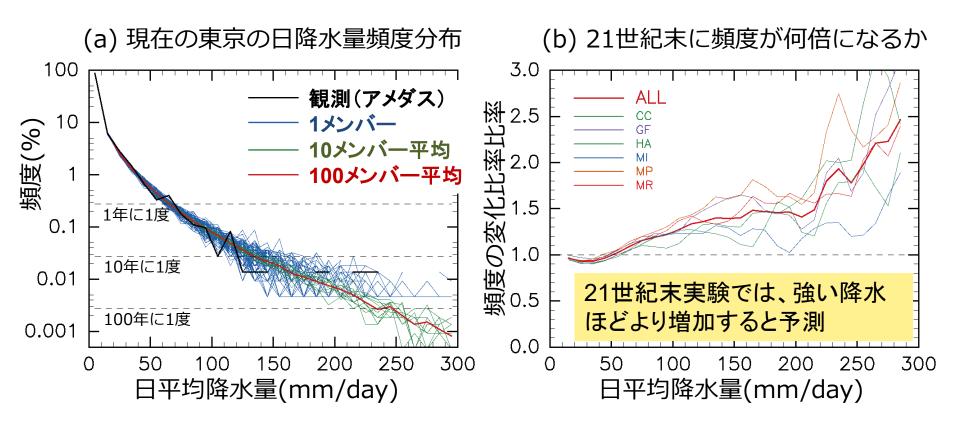


期間
メンバー数
(MRI-AGCM) メンバー数
(NHRCM)
海面水温
温室効果ガス など

20世紀末実験	産業革命前前実験	21世紀中頃実験	21世紀末実験
60年	60年	60年	60年
100	100	6×9	6×15
100	100	6×9	6×15
観測値	観測値から温暖化変 化分を除去	観測にCMIP5モデル のSST変化を上乗せ	観測にCMIP5モデル のSST変化を上乗せ
観測値	1850年相当	2040年相当	2090年相当

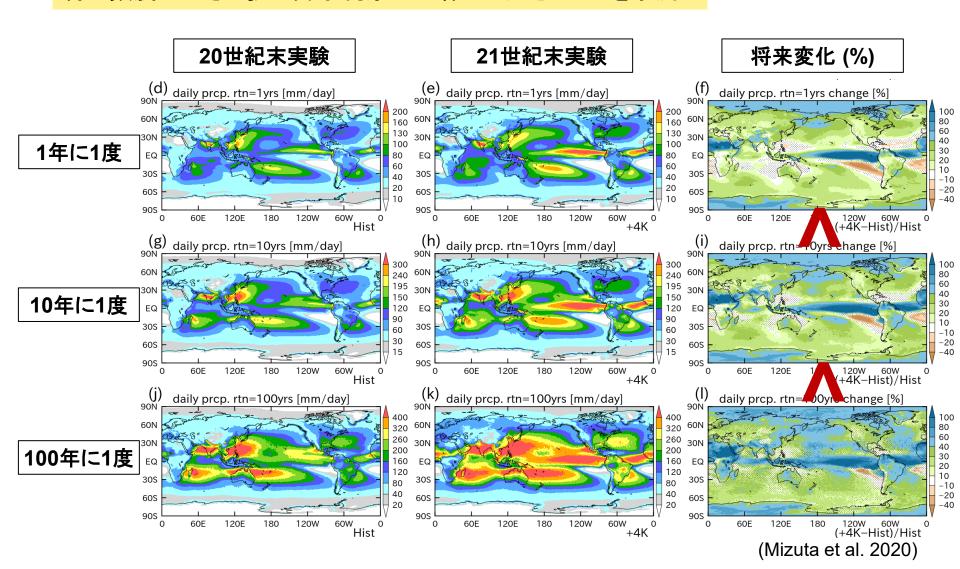
多数メンバー実験のメリット: 東京での日降水量頻度分布

アメダス観測(黒線)や単独の実験(青線)では直接算出できないような「100年に一度」(0.003%)の大雨を、100メンバーの統計処理結果(赤線)では直接算出可能に。



地球温暖化による、XX年に1度の日降水量の変化

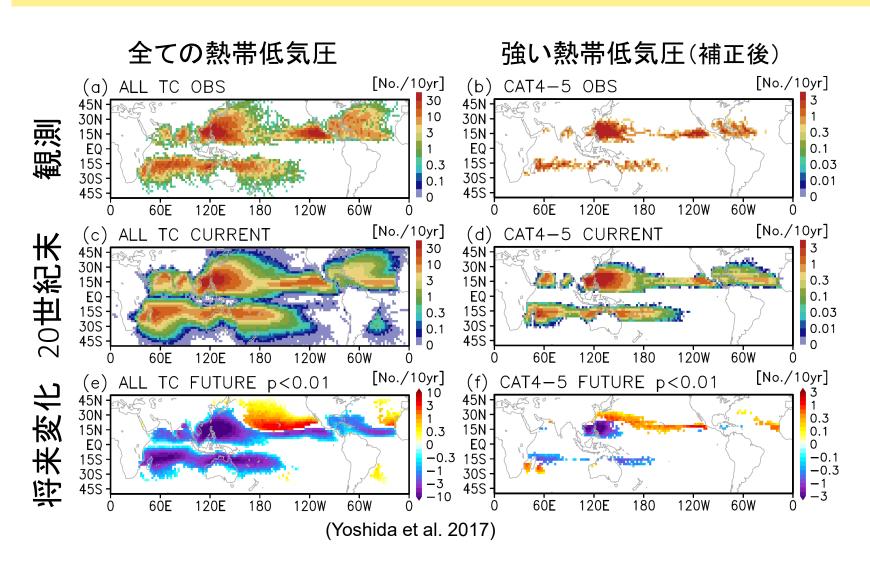
世界のほとんどの場所で、極端な日降水量が増加すること、特に頻度の小さい強い降水現象ほど増加が大きいことを予測



地球温暖化による、熱帯低気圧の通過頻度の変化

熱帯低気圧については、増加・減少が場所ごとに予測できるように。

北大西洋・北太平洋の高緯度寄りで、強い熱帯低気圧(台風・ハリケーン)の増加を予測



地球温暖化による大雪の変化

平均降雪量そのものは減少が予測されている ものの、

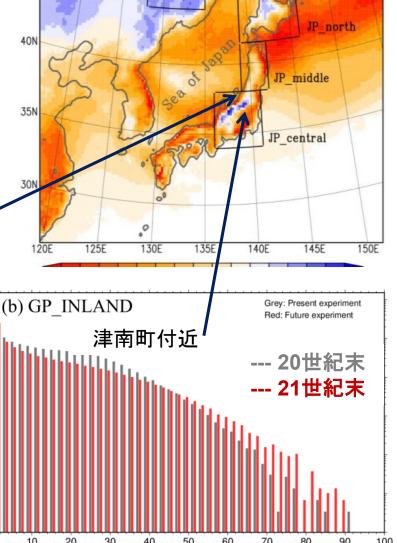
北海道や北陸地方の山岳域では、数年に1度以下の頻度の極端な日降雪量が増加すると予測

極端降水の増加が、気温上昇による降雪の減少の寄与を上回るためと考えられる。

日降雪量の頻度分布 (a) GP COAST ey: Present experiment Red: Future experiment 新潟市付近 年あたりの日数 年あたりの日数 --- 20世紀末 --- 21世紀末 0.01 .001 001 0.0001 0.0001 70 60 80 90 100 (mm)

10年に1度の日降雪量

CONTINENT



(mm)

(Kawase et al. 2016)

日降雪量

日本版地球温暖化評価レポート 「日本の気候変動2020」



気象研究所が実施してきた、高解像 度全球大気モデルと地域気候モデル の計算結果をもとに、確信度情報を含 む、地球温暖化予測情報を作成した。



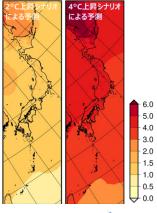


現在までに観測されている変化

- 日本国内の都市化の影響が比較的小さい15地点で観測された年平均気温は、1898~2019年の間に、100年当たり1,24°Cの 割合で上昇している。
- 1910~2019年の間に、真夏日、猛暑日及び熱帯夜の日数は増加し、冬日の日数は減少した。特に猛暑日の日数は、1990年 代半ばを境に大きく増加している。

将来予測

	2°C上昇シナリオによる予測 パリ協定の2°C目標が達成された世界	4°C上昇シナリオによる予測 現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界
年平均気温	約1.4°C上昇	約4.5°C上昇
【参考】世界の年平均気温	(約1.0°C上昇)	(約3.7°C上昇)
猛暑日の年間日数	約2.8日増加	約19.1日増加
熱帯夜の年間日数	約9.0日増加	約40.6日増加
冬日の年間日数	約16.7日減少	約46.8日減少



- ●いずれのシナリオにおいても21世紀末の日本の平均気温は上昇し、多くの地域 で猛暑日や熱帯夜の日数が増加、冬日の日数が減少すると予測される。

隆水



文部科学省 MINISTRY OF EDUCATION.



現在までに観測されている変化

- 大雨及び短時間強雨の発生頻度は有意に増加し、雨の降る日数は有意に減少している。
- 一方、年間又は季節ごとの降水量(合計量)には統計的に有意な長期変化傾向は見られない。

将来予測

	2°C上昇シナリオによる予測 パリ協定の2°C目標が達成された世界	4°C上昇シナリオによる予測 現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界
日降水量200 mm以上の年間日数	約1.5倍に増加	約2.3倍に増加
1時間降水量50 mm以上 ^{注)} の頻度	約1.6倍に増加	約2.3倍に増加
日降水量の年最大値	約12%(約15 mm)増加	約27%(約33 mm)増加
日降水量1.0 mm未満の年間日数	(有意な変化は予測されない)	約8.2日増加

- 全国平均で見た場合、大雨や短時間強雨の発生頻度や強さは増加し、雨の降る日数は減少する と予測される。
- ●日本全国の年間降水量には、統計的に有意な変化は予測されていない。 なお地域や都道府県単位の予測については、予測の不確実性が高い。
- ●初夏(6月)の梅雨前線に伴う降水帯は強まり、現在よりも南に位置すると予測される。 なお7月については、予測の不確実性が高い。

まとめ

- 気象研究所では約20年前から、地球温暖化による気候変化を地域規模で詳細に予測することを目的として、水平解像度が約20kmの全球大気モデルを開発してきた。
- 気候の平均状態に加え、極端現象についても再現性の高いモデルに改良し、 主に21世紀末(産業革命前に比べて約4度上昇)の条件での将来予測デー 夕を作成してきた。
- 水平解像度約2kmまでの地域気候モデルと組み合わせ、さらに多数メンバー 実験により、極端現象の地球温暖化予測について確率的な統計情報を作成で きるようになった。
- このような予測情報は、自然災害・農業・水資源・生態系・健康などへの影響評価研究に利用され、地球温暖化による被害を最小限に抑えるための「適応策」の推進につながっている。

今後の取り組み

- 強い台風や降水が、短い時間の大気・海洋間の相互作用の影響を受けることから、その効果を含むモデルによる予測情報にしていく必要がある。
- 近年の地球温暖化の進行や、地球温暖化の抑制につなげる「緩和策」の進展から、近未来の、より小さい地球温暖化の下での、予測情報を出していく必要がある。