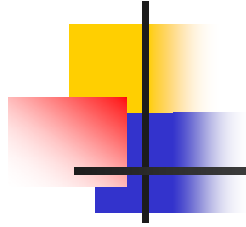


気候変動に伴う極端現象の変化について

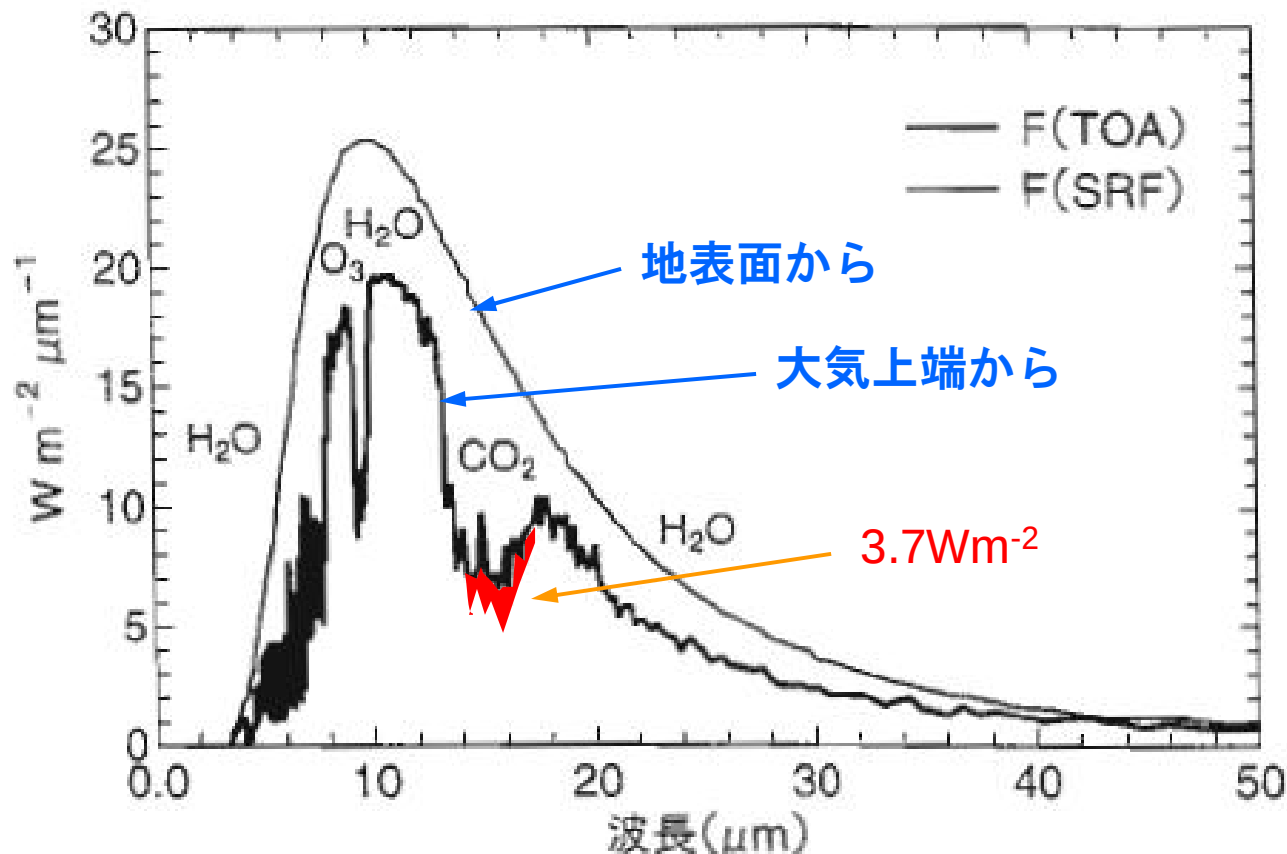
住 明正
国立環境研究所理事長



温室効果とは、社会への影響とは

CO₂2倍(温室効果増加)の放射強制力

CO₂が2倍になると15 μm 帯の放射(大気上端)が3.7W/m²減少

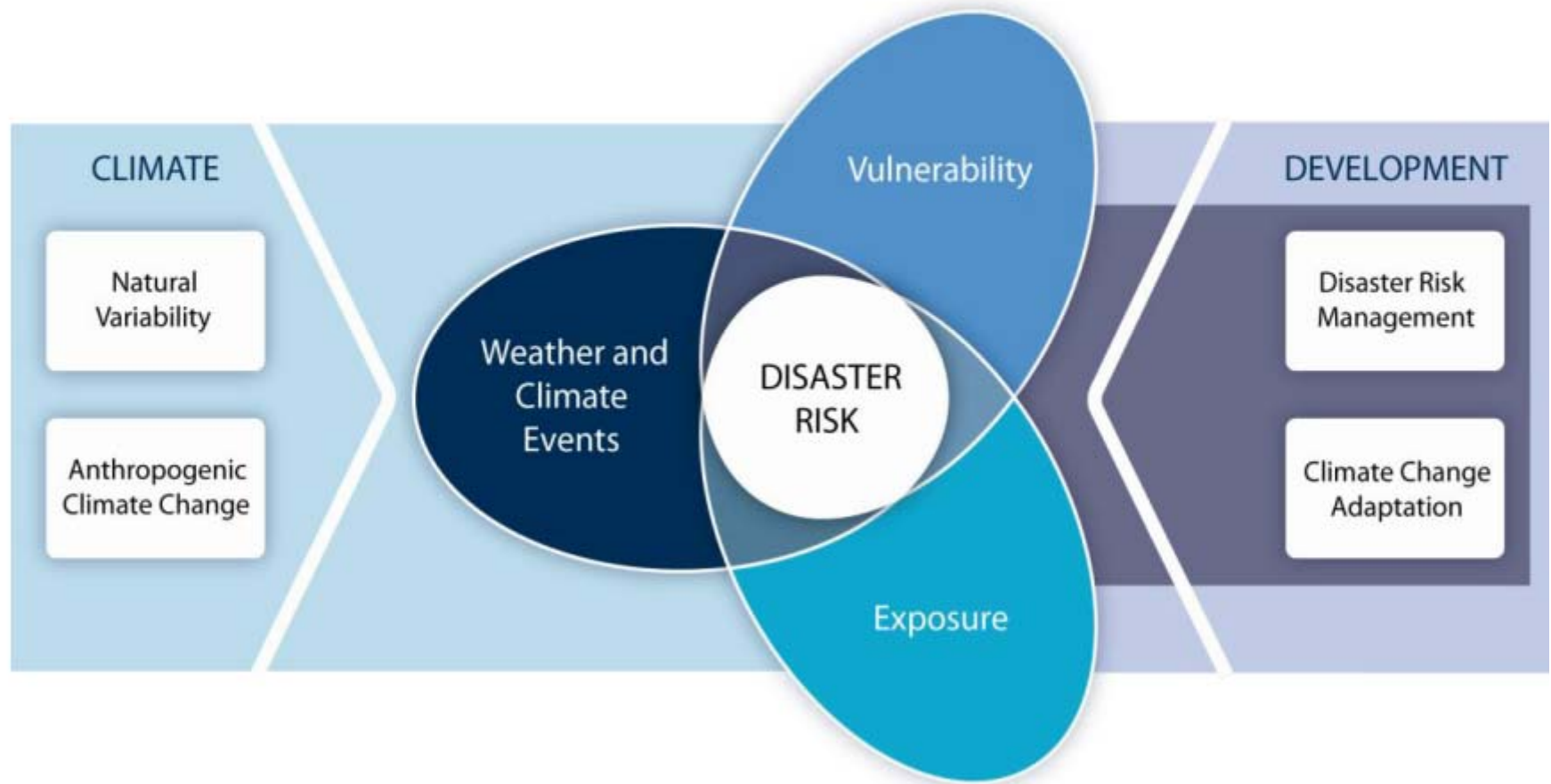


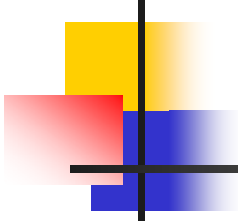
エネルギー流出が減少 → バランスがくずれ加熱

→ 地表面が高温に → 約1.3K高温でバランス [→ 水蒸気増加

→ H₂Oによる温室効果 → さらに高温(1.9~2.4K)でバランス]

Increasing vulnerability, exposure, or severity and frequency of climate events increases **disaster risk**





将来の情報を得るためには？

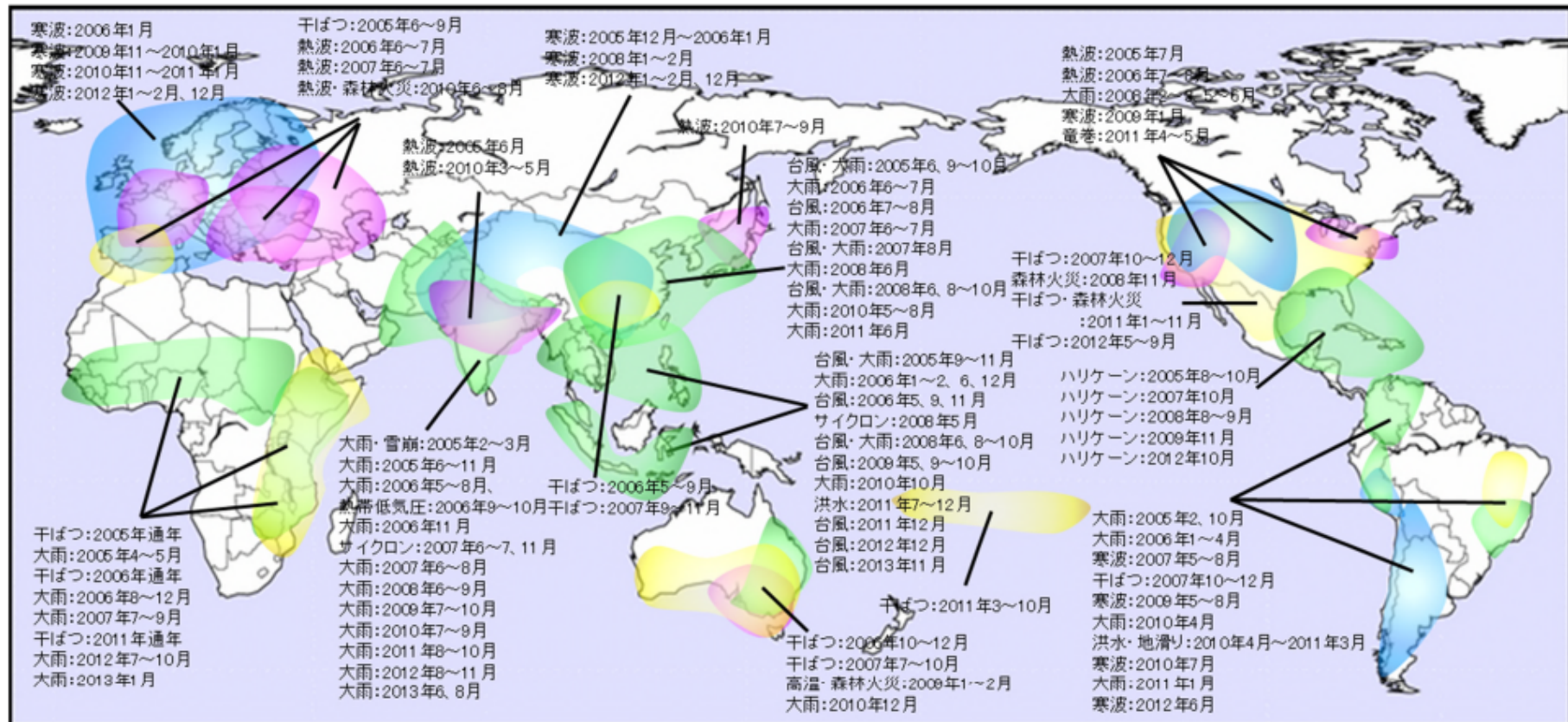
- 将来の時間スケールと時間分解能
- データに依拠する
 - 地質学的データ
 - 古気候学的データ
 - 気象学・海洋学の観測データ
- 数値モデルに依拠する
 - モデルの正しさは？

極端現象の過去および将来の変化

現象及び傾向	20世紀後半に起きた可能性	人間活動の寄与の可能性	将来の傾向の可能性
寒い日と寒い夜の頻度減少	可能性が非常に高い	可能性が非常に高い	ほぼ確実
暑い日と暑い夜の頻度増加	可能性が非常に高い	可能性が非常に高い	ほぼ確実
熱波の頻度が増加	いくつかの地域で可能性が高い	可能性が高い	可能性が非常に高い
大雨の頻度が増加	増加地域が減少地域より多い可能性が高い	確信度が中程度	中緯度と熱帯湿潤域で可能性が非常に高い
干ばつの影響を受ける地域が増加	いくつかの地域で可能性が高い	確信度が低い	可能性が高い
強い熱帯低気圧の数が増加	確信度が低い	確信度が低い	どちらかと言えば
高潮の発生が増加	可能性が高い	可能性が高い	可能性が非常に高い

最近の天気はおかしい？

2005-2013年の世界の異常気象



豪雨は増えている？



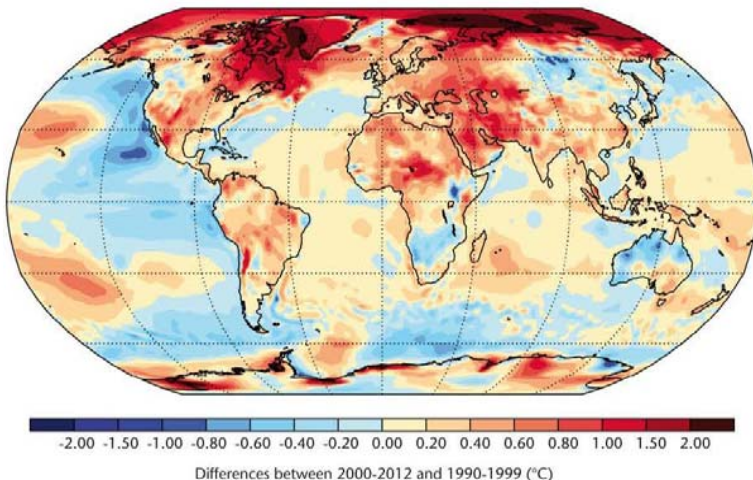
図4 アメダス地点で1時間降水量が50mm以上（左）及び80mm以上（右）となった8月の観測回数の経年変化（1976～2014年、1,000地点あたりの観測回数に換算）

棒グラフ（緑）は各年の値を、直線（赤）は期間にわたる変化傾向（信頼度水準90%で有意）を示す。

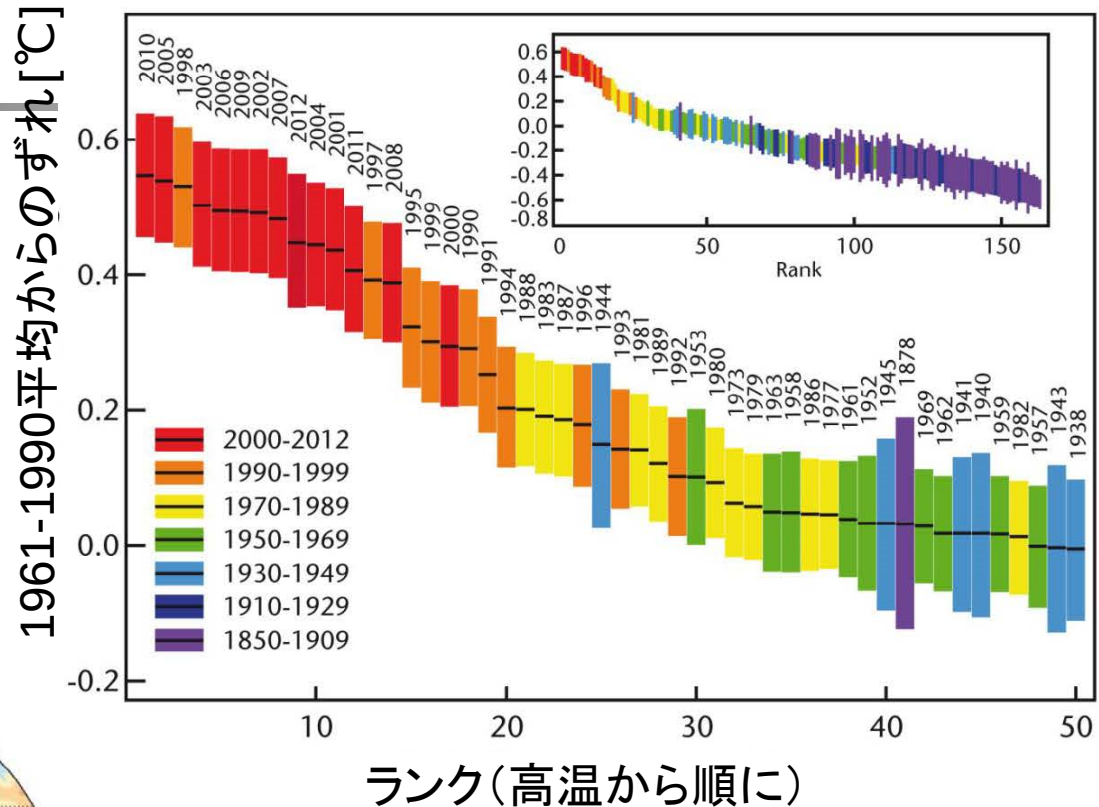
地球は温暖化している

- 1998年以外のTop 10は全て21世紀になってからの記録
- 2000年以降は、1961-1990年に比べ平均して約0.5℃気温が高い

最近の地表気温変化
(1990-1999年平均と
2000-2012年平均の差)



1850年以降の全球平均地表気温のランキング

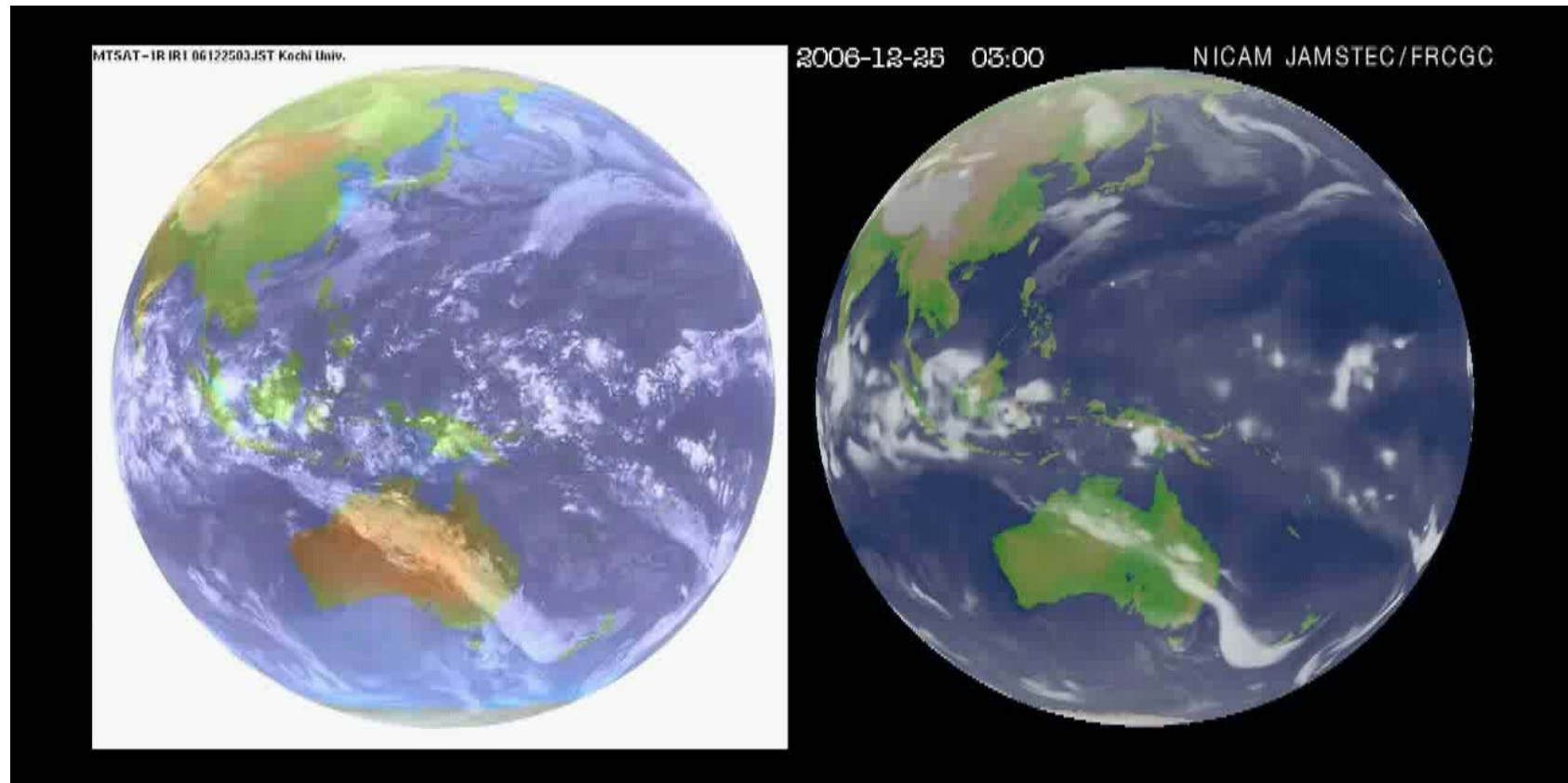


- 北極周辺および大陸上の昇温が大きい

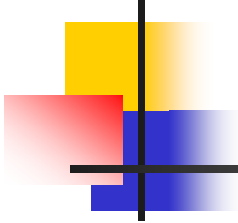
NICAMにより再現された雲分布

静止気象衛星ひまわり6号の雲画像

NICAM 3.5km メッシュシミュレーション



Miura et al. (2007, Science)

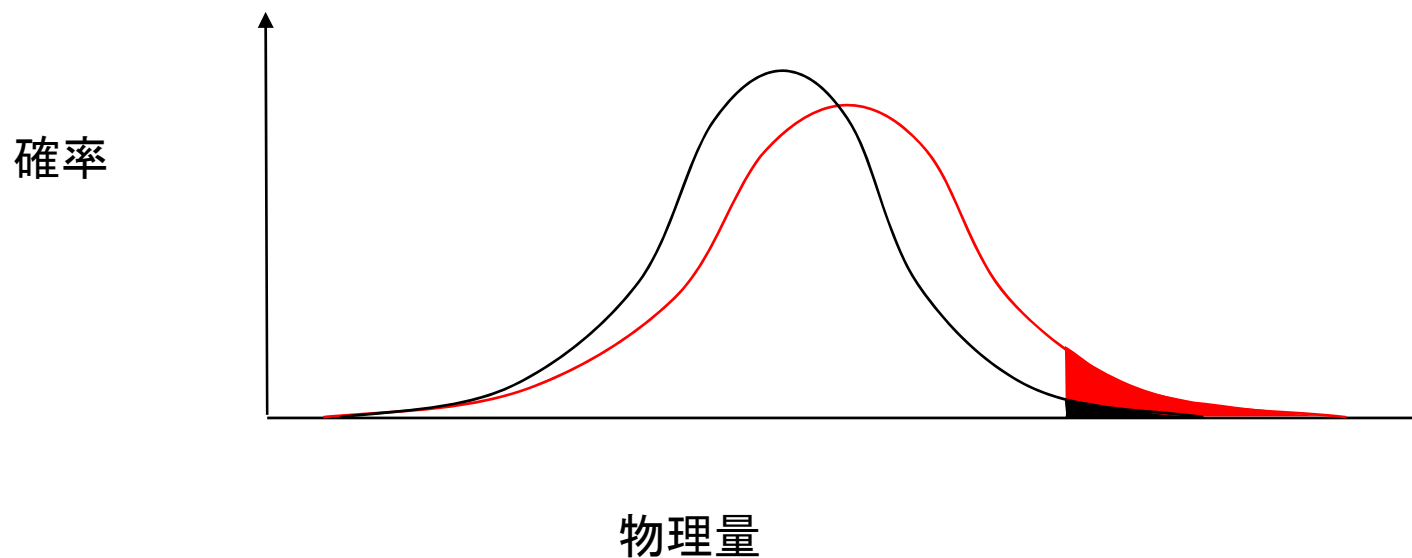


気象と気候の違い

- 気象とは、日々の天気現象
- 気候とは、平均状態（普通は、時間平均）
- 気象庁の定義は、30年
- 気候値自体も変化する
- 時間スケール、空間スケールに依存
- 人の印象は、自分の周りの現象に引きずられる

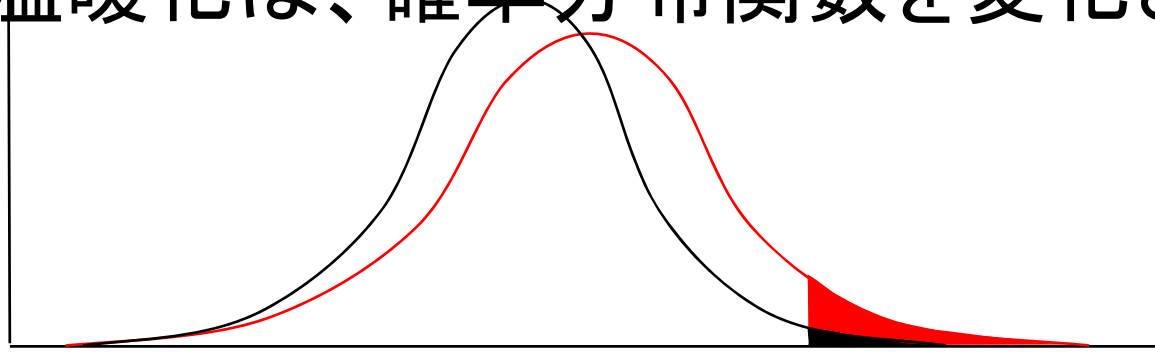
自然現象は、確率分布をする

- 確率密度関数(PdF)



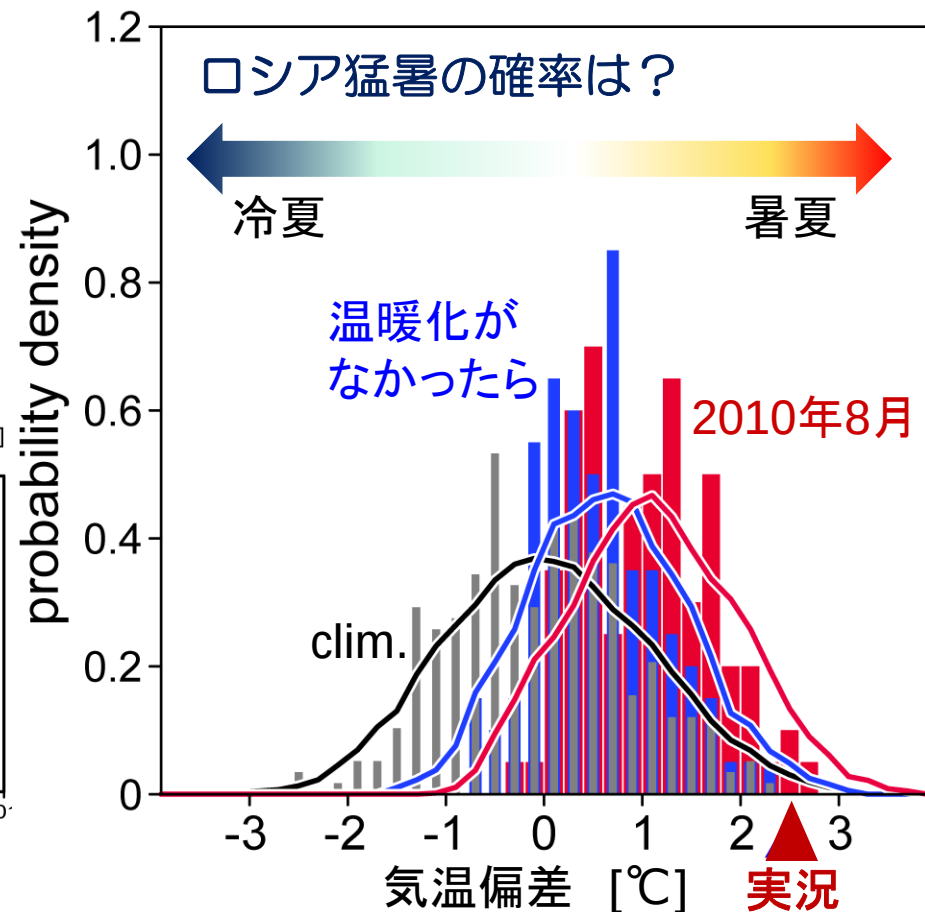
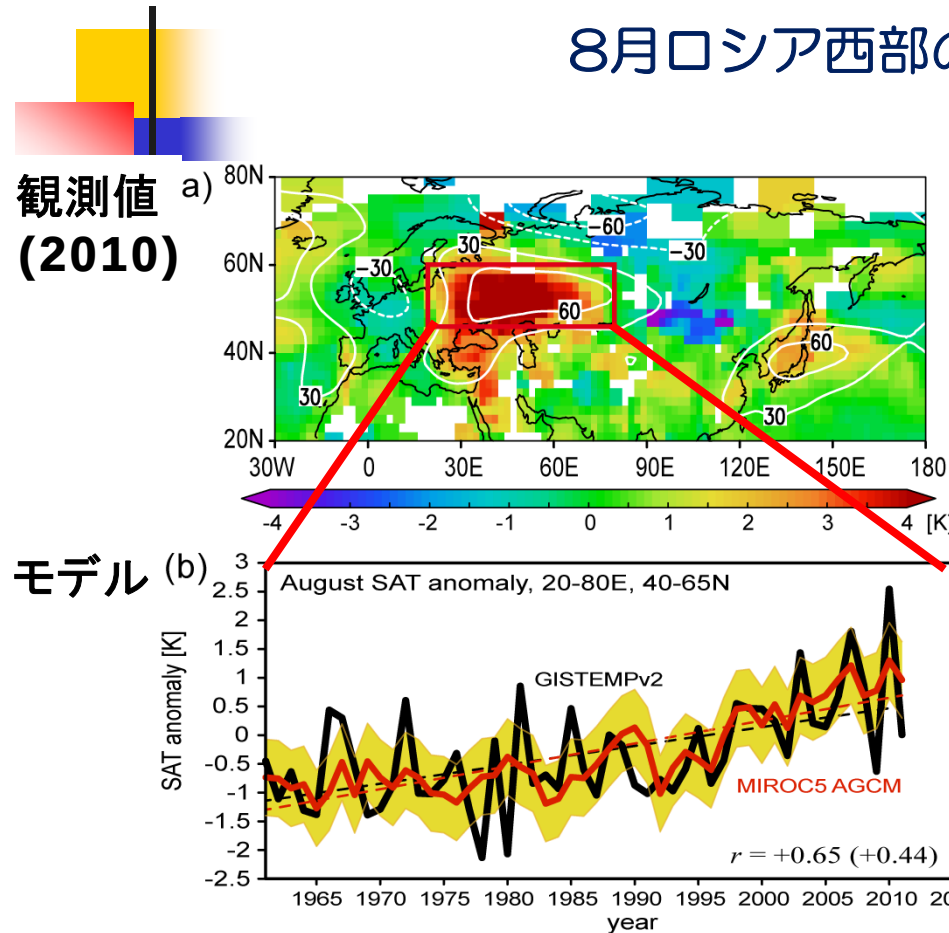
どの程度、地球温暖化が寄与しているか？

- 温暖化対策にどの程度の費用をかけたらいいのか？
- イベント・アトリビューションという手法
- モンテカルロ法と同じ
- 地球温暖化は、確率分布関数を変化させる



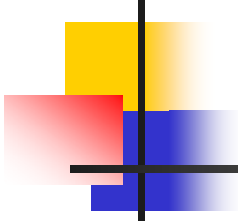
2010年猛暑のEA

8月ロシア西部の地表気温偏差



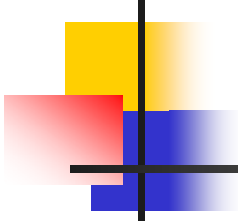
観測された猛暑は—

- ほとんどは自然の変動
- しかし、確率的には、温暖化していなければほとんど発生しなかった（発生確率 3.3% $\Rightarrow$ 0.6%）



自然災害としては

- 温度事象(猛暑、暖冬、冷夏、寒冬)
- 降水現象(豪雨、干ばつ)→洪水・土砂崩れ
- 海面上昇
- これらは、主として物理現象
- 温度は、高頻度確率事象(正規分布)
- 豪雨は、まれにしか起きないが被害が大きい



降水に関しては、

- 集中豪雨
- 台風

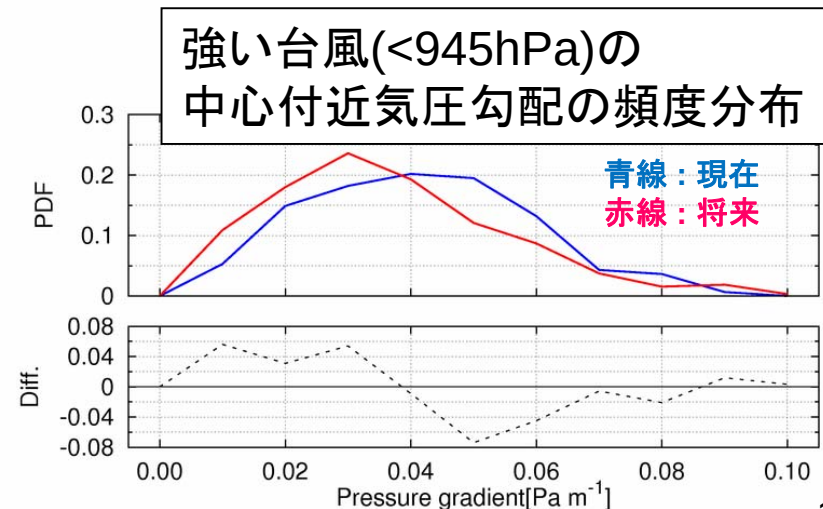
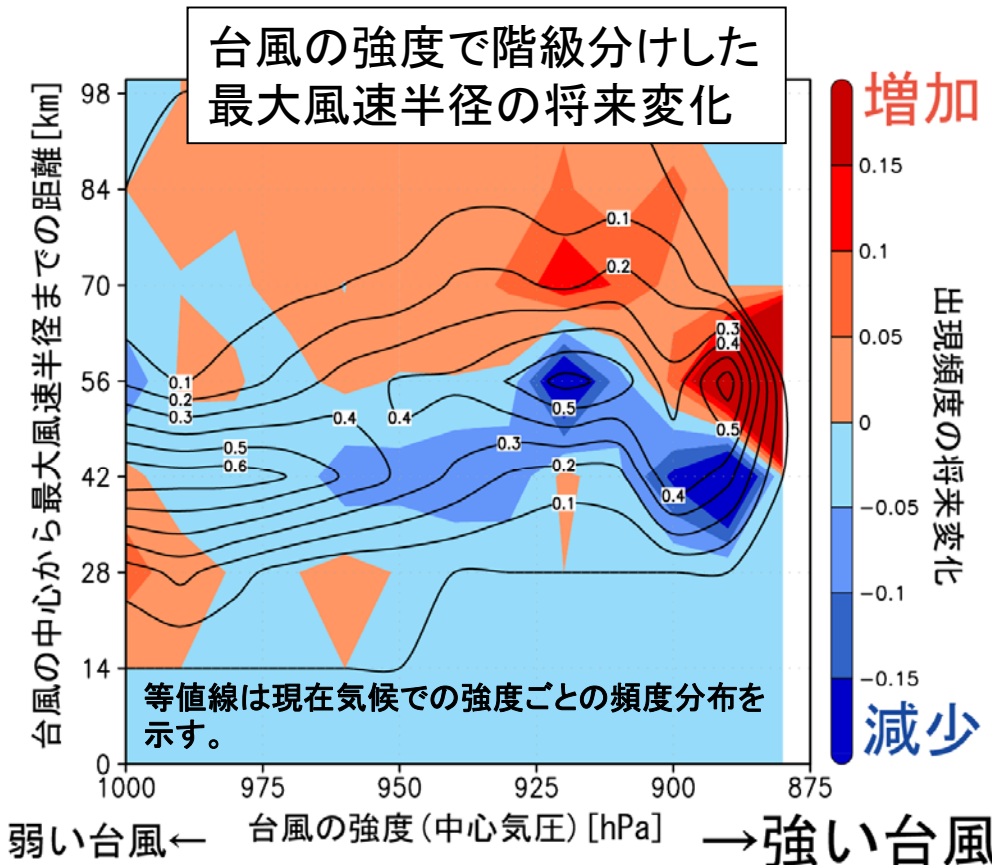
熱帯低気圧の将来変化シミュレーション

NICAM30年積分(現在気候・将来気候)の解析

将来変化 4 metrics	台風発生数	強い台風 発生数	強度	台風周りの 降水
	減少	増加	増加	増加
IPCC AR5	減少	増加	増加	増加
NICAM	減少(-23%)	増加(+7%)	増加(+3%)	増加(+22%)

台風の将来変化

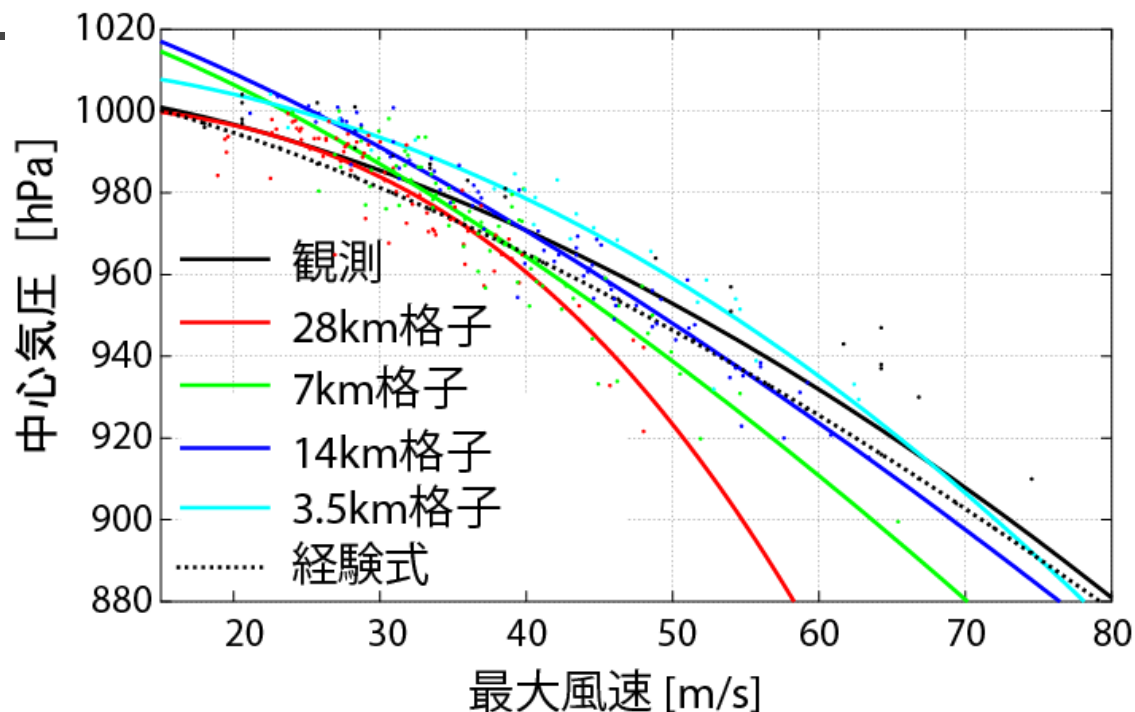
- 4 metricsの変化は既往の研究と同じ (IPCC, 2013)
- 台風の大きさ(最大風速半径)の増加
同じ強度で比べた時、強い台風ほど
この傾向は顕著
- 中心付近の気圧勾配が小さく



熱帯低気圧のシミュレーション

NICAM7km実験(現在気候)の解析

最大強度時の台風の最大風速と気圧の関係



台風の最大風速と気圧の関係は高解像度になると特に強い台風に対して観測および経験式に近づく

経験式: $V_m = 6.7(1010 - p_c)^{0.644}$ (Atkinson & Holiday, 1977)

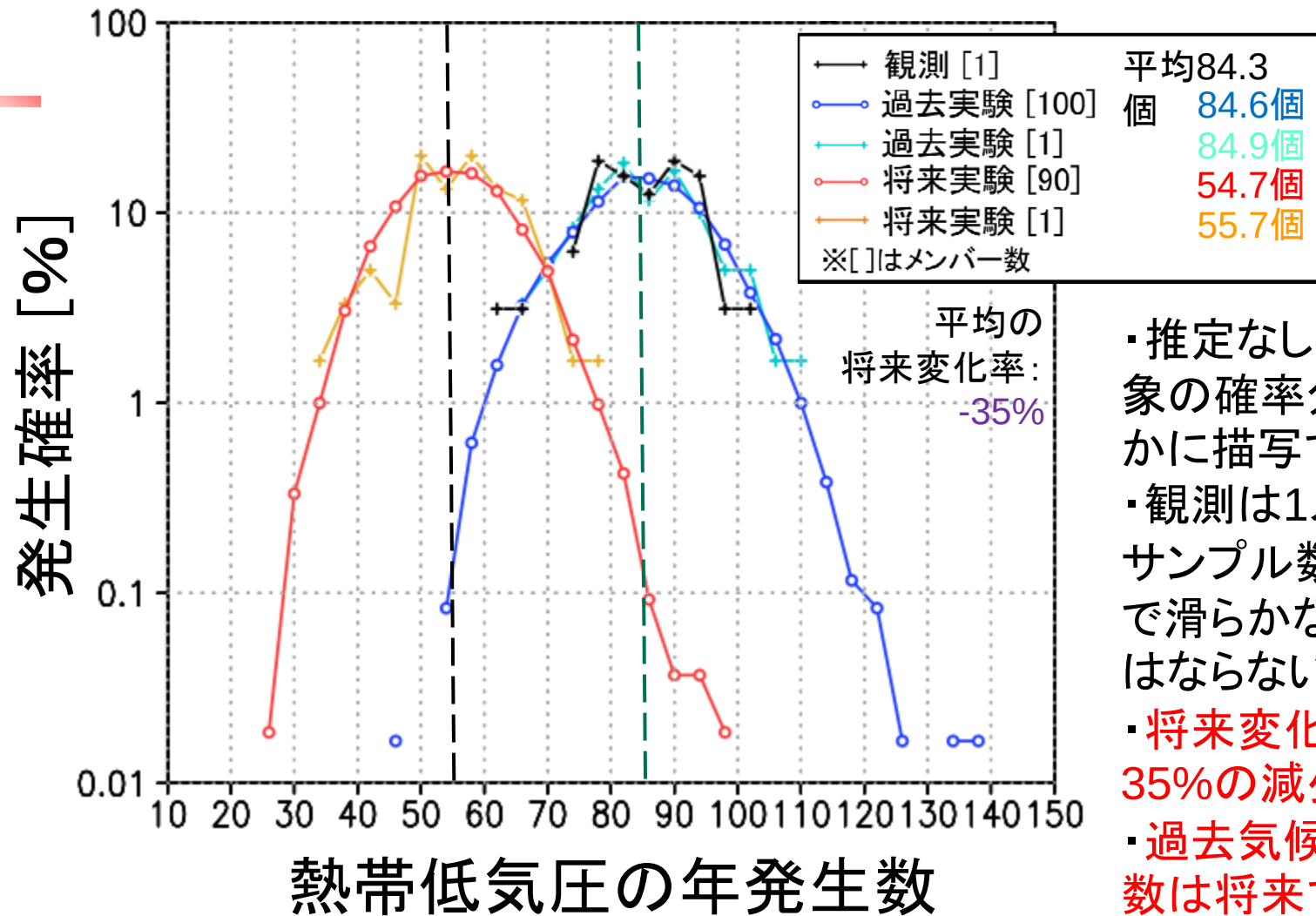
V_m : 最大風速、 p_c : 中心気圧

60km全球モデルによる多数アンサンブル 気候実験のモンスーン



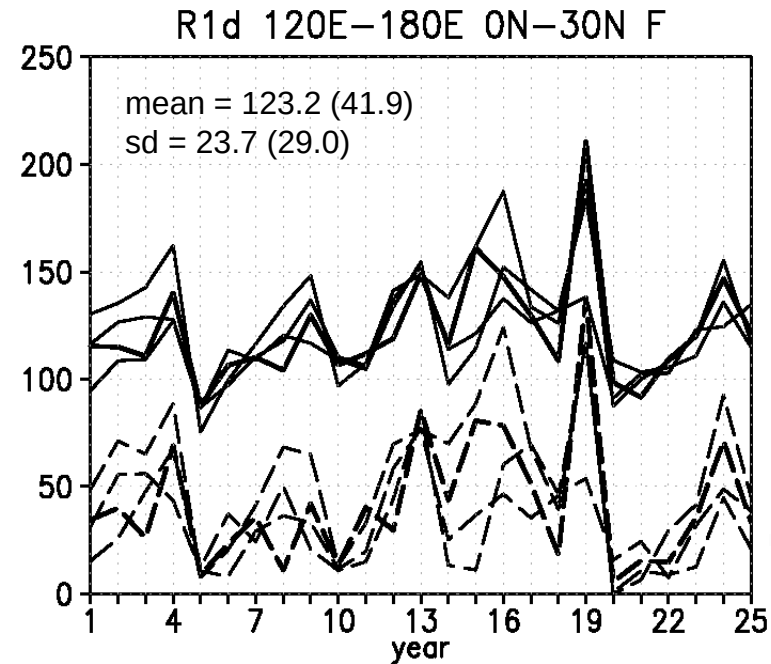
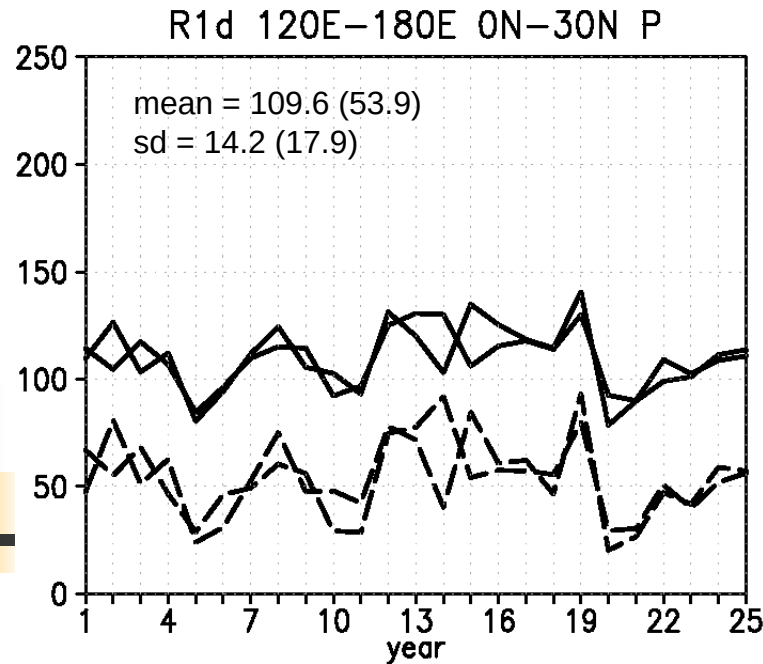
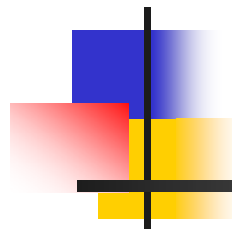
統計的な性質を推定するためには、多数のサンプルが必要
6つの海面水温変化x15ケースのノイズ、60年積分

全球年発生数の確率分布



- ・推定なしで低頻度な事象の確率分布まで滑らかに描写できている
- ・観測は1メンバー分のサンプル数に対応するので滑らかな確率分布にはならない
- ・将来変化は平均的に35%の減少
- ・過去気候の平均年発生数は将来では0.1%程度の確率でしか発生しない

R1d [120E-180E,0N-30N平均] 時系列



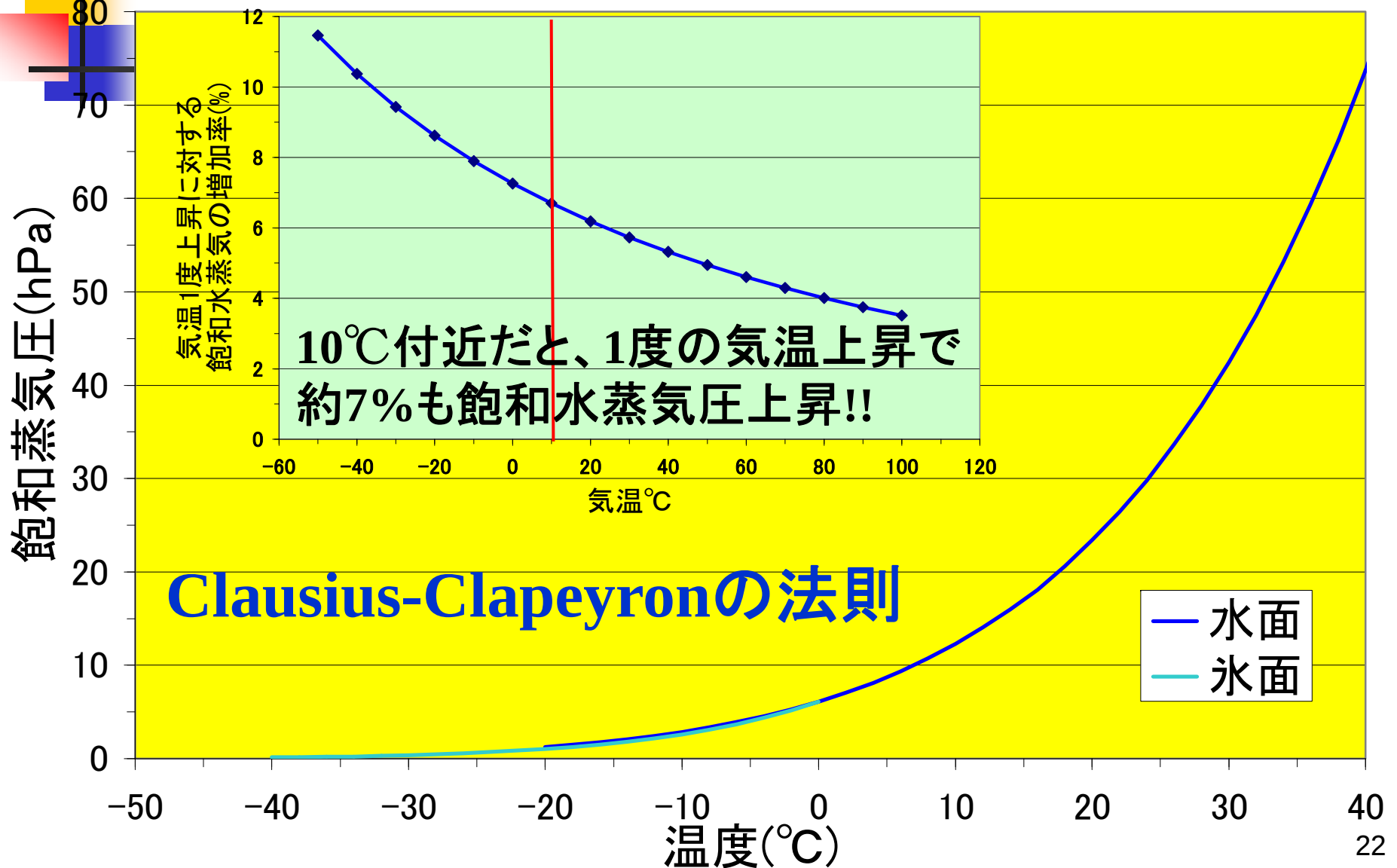
実線: R1d
破線: 台風起源のR1d

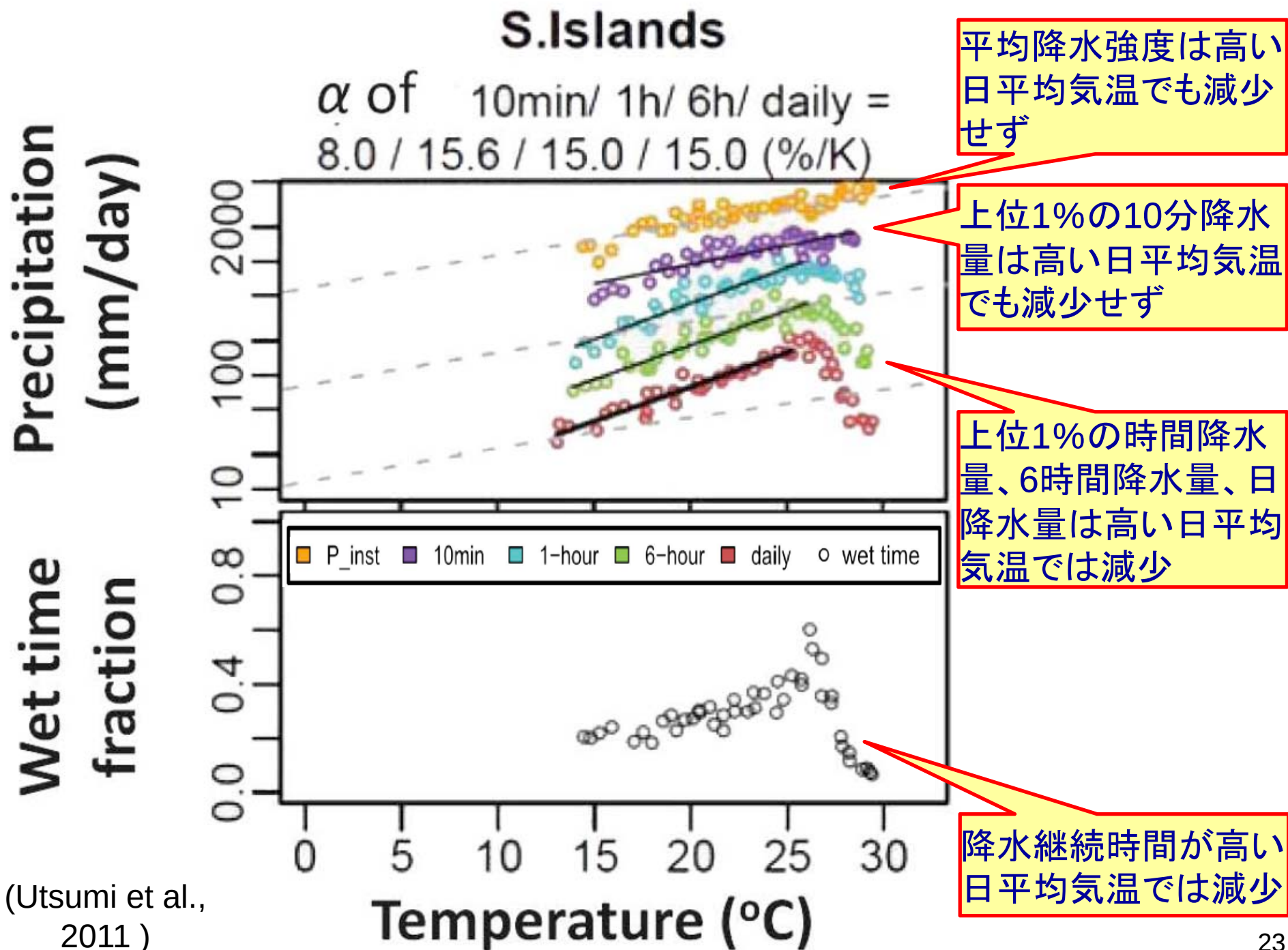
Thick: SFA_rcp85
Thin: cluster1,2,3

meanとsdの数字は120E-180E 0N-30N で平均したR1dの25年
平均とその標準偏差、括弧内は台風起源

将来、R1dの平均値と年々変動が増加
台風起源のR1dは、平均値が減少し、年々変動が増加

気温が上がると大気中の水蒸気量も増加する!!





平均降水強度は高い
日平均気温でも減少
せず

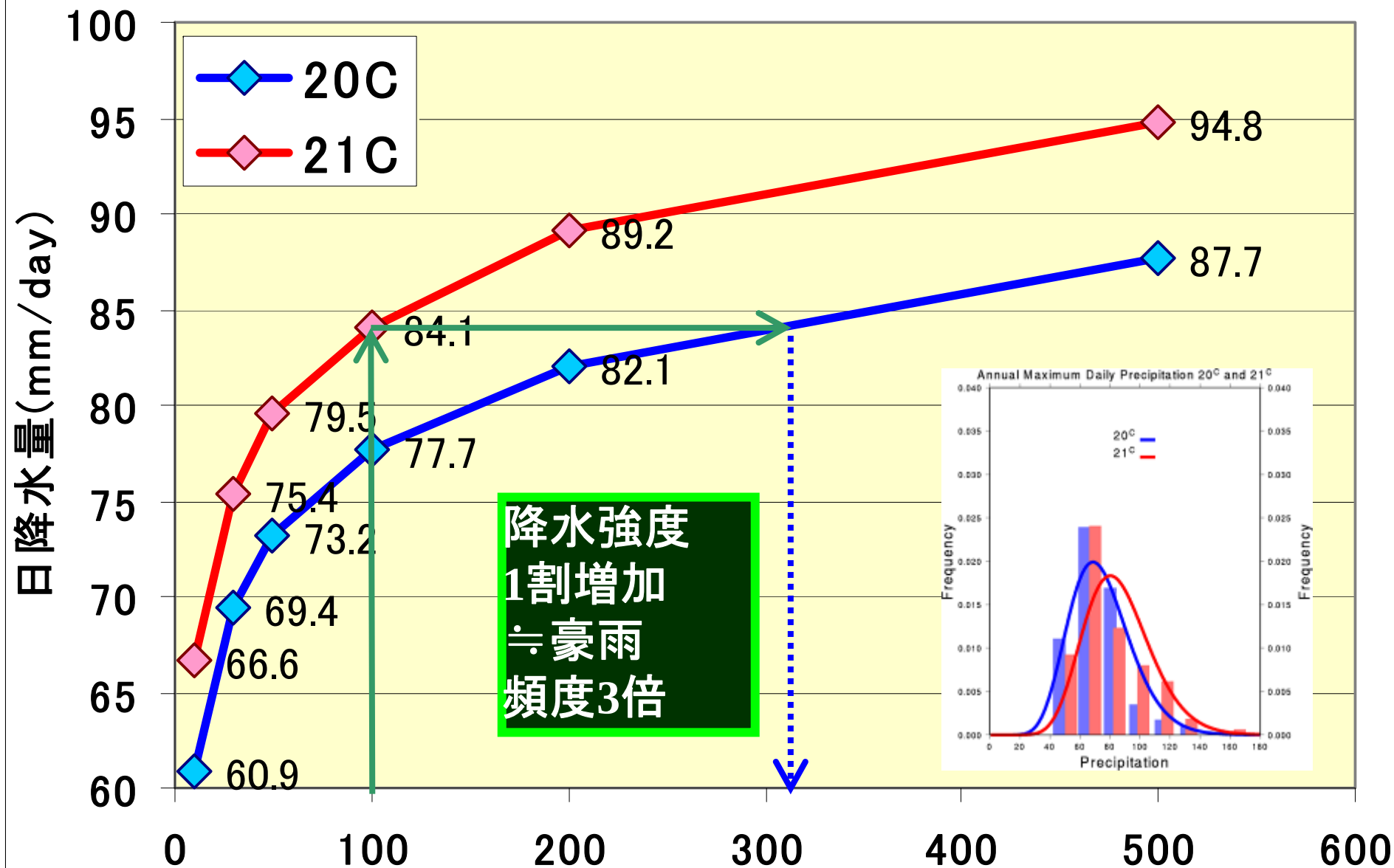
上位1%の10分降水
量は高い日平均気温
でも減少せず

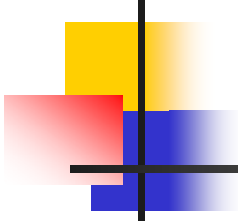
上位1%の時間降水
量、6時間降水量、日
降水量は高い日平均
気温では減少

降水継続時間が高い
日平均気温では減少

(Utsumi et al.,
2011)

X年確率降水量(年最大日降水量)





まとめ

- 温暖化に伴い、水蒸気量は増える
- 降水強度は変化する
- 強い雨が増える、弱い雨は減る
- 台風の個数は減るが、強い台風は増える