

# イベント・アトリビューションの最前線 —暑かった2023年を例に—



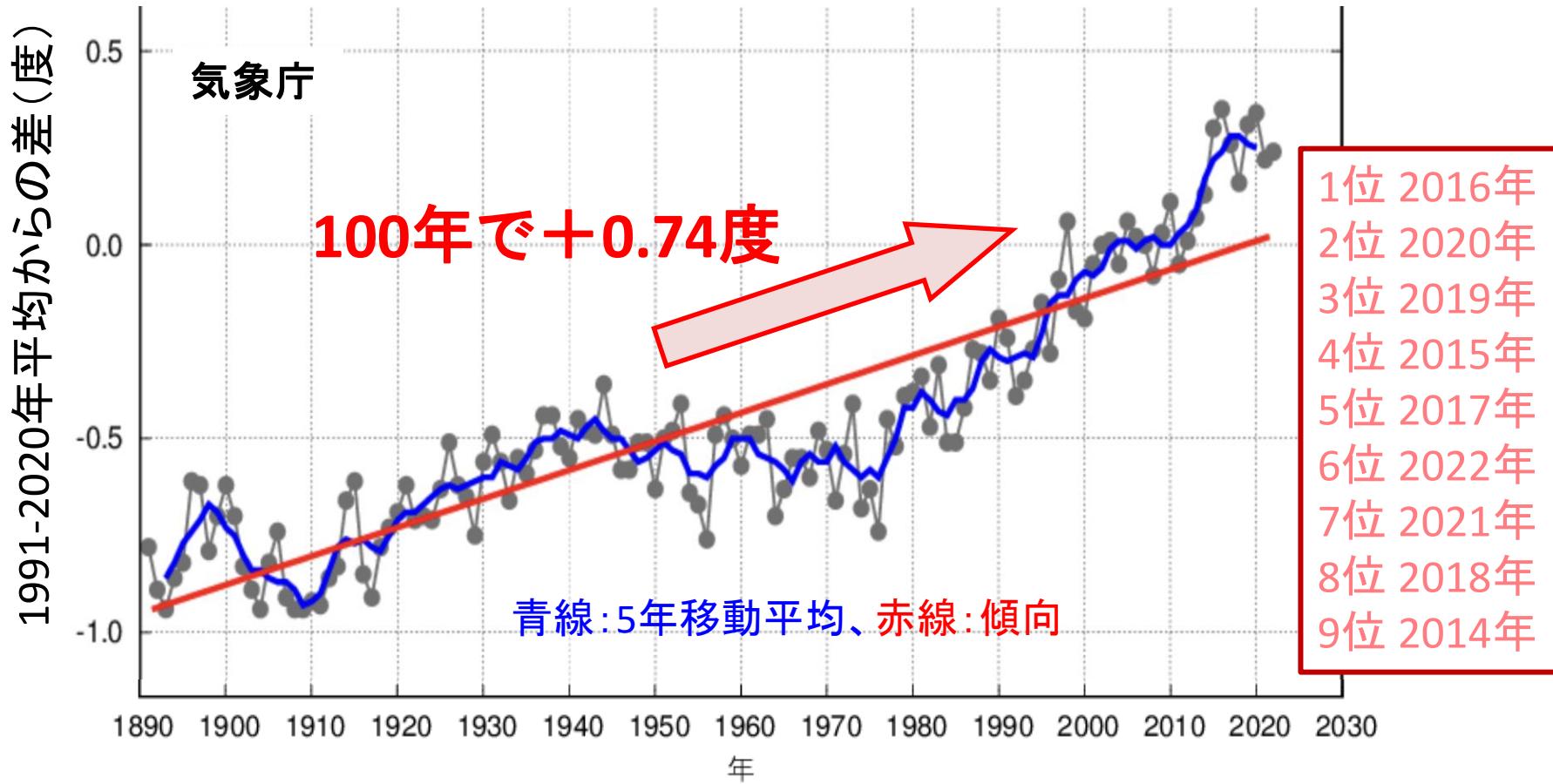
1. 地球温暖化と日本の異常気象の現状
2. 異常気象をシミュレーションする仕組み
3. イベント・アトリビューション
4. 将来の異常気象



# 1. 地球温暖化と日本の異常気象の現状

# 加速する地球温暖化：世界の気温

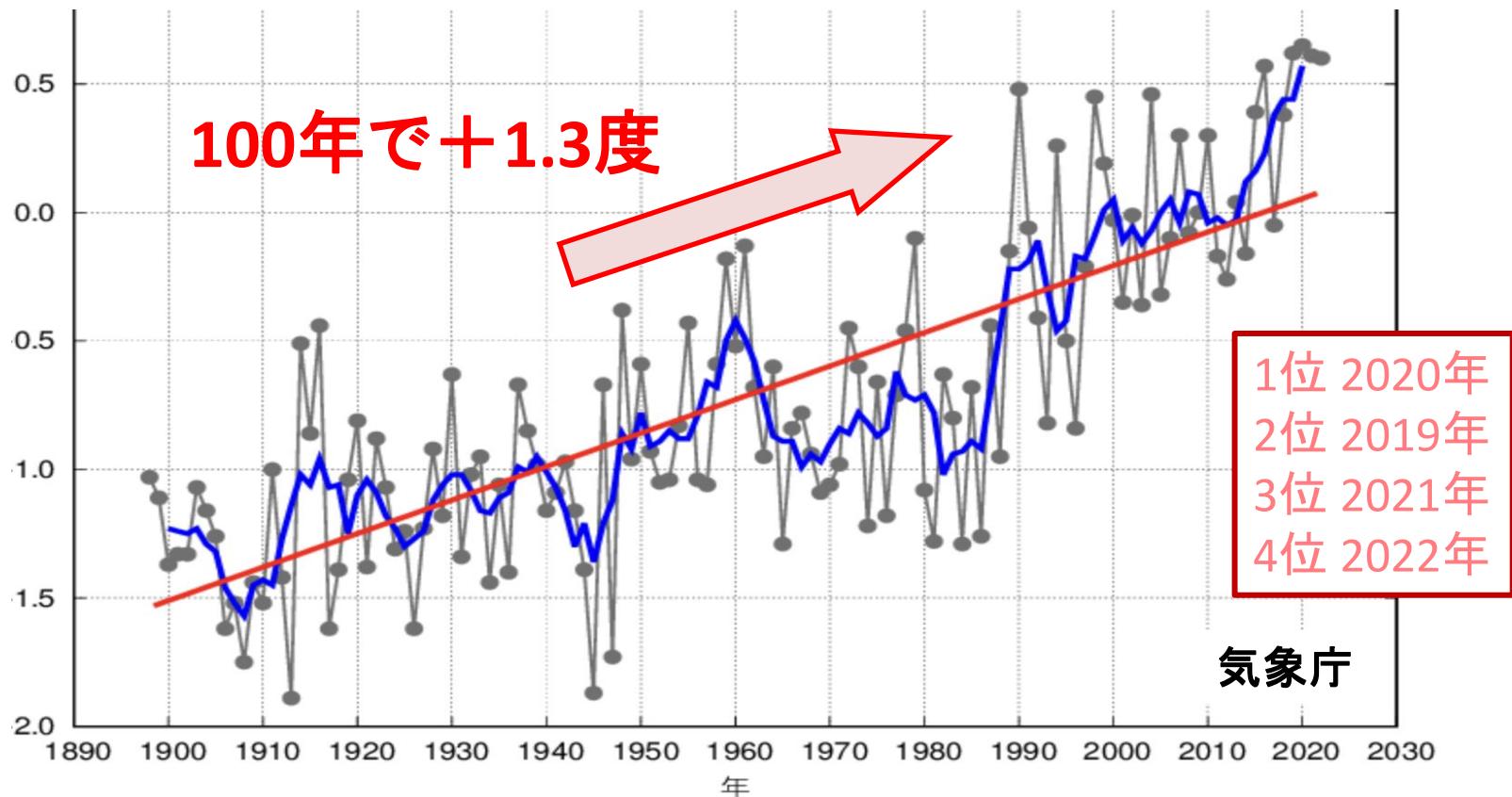
## 世界平均地上気温



# 加速する地球温暖化：日本の気温

## 日本の平均地上気温

※都市化の影響が小さい地点のみ



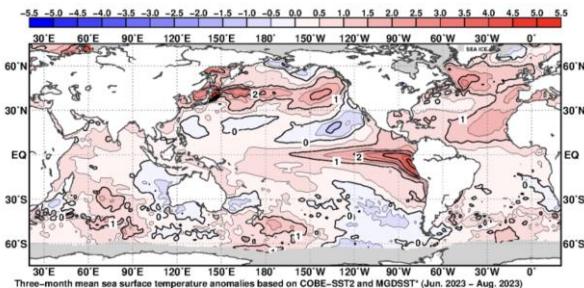
国内歴代最高気温は41.1度

(2020年8月17日 静岡県浜松市 2018年7月23日 埼玉県熊谷市)

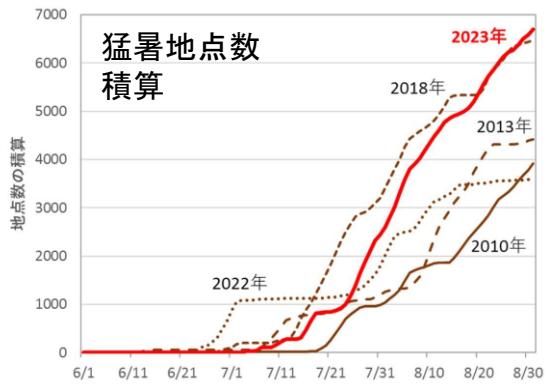
# 2023年の猛暑(日本&世界)

- ✓ エルニーニョ
- ✓ ラニーニャの名残
- ✓ 正のIOD
- ✓ 日本周辺の高温SST

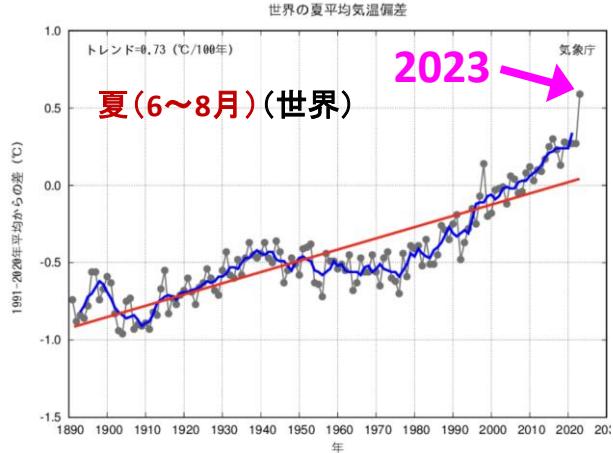
## 海面水温偏差(2023年夏)



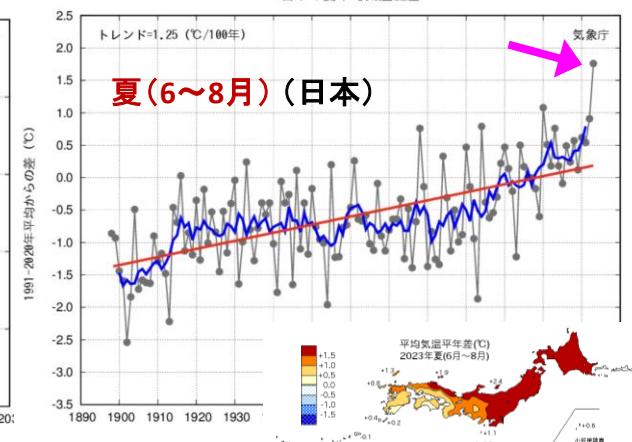
全国のアメダス地点で観測された猛暑日の地点数の積算



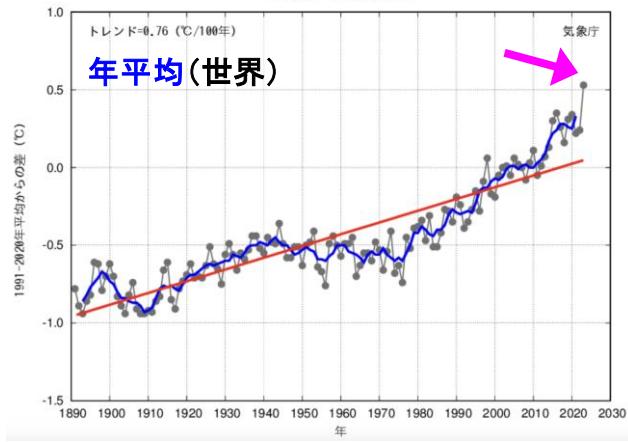
## 全球平均



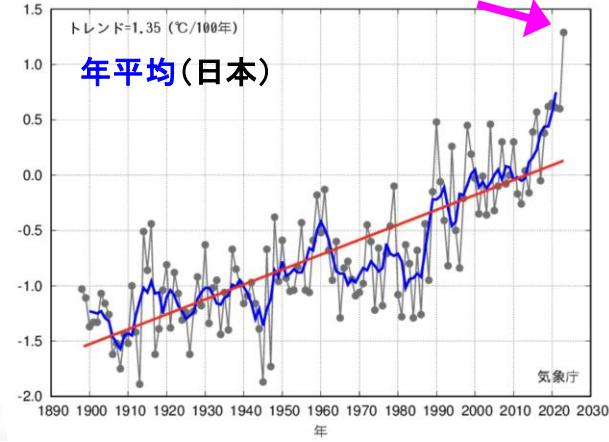
## 日本平均



## 世界の年平均気温偏差



## 日本の年平均気温偏差



# 平成20年以降に発生した豪雨

## ■ 近年の気象災害(気象庁が命名したもの)

- 平成20年8月末豪雨
- 平成21年7月中国・九州北部豪雨
- 平成23年7月新潟・福島豪雨
- 平成24年7月九州北部豪雨
- 平成26年8月豪雨
- 平成27年9月関東・東北豪雨
- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成30年7月豪雨
- 令和元年房総半島台風
- 令和元年東日本台風
- 令和2年7月豪雨

参考：顕著現象の報道発表資料一覧  
(気象研究所 台風・災害気象研究部第二研究室)  
<https://www.mri-jma.go.jp/Dep/typ/typ2/press.html>

※名前は付かな  
かったものの、近年  
も継続的に発生

### 令和3年

[7月] 静岡から神奈川西部の大雨(熱海で土石流)

[8月] 停滞前線により、西日本から東日本で大雨

### 令和4年

[8月] 北海道地方や東北地方及び北陸地方を中心に記録的な大雨

[9月] 台風第14号(九州)、第15号(静岡・愛知)による暴風、大雨等

### 令和5年

[6月] 梅雨前線及び台風第2号による記録的な大雨

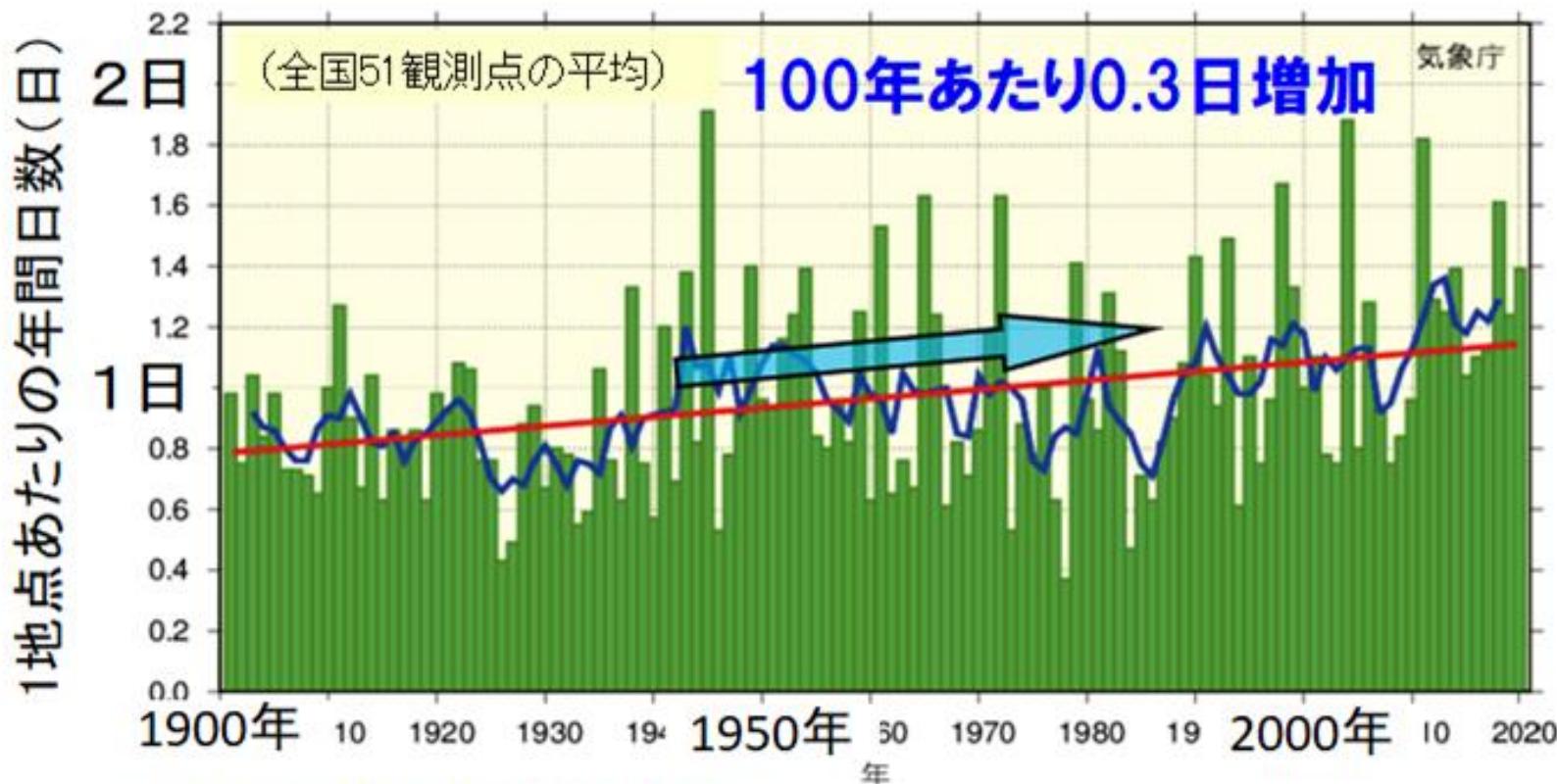
[9月] 関東甲信地方や東北太平洋側で台風第13号による大雨・線状降水帯

# 日本の大雨の増加

## 日降水量100mm以上の年間日数

気象官署等  
1900年～

全国【51地点平均】日降水量100mm以上の年間日数



青線: 5年移動平均、赤線: 傾向

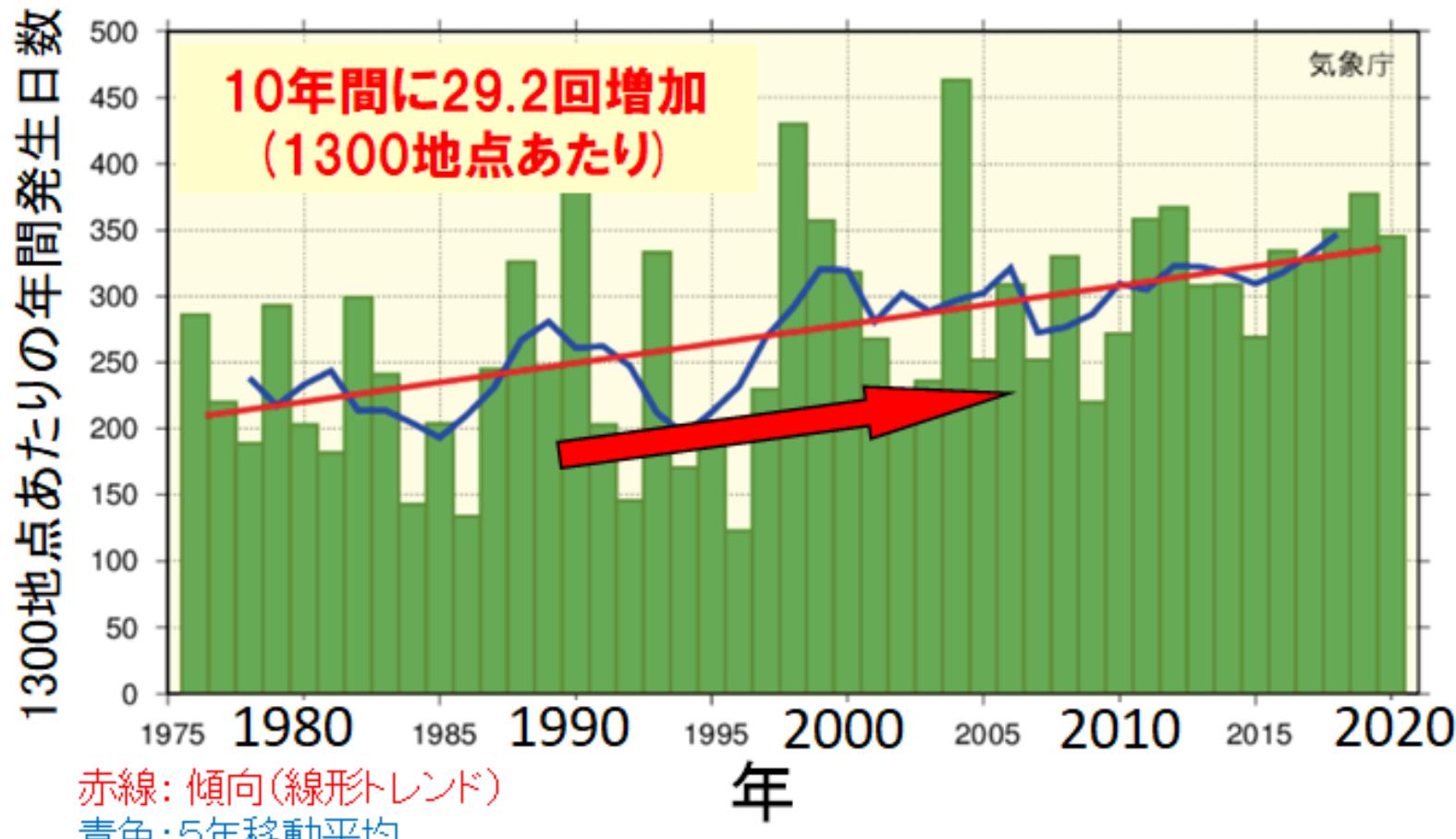
(気候変動監視レポート2020)

# 日本の大雨の増加

## 時間降水量50mm以上の年間発生回数

アメダス  
1976年～

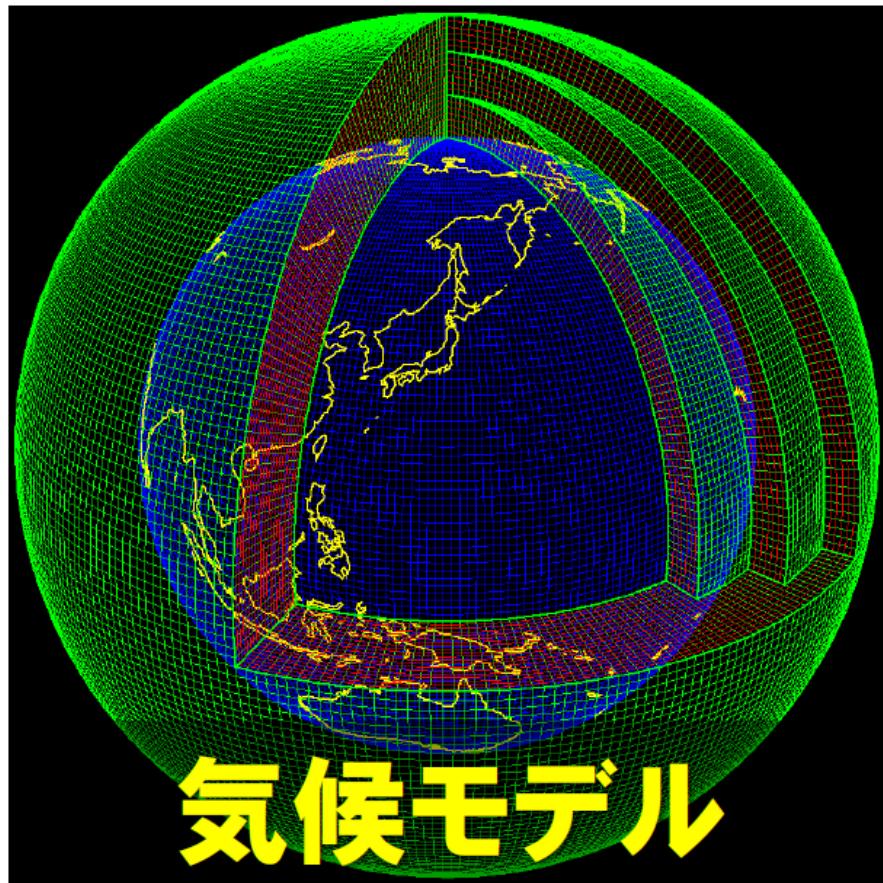
全国【アメダス】1時間降水量50mm以上の年間発生回数



(気候変動監視レポート2020)

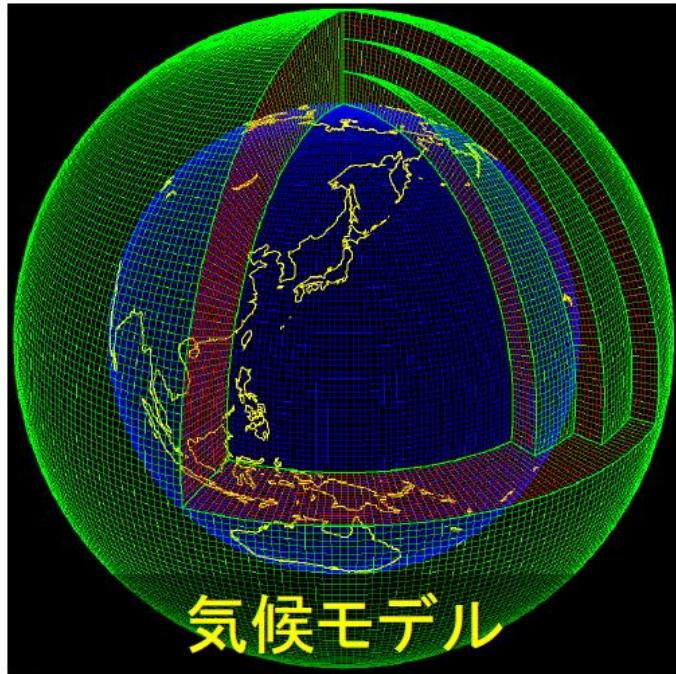
## 2. 異常気象をシミュレーションする 仕組み

# 気候モデルとは？



- ・大気と海を「**格子**」で分割。
- ・**物理法則**をもとに計算。
- ・日々の天気予報で使っている**数値モデル**とほぼ同じ

# 気候モデルの仕組み



## 大気の流れを解く方程式

運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \omega \frac{\partial u}{\partial p} - fv + \frac{\partial \phi}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \omega \frac{\partial v}{\partial p} + fu + \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0$$

静力学平衡の式

$$\frac{\partial \phi}{\partial p} = -\frac{1}{\rho} = \alpha$$

質量保存則(連続の式)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0$$

熱力学の第1法則  
(エネルギー保存の法則)

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\theta}{C_p T} \dot{Q}$$

$$\alpha = \frac{\theta R_d}{p} \left( \frac{p}{p_{oo}} \right)^{R_d/C_p}$$

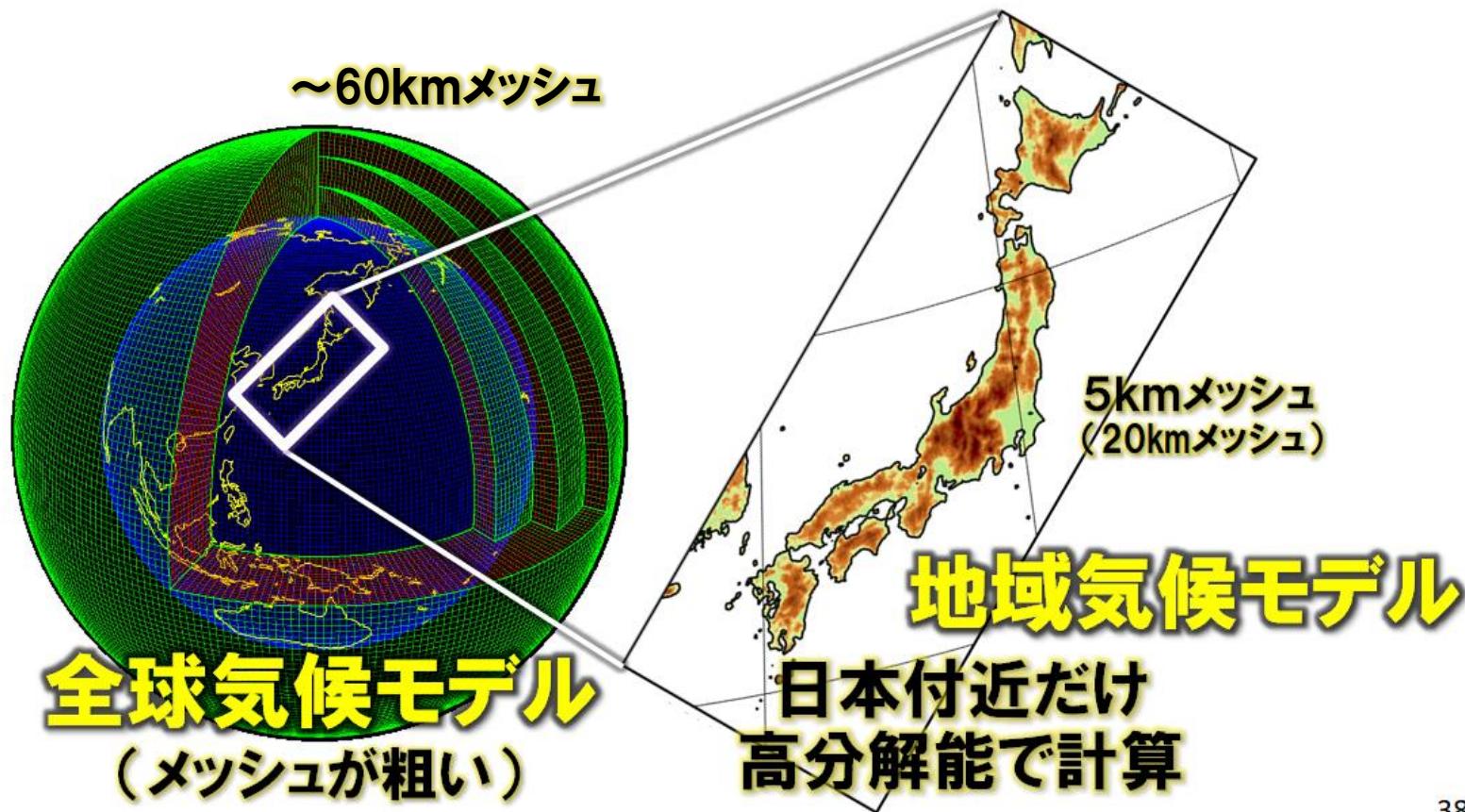
※変数  $u, v, \omega, \varphi, \theta, \alpha$  の連立方程式

# 気候モデルの仕組み



# ダウンスケーリング

全球気候モデルで世界の気候変化を計算した後に、  
地域気候モデルを用いて、日本域を高分解能で計算する。

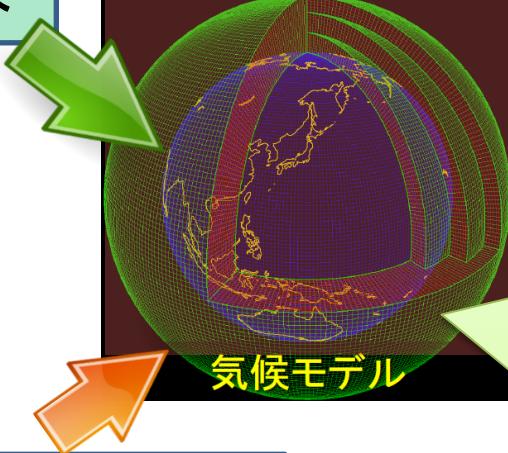


# 気候モデルを利用して、温暖化した現実の気候を作り出す

## ▶現在の自然起源の要素

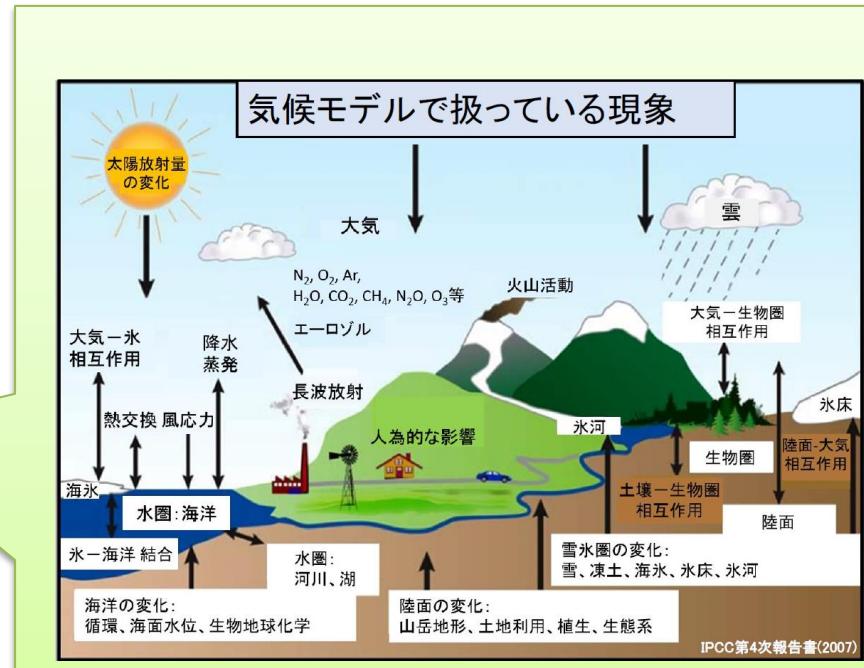
- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

温暖化した  
現在の地球



## ▶現在の人間活動起源の要素

- ✓ 温室効果気体の濃度(排出)  
(オゾンの濃度変化)
- ✓ 二酸化硫黄の排出量変化
- ✓ 黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓ 土地利用変化 など

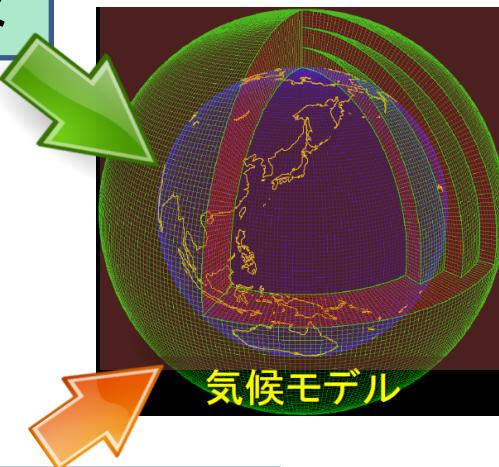


# 温暖化した現実の気候と温暖化しなかった仮定した 仮想の気候を作り出す。

## ▶現在の自然起源 の要素

- ✓太陽活動の変化
- ✓大規模火山噴火

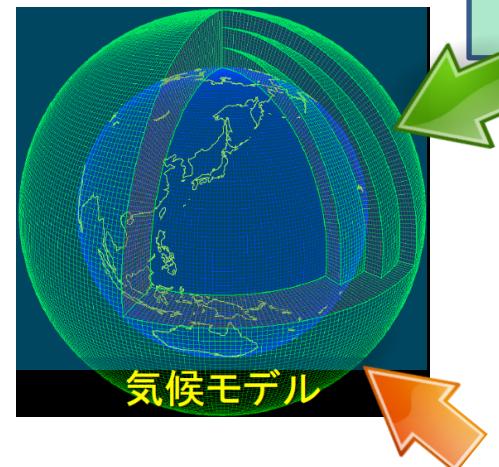
温暖化した  
現在の地球



## ▶現在の人間活動起源の要素

- ✓温室効果気体の濃度(排出)  
(オゾンの濃度変化)
- ✓二酸化硫黄の排出量変化
- ✓黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓土地利用変化など

温暖化しなかったと  
仮定した仮想の地球



## ▶現在の自然起源 の要素

- ✓太陽活動の変化
- ✓大規模火山噴火

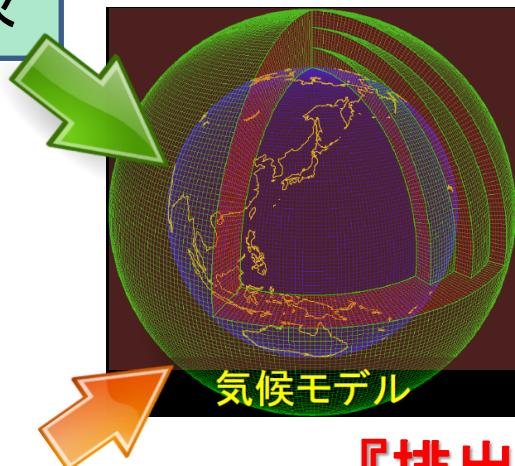
▶産業化前(1850年頃)の  
人間活動起源の要素(推定値)

# 将来の気候を予測するためには・・・

## ▶ 現在の自然起源の要素

- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

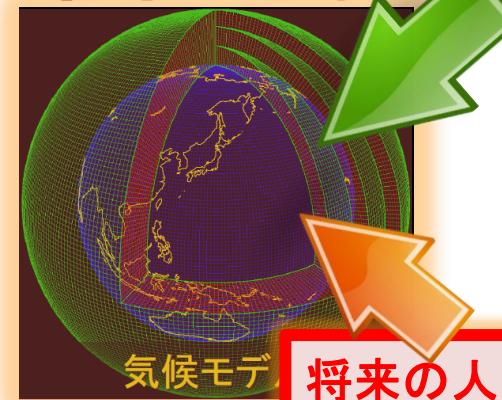
温暖化した  
現在の地球



## ▶ 将来の自然起源の要素

- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

将来の地球



過去の経験を基に  
仮定する

## ▶ 現在の人間活動起源の要素

- ✓ 温室効果気体の濃度(排出)  
(オゾンの濃度変化)
- ✓ 二酸化硫黄の排出量変化
- ✓ 黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓ 土地利用変化 など

## 『排出シナリオ』

◆ RCP (第5次評価報告書)  
RCP: 代表的濃度経路

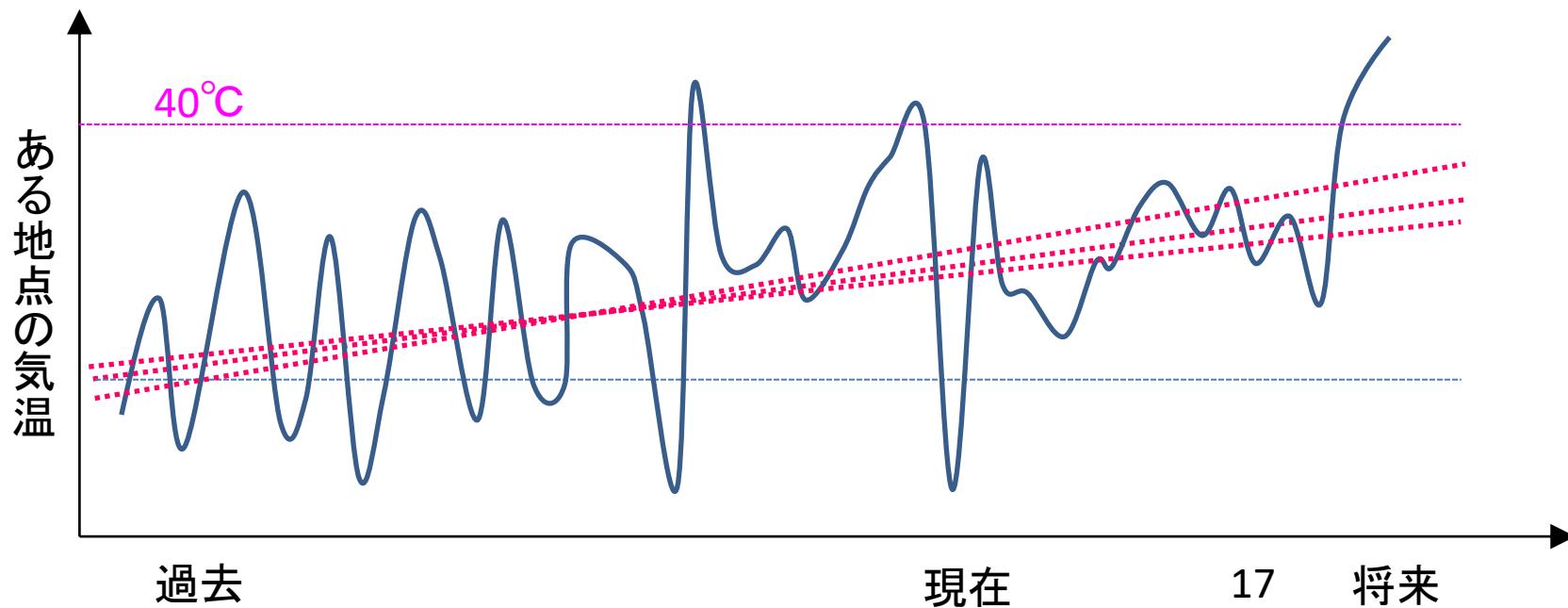
◆ SSP-RCP (第6次評価報告書)  
SSP: 共通社会経済経路

## 将来の人間活動起源の要素

- ✓ 温室効果気体の濃度(排出)  
(オゾンの濃度変化)
- ✓ 二酸化硫黄の排出量変化
- ✓ 黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓ 土地利用変化 など

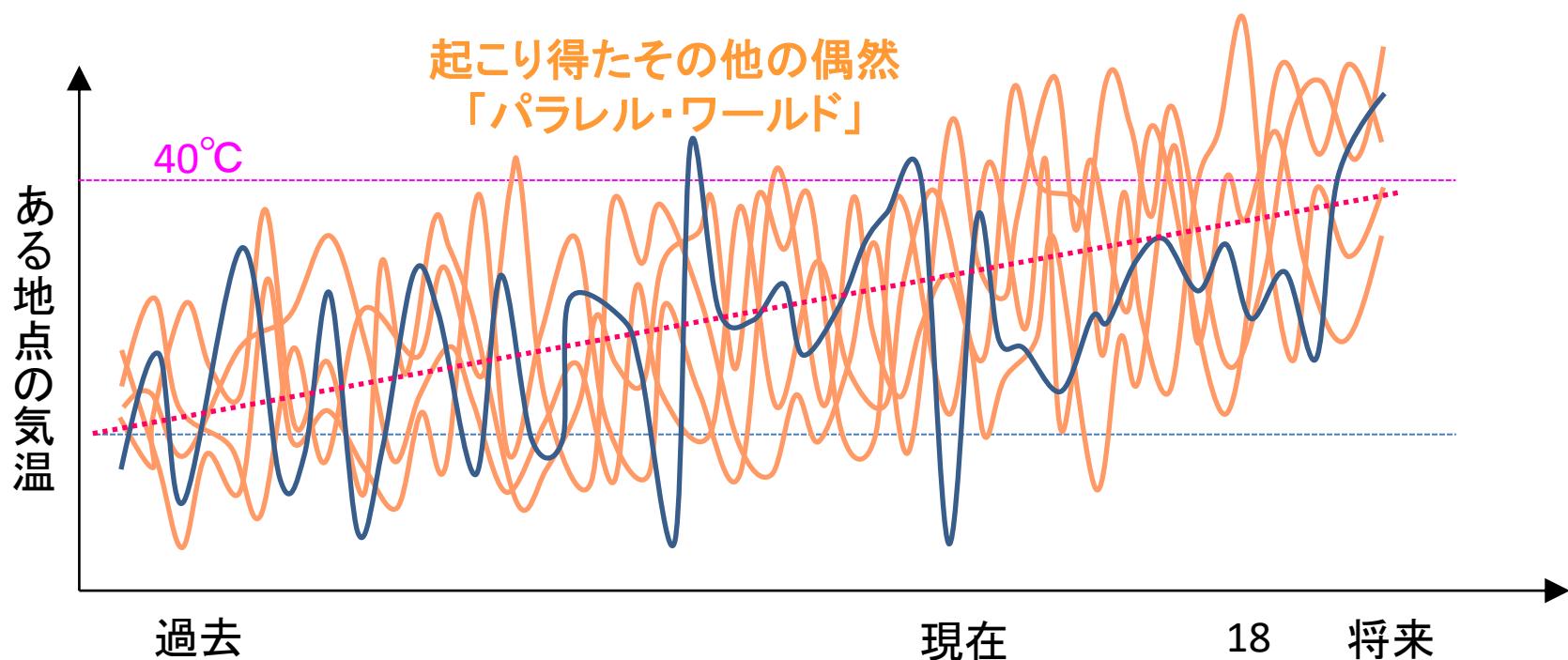
# 異常気象と気候変動の関係を証明するのは難しい

観測される現実の気候変動は、地球温暖化だけではなく、自然のゆらぎ（内部変動）が含まれているため、**観測1本だけでは真のトレンドを検出できない**。また、**発生頻度が低い現象の変化傾向を議論することができない**。



# アンサンブルシミュレーション

- 気候モデルを用いて、実際の気候を模した大量の実験を行う。
- 平均を取ることで、自然のゆらぎ（内部変動）成分を相殺させる。  
→トレンドの検出（Detection）
- ある閾値を超える頻度を数える→異常気象の発生確率の変化





大気海洋から成る気候  
モデルの基礎を作り、  
二酸化炭素による地球  
温暖化理論を提唱

多様な自然変動の  
中から、人間起因  
の影響を分離する  
理論を確立

### 3. イベント・アトリビューション

#### ■用語■

Attribute: 「～に帰する」「～のせいにする」

→観測された変化が、ある特定の要因のせいであることを証明する

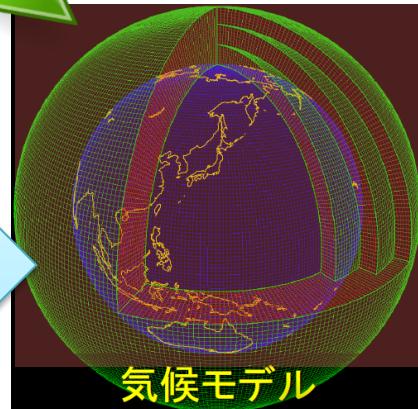
# イベント・アトリビューションの基本アプローチ:

気候モデルを使って**温暖化した現実の気候**と**温暖化しなかった仮定した仮想の気候**を作り出す。

## ▶現在の自然起源の要素

- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

温暖化した  
現在の地球

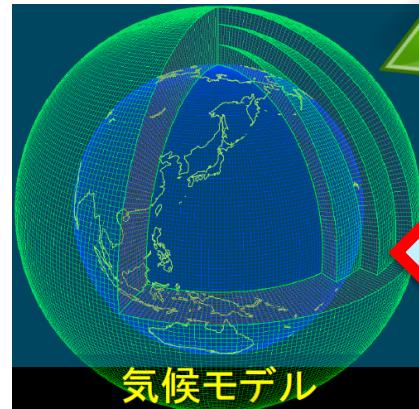


## ▶イベント発生時の海洋の状況

- ✓ 海面水温
- ✓ 海氷



温暖化しなかつたと  
仮定した仮想の地球



## ▶現在の自然起源の要素

- ✓ 太陽活動の変化
- ✓ 大規模火山噴火

温暖化トレンドを  
除去した海洋の  
状況



## ▶現在の人間活動起源の要素

- ✓ 温室効果気体の濃度(排出)  
(オゾンの濃度変化)
- ✓ 二酸化硫黄の排出量変化
- ✓ 黒色炭素(すす)の排出量変化
- ✓ 土地利用変化 など

過去から現在までの人間活動の  
影響を取り出す基本アプローチ

▶産業化前(1850年頃)の人間活動  
起源の要素(推定値)



# 因果応報: 疫学の考え方



医学的に言えること:

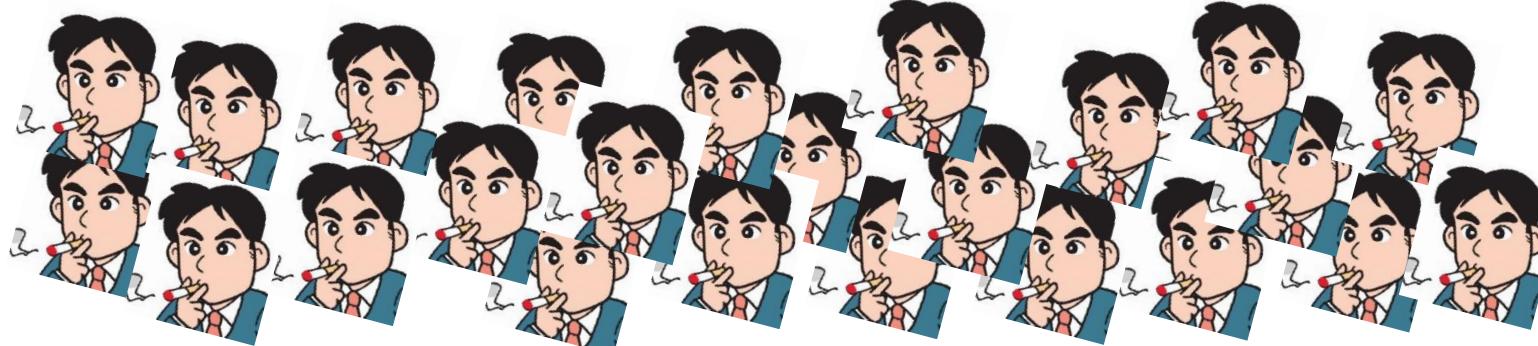
一般に、喫煙は健康を害しガンのリスクを高める

断言できること:

毎日喫煙するW氏が肺ガンで亡くなったとき、喫煙が彼の寿命を縮めたと言えるかどうか — いかにもそう思えるが、ストレスや他の要因のせいかも。どうしたら確かめられるか？



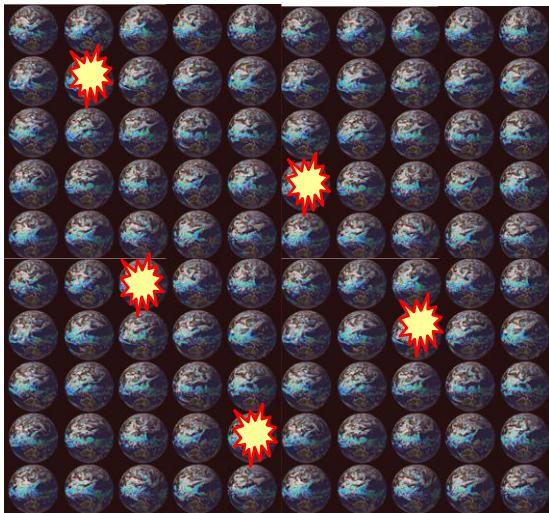
もし、少しずつ異なる環境にいる(ただしふるまいは同じ)W氏がたくさんいたら？



一般論ではなく、特定の人物(W氏)に関する、喫煙によるガンの発生リスクが推定できる

# イベント・アトリビューションの基本アプローチ: 大量の地球(アンサンブル)を作って異常気象の発生確率を比較

温暖化が進行している  
現実の条件

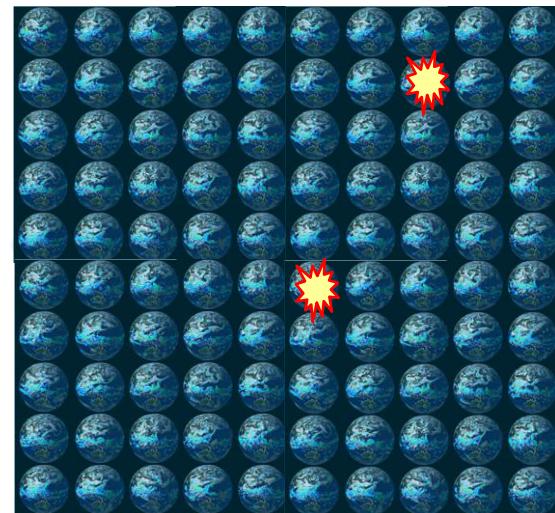


(例) 100メンバー中5メンバーで発生

$$5 \div 100 = 5\%$$

「20年に1度」のイベント

温暖化しなかつたと  
仮定した場合



(例) 100メンバー中2メンバーで発生

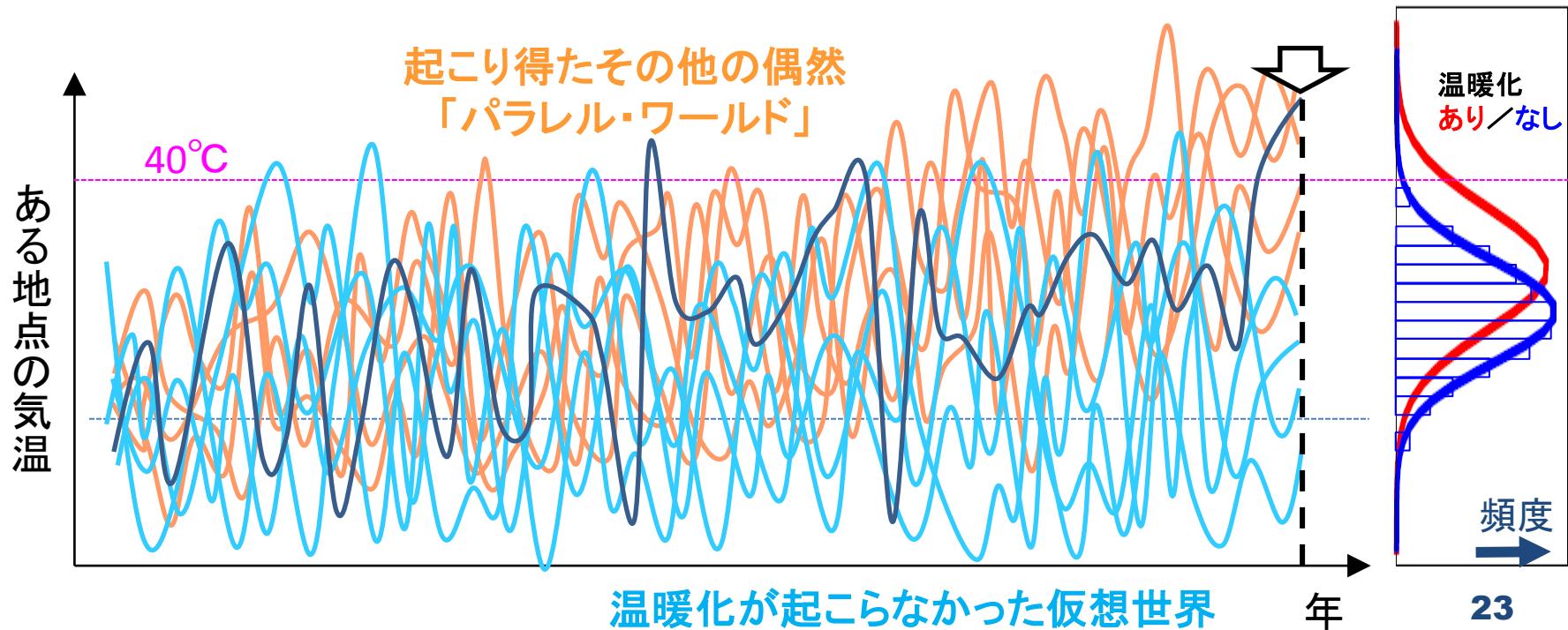
$$2 \div 100 = 2\%$$

「50年に1度」のイベント

# イベント・アトリビューション(EA)

## 「この異常気象は温暖化のせいですか？」

- 気候モデルを用いて、過去の気候を模した**大量の実験**を行う。
- さらに**人間活動による温暖化が無い設定**で大量の実験を行う
- 目の前の異常気象イベントの発生確率が、人間活動によってどれだけ変わっていたかを、確率的に推定する



# イベント・アトリビューション(EA)

## 「この異常気象は温暖化のせいですか？」

- 気候モデルを用いて、過去の気候を模した大量の実験を行う。
- さらに人間活動による温暖化の影響を考慮して、今後の実験を行う
- 目の前の異常気象イベントが、どうして今までと変わったのかを詳しく分析する

高精度の  
気候モデル  
+  
大量の実験

気象研究所が開発した  
大気循環モデル(全球60kmメッシュ)  
地域気候モデル(日本域20kmメッシュ)  
各100サンプル



スーパーコンピュータが不可欠  
地球シミュレータ

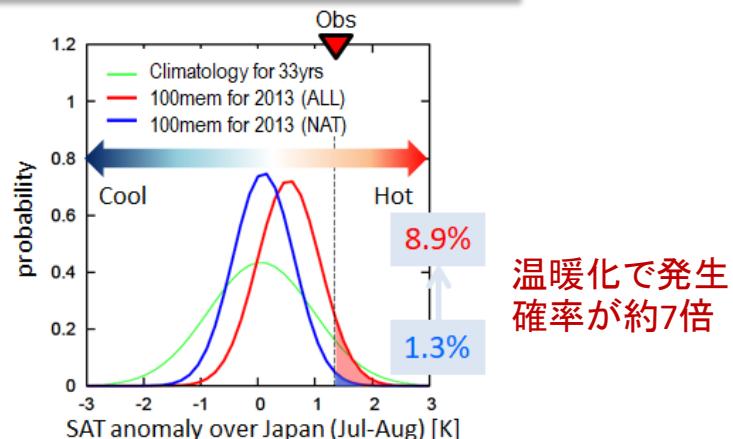


# イベント・アトリビューションを適用した事例(日本)

## ■ 猛暑

- 平成25年夏の猛暑
- 平成30年7月猛暑
- 令和元年～2年の暖冬
- 令和4年6月下旬から7月初めの猛暑
- 令和5年7月下旬から8月上旬の猛暑

## 2013年夏 日本の猛暑

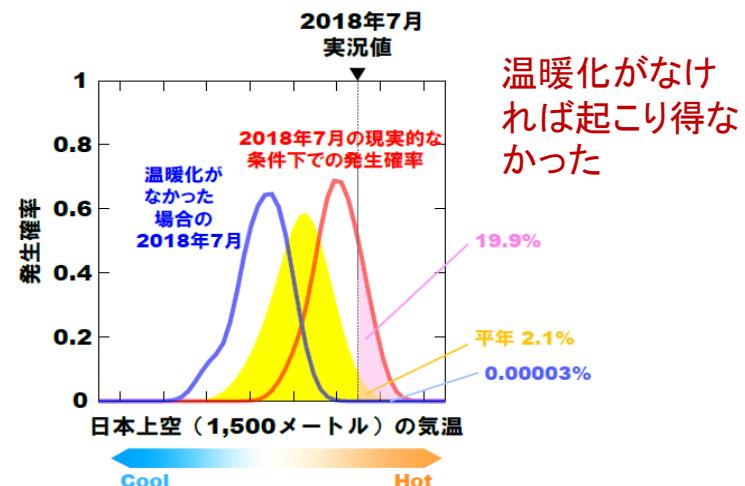


Imada et al. (2014 BAMS)

## ■ 大雨・台風

- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
- 令和元年東日本台風
- 令和2年7月豪雨
- 令和3年8月の西日本～東日本の大雨
- 令和5年6月～7月上旬の大雨

## 2018年7月 日本の猛暑



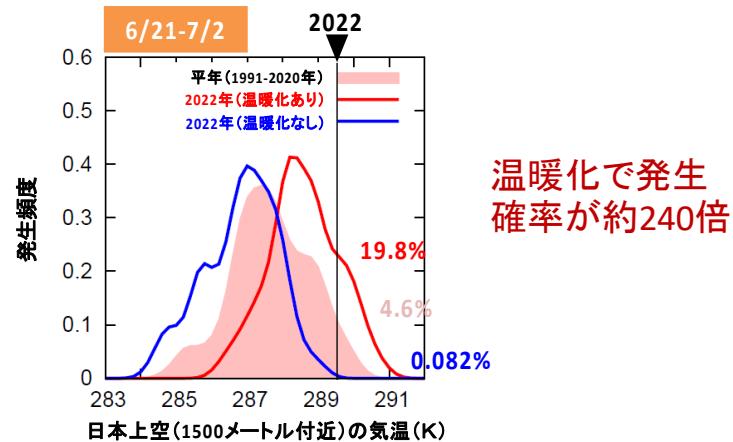
Imada et al. (2019)

# イベント・アトリビューションを適用した事例(日本)

## ■ 猛暑

- 平成25年夏の猛暑
- 平成30年7月猛暑
- 令和元年～2年の暖冬
- 令和4年6月下旬から7月初めの猛暑
- 令和5年7月下旬から8月上旬の猛暑

2022年6月下旬から7月初めの猛暑

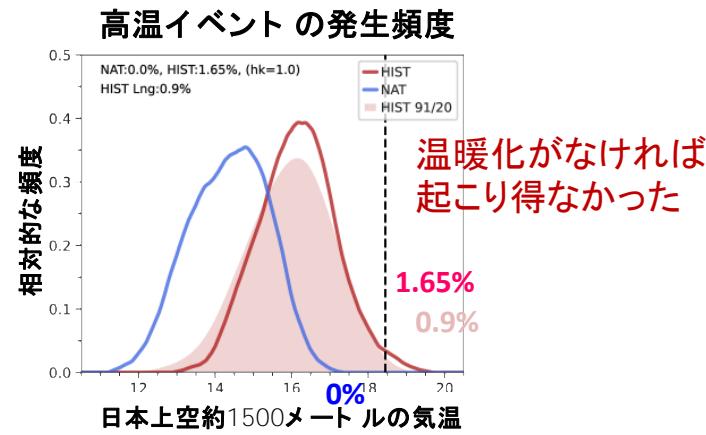


2022.9.6文部科学省・気象研報道発表

## ■ 大雨・台風

- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
- 令和元年東日本台風
- 令和2年7月豪雨
- 令和3年8月の西日本～東日本の大雨
- 令和5年6月～7月上旬の大雨

2023年7月下旬～8月上旬の猛暑



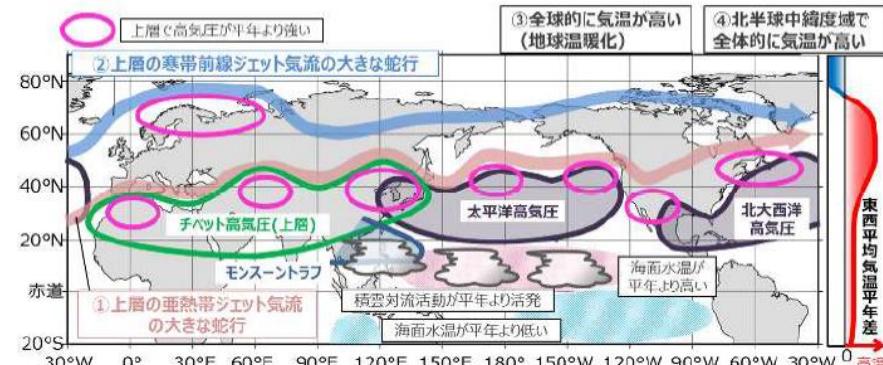
2023.9.19文部科学省・気象研報道発表

# イベント・アトリビューションを適用した事例(日本)

## ■ 猛暑

- 平成25年夏の猛暑
- 平成30年7月猛暑
- 令和元年～2年の暖冬
- 令和4年6月下旬から7月初めの猛暑
- 令和5年7月下旬から8月上旬の猛暑

2段重ね高気圧(2018年7月の例)

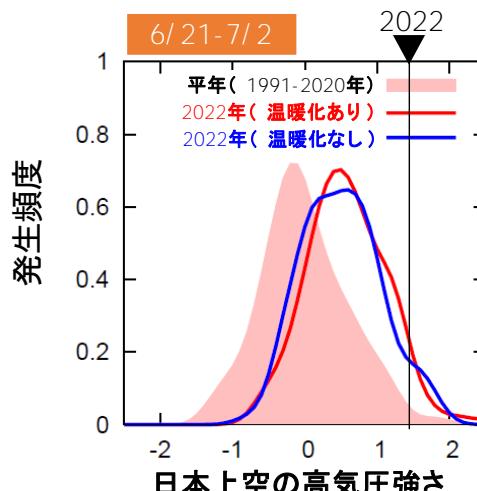


2022.9.6文部科学省・気象研報道発表

## ■ 大雨・台風

- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
- 令和元年東日本台風
- 令和2年7月豪雨
- 令和3年8月の西日本～東日本の大雨
- 令和5年6月～7月上旬の大暑

2022年6月下旬から7月初めの猛暑  
2段重ね高気圧の出現頻度に対する温暖化の影響



2022.9.6文部科学省・気象研報道発表

# イベント・アトリビューションを適用した事例(日本)

## ■ 猛暑

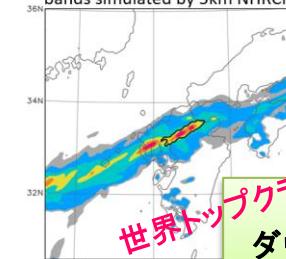
- 平成25年夏の猛暑
- 平成30年7月猛暑
- 令和元年～2年の暖冬
- 令和4年6月下旬から7月初めの猛暑
- 令和5年7月下旬から8月上旬の猛暑

## ■ 大雨・台風

- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
- 令和元年東日本台風
- 令和2年7月豪雨
- 令和3年8月の西日本～東日本の大雨
- 令和5年6月～7月上旬の大雨

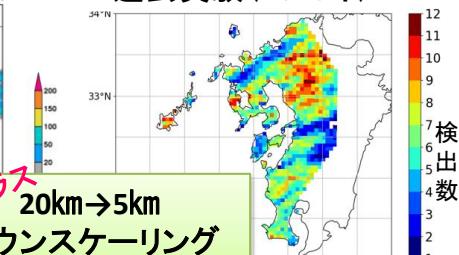
### 平成29年7月九州北部豪雨

(a) A sample of quasi-stationary convective bands simulated by 5km NHRMCM

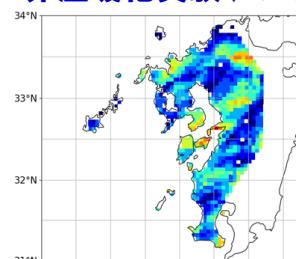


世界トップクラス  
20km→5km  
ダウンスケーリング

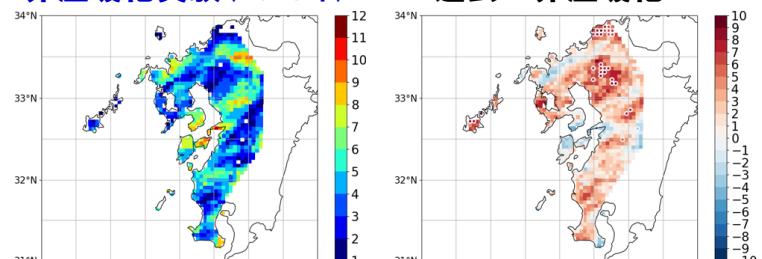
過去実験(2017年)



非温暖化実験(2017年)

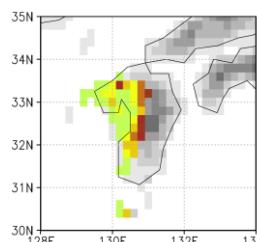


過去-非温暖化



By 渡邊俊一(気象研)、Kawase et al. 2022

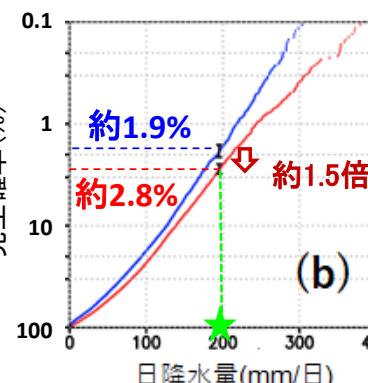
### 平成29年7月九州北部豪雨



発生確率(%)

稀

↑  
高頻度



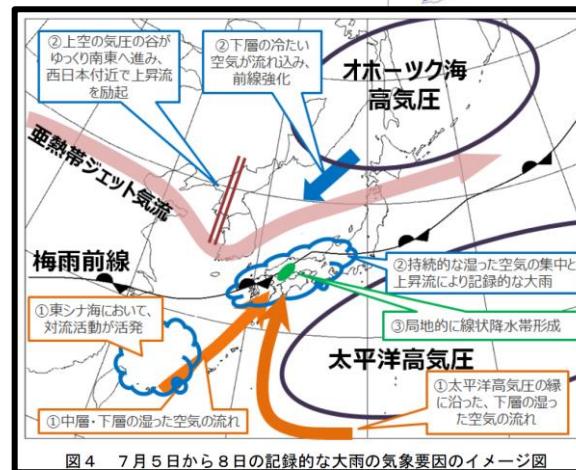
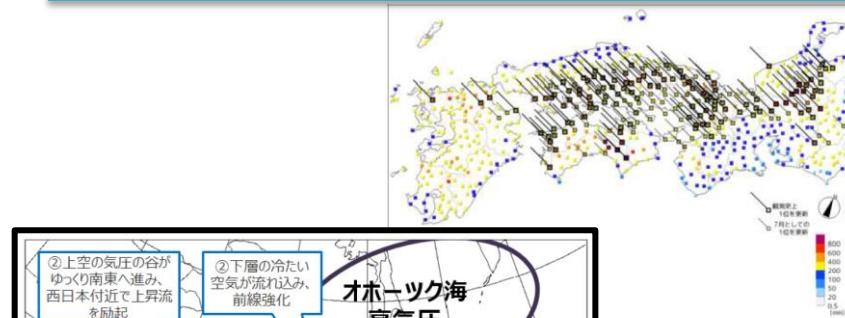
★:過去実験(1981-2010)の統計で50年に1度レベルの雨量

# イベント・アトリビューションを適用した事例(日本)

平成30年7月豪雨(西日本豪雨)

## ■ 猛暑

- 平成25年夏の猛暑
- 平成30年7月猛暑
- 令和元年～2年の暖冬
- 令和4年6月下旬から7月初めの猛暑
- 令和5年7月下旬から8月上旬の猛暑

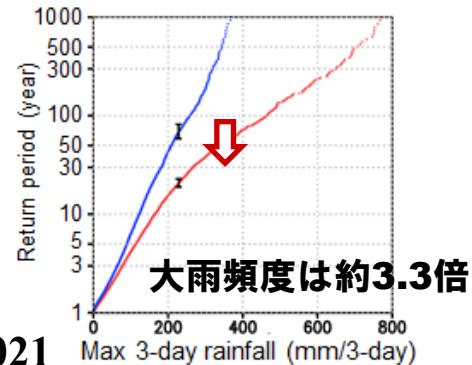


気象庁報道発表  
(H30年8月10日)

## ■ 大雨・台風

- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
- 令和元年東日本台風
- 令和2年7月豪雨
- 令和3年8月の西日本～東日本の大雨
- 令和5年6月～7月上旬の大暴雨

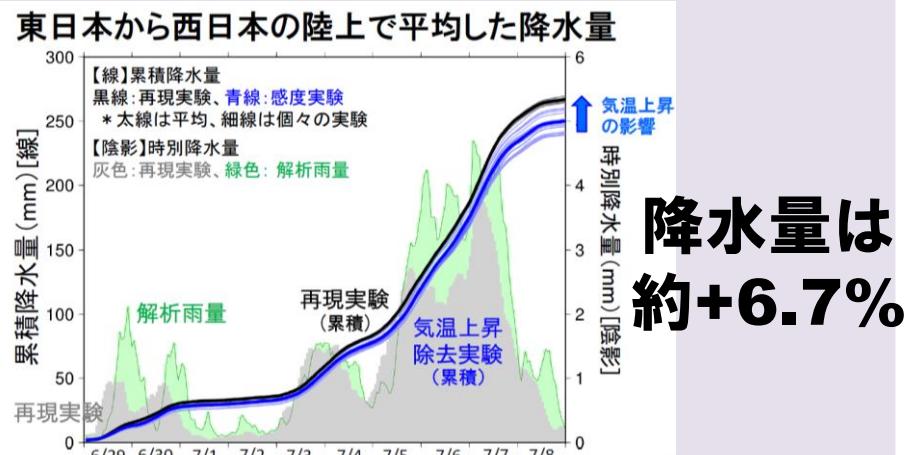
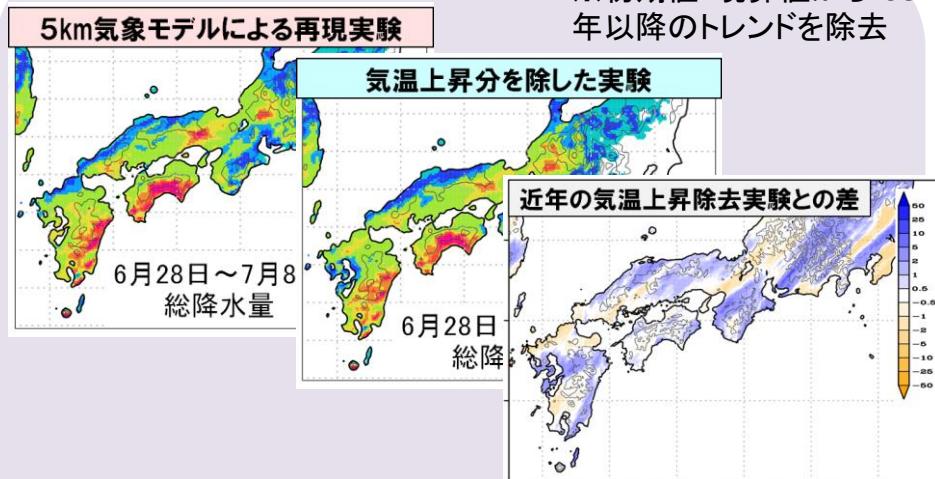
平成30年7月豪雨（瀬戸内）



Kawase et al. 2021

# 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)のイベント・アトリビューション

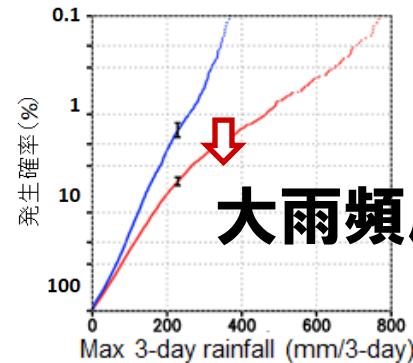
## 量的アプローチ



Kawase et al. 2019b

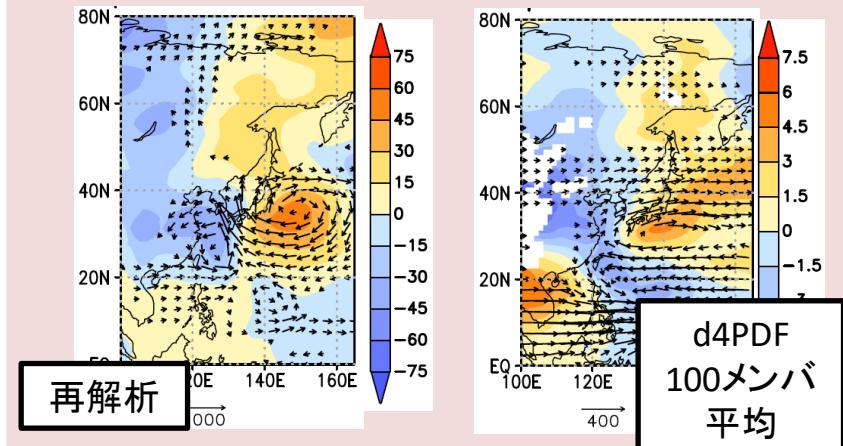
## 確率的アプローチ

平成30年7月豪雨（瀬戸内）



大雨頻度は約3.3倍

2018年6/29-7/8の気圧と水蒸気フラックス



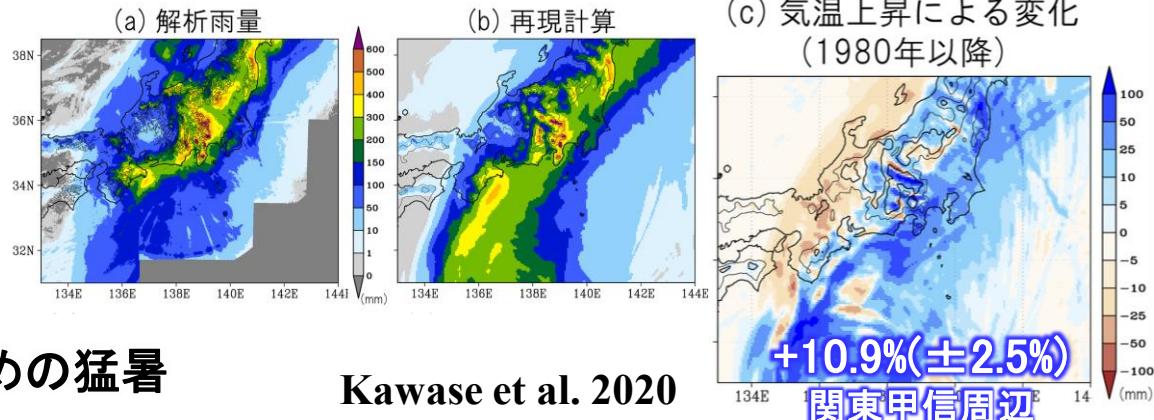
Imada et al. (2020)

# イベント・アトリビューションを適用した事例(日本)

## ■ 猛暑

- 平成25年夏の猛暑
- 平成30年7月猛暑
- 令和元年～2年の暖冬
- 令和4年6月下旬から7月初めの猛暑
- 令和5年7月下旬から8月上旬の猛暑

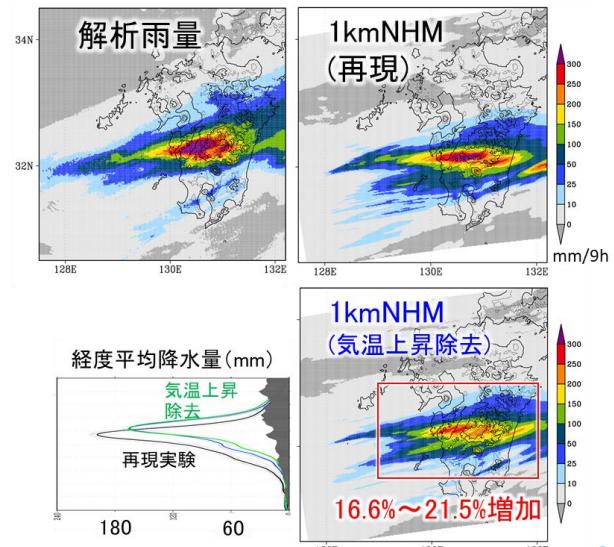
## 令和元年東日本台風



## ■ 大雨・台風

- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
- 令和元年東日本台風
- 令和2年7月豪雨
- 令和3年8月の西日本～東日本の大雨
- 令和5年6月～7月上旬の大暴雨

## 令和2年7月豪雨



Kawase et al. 2022, BAMS

# イベント・アトリビューションを適用した事例(日本)

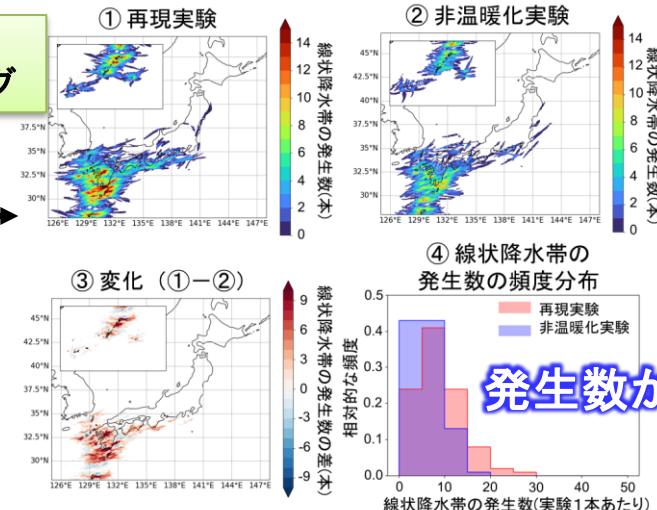
## ■ 猛暑

- 平成25年夏の猛暑
- 平成30年7月猛暑
- 令和元年～2年の暖冬
- 令和4年6月下旬から7月初めの猛暑
- 令和5年7月下旬から8月上旬の猛暑

世界トップクラス  
20km→5km  
ダウンスケーリング

2023.9.19文部科学省  
・気象研報道発表

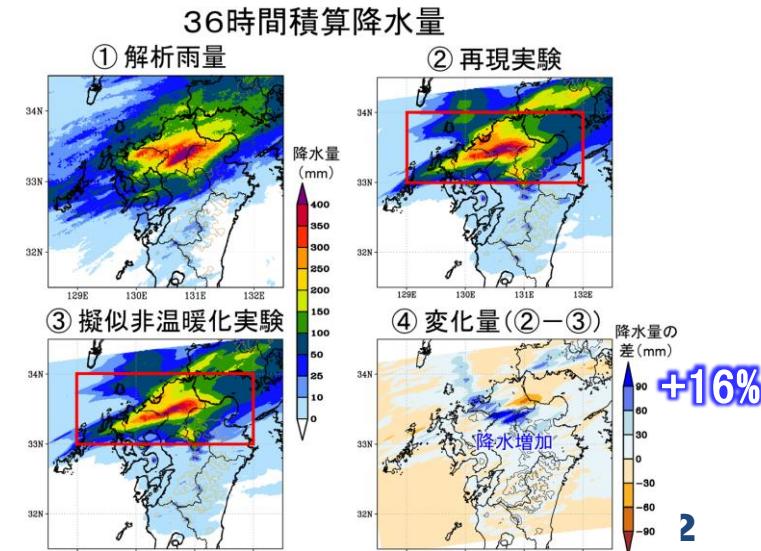
令和5年6月～7月上旬にかけての線状降水帯



## ■ 大雨・台風

- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
- 令和元年東日本台風
- 令和2年7月豪雨
- 令和3年8月の西日本～東日本の大雨
- 令和5年6月～7月上旬の大雨

令和5年7月9～10日の九州の大暴雨



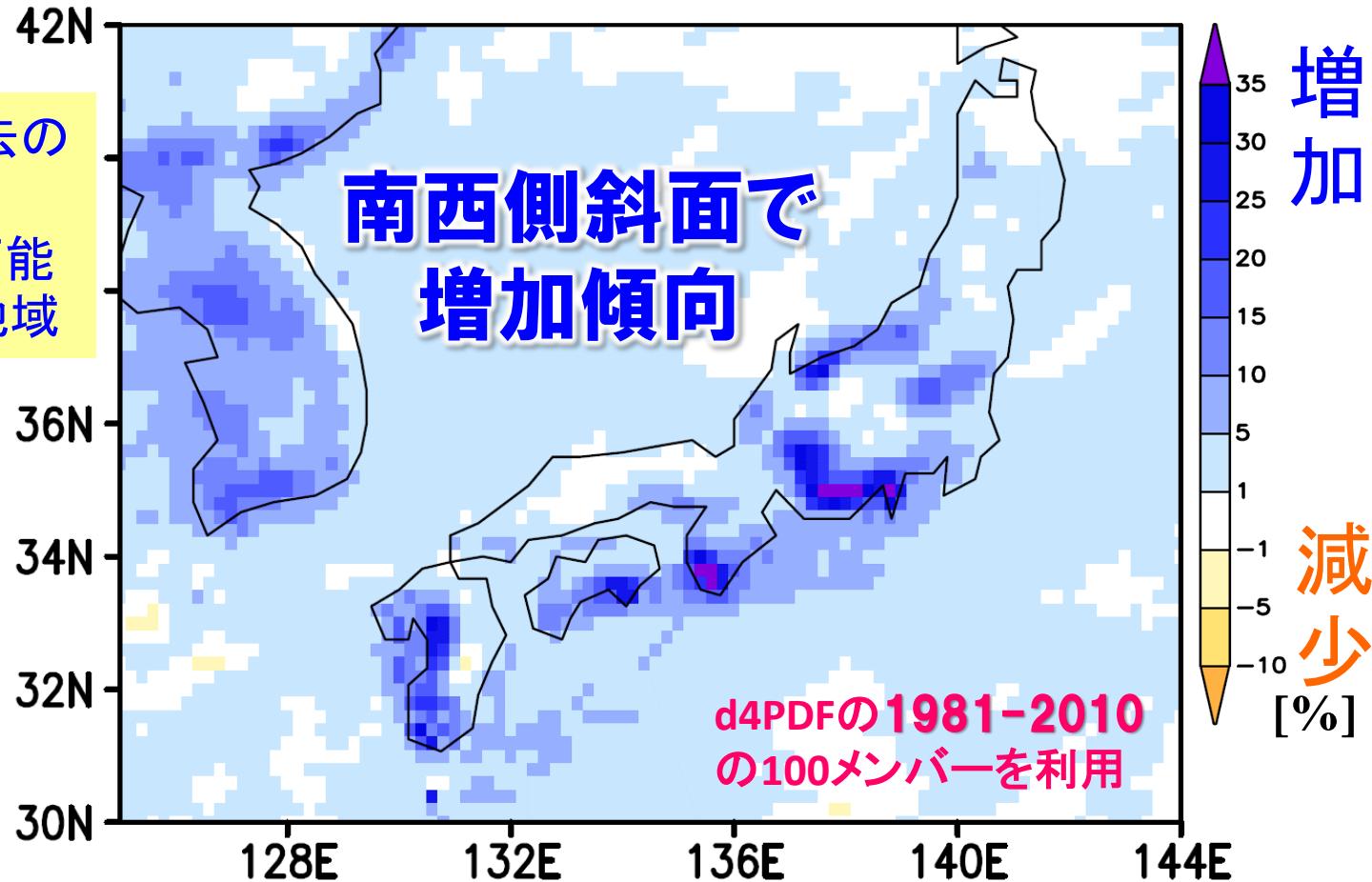
# 地球温暖化に伴う大雨頻度の一般的な変化傾向

『温暖化あり』実験 - 『温暖化なし』実験



## 大雨日数(100mm/day以上)の変化(7月)

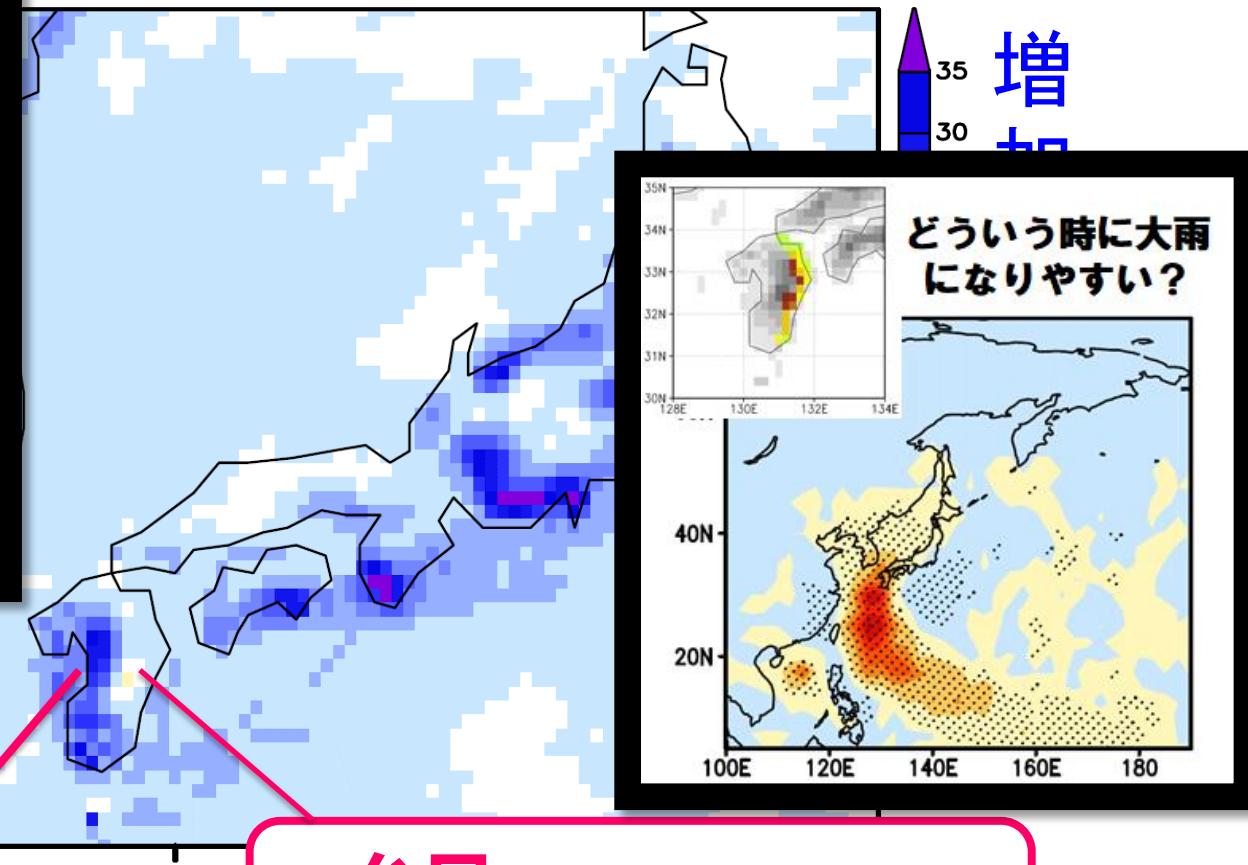
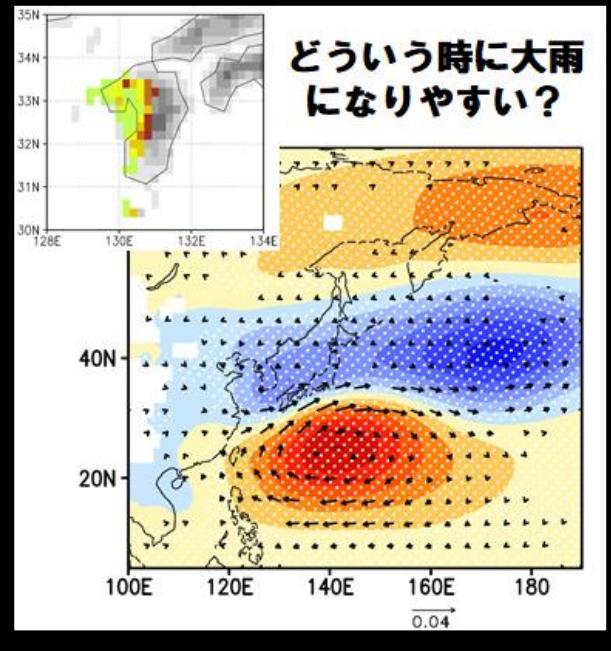
青色は過去の  
温暖化で  
増加した可能  
性がある地域



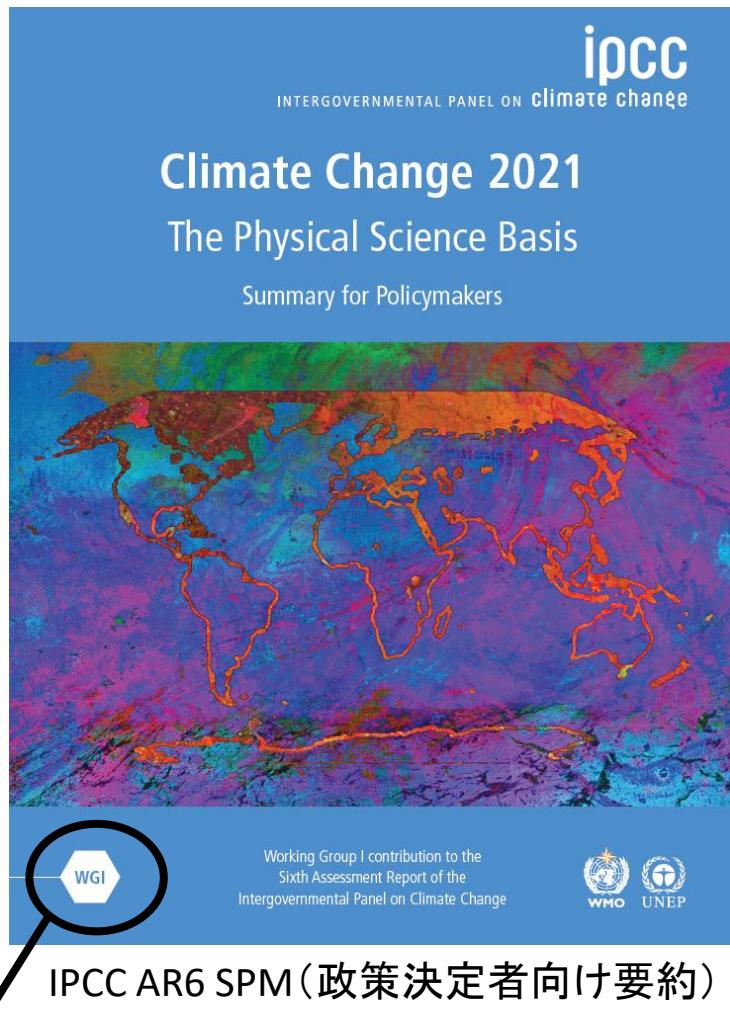
# 地球温暖化に伴う大雨頻度の一般的な変化傾向

『温暖化あり』実験 - 『温暖化なし』実験

大雨回数(100mm/day以上)の変化(7月)



# 国連気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 第6次評価報告書(AR6)が2021年8月に受諾



第一作業部会(WG1)=自然科学的根拠

WG2=影響・適応・脆弱性、 WG3=気候変動の緩和

人間の影響が大気、海洋及び陸域を温  
暖化させてきたことには疑う余地がない。

大気、海洋、雪氷圏及び生物圏において、  
広範囲かつ急速な変化が現れている。

人為起源の気候変動は、世界中の全て  
の地域で、多くの気象及び気候の極端現  
象に既に影響を及ぼしている。  
イベント・  
アトリビューション

向こう数十年の間に温室効果ガスの排  
出が大幅に減少しない限り、21世紀中に、  
工業化前から $1.5^{\circ}\text{C}$  /  $2^{\circ}\text{C}$ 以上上がる。

極端な高温や大雨の増加、強い熱帯低  
気圧の割合が増加、並びに北極域の海  
氷の縮小などが今後も進む。

# 欧洲WWAによる即時性と不確実性の評価を重視したEA

world weather attribution

Home About Analyses News Peer reviewed research

Methodological papers Event papers

## Strong influence of climate change in uncharacteristic early spring heat in South America

Large parts of South America suffered from extremely high temperatures for an extended period of time, reaching above 40°C in central and Northern Brazil during mid-September, despite it being the spring season.

Latest analyses

Interplay of climate change-exacerbated rainfall, exposure and vulnerability led to widespread impacts in the Mediterranean region

Climate change more than doubled the likelihood of extreme fire weather conditions in Eastern Canada

Extreme heat in North America, Europe and China in July 2023 made much more likely by climate change

Cold spells

Unusual cold spells can occur even in a warming world, and cause disruption to transport, energy & food supplies.

Drought

Drought affects people in many ways, from reduced water & food supplies to increasing the risk of wildfires.

Extreme rainfall

Rainfall events from a major storm or hurricane, or intense localised downpours can lead to flooding in any type of location.

- 2015年に発足したWorld Weather Attributionでは、世界各地の極端現象をモニターし、発生から1週間前後でEAの結果をHPで公表する取り組みを行っている。
- 毎回ラージアンサンブル計算を実施する代わりに、**極値統計**を用いた簡易的手法で評価。
- マルチモデル・マルチメソッド。**不確実性の幅を評価することに重点を置いている。
- ケースによっては脆弱性や暴露を考慮して被害額を算出することもある。
- 日本の極端現象が対象となつたこともあり(平成30年7月豪雨、令和元年東日本台風)、日本のメディアがこれに反応して報道した例もある。

# 欧洲WWAによる即時性と不確実性の評価を重視したEA



## 目次

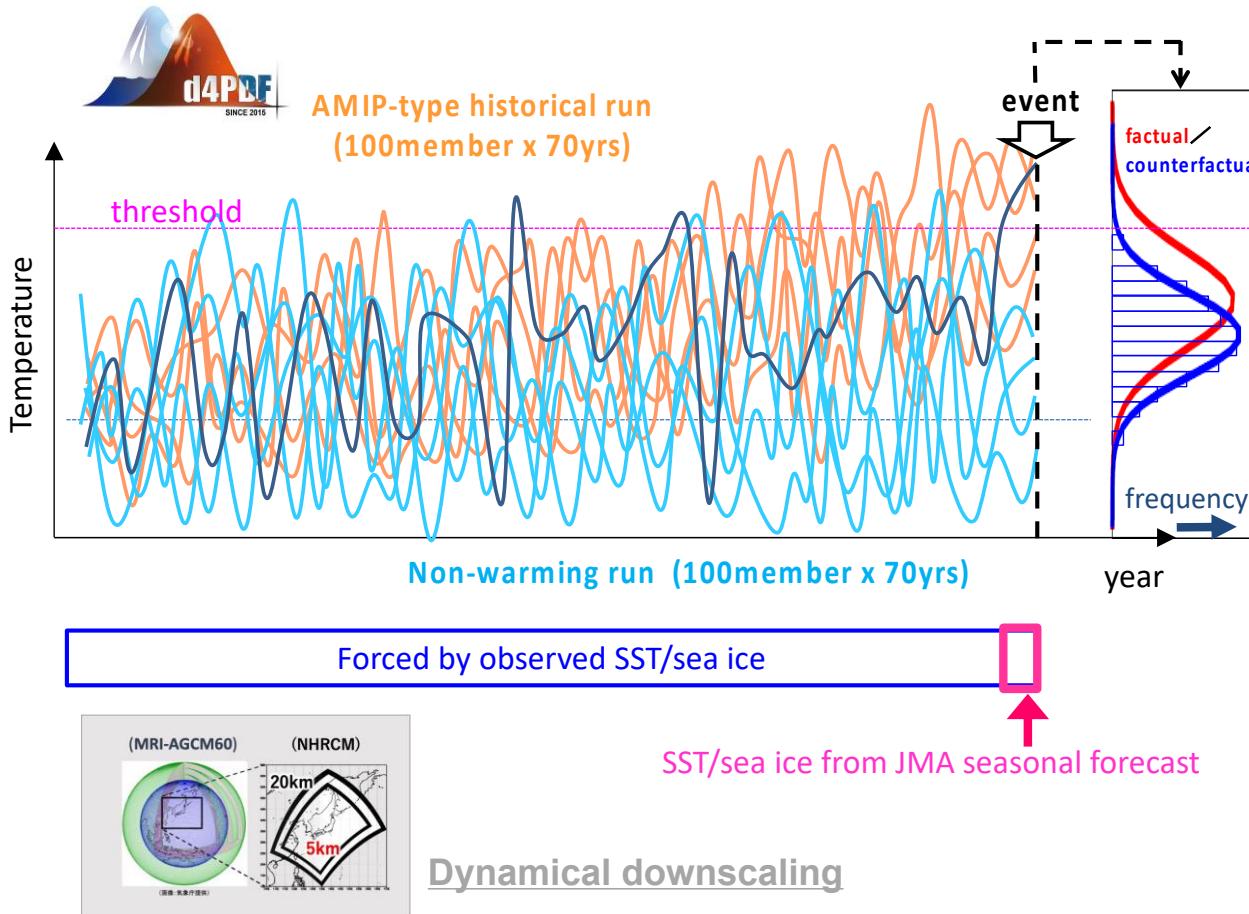
序文 . . . . .	4
WWAメディアガイド日本語訳リリースに寄せて . . . . .	6
はじめに . . . . .	8
イベント・アトリビューション研究   概要 . . . . .	10
イベント・アトリビューション研究   事例 . . . . .	14
アトリビューション研究がない場合における極端現象の報道の仕方 . . . . .	18
熱波 . . . . .	20
洪水 . . . . .	22
熱帯低気圧 (ハリケーン、台風、サイクロン) . . . . .	24
大雪 . . . . .	26
干ばつ . . . . .	28
火災 . . . . .	30
極端現象と気候変動   1 ページチェックリスト . . .	32

- 2015年に発足したWorld Weather Attributionでは、世界各地の極端現象をモニターし、発生から1週間前後でEAの結果をHPで公表する取り組みを行っている。
- 毎回ラージアンサンブル計算を実施する代わりに、**極値統計**を用いた簡易的手法で評価。
- **マルチモデル・マルチメソッド**。不確実性の幅を評価することに重点を置いている。
- ケースによっては脆弱性や暴露を考慮して被害額を算出することもある。
- 日本の極端現象が対象となつたこともあり(平成30年7月豪雨、令和元年東日本台風)、日本のメディアがこれに反応して報道した例もある。

# 迅速なEvent Attributionのための手法開発(日本版)

## 予測型EA

d4PDFを延長する際に境界条件として必要な観測情報を、気象庁予測値に差し替えて、異常気象が発生する前から計算を開始

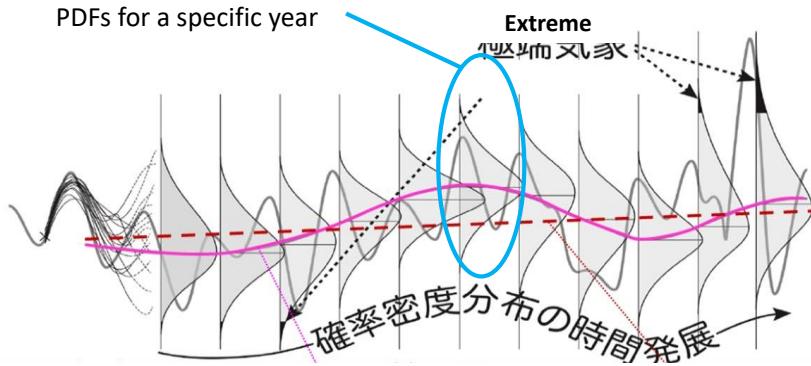


- ✓ d4PDF-type AGCM  
large ensemble  
simulations
- ✓ Utilize **JMA's**  
seasonal prediction  
as BCs (SST, sea  
ice) instead of the  
observation.
- ✓ Prepare large  
ensemble prediction  
in advance before  
the season of  
extreme events

# 機動的Event Attribution手法の開発(日本版)

## 機動的EA

World Weather Attribution手法の改良版。極値統計を駆使してPDFを推定。



Gaussian

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

GEV

$$P(x) = \exp\left(-\frac{x-\mu}{1+\xi\frac{x-\mu}{\sigma}}\right)$$

$\mu$ : location parameter ( $\sim$ mean)

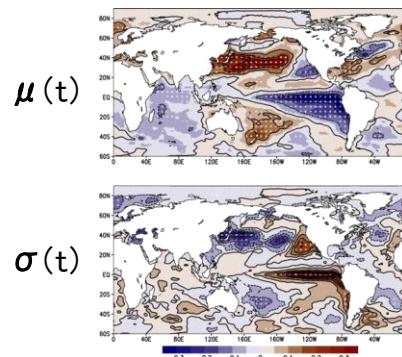
$\sigma$ : scale parameter ( $\sim$ standard deviation)

$\xi$ : shape parameter ( $\sim$ skewness)

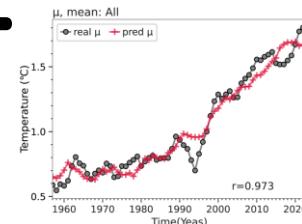
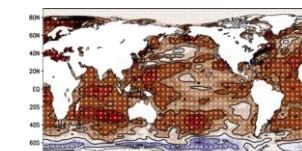
Estimate parameters  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\xi$  as a function of the specific SST pattern

## Example: 2022 early summer hot extreme in Japan

Temporal regression of SST  
on  $\mu(t)$  and  $\sigma(t)$   
(Non-warming run)



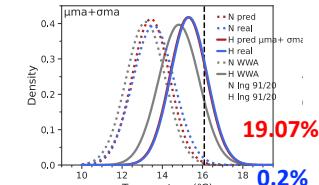
Regression of SST on  $\Delta\mu(t)$   
(5-year running mean)



2022 SST pattern



CPD/JMA



Blue: original, Red: New  
Gray: w/o considering SST pattern  
(solid) HIST  
(broken) non-W  
(shaded) climatological

# 農業分野への活用例

プレスリリース

(研究成果) 地球温暖化による穀物生産被害は過去30年間で平均すると世界全体で年間424億ドルと推定

情報公開日:2018年12月11日(火曜日)

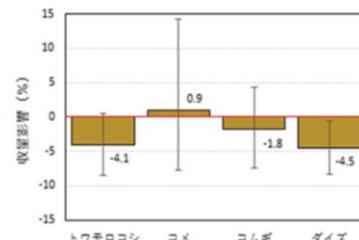
農研機構

国立環境研究所  
気象庁気象研究所

## ポイント

農研機構は、(国研)国立環境研究所および気象庁気象研究所と共同で、地球温暖化が主要穀物の過去30年間(1981-2010年)の平均収量に与えた影響を、世界全体について評価しました。なお、収量は単位面積あたり生産量です。その結果、温暖化によりトウモロコシ、コムギ、ダイズの世界平均収量がそれぞれ4.1%、1.8%、4.5%低下したと推定されました。金額換算ではトウモロコシ223億ドル、コムギ136億ドル、ダイズ65億ドルと推計され、近年の温暖化による被害額は合計で年間424億ドルに上ると見積もられました。本成果から、世界平均収量で見ると、既に温暖化による穀物生産被害が生じており、温暖化への適応策の開発・普及が緊急に必要であることが示唆されました。

## A 収量影響



## B 生産額影響

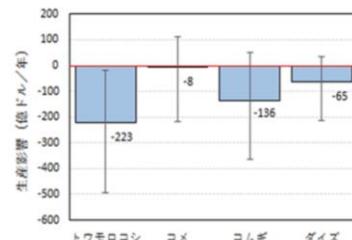
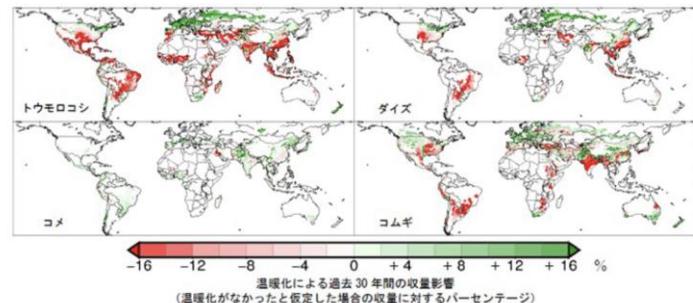


図1 温暖化による近年の収量影響と生産額影響(被害額)



JIRCAS  
国際農研

NARO  
JAXA

農研機構

National Institute for Environmental Studies

東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO  
INERIS

西アフリカ半乾燥地域の重要な作物ササゲに対する  
気候変動の影響を収量予測モデルにより推定  
—干ばつとともに過湿への対策が必要になることを示唆—

(農政クラブ、農林記者会、農業技術クラブ、文部科学記者会、科学記者会、大学記者会(東京大学)、筑波研究学園都市記者会同時配付)

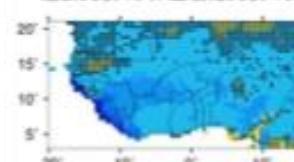
2023年11月22日

国際農研  
農研機構  
国立環境研究所  
東京大学  
ブルキナファソ農業環境研究所

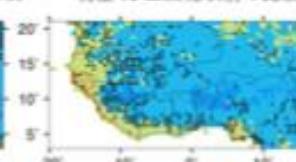
## ポイント

- 西アフリカの重要な作物ササゲの圃場栽培データに基づき、乾燥や過湿条件での収量予測精度を改善
- 気候変動により西アフリカ半乾燥地域では降雨頻度が増すと予測され、過湿になりやすい土壤では多雨年にササゲ収量が低下すると推定
- 西アフリカ半乾燥地域では干ばつだけでなく、過湿への対策も必要になることを示唆

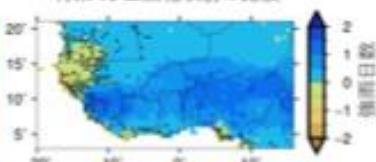
## d4PDFによる 過去実験 vs 非温暖化実験の比較



## CMIP6による 現在 vs 工業化以前の比較



## CMIP6による 将来 vs 工業化以前の比較



2023年11月22日(水)

国際農研  
農研機構  
国立環境研究所  
東京大学  
ブルキナファソ農業環境研究所

2023年11月22日(水)

国際農研  
農研機構  
国立環境研究所  
東京大学  
ブルキナファソ農業環境研究所

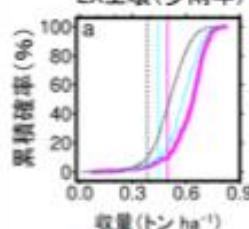
2023年11月22日(水)

国際農研  
農研機構  
国立環境研究所  
東京大学  
ブルキナファソ農業環境研究所

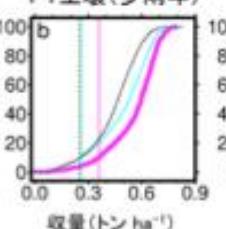
## ポイント

- 西アフリカの重要な作物ササゲの圃場栽培データに基づき、乾燥や過湿条件での収量予測精度を改善
- 気候変動により西アフリカ半乾燥地域では降雨頻度が増すと予測され、過湿になりやすい土壤では多雨年にササゲ収量が低下すると推定
- 西アフリカ半乾燥地域では干ばつだけでなく、過湿への対策も必要になることを示唆

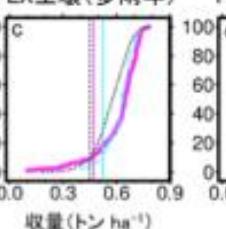
LX土壤(少雨年)



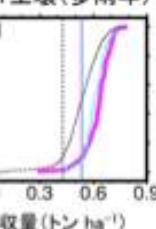
PT土壤(少雨年)



LX土壤(多雨年)



PT土壤(多雨年)



■ 干ばつまたは乾燥に強い品種の将来の収量変動  
■ 干ばつまたは乾燥に弱い品種の現在の収量変動

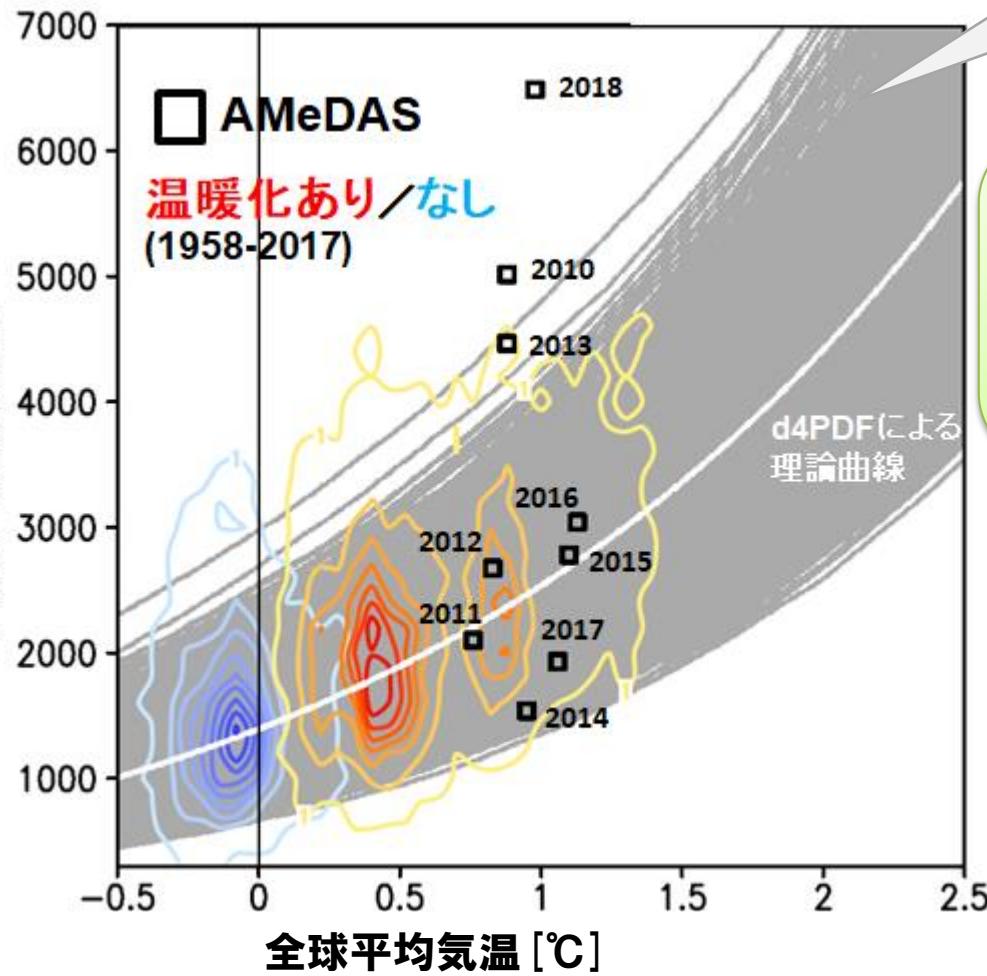
\*\*\* 通常品種の現在の収量変動

## 4. 将来の異常気象

# 温暖化とともに増加する日本の猛暑地点数

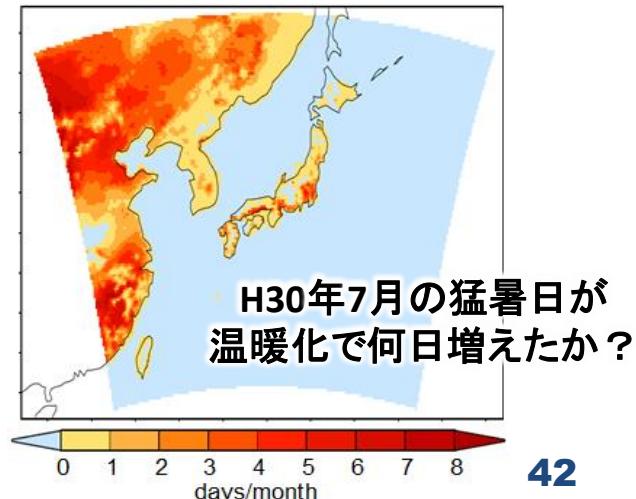
20km解像度モデルから見積もられた  
猛暑日の延べ地点数と全球平均気温の関係

日最高気温35度以上を記録した延べ地点数  
(アメダス地点数に換算)



全球気温上昇と比例して日本  
平均気温も増加すると仮定し  
た場合の猛暑地点数の変化

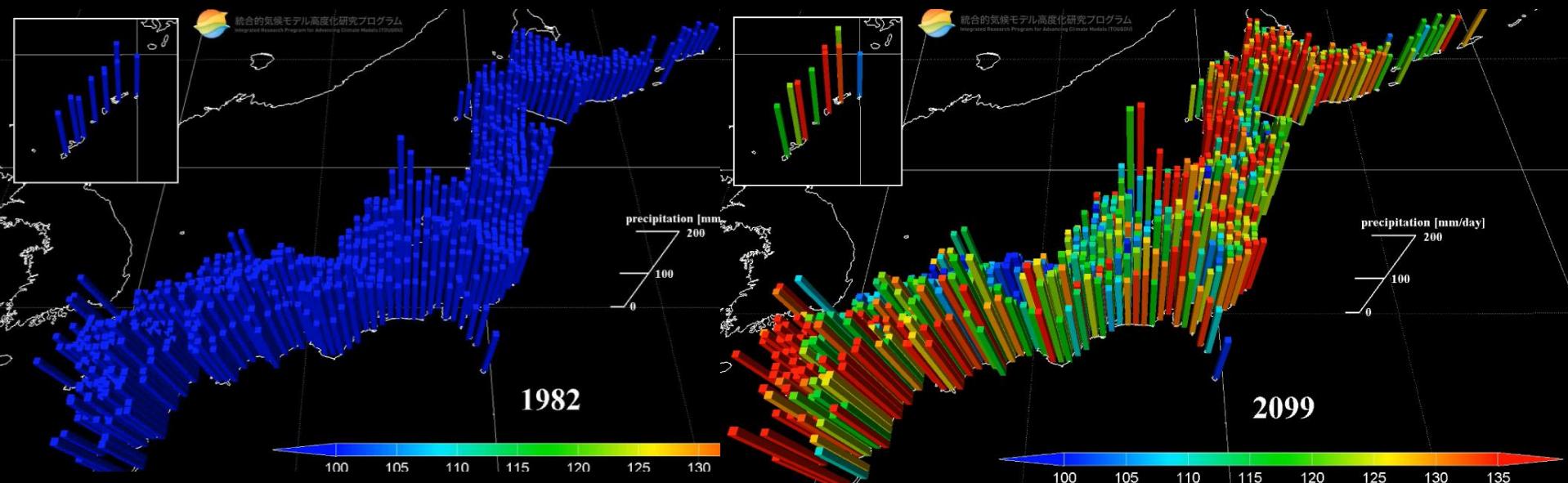
パリ協定の1.5度目標が達成  
されたとしても3000地点以上、  
2度目標でも4000地点以上！  
(現在の1.4倍、1.8倍に相当)



# 年最大日降水量の変化(150年連続実験)



※ 31年間の中央値の変化、20km領域モデル



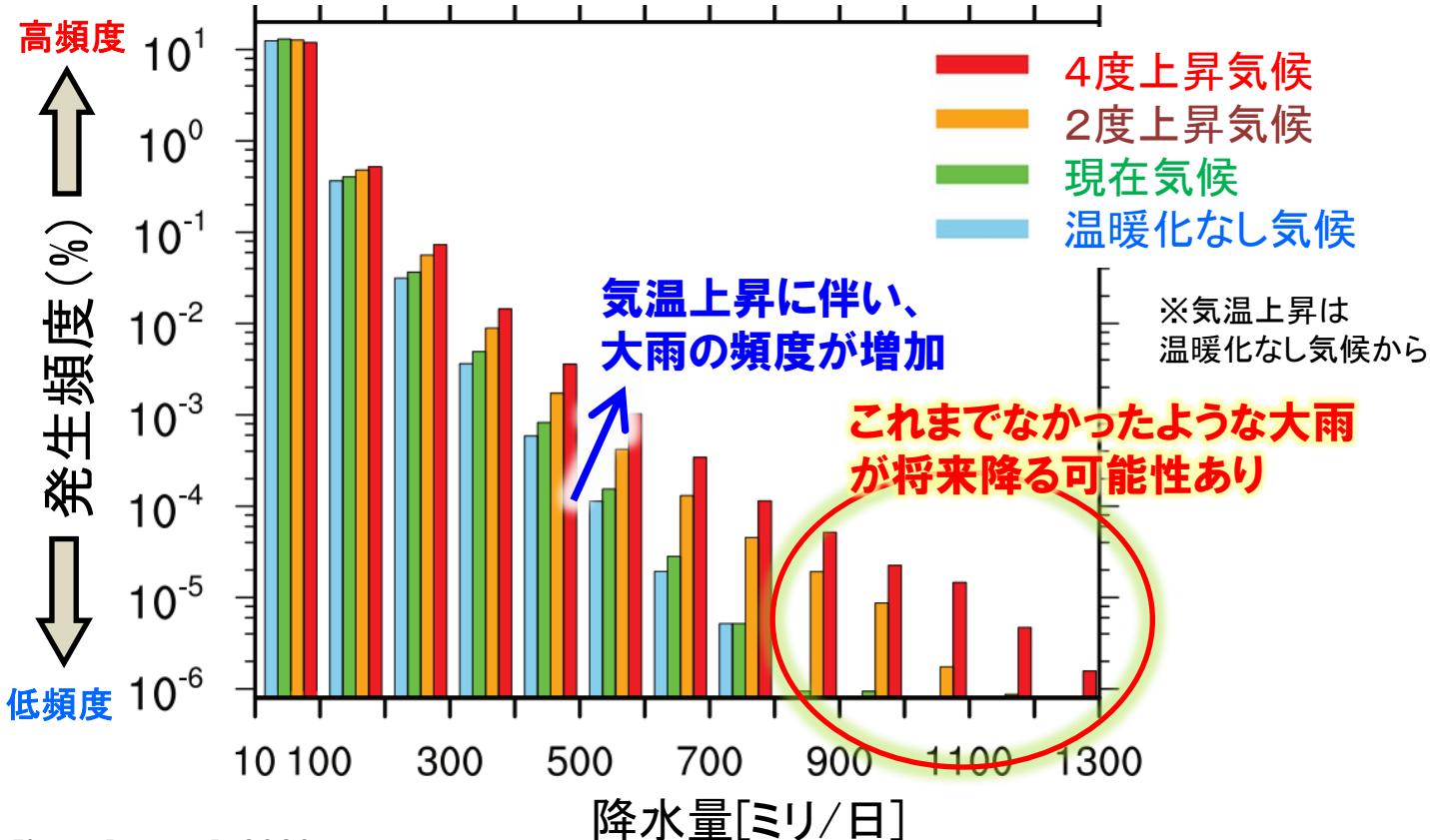
動画: [https://www.youtube.com/watch?v=Y\\_Gq0EmIBic](https://www.youtube.com/watch?v=Y_Gq0EmIBic)

統合 気候 youtube



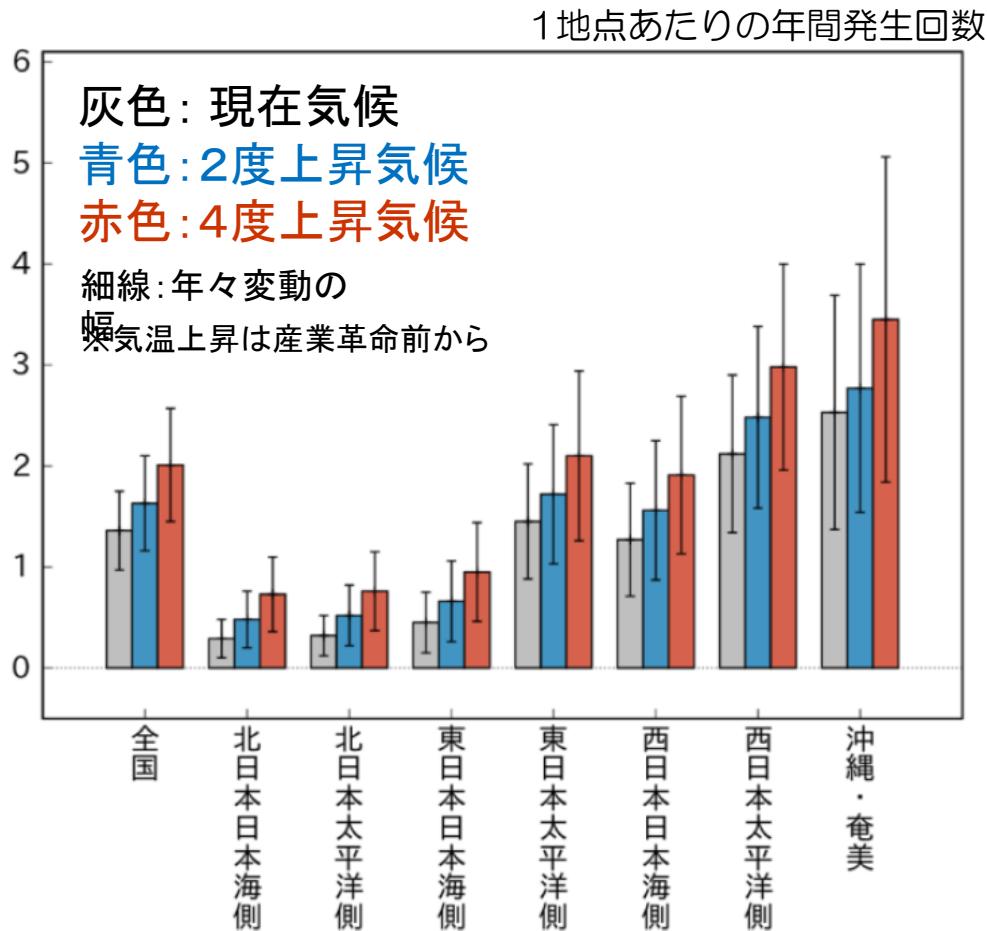
# 極端な大雨の将来変化（関東地方）

## 関東地方の日降水量の頻度分布



Miyasaka et al. 2020

# 日降水量100ミリ以上の日数の変化(地域別)



(日本の気候変動2020)

いずれの地域も気温の上昇とともに大雨日数が増加

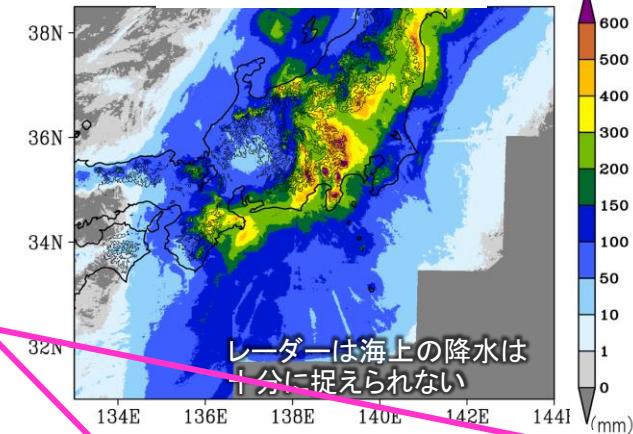
4度上昇では、東日本の太平洋側の日数が、現在の西日本の太平洋側の日数とほぼ同程度になる

# 令和元年東日本台風の大雨に対する影響

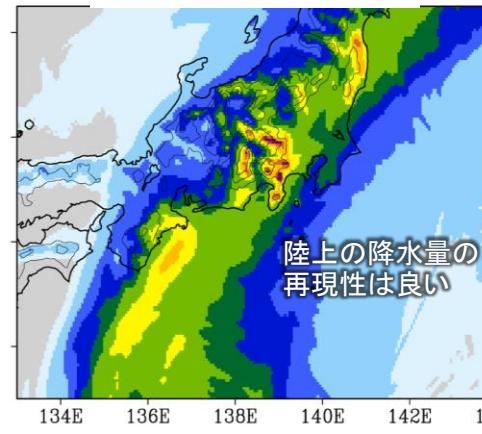
天気予報モードで現象を正確に再現した上で、気温だけ温暖化が進行する以前の状態に戻す

温暖化なしの世界  
の定義の仕方によ  
つても結果は変  
動するが、気温上  
昇によって令和元  
年東日本台風の雨  
量が増加したこと  
は明らか。

解析雨量



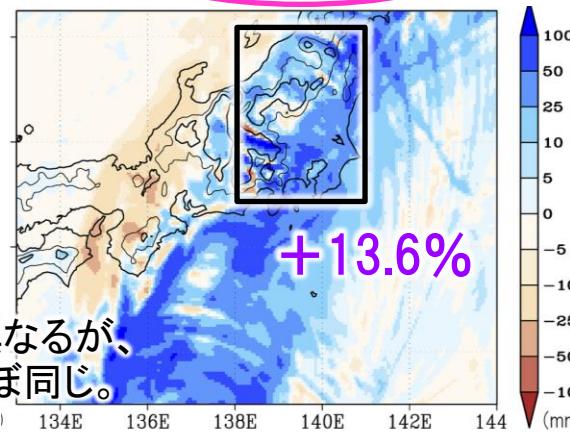
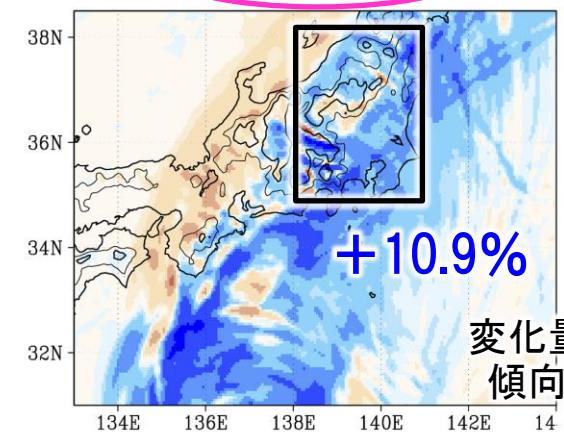
再現実験



気温&海面水温上昇による変化  
(1980年以降)

気温&海面水温上昇による変化  
(産業革命以降)

『温暖化あり』実験  
マイナス  
『温暖化なし』実験



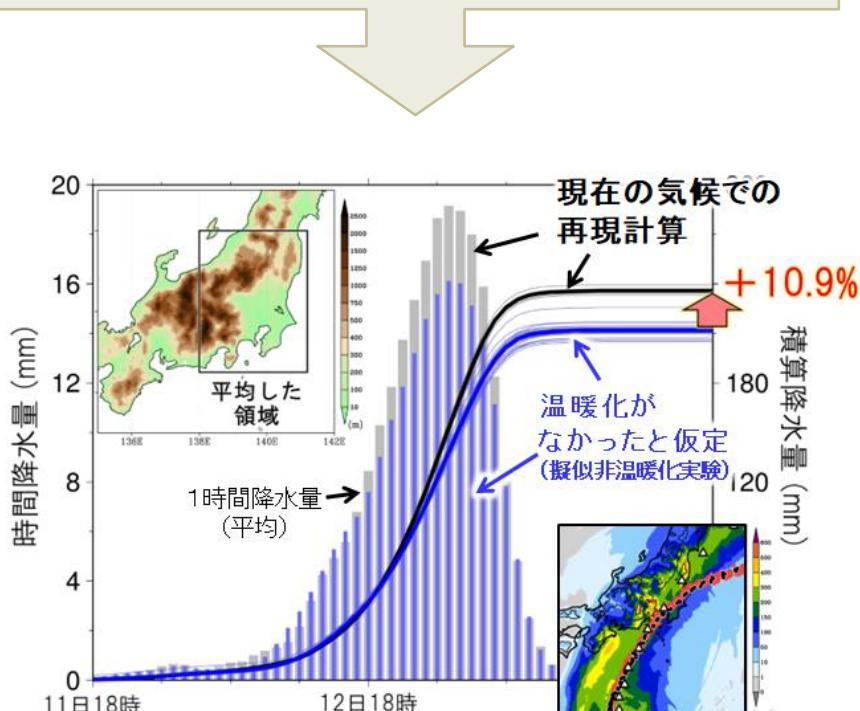
変化量は異なるが、  
傾向はほぼ同じ。

東北や北陸、関東甲信で、温暖化により降水量が増加

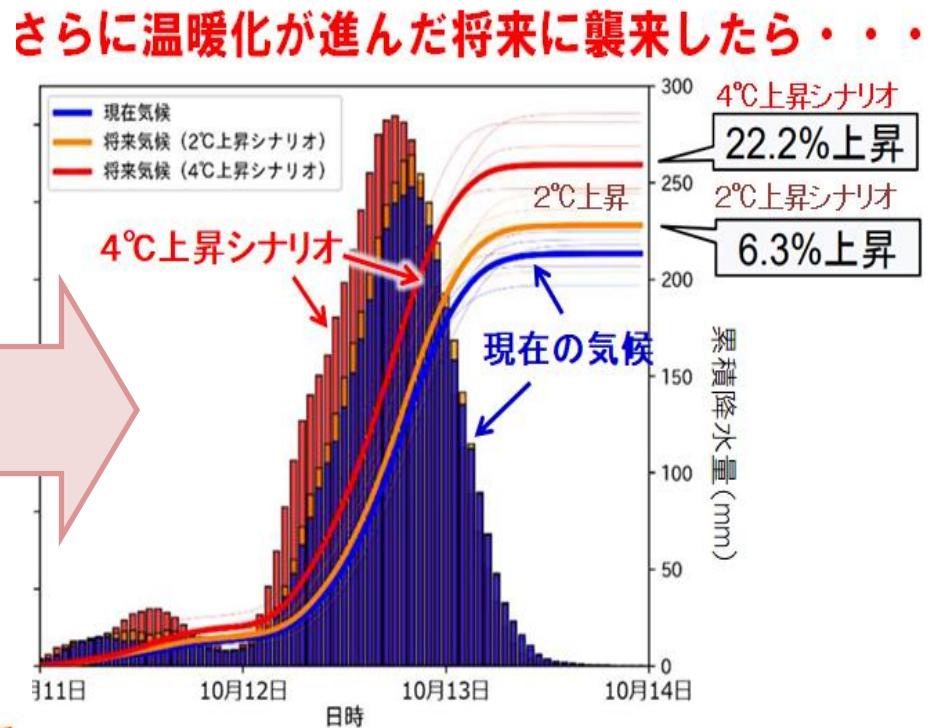
Kawase et al. 2020

# 将来、令和元年東日本台風と同じような台風が来たら・・

天気予報モードで現象を正確に再現した上で、気温だけ温暖化が進行する以前の状態に戻す



天気予報モードで現象を正確に再現した上で、気温だけ上昇させる



# 将来、令和元年東日本台風と同じような台風が来たら・・

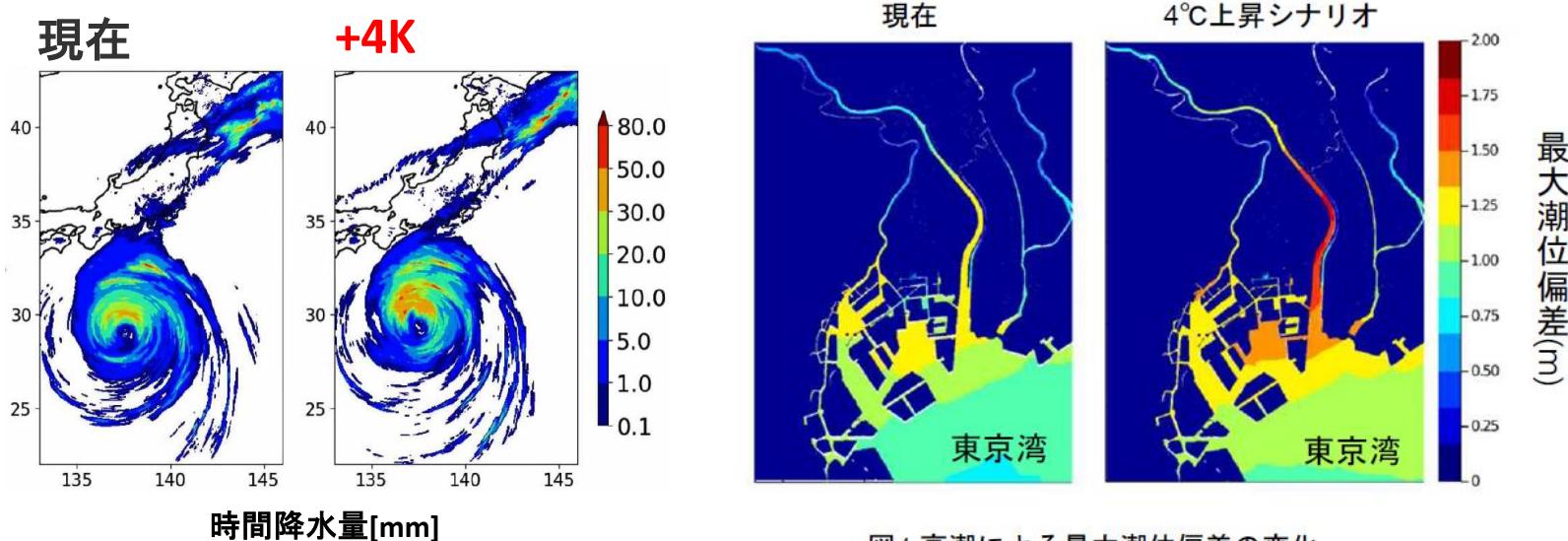


図4 高潮による最大潮位偏差の変化

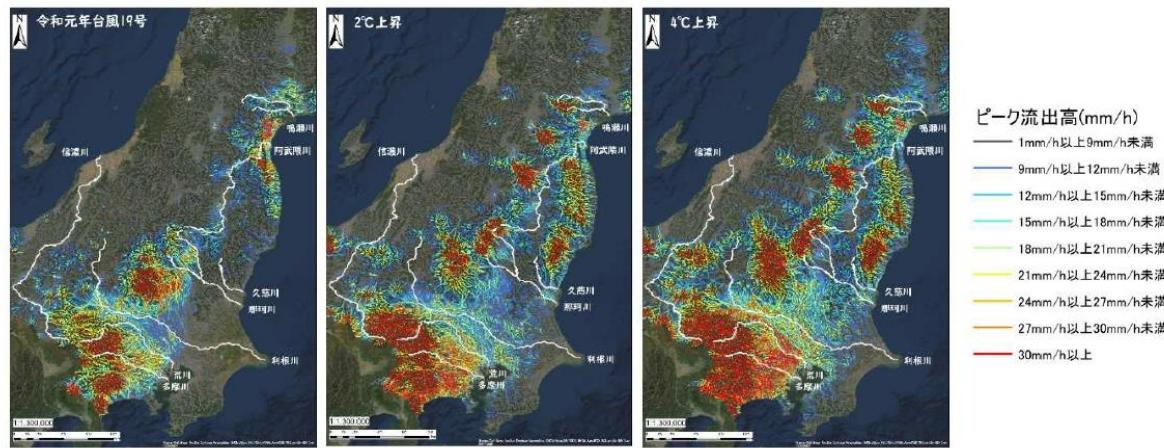


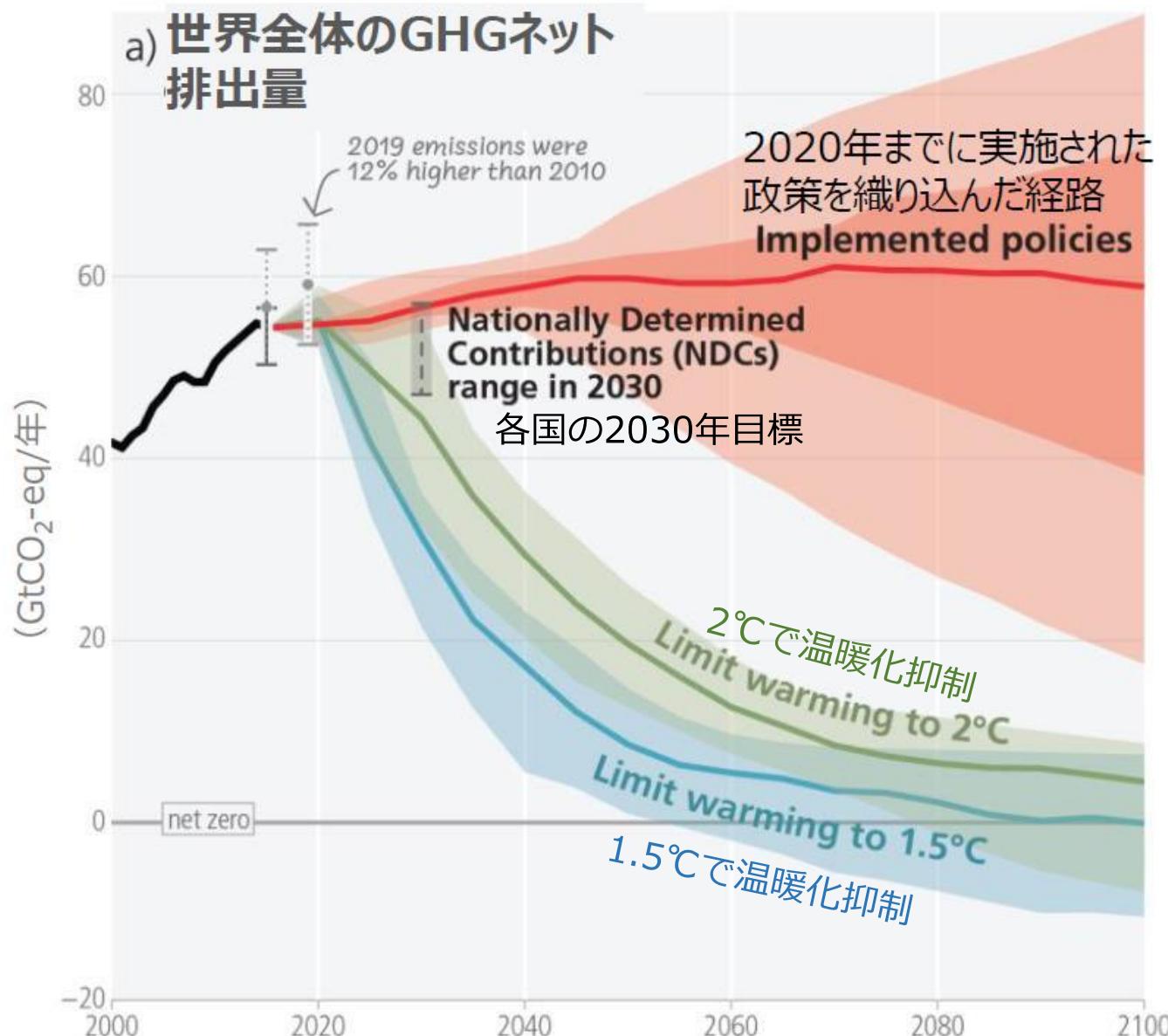
図13 ピーク流出高の変化 (RRI、2°C上昇、4°C上昇シナリオは5ケースの平均を示す)



環境省2020

気象学者と水文学者が連携してアトリビューション研究に取り組む体制が強化されつつある。  
暴露や脆弱性まで考慮した災害リスクのイベント・アトリビューション研究へ

# 1.5度目標達成はいばらの道



IPCC AR6 SYR,  
Fig. SPM.5a

# おわりに

## □ イベント・アトリビューションの意義

- ◆ Event Attributionの結果を社会に対して迅速に情報発信することで、**気候変動問題に対する一人一人の実感を促す**
- ◆ **問題解決に向けた行動(国が打ち出す緩和策への理解、災害に対する危機意識の向上)**につなげる一助に

## □ 実感を高めるために(アクションナブルEA)

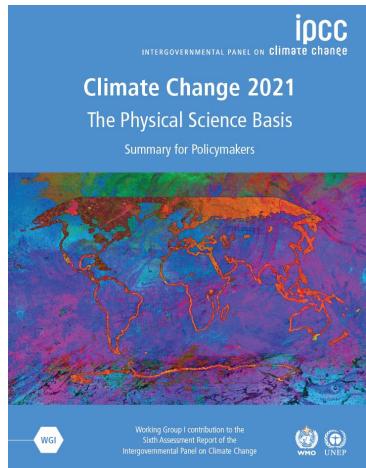
- ◆ 他分野の研究者との連携を強化し、個人個人が実感しやすい**身近な変数**に焼き直す(熱中症搬送者数、浸水面積、農作物の収穫高、被害額 etc...)
- ◆ 異常気象発生直後に社会が求めるタイミングで**迅速に情報発信**
- ◆ 将来もし同じような自然現象が起こったら…**想像力を掻き立てる将来の情報**

# 参考

# 参考 資料

書籍以外は  
WEBから  
閲覧可能

## Climate Change 2021



## 勢力を増す台風



## 日本の気候変動2020



## 地球温暖化予測情報第9巻



## 気候変動監視レポート2022

