

2022/6/3

国立環境研究所気候変動適応センター  
気候変動リスク産官学連携ネットワーク



# 地球温暖化対策に資する アンサンブル気候予測データ ベース (d4PDF) について

京都大学防災研究所  
森 信人



# 目 次

1. d4PDFシリーズの概要
2. 解析結果の紹介：気候要素
3. 解析結果の紹介：風水害等への応用
4. 事業での活用例
5. その他

Q&A



# 詳しい内容

- 公式Web
  - <https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/>
- Description paper
  - Mizuta, R., et al. (2017) The Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS), July, pp.1383-1398.
- Review paper
  - Ishii, M., N. Mori (2020) Progress in Earth and Planetary Science, 7, Article number 58.
  - 石井正好・森 信人 (2022) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベースの開発と気候変動リスク評価研究成果の社会, 天気, 印刷中



# d4PDFシリーズの概要



# 特 徴

- 大規模アンサンブル, 長時間積分
- GCM (60km) +RCM (20km) のセット
- 過去, 非温暖化実験
- 定常な全球平均気温昇温条件
  - +4, +2, +1.5K
- オープンデータ, 商業利用OK
- 設計段階から気候と影響評価研究者が議論して実施

# 背景

2014年 IPCC 第五次評価報告書が発刊された頃...

- 国内外での温暖化適応・緩和推進の機運の高まり!!
- 「共生」、「革新」、「創生」と続く文部科学省温暖化研究プロジェクトからの社会貢献を!!!
- 極端現象の評価を!!!



FY2002-06



FY2007-11



FY2012-16



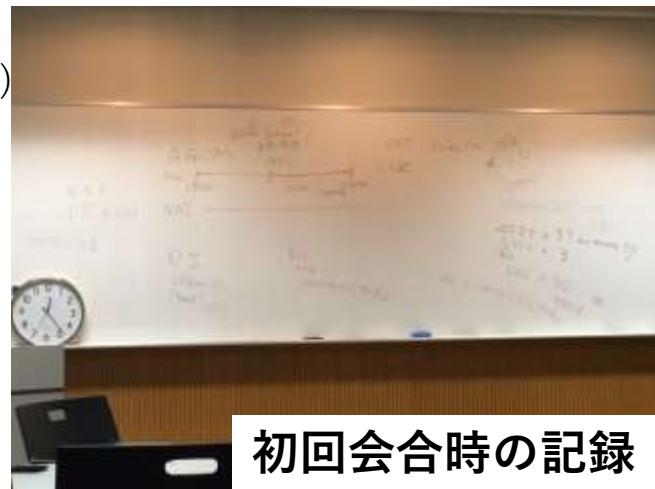
2014年10月 気象学会秋季大会@福岡国際会議場

「気候予測データセットを作ろう！」（木本先生）

2014年12月 JAMSTEC 地球シミュレーター（ES3）  
特別推進課題採択

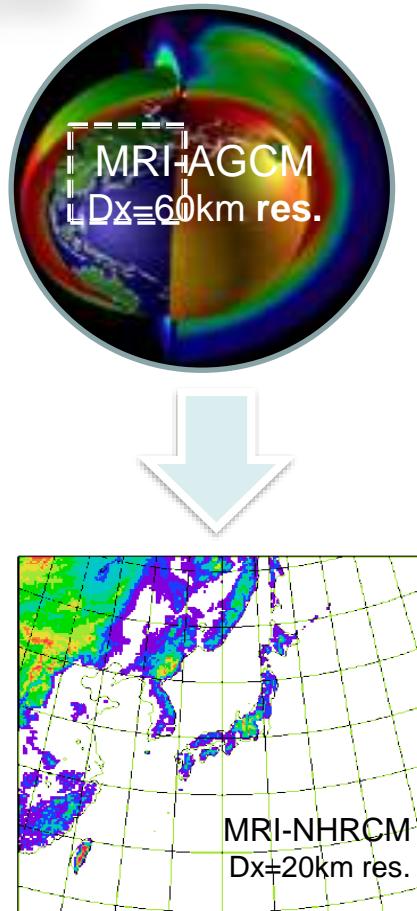
2015年 1月 キックオフ@東大柏キャンパス

地理的に整合し、  
時間で整合する  
国内の  
温暖化影響評価とこれに基づく施策を実現でき  
る気候予測データベースを開発する。



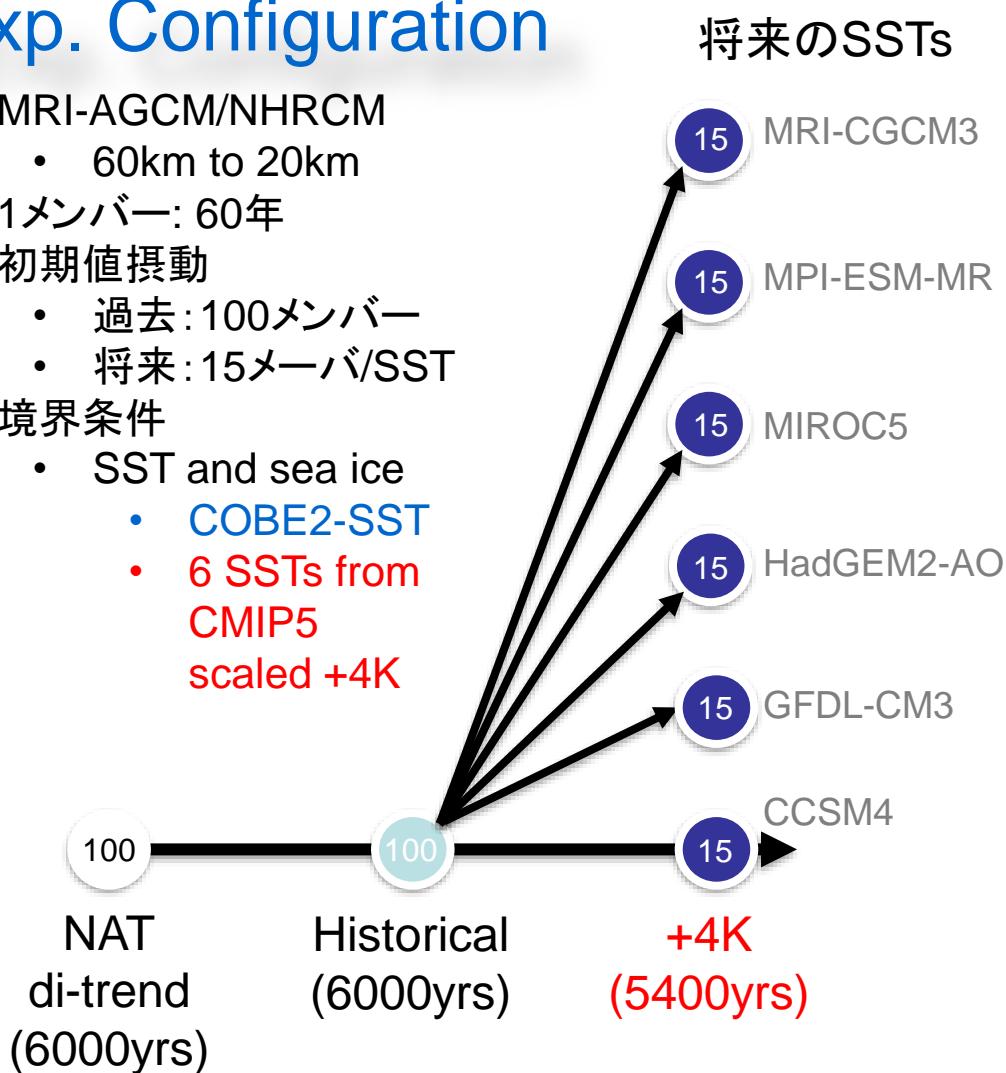
# d4PDFの基本設計

## Model



## Exp. Configuration

- MRI-AGCM/NHRCM
  - 60km to 20km
- 1メンバー: 60年
- 初期値擾動
  - 過去: 100メンバー
  - 将来: 15メンバー/SST
- 境界条件
  - SST and sea ice
    - COBE2-SST
    - 6 SSTs from CMIP5 scaled +4K





# 実験設定

Mizuta et al. (2017, BAMS)

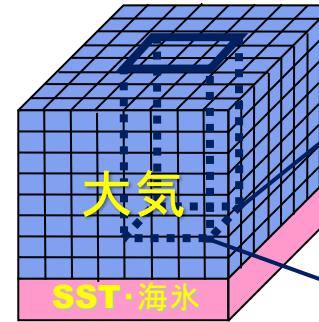
過去実験: 観測の海面水温(SST) と海水に摂動( $\delta T$ ) を与えたモデルシミュレーション

将来実験:  $\Delta T + T' + \delta T$  (海水も同様) によるモデルシミュレーション

非温暖化過去実験:  $T' + \delta T$  (海水も同様) によるモデルシミュレーション

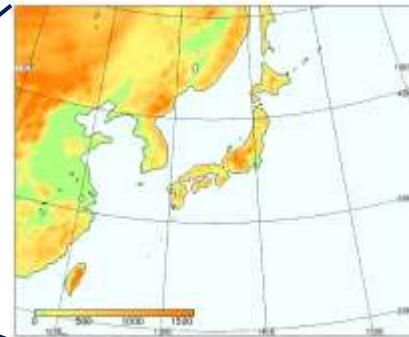
※ それぞれの実験で初期値摂動も併用している。

60km 全球大気モデル  
MRI-AGCM3.2 (Mizuta et al. 2012)

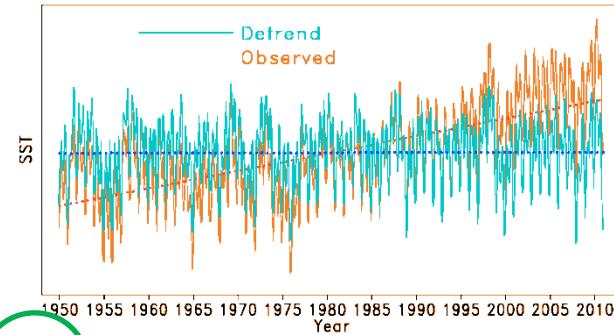
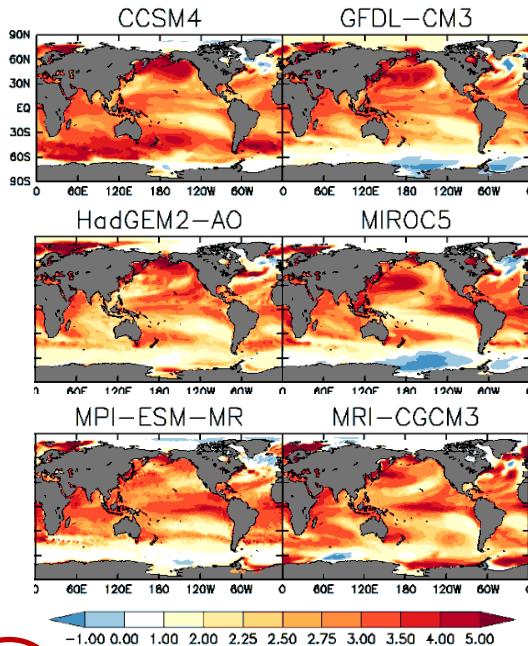


力学的ダウンスケーリング

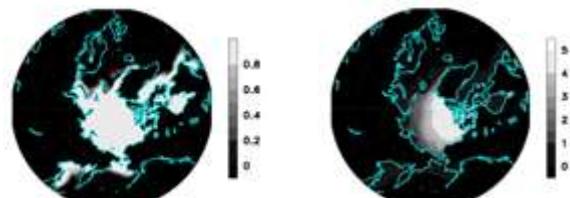
20km領域気候モデル  
NHRCM (Sasaki et al. 2012)



$\Delta T$  と  $\delta T$  でそれぞれ力学モデルと内部変動の不確実性表現の最大化を狙っている。



$T'$ : 温暖化トレンドを除いた過去 60 年の SST 経年変動 (青線; COBE-SST2; Hirahara et al. 2014)



海氷密接度の経年変動と摂動も使用

$\Delta T$

6種のCMIP5 温暖化パターン  
2080~2099年の平均で固定

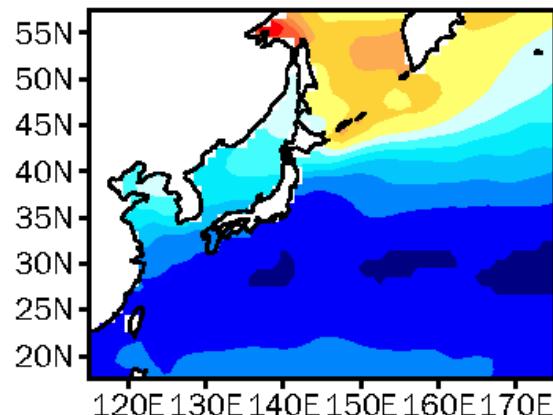
$\delta T$ : 時空間連続な SST 15 摂動



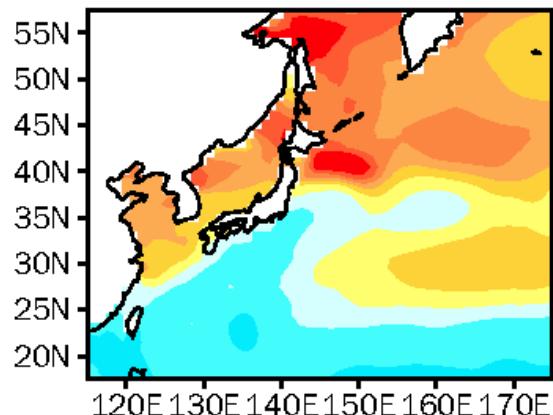
# $\Delta T$ : 6 種のCMIP5 温暖化パターン

## 2080~2099年の平均で固定

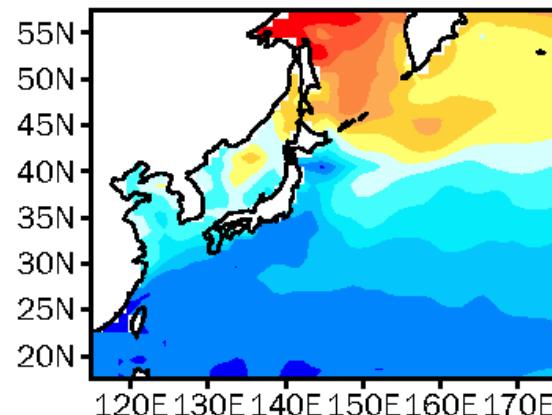
CCSM4



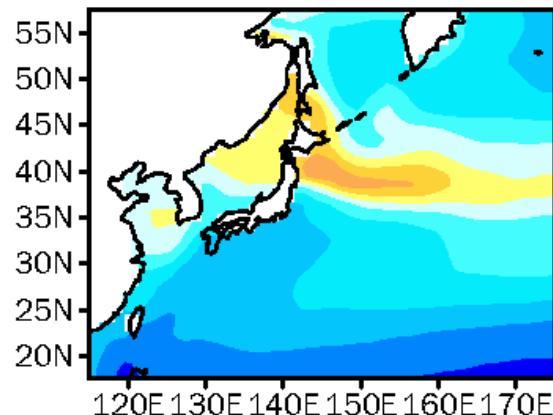
GFDL-CM3



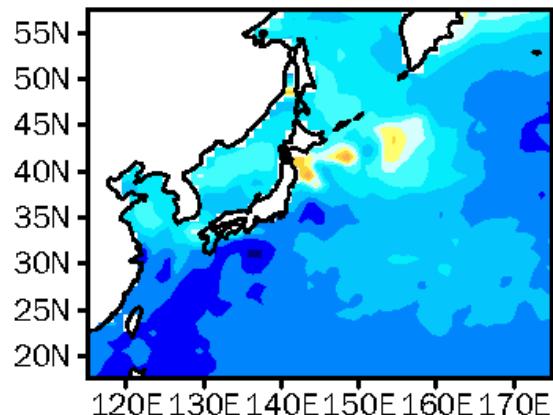
HadGEM2-AO



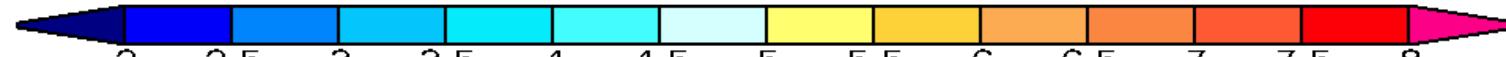
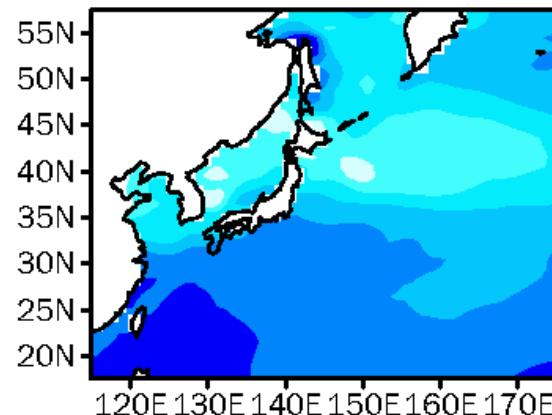
MIROC5



MPI-ESM-MR



MRI-CGCM3

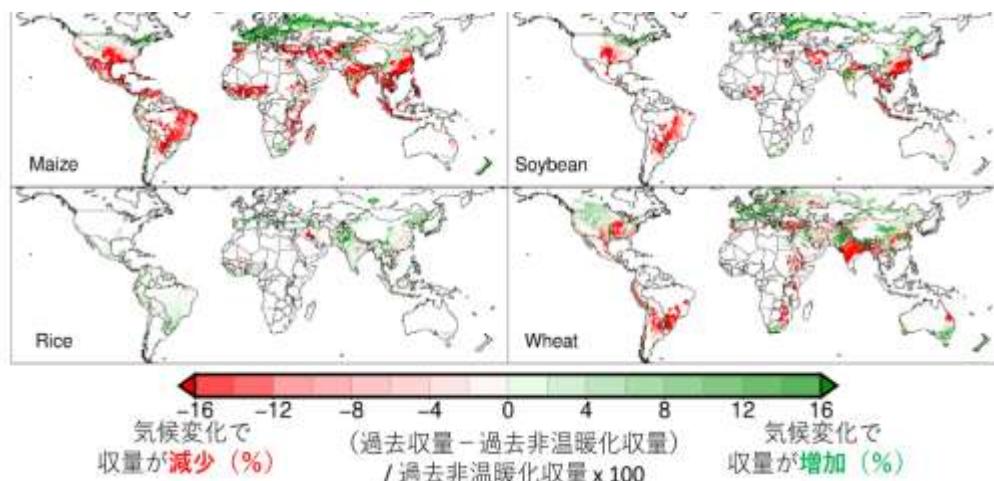


昇温量

# d2PDF (+2K)

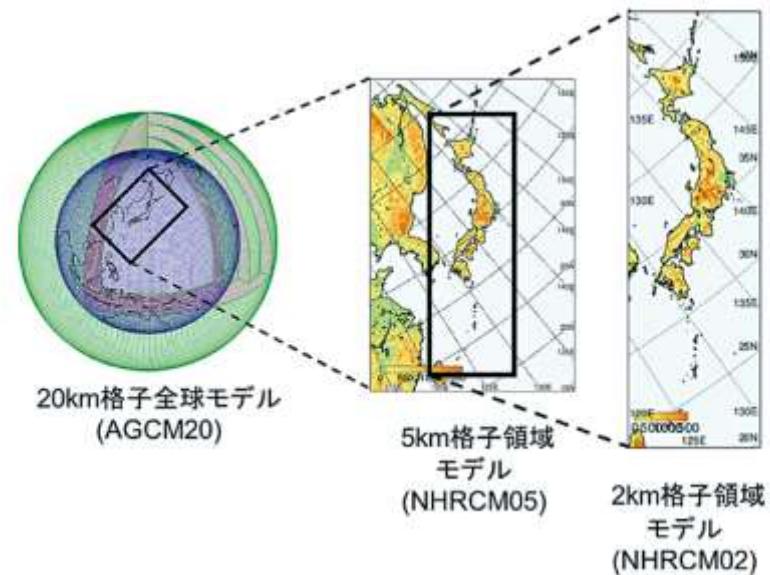
気候変動適応技術社会実装プログラム (FY2015-19)

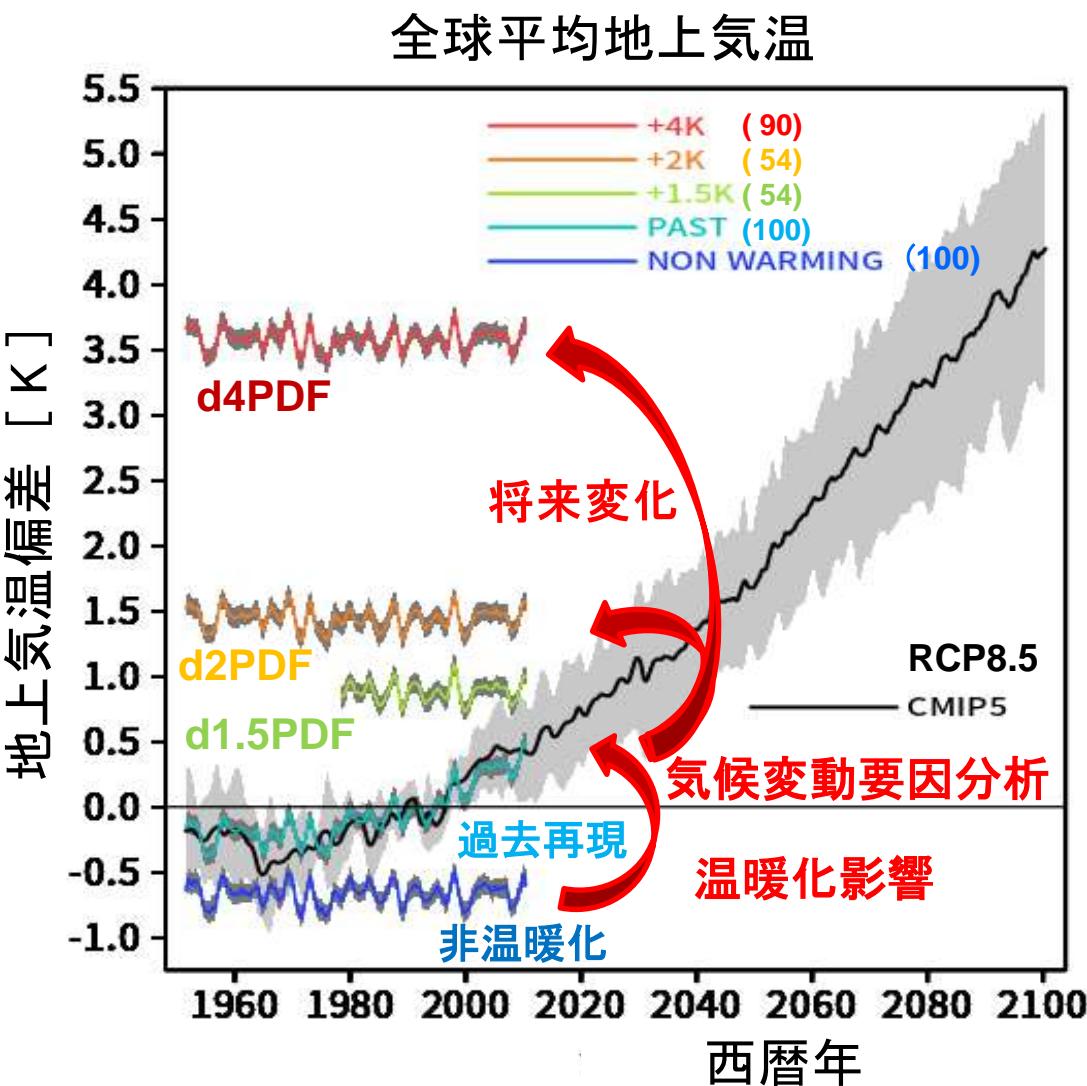
- +2K 実験 (d2PDF) の実施
- 20 km NHRCM領域実験からの5km、2km、1km ダウンスケーリング (一部領域)
- 地域スケールの温暖化影響の評価
- 大規模データ効率利用システム



過去の温暖化による穀物生産への影響評価

Iizumi et al. (2018a, b)





## d4PDFファミリー

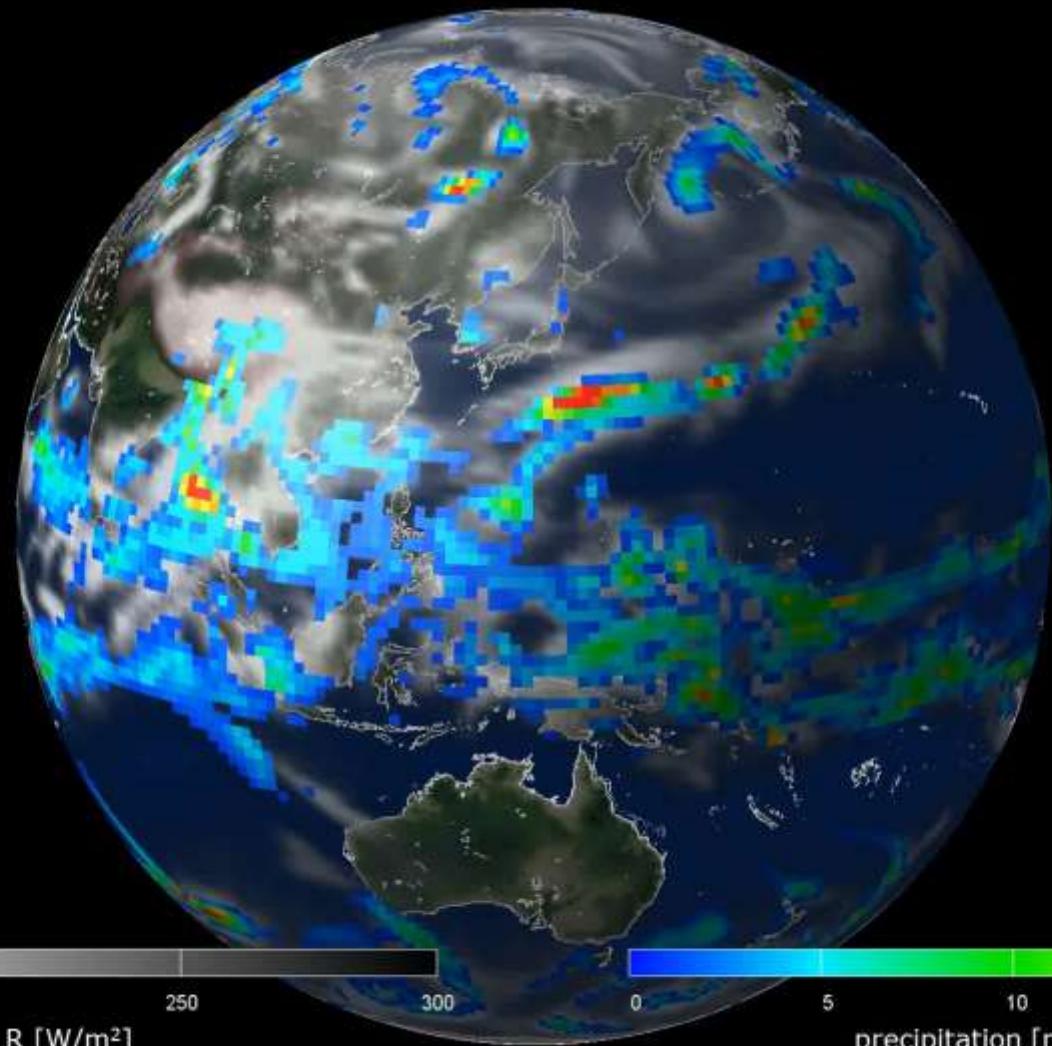
- ✓ 大気モデルに過去と将来の海面水温を与えた、**全球域**と**日本域**の**タイムスライス**温暖化予測実験データセット
- ✓ 高解像度全球 (60km)・領域 (20km) 大気モデル使用
- ✓ **大規模アンサンブル**
  - ✓ 50～100メンバー
- ✓ 様々なバリエーション：
  - ✓ 過去、+4K、+2K、+1.5K、非温暖化
- ✓ 総積分年数: 約 4.5 万年



# d4PDFファミリー

実験名	メンバ数	積分期間	境界条件	参考文献
過去 HPB	100	60年間 (1951～ 2010)	観測された全球一様の温暖化気体濃度と、化学モデルで推定した月平均エアロゾル・オゾンの三次元分布 観測の海面水温と海氷 (COBE-SST2)	Mizuta et al. (2017)
非温暖化	100	60年間 (1951～ 2010)	1850年時点の温暖化気体濃度および1850年でのエアロゾルと1961年でのオゾンの三次元分布で固定 長期トレンドを除いた海面水温 ( $\delta T$ ) と海氷	Mizuta et al. (2017) Kawase et al. (2019)
+1.5K将来 HFB	54	29年間 (1982～ 2010に対 応)	RCP8.5 の 2030年の温暖化気体濃度およびエアロゾル・オゾン分布で固定 CMIP5 の温暖化レベル(2020-2039) + $\delta T$	Nosaka et al. (2020)
+2K 将来	54	60年間	同上、ただし 2040年のもの CMIP5 の温暖化レベル(2030-2049) + $\delta T$	Fujita et al. (2019)
+4K 将来	90	60年間	同上、ただし 2090年のもの CMIP5 の温暖化レベル(2080-2099) + $\delta T$	Mizuta et al. (2017)

06/10 02:00



150

200

250

300

OLR [W/m<sup>2</sup>]

0

5

10

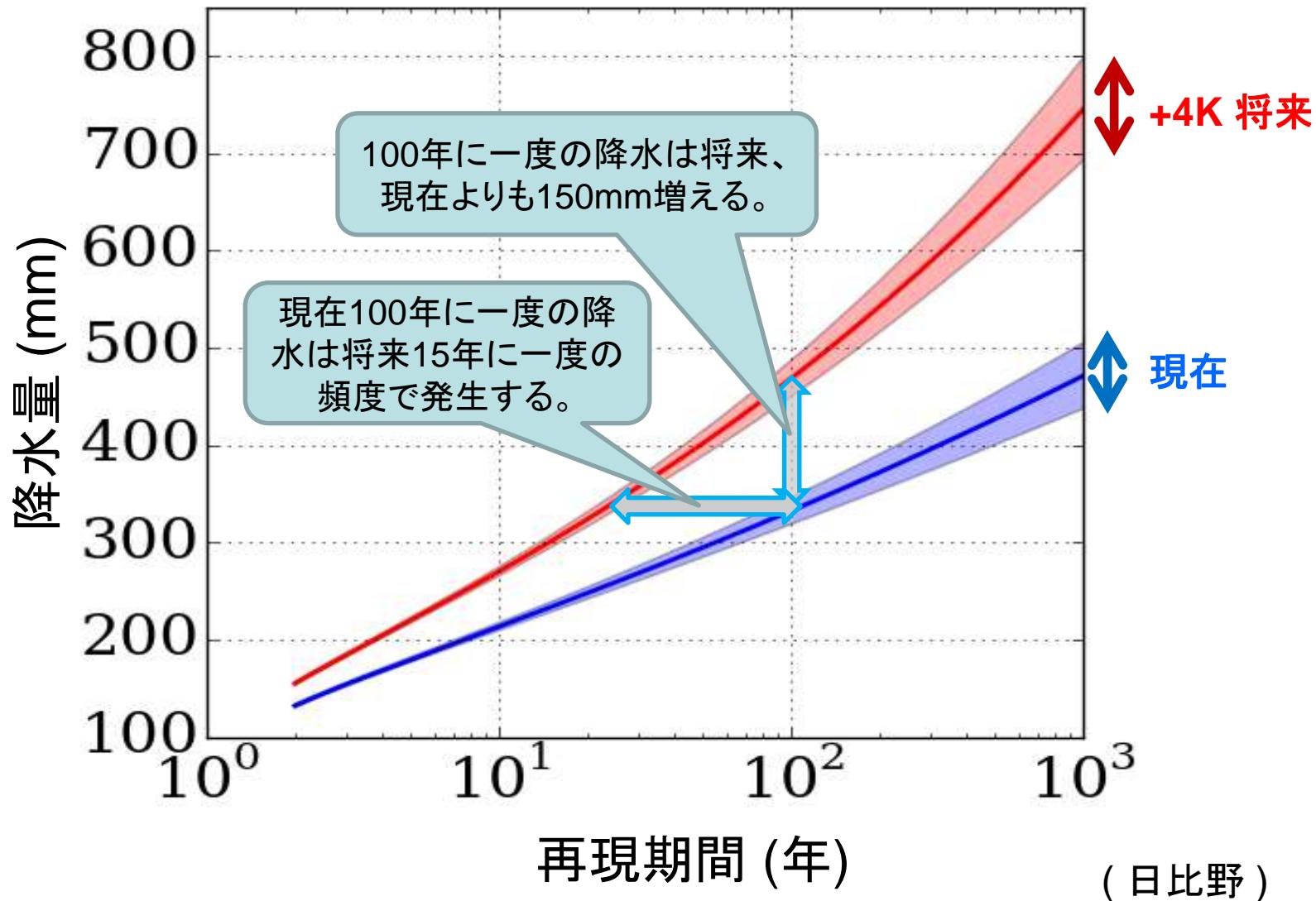
15

20

precipitation [mm/6hr]

# 将来変化の確率評価が可能に

## 例) 東京での年最大日降水量





# データの入手

- 公式Web
  - <https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/>
- 問い合わせ
  - [d4pdf-support@jamstec.go.jp](mailto:d4pdf-support@jamstec.go.jp)
    - エキスパートがお答えします
- データの入手
  - データ統合・解析システムDIAS (Data Integration and Analysis System)
    - <https://diasjp.net/service/d4pdf-data-download/>
    - <http://d4pdf.diasjp.net/>



# データの入手

d4PDF\_GCM (Original) x + ▲ 保護されていない: d4pdf.diasjp.net/d4PD... Q ⌂ ☆

◀ → C ⌂ ▲ 保護されていない: d4pdf.diasjp.net/d4PD... Q ⌂ ☆

NM gmail 個人閲覧 研究室 学内web 学内web2 Project その他ブックマーク

## d4PDFダウンロード

English

d4PDF\_GCM (Original) d4PDF\_RCM (Original) d4PDF\_GCM (Subset) d4PDF\_RCM (Subset)

### 選択データ

0 ファイル, 0Bytes

ダウンロード

### 実験

過去実験: HPB  
 過去非温暖化実験: HPB\_NAT  
 将来4度昇温実験 (昇温パターン = CCSM4) : HFB\_4K\_CC  
 将来4度昇温実験 (昇温パターン = GFDL-CM3) : HFB\_4K\_GF  
 将来4度昇温実験 (昇温パターン = HadGEM2-AO) : HFB\_4K\_HA  
 将来4度昇温実験 (昇温パターン = MIROC5) : HFB\_4K\_MI  
 将来4度昇温実験 (昇温パターン = MPI-ESM-MR) : HFB\_4K\_MP  
 将来4度昇温実験 (昇温パターン = MRI-CGCM3) : HFB\_4K\_MR  
 将来2度昇温実験 (昇温パターン = CCSM4) : HFB\_2K\_CC  
 将来2度昇温実験 (昇温パターン = GFDL-CM3) : HFB\_2K\_GF  
 将来2度昇温実験 (昇温パターン = HadGEM2-AO) : HFB\_2K\_HA  
 将来2度昇温実験 (昇温パターン = MIROC5) : HFB\_2K\_MI  
 将来2度昇温実験 (昇温パターン = MPI-ESM-MR) : HFB\_2K\_MP  
 将来2度昇温実験 (昇温パターン = MRI-CGCM3) : HFB\_2K\_MR  
 将来1.5度昇温実験 (昇温パターン = CCSM4) : HFB\_1.5K\_CC  
 将来1.5度昇温実験 (昇温パターン = GFDL-CM3) : HFB\_1.5K\_GF  
 将来1.5度昇温実験 (昇温パターン = HadGEM2-AO) : HFB\_1.5K\_HA  
 将来1.5度昇温実験 (昇温パターン = MIROC5) : HFB\_1.5K\_MI  
 将来1.5度昇温実験 (昇温パターン = MPI-ESM-MR) : HFB\_1.5K\_MP  
 将来1.5度昇温実験 (昇温パターン = MRI-CGCM3) : HFB\_1.5K\_MR  
 実験共通: fixed

### 期間

d4PDF\_GCM (Original) x + ▲ 保護されていない: d4pdf.diasjp.net/d4PD... Q ⌂ ☆

◀ → C ⌂ ▲ 保護されていない: d4pdf.diasjp.net/d4PD... Q ⌂ ☆

NM gmail 個人閲覧 研究室 学内web 学内web2 Project その他ブックマーク

### 期間

1951 ▾ 01 ▾ 1951 ▾ 01 ▾

### 変数カテゴリ

\* 月平均値3次元大気データ (水平解像度1.25度) : atm\_avr\_mon\_1.25deg  
 \* 月平均東西値平均3次元大気データ : atm\_zonal\_avr\_mon  
 \* 1時間平均降水量データ : precipi\_avr\_1hr  
 \* 3時間平均値2次元データ : sfc\_avr\_3hr  
 \* 6時間平均値2次元データ (水平解像度1.25度) : sfc\_avr\_6hr\_1.25deg  
 \* 日平均値2次元データ : sfc\_avr\_day  
 \* 月平均値2次元データ : sfc\_avr\_mon  
 \* 日本域1時間平均値2次元データ : sfc\_japan\_avr\_1hr  
 \* 日最高値2次元データ : sfc\_max\_day  
 \* 日最低値2次元データ : sfc\_min\_day  
 \* 6時間瞬間値2次元データ : sfc\_snp\_6hr\_2byte  
 \* 日平均値2次元データ (陸面) : sfc\_souseid\_avr\_day  
 \* 12時間瞬間値3次元大気データ (水平解像度2.5度) : atm\_24levs\_snp\_12hr\_2.5deg  
 \* 6時間瞬間値3次元大気データ (水平解像度1.25度) : atm\_snp\_6hr\_1.25deg  
 \* 6時間瞬間値3次元大気データ (特定レベルのみ) : atm\_snp\_6hr\_2byte  
 \* 日平均東西平均値3次元大気データ : epflux\_avr\_day

Select All Clear All

### アンサンブル

m001  m002  m003  m004  m005  m006  m007  m008  m009  m010  m011  m012  
 m013  m014  m015  m016  m017  m018  m019  m020  m021  m022  m023  m024  
 m025  m026  m027  m028  m029  m030  m031  m032  m033  m034  m035  m036  
 m037  m038  m039  m040  m041  m042  m043  m044  m045  m046  m047  m048  
 m049  m050  m051  m052  m053  m054  m055  m056  m057  m058  m059  m060  
 m061  m062  m063  m064  m065  m066  m067  m068  m069  m070  m071  m072  
 m073  m074  m075  m076  m077  m078  m079  m080  m081  m082  m083  m084  
 m085  m086  m087  m088  m089  m090  m091  m092  m093  m094  m095  m096  
 m097  m098  m099  m100

Select All Clear All

- データダウンロードスクリプト (for Python 2)
- データダウンロードスクリプト (for Python 3)

# データの大きさ

- 全球モデル (880 TiB / 968 TB)

実験	容量
過去実験 (HPB_mNNN)	257 TiB / 283 TB
過去非温暖化実験 (HPB_NAT_mNNN)	253 TiB / 278 TB
将来 2°C昇温実験 (HFB_2K_XX_mNNN)	139 TiB / 153 TB
将来 4°C昇温実験 (HFB_4K_XX_mNNN)	231 TiB / 254 TB

- 領域モデル (897 TiB / 986 TB)

実験	容量
過去実験 (HPB_mNNN)	231 TiB / 254 TB
将来 2°C昇温実験 (HFB_2K_XX_mNNN)	250 TiB / 275 TB
将来 4°C昇温実験 (HFB_4K_XX_mNNN)	416 TiB / 457 TB

# データのハンドリング

- データの種類を理解
  - GCM, RCM, サブセット
  - サブセットは領域を切り出せます。
- データの大きさを理解
  - 1メンバー, 1変数から解析を始めてみて下さい。
- データフォーマット
  - Grib, dr(MRIバイナリー), netcdf
- おすすめ解析ソフト
  - GrADS, matlab
- データの種類
  - GCMとRCMでデータフォーマット
  - GCMとRCMで計算開始時期が違います
    - GCM:1月, RCM : 9月
  - GCMとRCM地図投影が違います
- 詳しくは
  - 利用手引
    - [https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/img/d4PDF\\_chapter4\\_20200214.pdf](https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/img/d4PDF_chapter4_20200214.pdf)



# 利用において 気をつけていただきたいこと

## データについて

- ・ 幾つか問題があります.
  - 例)
    - たまに壊れているファイルがある
    - RCMの氷に問題あり
    - RCMの台風強度に問題あり
  - 問題を発見したらサポートMLまで連絡下さい
- ・ 利用限界
  - シングルモデルアンサンブルであること
  - AGCMを用いた結果であること

## 引用等

- ・ 必須 : Mizuta, R., et al. (2017) The Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS), July, pp.1383-1398.
- ・ 任意 : <https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/>

引用により、成果の普及範囲が確認できます。次期プログラムへも重要なインプットになります。

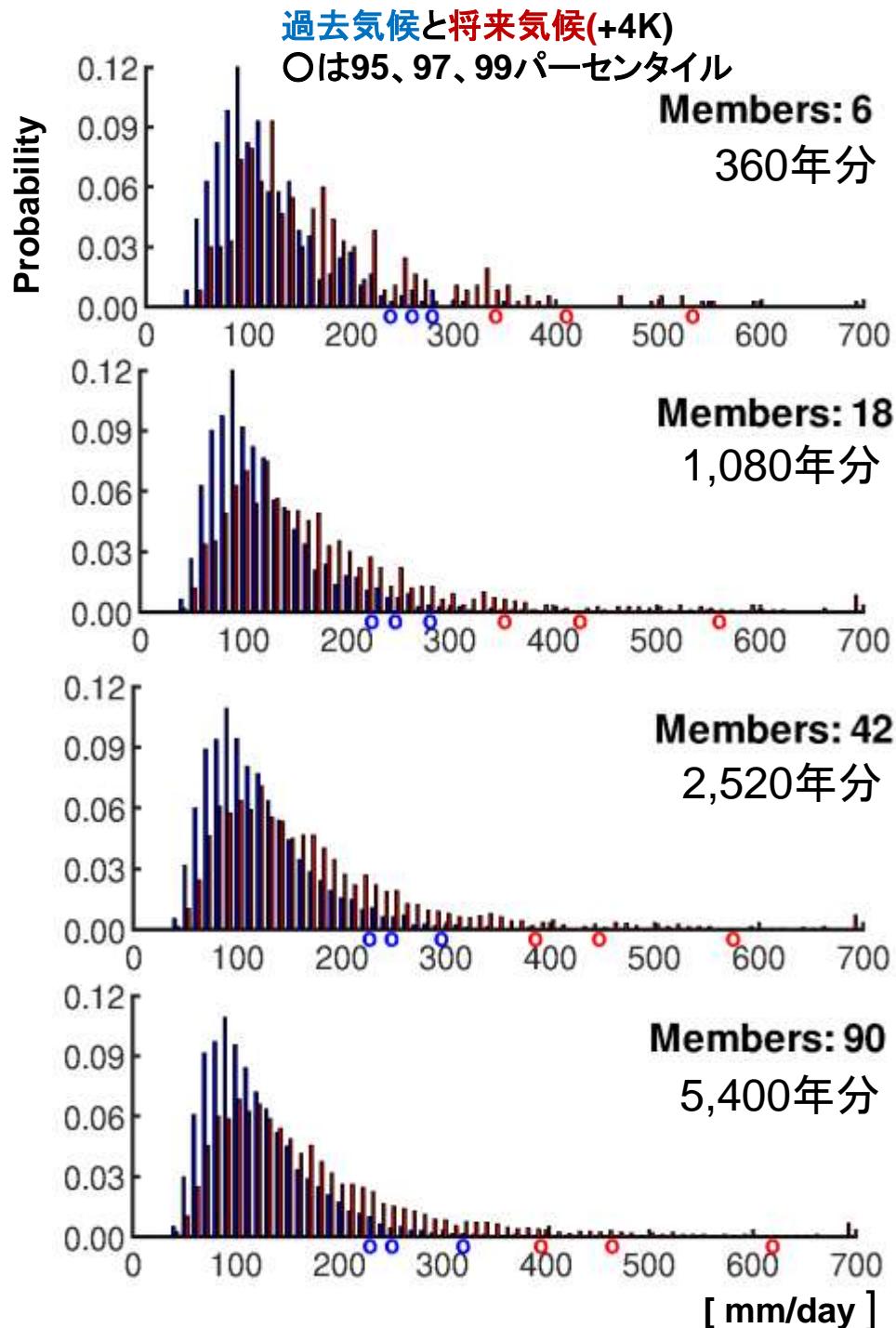


# 解析結果の紹介：気候要素

# 極端事象の解析 日降水量の例

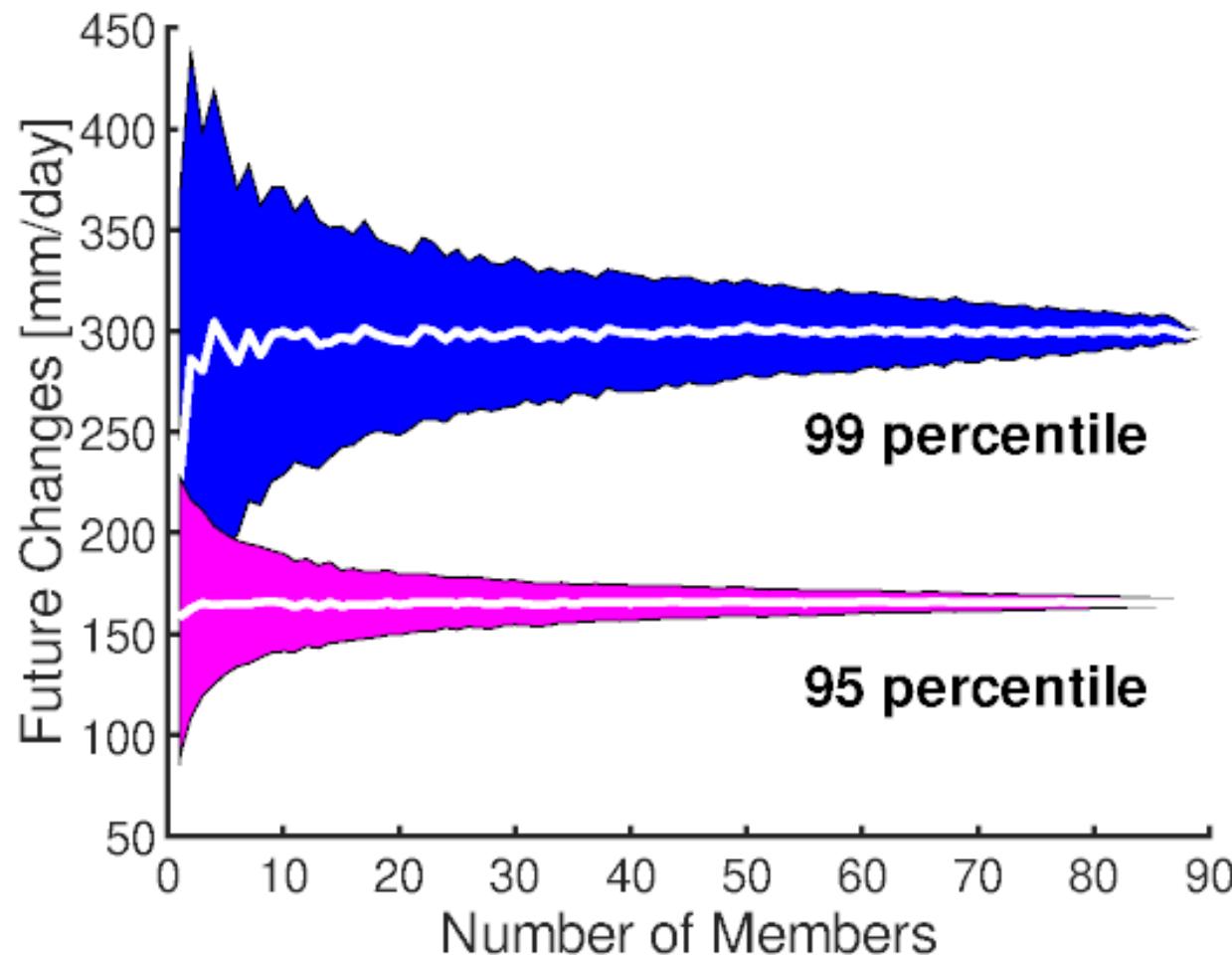
- 確率密度分布の評価が可能に
- メンバーナンバーが増加するのに従って、PDFが滑らかに

東京での  
年最大日降水量頻度分布  
(岡田ら, 2021)



# メンバーフリーと将来変化の関係

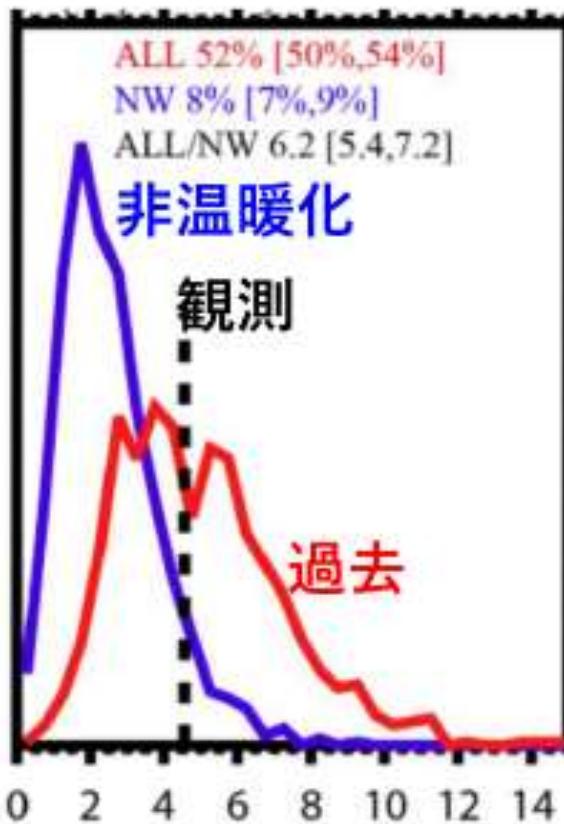
例) 日降水量・東京



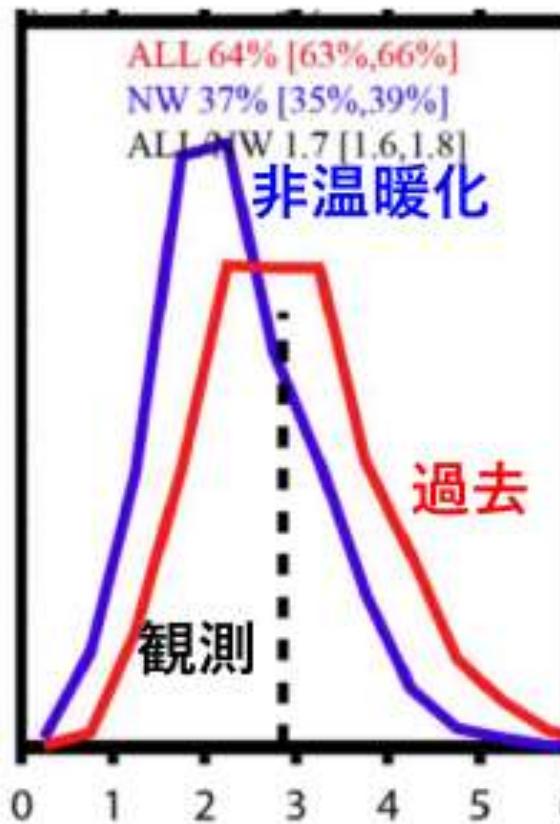
# 観測との比較 【過去実験】

2001-2010年の間に観測記録が更新された面積割合(%)のPDF(全世界)

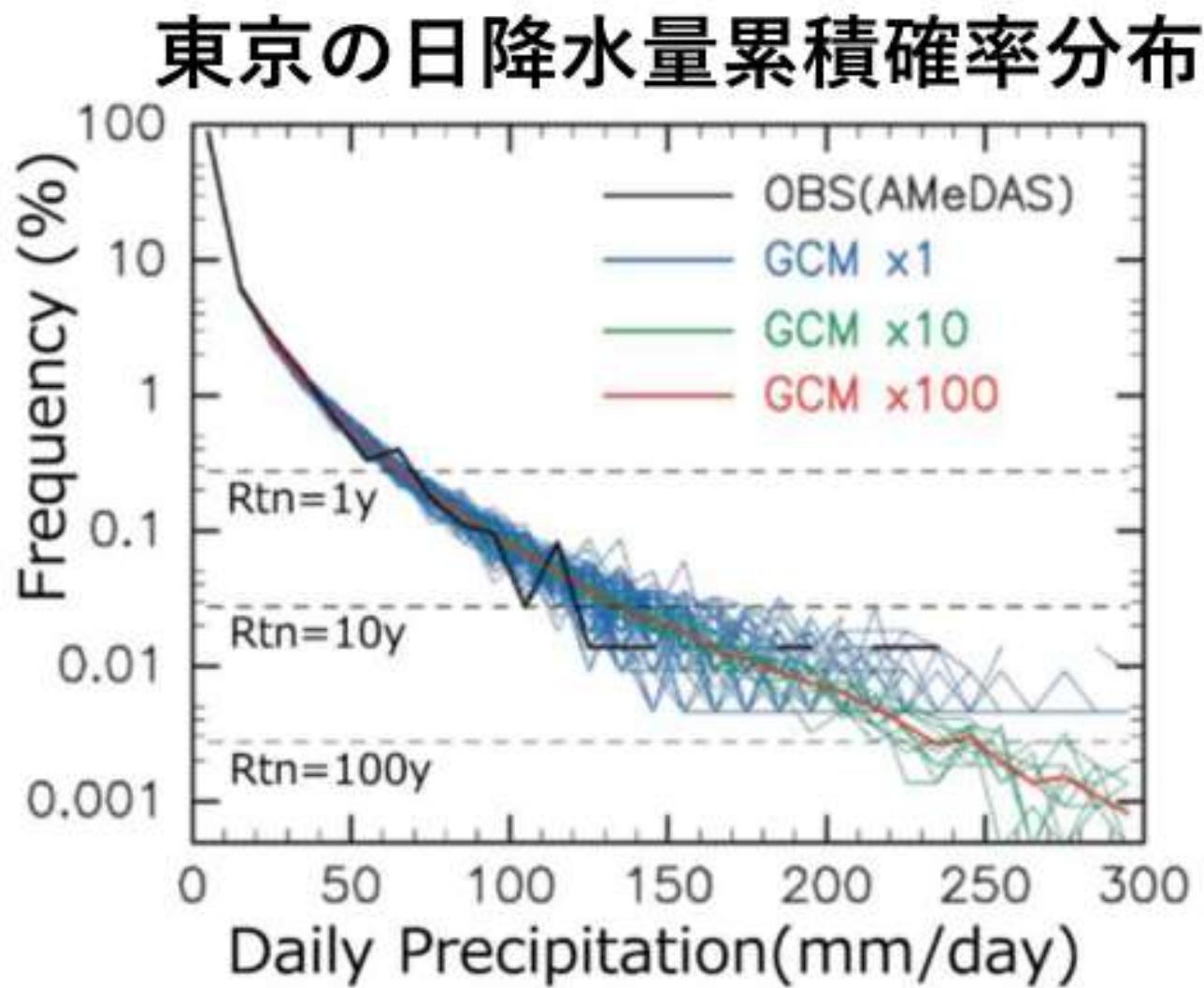
暑い日



強い雨



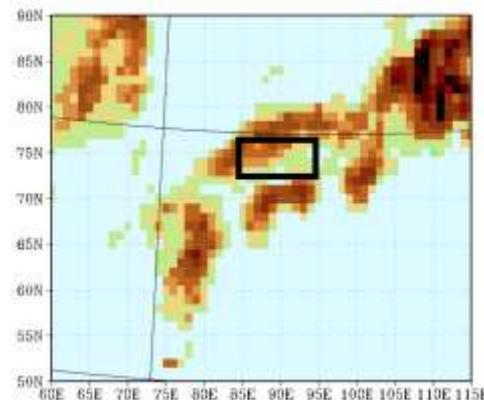
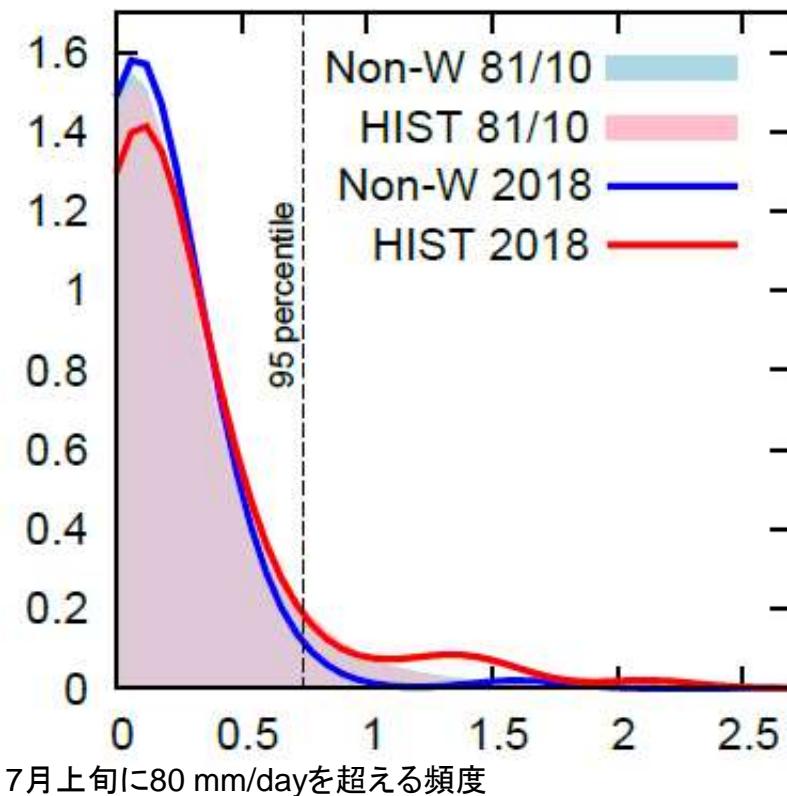
# 観測との比較 【過去実験】



# イベントアトリビューション

## H30年7月豪雨への温暖化影響 (E/A)

**Risk-based Approach**

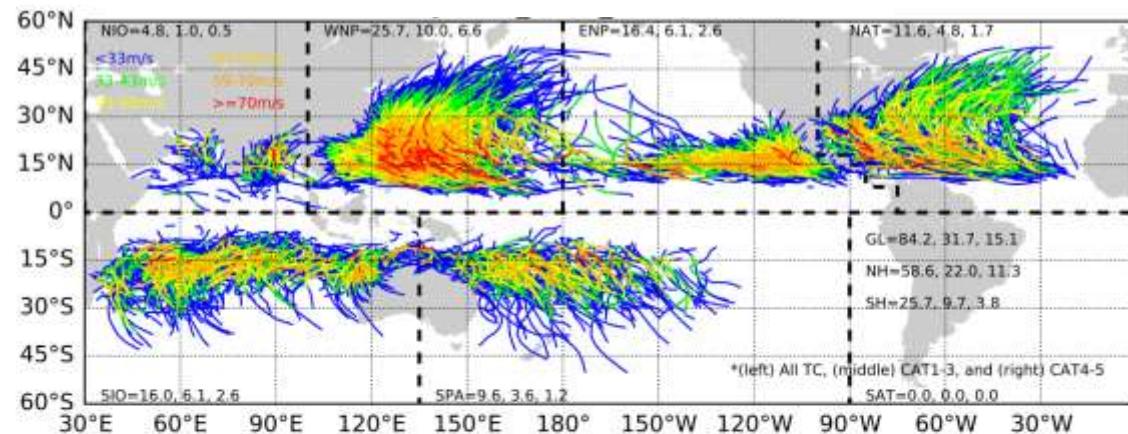


**大雨頻度は約4倍**

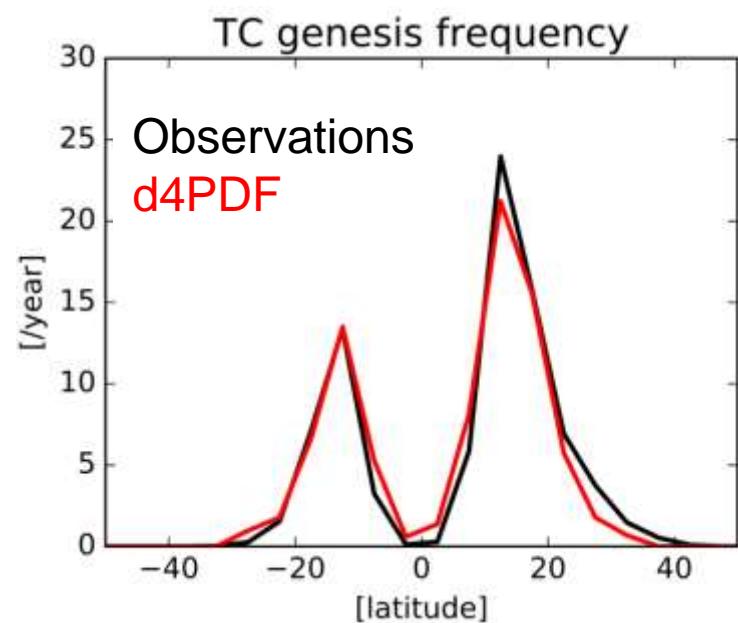
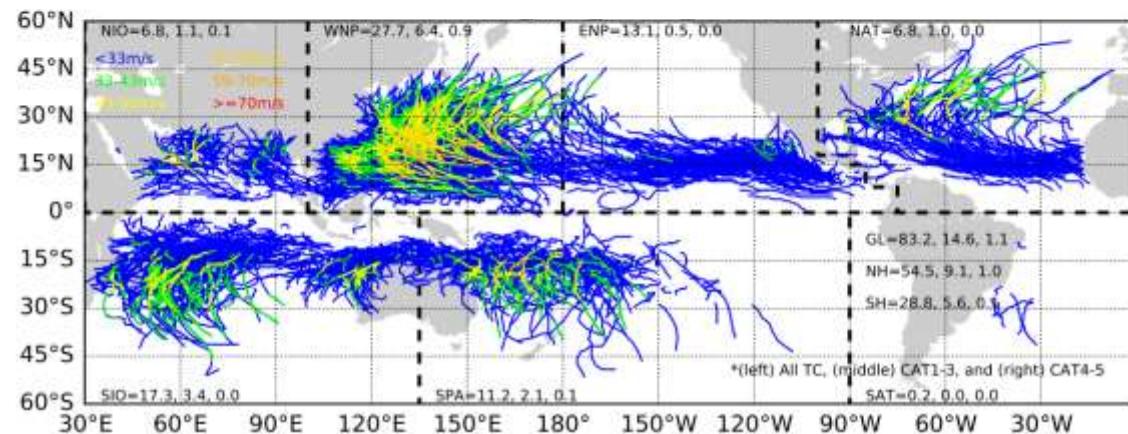
# 観測との比較 【過去実験】

## 台風頻度

### Observations: Best Tracks



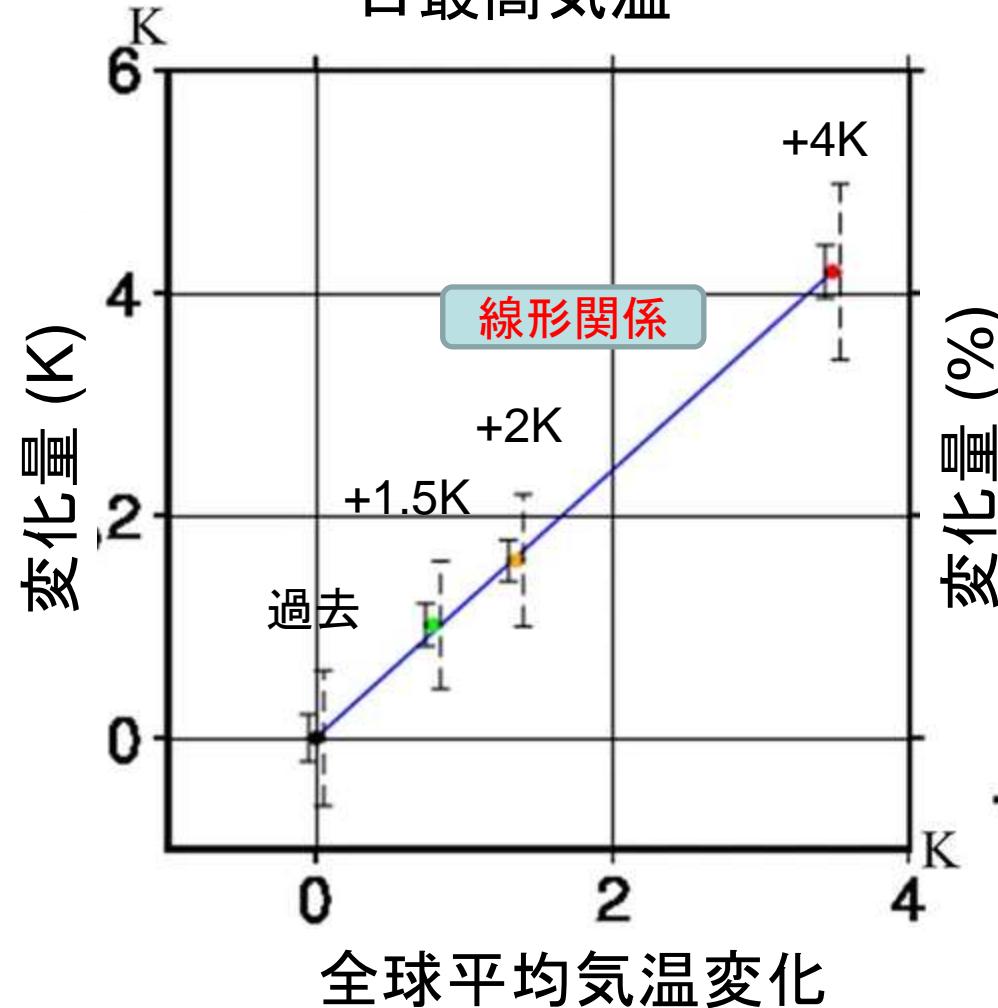
### Past Climate Simulation of d4PDF



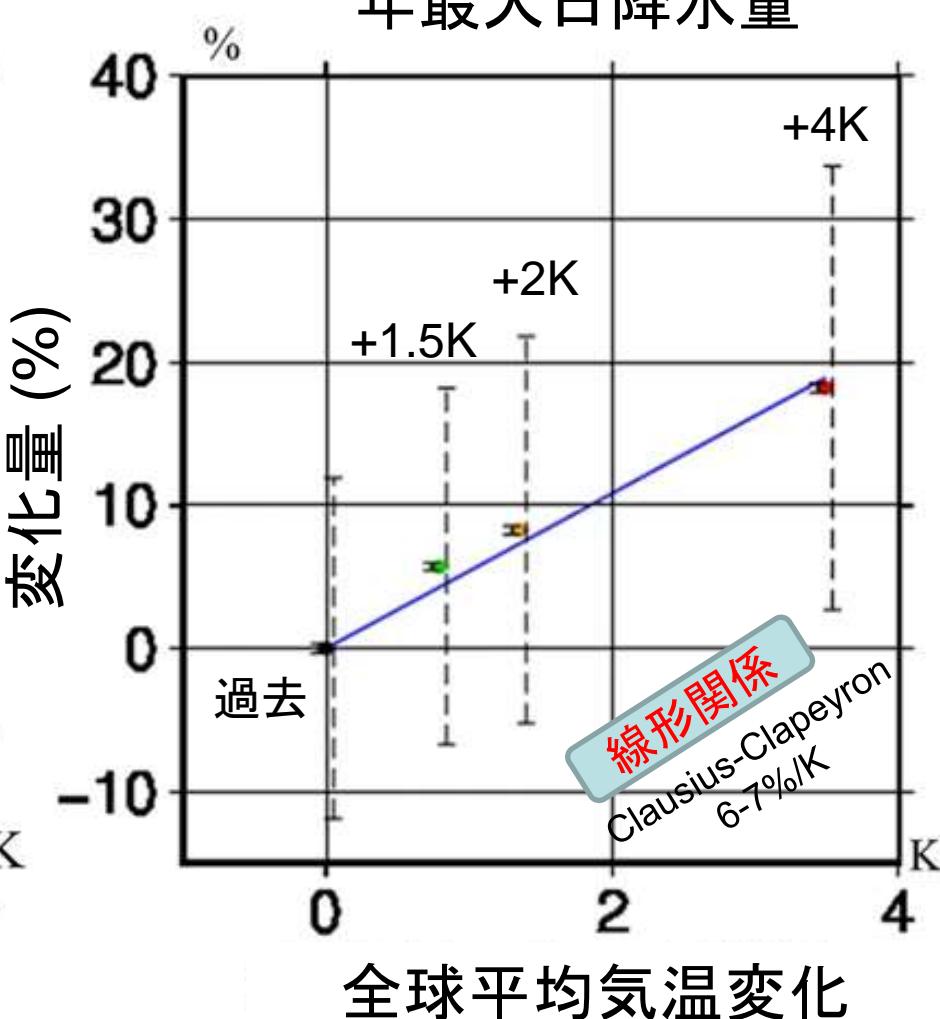
# 温暖化のスケーラビリティ

～日本域～

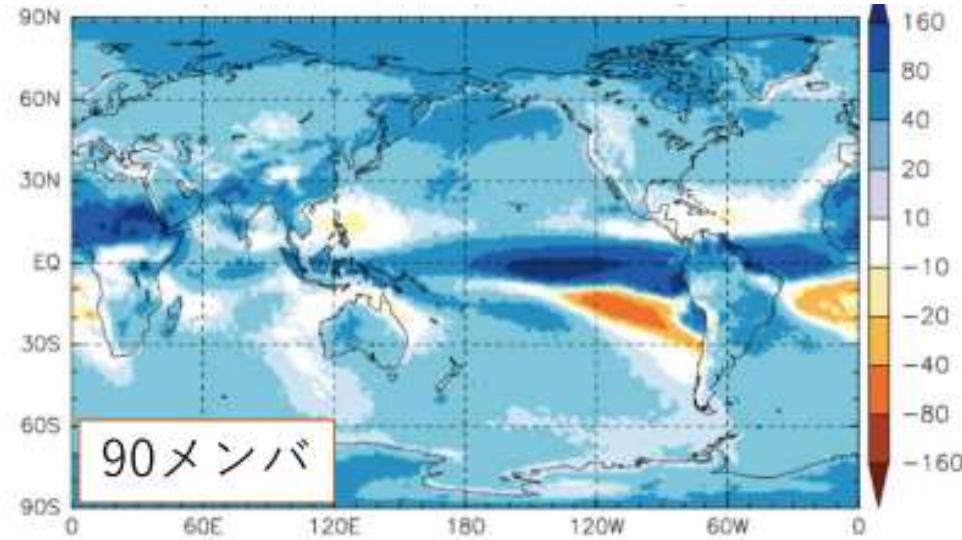
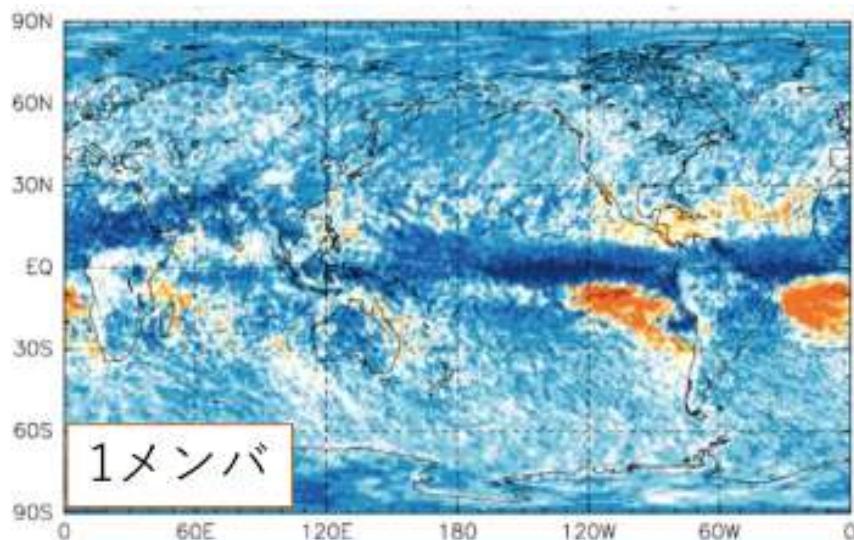
日最高気温



年最大日降水量



# 将来変化：10年に1度の強い雨 (日雨量) の将来変化 (%)



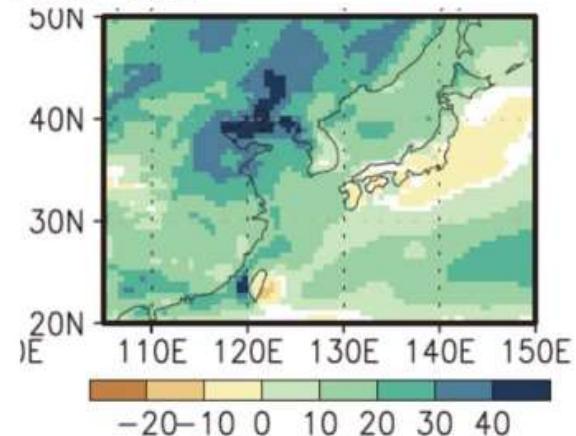
Mizuta et al. (2017) BAMS

# 将来変化

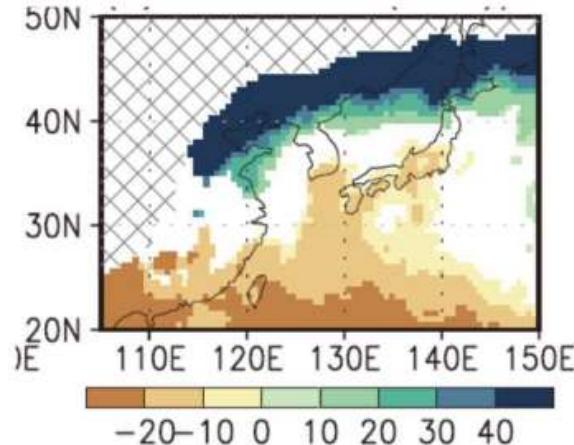
## 東アジア域の強い降水の将来変化

台風を再現できるモデルを使用しているか否かで評価が変わる。

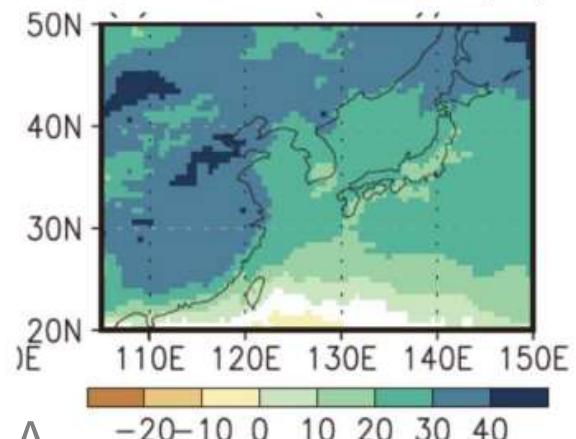
年平均降水量の4°C温暖化時の  
変化 (%)



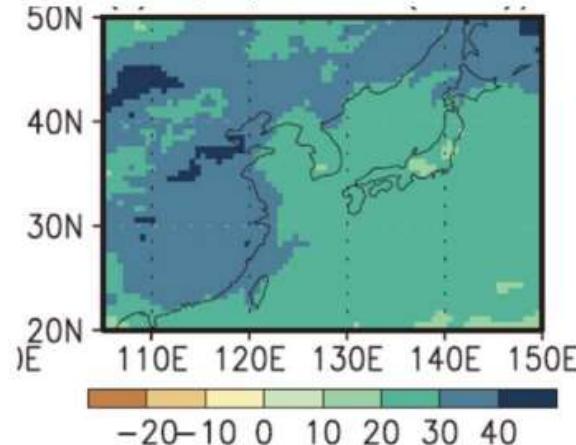
台風に関する年最大日雨量  
の変化 (%)



年最大日雨量の変化 (%)



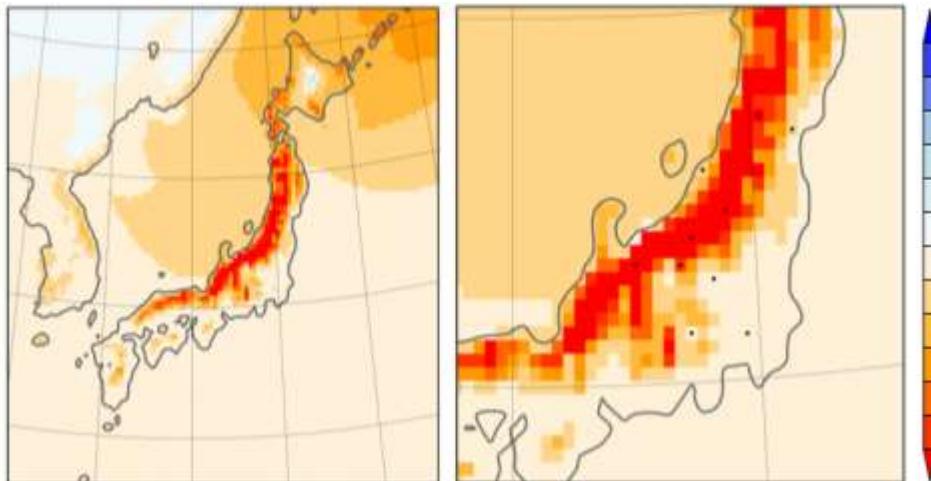
台風に関する年最大日雨量  
の変化 (%)



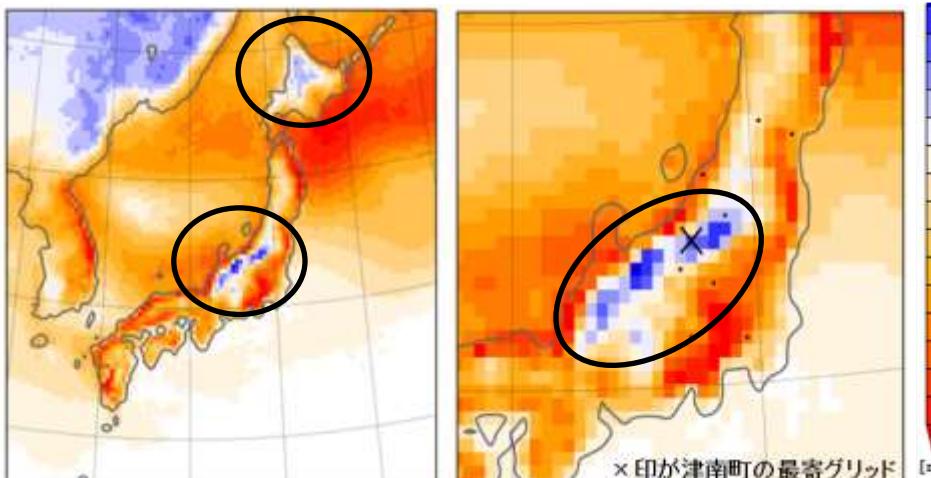


# 将来変化：豪雪の頻度

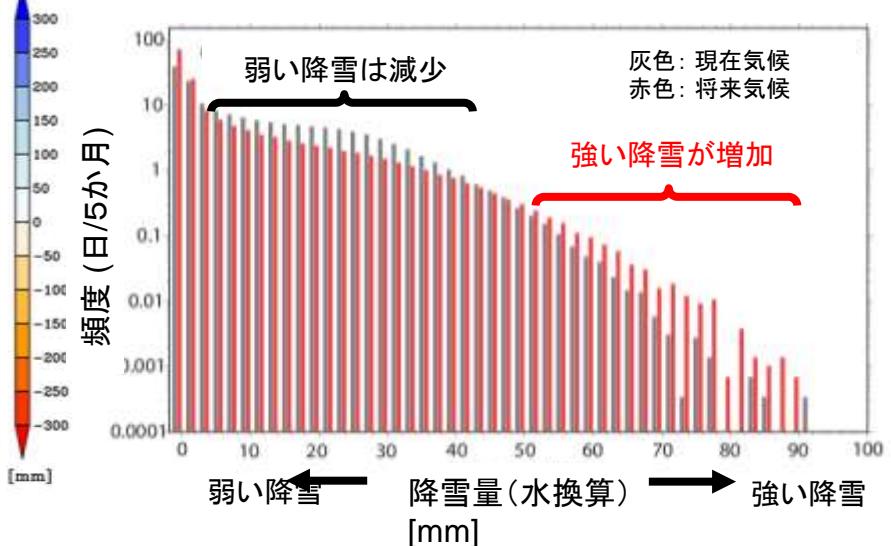
## 総降雪量(11月～3月)の将来変化



## 10年に一度の大雪(日降雪量)

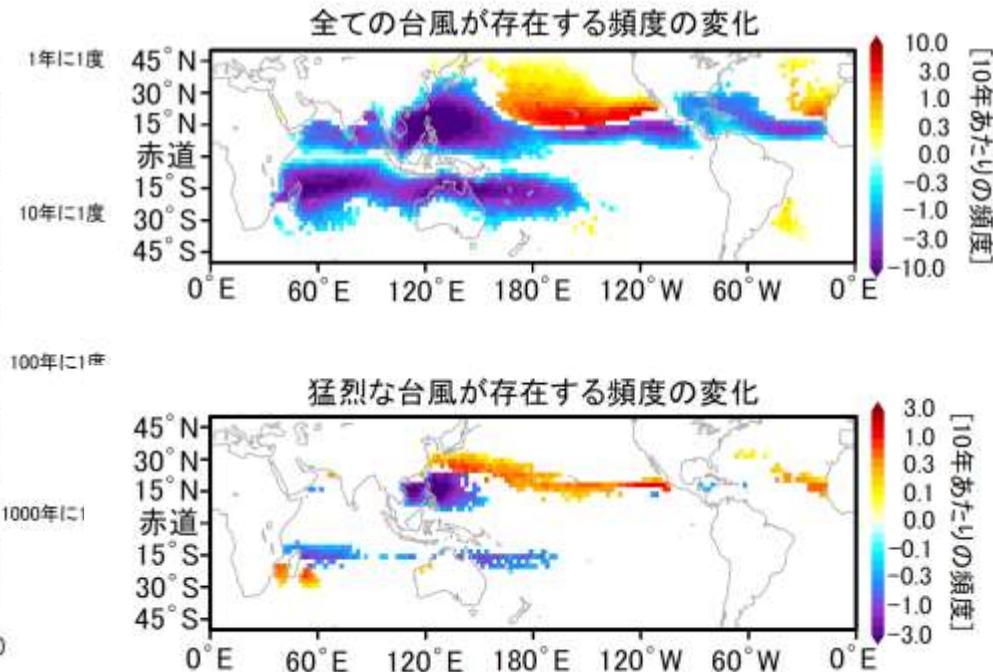
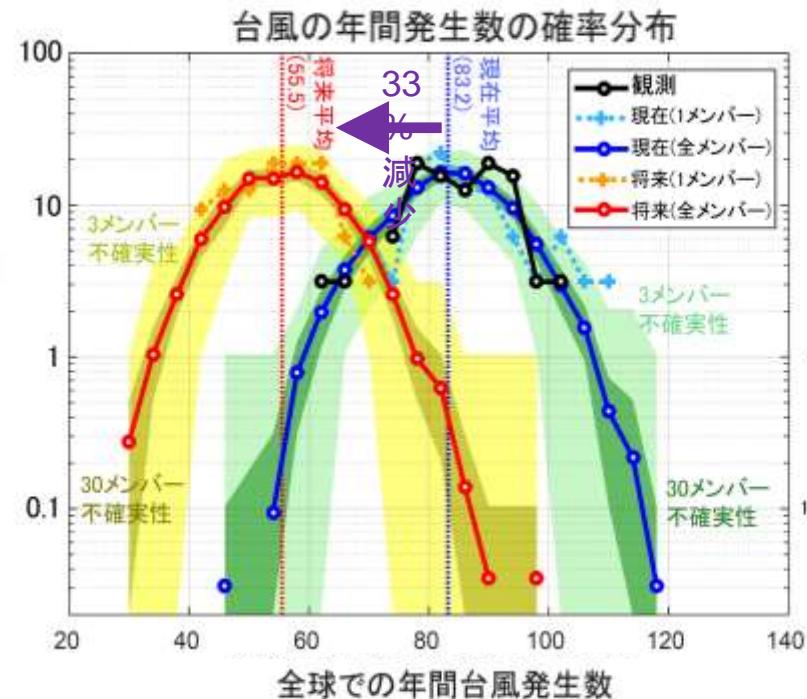


## 中部日本内陸部での日別降雪量の頻度分布

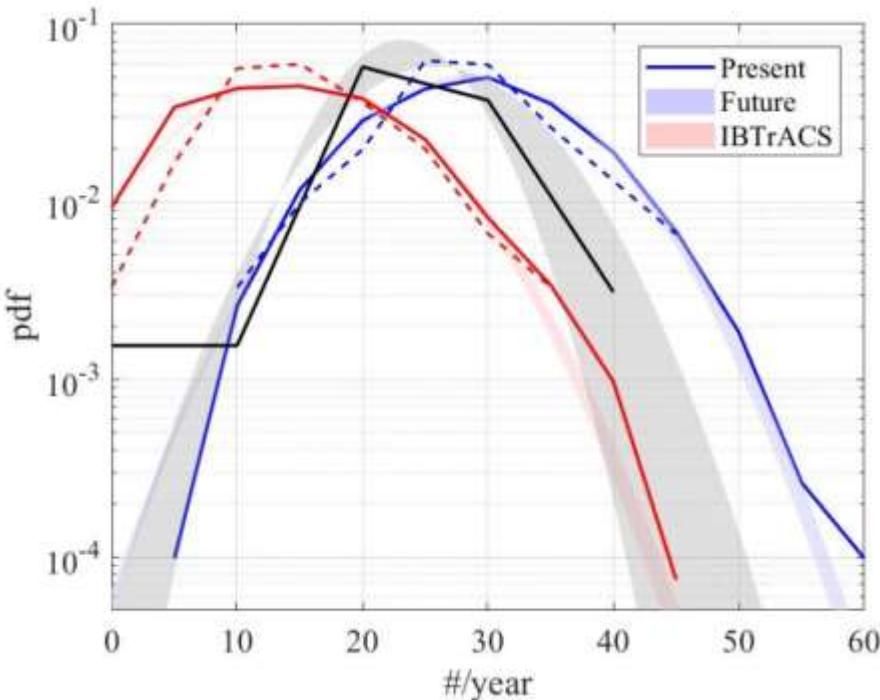


21世紀末の気候状態(RCP8.5\*注)では、本州の内陸部で十年に一度しか発生しない豪雪が現在より高頻度で現れ、豪雪に伴う降雪量も増加する可能性が高い

# 将来変化：台風特性

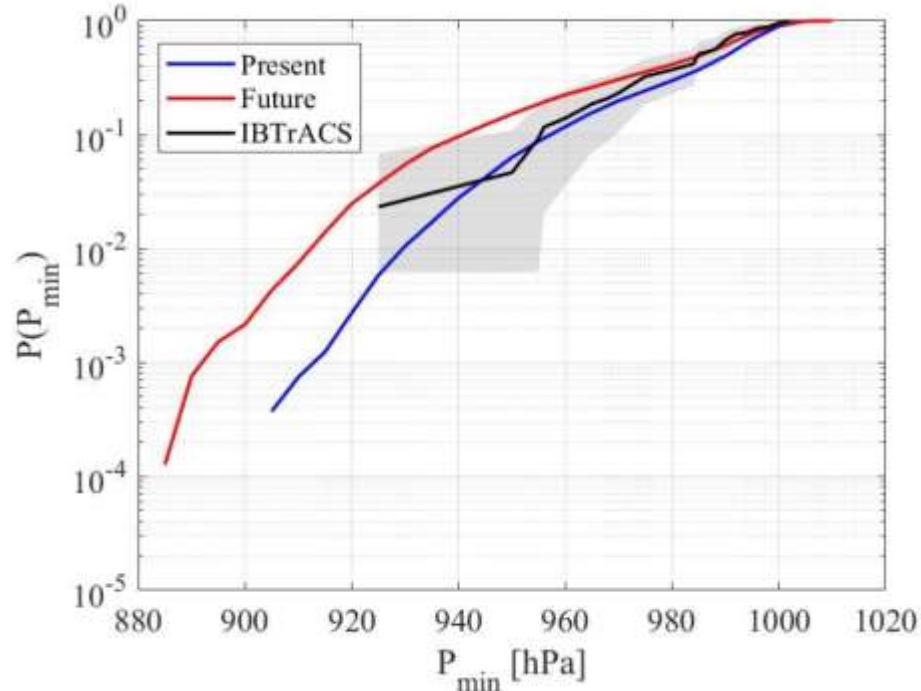


# 将来変化 台風強度：北西太平洋



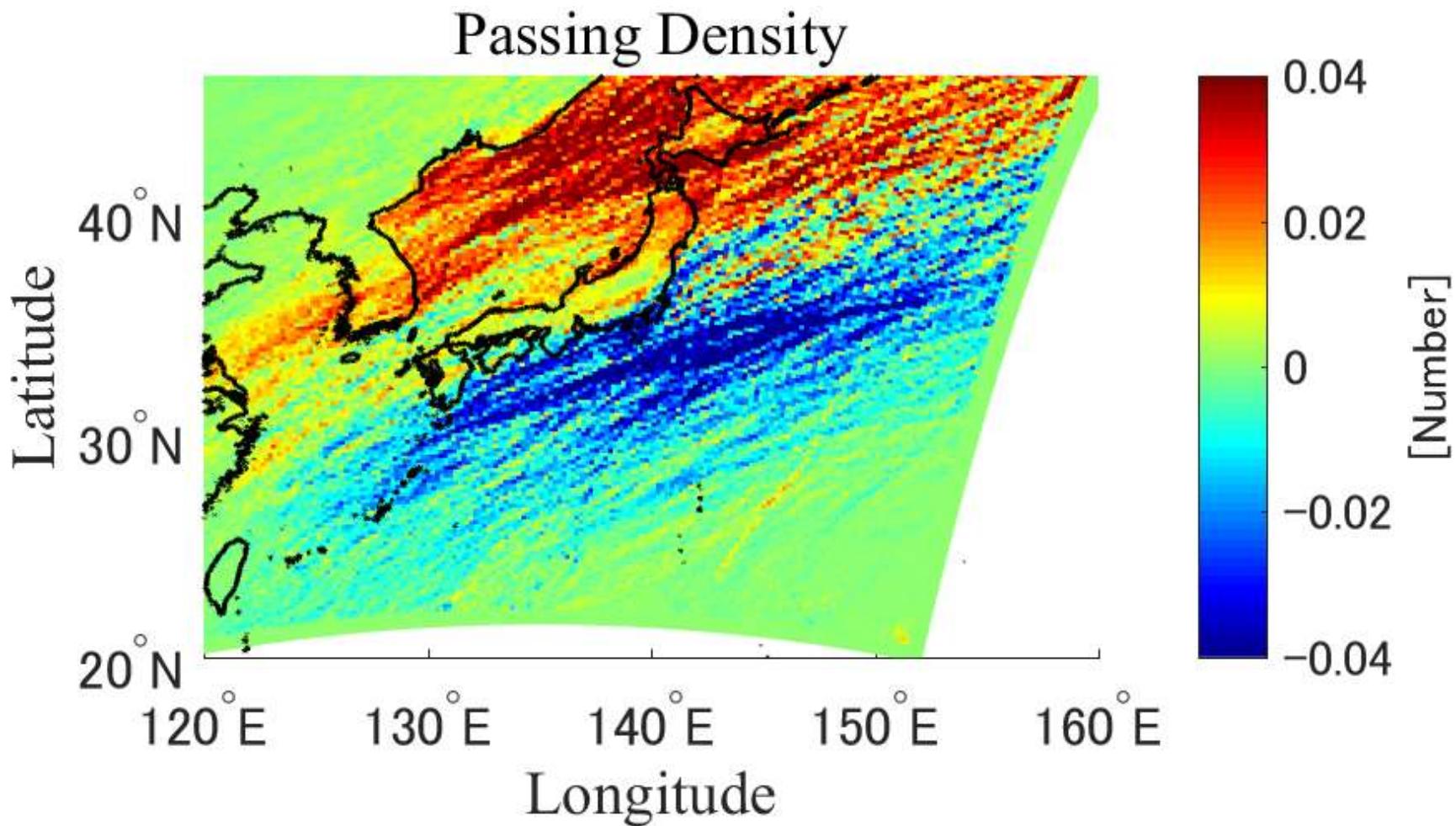
発生個数のPDF

現在気候	#28.9/yr
将来気候	#14.7/yr
観測結果	#26.6/yr



中心気圧のCDF

# 冬期低気圧（爆弾低気圧）

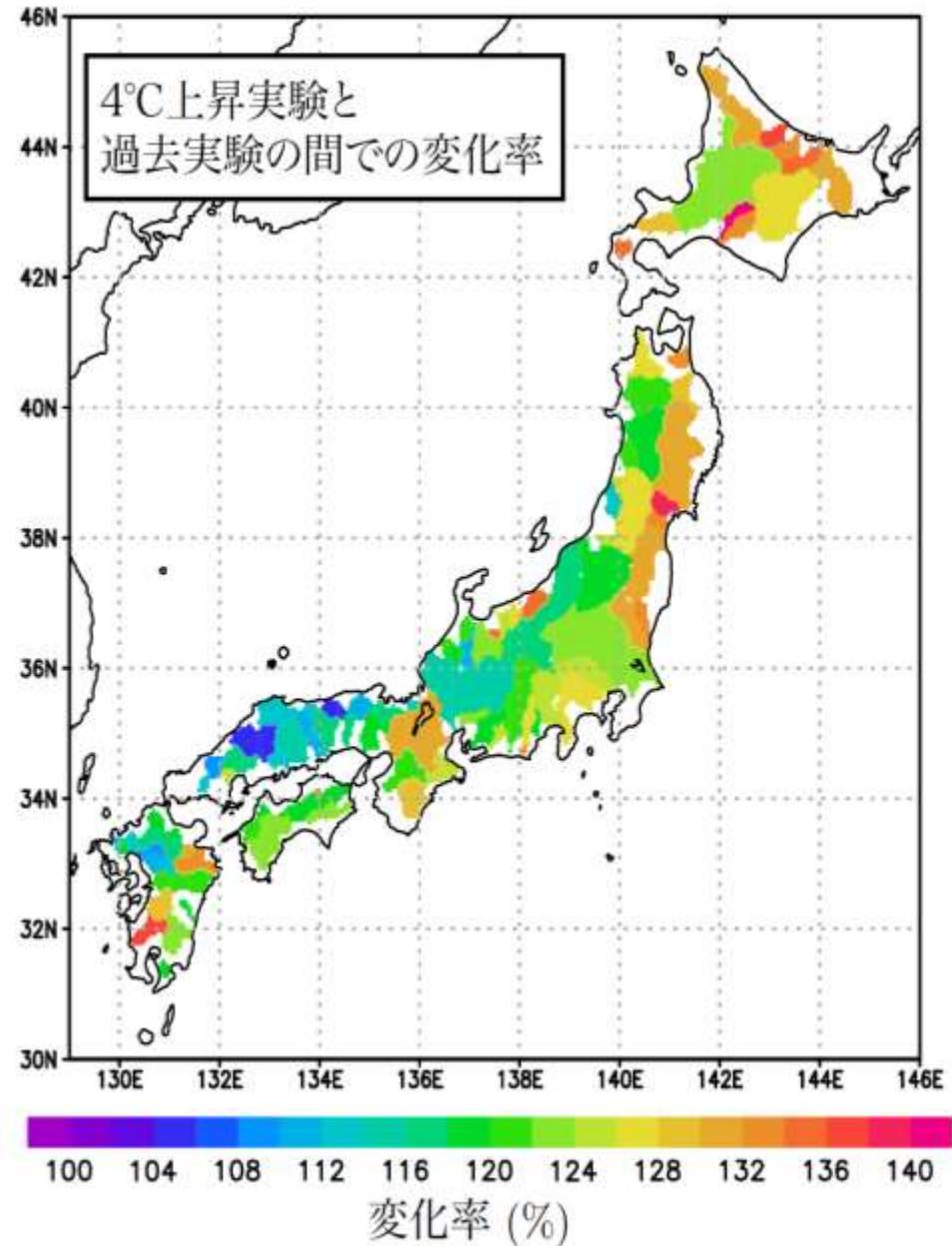




# 解析結果の紹介 風水害等への応用

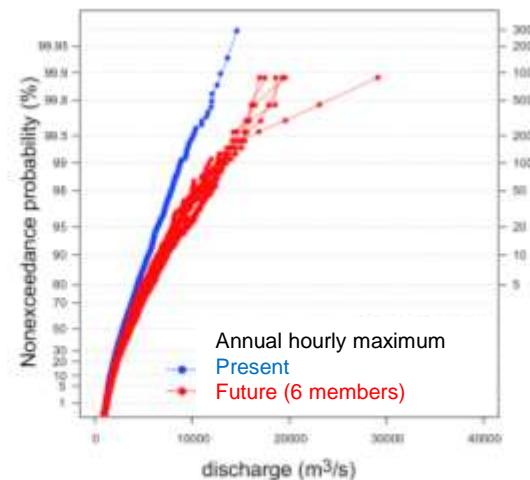
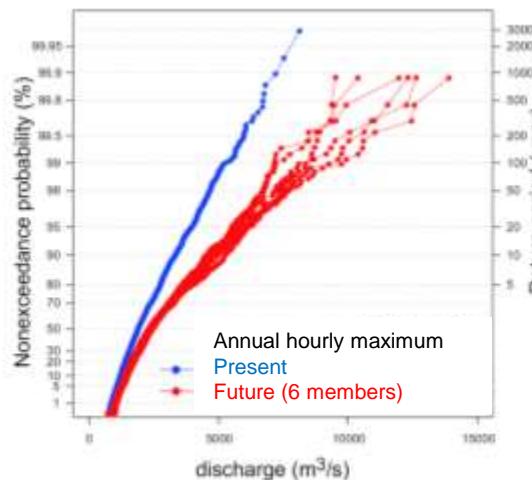
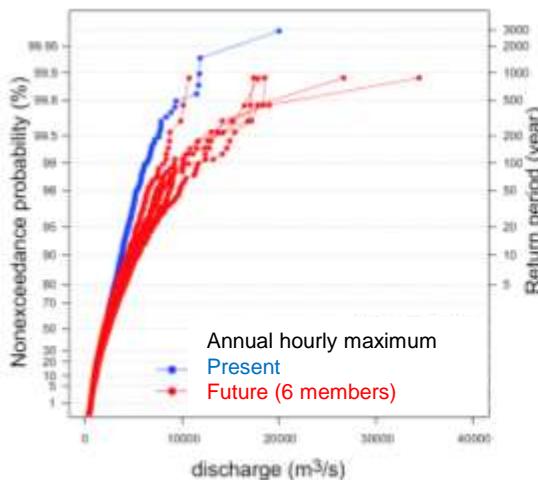
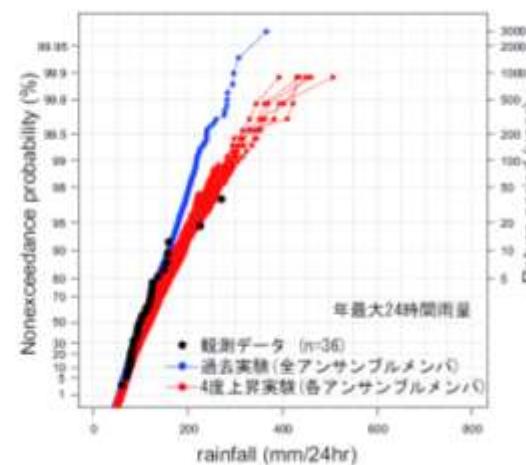
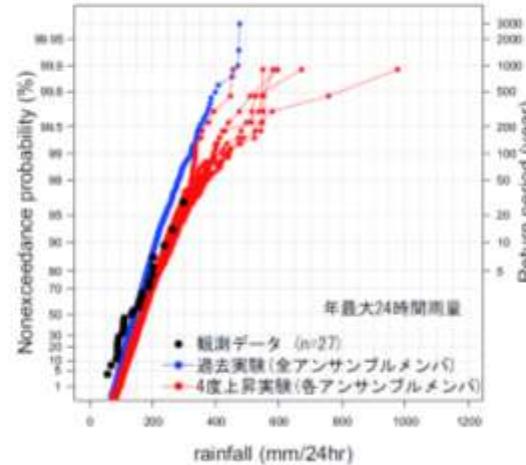
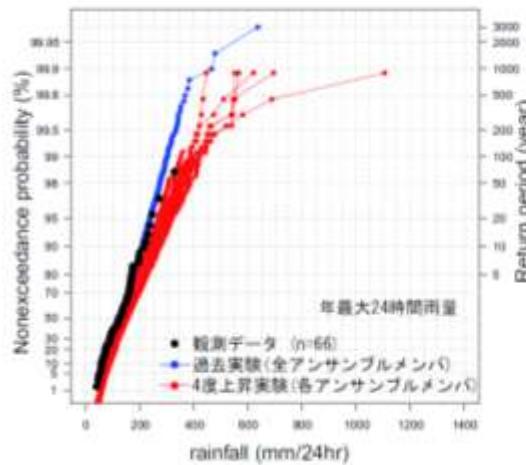
# 降雨の 将来変化

- 流域平均日降水量の  
将来変化
- 60年間の最大値の  
アンサンブル平均



星野・山田(2018)土木学会

# 年最大時間流量/降雨量



荒川流域

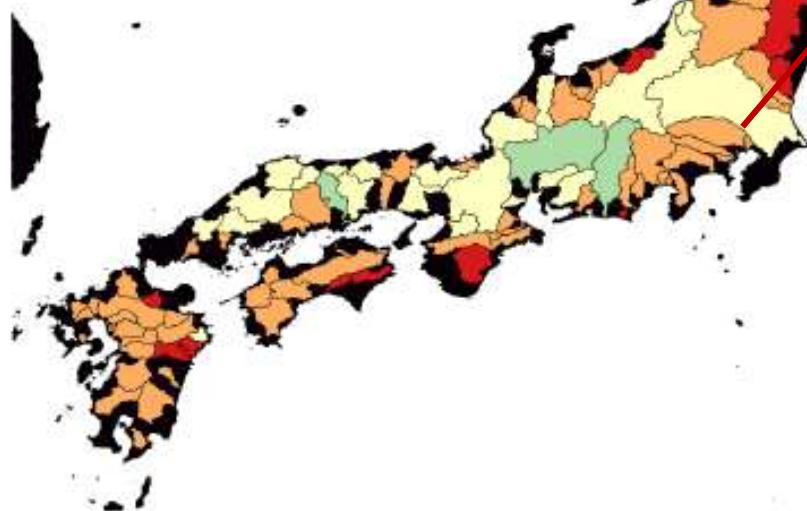
庄内川流域

淀川流域

# 極端河川流量の将来変化

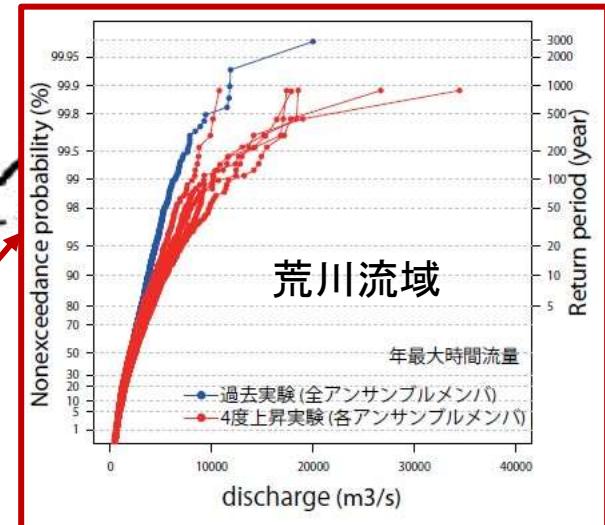
全国の一級水系の  
極値流量の変化

河川: 現在1/100~1/200年に  
対応する  
将来流量は1/50年以下の再現期間に



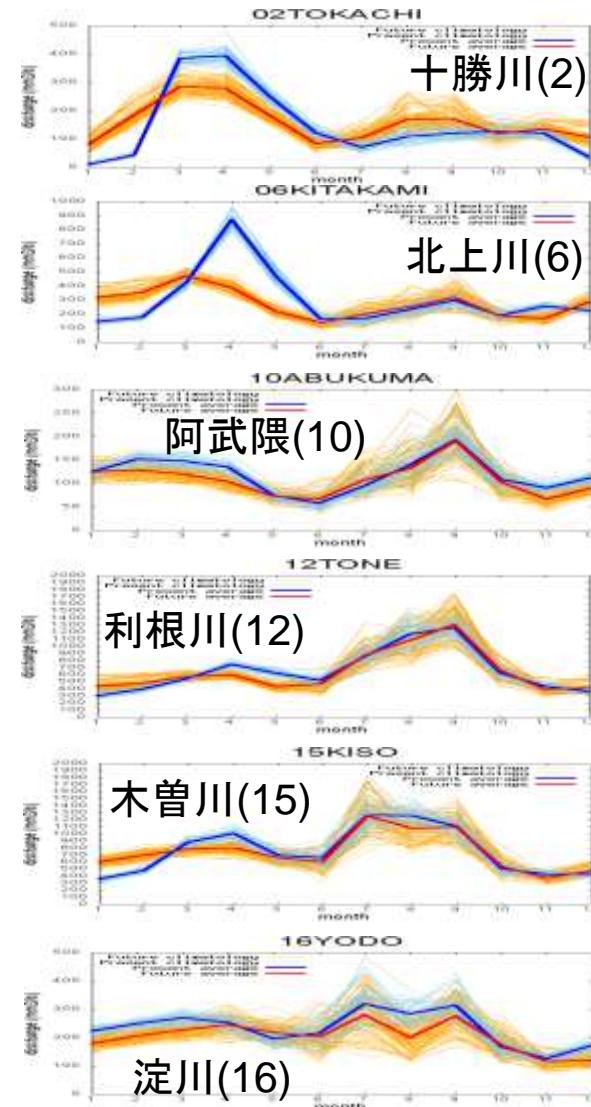
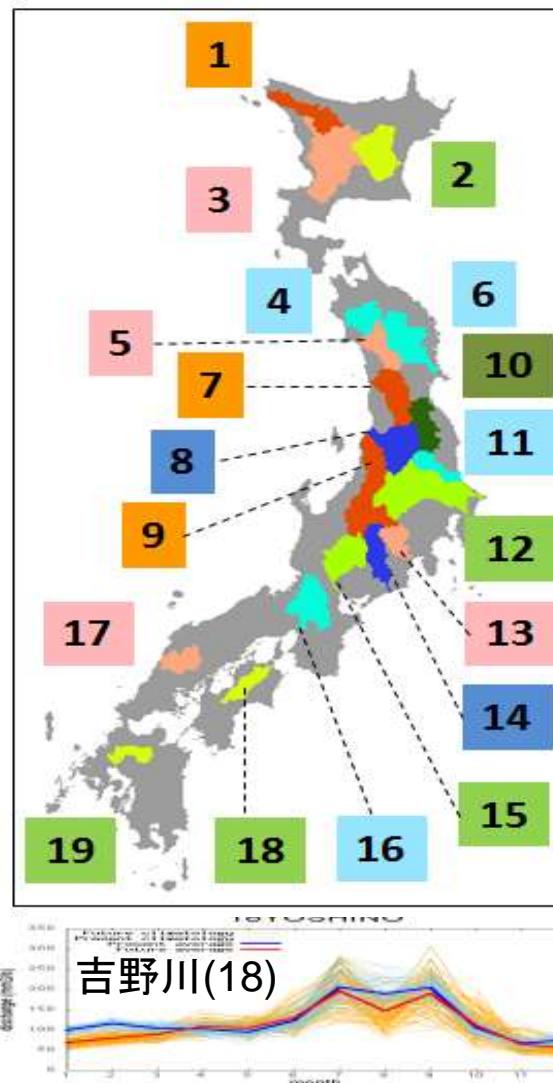
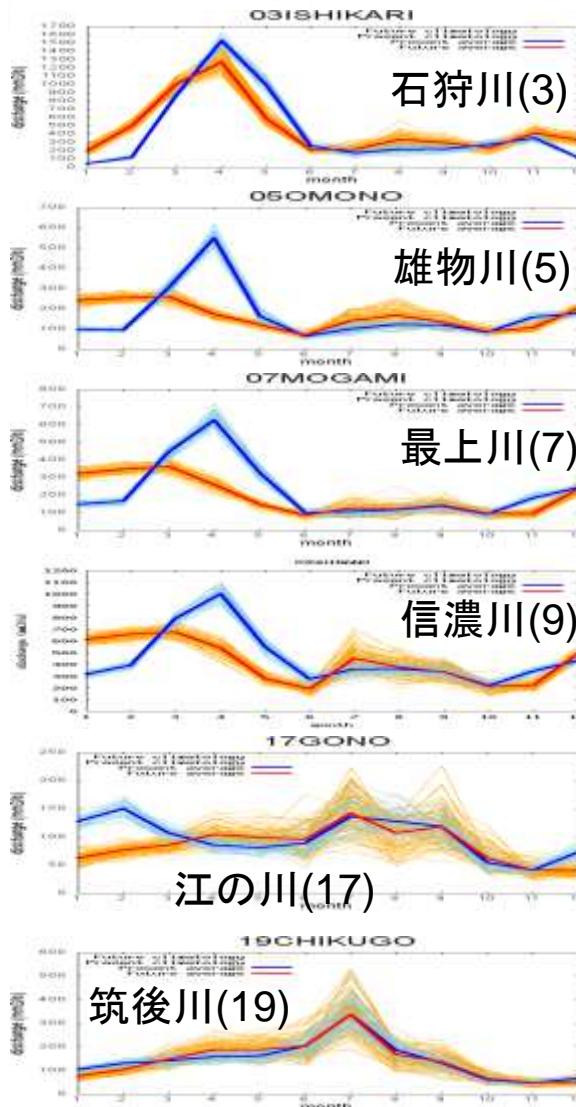
## 再現期間 [年]

- < 15
- 15 - 30
- 30 - 45
- 45 - 60
- >= 60

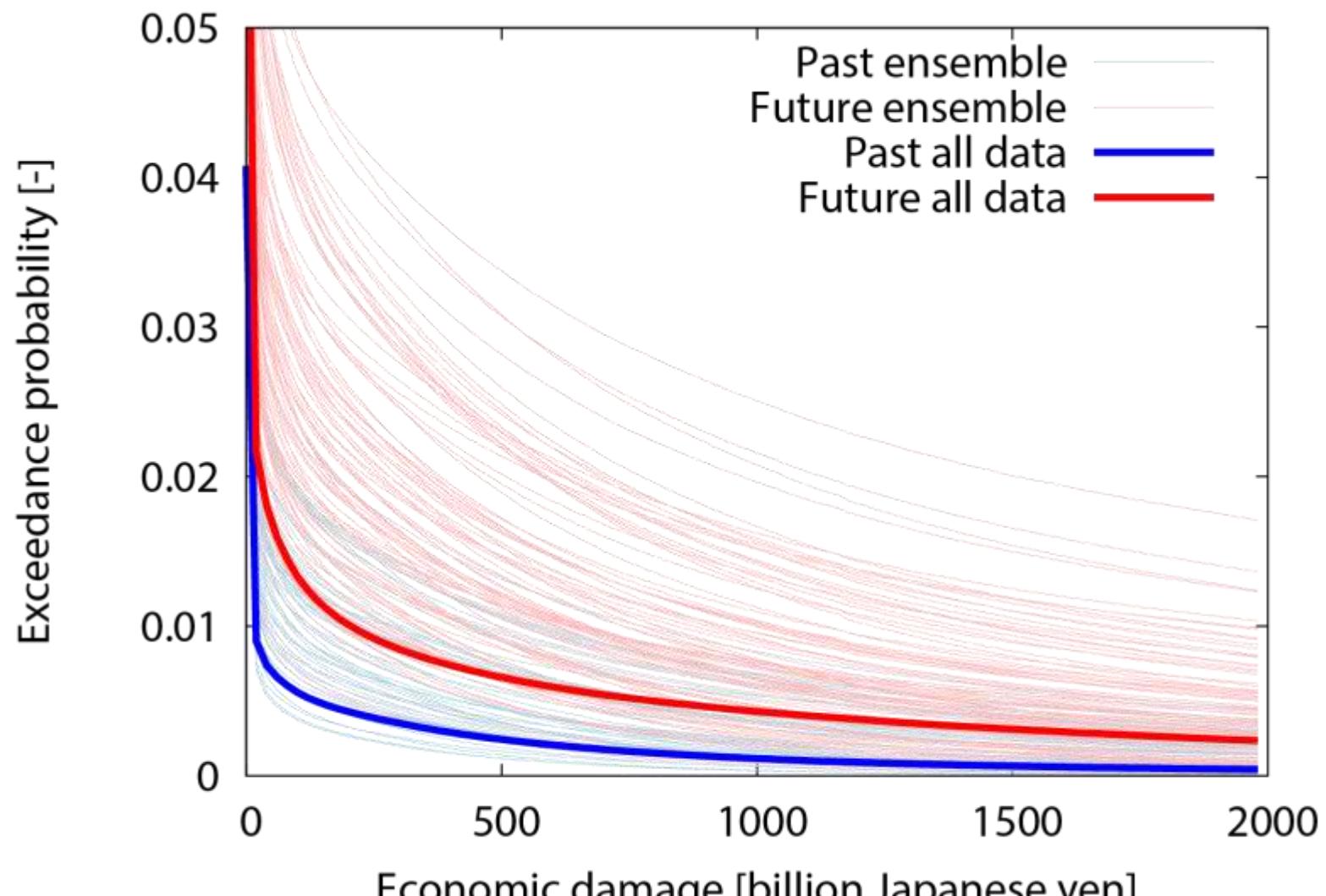




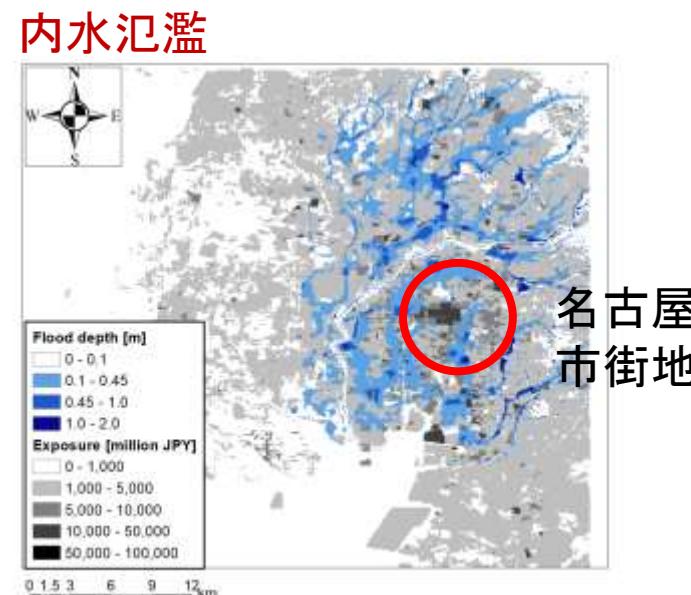
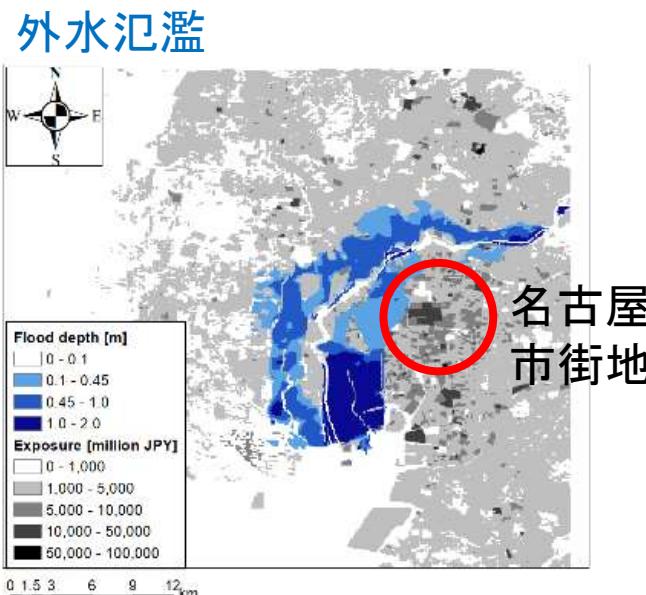
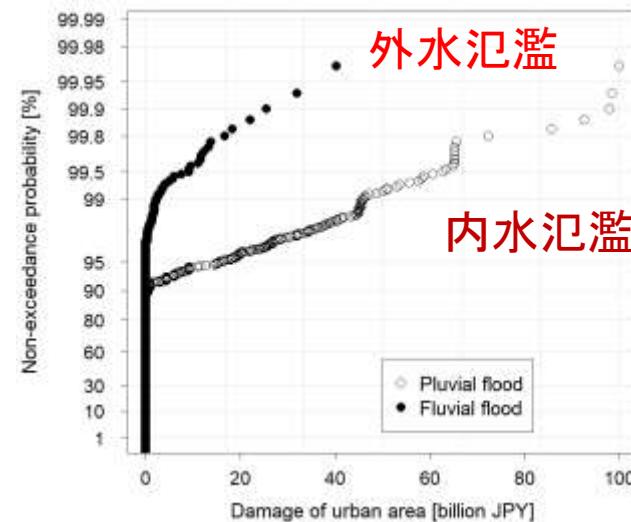
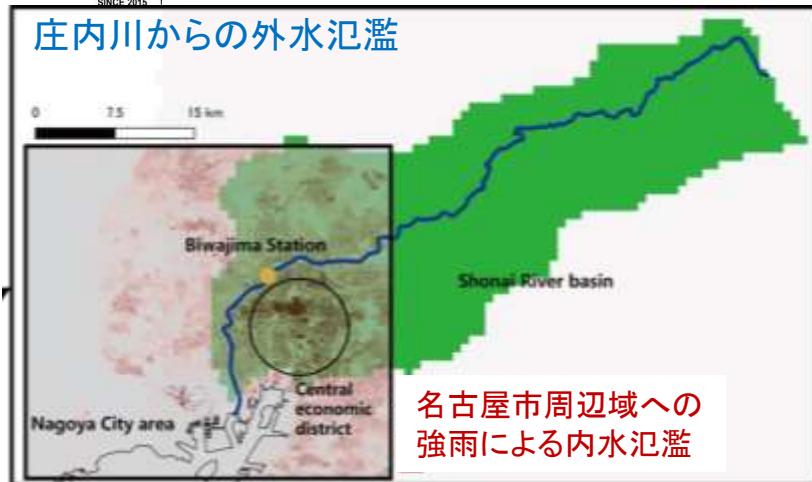
# 主要河川の流量・水重量の将来変化



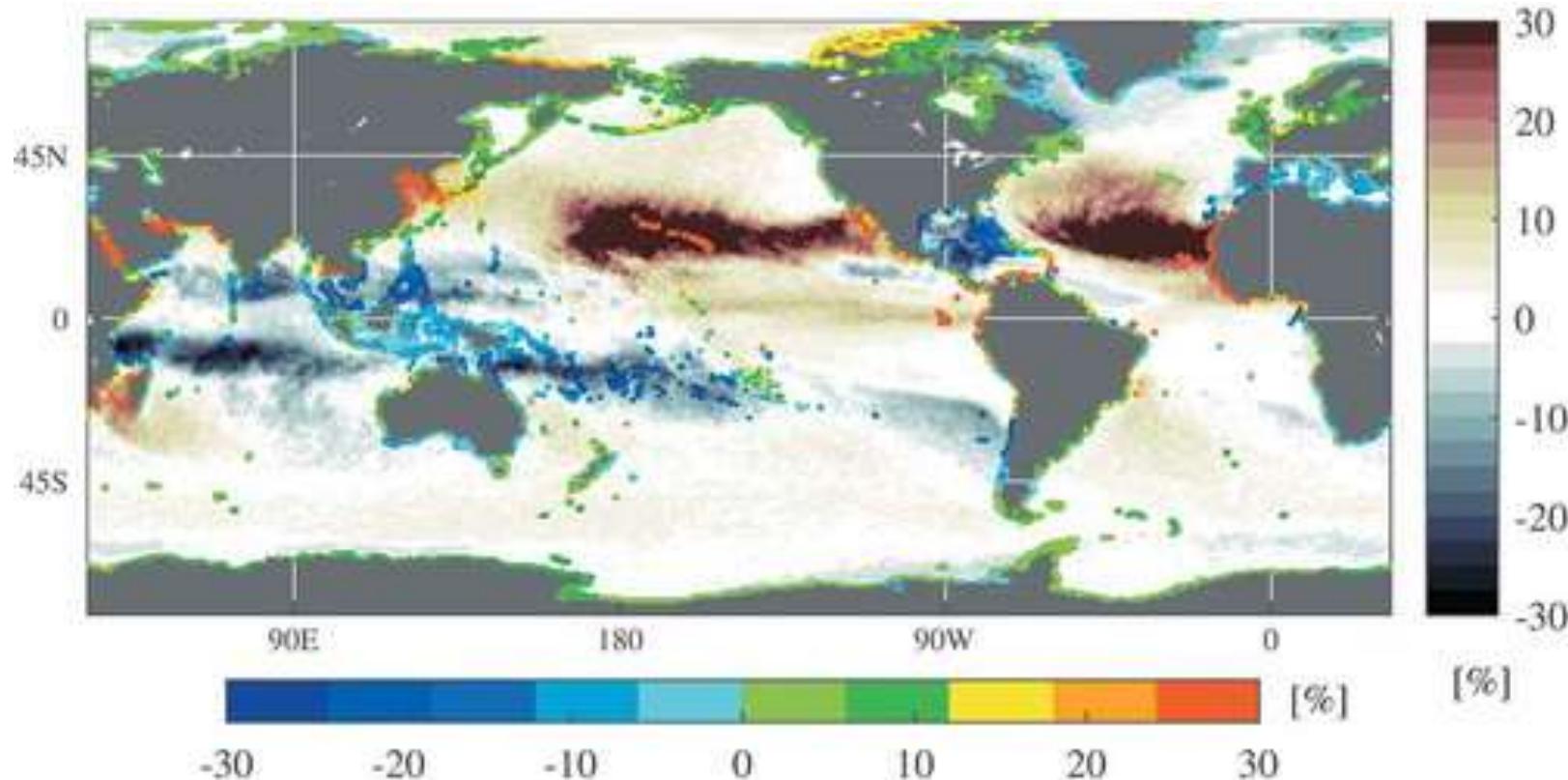
# 淀川流域の浸水ダメージ額



# 内外水氾濫リスク分析：名古屋市域



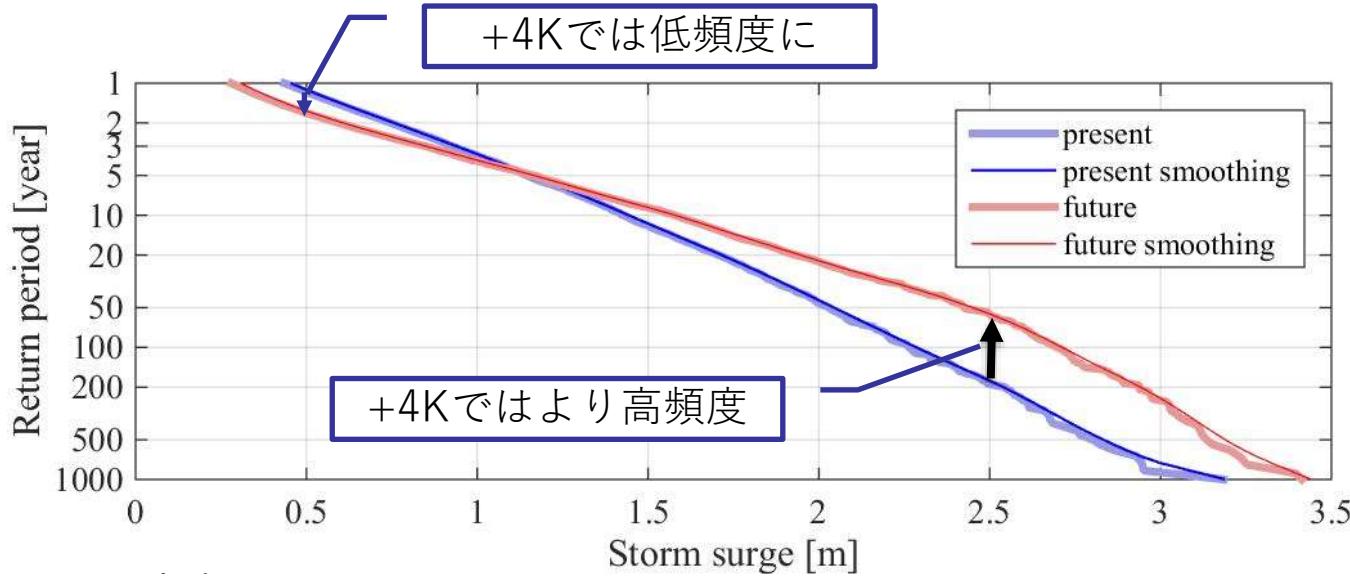
# 極端高潮の評価



中緯度帯での顕著な高潮の将来変化

# 高潮の将来変化予測

## d4PDF+統計モデル：大阪湾





# 事業での活用



# d4PDF を活用した社会実装 適応政策

- ・ **検討会資料**「気候変動に伴う北海道沿岸域の海象変化の検討」、**北海道開発局**、気候変動に伴う北海道沿岸域の海象変化検討会、2020年10月\*
- ・ **提言**「低平地等の水災害激甚化に対応した適応策推進上の重要課題」、**日本学術会議 土木工学・建築学委員会気候変動と国土分科会**、2020年9月
- ・ **答申**「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について」、**国土交通省**、**気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会**、2020年7月
- ・ **提言**「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方」、**農林水産省・国土交通省**、**気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会**、2020年7月\*
- ・ **提言参考資料**「気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について」、**国土交通省**、**気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会**、2020年6月
- ・ **手引き**「高潮浸水想定区域図作成の手引きVer.2.00」、**農林水産省・国土交通省**、**高潮浸水想定区域図に関する検討会**、2020年6月
- ・ **中間とりまとめ**「気候変動を踏まえた適応策（水害リスクの低減）について」、**国土交通省北海道開発局**、**北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会**、2020年5月
- ・ **検討会資料**「気候変動による災害環境への影響予測」、**国土交通省**、**気候変動を踏まえた砂防技術検討会**、2020年1月
- ・ **提言**「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」、**国土交通省**、**気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会**、2019年10月
- ・ **常設展示**「地球温暖化と気象変動シミュレーション」、**熊本県環境センター**、2019年3月\*
- ・ **審議資料**「気候変動を踏まえた設計外力設定の考え方」、**大阪府河川構造物等審議会**、2019年2月\*
- ・ **最終とりまとめ資料**（詳細）「**北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会**」、**国土交通省北海道開発局**、**北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会**、2018年3月



# 気候変動を考慮した防災減災設計

- 1級河川の基本計画
  - 熊野川, 球磨川等
- 海岸保全施設での活用
  - 東京湾, 大阪湾他

# 近年の災害や気候変動を踏まえた対策の検討体制

(水管理・国土保全局関係分)

社会资本整備審議会  
における総合的な検討



有識者による専門的な検討会議

気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会

気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会

気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会

気候変動を踏まえた砂防技術検討会

堤防強化に関する検討

ダムの洪水調節に関する検討会

中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会

水災害対策とまちづくりの連携のあり方検討会

- …社会资本整備審議会による検討
- …有識者による検討会等
- …関係省庁による調整会議

関係省庁による連絡調整

既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議

(内閣官房・厚労省・農水省・経産省(経産局・エネ庁)・国交省(水局・気象庁)) [第1回:11/26, 第2回:12/12]

河川・気象情報の改善に関する検証チーム(水局・気象庁) [第1回:11/14]

# 気候変動を踏まえた計画へ見直し

○ 過去の降雨や高潮の実績に基づいた計画を、将来の気候変動を踏まえた計画に見直し

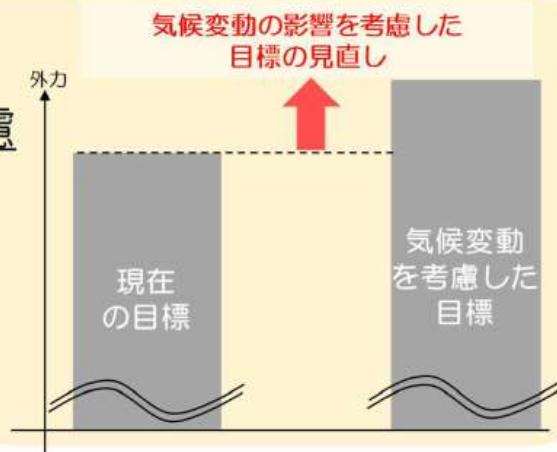
## 計画の見直し

洪水、内水氾濫、土砂災害、高潮・高波等  
を防御する計画は、  
これまで、過去の降雨、潮位などに基づいて作成してきた。

しかし、  
気候変動の影響による降雨量の増大、海面水位の上昇などを考慮すると  
現在の計画の整備完了時点では、実質的な安全度が確保できないおそれ

今後は、  
気候変動による降雨量の増加※、潮位の上昇などを考慮したものに計画を見直し

※ 世界の平均気温の上昇を2度に抑えるシナリオ  
(パリ協定が目標としているもの)の場合で  
降雨量変化倍率は約1.1倍と試算



# 社会実装の例

国土交通省・気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会・提言 (2019)

### ＜地域区分毎の降雨量変化倍率＞

地域区分	2°C上昇	4°C上昇	
		短時間	長時間
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4	1.5
九州北西部	1.1	1.4	1.5
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2	1.3

※ 4℃上昇の降雨量変化倍率のうち、短時間とは、降雨継続時間が3時間以上12時間未満のこと、3時間未満の降雨に対しては適用できない

※ 雨域面積100km<sup>2</sup>以上について適用する。ただし、100km<sup>2</sup>未満の場合についても降雨量変化倍率が今回設定した値より大きくなる可能性があることに留意しつつ適用可能とする。

※ 年超過確率1/200以上の規模(より高頻度)の計画に適用する。



＜参考＞降雨量変化倍率をもとに算出した、流量変化倍率と洪水発生頻度の変化の一級水系における全国平均値

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2°C上昇時	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
4°C上昇時	約1.3倍	約1.4倍	約4倍

※ 2°C、4°C上昇時の降雨量変化倍率は、産業革命以前に比べて全球平均温度がそれそれ2°C、4°C上昇した世界をシミュレーションしたモデルから試算

※ 流量変化倍率は、降水量変化倍率を乗じた降雨より算出した、一日換算する相場(1/100~1/200)の流量の変化倍率の平均値

※ 洪水発生頻度の変化倍率は、一級水系の治水計画の目標とする規格(1/100~1/200)の範囲で、現在の河水の洪水頻度の変化倍率を示す指標

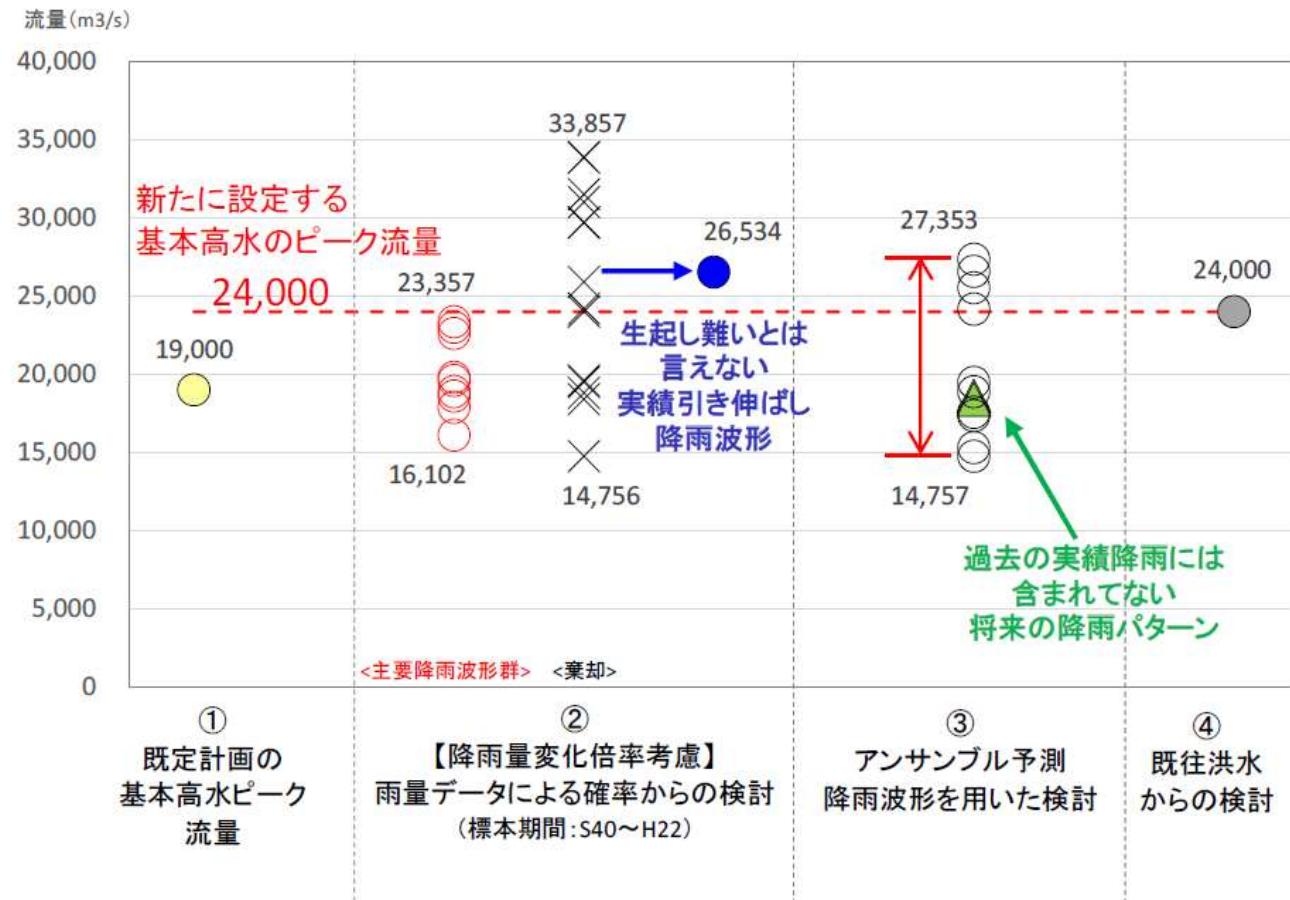
の降雨の、現在と将来の発生頻度の変化倍率の平均値  
(例えば、ある降雨量の発生頻度が現在は1/100として、将来ではその発生頻度が1/50となる場合は、洪水発生頻度の変化倍率は2倍となる)

- d4PDF(20km)/d2PDF(20km)
  - d4PDF(5km)/d2PDF(5km)

# 社会実装の例

## 基本高水の設定

### 新宮川水系河川整備基本方針

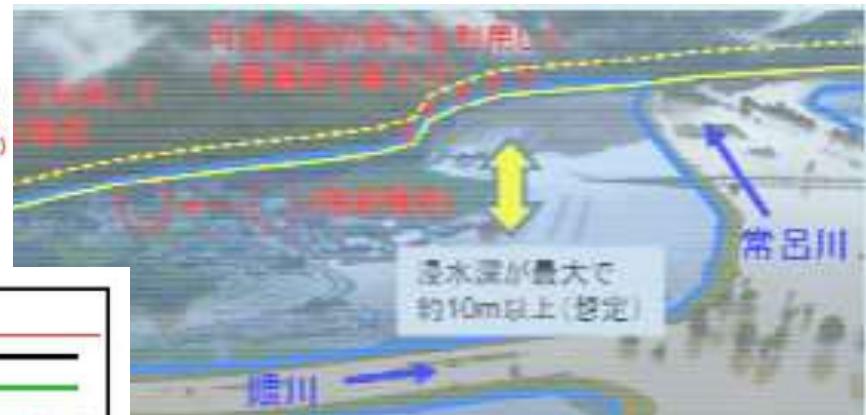
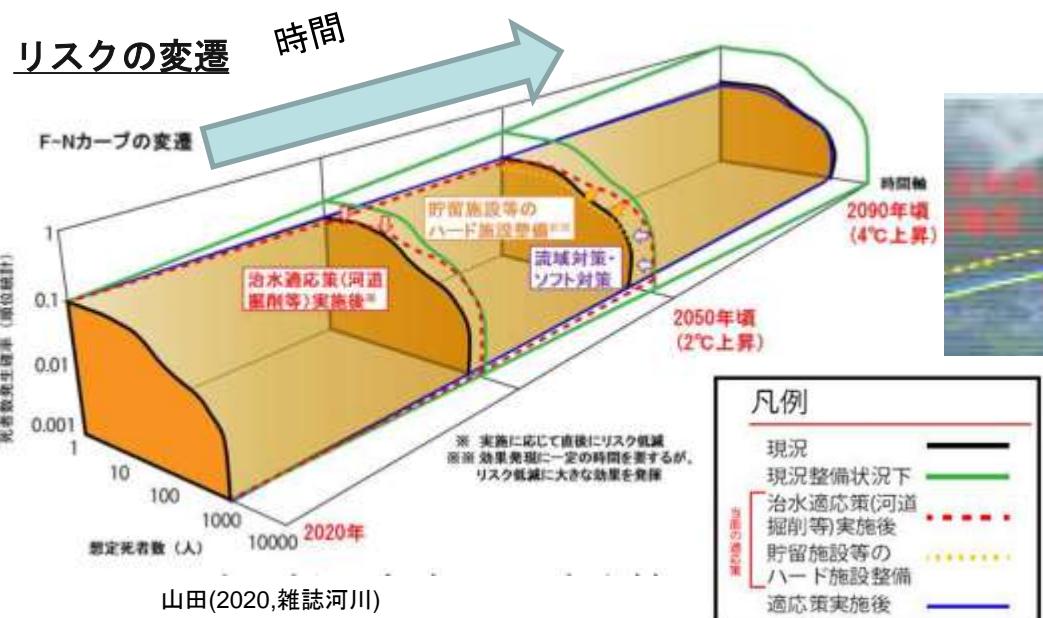


※●・▲は整備途上の上下流、本支川のバランスのチェック等に活用

新宮川水系河川整備基本方針・基本高水等に関する資料 (2021)

# 社会実装の例

北海道開発局・北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会 (2019)



北海道では、気候変動の影響を含め、リスク評価結果に基づく治水分野の検討が開始されている。

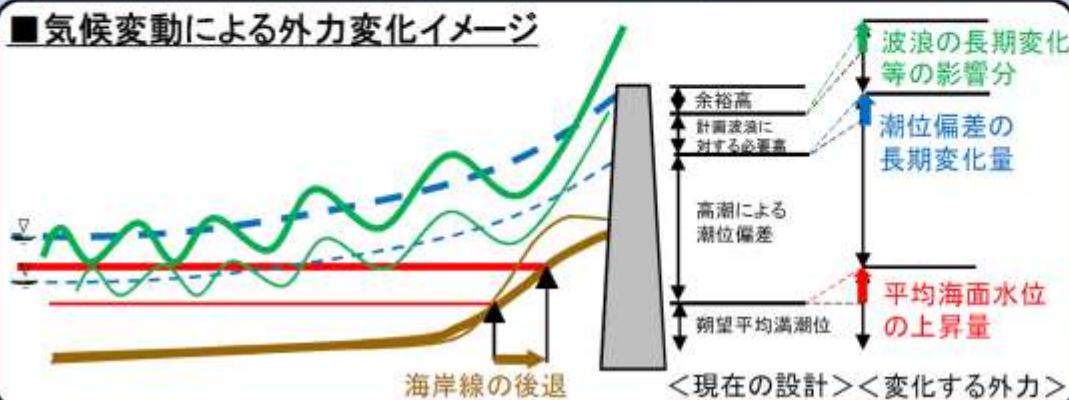
# 社会実装の例

国交省/農水省・気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会・提言 (2020)

## I 海岸保全に影響する気候変動の現状と予測

- IPCCのレポートでは「気候システムの温暖化には疑う余地はない」とされ、SROCCによれば、2100年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、**RCP2.6(2°C上昇に相当)で0.29-0.59m、RCP8.5 (4°C上昇に相当)で0.61-1.10m。**

### ■気候変動による外力変化イメージ



### ＜気候変動影響の将来予測＞

	将来予測
平均海面水位	・上昇する
高潮時の潮位偏差	・極値は上がる
波浪	・波高の平均は下がるが ・極値は上がる ・波向きが変わる
海岸侵食	・砂浜の6割～8割が消失

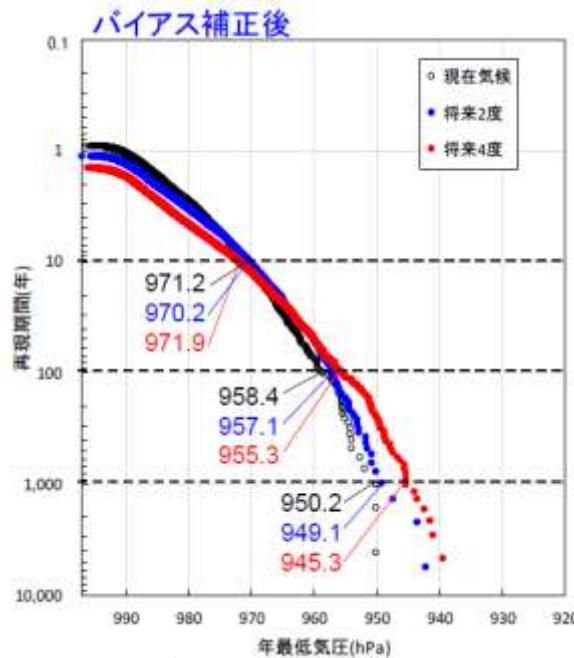
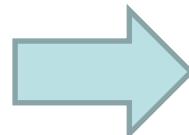


- d4PDF(AGCM60km) 台風
- 波浪予測データ



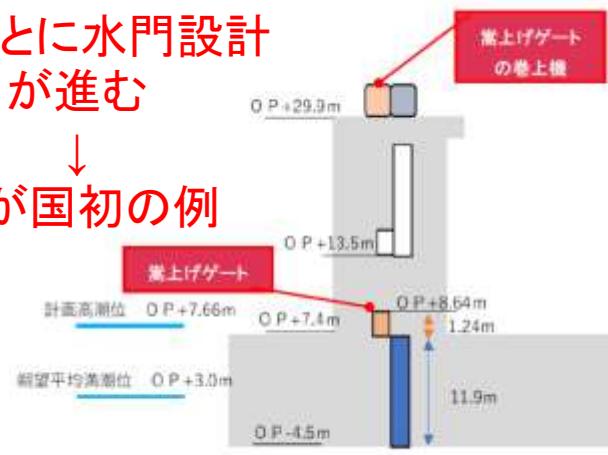
# d4PDF を活用した社会実装 適応策

- ・ 大阪府・河川構造物等審議会
  - ✓ 三大水門の改築にあたり、設計外力に気候変動の影響を考慮
  - ✓ 段階的適応が可能な構造設計へ
  - ✓ 令和3年1月29日付・答申
  - ✓ 令和4年度着工



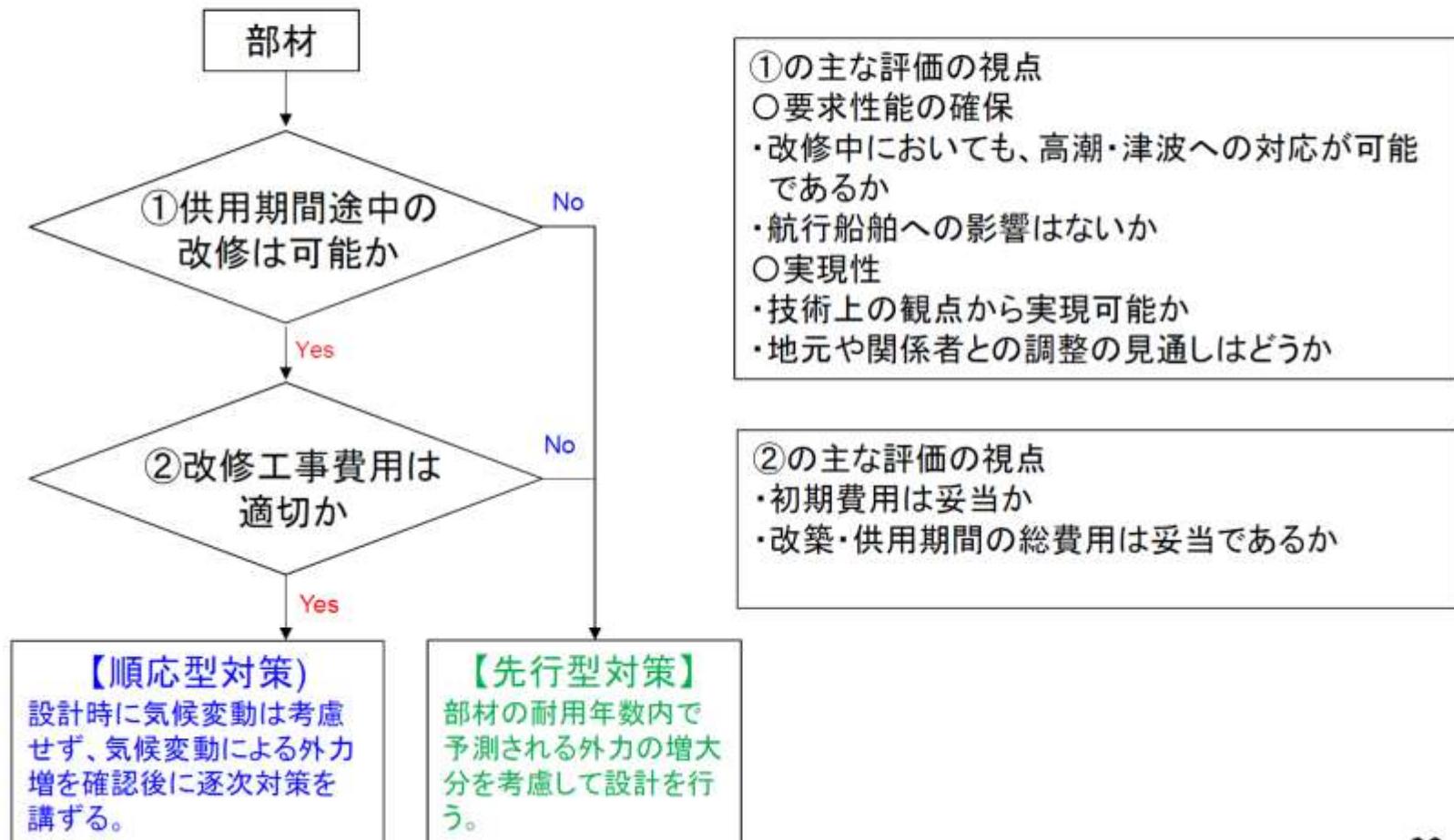
d4PDFの台風データをもとに水門設計が進む

↓  
わが国初の例



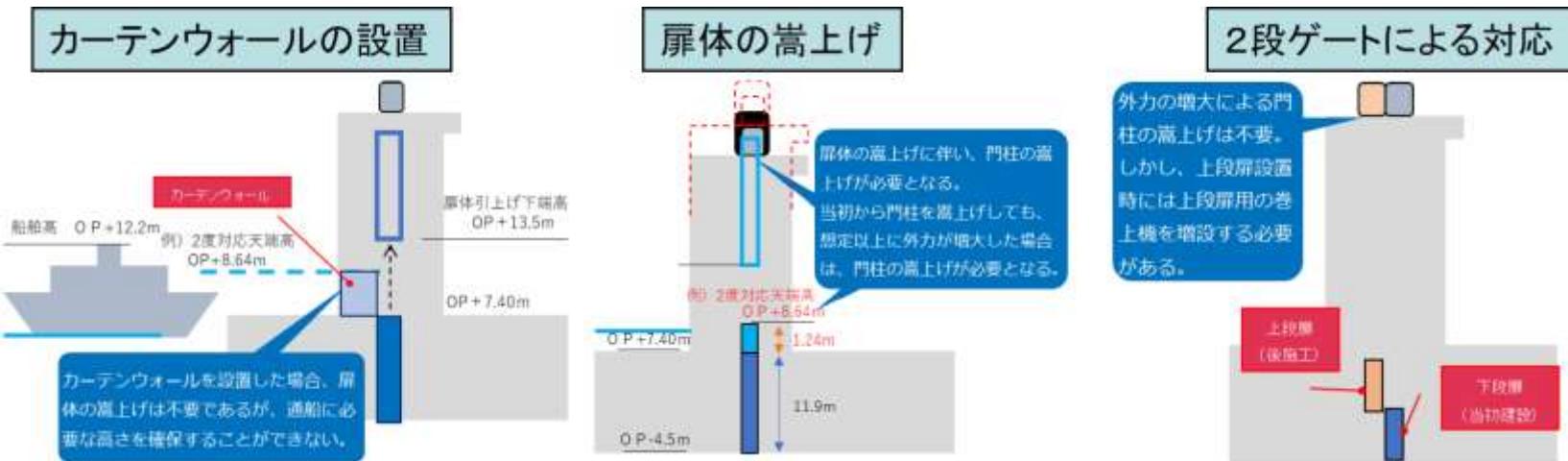
## 気候変動の影響を考慮した設計（考え方）

- ・気候変動予測を基に設定した外力には、様々な不確実性が潜在するため、手戻りなく設計すること、また過剰な投資にならないように設計することの両面を考えることが重要である。
- ・そのため、各部材の設計に際しては、あらかじめ対策を講じておく「先行型対策」と将来における気候変化を確認後に対策を講じる「順応型対策」のどちらか適切な対策方法を選択する。





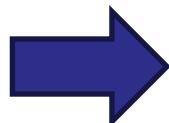
# 大阪高潮ゲートの例 気候変動に対する適応策



# 損害保険・災害リスク評価

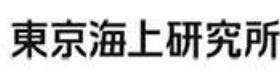
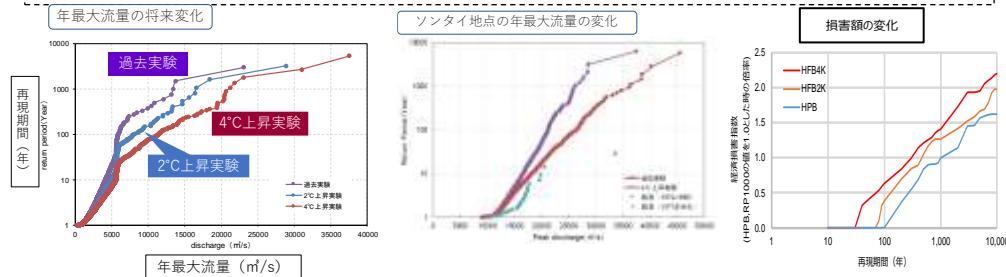
## 自然災害リスク × 気候変動 = 社会課題

d4PDF : database for Policy Decisionmaking for Future climate change  
(気候変動リスク情報創生プログラム) (Mizuta et al. 2017)



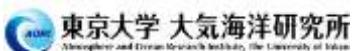
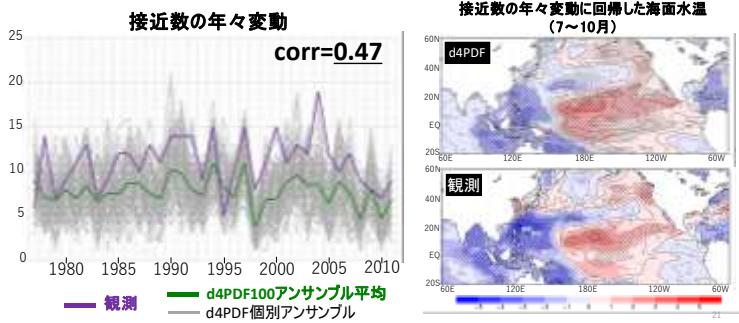
### 気候変動による大規模洪水による洪水リスクへの影響評価

荒川やベトナムレッドリバー流域における洪水リスクを、HPB/HFB4K/2K降水量データを基に流出氾濫解析および損害評価を行うことで推定



### 台風季節予報可能性の調査

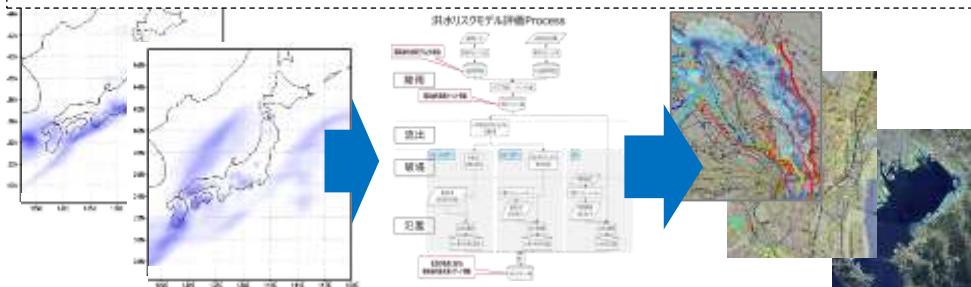
HFB各種データを基に台風季節予報の可能性を調査



東京海上研究所

### 確率論的水災モデルによるリスク評価

HFB気圧・降水量データを基に確率論的水災リスク評価モデルを構築し、リスク評価へ活用。



北海道大学  
HOKKAIDO UNIVERSITY



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



東京海上日動リスクコンサルティング

→ これ以外、損害料率算出機構 風水害部会

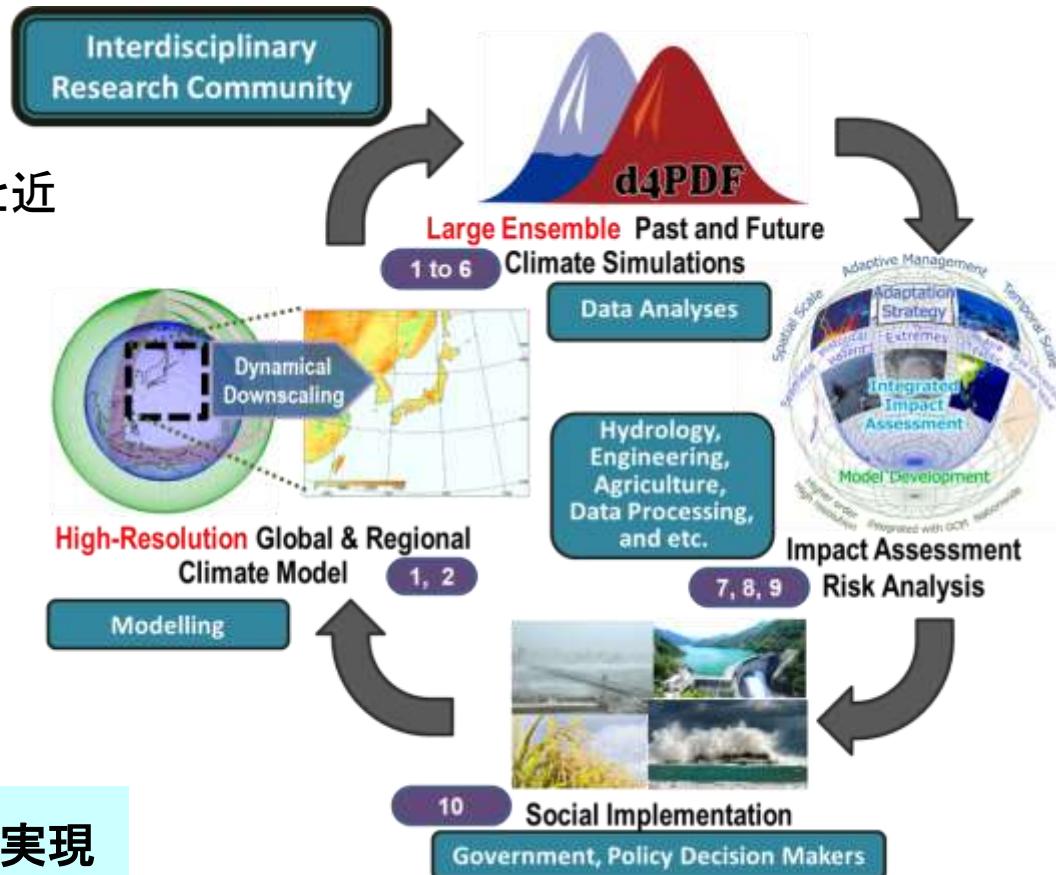
提供: 東京海上日動リスクコンサルティング

# d4PDF を活用した研究の広がり

70編超の気候解析～影響評価関連論文が公開

Ishii and Mori (2020, SPEPS、d4PDFレビュー)

- 気候変動要因解明
- 主要な気象・気候イベントの再現性と近未来と世紀末での変化
- E/A: 現在気候における温暖化寄与
- 統計的仮定が不要な影響評価研究  
[ パラダイムシフト ]
- 情報工学を導入した気象・気候研究
- データサービス研究



→ いくつかの分野で社会実装が実現

- d4PDF が日本の学際的な温暖化研究コミュニティの形成に貢献
- 分野間共同研究が促進され、時空間シームレスな研究の必要性が高まる



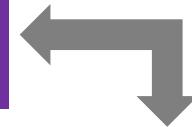
# その他



# リクエスト・今後の課題

- ・ 多様なモデル出力要素（気温・降水量以外）の活用
- ・ 高解像度の予測情報が欲しい、顕著現象表現を良くして欲しい
  - モデル（物理スキーム）開発
- ・ 全球～地域スケールの予測の不確実性を明かに
  - ・ 多シナリオ、多アンサンブル、観測・物理モデルの不確実性
- ・ 海洋と大気～海洋～陸面が整合する予測情報
  - ・ ← 日本周辺の大気-海洋-陸面結合プロセスの理解の深化とモデリング
  - ・ ← 台風・豪雨・豪雪などの発生・維持・消滅メカニズムの理解
- ・ バイアス補正

利用者からの多様な要望



科学的課題の解決



# 将来構想

- 今年度中
  - 文部科学省「気候変動予測先端研究プログラム」がスタートしました
    - 領域課題1～4
  - d4PDFシリーズの全国5kmダウンスケール実験を開始します
  - ユーザーの皆さんとの積極的な対話を考えています
- 数年先
  - 先端プログラムでは、数年後に次期d4PDFをリリースする計画があります。



# おわり

- 謝辞
  - このスライド：気象研究所 石井正好
- d4PDF全体の情報
  - 公式Web
    - <https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/>
  - Description paper
    - Mizuta, R., et al. (2017) The Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS), July, pp.1383-1398.
  - Review paper
    - Ishii, M., N. Mori (2020) Progress in Earth and Planetary Science, 7, Article number 58.
    - 石井正好・森 信人 (2022) 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベースの開発と気候変動リスク評価研究成果の社会, 天気, 印刷中



# d4PDF Logo



気象研・今田さん



# d4PDF 31

最初の実験実験と初期体制の構築に取り組んだコアメンバー



## 気象庁気象研究所

高藪 出 (\*), 石井正好、水田 亮、遠藤洋和、今田由紀子、吉田康平、  
佐々木秀孝、村田昭彦、青柳暁典、川瀬宏明、野坂真也

## 東京大学大気海洋研究所

木本昌秀 (\*), 渡部雅浩、森 正人、高橋千陽、荒井美紀

## 京都大学防災研究所

中北英一 (\*), 森 信人、田中賢治、竹見哲也、立川康人、岡田靖子、  
志村智也, Khujanazarov Temur

## 国立環境研究所

塩竈秀夫

## 筑波大学

鬼頭昭雄、荒川 理、釜江陽一、日比野研志、長友利晴

## 海洋研究開発機構

池田美紀子

\* : 共同代表  
所属は2015年当時のもの



# 謝辞

- 文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」
    - 住明正 プログラムディレクタ およびプログラム関係者の皆様
    - 文部科学省環境エネルギー課：石橋和昌課長補佐 および関係者の皆様
  - 文部科学省「気候変動適応技術社会実装プログラム」SI-CAT
    - 木村富士男／三上正男プログラムディレクタ およびプログラム関係者の皆様
    - 文部科学省環境エネルギー課：石橋和昌課長補佐 および関係者の皆様
  - 文部科学省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」
    - 住明正 プログラムディレクタ、原澤英夫プログラムオフィサ、およびプログラム関係者の皆様
    - 文部科学省環境エネルギー課：葛谷暢重課長補佐 および関係者の皆様
  - 海洋研究開発機構第3世代地球シミュレータの特別推進課題
    - 高橋桂子地球情報基盤センター長 および関係者の皆様
  - 文部科学省「データ統合・解析システム(DIAS)」
    - 小池俊雄東京大学工学系研究科教授、根本利弘東京大学生産技術研究所准教授 および関係者の皆様
  - 気象庁気象研究所企画室
    - 笹川悠調査官 および関係者のみなさま
- ※ 肩書は当時



# d4PDF 小史

- 2014/12/26 地球シミュレーター(ES) 特別推進課題として採択
- 2015/1/20 キックオフ@東京大学柏キャンパス
- 2015/2/26 第2回会合@気象研
- 2015/3/23 d4PDF +4K、過去、非温暖化実験計算開始**
- 2015/5/8 第3回会合@気象研
- 2015/7/14 第4回会合@気象研
- 2015/8/31 d4PDF +4K、過去、非温暖化実験計算終了**
- 2015/9/25 第5回会合@気象研
- 2015/11/18 公開ウェブサイト立ち上げ** <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/>
- 2015/11/26 第6回会合@気象研
- 2015/12/21 公開シンポジウム@一橋会館 (来場者数 339名)**
- 2016/6/6 d4PDF データ公開@DIAS** <http://www.diasjp.net/>
- 2017/10/30 気象学会2017年度秋季大会専門分科会「大規模アンサンブル気候実験を用いた新しい研究の展開」(@北海道大学)
- 2018/8/10 d4PDF +2K 実験 (d2PDF) データ公開 (SI-CAT)**
- 2018/8/20 d4PDF データの 商用利用を可能 とするデータポリシーへ改訂**
- 2018/10/10 d4PDF ユーザ研究会合「d4PDFの現在と未来を考える」@気象研



SI-CAT