

# 気候変動を踏まえた治水計画の前提となる外力の設定手法

平成30年4月12日

# IPCC第5次報告書における排出ガスの抑制シナリオ

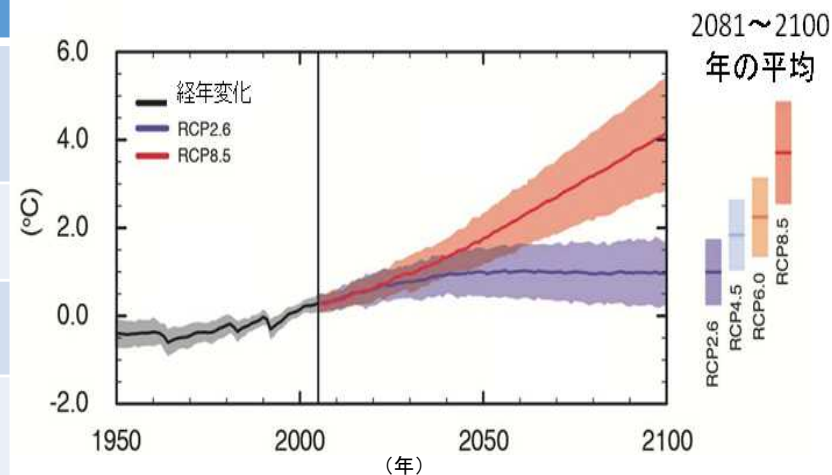
- 最新のIPCC第5次報告書(AR5)では、温室効果ガス濃度の推移の違いによる、4つのRCPシナリオが用意されている。
- パリ協定における将来の気温上昇を2°C以下に抑えるという目標に相当する排出量の最も低いRCP2.6や最大排出量に相当するRCP8.5、それら中間に値するRCP4.5、RCP6.0が用意されている。

## < RCPシナリオの概要 >

略称	シナリオ (予測) のタイプ	世界平均地上気温 (可能性が高い予測幅)	世界平均海面水位 (可能性が高い予測幅)
😊 RCP 2.6	低位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 2.6W/m <sup>2</sup> ) 将来の気温上昇を2°C以下に抑えるという目標のもとに開発された排出量の最も低いシナリオ	+0.3~1.7°C	+0.26~0.55m
😐 RCP 4.5	中位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 4.5W/m <sup>2</sup> )	+1.1~2.6°C	+0.32~0.63m
😞 RCP 6.0	高位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 6.0W/m <sup>2</sup> )	+1.4~3.1°C	+0.33~0.63m
😡 RCP 8.5	高位参照シナリオ (世紀末の放射強制力 8.5W/m <sup>2</sup> ) 2100年における温室効果ガス排出量の最大排出量に相当するシナリオ	+2.6~4.8°C	+0.45~0.82m

## < 将来予測 >

### < 世界平均地上気温変化 >



※RCPシナリオ: 代表濃度経路シナリオ (Representative Concentration Pathways)

※放射強制力: 何らかの要因(例えばCO<sub>2</sub>濃度の変化、エアロゾル濃度の変化、雲分布の変化等)により地球気候系に変化が起こったときに、その要因が引き起こす放射エネルギーの収支(放射収支)の変化量(Wm<sup>-2</sup>)。正のときに温暖化の傾向となる。

※世界平均地上気温と世界平均海面水位は、1986~2005年の平均に対する2081~2100年の偏差

※出典: JCCCA, IPCC第5次評価報告書特設ページ, 2014, <http://www.jccca.org/ipcc/ar5/rcp.html>

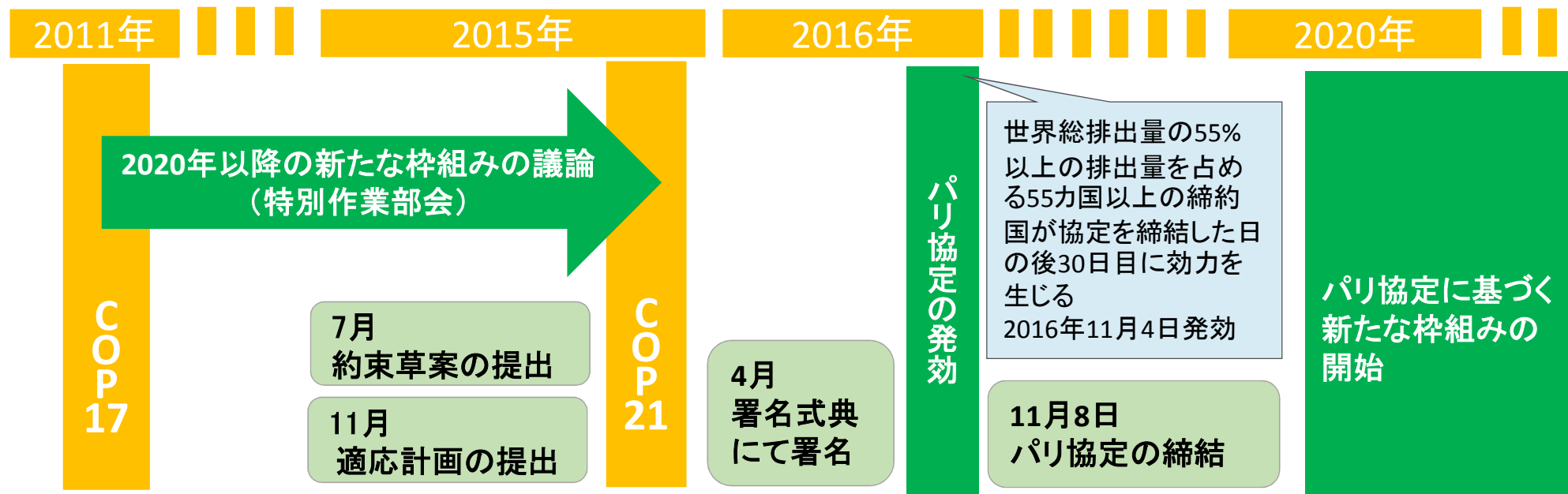
文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省, IPCC第5次評価報告書 第1次作業部会報告書(自然科学的根拠)の公表について, 2015.3 <http://www.env.go.jp/press/files/jp/23096.pdf>

# パリ協定の締結(2016年11月)

COP21(気候変動枠組条約 第21回締約国会議)において、2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための国際枠組みとして、産業革命以降の平均気温上昇を2度未満に抑制することなどを目的としたパリ協定が採択され、2016年11月に締結された。

## パリ協定のポイント

- 【目的】 産業革命以降の平均気温上昇を2度未満に抑制し、1.5度未満に抑制するよう努力する。
- 【長期目標】 世界の温室効果ガス排出量をなるべく早く減少に転じさせる。  
今世紀後半には排出量と吸収量を均衡させる。
- 【削減目標】 各締約国が独自に削減目標を作成し国連に提出し5年ごとの更新と国内対策を義務づけ。  
また、長期の温室効果ガス低排出発展戦略を作成・提出するよう努力すべき。
- 【適応】 適応についての世界的な目標を設定する。各締約国は適応報告書を提出し、定期的に更新する。
- 【途上国支援】 先進国が引き続き資金を提供するとともに、先進国以外も自主的に資金を提供。
- 【実施状況の確認】 世界全体の実施状況の確認を、最初は2023年に、その後は5年ごとに実施する。



# (参考) IPCC第6次評価報告書の作成に向けた動き

○ 第6次評価報告書 (AR6) WG1報告書は2021年4月のIPCC総会にて承認・受諾、公表が予定されている。

※IPCCにおいて、第一作業部会(WG1)は気候システムおよび気候変動の物理科学的な観点での評価(自然科学的根拠)を担当し、観測結果やシミュレーションモデルによる計算結果をもとに、自然環境の現状と将来の予測を行っている。

## <今後のスケジュール>

スケジュール	予定
2018年2月	AR6執筆者の決定
2019年5月～6月	第1次ドラフト(FOD)専門家査読 ・ 報告書1次ドラフトについて、専門家の意見を収集・反映
2020年3月～4月	第2次ドラフト(SOD)政府査読及び専門家査読 ・ 報告書2次ドラフト及び政策決定者向け要約(SPM)1次ドラフトについて、各国政府及び専門家の意見を収集・反映
2020年12月～ 2021年1月	政策決定者向け要約(SPM)の最終ドラフト(FD)政府査読 ・ SPMの承認に向け、SPM最終ドラフトについて各国政府の意見を収集・反映
2021年4月	IPCC総会にてAR6 WG1報告書の承認・受諾、AR6の公表

## <第6次評価報告書の構成>

政策決定者向け要約  
技術要約  
第1章: 構成、背景、手法  
第2章: 気候システムの変化状態  
第3章: 人間が気候システムに及ぼす影響  
第4章: 将来の世界の気候: シナリオに基づいた予測及び近未来に関する情報  
第5章: 地球規模の炭素と他の生物地球化学的循環及びそのフィードバック  
第6章: 短寿命気候強制因子  
第7章: 地球のエネルギー収支、気候フィードバック、及び気候感度  
第8章: 水循環の変化  
第9章: 海洋、雪氷圏、及び海面水位の変化  
第10章: 世界規模と地域規模の気候変動のつながり  
第11章: 変化する気候下における気象及び気候の極端現象  
第12章: 地域規模の影響及びリスクを評価するための気候変化に関する情報

# (参考)IPCC 1.5°C特別報告書(SR15)の作成に向けた動き

○ 1.5°C特別報告書は2018年10月のIPCC第48回総会にて承認・受諾、公表が予定されている。

※1.5°C特別報告書(SR15)は、パリ協定のもと2018年に提供するという国連気候変動枠組条約(UNFCCC)の招請により、第6次評価報告書(AR6)サイクルで作成する3つの特別報告書のうちの1つとして作成されることが決定された。

## <今後のスケジュール>

スケジュール	予定
2018年2月	2次ドラフト(SOD)政府査読及び専門家査読 ・ 報告書2次ドラフト及び政策決定者向け要約(SPM)1次ドラフトについて、各国政府及び専門家の意見を収集・反映
2018年4月	第4回執筆者会議
2018年6月～7月	政策決定者向け要約(SPM)の最終ドラフト(FD)政府査読 ・ SPMの承認に向け、SPM最終ドラフトについて各国政府の意見を収集・反映
2018年10月	IPCC第48回総会にて1.5度特別報告書の承認・受諾、公表

## < 1.5°C特別報告書の構成>

アウトライン  
前付け  
政策決定者向け要約  
第1章: 枠組みと文脈  
第2章: 持続可能な開発の文脈において1.5°Cに適合する緩和経路  
第3章: 自然及び人間システムに対する1.5°Cの地球温暖化の影響  
第4章: 気候変動の脅威に対する世界的な対応の強化と実施  
第5章: 持続可能な開発、貧困の撲滅及び不平等の削減

# 外力の計算に活用可能なデータ

- 日本周辺を対象とした主な予測実験の結果としては、20kmメッシュのものは、「21世紀末における日本の気候」で既に公表されている。2kmメッシュのものは、「統合プログラム」等で一部公表中。
- このほか、降雨量等について、一律4°Cの気温を上昇させた状態で60年間分の計算を行うことや、海面水温摂動を付与することにより、データを数を増やしているd4PDFが公表されている。

	21世紀末における日本の気候		統合プログラム		d4PDF	
	20km	20km	2km	2km	20km	20km
領域モデル 解像度	20km	20km	2km	2km	20km	20km
気候	現在	将来	現在	将来	現在	将来
計算期間	20年間	20年間 ※気温は変化	20年間	20年間 ※気温は変化	60年間	60年間 ※一律4°C上昇
海面水温	—	3パターン	—	4パターン	—	6パターン
摂動数	—	—	4摂動 ※海面水温に付与	—	50摂動 ※海面水温に付与	15摂動 ※海面水温に付与
積雲対流 スキーム	3パターン※	3パターン※	—	—	—	—
データ数	20×3 =60年分	20×3×3 =180年分	20×4 =80年分 ※H30完了見込み	20×4 =80年分 ※H32完了見込み	60×50 =3000年分	60×6×15 =5400年分

※現在気候と将来気候のRCP8.5シナリオは積雲対流スキームを3パターン(YS、KF、AS)計算している

⇒ データ数を増加



# (参考)外力の計算に活用可能なデータ ～d4PDFの特徴～

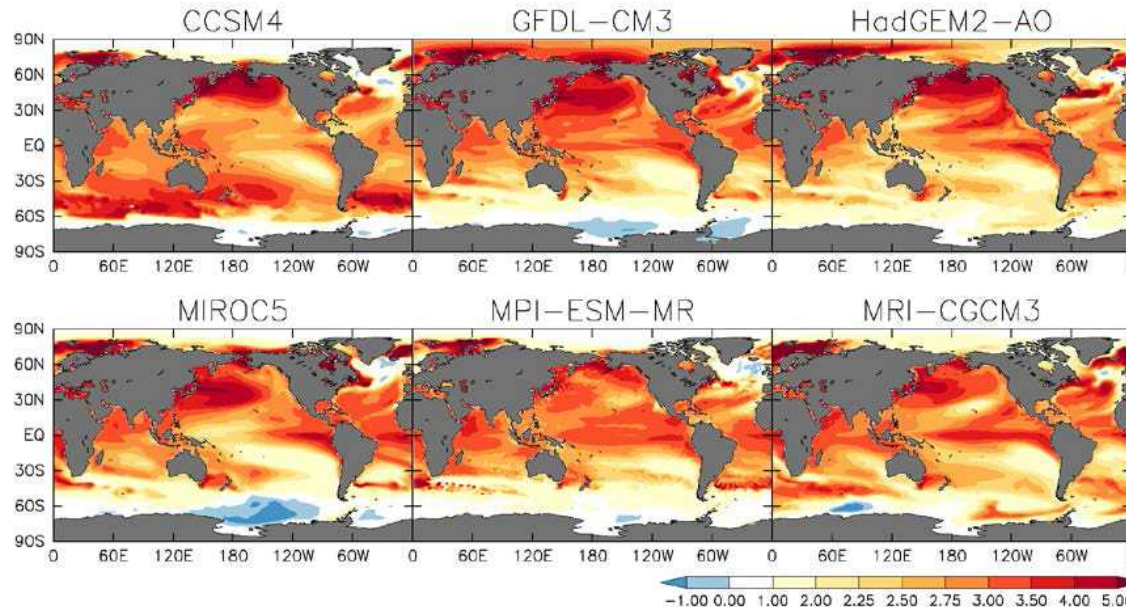
- 過去実験では、観測されたSST(海面水温)データに50の摂動を与えることにより、アンサンブルメンバを作成。
- 将来実験では、6つのSST(海面水温)メンバ及び15の摂動によりアンサンブルメンバを作成。

## ◆ 将来実験において使用しているSSTモデル

CMIP5	実験各略称	機関名
CCSM4	CC	米国 大気科学研究所
GFDL-CM3	GF	米国 地球物理流体学研究所
HadGEM2-AO	HA	英国 気象庁ハドレーセンター
MIROC5	MI	日本 海洋研究開発機構
MPI-ESM-MR	MP	独 マックスプランク研究所
MRI-CGCM3	MR	日本 気象庁気象研究所

## ◆ 摂動の作成について

- 過去実験において、海面水温解析の推定誤差と同等の振幅を持つ海面水温摂動※を作成した。
- 過去実験では、全球モデル(60kmメッシュ)において作成した海面水温摂動100個のうち、日本域モデル(20kmメッシュ)では50個を使用
- 将来実験には、その中から任意に選んだ15個を使用した。



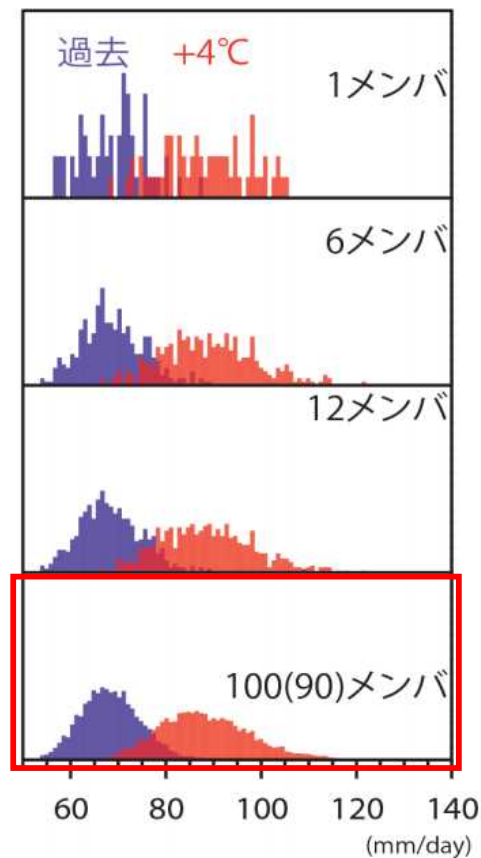
←使用したCMIP5結合モデル毎の、与えた海面水温変化パターン[K]。すべての月、すべての年、すべてのメンバーを平均したもの。

# d4PDF(4°C上昇)の活用による利点

- d4PDFは、大量のアンサンブル予測計算を行っているため、明瞭な頻度分布を得ることができ、極端現象(例えば、1/200規模の降雨量)の流域毎の予測に適している。
- 21世紀末における日本の気候、統合プログラムは、予測計算のアンサンブル数が少ないため、流域毎の極端現象の変化を予測することが難しい。

## (アンサンブル数毎のイメージ)

例: 中国南部で平均した年最大日降水量(%)の頻度分布



3メンバ  
「21世紀末における日本の気候」相当

4メンバ  
「統合プログラム」相当

アンサンブル数が多いと、  
明瞭な頻度分布を得ることができる

90メンバ  
「d4PDF」相当



# d4PDF(4°C上昇)による降雨量の変化倍率の計算方法

- 現在気候3000年分、将来気候5400年分の降雨量データを用い、水系毎に設定された計画降雨継続時間における年最大流域平均雨量を、現在気候及び将来気候について算出した。
- 水系毎に、現在気候及び将来気候について、Gumbel分布やGEV分布(一般極値分布)を踏まえて計画規模の流域平均雨量を算出し、降雨量の変化倍率を算出した。

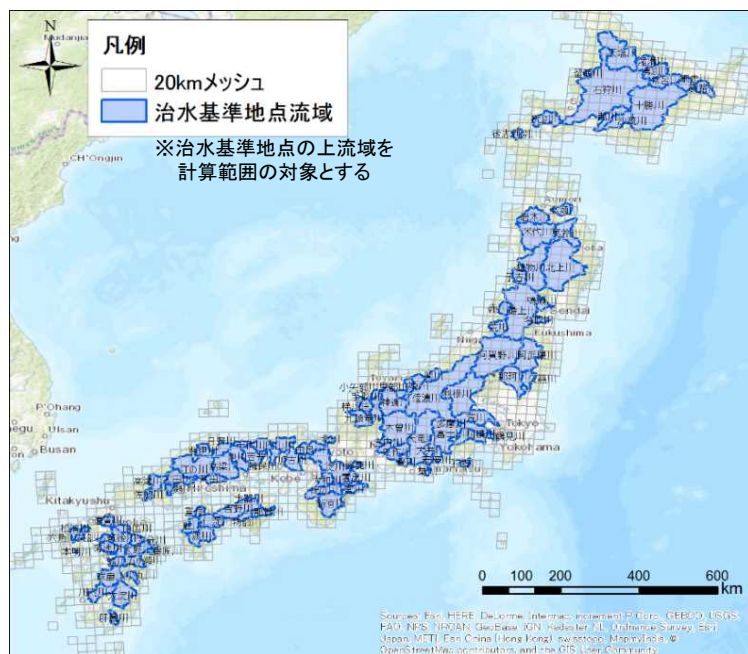
## ①年最大雨量データの作成

現在気候及び将来気候について、水系毎に計画降雨継続時間における年最大流域平均雨量を算出

※流域は治水基準地点の上流域を対象

※流域内に含まれるメッシュの面積比率に応じて重み付けをして年最大流域平均雨量を算出

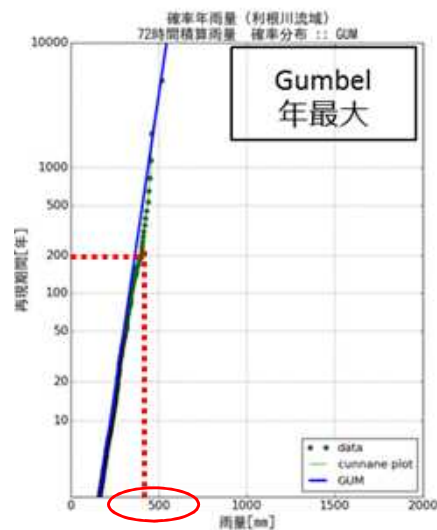
<計算メッシュと流域内の計算対象の範囲>



## ②降雨量の変化倍率の算出

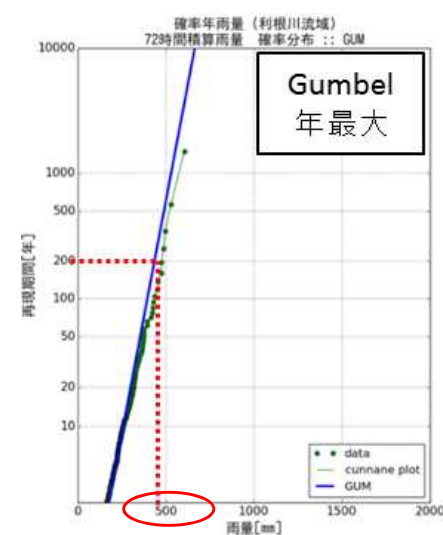
①で計算した年最大流域平均雨量を、Gumbel分布もしくはGEV分布に当てはめて、計画規模の流域平均雨量を現在気候及び将来気候について算出

<現在気候>



現在気候の計画規模の降雨量

<将来気候>



将来気候の計画規模の降雨量

※Gumbel分布とGEV分布で適合度の高い確率分布を当てはめた

# 気候変動による将来の降雨量の変化倍率の試算結果

速報値

- 温室効果ガスの排出量が最大となるRCP8.5シナリオ(4°C上昇に相当)では、21世紀末の降雨量の変化倍率は約1.3倍と予測。
- 将来の気温上昇を2°C以下に抑えることを前提としたRCP2.6シナリオでは、21世紀末の降雨量の変化倍率は約1.1倍と予測。

## 気候変動による将来の降雨量の変化倍率

前提となる気候シナリオ	降雨量変化倍率 (全国一級水系の平均値)
RCP8.5(4°C上昇に相当)	約1.3倍
RCP2.6(2°C上昇に相当)	約1.1倍

※20世紀末(1951年-2011年)と比較した21世紀末(2090年)時点における一級水系の治水計画の目標とする規模の降雨量の変化倍率の平均値  
 ※RCP8.5シナリオ(4°C上昇に相当)は、産業革命以前に比べて全球平均温度が4°C上昇した世界をシミュレーションしたd4PDFデータを活用して試算  
 出典:国土技術政策総合研究所による試算値

## (参考)RCP2.6(2°C上昇に相当)相当の降雨量の変化倍率の算出方法

以下の表から得られる地域毎のRCP8.5、RCP2.6の関係性より換算

表 上位5%の降水イベントによる日降水量の変化

	全国	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本 日本海側	西日本 太平洋側
RCP2.6	10.3(7.9~14.5)	7.8(5.2~9.4)	11.3(9.2~12.8)	8.5(7.4~10.6)	10.9(7.4~14.6)	7.5(3.5~14.6)	12.4(7.3~18.9)
RCP4.5	13.2(8.0~16.0)	13.0(9.0~15.5)	16.4(6.8~24.5)	11.1(8.8~14.4)	12.7(8.1~15.3)	12.6(7.6~16.9)	12.7(8.6~15.9)
RCP6.0	16.0(14.8~18.2)	18.1(16.5~19.0)	18.2(16.7~19.5)	19.0(15.7~22.4)	14.7(13.0~16.2)	13.2(9.2~18.6)	16.5(14.1~19.0)
RCP8.5	25.5(18.8~35.8)	28.9(18.0~38.9)	25.7(13.6~37.5)	29.9(23.8~38.3)	22.4(15.3~36.0)	24.0(16.7~30.3)	27.2(18.8~38.6)

(東日本太平洋側での換算例)

$$RCP2.6 = RCP8.5 \times \frac{10.9}{22.4}$$

※RCP2.6、4.6、6.0(3ケース)、RCP8.5(9ケース)における将来気候の予測(2080~2100年平均)と現在気候(1984~2004年平均)の変化率を示す

※各シナリオにおける全ケースの平均値、括弧内に平均値が最小のケースと最大のケース(年々変動等を含めた不確実性の幅ではない)を示す

出典:日本国内における気候変動予測の不確実性を考慮した結果について(お知らせ)【環境省、気象庁】

(<http://www.env.go.jp/press/19034.html>)より