

RCP2.6 シナリオを用いた日本付近における気候変化の将来予測について

山田賢，卜部佑介，後藤敦史（気象庁気候情報課）

川瀬宏明，野坂真也，遠藤洋和，佐々木秀孝，村田昭彦（気象研究所）

伊東瑠衣，渡邊俊一（気象業務支援センター）

1. はじめに

気象庁では、平成 8 年度より、数値モデルによる地球温暖化の予測結果を「地球温暖化予測情報」として数年おきに公表している。平成 29 年 3 月には、防災上の意識を高める観点等から、高位の温室効果ガス排出シナリオである RCP8.5 シナリオに基づく将来予測として「地球温暖化予測情報第 9 巻」（気象庁，2017）（以下、「第 9 巻」とする）を公表した。

また、平成 30 年 12 月には「気候変動適応法」が施行され、地球温暖化対策として、緩和策はもとより適応策の重要性が高まっている。適応策の観点から、2°C 目標が達成された状況でどの程度温暖化の影響が現れ、どういった対応が必要かを検討するため、それに相当する RCP2.6 シナリオに基づいた温暖化予測結果の需要が増している。

このような背景を踏まえ、気象庁と気象研究所では RCP2.6 シナリオに基づく予測計算及び解析を実施している。本稿では、RCP2.6 シナリオの予測結果と、RCP8.5 シナリオに基づく「第 9 巻」の予測結果を比較することにより、その特徴について報告する。

2. データと解析手法

RCP2.6 シナリオの予測実験は、「第 9 巻」の元となった予測と同じ条件で計算・解析を実施した。まず、水平解像度 20km の全球大気モデル (MRI-AGCM3.2S) (Mizuta et al., 2012) を用い、1980～1999 年（以下、現在気候とする）及び 2076～2095 年（以下、将

来気候とする）の計算を実施した。それらの結果を境界条件として、水平解像度 5km の非静力学地域気候モデル (NHRCM05)

(Sasaki et al., 2011) を用い、日本とその周辺を対象に計算を行った。なお、同じく境界条件として与える海面水温データは、予測結果のばらつき具合に基づく不確実性の幅を考慮するため、Mizuta et al. (2014) に基づき作成された 4 パターンを用いた。気温の階級別日数、降水の階級別発生頻度については、非静力学地域気候モデルの出力値を観測データと比較してバイアス補正を実施した（詳細は「第 9 巻」【資料 3】）。

将来変化量は、将来気候の 20 年平均値を 4 メンバーで平均した値と現在気候の 20 年平均値の差とし、将来変化率は現在気候 20 年平均値に対する将来変化量の比として示した。地域別の解析については、第 1 図の 7 つの領域区分ごとに計算を実施し、年々変動の幅は Wakamatsu et al. (2017) に基づき算出した。将来変化の有意性の検定には Mann-Whitney 検定を用い、信頼度水準 90%以上（両側）で判定を行った。

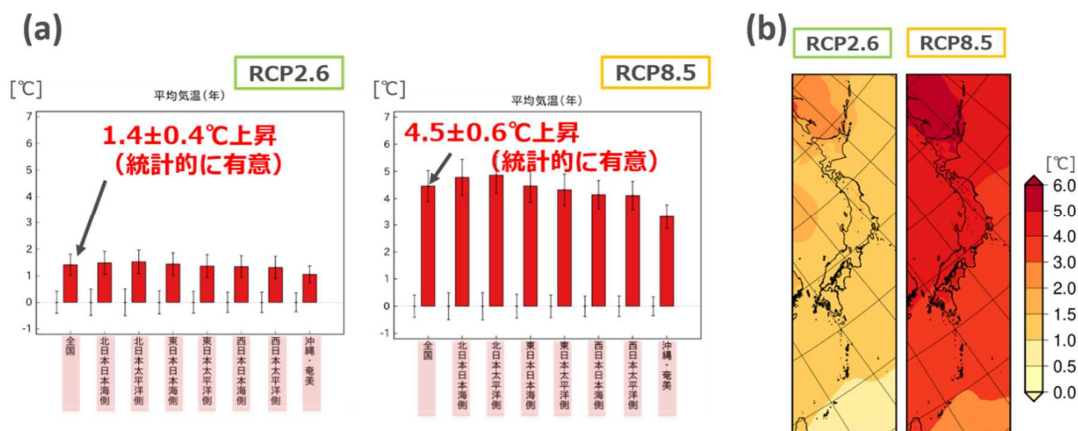


第 1 図 予測データの解析に用いる地域区分

3. 予測結果

3.1 気温要素

まず、第 2 図に年平均気温の将来変化を示



第2図 RCP2.6シナリオ及びRCP8.5シナリオに基づく年平均気温の将来変化の予測

(a) : 各地域における年平均気温の将来変化量 [単位: °C]。棒グラフは将来変化量、細い縦線は年々変動の幅 (左: 現在気候、右: 将来気候)。統計的に有意に増加する領域は、その領域名を赤のハッチで示している。

(b) : 年平均気温の将来変化量の分布 [単位: °C]。

す。年平均気温は、RCP2.6、RCP8.5シナリオともに、すべての地域で有意に上昇し、全国平均で見た場合の気温の上昇量は、RCP2.6シナリオの下では 1.4 ± 0.4 °C、RCP8.5シナリオの下では 4.5 ± 0.6 °Cと予測される (第2図(a))。また、日本付近における年平均気温の将来変化量の分布 (第2図(b)) から、RCP2.6、RCP8.5シナリオともに、高緯度地域ほど大きく上昇し、特に北海道の一部では、オホーツク海の海氷が減少することを反映して大きな上昇が現れている。

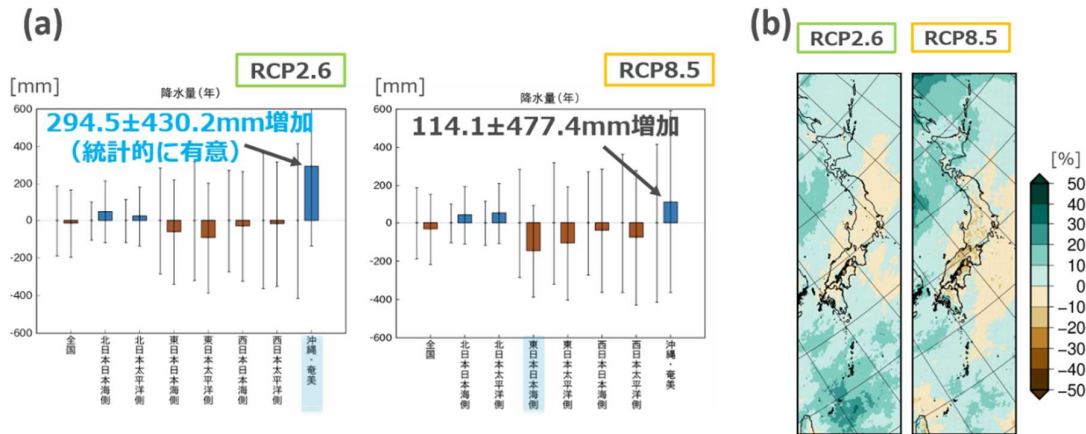
次に、極端な高温の発生頻度の予測の一例として、猛暑日 (日最高気温 35 °C以上) 日数の将来変化について示す。猛暑日日数は、平均気温と同様、RCP2.6、RCP8.5シナリオともに、すべての地域で有意に増加し、全国平均の増加量は、RCP2.6シナリオの下では 2.7 ± 1.6 日に対し、RCP8.5シナリオの下では 19.1 ± 5.2 日と予測される (図略)。

3.2 降水要素

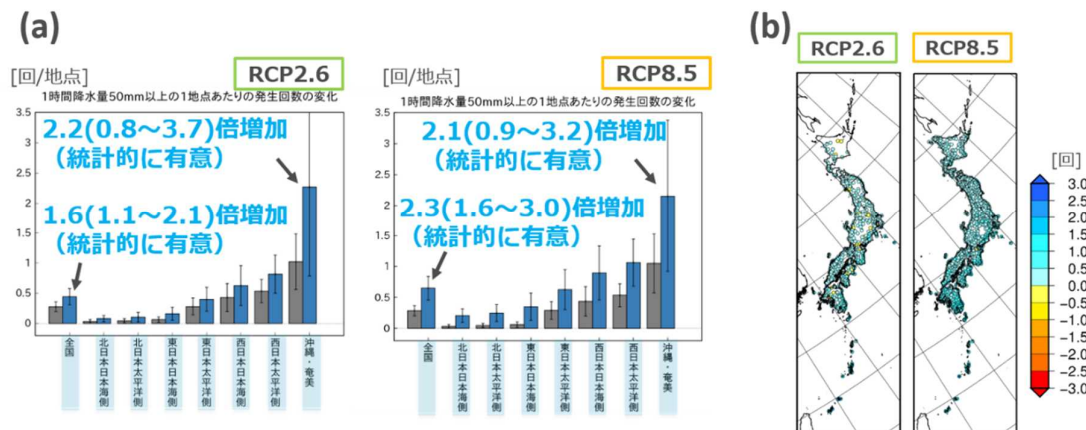
第3図に年降水量の将来変化の特徴につ

いて示す。年降水量は、気温要素とは異なり、RCP2.6、RCP8.5シナリオともに、ほとんどの地域で有意な増減は見られない。ただし、沖縄・奄美の変化量は、RCP2.6シナリオの下では 294.5 ± 430.2 mm の増加 (統計的に有意) に対し、RCP8.5シナリオの下では 114.1 ± 477.4 mm の増加 (統計的に有意ではない) が予測され、RCP2.6シナリオの方が増加量が大きく、統計的に有意な予測となっている (第3図(a))。また、日本付近における降水量の将来変化率の分布 (第3図(b)) から、北日本、沖縄・奄美を中心に増加傾向、東・西日本を中心に減少傾向という空間分布の特徴は、RCP2.6、RCP8.5シナリオともに共通しているが、沖縄・奄美付近の広い範囲で、RCP2.6シナリオの方がRCP8.5シナリオよりも増加率の大きい領域が見られる。

次に、短時間強雨の頻度の予測の一例として、1時間降水量 50 mm以上の降水の発生回数の将来変化について第4図に示す。その発生回数は、RCP2.6、RCP8.5シナリオともにすべての地域で有意に増加し、また、ほと



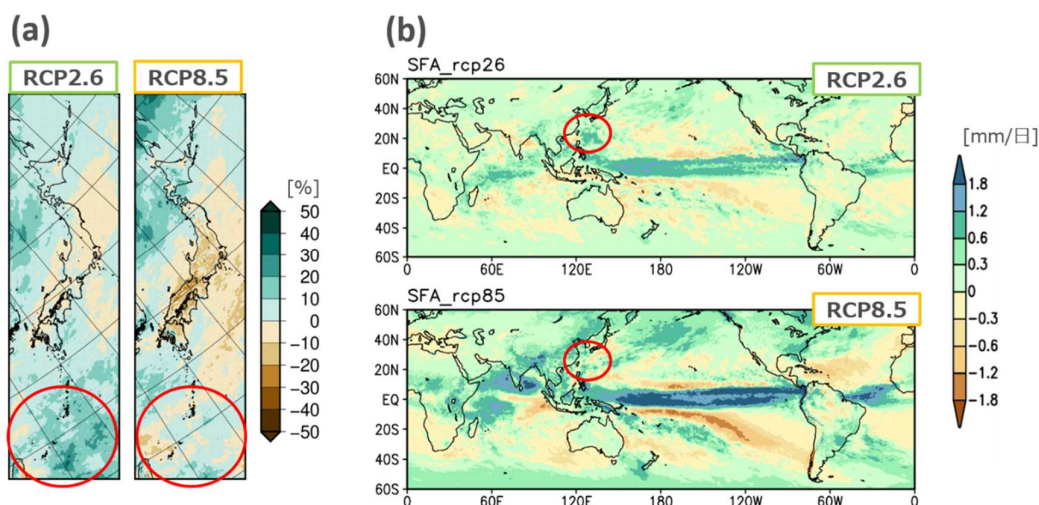
第3図 RCP2.6シナリオ及びRCP8.5シナリオに基づく年降水量の将来変化の予測
 (a)：各地域における年降水量の将来変化量 [単位：mm]。棒グラフは将来変化量、細い縦線は年々変動の幅（左：現在気候、右：将来気候）。統計的に有意に変化する領域は、その領域名を青のハッチで示している。
 (b)：年降水量の将来変化率の分布 [単位：%]。



第4図 RCP2.6シナリオ及びRCP8.5シナリオに基づく1時間降水量50mmの発生回数の将来変化の予測
 (a)：各地域における1時間降水量50mmの現在気候及び将来気候の発生回数 [単位：回/地点]。棒グラフは発生回数、細い縦線は年々変動の幅（左：現在気候、右：将来気候）。統計的に有意に増加する領域は、その領域名を青のハッチで示している。
 (b)：1時間降水量50mmの発生回数の将来変化量の分布 [単位：回]。変化傾向が4メンバーとも一致した地点のみ表示。

んどの地域において RCP2.6 シナリオの予測の方が RCP8.5 シナリオよりも増加量は少ないと予測されている。例えば、全国平均で見た場合の現在気候に対する将来気候の発生回数の倍率は、RCP2.6 シナリオの下では 1.6(1.1~2.1)倍、RCP8.5 シナリオの下では 2.3(1.6~3.0)倍と予測される。一方、沖縄・

奄美では RCP2.6 と RCP8.5 シナリオ間の予測における増加量はほぼ同程度で、倍率はそれぞれ 2.2(0.8~3.7)倍、2.1(0.9~3.2)倍である（第4図(a)）。発生回数の将来変化量の分布（第4図(b)）からは、全国的に RCP2.6 シナリオの方が RCP8.5 シナリオよりも増加量が少なく、メンバー間の一致度も低いこ



第5図 非静力学領域気候モデルと全球大気モデルの年降水量の比較 (1メンバー (c0))
 (a) : 非静力学領域気候モデル (MHRM05 : 水平解像度 5km) の年降水量の将来変化率 [単位 : %]。現在気候 : 1980~1999年、将来気候 : 2076~2095年。
 (b) : 全球大気モデル (MRI-AGCM3.2 : 水平解像度 20km) の年降水量の将来変化量 [単位 : mm/日]。現在気候 : 1979~2003年、将来気候 : 2075~2099年。

とが分かるが、沖縄・奄美については地点数が少なく明瞭な傾向を確認できない。

4. まとめ・考察

本稿では、今回新たに計算を実施したRCP2.6シナリオに基づく予測結果について、RCP8.5シナリオに基づく「第9巻」の予測結果と比較することにより、その特徴を調べた。その結果、多くの気候要素・地域において、RCP2.6シナリオの下での予測はRCP8.5シナリオの下での予測と比べて温暖化に伴う変化が小さくなっていったが、沖縄・奄美の降水要素の将来変化に関しては異なる傾向が示された。そこで、年降水量について、非静力学領域気候モデルと全球大気モデルの予測結果の比較を行った。

第5図には、非静力学領域気候モデル及び全球大気モデルの年降水量の将来変化 (1メンバーのみ) の分布を示す。この図から、全球大気モデルにおいても、沖縄・奄美付近で

RCP2.6シナリオの下での予測の方がRCP8.5シナリオのそれよりも増加量が多い領域が見られる。このことから、非静力学領域気候モデルの予測で見られた、沖縄・奄美における降水要素の将来変化の排出シナリオ間の違いは、全球大気モデルの予測結果を反映していることが示唆される。なお、このような特徴がみられた要因については、今後さらなる解析を実施する予定である。

謝辞

本稿で利用したデータセットは、文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム、統合的気候モデル高度化研究プログラムにおいて、気象庁の協力のもと、気象庁気象研究所が開発した気候モデルを利用して作成・提供されたものである。

参考文献

- 気象庁, 2017: 地球温暖化予測情報第9巻, IPCC の RCP8.5 シナリオを用いた非静力学地域気候モデルによる日本の気候変化予測, 平成 29 年 3 月, 41pp.
- Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, and A. Kitoh 2012: Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid. *J. Meteor. Soc. Japan*, **90A**, 233-258.
- Mizuta, R., O. Arakawa, T. Ose, S. Kusunoki, H. Endo, and A. Kitoh 2014: Classification of CMIP5 future climate responses by the tropical sea surface temperature changes. *SOLA*, **10**, 167-171.
- Sasaki, H., A. Murata, M. Hanafusa, M. Oh'izumi, and K. Kurihara 2011: Reproducibility of present climate in a non-hydrostatic regional climate model nested within an atmosphere general circulation model. *SOLA*, **7**, 173-176.
- Wakamatsu, S., K. Oshio, K. Ishihara, H. Murai, T. Nakashima and T. Inoue 2017: Estimating regional climate change uncertainty in Japan at the end of 21st century with mixture distribution. *Hydrological Research Letters*. **11**, 65-71.