

第4章 数値モデルによる沖縄の気候変動予測

気象庁は、我が国における地球温暖化の緩和策や適応策の検討に資すること、また、地球温暖化に関する科学的な知識の普及を目的に、平成8年度から数値モデルによる気候変動の予測結果を「地球温暖化予測情報」として数年おきに公表している。本章では地球温暖化予測情報第9巻（気象庁、2017）のデータを利用して、沖縄の気候変動予測について記述する。

4.1 予測計算の概要と解析方法

(1) 予測計算の概要

予測計算に用いた数値モデルは、気象庁気象研究所が開発した水平解像度5kmの非静力学地域気候モデル（NonHydrostatic Regional Climate Model:NHRCM05）（Sasaki *et al.*, 2011）である。実行にあたっては、まず気象庁気象研究所が開発した水平解像度20kmの全球大気モデル（MRI-AGCM3.2S）（Mizuta *et al.*, 2012）に海面水温・海氷被覆データを境界条件として与え、20世紀末20年分（1980～1999年、以下「20世紀末」という。）及び21世紀末20年分（2076～2095年、以下「21世紀末」という。）の計算を行った。次に、それらの結果を境界条件として、日本とその周辺を対象としてNHRCM05による計算を行った（図4.1.1）。

本予測計算に与えられた温室効果ガス濃度の見通しは、IPCC第5次評価報告書（IPCC, 2013）（以下「AR5」という。）で用いられた「RCP8.5シナリオ」（4℃上昇シナリオ：現時点を超える追加的な緩和策を取らない将来）及び「RCP2.6シナリオ」（2℃上昇シナリオ：パリ協定の2℃目標を達成する将来）を基にしている。

また、海面水温データは、RCP8.5/2.6シナリオ下での4通り（メンバー）の予測結果を用い（図4.1.2）、それぞれに対してMRI-AGCM3.2S及びNHRCM05による計算を行った。（詳細は「地球温暖化予測情報第9巻」の第1章1.1～1.2参照。）

本レポート（2022.3版）から、「RCP2.6シナリオ」による将来予測を追加した。

(2) 解析方法

20世紀末に対する21世紀末の変化は、4メンバーの21世紀末の平均値と20世紀末の平均値との差又は比として示す。降水関連要素で予測として示している数値は、沖縄県内での平均又は積算であって、特定の地点を代表するものではないことに留意が必要である。

この章においては沖縄県全域を便宜的に「沖縄地方」と表現する箇所があり、県内各地方とは「沖縄本島・大東島地方」「宮古島地方」「八重山地方」の3地域を指す。

21世紀末と20世紀末との差又は比の有意性の検定には、Mann-Whitney検定（Mann and Whitney, 1947）を用い、本章では有意水準90%以上（両側）で有意な場合のみ「有意に増加（減少）している」と表現し、数値を赤字（青字）で表示した。なお、降水量に関する項目については、増加（減少）を青字（赤字）で表示した。

気温の階級別日数、降水の階級別日数及び発生頻度については、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した上で変化量を算出しており、観測地点に対応する格子点のみを

用いている。また、地域平均を棒グラフで示した図も、バイアス補正した値で評価している。（詳細は「地球温暖化予測情報第9巻」の第1章1.3参照。）

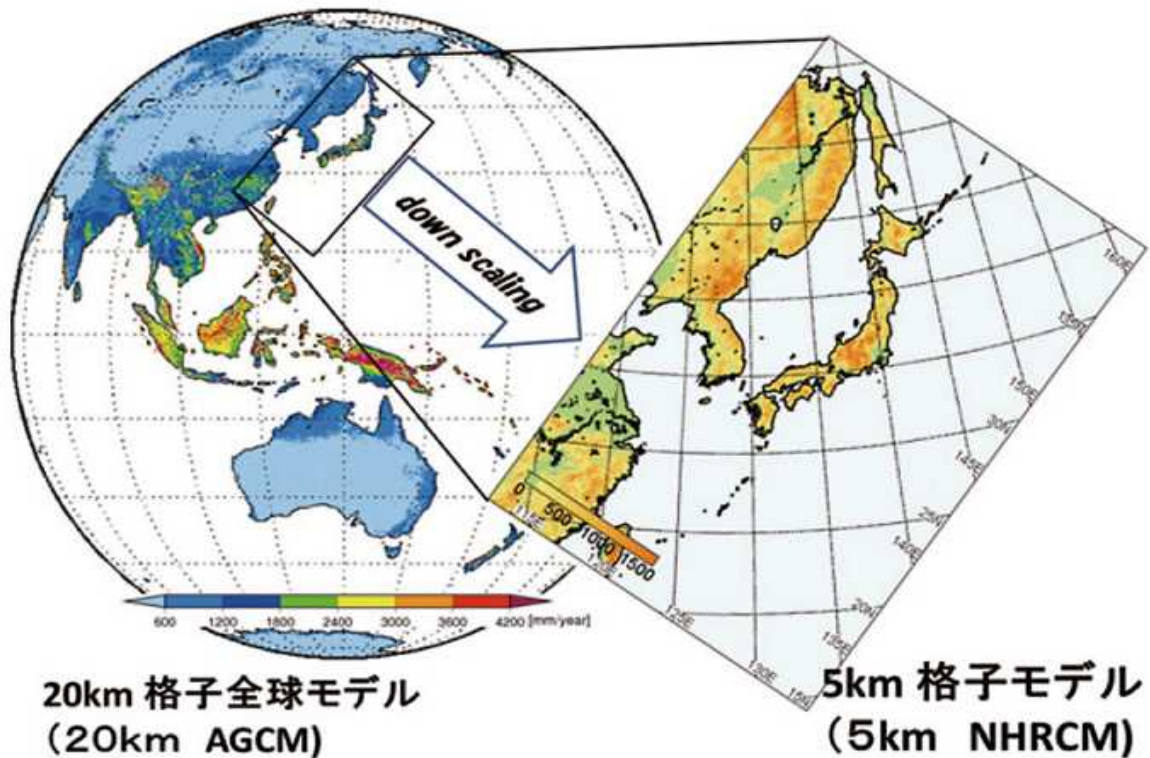


図 4.1.1 NHRCM で計算を行った領域
文部科学省研究開発局(2014)より。

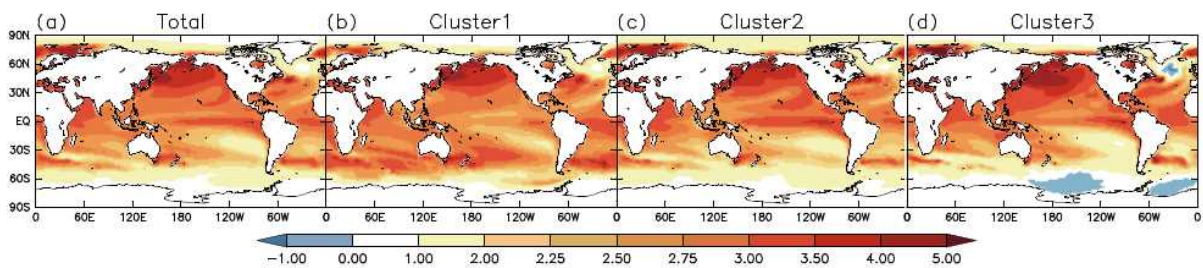


図 4.1.2 海面水温分布の異なる4パターン(将来変化)

Mizuta et al. (2014) より。熱帯域の海面水温の昇温量が同じになるように規格化している。

- (a) 28モデル平均で熱帯太平洋中～東部での昇温が大きく、エルニーニョ的な変化を示す。
(エルニーニョ現象とは、太平洋赤道域の日付変更線付近から南米沿岸にかけて海面水温が平年より高くなり、その状態が1年程度続く現象である。)
- (b) クラスタ1 (8モデル) : 熱帯太平洋中～東部での昇温が小さく、南北半球間のコントラストも小さい。
- (c) クラスタ2 (14モデル) : (a) よりも更にエルニーニョ的な変化を示す。
- (d) クラスタ3 (6モデル) : 熱帯太平洋中～東部での昇温が小さく、南北半球間のコントラストが大きい。

4.2 沖縄の気温の将来予測

RCP8.5/2.6 シナリオ（4℃上昇/2℃上昇シナリオ）に基づく将来予測

- 21 世紀末は 20 世紀末と比較して、沖縄県の年平均気温は 3.3/1.0℃の上昇が予測される。
- 沖縄県の猛暑日の年間日数は 57/1.5 日程度の増加、真夏日の年間日数は 92/32 日程度の増加、熱帯夜の年間日数は 97/35 日程度の増加が予測される。

(1) 平均気温

表 4.2.1 及び図 4.2.1 は、沖縄県及び県内各地方別にみた、地域気候モデルによる年及び季節別の 20 世紀末と 21 世紀末の平均気温の差を示したもので、いずれも有意に上昇する。いずれのシナリオでも、年及び季節ごとの平均気温の増加量（図中の棒グラフ）は 20 世紀末の年々変動の幅（図中の細い縦線）よりも大きく、特に RCP8.5 シナリオでは、20 世紀末にその季節としてはほとんど現れることのなかったような高い気温が平均的な状態となることを示している。

図 4.2.2 は、地域気候モデルによる 20 世紀末と 21 世紀末の年平均気温の差の分布を示したものである。図 4.2.3 は、年平均気温の観測値（1980～1999 年の平均値）の分布を参考として示したものである。20 世紀末の年平均気温は那覇で 22.9℃なので、RCP8.5 シナリオでは 21 世紀末に年平均気温が 3.3℃上昇し、約 26℃になることに示している。

主な地点における 20 世紀末の年平均気温（観測値（1980～1999 年の平均値））は次のとおり。那覇：22.9℃、名護：22.3℃、久米島：22.8℃、宮古島：23.5℃、石垣島：24.2℃、西表島：23.4℃、与那国島：23.7℃、南大東島：23.2℃。

表 4.2.1 沖縄県及び各地方別の平均気温（年・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、将来における 4 メンバー平均の変化量と年々変動の幅の各数値を「将来変化量±標準偏差」で示し、その将来変化量が信頼度水準 90%で有意に増加（減少）する場合は、黄色の項目で赤字（青字）としている。

平均気温の変化(℃)	シナリオ	年	春 (3～5月)	夏 (6～8月)	秋 (9～11月)	冬 (12～2月)
沖縄県 (沖縄地方)	RCP8.5	3.3±0.5	3.0±0.7	3.2±0.4	3.5±0.5	3.5±0.8
	RCP2.6	1.0±0.3	0.8±0.5	0.9±0.3	1.0±0.4	1.3±0.7
沖縄本島・ 大東島地方	RCP8.5	3.3±0.5	3.0±0.7	3.1±0.4	3.5±0.6	3.5±0.8
	RCP2.6	1.1±0.3	0.8±0.5	0.9±0.3	1.1±0.5	1.4±0.8
宮古島地方	RCP8.5	3.3±0.4	3.1±0.6	3.2±0.4	3.4±0.6	3.4±0.7
	RCP2.6	1.0±0.3	0.9±0.5	1.0±0.4	1.0±0.4	1.2±0.7
八重山地方	RCP8.5	3.2±0.4	3.0±0.6	3.2±0.5	3.4±0.5	3.3±0.7
	RCP2.6	1.0±0.4	0.8±0.5	1.0±0.4	1.0±0.4	1.2±0.7

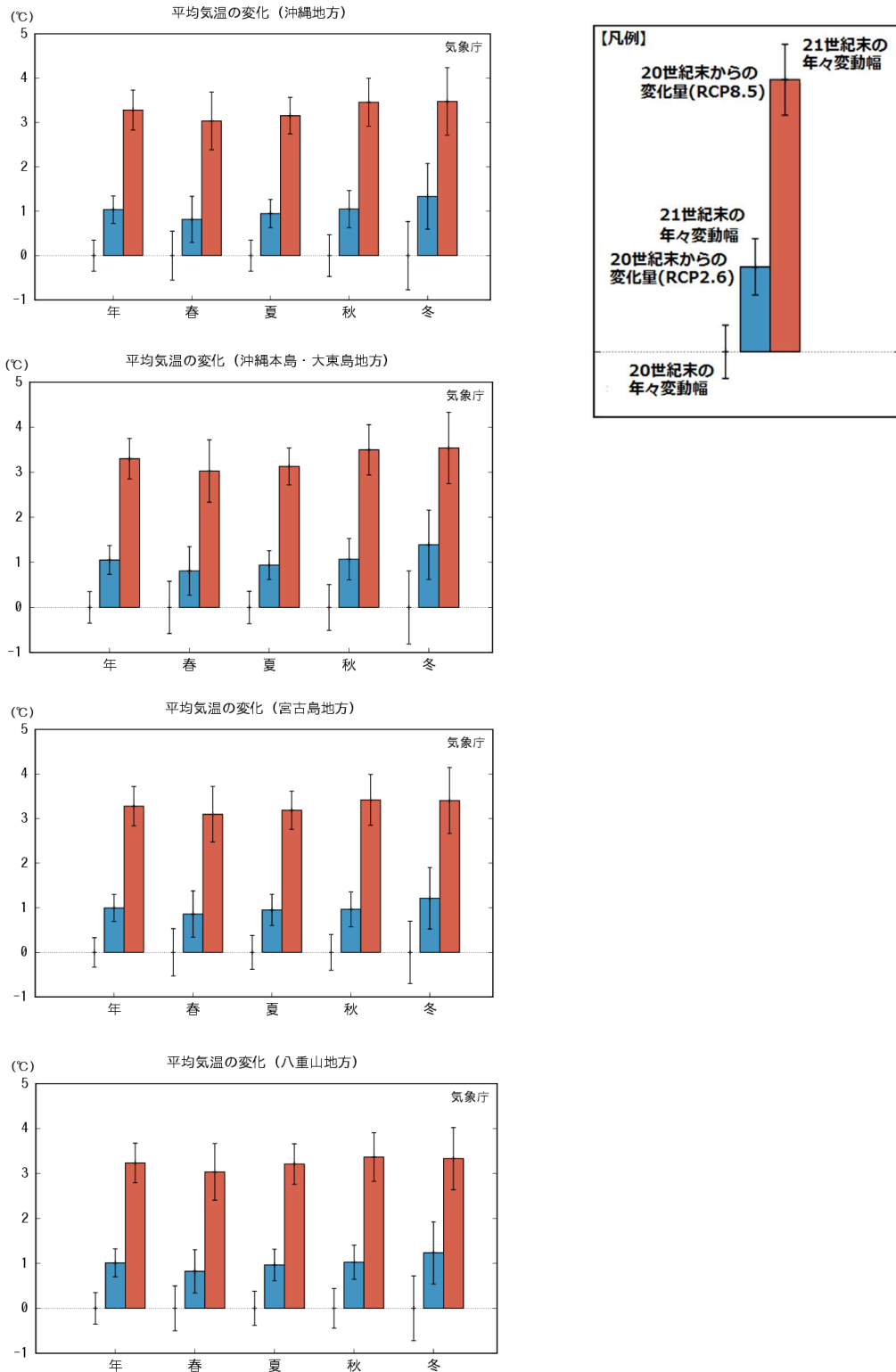


図 4.2.1 沖縄県及び各地方別の平均気温（年・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の変化量を表す。赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオ、青い棒グラフは RCP2.6 シナリオによる変化量、20 世紀末の値を基準 (0) として左側に示している。細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。

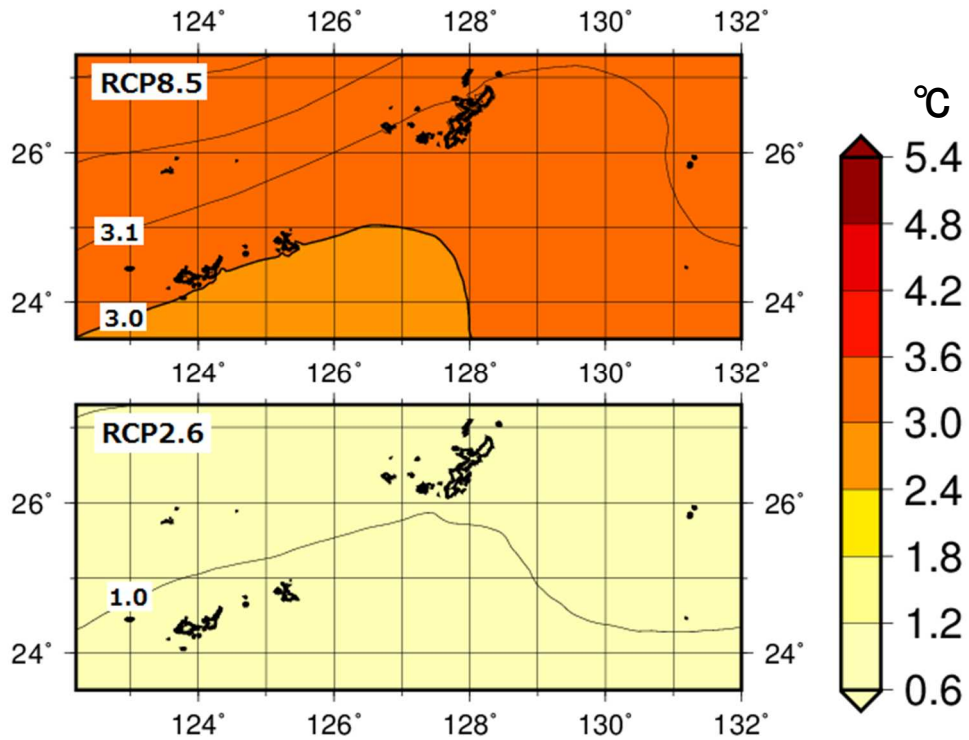


図 4. 2. 2 年平均気温の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差。4 メンバーの平均。上の図は RCP8.5 シナリオ、下の図は RCP2.6 シナリオによる予測。

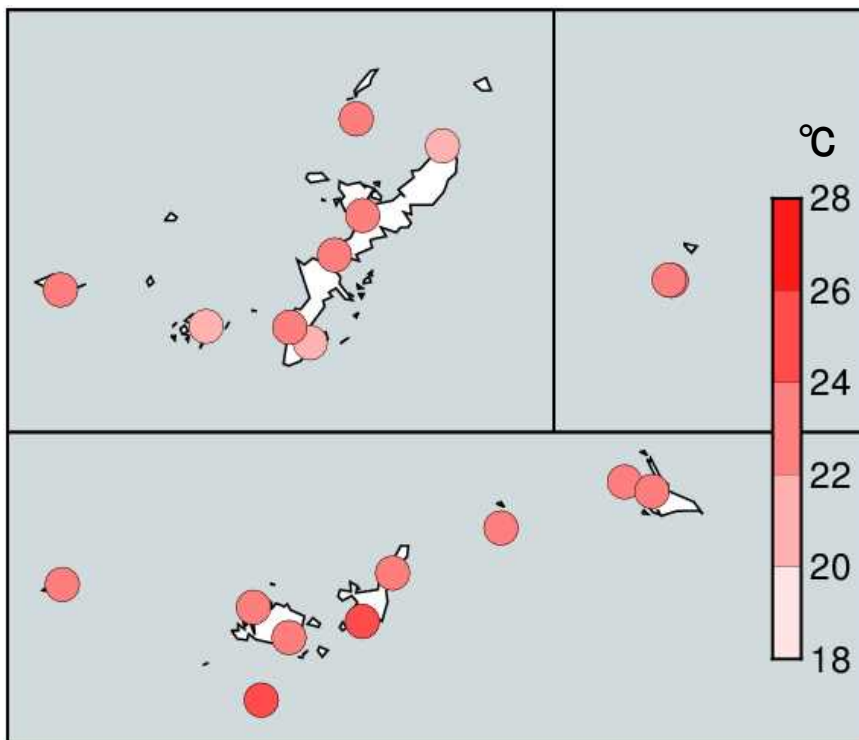


図 4. 2. 3 年平均気温の観測値 (1980~1999 年の平均値)

(2) 最高気温

表 4.2.2 及び図 4.2.4 は、沖縄県及び県内各地方別にみた、地域気候モデルによる年及び季節別に平均した 20 世紀末と 21 世紀末の最高気温の差を示したもので、いずれも有意に上昇する。

図 4.2.5 は、地域気候モデルによる年平均した 20 世紀末と 21 世紀末の最高気温の差の分布を示したものである。図 4.2.6 は、年平均最高気温の観測値（1980～1999 年の平均値）の分布を参考として示したものである。20 世紀末の年平均最高気温は那覇で 25.5℃なので、RCP8.5 シナリオの場合には 21 世紀末に年平均最高気温が 3.2℃上昇し、約 29℃になることを示している。また、夏の平均最高気温は那覇で 30.8℃なので、RCP8.5 シナリオでは 21 世紀末に夏の最高気温が 3.1℃上昇すると約 34℃になることを示している。

主な地点における 20 世紀末の年平均最高気温（観測値（1980～1999 年の平均値））は次のとおり。那覇：25.5℃、名護：25.5℃、久米島：25.4℃、宮古島：26.1℃、石垣島：26.7℃、西表島：26.4℃、与那国島：26.0℃、南大東島：26.1℃。

表 4.2.2 沖縄県及び各地方別の最高気温（年・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、将来における 4 メンバー平均の変化量と年々変動の幅の各数値を「将来変化量±標準偏差」で示し、その将来変化量が有意水準 90%で有意に増加（減少）する場合は、黄色の項目で赤字（青字）としている。

最高気温の変化(℃)	シナリオ	年	春 (3～5月)	夏 (6～8月)	秋 (9～11月)	冬 (12～2月)
沖縄県 (沖縄地方)	RCP8.5	3.2±0.4	2.9±0.6	3.1±0.4	3.4±0.5	3.4±0.7
	RCP2.6	1.0±0.3	0.8±0.5	0.9±0.3	1.0±0.4	1.3±0.7
沖縄本島・ 大東島地方	RCP8.5	3.2±0.4	3.0±0.6	3.1±0.4	3.4±0.5	3.5±0.8
	RCP2.6	1.0±0.3	0.8±0.5	0.9±0.3	1.0±0.4	1.3±0.8
宮古島地方	RCP8.5	3.2±0.4	3.0±0.6	3.1±0.4	3.3±0.6	3.3±0.7
	RCP2.6	1.0±0.3	0.8±0.5	0.9±0.4	1.0±0.4	1.2±0.7
八重山地方	RCP8.5	3.2±0.4	2.9±0.6	3.1±0.5	3.3±0.5	3.2±0.7
	RCP2.6	1.0±0.3	0.8±0.5	0.9±0.4	1.0±0.4	1.2±0.7

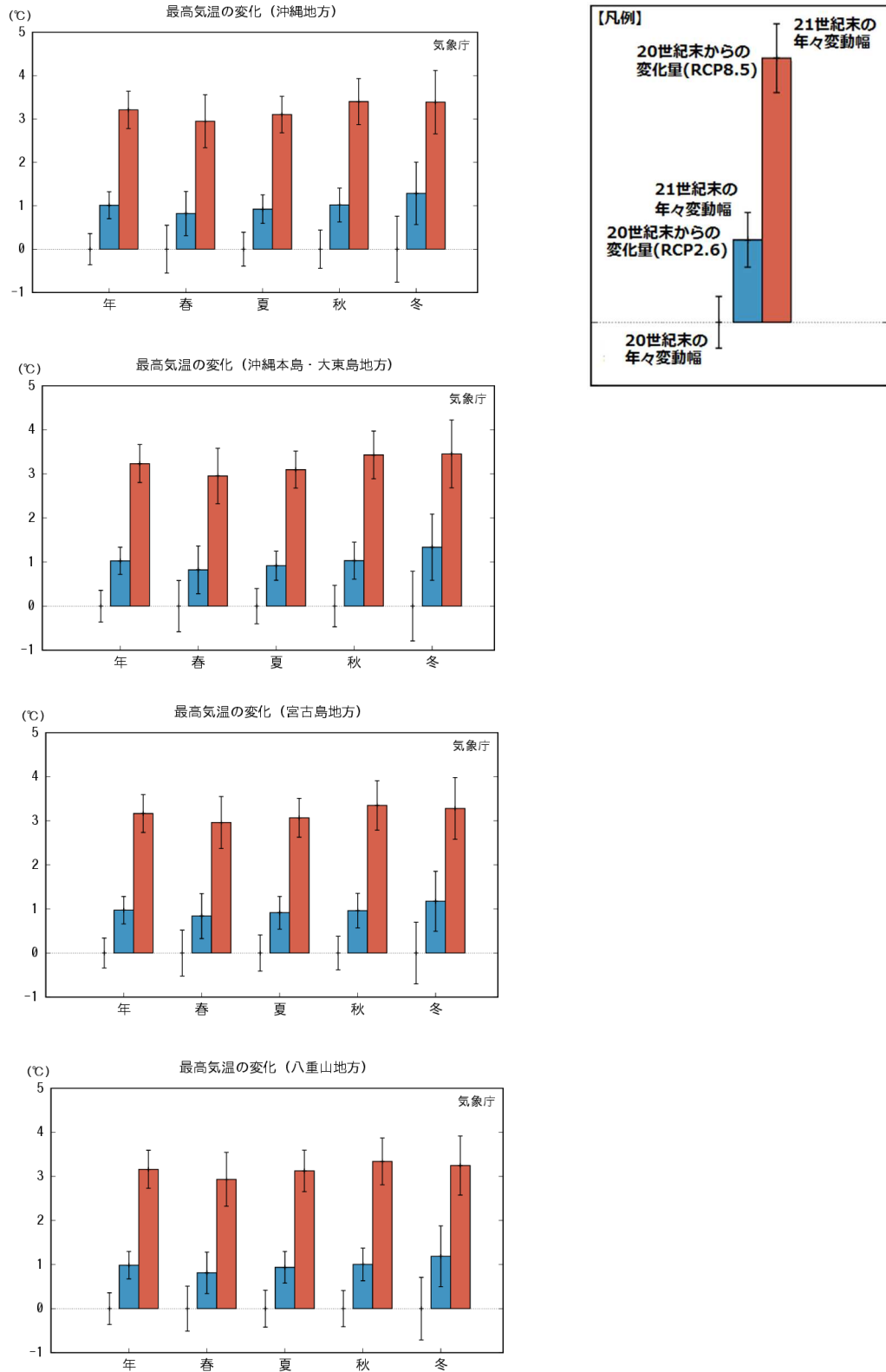


図 4.2.4 沖縄県及び各地方別の最高気温（年・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の変化量を表す。赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオ、青い棒グラフは RCP2.6 シナリオによる変化量、20 世紀末の値を基準 (0) として左側に示している。細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。

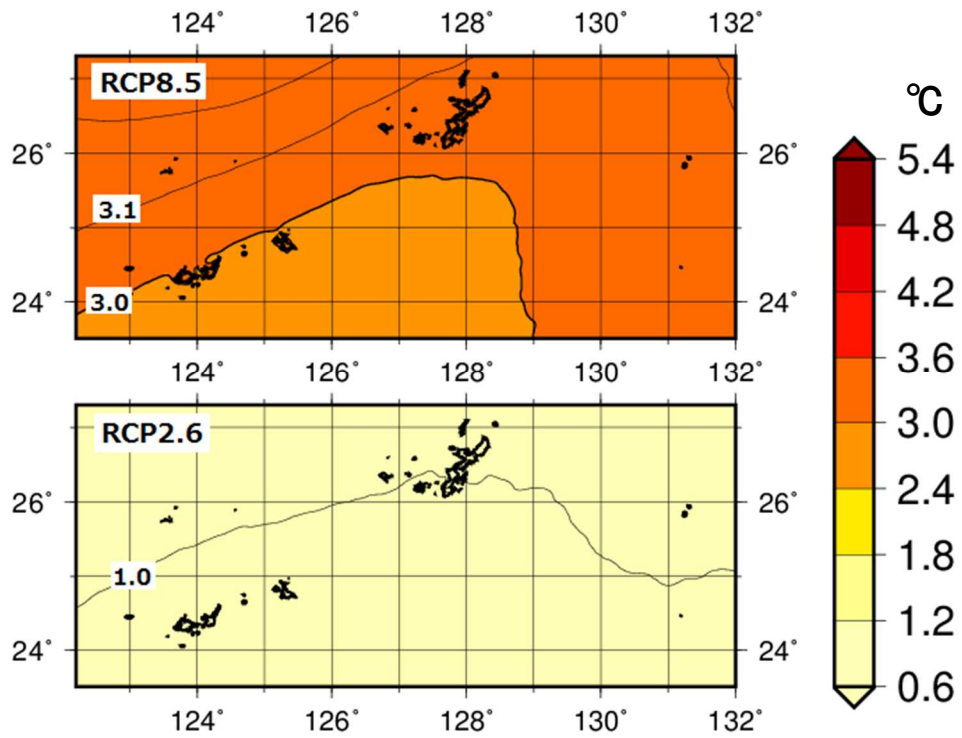


図 4.2.5 年平均最高気温の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差。4 メンバーの平均。上の図は RCP8.5 シナリオ、下の図は RCP2.6 シナリオによる予測。

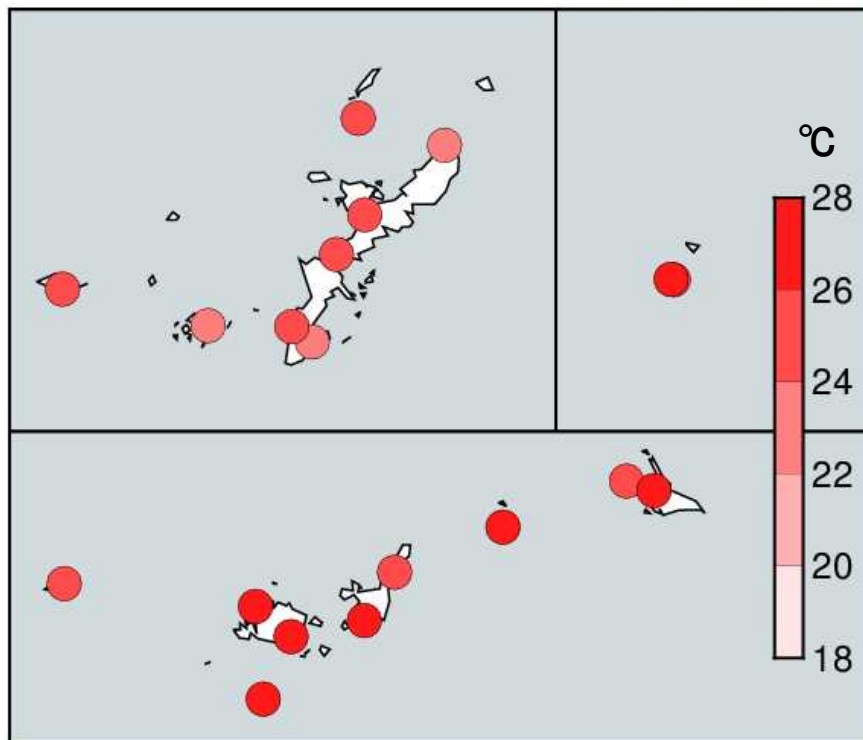


図 4.2.6 年平均した最高気温の観測値（1980～1999 年の平均値）

(3) 最低気温

表 4.2.3 及び図 4.2.7 は、沖縄県及び県内各地方別にみた、地域気候モデルによる年及び季節別に平均した 20 世紀末と 21 世紀末の最低気温の差を示したもので、いずれも有意に上昇する。平均気温や最高気温よりも上昇幅が大きくなっている。

図 4.2.8 は、地域気候モデルによる年平均した 20 世紀末と 21 世紀末の最低気温の差の分布を示したものである。図 4.2.9 は、年平均最低気温の観測値（1980～1999 年の平均値）の分布を参考として示したものである。20 世紀末の年平均最低気温は那覇で 20.7℃なので、RCP8.5 シナリオでは 21 世紀末に 3.4℃上昇し、約 24℃になることを示している。また、冬の平均最低気温は那覇で 14.9℃なので、21 世紀末には冬の最低気温が 3.6℃上昇すると、約 18℃になることを示している。

主な地点における 20 世紀末の年平均最低気温（観測値（1980～1999 年の平均値））は次のとおり。那覇：20.7℃、名護：19.4℃、久米島：20.4℃、宮古島：21.4℃、石垣島：22.1℃、西表島：20.8℃、与那国島：21.7℃、南大東島：20.3℃。

表 4.2.3 沖縄県及び各地方別の最低気温（年・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、将来における 4 メンバー平均の変化量と年々変動の幅の各数値を「将来変化量±標準偏差」で示し、その将来変化量が有意水準 90%で有意に増加（減少）する場合は、黄色の項目で赤字（青字）としている。

最低気温の変化(℃)	シナリオ	年	春 (3～5月)	夏 (6～8月)	秋 (9～11月)	冬 (12～2月)
沖縄県 (沖縄地方)	RCP8.5	3.4±0.5	3.1±0.7	3.2±0.4	3.5±0.6	3.6±0.8
	RCP2.6	1.1±0.3	0.8±0.6	1.0±0.4	1.1±0.5	1.4±0.8
沖縄本島・ 大東島地方	RCP8.5	3.4±0.5	3.1±0.8	3.2±0.4	3.6±0.6	3.6±0.6
	RCP2.6	1.1±0.3	0.8±0.6	1.0±0.4	1.1±0.5	1.5±0.8
宮古島地方	RCP8.5	3.4±0.5	3.2±0.7	3.3±0.4	3.5±0.6	3.6±0.8
	RCP2.6	1.0±0.3	0.9±0.6	1.0±0.4	1.0±0.4	1.3±0.7
八重山地方	RCP8.5	3.3±0.5	3.1±0.7	3.3±0.5	3.4±0.6	3.4±0.7
	RCP2.6	1.0±0.3	0.8±0.5	1.0±0.4	1.0±0.4	1.3±0.7

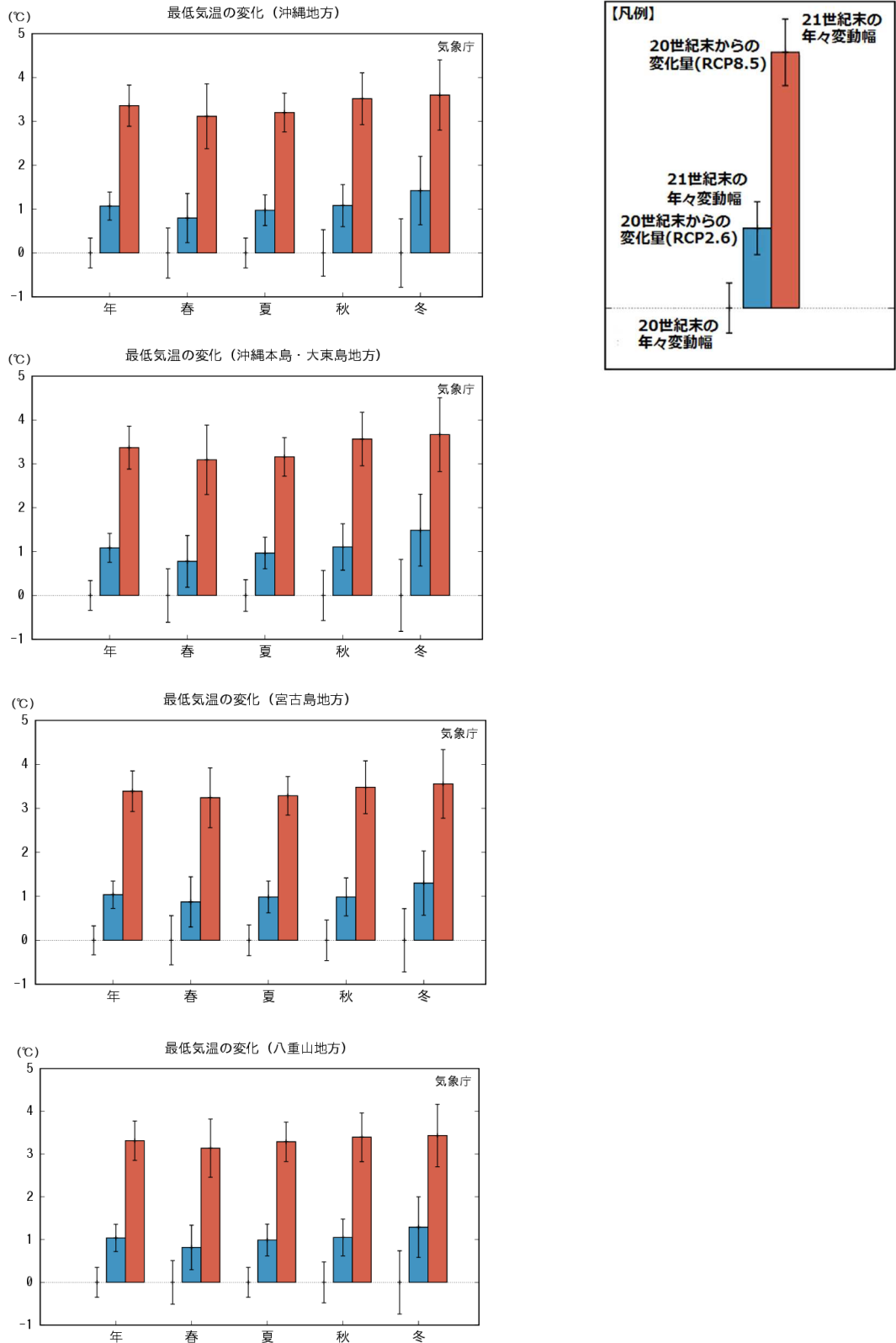


図 4.2.7 沖縄県及び各地方別の最低気温（年・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の変化量を表す。赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオ、青い棒グラフは RCP2.6 シナリオによる変化量、20 世紀末の値を基準 (0) として左側に示している。細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。

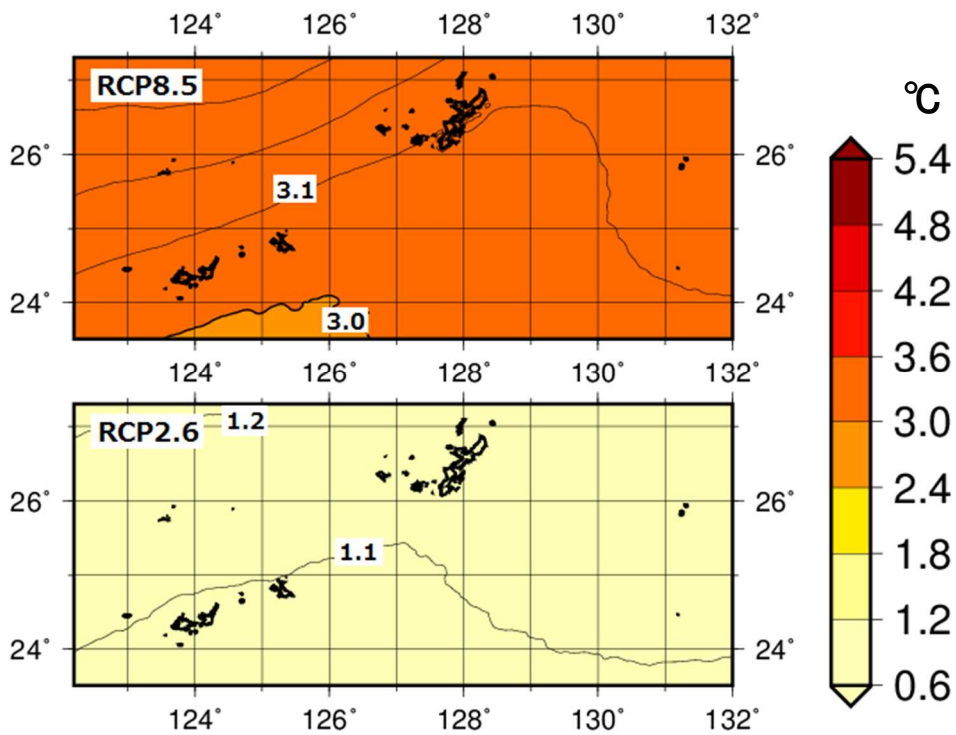


図 4.2.8 年平均最低気温の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差。4 メンバーの平均。上の図は RCP8.5 シナリオ、下の図は RCP2.6 シナリオによる予測。

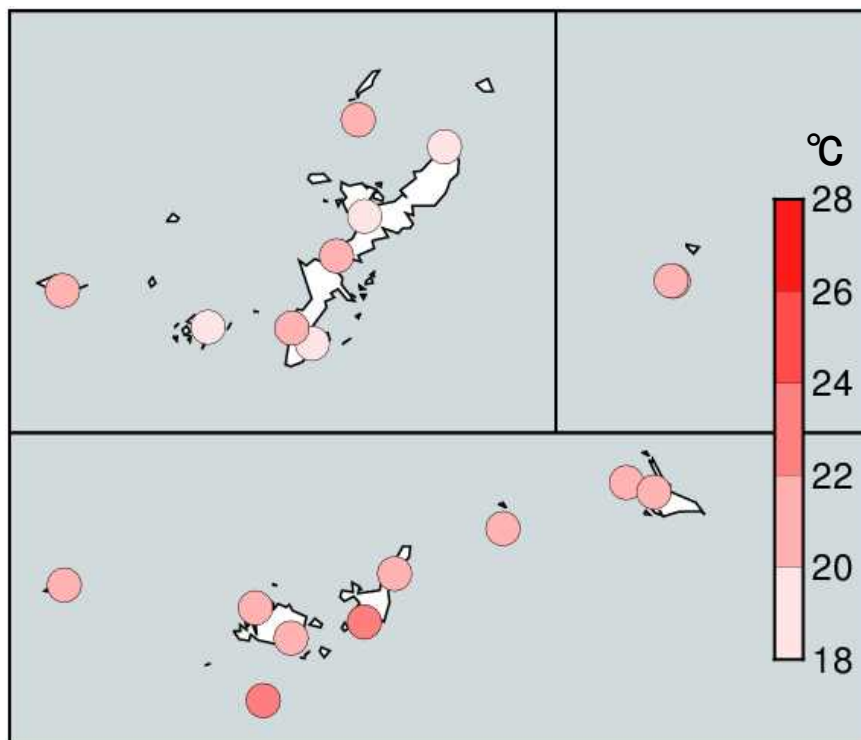


図 4.2.9 年平均した最低気温の観測値（1980～1999 年の平均値）

(4) 猛暑日の日数

表 4.2.4 及び図 4.2.10 は、沖縄県及び県内各地方別にみた、地域気候モデルによる年間及び季節別の、の 20 世紀末と 21 世紀末の猛暑日(最高気温が 35℃以上の日)日数の差を示したもので、年間日数はいずれも有意に増加する。特に夏の増加が大きい。春は八重山地方を除き有意な変化がみられず、冬はいずれの地域でも現れない予測となっている。

図 4.2.11 は、地域気候モデルによる 20 世紀末と 21 世紀末の猛暑日の年間日数の差の分布を示したものである。20 世紀末の猛暑日の年間日数(観測値(1980~1999 年の平均値))は県内各地で 0.0 日か多くても 0.1 日で、沖縄でほとんど現れなかったが、RCP8.5 シナリオでは 21 世紀末に年間約 57 日と大幅に増加することを示している。猛暑日の日数の増加によって、熱中症のリスクの増大が懸念される。

表 4.2.4 沖縄県及び各地方別の猛暑日日数(年間・季節別)の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、将来における 4 メンバー平均の変化量と年々変動の幅(バイアス補正済み)の各数値を「将来変化量±標準偏差」で示し、その将来変化量が有意水準 90%で有意に増加(減少)する場合は、黄色の項目で赤字(青字)としている。20 世紀末と 21 世紀末でいずれも出現日数がゼロ、4 メンバーの変化傾向が一致しない場合又は有意水準 90%で統計的に有意ではない場合は空欄としている。

猛暑日 日数の変化 (日)	シナリオ	年	春 (3~5月)	夏 (6~8月)	秋 (9~11月)	冬 (12~2月)
沖縄県 (沖縄地方)	RCP8.5	56.6±13.6	0.2±0.4	49.5±10.4	6.9±5.7	
	RCP2.6	1.5±2.3		1.5±2.3		
沖縄本島・ 大東島地方	RCP8.5	49.2±12.1		43.3±9.7	5.9±5.0	
	RCP2.6	1.2±1.9		1.2±1.9		
宮古島地方	RCP8.5	59.4±16.5		51.7±12.8	7.7±7.7	
	RCP2.6	1.3±2.8		1.3±2.8		
八重山地方	RCP8.5	69.4±15.8	0.6±1.2	60.4±11.5	8.4±6.7	
	RCP2.6	2.4±3.7		2.3±3.7		

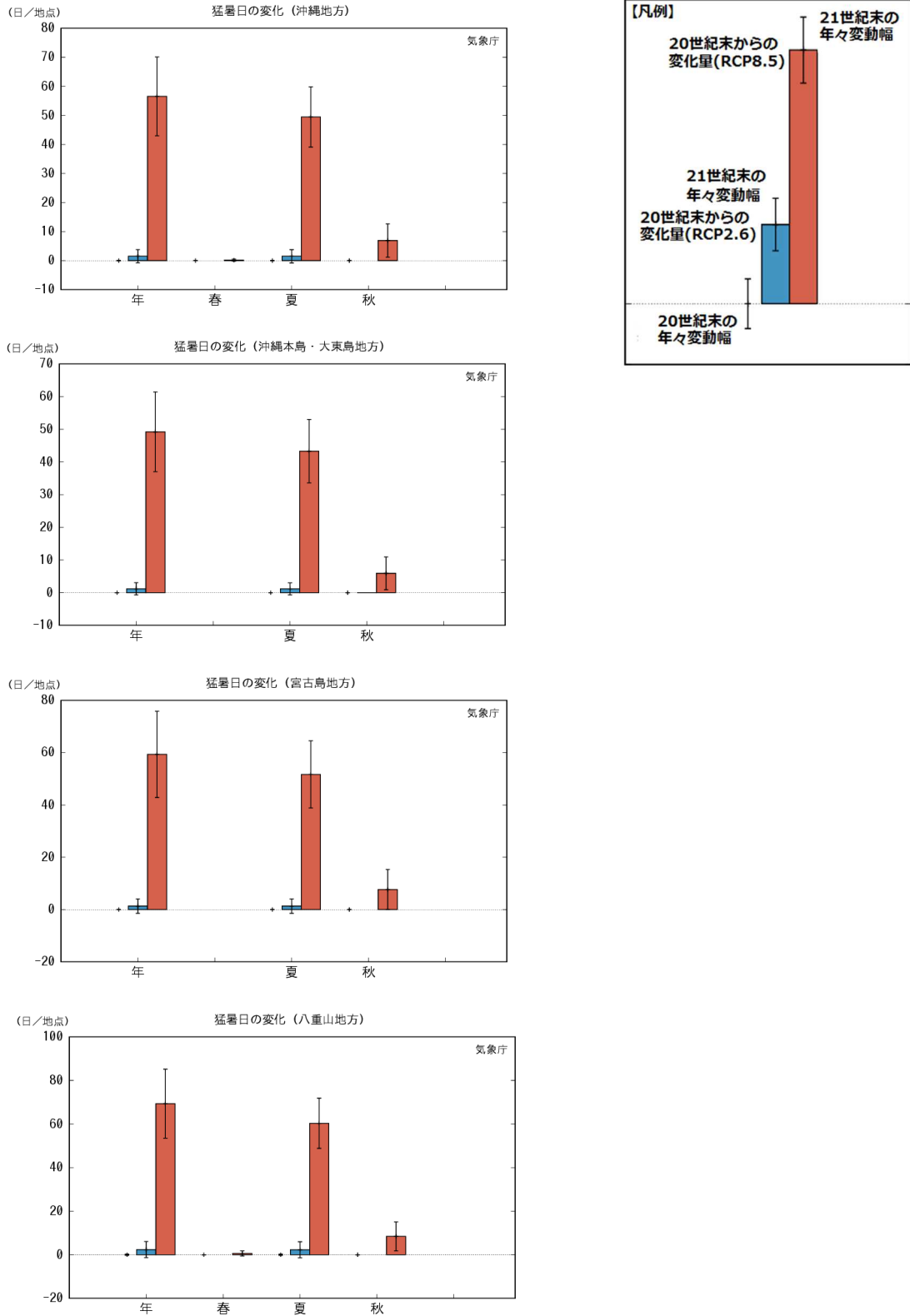


図 4.2.10 沖縄県及び各地方別の猛暑日日数（年間・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の変化量（バイアス補正済み）を表す。赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオ、青い棒グラフは RCP2.6 シナリオによる変化量、20 世紀末の値を基準（0）として左側に示している。細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。横軸に季節の表示がないものは、20 世紀末、両シナリオの 21 世紀末のいずれにおいても現象が発生しない。

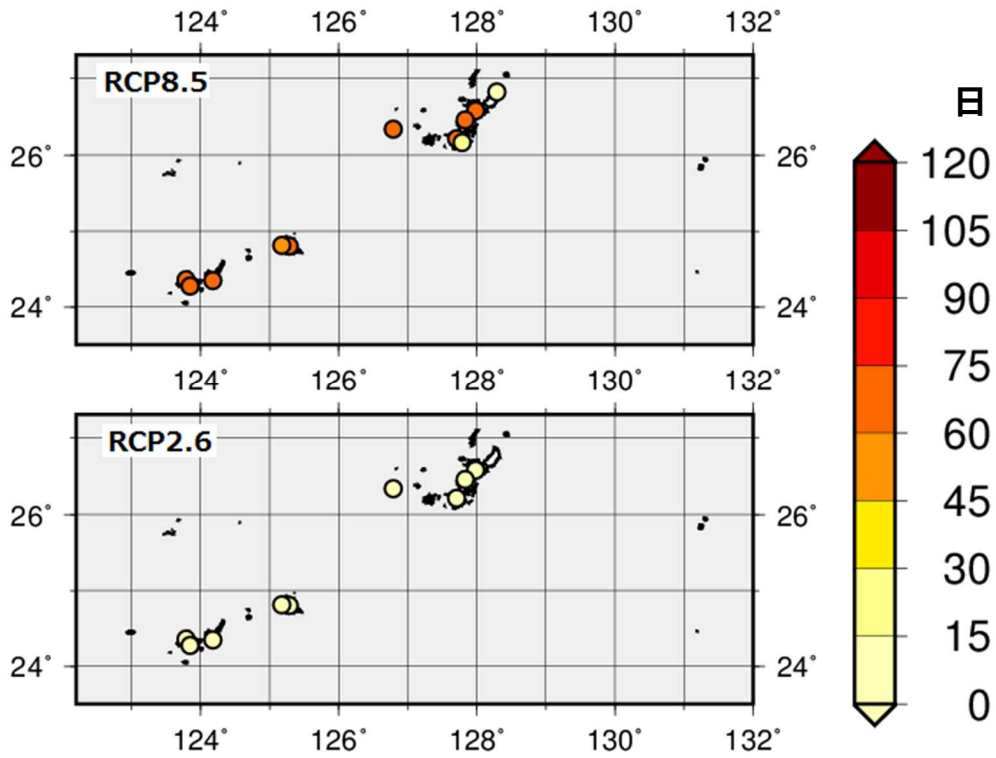


図 4.2.11 猛暑日の年間日数の将来変化

地域気候モデルによる21世紀末と20世紀末との差(バイアス補正済み)。4メンバーの平均。上の図はRCP8.5シナリオ、下の図はRCP2.6シナリオによる予測。変化傾向(増減)が4メンバーとも一致した地点のみ年間日数を表示している。(20世紀末と21世紀末のいずれも現象の発生がゼロの場合は表示していない)。

(5) 真夏日の日数

表 4.2.5 及び図 4.2.12 は、沖縄県及び県内各地方別にみた、地域気候モデルによる年間及び季節別の 20 世紀末と 21 世紀末の真夏日（最高気温が 30℃以上の日）日数の差を示したもので、年間日数はいずれも有意に増加する。現在でも多くの真夏日が記録される夏よりも、季節の進行に伴って現在では真夏日が少なくなってくる秋の増加が著しい。

図 4.2.13 は、地域気候モデルによる 20 世紀末と 21 世紀末の真夏日の年間日数の差の分布を示したものである。図 4.2.14 は、真夏日の年間日数の観測値（1980～1999 年の平均値）を参考として示したものである。20 世紀末の真夏日の年間日数は、那覇では 93 日なので、RCP8.5 シナリオでは 21 世紀末に真夏日の年間日数は約 92 日増加し、約 180 日になることを示している。真夏日日数の増加によって、熱中症のリスクの増大と長期化が懸念される。

主な地点における 20 世紀末の真夏日の年間日数（観測値（1980～1999 年の平均値））は次のとおり。那覇：93 日、名護：91 日、久米島：90 日、宮古島：94 日、石垣島：109 日、西表島：99 日、与那国島：90 日、南大東島：96 日。

表 4.2.5 沖縄県及び各地方別の真夏日日数（年間・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、将来における 4 メンバー平均の変化量と年々変動の幅（バイアス補正済み）の各数値を「将来変化量±標準偏差」で示し、その将来変化量が有意水準 90%で有意に増加（減少）する場合は、黄色の項目で赤字（青字）としている。20 世紀末と 21 世紀末のいずれも出現日数がゼロ、4 メンバーの変化傾向が一致しない場合又は有意水準 90%で統計的に有意ではない場合は空欄としている。

真夏日 日数の変化 (日)	シナリオ	年	春 (3～5 月)	夏 (6～8 月)	秋 (9～11 月)	冬 (12～2 月)
沖縄県 (沖縄地方)	RCP8.5	91.6±9.7	20.5±6.3	30.6±1.4	40.4±6.1	0.1±0.1
	RCP2.6	32.2±3.2	2.9±3.2	16.4±5.2	12.9±5.8	
沖縄本島・ 大東島地方	RCP8.5	88.3±9.3	11.6±5.8	37.9±2.2	38.7±5.9	
	RCP2.6	31.0±9.3	0.8±1.9	18.9±6.0	11.3±5.8	
宮古島地方	RCP8.5	94.6±11.3	27.6±7.8	24.3±0.8	42.7±7.1	
	RCP2.6	32.7±10.8	3.9±4.8	14.3±5.5	14.5±7.0	
八重山地方	RCP8.5	96.3±11.7	33.6±8.0	20.3±0.5	42.2±6.9	0.3±0.4
	RCP2.6	34.1±10.7	6.6±5.6	12.7±4.4	14.8±6.5	

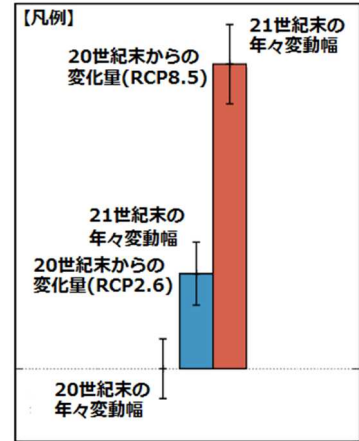
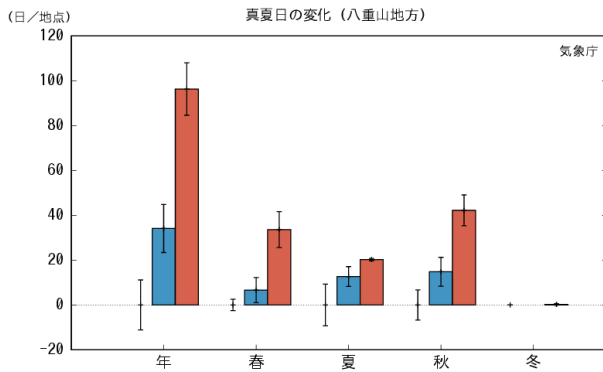
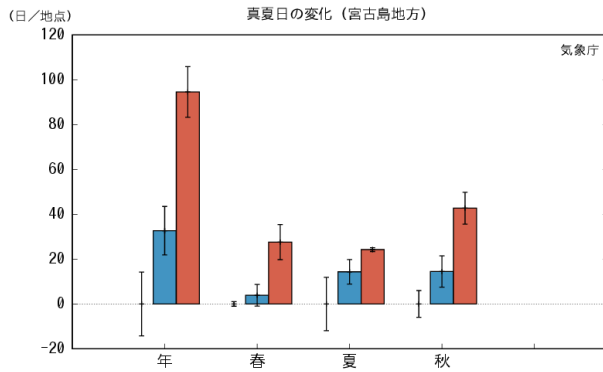
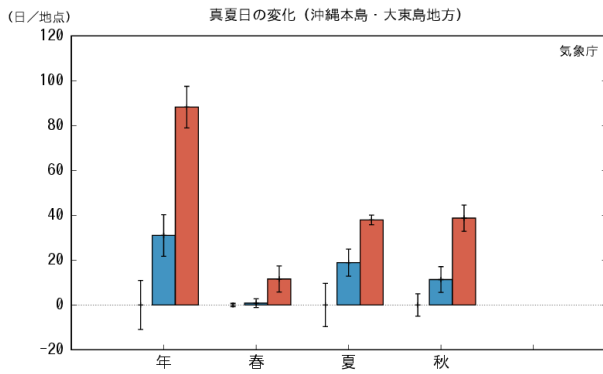
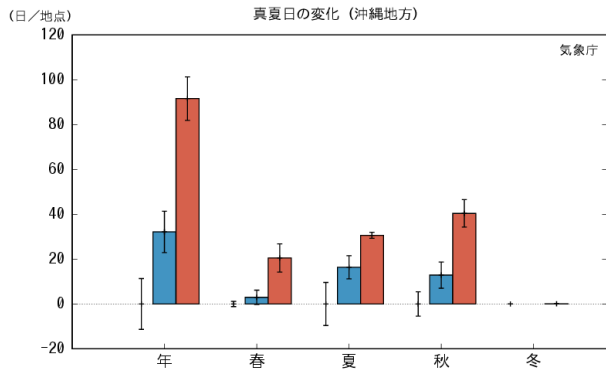


図 4.2.12 沖縄県及び各地方別の真夏日日数（年間・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の変化量（バイアス補正済み）を表す。赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオ、青い棒グラフは RCP2.6 シナリオによる変化量、20 世紀末の値を基準（0）として左側に示している。細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。横軸に季節の表示がないものは、20 世紀末、両シナリオの 21 世紀末のいずれにおいても現象が発生しない。

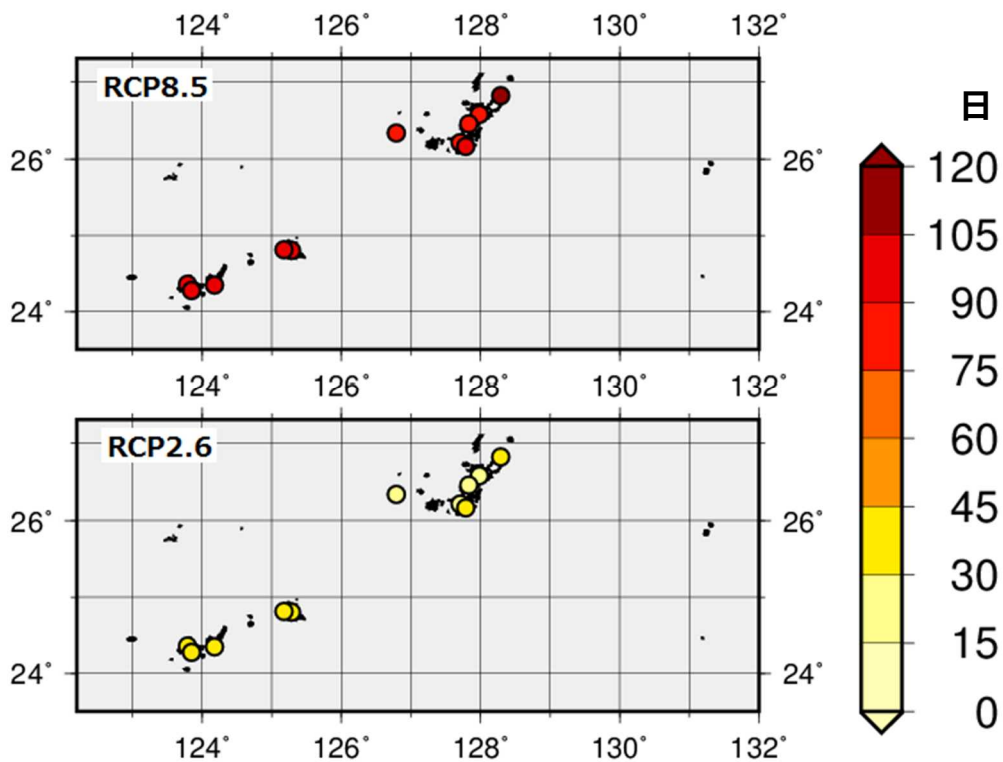


図 4.2.13 真夏日の年間日数の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差(バイアス補正済み)。4 メンバーの平均。上の図は RCP8.5 シナリオ、下の図は RCP2.6 シナリオによる予測。変化傾向(増減)が 4 メンバーとも一致した地点のみ年間日数を表示している。(20 世紀末と 21 世紀末のいずれも現象の発生がゼロの場合は表示していない)。

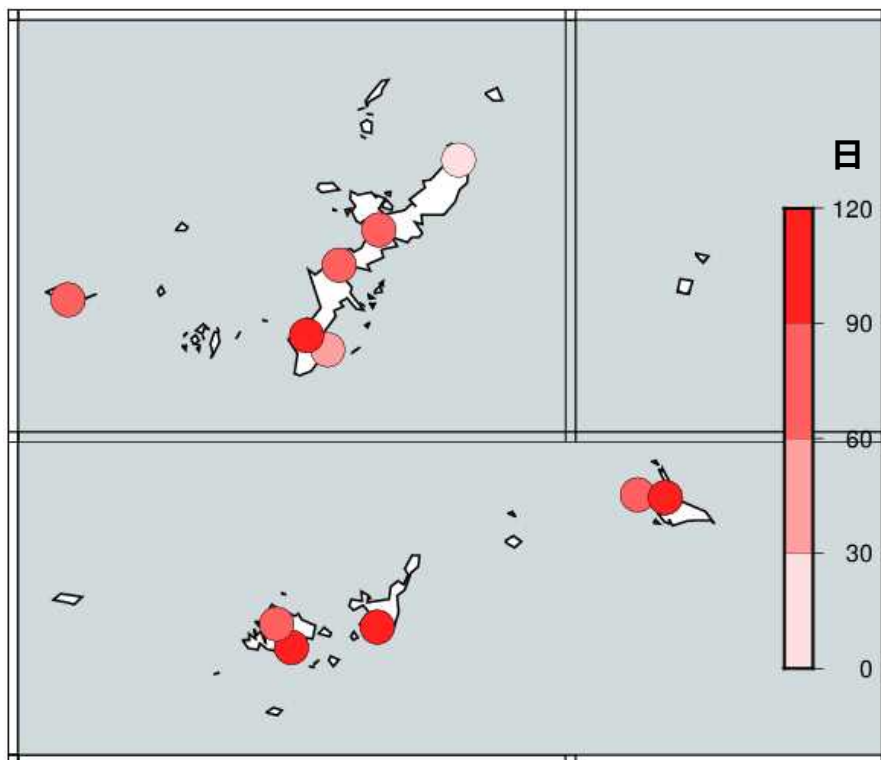


図 4.2.14 真夏日の年間日数の観測値(1980~1999 年の平均値)

図 4.2.13 に対応する地点を概ね表示している。

(6) 熱帯夜の日数

表 4.2.6 及び図 4.2.15 は、沖縄県及び県内各地方別にみた、地域気候モデルによる年間及び季節別の 20 世紀末と 21 世紀末の熱帯夜（夜間から明け方の最低気温が 25℃以上のことだが、ここでは日最低気温が 25℃以上の日とする。）の日数の差を示したもので、冬以外はいずれも地域も有意に増加する。現在も多くの熱帯夜が記録される夏よりも、季節の進行に伴って現在では熱帯夜が少なくなってくる秋の増加が特に著しい。

図 4.2.16 は、地域気候モデルによる 20 世紀末と 21 世紀末の熱帯夜の年間日数の差の分布を示したものである。図 4.2.17 は、熱帯夜の年間日数の観測値（1980～1999 年の平均値）を参考として示したものである。20 世紀末の熱帯夜の年間日数は那覇で 97 日なので、21 世紀末には熱帯夜の年間日数が約 97 日増加し、約 190 日になることを示している。熱帯夜日数の増加によって、夜間の熱中症のリスクの増大と長期化が懸念される。

主な地点における 20 世紀末の熱帯夜の年間日数（観測値（1980～1999 年の平均値））は次のとおり。那覇：97 日、名護：75 日、久米島：84 日、宮古島：98 日、石垣島：119 日、西表島：69 日、与那国島：102 日、南大東島：74 日。

表 4.2.6 沖縄県及び各地方別の熱帯夜の日数（年間・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、将来における 4 メンバー平均の変化量と年々変動の幅（バイアス補正済み）の各数値を「将来変化量±標準偏差」で示し、その将来変化量が有意水準 90%で有意に増加（減少）する場合は、黄色の項目で赤字（青字）としている。将来変化量が有意水準 90%で有意に増加（減少）しない場合は黒字としている。20 世紀末と 21 世紀末のいずれも出現日数がゼロ、4 メンバーの変化傾向が一致しない場合又は有意水準 90%で統計的に有意ではない場合は空欄としている。

熱帯夜 日数の変化 (日)	シナリオ	年	春 (3～5 月)	夏 (6～8 月)	秋 (9～11 月)	冬 (12～2 月)
沖縄県 (沖縄地方)	RCP8.5	96.5±10.3	24.2±6.7	27.6±1.8	44.2±6.7	0.4±0.6
	RCP2.6	35.3±10.2	4.1±3.4	16.8±5.1	14.4±7.1	
沖縄本島・ 大東島地方	RCP8.5	91.1±10.4	15.2±6.5	33.9±2.5	41.9±7.0	0.1±0.2
	RCP2.6	34.6±10.5	1.3±1.9	20.1±6.4	13.2±5.8	
宮古島地方	RCP8.5	102.2±11.7	33.4±8.0	19.4±1.3	49.1±7.3	0.4±0.9
	RCP2.6	35.7±11.3	6.8±5.5	11.8±4.7	17.1±8.4	
八重山地方	RCP8.5	103.6±11.8	36.3±8.0	20.5±1.4	45.6±7.1	1.2±1.6
	RCP2.6	36.5±11.4	8.0±5.8	13.6±4.2	14.9±7.7	

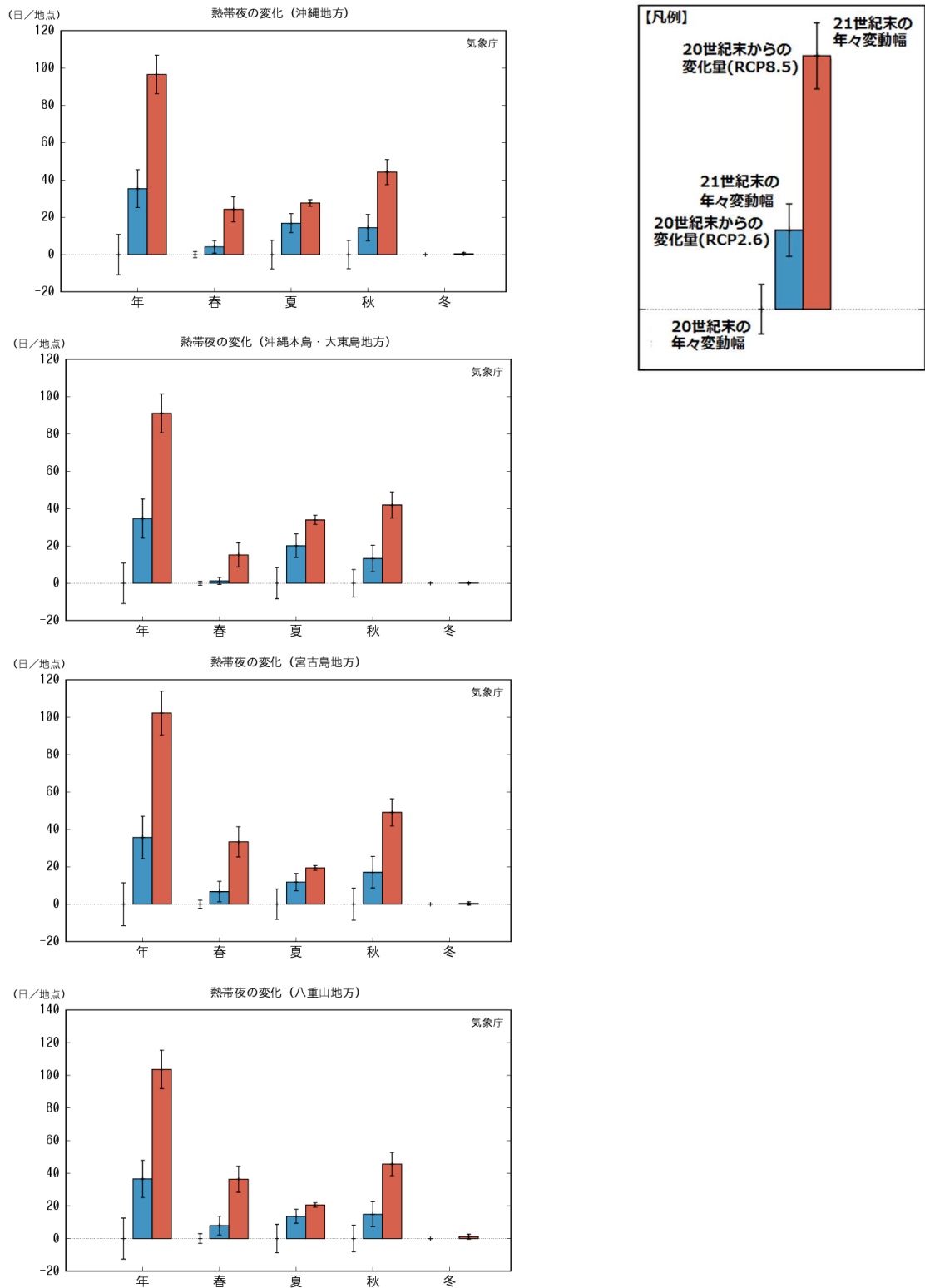


図 4.2.15 沖縄県及び各地方別の熱帯夜日数（年間・季節別）の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の変化量（バイアス補正済み）を表す。赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオ、青い棒グラフは RCP2.6 シナリオによる変化量、20 世紀末の値を基準（0）として左側に示している。細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。

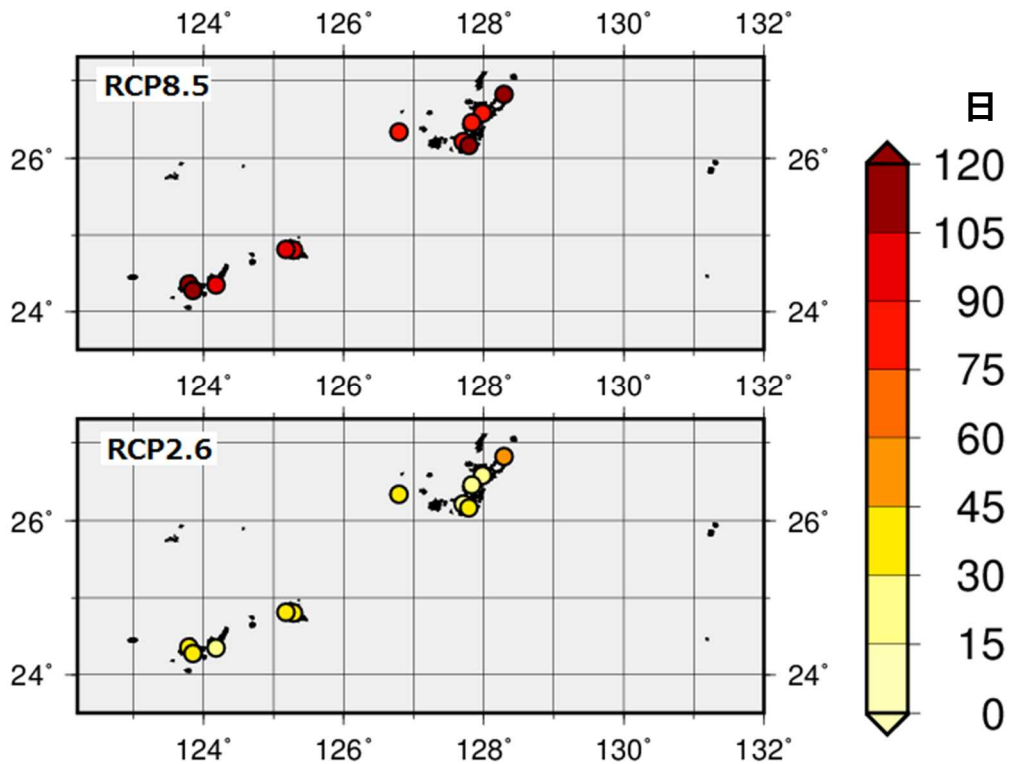


図 4.2.16 熱帯夜の年間日数の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差 (バイアス補正済み)。4 メンバーの平均。上の図は RCP8.5 シナリオ、下の図は RCP2.6 シナリオによる予測。変化傾向 (増減) が 4 メンバーとも一致した地点のみそれぞれの平均値を表示している。(20 世紀末と 21 世紀末のいずれも減少の発生がゼロの場合は表示していない)。

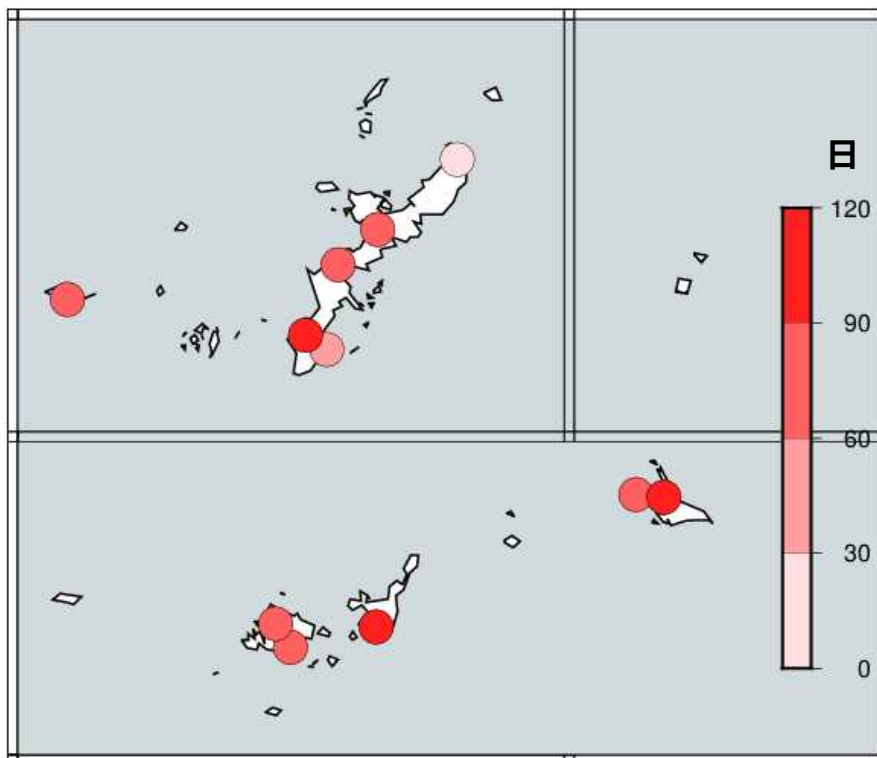


図 4.2.17 熱帯夜の年間日数の観測値 (1980~1999 年の平均値)

図 4.2.16 に対応する地点を概ね表示している。

4.3 沖縄の降水の将来予測

RCP8.5/2.6 シナリオ (4°C上昇/2°C上昇シナリオ) に基づく将来予測

- 4°C上昇シナリオでは、21世紀末は20世紀末と比較して、沖縄県の日降水量100mm以上の年間発生回数は約1.4倍に、1時間降水量50mm以上の年間発生回数は約2.1倍に増えると予測される。
- 沖縄県の無降水日の年間日数は、4°C上昇シナリオでは8日程度増えると予測される。

降水に関する将来予測は不確実性が大きく、対象地域や対象期間が狭くなるほど不確実性は増大する。その理由として次のようなことが考えられる。

- ▶ 雲を作り更に降水をもたらす大気の流れなどの変化についての予測が、対象とする空間の広がり狭くなるほど不確実性が高く、この影響が大きい要素は将来予測が難しくなること
- ▶ 季節や年などの長い期間で平均した降水量の変化が、降水をもたらす低気圧の経路や前線の位置が、地球温暖化の進行に伴う大気の流れに応じて変化することや、大気の流れの変化に伴う降水量変化が地形の影響を複雑に受けること

こうした背景があり、予測の不確実性が大きいことを踏まえて、降水に関する将来予測は沖縄県（沖縄地方）を対象とした結果のみを掲載する。掲載した結果についても不確実性が大きいことを十分に踏まえて活用されたい。

(1) 年降水量

図 4.3.1 及び付表は、地域気候モデルによる沖縄県の年降水量の20世紀末と21世紀末の差を示したものである。RCP8.5シナリオでは有意な変化はみられない。

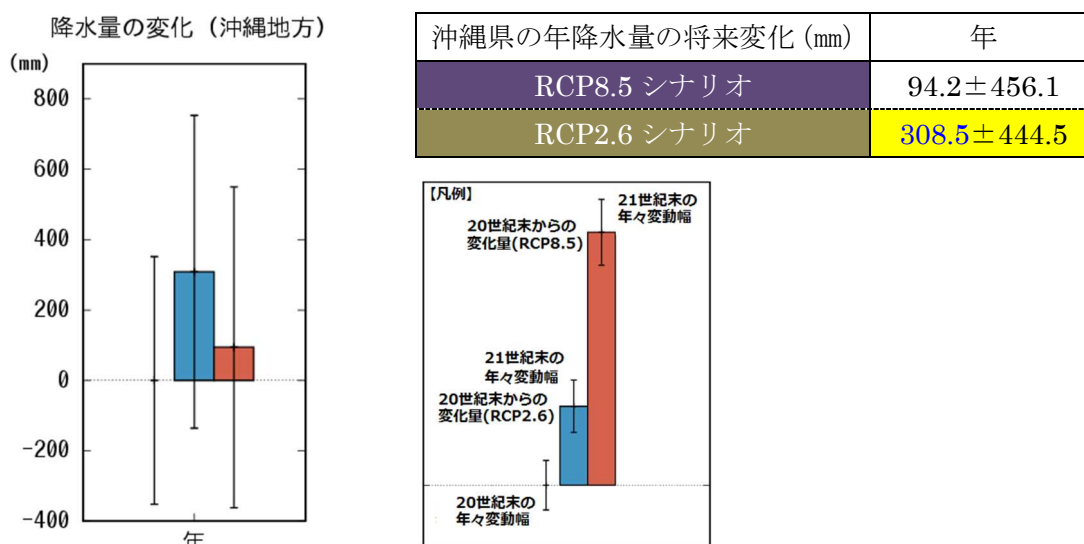


図 4.3.1 及び付表 沖縄県における年降水量の将来変化

地域気候モデルによる21世紀末と20世紀末との差を統計的に処理し、21世紀末の4メンバー平均の変化量を表す。赤い棒グラフはRCP8.5シナリオ、青い棒グラフはRCP2.6シナリオによる変化量、20世紀末の値を基準(0)として左側に示している。細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。付表はそれらの各数値を「将来変化量±標準偏差」で示している。その将来変化量が有意水準90%で有意に増加(減少)する場合はのみ、黄色の項目で赤字(赤字)とし、有意水準90%で有意に増加(減少)しない場合は黒字としている。

(2) 日降水量 100mm 以上の発生回数

図 4.3.2 及び付表は、地域気候モデルによる沖縄県の 20 世紀末と 21 世紀末の日降水量 100mm 以上の降水の年間発生回数及びその差（1 地点あたり）を示したもので、統計的に有意に増加する。21 世紀末の日降水量 100mm 以上の年間発生回数は、RCP8.5 シナリオでは 20 世紀末の約 1.4 倍に、RCP2.6 シナリオでは 20 世紀末の約 1.5 倍に増える。これは気温の上昇に伴って、大気中の水蒸気量が増加することが主なためと考えられる。大雨の発生頻度の増加によって、洪水、氾濫、土砂災害などの自然災害リスクの増大が懸念される。

図 4.3.3 は、地域気候モデルによる 20 世紀末と 21 世紀末の日降水量 100mm 以上の年間発生回数の差の分布を示したものである。降水は気温に比べて地点ごとの変化予測の不確実性が大きいいため、地点別の変化にとらわれず、沖縄県の全般的な変化傾向として認識していただきたい。

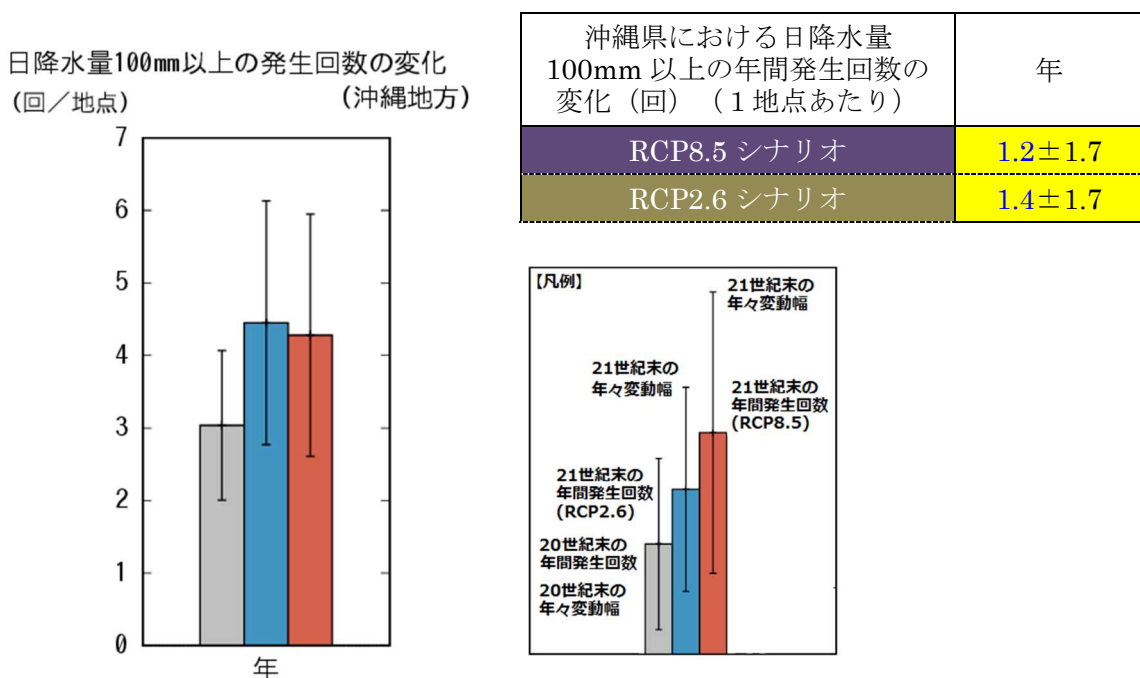


図 4.3.2 及び付表 沖縄県における日降水量 100mm 以上の年間発生回数の変化（1 地点あたり）

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の発生回数（バイアス補正済み）を表す。灰色の棒グラフは 20 世紀末の発生回数、赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオ、青い棒グラフは RCP2.6 シナリオによる平均発生回数、細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。ただし、20 世紀末の結果には補正後も依然としてバイアスが残っており、実際の観測値と異なることに注意。付表はそれらの各数値を「将来変化量 ± 標準偏差」で示し、その将来変化量が有意水準 90% で有意に増加（減少）する場合のみ黄色の項目で青字（赤字）としている。

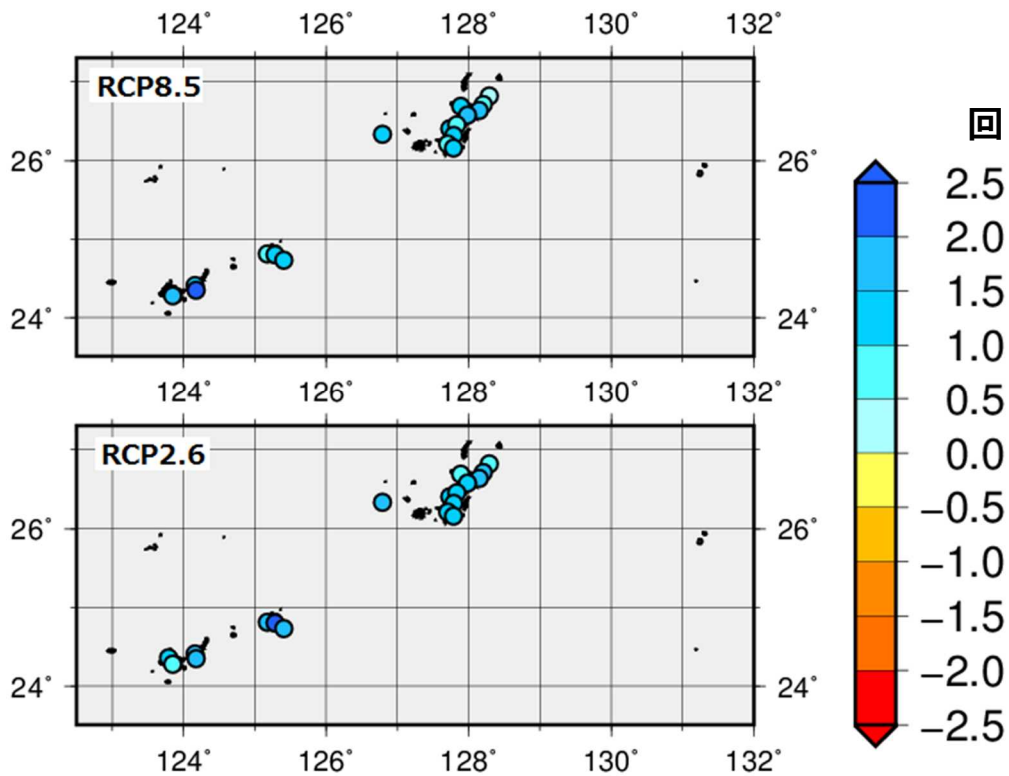


図 4.3.3 日降水量 100mm 以上の年間発生回数の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差 (バイアス補正済み)。4 メンバーの平均。上の図は RCP8.5 シナリオ、下の図は RCP2.6 シナリオによる予測。変化傾向 (増減) が 4 メンバーとも一致した地点のみそれらの平均値を表示している。(20 世紀末と 21 世紀末のいずれも減少の発生がゼロの場合は表示していない)。地点別の変化傾向にとらわれず、沖縄県の全般的な変化傾向として認識していただきたい。

(3) 1時間降水量 50mm 以上の発生回数

図 4.3.4 及び付表は、地域気候モデルによる沖縄県における 20 世紀末と 21 世紀末の 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数及びその差（1 地点あたり）を示したもので、差は有意に増加する。21 世紀末の 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数は、RCP8.5 シナリオでは 20 世紀末の約 2.1 倍に、RCP2.6 シナリオでは約 2.4 倍になる。これは気温の上昇に伴って、大気中の水蒸気量が増加するためであると考えられる。短時間強雨の発生頻度の増加によって、洪水、氾濫、土砂災害などの自然災害リスクの増大が懸念される。

図 4.3.5 は、地域気候モデルによる 20 世紀末と 21 世紀末の 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の差の分布を示したものである。降水は気温に比べて地点ごとの変化予測は不確実性が大きいいため、地点別の変化傾向にとらわれず、沖縄県の全般的な変化傾向として認識していただきたい。

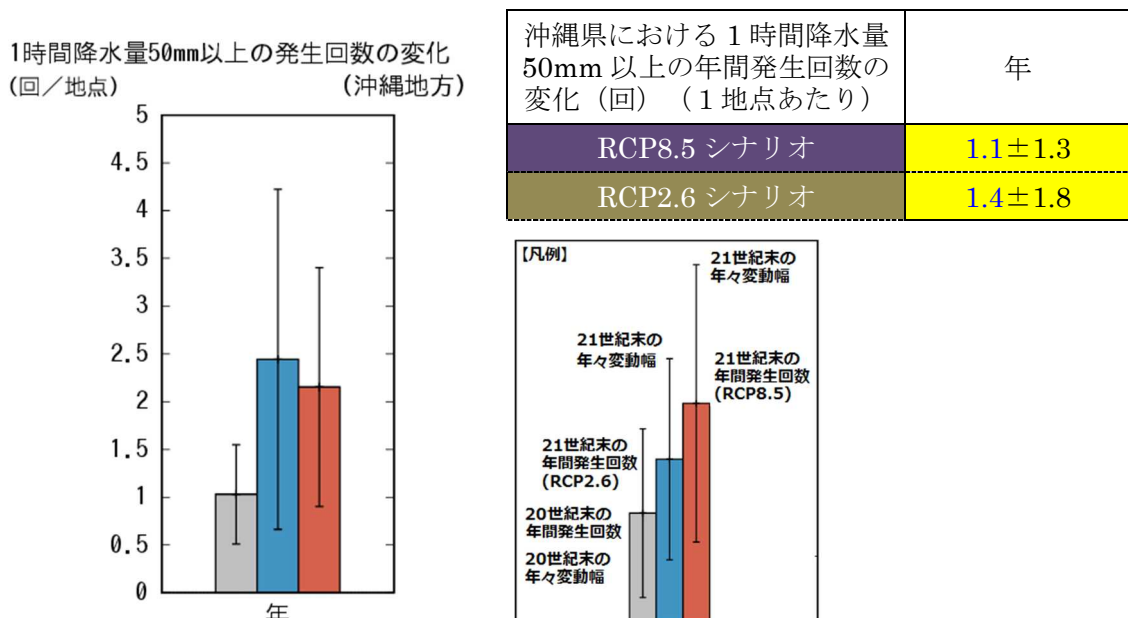


図 4.3.4 及び付表 沖縄県における 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の変化 (1 地点あたり)

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の発生回数 (バイアス補正済み) を表す。灰色の棒グラフは 20 世紀末の発生回数、赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオ、青い棒グラフは RCP2.6 シナリオによる平均発生回数、細い縦線はそれぞれの年々変動の幅を表している。ただし、20 世紀末の結果には補正後も依然としてバイアスが残っており、実際の観測値と異なることに注意。付表はそれらの各数値を「将来変化量 ± 標準偏差」で示し、その将来変化量が有意水準 90% で有意に増加 (減少) する場合は、黄色の項目で青字 (赤字) としている。

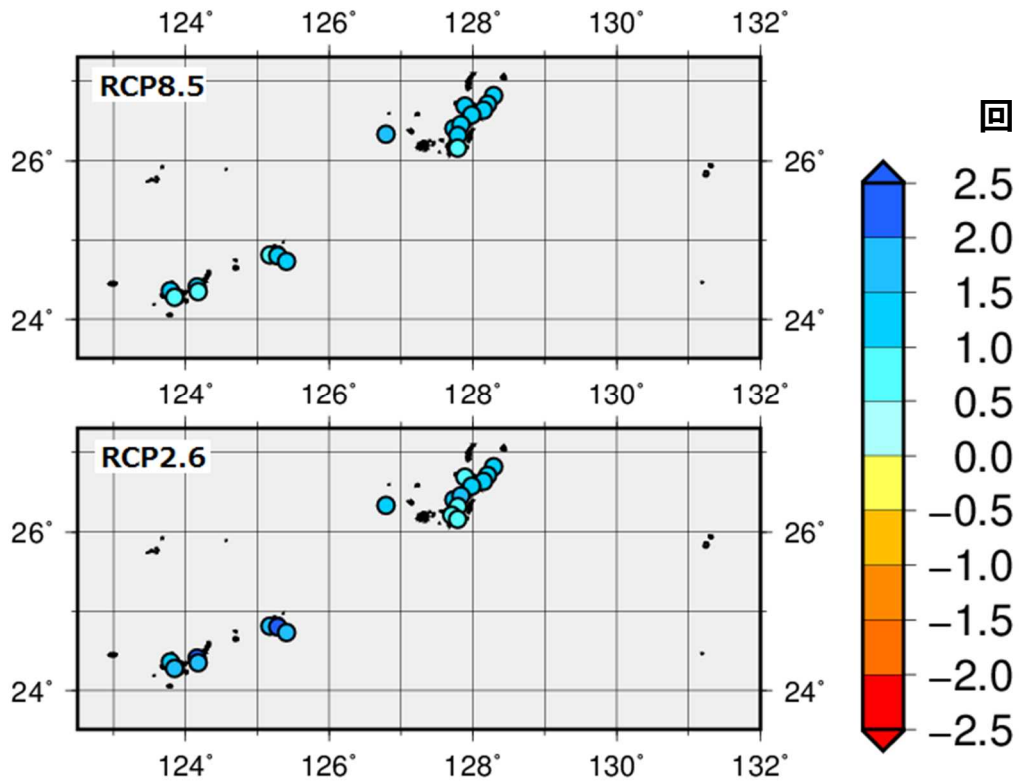


図 4.3.5 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差（バイアス補正済み）。変化傾向（増減）が 4 メンバーとも一致した地点のみそれらの平均値を表示している。（20 世紀末と 21 世紀末）のいずれも現象の発生がゼロの場合は表示していない）。地点別の変化傾向にとらわれず、沖縄県の全般的な変化傾向として認識していただきたい。

(4) 無降水日数

図 4.3.6 及び付表は、地域気候モデルによる沖縄県の 20 世紀末と 21 世紀末における無降水日（「日降水量が 1mm 未満の日」と定義する）の年間日数の差を示したもので、RCP8.5 シナリオでは有意に増加し、21 世紀末の無降水日の年間日数は、20 世紀末より約 8 日増加する。無降水日が増加する要因としては、気温の上昇に伴って、大気の水蒸気を保持する上限（飽和水蒸気量）が増加し、一度の降水イベントでもたらされる降水量は増加する一方、飽和に達するまでにより長い時間が必要になることが指摘されている（Giorgi *et al.*, 2011, Trenberth 2011）。無降水日数の増加によって、干ばつのリスクの増大が懸念される。

図 4.3.7 は、地域気候モデルによる 20 世紀末と 21 世紀末における無降水日の年間日数の差の分布を示したものである。降水は気温に比べて地点ごとの変化予測は不確実性が大きいいため、地点別の変化傾向にとらわれず、沖縄県の全般的な変化傾向として認識していただきたい。

なお RCP2.6 シナリオでは、将来変化する方向が 4 メンバーで一致しないため、結果とそのグラフを表示しない。

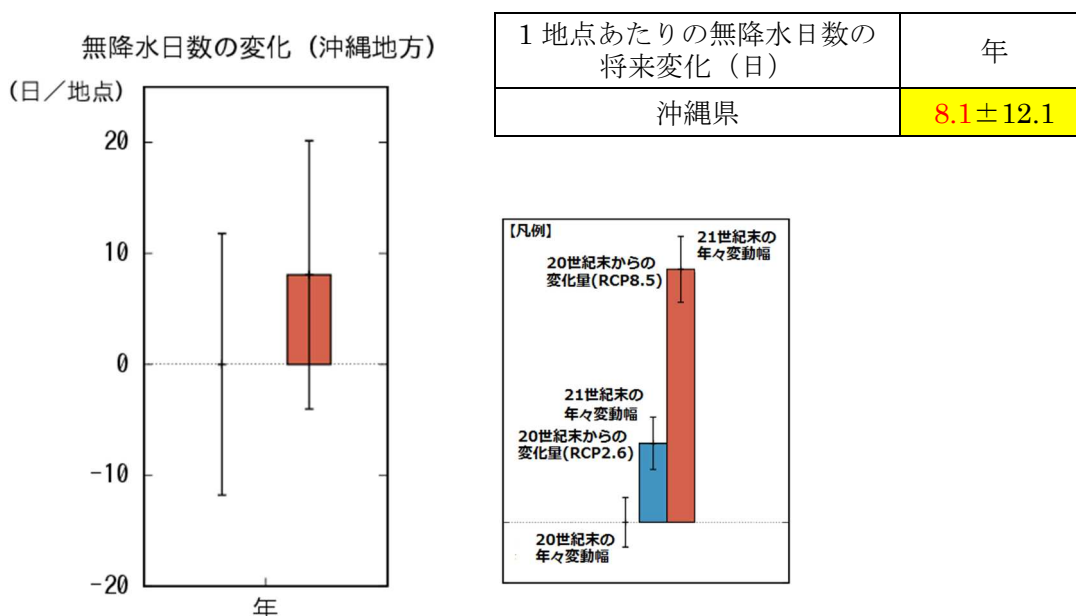


図 4.3.6 及び付表 沖縄県における 1 地点あたりの無降水日数の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差を統計的に処理し、21 世紀末の 4 メンバー平均の変化量（バイアス補正済み）を表す。赤い棒グラフは RCP8.5 シナリオによる変化量、20 世紀末の値を基準（0）として左側に示している。細い縦線はそれぞれの年々変動の幅（左：20 世紀末、右：21 世紀末）を表している。付表はその数値を「将来変化量 ± 標準偏差」で示し、その将来変化量が有意水準 90% で有意に増加（減少）する場合は、黄色の項目で赤字（青字）としている。RCP2.6 シナリオでは、将来変化する方向が 4 メンバーで一致しないため、結果とそのグラフを表示しない。

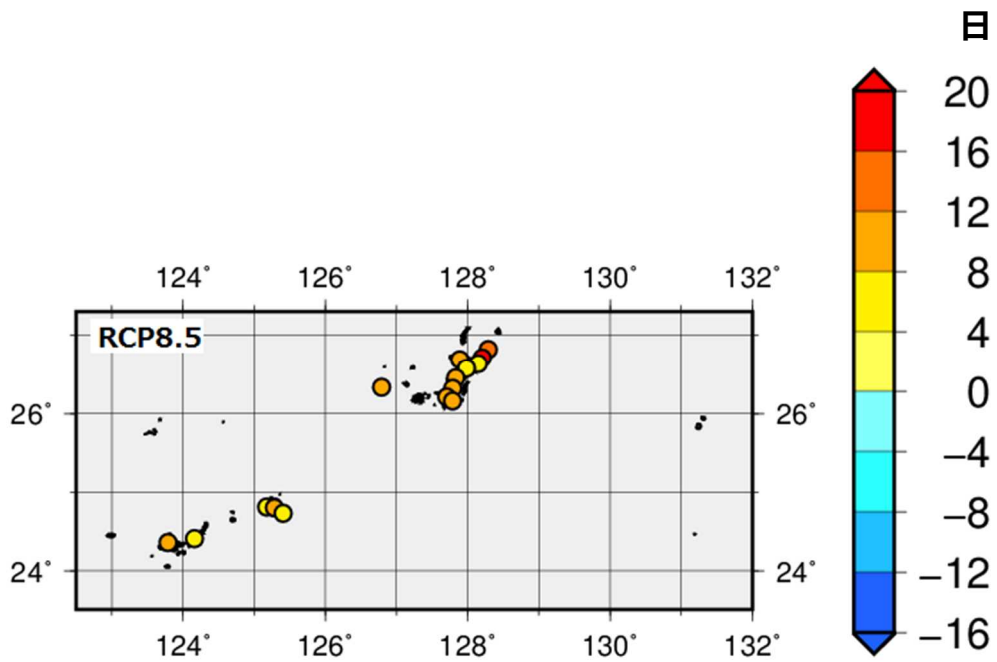


図 4.3.7 無降水日の年間日数の将来変化

地域気候モデルによる 21 世紀末と 20 世紀末との差（バイアス補正済み）。変化傾向（増減）が 4 メンバーとも一致した地点のみそれらの平均値を表示している。（20 世紀末と 21 世紀末のいずれも現象の発生がゼロの場合は表示していない）。地点別の変化傾向にとらわれず、沖縄県の全般的な変化傾向として認識していただきたい。



気候変動適応法

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書（IPCC, 2013）において、1950年代以降に観測された変化の多くは、それ以前の数千年間にわたり前例がないものであること、また既に気候変動は自然及び人間社会に影響を与えており、今後、地球温暖化が更に進行すると、深刻で広範囲にわたる不可逆的な影響が生じる可能性が高まることが指摘されていた。

我が国においても地球温暖化の進行に伴い、気温の上昇や降水の変化などの気候変動、海面水位の上昇や海洋酸性化などが一層進行する可能性があるとして予測され、重大な気象災害の発生や食糧生産、国民の健康など様々な面に影響が及ぶことが予想されている。このため、温室効果ガスの排出の抑制等を行う「緩和」の取組を着実に進めるとともに、既に現れている影響や今後中長期的に避けることのできない影響に対する「適応」の取組を計画的に進めることが不可欠となっている。

こうした気候変動による様々な影響に対し、政府全体として整合の取れた取組を総合的かつ計画的に推進するために、2015年11月に「気候変動の影響への適応計画」が閣議決定され、気候変動への適応を法的に位置付けて一層の推進を図るために、2018年6月に「気候変動適応法」⁹が成立し、同年12月に施行された。

気候変動適応法は、国、地方公共団体、事業者及び国民が気候変動への適応を推進するために担うべき役割をそれぞれ明確にしている。政府は気候変動適応計画を定め、都道府県及び市町村はこれに基づいて地域気候変動適応計画の策定に努め、気候変動の影響及び適応に関する情報の収集と提供を行う拠点（地域気候変動適応センター）としての機能を担う体制の確保に努めることとなった（図 C.9）。

地域気候変動適応センターは、2022年1月現在36の都道府県、3つの政令指定都市、7つの市区町村で設置されている（複数の地方公共団体が共同で設置した場合は1件と数えるため、合計のセンター数は45）。現時点で未設置の自治体においても設置に向けた協議が進められている。

IPCC 第6次評価報告書第1作業部会報告書では、「より一層の地球温暖化に伴い、全ての地域において、気候的な影響駆動要因（CIDs）の同時多発的な変化が益々経験されるようになると予測される。1.5°Cの地球温暖化と比べて2°Cの場合には、いくつかのCIDsの変化が更に広範囲に及ぶが、この変化は、温暖化の程度が大きくなると益々広範囲に及ぶとともに顕著になるだろう」（C.2）としており、影響は温暖化の進行の程度に依存すると理解されていて、更に排出量が多いシナリオに沿った将来では、より大きな影響がもたらされると指摘されている。

同時多発的な変化のうち、特に「大雨及び関連する洪水が激化し、より頻繁になると予測される（確信度が中程度～高い）」（C.2.3）ことや「平均降水量の増加（確信度が高い）」（C.2.3）、「熱帯低気圧の強度や温帯低気圧の強化（確信度が中程度～高い）」（C.2.4）などは、沖縄地方を含む日本において地球温暖化の進行に伴って増加する懸念であり、十分な「適応」を模索する必要があると考えられる。

⁹ 環境省ホームページ 気候変動への適応
<https://www.env.go.jp/earth/tekiou.html>

気候変動適応法の概要

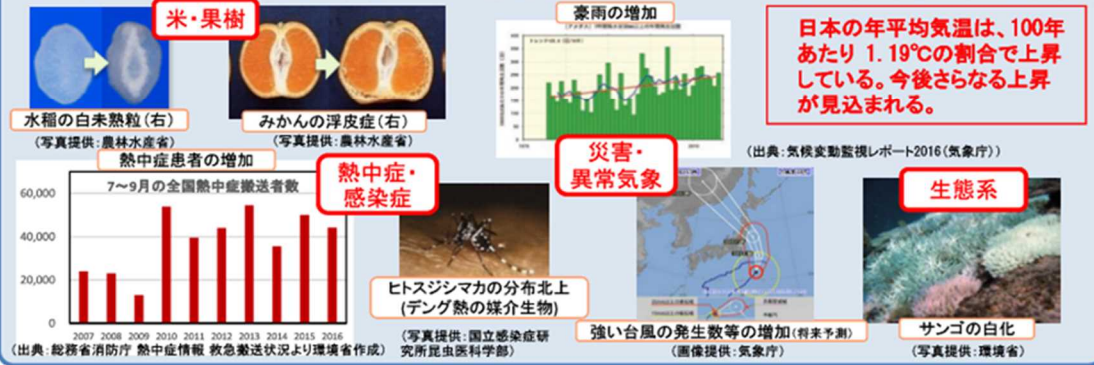
平成30年6月13日公布

○温室効果ガスの排出削減対策(緩和策)と、気候変動の影響による被害の回避・軽減対策(適応策)は車の両輪。

○本法により適応策を法的に位置付け、関係者が一丸となって適応策を強力に推進。

背景

我が国において、気候変動の影響がすでに顕在化し、今後更に深刻化するおそれ。適応策が重要。



法律の概要

1. 適応の総合的推進

- ▶ 国、地方公共団体、事業者、国民が気候変動適応の推進のため担うべき役割を明確化。
- ▶ 国は、農業や防災等の各分野の適応を推進する**気候変動適応計画**を策定。その進展状況について、把握・評価手法を開発。(閣議決定の計画を法定計画に格上げ。更なる充実・強化を図る。)
- ▶ **気候変動影響評価**をおおむね5年ごとに行い、その結果等を勘案して計画を改定。

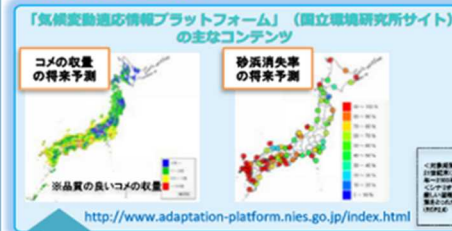
各分野において、信頼できるきめ細かな情報に基づく効果的な適応策の推進



- 将来影響の科学的知見に基づき、
- ・高温耐性の農作物品種の開発・普及
 - ・魚類の分布域の変化に対応した漁場の整備
 - ・堤防・洪水調整施設等の着実なハード整備
 - ・ハザードマップ作成の促進
 - ・熱中症予防対策の推進
- 等

2. 情報基盤の整備

- ▶ 適応の**情報基盤の中核として国立環境研究所を位置付け**。



3. 地域での適応の強化

- ▶ 都道府県及び市町村(東京23区を含む。)に、**地域気候変動適応計画**策定の努力義務。
- ▶ 地域において、適応の情報収集・提供等を行う拠点(**地域気候変動適応センター**)機能を担う体制を確保。
- ▶ **広域協議会**を組織し、国と地方公共団体等が連携して地域における適応策を推進。

4. 適応の国際展開等

- ▶ 国際協力の推進。
- ▶ 事業者等の取組・適応ビジネスの促進。

図 C.9 気候変動適応法の概要

環境省ホームページ (https://www.env.go.jp/earth/tekiou/tekiouhou_gaiyou.pdf) より引用。

