

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)

別添資料

2014/12/12

予測計算の概要

<予測の手法>

- 気候モデルを使って、水平格子間隔20kmで日本周辺の将来(2080年～2100年)の気候変動予測計算を実施し、現在気候(1984年～2004年)と比較。
- 将来気候の予測は温室効果ガスの濃度に応じ、RCP2.6シナリオ、RCP4.5シナリオ、RCP6.0シナリオ、RCP8.5シナリオの合計18通りのシナリオで実施。
- RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0については海面水温パターンが異なる3通りの計算を実施。RCP8.5については3通りの海面水温パターンに3つの異なる積雲対流スキーム(モデルの解像度では表現できない、雲が出来る物理過程を数値モデル化したもの)を組み合わせた合計9通りの計算を実施。
- 各シナリオで現在(1984年～2004年)と比較して、将来(2080年～2100年)の以下の項目の変化について、予測結果を取りまとめ。
 - 年平均気温、日最高気温、日最低気温
 - 真夏日(日最高気温30℃以上の日)の日数、真冬日(日最高気温0℃未満の日)の日数
 - 年降水量、大雨(降水量、発生頻度)、無降水日数
 - 年最深積雪、年降雪量(今回新たに評価)
- 取りまとめに当たっては、日本列島を7つの地域に分割し、全国と地域ごとの傾向を提示。
- 年平均気温、年降水量について不確実性の幅を評価。

予測計算の概要

<主な予測結果>:

現在 (1984年～2004年) と比較した将来 (2080年～2100年) の変化 (全国平均)

➤ 年平均気温の変化

- RCP2.6シナリオの場合、**平均1.1℃ (信頼区間[*]は0.5℃～1.7℃) 上昇する**
- RCP8.5シナリオの場合、**平均4.4℃ (信頼区間[*]は3.4℃～5.4℃) 上昇する**

[*]信頼区間は、不確実性の組み合わせとして算出した標準偏差に、正規分布表による定数 (約1.64) を乗じたものである。
正規分布の場合、標準偏差の約1.64倍は90%の信頼区間に相当する。

➤ 年降水量の変化、大雨による降水量の変化、無降水日数の変化

- **年降水量の変化は、どのシナリオでも、明瞭な変化傾向はないと予測される。**
- **一方、大雨による降水量、無降水日数はそれぞれ多くのシナリオ・ケースで増加傾向となると予測される。**

➤ 年最深積雪の変化、年降雪量の変化

- **年最深積雪はすべてのシナリオで減少する。特に東日本日本海側で減少量が大きく、RCP2.6シナリオの場合は平均17cm、RCP8.5シナリオの場合は平均78cm減少する。**
- **年降雪量はほとんどのシナリオで減少する。特に東日本日本海側で減少量が大きく、RCP2.6シナリオの場合は平均26cm、RCP8.5シナリオの場合は平均146cm減少する。**

環境省報道発表資料 (2014/6/6) からの変更点

- 予測計算ケースの追加 (RCP4.5)
 - RCP4.5シナリオについて1ケースのみであったが、追加計算を実施した。他シナリオ (RCP2.6/6.0) と同様に3ケース (3種類の異なる海面水温) の計算結果を整備した。
- 精度検証および集計・統計方法の見直し
 - 気象研究所の監修のもと、降水量に関するバイアス補正方法の変更、統計をとる地域区分の変更、検証に用いる観測データの処理方法の変更を行い、予測結果の再検証および再集計を行った。
- 予測データの不確実性の検討
 - 複数ケース (RCP8.5では9ケース、他シナリオでは3ケース) の結果を集約し、予測データの不確実性幅の評価方法を検討した。
- 年最深積雪の変化、年降雪量の変化に関する記述の追加

目次

1. 予測の背景及び目的
2. 整備されたデータの内容
3. 整備されたデータの特徴
 - ・将来気候の予測／気温
 - ・将来気候の予測／降水
 - ・将来気候の予測／積雪・降雪
4. 気候変動予測の不確実性とその定量化

【参考資料】

- I. 現在気候の再現性
- II. 予測結果のデータ管理
- III. RCPシナリオとは
- IV. バイアス補正について
- V. 地域分類・各地域の主な都市における各指標の平年値
- VI. 現在気候再現計算結果（例）
- VII. 他の気候変動予測との比較

1. 予測の背景・目的

●予測の背景

- 政府全体の総合的、計画的な適応に係る取組を取りまとめる「適応計画」を平成27年夏頃を目途に閣議決定する予定で検討を進めているところ。

●予測の目的

- 日本付近の詳細な気候変動予測を補足的に実施し、上記「適応計画」に向けた我が国における気候変動影響評価のための気候変動予測を行う。

なお、本予測は気象研究所の協力の下で実施された。

2. 整備されたデータの内容

●気候変動予測モデルによる計算

- 全球気候モデル (MRI-AGCM3.2H: 水平格子間隔60km) による計算を実施し、その結果から、日本周辺の気象条件を抽出し、地域気候モデル (MRI-NHRCM20: 水平格子間隔20km) への入力 (境界条件) として用いた。本計算は (独) 海洋研究開発機構が運用する「地球シミュレータ (ES2)」を利用して実施した。

※気候モデル (MRI-AGCM3.2H・MRI-NHRCM20) は気象庁気象研究所より提供

●計算の対象期間

- 現在気候の再現: 1984年9月～2004年8月／将来気候の予測: 2080年9月～2100年8月

●不確実性の考慮

- 排出シナリオの不確実性

- 4つの代表的濃度経路 (RCP) シナリオ～ RCP2.6/4.5/6.0/8.5 ※RCPシナリオについては参考資料を参照

- 海面水温の将来変化の不確実性

- IPCC第5次評価報告書において用いられた第5期結合モデル相互比較計画 (CMIP5) データより作成された、3種の異なる特徴を有する海面水温の将来変化の空間パターン (SST1/SST2/SST3) を適用。なお、現在気候は観測データ (HadISST) を適用。

※3種のSSTは文部科学省気候変動リスク情報創生プログラムテーマCより提供

- 物理過程の不確実性

- 全球気候モデルにおいて、Yoshimura Scheme (YS)、Kain-Fritsch Scheme (KF)、Arakawa-Schubert Scheme (AS) の3種の積雲対流スキームを適用。境界条件を通して地域気候モデルの予測結果に影響。

2. 整備されたデータの内容

●予測計算ケース

- 現在気候3ケース、将来気候18ケースの計21ケースについて計算を実施した。予測に含まれる不確実性の程度を評価できるように、複数のケースを設定した。※

※データを利用するにあたっては不確実性のすべての要素を考慮しているわけではないことに注意が必要である。今回のケースは排出シナリオの不確実性に加え、日本付近において重要と考えられる降水プロセスに影響を与える主要な要因として海面水温と積雲対流スキームの不確実性を考慮して設定した。CMIP5データセットと比較して考慮している不確実性の要素が少なく、例えば気温上昇量の予測の幅は小さくなっている(参考資料Ⅶを参照)。

番号	計算期間	排出シナリオ	海面水温	積雲対流スキーム	ケース名
1	現在気候 3ケース	-	HadISST	YS	HPA_m02
2			HadISST	KF	HPA_kf_m02
3			HadISST	AS	HPA_as_m02
4	将来気候 18ケース	RCP8.5 9ケース	SST1	YS	HFA_rcp85_c1
5			SST1	KF	HFA_kf_rcp85_c1
6			SST1	AS	HFA_as_rcp85_c1
7			SST2	YS	HFA_rcp85_c2
8			SST2	KF	HFA_kf_rcp85_c2
9			SST2	AS	HFA_as_rcp85_c2
10			SST3	YS	HFA_rcp85_c3
11			SST3	KF	HFA_kf_rcp85_c3
12			SST3	AS	HFA_as_rcp85_c3
13		RCP6.0 3ケース	SST1	YS	HFA_rcp60_c1
14			SST2	YS	HFA_rcp60_c2
15			SST3	YS	HFA_rcp60_c3
16		RCP4.5 3ケース	SST1	YS	HFA_rcp45_c1
20			SST2	YS	HFA_rcp45_c2
21			SST3	YS	HFA_rcp45_c3
17		RCP2.6 3ケース	SST1	YS	HFA_rcp26_c1
18			SST2	YS	HFA_rcp26_c2
19			SST3	YS	HFA_rcp26_c3

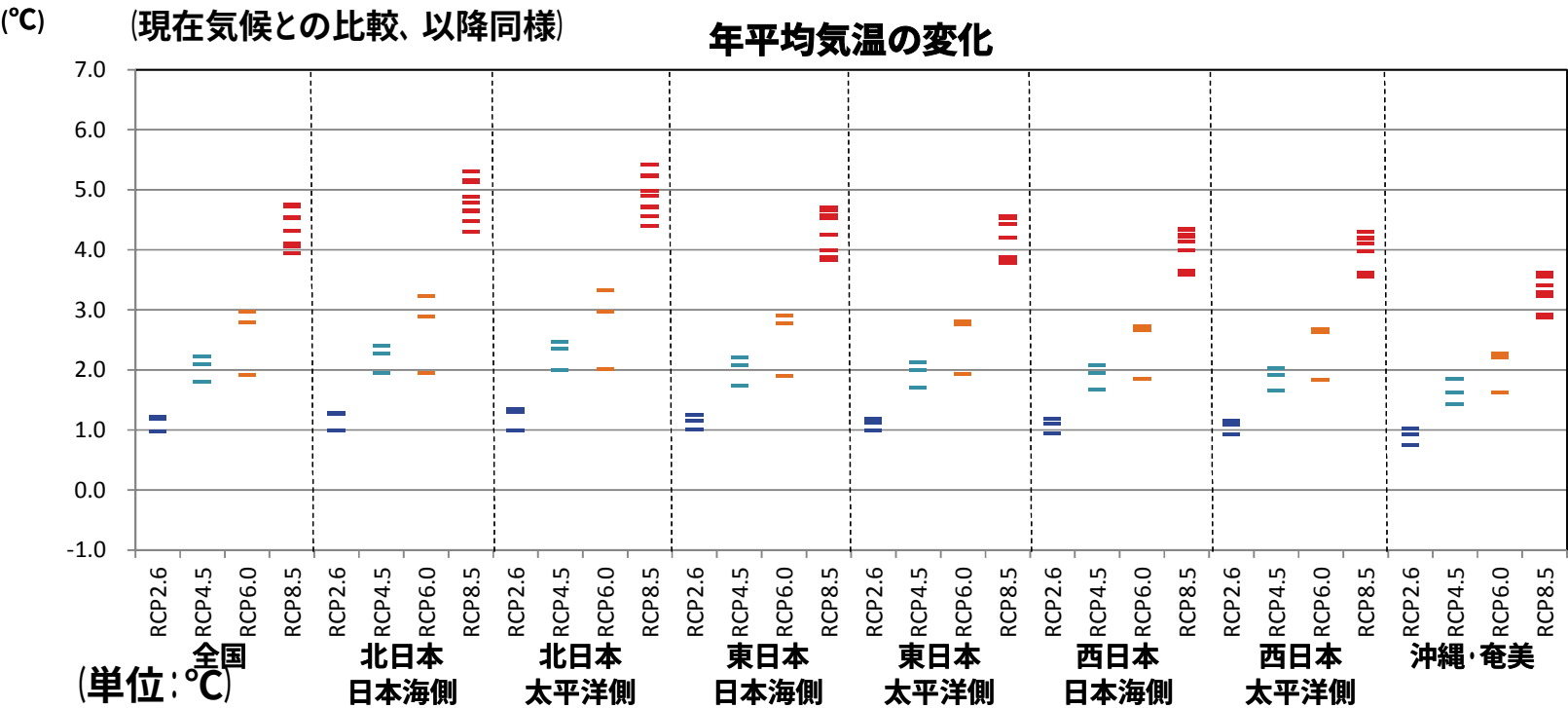
RCP4.5の2ケース(c2,c3)は平成26年度に計算を実施

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温 (年平均気温の変化)

●年平均気温の変化

※地域区分については参考資料を参照

- 年平均気温は将来の温室効果ガス安定化レベルが高くなるほど上昇量が多い。全国では、RCP2.6で平均1.1℃ (最小1.0℃、最大1.2℃)、RCP8.5で平均4.4℃ (最小3.9℃、最大4.8℃) 上昇すると予測される。



<アンサンブルメンバー数>

RCP2.6: 3ケース
RCP4.5: 3ケース
RCP6.0: 3ケース
RCP8.5: 9ケース

各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) の差を示す。下表に、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。また、参考として各地域の一都市における平年値 (1981～2010年平均) を例示する。

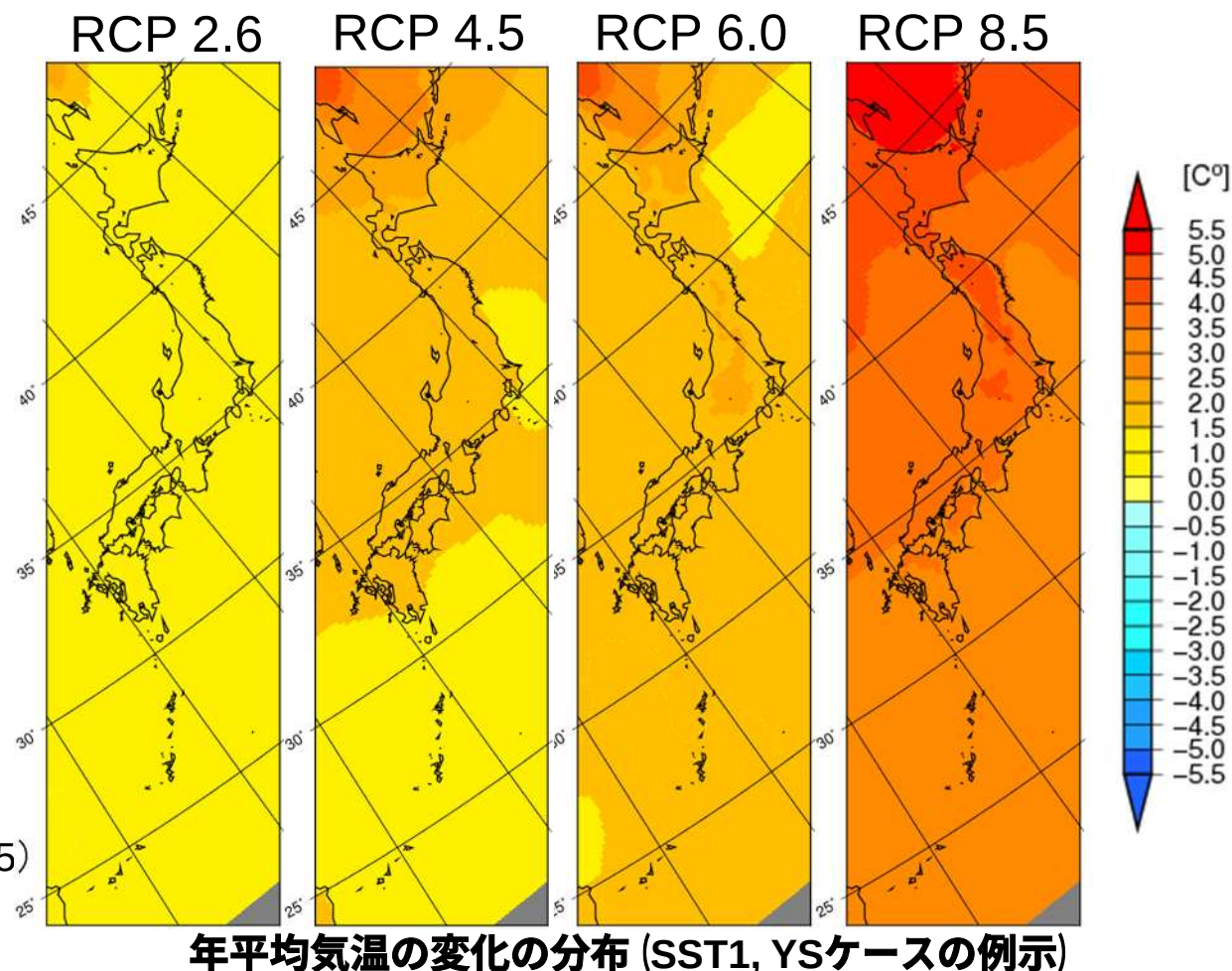
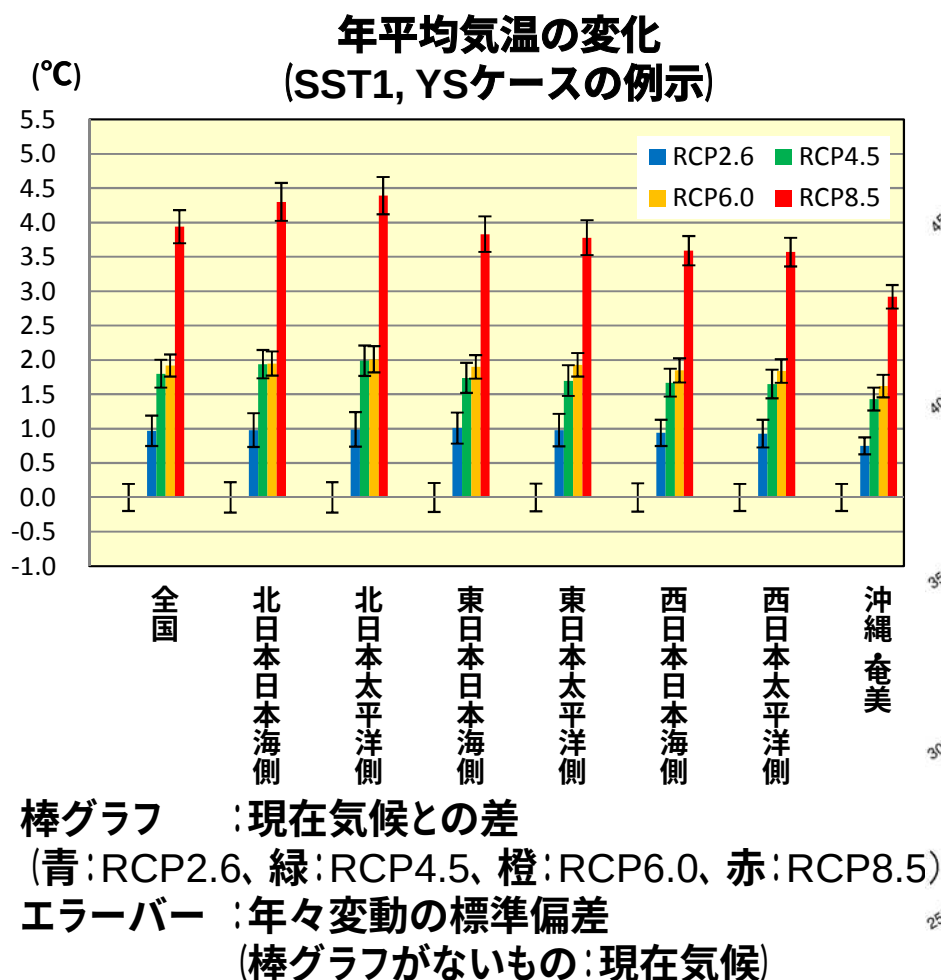
	全国	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本 日本海側	西日本 太平洋側	沖縄・奄美
RCP2.6	1.1 (1.0～1.2)	1.2 (1.0～1.3)	1.2 (1.0～1.4)	1.1 (1.0～1.3)	1.1 (1.0～1.2)	1.1 (0.9～1.2)	1.1 (0.9～1.2)	0.9 (0.8～1.0)
RCP4.5	2.0 (1.8～2.2)	2.2 (1.9～2.4)	2.3 (2.0～2.5)	2.0 (1.7～2.2)	1.9 (1.7～2.1)	1.9 (1.7～2.1)	1.9 (1.7～2.0)	1.6 (1.4～1.9)
RCP6.0	2.6 (1.9～3.0)	2.7 (2.0～3.2)	2.8 (2.0～3.3)	2.5 (1.9～2.9)	2.5 (1.9～2.8)	2.4 (1.9～2.7)	2.4 (1.8～2.7)	2.0 (1.6～2.3)
RCP8.5	4.4 (3.9～4.8)	4.8 (4.3～5.3)	4.9 (4.4～5.4)	4.3 (3.8～4.7)	4.2 (3.8～4.6)	4.0 (3.6～4.4)	4.0 (3.6～4.3)	3.3 (2.9～3.6)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	8.9	6.2	13.9	16.3	17.0	16.9	23.1

モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。
また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温 (年平均気温の変化)

●年平均気温の変化の地域分布

- 年平均気温は全国的に上昇し、上昇幅は年々変動幅より概ね大きい。特に北日本での温度上昇幅が大きく、沖縄・奄美は比較的小さい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



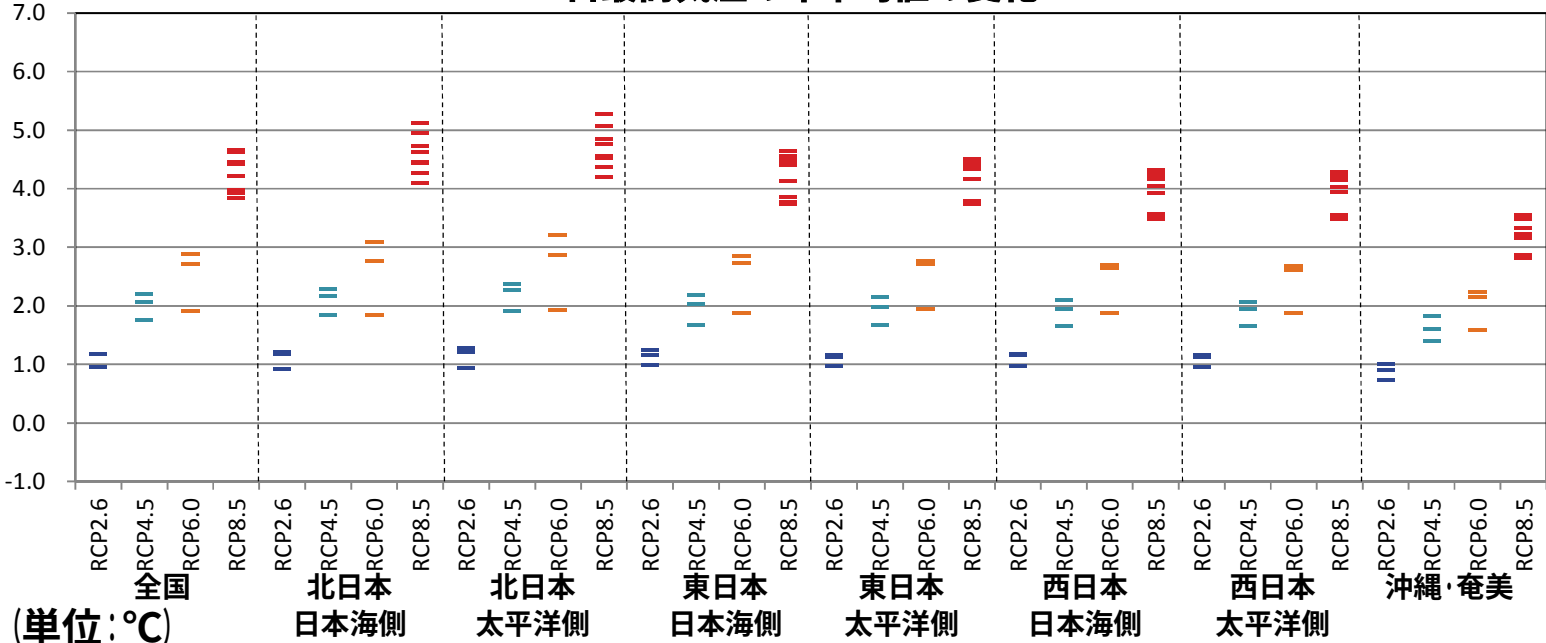
3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温（日最高気温の変化）

●日最高気温の年平均値の変化

- 日最高気温の年平均値は将来の温室効果ガス安定化レベルが高くなるほど上昇量が多い。全国では、RCP2.6で平均1.1℃（最小1.0℃、最大1.2℃）、RCP8.5で平均4.3℃（最小3.8℃、最大4.7℃）上昇すると予測される。

(℃)

日最高気温の年平均値の変化



<アンサンブルメンバ数>

- RCP2.6: 3ケース
- RCP4.5: 3ケース
- RCP6.0: 3ケース
- RCP8.5: 9ケース

各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) の差を示す。下表に、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。また、参考として各地域の一都市における平年値 (1981～2010年平均) を例示する。

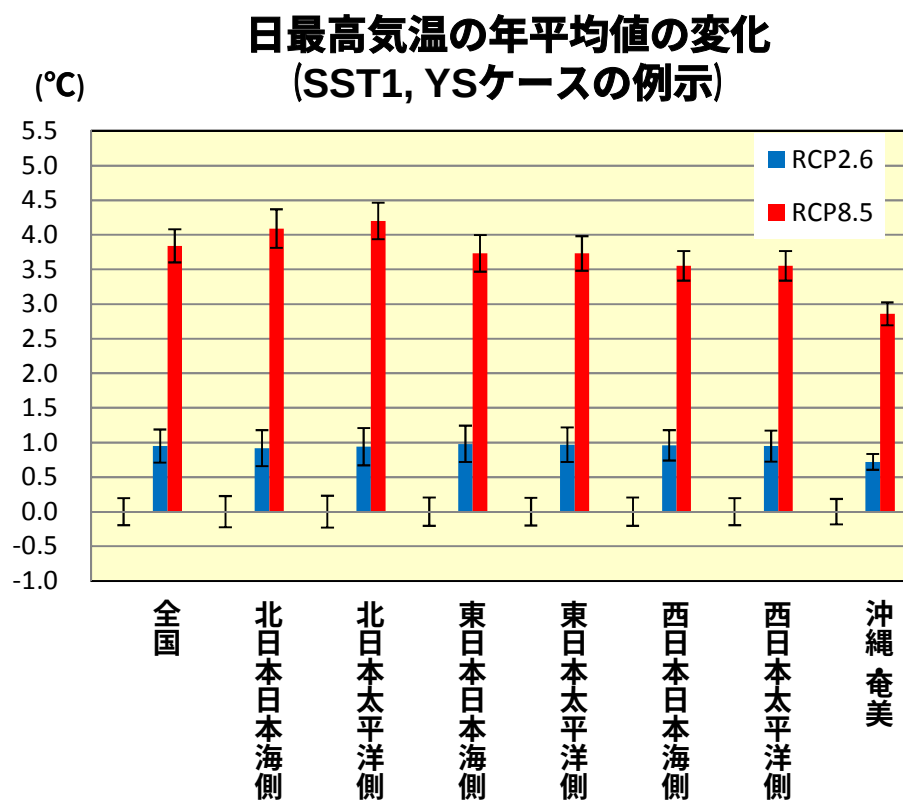
	全国	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本 日本海側	西日本 太平洋側	沖縄・奄美
RCP2.6	1.1 (1.0～1.2)	1.1 (0.9～1.2)	1.1 (0.9～1.3)	1.1 (1.0～1.2)	1.1 (1.0～1.2)	1.1 (1.0～1.2)	1.1 (1.0～1.2)	0.9 (0.7～1.0)
RCP4.5	2.0 (1.8～2.2)	2.1 (1.9～2.3)	2.2 (1.9～2.4)	2.0 (1.7～2.2)	1.9 (1.7～2.2)	1.9 (1.7～2.1)	1.9 (1.7～2.1)	1.6 (1.4～1.8)
RCP6.0	2.5 (1.9～2.9)	2.6 (1.9～3.1)	2.7 (1.9～3.2)	2.5 (1.9～2.8)	2.5 (2.0～2.8)	2.4 (1.9～2.7)	2.4 (1.9～2.7)	2.0 (1.6～2.2)
RCP8.5	4.3 (3.8～4.7)	4.6 (4.1～5.1)	4.7 (4.2～5.3)	4.2 (3.7～4.6)	4.2 (3.7～4.5)	4.0 (3.5～4.3)	3.9 (3.5～4.3)	3.2 (2.8～3.5)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	12.9	10.2	17.6	20.0	20.9	21.1	25.7

モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

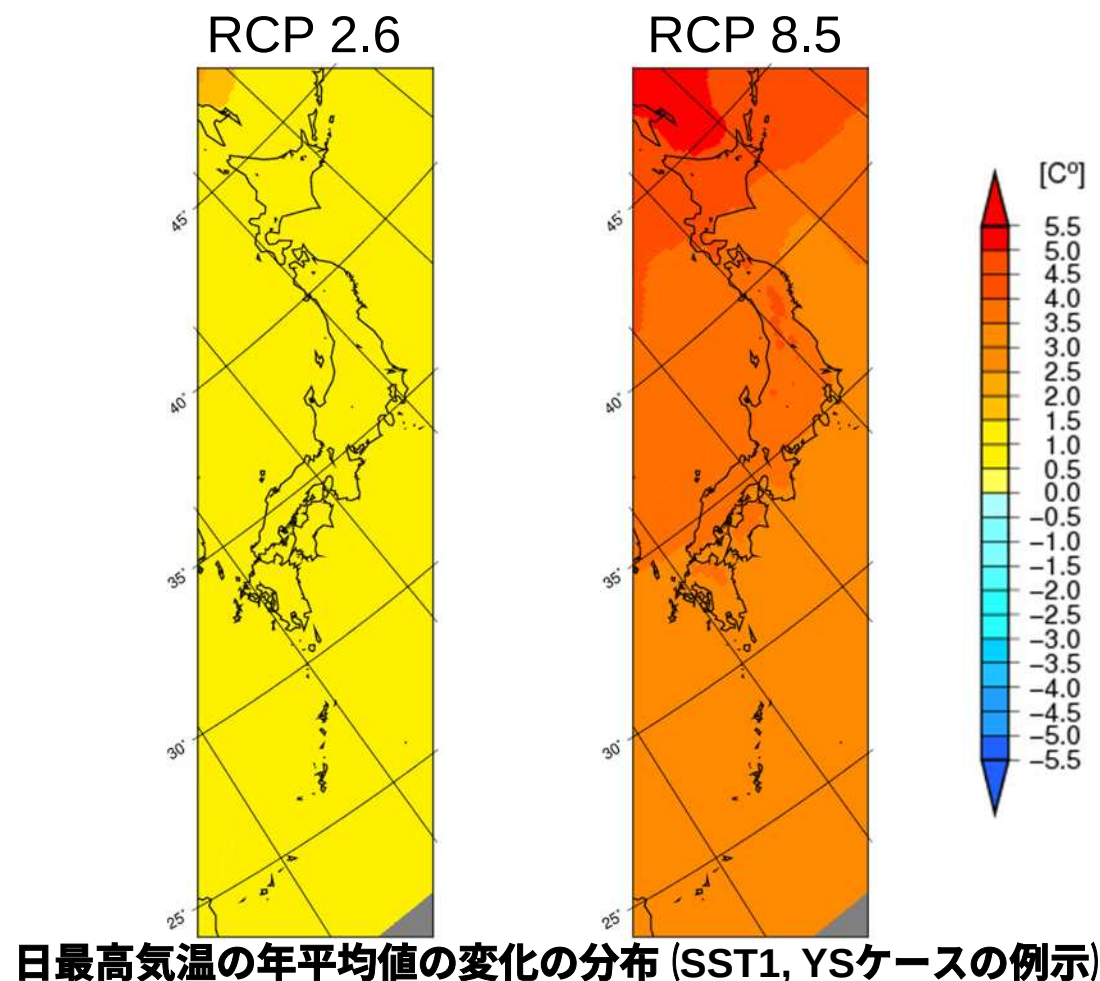
3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温（日最高気温の変化）

●日最高気温の年平均値の変化の地域分布

- 日最高気温の年平均値は全国的に上昇し、上昇幅は年々変動幅より概ね大きい。特に北日本での温度上昇幅が大きく、沖縄・奄美は比較的小さい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



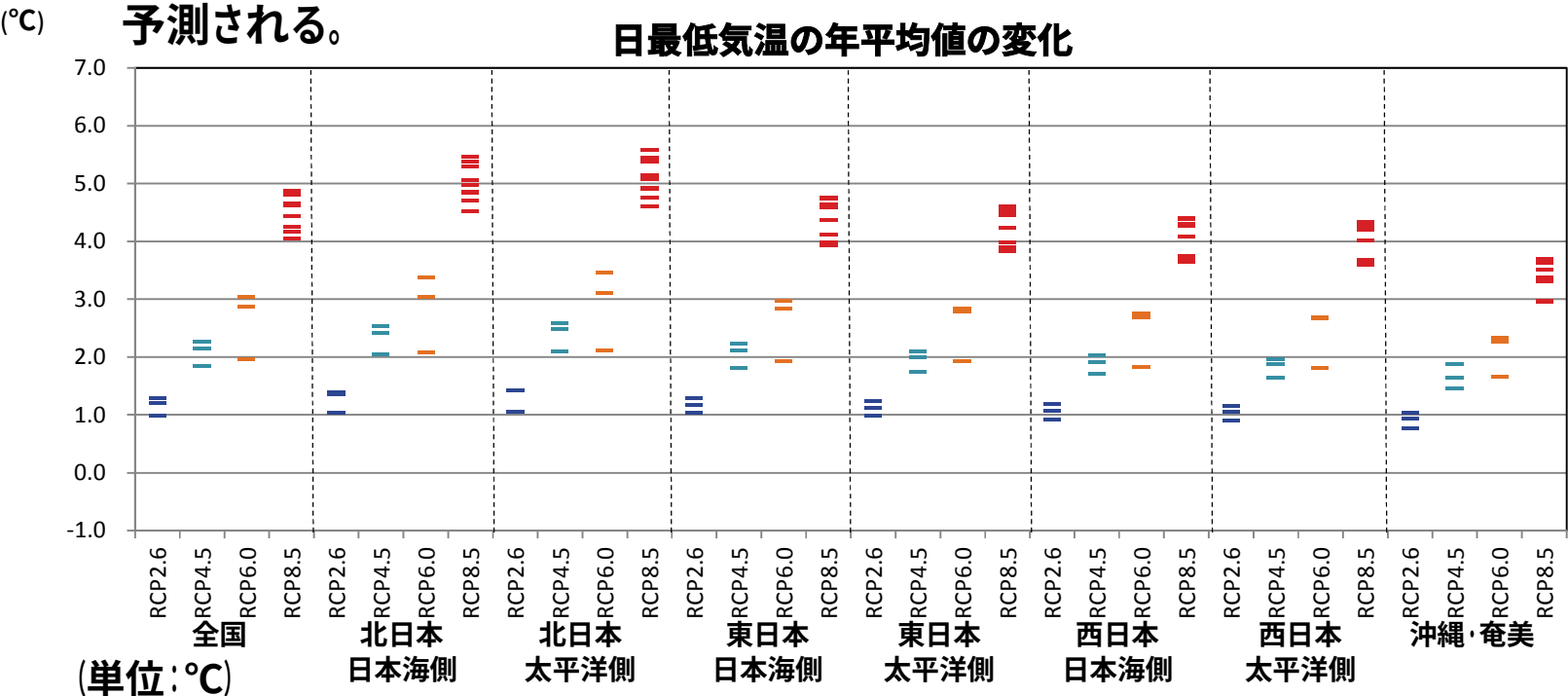
棒グラフ : 現在気候との差 (青: RCP2.6、赤: RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差
(棒グラフがないもの: 現在気候)



3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温（日最低気温の変化）

●日最低気温の年平均値の変化

- 日最低気温の年平均値は将来の温室効果ガス安定化レベルが高くなるほど上昇量が多い。全国では、RCP2.6で平均1.2℃（最小1.0℃、最大1.3℃）、RCP8.5で平均4.5℃（最小4.1℃、最大4.9℃）上昇すると予測される。



＜アンサンブルメンバー数＞

- RCP2.6: 3ケース
- RCP4.5: 3ケース
- RCP6.0: 3ケース
- RCP8.5: 9ケース

各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）の差を示す。下表に、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。また、参考として各地域の一都市における平年値（1981～2010年平均）を例示する。

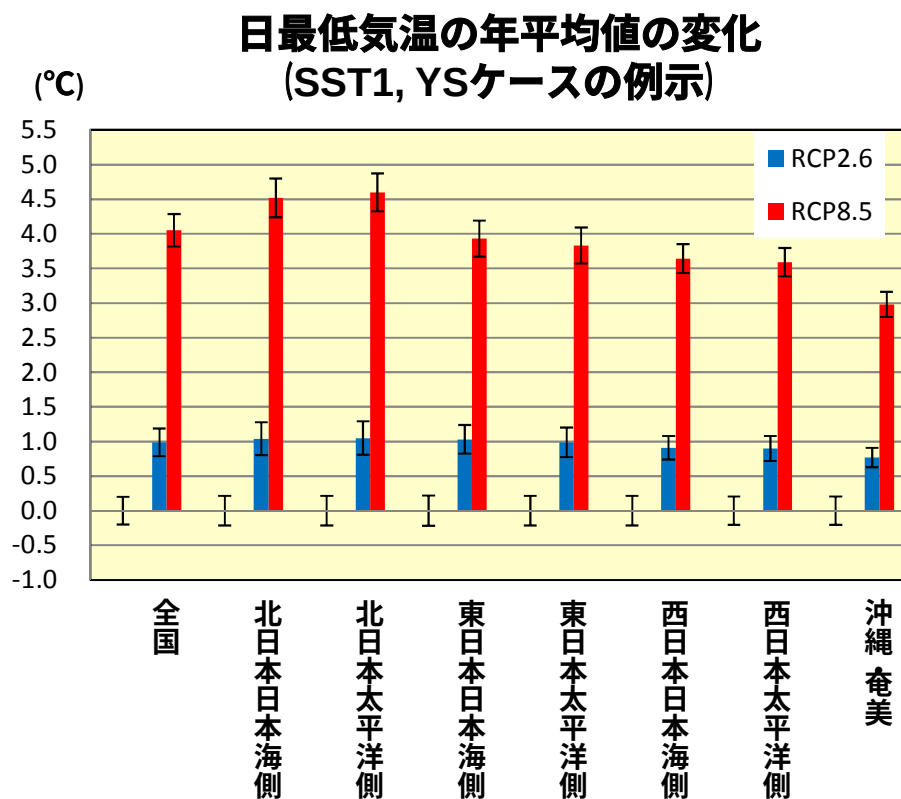
	全国	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本 日本海側	西日本 太平洋側	沖縄・奄美
RCP2.6	1.2 (1.0～1.3)	1.3 (1.0～1.4)	1.3 (1.1～1.4)	1.2 (1.0～1.3)	1.1 (1.0～1.2)	1.1 (0.9～1.2)	1.0 (0.9～1.2)	0.9 (0.8～1.0)
RCP4.5	2.1 (1.9～2.3)	2.3 (2.1～2.5)	2.4 (2.1～2.6)	2.0 (1.8～2.2)	1.9 (1.7～2.1)	1.9 (1.7～2.0)	1.8 (1.7～2.0)	1.7 (1.5～1.9)
RCP6.0	2.6 (2.0～3.0)	2.8 (2.1～3.4)	2.9 (2.1～3.5)	2.6 (1.9～3.0)	2.5 (1.9～2.8)	2.4 (1.8～2.8)	2.4 (1.8～2.7)	2.1 (1.7～2.3)
RCP8.5	4.5 (4.1～4.9)	5.0 (4.5～5.5)	5.1 (4.6～5.6)	4.4 (3.9～4.8)	4.3 (3.8～4.6)	4.1 (3.6～4.4)	4.0 (3.6～4.3)	3.3 (3.0～3.7)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	5.3	2.3	10.6	13.0	13.6	13.3	20.8

モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

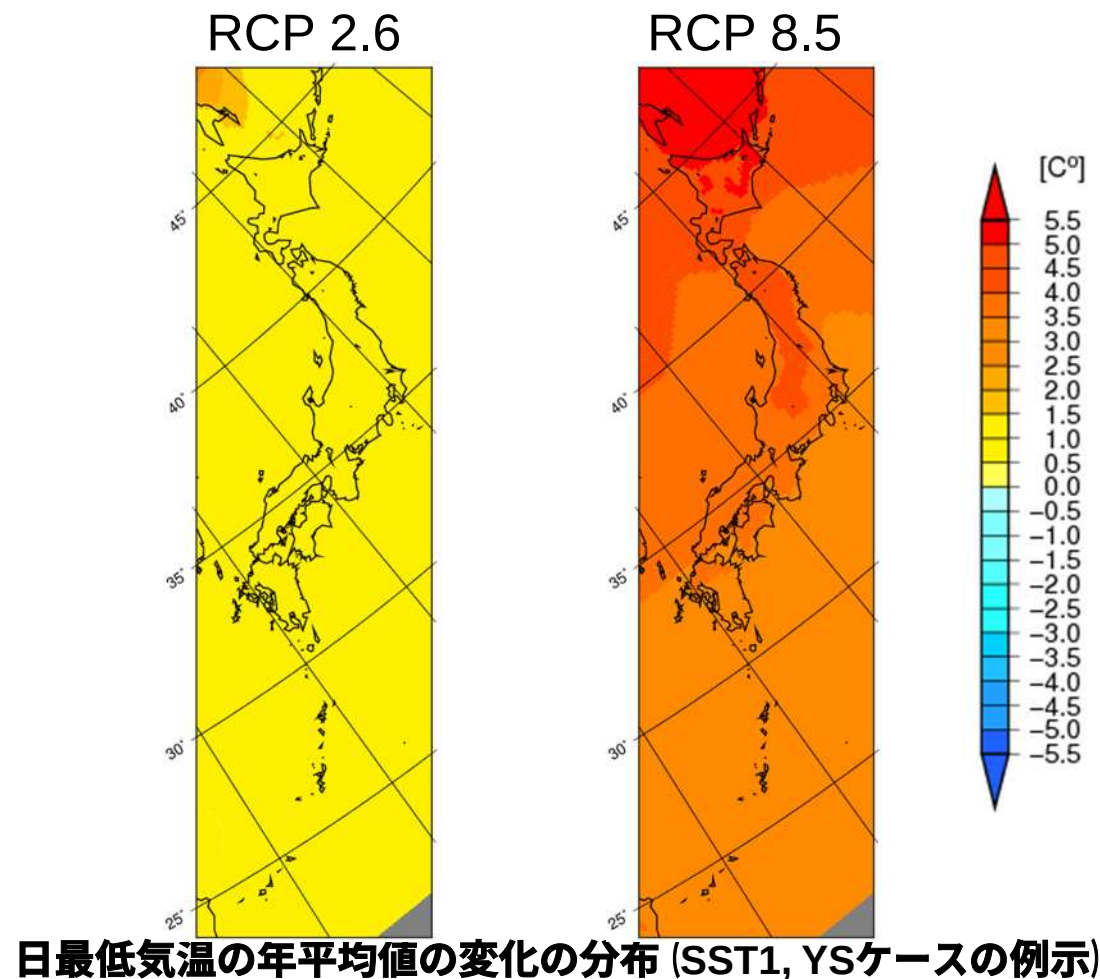
3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温（日最低気温の変化）

●日最低気温の年平均値の変化の地域分布

- 日最低気温の年平均値は全国的に上昇し、上昇幅は年々変動幅より概ね大きい。特に北日本での温度上昇幅が大きく、沖縄・奄美は比較的小さい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候との差 (青: RCP2.6、赤: RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差
(棒グラフがないものは現在気候)



3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温（真夏日日数の変化）

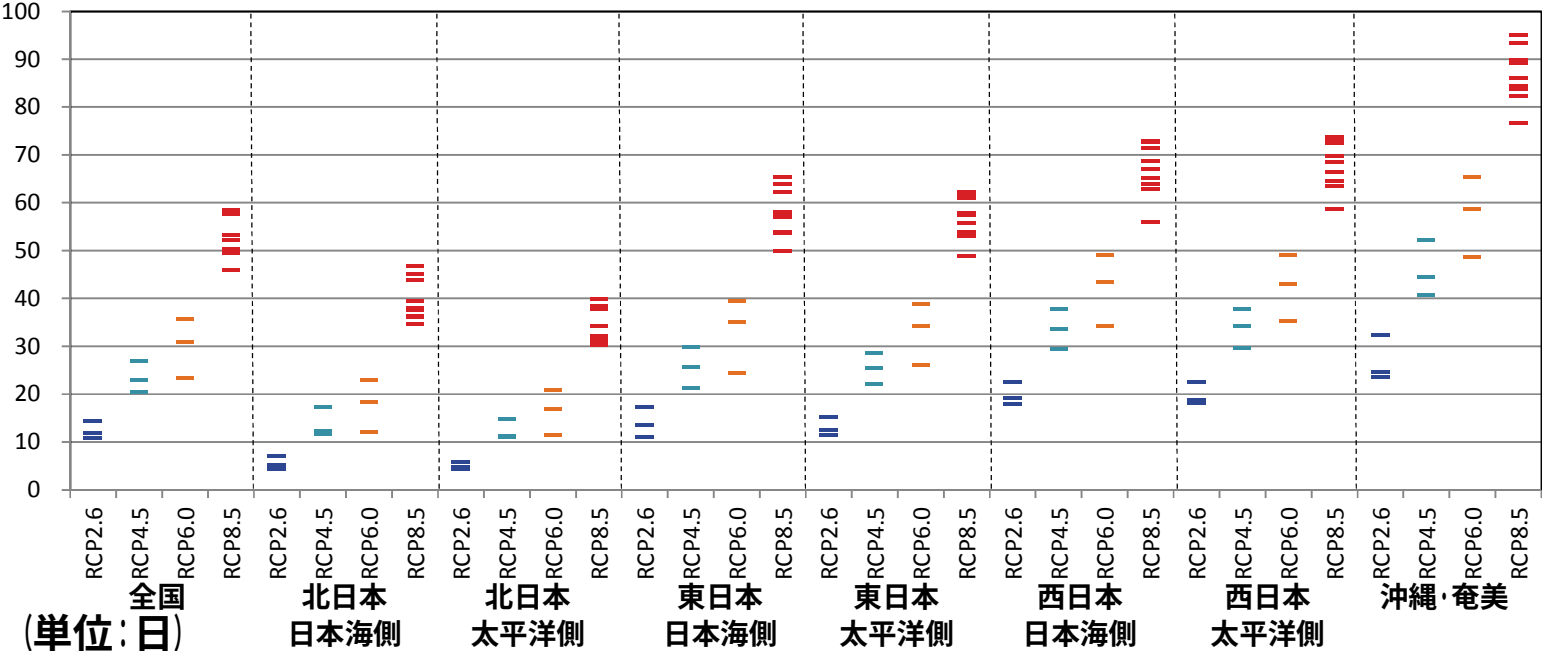
●真夏日（日最高気温30℃以上）の年間日数の変化

※バイアス補正（参考資料参照）後のデータを使用

- 真夏日の年間日数は将来の温室効果ガス安定化レベルが高くなるほど増加する。全国を見ると、RCP2.6で平均12.4日（最小10.9日、最大14.4日）、RCP8.5で平均52.8日（最小45.9日、最大58.5日）増加すると予測される。

(日)

真夏日の年間日数の変化



＜アンサンブルメンバ数＞

- RCP2.6: 3ケース
- RCP4.5: 3ケース
- RCP6.0: 3ケース
- RCP8.5: 9ケース

各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）の差を示す。下表に、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。また、参考として各地域の一都市における平年値（1981～2010年平均）を例示する。

	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	沖縄・奄美
RCP2.6	12.4 (10.9～14.4)	5.5 (4.4～6.9)	5.0 (4.3～5.9)	13.9 (10.9～17.3)	13.1 (11.4～15.2)	19.9 (17.9～22.6)	19.8 (18.1～22.5)	26.8 (23.5～32.4)
RCP4.5	23.5 (20.5～26.9)	13.7 (11.5～17.3)	12.4 (11.1～14.8)	25.6 (21.2～29.8)	25.3 (22.1～28.5)	33.6 (29.4～37.7)	33.8 (29.7～37.7)	45.8 (40.6～52.2)
RCP6.0	30.0 (23.4～35.8)	17.7 (12.1～22.9)	16.4 (11.4～20.8)	33.0 (24.4～39.5)	33.0 (26.1～38.7)	42.1 (34.1～48.9)	42.4 (35.1～49.1)	57.5 (48.5～65.3)
RCP8.5	52.8 (45.9～58.5)	39.7 (34.6～46.6)	33.9 (30.2～39.8)	57.9 (50.0～65.3)	56.9 (48.9～62.3)	66.7 (55.9～73.0)	67.8 (58.6～73.8)	86.7 (76.6～95.0)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	8.0	0.1	33.5	48.5	57.1	73.2	96.0

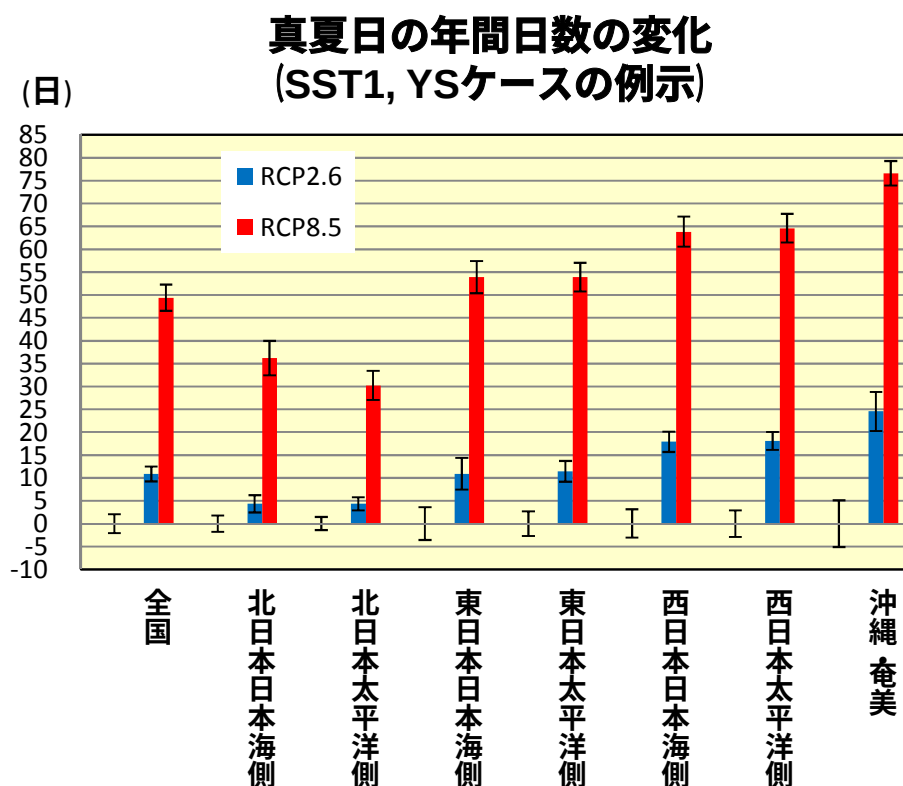
モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。（現在気候の再現計算結果による全国平均値は約23日）

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温 (真夏日日数の変化)

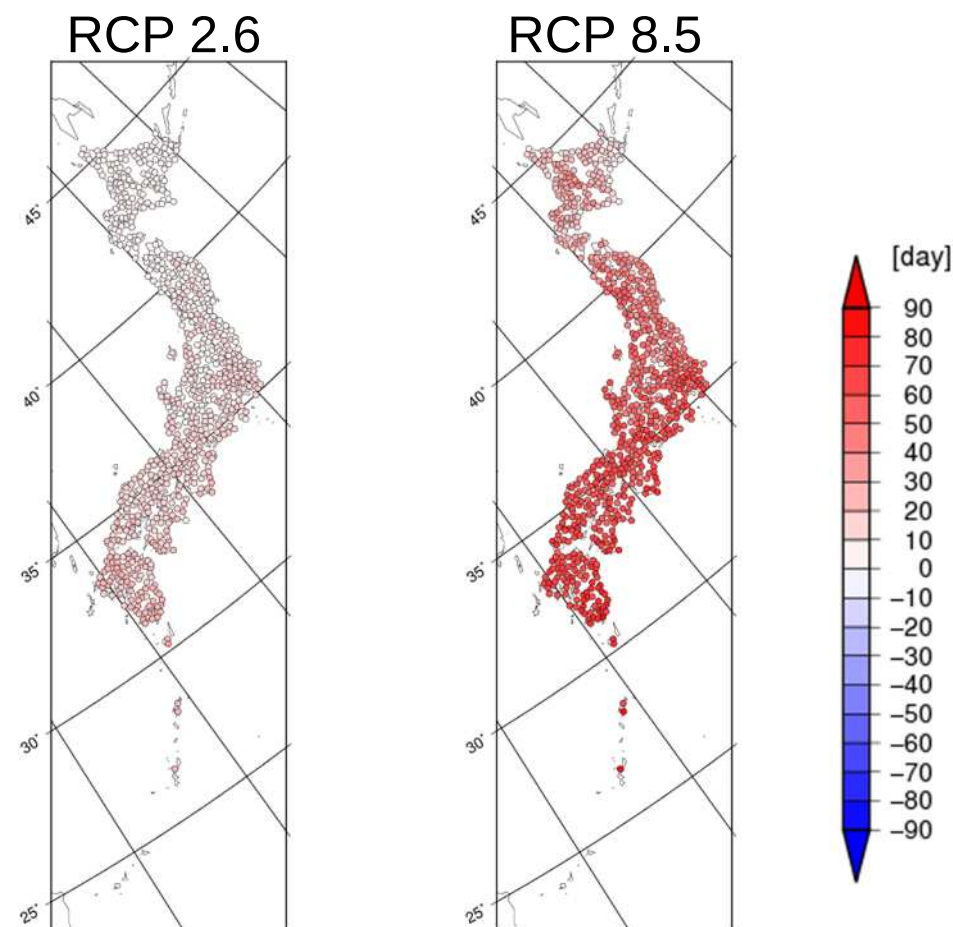
●真夏日の年間日数の地域分布

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

- 真夏日の年間日数は全国的に増加し、増加幅は年々変動幅より概ね大きい。特に西日本及び沖縄・奄美での増加幅が大きい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候との差 (青: RCP2.6、赤: RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差
(棒グラフがないもの: 現在気候)



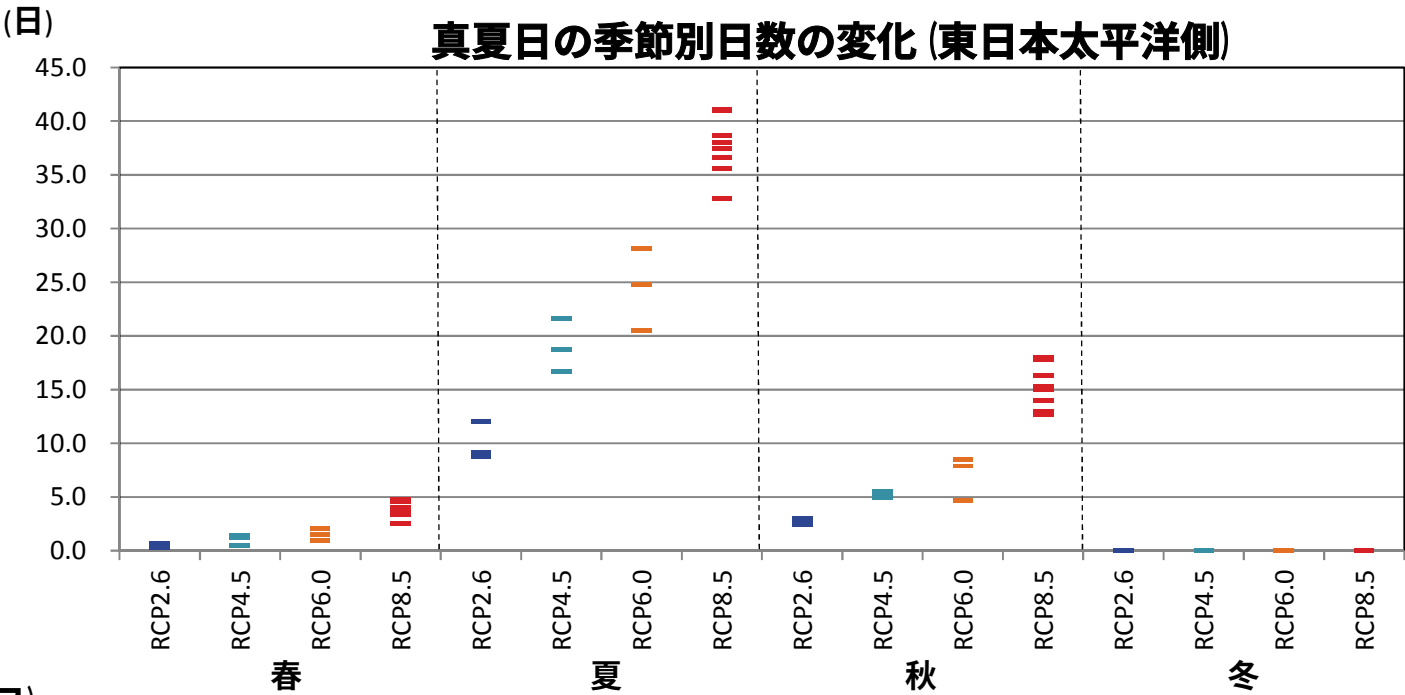
真夏日の年間日数の変化の分布 (SST1, YSケースの例示)

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温 (真夏日日数の変化)

●真夏の季節別日数の変化 (東日本太平洋側)

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

- 東京を含む東日本太平洋側で季節別日数の変化をみると、夏の増加幅が大きい。



＜アンサンブルメンバ数＞

RCP2.6: 3ケース
RCP4.5: 3ケース
RCP6.0: 3ケース
RCP8.5: 9ケース

各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) の差を示す。
下表に、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。
また、参考として各地域の一都市における平年値 (1981～2010年平均) を例示する。

	春 (3～5月)	夏 (6～8月)	秋 (9～11月)	冬 (12～2月)
RCP2.6	0.4 (0.2～0.6)	10.0(8.7～12.0)	2.7 (2.4～3.0)	0.0 (0.0～0.0)
RCP4.5	1.0 (0.5～1.4)	19.0 (16.7～21.6)	5.3 (5.0～5.5)	0.0 (0.0～0.0)
RCP6.0	1.5 (0.9～2.0)	24.5 (20.5～28.2)	7.0 (4.7～8.5)	0.0 (0.0～0.0)
RCP8.5	3.8 (2.5～4.8)	37.7 (32.8～41.0)	15.3 (12.6～17.9)	0.0 (0.0～0.0)
東京 (参考都市) の平年値	0.3	40.4	7.8	0.0

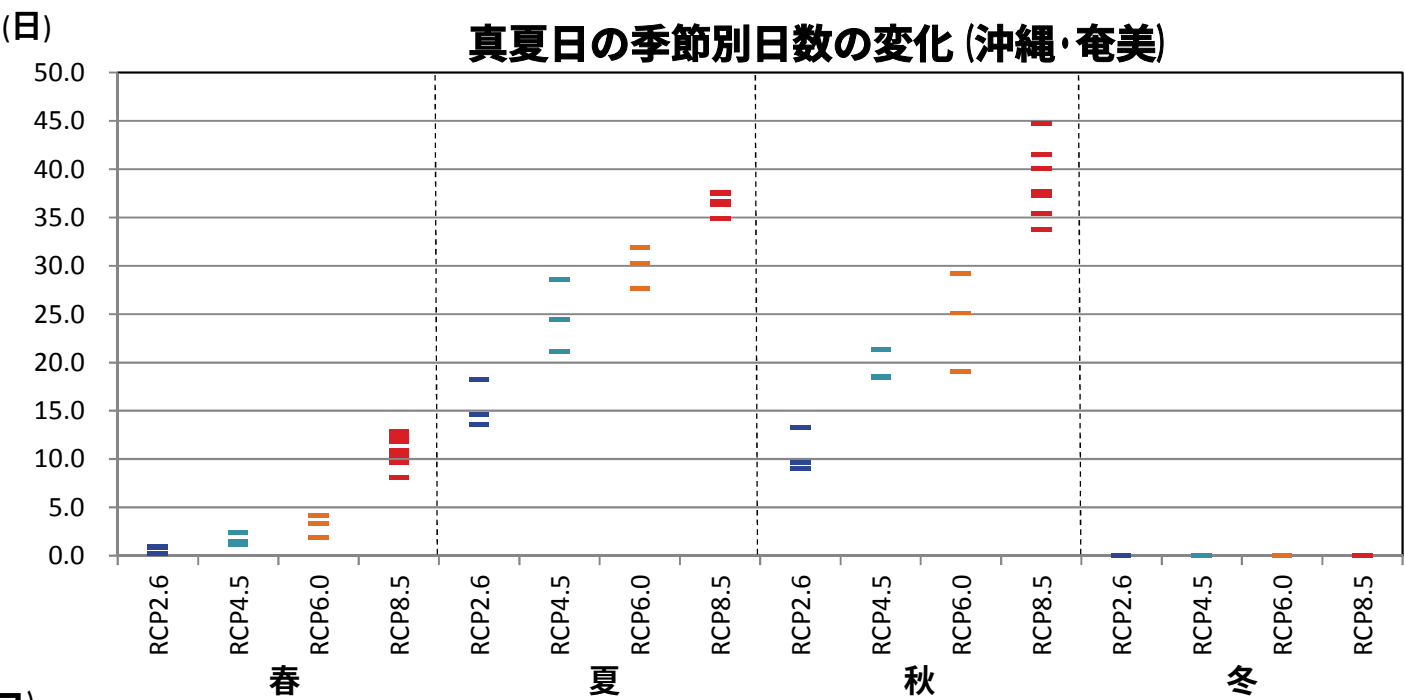
モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。
また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温 (真夏日日数の変化)

●真夏の季節別日数の変化 (沖縄・奄美)

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

- 変化量の大きい沖縄・奄美で季節別日数の変化をみると、夏と秋の増加幅が大きい。



＜アンサンブルメンバ数＞

RCP2.6: 3ケース

RCP4.5: 3ケース

RCP6.0: 3ケース

RCP8.5: 9ケース

各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) の差を示す。
下表に、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。
また、参考として各地域の一都市における平年値 (1981～2010年平均) を例示する。

(単位: 日)

	春 (3～5月)	夏 (6～8月)	秋 (9～11月)	冬 (12～2月)
RCP2.6	0.7 (0.3～0.9)	15.5 (13.6～18.2)	10.6 (9.0～13.3)	0.0 (0.0～0.0)
RCP4.5	1.7 (1.1～2.3)	24.7 (21.1～28.6)	19.4 (18.4～21.3)	0.0 (0.0～0.0)
RCP6.0	3.1 (1.9～4.2)	29.9 (27.6～31.9)	24.4 (19.0～29.2)	0.0 (0.0～0.0)
RCP8.5	11.0 (8.0～12.8)	36.6 (34.9～37.5)	39.2 (33.7～44.7)	0.0 (0.0～0.0)
那覇 (参考都市) の平年値	1.6	70.3	24.0	0.0

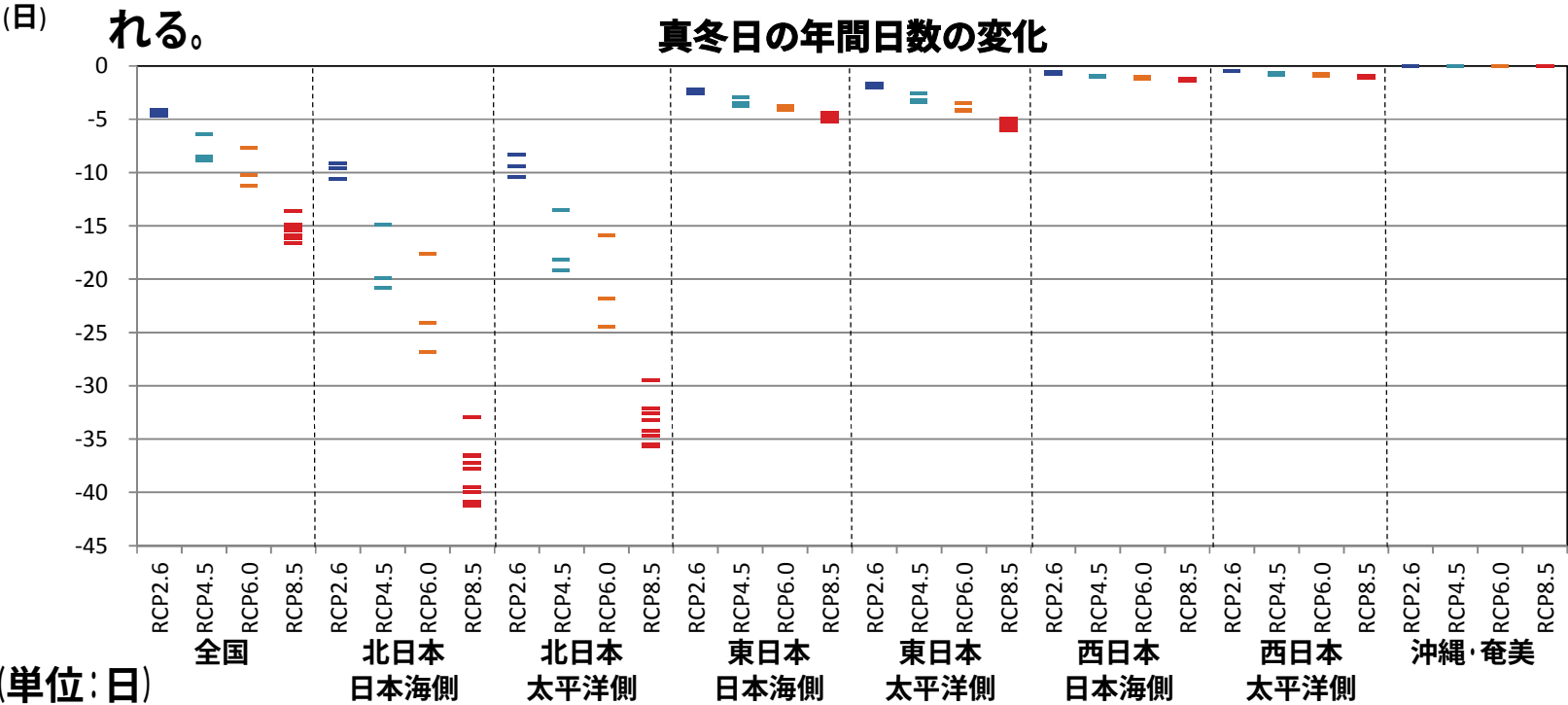
モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。
また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温 (真冬日日数の変化)

●真冬日 (日最高気温0℃未満) の年間日数の変化

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

●真冬日の年間日数は将来の温室効果ガス安定化レベルが高くなるほど減少する。全国では、RCP2.6で平均4.4日 (最小4.1日、最大4.7日)、RCP8.5で平均15.5日 (最小13.6日、最大16.6日) 減少すると予測される。



＜アンサンブルメンバー数＞

- RCP2.6: 3ケース
- RCP4.5: 3ケース
- RCP6.0: 3ケース
- RCP8.5: 9ケース

各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) の差を示す。下表に、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。また、参考として各地域の一都市における平年値 (1981～2010年平均) を例示する。

(単位: 日)

	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	沖縄・奄美
RCP2.6	-4.4 (-4.7～-4.1)	-9.8 (-10.6～-9.2)	-9.4 (-10.4～-8.3)	-2.4 (-2.5～-2.2)	-1.8 (-2.1～-1.6)	-0.7 (-0.7～-0.6)	-0.5 (-0.5～-0.5)	0.0 (0.0～0.0)
RCP4.5	-7.9 (-8.9～-6.4)	-18.5 (-20.8～-14.9)	-16.9 (-19.2～-13.5)	-3.4 (-3.8～-3.0)	-3.1 (-3.4～-2.6)	-1.0 (-1.1～-0.9)	-0.8 (-0.8～-0.7)	0.0 (0.0～0.0)
RCP6.0	-9.7 (-11.3～-7.7)	-22.9 (-26.8～-17.7)	-20.7 (-24.5～-15.9)	-4.0 (-4.2～-3.7)	-4.0 (-4.3～-3.5)	-1.1 (-1.2～-1.0)	-0.9 (-0.9～-0.8)	0.0 (0.0～0.0)
RCP8.5	-15.5 (-16.6～-13.6)	-38.1 (-41.2～-33.0)	-33.3 (-35.7～-29.5)	-4.9 (-5.2～-4.4)	-5.6 (-6.0～-5.0)	-1.3 (-1.4～-1.2)	-1.0 (-1.1～-1.0)	0.0 (0.0～0.0)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	45.0	44.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0

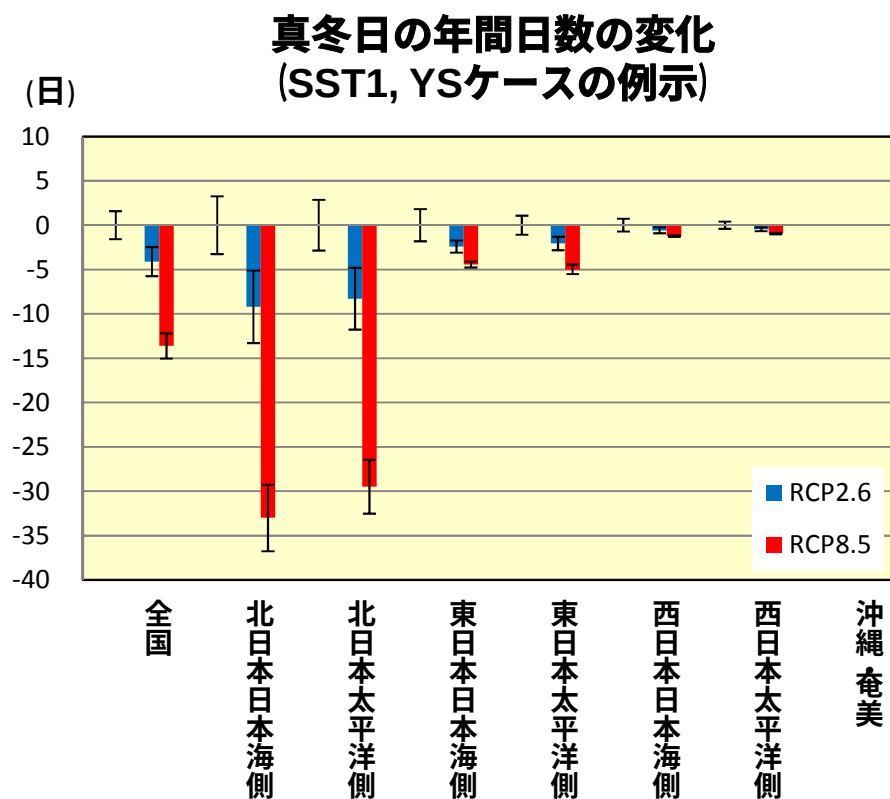
モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／気温 (真冬日日数の変化)

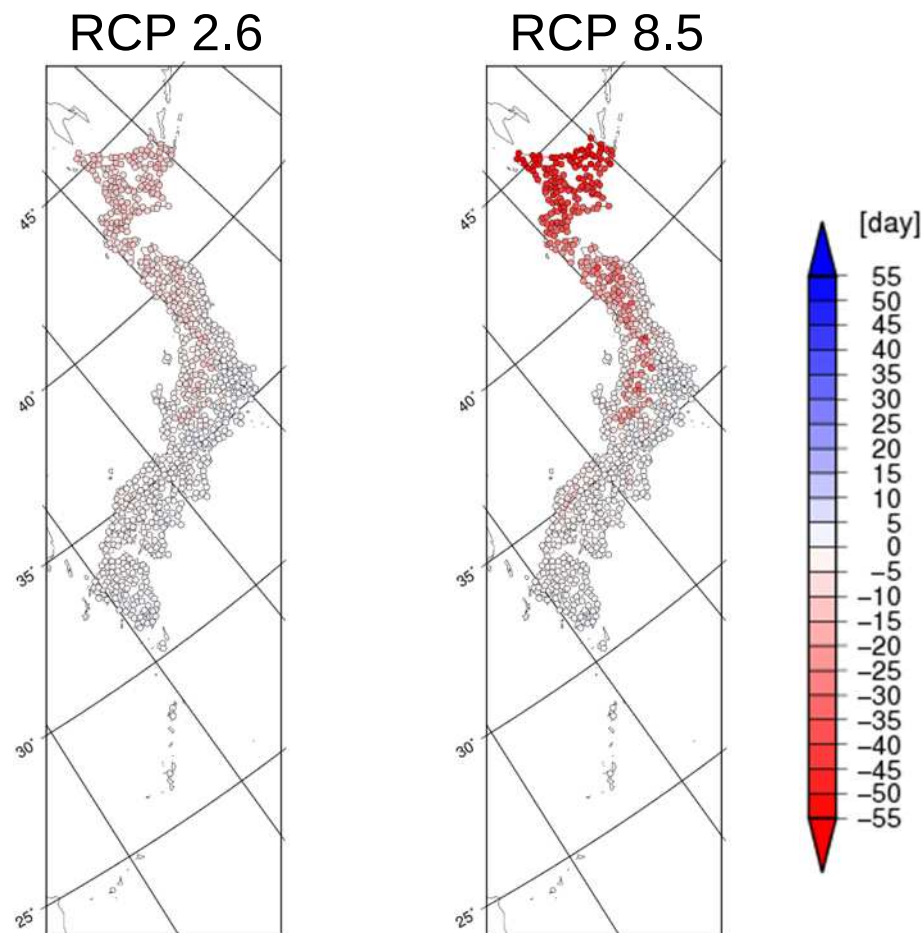
●真冬日の年間日数の変化の地域分布

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

- 真冬日の年間日数は全国的に減少し、減少幅は年々変動幅より概ね大きい。特に北日本での減少幅が大きい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候との差 (青: RCP2.6、赤: RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差
(棒グラフがないもの: 現在気候)



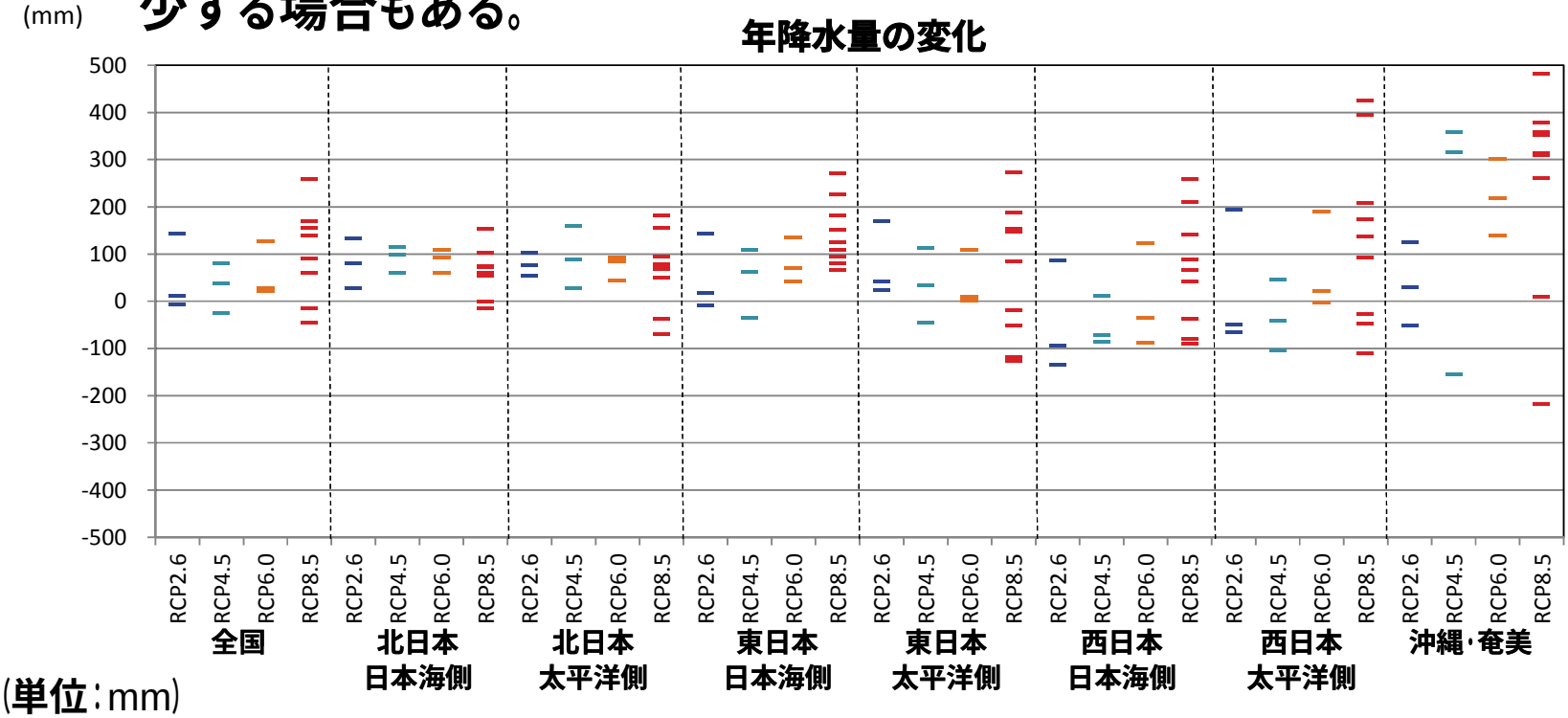
真冬日の年間日数の変化の分布 (SST1, YSケースの例示)

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／降水 (年降水量の変化)

●年降水量の変化

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

- 年降水量は、シナリオの違いによる傾向は不明瞭であり、ケースによって増加する場合も減少する場合もある。



<アンサンブルメンバー数>

- RCP2.6: 3ケース
- RCP4.5: 3ケース
- RCP6.0: 3ケース
- RCP8.5: 9ケース

各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) の差を示す。
下表に、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。
また、参考として各地域の一都市における平年値 (1981～2010年平均) を例示する。

	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	沖縄・奄美
RCP2.6	48.7 (-7.9～143.4)	80.2 (27.7～133.4)	78.0 (54.8～102.8)	50.1 (-9.6～143.0)	78.5 (23.4～170.0)	-47.6 (-134.6～86.3)	26.2 (-66.1～194.8)	34.3 (-51.7～125.6)
RCP4.5	30.3 (-26.1～79.7)	90.8 (59.2～114.5)	91.3 (26.9～158.6)	45.2 (-35.4～109.5)	33.8 (-44.6～112.3)	-48.5 (-85.0～12.1)	-33.4 (-104.3～46.4)	172.8 (-154.8～358.1)
RCP6.0	58.3 (21.5～127.2)	86.3 (59.8～108.0)	73.2 (44.4～91.5)	81.9 (41.6～134.5)	39.6 (0.9～108.7)	-0.2 (-87.7～123.3)	69.3 (-3.2～189.5)	219.6 (139.6～301.5)
RCP8.5	85.2 (-45.7～259.2)	62.1 (-14.5～153.9)	65.7 (-69.3～182.3)	145.0 (65.9～271.7)	58.9 (-126.2～273.7)	66.3 (-90.9～259.8)	138.2 (-111.1～424.2)	249.5 (-217.7～482.4)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	1106.5	1042.9	1821.0	1528.8	1612.3	1279.0	2040.8

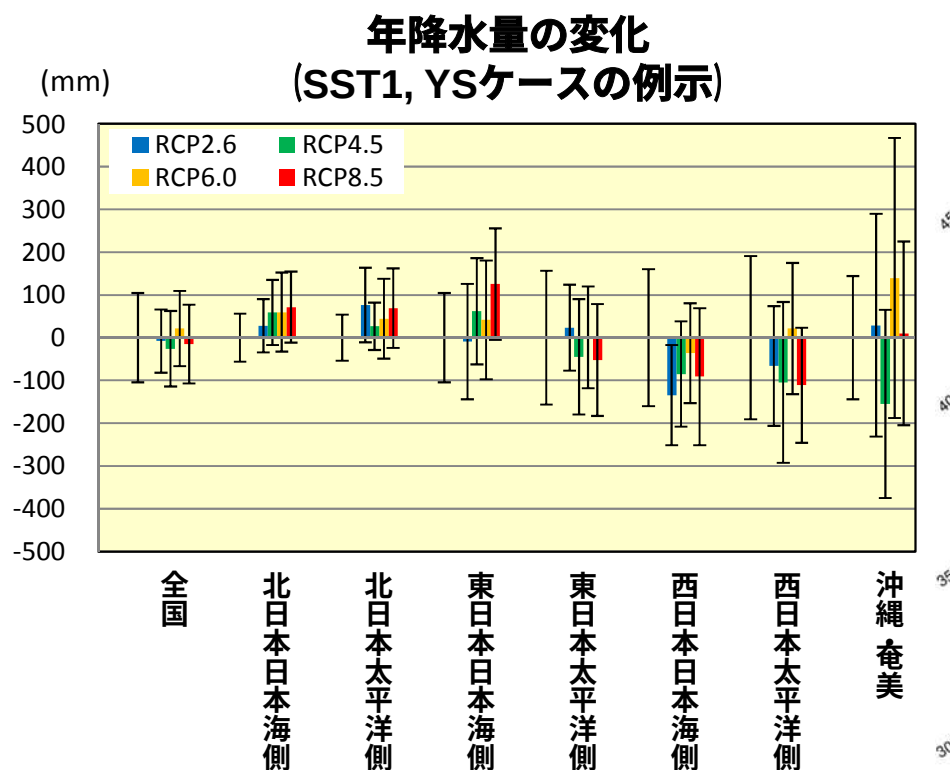
モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。
また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／降水 (年降水量の変化)

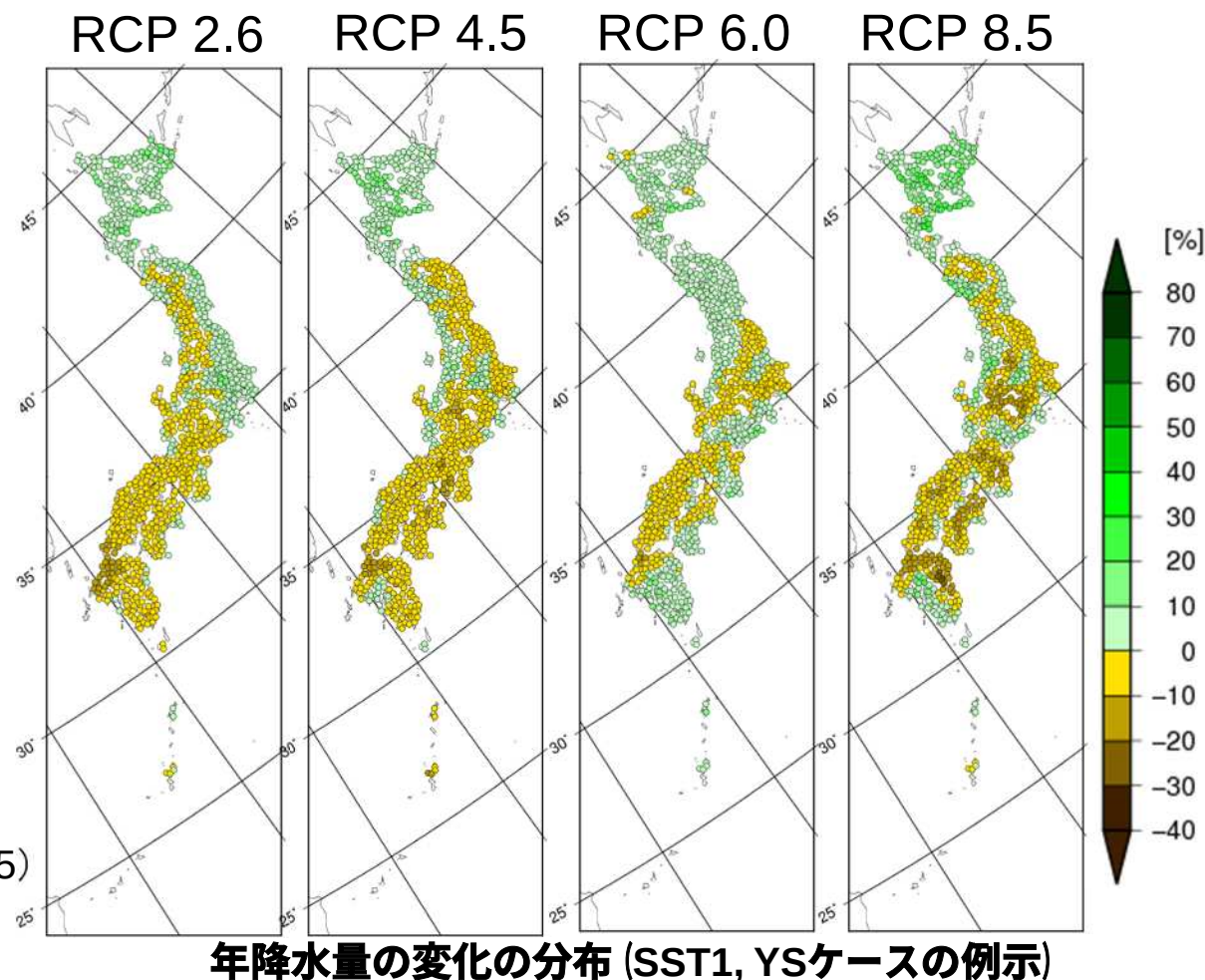
●年降水量の変化の地域分布

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

- 年降水量の将来における増減幅は年々変動幅より概ね小さく、どのシナリオでも、統計的に有意な変化はほとんど見られない。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候との差
(青:RCP2.6、緑:RCP4.5、橙:RCP6.0、赤:RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差
(棒グラフがないもの: 現在気候)

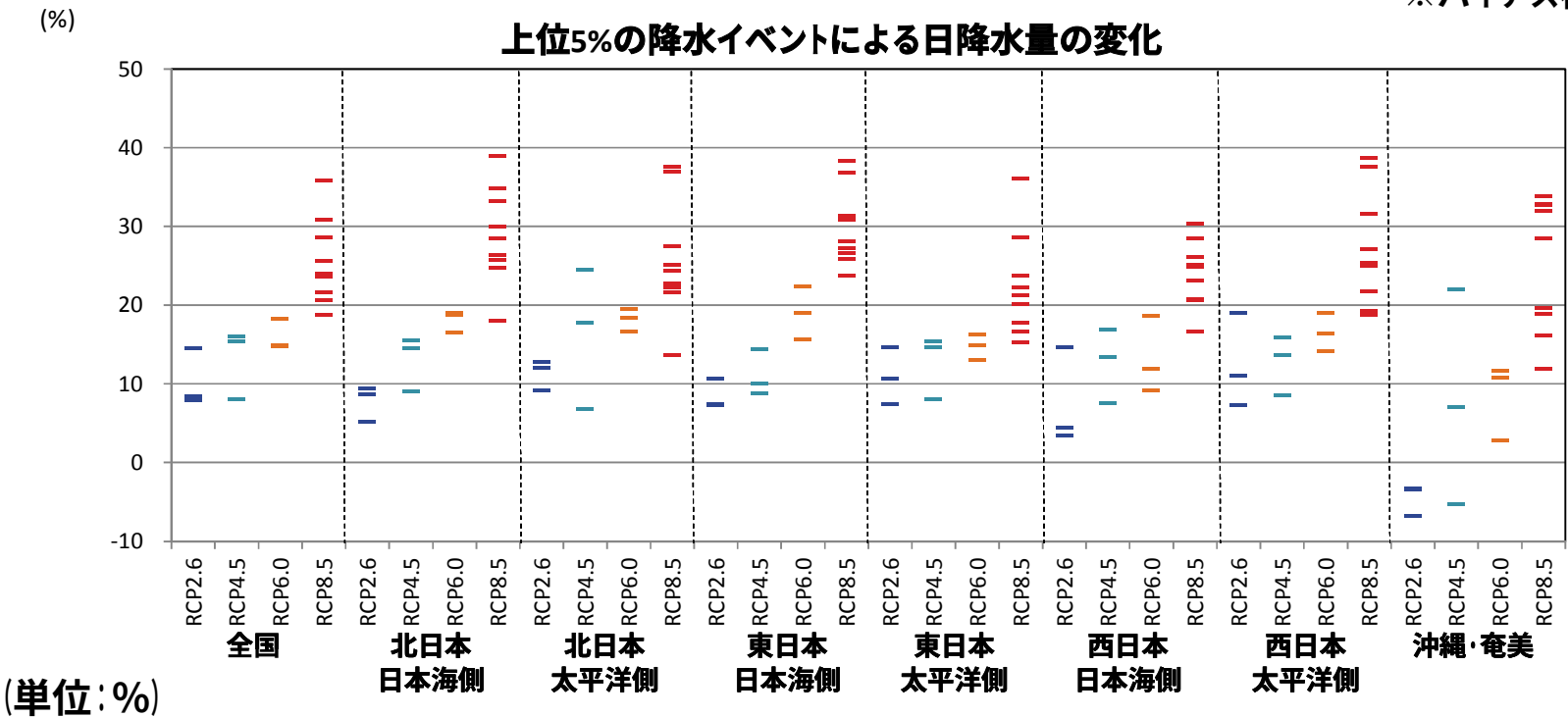


3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／降水（大雨による降水量の変化）

●大雨による降水量（上位5%の降水イベントによる日降水量）の変化

●大雨による降水量は、ほとんどのシナリオ・ケースにおいて増加すると予測される。

※バイアス補正（参考資料参照）後のデータを使用



＜アンサンブルメンバ数＞

- RCP2.6: 3ケース
- RCP4.5: 3ケース
- RCP6.0: 3ケース
- RCP8.5: 9ケース

各ケースにおける現在気候（1984～2004年平均）からの将来気候の予測（2080～2100年平均）の変化率を示す。
下表に、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。また、参考として各地域の一都市における平年値（1981～2010年平均）を例示する。

	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	沖縄・奄美
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)	-4.5 (-6.7～-3.3)
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)	8.0 (-5.2～22.0)
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)	8.4 (2.8～11.7)
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)	25.2 (11.9～33.9)
(地域平均)	※地域ごとの日降水量の発生頻度分布をもとに算出							
上位5%日降水量	40～60(mm)	20～40(mm)	20～40(mm)	40～60(mm)	40～60(mm)	40～60(mm)	60～80(mm)	80～100(mm)

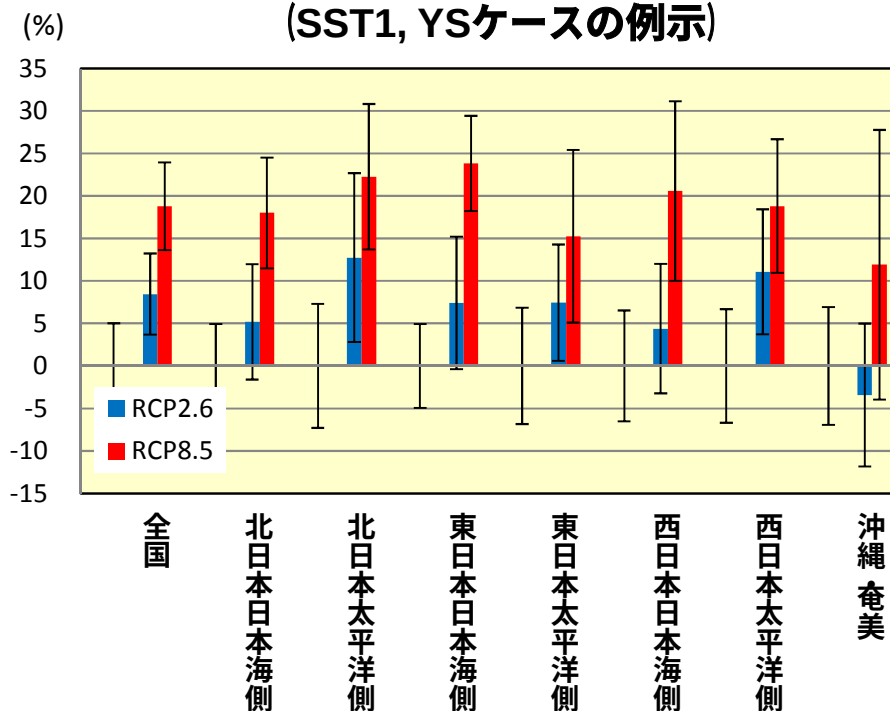
3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／降水 (大雨による降水量の変化)

●大雨による降水量の変化の地域分布

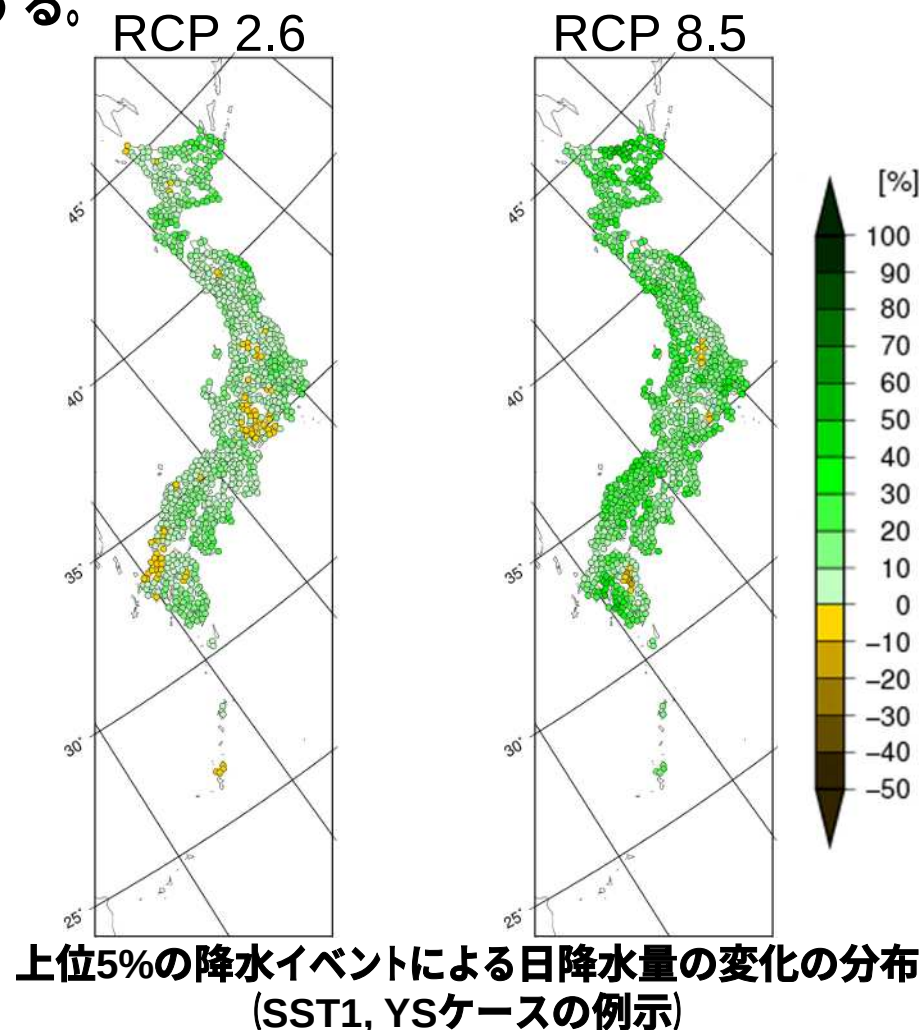
※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

- 大雨による降水量は一部地域を除き全国的に増加し、RCP8.5シナリオでは増加幅は年々変動幅より概ね大きい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。

上位5%の降水イベントによる日降水量の変化
(SST1, YSケースの例示)

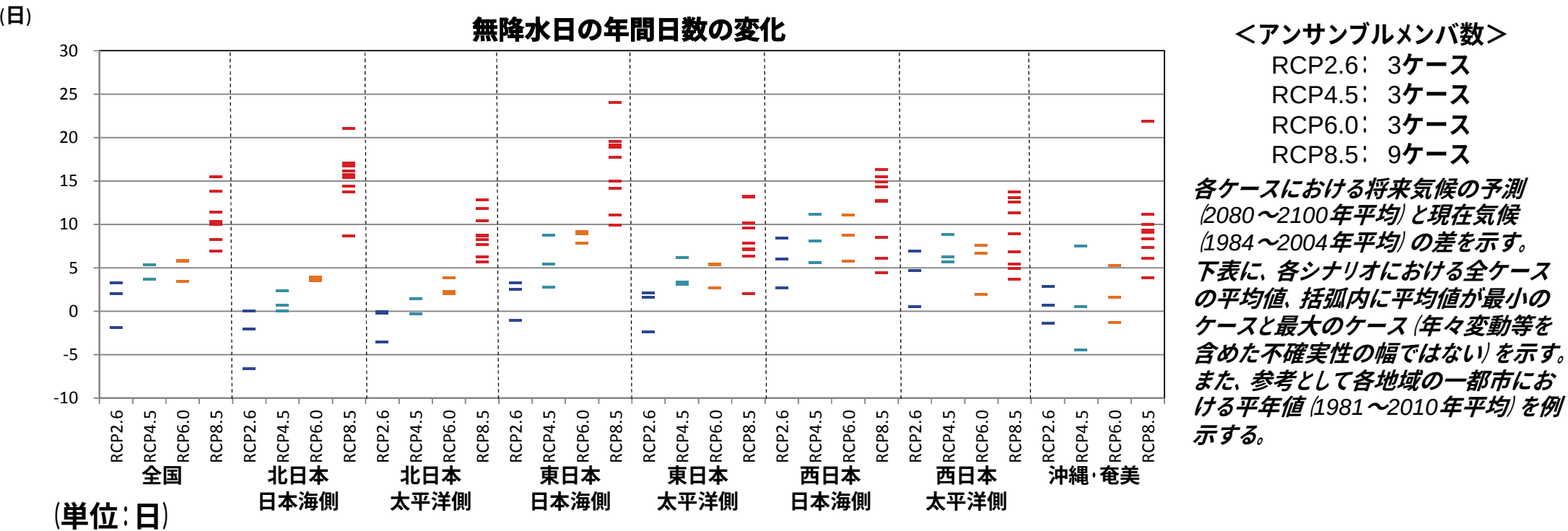


棒グラフ : 現在気候からの変化率 (青: RCP2.6、赤: RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差 (現在気候計算結果との比)
(棒グラフがないもの: 現在気候)



3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／降水（無降水日数の変化）

- 無降水日（日降水量1ミリ未満）の年間日数の変化
- 無降水日の年間日数は、多くのシナリオ・ケースにおいて増加すると予測される。
- ※バイアス補正（参考資料参照）後のデータを使用



	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	沖縄・奄美
RCP2.6	1.1 (-1.9～3.2)	-2.9 (-6.6～0.0)	-1.3 (-3.6～-0.1)	1.6 (-1.1～3.3)	0.5 (-2.3～2.1)	5.7 (2.7～8.4)	4.0 (0.5～6.9)	0.7 (-1.4～2.9)
RCP4.5	4.2 (3.7～5.3)	1.0 (0.1～2.4)	0.9 (-0.3～1.5)	5.6 (2.7～8.8)	4.2 (3.1～6.2)	8.3 (5.6～11.2)	6.9 (5.7～8.9)	1.2 (-4.4～7.5)
RCP6.0	5.0 (3.4～5.8)	3.7 (3.5～3.9)	2.7 (2.0～3.8)	8.6 (7.8～9.1)	4.5 (2.6～5.4)	8.5 (5.8～11.0)	5.4 (1.9～7.6)	1.9 (-1.3～5.3)
RCP8.5	10.7 (6.9～15.5)	15.4 (8.6～21.1)	8.9 (5.7～12.8)	16.6 (9.9～24.0)	8.5 (2.0～13.2)	11.7 (4.4～16.3)	8.9 (3.7～13.7)	9.7 (3.9～21.9)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	225.5	276.7	192.8	263.6	253.7	266.8	243.1

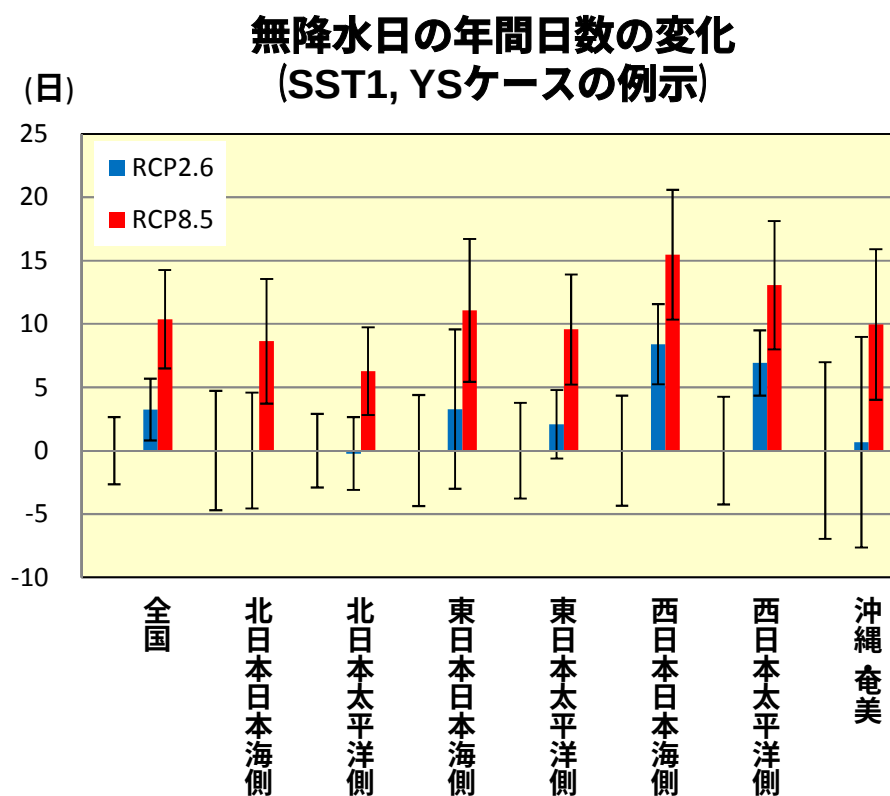
モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。
また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。（現在気候の再現計算結果による全国平均値は約250日）

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／降水（無降水日数の変化）

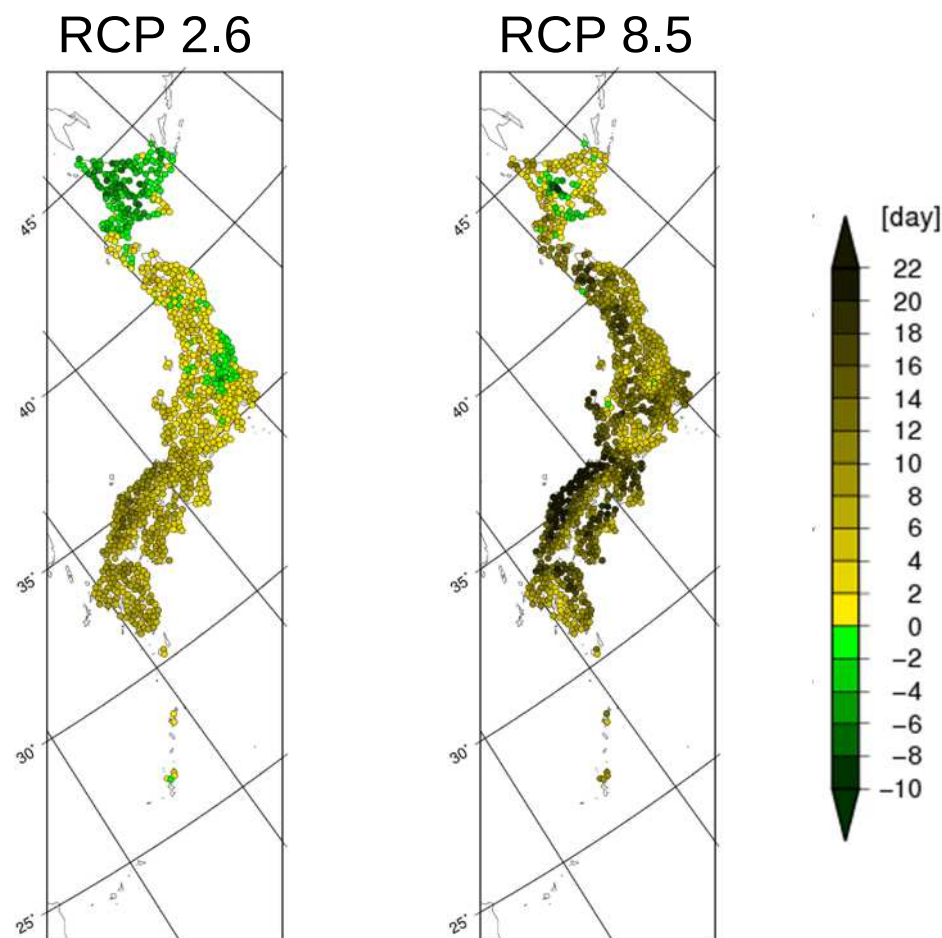
●無降水日の年間日数の変化の地域分布

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

- RCP8.5シナリオでは、無降水日の年間日数は全国的に増加し、増加幅は年々変動幅より概ね大きい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候との差 (青:RCP2.6、赤:RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差
(棒グラフがないもの: 現在気候)



無降水日の年間日数の変化の分布 (SST1, YSケースの例示)

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／降水（無降水日数の変化）

●無降水日（日降水量1ミリ未満）の季節別日数の変化（東日本太平洋側）

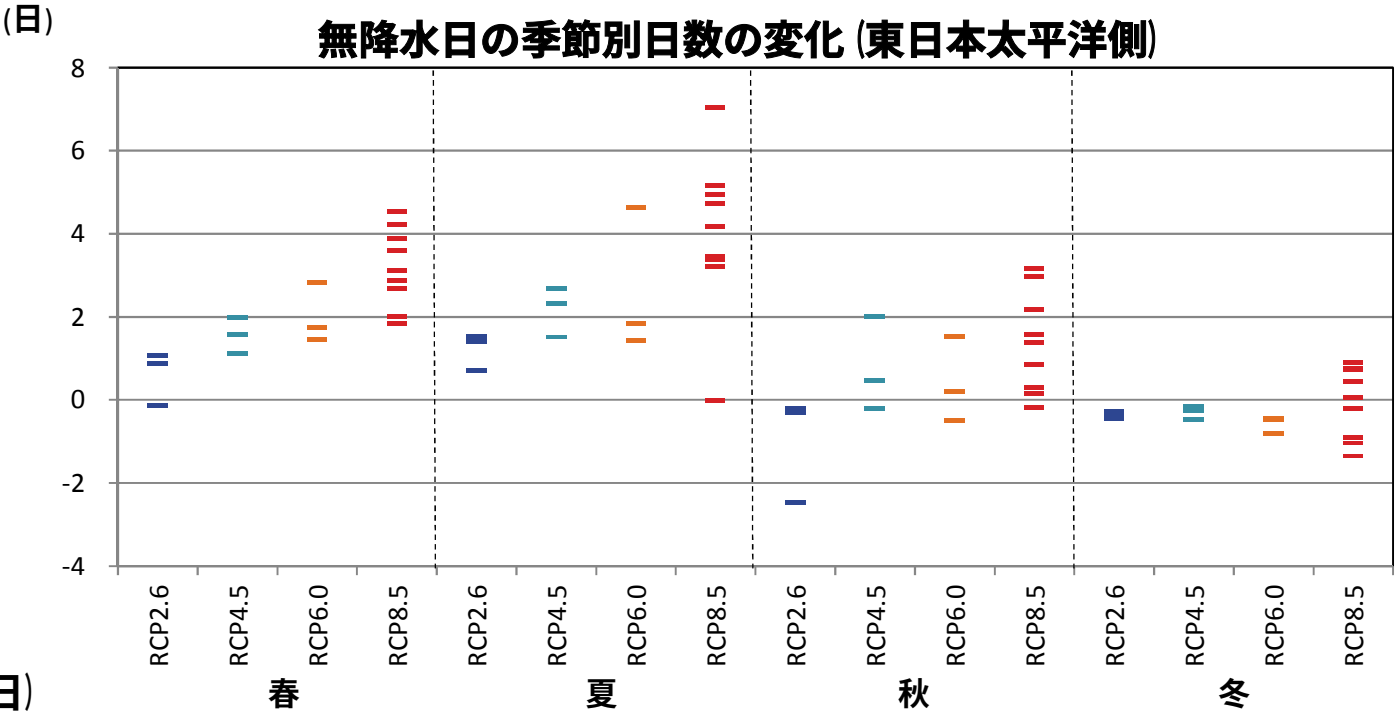
- 東京を含む東日本太平洋側で季節別日数の変化をみると、春と夏を中心に増加する傾向があると予測される。

※バイアス補正（参考資料参照）後のデータを使用

＜アンサンブルメンバ数＞

- RCP2.6： 3ケース
- RCP4.5： 3ケース
- RCP6.0： 3ケース
- RCP8.5： 9ケース

各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）の差を示す。
下表に、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。
また、参考として各地域の一都市における平年値（1981～2010年平均）を例示する。



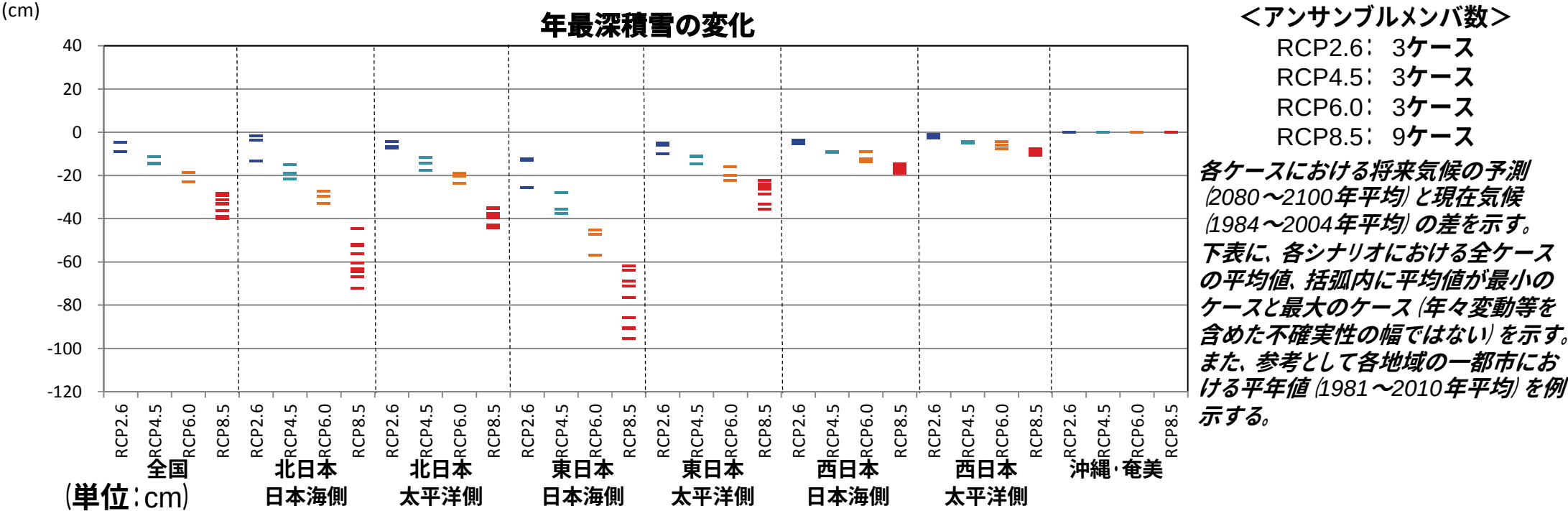
	春 (3～5月)	夏 (6～8月)	秋 (9～11月)	冬 (12～2月)
RCP2.6	0.6 (-0.1～1.1)	1.2 (0.7～1.5)	-1.0 (-2.5～0.2)	-0.4 (-0.4～-0.3)
RCP4.5	1.6 (1.1～2.0)	2.2(1.5～2.7)	0.8 (-0.2～2.0)	-0.3 (-0.5～-0.2)
RCP6.0	2.0 (1.5～2.8)	2.6 (1.4～4.6)	0.4 (-0.5～1.5)	-0.6 (-0.8～-0.5)
RCP8.5	3.2 (1.8～4.5)	4.0 (0.0～7.0)	1.4 (-0.2～3.2)	-0.1 (1.4～0.9)
東京 (参考都市) の 平年値	61.9	62.6	63.4	75.8

モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。
また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／積雪・降雪（最深積雪の変化）

●年最深積雪の変化

- 年最深積雪は、沖縄・奄美を除きすべてのシナリオ・ケースにおいて減少すると予測され、特に東日本日本海側で減少量が多い。



	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	沖縄・奄美
RCP2.6	-6 (-9～-5)	-6 (-13～-2)	-6 (-7～-4)	-17 (-26～-12)	-7 (-10～-5)	-5 (-5～-4)	-2 (-3～-1)	0 (0～0)
RCP4.5	-13 (-15～-11)	-19 (-22～-15)	-15 (-18～-12)	-34 (-38～-28)	-12 (-15～-11)	-9 (-9～-9)	-5 (-5～-4)	0 (0～0)
RCP6.0	-20 (-23～-19)	-30 (-33～-27)	-21 (-24～-19)	-50 (-57～-45)	-19 (-22～-16)	-12 (-14～-9)	-6 (-8～-4)	0 (0～0)
RCP8.5	-34 (-40～-28)	-59 (-72～-45)	-39 (-44～-35)	-78 (-96～-62)	-28 (-35～-22)	-17 (-19～-15)	-9 (-11～-8)	0 (0～0)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	100	38	36	6	3	2	-

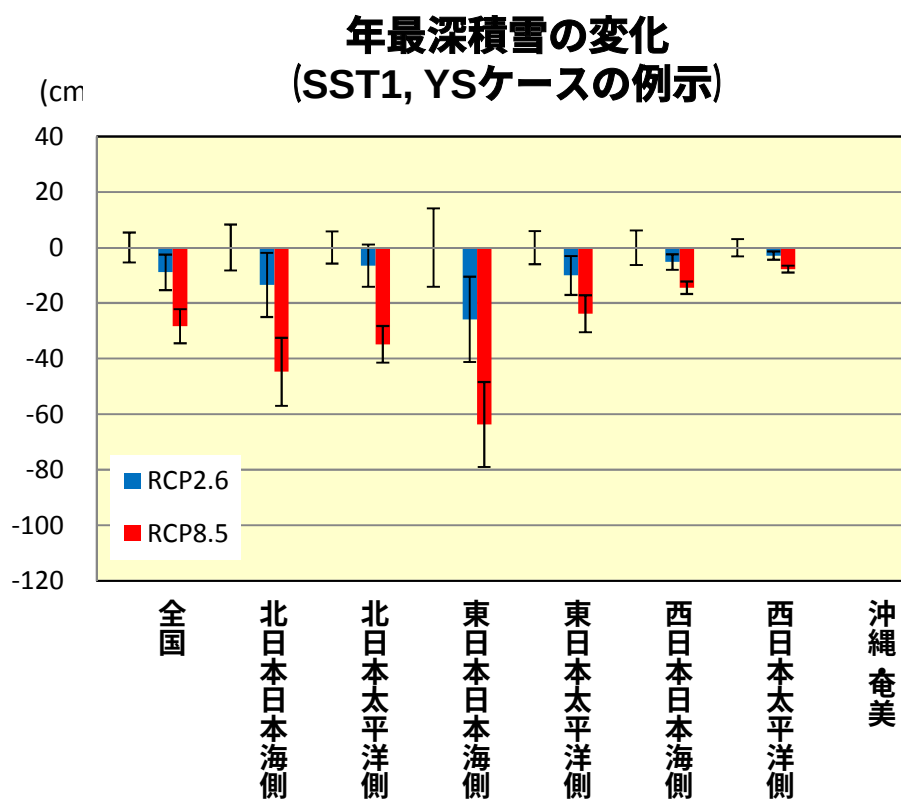
モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。
また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／積雪・降雪（最深積雪の変化）

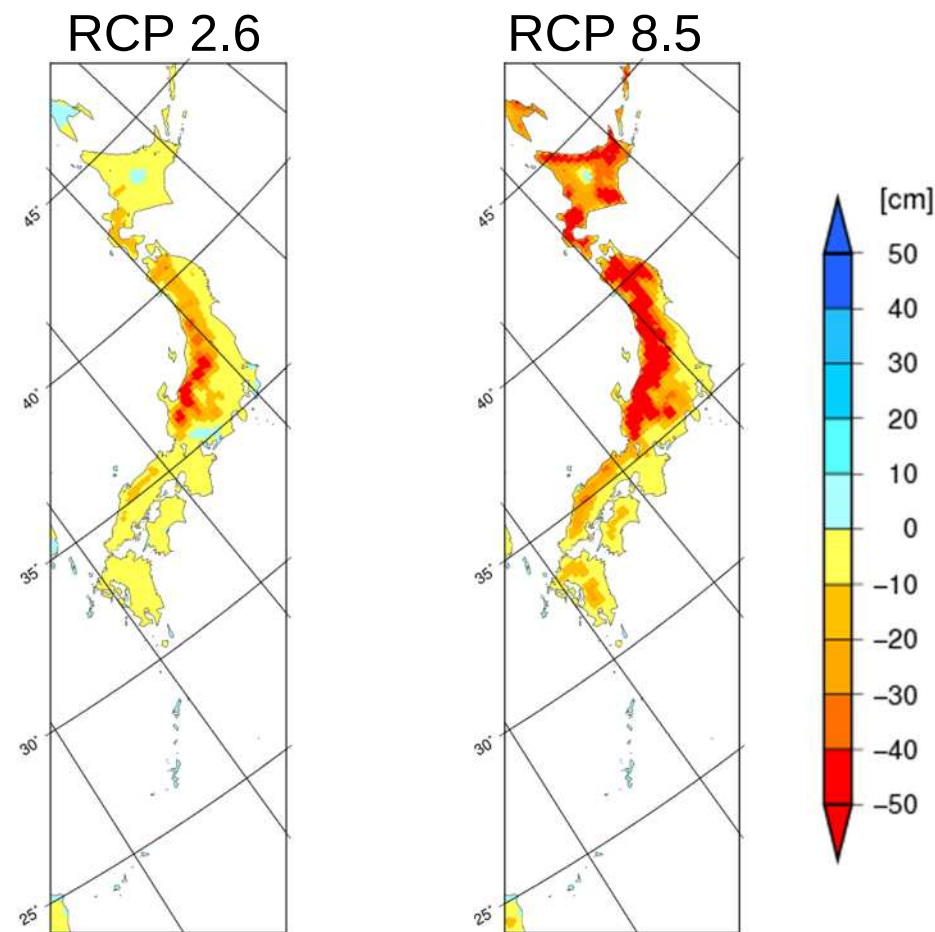
●年最深積雪の変化の地域分布

※積雪深・降雪量に関してはバイアス補正を行っておらず、モデル出力値をそのまま用いている。
水平解像度 (20km) より小さなスケールの積雪・降雪が十分に再現できていない可能性がある。

- 年最深積雪はほぼ全国的に減少し、減少幅は年々変動幅より概ね大きい。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候からの変化率 (青: RCP2.6、赤: RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差 (現在気候計算結果との比)
(棒グラフがないもの: 現在気候)



年最深積雪の変化の分布
(SST1, YSケースの例示)

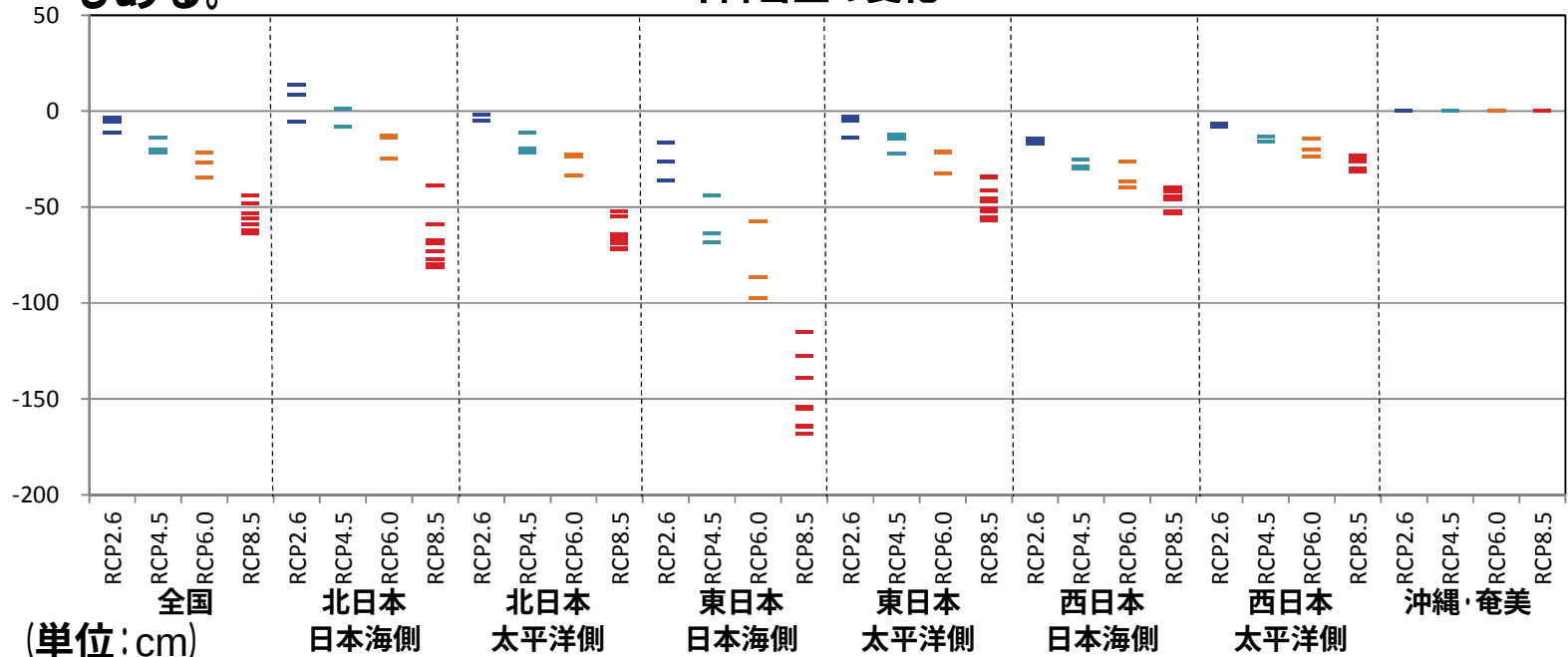
3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／積雪・降雪 (降雪量の変化)

●年降雪量の変化

●年降雪量は、ほとんどのシナリオ・ケースにおいて減少すると予測され、特に東日本日本海側で減少量が多い。北日本日本海側では、RCP2.6やRCP4.5で降雪量が増加するケースもある。

(cm)

年降雪量の変化



<アンサンブルメンバ数>

- RCP2.6: 3ケース
- RCP4.5: 3ケース
- RCP6.0: 3ケース
- RCP8.5: 9ケース

各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) の差を示す。下表に、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。また、参考として各地域の一都市における平年値 (1981～2010年平均) を例示する。

	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	沖縄・奄美
RCP2.6	-7 (-11～-4)	5 (-5～13)	-4 (-5～-2)	-26 (-36～-16)	-7 (-14～-3)	-16 (-17～-14)	-7 (-8～-6)	0 (0～0)
RCP4.5	-19 (-22～-14)	-5 (-8～1)	-18 (-22～-11)	-59 (-68～-44)	-16 (-22～-12)	-28 (-30～-25)	-15 (-16～-13)	0 (0～0)
RCP6.0	-28 (-35～-22)	-17 (-25～-13)	-27 (-33～-23)	-81 (-98～-58)	-25 (-33～-21)	-34 (-40～-26)	-19 (-23～-14)	0 (0～0)
RCP8.5	-57 (-64～-44)	-68 (-81～-39)	-65 (-72～-52)	-146 (-168～-115)	-46 (-57～-34)	-45 (-53～-40)	-26 (-31～-23)	0 (0～0)
(参考都市例)	-	札幌	釧路	新潟	東京	福岡	大阪	那覇
上記都市の 平年値	-	597	162	217	11	4	3	0

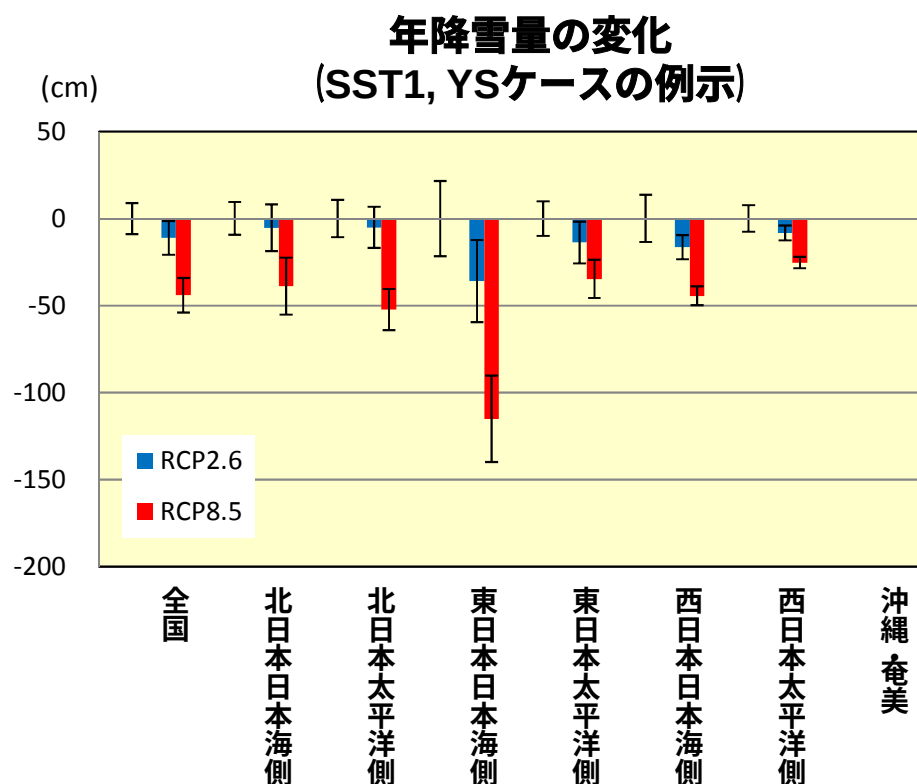
モデル計算結果の現在気候をベースにした変化量の地域平均と、一地点の観測値である平年値とは、単純に比較できるものではない。また、都市例は代表的な都市をあげているが、地域の気候の代表値ではない。

3. 整備されたデータの特徴 ～ 将来気候の予測／積雪・降雪 (降雪量の変化)

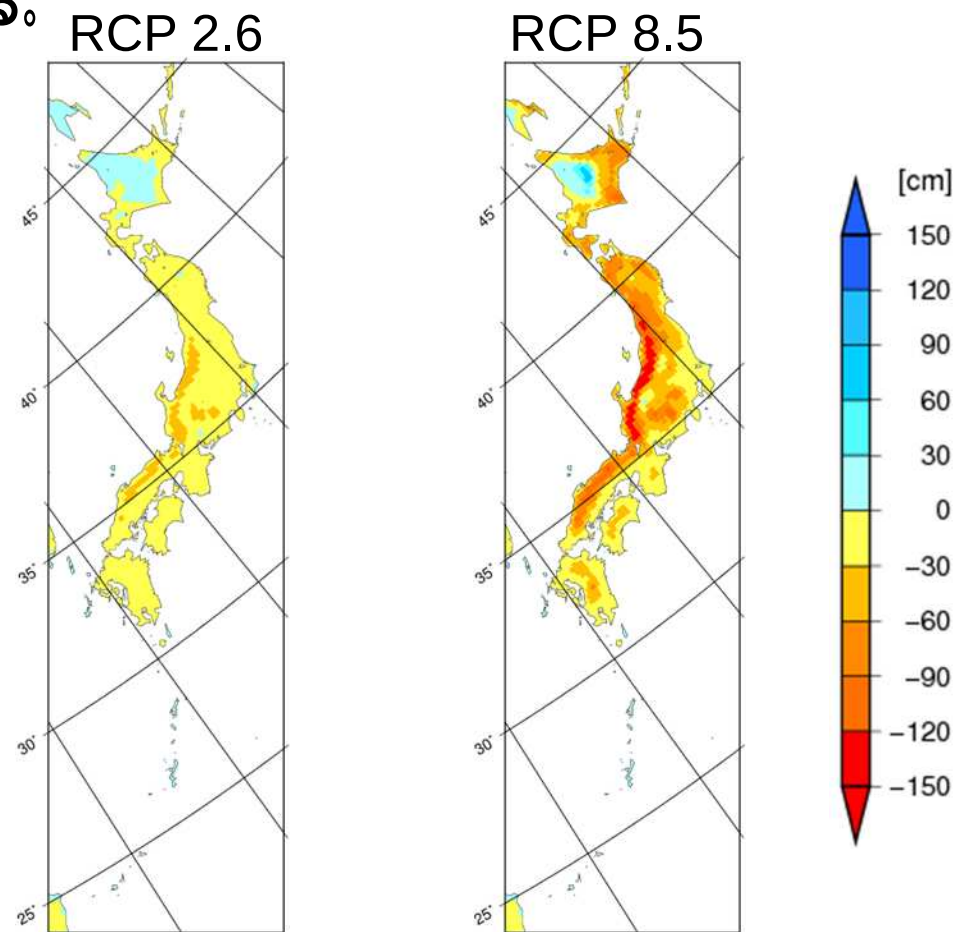
●年降雪量の変化の地域分布

※積雪深・降雪量に関してはバイアス補正を行っておらず、モデル出力値をそのまま用いている。
水平解像度 (20km) より小さなスケールの積雪・降雪が十分に再現できていない可能性がある。

- 年降雪量はほぼ全国的に減少し、減少幅は年々変動幅より概ね大きい。北海道の寒冷地では増加となる地域もある。
- 以下に、SST1,YSケースの計算結果を例示する。



棒グラフ : 現在気候からの変化率 (青:RCP2.6、赤:RCP8.5)
エラーバー : 年々変動の標準偏差 (現在気候計算結果との比)
(棒グラフがないもの: 現在気候)



年降雪量の変化の分布
(SST1, YSケースの例示)

4. 気候変動予測の不確実性とその定量化 ～ 背景と目的

気候変動予測には様々な要因により不確実性が存在する。本予測では不確実性について以下のように対応している。一方で、IPCC第5次評価報告書等と比較して、本来存在する不確実性のうち下線で示す要因について考慮されていないことに留意が必要である。

●自然変動に伴う不確実性^{*1)}：

- 年々変動の大きさを定量的に評価し、不確実性幅として考慮する。
- 将来気候の海面水温の自然変動成分は現在気候での自然変動成分を使用して設定されており、結果として将来発生し得る自然変動の一部が過小評価されている可能性がある。

●将来の温室効果ガス排出量の不確実性^{*2)}：

- 4種類のRCPシナリオ(RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5)を考慮する。

●気候変動予測モデルの不確実性^{*3)}：

- 全球モデルにおいて複数の積雲対流スキーム (YS、AS、KF) および海面水温 (SST1, SST2, SST3) をケースとして設定することにより、気候変動予測モデルの不確実性を考慮している。特に、日本付近において重要と考えられる降水プロセスに重要な影響を与える要因を考慮して設定されている。(文部科学省気候変動リスク情報創生プログラムによる設定)。
- 一方で、将来の海面水温上昇量について規格化を行っており、(IPCC第5次評価報告書で表現されているような) 異なるモデルでの気温上昇のしやすさの違い (気候感度) は考慮されていない。

^{*1)} 自然変動に伴う不確実性：人間活動の影響が無くとも、気候は自然要因により絶えず変動している。短い時間スケール (日々の天気) から長い時間スケール (猛暑/冷夏、エル・ニーニョ等) まで存在する。気候変動予測結果の解釈においては、温室効果ガスの増加に伴う変化と自然変動を区別する必要がある。

^{*2)} 将来の温室効果ガス排出量の不確実性：将来の温室効果ガス排出量は人口や経済発展、政策、技術の進展などに左右されるが、これらは長期的には予測不可能。今後の意思決定により特定のシナリオを選択できる余地が残されている。

^{*3)} 気候変動予測モデルの不確実性：気候システムは極めて複雑であり、その全てが科学的に理解されておらず、それに伴う不確実性が生じる。コンピュータで実行可能な計算量に伴う制約が存在 (空間・時間解像度の限界) し、その結果として小さな時間・空間スケールの気象現象の再現性に対して不確実性が生じる。

4. 気候変動予測の不確実性とその定量化 ～ 採用した方法

下記の通り気象研究所技術報告 (2014) *に基づく手順を用いる。

● 全体の不確実性幅：混合分布の概念とブートストラップ法[※]により計算

- ケース間の不確実性および自然変動を含む予測データ全体の不確実性について、以下の3成分の不確実性の組み合わせ（各要素による分散の和）として計算する。
 - 1) 年々変動の分散を考慮する。
 - 2) 統計期間が有限であることによる不確実性をブートストラップ法により考慮する。
 - 3) 複数ケース間の傾向の違いによる不確実性幅を設定する。

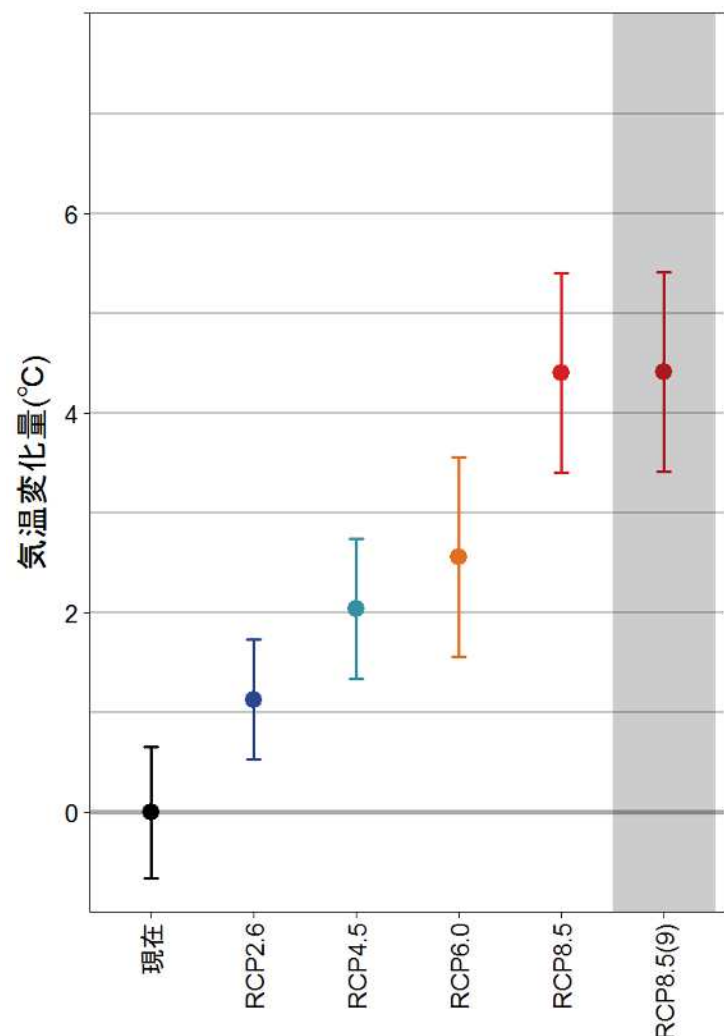
※ ブートストラップ法：有限のデータ（例えば20年分の年別値）から、そのデータの個数と同じ回数などのあらかじめ定めた回数（例えば20回）で、無作為に重複を許した抽出を行うことを十分に繰り返して（例えば1万回）大量の標本を生成し、それらの標本を利用して母集団の性質を分析する方法。

*気象研究所技術報告, 2014: 気象研究所非静力学地域気候モデルによる日本付近の将来気候変化予測について. 第73号. (査読中)

4. 気候変動予測の不確実性とその定量化 ～ 不確実性を考慮した予測結果

●年平均気温の変化：全国

年平均気温の不確実性幅：全国



■ 図の説明

不確実性幅を信頼区間で表示

・点：平均値

・線：ケース間の違いおよび年々変動を含む全体の不確実性幅

横軸：現在は現在気候、RCP2.6～RCP8.5はRCPの各シナリオによる21世紀末の結果で、3ケースの結果を用いた不確実性幅を示す。参考として、RCP8.5(9)に9ケースの結果を用いた不確実性幅を示す。同数値は他シナリオとの単純な比較はできないことに注意が必要である。

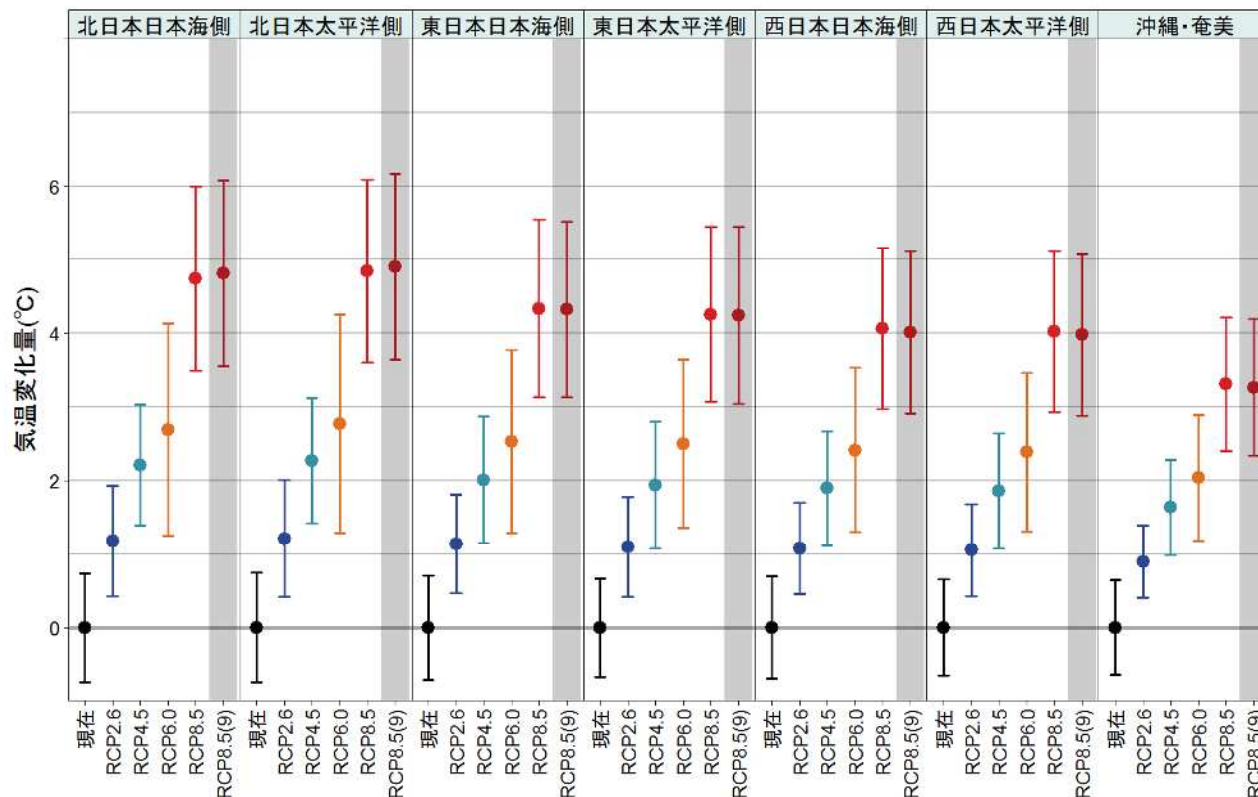
表：シナリオごとの全国における気温変化量 (°C)
および不確実性幅 (括弧内に不確実性幅を表示)

	全国
RCP2.6	1.1(0.5～1.7)
RCP4.5	2.0(1.3～2.7)
RCP6.0	2.6(1.6～3.6)
RCP8.5	4.4(3.4～5.4)
RCP8.5(9ケースの不確実性幅)	4.4(3.4～5.4)

(参考) 地域における気候変動予測の不確実性とその定量化 ～ 不確実性を考慮した予測結果 (暫定値)

●年平均気温の変化: 地域

地域別将来変化および不確実性幅 (年平均気温)



■ 図の説明

不確実性幅を信頼区間で表示

・点: 平均値

・線: ケース間の違いおよび年々変動を含む全体の不確実性幅

横軸: 現在は現在気候、RCP2.6～RCP8.5はRCPの各シナリオによる21世紀末の結果で、3ケースの結果を用いた不確実性幅を示す。参考として、RCP8.5(9)に9ケースの結果を用いた不確実性幅を示す。同数値は他シナリオとの単純な比較はできないことに注意が必要である。

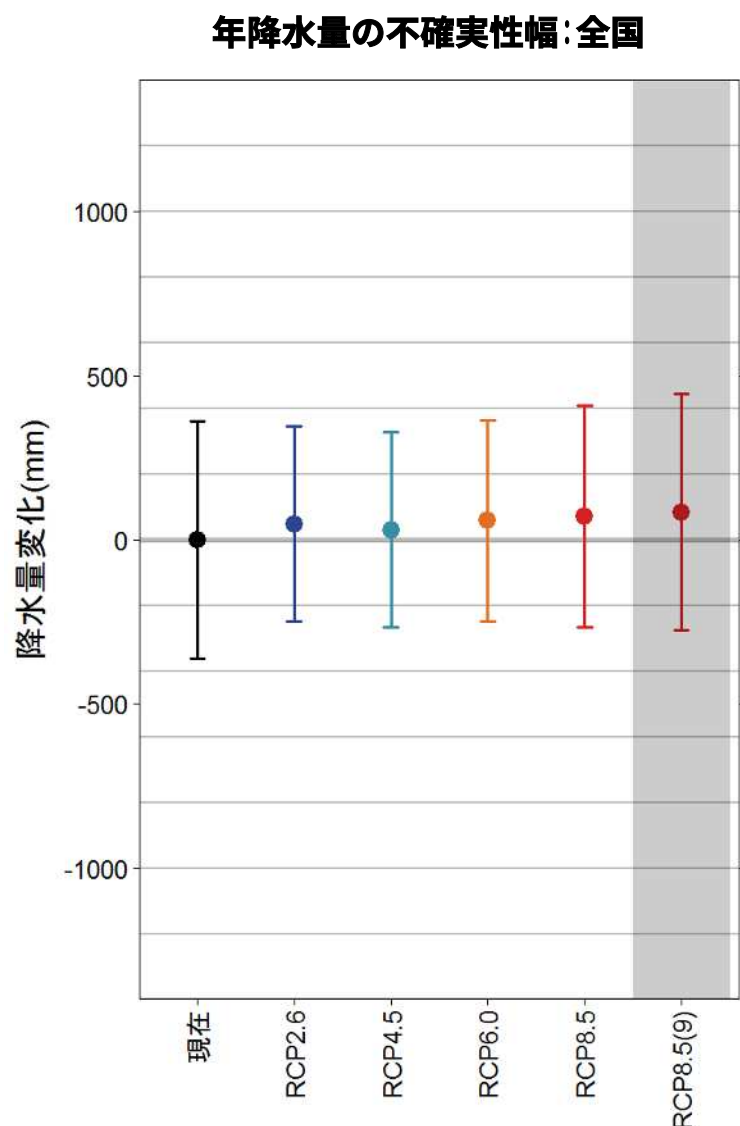
※全国と同様の手法を用いて地域ごとの気温変化量の不確実性を考慮した。

表: シナリオごと・地域ごとの気温変化量 (°C) および不確実性幅 (括弧内に不確実性幅を表示)

	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	沖縄・奄美
RCP2.6	1.2(0.4～1.9)	1.2(0.4～2.0)	1.1(0.5～1.8)	1.1(0.4～1.8)	1.1(0.5～1.7)	1.1(0.4～1.7)	0.9(0.4～1.4)
RCP4.5	2.2(1.4～3.0)	2.3(1.4～3.1)	2.0(1.1～2.9)	1.9(1.1～2.8)	1.9(1.1～2.7)	1.9(1.1～2.6)	1.6(1.0～2.3)
RCP6.0	2.7(1.2～4.1)	2.8(1.3～4.3)	2.5(1.3～3.8)	2.5(1.4～3.6)	2.4(1.3～3.5)	2.4(1.3～3.5)	2.0(1.2～2.9)
RCP8.5	4.7(3.5～6.0)	4.8(3.6～6.1)	4.3(3.1～5.5)	4.3(3.1～5.4)	4.1(3.0～5.2)	4.0(2.9～5.1)	3.3(2.4～4.2)
RCP8.5(9ケースの 不確実性幅)	4.8(3.6～6.1)	4.9(3.6～6.2)	4.3(3.1～5.5)	4.2(3.0～5.4)	4.0(2.9～5.1)	4.0(2.9～5.1)	3.3(2.3～4.2)

4. 気候変動予測の不確実性とその定量化 ～ 不確実性を考慮した予測結果

●年降水量の変化：全国



■ 図の説明

不確実性幅を信頼区間で表示

・点：平均値

・線：ケース間の違いおよび年々変動を含む全体の不確実性幅

横軸：現在は現在気候、RCP2.6～RCP8.5はRCPの各シナリオによる21世紀末の結果で、3ケースの結果を用いた不確実性幅を示す。参考として、RCP8.5(9)に9ケースの結果を用いた不確実性幅を示す。同数値は他シナリオとの単純な比較はできないことに注意が必要である。

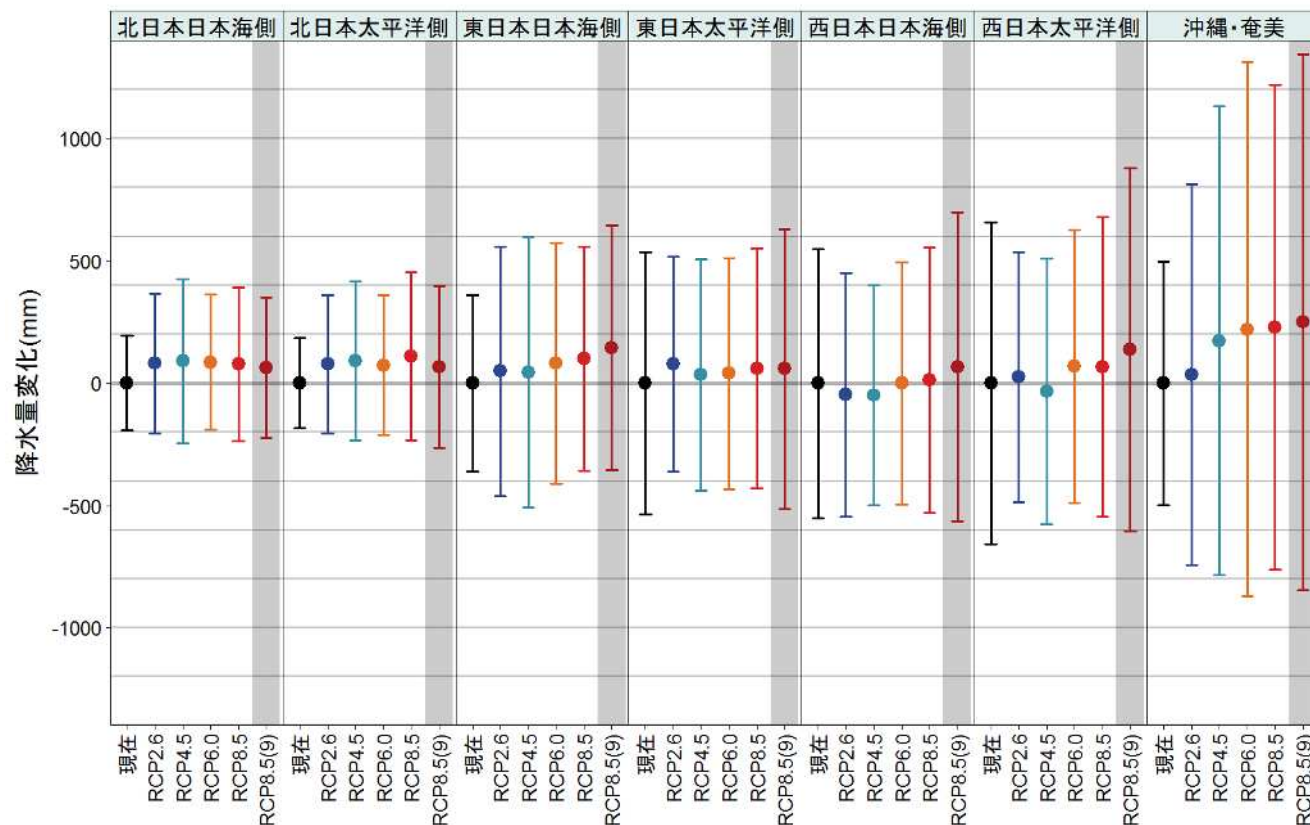
表：シナリオごとの全国における降水量変化(mm)
および不確実性幅 (括弧内に不確実性幅を表示)

	全国
RCP2.6	48.7(-249.1～346.5)
RCP4.5	30.3(-266.7～327.3)
RCP6.0	58.3(-248.5～365.1)
RCP8.5	71.3(-266.4～409.0)
RCP8.5(9ケースの不確実性幅)	85.2(-274.1～444.5)

(参考) 地域における気候変動予測の不確実性とその定量化 ～ 不確実性を考慮した予測結果 (暫定値)

●年降水量の変化: 地域

地域別将来変化および不確実性幅 (年降水量)



■ 図の説明

不確実性幅を信頼区間で表示

・点: 平均値

・線: ケース間の違いおよび年々変動を含む全体の不確実性幅

横軸: 現在は現在気候、RCP2.6～RCP8.5はRCPの各シナリオによる21世紀末の結果で、**3ケースの結果を用いた不確実性幅**を示す。参考として、**RCP8.5(9)に9ケースの結果を用いた不確実性幅**を示す。同数値は他シナリオとの単純な比較はできないことに注意が必要である。

※全国と同様の手法を用いて地域ごとの降水量変化の不確実性を考慮した。

表: シナリオごと・地域ごとの降水量変化 (mm) および不確実性幅 (括弧内に不確実性幅を表示)

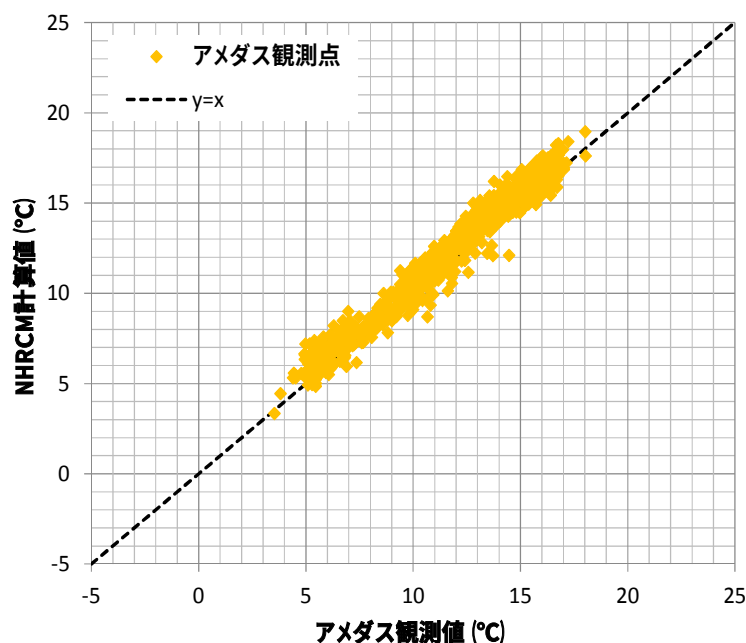
	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本 日本海側	西日本 太平洋側	沖縄・奄美
RCP2.6	80.2(-205.8～366.1)	78.0(-204.2～360.2)	50.1(-459.2～559.5)	78.5(-362.1～519.1)	-47.6(-543.5～448.4)	26.2(-485.2～537.7)	34.3(-745.4～813.9)
RCP4.5	90.8(-244.3～425.9)	91.3(-233.6～416.2)	45.2(-507.9～598.3)	33.8(-438.4～506.0)	-48.5(-497.9～400.9)	-33.4(-574.8～508.0)	172.8(-785.9～1131.5)
RCP6.0	86.3(-188.7～361.2)	73.2(-211.7～358.1)	81.9(-410.9～574.6)	39.6(-431.9～511.1)	-0.2(-493.8～493.3)	69.3(-487.6～626.2)	219.6(-872.2～1311.4)
RCP8.5	77.1(-236.9～391.0)	109.6(-234.4～453.6)	100.2(-356.5～556.9)	61.3(-430.3～552.9)	13.0(-528.6～554.6)	67.0(-546.2～680.3)	227.2(-763.1～1217.5)
RCP8.5(9ケース の不確実性幅)	62.1(-224.8～348.9)	65.7(-264.1～395.4)	145.0(-354.7～644.6)	58.9(-513.5～631.2)	66.3(-564.6～697.2)	138.2(-603.3～879.6)	249.5(-845.7～1344.8)

【参考資料Ⅰ】現在気候の再現性／気温

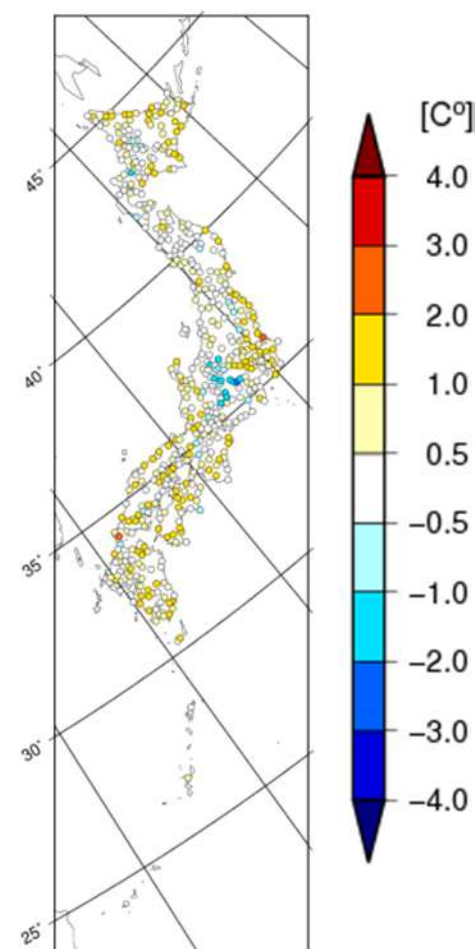
●年平均気温の再現性

- 概ね観測結果を再現できている。
- 気象庁 地球温暖化予測情報第8巻で用いられたモデルと同様の傾向を示す（全体的に正のバイアスがある）。

年平均気温 (20年平均)



年平均気温の再現性 (YSケースの例示)
(左) 観測値とモデル計算値の相関図
(横軸: 観測値、縦軸: NHRCMモデルによる計算値 (ともに20年平均気温))
(右) 観測値に対するモデル計算値の差の分布 (YSケースの例示)

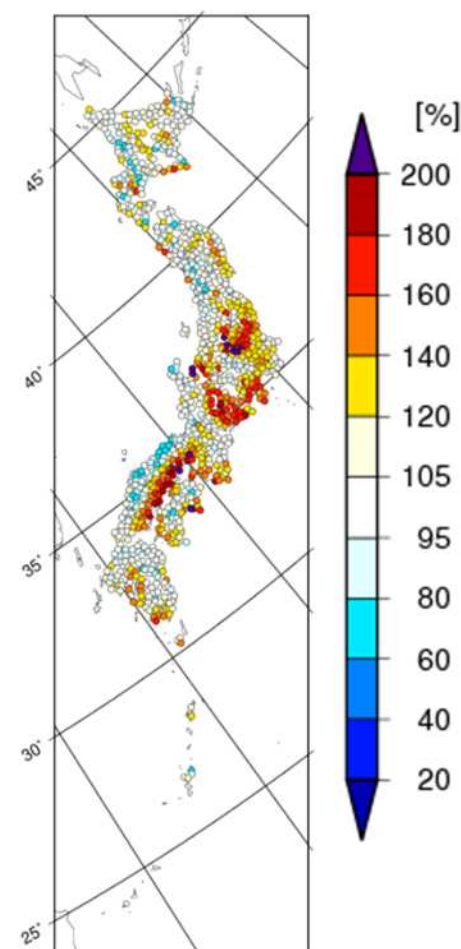
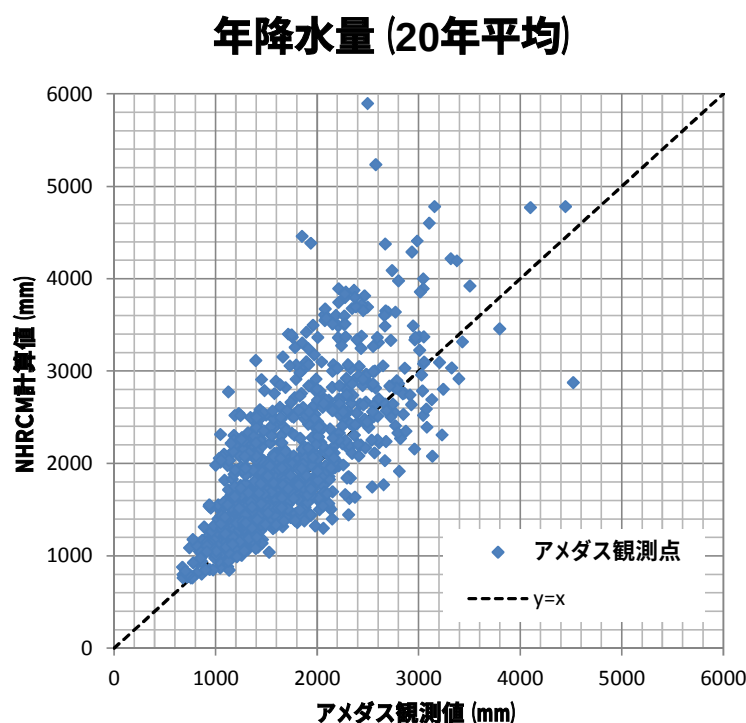


【参考資料Ⅰ】現在気候の再現性／降水

●年降水量の再現性

- 雨量の多い地域でばらつきが大きく、特に観測値よりモデル値の方が大きい点が目立つ。
- 気象庁 地球温暖化予測情報第8巻で用いられたモデルと比較し、降水量を多く見積もる傾向があるが、誤差の大きさとしては同程度である。
- 瀬戸内海沿岸、東海地方、関東地方北部は高めの値をとる。

年降水量の再現性 (YSケースの例示)
(左) 観測値とモデル計算値の相関図
(横軸: 観測値、縦軸: NHRCMモデルによる計算値 (ともに20年平均年降水量))
(右) 観測値に対するモデル計算値の比率の分布 (YSケースの例示)



【参考資料Ⅱ】バイアス補正について

●バイアス補正の必要性

- 気温の階級別日数や大雨の出現頻度等、閾値が関係する統計量の変化は、気候モデルの出力値と現実の観測の出現頻度が十分に一致していないと、バイアスが増幅されて変化量の算出に影響し、適切な予測値を得られない場合がある。（気象庁 地球温暖化予測情報 第8巻より引用）

●気温のバイアス補正

- 観測値と、モデルの対応する格子点を比較して、平均気温と日較差（最低気温と最高気温の差）および歪度（日平均気温と日最低気温の差を日較差で割ったもの）に対し、観測値とモデル計算値（現在気候）を線形関係と仮定して補正した。将来気候の計算値に対しても同様の補正式を用いた。（Piani et al. (2010)）
- 真夏日日数・真冬日日数の算出の際、バイアス補正後の値を用いた。なお、気温の指標（日平均気温、日最高気温、日最低気温）に関してはバイアス補正前の値を用いている。

●降水量のバイアス補正

- 日降水量の観測値と、地域気候モデルの対応する現在気候計算値を比較し、それぞれの観測値とモデル計算値を地点別、月別に高いほうから順に並べ、それらを線形関係と仮定して最小二乗法により補正係数を求めて補正した。将来気候の計算値に対しても同様の補正式を用いた。（Piani et al. (2010)）
- すべての降水指標に関し、バイアス補正後の値を用いた。

【参考資料III】 予測結果のデータ管理

- 温暖化予測の計算結果は、今後温暖化の影響評価に利用するため、文部科学省の地球環境情報統融合プログラムにおいて構築された「データ統合・解析システム (DIAS)」にて保存し、公開する。DIASにユーザー登録することで下記公開サイトからデータを取得することができる。

DIASにて保存・公開するデータ

内容	データ形式	主な用途
全球気候モデル計算結果 (raw data)	バイナリ形式	結果検証用、気象研究関係者用 等
地域気候モデル計算結果 (raw data, 統計値, バイアス補正值)	バイナリ形式、 NetCDF形式、 テキスト形式	研究者・自治体担当者による 影響評価、適応計画検討 等

●データ公開サイト (要ログイン)

- 全球気候モデル計算結果 (データセットID: GCM60_ADAPT2013)
<http://dias-dss.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/dl/storages/filelist/dataset:214>
- 地域気候モデル計算結果 (データセットID: NHRCM20_ADAPT2013)
<http://dias-dss.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/dl/storages/filelist/dataset:215>

[参考資料Ⅳ] RCPシナリオについて

●RCP (代表的濃度経路) シナリオ

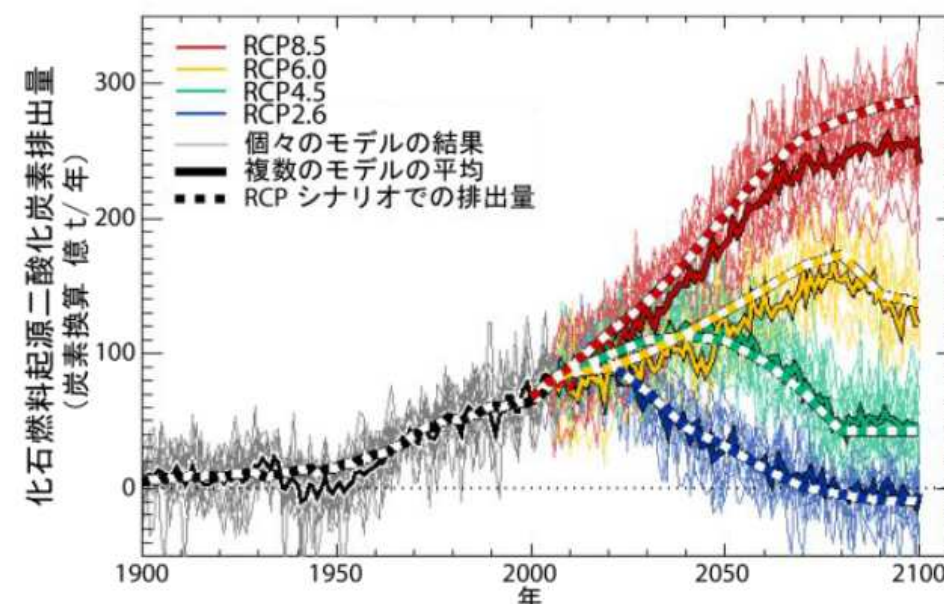
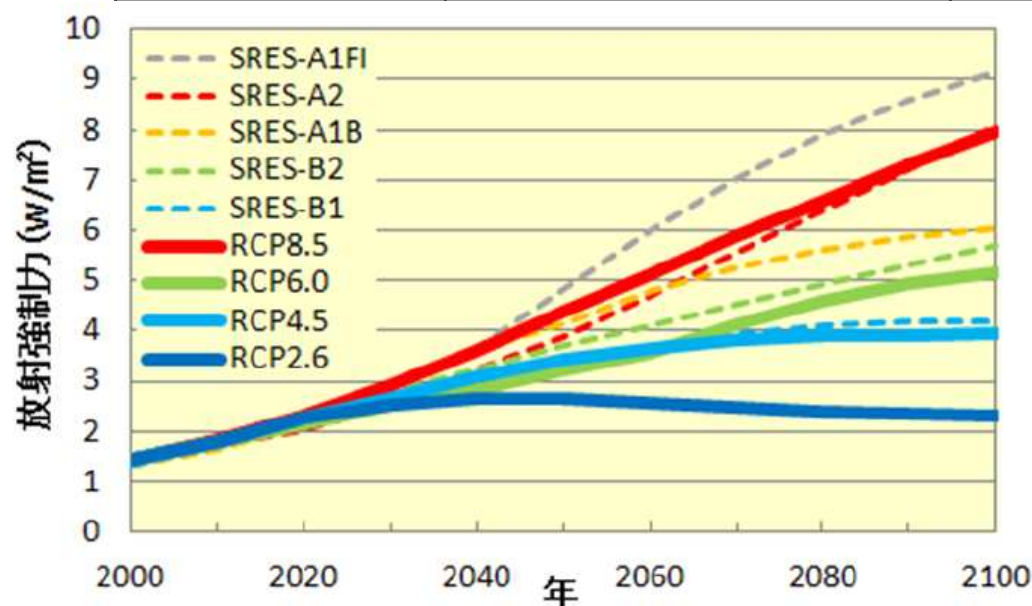
- 政策的な温室効果ガスの緩和策を前提として、将来の温室効果ガス安定化レベルとそこに至るまでの経路のうち代表的なもの (代表的濃度経路) を選び作成したシナリオ**
- 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次評価報告書から、このシナリオ区分に基づいた気候の予測や影響評価が行われるようになった**
- 従来のSRESシナリオに基づいた予測と違い、目標主導型の社会経済シナリオを複数作成して検討することが可能**
- RCPに続く数値は、2100 年における 1750 年に対するおよその合計放射強制力 (単位: W/m^2) を示し、大きいほど 2100 年における放射強制力が大きい**

※SRESシナリオ: IPCCが2000 年に発表した「排出シナリオに関する特別報告書 (SRES: Special Report on Emission Scenarios)」の中で定めたシナリオ。様々な将来の社会変化を想定し、それぞれの想定 (シナリオ) に応じた将来の温室効果ガス排出量を推計した。

※放射強制力: ある因子が持つ、地球一大気システムに出入りするエネルギーのバランスを変化させる影響力の尺度であり、潜在的な気候変動メカニズムとしてのその因子の重要性の指標である。正の放射強制力には地表面を昇温させる傾向が、負の放射強制力には地表面を降温させる傾向がある。
(IPCC第4次報告書第一作業部会 政策決定者向け要約より)

[参考資料Ⅳ] RCPシナリオについて

シナリオ略称	シナリオ名称	放射強制力の変化
RCP8.5	高位参照シナリオ	2100 年以降も上昇が続く
RCP6.0	高位安定化シナリオ	2100 年以降に安定化する
RCP4.5	中位安定化シナリオ	2100 年までに安定化する
RCP2.6	低位安定化シナリオ	2100 年までにピークを迎えその後減少する

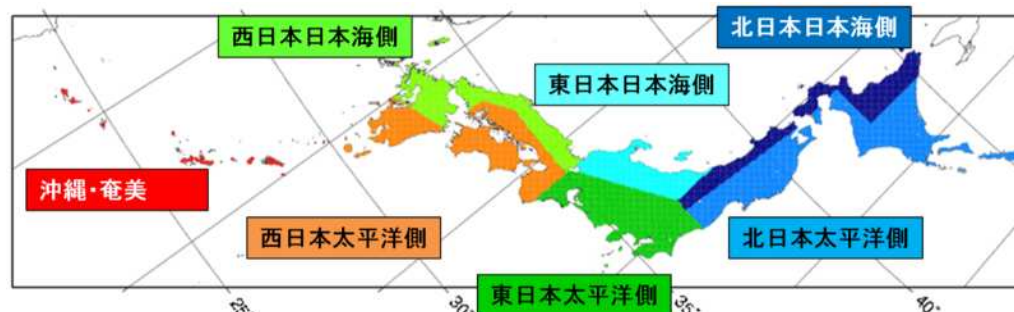


- (左) RCP シナリオに基づく放射強制力 (RCP シナリオで定める 4 つの放射強制力の経路を実線で示す。比較のため SRES シナリオに基づいて求めた放射強制力を破線で示す。)
- (右) RCP シナリオに対応する化石燃料からの二酸化炭素排出量 (地球システムモデルによる逆算の結果。細線: 個々のモデルの結果、太線: 複数のモデルの平均)

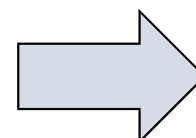
文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省 2013年9月27日報道発表資料をもとに作成

【参考資料 V】 地域分類・各地域の主な都市における各指標の平年値

●地域区分：報道発表資料（2014/6/6）から変更



出所) 気象庁気象研究所



出所) 気象庁

●各地域の主な都市における各指標の平年値

※ 平年値：1981～2010年（昭和56年～平成22年）の30年間の観測値から求めた平均値

各地域の主な都市における各指標の平年値

地域	都市例	年平均気温 (°C)	日最高気温 の年平均値 (°C)	日最低気温 の年平均値 (°C)	真夏日の 年間日数 (日)	真冬日の 年間日数 (日)	年降水量 (mm)	日降水量1.0ミリ 未満の年間日数 (日)
北日本日本海側	札幌	8.9	12.9	5.3	8.0	45.0	1106.5	225.5
北日本太平洋側	釧路	6.2	10.2	2.3	0.1	44.7	1042.9	276.7
東日本日本海側	新潟	13.9	17.6	10.6	33.5	1.1	1821.0	192.8
東日本太平洋側	東京	16.3	20.0	13.0	48.5	0.0	1528.8	263.6
西日本日本海側	福岡	17.0	20.9	13.6	57.1	0.0	1612.3	253.7
西日本太平洋側	大阪	16.9	21.1	13.3	73.2	0.0	1279.0	266.8
沖縄・奄美	那覇	23.1	25.7	20.8	96.0	0.0	2040.8	243.1

出所) 気象庁ホームページ (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>)

[参考資料VI] 現在気候再現計算結果 (例)

●真夏日日数の現在気候再現値 (季節別)

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

現在気候再現値 (YS, KF, ASの平均)

(単位:日)	年	春	夏	秋	冬
全国	22.6	0.1	20.3	2.2	0.0
北日本日本海側	7.5	0.0	7.1	0.4	0.0
北日本太平洋側	6.5	0.1	6.1	0.3	0.0
東日本日本海側	25.2	0.1	23.1	2.1	0.0
東日本太平洋側	26.2	0.2	23.4	2.6	0.0
西日本日本海側	36.5	0.2	32.6	3.7	0.0
西日本太平洋側	38.2	0.2	33.7	4.3	0.0
沖縄・奄美	66.1	0.2	52.7	13.2	0.0

[参考] 平年値 (東京)
 春 (3~5月) : 0.3日
 夏 (6~8月) : 40.4日
 秋 (9~11月) : 7.8日
 冬 (12~2月) : 0.0日

現在気候再現値 (YSのみ)

(単位:日)	年	春	夏	秋	冬
全国	22.6	0.1	20.4	2.2	0.0
北日本日本海側	7.6	0.0	7.2	0.4	0.0
北日本太平洋側	6.4	0.1	6.0	0.3	0.0
東日本日本海側	25.2	0.1	23.1	2.1	0.0
東日本太平洋側	26.2	0.2	23.5	2.5	0.0
西日本日本海側	36.4	0.1	32.6	3.7	0.0
西日本太平洋側	38.2	0.1	33.9	4.2	0.0
沖縄・奄美	66.2	0.2	52.9	13.1	0.0

[参考] 平年値 (那覇)
 春 (3~5月) : 1.6日
 夏 (6~8月) : 70.3日
 秋 (9~11月) : 24.0日
 冬 (12~2月) : 0.0日

表中の値は、モデル計算結果の地域平均である。上記 [参考] の平年値 (一地点の観測値) と単純に比較できるものではない。

[参考資料VI] 現在気候再現計算結果 (例)

●無降水日数の現在気候再現値 (季節別)

※バイアス補正 (参考資料参照) 後のデータを使用

現在気候再現値 (YS, KF, ASの平均)

(単位:日)	年	春	夏	秋	冬
全国	245.4	60.9	59.1	59.0	66.4
北日本日本海側	206.6	59.9	58.1	43.9	44.7
北日本太平洋側	254.6	67.1	54.9	61.3	71.3
東日本日本海側	195.6	55.2	62.5	42.7	35.2
東日本太平洋側	263.6	61.1	58.3	64.1	80.0
西日本日本海側	241.5	58.1	59.0	60.1	64.3
西日本太平洋側	263.2	59.2	62.7	66.7	74.5
沖縄・奄美	252.8	53.7	77.4	66.2	55.5

[参考] 平年値 (新潟)
 春 (3~5月) : 54.8日
 夏 (6~8月) : 61.3日
 秋 (9~11月) : 47.1日
 冬 (12~2月) : 29.5日

現在気候再現値 (YSのみ)

(単位:日)	年	春	夏	秋	冬
全国	246.3	61.3	58.5	59.4	67.0
北日本日本海側	207.1	60.2	56.4	45.7	44.9
北日本太平洋側	255.6	67.6	53.8	62.5	71.8
東日本日本海側	197.7	56.4	60.8	43.4	37.2
東日本太平洋側	264.5	62.2	57.9	63.7	80.7
西日本日本海側	241.7	58.3	58.8	59.3	65.3
西日本太平洋側	264.4	58.8	63.3	67.1	75.1
沖縄・奄美	250.0	52.4	78.0	64.7	54.9

[参考] 平年値 (東京)
 春 (3~5月) : 61.9日
 夏 (6~8月) : 62.6日
 秋 (9~11月) : 63.4日
 冬 (12~2月) : 75.8日

表中の値は、モデル計算結果の地域平均である。上記 [参考] の平年値 (一地点の観測値) と単純に比較できるものではない。

[参考資料VI] 現在気候再現計算結果 (例)

●降雪量の現在気候再現値 (月別)

現在気候再現値 (YS, KF, ASの平均)

(単位: cm)	年	12月	1月	2月	3月
全国	130	35	42	32	20
北日本日本海側	227	71	69	52	35
北日本太平洋側	152	41	44	38	29
東日本日本海側	272	72	96	67	36
東日本太平洋側	116	30	38	30	19
西日本日本海側	52	8	24	16	5
西日本太平洋側	32	5	14	10	3
沖縄・奄美	—	—	—	—	—

[参考] 平年値 (新潟)
 12月 : 30cm
 1月 : 91cm
 2月 : 73cm
 3月 : 19cm

現在気候再現値 (YSのみ)

(単位: cm)	年	12月	1月	2月	3月
全国	138	36	44	35	23
北日本日本海側	232	71	71	54	35
北日本太平洋側	160	42	46	41	32
東日本日本海側	290	78	99	74	40
東日本太平洋側	127	32	40	33	23
西日本日本海側	59	9	25	19	6
西日本太平洋側	36	5	14	12	5
沖縄・奄美	—	—	—	—	—

[参考] 平年値 (東京)
 12月 : 0cm
 1月 : 5cm
 2月 : 5cm
 3月 : 1cm

表中の値は、モデル計算結果の地域平均である。上記 [参考] の平年値 (一地点の観測値) と単純に比較できるものではない。

[参考資料Ⅶ] 他の気候変動予測との比較～地球温暖化予測情報第8巻との比較

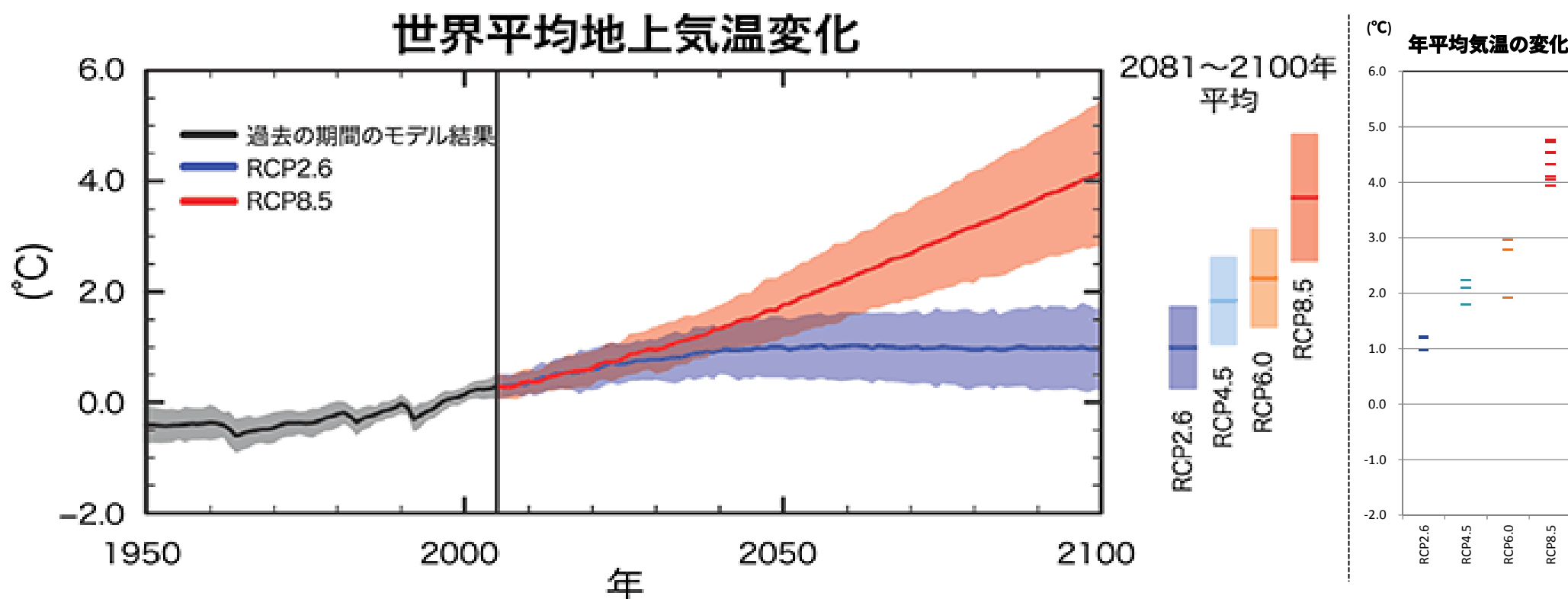
	環境省 地域気候変動予測データ (協力:気象庁) (2014)	気象庁 地球温暖化予測情報第8巻 (2013)
地域モデル	MRI-NHRCM20	MRI-NHRCM05
全球モデル※	MRI-AGCM3.2H (水平解像度60km)	MRI-AGCM3.2S (水平解像度20km)
シナリオ	RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5シナリオ	SRES A1Bシナリオ
ケース数	現在気候:3種類 将来気候:18種類 (RCP2.6,4.5,6.0シナリオが各3 ケース、RCP8.5シナリオが9ケース)	現在気候:1種類 将来気候:1種類
計算期間	現在気候:1984年9月～2004年8月 将来気候:2080年9月～2100年8月	現在気候:1980年9月～2000年8月 将来気候:2076年9月～2096年8月
水平解像度	20km	5km
格子サイズ	水平:211×275 鉛直:40層	水平:本土領域661×211、国後・択捉領域90×45、結 合後691×211 鉛直:40層
バイアス補正手法	気温:観測地点ごとに、月別の日平均気温、日較差、 歪度を、線形補正 降水:観測地点ごとに、月別の日降水量を線形補正	気温:観測地点ごとに、月別の日平均気温、日較差、歪 度を、線形補正 降水:観測地点ごとに、月別の一時間降水量95パーセ ンタイル以上をガンマ分布にあてはめ補正、それ以下 のものは線形補正
用途	気温の年平均値や年降水量等の将来変化の傾向を、 シナリオの不確実性を含めて把握することに適してい る	一時間あたりの降水量や、20年再現値等の極値の将 来変化の傾向を把握することに適している

※全球モデルの予測結果を地域モデルに境界条件として与える。

[参考資料Ⅶ] 他の気候変動予測との比較～CMIP5マルチモデルアンサンブルとの比較 (気温:年)

年平均気温変化 (日本全国平均) の計算結果を、IPCC AR5で用いられたCMIP5マルチモデルアンサンブルにより得た世界平均地上気温変化と比較した。それぞれのシナリオにおいて、全ケースで、マルチモデルアンサンブルによる上昇幅の範囲内にある。

RCP8.5では、世界平均と比較し、本計算結果は比較的高めの値が出ている。



(左) CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた、1986～2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化 (2081-2099年平均) (右) 本年度の解析計算により算出された、1984-2003年平均に対する日本全国平均地上気温の変化 (2080-2099年平均)