

# 第1章 本書を読むにあたって

本資料は、21世紀末の九州・山口県の気候を、計算機（コンピューター）によるシミュレーションによって予測してまとめたものである。そして、様々な不確実性を低減するため、以下の工夫を施している。

- ・ 20世紀末の20年間（1980～1999年）を現在気候とする20年間分の統計値と、4種類のシミュレーションの結果を用いた21世紀末の20年間（2076～2095年）を将来気候とする80年分（20年×4メンバー）の統計値を用いている。
- ・ 将来気候を現在気候と比較した変化を扱っている。
- ・ 温室効果ガス濃度の見通しは、防災分野をはじめとして地球温暖化による影響が最も大きな場合を想定した影響評価研究に不可欠な温室効果ガスシナリオであるRCP8.5シナリオを基にしている。

従って、対象とする地域の21世紀末の気候は20世紀末と比べて、「〇〇℃上昇する」や、「年々変動の幅が約2倍になる」や、「季節進行が1か月ほど早まる」といった変化量が得られる。

## 1.1 予測計算の概要

本書で解析した予測情報は、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」（平成24～28年度）のもと、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）（以下、地域気候モデルと記す。）を用いた将来予測計算の結果に基づく。実行にあたっては、同じく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、現在気候とする）及び21世紀末20年分（2076～2095年、以下、将来気候とする）の計算を行った（図1.1-1参照）。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1.1-2参照）。

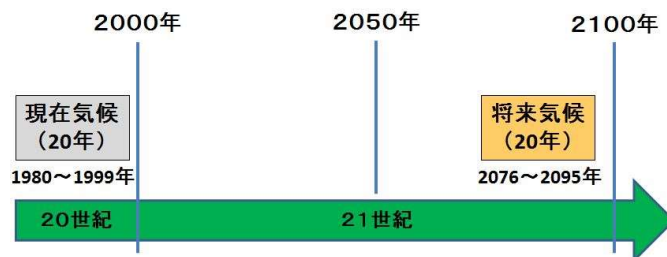


図 1.1-1 計算対象の年代

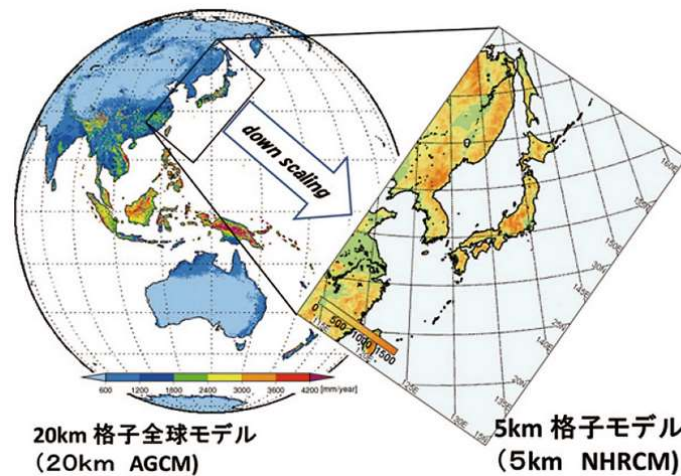


図 1.1-2 NHRCM05 で計算を行った領域（文部科学省研究開発局, 2014 より引用）

なお、今回の計算で用いた NHRCM05 は「地球温暖化予測情報第 8 巻」（気象庁, 2013）（以下、「第 8 巻」とする）で用いられたものとはほぼ同じであるが、鉛直方向を高分解能化（40 層から 50 層へ）したほか、降水過程において海陸の雲底高度の違いや島の面積を考慮したことなどで、特に沖縄・奄美での降水量の再現性が改良されている（文部科学省研究開発局, 2016 など）。

本予測計算で与えられた温室効果ガス濃度の見通しは、IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書（IPCC, 2013）（以下、AR5 とする）で用いられた RCP8.5 シナリオ（高程度の温室効果ガス排出シナリオ：現時点を超える政策的な緩和策を行わないことを想定）を基にしている。この RCP8.5 シナリオは、想定されている 4 つの RCP シナリオのうち最も温室効果ガスの排出が多く、予測される気温の上昇や大雨の頻度の増加が最も大きいことから、防災分野をはじめとして、地球温暖化による影響が最も大きな場合を想定した影響評価研究に不可欠なシナリオである（詳細は地球温暖化予測情報第 9 巻（気象庁, 2017）【資料 1】を参照）。

また、本書の大きな特徴は、4 種類の海面水温変化パターン（詳細は補遺 A1.3 を参照）それぞれに対して MRI-AGCM3.2S 及び NHRCM05 による計算（アンサンブル実験<sup>1</sup>）を行ったため、4 種類（4 メンバー）の予測結果に基づいた不確実性の定量的な評価を行っていることである。

これまでの地球温暖化予測は、計算機資源の限界などから、現在気候、将来気候ともに 20 年程度の計算を 1 回ずつ行うことが多かった。このため、気候モデル（MRI-AGCM3.2S や NHRCM05 などの総称）の信頼性自体は現在気候の再現性を評価することで確認できるが、将来気候における数年から数十年周期の自然変動の影響に伴う不確実性は定量的に評価する

<sup>1</sup> 初期値にある観測（解析）誤差程度のわずかな違いや数値モデルの不完全性に基づくばらつきなどをもとに複数の計算を行い、それぞれの結果を統計的に処理する予測手法

ことができなかつた。この不確実性は、降水量の将来変化において特に顕著である（詳細は地球温暖化予測情報第9巻1.4節を参照）。しかし、本書では4メンバーの予測計算を行うことで、単一の気候モデルではあるが、20年平均値が4つ、年々変動には80年分（20年×4メンバー）のデータを用いることができた。このため、これらのデータの相互比較などにより、予測結果のばらつき具合に基づく不確実性の幅、信頼性の評価を行うことができた（詳細は地球温暖化予測情報第9巻【資料2】を参照）。

なお、都市化が進行した地域ではヒートアイランド現象に伴い局地的に気温が高くなるが（気象庁、2016）、NHRCM05では都市化による影響は考慮されていない。このため、本書では、ヒートアイランド現象に伴う影響は評価していない。

## 1.2 解析方法

本書では、1時間ごとの計算結果（時別値）から日別値や年別値等を計算している（表1.2-1）。これらの結果を用いて、将来気候における変化予測は、4メンバーの将来気候の気候値（20年平均値）の平均と現在気候の気候値（20年平均値）との差または比を解析している。また、地域別の解析においては、気温、降水量のモデルによる気候変化を、九州・山口県を対象に解析している。解析結果は、九州・山口県を含む範囲を切り出した分布図として示すほか、九州・山口県および、季節予報区分に対応する3つの地域区分（九州北部地方、九州南部、奄美地方；図1.2-1）ごとに統計した結果として示している。予測として示している数値は、各地域区分内での平均または積算であって、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。

地域平均として示している要素については、将来気候の年々変動として4メンバー間のばらつき、20年間の年々変動のばらつきを算出している（詳細は地球温暖化予測情報第9巻【資料2】を参照）。将来変化量が現在気候の年々変動のばらつきから離れていれば、現在気候では稀にしか観測されないような状況が将来は例年のように現れることを示唆する。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）で有意な場合のみ「有意に増加（減少）している」と表現した。

表 1.2-1 統計値の計算方法（この他は、気象観測統計指針による）

統計値	計算方法
日別値	10時～翌9時（世界標準時の1時～24時）の時別値（モデル出力値）を用いる。
通年半旬別値	1月1日に始まる5日ごとの期間で1年を73半旬に分けた個々の期間について、日別値から求める。ただし、第12半旬は2月25日から3月1日までとし、平年では5日間、うるう年では6日間とする。
月別値	当該月の1日から末日までの1か月間について、日別値から求める。
3か月別値	2月、5月、8月、11月の、前々つきから当該月までの3か月間について、月別から求める。それぞれ、冬、春、夏、秋として扱う。
年別値	9月から翌8月までの1年間について、月別値から求める。

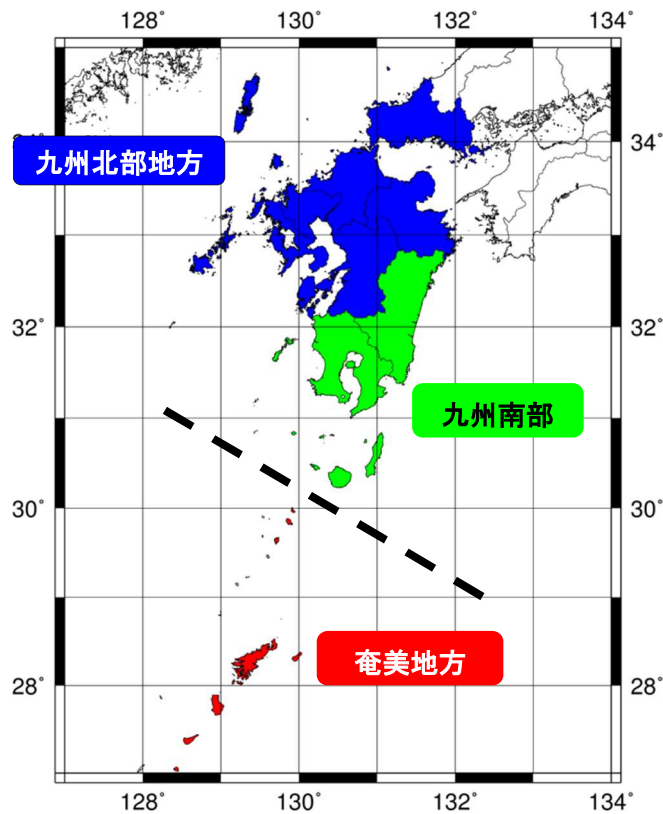


図 1.2-1 予測データの解析に用いる地域区分

青：九州北部地方（山口県、福岡県、佐賀県、長崎県、大分県、熊本県）

緑：九州南部（宮崎県、鹿児島県（奄美地方を除く））

赤：奄美地方

3つの地域を合わせたものを「九州・山口県」と呼ぶ。

## 1.3 本書のグラフと表の見方

各章では、平均値やその年々変動の大きさのほか、通年半旬値<sup>2</sup>を用いた季節進行の変化、また、真夏日日数等の階級別日数の変化予測についても記載した。なお、気候モデルの系統誤差の影響を低減するため、予測結果は原則として現在気候との差や比として表している。ここでは、解析結果の凡例と読み方について述べる。

### 1.3.1 地域区分別の変化

本書では、九州・山口県、九州北部地方、九州南部、奄美地方の4つの地域区分ごと、および各県ごとの統計解析を行っている。

図1.3-1は、現在気候と将来気候の平均値の差（変化量）と年々変動のばらつき（標準偏差）をグラフで、変化量と年々変動の標準偏差の数値と有意性の判定結果を表で示した例である。この例では、現在気候の平均値と将来気候の平均値の差を赤の棒グラフで示し（図中①）、赤の棒がプラス側のときは将来気候での「増加」、マイナス側のときは「減少」を意味する。現在気候の黒い縦棒（図中②）は20年間における年々変動の標準偏差、将来気候の黒い縦棒（図中③）はそれぞれの4メンバーの20年間における年々変動の標準偏差を示している。平均値の変化量が現在気候や将来気候における年々変動の標準偏差に比べて大きければ、意味のある変化とみることができ、現在気候では稀にしか観測されなような天候が将来は毎年のように現れることを示唆する。また、表は各地域の変化量および年々変動の標準偏差を数値で示しており、信頼度水準90%以上で有意な場合には正偏差をオレンジ色で塗り分けている。ただし、冬日の日数や降水量は、有意な場合の正偏差を水色で、負偏差をオレンジ色で塗り分けている。また、現在気候と将来気候で現象が発生していない場合、発生頻度が少なく信頼性が低い場合、または4メンバーの変化傾向が一致していない場合には、データを表示していない。なお、最深積雪・降雪量については、現在気候に対する変化率で示し、年々変動のばらつきは、標準偏差ではなく、値が約68%の確率で出現する幅（約16パーセンタイル値から約84パーセンタイル値までの幅）としている。

---

<sup>2</sup> 通年半旬値は、年を通じての大まかな変化を見るため、毎年1月1日に始まる5日間ごとに集計した値である。1年は73個の半旬値に分けられる。ただし、第12半旬は2月25日から3月1日までとし、通常年では5日間、うるう年では6日間の値となる。

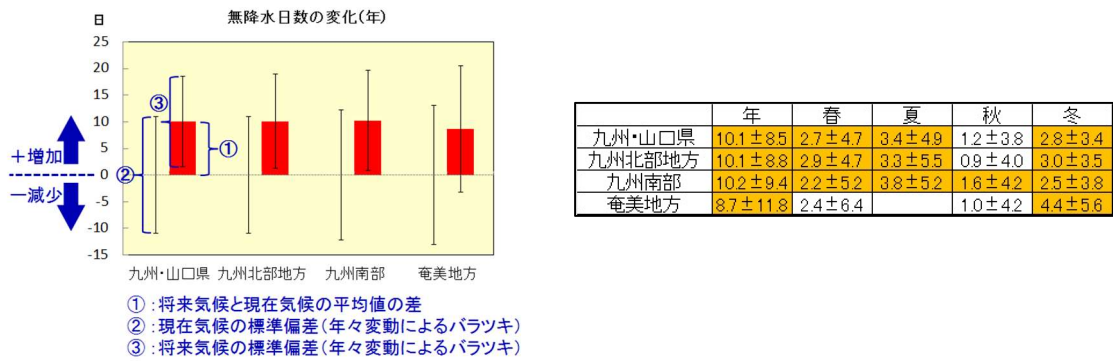


図 1.3-1 地域ごとの変化図（左）および表（右）の例（無降水日数）

青字の記号や文字は、この説明文でのみで示しており、本文中には使用していない。

### 1.3.2 変化の空間パターン（分布図）

現在気候からの変化の空間パターンは、色の違いで示した図 1.3-2 (a) のような分布図で表すことを基本とするが、気温の階級別日数や降水量の発生頻度などのようにアメダス観測データによるバイアス補正（詳細は地球温暖化予測情報第9巻（気象庁，2017）【資料3】を参照）を行った要素については、補正の参照値となるアメダス観測地点に対応する格子点を着色したプロット図（図 1.3-2 (b)）で示す。この図においては、4メンバーの増減傾向が全て一致した格子のみ、4メンバー平均値を図上に示している。

分布図は特定の狭い領域や地点別の変化傾向にとらわれることなく、地方や県の平均的な変化傾向を把握していただきたい。

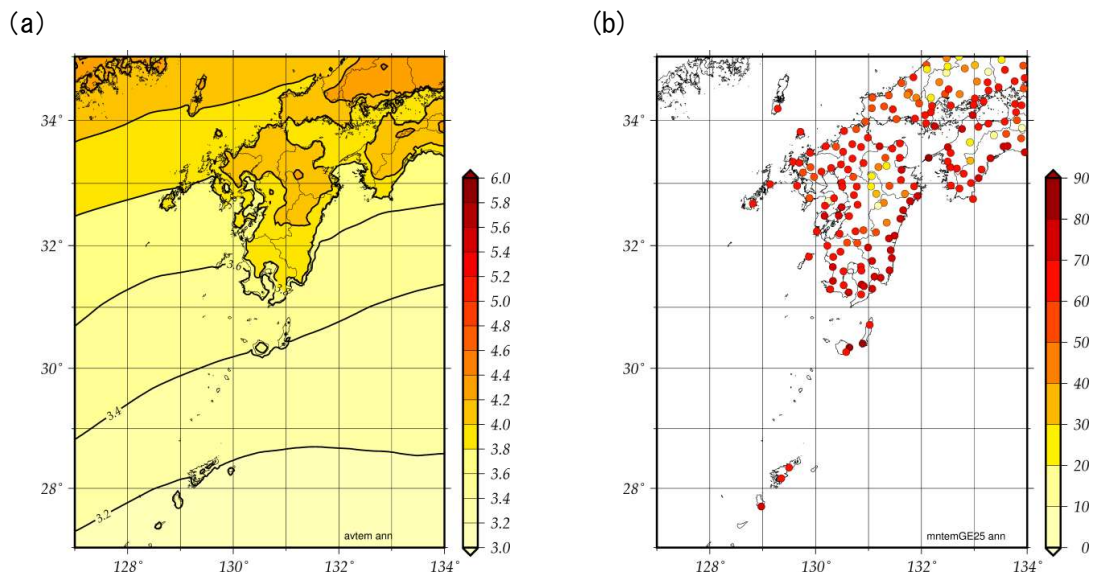


図 1.3-2 格子点・観測地点ごとの変化（地図）の例

- (a) : 格子点を用いた等値線（年平均気温）
- (b) : 観測地点ごとのプロット（年間の熱帯夜の日数）

### 1.3.3 地域ごとの季節進行図

地域ごとに、通年半旬値とその年々変動の幅（標準偏差）を各計算対象期間で示している（図 1.3-3）。陰影が標準偏差（天候のばらつきの程度）を示す。この図に現れるピークや立ち上がり時期の変化などから季節進行の変化が把握できる。なお、この図で用いる値はバイアス補正を行っていないため、数値をそのまま用いることは適切ではないことから、縦軸は現在気候の年平均値を基準とした偏差で示している。

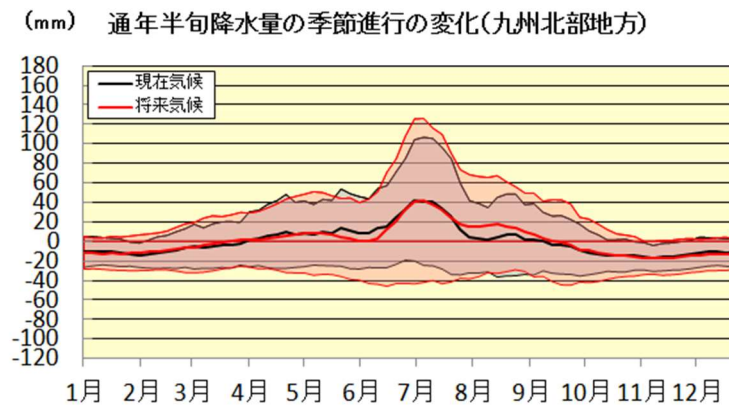


図 1.3-3 地域ごとの季節進行図の例