



# 東北地方の 地球温暖化予測情報

地球温暖化が最も進行する場合のシナリオ

仙台管区气象台



# 東北地方の地球温暖化予測情報

IPCC のRCP8.5 シナリオを用いた  
地域気候モデルによる今世紀末のシミュレーション結果

仙台管区气象台

## 刊行にあたって

気象庁が平成8年から刊行を開始した「地球温暖化予測情報」では、私達の社会生活に大きな影響を与え始めている地球温暖化問題について、科学的な知見と予測結果の提供を続けています。平成29年に刊行された最新の「第9巻」では、追加的な温室効果ガスの削減を行うことができなかった場合、つまり二酸化炭素などの濃度が最も多く推移した場合を仮定したシナリオ(RCP8.5)に沿ったシミュレーションを中心に解説しています。本報告書では、この「地球温暖化予測情報第9巻」をベースとして、将来起こる可能性が高い気候変動の具体的内容を、東北の各県・地域別にまとめています。

極端な気象現象・異常気象等は、近年、世界の至るところで発生していますが、平成29年5月にはパキスタンで最高気温 53.5℃を記録し、平成30年夏には日本でも、熊谷で日本の最高気温を更新(41.1℃)すると同時に、東北でも仙台で最高気温を更新(37.3℃)しました。また、西日本を中心とした広範囲の豪雨災害、「平成30年7月豪雨」では死者・行方不明者200名を超える甚大な人的被害が発生し、その背景には、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加などの影響があると考えられています。

今後も厳しさを増していく「地球温暖化問題」に対して、パリ協定に基づく温暖化対策の仕組みづくりが世界各国の対話のもと本格的に進められている中、農業・水産業をはじめとする地域産業や社会生活に現れ始めている変化に対し、東北地方が適応していくための基礎資料として、本報告書が広く活用されることを期待して、刊行の言葉と致します。

平成31年2月

仙台管区気象台長 大林 正典

# 目次

## 本レポートの構成

第1章 今世紀末における気候変化のシミュレーション	1
1.1 温室効果ガスの増加を仮定した気候変化のシミュレーション	1
1.2 シミュレーションの特徴	2
1.3 解析結果の注意点	3
1.4 解析結果の見方	5
<コラム>温室効果ガス排出シナリオ	7
第2章 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化	9
2.1 東北地方の将来の気候変化	9
2.1.1 気温の将来の気候変化	9
2.1.2 雨の将来の気候変化	13
2.1.3 雪の将来の気候変化	18
2.2 県別の将来の気候変化	20
2.2.1 青森県の将来の気候変化	20
2.2.2 秋田県の将来の気候変化	23
2.2.3 岩手県の将来の気候変化	26
2.2.4 宮城県の将来の気候変化	29
2.2.5 山形県の将来の気候変化	32
2.2.6 福島県の将来の気候変化	35
<コラム>将来の宮城県の夏の気温と稲作への影響	38
参考文献	40

## 本レポートの構成

本レポートには、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の温室効果ガス排出シナリオの中で高レベルのRCP8.5シナリオによる、気象庁気象研究所が開発した気候モデルを用いた将来予測シミュレーション結果（地球温暖化予測情報第9巻）に基づく東北地方及び東北各県の詳細な解析結果を掲載する。各章には、気候変化がもたらす影響等を取り上げたコラムも収録している。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の温室効果ガス排出シナリオの中で比較的中庸なSRES A1Bシナリオによるシミュレーション結果は「東北地方の気候の変化（第2版）」第5章を参照のこと。日本全域や世界全体の気候変動や異常気象、将来予測については、気象庁が公表している最新の「異常気象レポート」「気候変動監視レポート」「地球温暖化予測情報」等を参照のこと。

本レポートの構成は、「東北地方の気候の変化（第2版）」第5章と比較できるよう同様のものとなっている。第1章には、本レポートの結果を参照する上で前提となる気候モデルによる将来予測シミュレーションの説明と、第2章に示すグラフ、表、図の見方・注意点を述べている。第2章には、東北地方及び東北各地域（東北日本海側、東北太平洋側、東北北部、東北南部）における解析結果と東北各県の解析結果を掲載している。

「東北地方の気候の変化（第2版）」第5章に掲載していたモデルの再現性は割愛することとし、解析結果において信頼性が小さい等によりデータを示さない場合は、その都度、本文及び図・表の説明に記述する。

※本レポートに掲載した気象庁以外の機関、団体の資料を引用する場合は、直接、提供元の了解を得ること。

## 第1章 今世紀末における気候変化のシミュレーション

### 1.1 温室効果ガスの増加を仮定した気候変化のシミュレーション

IPCC 第5次評価報告書 (IPCC, 2013~2014) では、近年の気候変化について、大気と海洋の温暖化、雪氷の量の減少、世界平均海面水位の上昇を挙げて、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」と断定し、「人間による影響が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な要因であった可能性が極めて高い (95~100%の確率)」と結論付けている。また、「1960年以降の世界の水循環に人為的影響があった可能性が高い」としており、人為起源による温室効果ガスの増加により、陸上の降水分布の世界規模での変化や十分なデータがある陸域における大雨の増加等にも影響が及んでいることを述べている。

こうしたことを背景として、このまま人為的な温室効果ガスの排出が続いた場合に起こる気候の変化について、気候モデル (コンピュータによるシミュレーション) を用いた研究が世界各国で行われている。気象庁では将来の温室効果ガスの排出を仮定したシナリオ (P7のコラム参照) に沿って、実際の気候を良く再現している気候モデルを用いて将来の気候についてのシミュレーションを実施している。本レポートでは、地球温暖化予測情報第9巻 (気象庁, 2017a) として公表した、温室効果ガス濃度が最も多くなる想定 (RCP8.5シナリオ) に基づいて実施したシミュレーション結果のさらに詳細な解析結果として、21世紀末における東北地方及び東北各県の気候の変化を紹介する。この解析結果は、東北地方の気候の変化 (第2版) (仙台管区气象台, 2016) 第5章と並び、21世紀末に、現在と比

### ??? まめコラム



#### 気候モデルによる将来予測実験 (シミュレーション)

物理学の方程式により、風や気温などの時間変化をコンピュータで計算して将来の大気の状態を予測する方法を数値予報といい、今日の天気予報技術の根幹となっている。数値予報では、コンピュータで取り扱いやすいように、規則正しく並んだ格子で大気を細かく覆い (図1)、そのひとつひとつの格子点の気圧、気温、風などの値を観測データを使って求め、これをもとに将来の気象の推移をコンピュータで計算する。この計算に用いるプログラムを「数値予報モデル」と呼び、いわば地球の模型をコンピュータ上に作ったものと言える。温暖化のシミュレーションに用いる気候モデルとは、数値予報モデルから発展したもので、大気、海洋、陸地、生物圏、雪氷圏などからなる気候システム (図2) をコンピュータ上に作り上げ、温室効果ガスなどの気候の変動要因 (強制力) を与えて、これに対する気候システムの応答を捉えるという、将来の気候のシミュレーションを実施するものである。

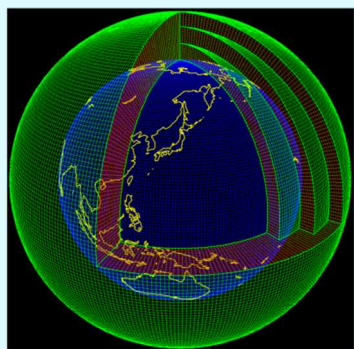


図1 数値予報モデルの格子点



図2 気候システム

大気の流れは海洋や陸面、生物圏と影響を及ぼし合い、大きな気候システム (気候系) を形成している (気象庁, 2002)。

べてどのような気候の変化が東北地方において起こる可能性があるかを科学的に示す資料である。

## 1.2 シミュレーションの特徴

本レポートの元となる地球温暖化予測情報第9巻における気候変化のシミュレーションの主な特徴は以下のとおりである。

### ①高解像度モデルを用いたシミュレーション

地球温暖化予測情報第9巻は、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)を用いた計算結果に基づく。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世紀末の20年分(1980～1999年、以下、現在気候とする)及び21世紀末の20年分(2076～2095年、以下、将来気候とする)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1-1)。このシミュレーションでは水平格子間隔5kmという温暖化予測実験としては世界最高水準の高解像度の力学的なモデルにより、複雑な地形や対流がもたらす気候の変化をより現実に近い形で計算できるため、平均的な気候の変化に加えて大雨等の顕著現象の評価が可能となっている。

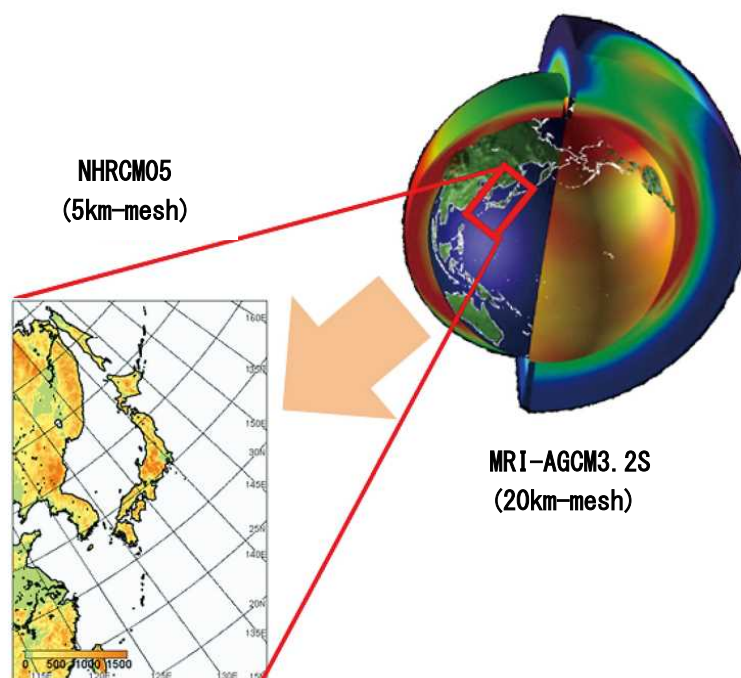


図1-1 全球気候モデルから地域気候モデルによるダウンスケーリング(文部科学省研究開発局, 2015より引用一部改編)

全球気候モデル(水平解像度20km)のシミュレーション結果から、地域気候モデル(水平解像度5km)に解像度を高めて日本域を計算している。

### ②高レベルの温室効果ガス排出量を想定したシナリオ

シミュレーションにおける温室効果ガスの排出シナリオとしては、IPCC第5次評価報告書で用いられた4つの代表的濃度経路(Representative Concentration Pathways: RCP)シナリオのうち、防災上の意識を高める観点等から最も高レベルの排出を想定したRCP8.5シナリオを用いている。

### ③4通りのシミュレーション(4メンバー)

海面水温(Sea Surface Temperature: SST)は、気候に大きな影響を与え、特に熱帯域のSSTの変化は日本の天候にも大きく影響する。地球温暖化予測情報第9巻においては、Mizuta *et al.* (2014)に



に基づき、4通りの SST 変化パターンが用いられ（図1-2）、これらを大気モデルの境界条件として用いた4通りのシミュレーション（4メンバー）を実施している。これにより、実際に現れ得る様々な変動をより広く捉えるとともに、将来変化の増減傾向の信頼度を評価することが可能となっている。

4通りの海面水温（図1-2の a～d）は、第5次大気海洋結合モデル相互比較プロジェクト（Coupled Model Intercomparison Project Phase 5: CMIP5）における世界各国の研究機関等によるシミュレーション結果（約60のモデルから28モデルを選択）から、RCP8.5シナリオのもとでの将来の海面水温の変化量を全て平均したもの（a）、熱帯域の SST 変化を対象にクラスター解析によって3パターンに分類したそれぞれについて平均したもの（b～d）を用いている（詳細は地球温暖化予測情報第9巻 第1章を参照）。

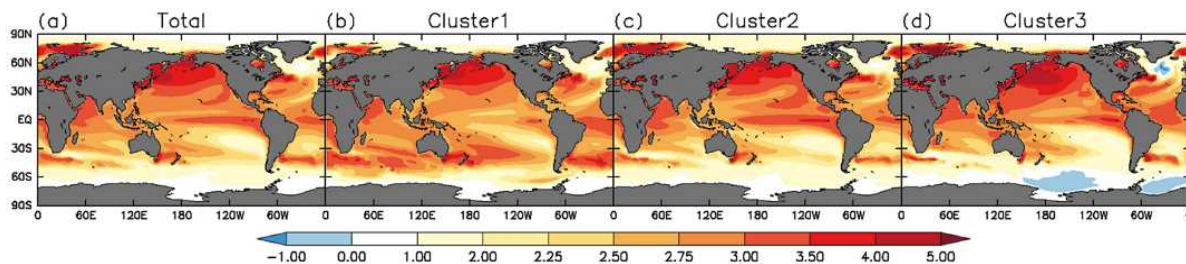


図1-2 SST分布の異なる4パターン（Mizuta *et al.* (2014)より引用）

熱帯域のSST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。

(b)クラスター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)クラスター2（14モデル）：(a)よりもさらにエルニーニョ的な変化を示す。

(d)クラスター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。

### 1.3 解析結果の注意点

第2章に述べる解析結果を参照する際は、以下について注意する必要がある。

#### ①気候モデルによる計算結果には特有のバイアスがある

気候モデルは、すべての現象を完全に再現できるものではないので、再現性に注意して利用する必要がある。また、気候モデルの計算結果にはモデル特有の系統誤差（モデルが持つ特徴的な偏向：バイアス）が含まれている。このため、気候モデルによる計算結果の予測値をそのまま将来気候のシミュレーション結果として解釈するのは適切ではない。地球温暖化予測情報第9巻及び本レポートでは、現在気候におけるバイアスが将来気候にも同じように表れるという前提のもとで、計算結果を統計的に補正したものや、現在気候と将来気候の差（比）を用いている。

なお、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、適切なシミュレーション結果を得られない場合がある。このために第2章で示す階級別日数・回数（夏日日数、真夏日日数、猛暑日日数、熱帯夜日数、冬日日数、真冬日日数、日降水量1mm未満・100mm以上・200mm以上の年間発生回数、1時間降水量30mm以上・50mm以上の年・季節別発生回数）では、気候モデルの現在気候における出力値のうち、アメダス観測地点に対応するモデル格子点についてのみを対象に観測データと比較して補正量を算出し、補正した格子点値を平均して地域や県毎の1地点あたりの平均値を求めている（補正方法の詳細は地球温暖化予測情報第9巻【資料3】を参照）。

#### ②気候変化のシミュレーションでは大気や海洋の自然変動のタイミングは予測対象ではない

シミュレーションは、自然変動に伴う気候の「ジグザグ」な揺らぎの影響（ノイズ）を取り除いて、温室効果ガスの増加に伴って「じわじわ」と進行する長期的な変化の傾向を検出することが目的である。そこで、年々変動によるノイズの影響を緩和するため、現在気候として1980～1999年、将来気候として2076～2095年の20年平均値を求めている（図1-3）。

③気温に比べ、降水量の変化予測は不確実性が大きい

降水のシミュレーション結果は、気温に比べて一般に不確実性が大きい。これは、台風や梅雨前線に伴う大雨等の顕著現象の頻度や程度は年々の変動が大きいことに加え、空間的な代表性が小さい(狭い地域で集中的に降る等) うえに発生頻度が稀であることから統計解析の標本数が限られ、確からしい系統的な変化傾向の検出が難しくなる場合があることによる。

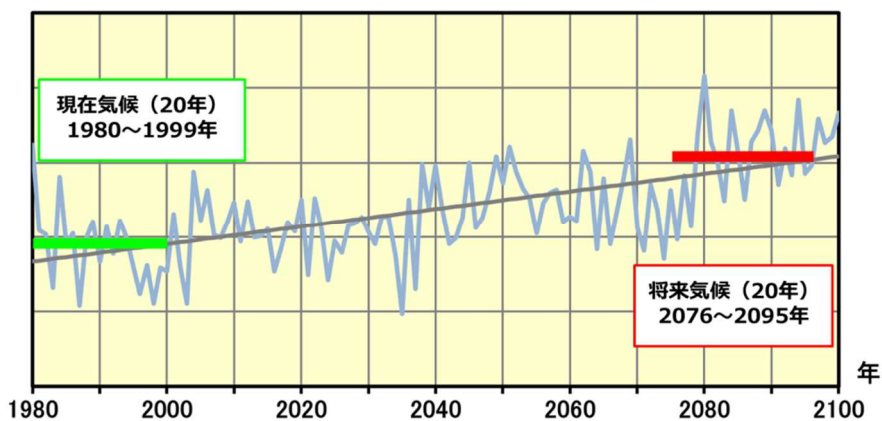


図1-3 気象要素の短期的変動と長期的な変化傾向のイメージ

④シミュレーション結果を狭い地域で評価すると不確実性が大きくなる

②で述べた、気候の「ジグザグ」な揺らぎの影響(ノイズ)は、広い地域で平均するほど小さくなり、「じわじわ」と進行する長期的な変化の傾向が明瞭になる。一方、狭い領域に着目するほど、「ジグザグ」な年々変動の影響が大きくなり、「じわじわ」な長期的な変化傾向が不明瞭になる。このため、シミュレーション結果の解析においては、地域レベルで現われる変化傾向が、より広域で見た場合の傾向と一致するかどうか、温室効果ガスが増加した際に現れる変化として科学的な説明が可能か、等の観点からも信頼性を検討する必要がある。

⑤温室効果ガス排出量によりシミュレーション結果は異なる

シミュレーションにおいて気候変化の前提となる温室効果ガスの将来変化は、本レポートでは高レベル排出量のRCP8.5シナリオについてのみ計算対象としている。このため、他のシナリオを用いた場合には、異なる結果となる可能性がある。なお、東北地方の気候の変化(第2版)第5章の元となるシミュレーション(地球温暖化予測情報第8巻(気象庁, 2013)のもの)では、比較的中庸なSRES A1Bシナリオ(RCP6.0相当)を用いている(図1-4)。

本レポート第2章では、異なる温室効果ガス排出シナリオによるシミュレーション結果と比較する観点から、東北地方の気候の変化(第2版)第5章に記載した結果を“SRES A1B版”として、本レポートの結果と適宜比較を行う。

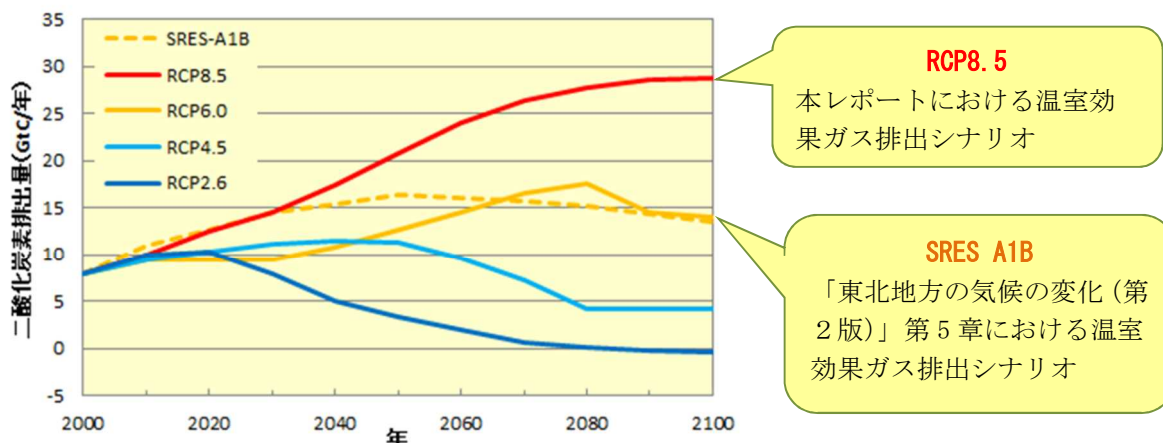


図1-4 温室効果ガス排出シナリオ毎の二酸化炭素排出量

### ⑥同一の気候モデルによる4種類の計算結果である

IPCC第5次評価報告書では、RCP8.5シナリオの予測において、世界各国の研究機関等による39種類の気候モデルによるシミュレーション結果が用いられており、その結果、1986～2005年平均に対する21世紀末（2081～2100年）の世界平均気温の上昇量が2.6～4.8℃となることを示している。このばらつき具合は、各気候モデルの違いによるものである。

一方、本レポートの元となる地球温暖化予測情報第9巻では、SSTが異なる4通りのシミュレーション（4メンバー）が実施されているが、それらの結果はどれも同じ気候モデルによるものである。このため、基本的には同じバイアスが現れていると考えられる。この点において、本レポートにおける不確実性は、IPCC第5次評価報告書によるものとは異なる。

### ⑦統計的な検定を実施

シミュレーション結果の解析において、現在気候と将来気候の差を評価する際には、その差が統計的に有意かどうかを検定により確認している。トレンド成分からの残差の分布が正規分布とは仮定できないとして、将来気候の有意性の検定には、Mann-Whitney 検定を実施し、信頼度水準90%で有意な場合は、有意な変化が見られるとし、これ以外は無意味な変化傾向は見られないとしている。

## 1.4 解析結果の見方

本レポートでは、気象庁による季節予報の地域区分に従い、東北地方を①東北日本海側（青森県の津軽地方、秋田県、山形県、福島県の会津地方）と東北太平洋側（青森県の下北、三八上北地方、岩手県、宮城県、福島県の中通り、浜通り地方）（図1-5①）と②東北北部（青森県、秋田県、岩手県）と東北南部（山形県、宮城県、福島県）（図1-5②）の2通りに分けて、東北地方全体と共にそれぞれの地域及び東北各県を対象に解析を行っている。なお、東北地方及び各地域の地勢と気候については、東北地方の気候の変化（第2版）第1章を参照願う。

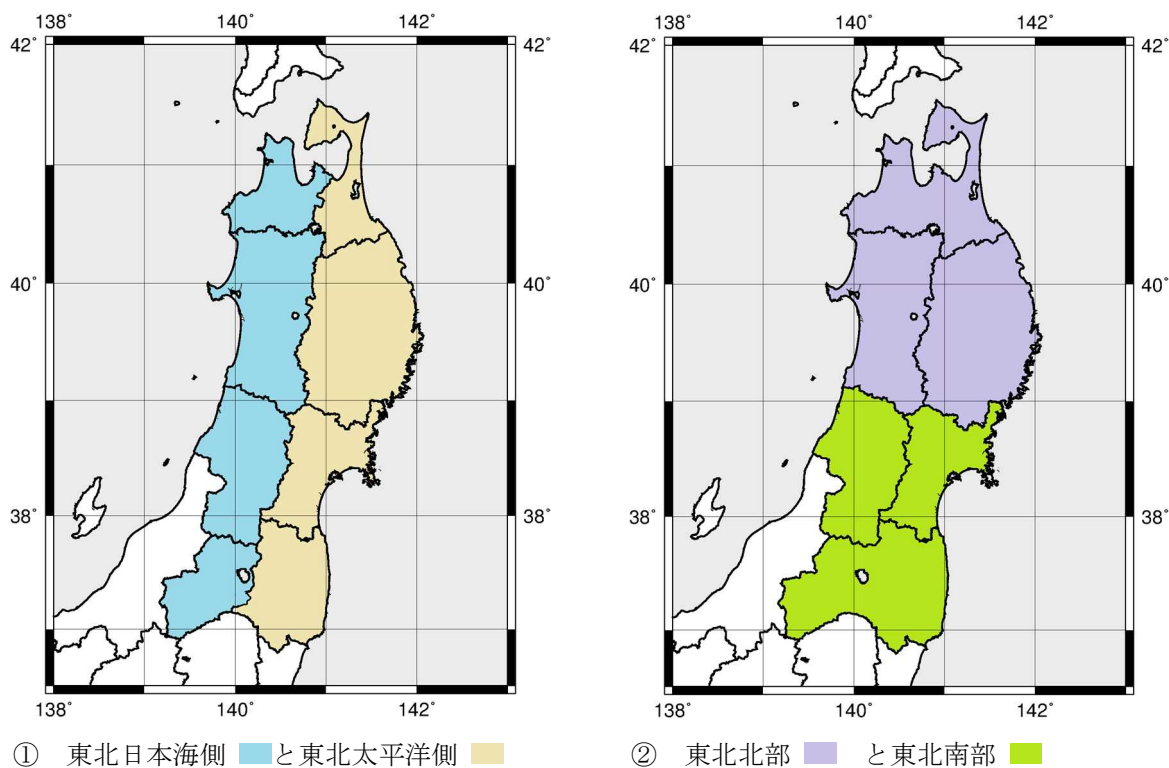


図1-5 東北地方の地域区分

第2章に述べる解析結果は（ア）地域及び県別の変化グラフ及び付表と（イ）変化の空間パターン（分布図）で示している。

(ア) 地域及び県別の変化

地域毎の現在気候から将来気候への変化量の図の例を図1-6に示す。この図では将来気候と現在気候との差を赤の棒グラフで示している。また黒く細い縦棒の上下幅は年々変動の標準偏差（左：現在気候、右：将来気候）、すなわち毎年の天候のばらつきの程度を示す。将来気候の年々変動については、Wakamatsu *et al.* (2017)に基づき、4メンバー間のばらつき、20年間の年々変動のばらつきから算出している（詳細は地球温暖化予測情報第9巻【資料2】を参照）。変化量が現在気候における年々変動の標準偏差に比べてある程度大きければ、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いような天候が将来は平均的に現れることを示唆する。

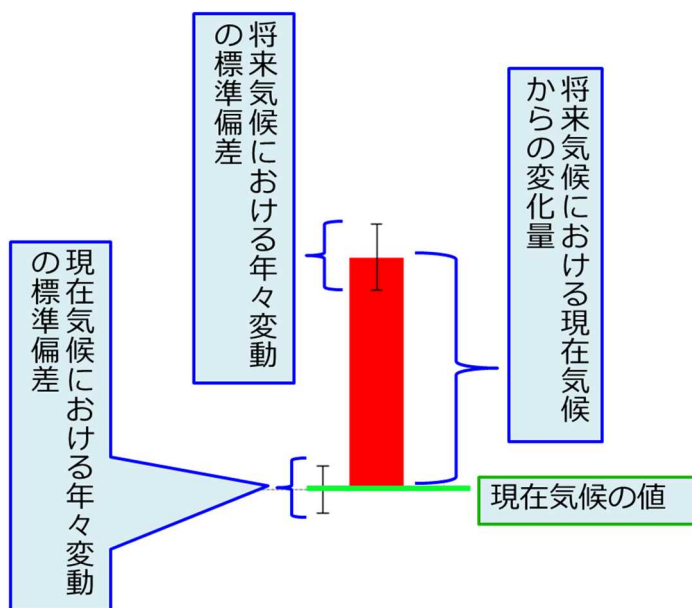


図1-6 変化量グラフの見方

なお、大雨・短時間強雨の発生回数の図については、現在気候と将来気候の差ではなく、現在気候の値を灰色の棒グラフ、将来気候の値を青色の棒グラフで示している。

表1-1 東北各地域の変化量の表の例：年・季節別の日降水量1mm未満の回数（無降水日数）

	年	春	夏	秋	冬
東北地方	8.4±7.2	1.7±4.0	2.5±4.6	2.4±4.1	1.9±3.5
東北日本海側	10.8±8.9	1.7±4.6	1.7±5.1	3.3±5.0	4.1±4.9
東北太平洋側	6.3±6.6	1.7±3.8	3.2±4.5	1.6±3.6	
東北北部	7.8±8.3	1.4±4.5	1.6±5.2	2.3±4.7	2.5±4.0
東北南部	9.3±7.1	2.0±4.0	3.6±4.5	2.5±3.9	1.2±3.3

地域毎の現在気候からの変化量の表の例を表1-1に示す。表は各地域の変化量を、「将来気候の値から現在気候の値を引いたもの±将来気候における年々変動の標準偏差」で示しており、信頼度水準 90%で有意とならない場合は灰色で塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。

なお、本レポートでは以下の理由等により結果の信頼度が低いと判断される場合には、数値を記入せずに空欄とし、グラフも表示しないこととした。

○階級別日数・回数において現在気候、将来気候ともに各20年間における事例数が極端に少ない場合（概ね50年に1回以下の場合）。

○対象となる要素の現在気候に比べた将来気候の変化傾向、すなわち増加（減少）、上昇（下降）等の特徴が、4通りの予測結果が示す傾向が一致しないなど、はっきりとした傾向が見られない場合。

(イ) 変化の空間パターン (分布図)

気候モデルの格子点毎に、現在気候からの変化量を地図上に色の違いで表現した図の例を図1-7に示す。この図からは地域毎の変化量を視覚的に把握することができる。

なお、地域気候モデル (NHRCM05、水平解像度 5km) で再現できるのは水平解像度の数倍程度以上の広がりをもった気候現象であることから、これより小さいスケールの空間パターンの情報をこの図から読み取ることが適切でない。また1.3で述べたとおり、一般に狭い地域スケールで見るほど、温暖化に伴う気候変化の検出の不確実性が大きくなることに注意が必要である。これらのことから、変化量の分布は、特定の「点」や狭い地域の情報としてではなく、「東北日本海側」などの地域区分、もしくは県域程度の広域の空間パターンとして読みとることが望ましい。

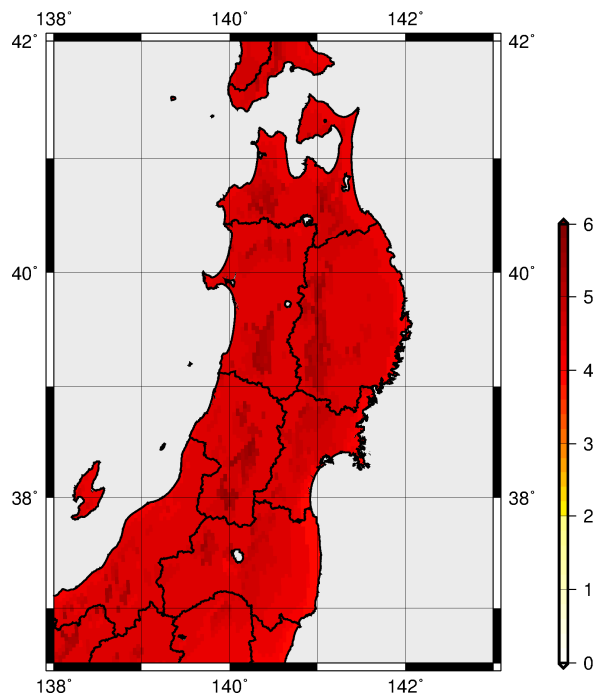


図1-7 変化の空間パターン (分布図) の例



温室効果ガス排出シナリオ

将来の気候変化には、人為起源の温室効果ガスの大気中の濃度変化が大きく影響すると考えられ、気候変化のシミュレーションに際しては人為的な温室効果ガスの排出に関する見通し (排出シナリオ) が重要な要素となる。

IPCC第5次評価報告書では、代表的濃度経路 (Representative Concentration Pathways : RCP) シナリオを用いている。RCPシナリオではIPCC第3次・第4次評価報告書で用いられたSRESシナリオのような社会的・経済的な将来像は仮定せず、将来に想定される多様な放射強制力<sup>1</sup>の経路の中から、代表的なものを選択し、これに基づき気候を予測する。放射強制力に複数の社会経済シナリオを対応・比較させること

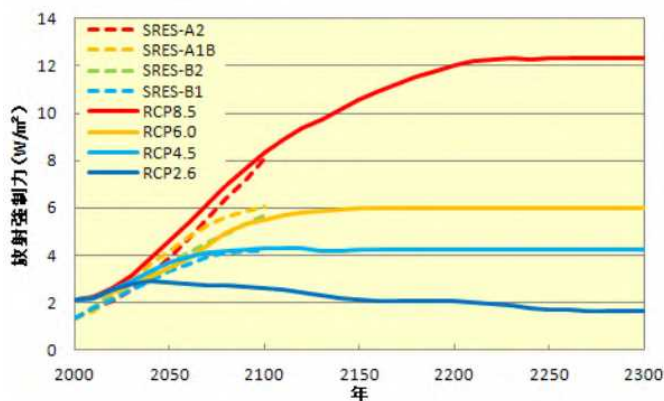


図 SRESシナリオとRCPシナリオに基づく放射強制力  
SRESシナリオとRCPシナリオによる放射強制力の変化予測図 (気象庁, 2013)

<sup>1</sup>気候変動をもたらす温室効果ガス、エアロゾル、土地利用等の変化によって引き起こされる放射エネルギー収支の変化量。単位は W/m<sup>2</sup>。正の放射強制力は地球を暖め、負の放射強制力は地球を冷やす傾向がある。RCPシナリオでは、1750年を基準とした、それぞれのシナリオにおけるおおよその放射強制力を示している。

で多様な将来像を仮定することが可能であり、様々な緩和策・適応策の施策に役立てることができるという利点がある。

RCPシナリオでは、社会経済モデルから作成した多くのシナリオから、以下の4点を考慮してRCP2.6（低位安定化シナリオ：産業革命以後から21世紀末までの気温上昇を2℃に抑えるケースに相当）、RCP8.5（高位参照シナリオ：現時点を超える政策的な緩和策を行わないケースに相当）、及びそれらの間に位置するRCP4.5（中位安定化シナリオ）とRCP6.0（高位安定化シナリオ）の4シナリオが選択された。

- ①シナリオ間の放射強制力が明確にかけ離れていること。
- ②シナリオの数が奇数でないこと（中位の放射強制力を持つシナリオの実現確率が最も高いと誤解されることを避けるため）。
- ③放射強制力が高／低の二通りでないこと。
- ④多すぎないこと。

「RCP」に付く数値は放射強制力の目安であり、RCP2.6では「2100年以前に約3W/m<sup>2</sup>でピークを迎え、その後減少し、2100年頃には約2.6W/m<sup>2</sup>となる」、RCP8.5では「2100年の時点で8.5W/m<sup>2</sup>を超え、上昇が続く」、RCP4.5とRCP6.0では「2100年以降に約4.5（6.0）W/m<sup>2</sup>で安定化する」ことを示している（図）。

本書の元になっている地球温暖化予測情報第9巻では、既に同第8巻において中庸なシナリオでのシミュレーションを実施していることや、防災上の意識を高める観点等から、4つのRCPシナリオのうち、最も高レベルの排出量を想定したRCP8.5シナリオを用いている。

東北地方の気候の変化（第2版）第5章の元となった地球温暖化予測情報第8巻では、SRESシナリオのうち比較的中庸なA1Bシナリオを用いている。SRESシナリオとRCPシナリオでは様々な仮定が異なるので、放射強制力の違いだけから単純に比較することはできないが、SRESのA1Bシナリオは、RCP6.0シナリオにおおよそ対応する。

## 第2章 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化

本章では、1.3②のとおり、シミュレーション結果から、自然変動に伴う気候の「ジグザグ」な揺らぎの影響（ノイズ）を取り除いて、温室効果ガスの増加に伴って「じわじわ」と進行する長期的な変化の傾向を検出するため、現在気候として1980～1999年、将来気候として2076～2095年の20年平均値を求めて、現在気候に対する将来気候の変化を示している。

### 2.1 東北地方の将来の気候変化

#### 2.1.1 気温の将来の気候変化

##### 年平均気温、日最高気温及び日最低気温の年平均値

- ・ いずれの地域、季節においても、4～5℃程度の大きな上昇が見られ、現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態となることを示している。
- ・ 冬の変化量が最も大きく、春が最も小さい。
- ・ 日最高気温よりも、日最低気温の変化量が大きい。

現在気候（1980～1999年の20年平均値）に対して将来気候（2076～2095年の20年平均値）では、東北地方のほぼ全域で4～5℃程度の年平均気温の上昇が見られ、いずれの地域、季節においても、現在気候の年々変動の標準偏差を大きく超える上昇となっている（図2-1、図2-2及び附表）。これは現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態となることを示している。また、各地域とも冬の変化量が最も大きく、春の変化量が最も小さい。全国的にも、季節別では冬の変化量が大きく、積雪の融解等による影響が指摘されている（気象庁，2017a）。

日最高気温と日最低気温の年・季節別平均値も、概ね上記と同様の特徴を示し、日最高気温の変化量よりも、日最低気温の変化量が大きい。

SRES A1B版（脚注）と比較すると本レポートの結果の方が変化量が大きい。また、SRES A1B版においても冬の変化量が最も大きい、最も小さいのは夏の変化量で、春がこれに次ぐ。

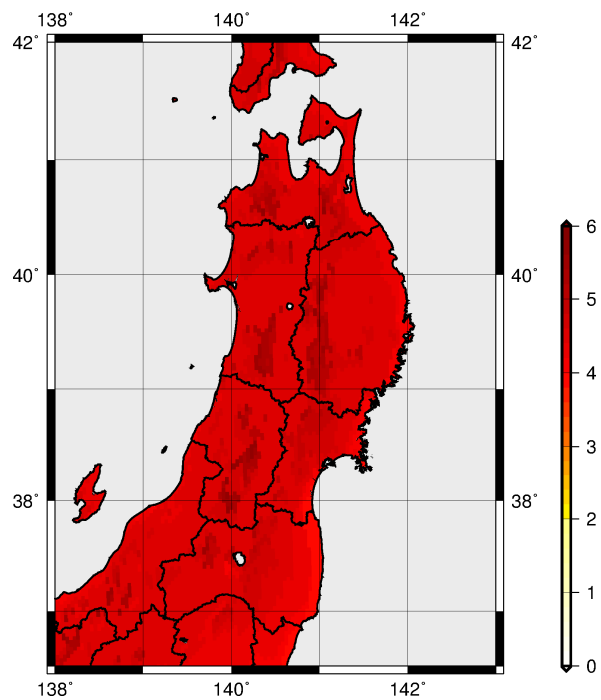
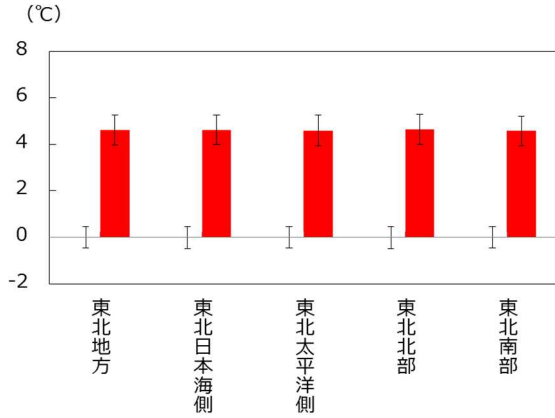


図2-1 東北地方の年平均気温の変化量（単位：℃）

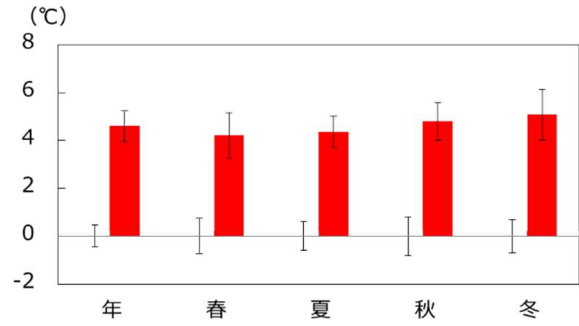
現在気候に対する将来気候の変化量。気象庁によるIPCCのRCP8.5シナリオに基づくシミュレーション結果（気象庁，2017a）を基に作成。

脚注) 異なる温室効果ガス排出シナリオによるシミュレーション結果と比較する観点から、東北地方の気候の変化（第2版）第5章に記載した結果をSRES A1B版として、本レポートの結果と適宜比較を行う（1.3⑤参照）。

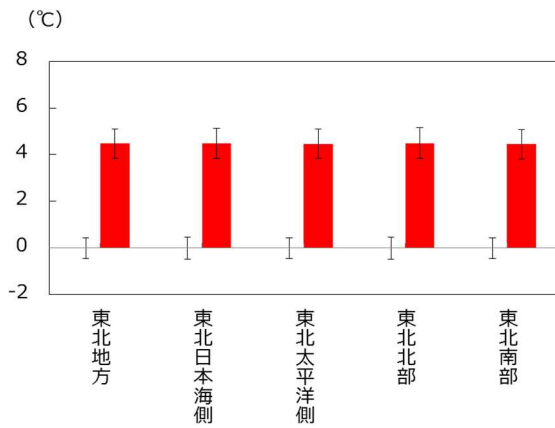
2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化



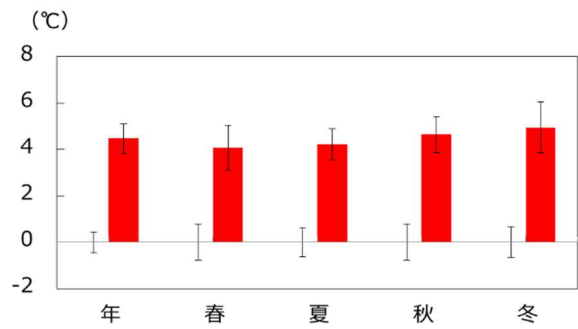
(a) 東北各地域における年平均気温の変化量



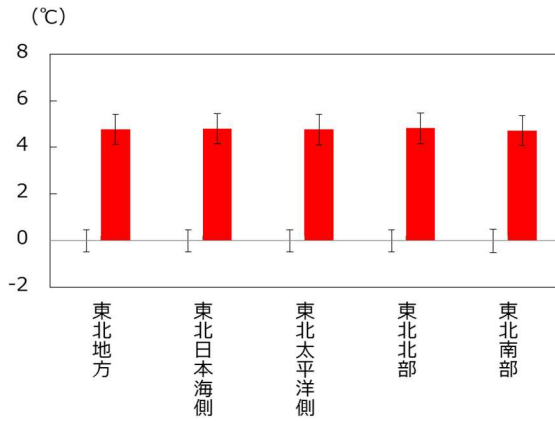
(b) 東北地方における年・季節別平均気温の変化量



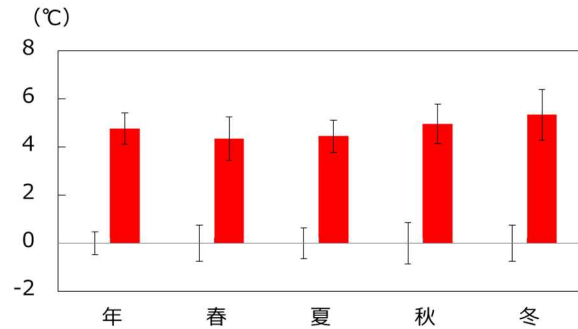
(c) 東北各地域における日最高気温の年平均値の変化量



(d) 東北地方における日最高気温の年・季節別平均値の変化量



(e) 東北各地域における日最低気温の年平均値の変化量



(f) 東北地方における日最低気温の年・季節別平均値の変化量



2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化

平均気温	年	春	夏	秋	冬
東北地方	4.6±0.6	4.2±0.9	4.4±0.7	4.8±0.8	5.1±1.1
東北日本海側	4.6±0.6	4.3±1.0	4.4±0.7	4.8±0.8	5.0±1.1
東北太平洋側	4.6±0.7	4.1±0.9	4.4±0.7	4.8±0.8	5.2±1.1
東北北部	4.6±0.7	4.2±0.9	4.4±0.7	4.8±0.8	5.1±1.1
東北南部	4.6±0.6	4.2±1.0	4.3±0.7	4.7±0.8	5.1±1.0

日最高気温	年	春	夏	秋	冬
東北地方	4.5±0.6	4.1±1.0	4.2±0.7	4.6±0.8	5.0±1.1
東北日本海側	4.5±0.6	4.1±1.0	4.2±0.7	4.7±0.8	4.9±1.1
東北太平洋側	4.5±0.6	4.1±1.0	4.2±0.7	4.6±0.8	5.0±1.1
東北北部	4.5±0.7	4.1±1.0	4.3±0.7	4.7±0.8	4.9±1.1
東北南部	4.5±0.6	4.1±1.0	4.2±0.7	4.6±0.8	5.0±1.1

日最低気温	年	春	夏	秋	冬
東北地方	4.8±0.7	4.3±0.9	4.5±0.7	5.0±0.8	5.3±1.1
東北日本海側	4.8±0.7	4.5±0.9	4.5±0.7	5.0±0.8	5.2±1.1
東北太平洋側	4.8±0.7	4.2±0.9	4.4±0.7	4.9±0.8	5.5±1.1
東北北部	4.8±0.7	4.4±0.9	4.5±0.7	5.0±0.8	5.4±1.1
東北南部	4.7±0.6	4.3±0.9	4.4±0.7	4.9±0.8	5.3±1.0

図2-2及び付表 東北各地域の気温に関する将来変化（単位：℃）

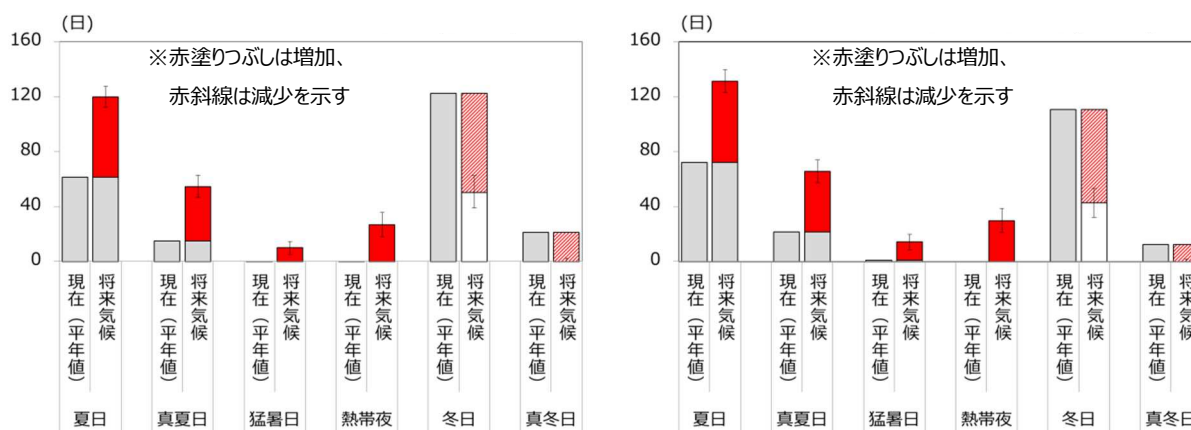
図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日及び真冬日の年間日数

- ・いずれの地域でも夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜が大きく増加し、冬日、真冬日が大きく減少する。
- ・夏日は60日程度増加し、冬日は70日程度減少する。

気温の階級別日数において、いずれの地域も現在気候に対して将来気候では、夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜（脚注）が現在の平年値を大きく超える増加となっており、冬日、真冬日は大きく減少し、真冬日はほとんどみられなくなる（図2-3及び付表）。特に夏日は各地域とも年間日数が60日程度増加し、冬日は70日程度減少している。暑い日（夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜）の変化量は、東北日本海側よりも東北太平洋側で、また、東北北部よりも東北南部で大きい。冬日、真冬日の変化量は東北太平洋側よりも東北日本海側で、また、東北南部よりも東北北部で大きい。

SRES A1B版と比較すると、上記の傾向は同様であるが、本レポートの結果の方がいずれも変化量が大きい。



(a) 東北北部における日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは平年値（1981～2010年平均）。

(b) 東北南部における日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは平年値（1981～2010年平均）。

	夏日	真夏日	猛暑日	熱帯夜	冬日	真冬日
東北地方	58.7±7.7	41.6±8.0	11.1±4.9	27.9±8.7	-70.2±11.3	-17.0±1.6
東北日本海側	56.3±6.9	42.6±8.1	10.7±5.5	26.3±8.2	-71.6±11.4	-21.0±2.0
東北太平洋側	60.7±8.9	40.8±8.7	11.4±5.0	29.2±9.3	-69.0±11.4	-13.6±1.3
東北北部	58.3±7.7	39.6±8.1	9.2±4.6	26.6±8.9	-72.1±12.2	-21.0±2.0
東北南部	59.2±8.1	44.1±8.4	13.3±5.5	29.4±8.8	-67.9±10.5	-12.1±1.2

図2-3及び付表 東北各地域（グラフは東北北部と東北部のみ）の日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）の年間日数の変化量（単位：日）

図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。ただし、「冬日」と「真冬日」についてはプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。付表には東北地方、東北日本海側、東北太平洋側も記載する。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

脚注) 夜間の最低気温が25℃以上のこと。ここでは日最低気温が25℃以上の日を便宜的に熱帯夜と呼ぶ。

2.1.2 雨の将来の気候変化

年降水量

・年降水量は東北地方では有意な変化は見られないものの、東北南部では有意な減少が見られる。

年降水量では、現在気候に対して将来気候では、東北南部において有意な減少が見られるが、他の地域では有意な変化は見られない（図2-4、図2-5及び付表）。

SRES A1B版では、年降水量に東北日本海側のみ有意な増加傾向が見られた。

なお、季節別降水量の変化は、変化量が小さくはっきりとした傾向が見られない、異なる4メンバーによるそれぞれの結果が示す傾向が一致しない等、変化量の信頼度が小さいと考えられたため、本レポートにおいて季節別降水量変化量の棒グラフ及び数値結果を示さないこととする。

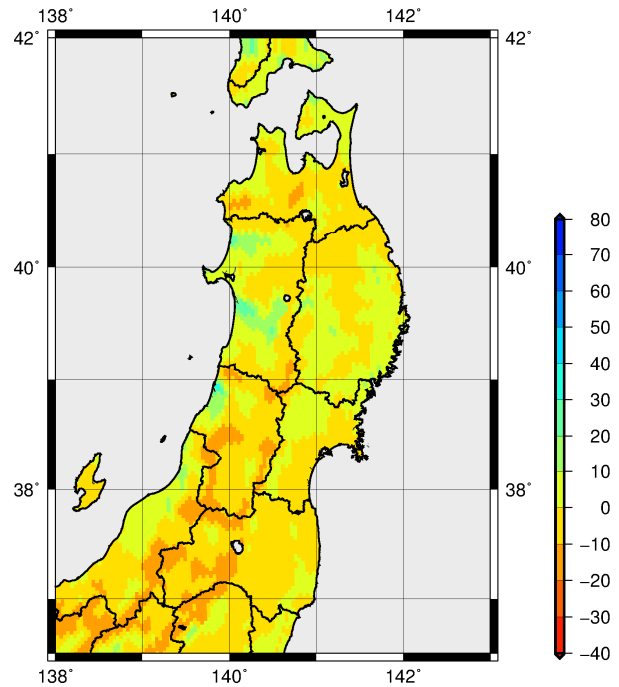
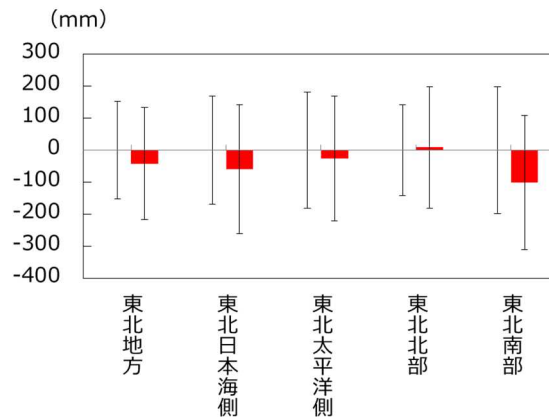


図2-4 東北地方の年降水量の変化量（単位：mm）  
現在気候に対する将来気候の変化量。気象庁によるIPCCのRCP8.5シナリオに基づくシミュレーション結果（気象庁, 2017a）を基に作成。



東北各地域における年降水量の変化量

	東北地方	東北日本海側	東北太平洋側	東北北部	東北南部
年降水量	-41.7±176.0	-59.2±201.4	-26.1±195.3	8.7±189.9	-101.4±209.7

図2-5及び付表 東北各地域の年降水量の変化量（単位：mm）

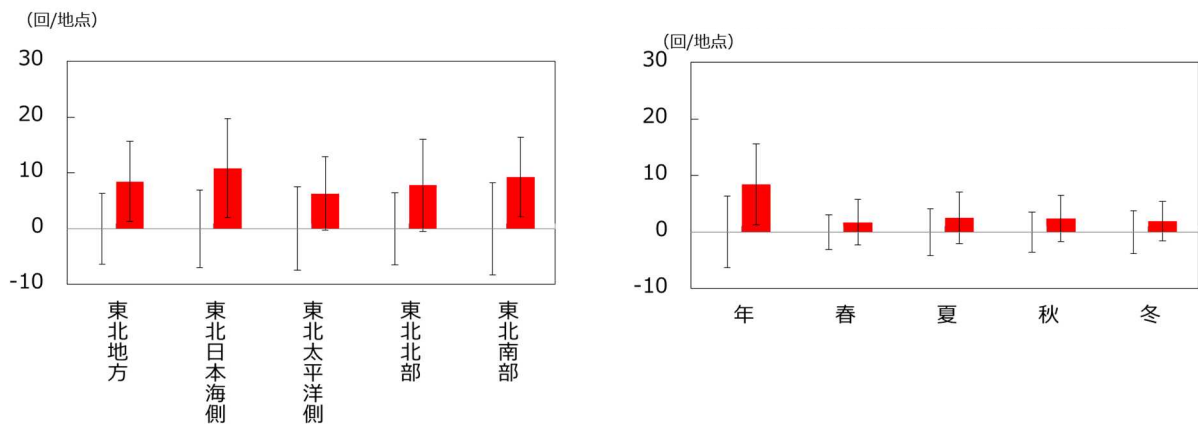
図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

**日降水量1mm未満の回数（無降水日数）**

- ・年間では、いずれの地域においても有意な増加が見られ、雨の降る日が少なくなる可能性があることを示している。
- ・秋はいずれの地域においても増加が見られる。

日降水量1mm未満の発生回数（無降水日数）では、年の値はいずれの地域においても有意な増加が見られ、東北太平洋側を除き、現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加となっており、いずれの地域においても雨の降る日が少なくなる可能性があることを示している（図2-6a及び付表）。季節別に見ても有意な増加を示すものが多く、特に秋はいずれの地域においても有意に増加している（図2-6b及び付表）。

SRES A1B版では年間発生回数では、有意な増加を示すのは東北南部のみとなっており、季節別に見ても有意な変化を示すものは比較的少ない。これは、より高位な温室効果ガスの排出を前提としていることにより気温上昇量が大きくなったことに伴うものである可能性がある（気象庁, 2017a）。なお、SRES A1B版においても秋はいずれの地域においても有意に増加している。



(a) 東北各地域における日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の変化量

(b) 東北地方の日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量

	年	春	夏	秋	冬
東北地方	8.4±7.2	1.7±4.0	2.5±4.6	2.4±4.1	1.9±3.5
東北日本海側	10.8±8.9	1.7±4.6	1.7±5.1	3.3±5.0	4.1±4.9
東北太平洋側	6.3±6.6	1.7±3.8	3.2±4.5	1.6±3.6	
東北北部	7.8±8.3	1.4±4.5	1.6±5.2	2.3±4.7	2.5±4.0
東北南部	9.3±7.1	2.0±4.0	3.6±4.5	2.5±3.9	1.2±3.3

図2-6及び付表 東北地方の日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量（単位：日）

図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。東北太平洋側の冬の変化量は、はっきりとした傾向が見られない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

**短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の発生回数**

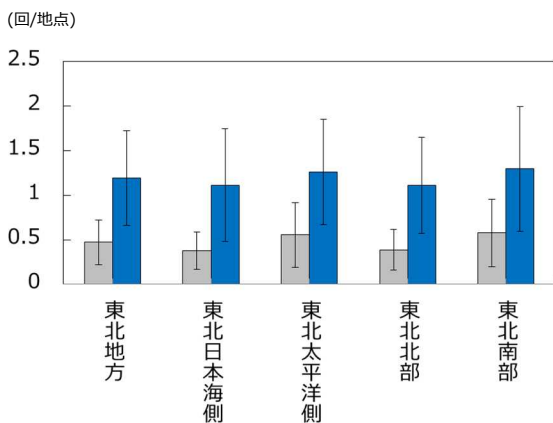
- ・年間発生回数では、いずれの地域においても大きな増加が見られ、将来気候では、激しい雨が毎年発生し、現在気候では数十年に1回の非常に激しい雨が数年おきに発生することを示している。
- ・季節別では夏の増加量が最も大きい。

1時間降水量30mm以上（激しい雨）、50mm以上（非常に激しい雨）ともに年間発生回数では、いずれの地域でも現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では激しい雨の発生回数が現在気候の2倍以上に増え、ほぼ毎年のように発生することを示している（図2-7a、b及び付表）。また、同様に非常に激しい雨では現在気候で数十年に1回程度発生するものが、将来気候では数年おきに発生することを示している（図2-7c、d及び付表）。季節別では、特に夏は、現在気候、将来気候共に発生回数も多く、変化量も最も大きい。

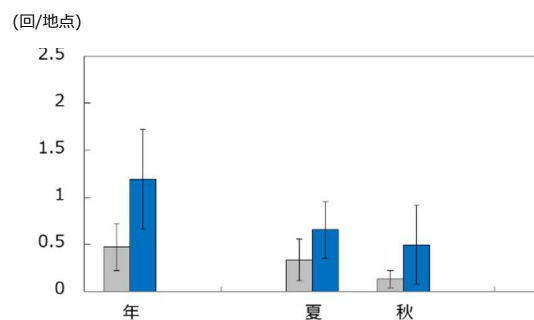
SRES A1B版と比較すると、本レポートの方が変化量が大きいですが、上記の傾向は同様である。

短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の年間発生回数の増加は、東北地方の気候の変化（第2版）第2章にある東北地方全域におけるアメダスを用いた調査結果と整合しており、全国的な長期変化傾向とも整合している（ただし統計年数は短いので、この傾向を確実に捉えるためには更なるデータ蓄積が必要）。地球温暖化に伴う気温上昇により、大気が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が増加する可能性が指摘されており（気象庁, 2015）、本レポート及びSRES A1B版における短時間強雨の増加傾向はこれに整合するものと考えられる。

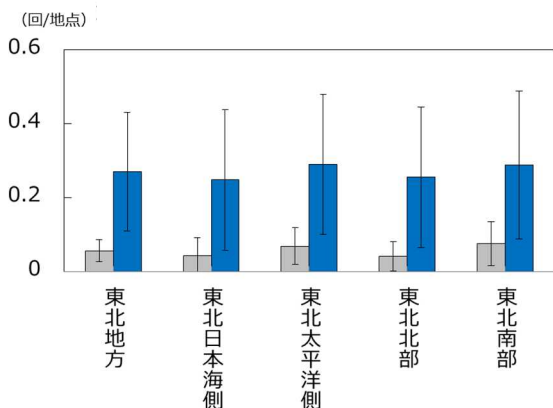
なお、東北地方の短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の春と冬における発生頻度は、現在気候、将来気候共に非常に小さな値となっており、変化量の信頼度は小さいと考えられる。このことから、本レポートでは短時間強雨発生回数の季節別変化のうち、春と冬については棒グラフ及び数値結果を示さないこととする。



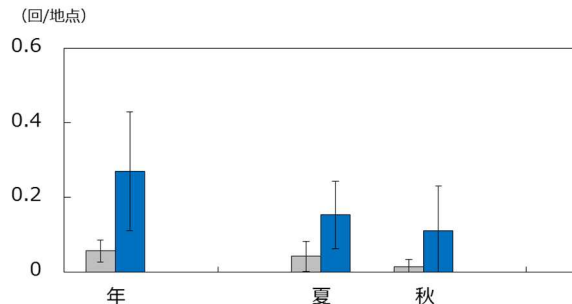
(a) 東北各地域における1時間降水量30mm以上の年間発生回数の変化



(b) 東北地方における1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化



(c) 東北各地域における1時間降水量50mm以上の年間発生回数の変化



(d) 東北地方における1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化

1時間降水量 30mm以上	年	春	夏	秋	冬
東北地方	0.7±0.5		0.3±0.3	0.4±0.4	
東北日本海側	0.7±0.6		0.4±0.4	0.3±0.5	
東北太平洋側	0.7±0.6		0.2±0.3	0.4±0.5	
東北北部	0.7±0.5		0.4±0.3	0.3±0.4	
東北南部	0.7±0.7		0.3±0.4	0.4±0.6	

1時間降水量 50mm以上	年	春	夏	秋	冬
東北地方	0.2±0.2		0.1±0.1	0.1±0.1	
東北日本海側	0.2±0.2		0.1±0.1	0.1±0.1	
東北太平洋側	0.2±0.2		0.1±0.1	0.1±0.2	
東北北部	0.2±0.2		0.1±0.1	0.1±0.1	
東北南部	0.2±0.2		0.1±0.1	0.1±0.2	

図2-7及び付表 東北各地域の短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の年・季節別発生回数  
の変化（単位：回）

図の棒グラフは現在気候（灰）、将来気候（青）における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。春と冬の季節別発生回数の変化は、事例数が少ない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

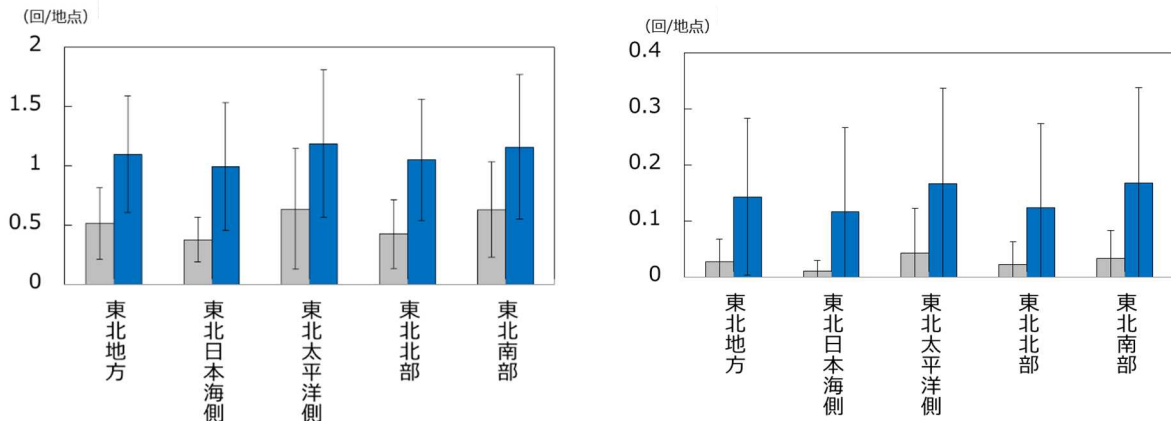
**大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数**

- ・日降水量100mm以上の年間発生回数は、いずれの地域においても大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候では2年に1回程度の発生頻度の大雨が、将来気候ではほぼ毎年のように発生することを示している。
- ・日降水量200mm以上の日数もいずれの地域においても大きな増加が見られる。

日降水量100mm以上及び200mm以上の大雨の発生回数は、いずれの地域においても現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加となっている（図2-8及び付表）。日降水量100mm以上の発生回数の変化は、1地点あたりの平均で現在気候において2年に1回程度の大雨が、将来気候ではほぼ毎年のように発生することを示している。また、日降水量200mm以上の発生回数の変化は、現在気候においてほとんど発生しないような大雨が、将来気候では1地点あたりの平均で10年に1、2回程度発生することを示している。

SRES A1B版でも同様に、100mm以上の大雨の年間日数は、いずれの地域においても有意な増加が見られるものの、いずれの地域でも本レポートの結果が、より大きな増加を示している。

なお、東北地方の大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の発生回数の季節別変化傾向は、現在気候、将来気候ともに非常に小さな発生頻度となっている、もしくは異なる4メンバーによるそれぞれの結果が示す傾向が一致しない等により、変化傾向の信頼度が小さいと考えられる。このことから、本レポートでは大雨発生回数の季節別変化は棒グラフ及び数値結果を示さないこととする。



(a) 東北各地域における日降水量100mm以上の年間発生回数の変化

(b) 東北各地域における日降水量200mm以上の年間発生回数の変化

	東北地方	東北日本海側	東北太平洋側	東北北部	東北南部
日降水量100mm以上回数	0.6±0.5	0.6±0.5	0.5±0.6	0.6±0.5	0.5±0.6
日降水量200mm以上回数	0.1±0.1	0.1±0.2	0.1±0.2	0.1±0.2	0.1±0.2

図2-8及び付表 東北各地域の大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数の変化（単位：回）

図の棒グラフは現在気候（灰）、将来気候（青）における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

2.1.3 雪の将来の気候変化

降雪量、最深積雪

- ・降雪量、最深積雪ともに、いずれの地域においても大きな減少が見られる。

年降雪量はいずれの地域においても、将来変化量が現在気候の年々変動の幅を超える大きな減少となっている（図2-9、図2-10及び付表）。

東北地方全体では、将来気候の年降雪量は現在気候より73%程度の減少となっており、地域別に見てみると、東北太平洋側で減少率が最も大きく、80%程度の減少となっている。一方、東北日本海側で減少率が最も小さく、69%程度の減少となっている。降雪量の減少は、気温の上昇に伴って雪が雨として降るだけでなく、日本付近の大気の流れが変わることもその原因の一つと考えられる。ただし、地球温暖化が進行した状態でも、本州の内陸部ではたまたま発生する極端な降雪の頻度が増大するという研究報告もある。

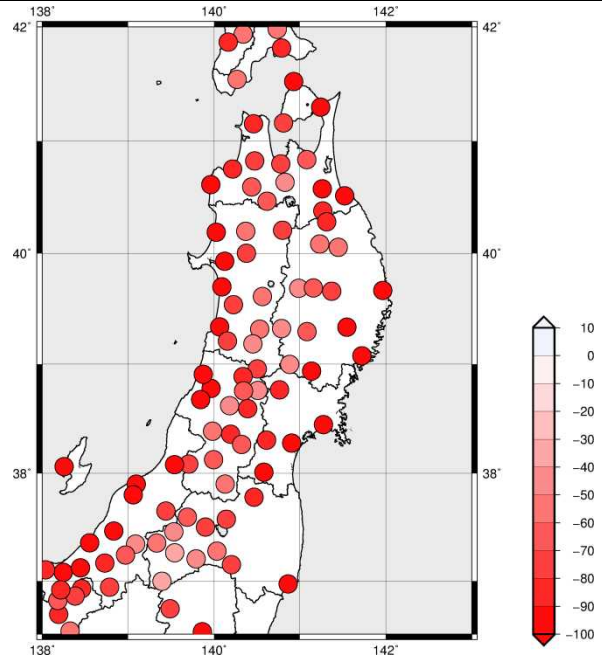
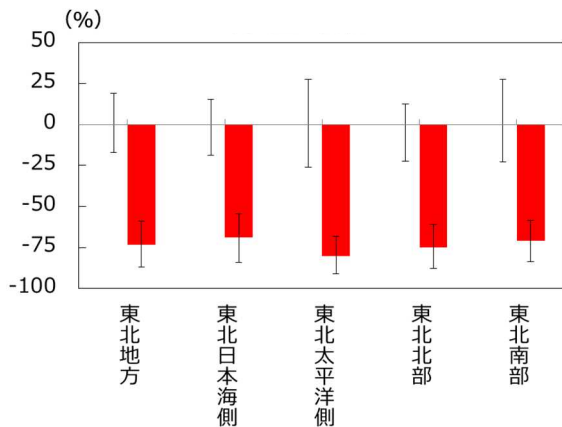


図2-9 東北地方の年降雪量の将来変化率(単位：%)

年降雪量の現在気候に対する将来気候と現在気候の差の比(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(現在気候及び将来気候ともに数値がゼロの場合は表示対象外)。気象庁によるIPCCのRCP8.5シナリオに基づくシミュレーション結果(気象庁,2017a)をもとに作成。



	年降雪量の変化率
東北地方	-73.2(-87.1~-58.8)
東北日本海側	-68.8(-84.0~-54.5)
東北太平洋側	-80.1(-91.0~-68.2)
東北北部	-74.9(-87.6~-60.9)
東北南部	-70.9(-83.8~-58.7)

図2-10及び付表 東北各地域の年降雪量の将来変化率(単位：%)

領域内に含まれる各観測地点での「現在気候」に対する「将来気候と現在気候の差」の比(将来変化率)を統計的に処理し、棒グラフは将来における4メンバー平均の変化率を示す(バイアス補正済み)。細い縦線は年々変動の幅を示す。付表は、棒グラフの数値を「将来変化率(年々変動の幅)」で示している。信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化率の絶対値が現在気候の年々変動の幅より大きい場合はプラス(マイナス)偏差を水色(オレンジ色)に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。



2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化

将来気候では、年最深積雪も年降雪量と同様に、いずれの地域においても現在気候の年々変動の幅を超える大きな減少が見られる（図2-11、図2-12及び附表）。

東北地方全体では、将来気候の年最深積雪は現在気候より73%程度の減少となっており、地域別に見てみると、東北北部で減少率が最も大きく、77%程度の減少となっている。一方、東北南部で減少率が最も小さく、67%程度の減少となっている。最深積雪の減少は、先述したように降雪量そのものが減少することや、地球温暖化による気温上昇に伴って、積もった雪が融けやすくなり、結果として最深積雪が減少するためだと考えられる。

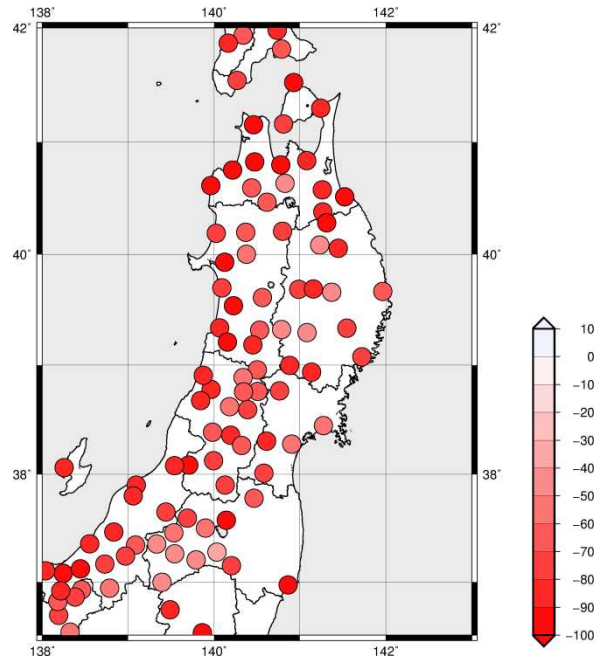
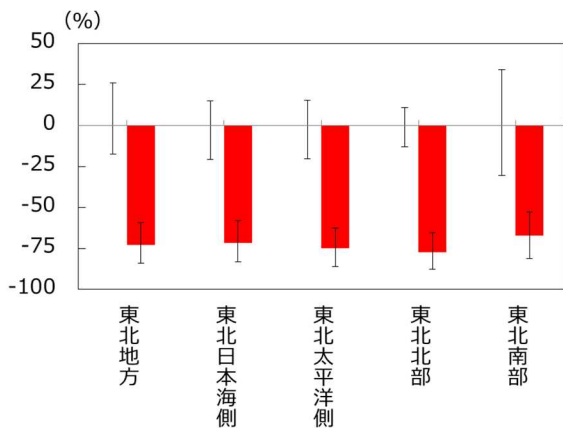


図2-11 東北地方の年最深積雪の将来変化率(単位:%)  
 年最深積雪の現在気候に対する将来気候と現在気候の差の比(バイアス補正済み)。変化傾向(増減)が4メンバーとも一致した地点のみそれらの平均値を表示(現在気候及び将来気候ともに数値がゼロの場合は表示対象外)。気象庁によるIPCCのRCP8.5シナリオに基づくシミュレーション結果(気象庁,2017a)をもとに作成。



	年最深積雪の変化率
東北地方	-72.9(-84.0~-59.2)
東北日本海側	-71.6(-83.1~-58.1)
東北太平洋側	-75.1(-86.0~-62.4)
東北北部	-77.4(-87.4~-65.2)
東北南部	-67.1(-81.2~-52.8)

図2-12及び附表 東北各地域の年最深積雪の将来変化率(単位:%)

領域内に含まれる各観測地点での「現在気候」に対する「将来気候と現在気候の差」の比(将来変化率)を統計的に処理し、棒グラフは将来における4メンバー平均の変化率を示す(バイアス補正済み)。細い縦線は年々変動の幅を示す。附表は、棒グラフの数値を「将来変化率(年々変動の幅)」で示している。信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化率の絶対値が現在気候の年々変動の幅より大きい場合はプラス(マイナス)偏差を水色(オレンジ色)に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

## 2.2 県別の将来の気候変化

本節では地球温暖化予測情報第9巻のシミュレーション結果を、東北各県を対象に解析し、その特徴を述べる。1.2で述べたとおり、狭い領域に着目するほど不確実性が大きくなるので、県毎に解析された変化傾向が、より広域で見た場合の傾向と一致しているかどうかが重要である。各県別に見られる特徴が、より広域の特徴（2.1で述べた東北各地域の特徴）と整合しない場合は、その旨付記する。

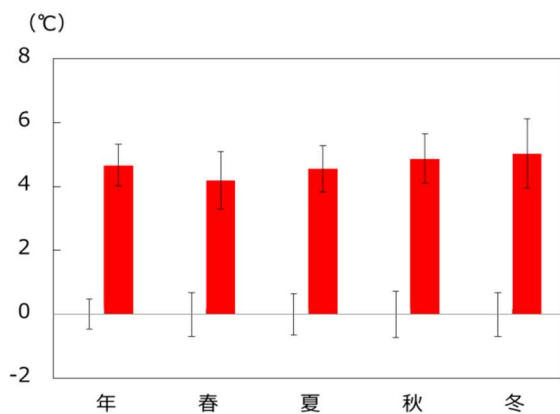
### 2.2.1 青森県の将来の気候変化

#### 平均気温、日最高気温、日最低気温（図2-13a～c及び付表）

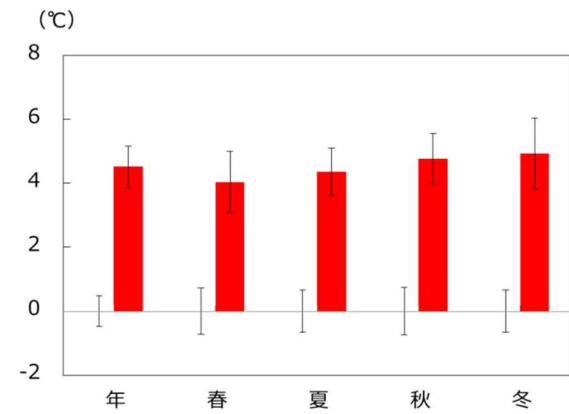
- ・年、いずれの季節においても現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな上昇が見られ、現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態となることを示している。
- ・冬の変化量が最も大きく、春の変化量が最も小さい。
- ・日最高気温よりも日最低気温の変化量が大きい。

#### 夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日年間日数（図2-13d及び付表）

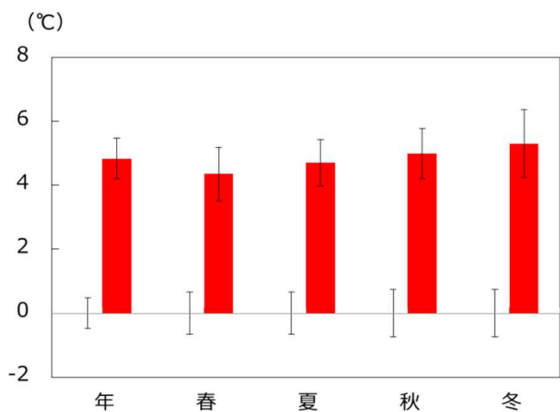
- ・夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜が現在の平年値を超える増加となっており、冬日、真冬日の減少も大きく、真冬日はほとんどみられなくなる。特に夏日は60日程度の増加、冬日も80日程度の減少となっている。



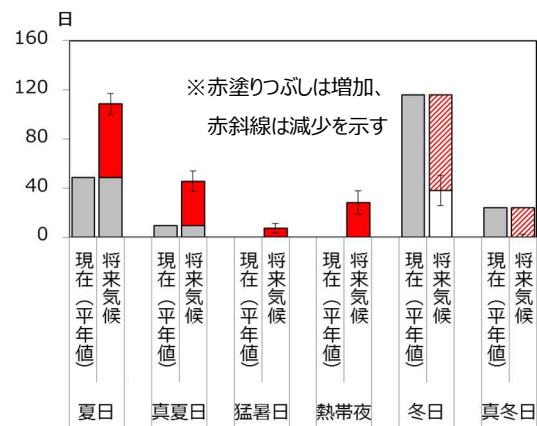
(a) 年・季節別平均気温の変化量



(b) 日最高気温の年・季節別平均値の変化量



(c) 日最低気温の年・季節別平均値の変化量



(d) 日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは平年値（1981～2010年平均）。

	年	春	夏	秋	冬
平均気温	4.7±0.7	4.2±0.9	4.6±0.7	4.9±0.8	5.0±1.1
日最高気温	4.5±0.7	4.0±1.0	4.4±0.7	4.8±0.8	4.9±1.1
日最低気温	4.8±0.6	4.4±0.8	4.7±0.7	5.0±0.8	5.3±1.1

夏日	真夏日	猛暑日	熱帯夜	冬日	真冬日
60.0±8.5	35.9±8.4	7.2±4.0	28.2±9.5	-77.4±12.1	-23.7±2.1

図2-13及び付表 青森県平均の気温に関する変化量（単位：℃または日）

図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。ただし、「冬日」と「真冬日」についてはプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

年降水量（図2-14a 及び付表）

- ・年降水量に有意な変化は見られない。

日降水量1mm未満の発生回数（無降水日数）（図2-14b 及び付表）

- ・秋、冬に有意な増加、年には現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、雨の降る日が減少することを示している。

1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数（図2-14c、d 及び付表）

- ・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候において数年に1回の激しい雨が、将来気候ではほぼ毎年発生することを示している。

1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数（図2-14c、e 及び付表）

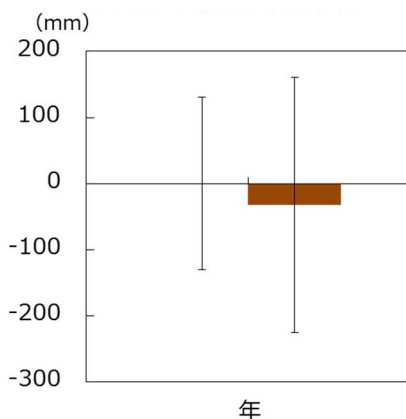
- ・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候では稀にしか発生しない非常に激しい雨が、将来気候では数年おきに発生することを示している。

日降水量100mm以上の年間発生回数（図2-14c 及び付表）

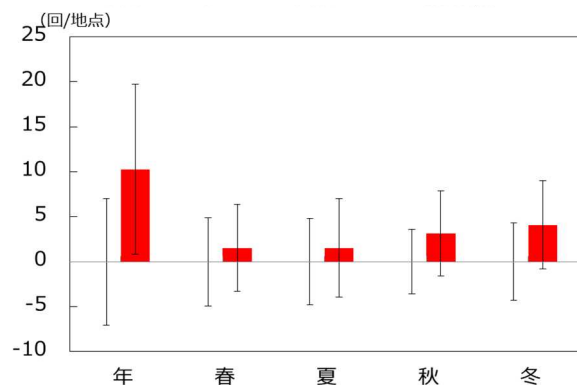
- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候において数年に一度の大雨が、将来気候ではほぼ毎年発生することを示している。

日降水量200mm以上の年間発生回数（図2-14c 及び付表）

- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、現在気候においてほとんど発生しないような大雨が、将来気候では1地点あたりの平均で10年に1回程度発生することを示している。

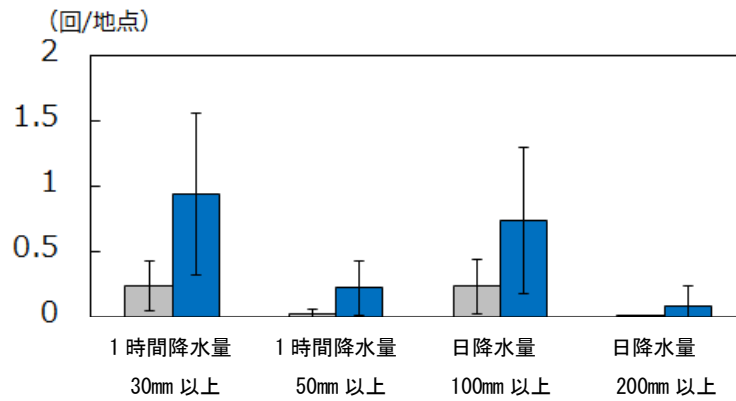


(a) 年降水量の変化量

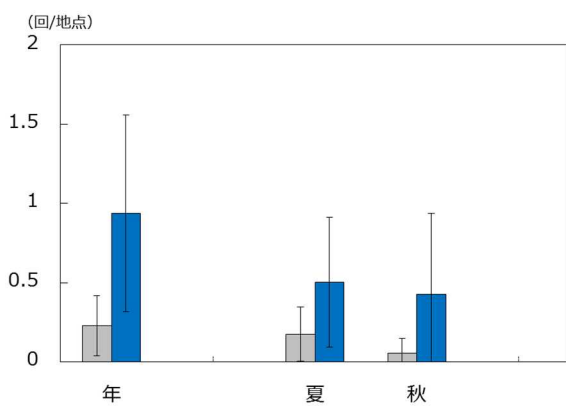


(b) 日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量

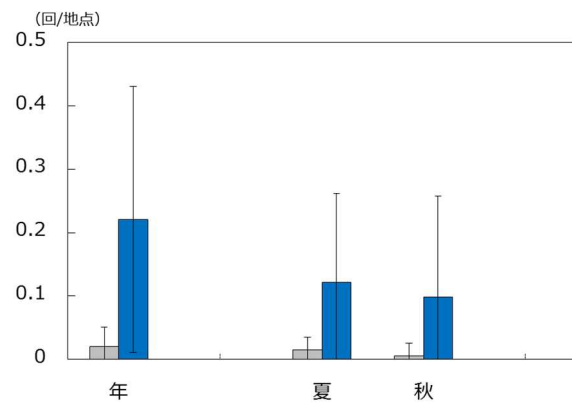
2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化



(c) 短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）と大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数の変化



(d) 1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化



(e) 1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

	年	春	夏	秋	冬
降水量	-31.9±193.3				
日降水量 1mm未満回数	10.3±9.5	1.5±4.8	1.5±5.5	3.1±4.7	4.1±4.9
1時間降水量 30mm以上回数	0.7±0.6		0.3±0.4	0.4±0.5	
1時間降水量 50mm以上回数	0.2±0.2		0.1±0.1	0.1±0.2	
日降水量 100mm以上回数	0.5±0.6				
日降水量 200mm以上回数	0.1±0.2				

図2-14及び付表 青森県平均の降水量に関する変化（単位：mmまたは回）

(a)、(b)における棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。(c)～(e)における棒グラフは現在気候（灰）と将来気候（青）における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。ただし、「日降水量1mm未満」についてはプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。季節別の降水量及び大雨発生回数（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）は、はっきりとした傾向が見られない等により、値を表示しない。短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の春と冬の発生回数の変化は、はっきりとした傾向が見られない、または事例数が少ない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

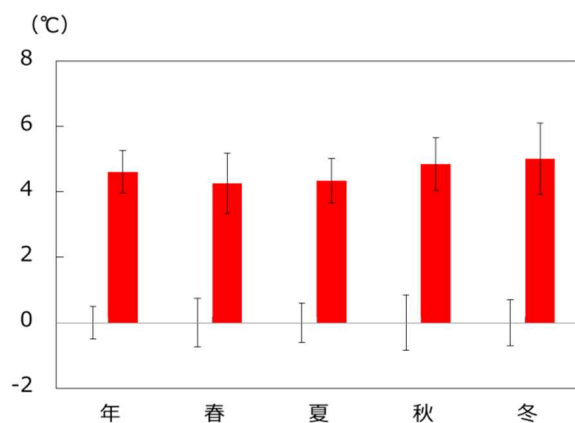
### 2.2.2 秋田県の将来の気候変化

#### 平均気温、日最高気温、日最低気温（図2-15a～c 及び付表）

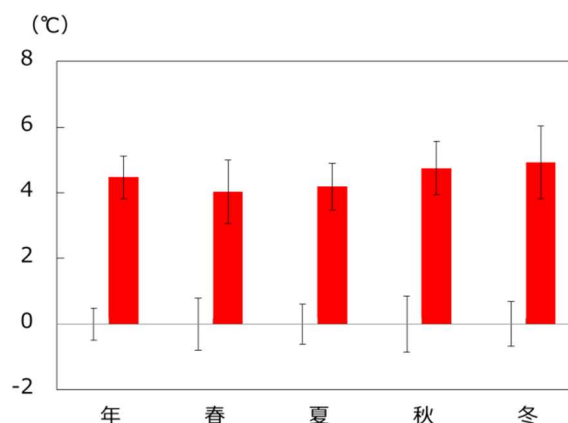
- ・年、いずれの季節においても現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな上昇が見られ、現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態となることを示している。
- ・冬の変化量が最も大きく、春、夏の変化量が小さい。
- ・日最高気温よりも日最低気温の変化量が大きい。

#### 夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日年間日数（図2-15d 及び付表）

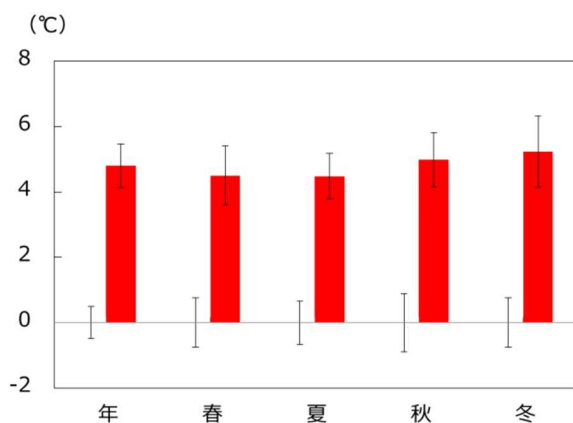
- ・夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜が現在の平年値を超える増加となっており、冬日、真冬日の減少も大きく、真冬日はほとんどみられなくなる。特に夏日は50～60日程度の増加、冬日も70日程度の減少となっている。



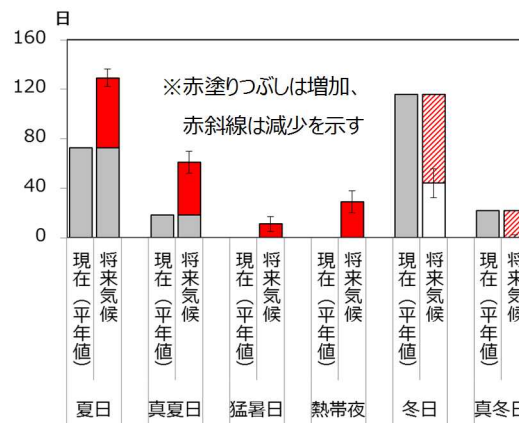
(a) 年・季節別平均気温の変化量



(b) 日最高気温の年・季節別平均値の変化量



(c) 日最低気温の年・季節別平均値の変化量



(d) 日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは平年値（1981～2010年平均）。

	年	春	夏	秋	冬
平均気温	4.6±0.7	4.3±0.9	4.3±0.7	4.8±0.8	5.0±1.1
日最高気温	4.5±0.7	4.0±1.0	4.2±0.7	4.8±0.8	4.9±1.1
日最低気温	4.8±0.7	4.5±0.9	4.5±0.7	5.0±0.8	5.2±1.1

夏日	真夏日	猛暑日	熱帯夜	冬日	真冬日
56.7±7.1	42.6±8.9	9.9±6.1	28.7±8.9	-72.0±11.6	-22.2±2.1

図2-15及び付表 秋田県平均の気温に関する変化量（単位：℃または日）

図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。ただし、「冬日」と「真冬日」についてはプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

年降水量（図2-16a 及び付表）

- ・有意な変化は見られない。

日降水量1mm未満の発生回数（無降水日数）（図2-16b 及び付表）

- ・秋、冬に有意な増加をしているが、春の増加は有意ではない。年には現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、雨の降る日が減少することを示している。なお、夏は異なる4メンバーによるそれぞれの結果が示す傾向が一致しない等により信頼度が低いと考えられるため、ここでは値を示さないこととする。

（東北日本海側では春も有意に増加）

1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数（図2-16c、d 及び付表）

- ・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、激しい雨がほぼ毎年発生することを示している。

1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数（図2-16c、e 及び付表）

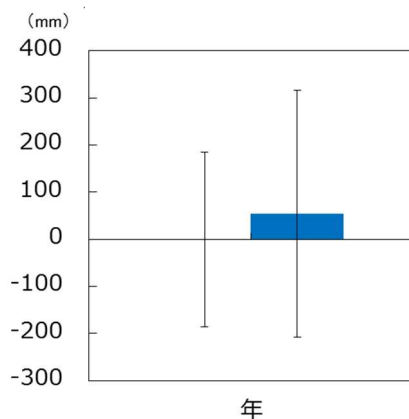
- ・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候では稀にしか発生しない非常に激しい雨が、将来気候では数年おきに発生することを示している。

日降水量100mm以上の年間発生回数（図2-16c 及び付表）

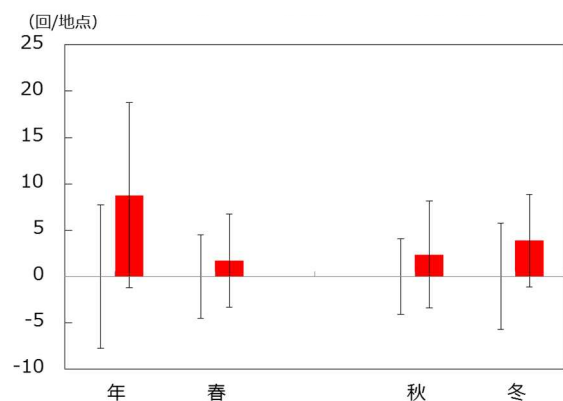
- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、日降水量100mm以上の大雨がほぼ毎年発生することを示している。

日降水量200mm以上の年間発生回数（図2-16c 及び付表）

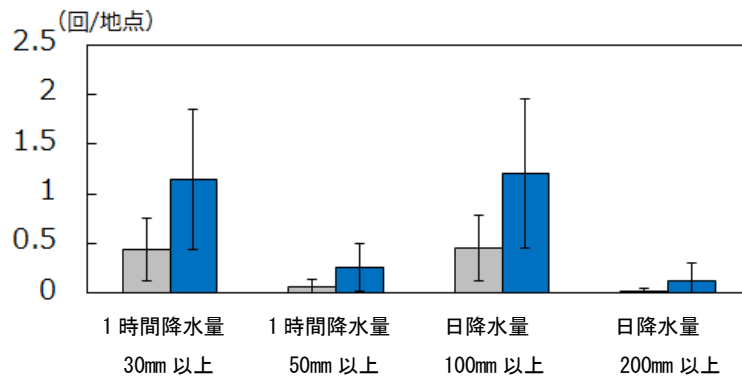
- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、現在気候においてほとんど発生しないような大雨が、将来気候では1地点あたりの平均で10年に1回程度発生することを示している。



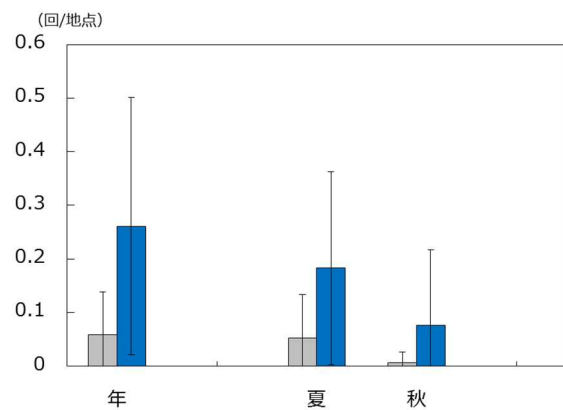
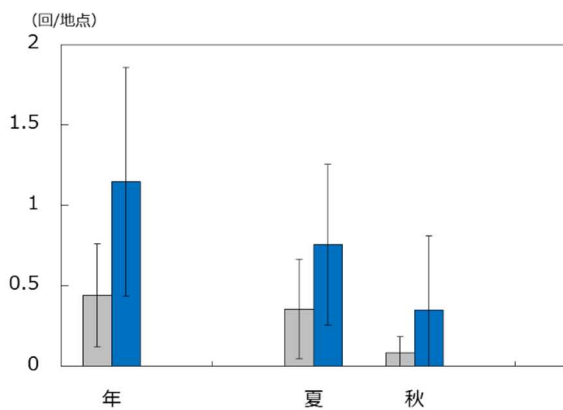
(a) 年降水量の変化量



(b) 日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量



(c) 短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）と大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数の変化



(d) 1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化

(e) 1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

	年	春	夏	秋	冬
降水量	54.7±261.9				
日降水量 1mm未満回数	8.8±10.0	1.7±5.0		2.4±5.8	3.9±5.0
1時間降水量 30mm以上回数	0.7±0.7		0.4±0.5	0.3±0.5	
1時間降水量 50mm以上回数	0.2±0.2		0.1±0.2	0.1±0.1	
日降水量 100mm以上回数	0.8±0.8				
日降水量 200mm以上回数	0.1±0.2				

図2-16及び付表 秋田県平均の降水量に関する変化（単位：mmまたは回）

(a)、(b)における棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。(c)～(e)における棒グラフは現在気候（灰）と将来気候（青）における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。ただし、「日降水量1mm未満」についてはプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。季節別の降水量及び大雨発生回数（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）は、はっきりとした傾向が見られない等により、値を表示しない。日降水量1mm未満回数の夏及び短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の春と冬の発生回数の変化は、はっきりとした傾向が見られない、または事例数が少ない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

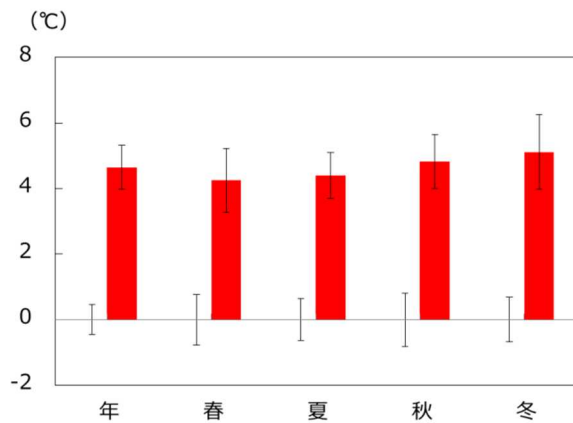
2.2.3 岩手県の将来の気候変化

平均気温、日最高気温、日最低気温（図2-17a～c 及び付表）

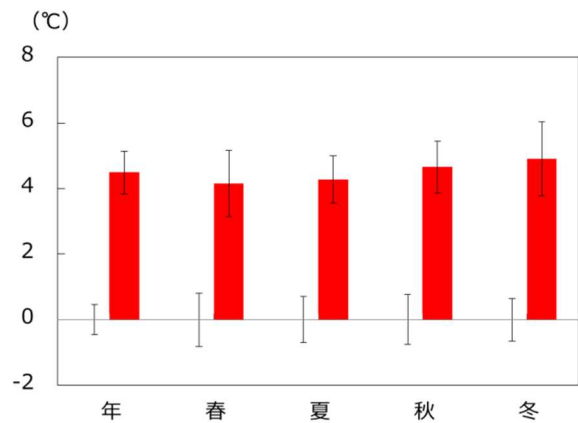
- ・年、いずれの季節においても現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな上昇が見られ、現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態となることを示している。
- ・冬の変化量が最も大きく、春の変化量が最も小さい。
- ・日最高気温よりも日最低気温の変化量が大きい。

夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日年間日数（図2-17d 及び付表）

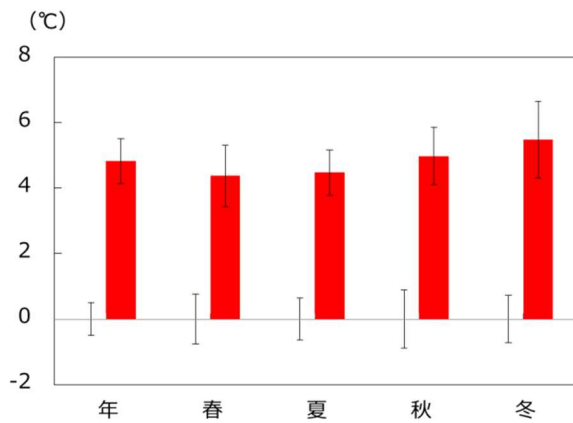
- ・夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜が現在の平年値を超える増加となっており、冬日、真冬日の減少も大きく、真冬日はほとんどみられなくなる。特に夏日は60日程度の増加、冬日も70日程度の減少となっている。



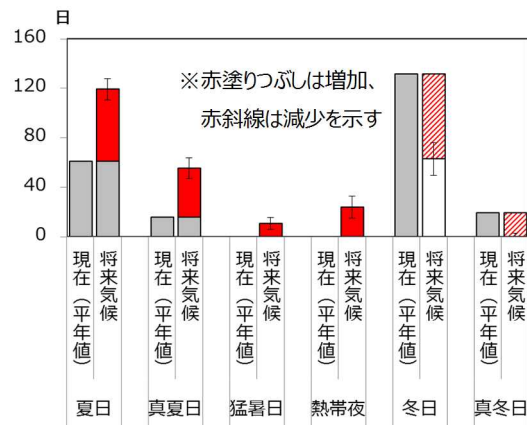
(a) 年・季節別平均気温の変化量



(b) 日最高気温の年・季節別平均値の変化量



(c) 日最低気温の年・季節別平均値の変化量



(d) 日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）の年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは平年値（1981～2010年平均）。



	年	春	夏	秋	冬
平均気温	4.6±0.7	4.2±1.0	4.4±0.7	4.8±0.8	5.1±1.1
日最高気温	4.5±0.7	4.1±1.0	4.3±0.7	4.7±0.8	4.9±1.1
日最低気温	4.8±0.7	4.4±0.9	4.5±0.7	5.0±0.9	5.5±1.2

夏日	真夏日	猛暑日	熱帯夜	冬日	真冬日
58.4±8.6	39.7±8.5	10.1±4.9	23.9±9.0	-68.8±13.1	-18.3±2.0

図2-17及び付表 岩手県平均の気温に関する変化量（単位：℃または日）

図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。ただし、「冬日」と「真冬日」についてはプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

年降水量（図2-18a 及び付表）

- ・有意な変化は見られない。

日降水量1mm未満の発生回数（無降水日数）（図2-18b 及び付表）

・年と夏は有意な増加が見られ、雨の降る日が減少する可能性があることを示している。なお、冬は異なる4メンバーによるそれぞれの結果が示す傾向が一致しない等により信頼度が低いと考えられるため、ここでは値を示さないこととする。

（東北太平洋側では春と秋、東北北部では冬も有意な増加が見られる）

1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数（図2-18c、d 及び付表）

・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、激しい雨がほぼ毎年発生することを示している。

1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数（図2-18c、e 及び付表）

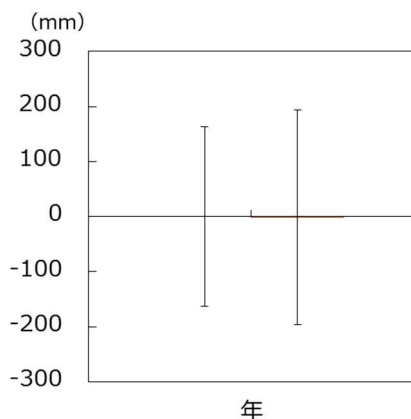
・年と夏、秋で有意な増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候では稀にしか発生しない非常に激しい雨が、将来気候では数年おきに発生することを示している。

日降水量100mm以上の年間発生回数（図2-18c 及び付表）

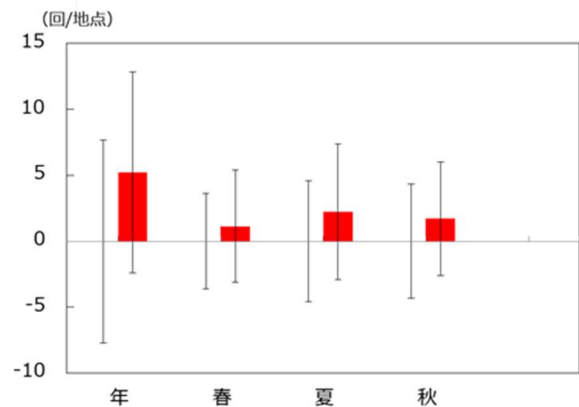
・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、日降水量100mm以上の大雨がほぼ毎年発生することを示している。

日降水量200mm以上の年間発生回数（図2-18c 及び付表）

・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、現在気候においてほとんど発生しないような大雨が、将来気候では1地点あたりの平均で10年に1、2回程度発生することを示している。

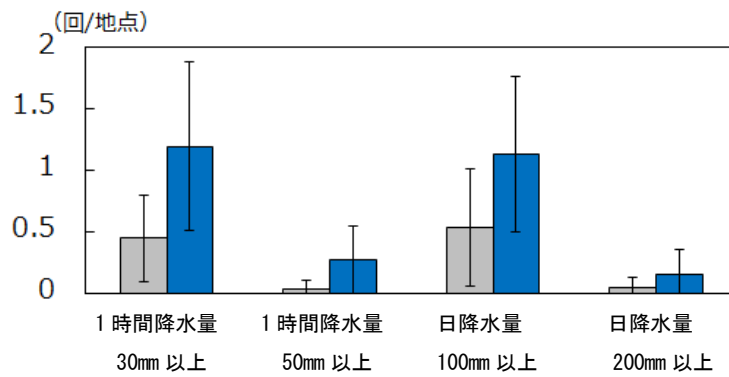


(a) 年降水量の変化量

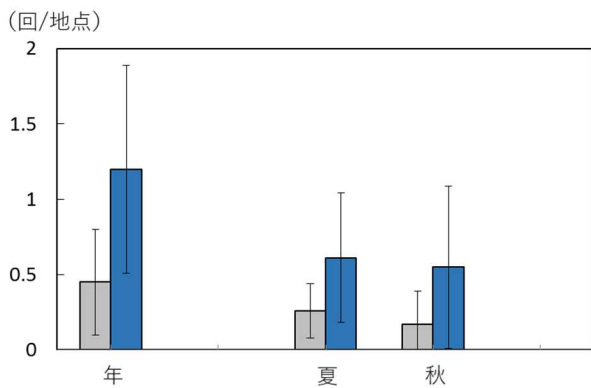


(b) 日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量

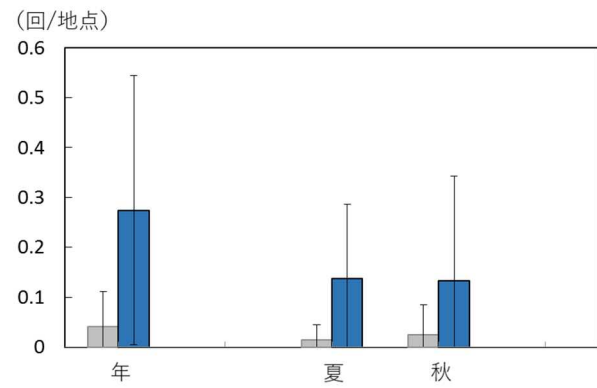
2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化



(c) 短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）と大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数の変化



(d) 1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化



(e) 1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

	年	春	夏	秋	冬
降水量	-0.7±195.2				
日降水量 1mm未満回数	5.2±7.6	1.1±4.3	2.2±5.1	1.7±4.3	
1時間降水量 30mm以上回数	0.7±0.7		0.4±0.4	0.4±0.5	
1時間降水量 50mm以上回数	0.2±0.3		0.1±0.2	0.1±0.2	
日降水量 100mm以上回数	0.6±0.6				
日降水量 200mm以上回数	0.1±0.2				

図2-18及び付表 岩手県平均の降水量に関する変化（単位：mmまたは回）

(a)、(b)における棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。(c)～(e)における棒グラフは現在気候(灰)と将来気候(青)における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とされない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス(マイナス)偏差を水色(オレンジ色)に塗りつぶしている。ただし、「日降水量1mm未満」についてはプラス(マイナス)偏差をオレンジ色(水色)に塗りつぶしている。季節別の降水量及び大雨発生回数(日降水量100mm以上、日降水量200mm以上)は、はっきりとした傾向が見られない等により、値を表示しない。日降水量1mm未満回数の冬及び短時間強雨(1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上)の春と冬の発生回数の変化は、はっきりした傾向が見られない、または事例数が少ない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

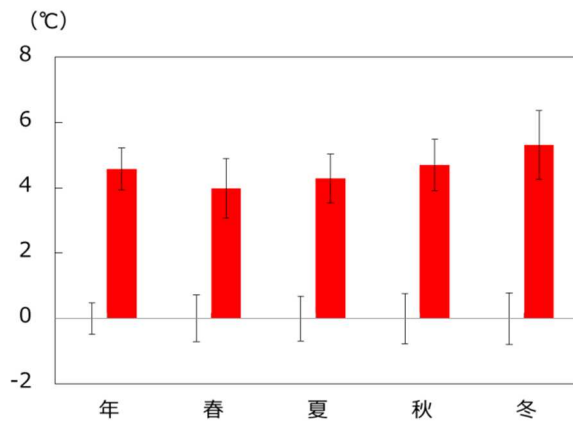
2.2.4 宮城県の将来の気候変化

平均気温、日最高気温、日最低気温（図2-19a～c 及び付表）

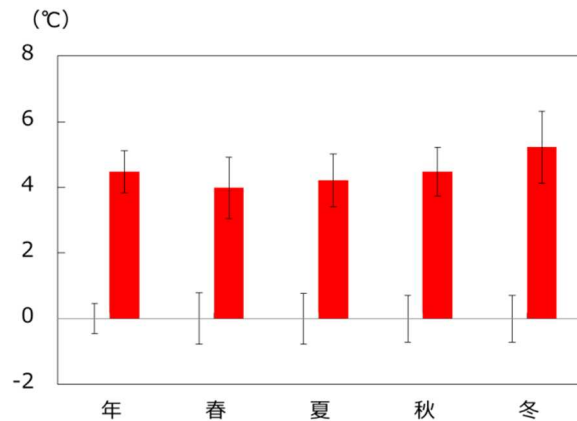
- ・年、いずれの季節においても現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな上昇が見られ、現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態となることを示している。
- ・冬の変化量が最も大きく、春の変化量が最も小さい。
- ・日最高気温よりも日最低気温の変化量が大きい。

夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日年間日数（図2-19d 及び付表）

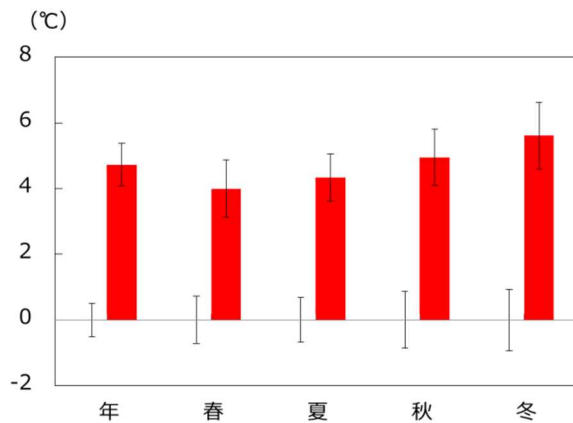
- ・夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜が現在の平年値を超える増加となっており、冬日、真冬日の減少も大きく、真冬日はほとんどみられなくなる。特に夏日は60日程度の増加、冬日も70日程度の減少となっている。



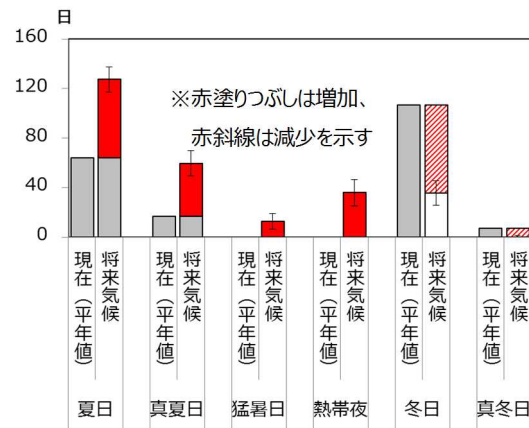
(a) 年・季節別平均気温の変化量



(b) 日最高気温の年・季節別平均値の変化量



(c) 日最低気温の年・季節別平均値の変化量



(d) 日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）の年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは平年値（1981～2010年平均）。

	年	春	夏	秋	冬
平均気温	4.6±0.7	4.0±0.9	4.3±0.8	4.7±0.8	5.3±1.1
日最高気温	4.5±0.6	4.0±0.9	4.2±0.8	4.5±0.7	5.2±1.1
日最低気温	4.7±0.7	4.0±0.9	4.3±0.7	5.0±0.9	5.6±1.0

夏日	真夏日	猛暑日	熱帯夜	冬日	真冬日
63.5±10.1	42.8±10.1	12.3±6.1	35.7±10.5	-71.1±9.9	-6.4±0.4

図2-19及び付表 宮城県平均の気温に関する変化量（単位：°Cまたは日）

図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。ただし、「冬日」と「真冬日」についてはプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

年降水量（図2-20a 及び付表）

- ・有意な変化は見られない。  
（東北南部では有意な減少が見られる）

日降水量1mm未満の発生回数（無降水日数）（図2-20b 及び付表）

- ・年と春、夏は有意な増加が見られ、雨の降る日が減少する可能性があることを示している。なお、秋は異なる4メンバーによるそれぞれの結果が示す傾向が一致しない等により信頼度が低いと考えられるため、ここでは値を示さないこととする。

（東北太平洋側、東北南部では秋も有意な増加が見られる）

1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数（図2-20c、d 及び付表）

- ・年と夏、秋で有意な増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、激しい雨がほぼ毎年発生することを示している。

1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数（図2-20c、e 及び付表）

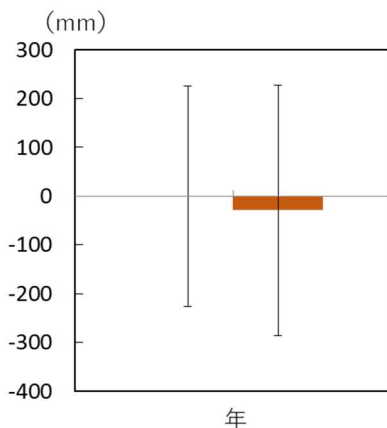
- ・年で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、また夏と秋に有意な増加が見られる。1地点あたりの平均で現在気候では稀にしか発生しない非常に激しい雨が、将来気候では数年おきに発生することを示している。

日降水量100mm以上の年間発生回数（図2-20c 及び付表）

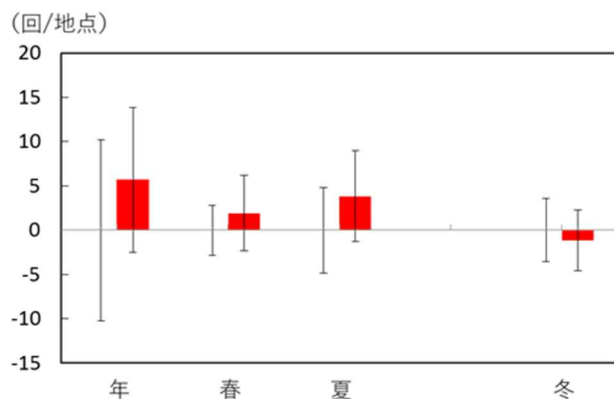
- ・有意な増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、日降水量100mm以上の大雨がほぼ毎年発生することを示している。

日降水量200mm以上の年間発生回数（図2-20c 及び付表）

- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、現在気候においてほとんど発生しないような大雨が、将来気候では1地点あたりの平均で10年に1、2回程度発生することを示している。

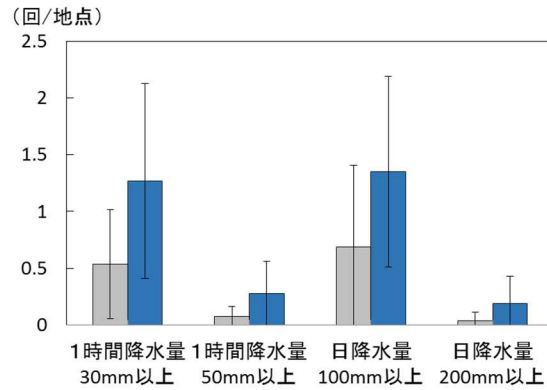


(a) 年降水量の変化量

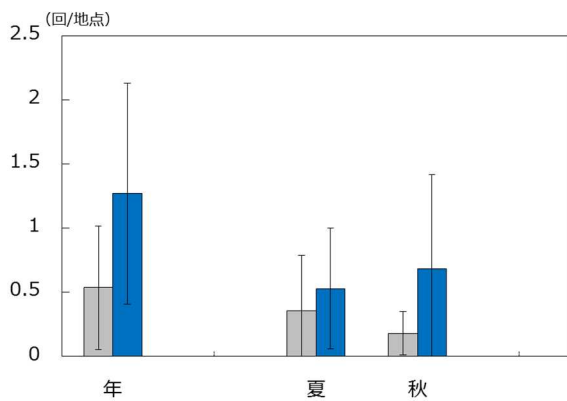


(b) 日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量

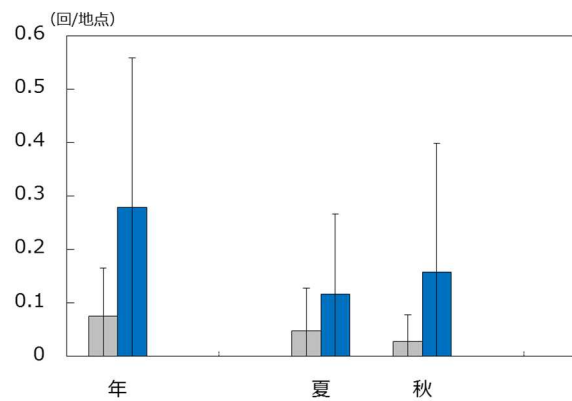
2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化



(c) 短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）と大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数の変化



(d) 1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化



(e) 1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

	年	春	夏	秋	冬
降水量	-28.9±256.4				
日降水量 1mm未満回数	5.7±8.2	1.9±4.3	3.8±5.1		-1.2±3.4
1時間降水量 30mm以上回数	0.7±0.9		0.2±0.5	0.5±0.7	
1時間降水量 50mm以上回数	0.2±0.3		0.1±0.2	0.1±0.2	
日降水量 100mm以上回数	0.7±0.8				
日降水量 200mm以上回数	0.2±0.2				

図2-20及び付表 宮城県平均の降水量に関する変化（単位：mmまたは回）

(a)、(b)における棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。(c)～(e)における棒グラフは現在気候（灰）と将来気候（青）における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。ただし、「日降水量1mm未満」についてはプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。季節別の降水量及び大雨発生回数（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）は、はっきりとした傾向が見られない等により、値を表示しない。日降水量1mm未満回数の秋及び短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の春と冬の発生回数の変化は、はっきりとした傾向が見られない、または事例数が少ない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

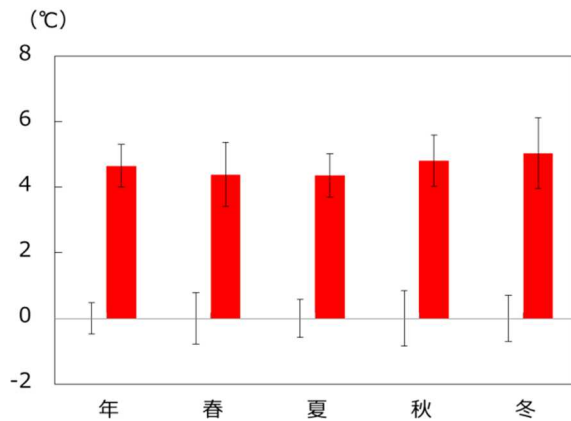
2.2.5 山形県の将来の気候変化

平均気温、日最高気温、日最低気温（図2-21a～c 及び付表）

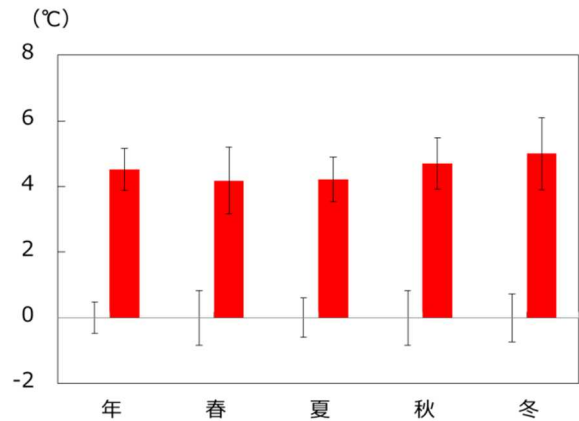
- ・年、いずれの季節においても現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな上昇が見られ、現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態となることを示している。
- ・冬の変化量が最も大きく、春と夏の変化量が小さい。
- ・日最高気温よりも日最低気温の変化量が大きい。

夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日年間日数（図2-21d 及び付表）

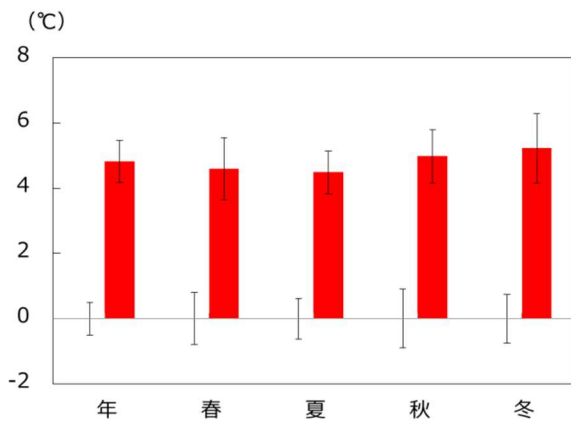
- ・夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜が現在の平年値を超える増加となっており、冬日、真冬日の減少も大きく、真冬日はほとんどみられなくなる。特に夏日は50～60日程度の増加、冬日も70日程度の減少となっている。



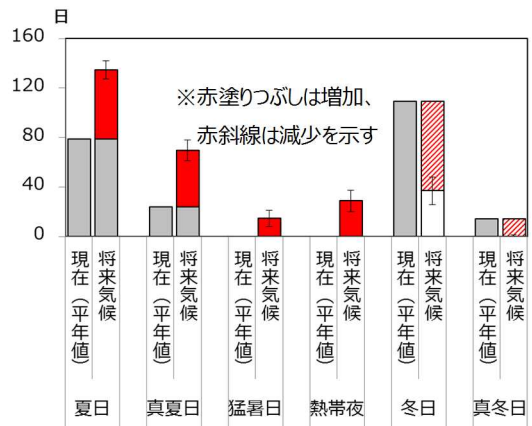
(a) 年・季節別平均気温の変化量



(b) 日最高気温の年・季節別平均値の変化量



(c) 日最低気温の年・季節別平均値の変化量



(d) 日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）の年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは平年値（1981～2010年平均）。

	年	春	夏	秋	冬
平均気温	4.7±0.7	4.4±1.0	4.4±0.7	4.8±0.8	5.0±1.1
日最高気温	4.5±0.6	4.2±1.0	4.2±0.7	4.7±0.8	5.0±1.1
日最低気温	4.8±0.7	4.6±1.0	4.5±0.7	5.0±0.8	5.2±1.1

夏日	真夏日	猛暑日	熱帯夜	冬日	真冬日
56.2±7.4	45.9±8.5	13.6±6.4	28.5±8.7	-72.0±11.3	-16.1±1.2

図2-21及び付表 山形県平均の気温に関する変化量（単位：℃または日）

図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。ただし、「冬日」と「真冬日」についてはプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

年降水量（図2-22a 及び付表）

- ・有意な減少が見られる。

日降水量1mm未満の発生回数（無降水日数）（図2-22b 及び付表）

- ・年に現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られる。また、全ての季節で有意な増加が見られ、雨の降る日が減少することを示している。

（東北日本海側では夏、東北南部では冬は有意な変化が見られない）

1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数（図2-22c、d 及び付表）

- ・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の3倍程度の頻度となり、激しい雨がほぼ毎年発生することを示している。

1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数（図2-22c、e 及び付表）

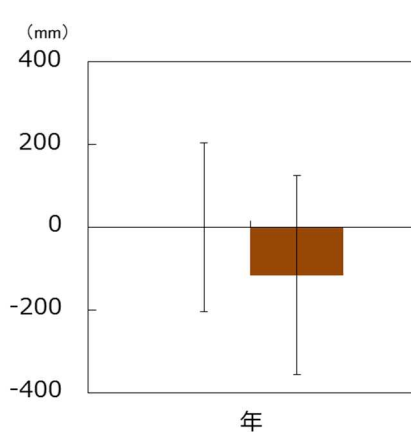
- ・年と夏、秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候では稀にしか発生しない非常に激しい雨が、将来気候では数年おきに発生することを示している。

日降水量100mm以上の年間発生回数（図2-22c 及び付表）

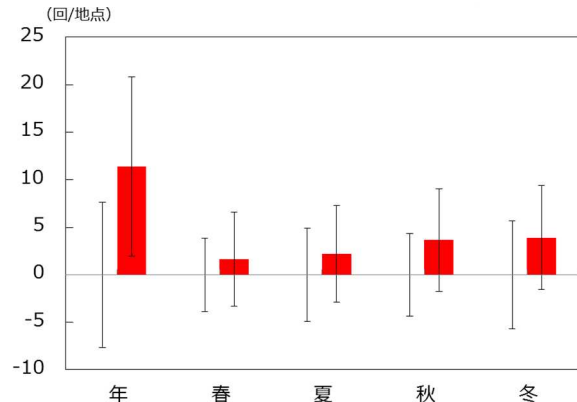
- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、日降水量100mm以上の大雨がほぼ毎年発生することを示している。

日降水量200mm以上の年間発生回数（図2-22c 及び付表）

- ・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、現在気候においてほとんど発生しないような大雨が、将来気候では1地点あたりの平均で10年に1、2回程度発生することを示している。

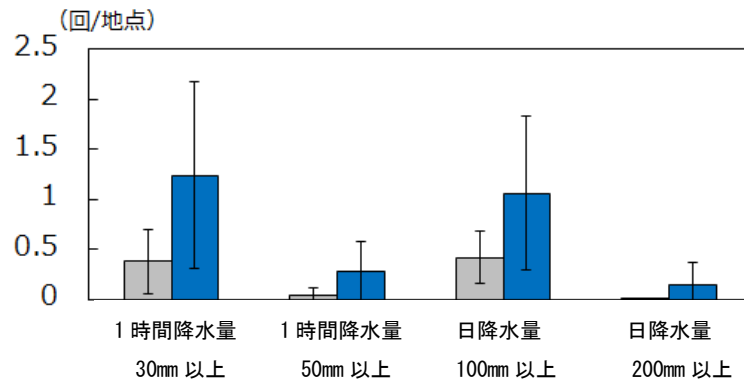


(a) 年降水量の変化量

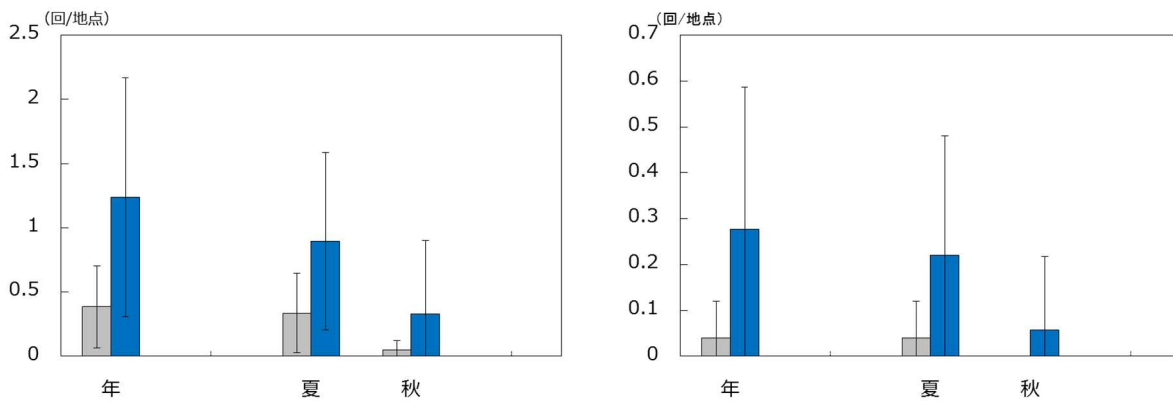


(b) 日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量

2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化



(c) 短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）と大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数の変化



(d) 1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化

(e) 1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

	年	春	夏	秋	冬
降水量	-115.6±240.4				
日降水量 1mm未満回数	11.4±9.4	1.6±5.0	2.2±5.1	3.7±5.4	3.9±5.5
1時間降水量 30mm以上回数	0.9±0.9		0.6±0.7	0.3±0.6	
1時間降水量 50mm以上回数	0.2±0.3		0.2±0.3	0.1±0.2	
日降水量 100mm以上回数	0.6±0.8				
日降水量 200mm以上回数	0.2±0.2				

図2-22及び付表 山形県平均の降水量に関する変化（単位：mmまたは回）

(a)、(b)における棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。(c)～(e)における棒グラフは現在気候（灰）と将来気候（青）における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。ただし、「日降水量1mm未満」についてはプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。季節別の降水量及び大雨発生回数（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）は、はっきりとした傾向が見られない等により、値を表示しない。短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の春と冬の発生回数の変化は、はっきりとした傾向が見られない、または事例数が少ない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。



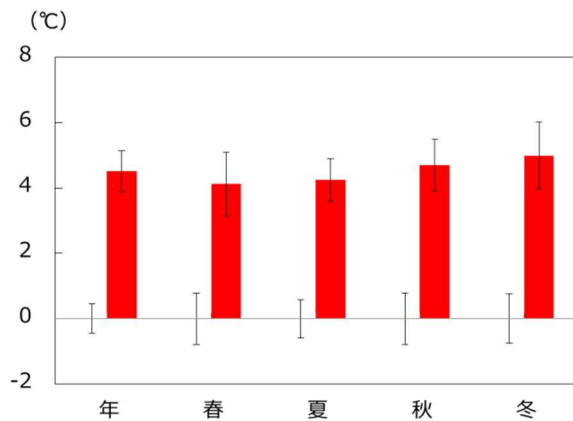
2.2.6 福島県の将来の気候変化

平均気温、日最高気温、日最低気温（図2-23a～c 及び付表）

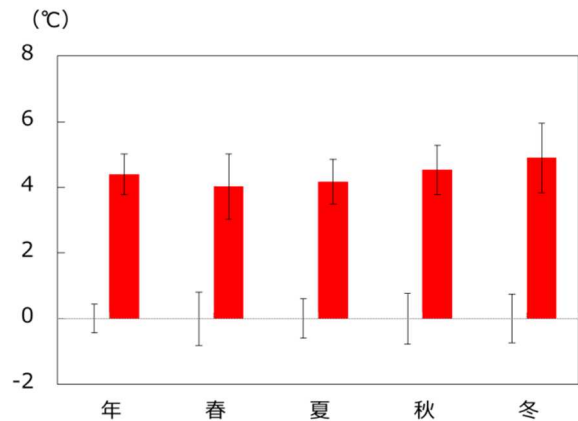
- ・年、いずれの季節においても現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな上昇が見られ、現在気候ではほとんど発生しないような気温の高い年が将来気候では平年の状態となることを示している。
- ・冬の変化量が最も大きく、春の変化量が最も小さい。
- ・日最高気温よりも日最低気温の変化量が大きい。

夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜、冬日、真冬日年間日数（図2-23d 及び付表）

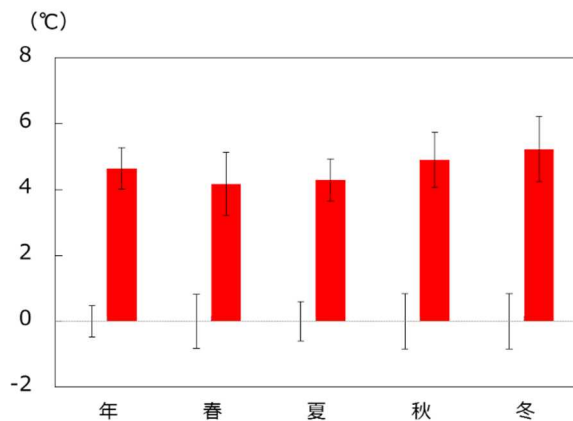
- ・夏日、真夏日、猛暑日、熱帯夜が現在の平年値を超える増加となっており、冬日、真冬日の減少も大きく、真冬日はほとんどみられなくなる。特に夏日は60日程度の増加、冬日も60日程度の減少となっている。



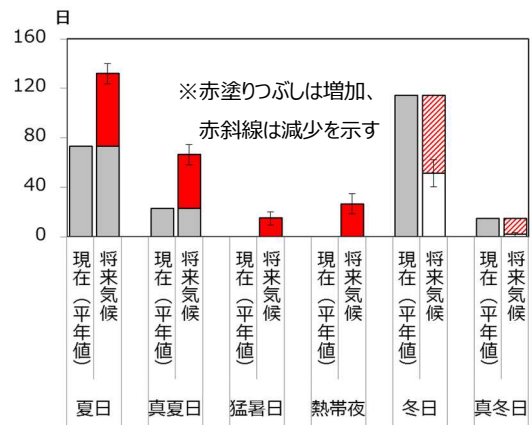
(a) 年・季節別平均気温の変化量



(b) 日最高気温の年・季節別平均値の変化量



(c) 日最低気温の年・季節別平均値の変化量



(d) 日最高気温25℃以上（夏日）、日最高気温30℃以上（真夏日）、日最高気温35℃以上（猛暑日）、日最低気温25℃以上（熱帯夜）、日最低気温0℃未満（冬日）、日最高気温0℃未満（真冬日）の年間日数の将来変化。赤色の棒グラフは20世紀末平均と比べた21世紀末平均の変化量、灰色の棒グラフは平年値（1981～2010年平均）。

	年	春	夏	秋	冬
平均気温	4.5±0.6	4.1±1.0	4.2±0.7	4.7±0.8	5.0±1.0
日最高気温	4.4±0.6	4.0±1.0	4.2±0.7	4.5±0.8	4.9±1.1
日最低気温	4.6±0.6	4.2±1.0	4.3±0.6	4.9±0.8	5.2±1.0

夏日	真夏日	猛暑日	熱帯夜	冬日	真冬日
58.7±8.1	43.6±8.1	13.8±5.3	26.3±8.1	-63.1±10.8	-12.7±1.6

図2-23及び付表 福島県平均の気温に関する変化量（単位：℃または日）

図の赤棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。ただし、「冬日」と「真冬日」についてはプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。

年降水量（図2-24a 及び付表）

- ・有意な減少が見られる。

日降水量1mm未満の発生回数（無降水日数）（図2-24b 及び付表）

・年には現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、雨の降る日が減少することを示している。なお、冬は異なる4メンバーによるそれぞれの結果が示す傾向が一致しない等により信頼度が低いと考えられるため、ここでは値を示さないこととする。

1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数（図2-24c、d 及び付表）

・年と秋に有意で且つ現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の2倍程度の頻度となり、激しい雨がほぼ毎年発生することを示している。

1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数（図2-24c、e 及び付表）

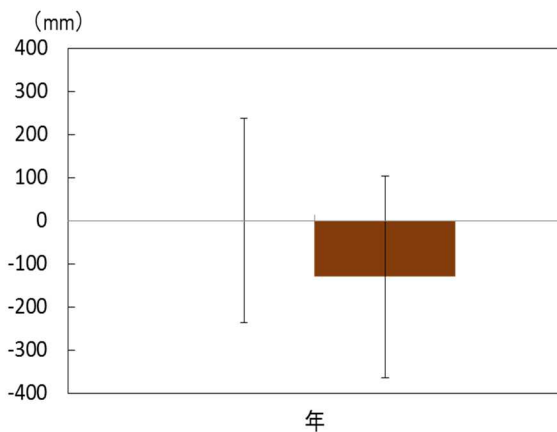
・夏に有意な増加、年と秋で現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、1地点あたりの平均で現在気候では10年に1回程度の非常に激しい雨が、将来気候では数年おきに発生することを示している。

日降水量100mm以上の年間発生回数（図2-24c 及び付表）

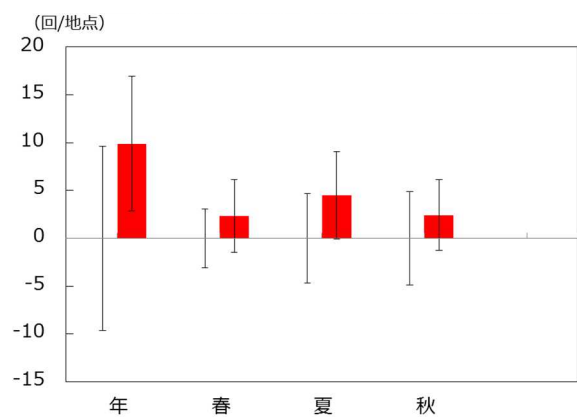
・有意な増加が見られ、1地点あたりの平均で将来気候では現在気候の1.5倍程度の頻度となり、日降水量100mm以上の大雨がほぼ毎年発生することを示している。

日降水量200mm以上の年間発生回数（図2-24c 及び付表）

・現在気候の年々変動の標準偏差を超える大きな増加が見られ、現在気候においてほとんど発生しないような大雨が、将来気候では1地点あたりの平均で10年に1、2回程度発生することを示している。

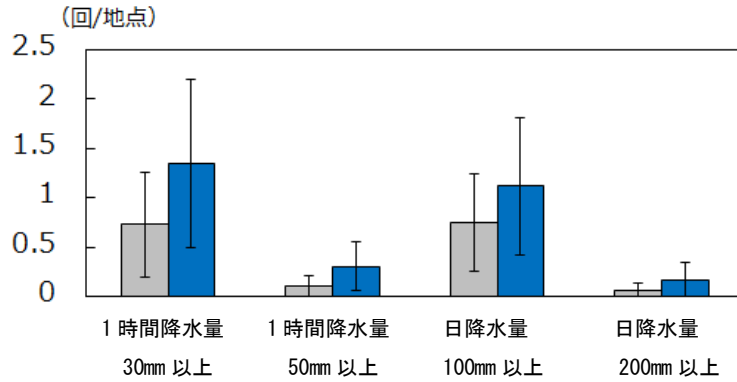


(a) 年降水量の変化量

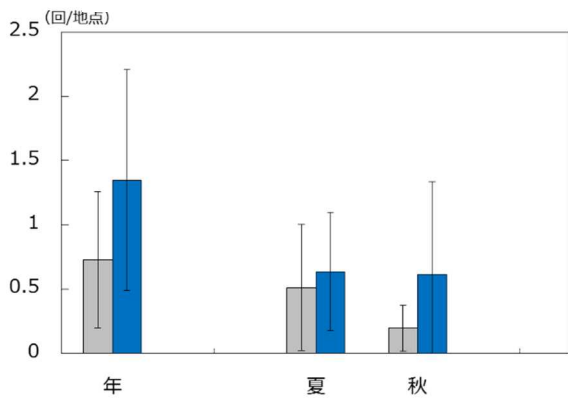


(b) 日降水量1mm未満の回数（無降水日数）の年・季節別の変化量

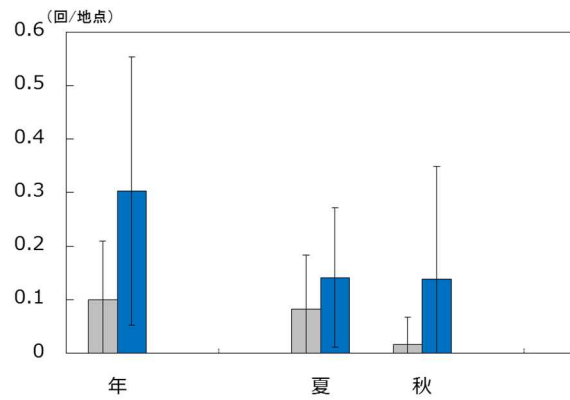
2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化



(c) 短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）と大雨（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）の年間発生回数の変化



(d) 1時間降水量30mm以上の年・季節別発生回数の変化



(e) 1時間降水量50mm以上の年・季節別発生回数の変化

	年	春	夏	秋	冬
降水量	-130.2 ± 233.5				
日降水量 1mm未満回数	9.9 ± 7.1	2.3 ± 3.8	4.5 ± 4.6	2.4 ± 3.7	
1時間降水量 30mm以上回数	0.6 ± 0.9		0.1 ± 0.5	0.4 ± 0.7	
1時間降水量 50mm以上回数	0.2 ± 0.3		0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	
日降水量 100mm以上回数	0.4 ± 0.7				
日降水量 200mm以上回数	0.1 ± 0.2				

図2-24及び付表 福島県平均の降水量に関する変化（単位：mmまたは回）

(a)、(b)における棒グラフは将来気候の値から現在気候の値を引いたもの。(c)～(e)における棒グラフは現在気候（灰）と将来気候（青）における1地点あたりの発生回数。細線は現在気候、将来気候それぞれにおける年々変動の標準偏差。付表はそれらの各数値を「将来変化量±将来気候の標準偏差」で示し、信頼度水準90%で統計的に有意とならない場合は灰色に塗りつぶしている。また、有意で且つ変化量の絶対値が現在気候の年々変動の標準偏差より大きい場合はプラス（マイナス）偏差を水色（オレンジ色）に塗りつぶしている。ただし、「日降水量1mm未満」についてはプラス（マイナス）偏差をオレンジ色（水色）に塗りつぶしている。季節別の降水量及び大雨発生回数（日降水量100mm以上、日降水量200mm以上）は、はっきりとした傾向が見られない等により、値を表示しない。日降水量1mm未満回数の冬及び短時間強雨（1時間降水量30mm以上、1時間降水量50mm以上）の春と冬の発生回数の変化は、はっきりとした傾向が見られない、または事例数が少ない等により、値を表示しない。RCP8.5シナリオによるNHRCM05を用いた予測結果に基づく。



## 将来の宮城県の夏の気温と稲作への影響

全国有数の米生産地である東北地方において、夏の気温は米の収穫量や品質に影響を及ぼす重大な関心事項である。そこで、ここでは宮城県の夏の気温が今世紀末にどのようになるのか、また、その影響に着目する。なお、将来気候においては温室効果ガスの排出量レベルが高位のシナリオ(地球温暖化予測情報第9巻、以下このコラム内では「第9巻」とする)と中位のシナリオ(地球温暖化予測情報第8巻、以下このコラム内では「第8巻」とする)を用いて比較する。

まずは、現在気候と将来気候における夏(6~8月)の気温を比較してみる(図1及び付表)。高排出量シナリオとなる第9巻の将来気候では現在気候に比べて4.3℃上昇し、中位の排出量シナリオの第8巻より1.4℃高くなっている。そして、最高・最低気温についても平均気温と同程度の上昇が確認できる。また、現在気候から将来気候への変化量は、現在気候の年々の変動の幅を大きく超えており、これまでほとんど経験したことのないような暑い夏が将来の平均的な気候になると考えられる。言い方を換え、“第9巻の将来気候では、仙台の夏(6~8月)の気温は現在の長崎市の夏の気温(平均気温25.9℃)と同程度になる”と表現すると、イメージしやすくなるかもしれない。

次に、平均気温の季節進行の変化に注目してみると、将来気候では第8巻、第9巻ともに仙台の現在の平年値より一様に高温側へシフトし、第8巻よりも第9巻の方がより高温側へシフトしている(図2)。続いて、ここまで述べたような夏の高温化が、宮城県の稲作にどのような影響を及ぼすのか考えてみる。稲の生育ステージの中には登熟期という、稲が出穂(穂の一部が、一番上の葉の葉鞘から出現すること)してから籾殻の中で米の粒が成長する期間がある。この登熟期において日平均気温が27℃以上の高温が続くと、白未熟粒等の高温登熟障害が発生しやすくなるとされている(表1)。ここで、出穂期が将来と現在で同じ(現在の宮城県の平年の出穂期は8月5日)であると仮定すると、将来気候では出穂期以降で平均気温が27℃以上になる期間が長くなる(図2)。その期間は第8巻では8日、第9巻では31日となり、高排出量シナリオの第9巻の方が23日長くなっている。将来と現在で出穂期が同じとする単純な仮定の下での比較だが、この結果は、温室効果ガスの排出が増えると米の高温登熟障害の懸念が高まることを示している。

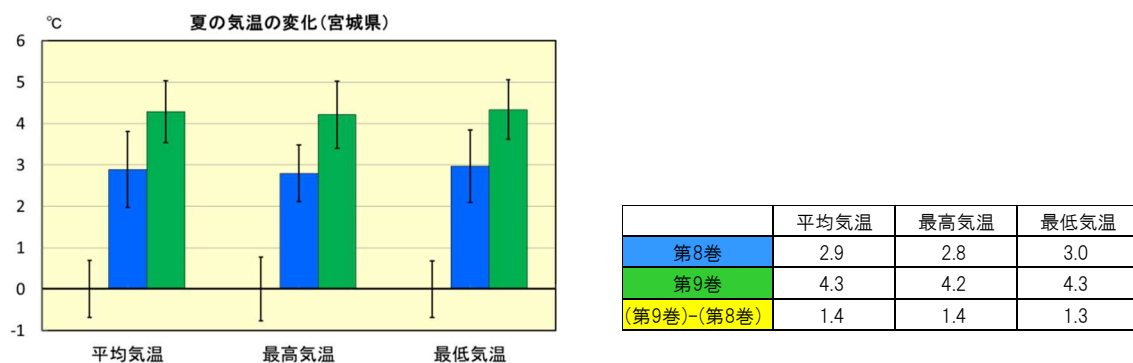


図1及び付表 宮城県の夏(6~8月)の気温の変化(現在気候との差)(単位:℃)

棒グラフは現在気候との差(青:第8巻、緑:第9巻)、エラーバーは年々変動の幅を表す。また、第8巻と第9巻でエラーバーの算出方法が異なる。詳細は第8巻の第1章及び第9巻の資料2を参照。表は各気温における変化量で、最下段には各気温での第8巻と第9巻との差を示す。

## 2 シミュレーション結果から見た東北地方の将来の気候変化

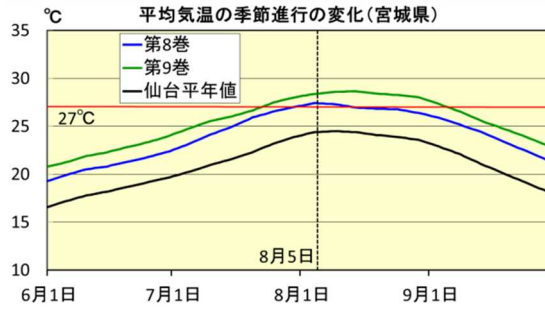


図2 宮城県の平均気温の季節進行の変化(6～9月)

黒線:仙台の平年値、青線:第8巻、緑線:第9巻、赤線:27°C、黒破線:現在の宮城県の平年の出穂期である8月5日(宮城県HPより)。

現在の宮城県の気候を代表するデータとして、仙台の平年値を用いた。また、将来気候のデータは第8巻、第9巻の各予測実験で再現・予測された現在気候と将来気候の半旬ごとの気温差に仙台の半旬ごとの平年値を加算した。更に、半旬ごとのデータを線形的に補間し、日ごとのデータを求めてからグラフを作成した。

表1 水稻の警戒気温(東北農研提供)

気象庁ホームページより

時期	警戒気温 (7日間平均)	懸念される症状
7月中旬から8月上旬 (幼穂形成期～出穂期前)	20°C以下	障害不稔発生
8月上旬(出穂期)	20°C以下	開花不稔発生
8月上旬から8月下旬 (出穂期～登熟初期)	27°C以上	高温登熟障害

## 参考文献

- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- 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, doi:10.2151/sola.2014-035
- 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, doi:10.2151/sola.2011-044.
- 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, doi:10.3178/hrl.11.65.
- 気象庁, 2002: 20世紀の日本の気候.
- 気象庁, 2013: 地球温暖化予測情報第8巻.
- 気象庁, 2017a: 地球温暖化予測情報第9巻.
- 気象庁, 2015: 異常気象レポート2014.
- 気象庁, 2017b: 気候変動監視レポート2016.
- 気象庁HP, 各種データ・資料>地球環境・気候>気象情報を活用して気候の影響を軽減してみませんか?>農業分野における気候リスクへの対応の実例>水稲の冷害・高温障害対策. ([https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/taiou\\_suitou.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/taiou_suitou.html))
- 仙台管区气象台, 2016: 東北地方の気候の変化 (第2版).
- 文部科学省研究開発局, 2015: 気候変動リスク情報創生プログラム テーマ C 気候変動リスク情報の基盤技術開発 テーマ D 課題対応型の精密な影響評価 影響評価のための気候モデルデータの利用.
- 宮城県HP, 水稲・大豆・麦類生育情報>平成29年度稲作情報. (<https://www.pref.miyagi.jp/site/seikuzyoho/list1913-6244.html>)

表紙画像: 十和田市 奥入瀬溪流 正木孝志 (仙台管区气象台)

内容等についてお気付きの点がございましたら、下記までご連絡ください。

気象官署名	郵便番号	所在地	電話番号
仙台管区气象台 気象防災部 地球環境・海洋課	983-0842	仙台市宮城野区五輪 1-3-15 仙台第3合同庁舎	022-297-8177



