

日本域バイアス補正気候シナリオデータを用いた 愛媛県における気温の将来予測

横溝秀明 山内正信 泉喜子 望月美菜子

Keywords : climate change impacts, adaptation, climate models, surface air temperature

愛媛県においても既に多岐にわたる気候変動による影響が認められる中、今後更に加速することが予想される気候変動を見据えた対応を講じるためには、できる限り精緻な気候変動の将来予測が必要である。そこで、本研究では国立環境研究所が公開している日本域の気候シナリオデータセットを用いて、愛媛県の東予、中予、南予地域を対象とした気温の将来予測計算を行った。

その結果、厳しい温暖化対策をとらなかった場合(SSP5-RCP8.5)には、20世紀末頃と比べ21世紀末頃の年平均気温は4.0~6.6°Cの上昇が予測され、季節別の気温の上昇は春や夏に比べて秋や冬の方が大きくなる傾向があることが分かった。猛暑日については、20世紀末では年間約5日であったのに対し、21世紀末頃では35~90日になると予測された。

はじめに

世界的に気候変動による影響が深刻化する中、愛媛県においても平成30年7月豪雨災害をはじめ、柑橘類の品質・収量低下、熱中症の増加など、既に様々な分野で影響が見られており、将来的な気候変動による影響に対する対策を講じていくためには、できる限り精緻な気候変動及びその影響の将来予測が必要となる。

気候変動の将来予測を行うためには、全球気候モデル(GCM: Global Climate Model, 以下、モデル)が用いられるが、計算コストや計算資源の制約から空間分解能が約100kmと大きく、県単位のような地域の気候変動を再現することが難しい。そこで、ダウンスケーリングと呼ばれる手法を用いて空間的な分解能を高め、より細やかな将来予測を行う方法が確立されてきている。

しかしながら、これを用いて愛媛県の各地域にフォーカスした事例は少なく、気象庁¹⁾や環境省²⁾が都道府県単位や県庁所在地の松山市の気温や降水量の解析を実施しているものの、その範囲や分野は限定的である。

このことから、地域の気候変動影響に対し細やかに対応していくため、愛媛県における地域毎の気温に関する

将来予測を行うとともに、将来予測データの解析手法の確立を目指した。

方法

1 使用した気候シナリオデータ及びツール

気候シナリオデータは、国立環境研究所が公開している5つの気候シナリオ³⁾を利用した。なお、この気候シナリオは1 kmにダウンスケール、バイアス補正されたデータである。

気候シナリオデータの解析には「Grid Analysis and Display System (GrADS, COLA, Version 2.2.1.oga.1)」や「Python (Ver.3.10.2)」を使用し、愛媛県領域のデータ抽出や、地域内の平均気温の平均値算出などを行った。

2 解析項目及び方法

対象地域については、愛媛県内の土地利用の特性の違いなどから一般的に用いられている区分である、東予、中予及び南予地域とした。

計算は、予測時期(再現性確認のための過去の期間を含む)、社会経済シナリオ(以下、シナリオ)、モデル、対象地域毎に行い、それぞれの地域における気温や猛暑日等の算出を行った。予測時期は環境省の解析事例(S8)⁴⁾に準じ、20世紀末頃(1980-2000)、21世紀中頃(2030-2050)及び21世紀末頃(2080-2100)とし、20年間の平均を計算

表1-1 解析に用いた時期及びシナリオ

時期(平均期間)	社会経済シナリオ	概要
20世紀末頃 (1980-2000)	Historical	過去を気候モデルで再現し、観測値により補正したもの
21世紀中頃 (2030-2050)	SSP1-RCP2.6	持続可能な形で、経済成長が達成され、かつ産業革命前と比較して気温の上昇を2°C未満に抑える温室効果ガスの排出削減を実施するシナリオ
21世紀末頃 (2080-2100)		化石燃料に依存し続け、これまでのペースのまま温室効果ガスの排出が増え続けるシナリオ

表1-2 解析に用いたモデル

モデル(略称)	開発者
MIROC6 (MIR)	東京大学, 国立研究開発法人国立環境研究所, 国立研究開発法人海洋研究開発機構
MRI-ESM2-0 (MRI)	気象庁気象研究所
ACCESS-CM2 (ACC)	ARC気候システム科学研究センター (オーストラリア)
IPSL-CM6A-LR (IPS)	ピエール・シモン・ラプラス研究所 (フランス)
MPI-ESM1-2-HR (MPI)	マックス・プランク気象研究所 (ドイツ)

表2 解析項目と解析方法

項目	解析方法	気候シナリオデータの項目
年平均気温	各地域(東予, 中予, 南予地域)の時期毎に年平均値を算出	日平均気温(°C)
季節別平均気温	各地域の時期毎の季節別に平均値を算出 (春: 3~5月, 夏: 6~8月, 秋: 9~11月, 冬: 12~2月)	日平均気温(°C)
猛暑日	各地域の日最高気温の最大値が35°C以上になる日数を算出	日最高気温(°C)
熱帯夜	各地域の日最低気温の最大値が25°C以上になる日数を算出	日最低気温(°C)

した。20世紀末頃については、Historical(過去を気候モデルで再現し、観測値により補正したもの)を、21世紀中頃及び21世紀末頃についてはモデル毎にそれぞれSSP1-RCP2.6, SSP5-RCP8.5のシナリオデータを用い、年平均気温及び季節別平均気温について地域毎の平均値を求めた。

また、猛暑日は各地域の日最高気温の最大値が35°C以上になる日数を、熱帯夜は各地域の日最低気温の最大値が25°C以上になる日数を算出した(表1, 2)。

結果及び考察

1 モデル別愛媛県全域の将来気温について

表1-2に記載したモデルについて、それぞれの時期、シナリオにおいて、愛媛県全域における平均気温を求め、モデル間の差を確認した(図1)。

20世紀末頃については、前述のとおりバイアス補正しているためモデル間の差はほぼないが、21世紀末頃のSSP5-RCP8.5では約2°Cの差が生じた。5つのモデルの中で、気温を高く予測しているモデルはACC及びIPSであり、低く予測しているモデルはMIR, MRI及びMPIであった。

2 地域別年平均気温の変化

地域別の年平均気温、季節別平均気温、猛暑日及び熱帯夜の将来予測結果について5つのモデルの平均値

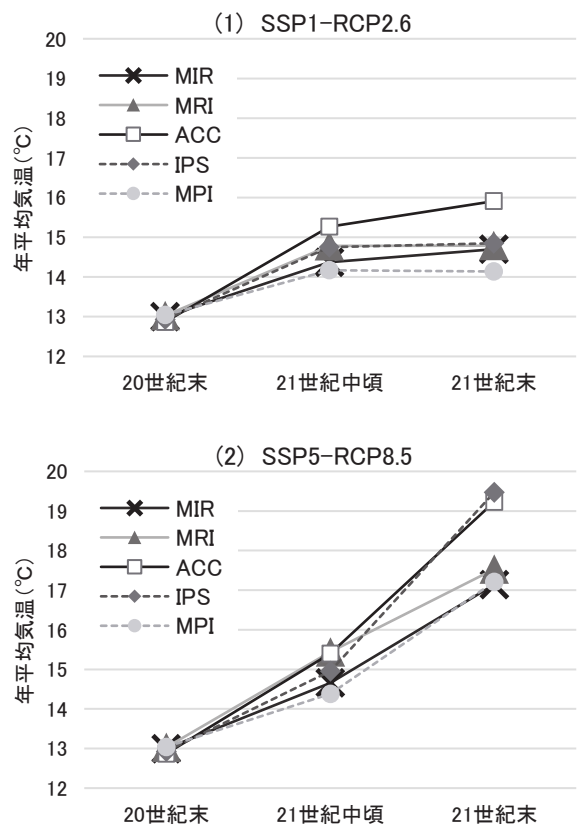


図1 モデル別愛媛県全域の年平均気温

20世紀末頃は1980-2000年、21世紀中頃は2030-2050年、21世紀末頃は2080-2100年の年平均気温を示す。(以降の図で同じ)

及び最大値と最小値を図2～図5に示した。

(1) SSP1-RCP2.6の場合

21世紀中頃及び21世紀末頃の地域別平均気温は、20世紀末と同様、南予、東予、中予の順に平均気温が高くなると予測された。21世紀中頃においては、20世紀末頃と比べいずれの地域でも約1.7℃上昇し、21世紀末頃は1.9～2.0℃上昇する結果となった。また、気温上昇幅の地域間差はほとんどみられなかった。

モデル間の差(5つのモデルの最大値と最小値の差、以下同じ)は、21世紀中頃が1.1℃に対し、21世紀末頃は1.0℃と僅かだが減少した。

(2) SSP5-RCP8.5の場合

21世紀中頃は20世紀末頃と比べ、各地域で約2℃上昇すると予測された。21世紀末頃においては、20世紀末頃と比べ5.1～5.2℃の気温上昇が予測されたが、地域間差は(1)と同様にあまりみられなかった。

モデル間の差については、21世紀中頃は1.8℃、21世紀末頃は約2.3℃とSSP1-RCP2.6と比べ大きくなり、不確実性が大きい結果となった。

(1), (2) から地域別年平均気温の変化では、SSP1-RCP2.6において21世紀中頃と末頃でほとんど変わらず、モデル間の差を含めると、20世紀末頃と21世紀末頃を比較して1.3～2.3℃上昇するが、21世紀末頃のSSP5-RCP8.5では20世紀末頃と比較して4.0～6.6℃上昇する等、当県において改めて深刻な温暖化の進行が予測された。

3 季節別平均気温の変化

20世紀末頃と21世紀末頃の季節別の平均気温を図3及び表3に示した。

(1) SSP1-RCP2.6の場合

20世紀末頃と比べて21世紀末頃の季節別の気温上昇は、春が1.8～1.9℃、夏が1.9℃、秋が1.8℃、冬が2.0～2.1℃となり、僅かに冬の気温上昇が大きくなると予測された。

地域間差はほとんど見られなかったが、モデル間の差については、春が約2.0℃、夏が約1.7℃、秋が約1.9℃、冬が約1.3℃となった。

(2) SSP5-RCP8.5の場合

20世紀末頃と比べて21世紀末頃の季節ごとの気温上昇は、春が4.9～5.1℃、夏が4.7～4.8℃、秋が5.4～5.5℃、冬が5.3～5.4℃となり、夏の気温上昇が最小となり、秋が最大となると予測された。

地域間差については、東予地域の温度上昇がやや大きく、南予地域がやや小さい結果となった。また、モデル間の差については、春と夏が約2.9℃、秋が約2.3℃、冬

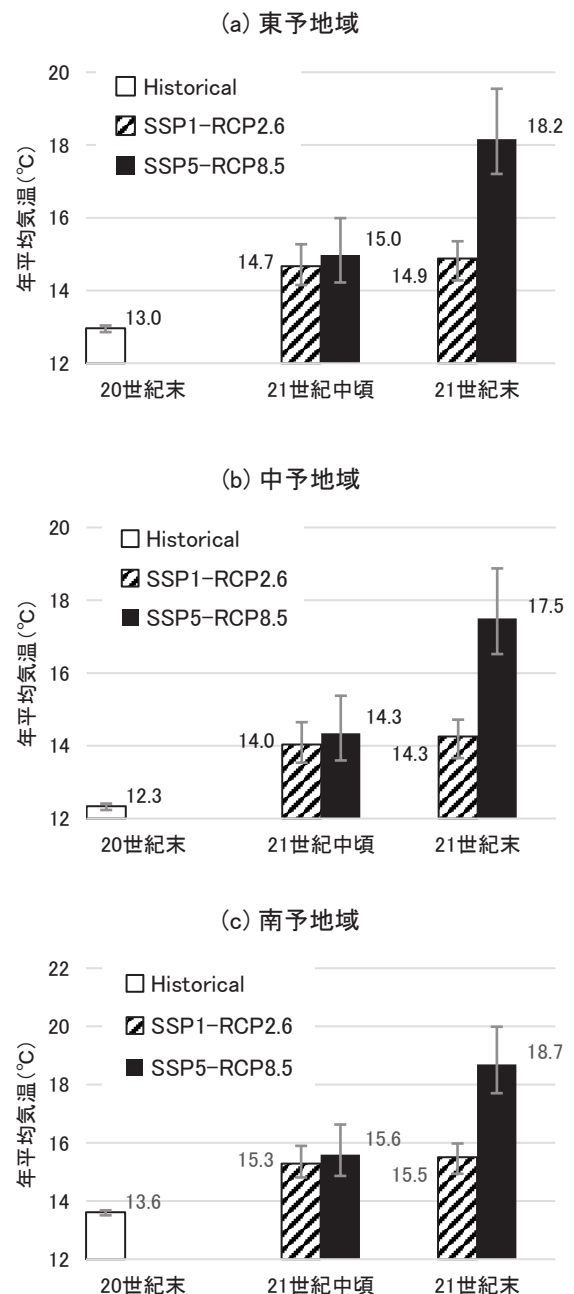


図2 年平均気温の変化

グラフは5つのモデルの平均値、バーは最大値と最小値を示す。(以降の図で同じ)

が約3.1℃となり、秋が最も小さくなった。

(1), (2) から季節別平均気温の変化では、SSP5-RCP8.5における秋と冬の気温上昇が顕著であり、モデル間の差を含む20世紀末頃の夏の平均気温(21.5～22.8℃)に、21世紀末に予測される秋の平均気温(19.0～22.4℃)が近づくことから、20世紀末頃の夏の気温が21世紀末では10月頃まで続く可能性が考えられる。

4 猛暑日の変化

(1) SSP1-RCP2.6の場合

猛暑日の増加日数(5つのモデルの平均、以下同じ)に

表3 季節別平均気温の変化

季節	春(3~5月)			夏(6~8月)			秋(9~11月)			冬(12~2月)		
	21世紀末頃気温(°C)	気温上昇(°C)	モデル間の差(°C)	21世紀末頃気温(°C)	気温上昇(°C)	モデル間の差(°C)	21世紀末頃気温(°C)	気温上昇(°C)	モデル間の差(°C)	21世紀末頃気温(°C)	気温上昇(°C)	モデル間の差(°C)
東予地域	16.1	5.1	2.9	27.1	4.8	3.0	20.7	5.5	2.3	8.7	5.4	3.1
中予地域	15.6	5.0	2.9	26.5	4.7	2.9	19.9	5.4	2.3	7.9	5.4	3.1
南予地域	16.9	4.9	2.8	27.5	4.7	2.9	21.1	5.4	2.2	9.3	5.3	3.1

※21世紀末頃気温及びモデル間の差には SSP5-RCP8.5 の結果を利用, 気温上昇は 20世紀末頃との差を示す。

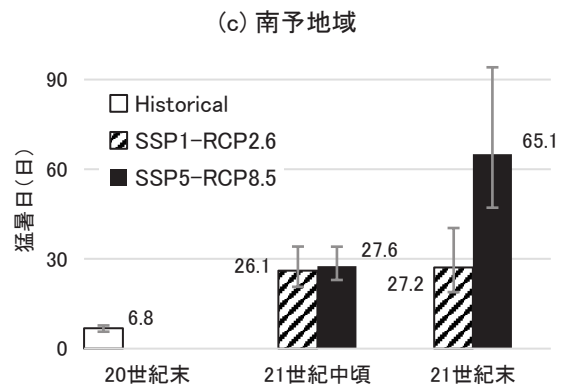
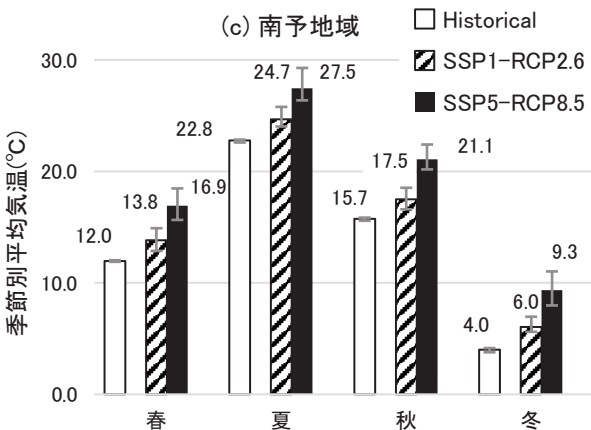
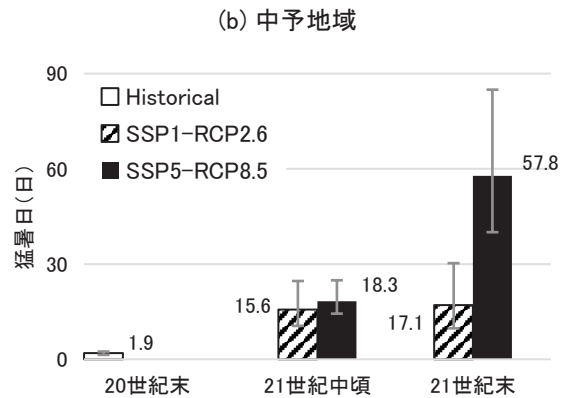
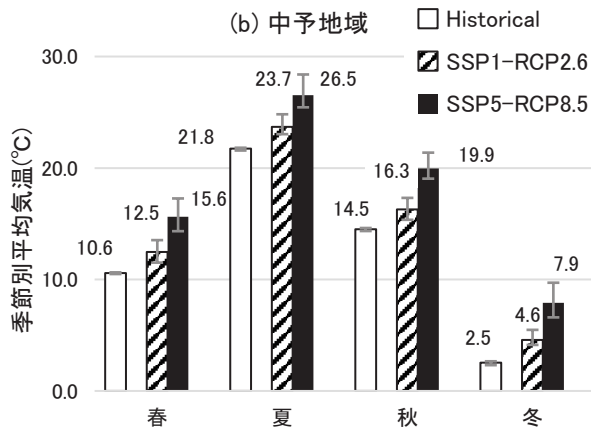
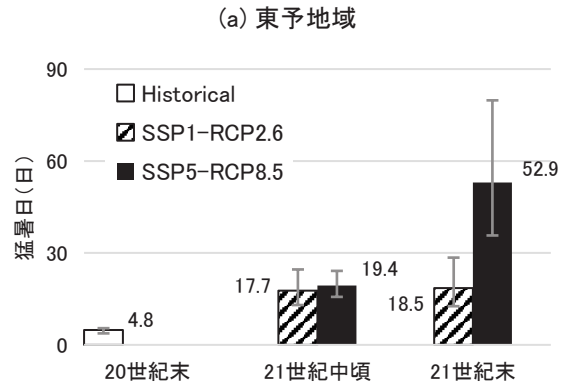
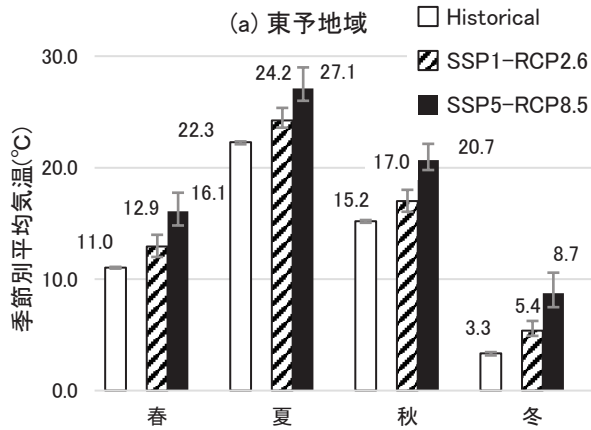


図3 季節別平均気温の変化

春は3~5月, 夏は6~8月, 秋は9~11月, 冬は12~2月の平均

図4 猛暑日の変化

猛暑日は地域の日最高気温の最大値が35°C以上になる日として, 年間の猛暑日数を算出

ついて、20世紀末頃に対し21世紀中頃では、東予12.9日、中予13.7日、南予19.3日増加すると予測された。また、21世紀末頃では東予は約13.7日、中予は15.2日、南予は20.4日増加し、南予地域の増加が大きくなる結果となった。

モデル間の差は21世紀中頃で東予11.6日、中予14.1日、南予13.5日、21世紀末頃で東予15.8日、中予20.5日、南予21.5日となった。

(2) SSP5-RCP8.5の場合

20世紀末頃に対する21世紀中頃の猛暑日の増加日数は、東予14.6日、中予16.4日、南予20.8日、21世紀末頃では東予48.1日、中予55.8日、南予58.3日と予測され、特に21世紀中頃から末頃にかけての猛暑日の増加が著しく、中でも中予地域の増加が39.5日と最も大きくなった。また、中予地域は年平均気温や夏季の平均気温が3つの地域の中で最も低く、20世紀末及び21世紀中頃の猛暑日が最も少なかったが、21世紀末頃は南予地域に次いで多い結果となった。

モデル間の差は、21世紀中頃で東予8.4日、中予10.5日、南予11.1日、21世紀末頃で東予44.1日、中予44.9日、南予46.9日となり、(1)と比べ21世紀中頃はモデル間の差が小さく、一方で21世紀末頃は差が大きくなった。また、最も気温が上昇するモデルであるACCにおける21世紀末頃の南予地域の猛暑日数は、94.1日と3月以上にわたる結果となった(図4)。

なお、松山地方気象台⁵⁾によると松山(中予地域)の年間における猛暑日の日数は10年あたり約0.3日(統計期間:1890~2020年)の割合で増加している。また、2000年以降は猛暑日が多く、2010年と2020年の猛暑日の年間日数が14日であったことを踏まえると、(1)、(2)の結果は妥当であると考えられる。

5 熱帯夜の変化

(1) SSP1-RCP2.6の場合

熱帯夜の増加日数について、20世紀末頃に対し21世紀中頃では、東予28.7日、中予30.9日、南予33.1日増加した。また、21世紀末頃では東予は約30.7日、中予は32.2日、南予は35.3日増加し、増加日数は南予、中予、東予地域の順で大きくなった。

モデル間の差は21世紀中頃で東予17.8日、中予20.8日、南予23.9日、21世紀末頃で東予27.2日、中予29.4日、南予35.7日となった。

(2) SSP5-RCP8.5の場合

熱帯夜の増加日数について、20世紀末頃に対し21世紀中頃では、東予31.8日、中予33.5日、南予36.8日増加

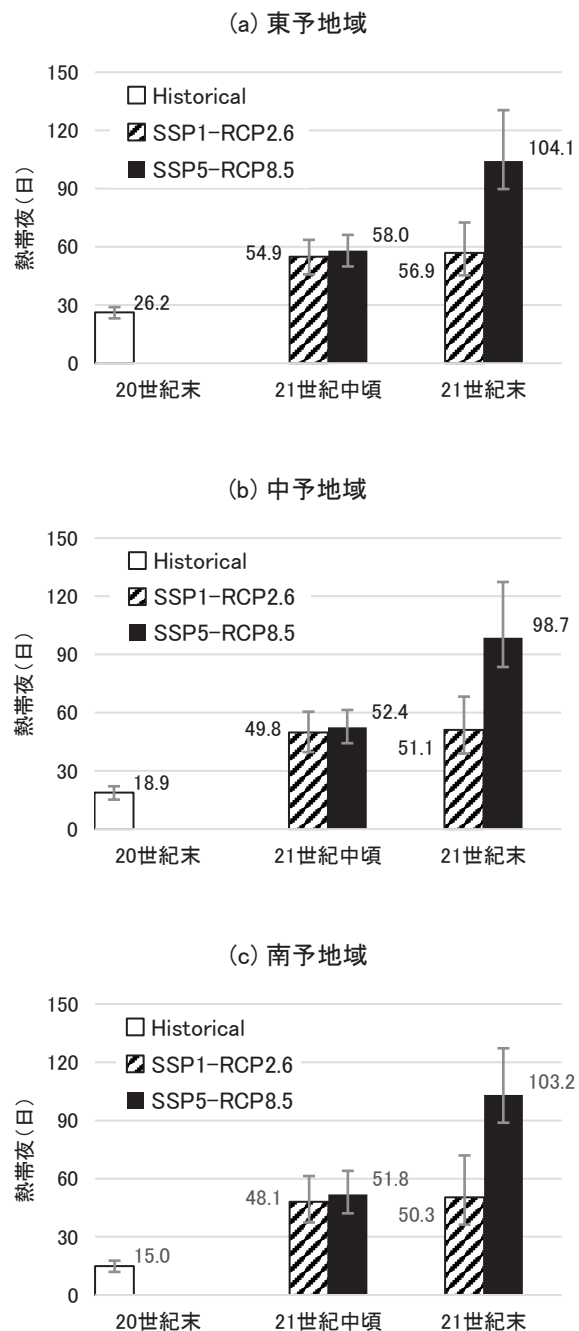


図5 熱帯夜の変化

熱帯夜は、地域の日最低気温が夜間になると仮定し、その最大値が25℃以上になる日として、年間の熱帯夜の日数を算出

すると予測された。また、21世紀末頃では東予は77.9日、中予は79.8日、南予は88.2日増加し、猛暑日と同様に21世紀中頃から末頃にかけての顕著な増加がみられた。

地域間の比較では、熱帯夜の日数が104.1日で東予が最も多くなったが、最も増加したのは南予となり、88.2日増加すると予測された。

モデル間の差は、21世紀中頃で東予16.3日、中予17.1日、南予21.9日、21世紀末頃で東予40.7日、中予43.8日、南予38.4日となった。最も気温が上昇するモデルである

ACCにおける21世紀末頃の東予地域の熱帯夜日数は、130.4日と4ヵ月以上となり、他の解析項目ではみられなかった東予地域の特徴といえる(図5)。

熱帯夜は日最低気温の地域内の最高値が25℃以上になる日として解析したが(日最低気温が夜間となることを想定)、東予地域は他の地域と比べて日最低気温が高い場所があることが考えられた。

なお、松山地方気象台⁵⁾によると、年間における熱帯夜の日数は10年あたり約2.4日(統計期間:1890～2020年)の割合で増加しており、2018年には年間44日を観測していることから、(1)、(2)の結果は妥当であると考えられる。

まとめ

愛媛県を対象とした気候シナリオデータによる気候変動の詳細な将来予測は初めての試みであったが、解析手法を確立するとともに、愛媛県の気温や猛暑日等を地域別に算出することができた。

厳しい温暖化対策をとらなかった場合(SSP5-RCP8.5)は4.0～6.6℃上昇し、季節平均気温については特に秋と冬の気温上昇が顕著であり、20世紀末頃の夏の気温が21世紀末では10月頃まで続くことで、季節の考え方が変わっていく可能性があることや、猛暑日については年間で3ヵ月以上、熱帯夜については年間で4ヵ月以上発生する可能性が示される等、愛媛県における深刻な温暖化の進行が詳細に予測できた。

また、厳しい温暖化対策をとった場合(SSP1-RCP2.6)でも、気温は1.2～2.3℃上昇し、猛暑日は20日程度、熱帯夜は50日程度に増加することが予測された。

予測された気温上昇により、今後、愛媛県においても

熱中症患者の増加を始め、自然災害の増加や農林水産物の生産量低下など、多大な被害が懸念されることから、県内における気候変動適応策のより一層の推進に資するため、被害が予測される対象地域についてより詳細な調査及び予測を実施する必要がある。

謝辞

シナリオデータの解析においてご助言いただいた、国立環境研究所気候変動適応センター 岡和孝氏に深謝いたします。

文献

- 1) 松山地方気象台:愛媛県の気候変動,
https://www.data.jma.go.jp/osaka/kikou/ondanka/leaf/leaf_ehime.pdf(2022)
- 2) 環境省:温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(S-8, 環境省)(2018)
- 3) N. Ishizaki: Bias corrected climate scenarios over Japan based on CDFDM method using CMIP6, Ver.1, NIES, doi:10.17595/20210501.001 (2021)
- 4) 気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT):「環境省環境研究総合推進費S-8温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(2010～2014)」における影響評価の研究成果, <https://adaptation-platform.nies.go.jp/map/Ehime/index.html>
- 5) 松山地方気象台:年平均気温, 年間の猛暑日・真夏日・熱帯夜・冬日・無降水日の日数の長期的な変化,
https://www.data.jma.go.jp/matsuyama/tokusei/kikou/hendou/kikou_tempday.html

Future prediction of temperature in Ehime Prefecture
Using bias-corrected climate scenario data for the Japan region

Hideaki YOKOMIZO, Masanobu YAMAUCHI, Yoshiko IZUMI, Minako MOCHIZUKI

Now the impact of climate change becomes more serious, it is important to make future predictions of climate change in order to investigate various climate changes in Ehime Prefecture and respond to them in detail. Therefore, in this study, we used the climate scenario data set for the Japanese region published by the National Institute for Environmental Studies to calculate future temperature forecasts for the Toyo, Chuyo, and Nanyo regions of Ehime Prefecture.

As a result, if strict global warming countermeasures are not taken (SSP5-RCP8.5), the average annual temperature at the end of the 21st century is projected to rise by 4-7°C compared to the end of the 20th century, and the increase tended to be greater in autumn and winter than in spring or summer. Also, the number of extremely hot days was about 5 days a year at the end of the 20th century, but it is predicted to increase to 35-90 days at the end of the 21st century.