

CMIP6 をベースにした CDFDM 手法による日本域バイアス補正 気候シナリオデータ(NIES2020 Ver.1.1)による長野県の気候予測

栗林正俊¹

本研究は、「CMIP6をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ(NIES2020 Ver.1.1)」の気候予測値を解析して、長野県における将来の気候変化を定量的に評価するとともに、気候予測の不確実性について5種類の全球気候モデル(GCM)の違いと3種類の共通社会経済経路に基づく温室効果ガス排出シナリオ(SSPシナリオ)の違いによる予測のばらつきを比較・検討した。将来の長野県の気温は、松本を基準にすると20世紀末(1981~2000年平均)に比べて、近未来(2031~2050年平均)は1.09~2.70°C、21世紀末(2081~2100年平均)は1.10~6.99°C、それぞれ上昇すると予測された。近未来の予測の幅は、SSPシナリオの違いよりもGCMの違いによるばらつきが大きいものに対して、21世紀末の予測の幅は、SSPシナリオの違いによるばらつきの方が大きい。同様に、将来の年降水量は、20世紀末に比べて、近未来は12~246 mm (1~24%)、21世紀末は33~323 mm (3~32%)、それぞれ増加すると予測された。将来の日積算全日射量は、20世紀末に比べて、近未来は-0.02~1.05 MJ/m² (0~7%)、21世紀末は0.03~1.79 MJ/m² (0~12%)、それぞれ増加すると予測された。これら年降水量と日積算全日射量の予測の幅はSSPシナリオの違いよりもGCMの違いによるばらつきの方が大きく寄与している。年平均相対湿度と年平均風速の予測値はほぼ横ばいかやや低下傾向で、観測値の過去の変化に比べて予測値の変化はSSP5-8.5シナリオのIPSL-CM6A-LRを除き小さく、予測のばらつきも小さかった。

キーワード：気候予測、長野県、NIES2020、統計的ダウンスケール、CDFDM法

1 はじめに

2018年12月に気候変動適応法が施行され、地方自治体は地域の気候変動適応を推進することが喫緊の課題となっている。適応策を推進する上で、高解像度の気候予測は、基礎情報となる。また、長野県は2021年6月に長野県ゼロカーボン戦略を策定し、2050ゼロカーボン達成に向けた数値目標を示した¹⁾。この戦略に示された気候変動緩和策を推進する上でも、温室効果ガス排出シナリオ別の気候予測は重要である。

気象庁の観測データによると、長野・松本・飯田・諏訪・軽井沢の年平均気温は、1945~2020年の間に1.65~2.49°C/100年の割合で上昇した²⁾。また、「農研機構シナリオ2017」³⁾に基づく将来の長野県の気温上昇幅は、松本を基準にすると1981~2000年の20年平均値(20世紀末)に比べて、2031~2050年の20年平均値(近未来)は0.56~2.95°C、2081~2100年の20年平均値(21世紀末)は1.07~6.61°C、と予測された²⁾。この気温上昇の予測は、長野県全

域でほぼ同様である²⁾。一方、2021年5月には国立環境研究所が日本で初めて第6期結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP6)に準拠した「CMIP6をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ(NIES2020 Ver.1.1)」⁴⁾、⁵⁾を公開するなど、我が国の気候予測データも日々進歩しており、2022年12月には15種類の気候予測データで構成された「気候予測データセット(DS2022)」⁶⁾が公開された。このデータセットは、ビッグデータの一種であり、データ統合・解析システム(DIAS)にアーカイブされているので、DIASのアカウントを取得すれば誰でも取得することが可能である。また、データセットの詳細は、2章に渡る解説書⁷⁾にも分かり易く記載されており、地方自治体にとっても比較利用しやすい気候予測データセットと言える。長野県の気候予測もこのような新しいデータに更新することで、温室効果ガス排出シナリオや全球気候モデル(GCM)の高度化に伴う高精度化、気象要素の多様化、確率的な予測などが期待される。

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野市北郷 2054-120

気候予測には様々な要因で偶然誤差や系統誤差(バイアス)が含まれる上、過去の再現計算における観測値のような基準となる比較対象があるわけでもない。計算条件や手法の違いに応じて異なる予測値が算出されるので、必然的に複数の条件で計算を行えば予測値はばらつく。この予測のばらつきの程度が、いわゆる不確実性である。GCMの高度化などにより予測精度を向上させることは重要な課題であるが、将来予測である以上、不確実性を完全になくすことは不可能である。そこで、複数の予測値のばらつき具合に基づいて確率論的評価を行うことや、予測の幅を理解した上で予測値に影響評価や政策立案に役立てることが重要な考え方となる。気候予測の不確実性を生み出す要素は主に3つあり、①温室効果ガス排出シナリオの違い、②GCMの違い、③内部変動、である⁸⁾。長野県のようにGCMの水平解像度(最も高解像度でも50 km程度⁹⁾)では十分に表現できない狭い地域の気候予測の場合、不確実性を生み出す要素に、④高解像度化の手法の違い、が加わる。この④は統計的手法と力学的手法に大別される。さらに、統計的手法の一種であるバイアス補正方法の違いが上記①と②よりも降水量に関する指標に対して大きな不確実性をもたらす場合があることが報告されている¹⁰⁾。前述の「農研機構シナリオ2017」³⁾に基づく長野県の気候予測においても降水量は過大評価されている²⁾。これは、バイアス補正方法が正規分布型スケーリング法¹¹⁾であり、弱雨域に中心をもつ日降水量の確率分布にはうまく適合しないこと、および補正後に負の値となった降水量は全て0として扱っていること、に起因している¹²⁾。なお、バイアス補正とは、ある気象要素について長期間の平均や分散といった統計的な観点で計算値を観測値に近づける操作のことで、詳細はDS2022解説書⁷⁾や飯泉ら(2010)¹³⁾に記載されている。

本研究では、長野県の気候予測値をCMIP6に準拠したNIES2020 Ver.1.1に更新するとともに、近未来と21世紀末の予測値の不確実性について、温室効果ガス排出シナリオの違いとGCMの違いに分けて評価すること、を目的とする。

2 方法

2.1 気象観測値

気象観測値は、長野地方気象台と松本・飯田・諏訪・軽井沢の4つの特別地域気象観測所における気

温、降水量、全天日射量、相対湿度、風速の年間値を気象庁のホームページからダウンロードして利用した¹⁴⁾。解析対象期間は1981年から2020年までとして、栗林・浜田(2021)²⁾と同様に、解析には気象庁の気象観測統計指針の正常値と準正常値のみ使用し¹⁵⁾、10年毎に20年平均値を計算した。平均値をとる20年間に、気象庁が移転や観測装置の変更などでデータが均質ではないと判断している年を含む場合は、その期間の観測値は利用しないことにした。

2.2 気候予測値

2.2.1 NIES2020

気候予測値は、NIES2020^{4), 5)}をDIASからダウンロードして取得し、利用した。これは5種類のGCMと3種類の温室効果ガス排出シナリオにより計算された気候予測値を統計的手法でダウンスケールしたデータである。バイアス補正には、累積密度関数に基づくダウンスケール手法(CDFDM法)¹³⁾を改良したノンパラメトリックな手法を用いており、「農研機構メッシュ農業気象データ」^{16), 17)}をベースラインにして、日本域1 km格子・日別の気候予測値を作成している。このバイアス補正の状況や予測要素の特徴の詳細については、DS2022解説書第2章⁷⁾に記載されている。特に長野県において注意すべき特徴として、実際には山岳域によって気候区分が分断されるような状況にあっても、空間的に線形内挿しているため、NIES2020は山岳をまたいだ地点間で気象変数の時間変化が類似する傾向が見られることが挙げられる。

CMIP6には103のGCMが参加している⁷⁾、全てダウンスケールすることは困難なので、数を絞る必要があるが、それによりモデルの違いによる不確実性を人為的に小さくすることは妥当ではない。そこで、NIES2020においては、ACCESS-CM2、IPSL-CM6A-LR、MIROC6、MPI-ESM1.2-HR、MRI-ESM2.0の5種類のGCMが選択された。これらはまずCMIP6に参加したGCMの中から日本付近の現在気候の再現性などにに基づき21のGCMが抽出され、次に後述の8つの気象要素について21のGCM間のばらつきの幅を保存できる最低限のGCM群として選択されている¹⁸⁾。8つの気象要素は、日最高気温、日最低気温、日平均気温、日降水量、相対湿度、全天日射量、下向き長波放射、風速である。

3種類の温室効果ガス排出シナリオは、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第6次評価報告書(第1作業部会報告書)¹⁹⁾における5つの共通社会経済経路(SSP)のうち、SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP5-8.5である。SSP1-2.6は、二酸化炭素(CO₂)排出量が2050年頃またはそれ以降に正味ゼロになり、その後はCO₂排出量が正味負になる温室効果ガス排出量が少ないシナリオで、第5次評価報告書における代表的濃度経路(RCP)シナリオのRCP2.6に相当する。SSP2-4.5は、CO₂排出量が今世紀半ばまで現在の水準で推移する温室効果ガス排出量が中程度のシナリオで、RCPシナリオのRCP4.5に相当する。SSP5-8.5は、CO₂排出量が2050年までに現在の約2倍になる温室効果ガス排出量が非常に多いシナリオで、RCPシナリオのRCP8.5に相当する。SSPやRCPの詳細については、DS2022の解説書第1章⁷⁾に記載されている。特筆すべき両者の違いは、RCPシナリオは「温室効果ガス濃度」のシナリオであり、GCMの入力に必要な土地利用のシナリオも含んでいるが、そのベースとなった社会経済のシナリオは正式には公開されていないのに対し、SSPシナリオは緩和策と適応策の困難性を考慮した「社会経済」のシナリオという点である。同じ温室効果ガス排出シナリオに分類されていても、厳密には別のもので、SSPとRCPの組み合わせを変えることで、より多様な気候予測や影響評価が可能になる。

2.2.2 データ解析

本研究では、前述の8つの気象要素のうち、気温、降水量、日射量、相対湿度、風速について将来変化や空間分布を解析することとし、内部変動による不確実性ができるだけ小さくなるよう20年平均値として評価・比較した。なお、空間分布の特徴はベースラインである「農研機構メッシュ農業気象データ」^{16), 17)}に依存するので、どのGCMを選択してもほぼ同じである。本研究においても、栗林・浜田(2021)²⁾と同様にMIROCを代表にして空間分布図を示す。なお、農研機構メッシュ農業気象データは、農業現場で有効活用されることを目的に、気象庁のメッシュ平年値2020やアメダス観測値など様々な気象データを、標高などを考慮して補間して作成されている¹⁶⁾。このため、ほとんど気象観測がされていない山岳域は、観測値との比較による補正や精度検証がなされていない。

SSPシナリオの違いに伴う不確実性を評価する際

は、5種類のGCM毎にSSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP5-8.5の差が最大となる組み合わせの絶対値を算出し、これを平均して予測のばらつきを計算した。GCMの違いに伴う不確実性を評価する際は、各SSPシナリオで5種類のGCMの最大値と最小値の差をとり、シナリオ毎に予測のばらつきを計算した。各予測のばらつきは地点や対象期間に応じて異なるが、前述のとおり統計的に高解像度化された気候予測値を使用しているため、長野県のようにGCMの水平解像度で分解することが困難な狭い地域であれば、選択する地点による予測のばらつきの違いは小さい。本研究では、予測のばらつきを計算する対象地点は、2.1節の5つの観測地点のうち唯一、20世紀末(1981～2000年)に全天日射量の観測があり、かつ、長野県の中心部に近い松本とした。また、予測のばらつきを計算する対象期間は、栗林・浜田(2021)²⁾と同様に、近未来と21世紀末の2つの期間に設定して、20世紀末の各計算値を基準に各気象要素の変化量と、SSPシナリオの違いやGCMの違いに応じた予測のばらつきを評価した。なお、基準値を20世紀末の観測値ではなく各計算値とすることで、モデル自身が持つバイアスを相殺することができるので、変化量を比較する際には、計算値同士の差分をとるのが一般的である。

3 結果と考察

3.1 気温

長野地方気象台と4つの特別地域気象観測所における気温のデータを附図1に示す。全5地点において類似した上昇傾向を示し、過去計算に関しては全て観測値とよく整合している。これはCDFDM法によるバイアス補正がうまく機能していることを示唆している。CDFDM法と正規分布型スケールリング法で精度を比較した先行研究も、バイアス補正前のMIROC5が日本の陸域における年平均気温を3.0℃過大評価するのに対して、CDFDM法でバイアス補正したMIROC5は0.4℃の過大評価にまでバイアスを低減していることを報告している¹²⁾。

松本では将来の気温は20世紀末に比べて近未来は1.09～2.70℃、21世紀末は1.10～6.99℃、それぞれ上昇する(附図1b)。このような気温の上昇は、長野県全域ではほぼ同様の傾向を示し、将来気候下でも長野県の気温の分布はほぼ標高に依存する(附図2)。GCMの違いによる予測のばらつきが、近未来

は SSP1-2.6 シナリオの場合には 1.52°C, SSP2-4.5 シナリオの場合には 1.37°C, SSP5-8.5 シナリオの場合には 1.47°C で, 21 世紀末は SSP1-2.6 シナリオの場合には 2.08°C, SSP2-4.5 シナリオの場合には 1.97°C, SSP5-8.5 シナリオの場合には 2.87°C であった(附図 1b). 一方, SSP シナリオの違いによる予測のばらつきは, 近未来は 0.36°C, 21 世紀末は 3.47°C であった. このことから, SSP シナリオの違いによるばらつきは, 近未来は GCM の違いによるばらつきの 23~26% に過ぎないが, 21 世紀末は GCM の違いによるばらつきの 1.21~1.77 倍大きいことが示唆された. この結果は, 全球平均気温について 3 つの温室効果ガス排出シナリオと 15 種類の GCM を用いて行った先行研究と整合している⁸⁾.

3. 2 降水量

年降水量の過去計算値は GCM 間で 100 mm 程度のばらつきがあるが, 全 5 地点において観測値がこのばらつきの範囲内にあり, 再現性は良いと考えられる(附図 3). これは CDFDM 法によるバイアス補正がうまく機能していることを示唆している. CDFDM 法と正規分布型スケーリング法で精度を比較した先行研究ではバイアス補正前の MIROC5 と CDFDM 法でバイアス補正した MIROC5 の降水量を比較して, 年降水量の再現性は改善されるが, 季節別の降水量の再現性はあまり良くないことを報告している¹²⁾. 年降水量の将来予測値は, 全 5 地点において類似した変化傾向を示したが, 降水量が比較的多い飯田は変化量や予測間のばらつきが他の地点に比べてやや大きい(附図 3).

松本では将来の降水量は 20 世紀末の値に比べて近未来は 12~246 mm (1~24%), 21 世紀末は 33~323 mm (3~32%), それぞれ増加する(附図 3b). 降水量の予測は気温に比べてばらつきや年代ごとの変動が大きいが, 変化傾向としては増加すると予測された. ただし, 21 世紀末の日本の年降水量の予測も有意な変化傾向はなく, 地域別の予測結果にはばらつきが大きく不確実性が高いとされており²⁰⁾, 本研究で予測された変化傾向も有意なものか否か今後検討する必要がある. 空間分布については, 将来気候下でも 20 世紀末と同様に長野盆地・上田盆地・佐久盆地における降水量は少なく, 北部・西部・南部の県境界付近における降水量は多い(附図 4).

GCM の違いによる予測のばらつきが, 近未来は SSP1-2.6 シナリオの場合には 211 mm, SSP2-4.5

シナリオの場合には 122 mm, SSP5-8.5 シナリオの場合には 190 mm で, 21 世紀末は SSP1-2.6 シナリオの場合には 240 mm, SSP2-4.5 シナリオの場合には 244 mm, SSP5-8.5 シナリオの場合には 255 mm で, 21 世紀末の方が近未来よりも GCM の違いによる予測のばらつきが大きい(附図 4b). 一方, SSP シナリオの違いによる予測のばらつきは, 近未来は 87 mm, 21 世紀末は 91 mm で, GCM の違いによる予測のばらつきに比べると小さい. これらの予測のばらつきは松本を対象に評価しているが, 年降水量が松本よりも多い地域では予測のばらつきもより大きくなると考えられる.

3. 3 全天日射量

全天日射量の将来予測値も, 全 5 地点において類似した変化傾向を示した(附図 5). 松本では GCM の違いに応じて 20 世紀末の計算値には 0.20 MJ/m² のばらつきがあり, ACCESS-CM2 は観測値と整合しているが, 他の 4 つの GCM はやや過大評価した(附図 5b). 将来の全天日射量は 20 世紀末の値に比べて近未来は -0.02~1.05 MJ/m² (0~7%), 21 世紀末は 0.03~1.79 MJ/m² (0~12%), それぞれ増加する(附図 5b). このような全天日射量の増加は, 長野県全域でほぼ同様の傾向を示し, 将来気候下でも 20 世紀末と同様に諏訪盆地や伊那盆地, 上田盆地では全天日射量は多く, 北部の県境界の山岳域では全天日射量が少ない(附図 6). 日本の全天日射量の変化傾向に関して統合的な研究があるものの²¹⁾, 北日本で減少し, 東日本以西では有意な変化傾向が見られないとする予測もあり²²⁾, 本研究で予測された変化傾向も有意なものか否か今後検討する必要がある.

GCM の違いによる予測のばらつきが, 近未来は SSP1-2.6 シナリオの場合には 1.07 MJ/m², SSP2-4.5 シナリオの場合には 0.57 MJ/m², SSP5-8.5 シナリオの場合には 0.79 MJ/m² で, 21 世紀末は SSP1-2.6 シナリオの場合には 1.40 MJ/m², SSP2-4.5 シナリオの場合には 1.04 MJ/m², SSP5-8.5 シナリオの場合には 1.76 MJ/m² であった(附図 5b). 一方, SSP シナリオの違いによる予測のばらつきは, 近未来は 0.33 MJ/m², 21 世紀末は 0.36 MJ/m² で, GCM の違いによる予測のばらつきに比べると小さい.

3. 4 相対湿度

相対湿度の過去計算値は GCM 間のばらつきが 1%

未満と小さいが、松本、飯田、諏訪では2~3%過小評価し、軽井沢では1~2%過大評価した(附図7)。

1981~2010年にかけて、観測値が松本は低下、長野と諏訪は横ばい、軽井沢は上昇したのに対し、計算値はいずれの地点もほぼ横ばいであった。将来予測値は、いずれの地点においても類似した変化傾向を示し、横ばいか経年的に低下した。将来の相対湿度は20世紀末の値に比べて近未来は-1.21~0.22%、21世紀末は-4.50~-0.31%、それぞれ変化する(附図7b)。このような相対湿度の変化は、長野県全域でほぼ同様の傾向を示し、将来気候下でも20世紀末と同様に北東部の山岳域では相対湿度が高く、松本盆地や伊那盆地では相対湿度が低い(附図8)。

GCMの違いによる予測のばらつきが、近未来はSSP1-2.6シナリオの場合には0.76%、SSP2-4.5シナリオの場合には1.14%、SSP5-8.5シナリオの場合には1.22%で、21世紀末はSSP1-2.6シナリオの場合には0.58%、SSP2-4.5シナリオの場合には1.63%、SSP5-8.5シナリオの場合には3.68%であった(附図7b)。一方、SSPシナリオの違いによる予測のばらつきは、近未来は0.48%、21世紀末は1.98%で、近未来についてはGCMの違いによる予測のばらつきに比べると小さい。気温や降水量は観測値の過去の変化に対して、予測値は比較的大きく変化しているが、相対湿度は観測値の過去の変化に対して、予測値の変化はSSP5-8.5シナリオのIPSL-CM6A-LRを除き小さい。

3.5 風速

風速の過去計算値はGCM間のばらつきが0.2 m/s未満と小さく、長野や軽井沢では観測値とよく整合したが、飯田では0.8 m/s程度過大評価した(附図9)。1981~2010年にかけて、観測値が長野は横ばい、松本は強化、軽井沢は低下したのに対し、計算値はいずれの地点も横ばいかやや低下した。将来予測値は、いずれの地点においても類似した変化傾向を示し、横ばいか経年的に低下しており、相対湿度の変化傾向とよく似ていた(附図7, 9)。将来の風速は20世紀末の値に比べて近未来は-0.18~0.03 m/s、21世紀末は-0.40~0.03 m/s、それぞれ変化する(附図9b)。このような風速の変化は、長野県全域でほぼ同様の傾向を示し、将来気候下でも20世紀末と同様に諏訪盆地では比較的風速が大きく、長野県南西部の県境付近では比較的風速が小さい(附図10)。

GCMの違いによる予測のばらつきが、近未来は

SSP1-2.6シナリオの場合には0.13 m/s、SSP2-4.5シナリオの場合には0.16 m/s、SSP5-8.5シナリオの場合には0.13 m/sで、21世紀末はSSP1-2.6シナリオの場合には0.19 m/s、SSP2-4.5シナリオの場合には0.23 m/s、SSP5-8.5シナリオの場合には0.36 m/sであった(附図9b)。一方、SSPシナリオの違いによる予測のばらつきは、近未来は0.06 m/s、21世紀末は0.11 m/sで、GCMの違いによる予測のばらつきに比べると小さい。

4 おわりに

本研究では、NIES2020を解析して長野県における気温、降水量、全天日射量、相対湿度、風速の将来変化を示し、予測の不確実性に寄与するGCMの違いやSSPシナリオの違いによる予測のばらつきも評価した。また、各SSPシナリオ下のMIROC6により計算された各気象要素の空間分布を近未来と21世紀末について示し、その特徴を考察した。ただし、山岳域のデータの信頼性には注意が必要で、本研究で示した空間分布図から山岳域の予測値に関する定量的な評価をすることは妥当ではない。影響評価や緩和策・適応策の検討に本研究の気候予測値を利用する際は、バイアスや不確実性、山岳域のデータの信頼性、についても留意していただきたい。なお、栗林・浜田(2021)²⁾が、「農研機構シナリオ2017」の5種類のGCMと2種類の温室効果ガス排出シナリオによる気候予測値を基に、長野県の気候変化を予測した際は、評価対象とするGCMや温室効果ガス排出シナリオを追加することで、予測のばらつきが拡大する可能性を指摘していた。しかし、8つの気象要素についてCMIP6に参加した21のGCMのばらつきの幅をカバーする5種類のGCMが選択され、かつ、温室効果ガス排出シナリオの数が3つになった本研究の結果からは、必ずしも予測のばらつきは拡大しておらず、むしろ、21世紀末の降水量や近未来の相対湿度など、予測のばらつきが縮小した要素もあった。今後もGCMや温室効果ガス排出シナリオの高度化が期待されるので、長野県の気候予測も定期的に最新の情報に更新していくことが重要である。

今後、月別の解析や極値に関する解析、積雪に関する解析も行うこと、および高解像度化の手法の違いによる予測のばらつきを評価することなどが課題である。一方、極端現象や降雪・積雪、観測の乏し

い高山帯の気候変化などを扱うためには、力学的手法による高解像度化やアンサンブルメンバー数の確保が必要になり、計算機資源やデータ解析の人的資源が不足している。これらの問題の解決には、国の研究機関や大学との連携、国立環境研究所の気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)の利活用、信州気候変動適応センターの研究機能の拡充が重要になると考えられる。さらに、先行研究²⁾や本研究の成果を信州気候変動適応センターのホームページ上で選択的に閲覧できるようにするなど、情報発信の強化も気候変動対策の推進に必要不可欠である。

謝 辞

本研究では、国立環境研究所の石崎紀子氏が提供するCMIP6をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ(NIES2020 Ver.1.1)を利用した。またこのデータセットは、文部科学省の補助事業により開発・運用されているデータ統合・解析システム(DIAS)の下で、収集・提供されたものである。

ORCID

Masatoshi Kuribayashi

<https://orcid.org/0000-0001-7709-1287>

文 献

- 1) 長野県 (2021) 長野県ゼロカーボン戦略 : <https://www.pref.nagano.lg.jp/kankyo/keikaku/zerocarbon/index.html> (2023年11月確認)
- 2) 栗林正俊・浜田崇 (2021) 長野県における気候変化の観測事実と将来予測, 長野県環境保全研究所研究報告, 17: 73-83
- 3) 西森基貴・石郷岡康史・桑形恒男・滝本貴弘・遠藤伸彦 (2019) 農業利用のためのSI-CAT日本全国1km地域気候予測シナリオデータセット(農研機構シナリオ2017)について, シミュレーション, 38(3): 150-154
- 4) 石崎紀子 (2021) CMIP6をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ(NIES2020 Ver.1.1), 国立環境研究所, <https://www.nies.go.jp/doi/10.17595/20210501.001.html> (2023年7月確認)
- 5) Ishizaki, N. N., Shiogama, H., Hanasaki, N., and Takahashi, K. (2022) Development of CMIP6-based climate scenarios for Japan using statistical method and their applicability to heat-related impact studies, *Earth and Space Science*, 9, e2022EA002451., doi:10.1029/2022EA002451.
- 6) 文部科学省・気象庁 (2022) 気候予測データセット2022 : <https://diasjp.net/ds2022/> (2023年11月確認)
- 7) 文部科学省・気象庁 (2022) DS2022データセット解説書 : <https://diasjp.net/ds2022/manual.html> (2023年11月確認)
- 8) Hawkins, E., and Sutton, R. (2009) The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions, *BAMS*, 90(8): 1095-1108, doi:10.1175/2009BAMS2607.1
- 9) 河宮未知生 (2023) 気候変動影響と緩和・適応—第4講 全球気候変動予測と、その適応、緩和への寄与—, *大気環境学会誌*, 58(3): A91-A100
- 10) Iizumi, T., Takikawa, H., Hirabayashi, Y., Hanasaki, N., and Nishimori, M. (2017) Contributions of different bias-correction methods and reference meteorological forcing data sets to uncertainty in projected temperature and precipitation extremes, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122: 7800-7819, doi:10.1002/2017JD026613
- 11) Haerter, J.O., Hagemann, S., Moseley, C., and Piani, C. (2011) Climate model bias correction and the role of timescales, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15: 1065-1079, doi:10.5194/hess-15-1065-2011
- 12) Ishizaki, N.N., Nishimori, M., Iizumi, T., Shiogama, H., Hanasaki, N., and Takahashi, K. (2020) Evaluation of two bias-correction methods for gridded climate scenarios over Japan, *SOLA*, 16: 80-85, doi:10.2151/sola.2020-014
- 13) 飯泉仁之直・西森基貴・石郷岡康史・横澤正幸 (2010) 統計的ダウンスケーリングによる気候変化シナリオ作成入門, *農業気象*, 66(2): 131-143
- 14) 気象庁, 過去の気象データ検索 : <https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php> (2024年1月確認)

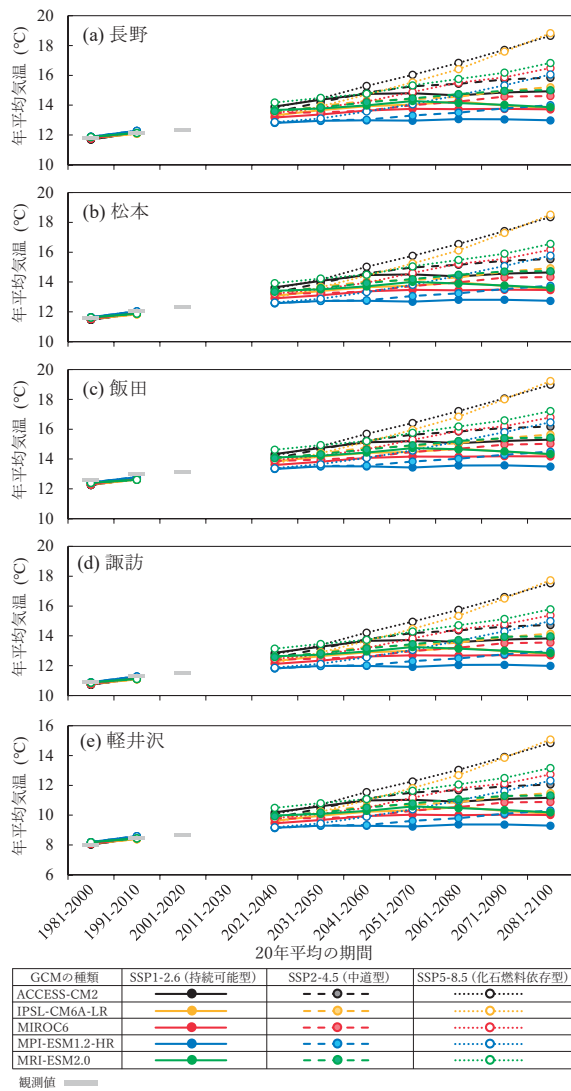
- 15) 気象庁, 気象観測統計指針 : https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/shishin/shishin_3.pdf (2024年2月確認)
- 16) 大野宏之・佐々木香織・大原源二・中園江 (2016) 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成, 生物と気象, 16: 71-79
- 17) 農研機構, 農研機構メッシュ農業気象データ : <https://amu.rd.naro.go.jp/> (2023年11月確認)
- 18) Shiogama, H., Ishizaki, N. N., Hanasaki, N., Takahashi, K., Emori, S., Ito, R., Nakaegawa, T., Takayabu, I., Hijioka, Y., Takayabu, Y. N., and Shibuya R. (2021) Selecting CMIP6-based future climate scenarios for impact and adaptation studies, SOLA, 17: 57-62, doi:10.2151/sola.2021-009
- 19) IPCC, 第6次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約(SPM) : https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_SPM_JP.pdf (2023年11月確認)
- 20) 文部科学省・気象庁 (2020) 日本の気候変動2020 : <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html> (2023年11月確認)
- 21) Hayashi, M., and Shiogama, H. (2022) Assessment of CMIP6-based future climate projections selected for impact studies in Japan, SOLA, 18: 96-103, doi:10.2151/sola.2022-016
- 22) 気象庁 (2013) 地球温暖化予測情報第8巻 : <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol8/pdf/all.pdf> (2023年11月確認)

Climate projection at Nagano Prefecture analyzed by bias corrected climate scenarios over Japan based on CDFDM method using CMIP6 (NIES2020 Ver.1.1)

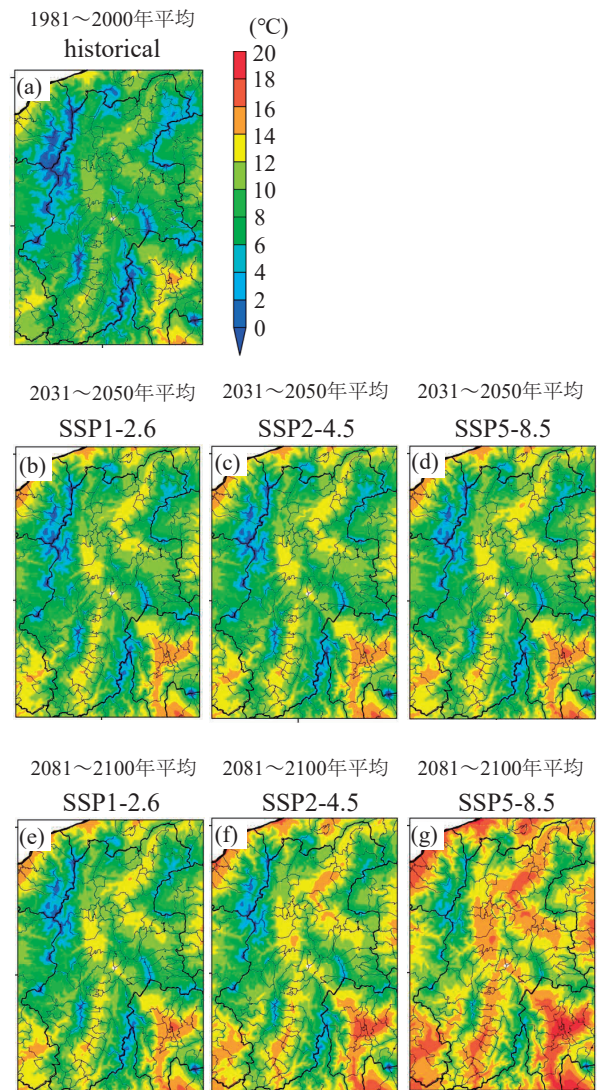
Masatoshi KURIBAYASHI¹

1 Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan

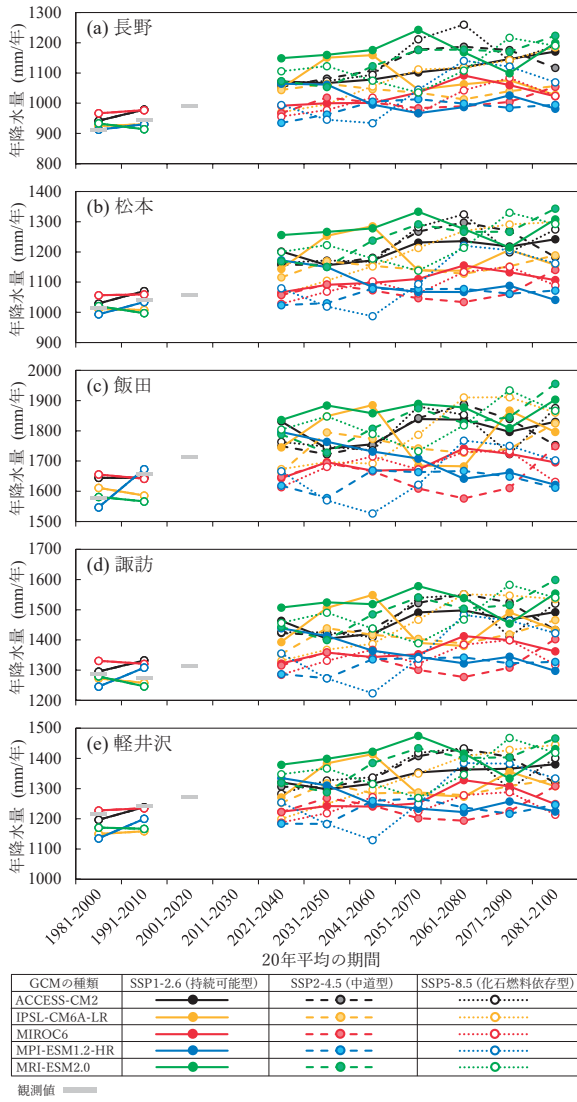
Key words : Climate projection, Nagano Prefecture, NIES2020, Empirical statistical downscaling, CDFDM



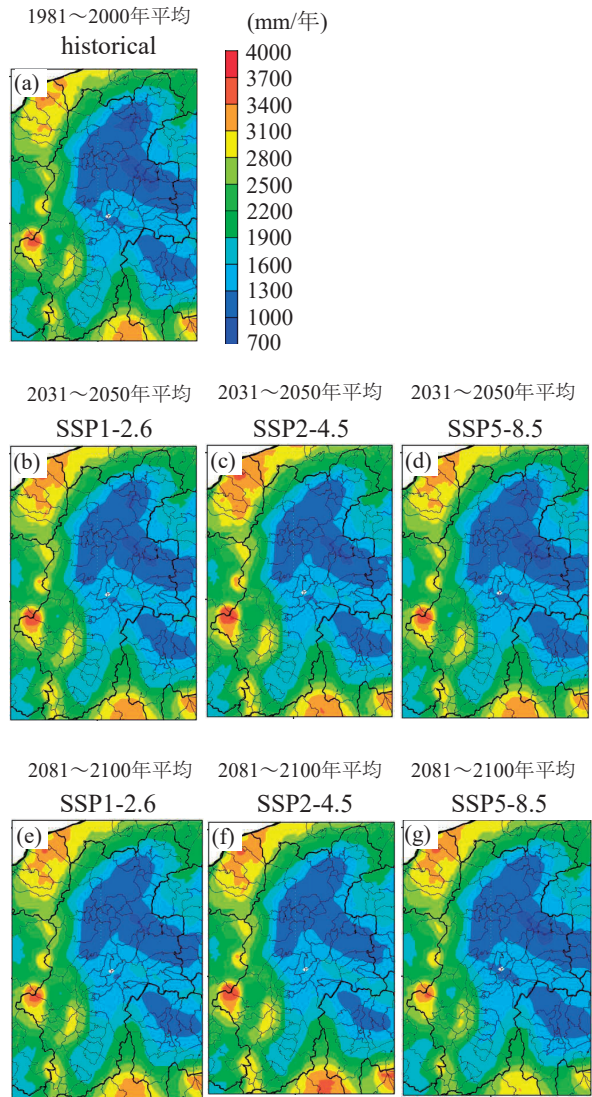
附図1 各観測点における20年平均した年平均気温の予測値。



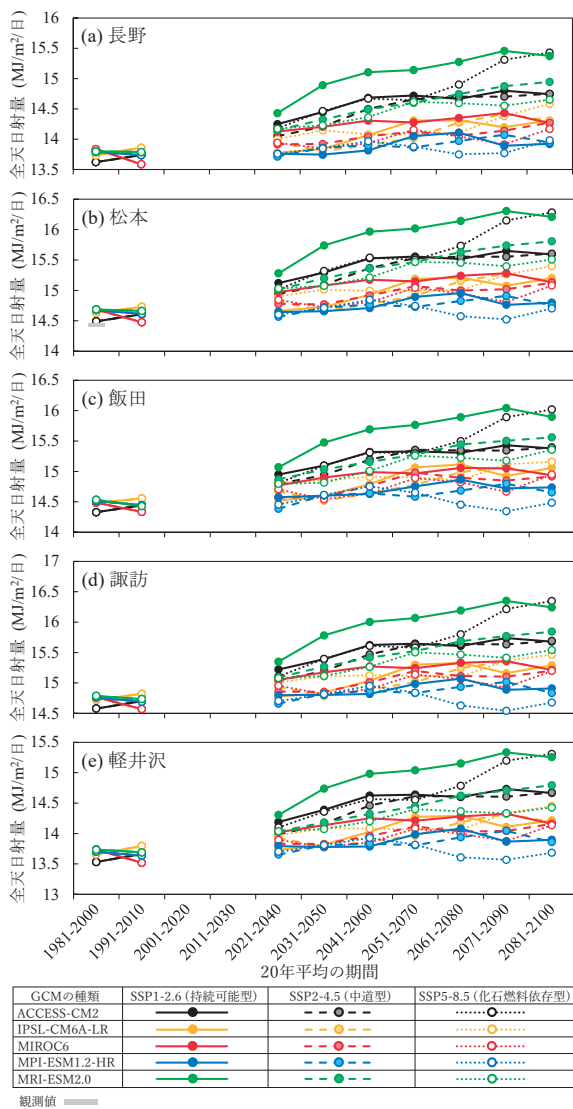
附図2 MIROC6による20世紀末(a)・近未来(b, c, d)・21世紀末(e, f, g)の20年平均気温の予測値の空間分布。太い黒線は県境界, 細い黒線は市町村境界。



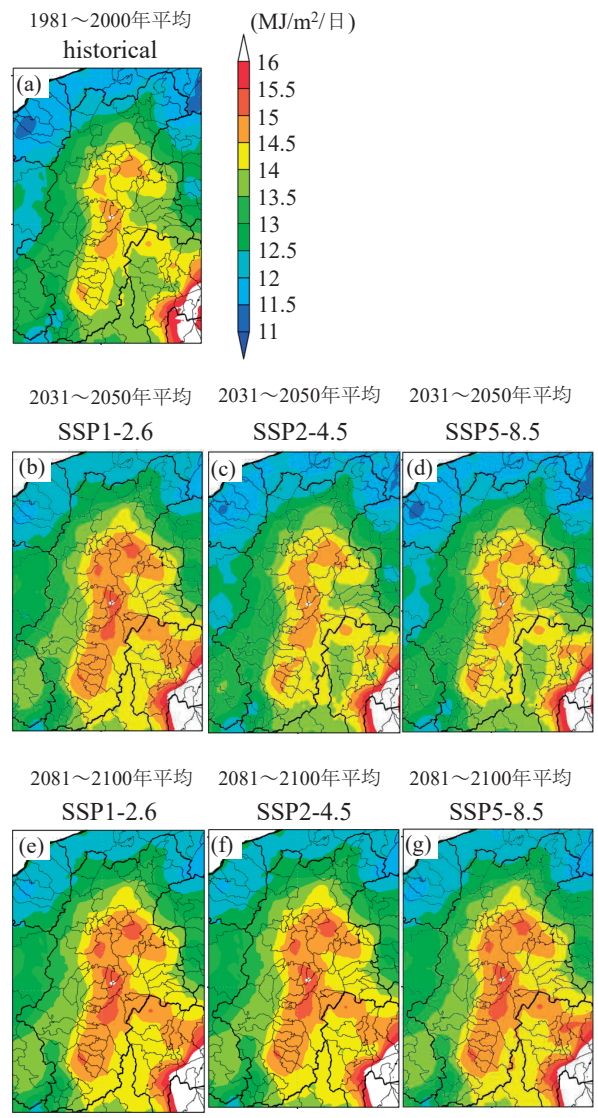
附図3 各観測点における20年平均した年降水量の予測値。



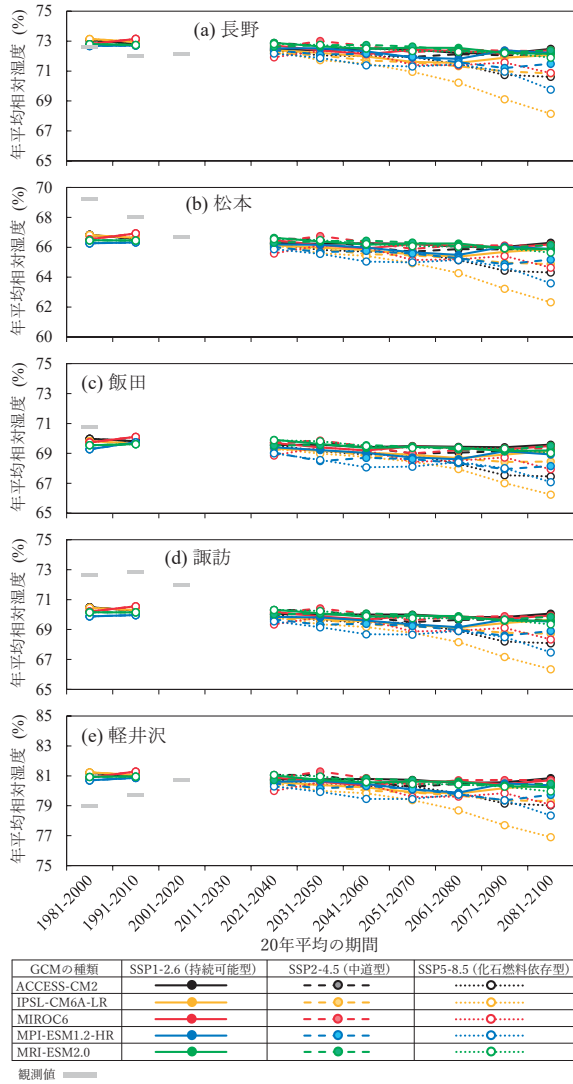
附図4 MIROC6による20世紀末(a)・近未来(b, c, d)・21世紀末(e, f, g)の20年平均の年降水量の予測値の空間分布。太い黒線は県境界, 細い黒線は市町村境界。



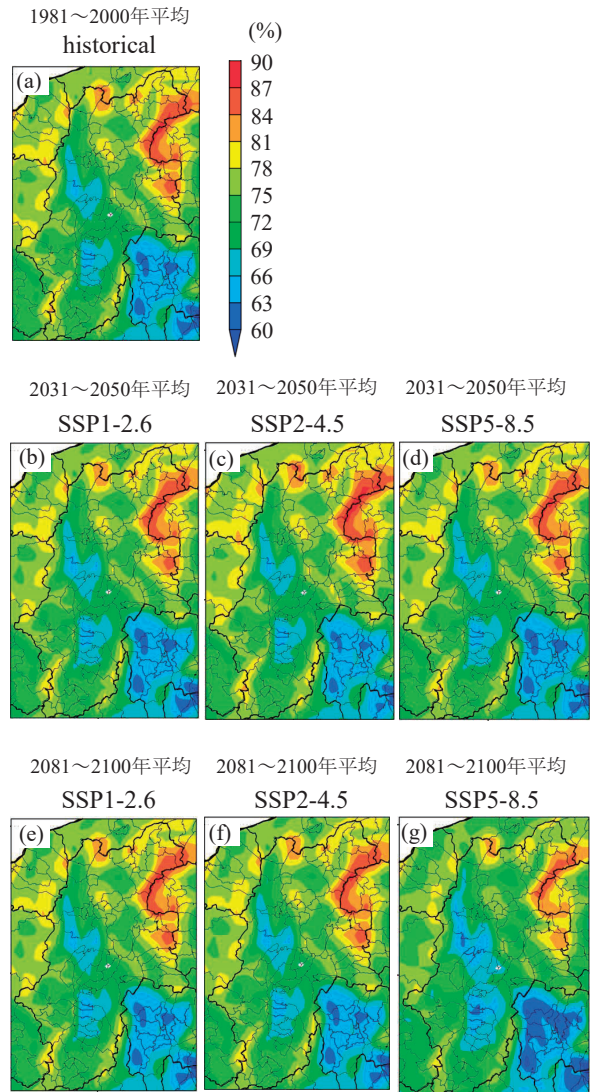
附図5 各観測点における20年平均した日積算全天日射量の予測値。



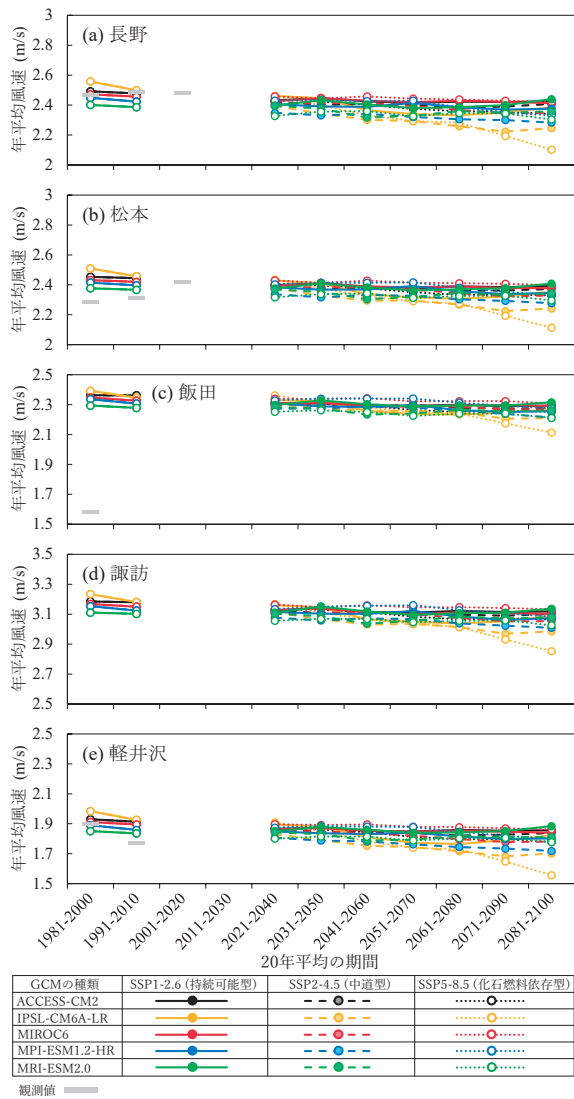
附図6 MIROC6による20世紀末(a)・近未来(b, c, d)・21世紀末(e, f, g)の20年平均日積算全天日射量の予測値の空間分布。太い黒線は県境界, 細い黒線は市町村境界。



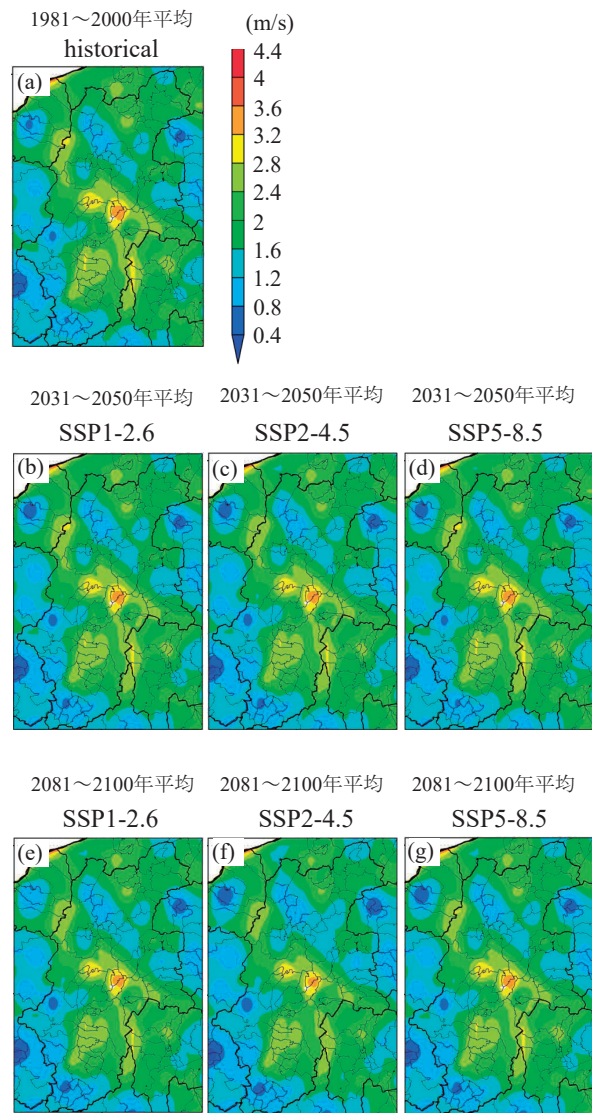
附図7 各観測点における20年平均した相対湿度の予測値。



附図8 MIROC6による20世紀末(a)・近未来(b, c, d)・21世紀末(e, f, g)の20年平均相対湿度の予測値の空間分布。太い黒線は県境界, 細い黒線は市町村境界。



附図9 各観測点における20年平均した地上風速の予測値。



附図10 MIROC6による20世紀末(a)・近未来(b, c, d)・21世紀末(e, f, g)の20年平均地上風速の予測値の空間分布。太い黒線は県境界, 細い黒線は市町村境界。