

IPCC 第 5 次評価報告書の気候シナリオに基づいた 長野県における年平均気温の変化予測

田中博春¹・陸 齊¹

長野県における気候変動予測の基礎情報として、IPCC 第 5 次評価報告書の気候シナリオに基づき、長野県の年平均気温の変化量を予測した。温室効果ガス排出抑制の程度が異なる 3 つのシナリオを用い、20 世紀末、21 世紀中頃および 21 世紀末の 3 つの計算対象期間について、県全域の気温上昇量の計算を 1km メッシュで行った。気温上昇量が中程度の気候モデルで計算した場合、20 世紀末を基準とした長野県の気温上昇量は、21 世紀中頃には 1.7~2.1℃、21 世紀末には 2.0~4.7℃と予測され、より厳しい温室効果ガス排出抑制策が実施されるほど、長野県においても気温上昇が抑えられる結果が得られた。気温上昇量予測値のシナリオ間の差は、21 世紀中頃には 0.4℃の幅に収まったが、21 世紀末には 2.8℃に広がり、抑制策の程度で 21 世紀末の気温上昇量に大きな開きが出る予測結果が得られた。

キーワード：IPCC 第 5 次評価報告書、気候シナリオ、S-8 共通シナリオ、気温分布、1km メッシュ、長野県

1. はじめに

気候変動の予測は、近年の研究進展により精緻化が進み、国スケールから都道府県スケールの予測が可能となってきた。また気候変動が、水資源、生態系、農業、防災、健康などの様々な分野に及ぼす影響の予測についても同様に、都道府県スケールの予測が可能となってきている¹⁾。

環境省は都道府県スケールの詳細な気候変動影響予測の実施と、それに基づく地方自治体での気候変動影響への対策に関する研究を行うプロジェクト、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²⁾」(以下、S-8 と略)を 2010 年度から開始した。

当研究所は S-8 に参画し、S-8 に対応した県環境部の主要事業「信州クールアース推進調査研究事業¹⁾」を同じく 2010 年度から開始した。S-8 で長野県はモデル自治体に選定され、長野県を対象とした様々な分野の気候変動影響予測が実施されることとなった。本事業では、それらの成果に基づき、地方自治体における気候変動の影響への対策、すなわち気候変動適応策の立案手法を開発することが、主要な研究課

題となっている。

S-8 では、気候変動の影響を受けると想定される様々な分野の気候変動影響評価を共通の基準で実施するために、「S-8 共通シナリオ³⁾」が作成された。ここでのシナリオとは、気候変動影響の予測を実施するために用意された将来想定データのことであり、S-8 共通シナリオでは、気候、人口、土地利用のシナリオが作成された。

その第 2 版の気候シナリオ⁴⁾(以下、本気候シナリオと略)は、2013 年 9 月に公表された IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 第 5 次評価報告書の第 1 作業部会報告書⁵⁾(以下、AR5 と略)で採用された複数の気候モデルからなる気候シナリオを、日本における気候変動影響評価向けに 1km メッシュでダウンスケーリングし整備したものである(正確には 3 次メッシュ(第 3 次地域区画);緯度間隔 30 秒,経度間隔 45 秒)³⁾。

当研究所では、今後本気候シナリオを利用し、気候変動が長野県に及ぼす影響予測を実施することになる。本報では、その基礎情報となる長野県の年平均気温分布の予測結果を記すこととする。

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

2. データと方法

本気候シナリオには、RCP（代表的濃度経路）シナリオ⁶⁾、計算対象期間、気候モデル別に、1kmメッシュにダウンスケーリングされた日本域の気象要素の月別値が収録されている。それらの詳細、集計方法、および図化方法について、以下に示す。

2.1 RCPシナリオ

本気候シナリオでは、将来の温室効果ガス濃度変化の想定として、AR5で採用されたRCP(Representative Concentration Pathway；代表的濃度経路)シナリオ⁶⁾が用いられている。これは、今後の温室効果ガス排出抑制策の程度に応じて、温室効果ガスがどの程度の濃度で安定化するか想定したシナリオである。想定には、温室効果ガス濃度の代表的な時間変化経路も含まれている。RCPシナリオには2100年時点の放射強制力に応じて名前が付けられており、RCPに続く値が大きいほど将来の気温上昇量が大きいシナリオとなる。放射強制力とは、産業革命(1750年)以降の対流圏の上端におけるエネルギー収支の変化量(単位； W/m^2)のことであり、値が正の場合は地表の温度が上昇することを意味する⁶⁾。

具体的に記すと、RCP2.6シナリオは、最大限の温室効果ガス排出抑制策により、産業革命以降の気温上昇量を $2^{\circ}C$ 以下に抑える「 $2^{\circ}C$ 目標」を達成するためのシナリオ⁶⁾であり、RCPシナリオの中では今後の温室効果ガス排出量が最も少ない。一方、RCP8.5シナリオは、IPCC第4次評価報告書で用いられた化石燃料の消費に将来も依存するシナリオ(SRESA1FI)に近く⁷⁾、RCPシナリオの中では今後の温室効果ガス排出量が最も多い。RCP4.5シナリオは両者の中間であり、現実的な温室効果ガス排出抑制策を講じた場合を想定している。RCPシナリオで想定された2100年時点の大気中の CO_2 濃度(世界平均)⁵⁾は、RCP2.6シナリオが421ppm、RCP4.5シナリオが538ppm、RCP8.5シナリオが936ppmである。参考までに、温室効果ガス世界資料センターが解析した2012年の世界平均の CO_2 濃度⁸⁾は、393.1ppmであり、前年からの年平均増加量は2.2ppmである。

RCPシナリオの実現可能性について記すと、RCP2.6シナリオ実現のためには、人為的な CO_2 排出量を、2100年までにゼロかマイナス(CO_2 を吸収する)にする必要がある⁵⁾、現状ではその実現はか

なり厳しい。RCP4.5の場合でも、21世紀後半における CO_2 排出量は現在の35%程度としなければならず⁷⁾、その実現には厳しい排出抑制が必要と想定される。

なお、AR5のRCPシナリオには、RCP6.0シナリオが含まれるが、本気候シナリオにはRCP6.0シナリオが含まれていないため、本稿では扱わない。

2.2 気候モデル

本稿では、本気候シナリオの中から、気候モデルに国立環境研究所などが開発したMIROC5⁹⁾を選定し、その予測結果を示した。MIROC5は、AR5の気候モデルの中では中程度の気温上昇量を示す⁴⁾。

2.3 計算対象期間

本気候シナリオの計算対象期間は、20世紀末(1981~2000年の平均値)、21世紀中頃(2031~2050年の平均値)、21世紀末(2081~2100年の平均値)の3期間である。気温上昇量の予測結果は1981~2000年の平均気温を基準とし、それからの気温の上昇量を示した。

2.4 気象要素と時間解像度

本気候シナリオには、平均気温、最高気温、最低気温、降水量の月別値が収録されている。本稿では、上記計算対象期間の月平均気温を基に、計算対象期間別の年平均気温を求めた。

2.5 長野県全域を平均した年平均気温の算出方法

長野県全域の年平均気温は、長野県内外を1kmメッシュで区切り、メッシュの半分以上の面積が長野県で占められるメッシュを選定した上で、該当するメッシュの年平均気温を平均して求めた。

2.6 長野県の年平均気温の分布図

長野県の年平均気温分布の予測結果を、計算対象期間別、RCPシナリオ別に1kmメッシュの分布図で示した。図は濃色であるほど気温が高いことを意味する。図化に際しては、オープンソースのGISソフトウェアであるQGIS 2.0¹⁰⁾を利用した。

3. 結果

図1は、上記内容に基づいた長野県全域の年平均気温の計算結果を、計算対象期間別、RCPシナリオ

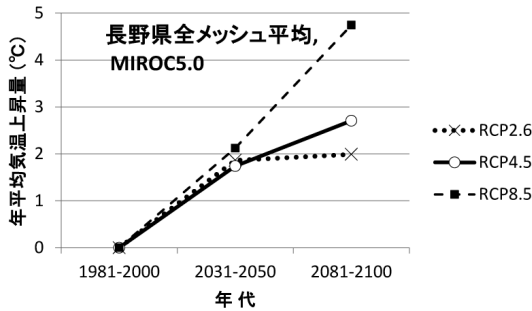


図1 長野県全域を平均した気温上昇量の予測結果 (計算対象期間別・RCPシナリオ別) 気候モデルはMIROC5を利用. 凡例のRCPとそれに続く数値は、RCP(代表的濃度経路)シナリオの名称を意味し、RCPに続く値が大きいほど気温上昇量が大きいシナリオであることを示す.

別に示した図である(単位:°C). 2031~2050年を平均した長野県全域の気温上昇量は、RCP2.6の場合は+1.9°C、RCP4.5の場合は+1.7°C、RCP8.5の場合は+2.1°Cと予測された. 同じく2081~2100年を平均した長野県全域の気温上昇量は、RCP2.6の場合は+2.0°C、RCP4.5の場合は+2.7°C、RCP8.5の場合は+4.7°Cと予測された.

RCPシナリオ間の気温上昇量の差に着目すると、長野県全域の2081~2100年の気温上昇量は、RCP2.6シナリオとRCP8.5シナリオの間で2.8°C異なる予測となった. しかし、同じシナリオ間の2031~2050年の気温上昇量の差は0.4°Cであり、21世紀中頃は、RCPシナリオ間で気温上昇量の予測値に大きな差が生じなかった. その理由としては、21世紀中頃までの気温上昇はこれまでに排出された温室効果ガスの寄与が大きく、今後の排出抑制策の程度は大きく影響しないことが挙げられる. 気温上昇量の予測が狭い温度幅に収まることは、現実的な気候変動影響の想定を立てやすくなるとも考えられる.

これに対し今世紀末の気温上昇量は、RCPシナリオにより大きく異なる. 今後の世界的な温室効果ガス排出対策次第で、長野県の気温の予測結果も大きく変わることになる.

図2は、図1と同じ条件を基に、長野県の年平均気温の予測結果を1kmメッシュで表現した分布図である. 長野県内の相対的な気温分布は、主に標高に依存しており、標高の高いところほど低温、標高の低いところほど高温になっている.

予測結果を詳細に見ると、県内で最も気温が低い

と予測されたメッシュと、最も気温が高いと予測されたメッシュは、RCPシナリオや計算対象期間によらず、常に前者が白馬村の白馬岳付近、後者が天龍村役場付近であった. これら2つのメッシュの気温上昇量と、県全域を平均した気温上昇量を比較すると、こちらも常に、最も気温が低いメッシュ、県全域平均、最も気温が高いメッシュの順に気温上昇量が高い予測となった. 長野県においても、20世紀末の気温が低い地点ほど21世紀末までの気温上昇量が高くなる傾向があることが推察された.

また、最も気温上昇量が大きくなる21世紀末におけるRCP8.5シナリオの予測では、長野、松本、飯田周辺の低平地には、年平均気温が16°Cを超える領域が生じる結果が得られた. この条件におけるそれぞれの都市の気温上昇量は、+4.8°C、+4.6°C、+4.9°Cと予測された. 3都市の中心部にある気象庁アメダス観測所の年平均気温の1981~2000年平均値にこの値を加えると、それぞれ16.8°C、16.4°C、17.7°Cとなった. この期間の年平均気温の平均値が上記の値に該当する他県のアメダス観測所を調べた結果、以下の事項が推定された.

最も気温上昇量大きいRCP8.5シナリオで年平均気温の変化を予測すると、21世紀末の長野は20世紀末の日向(宮崎県)に、松本は大分(大分県)に、飯田は宮崎(宮崎県)に相当する年平均気温となることが推定された.

4. まとめ

AR5の気候シナリオを、日本向けに1kmメッシュで整備したS-8共通シナリオ第2版を利用し、気候モデルにMIROC5を用いた場合の長野県の年平均気温予測結果を、計算対象期間別、RCPシナリオ別に示した. 予測結果は、長野県全域についてはグラフで(図1)、個々の地点については1kmメッシュの分布図で示した(図2). 長野県を対象とした予測であるが、予測で得られた年平均気温の変化は世界規模の予測と同様の傾向を示し、RCPの値が大きいシナリオほど長野県内も高温となる予測結果となった.

本報告は、AR5に基づき今後長野県で実施してゆく気候変動予測の端緒となる成果である. 本成果と同様の手法で様々な気象要素の予測が可能である. それら気象要素の予測を基に、長野県を対象とした様々な分野の気候変動影響予測を実施していきたい.

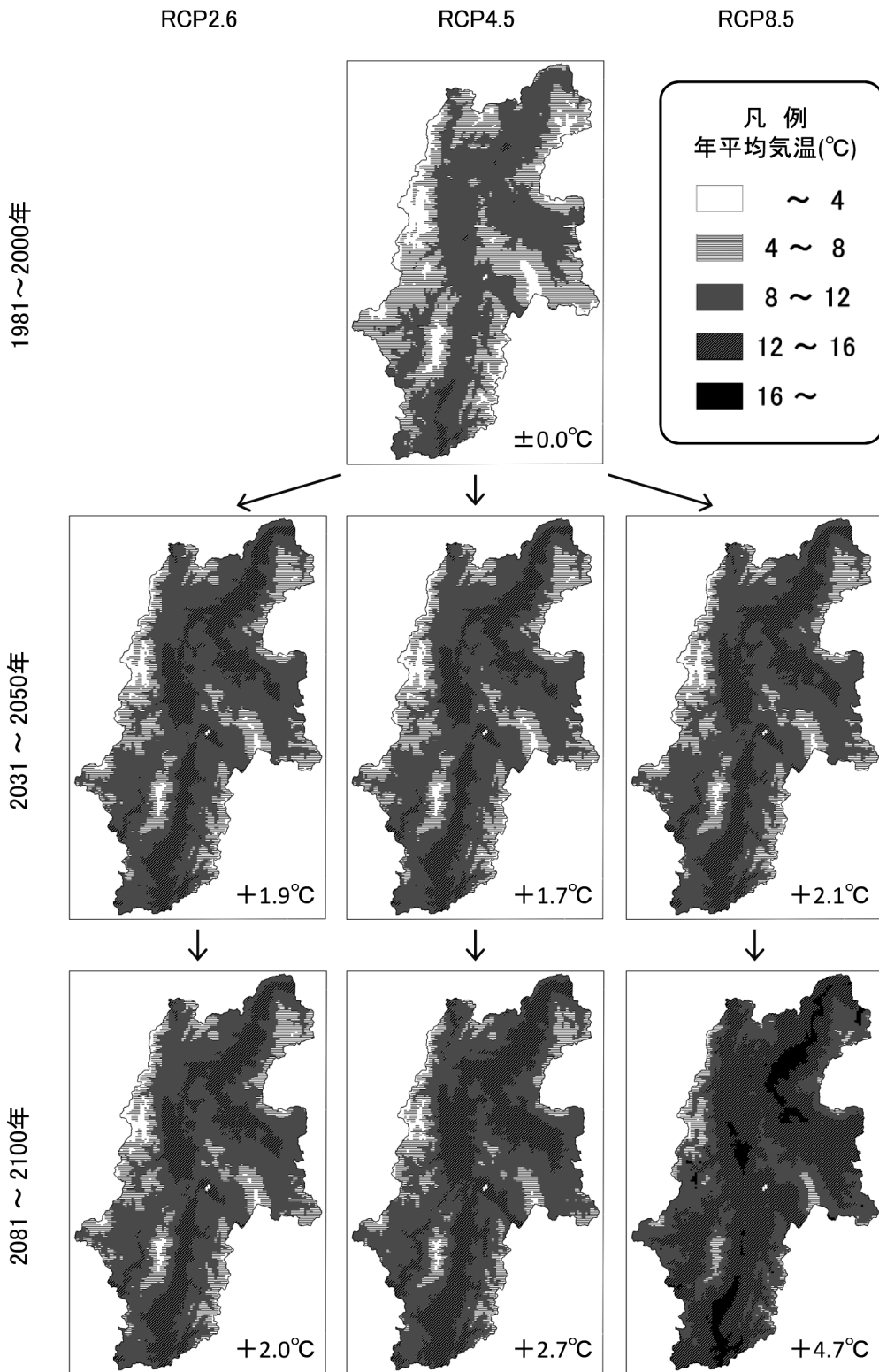


図2 長野県の年平均気温分布の予測結果（計算対象期間別・RCPシナリオ別）
 気候モデルはMIROC5、空間解像度は1km。図中に付記した数字は、1981~2000年の長野県全域の平均気温を基準とした長野県全域の気温上昇量の予測値（単位：°C）である。環境省環境研究総合推進費S-8の成果を基に、埼玉県環境科学国際センター・長野県環境保全研究所が作図。

謝 辞

本資料作成にあたっては、埼玉県環境科学国際センターの増富祐司氏、国立環境研究所の肱岡靖明氏、花崎直太氏には多大なるご協力を頂いた。本研究は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」の支援により実施されている。

文 献

- 1) 長野県環境保全研究所 (2012) 長野県における適応策立案手法開発のための検討報告書：
http://www.pref.nagano.lg.jp/kanken/chosa/kenkyu/coolearth/documents/adaptation_report_nagano120328.pdf (2013年12月確認)
- 2) 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」：
http://www.nies.go.jp/s8_project/ (2013年12月確認)
- 3) 花崎直太・高橋潔・肱岡靖明 (2012) 日本の温暖化影響・適応策評価のための気候・社会経済シナリオ。環境科学会誌, 25, 223-236.
- 4) 花崎直太・高橋潔・肱岡靖明・日下博幸・飯泉仁之直・有賀敏典・松橋啓介・三村信男。日本の温暖化影響・適応策評価のための気候・人口・土地利用シナリオ (第2版)。環境科学会誌, 査読中.
- 5) IPCC(2013)Climate Change 2013 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC : <http://www.climatechange2013.org/report/> (2013年12月確認)
- 6) van Vuuren D.P., Edmonds J., Kainuma M., Riahi K., Thomson A., Hibbard K., Hurtt G.C., Kram T., Krey V., Lamarque J-F., Masui T., Meinshausen M., Nakicenovic N., Smith S.J., Rose S.K. (2011) The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109, 5-31.
- 7) 河宮未知生・石井正好・鬼頭昭雄・木本昌秀 (2013)「21世紀気候変動予測革新プログラム」における, CMIP5 実験仕様に基づいた温暖化予測実験。天気, 60, 223-246.
- 8) 温室効果ガス世界資料センター (2013) WMO 温室効果ガス年報 (気象庁訳), 9, 1-4.
http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/jp/products/bulletin_j.html (2013年12月確認)
- 9) Watanabe, M., T. Suzuki, R. O'ishi, Y. Komuro, S. Watanabe, S. Emori, T. Takemura, M. Chikira, T. Ogura, M. Sekiguchi, K. Takata, D. Yamazaki, T. Yokohata, T. Nozawa, H. Hasumi, H. Tatebe and M. Kimoto (2010) Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability, and Climate Sensitivity, *J. Climate* 23, 6312-6335.
- 10) QIGS 公式サイト (日本語) :
<http://www.qgis.org/ja/site/index.html> (2013年12月確認)

**A prediction of annual mean temperature change of Nagano Prefecture
based on climate scenarios of working group I contribution to the fifth
assessment report of the IPCC**

Hiroharu TANAKA¹ and Hitoshi KUGA¹

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