

GCM の選択が岐阜県平野部および山間部の土壤環境将来予測に与える影響

Impacts of GCM selection on predicting future soil environments on plane and mountainous region in Gifu Prefecture, Japan

○浅野珠里¹, 小島悠揮², 加藤千尋³, 鈴木拓実², 神谷浩二²

Juri ASANO, Yuki KOJIMA, Chihiro KATO, Takumi SUZUKI, Kohji KAMIYA

1. はじめに

地球温暖化にともなう気候変動によって気温や降水傾向が変化すると予測されている。これらは土壤水分量や地温などの土壤環境に影響を与えると考えられる。土壤環境の変化は作物の栽培適地や土中生物の生態系を変化させると懸念されている。気候変動による土壤環境変化の評価はいくつか先行研究があり、対象地域によって異なる結果が示されている。その中で Asano et al. (2022)は、対象地域に加えて GCM 種によっても予測結果が異なる可能性を見つけた。加藤と西村 (2015) も複数 GCM による評価の重要性を述べている。そこで本研究では、5つの GCM を用いて岐阜県平野部と山間部における土壤環境予測を行い、GCM の違いが予測結果に与える影響を解明することを目的とした。

2. 実験方法

2.1) 試験対象地とモニタリング

試験対象地に、平野部は岐阜大学実験圃場（以下岐阜大学圃場）、山間部は岐阜大学流域圏科学研究センター高山試験地（以下高山試験地）を選択した。両対象地で土壤水分量・地温と各気象データが観測されている。

2.2) 気候変動モデル

土壤環境の将来予測に必要な気象データ（気温、相対湿度、風速、降水量、日射量）は農研機構メッシュ農業気象データから取得した。このデータセットは、IPCC 第5次報告で想定された RCP8.5 と RCP2.6 の温暖化シナリオを 5 種の GCM（MIROC5, MRI-CGCM3, CSIRO-Mk3-6-0, GFDL-CM3, HadGEM2-ES）にそれぞれ与え、1 km メッシュにダウンスケーリングしたシナリオデー

タセットである。本研究では温暖化シナリオに RCP8.5 を使用し、5 種の GCM から得られた将来気象データを使用した。

2.3) 土壤環境の将来変化予測

土壤環境の将来変化予測には、1 次元地中熱・物質移動解析ソフトウェア HYDRUS-1D を使用した。HYDRUS-1D は岐阜大学圃場と高山試験地の実測データを用いて校正した。GCM から得られた気象データを用いて、土壤水分量、地温、積雪深を計算した。計算期間は現在（2011 年から 2020 年）と将来（2091 年から 2100 年）で行い、両者を比較した。なお高山試験地の将来予測には、HYDRUS-1D の snow hydrology 計算機能を追加した。

3. 結果と考察

3.1) GCM 種が気象変化予測に与える影響

農研機構メッシュ農業気象データの各要素の現在と将来の比較をし、GCM と対象地による違いをみた（表 1）。各要素の現在と将来でそれぞれ 10 年間の平均をとり、その差を示した。全 5 要素のうち、日平均風速と日平均相対湿度は、現在と将来の変化量が最大でそれぞれ 0.17 m s^{-1} と 5.7% と温暖化による影響は小さかった。一方で、年平均気温、年間降水量、年間日射量ほどの GCM でも大幅に増加し、それぞれ最大で年平均気温は 5.66°C の上昇（高山試験地 GFDL-CM3）、年

表 1 GCM 毎の気象データ変化量

	気温($^\circ\text{C}$)		降水量(mm)		日射量(MJ/m^2)	
	岐阜	高山	岐阜	高山	岐阜	高山
MIROC5	+4.1	+4.1	+171	+242	+345	+316
MRI-CGCM3	+3.9	+3.9	+192	+192	+155	+105
CSIRO-Mk3-6-0	+4.8	+4.8	+458	+387	+342	+257
GFDL-CM3	+5.6	+5.7	+255	+207	+557	+552
HadGEM2-ES	+4.3	+4.3	+123	+112	+415	+421

1. 岐阜大学大学院自然科学技術研究科 Graduate School of Natural Science and Technology, Gifu University

2. 岐阜大学工学部 Faculty of Engineering, Gifu University

3. 弘前大学農学生命科学部 Faculty of Agriculture and Life Sciences, Hirosaki University

キーワード：気候変動, GCM, 土壤水分量, 地温

間降水量は 458.2 mm の増加（岐阜大学圃場 CSIRO-Mk3-6-0）、年間日射量は 556.6 MJ m⁻² の増加（岐阜大学圃場 GFDL-CM3）と、温暖化による影響が強く出た。気象データの変化量は GCM によって異なり、温暖化による変化が大きく出るものと小さく出るものがあった。しかし、その大小は要素毎に変わるため、一概にどの GCM が温暖化の影響を強く反映するのかは判断できない。

3.2) GCM 種が土壤環境予測に与える影響

地温、マトリックポテンシャル、体積含水率、地表面熱収支、積雪深を HYDRUS-1D で得た。現在と将来それぞれ 10 年分計算し、各項目の季節ごと（3～5 月、6～8 月、9～11 月、12～2 月）の平均値を求めた（表 2）。GCM、対象地に関わらず地温はどの季節でも増加したが、増加量は GCM によって異なった。年平均地温は最大で 4.11°C の上昇（岐阜大学圃場 GFDL-CM3）であった。地温の増加は純放射量の増加と顕熱輸送量の低下の影響と考えられる。体積含水率は GCM ごと、場所ごとで傾向に違いがあった。MIROC5 と CSIRO-Mk3-6-0 では、岐阜大学、高山試験地ともに年平均で湿潤傾向になり、最大で 0.004 m³ m⁻³ 増加した。一方で MRI-CGCM3 と HadGEM2-ES では両試験地ともに年平均で乾燥傾向となり、最大で 0.006 m³ m⁻³ 減少していた。GFDL-CM3 では岐阜大学圃場は湿潤傾向に、高山試験地で乾燥傾向となった。

季節ごとの乾燥傾向、湿潤傾向はより複雑となり、GCM ごと場所ごとに異なった。MIROC5 によって土壌水分量の将来評価を行った Asano et al. (2022) は、岐阜大学圃場では夏季に湿潤化、冬季に乾燥化する一方で、高山試験地では夏季に乾燥し、冬季に湿潤することを報告した。しかし、他の GCM では異なる傾向を示している。例えば、HadGEM2-ES では、真逆の傾向を示している。土壌の乾燥、湿潤化は降水量と日射量のバランスによって決定されると考えられるが、そのバランスがモデルごとに無視できないほど異なるためこのような結果になったと考えられる。

岐阜大学圃場と高山試験地の計算結果を比較すると、高山試験地のほうがモデル毎の差が大きかった。Asano et al. (2022) は、

表 2 GCM 毎の地温と体積含水率の変化量

	20cm深の地温の変化量(°C)									
	岐阜					高山				
	3-5月	6-8月	9-11月	12-2月	年間	3-5月	6-8月	9-11月	12-2月	年間
MIROC5	+2.87	+2.85	+4.35	+2.59	+3.17	+2.81	+2.63	+3.92	+2.33	+2.92
MRI-CGCM3	+3.49	+2.48	+3.28	+2.88	+3.03	+3.62	+2.58	+3.72	+2.53	+3.11
CSIRO-Mk3-6-0	+3.56	+3.86	+3.49	+3.38	+3.57	+3.76	+4.70	+3.87	+3.09	+3.86
GFDL-CM3	+4.15	+3.66	+4.82	+3.82	+4.11	+3.87	+3.63	+4.41	+3.30	+3.80
HadGEM2-ES	+2.52	+2.63	+3.70	+2.42	+2.82	+2.16	+2.66	+3.98	+2.26	+2.76
	20cm深の体積含水率の変化量(×10 ⁻² m ³ m ⁻³)									
	3-5月	6-8月	9-11月	12-2月	年間	3-5月	6-8月	9-11月	12-2月	年間
MIROC5	+0.32	-0.24	-0.05	-0.01	+0.00	+1.01	-0.79	-0.43	+1.00	+0.20
MRI-CGCM3	+0.01	-0.28	+0.51	-0.40	-0.04	-0.08	-0.42	+0.65	-0.37	-0.57
CSIRO-Mk3-6-0	+0.47	+1.35	-0.28	+0.19	+0.43	+1.46	+2.80	-0.30	+0.49	+0.11
GFDL-CM3	-0.14	+0.10	+0.13	-0.04	+0.01	-0.14	+0.10	+0.13	-0.04	-0.40
HadGEM2-ES	-1.06	+0.60	+0.03	+0.10	-0.08	-2.06	+0.27	-0.07	-0.20	-0.51

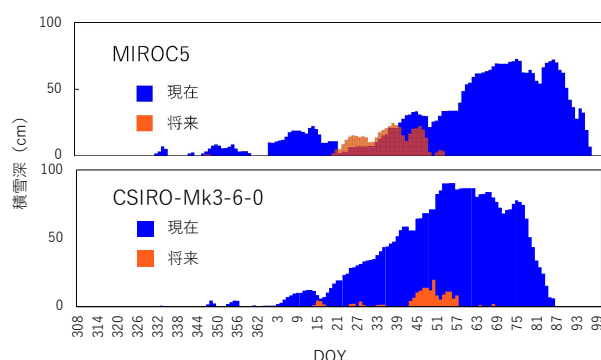


図 1 異なる GCM 種による積雪深の違い

MIROC5 が示した冬季高山試験地の土壤湿潤化は、気温上昇によって雪が雨に変化し、積雪として地表面に蓄えられていた水が地中に浸透したためと考察した。その考察は、積雪量の将来予測結果によって支持されるが、積雪量の将来予測結果も GCM 種によって異なった（図 1）。高山試験地でモデル毎の予測結果が大きく異なったのは、このような山間地特有の気候も関係していると考えられる。

以上のことから、GCM 種を限定し、将来の土壤環境について言及することは不確実性が大きいと言える。複数の GCM を用いて評価することの重要性が本研究で示された。

4. おわりに

本研究では GCM 種の異なる 5 つの将来気象データを使用して土壤環境の予測を行った。その結果、特に体積含水率の予測が GCM 種によって異なる傾向となった。本研究を通して将来の地盤環境の予測には複数の GCM を用いる必要があることが明らかとなった。

【謝辞】：JSPS 科研費若手研究 21K14940 の支援を受けた。

【引用文献】：Asano et al. (2022) Predicting climate change impacts on soil environment in plane and mountainous areas of Gifu Prefecture, Japan. JpGU Meeting 2022 abstracts.

加藤千尋, 西村拓 (2015) 農地土壌水分状態予測に向けた GCM 予測値の時間ダウンスケーリング手法の検討. 農業農村工学会論文集, 295: 11-19.