

気候変動下の農地土壌の水分条件予測に関する研究 Prediction of soil moisture condition under future climate change

○加藤千尋 林 祐誠 西村拓

Kato Chihiro Yusei Hayashi NISHIMURA Taku

はじめに

将来の気候変動には、気温上昇(温暖化)のみならず降雨の強度・頻度の変化、日照や湿度の変化なども予想される。気候変動の下で営農を継続し、収量を維持するためには、気候変動下の農地土壌の物理的環境を予測し、それに応じた作物や品種の選定、営農の工夫を行う必要がある。将来の気候の予測に関しては、現在、世界中で多くの大気循環モデル(GCM)が将来の気候を予測するために稼働している。GCMの計算や予測値は、100kmを超える粗い空間分解にならざるを得ないが、GCMの結果をダウンスケールして1km程度の高空間分解能の気象データを生成する試みが行われている(たとえば、<http://www.mext-isacc.jp/>)。ダウンスケールされた気象データを地表面の境界条件に適用すれば、アメダス等の過去の気象データを用いてモニタリングデータの再現をする数値計算同様に、土中の水分、温度を予測することができる。

土壌中の水分、温度といった物理的環境を予測するためには、上記の気候予測値を地表面の境界条件として、リチャーズ式や熱伝導方程式を数値的に解いて予測値を得ることになるが、その際に必要な透水性、保水性といった土壌のパラメータは、空間的な不均一性が著しいと同時に測定に時間や労力(コスト)を要するため、十分に整備されているとはいえない。その結果、将来の気象予測値が得られても土壌パラメータが不足するために、農地土壌の物理環境予測が困難な場合がある。

近年、江口ら(2011)によって、農林水産省が実施してきた土壌環境基礎調査事業の定点調査データを基に土壌統別に土壌の物理的性質を整理したデータベース SolphyJ が構築された。そこで、高分解能の気候予測値と SolphyJ を用いて、気候変動下で農地土壌の水分条件を予測するために考慮すべき点について検討した。

方法

対象地と土壌パラメータ

気候変動適応研究推進プログラムによって土壌水分、温度の連続モニタリングが実施されている富山県農業研究所の実験圃場を含む富山市内において、土壌情報閲覧システム(農業環境技術研究所、http://agrimesh.dc.affrc.go.jp/soil_db/map_select_figure.phtml)の土壌図を参考に、半径約1kmの地域に分布する土壌タイプの異なるの三つの土壌を取り上げ、土壌タイプや地目情報を参照情報として使って SolphyJ から対象農地の土壌物理性を得た。具体的には、大久保(灰色台地土)、松野(細粒黄色土)、吉岡(中粗粒灰色低地土)の3地点の土壌である。各土壌の土性は、(粘土/シルト/砂(%))がそれぞれ、(23.7/27.3/49.0, clay loam), (20.7/18.9/60.4, sandy clay loam), (10.7/26.8/62.5, loam)で、乾燥密度がそれぞれ1.11, 1.14, 1.03g cm⁻³である。これらの値は、平均値を示しているが、乾燥密度や粒径画分では10%、飽和透水係数では100%程度の変動係数になるので、値のバラつきについては、留意が必要である。土壌の保水性、透水性については、van Genuchten-Mualem モデルを仮定し、データベース中の風乾時水分量を θ_r とし、サクシオン32、500、16000cmH₂Oに対応する体積含水率に対して RETC(Yates ら1990)と飽和透水係数を用いて対象土壌の保水性、透水性に関するパラメータを得た。また、砂、シルト、粘土画分と乾燥密度を利用し、Rosetta(Schaap et al. 2001)で、保水性、透水性に関するパラメータ推定を行った。

気象データ

要旨作成時点では、高空間分解の気候予測値は、共同研究者が作成中であるため、富山市設置のアメダスと富山県農業研究所の観測値を用いて、気象データを作成し、これを用いて計算を行った。

予測モデル

水分量の計算は、Hydrus-1D ver.4.14 を使用した。地表面の境界条件は、上述の気象データの離散的な値から必要な時間分解能の値を算出して与えた(Saito and Simunek 2009, Kato et al. 2011)。モデルの

検証は、富山県農業研究所実験圃場の転換畑にECH₂O-5TE センサーを埋設し、4月～5月(大麦)、7月～10月(大豆)に実施した土中水分・温度モニタリングの値と予測値を比較して行った(要旨に非掲載)。

結果と考察

表1にSolphyJのデータ中の所定のサクシジョン時の体積含水率にRETcを用いてvan Genuchten 式を当てはめた場合と土性と乾燥密度を用いてRosettaで推定した場合の土の水理学的パラメータを示す。Rosettaは、土性が類似するCL, L, SCLの間で大きな差が無い。他方、データ数は4つと少ないが、実測した保水性から得た平均値に対してフィッティングをしたRETcでは、地理的に隣接する大久保, 松野, 吉岡において、異なる保水曲線を示した。不飽和透水係数の推定値も同様の傾向である(図1)。さらに、データベース内の飽和透水係数値は、100以上のデータ数であっても変動係数が100%を超えることが多く、飽和透水係数の決め方に今後検討すべき点があると考えられる。

図2に松野, 大久保の土壌について、Rosettaで推定したパラメータを使用して、深さ5cmの位置の土中水圧の予測を行った結果を示す。松野土壌(SCL)は、大久保の土壌(CL)に比べて、乾燥時のサクシジョン低下が著しい。図中、7/24, 8/13に松野土壌の土中水圧は、初期シオレ点近くまで低下し、降雨が期待できない場合、松野の畑地では灌漑を検討すべきであると考えられる。

まとめ

気候変動の農業への影響を考える際に、気候シナリオ毎の予測値の差と同時に農地土壌の不均一分布の影響も考慮すべきである。本研究では、土性と乾燥密度から土壌の保水性・透水性を推定するRosettaと土壌環境基礎調査事業定常調査の蓄積データを活用したSolphyJとRETcの組み合わせで保水性・透水性の推定と土壌水分予測を試みた。その結果、近接しているような地点でも土壌・土性が異なり、その結果、農地の土壌水分状態が大きく異なってくるような状況が生じることが示唆された。しかし、推定の方法によって、推定結果が異なるため、合理的な予測と解釈のための方針を検討することが次の課題になる。

参考文献: 江口定夫ら 農業農村工学会大会講演要旨集 302-303 (2011), Schaap, MG, FJ Leij, and MTh van Genuchten, J. of Hydrology 251:163-176 (2001), Saito, H. and J.Simunek, J. Hydrol. 373:545-561, Kato, C. et al. Vadose Zone J. 10:541-551 (2011), Yates, SR, M. Th. van Genuchten, FJ. Leij and AW. Warrick, Soil Sci. Soc. Am. J. 56:347-354 (1990)

謝辞: 本研究は文部科学省気候変動適応研究推進プログラム農林漁業研究領域(代表:二宮正士)の補助で実施されました。また、富山県農業研究所には、圃場の利用、土壌採取など便宜を図っていただきました。ここに記して感謝します。

表1, RETcとRosettaを用いて推定した土の水理学的パラメータ

ツール	地名	θ_r	θ_s	α	n	L	Ks(cm/s)
RETc	大久保	0.045	0.4195	0.0082	1.1307	0.5	6.84×10^{-6}
	松野	0.042	0.4262	0.2542	1.0953	0.5	1.17×10^{-4}
	吉岡	0.027	0.4786	0.0594	1.101	0.5	2.69×10^{-5}
Rosetta	大久保	0.084	0.5101	0.012	1.4671	-0.3012	5.31×10^{-4}
	松野	0.0689	0.5022	0.0191	1.423	-0.5513	1.13×10^{-3}
	吉岡	0.0502	0.4951	0.01797	1.4289	-0.2763	2.19×10^{-3}

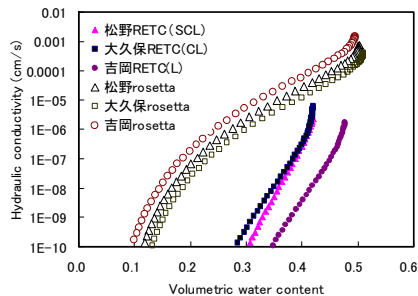
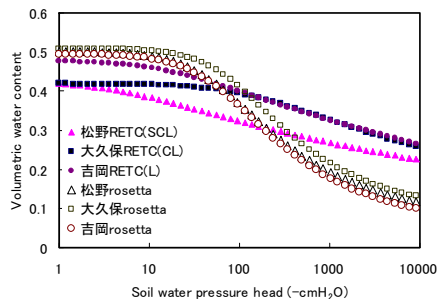


図1 三地点の土壌の保水性と不飽和透水係数の推定値(図中のRETc,Rosettaは推定ツールを示す)

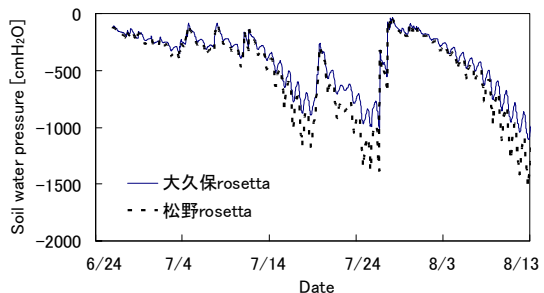


図2 大久保, 松野土壌についての計算例(2011年の気象データ)