

地球温暖化がベイドスゾーンの水分・温度分布に及ぼす影響に関する研究
Effects of global warming on moisture and temperature profile of vadose zone
in the suburbs of Tokyo

○加藤千尋・西村拓・井本博美・宮崎毅

KATO Chihiro, NISHIMURA Taku, IMOTO Hiromi and MIYAZAKI Tsuyoshi

1. はじめに

IPCCは、自然生態系や農林水産業にも気候変動が深刻な影響を及ぼすと予測した¹⁾。農林水産業や自然生態系に関わりの深い土壌への温暖化の影響は、水資源量や地温の変化、間接的には有機物分解や土壌生物多様性への影響など、多くは要素ごとに議論がされてきた。しかし、例えば土壌水分、地温、微生物活性が相互関連することに見るように、土壌に関わる諸現象をフィードバックも含めてシステムとして検討することが必要といえる。また、土壌に関わる温暖化研究は、水文学や気象学の観点から大気-地表面のスケールで²⁾、地球物理学の観点から地下数十メートルのスケールで検討されてきた³⁾。しかし、土壌-大気境界に位置するベイドスゾーンについての検討はあまりされていない。

本研究では、地球温暖化がベイドスゾーンの土壌水分・地温に与える影響を、非等温不飽和土壌中の水と熱の同時移動問題として扱い、温暖化に伴う土壌水分・地温の変化を定量的に予測することを目的とした。

2. 研究方法

本研究では、独立した要素試験でパラメータを決定した上で不飽和土壌中の水分・熱移動計算汎用ソフト HYDRUS1-D ver.4.09⁴⁾を用い、土壌中の水・熱移動シミュレーションを行った。

(1) フィールドモニタリング

本研究の対象地には、西東京市の東京大学農学生命科学研究科附属農場(以下、田無農場)内の圃場を選定した。土壌断面は上層 40cm が黒ボク、下層は立川ロームであった。現場では、10m

四方の区画を一様に草を刈り取り整備した。そして、地表面付近に熱流板、深さ 3,5,7,10,20,30,50,80cm に TDR、熱電対を埋設し、地中伝導熱量、土壌水分・温度の観測を行った。シミュレーションに必要な微気象データ(アルベド、気温、湿度、日射量、風速)は、田無農場の蓄積気象データ及び東京都府中市のアメダスデータを用いた。

(2) パラメータの決定

本研究で用いた HYDRUS1-D は、非等温条件化の不飽和土壌中の水分移動については、液状水と水蒸気フラックスを考慮したりチャーズ式、また、熱移動については、顕熱の伝導および液状水と水蒸気の顕熱、水蒸気の潜熱輸送を考慮した熱輸送式を支配方程式とする。また、大気-地表面境界条件は、熱収支式に基づいて計算する。土壌のパラメータは、水分移動特性関数は、蒸発法のデータを van Genuchten-Mualem モデルを使用して逆解析して求めた。熱移動特性関数のうち熱伝導率は、熱伝導プローブ KD2(Decagon 社)を用いて土壌の水分量と熱伝導率を実測し、Chung and Horton⁵⁾のモデルを使用して決定した。体積熱容量は、試料の三相の割合や有機物含量から決定した。

(3) モデルの検証

モデルの検証として、フィールドモニタリングデータをシミュレーションで再現した。

(4) 将来予測シミュレーション

モデルの検証後、気象庁の地球温暖化情報⁶⁾に従い、約 100 年後の 2100 年に、(a)年間で 1~4℃の気温上昇(Fig.1)と、(b)降雨パターン変化として 6~10 月の時間降雨強度の 110~

*: 東京大学大学院農学生命科学研究科(University of Tokyo)

キーワード: 地球温暖化、ベイドスゾーン、数値シミュレーション

130%(Fig.2)を仮定して、将来の土壌水分・温度分布を予測した。

3. 結果と考察

(1) モデルの検証

各深さの土壌水分、地温、地中伝導熱量の計算値は実測値の季節変動をよく再現し、モデルの妥当性が確認された。

(2) 予測シミュレーション

(a) 気温上昇に伴う地温上昇

Fig.1 に、土壌が湿潤な時と乾燥したときの、気温上昇に伴う現在(2008)から将来(2100)の鉛直地温分布変化の例を示した。土壌が湿潤な時、地表面付近の昇温量は小さく、また、表層よりも下層の昇温量のほうが大きくなる。これは、蒸発潜熱が大きいためと考えられる。一方、土壌が乾燥している時は、地表面付近の昇温量は比較的大きくなる。これは、表層の熱伝導率が小さいためと考えられる。上層に対して、下層は水分量と関係なく、気温上昇に応じて地温が上昇する

(b) 降水パターン変化に伴う土壌水分分布変化

Fig.2 に DOY265(9/21)から DOY267(9/23)の降雨イベントにおける時間降雨強度の変化、それに伴う土壌水分分布変化として、Fig.3 に降雨直後の DOY267(9/23 0時)と4日後の DOY271(9/27 0時)の土壌水分分布を示す。降雨パターン変化に伴う時間降雨強度の増加は、降雨直後の土壌水分を現在よりも高くする。しかしその影響は数日で緩和されることが予測された。

4. まとめ

要素試験で決定したパラメータを用いて、物理モデルにより東京の農地の土壌水分、温度分布をよく再現できた。将来予測シミュレーションでは、気温上昇に伴う地温上昇は、土壌が湿潤な場合は抑制されること、また、降雨強度の増加による黒ボク土層の土壌水分の増加も、降雨後数日間で緩和されることが予測された。

謝辞：本研究は科学研究費補助金(基盤研究(A),20248025, 代表：宮崎毅)によって実施された。また、田無農場の米川智司氏、佐々木治人氏、久保田浩史氏には、圃場や気象データの利用に関してご協力いただいた。また、東京農工大学の斎藤広隆氏には、HYDRUS についてご指導いただいた。ここに記して感謝する。

参考文献:1) IPCC (2007), 第4次評価報告書, 2) Naden, P.S. & C.D. Watts (2001), *Clim. Change*, **49**, 411-440, 3) Smerdon J.E., et al. (2004), *J. of Geophys. Res. Lett. Atmosphere*, **109**, D21107, 4) Saito,H. et al. (2006), *Vadose Zone J*, **5**, 784-800, 5) Chung & Horton (1987), *Water Resour. Res.*, **23**, 2175-2186, 6) 気象庁 (2005), 地球温暖化予測情報

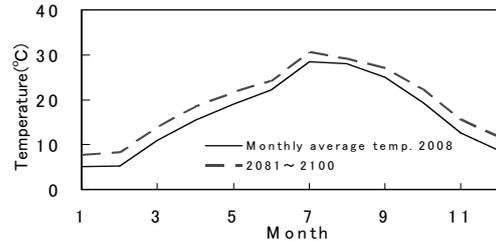


Fig.1 The comparison of monthly average temperature between 2008 and 2100

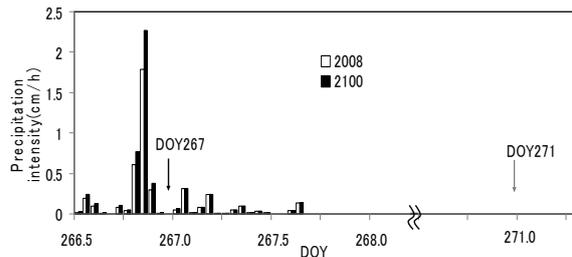


Fig.2 The comparison of rain intensity between 2008 and 2100 from DOY266 to DOY271

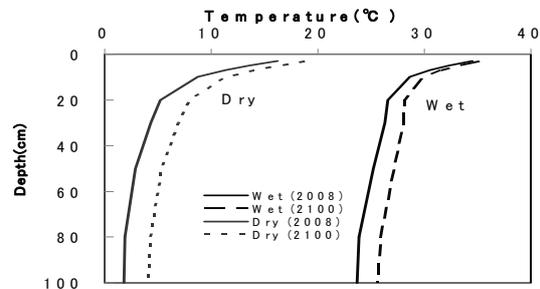


Fig.3 The comparison of 2008 and 2100 soil temperature profile when the soil is dry and wet

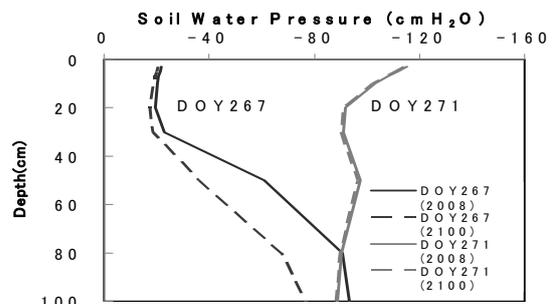


Fig.4 The comparison of 2008 and 2100 soil moisture profile after the heavy precipitation