

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 western Tokyo

加藤 千尋 [1]; 西村 拓 [2]; 宮崎 毅 [3]; 井本 博美 [4]

Chihiro Kato[1]; Taku Nishimura[2]; Tsuyoshi Miyazaki[3]; Hiromi Imoto[4]

[1] 東大院・農; [2] 東大・農・生物環境工学; [3] 東大・院・農生命; [4] 東大・農

[1] Univ. of Tokyo; [2] Agricultural and Life Sciences, Univ. of Tokyo; [3] Dep. of Bio. and Env. Eng., The Univ. of Tokyo; [4] Univ. Tokyo

1. はじめに

IPCC(2007)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。日本でも高温障害など作物への影響が報告されている(農林水産省, 2007)。他方、土壌への温暖化の影響は、水資源や温暖化ガス発生等で個別に議論されてきたが、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システムとして扱うことが必要である。

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、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(例えば、Nadden and Watts, 2001, Smerton et al., 2004)。しかし、自然生態系や農業生産に関係が深く、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。そのために、独立した室内実験でパラメータを決定した上で HYDRUS1-D 修正版 (Saito et al., 2006) を用い、土壌中の水・熱移動シミュレーションを行った。

2. 研究方法

(1) フィールドモニタリング及びパラメータの決定

対象地は、東京大学農学部附属農場(以下田無農場)とし、現場では土壌水分・温度と微気象の観測を行った。シミュレーションに用いる水分移動特性関数は van Genuchten-Mualem モデルを使用し、そのパラメータは、蒸発法に逆解析法を適用して求めた。熱移動については Chung and Horton (1987) のモデルを使用し、パラメータは土壌の水分量と熱伝導率を実測して決定した。

(2) モデルと検証

HYDRUS1-D は、液状水と水蒸気フラックスを考慮したリチャーズ式、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。境界条件は水移動については降水量と蒸発散量、熱移動については地中伝導熱量である。降水量以外の二項目は、純放射、顕熱・潜熱フラックス、地中伝導熱量を考慮した熱収支式に基づいて計算する。境界条件は田無農場の気象観測データと東京都府中市アメダスデータを用い、日単位で与えた。そして 2008/1/1 から 1 年分の計算結果と時間単位の観測データを比較した。

(3) 将来予測シミュレーション

モデルの検証後、月平均 1~4 の気温上昇を仮定(気象庁, 2005)して、シミュレーションを行った。

3. 結果と考察

(1) モデルの検証

シミュレーションは現地の土壌水分、地温の季節変動をよく再現した。また、全天日射量の予測値は時間単位の実測値と良い適合を示した。地中伝導熱量の一部は実測値を再現した。しかし、土中水のサクションが 100~300cmH₂O 程度のときに蒸発量が不自然に変動し、その影響で地中伝導熱量が変動した。ただし、地中伝導熱量の変動は直後に相殺され日単位の熱収支は常にほぼゼロであった。

(2) 将来予測シミュレーション

気温上昇を仮定して土壌中の水分、温度分布のシミュレーションを行ったところ、各深さで 2~20 の地温上昇、土壌水分に関しては、低水分状態において水分減少速度が速い傾向が予測された。将来予測シミュレーションにおいても、検証時と同様の過大な蒸発潜熱消費が見られた。

4. まとめ

温暖化がベイドスゾーンの水分・温度分布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みなし、HYDRUS1-D 修正版でシミュレーションを行った。予測値は、観測した土壌水分と地温の季節変動をかなり再現した。温暖化シナリオにより月平均 1~4 の気温上昇を与えると、各深さで 2~20 の地温上昇が予測された。ただし、水分移動特性関数を含め、蒸発散のモデルには検討の余地がある。

参考文献: IPCC 第 4 次評価報告書, 2007, 農林水産省, 2007, 地球温暖化対策総合戦略、気象庁, 2005, 地球温暖化予測情報、Chung and Horton, Water Resour. Res., 23(12), 2175-2186, 1987, Naden and Watts, 2001, Clim. Change, 49, 411-440, Saito et al., 2006, Vadose Zone J., 5, 784-800, Smerton et al., 2004, J. of Geophys. Res. Lett. Atmosphere, 109, D21107

謝辞: 田無農場の米川氏、佐々木氏、久保田氏には、圃場や気象データの利用に関してご協力いただきました。ここに記して感謝します。