

持続的なコメ生産のための SWAT 水田モデルの改良と検証

Development and evaluation of a paddy model in SWAT for sustainable rice production

○土屋 遼太*, 加藤 亮**, ジェハク ジオン***

○Ryota Tsuchiya*, Tasuku Kato**, Jaehak Jeong***

1. はじめに

世界的に増大する需要に応えるため、コメの生産増大が求められている。そのため、水田における水管理の向上を図る必要があるが、多くの灌漑水を必要とする水田での水管理は流域の水・物質循環に大きな影響を与える。そのため、流域スケールでの視点において、生産量と環境影響の両面から持続的な計画が求められる。SWAT (Soil and Water Assessment Tool) は世界的に利用される水質水文モデルであり、灌漑計画策定においても広く利用されてきた。しかし、米国テキサス州を中心に開発された SWAT では、きわめて湿潤な環境である水田での営農活動・流出特性を反映したシミュレーションを行うことは難しい。そこで、SWAT を改良し、水田稲作を反映したモデル (SWAT-PADDY) を構築した。また、SWAT-PADDY を実際の流域に適用し、オリジナルのモデルと比較することで性能評価を行った。

2. SWAT モデルの概要

SWAT は実際の流出プロセスに則した計算を特徴とする準分布型水文モデルの一つである。SWAT では、GIS データ (土地利用, 土壌分布, 傾斜) の重ね合わせから分類される HRU を計算単位として、気象データ, 営農データの入力から、日単位での水文流出および汚濁物質の流出を予測することができる。

3. SWAT-PADDY における改良点

水稻栽培をシミュレーションに反映させるため、以下の 3 点について、改良を行った。

a. 水田湛水モデル 水田での湛水状態を SWAT で表現できるように、水田モデルとして新たな計算モジュールを開発した。本モジュールでは、水収支モデル²⁾により、水田の流出プロセスを再現した。

b. 水田における灌漑排水管理手法の追加 SWAT における灌漑手法は畑地でのものを想定しているため、水田における湛水深をもとにした細かな灌漑排水管理³⁾や複数の水源からの灌漑水供給を追加した。

c. 代掻きの営農モデルへの追加 SWAT における土壌水分移動計算では、耕盤の難透水性に起因した土壌の飽和状態を表現することが難しい。そこで、本モデルでは代掻きを営農モデルに追加し、灌漑期・非灌漑期における透水性の変化を表現した。

4. SWAT-PADDY の性能評価

SWAT-PADDY の性能を評価するため、本モデルを千葉県鹿島川上流域に適用した。こ

* (国研) 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO, **東京農工大学大学院 農学研究院 Institute of Agriculture, Tokyo Univ. of Agri. and Tech., ***テキサス A&M 大学農学生命工学科 Department of Biological and Agricultural Engineering, Texas A&M Univ., USA.

キーワード: 長期流出, 水収支・水循環, 水田灌漑, 水環境

のとき、流域の水文循環に関わるパラメータは2012年から2014年の観測流量との比較から同定し、このパラメータセットを用いてSWATとSWAT-PADDYの挙動を比較した。

5. 検証結果

表1は改良前後のモデルの水田域での水収支の比較である。蒸発散量や地下水涵養量は、SWAT-PADDYにおいてより大きく予測されており、本研究で加えられた改良により、水田におけるきわめて湿潤な状態を、SWATモデルを用いて表現することができたと評価できる。図-1はSWAT-PADDY、およびSWATを用いて計算された流量と観測流量を示したハイドログラフである。このグラフにおいて特に基底流量に着目すると、灌漑期のSWAT-PADDYの予測値が観測値およびSWATの予測値を大きく下回っており、SWAT-PADDYの河川流量の再現性を低下させている。この原因は、SWAT-PADDYでは土壌中の、排水路に向けた耕盤上の水平方向の浸透を表現できず、蒸発散として消費されなかった灌漑水の多くが帯水層を通じてゆっくりと河川に流出するように設定されており、排水路を通じた速やかな河川への還流を表現できていないことである。

表-1 SWATとSWAT-PADDYによる4月～9月の水収支の予測値のまとめ（単位：mm）

	SWAT2012	SWAT-PADDY
降水量	837.5	837.5
灌漑水量	553.5	1005.2
蒸発散	347.8	449.6
表面排水	66.7	263.3
地下水涵養	349.9	787
地下水流出	274.1	595.2

6. まとめ

本研究では、SWAT-PADDYの開発により水田灌漑・排水を反映させたシミュレーションに成功した。実際にモデルを活用していくにあたっては、灌漑水の還流をどのように考慮するかという点で更なる改善が求められる。

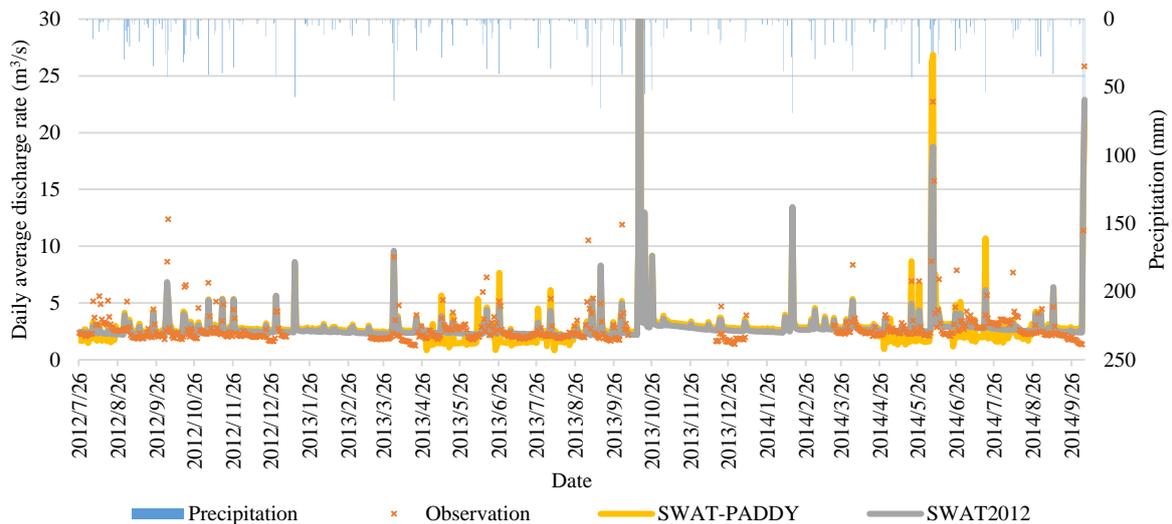


図-1 SWATとSWAT-PADDYによる日平均流量の予測値と観測日平均流量の比較

引用文献

- 1) Neitsch, S.L. et al., Texas Water Resources Institute Technical Report, 406 (2011)
- 2) Sakaguchi, A. et al., Agricultural Water Management, 137, pp.116~122 (2014)
- 3) Xie, X., and Cui, Y., Journal of Hydrology, 396, pp.61~71 (2011)