

水田を含む流域での SWAT モデル適用における問題点について

Problems in the SWAT model application in watershed containing irrigated paddy fields

○土屋遼太*・加藤亮**・Hanhan Ahmad Sofiyuddin*・井辻あゆみ

Ryota Tsuchiya*, Tasuku Kato**, Hanhan Ahmad Sofiyuddin*, Ayumi Itsuji

1. 研究の背景

アジア地域では増大する水資源需要にともない、流域レベルでの水質変動予測モデルの導入が求められる。本研究では、SWAT (Soil and Water Assessment Tool) モデルに着目した。SWAT モデルは欧米を中心に数多くの適用事例があるモデルであるが、アジア諸国の農地における適用事例は少ない。これは、水田における人為的で複雑な水管理が SWAT モデルでは表現できていないことに起因する。今後、アジア地域において SWAT モデルを適用していくためには、水田を含む流域におけるモデル適用の問題点を明確にし、モデルの改良や適切なパラメータ設定を行っていく必要がある。しかし、未だにモデル全体における問題点は明らかにされていない。そこで本研究では、水田を含む流域で SWAT モデルを適用した際の問題点を明らかにすることを目的とした。なお、SWAT モデルでは水文シミュレーションが水質予測の基礎となっていることから、本研究では水文過程に限定して検討を行った。

2. 対象流域

モデルの適用対象流域として、千葉県鹿島川上流域を選択した。鹿島川は、印旛沼に流入する河川の一つである。対象流域は印旛沼につながる河口から約 11km の地点を流出点とし、面積は 110.02 km² の流域である。また、土地利用としては、農地が全流域の 48.05% (うち水田は 8.94%) を占める。この流域では、河川沿いに水田が立地する谷津とよばれる地形を形成する。対象流域の流出点において日流量、水質の観測を 2012 年 7 月から継続して行っている。

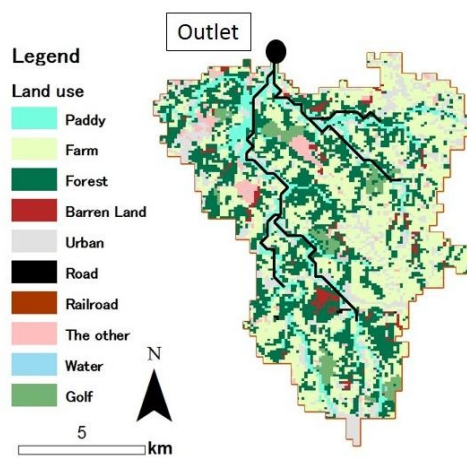


図1. 対象流域
Fig.1 Study basin

4. SUFI-2 法によるモデルの校正と感度分析

モデル校正および感度分析 (各パラメータの出力値への影響の評価) を SUFI-2 (Sequential Uncertainty Fitting ver.2) 法によりおこなった。なお、水田での灌漑の影響を考慮するために観測データを灌漑期 (4~9 月) と非灌漑期 (10~3 月) にわけ、それぞれに対してモデルを校正した。

5. 結果と考察

モデルの校正と感度分析の結果を図 2 および図 3 に示す。なお、感度分析の結果に関しては感度

*東京農工大学農学府 The Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

**東京農工大学農学研究院 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

キーワード：流域水質水文モデル、水田、水循環、感度分析

分析の結果得られる各パラメータの t -Stat 値 (感度の大きさ) の絶対値を関連する流出過程ごとに平均した値を示した。校正した結果、灌漑期においては $NSE = 0.19$ 、非灌漑期においては $NSE = 0.68$ という結果となり、SWAT では灌漑状態の水田を表現できていないといえる。日流量シミュレーション結果においては、灌漑期の観測値を用いて校正した場合、降雨イベント後の流量逡減に関してより長い時間がかかっているという点が特徴的である。これはパラメータの校正結果からもいえることで、灌漑期において地下水流出の時間遅れを表すパラメータ α_{gw} の値は入力値の 1.15 倍に校正されたが、非灌漑期に校正した場合 0.01 倍となり、灌漑期と非灌漑期において地下水の流出特性が大きく変化していることがわかる。この原因は水田が河川沿いに立地しているため、水田の地下水位が河川水位の変動の影響を受けていることにある。すなわち、地下水位が高くなる灌漑期には、モデルで計算される地下水流出量は高くなるが、実際には河川水位の影響で地下水流出は抑えられる。モデル校正ではこうした水田流域の特徴をパラメータ α_{gw} により表現したことになる。感度分析では図 3 のように各流出過程が河川流量に対して与える影響が季節により変化することが明らかになった。具体的なパラメータとしては灌漑期には表面流出の流達時間に関わる $surlag$ 、有効水分量 AWC の感度が、非灌漑期には α_{gw} の感度が高いという結果が得られた。この感度の大きさの変化は灌漑水の供給による表面土壌の水分量の増大が原因であり、水田を含む流域において灌漑が河川流量に与える影響がきわめて大きいということがいえる。

6. 今後の展望

結果から、水田を含む流域でのモデル適用においては、これまで重要視されてきた表面流出のモデル化だけではなく、地下水流出プロセスも含めた水田からの水文流出過程全体を視野に入れ、モデルの構造を検討していく必要性が明らかになった。また、入力データについても、土壌データと営農データの不確実性が大きい。今後これらの問題の改善と、水質シミュレーションについて検討を行うことで、水田を含む流域における SWAT 適用を進めていく。

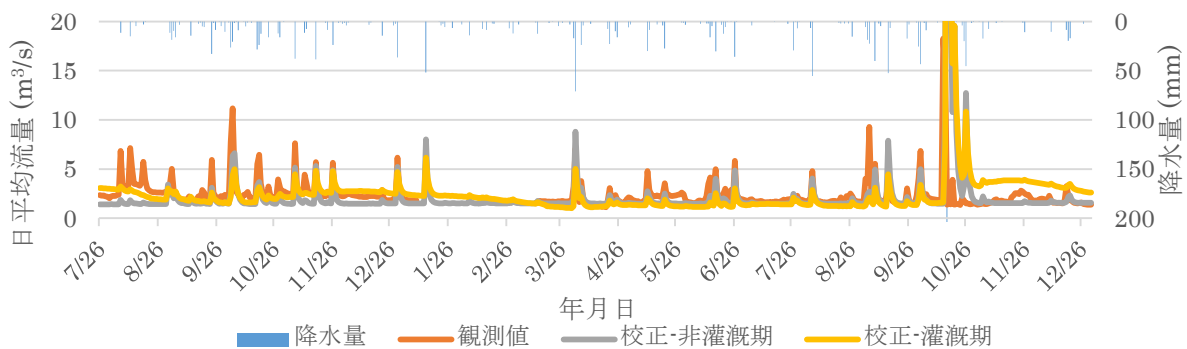


図 2 モデルの校正結果 (日流量)

Fig. 2 Result of calibration (Daily discharge)

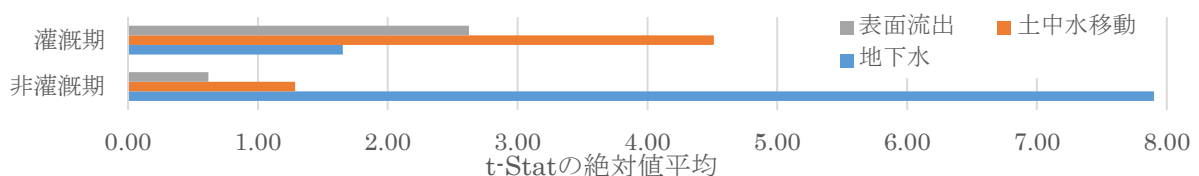


図 3. 感度分析の結果

Fig. 3 Result of sensitivity analysis