

低平地水田地帯における SWAT モデルの適用に関する考察 Feasibility of SWAT application for lowland paddy fields

○加藤亮*、猿渡ちさ*、乃田啓吾*、吉田貢士*、黒田久雄*

Kato Tasuku, Saruwatari Chisa, Noda Keigo, Yoshida Koshi, Kuroda Hisao

1. はじめに

SWAT(Soil Water Assessment Tool)は主に米国で開発され、流域管理対策案の評価ツールとしてこれまでに多くの実績を持つ水質流出モデルである。特に、土地利用によって異なる流出状況や、面源負荷の抑制を考慮するため、農業関連のデータベースが重視されているのが特徴である。ただし、アジアを中心とする水田地帯においては、SWATモデルの適用例は少なく、その理由として水田の水管理や供給形態が複雑であるため、平地の畑地からの流出を念頭に置いたモデルでは、再現が難しいからと考えられる。現在 SWAT の開発者達は、グローバルな SWAT の適用を検討しており、アジアの人口稠密地帯とほぼ重なる水田地帯での適用可能性を広げることは、今後の流域間の比較や対策案の検討に止まらず、地球規模での環境保全に資することが期待される。

以上から、本研究は SWAT モデルを霞ヶ浦流域内の低平地水田地帯を含む小流域に適用し、観測データとの比較に基づき、モデル構造に関する問題点の抽出と、入力データおよびパラメータ操作等の運用による問題点の回避方法について検討を行う。

2. 対象地域における水田灌漑

本地域は、霞ヶ浦流域内の下流にある水田地帯である。流域西部では灌漑用水は河川(桜川)から取水できるが、比較的小さい東部のブロックでは桜川からの取水口のゲートが壊れたため、西部からの水田排水をいったん排水機場の貯水池に入れ、灌漑用ポンプで再帰的に反復灌漑を行っている。したがって本流域からの流出口は2つの性格の異なる集水域からの流出を合わせた形になっている。なお、今回は、水源の違いについては配慮せず、合計された灌漑用水量を流域外部から取り入れたと単純化してモデルの入力値としている。ただし、実際の状況に近いように小流域ごとの灌漑用水量は異なるようにした。

3. SWATモデルの構造

SWATは流域モデルと水路モデルから構成され、流域モデルに関しては流出素過程ごとにサブモデルが構築されている。流域内の土地利用は蒸発散や農業利用を通じて流出に影響を与える要因である。対象となる流域は、土地利用、土壌条件、傾斜によって HRU と呼ばれる小ポリゴンに分割され、HRU ごとに流出量が計算され、水路に到達する。小流域内での滞留時間は、

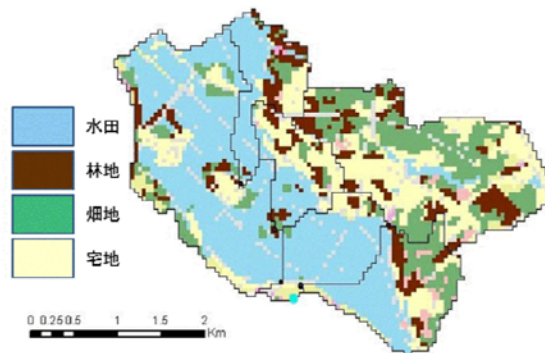


Fig.1 Land use map in study area

* 茨城大学農学部 College of Agriculture, Ibaraki University

キーワード：水質、流出モデル、灌漑方式、窒素動態、予測

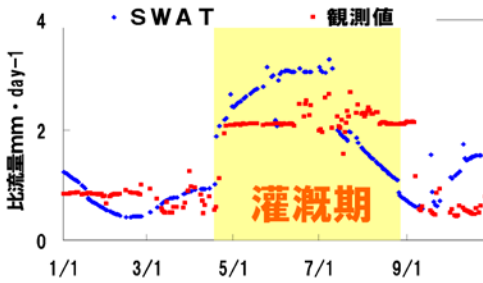


Fig.2 Runoff simulation in 2010

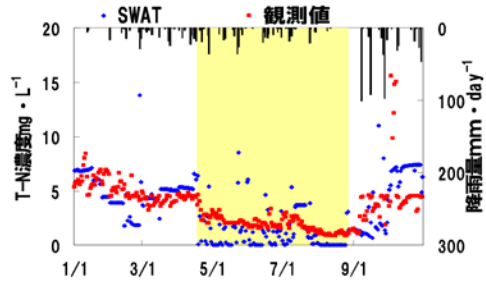


Fig.3 T-N simulation results in 2010

DEM から計算した小流域内の最大経路長から決定されている。総流出量は小流域からの水路モデルでの計算を通じて求められる。また、流出量に応じて土砂流出モデルが組み込まれている。土砂流出モデルは、窒素やリンのような栄養塩流出の際の、特に表面流出過程に対して大きく影響を与える。栄養塩の流出については、SWAT モデルは栄養塩の動態をモデル内で特定して計算している。ただし畑地を想定しているため、水田で一般的にみられる脱窒プロセスは流域内のモデルではなく、水路モデル内のみ組み込まれている。したがって構造的な問題があり、灌漑期においては実測値からの乖離が生じやすい。その一方で灌漑水の水質濃度が設定できないため、水田からの流出負荷、特に硝酸態窒素負荷が希釈される効果がある。

4. 出力結果

2009年～2010年のデータについて、SWAT モデルの計算結果を示す。2009年にパラメータの同定を行い2010年のデータで検証を行った (Fig.2・3)。結果として流量、全窒素 (T-N) とともに傾向を追うことはできた。ただし、このようなシミュレーション結果を得るために、次のような運用上の仮定が必要となった。

- ・ 耕起や元肥による土壌有機物や窒素・リンへの影響を表すため、該当期間にダミー作物の導入を仮定した。これにより、移植前の元肥の投入が可能になった。
- ・ モデル内の灌漑機能は、上流の排水を再帰的に下流で利用する機能がなく、灌漑用水の水質は無視されており、外部からの流入負荷が過小評価されている。一方で、水田の脱窒機能も実装されていないため、浄化機能も過小評価されている。したがって、流入負荷分と浄化分とが釣り合うと仮定せざるを得ない。ただし、一般に灌漑用水の窒素濃度が高い場合、水田の浄化機能も高くなることが知られており、結果として大きな齟齬は来たさない結果となる。

5. おわりに

以上から、SWAT モデルの水田地帯への適用に際し、いくつかの課題が提示できた。開発サイドでは、これらに対して湿地オプションや、窪地オプションといった水田に近い状態のサブモデルを開発しており、そのうちのいくつかは最新のバージョンで実装されつつある。ただ、現時点では水田の水利用の再現は難しく、更なる開発が必要な状況下にある。ただし一方で、SWAT モデルの出力結果は実際の現地観測結果を概ねシミュレーションが可能である。現時点では水田の精密な機能評価としてのモデルの利用は困難であるが、従来使われてきたタンクモデルと LQ 式の組み合わせよりは、農作業や土地・水管理を反映した予測、シミュレーションが可能であることから、今後の開発が進むことが望まれる。