

低平地水田地帯における SWAT モデルの不確かさに関する検討 Uncertainty Analysis on Hydrological Model Applying SWAT for Lowland Paddy Fields

○乃田啓吾*、加藤亮*、吉田貢士*、黒田久雄*

Noda Keigo, Kato Tasuku, Yoshida Koshi, Kuroda Hisao

1. はじめに

物理的プロセスを考慮した水質流出解析モデルでは多くのパラメータを必要とする。特に直接測定・計測することが困難なパラメータについては、観測により得た流量・水質データとの比較でキャリブレーションを行い、モデル出力値を最適化する。しかし、こうして得たパラメータおよびモデル出力値には避けることのできない不確かさが含まれる。具体的には、①観測値の不確かさ ②パラメータの不確かさ に分類することができる。なお、本研究で用いる「不確かさ」とは、「不確実性 (uncertainty)」と「変動性 (variability)」を合わせたものを指す。多田ら (2006) はパラメータの信頼区間付き L-Q 式を提案し、観測値の精度とパラメータの不確実性の関係を考察したが、より複雑な構造を持つ水質流出解析モデルの不確かさについて我が国で報告された例はない。

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。ただし、畑地からの流出を念頭に置いたモデルであるため、我が国の複雑な水田の水管理や供給形態は再現が難しいと考えられる。

以上から、本研究は SWAT モデルを低平地水田地帯が含まれる小流域に適用し、観測データを用いてキャリブレーションした際のパラメータおよびモデル出力値の不確かさを検討する。なお、キャリブレーションには SWAT-CUP (EAWAG) の SUFI-2 オプションを使用する。

2. 対象地域と営農管理の入力

本地域は、霞ヶ浦流域内の下流にある面積約 10.5km²の水田地帯である (Fig.1)。河岸段丘の台地上には宅地および畑地が、低平地には水田が広がっている。営農管理については、現地観測により得たスケジュールを元に決定したが、水田灌漑については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た。

3. 結果と考察

2010 年 1 月 1 日～10 月 31 日のデータについて、流量および NO₃ 流出量の観測値、SWAT 出力値を Fig.2 および Fig.3 に示す。図中の Best_Sim とは、誤差評価関数 (bR²) が最小値をとった出力値、95PPU とは、パラメータに 95%の信頼区間を与えた場合の出力値の

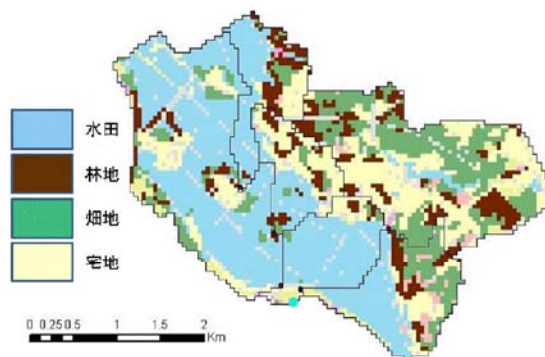


Fig.1 Land use map in study area

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

キーワード：水質流出モデル、SWAT、不確かさ、キャリブレーション

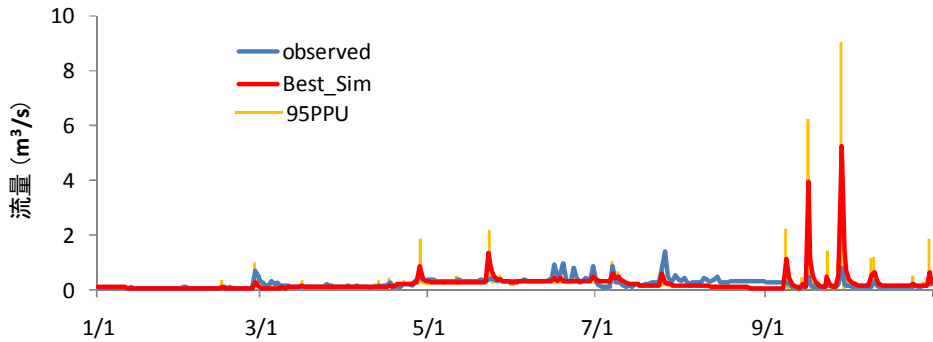


Fig.2 Temporal variations of flow rate

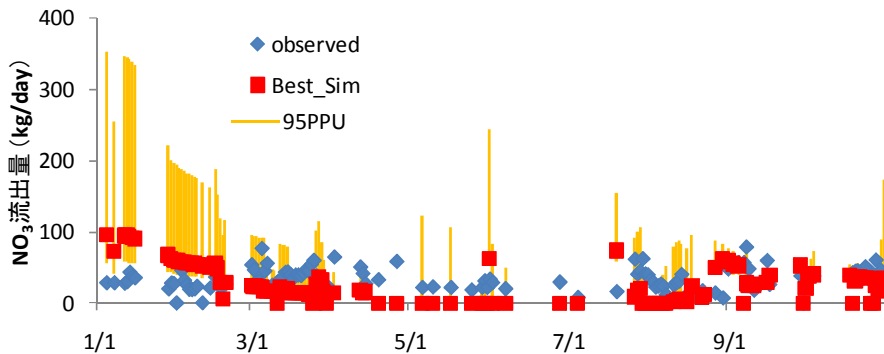


Fig.3 Temporal variations of NO₃ runoff

幅を表す。

流量の時系列 (Fig.2) では、SWAT の出力値は観測値を概ね良好に再現しており、95PPU の幅も小さい。ただし、降雨により流量が増大した場合には観測値とのかい離が大きく、95PPU の幅も大きくなった。これは、SWAT が畑地からの流出を想定するモデルであるため、平坦な水田地帯からの流出特性を再現できなかったためである。

NO₃ 流出量の時系列 (Fig.3) では、観測値と比較して SWAT は、灌漑期に過小評価、非灌漑期に過大評価する傾向があった。また、1 年を通して 95PPU の幅は大きかった。灌漑期の過小評価は、灌漑水に含まれる負荷量が表現されていないため、灌漑水による希釈効果が過剰に反映されたものである。また、誤差評価関数は年間の平均値で評価するため、灌漑期の過小評価により非灌漑期が過大評価された。

4. おわりに

本研究では、低平地水田地帯が含まれる小流域に SWAT を適用し、信頼区間付き出力値の幅 95PPU について考察した。その結果、現段階では、先に挙げた 2 つの不確かさ以上に、モデルそのものの不確かさの影響が大きいことが明らかとなった。言い換えれば、モデルの不確かさが 95PPU の幅として表現されたと解釈することができる。

<引用文献>

多田明夫, 田中丸治哉, 畑 武志 (2006) : LQ 式による回帰の信頼区間について・山林小流域からの溶存イオン流出負荷量推定を例として・, 農土論集, 244, pp.197-206.