

SWAT 水田モジュールの開発 Development of paddy module for SWAT

○坂口敦^{*,**}・江口定夫^{*}・加藤亮^{**}・糟谷真宏^{***}

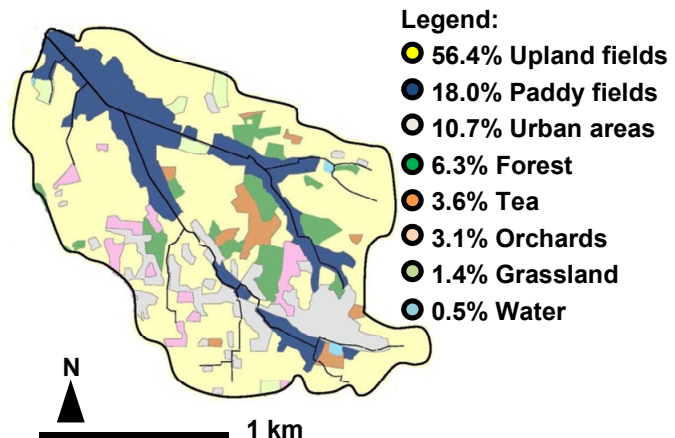
Atsushi Sakaguchi^{*,**}, Sadao Eguchi^{*}, Tasuku Kato^{**}, Masahiro Kasuya^{***}

1. はじめに

SWAT(Soil and 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欧米の政府機関において活用されている流域モデルである。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い。その理由として、SWATは畑地からの流出を念頭に置いて開発されたものの、水田の水移動や灌水管理が畑地と大きく異なる点が挙げられる。現在、SWATは世界的に普及しつつあり、SWATを水田地帯でも利用可能なモデルとする事は我が国のみならずアジア諸国においても有益である。以上から、本研究ではまず現行のSWATを水田地帯を含む小流域に適用し、その問題点を把握した上で、次にSWAT内に水田モジュールを開発する。

2. 対象流域

対象流域は愛知県阿羅田川流域(図1)であり、流域面積は約3km²、その内18%を水田が占めている。水田は流域外から流入する豊川用水によって灌漑されている。水量・水質・降雨量は、流域の最下流地点で観測されている。



3. 現行のSWATの適用と結果

既往研究では、SWAT上で水田域を再現する方法として2通りの手法が用いられている。一つ目は水田域にカーブナンバー法を適用する方法であり、二つ目は水田域を窪地に指定する方法である。どちらの手法もその妥当性の評価は為されていないため、まずは双方の手法を対象流域の灌漑水田域に適用し、その出力値を分析した。適用に際しては、水田域の日灌漑水量実測値を用いるなど、既往研究に比して入力値の精緻化に努めた。

結果として、水田域を窪地に指定した場合は湛水条件下でも田面水の浸透が殆どの日で発生せず、また蒸発量が極端に少ない日も見受けられ、更に落水後は全水収支が停止している事が判明した。この様に水田域の水移動が再現できていないため、キャリブレーションを経ても河川流量実測値に対する算出値のNSE(Nash-Sutcliffe model efficiency)は負となった。一方で、水田域にカーブナンバー法を適用した場合のNSEは0.58となった。

*農業環境技術研究所 National Institute for Agro-Environmental Sciences **東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology ***愛知県農業総合試験場 Aichi Agricultural Research Center キーワード：流域、モデル開発、水田、土壌流亡、灌漑

4. 水田モジュールの開発と結果

カーブナンバー法を用いる方が高いNSEを得られる事が分かったが、同法には大きな問題がある。まず、水田域の降雨流出量が湛水深と無関係に算出される他、灌漑管理によって降雨流出特性が変動する水田域に一定のカーブナンバー値を与えなければならない。更に、湛水させられない為、田面水内での溶質の変化や越流に伴う溶質の流出を再現できない。そこで、カーブナンバー法ではなく、SWAT内の窪地のコードを書き換え、水田モジュールの開発を行った。

結果として、水田域の水移動(図2)は標準的な水田の水移動と同程度になり、キャリブレート後の河川流量実測値に対する算出値(図3)のNSEは0.73に向上した。特に、水田域の降雨流出特性(図4)は湛水期と非湛水期で大きく分かれるようになり、また湛水期は日降雨量30mmまでは当日の湛水深に応じて越流量に大きな差異が生じるが、30mm以上の場合は降雨の殆どが越流する結果となり、現実の水田域に近い降雨流出特性を再現する事ができた。

次に、上述の計算結果の越流量に越流水のSS(suspended sediments)濃度を乗じて、降雨時の越流に伴う水田域からの土壌流亡と代掻きによる土壌流亡をSWAT内で再現できるようにコードを追記し、更に中干し期と落水後はUSLE式で水田域から土壌を流亡させ、また豚舎からのSS点源も設定した所、河川でのSS負荷量実測値に対する算出値のNSEは0.53となった。

5. おわりに

以上から、SWAT水田モジュールは、水移動については実用可能なレベルに達したと考えている。土壌流亡については未だ実用可能なレベルに達していないと考えているが、改良を進める上での原型は開発できたと考えている。今までは湛水を想定していないUSLE式で水田域を含む流域の土壌流亡量が評価されていたが、湛水条件下での土壌流亡量が計算できるようになった点は重要であると考えている。また、SWATは栄養塩の評価にも使用されているため、モジュール内に硝化・脱窒、硝酸・リン酸の収支も追加する必要がある。

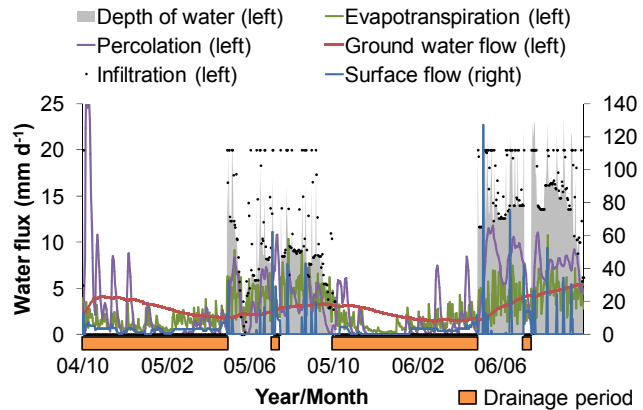


図2 水田域の水移動算出値

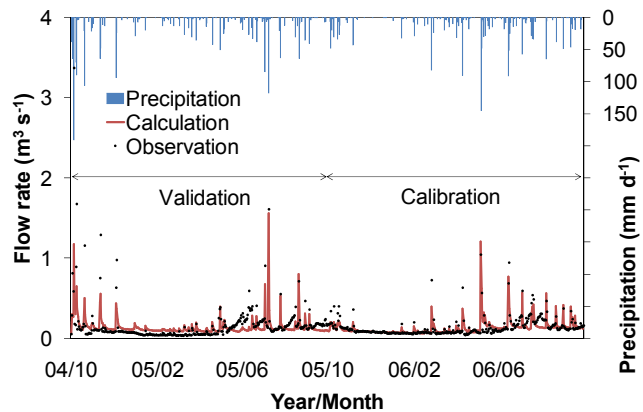


図3 河川流量実測値と算出値

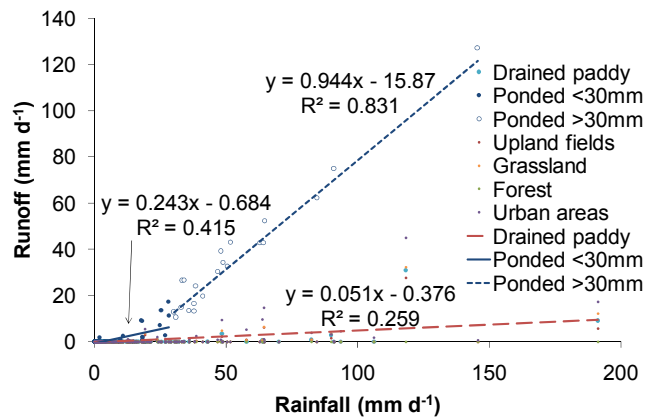


図4 地目別降雨流出量算出値