

## 学 位 論 文 要 旨

### 水田地帯における水管理支援のための流域モデル SWAT の改良 Improvement of a watershed model SWAT to support water management in paddy fields

農業環境工学専攻 農業環境工学大講座  
坂口 敦

流域モデルの用途は様々であるが、その用途が土壌流亡対策や肥培管理の評価であっても、流域モデルは第一に流域および流域を構成する各地帯の流出特性を表現できていなければならない。本研究では、任意の土地利用シナリオが流域の水、懸濁物質、栄養塩等に与える影響の評価ツールとして世界的に活用されている SWAT (Soil & Water Assessment Tool) モデルを元に、水田地帯における流出特性や人為的な水管理を考慮しうるよう改良することを検討した。SWAT モデルでは流出過程が簡素化されており、畑地帯に比べて複雑な流出過程を有する水田地帯では、流域レベルでの評価はされてきたが、より詳細なレベルとなる水田単位でのモデル評価は行われてこなかった。そこで、モデル内の水田地帯の水収支を吟味したところ、水田地帯の水管理を反映できていない事が確認された。以上から、水田地帯に対応できるように SWAT モデルの改良を試み、水田地帯の水管理を含めた評価および流域管理計画の支援が可能なツールとする事に成功した。

第 1 章では本論文の研究背景、既往研究、そして研究目的について述べた。第 2 章では水田地帯を有する流域へ SWAT モデルを適用し、流域での河川流量と水田地帯の水収支の 2 視点でモデルを評価した。水田地帯の表現方法については、既往研究で用いられてきた Curve Number 法と窪地モデル (Pothole module) の活用を 2 手法を用いた。水田地帯の出力値から、窪地モデルでは湛水下での田面水の連続的な浸透を表現できない事、そして Curve Number 法では湛水の影響を反映できない事、灌漑の影響を反映できない事、湛落水管理を反映できない事を把握した。また、窪地モデルを用いた場合は流域レベルでのモ

デル効率が悪く低くなる事を確認した。第3章では前章の結果を参考にして、SWATモデル内に水田地帯の水収支をより現実的に出力する水田モジュールを構築した。特に、水田地帯の浸透プロセスにおいては可能最大浸透量というパラメータを新設し、その最適値を河川流量観測値に対するモデル効率から推定するというアイデアを試みた。更に、構築した水田モジュールを有する改良版SWATモデルを流域へと適用し、水田地帯の湛水期と非湛水期の降雨流出反応の違いへの対応、水田地帯レベルでの水収支の傾向、および河川流量推定値から流域レベルでのモデル効率を確認した。また、SWATモデルでは全ての懸濁物質の流出プロセスはMUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) を用いて計算されるが、水田モジュールに湛水田での観測結果から作成された懸濁物質の流出式を試験的に追加し、今後の水田モジュールの発展可能性を示した。さらに、SWATモデル内で考慮していない降雨流出時の土壌の封入不飽和現象が河川流量推定値に与える影響と、SWATモデルにおいて栄養塩の推定値の適合性が低くなる一因と考えられる栄養塩の浸透プロセスの地域間差異について検討し、モデルのキャリブレーション工程内に、このような現象が含まれることを指摘した。第4章では本研究を総括し、また末尾に構築した水田モジュールの使用方法を解説し、更なる改良を期して本研究にて書き換えたコードを記した。

水田地帯での水・物質移動プロセスがモデル内に存在しなかった点で、今までのSWATモデルは水田地帯を含む流域を対象とする場合には十分なプロセスモデルでは無かったと言える。よって、既往研究では不十分な水田地帯の流出プロセスをキャリブレーションしていた事になり、計算結果の再現性は別にしてその結果に基づくモデル評価はブラックボックスモデルによる評価と大きく変わらないと考えられる。本研究によりSWATモデルに水田地帯の流出プロセスが加わり、また水田地帯の水管理、即ち湛落水管理、水田灌漑、田面水の浸透、田面水位を流域管理案の検討項目に加えられるようになり、SWATモデルの水田モジュールの原型を示す事ができた。これにより、水田水管理が流域に及ぼす影響について評価が可能となった。今後は目指すべき水田モジュールのデザインについて本研究で示された原型を基に、より一層の改良を行う予定である。具体的には本研究内で試験的に追加した懸濁物質の流出プロセスに加え、溶存態および浮遊物質に吸着された栄養塩の流出プロセスも含めた水環境管理のための水田モジュールに発展させていくことを目指す。