

研究の背景

水文流出モデルは水文過程およびそれに伴う物質移動を流域スケールで評価するための手段の一つとして、多くの研究で用いられている。Soil and Water Assessment Tool (SWAT) モデルは大陸スケールの流域（特に農業流域）における気候変動・土地利用変動を考慮した水・物質輸送量を推定するために開発されたモデルである(Arnold et al., 1998)。GISと親和性が高く、プログラミングに関する専門的知識を必要とせず使用できることや、実測データが乏しい場合でも、まずまずの精度で推定できる等の特徴を持つことから近年の学術論文の多くで用いられている(Wellen et al., 2015)。流域蒸発散量や地下水涵養量など直接的な測定が難しい項目の推定や、現地観測結果の解釈など、数値モデル解析を主な専門としない水文学者にとっても、SWATモデルを用いることは非常に有益である。現在、開発元である米国農務省農業研究局やテキサス農工大学を中心に、主に北米大陸での課題に基づくモデルの改良が進められ、推定精度の向上や新たな予測機能が追加されつつあるが、それらが他の大陸、そして、我が国のような急峻な地形を持つ流域に対して同様に適用し得るのか、その際の問題点の整理および改良点については検証、議論が必要である。

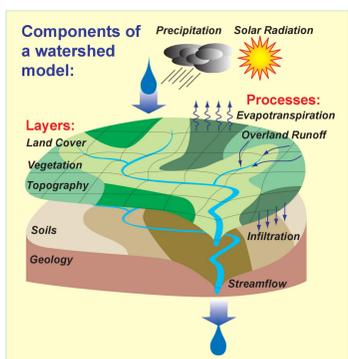


Figure 1: SWATモデルの概要

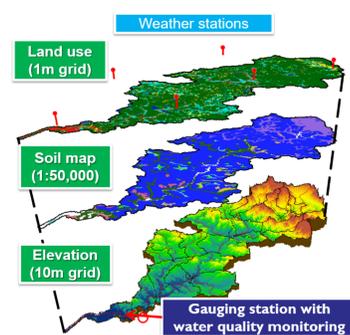


Figure 2: 必要なGISデータ

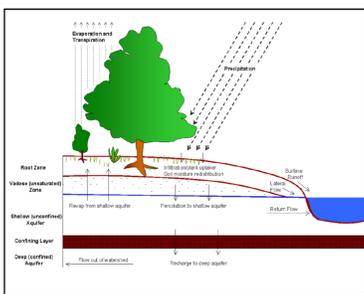


Figure 3: 計算単位内の水収支

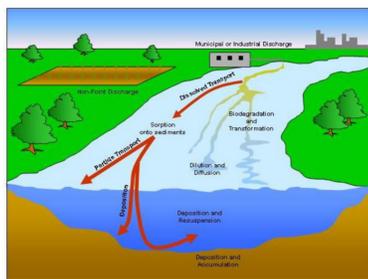


Figure 4: 河道内プロセス

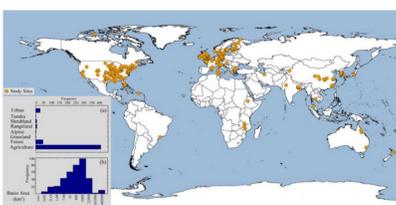


Figure 5: 水文モデルを用いた研究事例とその流域(Wellen et al., 2015)

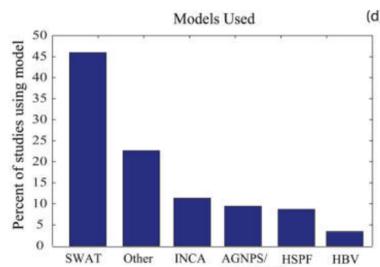


Figure 6: 研究に用いられた水文モデルの内訳(Wellen et al., 2015)

WG設置の目的とWG活動

水文科学のためのSWATモデルの高度化に関するワーキンググループの設置を行い、前述の議題について議論を深めることを目的とした。ワーキンググループ設置後から計8回の研究会を開催した。各研究会の詳細、議論のテーマについて、表1に示して報告する。

Table 1: ワーキンググループ活動内容

日時	場所	主要トピック
第1回 2016/11/26-27	広島大学	問題点の整理、モデル講習会
第2回 2017/01/24	広島大学	森林流域の水収支最適化
第3回 2017/03/25	法政大学	島、熱帯流域、森林流域、蒸発散
第4回 2017/06/10	三原市	土砂栄養塩流出の問題点
第5回 2017/03/25	日本森林技術協会	森林流域への適用の問題点
第6回 2017/11/20	大阪市	土砂栄養塩流出・時空間解像度
第7回 2018/01/6-7	岡山大学	新たな流域蒸発散量推定法
第8回 2018/05/19	広島大学東京オフィス	海外のSWAT適用事例紹介

これまでの議論の結果と考察

開発元の北米大陸以外についても世界的にSWATモデルを用いた水文学研究が数多くなされているが、それらの多くはパラメータのキャリブレーション時に最下流の実測流量のみを用いて行われたものであった。そして、バリデーションが統計指標等(例えばMoriassi et al., 2007など)に照らし合わせて成功したと判断されたことで、SWATモデルの適用可能性に言及しているが、過大な地表流や側方流などその流域水収支の内訳に不自然な配分が多々見られることが判明した。また、これに起因して森林流域での蒸発散量の過小評価、急傾斜流域での側方流および土砂侵食量の過大評価等も容易に生じることが明らかとなった。正確な流域水・物質輸送量を推定するためには、これらの問題が、オペレーターの水文学的知識の欠如に起因する不適切なパラメータのレンジの設定によるものなのか、あるいはSWATモデルの限界なのか、についてさらに見極める必要がある。

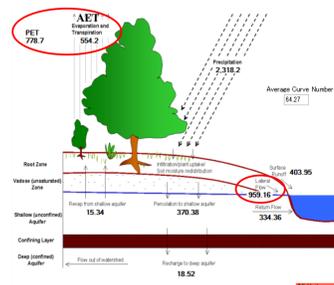


Figure 7: 典型的な問題—過少な蒸発散量と過大な中間流

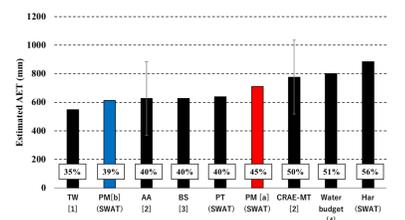


Figure 8: 流域実蒸発散量の過小評価(岡山県旭川流域の事例)

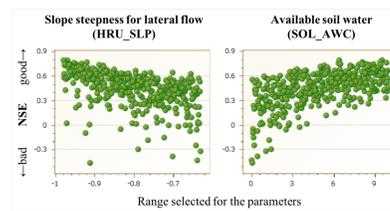


Figure 9: 土壌水分パラメータの感度分析—地形傾斜と圃場容水量

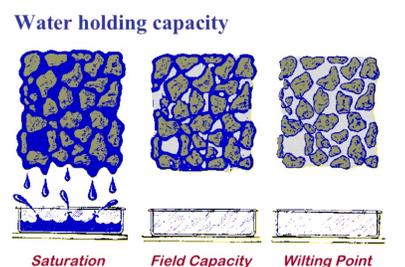


Figure 10: 圃場容水量(Available Water Capacity)の不足

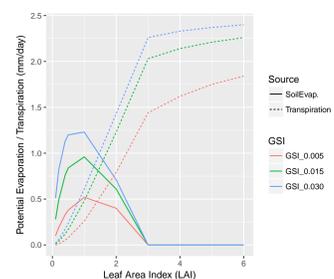


Figure 11: 葉面積指数(LAI)と気孔抵抗(GSI)の感度分析

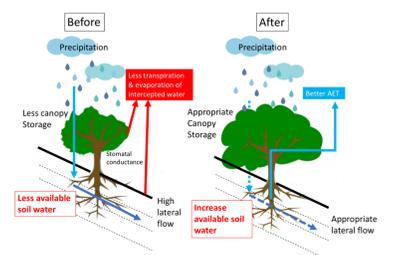


Figure 12: 問題点の原因と対策

今後の活動

これまでのWG研究会での議論と、それぞれの解析事例の傾向から、いくつかの課題が明確となってきた。SWATモデルがデザインされた北米大陸流域以外の他の大陸、急峻な地形を持つ流域、森林流域、あるいは多様な地質条件(例えば、火山地域など)に対して同様に適用し得るのか、その際の問題点の整理および改良点については今後も検証および議論が必要である。文献レビューを含め、とりまとめにはもう少し時間を要するが、完了後には論文や学術大会での発表により日本水文学会へフィードバックを行いたい。

【謝辞】本研究は、日本水文学会研究補助金「水文科学のためのSWATモデル高度化に関するワーキンググループ」による研究成果である。ワーキンググループのコアメンバーおよび研究会において議論に参加して頂いた方々、そしてご支援を頂きました日本水文学会には深く感謝致します。

References

Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., Williams, J. R., 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association* 34 (1), 73-89.

Moriassi, D., Arnold, J. G., Van Liew, M., Bingner, R., Harmel, R., Veith, T., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE* 50 (3), 885-900.

Wellen, C., Kamran-Disfani, A.-R., Arhonditsis, G. B., 2015. Evaluation of the Current State of Distributed Watershed Nutrient Water Quality Modeling. *Environmental Science & Technology* 49 (6), 3278-3290.