

亜熱帯島嶼地域における水・土砂・栄養塩流出モデル(SWAT)の適用 -石垣島名蔵川流域を対象として-

東京工業大学大学院 学生会員 ○伊藤公人
宇都宮大学大学院 正会員 大澤和敏
東京工業大学大学院 フェロー会員 池田駿介
宇都宮市役所 非会員 佐藤慎太郎

1. 背景と目的

近年、農地から発生した、土砂や、窒素・リンといった栄養塩の流出により、下流域における生態系に大きな影響を与えていることが問題となっている。そのため、土地利用、土壌、営農管理といった農業活動に関わる要素が、流出量にどれほど影響を与えているかを把握し、具体的な負荷流出抑制対策について検討する必要がある。特に亜熱帯島嶼地域では、土壌の性質、降雨形態といった自然的特徴が土砂、栄養塩の流出に大きな影響を与えている。そこで本研究では、沖縄県石垣島名蔵川流域を対象に、水、土砂、栄養塩の流出量を算出可能な解析モデルである SWAT(Soil and Water Assessment Tool)を用い、流域末端での観測値(流量、土砂濃度、栄養塩濃度)と SWAT の計算値を比較し、モデル適用の妥当性を検討する。さらに、施肥量の変化に伴う栄養塩動態への影響を、SWAT によるシミュレーションを実施し検討する。

2. SWAT モデル概要

SWAT は米国農務省によって開発されたモデルであり、流域において、地形、気象、土壌、土地利用、営農管理といった要素により影響を受ける水、土砂、栄養塩(窒素・リン)の動態を同時に扱うことができる。特に SWAT は物理的なプロセスモデルであり、様々な要素の変動過程を明確に表現できる。さらに長期間のシミュレーションを比較的短時間で実行できるようにするため、対象とする流域の地理情報を HRU(Hydrologic Response Units)と呼ばれる単位で表し、計算効率を高めている。

3. 対象流域および適用方法

沖縄県石垣島西部に位置する名蔵川流域を対象流域とし

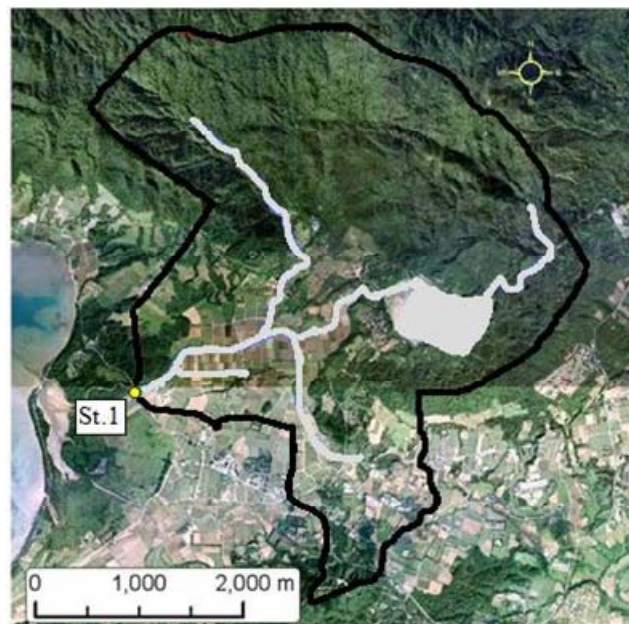


図1 名蔵川流域の概要

た(図1)。名蔵川は全長 4.6km、流域面積 14.9km²の小河川である。モデルの適用期間は、2005 年から 2008 年の4年間とし、適用方法として、流路網・流域境界の決定し、気象、土地利用分布、土壌分布、営農作業等の基礎データの入力した後、パラメータの感度分析や最適化を行う。最適化の方法として、まず、水および土砂動態に関するパラメータの最適化を行い、それらの適合性を確認する。その後、栄養塩動態に関するパラメータを加えて再度最適化を行い、水・土砂・栄養塩動態の結果とする。その際、水・土砂動態に関するパラメータは最初の最適化で得られた値を用いる。

4. 結果および考察

【流量および土砂流出】計算期間の一部である 2008 年 1 月から 4 月の流量および土砂濃度の SWAT による計算結

キーワード SWAT, 石垣島, 赤土, 栄養塩

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-1 東京工業大学 緑が丘 1 号館 518 号室 TEL:03-5734-2597

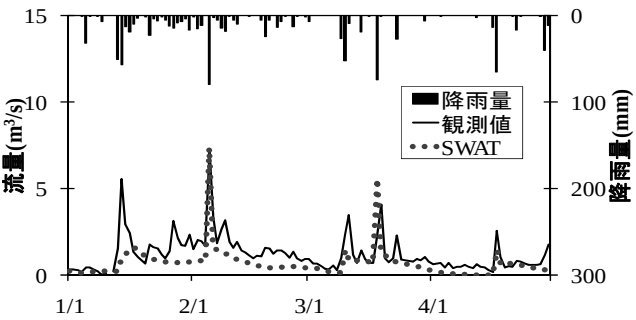


図2 適用結果(流量)

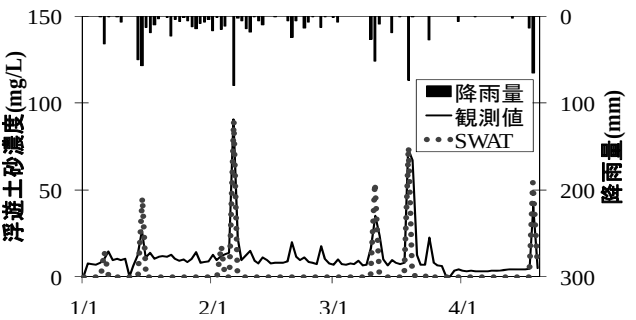


図3 適用結果(土砂濃度)

果および観測値を図2および図3に示す。どちらも概ね観測値と同様な傾向を再現できた。特に、大きな降雨時における適合性が高い。しかし、比較的小さな降雨時や無降雨時における期間では適合性が低い。この原因として、観測地点が感潮域であり、観測値は潮汐の影響を顕著に受けているためであると考えられる。また、流量と土砂濃度を目的関数とした多目的最適化を行ったため、各計算値が必ずしも最適な結果であったとは限らない。適用期間における各観測・計算要素の総量を表1に示す。総流量はほぼ一致しているのに対し総土砂量は過小評価しているが概ね妥当な値であると評価できる。

【栄養塩流出】栄養塩の観測が連続的に実施された2008年9月4日から10月9日の硝酸態窒素(NO₃-N)の適用結果を図4に示す。結果を見ると、計算値の増減の傾向は観測値のそれとほぼ一致している。しかし、比較的大きな降雨日には、観測値は増大するのに対し、計算値は一時的に減少している。これは、本対象流域の降雨に対する各種流出の応答が観測値では1日以下で起こるのに対して、SWATの計算値では1日以上となっているためである。SWATの計算時間間隔は日単位であり、中間・基底流出のピーク到達時間に時間差が生じたことが要因と考えられる。

【施肥量の変化に伴う栄養塩流出量の変化】流域内の作物への施肥量を変化させ、流域末端での栄養塩流出量の変化をシミュレーションにより求めた。施肥量を現況と2

表1 適用結果(総流出量)

	観測値 (t)	SWAT (t)	日数
流量	66.46	63.2	1229
土砂量	1743	1263	1118
NO ₃ -N	4.69	2.17	115

注)総量は2005年から2008年における観測値の得られた期間の総和をとった。

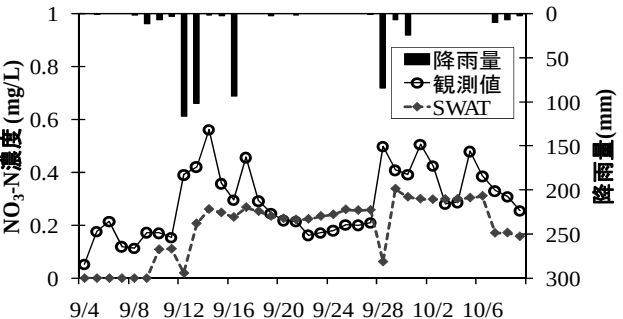


図4 適用結果(栄養塩)

表2 シミュレーション結果

施肥量	NO ₃ -N 流出量(t)	収穫時のバイオマス量	
		サトウキビ (t/ha)	パインアップル (t/ha)
現況	14.01	51.6	36.3
2分の1	13.44	45.6	29.4

注)NO₃-N流出量は2005年～2008年全日数の総和。

分の1にした場合の硝酸態窒素の流出量および作物収穫時のバイオマス量を表2に示す。著しい減肥にも関わらず、バイオマス量は10～20%減少に留まった。これより、現状の施肥量が過剰である可能性が指摘できる。一方、流域末端での硝酸態窒素の流出量は4%減少となり、大きな削減効果は見られなかった。これは、降雨に対する流出特性の影響と考えられる。計算過程で得られた圃場における窒素収支や流域における水収支を確認した結果、降水の大部分は、深帯水層へ土壌中のNO₃-Nとともに浸透しており、流域末端における河川水への影響は小さいことがわかった。このことから、減肥は地下水汚染の抑制や海域での汚染水湧き出しの抑制に寄与すると考えられる。

5. 結論

石垣島名蔵川流域においてSWATを適用した結果、水、土砂、栄養塩の動態を再現可能であり、観測値に対する適合性も概ね良好であることがわかった。また、潮汐の影響やモデルの計算時間間隔等が原因で観測値との誤差が生じることも確認できた。さらに、減肥対策のシミュレーションを実施した結果、河川水における硝酸態窒素流出の削減効果は小さいことがわかった。