

SWATモデルを用いた雲出川流域における水量と汚濁負荷量に関する研究 STUDY ON STREMFLOW AND LOAD IN THE KUMOZU-WATERWSHED BY UISNG SWAT MODEL

○森本 英嗣¹
Hidetsugu MORIMOTO

清澤 秀樹¹
Hideki KIYOSAWA

1. 序論

水循環にかかわる水資源開発や治水・利水問題に加えて、より複雑な環境問題に対処していくためには、水量、水質の移動過程を時空間的に把握する必要がある。また、社会経済的な面では、農村地域の就農業者の高齢化、過疎化と共に農地の荒廃が進行し、それに伴い、水田の多面的機能が低下し、水資源への影響も懸念されている。

それら問題を解決するためのツールとして分布型モデルが有力であり、特にGISと結びつけることで流域スケールの空間的な分布特性を反映させることができるようになってきた¹⁾。

こうした背景のもとに、本研究では、Arc/ViewとSWAT(Soil & Water Assessment Tool)をリンクさせた分布型モデルを用いて、雲出川流域の水量・汚濁負荷量の推定・考察をし、過疎・高齢化に伴う休耕田の増加を想定した場合のそれらの変動を予測・考察した。

2. 研究方法

2.1 対象流域概要

本研究の対象地域は三重県中勢地域に位置する一級河川の雲出川流域で、総延長約55km、流域面積約550km²、流域内人口は約9万人である。

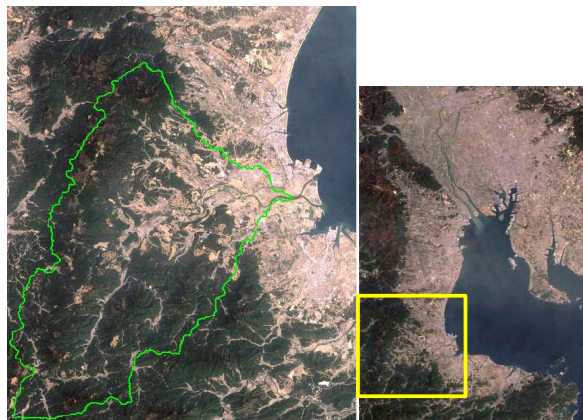


Fig.1 Kumoza-Watershed. みえのうみHPより引用

主な土地利用は、流域のほとんどを占める森林(約75%)、一志町・嬉野町・三雲町(いずれも旧町村名)一帯の稲作を中心とする水田(約11%)であり、比較的農村地域に近いといえる。また、ゴルフ場の占める割合が多いことも特徴的である。

2.2 モデルの評価方法

キャリブレーション期間を2003~2004年、ヴァリデーション期間を2001~2002年とし、Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) と決定係数 (R²) でモデルの評価を行った。

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{avg})^2} \quad R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{avg})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{avg})^2}$$

O_i : 観測値 P_i : 計算値 O_{avg} : 観測値の平均値

3. SWATモデル概要

本研究で利用するSWATモデルは、日単位で推計を行う時系列モデルである。面積が大きく、実測データがない流域における水、土粒子および化学物質の移流・蓄積状況に対する管理手法の影響を予測するために開発された。この計算を行うため、モデルは以下の特徴を持つ²⁾。

- ① 物理的な考察に基づいている
- ② 入手が簡単なデータの利用
- ③ 大きな流域の算出を妥当な時間内で終わらせるため計算効率が良好
- ④ 長時間にわたるシミュレーションが可能であり管理変更による影響を長期的に計算することが可能

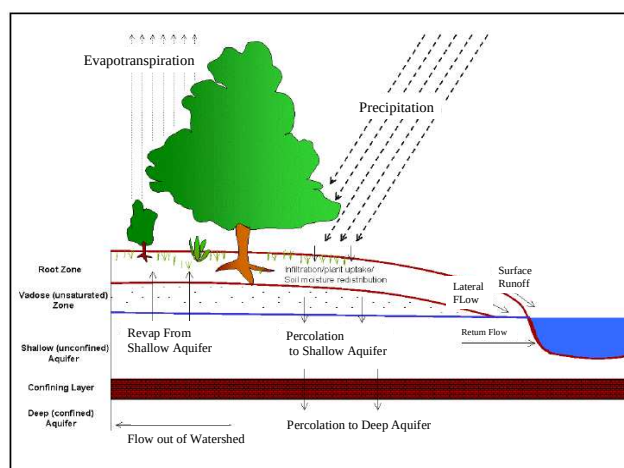


Fig.2 Water Cycle in SWAT Model.²⁾

4. 結果

4.1 水量の推定

水量の再現を行う前に、雲出川の自然流量を把握する必要がある。そこで、以下の式を用いて自然流量 (m³/s) を算出した。

$$N_Q = O_Q + A_Q$$

(N_Q: 自然流量, O_Q: 観測値, A_Q: 人工流量)

しかし、2002年の3/25~6/15間の観測値について、降水量、君ヶ野ダムの放流量の時間変化から整合性に欠けていると判断し、その期間を除けば、NSE=0.74, R²=0.75で再現できた (Fig.3)。

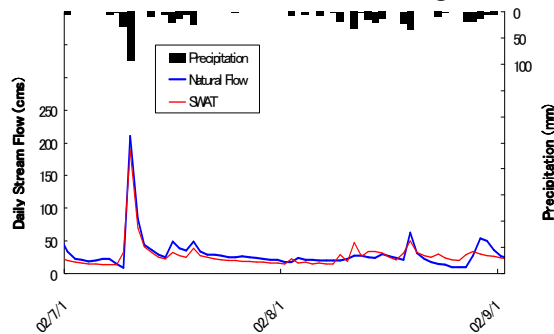


Fig.3 Daily Stream Flow at Kumozu-Bridge.
(2002/07/01~2002/08/31)

4.2 汚濁負荷量の推定

水質の観測値は濃度 (mg/l) で、月1回の採水観測が行われている。そこで、汚濁負荷量の算出は下の式で求めた。

$$L = C \cdot Q \quad L: \text{汚濁負荷量 (M} \cdot \text{T}^{-1})$$

$$C: \text{濃度 (M} \cdot \text{L}^{-3}) \quad Q: \text{流量 (L}^3 \cdot \text{T}^{-1})$$

家畜、工業、生活排水による汚濁負荷量については、原単位法を用いて行政区毎に求め、行政区の最下流点から点源汚濁として流下させた。その結果、流量がそうであったように、3/25~6/15に相当する日の汚濁負荷量は過大評価され (NSE=-0.49), その時期の流量をSWAT値として求めた場合、NSE=0.75となった (Fig.4)。

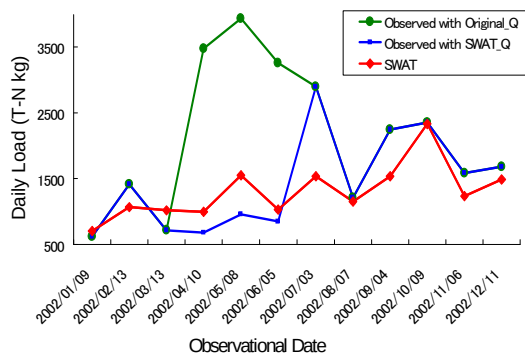


Fig.4 Daily Load at Kumozu-Bridge(2002).

4.3 シミュレーション結果

流域内の就農年齢別人口層 (19~24歳, 25~59歳, 60歳~) で60歳以上が80%以上を占める、白山町、美杉村、美里村 (いずれも旧町村名) の水田が耕作放棄された場合をシナリオ1、流域内全部の水田が耕作放棄された場合をシナリオ2としてシミュレーションを行った。

雲出橋での流量に関して、ピーク時での増加、低水時での減少がみられた。各小流域について、表面流出量の増加が最大で270mm (Fig.5), 浸透量の減少が最大で146mm (Fig.6) と予測された。

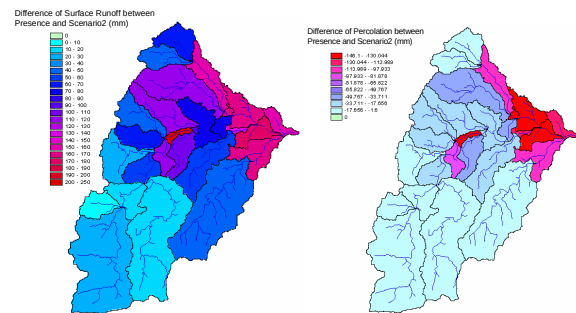


Fig.5,6 Difference of Surface Runoff(left) and Percolation(right) Between Presence and Scenario2.

5. 考察・まとめ

SWATモデルを用いることで雲出川の水量を推定することができ、流域内の水収支の構成は降水量に対し、表面流出量, 浸透量, 蒸発散量の割合が67.4%, 12.4%, 15.7%と推定することができた。

汚濁負荷量に関しては、パラメーター調整が不十分であったため定性的な再現にとどまり、今回の計算値については参考程度とする。

水田の耕作面積の減少に伴い、水田の洪水緩和機能、水源涵養機能が低下することが再認識することができた。また、現状の土地利用の水田をすべて休耕田にし、2002~2004年の降雨をもたらすと、流域内平均で102mmの表面流増加, 50mmの浸透量減少が予測された。そして、最大で270mmの表面流増加 (旧白山町), 146mmの浸透量減少 (旧久居市) となり、河川の流況や地下水への影響も大きいと推測される。

参考文献

- 1) 朴(2003) 流域環境評価のためのGISベース分布型流出モデルの展開 水文・水資源学会誌 vol.16 No.5 (2003)
- 2) S.L. Neitsch et al (2002) Soil & Water Assessment Tool 2000 User's Manual
- 3) 国土交通省河川局 雲出川水系河川整備基本方針