

和歌山大学システム工学部 学生員 ○井本 明久  
 和歌山大学システム工学部 正会員 田内 裕人  
 和歌山大学システム工学部 正会員 江種 伸之  
 和歌山大学システム工学部 非会員 石浦 洗一

## 1. はじめに

近年、水辺環境の維持と保全が世界的な課題となっており、人間活動により生じた汚濁物質の流出量を把握し、削減する試みが行われている<sup>1)</sup>。水辺環境の維持と保全には、水辺への窒素・リンなどの栄養塩類流出特性を把握することが重要である。

流域からの栄養塩の流入量を定量的に評価するモデルとして、水文水質統合モデル HYPE がある。中村(2018)による紀ノ川流域の水・栄養塩解析に関する先行研究<sup>2)</sup>では、紀ノ川流域に対して HYPE モデル(中村モデル)が適用された。しかし中村モデルの算出できる栄養塩濃度は一日ごとの計算値であるのに対し、感度解析のために使用された栄養塩濃度の実測値データは一ヶ月に一回程度観測されたデータであったため、洪水などの短時間で極端に流量が変化する環境における実際の栄養塩流出がモデルに反映されないなどの問題が生じていたとしても、そのときの実測値のデータ量が不足しており検証できない。

そこで本研究は、紀ノ川を対象流域とし、今年度(5月～11月)において実際に水質観測を行い、時間的高頻度で得られた栄養塩濃度の実測値を河川流量の実測値とともに中村モデルの計算値と比較し、モデルの解析精度の検証を行うとともに、紀ノ川流域からの流出負荷量の算定を行い、HYPE モデルの有効性を評価することを目的とする。

## 2. HYPE モデルの概要<sup>1)-3)</sup>

HYPE モデルは複数の流域からの栄養塩流出現象の把握を目的としたモデルであり、スウェーデン気象水文研究所(SMHI)によって開発されたポリゴン型サブ流域を計算単位とする準分布型水文・水質統合解析モデルである。HYPE モデルは対象流域を数 km<sup>2</sup>程度に分割したサブ流域を計算単位とし、サブ流域ごとに降雨量

や気温データを入力し水・栄養塩の流出量や土壌への浸透量、蒸発散量などを計算する準分布型の物理モデルである。また、各サブ流域内部では土地利用と土壌の組み合わせである土地被覆－土壌クラスを面積率として保持可能であり、各土地被覆－土壌クラスに個別に水文学的特性を記述するパラメータを設定可能で、サブ流域内部の土地利用と土壌の不均一性について考慮可能なモデルとなっている(図 2-1 参照)。

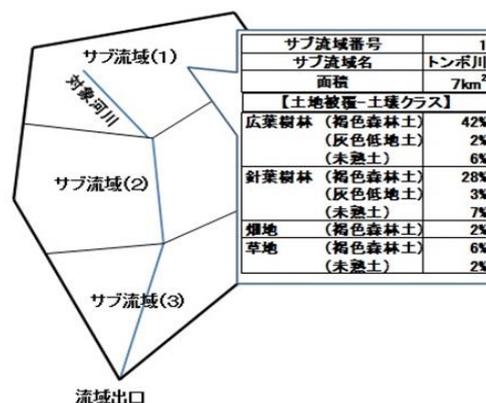


図 2-1 HYPE モデルのサブ流域の基本構造

## 3. 実測データについて<sup>4)</sup>

本研究で取り扱う栄養塩類は、河川の植物プランクトンの大量発生に影響を与えている窒素とリンである。中村(2018)による先行研究では和歌山県岩出市船戸にある観測点の栄養塩濃度を扱っており、本研究においても同地点の紀の川本流にかかる岩出橋で水質観測を行った。

河川流量は栄養塩濃度に大きな影響を与えるため、栄養塩の流出を考えるうえで非常に重要になる。そこで水質観測地点と同じ岩出市船戸の河川流量の実測データも必要になるが、河川流量のデータは国土交通省が行っている調査の観測値を用いた。

本研究では HYPE モデルで河川流量と栄養塩濃度の計算値を算出しており、流出負荷量の計算値を求める

ことが可能である。また河川流量、栄養塩濃度両データの実測値も入手しており、実際の流出負荷量との比較も可能であることから流出負荷量についても HYPE モデルの精度検証を行った。

#### 4. 結果

計算値が実測値をどの程度再現しているのかを定量的に評価する指標として、マイナス無限大から 1.0 の間で評価され、0.7 以上でモデルの再現性が高いとされる Nash-Sutcliffe 係数(以下 NS 指標)を用いた。

河川流量は NS 指標が 0.692 となり定常時の降雨による河川流量の変化は概ね再現できていたが、大雨などによる流量の急激な増加時の計算流量においては実測流量との差異が見受けられた(図 4-1 参照)。

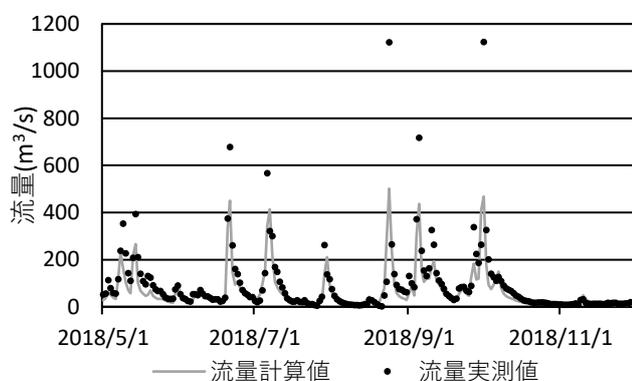


図 4-1 流量の計算値と実測値の比較

TN, TP 両栄養塩のモデルによる計算濃度には計算流量が大きく関わっており、低流量時には高濃度、高流量時には低濃度になるという計算結果となっていた。また大雨時における計算濃度が実測濃度より低く計算されていた。TN, TP それぞれについての NS 指標は-2.301, -1.574 となっており、モデルによる計算結果が実測値をまったく再現できていないことを表している。

TN 流出負荷量の NS 指標は 0.282, TP 流出負荷量は 0.081 となっており、実測値と計算値との間に少し相関が見られた。また流出負荷量の計算値と実測値ともに栄養塩濃度が比較的高くなりやすい冬期よりも、流量が比較的多い夏期に高くなる傾向が見られた。

#### 5. 考察

計算河川流量の大雨時における実測値との乖離については、雨水の地表面流出がモデルでは考慮されていないことが考えられる。栄養塩についても同じ理由で、大雨による地表からの直接の流入が考慮されてい

ないことが考えられる。また栄養塩に関しては、中村モデルに入力された栄養塩の排出源である点源負荷のデータが 2006 年～2014 年のデータであるのに対して、本研究ではそのデータをそのまま用いたことが計算値と実測値が異なった一因だと考えられる。

流出負荷量については、栄養塩濃度の計算値がまったく再現できていなかったのに対して、河川流量を概ね再現できていたことにより、相対的に流出負荷量が安定したのだと考えられる。従って流出負荷量には河川流量が大きく関わっていると言える。

#### 6. 結論

河川流量のモデルでの計算結果は概ね良い結果となったが、洪水時における大雨による流量の変化には地表面流水が反映されていなかったため、計算値が実測値よりも過小に評価されていた。

栄養塩濃度については、河川流量が洪水時のような通常とは異なる流量の時に、モデルによる計算流量が実際の流量を再現できていなかったことにより栄養塩濃度も再現できていなかった。また計算濃度と実測濃度が乖離しているもう一つの原因として、栄養塩流出に影響を及ぼす要因である排出源のデータが今年のものではなかったことがあげられる。

流出負荷量に関して、栄養塩の計算濃度が実測濃度に即していなくても、計算流量が実測流量を再現できていれば相対的に流出負荷量の計算値と実測値も合致してくることから、流出負荷量は河川流量の影響を強く受けるということが分かった。

#### 参考文献

- 1) 中村祐生：紀の川流域を対象とした HYPE モデルの適用と流出解析精度向上に関する検討，和歌山大学学士論文，pp.1-5,2018.
- 2) 中村誠：原単位法と水・栄養塩流出解析モデルを用いた紀ノ川流域における栄養塩流出量の推定，和歌山大学修士論文，2018.
- 3) 田内裕人：紀の川流域を対象とした HYPE モデルによる水・栄養塩流出解析，土木学会論文集 G(環境),vol74, No.5, I\_223-232,2018.
- 4) 石浦洗一：紀の川流域を対象とした全窒素・全リン高頻度観測による栄養塩の流出特性，和歌山大学学士論文，2019