豊川における栄養塩流出負荷モデルの構築

豊橋技術科学大学　学生会員　永田一馬
正会員　井上隆信，横田久理子　　非会員　嵯峨慎

1. はじめに

愛知県が接する三河湾は外部との水交換が少ない閉鎖性水域であり，窒素やリンによる富栄養化が起こりやすくなっており，湾奥部においては毎年赤潮や貧酸素水塊が発生している．このため，三河湾湾奥部における富栄養化の一因である窒素やリンの河川からの流入負荷を算定することが重要となる．三河湾湾奥部に着目した主要な流入河川の 1 つである豊川を対象として栄養塩流出モデルを構築し，窒素，リンの年間負荷量を算出した．しかし，構築したモデルは必要なパラメータが多く，対象流域以外での運用が容易ではない．そのため，土地利用ごとに実測データからモデルのパラメータを決定することで，他地点での負荷量算出が容易な栄養塩流出モデルを構築することを目的とした．

2. 研究対象流域

本研究で対象とする流域は，愛知県設楽町の段戸山を源流とする一級河川である豊川で，最も下流の流量観測所である当古橋を流域の末端とした．流域の土地利用の割合は森林が全体の 75%を占めている．

3. 流域データの整理

流域の各データを求めるためにまず，GIS (ArcGIS10.4, ESRI)を用いて計算流域を決定し 1km メッシュに区切り，各メッシュの土地利用面積を求めた．各メッシュの周囲 8 方向のメッシュとの標高を比較し最も勾配のある方向へ水が流れるとしてメッシュ間の落水方向を求めた. また, 各メッシュのデータのうち降雨量は, 気象業務支援センターで発行されている解析雨量を用いた. その他の各メッシュデータ(気温, 風速, 日射量, 日照時間，湿度) は気象庁のデータを用いた．

4. 栄養塩流出モデルの概要

本研究では土壌部分を鉛直方向に A，B，C レイヤの 3 層を想定した水分流出モデルを用いて，水分流出を再現した．この水分流出モデルは，過去研究において，降雨時流量を精度高く再現できていないという問題点があった．その問題を解決するため，表層に流出孔を一つ追加した．栄養塩流出モデルに関しては，水分流出モデルによって得た水分流出量を元に栄養塩流出モデルを構築した．栄養塩流出モデルの概要を図 1 に示す. 計算対象とした物質は DN, PN(懸濁態窒素), DP，PP(懸濁態リン)である．DN，DP の流出量は各層からの水平方向の水分流出成分に一定の濃度を乗じて算出する．PN，PP の流出量は表層と中間層からのみ流出していると仮定し，累乗関数式 $L=AQ^n$(L:負荷量(mg/hour)，Q:流量(L/hour))を用いて算出する．

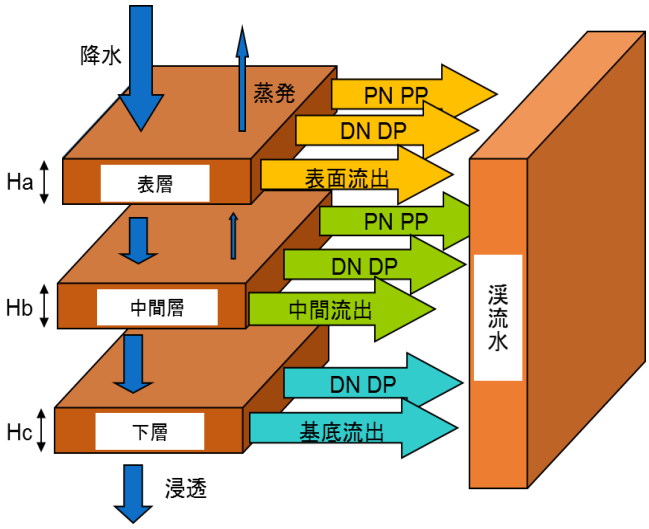

図 1　栄養塩流出モデルの概要

5. モデルパラメータの決定

森林の土地利用における栄養塩流出モデルのパラメータは，森林が主な流域である伊自良川の上流域を研究対象とした実測データからモデルパラメータを決定した．DN，DP のパラメータは一層ずつパラメータフィッティングを行った．まず，基底流出のみ存在している場合の実測データを抽出し，その実測データと合うように下層の濃度のパラメータを決定した．決定した下層のパラメータを使用し，基底流出と中間流出のみ存在している場合の実測データから中間層のパラ

メータを決定した．表面層のパラメータも他2つと同様に，下層と中間層のパラメータと実測データを用いて濃度のパラメータを決定した．

6. 水分流出モデル結果

水分流出モデルで算出した2010年，2016年流量の実測結果，既往モデル計算結果，新モデル計算結果を図2, 図3に示す. 図2の2010年流量の降雨時流量は，既往モデルから本研究モデルに変更したことで，7月から12月にかけて計算流量が実測流量に近づき, 再現度の上昇が見られた．図3の2016年流量に関しても，モデルの変更に伴って7月から12月にかけて降雨時流量の再現度の上昇が見られた．

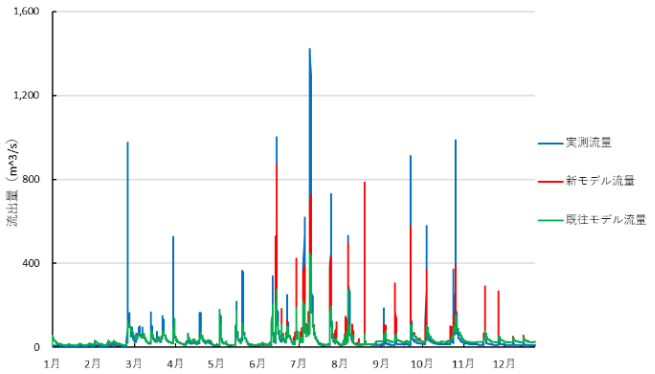

図2　2010年流量の実測値と計算値

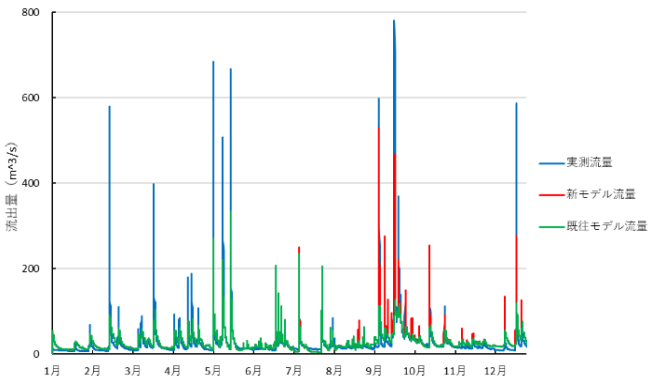

図3　2016年流量の実測値と計算値

7. 栄養塩流出モデル結果

栄養塩流出モデルは，2010年10月30日から10月31日にかけて行われた豊川の降雨時水質データと比較を行う．TN，TP 濃度の実測結果とモデル計算結果を図4，図5に示す．

図4のTN濃度は，ピークはモデル結果が2倍近くになったが，降雨後は，モデル結果が実測結果と非常に近い値になっていた．TN の実測結果とモデル結果の相関係数は0.97になっており，非常に相関があることが分かる．図5のTP濃度は，TN濃度に比べると降雨後データの誤差は少し大きくなっていた. TP濃度においても，ピーク時の実測結果に対して、モデル結果が大きい値を示していた. TPの実測結果とモデル結果の相関係数は0.54になっており，TN濃度に比べると相関が低くなっていた．

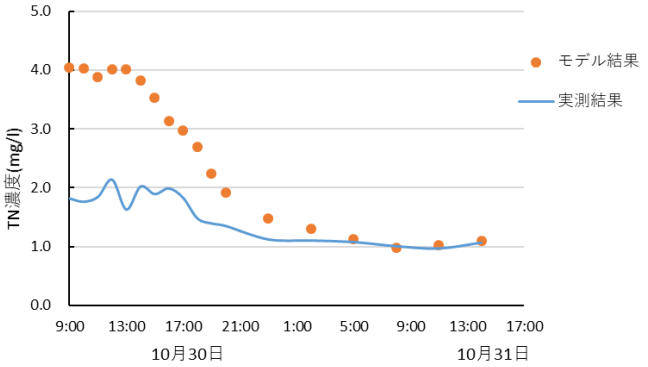

図4　TN濃度の実測結果とモデル結果

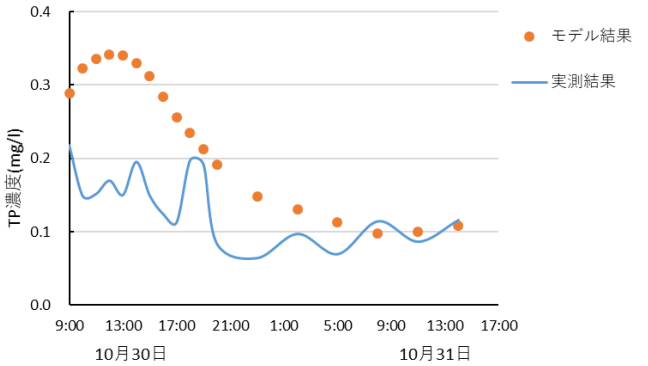

図5　TP濃度の実測結果とモデル結果

8. まとめ

水分流出モデルは，2010年，2016年どちらも7月から12月にかけて，既往モデルと比べて，ピーク時流量が実測流量に近くなっており，再現度の向上が見られた．栄養塩流出モデルは降雨後に関しては，TN，TPどちらも実測結果とモデル結果に大きな誤差は見られなかったが，ピーク時に値が大きくなる傾向が見られた．本研究では，パラメータフィッティングに用いた実測データの量が少なかったため，それを考慮して，サンプルデータの追加を行い，パラメータの見直しが必要である．また，他の土地利用での実測データを用いたパラメータフィッティングなども今後行う必要がある．