

II-20

出水時の阿武隈川における溶存・懸濁態負荷のモデル化

日本大学大学院 学生員 ○小澤 貴幸
日本大学工学部 正会員 長林 久夫

1. はじめに

出水時の河川における汚濁負荷過程は、平水時に河道内に蓄積された汚濁負荷が浮遊、掃流、沈降により下流へ輸送されるものと、流域からもたらされる流送土砂に吸着して流入するものに大別される。これらの物質輸送を定量化することは、広域の流域管理に関する水質の維持・管理の対策において重要である。

湯田ら¹⁾は、流量と栄養塩負荷量の関係を用いて出水時の再現計算を行った。その結果、上流側の本川・支川の負荷を調整することにより阿久津地点の負荷分布が計算可能であることを示した。

本研究では、汚濁負荷の輸送過程の違いに着目して溶存態栄養塩と流量の関係、懸濁態栄養塩と浮遊土砂の関係を導き、溶存態・懸濁態に区分して評価する方法について検討した。

2. 流域概要及び調査項目

対象河川の阿武隈川は流域面積 5400km²、流路延長 239km の一級河川である。調査項目を表-1 に示す。調査を行った出水は、1996 年から 2004 年までの計 9 回で水質分析項目は表のとおりである。

表-1 阿武隈川出水時の調査項目

対象出水	1996年9月	1998年8月	2000年7月	2001年8月	2001年9月
	2002年7月	2002年10月	2004年9月	2004年10月	
分析項目	1996年………SS, VS, T-N, T-P				
	1998～2004年……SS, VS, T-N, T-P, NO ₂ , NO ₃ , NH ₄ , PO ₄				
	2001～2004年では通過後の検水についても分析(溶存態)				

3. 出水時の阿久津地点における負荷特性

これまでの研究²⁾で溶存態負荷量と流量の関係、懸濁態濃度と SS の関係について検討を行った結果、NO₃-N は流量と NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P は SS との関係が良好であることがわかっている。図-1 に三態窒素及びオルトリン酸の負荷特性を示す。図中に示す実線または破線は各栄養塩の近似線である。また、図中に示す式は各栄養塩の関係を示したもので DL:溶存態負荷量、PC:懸濁態濃度である。表-2 に溶存態・懸濁態栄養塩の負荷特性より得られた三態窒素及びオルトリン酸の係数及び指数を示す。本研究では、得られた関係式に計算で求めた流量及び浮遊砂濃度を用いることで出水の再現計算を行う。

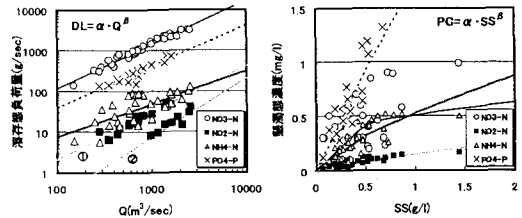


図-1 懸濁態及び溶存態栄養塩の負荷特性

表-2 三態窒素・オルトリン酸の係数及び指数

	溶存態負荷量		懸濁態濃度	
	α	β	α	β
NO ₃ ①	0.010	1.153	0.152	0.818
NO ₂ ②	0.0003	1.462		
NO ₃	0.778	1.085	0.507	0.315
NH ₄	0.167	0.824	0.530	0.724
PO ₄	0.364	1.014	1.736	0.696

4. 解析方法

分布型流出・輸送モデルには、国土数値情報を用いて流域を 1km 間隔の流路でつないだ擬河道網³⁾を計算機上に再現している。洪水時における流量計算²⁾は河道を放物線形とし、水路勾配と水路幅を場所の関数にしている。粗度係数は河床で $n=0.03$ 、斜面で $n=0.5$ とした。また、洪水波を弾性波で伝播する Kritz-Seddon の式に従い支配方程式に与えている。

浮遊砂量は Lane-Kalinske 式²⁾を用いて計算を行った。計算条件として、カルマン定数 $k=0.4$ として与え浮遊砂濃度分布 P_* は分割数を 50 として計算を行った。また平均粒径と砂粒分の含有率についてもパラメータとして与えている。本研究では、Lane-Kalinske 式の計算過程である浮遊砂濃度 C_B を用いて懸濁態栄養塩の計算を行う。

全窒素及び全リンは有機態栄養塩が含まれており T-N、T-P と無機態窒素の差を有機態量とした場合、出水ごとにデータがばらつくことから、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の濃度の合計を全窒素、オルトリン酸を全リンとして計算を行った。よって、本研究では無機態窒素及び無機態リンのモデル化となっている。

5. 阿久津地点におけるモデル計算の検討

栄養塩計算モデルの適合性を確認するため2002年7月及び10月出水の三態窒素の計算結果を例に検討を行う。本研究では溶存態栄養塩と懸濁態栄養塩の合計を全量栄養塩としている。図-2に阿久津地点における三態窒素の計算結果を示す。2002年7月出水では $\text{NH}_4\text{-N}$ のピーク時、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ の溶存態栄養塩で実測値との適合性が悪いが、全量栄養塩の計算結果は比較的良好である。2002年10月出水では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の全量栄養塩に誤差が生じているが計算結果は概ね良好である。多少の改善点がみられるが、三態窒素の適合性は比較的良好であることがわかった。

図-3に全窒素の計算結果を示す。2002年7月出水の溶存態で特異な傾向を示しており改善の余地があるが、全量・懸濁態ともに良好な計算結果を示した。2002年10月出水についても減水期の実測値に特異な傾向がみられるが出水時の推移を良好に再現している。

6. 出水ピーク時の負荷特性

阿武隈川流域の各主要地点における出水ピーク時の負荷特性について検討を行う。データにはピーク時の物質輸送特性を観測する移動計測⁴⁾を行った1996年9月出水を用いる。図-3に阿武隈川流域の主要地点における流量ピーク時のT-N、T-Pの推移を示す。1996年9月出水では三態窒素の区別をしていないため実測値にはT-Nの生データを用いている。T-Nをみると白河から本宮間では計算値が多少低い値を示しているが白河から徐々に減少する傾向は再現できている。計算値が低い値を示す理由は、有機態量を考慮していないことが挙げられる。福島以降では、全地点で計算値が低い値を示している。杉木ら⁴⁾の研究により、本川上の河川構造物や狭窄部等を考慮する必要性が示されていることから、これらの影響をモデルに取り入れる必要がある。T-Pについては、T-Nとは異なり白河から本宮間の計算結果は須賀川地点を除いて良好である。須賀川地点の計算値が低い原因として、須賀川上流の支川の影響であると考え、福島と同様に計算値が低い値を示しており、河川構造物や地形的な要因を考慮する必要がある。

7. おわりに

阿武隈川全域を対象としたモデル計算を行った結果、阿久津地点における適合性が認められ、流域全体を計算するための改善点が示唆された。

参考文献

- 1) 湯田・長林: 阿武隈川中流域における出水時の物質輸送機構の検討, 日本大学大学院修士学位論文, 2004.
- 2) 小澤・長林: 出水時の阿武隈川における負荷特性と物質輸送機構の検討, 第47回日本大学工学部学術研究報告会講演要旨集, pp.24-27, 2004.
- 3) 菊田・長林: 擬河道網モデルを用いた1998年8月出水の流出解析, 日本大学工学部卒業研究論文, 2001.
- 4) 杉木・真野: 阿武隈川における細粒土砂の観測と時間空間分布, 水工学論文集, 第41巻, pp.783-788, 1998.

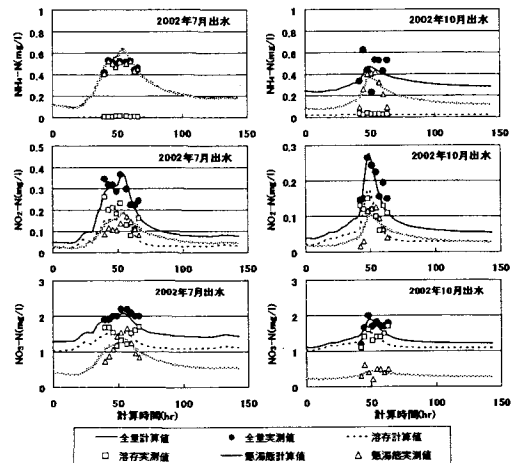


図-2 阿久津地点における三態窒素の検討

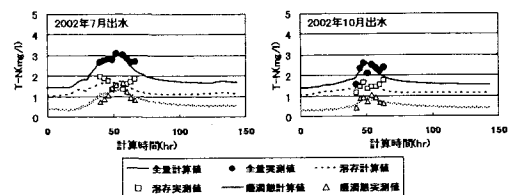


図-3 阿久津地点におけるT-Nの検討

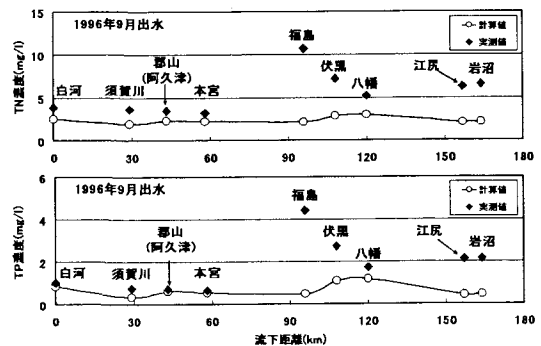


図-4 阿武隈川流域の出水ピーク時の負荷特性