

PSII-25 感潮河川水質モデルによる硝化作用の定量的評価

九州大学工学部 正員 ○古米弘明 正員 二渡 了
同上 正員 大石京子 正員 楠田哲也

1. はじめに

河川における自浄作用の一つである脱窒の前段階となる硝化作用は河川水中及び好氣的な河床表層において行われている。著者らは、懸濁物質の高濃度水塊が存在する六角川感潮部を対象河川とし、現地水質観測を長年にわたって実施してきた。その結果をもとにして窒素変換作用の一つである硝化のシミュレーションモデル¹⁾を作成した。本研究では、このモデルにより河川での硝化作用を定量的に評価する上で重要な因子となる流入負荷量の設定方法と硝化反応項の妥当性を検討することを目的とした。特に今回は、硝化作用の最終生産物であり、脱窒の反応物となる硝酸性窒素の濃度予測も行った。

2. モデル化

六角川流域の概略を図-1に示す。5.0kmの地点(河口堰)から29.6kmの地点(感潮限界)までを計算対象区間とした。水理条件を $\Delta X=200\text{m}$ 、 $\Delta T=40\text{秒}$ で与え、1983年11月20日(大潮)における、アンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)、亜硝酸性窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)、硝酸性窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)の濃度変化を計算した。硝化に影響を及ぼす塩分濃度、SS濃度についてはそれぞれのシミュレーションモデル²⁾によって計算した結果を用いた。反応項をMonod型の式で表現し、SSと底泥の両者による反応を考慮した。計算に用いた反応項の係数値を表-1に示した。

流入負荷については、河口から26.5kmの地点で合流している武雄川からの負荷と河口から22.2kmにあるし尿処理場からの負荷を考えた。これらの本川への流入負荷分は潮汐の影響を受けたため、断面の水位変化に応じて流入負荷量を調節した。初期条件としては、河口から200m間隔で $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を与える必要がある。しかしながら、実測点は5地点のみであることおよび大町橋より上流側に流入負荷源が存在することより、この地点から上流側は直線補間ではなく新橋での濃度経時変化を考慮して各点の初期濃度を推定した。これにより初期条件の影響のない解を得るための計算回数を少なくすることが可能である。また、河口堰における下流側境界条件は一時間間隔の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 実測濃度を与え、内挿して求めた。上流部の境界条件は現地観測結果をもとに一定として与えた。

3. 結果及び考察

3.1 負荷流入量設定について

武雄川及びし尿処理場からの負荷については共に正確な値を把握できない。従って、反応の影響をさほど受けない新橋地点の水質データをもとに負荷量を設定することを試みた。図-2及び3に武雄川およびし尿処理場からの負荷量を変化させた結果を示す。武雄川からの負荷量は干潮時の濃度レベルを規定しており、 $180\text{kgNH}_4\text{-N/日}$ で計算するとき新橋での観測データをよりよく表現できた。一方、し尿処理場からの負荷は上げ潮時の濃度レベルを規定しており、負荷を $150\text{kgNH}_4\text{-N/日}$ で計算した場合に、新橋の観測データを表現できている。同様に硝酸性窒素についても考察を行った結果、武雄川及びし尿処理場からの負荷をそれぞれ $130\text{kgNO}_3\text{-N/日}$ 、 $320\text{kgNO}_3\text{-N/日}$ と与えると実測値を表現できた。しかし、し尿処理場からの負荷については、その処理人口と浄化能力を考慮するとこれほど高い $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷は考え難い。このことは、し尿処理場以外からの負荷として河床からの硝酸性窒素の溶出などを考慮する必要があることを示唆しているものと考えられる。以下の計算では、し尿処理場からの負荷を $150\text{kgNO}_3\text{-N/日}$ とする一方で、河床底泥表層間隙水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を実測値を考慮して 5mg/l と与え、河川水中と濃度勾配による硝酸性窒素の溶出をモデルに組み込んでいる。

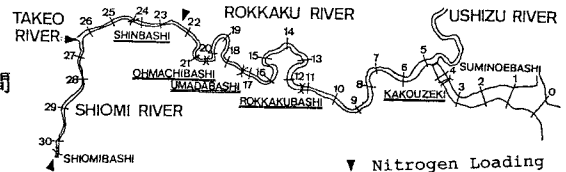


図-1 六角川概略図

表-1 主な反応項の係数値

反応項の係数	アンモニア酸化菌	亜硝酸酸化菌
増殖収率[-]	0.098	0.017
最大比増殖速度 [*] [1/h]	0.015~0.029	0.015~0.025
飽和定数 ^{**} [mg/l]	0.5~2.0	0.3~2.5
温度係数 ^{***} [1/°C]	0.0413	0.0255
固体量 ^{****} [mg/kgSS]	10~25	----
底泥好気層厚[cm]	0.5	
好気層底泥量[kg/m ²]	2.51	
水温[°C]	12	

* : SSと底泥および塩分濃度により変化させている。

** : $\log_{10} \mu_m = \text{constant} \times (T - 20^\circ\text{C})$

*** : 上、中、下流により変化させている。

**** : 増殖収率比例とした。10~25 $\times$ (0.017/0.098)

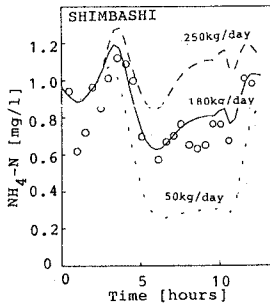


図-2 26.5km地点での流入負荷量の影響

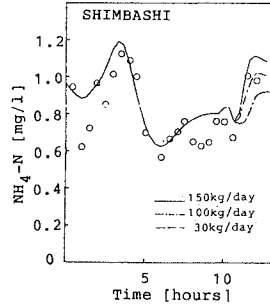


図-3 22.2km地点での流入負荷量の影響

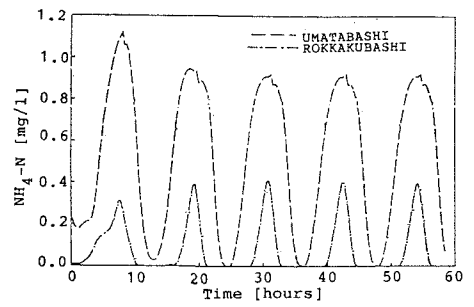


図-4 NH4-N濃度変化の数値計算結果（5潮汐分）

3.2 数値計算結果

上記の条件もとで計算した馬田橋と六角橋地点での $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度変化の5潮汐分を図-4に示す。ただし2潮汐目以降は1潮汐目と同じ水量、SS濃度、塩分濃度で計算している。1潮汐目と2潮汐目以降の経時変化には若干の食い違いがあるものの、ほぼ同様な傾向を示している。観測時の水温条件で計算した濃度レベルは5潮汐にわたってほぼ一定であり、反応項の設定は適当と考えられる。

この反応項の条件のもとでの濃度変化の計算結果を河川全体について図-5に示した。図からもわかるように潮汐作用によりアンモニア性窒素の高濃度水塊が移動しており、それに対応して亜硝酸性窒素のピークが少し下流側に存在している。一方、硝酸性窒素の高濃度水塊は河口堰まで到達している。また、この水塊は海水の進入により希釈されている様子も伺える。言い替えば、上流で流入した窒素は硝酸性窒素に変換され下流部方向に輸送され、再び海水により押し戻されていることになる。この中・下流部における水塊の移動の繰り返しなかで、硝酸性窒素は脱窒作用により除去されるものと考えられる。下流境界での窒素収支に関連して硝酸性窒素濃度の変化を詳細に見ると、下げ潮時において、計算区間最下流点での硝酸性窒素濃度は河口堰の実測データと滑らかに連続しており、今回設定した窒素負荷量がほぼ妥当であることが確認できる。

5. まとめ

以上の数値計算による検討を通して、以下のことが明らかとなった。①反応項の影響を受けない上流地点での計算結果より、流入負荷量の推定が可能であること。②上流2ヶ所の負荷量が河川水質に大きく影響していること。③モデルに組み込んだ硝化の反応項は妥当であり、このモデルにより感潮河川での硝化作用を定量的に評価可能であること。

今後、窒素収支の観点より脱窒を含めたモデルの検討を行う予定である。最後に、数値計算において御協力いただいた本学卒業生松岡俊治君に、感謝致します。

<参考文献> 1) H. Furumai et al.; Wat. Sci. Tech. Vol. 20, No. 6/7, pp. 165-174, 1988

2) 野正ら：九州大学集報、第58巻、第1号、pp. 33-40, 1985

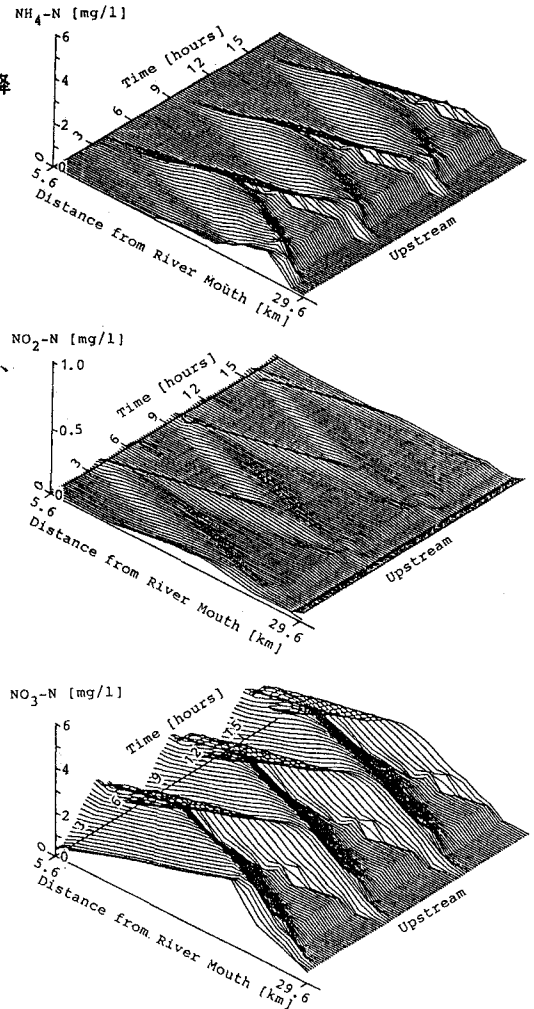


図-5 感潮河川での窒素濃度変化の全体像