

感潮河川における硝化作用の長期シミュレーションについて

九州大学工学部 学生員○旭 剛志 正 員 古米弘明
同 上 正 員 二波 了 正 員 楠田哲也

1. はじめに

河川感潮部における窒素の挙動は、河川固有流や潮汐作用の影響を受ける。特に、干満差の大きい有明海に注ぐ六角川(佐賀県)下流部においては、水質に及ぼす影響のうち潮汐作用が卓越している。その潮汐作用には、一潮汐間の変動の他に、大潮～小潮～大潮にわたる長期的な周期変動がある。一潮汐間についての窒素の挙動については、既に検討を進めてきているものの¹⁾²⁾、長期間での検討が必要と考えられる。そこで、本研究は、六角川を対象に、その感潮水域における硝化反応のモデル化を行い、現地調査結果と数値計算結果との比較を通して長期的な窒素の挙動を明らかにし、水質汚濁制御のための知見を得ることを目的とする。

2. モデル化及び基本式

(1) 対象河川及び対象期間

計算対象領域は大潮満潮時における河口から、29.0km地点(感潮限界)までの水塊とした。また、1988年11月27日から12月16日を対象期間とした。

(2) モデル作成の手順

I. 固定座標で計算された水理量の移動座標系への変換

従来の検討では、固定座標系での1次元の連続式及び物質収支式を基本式として取り扱っていたが、本研究では数値拡散の影響を極力抑えるために、物質収支については移動座標系で検討した。移動座標系における差分化の概念図を図-1に示す。図中の ΔV の分割は、各境界間の距離が、満潮時においてほぼ等間隔となるように設定した。

II. 移動座標系におけるCL濃度とSS濃度の計算

拡散係数 D は、 $D = \alpha u \cdot R$ (u : 摩擦速度、 R : 径深、 α : 定数)で表現できると仮定し、まず、CL濃度の現地観測結果に計算結果がフィットするように定数 α を設定した。これをもとにその他の物質収支での拡散項を取り扱った。SS濃度を計算する場合には、底泥からの巻き上げおよびSS沈降フラックスを従来の研究結果³⁾を参照して与えた。

III. 移動座標系における窒素濃度の計算

負荷流入量の設定については、武雄市の家庭廃水が流入する武雄川とし尿処理場からの負荷をそれぞれ河口より26.5km地点22.2km地点で与えた。その負荷量は、それぞれ流域人口や処理方式を考慮して、表-1に示す値を用いた。ただし、これらの本川への経時的な流入負荷分は、流入点の水位により調節した²⁾。反応項については、Monod型の式で表現し、SSと底泥の両者による反応を考え、塩分や温度の影響も考慮した¹⁾。初期及び境界条件は、対象期間の現地観測結果を参考にして与えている。

3. 結果及び考察

(1) 現地観測結果について

I. 1987年11月5日から11月21日の17日間に河口より11.2km(六角橋)地点および1988年11月27日から12月16日の20日間には河口より24.2km(新橋)、17.2km(馬田橋)、11.2km(六角橋)の3地点において1時間間隔で自動採水を行い、CL、SS、窒素濃度経時変化を調査した。

II. 1988年11月27日、11月29日、12月1日、12月3日の満潮時に河道方向10地点(河口から27.2km～11.2kmの区間)において同時採水を行い、CL、SS、窒素濃度分布を調査した。

I. の長期観測結果を、図-2(a)、(b)に示す。両者はともに11月の調査結果であり、SSについては大潮時に高く、小潮時に低いという傾向を示した。一方窒素濃度の変化は、全般的には、アンモニアおよび亜硝酸性窒素濃度は小潮以降に徐々にピークを持ち、再び大潮時には低下するものと推察される。しかしながら、88年の結果は87年と比べ不規則な変動傾向を示している。これは、窒素負荷の流入点として設定した2カ所以外に、突発的な汚染源が存在し、それにより濃度経時変化に影響が及んでいるものと考えられる。したがって、数値計算結果を実測値と比較し、モデルの検証を行う場合にこの点に注意を要する。

(2) シミュレーション結果について

シミュレーション結果のうち六角橋地点の窒素濃度変化を、図-2(c)に示す。計算結果は、負荷流入量の設定方法によりかなり左右されるが、アンモニアおよび亜硝酸性窒素濃度の大潮から小潮にわたる長期間の

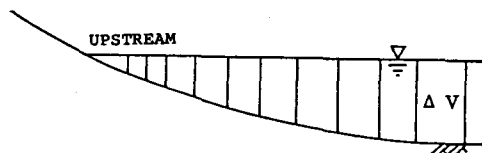
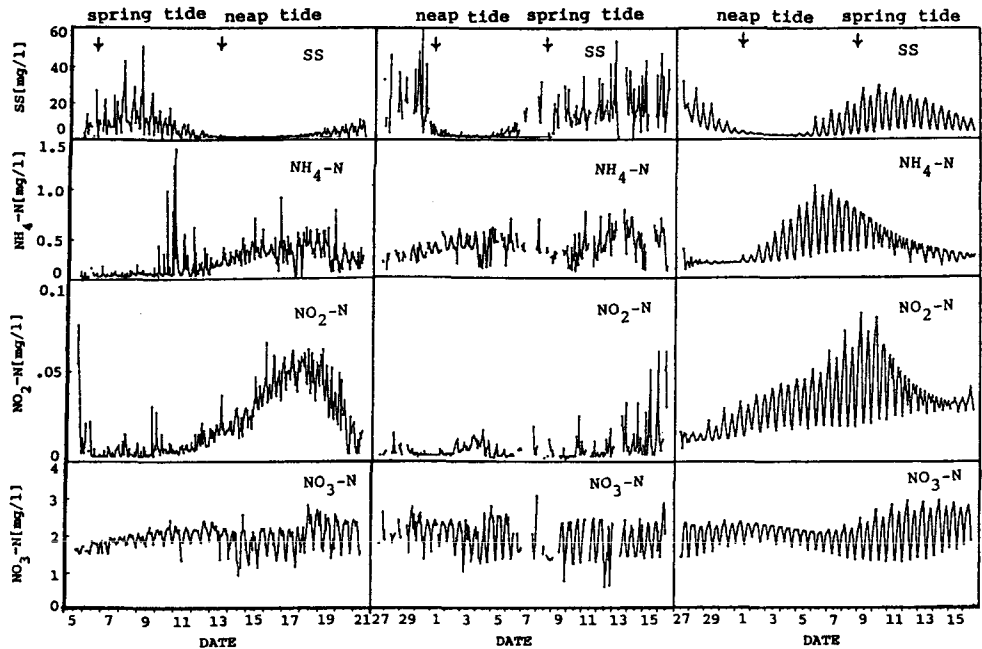


図-1 移動座標系における差分化の概念図

	武雄川	し尿処理場
NH ₄ -N (kg/day)	180.0	30.0
NO ₂ -N (kg/day)	8.0	1.0
NO ₃ -N (kg/day)	130.0	30.0

表-1 窒素流入負荷量設定値



(a) 1987年長期観測結果 (b) 1988年長期観測結果 (c) シミュレーション結果
図-2 1987年、1988年長期観測結果及びシミュレーション結果 (六角橋)

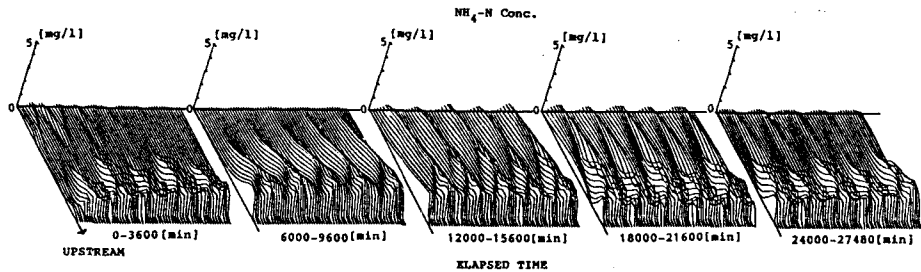


図-3 河道方向の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度分布の経時変化

濃度変動は、特に87年の観測結果の傾向と対応しており、小潮時以降に濃度ピークを持つことが再現できている。現時点では厳密に現地のSS濃度を表現できていない状態のため、即断できないが今回のモデルで窒素の挙動を大まかに評価可能と考えられる。

図-3は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度経時変化について、大潮から小潮さらに大潮にわたる期間のうち代表的な部分を選び、河川の対象区間に対し表現したものである。図からわかるように、上流部にアンモニア窒素負荷の流入に伴う急激な濃度上昇があり、形成された高濃度水塊が上げ潮および下げ潮により上・中流部を移動している。その移動は大潮の時には短い区間で行われるのに対し、小潮時には高濃度水塊が下流部近くまで輸送されていることが分かる。再び、大潮時にはその水塊は押し上げられ、上・中流部を往復移動することになる。小潮時におけるアンモニアの下流方向への移動は、上中流部区間でその水塊が往復移動している間に硝化が完了せず、その結果到達距離が延びているものと考えられる。これは、SS濃度が小潮時に低いために河川における硝化能力が低下していることに対応していると考えられる。

4. まとめ

長期観測結果およびシミュレーション結果をとおして以下のことが明かとなった。①現場では、窒素濃度変化に大きく影響を及ぼす突発的な流入負荷源が存在しうること、②アンモニア性窒素の高濃度水塊が反復移動する区間が大潮から小潮にかけて変化し、SS濃度が低い小潮以降に下流部近くまで到達すること。今後、様々な流入負荷量条件で計算を行い、各条件での硝化作用とSS濃度等との関係を検討する予定である。

<参考文献> 1) 古米ら：土木学会第44回年次講演会講演概要集II-PS25 pp50-51, 1989

2) 松岡ら：昭和63年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集II-82 pp286-287, 1989

3) 二渡ら：衛生工学研究論文集 Vol.24 pp139-149, 1988