

II-445 河川感潮部における窒素の挙動に関する研究

九州大学工学部 正 員 古米弘明 学生員 旭 剛志
正 員 二渡 了 正 員 楠田哲也

1 はじめに

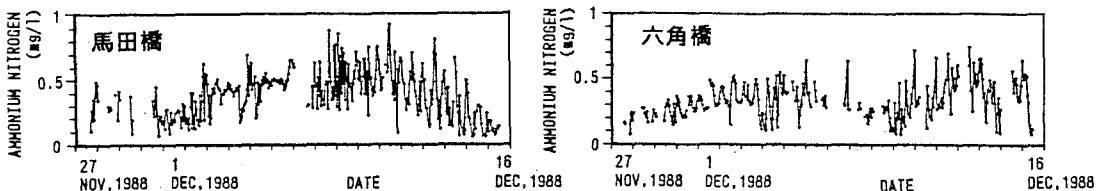
河川感潮部における窒素の挙動は、河川固有流や潮汐作用の影響を受け複雑である。特に、干満差の大きい有明海に注ぐ六角川(佐賀県)におけるその挙動は、懸濁物質の高濃度塊の影響を受けて、一潮汐間の周期的な窒素濃度変動のほかに、大潮～小潮～大潮にわたる長期的な周期変動を示す。一潮汐間の窒素の挙動については既に検討を進めてきているものの¹⁾、長期間での検討も必要と考えられる。そこで、本研究では六角川感潮部を対象として、硝化反応のモデル化を行い、現地観測結果と数値計算結果との比較を通して長期的な窒素の挙動を明らかにし、水質汚濁制御のための知見を得ることを目的とする。

2 硝化反応のモデル化及び計算方法

モデルには、一次元不定流モデルを用いた。物質収支式の計算に際して、従来の固定座標系による計算方法では、計算期間が長くなるにつれ数値拡散の影響が大きくなり、十分な検討が行えなかった。そこで、本研究ではその影響を極力抑えるために、移動座標系での計算を行った。対象領域は、六角川の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、計算期間は現地観測を行った1988年11月27日から12月16日までとした。移動座標系の微小要素である水量の分割を、満潮時において各境界間の距離がほぼ等間隔となるように設定した。物質拡散係数 D は、 $D = \alpha u_* R$ (u_* :摩擦速度, R :径深, α :定数)で与え、 Cl 濃度の現地観測結果に計算結果が一致するように定数 α を設定した。これをもとに窒素収支での拡散項を取り扱った。反応項は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⁾。また、硝化菌存在量は実測値と流入負荷量から推定される量²⁾を参照して設定した。流入負荷量の設定は、上流市街地からの家庭廃水の流入とし尿処理場からのアンモニア性窒素負荷をそれぞれ河口より26.5km地点で100kg/day, 22.2km地点で30kg/dayとした。この負荷量は、それぞれ流域人口や処理方式を考慮しながら、反応項の影響のほとんどない24.2km地点での観測値を表現できるように設定したものである。また、これらの本川への経時的な流入は、流入点の水位により調節して与えるようにした。初期条件及び境界条件は、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

3.1 窒素濃度変動について 河口より17.2km(馬田橋)、11.2km(六角橋)の各地点において1時間間隔で測定されたアンモニア性窒素(NH_4-N)濃度の経時変化を図-1に示す。なお、12月9日が大潮、12月1日及び16日が小潮である。濃度変化は、負荷流入地点からの距離によりその傾向を若干異にするが、中流域では小潮以降に濃度の極大値が徐々に上昇し、再び大潮時には低下している。12月10日以降に不規則な変動が見られるが、他の水質にも特異的な傾向が見られ、突発的な負荷流入があったものと推察される。図-2に数値計算結果を示す。この計算結果は、小潮時以降に濃度ピークを持つことをうまく再現している。また、反応項の有無による影響をみるために、反応項なしでの結果を図-3に示す。硝化反応がないことにより、0.5mg/l程度の濃度レベルの上昇が見られ、大潮時での濃度低下も表現できないことが分かる。これらの解析を通して、本河川感潮部での硝化作用の重要性を定量的に明かすることが可能と考えられる。図-4は、 NH_4-N 濃度の縦断分布を経時的に示したものである。図から分かるように、上流部に NH_4-N 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及び下げ潮により上・中流部を移動している。そ

図-1 NH_4-N 濃度経時変化(現地観測結果)

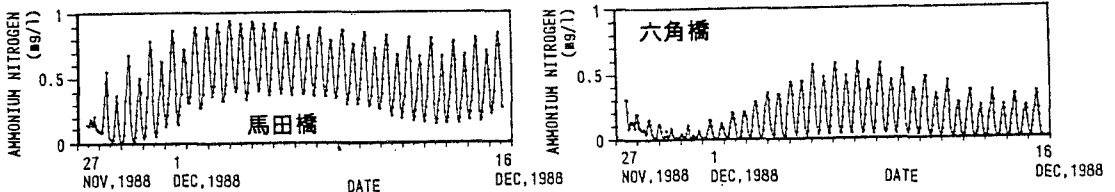


図-2 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度経時変化 (数値計算結果)

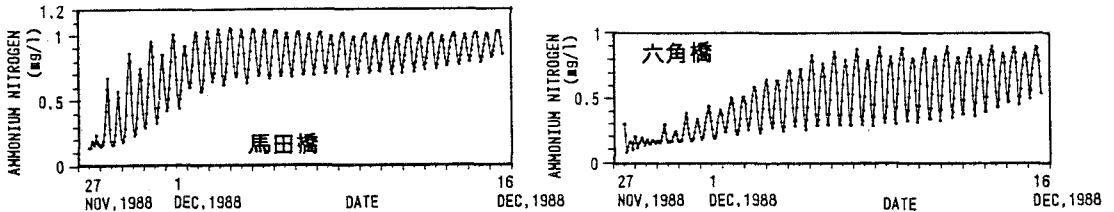


図-3 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度経時変化 (数値計算結果: 反応項なし)

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。大潮時にはその水塊は再び押し上げられ、上・中流部を往復移動している。小潮時における $\text{NH}_4\text{-N}$ の下流方向への移動は、絶えず流入する窒素負荷をこの時期には中流部までの区間での往復移動で硝化が完了せず、その結果到達距離が延びているためと考えられる。

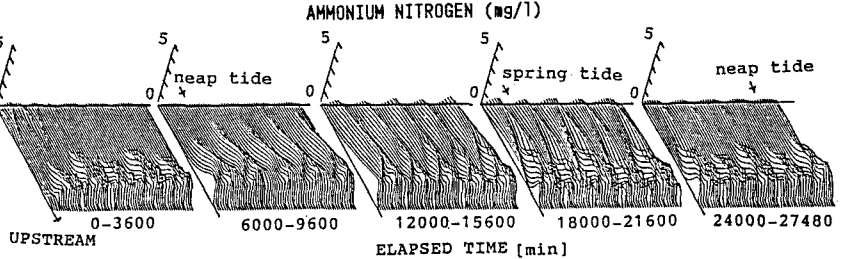


図-4 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度縦断分布経時変化

3.2 懸濁物質と底泥による硝化作用への寄与について

次に、ラグランジュ的にある水塊における硝化作用を評価することを試みた。大潮時と小潮時に上流部に存在し、流入負荷を受ける水塊における硝化量の経時変化を図-5に示す。大潮時に流入する $\text{NH}_4\text{-N}$ は、流入とともに高濃度のSSにより硝化を受けるが、小潮時に流入した場合にはSSによる硝化量は低い。この時、硝化はおもに底泥により進行するが、底泥による硝化量はSS高濃度塊が存在する時のSSによる硝化量に比べ小さく、濃度低下がさほど進行しないまま下流側へと移動することになる。その後、その $\text{NH}_4\text{-N}$ の水塊が中下流部を往復移動する時期には大潮を向かえ、SSによる硝化量が増大し、最終的には $\text{NH}_4\text{-N}$ が消費され尽くし、この結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 水塊が河口域まで到達しないと考えられる。

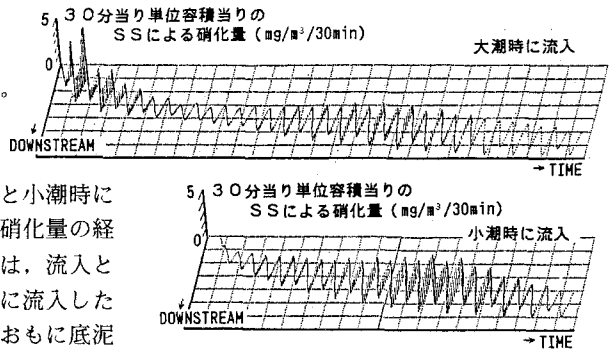


図-5 硝化量経時変化

4 まとめ

長期観測及び数値計算結果を通して以下のことが明かとなった。①アンモニア性窒素の高濃度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。②大潮時における硝化はSSの影響が大きく、小潮時における硝化は底泥の影響が主となる。しかし、その底泥による硝化量はSS高濃度塊が存在するときのSSによる硝化量に比べ小さいため、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 水塊がさらに下流側へより移動することになる。

- 【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，pp50-51，1989
2) 古米ら：土木学会第43回年次講演会講演概要集Ⅱ，pp880-881，1988