

感潮河川河口部底泥における窒素変換過程に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生員○成富秀樹 正員 大石京子
同 上 正 員 楠田哲也 正員 古米弘明

1. はじめに

河口部における硝化と脱窒は水域の水質浄化にとって重要な要因であり、底泥や懸濁物質がその機能を有している。通常河口部底泥は潮汐の影響によって比較的巻上がりやすい層（浮泥層）硬くなって安定した層（底泥層）とに分けられる。この浮泥層が沈降再浮上することにより、底泥表層部での溶存酸素濃度が変化し、この表層部における微生物活性に影響を与えと考えられる。本研究は浮泥層の水質浄化に対する寄与を明らかにすることを目的としており、本報告では河口部の浮泥層及び底泥層を数層に分けて各々の間隙水質、脱アミノ反応速度、酸素消費速度、硝化速度、脱窒速度を測定し基礎的見地を得たので報告する。

2. 実験方法

1) 供試底泥

六角川河口から約4km地点で採取を行った。1988年6月10日（小潮より3日後）の干潮時に露呈した底泥を乱さないようにコアサンプラーで採取し、表面より0-5、5-10、10-20、20-30、30-60、60-80、80-100、100-130mmの9層に分割した。さらに、1988年10月11日（大潮）の干潮時に露呈した底泥を上記同様の方法で採取した。表層1cm、表層1cm以下黒くなるまでの層約2cm、黒い層を2cmずつ3層に分けて、各底泥について間隙水を遠心分離により採取し各水質を分析した。なお反応速度を求める実験には10月11日に採取した試料を用いた。底泥を現場の河川水で懸濁させたのを用いて回分実験を行った。

2) 分析方法

$\text{NH}_4\text{-N}$ はインドフェノール青吸光度法、 $\text{NO}_2\text{-N}$ はN-(1-ナフチル)エチレンジアミン吸光度法、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はCd-Cu還元法で測定には自動分析装置を用いた。Cl⁻濃度測定は硝酸銀滴定で行った。

3) 酸素消費速度測定

浮泥、表層1cm、黒くなるまでの層の泥を用い、ATU添加の場合と無添加の場合で溶存酸素濃度を連続的に測定した。

4) 脱アミノ反応

全層に、ATUを添加し、好気状態、嫌気状態の両条件下で、経時的に懸濁液を採取して濾液中の各態窒素濃度を測定した。

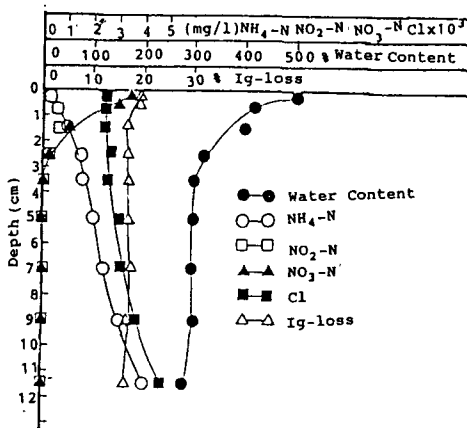


図-1 含水比、強熱減量、各態窒素、
Cl濃度の鉛直分布 (6/10)

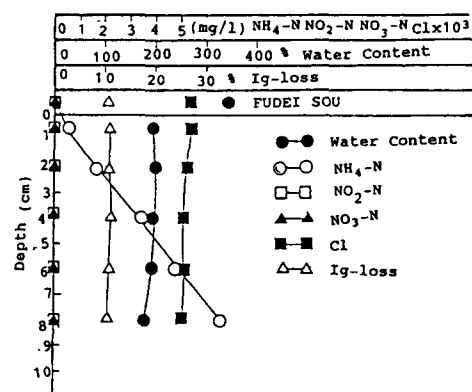


図-2 含水比、強熱減量、各態窒素、
Cl濃度の鉛直分布 (10/11)

5) 硝化反応

浮泥、表層1cm、黒くなるまでの層の泥について好気条件下で、 $\text{NH}_4\text{-N}$ または $\text{NO}_2\text{-N}$ を添加して経時的に各態窒素濃度を測定した。

6) 脱窒反応

全層の泥にATUを添加し、好気条件下で $\text{NO}_3\text{-N}$ または $\text{NO}_2\text{-N}$ を添加して経時的に各態窒素濃度を測定した。

3. 結果と考察

6月10日（小潮より3日後）、10月11日（大潮）の底泥の含水比、強熱減量、 Cl^- 濃度、各態窒素濃度の鉛直分布をそれぞれ図-1、2に示す。図-1に示すように小潮より3日後の底泥層の含水比が25mm付近で大きく変化し、それ以下の層ではあまり変化が認められなかったのに対し図-2に示すように、大潮時の底泥各層での含水比はほぼ同じであった。また、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は前者の場合約25mm付近まで、後者では表層や黒くなるまでの層では若干認められたが、黒い層ではほとんど認められなかった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は両方とも下層にいくほど高くなった。これらのことより、大潮時は潮差が最大で下げ潮による巻き上げ量も最大だと思われ、大潮時に露呈した底泥が、移動しない比較的安定した層ではないかと思われる。一方、6月10日に採取した泥は、小潮より3日後で、下げ潮による巻き上げ量が大潮のときほどではないと思われる。表層下25mm付近での含水比の変化は比較的安定した層に浮泥が堆積して浮泥層を形成しているためだと考えられる。表層1cmは、上層水からの酸素供給が期待されるので好気層、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が存在する黒くなるまでの層は無酸素層、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の存在が認められなかった黒い層は嫌気層だと考えられる。浮泥層の形成によりそれまで好氣的だった表層部が嫌氣的になり、浮泥層の巻き上がりにより再び好氣的になる可能性がある。そこで、溶存酸素の変化が大きいと考えられる好気層および無酸素層について酸素消費速度、脱アミノ速度を、全層について脱アミノ速度を測定した。酸素消費速度及び脱アミノ速度を表-1に示す。酸素消費速度は1次反応で表され、好気層、無酸素層では浮泥層より1桁大きな値を示した。ATU添加の有無による違いはほとんどなく、今回の実験条件下では硝化による溶存酸素消費速度は全体の消費速度にあまり関与していなかった。脱アミノ反応は好気状態では認められず嫌気状態では0次反応として進行しその反応速度はどの層もほぼ同程度の値を示した。硝化および脱窒速度がモノー型の式で近似でき、最小自乗法により V_m 、 K_s を推定した。その結果を表-2に示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 酸化で、 K_s の値が0.010-0.040 mg l^{-1} と推定されたが、低濃度状態での実測値が少ないため、これらの値の精度は低いと思われる。しかしながらかなり小さい K_s であることは間違いなく数 mg l^{-1} 以上ではこれら反応は0次反応だと考えられる。

表-1 浮泥及び底泥各層の酸素消費、脱窒速度

深 さ(cm)	浮 泥	好 気 層		無 酸 素 層		嫌 気 層	
		0-1	1-3	3-5	5-7	7-9	
窒素消費 ¹⁾							
ATU無添加	0.4	1.2	2.1	—	—	—	
ATU添加	0.4	1.2	2.0	—	—	—	
脱アミノ化 ²⁾							
好気条件下	0	0	0	0	0	0	
嫌気条件下	4.1	8.2	5.3	4.5	4.4	6.8	

#1: 1次反応 ($\times 10^{-2} \text{ g O}_2 / \text{g SS} / \text{h}$)
#2: 0次反応 ($\times 10^{-3} \text{ mg N} / \text{hr} \cdot \text{g SS}$)

表-2 浮泥及び各層の硝化、脱窒速度

深 さ(cm)	浮 泥	好気層	無酸素層	嫌 気 層		
		0-1	1-3	3-5	5-7	7-9
硝化 ¹⁾						
NH ₄ 酸化V _{max}	3.7	3.1	3.1	-	-	-
K _s	0.04	0.01	0.01			
NO ₂ 酸化V _{max}	3.8	2.5	3.3	-	-	-
K _s	0.01	0.01	0.01			
脱窒 ²⁾						
NO ₂ 還元V _{max}	7.6	9.5	7.7	35.4	35.5	26.8
K _s	1.1	1.1	0.4	8.2	8.3	5.5
NO ₃ 還元V _{max}	8.6	7.6	8.5	26.8	19.3	24.3
K _s	2.95	1.95	1.7	8.5	5.3	6.6

#1: V_{max} , $\times 10^{-3} \text{ mg N} / \text{hr} \cdot \text{g SS}$, K_s , $\text{mg N} / \text{g}$
#2: V_{max} , $\times 10^{-4} \text{ mg N} / \text{hr} \cdot \text{g SS}$, K_s , $\text{mg N} / \text{g}$