

II-655

底泥表層部における窒素および炭素変換機能の評価

(株) 日水コン ○正員 永友功一

九州大学工学部 正員 楠田哲也 正員 大石京子 学生員 福田哲也

1.研究の目的 水域の底泥部に供給される有機物は種々の微生物により分解、無機化され上層水界中へ回帰して行く。特に底泥表層部では溶存酸素や有機物の供給量が多く、微生物の代謝活性が比較的高いことが知られている。本研究では生分解性有機物の構成単位である窒素および炭素に着目し、それらの輸送、変換反応をモデル化し収支計算を行うことにより底泥表層部における物質変換機能を評価することを目的とした。

2.窒素および炭素変換機能のモデル化

図-1にモデルの概念図を示す。ここでは、生分解性有機物を粒子態と溶存態に分けて考え、粒子態有機炭素、窒素(POC、PON)は従属栄養細菌により加水分解を受け、溶存態有機炭素、窒素(DOC、DON)に変換されるものとした。また、DONはさらにアンモニア性窒素に変換され硝化、脱窒反応の対象となるものとした。最終的に炭素は二酸化炭素として、窒素は亜酸化窒素または窒素分子にまで変換されるものとした。

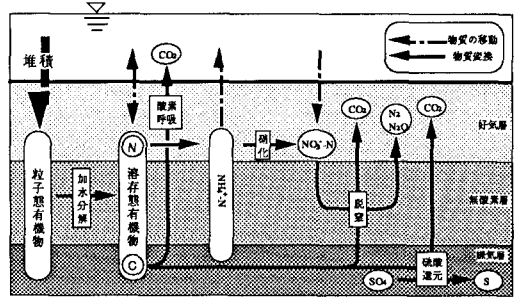


図-1 底泥層内における物質変換概念図

表-1に窒素および炭素変換反応に関わる各細菌とそれらの炭素源、窒素源を示す。ここでは、通性嫌気性菌、硝化菌、硫酸還元菌を考慮した。通性嫌気性菌は好気条件下で酸素呼吸を、貧酸素ないし無酸素条件下で脱窒を行うものとした。また、死滅菌体は100%が再基質化するものとした。

表-1 各細菌の炭素源および窒素源

反応名	細菌名	炭素源		窒素源	
		菌体合成	基質	菌体合成	基質
酸素呼吸	通性嫌気性菌	DOC	DOC (-CO ₂ -C)	NH ₄ -N	-
硝化還元	通性嫌気性菌	DOC	-	NH ₄ -N	NO ₃ -N (-NO ₂ -N)
亜硝化還元	通性嫌気性菌	DOC	-	NH ₄ -N	NO ₂ -N (-N ₂ O-N)
N ₂ O還元	通性嫌気性菌	DOC	-	NH ₄ -N	N ₂ O-N (-N ₂ -N)
NH ₄ 酸化	NH ₄ 酸化菌	CO ₂ -C	-	NH ₄ -N	NH ₄ -N (-NO ₂ -N)
NO ₂ 酸化	NO ₂ 酸化菌	CO ₂ -C	-	NH ₄ -N	NO ₂ -N (-NO ₃ -N)
硫酸還元	硫酸還元菌	DOC	-	NH ₄ -N	-

以上の仮定のもとで鉛直1次元層状モデルを構築した。表-2にそのモデル式¹⁾の基礎式を示す。物質変換速度を各反応の基質のモノ型で表現した。また底泥表層部は空間的に不均一な条件にあることが知られており、好気条件下での脱窒を考慮した。粒子態物質、溶存態物質の収支式では各々堆積、拡散による移動を考慮した。

表-2 モデル式基礎式

物質変換速度式	
$R_i = \frac{1}{Y} \cdot \mu_{max} \cdot \frac{C}{K_S + C} \cdot X$	
物質収支式	
粒子態物質	$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial z} = R_i$
溶存態物質	$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \cdot \epsilon^2 \cdot \frac{\partial C}{\partial z} \right) + R_i$
X: 菌体濃度(mg/l), C: 基質の濃度(mg/l), μ_{max} : 最大比増殖速度(1/hr), K_S : 飽和定数(mg/l), Y: 菌体収率(mg.Cell/mg.Sub), D: 拡散係数(cm ² /hr), ϵ : 空隙率, u: 堆積速度(cm/hr)	

3.シミュレーションによる物質変換機能の評価

底泥の分割層厚を0.25cmとし表層0~6cmについてシミュレーションを行った。また本計算では底泥の堆積速度を1mm/dayと設定した。図-2に生分解性粒子態窒素および炭素の鉛直分布を示す。底泥表層に供給される懸濁物質が含有する生分解性POC、PON量は実験結果²⁾に基づいて定められた。粒子態有機物は生物活性が高い表層部において加水分解され、その量が減少する様子が表現されている。

図-3に実測による各態窒素濃度分布を示す。0~1cm層において硝酸性窒素濃度が減少していること、亜酸化窒素濃度の蓄積が見られることから硝化反応が起きていることが分かる。アンモウム態窒素濃度は鉛直深さ方向に増加しており、拡散により上向きのフラックスが生じていると考えられる。図-4にシミュレーションによる溶存態物質濃度分布を示す。本モデルにより実測値に近い物質濃度分布を表現することが可能となった。

図-5、6に底泥表層における生分解性窒素、炭素の収支計算結果を示す。

図-5より底泥表層部において生分解性窒素が、亜酸化窒素または

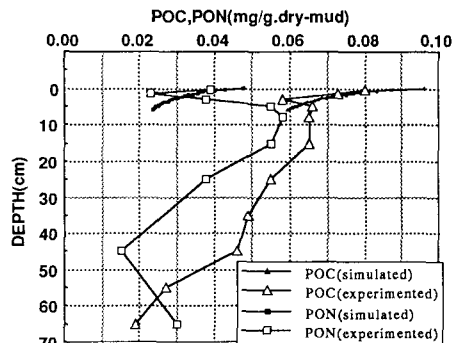


図-2 生分解性粒子態窒素および炭素の鉛直分布

窒素分子に変換される経路を大きく分けて次の3つに考えることができる。①上層水から拡散により供給された硝酸性窒素が脱窒により変換される経路。②堆積により供給されたPONおよび菌体性Nが、加水分解、アンモニウム化、硝化、脱窒の過程を経て変換される経路。③未分解のまま深層に沈積したPONおよび菌体性Nがアンモニウム化された後、拡散により再び表層部に輸送され、硝化、脱窒の過程を経て変換される経路。深さ6cmの界面におけるアンモニウム態窒素の鉛直上方向のフラックスが大きい場合、全体的に窒素は③の経路により変換されている。深さ6cmの界面を通じて供給される窒素の内96%が亜酸化窒素または窒素分子に変換されている。

図-6より上層水からの生分解性炭素の堆積、拡散による供給は各々37.4、21.4mg/m²/dayである。その内約55%が表層部で二酸化炭素に分解無機化されているのに対し、残りの約45%は6cm以深の層に沈積していくことが分かる。

以上の結果より、生分解性窒素および炭素の分解、無機化の過程において底泥表層部が果たしている役割は、かなり大きいと言える。また底泥の堆積速度は、有機物の供給速度と密接に関係しており、底泥層内の物質濃度分布に大きく影響を与えていると考えられる。

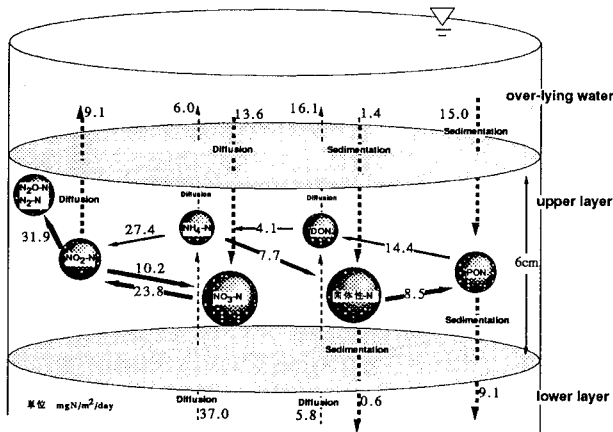


図-5 シミュレーションによる生分解性窒素の収支

3.結論

- 1.層状モデルを用いて収支計算を行うことにより生分解性窒素および炭素が変換される過程を定量的に把握することが可能となった。
- 2.底泥表層部（0～6cm）では、供給される生分解性窒素および炭素の内、各々約96%、55%が分解されており、その果たす役割が大きいと言える。
- 3.底泥の堆積速度は、有機物の供給速度と密接に関係しており、底泥層内の物質濃度分布に大きく影響を与えている。

参考文献

- 1) 永友ら：土木学会第47回年次学術講演会概要集、PP920-921、1992
- 2) 福田ら：平成5年度西部支部研究発表会講演概要集、PP284-285、1994
- 3) 永友ら：平成5年度西部支部研究発表会講演概要集、PP286-287、1994

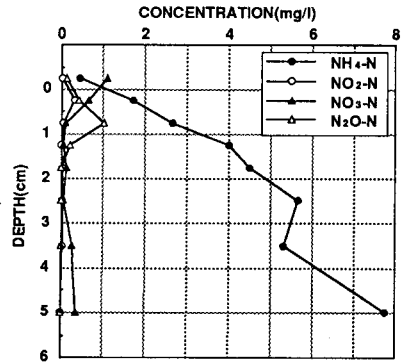


図-3 各態窒素濃度の鉛直分布（実測値）

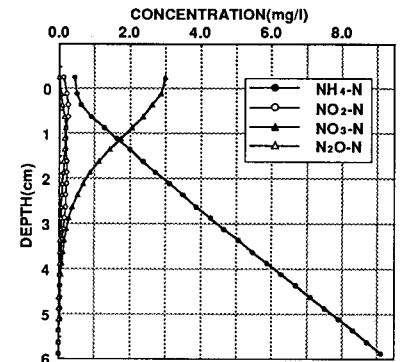


図-4 各態窒素濃度の鉛直分布（シミュレーション値）

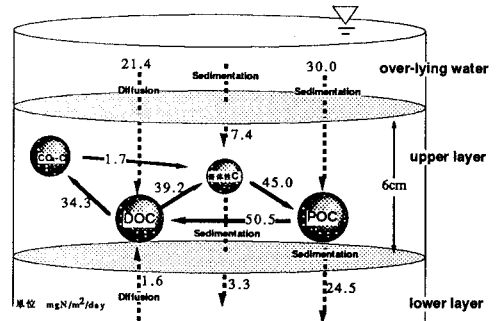


図-6 シミュレーションによる生分解性炭素の収支