

II-447

礫で構成された水路床における硝化脱窒機構

東京大学大学院 学生員 ○長岡 裕
大成建設株式会社 中村晃之助
東京大学工学部 正会員 大垣眞一郎

1. はじめに

礫等で構成された水路床は、自浄作用に係わる微生物の付着面積の増加、路床境界面における流れの乱れがもたらす生物活性の増加等単なる平板の水路床に比して幾つかの利点が考えられるが、礫層の深い領域では一般に嫌氣的になることが多く、そこでの脱窒を期待することも可能である。本研究では礫を有する水路床における硝化脱窒機構について室内水路を用いて実験的研究を行ったので、ここにその概要を報告する。

2. 実験装置及び実験方法

実験に用いた2本の水路の概要を図1に示す。水路はA、B共に循環式の開水路で、水路Aは直径1.9cmの磁製球を1層、水路Bは同じものを7層積み重ねた礫層を各々有している。両水路の諸元を表1に示す。

実験は水路に硝化菌及び活性汚泥を植種し、表2に示すCase 1の基質を流入させ、定常状態に達した後にメタノール流入濃度（負荷）を半分にしたCase 2の基質を流入させた。分析は流入基質、水路表流水、礫層各深さより採水したものについて $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 T-N （流入基質、表流水のみ）、 TOC 、 DO 、アルカリ度を測定した。水温は $23\sim 27^\circ\text{C}$ の間に保たれ、また水路は黒い紙で覆い暗条件とした。水路の側壁面は定期的に掃除を行い、生物の付着を防止した。

3. 実験結果

図2～5は両水路、各Caseにおける定常状態の礫層内濃度分布を各々プロットしたものである（Case 1については4回、Case 2については3回の分析結果の平均値をプロットした）。また図6にはCase 2定常期における礫層内の付着生物量（乾燥重量）の分布を示す。（Case 1においてもほとんど同じ分布型が得られている。）図6より付着生物のほとんどは第1層目の礫に付着していることがわかり、そのため図2～5の濃度分布図においても第1層目までについてみると水路A、B間であまり差がない結果となっている。

4. 礫層における硝化脱窒機構

図7には硝化フラックス（ $= \{ (\text{流入}\text{NH}_4\text{-N}) - (\text{表流水}\text{NH}_4\text{-N}) \} \times (\text{流入基質流量}) / (\text{礫層表面積})$ ）、図8には同様に脱窒フラックス（ $= \{ (\text{流入}\text{T-N}) - (\text{表流水}\text{T-N}) \} \times (\text{流入基質流量}) / (\text{礫層表面積})$ ）を両水路、各Caseについてそれぞれ示した。硝化活性についてみると流入メタノール濃度（負荷）を半減させたCase 2においては両水路共にCase 1に比べてほぼ2倍に増加している。これは、溶存酸素に関してメタノールを好氣的に分解する従属栄養菌と競合関係にある硝化菌が、流入メタノール負荷の半減に伴って従属栄養菌とは逆にその活性を増加させたことによると考えられる。

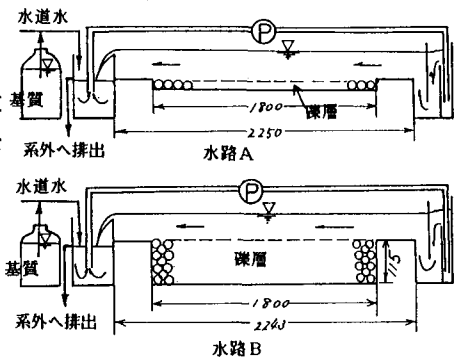


図1. 実験水路の概要（単位mm）

表1. 実験水路の諸元

	水路A	水路B
礫層	1層	7層
平均流速(cm/s)	10.5	10.0
水深 (cm)	3.2	3.2
基質滞留時間(h)	2.8	2.7

表2. 基質流入濃度(mg/l)

	Case 1	Case 2
NH_4Cl	76.4	76.4
($\text{NH}_4\text{-N}$)	(20.0)	(20.0)
CaCl_2	13.7	13.7
MgSO_4	5.51	5.51
NaHCO_3	125	112
K_2HPO_4	13.7	6.86
KH_2PO_4	4.24	2.21
NaH_2PO_4	8.81	4.40
CH_3OH	60.0	30.0

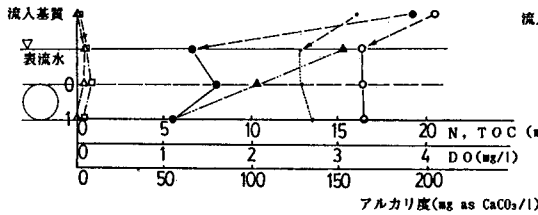


図2. 礫層内濃度分布(水路A、Case 1)

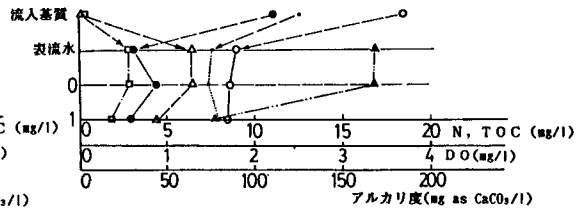


図3. 礫層内濃度分布(水路A、Case 2)

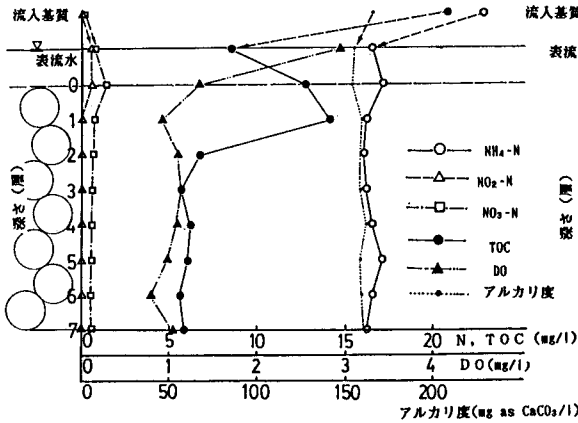


図4. 礫層内濃度分布(水路B、Case 1)

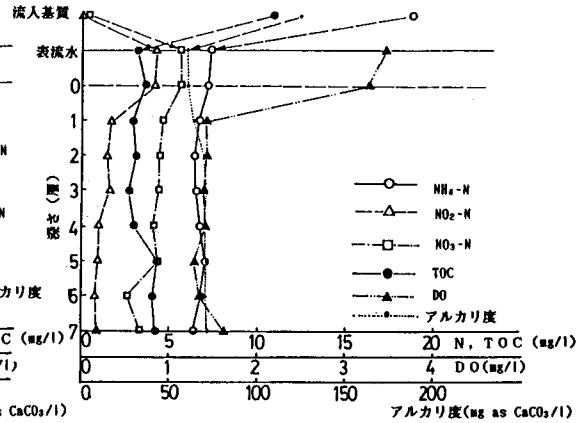


図5. 礫層内濃度分布(水路B、Case 2)

一方脱窒活性についてみると単層の水路AではCase 1、Case 2でほとんど活性が変化していないのに対し、7層の水路BではCase 2で増加がみられる。図9は表流水の値に対する礫層内のアルカリ度の増加分をプロットしたものであるが、水路Aの場合はCase 1、Case 2でそれほど差がないのに対し、水路Bにおいては1層目以降でCase 2の方がアルカリ度の増加が大きくなっており、それに見合う分だけそこで脱窒反応が起こっていると推定される。また図5においてみられるように、水路B、Case 2においては $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が十分に礫層深部にまで供給されており、深い領域での脱窒反応の存在をうかがわせている。

以上より、有機物負荷が大きく硝化が阻害を受けている状況下においては礫層の深い領域は層全体の反応にあまり寄与しないが、硝化が進み、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が礫層の深い領域まで供給されるようになると深い礫層が脱窒領域として有効に働く可能性があると考えられる。

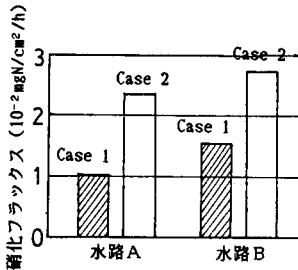


図7. 礫層の硝化フラックス

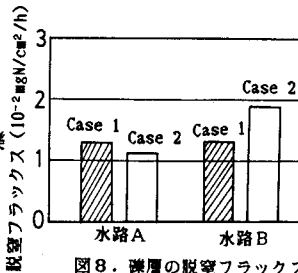


図8. 礫層の脱窒フラックス

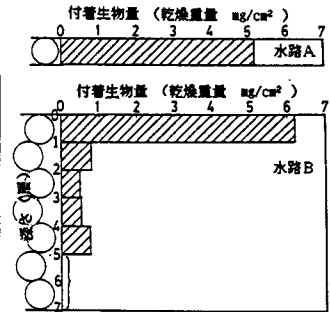


図6. 礫層内付着生物量分布(Case 2、定常期)

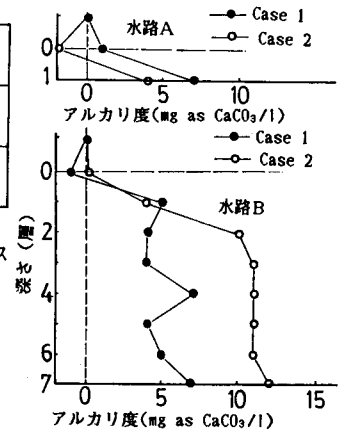


図9. 礫層内におけるアルカリ度の増加