

II-98

カラム実験による脱窒反応についての考察

東北工業大学 正員 ○ 斎藤 孝市
 “ “ 江 成 敬次郎

1. はじめに

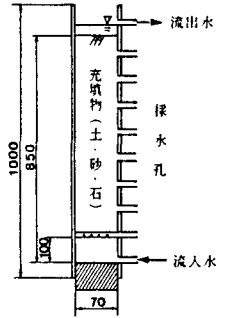
土壌処理などにおける脱窒効果を明らかにすることを目的としてこれまで、流入タイプの違いやカラム充填物の違いによる脱窒作用について実験を行っている。本報告は、昨年より継続して実験を行っている充填物の違う三種類のカラムを用いて、カラムによる脱窒反応について検討した。

今回は、カラムへの流入量と流入濃度を変え、それぞれの充填物の脱窒作用に及ぼす影響について比較検討した。

2. 実験方法

実験に用いたカラムを図-1に示す。カラム内の充填物としては、砂、石、土の三種類である。砂は川砂を、石は碎石を、土は畑土と赤土とローム土を同容積の割合で混ぜ合わせたものをカラム内に充填した。それぞれのカラムの名称を砂カラム、石カラム、土カラムとする。

流入水は、 KNO_3 溶液(72.2g/l)と CH_3OH 溶液(3%)を用い、C/Nが1:1になるように混合したものを所定の濃度になるように、さらに水道水で希釈したものである。次に、本実験で用いた流入量と流入平均 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の条件を表-1に示す。



(単位: mm)

図-1 実験装置

3. 結果と考察

各カラム流出水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度の平均値と流入量条件との関係を図-2～図-5に示す。

流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低い場合(図-2・3)、条件I・条件IIでは各カラムとも、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 及び $\text{NO}_2\text{-N}$ 流出濃度が低いので、良好に脱窒されていると思われる。各カラムを比較すると、砂カラムは石カラム・土カラムに比べて、やや $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高い。流入量を大きくした条件IIIでは、各カラムとも $\text{NO}_3\text{-N}$ 流出濃度が条件I・IIに比べて高くなっている。特に、石カラムでは、流出の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高く、砂カラムでは $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度が高くなっている。各カラムとも、流量を大きくした場合、脱窒に影響が見られたが、石カラム・砂カラムに大きく影響が見られた。

次に、流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を高くした場合(図-4・5)、土カラムでは条件IVと条件Vの両方とも、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は低く、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度も条件Vでやや高いものの全体としては低濃度である。これに対して、砂カラム、石カラムでは、流量が増加することによって流出 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が大きく増加したが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度は逆に流量の増加によって減少した。これは $\text{NO}_3\text{-N}$ から $\text{NO}_2\text{-N}$ への脱窒もあまり進行していないことを示している。

表-1 実験条件

実験条件	流入平均 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 (mg/l)	流入量 (l/day)
条件I	55.02	1.16
条件II	45.57	5.8
条件III	52.61	11.6
条件IV	251.46	2.9
条件V	271.24	5.8

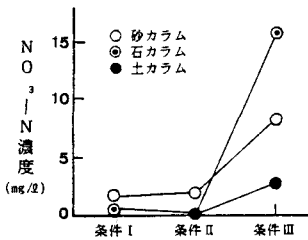


図-2 流入量条件と流出 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度との関係(低濃度の場合)

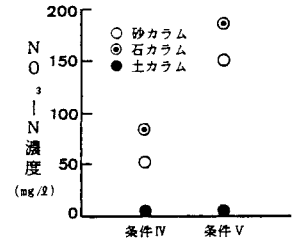


図-4 流入量条件と流出 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度との関係(高濃度の場合)

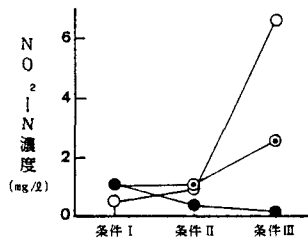


図-3 流入濃度条件と流出 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度との関係(低濃度の場合)

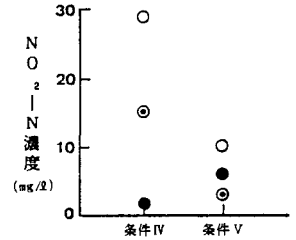


図-5 流入濃度条件と流出 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度との関係(高濃度の場合)

図-6は流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量に対する各カラムの脱窒率の平均値を示したものである。ここでの脱窒率は $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ を含め、次式で求めた。

$$\text{脱窒率}(\%) = \frac{\text{流入}(\text{NO}_3\text{-N}) - \text{流出}(\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N})}{\text{流入}(\text{NO}_3\text{-N})} \times 100$$

負荷量63mg/dと264mg/dの場合には、三種類のカラムとも、それぞれ93%以上の高い脱窒率がみられる。負荷量610mg/dと729mg/dとでは、砂カラムは72.7%、67.1%と、石カラムは65.2%、60.4%となり脱窒率が低下するが、特に石カラムでは砂カラムに比べて低下している。さらに負荷量1570mg/dと大きくなるとこの傾向は強まり、負荷量の増加に対してほぼ直線的に

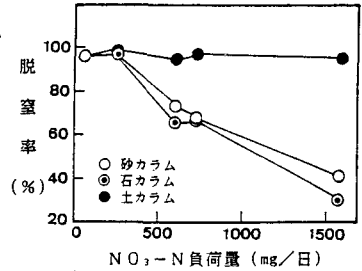


図-6 $\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量に対する脱窒率

脱窒率が低下した。土は今回の実験において負荷量が高い場合でも脱窒率は高い水準(96.7%)を保っていた。

しかし、土カラムの場合は、流量が大きい場合に土が浮上し流出水が濁り、カラム内の流れが悪くなった。

各カラムの高さ方向による $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の減少した割合を図-7に示す。また各カラムの高さ方向の $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度を図-8に示す。

砂カラムの場合、条件Ⅰ・Ⅱでは減少率が50cmで95%以上となっている。条件Ⅲから条件Ⅴでは、

$\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の減少割合の変化は緩やかになっている。つまり、流入の

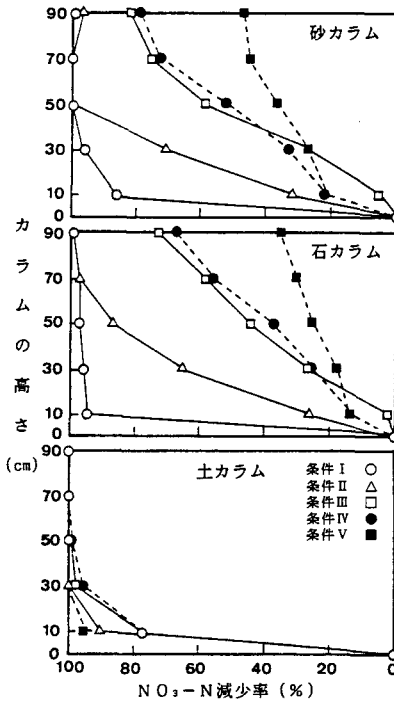


図-7 各カラムの $\text{NO}_3\text{-N}$ 減少割合

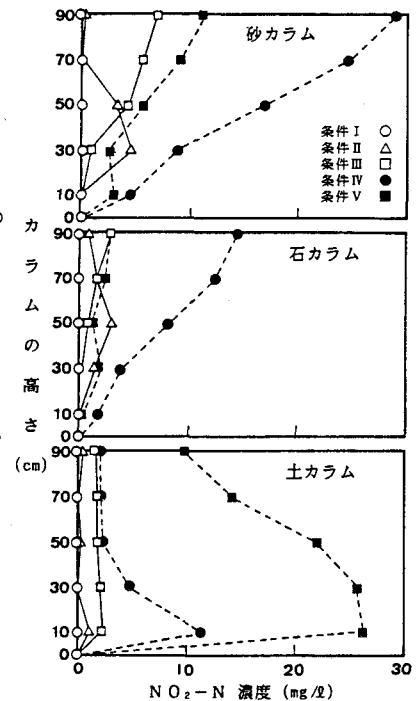


図-8 各カラムの高さにおける $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度

$\text{NO}_3\text{-N}$ 負荷量が大きくなるとカラム内の脱窒作用に影響を及ぼしている。この傾向は石カラムも同様であるが、砂カラムより、石カラムの方が影響が大きく現れている。一方、土カラムでは条件Ⅰから条件Ⅴまでほぼ同様の濃度変化であり、高さ30cmでは全て94%以上の減少であった。

これに対して、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度のカラム内変化は、土カラムでは条件Ⅱから条件Ⅴにおいて高さ10cmでピークを示し、負荷量が大きくなると、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度が高くなる傾向が見られる。砂カラム、石カラムでは、条件Ⅱの場合だけピークが見られた。そして条件Ⅲ・条件Ⅳ・条件Ⅴの場合はカラム内で濃度が高さとともに増加する傾向が見られる。

4. まとめ

カラム内の充填物・流量・濃度の違いによる脱窒作用への影響について比較検討を行った。充填物の違いでは負荷量が小さい場合には、各カラムに大きな差は見られなかったが、負荷量が大きくなると砂カラム・石カラムの脱窒率は土カラムに比べて小さくなった。この原因のひとつとして、砂カラムや石カラムの脱窒率が低下するのは、粒子間の空隙が大きいことや比表面積が小さいことが考えられる。砂・石でも、流入水の $\text{NO}_3\text{-N}$ が低濃度で、流入量5.8g/d (150.8cm/d) 程度であれば、良好な脱窒が可能である。