

II-27

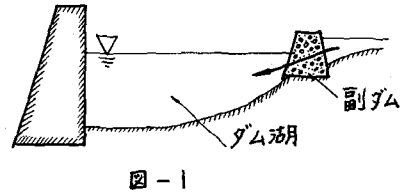
土壌浸透作用によるN・P除去

熊本大学 工学部 正会員 中島 重雄

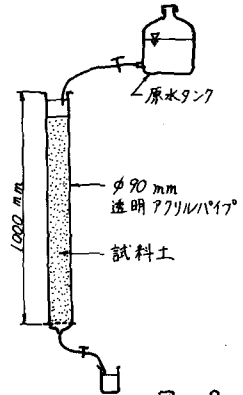
熊本大学 工学部 松並 裕子

熊本大学 工学部 学生員 高田 寛行

1. 緒言 近年、天然湖沼、ダム湖、貯水池などの、いわゆる閉鎖水域での富栄養化の傾向が顕著に認められており、藻類の異状発生、赤潮の発生など富栄養化に起因する被害が大幅に増加していることが報告されている。富栄養化の原因となるリンや窒素などの栄養塩類の閉鎖水域への流入を最小にすることが、富栄養化の防止策となる。例えば、図-1のようなダム湖の場合、流入部に副ダムを設け、それを浸透させて、土壌の吸着作用あるいは生物処理によって栄養塩類の除去効果が期待できる。その例がドイツにある。そこで、本研究では、富栄養化が問題になっている緑川ダム周辺土壌を用いて、土壌の除去機構と化学反応あるいは物理吸着の観点から、基礎的研究しようとするのが目的である。そのためカラム実験を行ない、一考察を試みるものである。



2. 実験方法 実験装置は図-2に示されるような長さ100cm、直径9cmの透明アクリルパイプを浸透カラムとして用い、それに現地で採取可能な土、あるいは砂を充てんしたカラムを用いて実験を行った。カラムの下端中央に7mmの穴をあけビニルパイプを取り付け浸透水の流出口とした。そして上部より原水を連続的に供給し続けて、流出水の水質分析を行なう。滞留時間と原水濃度を変化させて実験を行ない濃度減少速度との関係を求める。



測定項目 アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、リン酸
BOD、SS

原水 熊本市画内町下江津湖ボートハウス前湖水、リン酸標準希釈水(1.46mg/l)

試料土 砂: 熊本県上益城郡宇都町、内大臣橋下緑川川砂

土: 熊本県上益城郡砥用町、緑川ダム付近の自然土

滞留時間 試料土と水の接触時間で、土壌長さを流速で割ったもので表わした。流速は供給量をカラムの断面積で割ったものである

3. 実験結果・考察

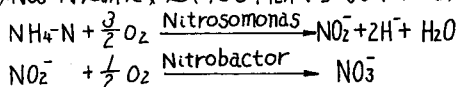
表-1

	原水濃度 C_0	砂カラム流出水濃度 C_A		土壌カラム流出水濃度 C_A	
滞留時間(h)		4hr (減少率)	47hr (減少率)	33hr (減少率)	166hr (減少率)
PO_4^{3-} mg/l	0.394	0.114 (0.71)	0.071 (0.82)	0.023 (0.94)	0.000 (1.00)
NH_4-N mg/l	0.729	0.416 (0.43)	0.003 (1.00)	0.029 (0.96)	0.005 (0.99)
NO_2-N mg/l	0.039	0.066 (-0.69)	0.000 (1.00)	0.000 (1.00)	0.000 (1.00)
NO_3-N mg/l	1.130	1.327 (-0.17)	1.563 (-0.38)	1.318 (-0.17)	1.268 (-0.11)
無機性-N mg/l	1.898	1.809 (0.05)	1.566 (0.17)	1.347 (0.29)	1.273 (0.33)
BOD mg/l	3.87	2.75 (0.28)	1.31 (0.66)	2.31 (0.40)	1.26 (0.67)
SS mg/l	14.5		4.1 (0.72)		4.8 (0.67)

まず、どの程度の滞留時間で、どの程度の減少率が期待できるか全く予想できなかったのが、砂のカラムで滞留時間4時間で連続14日間、滞留時間47時間で連続28日間、また土壌カラムで滞留時間33時間で連続14日間、滞留時間166時間で連続28日間原水を供給し、流出濃度を測定し表-1の結果を得た。但し、データの流出水濃度は、安定状態での濃度である。無機性窒素とは $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の和である。

また減少率は $\frac{C_0 - C_A}{C_0}$ で表わす。 C_0 : 原水濃度, C_A : 流出濃度

表-1の窒素に着目してみると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ に関しては、滞留時間4時間の砂カラムを除いて、100%除去された形になっているが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少率が0.11~0.38と増加したことから考えると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ が $\text{NO}_3\text{-N}$ へ変化したと考えられる。つまり $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ が、*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*などの好気性生物の働きによって O_2 を取り込み $\text{NO}_3\text{-N}$ に硝化安定したと判断できる。(下式)



これは生物を媒介とした一種の化学反応である。だから濃度の減少速度は、残留濃度に比例するという一次反応式であるとし、下式によって考察を行ない発表時に説明する。

$$\frac{dx}{dt} = k(1-x) \quad \begin{array}{l} x: \text{減少率} \\ 1-x: \text{残留率} \end{array}$$

$$k: \text{反応速度定数} \quad t: \text{滞留時間}$$

表-1の $\text{NH}_4\text{-N}$ と無機性窒素の減少率と滞留時間の関係は図-3に示す。

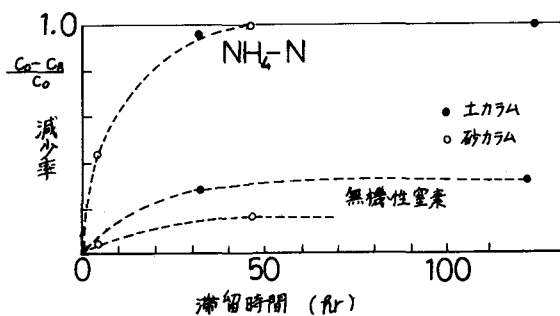


図-3

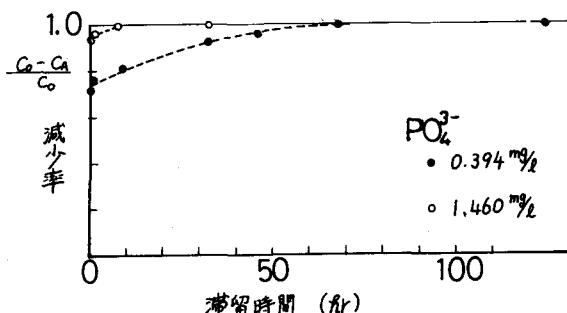


図-4

次に、 PO_4^{3-} に関しては、表-1で示すように、砂カラム、土壌カラムのいずれも滞留時間が長い方が減少率が高く、土壌カラムの方が減少率が高い、そこで富栄養化防止の立場から減少率が無機性窒素よりも高い PO_4^{3-} に関して、さらに滞留時間を(6分, 60分, 10.5hr, 46.6hr, 69hr)と変化させて土壌カラムの方で実験を行ない、また原水濃度 C_A を変えるためにリン酸標準液を希釈して1.46 mg/lの原水を作り、滞留時間を変化させた実験結果を図-4に示す。結果は、滞留時間を短時間にしても、高い減少率を示した。土と水を短時間接触するだけで PO_4^{3-} 濃度が減少することから、生物による化学反応でなく、土壌の物理的吸着が、あるいは凝集剤に相当する土の成分による凝集反応($\text{M}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{MPO}_4\downarrow$)が生じていると推定できる。物理的吸着ならフロインドリッヒ型、あるいはラングミュラー型の式で表わし、凝集反応であるなら土の投入量に比例した減少率を示す。今後、実験を進めて、土壌の PO_4^{3-} 除去機構が物理的吸着を示すのか、凝集型除去を示すのが明らかにして、土壌によるリン酸除去施設の考え方に考察を加え、発表時に説明する。

(参考文献)

- 1) Arno Grau 1977 「Elimination mechanisms by soil filtration and application as a hillside seepage system.」 *Prog. Wat. Tech.* Vol. 11
- 2) W.W. イッケンフェルグー 「廃水処理プロセス」 技報堂 1976年
- 3) 山口登志子 寺西靖治 「下水の土壌処理に関する研究」 下水道協会誌 Vol. 19