ラウリン酸を水素供与体として用いた土壌カラムによる連続脱窒素処理について

信州大学工学部 ○安西祐太朗
信州大学工学部 武田佳久
信州大学工学部 松本明人
NPO 法人 環境生態工学研究所 鈴木富雄

1. はじめに

地下水の硝酸性窒素による汚染の原因のひとつに浄化槽放流水等の土壌浸透処理があり，対策が必要である。当研究室では，浄化槽放流水に含まれる硝酸性窒素を土壌処理により除去することを検討もしており，ラウリン酸（以下, LA と略記する）を脱窒素反応の水素供与体に用いた生物学的脱窒素処理を提案している。これまでの実験で、LA を用いることで良好な脱窒素が可能である一方、脱窒素反応過程で生じる LA イオンによる二次汚染が問題になっている。本研究では LA・鹿沼土混合層（混合比 1：9）において脱窒素反応と LA 供給を促進させ，後段に鹿沼土のみを充填した層を設け，混合層内の脱窒素反応で消費されなかった LA イオンを鹿沼土層で脱窒素反応の水素供与体として，除去することを試みた。

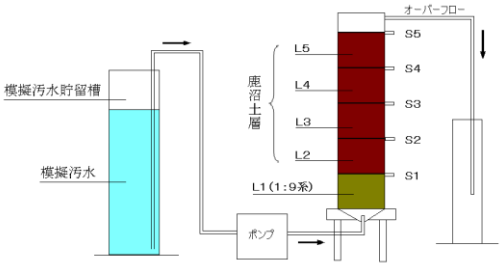

図 1 実験装置

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置

反応槽には直径 7cm，高さ 70cm のアクリル製円筒カラムを用いた。カラム下端より高さ 13.5cm，26cm，38.5cm，51cm 及び 63.5cm のところ（以下，それぞれ S1，S2，S3，S4 および S5 と略記する）に土壌間隙水採水装置（以下，採水装置と略記する）を付置し，これら採水装置で区切られた区間を下からそれぞれ L1，L2，L3，L4，L5 とした。L 1 には LA と鹿沼土（粒径およそ 2～3mm）を 1:9 の割合で混合・充填し，L2～L5 には鹿沼土のみを充填した。また，反応槽底部より基質を上向流で供給し，処理水は反応槽頂部からオーバーフローさせた。この実験装置を低温インキュベータに設置し，20℃で実験をおこなった。実験装置を**図 1** に示す。

2.2 投入基質

実験に用いた基質には，窒素濃度 50mgN/L の硝酸カリウム溶液に硫酸イオンが 8.8mg/L になるよう硫酸を添加した混合液を用いた。

表 1 実験条件

通水開始からの経過日数（日）	負荷水量 mL/日	L1のHRT（日）	採水頻度
0-27	145	2日	1回/1日
27-39	145	2日	1回/4日
39-49	290	1日	1回/2日
49-67	580	0.5日	1回/2日
67-86	1160	0.25日	1回/2日

2.3 実験方法および測定項目

本実験では，L1 の空隙容積を基準に計算した滞留時間（以下，HRT_{L1} と略記する）を 2 日から 0.25 日まで変化させ，HRT_{L1} が窒素除去特性と流出する有機物残存濃度に及ぼす影響について検討した。実験条件を**表 1** に示す。考察対象としては S1 および S2 から採取した試料の分析値であり、HRT_{L1}10.5 日以下では S3 からの試料の分析値も対象とした。測定項目（かっこ内は測定方法）は pH（ガラス電極法），ORP（白金電極法），T-N（JIS 法による紫外線吸光光度法），NO_3-N および NO_2-N（イオンクロマトグラフ法），TOC（燃焼酸化-赤外線式 TOC 分析法）である。

3. 実験結果

3.1 窒素除去特性

図 2 に S1，S2，S3 における間隙水の T-N 除去率の経日変化を示す。HRT_{L1}2 日および 1 日においては，多少，変動はあるものの S1 で窒素はほぼ 100%除去されていた。そして HRT_{L1}0.5 日では，S1 での除去率は 60～80%と低下したが，S2 での除去率は 100%となっている。HRT_{L1}0.25 日まで短縮されると，S1 での T-N 除去率は 30～40%，S2 での T-N 除去率は約 70%となったが，S3 における T-N 除去率は 90%以上であった。この結果は，鹿沼土と廃菌床を充填した土壌カラムに微細化した LA を基質注入口付近に添加した反応装置で得られた結果とほぼ同じ値であった。

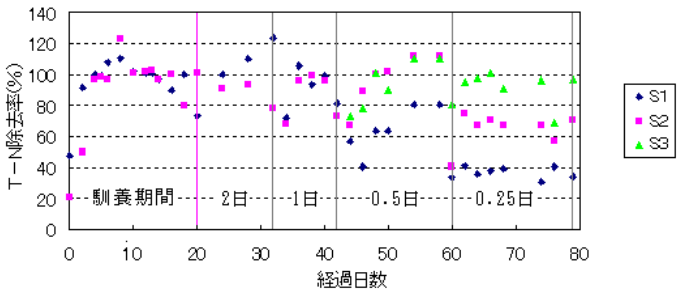

図 2　T-N 除去率の経日変化（S1，S2，S3）

3.2 有機炭素濃度

図 3 に S1，S2，S3 における間隙水の TOC 濃度の経日変化を示す。TOC は HRT_{L1}2 日では S1，S2 それぞれ最大で 46mgC/L，19mgC/L となり，HRT_{L1}1 日では S1, S2 それぞれ最大で 119mgC/L，23mgC/L であった。HRT_{L1}0.5 日になると S1 の TOC 濃度は減少し始め、およそ 40 mgC/L,0.25 日では最小 28 mgC/L であった。HRT_{L1}0.25 日では S3，S4，S5 での TOC 濃度は約 15mgC/L とほぼ同一値であること，S3 で T-N 濃度がおおむね 2mgN/L 以下であったことをあわせて考えると，本反応槽では脱窒素反応以外の有機物除去は期待できないことが示唆される。また、LA の定量分析結果より，HRT_{L1} 0.25 日では LA は分解されず，そのまま流出していき，HRT_{L1} 2 日になると，低分子化が進むこともわかった。

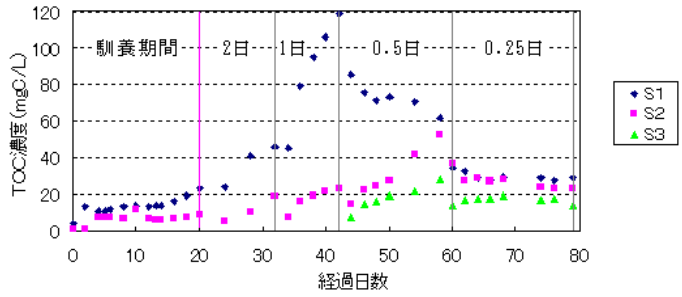

図 3　TOC 濃度の経日変化（S1，S2，S3）

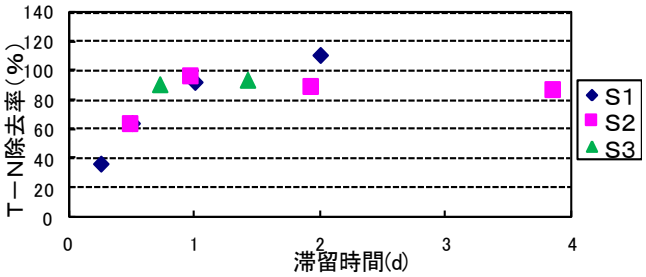

図 4　T-N 除去率と滞留時間の関係（S1，S2，S3）

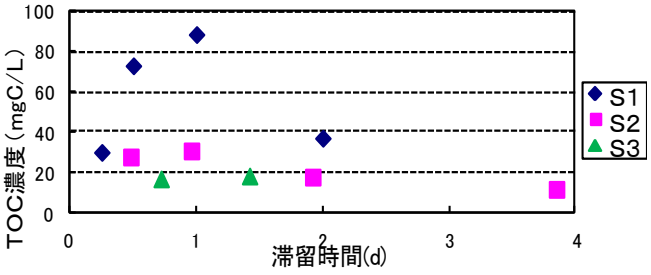

図 5　TOC 濃度と滞留時間の関係（S1,S2,S3）

3.3 滞留時間の影響

図 4 に T-N 除去率と流入した基質が各採水装置に達するまでの滞留時間（以下，HRT_{ac} と略記する）の関係を，図 5 に TOC 濃度と HRT_{ac} の関係を示す。図 4 より，濃度 50mgN/L の硝酸溶液から T-N を 90%以上除去するには滞留時間 0.71 日が必要であることがわかる。一方，図 5 より S3 における TOC 濃度も HRT_{ac}0.71 日で 20mgC/L 以下が期待できることが示唆された。

4　結論

LA・鹿沼土混合層の後段に鹿沼土層を充填した反応槽で，50mgN/L の NO_3-N 溶液を上向流で負荷し，以下の結果を得た。① 土壌の空隙容積に対する滞留時間が 0.71 日以上の場合，T-N 除去率 90%以上で脱窒素反応が進行した。② 流出 TOC 濃度も土壌の空隙容積に対する滞留時間が 0.71 日以上の場合，20mgC/L 以下に抑えることが可能であった。