

1. はじめに 筆者らは過去に負荷変動のない条件で嫌気・無酸素・好気プロセスの室内実験を実施し、その一部は既に報告してきた¹⁾。本研究では、同プロセスにおいて流入基質の負荷変動が窒素およびリン除去にどのような影響を及ぼすかを調べるために、基質濃度を低濃度($BOD=100\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)および高濃度($BOD=200\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)の2通りに変化させて室内実験を実施した。その結果、若干の知見が得られたので、過去に実施した負荷変動のない条件での同プロセスの実験結果を対照として以下に結果を報告する。

2. 実験装置、実験方法等 実験装置は回分式反応槽に貯水槽を設置した回分式生物処理装置(以下、回分式装置という)を用いた。反応槽は、直径0.3m、有効容積30 lの円筒型であり、プロペラ型の攪拌機を備えている。貯水槽は直径0.3mの円筒型で底部はコーン状になっており、汚泥かき寄せ機を備えたものであり、循環比R(以下Rという)に応じて有効容積を10~20lの範囲で調節可能な構造になっている。

回分式装置の運転はタイマーによるシーケンス制御により行い、1 サイクルは人工下水供給1分、嫌気工程89分、無酸素工程30分、好気工程80分、沈殿20分、排水20分の合計240分とした。

供給した基質はスキムミルクをベースにした人工下水であり、窒素調整剤として塩化アンモニウムおよび尿素を、リン調整剤としてリン酸二水素カリウムを添加し、低濃度基質は $BOD(TOC):T-N:T-P=100(53):20:4$ (単位は $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)に、高濃度基質は $BOD(TOC):T-N:T-P=200(106):40:8$ (単位は $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)に調整した。基質濃度の変動は、1日6サイクルのうち前半3サイクルに低濃度基質を、後半3サイクルに高濃度基質を供給するようにして行った。Rは1.0, 1.4, 2.0, 3.0の4段階に設定し、反応槽内微生物濃度(以下VSSという)は $5\pm 1\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ に保った。反応槽内水温はヒータとサーモスタットにより 24°C 以下にならないように制御した。

水質測定項目は、TOC、T-P、T-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ である。

3. 実験結果およびその考察 図-1には、R=1.0の場合で低濃度基質の3回目のサイクル、高濃度基質の1回目および3回目のサイクル、対照として負荷変動をさせなかった場合(過去に行った高濃度基質による実験)(以下、対照という)のT-N、T-P、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ の経時変化の一例を示す。

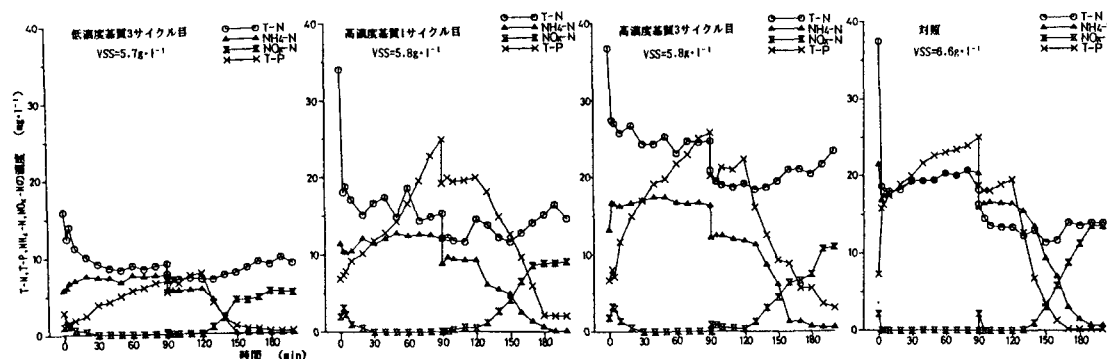


図-1 T-N、T-P、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ の時系列的経時変化の一例

低濃度基質のサイクルでは、T-P の放出による槽内T-P濃度の上昇は $5.4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ にとどまっている。また高濃度基質のサイクルでは槽内T-P濃度の上昇は高濃度の1回目および3回目のサイクルでそれぞれ、 $18, 19.4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ となった。対照では、 $24.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ である。低濃度基質で、槽内T-P濃度の上昇が $5.4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ と僅かであったのは流入する基質量（以下TOCとして表す）が 795mg と少ないことと嫌気工程開始後30分間は槽内に $\text{NO}_x\text{-N}$ が残留しており、完全な嫌気状態が60分しか維持されなかったことが原因として考えられる。高濃度基質では流入するTOC量が低濃度基質の2倍(1590mg)に増加するが、槽内T-P 濃度の上昇は低濃度基質の場合の約3.5倍にも増大した。しかし、対照よりは $5\sim 5.5\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 下回った。これは、嫌気工程開始後30分までは槽内に $\text{NO}_x\text{-N}$ が残留し、完全な嫌気状態が形成されなかったことが主な原因である。

無酸素工程では、負荷変動させた場合および対照ともに貯水槽内で生じた内生呼吸による脱窒のため、無酸素工程での脱窒量はごく僅かであった。このため、無酸素工程での硝化液の返送により槽内T-P は希釈され、濃度が低下するが、その後槽内が嫌気状態になるので、若干リンの放出が認められた。

好気工程では、リン摂取反応は低濃度基質の場合、好気工程開始後約50分で終了しているが、高濃度基質の場合には、好気工程終了時にT-Pが約 $3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 残留している。対照では約50分で終了していた。また硝化反応は、低濃度および高濃度基質いずれの場合も好気工程終了時に有機性窒素が多量に残留しているが、対照では有機性窒素の残留はみられなかった。この様に、高濃度基質では、対照と同じ基質濃度であるが対照に比べT-P 放出量も少なく、リン摂取反応も完全には終了しない。また、硝化反応では基質の濃度に関わらず有機性窒素が残留するなど諸反応の進行が緩慢になった。

図-2には流入TOC量と低濃度基質3回目のT-P 除去率の関係を示す。同図より、TOC 量が 600mg と少ない場合($R=1.4$)でも比較的高いT-P 除去率(0.75以上)が得られていることが分かる。これらは好気工程において有機性窒素の硝化が不十分(すべて有機性窒素残留、図中●印)であったため系全体の $\text{NO}_x\text{-N}$ の脱窒素量が減少し、その結果、水素供与体として脱窒反応に利用されるTOC 量が減少し、リン除去に利用できるTOC量が増加したことが原因と考えられる。

図-3にはRと低濃度基質3回目におけるT-N除去率の関係を示した。系全体のT-N 除去率は対照よりも低濃度基質の場合が約20%下回っている。 $\text{NO}_x\text{-N}$ の除去によるT-N 除去率をみると、 $R=1.4$ 以上においてこのT-N除去率の低下が著しく、 $R=1.4$ では平均7%、 $R=2$ では平均21%、 $R=3$ では平均28%下回った。これは、有機性窒素の硝化が不十分であり、系全体での脱窒素が少なくなったことが原因である。

4. まとめ 嫌気・無酸素・好気プロセスで流入基質の負荷変動を与えた結果、窒素およびリン除去には次のような影響が現れた。

- 1)高濃度基質では、対照に比べてT-P放出量も少なくT-P摂取反応の進行が遅く完全に終了しない。
- 2)基質濃度に関わらず、硝化反応終了時には有機性窒素が残留した。このため、脱窒素量が減少し対照より系全体のT-N除去率が低下した。
- 3)低濃度基質で $R=1.4$ 以下では、T-P除去率0.75以上が得られた。

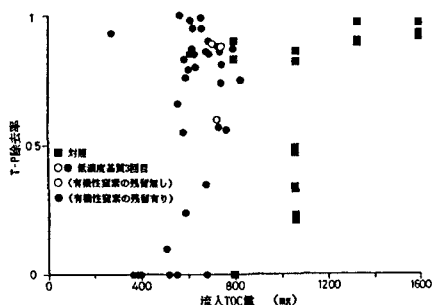


図-2 流入TOC量とT-P除去率の関係

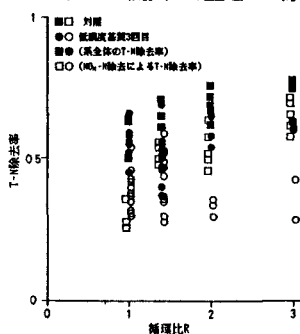


図-3 循環比RとT-N除去率の関係

《参考文献》1)出口，柏谷，日下：粒子状媒体添加室内回分式処理装置による嫌気・無酸素・好気プロセスの実験，水質汚濁研究，Vol.10，No.9，P44-53