

II-464

嫌気・無酸素・好気プロセスにおいて負荷変動がリン除去に及ぼす影響について

東京理科大学 正員 ○ 出口 浩, 正員 柏谷 衛
 学生員 大沢 誠

1. はじめに

筆者らは過去にBOD 濃度一定の人工下水 ($BOD=200\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) と貯水槽付き回分式反応槽（以下、回分式装置という）を用いて、嫌気・無酸素・好気プロセスによる有機炭素化合物、窒素化合物およびリン化合物除去の実験を実施しデータを蓄積してきた。その結果、反応槽に維持される微生物濃度が高いほど、また反応槽に流入する有機物量が多いほど本プロセスのリン除去は良好に行なわれることが見いだされた¹⁾²⁾。

本プロセスを実用化し、常に安定した良好な処理水質を得ていくためには、都市下水において見られるようなBOD 濃度の変動のある条件下に本プロセスを適用した場合、本プロセスの各工程にどのような影響が生じるのかを明らかにする必要がある。これを調べるために、BOD 濃度を2種類に変化させた人工下水と回分式装置を用い、本プロセスの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以下に報告する。

2. 実験装置、実験方法

実験に使用した回分式装置は、プロペラ型攪拌機を備えた直径0.3mの円筒型反応槽（有効容積30 l）と汚泥かき寄せ機を備えた直径0.3mの円筒型で底部がコーン状となった貯水槽および制御部から構成されている。

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、嫌気工程90分（嫌気工程開始直後の1分間で人工下水の供給を行なう）、無酸素工程30分、好気工程80分、沈殿工程20分、排水工程20分とし、1サイクルは合計240 分とした。

供試人工下水（以下、基質という）は、スキムミルクをベースに、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たものであり、2種類の濃度の基質を調整した。基質の1種類は高濃度基質とし、 $BOD(TOC):T-N:T-P=200(106):40:8$ (単位は $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) に調製した。他の1種類は低濃度基質とし、その濃度はすべて高濃度基質の1/2 とした。

基質濃度の変動は1日6サイクルの運転で、前半3サイクルに低濃度基質、後半3サイクルに高濃度基質を供給することで行なった。循環比R（以下、Rという）は、 $R=1, 1.4, 2, 3$ の4段階に設定し、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ー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、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 NOx-N である。

また、負荷変動を与えないで高濃度基質のみを供給する回分式装置も運転し、これを対照とした。

3. 好気工程におけるT-P 摂取反応

$R=1$ の場合で、低濃度基質の3回目のサイクル（以下、低濃度という）、高濃度基質の3回目のサイクル（以下、高濃度という）および対照の反応槽内のT-N、T-P、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、

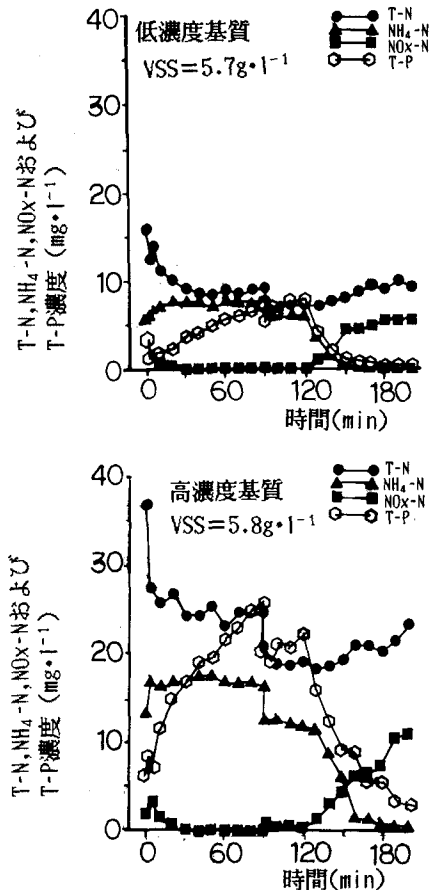


図-1 T-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 NOx-N 、T-Pの
 時系列的経時変化の一例

NOx-N の経時変化を一例として図-1に示す。T-P の摂取について見れば、低濃度および対照では好気工程開始後約50分で終了しているが、高濃度で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。高濃度と対照は供給した基質が同じであることから、これは負荷変動のある条件下において、T-P 摂取反応に生じた負荷変動の影響である。

4. T-P 摂取反応に対するDO濃度の影響

T-P 摂取反応は式-(1)に示す1次反応式で近似することができた。

$$dP/dt = -K_p \cdot VSS \cdot P \quad (1)$$

dP/dt : T-P摂取速度($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)、P: 槽内T-P濃度($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)

K_p : T-P摂取速度係数($\text{l}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)、VSS: 微生物濃度($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)

図-2に対照(R=1)の場合のDO濃度と K_p の関係を示す同図に示すように K_p はDO濃度の飽和関数として表わすことができた。他のRについても同様な整理を行い、最大T-P 摂取速度係数 $K_{p\text{MAX}}$ 、飽和定数 $K_{p\text{DO}}$ を求め表-1に示した。

循環比Rが高くなり流入する基質量が減少するにしたがって $K_{p\text{MAX}}$ 、 $K_{p\text{DO}}$ ともに大きくなって行くことが分かる。すなわち流入基質量が減少するにつれて K_p はDO濃度の影響をより大きく受けることになる。対照で、DOが $3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ の場合では、R=1の時に K_p は $K_{p\text{MAX}}$ の90%の値であるが、R=3では K_p は $K_{p\text{MAX}}$ の45%となった。

5. T-P 摂取反応に対する負荷変動およびDO濃度の影響

DO濃度の影響を含まない $K_{p\text{MAX}}$ を式-(1)の K_p に代入し、 dP/dt を求め、 dP/dt と槽内T-P濃度Pを用いてLineweaver-Burkプロットを行った(図-3、○or●参照)。

T-P 摂取反応は単一酵素の反応ではないが、低濃度と対照の各データ間に直線性が認められたので、この単一基質の酵素反応モデルを総合的にT-P 摂取反応にも適用することが出来ると考えられる。

同図には、高濃度の基質によるデータでDO濃度の影響がない場合(▲参照)およびDO濃度が $2.4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下で、その影響を受けた場合(△参照)を合わせて示した。低濃度および対照の場合(○or●印)を阻害なしと見るならば、負荷変動条件下で高濃度基質が供給された場合(▲印)は低濃度および対照に対して非拮抗阻害の形態を示している。高濃度基質の場合で、DO濃度の影響を受けた場合は、低濃度および対照に対して非拮抗阻害を生じた上で、DO濃度の影響が拮抗阻害の形で表われているといえる。

《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, 2)出口、柏谷：嫌気・無酸素・好気プロセスにおけるリン除去特性に関する一考察、土木学会第43回年次学術講演会講演概要集、P1080-1081

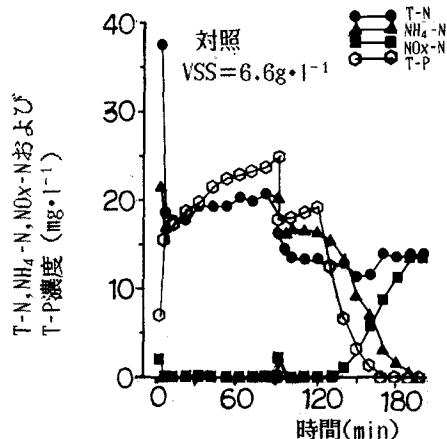


図-1 T-N, NH₄-N, NO_x-N, T-Pの時系列的経時変化の一例

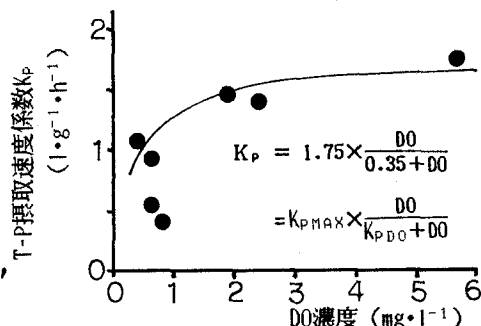


図-2 DO濃度とT-P摂取速度係数との関係

表-1 最大T-P摂取速度係数 $K_{p\text{MAX}}$ および飽和定数 $K_{p\text{DO}}$

流入BOD量 ($\text{mg}/\text{サイクル}$)	対照			負荷変動-低濃度		
	循環比 R	$K_{p\text{MAX}}$ $\text{l}/\text{g}/\text{h}$	$K_{p\text{DO}}$ mg/l	循環比 R	$K_{p\text{MAX}}$ $\text{l}/\text{g}/\text{h}$	$K_{p\text{DO}}$ mg/l
3000	1	1.75	0.35	—	—	—
2500	1.4	2.11	1.75	—	—	—
2000	2	3.34	2.12	—	—	—
1500	3	3.55	3.56	1	3.15	4.19
1250	—	—	—	1.4	3.28	4.50

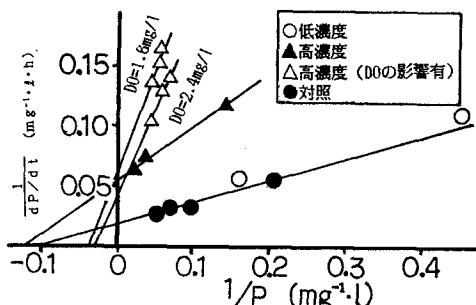


図-3 T-P摂取反応に関する
Lineweaver-Burkプロット