

大阪大学 正員 橋本 奨
 〇藤田 正憲、
 尾崎 保夫

曝気循環汚床法の実験運用例から、BOD除去、硝化効率のみならず全窒素除去率がすぐれていることが示され、これが主として付着生物膜の嫌気部分に負っていることが示唆された。

本研究では、サイズの異なる汚材を槽内に充填し、槽内に溶存酸素の豊富な部分(硝化効率強化域)と不十分な部分(脱窒効率強化域)を作り出し、通常の好気性処理を実施しつつ、全窒素除去を効率よく行うことを試みた。さらに、各実験の終りに槽内微生物濃度を測定し、得られた結果をもとに、浄化機能について考察した。

1. 実験材料ならびに方法

曝気循環汚床は、図-1に示すように直径21cm高さ32cmの円筒型で、隔壁により6室に分割され、交互に3室ずつ大小2種類の汚材を充填した。汚材は一方が直径15mm長さ10mm、他方は直径7.5mm長さ7mmのアクリル製円筒で、充填率83.0%となるように充填した。充填部分当りの比表面積は大きな汚材が231(㎡/kg)、小さな汚材が599(㎡/kg)である。液相中央部のエアリフトポンプにより循環ならびに酸素供給を受けている。原水は定量ポンプにより汚床上部に供給され、処理水は下部より流出する。

実験には、パプトン240mg、肉エキス160mg、CaCl₂ 5.6mg、MgSO₄ 2.0mg、KCl 5.6mg、NaCl 12mg、NaHCO₃ 84mgを水に溶かし1ℓとした合成下水を用いた。本合成下水の水質は、BOD 200 mg/ℓ、TOC 150 mg/ℓ、全窒素50 mg/ℓ、全磷8 mg/ℓである。

各実験条件を一括すると表-1のようになる。実験-1開始において合成下水に馴致した活性汚泥約750mgを種汚泥として用い、これに1/4濃度の合成下水を供給し、徐々に所定濃度まで上げていった。実験-2以後は、前回の汚泥を種汚泥として用い、同様の操作を繰り返した。各実験について50~60日後の水質の安定した時点で装置内の全付着汚泥量を測定した。実験は、装置を20℃の恒温水槽に入れて、一定温度で実施した。又、水質分析は、下水試験方法(日本下水道協会編、1972年)に準じて行った。

2. 実験結果ならびに考察

実験-1では、開始から19日目に所定TOC濃度にしたのに対し、実験-2~4では、前回の付着汚泥を種汚泥としたため、6~8日後には所定濃度上げて処理を行った。実験-1及び2では、負荷が低いこともあり、全実験期間を通じ処理水質は安定し、しかも汚床の開塞等は全く生じなかった。実験-3では、実験開始17日目に汚床がケレツマリ始めたので、通気量を少し低下して運転した。実験-4では、実験開始18日目に汚床が開塞を起したので、ピペットで汚床上部の生物膜を分散させながら実験を継続した。実験結果の一例を示すと図-2のようになる。これは実験-3の成績である。

各実験終了前6日間の水質の平均値ならびに付着生物量を示すと表-2のようになる。TOC除去率はいずれも95.0~96.4%と極めて高く、さらに全窒素除去率も最高で71.1%を示した。全窒素除去率に関しては、その負荷

表-1 各実験の設置条件

項目\実験No.	No.1	No.2	No.3	No.4
流量 (ℓ/day)	2.02	5.94	8.48	10.02
通気量 (ℓ/min)	3.0	3.0 - 5.0	3.0 - 5.3	4.0 - 8.8
TOC濃度(%)	0.0508	0.155	0.223	0.242

表-2 各実験終了時(定常状態)の処理成績

水質項目	No.1	No.2	No.3	No.4
pH	6.1	7.6	7.4	7.6
TOC (mg/l)	5.28	6.22	7.61	7.04
TOC 除去率(%)	96.4	95.9	95.1	95.0
T-N (mg/l)	40.6	25.5	22.5	14.6
T-N 除去率(%)	18.0	48.2	59.3	71.1
NO ₃ -N (mg/l)	32.7	22.3	4.01	2.92
T-P (mg/l)	8.07	7.70	8.06	8.03
T-P 除去率(%)	5.9	—	4.0	4.8
付着生物量(g)	4.92	14.4	24.7	28.1
MLSS (mg/l)*	840	2460	4210	4800
V/S (ℓ)	96.8	94.4	94.3	94.6

* MLSS = 付着微生物量 + 懸濁汚泥量

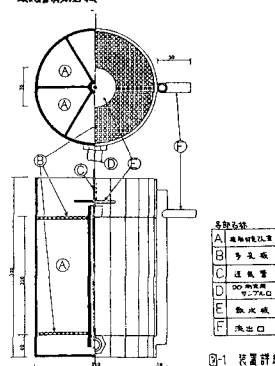


図-1 装置詳細図

条件や通気量に影響され、必ずしも一定の相関は得られなかった。しかし、実験-3あるいは4で残存 $\text{NO}_3\text{-N}$ が少く、しかも実験-3で同一負荷で通気量を変えて実験した時、通気量を高くした方が全窒素除去率が良くなったことから、負荷の高い時は硝化が鍵となる、ということが推測される。一方、負荷の低い時は脱窒反応が律速となる。実験1~4の代表的な成績をもとに、通気量/TOC負荷量に対し全窒素除去率をプロットすると図-3のようになり、本装置では全窒素除去率には最適の通気量/TOC負荷量比があることが示される。一方、各実験終了時の全付着微生物量を浮材部分を除いた有効水容量当りの濃度で表わし、これをTOC負荷量に対してプロットすると、図-4に示す良い相関が得られた。

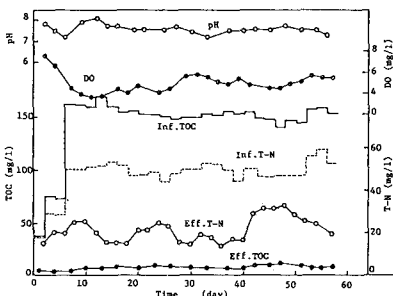


図-2 実験成績の一例(実験No.3)

曝気循環汚床法においても、活性汚泥法と同様に微生物と基質の間に次式の関係が成立すると考えられる。即ち、

ここで、

$$\frac{dS}{dt} = Y \frac{dR}{dt} - b \cdot S \quad \text{---- (1)}$$

$$\frac{1}{S} \frac{dR}{dt} = \frac{R_e \cdot \frac{R_e}{S}}{K_m + \frac{R_e}{S}} \quad \text{---- (2)}$$

dS/dt : 増殖速度 (mg/L/day)
 dR/dt : 基質除去速度 (mg/L/day)
 S : 微生物濃度 (mg/L)
 Y : 収率係数
 b : 自己分解係数 (1/day)
 R_e : 処理水基質濃度 (mg/L)
 R_e : 最大基質除去速度 (1/day)

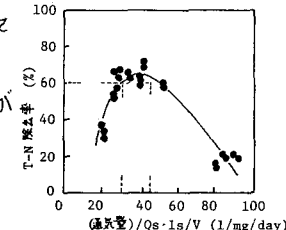


図-3 (通気量/TOC負荷量)と窒素除去率の関係

本実験装置を完全混合槽とみなし、以下に解析した。流出 SS 濃度が極めて小さいことから、定常状態において槽内微生物の増殖速度 $dS/dt=0$ とみなすことができる。一方、基質除去速度は定常状態では、

$$\frac{dR}{dt} = \frac{Q_s}{V} (l_s - l_e) \quad \text{---- (3)}$$

Q_s : 流入水量 (L/day)
 V : 曝気槽有効容量 (L)
 l_s : 流入水基質濃度 (mg/L)

従って、(1)式~(3)式から次式が導かれる。

$$S = \frac{Y}{b} \frac{Q_s}{V} (l_s - l_e) \quad \text{---- (4)}$$

$$\frac{1}{S} \frac{Q_s}{V} (l_s - l_e) = \frac{R_e \cdot \frac{R_e}{S}}{K_m + \frac{R_e}{S}} \quad \text{---- (5)}$$

(4)式及び(5)式のLineweaver-Burkプロットより、表-2のデータをもとに各パラメータを求めた所、 $Y/b=19.8$ (day), $R_e=0.0659$ (1/day), $K_m=5.04 \times 10^{-4}$ (mg TOC/mg SS)となった。この結果から、定常状態における l_e 及び S 推定式は、

$$l_e = \frac{\frac{Q_s}{V} \cdot l_s}{30.3 + \frac{Q_s}{V}} \quad \text{---- (6)}$$

$$S = \frac{600 \cdot \frac{Q_s}{V} \cdot l_s}{30.3 + \frac{Q_s}{V}} \quad \text{---- (7)}$$

次に $l_s=150$ mg/Lとして本実験条件から l_e と Q_s/V , S と Q_s/V の関係を計算すると図-5、図-6のようになる。ここで、○印は実験値を示す。処理水質は Q_s/V が小さい所で計算値からずれるが、曝気循環汚床法においても(6)式、(7)式から、 l_e , S を推定し得ることが示された。

さらに、浮材の形状、充填方法、操作方法などの研究を通じ、BOD及び窒素除去の効率化を計ると共に、動力学的取り扱いについても深く検討する予定である。

終りに臨み、本研究に協力をしていただいた三島浩二君に感謝いたします。

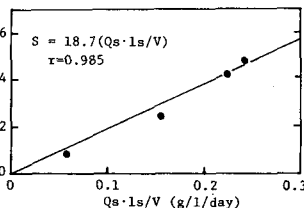


図-4 付着生物量と基質濃度の関係

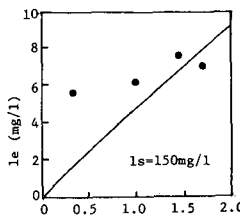


図-5 Q_s/V と l_e の関係

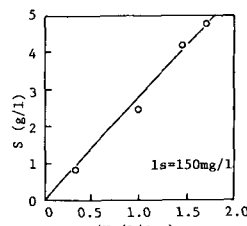


図-6 Q_s/V と付着生物量 S の関係