

宮崎大学 学〇足立佑伸, 正 渡道義, 正 石黒政保, 正 増田純雄

1. はじめに 筆者らが先に提示した回転円板法の定常動力学理論¹⁾は、付着生物膜が常に液本体内部に存在し液本体基質濃度が定常となれば生物膜内の基質濃度分布も定常となることを前提として導かれた。しかしながら円板体を半水没として生物反応を生じさせる場合、付着生物膜は液相と気相を交互に循環しながら基質の供給と消費を繰り返している。このため生物膜内の基質濃度分布は絶えず変動しており厳密な意味での定常状態は存在しない。本文では消化池等の好気性生物膜と著しく性状の異なる通性嫌気性脱窒菌の生物膜を用いて本理論が半水没型回転円板法に適用可能であるかを論ずると共に脱窒に伴う有機物除去特性についても検討する。

2. 実験および実験条件 実験装置諸元を表-1に示す。本研究には同一寸法の装置を2台用いた。円板上に脱窒菌が付着生育した時点で水位を下げ浸漬率(A_w/A_o)を50%とし一方を円板上にカバーを取付け大気閉鎖型(Close unit)とし、他方を大気開放型(Open unit)として用いた。Open unitには脱窒菌上に好気性他栄養細菌層を形成させるために事前に馴致を行なった。実験条件を表-2に示す。設定流入 NO_3-N 濃度50ppm、水素供与体にメタノールおよびグルコースを各条件に従って添加した。各Runとも流量負荷 Q/A をパラメータとして19~30 mg/h の範囲で変化させた。また槽内設定温度はRun0およびRun1は30℃と25℃それ以外は全て25℃である。

3. 実験結果と考察 Riemer²⁾によれば脱窒の場合、生物膜内を NO_3-N 流速とする条件は液本体の $\%C \geq 2.24$ である。図-1, 2にClose unit(O_2 含圧 $\sim 4\%$)とOpen unit(O_2 含圧 $\sim 21\%$)の $\%A$ と流出 $\%C$ の関係を示す。Close unitでは O_2 含圧が低いため生物表面でも液本体 $\%C$ に近しい値が保持されていると考えられる。よって生物膜内は CH_3OH の浸入深さが NO_3-N のそれを上回る NO_3-N 流速の状態にある。低負荷では供給される NO_3-N はほぼ完全に除去され残余 CH_3OH が比較的高い平衡濃度となるため $\%C_{ve}$ は高くなる。 Q/A の増加に従い流出濃度が流入濃度 $\%C_{in}$ に近づくため $\%C_{ve}$ に収束してゆく。Open unitの場合他栄養性細菌層で摂取される CH_3OH が多いため嫌気性生物膜表面では $\%C < 2.24$ となり NO_3-N 流速の条件を保ち得ないと思われる。図-3に C_v と $T-N$ Fluxの関係を示した。破線は図-6で得られたものである。明らかに最大脱窒速度に達していない

表-1 実験装置諸元

円板直径	160 mm	UNITの	V_{100}	9.25 l
円板厚	3 mm	容積	V_{50}	4.5 l
円板間隔	18 mm	UNIT内の	A_{100}	0.175 m^2
円板枚数	13	板面積	A_{50}	0.092 m^2
全円板表面積	0.523 m^2	円板回転数		15 rpm

表-2 実験条件

有機基質	RUN. NO.	C/N	A_w/A_o	UNIT
METHANOL	0-1	3	100	—
	0-2	3	100	—
	1-1	3	50	OPEN
	1-2	3	50	CLOSE
	2-1	4.5	50	OPEN
	2-2	4.5	50	CLOSE
	3-1	6	50	OPEN
	3-2	6	50	CLOSE
GLUCOSE	4-1	6	50	OPEN
	1-2	6	50	CLOSE
	5	3	50	CLOSE

注) C/N: 濃度比 T-N: NO_2-N+NO_3-N
 A_w/A_o : 浸漬率(%)

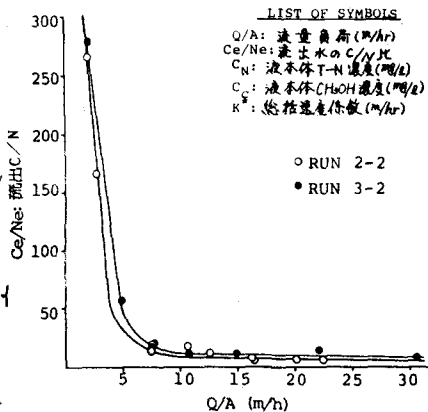


図-1 流量負荷と流出C/N比の関係 (CLOSE UNIT)

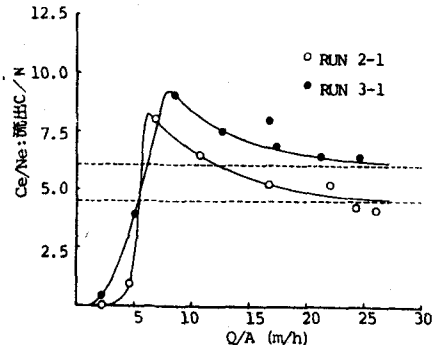


図-2 流量負荷と流出C/Nの関係 (OPEN UNIT)

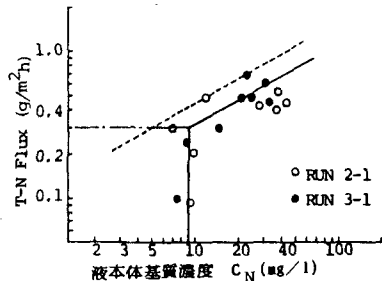


図-3 液本体基質濃度とT-N Fluxの関係 (OPEN UNIT)

いことがわかる。図2,3によれば低負荷ではCH₃OHの大部分が他栄養細菌層で摂取されるため脱窒速度が著しく小さくなっている。 Q/A を上げれば図-2でも図-1と同様に添加%値に収束するが脱窒速度は最大脱窒速度には達しない。これはOpen unitの好気的条件下では嫌気性生物層が不安定な状態になると思われる。図-2のビークはRun2-1が $Q/A=0.75\%$ で $T-N\text{ Flux}=0.3\%/h$, Run3-1では $Q/A=8.43\%$ で $T-N\text{ Flux}=0.3\%/h$ であり図3の $T-N\text{ Flux}=0.3\%/h$ に対応する $C_N(9\text{mg/l})$ で脱窒速度が急に上昇するがこれはCH₃OHの浸入深さが酸素のそれを上廻り嫌気性生物層に達するためと考えられる。図-4,5に $T-N\text{ Flux}$ と $CH_3OH\text{ Flux}$ の関係を示す。図-4のRun0-1は $T-N$ と CH_3OH のFluxの比が理論値 $(2.47 \frac{g\text{CH}_3OH}{g\text{N}})$ にほぼ等しい $2.5 \frac{g\text{CH}_3OH}{g\text{N}}$ とになっているがRun3-2ではこれよりわずかに高く Q_2 分が低くとも好気的に摂取されるCH₃OHがあることがわかる。図-5はOpen unitの場合である。Run2-1, 3-1のデータは完全に一致している。このOpen unitでは好気的に摂取される $CH_3OH\text{ Flux}$ と脱窒に用いられるものの合計となる。好気的に摂取される $CH_3OH\text{ Flux}$ を評価するために NO_3-N を添加しない人工基質で実験を行なう。ところで平均 $CH_3OH\text{ Flux}$ は約 $0.85\%/h$ と定めた。これは図-5から得られる $3.4 \frac{g\text{CH}_3OH}{g\text{N}}$ から先の $2.5 \frac{g\text{CH}_3OH}{g\text{N}}$ を差引いた値とほぼ等しい。この関係は $T-N\text{ Flux} 0.3\%/h$ 以上で成立しており、この値以下では成立せず好気的に摂取される $CH_3OH\text{ Flux}$ は減少している。これは低負荷では他栄養細菌層でCH₃OHが不完全浸透となるためと思われる。以上のことから嫌気性窒素と有機物を含有廃水をOpen unitで処理する場合、脱窒層表面で $C/N \geq 2.24$ を満足するように操作を行えば脱窒と好気性酸化による有機物除去を同時にしかも効果的に行うことができる。図-6に全水没およびCase unitの C_N と $T-N\text{ Flux}$ の関係を示す。半水没型で NO_3-N 律速の場合には1/2次反応を呈することから明らかであり筆者らの理論が半水没型に適用極法に適用し得ることが確認された。図-7は全水没型での液本体平衡CH₃OH濃度と $CH_3OH\text{ Flux}$ の関係である。CH₃OHの浸入深さが NO_3-N よりも深いので NO_3-N 律速となるために1/2次反応が現われている。図-8に液本体基質濃度 C_N と総括速度係数 K の関係を示す。 $C_N=0$ では $K=K_d=D/a$ の関係より拡散厚の計算を行うと本研究で用いた生物膜では約 $50\mu m$ と定めた。この値は回教極法による硝化で行った値とほぼ等しい。

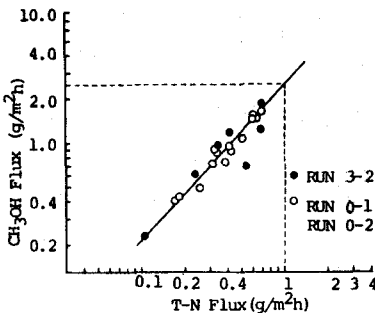


図-4 $T-N\text{ Flux}$ と $CH_3OH\text{ Flux}$ の関係

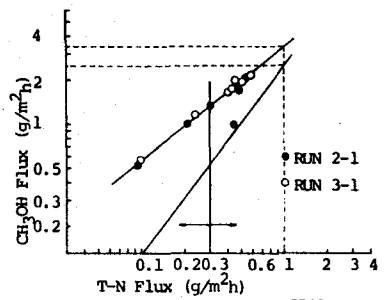


図-5 $T-N\text{ Flux}$ と $CH_3OH\text{ Flux}$ の関係 (OPEN UNIT)

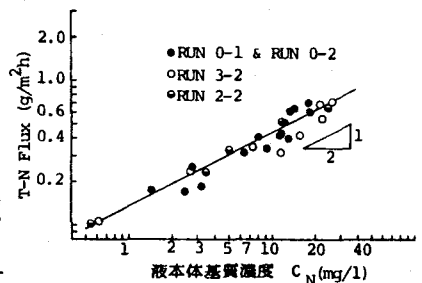


図-6 液本体基質濃度と $T-N\text{ Flux}$ の関係

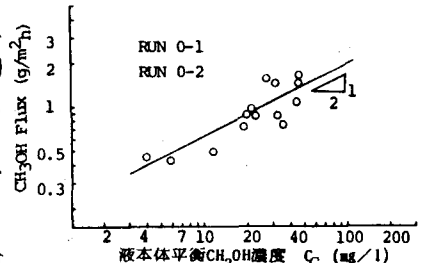


図-7 全水没のときの液本体 CH_3OH 濃度と $CH_3OH\text{ Flux}$ の関係 (RUN 0)

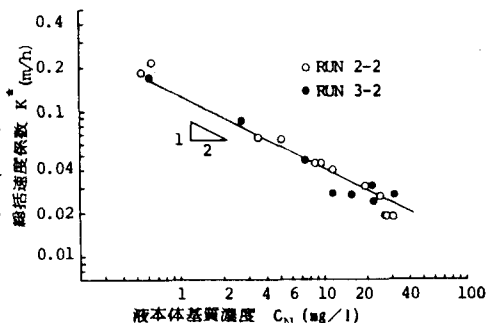


図-8 液本体基質濃度と総括速度係数の関係

参考文献(1) 渡辺, 石黒, 西留, 回教極法脱窒槽の動力学的解析 土木学会論文報告集 第276号, 1978年8月pp.5~43

2) Riemer; Kinetics of Denitrification Submerged filter, Ph.D. Thesis, part 1, 1977 Technical University of Denmark, pp.25-29