

生物膜への物質移動の促進

宮崎大学工学部 学員○横路健一 学員 田代雄児
宮崎大学工学部 正員 渡辺義公 正員 石黒政儀

1. はじめに

回転円板法による污水处理プロセスでは、律速基質が低濃度域において液本体から付着生物膜への物質移動が反応を律速することが知られている。既往の研究によると、円板表面上に突起を取り付け円板表面近傍に人工的な外部渦を発生させることにより、物質移動抵抗となる拡散層の厚さ(L_d)が軽減することが知られている。そこで本研究では、突起を取り付けた円板を用いた装置による定常状態アンモニア性窒素 $f\ lux$ の実験値と既往の固定生物膜モデル式により得られた理論式の比較検討を行った。

2. 実験装置と実験方法

本研究では、従来のアクリル板装置に加えてメディアの軽量化の観点からメッシュ60のステンレス網製の円板を用いて、同様の実験を行った。実験装置は、完全混合型半水没回転円板装置である。槽容量2.3ℓ, 円板直径15cm, 円板枚数5枚円板浸漬率50%, 突起寸法5cm×5cm, 厚さ0.1cmである。突起は、図-1のように円板に8枚取り付けた。実験条件は、原水としてアンモニア性窒素と無機炭素を主体とする人工下水を用いた。水温は、恒温槽で一定(20℃)に保ち、回転速度を各々、3, 10rpmに変化させて、連続流実験を行った。アンモニア性窒素濃度の測定には、ネスラー法とイオンクロマトグラフィーを併用した。

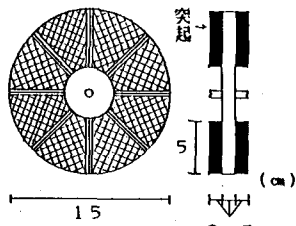


図-1 円板表面形状

表-1 3, 10rpmにおける L_d と L_w の計算値

	rpm	$L_d(\mu m)$	$L_w(\mu m)$
8枚突起	3	77	44
	10	43	59
無突起	3	150	51
	10	80	72

3. 理論的考察

定常状態における生物膜への基質 $f\ lux$ は、次式で表わされている。

①アンモニア律速の場合

$$F = (D_w / L_d) (C^b - C_s) \quad \text{--- (1)}$$

$$C_s = C^b + \lambda - (\lambda^2 + 2\lambda C^b)^{1/2} \quad \text{--- (2)}$$

$$\lambda = \alpha r^0 L_d^2 / D_w \quad \text{--- (3)}$$

ここで、 F : アンモニア性窒素 $f\ lux$ (g/m^2h), D_w : アンモニア分子拡散係数 (m^2/h), L_d : 拡散層厚 (μm), C^b : 液本体アンモニア性窒素濃度 (g/m^3), C_s : 生物膜表面アンモニア性窒素濃度 (g/m^2), r^0 : 0次の生物膜内反応速度 (g/m^3h), $\alpha \approx 1$

②酸素律速の場合

$$F_o = (r^0 / r^o) (F^a + F^w) \quad \text{--- (4)}$$

ここで、 F_o : 酸素 $f\ lux$ (g/m^2h), r^0 : 0次の生物膜内酸素消費速度 (g/m^3h), F^a : 気相中の酸素 $f\ lux$ (g/m^2h), F^w : 液相中の酸素 $f\ lux$ (g/m^2h)

気相中での酸素 $f\ lux$

$$F^a = (D_w / L_d) (C_o - C_w) \quad \text{--- (5)}$$

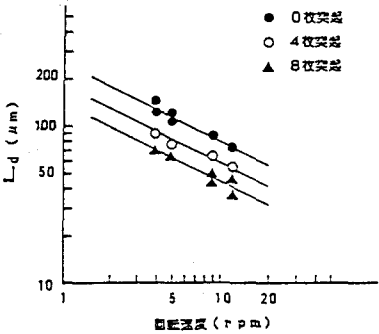


図-2 円板回転速度と拡散層厚の関係

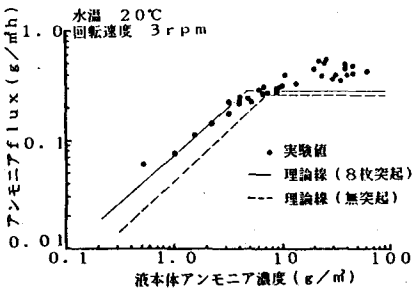


図-3 3rpmにおける網製円板の液本体濃度とアンモニア $f\ lux$ の関係

$$C^a = C_s + \lambda_a - (\lambda_a^2 + 2\lambda_a C_s)^{1/2} \quad (6)$$

$$\lambda_a = \alpha r^0 \cdot L_w^2 / D_{wO} \quad (7)$$

ここで、 C_s ：溶存酸素飽和濃度 (g/m^3)、 C^a ：気相中での生物膜表面の溶存酸素濃度 (g/m^3)、 D_{wO} ：酸素分子拡散係数 (m^2/h)、 L_w ：付着水膜厚 (μm)、 $\alpha \approx 1$

液相中での酸素 flux

$$F_w = (D_w / L_d) (C^b - C^w) \quad (8)$$

$$C^w = C^b + \lambda_w - (\lambda_w^2 + 2\lambda_w C^b)^{1/2} \quad (9)$$

$$\lambda_w = \alpha r^0 \cdot L_d^2 / D_{wO} \quad (10)$$

ここで、 C^b ：液本体溶存酸素濃度 (g/m^3)、 C^w ：液相中での生物膜表面の溶存酸素濃度 (g/m^3)、 $\alpha \approx 1$

4. 実験結果と考察

表-1の L_d は、図-2より決定した。図-3～6に、本実験から得られた定常状態における液本体濃度とアンモニア性窒素 flux の値を示した。図中の理論線は、式(1)～(10)より得られた値を代入したものである。これらのグラフにおいて、無突起と比較して本実験で用いた円板がかなり高い flux の値 (3 rpm で約 1.5 倍、10 rpm で約 3 倍) を示している。このことから、突起を取り付けることによりかなりの物質移動の促進が計れることが分かった。更に、アンモニア律速領域では理論線と実験値がかなり一致しているが、酸素律速領域においては明らかに実験値が高い値を示している。これは、突起を付けることによって水中に侵入するときの曝気効果による酸素供給の促進、あるいは突起が空中で空気の乱れを起こし付着水膜に影響を与えているのではないかと考えられる。しかし、 L_w を 0 として計算したが、アンモニア性窒素 flux の値は、0.36 ($g/m^2 h$) となり実測した値の 0.91 ($g/m^2 h$) よりは、はるかに小さい。突起が水中に侵入する場合の何か付加的な曝気効果がその一因とも考えられる。この理由については、現在検討中である。また、アクリル板とステンレス網製円板は、ほとんど同様の値を得た。このことにより、メディアの軽量化が可能であると言える。

5. おわりに

突起を取り付けた円板は、無突起と比較してアンモニア律速の領域、酸素律速の領域のいずれにおいても高い flux が得られ有効であることが確認された。また、アクリル板とメッシュ円板の比較により、メディアの軽量化の点も達成された。今後は、固定生物膜理論より求めた酸素律速における L_w 値と実験値をもとに、検討を行う予定である。

<参考文献> 1) 渡辺、岡部、田代：微細突起による回転円板への物質移動の促進：昭和60年度土木学会西部支部講演集。2) 渡辺、岡部、田代：回転円板法(RBC)における物質移動：土木学会第41回年次講演集pp807-pp808。3) Mathematical Models in Biological Waste Water Treatment. "Mathematical Modeling of Nitrification and Denitrification in Rotating Biological Contactor." ELSEVIER, pp419-pp471。4) 渡辺、李、石黒：回転円板法の動力学理論とそのスケールアップへの適用：昭和62年度第2回生物膜法研究シンポジウム論文集pp15-pp19。

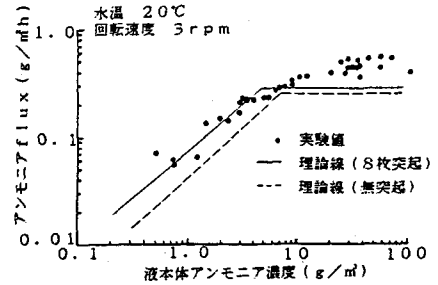


図-4 3rpmにおけるアクリル円板の液本体濃度とアンモニア Flux の関係

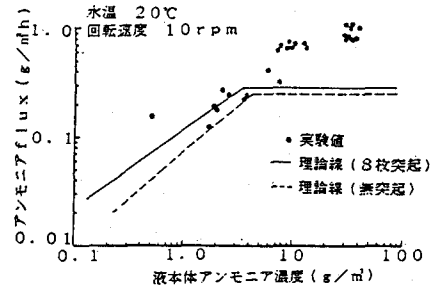


図-5 10rpmにおける網製円板の液本体濃度とアンモニア Flux の関係

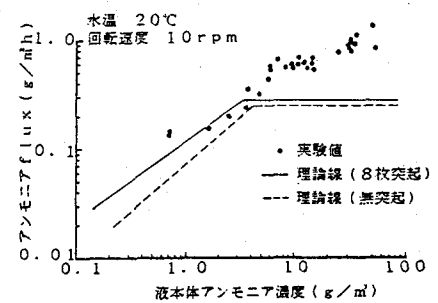


図-6 10rpmにおけるアクリル円板の液本体濃度とアンモニア Flux の関係