

## 回転円板法のスケールアップ

宮崎大学工学部 学員○宮崎 功司  
 宮崎大学工学部 正員 渡辺 義公 正員 石黒 政儀  
 韓国 嶺南大学 李 哲熙

## 1. はじめに

好気性(半水没型)回転円板法(以下RBC)では、円板が回転することによって、次の2つの効果が生じる。(1)曝気効果;生物膜が回転する間に生物膜への酸素供給が行われる。(2)物質移動効果;回転作用により円板表面では回転運動と半径方向への流れが起こる。このことから円板付着生物膜への物質移動が促進される。RBCのスケールアップに当たっては、上記2つの効果を十分に考慮する必要がある。不均一生物膜モデルに基づいたRBC動力学理論には、円板の寸法や回転速度によって決まるパラメーター[付着水膜厚 $\{L_w(\mu m)\}$ と拡散層厚 $\{L_d(\mu m)\}$ ]が含まれている。したがって任意の円板寸法と回転速度における $L_w, L_d$ を予測できれば、動力学理論によりその場合のRBCの稼動効率が計算できる。本研究では、不均一生物膜モデルを用いたRBCのスケールアップ手順について検討する。

## 2. 実験装置と実験方法

実験装置は容量5.6ℓ, 円板枚数10枚(浸せき円板面積=0.61㎡), 円板直径30cmの完全混合型半水没回転円板装置である。水温は槽内にサーモスタットとヒーターを設置し一定温度(24℃)に保った。本実験装置は宮崎市木花処理場の初沈流出水で馴養生生物膜を付着させた後、 $NH_4-N$ と無機炭素を主体とした人工下水を用い、選択的に硝化細菌を培養した。この実験装置を用いて、回転速度を4rpm, 8rpmに設定し実験を行った。基質は $NH_4-N$ と無機炭素を主体とした人工下水を用い、 $NH_4-N$ の測定にはイオンクロマトグラフィーを使用した。

## 3. 実験結果と考察

図-1, 2は、回転速度を4rpm, 8rpmでの $NH_4-N$ 濃度と $NH_4-N$  Fluxの関係について理論値と実測値とを比較したものである。理論値は以下の諸式により計算した。

(1) アンモニア律速による場合

$$F = (D_w/L_d)(C^b - C_s)$$

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

$$\lambda = \alpha r^\circ L_d^2 / D_w$$

ここで、 $F$ ;  $NH_4-N$  Flux ( $g/m^2h$ ),  $D_w$ ; アンモニア分子拡散係数 ( $m^2/h$ ),  $C^b$ ; 液本体 $NH_4-N$ 濃度 ( $g/m^3$ ),  $C_s$ ; 生物膜表面 $NH_4-N$ 濃度 ( $g/m^3$ ),  $r^\circ$ ; ゼロ次生物膜内反応速度 ( $g/m^3h$ ),  $\alpha \approx 1$ と仮定する。

(2) 酸素律速による場合

$$F_o = (r^\circ/r^\circ_o)(F^a_o + F^w_o)$$

ここで、 $F_o$ ; 酸素 Flux ( $g/m^2h$ ),  $r^\circ_o$ ; ゼロ次生物膜内酸素消費速度 ( $g/m^3h$ ),  $F^a_o$ ; 気相中の酸素 Flux ( $g/m^2h$ ),  $F^w_o$ ; 液相中の酸素 Flux ( $g/m^2h$ )

気相中での酸素 Flux

$$F^a_o = (D_w/L_d)(C_o - C^w_o)$$

$$C^w_o = C_o + \lambda_a - (\lambda_a^2 + 2\lambda_a C_o)^{1/2}$$

$$\lambda_a = \alpha r^\circ_o L_w^2 / D_w$$

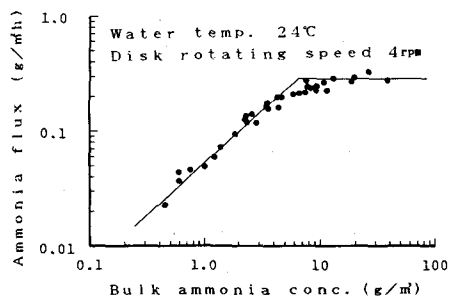


図-1 4rpmにおける $NH_4-N$  Fluxの計算値と実測値の関係

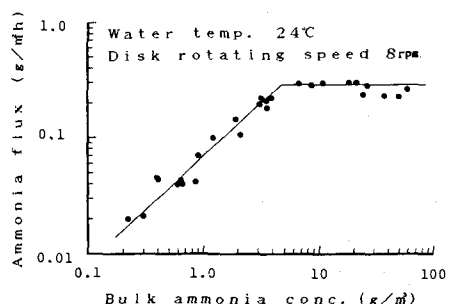


図-2 8rpmにおける $NH_4-N$  Fluxの計算値と実測値の関係

ここで、 $C_o$ ：飽和DO濃度 ( $g/m^3$ )、 $C^a$ ：気相中での生物膜表面のDO濃度 ( $g/m^3$ )、 $D_w$ ：気相中による酸素の分子拡散係数 ( $m^2/h$ )、 $\alpha \approx 1$ と仮定する。

液相中での酸素Flux

$$F_w^o = (D_w/L_d)(C^b_o - C^w_o)$$

$$C^w_o = C^b_o + \lambda_w - (\lambda_w^2 + 2\lambda_w C^b_o)^{1/2}$$

$$\lambda_w = \alpha r^o \cdot L_d^2 / D_w$$

ここで、 $C^b_o$ ：液本体DO濃度 ( $g/m^3$ )、 $C^w_o$ ：液相中の生物膜表面DO濃度 ( $g/m^3$ )、 $\alpha \approx 1$ と仮定する。

アンモニア律速領域での液本体 $NH_4-N$ 濃度と $NH_4-N$ Fluxの関係を回転速度のパラメータとして求めた値と実測値を比較したものが図-3である。図-3から明らかなようにアンモニア律速でのRBCの稼働効率は回転速度のみにより決定される。

酸素律速領域において、生物膜への酸素Fluxを回転速度の関数として計算したものが図-4である。この図から明らかなように回転速度が増大するにつれて円板が気相中にあるとき酸素Fluxは減少し、一方液相中の酸素Fluxは増大する。また相方の和である生物膜への酸素Flux ( $F_o$ )は回転速度とはさほど関係がない。表-1はその時の $NH_4-N$ Fluxの理論値と本実験のデータを比較したものである。図-5は小型RBC (直径30cm)で得られる $NH_4-N$ Fluxと任意の円板直径で得られる $NH_4-N$ Fluxの比を計算したものである。酸素律速領域では、周辺速度と回転速度の両面からみた場合、直径が増大すればFluxは減少するが周辺速度と回転速度との差はさほど認められない。アンモニア律速領域において、周辺速度を一定と考えると、直径が増大するにつれて $NH_4-N$ Fluxは減少する、回転速度が一定のときには $NH_4-N$ Fluxは直径とは無関係である。図-6は周辺速度を固定して $NH_4-N$ 濃度と $NH_4-N$ Fluxの関係に及ぼす円板直径の影響を計算した結果である。

#### 4. まとめ

本研究では、不均一生物膜モデルに基づいて誘導されたRBC動力学理論を用い、RBCのスケールアップについて検討した結果、周辺速度を基準とするスケールアップの問題点も容易に解明できた。

#### 〈参考文献〉

- 1) 渡辺：Mathematical Modelling of Nitrification and Denitrification in RBCs, A chapter of the Book "Mathematical Models in Biological Waste Water Treatment, LSEVIER.
- 2) 石黒, 渡辺, 李：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

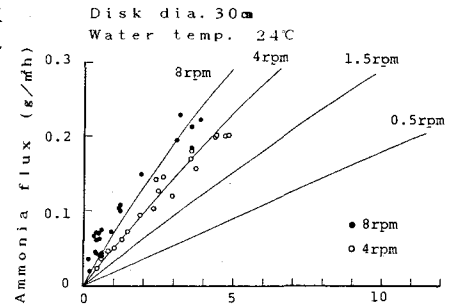


図-3  $NH_4-N$ 律速における $NH_4-N$ Fluxと円板回転速度の関係

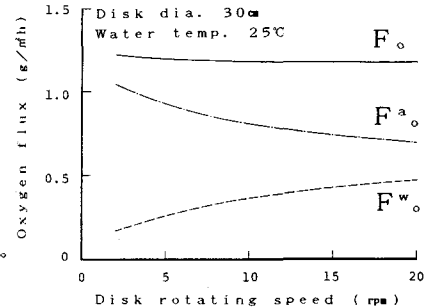


図-4 酸素律速における酸素Fluxと円板回転速度の関係

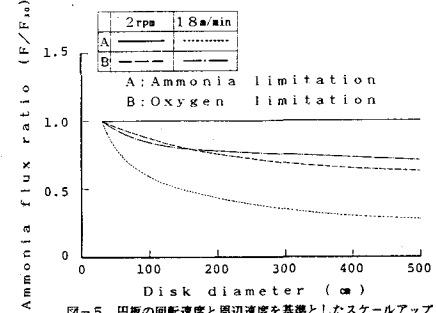


図-5 円板の回転速度と周辺速度を基準としたスケールアップ

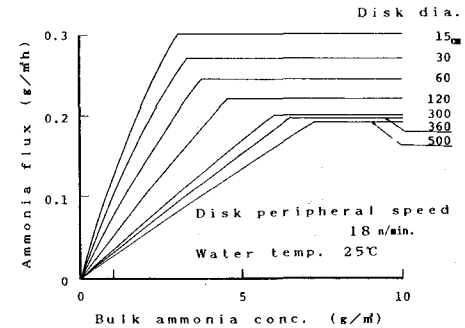


図-6  $NH_4-N$ Fluxと円板直径の関係

表-1 酸素律速時の $NH_4-N$ Flux (24°C)

|   | 4rpm   | 8rpm   |        |
|---|--------|--------|--------|
| A | 0.2922 | 0.2897 | A: 理論値 |
| B | 0.2915 | 0.2846 | B: 実測値 |