

N-7 回転円板法の浄化機構(Ⅳ)
— 拡散層厚の定量化について —

鹿兒島高専 正員 ○西留 清
鹿兒島高専 学生員 志戸 隆夫
鹿兒島高専 学生員 畠源 隆一

1. はじめに 筆者らは回転円板法の浄化機構の解明にあたって固定生物膜反応の定常動力学式を誘導し、回転円板法による硝化脱窒過程に適用した²⁰⁾。その動力学モデルでは生物膜による基質除去速度は平衡基質濃度と総括速度係数の積で表わされ、総括速度係数は生物膜への移動を表わす項(拡散項)と生物膜内での基質の拡散と消費を表わす項(反応項)により構成される。拡散項は拡散層厚と基質の移動係数を求めれば定量的に評価できる。拡散層厚は円板径、円板回転速度、水温などにより決まると考えられる。本文では回転円板法による曝気機構をFilm理論を用いた非定常拡散モデルのSchmidt Plot法によるシミュレーションと実験により検討し、任意の円板径、円板回転速度での拡散層厚を定量化し、回転円板法のスケールアップのための一助とする。

2. 回転円板装置による曝気実験 実験装置(図-1)は表面に厚さ800 μ mの濾紙をはりつけた円板径40 cm(装置Ⅰ), 60 cm(装置Ⅱ), 80 cm(装置Ⅲ)の円板群からなり、3.6~20 rpmで回転する。表-1に実験装置の諸特性を示す。液本体のDO濃度を亜硫酸ナトリウムを添加して1 mg/l以下とした後、円板を回転させ、浸漬率50%での液本体DO濃度の時間的变化をDOメーターで測定した。図-2は実験結果を無次元DO濃度と接触時間の関係で整理したものである。回転始動直後は急上昇し、徐々に緩かになり、高速回転になるほどDO濃度は急上昇している。

3. 電子計算機による数値計算 回転円板法による曝気機構は液本体付着水膜(濾紙の部分)、拡散層からなる非定常拡散過程を数値計算することによりシミュレートできる²⁾。分子拡散による酸素移動過程はFickの第2法則より式-(1)の拡散方程式で表わされる。

$$\frac{\partial C_t}{\partial t} = \frac{D_a \partial^2 C_t}{\partial z^2} \text{----- (1)}$$

拡散係数 D_a が一定であり、かつ境界条件、初期条件が既知であれば、式-(1)を差分法してSchmidt Plot法により簡単に解くことができる³⁾。数値計算条件の中で拡散層厚のみが未知であるので、種々の拡散層厚について計算し、実験値と最も適合する拡散層厚を求めた。図-3, 4, 5は各装置の回転速度での実験値と計算値である。図-6は円板径40 cm, 円板回転速度5 rpm

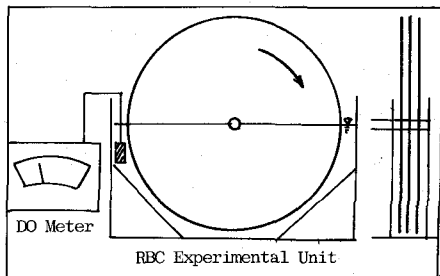


図-1 実験装置

表-1 実験装置の特性

	Unit 1	Unit 2	Unit 3
Disk Diameter	40 cm	60 cm	80 cm
Disk Number	3	3	3
Disk Half Area	3770 cm ²	8480 cm ²	15100 cm ²
Tank Volume	7210 cm ³	14200 cm ³	25900 cm ³

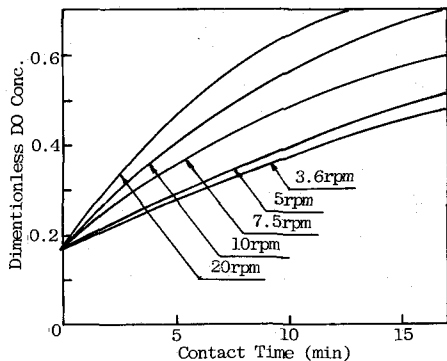


図-2 G/C_s と接触時間の関係(装置Ⅰ)

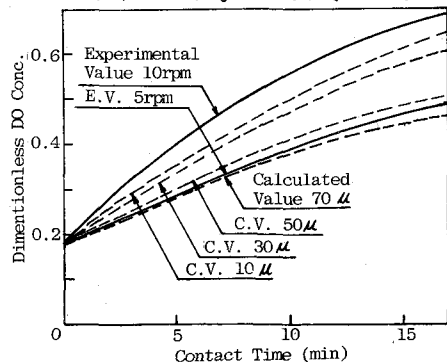


図-3 拡散層厚と回転速度との関係(装置Ⅰ)

での空中、水中部のD₀分布である。空中部では付着水膜表面の酸素濃度は常に飽和されているため空中部付着水膜内のD₀濃度は短時間に上昇する。水中部では空中部で付着水膜内に吸収されたD₀が拡散層内を分子拡散して液本体に移動し、液本体D₀濃度は上昇する。液本体と水中部付着水膜表面のD₀濃度差すなわち濃度勾配が大きい回転直後は液本体D₀濃度は急上昇するが、液本体D₀濃度が高くなるにつれ濃度勾配も緩かになり、液本体D₀濃度の上昇は緩かになる。このことは図-2に示した実験値からも実証されている。

4. 考察 図-7は実験値と最も適合する拡散層厚と円板周辺速度との関係であり、周辺速度が5~10 m/minの範囲内では両対数紙上で傾きが約1/2の直線関係にある。回転速度が大きくなればなるほど滲紙上に吸着水膜が発生し、この吸着水膜は空中部で飽和され液本体に落下するため曝気速度も早くなる。この場合には吸着水膜を考慮していない本モデルは適用できない。円板径40 cmで回転速度10 rpm(図-3)や円板径80 cmで回転速度5 rpm(図-5)に本モデルを適用すると拡散層厚は10 μm以下となるが、明らかに吸着水膜の影響が観察された。本モデルから拡散層厚を推定できないが、図-7の直線から推察すると周辺速度10 m/minでは拡散層厚は約40 μm、20 m/minでは30 μm前後と考えられる。McCartyらは生物膜を用いた実験で拡散層厚は液本体の攪拌強度が増大するに伴い、56 μmまでは減少すると述べているが、本実験では生物膜の代用として表面がなめらかな滲紙を用いたため30 μm前後までは減少すると考えられる。

5. おわりに 図-7から推察されるように拡散層厚は主に円板周辺速度により決まると考えられるので、回転円板法のスケールアップにおいては円板周辺速度を一定にすれば拡散項は等しくなると考えられる。しかし、円板径の異なる円板の周辺速度を一定にすると回転速度が変わり、円板の空中・水中部での滞留時間が異なるため生物膜内のD₀濃度分布が変化する。そのため反応項の値が変わると考えられる。以上の理由から回転円板法のスケールアップにおいては円板回転速度、円板周辺速度を同時に考慮しなければならない。詳細については研究継続中であり、次の機会に報告したい。最後に本研究に御助力を頂いた鹿児島高専内田孝郎教授、宮崎大学石黒政義教授、宮崎大学渡辺義公助教授に衷により謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 渡辺, 石黒, 西留: 回転円板脱窒装置の動力学的解析, 土木学会論文集, 第276号, 8, 1978
- 2) 渡辺, 石黒, 西留: 回転円板法の浄化機構に関する研究 (I), 下水協誌, Vol 15, No. 172, 9, 1978
- 3) 衛藤一郎: 回転円板法の酸素供給に関する研究, 昭和52年度宮崎大学工学部土木工学科卒業論文

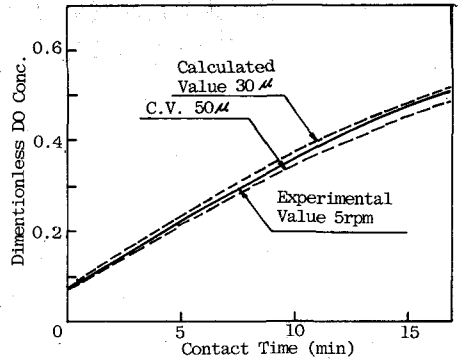


図-4 拡散層厚と回転速度との関係(装置Ⅱ)

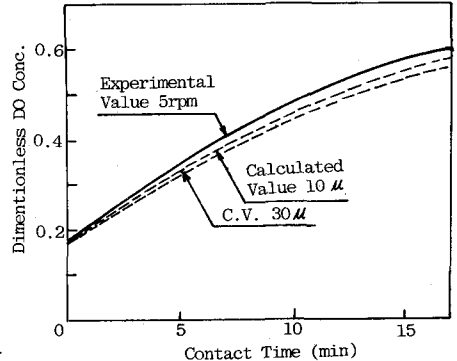


図-5 拡散層厚と回転速度との関係(装置Ⅲ)

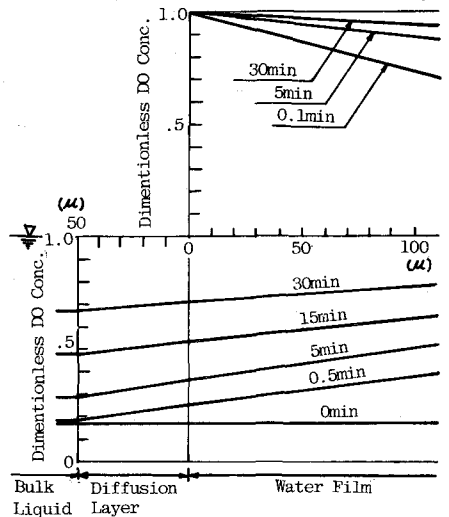


図-6 接触時間とD₀分布の関係(装置Ⅰ, 5rpm)

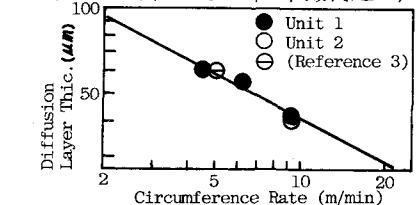


図-7 拡散層厚と周辺速度との関係