

各種回転円板法による下廃水処理の評価

鹿児島高専 〇学 鈴木秀文 学 黒田亮平
鹿児島高専 正 西留 清 正 山内正仁

1. はじめに

回転円板法の実用上の設計法としては、F. Popel等¹⁾が用いた単位円板表面積当たりの着目基質の負荷量による方法、またはR. Antonie²⁾の提唱する単位円板表面積当たりの処理水量を用いる方法が一般的である。また、渡辺³⁾は物質移動モデルに基づく回転円板法の設計手法を提示している。これらの設計法は支持体付着生物は均等に反応するとして円板面積が基準とされている。実装置の設計においては円板間隔等の大小によって閉息や酸素供給能の低下をきたし、付着生物は均等に反応しない場合が生ずる。また筆者等の一人が用いている透過性支持体やロック支持体では生物膜付着円板面積の評価が困難でもある。そこで、本文では如何なる付着生物膜支持体を用いても回転円板法による下廃水処理が評価できる円板体積基準設計法を提案する。

2. 従来の回転円板設計法

2-1 回転円板法の主な設計因子

図-1に回転円板法の主な設計因子を示す。図中の記号は、 Q ：流入水量($m^3/日$)、 C_i ：流入BOD濃度(mg/l)、 C_e ：流出BOD濃度(mg/l)、 C_o ：反応槽内BOD濃度(mg/l)、 V ：反応槽容積(m^3)、 C_s ：反応槽内SS濃度(mg/l)、 A ：円板面積(m^2)である。

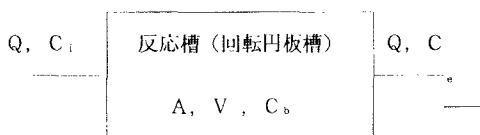


図-1 回転円板法の主な設計因子

2-2 単位円板表面積当たりの着目基質の負荷・除去による設計法¹⁾

単位円板表面積当たりの着目基質の負荷・除去は式(1)、(2)で表されている。

$$BOD \text{ 面積負荷量} = Q C_i / A \quad (1)$$

$$BOD \text{ 面積除去量} = Q (C_i - C_e) / A \quad (2)$$

通常のBOD面積負荷は5~20gBOD/ m^2/day であり、流入BOD負荷量が高いとBOD除去量も高くなる。

2-3 単位円板表面積当たりの水量負荷による設計法²⁾

BOD除去反応は式(3)で示す1次反応とし、定常運転におけるBOD除去率 E は、式(4)で表している。したがって、定常運転における一定の水量負荷($t=V/Q$)のもとでは、BOD除去率は流入水のBOD濃度に関係なく、常に一定となる。

$$C_i - C_e = (1 - e^{-k t}) \quad (3)$$

$$E = (C_i - C_e) / C_i = C_i / C_o = 1 - e^{-k t} = 1 - e^{-k (V/Q)} \quad (4)$$

ここで、 C_i ：時間 t における除去BOD濃度(mg/l)、 C_o ：初発($t=0$)におけるBOD濃度(mg/l)、 k ：反応速度定数($1/日$)である。

2-4 BODフラックスと液本体BOD濃度による設計法³⁾

液本体BOD濃度が定常で、液本体BOD濃度が低いBOD濃度律速領域におけるBODフラックス(F_b)は、式(5)で、液本体BOD濃度が高い酸素律速領域におけるBODフラックス(F_o)は、式(6)で表されている。酸素律速領域における酸素フラックス(F_o)は式(7)で、また完全混合反応槽では液本体BOD濃度(C_o)は C_e となり、式(6)の F_b は式(8)で表される。

$$F_b = (C_o - C_e) D_w / L_a \quad (5) \quad F_b = F_o / b \quad (6)$$

$$F_o = F_a + F_w \quad (7) \quad F_b = Q (C_i - C_e) / A \quad (8)$$

ここで、 C_o ：生物膜表面BOD濃度(mg/l)、 D_w ：水中のBOD成分分子拡散係数($m^2/日$)、 L_a ：拡散層厚(濃度境界層厚、 m)、 b ：BOD成分1gを除去するのに要求される酸素量($gO_2/gBOD$)、 F_a ：空中部生物膜表面における酸素フラックス($gO_2/m^2/日$)、 F_w ：水中部生物膜表面における酸素フラックス($gO_2/m^2/日$)である。

3. 特殊網状支持体(ロック)の付着水膜厚と生物量

3-1 実験装置と実験方法

実験装置は参考文献(4)を参照されたい。実験装置(円

表-1 ロック支持体の諸元

支持体体積	0.00213 m^3
支持体表面積	0.383 m^2
湿潤付着生物重量	1502g
付着生物膜乾燥重量	74g
付着生物濃度	49000 mg/l - 74 $\times 10^3$ / 1502 $\times 10^{-3}$

板回転数6.4rpm)の円板間に表面積 $180\text{m}^2/\text{m}^3$ をもつ扇型のロック支持体(表-1, 支持体重量128g, 支持体空間体積 0.00204m^3)を挿入した。図-2は約3週間経過後に、挿入した支持体を取り出した直後の生物膜付着支持体重量と経過時間との関係である。

3-2 付着水膜厚と生物量

支持体上の平均生物膜厚さは $3.9\text{mm}(1502 \times 10^3 / 0.383 \times 10^6)$ あり、カール状になったロック支持体間隔は 8mm 以下の部分も多く、支持体間が生物膜で覆われる部分もあることになる。このため生物付着後の生物膜表面積は明らかでなくなる。また、円板が空中に出た30秒経過後の仮想付着水膜厚は $0.7\text{mm}(535 \times 10^3 / 0.383 \times 10^6)$ もあり、生物膜付着後にできる空間部も水中から持ち上げられた下废水に覆われている。実際、空中部では生物膜間を水中から持ち上げられた下废水が多量流下するのが観察された。したがって、カール状になったロック支持体では既に提唱されている円板面積基準の前記回転円板設計法はいずれも適用できない。

4. 付着生物膜円板体積基準回転円板設計法

従来の設計法は酸素供給能が低下しない(生物膜付着前支持体表面積より付着生物膜面積および付着水膜面積が低下しない)ことを条件に実装置の設計が行われている。本条件下では反応槽実容積(V)に占める円板面積と付着生物膜厚が大きいほど有効となる。円板密度は反応槽実容積と円板面積の比であって、一般に、G値と言われる。R. Antonieは円板面積を一定にし、反応槽実容積を変えた実験よりG値が5までは基質除去効率上がることを明らかにしている。実装置のG値は $3 \sim 10\text{l}/\text{m}^2$ である。支持体付着生物膜厚は流入原水の基質性状、基質負荷量および支持体材質により異なるため容積を一定とし円板間隔が小さいほどG値は小さくなるが酸素供給能は低下する。以上の理由によるため最適円板間隔は論理的に明らかとされていない。そこで各種支持体に適用できる図-3に示す各種支持体に適用できる付着生物膜円板体積基準回転円板設計法を提案する。円板体積は、式-(9)で表される。

$$V_A = A_h L_A \quad (9)$$

ここで、 V_A : 付着生物膜円板体積、 A_h : 円板側面積($3.14 \times$ 円板半径²)、 L_A : 円板体軸長である。従来用いていた円板面積あたりの基質負荷量等を下記に示す例のように提案した付着生物膜円板体積当たりの基質負荷量で表示すると、各種支持体で得られる回転円板処理効率の等価評価が可能となる。

$$\text{BOD円板体積負荷} = Q C_i / V_A$$

$$\text{BOD円板体積除去} = Q(C_i - C_e) / V_A$$

5. おわりに

従来の回転円板設計法および提示した設計法は何れも下废水の処理効率の向上を目的としている。下废水の処理効率と同じという前提条件下では、建設費(用地、反応槽、円板体等)が低廉、維持管理費(動力費、人件費、補修費等)が低廉、維持管理が容易、環境にやさしい等の条件が重要となる。今後、これらの条件の充足度を比較しながら、回転円板法の設計を行う場合、各種支持体回転円板を等価評価できる付着生物膜円板体積基準回転円板設計法を用いることを提案する。なお、各種支持体を用いた回転円板法の反応槽容積と支持体体積比(V/V_A)が下废水処理効率に及ぼす影響については今後明らかにする。最後に、本実験に用いた支持体(ロック)は三紀工業株式会社より提供して頂いた。ここに、衷心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) F. Pöpel: Leistung, Berechnung und Gestaltung von Tauchtropf Körperanlagen, Stuttgart Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, 11(1964)
- 2) R. L. Antonie: Fixed Biological Surface Wastewater Treatment, CRC Press(1976)
- 3) 渡辺、西留: 物質移動モデルに基づく回転円板法の合理的設計法、下水道協会誌、Vol. 26 No. 301 34-42 1989/6
- 4) 黒田他: ロック支持体を用いた回転円板法による有機物除去平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集

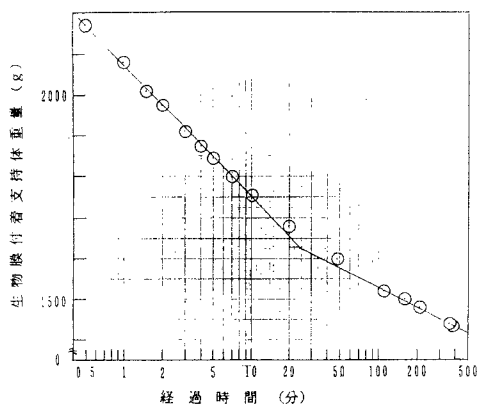


図-2 生物膜付着支持体重量と経過時間との関係

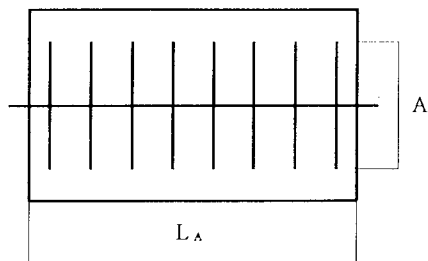


図-3 円板体積基準回転円板法