

II-494 好気性流動床の設計手法および運転条件の決定に当たっての一考察

清水建設㈱ 正会員 内田只房 丹羽千明

大陽酸素㈱ 正会員 安藤紳一

1. はじめに 反応器内の微生物濃度を高濃度に維持出来、高い基質除去能力を有する好気性流動床を用い、生活廃水の二次処理の検討をパイロット規模で行っている。（処理装置および処理結果の概要は本論文集の別報を参照） 本報では、設計および運転に際し重要な因子となる①担体の種類②粒径③初期充填率（反応器内の粒子体積占有率）の選定を、付着する微生物の厚さをパラメータとしたシミュレーションにより行った。ここでは①シミュレーションの考え方と方法②シミュレーション結果と実測値との比較について報告する。

初期設定因子（設計時）	運転中の制御因子
担体粒子の種類	生物膜の厚さ
担体粒子の粒径	空気量
担体粒子の充填率	

2. シミュレーションの目的と考え方 <目的> 流動床の設計手法および運転条件の決定に際し、設計時に設定すべき因子と運転中に制御すべき因子を表-1に示す。これらの因子は、処理対象とする廃水の水質および反応器内の有機物負荷量等の前提条件に応じた値を選定する必要がある。

今回は特に、初期段階に決定すべき因子について論ずる。対象とした廃水が生活廃水であるという与条件（予想される反応器内限界BOD容積負荷値が、産業廃水等に比べ小さい）から担体の種類として、微生物の付着し易さ、湿潤密度、コスト等を考慮し、珪藻土の造粒粒子を選定した。次に、担体の粒径および、流動床内の充填率を決定するために、図-1のフローに従いシミュレーションを行った。

<シミュレーション項目> 担体に付着する微生物膜の厚さをパラメータとして、以下の物理量の関係を推定する。
①担体粒径とBP（微生物付着担体）充填率②担体粒径とBP密度③担体粒径とBP比表面積④担体粒径とBP終末沈降速度⑤担体粒径と流動床内MLVSS濃度

<前提条件> シミュレーションに当たっての前提条件を表-2に示す。尚、生物膜の湿潤密度¹⁾については、以下の式を採用した。

$$\rho_{bw} = 1.022 - 0.01874 e^{-34.83 \delta}$$

<結果> 担体粒径範囲を0～0.1（cm）、担体初期充填率の範囲を5～25（NET V/V%）とし、生物膜厚さをパラメータ（50μm刻みで250μm

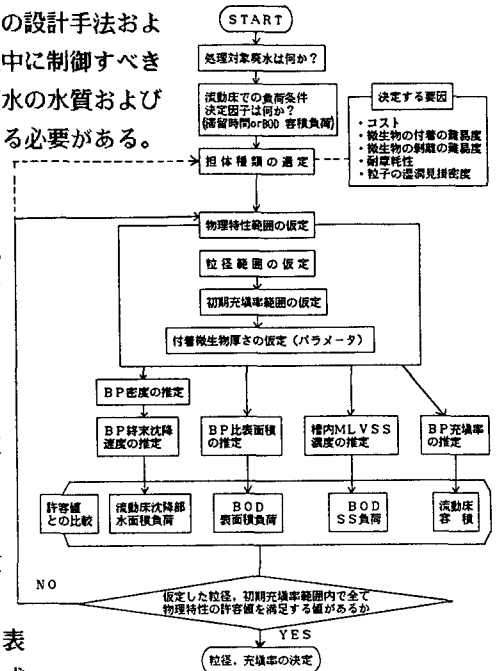


図-1 流動床の担体種類、粒径、充填率の決定フロー

表-2 シミュレーションの前提条件

担体は造粒した珪藻土を用いる 担体の粒子形状は球とする 生物膜は担体表面に均一に付着する 混合液（廃水）の比重は1.0（g/cm ³ ）とする 混合液（廃水）の粘度は1.0×10 ⁻² （g/cm・s）とする 水中のBPの空率率は一定とする

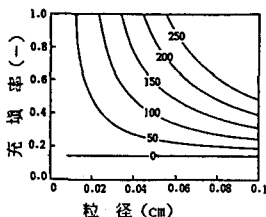


図-2 担体粒径とBP充填率の関係

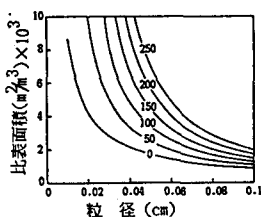


図-3 担体粒径とBP比表面積の関係

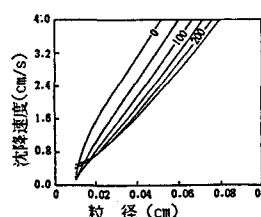


図-4 担体粒径とBP沈降速度の関係

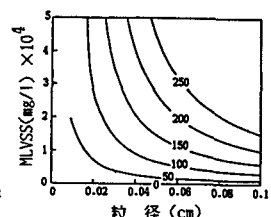


図-5 担体粒径とMLVSSの関係

まで）に取りシミュレーションを行った。初期充填率10(NETV/V%)における各物理量の推定値を図-2～5に示す。

3. 設計条件および運転条件の決定 シミュレーション結果に基づき本与件における初期設定因子の決定を行った。

＜粒子径と初期充填率の決定に当たった考え方＞ 担体表面の微生物膜の厚さおよび、流動床内初期充填率を一定とし、担体として小さな粒径を選定した場合の長所、短所を表-3に示す。また、担体表面の微生物膜の厚さおよび、担体粒子径を一定とし、流動床内の初期充填率を大きくした場合の長所、短所を表-4に示す。実際の粒子径および充填率の決定に際しては、上述した両項目の長所、短所を十分考慮し、反応槽の構造（特に沈降分離部）と実際に運転する負荷条件（生物膜厚さと関連）を把握し、慎重に決定される必要がある。

長 所	短 所
・槽内の微生物量が多くなり、BOD SS負荷が小さくなる。	・B Pの沈降速度が多くなり、流動床沈降部からの流出が起こりやすくなる。
・比表面積が大きくなり、表面積当たりのBOD負荷が小さくなる。	・B P充填率が多くなり、流動床沈降部からの流出が起こりやすくなる。
・B Pの沈降速度が多くなり、小さなエネルギーでも流動化する。	

表-4 充填率を大きく選定した場合の長所・短所

長 所	短 所
・槽内の微生物量が多くなり、BOD SS負荷が小さくなる。	・コスト高となる。
・比表面積が大きくなり、表面積当たりのBOD負荷が小さくなる。	・生物膜が厚くなる場合、見掛けの充填率が多くなり、B Pの系外流出が起こりやすくなる。
	・流動化のためのエネルギーが多くなる。

表-5 粒子径と初期充填率の選定例

判断対象となる項目	設 定 し た 値 (μm)	満 足 す べ き 値 (判定値)
① 充 填 率 (%)	50 ～ 100 (平均値選定)	0.6以下
② 比表面積 (m ² /m ³)	50 ～ 100 (平均値選定)	400以上 (BOD表面積負荷 5 g BOD/m ² 以下とした。)
③ MLVSS濃度 (mg/l)	50 ～ 100 (平均値選定)	5000以上 (BOD SS負荷 0.4 kg SS/日以下とした。)
④ 沈 降 速 度 (cm/s)	250 (最大値選定)	0.68以上 (短絡法、簡易法を考慮して沈降分離部水面積負荷の4.0倍以上とした。)

注) 上記判定値の計算の前提条件
・BOD容積負荷 2kg/m³・日、流入BOD濃度 200mg/lとした。

＜粒子径と初期充填率の決定＞ 今回の与条件を考慮し、生物膜の厚さが50～100μmの間で推移する（場合によってはコントロールする）と仮定した場合、各物理特性値とその判定値（許容値）および計算上の前提条件を表-5に示す。尚、沈降速度については生物膜が必ずしも均一にならないことを考慮して最大値として250μmの生物膜厚さを仮定した。生物膜厚さが50～100μmの時のMLVSS、充填率、沈降速度の許容値の範囲を図-6に示す。経済性を考慮して担体粒子の初期充填率を減少させると、粒子に対する許容範囲が狭くなることが分かる。尚、比表面積については、今回設定した粒径及び初期充填の範囲では許容値を満足している。上記3項目の許容値から、今回適正值として粒径約0.03(cm)初期充填率10(V/V%NET)を選定した。

4. シミュレーション結果の妥当性の検討 シミュレーションの妥当性を評価するために、連続運転中の流動床からBP混合液を採取し、MLVSS、SV（流動床内混合液を採取し、一定時間静置後のBP沈殿容量の割合）、担体充填率の測定を行い、各実測値から生物膜の厚さの推定を行った。結果の一例を表-6に示す。実測したMLVSS値と、SV値それぞれから推定される生物膜の厚さはほぼ近似値を示した。また、別途のBP沈降速度分布試験に於いても計算値と実測値は近似した値が得られた。従って、今回のシミュレーションの前提条件と考え方は妥当であったと推定される。また、同時に流動床内のMLVSS濃度および生物膜の厚さの推定に簡易な測定方法であるSVが適用出来ることが判明した。

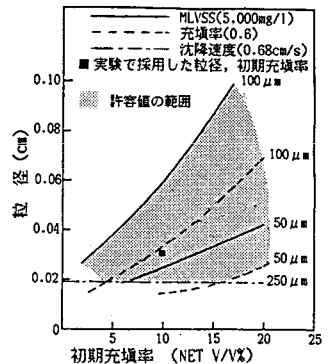


図-6 担体の粒径および充填率の許容範囲

表-6 実測値から生物膜厚さの推定

担体充填率 (NET V/V%)	実測MLVSS (mg/l)	予測生物膜 厚さ(μm)	実測SV (%)	予測生物膜 厚さ(μm)
9	4,000	50～55	27.5	40～45
6.5	6,780	85～90	33	80～85
6.3	8,800	100～105	44	105～110

5. まとめ シミュレーションにより、設計時の初期設定因子の条件決定を行う方法を提案し、その妥当性が確認された。系内のMLVSSを推定する簡便な手法としてSVを採用出来ることが確認された。今後、運転制御因子となる生物膜の厚さおよび、それに絡めた酸素量のコントロールについて検討していく予定である。本研究はバイオフィオカスWTの一環として建設省建築研究所と実施している共同研究の一部である。

＜記号＞ ρbw ; 生物膜湿潤密度 (g/cm³) δ ; 生物膜厚さ (cm)

＜参考文献＞ 1) 桃井ら 土木学会論文集第339号1983年