

浸漬型嫌気性膜分離法 (SAMBR) による下水の二次処理の可能性及び性能評価

東北大学大学院
株式会社クボタ

○砂庭崇之、李玉友、原田秀樹
高橋慎太郎、若原慎一郎

1. はじめに

近年、下水処理における活性汚泥法は次の問題点が指摘されている。(1) 消費エネルギーが大きい。(2) 必要面積が大きい。(3) 温室効果ガスの排出。これらの問題を解決するために下水処理プロセスにおける嫌気性処理の導入が望ましい。嫌気性処理は曝気の必要が無く、発生したバイオガスを回収利用可能であり、余剰汚泥の発生量も少ないなどの利点がある。また高負荷への対応が可能のため、処理プロセス全体の省スペース化も期待できる。一方、処理水質が活性汚泥法と比較して悪いことや、汚泥が流出するため安定性が低いといった問題点が存在する。そこで嫌気性処理に膜分離技術を導入した嫌気性膜分離法は新たな廃水処理プロセスとして注目を集めている。特に膜を反応槽内部に浸漬させた浸漬型嫌気性膜分離法 (SAMBR:Submerged anaerobic membrane bioreactor) は省エネルギー、省スペースでの運転が可能であり、既に高濃度廃水の処理等に適用されている。しかしながら SAMBR による都市下水等の低濃度廃水の処理に関する研究例は少なく、その中でも中温条件より低い温度条件での処理特性は十分に明らかになっていない。

本研究ではラボスケールの SAMBR を用いて、中温条件より低い温度条件で都市下水をモデルとした溶解性人工下水の連続処理実験を行い、SAMBR の処理特性の評価を行った。

2. 実験方法

図-1 に本実験に用いたラボスケール SAMBR の概略図を示す。有効容積は 6 L であり、内部に膜担体を浸漬させている。本実験で用いた膜担体は Kubota 平膜 (MF, 膜面積 0.116 m², 公称孔径 0.2 μm, 膜材質塩素化ポリエチレン)であった。反応槽内の温度は槽外部に 25°C の水を循環させることで 25±2°C に調整した。また発生したガスの一部を循環させ、反応槽に散気を

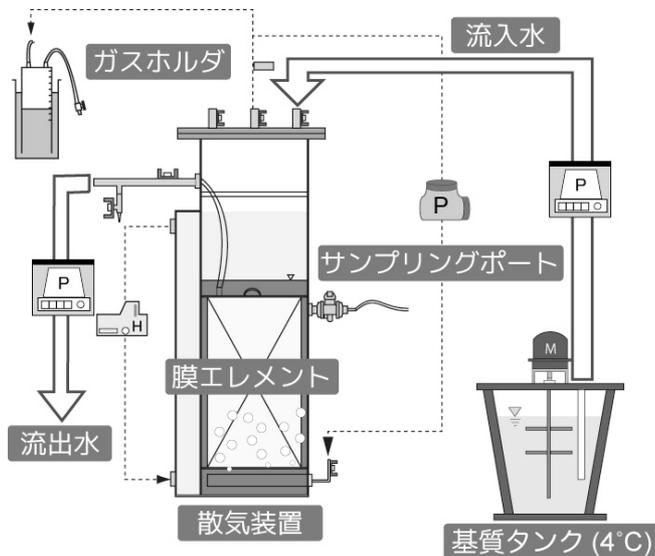


図-1 SAMBR 概略図

表-1 人工下水の性状

成分	単位	平均値	標準偏差
COD _{Cr}	mg/L	463	±116
C-BOD	mg/L	309	±86
炭水化物	mg/L	77	±60
タンパク質	mg/L	89	±12
pH		7.55	±0.39

行った。HRT は基質の投入量と膜透過水の引き抜き量によって調整し、HRT 2 日の条件で開始し、その後 HRT の制御によって段階的に負荷を上昇させた。

リアクターの処理性能を把握するために処理水及び反応槽内の COD_{Cr} (以下 COD), C-BOD (以下 BOD), 糖, タンパク質, pH を定期的に分析した。SS, VSS 濃度, ガス生成量, ガス組成, 膜圧, 膜透過水フラックスのモニタリングを行った。種汚泥として中温消化汚泥と食品工場排水の処理汚泥を用いた。また表-1 に SAMBR が処理を行う人工下水の性状を示す。

キーワード：都市下水, 嫌気性膜分離法, HRT

東北大学大学院工学研究科 土木工学専攻 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06

環境保全工学研究室 TEL:022-795-3584 FAX:022-795-7465

3. 実験結果

図-2 に流入水, 処理水中における COD 濃度と BOD 濃度の経日変化を示す。運転期間全体における流入 COD が 400~500 mgCOD/L であるのに対し, 処理水 COD は 20~50 mgCOD/L であった。BOD の処理水は 40 mg/L 以下であった。表-2 に各 HRT の処理性能を示す。HRT 2 日, 1 日, 0.5 日における処理水の平均 COD 濃度はそれぞれ 20, 30, 31 mg/L であり, 平均除去率は 93.1, 92.4, 93.9% であった。平均 BOD 濃度はそれぞれ 18, 18, 20 mg/L であり, 平均除去率は 92.2, 93.7, 94.2% であった。HRT を 0.25 日に短縮した後, 処理水の COD, BOD 濃度は一時的に 257 mg/L, 100 mg/L に上昇したが, 運転の継続により処理水質は改善され, 運転 96 日目には, 処理水の COD, BOD 濃度はそれぞれ 27 mg/L, 34 mg/L となった。

発生ガス中メタン濃度は運転開始時には 10% であったが, 定常状態では 80% 前後となった。また HRT 0.5 日における発生ガス量は人工下水 1 L あたり 0.16 L であった。図-3 に HRT 0.5 日における COD 物質収支を示す。投入 COD に対する処理後の割合はメタンガス 72%, 流出水 5%, その他 23% であった。その他 23% は菌体として反応槽に蓄積されたと考えられる。図-2 に示すように反応槽内 SS 濃度は運転開始 12 日目の 4.5 g/L から 106 日目には 10 g/L まで増加した。VSS 濃度は運転開始 12 日目の 3.6 g/L から 106 日目には 8.8 g/L まで増加した。図-4 に除去 COD あたりの汚泥転換率を示す。HRT 1 日, 0.5 日, 0.25 日における除去 COD あたりの汚泥転換率はそれぞれ 20%, 14%, 20% であり, 各 HRT において, 除去 COD 成分の 14~20% が発生汚泥として反応槽内に蓄積することが推測された。活性汚泥法における平均的な汚泥転換率は 40% であり, 本研究の SAMBR は活性汚泥法の汚泥発生量の 1/3 程度となることが示唆された。吸引時の圧力は運転開始当初は 5 kPa 程度であったが, HRT を 0.5 日に短縮した後急激に上昇し, 20 kPa を超える圧力を示した。

また, 運転 69 日目にリアクタートラブルが発生し, 汚泥の一部がリアクター外に流出した。汚泥濃度は低下したが, HRT 1 日の負荷での運転によるリカバリ期間を経て, 通常の運転を再開した。

4. まとめ

(1) 各 HRT の処理水の COD, BOD はそれぞれ 30 mgCOD/L, 20 mg/L 前後であった。

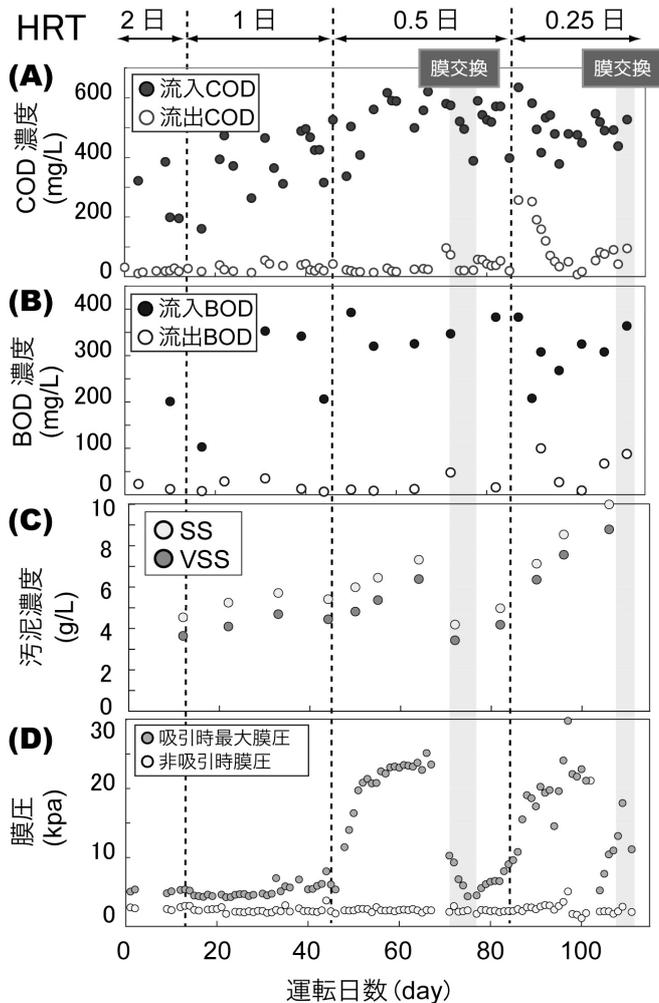


図-2 連続実験における処理性能の経日変化

(A) COD, (B) BOD, (C) 汚泥濃度, (D) 膜圧

表-2 各 HRT における処理性能

項目	単位	HRT (day)				
		2	1	0.5	0.25	
水質	COD _{Cr}	mg/L	20	30	31	91
	BOD	mg/L	18	18	20	71
除去率	COD _{Cr}	%	93.1	92.4	93.9	82.5
	BOD	%	92.2	93.7	94.2	77.9

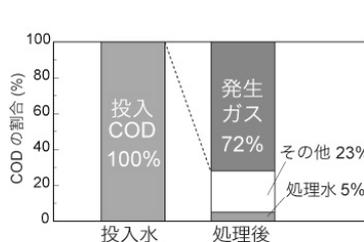


図-3 反応槽の COD 物質収支

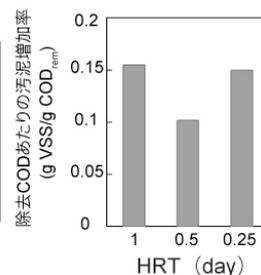


図-4 汚泥転換率

(2) HRT 0.5 日において, 投入 COD の 87.4% はメタンガスとして回収され, 汚泥の転換率は 14% であった。