

B-2

金属膜を用いた膜分離活性汚泥法の実用化に関する検討

日立金属㈱ ○関根康記 山田雄司
 日立プラント建設㈱ 武村清和 能登一彦
 日本下水道事業団 太田秀司 村上孝雄

1. はじめに

従来の活性汚泥法に対し安定した固液分離や省スペースかつ短時間で高度処理が可能となるシステムとして膜分離活性汚泥法は注目されている。98年度～00年度に実施された日本下水道事業団と民間企業4社による共同研究の成果から、有機膜を中心とした膜分離活性汚泥法は安定して衛生的で透明度の高い処理水を得られることが分かっている¹⁾。しかしながら有機膜は7年程度で交換時期を迎えると言われており、廃棄される膜は環境負荷になると考えられる。そこで、我々はこのような状況を鑑み「高耐久」かつ「交換時に廃棄物とならない」金属製精密ろ過膜（以下、金属膜）を開発し、本法への適用性を検証するためにパイロットプラントによる実証試験を実施した。

2. 金属膜の概要

金属膜の素材は全てステンレスを採用している。そのため、他の材質の精密ろ過膜と比べ以下の特長を有する。

- ・高耐久性により長寿命（目標耐用年数15年）。
- ・親水性でろ過性能が高い。
- ・使用後乾燥保管ができ、保管場所に限定がない。
- ・使用済みの膜は原料鋼としてリサイクル可能。
- ・使用温度範囲が広く、熱水にも適用可能。
- ・弱酸・アルカリ・オゾンにも耐性を示す。

また、実験に供試した金属膜モジュールの仕様を表1に示す。本実験では写真に示す有効膜面積20m²の浸漬型平膜モジュールを1台用いた。

3. 実験方法及び運転条件

処理目標値を表2に、パイロットプラントの運転条件を表3に、装置フローを図1に示す。初沈流入水を1mm目幅のスクリーンに通過させたものを原水とし、脱窒槽と硝化槽からなる反応槽へ供給し、循環式硝化脱窒運転を行った。膜モジュール(20m²×1式)は硝化槽に浸漬設置されている。膜洗浄と生物処理を兼ねて膜モジュールの下部に設置した散気管から散気を行った。

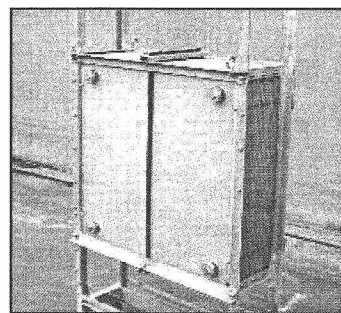
反応槽容量は硝化槽 1m³+脱窒槽 1m³の計 2m³を2系列有し、片系列に金属膜、もう片系列には比較対照系として浸漬型有機平膜を設置した。

表2 処理目標値

HRT	6時間以下
SS	検出限界(0.4mg/L)以下
BOD	2.0mg/L以下
T-N	10mg/L以下

表1 金属膜モジュールの仕様

型式	浸漬型平膜
公称孔径	0.4μm
有効膜面積	20m ²



金属膜モジュールの外観写真
 膜部寸法(828mm×828mm×295)

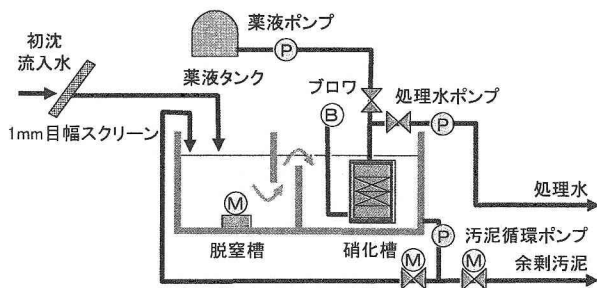


図1. パイロットプラントフロー

4. 結果及び考察

4. 1 処理水質

表4に、原水と金属膜系列処理水の平均値及び除去率を示す。処理水についてSSは常に検出限界以下、BODは0.5mg/Lと優れた除去性能を示した。また、大腸菌群数の除去についても下水試験方法（平板培養法）において不検出であり、膜としての良好な性能を示した。

窒素に関して硝化槽水温と窒素濃度の経日変化を図2に示す。運転開始直後から硝化反応は良好であったが、脱窒反応は反応槽MLSS濃度の上昇に伴い約1ヶ月で安定し、7月末以降処理水T-Nはほぼ10mg/Lを満足した。その後水温が15℃付近まで低下した冬期においても、処理水のNH₄-Nは1mg/L未満を維持し、T-N除去性能も良好であった。

ここで、実験期間中のA-SRTについて、反応槽水温とA-SRTの関係を図3に示す。図中の算出A-SRTは(1)式から算出した。

$$A-SRT=29.7e^{-0.102T} \quad T: \text{反応槽水温} \quad (1)$$

反応槽水温の低下に伴い運転時A-SRTが短くなっているが、余剰汚泥の引き抜き量を増加させたためである。このような場合でも、運転時A-SRTは算出A-SRTを上回っており、硝化に必要なA-SRTは確保されていたと考えられる。これは図中に併記したNH₄-Nの除去率が水温によらずほぼ100%に近い状況であったことから言える。以上から硝化・脱窒共にHRT2.4時間という厳しい条件にもかかわらず、汚泥を高濃度に保持することで良好な窒素除去性能が得られることが実証出来た。

りんに関して本実験では凝集剤の添加は行わなかったが、処理水のT-P平均値は1.6mg/Lであり除去率は約70%と比較的高かった。

表3. パイロットプラントの運転条件
(金属膜、有機膜各系列共通)

日平均Flux	0.5m ³ /m ² ・d
HRT	硝化槽2.4時間 脱窒槽2.4時間 合計4.8時間
間欠吸引間隔	9分ろ過/1分停止 18分ろ過/2分停止
MLSS濃度	8,000~12,000mg/L
硝化液循環水量	3Q
薬品洗浄条件	薬液：次亜 濃度：0.2~0.5% 洗浄時間：2時間

表4. 原水・処理水の分析結果及び除去率

項 目		原水（平均値）	処理水（平均値）	除去率 [%]
SS	[mg/L]	181. 4	検出限界以下	100
BOD	[mg/L]	159. 9	0. 5	99. 7
T-N	[mg/L]	40. 4	7. 4	81. 7
NH ₄ -N	[mg/L]	25. 5	0. 3	98. 7
T-P	[mg/L]	5. 3	1. 6	70. 7
大腸菌群数	[個/mL]	73889	不検出	100

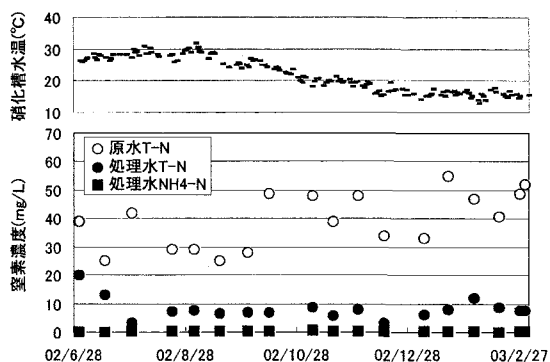


図2. 硝化槽水温と窒素濃度の経日変化

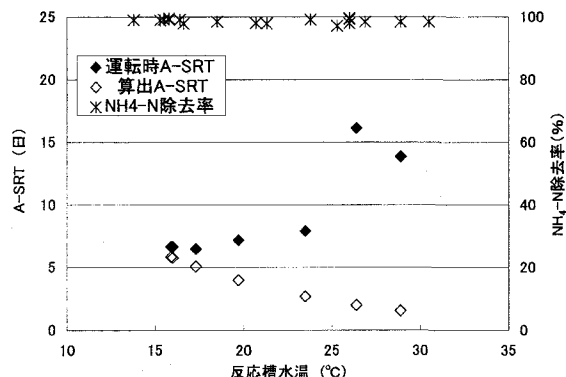


図3. 反応槽水温とA-SRTの関係

4. 2 膜ろ過性能

ろ過差圧の経日変化を図4に示す。実験開始から1回目の薬注洗浄まで、対照系の有機膜と同様のろ過差圧で推移していた。その後、有機膜系の装置トラブルなどにより若干異なる推移を示しているものの、いずれも安定したろ過性能を示した。

ろ過ポンプの間欠運転の条件として、9分ろ過1分停止の条件から10/21以降18分ろ過2分停止へ変更したところ、金属膜系列ではろ過差圧の上昇が低減される

効果が見られた。その後、低水温期にかけて散気管目詰まり等による膜面洗浄不良によって比較的急速なるろ過差圧の上昇が見られたが、散気管の洗浄により安定化した。また、差圧上昇時においても薬品注入洗浄によって、良好な回復性が確認された。このように、薬注洗浄を併用することで安定した運転が可能であるとともに、金属膜は有機膜と同等の膜ろ過性能を有することを実証できた。

4. 3 汚泥性状

MLSS と粘度の経日変化を図5に示す。実験開始時の MLSS は 4,900mg/L であり、1ヶ月後の MLSS12,000mg/L 程度に到達するまで余剰汚泥の引抜きは行わなかった。当初、3日に1回の頻度で引抜きを行ったが、MLSS が大きく変動したため、1日に1回の頻度に変更して安定化を図った。また、引抜きを行わない馴致期間に注目すると、粘度の上昇が顕著であり最大で 115mPa・s まで上昇した。この様な粘度の急上昇は膜の閉塞を助長する可能性があることから、運転管理上の MLSS の下限値 8,000mg/L に到達した時点から、

定期的な引き抜きを行う事が望ましいと考えられた。

5. まとめ

8ヶ月間の実証試験から以下の結論を得ることが出来、下水処理へ適用出来る見込みを得た。

- (1) HRT4.8時間で安定した高度処理ができ、目標とする BOD2mg/L 以下、T-N10mg/L 以下を十分満足した。
- (2) 金属膜を用いることにより SS 検出限界以下、大腸菌群数不検出の衛生的な処理水が得られた。
- (3) 金属膜は有機膜と同等の膜ろ過性能を有していることを確認した。
- (4) 汚泥馴致期間中の膜の安定運転には、MLSS が目標濃度 (8,000mg/L) に到達した時点から定期的に引抜きを開始することが望ましいと考えられた。

6. 参考文献

- 1) 武村清和, 奥野裕, : 平膜 I 〜下水処理システムへの適用, 2002 ニューメンブレンシンポジウム要旨集, 4-1-1〜4-1-9, (2002)

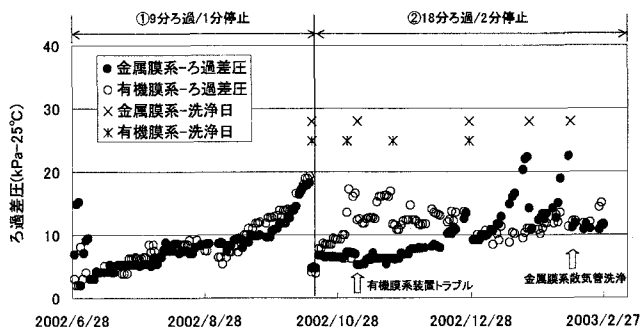


図4. ろ過差圧の経日変化

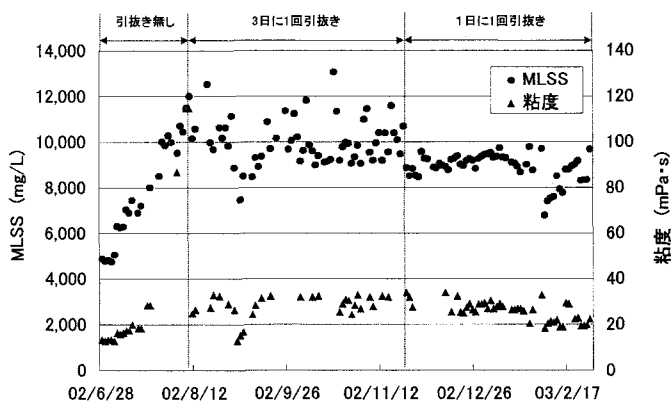


図5. MLSS と粘度の経日変化