

前凝集・膜分離活性汚泥法における膜ファウリング要因についての検討

北海道大学大学院 学生会員 ○久保 広明 北海道大学大学院 学生会員 松宮 知
 北海道大学大学院 フェロー 渡辺 義公 北海道大学大学院 正会員 木村 克輝

1. 研究目的

本研究室では、処理時間の短縮、処理敷地面積の削減、処理水の品質向上、そして下水からの資源回収を目的とし、図-1に示す凝集沈澱と膜分離活性汚泥プロセスを組み合わせた都市下水高度処理システムを提案し、実際の下水処理場においてパイロットスケール実験を行ってきた。これまでの実験の結果、システム全体の水理学的滞留時間（HRT）約 3.5 時間と従来のシステムに比べて非常に短い処理時間で、濁度成分・有機成分・リンの安定した処理が可能であることが示されている。しかしながら、運転継続に伴う膜透過性能低下（膜ファウリング）への対応が本処理システムの課題となっている。膜ファウリングの要因については、さまざまな報告がなされているが、原因となる物質、ファウリング形成機構の詳細については未だに解明されていない。そこで本研究では、汚泥性状の変化と槽内蓄積溶解性有機物に着目し、膜ファウリングへの影響について検討を行った。

2. 実験方法

図-1に示したパイロットスケール装置を、札幌市創成川下水処理場内（合流式下水道区域）に設置して実験を行った。噴流攪拌固液分離装置（JMS）により凝集・沈殿処理を施した最初沈殿池流出水を膜分離活性汚泥プロセスのろ過原水とした。JMS での HRT は 1.5 時間である。凝集剤には鉄系凝集剤である PSI を用い、注入量は 10mg-Fe/l に設定した。

膜分離活性汚泥プロセスには、分画分子量 75 万 Da の UF 膜を装着した回転平膜装置を用い、定流量・全量ろ過運転を行うとともに、8 分ろ過 - 2 分停止の間欠運転を実行した。連続実験中は膜透過フラックスを 0.5m/day （HRT 2.0 時間）、膜回転数は 50rpm に固定し、適宜膜分離槽内から汚泥を引き抜くことによって汚泥濃度を $3000 \sim 6000\text{mg/l}$ にコントロールした。また槽内ではエアレーションとアルカリ剤の添加を行った。膜間差圧が過度に上昇した際にはスポンジ片を利用した物理洗浄（スポンジ洗浄）を行った。スポンジ洗浄で十分に膜透過性能を回復させられなかった場合にはシュウ酸と次亜塩素酸ナトリウムによる薬品洗浄を行った。また膜透過性能と汚泥性状の変化との関連性を検討するために膜分離槽内汚泥の粘度を測定し、槽内蓄積溶解性有機物の指標として DOC、E260、糖、タンパクを測定した。

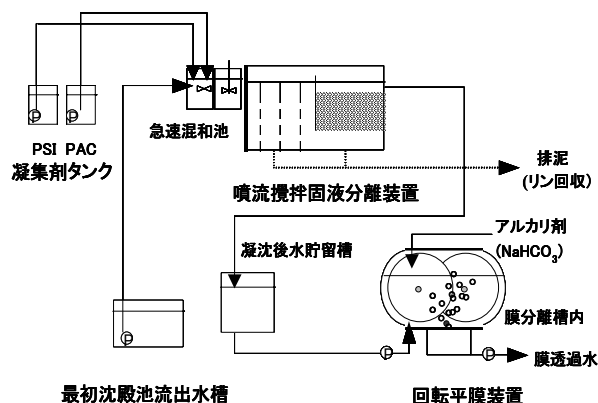


図-1 都市下水高度処理システム 実験フロー

表-1 水質測定結果

	初沈流出水	JMS処理水	膜透過水
濁度(TU)	55.1	9.2	0.0
$\text{NH}_4^+-\text{N}(\text{mg/l})$	14.3	9.8	0.7
T-P(mg/l)	2.97	0.76	0.06
DOC(mg/l)	20.8	10.0	3.1
E260(cm^{-1})	0.229	0.199	0.079

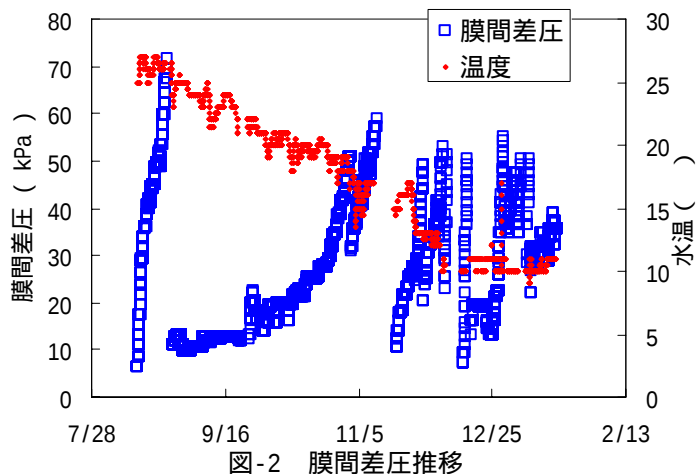


図-2 膜間差圧推移

キーワード：膜分離活性汚泥法、膜ファウリング、汚泥粘度、糖、タンパク

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 Tel 011-706-6268 Fax 011-706-7890

3. 実験結果・考察

表-1 に各水質項目測定結果の平均値を示す。有機物・リンについては凝集沈澱処理により原水中に含まれる成分の大半が除去された。また、残存する有機物・アンモニア性窒素についても膜分離活性汚泥プロセスにおける良好な除去が観察された。

図-2 に本実験における膜間差圧の推移を示す。運転開始直後に急激な差圧上昇が観察されたが、スポンジ洗浄を行った後は約 2 ヶ月間膜ろ過を継続することができた。その後 10 月下旬から膜間差圧が急激に上昇し、スポンジ洗浄の効果も低かったため薬品洗浄を 11 月 13 日に行い、十分に膜透過性能を回復させた後運転を再開した。しかし、運転再開後においても膜間差圧の上昇速度は速く、スポンジ洗浄の効果も低いままであったため、頻繁な薬品洗浄を行わざるを得なくなった。

図-3 に膜分離槽内の粘度・汚泥濃度の経日変化を示す。実験開始後、粘度はほぼ一定の値（5 - 10 mPa・s）をとっていたが、膜ろ過が不安定になった 11 月以降においては粘度の変動が大きくなった。この結果より膜分離槽内汚泥粘度と膜透過性能との間には何らかの関連性があると考えられる。

図-4 に膜分離槽内水の DOC・E260 の経日変化を示す。膜分離槽内の E260 は実験期間中を通してほぼ一定値で推移していたのに対し、DOC は実験の経過とともに増加した。図-5 に JMS 流出水の DOC の経日変化を示す。JMS 流出水中の溶存有機物濃度は、膜ろ過が不安定になった 11 月以降より増加し、実験後半においては膜分離槽内に流入する有機物の負荷が高くなっていたことが分かる。これらのことより 11 月以降は流入有機物が上昇した結果、膜分離槽内に蓄積する溶存有機物の質と量が変化し、膜透過性能の低下が生じやすい状況になっていたと考えられる。

図-6 に糖/タンパク比の経日変化を示す。糖/タンパク比は実験期間を通して大きく変化しており、膜分離槽内に蓄積する溶存有機物の構成が変化していたことがこの結果からも分かる。膜間差圧推移との比較より、膜ファウリングが顕著であった時期は、糖/タンパク比が高い値で推移していたことが読みとれる。

4. まとめ

本研究では前凝集・膜分離活性汚泥プロセスにおける膜ファウリング機構について検討を行った。この結果、膜分離活性汚泥性状の変化、槽内蓄積有機成分の変化と膜ファウリングとの間に関連性を見出した。本実験における膜分離槽内汚泥性状・有機成分の変化は、膜分離活性汚泥プロセスへの流入有機物負荷上昇に伴うものであったと考えられる。

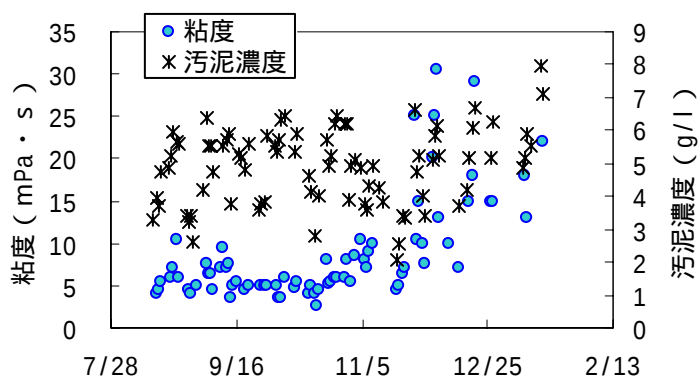


図-3 膜分離槽内汚泥濃度・粘度の経日変化

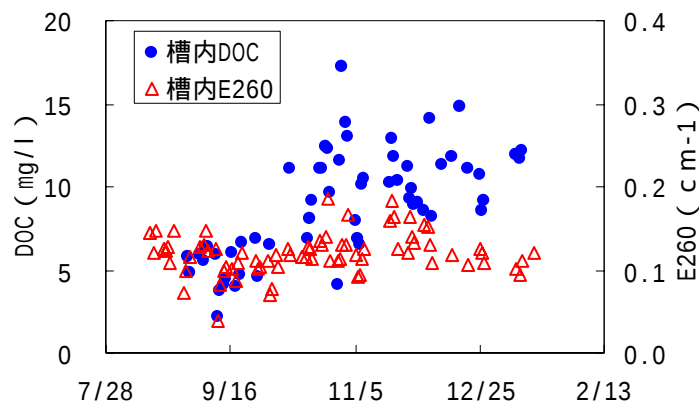


図-4 膜分離槽内水の DOC・E260 の経日変化

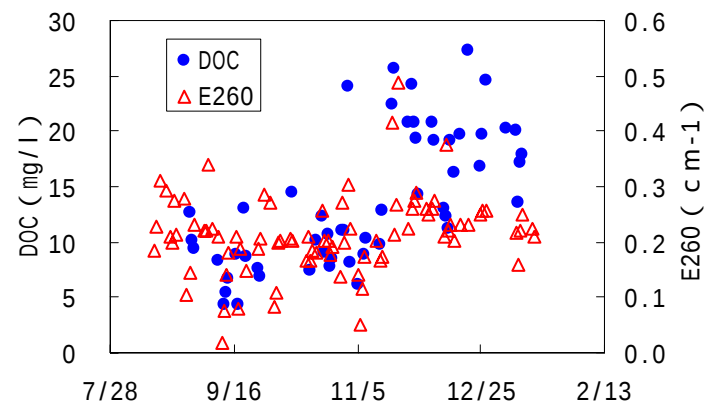


図-5 JMS流出水中の DOC・E260 の経日変化

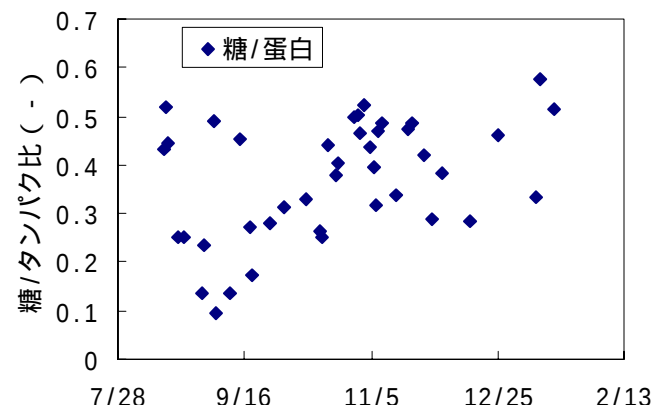


図-6 糖/タンパク比の経日変化