

膜分離活性汚泥法における蓄積溶解性有機成分と膜透過性能の関係

北海道大学大学院 学生会員 松宮 知 北海道大学大学院 学生会員 田辺 耕平
 北海道大学大学院 正会員 木村 克輝 北海道大学大学院 フェロー 渡辺 義公

1.はじめに

膜分離プロセスは、し尿処理、下・排水処理分野において適用が検討され、さらにその実用化も進んでいる。膜分離活性汚泥法では、従来の生物処理に膜分離を導入することでSSの完全除去や反応槽内における微生物の高濃度保持が可能であり、処理水質の向上や処理施設の省スペース化が期待できる。しかし、反応槽内には微生物だけでなく流入水中の難分解性有機成分や生物代謝由来の有機成分が蓄積し、それらが膜透過性能の低下に影響を及ぼすことが報告されている¹⁾。本研究では、槽内に存在する蓄積溶解性有機成分の性質の変化と、その変化が膜透過性能に与える影響について検討を行った。

2.実験概要

実験は、札幌市S下水処理場内において、噴流攪拌固液分離装置(JMS)による凝集・沈殿処理を施した最初沈殿池流出水をろ過原水として2000年11月下旬から3月中旬の約4ヶ月間行った。凝集剤としては、ポリ塩化アルミニウムを使用し、凝集pHは約7.0とした。実験には、回転平膜モジュール(有効膜面積5.0m²、分画分子量75万Daのポリスルホン製UF膜を装着)を用いた。ろ過方式は、全量ろ過・定流量とするとともに、一定期間毎に吸引ポンプを休止させる間欠運転(運転サイクルは、8分ろ過・2分停止)を実行した。膜透過水フラックスを0.5m/dayに設定して、膜分離槽内におけるHRTは2時間となった。また、硝化反応を促進するために、膜分離槽内におけるエアレーションに加えて運転開始15日目から膜分離槽内にアルカリ剤(NaHCO₃)を添加した。なお、運転開始時の槽内MLSS濃度は8000mg/Lとし、サンプル採取以外の汚泥引き抜きは行わなかった。表-1に実験期間中のろ過原水水質を示す。膜透過性能と蓄積溶解性有機成分の関係を調べるために、膜分離槽内水を0.5μmメンブレンフィルターでろ過したものについて、DOC、紫外吸光度(E260)、タンパク、全糖を測定した。タンパクは、Lowry法(牛血清アルブミン換算)、全糖はフェノール硫酸法(グルコース換算)により測定を行った。

表-1 原水水質

	最小値	最大値	平均値
NH ₄ ⁺ -N (mg-N/L)	5.2	22.1	14.7
DOC (mg-C/L)	4.5	29.2	18.4
E260 (1/cm)	0.070	0.189	0.137
蛋白 (mg/L)	14.4	35.8	27.8
糖 (mg/L)	3.3	8.2	4.7

3.実験結果

図-1に膜間差圧の経日変化を示す。図中のデータは、20℃に温度換算したものである。膜間差圧は運転開始から約60日目までは、ほぼ一定の値で推移した。その後、差圧は60日経過時付近より上昇を始め、運転開始から約120日後に60kPaに達した。図-2に膜分離槽内MLSS濃度及び水温の経日変化を示す。MLSS濃度は運転期間を通じてほぼ一定の速度で上昇しており、運転開始から約60日後で20g/L、120日後では30g/Lと高濃度となった。膜分離槽内水温は期間を通じて10℃前後と低く、運転開始から70日目以降さらに水温が低下した。反応槽内の微生物濃度や温度などは、膜透過性能に影響を及ぼす因子として重要であると考えられる。図-1及び図-2を比較することにより、本実験においては、膜間差圧の変化とMLSS濃度や水温の変化との間には明確な関連性はなかったことが分かる。従って、MLSS濃度や水温が膜透過性能の劣化に与える影響は少なく、他の要因による影響が大きかったことが推測される。そこで、本研究では、膜分離槽内に蓄積する溶解性有機成分の変化に着目した。膜分離槽内のDOC濃度経日変化を図-3に示す。ろ過原水のDOC濃度増加に従い、槽内水のDOC濃度は運転開始から約30日間は増加したが、その後上昇は見られずほぼ一定の値で推移した。これまでに、膜分離槽内に蓄積する有機成分は、原水中に存在しない高分子量の遅生物分解性有機成分であることが分かっている

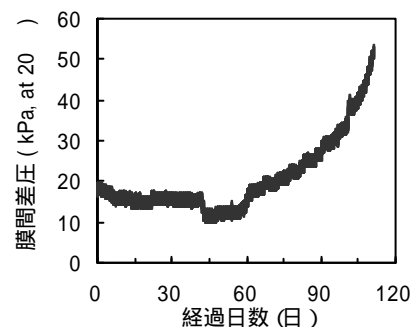


図-1 膜間差圧経日変化

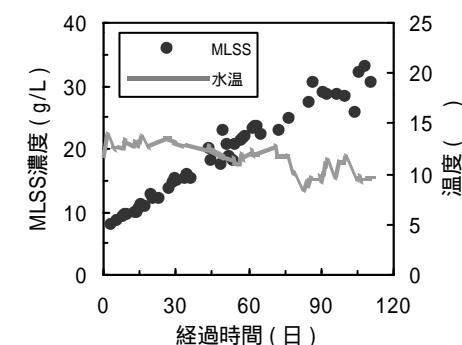


図-2 膜分離槽内MLSS濃度経日変化

キーワード : 膜分離活性汚泥法、蓄積有機成分、膜透過性能、糖、蛋白

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

る²⁾。槽内に有機成分が蓄積され性質の変化が推測されるが、本実験において、槽内水 DOC 濃度の変化は膜間差圧の上昇傾向に直接対応したものでなかった。図-4 に膜分離槽内の DOC 濃度と E260 比(DOC/E260)の経日変化を示す。DOC/E260 は有機物の生物分解性を表す指標として提案されており³⁾、何らかの有機成分の性質を反映している。運転期間を通じて DOC/E260 は上昇を続け、運転初期の値は 50 程度であったが、運転開始から 120 日後には 300 近い値となった。このように DOC/E260 が大きく変化していることから、槽内蓄積有機成分の性質が変化していることがわかる。しかし、何によって有機成分の性質が変化するのか、また、どのように性質が変化しているのかは明らかではない。また、図-4 に示されているように DOC/E260 の変化は単調かつ一定の上昇傾向であり、膜間差圧の上昇とは対応していない。従って、DOC/E260 を検討するのみでは、槽内有機成分の性質変化を追跡することは難しく、この変化が膜透過性能にもたらす影響について説明することは困難である。

図-1 に示した膜間差圧の上昇と対応する指標を検討した結果、本プロセス内の硝化活性及び槽内水の糖/タンパク比に膜間差圧上昇との関連性が認められた。 $(C_1 - C_2) / C_1 \times 100$ (C_1 :ろ過原水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 濃度、 C_2 :槽内水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 濃度) で定義するプロセスの硝化率経日変化を図-5 に、膜分離槽内水の糖/タンパク比経日変化を図-6 に示す。硝化率の変化は、特徴的な傾向を示した。アルカリ剤の添加を行ったにも関わらず、硝化細菌の活性が高くなるには時間を要し、最初の約40日間は硝化率が低く20%程度であったが、徐々に上昇し始め、運転開始60日経過時付近から硝化率は100%近い値を維持した。図-1と図-5を比較すると、運転開始60日経過時付近から、硝化反応が完全に達成されるとともに、膜間差圧は上昇を始めたことがわかる。前述したように、槽内蓄積有機成分は膜透過性能と密接な関係があると考えられるが、本実験では、硝化細菌の活性が高くなったことに伴って、槽内の蓄積有機成分の性質が変化し、このことが膜透過性能に影響をたもつと考えられる。図-6 に示す糖/タンパク比の変化はこの仮定を裏付けるものとなっている。硝化率の変化と同様、糖/タンパク比の変化も60日経過時付近より顕著であった。硝化率が低い期間では、糖濃度よりもタンパク濃度の方が高く、糖/タンパク比は0.4以下と低かった。しかし、その後の硝化率の上昇に従い、糖/タンパク比は0.8以上に上昇した。今後、槽内蓄積有機成分の構成変化に注目し、それらが膜透過性能に及ぼす影響について更に詳しく検討する必要がある。

4.まとめ

本研究では、膜分離活性汚泥法において反応槽内において蓄積する溶解性有機成分の変化と、その変化が膜透過性能に与える影響について検討した。本研究の結果、硝化細菌の活性が高くなると、槽内では未分解の難分解性有機成分や生物代謝由来の高分子有機成分などを始めとした蓄積溶解性有機成分の構成が変化し、このことが膜透過性能低下の要因になっていたことが示唆された。更に、槽内蓄積有機成分の構成変化の要因、及びその変化と膜透過性能との関係についてより詳しく検討していきたい。

本研究を行うにあたっては、科学技術振興財団(CREST)の援助を受けるとともに、札幌市下水道局のご協力を得ました。記して謝意を表します。

参考文献：1)桃井,小松,柳：限外ろ過膜の膜透過流束に及ぼす生物代謝産物の影響,用水と排水,41, 292～298 (1999) 2)木村,鈴木,渡辺:前凝集・膜分離活性汚泥法を用いた都市下水の高度処理,第55回土木学会年次講演会集,(2000) 3)丹保,亀井：処理性評価のための水質変換マトリックス [] -好気性生物処理による有機物除去の予測と評価,水道協会雑誌,531,15～24 (1978)

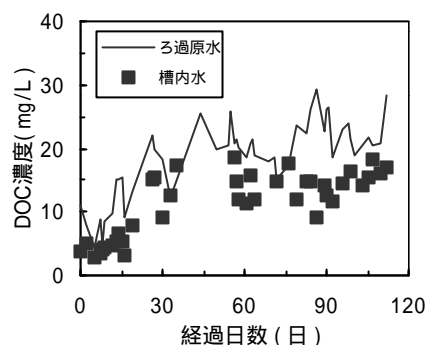


図-3 DOC濃度経日変化

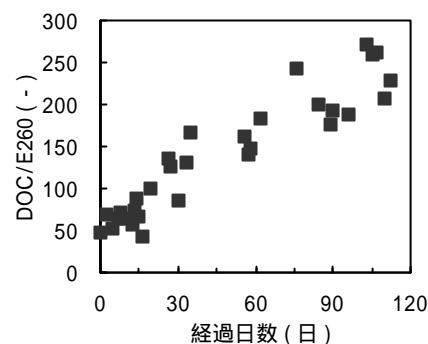


図-4 膜分離槽内 DOC/E260 経日変化

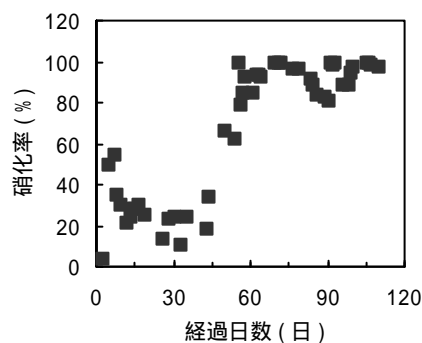


図-5 硝化率経日変化

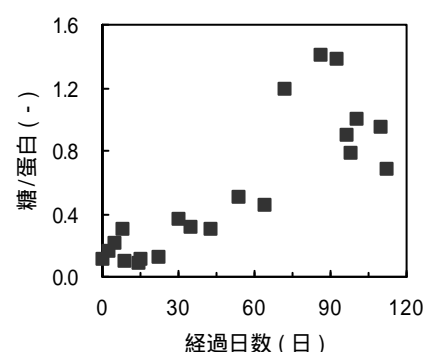


図-6 槽内水糖/タンパク比経日変化