

B-10 膜分離活性汚泥法によるし尿処理プロセスにおける膜ファウリング物質の分析

武蔵工業大学工学部 ○長岡 裕

武蔵工業大学大学院 赤穂治子

武蔵工業大学大学院 李 泰日

1. はじめに

し尿処理プロセスに膜分離活性汚泥法を適用した例は多くなっているが、膜のファウリングメカニズムを解明し、ファウリング制御を考慮した運転管理手法を開発することは、実用上極めて重要である。

膜分離活性汚泥法における目詰まり原因物質であると考えられている菌体の代謝物(Extracellular Polymeric Substances: EPS)は、菌体との結合性が強いEPS (strongly-bound EPS) と菌体との結合性が弱いEPS (loosely-bound EPS) があり、これらは膜の遮断効果により、膜面に付着し、膜透過流速低下を引き起こすと考えられる¹⁾²⁾。本研究では、生物循環液および膜面堆積汚泥よりEPSを抽出し、膜面に堆積したEPSの分子量分画を行ない、ファウリングメカニズムの解明を目的とした。

2. サンプルング場所および分析方法

(1) サンプルング場所

サンプルングは、2004年9月にAし尿処理場より行われた。Aし尿処理場は、Fig.1に示すような無希釈の生物学的窒素除去と膜分離を組み合わせた処理プロセスを取り入れたもので、処理能力は40 kL/dayで、計画は、汲み取りし尿15kL/dayと浄化槽汚泥が25kL/dayずつである。膜分離部は、UF膜を用いた槽外循環方式である。反応槽のMLSS濃度は約9,000 mg L⁻¹、温度は約35度であった。

採取したサンプルは、反応槽混合液、膜表面の堆積物、膜透過液である。膜表面堆積物については、膜の位置によって異なる2種類(固形物状のものとゲル状のもの)を採取した。

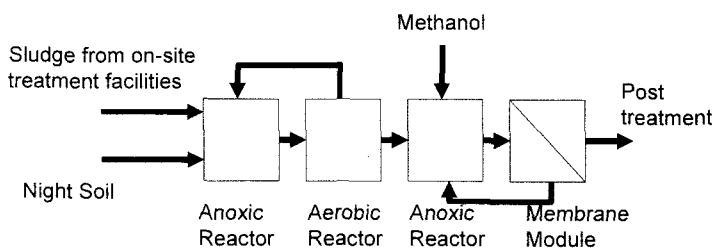


Fig.1 Treatment process in "A" nightsoil treatment plant.

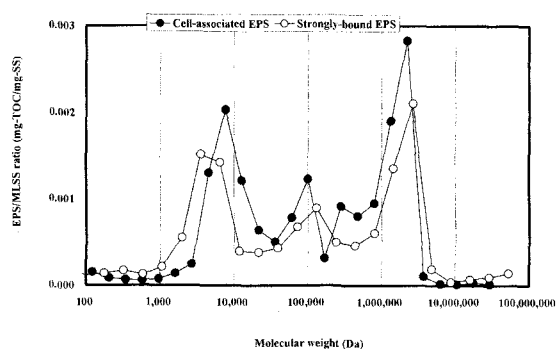
(2) 分析方法

EPSは、膜面に堆積した汚泥および循環液を、蒸留水で希釈した後、回転数300rpmで13時間攪拌して混合液にした状態にし、遠心分離により、固液分離を行い、沈殿物には菌体との結合性が強いもの(強結合EPS)、上澄みには菌体との結合性が弱いもの(弱結合EPS)が含まれていると考え、それぞれに陽イオン交換樹脂を用いて抽出を行った³⁾。抽出したEPSをゲルクロマトグラフィーにより、分子量分画を行った。使用したカラムは、Sephacryl S-300HRでカラムの分画範囲は10,000~1,500,000Daである。溶出液

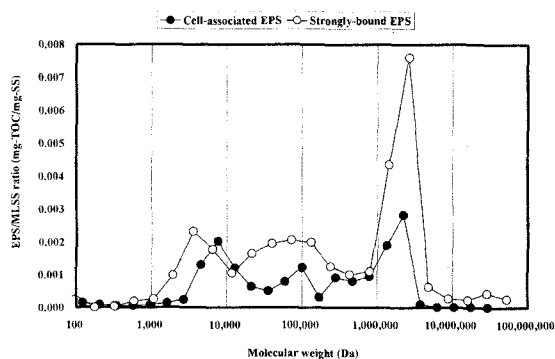
として使用したバッファの組成は、リン酸二水素カリウム (66.7mM) とリン酸水素ナトリウム 12 水和物 (66.7mM) である

3. 分析結果および考察

Fig.2 に、膜面に堆積した汚泥 (固形物状およびゲル状) および循環液より抽出した強結合 EPS の分子量分画結果を示す (循環液の強結合 EPS は 'cell-associated' と堆積物の強結合 EPS は 'strongly-bound EPS' と表示している)。固形物状およびゲル状堆積物ともに、1 万 Da、10 万 Da、100 万 Da 付近にピークを持つ分布となっていたが、ゲル状固形物では 100 万 Da 付近のピークが顕著であった。固形物状堆積物中の強結合 EPS と循環液中の強結合 EPS の分布は類似の形状をしていたが、ゲル状堆積物中の強結合 EPS は 100 万 Da 付近のピークのみが突出している形状となった。これらより、循環液中の強結合 EPS は、そのまま膜面に堆積して膜面堆積物中の強結合 EPS となるが、膜面上で新たに分子量 100 万 Da 付近の物質が生産されて、ゲル状堆積物となるメカニズムが推測された。



(A) solid-type attached sludge

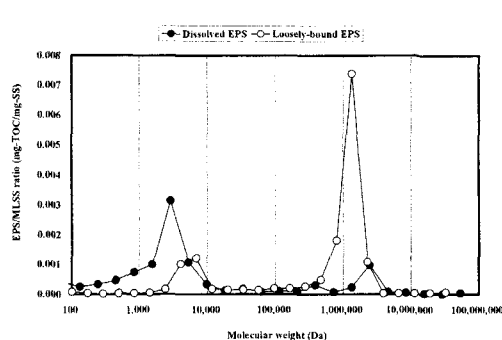


(B) gel-type attached sludge

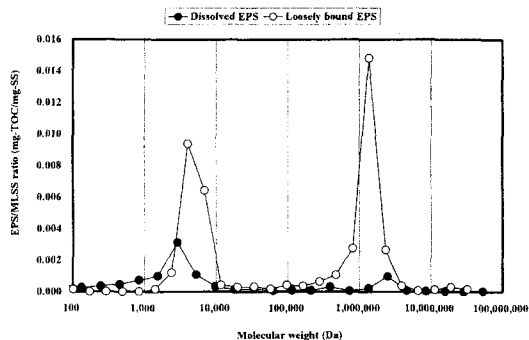
Fig.2 Comparison of molecular weight fractionation of cell-associated EPS in the mixed liquor and strongly-bound EPS in the attached sludge.

(A):solid-type attached sludge, (B) gel-type attached sludge

Fig. 3 に、膜面に堆積した汚泥 (固形物状およびゲル状) および循環液より抽出した弱結合 EPS の分子量分画結果を示す (循環液の弱結合 EPS は 'dissolve' と堆積物の弱結合 EPS は 'loosely-bound EPS' と表示している)。固形物状およびゲル状堆積物ともに、1 万および 100 万 kDa 付近にピークを持つ分布となっていたが、循環液では、1 万 kDa が卓越していたが、膜面付着物では、100 万 Da 付近のピークが顕著な傾向が示された。原因は不明であるが、膜面において、100 万 kDa 付近の分子量を持つ強結合 EPS が、菌体より剥離し、弱結合 EPS として存在するようになる機構が推定される。



(A) solid-type attached sludge



(B) gel-type attached sludge

Fig.3 Comparison of molecular weight fractionation of dissolved EPS in the mixed liquor and loosely-bound EPS in the attached sludge.

(A):solid-type attached sludge, (B) gel-type attached sludge

4. まとめ

膜分離活性汚泥法を利用したし尿処理場において、循環液および膜面堆積物の分子量分画を行なった結果、生物循環液において菌体に結合している EPS は、そのまま菌体に強く結合したまま吸引と共に膜面に付着すると推定された。また、循環液中の浮遊 EPS（弱結合 EPS）は、膜面に付着した後、分子量 100 万程度の成分が卓越するようになったが、その詳細なメカニズムは不明である。

参考文献

- 1) Nagaoka, H et. al. (1996) Influence of Bacterial Extracellular Polymers on Membrane Separation Activated Sludge Process, *Wat. Sci. Tech.*, **34**,9, 165-172,
- 2) H.Akoh,S. Sugiyama,H. Nagaoka:Change of molecular-weight distribution of EPS attached on membrane surface in MBR,1st IWA-Aspire Conference and Exhibition, Singapore, 10-15 July, 2005,14A-3,2005
- 3)FrolundB.,R. Palmgren, K.keiding, P.H.Nielsen (1996) Extacellular Polymers from active sludge using a cation exchange resin. *Wat.Res* **30**, 8, 1749-1758