

脱窒処理生物膜細胞外ポリマーおよび代謝物の凝集能

呉工業高等専門学校 正員 大橋晶良
 長岡技術科学大学 正員 原田秀樹
 呉市役所 正員 福本 司
 山口大学 学員 ○末重宜洋

1. はじめに

近年、下水処理において生物膜法が経済的で維持管理の容易なことから注目されている。しかし、生物膜の付着形成機構や剥離のメカニズムが解明されていないため、生物膜型下水処理装置の実用例は数少ない。また、活性汚泥法の固液分離工程では、微生物自身のもつフロック形成が利用されているが、バルキングの機構についても未解明である。フロック形成や生物膜形成には微生物が代謝する細胞外ポリマー(ECP)が大きく関与していると考えられている。本研究では、脱窒処理生物膜ECPの凝集能について調べた。また、微生物の代謝物(SMP)もフロック形成や生物膜の形成に影響を及ぼしていると考えられ、SMPの凝集能についても調べた。

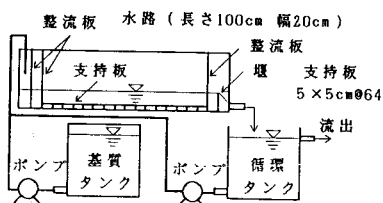


図-1 実験装置概略図

2. 実験

(1) 生物膜の形成…図-1に示す水路(長さ100 cm, 幅20 cm, 水深3 cm)の底面に設置した64枚の支持板(硬質塩化ビニール板, 5×5 cm, 厚さ6 mm)上に生物膜を形成させた。基質は基質タンクから流量28 ml/minで連続定常的に水路内へ流入させた。基質タンクの組成は、硝酸性窒素 500 mg/l, メタノール1500 mg/lで、若干の無機塩類とリン酸緩衝液からなり、pHは7とした。水路は20 l/minの流量で循環させ、水温を25℃に制御した。

(2) 代謝物(SMP)の抽出…生物膜が付着形成した支持板を約1週間間隔で1枚ずつ取り出し、SMPの抽出を行った。基質700 mlが投入してあるポリカーボネート容器に取り出した支持板を浸水させ、26時間経過後のバルク液を0.45 μmでろ過し、28倍に濃縮した後、透析したものをSMPとした。

(3) 細胞外ポリマー(ECP)の抽出…細胞外ポリマーの抽出は、EDTA抽出とNaOH抽出の2通りの方法で行った。

EDTA抽出: 支持板上の生物膜を剥ぎ取り、遠心分離(4000 rpm, 10分間, 4℃)で2回洗浄してホモジナイズし、EDTA(10 mM)でスターラー攪拌60分間の抽出を行う。次に遠心分離(13000 rpm, 20分間, 4℃)し、上澄み液をろ過(0.45 μm), 透析した。

NaOH抽出: EDTAの代わりにNaOH(0.1 N)にて静置60分間の抽出を行い、HClで中和した。その他の操作はEDTA抽出と同じである。

(4) 凝集試験…試験管にSMPまたはECP 10 mlとカオリン溶液(1000 mg/l, 40 mM・CaCl₂ 含有) 10 mlを入れ、数回上下に転倒攪拌し、30分間静置後の上層5 mlの濁度を測定した。また、試験管に沈殿したカオリンのフロック径を顕微鏡で測定した。

(5) SMP, ECPの分析…SMPおよびECPの糖(アンスロン法), 蛋白質(ローリー法), TOCを測定した。

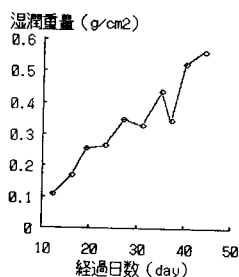


図-2 生物膜量の経日変化

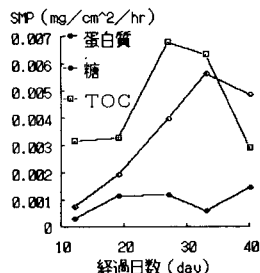


図-3 SMP量の経日変化

3. 実験結果および考察

単位面積当りの生物膜湿潤質量の経日変化を図-2に示す。植種50日程度では生物膜は順調に生長している。生物膜の生長に伴ってECP, SMPの凝集能がどの様に变化するのか以下に述べる。

図-3にSMP量の経日変化を示す。SMP中の蛋白質, 糖含有量は経過日数と共に増加しており, 生物膜量が多くなると代謝物量も多くなるようである。SMPの凝集試験結果の一例, SMP糖含有量と濁度の関係およびフロック径との関係をそれぞれ図-4と5に示す。SMP糖含有量が増加しても濁度は低下せず, SMPは凝集能力を有していないように見えるが, 一方SMPが含有しているとフロック径が大きくなっていることから, SMP中には凝集をさせる成分が存在すると推察される。ただし, SMP量とフロック径には明瞭な関係は見られず, SMP濃度が高くなると凝集能力が上がるとは限らない。

図-6にNaOH抽出によるECP量の経日変化を示す。経過日数と共にECP中の糖, 蛋白質, TOC含有量は全て減少しており, ECPは量的にも成分的にも一定ではなく, 生物膜の生長に伴って細胞間の付着力が変化すると推測される。EDTA抽出のECP量も同様の傾向があった。

EDTA抽出されたECPの凝集試験結果の一例を図-7, 8に示す。図-7はECP糖含有量と濁度の関係, 図-8はフロック径との関係を示している。経過33日目のECPは, ECP糖含有濃度が増加すると濁度は急激に減少しており, かなりの凝集能力を有していることが分かる。しかし他の経過日のECPは, 糖濃度が増加しても濁度の低下はあまり見られず, 凝集性を有しているかは定かでない。一方フロック径は全ての経過日ともECP糖濃度が増加すると大きくなっており, ECPは凝集性を有していることが分かる。濁度が低下した経過33日目のECPのフロック径はさほど大きくなっておらず, ECP濃度の増加と共に濁度が増加した27日目のフロック径が最も大きくなっている。フロック径は経過日数と一義的な関係は見られず, ECPの凝集能は生物膜の生長に伴って複雑な推移をすると思われる。

上述のことから, 本凝集試験はフロック径が大きくなっても濁度が低下するとは限らず, SMP, ECPの凝集能力を判定することは困難と思われる。しかし, ある程度の凝集性については見い出すことができる。また, 凝集にはECPやSMP中の糖, 蛋白質以外の成分が影響しているとも考えられ, さらにSMPやECP中に凝集を阻害する物質が含まれている可能性も示唆される。

4. まとめ

- 1) SMPおよびECPは, カオリンをフロック化させることができ, 凝集能を有している。
- 2) SMPあるいはECPの糖, 蛋白質, TOC濃度が高くなると凝集能が上がるとは限らず, SMPやECP中に凝集妨害物質が含まれている可能性があり, 今後さらに検討する必要がある。

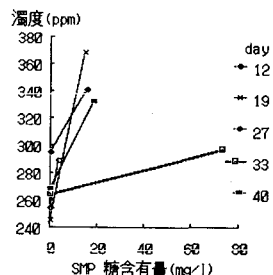


図-4 濁度とSMP糖含有量の関係

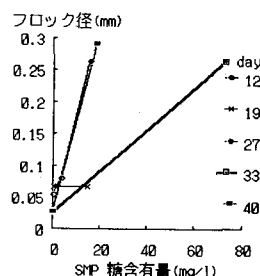


図-5 フロック径とSMP糖含有量の関係

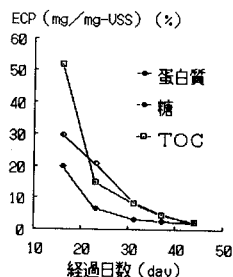


図-6 ECP (NaOH抽出)量の経日変化

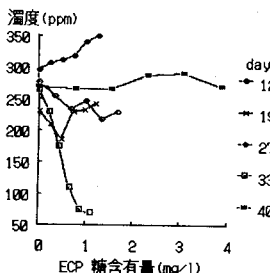


図-7 濁度とECP (EDTA抽出)糖含有量の関係

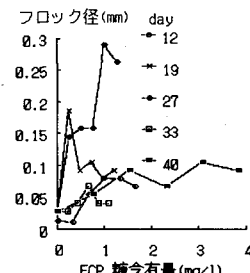


図-8 フロック径とECP (EDTA抽出)糖含有量の関係