

II-416 水処理装置における生物膜の形成と崩壊機構に関する一考察

長岡技術科学大学 学 打川 清孝  
 長岡技術科学大学 正 原田 秀樹  
 長岡技術科学大学 正 桃井 清至  
 (株)オルガノ 浅野 英之

1. はじめに

近年、生物学的水処理装置として、維持管理が比較的容易で反応器内の生物量が高濃度に維持できる固定床、流動床、回転円板法等の付着・増殖型反応器が注目されてきている。しかし、合理的な設計・操作方法を確立するためには、処理性能を大きく支配する生物膜の形成機構や流体せん断応力による剝離・脱落現象の解明が必要である。

ここでは、流動層型生物膜反応器で培養された脱窒素生物膜粒子を用いて生物膜からCa、Mgをキレート抽出する振とう回分実験を行ない、剝離・崩壊機構に及ぼす細胞外ポリマーの影響を検討した。

2. 実験方法

回分実験は、生物膜粒子(脱窒素菌)に、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ をキレート抽出するEDTAと、 $Ca^{2+}$ に対してのみ特異的にキレート抽出するEGTA(それぞれ最終濃度1mM、5mM)を添加し、温度25°C、PH=7で振とうさせた。生物膜の細胞外ポリマーは、水蒸気抽出法(104°C、オートクレイ中30min)により抽出した。この細胞外ポリマーの相対粘度をオスワルド粘度計で測定した。さらに、キレート剤(EDTA)を添加した生物膜粒子の破壊強度を二重回転円筒装置を用いて測定した。

3. 実験結果と考察

図-1に振とう実験における濁度の経時変化を示す。48時間振とうした後では、EDTA5mM>EDTA1mM>EGTA5mM>EGTA1mMの順で剝離生物量が増加している。それぞれBlank値の3.8, 2.7, 2.4, 1.6倍程度であった。

図-2と図-3は、CaとMgの経時変化のグラフである。この2つのグラフからEDTAによってCa、Mgが同時抽出される場合の方が、EGTAによるCaのみ抽出される場合よりも生物膜が崩壊しやすいことが観察される。

図-4に $PO_4-P$ の経時変化を示す。EDTAを添加した場合は、濃度の違いによる抽出効果の差異は余り認められなかった。Blank値と比較した場合、EGTAでは、約1.8倍、EDTAでは、約3.2倍程度の抽出効果が認められた。

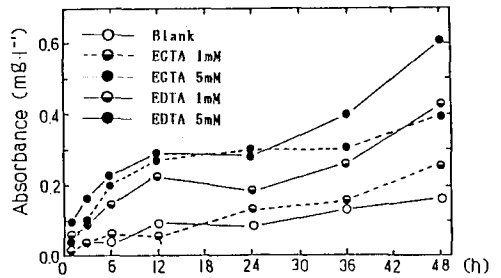


図-1 濁度の経時変化

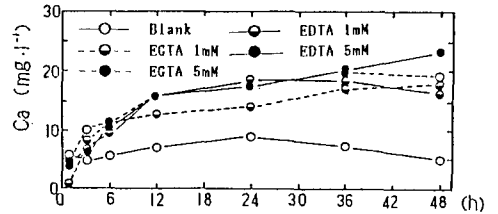


図-2 カルシウムの経時変化

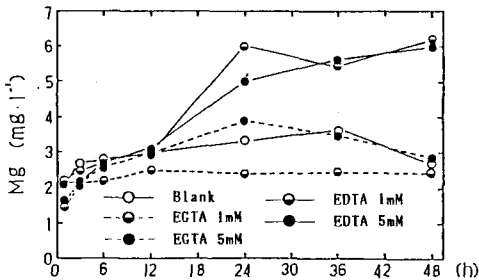


図-3 マグネシウムの経時変化

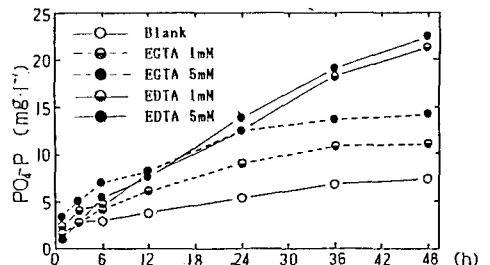


図-4 リンの経時変化

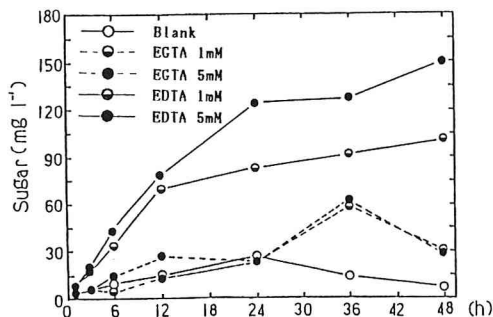


図-5 糖の経時変化

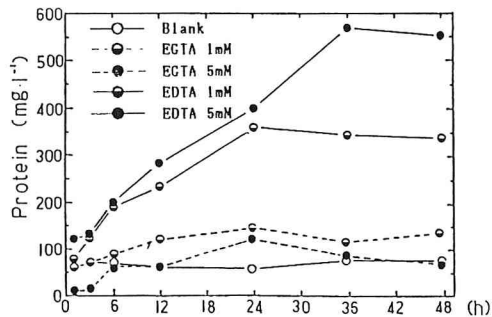
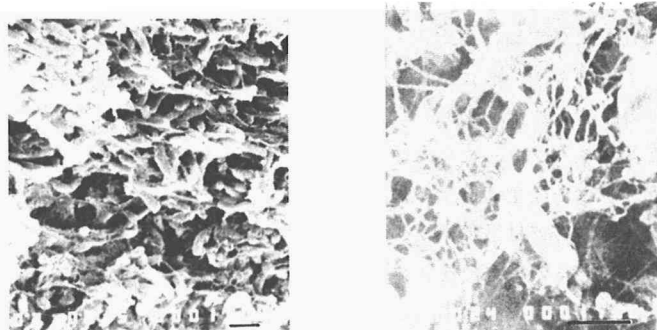


図-6 蛋白の経時変化

図-5と図-6に糖と蛋白質の経時変化を示す。この2つのグラフは、同じような傾向を示しており、EGTAに比べるとEDTAの抽出効果は顕著である。これは、細胞外ポリマーの糖、蛋白質が、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ の2価金属イオンとクロスリンケージをなしており、EDTAによって $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ が同時抽出されたため、このような結果が得られたと考えられる。

写真-1の(a),(b)は、BlankとEDTAに24時間振とうさせたペレット表面の走査型電子顕微鏡写真である。Blankと比べEDTAは、細胞外ポリマー様物質の骨格のネットワークのみが残存しており、生物膜内の細胞密度も小さくなっている。



(a) 6000倍(Blank) (b) 15,000倍(EDTA)  
写真-1 走査型電子顕微鏡写真 (barの長さは1μ)

図-7に水蒸気抽出で得られた細胞外ポリマー(物質)濃度(COD)と相対粘度の関係を示す。ほぼ直線的な関係が認められる。

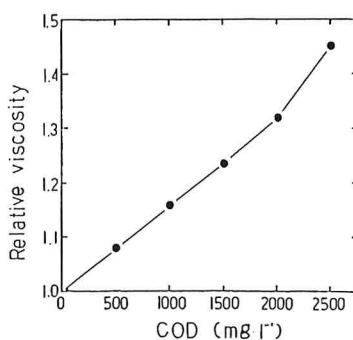


図-7 相対粘度と濃度の関係

図-8は、二重回転円筒装置を用いて破壊前後の生物膜粒径の移動巾と外筒せん断応力の関係を示した図である。EDTAで $Ca^{2+}$ と $Mg^{2+}$ を同時抽出することによって、崩壊が起こりやすくなっているのがみられた。

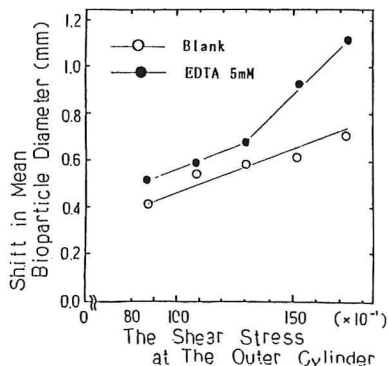


図-8 平均値の移動と外筒せん断応力の関係

#### 4. おわりに

- (1) Adhesive substanceとしての細胞外ポリマーには、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ の2価金属イオンが関与しており、EDTAによるキレート抽出によって剝離が認められることから細胞外ポリマーの構造維持に $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ の2価カチオンがクロスリンケージとして作用しているものと思われる。
- (2) 生物膜から $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ をキレート抽出した場合の”こわれやすさ”の検討を二重回転円筒装置を用いて行った結果、外筒せん断応力が $13N/m^2$ をこえるとBlankとの間に差が見られてきた。ただし、この値は、粒径、培養条件等に左右されるため、一概には応用できない。なお、本研究は、一部文部省科学研究費(奨励研究A)の補助を受けたことを付記する。