

京都大学工学部 正員 尾崎 博明 正員 寺島 泰 劉 自栄
兵庫県 藤原 信一

1. はじめに 従来、微生物を用いて汚濁物質を処理する方法が種々開発されてきているが、いずれも混合微生物系から特定の微生物のみを選択回収したり、混合した微生物を個々に分別することは不可能である。本研究は、各種磁性体と微生物とを一対一に対応させて同時に固定化し、浮遊しうる程度に微小化したこの複数種の固定化微生物の混合系における基質の除去と、各固定化微生物の磁気特性に応じた分別回収について実験的検討を行ったものであり、対象微生物の、磁性体によるラベル化、反応槽内における高濃度化と濃度制御等が本法開発の目的である。

2. 実験方法 表-1に示すように磁性体を含まない固定化物(①④)のほか、フェノール分解菌、トリエチレングリコール分解菌といった微生物と磁性体とを1対1に組合わせて①~⑥の固定化物を作成し、三種類ずつグループA, グループBに組分けて以下に示す実験(1)(2)に供した。なお、活性汚泥のみの固定化微生物はここではグルコース等の易分解性物質が処理対象である。

表-1 3種の固定化物の混合系

	微生物	磁性体
グループ A	① 活性汚泥 ② フェノール分解菌 ③ トリエチレングリコール分解菌	無添加 ヘキサイト マグネサイト
グループ B	④ 活性汚泥 ⑤ フェノール分解菌 ⑥ トリエチレングリコール分解菌	無添加 ピロリン酸マangan マグネサイト

これらの固定化微生物は、基本的にはアクリルアミド法を用いる千畑による固定化法¹⁾に準じて作成²⁾したが、微生物量(湿重量)5に対して磁性体を重量比で1の割合で添加し、生成したゲル状固定化物は粉碎して微小化(74 ~ 250 μm)している点が異なっている。フェノール分解菌はフェノール含有廃水の処理汚泥を種汚泥とし、トリエチレングリコール分解菌は通常の活性汚泥より、それぞれの模擬廃水を用いて培養した。

これら固定化微生物は、基本的にはアクリルアミド法を用いる千畑による固定化法¹⁾に準じて作成²⁾したが、微生物量(湿重量)5に対して磁性体を重量比で1の割合で添加し、生成したゲル状固定化物は粉碎して微小化(74 ~ 250 μm)している点が異なっている。フェノール分解菌はフェノール含有廃水の処理汚泥を種汚泥とし、トリエチレングリコール分解菌は通常の活性汚泥より、それぞれの模擬廃水を用いて培養した。

(1) 固定化微生物混合系における基質除去 表-1に示した個々の固定化微生物を、対象とする基質で馴養後、3種類ずつ混合(グループA, グループB)してそれぞれ反応槽(1ℓビーカー)内で曝気により浮遊させ、グルコース、フェノール及びトリエチレングリコールを含む混合模擬廃水を添加して基質除去回分実験を行い、各基質濃度の経時変化を調べた。それぞれの固定化物に含まれる単位懸濁液当りの微生物量は100~200 mg/lと推定されるが正確には把握していない。なお、グルコースはアソフ法により、フェノール、トリエチレングリコールはメチルブロムイodateによりそれぞれ測定した。

(2) 固定化微生物の分別回収 上記(1)で用いたグループAあるいはグループBの混合された固定化微生物を、図-1に示す手順で分別、回収することを試みた。永久磁石では強磁性体を含む固定化物(表-1中③⑥)が、高勾配磁気分離装置³⁾では弱磁性体を含む固定化物(表-1中②⑤)がそれぞれ回収されることが期待される。ここで、永久磁石による分離はビーカー内で市販の永久磁石(Max 1.2kG程度)を用いて行った。また、本研究で用いた高勾配磁気分離装置は図-2に概略を示すように、電磁石間に配置した内径12mm、長さ30mmのセル内に、ステンレス製細線(SUS304, 直径0.3mm)を充填(充填率3.2%)したものを用い、これに永久磁石で分別後の残留懸濁液を印加磁場10kOeの下でポンプにより通水(グループAでは線速度44.2cm/min, グループBでは61.9cm/min)した。固定化物の回収率は、各固定化物溶解後、含まれる鉄、マンガン濃度を原子吸光法により測定することによって計算した。

3. 結果と考察 (1) 固定化微生物混合系における基質除去

上記グループAに関する基質除去回分実験の結果を図-3に示す。それぞれの固定化物(①~③)に含まれる微生物の量や活性が必ずしも同じでないため基質除去性には差があるが、いずれも時間とともに濃度減少が見られ、このような3種の微生物の混合系においても、それぞれの微生物が対象とする汚濁物質を

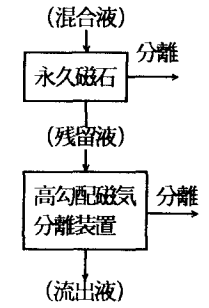


図-1 磁気分離の手順

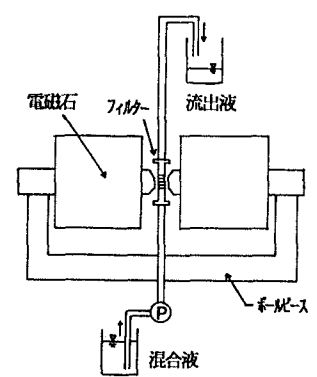


図-2 高勾配磁気分離装置

分解していることがわかる。また、グループBについても同様の結果が得られた。磁性体によってラベル化された固定化微生物は、後述するようにその分別、回収、濃度制御の可能性が期待され、これを用いる手法は、上記のような混合微生物系における基質の分解特性把握についても興味深い知見を与えてくれるものと注目している。

(2) 固定化微生物の分別回収 結果を分別回収の手順とともに図-4（グループA）、図-5（グループB）に示す。マグネタイトを含む固定化物は永久磁石により87.4%が回収されており（図-5）、この値はより強い永久磁石を利用することによりさらに高まるものと考えられる。なお、グループAにはマグネタイトのほかヘマトイトが含まれ、ともに鉄化合物であるため直接には回収率が求められないため、図-4では図-5の結果を適用している。また、ヘマトイトを含む固定化物の高勾配磁気分離法による回収率は48.4%（図-4）、ピロリ酸Mnを含む固定化物のそれは12.4%（図-5）となっている。これらの値はそれほど高いものではないが、フィルターの長さが30mmと短いこと、とくにグループBではセル内の線速度（61.9cm/min）が前者のそれ（44.2cm/min）よりも大きいことなどに起因しており、操作条件の変更により回収率を高めることは容易である。また、本実験では高勾配磁気分離装置への通水は1回のみであるが、多数回循環通過させることによっても回収率を高めることができる。なお別の実験から、磁性体を含まない固定化物は、フィルターにより機械的に約2.5%が捕捉されるが、大部分は流出するという結果を得ている。

4. おわりに

以上の結果より、磁性体によってラベル化された固定化微生物は対象とする汚濁物質を処理するとともに、その磁気特性の差によってかなりの程度まで個々に分別、回収することが可能であることが明らかになった。しかし、本研究は緒についたばかりであり、今後、磁性体を含むより多種類の固定化微生物の分別回収法の確立と高

分別回収率を得る方法について検討を加えていく必要がある。

[参考文献] 1) 千畑ら；固定化酵素，講談社，78～79（1975）。

2) 寺島泰，尾崎博明，今林誠二；京大環境衛生工学研究会第10回シンポジウム講演論文集，354（1988）

3) 寺島泰，尾崎博明；ケミカルエンジニアリング，31（6），438（1986）

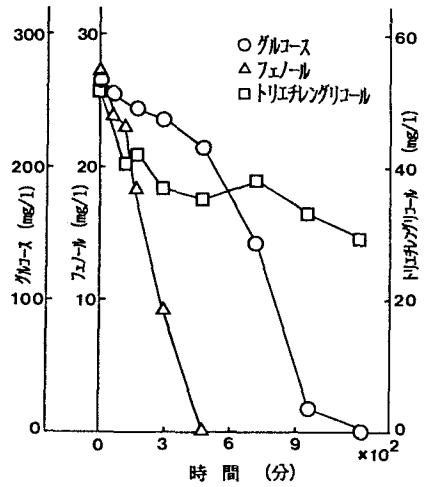


図-3 回分実験における基質濃度の変化 (グループA)

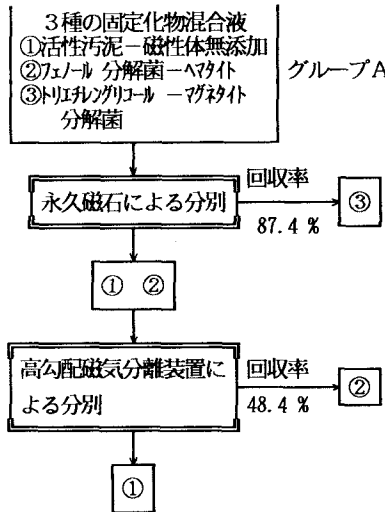


図-4 固定化微生物混合液の分別回収率 (グループA)

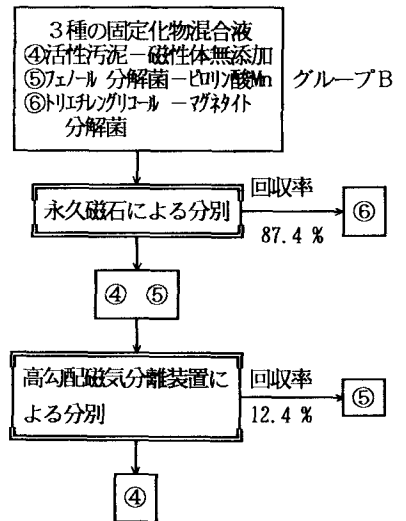


図-5 固定化微生物混合液の分別回収率 (グループB)