

京都大学工学部 正員 寺島 泰 正員 尾崎博明 ○ 今林誠二

1. はじめに 新しい下・廃水処理法として固定化微生物による方法が注目を集めている。担体内への基質や酸素の輸送の点からは、固定化物はむしろ小さいものが望ましいが、微小なものは固液分離が容易ではない。本研究では、微生物を強磁性体とともに包括固定した比較的微小な固定化物(強磁性体ハイブリッド固定化微生物、以下、強磁性体ハイブリッドと略す)を反応槽内に浮遊させ、目的の汚濁物質の処理を行う方式について、その可能性と基質除去の基本特性に関する基礎的検討を行った。本法が最終的に対象とする微生物は、増殖速度の遅いものあるいは難分解性物質の分解菌等の特殊な細菌であり、これらの強磁性体ハイブリッドは、例えば活性汚泥のような他の微生物との混合系で活用したあと磁気分離し、再利用することも可能である。また固定化する磁性体の種類、量を変えることにより固定化物の磁気的性状を変化させることもでき、本研究は微生物のラベル化技術の開発とも位置づけられる。

2. 実験方法 強磁性体ハイブリッドの作成方法を湿汚泥量 5 gの場合を例として図-1に示す。担体にはアクリルアミドを用い、固定化法は基本的には千畑の方法¹⁾によったが、強磁性体(マグネタイト、 Fe_3O_4)を添加したことで、生成した固定化物を粉碎して微小化($149\mu\text{m}$ 以上)している点が異なっている。この方法で作成した強磁性体ハイブリッドの性状を表-1に示す。微生物には、①グルコースを含有する人工下水で培養した通常の活性汚泥 ②フェノール含有廃水の処理汚泥を種汚泥として培養したフェノール分解菌、の2種類を例として用い、強磁性体ハイブリッドの基質除去性能を調べるために、以下の(a)(b)の実験を行った。

(a) 強磁性体ハイブリッドによるグルコースの除去 上記①の活性汚泥の強磁性体ハイブリッド(Run 1)、あるいは対照としてマグネタイトを添加せずに活性汚泥のみを固定化した固定化物(Run 2)を、水浴中($22\sim 25^\circ\text{C}$)に設置した反応槽(1ℓピーカ)内にそれぞれ蒸留水とともに入れ、十分に曝気して浮遊させた。その直後から1日1回グルコースを添加し、添加直後及び1日後のグルコース濃度と COD_{Cr} を測定する操作を約2週間繰り返した。なお本実験では槽内水の入れ換えは行わなかった。

(b) フェノールの除去と強磁性体ハイブリッドの回収・再利用

上記のフェノール分解菌の強磁性体ハイブリッドを(a)の実験と同様に反応槽(1ℓピーカ)内に入れ曝気して浮遊させた。フェノールを添加して回分方式でさらに約20日間馴養後、図-2に示すRun 3～6の一連の回分実験を行った。例えばRun 3では、強磁性体ハイブリッドを入れた反応槽に所定濃度(80 mg/l程度)のフェノールを添加し、そのフェノール濃度の経時変化を調べた。

Run 4ではRun 3にさらにフェノールで馴養していない活性汚泥を投入して同様に回分実験を行い、こうした混合系における強磁性体ハイブリッドによるフェノール除去性能について調べた。Run 4終了後、Run 4の混合系から市販の磁石により強磁性体ハイブリッドを分離し、それによるフェノール除去性能(Run 5)と残留活性汚泥のフェノール除去性(Run 6)を同様に回分実験により調べた。各RunのDO濃度は 4.5mg/l 以

表-1. 強磁性体ハイブリッドの性状

みかけ比重	1.17 (g/cm^3)
水分含有率	83.8 (%)
単位体積当りのマグネタイト量	35.3 (mg/cm^3)
推定磁化 (at 1.0T)	15.9 ($\text{emu}/\text{dry-g}$)

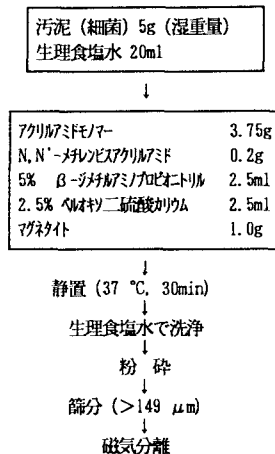


図-1. 強磁性体ハイブリッドの作成方法

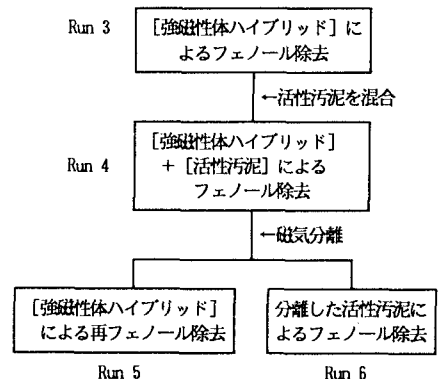


図-2. 実験の概要

上であった。また固定化物中の微生物(細菌)量はT-P量の測定により求め、700mg/l前後であった。なお槽内pHは実験(a)(b)ともに7~7.4に調整した。

3. 実験結果と考察

(a) 強磁性体ハイブリッドによるグルコースの除去

Run 1, 2の結果をそれぞれ図-3, 4に示す。Run 1, 2の処理水中のグルコースとCOD_{cr}の濃度はほぼ同様な傾向を示しており、マグネタイト添加による影響は認められなかった。また固定化直後からグルコースはよく除去され、固定化による大きな障害はみられなかった。一方、液中のCOD_{cr}は経過日数とともに高くなっている。これは槽内水の交換を行わない過酷な条件下での実験であったこともあり、代謝産物とともに固定化剤の一部の溶出に由来するCOD_{cr}が槽内に蓄積されたことが原因と考えられる。

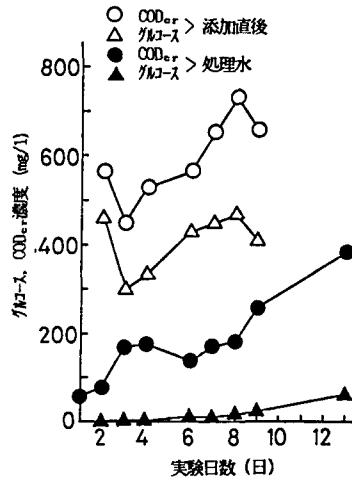


図-3. グルコース, COD_{cr}濃度の経日変化 (Run 1)

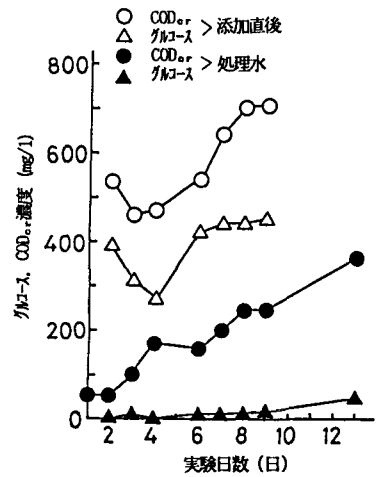


図-4. グルコース, COD_{cr}濃度の経日変化 (Run 2)

(b) フェノールの除去と強磁性体ハイブリッドの回収・再利用

Run 3~6の結果を図-5に示す。強磁性体ハイブリッドが存在するRun 3~5については単位微生物量当りのフェノール量で表示しており、フェノールで馴養された活性汚泥による処理でみられるように、フェノールはほぼ0次反応に従って除去されている。Run 3~5の除去速度係数を表-2に示す。Run 3とRun 4のそれらがほぼ同じ値であることから、この強磁性体ハイブリッドは、活性汚泥との混合系においてもとくに影響を受けることなく、単独のときと同様にフェノールを除去し得た。また、Run 5の除去速度係数はRun 4のそれに近い値となり、Run 6(分離後の活性汚泥)ではほとんどフェノールを除去できなかったことから、強磁性体ハイブリッドは磁気分離によって大部分が回収され、フェノール分解菌の漏出も短時間ではほとんどみられないこと、さらに回収された強磁性体ハイブリッドは再利用が可能であることが明らかとなった。なお、表-1に示す性状を有する強磁性体ハイブリッドは、上記のような混合系から市販磁石により99.3%以上の高率で分離しうることを確認している。

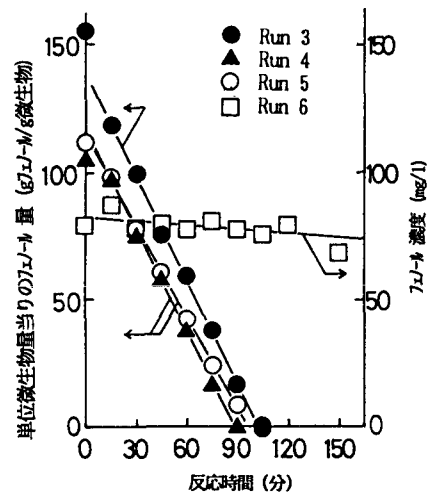


図-5. フェノール濃度の経時変化 (Run 3~6)

表-2. フェノール除去速度係数

Run 3	$1.355 \times 10^{-3} \text{ (min}^{-1}\text{)}$
Run 4	$1.327 \times 10^{-3} \text{ (min}^{-1}\text{)}$
Run 5	$1.196 \times 10^{-3} \text{ (min}^{-1}\text{)}$

4. おわりに 強磁性体ハイブリッドの添加は水処理系に新たな物質処理能力を付与することになる。上記の結果より、強磁性体ハイブリッドの添加、回収による水処理法は新しい方式として応用の可能性を十分に有していると考えられる。このような方式は、酵素の強磁性体ハイブリッドを利用する下・廃水、廃棄物からの有用物質回収にも応用しうると期待される。今後は強磁性体ハイブリッドを用いる連続処理について検討を加える予定である。

[参考文献] 1) 千畑ら: 固定化酵素, 講談社, 78~79 (1975).