

固定化放線菌による高濃度排水処理の検討

日大生産工(院) ○薄葉 涼 日大生産工(院) 奥山 真司
NPO 法人環境文明 21 木科 大介 日大生産工 高橋 岩仁

1 まえがき

近年、水の存在の重要性が改めて認識される事情になっている。主な理由として、人口増加に伴う水需要の増加、発展途上国における経済発展による工業用水利用の需要が増加、さらに地球温暖化やヒートアイランド現象に伴う気候変動により、豪雨の異常発生、異常少雨によるダムの枯渇化問題である。これらにより、地球規模で深刻な水不足が懸念されており、今後は水処理技術の発展は大変重要となってくる¹⁾。

現在、下水処理施設の曝気槽で用いられている有機性排水の処理方法の9割は活性汚泥法だが、高濃度排水を流入すると、バルキング現象が発生しキャリーオーバーを引き起こしてしまう²⁾。そのため、曝気槽の前処理として地下水や再生水などで希釈を行う必要がある。この工程は、貴重な水資源の浪費はもとより、処理時間の延長、さらに活性汚泥反応槽を拡大するための土地や投資が必要とされる³⁾。

本研究では、排水処理設備の縮小化や処理時間の短縮を目的とし、効率的な高濃度排水の連続処理方法の確立を目指した。処理方法は、土壌から分離した放線菌を採取し、水処理に適した菌の選定を行い、これを包括固定化して用いた。なお、放線菌とは、一般に土壌中に生息している菌で、成分に関係なく有機物分解処理してくれる悪食菌であり、高濃度排水処理に適している⁴⁾。しかし、糸状性細菌に似た性質を持っており、放線菌の繁殖により、バルキング現象を引き起こす可能性がある⁵⁾。そこで、選定した放線菌をアルギン酸・アクリルアミド法で包括固定化し、バルキングの発生を抑制した。さらに包括固定化することにより、固液分離にも有利に働き、効率的な処理が期待できる。

2 実験方法および測定方法

2. 1 放線菌株の分離培養

表 1 分離寒天培地 A・N 組成

A 培地		M 培地	
成分	分量	成分	分量
グルコース	0.50g	豆乳	5.00g
K ₂ HPO ₄	0.25g		
MgSO ₄ ・7H ₂ O	0.10g	グルコース	5.00g
寒天	10g		
蒸留水	500ml	NaCl	2.50g
エッグアルブミン	0.13g		
0.1M-NaOH	2ml	寒天	10.00g
1%Fe ₂ (SO ₄) ₃	0.50g	蒸留水	500ml

備考 pH=7に調整

表 2 前・本培養液体培地組成

成分	分量
グルコース	10g/ l
ポリペプトン	3g/ l
NaCl	5g/ l
肉エキス	3g/ l

備考 pH=7に調整

放線菌株の分離培養は、日本大学生産工学部キャンパスの土壌および平均気温が高く微生物活動が盛んであると推察される沖縄県宜野湾および千葉県勝浦で採取して行った。

表1に用いた分離寒天A培地、M培地の組成を示す。培養方法は、採取した土壌約0.1gを蒸留水5mlで溶かし、この上澄み液を表1に示した各寒天培地に撒き、30℃で4日間培養した。培養後、形成したコロニーから放線菌の形態的特徴を基準とし目視で選別したものを寒天スラント培地に継代し、30℃で15日間分離培養した。

Examination of Highly-concentrated wastewater treatment by fixed reagent for actinomyces.

Sayaka USUBA, Shinzi OKUYAMA, Iwahito TAKAHASHI and Daisuke KISHINA

表3 菌の育成状況

No.	優良株	発泡性	菌体量	分離可否	菌体大小	分散可否	他	残存COD値(mg/L)	保存培地COD値(mg/L)
1	04A1	無		可	細かい	可		4,281	11,000
2	04A2	有	少量	否		否		8,141	
3	05M1	有	少量	可	細かい	可		6,452	
4	06A1	有	少量	否		否		7,055	
5	06A2	有		可	大きい	否		6,995	
6	07A1	無		可	細かい	可		5,005	
7	08A2	無		可	細かい	可		4,764	
8	09A1	無		可	細かい	可		4,703	
9	09A2	有		不明	細かい	不明		6,512	
10	10A1	少量有		否	細かい	可	着色有	4,342	
11	10M1	少量有		可	理想的な細かさ	可		5,789	

表2に前培養・本培養液体培地の組成を示す。培養した菌体は前培養液体培地により、27℃で4日間培養を行った。なお、ここでは、往復振盪機を用いて浸透培養を行った。

2. 2 優良放線菌株の選定

各採取場所から培養された放線菌の育成状況を確認した。表3に菌の育成状況を示す。その結果、各液体培地で最も残存COD値が低く、無色透明かつ菌体が分離可能という観点から04A1を最優良株候補とした。

2. 3 菌体の包括固定化

選定した放線菌株は、本培養液体培地により大量培養を行った後、遠心分離により菌株を分離し、集菌を行った。

表4に包括固定化に用いた組成を示す。本研究での包括固定化方法は、過去の研究からアルギン酸ナトリウム・アクリルアミド法を用いた。包括固定化方法として、集菌1gに対し、0.9%NaCl:4mlを加え懸濁した後に表4に示す試薬を加えた。次に、試薬を混合した放線菌株をトレイに流し込み、冷却固化後の試料を切断した。なお、微小電極を用いた担体内部のDOプロファイル測定から酸素の浸透距離は包括担体の表面から1.5mm以内であったため、固定化菌体の幅は3mmとした。また、担体の強度を上げるため、担体表面をアルギン酸カルシウムでコーティングした。写真1にの放線菌包括担体(case1・2)を示す。なお、今回作成した担体の初期条件は、216mlの包括固定化担体に対し、集菌された菌体量57gとした。本実験では包括固定化菌体の平均処理値をとるため、菌体の本培養を同条件下で異なる時期に2回行

表4 包括固定化試薬

成分	分量
アクリルアミド	0.9g
NN'メチレンビスアクリルアミド	0.05g
β-ジメチルアミノプロピオニトル	0.025ml
過硫酸カリウム	0.0125g



写真1 包括固定化担体 (case1・2)

表5 人工基質成分

成分	蒸留水1000mlに対し
グルコース	15.78g
酢酸アンモニウム	13.44g
ポリペプトン	6.66g
栄養塩類	10ml

COD値 12000mg/L

い、先に包括固定した担体をcase1, その3週間後に包括固定した担体をcase2とした。

2. 4 高濃度処理実験－馴致方法

本研究では、実験に用いる菌体の馴致として、低濃度から段階的に高濃度へ移行させる方法 (case1: 500mg/l で5日間馴致後, 1000mg/l で5日間馴致) と、高濃度から低濃度へ移行させる方法 (case2: 2000mg/l で10日間馴致) の2方法に分けて比較した。

2. 5 高濃度処理実験－バッチ方法

実験方法は、容量360mlの人工基質 (1500mg/l) に馴致した担体140gを投入し、24時間のバッチ式により処理を行った。人口基質の成分は表5に示す。なお、放線菌は好気性菌であるため常にエアレーションを行い、処理水温は菌が最も活性度が高いとされる30℃に設定した。測定項目は、pH、CODおよび栄養塩類であるT-N、T-Pとした。

3. 実験結果および検討

3. 1 バッチ実験結果 (pH、除去率)

図1にバッチ実験時におけるpHの経日変化を、図2にCOD値および除去率の経日変化を示す。

まず、図1の結果より、pHの値は、一時的に担体の一部崩壊と推測されるpHの低下が見られたが、両caseともほぼ7.7～8.7あたりで安定した値を示した。

一方、CODの結果は投入時の人工基質濃度1500mg/lに対し、両caseとも90%以上の高い除去率が見られた。特に、実験開始2週間目あたりまでは、100～250mg/l付近で変動していたが、3週間以降は50～100mg/lで安定した値を示した。これは、馴致した菌体が、バッチ実験を通して、さらに投入する人工基質濃度に馴致されたといえ、約1ヶ月後には両caseとも50mg/lの処理値となった。そこでバッチ実験により、充分馴致され、安定した菌体を連続実験に用いた。なお、pH、CODともに周期的な上下変動が見られるが、これらは菌体の包括が崩壊し、処理能力が低下し起きたことだと考えられる。本研究の包括固定に用いている試薬のアルギン酸ナトリウムは、海藻類の海草から抽出される分子量1.5～2.5万の多糖類で、染色、織物、製紙用糊剤の増粘剤として用いられており、アルギン酸ナトリウムが金属イオンCa²⁺、Al³⁺、Ba²⁺、Cu²⁺などと接触するとゲル化するという特性を利用している。造粒が簡単であり得られる活性

も高いが、排水中のリン酸イオンによりCa²⁺がはずれゲルが溶解してしまう欠点を有している。このことから、処理能力の低下がみられた場合には、CaCl₂溶液を20g/Lに投入し、補強を行った。

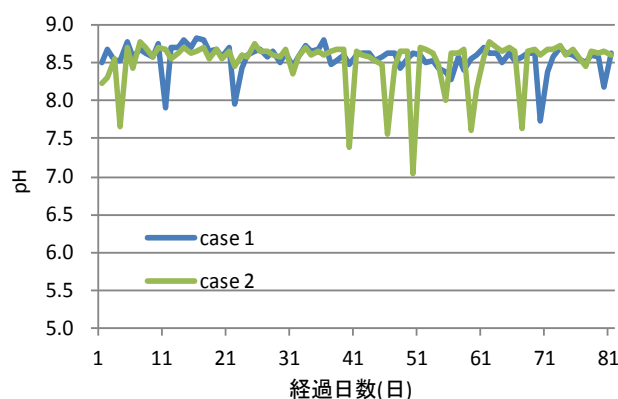


図1 バッチ実験における pH の経日変化

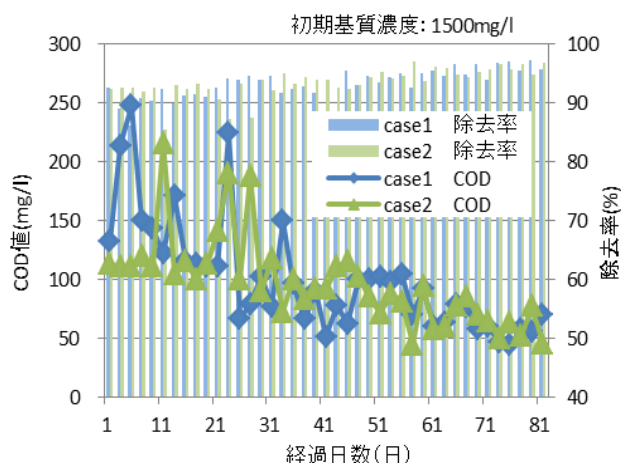


図2 バッチ実験における COD 値および除去率の経日変化

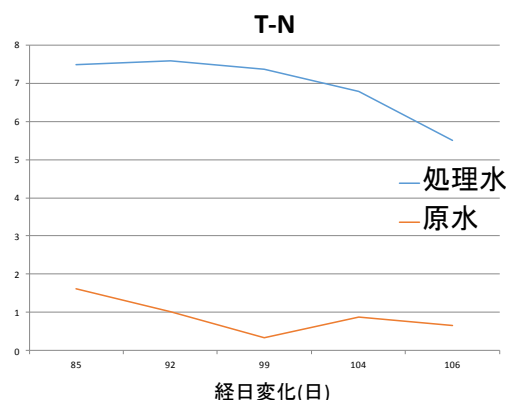


図3 バッチ実験における T-N の経日変化

3. 2 バッチ実験結果 (T-N, T-P)

図 3, 4 に T-N, T-P の処理前 (原水) と 24 時間処理後の結果を示す。まず, 図 3 の T-N 結果を見ると, 原水に対し, 処理水の値が上昇する傾向が見られた。これは, ポリペプトンがアンモニア態窒素もしくは硝酸態窒素に分解され検出されたものと推測される。一方, 図 4 の T-P 結果を見ると, 原水に対し, 処理水の値が減少する傾向となった。これは, 好気性条件下で生物処理を行っていることから, 担体にリンが摂取されたものと推測される。また, T-P においては, 99 日目で上昇し 104 日目で減少する結果となったが, これは 99 日に担体を CaCl_2 溶液で補強したことにより Ca^{2+} が増加したためと思われる。なお, 水処理において, 窒素, リンの除去は必要不可欠な項目であるが, 今回の実験では, 高濃度排水処理を目的としているため, 特に窒素は原水に対し上昇していることから, その後の高度処理により, 除去が必要と考えられる。

4 まとめ

本研究は, 高濃度有機性排水処理に適した放線菌を包括固定化し, バッチ実験により放線菌包括固定化担体による処理能力の検討を行った。以下に, 得られた知見を示す。

- 1) バッチ実験の結果より, pH の値は多少変動するものの, 両caseともほぼ7.7~8.7あたりで安定した値を示した。また, COD の結果は初期COD値1500(mg/l)に対し, 滞留8時間で100 (mg/l) まで処理され両caseとも高い除去率がられた。
- 2) 担体の崩壊に伴う処理効率の低下が15日間隔でみられたが, CaCl_2 で補強することにより再包括され, 約1ヶ月の連続処理が図られ, 処理能力の低下は見られなかった。

以上のことから, 本研究で新たに行った放線菌の包括固定化法は高濃度排水の処理に適した処理方法であることが示唆された。

しかし, 処理時に生じる副産物である「ぬめり」がエアレーション装置の表面に付着し, 空気循環の妨害によりCOD低下にも連なると推測され, また包括固定化した放線菌の寿命および包括固定化が崩壊する期間が明確ではないことから連続的長期実験を行う必要がある。さらに, 実用化に向け, 実際に処理されている排水を用いて実証実験を行う必要がある。

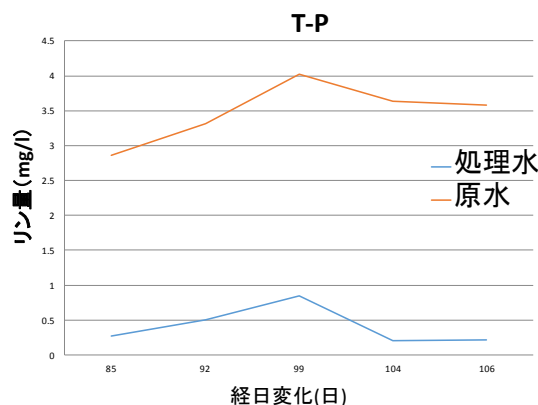


図 4 バッチ実験における T-P の経日変化

謝 辞

本研究を進めるにあたり数々のご指導, ご鞭撻を頂きました日本大学生産工学部の大木宜章先生, 関根宏先生, 諸先輩方に深く感謝致します。

補 注

- 1) 国土交通省土地・水資源局 (2007.7.8更新) 平成19版日本の水資源について～安全で安心な水利用に向けて～<<http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/hakusyo/H17/index.htm>>

参考文献

- 1) 平野陽三 (2011) 実用 水の処理・活用大事典, 産業調査会 事典出版センター, 東京, 1124pp.
- 2) 和田洋六(2011)ポイント解説 水処理技術, 学校法人 東京電機大学 東京電機大学出版局, 東京, 170~181
- 3) 石崎勝義・楠田哲也 著 (2001) 自然システムを利用した水質浄化, 技報堂出版, 東京, 445pp.
- 4) 千種薫 (1996) 図解 微生物による水質管理, (株)産業用水調査会, 東京, 118~219
- 5) 山根一郎(1988)農学基礎セミナー 土と微生物と肥料のはたらき, 社団法人 農山漁村文化協会, 東京, 39~40