

放線菌による高濃度廃水処理の有用性に関する検討

日大生産工(院) ○伊藤 康介 日大生産工 森田 弘昭
日大生産工 高橋 岩仁 日大生産工(院) 奥山 真司

1 はじめに

日本の下水処理場の 70%で活性汚泥法が用いられている。なお、公共下水道への流入水の水質基準（下水道法施工令）では BOD(生物化学的酸素要求量)600mg/L 未満と定められている。そのため、活性汚泥法は BOD 値 600mg/L 以上の高濃度廃水に対し地下水や再生水を用いて希釈し濃度低下を行っている。水問題は世界で注目を集めており、水の浪費が懸念されている。

本研究は、食品加工産業などから排出される高濃度の廃水に対し、水資源の浪費削減、廃水処理設備の縮小化や処理時間の短縮を目的とし、放線菌を用いた効率的な処理方法の確立を目指した。なお、放線菌は活性汚泥法ではバルキング現象を発生させる悪喰菌とされているが、微生物濃度を高めることや有機物分解することなどのメリットもある。本実験では水処理に適した放線菌の選定・培養を行い、また、バルキング現象を発生させないために培養した放線菌をアルギン酸ナトリウム・アクリルアミド法で二重包括した。この包括固定化した放線菌を用いた高濃度廃水処理の有用性について検討した。

2 実験方法

2. 1 菌体の選定

今回使用した放線菌は、2012 年 6 月から本研究室で排水処理に用いていた菌体を放線菌適正培地（表-1 参照）で 30℃、4 日間培養した。培養の結果、数種のコロニーが確認されたため、分離培養、継代を繰り返し、放線菌の形態的特徴を基準として選定を行った。なお、2012 年の菌体は沖縄の土壌から採取したものであり、この時は分離培養により単一菌

表 - 1 放線菌適正培地組成

成分	分量
寒天	18g/L
KCl	1.71g/L
Na ₂ HPO ₄	1.26g/L
MgSO ₄ ・7H ₂ O	0.05g/L
CaCO ₃	0.02g/L
FeSO ₄ ・7H ₂ O	0.01g/L
腐植酸	10ml/L
アリナミン	5ml/L
ナリジクス酸	1ml/L
カビサイジン	0.75mg/L

表 - 2 振温培養用溶液組成

成分	分量
グルコース	10g/L
ペプトン	3g/L
酵母エキス	3g/L
NaCl	3g/L

として用いていたが、約 3 年間の間に菌体群（フローラ）を形成していたと考えられる。

2. 2 菌体の培養

選定した菌体の培養方法は、菌体を振温培養用溶液（ワックスマン培地：表-2 参照）の入った三角フラスコ(300ml)に 100ml 入れ、白金耳で菌体を懸濁させ、往復振温培養機で 4 日間振温（27℃、250 r p m）して培養を行った。

2. 3 包括固定化

包括固定化の方法は、菌体 1g に対し、3% アルギン酸ナトリウム 10ml 懸濁させ、30%CaCl₂溶液に入れ行った。その後、包括固

Study on the Usefulness of Actinomycetes to Treat
Highly-concentrated Wastewater
Kousuke ITO, Hiroaki MORITA, Iwahito TAKAHASHI and Shinji OKUYAMA

定化菌体を純水に 3 時間浸し, 75%アクリルアミド, 0.4%メチレンビスアクリルアミド, 0.5% β -ジメチルアミノプロピオニトルに 25 分間浸した。さらに, 0.5%ペルオキシ二硫酸カリウム溶液に約 5 分間浸した。

なお, 包括固定化菌体が崩壊した場合, 30%CaCl₂溶液に 30 分間浸けた後, 75%アクリルアミド溶液に 30 分間浸し再固定を行った。

2. 4 バッチ連続実験

包括固定化菌体を用いた高濃度廃水処理の有用性の確認は, バッチ連続実験により行った。なお, 今回の実験で用いた廃水は表-3 に示した人工基質を希釈して用いた。

実験方法は, まず, 約 100g の包括固定化菌体に対し, 処理容量 400ml の 2000mg/L 人口基質で 10 日間処理を行った (馴致期間)。その後, 処理容量 400ml の 1500mg/L 人口基質を 24 時間間隔で入れ替え (バッチ連続), その際の水質を測定した。測定項目は pH, COD, TOC, T-N, T-P とした。なお, 人工基質の水温は菌体の最適温度である 30℃に設定し, さらに, 放線菌は好気性菌であるため常にエアレーションを行った。

また, 包括固定化の有用性を検討するため, 包括固定化無しの菌体を用いて同様の手順で実験し, 比較検討を行った。

3 実験結果

3. 1 包括固定化の有用性

写真-1 に包括固定化の有無による処理状態を示す。この写真からも分かるとおり, 包括固定化無しでは, 液体上部に発砲が見られ, 溶液自体も濁りが確認された。それに対し, 包括固定化菌体では, 発砲や濁りは見られなかった。このことから, 菌体を包括固定化することによりバルキング現象を抑制することが出来るといえ, 包括固定化の有用性が確認された。

3. 2 pH

図-1 に pH の結果を示す。まず, 経過 2 日目の測定を見るとどちらの菌体も pH が低い。これは, 菌体が過水処理することが出来ず, 人工基質内の未処理物質が硝酸塩になるため pH が低下したことが要因といえる。しかし, 4 日目以降の測定ではどちらの菌体も pH が 8

表 - 3 人工基質成分

成分	分量
グルコース	15.78g/L
酢酸アンモニウム	13.44g/L
ポリペプトン	6.66g/L
栄養塩類	10ml/L



写真 - 1 包括固定化無し菌体と包括固定化菌体

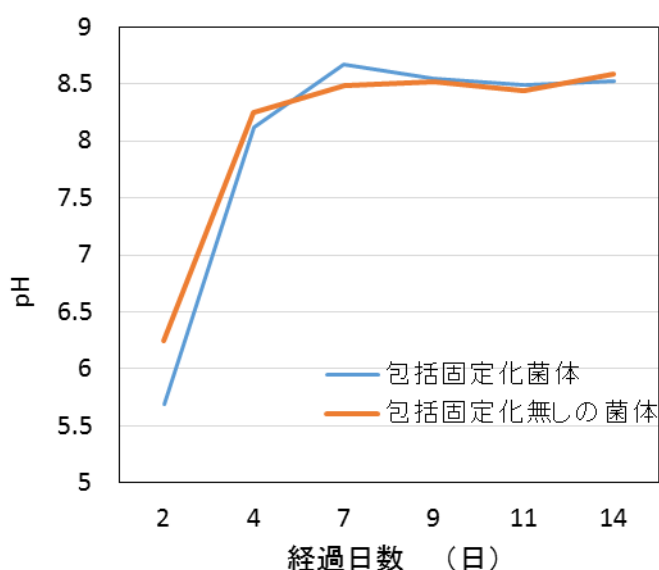


図 - 1 包括固定化菌体と包括固定化無し菌体の pH

以上であることから, 過水処理していることが分かる。

3. 4 COD 値

図-2 および図-3 に COD 値の包括固定化菌体および包括固定化無し菌体の結果を示す。なお, 除去率はカッコで表示した。ここで, COD 値および COD 除去率が 0 を示している箇

所があるが、これは希釈を行わず、原液で測定したため、COD 値 368mg/l以上の値を求めることができなかったことによるものである。

これより、どちらの菌体も4日目の測定まで測定不能であったため、COD 値が 368mg/L以上であったといえる。これは、菌体の馴致が不十分であったことが要因と考えられる。

7日目の測定では包括固定化菌体のCOD 値の除去率は95.8%であることから良好に処理されていることが分かる。また、包括固定化無しの菌体もCOD 値の除去率が83.32%であることから良好に処理されている。しかし、9日目の測定で包括固定化無しの菌体の測定値が測定不能という結果となった。これは、バルキングの影響と推測される。包括固定化菌体では、11日目まで90%以上の高い除去率を示していたが、13日目には再び測定不能となった。これは、包括固定化菌体の場合は5回目の測定後、菌体が崩壊しており、再固定を行ったが、菌体が安定しなかったことが要因と考えられる。

3. 5 TOC 値

図-4および図-5にTOC 値の包括固定化菌体および包括固定化無し菌体の結果を示す。

2日目の測定では両菌体のTOC 値は原水(2000mg/L)より高い値を出した。これは、どちらの菌体も馴致していなかったため、このような結果になったと考えられる。しかし、包括固定化菌体では、4日目でTOC 値1023.4mg/L、除去率約50%、7日目でTOC 値357.1mg/L、除去率82.15%と経過日数とともに除去が良好に行われた。これは、包括固定化菌体が馴致したためと考えられる。それに対し、包括固定化無しの菌体では、TOC 値が高く、除去率も50%前後を推移した。これは、包括固定化無しの菌体は馴致に時間を有し、また、バルキング現象も要因と考えられる。なお、14日目では包括固定化菌体のTOC 値も上昇した。これは、COD 値の考察同様、包括固定化菌体は再固定後のため、菌体が安定しなかったためといえる。

3. 6 T - N

図-6に包括固定化菌体および包括固定化無し菌体のT - Nの結果を示す。なお、原水の濃度は356.4mg/Lであった。

これより、どちらの菌体も原水より処理水

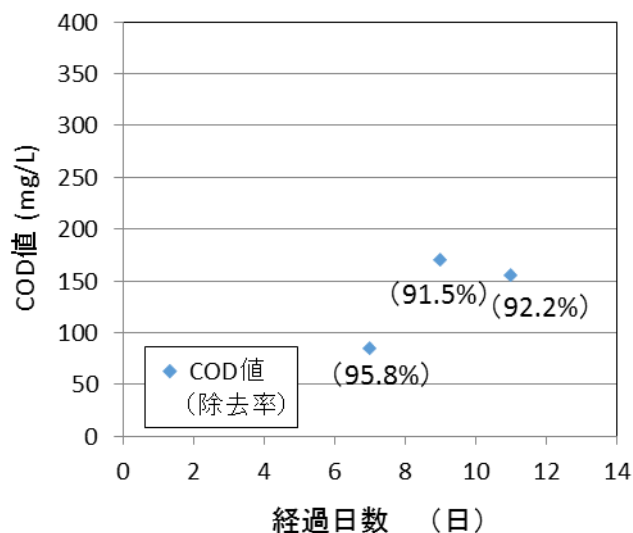


図 - 2 包括固定化菌体の COD 値

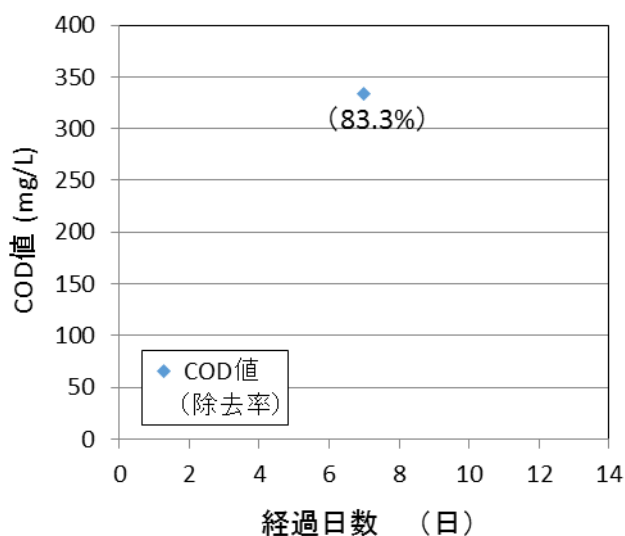


図 - 3 包括固定化無し菌体の COD 値

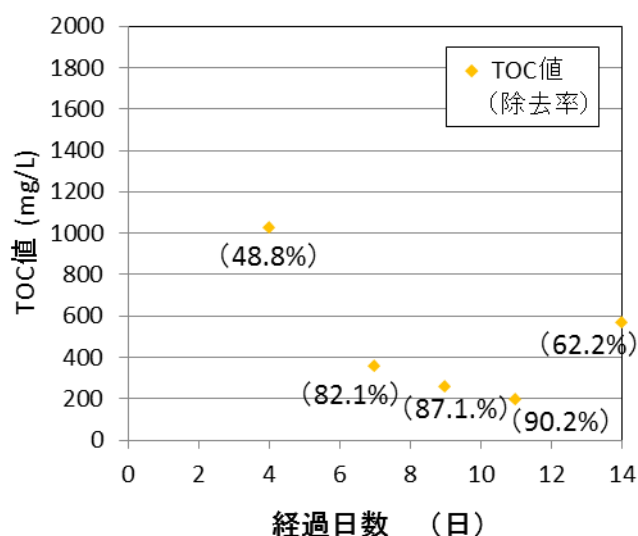


図 - 4 包括固定化菌体の TOC 値

の方が高い結果となった。この要因として、菌体が原水内に含まれるポリペプトンを処理したことにより、硝酸態窒素とアンモニア態窒素となり、このため T-N が増加したといえる。また、2 日目の測定より 9 日目の測定において T-N が増加した要因として、菌体が馴致したことにより原水内のポリペプトンを処理する量が増えたためと考えられる。

3. 7 T - P

図 - 7 に包括固定化菌体および包括固定化無し菌体 T-P の結果を示す。なお、原水の濃度は 282.6mg/L であった。

まず、包括固定化菌体では、T-P の減少が見られた。この要因は、原水内に含まれるリンが菌体の生命活動のため、内部に蓄えられたことによるものといえる。それに対し、包括固定化無し菌体では、2 日目に原水より高い値となった。これは、菌体の馴致が不十分で、生命活動が抑制されたことが要因と考えられる。しかし、9 日目の測定では、T-P が減少した。これより、包括固定化無し菌体においても、時間経過とともに菌体の生命活動が活発になったと思われる。

4 まとめ

本実験から以下の知見が得られた。

- 1) 菌体を包括固定化することによりバルキング現象を抑制することができ、包括固定化の有用性を確認した。
- 2) 選定した菌体は水処理に適した菌であり、包括固定化することにより有機物を効率良く処理することが可能である。
- 3) 選定した菌は好気性菌であるため T-N, T-P を除去するのは困難であると推測出来る。

以上のことから、選定した菌体は包括固定化することによりバッチ連続実験においては高濃度廃水を効率良く処理することが可能であった。今後は連続実験を行い持続性について検討する予定である。また、T-N, T-P を除去するには嫌気性菌と併用で処理することなど他の処理法も処理工程に組み込み、さらなる効率化を図る。

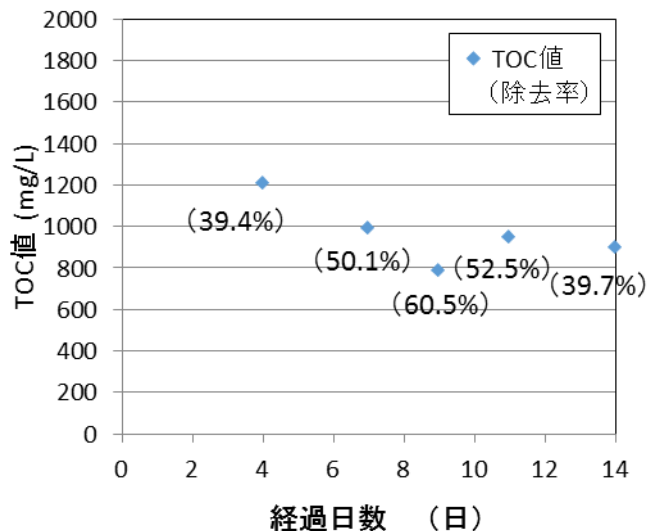


図 - 5 包括固定化無し菌体の TOC 値

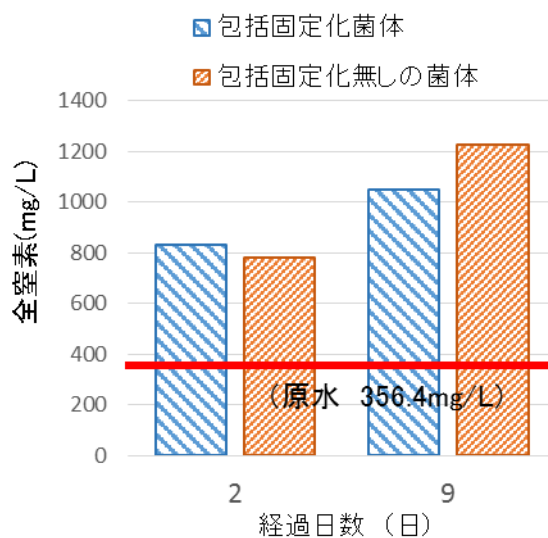


図 - 6 包括固定化菌体と包括固定化無し菌体の T - N

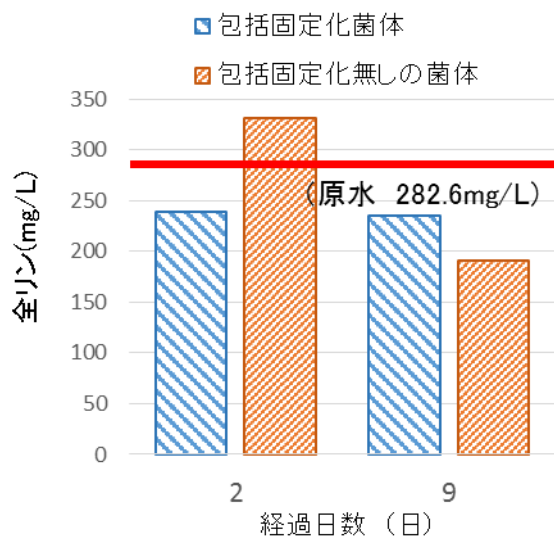


図 - 7 包括固定化菌体と包括固定化無し菌体の T - P