

II-576 嫌気好気活性汚泥の連続培養によるポリエステルPHAの生産

大成建設（株）技術研究所 正会員 ○副島敬道，柴山雅子，友沢 孝

1. はじめに

嫌気好気活性汚泥法は生物学的リン除去法として開発が進められている方法である¹⁾。活性汚泥を構成する菌の中には、好気環境下でポリヒドロキシアルカノエイト（PHA）の合成を行うものが存在するが、嫌気環境下においても体内のリンを放出し、そのエネルギーを利用して炭素源を取込み、PHAの合成活動を行うことが示唆されている²⁾。我々は嫌気好気汚泥を使い、ばっ気を行わない回分的な攪拌培養法でポリエステルPHAが効果的に蓄積されることを報告した³⁾。そこで今回、嫌気好気活性汚泥を用いた連続培養におけるポリエステルPHAの生産について検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 連続培養

実験は、図1に示す連続式嫌気好気活性汚泥装置を用いた。本装置は、攪拌のみの嫌気槽（11.7 l）、ばっ気を行っている好気槽（18.7 l）、沈澱池（下部約2 l）からなる。沈澱池で分離した汚泥は、流量約10 l/hで嫌気槽へ返送される。活性汚泥の馴養基質は、酪酸Na、ポリペプトン、L-グルタミン酸、酵母エキスおよびその他の栄養塩で構成される人工排水を用い、流量2 l/hの条件で行った。

馴養基質の炭素源である酪酸Naの濃度を高くし、人工排水のTOC濃度を馴養時の約45 mg/lから約350 mg/lに上げ、その他の有機物、栄養塩は馴養時と同様の濃度にして連続培養を行った。なお、以上の培養は22℃に設定した恒温室内で行った。

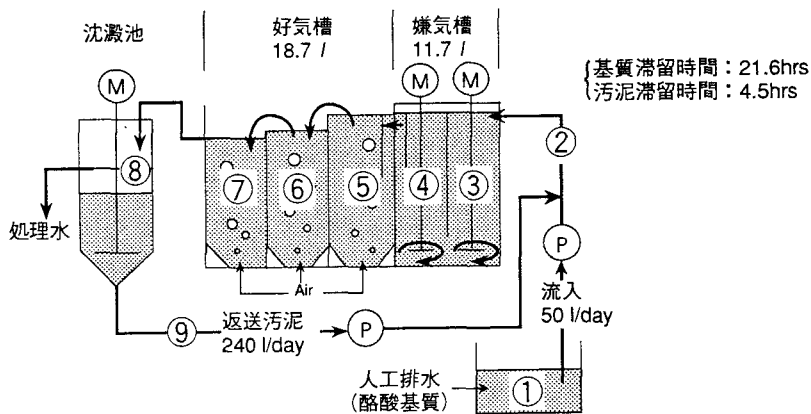


図1 嫌気好気活性汚泥連続装置

2.2 分析方法

連続培養期間中、各槽からサンプリングを行い、培養液中の有機炭素（TOC）、全リン（T-P）、菌体濃度（MLSS）、菌体内PHA含量を測定した。TOCの測定は全有機炭素計で、T-Pの測定は高周波プラズマ発光分析装置（ICP）で行った。汚泥内PHA含量は凍結乾燥した汚泥を直接エステル化し、ガスクロマトグラフィーで定量した。

3. 結果と考察

連続装置のサンプリングは、基質原水（①）、原水の流入部（②）、嫌気層（③、④）、好気層（⑤、⑥、⑦）、沈澱池上澄み（⑧）、返送汚泥（⑨）の9箇所で行った（図1）。馴養時および炭素負荷上昇後1日目、7日目の①～⑨それぞれの箇所における溶液中TOC、T-P濃度、菌体内PHA含量、MLSSを表1に示す。

馴養時では、原水中の有機炭素は返送汚泥と合流してすぐに消費されており、PHAも蓄積されていない。リンについては、嫌気槽でT-P濃度は少量ではあるが増加し、次の好気槽において減少しており、汚泥が嫌気槽でリンを放出し好気層で取り込んでいることが確認できる。

表1 培養液中有機炭素（TOC）全リン（T-P）濃度、菌体内PHA含量、菌体量

		原水	原水 返送汚泥	嫌気槽		好気槽			沈澱池 上澄み	返送汚泥
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
馴養時	TOC (mg/l)	44.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T-P (mg/l)	7.8	1.3	2.9	2.4	0.5	0.3	0.6	1.2	0.8
	PHA (w/w%)	—	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0
	MLSS (mg/l)	—	4210	5500	5850	5460	5870	5150	—	5460
負荷1日目	TOC (mg/l)	374.6	23.0	12.2	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T-P (mg/l)	14.3	1.3	30.0	29.6	21.8	4.4	2.8	22.8	9.2
	PHA (w/w%)	—	2.4	—	2.2	5.2	5.6	2.2	—	0.0
	MLSS (mg/l)	—	4970	4140	4000	4940	4630	4810	—	8110
負荷7日目	TOC (mg/l)	348.0	28.2	19.2	23.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T-P (mg/l)	12.3	9.3	21.4	23.0	23.8	1.1	1.5	11.3	1.3
	PHA (w/w%)	—	9.5	9.6	12.8	13.8	10.2	12.4	—	6.0
	MLSS (mg/l)	—	7910	7760	7950	8790	8600	8920	—	9270

炭素源濃度を上げて1日経過した状態では、溶液中のTOCは嫌気槽までは全て消費されずに残っており、好気槽では消費つくされ濃度が0になっていた。また、リンの濃度は嫌気槽で急激に増えており、嫌気槽において菌体がリンを放出し炭素を取り込んでいたことがわかる。好気槽の2槽目以降ではリン濃度は下がり、菌のリン取込みが起こっていた。またこのときにはPHAの蓄積も認められ、数%ではあるがPHAの生成が起こっていた。

7日経過した状態では、溶液中のTOCは1日目と比べ、嫌気槽での濃度がやや高いが、好気槽では全て消費されていた。リン濃度は嫌気槽で増加しているが、1日目よりその増加量は少なくなっていた。汚泥内PHA含有量は、最大で13.8%に達し、原水流入部から好気槽の間では10%前後の蓄積が保たれていた。また、MLSSは馴養時の槽内平均5360 mg/lから8460 mg/lに増加しており、PHAの平均含量10.6%を差し引いて考えてみても、汚泥は増殖をしながらPHAの生成活動を行っていたことがわかる。

ばっ気をせずに活性汚泥を回分培養した時には、乾燥汚泥重量当たり28%のPHAの蓄積が得られたが、この時のDO値は低く微好気的环境下にあったと考える。今回使用した嫌気好気汚泥装置の嫌気槽もまたその構造上、完全嫌気ではなく微好気的环境下にあると考えられ、基質濃度、滞留時間等の最適条件を探索することで回分培養時のPHA含量に近付けることが可能であると考ええる。

また通常、細菌を使ってポリエステルを生成するときには、まず菌を増殖培地で増殖させ、次に増殖を抑制した制限培地に移してポリエステルを生成させる二段培養を用いるのが一般的である。しかし、生産プラントを考えた場合には、菌が増殖し尚且つポリエステルも同時に生成する一段培養が望ましい。今回の場合では、活性汚泥を使用しており純粋菌とは異なるが、汚泥は増殖しながら連続的にPHAを生成することがわかった。さらに、7日目以降も汚泥内PHA含量は常に10%以上に保持されていたことから、嫌気好気活性汚泥を用いたPHAの連続生産の可能性が示唆される。

4. まとめ

本研究では、高濃度排水を想定した嫌気好気活性汚泥の連続培養を検討した結果、ポリエステルPHAの連続生産が可能であることを明らかにした。今後余剰汚泥からPHAの効率的な抽出法を確立することによって、ポリエステルPHAの生産を可能にした新しい排水処理の構築が可能であると考えられる。

<参考文献>

1) 味埜、松尾; 生物学的リン除去の原理機構, 水質汚濁研究, Vol. 7, 10, 1984.
2) 佐藤、味埜、松尾; (5)嫌気好気活性汚泥による嫌氣的有機物摂取と生分解性プラスチックの生成, 衛生工学研究論文集, 28, 1992.
3) 友沢、副島; 嫌気好気活性汚泥によるPHBの生産, 第41回高分子討論会 (平成4年9月)