

II - 623

嫌気好気式活性汚泥法による実工場排水からのバイオポリエステル生産に関する検討

大成建設（株）技術研究所 正会員 瀧 寛則、斎藤 祐二、柴山 雅子

1、はじめに

近年、嫌気好気式活性汚泥法における嫌気的な有機物の摂取機構が調べられており¹⁾、排水中の有機物はポリヒドロキシアルカノエイト（PHA）の形態で污泥内に蓄積されることが報告されている。一方、このPHAは生分解性を有するポリエステルであり、生分解性プラスチックの素材として大いに注目されている。我々はこれまで、余剰汚泥量の低減と資源化を目的に、嫌気好気式活性汚泥を用いた合成排水からのPHAの生産についての研究^{2,3)}を行い、汚泥重量当たり13%の含量でPHAを蓄積させることに成功している。そこで今回は、食品工場排水を用いて、嫌気好気式活性汚泥法によるPHAの生産についての検討を行った。

2、実験方法

2-1 供試排水：実工場排水および、酪酸主体の合成排水を用いた。なお、これらの性状をTable 1に示す

2-2 培養方法

2-2-1 連続培養

Fig. 1に連続培養の模式図を示す。本装置を用いて、嫌気好気式活性汚泥法によりFed-Batch培養を行った。嫌気時間は2.5時間、好気時間は5.5時間とし、攪拌は常時行い、流入水は嫌気時間に連続的に流入させた。なお、運転条件の詳細はTable 2に示す。また、嫌気運転終了時のPHA含量及びその共重合組成について、経時変化を追った。

2-2-2 回分培養

培養1日目と30日目の好気運転終了後の活性汚泥については、連続運転とは別に、72時間の回分培養実験を行った。実験は、活性汚泥と排水を500mL三角フラスコに加え、30℃、120rpmで回転振とう培養することにより行った。この時、経時的に汚泥内のPHA含量及び共重合組成を分析した。

2-3 分析方法

PHA含量及び組成は、乾燥汚泥を直接メタノリシス（アルコール溶媒分解反応）し、GCを用いて分析を行った。また、PHAの共重合連鎖は、¹³C-NMR、分子量はGPCにより分析した。

3、実験結果ならびに考察

3-1 連続培養による高PHA含有汚泥の馴養

Fig. 2に連続培養によるPHA含量の経時変化を示した。これより、培養30日目において、合成排水由来のPHA含量は約4%だったのに対して、実工場排水で馴養した汚泥のPHA含量は約16%と非常に高い値を示したことがわかる。そこで、実工場排水の性状を調べてみたところ、炭素比で、カルボン酸 16.8%、ジカルボン酸 21.9%、糖類14.7%を含む排水であることがわかった。これらはPHAを合成しやすい基質であり、この性状が、高いPHA含量となった一因であると考えられる。以上の結果より、今

Table1 Character of waste water

sample name	industrial waste water	synthetic waste water
TOC concentration (mg/L)	316.3	4504.5
T-N concentration (mg/L)	10.34	421.9
T-P concentration (mg/L)	6.84	343.9
C:N:P ratio	100 : 3.3 : 2.2	100 : 9.4 : 7.6

Table2 Operational conditions

sample name	industrial waste water	synthetic waste water
the amount of flowing water (mL/day)	1000	444
sludge retention time (day)	10	10
TOC-volume load (g/L · day)	0.32	0.5

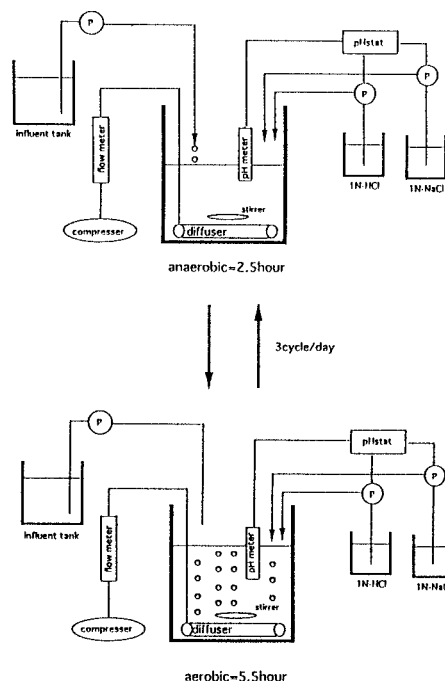


Fig.1 Schematic for continuous culture apparatus

回用いた実工場排水は、PHA合成に適した排水であったと考えられる。なお、この時、TOC除去率は、実工場排水、合成排水ともに90%以上の値を示した。

3-2 回分培養によるPHA含有能力の確認

連続培養実験では、必ずしも各活性汚泥の最大PHA含有能力を測定できていたとは限らない。そこで、培養1日目および30日目の活性汚泥について、回分培養により、その最大含有能力を調べた。その結果をFig. 3に示す。これより、培養30日目における最大PHA含量は、ともに約16%であることがわかる。ところが、連続培養では、合成排水で馴養した汚泥のPHA含量は4%に過ぎない。この理由としては、最大PHA含量になるまでの時間およびその後の分解速度の差が考えられる。なお、この差は、排水のC/N比および蓄積されたPHAの組成、モノマーの共重合状態に起因しているのではないかと考えられる。

3-3 PHAのキャラクタリゼーション

GCにより各PHAの組成を測定したところ、実工場排水由来のPHAは、[R]-3-ヒドロキシバレート（3HB）92mol%、[R]-3-ヒドロキシバレート（3HV）8mol%の共重合体であった。一方、合成排水由来のPHAは、[R]-3-ヒドロキシバレート（3HB）59mol%、[R]-3-ヒドロキシバレート（3HV）21mol%、[R]-3-ヒドロキシヘキサノート（3HHx）20mol%の共重合体であった。次に、分子量測定の結果をTable 3に示す。これより、実工場排水由来のPHAは、分子量も十分大きく、多分散度も狭いことがわかる。また、NMRの結果を解析したところ、このPHAは、2種のモノマーがランダムに重合したランダム共重合体であることがわかった。以上の結果より、実工場排水由来のPHAは、高分子としても十分な機能を有すると考えられる。なお、これは、すでに市販されている微生物産生ポリエステル（P(3HB-co-3HV)）に匹敵するものである。

4、おわりに

実工場排水を用いて嫌気好気式活性汚泥法により運転を行ったところ、約16%という高濃度のPHAを含有する活性汚泥を馴養することが出来、しかも、そのPHAは高分子量のランダム共重合体であった。また、良好な炭素除去率を示したこと、適切な対象排水を選定することによって、排水処理を行いながらPHAの生産が行える可能性が示されたと考えられる。

謝辞

本研究の遂行にあたり、工場排水を提供していただいた昭和産業（株）様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 味埜 俊、松尾 友矩：生物学的リン除去の原理機構、水質汚濁研究、7（13）、（1984）
- 2) 友沢 孝、副島 敬道：嫌気好気活性汚泥によるPHBの生産、第41回高分子討論会、（1992）
- 3) 副島 敬道、柴山 雅子、友沢 孝：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、土木学会第49回年次学術講演会、1152-1153、（1994）

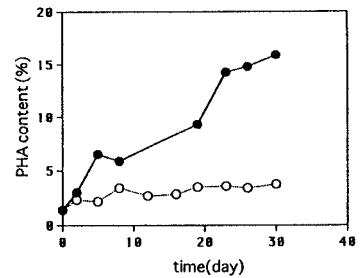


Fig.2 Time course of PHA content on continuous culture
—●— industrial wastewater
---○--- synthetic waste water

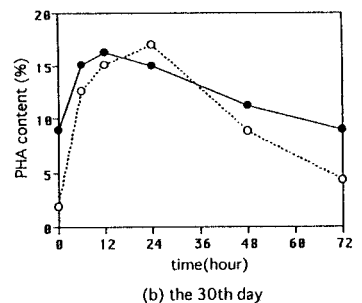
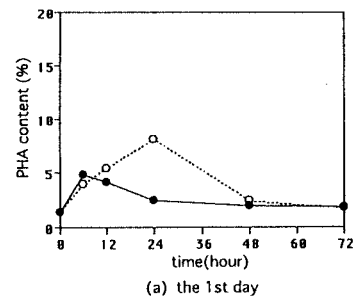


Fig.3 Time course of PHA content in batch culture
—●— industrial waste water
---○--- synthetic waste water

Table3 Average molecular weight and polydisperse degree of PHA

	average molecular weight	polydisperse degree
industrial waste water	360,000	2.8
synthetic waste water	246,000	4.4