

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名 高 畠 寛 生

本研究は、廃水処理の結果、廃棄物として発生する余剰汚泥と、工場排水などに含まれる有機汚濁物質を原料として、生分解性プラスチックの一つであるポリヒドロキシアルカノエイト（PHA）を合成することをめざしたものである。その社会的意義は2つあり、一つは、石油依存の大量消費型社会から脱却し、リサイクル型の社会の構築をすすめるための様々な方策が模索されている中の一つとして、廃棄物からの有価物質回収技術に位置づけられる。もう一つは、廃プラスチックが及ぼす埋め立て処分場の優占や環境への悪影響が深刻化しており、この改善策として注目されている生分解性プラスチックを安価に生産できる可能性を提示するものである。

本研究では、廃水処理法として世界中に普及している活性汚泥法によるPHA生産に注目している。活性汚泥とPHAを媒介とした炭素循環型社会システムに技術的基盤を与え、余剰汚泥の再利用及び処理量の削減にも貢献し、また、純粋培養系によるPHA生産と比較して生産コストを削減することが本研究の究極的な目標である。そのような背景をもとに、本研究では、活性汚泥によるPHA生産プロセスの影響因子に関する検討、現段階での実現可能性やその潜在的可能性についての評価を中心とした活性汚泥によるPHA生産に関する基礎的研究をおこなっている。

第1章は「序論」であり、本研究の背景、対象プロセスの概要、本論文の目的と構成が記されている。

第2章は「既往の知見の整理」であり、生分解性プラスチック・PHAに関する

一般的知見や PHA 合成の微生物学、活性汚泥中での PHA 合成に関する既往の研究成果などについてまとめられている。

第3章は「PHA 生産能力・生産効率の評価方法及び各種分析方法」であり、研究全体を通じて用いた PHA 生産能力・生産効率の評価方法を説明し、また本研究で用いた各種分析方法を解説している。

第4章は「実下水処理活性汚泥の PHA 生産能力調査」と題し、実下水処理活性汚泥の PHA 生産能力を把握するためにおこなった調査結果が述べられている。東京都内4下水処理場における18の実下水処理活性汚泥を用いて酢酸ナトリウムを炭素源として好気条件下で PHA 生産バッチ実験をおこない、すべての汚泥が PHA 生産能力を持ち、最大 PHA 含有率が 6.2~29.5% となること、実下水処理活性汚泥の PHA 生産能力は、嫌気好気法や標準法などの運転方法よりも、処理場そのものに依存することを明らかにした。

第5章は「実験室リアクターを利用した活性汚泥による PHA 生産における環境影響因子に関する検討」である。ここでは、実験室で設置したリアクターを用いて活性汚泥による PHA 生産の影響因子について検討した結果が述べられている。実験室 (20°C) において活性汚泥馴致用リアクター (PABER) 2 基と PHA 生産リアクター (PPR) 2 基を運転し、また、同時に数種の PHA 生産バッチ実験を行った。これらの実験を通して、活性汚泥による PHA 生産における pH の影響、基質組成の影響、PABER における基質負荷の影響、PABER における SRT の影響、PPR における温度の影響を中心に検討を行った。その結果、PHA 生産にはアルカリ側 pH の方が適していること、特に、pH が酸性側になったときの PHA 生産能力・PHA 生産効率への悪影響は顕著であること、酢酸濃度の高い基質で活性汚泥を馴致し酢酸を主成分とした炭素源を用いて PHA 生産させるのが望ましいこと、高い基質濃度で PABER を馴致した方が大量の活性汚泥が生産されるため PHA 生産に有利であること、活性汚泥の PHA 生産能力やその安定性の観点から SRT を 5~10 日で PABER で運転するのが望ましいこと、最大 PHA 含有率は 10~30°C では温度の影響を受けないこと、などが明らかになった。また、本検討では、67.7% の最大 PHA 含有率が達成された。これは活性汚泥による PHA 生産では過去に報告のない高い値である。

第6章は「活性汚泥における PHA 生産メカニズムに関する検討及び考察」と題し、活性汚泥による PHA 生産に関する生化学的・微生物学的検討事項をまとめている。ここでは、¹³C で標識された炭素源を用いて、PHA が線形的に生産されている期間は PHA の生産と分解は同時に行われず、PHA 蓄積量が限界点近くになると、活性汚泥の中で PHA の生産と分解が同時に生じていることを明らかにした。また、これまでに行った数々の PHA 生産実験結果をもとに、最大 PHA 含有率の高い汚泥で PHA 生産速度が大きくなる機構について考察したが一般性のある説明

をするには至らなかった。

第7章は「活性汚泥による PHA 生産に関する実用性評価」であり、本研究で得られた知見や過去の知見などをもとに、まず、活性汚泥による PHA 生産プロセスの最適運転法について提示し、提示したプロセスに関して簡単な仮定のもとに PHA 生産の実用性を評価する試算をおこなっている。その結果、一日の処理水量 30 万トン規模の下水処理場に、本研究で提案した PHA 生産プロセスを導入すると、年間 600 トンから 3000 トンまでの PHA 生産性が期待できること、活性汚泥によるプロセスは PHA 生産能力では純粋培養系に比べて若干劣るものの PHA 生産コスト低下に寄与できる可能性が十分にあることを示唆した。

第8章は「総括」であり、活性汚泥による PHA 生産プロセスについて本研究全体を総括し、今後おこなうべき研究やそのための戦略について提言している。

本論文の最大の功績は、廃水処理からでる余剰汚泥と有機廃水を原料に生分解生プラスチック (PHA) を生産するプロセスの基本的な運転条件について工学的に検討し、そのようなプロセスの実現可能性を強く示唆できたこと、また、実験室規模のリアクターを用いて PHA 生産システムを運転し、実用に耐えうる最大 PHA 含有率とその生産速度を実際に達成できたことにある。今後、実用化をめざした研究を積み重ねることの重要性は非常に大きく、本研究はそのためのきわめて優れた基盤を作ってくれたといえる。以上のような観点から、本研究は都市工学とりわけ環境工学の発展に大きく寄与するものである。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。