

氏 名(本 籍)	^{すみ} 角 ^の 野 ^{たつ} 立 ^お 夫 (京 都 府)
学 位 の 種 類	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 813 号
学位授与年月日	平成 4 年 10 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
審 査 研 究 科	農 学 研 究 科
学 位 論 文 題 目	包括固定化微生物による排水処理の研究 ——活性汚泥の包括化による硝化効率の向上——
主 査	筑波大学教授 工学博士 中 村 以 正
副 査	筑波大学教授 工学博士 片 岡 廣
副 査	筑波大学教授 農学博士 中 原 忠 篤
副 査	筑波大学教授 農学博士 前 川 孝 昭

論 文 の 要 旨

本研究は、易生分解性有機物を含む排水の活性汚泥による処理において、従来から課題となっていた処理の効率化について、活性汚泥の包括固定化による処理装置内の高密度保持を目標として固定化法等を詳細に検討し、その結果を実現膜装置に適用して長期間の処理試験を行い、本研究の価値を評価したものである。

生物学的排水処理においては、従来より開発課題の一つとして処理の高効率化があげられている。従来のプロセスでは、活性汚泥量の高濃度保持が困難であること、硝化細菌の低い増殖速度に起因する硝化・脱窒効率の低下が問題点として指摘されている。本研究はこれらの点を考慮し、処理装置内の微生物量の高密度保持により処理効率の向上をはかることとし、その手段として包括固定化微生物の適用を構想した。すなわち、種々の高分子ゲルを用いた活性汚泥の包括固定化と固定化活性汚泥の生理活性につき詳細に検討し、次いで連続処理試験を長期間に亘り実施した。その結果、従来法と比較して本法が排水処理とくに硝化過程の効率化ひいては窒素除去の効率化にきわめてすぐれていることを明らかにした。

固定化剤としてアクリルアミドが物性的にすぐれているが、モノマーに毒性があるために固定化方法を改善する必要があった。活性汚泥の優占種であるグラム陰性菌は重合時にきわめて死滅しやすいのに対し、グラム陽性菌は耐性があった。固定化剤の毒性から防御するために、活性汚泥を高分子凝集剤であらかじめ凝集させて一次粒子を得、これをアクリルアミドで包括固定化する方法をえらんだ。この方法により従来法によるペレットに比べ呼吸速度が3～5倍に向上した。

このようにして得た固定化活性汚泥を用い、合成排水、実排水の処理を行った。従来法ではバル

キングを起して処理不能になる負荷 $1.6\text{kg BOD}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 以上でも、本法では処理でき、最高負荷量 $10\text{kg BOD}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ がえられた。固定活性汚泥は8.5年以上の長期連続使用に物的にも生理的にも耐性のあること、及びペレットは乾燥保存が可能ながわかった。

次に、アクリルアミドより温和な条件で固定化が期待できるウレタンプレポリマによる硝化細菌の固定化を試みた。プレポリマ中の可塑剤や架橋剤の硝化細菌の影響、固定化時の活性の変動などを詳細に検討した。その結果、 0.11% トルエンジイソシアネート、 2.27% フリーイソシアネートを含むウレタンポリマ (Hycell A 1600) を用いると、アクリルアミド法より硝化細菌の活性を大幅に向上させることができた。ウレタン固定化菌により人工無機排水を処理し、滞留時間 2h、負荷 $0.24\text{kg N}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ の高速アンモニア酸化処理が可能であった。また、ペレットの寿命は4ヶ月以上あることがわかった。

さらに、プレポリマ材料としてポリエチレングリコール (PEG) プレポリマを用い、固定化材混合比の物性、分配係数、処理性能等への影響を検討した。11種の PEG プレポリマについて固定化時の活性収率を比較した結果、PEG アクリレートプレポリマより PEG メタアクリレートプレポリマの方が高かった。PEG ペレット、PEG 複合ペレット及びアクリルアミドペレットを用いて人口無機排水を連続処理した結果、PEG 複合ペレットが最も高い硝化性能を示した。アンモニアのゲル内部への分配係数と硝化性能には相関が認められた。

選定した PEG プレポリマを用いてベンチ規模及びパイロット規模の実験をおこない固定化法の評価を行った。活性汚泥循環変法の好気槽からえた活性汚泥と、集積培養した硝化細菌をそれぞれ固定化し、アンモニア酸化活性を比較した結果、あらかじめ集積培養を行わなくても漸次活性が増加し、約2ヶ月で最大活性に達することがわかった。また固定化ペレットの粒経は後続の分離操作などに支障のない範囲で小さいほうが良いことも明らかとなった。

嫌気槽、好気槽それぞれ 200 l の活性汚泥循環変法の好気槽に活性泥を固定化した PEG ペレットを 10% 投入し、実下水を滞留時間 6h、全窒素負荷 $0.31\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ の条件で操作した。その結果、全窒素を $10\text{mg}/\text{l}$ 以下で安定して処理することが可能となった。冬期の低水温 ($10\sim 15^\circ\text{C}$) 時でも全窒素を $10\text{mg}/\text{l}$ 以下で操作でき、除去率 70% 以上が達成された。その結果、反応槽の容量を従来法の $1/2$ にできる見通しがえられた。

固定化微生物ペレットの寿命をアレニウス式で予測し、通常の条件で10年以上となった。以上パイロットプラント実験を通じて、高濃度アンモニア性窒素の高速除去に固定化活性汚泥が有効に利用できることを初めて明らかにした。

最後に、日処理量 $10,000\text{ m}^3$ の排水を処理する装置を予備的に設計し従来法との経済比較による本法の評価を行った。その結果、反応槽の容量を従来法の $1/2$ 以下に低減できるとともに、投下資本は従来法の 71% 、操作費は従来法の 84% に低減できることが推定された。

審 査 の 要 旨

本論文は、易生分解性有機物を含む排水の好氣的生物処理において、処理の能率化をはかるため、排水処理の研究に生物工学の手法を用い、活性汚泥を包括固定化したペレットを反応槽に充填することにより、従来法に比べ2倍以上の反応速度を達成できることを明らかにした。この高分子ゲル包括微生物ペレットを用い、実規模の装置により下水及び高濃度アンモニア含有排水を対象として、8年以上の長期連続処理試験を行い、本方式の有効性を確認したものであり、基礎、応用両面において非常に高く評価できるものである。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。