

氏 名	朴 祐
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2430 号
学位授与の日付	平成 16 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 環 境 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Effective Organic Acid Fermentation of Garbage by Isolated Bacteria (分離微生物による生ゴミの効率的な有機酸発酵に関する研究)

論文調査委員 (主 査) 教授 津 野 洋 教授 武 田 信 生 教授 藤 井 滋 穂

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、自然界から分離した炭水化物を効果的に分解する微生物を活用して、下水処理の脱窒工程で水素供与体として利用しうる有機酸(VFAs)を、生ごみから効果的に回収しうる有機酸発酵技術を開発したものであって、6章からなっている。

第1章は序論であり、研究の位置付け、研究の背景および目的について言及し、公共用水域の水質保全のために下・廃水から効率的に窒素を除去する必要性と、そのために必要な水素供与体は、省エネルギー・資源回収の観点から、カーボンニュートラルの生ごみから回収することの意義と重要性を述べ、都市活動から発生する固形性廃棄物処理を組み合わせた新しい下水処理システムの提案を行い、この達成のために必要な効率的有機酸発酵技術の開発の意義を述べている。またこの研究に必要な嫌気性微生物(酸生成微生物)の処理特性などに関する文献考察を行っている。

第2章では、自然界から炭水化物を効果的に分解すると同時にアンモニア性窒素の生成源である蛋白質の分解能力の弱い微生物の分離および同定を行い、0.55 (mg C/mg C)と有機酸への転換率の高い、琵琶湖南湖から分離した *Paenibacillus* sp. を得、その酸発酵での最適 pH 条件は5～6であり、また、蛋白質の分解は確認されず、分解された基質から有機酸への転換率は0.9 (mg C-VFAs/mg C-Substrate)であり、基質が効率的に利用されることを明らかにしている。これらの特性は、中温酸発酵細菌群や高温酸発酵菌群の特性と比較され、メタン発酵域より低い pH 条件下で酸発酵速度が最も速く(炭水化物分解速度定数 5.7 (1/(h・gATP))), かつアンモニア生成抑制のあることから、この分離細菌の優位性を明らかにしている。

第3章では、有機酸発酵の前処理としての生ごみの粉碎方法および熱処理についての検討を行い、粉碎条件における生ごみの可溶化および細分化特性の検討では、粉碎の回転数および粉碎時間の増加に伴い可溶化は緩やかに進み、また固形物の細分化という面では回転数を上げることが効果的であり、その指標とし GT 値が適切であることを明らかにしている。また、熱処理では、炭水化物の可溶化率は 80℃、30分で最大であり、滅菌効果を確保するためには最低 80℃ では20分以上、100℃ では10分以上の処理時間が必要であることを明らかにしている。これら前処理した生ごみは効率的な酸発酵が可能であることも示されている。

第4章では、滅菌した生ごみを基質とし *Paenibacillus* sp. を植種して、連続運転を行い、滅菌生ごみの遠心分離上澄み水を基質とした場合は、有機物負荷率 47.6～59.4kgC・(m³・d)⁻¹、滞留時間18～24時間で、発酵生成物として VFAs を 15000mgC-VFAs/L (投入 DOC の約60%) の濃度で得ることができ、また、熱処理で前処理した生ごみを基質とした場合は、滞留時間2日の連続運転で、投入基質 COD (292g) の約43%が VFAs (128.3gCOD) に転換され、VFAs を含め脱窒に有用可能な溶解性炭素として約53%を回収することができることを明らかにしている。また、いずれの実験においても、蛋白質の分解や可溶化は顕著でなく、流出の溶解性窒素濃度は流入とはほぼ同じに抑制できることを示すことができ、*Paenibacillus* sp. を長期間安定的に維持するしうることも明らかにしている。

第5章では、生成された有機酸の脱窒の水素供与体としての有用性を検討し、優れたものであることを明らかにし、また有機酸含有酸発酵液の利用による、窒素濃度増加影響を検討したところ、1mgN/L以下であることを明らかとしている。これらより、生ごみの有機酸発酵において、分離微生物を用いることにより脱窒工程の水素供与体として適切な発酵生成物を得ることができることを明らかとしている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、カーボンニュートラルの有機物を多く含む生ごみから下水処理での脱窒工程の水素供与体として利用しうる有機酸を回収することを目的に、自然界から分離した炭水化物を効果的に分解する微生物による発酵過程での酸生成能およびアンモニア性窒素生成抑制特性、連続運転での効果と安定性の検討に基づきを効果的な有機酸回収の操作因子を明らかにするとともに、得られた有機酸の脱窒工程での水素供与体としての利用特性について検討を行った結果をまとめたものであり、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 琵琶湖南湖底泥から、炭水化物からの有機酸への転換率が高く、蛋白質の分解能力が低い微生物として、*Paenibacillus* sp. を分離した。この微生物の酸発酵最適 pH 条件は 5～6 であり、メタン発酵抑制条件下で酸発酵が可能であることを明らかにした。
2. 酸発酵の前処理として、破碎と熱処理について検討し、固形物の細分化という面では粉碎時間を長く取るよりも回転数を上げることが効果的であることを明らかにし、粉碎エネルギーの評価方法として GT 値の導入が適切であることを示した。また熱処理では、炭水化物の可溶化率や滅菌効果の観点から、80℃で20分以上が効果的であることを明らかにした。
3. 生ごみを滅菌濾過した溶液、および120あるいは80℃で前処理した生ごみを対象に、*Paenibacillus* sp. を植種し連続有機酸発酵を行い、アンモニア性窒素の増加を伴わずに、酸発酵転換率として、それぞれ60% (15000mgC-VFA/L) および43% (21000～25000mgC-VFA/L) が得られ、*Paenibacillus* sp. を長期間優占種として維持することができた。また HRT は24時間が適切であることを明らかにした。
4. 得られた有機酸発酵上澄み液は、脱窒の水素供与体として優れたものであることを明らかにし、また下水処理の仕上げ脱窒工程で必要な有機酸として有機酸発酵上澄液を添加しても、窒素として1mg/L以下の影響でしかないことを明らかにした。

以上要するに、本論文は、自然界から分離した炭水化物を効果的に分解する微生物を活用して、下水処理の脱窒工程で水素供与体として利用しうる有機酸を、生ごみから効果的に回収する技術を開発したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年10月8日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。