

氏名	う え い どん 于 衛 東
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	甲第368号
学位授与年月日	平成17年 3月15日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	The study on disposal of leftovers by the thermophilic oxidic process (高温好気法による生ゴミ処理に関する研究)
学位論文審査委員	(主査) 吉田 勲 (副査) 北本 豊 武田育郎 佐藤俊夫 西山 壮一

学位論文の内容の要旨

近年、生活水準の向上、生活様式の多様化に伴って有機廃棄物である生ゴミの排出量が著しく増大してきた。日本の場合、その量は一年におよそ1600万トンの量である。もしくは、こんなに大量の生ゴミを効果的に処理しなければ、厳しい環境問題を招く。現在、生ゴミは大部分が焼却処分あるいは埋め立て処分されている。しかし、焼却処分の場合は、排煙や粉塵による大気汚染、また最近では低温燃焼によるダイオキシンの発生など二次的環境汚染を生じる可能性が懸念されている。埋め立てる場合も処分場の絶対数が不足しており、既存の処分場の拡張や新たな処分場の建設は環境破壊や周辺住民の反対運動などを考えるときわめて困難である。このようなことから、新たな処理方法の開発が重要な開発課題となりつつある。

Liu et al. (1992) によって開発された高温好気法は、高濃度有機廃液や有機廃棄物を、微生物の働きを利用して二酸化炭素と水とに分解する方法である。本法の特異な点は、適度な水分と栄養の下で、反応槽の中に自然増殖した好熱性微生物によって、有機物が水と炭酸ガスに分解され、その際に生ずる発酵熱で、発生した水分が蒸発してしまう点にある。すなわち、有機物と廃水をほぼ完全に処理し得る方法と言える。本法は、これまでに幾つかの有機廃棄物に適用され、その処理の能力の高さが証明されている。

そこで、筆者は高温好気法を用いて家庭台所や大学食堂などから出る生ゴミの処理に関する研究を行った。

本論文は“The study on disposal of leftovers by the thermophilic oxidic process”と題し、5章より構

成される。以下、簡単に章ごとに内容を述べる。

第一章“General Introduction”においては、本研究の背景となる生物処理方法、高温好気法の発展と原理および生ゴミの処理現状に関する問題点などを概説すると共に、本研究の目的と構成について述べた。

第二章“The study on disposal of leftover by the thermophilic oxidic process—emphasis on the management of temperature”においては、高温好気法による生ゴミの処理に関する可能性を研究した。そこで、粉殻、珪藻土、杉チップの3種類の担体を使用し、それらの担体について、種々のBOD担体負荷を与えて、それぞれの担体の有機物の分解能力を調査するとともに、生ゴミ投入間隔を温度管理によって定めた。その結果、以下の点が明らかになった。①担体には粉殻と珪藻土よりも杉チップが適している。②生ゴミ投入間隔を24~36時間に設定すると、処理工程中、担体は高温に保持され、分解率が高くなる。③投入間隔を温度管理すれば、投入間隔を12時間あるいは48時間とした場合よりも、1.6倍の高分解が行える。④炭素は炭酸ガスとして放出される、窒素は亜硝酸や硝酸として担体中にとどまる。実験開始30日後、担体内の窒素量は11倍に増加した。

第三章“Operational Conditions and Natural Immobility of Cells in the Treatment of Leftover by the Thermophilic Oxidic Process”においては、含水率の変化をもとに、通気率が生ゴミ処理に与える影響について研究し、細胞自然固定という新たな視点を提案した。そして、生物反応器活性回復について試験をした。その結果、以下の点が明らかになった。①通気率はTOPによる生ゴミの処理に大きな影響を持つ：通気率が低いと、生物反応器内に酸素不足を招くが、通気率が高いと、熱量損失を起し、かつ、運転コストも高くなる。本試験では、BOD体積負荷(BVL)が $4.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ の場合、適正な通気率は $0.10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ であった。②BVLが $4.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ と通気率が $0.1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ の場合、含水率は45.6%から38.4%へと変化するとともに、生ゴミ処理率は88.4%と高くなった。③反応熱により水分が蒸発するので、生物反応器内部の含水率は約40%で安定していた。更に、投入を中断すると、15日以降60日まで、含水率はほぼ31.8%と一定であった。④投入を再開すると、適正な操作条件(通気率が $0.1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ と含水率が50%であった)で生物反応器内の温度が5時間後室温の5℃以上に上昇し26時間後50℃まで戻った—生物反応器内の微生物活性は効果的に回復した。

第四章“The discussion on disposal of leftover by thermophilic oxidic process during a long running term”においては、高温好気法による生ゴミの処理について長期的な実験研究を行った。その結果、以下の点が明らかになった。①生ゴミの総投入量は85.239 kgであったが、一年間の連続運転を経て、反応槽に残った量は3.714 kgであった。生ゴミ分解率は時間とともに90.45%から85.03%に減ったが、平均分解率は87.93%と高かった。その一方、低い室温があまり処理率には影響をしなかった結果によると、長期的な処理の場合は、今回の反応槽保温条件のようにしたら外部熱源は必要がないと言える。②一年間の連続運転中に、時間とともに担体の強熱減量が97.7%から57.3%に減った。その際、担体の含水率が43%から33%に変化した。③一年間の長期連続運転後、担体表面に褐色粒子が付着し、担体が薄い黄色から褐色になった。褐色粒子の量が担体総重量の

27.7%の割合であった。又は褐色粒子の総窒素含量が杉チップの総窒素含量の2.5倍になった。

第五章“SUMMARY”においては、本研究で得られた成果をまとめ、総括を行った。

本研究の結果から、家庭台所や大学食堂などにおける排出された生ゴミを高温好気法により効果的に処理できることが明らかとなった。本法装置は非常に簡単な構造をしており、高温微生物の高い分解の能力を利用しているので、消費エネルギーも少ない。適当な操作条件を導入すれば、およそ90%台の高い処理率を得た。また、一年間の長期連続運転の場合、担体として杉チップが適していた。さらに、そこで細胞の自然固定という新たな視点を提案し、高温好気法という生物処理法の研究や応用分野をさらに広げた。

論文審査の結果の要旨

近年、生活水準の向上、生活様式の多様化に伴って有機廃棄物である生ゴミの排出量が著しく増大してきた。日本の場合、その量は一年におよそ1600万トンの量である。こんな大量の生ゴミを効果的に処理しなければ、厳しい環境問題を招く。現在、生ゴミは大部分が焼却あるいは埋立て処分されている。焼却処分の場合は、排煙や粉塵による大気汚染、また最近ではダイオキシンの発生など二次的環境汚染を生じる可能性が懸念されている。埋め立てる場合も処分場の絶対数が不足しており、既存の処分場の拡張や新たな処分場の建設は環境破壊や周辺住民の反対運動などを考えるときわめて困難である。このようなことから、新たな処理方法の開発が重要な開発課題となりつつある。

Liu et al. (1992) によって開発された高温好気法は、高濃度有機廃液や有機廃棄物を、微生物の働きを利用して二酸化炭素と水とに分解する方法である。本法の特異な点は、適度な水分と栄養の下で、反応槽の中に自然増殖した好熱性微生物によって、有機物が水と炭酸ガスに分解され、その際に生ずる発酵熱で、発生した水分が蒸発してしまう点にある。そこで、筆者は高温好気法を用いて家庭台所や大学食堂などから出る生ゴミの処理に関する研究を行った。

本論文は5章より構成される。以下、簡単に章ごとに内容を述べる。

第一章においては、本研究の背景となる生物処理方法、高温好気法の発展と原理および生ゴミの処理現状に関する問題点などを概説すると共に、本研究の目的と構成について述べた。

第二章においては、高温好気法による生ゴミの処理に関する可能性を研究した。そこで、籾殻、珪藻土、杉チップの3種類の担体を使用し、それらの担体について、種々のBOD担体負荷を与えて、それぞれの担体の有機物の分解能力を調査するとともに、生ゴミ投入間隔を温度管理によって定めた。その結果、以下の点が明らかになった。①担体には籾殻と珪藻土よりも杉チップが適している。②生ゴミ投入間隔を24~36時間に設定すると、処理工程中、担体は高温に保持され、分解率が高くなる。③投入間隔を温度管理すれば、投入間隔を12時間あるいは48時間とした場合よりも、1.6倍の高分解が行える。④炭素は炭酸ガスとして放出されるが、窒

素は亜硝酸や硝酸として担体中にとどまる。実験開始 30 日後、担体内の窒素量は 11 倍に増加した。

第三章においては、含水率の変化をもとに、通気率が生ゴミ処理に与える影響について研究し、細胞自然固定という新たな視点を提案した。そして、生物反応器活性回復について試験をした。その結果、以下の点が明らかになった。①通気率は高温好気法による生ゴミの処理に大きな影響を持つ：通気率が低いと、生物反応器内に酸素不足を招くが、通気率が高いと、熱量損失を起こし、かつ、運転コストも高くなる。本試験では、BOD 体積負荷 (BVL) が $4.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ の場合、適正な通気率は $0.10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ であった。②BVL が $4.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ と通気率が $0.1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ の場合、含水率は 45.6% から 38.4% へと変化するとともに、生ゴミ処理率は 88.4% と高くなった。③生物反応器内部の含水率は約 40% で安定していた。更に、投入を中断すると、15 日以降 60 日まで、含水率はほぼ 31.8% と一定であった。④投入を再開すると通気率が $0.1 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$ で生物反応器内の温度が 5 時間後室温の 5°C 以上に上昇し 26 時間後 50°C まで戻った。

第四章においては、生ゴミの処理について長期的な実験研究を行った。その結果、以下の点が明らかになった。①生ゴミの総投入量は 85.239 kg であったが、一年間の連続運転を経て、反応槽に残った量は 3.714 kg であった。生ゴミ分解率は時間とともに 90.45% から 85.03% に減ったが、平均分解率は 87.93% と高かった。また、長期的処理の場合は、今回の反応槽保温条件のようにしたら外部熱源は必要がないと言える。②一年間の連続運転中に、時間とともに担体の強熱減量が 97.7% から 57.3% に減った。その際、担体の含水率は 43% から 33% に変化した。③一年間の長期連続運転後、担体表面に褐色粒子が付着し、担体が薄い黄色から褐色になった。褐色粒子の量が担体総重量の 27.7% の割合であった。又は褐色粒子の総窒素含量が杉チップの総窒素含量の 2.5 倍になった。

第五章においては、本研究で得られた成果をまとめ、総括を行った。本研究の結果から、家庭台所や大学食堂などにおける排出された生ゴミを高温好気法により効果的に処理できることが明らかとなった。