



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Proper Treatment and Energy Recovery through Codigestion of Two Phase Olive Mill Waste [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Al-Mallahi, Jumana Ali Falah
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11575号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57225
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Al-Mallahi_Jumana_Ali_Falah_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 AL-MALLAHI JUMANA ALI FALAH

審査担当者 主 査 特任教授 古市 徹
 副 査 教 授 高橋 正宏
 副 査 教 授 廣吉 直樹
 副 査 准教授 石井 一英

学位論文題名

Proper Treatment and Energy Recovery through Codigestion of Two Phase Olive Mill Waste
(オリーブオイル残渣の混合メタン発酵による 適正処理とエネルギー回収に関する研究)

農業生産より大量のバイオマスが廃棄物として排出されている。オリーブオイル生産は、地中海地域の主要な農業産業の一つであり、大量のオリーブオイル残渣が廃棄物として排出されている。オリーブオイルの抽出方法は、近年、大量に廃水を排出する 3 相抽出法から、水の使用量及び排出量の少ない 2 相抽出法にシフトしてきており、含水率が高いスラリー状の残渣 (Two Phase Olive Mill Waste: 2POMW とする) が多く排出されるようになった。既に 2 相抽出法が主流であるスペインでは、[乾燥]-[2 度目のオイル抽出]-[焼却] により処理されているが、乾燥工程に大量のエネルギーが必要であること、2 度目に抽出されたオイルの品質が低いなど、処理方法に課題がある。一方、オリーブオイル生産で有名なヨルダンでは、2POMW の多くは、未だ不法投棄されており、有機汚濁成分や植物毒性を有するポリフェノール等の化合物により、悪臭や水質汚濁、土壤汚染等の深刻な環境問題を引き起こしている。メタン発酵処理は、スラリー等の高含水廃棄物の処理に適しており、エネルギー回収も可能となる。そのような背景から本研究では、適正処理とエネルギー回収の両方を実現する 2POMW のメタン発酵による処理プロセスを提案することにした。

第一章は、本研究の背景と目的が述べられている。

第二章は、2POMW の性状を踏まえ、2POMW をメタン発酵する際の課題が述べられている。2POMW は、微生物難分解性であるリグニンやセルロースといったリグノセルロースに富んでいるため、メタン発酵プロセスの第一段階である加水分解反応が律速となる。そこで第三章では、2POMW の加水分解を促進するための前処理方法を開発している。さらに、2POMW 単独でのメタン発酵は、2POMW に含まれる長鎖脂肪酸 (Long chain fatty acid: LCFA とする) がメタン発酵菌の活動を阻害することから困難である。そこで第四章では、阻害物質を希釈することを目的に、生ごみのメタン発酵プロセスへ 2POMW を投入する混合発酵プロセスを想定し、生ごみ投入量に対する 2POMW の混合率の検討を行っている。

第三章は、2POMW の前処理方法として、表面積増大による加水分解促進を想定した粉碎処理とリグノセルロース構造を破壊し、セルロース分子への微生物アクセスを容易にすることを想定したアルカリ処理 (NaOH と CaO) を採用することとした。前処理方法の効果として、微生物にとって利用しやすい可溶性の有機成分量を、溶解性化学的酸素要求量 (sCOD とする) として測定する他、バッチ試験によるメタン発酵試験 (200mL バイアル、汚泥量 100mL、37 °C) により、メタン回収量を測定した。粉碎処理前後の試料の sCOD 及びメタン回収量に有意な差がなかったことから、粉碎処理による前処理効果は見られなかった。一方、アルカリ処理による前処理効果については、前処理前後の pH の変化からリグノセルロース構造の破壊に使用された OH⁻ 量、及び前処理前後の sCOD の変化より、CaO よりも NaOH の方が、前処理効果が高いことを示した。また、メタン回収量についても、アルカリ添加率 6%(重量ベース) の同条件で比較したところ、未前処理試料に比

べて CaO 前処理試料は 10.5%、メタン回収量が増加したのに対し、NaOH の場合は 20.3% 増加した。なお、CaO 溶液の粘性が高いため、前処理後の 2POMW の粘性も高かった。そのため後段のメタン発酵プロセスでの攪拌混合への悪影響が懸念された。これらを考慮して、NaOH の方が前処理として適していることを示した。NaOH 添加率については、添加率 20% を超えると、sCOD の変化は大きくないため、薬品使用量を考慮して、20% の添加率で十分であることを明らかにした。さらに、20% 添加率で NaOH 前処理した際の、後段プロセスであるメタン発酵への影響は、易分解性の有機物量である sCOD が高いことが指摘され、投入負荷量が多い場合にはメタン発酵阻害を引き起こす懸念があることから、慎重に投入量を検討する必要性があることを示した。

第四章では、連続試験(有効容積 6L のリアクター、37℃、滞留時間=30 日)により、生ごみ(実際の生ごみバイオガスプラントの可溶化槽から採取、収集された生ごみは同重量の水で希釈されている)と前処理後の 2POMW(前処理 2POMW とする)の混合発酵試験を行い、メタン発酵菌を阻害する LCFA の希釈効果を検討した。生ごみ投入量を一定にし、投入する前処理 2POMW の量に変化を与えた(生ごみ量に対する前処理 2POMW の量を混合率と定義する)。想定される LCFA 濃度及びメタン発酵の一般的な処理負荷量(1~6g/L/day)を参考に、混合率を 0%、3%、4.3%、5.7%、8.3% の 5 段階に設定した。しかしながら、20% 添加率で NaOH 前処理した 2POMW を上記の混合率で投入すると、sCOD の負荷も同時に高くなってしまい、易分解性有機物の分解による阻害(揮発性有機酸の大量生成による pH 低下)が生じてしまい、LCFA の阻害からみた適正な混合率を評価することができない可能性がある。よって、sCOD の投入負荷量を各混合率で同様の値になるように NaOH 添加率を変えた前処理 2POMW を投入して、sCOD による阻害影響を無視できるように実験を行うこととした。その結果、混合率を増加させると、2POMW 中の主要な LCFA であるオレイン酸の濃度上昇が認められ、さらに、オレイン酸濃度が高くなるにつれて、実験期間中の累積メタン発生量から算出された投入 2POMW 当たりのメタン発生増加量(生ごみのみからのメタン発生量を差し引いた値)は減少した。特に、混合率 5.7% と 8.3% では著しいメタン発酵阻害が見られたことから、本研究では、混合率 4.3% までは、LCFA による阻害影響がなく、メタン発酵の運転が可能であることを示した。なお、混合率 4.3% の実験は、sCOD の上昇を調整するために、NaOH 添加率を 10% に抑えていたが、第三章の結果を踏まえると、添加率を 20% に増加させた方が、メタン回収率が増加する可能性があることも指摘した。

第五章は、第三章と第四章の結果を踏まえて、本研究が提案する 2POMW と生ごみの混合発酵を、一例として、ヨルダンの既存のバイオガスプラント(生ごみ受入量 60t/day、可溶化後の量は 2 倍の 120 t/day、発電量 313 MWh/月)へ適用した。11 月~3 月の 2POMW が発生する期間、NaOH 添加率 10% で前処理した 2POMW を混合率 4.3%(5.16t/day)を投入したところ、メタン回収量が 23.5% 増加し、その結果、発電量も 23.5% 増加するという試算結果を示した。これまで不法投棄されていた 2POMW の適正処理が可能となっただけではなく、既存のバイオガスプラントにとっては、2POMW は新たなエネルギー源であり、大幅なエネルギー回収の増加が見込めることを示した。

第六章は、本論文の総括を述べている。

これを要するに、著者は、廃棄物系バイオマスのエネルギー化に関する研究分野において、適正処理とエネルギー回収の両方を実現するために、オリーブオイル残渣を生ごみと混合発酵する実用的な方法論を提示したという点で、環境工学特に廃棄物管理工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって、著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。