HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on pretreatment and process stabilization in anaerobic digestion [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	那, 日蘇
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第15758号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91983
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Na_Risu_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博　士（農学）　　氏名　那 日蘇

審査担当者　主　査　教　授　岩 渕 和 則
副　査　教　授　野 口　伸
副　査　教　授　小 関 成 樹
副　査　准教授　岡 本 博 史

学 位 論 文 題 名

Studies on pretreatment and process stabilization in anaerobic digestion
（メタン発酵における前処理とプロセス安定化に関する研究）

本論文は英文 97 頁、図 16、表 8、５章からなり、参考論文２編が付されている。

嫌気性消化（AD）技術は、リグノセルロース系バイオマスや都市ごみなど、ほぼすべての有機物から生分解性成分をバイオガスに変換するため、廃棄物管理とエネルギー生産を同時に実現することができるが､AD 技術にはガス変換効率の向上およびプロセスの安定性に関する課題が残されている。

この研究では、中国では生産量は多いものの十分なバイオマス利活用が進んでいないトウモロコシ茎葉（CS）を AD 原料として取り上げ、(1) トウモロコシの地上部バイオマス収量と耕うんなどの農作業機械利用に伴う CO_2 排出量の調査を行い、(2)AD 消化液の固形物濃度一定化による AD プロセスの安定性、および(3)メタン生成のための CO_2 アシスト水熱前処理による CS の分解性向上について検討を行い、以下のように明らかにしている。

１．CS 生産のための耕うんシステムの最適化

慣行耕うんシステムを含む 4 つの耕うんシステムのディーゼル燃料による CO_2 排出量とバイオマス収量を調査している。バイオマス収量については２ヵ年の試験を実施し、表土鎮圧工程を含む作業体系は他の作業体系と比較して、高い CS 収量が得られている。また播種後の鎮圧工程は発芽率に影響を与えることを明らかにしており、省力的なシステムのメリットを十分に発揮するには，発芽率を向上させる技術的な方法の検討が必要であるとしている。また、プラウ耕、播種、鎮圧工程からなる省力的耕うんシステムは、慣行耕うんシステムと比べて、35.8 %の CO_2 排出量の削減に貢献することを明らかにしている。

２．固形物濃度一定化による AD プロセスの安定化

AD 発酵液中の全固形物濃度（TS）が反応プロセスの安定性や性能に大きな影響を与えることから、消化液の TS を一定に維持し、AD 発酵運転の安定化技術を開発している。原料および返送消化液の投入量を算出して、2 つの水準の消化液 TS（4% w.b. および 6% w.b.の制御目標値）で 64 日間（Phase 1、0～29 日、目標 4% ; Phase 2&3, 29～50 日 ; Phase 4, 50～64 日、目標 6%）の実験を行い、安定化を行わない AD 発酵との比較を行っている。メタンガス発生量を投入原料の有機物の質量で除した値であるメタンガス収率(SMY)を評価指標とし、半連続反応器（235 L）を用いて高温条件(53 ± 2 ℃)下で試験を行い、物質収支式に基づく操作条件を適用することで、消化液中の TS を目的の水準から 1% w.b. 以内に維持でき、そして新たに考案した方法を採用することで消化液 TS は目標水準で推移し、AD プロセスを安定化可能であることを明らかにしている。また、4% w.b.水準(SMY: 0.36 n-m3/kg VS, 有機

物分解率: 79.6%)では、対象区よりバイオガス生産量が 10.2%、メタン濃度が 13.5%増加し、6% w.b. 水準(SMY: 0.31 n-m3/kg VS, 有機物分解率: 70%)では、それぞれ 16.6%、21.2% 増加することを明らかにしている。以上より、AD 発酵において投入基質量などの操作により消化液 TS を制御することで、高水準のメタン生成量や有機物分解率が得られることを見出している。

3．メタン生成のための CS の CO_2 アシスト水熱前処理

CS の水熱前処理（HTP）において、CO_2 添加の効果を検討している。CS の HTP は、耐圧反応容器（190 mL）を供試し、2 つの CO_2 圧力条件（3 および 5 MPa）および従来のコントロール（CO_2 フリー）、3 水準の温度範囲（50, 70, 90 ℃）で、AD 試験を実施している。CO_2 アシスト HTP による CS のヘミセルロースは 24～30%であり、未処理の CS（32%）と比べて分解が進み、加えて走査型電子顕微鏡観察から前処理基質の細孔面積と多孔化が認められたとしている。CS 基質の微細構造の変化がリグノセルロースへの嫌気性消化細菌の固定化や酵素反応を促進し、CS 炭水化物の生物反応変換が促進されたと考察している。未処理 CS では、SMY が 0.13 n-m^3/kg VS、有機物分解率が 32%であり、一方 CO_2 アシスト水熱前処理による CS では、SMY が 0.21 n-m^3/kg VS, 有機物分解率が 40%となり、後者によるメタン生成量や有機物分解率が向上することを明らかにしている。

このように、本研究では、省力的耕うんは、慣行耕うんと比較して、CO_2 排出量の削減に貢献すること、新たに考案した AD 発酵方法においては高水準のメタン生成量や有機物分解率が得られること、さらに CO_2 アシスト水熱前処理による CS の AD プロセスにおけるメタン生成量や有機物分解率向上の効果を明らかにしており、これらは持続可能なバイオエコシステムを支える重要な知見と考えられる。

よって、審査員一同は、那 日蘇氏が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。