

素や窒素の挙動や物質収支の解明も重要であり、発酵残さは肥料として多収米の栽培に適するか調べる必要がある。さらに、多収米イネは食用のイネよりも高い窒素吸収性、耐倒伏性、高バイオマス生産力を有するという特徴があるが、過度の発酵残さの多収米水田への施用は、倒伏リスクの他に温室効果ガスの発生や地下への浸透により地下水汚染を引き起こすことも懸念される。これらの影響を最小限にするために、発酵残さの成分や最適な施用量の把握、水管理及び水田の浄化能力を引き出す方法を明らかにする必要がある。

そこで、本研究は休耕田及び転作水田で、多収米を栽培し、収穫したモミを豚の配合飼料とし、未利用バイオマスである稲ワラ・モミ殻を炭素源と希釈材として、豚ふん尿と混合し、高温乾式メタン発酵特性を詳細に解析し、豚ふん尿の処理を図る。高温乾式メタン発酵プロセスからメタンガスを回収して、エネルギー利用（ガスコジェネ発電、高温乾式メタン装置の加温）を行う。さらに、発酵残さを肥料として多収米を栽培する際には、水田の水管理によりメタン及び亜酸化窒素の放出量を削減することによって、豚ふん尿と稲ワラ・モミ殻の乾式メタン発酵処理、飼料自給率の向上、エネルギー回収を同時に満たす環境低負荷型コベネフィットシステムを構築する。このためのサブテーマを以下に示す。

- (1) 乾式メタン発酵プロセスの最適設計及び運転管理手法の確立
- (2) 温室効果ガス抑制型の発酵残さの施肥方法及び水田管理方法の確立
- (3) 発酵残さをを用いた多収米の生産評価
- (4) システムの物質・エネルギー収支の解析

3. 本研究により得られた主な成果（研究者による記載）

(1) 科学的意義

本研究では、豚ふん尿および稲ワラの高温乾式メタン発酵を効率的かつ連続的に行うための運転条件を明らかにするとともに、高温乾式メタン発酵における炭素・窒素収支を明らかにした。アンモニア阻害を防ぐために稲ワラの混合により調整した C/N 比 20 では SRT=30 日、また C/N 比 30 では SRT=20 日が、最適運転条件であることが分かった。乾式メタン発酵残渣を肥料として実際の水田で初めて多収米飼料イネを栽培し、水環境負荷および温室効果ガス排出量を定量的に明らかにできた。多収米飼料イネの生育期間を通して、発酵残さを施肥した水田の浸透水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は低く、地下水汚染のリスクはきわめて低いと考えられる。発酵残さを施肥した多収米飼料イネ水田における窒素浄化能を評価する上で、脱窒の計測は重要である。土壌をかく乱することなく脱窒を計測する手法は未だ提案されていないため、本研究で提案した 15N_2 ガス希釈法は発酵残さを施肥した水田における脱窒量の評価に有効な手法と考えられる。しかし、本研究で示したように、本手法を脱窒量の計測に応用するには外気窒素による汚染の回避などまだ克服すべき課題があることがわかった。

乾式メタン発酵残さには化学肥料およびその他の肥料と同等の肥効があることが明らかになった。さらに、豚ふん尿および稲ワラ由来の乾式メタン発酵残さは、天然由来有機肥料であるという点から、農家にとって利用しやすく、乾式メタン発酵-多収米飼料イネ栽培システムへの適用可能性が示された。ただし、温室効果ガス排出の点では、高温乾式メタン発酵を施肥した水田は化学肥料による栽培よりも数倍のメタンを排出するため、間断灌漑など削減策を講じることが重要である。

本研究で得られた各種数値および文献値から、乾式メタン発酵および多収米飼料イネ水田による豚ふん尿処理システムにおける物質・エネルギー、経済収支および環境負荷を明らかにした。特に、従来システムよりも低水環境負荷および低温室効果ガス排出でかつ経済的にも成り立つ条件を提示できたことは養豚排水処理と多収（飼料）米生産の環境低負荷型コベネフィットシステムを構築する上で意義深い。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

地域バイオガスシステム構築事業を茨城県鉾田地区に申請する作業において、環境省水・大気環境局地下水・地盤環境室において、本研究で提案したシステムが参考にされた。最終的には、茨城県側が申請を断念した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究から、豚ふん尿と稲ワラを混合して高温乾式メタン発酵することで、豚ふん尿処理が可能となることが示された。本成果は、稲ワラや豚ふん尿などバイオマスの有効活用・バイオマスエネルギー生産につながることから、農林漁業バイオ燃料法や、地域循環型バイオガスシステム構築モデル事業などに活用可能と考えられる。

高温乾式メタン発酵残さを施肥した水田土壌からの温室効果ガス発生の特徴を始めて明らかにした。本研究で得られたデータは、発酵残さを施肥した水田土壌の温室効果ガス排出量算定における知見を提供するものと考えられる。また、発酵残さを施肥した多収米飼料イネ水田における窒素溶脱量は、畜産地域に本システムを適用した際の水環境への窒素負荷を推定する上で有用と考えられる。

豚ふん尿および稲ワラ由来の乾式メタン発酵残さは、天然由来有機肥料であるという点から、発酵残さを活用した多収米飼料イネの環境保全型農業の促進につなげることができると考えられる。また、乾式メタン発酵への稲ワラの適用は、未利用バイオマスの利用促進につながるだけでなく、稲ワラの水田へのすきこみによるメタン排出量の増加を抑制する上でも効果があり、我が国の農林水産分野の温室効果ガス排出抑制技術として利用可能と考えられる。

本研究にて提案するシステムは、従来の養豚システム（豚舎、堆肥化および排水処理）代わる新しい養豚システムを提案するものである。オフセット・クレジット制度に活用できると考えられる。従来の豚肉生産や豚ふん尿処理システムと比べ、メタン発酵プロセスによるメタンの回収や水田における温室効果ガス排出の削減効果、自給飼料の生産による輸入飼料量の削減によって二酸化炭素削減クレジットの創出が期待できる。また、回収したメタンによるコジェネ発電などエネルギーの有効利用より、さらなるクレジットの創出が可能と考えられる。

4. 委員の指摘及び提言概要

本課題は乾式メタン発酵により養豚排泄物を処理し、その残さを休耕田等を利用した飼料米の耕作に利用する一連のプロセスを研究し、残さの肥料化を図ることで資源の再利用を促進し、一方で施肥条件や水管理を水田に行うことで温室効果ガス放出の削減条件を検討している。この研究はある理想化された条件では我が国の養豚を巡る環境問題を大きく改善するものであるが、研究成果の社会実装に関しては、平均的な養豚飼育数がまだ1,500頭前後のわが国では、要素技術の開発だけではなかなか進展しない。

5. 評点

総合評点：B