

氏名	ZHU QILI		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	生工博甲第453号		
学位授与の日付	令和4年12月27日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	Optimization of Microbial Functions to Improve Anaerobic Digestion of Lignocellulosic Biomass using Waste Sewage Sludge (廃下水汚泥を使用したリグノセルロース系バイオマスの嫌気性消化を改善するための微生物機能の最適化)		
論文審査委員会	委員長	教授	春山 哲也
		〃	前田 憲成
		准教授	加藤 珠樹
		〃	田代 幸寛

学位論文内容の要旨

化石燃料に依存したエネルギー社会からの転換として、再生可能資源の一つであるバイオマスを活用したバイオエネルギー生成技術の開発は現在進展している。中国では、農作物の廃棄物が年間約9億トン、下水汚泥も年間約6千万トンと大量に排出しており、これらの廃棄型のバイオマスを原料として活用して、廃棄物の減容および廃棄物から効率的にバイオエネルギーを生み出すことが強く求められている。しかし、下水汚泥などには多種多様な菌群は存在するものの、リグノセルロース系分子の分解に関わるセルラーゼ等の酵素活性が低いという課題があり、効率的なバイオガス発酵技術は依然発展段階である。すなわち、リグノセルロース系材料からの嫌気消化には、反応に関与する微生物の機能と活性を最適化する必要がある。本論文では、下水汚泥中の微生物群を活用して、リグノセルロース系のバイオマスからメタンの生産高度化を検証している。結果として、セルロース無添加の下水汚泥で馴養培養した方が、セルロース分解活性が増加し、セルロースからのメタン生成が向上すること、下水汚泥中にテトラサイクリンまたはアジスロマイシンを添加することで菌叢が変化し、メタン生成が高まること、そしてこの菌叢変化が実際のとうもろこし藁を原料とした場合でもメタンガスの発生量が増加することなど、廃棄物である下水汚泥およびリグノセルロース系原料の効率的な資源化とバイオエネルギー生成に関する有用な知見と基礎的成果を得ている。

第一章では、中国におけるリグノセルロース系バイオマスの利用状況、リグノセルロース系バイオマスの構成成分、リグノセルロース系バイオマスからのメタン生成プロセスにおける課題、嫌気消化プロセスの仕組み、嫌気消化に関与する微生物群の働きなど、概論的かつ基本的な知見に基づいた研究背景と研究方針・計画について論述し、本研究の目的を述べている。

第二章では、実験材料とその材料を用いた嫌気消化実験など、基本的な実験手法と分析手法、DNA を抽出する実験手法、次世代シーケンサーによる細菌群集構造解析の手法などについて、参考にした文献などを引用して詳細に説明している。

第三章では、下水汚泥中の微生物群のセルロース分解活性を高めるため、セルロース添加または無添加の下水汚泥の集積培養を検討している。結果として、セルロース無添加の下水汚泥を培養した方が、セルラーゼ活性が向上しており、メタンガスの発生量も相関して増加していることを明らかにしている。

第四章では、セルロースを原料としたメタン生成の向上化を目的に、下水汚泥中の菌叢に変化をもたらす抗生物質の影響を調査している。その結果、アジスロマイシンおよびテトラサイクリンを添加した下水汚泥を用いた嫌気消化反応において、セルロースからのメタン発生量が顕著に増加することを示している。これらの抗生物質を添加した下水汚泥の嫌気消化プロセスでは、加水分解反応が促進することなどを明らかにしている。

第五章では、第四章で明らかとなったメタン生成を促進させるアジスロマイシンおよびテトラサイクリンが、実際のリグノセルロース系バイオマスであるとうもろこし藁を原料した嫌気消化において有効であるかを検討している。結果として、アジスロマイシンを添加した条件でセルラーゼ活性が増加し、メタン生成量が増えていることを明らかにしている。また、アジスロマイシンを添加した系では、*Bacteroidetes* と *Actinobacteria* の細菌群、*Methanosarcina* と *Methanobrevibacter* のメタン菌群の割合が増加していることなどを示している。

第六章では、第三章から第五章までの研究成果を総括し、今後の展望を述べている。

学位論文審査の結果の要旨

本論文は、下水汚泥を用いたリグノセルロース系バイオマスの嫌気消化において、微生物群集の活性を最適化するために集積培養の効果、抗生物質の効果などを明らかにした内容となっている。

公聴会において、論文審査委員および公聴会出席者より、微生物群集の活性向上化における集積培養と抗生物質添加の違い、嫌気消化における抗生物質の動態、活性化した微生物群集の持続性、嫌気消化における可溶性セルロースと不溶性セルロースの発酵挙動の違い、可溶性セルロースと不溶性天然セルロースを原料した嫌気消化における微生物群集構造の違いなどの質問がなされたが、いずれも著者から明確な回答があり、質問者の理解が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。