氏名・（本籍）	Nazlina Haiza Mohd Yasin（マレーシア）		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	生工博甲第233号		
学位授与の日付	平成27年3月25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	Effective Utilization of Waste Activated Sludge For Bioremediation and Bioenergy Production (バイオレメディエーションとバイオエネルギー生産のための廃棄型下水余剰汚泥の有効利用)		
論文審査委員会	委員長	教授	篠崎 信也
		〃	石黒 博
		〃	春山 哲也
		〃	鳥井 正史
		〃	内藤 正路

学位論文内容の要旨

本論文では、環境負荷低減とバイオエネルギー生産の観点から、産業廃棄物である下水余剰汚泥の減量化と資源化に取り組んでいる。本研究では、現在主に廃棄処分されている下水余剰汚泥の廃棄量削減または有効利用に資する技術を開発するために、低温度環境における汚泥の減容化を促進するためのアプローチ、または汚泥を原料として水素ガス生産を向上するアプローチ、および汚泥を優れた微生物源として二酸化炭素などからメタンを生産するアプローチなどを行い、バイオレメディエーションおよびバイオエネルギーの視点から下水余剰汚泥の有効な利用技術に繋がる有用な基礎的成果を得ている。

本論文は、以下のような構成となっている。

第一章では、これまでの下水余剰汚泥とバイオエネルギーに関する文献調査と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、本研究の目的について述べている。

第二章では、本研究に関わる基本的な実験手法や原理などについて、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、低温環境下でも下水余剰汚泥の減容処理を効率化するため、下水余剰汚泥試料中から低温環境でも下水余剰汚泥を減容することができる2種類の菌株を分離して、これらの菌株による汚泥減容効果を追究している。これらの分離した菌株により、4℃～12℃という低い温度環境でも下水余剰汚泥の減容が促進されること、その下水余剰汚泥減容促進効果が、脂質分解活性を持つリパーゼとタンパク質分解活性を持つプロテアーゼによるものであることなどを明らかにしている。

第四章では、代謝工学的に作製した組換え大腸菌を用いて、下水余剰汚泥とパームオイル産業において未利用バイオマスであるパームオイル茎ジュースからの高度水素ガス生産を検証している。下水余剰汚泥のみからの水素ガスの高度生産には、アミラーゼとセルラーゼの酵素による前処理が必要であること、また下水余剰汚泥とパームオイル茎ジュースを混合した条件において、最も水素ガスが発生していることを明らかにしている。加えて、本研究で使用した組換え大腸菌は、その親株よりも200倍の水素生産能力があること、および1モルのグルコースから1.5モルの水素ガスを生成できることを示している。

第五章では、下水余剰汚泥中に存在する微生物群の中には、これまであまり追求されていない興味深い微生物活性があるのではないかという研究コンセプトのもと、下水余剰汚泥中の微生物群による二酸化炭素変換について追究している。長期培養した下水余剰汚泥（汚泥自身からのメタン生成が見られない条件）中に存在する微生物群が、二酸化炭素と水素ガスの混合ガスからメタンガスが生成していることを突き止めている。また、炭素13を用いて二酸化炭素からのメタン変換率を調べた結果、その変換率 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) が77%であったこと、そのメタン生成には下水余剰汚泥の長期培養によって優占化した水素・二酸化炭素利用型、および酢酸利用型のメタン細菌が関わっていることを明らかにしている。

第六章では、第五章での成果を発展させるため、海水中に存在している炭酸イオンを基質として、海水からのメタン生成を追究している。メタン生成の最適条件等を検討した結果、pH6~8の範囲、および37°Cにおいて、炭酸イオン、または海水からのメタン生成が増加すること、およびメタンが炭酸イオンから発生していることを明らかにしている。

第七章では、第三章から第六章までの研究成果を簡潔に纏め、研究の総括と本研究の全体計画に対する今後の研究課題の提案と改善策についても触れ、今後の展望を述べている。

以上のように、本論文では、産業廃棄物である下水余剰汚泥の有効利用という課題に対して、バイオマスあるいは微生物源としての魅力に着眼し、低温条件下での下水汚泥の減容化の促進、水素ガス生成の効率化、下水汚泥中の微生物群の働きを利用した二酸化炭素からのメタンガス生成、海水からのメタン生成に成功しており、今後の環境修復、環境負荷低減、およびバイオエネルギー生産の研究分野において寄与するところが大きい。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員から好冷菌と中温菌の違い、メタン細菌に対する塩濃度の影響、海水中に存在している微生物群の影響、炭酸イオンからのメタンへの収率、研究成果の今後の展望などについて質問がなされたが、いずれも著者から明確な回答が得られた。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調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。