

氏名	PUTERI KUSUMA WARDHANI		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	環境学		
学位授与番号	博甲第 5617 号		
学位授与の日付	平成29年 9月29日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Mathematical and Experimental Study of Anaerobic Digestion Process and Biogas Generation from Fruit and Vegetable Waste (嫌氣的消化プロセスと廃棄果物と廃棄野菜からのバイオガス生成に関する数理的および実験的研究)		
論文審査委員	教授 渡辺 雅二	教授 梶原 毅	教授 亀島 欣一

#### 学位論文内容の概要

Anaerobic process is a biochemical process in which microorganism break down a biodegradable material into biogas (methane and carbon dioxide) under the absence of oxygen. It has been used to treat many types of waste, not only because of energy production but also because it reduces pollutant. Since the complexity and operational stability of anaerobic digestion process may lead to the failure, understanding of its process dynamics and operation optimizations become necessary. Mathematical modeling and simulations are essential tools for this purpose. Many mathematical models have been proposed and they are available in literature in order to obtain an optimal anaerobic digestion process. Nevertheless, the applicability of those models may be limited by complexity of anaerobic processes.

The general objective of study is to develop mathematical models which is suitable to describe anaerobic digestion process of fruit and vegetable waste for process optimization. Scope of the thesis are as follows:

- Laboratory scale experiment to obtain data of accumulated methane concentration and biogas volume generated from fruit and vegetable waste as substrates and sludge from biogas plant as inoculum;
- Introduction of experimental outcomes into inverse problems of methane generation process;
- Computational analysis of the inverse problems and estimation of kinetic parameters from proposed models;
- Simulation of a methane co-fermentation process with outcomes from the inverse analysis.

Ordinary Differential Equation (ODE) model of anaerobic digestion processes of fruit and vegetable waste was constructed. The first-order model and Monod model were applied. Numerical results obtained were compared with experimental data, and showed a good agreement. However, the model incapable of describing anaerobic digestion under inhibitions. The kinetic parameters from proposed models were determined by solving the problems numerically. The method used was trial error method, however this method is very time consuming.

The model based on work by Grau (1975) was proposed, and it was implemented in Matlab. Nonlinear least squares problem for determination of model parameters was solved with the *nlinfit*, in which the Levenberg-Marquardt method is applied. The numerical results and experimental data were compared. The results lead to the conclusion that the Levenberg-Marquardt method demonstrated excellent performances for the nonlinear fitting task. Further, simulation results showed a good agreement with the experimental results.

## 論文審査結果の要旨

本研究の目的は、廃棄野菜と廃棄果物からバイオガスが生成される嫌氣的消化プロセスに対し、有効な数理モデルと実験結果を導入した解析手法を提案することであり、その目的に対して行われた研究結果が示された。そのために廃棄野菜などを基質とし、バイオガスプラントから提供された消化液などを接種源とした実験が行われた。また実験結果が嫌氣的消化プロセスの数学モデルによる解析に導入された。すなわち、メタンガス生成プロセスに関するパラメータを特定するための逆問題に導入され、非線形最小二乗問題が数値的に解析された。更に、嫌氣消化的プロセスの数値シミュレーションが行われ、逆解析の妥当性が数値結果と実験結果を比較することによって確認された。

博士論文には、的確な文献調査の考察結果とバイオガス生成に関して行われた実験結果が示されている。また実験結果を導入して行われた解析結果に関しては、比較検討による詳細な考察がなされたことが示されている。本研究は、太陽光をエネルギー源として、大気中の二酸化炭素から合成される有機化合物からのバイオガス生成に関するものであり、その成果は今後カーボンニュートラルエネルギーの利用促進に向けた技術開発への貢献が期待される。また、数理的手法および実験的手法を融合させた研究方法確立に対して得られた本研究の結果は、今後地球温暖化の緩和に向けた技術開発に貢献することも期待される。地球環境問題に関して行われた本研究は、その充実した内容により、環境生命科学研究科の博士(環境学)の学位に相応しいものである。