

メタン発酵プロセスのモデル予測制御によるバイオガス生産管理システム

環境資源学専攻 生物生産工学講座 循環農業システム工学 吉田 和仁

1. はじめに

持続可能な開発目標の達成に向けて、枯渇しない再生可能エネルギーの供給割合を増加させ、さらにその安定供給を実現する必要がある。しかし風力発電や太陽光発電によるエネルギー生産は環境変化に応じて出力が変動してしまうため、実用化には火力発電や原子力発電といった安定電源によるバックアップや水素などのエネルギーキャリアを製造する最先端技術が必要となる。化石燃料に依存しない再生可能エネルギーマネジメントシステムを目標として、ロバスト性を有した再生可能資源であるバイオマスが注目されている。バイオマスを原料としたエネルギー生産の中でも、廃棄物系バイオマスのメタン発酵プロセスはエネルギー回収と廃棄物処理を同時に行うことができる優れた方法である。本研究ではメタン発酵プロセスにモデル予測制御を適用し、再生可能エネルギー供給が安定化されるようにバイオガス生産を行うバイオガス生産管理システムを開発することを目的とする。

2. 方法

本研究で開発されたバイオガス生産管理システムは、以下の3つの機能を有している。

(1) **メタン発酵プロセス予測モデル** バイオガス発生量を制御するためには、それを正確に予測するモデルが必要である。メタン発酵プロセスの微生物増殖と有機物分解、バイオガス発生に関する数理モデルを構築し、摂動論によって線形時不変な状態空間モデルを導出した。

(2) **パラメータ推定機構** モデルに含まれるパラメータはプラントの運転条件に大きく依存する値であるから、モデルを普遍的に利用するためにはプラントの運転データから推定する必要がある。そこで、システム同定理論に基づいて設計された同定器を用いて出力とパラメータの線形関係を導出し、入出力データから逐次最小二乗法によってパラメータを推定した。さらにハンケル行列を構成して、特異値分解によって離散時間線形時不変な状態空間モデルを構築した。

(3) **原料投入量決定コントローラ** 設定値に一致するようにバイオガス発生量を制御するために、モデル予測制御を採用した。評価関数は、未来の出力と参照軌道の偏差と入力との総和を重みづけたものである。これが最小となるように、最小二乗法によって最適な原料投入量を決定した。

3. 結果と考察

(1) **モデルの予測精度** パラメータの最小二乗推定量は、原料投入とともに変化しながら訓練データが増えるにつれて収束していき、データ数が144程度で収束した。モデル構築用とモデル検証用データセットの適合率を比較したところ、大きな低下は確認されず高い予測精度を有していた。

(2) **システムの実装** システムを実装したとき、バイオガス発生量は参照軌道を追従しながら安定的に推移した。そのときの偏差は一定投入したときよりも小さく、性能良く制御できた。

4. まとめ

本研究で開発されたメタン発酵プロセス予測モデル、パラメータ推定機構、原料投入量決定コントローラの3つの機能から成るバイオガス生産管理システムを図1に示す。同システムは高い予測精度と制御性能を有していた。

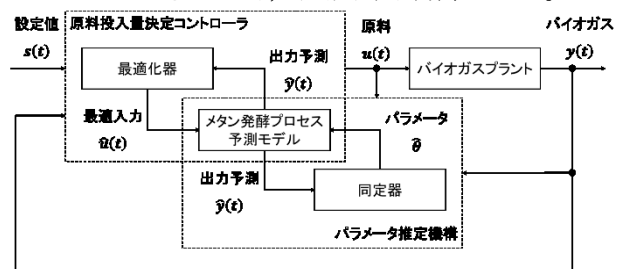


図1 バイオガス生産管理システム