

氏 名	とも ちか のぶ ゆき 友 近 信 行
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学位記番号	情 博 第 234 号
学位授与の日付	平 成 18 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 シ ス テ ム 科 学 専 攻
学位論文題目	ごみ焼却炉のモデル予測制御に関する研究

論文調査委員 (主 査)  
教授 杉江俊治 教授 酒井英昭 教授 太田快人

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、都市ごみ焼却炉の制御性能向上を目的として、多変数モデル予測制御系を構築し、複数種類の実際の都市ごみ焼却炉に対してその有効性を検証したものであり、全6章から構成されている。

第1章は序論であり、都市ごみ焼却炉では有害物質の排出抑制や操業コスト削減のため厳しい操業管理が要求され、これらに対応するために高精度な制御技術の必要性を述べている。そして、ごみ焼却炉特有の問題点について指摘し、多変数モデル予測制御がこの問題点の克服に適していることを述べた後、本研究の目的を示している。

第2章では、高効率熱回収型流動床炉を対象として、蒸気系の多変数モデル予測制御系を構築し、実証炉においてその有効性を検証した。具体的には、操作量の干渉を考慮した上で、過熱蒸気流量・温度・圧力の三つの制御量をバランス良く制御できることを示している。また、過熱蒸気流量・温度・圧力を制御する多変数モデル予測制御系と、給塵コンベア速度を操作する燃焼制御系、および二次空気量を調整するCO抑制制御系を組み合わせることにより燃焼系と蒸気系の変動とともに抑制している。さらに、熱収支式に基づく目標値変更機能により、砂層部からの無理な熱回収を防止し、熱バランスを保ちながら制御を継続できることを示した。

第3章では、商用稼働中の流動床式都市ごみ焼却炉に対し、蒸気系の多変数モデル予測制御系を構築している。給塵操作入力に大きな外乱（給塵外乱）が存在するため、この給塵外乱の影響を考慮して未来の挙動を予測し、操作入力を最適化している。ここでは、炉内酸素濃度計を入力とする予測モデルと、給塵機速度を入力とする予測モデルを組み合わせることでモデル予測制御系を構築した。本手法を実際の都市ごみ焼却炉に適用し、ボイラドラム圧力と蒸気流量の変動を従来手法に比べて大幅に低減できることを示した。

第4章では、最新式のごみ処理炉であるガス化溶融炉に対して、多変数モデル予測制御系を構築し、商用稼働中の実炉でその有効性を検証している。ガス化炉では炉内酸素濃度計が使えないため、給塵外乱の影響を考慮するために、誘引送風機回転速度を用いた。また、ごみを計画通りに処理するために、処理量補償機能を開発した。多変数モデル予測制御系と処理量補償機能により、安定したガス化溶融を実現した上で、ごみを計画通りに処理できることを示した。本手法は、国内初の都市ごみ向け流動床式ガス化溶融炉に適用されている。

第5章では、上ごみ焼却炉のシミュレータを活用した「シミュレータ内蔵型モデル予測制御手法」を提案している。高効率熱回収型流動床炉を対象としてシミュレータを構築し、パイロットプラントで取得した実データと挙動が一致することを示した。そして、制御周期ごとに計算した自由応答とステップ応答モデルを使用して、操作入力を最適化することにより、時不変線形モデルを用いた通常のモデル予測制御に比べて高精度な制御が実現可能であることを制御シミュレーションによって示した。

第6章では、結論として以上の各章の内容を要約し、今後の課題について述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、都市ごみ焼却炉の性能向上を目的とした制御システムの開発に関するものである。特に都市ごみ焼却炉においては複数の操作入力と制御量があり、これらの間に干渉やむだ時間が存在するため、多変数モデル予測制御手法の適用を試みたものであり下記の結果を得ている。

1. 高効率熱回収型流動床炉を対象として、多変数モデル予測制御系を構築し、実証炉においてその有効性を検証した。過熱蒸気流量・温度・圧力を制御するモデル予測制御系、給塵コンベア速度を操作する燃焼制御系、および炉内画像の輝度に基づいて二次空気量を調整するCO抑制制御系の三者を組み合わせた制御系を構成することによって、燃焼系と蒸気系の変動をともに抑制し、安定したごみ処理を実現した。
2. 商用稼働中の流動床式都市ごみ焼却炉に対し、蒸気系が多変数モデル予測制御系を構築した。給塵操作入力に大きな給塵外乱が存在するため、この外乱の影響を考慮して未来の挙動を予測し、操作入力を最適化している。本手法を実際の都市ごみ焼却炉に適用し、ボイラドラム圧力と蒸気流量の変動を従来手法に比べて大幅に低減できることを示した。
3. 最新式のごみ処理炉であるガス化溶融炉に対して、多変数モデル予測制御系を構築し、商用稼働中の実炉でその有効性を検証した。また、ごみを計画通りに処理するために、処理量補償機能を開発している。多変数モデル予測制御系と処理量補償機能により、安定したガス化溶融を実現した上で、ごみを計画通りに処理できることを示した。本手法は、国内初の都市ごみ向け流動床式ガス化溶融炉に適用されている。
4. 高効率熱回収型流動床炉を対象としてシミュレータを構築し、パイロットプラントで取得した実データと挙動が一致することを示した。そして、制御周期ごとに計算した自由応答とステップ応答モデルに基づいて、操作入力を最適化することにより、時不変線形モデルを用いた通常のモデル予測制御に比べて高精度な制御が実現可能であることを制御シミュレーションによって示した。

以上要するに、都市ごみ焼却炉に対する制御システムの構築に関して有用な結果を得たものであり、その成果は学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年9月12日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。