

Title	空気吹き噴流床石炭ガス化複合発電システムにおける動的モデリング、熱効率解析および協調制御に関する研究
Author(s)	森塚, 秀人
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3063587">https://doi.org/10.11501/3063587</a>
DOI	10.11501/3063587
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	森 塚 秀 人
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 3 6 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 7 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	空気吹き噴流床石炭ガス化複合発電システムにおける動的モデリング、 熱効率解析および協調制御に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 須 田 信 英 (副査) 教 授 坂 和 愛 幸    教 授 樺 田 榮 一

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、新方式石炭火力発電システムの一つである、空気吹き加圧2段噴流床ガス化炉、乾式ガス精製設備と高温ガスタービンを組み合わせた石炭ガス化複合発電システムを対象とし、今後の火力発電システムに要求される高効率、低CO<sub>2</sub>、低NO<sub>x</sub>、低SO<sub>x</sub>、低ばいじん等の優れた環境特性に加えて、迅速な負荷変動性を得るための制御方式の確立を目的として、本システムの熱・物質収支による熱効率解析と、動的モデリングによる全体システムの協調制御について、制御工学的な検討を行ったものである。

まずシステムの入力である石炭のモデル化を行い、空気吹き加圧2段噴流床ガス化炉の下段（コンバスタ部）、上段（リダクタ部）でのガス化反応およびガス精製設備における酸化鉄による脱硫反応、再生反応についての定式化を行った。これに基づき、ガス化炉、ガス精製設備および複合発電設備の熱・物質収支を求め、その特性を数個の性能評価指標で整理し、全体システムの予想性能とその特徴を熱流れ図として表す解析手法を求めた。これにより、炭種、容量、運転条件等に対するシステム構成要素の性能評価指標の変化が全体システムの熱効率に及ぼす効果について把握した。次に空気吹き加圧2段噴流床ガス化炉をコンバスタ部とリダクタ部に2点集中化近似し、温度による強い非線形特性を持つ石炭のガス化反応を、代表温度における反応終了時間に対する炉内平均滞留時間の比である無次元反応時間から、表面反応律速として炭素転換率を求めることにより計算し、ガスと炉壁との伝熱特性、ガスの流動特性による動的モデリングを行った。本動特性モデルの妥当性については、2トン/日ベンチスケールガス化炉による動特性試験を行い、シミュレーションとの比較により検証した。

同様にして、ガス精製設備、ガスタービンの動的モデリングを行い、それぞれの動特性モデルを作成し、ガス化炉動特性モデルと結合した上、全体システム制御系を付加することにより全体システムの動特性モデルを作成した。なお、排熱回収蒸気系（排ガスボイラ、蒸気タービン）については、ガス系に比べて十分時定数が長いいため、本動特性モデルからは除外した。

全体システム動特性モデルを用いて、分散型デジタルコントローラからなる動特性解析装置によるシミュレーションを行い、フィードバックによるガス化炉リード制御方式、ガスタービンリード制御方式の負荷変動性を調べた。次

に、ガス化炉－ガスタービン協調制御方式により負荷変動性に優れ圧力変動の少ない良好な制御が得られることを示した。さらに、システムの熱・物質収支を解くことにより、負荷に対するガス化炉の定常入力値を求める負荷フィードフォワード協調制御方式の提案を行い、負荷変動性に優れかつ炭種の変化等に対して適応性の高い制御が得られることを示した。

これらの検討により、ガス化炉－ガス精製設備－ガスタービンがカスケードに連結された石炭ガス化複合発電システムの制御は、まず応答性の速いガスタービンの燃料調節弁を制御することにより、ガス化炉からガス精製設備内の加圧ガス蓄積効果を利用して一時的に負荷を変動させると同時に、ガス化炉側に次の定常入力値を予測し、先行的に与えることで良好な制御が得られることを結論付けた。

## 論文審査の結果の要旨

近年、地球温暖化をもたらすおそれのある二酸化炭素の排出量を低減するために、火力発電システムの高効率化が追求されており、その一環として石炭ガス化複合発電システムの開発が行われている。本論文は、空気吹き噴流床石炭ガス化複合発電システムを対象に、その特性解析ならびに制御に関する一連の研究成果をまとめたものである。

石炭ガス化複合発電システムにおいては、石炭の発熱量のみならず、そのガス化反応特性をも把握しておく必要があるため、本論文では元素分析値に基づいてガス化反応特性を記述する簡略モデルを提案し、それによれば現在用いられている各種の石炭が6種の石炭モデルで代表されるとしている。これはシステム入力モデリングである。

次に対象システムの構成要素である空気吹き加圧2段噴流床石炭ガス化炉、ガス精製設備および複合発電設備について、前記石炭モデルを用いて熱・物質収支解析を行って、各設備の特性を数個の性能評価指標で整理するとともに、全体システムにおける複雑な熱の流れを熱流れ図によって明確化し、熱効率解析を行っている。さらに各設備の性能、運転条件等の熱効率に及ぼす影響を把握し、将来の実用規模石炭ガス化複合発電システムの性能を予測している。これはシステムの静特性のモデリングである。

ついで前記の熱・物質収支解析を基盤に、ガス化炉、ガス精製設備およびガスタービンのそれぞれについて動特性のモデリングを行っている。特にガス化炉については小型パイロットプラントの動特性試験結果とシミュレーションとを対比することにより、動特性モデルの妥当性を検証している。

さらにこの動特性モデルを用いて全体システムの制御系設計の検討を行っている。従来の制御方式に加えて、負荷フィードフォワード協調制御方式を提案し、その有効性を確認した上で、この種のシステムの制御に関する考察を加えている。

このように本論文は、空気吹き噴流床石炭ガス化複合発電システムに関して、入力である石炭特性のモデリングに始まり、構成要素である各設備の静特性ならびに動特性のモデリングへ進み、全体システムの特性解析からそれに基づく制御系設計に至る、総合的研究であり、この種のシステムの開発の基盤となる多くの知見を含んでいるので、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。