

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 クチョンターラー プラパン

本論文は、”Process Integration and Design of High Efficiency Power Generation Systems Based on Energy Recuperation Technology”（和題「エネルギー再生技術に基づく高効率発電システムの統合化と設計に関する研究」）と題し、発電システムの高効率化を可能とするエネルギー再生技術について体系的に整理するとともに、エネルギー再生に基づいてガスタービン、燃料電池およびガス化炉をどのように統合化すればよいのかを示す新しい方法論を提案し、固体電解質形燃料電池とガスタービン、バイオマスガス化とガスタービンの複合サイクルを具体的な例として提案した手法を適用してプロセス解析を行い、エネルギーシステムの最適設計を行ったものである。本論文の構成は5章から成っている。

第1章では、まずエネルギーと発電システムの基礎について述べられ、最新の高効率発電技術についてまとめられている。そして、本研究の目的が示されている。

第2章では、まずエネルギー再生の概念について述べ、エネルギー再生技術を体系的に整理しその特徴をまとめている。エネルギー再生とはエネルギー変換プロセスからの排エネルギーをリサイクルすることでプロセスにおけるエクセルギー損失を低減するものである。エネルギー再生技術を、熱エネルギーとしてリサイクルする熱再生、燃焼生成物であるスチームをリサイクルするスチーム再生、吸熱反応を利用して化学エネルギーの形でリサイクルする熱化学再生に分類した。そして、熱再生、スチーム再生、熱化学再生およびそれらの組み合わせをガスタービンシンプルサイクルに適用し、エネルギー変換ダイアグラムを使って熱力学的解析を行った。このとき、エクセルギー損失を、主に燃焼過程で失われる内部エクセルギー損失と最終的に利用されずに外部に排出される外部エクセルギー損失に分け、どこでエクセルギー損失がどれだけ発生しているかについて分析した。その結果、熱再生は燃焼過程におけるエクセルギー損失を大幅に低減することができるが、ガスタービン排熱の一部しか利用できないため外部エクセルギー損失はまだ大きいこと、スチーム再生はスチームのエクセルギー率が小さいため内部エクセルギー損失が大きくなるが、最終排ガス温度を低くできるため外部エクセルギー損失を大幅に低減できること、熱化学再生は燃料のエクセルギー率を下げることにより内部エクセルギー損失を低減でき、特に反応温度が高く転化率が大きい場合はその効果が著しいことを

明らかにした。そして、エネルギー再生技術に基づくインテグレーションは、まず、熱化学再生と熱再生を行い、最後に残った排熱をリサイクルするためにスチーム再生を適用するという、統合化・設計手法を提案した。

第3章では、第2章で提案した手法を固体電解質形燃料電池 (SOFC) とガスタービンとの複合システムに適用し、SOFC-GT、熱再生型 SOFC-GT、スチーム再生型 SOFC-GT、熱およびスチーム再生型 SOFC-GT、SOFC-GT/ST、SOFC-HAT について最適システム設計を行うとともに、各システムのエクセルギー解析を行った。熱再生によって主に内部エクセルギー損失を、スチーム再生によって外部エクセルギー損失を低減することができ、大幅な高効率化が可能であることを示している。中でも熱再生とスチーム再生の比を大きくとれる SOFC と HAT サイクルの組み合わせが最も効率が高いことを見いだしている。

第4章では、ガス化とガスタービンとのインテグレーションについてエネルギー再生技術を適用している。従来型のバイオマスガス化- ガスタービン複合サイクル (BIG-GT) に対して、熱およびスチーム再生に加えて熱化学再生も導入し、エネルギー再生を徹底的に行ったエネルギー再生型 BIG-GT を設計・提案し、プロセス評価およびエクセルギー解析を行っている。その結果、提案されたシステムがエネルギー再生によって効率が大幅に向上することを報告している。さらに効率を向上させるには、ガス化温度を上げること、すなわちタービン出口温度を上げることが重要であり、この方策として、圧力比をさげる、タービン入口温度 (TIT) の高温化、再燃を考え、比較し、タービン入口温度の高温化が最も効率向上に寄与することを見いだしている。

第5章では、本論文で提案されたエネルギー再生技術に基づく高効率発電システムの統合化と設計に関する手法に関して総括されている。

以上に示すように、本論文は、エネルギー再生技術を体系的に整理し、熱再生、スチーム再生および熱化学再生の3つに分類してそれぞれの特徴をまとめ、高効率化を図るためにエネルギー再生技術をどのように適用させ発電プロセスの統合化・最適設計を行うべきか示したものであり、ここで提案された手法および得られた知見は、エネルギー分野で広範な応用が可能であり、新しい高効率発電プロセスの開発およびエネルギー技術の体系化に資するものであり、エネルギー工学および化学システム工学に大きな貢献をするものである。よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。