

氏名（本籍）	西山明雄（広島県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第 321 号
学位授与日付	平成 19 年 3 月 25 日
専攻	環境エネルギーシステム専攻
学位論文題目	木質系バイオマスエネルギー利用システムの最適化に関する研究 (Study on the Optimization for Wood Biomass Energy Utilization System)
学位論文審査委員	(主査) 教授 守 富 寛 (副査) 教授 熊 田 雅 彌 教授 棚 橋 光 彦 助教授 神 原 信 志

論文内容の要旨

地球環境問題や脱原油後のエネルギー議論が活発になされる中、将来のエネルギー源として、再生可能エネルギーへの期待が高まっている。その中でもバイオマスエネルギーは、貯存量が豊富でエネルギーの備蓄も比較して容易である。我が国は、国土の2/3が森林という世界でも有数の森林国であることから、環境面だけでなく純国産エネルギーの開発という観点からも木質系バイオマスエネルギーが期待される。

木質系バイオマスの中でも、都市部を中心に大量に発生している建設廃材系は既にエネルギー利用やマテリアル利用が活発であるが、森林系バイオマス(未利用間伐材や林地残材)の利用は、搬出が高コストのため普及に至っていない。本論文では森林系バイオマスのエネルギー利用に着目し、利用規模に合った最適な利用方法を検討している。

第1章では、国内外の木質系バイオマスエネルギー利用技術に関して、システムの性能、技術の信頼性、事業の経済性などを文献等に基づき比較評価し、微粉炭火力発電所でのバイオマス混焼発電方式による大規模集中型利用、ならびにスターリングエンジン・コージェネレーション方式による小規模分散型利用が優位であることを明らかにしている。

第2章では、既存の大型微粉炭火力発電所における石炭との混焼技術に関する検討を行っている。既に国内でも実証試験が進行しているが、森林資源を活用した将来の最適利用方法を検討するため、森林系バイオマスの搬出からエネルギー利用までの一連の評価ができるプロセスシミュレータを構築し、これを用いて、愛知県東三河地区の森林資源を三河湾岸にある 700MW 規模の火力発電所で混焼するケースを詳細検討している。その結果、40%を超えるバイオマス発電効率が達成できること、既設設備影響ない範囲で混焼するためには、混焼率は5%（入熱量比）以下とすべきこと、森林系バイオマス利用では現状の石炭専焼時より発電コストの増加は避けられないが、発電事業者にとっては新エネルギー電力導入義務に掛かるコスト（RPS クレジット）の回収が可能なため、それを加味すると石炭専焼と逆転してプラスの経済効果が得られること、さらに炭酸ガス削減に対しても有

効であり、特に森林バイオマスを山元乾燥することにより、経済性は向上し、より顕著な優位性が得られることを明らかにしている。

第3章では、小規模分散型利用について検討している。小型バイオマス発電技術は、ガス化・ガスエンジン技術が先行しているものの、依然タール対策技術は課題である。そこで、商用販売の始まった 55kW スターリングエンジンに着目し、その優位性を引き出すためにシンプルで取扱いの容易なシステムを目指して新たに開発したバイオマス直噴バーナを用いて燃焼試験を実施し、 $1.2\mu\text{m}$ (14mesh) アンダーの木粉に対しては燃焼効率 99.9%以上、NOx は 200ppm (6%O₂) 以下の燃焼性能が得られることを確認している。さらにスターリングエンジン・コージェネレーションシステムのエネルギー収支計算モデルを開発し、エンジン排気の顕熱を回収する空気予熱器で燃焼空気を 600°C に高めることにより発電効率 20% が達成できることを明らかにしている。

第4章では、バイオマス直噴燃焼式スターリングエンジンシによるコージェネレーションシステムを検討し、中山間地域への導入可能性評価を行っている。電力・蒸気供給システムで45%、電力・温水供給システムの場合であれば75%のバイオマスエネルギー変換効率を得られることを明らかにしている。このコージェネレーションシステムを中山間地域の各種事業所に導入した場合の経済性検討を行ない、様々な経済性影響因子に関して感度解析を行なった結果、24時間連続運転相当の高稼働率が維持でき、無人運転可能なシンプルなシステムが導入できれば、採算性は大きく向上し、本システム導入により経済的な森林系バイオマス利用が可能になることを明らかにしている。

第5章では、木質系バイオマスエネルギー利用システムを総括し、微粉炭火力発電所でのバイオマス混焼発電方式による大規模集中型利用における最適条件およびスターリングエンジン・コージェネレーション方式による小規模分散型利用の優位性について述べている。

論文審査結果の要旨

本論文は、森林資源を中心とした木質系バイオマスエネルギーの利用普及の観点から、利用規模に応じた技術の可能性評価、技術課題の抽出および技術開発に関する研究である。

地球環境問題や脱原油後のエネルギー安全保障の観点から再生可能エネルギーとして木質系バイオマスが注目され、建設廃材系の導入は本格化しているが、森林系バイオマスの利用普及は遅れていることから、本論文では、木質系バイオマスの搬出からエネルギー利用までを評価検討するための総合シミュレータを開発し、大規模集中型利用として既存の大型微粉炭火力発電所における石炭との混焼技術を例に検討し、40%を超える高効率のバイオマス発電が可能であることを明確にしている。さらに、環境性及び経済性の観点から既設の設備に影響を与えることのない条件が混焼率5%程度(入熱量比)であり、現実的な運用は3%程度になること、森林系バイオマス利用において山元乾燥などの輸送前乾燥は輸送コスト削減や受入設備の簡素化などの点で有利であることなどを明らかにした点で斬新な内容となっている。また、臨海地域から遠く離れた中山間地域での中小規模利用では5MWあるいは10MWの木質系バイオマス専焼システムが期待できるが、熱の利用の有無が重要な判断基準となることを明らかにしている。

一方、小型利用ではバイオマスガス化・ガスエンジン方式ではタール対策など技術的課題があることから、バイオマス直噴式燃焼バーナを新たに開発するとともに、そのバーナを用いたときの

スターリングエンジン・コージェネレーションシステムについてエネルギー収支計算モデルを用いて性能評価し、55kW級のシステムでありながら20%を超える発電効率が達成可能なことを明らかにしている。さらに、バイオマス直噴燃焼式スターリングエンジンシステムの小規模分散型利用に関する経済性検討を中山間地域用汎用型モデルにより検討し、森林バイオマスが現在の1/2程度の低コスト化で受け入れることができれば、経済的にも利用可能となることを明確にしている。

学位論文審査委員会は論文草稿およびその基礎となる査読付論文(出版決定済み2編)および査読付国際会議論文(1編)を慎重に検討した結果、提出された学位請求草稿は完成された内容を有していると認めた。

最終試験結果の要旨

これまでの研究業績および論文内容を中心とした事項について口頭試験を行った結果、合格と認められた。