

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23404004

研究課題名(和文) アジア伝統的エネルギー利用地域におけるバイオ E F ガスタービンの実地試験と導入促進

研究課題名(英文) Field test and promotion of biomass EF gas turbine in Asian rural area

研究代表者

松原 幸治 (Matsubara, Koji)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：20283004

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,900,000円、(間接経費) 3,270,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ガスタービンによるバイオマス発電機をアジアの伝統的エネルギー利用地域に普及させるため、現地での研究情報収集と発電機による検討を行った。

研究期間中、PSGカレッジ(コイंबトール)、エネルギー資源研究所TERI(デリー)、IIT(デリー)を訪問し、バイオマスガス化発電設備やロータリー式バイオマス液化システムを見学し、インドにおいて小規模なバイオマスシステムの研究が活発であることを確認した。2013年には、TERIグルガオン実験場にガスタービン式バイオマス発電機を持ち込み、現地研究者と共に検討し、同形式の小型発電システムの普及がインドにおいて有望であることを確認できた。

研究成果の概要(英文)：Aiming to promote the biomass gas turbine generators in Asian rural area, this study made field research and examined the usefulness of the generator system.

During the period of the research work, academic travel was made to visit PSG college (Coimbatore), Indian Institute of Technology, IIT (Delhi) and The Energy Resources Institute, TERI (Delhi and Gurgaon). The academic information was obtained on the biomass gasification system and liquefaction system in these institutes. Research and development of the small-scale energy system was thus noticeable in India. In 2013, the biomass gas turbine system was exported to TERI Gurgaon campus to be examined by collaboration with TERI researchers. It was confirmed that such gas turbine systems fitted to be prevailed in Indian rural area.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：社会システム工学・安全システム

キーワード：アジア伝統的エネルギー利用地域 バイオマス ガスタービン発電機

1. 研究開始当初の背景

アジアには伝統的なエネルギー（薪炭、農業残渣など）を利用し続けている地域があり、多くの人々が暮らしている。このようなアジアの地域におけるエネルギー利用技術の高度化は、地球温暖化防止の観点からも、極めて重要な課題である。

研究代表者らは、文献調査によって、アジアにおいてバイオマスや太陽熱を利用する小規模システムが発達し、このような地域では、古くから伝わる自然エネルギーの利用を化石燃料等に置換することなく、高度エネルギー利用システムに進展させるといふ、先進国には見られない傾向があった。

その一方で、研究代表者らは、自然エネルギーを利用する外燃式（EF, External Fired）ガスタービンシステム等の研究に取り組んでおり、その小型システムによる発電機の応用先として、アジアの伝統的エネルギー利用地域を考えていた。この研究を立案した2010年は、日本では自然エネルギー利用にまだ関心が低かったこともあり、アジア伝統的エネルギー利用地域において自然エネルギー利用ガスタービンの普及を推進することを着想した。

2. 研究の目的

本研究では、アジア伝統的エネルギー利用地域にバイオマスEFガスタービン等の自然エネルギー利用システムを普及させることを最終目標に掲げて、次を目的とした学術研究を実施する。

- (1) 海外の先進的自然エネルギー利用技術を調査し、それらにおけるガスタービン発電システムの応用について検討する。
- (2) インドの学会および研究機関を訪問し、研究動向の調査と研究設備の見学によって、ガスタービン発電システムの利用可能性について検討する。
- (3) インドに小型ガスタービン発電機を輸出し、現地研究者と共に、インドでのバイオマス発電への利用とさらなる展開について検討する。

3. 研究の方法

図1は、混合ガスタービンサイクル（外燃式ガスタービン）の構成図である。通常の再生ガスタービンサイクルは、圧縮機、タービン、燃焼器および熱交換器から構成され、タービンからの高温ガスを燃焼器手前に設置した熱交換器を介して圧縮空気を予熱する仕組みである。それに対して、図1のサイクルは、タービンと熱交換器の間に二次燃焼器を設置している。この二次燃焼器からの排ガスはタービンを通過しないため、排ガスによる汚損の恐れが無い。従って、通常のガスタービンでは利用できないバイオマス等の低精製燃料の利用が可能となる。

研究代表者は、この混合ガスタービンサイクルに関して最適な圧力比と燃料比の選定

方法を検討しており、PCT国際出願を行った。

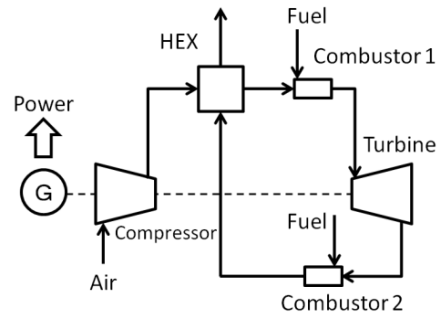


図1 混合ガスタービンサイクルの構成図

図2は、2kW級混合ガスタービン試験機である。実用化する場合は多様な燃料の燃焼を行うため固体燃焼器が必要であるが、今回は基礎研究を行うため、一次燃焼器と二次燃焼器ともに液体燃料を用いる構成とした。圧縮機とタービンには市販のターボチャージャを転用し、プレート式熱交換器、二つの燃焼器をステンレス鋼により配管した。発電機はタービン軸に直結せず、タービン排ガスによって二次タービンを回転させて発電機に動力伝達する方式をとった。

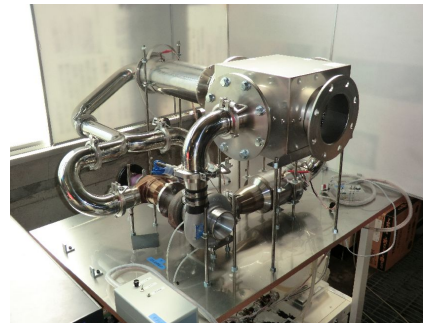


図2 混合ガスタービン試験機

本研究では、この混合ガスタービンサイクルに加えて、標準ガスタービンについても検討するものとした。図3は、その1kW級試験機である。これは、通常の内燃式ガスタービンの排ガスによって二次タービンを回転させて発電させる形式のものである。



図3 標準型ガスタービン試験機

4. 研究成果

本研究では、アジア伝統的エネルギー利用地域にバイオマスによるE Fガスタービン（混合ガスタービン）システムを普及させることを念頭に、アジアとヨーロッパの研究動向を調査し、ガスタービン試験機を現地に輸出して検討した。その結果、次のような研究成果が得られた。

（1）南インド学会における研究動向

2011年12月25日～2012年1月5日の間、南インドの二つの地域を訪問し、研究動向を調査した。前半は、インド工科大学マドラス校（チェンナイ）開催の第21回インド熱物質輸送シンポジウム(ASMEと共催)に参加し、研究情報を収集した。この会議では283件の研究発表があり、そのうち再生可能エネルギーに関する講演は14件であった。その中には小規模バイオマス発電システムや太陽熱利用システムの講演が含まれており、小規模システムに関心が高いことが伺われた。この学会では、原子力システムに関する講演が34件行われており、原子力に高い関心が寄せられており、特にトリウムによる高速増殖炉に期待がかかっている。

（2）南インド PSG カレッジ研究動向

南インドへの出張の後半、コインバートルに移動し、小中高等学校や自動車学校も経営するPSGグループによるPSGカレッジのエネルギー研究科を訪問した。この大学では自然エネルギーの研究が盛んであり、風力発電実験設備、太陽光パネル設備、バイオガス発生システム、バイオマスガス化エンジン発電機を見学できた。このうち最後のエンジン発電機は、固定床バイオマスガス化炉によってバイオガス（synthetic gas）を発生させ、ディーゼルエンジンを改造したエンジン発電機に導いて発電する仕組みである。図4に、その固定床式バイオマスガス化炉を示す。



図4 固定床式バイオマスガス化炉(インド)

現地の技術者によると、バイオマス燃焼ガス中に含まれる粒状物質やタール等の物質がエンジン内部を汚損することが問題である。本エンジン発電システムには燃焼ガスの洗

浄装置が組み込まれているが、不十分であり、改善が必要である。

（3）北インド TERI 及び周辺の研究動向

2012年9月9日～15日の間、モロッコ・マラケシュ開催のSolarPACES2012において自然エネルギー利用ガスタービンの研究資料収集を行い、その後、16日にデリーに移動し、TERI (The Energy Resources Institute) を訪問し、同研究所の研究動向を伺った。TERI 本部はニューデリーの Indian Habitat Center に有り、実験場をデリー郊外のグルガオンに持つ。この実験場において、ロータリー式バイオマス液化装置およびバイオマスガス化エンジン発電機を見学した。エンジン発電機は、PSG カレッジのものと同様であり、ディーゼルエンジンを改造したものである。

TERI グルガオン実験場の周辺地域では、太陽熱研究を行っており、図5のような複合自然エネルギー利用システムを見学できた。この複合システムは、バイオマスの燃焼熱によって発電し、その排ガスからの回収熱にさらに太陽熱を加えて吸収式冷凍機を作動させる仕組みである。太陽集熱器としてシェフラ式ディッシュミラーが用いられている。

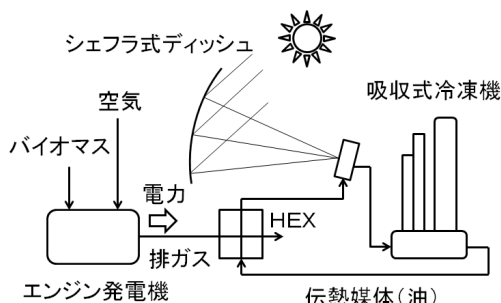


図5 複合自然エネルギーシステム(インド)

偶然にもこの訪問に前に参加したSolarPACES2012において、図6のようなシェフラ式ディッシュミラーを見学する機会があり、詳細の把握ができた。この学会において、ドイツ人技術者シェフラ氏から直接説明して頂いた。通常のディッシュミラーは集熱部がミラーの追尾に合わせて回転するため、利用に制約が生じるが、シェフラ式ミラーは集熱部が固定されるため、より広範囲に利用できる。



図6 シェフラ式ディッシュミラー

インドではこのシェフラ式ミラーによる小型太陽集熱器が多数導入されているが、グルガオンの複合自然エネルギー利用システムのミラーはその一つであった。

(4) 小型ガスタービン発電機実地検討

2013年10月～12月の間、インドTERIを3回訪問し、研究打ち合わせと、小型ガスタービン発電機による実地検討を行った。図2と図3に示した2種類の小型ガスタービン発電機を日本から輸出し、TERIグルガオン実験場において組上げて、検討を実施した(図7)。



図7 TERIグルガオン実験場での検討

実験装置の組上げは、TERIの研究者と技術者によって速やかに出来たが、試運転の際は、装置の調整に多大な時間を要したため、携帯電話で日本と連絡を取りながら検討を行った。現地の事情を良く知るTERI研究者との検討によって、本研究で提案する標準型ガスタービン式発電機と混合型ガスタービン式発電機は共にインドの系統未接続地域において有望であることが確認できた。

(5) 実用ガスタービン発電機の仕様

TERI研究者との協議によって、農村などで実際に利用するガスタービン発電機の仕様について検討した。ガスタービンの燃料は圧縮器出口の空気に導入するため加圧する必要があり、バイオガスを利用する際はガス化後加圧するか、加圧式のガス化炉を用いる必要がある。混合式(EF式)ガスタービンの場合は、タービン出口で燃料を導入するため、熱交換器での軽微な圧力損失程度だけ燃料を加圧すれば良い。以上の考察から、短期的には、加圧式バイオマスガス化炉と標準型ガスタービンを組み合わせたものが有効であるが、中長期的には、開放型ガス化炉を混合式(EF式)ガスタービンに組み合わせたものを開発することが有望である。

(6) 国際研究助成の検討

2013年12月のインド訪問の際は、デリーのJAICA事務所をTERI研究者と訪問し、研究の次のステップにおいて、JAICA/JSTによるSATREPSへの実用プラント建設の応募が可能であることを確認できた。

(7) 太陽熱発電への展開

今回の研究の主目的はバイオマス発電であるが、モロッコ・マラケシュ開催のSolarPACES2012では、太陽熱発電への外燃焼式ガスタービンの研究情報を多数取得でき

た。それによると、本研究による混合式ガスタービンシステムはバイオマスだけでなく、太陽熱への応用も有望である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

高効率再生可能熱発電に向けた外燃式ガスタービンシステムの研究開発、松原幸治、伝熱、Vol. 52、2013、pp.6-12.

Relaxation of Spatially Advancing Coherent Structures in a Turbulent Curved Channel Flow, Koji Matsubara, Tomoya Ohishi, Keisuke Shida and Tkahiro Miura, Trans ASME J. Fluids Engineering, Vol. 135, 2013, DOI 091202 (9pages)

[学会発表](計2件)

混合ガスタービンサイクルの研究、田沼勇人、松原幸治、日本伝熱学会北陸信越支部秋季セミナー、2012年11月2日～3日、新発田

E Fガスタービン試験装置の検討、田沼勇人、松原幸治、櫻井篤、小浦方格、日本機械学会北陸信越支部第49期総会・講演会、2012年3月10日、金沢

[産業財産権]

出願状況(計1件)

名称： 混合ガスタービン発電装置

発明者： 松原幸治・田沼勇人

権利者： 国立大学法人新潟大学

種類： PCT国際出願

番号： PCT/JP2013/051486

出願年月日： 2012

[その他]

ホームページ：

環境調和ガスタービンシステム

<http://mu-koba.eng.niigata-u.ac.jp/aboutus.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松原 幸治 (MATSUBARA KOJI)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：20283004

(2) 研究分担者

櫻井 篤 (SAKURAI ATSUSHI)

新潟大学・自然科学系・助教

研究者番号：20529614

(2011～2012年度)

小浦方 格 (KOURAKATA ITARU)

新潟大学・准教授

研究者番号：30401772

(2012～2012年度)

(3) 連携研究者

大橋 慎太郎 (OHASHI SHINTARO)
新潟大学・自然科学系・助教
研究者番号：70452076