

## 研究課題別事後評価結果

### 1. 研究課題名

高温空気燃焼技術を用いた廃棄物・石炭高効率発電

### 2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者	吉川 邦夫	東京工業大学総合理工学研究科	教授
主たる研究参加者	小林 宏充	慶応義塾大学法学部	講師
	加藤 義隆	東京工業大学総合理工学研究科	博士課程
	守富 寛	岐阜大学大学院工学研究科	教授
	義家 亮	岐阜大学大学院工学研究科	助手
	成瀬 一郎	豊橋技術科学大学工学部	助教授
	石井 徹	石川島播磨重工業電力事業部	課長

### 3. 研究内容及び成果

本研究は、研究代表者が提唱した高温空気燃焼技術を用いた廃棄物・石炭高効率発電システムについての実証的研究である。このシステムでは、高い発熱量の燃料ガスを得るために経済性の点で問題となる酸素を使用せずに、1000℃程度に予熱された高温空気あるいは高温水蒸気で固体燃料をガス化し、その発生ガスを利用する。低環境負荷かつ低コストの小型ガス化発電システム（MEETシステム）である。本研究では、石炭、各種廃棄物・バイオマスなどの固体燃料を対象とした。

このシステムでは、ガス化炉内で高温空気あるいは高温水蒸気でガス化された固体燃料から、高温の粗ガスが生成され、灰分はガス化炉内で高温焼成灰あるいは熔融灰となって炉外に取り出される。粗ガスは、熱回収を行った後に、ガス精製によって、環境汚染物質（塩素、硫黄、煤塵、重金属など）を除去し、発熱量が1000～1500kcal/Nm<sup>3</sup>程度の低発熱量のクリーンな燃料ガス（低カロリーガス）を得る。得られた燃料ガスの一部を燃焼させて高温熱交換器にてガス化用の高温空気/水蒸気を生成し、残りの燃料ガスを高温空気燃焼低NOxボイラでの蒸気発生やエンジン発電機での発電に供することを構想している。

本研究プロジェクトは、全体が「基盤研究」と「実証研究」に大別される。「基盤研究」では、高温ガス精製などの基礎研究段階にあるコンポーネントの研究開発および、MEETシステムにかかわる基礎的な物理現象（高温熱分解、NOx発生抑制、重金属の挙動、灰の挙動など）の解明を行った。また、「実証研究」では、固体燃料を高温空気中で灰溶解一段ガス化するMEETシステムおよび、固体燃料を熱分解ガス化した後に高温水蒸気/空気を用いて改質を行う二段ガス化方式のSTAR-MEETシステムの技術実証を行った。その結果、これまで不可能とされてきた、1t/日～数十t/日規模の小型廃棄物発電が可能であることを実証した。この研究成果は、今後、焼却処理や埋立処理以外の適切な処理法がなかった産業廃棄物や一般廃棄物あるいはバイオマス資源の有効利用に広範に利用されていくことが期待できる。

以下、研究成果を分説する。

#### （1）灰溶解MEETシステムの実証研究（MEET実証研究グループ、燃焼・ガス化グループ、熔融灰研究グループ、高温空気燃焼グループ、高温空気燃焼解析グループ、MEETフィールドテストグループ）

燃料供給量が200kg/日規模のMEET-I装置、燃料供給量が4t/日規模のMEET-II装置および、燃料供給量が2t/日規模のMEET-S装置で、順次技術実証を行った。

本プロジェクトの中核設備であるMEET-II装置の主要な開発対象要素機器は、ペブル床ガス化炉、高温空気加熱器、高温空気燃焼ボイラ、混焼ディーゼルエンジン発電機である。微粉炭および微粉碎した木質ペレットを燃料とする実験を実施して、各要素機器の性能実証および、システムとしての運転実証を行った。その結果、灰溶解を行いながら、目標とする1000kcal/Nm<sup>3</sup>以上の発熱量を持つクリーンなガスの生成に成功した。得られた各機器の性能からMEET-II規模のシステム全体の熱効率を評価したところ、ペブル床ガス化炉のチャーリサイクルを実施すれば、75%という高い熱効率（電力16%、回収熱59%）を持つ、コージェネレーションシステムが実現できることを明らかにした。

#### （2）STAR-MEETシステムの実証研究（MEET実証研究グループ）

MEETシステムのガス化部分を一段ガス化ではなく、既存の熱分解ガス化炉をベースとして、生成される熱分解ガス中のタール分を高温水蒸気/空気の混合気で改質するという二段ガス化方式のSTAR-MEETシステムを考案し、実証プラント（処理容量50kg/時）を建設した。本実証プラントでは、これまで、ゴム端材、木屑、廃塗料かす、ポリエチレンフィルム、皮革屑、パルプスラッジ、RDF、肉骨粉など、様々な廃棄物の実験を行ってきたが、廃棄物の性状に応じて、600~1700kcal/Nm<sup>3</sup>の発熱量を持つクリーンな改質ガスが得られ、混焼ディーゼルエンジンでの軽油との混焼比率を調整することにより、どのような発熱量のガスであっても、安定した高効率発電が可能であることを実証した。

### (3) 高温場での固体燃料の熱分解ガス化挙動の研究（高温熱分解研究グループ）

廃棄物の種類に応じて、その熱分解挙動は大きく異なる。本研究では、熱天秤（TGA）と示差熱計（DSC）を用いて、種々の昇温速度の下で、窒素雰囲気中で、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリ塩化ビニルおよびセルロースの熱分解実験を行った。その結果、これらの物質の熱分解に必要なエネルギー量は、各物質が持つ化学エネルギーの量に比べて極めて小さく、熱分解ガス化が廃棄物からのエネルギー抽出手段として有効であることを確認した。

### (4) 溶融炭酸塩を用いた高温ガス精製方式の研究（高温ガス精製研究グループ）

MEETシステムの発電効率を向上させるためには、なるべく生成ガスを高温で精製することが望ましい。そこで、溶融炭酸塩膜を用いた新規な高温ガス精製方式を考案し、その原理検証を行った。これは、溶融炭酸塩膜の片面に硫化物を含むガス化ガスを、裏面にCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oを含むキャリアガスをそれぞれ流通させて、ガス化ガス中の硫化物を硫化物イオンとして膜を通し、キャリアガス中に移動し搬出するもので、従来のものよりコンパクトなガス精製システムが期待できる。実験の結果、濃度0.7%の供給硫化物が50%以上脱硫されること、キャリアガス側のCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oの分圧をガス化ガス側よりも高くすることにより硫化物を少なくとも2倍以上濃縮して除去可能であることを実証した。

### (5) 高温燃焼排ガス中からの有害ガス・微量金属の分離回収に関する基礎研究（高温燃焼ガス分析グループ）

本研究では、燃焼ガス中に含まれる微量重金属等の有害物質に対して、放出挙動の評価、連続モニタリング技術の開発、捕捉剤粒子を用いた分離回収技術の開発、等に関する基礎研究を行った。またCa系鉱物に関わる塩化水素の吸収・放出特性を明らかにした。

### (6) 高温固体燃料反応場における灰・NO<sub>x</sub>の挙動解明に関する研究（灰・NO<sub>x</sub>挙動研究グループ）

本研究では、MEETシステムの高温空気燃焼ボイラにおける窒素含有化学種を含むガス化ガスの高温空気燃焼場でのNO<sub>x</sub>生成特性および石炭・廃棄物等の高温空気部分燃焼・ガス化プロセスにおける灰の挙動に関して焦点を合わせ基礎的な研究を実施した。

## 4. 事後評価結果

### 4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

本研究は、従来は実現できなかった低発熱量の廃棄物等についての熱分解ガス生成を可能とし、同時に、発生させたガスの改質処理を可能とする廃棄物処理システムの開発を目指したものである。実用化に近い技術だけに、多くの企業から研究参加者の協力を得ることができ、効果的に研究が進められた。

これらの研究に関して、論文発表18報、国際会議100報、口頭発表71報など大に行われた。世界の高温空気燃焼分野での学会等における研究代表者のリーダーシップについては特筆できる。また、重要な技術について、特許出願10件を行っている。そのうち、2件は海外に出願した。

ライセンス対象となる研究成果であるため、科学技術振興事業団は、新技術説明会を開催し、研究成果の公表を行った。その結果、複数のライセンス交渉がなされていることが特筆される。

### 4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

本研究は、研究代表者らが提唱した大中容量に適した一段ガス化のMEETシステム及び小容量に適した二段ガス化方式のSTAR-MEETシステムについての実証的研究である。

研究代表者らはこれらのシステムについて、ペブル床ガス化炉、改質炉などを組み工夫をこらした試験装置

を具体的に設計・製作した上で実証確認を行った。実用化の可能性のあるいろんなアイデアを考え、実行したことが特筆できる。

廃棄物処理においては、現在、各種大型炉により高温処理が相当進んできたが、その立地難などから、小型分散型を指向した小型炉による廃棄物処理の方法もまた社会の重要なニーズとなりつつある。この意味で、本研究はこの両端についてタイミングよくなされたもので、その研究成果は社会に貢献できる技術として高く評価できる。

本研究は実用化に近い技術であるが、対象とする廃棄物も種類が多いため、それらのすべてについての科学的研究、実用化研究はいまだ不十分とおもわれる。従って、今後、いろんな素過程の解明とその対処技術の確立、システム化の継続研究が必要とおもわれる。今後、これらの面での研究の進展を大いに期待したい。

研究代表者は、平成12年8月に人事院の許可を得てベンチャー企業「株式会社 エコミート・ソリューションズ」を設立し、当該研究成果である小型廃棄物ガス化発電システムの事業の実用化を目指している。実用化にむけた今後の活躍を期待したい。

#### 4 - 3. その他の特記事項（受賞歴など）

国際シンポジウムを5回開催した。高温空気燃焼技術は日本発の技術として世界で注目されているだけに、米国、欧州などの専門家との間で活発な研究交流が特徴的であった。

研究代表者は本研究の成果に関して、11年8月に米国航空宇宙学会(AIAA)Best Paper Award、13年11月に米国機械(ASME)James Harry Potter Gold Medalを受賞した。

[<<環境低負荷トップ](#)

---

This page updated on September 12, 2003

Copyright(C)2003 [Japan Science and Technology Corporation](#)