

「環境低負荷型の社会システム」

平成9年度採択研究代表者

吉川 邦夫

(東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授)

「高温空気燃焼技術を用いた廃棄物・石炭高効率発電」

1. 研究実施の概要

本研究は、我が国で開発された高温空気燃焼技術を用いて、廃棄物や石炭などの環境負荷の高い燃料に適用可能な、高効率、低環境負荷、しかも低コストの分散型発電システム（MEET システム）を開発することを目的とする。本発電システムでは、1000℃以上に加熱された高温空気で固体燃料を灰溶融ガス化し、生成ガス中の環境汚染物質を除去した後に、生成ガスを再び高温空気で低 NO_x 燃焼させて、ボイラでの蒸気発生や、ガスタービンの駆動を行う。

これまでは、東工大に設置された MEET-I 装置（燃料処理量 200kg/日）で、MEET システムの主要なコンポーネントであるペブル床灰溶融ガス化炉、高温空気加熱器および高温空気燃焼ボイラの性能実証を行った。その成果は多数の学術論文や学術講演のみならず、複数回の新聞報道がなされ、NHK 教育テレビ「サイエンスアイ」でも紹介された。

今後の予定としては、平成11年度末までに、横浜市共同研究センターに MEET-II 装置（燃料処理量 2～4 トン/日）が完成し、MEET システムの実証運転に入る。これは実用機の規模であり、実証運転に成功すれば、廃棄物処理と省エネルギーを同時に達成できる設備として、事業所で発生する産業廃棄物の処理から早期の実用化が望まれる。

2. 研究実施内容

本研究プロジェクトは、廃棄物や石炭、バイオマス、残さ油など、どのような低質な固体燃料に対しても、ほぼ同様な機器構成で対応でき、環境負荷を最低限に抑えながら高効率の発電が行える、安価かつコンパクト、しかも信頼性の高い画期的な分散型発電システムの開発を目的とするものである。開発の目標となるシステムが、燃料の持つ熱エネルギーを多段階で抽出し、利用することを特徴とするものであることから、以下本プロジェクトを MEET (Multi-staged Enthalpy Extraction Technology) プロジェクトと呼ぶ。

MEET システムの概要を図 1 に示す。高温空気と共にペブル床ガス化炉に投入

される固体燃料は、極めて短時間のうちにガス化され、燃料中の灰分は熔融状態で取り出され、無害化される。生成ガスは、排熱回収ボイラや冷却器を経て一旦冷却した後に、ガス精製装置内でイオウや塩素、煤塵、重金属などの環境汚染物質を除去し、精製ガスとする。この精製ガスの一部を高温空気加熱器内で燃焼させて、ハニカム蓄熱体を加熱し、その蓄熱体に常温の空気を通して、1000℃に予熱された高温空気を作り、ペブル床ガス化炉に吹き込む。残りの精製ガスは、工業炉やボイラあるいは発電システム用の燃料ガスとして利用でき、プロセス加熱や発電など、様々な用途に利用できる。その際に、精製ガスを高温空気燃焼すれば、特に脱硝装置を設けなくても、燃焼排ガス中の NO_x 濃度の低減を計ることができる。ガスタービンやガスエンジンさらには、スターリングエンジンなど、小規模発電システムと組み合わせることで、コンパクトな分散型発電をめざす。

本システムはまた、以下の理由から、廃棄物を燃料とする際のダイオキシンの発生防止にも極めて有効である。すなわち、1) ガス化炉は、高温還元雰囲気であるため、ダイオキシン発生はほとんどない。2) 精製ガスを燃焼させる際には、すでに塩素が大部分除去されているため、ダイオキシンが発生する可能性は少なく、また、高温空気燃焼では、僅かなダイオキシンがあっても分解される。3) 燃焼排ガスからの熱回収の際にダイオキシンが再合成される恐れがあるため、通常は大量の水を噴霧して燃焼排ガスを急冷させ、熱回収を犠牲にしているが、高温空気燃焼では、燃焼排ガスが空気を予熱するためのハニカム蓄熱体を通過する過程で急冷されるため、効果的な熱回収を行いながら、ダイオキシンの再合成を防ぐことができる。

本プロジェクトは、全体が「基盤研究」と「実証研究」に大別される。「基盤研究」では、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 プロジェクトにかかわる基礎的な物理現象（NO_x 発生抑制、重金属の挙動、熔融灰の挙動など）の解明に重点が置かれる。「実証研究」は、MEET システムの技術実証をめざすもので、燃料供給量が 200kg/日規模の MEET-I 装置（写真 1）と、燃料供給量が 2～4 トン/日規模の MEET-II 装置（図 2）に分かれる。MEET-I 装置は、その主要機器を平成 9 年度中に東工大長津田キャンパスに整備済みで、MEET システムの主要コンポーネントをすべて備え、コンポーネント単体の性能実証とシステムとしての基本的な性能の把握を目的とする実験が進行中である。これまでの成果としては、ペブル床ガス化炉では、1) 高温空気を用いることによる、固体燃料の燃焼およびガス化反応の促進効果の実証、2) 極めて短いガス滞留時間での高いガス化効率の実証、3) 熔融灰の高効率の連続的な捕獲と抽出の実証、4) 熔融スラグの無害性の実証、5) 特にダイオキシン低減対策なしでの 0.1 ng-TEQ/m³N という新設の大型焼却炉に適用されるダイオキシン排出量規制値のクリア、などがあげられる。また、高温空気加熱器では、1000℃のほぼ一定温度、一定流量の高温

空気の生成に成功し、高温空気への燃焼ガスの漏れ込みもないことを明らかにした。さらに、高温空気燃焼ボイラでは、1) 均一な温度場の生成の実証、2) 低 NO_x 燃焼の実証、3) 低発熱量ガスの有効な燃焼の実証、などを行った。

一方、MEET-II 装置は、MEET システムの実用化に必要なエンジニアリングデータの取得を目的とする。本設備は、平成 11 年度中に横浜市共同研究センターに設置する予定で、産官学が協力して、その建設と運転にあたる。研究者、メーカーおよびユーザーが三位一体となって研究プロジェクトに参加する体制を大きな特長とする。MEET-II 装置での所定性能の実証後は、ただちに実用機の建設が期待される。

図 1 : MEET システム

図 2 : MEET-II 装置の鳥瞰図

写真 1 : MEET-I 装置の全景

3. 主な研究成果の発表（論文発表）

- Kunio YOSHIKAWA: R & D on Solid Combustion / Gasification Using High Temperature Air: 2nd International Symposium on Advanced Energy Conversion Systems and Related Technologies (RAN 98): 16~17 (1998)
- 小林宏充、吉川邦夫、塩田進：高温空気をを用いた石炭・RDF ガス化発電システムの研究開発（その 1：発電システムの検討）：第 6 回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集：98 巻 [17] 225~230 (1998)
- 小坂仁、岩橋崇、吉田延弘、辻潔、吉川邦夫、氣賀尚志、玉蟲文彦、牧野啓二、小林宏充：高温空気をを用いた石炭・RDF ガス化発電システムの研究開発（その 2：高温空気吹きガス化炉の開発）：第 6 回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集：98 巻 [17] 231~235 (1998)
- 岩橋崇、小坂仁、吉田延弘、辻潔、吉川邦夫、持田普、松尾護、保田力、坂井勝、村松清貴、小林宏充：高温空気をを用いた石炭・RDF ガス化発電システムの研究開発（その 3：高温空気予熱器・高温空気燃焼ボイラの開発）：第 6 回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集：98 巻 [17] 236~240 (1998)
- 吉田延弘、岩橋崇、小坂仁、辻潔、吉川邦夫、山下慶次郎、村田圭治、中田裕二：熔融炭酸塩を用いた高温脱硫：第 6 回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集：98 巻 [17] 254~258 (1998)
- Kunio YOSHIKAWA: Combustion and Gasification Using High Temperature Air: POWER-GEN ASIA 1998 CONFERENCE PAPERS: 555~562 (1998)
- Hitoshi KOSAKA, Takashi IWAHASHI, Nobuhiro YOSHIDA, Kiyoshi TSUJI, Kunio YOSHIKAWA, Takashi KIGA, Fumihiko Tamamushi, Kenji MAKINO

- and Hiroshi OONISHI: High Efficiency Power Generation from Coal and Wastes Utilizing High Temperature Air Combustion Technology (Part I : Performance of Pebble Bed Gasifier for Coal and Wastes): 1998 International Joint Power Generation Conference: ① 483～488, (1998)
- Takashi IWAHASHI, Hitoshi KOSAKA, Nobuhiro YOSHIDA, Kiyoshi TSUJI, Kunio YOSHIKAWA, Susumu MOCHIDA, Mamoru MATSUO, Tsutomu YASUDA, Masaru SAKAI and Kiyotaka MURAMATSU: High Efficiency Power Generation from Coal and Wastes Utilizing High Temperature Air Combustion Technology (Part II : Thermal Performance of Compact High Temperature Air Preheater and MEET Boiler): 1998 International Joint Power Generation Conference: ① 489～494, (1998)
- R. HANAOKA, M. NAKAMURA, T. KIGA, H. KOSAKA, T. IWAHASHI, K. YOSHIKAWA, M. SAKAI, K. MURAMATSU and S. MOCHIDA: Combustion and Gasification Characteristics of Pulverized Coal Using High-Temperature Air: 1998 International Joint Power Generation Conference: ① 495～500, (1998)
- 吉川邦夫：高温空気を用いた廃棄物の燃焼／ガス化（その１：廃棄物燃焼／ガス化システム）：第 35 回日本伝熱シンポジウム講演論文集：① 65～66 (1998)
- 小坂仁、岩橋崇、吉川邦夫、持田普、坂井勝、村松清貴：高温空気を用いた廃棄物の燃焼／ガス化（その２：コンパクト高温空気予熱器の開発）：第 35 回日本伝熱シンポジウム講演論文集：① 67～68 (1998)
- 岩橋崇、小坂仁、吉川邦夫、松尾護：高温空気を用いた廃棄物の燃焼／ガス化（その３：高温空気燃焼炉の伝熱特性）：第 35 回日本伝熱シンポジウム講演論文集：① 69～70 (1998)
- 吉川邦夫：高温空気燃焼技術を用いた廃棄物・石炭高効率発電：平成 10 年電気学会全国大会講演論文集：⑦ S.31-13 S.31-16 (1998)
- Kunio YOSHIKAWA: High Efficiency Power Generation from Coal and Wastes Utilizing High Temperature Air Combustion Technology (Part I : System and Overview of the 5 Years Demonstration Project): The 1998 International Symposium on Advanced Energy Technology Proceedings: 439～446 (1998)
- H. KOSAKA, T. IWAHASHI, N. YOSHIDA, K. TSUJI, K. YOSHIKAWA, T. KIGA, F. Tamamushi, K. MAKINO and H. OONISHI: High Efficiency Power Generation from Coal and Wastes Utilizing High Temperature Air Combustion Technology (Part II : Performance of Pebble Bed Gasifier for Coal and Wastes): The 1998 International Symposium on Advanced Energy

Technology Proceedings: 447~454 (1998)

- T. IWAHASHI, N. YOSHIDA, H. KOSAKA, K. TSUJI, K. YOSHIKAWA, S. MOCHIDA, M. MATSO, T. YASUDA, M. SAKAI and K. MURAMATSU: High Efficiency Power Generation from Coal and Wastes Utilizing High Temperature Air Combustion Technology (PartIII: Performance of Pebble Bed Gasifier for Coal and Wastes): The 1998 International Symposium on Advanced Energy Technology Proceedings: 455~462 (1998)
- N. YOSHIDA, T. IWAHASHI, H. KOSAKA, K. TSUJI, K. YOSHIKAWA, K. YAMASHITA, K. MURATA and M. HORI: High Efficiency Power Generation from Coal and Wastes Utilizing High Temperature Air Combustion Technology (PartIV: Desulfurization Using Molten Salt Carbonate): The 1998 International Symposium on Advanced Energy Technology Proceedings: 463~470 (1998)

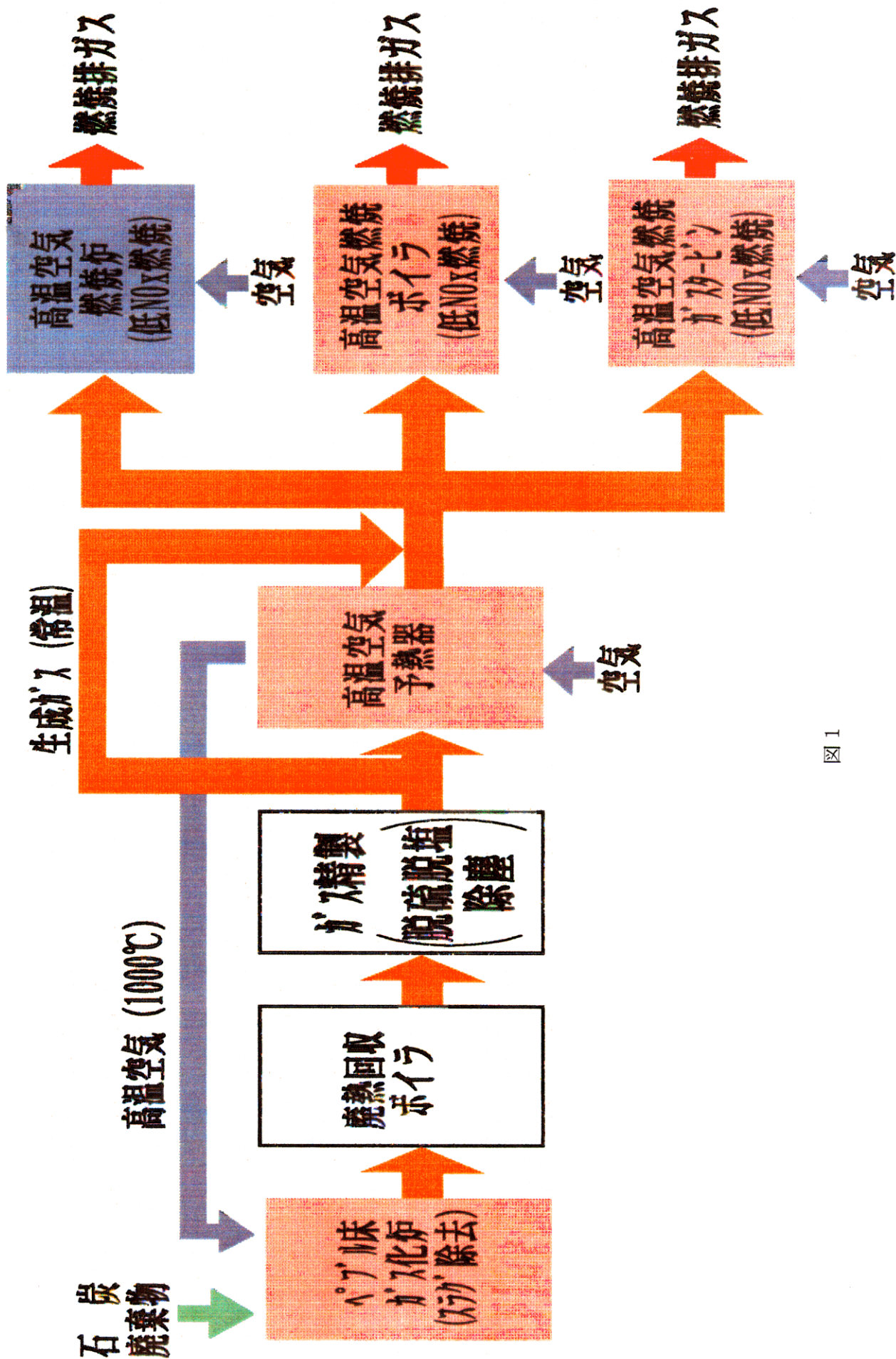
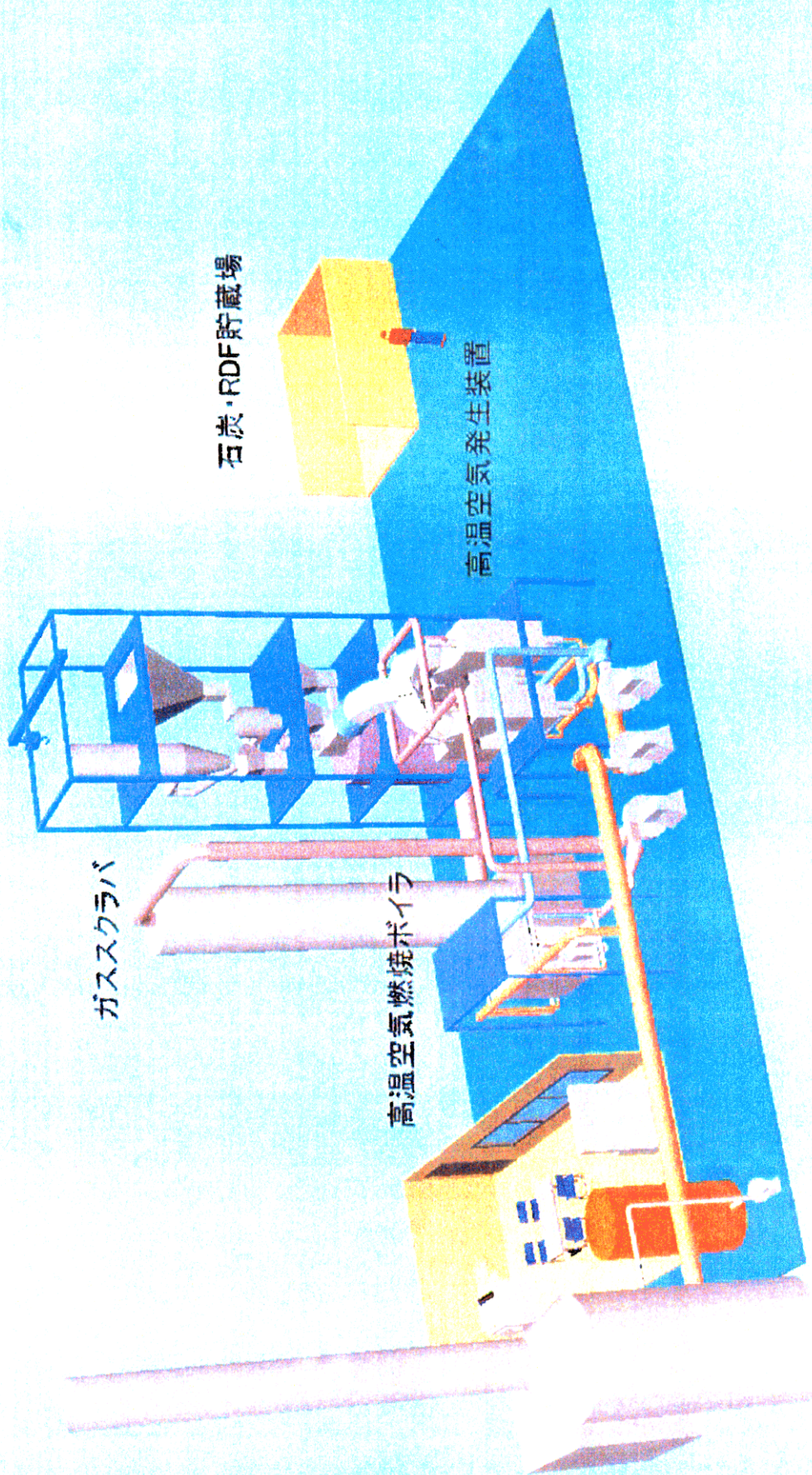


図 1

ペブル床ガス化装置



脱硫装置

MEET-IIシステム

横浜市共同研究センターに設置する実証プラント
(廃棄物処理量4t／日、平成12年3月完成予定)

図2 MEET-II 実証プラント



写真 1