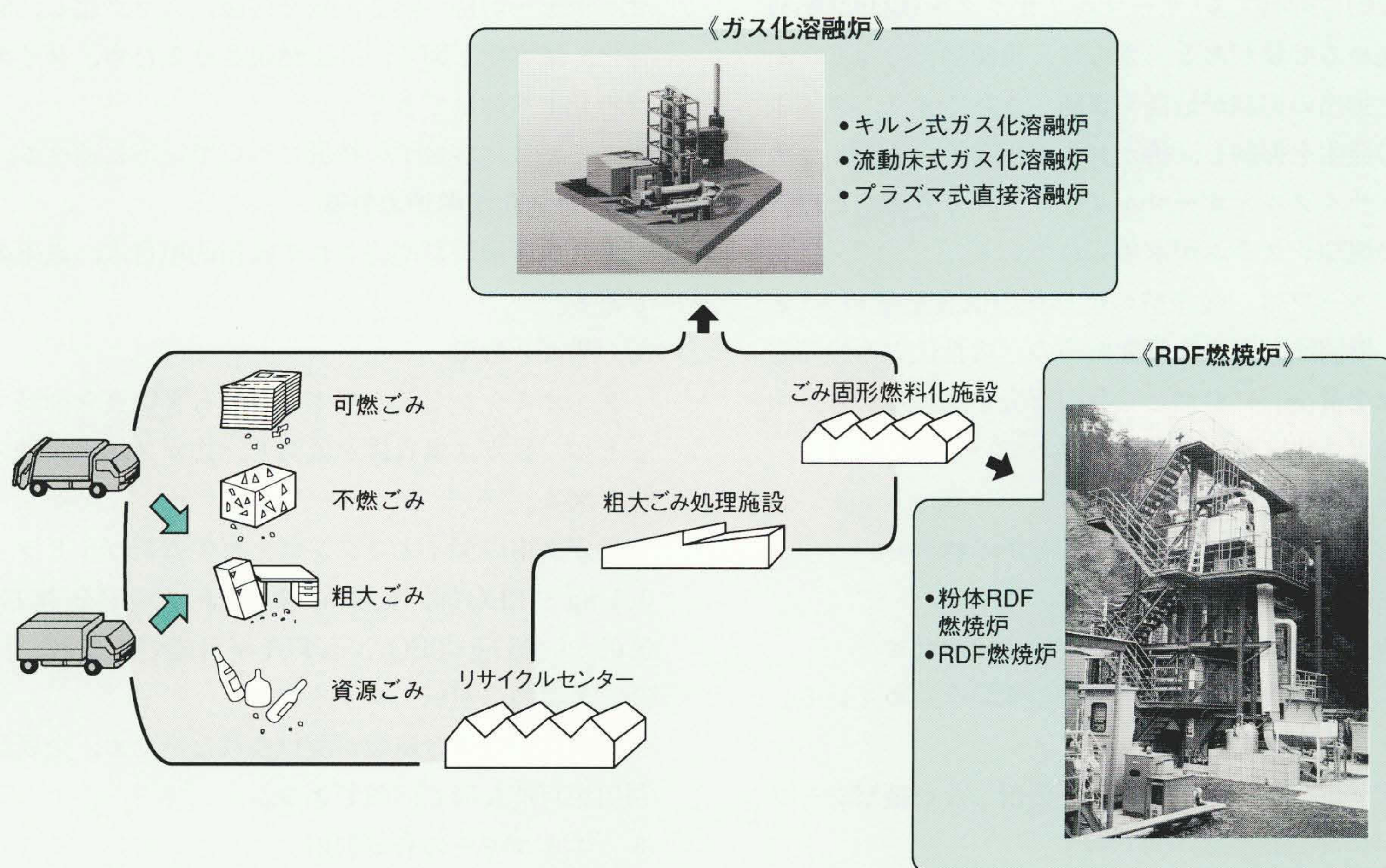


次世代型廃棄物処理システム

—環境負荷が少ない高効率廃棄物処理技術—

Next-Generation Waste Treatment Systems

中平敏雄 Toshio Nakahira 守 秀治 Hideharu Mori
大橋 悟 Satoru Ôhashi 藤田永治 Eiji Fujita



注：略語説明 RDF (Refuse Derived Fuel；ごみ固形化燃料)

次世代型廃棄物処理システムのコンセプト

廃棄物の広域処理に適したRDFとガス化溶融炉を活用した、次世代型廃棄物処理システムのコンセプトを示す。

わが国では、一般廃棄物の約75%が焼却処理されている。最近、この焼却処理に関連して、排ガス中のダイオキシンの発生抑制と焼却灰の無害化、減容化が強く求められている。日立グループは、これらの問題点を一挙に解決する技術として、ガス化溶融炉の開発を進めている。

ガス化溶融炉では、得られたチャーを空気比1.2~1.3で高温燃焼するため、従来の燃焼に比べて排ガス量も少なく、ダイオキシンの発生を低減するとともに、ごみ自体が持つ熱エネルギーで焼却残渣(さ)を溶融固化し、減溶、無害化することが可能となる。ガス化溶融炉の形式には、(1)キルン式、(2)流動床式、(3)直接溶融式があり、

これら3種類のガス化溶融炉の開発を、日立グループ各社で分担して進めている。

一方、ダイオキシンの発生抑制に対しては、廃棄物処理の区域を広域化し、設備を大型化して、効率的に進めることが厚生省から指導されている。RDF (Refuse Derived Fuel：ごみ固形化燃料)は、ごみを減容化、減量化できるため、輸送性を向上させることができ、広域化に適している。日立グループは、高効率発電が可能な中・大型のRDF燃焼炉とともに、小規模利用に適した粉体RDF燃焼炉を開発している。

1 はじめに

わが国では、従来、可燃性の廃棄物に対しては、主に焼却処理を行ってきた。近年は、最終処分場の不足から、不燃物として最終処分されていたごみに含まれる金属の再利用や、焼却灰のスラグ化による再利用を目的とした「マテリアルリサイクル(物質としての再利用)」が求められている。同時に、地球温暖化防止の観点から、CO₂の発生を間接的に抑制する「サーマルリサイクル(焼却廃熱利用)」も進める必要がある。さらに、規制強化の下でダイオキシン排出の抑制が最優先課題とされており、ダイオキシンの発生を抑制し、排ガス量も少なく、また、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルも考慮した、次世代型の焼却システムが求められている。

日立グループは、従来型の焼却炉の改良を進めると同時に、財団法人廃棄物研究財団の「次世代ごみ焼却施設の研究委員会」に参加して共同研究を進めながら、次の2種のガス化溶融炉の開発を進めている。

(1) キルン式ガス化溶融システム

キルン式のガス化炉と旋回式溶融炉の組合せ

(2) 流動床式ガス化溶融システム

流動床式のガス化炉と旋回式溶融炉の組合せ

また、独自に次のガス化溶融炉の開発を進めている。

(3) プラズマ式直接溶融炉

プラズマ炎による、コークスを使用しない縦型シャフト炉

一方、ごみの減容化、減量化が可能で、廃棄物の広域処理に適しているとして注目されているRDF(Refuse Derived Fuel:ごみ固形化燃料)の有効利用に対しても、次の開発を進めている。

(1) RDF燃焼炉

性状の異なるRDFに対応でき、高効率発電が可能な流動床式RDF燃焼炉

(2) 粉体RDF燃焼炉

ダイオキシンの発生を抑制し、灰の溶融が可能な小型RDF燃焼炉

日立グループは、これらの個々の技術の特徴を踏まえて、種々の顧客ニーズに適合したシステムを提案する。

ここでは、日立グループの次世代型廃棄物処理システムについて述べる。

2 ガス化溶融炉

日立グループは、ごみ質や土地の制約条件、廃熱の利

用方法など採用先の条件によって方式を適切に選択できるように、グループ各社で3方式を分担して開発を進めている。

ガス化溶融炉は、(1)ガス化工程と、(2)溶融工程から成る。

ガス化工程では、ごみを無酸素または低酸素状態で、400～600℃の温度で熱分解し、可燃性ガスと熱分解残渣(チャー)に分離する。

溶融工程では、チャーを高温(1,300℃以上)で燃焼させ、チャーが持つ熱で、灰を溶融、スラグ化し、灰の無害化、減容化を図る。高温燃焼させるため、ダイオキシンの発生も抑制できる。

このガス化溶融炉の特徴について以下に述べる。

2.1 ガス化溶融炉の特徴

ガス化溶融炉に期待される技術的項目は、以下の3点である。

(1) 排ガス対策

ダイオキシンなどの排ガス中の有害物質を削減するとともに、排ガス量自体を低減し、排ガス処理設備の合理化を図る。

排ガス中のダイオキシンは、厚生省新ガイドラインの0.1 ng-TEQ(毒性等価換算値)/Nm³を達成し、0.01～0.05 ng-TEQ/Nm³以下が可能である。

(2) 金属類の回収・リサイクル

ガス化炉では金属類が酸化されないため、金属類を再利用が可能な形で回収できる。

(3) エネルギーの有効利用

ごみが持っている自己熱を最大限に利用し、システム中の補助燃料などの外部エネルギーの使用量を削減するとともに、焼却灰を減容、無害化する。さらに、廃熱を有効に活用して、高い発電効率を得る。

日立グループが開発中の3種類のガス化溶融炉は、表1に示すような特徴を持っている。

表1 各方式のガス化溶融炉の特徴
各種ガス化溶融炉の特徴を示す。

炉の方式 項目	キルン式	流動床式	プラズマ式 直接溶融炉
廃棄物投入方法	破碎処理が必要	破碎処理が必要	そのまま投入
外部エネルギー	不要	不要。ただし、ガス化炉内で一部燃焼するため限界値あり。	定常的に使用
回収金属	未酸化、種別回収	一部酸化、種別回収	合金回収
設置スペース	やや横長	従来炉並み	従来炉並み

2.1.1 ガス化炉

廃棄物を低い温度(450～600℃)で、無酸素の還元雰囲気の中で熱分解させる。この過程で、廃棄物を可燃性の熱分解ガスと、同じく可燃性の熱分解残渣(チャー)に変換する。キルン式や流動床式のガス化炉では、チャーから金属類を分離回収する。ガス化炉の運転温度が低くて還元雰囲気であるため、金属類を未酸化の状態で回収し、再利用することができる。

プラズマ式直接溶融炉では、金属精錬に用いる溶鋇炉とキューポラの技術を用いており、ガス化炉と溶融炉を一体化している。金属は溶融し、合金として回収する。

2.1.2 溶融炉

キルン式、流動床式ガス化溶融炉ともに、溶融炉には多方面で運転実績のある旋回溶融炉を用いている。

キルン式の溶融炉では、チャーを低い燃焼空気比で燃焼させることが可能となるため、ダイオキシン分解、廃棄物中の灰分の溶融スラグ化が十分に可能で、1,300～1,400℃という温度にまで燃焼温度を上昇させることができる。この結果、排ガス中のダイオキシン濃度を従来の焼却施設に比べて著しく低減した。さらに、補助燃料すなわち外部エネルギーを使用することなく焼却残渣のスラグ化を可能にするとともに、排ガス量自体も著しく低減している。

流動床式の溶融炉では、熱分解ガスとチャーを1,300～1,400℃で燃焼し、灰分を溶融スラグ化する。発熱量の低いごみの場合、補助燃料が必要となる。

それぞれの方式について以下に述べる。

2.2 キルン式ガス化溶融炉

キルン式ガス化溶融炉のシステムフローを図1に示す。

投入したごみを乾燥機で乾燥した後、ガス化炉で熱分解する。熱分解ガスは、ガス化炉の加熱用燃料として活用する。熱分解残渣(チャー)から金属類を回収した後、溶融炉で高温燃焼し、灰をスラグ化する。排ガスからボイラで熱回収して、蒸気を発生させる。排ガスは、処理後に排気筒から大気へ放出する。ガス化炉加熱後のガスは蒸気過熱器の熱源とし、高温・高圧の蒸気で発電に利用する。

2.2.1 システムの特徴

システムの特徴は、次のとおりである。

(1) 乾燥機を採用しており、これによってガス化の前に水分を除去することができるため、キルン方式の弱点とされているガス化炉の長さを削減するとともに、廃棄物中の水分量の変動に影響されない、安定した運転が可能

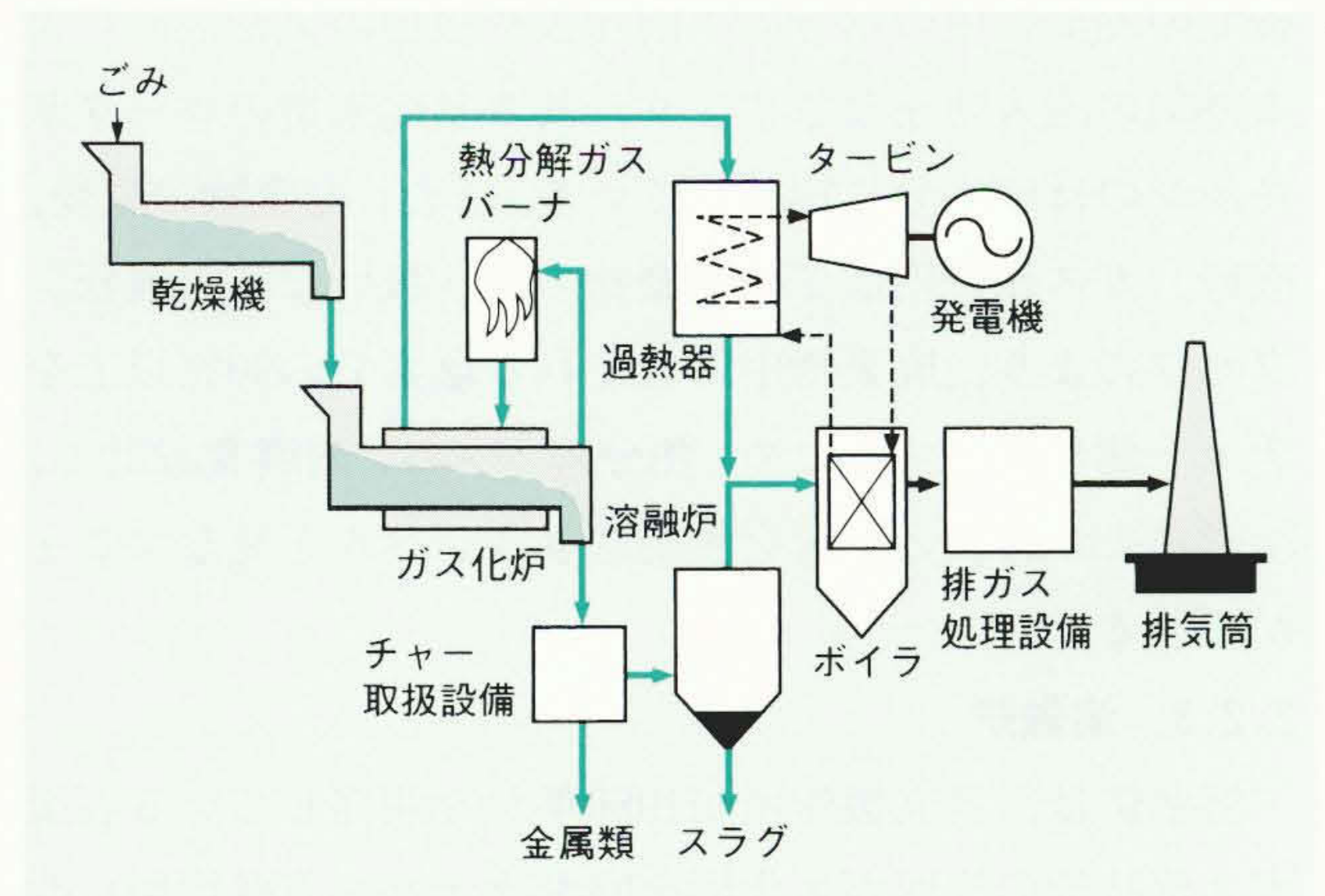


図1 キルン式ガス化溶融炉のシステムフロー

乾燥機を採用してガス化炉を小型化したシステムで、ごみエネルギーの有効活用、高効率発電、金属回収、焼却残渣の高効率スラグ化などが可能である。

である。

(2) ガス化炉内部で熱分解ガス中の塩素分をチャー側に固定させ、脱塩素化(すなわち、高温腐食発生の可能性を回避)した熱分解ガスを燃焼させることによってガス化炉の加熱を行う。さらに、塩素分が少ないので、ガス化炉加熱後の残熱をボイラ蒸気の過熱に用いることにより、発生蒸気条件を大幅に改善する。これにより、エネルギー利用効率と発電効率が大幅に改善できる。なお、ガス化炉内で熱分解ガスから塩素分をチャー側に固定する技術は、ガス化部分の技術導入先の仏ティド(THIDE Environnement)社の独自技術であり、4,000時間以上にもわたるパイロットプラントでの運転実績で実証済みである。

(3) 溶融炉はチャーの専焼炉としている。発熱量が比較的高いことと、燃焼性の安定したチャーを専焼することにより、溶融炉運転の安定性と自燃限界の向上を図っている。また、チャー取扱設備が溶融炉へのチャー供給のバッファの役割を果たすため、運転の安定性がさらに向上する。

(4) 溶融炉は縦型旋回炉とし、スラグを下方に、排ガスを上方にそれぞれ抜き出すことにより、排ガス中へのダストの移行率を低減し、スラグ化率の上昇を図っている。

次に、ガス化溶融炉の主要機器であるガス化炉と溶融炉について述べる。

2.2.2 ガス化炉

キルン式ガス化溶融炉のガス化炉は、ティド社からの導入技術に基づいて設計した、外熱式の間接加熱方式のロータリキルンである。運転温度は約500℃であり、乾燥

機での廃棄物中の水分の事前除去や独自の気密設計による外気の流入防止などにより、長さを従来型のロータリキルンのほぼ半分に短縮している。また、廃棄物の乾燥、破碎、ガス化炉内部での廃棄物の取り扱いなどの運転ノウハウにより、廃棄物中に含まれる塩素分の90%以上をチャー側に固定するため、熱分解ガスは、耐腐食設計上、塩素による腐食の影響を無視できるレベルと見なすことができる。

2.2.3 溶融炉

溶融炉は、日立製作所が1980年から開発している石炭ガス化技術の巡回ガス化炉を廃棄物チャー溶融炉用に改良したものである。この石炭ガス化技術の開発では、50 t/dの実証装置での運転を1994年に完了しており、この運転実績を基に高性能のガス化溶融炉を設計している。

キルン式ガス化溶融炉では、開発目標を設定し(表2参照)、パイロットプラントレベルのもの(ごみ換算実効処理容量3 t/d)を日立製作所日立研究所内に設置し、1997年から試験を進めている。また、茨城県ひたちなか市に20 t/dの実証プラントを建設中である。1999年から1年間の予定で、試運転、実証運転を実施する。

2.3 流動床式ガス化溶融炉

流動床式ガス化溶融炉の実証炉の外観と実機システムフローを図2に示す。投入したごみを乾燥機で乾燥させた後、流動床式のガス化炉に導く。ガス化炉では、600℃、空気比0.3程度の還元雰囲気中でガス化するとともに、金属を回収する。熱分解ガスとチャーを巡回溶融炉で高温燃焼させ、灰をスラグ化する。排ガスによってボイラで蒸気を発生させ、発電する。システムの特徴は次のとおりである。

- (1) ごみ中の金属は、リサイクルに適した未酸化金属として回収できる。
- (2) 熱分解ガスにはボイラチューブ腐食原因となる塩素が少ないため、過熱器を別に設けて高温蒸気を発生させることにより、高効率発電(最高30%)を可能とする。

表2 キルン式ガス化溶融炉の開発目標

環境にやさしく、エネルギー効率が低いことを開発目標に設定している。

項 目	開 発 目 標
ダイオキシン排出値 (煙突出口)	0.01 ng-TEQ/Nm ³ 以下
燃 焼 空 気 比	1.3以下
ス ラ グ 化 率	90%以上
発 電 効 率	30%以上(発電端)

注：略語説明 TEQ(毒性等価換算値)

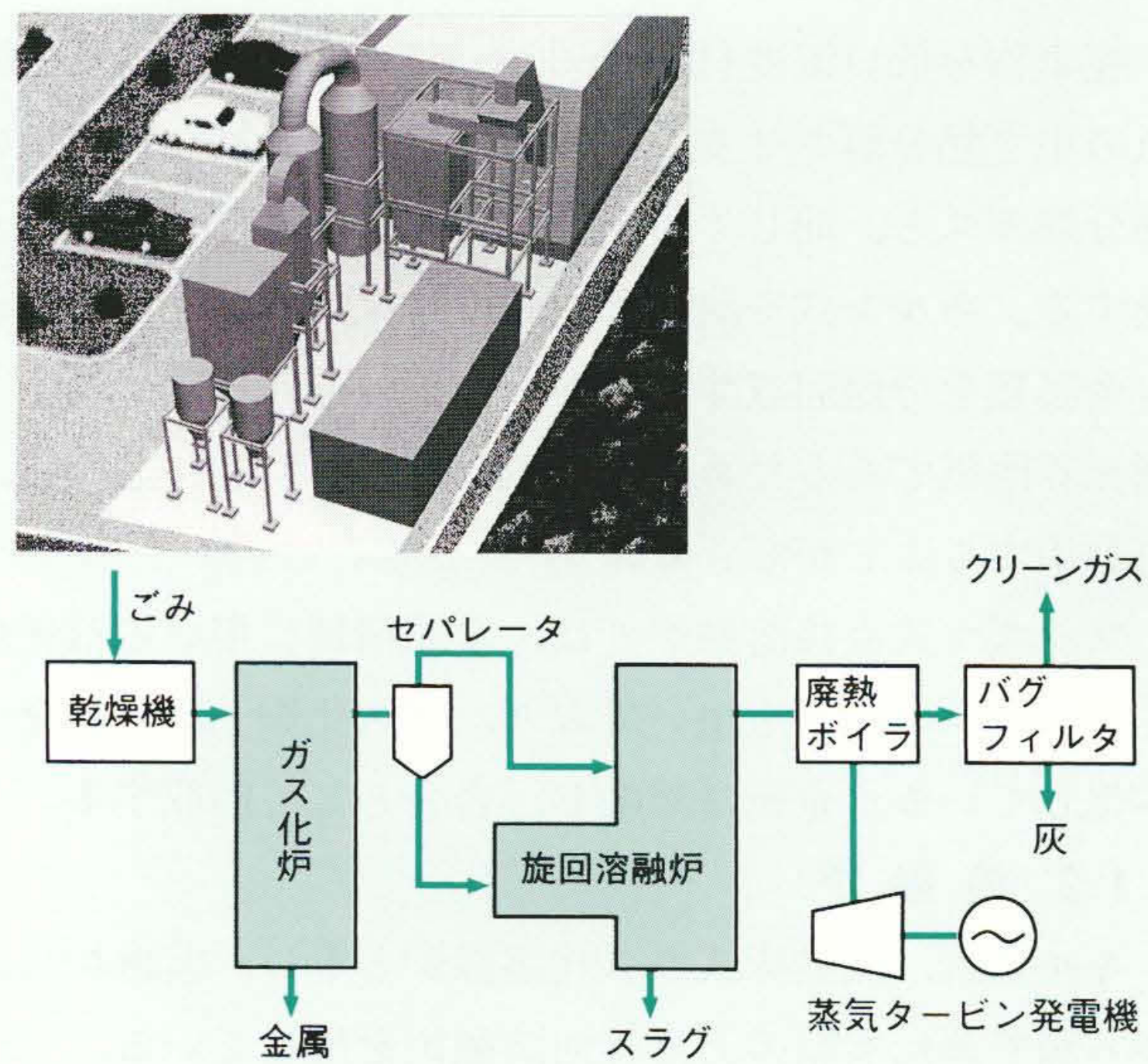


図2 流動床式ガス化溶融炉の実証炉の外観と実機システムフロー
ごみをガス化溶融し、廃熱から電気を回収して、リサイクルに適した金属と溶融スラグを回収する。

- (3) スラグ燃焼に多くの実績を持つ巡回溶融炉により、1,300℃以上で灰を溶融スラグ化する。
- (4) ガス化炉、溶融炉とも負荷が大きくとれるので、サイズをコンパクトにでき、1基当たり400 t/d以上と、従来の流動床炉の2倍以上の大容量化が図れ、また既存建屋を生かして設備を更新することも可能である。

これらの特徴を持った流動床式ガス化溶融炉を、1998年夏の完成予定で広島県竹原市に建設中である。約1年間実証試験を行い、厚生省の認定を得て、製品化する計画である。

2.4 プラズマ式直接溶融炉

プラズマ式直接溶融炉は、コークスを使用しないプラズマ式縦型シャフト炉である。キューボラと同じ構造であり、単体の炉で、ごみの熱分解から二次燃焼、残渣の溶融まで一貫処理できる。縦型シャフト炉は、鉄の溶融をはじめ種々のプロセスで使用されており、応用範囲が広い、実績の多い炉である。この炉は、米国ウエスチングハウス社と共同で開発したものである。

プラズマ式直接溶融炉の模式図を図3に示す。プロセスは次のとおりである。

ごみを投入後、下部の燃焼熱とプラズマ炎の熱でごみを加熱し、還元雰囲気の中で熱分解する。分解ガスは、燃焼空気によって上部の二次燃焼ゾーンで高温燃焼する。

最下部の溶融ゾーンでは、分解残渣であるカーボンや油分を燃焼させ、不燃物をプラズマ炎で溶融し、炉から

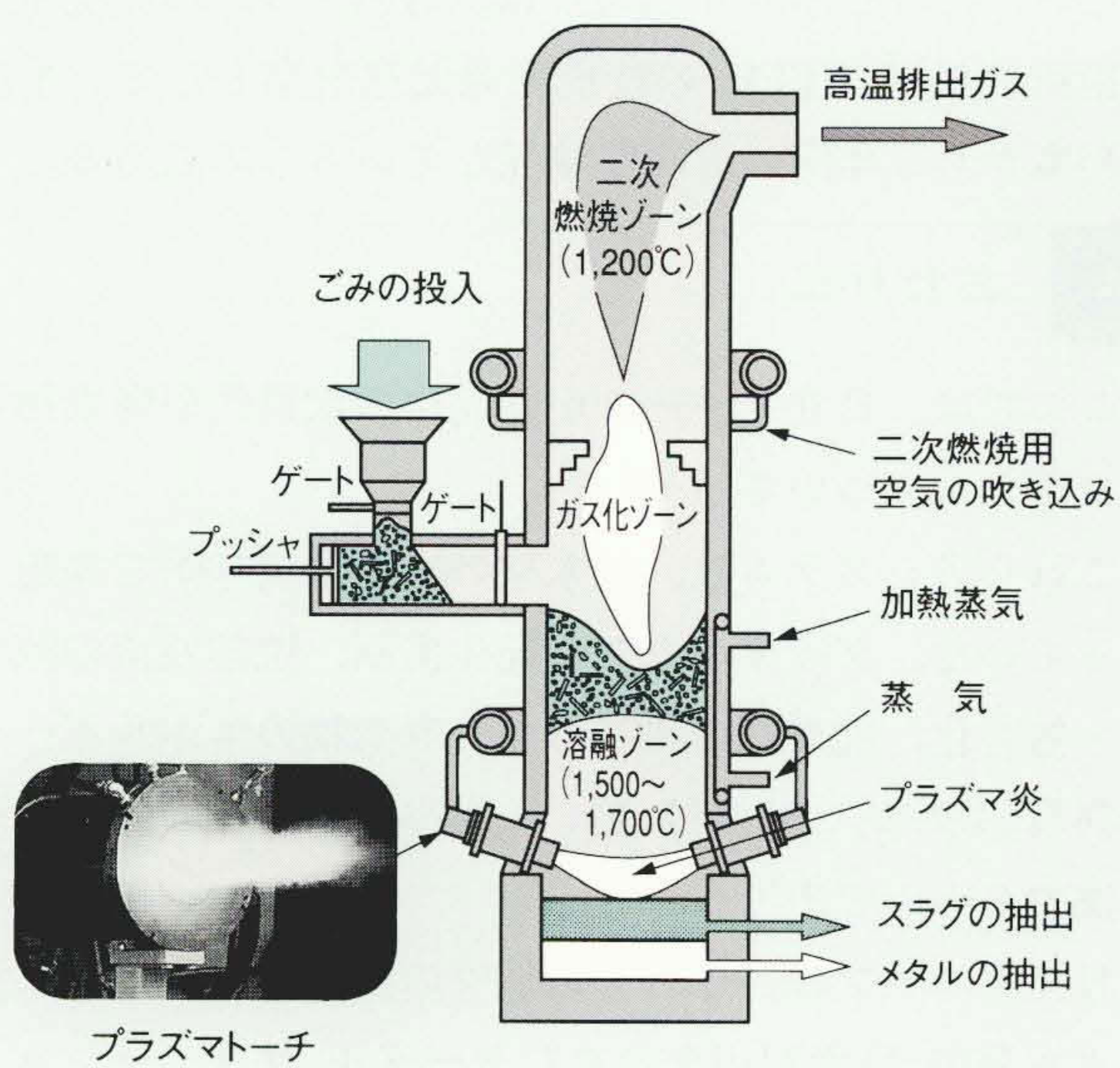


図3 プラズマ式直接溶融炉の概要

コークスや化石燃料を使用せず、従来の直接溶融炉に比べてCO₂の発生が少ないという特徴を持つ。

排出後、冷却してスラグや合金メタルを回収する。排ガスからはボイラで蒸気を発生させ、さらに炉壁で再加熱し、発電効率を高める。

このシステムの特徴は次のとおりである。

- (1) ガス化、溶融、燃焼を1炉で行うため、構造が簡単である。
- (2) 従来の直接溶融炉では、コークスなどを使用するためにCO₂の発生増加が課題であったが、このシステムではコークスや化石燃料を使用しないため、ごみの燃焼に伴って発生するCO₂以上にCO₂を発生させない。一方、プラズマ部に電気が必要であるが、廃熱による自家発電でまかなうことができる。
- (3) 炉の構造が簡単なため、運転操作や維持管理が容易であり、建物をコンパクトにできる。
- (4) プラズマ炎をコントロールすることにより、ごみ質の変動(カロリーなど)にも容易に対応できる。

3 RDF燃焼炉

3.1 RDFの特徴

可燃性の廃棄物は有用なエネルギー資源であるが、小規模処理では連続運転が困難なことや、設備コストが割高になるなどさまざまな問題があり、中・小自治体(特に人口10万人以下)では有効に利用されていないのが現状である。その解決の一方策として、RDF化が推進されている。

RDFは次のような特徴を持っている。

- (1) ごみに比べて貯蔵・輸送性が高く、数か所のRDFを集中させることができる。
- (2) 発生ごみをRDFとして貯蔵することにより、ごみ発生量の変動を吸収でき、年間を通じて安定した発電が行え、電力需要に合わせた運転が可能となる。

これにより、小規模であるがために発電に利用できなかった廃棄物を発電燃料に利用することができるようになる。

一方、離島や山間部など、RDFの輸送が困難な場所では、小規模なRDF利用方法も必要とされる。

日立グループは、小規模から大規模まで対応できるRDF利用システムの開発を各社が分担して進めている。

3.2 RDF燃焼炉

大・中規模のRDF燃焼では、サーマルリサイクルの観点から、余熱を利用して発電することが求められる。そこで、一般廃棄物と産業廃棄物を対象とした流動層による燃焼技術を活用し、RDFの燃焼特性を踏まえた適切なシステムの開発に取り組んできた。デモンストラレーション中のRDF燃焼炉の外観を図4に示す。

その基本構成は、流動層内に伝熱管を配置した燃焼炉でRDFを焼却し、燃焼排ガスからの熱回収によって蒸気を発生させ、タービン発電機で発電するものである。現在、5 t/dの発電付きRDF燃焼炉を建設し、各種燃焼試験を実施中である。RDFのサイズは約φ20×50 mmであ

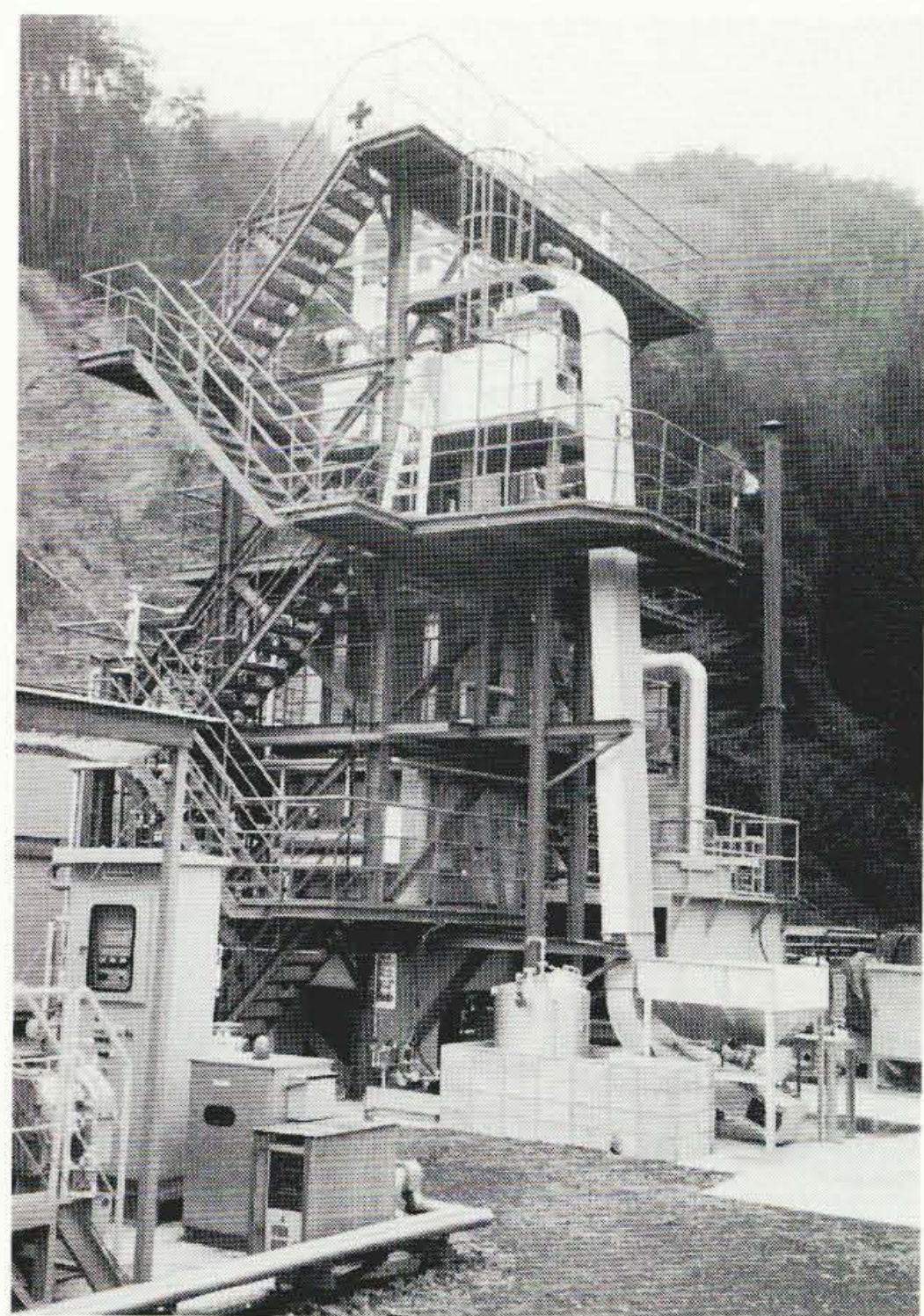


図4 RDF燃焼炉実証炉

京都府綾部市に設置したRDF燃焼炉デモンストラレーションプラントを示す。

