

次世代型高効率廃棄物処理技術

—ガス化溶融システム—

Thermolysis and Ash-Melting System

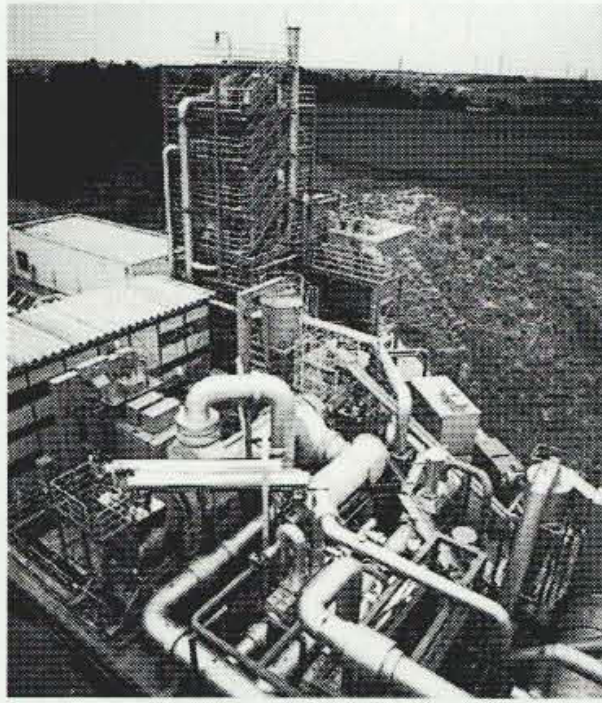
中平敏雄 Toshio Nakahira

大橋 悟 Satoru Ôhashi

山田益義 Masuyoshi Yamada

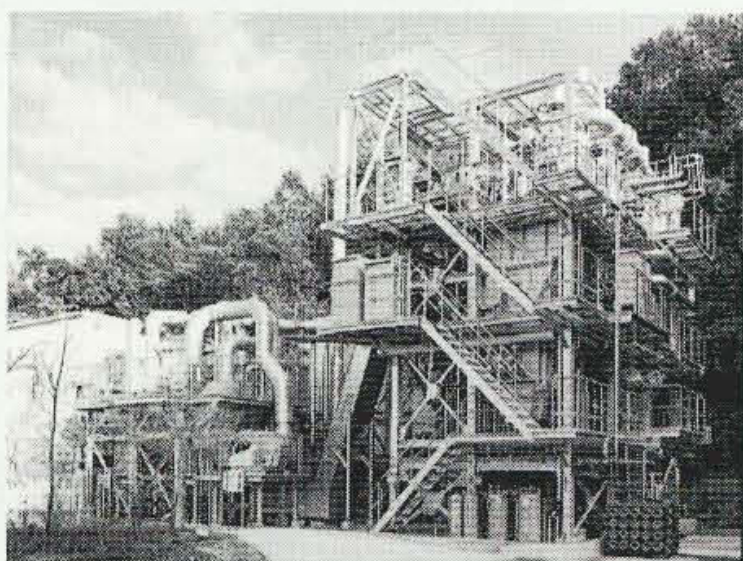
佐藤政樹 Masaki Satô

永田 清 Kiyoshi Nagata



資源の有効活用を
追求した低運転費
のシステム

(a) 日立キルン式ガス化溶融システム

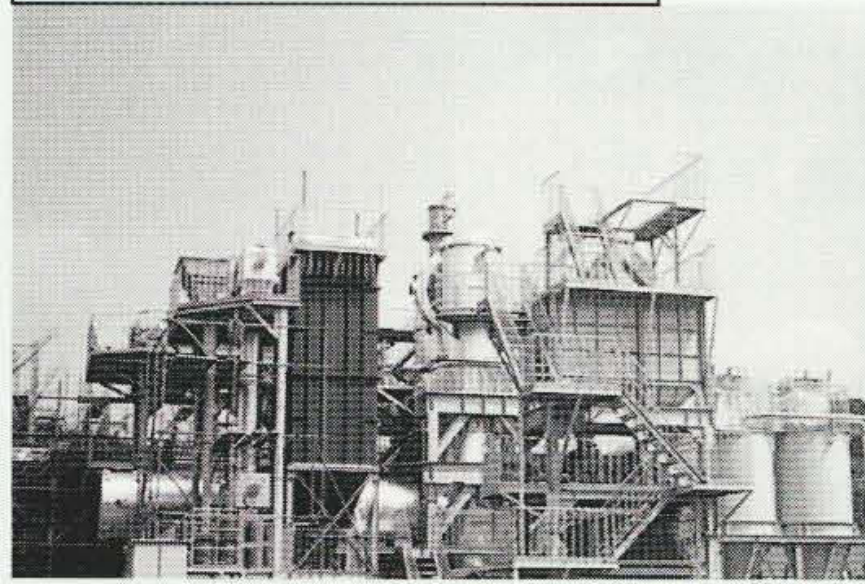


(b) 日立流動床式ガス化溶融システム

環境に優しい
ごみ処理システム

実績のある技術を
活用したコンパクト
なシステム

さまざまなごみ質に
対応できるシンプ
ルなシステム



(c) 日立シャフト炉式ガス化溶融システム

3種類のガス化溶融システム

日立グループは、「キルン式」、「流動床式」および「シャフト炉式」のガス化溶融システムを製品化した。

ガス化溶融システムは、従来の焼却炉に比べた場合、(1) ダイオキシンなどによる環境負荷の大幅な低減、(2) 金属の回収リサイクル、(3) 灰の溶融無害化、リサイクル、(4) サーマルリサイクルなどが可能であり、廃棄物の中間処理の新しい技術として注目されている。

日立グループは、「キルン式」、「流動床式」、および「シャフト炉式」の3種のガス化溶融システムを開発している。キルン式では、低カロリーの廃棄物も補助燃料なしで燃焼させることができ、可燃廃棄物の炭化が可能である。流動床式ではコンパクトなプラントが実現でき、シャフト炉式では不燃物を多く含む廃棄物の溶融処理ができる。おのこのガス化溶融システムでは、ごみ処理施設性能指針が要求する、実際の一般ごみを用いた実証試験により、(1) ダイオキシンなどを徹底的に削減した低環境負荷、(2) 溶融スラグの生成と溶出基準への適合、(3) 排ガス量の低減、(4) 飛灰の埋め立て基準への適合などのガス化溶融方式の特徴を確認している。

また、排ガス中のダイオキシンの前駆体を短時間で測定し、燃焼を制御することにより、ダイオキシン類の発生量を抑制することを目的としたオンラインモニタを開発した。

1 はじめに

廃棄物の焼却処理に関しては、近年、(1) ダイオキシン類などの排ガス中の微量有害物質の大幅削減、(2) 焼却灰など不燃物の最終処分場のひっばく、(3) 金属類のリサイクル、(4) 焼却時の熱を再利用するサーマルリサイクルなどさまざまな課題が指摘されている。これに対応して、次世代型廃棄物処理施設としてガス化溶融シス

テムが、上記の課題の解決手段として期待されている。

日立グループでは、日立製作所、バブcock日立株式会社、および日立金属株式会社がおのこの分担して、わが国で中心的な技術とされている「キルン式」、「流動床式」、および「シャフト炉式」の3種類のガス化溶融システムを開発した。

また、排ガス中のダイオキシンの前駆体を短時間に計測するモニタを開発した。この測定値の燃焼制御へのフ

ードバックにより，ダイオキシン類の発生を安定的に抑制することが可能となる。

ここでは，ガス化溶融に関するこれらの新技術について述べる。

2 ガス化溶融システム

2.1 ガス化溶融システムとは

従来の廃棄物の焼却処理では，ストーカ炉と流動床炉を用いるのが一般的である。焼却炉内で廃棄物を完全に燃焼することを目的としている。燃焼温度は750～950℃であり，焼却灰，酸化金属，および不燃物が排出される。近年は，最終処分場のひっばくから，焼却灰のリサイクルと無害化・減容化を目的に灰溶融処理設備が導入されている(図1参照)。ガス化溶融システムの主な設備の構成を図2に示す。

ガス化炉では，廃棄物を500～600℃に加熱し，蒸し焼き状態で，燃焼しやすい熱分解ガスと熱分解残さ(チャー)に分離する。これらを溶融炉で燃焼すると，1,300～1,400℃での高温燃焼が可能となり，灰は溶融スラグ化する。

ガス化溶融システムは以下の特性を持つ。

- (1) チャーの燃焼温度が1,300～1,400℃であり，焼却灰は溶融スラグ化され，無害化，減容，再利用ができる。
- (2) 高温燃焼により，ダイオキシンの発生が格段に少なくなる。

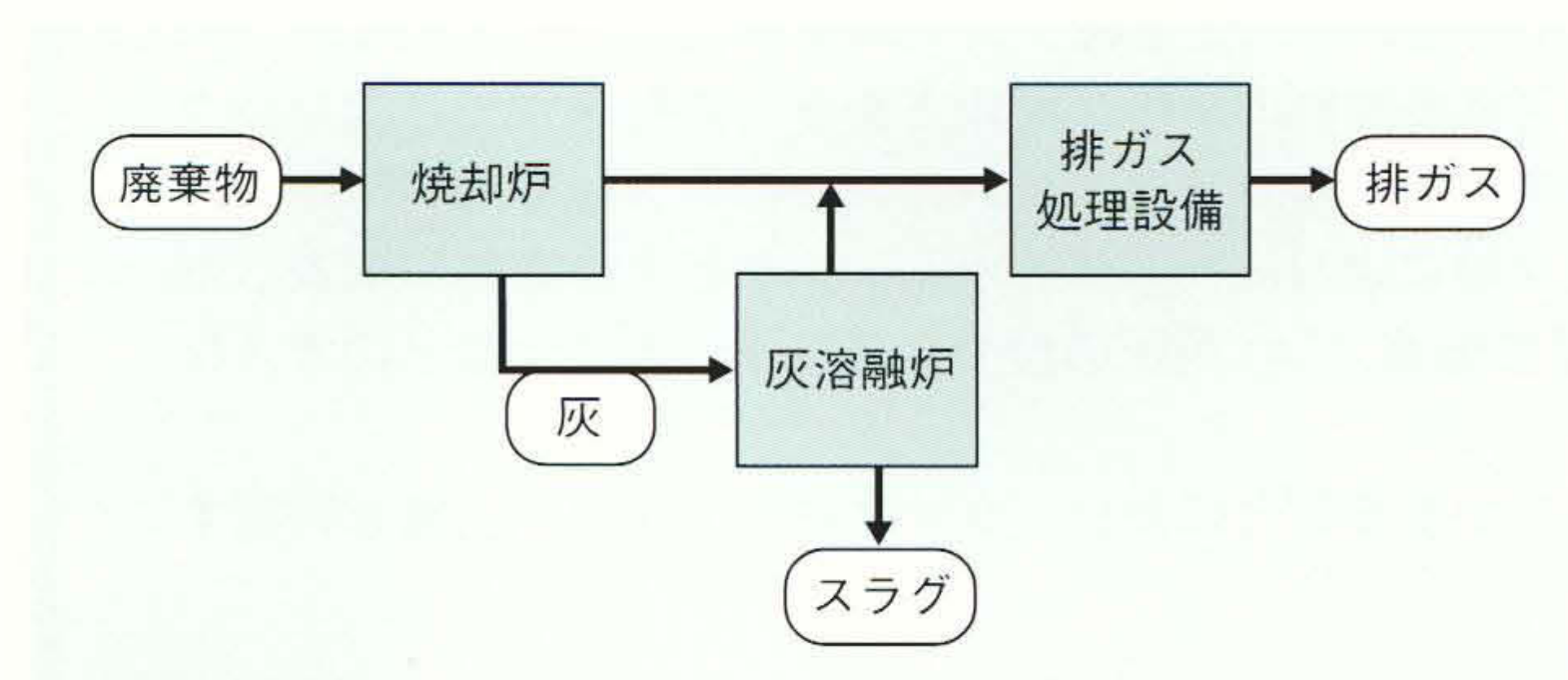


図1 従来型焼却炉の主要設備構成

新設炉では，灰溶融炉を併設することが多い。

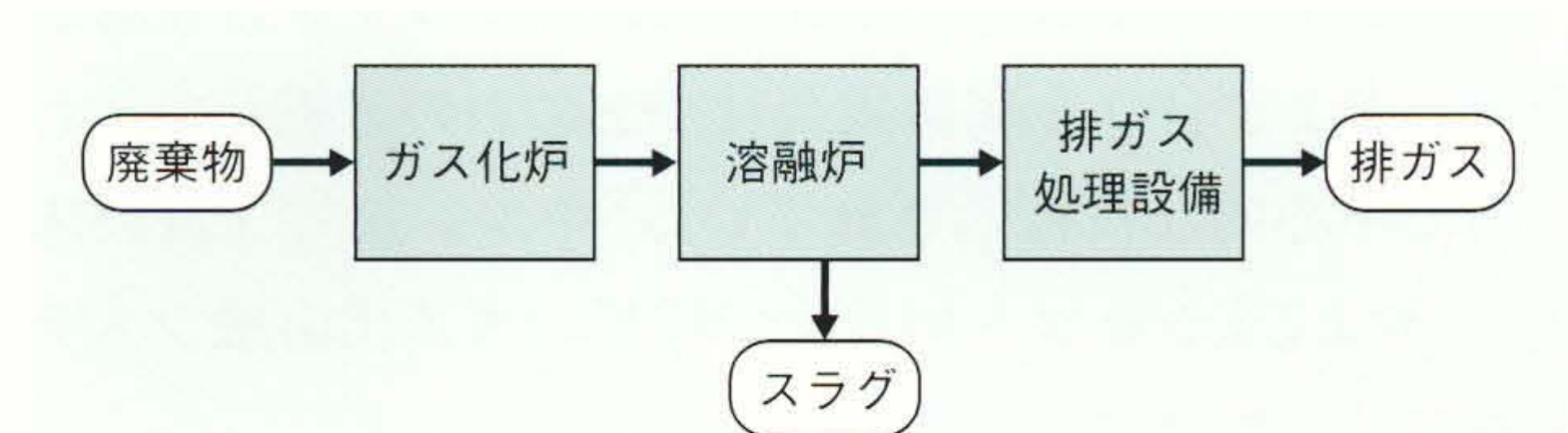


図2 ガス化溶融システムの主要設備構成

溶融炉では，外部燃料なしで灰の溶融スラグ化が可能である。

- (3) 燃焼空気比が，従来型の1.8から2.0に比べて1.3程度と低い。このため，排気ガス量が少なく，環境負荷が少ない。

2.2 ガス化溶融システムの種類

わが国で開発されているガス化溶融システムは，主に次の3種類である。

2.2.1 キルン式ガス化溶融システム

ガス化炉にロータリキルンを用いる。キルン内に廃棄物を投入し，外部から間接加熱することにより，熱分解ガスとチャーに分離する。溶融炉では，一般的に，チャーと共に熱分解ガスを高温燃焼させ，灰を溶融スラグ化する。

2.2.2 流動床式ガス化溶融システム

基本構造としては，従来型と同様の流動床炉をガス化炉として用いる。空気比を0.3程度に落として廃棄物を部分燃焼し，熱分解ガスとチャーに分離する。チャーと熱分解ガスは溶融炉で高温燃焼させ，灰を溶融スラグ化する。

2.2.3 シャフト炉式ガス化溶融システム

シャフト炉は，ガス化炉と溶融炉の機能を兼ね備えている。シャフト炉上部から投入された廃棄物は，加熱されながら熱分解し，外部から導入された酸素と廃棄物に混入させたコークスまたはプラズマバーナにより，炉底部で1,500℃以上で燃焼される。灰は溶融スラグ化するとともに，金属も溶融する。

2.3 ガス化溶融システムの型式の比較

3種類のガス化溶融システムのそれぞれの特徴を表1に示す。

なお，ガス化溶融システムは新技術であることから，建設費の国庫補助を受けるためには，以下の施設と実証

表1 3種類のガス化溶融システムの特徴

おのおののガス化溶融システムの特徴を示す。

型 式	特 徴
キルン式	(1) ごみの熱分解時間を長くすること(30～60分)ができるため，安定運転が可能である。 (2) 自然限界が低く，低質ごみにも対応でき，運転費も安い。 (3) 他の型式に比べて，建屋面積が大きい。
流動床式	(1) 縦形でコンパクトなプラントとすることができる。 (2) 熱分解が短時間であり，ごみのカロリー変動には注意が必要となる。
シャフト炉式	(1) 不燃物を多く含む低質ごみも溶融できる。 (2) 外部燃料(コークス，酸素，プラズマなど)を必要とする。

表3 チャーの性状

チャーの性状は石炭とはほぼ同等で、燃料として活用が可能である。

項 目	内 容
発熱量	17,500～19,500 kJ/kg (4,190～4,660 kcal/kg)
塩素濃度	0.25 wt%
チャー中ダイオキシン	0～0.2 pg-TEQ/g

(5) 運転の容易性

種々の運転条件を想定したプラント全系動特性シミュレーションを活用した制御システムであるため、安定な運転が可能である。

動特性シミュレータでは、主要機器である乾燥機、ガス化炉および溶融炉を複数分割モデル構造とすることにより、乾燥・熱分解特性と燃焼・熱回収・放熱特性を忠実に模擬できる。シミュレータ全体を機器別に相互接続が容易なモジュールで構成することにより、柔軟な解析と高速演算(所要時間：実時間の約 $\frac{1}{50}$)が可能である。

動特性シミュレータを用いて全制御パラメータを最適値に調整できるので、試運転を経て実運用へと円滑に移行できる。

3.2 日立流動床式ガス化溶融システム

3.2.1 システムの概要

日立流動床式ガス化溶融システムは、都市ごみや産業廃棄物で数多くの実績がある散気管方式の流動床式焼却炉をベースとした「流動床式ガス化炉」と、1955年ころか

表4 実証試験の条件と主な成果

基準値を十分に満足する、環境負荷の少ない結果が得られた。

区 分	項 目	条件・成果
試験条件	施設規模	10 t/d(24 h連続)、最大15 t/d
	供試ごみ	竹原市と安芸津町での収集実ごみ
ダイオキシン濃度	煙突出口	0.00078～0.00063 ng-TEQ/m ³ N ^{*1}
溶出試験	スラグ	各種環境基準以下 ^{*2}
	飛灰	同上(キレート処理後)

注：*1 触媒装置出口の値
*2 土壌の汚染にかかわる環境基準ほか

ら多くの実績を持つ石炭燃焼スラグボイラ技術をベースとした「サイクロンファーネス式溶融炉」を組み合わせた実績技術に基づく、信頼性の高いシステムである。全体のシステムフローを図4に示す。

3.2.2 実証試験と成果の概要

1998年12月から広島県竹原市竹原安芸津環境センター内で実証試験を実施した。2000年3月に、財団法人廃棄物研究財団から「技術評価書」を授与された。実証試験の試験条件と主な成果を表4に示す。

3.2.3 システムの特徴

日立流動床式ガス化溶融システムの固有の特徴は以下のとおりである。

(1) 低ダイオキシンシステム

溶融炉での高温燃焼とバグフィルタの組合せにより、ダイオキシン類0.05 ng-TEQ/m³N以下を保証することが可能である。さらに、バブコック日立株式会社の触媒塔により、0.01 ng-TEQ/m³N以下に分解できる。

(2) さまざまなごみ質に対応

乾燥機を用いることにより、さまざまなごみ質の変動に対して安定した運転ができる。

(3) 高安定性

パイプグリッド式散気管方式により、流動の安定化と不燃物の抜き出しが容易である。

(4) 省スペース化

高炉床負荷のガス化炉と高火炉負荷のサイクロン式溶融炉の組合せにより、設置スペースの少ない配置計画が可能である。

3.3 日立シャフト炉式ガス化溶融システム

3.3.1 システムの概要

日立シャフト炉式ガス化溶融システムは、米国 Westinghouse社とのパイロット共同試験結果を基に開発した、プラズマ式シャフト炉を主体に構成している。

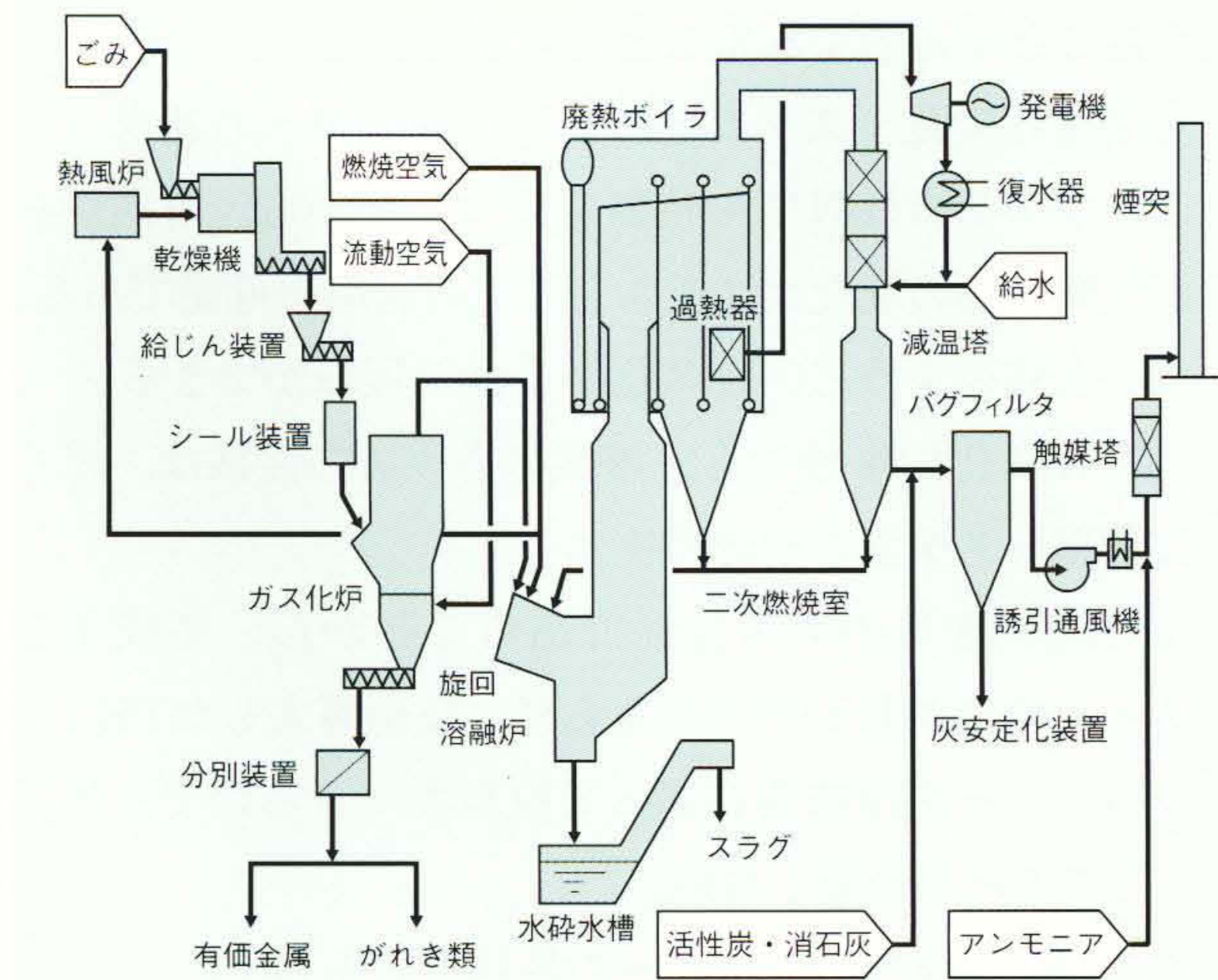


図4 日立流動床式ガス化溶融システムのフロー

流動床式のガス化炉とサイクロンファーネス式の溶融炉を組み合わせたものである。

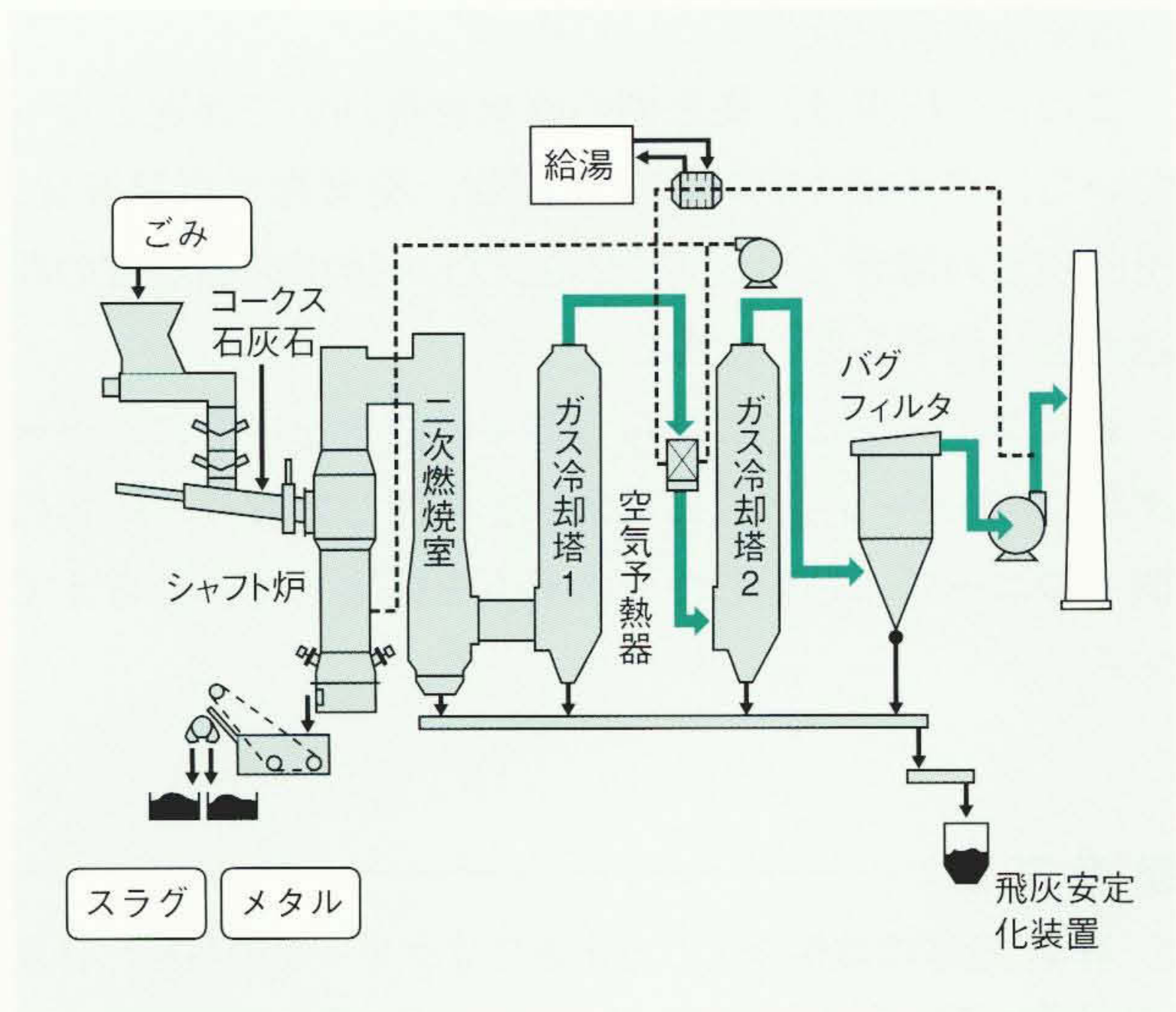


図5 日立シャフト炉式ガス化溶融システムのフロー
ガス化炉と溶融炉をシャフト炉で一体化した構成とし、プラズマで加熱する。

表5 実証試験の条件と主な成果
基準値を十分に満足する、環境負荷の少ない結果が得られた。

区分	項目	条件/成果
試験条件	施設規模	24 t/d(24 h連続)
	供試ごみ	吉井町での収集実ごみ
ダイオキシン濃度	バグフィルタ出口	0.05 ng-TEQ/m ³ N以下
溶出試験	スラグ	各種環境基準以下*
	飛灰	同上(キレート処理後)
その他	スラグ化率	94.6%(飛灰再循環なし)

注：* 土壌の汚染にかかわる環境基準ほか

全体のシステムフローを図5に示す。

3.3.2 実証試験と成果の概要

群馬県吉井町クリーンセンター内で、2000年3月に実証運転を完了し、財団法人廃棄物研究財団の技術開発委員会で審議中である。この実証試験の試験条件と主な成果を表5に示す。

3.3.3 システムの特徴

プラズマ式シャフト炉が持つ固有の特徴は以下のとおりである。

(1) 構造がシンプルで省スペース

ごみの破碎・乾燥などの前処理を必要とせず、熱分解と溶融を縦形シャフト炉で行うことから、ごみピットから溶融炉までの設備がシンプルでコンパクトである。

(2) ごみ質の変動に対する吸収性が大

プラズマ式シャフト炉の溶融部は、プラズマトーチから噴射する高温のプラズマ火炎(2,000～2,500℃)とコー

クスにより、1,500～1,700℃の雰囲気維持されている。プラズマトーチの出力はごみ質の変動に応じた制御が容易である。また、コークスによって形成されたコークスベッドは溶融部の温度を維持するとともに、溶融部を下方に移動させ、空気を分散させることから、ごみ質の変動に対しても安定した溶融・出滓(さい)が可能である。

(3) WSS運転・連続出滓が可能

プラズマによって炉内への熱供給が瞬時に可能であることから、立ち上げ・立ち下げに要する時間を短縮でき、月曜日に炉を立ち上げ、5日後の週末の金曜日に炉を立ち下げるWSS(Weekly Start and Stop)運転も可能である。

4 ダイオキシン前駆体モニタ

排ガス中のダイオキシン類の測定には複雑な前処理が必要であり、サンプリングから定量結果が出るまでに2週間程度かかるのが現状である。炉の運転(ごみの搬送速度や燃焼空気量など)を制御してダイオキシン類の発生を抑制するためには、数分程度で測定して、その結果をフィードバックする必要がある。

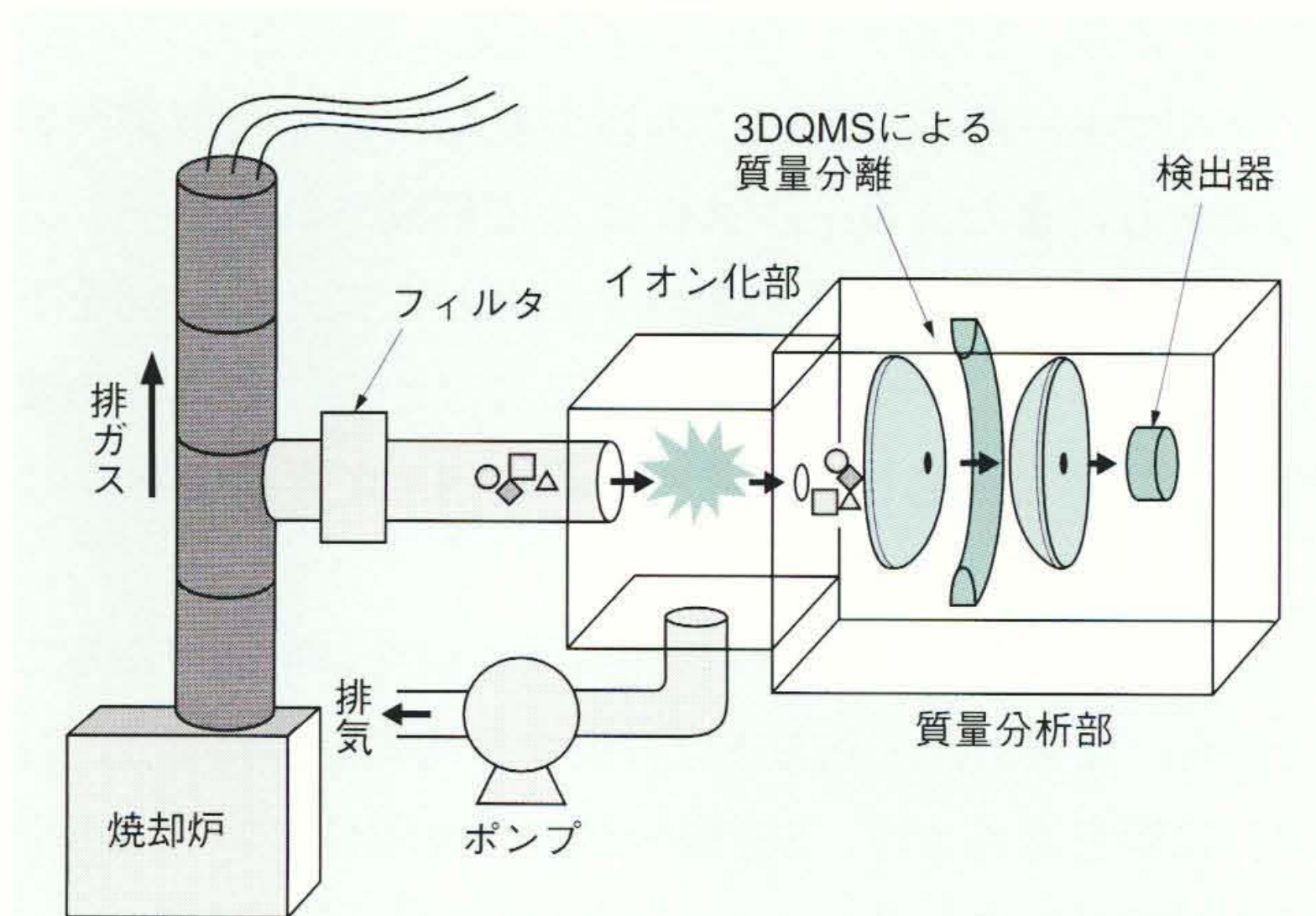
開発したダイオキシン前駆体モニタは、排ガスに含まれる、ダイオキシンの前駆体であるクロロフェノールの濃度を1分以内で測定する装置である。クロロフェノールの濃度とダイオキシン類の濃度には相関関係があり、前者の濃度から後者の発生量を推定することができる。

4.1 測定原理

今回開発したダイオキシン前駆体モニタの概略構成を図6に示す。燃却炉から排出された排ガスは、フィルタ(孔径10μm)でダストを取り除いた後、ポンプで吸引し、イオン化部に導入する。イオン化部では、大気圧化学イオン化(APCI)により、排ガス中クロロフェノール類を比較的選択的にイオン化させ、イオン化された排ガス中の成分を質量分析部に取り込む。質量分析部では3DQMS(三次元四重極質量分析計)を用い、質量数の違いによって他のきょう雑成分イオンと分別し、測定対象物であるクロロフェノール類を検出する。イオン検出器では、イオンの数に比例した電流を出力し、イオンを検出することができる。このため、イオン電流強度を測定することにより、濃度を求めることができる。

4.2 測定結果

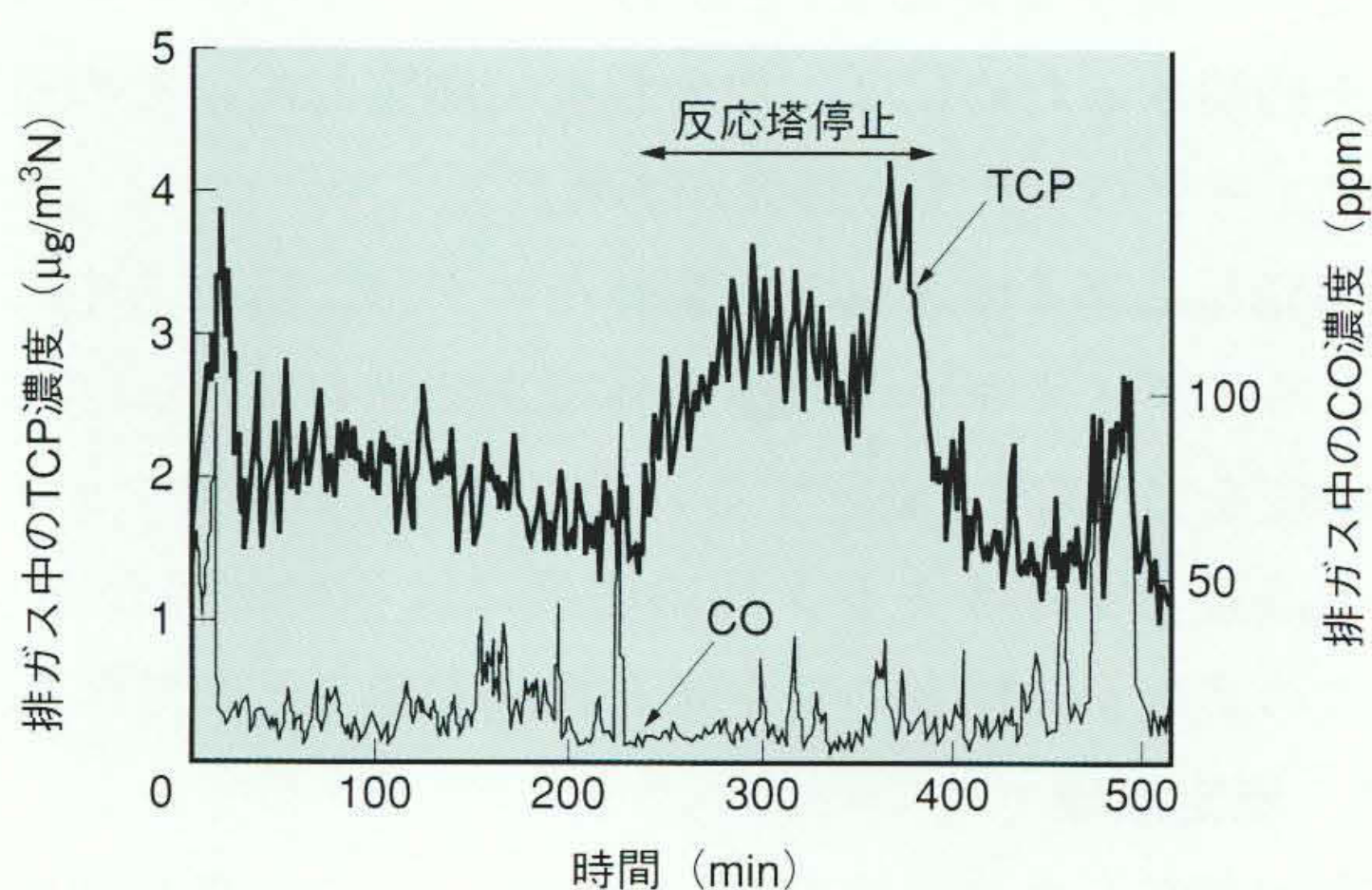
このモニタをストーカタイプの焼却炉に設置し、排ガス中のトリクロロフェノール(TCP)を測定した例を図7に示す。炉内の不完全燃焼状態を示す指標としてこれまで用いられているCOの変化も重ねて示す。



注：略語説明 3DQMS (三次元四重極質量分析計)

図6 ダイオキシン前駆体モニタの概略構成

大気圧下でクロロフェノールを選択的にイオン化し、質量分析計で濃度を測定する。



注：略語説明 TCP (トリクロロフェノール)

図7 排ガス測定結果

CO (一酸化炭素) では検知できない運転状態の変化を、クロロフェノールを測定することによって検知できる。

トリクロロフェノールとCOの濃度は似た変化をしている。しかし、塩化水素除去の目的で設置している反応塔を220分から380分まで停止したところ、トリクロロフェノール濃度だけが上昇した。このことは、炉の運転状態が変わったときに、CO濃度のモニタリングでは検知できない排ガス中成分の変化がこのモニタで検出されたことを示す。今後は、ダイオキシン類の発生を抑制するための制御用データを取得する予定である。

5 おわりに

ここでは、日立グループが開発中の次世代型廃棄物処理技術(ガス化溶融システム)と、排ガス中のダイオキシ

ン前駆体の測定技術について述べた。

これらの技術は、従来型の廃棄物焼却炉で課題となっていた、ダイオキシンの発生抑制、廃棄物の再資源化、焼却残さの減容・再資源化、総CO₂の排出抑制などの問題点を解決するものである。

日立グループは、これらの個々の技術を中心に、トータル ソリューション ビジネスを展開しており、顧客の個々のニーズに対応したシステムを提案していく考えである。

参考文献

- 1) 特集 地球環境保全にこたえる日立グループの技術, 日立評論, 78, 7(平8-7)
- 2) 特集 日立グループの総合環境事業, 日立評論, 80, 8(平10-8)

執筆者紹介



中平敏雄

1975年日立製作所入社, 電力・電機グループ 環境システム推進本部 システム技術部 所属
現在, 廃棄物処理システムの開発に従事
E-mail: toshio-a_nakahira @ pis. hitachi. co. jp



大橋 悟

1982年日立製作所入社, 電力・電機グループ 環境システム推進本部 日立環境システム部 所属
現在, 廃棄物処理新技術の開発に従事
廃棄物学会会員, 日本エネルギー学会会員



山田益義

1998年日立製作所入社, 中央研究所 メディカルシステム研究部 所属
現在, 環境計測技術の開発に従事
E-mail: myamada @ crl. hitachi. co. jp



佐藤政樹

1968年パブコック日立株式会社入社, 呉事業所 環境プラント技術本部 計画設計課 所属
現在, ごみ焼却プラントなど環境プラント製品の計画設計と開発に従事
E-mail: satou-m @ tho. bhk. co. jp



永田 清

1972年日立金属株式会社入社, 環境エンジニアリング事業部 技術部 所属
現在, 廃棄物処理に関する新技術の開発に従事
E-mail: kiyoshi_nagata @ po. hitachi-metals. co. jp