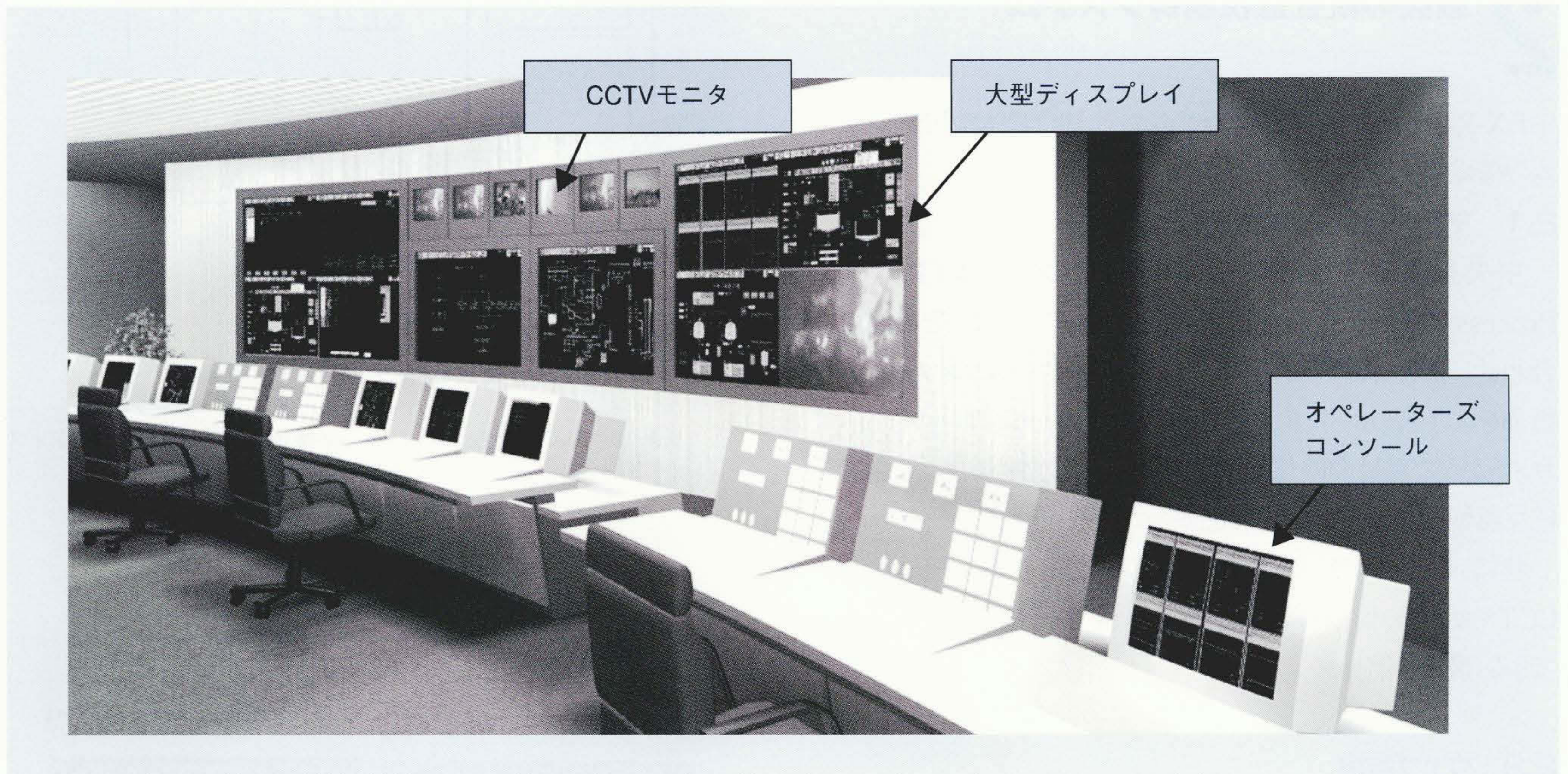


ごみ処理設備の監視制御システムとダイオキシン前駆体モニタ

Supervisory Control System and Dioxin Precursor Monitor for Refuse Recovery Plants

斎藤 拓 Taku Saitô 山田 益義 Masuyoshi Yamada
佐々木俊郎 Toshio Sasaki 橋本 宏明 Hiroaki Hashimoto



略語説明：CCTV (Closed-Circuit Television)

ごみ処理設備用統合監視制御システム「EX-Rシリーズ」

日立グループは、環境保護、資源の有効利用、リサイクルの確立に向けて複合化するごみ処理設備用に、マルチメディアとITを採用した統合監視制御システム「EX-Rシリーズ」を納入している。

現在のごみ処理の主流は、ごみの減量化や資源・エネルギーの有効活用の観点から、焼却・溶融方式が中心となっている。そのため、ごみ処理プラントは、主たる焼却・溶融設備はもとより、ダイオキシンなどの有害ガス除去設備、廃水処理設備、さらにボイラ、タービン発電設備などを備え、複合化している。これらの設備を安全かつ安定に操業するためには、運転を自動化することと、大量の操業データを効率よく中央監視室で監視、管理することが求められている。

日立グループは、このようなニーズにこたえるために、分散型総合計装制御システム(DCS)にマルチメディア技術とITを採用したごみ処理設備用統合監視制御システム「EX-Rシリーズ」を提供している。さらに、排ガス中の前駆物質をオンライン・リアルタイムに計測するため、ダイオキシン前駆体モニタを製品化し、ダイオキシン低減を図る最適燃焼制御、およびダイオキシン低減・抑制剤の最適供給のための指標として提案している。

1 はじめに

ごみ焼却設備に分散型総合計装制御システム(DCS: Distributed Control System)が導入されたのは約20年前であり、当初はデータ処理がシステムの主な役割であった。

その後の経済発展の結果、生活水準が大きく向上し、ごみの排出量が増大するとともに環境汚染が問題化し、環境保護を考慮して、ごみ焼却設備は大型化・高機能化してきた。それと相まって、分散型総合計装制御システムは、自動燃焼制御、焼却炉の自動立ち上げ・立ち下げなど自動化の進展にこたえとともに、監視操作機能、データ処理機能の向上

によって発展を遂げきた。

ここでは、マルチメディアとIT(情報技術)を取り入れて統合監視の向上を図った「EX-Rシリーズ」の新機能、ごみ焼却設備の排ガス中のダイオキシン前駆物質を1分以内に高速連続測定できるダイオキシン前駆体モニタ、およびダイオキシン低減を目指した最適な燃焼と低減剤の最適供給の指標について述べる。

2 最近の統合監視制御システム

EX-Rシリーズを中心としたごみ処理統合監視制御システムの構成例を図1に示す。

2.1 マルチメディア応用表示機能

中央監視室では、オペレーターズコンソール〔POC：Process Operator's Console〕と大型ディスプレイとの組み合わせにより、大型ディスプレイにオペレーターズコンソールの画面を大きく表示したり、CCTV(Closed-Circuit Television)カメラからの現場の映像を多重分割表示し、臨場感のある的確な運転監視ができるように配慮している。

特に、EX-Rシリーズでは、オペレーターズコンソールからCCTVカメラの切換・操作、表示選択を一元化して行うこともできる(図2参照)。

2.2 ウェブ監視

ITの発展により、高速・大容量のデジタル通信回線の提供エリアは拡大され、通信コストも安価になりつつある。インター

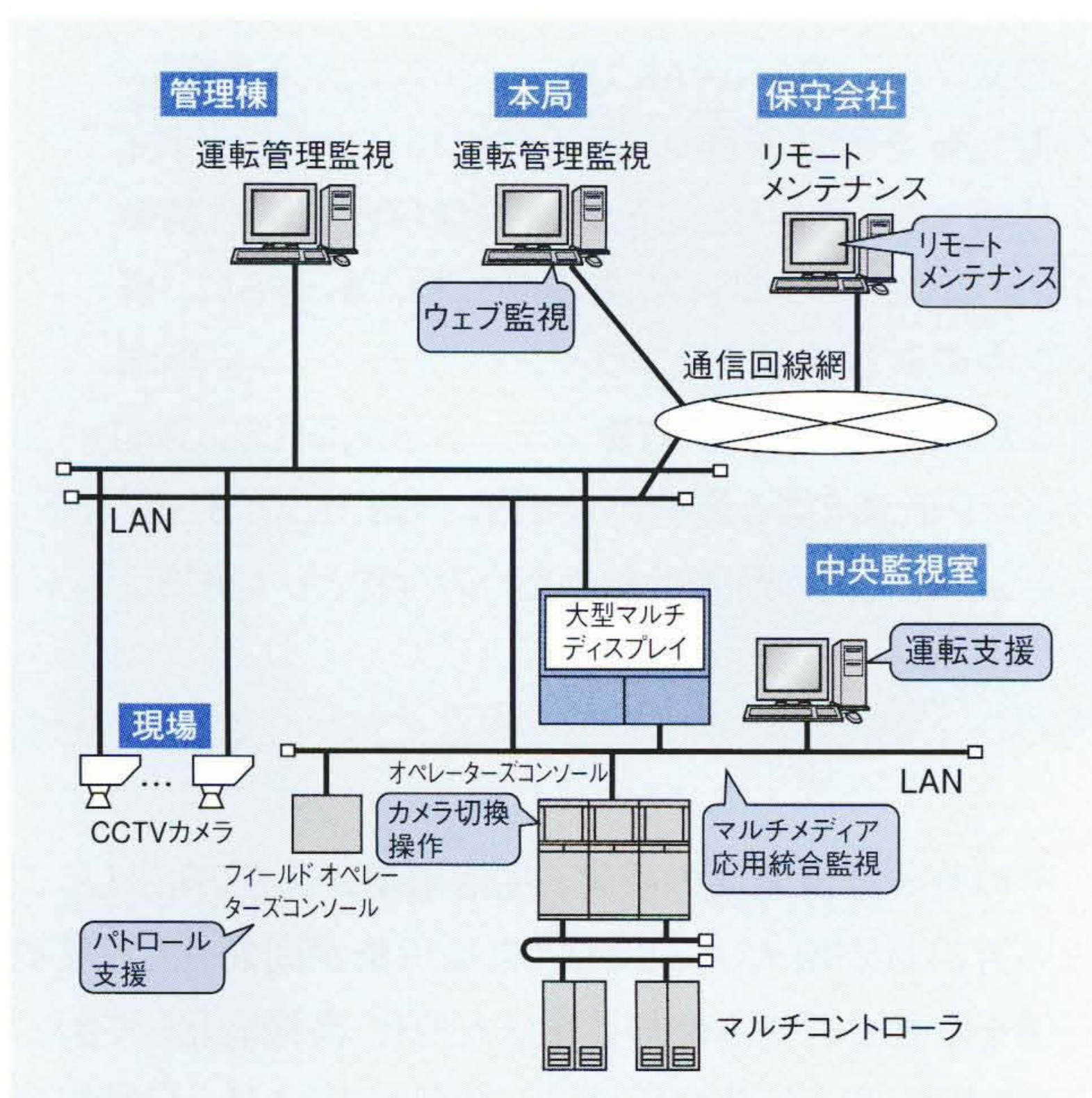
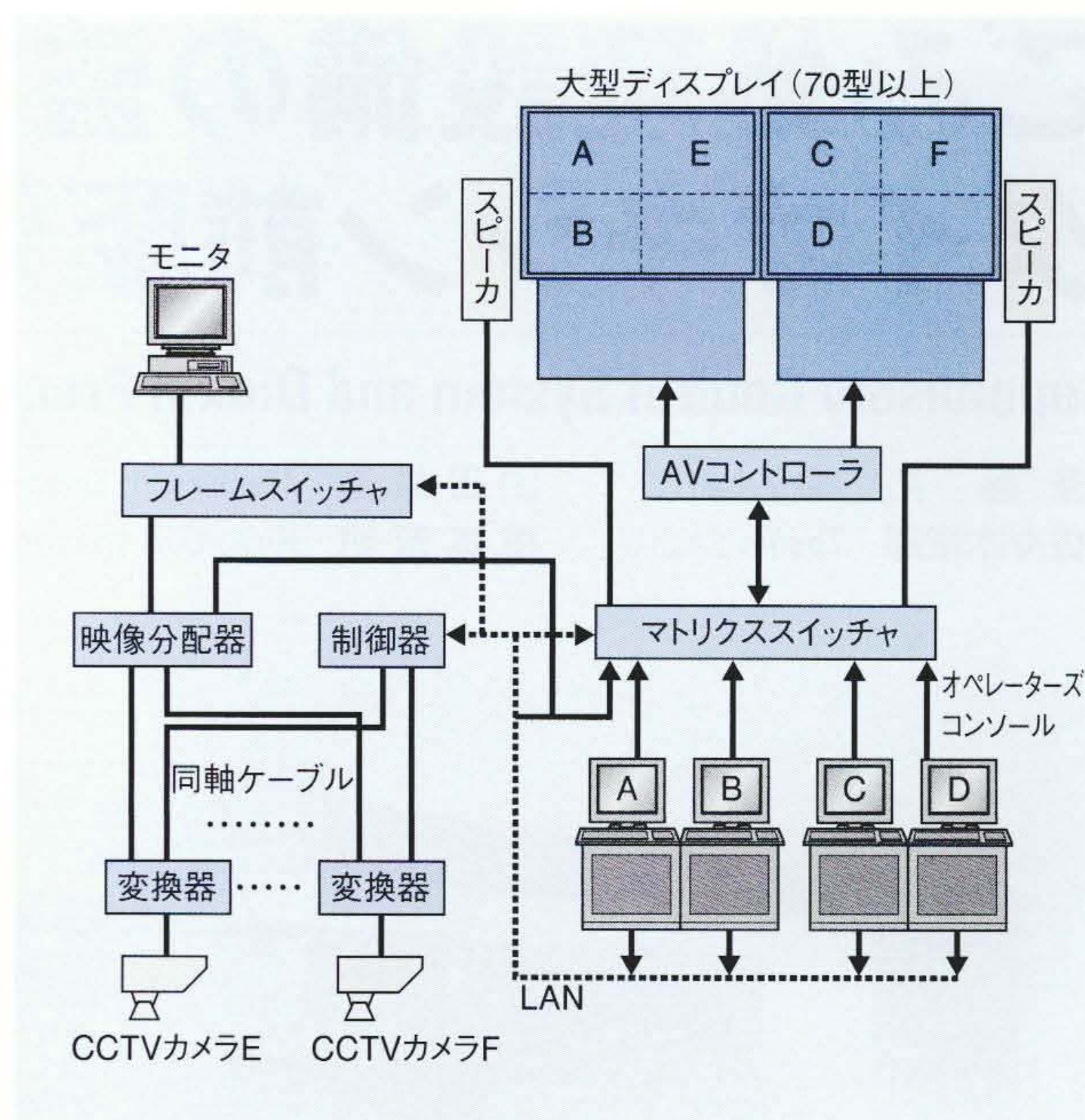


図1 ごみ処理統合監視制御システムの構成例

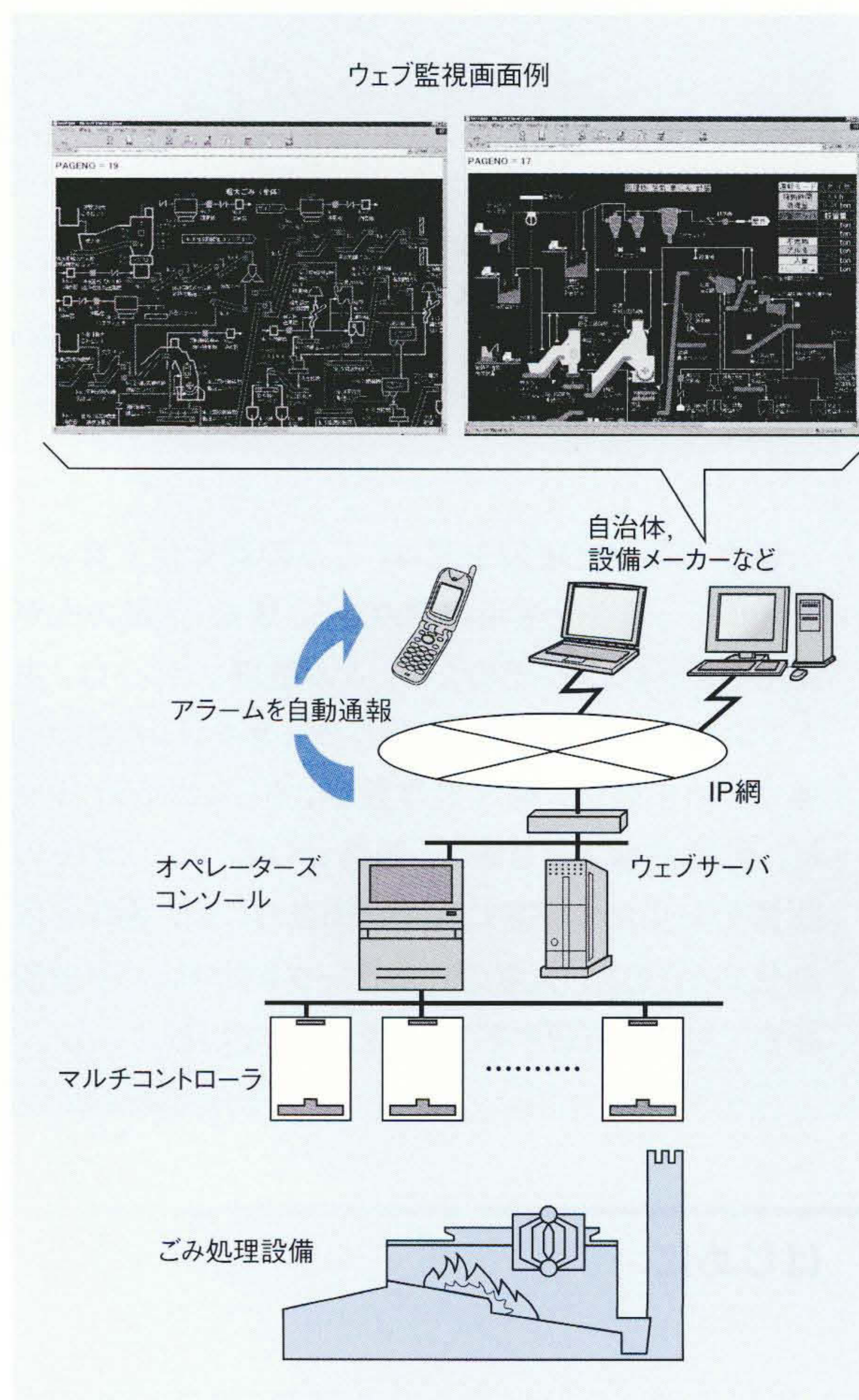
分散型総合計装制御システム、CCTVカメラ、および大型マルチディスプレイにより、マルチメディア応用統合監視を行う。



注：略語説明 AV(Audio-Visual)

図2 マルチメディア監視系統

オペレーターズコンソールからの一元操作により、オペレーターズコンソールの画面(図中のAからD)とCCTVカメラ映像(図中のEからF)が大型ディスプレイにマルチ表示(図中右上のAからF)される。



注：略語説明 IP(Internet Protocol)

図3 ウェブ監視の基本構成

IP通信網により、ごみ処理設備の状況を遠隔で知ることができる。

ネット接続では定額接続サービスが提供され、常時接続が期待できるようになった。EX-Rシリーズでは、これらの通信基盤を活用したIP通信方式のウェブ監視システムを提供する。

これにより、ごみ処理設備を保持する自治体やプラント設備メーカーは、必要な情報を遠隔で入手することができる。

EX-Rシリーズのウェブ監視の基本構成を図3に示す。

ウェブ監視システムの特徴は以下のとおりである。

(1) ウェブエンジニアリングが不要

この機能ではオペレーターズコンソール(POC)のソフトウェア構築ファイルからウェブ用の画面を自動生成するので、グラフィック画面、トレンド登録、日報などのエンジニアリングが不要である。

(2) POC画面との親和性

ブラウザのパソコンではPOC画面とほぼ同等の内容を表示するので、監視・操作に親和性がある。

(3) EX-Rシリーズのデータ利用

ブラウザのパソコン上で表示されるアラームや帳票データをパソコンのハードディスクに格納し、活用することができる。

2.3 フィールド オペレーターズ コンソール

中央監視室で運転監視するだけでなく、現場パトロール時の支援や、現場で即時に運転操作を必要とする場合には、フィールド オペレーターズ コンソールを利用することができる。

フィールド オペレーターズ コンソールでは、中央監視室とほぼ同等の表示機能が得られ、データの確認と設定操作が違和感なく行える。フィールド オペレーターズ コンソールの概要を図4に示す。

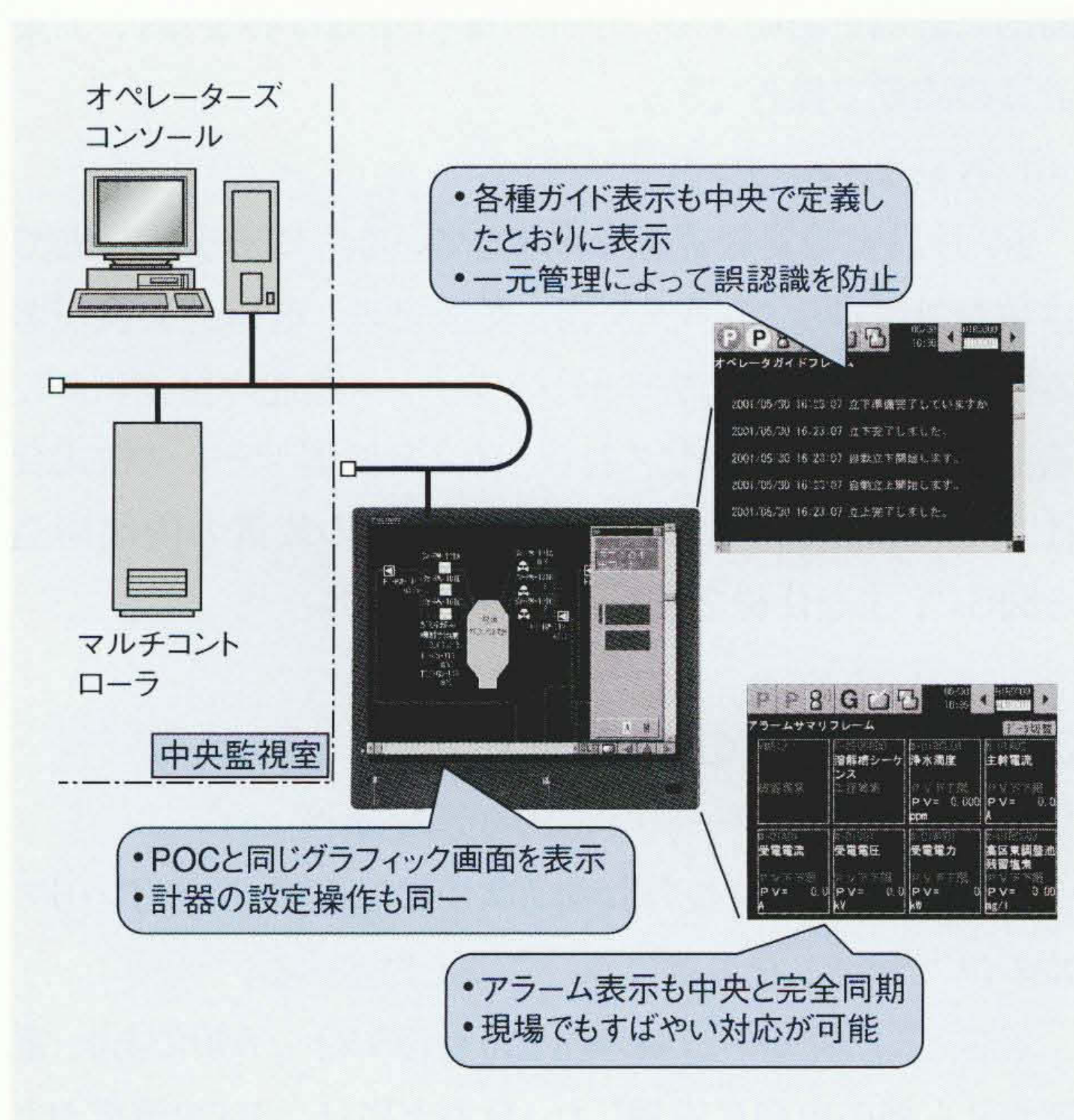


図4 フィールド オペレーターズ コンソールの概要

現場機側でも中央監視室とほぼ同等の表示が得られ、即時に確認と操作ができる。

3 ダイオキシン前駆体の計測

3.1 オンライン計測のニーズ

2002年12月以降、ごみ焼却炉からのダイオキシン排出規制が強化されることに伴い、既設の焼却施設を中心にダイオキシン低減対策が進められている。ダイオキシン低減技術としては、バグフィルタや触媒、薬剤投入による除去設備によるものと、焼却炉での燃焼改善を図る方法などがある。いずれの場合も、その低減効果を知るためには、ダイオキシン濃度を短時間で、しかも連続して計測することが望まれている。しかし、現状のダイオキシン測定は複雑な前処理過程を経ることから、結果を得るのに数週間かかり、しかも分析コストが高いという課題がある。

一方、燃焼状態をリアルタイムにモニタする指標として、一酸化炭素(CO)がこれまで広く用いられてきた。しかし、低濃度領域ではダイオキシン濃度とCO濃度との相関が必ずしもよくないことから、ダイオキシン発生量の正確な把握には新しい指標が求められている。

日立グループは、新たな指標として、ダイオキシン前駆物質(ダイオキシン類生成の中間物質)の一つであるクロロフェノール類に着目し、最新の質量分析技術と長年培ってきた工業計測技術を融合することにより、排ガス中のクロロフェノールをオンライン・リアルタイム計測するダイオキシン前駆体モニタ(形式「CP-2000」)を製品化した。

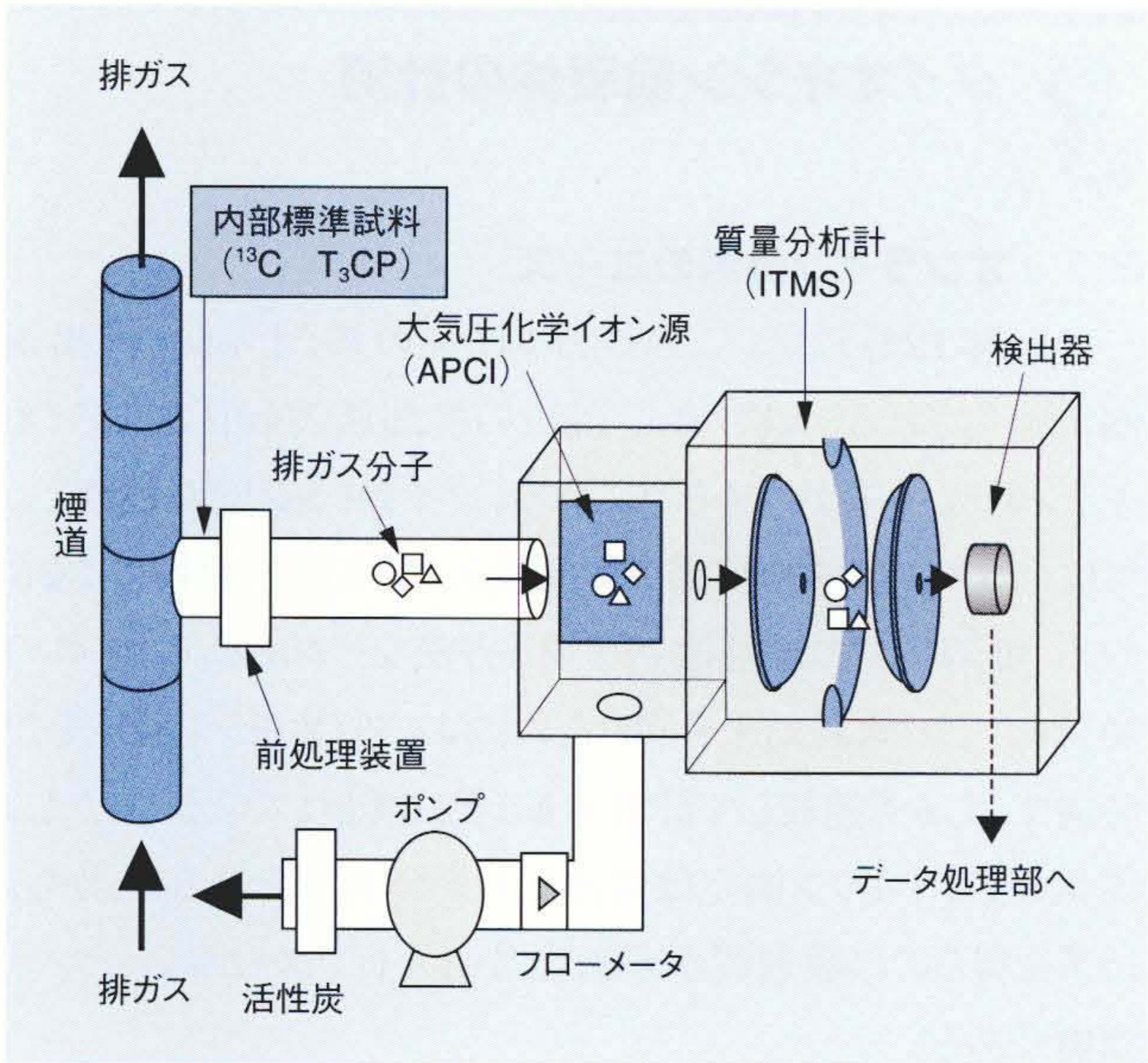
3.2 ダイオキシン前駆体モニタ

CP-2000は、焼却設備の煙道から直接排ガスを取り込み、クロロフェノール類を測定する装置である。装置の構成を図5に示す。

焼却炉の電気集じん機やバグフィルタ後の煙道からサンプリングした排ガスは、前処理装置でダストや主な夾(きょう)雑成分が取り除かれた後、吸引ポンプによってイオン源へ導入される。イオン源では、大気圧化学イオン化法(APCI)により、排ガス中のクロロフェノールが比較的、選択的にイオン化される。イオン化されたクロロフェノールを含む排ガス成分は、真空中に保持された質量分析部へ導入される。

質量分析部では、イオントラップ型質量分析計(ITMS)を用い、イオンの質量分離が行われた後、クロロフェノールがマススペクトル上に検出される。マススペクトル上の信号強度を積分し、定量することにより、クロロフェノール濃度を得ることができる。また、排ガス導入配管とイオン源は、クロロフェノールの吸着を防ぐため、加温している。

この装置では、排ガス中のクロロフェノール類の中でトリクロロフェノール(フェノールに塩素が3個付いたもの:TC₃CP)を測定対象として選んだ。これは、排ガス中のクロロフェノール類の中でトリクロロフェノールが最も高濃度で含まれているか



注：略語説明 T₃CP(トリクロロフェノール), APCI(大気圧化学イオン化法) ITMS(イオントラップ型質量分析計)

図5 ダイオキシン前駆体モニタの装置構成
前処理装置，大気圧化学イオン源，および質量分析計で構成する。

らである。

また、トリクロロフェノールだけでなく、測定パラメータを変えることにより、トリクロロフェノールとは別の前駆物質であるジクロロベンゼンも測定することができる。

- この装置の主な特徴は以下のとおりである。
- (1) 高感度検出
排ガス中には雑多な成分が多量に存在しており、これらは、微量検出ではノイズとしてとらえられる。これらの夾雑成分を多段質量分析法 (MS/MS) を用いて除去し、ごみ焼却炉で 0.5 μg/m³N (70 ppt) の微量検出を実現した。
 - (2) オンライン・リアルタイム測定
排ガス導入時間も含め、1分以内の高速測定を可能とした。質量分析計の検出器そのものの測定時間は数秒である。この値を10回積算し、1データとしている。
 - (3) 自動校正機能
微量計測の場合、排ガス成分の変動や環境変化による感度変化など、排ガス導入系でのロスが無視できない。これに対してこの装置では、ガス導入配管入口に、内部標準試料として¹³C置換同位体のT₃CPを一定濃度常時添加し続けて自動校正する方法を採用した。その結果、測定環境や排ガス成分によって変動する感度を校正し、排ガス導入系を含めたシステム全体としての定量を可能とした。
 - (4) 停電、瞬停時の自動復帰
停電時は、自動感知してデータの保護を行う。また、短時間での停電や瞬停時には装置が自動復帰し、測定を再開する。
 - (5) 簡単な操作
電源投入後、付属のパソコンから起動開始するだけで自

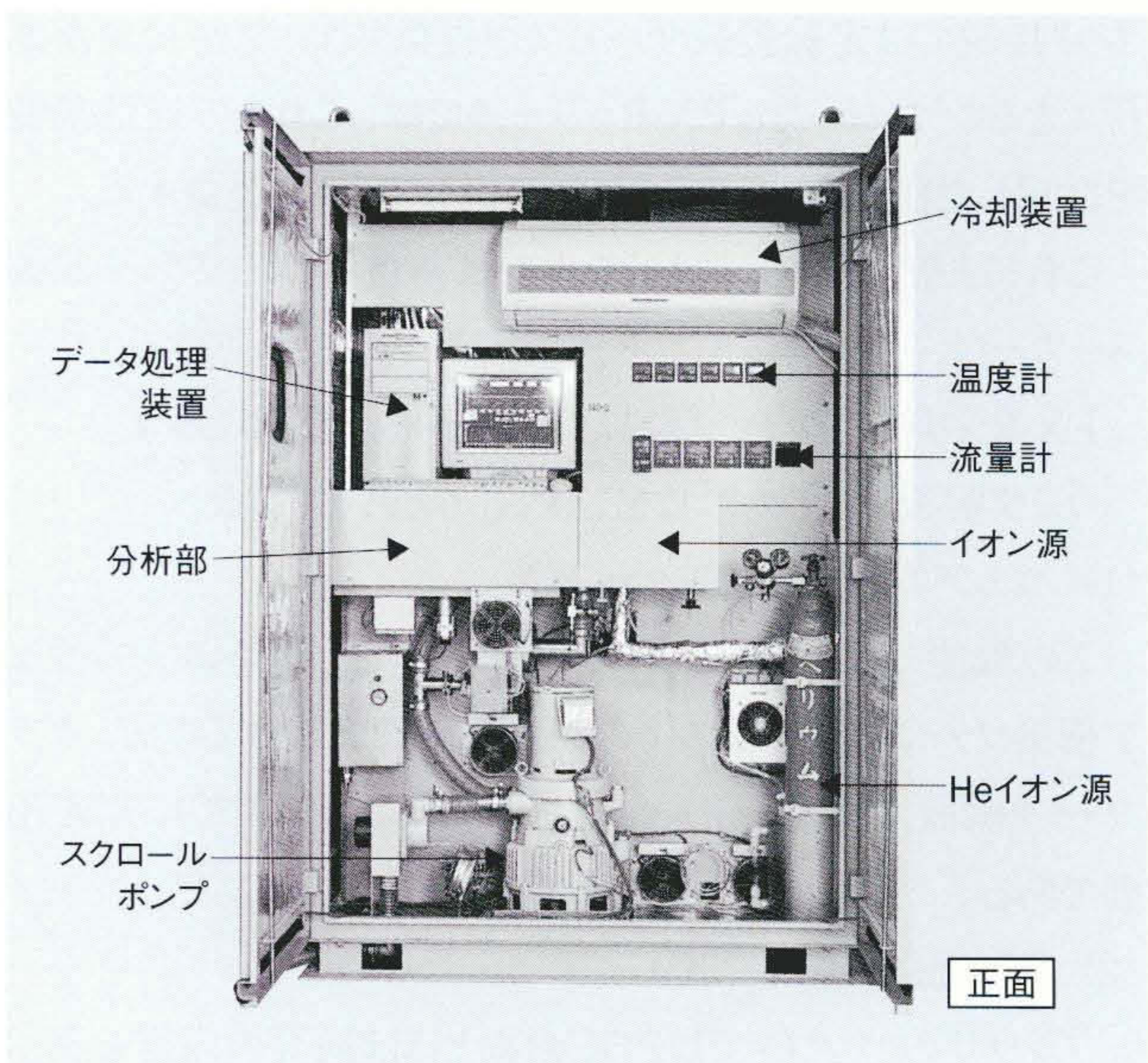


図6 CP-2000の内部構造
排ガスを吸引するスクロールポンプ、イオン源、分析部などを実装している。

表1 ダイオキシン前駆体モニタの主な仕様
測定パラメータを変えるだけで、表中の測定対象をオンライン・リアルタイムに測定することができる。

項 目	仕 様
測定対象	トリクロロフェノールまたはジクロロベンゼン
測定方式	大気圧化学イオン化法 イオントラップ型質量分析法
測定レンジ	20/100 μg/m ³ N (2レンジ切換)
測定下限	0.5 μg/Nm ³ (排ガス成分によって異なる。)
測定周期	1 min以内
出力信号	DC4～20 mA, イーサネット*接続可
外形寸法	幅1,600×奥行き1,200×高さ2,100 (mm)

注：*イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

- 動的に計測を開始する。分析の専門知識は必要なく、工業計器の感覚で操作できる。
- (6) 容易なメンテナンス
2か月以上の連続運転を実現している。メンテナンスとしては数か月に1度、フィルタ交換、廃液処理、電極針交換がある程度である。また、リモートメンテナンス機能の付加により、遠隔監視や保守サービス会社 (日立計測器サービス株式会社) への異常自動通報も可能である。この装置の内部構造を図6に、主な仕様を表1にそれぞれ示す。

3.3 焼却設備への適用事例

- (1) トリクロロフェノール (T₃CP) の測定事例
この装置を用いて焼却炉排ガス中のT₃CPをオンライン・リアルタイムで測定した事例について以下に述べる。
- 対象とした焼却炉は処理量150 t/dのストーカ炉であり、電気集じん機の出口に設置した。休日と平日のT₃CP濃度およびCO濃度変化の例を図7に示す。比較のために、焼却炉の燃焼状態を示す指標として、これまで使用されているCO計に

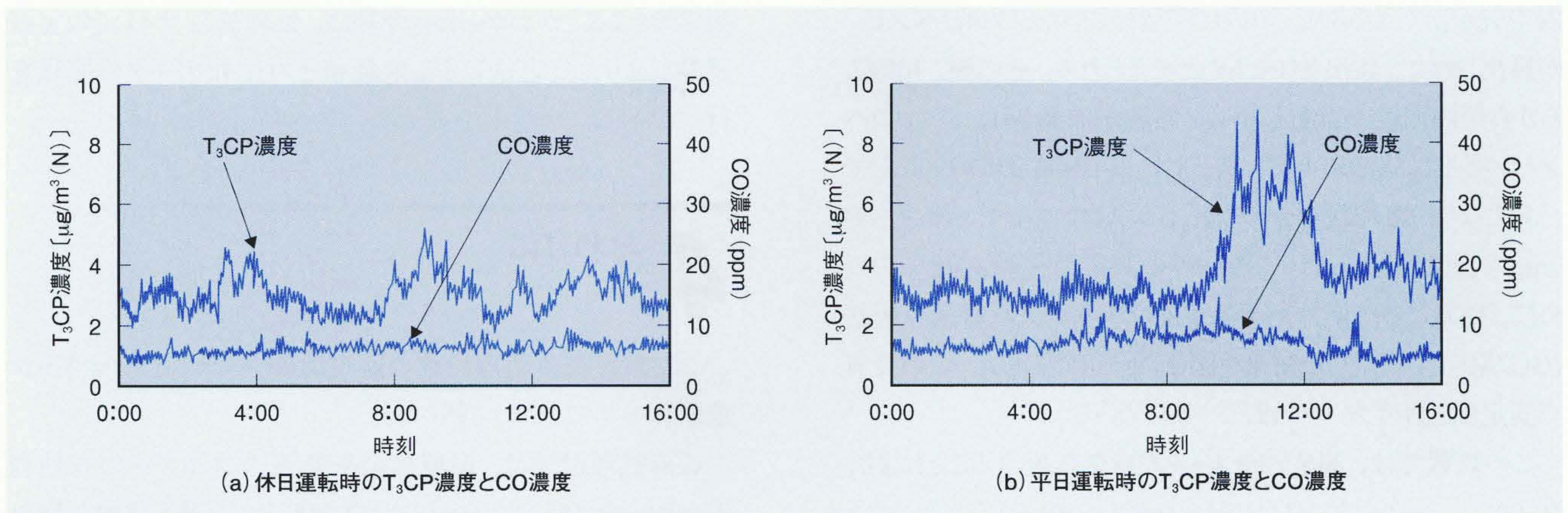


図7 休日と平日でのT₃CP濃度とCO濃度測定例

CO濃度は休日、平日とも、ほぼ安定した測定値であるが、T₃CP濃度は9時から12時に休日と平日で挙動が異なる。

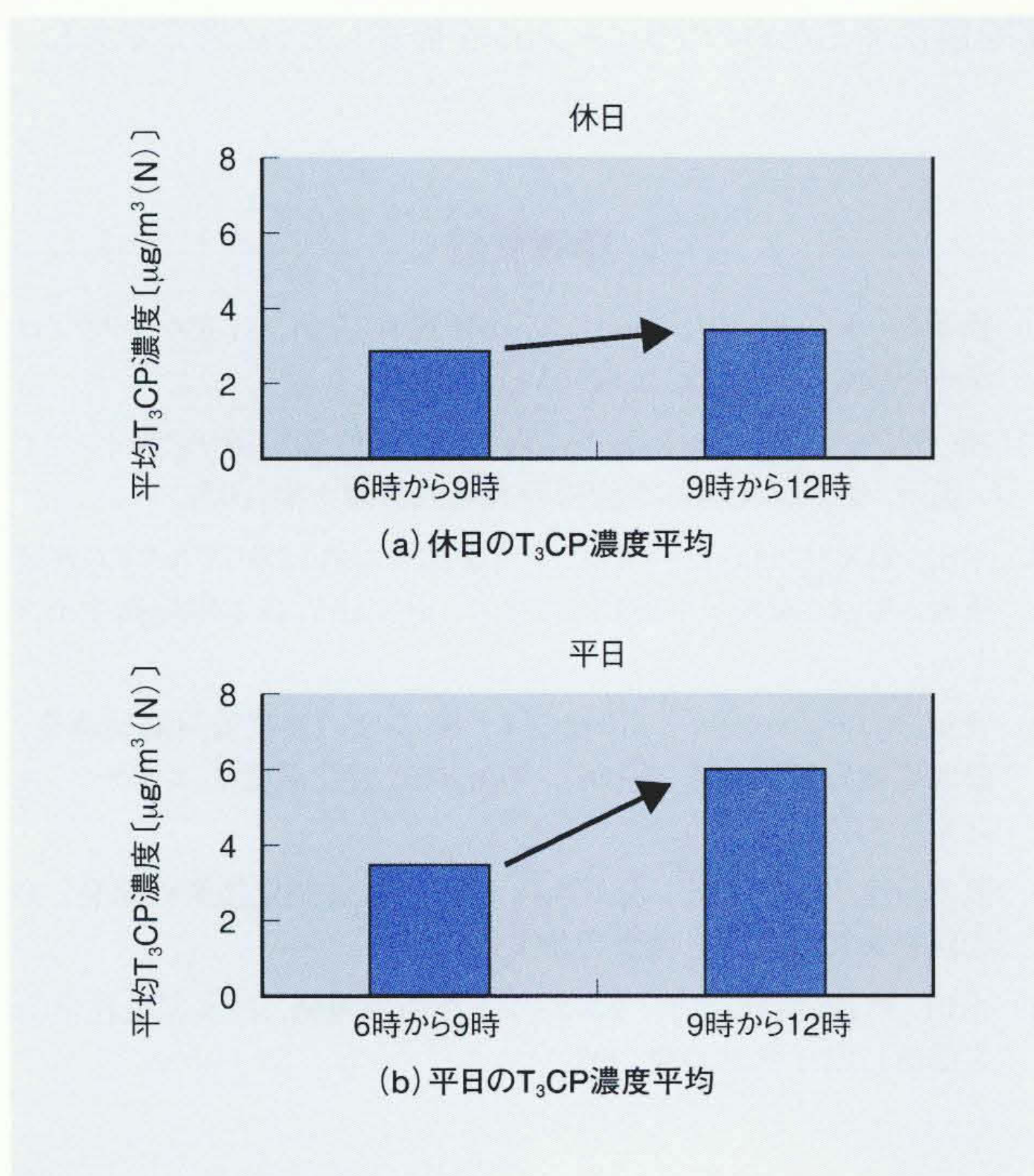


図8 T₃CP濃度の平均値(1か月)

平日の平均T₃CP濃度は、6時から9時の時間帯よりも、9時から12時の時間帯のほうが高い傾向を示す。

よって測定したCO濃度も同時に示した。

通常の燃焼運転時に発生するT₃CP濃度に平日と休日とで差異が見られた。CO濃度は休日、平日ともほぼ安定した値を示しているが、T₃CP濃度は休日と平日とでその挙動が異なる。休日は1日を通してT₃CP濃度が低く比較的安定しているのに対し、平日は午前9時から12時ころまでT₃CP濃度が高くなる傾向が見られた。

休日および平日おのこの約1か月間の平均的なT₃CP濃度を図8に示す。休日は二つの時間帯におけるT₃CP濃度の平均値に差は見られないが、平日は9時から12時の時間帯に顕著に増加していることがわかる。平日は収集したばかりのごみが炉内へ投入される場合が多く、午前9時過ぎからそ

のごみが燃焼し始める。一方、土曜日はごみの収集量は平日の約 $\frac{1}{2}$ から $\frac{1}{3}$ と少なく、日曜日にはごみの収集がない。そのため、休日には収集したばかりのごみが投入されることは少ない。

以上のことから、休日と平日のT₃CP濃度の挙動の違いは、炉内に投入されるごみがピット内で十分に均質化されたか否かによるものと考えられ、ごみの均質化の有効性を確認できたと考える。

(2) クロロベンゼン(CB)の測定事例

この装置では、クロロフェノールだけでなく、クロロベンゼンを測定することができる。ストーカ炉の立ち上げ時にジクロロベンゼンの挙動を示した事例を図9に示す。

測定のサンプリングはバグフィルタ出口で行った。炉内温度の上昇は10時ごろから始まっているが、その前の8時ごろに誘引ファンの運転が開始されている。このときに、一時的にジクロロベンゼン濃度が上昇した。これは、燃焼開始前の200℃程度の低温下ではあるが、誘引ファンの運転開始によって炉

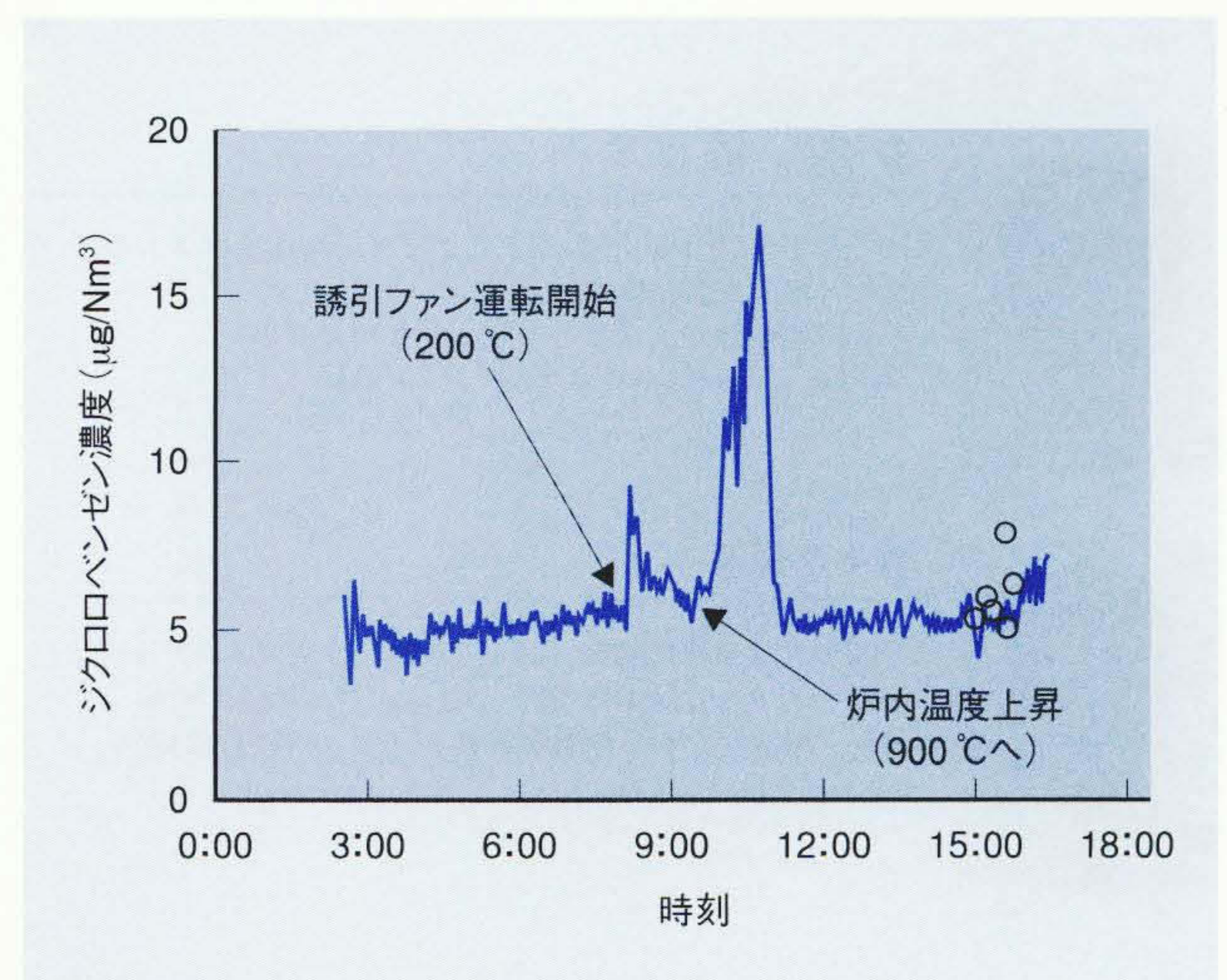


図9 焼却炉立ち上げ時のジクロロベンゼンの濃度変化

焼却炉立ち上げ開始の時間帯に、ジクロロベンゼンの濃度が一時的に上昇している。

内空気がかくはんされ、炉内に滞留していたジクロロベンゼンが排出されて、検出されたものと考えられる。その後、10時ころから炉内温度が上昇し始め、燃焼が開始され、ジクロロベンゼン濃度は急激に上昇した。また、炉内温度は約900℃で一定となり、燃焼状態が安定し、ジクロロベンゼン濃度も約5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ に低下した。この装置の測定データとの比較のために、15時ごろにオフラインのガスクロマトグラフ・質量分析法(GC/MS)で測定した結果を図9の○印で示した。この装置で測定した濃度データとはほぼ一致している。

この装置では、測定パラメータだけを変更することにより、クロロフェノールとクロロベンゼンの両方を測定することができる。このため、焼却炉の燃焼状態の変化により、クロロフェノールとクロロベンゼン濃度がどのような挙動を示すかを確認することができるので、燃焼制御の改善に有効と考えられる。

(3) PCB測定への取り組み

2001年度に施行された廃棄物処理法に関連し、ポリ塩化ビフェニル(PCB)の処理施設を設置する計画が進んでいる。処理施設内と周囲の大気中のPCB濃度を監視することは、安全面と環境保全面からも有用であると考えられる。

PCBは、GC-ECD(ガスクロマトグラフ—電子捕獲検知法)またはGC/MS(ガスクロマトグラフ—質量分析法)によって分析できる。しかし、サンプリングから分析結果が出るまでに数日から1週間ほどかかるため、連続監視には適さない。日立グループは、CP-2000と同様な大気圧化学イオン化イオントラップ型質量分析計を用い、ガス中のPCBをオンラインで連続モニタリングする研究の中で装置の感度と測定時間に関する評価を行った。

2～7塩素化のPCBについてそれぞれの定量下限を測定した。その結果、2～7塩素化PCB総量を15分間隔で約0.5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 、1分間隔では10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ の定量下限でそれぞれ

測定できることがわかった。今後は、処理施設サイトでの実証試験により、公定法による定量値との比較データの蓄積を行っていく。

4 おわりに

ここでは、ごみ処理設備の監視制御システムとダイオキシン前駆体モニタについて述べた。

ごみ処理設備は、環境保全や資源・エネルギーの有効利用など、循環型社会を形成していくうえで今後も重要な位置づけにあることは変わらない。

日立グループは、最新の計測技術と情報・制御技術を基盤とし、今後も、循環型社会の形成に向けてのさまざまな課題を解決するためのソリューションを提案していく考えである。

参考文献

- 1) 橋本:ネットワークソリューションWeb監視システム, 日立ハイテクノロジーズ計測ジャーナル, 2001年Vol. 1
- 2) 堀, 外:ダイオキシン前駆体モニタによるごみ焼却炉排ガスのオンライン測定, 第22回全国都市清掃研究発表会論文集(2001)
- 3) 本田, 外:CP-2000形ダイオキシン前駆体モニタによるリアルタイム測定技術, 生活と環境, 平成13年4月号, 財団法人日本環境衛生センター
- 4) 斉藤:クロロフェノールを用いたダイオキシン類の連続監視簡易測定, 資源環境対策, 2001 Vol.37, No.9, 株式会社環境コミュニケーションズ
- 5) 阪本, 外:クロロベンゼンおよびダイオキシン高速測定技術の開発, 第12回廃棄物学会研究発表会論文集(2001)
- 6) 山田, 外:PCBオンラインモニタリング技術の開発, 日本環境化学会主催第11回化学討論会(2002)

執筆者紹介



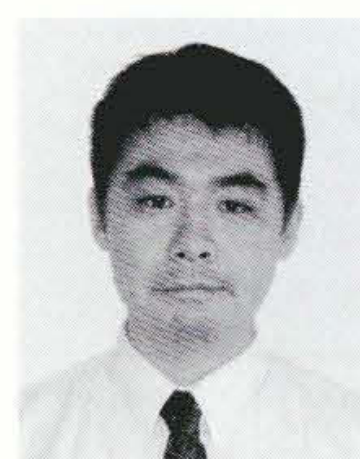
斎藤 拓

1999年日立製作所入社, 株式会社日立ハイテクノロジーズ 情報・生産事業統括本部 所属
現在, 環境計測システムの取りまとめに従事
E-mail: saito-taku@nst.hitachi-hitec.com



山田 益義

1998年日立製作所入社, 中央研究所 メディカル研究部 所属
現在, 環境計測技術の開発に従事
廃棄物学会会員
E-mail: myamada@crl.hitachi.co.jp



佐々木俊郎

1992年日立製作所入社, 日立那珂エレクトロニクス株式会社 情報システム設計本部 環境社会システムセンタ 所属
現在, 環境プラント用計装制御システムの設計に従事
E-mail: sasaki-toshio@naka.hitachi-hitec.com



橋本 宏明

1994年日立製作所入社, 日立那珂エレクトロニクス株式会社 情報システム設計本部 環境社会システムセンタ 所属
現在, 環境モニタの開発設計に従事
E-mail: hashimoto-hiroaki@naka.hitachi-hitec.com