

# 環境汚染の計測とそのシステム化

## Systematic Measurement in Environmental Pollution

Very strict regulations have been issued of late one after the other for the prevention of environmental pollution. In line with such move, the Ministry of International Trade and Industry has published a stringent plan of supervising measuring instruments to be used in the field of pollution survey.

In this article, various measuring instruments newly developed to comply with the requirements of the above regulations and plan, for the measurement of both air and water pollution, are introduced. Also, some examples of their application in computer systems for overall pollution survey are discussed.

酒井 馨\* *Kaoru Sakai Dr. Sc.*  
 笹間純也\*\* *Junya Sasama*  
 松井伸晴\*\* *Nobuharu Matsui*  
 柏迫一民\*\* *Kazuomi Kashiwazako*  
 新井 健\*\* *Takeshi Arai*

### 1 緒 言

公害対象成分は一般に種々の妨害成分と共存する 경우가多く、測定環境も最悪の条件となる場合がほとんどであり、しかも、計測機器に対しては、従来の機器では不可能なほどの超高感度と信頼性が要求される。さらに規制の強化に伴い、各地で測定件数が急増し、それらの測定およびデータ処理を大幅に能率化、省力化する必要を生じているが、これまでに発表されてきた公害計測機器は必ずしもその目標を満足していなかった。

このような社会情勢に応ずるため、通商産業省は「公害関係計測器製造業高度化計画」を官報告示（昭和46年8月13日）し、その中で合理化計画としては、表1の左欄に示すような計測機器に対し、〔 〕内で表わすような測定下限および従来以上の測定精度と信頼性を要求している。本報はこのような国家的要請に沿った各種の計測機器とそれらを用いるデータ処理システムの開発状況について述べる。

### 2 大気汚染の規制とその計測およびシステム

#### 2.1 大気汚染に関する規制

日本、アメリカ、ソ連の環境基準は表2に示すとおりである。この表において、一酸化炭素ではソ連が、イオウ酸化物では日本がきびしく、浮遊粒子状物質では三者ともほぼ同程度である。また窒素酸化物については、アメリカでは二酸化窒素の形で規制し、ソ連では五酸化二窒素の形で規制しており、日本は現在審議中である。窒素酸化物はボイラ排ガス、自動車排ガスのいずれにおいても、排出直後は一酸化窒素の形態であるが、大気中に放出されるとしだいに二酸化窒素に酸化されるので、全窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)の形で規制すべきであるとの声も聞かれる。オキシダントや炭化水素はその化学構造の不明確さから規制も遅れている。

排出基準については、汚染物質（イオウ酸化物、煤塵（ばいじん）、一酸化炭素、二酸化窒素）に対する緊急時発令濃度の規制のほかに、各種プラントの規模に応じた煤塵（ばいじん）量の規制や、Cd、Pb、Cl、Fとその化合物に対する規制も設けられている<sup>(1)</sup>。

#### 2.2 大気汚染の計測機器

計器の信頼性向上のためには、まず第一に公害計測用の各種標準ガスの供給体制を確立する必要がある<sup>(1)</sup>。第二は最適のサンプリングシステムを確立することである。いずれも現在JIS化が計画されている。特に後者の場合、たとえば、煙道排ガスの分析などでは、露点以下でのサンプリング、ダスト混入の防止、サンプ

表1 合理化機種と予想される計測方式

#### (A) 大気汚染計測機器

測定項目	測定方式
一酸化炭素 (CO) 〔20, 10ppm〕	① メタン化-FID式ガスクロ法 ② 水銀蒸気-原子吸光法 ③ 非分散赤外ガス分析法
炭酸ガス (CO <sub>2</sub> ) 〔1 ppm〕	① メタン化-FID式ガスクロ法 ② 非分散赤外ガス分析法
亜硫酸ガス (SO <sub>2</sub> ) 〔1 ppm〕	① 炎光光度法(FPD法) ② 相関分光法 ③ 電量分析法(クーロメトリー) ④ 非分散赤外ガス分析法 ⑤ 溶液導電率法
硫化水素 (H <sub>2</sub> S)	① 炎光光度法 ② けい光測光法 ③ 電量分析法
酸化窒素 (NO <sub>x</sub> ) 〔2, 0.001ppm〕	① ケミルミネセンス法 ② 二波長測光法 ③ 相関分光法 ④ ザルツマン法
塩素ガス (Cl <sub>2</sub> ) 〔0.01ppm〕	① オルトトリジン法 ② 二波長測光法
フッ化水素 (HF) 〔1 ppm〕	① アリザリンコンプレキソン法 ② けい光測光法
炭化水素計測機器 〔0.1ppm〕	① FID-ガスクロ法 ② 非分散赤外ガス分析法
煤塵 (兼 粒度分布)	① 光散乱法
オキシダント 〔0.1ppm〕	① ケミルミネセンス法 ② I <sub>2</sub> 遊離-電量法(または比色法)
広域計測 〔0.1ppm/km〕	① レーザ・ラマン・レーダ ② 相関分光法

#### (B) 水質汚濁, 悪臭, 計測機器

測定項目	測定方式
水素イオン濃度 (pH)	① pH計測法
濁度	① 光散乱法 ② ダブルビーム積分球法
油分濃度 〔0.01ppm〕	① 抽出-赤外分析法 ② 燃焼法
溶存酸素 〔0.1 ppm〕	① ガルバニ電池法 ② クーロメトリー ③ ポーラログラフィ
浮遊物質	① 光散乱法
フェノール類 〔1 ppm〕	① 蒸留-抽出-比色法 ② 二波長測光法 ③ けい光測光法
シアンイオン 〔0.01ppm〕	① 蒸留-比色法 ② イオン選択電極法
各種重金属物質 〔Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Mn, Cr, As〕	① 原子吸光法 ② 高周波プラズマスペクトル法 ③ 液クロ-クーロメトリー ④ イオン選択電極法
TOC	① 燃焼法
悪臭 (13成分)	① 炎光光度法 ② FPD, FID-GC法 ③ ガスクロ-マススペクトル法

注:(1) 機種の中〔 〕内は測定感度を示す。

(2) 測定方式中 ○印は合理化計画の要求する濃度を計測できる方式を示す。

\* 日立製作所那珂工場 理学博士 \*\* 日立製作所那珂工場

表2 各国の大気汚染用環境基準

汚染物質	日 本	ア メ リ カ	ソ 連
一酸化炭素	① 8時間平均値 20 ppm ② 24時間平均値 10 ppm	① 1時間値 35 ppm ② 8時間値 9 ppm	① 30分平均値 4.8 ppm ② 24時間平均値 0.8 ppm
イオウ酸化物 (SO <sub>2</sub> 換算)	① 年平均値 0.05 ppm ② 24時間平均値 0.05 ppm 以下の日数 年70%以上 ③ 1時間値 0.2 ppm以下の 時間数 年99%以上 ④ 1時間値 0.1 ppm以下の 時間数 年88%以上	① 24時間平均値 0.14 ppm ② 年平均値 0.03 ppm	① 30分平均値 0.17 ppm ② 24時間平均値 0.05 ppm
窒素酸化物	専門委員会で審議中	NO <sub>2</sub> ① 年平均値 0.05 ppm	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ① 30分平均値 0.06 ppm ② 24時間平均値 0.02 ppm
浮遊粒子状物質	10μ以下の粒子* ① 1時間値 200μg/m <sup>3</sup> ② 24時間平均値 100μg/m <sup>3</sup>	① 24時間平均値 260μg/m <sup>3</sup> ② 年幾何平均値 75μg/m <sup>3</sup>	① 30分平均値 500μg/m <sup>3</sup> ② 24時間平均値 150μg/m <sup>3</sup>
オキシダント	専門委員会で審議中	① 1時間値 0.08 ppm	
炭化水素	未 定	非メタン系炭化水素 3時間平均 値(午前6時から9時まで) 0.24 ppm (メタン換算値)	

注：\* 中央公害審議会大気部会の答申(昭和46年12月22日)

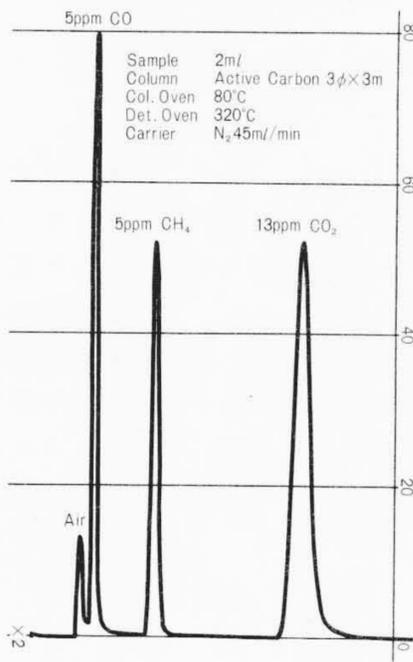


図1 CO, CO<sub>2</sub>の分析例

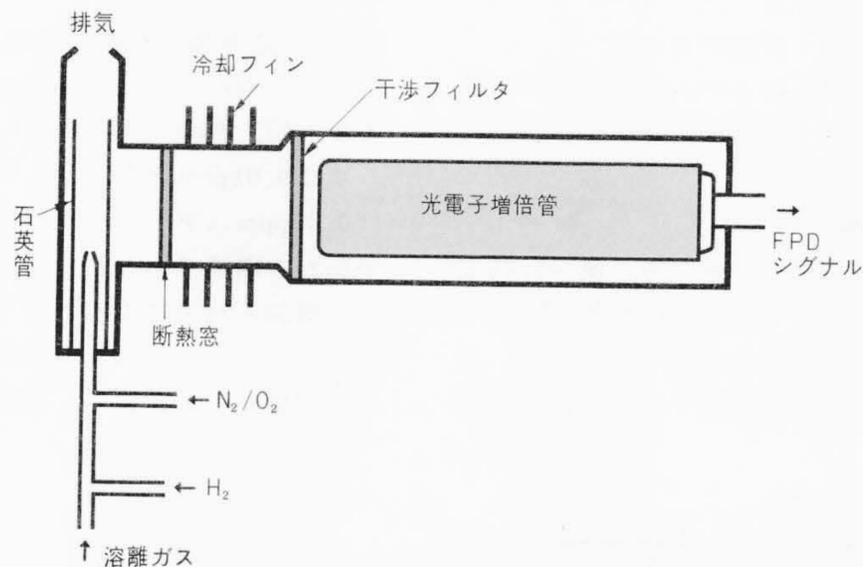


図2 FPDの断面図

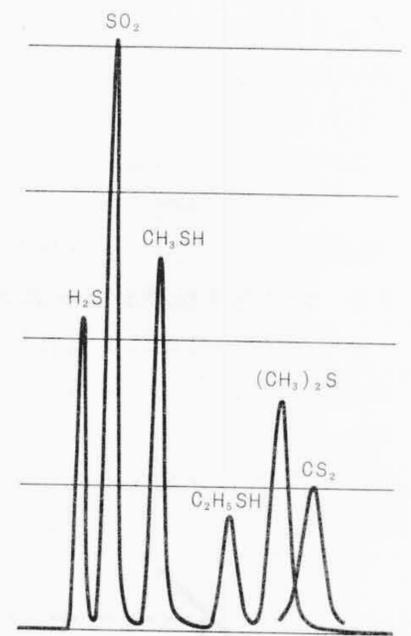


図3 悪臭成分の分析例

リング地点の厳選に努めねばならない<sup>(1)(2)</sup>。以下、述べる分析計は上述の対策がなされた場合はいずれも従来の手法よりも感度、精度などに関し十分期待できる。

2.2.1 CO, CO<sub>2</sub>の計測

高度化計画によれば、COでは10, 20ppm, CO<sub>2</sub>では1ppmの測定下限を要求しており、従来の非分散赤外ガス分析法では不十分であるため、各種の方式<sup>(1)</sup>が検討されている。Stevensら<sup>(2)</sup>は次のメタン化-FIDガスクロ方式を提案し、われわれはその手法を可能にした<sup>(3)</sup>。試料ガスはガスクロの注入口より自動注入されて、キヤリヤガスとともに分離カラムを通過中に、CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>などが分離される。この溶離成分をNi触媒のはいった反応カラム(約350°C)中にH<sub>2</sub>とともに導入することにより、COやCO<sub>2</sub>がメタン化され、これらはFIDで0.1ppm以下でも十分高感度分析される。図1はその分析例である。

2.2.2 SO<sub>2</sub>, 悪臭の計測

煙道排ガス中の二酸化イオウ(SO<sub>2</sub>)の計測には、溶液導電率法、赤外線ガス分析法、電量分析法、炎光光度法(略してFPD法という)、相関分光法などいろいろある<sup>(1)</sup>。また悪臭中のイオウ化合物の高感度計測には炎光光度法が注目されている。われわれは両者に共用されるFPD法による計測機器を開発した。図2はFPDそのものの断面図、図3はこれをガスクロマトグラフに装着した際の悪臭成分の分析例である。FPDの原理は次のとおりである。図2の炎光部に試料ガスが導入されるとイオウ分は394nm

付近でケミルミネセンスを発するので、その波長の狭帯域透過フィルタの通過光をヘッドオン形の光電子増倍管で検出する。一般に検出下限は0.005ppm程度である。

2.2.3 NO<sub>x</sub>の計測

煙道排ガスや自動車排ガスのような発生源中の窒素酸化物は大部分がNOの形であるが、一般大気中に拡散する中にそのほとんどがNO<sub>2</sub>に転換する。この測定にはザルツマン比色法、相関分光法、ケミルミネセンス法、二波長光電光度法が適当である。ここでは、全窒素酸化物(主としてNO+NO<sub>2</sub>)測定用に開発した二波長光電式NO<sub>x</sub>分析計について述べる。

排ガス中のNO<sub>x</sub>(ほとんどがNO+NO<sub>2</sub>)はオゾン発生器で生成したO<sub>3</sub>と反応して次式のように



五酸化二窒素が生成するが、約300°Cの加熱炉により、



のようにNO<sub>2</sub>に転換する。この最大吸収は405nm、共存他成分のガスで最も吸収のない波長は610nm付近であるので、図4のように二つの単色光に分けられるが、吸収セルには同一光束で入射する。その際NO<sub>2</sub>により吸収される波長と対照波長とは交互に通過するので、試料中のNO<sub>x</sub>濃度に対応した出力が得られることとなる。火力発電プラントの排ガスは現在200ppm前後であるので、フルスケール500ppmの計測としている。

2.2.4 浮遊粉塵および煤塵の計測

2.1で述べたように、煤塵の排出基準、浮遊粉塵の環境基準などのきびしい規制および表1のように高度化計画の高い目標が出されているが、次の点で現有機器には問題がある。すなわち、

- (a) 粒度分布の自動測定ができない。
- (b) 精度や再現性があまりよくない。
- (c) 連続測定できるものが少ない。

AN-100形スタックモニタはそれらの問題を解決している。すなわち、光散乱粒子カウンタにより粒径分布ごとの個数濃度を測定したのち、各粒径分布ごとの重量平均径による平均体積と、浮遊粉塵あるいは煤塵の平均比重との積から各粒径ごとの重量濃度を求めるとともに、その値を積算して全重量濃度も求める。光散乱粒子カウンタでは粒子径  $d$  の1個の粒子から  $d^\alpha$  ( $\alpha$ は定数) に比例した波高値のパルスが1個得られるため任意の粒度分布別に測定できる。図5は本装置の構成である。高濃度発生源での計測では、このように希釈装置が必要となる。光散乱粒子カウンタは、光源の光が光ストップによってカットされ、試料空気中の粒子の通過時にのみ散乱光が発生して、それを光電子増倍管で検出する方式が採られている。また試料空気は清浄空気で包まれ光学系の汚染を防止している。以上の特長のほかに、

- (i) 広い濃度範囲にわたり速応性よく計測できる。
- (ii) 人体への影響を考慮したデータを得るため、粒度分布ごとの個数濃度の測定を可能にする。

点が特長として追加される。

2.3 大気汚染監視システムと計装例

大気汚染の計測による監視には二つの立場がある。第一は特定地域の公的機関による汚染監視であり、 $SO_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $NO_x$ 、 $NO_2$ 、 $NO$ 、オキシダント、煤塵などが基準値を越したときに、地域住民に警報を発するとともに、発生源に警告する。この際は広

域の総合監視を必要とするので、複数個の監視局で情報を収集し、それを中央局に伝送して総合判断することとなる。監視局には固定局と移動局があり、後者には分析計を積載したバスなどを用いる。各局の測定対象には上記項目のほかに風向、風速、気温などがあり、これらの情報は無線か有線の伝送路で中央に送られる。大形のシステムでは中央に計算機を設置しデータの解析を行なうが、将来の予測をも含めた汚染のシミュレーションモデルも開発されている。

第二は環境汚染源となる可能性のあるプラントを有する企業で、自主的に排出汚染対象物を監視し、基準を越えないよう自主規制するものである。この場合は前者に比べて局所的計測が主体となる。ここでは、ごく一般的な燃焼設備における計装のうち、公害防止に関連する部分を図6に示した。

重油中のイオウ分析は $SO_2$ 規制に関連して重要な計測対象であるが、窒素分析は $NO_x$ 規制に関連し最近重要視されている。その他の成分の分析地点は一応煙突内であるが、酸素は空気予熱器以降の空気漏れを考慮するとボイラ直後が望ましい場合もある。このほかに $SO_3$ や水分、露点などの計測が必要なこともある。

3 水質汚濁の規制とその計測システム

3.1 水質汚濁に関する規制

人の健康にかかわる環境基準としては、シアン、総水銀、アルキル水銀、有機リンなどに対しては検出されないこと、カドミウムでは0.01ppm以下、鉛では0.1ppm以下、クロム(6価)、ヒ素では0.05ppm以下という規制値がとられている。一方、生活環境にかかわる環境基準としては、pH、BOD、COD、溶存酸素、大腸菌群が規制の対象になっている。以上の環境基準とは別に、水質汚濁防止法による排水基準も表3のように設けられている。これらの規制値を十分監視できる計測技術の確立が望まれる訳であるが、

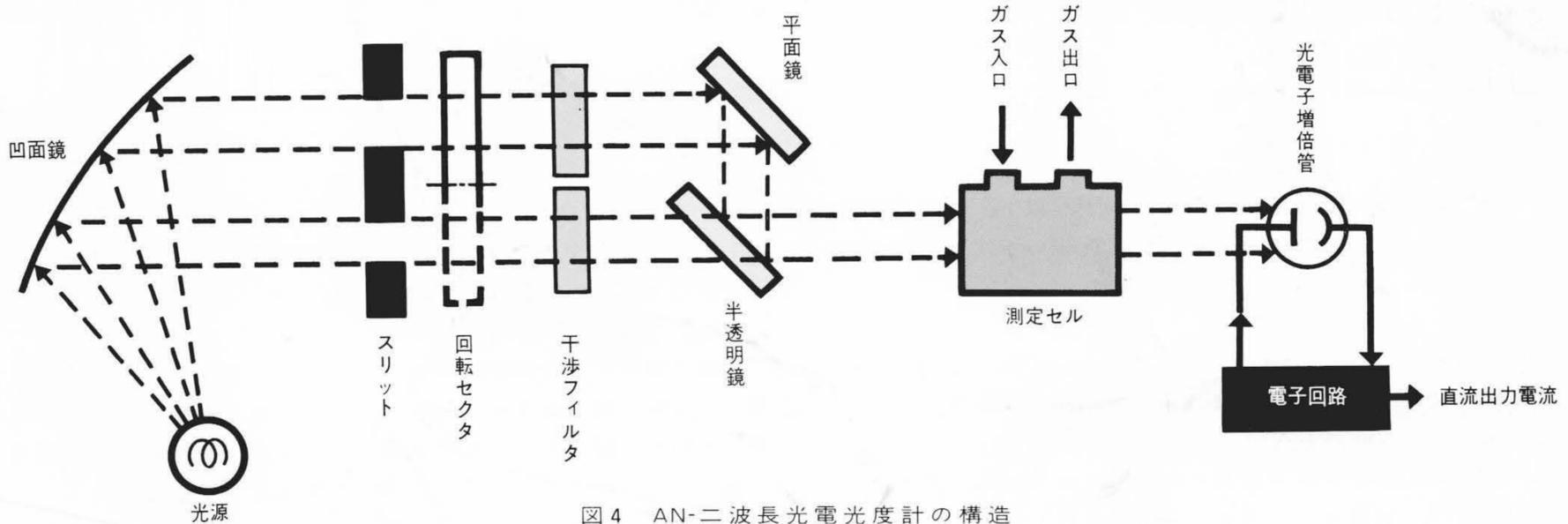


図4 AN-二波長光電光度計の構造

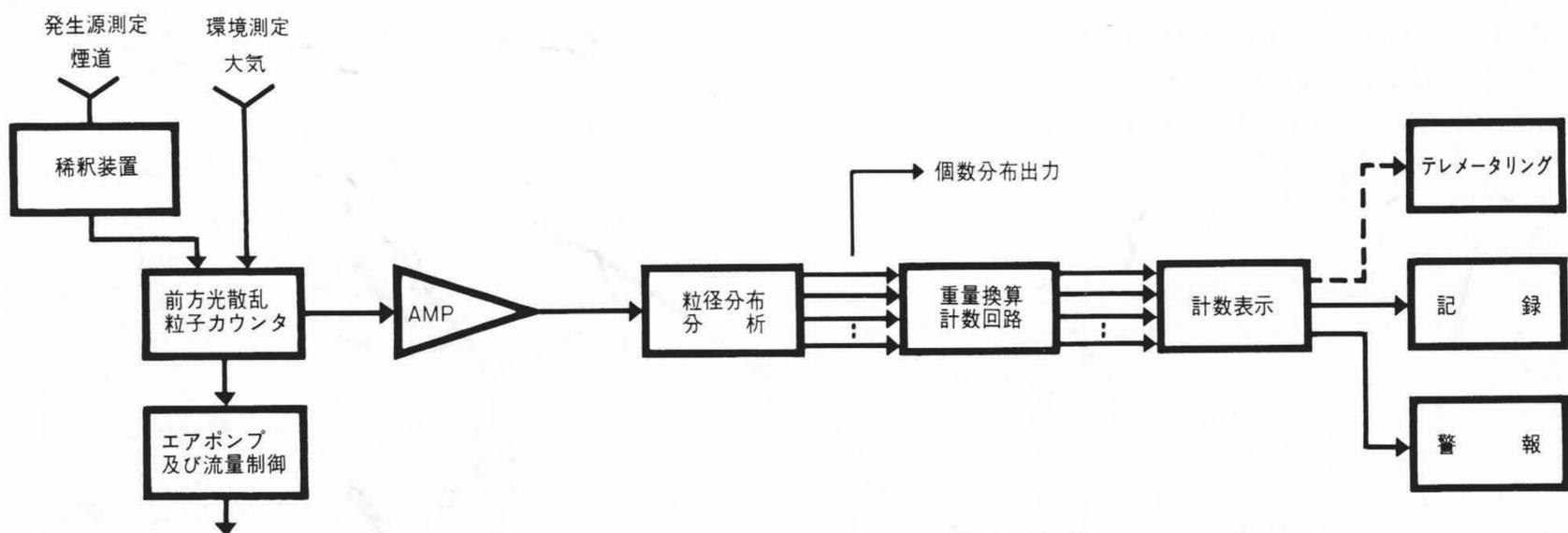


図5 AN-100形スタックモニタの構成

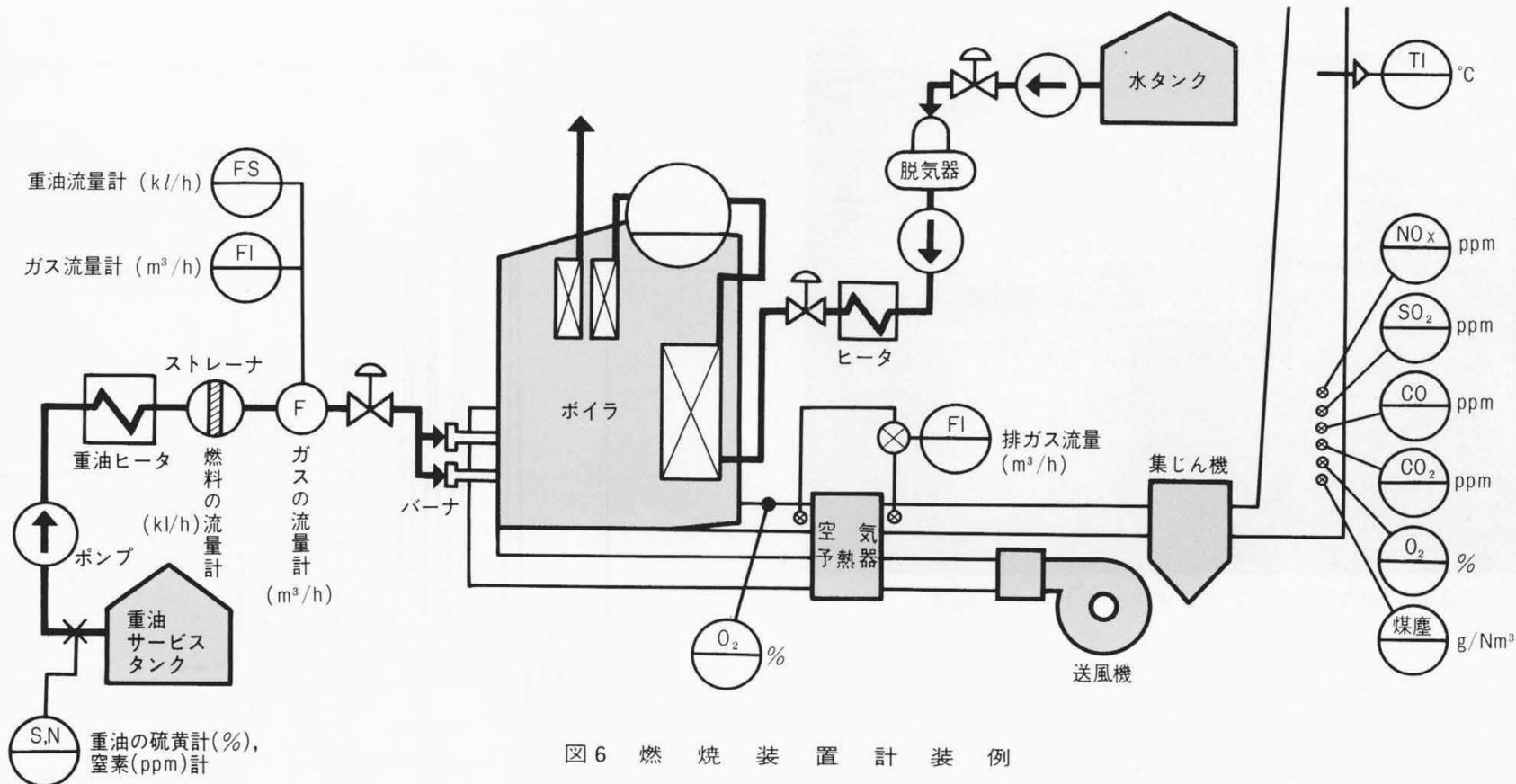


図6 燃 焼 装 置 計 装 例

(a) 有害物質 表3 水質汚濁防止法による排水基準

項 目	排出許容限度	試 験 方 法
カドミウムおよびその化合物	Cdとして 0.1mg/l	JIS K 0102の40.1
シアン化合物	" 1 "	" の29.1.2および29.3
有機リン化合物	Cdとして 1 "	" の23
鉛およびその化合物	Pbとして 1 "	" の39.3
6価クロム化合物	Cr(VI)として 0.5 "	" の51.2.1
ヒ素およびその化合物	Asとして 0.5mg/l	" の48
水銀およびアルキル水銀その他の化合物	検出されないこと	" の44.1
アルキル水銀	検出されないこと	JIS K 0102の44.2またはガスクロマ法, TLC法

(b) その他の排水汚染物質

項 目	排出許容限度	試 験 方 法
pH	海域5.0~9.0, その他5.8~8.6	JIS K 0102の 8
BOD	160mg/l(日間平均120mg/l)	" の16
COD	160mg/l( " 120 " )	" の13
浮遊物質	200 " (日間平均150mg/l)	" の10.2.1A
油分	鉱油 5 mg/l, 油脂 30mg/l	" の18.2A
フェノール類	5 mg/l	" の20
銅含有量	3 "	" の37.1
亜鉛 "	5 "	" の38.1
溶解性鉄 "	10 "	" の47.1
溶解性マンガン "	10 "	" の46
クロム "	2 "	" の51.1.1
フッ素含有量	15 mg/l	JIS K 0102の28
大腸菌群数	日間平均 3,000mg/l	下水検定方法に関する省令

以上の規制のほかに、連続計測では導電率、流量、温度、日照強度、ORP、イオン選択電極法によるFなども問題となる。バッチ計測ではニッケル、全クロム、アンモニウムイオン、硝酸根、亜硝酸根、CN、リン酸根、油分、TOC、TODなども問題となっている。

### 3.2 金属成分の分析

#### 3.2.1 前処理—光電分光法

有害金属成分として、Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Mn, Hg, As などがあげられるが、これら进行分析の際は一般に共存する有機物の妨害を除去するために、次のような前処理を行なう必要がある<sup>(5)</sup>。

##### (a) 灰化法

- (i)乾式灰化法 (電気炉加熱法, 低温灰化法, 密封灰化法など)
- (ii)湿式灰化法 ( $H_2SO_4-KMnO_4$ 系,  $H_2SO_4-HNO_3$ 系,  $HCl-HNO_3$ 系,  $H_2SO_4-HClO_4$ 系,  $HNO_3-HClO_4$ 系,  $H_2SO_4-$

$HNO_3-HClO_4$ 系,  $NaOH-H_2O_2$ 系,  $NH_4OH-H_2O_2$ 系,  $NaOH-KMnO_4$ 系など)

(b) 溶媒抽出法 (APDC-MIBK系, DDTC-酢酸-n-ブチル系, 逆抽出法など)

(c) その他 (気化分離法, 沈殿分離法, クロマト分離法, イオン交換分離法など)

以上のうち、(a)、(b)が最もオーソドックスである。図7は日立製作所が建設省の補助金により試作した溶媒抽出装置の構成を示すものである。自動サンプラから容器Aに導入された試料水はpH調製機構により所定の値に自動的に調製されたのち、容器Bに導入される。そこでキレート剤 (たとえばDDTCやAPDC) を添加し、有害金属成分をキレート化したのち、溶媒を混入し、激しくかき混ぜてキレート抽出する。次いで容器Cに移し、上部溶媒部を順次フラクションコレクタに移す。この抽出溶媒を順次原子吸光装置に移し目的金属成分を分析する。水銀の分析では還元気化して生成した水銀蒸気を、フレームレス原子吸光法により測定する。ヒ素の分析では還元気化して生成したヒ化水素 ( $AsH_3$ ) を  $H_2-Ar$ 系炎中で原子吸光法により測定する。

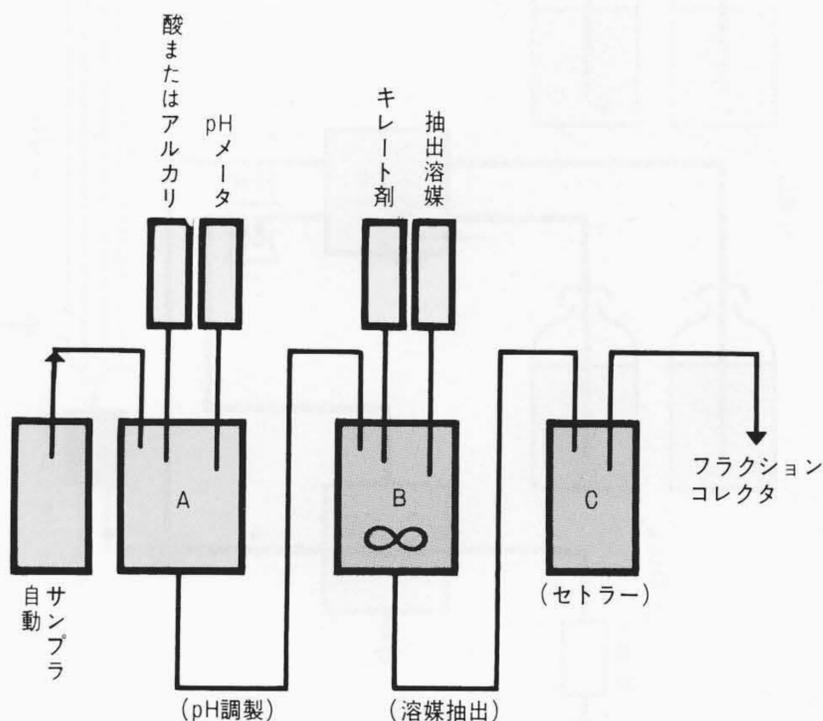


図7 550形自動溶媒抽出装置

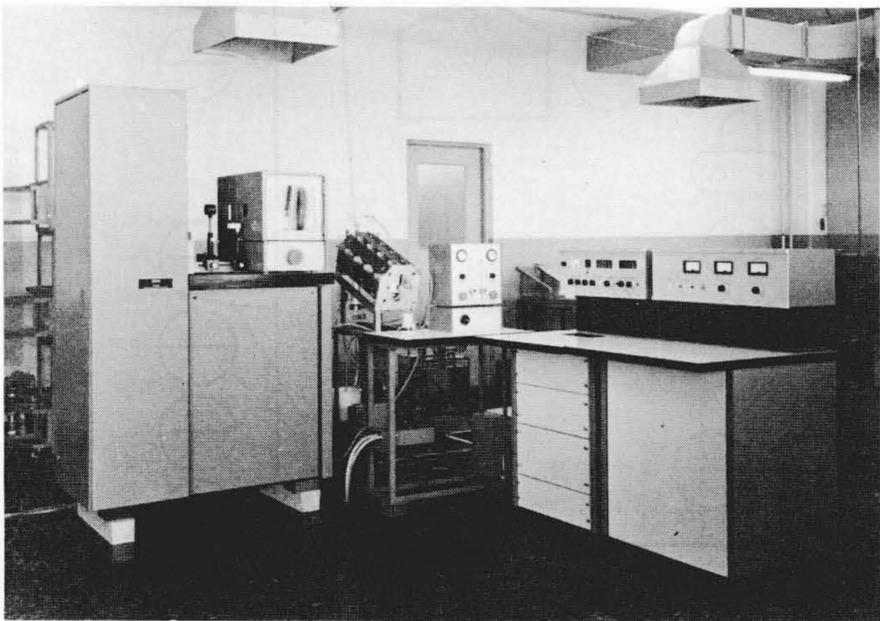


図8 300形高周波プラズマスペクトル分析装置

以上述べた原子吸光分析法は高感度で定量性もよい利点はあるが、多元素を同時測定することはできない。この問題に対し、従来のアーク法やスパーク法を用いる発光分光分析では再現性と感度が不十分であるため、村山氏、山本氏<sup>(6)</sup>、Fassel氏<sup>(7)</sup>、Svoboda氏<sup>(8)</sup>らはマイクロ波の安定放電を利用してプラズマ炎を作り、波長スキャン可能な発光分光分析法を開発し、これを日立製作所で製品化した。プラズマ電源としては2,450MHz、1kWのマイクロ波出力を用いる。プラズマふんい気は通常Arとする。写真(図8)はその外観を示したものである。分光系は同一仕様の2個の回折格子を有し、それぞれパルスモータにて任意波長に設定され、内標準法も可能である。このような発光分光方式は従来の原子吸光法に対し、多種共存金属成分の共存状況を知ることができる点で意味が大きい。なお、本法は有機物の妨害があるため、溶媒抽出も逆抽出法によらねばならない。ほかの前処理法としてはAPDC沈殿法やイオン交換濃縮法なども適用される。

3.2.2 電気化学的手法による金属分析

電気化学的手法にもいろいろあるが、ここでは東京大学生産技術研究所武藤研究室で開発し日立製作所で製品化した定電位クロマトリーを液体クロマトグラフィに適用した方法について述べ

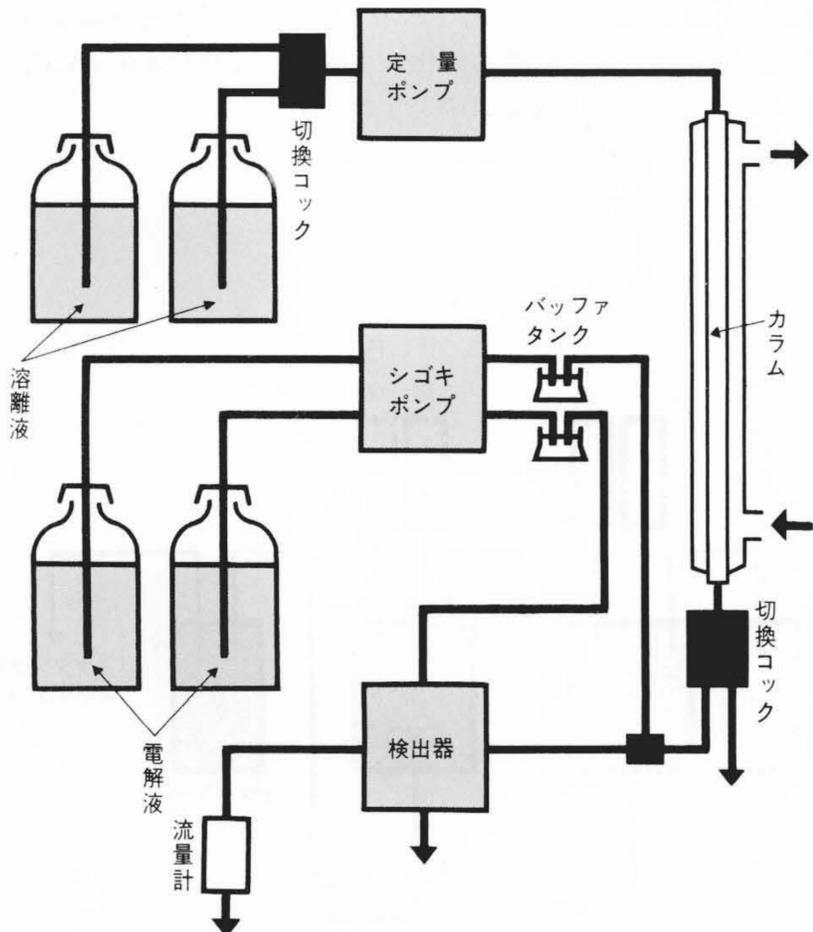


図9 630形液クロウクロメータのフローシート

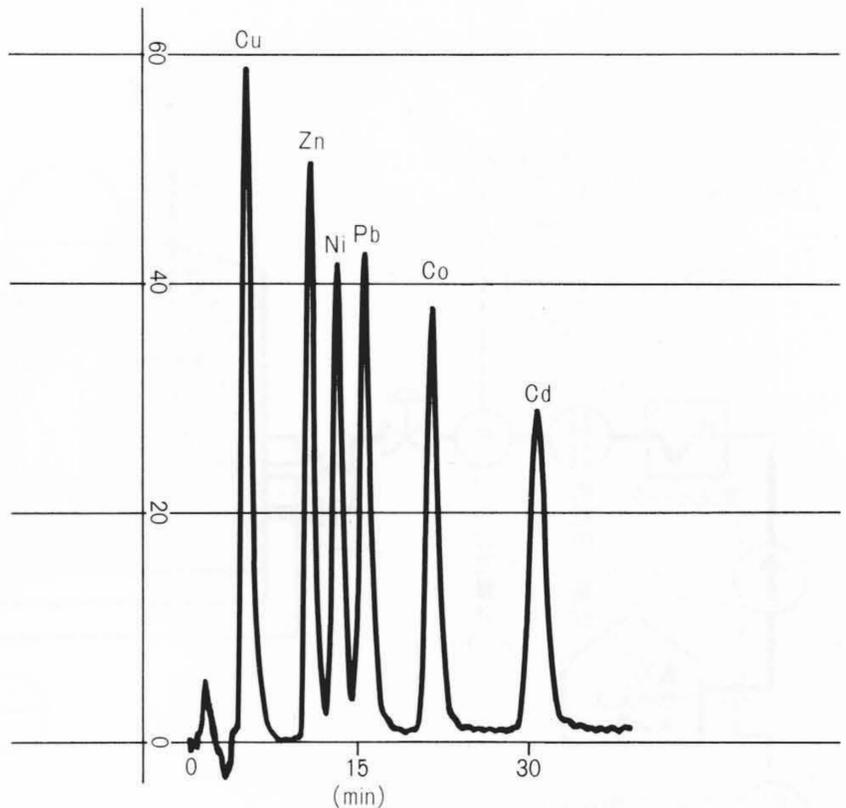


図10 有害金属成分のクロマト分離例

る。

図9において、検出器はイオン交換膜を隔膜とし作用電極と対極とからなるフロー方式の定電位電解セルである。図はこの検出器を液体クロマトグラフに連結した場合の系統を示している。図10はこの装置を用いて行なったクロマト分離例である。分析条件はカラム：9φ×100mm、40°C保温、樹脂：日立イオン交換樹脂、溶離液：0.19M酒石酸アンモニウム+0.05M酢酸アンモニウム、検出電位：+0.22V vs Ag-AgIである。この例のほかに、各種有機酸や各種ハロゲンも分離定量分析できる特長を有している。

3.3 非金属成分の計測

表4のような成分は生活廃水に関連する水質の汚染度のパラメータにあげられている。これらはそれほどの前処理がなくても、表4にあるような発色法に従って発色せしめ、吸光度を測定することで定量分析ができる。

日立製作所が臨床用自動分析計として開発したものを若干改造して表4のような成分の分析に転用できるようにした。この方式をとれば、通常数百ミリリットルの試料水を必要とした標準分析法を数ミリリットルでできること、一試料一成分の分析に1~2分の所要時間でよいなど、能率化、省力化が可能となる。

以上のほかに、各種酸素要求量の分析、シアン、フェノール類の分析、油分分析などかずかずの測定項目があるが、それらについては別の機会に述べることにする。

表4 一般非金属成分の分析

測定項目	方 法
全アルカリ度	メチルオレンジ比色法
塩素イオン	チオシアン酸第2水銀比色法
アンモニウムイオン	フェノール比色法
亜硝酸根	ナフチルアミン比色法
硝酸根	ブルシン比色法
正リン酸根	モリブデン青比色法
シリカ	モリブデン青比色法
硫酸根	バリウムクロラニル比色法
亜硫酸根	ヨード法

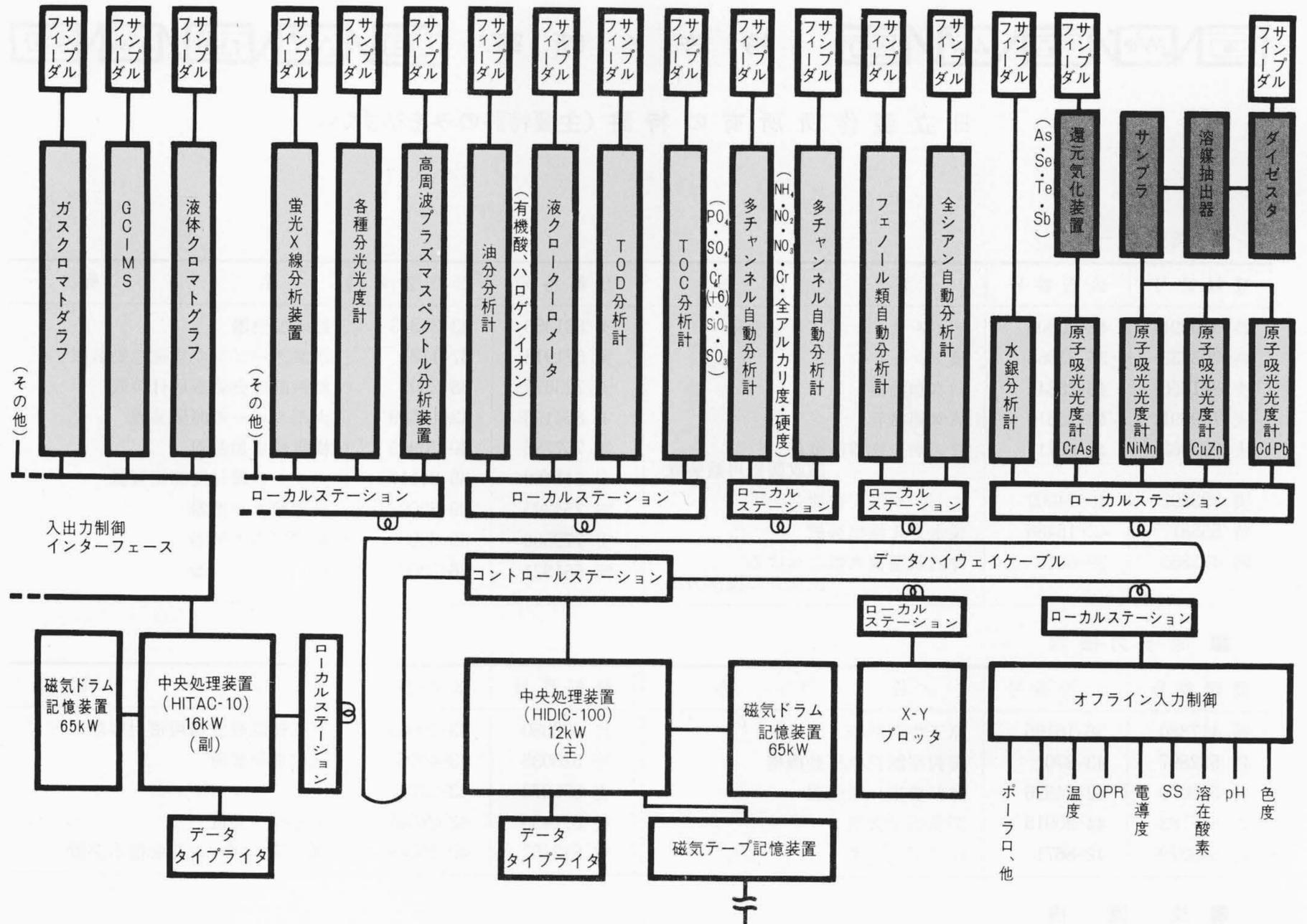


図11 水質汚濁の計測システム

### 3.4 水質汚濁の計測システム

一般に化学成分の分析は現状ではすでいくつかの例で述べたように、人手と時間とを要求する作業であり、測定対象成分によって所要時間も相違するとともに、濃度換算手段も千差万別である。しかしながら、中央処理装置への各検出部の結合は大きく分ければ次の三者に分けられる。図11において、

- (1) 各種分光光度計、原子吸光度計など比較的単純な出力信号を出し、測定ひん度の高い機器ではオペレータコンソールを併用し、中央処理装置にオンラインで結合する。
- (2) 中央処理装置に直接結合することの困難な機器、たとえば、ガスクロマトグラフ、質量分析計、液体クロマトグラフなどでは専用のコンピュータで一次処理を行なったのち、中央処理装置に結合する。
- (3) てんびん操作、写真など結合が困難あるいはその利益があまりないものでは、オフライン的に処理し、必要に応じて人手を介し中央処理装置と結合する。ここに、原子吸光法や炎光光度法のようにオンライン可能なものでも、燃料消費量の低減のためオフラインとすることを望まれる場合もある。

いずれの場合でも、中央処理装置を使用する目的は、より多くの情報を集めて、精度の高いデータを得ることにあり、そのためには、散在する多くのデータ送受信点をいかに効率よく中央処理装置に結合するかが計測システムとしての実用上の問題点となる。

この問題を解決する一手法として、日立データハイウェイシステムがある。データハイウェイシステムは中央処理装置のデータ送受信システムで、中央処理装置に付属したコントロールステーションといくつかのローカルステーションおよびステーションを結ぶデータハイウェイより構成される。ローカルステーションか

ら検出部へは通常の配線による接続がなされるが、データハイウェイ部はアドレスラインとデータラインのわずか2本の線(2心ケーブル1本)で構成されており、配線工事費の低減、システム構成の融通性、工事期間の短縮あるいは増設、変更のダウンタイムの減少など、多くの効果が得られる。

### 4 結 言

以上、通産省の高度化計画と各種の環境汚染規制を考慮し、大気汚染と水質汚濁の計測に最も適する計測機器の開発状況ならびにそれら計測機器を使用する際の前処理やサンプリングに若干触れるとともに、これらの計測機器を使用する際の設置状況や新計装システムについても記述した。大気汚染の計測では環境用計測機器としては今後よりいっそう感度の向上を要するものもあり、また、水質汚濁の計測では連続計測を強く要求されているものもあるが、今後のこの分野の発展に期待される。本研究にあたり、建設省、名古屋工業試験所、大阪府の関係各位のご指導を得たことを深く感謝する。

### 参考文献

- (1) 酒井：計装 19 (2月), 65 (3月), 48 (4月) (昭47)
- (2) 酒井, 水庭, 林：日立評論 49, 1138 (昭42)
- (3) R.K.Stevens, A.E.O'Keefe: Anal.Chem. 42, 143A (1970)
- (4) 永井, 中村：第6回応用スペクトロメトリーで講演(昭45-10)
- (5) たとえば, JIS K 0102 (昭46)
- (6) S.Murayama, Yamamoto: Spectrochim. Acta 23A, 773 (1967)
- (7) V.A.Fassel: Anal. Chem. 41, 1021 (1969)
- (8) V.Svoboda: Anal. Chem. 41, 1029 (1969)