

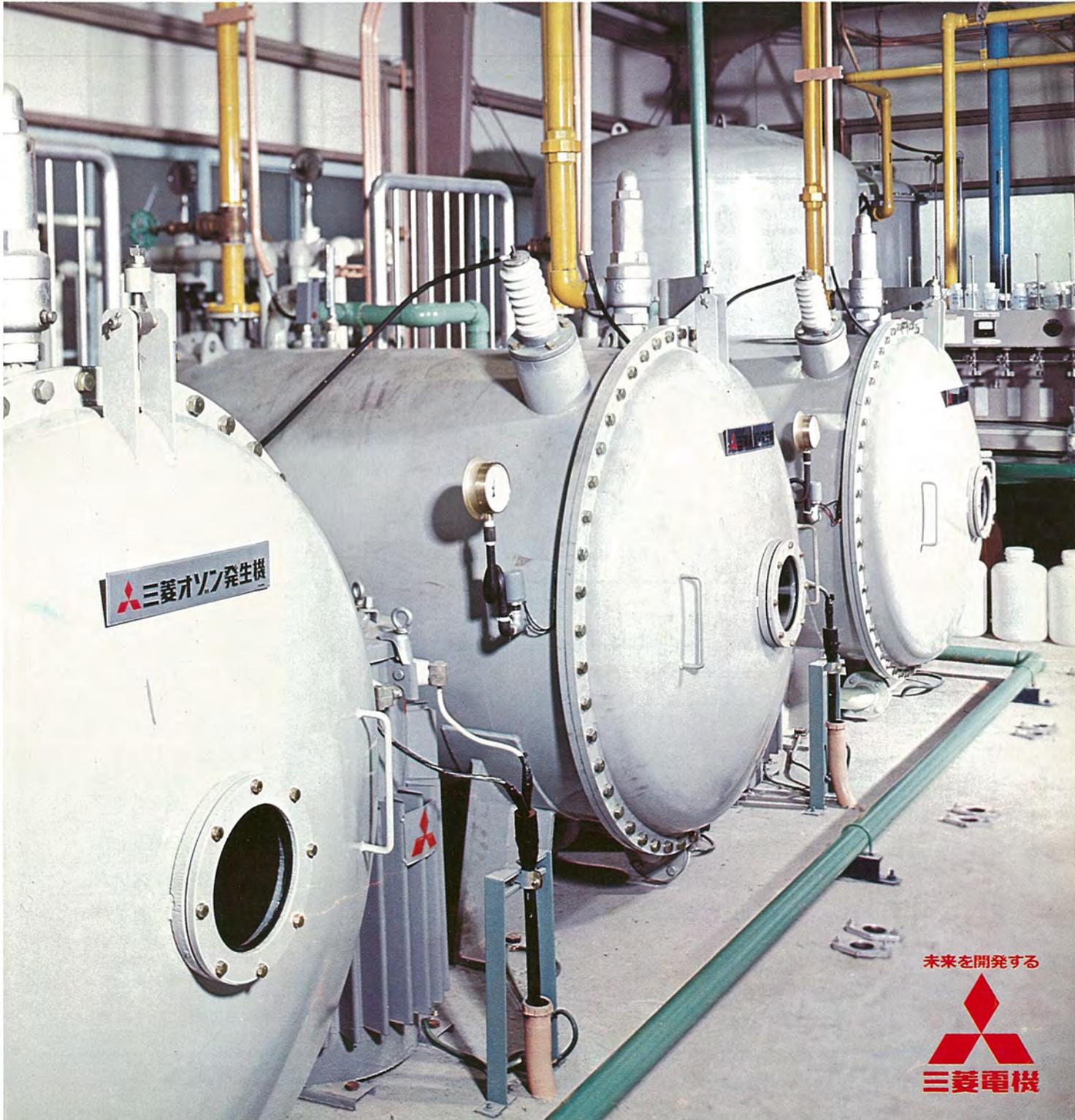
# MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.46 May 1972

環境制御特集

# 5

三菱オゾンナイザ(OS-600×3台)



未来を開発する





## SPECIAL EDITION : ENVIRONMENTAL QUALITY CONTROL

### CONTENTS

#### SPECIALLY COLLECTED PAPERS

In Pursuit of Better Living.....	T. MUTO... 518
Water Purification and Treatment Systems.....	H. WATANABE... 528
Environmental Monitoring and Control System .....S. MUROTA • S. YANAGIZAWA • S. KITAHARA • O. YOSHIDA • S. NOTO • K. SENA .....K. UEMURA • T. FUKUDA... 537	
Automobile Emission Control System.....	T. SHIRAI... 545
Ozone Treatment of Waste Water .....H. MATSUOKA • N. TABATA • T. IMAMURA • M. MAEDA • Y. HASHIMOTO • S. NODA... 552	
Laser Radar for Stack Effluent Monitoring .....S. NAKAHARA • K. ITO • S. ITO • S. TAMURA • I. TANIGUCHI • A. FUKU... 561	
A Study on Continuous Measurement of Nitric Oxide in the Can of Automobile Exhaust Gas .....M. MORIKAWA • K. AZUMA... 569	
Plate-Fin Type Air Cleaners.....	O. TANAKA • K. AZUMA • N. MATSUNAGA • M. OHKAWA • A. SHIMOJIMA... 576

#### TECHNICAL PAPERS

Automatic Ultrasonic Flaw Detectors for Railway Axles.....	K. DAIRIKI • S. MARUTA... 587
A Design Method of Heat Pipes.....	T. UEDA • Y. KUBOUCHI • H. KIMURA • Y. KOBAYASHI... 594
CAD System of Pattern Layout Design for Four-Phase MOS LSI .....K. IMAFUJI • M. IWATSUKI... 600	
Standization of Input and Output Programming of MELCOM-350-30/30 F "I/O WRITER" .....S. NAKAMURA • Y. SADACHI... 606	

#### TECHNICAL EXPLANATION

Investment in Pollution Control by Industrial Enterprise.....	S. IKEDA... 614
---	-----------------

#### NEW PRODUCTS

619

#### PATENT AND UTILITY MODEL

585

#### COVER :

##### Mitsubishi Ozonizer (OS-600×3)

The Ozone has a strong oxidizing power. It is very effective in the decomposition of harmful substances such as cyanides, in the treatment of deodorizing and sterilization of service water, removal treatment of bad smell of sewage, and decoloring of waste water from dye works. The ozone treatment has been drawing attention of circles as one of the countermeasures against public hazard. Studies have been made on the technique related to it for many years. The Ozonizer is an outcome of these efforts and its development has been brought to completion. The units having a ozone generating capacity of 4 g/h-5000 g/h are merchandized and available in a series of products.

The Ozonizers illustrated are the ones used for the ozone treatment plant of dyeing works (waste water treating capacity 100 m<sup>3</sup>/h) and has been manufactured based on the subsidy of the Ministry of International Trade and Industry. The ozone generating capacity is 600 g/h per one unit (nominal) and three units are in use at the plant.

UDC 628.1/9

## 豊かな生活環境

武藤 正

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P518～527

人間の生活をより豊かに、より快適にするため産業の振興がきわめて勢力的に進められてきた。しかし人と産業の狭い地域への過度の集中は多量の排出物を生み、地域環境容量を越え、人と自然界のバランスをくずし、われわれの周囲に、大気・水の汚染、振動騒音、地盤の沈下、悪臭、土壌の汚染など数多くの問題を引き起こしている。'70年代のわれわれは環境を破壊せずに、また破壊された自然を回復させるための努力をしなければなりません。

本文では豊かな生活環境を作るための諸条件と、われわれのまわりをとりまく生活環境機器につき述べ



UDC 628.34:546.214

## オゾンによる排水処理

松岡宏昌・田畑剛一・今村 孝・野田裕久・前田満雄・橋本雄二郎

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P552～560

オゾンは強力な酸化力をもち、有害成分の分解・脱臭・脱色および殺菌などすぐれた効果があり、水処理への適用が注目されている。当社はオゾン処理の実用化をはかるべく、オゾン発生量 4 g/h～5,000g/h のオゾンナイザをすでに製品化したが、本誌ではオゾンをを用いた染色排水・シアン排水およびフェノール排水などの処理について報告する。オゾン処理は近年上水の脱臭に有効であることが認められ、実用化の気運にあるが、上水処理に関する研究結果は追って報告したい。



UDC 628.16.04/09

## 水の浄化と処理システム

渡辺 宏

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P528～536

近年産業の発展・人口の増加と都市周辺への集中化・生活水準の向上などにより水の需要が急激に増加し、浄水施設の新設・増設がつきつぎに計画・施行されている。また都市およびその周辺や工場地帯では生活排水・工場排水が増加し、下水・排水処理施設の新設・増設もさかんに行なわれている。

本文では、浄水場・都市下水処理場および工場排水処理場における水の浄化および処理のプロセスについて述べるとともに、水質関係の計測・制御および試験についても述べ、あわせて自動化の問題点についても述べている。



UDC 535.12.06:535.12.084:535.36.03

## 排煙監視用レーザ レーダ

中原昭次郎・伊藤克能・伊東 尚・田村祥一・谷口一郎・福家 俊

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P561～568

最近、大気汚染による公害は重大な社会問題となり、大気汚染監視体制の強化、規制の立法化などその防止に対して各方面でいろいろの努力がはらわれている。

防止対策の第一歩として汚染を定量的に測定する方法の確立であるが、当社はその一役をになうものとして、光およびレーザを用いた新しい測定装置を開発してきた。本文は其中でミイ散乱およびラマン散乱を用いて、排煙流の拡散幅、衝突の有効高さ、排煙中の SO<sub>2</sub>・NO の濃度の測定を行なえるレーザレーダについて紹介する。なおこのレーザレーダは逆転層の観測、視程の測定など大気汚染とも関係の深い大気現象の解明にも使用できるものである。



UDC 614.7:628.51

## 総合公害監視制御システム

室田 慎・柳沢 忍・北原貞守・吉田修己  
能登四郎・瀬名一生・上村勝彦・福田豊生

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P537～544

現在社会においては人間の活動の高度化に伴う公害が発生し、人類に対し大きな障害となることが認識されつつあって、公害抑圧、規制へいろいろの努力がなされている。公害発生を抑制し、状況の時間的、空間的变化を追って、予測をも含めた公害警報、規制、抑圧を行なうことは重要な公害対策である。

この論文では総合公害監視制御システムの基本的考え方、利用される機器につき概要を紹介する。



UDC 543:661.98:662.613.543.422.6

## 自動車排気ガス用窒素酸化物連続測定の研究

森川允弘・吾妻健国

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P569～575

五酸化ヨウ素 (I<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) によって自動車排気ガスや煙道ガス中の酸化窒素を二酸化窒素に酸化し、試料中の全窒素酸化物濃度をNDUV法で連続的に測定する方法を検討し、試作機を作成した。この方法による装置は、炭化水素・一酸化炭素・水素等をあらかじめ触媒で酸化除去する接触酸化素を備えており、数千ppmから100ppm以下の濃度範囲にわたって共存成分の干渉なしに測定することができる。

試作機の性能としては、試料を吸引後真値の90%の指示を示すまでの所要時間:約7.4秒、指示値の再現性:±1.5%、零点変動:フルスケール目盛に依存し、2時間あたり0.6% (フルスケール5,000ppm) から4% (フルスケール200ppm) 等の結果を得た。



UDC 621.43.05/06

## 自動車用公害対策機器

白井二実

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P545～551

自動車の排出物から有害物質を低減しようという努力が、各方面でなされている。当社もカーメーカーと協力して、おもにアメリカ向け輸出車用として、各種の対策機器を開発した。その内容は、大別すれば、センサ、バルブ、ポンプ、電子制御装置であり、システムとしてこれらをうまく組み合わせ、機能を発揮するように構成される。ここではそのあらましを紹介するとともに、排出ガス規制状況についても概説する。

なお排出ガス規制は年ごとにきびしくなるから、ここに紹介した機器は、短いライフサイクルでつきつぎに生まれ変わり、システムもひんぱんに組みかえられる情勢にある。



UDC 697.941:614.72:661.2

## プレートフィン形 空気清浄機

田中 修・吾妻健国・松永直利・大川美津子・下島明彦

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P576～584

このたび当社で開発したプレートフィン形空気清浄機は、化学反応によって有害ガスを確実に吸収除去する形式を採用しており、圧力損失がきわめて小さいニニークな湿式フィルタを装着している。寿命は従来の不織布や活性炭を使ったフィルタと比較して、同一通風抵抗のとき二十数倍長く、かつ寿命表示が可能である。この空気清浄機は、わが国の広域大気汚染物質であるいおう酸化物を99%以上の高効率で除去する。さらにフィルタに含浸させる吸収液として Na<sub>2</sub>M<sub>2</sub>O<sub>4</sub> と K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を含んだグリセリン水溶液を用いれば、臭気が強く、電子計算機などの精密機器の腐食の要因である、H<sub>2</sub>S もいおう酸化物と同時に吸収除去することが可能である。



UDC 534.8-8:681.89:625.2.012.1/3

## 車軸用自動超音波探傷装置

大力健市・丸田紳一

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P587~593

車軸の保守検査は鉄道車両の安全確保のため重要であり、この検査装置として超音波探傷器の役割はきわめて大きく、特に傷の発生ひん度の多い、車輪圧入部のクラックの検出に威力を発揮している。車軸探傷では圧入部特有の虚エコーのため、S/N比が悪く傷の判断に熟練した作業を必要とした。本文で述べる自動探傷装置では、装置の改善でS/N比の向上を計るとともに、有人操作と類似した自動制御回路の開発により判断作業の自動化も計り、しかもテークの活用を計るため、計算機に読み取りできる穿孔テープ記録法を採用した。



UDC 628.5

## 公害防止投資と企業

池田重隆

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P614~618

1972年2月、OECDの環境委員会は、「公害防止費用の発生者負担原則」Polluter Pays Principleを国際的の原則として採択した。企業は公害防止費用を負担し、製造コストに織込み、価格に転嫁することが原則になる。わが国のように、国土が狭く、人口・生産密度の高い国は必然的に他国よりもきびしい汚染制御を必要とする。

したがってその防止投資負担も高くなる。有効で経済的な防止技術の開発と、汚染因子排出の少ない製造工程の開発が必要である。



UDC 66.045.1

## ヒートパイプの設計法

植田剛夫・小林康徳・窪内洋子・木村 弘

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P594~599

ヒートパイプを設計、製作するための一つの基本的な設計概念と手法を提示する。これは制御対象の熱的条件を満足するヒートパイプの液体とウィックの組合せを選択し、つきにそれらの定常状態での作動特性、ついでヒートパイプの始動時や入力変化時などの非定常作動特性を検討し、最適なものを決定するという設計法である。したがって、ソフトウエアとしては、定常状態でのヒートパイプの作動限界をチェックするものと非定常動作シミュレーション用のプログラムから成る。とくに、後者はヒートパイプの動作に適当な仮定をもうけて、はん用熱解析プログラムを  用いることにより実現できることが確認された。

UDC 681.142.01

## 4相-MOS LSI パターン レイアウト設計システム

今藤一行・岩附 守

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P600~605

最近、半導体集積回路製造技術はどんどん向上し、1チップ当たりのゲート数も増加の一途をたどっている。その結果、LSIの製造において、パターンレイアウトの作成が一つのネックとなってきている。この論文は、それを解消するために開発した4相MOS LSIパターン レイアウト自動設計プログラム システムについて述べたものである。このシステムは、二つのプログラムで構成されている。一つは論理式からパターンを発生させるためのプログラムであり、もう一つは、パターンの一部修正のためのプログラムである。



UDC 681.142.01:007.3

## MELCOM-350-30/30Fシステムにおける 入出力プログラミングの標準化“I/Oライター”

中村莊之助・佐立良夫

三菱電機技報 Vol.46・No.5・P606~613

電子計算機における処理速度に多大の影響をおよぼす入出力機器の制御方法は、おのおのの電子計算機の規模あるいはその用途に応じていろいろな方法がとられている。ただその制御方法を決定する時には、いかに早く処理することもさることながら、いかに容易なプログラミングで制御することができるかによるであろう。

今回ここに紹介する“I/Oライター”は、おもに実時間処理応用プログラムを対象とした入出力機器制御プログラミングシステムで、プログラミングの容易さおよび電子計算機の処理  の能率の向上を目的として作られたものである。

## 豊かな生活環境を造る三菱電機

1960年代の経済発展はわが国をGNP世界第2位としましたが、その好ましからざる所産として人間環境の破壊がいたるところで起こり、人間の基本的欲求である生存、安全の妨害、孤独感の醸成を引き起こしています。これらの現象は、その地域での産業活動、社会活動の結果、人間個体、社会システム、自然生態システム相互のバランスが失なわれたためといえます。1970年度はいかにして人間環境を破壊する汚染を回復し、汚染を発生せずして豊かな生活環境を造りあげる技術を確立し、全生態系として自然のEcologyと社会のEconomyを調和しつつGNN (Gross National Welfare)を高めねばなりません。政府は真に人間らしく健康で文化的な生活を確保するため、広く環境問題に取り組むことを明らかにしています。

この動向は世界各国でも同様で、また相協力してこの問題を解決しようとする気運が出てまいりました。本年6月ストックホルムで開催の国連人間環境会議では、次の各議題を掲げ世界各国が抱える問題を相互に認識しあい、対策や経験を交換し、広い視野で討議が行なわれる予定です。

○人間居住問題（人口、住宅、交通、レクリエーション施設、上下水道問題など）

○天然資源の管理および自然保護問題（土壌保全、農林漁業、野生生物の保護、水、空気、エネルギー、鉱物資源など）

○環境汚染問題（大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音振動、地盤沈下、悪臭など）

三菱電機はこの社会状況をふまえて、製造業者として生産設備が環境汚染を発生しないことはもちろん、環境を汚染しないで機能を発揮する機器システムの製造販売、発生した環境汚染を計測、防除する機器、システムの開発、地域汚染シミュレーション技術の開発など全体として環境の質制御システム化に努力しており、本誌にその一部を紹介しています。

皆様のご批判をいただくとともに、なおいっそうのご支援を賜わりたくお願い申し上げます。

（社長室 プロジェクト開発部）

# 豊かな生活環境

武藤 正\*

## In Pursuit of Better living

Head Office Tadashi MUTO

For the hope of better and more comfortable human life the promotion of industry has been energetically pushed on. However, extreme concentration of people and industry to a narrow area has brought forth large quantities of waste and upset the balance between mankind and nature by exceeding the permissible limit of local environmental capacity. This has been posing many problems such as the pollution of atmosphere and water, vibration and noise, sinking of the ground, order and contamination of soil. People in the ninety seventies must try not to destruct the environment and further try to restore destroyed nature.

This article describes a number of conditions to form better life environment and equipment surrounding it.

### 1. ま え が き

環境は「人間の生活活動を支える外部的状況」とされている。この外部的状況と人間の生活活動がふれあうときこれが環境となる。この環境を自然的環境・社会的環境・物財的環境に分ける。現在発生している問題点は、人間の諸活動によって大量の廃棄物を排出し自然を過度に汚染し、自然の循環による自己回復能力を一部失いつつあることなど、人間自らの造り出した社会的環境・物財的環境が無秩序に展開される自然的環境とのバランスを失ってきてしまい、人間の生存、人間としての生活が脅かされるに至っていることである。これに対処して生物圏における人間と自然とのバランス、人間をとりまく自然的・社会的・物財的環境のバランスをとりもどすべく経済計画・都市計画・産業立地計画・エネルギー供給計画・総合輸送体系を総合的に検討する必要がある。このためにはまず「望ましい水準」を見定め、環境の質を決め、利用できる資源の限界、排出できる廃棄物の限界など「環境容量」をは握したそのわくの中で生産・消費活動をする。社会資本としての住宅・下水道・公園・交通なども全体としての望ましい水準を決め、体系的に整備をはかる必要がある。このように見てくると、より少ない資源の利用でより多大の効果を生む人間活動が要求され、産業面ではいわゆる知識産業と呼ばれる分野の発達が望ましいがこれもまた人間の不安感の増大などを生むとされている。このように今後は人間活動の制約についても選択せざるを得ない状況に立ち至ってきた。

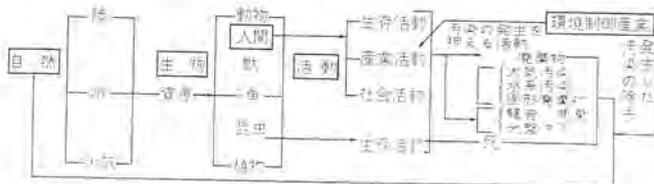


図 1.1 人間・社会・自然生態のサイクル  
Cycles of human being, social circumstance  
and natural environment.

### 2. 環境の主要問題

一般には大気汚染・水質汚濁・騒音・悪臭・地盤沈下・土壌汚染があげられているが、これらの末端に現われてきた現象を問題とするのではなく、よってきたるその原因である人口問題・都市問題・産

業立地問題・総合輸送体系・総合保健政策などの根本問題からアプローチすべきものと考えられる。

#### 2.1 人間居住問題

これまでの高度成長は太平洋ベルト地帯に高密度に、かつ重化学工業を中心として行なわれてきた。しかも産業優先の立場から人間生活に対する配慮に欠け、住宅・下水道・道路建設・社会福祉施設などの環境の改善はますます公害・交通渋滞・交通事故などが数多く発生するに至った。すでに東京・大阪など巨大都市周辺では限度に至り人間存在を否定するような現象まで現われている。この問題を解決するためには思いきった荒療治、人口の周辺への分散・産業地域の再検討が必要である。

#### 2.2 天然資源の管理と自然保護

この地球とくに日本において手に入れられる天然資源は有限であり、今までのように産業が大量生産・大量消費をかかげ多量の材料を使用し製品を作り、ライフサイクルがくると廃棄するといった産業活動では今後の産業は成立しないとされている。より少ない資源でより人間生活への貢献度の高いもの、付加価値の高いものを作りあげることが要求される。すなわち人間要求に影響する各因子を十分に検討し、最もじょうずにこれを満足させる方法をとるようなスタディがいろいろ行なわれている。社会開発プロジェクトではその開発費の巨大であること、施設費がかかりまた周辺のサブシステムとのインタフェースを考えると一度設置したものは容易に変更できないから十分な事前の検討が行なわれねばならない。この検討すべき項目には必ず天然資源の保護の要素が入ってこなければならぬ。また一般家庭生活用品においてもいかに少ない材料でまた少ないエネルギーでその目的を達することができるかが製品評価の大きな因子となってくると考えられる。

都市計画・輸送計画などにあたってはいかにして自然の環境をそこなわずにまた、いかにしてその自然環境の快適さを助長し、調利した構成になし得るかが計画にあたっての要件になる。その地方地方に特有の自然環境を保ちながら居住環境をつくりあげてゆく努力をおこたってはならない。

#### 2.3 環境汚染

大量生産・大量消費は原料の多量の消費、生産工場の増大を必要とし、この拡大による排出物の増大、商品ライフサイクル短縮による買換え需要の喚起、古品のスクラップ、陳腐化が廃棄物の増大を発生し

環境汚染を激化させた。また現在までの生産システムは生産性向上にのみ努力が向けられ、途中工程における排出物はいわゆるたれ流しの状況になっており、オープンシステムとなっていた。これを変え生産工程に排出物を浄化し環境に無害とする装置を付加する。そして排出物濃度に応じて浄化装置の能力をフィードバックしてコントロールする方式もとられつつある。Polluter Pay principle は広く世界に認められた一般原則で環境汚染を除去するため費した費用はその発生企業が負担すべきであるとされ、今後各メカとも汚染防除設備に相当の出費が必要となる。

都市への人口の集中・産業の集中は地域環境の自然の浄化力を破壊してきた。東京、大阪などの過密都市また四日市、鹿島などの産業都市の環境汚染は排出源の集中化であり、都市再開発計画・産業立地の検討など今一度原点に立ち戻ってその地域の環境容量 浄化処理装置能力などを勘案して再検討すべきである。

自動車工業の進展と個人生活の充実を求めてのモータリゼーションの拡大は人間の活動範囲の拡大と流通の拡大をもたらししたが、狭い道路にあまりにも多量の車を押し込む結果となり交通渋滞、事故の多発、有害ガスの排出(CO・NO<sub>x</sub>・CH<sub>4</sub>・pb)をとまねい、また騒音源ともなり環境の著しい汚染をまねいている。

これらに対しては排気ガス除去装置・ブローバイガス除去装置・燃料噴射制御装置など現在のガソリンエンジンの有害排出ガスの除去方法とともに電気自動車、新しい無公害交通システムなどが研究開発中である。

#### 2.4 精神の荒廃

個人生活中心、家族主体の生活観は消費生活を楽しむことを一般大衆にあたえ、所得水準向上・中流階級の一般化を生んだが企業的大量生産・大量販売とマスコミの宣伝は人々を膨張する欲望と現実とのギャップによって常に欲求不満の状況におとしめている。また居住水準の低さ・下水道・公園の不備・交通難・公害の激化は日常生活における不満不快感を生じ、物価の持続的上昇は住居、子弟教育、結婚、退職後の生活などの不安を生んでいる。

戦後の家族制度の崩壊と核家族化は老人の孤立化をまねき、医療の進歩は生命の長寿命化と老人世帯の増加となった。また若人の都市集中は地方の社会コミュニティの破壊として現われている。知識産業の拡大とともに省力化、自動化がすすみ、理解不能領域の拡大、高級技術の必要が生まれ、知識の進歩とスクラップ化の早さなどは不安感を増大させ、またはらんする情報は混乱をまねくともとなり、精神の荒廃・過激思想の発生など好ましからぬ面が多く出てきている。

### 3. 都市生活環境

わが国における主要都市では構造・機能・生活環境の面で人口・産業・物資の過度に集中した状況が生じ過密状況となり種々の問題が生じている。これらを改善して豊かな人間環境を作り出すためには都市生活環境と住宅構造の体質を改善しなければならない。都市生活環境は次の三つの調整要因があるとされている。

#### (1) トータルヘルス

人間の機能と能力が有効に高年齢にまで持続されるような環境での健康状態の総合的確保

#### (2) トータルエネルギー

エネルギーの総合的利用

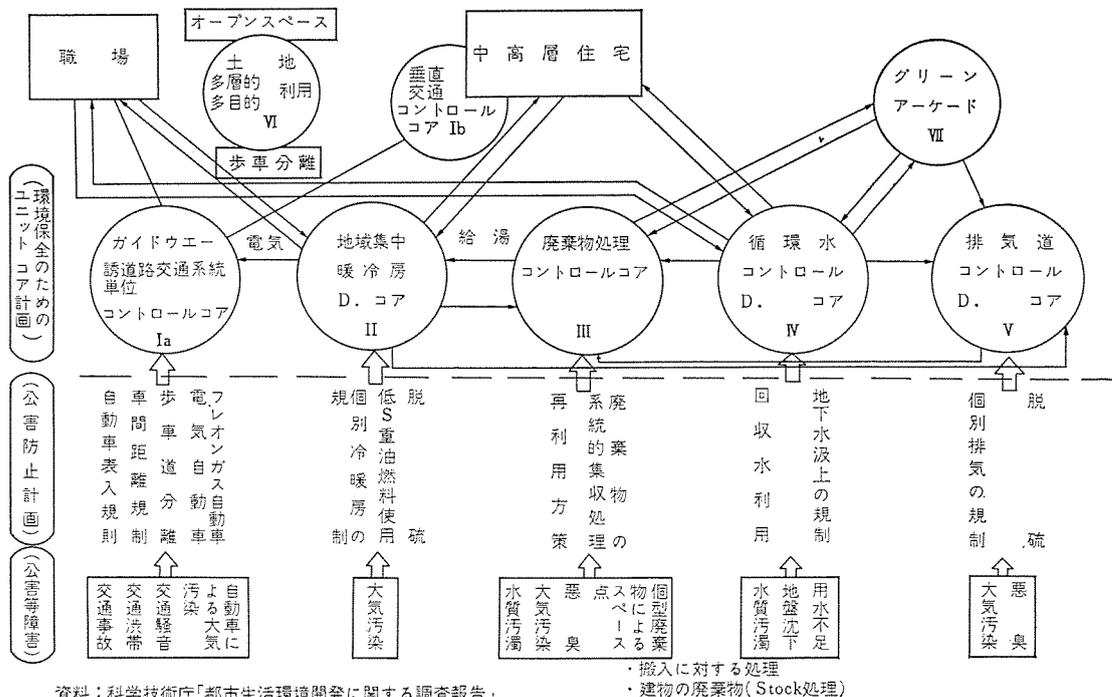
#### (3) トータルスペース

都市空間の総合的利用

これらを充足するためには都市環境開発にあたって次に述べる機能が必要とされる。

#### 3.1 総合交通制御機能

交通渋滞・交通事故・大気汚染・騒音などの公害をまき散らす自動車をなんらかの形で変換せんとするもので、新しい都市内交通システム・地域間輸送システム・駅業務荷役の自動化・駅構造の変化、物資輸送ターミナル・配送の自動化・乗り継ぎ交通手段の近代化などが主要な変化として表面化してくる。



資料：科学技術庁「都市生活環境開発に関する調査報告」

図 3.1 環境制御計画の構想—コントロールコア (District) とそのユニット開発  
Plan for environmental quality control—control core and its unit development.



住居、公共施設などを合理的に配分するとともに、都市に緑地を復活させる。また住居構造は大量生産の可能な構造・形態にあわせるようにもっていく。

### 3.3 地盤制御機能

上下水道・地域冷暖房用水配管・電力ケーブル・通信通話ケーブルを地下共同溝に集約するとともに車道・駐車場・工場等を地下に入れ地表には中高層住宅・歩道・緑地を優先した多層の地盤構造にする。

### 3.4 給湯・暖冷房・照明機能

住宅に十分な給湯ができる設備をもうけるとともに付属機器としての湯水混合バルブシャワーの整備も肝要である。給湯にあたっては、深夜電力利用の小形温水機も有効に環境を汚染することなく使用し得る。また暖冷房システムとしては大気汚染を発生せず騒音の少ないエネルギー利用効率の良い施設とすることが要求される。照明は色調

・明るさ・他の建築物の各システムとの調和などの機能が満足されねばならない。

### 3.5 廃棄物処理制御機能

食料の残り、金属粗大ごみ、包装用品、建材などの廃棄物、下水の回収処理機構整備を行ない、あわせて建築物、道路、上下水道、電気ガス供給施設の長期にわたる施設計画の立案と改築計画をもとに考慮しておく必要がある。

### 3.6 給排水制御機能

家庭用の飲料・バス・食器の洗浄、水洗便所・冷暖房など家庭での水の消費量の増大は必至であり、従来の水源ではとても応じきれなくなるので回収水の利用、海水淡水化の研究などを検討する必要がある。とくに回収水の工業用水・水洗便所・自動車洗浄・庭の散水などへの利用は今後の水不足に対応する方法と考える。

表 3.2 軌道輸送システム概要一覧  
Outline list of various truck transportation system.

通産省公報 昭和47年3月21日

開 発 者	スカイバス	VONA	軌道バス	KCV 13	ミニレール	CVS	
	ウエストエングハウス社	日本車両製造株式会社 三井物産株式会社	三菱重工業株式会社 三菱電機株式会社	川崎重工業株式会社	安全索道株式会社 東京芝浦電気株式会社	機械振興協会	
交通機関の形態	水平誘導輪による機械式誘導方式	水平誘導輪による機械式誘導方式	水平誘導輪による機械式誘導方式	水平誘導輪による機械式誘導方式	こ(誘)座式モノレール	水平誘導輪による機械式誘導方式	
開発状況	実用化	実車開発中	設計段階	設計段階	技術的完了	設計段階	
車両							
乗車定員(人)	50	30	30	26	25	2	
車体寸法(m) (高さ)×(幅)×(長さ)	10×3.0×3.3	6.3×2.0×2.9	5.5×2.0×3.0	5.4×2.2×2.9	5.8×2.2×3.6	2.5×1.5×1.8	
空車重量(t)	—	4.0	4.5	3.0	3.2	0.8	
動力							
動力源	電気	電気	電気	電気	電気	電気	
車体支持	空気入りゴムタイヤ	空気入りゴムタイヤ	空気入りゴムタイヤ	空気入りゴムタイヤ	空気入りゴムタイヤ	空気入りゴムタイヤ	
駆動機関	電気モータ	電気モータ	電気モータ	電気モータ	電気モータ	電気モータ	
駆動動力	—	35~60 kW	44 kW	—	30~40 kW	16 kW	
性能							
最高速度(km/時)	90	60	70	55	50	80	
最大登坂こう配(%)	—	15	10	5	—	—	
最小旋回半径(m)	50	12	20	20	25	—	
運用							
分岐方式	軌道側	軌道側	軌道側	軌道側	軌道側	車上選択	
システム制御	自動	自動	自動	自動	自動	自動	
最小運転間隔(秒)	120	60	60	60	90	—	
輸送力(人/時)	16,000	9,600~15,000	4,000~12,000	2,500~9,000	4,500~9,000	—	
開 発 者	ダッシアペアー	モノキャブ	トランステック	スターカー	スカイカー	ユニフロ	ACT
	ダッシアペアー社	パロー社	トランスポートエーション・テクノロジー社	オルデン社	スカイカー社	ユニフロ社	フォード社
交通機関の形態	水平誘導輪による機械式誘導方式	懸垂式モノレール	空気浮上方式	水平誘導輪による機械式誘導方式	懸垂式モノレール	空気浮上方式	水平誘導輪による機械式誘導方式
開発状況	実車テスト中	実車テスト中	実車テスト中	実車テスト中	研究中	実車テスト中	実車テスト中
車両							
乗車定員(人)	30	6	6	6	12	6	24
車体寸法(m) (高さ)×(幅)×(長さ)	6.6×2.0×2.2	3.0×1.6×2.0	3.3×2.0×2.5	3.4×2.0×2.7	4.2×1.7×3.1	6.6×( )×( )	8.6×2.2×2.9
空車重量(t)	5.0	0.54	—	—	—	—	—
動力							
動力源	電気	電気	電気	電気	電気	—	電気
車体支持	空気入りゴムタイヤ	空気入りゴムタイヤ	空気支持	空気入りゴムタイヤ	空気入りゴムタイヤ	空気支持	空気入りゴムタイヤ
駆動機関	電気モータ	電気モータ	リニアモータ	電気モータ	電気モータ	ブローワーによるエアジェット	電気モータ
駆動動力	25 HP×2	40 HP	42 HP	30 HP	20 HP	—	60 HP
性能							
最高速度(km/時)	90	64	96	96	96	96	48
最大登坂こう配(%)	制限なし	10	—	10	10	—	6
最小旋回半径(m)	25	7.5	—	6.1	8	—	50
運用							
分岐方式	車上選択	車上選択	車上選択	車上選択	軌道側	軌道側	車上選択
システム制御	自動	自動	自動	自動	自動	自動	自動
最小運転間隔(秒)	35	3.7	10	1.6	5.0	—	—
輸送力(人/時)	18,000	—	—	—	—	—	—



表 4.1 生活環境の整備  
Refinements of living circumstances.

分	野	現 製 品	問 題 点	分	野	現 製 品	問 題 点		
1 エネルギー供給産業	電力 単相2線100V 三相3線200/100V 三相3線220V	○深夜電力応用機器 ○温水機 温風機 ○蓄熱式冷暖房機	※原子力発電関連機器 ※使用量の自動検針、中央データバンクへのData伝送と記録	7 居間娯楽機器	視 覚 機 器	○TV (小形) ○白黒TV ○カラーTV ○トランジスタTV (カラー) ○U.H.F. TV ○音声多重TV ○リモートコントロールTV ○IC化TV	※TV画面の新方式考案		
	ガス 都市ガス プロパンガス 液化ガス	○ガス応用機器 ○厨房機器 ○冷暖房機器	※ガスカロリアップ ※ガス冷暖房機と電気、石油式の比較 ※使用量の自動検針、中央データバンクへのData伝送と記録			聴 覚 機 器	○ステレオ (コンポーネント・セパレート) ○レコードプレーヤー ○テープレッキ ○マルチチャンネルステレオ ○スピーカースystem ○チュープレコーダ	※音質の評価と選択の自由	
	石油 灯 油 重 油 ガソリン	○石油温水機 ○石油温風機 ○自動車応用機器			画像音声の記録再生装置		○VTR (小形ポータブル形) ○カラーVTR ○カセット式VTR ○EVR ○セレクトビジョン ○高速磁気プリンタ	※カセット式V..T..R開発	
	水	○家庭用ポンプ ○温水器 ○除鉄器	※海水淡水化 (水の不足対策)			家庭用AV装置のシステム化	○TV テープデッキ ステレオ VTRのモジュール化システム化	※システム化の研究必要	
	熱エネルギー	○多目的原子炉							
2 配電照明機器	配線器具	○配線用しゃ断器 ○コンセント ○スイッチ ○タップ	※住宅用設備機器をシステムとして売るためには一式を用意する必要あり(配線器具)	8 情報伝達機器	電 話	○ボタン電話 ○機器のテレコントロール ○留守電話 ○データ通信電話 ○コンピュータとの結合 (データバンク) 気象・旅行・数学解答・文献調査	※電話応用へのアプローチを総合的に検討		
	照明機器	○蛍光灯 ○自然灯 ○マルチヘロゲンランプ ○けい光灯器具 ○美術照明器具 ○フロアスタンド ○空調照明(集合住宅用)				TV電話	○情報入手・グラフィックディスプレイ使用 ○キャッシュレス買物		
3 厨房設備機器	キッチンユニット	○流し台 ○レンジ(ガス)、コンロ(ガス) ○換気扇 ○レンジフード	※多機能化モジュール化	9 レジャー関連機器	自 動 車	○自動車用空調機器 ○カーステレオ ○自動車用保安装置 (エンジンチェックカ、ブレーキチェックカ、タイヤチェックカ、スピードアラーム、居眠防止器、マルファンクションアラーム) ○公害防止機器 (排ガス・浄化装置(燃料噴射装置)) ○IC化電装品 ○自動車用配電系統の近代化 ○電気駆動自動車	※排ガス規制対策必要 ※電気自動車へのアプローチ方法検討		
	冷蔵冷凍貯蔵機器	○冷凍庫 ○冷凍庫 ○紫外線放射線照射 ○製氷器 ○冷水器	※冷凍庫と冷凍庫の機能比率 ※製氷器仕様			旅行・スポーツ	○VTR EVR セレクタビジョン ○カセットテープ製作販売 地下事務所案内 旅館案内 軽便道路案内 ○ゴルフ、ボーリングプログラム研究 ○サッカールール教育 ○ボーリング自動採点機 ○人工気象ドーム ○人工スキー場		
	食後の後かたづけ	○皿洗機 (小形化、処理時間短縮) (モジュール方式) ○厨房処理機 (機械式) (熱焼式)	※台所により容易に入る作戦 ※厨房処理機の本命方式は		追加1 生活環境機器へ応用すべき共通技術 IC技術の応用拡大 Plasticの応用拡大 部品のブロック化 制御方式の自動化高敏化				
	調 理 機 械	○炊飯器 (電気、ガス) ○ホーコー ○ポット ○トースタ ○ミキサー ○ジュース ○ロースタ ○ホットプレート ○オープン ○天ぷらなべ ○電子レンジ	※サーモスタットの技術 ※電子レンジ ※将来の本命としての仕様の追求、技術積上						
4 衛生美粧機器	洗たく機	○2そう式温水洗たく機 (含半自動) ○完全自動(そう)洗たく機 ○プログラム制御洗たく機 ○ドラムタイプ洗たく機	※洗たくの自動化 ※大容量洗たく機						
	乾燥機	○乾燥機(ドラム式)ガス ○ (キャビネット式) 電気 ○洗面台 (ミキシングバルブ、温水器)							
	その他	○メジシンボックス ○クリーナ (移動式) ○ポータブルクリーナ (肩掛式) ○セントラルクリーナ	※セントラル方式の仕様の検討 ※部屋構造とパイプの配置						
5 給配水衛生機器	給水機器	○ポンプ ○除鉄器 ○浄水器 ○減圧器		10 家庭外での生活環境の整備	食 生 活 産 業	○たん自食化マーケット (高カロリー食) ○嗜好食品化マーケット ○外食 " " ○加工簡易化 " " ○冷凍食品 " "	※電子レンジの応用拡大 ※養鶏業の工業化 ※食用魚の飼育 ※農産物の工業化 ※食品用動植物のair conditionerとランプによる成長促進 ※Cold Chain		
	風呂機器	○風呂燃焼機器制御器				衣 生 活 産 業	○新繊維の開発 ○新ファッションの流行 ○既製服の使用拡大	※個人の好み・体格に合った衣類の選択の計算機による選択 ※女性の化粧品品の計算機による選択	
6 冷暖房空調機器	冷暖房機器	○ルームエアコン (窓掛式) (床置き) ○スプリット形・体形 (空冷凝縮器・水冷凝縮器)	※空冷凝縮器の使用増大 騒音の低減	住 生 活 産 業	○高層集合アパートの多量出現 ○郊外住居の開拓 ○都心一住居の交通 ○新建築材料の開発 ○規格住宅の生産 ○家庭電化拡大	○保健産業 ○医療自動化マーケット ○新薬マーケット ○余暇産業 ○教育マーケット ○教養マーケット ○レジャーマーケット ○個人サービス産業 ○個人サービスマーケット ○流通システムと個人の関係 ○産業の公害防止、	○電子応用医療機器 ※定期保健用自動診断機		
	暖房機器	○ストーブ(石油・ガス) ○電気温風機 ○ガス温風機							
	冷暖房両用機器	○ヒートポンプ式ルームエアコン (空気熱源・水熱源)	※蓄熱式暖房機 ※サーキュララウンド機器として冷暖と除湿に使用。						
	セントラル方式冷暖房機器	○冷水供給機 (主として電気)(ガス・石油熱源) ○温水機(石油・ガス・電気)(階層式 噴射式) ○ファンコイルユニット ○冷温水循環ポンプ ○温風暖房機 (石油・ガス) ダクト方式 フリーエア方式 ○給湯器 ○シスタータンク	※必要にあった仕様の製品供給 ※コンピュータによるシステム選択						
	空気調和機	○空気清浄器 ○除湿器 ○加湿機 ○サーキュレーター ○エコノヘンタ ○イオン発生機 ○除ガス機器	※都会地での有害ガス除去必要 ※地域冷暖房方式の検討						

近隣地区の自動車交通による危険防止

などである。これは1946年に提案されたものであるが、わが国では土地の狭さ特有の風土からくる地震・洪水・火災などの災害に対してはその過密ゆえに非常に危険な状況にあるといえる。以上の居住環境のうちで主要なものについて以下に述べる。

#### 4.1 エネルギー利用システム

まず種類を考えると石油・ガス・電力が今後ともエネルギー源の主体をなすことに変わりはないが、より快適な生活を望む人間の欲望と都市内輸送の困難さから石油は徐々に家庭内エネルギー（暖房用）の主体としての座からおろされ、これに代わってガス・電気が広く使用されるに至るだろう。また一方石油原子力を熱源とする集中中央熱プラントで発生した熱を温水の形で家庭に供給する熱供給事業の発生も現実の問題として出てきている。また、深夜電力を利用した各種機器が電力の負荷率をあげ、全体として有効に資源を利用する見地から広く使用されるにいたった。また水に関しては都市への過大な人口集中で、その絶対量の不足と汚染水が多くなることから、清浄な水はますます少なくなるので、家庭内での2次回収水の利用が行なわれることは前述のとおりである。

#### 4.2 配電照明機器

従来の屋内配線入口に配線保護に設けられていたヒューズは、ノーヒューズしゃ断器に代わり、電力量計はその検針結果をパルスとして中央データセンターに送り、料金は銀行預金から自動的に支払われる自動検針システムとその利用周辺システムが実施されようとしている。また家族1人に1室の広さとなった家屋ではプライバシーが確保されインタホンが使われるようになってきている。

照明については、従来の1室1灯の時代から1室多灯の時代へと、

用途、目的を十分考慮に入れた照明が採用されてきた。照明とその快適性については個人差がかなり著しいが、普通、読書では、500lx~1,000lxを必要とするが、あまり明るすぎるとグレアを発生して不快に感ずるとされている。照明基準工業標準改正原案では、表4.2の値を一応の目安として、住宅に関しては場所に依じて全体照明と局部照明を適宜併用すべきことを述べている。白熱灯は、赤味の多いあたたかい感じの色（色温度2,400~3,000°K）でやや低い照明にし、夜間の休息や団らんには快適であり、けい光灯は一般に自然の昼光に近く（色温度3,000~6,500°K）で比較的高い照度で事務所、書斎など働く場所に適している。照度と色温度と快適性に関しては、A. A. Krnithofは図4.1に示すような快適域と不快域とに分けている。照明器具のデザインに関しては白熱灯、けい光灯の区分、色彩、形状などそれぞれ使用場所に適したデザイン、使用してあきのこないもので快感のもてるもの、機能的なものであることなどが要求される。このため日本調、洋風のデザイン、シャンデリアのように豪華な感じをあたえるもの、ルミフラー、コードペンダント、廊下灯、屋外灯などいろいろの変化を個人の好みに合わせて広く選択できるように、多くの品種が必要となってきた。また照明器具で重要なことは、住居設備として取付け配線に便利な構造である。

#### 4.3 冷暖房空調システム

地域別の温度条件、個人の温熱状況、好み、家屋構造、新築かどうかなどにより各種のものが使用されている。具備すべき条件としては、次のとおりである。

- 室内を均一に冷暖房できること
- 好みの温湿度に調節できること
- 安全性が高く保守容易で、子供にも運転できる自動運転とする

表 4.2 照度基準 JIS Z 9110 (改正原案抜粋—住宅—)  
Illumination standards JIS Z 9110 (excerpt of revised draft—residence).

照度段階	居 間	書 齋 齋 室	応 接 間 (洋間)	座 敷	食堂台所	寝 室	浴室化粧室	女 関 入口ホール	廊下階段	家事室	室 庫	便 所	車 庫	庭
2,000	○手芸									○手芸				
1,000	○裁縫	○勉強								○裁縫				
500	○勉強 ○読書 ○化粧 <sup>(1)</sup> ○着付け <sup>(4)</sup> ○電話 <sup>(5)</sup>	○読書			○食卓 (テーブル)	○読書 ○化粧 <sup>(1)</sup> ○着付け <sup>(4)</sup>	○ひげそり <sup>(2)</sup>	○鏡 <sup>(3)</sup>		○工作	○掃除 ○点検			
200	○団らん ○娯楽 <sup>(4)</sup>		○テーブル <sup>(2)</sup> ○ソファ ○飾りだな	○座卓 <sup>(2)</sup> ○床の間	○調理台 ○流し台		○化粧 <sup>(1)</sup> ○洗面	○くつぬぎ ○飾りだな	○飾りだな	○洗たく				○パーティ ○食事
100	○全般 <sup>(3)</sup> ○戸だな <sup>(4)</sup>				○全般 <sup>(3)</sup>	○全般 <sup>(3)</sup>		○全般 <sup>(3)</sup>		○全般 <sup>(3)</sup>				
50		○全般 <sup>(3)</sup>	○全般 <sup>(3)</sup>	○全般 <sup>(3)</sup>		○全般 <sup>(3)</sup>			○全般 <sup>(3)</sup>			○全般 <sup>(3)</sup>		○テラス全般 <sup>(1)</sup>
20														
10								○ポーチ全般 <sup>(3)</sup>						○通路
5														
2														
1						深夜				深夜		深夜		防 犯

備考 (1) 住宅照明ではそれぞれの場所の用途に応じて、全般照明と局部照明を適宜併用した照明手法をとることが望ましい。

(2) 居間、洋間、寝室については調光を利用することが良い照明を実施しやすい手法である。

- 注 1) 主として人物に対する鉛直面照度である。  
 2) 平たんな照明にならないことを目的としている。  
 3) 主要部分の平均照度。  
 4) 軽い読書は娯楽とみなす。  
 5) ○印は局部照明を併用して、この照度を得てもよい。

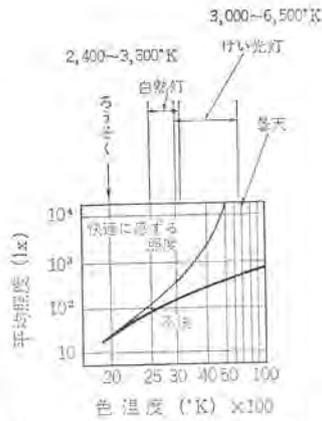


図 4.1 色温度と快適に感ずる照度との関係  
Relation between color temperature and illumination giving the feeling of agreeableness.

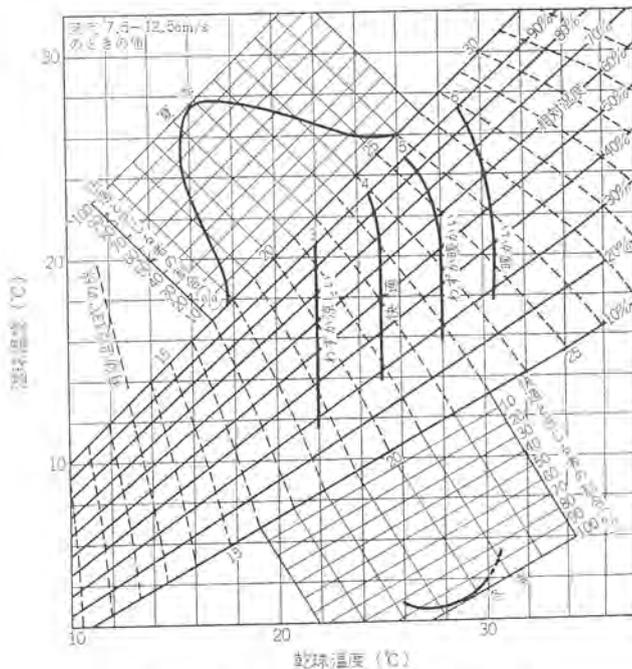


図 4.2 気温・湿度・気流と感覚  
Comfortability caused by temperature, humidity and air current.

- 屋内外に有害ガスが発生しないこと
- 屋内外に騒音振動が発生することが少ないこと
- 運転費が安価であること

また、さらに、室内条件としての真に快適な空気調和としては、次のごとく人間の感覚的、生理的条件の二つをととも満足させる必要がある。居住空間の物理的、化学的条件として、a) 適当な温度、湿度の維持、b) 適当な気流のあること c) 空気中にじんあい、有害ガス、臭気の少ないこと、d) 空気の組成が適当で正負イオンが適量であること。

これらの温度・湿度・気流・ふく射熱を合わせたものを、温熱条件と呼び、人体の発熱と放熱がバランスし、むりなく行なわれるのが理想の条件であり、一例をあげると、夏服を着用し座った状態での読書時には 80~100 kcal/h を発生し、気流 10 cm/s、温度 24.5°C、湿度 50% の場合で平均皮膚温度 35°C、蒸発による放熱量が人体の全発熱量の 1/4 になる場合がこれにあたる。この状態は人種、性別、老若などによる個人差がある。

化学的条件としては、都市の空気が石油の燃焼（電力・暖房）自

表 4.3 温度以外の理想条件  
Ideal conditions for comfortability except temperature.

湿度 %	45~65
気流 m/s	0.1~0.3
炭酸ガス量 %	0.9 以下
じんあい数 個/cc	200~499
イオン数 個/cc	⊖イオン 800~1,000 ⊕イオンは ⊖イオンにほぼ同じ
イオン比	⊕/⊖=0.97

表 4.4 冷暖房空調システムよりのアプローチ  
Approach to air conditioning systems.

「日本の冷暖空調産業」'70

居住スペース広さ(m <sup>2</sup> )	50 60	70 80	90 100
室数	2DK	2LDK	3LDK
家族数	2~3	3~4	4~6
暖房負荷 (kcal/h)	2,500	~3,500	~5,000
使用暖房機器	⊖ストーブ (石油、ガス)	⊖ストーブ 石油+燃突 ガス	⊖ルームヒーター (温風機) 石油+燃突 ガス 温水ボイラ+ファンコイル ⊖貯湯式ガス温水機 ⊖瞬間式ガス温水機
給湯機器	⊖瞬間式ガス温水機 ⊖深夜電力温水機	⊖貯湯式ガス温水機	⊖貯湯式ガス温水機
冷房負荷 (kcal/h)	1,500	~2,500	~3,500
使用冷房機器	小形ルームエアコン 窓掛形、床置形 水冷式空気式コンデンサ セパレート形を含む	~6,000 ⊖床置形ルームエアコン 水冷式空気式コンデンサ セパレート形を含む ⊖セパレート形ルームエアコン (圧縮機+凝縮器)+グループ 1個—多数個	⊖小形冷水供給機 +ファンコイル (1~3) 1相 100V ± 1相 200V
電源 使用冷暖房機	3相 200V	3相 200V	3相 200V
	⊖ヒートポンプ式ルームエアコン (空気熱源または水熱源、ブースターで熱量追加)	⊖温水ボイラ+冷水供給機+ファンコイルユニット (石油、ガス)	⊖温水ボイラ+温水パイプ組込冷房機 ⊖温風機+冷水供給機+冷水パイプ+ダクト ⊖吸収式冷暖房機 (石油、ガス) ..... } Air-Air 冷水機式 ⊖温水加熱式吸収式冷暖房機 (集合住宅) ⊖ヒートポンプ式温冷水供給機

動車排気ガスによる SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC で汚染されていること、また、室内の空気も呼吸、喫煙、じんあい、暖房器・厨房器の燃焼による有害ガス、調理臭、人体臭、人間廃棄物の臭いなどにより汚染されているし、O<sub>2</sub> 不足の状況となっているので、屋外空気取入れにあたってはフィルタにより除じん、除ガス、マイナスイオン付加が必要となる。この目的には有害ガス吸収フィルタ、除じんフィルタを用いた空気清浄機がある。

冷暖房システムを適用する居住スペースの広さに応じたものとして検討したものを表 4.4 に示す。

また冷暖房システムを選択するにあたって、家屋構造、部屋数、部屋の大きさ、住居の位置、年間の気候、希望価格、希望ランニングコストなどをインプットすると、自動的に二、三のシステムを選択してアウトプットする計算機システムソフトウェアが用いられるようになった。

将来十分利用を検討すべきは、蓄冷熱装置を有するヒートポンプ式ルームエアコンで、空気熱源機と水熱源機とがあり、とくに安価なオフピークの深夜電力の利用が可能であり、電源の負荷率の向上にも役立つこと、それ自体の暖房効率がよいことなど、資源の一つである電力の有効利用の点でも注目し得る。ルームエアコンで使用上注意すべきは、騒音公害で隣近所に迷惑を及ぼさぬよう、設置にあたっては十分注意する必要がある。表 4.6 に東京都騒音防止条例による規

表 4.5 熱を運搬する方法から見た集中冷暖房システム  
Central air conditioning system by heat transfer.

All air 方式 (全ダクト方式)	air water 方式	all water 方式	冷媒 air 方式
○温風機 (石油、ガス) ○パッケージ空調機 ○吸収式冷暖房機	○温水コイル+パッケージ空調機 ○冷水コイル+温風機	○ファンコイルユニット+冷水機、温水機 ○吸収式冷水機	○(圧縮機、凝縮機)+各部屋蒸発器
○ダクトに相当のスペース必要 ○各部屋の温湿度制御は困難 ○部屋数が少ない場合は設備費が安価	○ダクト併用でダクトスペース小 ○パイプに保温工事が必要 ○温湿度制御はやや良 ○漏水に注意が必要	○パイプ配管なのでスペース小 ○パイプに保温工事必要 ○各部屋での運転制御可能 ○湿度制御困難 ○設備費用大	○冷媒配管なのでスペース最小 ○配管に保温工事必要 ○各部屋での運転制御可能 ○湿度制御やや困難 ○設備費用小 ○ユニットと各部屋ターフの距離に制限あり

表 4.6 東京都騒音防止条例 (44.4.1) 隣家との境で測定  
Actual noises calculated between houses based upon metropolitan noise central law.

(単位 ホン)

	区 域	昼	夕	夜	朝
		a.m. 8.00 ~ p.m. 7.00	p.m. 7.00 ~ p.m. 11.00	p.m. 11.00 ~ a.m. 6.00	a.m. 6.00 ~ a.m. 8.00
1	住居専用地区	45	40	40	40
2	住居雑地	50	45	45	45
3	商業準工業	60	55	50	55
4	工業	70	60	55	60

表 4.7 CATV データ通信のサービス内容  
Services by CATV data transmission.

CATV (サブスクリプション・テレビジョン社の E・C ハーモン氏)	
1) 買いもの (ホームショッピングと広告), 2) 警報サービス (火災, 強盗, 洪水, ガス発生), 3) 有料テレビ, 4) 教育サービス [双方向] = テレビ学習, 5) ファクシミリ [印刷], 6) 株式送報, 7) 各種予約サービス, 8) 信用確認サービス (クレジット販売), 9) オンライン銀行取引サービス, 10) データ通信 = 集中記憶, オンライン・コンピュータ・ネットワーク, 11) 図書サービス, 12) 視聴者調査, 13) ゲーム, 14) テレメータリング, 15) 応答サービス, 16) ハイウェイ交通情報, 17) 工場内連絡システム [双方向], 18) 家事管理, 19) 患者モニタ, 20) 公益事業メーター検針サービス	
データ通信 (昭和60年の電々公社のビジョン)	
1) 電話計算サービス, 2) 販売・在庫・生産・工程管理などの事務計算サービス, 科学技術計算サービス, 3) ティーチングマシン, 有線テレビによる授業, 集団自動学習システム (CAI) 電話によるランゲージラボラトリーサービス, 4) 代金振替クレジットシステム, 流通, 経済システムサービス, 5) データバンク提供の各種案内サービス, 公共情報サービス, 6) 高速・超高速データ通信サービス, 7) 経営情報システム, 企業間経営情報システム, 8) 官庁・会社などの窓口システムサービス 9) 道路交通管制システム, 高速道路通信システム, 10) 安全情報サービス, 医療用通信システム, 11) 翻訳通話, 速記電話, 電子投票, 12) テレコントロールサービス, 13) 工場遠隔制御システム, 14) テレメータサービス	

制を示す。

また日本に独特のものとして、夜間の冷えた外気を取り入れ、昼間の日光の直射で暖まった室内空気を排出するウィンドファン(図4.3)がある。

#### 4.4 厨房設備システム

流し台、調理台、コンロ、レンジなどを一体とした台所ユニットが広く使用され、台所は昔の暗いじめじめした場所から、明るく清潔なものに生まれ変わった。とくに食品の腐敗を防ぎ鮮度を保持する冷蔵庫、冷凍庫はその貯蔵品に応じた格納部分を有し、野菜は水分を失わずその新鮮さを保っている。またその騒音は非常に小さく夜間において近くでも気にならない音となった。厨房具、有害ガス、CO<sub>2</sub>を外へ排気する換気扇(図4.4)はますます低騒音化して過密都市における適用にも有利なものになっている。人手をほとんど要せず自動的に食品かすを洗い、細菌を除去するさら洗機は、順次広く使用されつつあり、煙を出さずに短時間に食品の調理・再加熱のできる電子レンジは、低価格化と使用上の食品ごとの調理法の取りそろえなど、家事の手間をはぶき、安全で衛生的なものが広く家庭に入ってきている。

ここで問題になるのは厨芥処理機で、従来より用いられているデイスボーズは、食品のこま切れである浮遊サスペンションがそのまま排出されるので、公共下水道に直接流入させるしかなく、家庭では水洗便所用浄化そうの容量を増して、ここで処理することも考えられるが、十分とはいえず未解決の問題である。他のごみと一諸に燃焼さ



図 4.3 ウィンドファン  
„Window fan“.



図 4.4 低騒音換気扇  
Low noise exhaust fan.

せる、いわゆる インシレータの小形のものもあるが、一般には使用されていない。

#### 4.5 衛生美粧機器

ヘアドライヤー・ヘアカラー・カミソリ・マッサージャーなど、この分野の製品はその種類はきわめて多い。これらのものは、その機能もさることながら、人生にうるおいをあたえるものとしてのムード的製品の性格が強く、若人のムードにマッチしたデザインの商品が豊富にある。洗たく機、衣類乾燥機、アイロン、スポンジブレッサー、そうじ機などは清潔な生活を行なうのに欠かすことのできないものであり、洗たく機では洗たくすすぎから・脱水乾燥までを自動的に行なう全自動洗たく機が除々にそのシェアを増大したこと、衣類の種類によって水流を変え、衣類のいたみを少なくしたものなどがある。

また高層住宅では、衣類の干し場がないが、これに衣類乾燥器を用いれば場所もとらず便利で、また梅雨時や子供のおむつ乾燥に便利である。洗面台は鏡付き温水ミキシングバルブの付いたりっぱなものが広く使用されようとしている。そうじ機は1戸に1台の時代から2~3台の時代に入り、騒音が少なく、高吸引力のものが使われている。またごみやセット式、吸引力の変化のできるもの、中央に大形真空そうじ機を置き、各部屋に吸込口ソケットを設け、ホースを差しこめば目的を達せられるセントラルパキューム方式もその利用を検討されている。

#### 4.6 居間娯楽システム、情報伝達システム

ステレオ、テーブデッキなど聴覚による機器と、TV・VTR・EVRなど視覚による機器とがあるが、ともに人にいこいの場をあたえ、やすらぎと娯楽をあたえ、次の活動力の源泉となるものといえる。また世の動きを一般に伝え、個人がそれに遅れないように情報を提供する。また記録再生機器としてのVTR・EVRはカセットテープの普及とあまって旅行案内、ゴルフ・ボウリングの指導、サッカー教育、お茶・お花・舞踏・英語・外国語の発声法などの教本としての役目を果たしてくれる。

さらに双方向性の映像伝達方式が確立されると、情報の交換、会議、図面の検討などが遠隔の地で行ないうる。現在その開発を急い

でいるCATVによる有線都市は、一つの都市空間を同軸ケーブルが網の目のように走り現代失われつつある地域コミュニティをよみがえらせるもので、家庭やオフィスをつなぎ住民相互の限らない情報交換を可能にする。数10チャンネルのTV番組、電送新聞、家庭にいての見ながらのショッピング、電気・ガス料金の自動検針システム、病人のオンラインと診断、住民相互のTV電話による対話などが可能となる。

## 5. む す び

以上豊かな生活環境とこれを形成する各種の要因について検討してきた。本来科学技術は人間を豊かに、より幸福にするためのものであったはずである。しかし産業の進興に一心になるあまり、人々は周囲へ知らず知らずのうちに環境の汚染を行なっていた。今や全地球系として環境を汚染せずより豊かに、より幸福に人間が生きていくために努力すべき時がきたといえよう。時あたかもストックホルムで今年6月国連人間環境会議が開かれようとしている。この会場では世界各国が互いの国のかかえる環境問題を認識しあい、対策や経験を話し合うのが最大の目的とされている。各国状況により問題はさまざまであり先進国においては産業の発展と環境汚染のジレンマが、開発途上国においては人口の激増と都市・貧困・食糧難などがある。われわれは社会面でも十分に立派な対策を立ててゆかねばならない。

#### 参 考 文 献

- (1) 三菱マーケティング研究会：住宅・都市関連市場の現状と将来について
- (2) 国民生活審議会：人間環境整備への指針
- (3) (株)三菱総合研究所：生活空間開発の将来
- (4) 武藤：日本冷凍空調工業会編 住宅産業と空調設備 日本の冷凍空調産業
- (5) 三菱電機技報：43, No. 3 “生活の快適化” 特集 (昭44)
- (6) からだの科学1月号 (1970)
- (7) 通産省公報 No. 6603 “3/21日号” (1972)

## 水の浄化と処理システム

渡辺 宏\*

## Water Purification and Treatment Systems

Head Office Hiroshi WATANABE

Water demand has sharply increased lately because of the development of industries, the increase of population and its concentration to cities and their environments, and the elevation of living standard. This has brought about the planning and execution of constructing a number of new filtration plants together with the extension of existing ones one after another. In the cities, their surroundings and industrial zones, it has become necessary to establish newly or to extend the treatment plants of city sewage and industrial waste with the increase of domestic and factory drain. In this article is described the clarification and treatment processes in the filtration plant and the city sewage and industrial waste treatment plant. Also discussed are the problems concerning the instrumentation, control and test in connection with water quality. Problems of automatic operation of these processes is likewise referred to in the article.

## 1. ま え が き

近年、産業の発展・人口の増加と都市周辺への集中化・生活水準の向上などにより水の需要が急激に増加し、全国的に上水および工業用水の不足をきたし、浄水施設の新設・増設工事がつぎつぎに計画・施行されている。また一方、都市およびその周辺や工場地帯では生活排水・工場排水が増え、これを処理するための下水・排水処理施設の新設・増設工事もさかに行なわれている。

上水道の普及率は45年度末で81.2%、1人当りの給水量は1日最大436ℓ、1日平均348ℓ、全国の1日の給水量は約3,150万 $m^3$ 、全国の1日の取水量は3,193万 $m^3$ で、施設の総数は26,595箇所であったが、厚生省の新水道整備5か年計画案(昭和46~50年)では50年度の普及率を90%、1人当りの給水量を1日最大524ℓ、1日平均408ℓ、全国の1日の最大給水量を約4,750万 $m^3$ と1.5倍、全国の1日の取水量を4,993万 $m^3$ にする計画も立てられている。また水資源開発の合理的促進と経営管理の合理化のため、地域開発的に水道の広域化も促進されつつある。

下水道の普及率は45年度末で処理区域面積で22.8%、処理人口で34.7%と先進諸国に比べ著しく低いが、都市環境の悪化、特に公共用水域の水質汚濁に緊急に対処して都市の下水道の整備を促進するため、建設省の下水道整備5か年計画(昭和46年~50年)では50年度末の普及率を処理区域面積で38%、処理人口で55%に整備する計画である。また下水処理においても規模の拡大とともに広域化に進みつつある。

これら上・下水処理施設では規模・処理能力の増大、技術の進歩、人手不足とともに計装化・自動化・遠制御化が進み、とくに大きな施設では電子計算機による合理的・経済的運用も図られている。

当社は今まで数多くの浄水場や下水・排水処理場に各種受変電設備・電動機・制御装置・計装設備・遠方監視制御装置・遠方測定装置・電子計算機・テスター・非常用発電設備などを製作納入してきたが、本文では浄水場、都市下水処理場および工場排水処理場における水の浄化と処理のプロセスについて述べるとともに水質関係の計測・制御と試験についても述べる。

## 2. 浄 水 場

## 2.1 浄化プロセス

浄水場における水の浄化方法には、緩速ろ過法と急速ろ過法とがあり、そのいずれを用いるかは原水の濁度および色度の高低、生物および鉄分の多少、用地の取得、建設費、維持費などを考慮して決められる。緩速ろ過法は原水の年平均濁度が10度以下、生物化学的酸素要求量(BOD)が3ppm以下、大腸菌群が100ml中5,000以下の場合に適し、それ以外の場合は急速ろ過法が適している。

浄水場内施設の構成と配列はつぎのとおりである。すなわち緩速ろ過法の場合は着水井・沈殿池・ろ過池・量水井・浄水池・送水ポンプますなどであり、急速ろ過法の場合は図2.1に示すごとく着水井・混和池・フロック形成池・沈殿池・ろ過池・量水井・配水池・送水ポンプますなどである。これらの各施設間には水位差を設け、水はこの水位差により各施設を順次自然に流下しながら浄化処理されて行く。

次に浄化のプロセスについて説明する。

河川・湖沼・貯水池あるいは井戸から取水され、導水施設により浄水場に導入された原水はまず着水井にはいる。着水井では導入される原水の水位の動揺を消滅安定させるとともに、原水量を調節・計測して薬品注入・沈殿・ろ過などの諸施設に導かれる原水が正確にかつ容易に処理されるようにする。そしてこの着水井あるいは次の混和池の流入口で主として殺菌のため、また鉄バクテリア・いおうバクテリアの発生防止、藻類の駆除、鉄・マンガンの除去や脱臭のために塩素(前塩素)が注入される。

混和池では原水に凝集剤を混和して急速にかくはん(攪拌)し、水中に浮遊する微細な粒子を凝集させて沈殿しやすくする。凝集に使



図 2.1 浄水場のプロセス(急速ろ過法)  
Clarification process in filtration plant (Rapid  
filtration method).

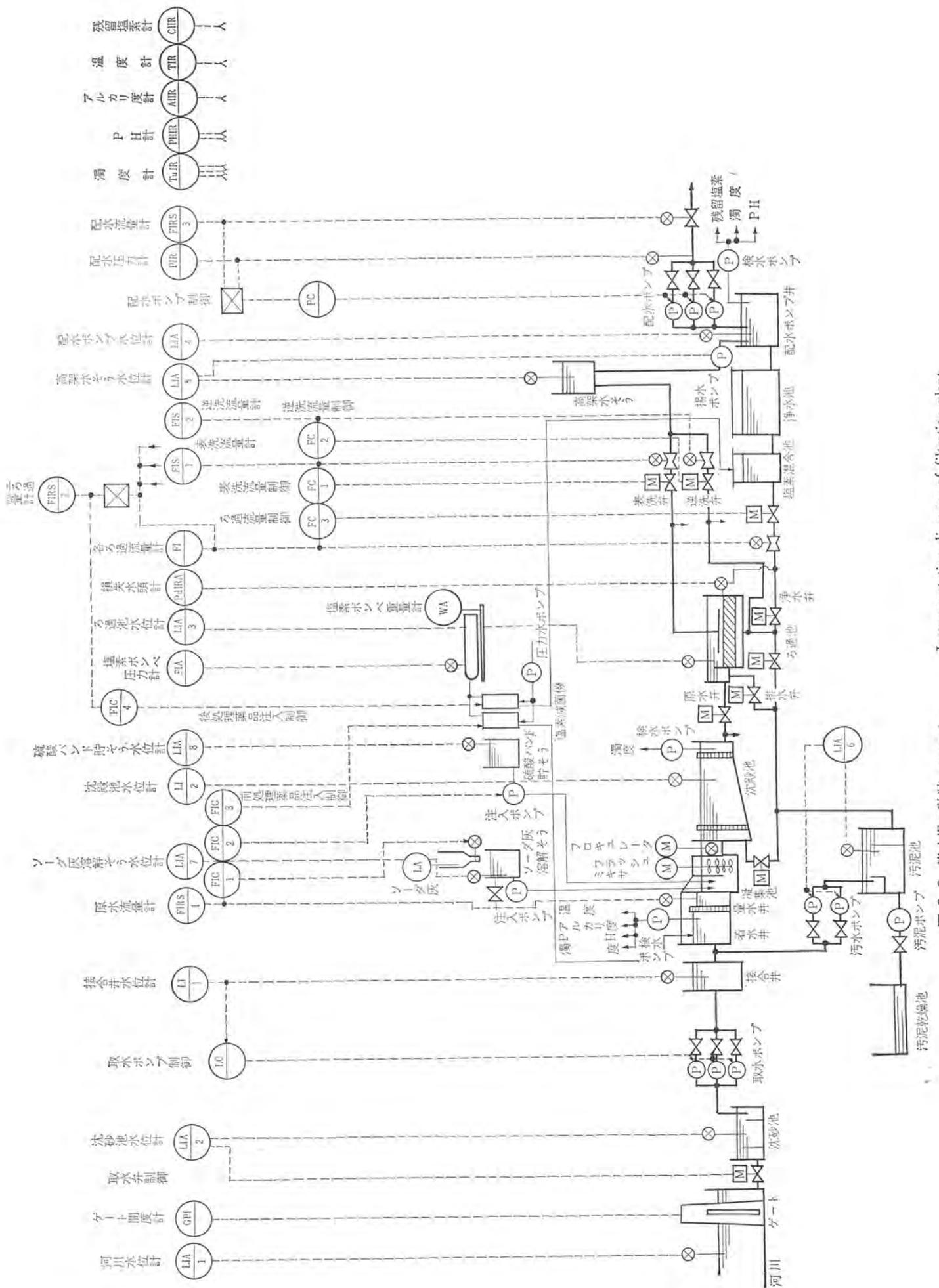


図 2.2 浄水場の計装フローシート

Instrumentation diagram of filtration plant.

用する薬品としては凝集剤・アルカリ剤および凝集補助剤があるが、原水の水質により適当なものを選定する。凝集剤としては主として水道用硫酸アルミニウム（硫酸ばんど）が、その他硫酸鉄類、アルミン酸ソーダ、アンモニウムヨウバン、カリヨウバン、アルミニウム塩なども用いられる。また原水中のアルカリ分が不足すると凝集剤による凝集作用が十分に行なわれないので、これを補うためアルカリ剤として水道用消石灰、水道用ソーダ灰、か性ソーダなどを凝集剤注入点の上流側に注入する。凝集補助剤は原水の水質や水温その他の条件によってフロックがうまく成長しなかったり、成長がおそかったりする時、生成を促進したり強固にしたりまた大きくするために用いられるもので活性けい酸、ベントナイト、アルギン酸ソーダなどが用いられる。

つぎに、フロック形成池ではフロッキュレータにより水をゆるやかにかくはんし、あるいは阻流壁により迂流させて混和しフロックを形成させる。このフロックに水中の浮遊物を凝集吸着する。そして沈殿を生じない程度の流速で下流へ進む。

沈殿池は原水中の浮遊物を凝集剤によりできるだけ沈殿除去してろ過池の負担を軽減することが主目的であり、そのために水の滞留時間を長くしてフロックを沈降させる。そしてこの沈殿池の上澄み水を流出させてつぎのろ過池に送る。また沈降した汚泥は汚泥かき寄せ機および排泥設備により排出する。

ろ過池では砂層の間を水を通すことにより原水中の微粒子や細菌などのきょう（夾）雑物を阻止する。ろ層に使用する砂が小さいほど微粒子および細菌の除去効果は大きい。反面つまりやすく洗浄の回数が増えるので、ふつう急速ろ過の場合0.45～0.7 mm、緩速ろ過の場合は0.3～0.45 mm ぐらいの砂粒が使用される。

量水井ではろ過池を通して浄化された水を計量するとともに、配水管路中における汚染を防ぐため適量の塩素（後塩素）を注入する。このようにして浄化された水は、浄水池で一時貯留して水量調節を行ない、送水ポンプにより送配水されていく。

## 2.2 水質の計測・制御と試験

浄水場では計装化・自動化が進んでおり、水の浄化プロセスはほとんど全自動で制御が行なわれている。浄水場の計装フローシートの一例を図2.2に示す。また図2.3は浄水場の中央管理室の一例でグラフィック盤、電子計算機などが設備されており、ここから浄水場内施設各機器の制御を行なうとともに運転状態を監視し、また水量・水質を計測表示することができる。

### 2.2.1 計測

水質に関する主な計測項目と測定場所はつぎのごとくである。

濁度	原水、沈殿池入口、同出口、ろ過池入口、同出口
----	------------------------



図 2.3 浄水場の中央管理室  
Central control room of filtration plant.

pH	原水、沈殿池入口
アルカリ度	原水、沈殿池入口
水温	原水
電気伝導度	原水
残留塩素	沈殿池入口、ろ過池出口、浄水池

### 2.2.2 制御

水質に関する主な制御はつぎのごとくである。

#### (1) 前塩素注入制御

原水中に細菌が非常に多いとき、たとえば急速ろ過法では大腸菌群が 100 ml 中 2,500 以上、あるいは一般細菌が 1 ml 中 5,000 以上に達したとき、着水井あるいは混和池の流入口で塩素を注入して殺菌消毒を行なうが、アンモニアの処理、鉄バクテリア・いおうバクテリアの発生防止、藻類の駆除、鉄・マンガンの除去や脱臭の目的にも用いられる。

注入率は原水の水質により決められ、これに着水井などで計量された原水流量をかけた値の注入量になるよう塩素注入機に指令を与えて必要な塩素量を自動注入する。塩素注入の方法は、圧力水をインジェクタに給水することにより生ずる負圧を利用して、塩素ガスをポンプより吸引して水に溶かし、塩素水として原水に圧力注入する。

#### (2) 薬品注入制御

凝集池（混和池とフロック形成池）で原水に各種凝集剤・アルカリ剤・凝集補助剤を注入して混和かくはんし、水中に浮遊する微細粒子を凝集させて沈降を促進するが、これらの薬品の注入量は原水の水質を濁度計・pH 計・アルカリ度計・温度計・電気伝導度計などの水質計器で計測して注入率を定め、その注入率に原水流量をかけた値の注入量になるよう調節計、あるいは電子計算機から各薬品注入設備に指令し、水量および水質に応じて自動的に注入する。

硫酸ばんどは固形と液体とがあるが、固形の場合は溶解し、さらに適当な濃度（一般には 5～10%）の溶液にして注入ポンプで、たとえば回転数またはストロークを調節して、あるいは自然流下で注入する。

ソーダ灰も溶解そう（槽）で溶解して一定の濃度（5～10%）の溶液にしたうえで注入ポンプにより注入するか、乾式の場合は乾式注入機を使用して、たとえばテーブルフィーダの回転数制御により投入量を調節し、圧力水の中に粉末を溶かしこんで注入する。

最近、原水水質の汚濁が著しくなり注入すべき薬品の量・種類もふえ、また脱臭のため活性炭を投入したり、オゾンによる処理もテストされている。

#### (3) ろ過流量制御

ろ過中にろ過速度が変わると水質が変化する。ろ過を継続するにしたがって砂層の目づまりによる損失水頭が増加し、ろ過流量が減少するが、浄水管の途中に制御バルブを設けて水頭調節を行ない、ろ過流量を一定に保ち水質が変わらぬように制御する。すなわち、ろ過流量を流量計で検出し、これを調節計で設定値と比較し一定流量となるように流量調節弁を操作する。

#### (4) ろ過池の洗浄制御

ろ過池を長時間使用すると砂層が汚れ、ろ過効率が悪くなる。したがってタイマにより一定使用時間ごとに、あるいは損失水頭を計測してこれがある値をこえると砂層の洗浄を行なう。ろ過池には図2.2にも示すごとく5個の弁、すなわち原水弁・浄水弁・表洗弁・逆洗弁・排水弁があり、これらの弁をあらかじめ定められた順序にしたがって開閉操作を行ない砂層の洗浄を行なう。

### 3. 都市下水処理場

#### 3.1 下水処理プロセス

下水処理場における下水の処理方法には、簡易処理(普通沈殿法)、中級処理(高速散水ろ床法・モディファイドエアレーション法)、および高級処理(標準散水ろ床法・標準活性汚泥法)があり、そのいずれを用いるかは、放流水面の水質の許容限度と現在の水質、水量、生下水の水質、ならびに水量、下水処理場の立地条件、建設費、および維持費などを考慮して決められる。都市では最近高級処理の活性汚泥法が最も広く採用されているが、この方法は下水に活性汚泥を加え、エアレーションタンク内で空気を吹き込み均一に混合し、活性汚泥中の好気性微生物によって生物学的に処理する方法で浄化率は最も高い。

標準活性汚泥法による下水処理場内施設の構成と配列は、図3.1に示すごとく下水処理については沈砂池・スクリーン・下水ポンプ・最初沈殿池・エアレーションタンク・最終沈殿池 および消毒そうなどであり、汚泥処理については汚泥ポンプ・汚泥濃縮そう・汚泥消化そう・汚泥洗浄そう・混和そう・汚泥脱水設備および汚泥焼却炉などである。

次に処理のプロセスについて説明する。

導水管きょにより下水処理場に導入された下水は、まず沈砂池に入りここで径0.2mm以上の非腐敗性無機物質を沈降除去するとともにスクリーンであらい浮遊物質を除去する。そして沈砂池には除砂設備、スクリーンにはかき揚げ装置が設けられる。

つぎに下水は下水ポンプにより最初沈殿池へ送られる。ここで下水中の沈殿可能な有機性浮遊物質を沈殿除去するが、浮遊物質の比重が小さいため沈殿に要する時間はふつう1.5時間ぐらい要し、沈殿効率をあげるため予備エアレーションを行ったり、生下水に余剰汚泥を返送したりする。沈殿した汚泥は汚泥かき寄せ機と排泥設備により排出する。

ついで下水はエアレーションタンクにはいり、種汚泥として最終沈殿池より返送された活性汚泥を適量混合し、下水1m<sup>3</sup>に対して約3~7m<sup>3</sup>の空気を吹き込んで約4~6時間エアレーションし、活性汚泥中の好気性微生物を増殖させ、下水中の有機物をこれに食べさせて生物学的に下水を酸化処理する。

ついで最終沈殿池では、前の生物処理過程で生じた汚泥を完全に沈殿させ上澄み水と汚泥とに分離する。2~2.5時間滞留沈殿させれば、生下水に対し90%以上の浄化率の処理水が得られる。この上澄み水に塩素を注入し消毒した上で放流する。また沈殿汚泥は多数の好気性微生物とフロック状・ゲル状物質で構成された活性汚泥であり、1日の平均下水量の20~30%を返送汚泥としてエアレーションタンクに返送し、残りは余剰汚泥としてつぎの汚泥処理プロセスで処理する。

最初沈殿池および最終沈殿池で沈降分離された沈殿汚泥は、汚泥



図3.1 都市下水処理場のプロセス  
Process of city sewage treatment plant.

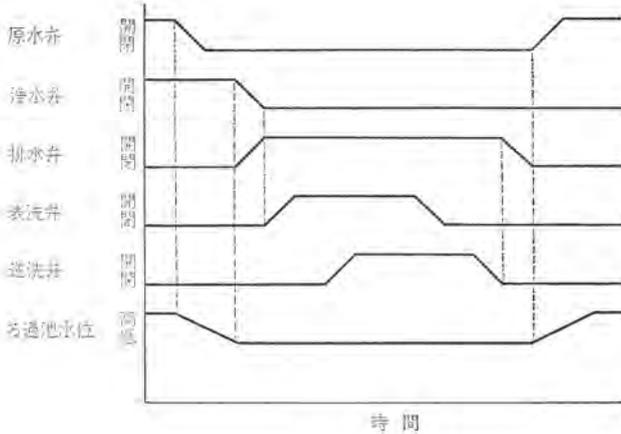


図2.4 ろ過池洗浄工程  
Washing process of filter bed.

図2.4はその洗浄工程を示すもので、これを説明すると、ろ過運転中は原水弁と浄水弁が開き他の弁は閉じている。そして原水は原水弁からろ過池に入り砂層を通して微粒子や細菌を砂層の中に落とし浄化され、浄水弁を通して出て行く。ろ過運転を一定時間行なうか、あるいは損失水頭がある値に達すると原水弁を閉じてそのままろ過を続け水位の低下を待つ。水位が規定値まで下れば浄水弁を閉じ排水弁を開く。そして表洗弁を開きろ過池の砂層上に圧力水を吹きつけて砂層上にできたかわ状の泥球を破壊し、さらに一定時間後逆洗弁を開いて砂層の底から圧力水を吹き上げて砂層を膨張させることにより洗浄する。表洗と逆洗の洗浄時間はタイマによる時限設定、あるいは洗浄水量の積算値がある値に達したことを条件としている。そして表洗・逆洗が終れば排水弁を閉じて原水弁を開く。水位が上昇してから浄水弁を開き、再びろ過運転にはいる。

#### (5) 後塩素注入制御

水道法施行規則では、給水せん(栓)における残留塩素量の最低値が規定されている。平常時においては給水管末において遊離残留塩素の場合は0.1ppm以上、結合残留塩素の場合は0.4ppm以上、また水が病原生物により汚染され、または汚染されるおそれがある場合には給水管末において遊離残留塩素は0.2ppm以上、結合残留塩素で1.5ppm以上保持するようしなければならない。

このためろ過池を通して浄化された水は、量水井において計量するとともに塩素を注入するが、その注入量は前塩素の残留量を計測し、給水管末で所定の残留塩素量となるような量の塩素を塩素注入機により自動的に注入する。

#### 2.2.3 水質試験

浄水場では日常の水質試験によって水質の安全性を確認するとともに水質異変を早く検知して対策を施すため、浄水施設の規模に応じた水質試験設備が設置され、管理に必要な理化学・細菌学・生物学的試験が行なわれている。

水質試験の項目としては、アンモニア性窒素・亜硝酸性窒素・硝酸性窒素・塩素イオン・過マンガン酸カリウム消費量・一般細菌・大腸菌群・鉄・マンガン・硬度・蒸発残留物(比導電率)・pH・臭気・味・外観・色度・濁度・BOD・アルカリ度・酸度(遊離炭酸)生物・その他有害物質などである。

最近、河川の取水口付近に水質自動監視装置を設置して水質を分析測定し、早く水質を把握し効果的な浄化対策が早く立てられるようになってきた。

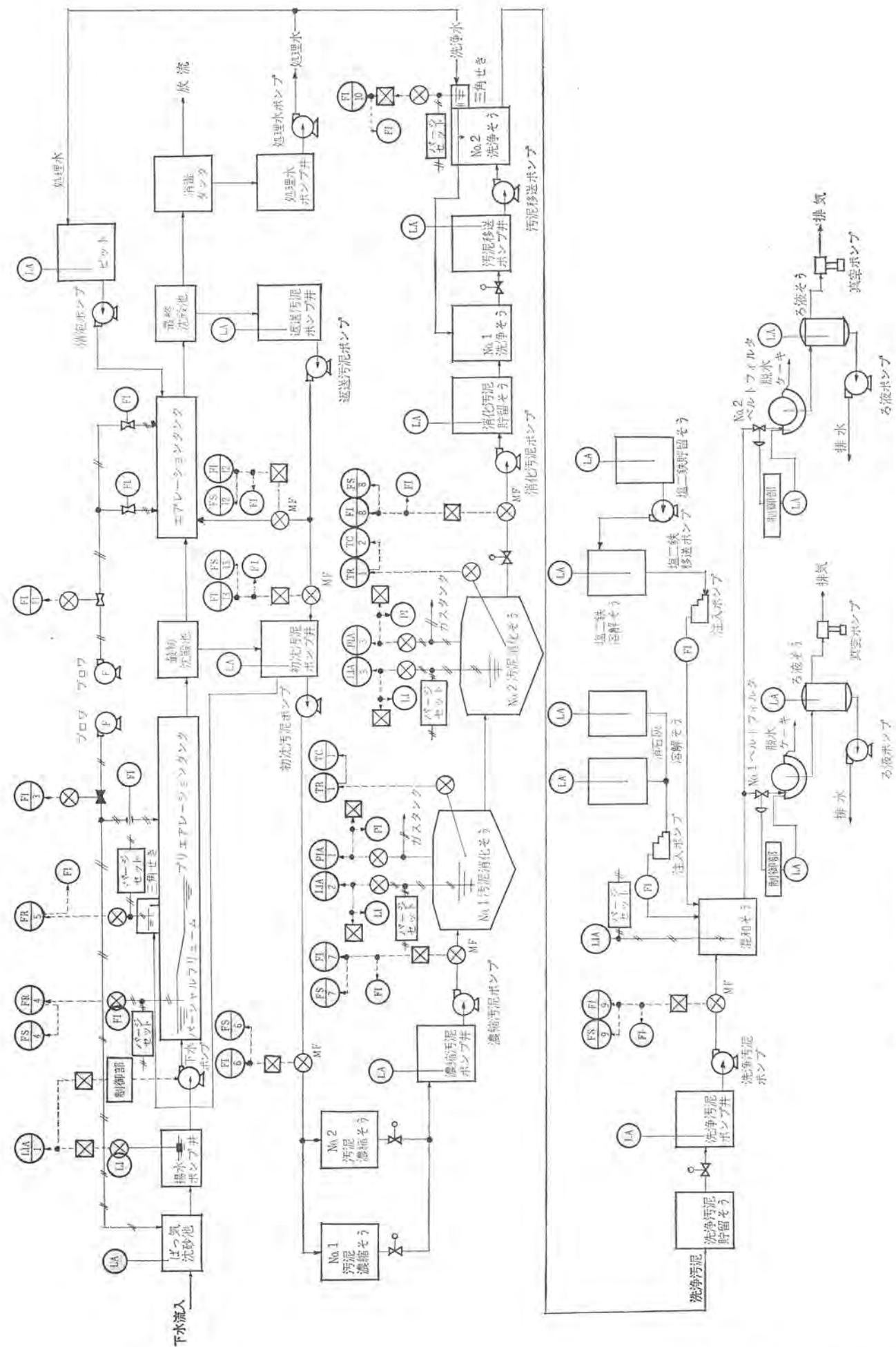


図 3.2 都市下水処理場の計装フローシート Instrumentation diagram of city sewage treatment plant.

ポンプにより汚泥濃縮そうに入れて滞留させ、汚泥を沈降濃縮し含水率96~97%の汚泥とする。そして脱離液は最初沈殿池に返送し、濃縮汚泥は汚泥消化そうに送る。

消化そうでは汚泥中の有機物は、嫌気性細菌や微生物の働きにより酵素を媒体として分解消化され、脱離液とガスと泥状物(消化汚泥)となる。消化そうには加温設備やかきまぜ装置などが設けられ、そう(槽)内の温度は30℃、消化日数は30日が標準である。抽出された脱離液は最初沈殿池に返送し、ガスは脱硫後ボイラー等の燃料として利用する。消化汚泥は洗浄そうで水洗しアルカリ度を低下させ、凝集剤として塩化第2鉄、硫酸第1鉄、また補助剤として消石灰等を加え混和そうでかくはんし汚泥を凝集しやすくし、真空ろ過機やフィルタプレスなどの脱水設備にかけて脱水し含水率75%以下の汚泥とする。この脱水された汚泥ケーキは焼却炉で焼却するかまたは投棄する。

### 3.2 下水・汚泥の質の計測・制御と試験

下水中には種々の有機物・無機物・金属イオンなどを含有しており、また下水処理物では生物学的処理が行なわれ、種々の影響因子もあり、下水や汚泥の質を短時間に高精度に分析測定できるオンライン水質計器がほとんどない。そのため計装による自動化は、まだまだ進んでいない。

都市下水処理場の計装フローチャートの1例を図3.2に示す。また図3.3は都市下水処理場の中央監視制御盤の1例であり、ここから処理場内施設各機器の制御を行なうとともに運転状態を監視し、また下水や汚泥の量および質を計測表示することもできる。

#### 3.2.1 計測

下水・汚泥の質に関する主な計測項目および測定場所はつぎのごとくである。

濁度	流入下水
pH	流入下水
水温	流入下水
汚泥濃度	最初沈殿池, 最終沈殿池, 汚泥濃縮そう
溶存酸素	エアレーションタンク

#### 3.2.2 制御

下水・汚泥の質に関する主な制御はつぎのごとくである。

##### (1) 汚泥引抜制御

最初沈殿池や最終沈殿池においては汚泥が沈降し、たい積するとこれを引抜くが、沈降した汚泥の量および濃度を計測する良い方法がなかったため、従来はタイマにより一定時間ごとに一定時間排泥

弁を開いて汚泥の引抜きを行なっていた。最近、γ線や超音波を用いた汚泥濃度計による制御も行なわれている。すなわち汚泥引抜本管の外側に汚泥濃度検出器を取付け、タイマにより一定時間間隔ごとに引抜きを開始し、汚泥濃度計により汚泥濃度がある値以下になると引抜きを停止する。

##### (2) ばっ(曝)気風量制御

活性汚泥法では活性汚泥量と空気量が処理に重要な要素であるが、エアレーションタンク中の下水の溶存酸素(DO)を計測し、これによりブローの台数・回転数あるいは吐弁弁を制御し、下水と活性汚泥を混合し、好気性微生物が増殖して下水を酸化処理するために必要な空気量を送り込む。

##### (3) 塩素注入制御

最終沈殿池の上澄み水には消毒のため塩素、またはさらし粉を注入して放流するが、注入量は大腸菌群が1cc中3,000以下になるよう処理水量に比例して塩素注入機などにより自動注入する。

##### (4) 薬品注入制御

汚泥の脱水効果をあげるため洗浄汚泥に凝集剤を添加するが、凝集剤としては塩化第2鉄または硫酸第1鉄、また助剤として消石灰を用いる。その注入率は汚泥のアルカリ度が高いほど多く、汚泥量に比例して注入し、混和そうでかくはんし微小固形物をフロックにする。塩化第2鉄、硫酸第1鉄、消石灰とも溶解そうで溶解して一定の濃度とし注入ポンプ、たとえばプランジャーポンプなどにより自動注入するが、注入量の変更は汚泥の量と質によりポンプのストロークまたは回転数を変えて行なう。

#### 3.2.3 水質および汚泥試験

都市下水処理場には水質および汚泥試験設備を設け、処理法および処理の規模に応じて各種理化学・細菌学・生物学的試験が行なわれる。

水質試験の項目としては気温・水温・透視度・色相・臭気・pH・蒸発残留物・熱しゃく(灼)残留物・熱しゃく減量・溶解性物質・浮遊物質・溶存酸素・酸素飽和百分率・BOD・相対安定度・CDD・総窒素・アンモニア性窒素・アルブミノイド窒素・亜硝酸性窒素・硝酸性窒素・有機性窒素・塩素イオン・硫化物・油類・一般細菌数・大腸菌群数その他必要な項目などである。

また汚泥試験の項目としては色相・臭気・温度・比重・活性汚泥の沈殿率・汚泥示標・pH・蒸発残留物および水分・熱しゃく残留物・熱しゃく減量・総窒素・アンモニア性窒素・リン酸・カリウム等である。

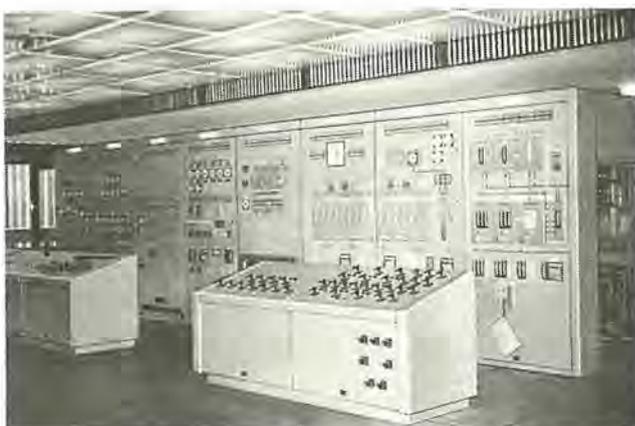


図 3.3 都市下水処理場の中央監視制御盤  
Central control boards of city sewage treatment plant.

## 4. 工場排水処理場

### 4.1 排水処理プロセス

工場排水の共同処理場における処理方法には、生物学的に処理す



図 4.1 工場排水処理場のプロセス  
Process of industrial waste water treatment plant.



る活性汚泥法、化学的に処理する凝集沈殿法およびこの両方を組み合わせる方法がある。企業の業種が多岐にわたり工場排水の水量・水質は非常に複雑で変動が大きく、特に悪質の工場排水を排水する工場には、除害施設を設置させて前処理を行なわせてあとで処理場に受け入れるが、排水処理場では放流水域の水質基準に適合するよう処理される最適の方法がとられる。

凝集沈殿法と活性汚泥法とを組み合わせた処理方法による工場排水処理場内施設の構成と配列は、図 4.1 に示すごとく汚水処理については沈砂池・スクリーン・汚水ポンプ・ばっ(曝)気油脂分離そう・調整そう・緩速かくはん池・薬品沈殿池・エアレーションタンク・最終沈殿池・消毒そうなどであり、汚泥処理については汚泥ポンプ・汚泥濃縮そう・汚泥貯留そう・汚泥脱水設備・汚泥焼却炉などである。

次に処理のプロセスについて説明する。

導水管きょにより処理場に導入された汚水は、まず沈砂池にはいりここで砂などを沈降除去し、スクリーンで除じん(塵)されたのち汚水ポンプでくみ上げらればっ気油脂分離そうにはいる。

ばっ気油脂分離そうでは、汚水中に空気を吹き込み油脂分を浮上させて回収するとともに汚水を十分混和し均質にする。そして処理された汚水はパーザルフルームなどで計量されて調整そうにはいる。

調整そうでは汚水の水質の変動に対し pH の調整を行なうが、これは凝集沈殿処理および活性汚泥処理が効率よく行なわれるようにするため、汚水が酸性の場合は消石灰を注入する。そして凝集剤を添加して急速かくはんを行ない汚水と注入薬品の混和を図る。凝集剤としては硫酸ばんどや高分子系の凝集剤などが用いられる。

その後緩速かくはん池にはいり、フロキュレタで緩速かくはんしフロックを形成させ、薬品沈殿池で約 2.5 時間滞留して重金属類および有機物を沈殿除去する。

つぎにエアレーションタンクにはいり、最終沈殿池からの返送汚泥を約 25 % 混合して空気を吹き込み、好気性微生物により生物学的に処理し、さらに最終沈殿池で約 2.5 時間滞留させ汚泥を沈殿させる。そして上澄み水は塩素を注入消毒して放流する。

一方、最終沈殿池から引抜いた余剰汚泥は薬品沈殿池に返し、薬品沈殿池で沈殿した汚泥と一緒に引抜き汚泥濃縮そうに入れて 96 % ぐらいまで濃縮した後汚泥脱水設備で脱水し、ケーキは焼却炉で焼却するか投棄する。

#### 4.2 汚水・汚泥の質の計測・制御と試験

工場排水中には種々の有機物・無機物・金属イオンなどを含有しており、また排水処理場では化学的処理および生物学的処理が行なわれ、汚水や汚泥の質を短時間に高精度に分析測定できるオンライン水質計器がほとんどなく、そのため計装による自動化はまだあまり進んでいない。

工場排水処理場の計装フローシートの 1 例を図 4.2 に示す。また図 4.3 は工場排水処理場の中央管理室の 1 例で、グラフィック盤、工業テレビ、電子計算機などが設備されており、ここから処理場内施設各機器の制御を行なうとともに運転状態を監視し、また汚水や汚泥の量および質を計測表示することもできる。

##### 4.2.1 計測

汚水・汚泥の質に関する主な計測項目、および測定場所はつぎのごとくである。

濁度	流入汚水
pH	流入汚水、調整そう
水温	流入汚水

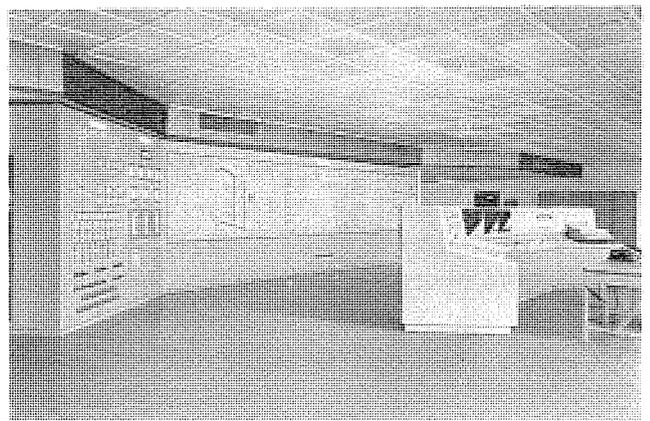


図 4.3 工場排水処理場の中央管理室  
Central control room of industrial waste water treatment plant.

汚泥濃度	薬品沈殿池、最終沈殿池、汚泥濃縮そう
溶存酸素	エアレーションタンク

##### 4.2.2 制御

汚水・汚泥の質に関する主な制御はつぎのごとくである。

###### (1) pH 調整制御

原水が酸性の場合は中和するために消石灰を注入するが、ホッパから定量フィーダにより溶解そうに入れ、一定濃度の溶液とし注入ポンプで汚水量に比例注入する。そして原水の pH および調整後の pH 値を測定して注入率を補正する。

###### (2) 薬品注入制御

重金属など有害物質の混入により活性汚泥処理が阻害される懸念があるので、エアレーション以前にこれらを除外するため硫酸ばんどを注入し薬品沈殿池で凝集沈殿させる。硫酸ばんどは一定濃度の溶液として注入ポンプで汚水量に比例して注入するが、汚水濁度などによりこの注入率を補正することも行なわれる。

###### (3) ばっ気風量制御 3.2.2 項と同じ

###### (4) 塩素注入制御 3.2.2 項と同じ

###### (5) 汚泥引抜制御 3.2.2 項と同じ

##### 4.2.3 水質および汚泥試験

工場排水処理場には水質および汚泥試験設備を設け、生水・沈殿水・放流水・活性汚泥・一般汚泥などについて各種水質および汚泥試験が行なわれる。

水質試験の項目としては水温・透視度・pH・BOD・COD・DO・SS・油脂類・蒸発残留物・強熱残留物(強熱減量)・アンモニア性窒素・亜硝酸性窒素・硝酸性窒素・アルミニウム窒素・有機性窒素・総窒素・塩素イオン・よう(沃)素消費量・ABS などのうち必要な項目である。

汚泥試験の項目としては SV %・MLSS・MLDO・生物試験・温度・pH・固形分(水分)・有機分(無機分)その他必要な項目である。

一方、処理場での障害を防止するためには、工場排水の基準を定めて企業側に守らせるとともに、常に排水の水質監視を行なえるようにすることも必要である。

## 5. 自動化の問題点

最近、浄水場や下水・排水処理場では設備が大規模化・複雑化し、施設の効率的な運営すなわち人員の削減、処理の合理化・省力化、

処理能力の増加、処理水の高品質化、処理コストの低減などを図るため自動化・計装化さらには計算機制御へと進みつつあるが、自動化を進めるうえでの現在の問題点は処理プロセスの解析と水質分析計器とであろう。

水の浄化および処理の方法として化学的・生物学的方法がとられているため、種々の影響因子があって処理プロセスの解析がむずかしく長期間にわたるデータの積み重ねによる解析と特性の把握が必要である。電気的あるいは物理的な新しい処理技術の開発も必要であろう。

また処理プロセスを十分に握するためには、各処理プロセスにおける状態を適確に検出・分析・測定する計測機器が必要であるが、分析測定時間が短かく連続的に測定でき、精度が高く安定で保守点検が容易または無保守のオンライン水質計器が少ない。特に汚泥の質を計測する計測機器はほとんどないので、今後の研究・開発に期待するところが大きい。

## 6. む す び

以上、浄水場、都市下水処理場および工場排水処理場における水

の浄化および処理のプロセスについて述べるとともに、水質関係の計測・制御および試験について述べた。

最近、生活排水や工場排水などにより河川の汚濁が著しくなって、上水道用水源の確保もむづかしくなってきたが、公共用水の水質汚濁を防止し、環境の整備を行なうためには、工場排水の水質規制の強化、下水道施設の整備、処理技術の開発、水質分析技術の向上、水質監視体制の整備などが早急に行なわれねばならない。

## 参 考 文 献

- (1) 日本水道協会：水道施設基準解説 (1966)
- (2) 日本水道協会：下水道施設基準解説 (1964)
- (3) 日本下水道協会：鹿島臨海都市計画下水道水質管理等調査報告書 (1970)
- (4) 間瀬ほか：茨城県鹿島臨海都市計画 下水道深芝処理場向け電機設備、三菱電機技報 45, No. 12 (昭46)

# 総合公害監視制御システム

室田 慎\*・柳沢 忍\*・北原 貞守\*  
吉田 修己\*\*・能登 四郎+・瀬名 一生+  
上村 勝彦\*\*・福田 豊生\*\*

## Environmental Monitoring and Control System

Communication Equipment Works Shin MUROTA・Shinobu YANAGIZAWA・Sadamori KITAHARA  
Head Office Osami YOSHIDA・Shiro NOTO・Kazuo SENA  
Central Research Laboratory Katsuhiko UEMURA・Toyoo FUKUDA

It has been recognized that environmental pollution has broken out with human activity and causes a hazard to mankind. Monitoring and control system is an effective method for pollution suppression.

This article introduces outlines of basic conception and applicable apparatus of monitoring and a control system for environmental pollution.

### 1. ま え が き

人類社会の急激な科学技術の発展は、多種多量の人工要素を造り出し、自然条件に累積付加しつつあり、その結果として発生する「公害」は注目されてから日が浅く、対策もまだ十分な方法が研究されていない状況にある。したがって公害対策としては現状のは握と理論的解明を行なって、公害減少の方向を導かなければならない。公害監視制御システムは公害発生状況の監視・予測・制御などを行ない、総合的な効果の上がる公害減少を目的とするが、その考え方・内容・構成・問題点などにつき以下に記述する。

### 2. 環境管理情報システム

近代社会の主目標は自然環境の均衡を守り、次の世代に十分なエネルギーと資源を確保することであり、先進科学技術をこの方面に積極的に応用する必要がある。新たな閉回路無公害生産システム、公害防止技術の開発とともに、電子計算機を中心としたエレクトロニクス技術の広範な活用が必要である。複雑大規模な自然環境、人間の健康福祉、物財保護のために総合公害監視システムが設計され、電子計算機のデータ処理機能の高度利用は環境管理情報システムを実現し、環境保全、資源利用計画に有効な機能を発揮する。

汚染質は大気汚染・水質汚濁・振動・騒音・悪臭・廃棄物などと多種多様であり、汚染の広域性・実時間性・過密性・社会依存性・制御両立性をもった複雑な社会空間が対象である。したがって広域データ収集・伝送系・電子計算機によって、監視・予測・制御・広報・記録のためのシステムが構成されなければならない。たとえば大気汚染監視システムでは次の五つの機能がある。

これは、図 2.1

- (1) 現時点汚染濃度の監視記録
- (2) 汚染状況の分析
- (3) 汚染傾向の予測
- (4) 汚染低減の制御
- (5) 迅速な対策の実施

に示すように、人間福祉を目的として社会空間に監視予測制御とフィードバック制御の組合せとして表現される。

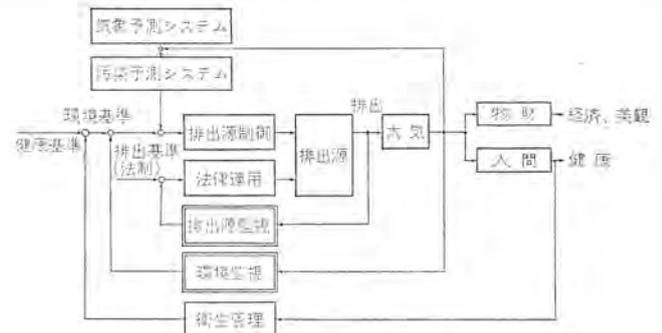


図 2.1 公害監視制御システムの概念  
Conception of environmental monitoring system.

#### 2.1 監視・予測・制御

大気汚染監視システムの構成は、そのシステムズアプローチが重要である。最適配置された地域環境条件計測点、高信頼度適時データ伝送網、データ処理ソフトウェアを持った電子計算機システムがその構成要素となる。現時点汚染濃度監視は基本的機能であり、環境保全の基礎データとなり、公共情報・長期保全計画への資料となる。測定汚染質の選択とその反応挙動の正確な把握が前もって必要である。

測定記録は汚染モデルの改良、長期計画の検討に有用である。また大気特性データ・排出源データのは握も重要で汚染濃度との関係を明らかにする資料となる。

実時間処理による濃度予測は早期予報・警報に有効で、さらに数学モデルによって最も効果的な制御施策を決定することができる。長期的には排出源規模・立地計画・環境基準・排出基準決定のための資料となる。

汚染制御は長期的に行なうほうが有効で、平均濃度が基準値以下となるように、電子計算機によるモデルを用いて新規排出源の最適設定が行なわれる。一方短期的には燃料切替・操業度操作・交通制御・一般広報などの措置がとられる。効果があらわれるのは一般に時間遅れが大きいため、フィードフォワード制御によってその汚染傾向を事前に抑制する方法がとられる。

これらのデータ処理、大気管理業務を円滑にするため、電子計算機周辺のマンマシーンインタフェイス(CRTディスプレイ・XYプロッタ・グラフィ

ックパネル・ラインプリンタ・自動警報装置)の役割は大きい。

## 2.2 大気拡散モデル

電子計算機による大気拡散モデルは、その対象と目的に応じて構成されなければならない。すなわち局地・都市域・広域などの空間的分類と、排出源規模、時間スケールによってモデルは階層構造となる。短期・小地域に対しては単一排出源による拡散で、定常一様風の場合で拡散分布を平均風向軸のまわりのガウス分布とみなした定常プルームモデル、拡散方程式の逐次近似解で風向変化、微風時にも追従できる積分パフモデル、また観測点を含む仮想の大気完全混合そう(槽)について物質収支を与えたモデルが適用され、数時間先の濃度予測に用いられる。

この場合、気象要素(風向・風速・大気安定度・気温逆転層)と拡散パラメータの固定と予測が困難ではあるが重要な予測精度のきめとなる。さらに群小煙源を持つ都市域では、上記のモデルの他に、ある地域を均一混合拡散場とみなしたボックスモデル、あるいは拡散機構に触れずに観測データを処理して因子分析によりパラメータを選び重回帰分析などの手法による関数関係を導き出して統計的予測モデル、また濃度曲線を確率統計的に逐次推定する手法がある。

時間スケールを拡大して、マクロ気象要素(気圧配置・気圧傾度・前線・季節風)を考慮した統計処理によって地域的、時間的なマクロな濃度ポテンシャル予測が行なわれる。また季節別平均濃度分布図・高濃度発生ひん度分布図・等濃度分布図などの立地計画、都市計画に有効な基礎資料が得られる。いずれの場合でも対象地域内排出源データ、使用燃料量、人口密度、産業密度、地形特性、気象特性の把握は特に重要である。

また自動車排ガスによる汚染(CO, NO<sub>x</sub>など)に対しては、交通量・交通密度・地形道路条件・気象条件のデータ解析から道路内汚染モデルを導き出し、交通制御システムに組み込んで都市域の環境保全を前提とした制御策(交通規制・迂回指示・交通流操作・車種制限)を実施することができる。また市街地、山間における新道路計画の資料となる。オキシダント光化学スモッグの発生機構は、現在明らかでなく詳細なデータ収集整理によって因果関係と発生条件を定量化することが必要である。

このように大気拡散のメカニズムは非常に複雑で、その完全な観測も不十分であり、電子計算機による数学モデルは完成されていない。したがってモデル利用の際には、予測計算値と現実観測値の誤差を最小にするよう適応修正と学習機能を持たせることが必要である。この場合パラメータを操作するのが処理しやすい。電子計算機はデータ整理にとどまらず、これらの複雑なモデルシミュレーションと迅速なデータ処理に力を発揮する。大気監視制御システムの中核となるモデル入出力情報の関係は図2.2に示すとおりである。

## 2.3 水質汚濁監視システム

急速な都市拡大と産業発展がある一方、河川・湾・海域での水質汚濁は悪化している。汚染拡散は限られた水域であり、その浄化容量には限界がある。水域は汚染質の放出場と同時に上水、水産物の水資源であり、その水質環境保全は重要な問題である。河川・湾・海域・湖沼に分類して考えるのが適当であるが、水系は地域的に隣接都市と関連するために総合的見地から水質保全にあたらねばならない。

水質管理には期間的にみて計画と緊急制御の二つの面がある。人口将来予測・立地計画・水利計画などは長期的水資源利用計画に、上水利用の立場からは、有害物質検出時にはただちにその対策を行

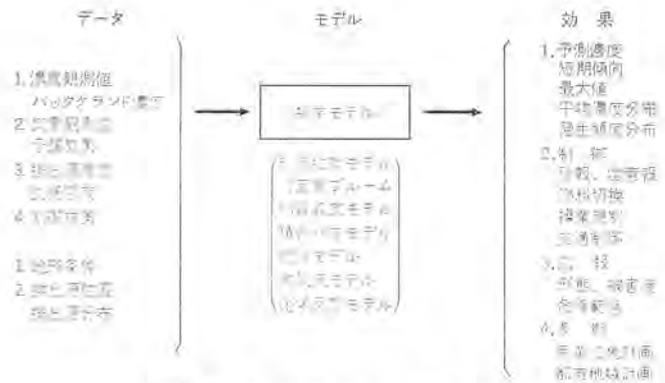


図 2.2 大気拡散モデルの効果  
Effect of diffusion model for air pollution.

なう水質監視制御システムの必要度が高い。システムを構成する際には対象の水資源のモデルが主体となり、流量・浄化容量の算定が重要である。対象となる水質汚濁物質は多種多様であり、都市有機物廃水、産業廃水、農業流出に分けられ、また重金属・油濁・熱汚染などが問題になる。

水質監視システムは計測業務と制御の迅速性が大きな要素であり、その監視計測手段、規制、通報、分析検査の業務がとりやすくなければならない。すなわち汚染質の濃度監視・追跡・排出源の調査・関連機関(上下水道局など)との情報交換、微量物質の精密分析の他に監視点位置決定、排出源のは握、処理範囲の決定、汚染質の水域内挙動のは握、水質保全策の可制御性を検討することが必要である。

たとえば河川での汚染質の挙動をは握する場合、水門学的ダイナミクス・排出源ダイナミクス・拡散反応ダイナミクスのそれぞれの検討によって水質保全を目的とした水質制御システムが確立され、廃水処理プラントの最適計画と処理程度の最適制御、河川流量変動による処理運転の最適化が行なわれる。湖沼・湾についても同様のアプローチが可能であるが、水域の浄化容量には限界があり、しかも多種多様の物質が集積する可能性を極力抑制するように、閉回路の水利用システムとすることがこれからの課題である。

さて、水質監視網は水系を支流ブロックに分けて管理する方法が容易と考えられ、監視指標としてはTOD, DO, PH, SS, CNなどの迅速な測定可能なものを対象とし、他の有害物質はサンプリングによってラボラトリーオートメーションの設備を用いて、能率的に分析検査することが考えられる。また多数の各排出源にはオフラインの分析記録装置をおき、随時情報を収集する方法が考えられる。

これらの監視システムはメンテナンスフリーの自動分析器・テレメータ網・電子計算機・他関連機関との情報交換網によって構成される。海域については対象が大きいため、立体的な計測を行なう海洋自動計測システムの開発とその利用が有効である。さらには大形電子計算機による汚染状態のシミュレーションは、その事前計画の検討において有益な情報を与えるものである。

## 2.4 構成

オンラインリアルタイムシステムが公害監視では必要条件である。数年に及ぶ各種データの蓄積・検索・検定・操作・分析・計算・表示・加工・記録に関するすべてのデータ処理を行なうソフトウェアを持ち、入力情報としては濃度分布現在値・排出源強度分布・現在の気象条件・地形条件が与えられ、出力情報として予測濃度・制御方策・加工データが出される。また付随効果として汚染モデル開発解析業務

・化学分析業務の自動化・大気管理行政計画への効果的な勢力の投入が可能となり、総合的運用の中核となる。

近年は汚染が地域を越えて広域に広がる傾向にあり、各地域間の汚染移動を監視する必要がある。この場合、小地域は小形電子計算機で監視業務を行ない、複数地域の環境情報を中心の大形電子計算機によって総括制御するデータバンクを構成することも考えられる。

計算機以外全体の構成としては、環境計測用測定器、監視制御センターから遠隔地データ収集用テレメータ、データ相互交換用のデータ伝送装置、規制制御用の警報発令装置、広報用ディスプレイなどが必要で、その標準構成は図2.4のようになるが、システムの目的・規模によりその構成は多少の変化があり、条件に合致したシステムとして組み

上げなければならない。

### 3. 測定器

公害汚染質の測定には、その大部分が化学物質であり、そのため化学分析的要素をもつ電気化学変換が多く利用されている。システムの構成に当たっては、保守通用を含めた特質を考慮して組み入れることが重要となる。

いわゆる公害の要因となる因子は、きわめて多種多様にわたるので検出・信号の変換には、多方面の原理技術を適用するべきである。一例としては立体パターン測定、同時多種汚染質測定可能なレーザレーザが実用化されつつある。なお、測定器詳細に関しては本誌別稿にゆずるものとする。

### 4. 伝送装置

公害監視制御システムはすでに述べたように、そのシステムの規模・機能・目的などに応じてシステム構成は変わってくるが、一般には他の情報伝送処理システムに見られるように、情報の発生(検出)・信号変換・伝送・情報処理および処理結果のフィードバックといった一連のプロセスの総合的な組み合わせといえる。

伝送装置のシステムのはたす役割りは、基本的にはある地点に発生する情報を通信設備を利用して他の地点に伝送し、そこで誤りなく情報を再現することであり、システムの要求に応じて各種各様の方式が実用されている。公害監視システムにおける伝送装置の機能は下記のとおりと考えられる。

(1) 汚染質観測局データの収集、計測テレメータ装置

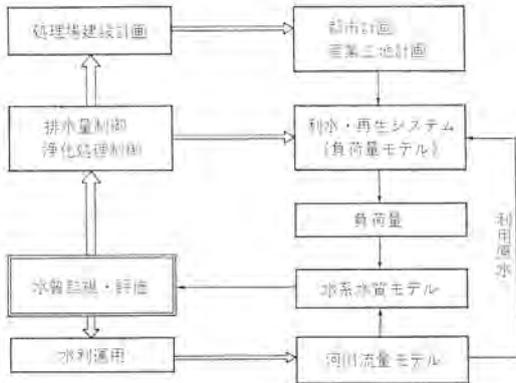


図 2.3 水質監視制御、計画システム  
Planning of monitoring and control system of water quality.

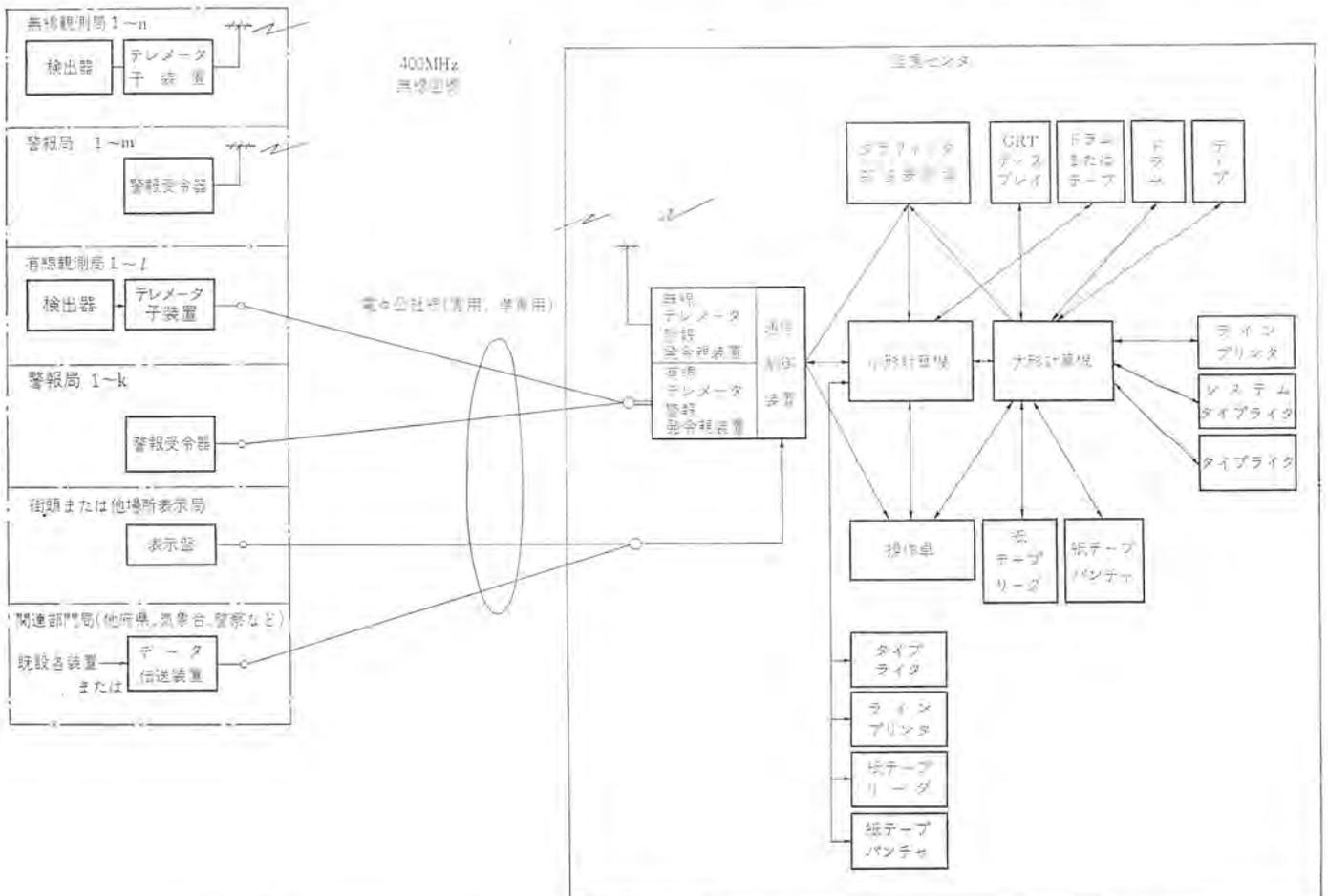


図 2.4 総合公害監視制御システム構成 Block diagram of environmental monitoring and control system.

- (2) 他システムとのデータ交換、受授のためのデータ伝送
- (3) 汚染質発生源に対する警報指令の伝達、指示
- (4) その他別途端末機器へのデータ転送機能

これらの伝送機能は、必ずしもすべての公害監視、制御システムに要求されるものではなく、システムの規模・管理方式・行政運用面などにより、必要に応じて取り入れられる。公害システムの性格より、今後いっそう広範な伝送システムが要求されるものと考えられる。

#### 4.1 方式の選定

情報伝送システムの構成にあたっては、そのシステムの要求に合った方式を選定することが重要である。選定の基準としては各種要因が考えられるが、通常は伝送すべき情報またはデータの質・量・通信のための伝送路の構成、通信の双方向性の可否、伝送許容時間、精度、伝送データの処理方式、その他機器の設置条件、保守の難易度、拡張性および経済性など多くの判断要素がある。これらの要求は互いに相反する性格のものが多く、いかなる方式構成とするかは一概にはいえないが、最終的にはシステムの要求に応じ、しかも全システムを含め運用管理上支障のないよう考慮することが肝要である。

公害監視システムにおいてはシステム規模、機能に応じ若干差はあるにしても、現段階においては方式、構成の面からは定形化している。データ収集のためのテレメータ装置は、中央より各地区に点在する観測局を順次スキミングし、時分割的にデータを収集するポーリング（呼出選択）方式と、観測局より常時中央に向けてデータを送信する連続式テレメータの2種類に分類される。警報いっせいで指令装置は中央より端末に対し必要時送出する方式としている。他システム、あるいは特定機関へのデータ転送は、情報発生側からの指示により行なわれる。

#### 4.2 テレメータ装置

テレメータ装置は、汚染観測局における各種データを中央に収集するためのものである。ここではもっとも一般的なポーリング式デジタルテレメータ装置を対象とする。

ポーリング方式は、観測局数  $N$  個に対し中央局が1個の構成の場合使用されるもので、中央より観測局を一定の時間間隔で呼び出し、測定値をテレメータリングする。中央での収集データはサンプル値となるが、実用上問題のない範囲にポーリング周期をとっている。伝送の信号形式は、1観測局当りの伝送項目が5～15量程度、中央でのデータ保存、処理の面からデジタル方式を採用する。このような要求に合ったものとして、当社ではTM-1200形テレメータ装置を使用している。本装置は上下水道施設・ガス供給網・水系管理設備などの制御用データ伝送・気象・海象などのデータ収集に数多くの実績を有し、広範囲のデジタル情報伝送用に適用できるものである。有線・無線の区別なく使用できる。

##### 4.2.1 構成

無線式テレメータ装置の構成例を図4.1、4.2に示す。中央局装置は、観測局装置に対し計測指令および検出機器に対する制御指令を供給し、観測局からの計測データを受信し、データ処理装置・表示装置などにデータを与えるものである。テレメータ観測局装置は、中央局からの計測および制御指令信号を受け、各種計測信号のテレメータリングおよび制御動作を行なうものである。

##### 4.2.2 機能

###### (1) 計測

計測はテレメータ中央局装置の指令により行なわれる。観測局は通

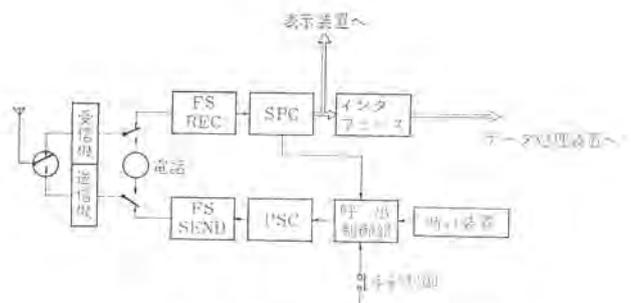


図 4.1 観測局装置ブロック図  
Block diagram of substation.

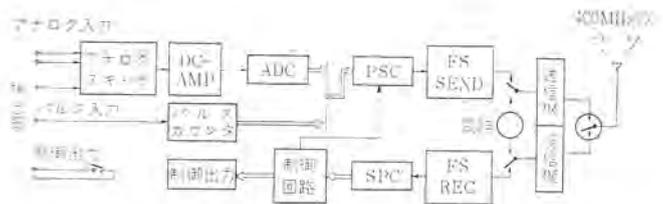


図 4.2 中央局装置ブロック図  
Block diagram of master station.

常待機状態にあり、中央局の指令を受信し、自局に割り当てられたコードに一致した場合のみ自動的に起動し、検出器からの計測信号を信号変換し、ディジタル信号として伝送する。中央から観測局の呼び出しの方式は次のものが考えられる。

###### (a) 走査呼出計測

観測局を定められた順序にしたがって中央局より順次呼び出し、データ収集を行なう。周期は時計装置により定められる。通常10分、30分、1時間の3段階設定とする。なお任意時、手動による全局の走査も可能とする。

###### (b) 個別呼出計測

任意時特定局の選択呼び出しも可能とする。操作は手動とする。

###### (2) 制御

観測局に対し、制御情報の伝送が可能である。公害システムの場合には検出装置の時間制御、必要に応じ、通話制御などを行なう。プロセスの制御と性格が異なり、単純な制御伝送で間にあう。

#### 4.2.3 機器の仕様

テレメータ装置の仕様例を表4.1に示す。図4.3に観測装置の外観を示す。

#### 4.3 警報いっせいで指令装置

環境汚染を一定の濃度範囲内に抑えることが当面の課題であり、このためには汚染質自体の発生を抑制することになる。本装置は、汚染標準を越えることが予想された場合、未然に汚染を防止することを目的として、排出源に対し排出規制を通達するものである。中央に指令装置を設け、排出源に指令受信装置を設置する。指令内容により指令信号の伝送方式は異なり、単なる警報の伝送の場合はトーン信号の組み合わせにより、中央局→工場の片方向伝送方式が使用される。指令信号の他にデータを加えて工場などに伝送する場合には、テレメータと同様デジタル伝送とする。表4.2に警報指令装置の仕様を、図4.4に外観を示す。

#### 4.4 データ転送装置

公害監視制御システムにおけるデータ転送は、異種システム間の情報交換・管轄当局・市民への情報提供をその主な目的とし、公害関連情報を有効に利用することにある。このようなデータ転送は一般の

表 4.1 テレメータ装置仕様  
Specification of telemetering equipment.

項目	仕様
適用回線	2線式または4線式電話回線
テレメータ方式	1:N構成による呼出走査式デジタルテレメータ方式
計測の種類	自動走査計測 (10分, 30分, 60分切換え) 手動走査計測 (任意時刻) 手動選択計測 (任意時刻)
制御の種類	検出器リセットおよび通話制御
システム容量	観測局数 最大63局 項目数 15量/局
テレメータ入力信号	計測信号 アナログ入力 0~1V DC パルス入力 接点信号 独立1a 監視信号 接点信号 独立1a
符号伝送方式	伝送速度 50, 200, 1,200ビット/秒 符号形式 ON-OFF等長符号方式 誤り検定方式 位相反転照合, パリティ検定 または擬巡回符号検定方式 変調方式 FSK
A/D変換方式	方式 逐次比較方式 変換速度 約20ms 精度 ±0.1% 入力インピーダンス 100kΩ以上 出力 BCD 3けた 極性指示付
構造	観測局装置 1,350H×450D×600W (mm) 中央局装置 2,300H×450D×600W (mm) (機能により若干変わる)
電源	中央, 観測局とも AC 100/200V, 50/60Hz

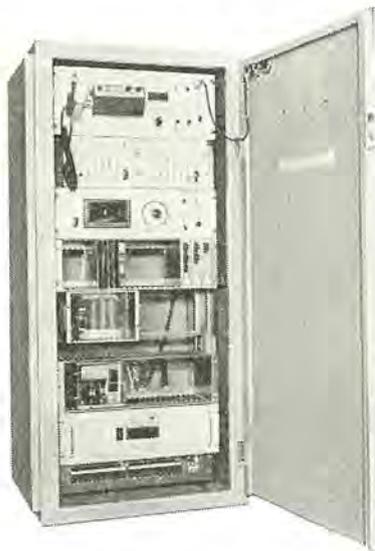


図 4.3 観測局装置  
Telemetering equipment of substation.

テレメータ装置に比べて情報量が多く、場合によっては処理装置相互間の伝送も考慮する必要があり、高能率情報伝送が要求される。

#### 4.4.1 異システム間の情報交換

汚染質の拡散、移動などにより汚染範囲の拡大が考えられ、隣接する大規模システム間の情報交換が要求されるようになった。各システムにはデータ処理装置が使用されることが多く、処理能力の向上に伴い、いつそうシステム間の情報交換をうながしている。

情報は処理装置に格納されており、定時間ごとまたは必要時に伝送装置を介して相手方に伝送される。伝送装置には通信の双方向性、高速度伝送能力が要求されることになる。このような伝送装置とし

表 4.2 警報指令装置仕様  
Specification of alarming equipment.

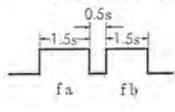
項目	仕様
構成	中央局 警報一せいで指令装置 端末 警報受信器(テレメータ装置と併設することも可能)
適用回線	無線回線を標準とする
通信方式	片方向通信
指令信号	方式 音声帯域内狭帯域信号 形式 2周波直列組合せ方式  fa: 地区別指令 fb: 状態別指令
指令の種類と表示の方式	地区別指令 一せいで、個別があり端末を指定する 状態別指令 受信端末側においてランプ、ブザー警報とする 情報: 緑ランプ 注意: 黄ランプ、ブザー 警報: 赤ランプ、ブザー 放送: 白ランプ、スピーカより音声放送 放送停止: 無線キャリア断にて停止 解除: ランプ消灯



図 4.4 警報受信器  
Alarm receiver.

て、当社ではテレメータと同様、TM-1,200形伝送装置を適用する。伝送路は双方向性の常時伝送回線が使用される。

#### 4.4.2 一般への情報提供

公害情報の市民一般への情報提供のための装置としては、現在のところ電光掲示板形式のものが使用されている。情報は中央局より、伝送装置を介して端末の表示装置に与えられる。端末は一般には市街地に設けられるため、電々公社専用線を伝送路とする。

## 5. 電子計算機

公害監視制御システムにおいては、オンライン処理とオフライン処理が必要であり、大量のデータを迅速適切に判断処理を行なわせるには、目的に適応した計算機の導入を図るべきである。その選択条件は、効率よく安定して動作するものでなければならない。

計算機の機能区分として MELCOM-350-5F, MELCOM-70 など小形のもの、データの状況判断・日報・月報データの作成記録などに利用する。さらに季節・年・データの整理・汚染状況の予測、高度のオフライン各種計算などには MELCOM-350-30F, MELCOM-7000 シリーズなどの内、大形計算機を利用することになる。

図 5.1 に計算機システム外観を、図 5.2 に MELCOM-350-5F を利用したときの構成を示す。

#### 5.1 ハードウェア構成

##### (1) 中央演算処理装置 (CPU)

ランダムな入力に対し、オンラインリアルタイムの処理を可能とするよう

多レベルの割込機構を有し、また不正命令、その他異常によるメモリの破壊を防ぐようにメモリ保護機能や、各種エラー検出機能を有し、オンラインの稼働を正常ならしめるとともに、監視システムにおいて要求される各種技術計算およびオフライン計算も実行できるようには汎用性を持たせるべきである。

(2) 磁気ドラム記憶装置

このシステムに要求される各種多量のデータの記憶および使用ひん度の比較的小さいプログラムの記憶など、主記憶のみでは容量が小さ

い場合の補助記憶装置である。主記憶とのデータの転送は、チャネルを介して、CPUのプログラム進行とは独立に高速度の転送が行なわれるものである。

(3) 磁気テープ記憶装置 (オプション)

多量のデータの記憶用としてのデータ処理の補助記憶装置であり、オンラインで使用しないデータの記憶として磁気テープは今後多く使用されるだろう。紙テープより取り扱いやすく、記録密度が高い利点がある。最近ではカセット式磁気テープ装置による記憶が取り扱いが簡単に注目されている。

(4) 入出力装置

入出力装置は、マンマシンデータのやりとりと各種装置のデータ授受に必要であり、公害監視制御システムに利用されるものは次のものがある。

(a) システムタイプライタ

計算機に人が指令を与えると同時に、計算機の動作状態監視用に利用する。

(b) F.C. タイプライタ

アナウンス・印字・日報・月報などの作表印字に利用する。赤黒印字が可能である。

(c) 紙テープリーダー

紙テープに記録された命令およびデータを読み込む。

(d) 紙テープパンチ

紙テープに命令およびデータをさん孔し、記録保存する。



図 5.1 計算機システムの外観  
Out view of computer system.

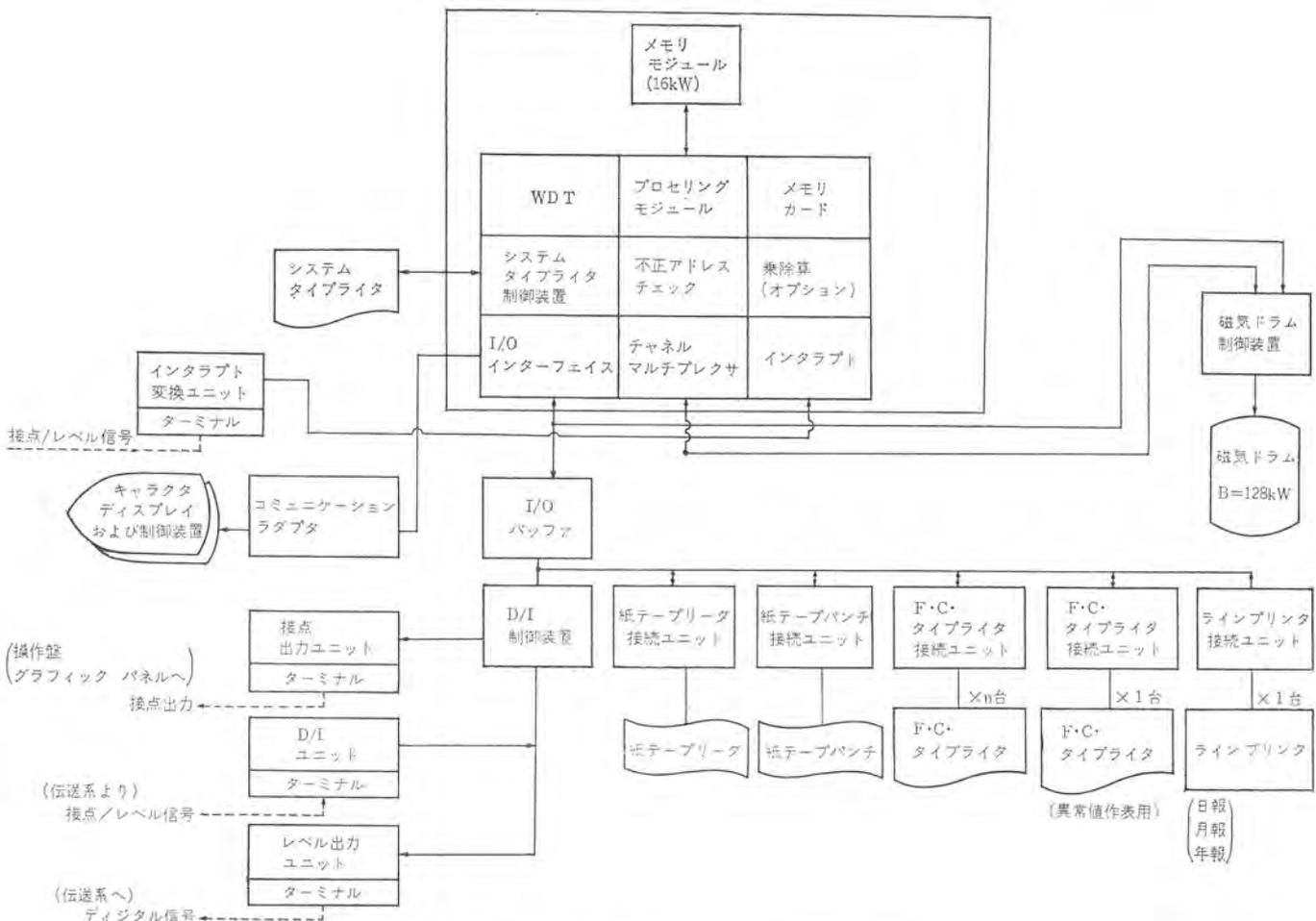


図 5.2 公害監視システムにおける MELCOM-350-5 F の構成  
Block diagram of MELCOM-350-5 F for environmental monitoring system.

(e) ラインプリンタ

高速の印字を行なうもので各種記録、アナウンスメントに利用する。

(f) キャラクタディスプレイ

この装置は人と計算機とを有機的に結ぶためのオンラインデータ表示入力装置であり、キーボードにより入力した情報を画面上に表示するとともに、オペレータのコントロールでデータを（速隔の場合は伝送回線を通じて）電子計算機に入力することができる。逆に計算機側のデータバスを検索して、自由に情報を入手できる。ランダムなオペレータの要求に対し、直ちにレスポンスが得られ、結果を視覚的に即時判断できる点が、今後この監視システムで利用されよう。

MELCOM-350-5 F および MELCOM-350-30 F の仕様機能を表 5.1 に示す。

5.2 ソフトウェア

計算機システムとソフトウェア技術は一体として考えられているが、公害監視制御システムにおいてもデータ収集・処理・判断・シミュレーション・予測などについては計算機が必要であり、ソフトウェアの適切な利用が重要要素となる。

(1) ベーシックソフトウェア

計算機のハードウェア機能を十分活用し、トータルシステムとしての円

滑な運用を実現するために、より良いベーシックソフトウェアの用意が要求される。

プログラムを円滑に実行するために下記の機能を有したスーパーバイザがあり、ベーシックソフトウェアの中核を成している。

- (a) プログラム実行制御
- (b) 割込処理
- (c) 入出力の並列動作スケジュール
- (d) 補助メモリとの転送スケジュール
- (e) エラー処理

その他、各種ユーティリティプログラムやデバッグングエイドプログラム、各種技術計算に必要なサブルーチンを装備して、アプリケーションサイドでのトラブルを防止するよう、オペレーティングシステムを組むことも必要である。

(2) アプリケーションソフトウェア

公害監視制御システムとして必要なアプリケーションソフトウェアとしては次のようなものがある。

(a) 回線処理

テレメータ、データ伝送機器へのデータ収集、転送の制御処理を行なうものである。

(b) データチェックおよびファイリング処理

計算機に取り込まれたデータが、データとして正常であるか否かの判定を行ない、所定の記憶装置内にいったん収納するものである。

(c) 警報および表示処理

測定データが環境基準を越えているか否かのチェックを行ない、異常があれば、警報を発することおよび選択された必要データをグラフィック表示盤、デジタル表示盤、CRTディスプレイ装置上に表示させるためのものである。

(d) 日報

日報として作表記録印字を行なわせるもので、時間・日単位のデータ処理を含むものである。

(e) 月報

月報として作表記録印字を行なわせるもので、週・月単位のデータ処理を含むものである。

(f) 年報

日・月単位データの集計、処理を行ない、季報・年報としてのデータ作表を行なうものである。

表 5.1 代表的な計算機仕様  
Specification of typical computers.

	MELCOM-350-5 F	MELCOM-350-30 F
中央処理装置		
語 長	16 ビット	16 ビット
演 算 方 式	2 進並列	2 進並列、2 の補数形
加 算 時 間	2 μs (単一語長)	2.8 μs (20 ミルコア, RS)
命 令 形 式	単一アドレス	RR, RS, RX, RI, の 4 種
命 令 数	30	113
割 込 み レ ベ ル	72 レベル 72 点	
メインメモリ		
サイクルタイム	0.5 μs	1.4 μs, 2.0 μs
容 量	8/16 kW/(32 kW)	16/32/48/64 kW
メモリプロテクション	有プログラムコントロール可	512 語単位
システムタイプライタ		
印 字 速 度	20 字/秒	19.4 字/秒
ピ ッ チ	10 字/インチ	10 字/インチ
最 大 印 字 数	120 字/行	120 字/行
紙テープ読取速度	20 字/秒	
紙テープパンチ速度	20 字/秒	
FC タイプライタ		
印 字 速 度	15.5 字/秒	15.5 字/秒
印 字 幅	130 字/行	150 字/行
紙テープリーダー	紙テープリーダー	紙テープリーダー1台を制御
接 続 ユ ニ ッ ト	1 台を制御	400 200 字/秒
読 取 り 速 度	200 字/秒	
紙テープパンチ	紙テープパンチ	紙テープパンチ1台を制御
接 続 ユ ニ ッ ト	1 台を制御	120 字/秒
さ ん 孔 速 度	120 字/秒	120 字/秒
ラインプリンタ		
印 字 速 度	240 行/120 行/分	240 行/120 行/分
印 字 幅	136 字/行	136 字/行
文字の種類	50,100	50,100
紙 送 り 時 間	20 ms/行	20 ms/行
印 字 間 隔	縦方向 10 字/インチ 横方向 6 字/インチ	縦方向 10 字/インチ 横方向 6 字/インチ
キャラクタディスプレイ		
表示文字の種類	英文字, カタカナ, 数字, 特殊文字	
表示容量	640 字 (40 字×16 行)	
文字コード	ISO (カナ入り) コード	
表示色	カラー (7色) 表示	
CRT の大きさ	13 インチ	

6. 表示装置

公害監視システムでは、中央において全システムを一括集中監視することが必要で、汚染度・汚染分布などの監視業務を効果的に行なうために、関連データを集中的に表示する機能が要求される。

表示装置には、データ処理項で述べたキャラクタディスプレイ装置と、大形表示盤形式のものが考えられる。表示の形式としては、大形表示盤によりシステムの全般の状況を概略的に表示し、各部の詳細データは、キャラクタディスプレイ装置により監視するものとする。表示盤の機能・構成は、システムの規模・目的により異なってくるが、基本的にはグラフィック盤形式とし、汚染観測点の汚染濃度色別表示とデジタル表示器による観測データの表示が必要である。機構面では、将来のシステムの増強に対処できるよう考慮しておくことも必要である。

図 6.1 にデータ表示装置の一例を示す。本器は中央にグラフィック表示部を設け、いおう酸化濃度の濃度区分によるランプ色別表示と風向表示を行ない、両側にデジタル表示器を設け、データを常時表

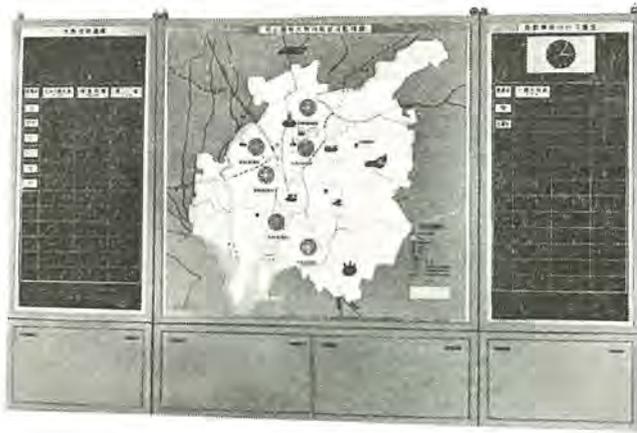


図 6.1 データ表示装置  
Graphic and digital display panel.

示して一般監視と広報を兼ねている。

## 7. む す び

公害は今ますます人類社会の重要問題としてとり上げられ、その対策も研究されることになるであろうが、対策の一方法である公害監視制御システムの予測・規制制御についても、その地域条件に合致した方法を理論的・実験的に、今後ますます詳細に追求されつつある段階で、いっそうの努力が期待されるものである。

## 参 考 文 献

(1) J. J. ROBERTS et al : CHICAGO AIR POLLUTION

SYSTEMS APPROACH PROGRAM, ANL/ES-cc-007, (1970)

- (2) 大阪府公害監視センタ：大気汚染防止のための計算機制御の方法の確立について, No. 1~3 (43~45-3)
- (3) H. H. LETTAU : PHYSICAL AND METEOROLOGICAL BASIS FOR MATHEMATICAL MODELS OF URBAN DIFFUSION PROCESSES, Proc. of Symposium on Multiple-Source Urban Diffusion Models, Ed. A. C. Stern, (1970)
- (4) H. G. FORTAK : NUMERICAL SIMULATION OF TEMPORAL AND SPATIAL DISTRIBUTIONS OF URBAN AIR POLLUTION CONCENTRATION, *ibid*
- (5) 日本機械学会：自動車排気ガスによる大気汚染に関する研究最終報告, (昭46-3)
- (6) 大阪府公害監視センタ：交通工学的自動車公害の防止策に関する研究, (昭46-5)
- (7) TAKAMATSU, NAITO, FUKUDA et al : OPTIMUM PLANNING OF SEWAGE TREATMENT SYSTEMS FOR PRESERVING STREAM QUALITY, IFAC CONGRESS, June, (1972)
- (8) 合田：海洋開発の技術的展開, システムと制御, 15, No. 2, (昭46)
- (9) 今泉, 北原, 小村：大気汚染監視テレメータシステム, 三菱電機技報, 43, No. 8, (昭43)

## 自動車用公害対策機器

白井二実\*

## Automobile Emission Control System

Himeji Works Tsugumi SHIRAI

Much effort has been made in various quarters to reduce harmful objects sent out by automobile exhaust. In cooperation with motor car manufacturers, Mitsubishi has developed a variety of devices of countermeasures to be equipped to the cars chiefly exported to America. They comprise sensors, valves, pumps and electronic control equipment. These components are ingeniously combined into a system to bring about the effect of desired function.

The article introduces the outlines of devices and also gives brief explanation on the regulation for the emission control. Since the regulation is becoming severer year after year, the devices introduced herein are supposed to undergo frequent alternation in a short cycle to meet a new demand.

## 1. ま え が き

近年、とみに公害問題に対する社会の関心が高まり、そのなかでも自動車が大きな公害源の一つとして注目されるようになった。この自動車公害を大別すると、排出ガスによる大気汚染、交通騒音、テレビやラジオに対する電波障害の3種類になる。

このうち大気汚染の問題<sup>(1)(2)</sup>は、世界の各地でもっとも急を要するものとして取りあげられ、段階的にきびしさを増す法的な規制措置がつつぎに実施されるようになった。これにもなって各種の対策技術が開発された結果、自動車には、従来見られなかったまったく新しい機器が装備されつつある。

ここでは、当社が開発した排出ガス対策機器を紹介するとともに、あわせて、内外における規制の現状と動向、今後の見通しについて展望をこころみる。

## 2. 排出ガスの規制

## 2.1 排出ガスと大気汚染物質

図2.1は、自動車のどの部分から、どのようなガスが、どれくらい排出されているかを示すもの<sup>(3)</sup>である。

図でわかるように、自動車は大別してつぎのような3種類の有害

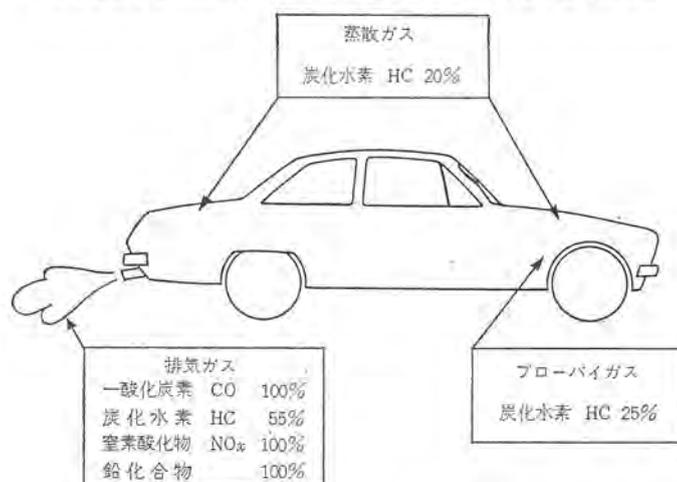


図 2.1 自動車からの排出物  
Automobile exhaust.

ガスを大気中へ放出しており、これらを総称するばあいには排出ガスという名称が使われる。

- (1) 排気ガス……排気管から排出される燃えかすのガス。
- (2) 蒸散ガス……気化器や燃料タンクから蒸発して逃げるガス。
- (3) ブローバイガス……エンジン運転時にシリンダとピストンリングのすきまや吸排気バルブ機構からクランクケース内へ吹き抜けるガス。

大気を汚染する有害物質のうち、ガソリン自動車に大きく基因するものは、これらのガスに含まれる一酸化炭素(CO)、炭化水素(HC)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、であり、ほかに関与する程度は低いが、粉じん(塵)(鉛化合物など)、いおう酸化物(SO<sub>2</sub>)もあげることができる。

COは、動物の血液にあるヘモグロビンと容易に結合して一酸化炭素ヘモグロビン(CO-Hb)を作り、酸素運搬機能に障害を与える。HCは、単体ではよほど濃厚なばあいを除いて動物に害を与えることはないが、二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)とオレフィン系炭化水素が共存するばあいには太陽光線による光化学的反応によりオゾンその他の過酸化物を生じ、刺激性のロサンゼルス形スモッグを発生させる。窒素酸化物のうちNO<sub>2</sub>は、単体でも濃厚であれば眼や呼吸器を刺激する害があるが、先に説明したようにスモッグを生成する作用も持っており無視することはできない。

自動車が排出するこれらの物質が公害源として規制の対象になったのは、近年における自動車保有台数のいちじるしい増加によって、排出される物質が生物に対して与える害が明らかに認められるレベルにまで到達したためである。

## 2.2 アメリカにおける排出ガス規制

自動車による大気汚染の問題は、まずアメリカでとりあげられた。なかでもカリフォルニア州は、地域的な特殊事情とも言えるカリフォルニアスモッグに悩まされていたので、この問題の解決に早くから力を注ぎ、政府に先んじてつぎつぎに規制措置をとってきた。表2.1はこの状況を説明するものである。また表2.2は、今後規制が年を追って強化される状況を示すものである。

このための試験法としては、ロサンゼルス市内の平均的走行パターンをシャシダイブモ上でシミュレートして、この間のHC、CO、NO<sub>x</sub>の排出量を測定する方法が定められている<sup>(4)</sup>。しかし試験法は、規制の当初からより実状に適合させる目的で、何回か改正されており、

表 2.1 アメリカにおける自動車排出ガス規制の年表  
Chronology of automobile exhaust control in U. S. A.

規制対象	規制開始年度	
	カリフォルニア州	アメリカ全土
排気ガス中の HC, CO	1966	1968
排気ガス中の NOx	1971	1973
蒸散ガス	1970	1971
プロバイガス	1963	1966

表 2.2 アメリカにおける排出ガス規制値  
(カリフォルニア州を除く)  
Control level of automobile exhaust in U. S. A.

	規制レベル	規制レベル			
		1972	1973-74	1975	1976
CO g/mile		39	同左	3.4	同左
HC g/mile		3.4	同左	0.41	同左
NOx g/mile		—	3.0	3.1	0.4
蒸散ガス g/test		2.0	同左	同左	同左
プロバイガス		0	同左	同左	同左
粉塵(鉛化合物など)		—	—	未定	同左
試験法		CVS III	同左	CVS IV	同左

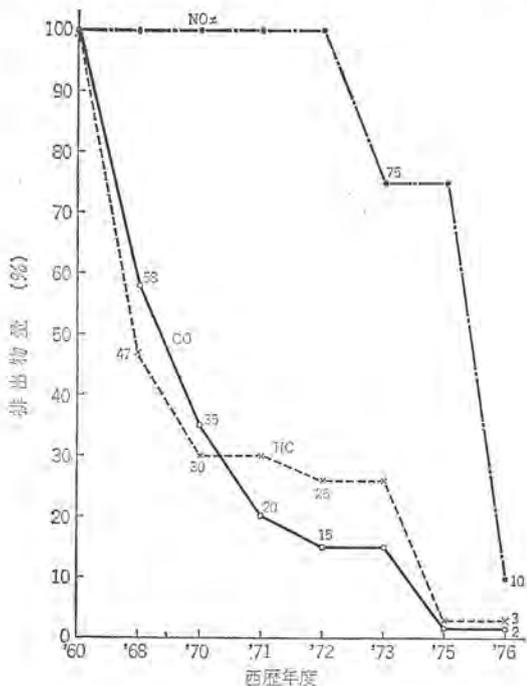


図 2.2 自動車からの排出物の低減度—アメリカでの要求値  
Required control level for automobile exhaust.

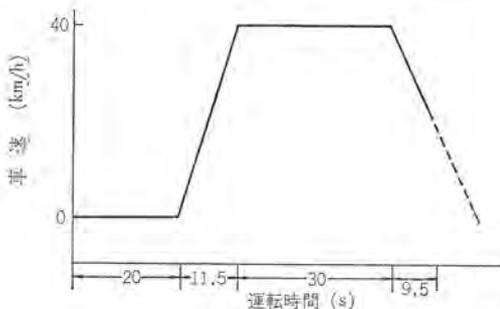


図 2.3 運輸省標準走行サイクル (4モード)  
Driving cycle specified by the Ministry of Transport (Four mode)

表 2.2 に記載のものだけでも CVS III, CVS IV の 2 種類がある。試験法が変われば、当然のことながら測定値も変わってくるので、規制状況を振りかえってみるばあい、規制値だけを比較するのは危険である。そのため、図 2.2 に、全く公害対策を施さない 1960 年ころの車を基準にとって、この車に対して年度ごとにどのように低減することを要求されているかを百分率で表示してみた。

図で明らかなように、1975 年に HC と CO が、1976 年には NOx が大幅に低減される計画になっている。このときの低減率は、1970 年形車の排気ガスのそれぞれの成分を 90% 減少させることに相当する。これがいわゆる マスキー法案に盛り込まれた主たる内容である。無対策車の全排出ガスのレベルに比較すれば、実に、HC で 98%、CO で 97%、NOx で 90% の低減を達成することになる。

### 2.3 わが国における排出ガス規制

わが国における自動車排出ガスの規制は、その当時ロスアンゼルス形光化学スモッグを国内で経験していなかったこともあって、HC の規制を抜きにして、まず CO のみを規制することで開始された。すなわち、昭和 41 年 9 月から新形自動車に対して、運輸省標準走行サイクル (4 モード、図 2.3 参照) によって CO の排出濃度を求め、これを 3% 以下に押えることが定められた。この排出限度は昭和 44 年 9 月からは 2.5% に引き下げられ、さらにアイドリング時の CO 値も 4.5% 以下に規制すべきことが追加された。プロバイガスは昭和 45 年 10 月から、蒸散ガスは昭和 47 年 4 月から、それぞれ規制が実施されている。

この間、昭和 45 年 7 月 22 日に運輸省の諮問機関として発足していた運輸技術審議会が、自動車排出ガス対策基本計画をまとめて答申した<sup>(6)</sup>が、これは昭和 45 年 5 月の東京柳町での鉛問題、同年 7 月の東京杉並区における光化学スモッグ問題を考慮に入れて作成されたものであり、昭和 50 年までの有害物質低減目標の設定がその骨子をなしている。これによると昭和 48 年 4 月から HC、NOx の規制が追加され、昭和 50 年にはそのレベルは一段ときびしくされることが示されている。燃料に対する検討も行なわれていて、昭和 49 年 4 月からは、すべてのガソリンを無鉛化するという構想が述べられている。

わが国とアメリカの規制のきびしさを比較してみると、ここ 3 年ほどの間はわが国の方がゆるやかであるが、運輸省や環境庁では、最終的にはアメリカの規制レベルと同じにすることを考えており、その時期は遅くとも昭和 52 年ころであろうと予想されている。

ヨーロッパ各国でも規制が進行しており、自動車に公害対策設計を取り入れることはようやく常識となった感がある。

規制の詳細を説明することは、その試験法が複雑でしかもひんぱんに改正されていることと相まって、膨大な紙数を必要とするので本誌では概略を説明するにとどめた。必要なばあいには適当な各種の資料<sup>(1)(2)(5)(6)(7)</sup>を参照願いたい。

### 3. 排出ガス対策

図 2.1 に示したように、有害物質を含むガスの発生モードは 3 種類あるから、それぞれ別々に対策することが必要である。このうち、プロバイガスと蒸散ガスとは対策が比較的容易であり、技術開発が完了している。しかし排気ガスは規制が年々きびしくなるので、対策技術が固定されるまでに至らず、開発された対策装置のライフサイクルは短い。

本章では当社が開発した各種の対策装置について述べる。

### 3.1 KA-B形エミッションバルブ——ブローバイガス対策

従来の車では、ブローバイガスはクランクケースの換気穴から大気中へ放出されていたが、エミッションバルブを装備することによって、これをインテークマニホールドへ戻して再燃焼させることができる。したがって、この装置は公害防止だけでなく燃費改善にも役立つものである。図3.1にその外観を、図3.2に構造を、図3.3に自動車への装着の状態を示す。

ブローバイガスの量は、エンジンの負荷によって変わるだけでなく、関係機械部品の摩擦によっても変化する。したがって、インテークマニホールドとクランクケースを単にパイプ状のもので接続しただけでは流量が一定であるから、インテークマニホールドへ戻されるガスの濃度が一定せず、エンジンへ送られる燃料の混合比を乱す害が生じる。

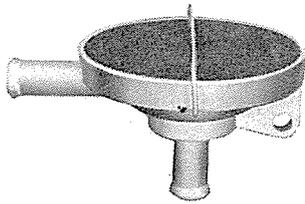


図 3.1 KA-B形エミッションバルブ  
Type KA-B crankcase emission control valve.

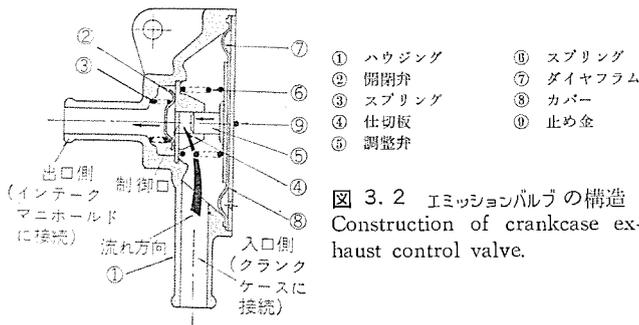


図 3.2 エミッションバルブの構造  
Construction of crankcase exhaust control valve.

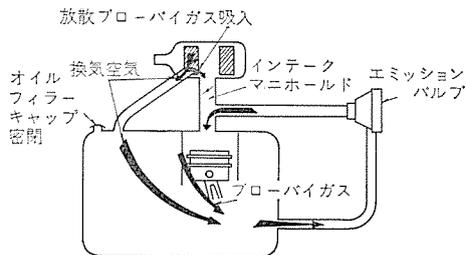


図 3.3 ブローバイガスの制御システム  
Configuration of blow-by gas control

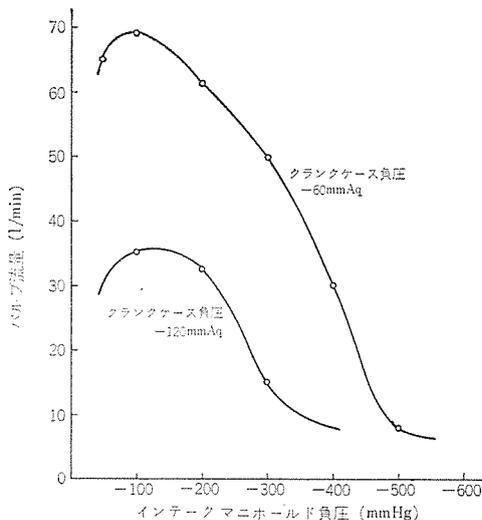


図 3.4 エミッションバルブの流量特性  
Flow characteristics.

エミッションバルブの流量特性は、インテークマニホールド負圧とクランクケース負圧によって図3.4のように変化するから、これを流路の途中に設けて流量を制御してやれば、エンジンへの悪い影響は解消させられる。なぜならば、インテークマニホールド負圧はエンジン負荷に対応して変わり、クランクケース負圧は排出されるブローバイガスの量によって変化する関係があるからである。

エミッションバルブは、一時日産ブルーバード車でひろく使われて好評を得た。

### 3.2 XA-FA形パージコントロールバルブ——蒸散ガス対策

エンジンを運転してなくても、自動車からは燃料の蒸発という形で有害ガスが排出される。それは燃料タンクや気化器フロート室のイベントが大気に通じているからである。これを防止するための装置を蒸散燃料制御装置と呼んでいる。これは活性炭が持っている「燃料蒸気の吸着・脱離特性」を利用したもので、従来は大気に通じていた燃料タンクやフロート室を密閉して、発生するHCの蒸気を活性炭を貯えた室に導くような構成にしてある。しかし貯蔵するだけでは飽和してしまうから、エンジンが動作している時に自動的に吸着された蒸気をエンジンの吸入側へ戻してやれば、燃料の節減にもなって好都合である。

XA-FA形パージコントロールバルブは、吸着されていたHC蒸気を活性炭から脱離させてインテークマニホールドへ送りこむ操作を自動的にこなすために設けられたものである。

図3.5に外観を、図3.6に構造を、図3.7に自動車への装備

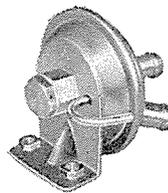


図 3.5 XA-FA形パージコントロールバルブ  
Type XA-FA purge control valve.

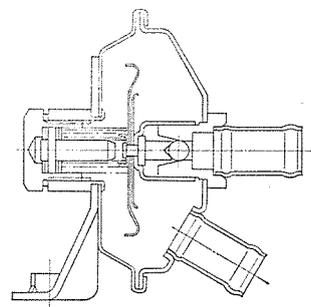


図 3.6 パージコントロールバルブの構造  
Construction of purge control valve.

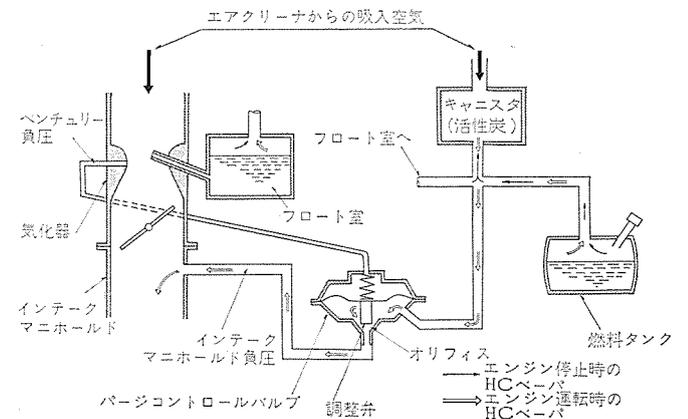


図 3.7 蒸散ガスの制御システム  
Configuration of evaporative exhaust control.

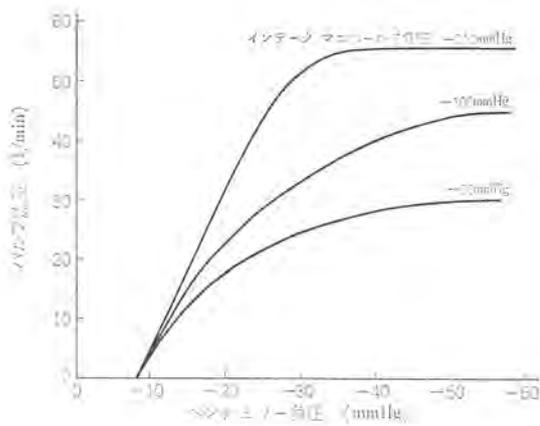


図 3.8 パージョイントバルブの流量特性  
Flow characteristics.

の状況を示す。このばあいにも、混合比を乱さないためにエンジン側への戻し量を制御しなければならない。その信号としてベンチュリ負圧（エンジン吸入空気量に対応して変化する）を利用して、ベンチュリ負圧が増大するにつれて、バルブのオリフィス部の有効面積を変化させて流量を増加させる制御を行なっている。図 3.8 はこの特性をあらわしたものである。

この装置は、三菱自工(株)の対米輸出車に装着されて効果をあげている。

### 3.3 排気ガス対策装置

排気ガス中の有害物質を減少させるためには、燃焼を制御して有害物質の発生を抑制する燃焼改善方式と、燃焼後の有害物質を含む排気ガスを適当な方法で処理して大気中への放出を低減させる後処理方式とがある。当社はこれに関連して多くの機器を開発したが、いずれのばあいにも、自動車に従来から装備されている機器と組み合わせられて一つのシステムを構成しており、自動車メーカと密接な共同作業を行なって生み出されたものが多い。

#### 3.3.1 吸気加熱装置

冬期、外気温度が低い時にエンジンを始動するばあい、暖機運転が不安定になることをよく経験するが、この現象は吸入空気の温度が低いためにガソリンがうまく霧化されず、燃焼を阻害することによるものである。この傾向は、排気ガス改善の目的で混合比を希薄側に設定されている近年のエンジンにおいて、とくに顕著に認められる。

このため寒冷時においては、吸気の一部がエンジンのエキゾーストマニホールド付近を通るような構造にして、吸気の温度を高める方法が提案された。しかし、その温度は高めすぎると吸入空気の実質量が減少してパワーが出なくなるから、霧化に適したある一定温度（40°C 近辺）に保つように制御しなければならない。

吸気加熱装置はこのような自動制御を行なうもので、サーモバルブ、バキュームコントロールおよびシャッタ付きエアクリーナの3部品で図 3.9 のように構成されている。図で、シャッタが上方へ完全に引きあげられたばあいには加熱空気のみが、下方へ落ちてしまったばあいには大気温度の空気のみが吸入される。シャッタが中間位置にあると、両方の空気が開度に応じて分配されて吸入される。シャッタ開閉のパワーを与えるのが、インテークマニホールドの負圧によって動作するバキュームコントロール（図 3.10）である。

バイメタルを利用したサーモバルブ（図 3.11）は、エアクリーナの内部に取り付けられて、気化器へ吸入される直前の空気の温度を検出して内蔵するバルブ機構を調節し、バキュームコントロールへ導かれるバキューム

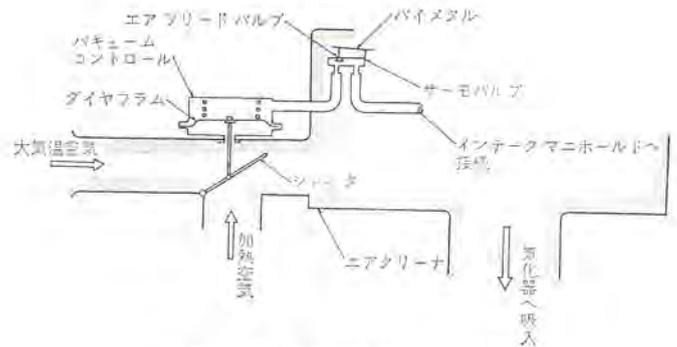


図 3.9 吸気加熱の制御システム  
Configuration of heated intake air system.



図 3.10 バキュームコントロール  
Vacuum control.



図 3.11 サーモバルブ  
Thermo-valve.

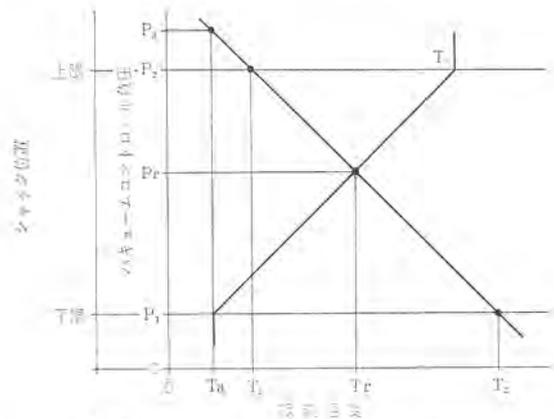


図 3.12 吸気加熱装置の制御特性  
Control characteristics of heated intake air system.

のレベルをかえて、シャッタの開度を自動的に調整する。

自動調整をうまく行なわせるためには、エンジンの特性、関係部品の機械的な諸元ならびに幾何学的な配列を適当に選定する必要がある。個々の車種ごとに慎重な実験を行なって決定しなければならない。ここでは一般的な特性（図 3.12）によって、自動調整が行なわれる状況を説明する。

図 3.9 のような構成をとるばあい、サーモバルブは周囲温度すなわち吸気温度が高くなると、バキュームコントロールへ送りこまれる負圧を逆比例的に減少させる特性を持っている。いまシャッタを上限、下限にそれぞれ保つために必要な負圧を  $P_2$ 、 $P_1$  とし、サーモバルブが調整する負圧がこの  $P_2$ 、 $P_1$  になるような吸気温度を  $T_1$ 、 $T_2$  として、エンジンの暖機運転の際に自動調整がどのように行なわれるか考えてみよう。

エンジンの始動直後は、まだエキゾーストマニホールドは熱せられていな

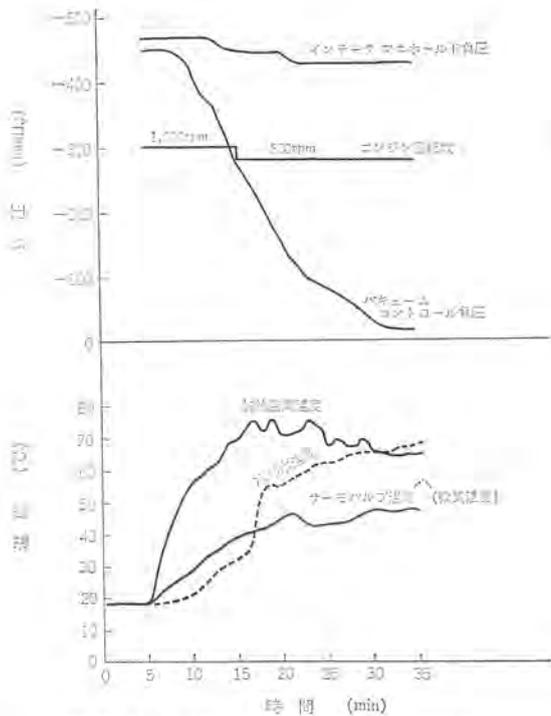


図 3.13 実車における吸気温度調整効果  
Effect of intake air temperature control on a car in actual operation.

いから、どちらから空気を取り入れてもその温度は大気温度  $T_a$  にひとしい。このときのサーモバルブによる調整負圧は、特性曲線で明らかのように  $P_3$  である。 $P_3$  は  $P_2$  より大であるからシャッタは上限位置に保持され、空気は加熱側取入口のみから吸入される状態にある。

エンジンが動作を続けているとエキゾーストマニホールドの温度が上昇し、ここで空気が徐々に加熱されて吸気温度が上昇し、調整負圧が低下しはじめる。吸気温度が  $T_1$  を越えると調整負圧は  $P_2$  より低くなり、シャッタが下方へ移動をはじめて大気温空気取入口から常温の空気が流入しはじめる。加熱空気の温度が上昇するにつれて吸気温度も上昇するが、加熱空気温度が安定した値  $T_H$  に達すると吸気温度も落ち着く。この時のバランス点は、サーモバルブとシャッタの両特性曲線の交点(温度  $T_r$ 、負圧  $P_r$ )である。サーモバルブもしくはシャッタの特性をかえることによって、バランス点すなわち吸気調整温度をかえることができる。

図 3.13 は、あるエンジンに対して吸気温度が調整される有様を時間に対して調べたものである。この装置は、三菱自工(株)対米輸出車および東洋工業(株)ロータリエンジン車に採用されている。

### 3.3.2 ロータリエンジン車用排気ガス対策装置<sup>(8)</sup>

ロータリエンジンの排気ガスは、レシプロエンジンに比較して  $NO_x$  が低く、HCが高い。したがって、アメリカにおける規制値とつきあわせて、HC低減に努力が集中された。その結果、最終的に東洋工業(株)は、二次空気を排気孔へ噴射してサーマルリアクタで酸化反応を促進する後処理方式と、点火系統を運転状態によって適切に制御する燃焼改善方式とを併用して成功をおさめた。当社はこの燃焼改善方式を受持つとともに、その制御の一部に二次空気の供給制御を折りこんで、ハードウェアをまとめあげた。以下に東洋工業(株)で組みあげたシステムの概要<sup>(8)</sup>、およびこれに関連して当社が開発した機器について述べる。

図 3.14 は、ロータリエンジンにおいて点火系統と二次空気噴射系統

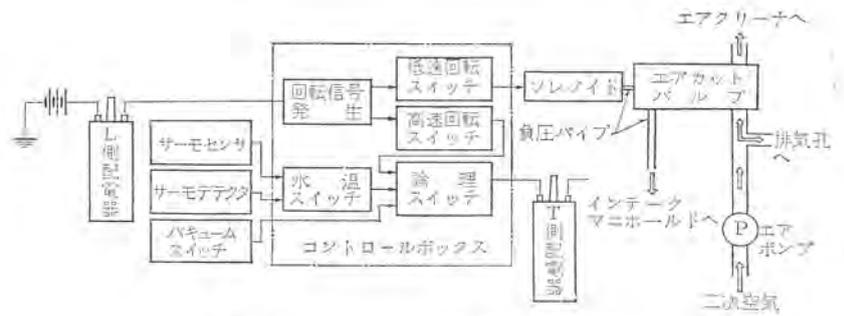


図 3.14 ロータリエンジンの排気ガス制御システム  
System configuration of exhaust control for rotary engine

とが、どのように制御されているかを示す概略図である。

エンジンは高回転・高負荷という条件下では、有害物質を低減させる対策が不必要になるため、二次空気の噴射を止め、リアクタの耐久性を向上させるような配慮がしてある。これは、エンジン回転数を基準にとって行なわれる。

図に示すように、エンジン回転数に対応して発生するイグニッションパルス、点火コイルの一次線からピックアップしてコントロール装置への入力とし、これを単安定マルチバイブレータから構成されている回転信号発生部で、約 2ms 幅の矩形波に変換しているが、その発生周期は、当然イグニッションパルスの回数つまりエンジン回転数に対応したものとなる。回転数スイッチ部は、この出力を受けて設定されている基準値と比較し、ある一定の回転数以上になるとリレーを作動させる。

この結果、ある回転数以上ではソレノイドが倒れて、エアカットバルブの弁が開き、二次空気が排気穴へ噴射されずにエアクリーナの方へ逃げてしまう。別にインテークマニホールド負圧が直接エアカットバルブに働くようになっていて、負圧変化すなわち負荷の変化によっても制御が行なわれるようにしてある。

点火系統の制御もよく似た方法で行なわれるが、もう少し複雑である。以下これについて説明する。

東洋工業(株)のロータリエンジンは、一つの燃焼室に対して回転方向に二つの点火プラグを備えており、それぞれの点火プラグに対して別個に点火コイルおよび配電器が設けられている。L側(リーディング側)、およびT側(トレーリング側)と図示されたものがそれぞれである。エンジンの低速・低負荷域でHCを減少させるためには、これらの領域でT側の点火時期を極端に遅らせるか、あるいはカットしてしまってL側の点火プラグだけで運転することが非常に有効であるため、これをエンジン回転数とインテークマニホールド負圧により制御することが考えられた。

最終的には、温度条件も加味してT側に点火するのはエンジン回転数、エンジン冷却水温度、エンジン負荷のいずれか一つがあらかじめ設定されたそれぞれの限界値を越えた時のみにすることが決定された。すなわち図に示したように、回転数スイッチ、水温スイッチ、パキュームスイッチの各出力信号のOR論理によりT側点火回路をオン・オフする構成になったのである。

図 3.15 は、以上の制御をつかさどるコントロールボックスである。

水温スイッチは、エンジン冷却水温度がある所定の温度以上になったときに動作して、エンジンがすでに暖まったという信号を論理スイッチへ送るが、ここで水温の検出に使われているのがサーモセンサ(図 3.16)である。サーモセンサはサーモスタを利用して水温を検知するものであるが、エンジンの暖機をより確実にするため、暖機の途中のある設定温度を越える時だけは若干の時間おくれを持つように設計さ



図 3.15 XJ-E 形 コントロールボックス  
Type XJ-E control unit.



図 3.16 XJ-TA 形 サーモセンサ  
Type XJ-TA thermo-sensor.

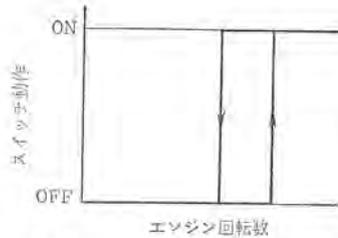


図 3.17 XJ-SA 形 ガバナスイッチの  
特性  
Characteristics of governor switch.



図 3.18 バキュームスイッチ  
One type of vacuum  
switch.



図 3.19 XJ-UA 形 シフトセンサ  
Type XJ-UA shift-sensor.



図 3.20 エアポンプ  
One type of air injection  
pump.

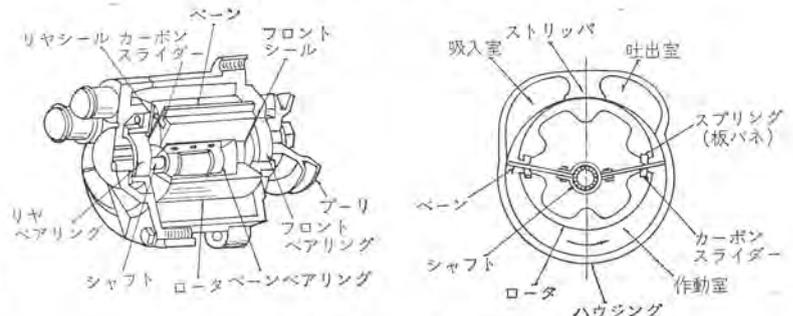


図 3.21 エアポンプの構造  
Construction of air injection pump.

れている。

水温スイッチは、先に述べたようにサーモセンサからの入力によって動作するのであるが、動作温度はエンジンルーム内の温度によって修正される。このためにサーミスタによるサーモデテクタが設けられている。

バキュームスイッチはT側配電器に内蔵され、真空進角用ダイヤフラムの動きに応じてオン・オフし、負荷の大小の情報を論理スイッチへ送る。

このようにしてロータリエンジンでは、性能のぎ牲を最小限にとどめながら排気ガスを清浄化することに成功している。しかしながら制御の様相は、車全体の構成によっても規制値の変更によっても変わる性質のものであって、同一の制御方式がすべてのロータリエンジン車にそのまま適合するような簡単なものではない。ここで述べたのは、ある一車種に適用された一例にすぎない。

### 3.3.3 その他の機器

#### (1) XJ-SA 形 ガバナスイッチ

排気ガス対策のためには、しばしばエンジン回転数を検出して負荷をオン・オフすることが要求される。このために設計した専用のスイッチが、XJ-SA 形ガバナスイッチである。入力信号はやはり点火コイルの一次側からとっており、図3.17のようにある回転数において、出力トランジスタのコレクタ回路に接続された負荷をオン・オフさせる機能を有する。概略スペックを以下に記す。

系電圧	12 V DC
オン回転数	1,600 rpm ± 90 rpm
オフ回転数	1,450 rpm 以上
負荷電流	0.4 A 以下

#### (2) バキュームスイッチ

エンジンのインテークマニホールドの負圧は、エンジン負荷に対応して変化する。この現象を利用してダイヤフラム装置とマイクロスイッチの組み合わせにより、エンジンへの負荷があるレベルに達したことを検出する装置がバキュームスイッチである。したがって排気ガス対策以外にも用途があり、常時数種類を生産している。図3.18はそのうちの1種類である。

このような単独形のほかに、配電器に内蔵されるタイプのバキュームスイッチもあることは3.3.2項で紹介したとおりである。

#### (3) XJ-UA 形 シフトセンサ

自動車の変速機(トランスミッション)に取付けられ、ギヤ位置を検出するために使われる。磁石とリードスイッチを組合わせて、変速機歯車の移動を磁石の変位によって検出する構造をとった。図3.19にその構成を示す。概略仕様は下記のとおりである。

負荷電流	0.05 A 以下
耐振性	10 G
耐久性	200,000 回

#### (4) エアポンプ

排気ガス中のHCとCOは、エンジンのシリンダ内での燃焼が不完全であるために生成されるものである。これは、内燃機関が外燃機関のような安定した燃焼でなく、瞬間的な燃焼をくりかえすという本質を持っているからには、ある程度はやむを得ないものであろう。したがって、どうしても残るHCとCOをシリンダ内での燃焼が完了した後に処理して無害化しなければならない。このために酸化現象が利用され、HCとCOは結局H<sub>2</sub>OとCO<sub>2</sub>に変換されて排出される。

不完全燃焼分を酸化させるには、新鮮な空気を補充しなければならない。このためにエアポンプ(空気噴射ポンプ)を使うことが考えられた。初期には、ごくかんたんにエキゾーストマニホールドへ空気を噴射する方式が採用され効果をあげた。しかし規制がきびしくなるともっとも酸化効率を高めることが要請され、その結果、触媒の助けで酸化を促進させるカタリティックコンバータと、効率の高い反応室で熱的に酸化を促進させるサーマルリアクタとが脚光を浴びるようになった。ただしエアポンプによる空気噴射が必要なのは、どちらも同じである。

ロータリエンジンのばあい、3.3.2項で紹介したようにサーマルリアクタがすでに使用されている。レトロエンジンの場合も、いずれどちらかの装置が必要になると思われる。

この用途に使われるエアポンプで、もっとも一般的なのはベーンタイプの容積形ポンプである。図3.20にその外観を、図3.21に構造を

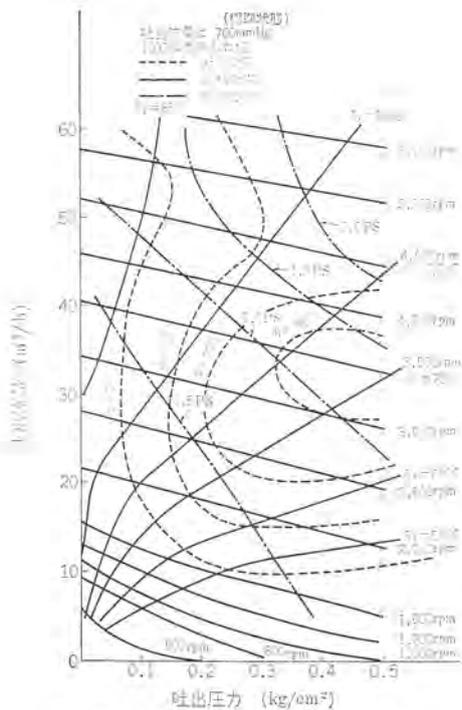


図 3.22 エアポンプの特性の一例  
Typical characteristics of air injection pump.

示す。注目すべきことは、ペーンがシャフトにニードルベアリングを介して取付けられており、ハウジングの内周には無接触となっていることである。ペーンへの回転力は、ロータからカーボン製スライダを介して与えられ、ロータはエンジンからプーリを介して駆動される。ポンプ特性を図 3.22 に示す。このエアポンプを十分に働かせるために、時として、エンジンへの適合をはかるためのある種のバルブが必要になるが、詳細は省略する。

#### 4. 今後の進展の方向

自動車の排出ガス規制は、アメリカにおいてはいわゆるマスキー法が実施される 1975~'76 年がひとつの大きな区切りとなる。ここでは、不完全燃焼の産物である HC, CO と、完全燃焼するほどより多く生成される NO<sub>x</sub> とを、どちらも非常に低いレベルにとどめなければならぬ。この理論的矛盾を解決するために、燃焼改善方式と後処理方式を組み合わせる利用せざるを得ないであろう。しかしながら、現在まだそのシステムは確立されておらず、各方面で必死の努力が続けられている。

燃料供給方式は、あとの処理をすこしでも容易にするために、現在の気化器方式にかえてガソリン噴射方式<sup>(9)(10)</sup>を採用するようになる可能性もあるが、まだ決定を下せる段階ではない。今後、規制がマスキー法案のレベル以上まですすむことがあれば、はたして内燃機関がそれに対応して変貌することができるかどうか疑問である。ペーパーエンジン、アルコール燃料エンジンのような本質的に低公害である原動機や電気自動車も検討されているが、自動車用原動機として成立するかどうかまだ判定するには時期が早すぎる。

低公害・無公害自動車の開発と相まって交通システムそのものを見直し、全く新しいシステムを生み出そうという動きもさかんである。これは、まずアメリカで取りあげられ、都市間、市内、あるいは限定されたターミナル間の理想的な交通形態が各方面で研究されている。わが国でも通産省、機械振興協会が CVS システム (Computer Controlled Vehicle System) を発表し、各関連メカに参画させて開発をすすめている。わが社も全社プロジェクトとして取り上げてこれに参加した。このような都市計画に密着してシステムから再検討する行き方も、今後の一つの方向として注目に値する。

#### 5. むすび

自動車の公害対策は、規制の方が先行して対策技術が必死で追いかけている現状にある。したがって対策システムは非常に流動的であり、一つのシステムのライフサイクルが短いのが特長である。本文で取り上げたものも、現時点における一つの対策技術にすぎない。規制がきびしくなるにつれて対策技術を進歩、発展させることが要請されるが、それにはカーメカと部品メカの緊密な協力が不可欠である。当社はこれにこたえて、電装品事業部が中研その他の関連部門のバックアップを得て、全社的スケールで取組み、困難と言われるアメリカのマスキー法案対策にも着々と成果をあげつつある。これについては後日機会を得て紹介したい。

なお、自動車用公害対策装置開発にあたっては、東洋工業(株)、三菱重工(株)の関係部署の多くの方々に、多方面にわたる有効適切など指導、ご援助をいただいた。また本稿執筆にあたって貴重な資料を利用させていただいた。とくにロータリエンジンに関しては、東洋工業(株)の室木巧氏の発表<sup>(8)</sup>を参考とすること大であった。紙上を借りて厚くお礼申しあげる。

#### 参考文献

- (1) 景山：大気汚染と自動車排気ガス (昭 45) 技術書院
- (2) 柳原：自動車公害とその対策技術 (昭 46) ナツメ社
- (3) 有賀ほか：自動車の公害対策のビジョン, 自動車技術, 25, No. 3 (昭 46)
- (4) たとえば, Federal Register 35, 219
- (5) 運輸技術審議会：自動車排出ガス対策基本計画 (昭 45)
- (6) 戸引：欧米における公害規制の現状と将来, 自動車技術, 25, No. 3 (昭 46)
- (7) 清水：海外における自動車の排出ガスと大気汚染対策, 自動車技術, 25, No. 3 (昭 46)
- (8) 室木：ロータリエンジンの排気特性とその対策, 内燃機関, 9, No. 7, 99 (昭 45)
- (9) 野口ほか：電子式燃料噴射装置, 内燃機関, 9, No. 3, 95 (昭 45)
- (10) O. Glöckler ほか：Weiterentwicklung der elektronisch gesteuerten Benzineinspritzung "Jetronic", ATZ, 73, No. 4 (1971)

## オゾンによる排水処理

松岡 宏昌\*・田畑 則一\*・今村 孝\*  
前田 満雄\*・橋本雄二郎\*・野田 祐久\*\*

## Ozone Treatment of Waste Water

Central Research Laboratory Hiromasa MATSUOKA・Norikazu TABATA・Takashi IMAMURA  
Mitsuo MAEDA・Yujiro HASHIMOTO  
Fukuoka Works Sukehisa NODA

Ozone is a powerful oxidizing reagent. It has ability of decomposing harmful substances, deodorizing, decolorizing and sterilizing, its application to the treatment of water being worthy of attention. With an aim of putting ozone treatment to practical use, Mitsubishi has manufactured ozonizers having a capacity of 4 g/h-5000 g/h.

In this report are described studies on the ozone treatment of waste water from dye works and of that containing cyanides, phenols and the like. Recently it is recognized that the ozone treatment is effective in deodorizing potable water and promises practical application. Investigation made by the Company on it will be made public in the near future.

## 1. ま え が き

最近、河川および湖沼の汚染がはなはだしく、排水処理に対する要請がますますきびしくなっている。また、上水処理においても水源の富栄養化によるかび臭などの発生になやまされている。

これに対し、オゾンは強力な酸化力を持ち、有害成分の分解・脱臭・脱色・殺菌などにすぐれた効果があり、近年注目されている。

当社はオゾンのこのような性質にはやくから着目し、オナイザおよびオゾン応用技術の研究をすすめており、オナイザについてはすでにオゾン発生量4g/hから5,000g/hまでのものを製品化している。また、オゾン応用技術としては上水処理、排水処理および臭気の脱臭などの研究を行なっているが、本誌では排水についての研究結果の一部を報告する。

河川に排出される汚染物質は、河川の自浄作用によって自然に分解され浄化される。自然の自浄作用はおもに微生物の働きによるが、汚染濃度(BOD)がある限界を起えたとその働きを停止する。また、とくに人工的に作られた汚染物質の中には

- (1) 微生物の作用を受けないもの(染料など)
- (2) 微生物に対し毒作用をもち死滅させるもの(濃厚シアン・フェノールなど)
- (3) 水中に生棲する小動物の食物連鎖によって、有害物質が濃縮されるもの(有機水銀・農薬など)

がある。これらの汚染物質は河川に排出される前に発生源にて処理されることがのぞましく、このためにもオゾン処理が有効である。

## 2. 染色排水処理

昭和46年度通産省補助金の交付を受け京都府下のなつ(捺)染工場に実規模のテストプラントを完成した<sup>※</sup>。工業技術院北海道工業開発試験所・京都府中小企業総合指導所・京都市染織試験場の指導をうけ、また、(株)黒川工業城陽工場の協力を得て、現在実地試験中である。

※注 オゾンによる水処理装置としては、実用規模のものは国内で最初のものである。また、染色排水への実用規模での試みは世界でも初めてのものである。

ここでは、このテストプラントの紹介と、染色排水のオゾン処理についての基礎研究の一つであるオゾンによる染料の分解生成物の研究について述べる。

## 2.1 オゾンによる染料の分解生成物

人口密集地域は河川の下流域での取水が多い。上流での排水処理はこの点も配慮する必要がある。ところで、染色排水中もっとも忌避される成分である染料をオゾンで分解すると芳香族環が開裂し、より低級な、より直鎖的な炭素化合物に分解される。このことから、染料そのものは微生物によって分解されないが、オゾンによってある段階まで分解することにより、自然の浄化作用を受けやすくなり、河川を流れ下る間に浄化されることが期待できる。

従来、塩素処理が一部で実施されているが、塩素では酸化力不足で分解が不十分なばかりでなく、過剰に添加された場合、溶存塩素が長時間残留し不都合を生ずるおそれがある。オゾン処理ではオゾンの強い酸化力によって容易に分解され、溶存オゾンも短時間で消滅する。しかも、処理後の水の溶存酸素が増加するので、この点も有利である。

われわれは以上のような観点から、まずオゾンによる染料の分解生成物の研究を行なった。

## 2.1.1 実験と結果

実験はおもに図2.1に示す装置で行なった。洗気びん中に染料溶液を入れ、オゾンを吹き込み反応させた。

図2.2、2.3は反応生成物を赤外線吸収スペクトルで追求した結果である。これらから環状化合物が開裂していることがわかる。すなわち、図2.2はナフトールイロについての結果であるが、オゾン酸化によりナフトール環が開裂し、アルデヒドあるいは脂肪酸が生成して

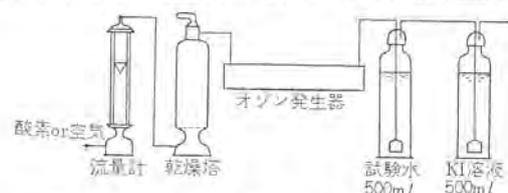
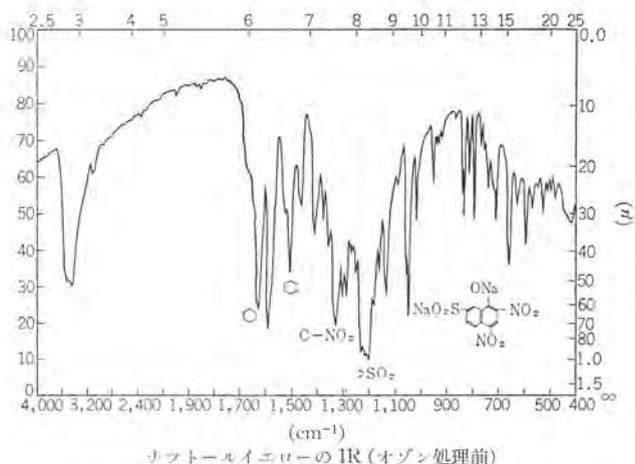
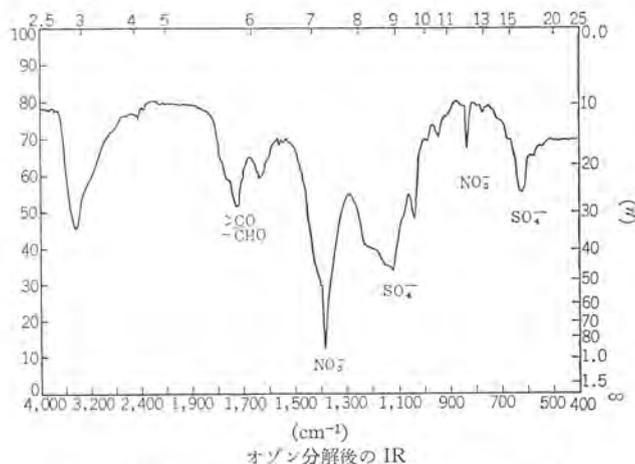


図 2.1 洗気びんによるオゾン処理実験装置  
Apparatus for ozone treatment used in scrubbing bottles.



ナフトールイエローの IR (オゾン処理前)



オゾン分解後の IR

図 2.2 染料の オゾン 分解生成物 (ナフトールイエロー)  
Decomposition products of dyes treated with ozone.  
(naphthol yellow).

いる。 $-\text{NO}_2$  基、 $-\text{SO}_3\text{H}$  基は無機化し、おのこの硝酸基および硫酸基に変化している。なお、発色団・助色団の酸化分解により脱色されている。図 2.3 はアゾ系反応染料についての結果で、ナフトールイエローの場合と同様、アルデヒド・脂肪酸および硝酸基・硫酸基の生成がみられる。オゾン処理前には  $-\text{C}=\text{N}-$  結合の吸収が  $815\text{ cm}^{-1}$  にでているが、オゾン処理によって消失しており、トリアジン環の開裂が起きていることがわかる。

これらの染料の分解機構は十分解明されていないが、芳香族炭化水素の一つであるフェノールについては図 2.4 のように分解することが知られている。大きな側鎖のある化合物では、はじめに芳香族環と側鎖が切断される傾向がある。

以上から芳香族環は開裂し、染料はより直鎖的となり微生物によって処理されやすい形になることがわかる。なお、オゾン処理をこのような目的に積極的に応用し、微生物処理（活性汚泥法など）と組み合わせる方法も今後検討の価値がある。

染色排水処理については、この他に図 2.5 に示すようにエジェクタによりオゾン注入する方式の実験装置を用いて、オゾン処理に対する界面活性剤や糊剤などの影響を研究している<sup>(1)</sup>。

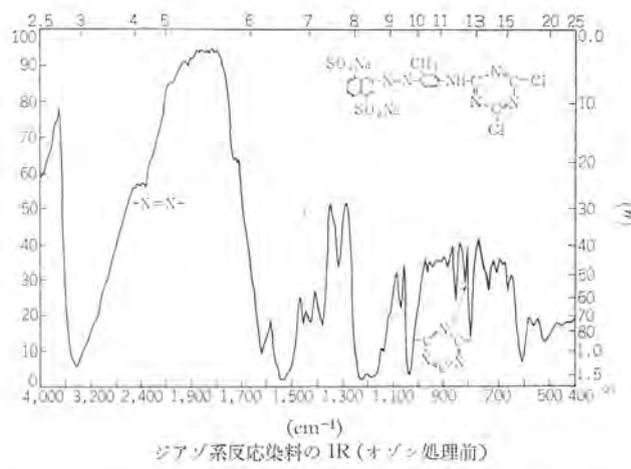
## 2.2 オゾンによる染色排水処理プラント

このプラントの処理容量は、実地試験先の全排水を処理できるもので、処理水量  $100\text{ m}^3/\text{h}$ 、オゾン発生量  $1.8\text{ kg/h}$  (実質  $2.4\text{ kg/h}$ ) である。以下に詳細を述べる。

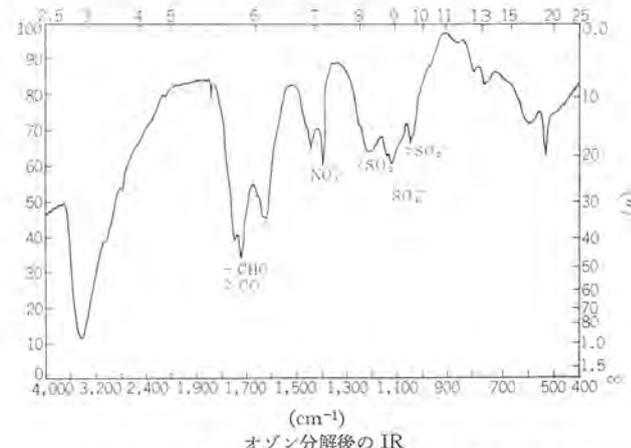
### 2.2.1 プラントの構成

プラントの外観を図 2.6 に示した。おもな装置はこの建物の内部

オゾンによる排水処理・松岡・田畑・今村・前田・橋本・野田



ジアゾ系反応染料の IR (オゾン処理前)



オゾン分解後の IR

図 2.3 染料の オゾン 分解生成物 (ジアゾ系反応染料)  
Decomposition products of dyes treated with ozone  
(diazo reactive dyes).

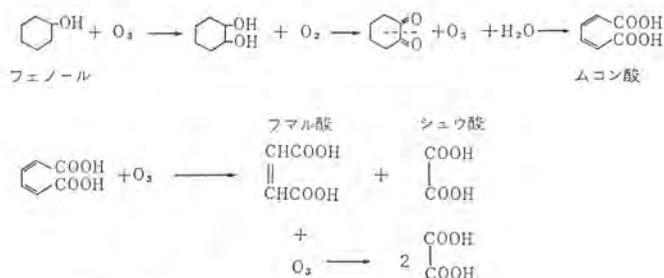


図 2.4 芳香族環の分解例 (フェノール)  
Example of decomposition process of aromatic rings (phenol).



図 2.5 エジェクタによるオゾン処理実験装置  
Apparatus for ozone treatment with ejector.

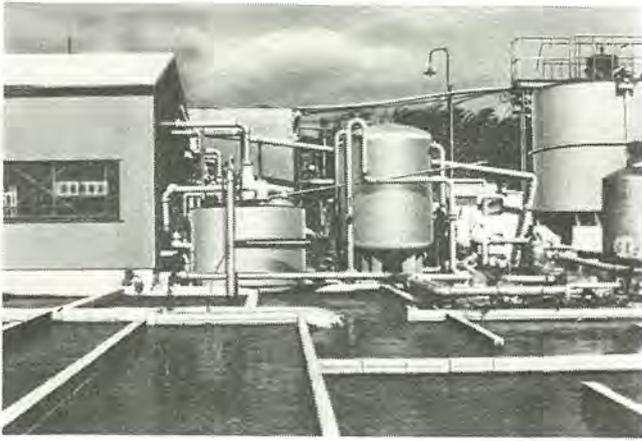


図 2.6 オゾンによる染色排水処理プラントの外観  
View of ozone-treatment plant for waste dyeing water.

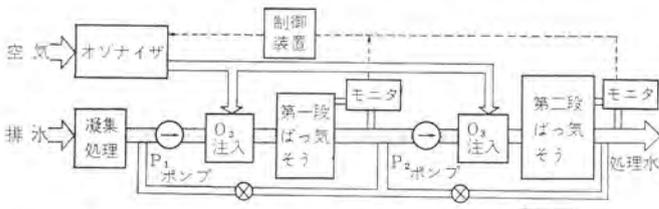


図 2.7 オゾンによる染色排水処理フローシート  
Flow sheet of ozone-treatment process for waste dyeing water.

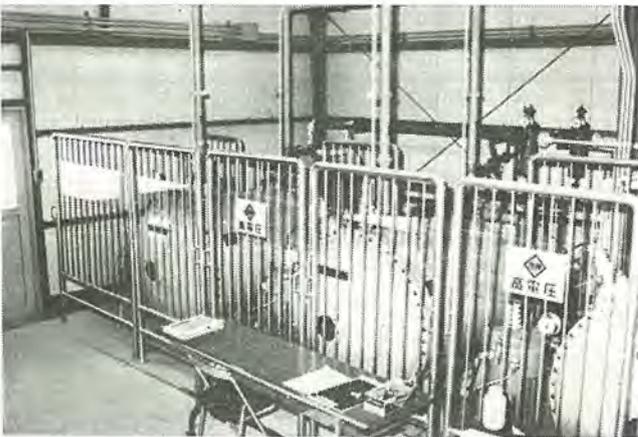


図 2.8 OS-600形オゾンナイザ×3台  
Type OS-600 ozonizers (three sets).

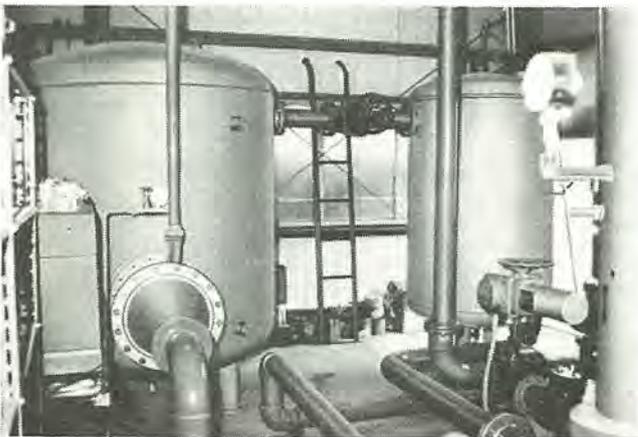


図 2.9 第1段ばっ気そう (左:ばっ気そう, 右:気液分離そう, ばっ気そう下部手前:エジェクタ)  
Primary stage mixing tank (left side: mixing tank and ejector fitted at lower part, right side: gas-liquid separating tank).

収納されている。図 2.7 にフローシートを示した。

染料は大別すると水に溶けにくい疎水性の染料と水に溶けやすい親水性の染料がある。一般に疎水性染料は凝集処理で除去できるが、親水性染料は除去しがたい。一方、オゾン処理は原理的に水中での均一系の反応であるから、親水性の染料の処理に適している。したがって、凝集処理とオゾン処理を組み合わせることによって相乗効果が期待できるわけで、このプラントはそのように構成されている。

凝集処理にはスラリー循環形の凝沈そう(槽)を使用している。オゾン処理はフローシートからわかるように、二段に行なえる構成になっている。オゾンは各段に平行、あるいはシリーズに供給でき、シリーズの場合は前段に先に供給し、その余剰オゾンを後段におくこともできるし、その逆の順序で供給することもできる。なおオゾン注入にはエジェクタを使用しているので、上記のシリーズ注入を容易に行なうことができる。各段の処理水はモニタでチェックされ、必要に応じオゾン発生量および処理水のフィードバック量を調節できる。フィードバックは各段単独にも行なえるし、後段から前段にもどすこともできる。

### 2.2.2 構成要素

おもな構成要素の仕様を以下に示す。

- (1) 受電盤 6,600 V/220 V 三相 150 kVA
 

オゾンナイザ分岐	: 90 kVA (35 kW)	すすみ	} 力率≒1
空気乾燥機分岐	: 40 kVA (25 kW)	おくれ	
ポンプ分岐	: 50 kVA (35 kW)	おくれ	
制御用分岐	: 若干	おくれ	
- (2) 空気乾燥器  
ヒートレス形 60 m<sup>3</sup>/h×2
- (3) オゾンナイザ (図 2.8 参照)  
OS-600 (当社製品)×3 (三相平衡負荷になるよう3台使用)  
オゾン発生量 600 g/h×3 (実質発生量 2.4 kg/h)
- (4) オゾン注入器  
エジェクタ 100 m<sup>3</sup>/h×1 (第一段用)  
50 m<sup>3</sup>/h×2 (第二段用)  
G/L=1.2
- (5) 第1段ばっ(曝)気そう (図 2.9 参照)  
ばっ気そう—気液分離そう分離形  
ばっ気そう容量: 4 m<sup>3</sup> (滞留時間 2.5 分)  
加圧可能 : 圧力範囲 0~0.6 kg/cm<sup>2</sup> (G)

ばっ気そう下部手前にとりつけられたエジェクタから注入された気液混合流体は、ばっ気そう(図 2.9 左)上部から、気液分離そう(図 2.9 右)に入り、気液分離される。気液分離そうは、分離された液体の水位を圧力に無関係に自動的に一定に保つための排気機構をそなえている。(特許出願中)なお必要に応じ、ばっ気そうおよび気液分離そうの圧力を 0~0.6 kg/cm<sup>2</sup> (G) の範囲で運転することができる。

- (6) 第2段ばっ気そう (図 2.10 参照)

ばっ気そう—気液分離そう一体形  
ばっ気そう容量: 30 m<sup>3</sup> (15 m<sup>3</sup>×2) (滞留時間 20 分)  
ばっ気そうの形: OTTO 形 深さ 5 m  
そう内圧力 : 約 0.2 kg/cm<sup>2</sup> (G)

地下に埋め込んだ深さ 5 m のタンク 2 個からなっており、内部で一体に結合されている。タンク上部にエジェクタがとりつけられているが、エジェクタからの気液混合流体はエジェクタ下部にとりつけられた

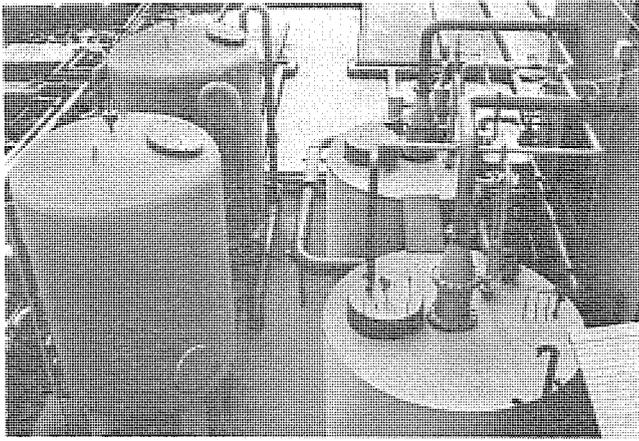


図 2.10 第2段ばっ気そう (右の2個: ばっ気そう, 中心にある円錐形のもの: エジェクタ, 左の2個のタンク: フィルタ)  
Secondary stage mixing tank (two sets on the right: mixing tanks and ejectors fitted in the center of each tank, two sets on the left: filtration tanks).



図 2.12 制御盤 (左の2盤, 右端は受電盤)  
Control boards (two boards on the left one board on the right is incoming board).

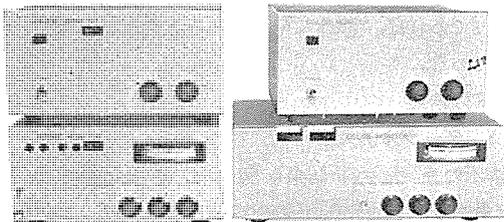


図 2.11 モニタ (左: オゾンモニタ, 右: 色度モニタ)  
Monitoring apparatus (left side: ozone monitor, right side: color monitor).

配管でいったんタンク下底に導かれ, ここから放射状に広がり気泡は浮上する。このばっ気そうにも水位および圧力を一定に保つ自動排気機構があり, 圧力は約  $0.2 \text{ kg/cm}^2(\text{G})$  に保たれるようになっている。ばっ気そうに圧力をかけることは, オゾン溶解量を増すばかりでなく, 発泡性を有する水の気液分離に顕著な効果がある。

#### (7) モニタ

オゾンモニタ (図 2.11 左)

色度モニタ (図 2.11 右)

ORP モニタ

これらからの信号でオゾナイザ, および処理水のフィードバック量を調節する。

#### (8) 制御 (図 2.12 参照)

##### (a) シーケンス制御

運転パターンの切換え

装置の起動停止を安全かつ迅速に行なうためのシーケンス制御  
水位変化・断水・機器の定格オーバなどに対する安全および保護のためのシーケンス制御

##### (b) オゾン発生量および処理水フィードバック量の制御

一定時間間隔ごとに設定値と比較し, アクチエータを一定割合動作させる。原理的には積分制御なので誤差が少ない。

##### (c) オゾナイザ・ポンプなどの電力の指示および積算

##### (d) モニタからの信号・流量・オゾン濃度・露点などの記録

#### (9) 排気オゾン処理装置 (図 2.13 参照)

水洗塔+活性炭方式

処理排気量:  $120 \text{ m}^3/\text{h}$

圧力損失:  $100 \text{ mmH}_2\text{O}$

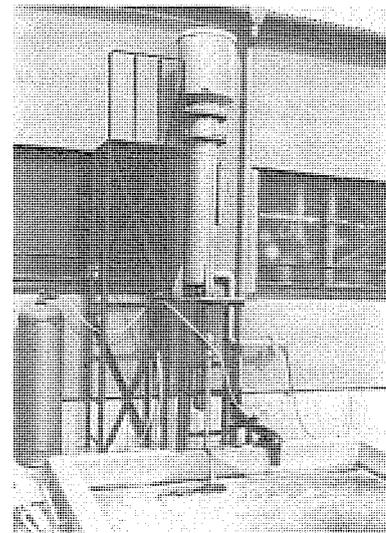


図 2.13 排気オゾン処理装置  
Treatment unit for effluent ozone.

プラントの運転にあたっては, 排気オゾンのできるだけでないような運転条件および制御を行なうが, 実験条件によっては排気オゾンがあるので設置してある。なおテストの結果, オゾン濃度  $0.7\%$  オゾン化空気量  $120 \text{ m}^3/\text{h}$  の通気において, オゾン臭はまったく感知できなかった。

#### 2.2.3 試験結果

##### (1) 主要構成要の試験結果

##### (a) オゾナイザ

オゾン発生量実測値  $2,400 \text{ g/h}$  (3台)

(定格電圧, 原料空気  $120 \text{ m}^3/\text{h}$ , 露点  $-45^\circ\text{C}$  にて)

##### (b) 第一段ばっ気そう

水位安定性: 設定値  $\pm 50 \text{ mm}$  ( $0.1 \sim 0.5 \text{ kg/cm}^2(\text{G})$ )

ただし, 第一段ばっ気そう後部から  $P_1$  ポンプ吸込側へのフィードバック配管のバルブを開放した場合, フィードバック量  $50\%$  以上の領域では, 周期的に  $\pm 100 \text{ mm}$  の変動が起こった。(周期  $1 \sim 2$  分) 実用上は支障ないが, 原因は気液分離そう中の空気のカッション作用と流出する水との一種の共振現象と考えられる。

(c) 第二段ばっ気そう

水位安定性：設定値±40 mm (0.16~0.18 kg/cm<sup>2</sup>(G))  
 圧力安定性：0.16~0.18 kg/cm<sup>2</sup>(G) (30~100 m<sup>3</sup>/h)

(d) エジェクタ

第一段用：水流量 100 m<sup>3</sup>/h にて G/L=1.25  
 第二段用：水流量 50 m<sup>3</sup>/h にて G/L=1.24, 1.25  
 (測定条件、オゾン化空気入口部圧力-ばっ気そう圧力=0)

(e) 排気 オゾン 処理装置

オゾン濃度 0.7%，オゾン化空気流量 120 m<sup>3</sup>/h にてオゾン臭はまったく感知されなかった。なお、オゾンは大気汚染成分の一つであり、その漏えい(洩)については十分留意する必要がある。本装置は上記のような高オゾン濃度においても、まったくオゾン臭がないまでに処理できており、微量のオゾンを含む排気オゾンに対しては漏えい(洩)の懸念はない。

(2) 実地試験

染色排水には浸染排水のように比較的処理しやすいものもあるが、一般に成分および濃度の変化がはげしい。とくになつ染排水は染料以外になつ染に特有な糊剤をはじめとし、界面活性剤(洗剤)、染料溶解剤およびアルカリ物質などが多量に含まれ水質が複雑であり、また日および時間による変動もはげしい。われわれは現在このなつ染排水を対象に実地試験を実施中であるが、この結果については後日報告したい。

3. シアン排水処理

シアン含有排水の処理法としては、微生物処理も試みられているが満足ではない。現在最も一般的に行なわれている処理法はアルカリ塩素法であるが、過剰に添加された場合、残留塩素の害が問題になる。これに対して、オゾンは過剰に添加しても残留することなく、処理のための pH 調節も不要である。またフェノールを含有する排水に対しても悪臭成分を生成しない。

3.1 実験方法

実験室におけるテーブルテストは、染料の場合と同様 図 2.1 の装置で洗気びんを用いて行なった。

図 3.1 は メッキ 排水処理のための テストプラントである。設置以来 2 年間にわたり、当社 メッキ 工場の設備もかねて実地試験を行なっている。処理水量 3.6 m<sup>3</sup>/H、オゾン発生量 70 g/H であり、オゾン注入はエジェクタによっている。

配管中のバルブ Va, Vb, Vc は循環処理(バッチ処理)あるいはフイードバック処理を行なうためのものである。すなわち Va を開き、Vb, Vc を閉じることによって排水貯そう中の排水をバッチ処理できる。処理後シアン濃度を確認し Vc を開き側溝に排水する。Va を閉じ Vc を開き Vb を適当に調節することによって任意の割合のフイードバック処理ができる。すなわちオゾン注入後、ばっ気そうからでてくる処理水の一部をポンプの入口側にもどせるようになっている。Vb を全閉すれば一過処理になる。

少量高濃度排水に対してはバッチ処理、中濃度排水に対してはフイードバック処理、低濃度排水に対しては一過処理が適している。さらに低濃度であれば、浄水に使用されるようなパーシャルインジェクションが適している。

3.2 実験結果

3.2.1 テーブルテスト

シアン排水のテーブルテスト結果を 図 3.2, 3.3 に示す<sup>(2)</sup>。図 3.2 は空気流量を 2 l/分 で 500 ml の試験水に吹き込み、時間とともにシアン濃度が減少するようすを示したものである。試験水としては純水に NaCN をシアンイオンとして約 20 ppm 溶解したものと、触媒として働く銅イオンを 0.8 ppm 加えたもの、および銅イオンを 0.8 ppm 含んでいるメッキ工場の排水を用いた。図 3.3 は消費オゾン量に対して同じ結果をプロットしたものである。

シアンイオンはオゾンにより簡単にシアン酸イオンに酸化される。シアンイオンが約 1 ppm から減少しにくくなるが、これはシアン酸イオンがさらに酸化される反応が起こり、その反応にオゾンが消費される

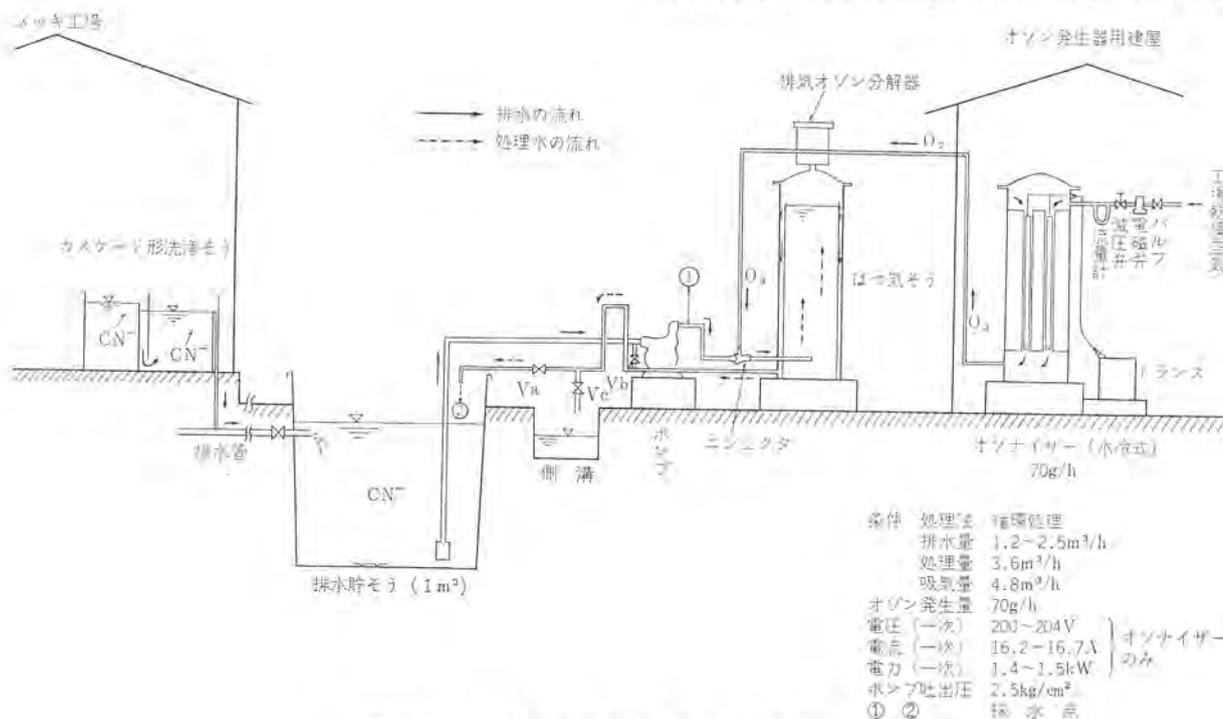


図 3.1 メッキ排水のオゾン処理テストプラント  
 Pilot plant of ozone treatment for waste metal plating water.

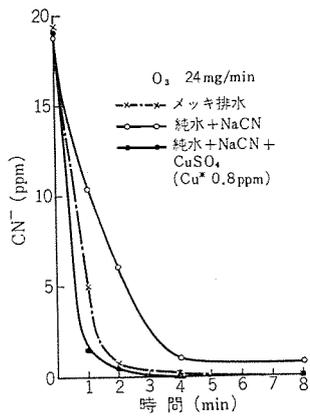


図 3.2 シアンのオゾンによる酸化 (時間変化)  
Oxidation of cyanide treated with ozone (time dependency).

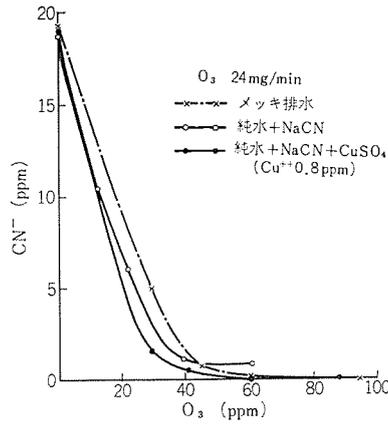


図 3.3 シアンのオゾンによる酸化 (必要オゾン量)  
Oxidation of cyanide treated with ozone (required ozone).

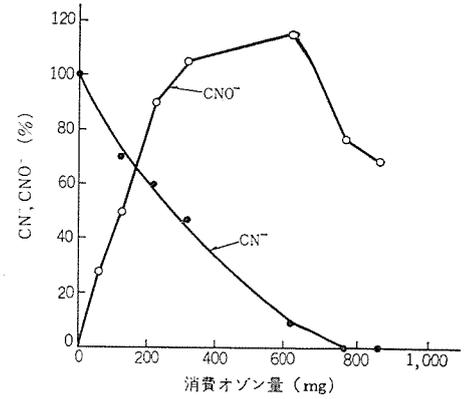


図 3.4 銅メッキ液のオゾン酸化 (原水シアン濃度 594 ppm を 100%)  
Oxidation of copper plating solution treated with ozone (initial concentration of cyanide is 594 ppm, showed 100%).

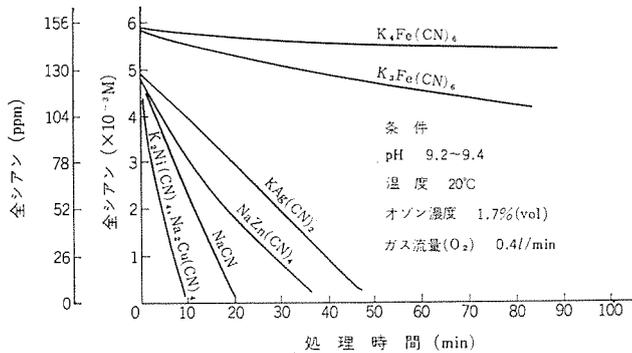


図 3.5 シアン錯塩のオゾン分解 (池畑)  
Decomposition of cyanic complex salts treated with ozone (after A. Ikehata).

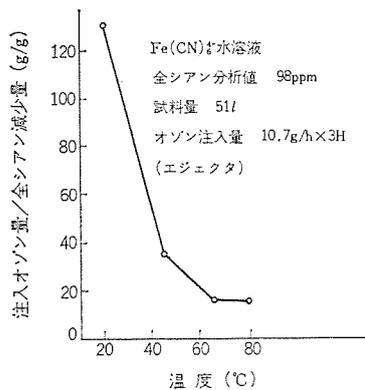


図 3.6  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  のオゾン処理 (温度の影響)  
Ozone treatment of  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  (Temperature effect).

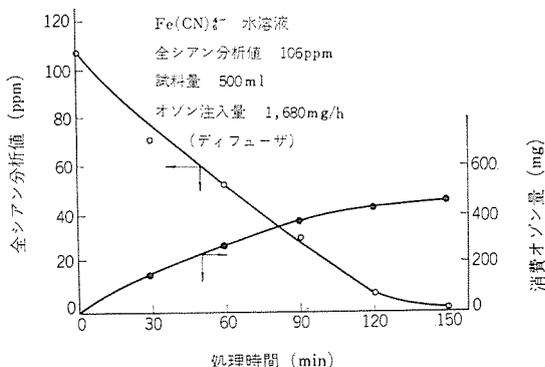


図 3.7  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  のオゾン処理 (時間による濃度変化)  
Ozone treatment of  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  (Time dependency)

ためである。

図 3.4 はシアン酸の酸化ををしかめるために行なった実験の結果である。はじめシアンの酸化によってシアン酸が増加しているが、シアン濃度が低下した時点からシアン酸が酸化によって減少していることがわかる。なおシアン酸濃度が 100% を起しているのはシアン酸の分析がむずかしく、分析誤差によるものと思われる。

以上はシアンイオンのみを含む排水に対する実験結果であるが、実際の排水には重金属が存在し、これら重金属と結合したシアン錯イオンが共存する。図 3.5 は池畑<sup>(3)</sup>らの実験結果で各シアン錯塩のオゾン酸化の難易を示している。この図から鉄とのシアン錯イオンはきわめて反応しにくいことがわかる。図 3.6, 3.7 は温度を上げてオゾン処理を行なったわれわれの実験結果である。これから、加温してオゾン処理することによって鉄錯イオンであっても処理可能であることがわかる。

図 3.6 はシアン濃度 (全シアン分析値) として 98 ppm の  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  水溶液 51 l をエジェクタをもちいてオゾン注入率 10.7 g/h で 3 時間処理した結果である。図 3.7 は図 2.1 と同様の洗気びんによる実験装置を用いて試験水を 65°C に加熱して実験した結果である。時間に対するシアン濃度の低下および消費オゾン量を示した。150 分でシアン濃度は 0.7 ppm に低下している。0.7 ppm にいたるまでの全シアン減少量に対する消費オゾン量の比は

$$\frac{\text{消費オゾン量 (g)}}{\text{全シアン減少量 (g)}} = 8.6$$

であり、1 g のシアンを分解するために 8.6 g のオゾンが必要であることを示す。後述するように、シアンイオンを炭酸イオンと窒素にまで分解するための理論値は 4.6 であり、これからオゾン処理が最も困難とされている鉄シアン錯イオンであっても、理論量の 2 倍弱のオゾン量で処理できることがわかる。

### 3.2.2 フィールドテスト

図 3.1 に示したテストプラントを用いて実験を行なった。前述のように処理水量 3.6 m<sup>3</sup>/h、オゾン発生量 70 g/h であり、エジェクタは入口圧力 2.5 kg で水 3.6 m<sup>3</sup>/h が流れ、このときのオゾン化空気吸引量は 4.8 m<sup>3</sup>/h である。すなわち G/L=1.3 である。ばっ気そうの容積は 140 l で滞留時間は約 2, 3 分である。

図 3.8 は表 3.1 に示す組成の排水 1 m<sup>3</sup> についてパッチ処理を行ない、時間による濃度の変化を測定した結果である。(実験時の水温 8~9°C) この試験プラントの処理能力は、オゾン発生量 70 g/h か

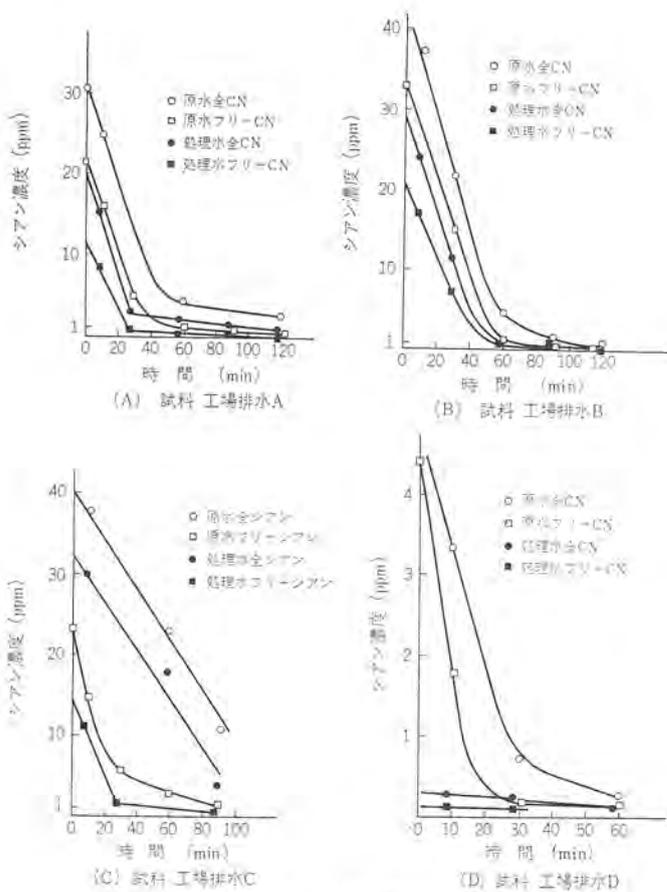


図 3.8 バッチ処理の結果  
Results of batch process.

表 3.1 排水の組成と pH  
Composition and pH of waste water.

(濃度: ppm)

	Cu	Ag	Fe	Co	Ni	Mn	フリーCN	全CN	pH
工場排水 A	8.3	5.2	0.17	—	0.68	—	53.8	76.4	9.3
工場排水 B	6.8	0.17	0.17	—	0.14	—	81.3	104	9.8
工場排水 C	46.5	0.20	0.55	—	0.22	—	58	100	9.3
工場排水 D	1.3	0.06	—	—	0.06	—	11	12	9.2
検出限界	0.05	0.05	0.1	0.1	0.05	0.08			

表 3.2 フィードバック処理結果  
Results of feed back process.

実験 No.	処理水量 l/min	フィード バック量 l/min	pH	シアン ppm		CN(g)/ O <sub>3</sub> (g)
				全シアン	フリー シアン	
1	55	0	原水	8.85	6.40	4.61
			処理水	7.15	0.24	0.16
2	25	30	原水	9.30	15.5	9.58
			処理水	7.62	0.49	0.07
3	15	40	原水	9.31	25.6	18.3
			処理水	7.98	0.72	0.18

表 3.3 CN<sup>-</sup>/O<sub>3</sub> 比  
CN<sup>-</sup>/O<sub>3</sub> ratio.

試料	CN <sup>-</sup> /O <sub>3</sub> 重量比 全シアン	原水中の全シアン
		ppm
フィールドテスト (バッチ)	工場排水 A	0.49
	工場排水 B	0.57
	工場排水 C	0.20
テーブルテスト浴 (洗気びん)	Ag メッキ	0.54
	Cu メッキ	0.27
	Cu メッキ	0.38
	Cu メッキ	0.46
	NaCN	0.53

※条件 pH: 7~10 ガス流量(O<sub>2</sub>): 1.1 l/min  
オゾン濃度: 0.8% (Vol) 試料: 各 500 ml

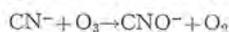
ら計算するとシアン濃度 8 ppm × 処理水量 3.6 m<sup>3</sup>/h である。図 3.8 (A), (B) において原水と処理水の全シアン濃度の差をみると、高濃度域では 8~10 ppm 除去できているが、シアン濃度数 ppm 近ばうからこの配が小さくなり除去率も低下している。図 3.8 (C) では、全シアン濃度の差は約 7 ppm で多少小さいが、この理由は排水中の銅イオン(一価)がオゾン消費したためと思われる。表 3.2 はフィードバック処理の結果である。

処理水のシアン濃度は、いずれも 1 ppm 以下になっている。高濃度のシアン排水に対しては、このようにフィードバック処理することが必要である。

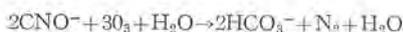
### 3.3 CN<sup>-</sup>/O<sub>3</sub> 比について

シアンの酸化分解曲線のこう配から CN<sup>-</sup>/O<sub>3</sub> 比を求め表 3.3 に整理した。フィールドテストは注入オゾン量をもとにして求めた。テーブルテストは消費オゾン量を測定し、これをもとに求めた。フィードバック処理の場合の CN<sup>-</sup>/O<sub>3</sub> は表 3.2 の右端に示した。

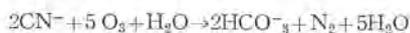
CN<sup>-</sup>/O<sub>3</sub> についての理論値を求めると次のとおりである。



$$\frac{\text{CN}^-}{\text{O}_3} = \frac{26}{48} = 0.542$$



以上の二つの式から、



$$\frac{\text{CN}^-}{\text{O}_3} = \frac{52}{240} = 0.217$$

$$\left(\frac{\text{O}_3}{\text{CN}} \approx 4.6\right)$$

表 3.3 から数 ppm 以上のシアン濃度の液については、CN<sup>-</sup>/O<sub>3</sub> は 0.542 に近く第 1 番目の反応が進んでいることがわかる。低シアン濃度液では 0.217 に近く、シアン酸の分解および反応しにくいシアン錯イオンが残留しているため、反応率が低下するからであると考えられる。フィードバック処理においても CN<sup>-</sup>/O<sub>3</sub> は小さいが、この原因は処理水濃度が十分小さくなる (0.24~0.72 ppm) まで処理されており、上記と同様の理由による。反応率低下によるオゾンの浪費をさけるためには、低濃度そうと高濃度そうにわけオゾンの供給を低濃度そうから高濃度そうにシフトに行なえばよい。(特許出願中)

## 4. フェノール排水のオゾン処理(1)

水中のフェノールがオゾンで分解されることは、たとえばコクス工業の排水中に含まれるフェノールのオゾン処理に関する報告等で知られているが、フェノールのオゾンによる分解に関する研究はあまり行なわれていない。フェノールがオゾンにより分解されていく過程も完全には解明されていないが、ベンゼン環をもつ物質とオゾンとの反応は非常に起こりやすく、われわれがおこなったワニス工場排水に含まれるフェノールのオゾンによる分解実験でも、他の有機物に先がけてフェノール類が選択的に分解されることが明らかになった。

なおフェノールが上水用水源に混入した場合、塩素処理を行なうとクロロフェノールを生じ悪臭を発生することがあるが、オゾン処理ではそのようなことはなく、芳香族環が開裂しシュウ酸などの有機酸を生ずる。

### 4.1 実験装置

バッチ処理の場合は、先に述べたシアン排水処理実験の場合と同様の洗気びんによる実験装置を使った。循環処理は図 4.1 に示す装

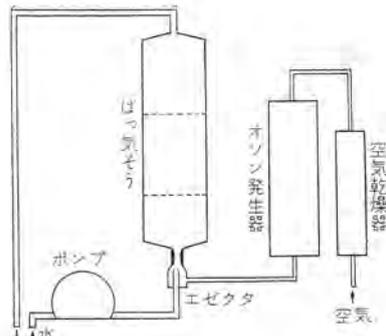


図 4.1 エジェクタによる試験装置  
Testing apparatus with ejector.

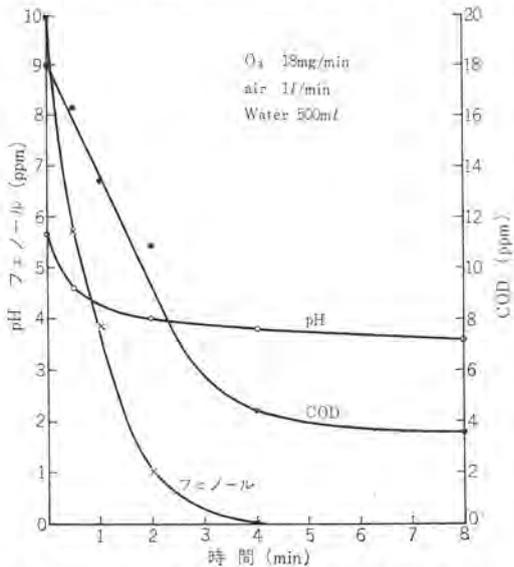


図 4.2 フェノールのオゾンによる酸化(純水+フェノール, 時間変化)  
Oxidation of phenol treated with ozone (pure phenol solution, time dependency).

置で行なった。

#### 4.2 実験結果と考察

純水(イオン交換水)中にフェノールを溶解して10 ppmの濃度とし、オゾン酸化によるフェノール濃度、pH、CODの時間的変化を求めた結果を図4.2に示している。フェノール濃度の減少に従ってオゾンの反応効率が減少するので、低濃度ではフェノールの減少速度は低下するが、1~2 ppm まではほぼ直線的に低下することがわかる。

CODの減少はフェノールの減少と対応しているが、フェノール濃度が0になってもCODは0になっていない。これはフェノールが分解しても完全に水と炭酸ガスにまでならず、中間分解物として残っていることを示している。

pHの低下も弱酸のフェノールが分解して、より強い酸性を示すカルボン酸に変化していることに対応しているものである。

図4.3はワニス工場のフェノール含有排水に対して図4.2と同じ実験をおこなった結果を示したものである。試験水はフェノール類以外にアルコールやアルデヒドの誘導体と考えられる有機物を多く含むために、CODが約220 ppmと非常に大きい点が図4.2の場合と異なっている。図4.4は、工場排水を100 m<sup>3</sup>の水そうにため循環処理をおこなった結果を示したものである。

この装置では発生オゾン量220 mg/minの大部分が反応に使われており、20 l/minの通水量で、図からわかるように流入水と処理水ではフェノール濃度が約5.5 ppm減少しているため、実用上フェノール重

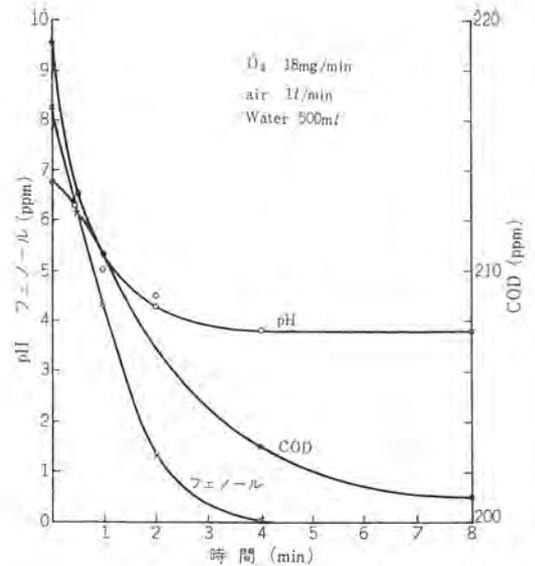


図 4.3 フェノールのオゾンによる酸化(ワニス工場排水, 時間変化)  
Oxidation of phenols treated with ozone (waste phenols from vanish factory, time dependency).

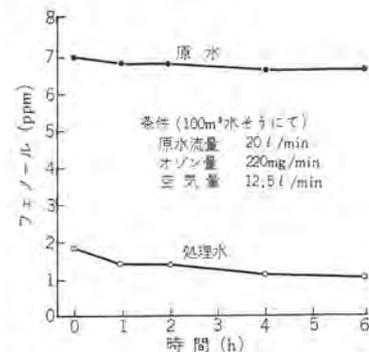
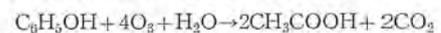


図 4.4 フェノール排水のオゾン処理  
Ozone treatment of waste phenols.

量1に対してオゾン重量2で酸化分解がおこなわれていることがわかる。これから

フェノールのオゾンによる分解反応としては、



が推定される。

#### 5. 有機水銀のオゾンによる分解<sup>(5)</sup>

有機水銀の人体への蓄積が問題になっているが、オゾンによってメチル水銀が無機水銀に酸化されることがわかった。ここではメチル水銀(CH<sub>3</sub>HgCl)のオゾンによる分解条件の検討、およびその分解生成物の分析結果について述べる。

実験は図2.1に示した洗気びんを用いて行なった。CH<sub>3</sub>HgCl溶液のpHと分解率の関係は次のような条件で検討した。1 ppm CH<sub>3</sub>HgCl溶液200 mlのpHを1~13の範囲内で変化させ、O<sub>3</sub>濃度15 mg/lの空気を1 l/minの流速で5分間通し、CH<sub>3</sub>HgClの分解状態をガスクロマトグラフで分析した。その結果を図5.1に示す。図5.1の結果よりpH11以上ではCH<sub>3</sub>HgClが完全に分解される。この分解生成物は0.5 N-HCl酸性溶液よりベンゼンで抽出し、ガスクロマトグラフで分析した結果、10種類の物質が検出された。

共存物質の影響は種々の物質を添加し、pH3.5前後でO<sub>3</sub>を通し、その分解状態をしらべた。その結果の一部を表5.1に示す。この表より、pH3.5で共存物質のない場合には10%程度しか分解しな

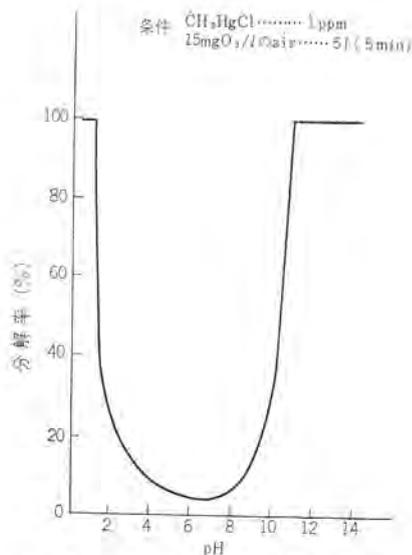


図 5.1 pH と分解率の関係  
Relation between pH and decomposition rate.

表 5.1 オゾンによる CH<sub>3</sub>HgCl の分解に対する共存物質の影響  
Influence of coexisting materials on ozone treatment for decomposition of CH<sub>3</sub>HgCl.

共存物質		分解率 %
物質名	分子式	
フェノール	<chem>Oc1ccccc1</chem>	100
メチルアルコール	<chem>CO</chem>	14
アセトン	<chem>CC(=O)C</chem>	5
m-タレゾール	<chem>Cc1cccc(O)c1</chem>	100
マレイン酸	<chem>OC(=O)C=C(O)C(=O)O</chem>	100
安息香酸	<chem>O=C(O)c1ccccc1</chem>	100
ベンゼン	<chem>c1ccccc1</chem>	44
アリルアルコール	<chem>OCc1ccccc1</chem>	79
アジピン酸	<chem>OC(=O)CCCC(=O)O</chem>	2
酢酸	<chem>CC(=O)O</chem>	31
硫酸	<chem>OS(=O)(=O)O</chem>	42

条件 CH<sub>3</sub>HgCl : 10 ppm  
共存物質 : 40 ppm  
13 mg O<sub>3</sub>/l の air : 30 l (30 min)

い CH<sub>3</sub>HgCl が、フェノール、マレイン酸等の存在する場合には完全に分解する。pH 3.5においてマレイン酸を添加して CH<sub>3</sub>HgCl を O<sub>3</sub> で分解した場合には、白色沈殿を生ずる。この沈殿を X 線回折、赤外線吸収スペクトルなどにより分析した結果、Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> であり、またマレイン

酸は分解してシュウ酸になっている。

以上の結果をまとめると、CH<sub>3</sub>HgCl は共存物質のない状態では、pH 11 以上の強アルカリ性においてのみ分解し、分解生成物も 10 種類におよぶことがわかった。また CH<sub>3</sub>HgCl はフェノール、マレイン酸などのように、その分子中に不飽和結合 (>C=C<)、およびフェノール性 -OH、-COOH 基などを有する物質が共存すると pH 3.5 前後でも完全に分解する。

したがって、CH<sub>3</sub>HgCl を含む排水処理を行なう場合は、これらの物質を添加しオゾン処理を行ない、さらに必要な場合は置換法などによって無機水銀を除去すればよい。

## 6. む す び

染色排水・シアン排水・フェノール排水・有機水銀処理にオゾンが有効であることを述べたが、前述のように、最近とくに問題になっている上水の脱臭をはじめと下水道処理における臭気の処理にすぐれた効果のあることが知られている。また、今まで適当な処理法がなかった処理対象に対しても、オゾンの効果が認められるものが多く、オゾン処理の適用分野はさらに拡大するものと思う。

経済性については、オゾンはこれまで一般に高価であるという観念があったが、設備の償却を含めても次亜塩素酸より安価であり、また塩素とくらべても、保守、制御および安全性の面で有利である。オゾンは空気と電力のみによって、その場でその時の必要量に応じて発生できるので、これも利点の一つである。なお、排気オゾンの大気への漏えいが気念されるが、前記のように十分処理できる技術が確立されている。

以上のようにオゾンはすぐれた化学的性質と取扱い、および運転上の利点が注目されており、今後の発展が期待される。

最後に、染色排水処理についてはご指導願っている工業技術院北海道工業開発試験所 池畑昭氏、京都府中小企業総合指導所 八木永治氏、京都市染織試験場 本馬達夫、山田博の両氏および共同研究先である(株)黒川工業 城業工場社長 川端勇作氏に深謝いたします。また、シアン処理その他についても種々の便宜と実験に協力ねがった当社福岡製作所、北伊丹製作所および中央研究所の関係者に感謝いたします。

## 参 考 文 献

- (1) 前田, 小沢: 第9回下水道研究発表大会要旨集(1970年5月)
- (2) 田畑, 森: 水処理技術 11, 12, 27~29 (1970)
- (3) 池畑他: 安全工学協会誌投稿中
- (4) 田畑, 森: 水処理技術 11, 12, 29~31 (1970)
- (5) 今村, 横山, 石橋: 日本化学会第24回大会要旨集(1971年春)
- (6) 朝日新聞 昭和47年3月20日

## 排煙監視用レーザレーダ

中原昭次郎\*・伊東克能\*\*・伊東 尚\*\*  
田村 祥一\*\*・谷口 一郎\*\*・福家 皎\*\*

## Laser Radar for Stack Effluent Monitoring

Kamakura Works Shōjiro NAKAHARA・Katsuyoshi ITO・Sho ITO  
Shōichi TAMURA・Ichiro TANIGUCHI・Akira FUKE

Recent public hazard due to air pollution has posed serious social problems. Much effort is being made in various quarters for its prevention such as the strengthening of a monitoring system on the air pollution and the legislation against the hazard. The first step of the preventive measure is to establish a method of making quantitative measurement of the pollution. Participating in this undertaking, Mitsubishi has been developing a new measuring apparatus by using light and laser.

The article introduces Laser Radar which is capable of measuring, through the application of Mie scattering and Raman scattering, the width of effluent, the effective height of smoke stack and the concentration of SO<sub>2</sub> and NO in the effluent. This Laser Radar is also applicable to the research of atmospheric phenomena closely related to the air pollution such as the observation of inversion layer and the measurement of visibility.

## 1. ま え が き

わが国における1960年代の高度経済成長は経済的繁栄の贈り主であるとともに公害という国民の生存環境を著しく悪化させた元兇も同時にもたらした。公害は大気汚染、水質汚濁、騒音、悪臭、産業廃棄物など多岐にわたり、その排除、防止には従来の経済、社会の通念を破るような対策が今こそ必要となってきた。そのための施策を決定するためにも、また将来にわたって公害の発生を抑制、制御してゆくシステムの開発のためにも、環境の汚染状況、汚染物質の発生状況の時間的、空間的情報の迅速な収集システムの開発が急がれている。この中でレーザレーダは大気汚染物質の発生状況、大気汚染状況のセンサとして大きなポテンシャルを持つものとしてクローズアップされてきている<sup>(1)</sup>。このような中で三菱電機において開発されたレーザレーダの一つについて紹介する。

レーザレーダがこのような目的に合致する主な理由は次の諸点である。

## (1) 瞬時測定が可能である。

環境濃度の測定に広く使用されている化学的測定法は、30分から1時間の被検出空気の吸引が必要であるのに対してレーザレーダでは測定時間が大幅に短縮され瞬時値の測定が可能である。

## (2) 遠隔測定が可能である。

煙突からの排煙など接近できないものの測定や、1台の測定器による一定地域の観測が可能である。従来の測定器ではサンプリングが必要のため遠隔測定は不可能であった。

## (3) 広域の測定が可能である。

遠隔測定が可能であることから生ずる利点として広域測定がある。従来の方法はポイントでの測定であり、都市などの複雑な汚染のは握には測定点をふやさないと正確な情報が得られなかった。

## (4) 物理測定であり、絶対測定が可能である。

化学的方法は校正に難点があり、測定値の信頼性を欠く恨みがある。汚染の制御には当然発生源の法的規制が含まれるので、測定値の信頼度は不可欠であり、絶対測定の可能な物理的方法でなければ

ならない。ここで紹介するレーザレーダは、ミイ散乱とラマン散乱という二つの現象を利用して排煙の観測を行なうものでそれぞれ次のような特長がある。

(1) ミイ散乱による微粒子成分の観測<sup>(2)(3)(4)</sup>

レーザの開発とともに研究が米国のSRIやわが国の東北大学などで始められた最もポピュラーなレーザ応用の一つで、排煙中の粒子成分や大気中に存在する微粒子、エアロゾルなどはレーザ光に対して大きな散乱断面積を有することを利用して、排煙の拡散状況、煙突の有効高さ、温度逆転層、視程、などの観測計測を行ない、大気汚染のマクロ的構造、汚染物質の動態の観測に非常に有効であり、直接個々の汚染分子を計測することはできないが、間接的には汚染分子の拡散状況もある程度推定できる。

(2) ラマン散乱による汚染分子成分の観測<sup>(5)(6)</sup>

東北大学の稲場、小林らによって、大気汚染分子の検出への利用が最初に提案されたレーザレーダである。ミイ散乱では、照射光と散乱光の波長は同じなので個々の汚染物質を区別することはできないが、各気体分子により個々の周波数だけ照射光よりずれた周波数の散乱光が生ずるラマン散乱を利用して、各気体分子のラマン散乱光を検出すれば、複数の気体分子の種類と量を一つのレーザ光源で同時に測定できる。さらにレーダ方式を用いて位置分解能を持たせることができるので、煙突口付近の汚染ガス濃度の実時間、遠隔計測に威力を発揮するものと考えられる。

しかしながら、ラマン散乱断面積は非常に小さな値なので環境濃度の測定はむづかしい。現在は背景光の制限のため使用が夜間に限られるが、将来強力な紫外光レーザが開発されれば昼間も使用できるようになると考えられる。ラマン散乱断面積は照射光の波長を被検出物質の共鳴吸収波長に合わせると非共鳴の場合の約10<sup>8</sup>倍程度大きくなるという現象、いわゆる共鳴ラマン散乱の利用の提案もある<sup>(7)(8)</sup>。

三菱電機では上記(1)と(2)の機能をあわせもつレーザレーダを昭和46年度に(株)公害気象研究所に製作納入し、大気汚染調査に威力を発揮している。

本文では、このレーザレーダの原理、構成、性能の概要について述べる。ちなみに上記レーザレーダはいずれも世界最初の製品であり、前者については米国電気電子学会(IEEE)および米国光学会(OSA)共催のレーザ応用に関する国際会議(CLEA)に招待論文として採択され、先進的技術であることを認められた<sup>(9)(10)</sup>。

## 2. 排煙監視用レーザレーダ——ミイ散乱およびラマン散乱によるレーザレーダ——

本章ではミイ散乱、ラマン散乱を用いたレーザレーダの一般的な原理と、この二つの機能を持ち昭和46年度に(株)公害気象研究所へ納入されたレーザレーダ排煙観測車の概要について述べる。

図2.1に示すこの観測車は、レーザレーダとしてミイ散乱、ラマン散乱の二つの機能を持ち、排煙の拡散状況、煙突の有効高さ、排煙中の汚染ガス濃度の測定を行なう。全装置が発電機を具備した中形バスボディにとり載されており、機動的測定に便利のように設計されている。

本装置は46年7月以来、排煙拡散、煙突有効高さの測定を業務として各地のコンビナートで行ない、多くの成果をあげている。また、汚染ガス濃度測定は、後に述べるようにラマン散乱光の選択に用いるフィルタのすそ(裾)の切れの問題のため、完全な動作が行なえなかったが、最近特性のよいフィルタを入手し所期の性能を発揮するようになったので、今後貴重なデータを収集することができるものと考えられる。

### 2.1 原理

本節ではミイ散乱およびラマン散乱を用いるレーザレーダの原理について述べる。

#### 2.1.1 ミイ散乱によるレーザレーダ

図2.2にレーザレーダの基本的構成を示す。図においてレーザビームが大気中を伝ばすると、大気中の微粒子、エアロゾルなどにより散乱され、受信望遠鏡の視野方向に散乱される光線は望遠鏡で集光され、レーザ光の波長の光線のみを透過し背景光を除くフィルタを通して光電子増倍管により、電流に変換されオシロスコープに表示される。

レーザ発振器のピーク出力を $P_0$ 、パルス幅を $\tau$ 、レーザ光の散乱される地点までの距離を $R$ 、大気中の散乱係数を $\beta$ 、受信望遠鏡の有効面積を $A_r$ 、送信望遠鏡、受信望遠鏡、フィルタのそれぞれの透過率 $T_s$ 、 $T_r$ 、 $T_f$ の積すなわち全光学系効率を $K$ とすると、距離 $R$ の地点よりの散乱光のうち光電子増倍管に入射する電力 $P_r(R)$ は、受信望遠鏡の視野内をレーザビームが通る範囲では、

$$P_r(R) = P_0 c \tau \beta K A_r e^{-2\beta R} / 8\pi R^2 \quad (2.1)$$

で与えられる。ここで $c$ は光速、大気中の透過率は散乱のみで決まると仮定している。このように受信電力が距離の2乗に反比例するのがレーザレーダの特長で図2.17のような $1/R^2$ で変化するようなエコーが得られる。

次にミイ散乱を用いる場合のシステム設計の基礎となり、検出感度の目安を与える最小検出感度について述べる。

検出器の発生する雑音 $P_{ND}$ は、 $B$ 、 $P_e$ をそれぞれ受信帯域幅検出器の等価雑音入力とすると次式によって表わされる。

$$P_{ND} = \sqrt{B P_e} \quad (2.2)$$

一方背景光による雑音電力 $P_{NB}$ は次式で与えられる<sup>(11)</sup>。

$$P_{NB} = \frac{\pi T_s T_r T_f \lambda_i \theta_R^2 A_r N(\lambda_L)}{4} \quad (2.3)$$

ここで、 $T$ は大気中の透過率 $\lambda_i$ はフィルタの透過帯域幅、 $\theta_R$ は受信



図2.1 レーザレーダ排煙観測車  
Mobile Laser Radar for stack effluent monitoring.

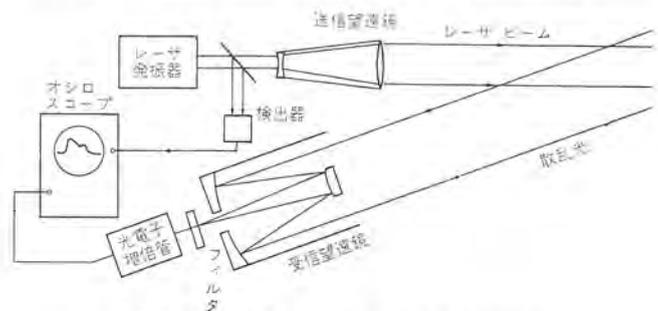


図2.2 ミイ散乱レーザレーダの基本的構成  
Schematic diagram of Laser Radar utilizing Mie scattering.

望遠鏡の視野、 $N(\lambda_L)$ はレーザ光波長での空の背景光量である。

さらに、レーザ光の光子のエネルギーが無視し得ない大きさであることによる最小検出可能電力の制限がある。すなわち、受信系の時間分解能あたり少なくとも1個の光電子が検出器に誘起される必要があるということで、そのときの受信電力 $P_{RES}$ は検出器の量子効率を $\eta$ 、レーザ光の光子エネルギーを $h\nu$ とすれば次式で与えられる。

$$P_{RES} = \frac{B h \nu}{\eta} \quad (2.4)$$

またいっそう実際的な受信電力のリミットとして検出器の負荷抵抗に生ずる電圧値の最低値で決まる値がある。その電圧値 $V_{min}$ に相当する受信電力 $P_V$ は次式で与えられる。

$$P_V = \frac{h \nu}{e G} \cdot \frac{V_{min}}{R_L} \quad (2.5)$$

ここで、 $R_L$ は負荷抵抗、 $e$ は電子の電荷、 $G$ は検出器の増倍率である。 $(eG/h\nu)$ は通常A/Wなる単位で表わされるRadiant Sensitivity  $S$ である。

式(2.2)から(2.5)の値を光源としてNd:YAGレーザの第二高調波を用いた時の代表的な値を用いて計算して見る。すなわち、 $B=30$  MHz、 $P_E=5 \times 10^{-15}$  W/ $\sqrt{\text{Hz}}$  (S-20光電面)、 $T=1$ 、 $T_r=0.6$ 、 $T_f=0.6$ 、 $\lambda_i=20 \text{ \AA}$ 、 $\theta_R=2$  mrad、 $N(\lambda_L)=9 \times 10^{-2}$  W/cm<sup>2</sup>·s· $\mu$ ·str (海拔0 mにおける、日中快晴時、天頂角45°方向の空の5,300  $\text{\AA}$ 付近の輝度)<sup>(11)</sup>、 $h\nu=3.7 \times 10^{-19}$  Joule、 $\eta=0.1$ 、 $R_L=500 \text{ \Omega}$ 、 $S=2,000$  A/W、 $V_{min}=5$  mV とすると、

$$P_{ND} = 2.7 \times 10^{-11} \text{ watt} \quad (2.6)$$

$$P_{NB} = 2.0 \times 10^{-7} A_r \text{ watt/m}^2 \quad (2.7)$$

$$P_{RES} = 1.1 \times 10^{-10} \text{ watt} \quad (2.8)$$

$$P_V = 5.0 \times 10^{-9} \text{ watt} \quad (2.9)$$

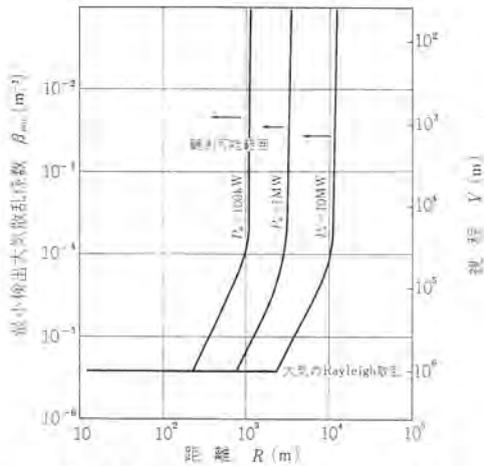


図 2.3 ミイ散乱レーザーレーダの検出感度  
Sensitivity of Laser Radar utilizing Mie scattering.

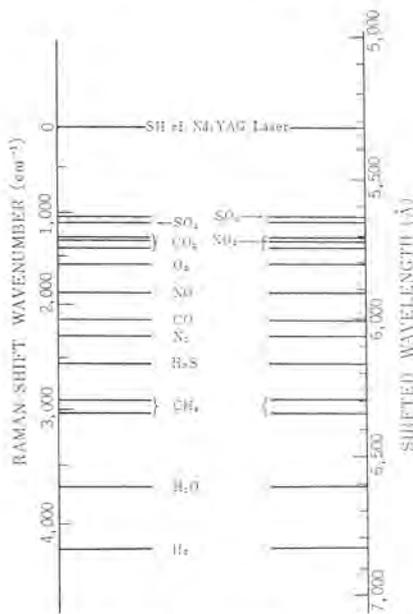


図 2.4 ラマン周波数シフトおよび Nd:YAG レーザ 第二高調波 (5320 Å) に対する ラマン 散乱光波長  
Raman shift and wavelength of Raman scattered light for SH of Nd:YAG laser.

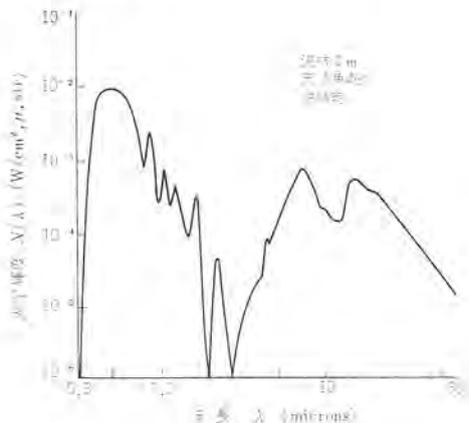


図 2.5 天空輝度  
Background sky radiance.

となり、 $A_r$  の実用的な範囲では  $P_{NB}$  が最も大きい。夜間の使用では  $P_V$  が最大となる。

したがってミイ散乱レーザーレーダの最小感度は、次のように決めら

れる。まず  $P_r(R) \geq P_{NB}$  でなければならないから式 (2.1) と (2.7) より、 $cr=3 \text{ m}$ 、 $T_l=0.8$  ( $K=0.28$ ) とすれば

$$\frac{\beta P_0 e^{-2\beta R}}{R^2} \geq 6.1 \times 10^{-9} \text{ watt/m}^2 \dots \dots \dots (2.10)$$

となり、 $P_r(R) \geq P_V$  にこの値を代入すると、

$$A_r \geq 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \dots \dots \dots (2.11)$$

となり、受信望遠鏡の大きさが決まる。この値は口径約 20 cm に相当する。ここで、式 (2.11) の  $A_r$  の値は  $P_{NB}$  と  $P_V$  が等しくなるような時の値であることに注目されたい。

式 (2.10) は  $P_0$  と  $R$  が与えられた場合、レーザーレーダで検出しうる散乱の強さの下限  $\beta_{min}$  を与える。また大気散乱係数  $\beta$  と大気散乱の視程  $V$  との間には近似的に次の関係がある。

$$V = \frac{3.92}{\beta} \dots \dots \dots (2.12)$$

レーザー出力  $P_0$  をパラメータとして検出可能な距離  $R$  と  $\beta_{min}$ 、 $V$  の関係を図 2.3 に示す。この図は  $P_0$  をパラメータとする線より左側の距離からなら、それに対応する散乱係数  $\beta$  の大気散乱エコーが受信できることを示している。大気散乱はレイリー散乱より小さくはならないから  $\beta$  はそれより大きい。一例として  $P_0=1 \text{ MW}$  ならば、 $\beta=10^{-4} \text{ m}^{-1}$ 、つまり  $V=39 \text{ km}$  という非常にすみきった大気でも、約 2.5 km のところからの大気のエコーを検出できることがわかる。その状態で  $\beta$  がそれより大きい煙などがあれば、それはさらに遠距離より観測できる。

### 2.1.2 ラマン散乱によるレーザーレーダ

ラマン散乱は分子を構成する原子が振動するとき、その振動数が分子固有のある一定の値になり、分子の分極率がその振動数で変化することにより生ずる。すなわち、そのような分子中を通過する電磁波は分極率、つまり誘電率が分子の固有振動数で変調された媒質中を透過することになり、入射した電磁波の周波数と固有振動との混合が生じ、和周波あるいは差周波の電磁波が生ずる。このときの和周波、差周波がラマン散乱において、入射光より短波長側あるいは長波長側に表われるいわゆる反ストークス線、ストークス線に相当する。このようにラマン散乱は量子力学的なパラメトリックな現象として解釈できる。

ラマン散乱は同一分子の一つの基準振動に対しても上記のような過程であるので、倍音に相当する波長での散乱がいくつも生じるが、強いのは一次のストークス線と呼ばれる入射光の周波数  $\omega_S$ 、分子の基準振動数  $\omega_R$  の差周波数  $\omega_S - \omega_R$  の周波数の散乱である。

各種の大気成分分子、汚染ガス分子の  $\omega_R$  を図 2.4 に示す。

次にラマン散乱を用いて汚染ガスを検出するのに使う光源の選択基準について述べる。

(1) 短波長の光源ほど大きなラマン散乱断面積が得られる。

ラマン散乱断面積  $\sigma_R$  (微分断面積) は次式で与えられ、

$$\sigma_R = \left( \frac{1}{2\pi\epsilon_0 c^2} \right)^2 \omega_S (\omega_S - \omega_R)^2 r_{0,1}^2 \alpha^2 \dots \dots \dots (2.13)$$

$\omega_S \gg \omega_R$  であるから  $\sigma_R \propto \omega_S^4$  となり、光源の波長の 4 乗に逆比例する。なお  $r_{0,1} \alpha$  はラマン分極率である<sup>(12)</sup>。

(2) 背景光は短波長ほど少ない。

後にも述べるようにラマン散乱は非常に微弱な現象であるため、背景光の検出能力への影響は非常に大きい。太陽光による地上での空の分光輝度は図 2.5 のように 4,000 Å、付近より短波長に向って減少し、2,950 Å より短波長の光は上層大気中のオゾンの吸収のため

非常に弱くなる<sup>(11)</sup>。このためラマン散乱光がこれより短い場合は、屋間でも使えるレーザラマンレーダが構成しうる可能性がある。

(3) ラマン散乱光の分離は長波長光源のほうがやりやすい。

レーザ光とラマン散乱光の波長は、レーザ光が長波長であるほど差が大きくなり分離しやすい。たとえばSO<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>のラマンシフトはそれぞれ1,151 cm<sup>-1</sup>, 1,286 cm<sup>-1</sup>と近接しており、燃焼排ガス中には後者は前者の100倍以上存在するので、分離が特に重要である。6,943 Åのルビレーザでは両者のラマン散乱光の波長差は78 Åであるのに対し、3,371 ÅのN<sub>2</sub>パルスレーザでは17 Åしかなくフィルタの分解能をあげなければならず、下記のような問題が生ずる。

散乱光の分離は干渉フィルタあるいは分光器を用いて行なうが、前者は4,000 Åより長波長でしか使用できない。一方分光器は十分分解能を上げて使用するため、スリット幅を狭くする必要があり、受信光の一部しかスリットを通すことができず、利用効率が落ちる。

さらにレーザ光が短波長になるとレイリー散乱、ミイ散乱も大きくなることに注意する必要がある。

(4) 検出器は短波長によいものがある。

検出器の感度としては、いわゆる量子効率が必要で、波長によっては、30数%に及ぶ高効率のものもあり、比較的短波長のほうが効率がよい。

上記の条件を考慮し、現在実用化されているレーザについて、その比較を行なったのが表2.1である。この結果と以下述べるレーザ排煙観測車がミイ散乱の検出にも使えるという条件から、Nd:YAGレーザの第二高調波を用いることに決めた。(1), (2)の条件のみ

表 2.1 ラマン散乱用光源としてのレーザの比較  
Comparison of lasers for light source of Raman scattering.

レーザ	波長 (Å)	出力エネルギー (E)	繰返し (f)	検出器量子効率 (η)	Figure of Merit E f η / λ <sup>3</sup>
Nd:YAGレーザの第二高調波	5320 Å	10 mJ	40 pps	0.07 (S-20)	1.86 × 10 <sup>-1</sup> (J/s · μ <sup>3</sup> )
ルビレーザの第二高調波	3472 Å	30 mJ	1 pps	0.15 (S-20)	1.08 × 10 <sup>-1</sup> (J/s · μ <sup>3</sup> )
窒素レーザ	3372 Å	0.3 mJ	100 pps	0.15 (S-20)	1.17 × 10 <sup>-1</sup> (J/s · μ <sup>3</sup> )

注(1) 表2.1でFigure of Meritとして1/λ<sup>3</sup>に比例する量を使用したのは、式(2.13)のラマン散乱断面積が電力に対するものであり、実際には光子数法という受信光子数に比例する信号を得る検出法を使用するため、光子数に対する散乱断面積として1/λ<sup>3</sup>に比例する量を取ったためである。

で選択すれば、Arイオンレーザの第二高調波2,572 Å, Nd:YAGレーザの第4高調波, 2,660 Å, Neイオンレーザの2,678 Åなどがある。すぐに使用できるような発振器の開発状況ではないし、分光技術の問題もあるが、十分大出力のものができれば屋間でも使用することも期待される。

次に、ラマン散乱を用いたレーザレーダ、すなわちレーザラマンレーダの検出感度について述べる。σ<sub>R</sub>の値は10<sup>-30</sup> cm<sup>2</sup>/sr程度に非常に小さな値であるため、検出法として同期光子計数法という高感度検出方式を使用する。

図2.6は同期光子計数方式の受信系を持つレーザラマンレーダのブロック図である。この図においてレーザはパルスあたりEなるエネルギーを発生する。これにより検出器の出力として受信されるラマン散乱光の光子数n<sub>R</sub>は次式で与えられる。

$$\bar{n}_R = \eta E_N n_0 \sigma_R L K \cdot K' A_r T(\lambda_L) T(\lambda_R) / h\nu_L R^2 \dots \dots \dots (2.14)$$

ここで各記号は次のような量で、特に記してないものは2.1.1項と同じである。

- N̄: 汚染ガス濃度 (ppm)
- n<sub>0</sub>: 標準状態の気体1 m<sup>3</sup>中の1 ppmの分子数 (2.68 × 10<sup>19</sup>/m<sup>3</sup>)
- L: 排煙中のビーム光路長
- K': 光電子計数率 (光電子増倍管の出力パルスは振幅分布を持っており、暗電流ノイズ、回路ノイズ除去のために設けるゲートレベルのため一部の出力パルスが計数されない。総出力パルスに対する被計数パルスの割合)
- T(λ<sub>L</sub>), T(λ<sub>R</sub>): レーザ光波長λ<sub>L</sub>, 散乱光波長λ<sub>R</sub>における大気透過率

hν<sub>L</sub>: レーザ光の光子のエネルギー  
式(2.14)よりE, R, L, n<sub>R</sub>の測定を行えば、他の量はあらかじめ測定可能な量であるから、N̄を知ることができる。しかし窒素のように大気中で一様な濃度を持つガスについても同時にn<sub>R</sub>を測定してやれば、式(2.14)のうちE, A<sub>r</sub>, T(λ<sub>L</sub>), T(λ<sub>R</sub>), L, Rなどは共通の値となるので、N̄, η, σ, K, n<sub>R</sub>の値を汚染ガスに関する量には1, 窒素ガスに関する量に対しては2という添字を付けてそれぞれ表示すると、両者の濃度の間には次式が成立し、N̄<sub>0</sub>は既知(約8 × 10<sup>5</sup> ppm)であるから、

$$\frac{\bar{N}_1}{\bar{N}_2} = \frac{\eta_2}{\eta_1} \cdot \frac{\sigma_{R2}}{\sigma_{R1}} \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{\bar{n}_{R1}}{\bar{n}_{R2}} \dots \dots \dots (2.15)$$

η, σ<sub>R</sub>, Kをあらかじめ測定しておけば、汚染ガス濃度N̄<sub>1</sub>は容易に式(2.15)より算出される。

さてかくして受信される散乱光子数n<sub>R</sub>は、非常に小さな値であるからレーザ光を多数回発射してn<sub>R</sub>を積算しなければならない。またこのとき背景光による雑音成分も含まれるので、そのぶんを差しひく必要がある。

図2.6において信号カウンタおよび雑音カウンタとは、それぞれ信号と雑音とをカウントするカウンタで、図2.7のように信号カウンタのカウントの中には雑音分も含まれているので、最後に信号カウンタのカウントから、雑音カウンタ

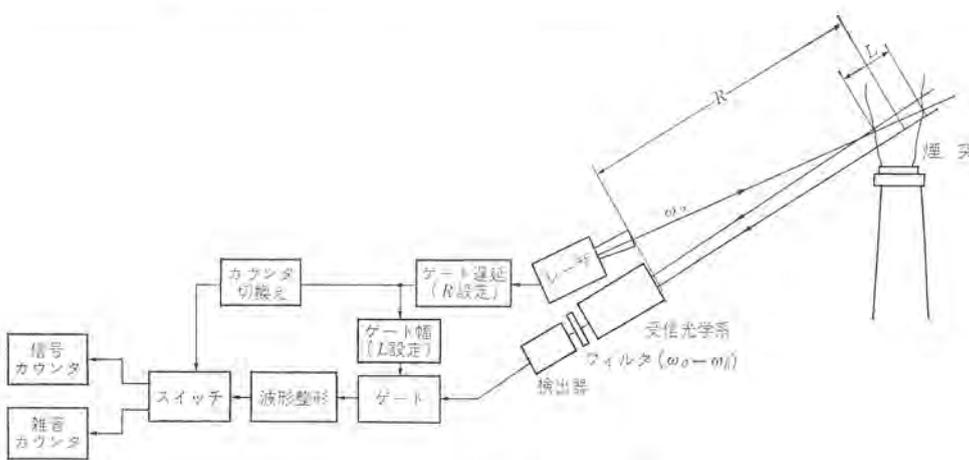


図 2.6 レーザラマンレーダのブロック図  
Schematic diagram of Laser-Raman Radar.

のカウントをひくことにより正味の信号カウントが得られる。雑音カウンタの入力は、信号が入るべき時間から一定時間後に信号カウンタと同じゲート幅でゲートをあけ、そのときスイッチは雑音カウンタのほうへ切りかわるようにしてある。このようにして、 $N$ 回レーザー光を発射したときの信号のカウント、および雑音のカウントをそれぞれ  $n_S$  および  $n_B$  とすると信号対雑音比  $S/N$  は

$$S/N = \frac{n_S}{\sqrt{n_S + 2n_B}} \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

で与えられ、 $n_S$  および  $n_B$  はそれぞれ  $\bar{n}_R$  および背景光の単位時間あたりの平均光子数  $N_N$  との間に  $\tau_g$  をゲート幅として、

$$\begin{cases} n_S = N\bar{n}_R \tau_g & \dots\dots\dots(2.17) \\ n_B = N_N \tau_g & \dots\dots\dots(2.18) \end{cases}$$

なる関係がある。すなわち

$$S/N = \frac{\sqrt{N}\bar{n}_R}{\sqrt{\bar{n}_R + 2N_N}} \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

である。これよりレーザー発射回数  $N$  を大きくとり、 $\tau_g$  をなるべく短かくとることが  $S/N$  改善の指針であることがわかる。

例として Nd:YAG レーザの第二高調波を用いて  $SO_2$  を測定するのに、表 2.2 のような値の諸元を使った場合に期待される  $S/N$  を背景光  $N_N$  をパラメータとして、 $R^2/\bar{N}$  に対してプロットしたのが図 2.8 である。日没になれば  $N_N$  は  $10^4 \sim 10^5$  個/秒になるから、 $\bar{N} =$

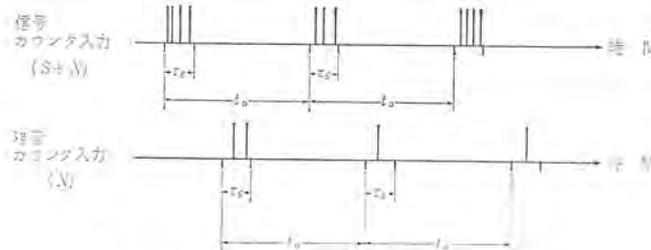


図 2.7 同期光子計数方式の動作  
Diagram of synchronous single photoelectron counting techniques.

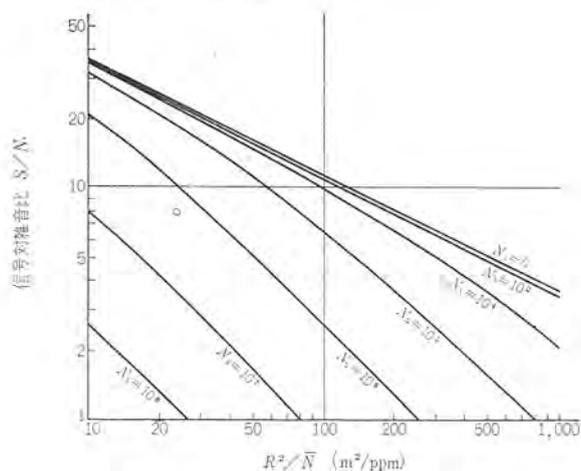


図 2.8 レーザラマンレーダの予想性能  
Calculated performance of the Laser-Raman Radar.

表 2.2 レーザラマンレーダの数値例  
Numerical example of Laser-Raman Radar.

$E$	10 mJ	$K$	0.1
$h\nu_L$	$3.7 \times 10^{-19}$ J	$A_r$	$0.16 \text{ m}^2 (50 \text{ cm} \phi)$
$N$	$10^4$	$T(\lambda_R)T(\lambda_L)$	1
$\tau_g$	$10^{-7}$ s	$L$	9 m
$\eta$	0.07		

400 ppm,  $R=200 \text{ m}$  ( $R^2/\bar{N}=10^2$ ) で  $S/N$  は 7~10 とれる。煙突の高さは 100 m 前後のものが多く、普通の重油を燃焼した場合、100~2,000 ppm の  $SO_2$  が含まれるから上記の値で十分な検出能力を有することがわかる。

## 2.2 レーザレーダ排煙観測車の概要

このレーザレーダ排煙観測車は、図 2.1 に示したように中形バスボディに電源を含む全装置がとう載されている。レーザレーダ部分のブロック図を図 2.9 に示す。送受信望遠鏡、レーザ発振器など光学部分は図 2.10 のように回転台上にマウントされ、測定ときは油圧ジャッキにより押し上げられて、前後に開くバスの天井の開口より外部に出るようになっている。

車体下部には 4 本のジャッキが装備され、測定時車体がゆれて測定方向が狂うことのないよう配慮されている。レーザレーダ、油圧ジャッキなどは、車体後部に積載されている発動発電機により駆動される。排煙観測に適した位置に車体を任意に移動させて観測を行なうためには、電源の自蔵が不可欠である。

表 2.3 はレーザレーダ測定車の主要諸元である。表 2.4 に各部の性能をまとめた。

次にサブシステムの中で、特に重要なレーザ発振器とラマン散乱光用フィルタについて述べる。

レーザ発振器は図 2.11 に示すような構造で、ポツケルセルにより Q-スイッチされた Nd:YAG レーザの出力を温度コントロールされた B

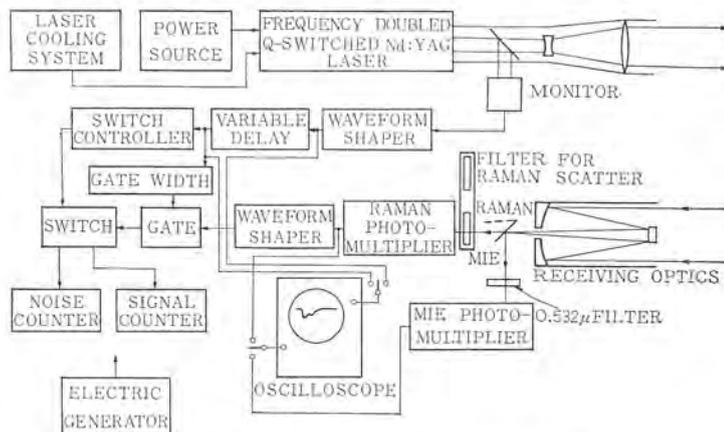


図 2.9 レーザレーダ排煙観測車のブロック図  
Schematic diagram of mobile Laser Radar for stack effluent monitoring.

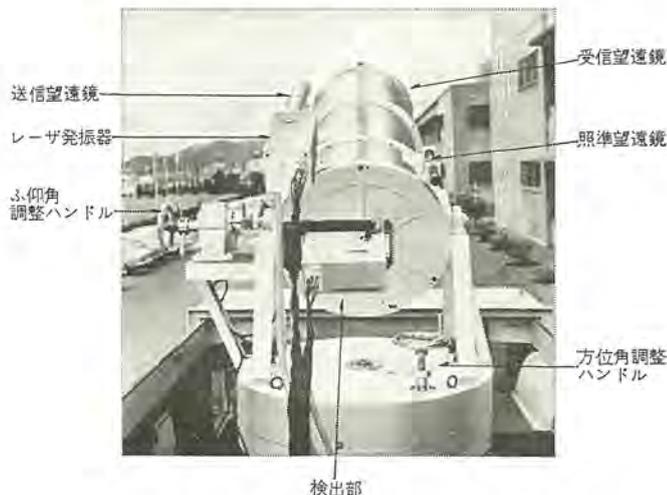


図 2.10 レーザレーダ排煙観測車の光学系  
Optics of mobile Laser Radar for stack effluent monitoring

表 2.3 レーザレーダ 排煙観測車の主要諸元  
Principal design parameters of mobile Laser Radar  
for stack effluent monitoring.

測定機能 (表示)	1. ミイ散乱による排煙流、逆転倒などの観測 (A-スコープ) 2. ラマン散乱による排煙中の SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 濃度測定 (デジタル表示)
レーザー発振器	Q-スイッチ Nd:YAG レーザの高二高調波
レーザー波長	5,320 Å
レーザー出力	10 mJ shot 以上 (40 Hz)
レーザー繰返し	40 Hz
受信光学系	50 cmφ カセグレン望遠鏡
回転台	ふぎょう角 -5°~+80° 回転角 -180°~+180°
観測波長	5,320 Å (ミイ散乱) 5,667 Å (SO <sub>2</sub> ラマン散乱) 5,910 Å (NO ラマン散乱) 6,073 Å (N <sub>2</sub> ラマン散乱)
電源	100 V 60 Hz

表 2.4 レーザレーダ 排煙観測車光学系性能  
Optical Performance of mobile Laser Radar  
for stack effluent monitoring.

(1) レーザ発振機

レーザー結晶	Nd:YAG 6φ×75 lmm <sup>3</sup>
Q-スイッチ	ホックルスセル
てい(通)倍結晶	BNN 5×5×5 mm <sup>3</sup>
繰返し	単発および 40 Hz
出力	30 mJ 以上 (単発) 14 mJ 以上 (40 Hz)
パルス幅	10 ns

(2) 光学系効率

	寸法	単体透過率	半値幅	総合透過率	Mie 光除去比
送信望遠鏡	8 cmφ	79%	—	—	—
受信望遠鏡	50 cmφ	62%	—	—	—
5,320 Å (Mie)	—	58%	20 Å	28%	—
5,667 Å (SO <sub>2</sub> )	—	44%	4.4 Å	9.3%	1.3×10 <sup>11</sup>
5,910 Å (NO)	—	59%	4.3 Å	14.6%	2.0×10 <sup>11</sup>
6,073 Å (N <sub>2</sub> )	—	90%	23 Å	28.4%	2.2×10 <sup>9</sup>

NN 結晶を用いて第二高調波に変換している。図 2.12 は、ポンプ入力に対する第二高調波出力を示す。この場合の変換効率は 20% を越える高い値となっている<sup>(13)</sup>。図 2.13 で、40 Hz で発振させたほうが Single Shot の場合よりも効率よくなっているのは、YAG ロッドの熱レンズ効果が発振のモード体積を増すように働いているためと考えられる。図には示していないが、40 Hz で発振させたとき、さらに入力を加えると出力は飽和し、ついで減少してくる。これは YAG ロッドの熱ひずみ(歪)による複屈折によるもので、本装置のように直線偏光の出力を得る発振器では避けられない現象の一つである。

次にラマン散乱光用のフィルタについて述べる。先にも述べたように、SO<sub>2</sub> の散乱光は CO<sub>2</sub> の散乱光の波長は互いに近接しており、また CO<sub>2</sub> のラマン散乱の O-ブランチ成分は、SO<sub>2</sub> のラマン散乱スペクトル側へ伸びている。しかも排煙中には CO<sub>2</sub> は約 10% は含まれるから、SO<sub>2</sub> の濃度は 100 分の 1 以下の濃度でしかない。したがって SO<sub>2</sub> のラマン散乱光を選択するフィルタは、十分すその切れのよいものでなければならない。

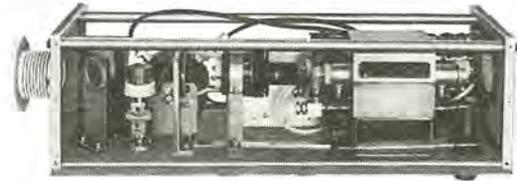


図 2.11 Nd:YAG レーザ発振器  
Nd:YAG laser oscillator.

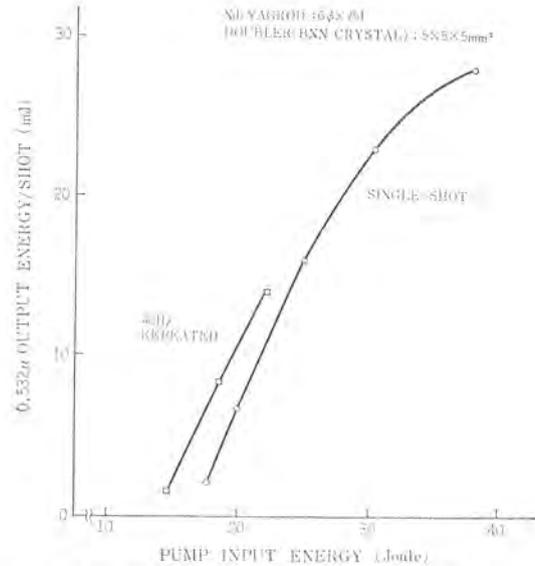


図 2.12 レーザ発振器入出力特性  
Output energy of the frequency-doubled Nd:YAG laser.



図 2.13 レーザ光を発射中のレーザレーダ 排煙観測車  
Mobile Laser Radar for stack effluent monitoring  
while emitting laser beam.

計算によれば、国産品では 2 枚の干渉フィルタを重ねても濃度比が SO<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>=1:100 のとき、SO<sub>2</sub> チャネルの信号のうち約 40% が散乱光のまわりこみとなり、別に CO<sub>2</sub> 濃度もはからなければならない。しかし最近入手した米国 I 社のフィルタではこの CO<sub>2</sub> のまわりこみは約 0.6% にしかならず有用である。

2.3 レーザレーダ 排煙観測車による測定結果

このレーザレーダ測定車は、完成以後、鹿島、水島、防府などのコンビナートにおける大気汚染調査に排煙拡散観測に欠かせない測定装置として、貴重なデータを数多く収集してきた。以下その調査のデータの一部も含めて、レーザレーダ 排煙観測車の性能について述べる。図 2.13 はレーザ光を発射中のレーザレーダ 排煙観測車である。

なお、ラマン散乱による汚染ガス濃度の測定は、先に述べたよう

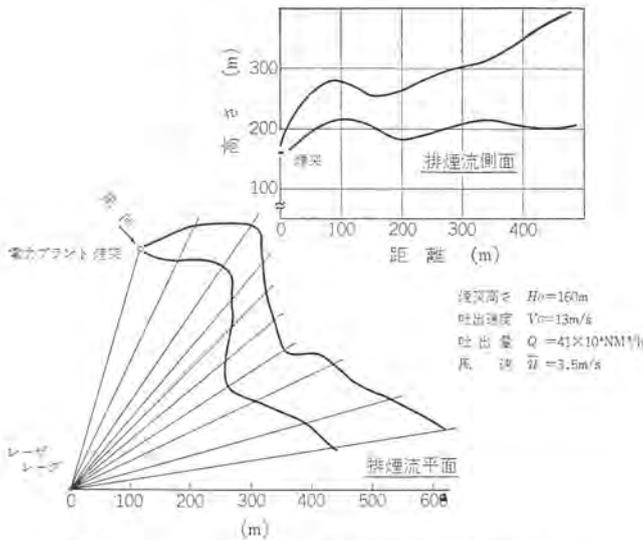


図 2.14 ミイ散乱による排煙流観測 (1) 電力プラント  
Observation of stack effluent by Mie scattering (1) power plant

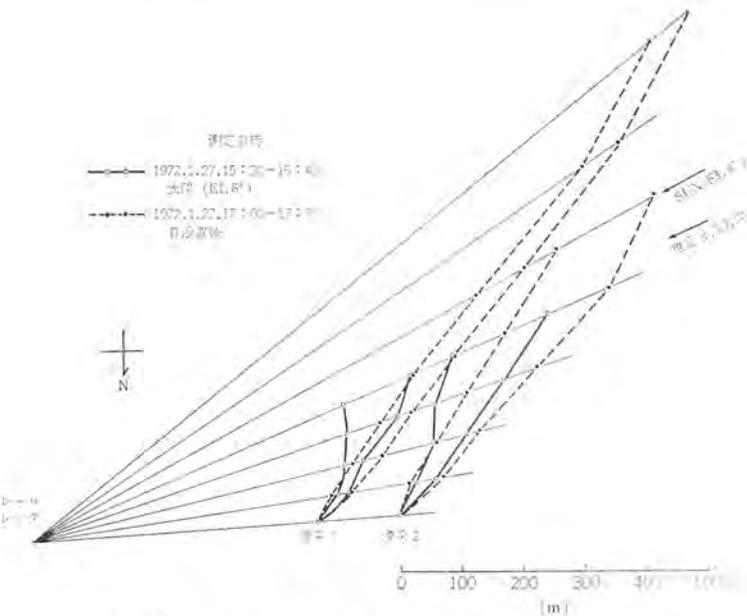


図 2.15 ミイ散乱による排煙流観測 (2) 排煙流観測における太陽光の影響  
Observation of stack effluent by Mie scattering (2) Influence of sun light on observation of stack effluent.

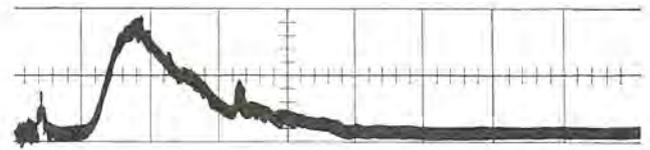
にラマン散乱光選択用フィルタとして十分な特性を持つもの国産品はなく、使用可能な品物はごく最近入手したばかりでまだ測定データが少ないことをおことわりしておく。

### 2.3.1 ミイ散乱による排煙観測

ミイ散乱による排煙の観測の代表的な手法は、いくつかの azimuth 方向で elevation 角度を変化して排煙流断面を切り、そのレーザーレーダーエコーの A-スコープ像を写真記録しておき、計算機を用いてデータ処理し、排煙拡散の主要パラメータである拡散幅  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ , 最大着地濃度  $c_{max}$ , 煙突の有効高さ  $h_0$  などを算出し、かつ排煙流の外形を知るといふものである<sup>(4)</sup>。

図 2.14 はある発電プラントの排煙流のデータを処理して得た外形で、煙突の有効高さや排煙流の広がりがよくわかる<sup>(4)</sup>。

図 2.15 は太陽が観測方向の近くにあるとき、どの程度まで観測が可能かを見た例で、450 m 程度の距離にある高さ約 30 m のこの



樹軸 150 m/div 270 m 500 m 付近に排煙のエコーが見える。図は 6 ショットの多重露出を行なっている

図 2.16 ミイ散乱エコーの例  
An example of Mie scattering signal.

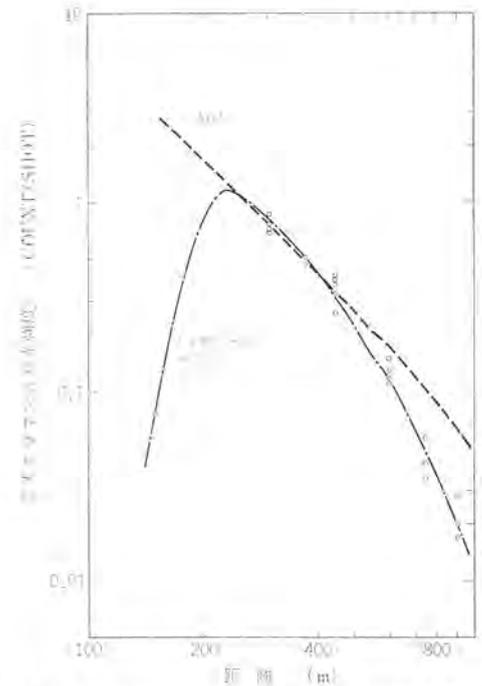


図 2.17 大気中の窒素によるラマン散乱光強度  
Raman scattering with atmospheric nitrogen.

煙突の場合、太陽と  $7^\circ$  の所まで観測が可能であった。図 2.16 はそのときの A-スコープ像である。

図 2.16 からわかるように、日中の観測であるにもかかわらず、非常に雑音が少なく  $S/N$  が良好である。しかも受信望遠鏡の受光面積は、式(2.11)に与えられている値より 6 倍以上大きい  $1.6 \times 10^{-1} \text{ m}^2$  である。これは  $S/N$  を十分取って動作させるように、検出用の光電子増倍管の印加電圧を下げ、感度を 20 A/W 程度にして使用しているためで、このレーザーレーダーの検出感度はまだまだ余力があり、図 2.13 の距離が限界ではない。

### 2.3.2 ラマン散乱によるガス濃度の測定

レーザーラマンレーダーとしての機能をチェックするには、大気中で最も大量にあり、かつ濃度の不均一さがないと考えられる窒素ガスのラマン散乱光を受信してみるのが最も確実である。窒素ガスは 2.1.2 項でも述べたように、汚染ガス濃度算出の基準ともなる。

図 2.17 は視程 15 km のときの大気窒素のラマン散乱測定値で、一点鎖線はラマン散乱測定の前後に測定したミイ散乱光の強度を  $R = 233 \text{ m}$  の値で規格化した値で、ラマン散乱の強度とよく一致している。また破線は次のような実験パラメータを式(2.14)に代入して求めた値で、視程の値は式(2.12)を用いて  $T(\lambda_L)$ ,  $T(\lambda_R)$  の値を算出している。

$$\eta = 0.069, n_0 = 4.1 \times 10^{16} \text{ 個/shot}, K = 0.041, K' = 0.59, A_r = 1,600 \text{ cm}^2, L = 18 \text{ m}, \bar{N} = 8 \times 10^5 \text{ ppm},$$

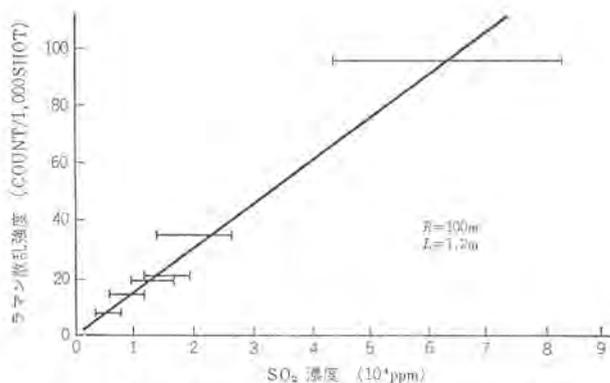


図 2.18 レーザラマンレーダによる SO<sub>2</sub> の検出実験結果  
Experimental results of detection of SO<sub>2</sub> with  
Laser-Raman Radar.

$$\sigma_R(N_2) = 2.25 \times 10^{-31} \text{ cm}^2/\text{sr}^{(13)}$$

図からわかるように、計算結果と測定結果とは 300~450 m の範囲で非常によく一致している。それ以外の距離でのずれは、ラマン散乱光強度とミイ散乱光強度の一致がよいことから、近距離では受信光学系の有効面積の減少、遠距離では送信と受信の光軸のずれによるものと考えられる。光軸のずれは実験を行なった場所が、建物のかげで直視できる約 200 m はなれた所にあった物体で送受信の光軸あわせをやったためと推定される。

次に SO<sub>2</sub> に対する感度を確かめるために、次のような実験を行ない、予想の正しいことを確認した。

レーザレーダより 100 m の距離の地点に、長さ 1.2 m、両端面に直径 30 cm の開口を持つ長方形の箱に SO<sub>2</sub> ガスを流し、流量の調節により SO<sub>2</sub> 量を加減した。レーザビームは箱の開口を通るようにして、箱にビームがあたりその強い散乱光がラマン散乱光受信チャンネルにまわりこまないようにした。その実験結果を図 2.18 に示す。直線は式 (2.14) に表 2.4 の値、文献 (10) の  $\sigma_R$  を用い、さらに 100 m では受信望遠鏡の有効面積が減少することも考慮して計算した値で、実験値とよく一致している。

### 3. む す び

大気汚染観測用レーザレーダのうち、ミイ散乱およびラマン散乱を利用したレーザレーダの原理、および当社鎌倉製作所で昭和 46 年度に製作し(株)公害気象研究所に納入した、上記二つの機能をあわせ持ち、中形バスに積載され観測に機動性を持たせたレーザレーダ排煙観測車の概要と測定結果とについて述べた。

レーザ技術は着実に進歩しており、レーザレーダが公害監視システムの一翼をになうに近い。

終わりに、レーザレーダ排煙観測車の製作にあたり、ご指導いただいた東北大学電気通信研究所 稲場文男教授 小林喬郎助手、(株)公害気象研究所 金清勝応社長、ならびに製作に協力された関係各位に深謝いたします。

### 参 考 文 献

- (1) 稲場：OHM, 58, No. 11, 1 (昭 46)
- (2) R. T. H. Collis, et al. : Nature, 203, 1274, (1964)
- (3) 稲場ほか：信学論文誌, 51-B, 419 (昭 43)
- (4) 小松ほか：公害と対策, 7, 241 (昭 46)
- (5) H. Inaba, T. Kobayashi : Nature, 224, 170 (1969)
- (6) ————— : Proc. IEEE, 58, 1568 (1970)
- (7) 稲場：応用物理, 40, 1261 (昭 46)
- (8) 小林, 稲場ほか：信学量子エレクトロニクス研究会資料, QE70-26, (昭 45)
- (9) S. Nakahara et al. : Invited paper of 1971 CLEA, 19-2, IEEEJ. QE, QE-7, 325 (1971)
- (10) 中原, 伊東：信学全国大会予稿集, S7-12 (昭 46)
- (11) W. K. Pratt : Laser Communication Systems, (1968) John Wiley & Sons, Inc
- (12) E. J. Stansbury et al : Can. J. Phys. 31, 954 (1953)
- (13) 伊東尚ほか：信学全国大会予稿集, No. 915 (昭 47)
- (14) 小松進氏 (公害気象研究所) のご好意による。
- (15) D. G. Fouche et al : APL, 18, 579 (1971)

## 自動車排気ガス用 窒素酸化物連続測定の研究

森川 允弘\*・吾妻 健国\*\*

A Study on Continuous Measurement of Nitric Oxide  
in the Can of Automobile Exhaust GasFukuoka Works Masahiro MORIKAWA  
Central Research Laboratory Kenkoku AZUMA

Studies have been made, through the NDUV method, on the continuous measurement of the concentration of total nitrogen oxides in the test specimen by using  $I_2O_5$  and turning nitric oxide to nitrogen dioxide in the exhaust of motor car or in the flue. As a result a test apparatus has been manufactured for trial. The apparatus working on this principle is provided with a catalytic oxidation chamber in which hydrocarbons, carbon monoxide and hydrogen are removed in advance, thus being capable of measuring the concentration in the range from several tens of ppm to below 100 ppm without erroneous response of coexisting components. The test apparatus is found to have the following performance that: after absorbing the test specimen the time required to indicate 90% of the true value is about 7.4 s; the reproductivity of response is within  $\pm 1.5\%$ , the zero drift is from 0.6% for two hours (when the full scale is 5,000 ppm) to 4% (when the full scale is 200 ppm) depending on the full scale.

## 1. ま え が き

近年、日本でも東京や大阪などの大都市郊外で光化学スモッグが発生し始め、この反応に関与する窒素酸化物、 $NO_x$ の排出基準の強化が促進されつつある。 $NO_x$ の発生源としては総排出量の約60%が重油ボイラ、残りの大部分が自動車からの排出ガスであるといわれている。大気中の $NO_x$ としてはNOと $NO_2$ が大部分であり、両者の毒性に関しては $NO_2$ のほうが5倍ほど強いものとして取扱われている。 $NO_x$ はそれ自身1 ppm以下の低濃度であっても長時間被ばく(曝)すると人体に有毒であるが、大気中では一定条件下でオレフィン等の不飽和炭化水素と光化学的に反応し、さらに毒性の激しいオキシダント(オゾンやPAN等の有機過酸化物の総称)を生成することは、すでに周知の事実である。したがって $NO_x$ に対しても $SO_2$ 並みのきびしい排出基準が設けられても当然のことである。

$NO_x$ の測定は、環境濃度(数ppbから数十ppb)を検出する場合と、自動車排気ガス(数十ppmから数千ppm)や煙道ガス(数百ppm前後)などの発生源での高濃度の $NO_x$ を検出する場合とがあるが、前者では通常ザルツマン試薬等を用いた比色法が適用され、30分ないし1時間にわたるサンプリングをおこない、その間の平均濃度を検出している。自動車排気ガス中の $NO_x$ を測定する場合には、応答の速い連続測定が要求され、主成分であるNOの検出には非分散形赤外分析計法(以後NDIR法と略記)、NOと共存する $NO_2$ の検出には非分散形紫外分析計法(以後NDUV法と略記)が用いられている。煙道ガスを対象とする場合には、比色法( $NO+NO_2$ を検出できる)またはNDIRおよびNDUV法が併用されているようである。

NDIRは純物理的な測定機で試料の化学的処理が不要、応答が迅速である等のすぐれた特長があるが、一般に水蒸気や炭化水素が共存すると干渉を示し、NO測定用のNDIRでは特に水蒸気の防湿吸収が大きい。具体的な干渉度の測定例を表1.1に示した。表によるとやはり水蒸気の干渉が特に大きく、したがって試料の脱湿の度合いによって測定値が大幅に変動するという欠点がある。

表 1.1 NDIR に対する共存ガスの干渉  
Erroneous responses of NDIR for coexisting gases.

干 渉 ガ ス	濃 度 %	NO相当指示値 ppm
CO	9.0	8.0
CO <sub>2</sub>	10.0	8.0
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.5	36.4
n-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	1.0	50.5
H <sub>2</sub> O	(25°C) <sup>1)</sup>	522.0
H <sub>2</sub> O	(0°C) <sup>2)</sup>	131.0
CH <sub>4</sub>	0.1	46.2
NO <sub>2</sub>	0.1	7.6

注) 1) 飽和蒸気圧 4.58 mmHg  
2) 飽和蒸気圧 23.76 mmHg

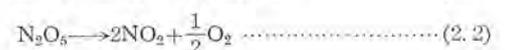
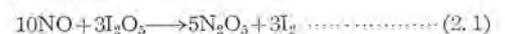
われわれは、自動車排気ガスや煙道ガス中の全 $NO_x$ 濃度測定用に $I_2O_5$ を酸化剤として用いた新規なNDUV法を検討してきた。この方法は一定条件下でNOを $I_2O_5$ と反応させ $NO_2$ とし、もともと含有されている $NO_2$ との合計量をNDUV法で測定する方法である。

試料中にCOや $H_2$ 、炭化水素が共存すると $I_2O_5$ と反応し、 $I_2O_5$ の消耗を早めるとともに、 $I_2O_5$ のNO酸化活性を低下せしめるので、あらかじめそれらを触媒で酸化除去する接触酸化室を設けた。

この方法に基づく試作機を製作したが、性能としては、不感時間:約3.4秒、応答後真値の90%を指示するための所要時間:約4秒、指示値の再現性:フルスケールの $\pm 1.5\%$ 、ゼロ点変動:2時間あたり4%以下、であった。零点変動等に関しては今後改良を要するが、他の性能は大体満足のゆくものであるのでここに報告する。

2.  $I_2O_5$  酸化による NDUV 法の原理

$I_2O_5$ は一定条件下で次のような気相-固相反応によってNOを $NO_2$ に酸化する。



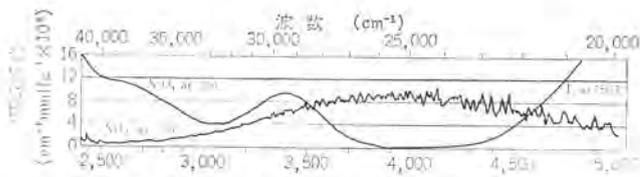


図 2.1 NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> および I<sub>2</sub> 蒸気的光吸収スペクトル  
Optical absorption spectra of NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and I<sub>2</sub> vapor.



式(2.1)で生成する N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> は熱的に不安定で、式(2.2)によって 0.2 秒間に、150°C では 76%、165°C では 99% までが NO<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> に分解する。式(2.3)の NO<sub>2</sub> と N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> との間の化学平衡は瞬間的に達成されるが、平衡は低濃度、高温度になるほど NO<sub>2</sub> 側に移行する<sup>(1)</sup>。しかし、どんなに高濃度であっても温度が 130°C では 98% 以上、150°C 以上では全て NO<sub>2</sub> となる。温度がさらに高くなり、180°C 以上になると式(2.4)によって NO<sub>2</sub> が NO に分解し始める。したがって NO と I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> とを反応させて生成する窒素酸化物をすべて NO<sub>2</sub> の形にして測定したい場合には、反応系および測定系を 150°C から 180°C の間の温度にすることが必要である。

NO<sub>2</sub> は図 2.1 に示したように、紫外から可視光領域にわたってかなり強い吸収スペクトルを有しており、スペクトルの形状およびモル吸収係数はほとんど温度に依存しないという特長をもっている<sup>(2)</sup>。式(2.1)によって副生する I<sub>2</sub> 蒸気は、150°C では図 2.1 に併記したような吸収スペクトルを有し、そのモル吸収係数は、温度上昇とともにやや増大する<sup>(3)</sup>。図から明らかなように、I<sub>2</sub> 蒸気的光吸収係数は、430 mμ 以上で波長が長くなると急激に増大するが、400 mμ 以下では小さい。NO<sub>2</sub> を 360 mμ 近辺で測定すれば、165°C における NO<sub>2</sub> の吸収係数は I<sub>2</sub> 蒸気のそれの約 240 倍 [式(2.1)によって NO<sub>2</sub> と I<sub>2</sub> との生成割合を考慮すれば約 800 倍] となり、I<sub>2</sub> 蒸気の干渉は、実質的に無視することができる。なお試料中の可燃成分 (CO, H<sub>2</sub> および炭化水素等) を除去するため、試料と酸素とを 3 対 1 の容量比で混合し、触媒を充てんした接触酸化室に混合ガスを通した後、I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> を充てんした反応室に導入する方式を採用した。したがって接触酸化が完全におこなわれている間は、共存成分による妨害吸収は考慮しなくてもよいことになる。

### 3. I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> と NO との反応条件の検討

NO を I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> と反応させ、定量的に NO<sub>2</sub> に酸化するための反応温度空間速度等の検討をおこなうとともに、NO<sub>2</sub> を光学的に検出するための好ましい測定条件を決定した。実験に用いた装置の配列を図 3.1 に示した。

#### 3.1 反応室温度および光学セル温度の検討

図 3.1 の光学セルの温度を 165°C、I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> を充てんした反応室を試料が通過する際の空間速度を 9,100 h<sup>-1</sup> とし、試料に窒素中の NO 510 ppm を含有した標準ガスを用いた場合の、各反応室温度に対する生成 NO<sub>2</sub> に基づく光吸収率の実測値、および光吸収率から計算した NO の NO<sub>2</sub> への変換率 (最大光吸収率を与える温度での変換率を 100% とした) を図 3.2 に示した。図より、反応温度が 120°C から 180°C であるとき、NO の NO<sub>2</sub> への変換が完全におこなわれていることが分る。次に応答速度に及ぼす反応室温度または光学セル温度の影響を測定して図 3.3 に示した。ここで応答速度とし

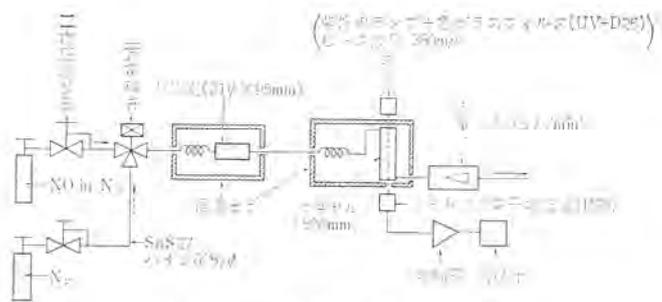


図 3.1 実験装置のブロック図  
Block diagram of experimental apparatus.

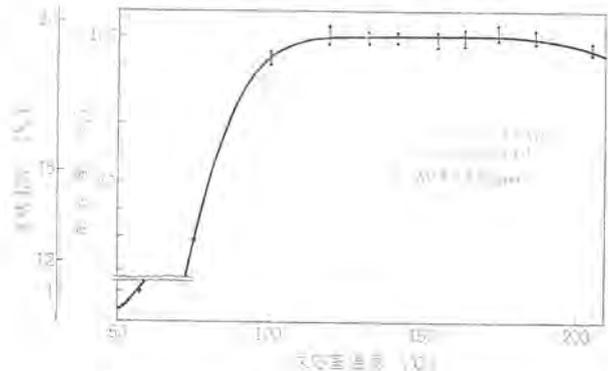


図 3.2 反応室温度と吸収率および酸化率  
Percent optical absorptions and oxidations at various reaction cell temperatures.

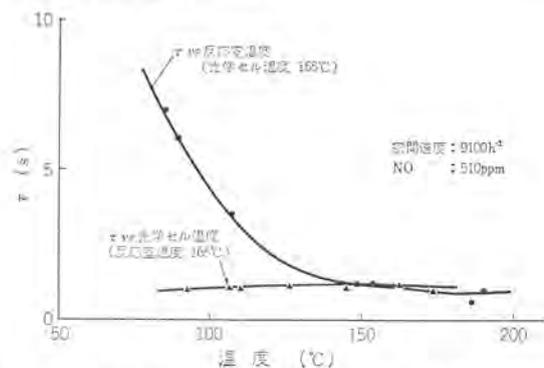


図 3.3 応答時間 (τ) と反応室温度 (または光学セル温度)  
Effect of reaction cell temperature or optical absorption cell temperature on response times.

ては、記録計が動作し始めてから平衡時の指示値の 90% 相当の値を示すまでの時間をとった。図によると、応答速度は光学セル温度にはほとんど依存しないが、反応室温度には大きく依存し、反応温度が高いほど迅速な応答を示し、150°C 以上では約 1 秒になる。この反応温度に対する傾向は、I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> による NO または生成した N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> や NO<sub>2</sub> の物理吸着が、温度の上昇とともに減少するためであると考えられる。

次に、反応室温度と光学セル温度を 160°C、試料流速を毎分 5 l とし、反応室中の I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 充てん量を増減させて、光吸収率の空間速度依存性を測定して図 3.4 に示したような結果を得た。図によると、光吸収が一定な領域は空間速度 13,000 h<sup>-1</sup> 以下である。13,000 h<sup>-1</sup> 以上になると、NO が定量的に NO<sub>2</sub> に酸化されなくなるために光吸収率が低下する。また、反応室温度を 160°C、試料を NO 510 ppm 含有標準ガス、空間速度を 9,100 h<sup>-1</sup> とし、光学セル温度と光吸収率との関係を測定して、図 3.5 のような結果を得た。実測値は、NO<sub>2</sub> のわかる吸収係数が温度に依存しないとして得られる理論

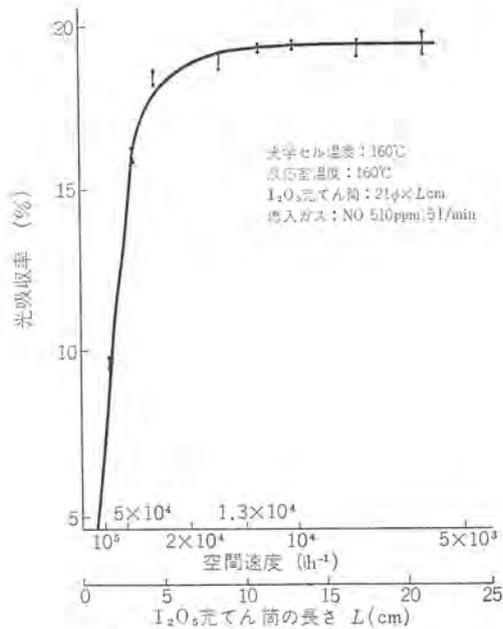


図 3.4 空間速度と光吸収率  
Effect of space velocity on percent optical absorptions

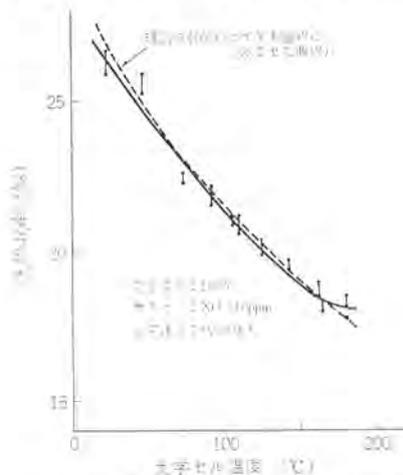


図 3.5 光学セル温度と吸収率  
Percent absorptions at various optical cell temperatures.

値とよく一致し、低温ほど高い吸収率を示す。すなわち低濃度の  $\text{NO}_x$  を測定する場合には、光学セル温度を低く設定するほど測定精度が向上し好ましいことになる。また図より光学セル温度の変動による  $\text{NO}_2$  の光吸収率の変化を計算すると、温度変動  $160 \pm 5^\circ\text{C}$  に対して  $\text{NO}_2$  の光吸収率の変化分  $\pm 1\%$  (相対値) を示す。このことから光吸収率の光学セル温度の変動に基づく誤差を相対値で  $\pm 0.5\%$  まで許容するとすれば、 $\pm 2.5^\circ\text{C}$  以内の温度変動が許される。

### 3.2 $\text{NO}$ 濃度と光吸収率

3.1 節で実験検討した結果により、 $\text{NO}$  と  $\text{I}_2\text{O}_5$  との最適反応温度は  $150^\circ\text{C}$  から  $180^\circ\text{C}$ 、試料が反応室を通過する際の空間速度としては  $13,000 \text{ h}^{-1}$  以下、光学セル温度は低温ほど好ましかったことが明らかになった。そこで反応室温度と光学セル温度を  $160^\circ\text{C}$ 、反応室内の試料の空間速度を  $9,100 \text{ h}^{-1}$ 、光学セルの有効長を  $500 \text{ mm}$  に設定し、 $\text{NO}$  濃度と光吸収率との関係を測定し、その結果を図 3.6 に示した。

実測値は、 $160^\circ\text{C}$  における  $\text{NO}_2$  の全入射光量に対する平均吸収係数を  $5.1 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$  としたときの、BEER の法則から求められる理論曲線と大体一致している。100 ppm 前後の低濃度領域で

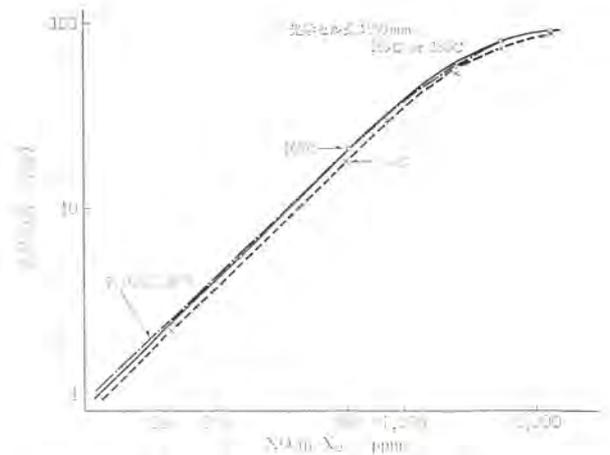


図 3.6  $\text{NO}$  濃度と光吸収率  
Percent optical absorptions at various  $\text{NO}$  concentrations.

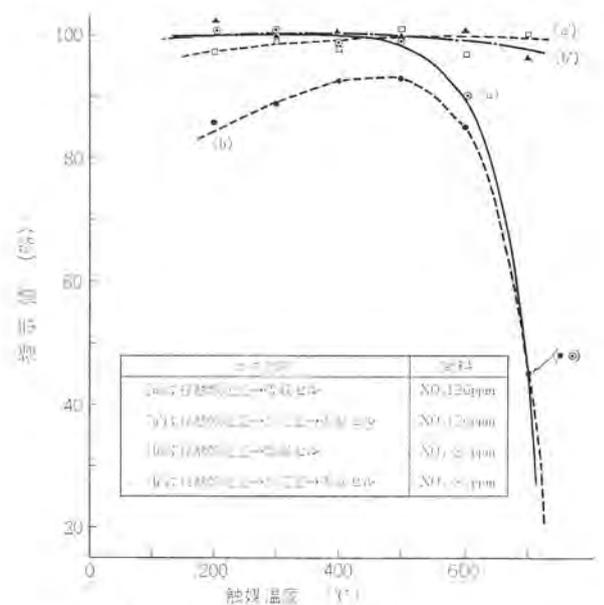


図 3.7 触媒温度と  $\text{NO}_2$  の指示値  
 $\text{NO}_2$  responses at various catalytic temperatures.

は、実測値のほうが数%から10%程度吸収率の相対値が小さい。その原因は、高濃度  $\text{NO}$  ガスを希釈して検量線を作成した後述の検討結果(図 4.10)によれば、標準ガスの表示濃度(メカ標示値を採用した)に誤差があるためである可能性が大きい。なお  $180^\circ\text{C}$  での測定値も併記した。

また  $\text{NO}$  以外に実際の試料中に含まれている  $\text{NO}_2$  は高温で ( $700^\circ\text{C}$ ) に保持された接触酸化室通過時に、式 (2.4) によって部分的に  $\text{NO}$  に分解することが当然予想される。しかし生成した  $\text{NO}$  は、反応室通過時に再び  $\text{NO}_2$  に酸化されるので損失とはならない。その定量的な測定例を図 3.7 に示した。図中、曲線 (a) (b) は、接触酸化室温度と  $\text{NO}_2$  の未分解率を表わし、曲線 (a') (b') は、いったん  $\text{NO}$  に分解した  $\text{NO}_2$  が反応室中の  $\text{I}_2\text{O}_5$  と反応して再び  $\text{NO}_2$  にもどっていることを示している。なお本図の実験条件としては、試料毎分 4 l、反応室での空間速度、反応室温度および光学セル温度は、それぞれ  $9,100 \text{ h}^{-1}$  および  $160^\circ\text{C}$  とし、接触酸化室温度  $700^\circ\text{C}$ 、触媒量 32 cc (触媒に関しては後述する) である。

### 3.3 $\text{I}_2\text{O}_5$ 充てんひん度の検討

試料中の可燃成分は接触酸化室で完全酸化され、 $\text{NO}$  だけが  $\text{I}_2\text{O}_5$  と反応するとして下記のような条件下で  $\text{I}_2\text{O}_5$  の消費速度を計算す

ると1日6gとなる。

(1) 試料導入量毎分4l(常温、常圧換算), NO濃度1,000ppm

(2) 実動時間1日8時間

I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 粉体の見かけ比重は2.9であり、充てん容量5l ccのとき全I<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を消費するのに要する日数は25日となる。したがって全量の1/3消費したとき補充するとすれば、必要補充ひん度は8日に1回となる。

#### 4. 測定装置の試作

前述のNOとI<sub>2</sub>O<sub>5</sub>との酸化反応の検討結果をもとにして、NO<sub>x</sub>の測定装置を試作した。その構成・性能を説明する。

##### 4.1 全体的な構成と機能

測定装置は、大別してガス導入系と検出系とから構成され、その概略を図4.1に示した。各部の機能を簡単に説明すると

ガス導入系—コンプレッサで試料を毎分6~8l(常温、常圧換算)吸引し、除じん(塵)・除湿後毎分約4lを連続的に酸素と3対1の割合で混合した後、接触酸化室に導入する。そこで可燃成分を接触酸化した後、I<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が充てんされた反応室に導入する。反応室においてNOをNO<sub>2</sub>に変換し、全NO<sub>x</sub>をNO<sub>2</sub>の化学形とした後光学セルに導入する。また適宜、零点補正・感度補正用の標準ガスの導入

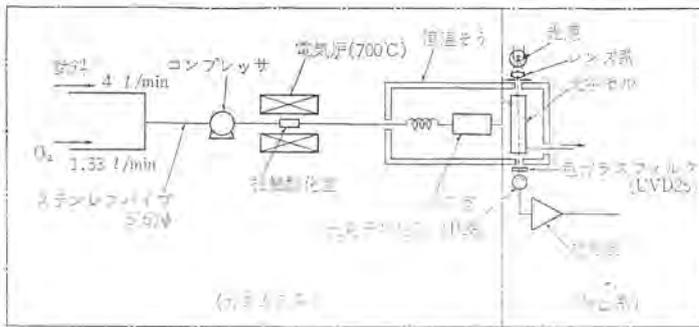


図4.1 原理的構成  
Schematic diagram for principle of NO<sub>x</sub> detector.

をおこなう系を有する。

検出系—光学セル通過時の試料中のNO<sub>2</sub>による350~400mμにおける光吸収率を、光電子増倍管および割算回路内蔵の増幅器で検出し、増幅後、記録用信号を出す。そのための光源系を有する。

ガス導入系の詳細な構成を図4.2に示した。機能は前述のとおりであるが、零点の安定化のために光路を試料用・参照用に2対設け、その結果、反応室・光学セルも同一のものを2対設けた。また副生するI<sub>2</sub>蒸気は人体に有毒であるので、光学セルから放出される試料を水洗してから、系外に放出する方式を採用した。そのためのI<sub>2</sub>除去そうを設けた。I<sub>2</sub>除去そう通過後のガス中のI<sub>2</sub>蒸気濃度は、NO 3,000ppmが試料に含有されていても、数ppm以下である。

##### 4.2 光学系の構成

測定装置の零点を安定化させるためには、光学セルに入射する光束を平行光とし、光学セル壁面からの反射を防ぐ必要がある。そのため光学系の構成を図4.3のようにした。図において光源から発した光束はピンホールとレンズ系を通過後平行光となり、試料用・参照用光学セルを通過した後、セクタの働きによって6rpsのひん度で交互に光電子増倍管に入射する。増幅器は光電子増倍管からの光出力電流の比(I<sub>NOx</sub>/I<sub>ref</sub>)、ここにI<sub>NOx</sub>:試料セル通過光による光電流、I<sub>ref</sub>:参照用セル通過光による光電流を計算し、吸収率(1-I<sub>NOx</sub>

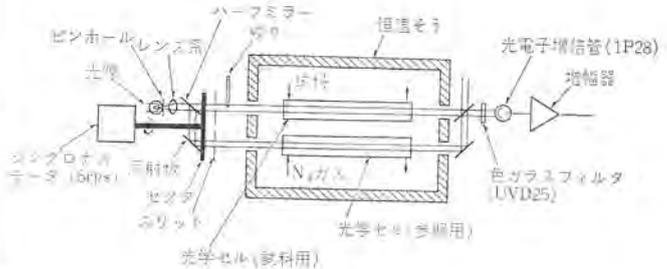
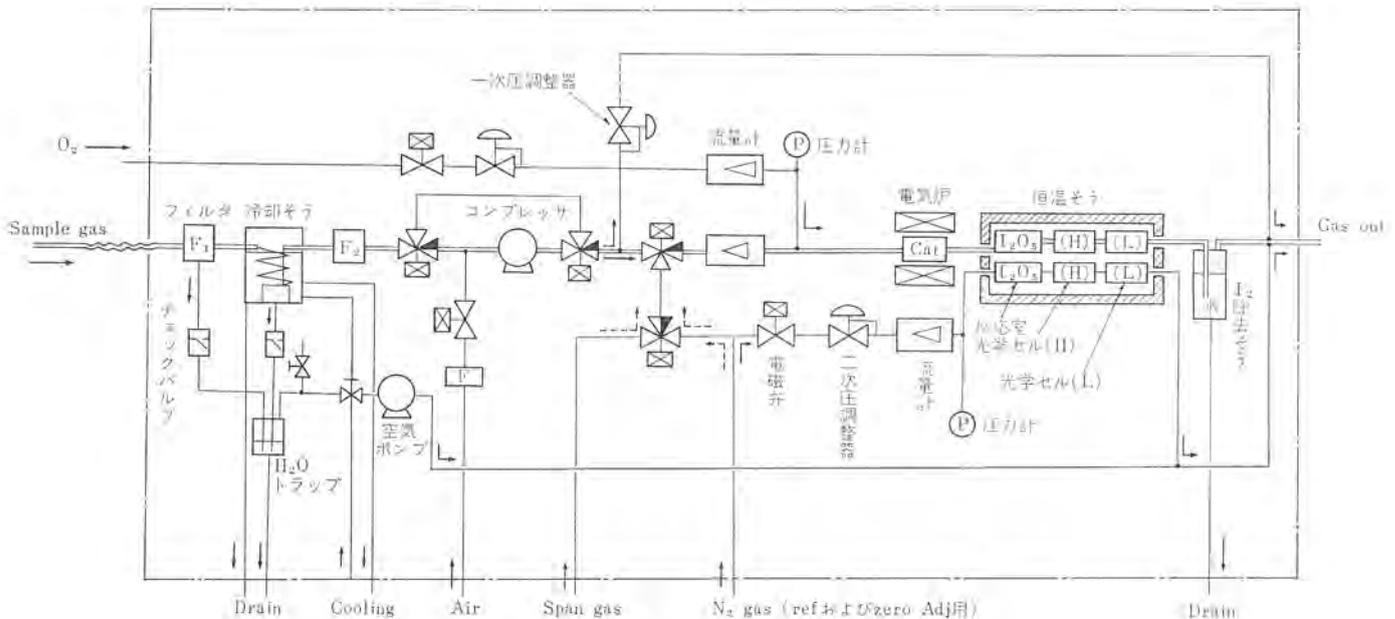


図4.3 光学系の構成概略  
Schematic diagram of optical measuring system.



注) (H):高濃度用光学セル  
(L):低濃度用光学セル  
Cat:接触酸化室

図4.2 ガス導入系ブロック図  
Flow diagram of sampling system.

$I_{ref}$  の形に変換された出力を出すように設計されている。なお光出力電流  $I_{NO_x}$ ,  $I_{ref}$  は、66.7 ミリ秒 (4/60 秒) 間の光電流の積分値である。すなわち、商用電源の1周期の整数倍の時間積分をおこなうことによって、60 Hz の交流分による光源輝度の変動や、光電子増倍管用直流電源の電圧変動の影響が除かれ、より安定な出力信号が得られる。図 4. 3 の光学系は、低濃度および高濃度の  $NO_x$  測定用に2対設けた。ただし恒温そう・ミクロサモータ・セクタは1対のものを共用する構造とした。光源には光源用豆球 (オリンパス GB-4, 3~6 V 2 A), レンズ系にはキャノン交換レンズ (S レンズ, 50 mm, F1.8) を使用した。

#### 4. 3 測定レンジその他の仕様

長さの異なる光学セルを低濃度および高濃度  $NO_x$  測定用に2個設け、それぞれの光吸収率の増幅率を増幅器側で切替える方式によって、各三つの測定レンジを設けた。それを対応する光吸収率と

表 4. 1 測定レンジと光吸収率  
Measuring ranges and percent optical absorptions.

	測定レンジ ppm	光吸収率 %
低濃度系 (セル長 500 mm)	200	5.0
	500	10.3
	1,000	24.8
高濃度系 (セル長 100 mm)	1,000	5.0
	2,500	10.3
	5,000	24.8

表 4. 2 応答速度  
Response times measured.

N O 濃度 ppm	不感時間 s	90% 上昇 (下降) 時間		合計 s
		上 s	下 s	
145	3.4	4.4	4.2	約 7.7
485	3.3	4.0	3.7	約 7.2
2,070	3.5	3.2	4.0	約 7.1

表 4. 3 零点変動およびノイズ幅  
Zero drifts and noise levels measured.

	フルスケール	零点変動 %	ノイズ幅 %
低濃度用	200 ppm	+4/2 h	4.5
	500 ppm	+1.6/2 h	1.0
	1,000 ppm	0.8/2 h	0.5
高濃度用	1,000 ppm	-2.8/2 h	2.4
	2,500 ppm	-1.1/2 h	1.0
	5,000 ppm	-0.6/2 h	0.3

表 4. 4 妨害チェック用ガスと濃度  
Molar concentrations of gases used for check of interferences.

ガス	濃度*	ガス	濃度*
CH <sub>4</sub>	9.37 %	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	850 ppm
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	9.17 %	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	467 ppm
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	780 ppm	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	9,030 ppm
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	562 ppm	NH <sub>3</sub>	2,000 ppm
n-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	347 ppm	CO	4.8 %
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,020 ppm	H <sub>2</sub>	4.0 %
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	667 ppm	N <sub>2</sub> O	2,500 ppm
i-C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	473 ppm	SO <sub>2</sub>	300 ppm

注) \* 窒素ガスバランス

もに表 4. 1 に示した。

接触酸化室用容器は石英ガラス製 (触媒充填容量 32 cc) とし、その内部に 8~13 # の活性アルミナに Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> とを 25 (70Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-30Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): 75Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> とするよう担持させた触媒を充填した。容器は小型の管状炉にそう入し、700°C に保持した。反応室用容器には、ステンレス鋼製の内容積 30 φ × 72 mm, 51 cc の円筒容器を使用し、市販 I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 粉末 1 級品をふるい分けし、53 μ (270 #) 以上の粒径のものを充填した。

#### 4. 4 試作装置の性能

応答速度——試料導入速度: 毎分 3 l, 酸素混合量: 毎分 1 l, 圧力: 絶対圧で 1.3 kg/cm<sup>2</sup> (標準的使用状態) のとき、数種の標準ガスに対する応答速度を測定して、表 4. 2 のような結果を得た。表中、上昇時間とは、記録計が動作し始めてから最終的な指示値の 90 % 相当の値を指示するまでに要する時間を意味する。

下降時間とは、平衡指示値から零点にもどる際の同様な意味での時間である。

表より 90 % 応答時間 [不感時間 + 上昇 (下降) 時間] としては、約 7.1~7.7 秒となる。もちろん応答速度は (試料 + 酸素) 混合ガス導入速度に依存するが、現状ではコンプレッサの容量、ガス導入系の通過抵抗等の制約で、表 4. 2 の値を大幅に改善するのは困難な状態にある。

再現性、零点変動、ノイズ幅——標準ガスを用いて再現性を測定した結果、NO 148 ppm および NO 4,980 ppm に対して指示値の変動は、フルスケールの ±0.5 % (4,980 ppm, フルスケール 5,000 ppm) から ±1.5 % (148 ppm, フルスケール 200 ppm) の範囲内にあり、かなりよい再現性を示した。零点変動に関しては、フルスケールの感度があるほど大きくなり、まだ十分な安定性を得るまでには至っていない。一方ノイズ幅も高濃度になるほど大きくなり今後の改良を要する。それらの測定結果を表 4. 3 に示した。

共存ガスの干渉——CO, H<sub>2</sub>, 炭化水素などの可燃成分は I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> と反応し、I<sub>2</sub> を放出したり、不飽和炭化水素の場合には、不飽和結合部にヨウ素が付加し妨害吸収を生ずる可能性もある。本測定装置では、これらの成分を接触酸化し除去する方式を採用しているが、触媒活性が長時間にわたる使用の間に低下してくると、酸化が不完全になってくる可能性がある。そこで共存成分の妨害の大きさをあら

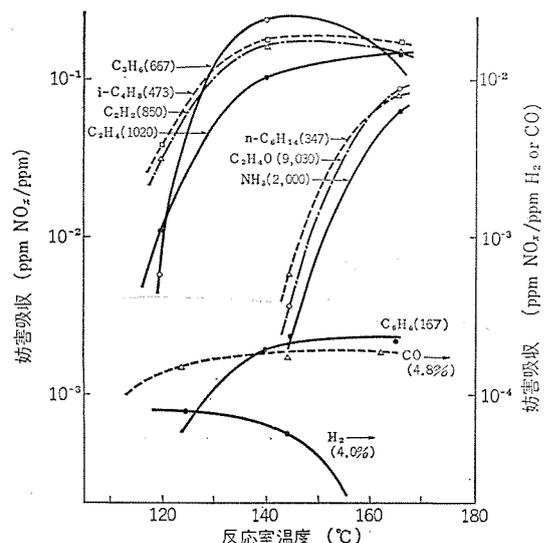


図 4. 4 共存成分の妨害吸収  
Erroneous absorptions caused by coexisting components.

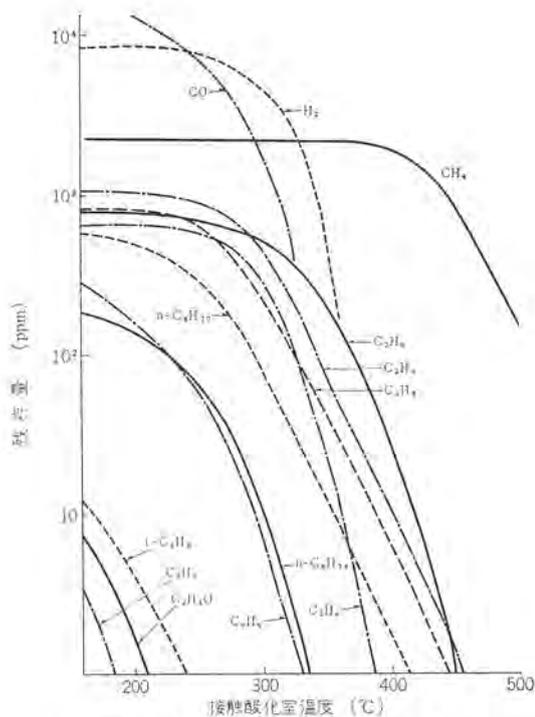


図 4.5 共存成分の酸化されやすさ  
Oxidizabilities of coexisting components

かじめ測定し、許容濃度を検討した。まず表 4.4 の各標準ガスを 3 対 1 の割合で混合後直接反応室に導入し、妨害吸収を生ずるかどうかを測定した。それらのうち多少でも妨害吸収を示した成分に関して、その  $I_2O_5$  との反応温度依存性を測定して図 4.4 に示した。予想どおり不飽和炭化水素の干渉が大きい。n-ブタン以下の低級炭化水素は干渉を示さない。また表 4.4 の各種ガスの接触酸化能を測定して図 4.5 に示した。接触酸化室温度が約 460°C 以上であれば、メタン以外の成分は残存濃度 1 ppm 以下にまで完全酸化される。(メタンは残存していても妨害とはならない)。図 4.4 および 4.5 から、各成分の酸化されやすさを考慮した妨害吸収(未酸化率×単位濃度あたりの妨害吸収)を計算して図 4.6 に示した。図によると、接触酸化室温度が 365°C 以下では  $C_3H_8$ 、365°C 以上では  $C_2H_6$  の妨害吸収が最も大きい。しかしいずれにしても、その絶対値は接触酸化室温度の上昇とともに小さくなり、400°C では 1,000 ppm の  $C_2H_6$  が共存しても 1 ppm の  $NO_x$  相当妨害吸収を示すにすぎない。したがって通常の接触酸化室温度(700°C)では、共存可燃成分の妨害吸収は全く無視することができる。

$NO_x$  指示値の空間速度依存性——標準使用状態で、試料と酸素との混合ガス流量を増減させたとき、試作装置の  $NO_x$  指示値が反応室通過時の混合ガスの空間速度にどのように依存するかを測定した。高濃度側および低濃度側両極端での測定結果を図 4.7 に示した。図より、 $NO$  4,980 ppm に対しては空間速度依存性が比較的小さい。しかし  $NO$  48.5 ppm に対しては、空間速度が一定範囲(約 6,000~13,000  $h^{-1}$ )をはずれると指示値が低下する。低空間速度側

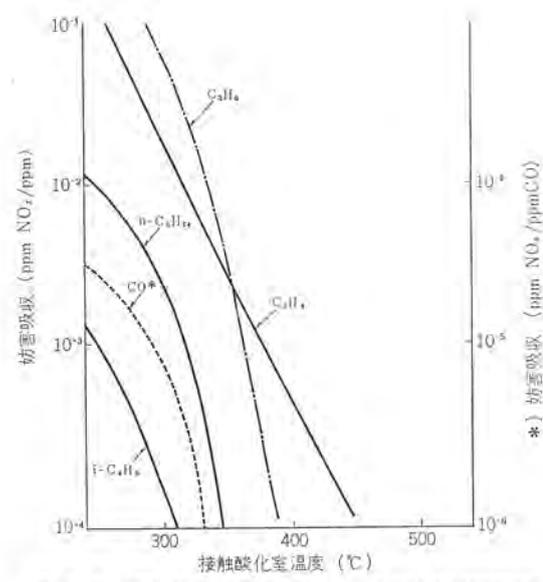


図 4.6 接触酸化能を考慮した共存成分の妨害吸収  
Effect of catalytic oxidation cell temperature on erroneous absorptions of coexisting components.

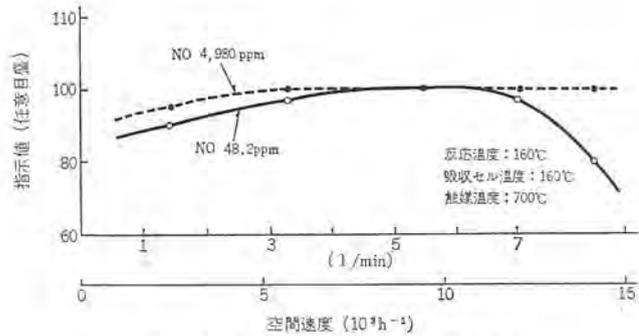


図 4.7  $NO_x$  指示値の空間速度依存性  
Effect of space velocity on  $NO_x$  responses.

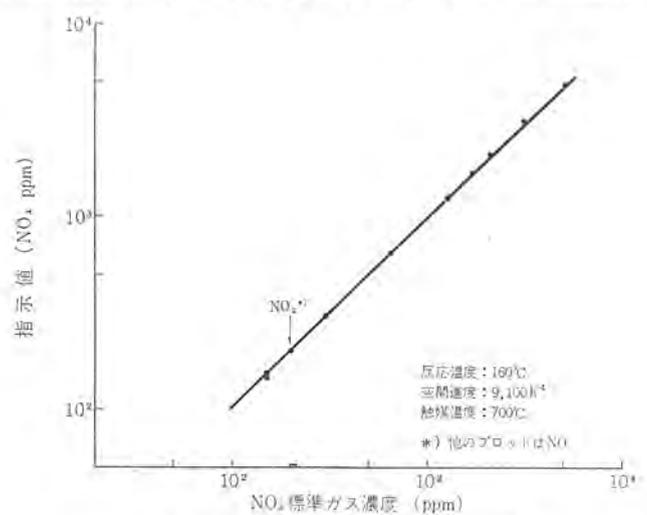


図 4.8  $NO_x$  標準ガス濃度と指示値  
 $NO_x$  standard gas concentration vs. response.

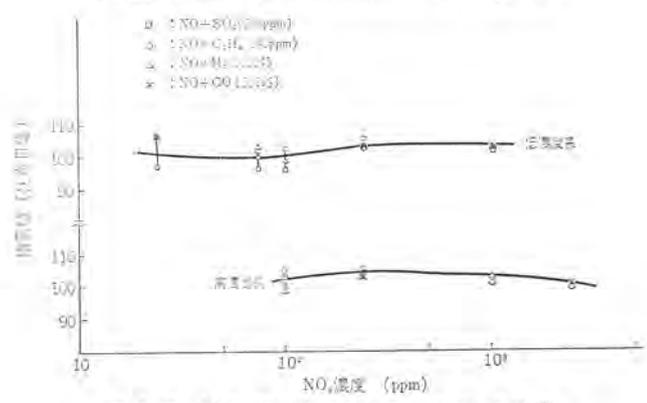


図 4.9  $NO_x$  指示値に対する共存ガスの影響  
Effect of coexisting gases on  $NO_x$  response.

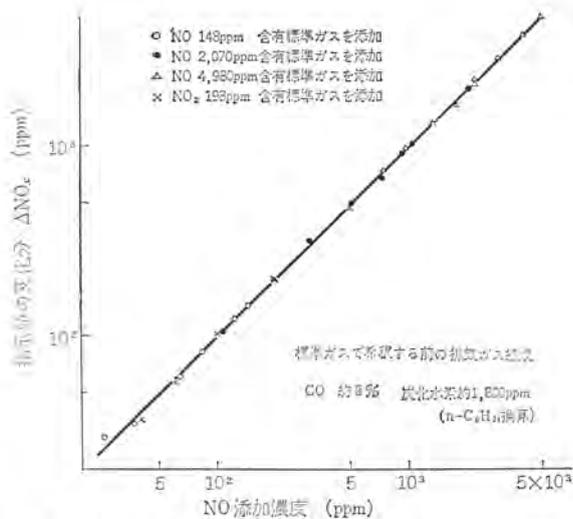


図 4.10 NO<sub>x</sub> 指示値：自動車排気ガスに NO<sub>x</sub> を添加したときの特性  
Relations between NO<sub>x</sub> added to auto-exhaust gases and corresponding changes of NO<sub>x</sub> response.

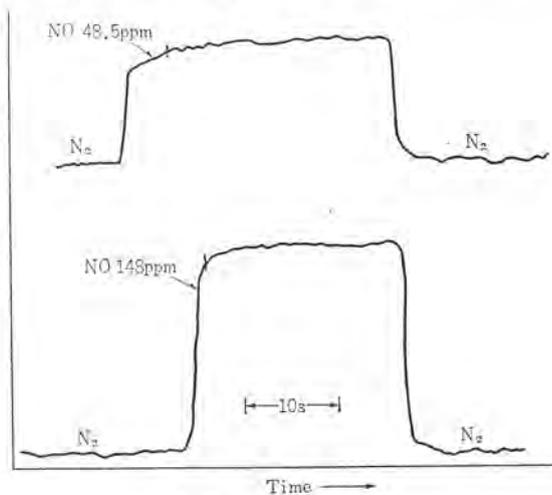


図 4.11 NO<sub>x</sub> 測定例  
Examples of measuring NO<sub>x</sub> standard gases.

での低下は主として接触酸化室通過時の損失のためであり、高空間速度側でのそれは、図 3.4 と同様に反応室で NO が定量的に 100% NO<sub>2</sub> になりきらないためである。

NO<sub>x</sub> 濃度と指示値——種々の濃度の NO<sub>x</sub> 含有標準ガスを導入したとき、本試作装置の指示値は図 4.8 に示したように標準ガス濃度と直線的な関係にある。また共存ガスの影響をみるために、NO<sub>x</sub>

標準ガスに亜硫酸ガス（混合後の濃度 258 ppm）、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (1,090 ppm)、H<sub>2</sub> (5,000 ppm)、CO (2.1%) を共存させたときの NO<sub>x</sub> の応答値を測定して図 4.9 に示した。測定値は NO<sub>x</sub> 標準ガスと干渉測定用標準ガスとの混合割合の誤差のためか、再現性があまりよくないが、混合比から求められる計算値と ±6% 以内で一致している。すなわち前述のような還元性ガスが共存していても、接触酸化室や反応室を試料が通過する際、NO<sub>x</sub> の損失がほとんど認められないという結果を示している。次に NO<sub>x</sub> 標準ガスをアイドル時の自動車排気ガスに添加したときの測定装置の応答値の増加分を測定して図 4.10 に示した。NO<sub>x</sub> 添加量から計算される濃度の増加分と実測値とはほとんどが数%以内で一致しており、NO<sub>x</sub> 標準ガスを空気で希釈した場合と比較して、有意な差はみとめられなかった。これらの実験結果から、試料が接触酸化室を通過する際、過剰酸素が共存すれば、CO、H<sub>2</sub>、炭化水素等は酸素によって酸化され、NO<sub>x</sub> が共存していても可燃成分との反応による損失は起こりにくいという結論をうる。同様な結果は Dimitriadis も報告している<sup>(4)</sup>。なお試作装置による NO<sub>x</sub> の測定例のチャートを図 4.11 に示した。

## 5. む す び

五酸化ヨウ素酸化法による窒素酸化物の測定方法を検討した。その結果、五酸化ヨウ素と酸化窒素、NO との反応を 150°C 以上、180°C 以下の温度、空間速度 6,000~11,000 h<sup>-1</sup> でおこなわせれば、NO を定量的に NO<sub>2</sub> に変換することが可能であり、試料中の可燃成分をあらかじめ接触酸化してから I<sub>2</sub>O<sub>5</sub> と反応させることによって、共存成分の妨害吸収のない正確な測定をおこなうことが可能となった。この方法に基づく測定装置を試作したが、その性能としては、試料吸引後平衡値の 90% 相当の指示をするまでの時間が約 7.4 秒、指示値の再現性はフルスケールの ±1.5% 以内、ゼロ点変動は測定レンジが高感度になるほど大きく、2 時間当たり 0.6% (フルスケール 5,000 ppm) ~ 4% (フルスケール 200 ppm) であった。零点の安定性、ノイズレベルに関してはさらに改良を要する。(昭和 47-1-18 受付)

## 参 考 文 献

- (1) M. P. Sweeney et al. : J. Air Poll. Cont., 14, 249 (1964)
- (2) T. C. Hall, Jr., and F. E. Bacet : J. Chem. Phys., 20, 1,745 (1952)
- (3) P. Sulzer and K. Wieland : Helv. Phys. Acta., 25, 653 (1952)
- (4) B. Dimitriadis : J. Air Poll. Cont., 17, 238 (1967)

## プレートフィン形 空気清浄機

田中 修\*・吾妻 健国\*\*・松永 直利\*\*  
大川美津子\*\*・下島 明彦\*\*

## Plate-Fin Type Air Cleaners

Central Research Laboratory Osamu TANAKA・Kenkoku AZUMA・Naotoshi MATSUNAGA  
Mitsuko OHKAWA・Akihiko SHIMOJIMA

Plate-fin type air cleaners developed lately by Mitsubishi employ a chemical method of eliminating air pollutants positively. The cleaner is equipped with a unique wet filter having very slight pressure drops across it. The effective life of the filter is twenty odd times that of filter equipped with an unwoven mat or an active charcoal filter at the same pressure drop of air current across it. The filter has another feature that its life can be indicated. This new device is capable of removing with an efficiency of better than 99% the oxide of sulphur that is a representative air pollutant spreading widely all over in this country. In case the filter is moistened with aqueous solution of glycerin containing both potassium carbonate and sodium molybdate, the set can remove hydrogen sulphide having strong odor and rarroding action on precision machines such as electronic computers as well as the removal of the oxide of sulphur.

## 1. ま え が き

近年急激に発達した物質文明は、地球上のいたるところで大気汚染、水質汚濁、粉じん、廃棄物処理問題などで代表される環境破壊現象を引き起こしている。これらの公害問題のうちもっとも多くの市民が健康上の被害を受けているのは、いおう化合物 (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ミスト, H<sub>2</sub>S etc), 窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>), 一酸化炭素 (CO), 鉛化合物などの大気汚染物質である。

わが国における大気中の有害物質の主要発生源は、固定燃焼装置 (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, 粉じん) および自動車排気ガス (CO, NO<sub>x</sub>, 鉛化合物, 炭化水素, 粉じん) であり、表 1. 1 に発生源での放出濃度を示した。SO<sub>2</sub> はもっとも早期から小児ぜんそくの元凶にあげられ、近年は重油燃料の低いおう化、高煙突化対策が進められているにもかかわらず環境濃度の低減化は必ずしも達成されていない。

自動車排気ガスの清浄化に関しては急激な規制値の強化が進められ改善が図られているが、普及台数の増加による交通渋滞をもたらす遊効果もあり、むしろ 2, 3 年前より光化学的オゾンダントの発生による広範囲汚染にまで悪化し、大気汚染はますます深刻になっている。図 1. 1 には最近のはなはだしい汚染状態の 1 測定例を引用した。大気汚染問題は本来発生源対策を徹底化させ解決されるべきものであるが、それは技術的経済的な問題点から一朝一夕には達成されないのが現状である。したがって当面の手段として都市部や工

業地帯での高度汚染地帯にあつては各家庭、学校、職場などの生活空間の浄化のために、空気清浄機の設定もやむを得ないという状態にある。

当社ではこれらの要望に基づいて早くから活性炭を用いた空気清浄機<sup>(1)</sup>を開発してきたが、ここではこのたびいおう酸化物除去を目的に製品化した新形空気清浄機の性能と目下研究開発を進めている H<sub>2</sub>S なども吸収するいおう化合物同時除去用の吸収液の性能について報告する。

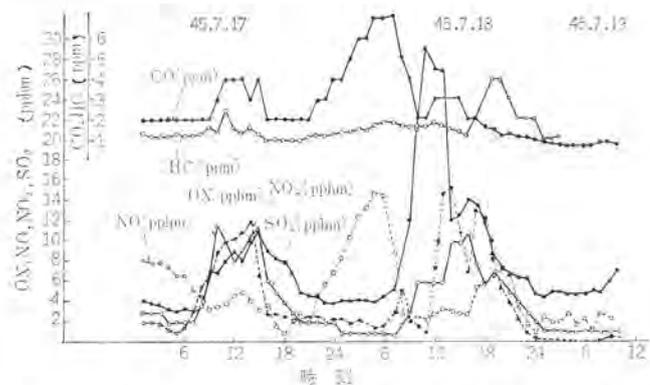


図 1. 1 大気中有害成分濃度の時刻変化 (都立衛研の測定例)  
Variation of pollutants dosages in air with time.

表 1. 1 発生源での有害成分放出濃度  
Emission dosages of air pollutants in raw exhaust gases.

発 生 源	成 分	濃 度	備 考
重油ボイラー	SO <sub>2</sub>	500~575 ppm/%S <sup>(*)</sup>	東京都での S 許容濃度 1.5% 以下、低煙突では 0.5% 以下
	NO <sub>x</sub>	100~300 ppm	NO <sub>2</sub> として通常約 20 kg/kl
ガソリン自動車	CO	0~8%	現行規制値 新車 4.5% 以下 中古車 5.5% 以下 昭和 48 年 4 月 (重量規制へ移行) 11 g/km 以下 (濃度換算 1.4% 以下) 昭和 50 年 4 月 7 g/km 以下 (0.9% 以下)
	NO <sub>x</sub>	平均約 4 g/km	現在規制なし 昭和 48 年 4 月 3 g/km 以下 昭和 50 年 4 月 0.6 g/km 以下
	炭化水素	平均約 2.1 g/km	現在規制なし 昭和 48 年 4 月 1.7 g/km 以下 昭和 50 年 4 月 0.3 g/km 以下

注 (\*) 重油中のいおう濃度 (重量パーセント)

## 2. 吸収液による大気中の有害成分の除去方法

空気清浄機に要求される性能としては、まず第1に目的とする有害ガスおよび粉じんなどの高い除去効率が確実に期待でき、2次公害を起こさないこと、保守が簡単であること、処理風量が大きいこと、フィルタ部の通風抵抗が小さいこと、長寿命で寿命表示が可能であること、安価であることなどの条件を満足することが好ましい。現在市販されている空気清浄機には、吸収法、吸着法、触媒法またはそれらを組み合わせた方式を採用したものがあ

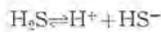
る。吸収法は被除去ガスとの反応性の大きな薬液（または水）を用いる方法で、このたび開発したプレートフィン空気清浄機はこのタイプに属する。ガス吸収のための吸収剤の選定にあたっては、認められる程度の平衡背圧を形成することなく、溶質の大量を吸収する能力をもった液体を見いだすことが必要である。ここでは水洗法、またはアルカリ洗浄法による有害ガス除去効率の平衡論的理論値を紹介する。

### 2.1 水洗法

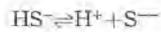
酸性ガス(SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl, NO<sub>2</sub>など)や塩基性ガス(NH<sub>3</sub>)は水に対する溶解度が大きく、これらの気体のうち溶解速度の遅いNO<sub>2</sub>以外は水洗によっても高効率の除去能力を期待できる。しかしH<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, NO, COなどは水洗法では除去が困難である。水によるSO<sub>2</sub>の除去能力の気液平衡論的検討結果は、前報<sup>(1)</sup>で報告したが同様な取扱いをH<sub>2</sub>Sについて適用するとつぎのような結果を得る。



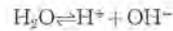
$$k_0 = \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{P_{\text{H}_2\text{S}}} = 10^{-0.930} \dots\dots\dots (2.1)$$



$$k_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 10^{-7.06} \dots\dots\dots (2.2)$$



$$k_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 10^{-12.44} \dots\dots\dots (2.3)$$



$$k_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$[\text{H}^+] = [\text{HS}^-] + 2[\text{S}^{2-}] + [\text{OH}^-] \dots\dots\dots (2.5)$$

$$c = [\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}] \dots\dots\dots (2.6)$$

上式においてk<sub>0</sub>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>w</sub>は平衡定数, P<sub>H<sub>2</sub>S</sub>は気相H<sub>2</sub>S分圧(atm), cは溶存H<sub>2</sub>S濃度(mole/l)を表わす。なお記号(g)は気相を、ことわりのない化学記号は液相中にあることを示す。以上の関係式より式(2.5)および(2.6)は式(2.7)および式(2.8)で表わされる。

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{[\text{H}^+] - \frac{k_w}{[\text{H}^+]}}{k_0 \left( \frac{k_1}{[\text{H}^+]} + \frac{2k_1k_2}{[\text{H}^+]^2} \right)} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{c}{k_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{k_1}{[\text{H}^+]} + \frac{k_1k_2}{[\text{H}^+]^2}} \dots\dots\dots (2.8)$$

式(2.7), (2.8)より[H<sup>+</sup>]をパラメータとして溶存するH<sub>2</sub>S濃度と気相H<sub>2</sub>S分圧との関係を図2.1に示した。同様の考察をHCl, Cl<sub>2</sub>の水への吸収反応式(2.9), (2.10)についても行ない、SO<sub>2</sub>の結果<sup>(1)</sup>とともに図2.1に併記した。HCl, Cl<sub>2</sub>の水への吸収反応は下記の化学式による。

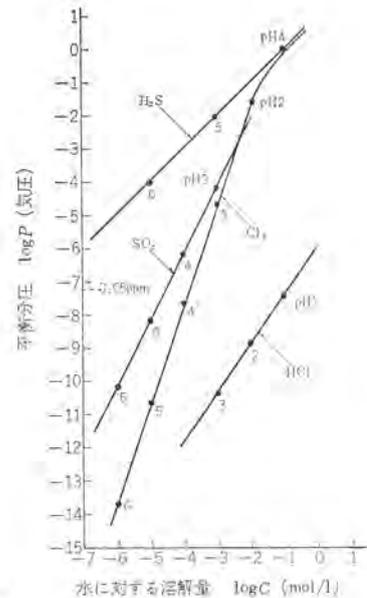
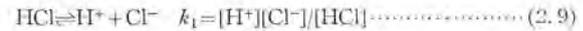


図 2.1 気体分圧と水中溶存濃度との平衡 Equilibrium of partial pressures and aqueous molecules.

表 2.1 ガス成分ごとの洗浄水必要量 Water quantities necessary to wash away gaseous components.

成 分	溶 存 濃 度 <sup>a</sup> (mole/l)	洗 浄 水 必 要 量 (1空室 100 Nm <sup>3</sup> )
SO <sub>2</sub>	10 <sup>-4.0</sup>	8.9
Cl <sub>2</sub>	10 <sup>-5.0</sup>	3.7
HCl	10 <sup>-9.0</sup>	0.002
H <sub>2</sub> S	10 <sup>-6.3</sup>	44,600

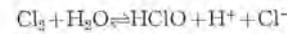
<sup>a</sup> 分圧 5×10<sup>-6</sup> atm (0.05 ppm) との平衡値



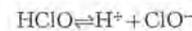
(k<sub>1</sub>は濃度に依存, c=1のとき 10<sup>0.54</sup>)



$$k_0 = \frac{[\text{Cl}_2]}{P_{\text{Cl}_2}} = 10^{-0.99}$$



$$k_1 = \frac{[\text{HClO}][\text{H}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{Cl}_2]} = 10^{-8.33}$$

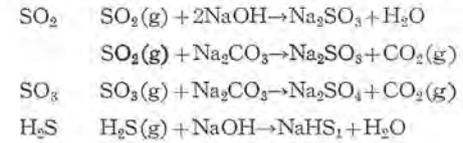


$$k_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]} = 10^{-7.50} \dots\dots\dots (2.10)$$

図2.1による洗浄前の空気中の被除去成分濃度が0.1 ppmのとき、洗浄後のそれを0.05 ppm (SO<sub>2</sub>の環境基準)以下に保つのに必要な水中の許容溶存濃度、およびそれから計算される洗浄水量は表2.1のようになる。同表から明らかのように、水洗法はHClやSO<sub>2</sub>などの水溶性が大きく平衡背圧の小さい気体の吸収液としては好ましいが、H<sub>2</sub>Sなどの平衡背圧の大きい成分にとっては必要洗浄水量が大きすぎて実用化は不可能である。

### 2.2 アルカリ吸収法

有害ガスの多くは酸性ガスであり、化学工場などの発生源でそれらを除去するにはアルカリ洗浄法が多く用いられている。アルカリ性水溶液による酸性ガスの中和吸収反応例をつぎに示す。



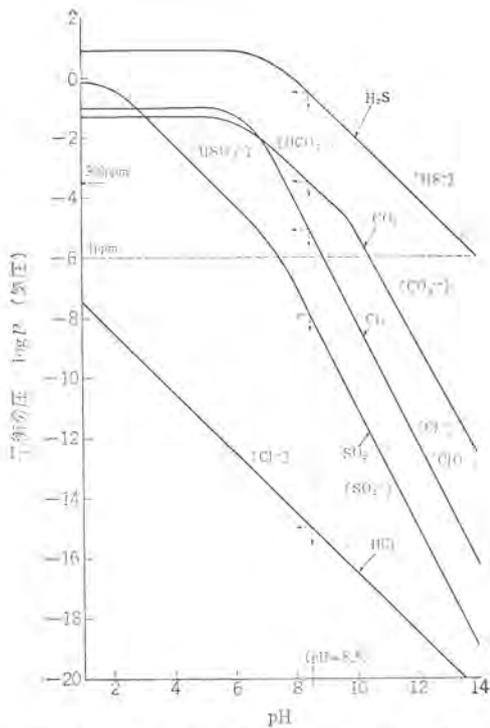
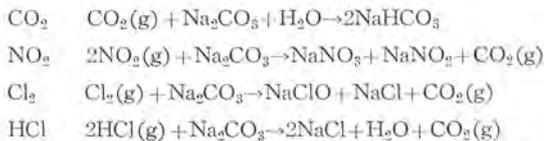


図 2.2 平衡分圧の pH 依存性 ( $C=1 \text{ mole/l}$ )  
pH dependency of equilibrium partial pressures (KW-200)



有害成分のアルカリ性吸収液中の溶存濃度が  $1 \text{ mole/l}$  のとき、吸収液の pH と平衡分圧との関係を表わす理論曲線を図 2.2 に例示した。図によれば  $300 \text{ ppm}$  の  $\text{CO}_2$  を含む空気を  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液 ( $\text{pH} \approx 11$ ) に長時間送込すれば  $\text{pH} \approx 8.5$  になる。このとき  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  は一部分  $\text{NaHCO}_3$  になっている。

一方  $\text{pH} \approx 8.5$  のときの気相中の  $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$  または  $\text{Cl}_2$  の分圧は、 $10^{-9}$ ,  $10^{-9}$  または  $10 \text{ ppm}$  であり、それらについては相応の吸収能力が期待できるが、 $\text{H}_2\text{S}$  については平衡分圧が  $1 \text{ 気圧}$  近くあり、なんらかの工夫が必要である。実際に液吸収法で空気浄化を行なうには、通常吸収液を不織布に含浸させたフィルタ方式が用いられている。

### 3. プレートフィン形空気清浄機

#### 3.1 構造と特長

この空気清浄機は当社でこのたび開発したもので、 $\text{SO}_2$  などの有害ガスを除去するメインフィルタは、和紙製のプレートフィン形構造を有し、これに有害ガス吸収液を含浸させた一種のぬれ壁構造をしており、ちょうど動物の気管の粘膜による浄化作用に似た機能と構造をもっている。このフィルタは圧力損失が小さく、有害ガス除去容量が大きく、従来の不織布フィルタ、活性炭フィルタに対し、同一通風抵抗と比較して二十数倍の寿命を有する。 $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , 硫酸ミストなどの除去率は初期においては  $99\%$  以上であり、大気湿度が変化しても除去効果はほとんどその影響を受けない。このほか  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  などについては  $20\%$  程度の除去率がある。

この空気清浄機は有害ガスの除去を主目的とするメインフィルタのほかに、除じんを主目的とするネット、フロントフィルタ、プリフィルタを有し、

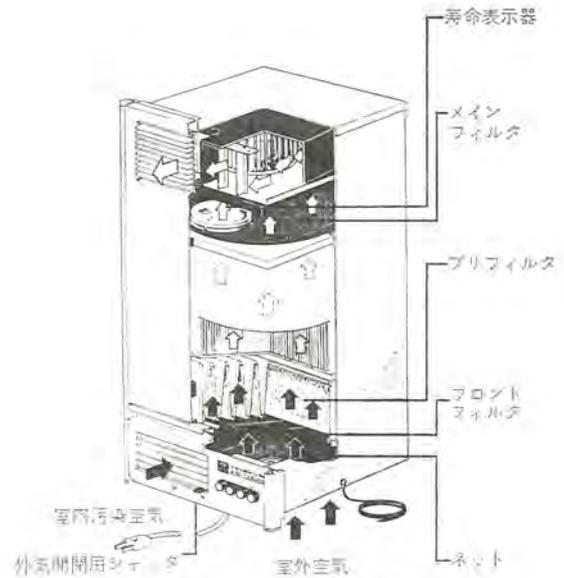


図 3.1 プレートフィン形空気清浄機の構造  
Construction schema of Plate-Fin Type Air Cleaner (KW-200)



図 3.2 プレートフィン形空気清浄機 KS-1000 (業務用)  
Exterior view of Plate-Fin Type Air Cleaner  
KS-1000 (for business use).

合わせて 4 重のフィルタ構造となっている。図 3.1 に小形機 (KW-200) の構造、図 3.2 に大形機 (KS-1000) の外観写真を示し、表 3.1 に仕様を示した。小形機 (KW-200) は換気のための外気の吸入量をシャッタで自由に調節することができ、シャッタを閉じると室内空気の循環浄化を行なう。

メインフィルタの寿命は寿命表示用指示薬の色変化 (赤→黄) により知る。小形機については窓取付形または床置形として使用する。大形機 (KS-1000) については冷暖房コイルを組み込み、冷暖房の室内ユニットとして使用できるようになっている。さらに空気に清涼感を与えるためのマイナスイオン発生器がついている。なお図 3.3 にメインフィルタの圧力損失の実測曲線を示した。

#### 3.2 有害ガス除去効率の理論的取扱い

プレートフィン形メインフィルタの基本構造を図 3.4 に示す。内壁が有害ガス吸収壁 (ぬれ壁) である小孔内を汚染空気が通過する場合、有害ガスの濃度分布は、ぬれ壁へのガスの拡散方程式の解として求められ、これから除去効率が計算される。小孔内にはいる空気の流れ速度助走区間は、流速が  $0.5 \sim 1.0 \text{ m/s}$  以上では実機の長さ以上になり、

表 3.1 (a) 小形空気清浄機 (KW-200) 仕様  
Specifications of small-sized Air Cleaner (KW-200).

項目	KW-200					
電源	AC 100 V 50/60 Hz					
風量調節ノッチ	50 Hz(3)	60 Hz(3)	50 Hz(2)	60 Hz(2)	50 Hz(1)	60 Hz(1)
消費電力 W	29.5	31.5	24.5	27.5	21.0	21.5
処理風量 m <sup>3</sup> /min	2.05	2.05	1.75	1.75	1.2	0.95
外気吸入量 m <sup>3</sup> /min	1.2	1.2	0.9	0.9	0.6	0.5
騒音 (A特性ホーン)	47.0	47.0	42.5	42.5	33.0	33.0
適用床面積	10~20(m <sup>2</sup> ) 4~6(人)					
集じん効率 %	人体に有害なちり 90% 以上					
有害ガス除去率 %	亜硫酸ガス(SO <sub>2</sub> )	99% (初期)		その他		二酸化窒素(NO <sub>2</sub> )
	無水硫酸(SO <sub>3</sub> )	800日後 90%				
	硫酸ミスト(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1,000日後 70%				硫化水素(H <sub>2</sub> S)
	塩素ガス(Cl <sub>2</sub> )	(1日 10時間運転)		入口ガス濃度 0.1 ppm		20% 程度
吸入方法	外気+室内・室内循環のみ					
取付方法	窓取付・床置可能(置台別売)					
窓取付寸法	(木枠窓) 左窓 810~1,310 mm	右窓 763~1,315 mm				
	(アルミ窓) 左窓 850~1,350 mm	右窓 800~1,350 mm				
メインフィルタ寿命表示	ガーゼの色変化 赤(初期)→黄(交換時期)					
メインフィルタ	有害ガス(SO <sub>2</sub> ・SO <sub>3</sub> ・NO <sub>2</sub> ・Cl <sub>2</sub> ・H <sub>2</sub> S) 除去					
プリフィルタ	大気ちり(0.3μ 60%以上) 除去(ガラス繊維製)					
フロントフィルタ	大気ちり(比較的大きなもの) 除去(エバーライトスコットフィルタ・サラシ不織布)					
モーター	コンデンサモーターメタル軸受					
ファン	15cm アルミ薄板シロッコファン					
スイッチ	4段階押しボタンスイッチ					
シャッター	外気吸入量調節シャッター(開→閉)					
風方向	上下(吐出グリル) 左右(ファン)					
製品重量	15 kg					
大きさ	高さ 740 ミリ 横幅 340 ミリ 奥行 300 ミリ					

表 3.1 (b) 大形空気清浄機 (KS-1000) 仕様  
Specifications of large-sized Air Cleaner (KS-1000).

項目	KS-1000		
電源	単相 100 V 50/60 Hz		
風量調節ノッチ	3	2	1
処理風量 m <sup>3</sup> /min	20	15	10
騒音値 (Phone A 特性)	49 Phone 以下 (本体中心 1m 前方)		
消費電力 W	250 W (60 Hz)	230 W (50 Hz)	
適用床面積 m <sup>2</sup>	40~100 m <sup>2</sup>		
集じん効率 %	1.0 μ 95% 以上	0.5 μ 80% 以上	
有害ガス除去率	亜硫酸ガス(SO <sub>2</sub> )	初期 99%  その他	
	無水硫酸(SO <sub>3</sub> )	5ヵ月後 90%	
	硫酸ミスト(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	6ヵ月後 70%	
	塩素ガス(Cl <sub>2</sub> )	1日 6時間運転 入口ガス濃度 0.1 ppm 20% 程度	
SO <sub>2</sub> ガス 吸収量	150 l (薬品 1 回の充てんによる吸収量)		
吸収薬品	循環方式 0.1 ppm・SO <sub>2</sub> ガスの場合約 6 ヶ月で交換		
吸収薬品寿命表示	交換時期 指示窓が赤→黄に変色		
浄化方式	外気・外気+室内空気・室内空気 切換え可能		
冷暖房方式	冷暖房用コイル取付可能		
イオン発生器	⊖イオン発生器付き		
大きさ	高さ 1,800 ミリ, 横幅 900 ミリ, 奥行 500 ミリ		
羽根・モーター	シロッコファン・コンデンサモーター		
重量	150 kg		

小孔内断面の流速分布はポアズイユ流とは異なってくる。計算としては、小孔内断面で流速一定の場合とポアズイユ流の場合について行なった。

### 3.2.1 小孔内断面流速分布が一定流の場合 拡散方程式は次式で与えられる。

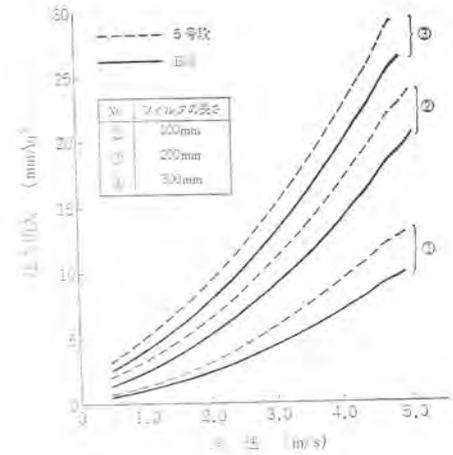


図 3.3 メインフィルタの圧力損失  
Pressure losses with main filters.

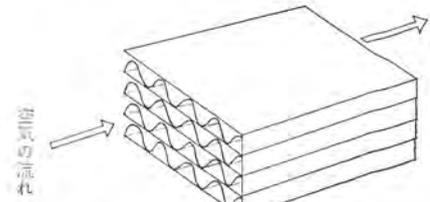


図 3.4 メインフィルタの基本構造  
Fundamental construction of main filters.

$$v_0 \frac{\partial c}{\partial z} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial c}{\partial r} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (3.1)$$

ただし

- $v_0$ : 小孔内の軸方向の流速 (一定) (m/h)
- $c$ : 有害ガス濃度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $D$ : 有害ガスの空気中での拡散係数 (m<sup>2</sup>/h)
- $z$ : 小孔の軸方向の座標軸 (m)
- $r$ : 小孔の径方向の座標軸 (m)

方程式 (3.1) の解から、有害ガスの濃度分布はつぎのようになる<sup>(2)(3)</sup>。

$$c = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2C_0}{B_n J_1(\beta_n)} e^{-\beta_n^2 \cdot \frac{D}{av_0} \cdot \frac{z}{a}} J_0\left(\beta_n \frac{r}{a}\right) \quad (3.2)$$

ただし

- $J_0, J_1$ : 0 次, 1 次の Bessel 関数
- $\beta_n$ :  $J_0(\beta) = 0$  の  $n$  番目の根
- $c_0$ :  $z=0$  での有害ガス濃度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $a$ : 小孔半径 (m)

式 (3.2) より、有害ガス除去効率  $\eta$  は次式で与えられる。

$$\eta = 0.6916(1 - e^{-m_1 L}) + 0.1313(1 - e^{-m_2 L}) + 0.0534(1 - e^{-m_3 L}) + 0.0288(1 - e^{-m_4 L}) + 0.0179(1 - e^{-m_5 L}) + 0.0770 \quad (3.3)$$

ただし

$$m_n = \frac{\beta_n^2 D}{a^2 v_0}$$

$L$ : 小孔長さ (m)

### 3.2.2 小孔内断面流速分布がポアズイユ流の場合 拡散方程式は次式で表わされる。

$$v_z \frac{\partial c}{\partial z} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial c}{\partial r} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) \quad (3.4)$$

ただし、 $v_c$  は粘性流体が管内を定常状態で流れている場合の流速分布で、平均流速を  $v_m$  として、次式で与えられる。

$$v_c = 2v_m \left[ 1 - \left( \frac{r}{a} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (3.5)$$

式 (3.4), (3.5) から、ガス の濃度分布は次式で表わされる<sup>(3)(4)</sup>。

$$c = \sum_{n=0}^{\infty} N_n e^{-\frac{\beta_n^2}{\alpha} \cdot \frac{D}{a^2} \cdot \frac{z}{a}} R_n \left( \frac{r}{a}, \beta \right) \dots \dots \dots (3.6)$$

ただし

$N_n$ : 積分定数

$$R_n(u) = \sum_{m=0}^{\infty} B_{2m} v^{2m}$$

ここで、 $B_0=1$ ,  $B_2=-\frac{1}{2\alpha}$

$$B_{2n} = \frac{1}{(2n)!} \left( \frac{1}{\beta^2} B_{2n-2} - B_{2n-2} \right)$$

$\beta$ :  $R(\beta)=0$  の根

$\beta_n$ :  $R(\beta)=0$  の  $n$  番目の根

式 (3.6) より、有害ガス除去効率  $\eta$  は次式で与えられる。

$$\eta = 0.8200(1 - e^{-m_0 L}) + 0.0972(1 - e^{-m_1 L}) + 0.0135(1 - e^{-m_2 L}) + 0.0693 \dots \dots \dots (3.7)$$

図 3.5 にメインフィルタの小孔内に有害ガスが通過するときの有害ガスの濃度分布の変化を模式的に示した。

小孔内断面流速分布が一定流の場合について、SO<sub>2</sub> の除去効率の経時変化を計算した。その結果を図 3.6 に示す。横軸は相対値で示してあるが、相対値 1.0 は Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> が化学量論的に Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> に変化する時点に相当する。

### 3.3 有害成分除去効率の測定結果と考察

#### 3.3.1 除じん性能

除じんフィルタとしてはまずネットで大きなごみを除去し、ついでフロントフィルタ(エパーライトスコットフィルタ)で大きなちり、ほこりを除去する。つぎにプリフィルタ(ガラス繊維製)で粉じんを確実に除去する。

図 3.7 にじんあい粒子の大きさと肺胞内沈着率およびプリフィルタの除じん効率との関係を示した。また大形機(KS-1000)を100m<sup>3</sup>の室内に設置し、人為的に発生させたじんあいの除去特性をディジタル粉じん計で測定した1例を図 3.8 に示した。じんあいは空気清浄機運転開始後7分らずで半減しており、すぐれた除じん性能が得られた。

#### 3.3.2 有害ガスの吸収除去効率の実測

湿潤剤としてグリセリン20重量%を含む水溶液1kgあたり無水Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2moleを添加したアルカリ性吸収液を、B段ボール状和紙に含浸させ、図 3.4のごとく有害成分を含む空気を導入し、吸収液と空気を湿度平衡に達せしめた後、有害成分の除去効率を測定した。SO<sub>2</sub>除去能の測定結果を、小孔内断面流速分布が一定としたときの理論除去効率(式(3.3))と対比させて図 3.9 に示した。実測除去効率はフィルタ入口、および出口でのSO<sub>2</sub>濃度を市販SO<sub>2</sub>分析計(電気化学計器GR-2B形)で測定し、

$$\frac{(\text{入口濃度} - \text{出口濃度})}{\text{入口濃度}} \times 100\%$$

として求めた。測定を行なった濃度範囲0.15~1.2ppmでは除去効率はSO<sub>2</sub>濃度あまり依存しないが、理論曲線と比較して実測値のほうが高効率を示している。その原因としては小孔を円管で近似したことおよび実際の流速分布が一定流とポアズユ流の混合流であ

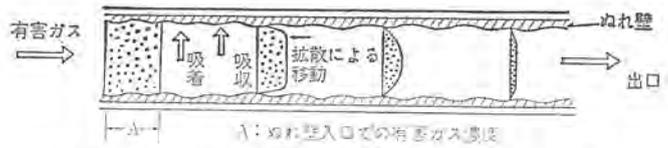


図 3.5 ぬれ壁小孔内での吸収、拡散によるガス濃度分布モデル  
Schematic distributions of gaseous concentration caused by absorption and diffusion in a holelet surrounded with wet walls.

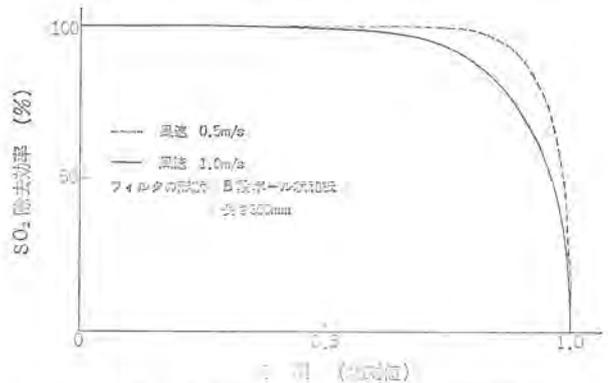


図 3.6 メインフィルタのSO<sub>2</sub>除去効率の経時変化  
Variation of SO<sub>2</sub> eliminating efficiency of main filter with time.

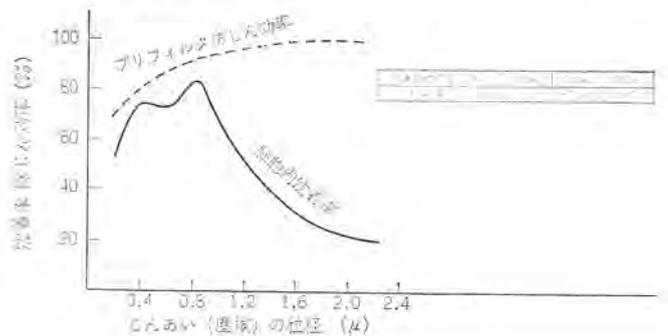


図 3.7 じんあい粒子の大きさと肺胞内沈着率およびプリフィルタ除じん効率  
Depositing efficiency of dust into lungs or eliminating efficiency by prefilter vs. particle size of dust.

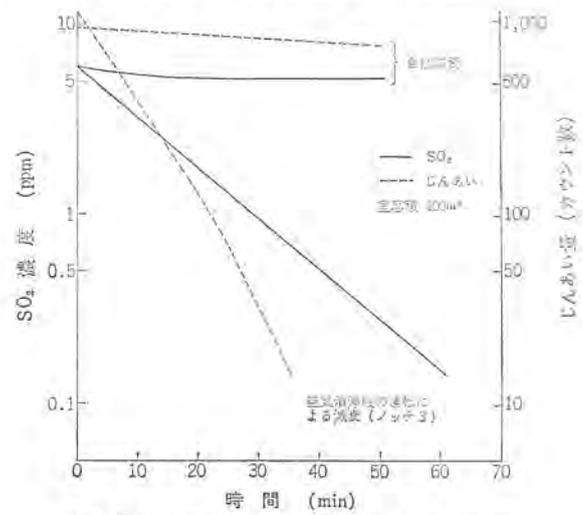


図 3.8 SO<sub>2</sub>、じんあいの減衰特性  
Decreasing characteristics of SO<sub>2</sub> and dust quantities.

ることによるものと思われる。

図 3.8 には大形機(KS-1000)を100m<sup>3</sup>の室内に設置し、人為的に発生させたSO<sub>2</sub>の除去特性を測定した結果を実線で併記した。

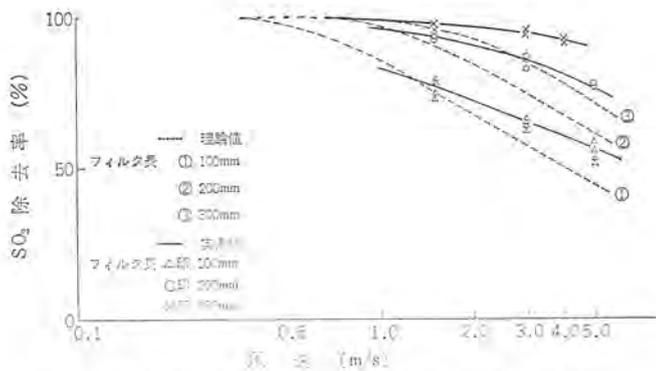


図 3.9 SO<sub>2</sub> 除去効率の風速依存性  
Dependency of SO<sub>2</sub> eliminating efficiency on gas velocity

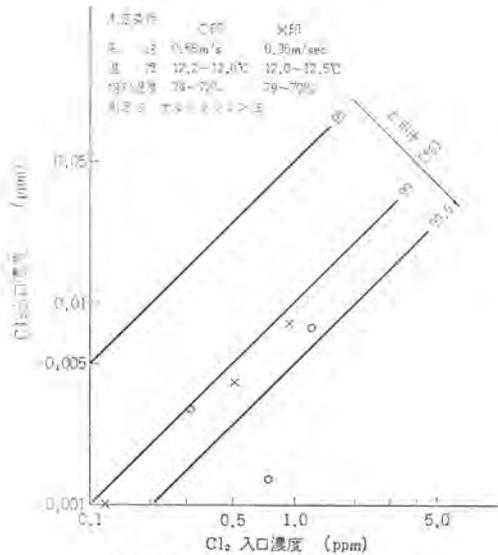


図 3.10 Cl<sub>2</sub> の除去効率  
Eliminating efficiency of Cl<sub>2</sub>

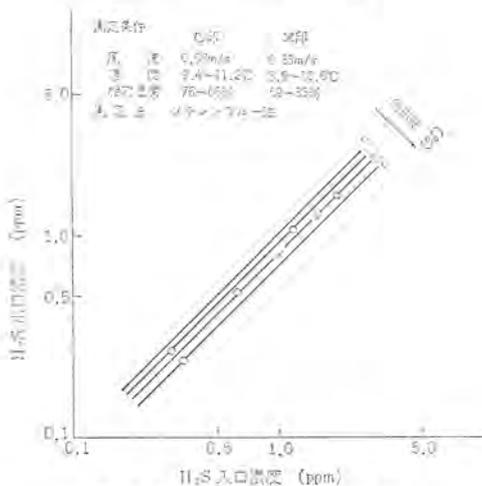


図 3.11 H<sub>2</sub>S の除去効率  
Eliminating efficiency of H<sub>2</sub>S.

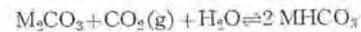
図において粉じんの減衰曲線と比較して SO<sub>2</sub> のほうが減衰こう(勾)配が 0.6 倍ほど小さい。この原因は室内の SO<sub>2</sub> ガスが壁面に吸着している SO<sub>2</sub> と吸着平衡にあり、気相 SO<sub>2</sub> が減少するにしたがって壁面に吸着されている SO<sub>2</sub> が脱着してくるためである。SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ミスト, HCl 蒸気は SO<sub>2</sub> 以上に強酸性物質であり、アルカリ性吸収液によって SO<sub>2</sub> 以上の除去効率が得られる。図 2.2 の理論的検討例では、Cl<sub>2</sub> の平衡分圧は SO<sub>2</sub> よりも高いが、実測例では 99% 以上の除去効率が得られた。結果を図 3.10 に示した。

図 2.2 によると H<sub>2</sub>S に関しては、 $c=1 \text{ mole/l}$ ,  $\text{pH} \approx 8.5$  のとき SO<sub>2</sub> よりも約  $10^{7.5}$  倍大きい平衡圧を有するが、実測例では図 3.11 に示したように 300 mm 長のメインフィルタによって約 20% 前後の除去効率を示す。NO<sub>2</sub> についても、アルカリ吸収液との反応速度は小さいが、H<sub>2</sub>S と同程度の除去効率が得られた。

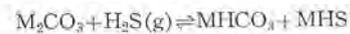
### 3.3.3 いおう化合物除去効率の改良

前述の理論的、実験的検討結果から H<sub>2</sub>S は単に Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> だけを含むグリセリン水溶液では、除去効率が低いことが明らかとなった。しかし H<sub>2</sub>S は石油精製工場やクラフトパルプ工場をはじめとする化学工場やし尿処理場、汚濁した河川からも高濃度で発生し、特有の悪臭(きよく(閻)値濃度約 0.01 ppm)を発生し電子機器の腐食の主因ともなっている。そこでいおう酸化剤とともに H<sub>2</sub>S をも同時に除去する吸収液の開発を行ないばほ目的を達した。

既述のように H<sub>2</sub>S は大気中に約 300 ppm 含まれている CO<sub>2</sub> よりも弱い酸性ガスであり、H<sub>2</sub>S の除去効率を正確に論ずるためには共存 CO<sub>2</sub> 量を考慮する必要がある。CO<sub>2</sub> 共存時の炭酸アルカリ (M<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 水溶液による H<sub>2</sub>S の吸収反応は次の化学反応式に従って進行する。



$$k_1 = \frac{[\text{MHCO}_3]^2}{[\text{M}_2\text{CO}_3]P_{\text{CO}_2}}$$



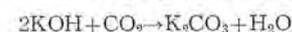
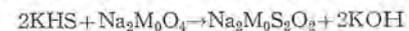
$$k_2 = \frac{[\text{MHCO}_3][\text{MHS}]}{[\text{M}_2\text{CO}_3]P_{\text{H}_2\text{S}}} \quad (3.8)$$

$$k_3 = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{MHCO}_3]P_{\text{H}_2\text{S}}}{[\text{MHS}]P_{\text{CO}_2}}$$

$$c' = [\text{MHCO}_3] + 2[\text{M}_2\text{CO}_3] + [\text{MHS}]$$

M=Na または, K,  $c'=2N$ , 温度 25°C での  $k_1, k_2$  の実測値または外そう(挿)値<sup>(5)(6)</sup>(Na に対して  $k_1=0.12 \text{ N/mmHg}$ ,  $k_2=2.2$ , K に対して  $k_1=0.27 \text{ N/mmHg}$ ,  $k_2=2.9$ ) を用いて  $P_{\text{CO}_2}=300 \text{ ppm}$  のときの [MHS] と  $P_{\text{H}_2\text{S}}$  との平衡関係を求めると 図 3.12 を得る。図によると K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> よりも Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> のほうが 1 けた(桁)平衡圧  $P_{\text{H}_2\text{S}}$  が高い。しかし K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 水溶液であっても  $P_{\text{H}_2\text{S}}$  を 0.01 ppm 以下に押えるためには [KHS] を  $2 \times 10^{-5} \text{ N}$  以下にする必要があり、効率のよい吸収液ではない。しかしながら吸収液に KHS を非可逆的に消費する物質を添加すれば、式 (3.8) の反応は右方向に進行し H<sub>2</sub>S の除去効率が向上することは容易に想像されるところである。われわれはこの条件を満足し、アルカリ性水溶液への溶解度の大きな物質として Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>O<sub>4</sub> をとりあげ、これを吸収液に添加することによって H<sub>2</sub>S 同時除去能の著しい向上を可能とした。

Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>O<sub>4</sub> と KHS との反応は次式による。



Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>S<sub>2</sub>O<sub>2</sub> および Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>S<sub>4</sub> は溶解度が大きく、予備的検討を行なった溶液 (20% グリセリン水溶液 1 kg あたり Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>O<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 1.5 mole, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 mole を含む溶液) では結晶析出は生じなかった。H<sub>2</sub>S 除去効率は、予備実験によると Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>S<sub>2</sub>O<sub>2</sub> の生成反応だけが完結するのに相当する H<sub>2</sub>S 量を導入するまで低下しない。

#### (1) 液組成と H<sub>2</sub>S 除去効率

吸収液中に Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>O<sub>4</sub> と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, または K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> とが飽和に近い濃度で共存する場合 (pH 11.6 または 12.1), および Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>O<sub>4</sub> のみ

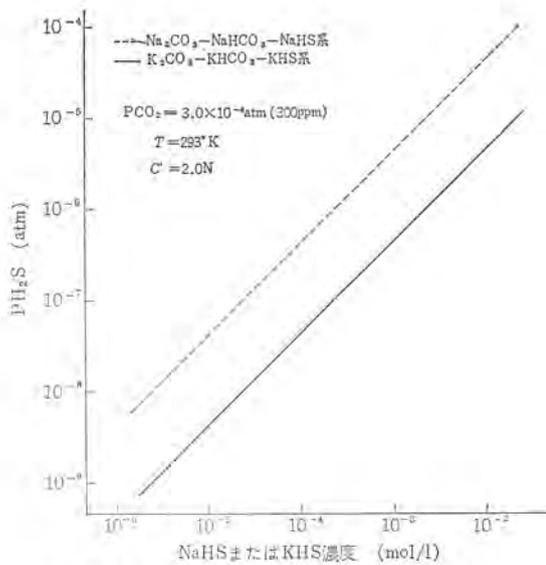


図 3.12 水酸化アルカリ濃度と平衡 H<sub>2</sub>S 分圧  
Equilibrium H<sub>2</sub>S partial pressures vs. alkaline hydrosulfides concentration.

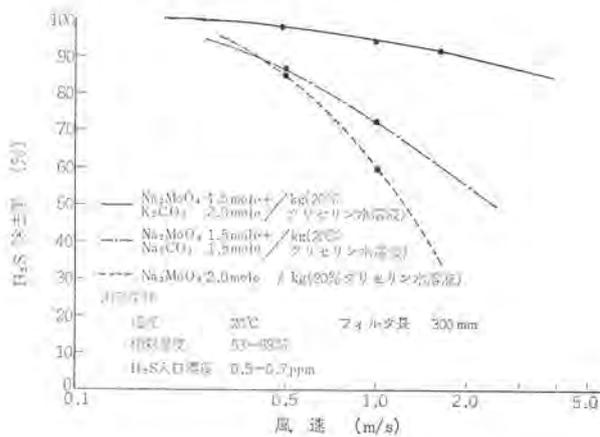


図 3.13 薬液組成と H<sub>2</sub>S 除去効率  
Effect of liquid compositions on eliminating efficiency of H<sub>2</sub>S.

(pH 9.8) を含むものを 300 mm の 5 号段ボール保持体に含浸させて後 2.5 時間一定湿度の空気を導入し、吸収液と空気とを平衡状態に達成せしめてから H<sub>2</sub>S 除去効率を測定した。その結果を図 3.13 に示したが、Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> と K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> とが共存する吸収液が最も高い除去効率を示している。

K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> と Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> とを比較すると図 3.12 より K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の有する平衡圧 P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> が Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> のより 1 けた (桁) も小さいこと、同一濃度であれば水溶液の pH が K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> のほうが高く、しかも粘性は K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> のほうが小さいことなどの特性があり、図 3.13 の結果はこれらの事実からも予想されるところである。

(2) K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> または Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 濃度と H<sub>2</sub>S 除去効率

吸収液の基本組成を (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>+グリセリン) 水溶液とし、好ましい組成を実験的に検討した。まず一定条件下で K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> または Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 濃度を変化させたときの H<sub>2</sub>S 除去効率の実測値を図 3.14 または図 3.15 に示した。図によると、除去効率は Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> よりも K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 濃度により強く依存しているが、図 3.15 では K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 濃度が 2 mole、フィルタ長が 300 mm のとき Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> が 0.1 mole 以上存在すれば、風速が 1 m/s のときでも 80 % 以上の除去効率が期待できる。つぎに K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> と Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 濃度を一定とし、グリ

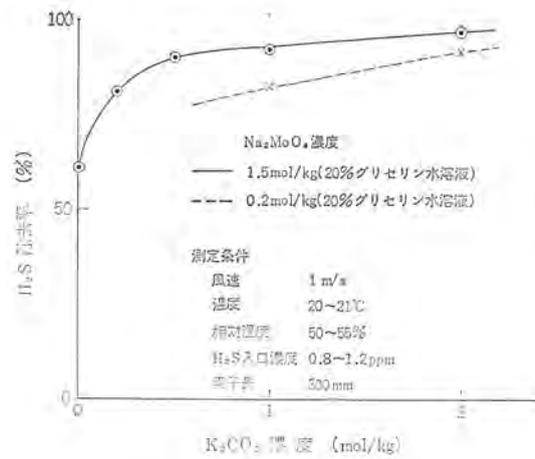


図 3.14 H<sub>2</sub>S 除去効率の K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 濃度依存性  
Dependency of H<sub>2</sub>S eliminating efficiency on K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> concentration.

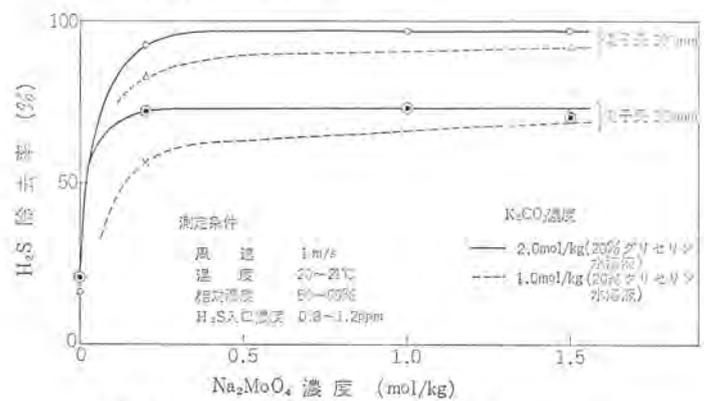


図 3.15 H<sub>2</sub>S 除去効率の Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 濃度依存性  
Dependency of H<sub>2</sub>S eliminating efficiency on Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> concentration.

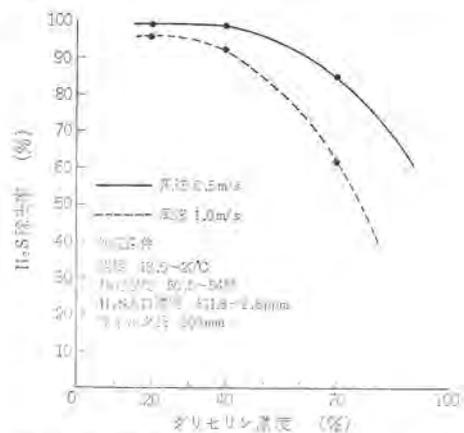


図 3.16 H<sub>2</sub>S 除去効率のグリセリン濃度依存性  
Dependency of H<sub>2</sub>S eliminating efficiency on aqueous glycerin concentration.

セリン濃度と除去効率との関係の測定結果を図 3.16 に示した。すなわちグリセリン濃度が低いほど高い除去効率を示す。図 3.17 は除去効率の湿度依存性の測定結果で、低湿度時ほど高い除去効率を示している。これらの現象はつぎのように解釈される。保持体に含浸された吸収液は接触している空気と湿度平衡になるまで水分の交換を行なう。図 3.16 でグリセリン濃度が増加することおよび図 3.17 で気相の相対湿度が増加することはともに液相中の平衡水分量を増加させ、液相中の塩類の濃度を減少させる。極端には空気の湿度が急激に増大した場合、液界面に純水に近い液膜が作られることも

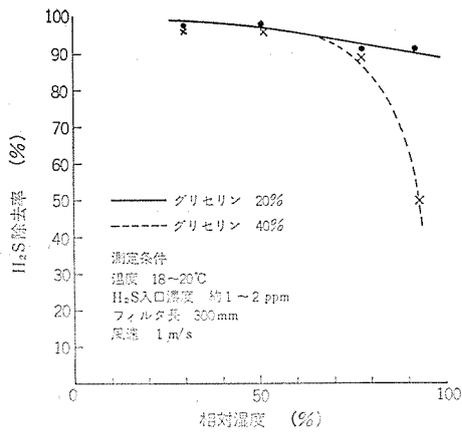


図 3.17 H<sub>2</sub>S 除去効率の湿度依存性  
Dependency of H<sub>2</sub>S eliminating efficiency on relative humidity.

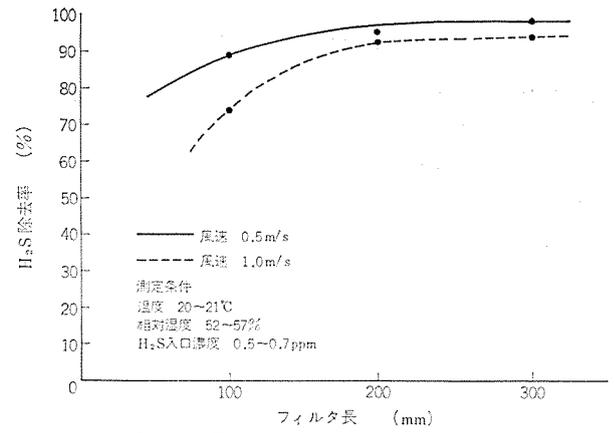


図 3.19 H<sub>2</sub>S 除去効率のフィルタ長依存性  
Dependency of H<sub>2</sub>S eliminating efficiency on filter length.

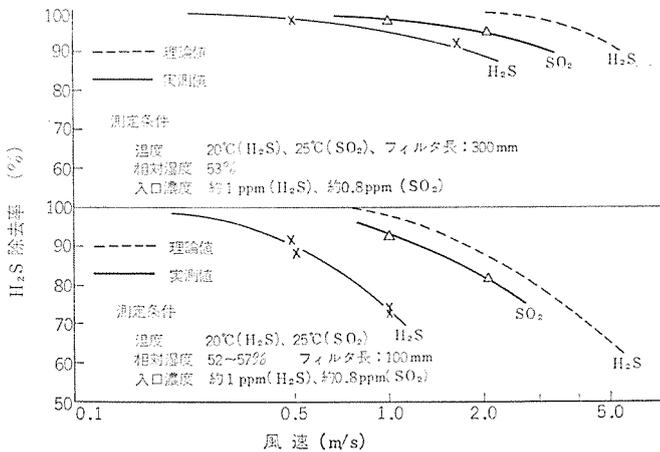


図 3.18 除去効率の風速依存性  
Dependency of eliminating efficiency on gas velocity.

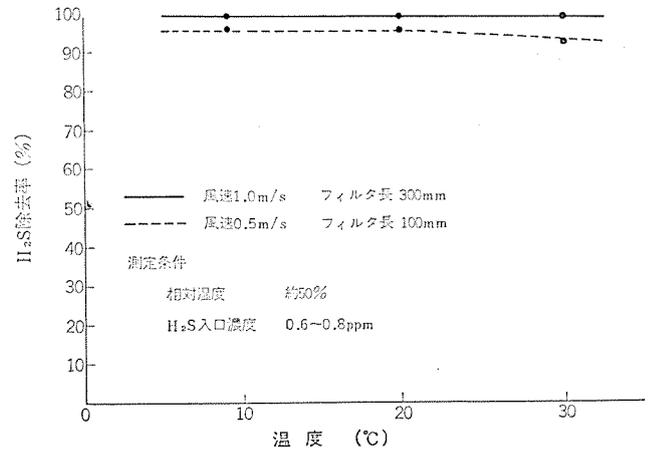


図 3.20 H<sub>2</sub>S 除去効率の温度依存性  
Temperature dependency of H<sub>2</sub>S eliminating efficiency

なり H<sub>2</sub>S 除去効率が低下してくるものと考えられる。

図 3.14~図 3.17 に例示される実験結果および吸収液の寿命を考慮して吸収液組成を 20% グリセリン水溶液 1 kg あたり Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>O<sub>4</sub> 15 mole, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 mole を添加した均一溶液とすることにした。この組成の吸収液を含浸させたフィルタについて除去効率の風速依存性の実測値と理論値とを対比させて図 3.18 に示した。H<sub>2</sub>S の実測値は単純な気体境膜支配下での物質移動に基づく理論値よりも効率が低い。今後液境膜抵抗や化学反応抵抗をも考慮した理論解析を行ない実測値をよく近似する理論式を導き出す必要がある。なお図中に SO<sub>2</sub> の実測除去率を併記したが、従来の吸収液 (図 3.9) と比較してフィルタ長 300 mm では同程度、100 mm ではかなり高い除去効率を示している。

つぎに除去効率におよぼす保持体の長さの効果を測定して図 3.19 に示した。当然のことであるが保持体の長いほど高い除去効率を示している。しかしフィルタの長さが 200 mm 以上であれば顕著な差は表われていない。また除去効率は、フィルタの長さが 100 mm または 300 mm のとき、H<sub>2</sub>S 濃度 (測定範囲 0.2~3.0 ppm) に依存せず、相対湿度が一定であれば温度 (9~30°C) にもほとんど影響されない。実測例を図 3.20 に示した。

### (3) 吸収液の寿命および寿命表示法

この吸収液を大形機 (KS-1000) に応用するとき、式 (3.2) によって Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>O<sub>4</sub> が H<sub>2</sub>S と反応し、中間生成物 Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>S<sub>2</sub>O<sub>2</sub> となるのに要する化学量論的寿命を計算すると、液量 20 l (28.4 kg), H<sub>2</sub>S 濃

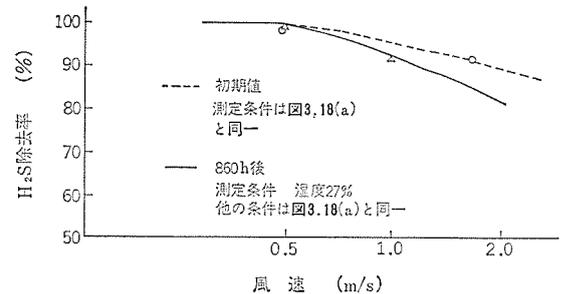


図 3.21 H<sub>2</sub>S 除去効率の経時変化  
H<sub>2</sub>S eliminating efficiency with main filter before or after set in motion

度 0.1 ppm, 空気量 20 m<sup>3</sup>/分, 1 日 10 時間運転のとき 1.7 年となる。また小形機 (KW-200) でフィールドテストを行なっているが、860 時間運転後の H<sub>2</sub>S 除去効率を図 3.21 に示した。初期値と比較して多少劣化しているが、しかし風速 1 m/s でまだ 90% 以上の除去能力をもっている。

寿命表示法としては吸収液一定量を塩酸酸性の還元液中に加え、吸収液中の残存 Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>O<sub>4</sub> によるモリブデンブルーの青色呈色反応を行なわせ、発色の濃淡の度合で寿命表示をさせる方法と、吸収液が H<sub>2</sub>S を吸収して生成する Na<sub>2</sub>M<sub>0</sub>S<sub>4</sub> によると思われる赤色の発色度合を利用する方法とを検討中である。前者の方法は発色強度が吸収液の pH の影響を受けること、後者の方法では発色強度の経時変化を十分調べておらず、今後さらに検討を要するが、どちらかの方法で寿命表示は可能であると考えられる。

#### 4. む す び

日本の大気汚染状況は重油 ボイラー、自動車、各種化学工場から排出される  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  などのガス状汚染物質、粉じんによって著るしく悪化しており、国や地方自治体、企業の防止対策は必ずしも効を奏するまでには至っていない。

大気汚染の医学的諸問題のなかには未解決なものが多いが、老人、乳幼児に対する影響は大きく“きれいな空気”が健康維持の必須条件であることが確認されている。

空気清浄機は人体を保護するだけでなく、電子計算機などの精密機器が大気汚染物質によって腐食されるのを防護する。本報で報告したプレートフィン形空気清浄機はいおう酸化物や塩素、粉じんの除去効率、除去容量が大きく、しかも圧力損失の小さいユニークな湿式メインフィルタを装着しており、従来の不織布フィルタ、活性炭フィルタに比較して同一通風抵抗のとき 20 数倍の寿命を有する。 $\text{SO}_2$  の吸収特性は、ぬれ壁での吸収、拡散モデルによる理論的除去効率とほぼ一致する。

メインフィルタに含浸させる有害ガス用吸収液として  $\text{Na}_2\text{M}_2\text{O}_4$  と

$\text{K}_2\text{CO}_3$  を含んだグリセリン水溶液を採用すれば、いおう酸化物とともに  $\text{H}_2\text{S}$  も高効率で除去することが可能である。この吸収液による  $\text{H}_2\text{S}$  除去効率は、単純な気体境膜支配下での物質移動の理論的計算値より悪いが、フィルタの長さを約 300 mm にすれば種々の温度、湿度、 $\text{H}_2\text{S}$  濃度条件下でも 90 % 以上の  $\text{H}_2\text{S}$  除去効率が達成される。大形機 (KS-1000) に応用したときの吸収液の化学量論的寿命は、 $\text{H}_2\text{S}$  濃度が 0.1 ppm のとき 1.7 年に達し、寿命表示も可能な見通しを得た。(昭和 47-3-10 受付)

#### 参 考 文 献

- (1) 下島ほか：三菱電機技報，45，1,663 (昭 46)
- (2) L. Graetz : Annalen d. Physik (N. F) 18, 79 (1883)
- (3) M. Jakob : Heat Transfer I, 451 (1950 2nd ed.)
- (4) H. Schlichting : Boundary Layer Theory, 66 (1960 4th ed.)
- (5) K. L. Mai and A. L. Babb : Ind. Eng. Chem., 47, 1,749 (1955)
- (6) I. G. C. Dryden : J. Soc. Chem. Ind., 59 (1947)



# 特許と新案

## パルス発生装置

発明者 林 正之・佐藤 安俊

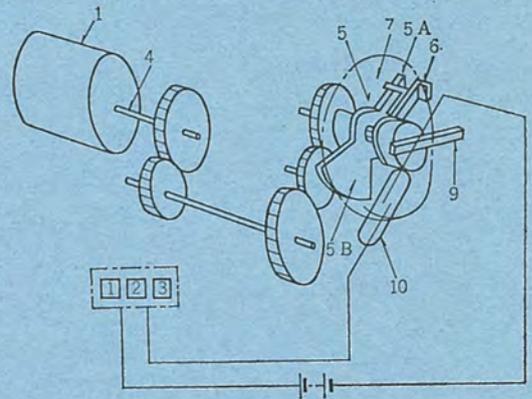
この発明は、電力量などの負荷量に比例して回転する駆動源の回転速度に関係なく、常に一定幅のパルスを発生させるパルス発生装置に関するものである。

図において、電力量計などの軸4が回転すると、歯車群を介して押し手が5回転する。押し手5の係合部5Aは磁極片6のピン7と係合して磁極片6を最上位まで押し上げる。その後、磁極片6は自重で最下位まで自由回転し、その途中でリードスイッチ10が閉合一開放してパルスが出る。押し手5は最上位から最下位までは磁極片6と係合せず無負荷で回転するが、この発明によれば、押し手5の係合部5Aと反対側に平衡体5Bが設けてあるので、この平衡体5Bは押し手5が最上位から最下位まで回転するときには、押し手5の負荷として作用し、また、最下位から最上位まで回転する間は押し手5を押しあげようとする力が作用する。

したがって、駆動体に対する負荷のかかり具合は押し手の1回転

中、一定となり、負荷変動がなくなる。

(特許 第574384号) (幸島記)



## 親子式計測装置

考案者 佐藤 安俊

この考案は、三相ステップモータを利用した親子式計測装置の改良であり、子計量装置に励磁コイルの断線や、短絡事故が起こっても、親計量装置が動作不能にならないようにしたものである。

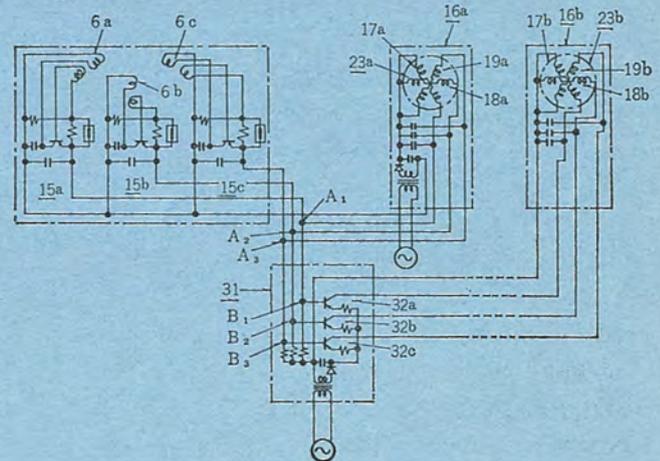
図において、負荷量、たとえば電力量を計測することにより、発振コイル6aが発振すると、親計量装置16aの励磁コイル17aを流れる電流が増加する。このため、励磁コイル17aが励磁され、その回転子が回転して計量器を進める。

一方、励磁コイル17aの電流が増加すると、A<sub>1</sub>点すなわちB<sub>1</sub>点の電位が低下し、トランジスタ32aが導通する。これにより、子計量装置16bの励磁コイル17bが励磁されてその回転子が回転する。このようにして、発振装置15a、15b、15cが順次発振することにより、親計量装置16aの励磁コイル17a、17b、17cが順次励磁されて、そのつど、ステップモータ23aが回転する。そして、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>の電位が低下するごとにトランジスタ32a、32b、32cが順次導通し、そのつどステップモータ23bが回転する。

従来の親子式計測装置は、親子両計量装置の各励磁コイルを発振装置に対して並列に接続しているため、子計量装置の一つの励磁コイルが断線した場合、その相の親計量装置の励磁コイルは強く励磁され、ステップモータの回転トルクが相ごとに異なって不都合である。ま

た、子計量装置の励磁コイルが相間短絡した場合、4個の励磁コイルに分流して電流が流れるため、励磁コイルの励磁力が極端に低下してステップモータが回転不能となる。

この考案によれば、親子両計量装置を縦続的に接続しているため、子計量装置の断線や相間短絡事故が親計量装置に悪影響をおよぼすことがない。(登録実用新案 第897351号) (幸島記)



# 特許と新案

## 信号装置

発明者 浅野 哲正

この発明は、ある変数に応動する一対の信号源からの2信号の差に比例した出力信号を発生する信号装置に関するもので、特に出力信号がゼロになるときの変数の値(基準値)を簡単に調整できるように改良するとともに、この基準値を調整してもこの基準値からの変数の変差と出力信号との関係が変わらないように改良するものである。

図1は差動トランスを用いた実施例である。一対の出力コイル(4)(5)に発生する交流電圧は可動鉄心(6)の変位に比例し、これらの電圧は整流器(7)(8)を介してコンデンサ(9)(10)を充電する。このコンデンサ(9)(10)の電圧はポテンシオメータ(11)(12)に印加される。出力信号 $V_s$ はポテンシオメータ(11)(12)の出力端子(13)(14)間に得られる。

この発明の特長は、ポテンシオメータ(11)の正端子と出力端子(13)との間の抵抗値がその全抵抗値の $\alpha$ (%)のときに、ポテンシオメータ(12)の正端子と出力端子(14)との間の抵抗値がその全抵抗値の $(100-\alpha)$ (%)になるように、ポテンシオメータ(11)(12)を互いに連動させたことである。

出力信号 $V_s$ がゼロになるときの可動鉄心(6)の位置はポテンシオメータ(11)(12)をしゅう(摺)動することによって、図2の $x_{01}$ 、 $x_{02}$ のように調整することができる。図2の $V_{e1}$ 、 $V_{e2}$ は出力端子(13)

の電圧であり、 $V_{a1}$ 、 $V_{a2}$ は出力端子(14)の電圧である。この調整が行なわれても、 $x_{01}$ からの変位 $a$ に対応する出力信号 $V_{s1}$ と、 $x_{02}$ からの変位 $a$ に対応する出力信号 $V_{s2}$ とは同じになり、変位と出力信号との関係は変わらない。

(特許 第579875号)(中林記)

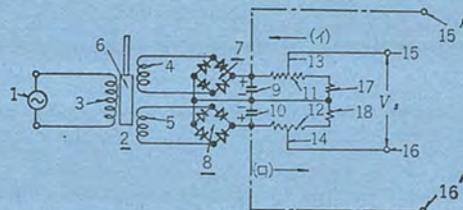


図1

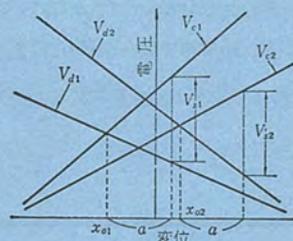


図2

## 半導体装置

発明者 中田 仗祐・川島 通志

この発明は、半導体素子をシリコンゴムやシリコンワニス等の有機絶縁物で被覆保護する半導体装置の改良に関するものである。

図において、(1)はPN接合(2)を有する半導体素子で、この半導体素子の周縁部を、エッチング液でメリ形状にエッチングし、PN接合(2)の表面から機械的の破砕層およびびずみ層を除去する。エッチング後、洗浄、乾燥し、次に石油系炭化水素である液を溶媒とし、シリコンの中または高分子量の樹脂分、たとえばメチルフェニルシリコンと少量の酸化チタンを成分とする液をプライマとして、半導体素子(1)の周縁部に塗布して塗布層(5)を形成する。その後、シリコンゴムを塗布層(5)上に塗布して保護被覆層(6)を形成する。

このようにして得られたダイオードの逆方向特性を測定すると、逆方向もれ電流が少なく、降伏点において、シャープな折れ方をし、かつ経時劣化を生じない。

この発明は、半導体素子表面に遷移金属化合物あるいはIVb層の金属化合物を含ませたプラズマを塗布することによって、 $-50^{\circ}\text{C}$ ~ $150^{\circ}\text{C}$ の熱サイクルに対しシリコンゴム等の保護被覆がはく(剝)離する

ことなく、耐湿性が良好で半導体素子表面を十分保護することができる。(特許 第609398号)(飯田記)

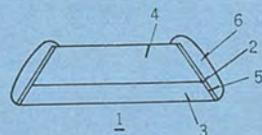


図1

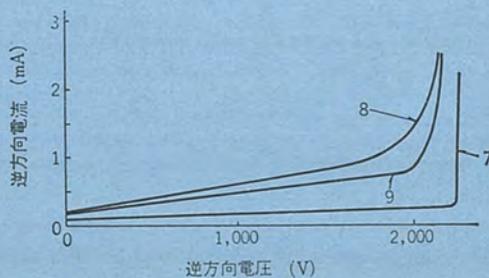


図2

## 車軸用自動超音波探傷装置

大 力 健 市\*・丸 田 紳 一\*

## Automatic Ultrasonic Flaw Detectors for Railway Axles

Kamakura Works Kenichi DAIRIKI・Shinichi MARUTA

Inspection for the maintenance of railway axles is essential to secure the safety of rolling stock. As equipment for the inspection the ultrasonic flaw detector plays an extremely important role, particularly demonstrating its powerful function in the detection of cracks at the portion of shaft pressed into wheel, which are the flaws most frequently take place. In the detection of flaws in the axle, the ghost echo peculiar to the shaft pressed in portion causes a poor S/N ratio and used to necessitate skill in the judgement of the flaws. In the automatic flaw detector described herein, elevation of the S/N ratio is tried through the improvement of the device, automatization of the judgement work is contemplated by the development of an automatic control circuit similar to human operation, and further a punched tape recording process is employed to permit the read-in to a computer for the utilization of data.

## 1. ま え が き

鉄道用車両において走行中の車軸の折損は直接大事故につながるため、車軸の保守検査は保安上きわめて重要である。車軸の劣化は、最も走行中に応力の加わる車輪との圧入部の内外境界面に集中して起こり、この部分に表面からヘアクラックが発生する。このクラックの発見法として、超音波斜角探傷法が威力を発揮しており、深さ1 mm以下の欠陥も検出できるようになった。従来の探傷法はブラウン管のエコー高さを観測する手動法であるが、圧入部特有のエコー（圧入エコー）が欠陥エコーに近い特性を持つために、正確な感度の規正や複雑な操作を要し、欠陥の判断に熟練した作業者を必要とした。このため検査の合理化がむずかしく、また検査軸数量も毎年数十万本にのぼるため、データの処理も問題で、大量のデータが活用できないまま蓄積される傾向があった。これらの事項を解決のため、当社は、昭和44年に日本国有鉄道のご注文により試作機を納入し、種々の研究を実施した。

この装置は、従来作業者にたよっていた感度規正や欠陥の判定およびデータの記録まで自動化され、しかもデータは計算機に読み込み可能な方式を採用しているため、車軸の統計管理が可能で、大幅な検査工程の省力化が可能である。本文では、この試作自動探傷装置の概要を手動探傷法と比較しながら述べ、自動化へのプロセスの参考としたい。

## 2. 自動探傷装置の性能と特長

## 2.1 特 長

この装置は、これまで有人操作にたよった判断作業を決まった手順で機械的に行なっており、手動探傷法に対し次のような特長を持っている。

- (1) 感度規正は、自動デジタル式アッテネータによりデシベル量で制御され、装置動作を自己監視している（特許申請中）。
- (2) 外来電気雑音は、レベルおよび持続時間の両面より除去する方式を採用しているため、きわめて安定である。
- (3) 圧入エコー等軸内の超音波雑エコーは、3種の探傷法の相互相関法等により除去し、探傷精度の向上を計っている。
- (4) 探触子は接触が安定で長寿命な油膜式を採用している。

(5) 回路は、IC（集積回路）を主体とした無接点論理回路で構成されており、きわめて信頼性が高い。

(6) 探傷結果は、計算機に読み込み可能な穿孔テープに自動記録され、多量データの統計管理が可能である。

(7) 各回路は論理的で有人操作時と類似した動作プロセスで組み立てられているため、各種自動探傷に適合する。

(8) 探傷速度が高速で、操作に熟練を要しない。

## 2.2 主要性能

## 2.2.1 被検査物仕様

- |            |                         |
|------------|-------------------------|
| (1) 探傷箇所   | 車軸圧入部端界面（4箇所）           |
| (2) 車軸直径   | 148～180 φmm             |
| (3) 表面あらさ  | 25 S 以下（JIS規格）          |
| (4) 垂直減衰度  | 2級軸以上（国鉄規格：2 MHz）       |
| (5) 標準感度基準 | 国鉄Ⅲ-1 試片（深さ1 mm 垂直キズ相当） |

## 2.2.2 装置性能

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| (1) 探触子しゅう（摺）動ストローク | 約 50 mm              |
| (2) 探触子しゅう動速度       | 約 0.3 s/ストローク        |
| (3) 車軸回転数           | 約 0.5 rpm            |
| (4) 感度規正 サイクル       | 軸1周 ジグザク 走査          |
| (5) 探傷 サイクル         | 軸1周 ジグザク 走査          |
| (6) 自動感度規正範囲        | 0～31 dB間 1 dB ステップ   |
| (7) 欠陥深さ分類          | 5段階（エコー 高さ 0～20 dB間） |
| (8) 欠陥広がり分類         | 10段階（軸円周 0～100%間）    |
| (9) 電源入力            | AC 100 V, 約 400 VA   |
| (10) 周囲温度           | 0～45°C               |

## 2.3 構造および動作

## 2.3.1 探傷装置本体

図2.1に探傷装置本体の外観を示し、下部より、1) 入出力端子盤、2) 入出力盤、3) 定電圧装置、4) 電源盤、5) 送信盤、6) 2 MHz 1 採用受信盤、7) 5 MHz 1 採用受信盤、8) 2 MHz 2 採用受信盤、9) 制御盤、10) 操作盤で構成されている。一般の操作は最上部の操作盤により、感度規正および探傷指令押しボタンで自動動作する。車軸履歴は作業者が軸先端に刻印された記号を読み取り、操作盤のデジタルスイッチに設定する。きょう（筐）体は全密



図 2.1 自動探傷装置本体  
Main assembly of automatic flaw detector.



図 2.2 探傷ヘッド部  
Flaw detector head.

閉構造で環境の悪い場所の据付の考慮がなされ、また入出力ケーブルからの電気雑音の混入防止のため、接せん(栓)部にはラインフィルタなどが取付けられている。

### 2.3.2 探傷ヘッド部

図 2.2 に探傷ヘッド部の外観を示す。上下探触子はシリンダで上下駆動し、探傷時に探触子を軸表面に圧着させる。上部探触子はモータとカム機構で軸方向に往復・しゅう動し、マイクロスイッチでこのしゅう動に同期信号(SZ)を得ている。上部探触子は、感度規正時超音波ビームが下部の透過波探触子を走査する位置にプリセットされるが、探傷時は車輪圧入境界面を走査するように軸方向に走行する。

感度規正時および探傷時、超音波ビームは車軸の回転と探触子のしゅう動により、図 2.3 に示すジグザグ軌跡で軸円周を全域検査する。この走査時間は、手動のようにブラウン管観測上の制限がなく、軸1周に約30秒でよく、手動探傷の1/2以下である。

### 2.3.3 探触子の配置

図 2.4 に探触子の配置を示す。1採用探触子(2TR, 5TR)と感度規正信号受信探触子(2RP, 5RP)は、周波数2MHzと5M

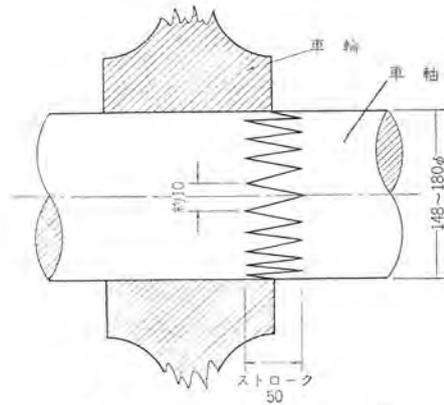


図 2.3 超音波ビームの走査軌跡  
Scanning locus of ultrasonic beam.

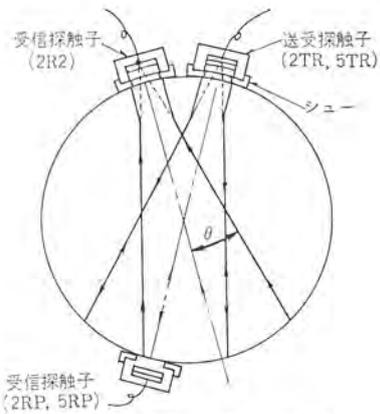


図 2.4 3組の探触子の配置  
Testing arrangement of three probes system.

Hzの振動子がはり合わせ一体構造とし、超音波ビーム方向を一致させている。2MHz2採用受信探触子(2R2)はビームの方向を変え、送信ビームと受信ビームの重畳する範囲の信号を受けることで、欠陥エコー(F)と圧入エコー(N)の分離を計っている。また各探触子は、1) 焦点形探触子を採用して、超音波ビームの指向角 $\theta$ を尖鋭化した、2) 金属製シューで軸面と接触させ、探触子の摩耗を防止した、3) 探触子と軸面間に1mm程度の油膜を介し超音波結合させる油膜式を採用し、軸面のおうとつ(凹凸)による感度変動を低減させた等の改善を行ない、動作の安定化を計った。

## 3. 回路および機能

### 3.1 回路構成

図 3.1 に装置の回路構成を示す。探傷ヘッドは5個の探触子群より成り、感度規正時(CZ)は、送信探触子(2TR, 5TR)の信号を透過法により受信探触子(2RP, 5RP)で受け、探傷時(MZ)は、欠陥Fからのエコーを1探法探触子(2TR, 5TR)と2探法探触子(2R2)で受ける。このCZ時に2種、MZ時に3種の信号入力が、それぞれ同時処理できるよう並列構成となった回路網で検出され、この組合せで、従来法で複雑な動作の原因となった圧入エコーNを分離している。各受信部はCZ時自動アッテネータで感度を規正し、軸面のおうとつや軸内の超音波の減衰を補正している。位置ゲート部は、超音波の送信から受信までの伝ば(播)時間より、CZ時は透過波P、MZ時は欠陥反射波Fが受信される区間のみゲートを開く働きをしており、この区間以外の信号を除去している。探傷結果は、各判定回路で欠陥の有無、探傷感度の良否、欠陥の最大深さ、円周

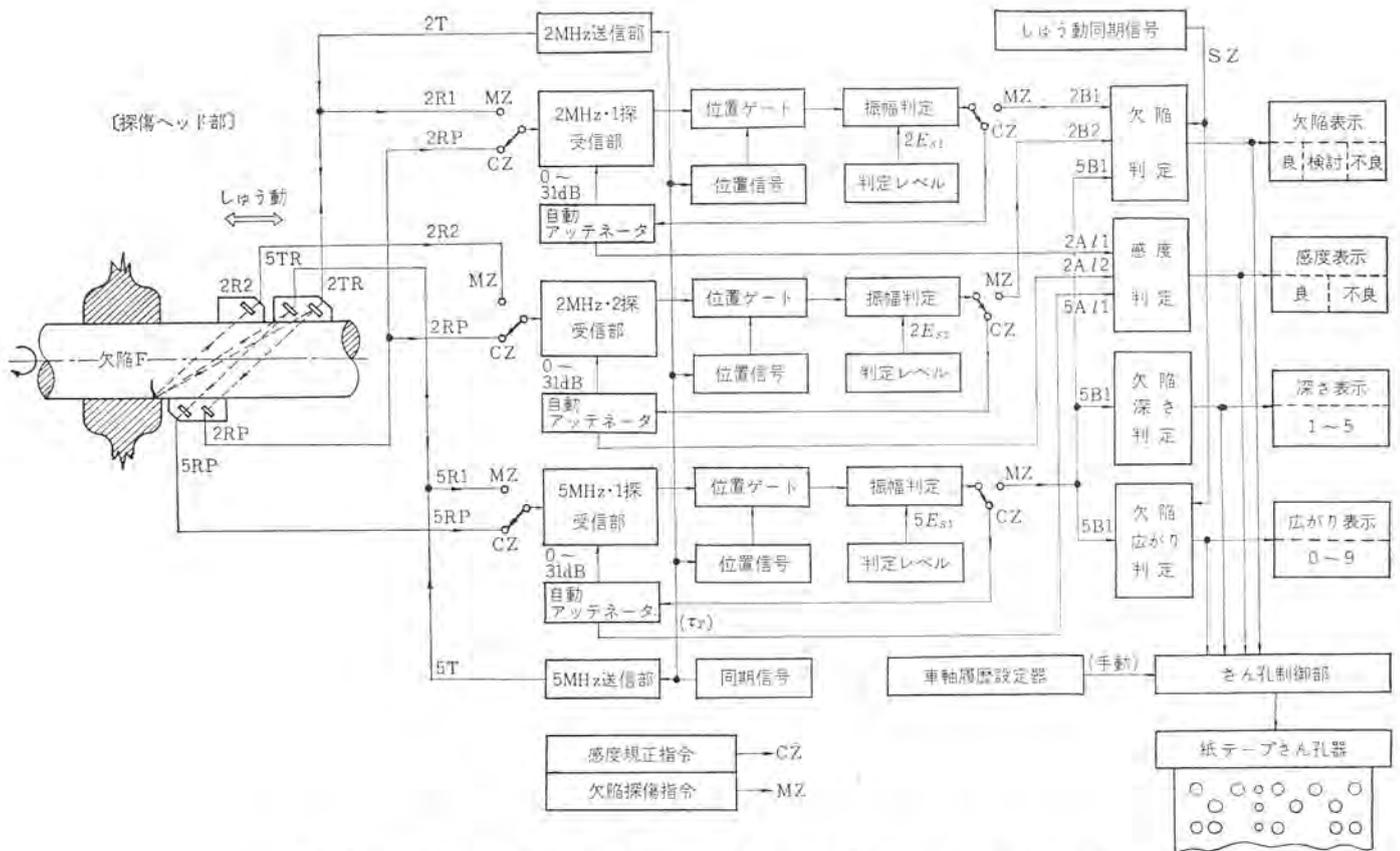


図 3.1 自動探傷装置ブロック図

Block diagram of automatic flaw detector.

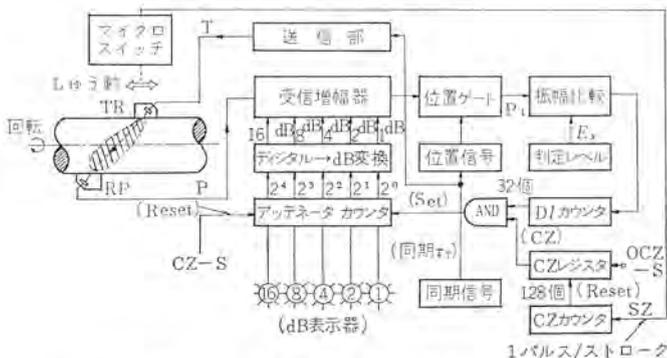


図 3.2 自動感度規正ブロック図

Block diagram of automatic sensitivity calibrator.

方向の欠陥の広がり分類され表示するとともに、手動設定された車軸履歴データと合わせて紙テープに符号でさん孔される。

### 3.2 自動感度規正回路

自動感度規正は、図 3.2 に示すデジタル制御回路で行なわれる。動作はまず規正開始指令 (CZ-S) でアッテネータカウンタをリセットして、受信増幅器を最大感度にするとともに、CZ レジスタをセットしてアッテネータカウンタの入力ゲート (AND) を開く。探触子 RP の受信信号を増幅後位置ゲートで第 1 回透過信号  $P_1$  のみ選出する。振幅比較器で透過波  $P_1$  と判定レベル  $E_s$  とを比較し、 $P_1 > E_s$  のとき、D1 カウンタにカウントパルスを送る。

D1 カウンタは入力パルスを 32 個数えるごとに出力パルスを出し、アッテネータカウンタをセットすることにより、受信増幅度を 1 dB ステップで下げる働きをする。この回路動作速度は、送信パルス T のくり返し周期  $\tau_T$  により決まる。最大速度は常に  $P_1 > E_s$  のときであり、 $\tau_T = 4 \text{ ms}$  とすると、アッテネータ速度は最大 128 ms/dB となる。CZ 初期では受信増幅度が高いため、一般に最大速度に近い速度が得ら

れるが、アッテネータ投入ごとに感度も下げるため、 $P_1 > E_s$  のひん度が順次少なくなり、速度もおそくなる。

この傾向は手動でアッテネータを操作する場合と類似しており、合理的な制御である。探触子の動作は 2.3.2 項で述べたようにジグザグ走査となるため、探触子しゅう動ごとにビームが一致した位置でピークとし、その前後では減少する正規分布的な特性を持つ。したがって、感度が最終値に接近した時点では、D1 カウンタ入力には探触子 1 ストローク当たり数個のパルスしか得られず、アッテネータ 1 dB 調整するのに十数 ストロークのしゅう動を要することとなる。このことは軸の円周位置により表面のおうとつや内部減衰量で局部的に感度変動がある場合、その部分を無視して、平均的な感度にコントロールする機能を持っており、あやまった感度規正する可能性をなくしている。CZ 区間は CZ カウンタで探触子しゅう動回数を 128 回カウントすると自動的に完了する。

### 3.3 雑音除去回路

自動探傷装置では探傷入力信号が数 mV ときわめて小さいレベルのため、外來電気雑音の影響が大である。これら雑音の内、連続的な雑音は、レベルも小さくシールドの強化等で容易に除去でき問題ないが、電磁開閉器のシャ断時等のアーク放電による雑音は、瞬時エネルギーがきわめて大きく、探傷器のようにパルス信号を取扱う場合、致命的となりやすい。このアーク雑音は、一般に持続時間が短く指数関数的に急激に減衰する。図 3.3 に示す雑音除去回路は、この持続時間に着目し処理したものである。同図において F は雑音の混入した探傷エコーであり、くり返し周期  $\tau_F = 4 \text{ ms}$  ごとに検出される。振幅比較器で探傷エコー F と判定レベル  $E_s$  の大小が比較され、この比較出力は、探傷エコー F と同期したソフトパルス SP によりソフトレジスタに順次記憶される。したがってこのレジスタにはくり返し周期 4 回分のデータが記憶されており、これらレジスタの各内容の AN

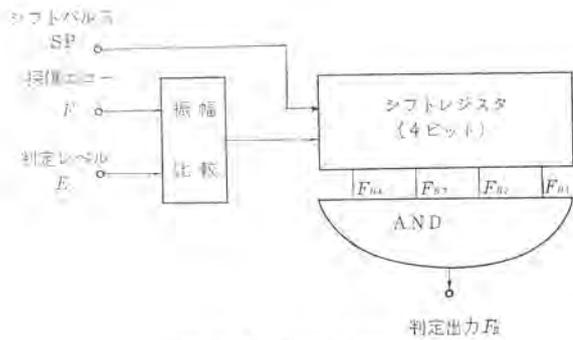


図 3.3 雑音除去回路  
Noise suppressor circuit.

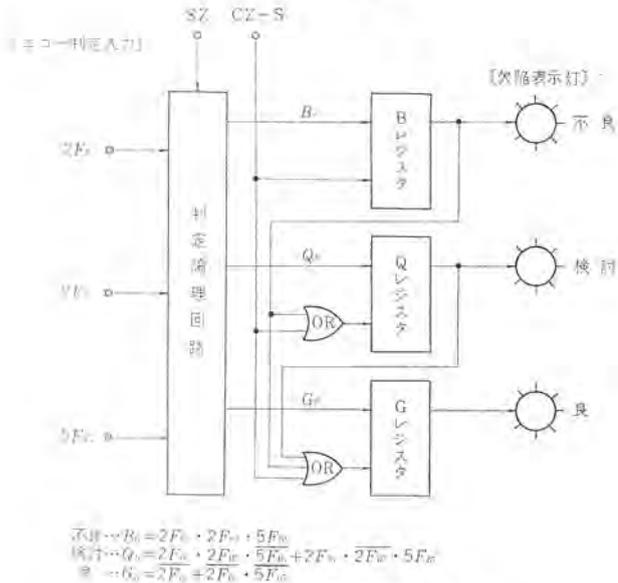


図 3.4 欠陥判定回路  
Classified circuit of detected signals.

1) を取れば  $4\tau_T = 16 \text{ ms}$  以上持続した信号しか判定出力  $F_B$  にあらわれず、 $16 \text{ ms}$  以内の雑音は除去される。なお探傷走査速度は、探傷信号が  $16 \text{ ms}$  経過後もほぼ同レベルを保つ速度に制限される。この走査速度  $v$  は、探傷部の感度が  $1 \text{ dB}$  低下する超音波ビームの広がり  $d$  とすると、 $v < d/4\tau_T$  である。

### 3.4 欠陥判定回路

欠陥の判定は図 3.4 に示すような論理回路で、3種の並列に受信される探傷信号の相互相関法により行ない、欠陥エコー  $F$  中に混入する圧入エコー  $N$  を除去している。同図の判定論理回路は探触子のしゅう動同期信号  $SZ$  ごとに良 ( $G_B$ )、検討 ( $Q_B$ )、不良 ( $B_B$ ) の判定出力を出す。この出力は不良、検討、良の順に優先記憶機能を持つレジスタに記憶され、表示ランプを点灯させる。すなわち車軸1周をジグザグ走査し探傷を完了した時点では、探触子1ストロークごとの判定結果の最悪結果が表示され、この表示は、次の感度規正開始指令 ( $CZ-S$ ) まで保持される。

### 3.5 感度判定回路

自動アッテネータがその制御範囲を越えたとき、すなわち  $1 \text{ dB}$  以下、または  $31 \text{ dB}$  以上となったとき、感度不良と判定し、ランプで表示するとともに紙テープに感度不良マークをさん孔する。感度不良の原因として、装置の故障や調整不良によるものと軸自体の面あらかさや減衰度不良によるものがある。自動探傷法では作業者が常時監視できないため、これら自己監視機能を持たせ、あやまった判断やさん孔テープを計算機で処理する場合の不良データを除いている。

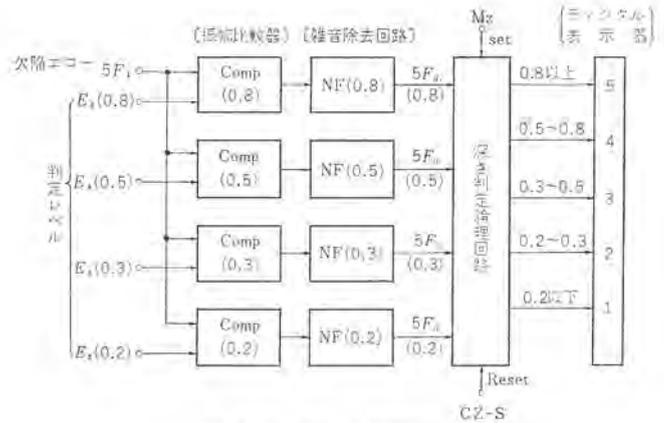


図 3.5 欠陥深さ判定回路  
Classified circuit of flow depth.

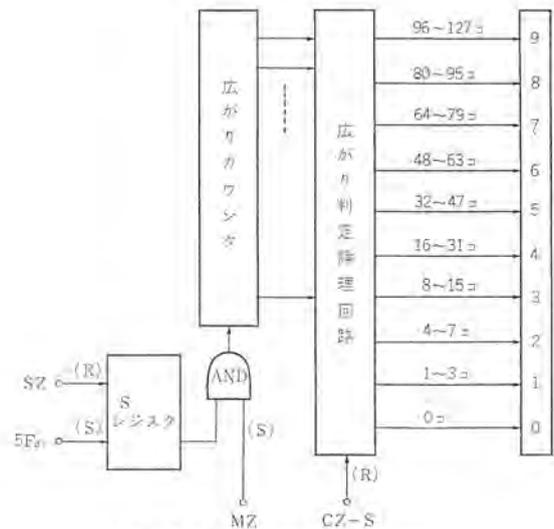


図 3.6 欠陥広がり判定回路  
Classified circuit of flow length.

### 3.6 欠陥最大深さ判定回路

図 3.5 に最大欠陥深さの判定回路を示す。探傷入力としては、圧入エコーの影響の少ない  $5 \text{ MHz}$  1 探法の探傷エコー  $5F_{B1}$  を使い、欠陥深さ  $0.8 \text{ mm}$ 、 $0.5 \text{ mm}$ 、 $0.3 \text{ mm}$ 、 $0.2 \text{ mm}$  相当の判定レベル  $E_s$  と比較することで 5 段階に分類している。深さ判定論理回路は、最大深さを優先的に記憶する機能を持ち、探傷時 ( $MZ$ ) 最大深さ入力を記憶し、次の感度規正開始 ( $CZ-S$ ) までその結果を 1~5 に数字化して表示する。

### 3.7 欠陥広がり判定回路

図 3.6 は欠陥広がり判定回路であり、 $5 \text{ MHz}$  1 探の欠陥信号  $5F_{B1}$  を探触子しゅう動ごとに広がりカウンタでカウントする。広がり分類は、探傷区間 ( $MZ$ ) 中の欠陥有のしゅう動回数により表わし、0~9 に数字化してデジタル表示器で次の感度規正時 ( $CZ-S$ ) まで表示する。

### 3.8 さん孔テープ記録法

さん孔テープには、感度規正開始後探傷終了までに作業者が設定した車軸の履歴データと探傷結果を図 3.7 に示すような 8 単位紙テープに、探傷完了と同時に自動さん孔する。さん孔符号は 4 単位で 1 記号として表わし、データの最初にスタートマーク、最後にエンドマークをさん孔し、計算機で読み込む場合の番地指定を行なっている。このさん孔テープは各工場から中央計算センタに集められ、磁気テープ

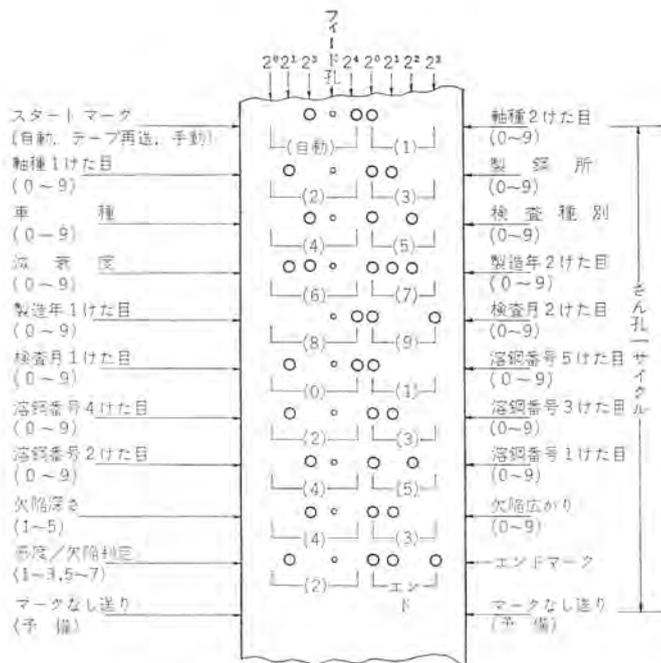


図 3.7 テープさん孔要領  
Tepe punch method.

に圧縮された後、車軸の管理分析データとして活用される。

#### 4. 探傷特性および考察

##### 4.1 手動探傷動作

図 4.1 は手動探傷法の動作説明である。探触子は 2 MHz 40度の斜角 1 探法を使い、感度規正域で III-1 試片と呼ばれる幅 5 mm、長さ 10 mm、厚さ 2 mm の軟鉄片を水ガラスで接着し、そのエコー高さをブラウン管上 100% に調整後、探傷域で欠陥検査を行なっている。作業手順は図 4.2 に示すとおりであり、感度規正は欠陥エコー発見時に再度その付近で行なっており、欠陥の判断も単にエコー高さのみにならず、作業者の経験による部分が多い。

##### 4.2 手動探傷結果

###### 4.2.1 判定法による分類

車軸約 1,400 本を手動探傷して得られた結果を判定法別に分類すると、次のとおりであった。

- (1) エコー高さが 25% 以下で良軸と判断した軸 91%
- (2) エコー高さは 25% 前後であるが波形等より圧入エコーと判断し、良軸としたもの 2.4%
- (3) エコー高さが 25% 以上で軸抜き後確認し、欠陥がなく圧入エコーと判断された軸 1.0%
- (4) エコー高さが 25% 以上で軸抜きで、欠陥があった軸 5.6%

以上の結果の内、(2) は作業者の熟練によるもので、過去の多くの確認試験等の積み重ねにより十分な安全率を見込んで判断している。しかしながら、自動探傷ではこの複雑な判断は困難であり、(3) と同様に取扱うこととなる。

###### 4.2.2 圧入エコーの分類

図 4.3 は前項の欠陥確認軸以外の車軸のエコー高さを分類したもので、この圧入エコーの平均値は 17.2% であった。この平均値は、欠陥判定レベルの 25% に対し約 3 dB 低い値である。同図で 25% 以上の圧入エコーが急に少なくなるのは、判定レベル以上のエコーは、精密に測定する手動探傷特有の考慮がなされるため、探傷動作の一

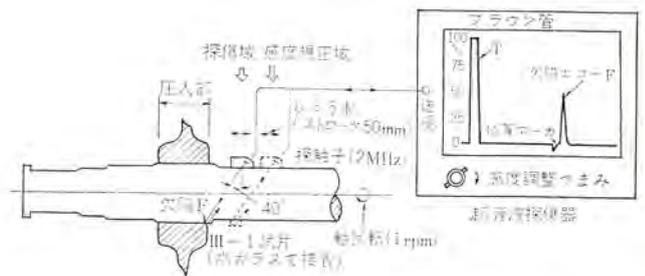


図 4.1 手動探傷法の説明  
Schematic testing arrangement for a manual system.

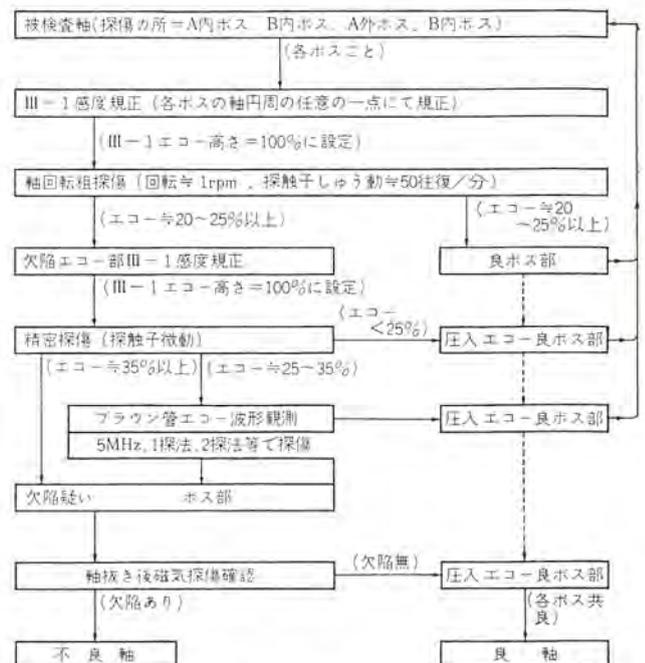


図 4.2 手動探傷手順  
Program of a manual testing system.

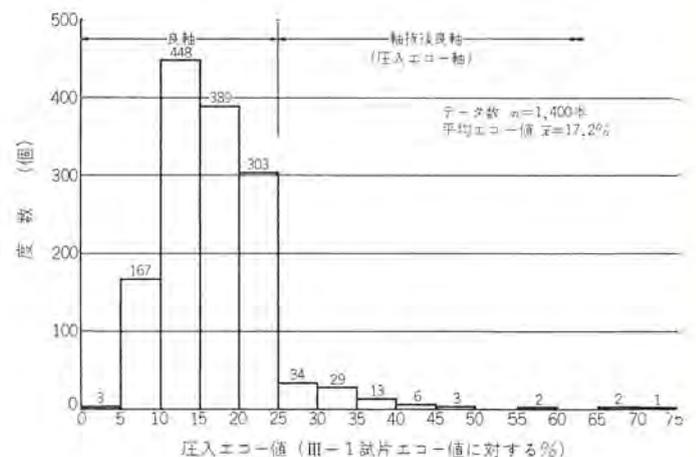


図 4.3 圧入エコーの分布  
Distribution of pressed-echo level.

定な自動探傷ではよりなだらかな特性が予想される。

###### 4.2.3 欠陥エコーの分類

図 4.4 は欠陥確認軸について、その欠陥エコー高さを分類したもので、エコーの平均値  $\bar{x}$  は 52.3% であった。この分布を正規分布と考え、 $\bar{x} - 2\sigma = 23.1\%$  以上のエコーを判別すると 97.73% の欠陥軸が検出可能と予想され、現在の判定レベルの 25% は十分根拠のある値であった。

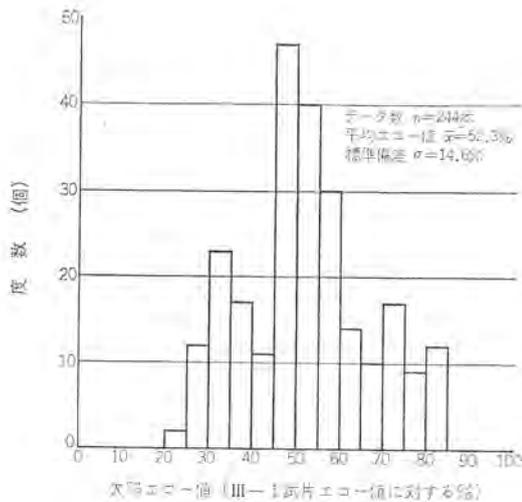


図 4.4 欠陥エコーの分布  
Distribution of flaw echo level.

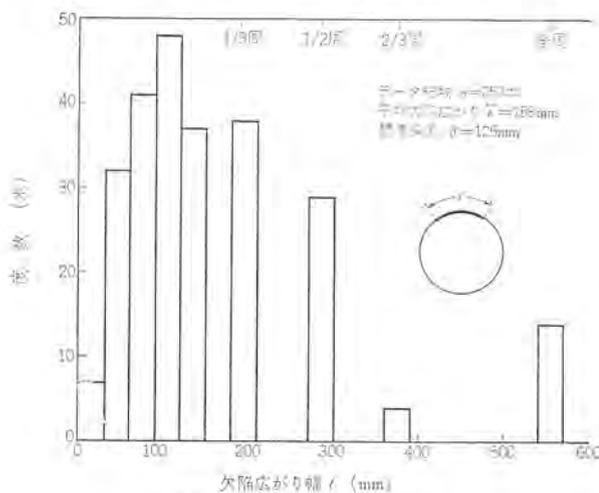


図 4.5 欠陥広りの分布  
Distribution of flaw lengths.

表 4.1 表面あらさと減衰級別に対する感度規正偏差  
Sensitivity deviation depending on roughness of surface and attenuation coefficient.

減衰級別	表面あらさ	区分	A	B	C	D	データ数計
			100~90%	89~70%	69~60%	59~40%	
1 級 軸 (2.0B 以上)	データ数	379 本	85 本	114 本	36 本	計 614 本	
	平均感度	0dB	-2.14dB	-2.42dB	-4.68dB	4.68dB	
2 級 軸 (1.0B~1.9B)	データ数	177 本	225 本	184 本	119 本	計 705 本	
	平均感度	-2.52dB	-4.96dB	-9.18dB	-8.73dB	6.21dB	
3 級 軸 (0.1B~0.9B)	データ数	31 本	60 本	57 本	45 本	計 193 本	
	平均感度	-7.23dB	-8.74dB	-10.26dB	-11.99dB	4.76dB	
データ数計		計 587 本	計 370 本	計 355 本	計 200 本	総計 1,512 本	
1 級~3 級 感度差		7.23dB	6.60dB	7.84dB	7.31dB		

#### 4.2.4 欠陥の位置と形状

欠陥の位置は前項の欠陥確認軸で測定した結果、ほとんど車輪圧入端面より数 mm~十数 mm 内側にある表面から発生するヘアクラックで、軸円周方向の圧入端面に沿って広がる傾向を持っていた。この欠陥の円周方向の広がりには図 4.5 のような分布を示す。

欠陥深さについては、ヤスリ等で欠陥がなくなるまでけずり、その深さにより測定したが 0.2~1.5 mm 以下のきわめて小さい値であった。欠陥の深さ方向の角度については、100 本の軸を切断し、顕微鏡写真で断面角度を測定した例が報告されており、これによると垂直から 45 度の欠陥が 98 % を占めていた。

#### 4.2.5 感度規正特性

軸の表面あらさと垂直減衰級別に対する III-1 試片の感度規正值のばらつきは、表 4.1 のように分類される。このデータより表面あらさ、A と D では約 6 dB の感度差が予想され、減衰級別 1 と 3 級では約 7 dB の感度差が予想される。

#### 4.3 自動探傷精度

自動探傷における探傷精度におよぼす要因としては、装置自体の電気回路等のハードウェアと探傷方式自体によるソフトウェアに分かれる。ハードウェアについては、前章に述べた回路で十分にすぐれた機能を持っており、問題ないが、ソフトウェアについては、広範囲な検討が必要で種々の実験の蓄積と統計的分析を待たねばならない。車軸の探傷方式の決定に影響する最も大きな問題点は、欠陥エコー  $F$  に混入する圧入エコー  $N$  の除去であり、この  $F/N$  比を向上させるとともに、感度規正を正確に行なうことが自動探傷の精度向上に必要である。このことは従来の手動探傷で、前節でも述べたように、圧入エコーの平均値が欠陥判定レベルより 3 dB しか差がないことよりもあきらかである。これらの点につき、本自動探傷機で車軸約 100 本につき種々の実験を行なった。

##### 4.3.1 探傷周波数に対する特性

周波数 2 MHz と 5 MHz の 1 探法を比較すると、次のとおりであった。

(1) 深さ 0.4 mm の垂直人工傷を入れた、面あらさ A、減衰度 1 級のモデル軸では、欠陥エコー  $F$  と圧入エコー  $N$  の比  $F/N$  は 5 MHz のほうが 10 dB 程度向上したが、自然欠陥軸ではサンプル数が少なく、種々の要因を含むため人工傷軸ほど明確な差が得られなかった。

(2) 減衰の多い 3 級軸は、5 MHz では軸内部各組織の結晶粒度の散乱による林状雑音が多く探傷不能であった。

(3) 垂直減衰度別に見た探傷感度の変化は、2 MHz では 1 級軸と 3 級軸とで約 7 dB であったが、5 MHz では 1 級軸と 2 級軸とでも 20 dB 以上の変化が表われた。

(4) 表面あらさに対する影響も、2 MHz では A 面と D 面で約 2 dB に対し、5 MHz では約 5 dB 程度の変化が見られた。

(5) 探触子を従来の直接接触式に対し油膜式としたことによる面あらさの影響は、2 MHz で油膜式のほうが約 4 dB 程度改善された。

(6) 5 MHz では、減衰の多い軸や面あらさの悪い軸では、探触子位置により局部的に感度の増減する度合いが大きい傾向があり、感度規正精度も低下しやすい傾向があった。

以上より、周波数による特性変化は超音波の波長に関係すると考えられる。斜角探傷における軸中の波長は、5 MHz で 0.65 mm、2 MHz で 1.6 mm である。圧入エコーは圧入部を透過して車輪に漏れ

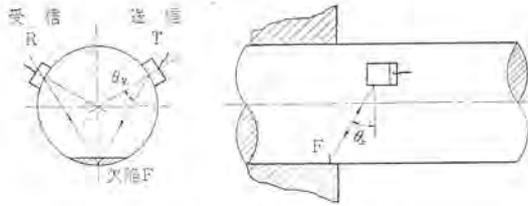
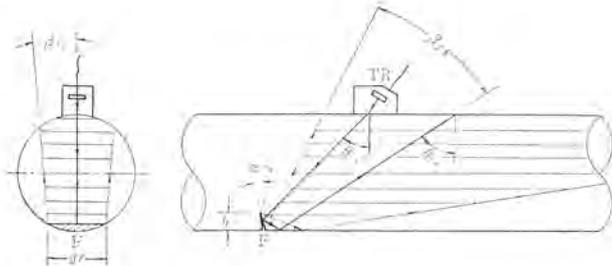


図 4.6 立体角 2 探法  
Double probe system of three dimensions



TR: 送受信軸子  
 $d$ : 欠陥長さ  
 $F$ : 欠陥(へつタラック)  
 $\alpha$ : 欠陥角度  
 $Q$ : 送波(屈折角)とビーム軸  
 $\beta$ : 欠陥エコー指向角(軸方向)  
 $\theta$ : 欠陥エコー指向角  
 $\gamma$ : 欠陥エコー指向角(円周方向)  
 $\phi$ : 送信射角(ビーム軸)  
 (円周方向)

図 4.7 欠陥エコーの指向特性  
Beam spread of flaw echo

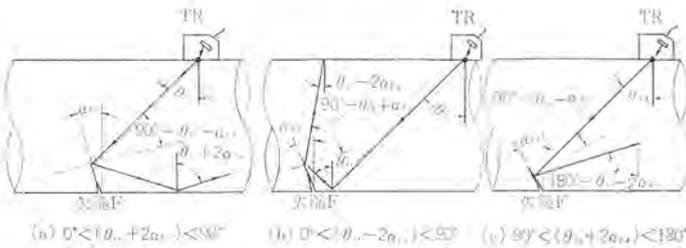


図 4.8 欠陥角度と反射径路  
Flaw angle vs. echo path.

込む超音波が先端部から乱反射し、その一部が欠陥エコーに混入すると考えられ、車軸と車輪間の圧入間隔が波長より小さいほど、また車輪先端の  $R$  が波長より小さいほど圧入エコーが増加する傾向を持つ。軸の減衰についても、金属組織の粒子寸法が波長に近づくことにより、減衰が急増すると考えられ、面あらしについてもおうとつ寸法と波長に起因するものであろう。

#### 4.3.2 ビームの指向角と $F/N$

本装置では探触子を焦点形として、欠陥部での超音波ビーム直径約 30 mmφ と欠陥の最少広がり寸法程度にしぼり、欠陥部以外からの超音波乱反射による雑音の増加を除いた。この結果、欠陥エコー  $F$  と圧入エコー  $N$  の比  $F/N$  を全般に軽減できたが、一部軸では  $F/N$  の変化のほとんどない特性も見られた。このエコーはビームを圧入先端部に一致されたとき最も大きく、ビームを圧入内部へ移動させると急速に低下する傾向を持ち、前項で述べた輪先端よりの反射と考え

られた。このエコーは特に始端エコーと称し、2, 3の実験報告もあり、周波数の増加や屈折角の選択、先端部の丸味等の改善策が提案されている。

#### 4.3.3 屈折角の影響

探触子の屈折角については、車軸寸法上より 55 度以下から、また超音波横波の発生原理上より 37 度以上の範囲しか、実測例がないが、この範囲でも 37 度が 5dB 程度  $F/N$  が良い、との報告もある。屈折角に対する  $F/N$  は測定条件によりまったく逆の特性も得られ、今後に期待する部分が多い。探傷法を 2 探法にすると図 4.6 のような軸の円柱形状を活用した立体角法が考えられ、屈折角  $\theta$  が一定でも軸方向成分角度  $\theta_x$  を自由に選ぶことができ、しかも超音波のビーム路程も短縮可能なため、軸の減衰の低下や周波数の選択幅の増大、ビーム集束の容易さ等の多くの付随的改善も期待できる。この立体角法の探触子の屈折角  $\theta$  は次の式で表わされる。

$$\tan \theta = \sqrt{\tan^2 \theta_x + \tan^2 \theta_y}$$

#### 4.3.4 欠陥形状の影響

図 4.7 は欠陥エコーの指向性を示す。欠陥の寸法は 4.2.4 項に述べたように、超音波波長に対し円周方向寸法が十分大きいと深さ方向で同等以下のため、指向角は円周方向では尖鋭であるが軸方向ではきわめてゆるやかである。図 4.8 はビーム中心軸の反射経路と欠陥角度の関係を示す。図 4.8 (a) と (b) は欠陥と軸表面とで 2 重に反射するが、この場合は欠陥部の表面のおうとつと車輪との圧入間隔が欠陥エコー感度に影響し、おうとつが著しい場合は乱反射により感度が低下し、圧入間隔が波長の 1% 以下と小さい場合は、超音波が車輪に透過するために、表面の反射率が低下して感度低下を起こす。1 探法の場合は欠陥エコーの内送信ビームと同方向の受信成分のみが有効となり、欠陥角度により受信ビームの中心軸が異なる場合は感度低下を起こす。この傾向は、欠陥の軸方向指向性がゆるやかなため顕著ではなく、実測例では 2 MHz で欠陥角度 15 度に対し 3 dB 程度であった。

## 5. む す び

以上、車軸自動探傷装置の概要、および現地据付時に日本国有鉄道関係者と共同で実験を行なった結果について、その一端を記載した。この装置による欠陥判定能力は、現状でも従来の手動探傷方式と同等レベルであり、今後、多くの車軸の検査に使用し、そのデータを計算機を使って統計的に分析すれば、よりすぐれた方式の発見にもつながり、今後に期待することが多い。超音波探傷の自動化は歴史的にも新しく、電子回路技術の発展に伴って、ここ 2, 3 年の間に急速に実用化段階に達したものであり、探傷方式等のソフトウェア面の研究を積み重ねることにより、各方面の検査に応用されよう。

最後に本装置の開発および実験において、終始ご指導いただいた日本国有鉄道関係者各位に、誌上をかりて厚くお礼申し上げる次第である。  
(昭和 47-2-3 受付)

## ヒートパイプの設計法

植田 剛夫\*・窪内 洋子\*・木村 弘\*・小林 康徳\*\*

## A Design Method of Heat Pipes

Kamakura Works Takao UEDA・Yôko KUBOUCHI・Hiroshi KIMURA・Yasunori KOBAYASHI

A general idea of basic design for manufacturing heat pipes and the techniques of it are given herein. The method consists of the following processes: the selection of a liquid used for the heat pipe to satisfy the thermal requirements of the controlled object and a wick to be combined with it, the study on the operation characteristics of the unit under a steady state and transient operation characteristics such as in the case of starting the heat pipe operation or a changing period of input, and the final determination of the optimum arrangement. Accordingly the software for it comprises the check of operation limit of the heat pipe in a steady state and a program for the simulation of the transient operation. In regard to the latter, it has been confirmed that employment of a general purpose thermal analyzer program based on a proper assumption made on the heat pipe operation will help its embodiment.

## 1. ま え が き

ヒートパイプは、液体の蒸発および凝縮の相変化にともなう潜熱と毛细管現象を利用した、構造の簡単な熱伝達装置であり、小さい温度差で固体材料の数百倍以上の熱輸送を行なう能力をもっている。

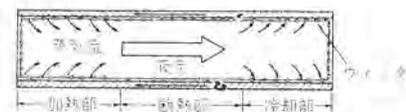
ヒートパイプの原理は、1942年に米国の Gaugler が発見したものであるが、1964年以後米国 ロスアラモス 研究所の Grover<sup>(1)</sup>、Cotter<sup>(2)</sup>、および TRW 社の Marcus<sup>(3)</sup> らによって理論が確立され、実用化に進むこととなった。特長として、構造が簡単で可動部がないため信頼度が高いこと、軽量であること、無重力下で作動すること、温度こう配がきわめて小さいことなどから宇宙用として最適であり、主として米国の宇宙関係機関で熱電子発電機に用いる高温用から、一般の人工衛星積載機器冷却に用いる低温用まで、きわめて広はん(汎)に研究開発が続けられてきている。

わが国においても最近ようやく関心が高まりつつあり、通信衛星、放送衛星などの積載機器の温度制御をはじめ、地上用としても原子力、重電、化学プラント等の冷却など広く応用が検討されている。当社では昭和44年に宇宙開発事業団の委託研究を受けたのをはじめとして、宇宙用、地上用の両応用面について開発を行なってきた<sup>(4)(5)(6)</sup>。

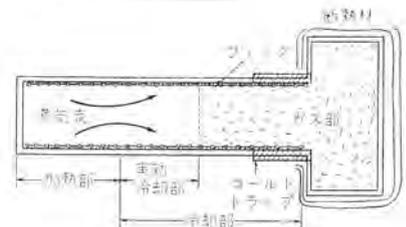
ヒートパイプの構造は、図1.1(a)に示すように密閉された管内壁にウイックと呼ばれる毛细管機構を装着し、化学的に純粋な液体を封入したものである。作動状態では、管壁は常に作動液体によって浸された状態にある。

ヒートパイプの性能にもっとも影響をおよぼすのは、ウイックと液体の材質である。ウイックとしては、金属のメッシュスクリーン、焼結金属、金属フォームおよびフェルト(材質は銅・ニッケル・ステンレス)などのほか、管内壁の長手方向に直接みぞを切ったタイプも用いられ、いずれにしても毛细管現象を十分に生ぜしめることが必要である。作動液体は希望する温度レベルによって異なるが、現在対象としている低温用ヒートパイプでは、純水・アンモニア・フロン・アルコール等が多用される。ウイックおよび液体の選択にあたっては、性能上の要求のほかに、特定の組合せによる不純ガスの発生にも留意しなければならない。

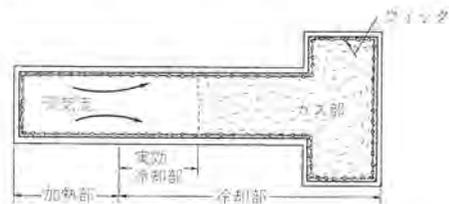
さらに最近、ガス封入形(Gas Controlled Heat Pipe)と呼ばれるヒートパイプが開発されてきた<sup>(7)(8)</sup>。普通のヒートパイプの中に適量



(a) 通常型管形ヒートパイプ



(b) 高温型管形ヒートパイプ(熱貯蔵部を有する方式)



(c) 低温型管形ヒートパイプ(冷貯蔵部を有する方式)

図 1.1 ヒートパイプの概念  
Schematic view of heat pipes.

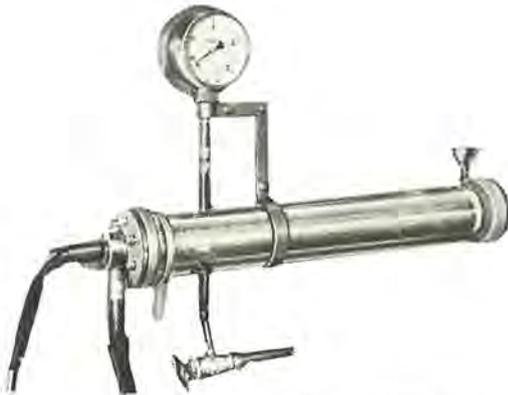
の不凝縮性ガス(窒素・水素・アルゴンなど)を封入したもので、作動開始とともに短時間の間に蒸気によってガスは冷却部に追いやり、そこに蒸気とは分離独立したガス領域を形成する。このガス領域は管内の圧力(したがってヒートパイプへの熱入力)によって伸縮し、ヒートパイプの冷却部面積を自動的に変化させることになるので、冷却部温度を常に希望する状態に保持することができる。ガス封入形ヒートパイプは、不凝縮性ガスの封入原理によって、図1.1(b)(c)に示されるように、断熱形ガス溜め方式(Hot Reservoir Type)と冷却形ガス溜め方式(Cold Reservoir Type)とに分けられるが、紙面の都合上、これらガス封入形ヒートパイプについての詳説は別の機会にゆずる。

本誌では、まずヒートパイプの作動原理について概要を述べ、つぎに作動限界と設計法について基本的な概念を述べる。ここでは、今までにわれわれが実際に製作、試験を行なったヒートパイプの実験結



パイプ : ステンレス 30 mmφ×800 mL×1 mm  
 ウィック : ステンレス 200 メッシュ  
 液体 : フレオン 2)

(a) ステンレス製 フレオンヒートパイプ



パイプ : ガラス製 重管 内径 43 mm×長さ 560 mm  
 ウィック : ステンレス 200 メッシュ  
 液体 : 可変

(b) ガラス製基礎特性試験用ヒートパイプ

図 1.2 テスト用ヒートパイプ  
 Heat pipes for performance test.

果も含まれている。(図 1.2 (a) (b) に試作したヒートパイプの実例を示す) 一方、ヒートパイプの非定常動作状態に目をあてて計算機によるシミュレーションを行ない、先の実験結果と比較した。最後に一つの基本的な応用面としての人工衛星をとりあげ、過去のヒートパイプの実用例および今後の予想される例を解説し参考に供した。

## 2. ヒートパイプの作動原理

ヒートパイプは、液体の相変化に伴う潜熱を利用した熱伝達機構で、定常状態では外壁温度に応じて気相、液相の平衡状態が成立している。このパイプの一端を加熱し、他端を冷却すれば、加熱部では気化熱を奪って液体の蒸発、冷却部では液化熱を出して蒸気の凝縮がおこる。その結果、加熱部、冷却部の蒸気相で圧力差が生じ、加熱部から冷却部への蒸気流がおこる。この場合の両端間の圧力差は、蒸気流と管壁との摩擦による圧力落差に等しい。

ところで加熱部では、蒸発量が増加すればウィックと液体の接触角は減少するが、冷却部では、凝縮量が増加すれば接触角は逆に増加するため両端間の毛細管圧力に差が生じ、液体は冷却部から加熱部へ流れることになる(図 2.1)。ただし、この毛細管圧力差は、液とウィックの摩擦抵抗より十分大きくなければならない。このようにして、加熱部で蒸発した蒸気は冷却部で凝縮し、毛細管圧力で加熱部にもどり、サイクルを繰り返すことになる。

構造的には、管壁が熱伝導率の良い薄肉の金属などで作られているので、半径方向の熱伝達に比較して長さ方向の熱伝達は非常に悪く、また、ウィックの厚さも非常に薄いので、管壁、液体表面間での対流の影響もほとんど無視できる。したがって、管壁から液体表面への半径方向の伝導、液体表面からの蒸発のさいの気化熱による熱の奪い去り、液化熱による熱の受け渡し、液体表面から管壁への半

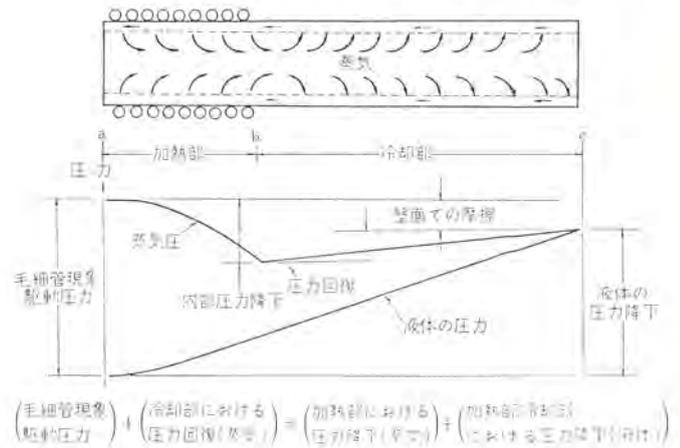


図 2.1 ヒートパイプの作動原理  
 Operating mechanism of heat pipes.

径方向の熱伝導が主たる伝熱現象である。

上記の伝熱現象を文献(2)(3)にそつてもう少し詳述しよう。気相での圧力降下と液相での圧力降下が、両端の毛細管圧力差により補われていることから、蒸気相での圧力降下を  $\Delta P_V$ 、液相での圧力降下を  $\Delta P_L$ 、毛細管圧力差を  $\Delta P_C$  とすれば、平衡状態では加熱部および冷却部でそれぞれ、蒸気圧、液圧、毛細管圧力がつり合っているのでつぎの等式が成り立つ。

$$\Delta P_V + \Delta P_L = \Delta P_C \quad (2.1)$$

気相での圧力降下は、Yuan<sup>(6)</sup> が用いたような Hagen-Poiseuille 流れ(非圧縮性粘性流体、層流)に加熱部では一様な吹き出し、冷却部では一様な吸い込みを仮定して、次式のように求めることができる。

$$\Delta P_V = \frac{8\mu_V \dot{m}_V}{\pi \rho_V \gamma_V} \left[ \int_{l=0}^{l=L_E} \left(1 + \frac{3}{4} R_{e1} - \frac{11}{270} R_{e1}^3 + \dots\right) dl + \int_{l=L_E}^{l=L_P} \left(1 + \frac{3}{4} R_{e2} - \frac{11}{270} R_{e2}^3 + \dots\right) dl \right] \quad (2.2)$$

ただし、 $R_{e1}$ 、 $R_{e2}$  はそれぞれ加熱部、冷却部での半径方向のレイノルズ数、 $\mu_V$ 、 $\dot{m}_V$ 、 $\rho_V$ 、 $\gamma_V$  はそれぞれ蒸気相の粘性係数、流量、密度、半径であり、 $L_E$  は加熱部の長さである。

一方、液相での圧力降下  $\Delta P_L$  は、有孔物質中を流れる流体の圧力降下として、Darcy の法則により表わされ、 $\mu_L$ 、 $\dot{m}_L$ 、 $\rho_L$ 、 $A_L$  をそれぞれ液相での粘性係数、流量、密度、断面積、 $L_P$  をパイプ長さ、 $K_P$  を透過率とすると、式(2.3)のように求まる。

$$\Delta P_L = \frac{\mu_L L_P \dot{m}_L}{K_P \rho_L A_L} \quad (2.3)$$

液相、気相での圧力降下と毛細管圧力との関係を図 2.1 に示す。

さて、加熱部での蒸発量および冷却部での凝縮量は、それぞれの潜熱が加熱量および排熱量と平衡する温度条件で定常に達するが、液体とその純粋な蒸気のみが存在する二相系として管内の蒸気は、Maxwell の速度分布を持つと仮定すると、半径  $\gamma_V$ 、長さ  $dL$  の円管表面からの正味蒸発量および正味凝縮量はつぎのようになる。

$$\dot{m} = \alpha \gamma_V \left| \frac{P_l}{\sqrt{RT_l/2\pi M}} - \frac{P_v}{\sqrt{RT_v/2\pi M}} \right| dL \quad (2.4)$$

ただし、 $\alpha$  は液体表面での分子の凝縮および蒸発をさまたげる異物質などを考慮した適合係数で、1.0~0.0 の値をとる。また  $P$  は圧力、 $T$  は温度、 $M$  は分子量で、添字  $l$  は液相、 $v$  は蒸気相、 $C$  は毛細管を示す。

ところで、ヒートパイプの潜熱による熱伝達量を  $Q$  とすれば、これ

は蒸発量または凝縮量  $\dot{m}$  と、気化熱または液化熱  $\lambda$  の積で表わされるから式 (2.1), (2.2), (2.3) より求められる加熱部での液体と、ウィックの接触角  $\theta_c$  と液体輸送量  $\dot{m}$  の関係はつぎのような式で表わされる。

$$Q = \lambda \dot{m} = \frac{2\sigma}{\gamma} \cdot \frac{K_P \rho_l A_l \lambda}{\mu_l L_P} \cos \theta_c \dots (2.5)$$

ただし、気相での圧力降下は、液体金属など特別の場合を除いては、液相での圧力降下に比較して十分小さいのでこれを無視し、また冷却部での接触角の余弦  $\cos \theta_c \approx 0$  とした。

また、内部蒸気圧と凝縮側液体温度および接触角の関係も  $\dot{m}_v = \dot{m}_L$  より次式のように求まる。

$$\begin{aligned} & \alpha \gamma v \left( \frac{P_v}{\sqrt{RT_v/2\pi M}} - \frac{P_l}{\sqrt{RT_l/2\pi M}} \right) L_c \\ &= \frac{2\sigma}{\gamma c} \cdot \frac{K_P \rho_l A_l}{\mu_l L_P} \cos \theta_c \dots (2.6) \end{aligned}$$

### 3. ヒートパイプの作動限界

ヒートパイプの作動には、つぎのような限界があり、その限界内で作動させなければならない。それらはウィックの毛細管圧力による限界、作動液体の沸とう(騰)による限界、蒸気速度の音速限界、蒸気流による帰環液体の飛散限界(Entainment Limit)の4種類である。熱伝達量のおおよその限界値を、図2.1に示す。

#### 3.1 毛細管圧力による限界

ウィックの毛細管圧力は、ウィックと液体の接触角に依存する。ヒートパイプの最大熱伝達量は、加熱部での接触角  $\theta_c$  が最小の時、つまり毛細管圧力が最大の時におこり、それ以上の熱入力に対しては、加熱部のウィックの乾燥をもたらし、加熱部の急激な温度上昇がおこる。この毛細管圧力による熱入力の限界値は、ウィックの構造、パイプの構造、作動流体の種類等の三つの特性で規定される。したがって最大伝熱量は、同一のパイプでもその使用温度レベルによって異なる。いまこの量を  $Q_{max}$  とすると式(2.5)において  $\cos \theta_c \approx 0$  とおきつぎのように求められる。(図3.1の曲線①)

$$Q_{max} = 2 \cdot \left( \frac{K_P}{\gamma c} \right) \left( \frac{A_l}{L_c} \right) \left( \frac{\lambda \rho_l \sigma}{\mu_l} \right) \dots (3.1)$$

また蒸気の凝縮量は、最大伝熱量よりも小さく、かつゼロよりも大きくなければならないから式(2.6), (2.7)から次式のような制限ができる。

$$\begin{aligned} & \frac{P_v}{\sqrt{RT_v/2\pi M}} > \frac{P_l}{\sqrt{RT_l/2\pi M}} > \frac{P_v}{\sqrt{RT_v/2\pi M}} \\ & -2 \left( \frac{K_P}{\gamma c} \right) \left( \frac{\sigma \rho_l}{\mu_l} \right) \left( \frac{A_l}{\alpha L_P L_c \gamma v} \right) \dots (3.2) \end{aligned}$$

つまり、正常な作動をするためには、内部蒸気圧に対して冷却部側に最低、最高温度条件が存在する。

#### 3.2 沸とうによる限界

ヒートパイプの加熱部に過剰な熱入力が入ると沸とうがおこり、積層ウィックのような場合には、目づまりをおこした気泡が成長して蒸気層を形成するが、この蒸気層はインシュレータとしてはたらくことになり加熱部の温度上昇の原因となる。Marcus<sup>(3)</sup>によれば、沸とうの始まる熱入力と飽和温度の関係はつぎようになる。

$$Q_{boil} = \frac{2\pi L_e K_{eff} \left[ \frac{2T_{sat}\sigma}{\lambda \rho_v} \left( \frac{1}{\gamma_n} - \frac{1}{\gamma_c} \cos \theta_c \right) \right]}{\log_e(\gamma_0/\gamma_i)} \dots (3.3)$$

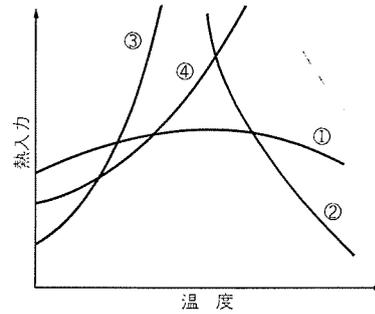


図 3.1 ヒートパイプ作動限界  
Schematic diagram of heat pipe operating limit.

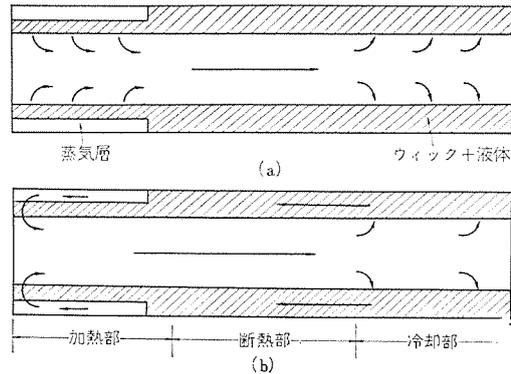


図 3.2 ヒートパイプの沸とう(騰)モデル  
Models of heat pipe boiling mechanism.

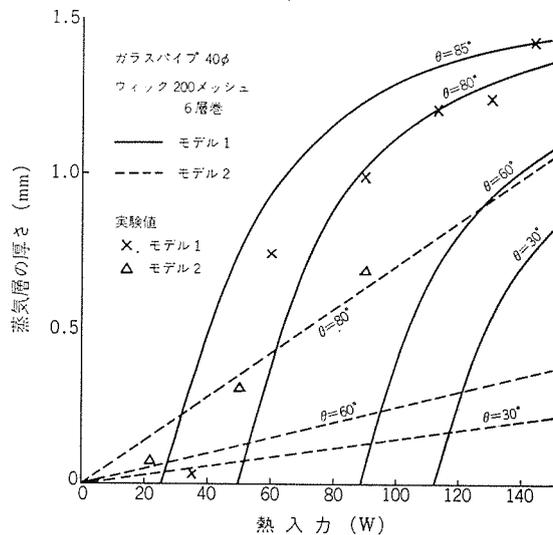


図 3.3 蒸気層の厚さと熱入力の関係  
Relation of vapor-blanket change with heat input.

ここで  $\sigma$  は表面張力、 $K_{eff}$  は液体で満たされたウィックの有効熱伝達率である。(図3.1の曲線②)

加熱部のウィック中に形成された蒸気層は、ウィック端の装着法(ウィックの端部処理法)により二つのモデルとして考えられる。第1のモデルは、蒸気層がウィック内に閉じ込められた状態で存在し、蒸発はウィックの表面からおこるとするもので(図3.2の(a)参照)、第2のモデルはウィック表面での蒸発はなく、沸とうした蒸気がウィック端部から蒸気層部へ流れ込む(図3.2(b)参照)とするモデルである。それぞれのモデルについて熱入力と蒸気層の厚さとの関係を図3.3に示す。一般に、初期沸とうの段階では第1のモデルが、蒸気層が成長するにつれて第2のモデルが適合する。

#### 3.3 音速による限界

加熱部での蒸気速度を  $U_v$  とすれば、ヒートパイプの軸方向の熱伝

達量は,

$$Q_{\text{sonic}} = A_V \rho_V \lambda \bar{U}_V \dots\dots\dots (3.4)$$

となる。加熱部の蒸気流が音速に達すると、蒸気流の一部に衝撃波が生じて、冷却部側の圧力が減少し、その結果、蒸気温度が低下しそれ以上の熱量は流れなくなる。(図 3.1 の曲線③)

### 3.4 蒸気流による液本の飛散限界

蒸気速度が十分に大きくウエーバ数が1以上になると、冷却部からの帰環液体は、その表面から水滴となって飛散し、蒸気流によって凝縮部側へ戻される。したがって加熱部側へ帰る液量は少なくなり、加熱部ウィックの乾燥の原因となる。この液体の飛散による限界値は、ウィックのポアサイズが小さく、液体の表面張力が大きいものほど大きくなる。この時の最大伝熱量は次式のように表わされる。

$$Q_{\text{ent}} = \sqrt{\frac{2\pi\rho_V\sigma L^2}{\gamma c}} \dots\dots\dots (3.5)$$

(図 3.1 の曲線④)

## 4. ヒートパイプの設計法

### 4.1 設計過程

ヒートパイプの設計にあたっては、2, 3章で述べた事項を十分に考慮し、制御対象の要求温度範囲と熱伝達量に応じて

- (1) 内部作動液体の選択
- (2) ウィックの選択
- (3) 冷却法の検討
- (4) 計装法の検討

を行なわなければならない。図 4.1 はヒートパイプのあるシステムを導入した場合を図式的に示したものである。加熱部側の制御対象温度を  $T_{SO}$ 、ヒートパイプの加熱部管壁温度を  $T_{SE}$ 、内部蒸気温度を  $T_V$ 、冷却部管壁温度を  $T_{SC}$ 、熱溜温度を  $T_{SI}$ 、としたときに制御対象の温度を、熱入力  $Q_{\text{max}} \geq Q \geq Q_{\text{min}}$  で  $(T_{SO})_{\text{max}} \geq T_{SO} \geq (T_{SO})_{\text{min}}$  の範囲に制御することが要求されているとする。

いま定常作動状態を考えて、 $T_{SO} - T_{SE}$ 、 $T_{SE} - T_V$ 、 $T_V - T_{SC}$ 、 $T_{SC} - T_{SI}$  間の熱伝達率をそれぞれ  $H_{OE}$ 、 $H_{EV}$ 、 $H_{VC}$ 、 $H_{CI}$  とすれば、 $H_{OE}$ 、 $H_{CI}$  は計装法によって定まるパラメータであり、 $H_{EV}$ 、 $H_{VC}$  は使用する液体、制御温度レベル、蒸気層の有無により決まるパラメータである。また、熱伝達量  $Q$  の時の  $T_{SO} - T_{SI}$  間の総合熱伝達率  $H$  は

$$H = \left( \frac{H_{OE} H_{EV} H_{VC} H_{CI}}{H_{OE} H_{EV} H_{VC} + H_{EV} H_{VC} H_{CI} + H_{VC} H_{CI} H_{OE} + H_{CI} H_{OE} H_{EV}} \right) \dots\dots\dots (4.1)$$

となり、この値があらかじめ要求された最大および最小熱伝達量、 $Q_{\text{max}}$ 、 $Q_{\text{min}}$  と最高および最低温度  $T_{\text{max}}$ 、 $T_{\text{min}}$  によって規定される  $H_{\text{max}}$  と  $H_{\text{min}}$  の間にあるように (1) から (4) の検討を行ない、さらにそれらが前節の 2.1 から 2.4 で述べた動作限界内にあるかどうかを調べる。

以上のような過程で要求された温度、熱伝達量に応じた最適なヒートパイプの液体、ウィック、計装法などの組合せが取捨選択される。

### 4.2 設計プログラム

ユーザが指定した装着法と最高、最低温度よりパイプ内の蒸気温度の最大最小値を決定する。つぎに最大、最小熱伝達量を用いて総合熱伝達率の最大値、最小値を決定する。以上の設定条件のうち蒸気温度の条件から作動液体を決定する。このさいに選定した液体が、音速限界範囲および飛散限界範囲内にあるかどうかを検討する。つ

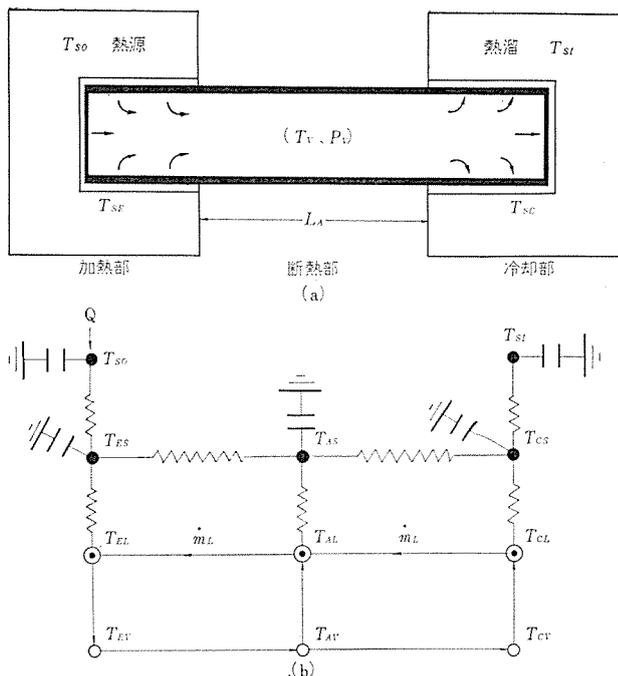


図 4.1 ヒートパイプシステム  
A system using a heat pipe.

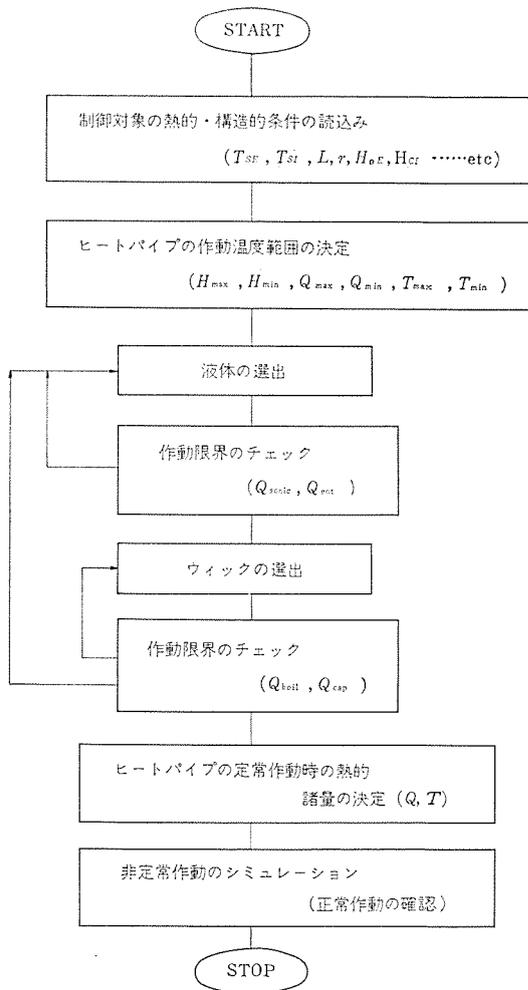


図 4.2 ヒートパイプ設計用プログラムの流れ  
Flow chart of heat pipe designing.

ぎにウィックを選択し、液体沸とうの有無、つまり蒸気層の有無を調べ、それぞれに応じたウィック(液体、気体を含む)の有効熱伝達率を求める。この値を用いて総合熱伝達率を計算し、前に設定した最

大、最小値の間にあるかどうかを調べる（範囲内になければ、ウィックを選びなおす）。最後に各使用温度における最大熱伝達量を求め、それらが毛管圧力の限界内にあり、かつ凝縮量が、ゼロよりも大きいことを確認する。確認が否と出れば、ウィックまたは液体の再設定を行なう。すべての条件を満足した場合には、液体、ウィック、各使用温度での最大熱伝達量、蒸気圧、ウィックの有効熱伝達率が打ち出される。計算の過程の大略フローチャートを図4.2に示す。

#### 4.3 ヒートパイプの非定常動作のシミュレーション

前節4.1および4.2で述べた順序にしたがって、定常状態でシステムの要求性能を満足するように設計されたヒートパイプを、実際のシステムに組み込んだ制御機器として使用するときには、熱入力条件、冷却条件が時間的に変化する場合が多い。したがって、ヒートパイプの非定常状態での動作を解析する必要がある。そこでヒートパイプを図3.3(b)のように固体ノード、液体ノード、蒸気ノードに分け、管壁を通過する伝導項、液体の環流による対流項、気・液相間での潜熱による熱の受け渡しを考慮した熱等価回路網を作り、多ノード解析を行なった。

計算を行なうにあたっては、蒸気相についてはつぎの仮定をおく。

- (1) 加熱部気相温度は、加熱部液相温度に等しい。(加熱部での蒸気の凝縮を無視する)。
- (2) 加熱部での圧力上昇は、時間遅れなく冷却部まで伝ばんされ、蒸気相での圧力の降下は、壁面での摩擦抵抗によるもので十分小さいから、蒸気相の温度は加熱部気相温度に等しい。
- (3) 断熱部および冷却部では、Maxwellの速度分布則に従って液相よりの蒸発、気相よりの凝縮がおこっているとす。
- (4) 長さ方向の蒸気流は、Hagen-Poiseuilleの流れて近似する。液相については、長さ $lL$ の管を流れる非圧縮性流体の温度変化は流れた距離に比例すると仮定すれば、つぎのように表わされる。

$$mC_P \frac{dT}{dt} = \dot{m}C_P(T_I - T_0) + h_P lL(T_W - T) \dots \dots \dots (4.2)$$

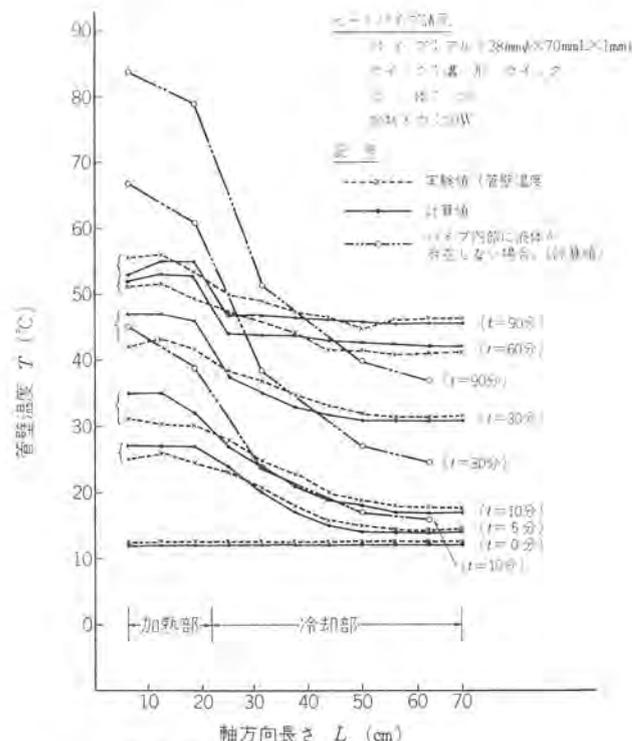


図4.3 ヒートパイプの立ち上りシミュレーション  
Simulation of starting-up of a heat pipe.

ただし、 $m$ は質量、 $C_P$ は比熱、 $T_I$ 、 $T_0$ 、 $T_W$ はそれぞれ入口、出口および管壁の温度、 $h_P$ は対流熱伝達率とする。

$4L$  周の液体の熱容量を無視し、また管壁を  $K$  個のエレメントに分割し、エレメント  $i$  と液体の熱伝達率を  $G_i$  とすれば、入口、出口での液体の平均温度  $T_{mean}$  は次式で与えられる。

$$T_{mean} = \left( 2\dot{m}C_P T_I + \sum_{i=1}^k G_i T_{iI} \right) / \left( 2\dot{m}C_P + \sum_{i=1}^k G_i \right) \dots \dots \dots (4.3)$$

固体ノード（管壁およびヒートパイプとの結合境界ノード）については次式で表わされる。

$$mC_P \frac{dT_i}{dt} = \sum_{j=1}^k a_{ij}(T_j - T_i) + \sum_{j=1}^k b_{ij}(T_j^4 - T_i^4) + Q_i \dots \dots \dots (4.4)$$

ただし、 $a_{ij}$  はノード  $i, j$  間の放射熱交換係数、 $b_{ij}$  はノード  $i, j$  間の伝導熱交換係数である。

多ノード熱平衡方程式を用いて、各ノードの平衡温度  $T_i$  が求められる。シミュレーションの結果の一例を図4.3に示す。この計算過程では、加熱部での半径方向の熱伝達率として、沸とうがおこって蒸気圏が形成された場合の値を用いたが、初期状態では実際にはまだ形成されず、温度レベルが上昇した段階で形成されていることがわかる。加熱部および冷却部全域にわたって  $5^\circ\text{C}$  以内の精度でシミュレートすることができた。

## 5. 人工衛星熱制御系への適用例

ここでは、ヒートパイプの代表的な実用例として人工衛星の熱制御の問題をとりあげ、実際に衛星の熱制御用として実用化された二、三の例について解説する。

### 5.1 GEOS-II 衛星 (Geodetic Satellite)

GEOS-II は、米国で1968年に打上げられた中高度軌道の測地衛星で、発熱の大きいトランスポンダ3台を積んでおり、その動作時期がちがうため、トランスポンダ相互間に大きな温度こう配を生ずる。これを平均化するためにつぎの仕様のヒートパイプが2本使用された。

パイプ：アルミ合金 外径25.4mm 肉厚1.65mm

ウィック：アルミメッシュスクリーン(120メッシュ)6層

液体：フロン11

地上試験における最大伝熱量は75wattで、軌道上では表5.1に示すように、ほぼ同一仕様でヒートパイプを装備していないGEOS-Iに比して、温度範囲の減少とともに2個のトランスポンダ間の温度こう配の減少にきわめて有効であった。

### 5.2 ATS-E 衛星 (Applications Technology Satellite)

ATS-E は、米国にて宇宙の新技术の実用試験のために計画されているシリーズの衛星の一つで、1969年に打上げられたが、予定の軌道にのらなかった。この衛星はスピンをしないため、表面の太陽電池パネルが日照側で非常に高温になるが、これを日陰側と平均化して温度を下げ、太陽電池の出力を増加させることがねらいである。ヒートパイプは、図5.1(a)に示す円筒形の太陽電池パネルのハニカム構造の中に図5.1(b)のように埋めこまれ軸方向に8本が使用さ

表5.1 GEOS-II ヒートパイプの性能  
Performance of a GEOS-II heat pipe.

	トランスポンダA温度(°C)		トランスポンダB温度(°C)		最大温度こう配(°C)	
	Max.	Min.	Max.	Min.	A→B	B→A
GEOS-I	43.4	-14.5	58.9	-11.1	18.4	35.0
GEOS-II	28.4	1.1	26.2	2.8	2.2	3.3

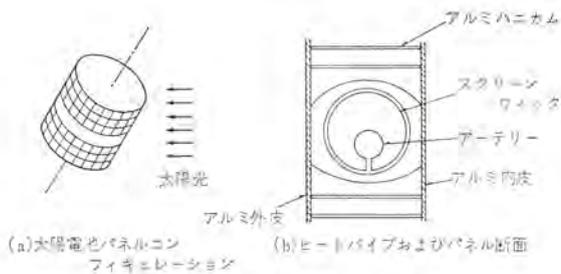


図 5.1 ATS-E ヒートパイプ  
Heat pipe for ATS-E.

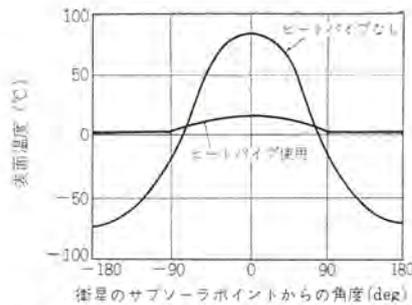


図 5.2 ATS-E 外皮温度 (定常状態)  
ATS-E solar panel temperature  
profile (steady state).

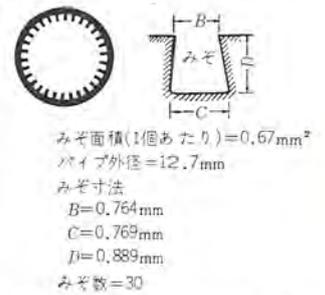


図 5.3 OAO-3 ヒートパイプの  
みぞ形 ウィック 形状  
OAO-3 Heat pipe groove geometry

れている。仕様はつぎのとおりである。

パイプ : 約 4.5 m の アルミ 直管を環状に成型

ウィック : アルミメッシュスクリーン

アーテリ (パイパス 路) つき

液 体 : アンモニア

地上試験の結果では、図 5.2 にみるようにパネル周方向の最大温度こう配は、ヒートパイプのない場合の 145°C から 17°C に減少し、太陽電池の平均温度も下がったために、電気出力は約 20% 増大した。

### 5.3 OAO-3 衛星 (Orbiting Astronomical Observatory)

OAO-3 は、宇宙空間からの天体観測をミッションとする米国の大形科学衛星である。この衛星では精密光学観測器を積載しているため、中央筒の周方向の温度こう配をきわめて少なくする目的で 3 本の円環状のヒートパイプが用いられた。

パイプ : 管径 12.7 mm の アルミ 管を環状に成型

ウィック : パイプ 内壁に図 5.3 のようなみぞを引抜き加工

液 体 : フレオン 21

ヒートパイプ 使用の結果、中央筒の温度こう配は 4.5°C から 設計目標の 1.1°C にまで減少した。

### 5.4 今後の衛星に関する応用

人工衛星の大形化、高出力化、積載機器の性能の高度化などの傾向にともない、衛星の熱制御は、宇宙空間と衛星との熱結合および衛星内部での熱結合の調節による受動形のみによっては解決しきれなくなる方向にある。とくに、大出力の増幅器を積載する放送衛星などでは、ヒートパイプなしには衛星そのものの実現性がまったく考えられぬとまでいわれる。実用化の進行にともない、ヒートパイプは特殊な衛星のみならず、すべての衛星に使用されることも米国では予測され、わが国の宇宙開発計画においても、ヒートパイプは当然その重要性を増すであろう。

## 6. む す び

ヒートパイプの設計を行なうために必要な基本概念と設計手法について報告した。使用するプログラムシステムとしては、設計目標に対して、適当なウィック、作動液体などを選定し、作動限界のチェックを

行ないつつ、定常作動時の熱的諸量を決定するもので、最後に、非定常動作のシミュレーションにより正常作動の確認を行なう。この手法により設計、製作したヒートパイプの実験結果から設計法の有効性が確認された。

ヒートパイプの応用分野は、人工衛星から家庭用電気品にいたるまで可能性はきわめて広く、今後、設計、工作、利用技術の各面にわたって、開発をより深めてゆくことが必要とされる。

最後に、現在までの当社のヒートパイプ開発にあたりご指導、ご協力をいただいた東大宇宙研 大島助教授、宇宙開発事業団 笹木主任開発部員に対し、厚く感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) G. M. Grover, et al : Structures of Very High Thermal Conductance, J. Appl. Physics, pp. 1990~1991 (1964)
- (2) T. P. Cotter : Theory of Heat Pipes, LA-3246-MS (1965)
- (3) B. D. Marcus : On the Operation of Heat Pipes, TRW 9895-6001-TU-000
- (4) 笹木, 植田, 木村 : ヒートパイプにおける流体现象, 宇宙航行の力学シンポジウム 予稿集 (1970)
- (5) T. Sasaki, et al : The Operational Condition of Heat Pipes, Proceedings of 9th ISSTS (1971)
- (6) 窪内ほか : ヒートパイプ蒸発部における沸騰現象, 第3回流体力学講演会予稿集 (1971)
- (7) J. D. Hinderman, et al : Design and Performance of Non-Condensable Gas Controlled Heat Pipes, AIAA Paper No. 71-420 (1971)
- (8) B. D. Marcus, et al : Steady-State and Transient Performance of Hot Reservoir Gas Controlled Heat Pipes, ASME 70-HT/SPT-14 (1970)
- (9) S. W. Yuan, et al : Laminar Pipe Flow With Injection and Suction Through a Porous Wall, Trans. ASME pp. 719~724 (1956)

## 4相-MOS LSIパターンレイアウト設計システム

今藤 一行\*・岩 附 守\*\*

CAD System of Pattern Layout Design  
for Four-phase MOS LSICentral Research Laboratory Kazuyuki IMAFUJI  
Kitaitami Works Mamoru IWATSUKI

The latest techniques for manufacturing semi-conductor integrated circuits has been made a great progress. The number of gates in one tip is also on the rapid increase. As a result the pattern layout of LSI becomes a bottleneck in manufacture. In order to solve this problem this article describes an automatic design program system of four phase MOS LSI pattern layout. The problem system has two programs. One is to generate a pattern from a logic equations. The other renews the pattern by daily inputs.

## 1. ま え が き

近年の集積回路技術の向上により、集積回路は、IC、MSIを経てLSIの時代へと入り、1000ゲートのLSIも現実の話となっている。このような1チップあたりのゲート数の増大に伴ない、次のような問題点がでてきた。

(1) 各LSIは受注生産となり、納期の短縮が望まれる反面、品種が増え設計の手数は膨大となる。

(2) パターンレイアウトの設計を人手で行なうことは、ほとんど不可能に近い。

このような問題点により、著者は膨大な人手と時間を要する最適パターンレイアウト設計の過程の自動化システムを開発した。

論理式よりパターン設計完了までの流れを図1.1に示す。図中のSIP (Skeleton Initial Set Program) は、与えられた論理式カードから、初期配置スケルトン図を発生させるためのプログラムであり、SUP (Skeleton Update Program) は、与えられたスケルトン図を修正するためのプログラムである。

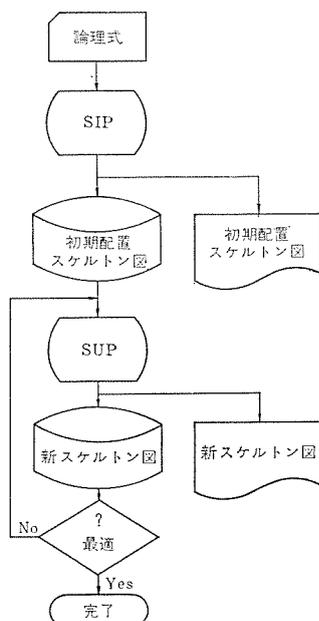


図 1.1 パターンレイアウト自動設計システム  
Flow diagram of mask layout design.

LSIのパターンレイアウトを計算機で取扱う場合、各論理上の機能を文字で表現した略図を用い、この略図のことをスケルトン図と呼んでいる。スケルトン図を構成している文字は、スケルトンキャラクタセットと呼ぶ。その文字と文字が表わしている意味を表1.1に示す。論理機能とスケルトン図、実際のマスク原図との関係を図1.2を用いて説明する。図1.2(a)は、2入力のNANDゲートを表わす論理記号である。

記号中の数字1, 2は、第1クロック ( $O_1$ ) でプリチャージが行なわれ、

表 1.1 スケルトンキャラクタセット  
Skeleton character set.

文 字	意 味	文 字	意 味
—	アルミ配線	V	キャパシタ
+	クロスオーバー	O	ゲート
I	P領域	Y	ゲート隣接P領域
×	コンタクトホール	H	ゲート隣接P領域*
S	基板とのコンタクト	D	ダイシングライン

\* この領域の上にアルミ配線が存在する

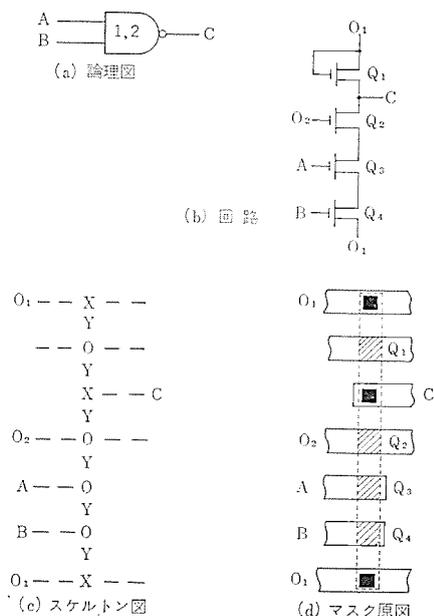


図 1.2 各種表現法の関係  
Example of layout.

第2クロック ( $O_2$ ) で論理が、出力に伝達される4相クロック回路のタイミングを表わしている。この論理記号に対応する回路が図1.2(b)である。

図中  $Q_1$  は負荷トランジスタ、 $Q_2$  は論理を出力側に伝達するトランジスタ、 $Q_3$  と  $Q_4$  は AND ゲートを構成するトランジスタである。この回路のスケルトン図が図1.2(c)である。このスケルトン図の実際のマスク原図が図1.2(d)である。縦方向にソース、ドレインおよびクロスオーバのためのP拡散領域、横方向にアルミニウム薄膜による結線があり、黒い正方形がコンタクト部分であり、斜線の部分がゲート領域である。

## 2. SIP

人手で論理式よりパターンレイアウトを設計する場合の問題点には、次のようなものが考えられる。

(1) 各論理をスケルトン図に変換する時の論理、タイミングの見誤りによるエラーが入りやすい。

(2) 最適配置とするために、スケルトン図上の論理機能の位置を修正し、図を新しく書き換える作業は単純で、かつ時間のかかるものであり、その結果にはエラーの混入が多く、照査に時間がかかる。

そこで作図上の誤りを防ぐため、および人間の不得手とする単純作業から人間を開放することを目的として、SIPが開発された。SIPの基本設計方針は次のとおりである。

(1) 入力データ(論理式)の完全なエラー検出を行ない、エラーデータによるスケルトン図の誤りを完全に防止する。この結果、SIPにより作成されたスケルトン図の照査は必要なくなる。またエラー検出の結果は、使用者にとって理解しやすいエラーメッセージおよびリストでアウトプットする。

(2) プログラムの制御に使用者が介入できる機能を備え、むだな計算機の使用を防ぐ。

SIPの処理の流れの概要を図2.1に示す。

### 2.1 入力データ

SIPに対する入力データには制御命令と論理式の2種類がある。

#### 2.1.1 制御命令

制御命令は、プログラムの流れを変更したり、ある時点でプログラム

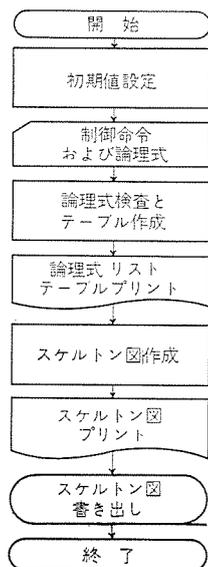


図2.1 SIPの流れ  
General flowchart of SIP

を終了させたりするための命令グループである。各命令は省略することができ、省略された場合には省略時解釈が取られる。各命令とその機能について簡単に述べる。

(1) NAME……LSIの機種名を記入する。名前は8文字まで許されている。

(2) LIST……入力された論理式およびそれに対応して作成されたテーブルを印刷するか、否かを指定する。

(3) GSET……入力された論理式にエラーがあった場合の処理について指定する。通常、エラーがあった場合には、プログラムは図を描くステップへ進まない。

(4) BEND……発生させるスケルトン図の層数を指定する。

(5) LMAP……折り曲げ前のスケルトン図を印刷するかしないかを指定する。

(6) PUNC……スケルトン図用の領域に図がはいりきらなくなった場合の処理について指定する。

### 2.1.2 論理式

論理式は80欄カード形式で入力する。各論理式が含んでいる項目は、通常論理関数名、出力信号名、位相、入力信号名の4種類である。図1.2に示した論理コーディング例を図2.2に示す。

(1) 論理関数名……第1～第4カラムに、論理関数名の省略形を記入する。使用できる論理関数名は、NOT, NAND, NOR, AON, OAN, S/R (シフトレジスタ), BPI (外部からの入力信号), BPO (外部への出力信号)の8種類である。

(2) 出力信号名……第24～第27カラムに、出力信号名を記入する。出力信号名には、通常、論理図に表われてくる信号名をそのまま使用しているが、一般的には文字(特殊文字も含む)であれば何であってもよく、空白も意味を持っている。ここに記入された出力信号は、必ず他論理式の入力信号名として、あらわれないなければならない。

(3) 位相……第29カラムに、その論理の位相を1～4の数字で記入する。BPI, BPOに対するこの欄は空白としておく。

(4) 入力信号名……第31～70カラムまでに入力信号名を記入する。1枚のカードには7入力まで記入できるが、それを越える場合には、次のカードの第31～70カラムに続けて記入する。ここに記入された信号名は、必ず他論理式の出力信号名として現われていなければならない。

### 2.2 処理内容

図2.1の流れ図にもとづいて、SIPでの処理の概要を述べる。

#### 2.2.1 論理式エラーの検出

論理式に含まれているエラーには、その論理式のみで検出されるエラーと、論理式相互間の関係により検出されるエラーとの2種類ある。SIPでは、一つの論理式のエラーが他の論理式に波及することを防ぐために、まず、論理式単位のエラー検出を行ない、その結果エラーの存在する論理式に対しては、適当なデータに置き換え、その

論理機能	出力信号	位相	シーケンス番号
1 4	24 27 29 31 37		73
NAND	C	2	A B
			SIP 00001

図2.2 論理式コーディング形式  
Coding form of logic equations.

後、論理式相互間のエラー検出を行なっている。論理式に含まれているエラーは完全に検出されるようになっており、そのエラーの種類を次に述べる。

- (1) 論理式単位で検出されるエラー
  - (a) 正しくない論理関数名を記入した場合。
  - (b) シフトレジスタでのビット数が、ある値を越えた場合、または他の論理関数名の時にビット数を記入している場合。
  - (c) 位相名が1～4の数字でない場合。
  - (d) 出力信号名欄が空欄である場合。
  - (e) 論理関数名 BPO に対して出力信号名を記入している場合。
  - (f) 入力信号名欄が空白である場合。
  - (g) 論理関数名 BPI に対して入力信号名が、記入されている場合。
  - (h) 論理関数名 NOT, S/R, BPO に対して、入力信号名が二つ以上記入されている場合。

- (i) 同一信号名が入力信号名欄に二つ以上現われた場合。
  - (j) 出力信号名が、同じ論理式の入力信号として現われた場合。
- (2) 論理式相互間で検出されるエラー
- (a) 同一の出力信号名が複数の論理式に現われている。
  - (b) 出力信号名が、入力信号名として使用されていない。
  - (c) 入力信号名が、出力信号名として定義されていない。
  - (d) 位相の相互関係が合わない。

### 2.2.2 論理テーブルの作成

前節で述べたエラー検出の終了後、論理式は内部コードに変換されるが、それは次のような形となる。

たとえば、入力論理式が式(2.1)の場合

$$\text{NAND ABC 1 DEF HIJ} \dots\dots\dots(2.1)$$

内部コードとしては、“512n”という4けたの数字の並びに変換される。第1文字は論理関数名の種類を示しており、この場合の“5”は、NAND に対応している。第2文字は位相を示し、第3文字は入力信号数を示している。この場合、DEF と HIJ の2入力であるので“2”が与えられている。第4文字は、信号名“ABC”が、他の論理式の入力信号となる回数を示している。

この内部コードを用いて論理配置の位置づけが行なわれる。この位置づけの修正を繰り返して行なうことにより、完成後のLSIの大きさは減少し、歩だまりの向上に大きく貢献する。この繰り返しは、歩だまりへの貢献度、計算機の費用、その他を考慮して適当な時点で打ちきっている。

### 2.2.3 スケルトン図の作成

前項で作成された論理式位置づけテーブルに基づいて、論理式ごとにスケルトン図を描いていく。この場合、4相MOSの性質を利用して、描画におけるパターン最適化ははかられる。横方向に長い形で全論理式に関して書き上げると、2.1.1項で述べた制御命令、“BEND”で指定された層数によって折り曲げ、正方形に近い形にする。その後、クロック線および引き出し線を挿入し、図面の作成は完了する。この図がSIPからの最終的な結果である。

### 2.3 出力情報

SIPからの出力は、使用者が理解しやすいように十分に配慮されている。出力情報には、制御命令リスト、論理式リスト、横長スケルトン図、およびスケルトン図である。

#### 2.3.1 制御命令リスト

入力された制御命令の形のまま印刷される。制御命令に対するエ

SIP-3 LOGICAL EQUATION LIST	RUN DATE=71/12/12	RUN TIME 17.43	PAGE 1
0201 7405 0027 0008 0010 0014	BP1	A3	SIP21000
0202 7403 0016 0014 0008 0012	BP1	A2	SIP21100
0203 7405 0010 0027 0024 0300	BP1	S	SIP21200
0204 7401 0048	BP1	S7A	SIP21300
0205 7402 0012 0078	BP1	F08	SIP21400
0206 4114 0004 0012 0020 0021	NOT	W1 1 A1	SIP21500
0207 4115 0004 0010 0019 0020	NOT	W2 1 A2	SIP21600
0208 2732 0028 0035	AND	A03 1 H1 H2	SIP21700
0209 4116 0004 0008 0014 0022	NOT	A1 A2 A3	SIP21800
0210 2231 0014 0027	AND	W17 1 A16	SIP21900
0211 4115 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22000
0212 4116 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22100
0213 4117 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22200
0214 4118 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22300
0215 4119 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22400
0216 4120 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22500
0217 4121 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22600
0218 4122 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22700
0219 4123 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22800
0220 4124 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP22900
0221 4125 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23000
0222 4126 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23100
0223 4127 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23200
0224 4128 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23300
0225 4129 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23400
0226 4130 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23500
0227 4131 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23600
0228 4132 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23700
0229 4133 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23800
0230 4134 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP23900
0231 4135 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24000
0232 4136 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24100
0233 4137 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24200
0234 4138 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24300
0235 4139 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24400
0236 4140 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24500
0237 4141 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24600
0238 4142 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24700
0239 4143 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24800
0240 4144 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP24900
0241 4145 0004 0008 0014 0022	NOT	W17 1 A16	SIP25000

図 2.3 論理式リストの例  
Example of SIP logic equations list.

ラーは、リストの右側に印刷され、その命令は無視され省略時解釈が取られる。

### 2.3.2 論理式リスト

入力された論理式は、論理式位置づけテーブルとともにリスト上に印刷される。論理式に関するエラーは、その個所に“S”印をつけ、その下に該当するエラーメッセージが印刷される。入力された論理式のエラーはすべて検出されるが、印刷されるメッセージは3個までである。このリストの印刷例を図2.3に示す。

### 2.3.3 スケルトン図

論理式位置づけテーブルに基づいて作成されたスケルトン図には、折り曲げ前の横長形スケルトン図と、折り曲げられた結果のスケルトン図との2種類あり、横長形スケルトン図は、通常は出力しない。最後のスケルトン図には、基準となる座標および位置目盛が付けられている。最終スケルトン図の例が図4.2に示されている。

## 3. SUP

最適なパターンレイアウトをSIPのみで得ようとした場合、LSIの規模の増大に伴って、コストパフォーマンスは低下する。ここで述べるSUPは、SIPによって作成されたパターンをより最適なものにするための、またすでに開発されたパターンの一部修正を行なうためのプログラムとして作成された。

SUPの設計基本方針は次のとおりである。

- (1) 人間の得意とする“全体をながめて判断する”という部分は人間に分担させ、計算機が得意とする単純な繰り返しである描画作業は計算機に分担させ、全体としてのコストパフォーマンスの向上をはかる。
- (2) 原図は完全に保護されていること。
- (3) 修正命令のエラー検出は完全であること。
- (4) 使用者にとってわかりやすく、使いよいこと。

SUPは修正システムという性質上、旧データと新データの2種のデータセットを取扱い、常に一つのデータセットは保存されていなければならない。SUPでは、修正命令のエラー検出を完全に行ない、エラーの存在する命令は無視し、図面に対し悪影響を及ぼさないようにしている。また、このプログラムの使用者に計算機に親しんでいない人も含まれていることを考慮し、プログラム自身の効率を著しく低下させない限り、誤りにくい入力形式、見やすく理解しやすい出力形式を採用した。

SUPの概略の流れを、図3.1に示す。

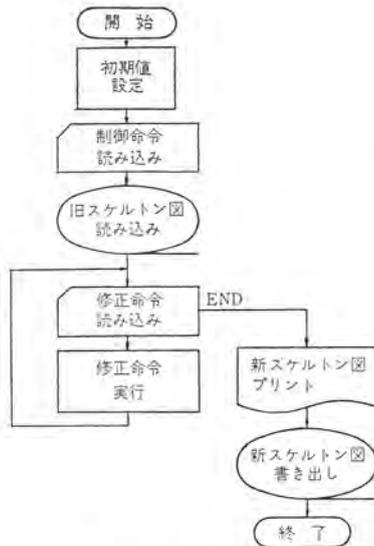


図 3.1 SUP の流れ  
General flowchart of SUP.

### 3.1 入力データ

SUP の入力データには、旧スケルトン図、プログラム制御命令、修正命令の3種類ある。旧スケルトン図は、修正されるべき図面であって、SIP によって作成されたものと、SUP の前回の実行によって作成されたものの2種類あるが、内容としては同じである。プログラム制御命令は、SUP 自身の入出力を制御するためのものである。ここでは SUP の機能の中心である図面を修正するための命令について詳述する。

#### 3.1.1 コーディングフォーム

修正命令のコーディングフォームを図 3.2 に示す。修正命令は、命令部とアドレス部に分けられる。命令部は第1~5カラムに書かれ、アドレス部は第7~42カラムに書かれる。カラム43以降は何を書いてもよく、通常、注釈を書くのに用いられる。命令は24種類ある。このプログラムは命令の拡張性を備えており、マクロ的な命令を追加することができる。

アドレス部の書き方には8種類あり、点を示すためのアドレス、線を示すためのアドレス、面を示すためのアドレス、図面の拡大、縮小に伴う特殊なアドレス等に分けられる。

#### 3.1.2 命令とその機能

(1) 削除命令グループ……指定された点、線分、面分上の指定された要素、または成分を取り除く。この命令グループには次のものが含まれている。

- DELT 領域をブラックにする。
- DELX X軸方向の線分上の文字を、ブラックにする。
- DELY Y軸方向の線分上の文字を、ブラックにする。
- DELM 線分上のアルミ成分を、除く。
- DELP 線分上の P+ 成分を、除く。

(2) 配置命令グループ……指定された点、線分、面分上に指定された要素、または成分を配置する。この命令グループには次のものが含まれている。

- SETX X軸方向の線分上に文字の並びを配置する。
- SETY Y軸方向の線分上に文字の並びを配置する。
- SETM 線分上にアルミ成分を配置する。
- SETP 線分上に P+ 成分を配置する。
- SETB 領域にボンディング用領域を配置する。

INSTRUCTION	ADDRESS PART												COMMENT	IDENTIFICATION SEQUENCE			
	5	6	7	*	13	*	19	*	25	*	31	*		37	*	43	73
DELM			9		28		35		28								
MOV P			58		39		58		42								
LAGX			86	*	18												

図 3.2 SUP 修正命令 コーディング形式  
Coding form of update instructions.

```

***** SKELETON UPDATE EXECUTION *****
SKELETON NUMBER NA
UPDATE ON 71/12/14 OLD UPDATE ON 71/12/13

** INPUT DATA LIST FOR SKELETON UPDATE **
** SUP DATA FOR DCR ADDR. **
*
DELM 9 28 35 28
*
MOV P 14 4 20 26
DELT 14 24 19 24
DELM 9 28 19 24
MOV P 24 4 32 28
DELT 24 32 31 32
MOV P 18 78 12 102
DELT 13 84 18 84
MOV P 34 80 34 84
DELT 27 84 34 84
*
MOV P 58 18 61 14
MOV P 65 14 82 18
DELM 83 14 83 17
MOV P 64 10 84 14
DELM 85 10 85 13
REDT 9 12
*
MOV P 12 32 20 28
SETX 11 32
SETX 14 27 11V111V
SETX 14 28 *O**
SETX 19 29 V Y
MOV P 18 44 68 32
MOV P 14 44 32 34
MOV P 36 36 38 34
MOV P 42 36 46 34
MOV P 50 36 54 34
MOV P 54 42 58 34
SETX 54 37
DELP 58 39 58 42
DELT 15 40 21 41
SETX 15 39 17V17
MOV P 60 34 72 38
DELM 73 34 73 37
*
SETX 29 39 111
SETX 25 41 171
SETX 30 40
SETX 32 40
REDT 42 47
*
DELM 35 40 71 40
SETX 32 48 VV
MOV P 12 44 32 62

```

図 3.3 修正命令リストの例  
Example of update instructions list.

- SETC 領域に指定された文字を配置する。
- SETI 領域に指定された番号の入力回路を配置する。
- SETO 領域に指定された番号の出力回路を配置する。
- SETR 領域にレジスタマークを配置する。
- SETS 領域に指定されたビット数のシフトレジスタを配置する。
- SETT 領域に指定された番号のパイロットトランジスタを配置する。

(3) 移動命令グループ……図面上の指定された線分、面分を指定された場所へ移動させる。

- MOVE 領域を移動させる。
- MOV M 線分上のアルミ成分を移動させる。
- MOV P 線分上の P+ 成分を移動させる。

(4) 寸法変更命令グループ……図面の X 軸方向、または Y 軸方向の寸法を拡大、縮小するための命令グループであり、次のものがある。

- REDX X軸方向の寸法を減じる。
- REDY Y軸方向の寸法を減じる。
- LAGX X軸方向の寸法を増す。
- LAGY Y軸方向の寸法を増す。

(5) その他の命令……修正命令の終りであることを SUP に知らせるための命令“END”がある。

### 3.2 エラー検出

修正命令より検出するエラーには、命令の実行が不可能なもの、または実行した場合、そのエラーによって図面に与える影響が異なるもの、等の通過エラーと、ある条件のもとではエラーではないよう

なものである警告エラーとの2種類ある。通過エラーを発生した命令は実行されないが、警告エラーの場合には、実行される。現在、通過エラー9種類、警告エラー1種類、計10種類存在する。

### 3.3 出力情報

SUPの出力情報には、プログラム制御命令リスト、修正命令リスト、新スケルトン図の3種である。修正命令リストには、エラーメッセージもあわせて出力される。修正命令リストの例を図3.3に示す。

## 4. 使用例

このLSIパターン自動設計システムは、IBM 360 FORTRANを用いて開発されており、ソースカードの枚数はSIP、約3,500枚、SUP、約4,000枚である。プログラムのサイズは、データ領域も含めてSIPが500kB、SUPが300kBである。このシステムの使用例を示す。図4.1が回路(ただし、この回路が意味のある論理機能を表わしているわけではない)である。図4.2に、SIPで出力された初期配置論理部スケルトン図、図4.3にSUPにより修正された最終スケルトン図を示す。

この例に使用された回路に関するデータを次に示す。

論理素子数	52個
論理部の大きさ	86×107メッシュ
最終スケルトン図の大きさ	115×120メッシュ
計算時間 (IBM 360/75 J)	
SIP 所要時間	11秒
SUP 所要時間	12秒
合計所要時間	23秒

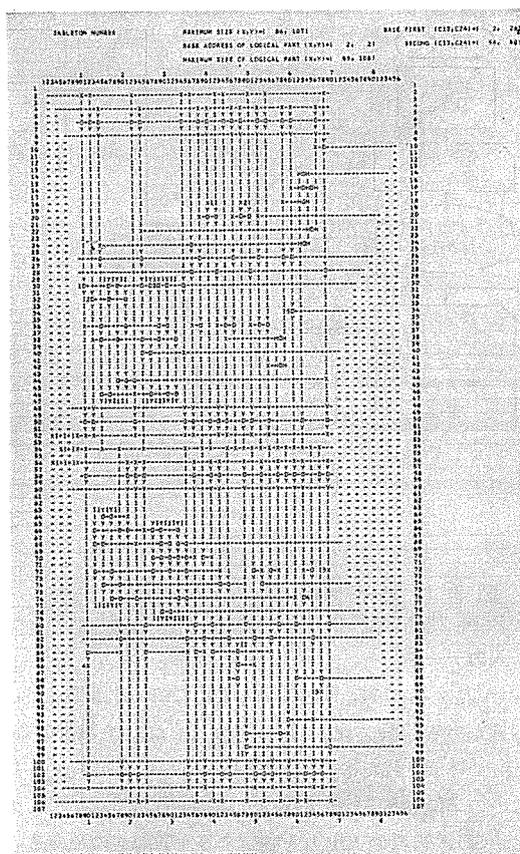


図 4.2 初期配置スケルトン図  
Skeleton diagram based SIP.

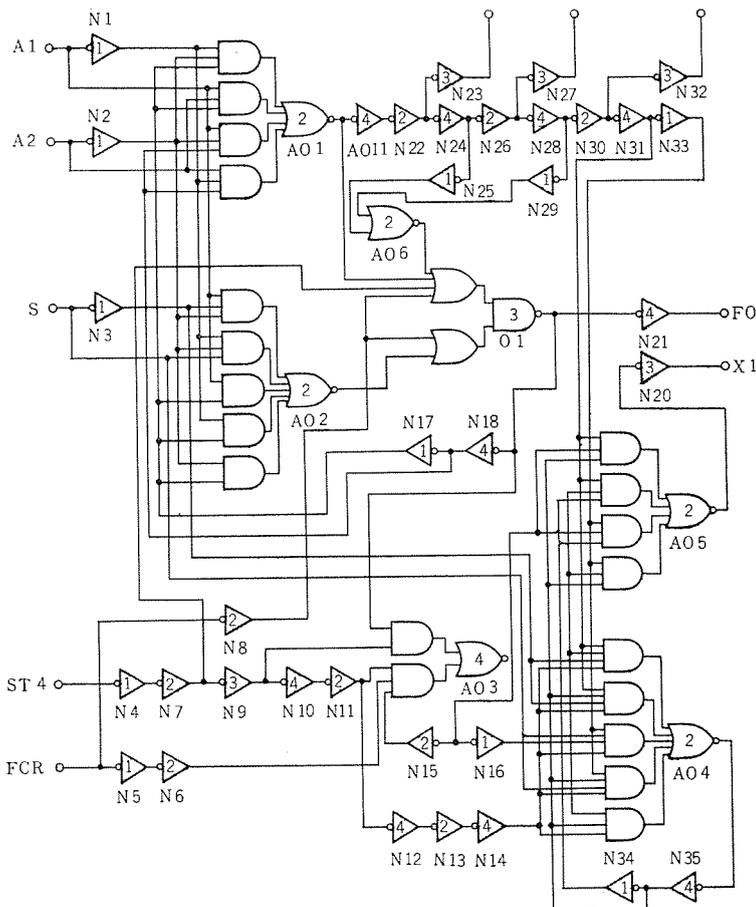


図 4.1 使用例のための回路  
Logic circuit for example.

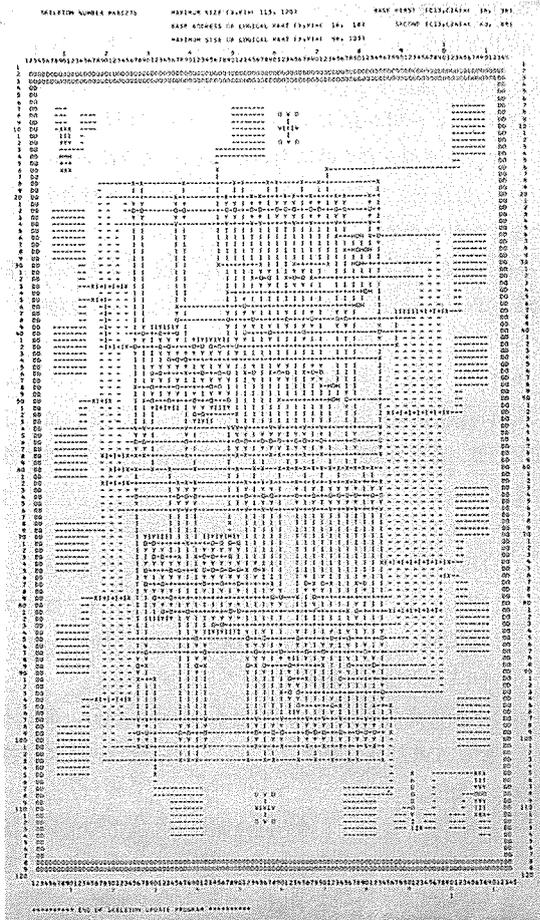


図 4.3 完成スケルトン図  
Complete skeleton diagram.

SIPの所要時間は、論理素子の増加に比例している。SUPの所要時間は、大部分が入出力に要した時間である。

## 5. む す び

このパターンレイアウト自動設計システムは、MOS LSI CADシステムに組み込まれ、コストダウン、納期の短縮に貢献しているが、現システムが最善のものであるとは考えていない。とくにカードより修正命令を入力するシステムとなっているSUPは、将来、グラフィックディスプレイを用い、現在使用している修正命令を選択用メニューとし、アドレスとしては、ディスプレイ上のスケルトン図をライトペンで指摘するような形に

改良すべきであろうと考えている。 (昭和47-3-3受付)

## 参 考 文 献

- (1) 壺井ほか：MOS LSIのCADシステム，半導体トランジスタ研究会資料（信学会）SSD 70-6
- (2) Y. TSUBOI et al. : Computer-aided Design of MOS LSI, Proc. I.R.E. E Australia 196 June (1971)
- (3) 今藤ほか：計算機によるLSIのマスク設計，昭46，電気学会全国大会，1489

# MELCOM-350-30/30F システムにおける 入出力プログラミングの標準化 “I/Oライター”

中村 荘之助\*・佐立 良夫\*

## Standization of Input and Output Programming of MELCOM-350-30/30F “I/O WRITER”

Kamakura Works Sohnosuke NAKAMURA・Yoshio SADACHI

The control method of input and output devices, that affects considerably on the processing speed in the case of electronic computers, comprises a variety of techniques. In the decision of the control method, however, how easily the program is to be controlled may be preferred to how quickly the control is to be performed.

The article introduced herein deals with “I/O WRITER” which is an input and output devices control programming system formed chiefly aiming at application programs of real time processing. Its object is to improve the efficiency in the processing the electronic computer as well as the ease in programming.

### 1. ま え が き

I/Oライターとは、MELCOM-350-30/30Fにおける実時間制御システムの応用プログラムを対象とした入出力データ処理プログラミングシステムである。処理する入出力機器は、主に低速な入出力機器であり、磁気ディスクのような高速入出力装置等は処理の対象外である。

本I/Oライターを使用することにより

- (a) プログラミングが簡単になる。
- (b) 主記憶装置の有効利用がはかれる。

等の利点があり、各応用システムでの構成を容易に行なうことができる。

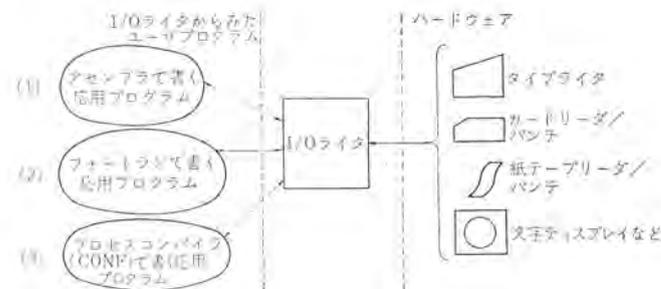


図 1.1 I/Oライターの位置  
Position of I/O writer.

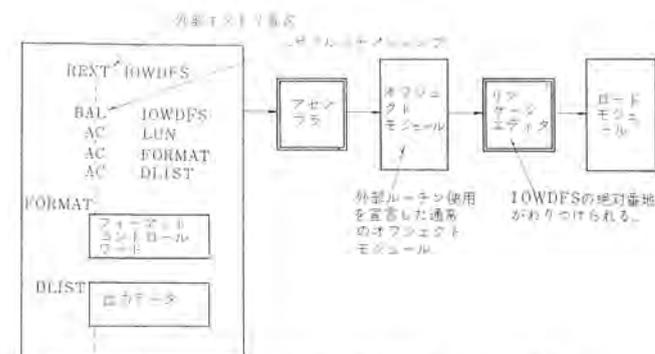


図 1.2 アセンブラで書いた応用プログラムの場合  
Program written by assembler language.

各応用プログラムでは、入出力データの編集、変換を指定するフォーマットコントロールワードと出力データ（入力の場合は、読み込みコア領域）を用意し、I/Oライターで規定されているサブルーチンジャンプのコーディングシーケンスで入出力要求をだすだけでよい。本システムにおけるI/Oライターのユーザプログラムとしては、図1.1の種類がある。

図1.2に示されるように、アセンブラでかくユーザは

- (i) I/Oライターに対するコーディングシーケンス
- (ii) フォーマットコントロールワード
- (iii) 各応用システムごとにきまる各種定数の内容

について知る必要があるが、フォートランで書くユーザは

(i)に関しては知る必要はない。

(ii)に関しては、フォートランで扱うフォーマットどおりなので既知であれば特に知る必要はないが、CRT（文字ディスプレイ）等であつかう特殊フォーマットについてのみ知る必要がある。

(iii)に関してはアセンブラユーザと同じである。

I/Oライターの活用により次のような効果をあげることができる

(a) ユーザプログラムは、出力機器に出力要求をだしてすぐQUIT（タスクの終了）できるので、低速機器の動作完了まで待つ必要はなく、ワーキングコア領域の効率があがる。

(b) ユーザプログラムでは、I/Oライターのコーディングシーケンスとフォーマットコントロールワードの機能とを知っているだけで入出力機器駆動が行なえ、プログラム作成の能率がよい。

(c) データ変換、編集機能、入出力機器アクセス機能がユーザプログラムには含まれず、I/Oライター1箇所に集中しているため、特にマルチプログラミングシステムにおけるコアメモリ効率および磁気ドラムのメモリ効率がよい。

(d) 入出力機器の種類が変わったり、マシンインタフェースが変更になっても、I/Oライターの一部を変更するだけでユーザプログラムはいっさい変更を必要としない。

#### 1.1 適用入出力機器

(表1.1参照)。

#### 1.2 構成

I/Oライターは、次の四つの部分より構成されている。

表 1.1 適用入出力機器一覧  
List of available Input/Output device.

出 力		入 力	
機 器 名	仕 様	機 器 名	仕 様
ASR 35	10 字/秒	ASR 35*	
データライタ	20 字/秒 スキップ機能有	データライタ*	
SELECTRIC TW (FCT)	15.5 字/秒	SELECTRIC TW*	
LOGTW (LCT)	10 字/秒	CR 300	300 枚/分
LP 80	240 行/分	PTR	200/400 字/秒
LP 136	240 行/分		
LP 132	500 行/分		
PTP	120 字/秒		
CP 250	250 枚/分		
CP 6	6 枚/分		
CRT (文字ディスプレイ)			

### 1.2.1 入出力要求処理 (リクエスト サブルーチン)

各応用プログラムからサブルーチンジャンプすることにより入出力要求を受け付け、要求待ち行列に入れ、かつ、ユーザのデータ(変換前のデータ、これを生データと呼ぶ)とフォーマットワードを磁気ドラムの IOW F ボリューム(出力生データ領域、1.3.4 項参照)に蓄積する。この部分は見かけ上リニアなコア常駐サブルーチンである。

### 1.2.2 フォーマット変換 (変換タスク)

出力の場合、磁気ドラムに蓄積された生データをフォーマットワードをもとにして出力機器に応じた変換を行ない、出力データバッファ領域に格納し、入出力機器を起動するドライブタスクを呼び出す。この処理を要求待ち行列が空になるまでか、すべての出力データバッファ領域が占有されるまで繰返す。

入力の場合、ドライブタスクにより入力したデータを指定フォーマットに従って、変換・編集を行ない IOW F ボリュームに格納する。

### 1.2.3 入出力機器起動 (ドライブタスク)

出力の場合、出力データバッファ領域にある出力データを指定された装置に出力する。入力の場合、指定装置からデータを読み込み入力バッファ領域に格納する。

その他、入出力機器装置の終了に伴う終了またはエラー解説を行なう。このタスクはコアラジエントまたはレジデントで動作する。

### 1.2.4 エラーメッセージアウト (エラータスク)

主にコアラジエントなタスクで、リクエストサブルーチン、変換タスク、ドライブタスクでチェックされたユーザプログラムのエラーおよび I/O ライタ内部で発生したエラーについてのメッセージをアウトプットする。

## 1.3 動作原理

概要動作を説明する前に I/O ライタで使われている用語について説明する。

### (1) ロジカルサブチャネル

I/O ライタで扱っている入出力機器は、主に MPX (マルチプレクサ) チャネルに接続されているものが多いが、この接続のしかたによりハードウェア的に同時動作できる機器が定ってくる。

これと同様に I/O ライタにおいても、ソフトウェア的に同時動作できるものを定めることができ、これをロジカルサブチャネルとよび、ハードウェアのサブチャネルと区別している。そしてこれはハードウェアのチャネルとまったく同じ構成でもよいし、複数のチャネルを一つにして一つのロジカルサブチャネルとしてもよい。一つのロジカルサブチャネルでの処理は、ファーストインファーストアウトである。このロジカルサブチャネルの概念は、本 I/O ライタの構成上、すべての基になっているものである。今後単

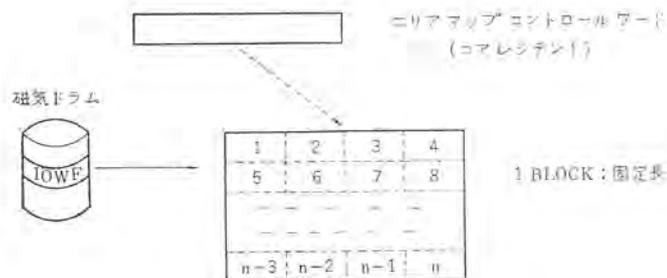


図 1.3 出力生データ領域  
The common drum buffer area.

にサブチャネルと書いてある時はこれを指すものとする。

### (2) ロジカルユニットナンバー (LUN)

これは入出力機器が何であるかを規定するもので、I/O ライタのレジデント部分にとられている。各応用システムで自由に定めることができる。各応用プログラムでは、この LUN がどの入出力機器に対応するかは、特に意識する必要はないが、各入出力機器に固有のフォーマットを使用する時は認識しなければならない。

### (3) 入出力コアバッファ

コアラジエントに各入出力機器に対するデータバッファとして各サブチャネルごとに対応する入出力機器の必要とする大きさ、または各応用システムで必要とする大きさがとられる。

### (4) 出力生データ領域

各応用プログラムからの出力すべきデータ、または入力データはすべて二次記憶装置である磁気ドラムにいったん蓄積される。この領域を“IOW F”といい、各応用システムごとに必要とする領域が確保される。この領域は I/O ライタにより管理が行なわれるので、“共通バッファ領域”とよばれる。このほかにも、各応用プログラム自ら管理する任意ドラム領域に生データとフォーマットを書き込んでおき、そのセクタアドレスを指定して出力要求をだすことも可能である(図 1.3 参照)。

### (5) 入出力要求の単位

#### (a) 出力の場合

1 回の要求で許されるデータの数は、任意ドラム領域を除いて、共通バッファを構成する 1 レコードの大きさまでである。このレコードの大きさは、固定長で各応用システムごとにシステムジェネレーション時に設定される。なお出力単位の大きさは、コアラジエントとしてとられた入出力データバッファによって決定される。すなわちバッファがいっぱいになるとそのつど出力がなされる。ただし入出力機器によっては、最大の値の決っているものは各応用プログラムにおいて注意しなければならない。

これとは別に、フォーマットにおいて任意に出力の単位を指定することができる。それは最後の右カッコまたはスラッシュで、データバッファに関係なく出力がなされる。たとえばスラッシュで分割出力された場合でも、1 回の出力要求がすべて処理されるまでは同一機器、あるいは同一サブチャネルに属する機器に対して他の出力要求は出されることはない。

任意ドラム領域を使用する時は、各応用プログラムにおいて任意の大きさで 1 回の出力要求をだすことができる。

#### (b) 入力の場合 (エンコード、デコードも含む)

入力の単位が入力すべき機器の属するサブチャネルのデータバッファの大きさを越えないこと。なおエンコードデコードに関しては、通常のサブチャネルとは別にバッファを定める。

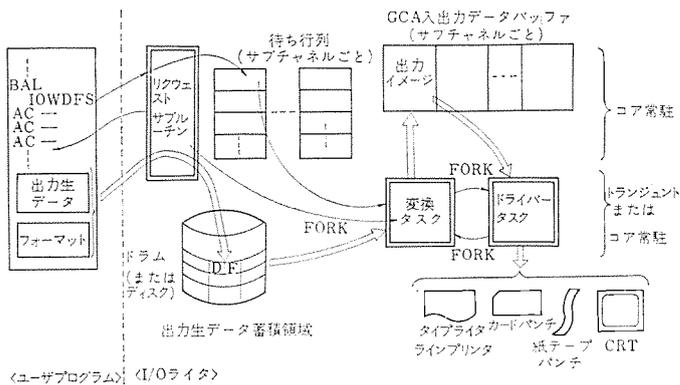


図 1.4 出力動作機構  
Structure of output.

### 1.3.1 出力動作の機構

(1) 応用プログラムでは、出力データとフォーマットコントロールワードを用意し、出力機器の情報を規定のコーディングシーケンスにのって指定してサブルーチンジャンプする。

(2) リクエストサブルーチンは出力要求を待ち行列に入れ、磁気ドラムの出力生データ蓄積領域の空ブロックをみつけ、そこに出力生データとフォーマットを記憶し、その記憶アドレスを待ち行列の内容に加えて変換タスクを呼びだす(FORK スーパーバイザマクロによる)。このあとすぐに応用プログラムにもどる。リクエストサブルーチンは、見かけ上再入可能(リエントラント)になっており、マルチプログラミングにおける同時出力要求発生をさばいている。

(3) 変換タスクは待ち行列の内容によって、応用プログラムの要求した出力生データとフォーマットの蓄積場所を知り、フォーマットに従ってデータの変換・編集を行なって出力イメージをサブチャネルごとに決められているGCA入出力データバッファに格納し、ドライバタスクをFORKする。各サブチャネルごとの待ち行列がからになったか、またはGCAバッファがすべて占有か、のいずれかの条件によって変換タスクはQUIT(終了)する。

なおフォーマットに出力単位の区切りの指定(スラッシュ)がある場合、またはGCAバッファフルを検知した場合は、変換タスクは前回の出力イメージが出力された時点でふたたび出力イメージの生成を行なっている。

(4) ドライバタスクはサブチャネルごとのGCAバッファをすべて調べ、出力イメージ格納済みのものに対してすべて対応出力機器にデータを出力する。

ドライバタスクは、入出力機器を起動中は一端実行を停止(DELAY:スーパーバイザマクロ)しているが、入出力機器の終了によりDELAYを解消する“自動解消DELAY方式”によって、入出力機器のむだを少なくするとともにサブチャネル間の同時動作を実現している。

(5) 以上のリクエストサブルーチン・変換タスク・ドライバタスク処理中に検知されるエラーは、エラータスクによりメッセージプリントされる(図1.4参照)。

### 1.3.2 入力動作の機構

(1) 応用プログラムは、フォーマットおよび入力データがはいる変換データ領域と、入力機器の情報をコーディングシーケンスで指定してサブルーチンジャンプする。

(2) リクエストサブルーチンは入力要求を待ち行列に入れ、磁気ドラムにフォーマットおよび入力データ領域指定を記憶し、変換タスクをFORKして自身の実行をいったん停止(HALT)させる。

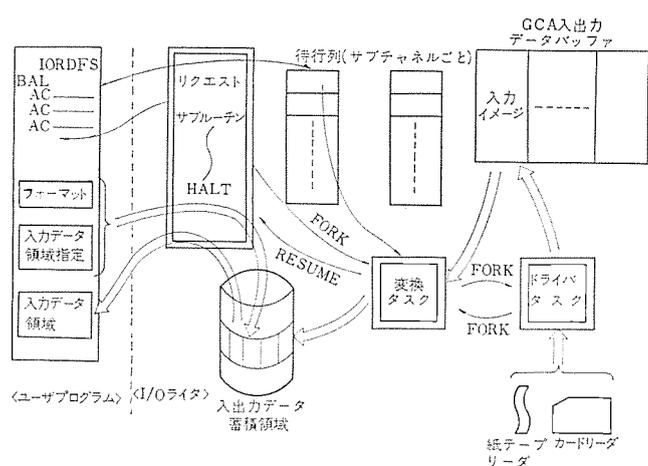


図 1.5 入力動作機構  
Structure of input.

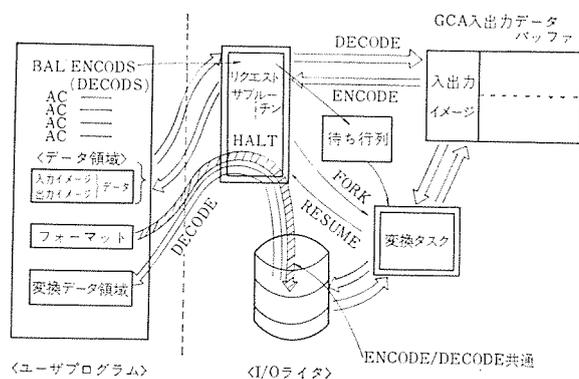


図 1.6 エンコード/デコードの動作機構  
Structure of Encode/Decode

(3) 変換タスクは、指定された機器よりGCAバッファに入力データを得るために、ドライバタスクをFORKし、他サブチャネルに待ち行列がなければQUITする。

(4) ドライバタスクは、入力機器よりGCAバッファ内にデータを得た後、変換タスクをFORKする。

(5) 変換タスクはGCAバッファ内データを指定されたフォーマットにより変換し、磁気ドラムの入出力蓄積領域に格納して、応用プログラム(リクエストサブルーチン)のHALTを解く(RESUME)。

(6) RESUMEされたリクエストサブルーチンは磁気ドラムより入力したデータ、およびHALTする前に記憶させていた入力データ領域指定とを読み込み、応用プログラムの指定領域に格納する(図1.5参照)。

これにより入力動作は終了し、プログラムシーケンスは応用プログラムのリクエストコーディングシーケンスの次にもどる。

### 1.3.3 ENCODE/DECODE 動作の機構

(1) この動作は、ドライバタスクを介さない点を除けば入力動作と基本的には同様である。

(2) 応用プログラムはデータ領域、フォーマット、変換データ領域などの情報をコーディングシーケンスに則って指定し、サブルーチンジャンプする。

(3) リクエストサブルーチンは、要求を待ち行列に入れ、DECODEの場合は、入力イメージデータをGCAデータバッファに入れ、後は入力と同じく磁気ドラムにフォーマットと変換データ格納領域指定を記憶して変換タスクをFORKする。ENCODEの場合は、出力と同じ方法でフォーマットとデータを磁気ドラムに格納する。そしてENCODE/D

ECODEとも、変換タスクを FORK した後、応用プログラムを HAL Tする。

(4) 変換タスクは

ENCODE : 磁気ドラムから GCA データバッファ

DECODE : GCA データバッファから磁気ドラム

という方向に指定されたフォーマット(磁気ドラムにある)にしたがってデータを交換する。全部変換し終わった後、応用プログラム(リクエストサブルーチン)を RESUME する。

(5) RESUME されたリクエストサブルーチンでは、DECODE のときは以下入力と同様であるが、ENCODE のときは GCA データバッファに作成されている出力イメージデータを応用プログラムに格納して、応用プログラムのコーリングシーケンスの次にもどる(図 1.6 参照)。

1.4 フォーマットワードの形式

データの変換、編集を指定するフォーマットワードの形式は、フォートランにおけるフォーマット文で規定される様式による。

すなわち、ユーザはフォーマット引数で指定されるアドレスの内容には、なかつて“(”で始まり、右かっこ”)”で終わるフォーマットを記憶しておく。

フォーマット

(1H1, 2HX=, F5.2, 5X, 2HP=, F6.1)

このフォーマットで出力した場合以下のようになる。

改ページ後

X=12.35 P=6789.0

なおこの I/O ライタが許しているフォーマットは、FORTRAN(E) のフォーマットに、さらに次のものを追加している。

- (1) 文字表示装置(CRT)の画面制御フォーマット(C・V・M)
- (2) タイプライタ行送りフォーマット(W)
- (3) 時間表示用フォーマット(S)
- (4) 固定小数点、単・倍精度変換(O・Q)
- (5) データ無変換(Y・J)
- (6) 紙テープフィード制御(出力のみ)

1.5 本 I/O ライタの特長

- (1) フォートラン言語、アセンブラ言語で作成した応用プログラムのい

ずれに対しても使用される。

(2) アセンブラ言語でかく応用プログラムに対しては、アセンブラタイプ、ドラムデータタイプ等が用意されており、またフォーマット形式は、フォートランフォーマットでかくことができ、プログラミングの能率がよい。

(3) フォーマットワードは FORTRAN (E) で許すものがすべて使用でき、これ以外に文字表示装置(CRT)等のフォーマットが拡張されている。

(4) スラッシュ“/”のフォーマット指定により、1回のリクエストで何回にもわけて入出力を行なわせることができる。

(5) 処理可能な適用入出力機器は、各種タイプライタ、紙テープパンチ、カードパンチ以外にカードリーダー、紙テープリーダー等の入力機器も含まれている。

文字ディスプレイ装置(CRT)も可能である。

(6) ENCODE, DECODE の処理が可能である。

(7) 変換タスクおよびドライブタスクは、それぞれコア常駐タスクとしてもトランジェントタスクとしても使用できる。

(8) モジュールの構成は徹底したモジュラリティ構成となっており、各応用システムに応じた任意構成を容易に組み立てることができ、コア容量のコンパクト化をはかっている。

2. コーリングシーケンスと機能

I/O ライタに入出力要求をだす場合、ユーザは I/O ライタが規定している文法に従って、サブルーチンジャンプする必要がある。これがコーリングシーケンスであり、アセンブラタイプ、ドラムデータタイプ、フォートランタイプがある。このうちフォートランタイプの場合は、コンパイラがコーリングシーケンスを生成するのでユーザプログラムは何ら意識する必要はないが、その他のタイプは意識して書く必要がある。

2.1 各タイプのエントリの種類

表 2.1 に示すエントリが標準としてあり、各応用システムでは必要とするもののみ選択組み立てができるようになっている。

2.2 ドラムデータタイプ

2.2.1 領域チェックエントリ

- (1) コーリングシーケンス

表 2.1 エントリ一覧 List of entry.

タイプ区分	エントリ	
ドラムデータタイプ (略称 DM タイプ) 出力のみ	1. 領域チェックエントリ	磁気ドラムのユーザ管理データ領域の占有状態をチェックし、ユーザに知らせる占有されていない場合ユーザは、生データとフォーマットを書き込む。
	2. DM タイプ出力要求エントリ	ユーザが指定したデータ領域の内容を指定した領域にあるフォーマットワードに従って交換編集し、指定機器に出力することを要求する。
アセンブラタイプ (略称 AM タイプ)	1. AM タイプ出力要求エントリ	ユーザがコアメモリ上(ユーザプログラム内または GCA 内)に用意した生データ、フォーマットワードに関して指定機器に出力要求する。
	2. AM タイプ入力要求エントリ	指定した機器からデータを読み込み、ユーザがコアメモリ上に用意したフォーマットに従って交換編集し、ユーザの指定したコアメモリ上に格納することを要求する。
	3. エンコード要求エントリ	AM タイプ出力要求と同様に、ユーザがコアメモリ上に用意した生データを指定フォーマットワードに従って変換、編集した出力イメージを、ユーザ指定のコアメモリ上に格納することを要求する。出力機器がコアメモリと想定した場合、AM タイプ出力要求エントリと同様である。
	4. デコード要求エントリ	ユーザの指定したコアメモリ上にある入力イメージを指定したフォーマットワードに従って変換し、指定コア領域に格納する。入力機器がコアメモリと想定した場合 AM タイプ入力エントリと同様である。
フォートランタイプ (略称 FR タイプ)	フォートランのオブジェクトプログラムで使用するエントリであり、ユーザが直接使用することはない。一つのフォートラン入出力ステートメントに対して OPEN, LIST, CLOSE の順で3種類のエントリが使用される。	

BAL IOARAS  
 AC ALOCNO  
 AC OCCUPY  
 IOARAS : エントリ名  
 ALOCNO : ユーザのドラム領域にあらかじめつけられている領域ロック番号を記憶しているアドレス。番号は1~31の数。  
 OCCUPY : ALOCNOで指定された領域が占有されている時のリターンアドレス。

(2) 機能説明

ユーザ管理のドラムバッファ領域に、ユーザが生データまたはフォーマットワードを書き込むに先だって、その領域がすでに占有されているかどうかをチェックするエントリであり、指定領域が占有されていれば、OCCUPYで示されるアドレスに飛び、占有されていなければこの番号をLOCK状態として次の命令シーケンスにすすむ。

ユーザは次のシーケンスで、通常磁気ドラムリード/ライトSVC命令を使用して、生データとフォーマットワードを書き込む。占有されている場合、ユーザは通常DELAYマクロによって時間待ちし、再度このエントリにとびこむ。

(3) ユーザのドラムバッファ領域、レコード形式

ドラムバッファ領域は、必要な数だけシステムジェネレーション時に確保され、使用管理はユーザにまかされる。生データ領域とフォーマットワード領域は別々にとられ、それぞれのレコード形式は図2.1のとおりである。

ドラムバッファ領域は、生データ用、フォーマット用として任意の大きさのものを任意の数だけ用意することができ、ALOCNO(エリアロック番号)を任意にわりあてることができる。

この番号は、複数個のユーザプログラムが同一バッファ領域をトランジェント領域(必要なときに生データ、フォーマットワードを書き込み出力要求をだすの意)として使用するときのロックナンバーとしてわりあてられる。ロック状態は、2.2.2項のDMタイプ出力要求エントリによって変換タスクが生データを処理し、出力イメージをGCAデータ領域に格納した時に解除される。なおドラムの書き込み禁止領域にシステム定数的に記憶されている生データ、またはフォーマットワードを指定して出力要求をだす場合には、領域チェックエントリ(IOARAS)は省略できる。

(4) コーディング例

図2.2参照

2.2.2 DM(ドラムデータ)タイプ出力要求エントリ

(1) コーディングシーケンス

BAL IODRWS  
 AC LUNANO  
 AC FORMDA  
 AC DATADA  
 IODRWS : エントリ名  
 LUNANO : LUN(1.3節の(2)を参照)と領域ロック番号を示すワードが格納されているアドレス(図2.3参照)。  
 FORMDA : フォーマットワード格納セクタアドレスを保持しているコアアドレス  
 DATADA : 生データ格納セクタアドレスを保持しているコアアドレス

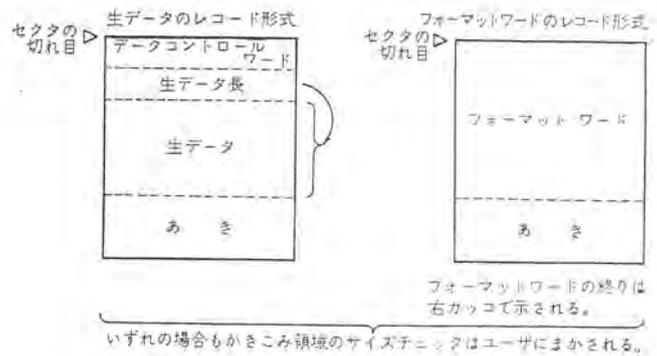


図2.1 レコード形式  
Form of recode.

```

ACHECK BAL IOARAS
AC ALOCNO
AC OCCUPY
SVC
DC X^ 04IC^
DC X^ 2000^
DC X^ 200^
AC DATA
AC ERROR
      } 生データ(またはフォーマット)
      } アドレス

OCCUPY SVC
DC X^ 010A^
AC DTIME
      } DELAY
      } SVCマクロ
B ACHECK
DTIME DC X^ 0^
DC X^ 2^
  
```

図2.2 コーディング例  
Example used for coding.

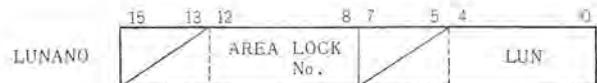


図2.3 LUNとロックナンバーの指定  
Designation of LUN and lock No.

(2) 機能説明

DATADAで示す生データを、FORMDAで示すフォーマットワードに従って変換、編集しLUNANOで示す“LUN”によって定められた出力機器に出力する。

変換タスクが出力イメージをGCAデータ領域につくりあげた時LUNANOで示す領域ロック番号のロック状態を解除する。

2.3 アセンブラ(略称AM)タイプ

2.3.1 AMタイプ出力要求エントリ

(1) コーディングシーケンス

BAL IOWDFS  
 AC LUNAD  
 AC FORMAT  
 AC DLIST  
 IOWDFS : エントリ名  
 LUNAD : 機器のLUNを記憶しているコアアドレス  
 FORMAT : フォーマットワードを記憶しているコアメモリの先頭ワードアドレス  
 DLIST : データリストを記憶しているコアメモリの先頭ワードアドレス

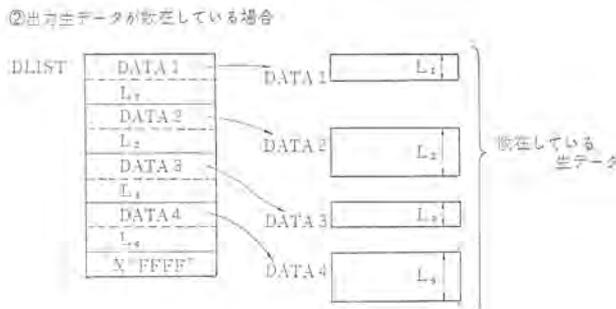
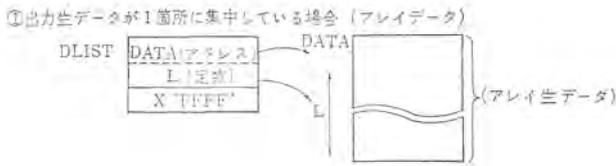


図 2.4 データリスト Data list.

	BAL	IOWDFS
	AC	LUNAD
	AC	FORMAT
	AC	DATA
	.....	.....
A	DC	S* 1*
FORMAT	DC	W*(6X,2AA)
DATA	AC	A
	DC	S* 2*
	AC	B
	DC	S* 2*
	DC	X* FFFF*
	.....	.....
A	DC	W* ABCD*
B	DC	W* XYZ*

図 2.5 コーディング例  
Example used for coding.

	BAL	IORDFS
	AC	LUNAD
	AC	FORMAT
	AC	DATA
	.....	.....
LUNAD	DC	S* 1*
FORMAT	DC	W*(2A4)
DATA	AC	A
	DC	S* 2*
	AC	B
	DC	S* 2*
	DC	X* FFFF*

図 2.6 コーディング例  
Example used for coding.

データリストとは、出力生データの記憶されているコアアドレスとそのデータ長の2ワードからなるペアが任意の数だけ並び、最後がX'FFFF' (エンドマーク) で終わっているリストをいう。図示すると図 2.4 のとおりである。

(2) 機能説明

DLIST で示す生データを FORMAT で示すフォーマットワードに従って変換、編集し LUN で示す機器に出力する。フォーマットワードは最後の右かっこがきたとき終わりとなされる。

生データとフォーマットは出力生データ蓄積領域に入れられ変換タスク

によって変換、編集が行なわれる。

(3) コーディング例

図 2.5 のとおりである。

2.3.2 AM タイプ入力要求エントリ

(1) コーリングシーケンス

BAL	IORDFS
AC	LUNAD
AC	FORMAT
AC	DLIST

- IORDFS : エントリ名
- LUNAD : 入力機器の LUN を記憶しているアドレス
- FORMAT : フォーマットワードの先頭アドレス
- DLIST : データリストの先頭アドレス。形式は出力の場合と同様であるが、データアドレスは、フォーマットワードによって変換されたデータが格納されるコア領域を示している。

(2) 機能説明

LUNAD で示す入力機器からデータを読み取り FORMAT で示すフォーマットワードに従って変換し、DLIST で示す領域に格納する。

格納されるまでの間、ユーザタスクと同一のコア領域を使用することも可能である。入力エラーが発生した時にユーザタスクにもどるか、またはタスクを PURGE (強制終了) させられるかは、システム生成時に指定することができる。なおこの仕様はフォートランタイプの入力の場合も同様である。

(3) コーディング例

図 2.6 のとおりである。

2.3.3 エンコード

(1) コーリングシーケンス

BAL	ENCODS
AC	SIZE
AC	FORMAT
AC	DLIST
AC	CORAD

- ENCODS : エントリ名
- SIZE : 変換、編集された出力イメージのキャラクタ数を記憶しているワードアドレス
- FORMAT : フォーマットワードを記憶しているコアメモリの先頭ワードアドレス
- DLIST : AM タイプ出力要求エントリと同様
- CORAD : 出力イメージを格納するコアメモリの先頭ワードアドレス

(2) 機能説明

DLIST で示す生データを FORMAT で示すフォーマットワードに従って変換、編集し CORAD で示すコアメモリ領域に出力イメージを、SIZE で示すキャラクタ数だけ格納する。これはコアメモリ上でのデータの変換、編集に使用される。この様子を図 2.7 に示す。

2.3.4 デコード要求エントリ

(1) コーリングシーケンス

BAL	DECODS
AC	SIZE
AC	FORMAT
AC	CORAD

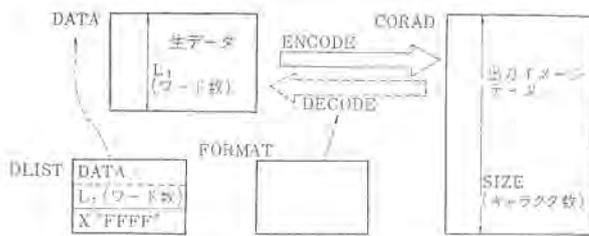


図 2.7 エンコード/デコードの機構  
Specification of Encode/Decode

- DECODS : エントリ名
- SIZE : 入力イメージのキャラクタ数を記憶しているワードアドレス
- FORMAT : フォーマットワードを記憶しているコアメモリの先頭ワードアドレス
- DLIST : AMタイプ入力要求エントリと同様
- CORAD : 入力イメージを格納しているコアメモリの先頭ワードアドレス

(2) 機能説明

CORADで指定した入力イメージを、FORMATで指定するフォーマットワードに従って変換し、DLISTで示すコアメモリ上に格納する。

2.4 フォートランタイプ

フォートランの文法に従って入出力文を書くだけでよい  
出力の場合

```
WRITE (6,100) A, B, C
100 FORMAT (E10.3, Y5, F5.1)
```

入力の場合

```
READ (1,20) A, B, C, D
20 FORMAT (E10.2, F5.1, A6, I4)
```

エンコード/デコードの場合

```
ENCODE (80, 200, DATA 2).....
DECODE (80, 100, DATA 1).....
100 FORMAT(E10.3, I4, ..... )
200 FORMAT (2HX=, E10.3, .....)
```

3. フォーマットコントロールワード

3.1 概要

FORMAT文は、入出力に際して入出力データの形を指定するために使用し、データの形に関する情報の指定をするのが欄記述子である。I/OライターにおけるFORMAT文は、アセンブラ言語、フォートラン言語のふたとおりで記述することができる。そして現在の350-30/30FのFORTRAN(E)の欄記述子の機能をすべて含み、新たにキャラクタディスプレイ用設定記述子(画面消去、位置決定、色設定)、タイプライタ用設定記述子(行送り)、時間表示用欄記述子、対応するデータの形、値に関係なく指定されけた数空白に変換する欄記述子、紙テープパンチ用設定記述子(フィード指定)などが追加されている。バイナリ入出力に対しては、AW形記述子を用いることにより行なうことができる。また固定小数点数値の変換にはO欄記述子とQ欄記述子が設けられている。

3.2 使用可能な欄記述子と設定記述子

3.2.1 欄記述子

- arFw・d (実数変換) arEw・d (実数変換)
- arGw・ds (実数変換) rIw (整数変換)

- rLw (論理変換) rAw (文字欄記述子)
- rZw (16進変換) rSkw (時間変換)
- rYw (空白変換) rJw (空白変換)
- amOw・d (単精度固定小数点変換)
- amQw・d (倍精度固定小数点変換)
- nHh1h2 hn (文字欄記述子)

3.2.2 設定記述子

- nT (TAB設定)
- R (タイプライタ赤字設定)
- B (タイプライタ黒字設定)
- V (文字ディスプレイ画面位置決定)
- C (文字ディスプレイ画面消去)
- nU (紙テープパンチフィード指定)
- M (文字ディスプレイ色設定)
- nW (タイプライタ行送数設定)

4. 使用例

図4.1のような表をタイプライタに作成する。この表はある人が計算機を使用したときの集計をとるものである。

- 1行目を黒、3行目を赤で印刷する。
- 時間はITIMEという変数名に記憶されている。
- JOB-CODEはANAMEという変数名に記憶されている。
- 回数はNUMBに記憶されている。
- プリンタ用紙料金はIPRINTに記憶されている。
- カード料金はICARDに記憶されている。
- 全料金はITOTALに記憶されている。

- (1) フォートラン言語の場合 (図4.2参照)
- (2) アセンブラ言語の場合 (図4.3参照)

この結果は

変数名	内容
ITIME	5
ANAME	MSSO
NUMB	10
IPRINT	100
ICARD	50
ITOTAL	10,000

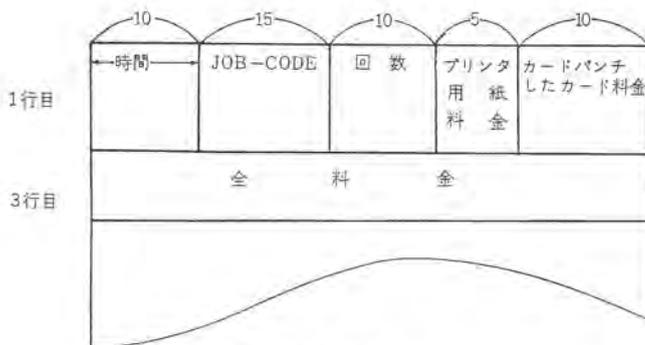
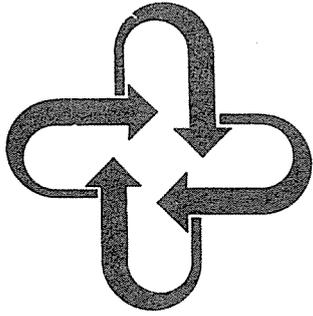


図 4.1 出力形式  
Example of output format.

```
WRITE(6,100)ITIME, ANAME, NUMB, IPRINT, ICARD, ITOTAL
100 FORMAT(5X, S=5, I1X, A4, 5X, I5, I5, I10, 2W, R, 20X, I10)
```

図 4.2 フォートランタイプの場合  
Example of fortran type.





## 公害防止投資と企業

池田重隆\*

### 1. 企業と公害防止費用の負担

去る2月の経済協力開発機構—OECD—環境委員会は、「公害防止費用の発生者負担原則」Polluter Pays Principle (PPP原則と略す)を国際的原則とすることを採択した。これは各国が公害防止対策をすすめて行くに当って、その費用を国や公共体が補助金や租税割りもどしなどの手段で負担せず、汚染を発生するもの自体、したがって産業公害の場合は企業自体に負担させようというものである。

元来、公害防止費用は、資本制経済における企業の費用計算の中には入っていなかった。大気にしても、水にしても、原則として価格をもたなかったし、まして大気や水を汚染することによる社会的被害や損失を企業の生産費用に算入することは考えられなかった。

もちろん、ばい煙や水汚染を問題にすることは早くからあったし、それらによる社会的損害を貨幣価値に換算することもしばしば試みられてきた。しかし、それが経済理論の中で社会的費用として認識されたのは、ようやく第2次大戦後のことであった。K. W. Kappの「私的企業と社会的費用」——The Social Cost of Private Enterprise, 1950—がこの問題をはじめて経済理論の体系の中に組み込むことを試みたのである。

その後の環境汚染の進行に関する知識の増大と、その重要性に対する認識が深まるにつれて、公害防止対策の重要性が強調され、その費用負担のあり方が問題となったのである。しかし、汚染因子が明らかに生産工程ないしはその廃棄物から発生する場合、その防除費用を負担するものは企業でなければならないとするのがPPP原則である。その製品がどんなに社会的に有用であろうとも、その生産過程において社会に好ましくない影響を与えることを放置するわけにはいかない。汚染防止に必要な費用は、その商品の生産にとって社会的に必要な費用の一部をなすものとして、原材料やエネルギー・資本設備・労働力等々の購入費と全く同じものと考えべきものとしてとらえられる。

汚染因子にも、汚染される大気や水にも価格がないということが費用化を妨げてきた一因であった。とすれば、何をもちて正当な社会的費用とするか。これに代るべきものが政府ないし自治体による法規制である。法規制によって指定される限度まで汚染因子の排出をおさえるために必要となる設備の設置費用と運転費用が、その製品の生産にとって社会的に必要な費用とされるわけである。企業にとっては、いわば市場＝価格機構の外部から与えられたものとして費用化することになる。政府による経済への介入のもっとも現代的な事例といつてよい。

企業にとっては、外部から与えられた公害防止費用を最小にしよ

うと考えるのが当然である。規制値を達成しうる手段でもっとも低い費用のものが求められる。また、規制値を定めるについても、それを達成するに要する費用の点から検討を必要とすることになる。技術的難易とならんで、費用的難易が問題になるわけである。たとえば、西ドイツでは連邦の定める環境基準値を維持しうるように、各州政府が個々の工場・施設につき、設備・操業条件と排出基準値を与えて認可するが、その際には1)最新の技術的成果を利用することとならんで2)経済的に負担しうる程度の費用で実用しうるものを条件とすることになっている。

いずれにせよ、PPP原則は、単に自からの行動に起因するものについて企業が責任をとるべきものとする、いわば倫理的側面のみをもつものではない。資源の配分という面からも重要な意義をもっている。公害防止費用が企業の負担とされる場合、企業はそれによる生産費用の上昇を製品価格に転嫁するか、それとも他のコスト要因の切り下げないし利潤の削減によって吸収するか、の選択がある。

しかし、PPP原則によって公害防止費用を社会的費用とするからには、製品価格にこの費用を転嫁することは、決して不当とされるべきではない。これにより製品価格が上昇し、その需要が減少し、生産が減少するという批判に対しては、それこそ望ましいところという解答が用意されている。

なぜなら、従来公害防止費用を負担することなしに生産・販売され、そして消費されていたものは、本来社会の生活環境を好ましい水準に維持していくために適当とされる量よりもより多く生産・販売・消費され、その結果環境を汚染していたわけである。したがって、資源を本来配分されてしかるべき量以上に使用していたことになる。公害費用を負担することによってはじめて、本来社会的にみて適正な資源配分にもとづいた生産が行なわれることになる。

この見地からすれば、公害防止費用を国・地方の補助金や租税の割りもどしによって企業に支給することは、資源の最適配分を妨げるものとして否定されることになる。ここにPPP原則が単に倫理的主張にとどまらずに、経済政策の一手段としての意義をもつものとなる根拠がある。

個々の企業にとっては、共通の規則値を与えられたとしても、それぞれがもつ生産設備の年令や形式の相違によって、また立地の環境によって、公害防止費用の負担は必ずしも同一ではない。新鋭設備のほうが一般的にいって汚染因子の排出が少ないと考えられる。

また、大規模設備のほうが小規模設備よりも公害防止費用負担が少ないであろう。たとえば、廃水処理施設にしても、小工場であっても最低限の容積をもつ処理そう(槽)を設置しなければならぬが、大工場では処理施設を必ずしも比例的に拡大する必要がないとすれば、費用負担は相対的に軽くなる。もちろん、各種の公害防止施



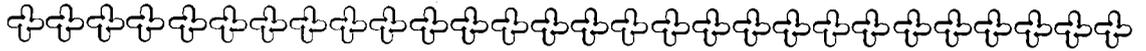


表 2.2 公害防止投資比率の推移

(単位：%)

業種	42	43	44	45	46 <sup>1)</sup>	47 <sup>2)</sup>
全業種	3.5	3.7	5.0	5.3	9.1	11.5
公害形業種	5.5	5.1	7.5	7.5	11.7	13.9
火力発電	7.9	8.5	11.8	12.8	17.7	19.8
鉄鋼	3.2	3.3	4.8	6.2	10.0	10.4
石油精製	13.5	14.3	14.7	10.1	14.1	15.5
石油化学	2.6	3.2	4.1	4.5	5.1	8.9
鋳業	4.4	5.7	7.9	8.3	15.7	17.7
非鉄金属				7.8	12.1	14.8
紙・パルプ	6.6	4.8	7.3	6.1	14.2	17.8
その他業種	1.1	2.0	1.8	2.2	4.5	6.6

注 1) 実績見込み

2) 計画資料出所：通産省調。

同じく公害形産業といっても、その製造工程の相違から排出される汚染因子も異なるから、防止投資の種類も当然違ってくる。火力発電・石油精製・非鉄金属・鉄鋼の諸業種では、大気汚染防止設備が主要な部分を占める。水質汚濁防止投資が中心となるのは、紙・パルプ・石油化学であり、化学では大気関係と水質関係がほぼ同じとなっている。もっとも、これは現状にもとづいてのことで、いわば大気汚染形産業では水の問題はまったくないというわけではない。火力発電では冷却水の放流に伴う熱汚染の問題がある。これは原子力発電が本格化すると、大気汚染に変わって本格的対策を必要とすることになる。鉄鋼業でも、取水量の抑制の見地と合わせて水の工程内循環に努力が払われている。また、紙・パルプ・石油化学などでも、今後悪臭に対する防止が強く要望されるようになれば、大気汚染防止を強化することになるかもしれない。

### 3. わが国の環境条件

公害防止投資が前に述べた汚染源者負担で実施され、しかもその原価に算入し、価格に転嫁するのが当然ということになると、公害防止のコストの国による相違が、貿易や国際投資に影響を与えるのではないかと、という問題が生ずる。公害に対する規制が国によって相違すれば、その費用負担も変わってくる。当然のことながら、規制がきびしい国の企業は、規制のゆるい国の企業よりも、公害防止投資の負担は大きくなり、コストが上昇し、世界市場における価格競争で不利になる。また、規制のきびしい国ではコストが高くてやっていけない産業分野の企業は、国内での生産活動をやめて、規制のゆるい国へ進出して生産活動をするようになる。一般的にいえば先進工業国では公害規制がきびしいから、いわゆる公害形産業は汚染防止投資をし(強)いられることとなり、規制のゆるい発展途上国へ資本が移動する可能性が生じてくる。

こうした資本の移動は、国際分業という立場からすると、必ずしも悪いことではない。もう十分に工業化した地域から公害形産業

——その主流は基幹産業というべき鉄鋼業や非鉄金属業である——が発展途上国に移っていくことは、資源はあっても資本の足りない発展途上国の経済発展に寄与することになる。資本が出ていく側の工業国にしてみれば、国内での雇用機会がそれだけ減るわけだが、環境汚染の進行を緩和することになる点では有利ということになる。もっとも、地球全体の環境汚染の点からみれば、発展途上国でもいつまでもゆるい公害規制をつづけることは決して望ましいことではない。

話を工業国間の公害規制の比較に戻そう。公害防止規制の相違がコストの相違をもたらすことになると、規制のきびしい国の産業がゆるい国との競争に対抗するためと称して、補助金の交付や関税の引上げなどを政府に要求するようになることが考えられる。こうした規制の相違をもたらす原因として次の5点があげられよう。

- (1) 各国の自然的条件の相違
- (2) 人口密度
- (3) 環境汚染に関する社会的認識の相違
- (4) 産業構造と産業の分布
- (5) 産業の設備投資の速度

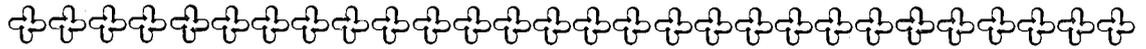
自然的条件の相違は、まず国土面積の広さから始まって、地形・温度・雨量・湿度・風向のいずれもが環境汚染の程度に影響する。鋳工業の生産活動が同一であり、同量の汚染因子が排出されとしても、国土面積が2倍であれば、汚染度は2分の1にうすめられてしまう。平野部が広ければ、山岳で区切られているよりも汚染は拡散しやすい。そうした自然の容量の大きな国は、容量の小さい国よりもゆるい規制で同一、ないしはよりよい環境を維持することができる。

人口密度の点からすれば、密度が高いほど、一定の環境を維持するための規制はきびしくならざるをえない。環境汚染に関する社会的認識は、工業国間ではかなり平準化されてきているが、それでも長い社会的習慣の相違で、多少の相違はあろう。発展途上国の場合、環境汚染の度合いが少ないだけに、公害防止よりも経済発展を望むだろうといわれている。もっとも、これも公式には汚染の出し放しはお断りというのが政府の態度であろう。

産業構造については、火力発電・鉄鋼・非鉄金属・紙・パルプ・石油精製・化学など、公害形産業の比重が高いほど、汚染は激しく、したがって規制もきびしくなる。産業の分布が特定地区に集中すると、たとえばわが国の京浜工業地帯や西ドイツのルール地方のような重化学工業の密集地域では、汚染も激しく、規制もきびしい。これが工場と工場の間隔が大きく分散して、その間に森林があったり、農業地域があれば、汚染はうすめられ、規制もゆるくしてよいことになる。

最後の企業の設備投資についていえば、投資の速度が早い場合には、設備の年令が若く、汚染物資の排出は古い設備より少ないはずである。したがって規制はゆるめられるか、少なくとも同じ規制に





公害防止投資はわずかに17億ドル、2.2%にすぎなかった。製造業のみについてみれば、317億ドルの総投資のうち4.0%、13億ドルが公害防止投資にあてられた。製造業の投資に鉱業・電力・ガスを加えると、総投資452億ドル、公害防止投資17億ドルで、公害防止投資比率は3.8%である。

これを表2.1のわが国の昭和45年度と比較すると、わが国の通産省所管の全業種平均の公害防止投資比率は5.3%であった。アメリカの場合の製造業・鉱業・電力・ガスの合計が大体これに見合うものとみられるが、その公害防止投資比率は3.8%であるから、わが国の投資比率は、アメリカよりも若干高いといえる。しかし、わが国の場合は、新規設備に対する防止設備と、既存設備に対する防止設備の双方をふくんでいるが、アメリカの場合は新規設備に対する防止設備のみである。したがって、アメリカのほうがわが国の企業よりも公害防止投資が少ないとはいえないものがある。

それにしても、産業別にみると鉱業・石油ではわが国の公害防止投資比率のほうが高いが、鉄鋼・化学・紙・パルプではアメリカのほうが高い。電力については、アメリカの場合水力と火力の区別が明らかでないで、比較できない。いずれにしても、アメリカとわが国の公害防止設備投資を比較して、どちらがより大きい負担を背負っているとはいえないようである。

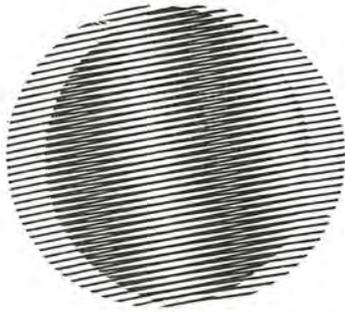
## 5. む す び

昨昭和46年5月に発表された産業構造審議会の中間答申、「70年

代の通商産業政策」によれば、70年代の前半において現在の環境基準に適合する環境を実現し、後半においてさらに良好な環境の実現を進めるとの考えをとり、公害形業種において新規投資の9%前後、製造業・鉱業および公益事業を平均して7%前後の公害防止設備投資が必要とされている。さらに既存資本ストックの公害防止設備の増強のために6,000億円前後(65年価格)の投資が必要になる。この6,000億円の追加投資は、経済成長率を10%前後とすれば、70年代前半の製造業・鉱業および公益事業の設備投資の1%弱になる。したがって、これら事業の設備投資の約8%、公害形産業では約10%が公害防止設備に向けられ、その総額は約3兆円に達するものと見積もられている。

このように、当面企業の公害防止設備投資が増大することはまずまちがいに期待してよい。また、現在の防止技術は、石油の脱硫方法にしても、污水浄化方法にしても、決して決定版といえる完成されたものではない。現在の防止設備をもってしては、今後の規制強化に即応できないから、防止設備の更新需要も相当にのぼるであろう。そうなると、企業としては、公害防止設備投資がかなりの金額にのぼることを予想しなければならない。

したがって、公害防止対策とともに、汚染因子の排出そのものの少ない製造方式や、廃棄物の発生を極力少なくするような、いわゆる循環生産方式ないしフローシステムの開発が、企業にとってきわめて重要な課題となってくるものと考えられる。



# 新製品紹介

## S-600 形 電磁接触器

S-600 形 電磁接触器は、AC 550 V 600 A クラスの大容量電磁接触器で、電動機など低圧大容量回路の開閉に適用できる。応用品として可逆式 S-2×600, 直流操作式 SD-600, 機械ラッチ付き SL-600 および開放形電磁開閉器 MSO-600 もある。

### ■特長

#### (1) 小形・軽量

従来の 600 A クラス 電磁接触器と比べ小形、軽量である。(当社 N-605 と比較すれば取付面積で、55%, 重量で 70%)

#### (2) 高性能・長寿命

AC 3 級 550 V 600 A, AC 4 級, 550 V 500 A で 1,200 回/時の開閉ができ、電気的寿命 50 万回以上と長寿命である。

#### (3) 保守点検が簡単

接点と鉄心が分離されているので保守点検が簡単である。

#### (4) 開閉衝撃が小さい

リンク機構により開閉衝撃が小さい。



S-600 形 電磁接触器の定格と仕様

形名		S-600	S-2×600	SD-600	SL-600	MSO-600		
定格絶縁電圧		AC 660 V						
定 格	極	AC 3	AC 4	AC 3	AC 4	AC 3	AC 3	AC 4
	三 電 動 機	AC 220 V	600 A 500 A	600 A 500 A	600 A 500 A	600 A	600 A	500 A
		440 V	600 A 500 A	600 A 500 A	600 A 500 A	600 A	600 A	500 A
容 量	三 相 抵 抗	AC 220 V	200 kW	—	200 kW	200 kW	—	
	440 V	400 kW	—	400 kW	400 kW	—		
三 相 コンデンサ	AC 220 V	170 kVA	—	170 kVA	170 kVA	—		
	440 V	350 kVA	—	350 kVA	350 kVA	—		
閉路しゃ断電流量		3 相 550 V 6,000 A pf 0.4 lag						
定格通電電流		660 A						
開閉ひんぱん度		1,200 回/時						
寿 命	電 気 的	50 万回			25 万回	50 万回		
	機 械 的	500 万回			25 万回	500 万回		
補 助 接 点		2 a 2 b	2×2 a 2 b	2 a 2 b	1 a 1 b	2 a 2 b		

[名古屋製作所]

## 三菱小形電子計算機 MELCOM-88 マルチモードコンピュータ発売

三菱電機はこのたび世界にさきがけてダイレクトインプットコンピュータの決定版ともいべき高性能の小形電子計算機 MELCOM-88 を完成し、国内ならびに国外で4月下旬より発売することになった。

同機種は国内国外を含めて 2,000 台以上受注している MELCOM-80 シリーズの上位機種であり、すでに市場に出ている MELCOM-83, 84 が中堅企業一般の事務処理を対象としているのに対して、中堅企業でも比較的規模の大きい企業の事務処理に適した計算機である。



同機種は従来の小形電子計算機と異なり、データのファイリング様式を〈ビジュアル〉でも〈インビジュアル〉でも、データのプリンティング様式をフロントフィートタイプライタによる継続記録でも、またラインプリンタによる一覧性記録でも、そしてインプット様式も紙テープやカセットテープだけでなく、キーボードからの直接入力(ダイレクトインプット)でも、複数台のビリングターミナルによる近距離のみならず遠距離(オンライン)からの入力でも、いずれの様式にも適したマルチモードコンピュータである。

また、主記憶装置の容量も小形電子計算機としては最大の7,400語(1語=10進16けた、64ビット)で、処理内容に応じて、ICメモリ(1,000語)と磁気ディスクメモリ(6,400語)を使い分けられることができる。すなわち、ICメモリの番地もディスクメモリの番地もまったく同様に1語単位で直接アクセスすることができる。

なお、MELCOM-88の一般公開は4月20日より西ドイツのハノーバで開催された世界最大の事務機器展会場、国内では5月17、18の両日東京を皮切りに大阪、名古屋と各地で開かれた発表会ならびに5月23日より東京晴海で開催されたビジネスショウ会場で行なわれた。

## ■特長

- (1) 人間優先の設計で操作性は抜群である。
- (2) 標準入出力インタフェース方式を採用しているので、新しい入出力機器も接続できるようになっている。
- (3) モジュール化設計してあるので、経済的なコストでそれぞれの業務に最適なシステムが選べる。
- (4) ICと磁気ディスク装置からなる大容量の記憶装置を持っている。
- (5) オンライン時代の幕開けにふさわしくセンタマシンとしてだけでなく、ターミナルにもなるよう通信回線指向形設計が施されている。
- (6) 数台のビリングターミナルから同時入出力すると、システム全体を数台の計算機で処理したのとほぼ同じ効果があがり、ダイレクトインプット機能をいっそう有意義なものにする。
- (7) アセンブラ、ACE-88(コンパイラ)、コボルなどにより、プログラミング作業の省力化と標準化が計れる。
- (8) オンラインやビリングターミナル用だけでなくオペレータが使える割込み機能も用意されている。
- (9) 連続帳票も単票も使用でき、また赤黒印刷も効果的である。
- (10) 空調や特別な電源は不要であるからどこにでも設置できる。

## ■仕様

### 本体

#### (1) オペレーションコンソール

##### (a) 入出力タイプライタ

文字キー 48キー4段シフト

印字速度 20字/秒(スキップ可能)

印字幅 132文字/行

##### (b) データキーボード

けた数 16けたテンキー式

#### (2) プロセッシングユニット

##### (a) 入出力制御装置

##### (b) 演算制御装置

演算方式 2進法10進法 1語=16けたまたは15けた+負符号

演算素子 LSI、IC

制御方式 スタッドプログラム

## 3 アドレス方式

### (c) 主記憶装置

種類	IC, 磁気ディスク
容量	IC: 1,000 語 (8,000 バイト) ディスク: 6,400 語 (51,200 バイト)
アクセスタイム	IC: 320 $\mu$ s ディスク: 10 ms

### (4) ディスプレイ

表示けた数	16 けた + 符号
-------	------------

### (5) 紙テープリーダー

読取速度	200 字/秒
------	---------

### (6) 紙テープパンチ

せん孔速度	20 字/秒
-------	--------

### 付属装置

#### (1) カセットテープ装置

記憶密度	31.5 ビット/ミリ (800 BPI)
テープ速度	19.05 センチ/秒

#### (2) ラインプリンタ

印字速度	150 行/分
------	---------

#### (3) 磁気ディスク装置

容量	23,000 語
アクセスタイム	20 ms

#### (4) カートリッジディスク

容量	カートリッジ: 307,200 語 固定ディスク: 307,200 語
サーチタイム	40 ms

#### (5) 高速紙テープパンチ

せん孔速度	75 字/秒
-------	--------

#### (6) 回線制御装置

	200/1,200/2,400 bps
--	---------------------

#### (7) 音響結合端末器

#### (8) ピリングターミナル

印字速度	16 字/秒
------	--------

### 設置条件

電源	AC 100 V $\pm$ 10 V 50 Hz または 60 Hz $\pm$ 1 Hz
温度	5°C ~ 35°C
湿度	40% ~ 80%

### ■MELCOM-88 のソフトウェア

アセンブラ, ACE-88 (コンパイラ), COBOL, その他各種のサービスプログラム

[鎌倉製作所]

当社の登録実用新案

名 称	登録番号	考 案 者	名 称	登録番号	考 案 者
内燃機関点火装置	910764	高橋一智	押し ボタンスイッチ	912891	松尾宏之
自動温度冷蔵庫の冷気流路装置	910765	丸山 忍	誘導電器の巻線	912892	竹岡 修
冷蔵庫	910766	西郷 勝	変圧器の巻線縮付装置	912893	(高橋 康英・山内 敦彦 渡辺 次男・石井 武彦)
冷蔵庫	910767	西郷 勝	プッシング	912894	小谷 英夫
冷蔵庫	910768	西郷 勝	空調ダクト系イオン濃度制御装置	912895	(原 仁吾・平林 庄司 田 畑 則一)
放電灯の調光装置	910769	根岸 昭康	エレベータの安全装置	912896	瀬原田三郎・加藤 淳治
マルチバイブレータ	910799	前田 聡・民井 精三	二重管式熱交換器	913537	三 浦 隆
高圧力水銀放電灯用の発光管	911231	竹中行雄・城下 十豊	連続的被処理物の制御装置	913538	中村 謙三
磁気 ディスククリーナ	911606	東山 昇・志賀 正明	冷蔵庫付飲用冷水器	913539	大畑 晃一
固定接触片	911607	立石 俊夫	二重槽を有する ボトル 形 ウォータ ークラ	913540	三宅 良明・前中和 義
固定接触子	911608	立石 俊夫	冷水機の水位表示装置	913541	三宅 良明
変圧器騒音防止装置	911609	安藤 取二	光導電セルを用いた リレーフリップ フロップ回路	913542	西村 晃一・近藤 静雄
ステレオ 電蓄の キャビネット	911610	川名 昇・川崎 文雄	搬送保護継電装置	913543	北 浦 孝一
アーク 溶接用 トーチ	912682	鶴 銅 順	反射係数測定器	914137	白 幡 潔
放電灯器具	912683	(久保 幸正・村井 直道 土橋 理博)	管球爆縮防止処理用型枠	914138	(穴山 光夫・伊藤 公男 寺谷 安・岩田 浩)
積算量記録装置	912684	林 正之・山根 満徳	両面放熱形平担封止 サリスタ	914139	船川 繁・山本 勇
積算量記録装置	912685	林 正之・山根 満徳	両面放熱形平担封止 サリスタ	914140	船川 繁・山本 勇
電子調理器	912686	水室 昌美・古屋 芳明	冷暖房用熱交換器	914141	三浦 誠・中田 孝
ウインドレス 鶏舎の換気装置	912687	長沢 進・丹羽 久司	分割形変成器	914142	長野 光佑
高エネルギー放射線指向装置	912688	戸田 哲雄・入江 浩一	足温器	914143	中村 富家・大竹 操
ヘアカール 器	912689	(東 邦 弘・町原 義太郎 森本 敏夫)	電気こたつ	914144	長沢 重雄
配電器	912691	浅山 嘉明	いす式こたつ	914145	長沢 重雄
内燃機関点火装置	912692	(三木 隆雄・浅山 嘉明 大西 正義)	静形誘導電器の積層鉄心	914146	白井 満
点火時期調整装置	912693	三木 隆雄	車両の天井送風装置	914393	(神谷 昭美・安藤 武徳 斉藤 禎夫)
点火時期調整装置	912694	浅山 嘉明	高周波回路における周波数特性 測定装置	916336	真鍋 禎男
カム 形開閉装置	912695	荒川 利弘	多気筒内燃機関点火装置	916375	三木 隆雄
電動刃物研磨機	912864	武井 久夫・服部 信道	負イオン 発生装置	916376	杉本 賢
液圧押し装置	912865	片岡 亥三雄	電気調理器	916377	村岡 和典・金子 弘
扇風機の首振固定装置	912866	林 昭彦	直流電力制御装置	916378	赤松 昌彦
電磁弁	912867	鉄野 治雄	電力変換装置	916379	赤松 昌彦
扇風機の羽根車取付装置	912868	成木 昭三・成瀬 勇	電力制御装置	916380	赤松 昌彦
直線運動駆動装置	912869	大野 玲	インバータ 装置	916381	赤松 昌彦
リード 線の伸縮装置	912870	蘆原 智・西方 三二	電動機運転装置	916382	石橋 賢悟
冷蔵庫の防振装置	912871	越 桐 喜一・遠藤 誠	コードリールの取り付け装置	916383	加藤 悟
膨張式救命いかだの コンテナ 表示装置	912872 912873	宇川 彰 坂田 保男	発熱体装置	916384	高橋 正農・村岡 和典
瞬時停電時における自動再投入 装置	912874	松尾 潔	発熱体装置	916385	高橋 正農・村岡 和典
瞬時停電時における自動再投入 装置	912875	松尾 潔	発熱体装置	916386	野畑 昭夫・村岡 和典
電気機器の コネクタ	912876	林 正之	配線 ダクト	916387	楠 瀬 喬
回路遮断器	912877	長谷川 清博	制御開閉器の継ぎ軸	916388	立石 俊夫
導体接続装置	912878	河本 晴夫	発熱体保持がいしの取付け装置	916389	(東 邦 弘・三ヶ田 文彦 小林 雅和)
固定接触子	912879	立石 俊夫	電気機器装置	916390	柳 沼 清
コード 止め装置	912880	入沢 淳三	膨張式救命いかだの投下装置	916391	宇川 彰
故障表示装置	912881	石塚 賢悟	避雷装置	916392	永井 信夫・田口 修
遮断器の監視装置	912882	長町 恒資	気体膨張式救命いかだ	916393	宇川 彰
高圧大電流 ソケット	912883	細原 義明	車輛用表示装置	916394	平田 毅・佐藤 正道
瞬時停電自動再投入装置	912884	久松 章三	フライホイールマグネット	916395	本庄 由尚
しゃ断器投入制御装置	912885	竹内 孝治	フライホイールマグネット	916396	本庄 由尚
機器取付穴の カバー	912886	菅田 忠志	製氷機	916397	小原 英一・大場 健司
記号片の取付装置	912887	立石 俊夫	調圧装置	916398	大津 一男・鉄野 治雄
衣類乾燥器用物干杆	912888	(町原 義太郎・鶴谷 嘉正夫 三ヶ田 文彦・上原 幹夫)	電磁継電器	916399	荒金 堅次郎
誘導電器の巻線	912889	松原 彰雄	故障表示回路	916400	久松 章三
変圧器等の コイル 保持装置	912890	竹岡 修			

## 本社・営業所・研究所・製作所・工場所在地

本 社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (電) 100 (電) 東京 (03) 218局2111番

大阪営業所	大阪市北区梅田町8番地(西阪神ビル)	(電) 530	(電) 大阪 (06) 343局1231番
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル)	(電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
静岡出張所	静岡市伝馬町16の3番地(明治生命静岡支社)	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 54局4681番
福岡営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル)	(電) 810	(電) 福岡 (092) 72局2111番
長崎出張所	長崎市丸尾町7番8号(長崎底曳会館)	(電) 852	(電) 長崎 (0958) 61局6101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル)	(電) 060-91	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル)	(電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
富山営業所	富山市桜木町1番29号	(電) 930	(電) 富山 (0764) 31局8211番
広島営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル)	(電) 730	(電) 広島 (0822) 47局5111番
岡山出張所	岡山市駅前町1丁目9番地(明治生命館)	(電) 700	(電) 岡山 (0862) 25局5171番
高松営業所	高松市鶴屋町2番1号	(電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
新潟営業所	新潟市東大通1丁目2番地23号(北陸ビル)	(電) 950	(電) 新潟 (0252) 45局2151番
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル)	(電) 100	(電) 東京 (03) 218局2111番
関東商品営業所	与野市上落合後原842番地	(電) 338	(電) 与野 (0488) 33局3181番
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1	(電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル)	(電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
機器静岡営業所	静岡市小島2丁目1番22号	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 82局2061番
機器浜松営業所	浜松市上西町42の5	(電) 430	(電) 浜松 (0534) 63局6121番
福岡商品営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル)	(電) 810	(電) 福岡 (092) 72局2111番
札幌商品営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル)	(電) 060-91	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台商品営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル)	(電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
北陸商品営業所	金沢市小坂町西97番地	(電) 920	(電) 金沢 (0762) 52局1151番
広島商品営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル)	(電) 730	(電) 広島 (0822) 47局5111番
高松商品営業所	高松市鶴屋町2番1号	(電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
東京機器営業所	東京都港区北青山1丁目2番3号(青山ビル)	(電) 107	(電) 東京 (03) 404局0336番
大阪機器営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1	(電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
生産技術研究所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
商品研究所	鎌倉市大船2丁目14番40号	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目10番地の1	(電) 652	(電) 神戸 (078) 67局5041番
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
三田工場	三田市三輪町父々部85番地	(電) 669-13	(電) 三田 (07956) 4371番
赤穂工場	兵庫県赤穂市天和651番地	(電) 678-02	(電) 赤穂 (07914) 3局2221番
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号	(電) 850-91	(電) 長崎 (0958) 61局6211番
稲沢製作所	稲沢市菱町1番地	(電) 492	(電) 稲沢 (0587) 32局8111番
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地	(電) 640-91	(電) 和歌山 (0734) 23局7231番
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 44局1111番
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
北伊丹製作所	伊丹市瑞原4丁目1番地	(電) 664	(電) 伊丹 (0727) 82局5131番
熊本第一工場	熊本市竜田町弓削720番地	(電) 862	(電) 熊本 (0963) 62局7211番
熊本第二工場	熊本県菊池郡西合志町御代志997	(電) 861-11	(電) 熊本 (09624) 2局0151番
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町18丁目1番地	(電) 461	(電) 名古屋 (052) 721局2111番
旭工場	尾張旭市下井町下井	(電) 488	(電) 尾張旭 (05615) 3局5101番
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地	(電) 819-01	(電) 福岡今宿(09295) 6局0431番
福山製作所	福山市緑町1番8号	(電) 720	(電) 福山 (0849) 21局3211番
相模製作所	相模原市宮下1丁目1番57号	(電) 229	(電) 相模原 (0427) 72局5131番
姫路製作所	姫路市千代田町840番地	(電) 670	(電) 姫路 (0792) 23局1251番
静岡製作所	静岡市小島3丁目18番1号	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 85局1111番
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号	(電) 508	(電) 中津川 (05736) 6局2111番
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
郡山製作所	郡山市柴町2番25号	(電) 963	(電) 郡山 (0249) 32局1220番
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地	(電) 370-04	(電) 尾島 (02765) 2局1111番
藤岡工場	藤岡市本郷字別所1173番地	(電) 375	(電) 藤岡 (02742) 2局1185番
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字図所1番地	(電) 617	(電) 京都 (075) 921局4111番
長野工場	長野市大字南長池字村前	(電) 380	(電) 長野 (0262) 27局1101番
札幌営業所	札幌市北2条東12丁目98番地	(電) 060	(電) 札幌 (011) 231局5544番
札幌工場			

次号予定

三菱電機技報 Vol. 46 No. 6

電力保護継電器特集

《特集論文》

- 電力保護継電器 特集号によせて
- 電力系統保護の展望
- 保護継電装置の自動監視
- 各種継電方式における循環電流対策
- 超高圧パイロット継電方式の新技術
- 保護継電器入力電流のひずみ波形解析と対策
- 大容量電力用機器保護継電装置
- 静止形継電装置の構成
- 全静止形継電装置のフィールド動作実績

《普通論文》

- タンタル薄膜素子
- MELCOM-83 の言語システム
- 硬化エポキシ樹脂中の硬化剤の同定
- MELCOM-7000 シリーズリアルタイムバッチモニタ (RBM)

《技術解説》

- 複雑故障の簡単な解析法

三菱電機技報編集委員会

委員長	正木茂雄	常任委員	湊武雄
副委員長	神崎 邇	"	武藤 正
常任委員	石川理一	"	吉松 誠一
"	上田重夫	委員	北垣成一
"	宇佐見重夫	"	武田忠夫
"	北川和人	"	田附和夫
"	古賀 亨	"	中尾致一
"	塚本信雄	"	南日達郎
"	福家 章	"	林 昇寿
"	堀謙二郎	"	待鳥 正
"	牧野六彦		(以上50音順)

昭和47年5月22日印刷 昭和47年5月25日発行「禁無断転載」定価1部金200円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

正木茂雄

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 (郵便番号 162)

大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地

高橋武夫

発行所

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 (郵便番号 100)

三菱電機株式会社内

「三菱電機技報社」

(電) (03) 218局2323番

発売元

東京都千代田区神田錦町3の1 (郵便番号 101)

株式会社 オーム社書店

(電) (03) 291局0912番 振替東京 20018