

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.48 April 1974
環境制御特集

4

オゾン水処理装置(オゾンナイザ 8kg/h および反応槽)





環境制御特集

目次

《特集論文》

排水処理へのオゾンの適用	鈴木 滋・水上幸三・久慈陽一・森川允弘・松岡宏昌・井上誠治	405
産業排水の電解処理	久慈陽一・前田満雄・加藤 強	418
三菱オゾナイザ	田畑則一・八木重典・井上誠治・野田祐久・小井川茂	424
オゾンによる悪臭処理	吾妻健国・土居邦宏・森川允弘・古瀬元博	431
排オゾン処理	松岡宏昌・田畑則一・吾妻健国・前田満雄・中山繁樹	438
下水の三次処理——東京都下水道局 森ヶ崎処理場(西)雑用水浄化施設——	加藤修嗣・荒木義朝	444
水質監視テレメータシステム	北原貞守・竹野宏平・小村 明	452
煙道ガス測定器 SA-302 形	菊池 誠・宇野沢譲・森 昭義・関 義武・高橋邦男・伊東克能	459
有料道路料金所内の環境改善	酒井勝正・大久保博敏	465
ビル管理法と集じん装置	荒木義起・笠野勝美	470

《普通論文》

3.6~36 kV 大容量限流ヒューズ	岩崎行夫・真鍋勝之	481
名古屋市下水道局 柴田処理場向け電気設備	碓谷栄三・工藤勝洋・古木寿人・樺山資嗣・大垣健二	489
スペイン国鉄納め DC 3,000 V 269 系電気機関車	平尾新三	507
スペイン国鉄納め DC 3,000 V 電車用電機品	高見 弘・近藤美忠・高橋啓一	516
自動放送装置	岡田信実・浪花 誠・北垣輝雄・道家昭彦・谷口敬一朗・水川繁光・森本克英	521
MELMIC によるタービン発電機軸振動監視装置	横須賀良夫・前原史彦・蛭川正一・吉田日出夫	529

《技術講座》

数値制御装置シリーズ(1) 数値制御装置の機能について	桑田 博	538
-----------------------------	------	-----

《新製品紹介》

炎のない画期的調理器——三菱クリーンレンジ新発売・三菱情報システム用ブラウン管	550
---	-----

《ニュースフラッシュ》

MELDAS-4000, 5000 シリーズ1号機完成・昭和産業(株)鹿島工場納め サイロおよび前後処理設備用総括制御装置	552
---	-----

《特許と新案》

パルス発生回路・抵抗体・ミシンの上糸調節器・空気清浄装置	479
------------------------------	-----

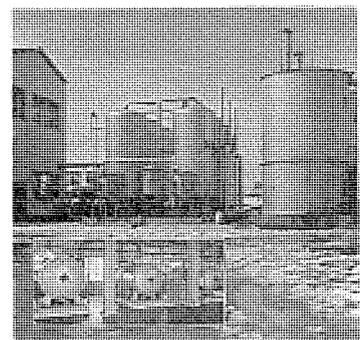
《表紙》

表紙1 オゾン水処理装置(オゾナイザ 8 kg/h および反応そう)

吉田工業株式会社(YKK)生地工場へ、オゾン水処理装置を納入し、48年11月より稼働している。この装置はファスナー布地の染色排水を処理するもので、前処理として加圧浮上処理装置が設置され(既設)、排水中の不溶性染料を除去し、このあとオゾンの強力な酸化作用で水溶性染料を分解・脱色するもので、加圧浮上処理とオゾン処理の特長が相乗的に作用し、経済的な処理ができる。

このオゾン水処理装置に組込まれているオゾナイザは、国産最大容量のものである。

- 表紙2 三菱遠方監視制御装置
- 表紙3 三菱ミニコンピュータ MELCOM 70
- 表紙4 三菱照明器具スペースルミ





SPECIAL EDITION FOR ENVIRONMENTAL QUALITY CONTROL

CONTENTS

SPECIALY COLLECTED PAPERS

Waste Water Treatments Including Ozonation Process

-S. Suzuki • Y. Mizukami • Y. Kuji • M. Morikawa • H. Matsuoka • S. Inoue...405
- Electrochemical Treatment of Industrial Waste Water.....Y. Kuji • T. Kato • M. Maeda...418
- Basic Characteristics of Ozonizers and Evaluation of "Mitsubishi Ozonizer"
.....N. Tabata • S. Yagi • S. Inoue • S. Noda • S. Koikawa...424
- Deodorization with Ozone.....K. Azuma • K. Doi • M. Morikawa • M. Kose...431
- Treatment of Waste Ozone.....H. Matsuoka • N. Tabata • K. Azuma • M. Maeda • S. Nakayama...438
- Tertiary Treatment of Sewage Treating Plants.....S. Katô • Y. Araki...444
- Water Pollution Telemetry System.....S. Kitahara • K. Takeno • A. Omura...452
- Stack Gas Analyzer SA-302.....M. Kikuchi • Y. Unozawa • A. Mori • Y. Seki • K. Takahashi • K. Itô...459
- Environmental Improvement Inside the "Toll-Way" Gates.....K. Sakai • H. Ôkubo...465
- Building Control Law and Dust Collectors.....Y. Araki • K. Kasano...470

TECHNICAL PAPERS

- High Capacity Current Limiting Fuses at 3.6~36 kV.....Y. Iwasaki • K. Manabe...481
- Electrical Equipment of Shibata Sewage Treatment Plant, Nagoya City
.....E. Togiya • K. Kudô • H. Kogi • S. Kabayama • K. Ôgaki...489
- DC 3,000 V Electric Locomotives of Series 269 for RENFE.....S. Hirao...507
- Electric Equipment for 3,000 V DC Electric Cars to be Delivered to RENFE
.....H. Takami • Y. Kondo • K. Takahashi...516
- Automatic Announcing System
.....N. Okada • N. Naniwa • T. Kitagaki • A. Dôke • K. Taniguchi • S. Mizukawa • K. Morimoto...521
- Application of Micro Controller MELMIC to Turbine Generator Vibration Monitoring System
.....Y. Yokosuka • F. Maehara • S. Ninagawa • H. Yoshida...529

TECHNICAL LECTURE

- Numerical Controller Series (1) Functions of Numerical Controller.....H. Kuwata...538

NEW PRODUCTS

550

NEWS FLASH

552

PATENT AND UTILITY MODEL

479

COVER :

Device for Ozone Treatment of Water (Ozonizer 8 kg/h and Reaction Tank)

A device to treat water with ozone has been delivered to a cloth factory of Yoshida Kogyo Kabushiki Kaisha and has been working since November, 1973. The device is for the treatment of waste water in dyeing cloth to form the fastener. A dissolved-air floating treatment device has been in use as pretreatment to remove insoluble dyestuffs from the waste water of the plant. After that, ozone is used to decompose and decolor soluble dyes in the water by strong oxidizing power of the ozone. The merits of the dissolved-air floating treatment and the ozonation react each other to multiply the effect so that economical treatment results in.

The ozonizer set in this water treatment device has the largest capacity ever built in this country.

「三菱電機技報」 アブストラクト

UDC 628.16:628.3:661.94

排水処理へのオゾンの適用

鈴木 滋・水上幸三・久慈陽一・森川允弘・松岡宏昌・井上誠治
三菱電機技報 Vol.48・No.4・P405～417

オゾンを用いた水処理はその特長を生かして水質改善の新しい手段として近年注目されるようになってきた。本文ではまずオゾンの一般的性質について簡単にふれ、通産省補助金を得て、当社中央研究所において実施した染色排水の実験プラントによって得られた知見をもとに、各種の組合せ処理システムの代表的な実施例を示した。またフェノール・殺菌・シアン等についても実例、及び研究結果を述べた。更に今後進むべき方向として排水の高度処理、ひいては再利用についても現在まで得られたデータの一部を報告した。



UDC 628.512:661.94

排オゾン処理

松岡宏昌・田畑則一・吾妻健国・前田満雄・中山繁樹
三菱電機技報 Vol.48・No.4・P438～443

最近、水処理などへのオゾンの適用が多くなった。また、電子線照射装置の工業的利用も進んでいる。これらの装置から排出されるオゾンに対して何らかの排オゾン処理を行なう必要がある。本文では活性炭法、燃焼法および薬液洗浄法について処理効果・処理条件・運転費などを検討し、各処理法の特長を明確にした。処理法の選択にあたっては、個別にオゾン濃度・共存ガスなどを配慮し決める必要があるが、大まかには活性炭法が最も簡単で確実であり、燃焼法は高濃度オゾン処理に有利であり、薬液洗浄法は大風量、低濃度オゾン処理に適している。



UDC 628.337:621.35

産業排水の電解処理

久慈陽一・前田満雄・加藤 強
三菱電機技報 Vol.48・No.4・P418～423

産業排水の電解処理は、従来の処理技術にくらべ、多くの特長を有しているが、電極表面にスケールが付着して、通電が困難となり処理機能が停止するという致命的欠陥があった。

これを克服するものとして、当社は、このたび面期的な微小間引き高速流方式電解処理装置を開発したので、この装置の特長と適用例を紹介した。併せて、電解凝集の基礎理論についても解説を行った。



UDC 628.16:628.3

下水の三次処理

一東京都下水道局 森ヶ崎処理場(西)雑用水浄化施設—
加藤修嗣・荒木義朝
三菱電機技報 Vol.48・No.4・P444～451

水質汚濁防止と水資源の有効利用の面から、三次処理が新しい下水処理法として注目されている。三次処理の方式は、除去対象物とその除去率によって各種の方式が開発され実用化へあと一歩という段階にある。森ヶ崎処理場では処理場内の雑用水(ポンプシーリング水等に使用)の供給と、下水道の三次処理に関する一連の実験の一環として、活性汚泥法による二次処理水を高速砂ろ(戸)過により三次処理する施設を設けたので、設備の内容について述べると共に、各種の三次処理方式を



UDC 621.3.015.5:661.94

三菱オゾナイザ

田畑則一・八木重典・井上誠治・野田祐久・小井川茂
三菱電機技報 Vol.48・No.4・P424～430

オゾナイザが水および空気の浄化の手段としてきわめて有効であることは、広く認識されており、オゾナイザの高効率化と大形化にともなうシステム化はますます重要なものとなっている。当社がオゾナイザを開発する途上で明らかになったオゾナイザの放電物理学の基礎的概念を説明し、オゾン発生効率に関する基礎的なデータを示し、考察を加えた。また、すでに市販されている当社のオゾナイザの機種と構成およびオゾン発生特性に対する資料を提供する。



UDC 614.777:543.3:621.3.076.7

水質監視テレメータシステム

北原貞守・竹野宏平・小村 明
三菱電機技報 Vol.48・No.4・P452～458

近年の急激な産業の発達、都市の拡大、人口の増加に伴い、産業・生活廃水が増大し、都市部を中心に河川・湖沼の水質汚濁は悪化の一途にある。周知のとおり、水質汚濁は自然・生活環境を破壊し人間の生存に重大な影響を及ぼすに至り、今日の大きな社会問題となっている。これに対処するため、諸施策が実施されているが、水質汚濁状況のは(把)握を目的とした水質監視テレメータシステムは、水質汚濁対策の一手段としてきわめてその有用性が期待されている。建設省では、水質テレメータの仕様の標準化を図り、水質監視業務を強化することになった。本文



UDC 66.099.7:546.214:661.94

オゾンによる悪臭処理

吾妻健国・土居邦宏・森川允弘・古瀬元博
三菱電機技報 Vol.48・No.4・P431～437

オゾン脱臭装置は下水臭やし尿臭の処理用に数多く実用されており、今後の研究の進(ちよく)捗によっては、クラフトパルプ工場や水産物加工工場等からの排気や排水の脱臭用にも適用される可能性が大きい。

本文ではまず、オゾンによる脱臭の概論と筆者らがオゾンによりクラフトパルプ排気・排水を有効に脱臭した例や、食品加工工場排気への実施例を報告する。またメルカプタンや常温での気相オゾン酸化が迅速ではない硫化水素に対してはオゾンによって、活性炭表面での反応を促進させることが可能である。次に洗浄水としてオゾン溶



UDC 543.422.6:628.512:614.72

煙道ガス測定器 SA-302形

菊池 誠・宇野沢 讓・森 昭義・関 義武・高橋邦男・伊東克能
三菱電機技報 Vol.48・No.4・P459～464

最近、大気汚染防止のために、いおう酸化物に続き、窒素酸化物についても環境基準ならびに排出基準が制定され、法規制が強化されつゝある。これに対処して、排出防止技術の開発が活発に進められているが、規制対象ガスの濃度を監視できる、信頼性ある煙道ガス測定器が要望されている。

当社は、紫外線吸収法を応用した独自の多成分演算法の実用化研究の結果、規制対象ガスとなるSO₂、NOおよびNO₂の3種類のガスの濃度を、1台で同時に測定できる煙道ガス測定器の製品化に世界で初めて成功した。本論文では、従来の測定器と比較しながら



UDC 628.84:629.11

有料道路料金所内の環境改善

酒井勝正・大久保博敏

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P465～469

全国的に高速道路の建設が進められているが、その出入口に設置される料金所は、自動車の停止発進がくりかえされるため、排気ガスが非常に多く、このために料金所内部の排気ガスによる汚染が問題になっている。これは、世界的に有料道路が建設されている現状では、共通の問題であるが、料金所の環境改善のために、種々の実験を重ね、この程エアカーテンと空調機を応用した装置によって、実用化できる結果を得たので、この概要を報告する。



UDC 621.335.2.024(46)

スペイン国鉄納め DC3000V 269系電気機関車

平尾新三

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P507～515

当社はこのほどスペイン国鉄から、DC3000V専用の3100kW電気機関車42両をスペインメーカーと共同受注し、鋭意製作中のところ、完成し、営業運転を開始した。最高速度140km/hおよび160km/hの2種類の機関車が含まれるが、両車比が異なるだけである。今回の機関車は、既納の56両電気機関車と比較して、主回路システムは単純化され、また高速運転用の設計になっているが、主要機器は互換性を有し、粘着特性も改善されている。

この機関車は、空気ブレーキおよび真空ブレーキを備えたいずれの列車編成にも使用できる2系統ブレーキ装置を有する。この他さらに同一系列の機関車50両を最近追加受注した。



UDC 628.84:697.983

ビル管理法と集じん装置

荒木義起・笠野勝美

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P470～477

「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」（通称「ビル管理法」）が昭和47年10月より完全実施となり、室内における環境管理が法的に義務づけられている。

それに伴い、集じん装置の選定がきわめて重要な問題となってきた。したがって本文では、上記ビル管理法の概要とそれに伴う集じん装置の種類と適用範囲、選定要領、設置例等について述べる。



UDC 621.335:621.31:621.3.027.5

スペイン国鉄納めDC3000V電車用電機品

高見 弘・近藤美忠・高橋啓一

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P516～520

このたび、スペイン国鉄より、58編成の電車の受注に成功した。

これは、現地電機品メーカーのスペインウエスティングハウス社と現地車両メーカーであるCAF社と手を組んでの共同受注であり、電機品の設計および製作図面はすべて当社が担当している。

1両目の車両の電機品は、当社が製作を担当したものであり、以後の車両の主要機器の多くも、わが社の製作図面によってスペインウエスティングハウス社が製作することになっている。

架線電圧は、直流3000Vであり、車両1編成あたりの出力は1160kW、最高運転速度は140km/hである。



UDC 621.316.923.027.5/.6

3.6～36kV 大容量限流ヒューズ

岩崎行夫・真鍋勝之

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P481～488

限流ヒューズのすぐれた限流しゃ断性能は、設備の合理化・経済化に大きく寄与し、その適用範囲も特高回路等重要な回路へ拡大の傾向にある。今般、従来の高圧はん(汎)用C形限流ヒューズをベースにして36kV回路用までのはん用ヒューズシリーズを開発した。

限流形ヒューズが抵抗しゃ断であるところより、従来のはん用高圧ヒューズの諸元の比例的拡大の有効性が確認された。特高回路における耐コロナ特性については、種々の構造について長期実コロナ放電試験を実施し、性能を確認した。また、今後の開発について、大きな制約となると考えられる性能検証法についても、等価的短縮品による一方法について実験を行ない興味ある結果を得たので報告する。



UDC 656.211.5:654.927:681.323

自動放送装置

岡田信実・浪花 誠・北垣輝雄・道家昭彦・谷口敬一郎
水川繁光・森本克英

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P521～528

最近鉄道関係でも省力化が進み、種々の自動案内放送が使用されているが、日本国有鉄道の山陽新幹線新神戸駅に日本国有鉄道と三菱電機との共同開発の自動放送装置を設置したので、これについて述べる。

この装置の方式は「音声編集法」といわれるもので、あらかじめ人の声により必要な言葉を最小単位において録音しておき、これらを入力データに応じコンピュータ制御により編集再生を行うものである。

放送内容は、列車通過・接近・入駅停車・発車で、上り・下り別に、車種(ひかり、こだま)、列車番号(1号～999号)、行先(東海道、山陽新幹線終点駅全部)、時刻(0時0分～23時59分発まで1分間隔)が入力データに応じ変化できるものである。



UDC 628.1/2:621.316.3/.7:681.326

名古屋市下水道局 柴田処理場向け電気設備

棚谷栄三・工藤勝洋・古木寿人・樺山資嗣・大垣健二

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P489～506

近年、各都市における下水処理場建設の増加はめざましく年々その規模も大形化の傾向にある。それにともなって電気設備も大規模・複雑高級化し信頼性の向上が特に要求される。下水処理の分野においてもエレクトロニクス技術の応用は急速にすすみ、プラントの集中管理・制御の一助をになっている。今後もこの傾向は更に進展するものと考えられる。

以下、本文では最新鋭設備を誇る名古屋市下水道局・柴田処理場の概要を紹介する。この分野における電気設備のあり方を考えるに当り御参考になれば幸である。



UDC 621.311.22-752/-79

MELMICによるタービン発電機軸振動監視装置

横須賀良夫・前原史彦・蛭川正一・吉田日出夫

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P529～537

タービン発電機の異常振動による重大事故を未然に防止するため異常振動発生時に、警報のみならず自動的にタービンをトリップさせる装置、および振動を連続記録・監視する装置を、現在の装置の機能強化として製作した。

異常振動検出装置は、MELMICを用いて構成され、各軸の振動を単に絶対値だけでなく、その変化率についても常時監視し、振動の制限値も振動の変化に機械個々の特性を考慮し、各軸ごとに回転数または負荷をパラメータとして、きめ細かく設定している。記録計も従来の打点と異なり、連続ペン書方式とし振動値のほか回転数または負荷も同時に記録し、振動の監視に便利なシステムである。



「三菱電機技報」 アブストラクト

UDC 621.9-52:681.323

数値制御装置シリーズ(1)―数値制御装置の機能について―

桑田 博

三菱電機技報 Vol.48・No.4・P538～549

産業界では省力化・合理化がさげばれており、工作機械の数値制御化(NC化)はすばらしい勢いで進展しつつある。また数値制御の技術は工作機械のみにとどまらず、産業機械をはじめとするあらゆる分野に計算機技術と共に浸透しつつある。この技術講座は数回にわたり数値制御装置について解説する。数値制御装置は電子計算機技術とサーボメカニズムの合体で、基礎的にはデジタル技術・アナログ技術・モータ技術と広範囲の分野にわたっている。数値制御装置の機能、サーボ機構、プログラミング、応用の順序で最近の技術動向を中心にのべてゆく。今回は第1  回目として「機能」について解説する。

排水処理へのオゾンの適用

鈴木 滋*・水上 幸三*

久 慈 陽 一**

森川 允 弘***・松岡 宏 昌***

井 上 誠 治†

Waste Water Treatments Including Ozonation Process

Head Office Shigeru Suzuki・Yoshimi Mizukami

Nagoya Works Yoichi Kuji

Central Research Laboratory Masahiro Morikawa・Hiromasa Matsuoka

Fukuoka Works Inoue Seiji

Waste water treatment with ozone has come to draw attention as a new means of improving water quality. This article first describes the characteristics of ozonation, and introduces various practical treatment systems including ozonation process for dyeing waste water based on knowledge made available with a test plant built by the Central Research Laboratory being subsidized by the government (Ministry of International Trade and Industry). Also reported are practical cases and experimental results of ozonation given to phenole and cyanide in water for sterilization. Further description is made on several results at a tertiary treatment test plant for reuse of sewage water through the reference to a part of information obtained so far.

1. ま え が き

近年、産業排水による河川の汚濁が著しく、大きな社会問題となりつつある。また水資源の枯渇による水の再利用の問題が身近に認識されるようになってきている。従来より物理的処理と呼ばれる一次処理、あるいは生物化学的処理に代表される二次処理が水質改善のために設置されてきた。しかるに廃水の種類は各種各様で、一定の処理方法ではすべての廃水に適用することは困難である。そのために各種の処理装置・処理システムが研究開発されてきている。オゾンは今世紀初めにフランスのパリ市で水処理に初めて使用されて以来、上水道の殺菌にも利用されてきたが、廃水への利用も含め急激にオゾン処理が目立ってきている。オゾンは強力な酸化力を有しているため、今まで物理化学的処理で不十分であった廃水についても特長ある効果を発揮する場合がある。すなわち有害成分の低分子化・分解・脱色・脱臭・殺菌など、化学的酸化機構により、二次公害を発生することなく、処理が可能であり、次に述べる特長を生かして利用分野の開発がされつつある。

(1) 強い酸化力を持っているので、他の方法では酸化、あるいは分解が困難であったものへの適用が期待できる。

(2) 余分に添加しても余剰オゾンは自己分解し酸素になるので、二次公害の心配がない。

(3) 空気と電力のみから得られる。従って輸送・貯蔵の必要がない。

(4) オゾン発生量は電圧を変えることにより制御でき、自動化・省力化が容易である。

(5) 水処理に適用した場合、pHの影響を一般には考慮する必要がない。

(6) 水処理に適用した場合、スラッジの発生がほとんどない。

当社は数年前から、中央研究所において、オゾン発生機、および処理効果の研究を続け、昭和46年度通産省補助金の交付を受け、京都府下のなっ(捺)染工場に実験プラントを完成した。48年まで工業

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、京都市染織試験所の指導を受け、また、(株)黒川工業 城陽工場の協力を得て、実地試験を行ない、多くの有益な知見を得た。併せて昭和47年4月より、オゾン応用技術センターを設立し、オゾンをを用いた環境改善に資するため、オゾナイザおよびその応用技術開発を強力に推進しつつある。本文では廃水処理において、各分野に適用した実績を中心に報告する。

2. オゾンの概要

2.1 オゾンの性質

常温常圧でオゾンは特有の刺激臭を有しており、大気中には通常極微量存在する。地表における空気中のオゾン濃度は、 $0.7\sim 1.1 \times 10^{-6}$ vol %程度であるとの報告がある。酸素は $120\sim 180$ m μ の光を吸収してオゾンになり、オゾンは 330 m μ の光により分解して酸素になる。人間がオゾン臭を確認できる濃度は、 $0.01\sim 0.02$ ppmである。参考までに、オキシダント情報は 0.1 ppmで予報、 0.15 ppmで注意報、 0.3 ppmで警報、 0.5 ppmで重大警報が発せられる。オゾンは排気ガスによって生ずる光化学スモッグ(オキシダント~酸化剤ということ)の一分成分であり、使用後のオゾンの大気放出については十分に処理する必要がある。表1.にオゾンの物理定数および表2.に純粋なオゾン(100% O₃)が1気圧で水に接した場合の溶解度をCl₂、O₂と比較して示した。O₃の水に対する溶解度はO₂の約10倍、Cl₂の十数分の1である。オゾンの分子構造は中心酸素原子の原子価角が $116^\circ 45'$ 、隣接原子間距離が 1.278 ± 0.002 Åであり、SP²混成軌道をつくっている。したがってその π 電子状態は3個の酸素原子の2PZ軌道から作られる分子軌道に4個の π 電子が収容される。基底状態で最も寄与の大きい電子構造は、

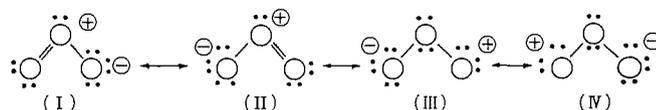


表 1. オゾンの物理定数
Physical properties of ozone.

分子式	O ₃	
分子量	48.0	
沸点	-111.9±0.3°C	
融点	-192.7±0.2°C	
密度	気体	2.141 g/l (20°C/Atm)
	液体	2.144 g/l (0°C/Atm)
	液体	1.571 g/ml (-183°C)
酸素からの生成熱	-34,000 cal/mole	
生成の自由エネルギー	-38,900 cal/mole	
定圧比熱	9.37 cal/degmole	
分配係数 K = $\frac{\text{水中の濃度 (mg/l)}}{\text{気中の濃度 (mg/l)}}$	0°C	0.5~0.65
	10°C	0.4~0.5
	20°C	0.2~0.35
	30°C	0.15~0.25

表 2. オゾン, 塩素, 酸素の水に対する溶解度
Solubility of ozone, chlorine and oxygen in water.

温度 °C	溶解度 (g/l)		
	O ₃	Cl ₂	O ₂
0	1.09	14.6	0.0695
10	0.78	9.9	0.054
20	0.57	7.3	0.043
30	0.40	5.7	0.036
40	0.27	4.6	0.031
50	0.19	3.9	0.029
60	0.14	3.3	0.027

と考えられ、末端酸素による陽性および陰性攻撃が可能である。オゾンはまた有機化合物から、ラジカル的に水素を引き抜き、空気酸化の開始剤ともなり得る。



オゾン酸化の機構は被酸化物により異なるが、パラフィン系のオゾン反応は水素の引抜きから開始されると考えられている⁽¹⁾。



オレフィンとオゾンとの反応機構は最もよく研究されているが、一般に Criegee 機構⁽²⁾が認められている。

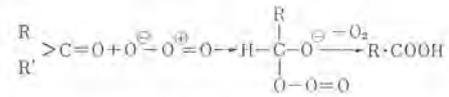


$>C-O-O^-$ の分解様式はその構造によって決まる場合もあるが、大部分はそのイオンのふん囲気によって決まる。すなわち

- 重合 → ozonide ($>C \begin{matrix} O \\ / \quad \backslash \\ O-O \end{matrix} C<$) + polymeric ozonide
- HX の付加 (HX: solvent) → $\begin{matrix} OH \\ | \\ >C \\ | \\ C \\ | \\ C \end{matrix}$ (G=OH, OR または OCOR)
- アルデヒド、ケトンの付加 → ozonide + polymeric ozonide + peroxide
- エテル、ラクトン、アルデヒドへの転移

芳香族のオゾン酸化は、一般にオレフィンのそれよりもおこりにくい。定性的に置換基を持たない芳香族系の反応性は、simple alkenes > anthracene > phenanthrene > naphthalene > benzene といわれている。置換ベンゼンについては、hexamethyl benzene > mesitylene > xylene > toluene > benzene > halobenzene : anisole >> benzene ethyl benzene : toluene > benzylchloride > benzalchloride > benzotrichloride⁽³⁾である。環開裂は孤立二重結合と同様な反応を受け、機

構も同様である。カルボニル化合物はオゾンの陰性攻撃により、カルボン酸を生ずると考えられている⁽⁴⁾。



脂肪族第三級アミンからは N-オキサイド R₃N→O が生ずる⁽⁵⁾。これはオゾンの親電子攻撃である。

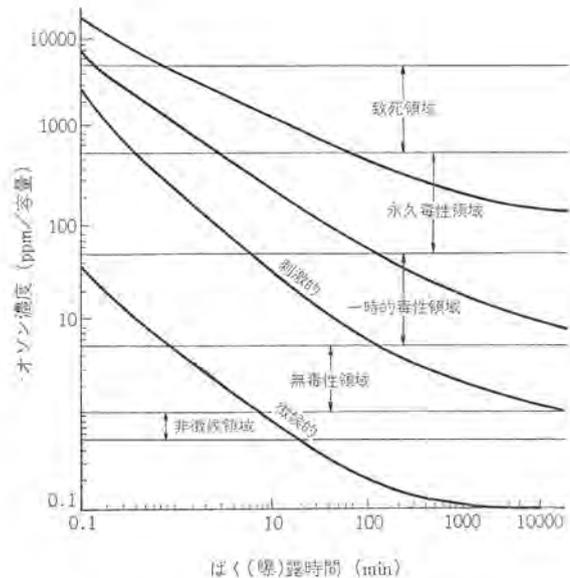
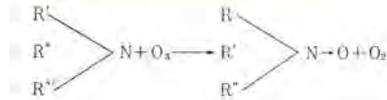


図 1. オゾンに対する人間の許容限度図
Ozone toxicity.

2.2 オゾンの毒性

オゾン毒性については、アメリカの政府産業衛生技術者協会によれば、オゾンの労働環境における最大許容濃度は 0.1 ppm/vol であって、人間がオゾン臭を確認できる最低濃度は 0.01 とされている。図 1 はオゾンに対する許容限度図である。この図よりいちばん下の曲線が非徴候領域であって、オゾンの徴候の認められない安全領域である。徴候線と刺激臭との間の領域は非毒性領域で、この領域でのオゾンは刺激性を有している。したがって接触している人はすぐ感知できる。オゾンは最大許容限度よりかなり低い濃度 (1/10~1/15) でオゾンの特有のにおいにより存在を確認できるので、その点一酸化炭素より安全である。0.1 ppm 以上の濃度を常時使用している場所では、オゾン濃度と接触時間との関係を十分考慮し適当な安全処置を施す必要がある。当社のオゾン処理装置は、この点オゾン分解筒を付属し安全無害化を計っている。

3. オゾン処理の利用対象

オゾン水を処理に適用する場合の用途として、次のような対象物に効果がある。

- (i) 殺菌・殺そう(藻)・ビールの不活性化
- (ii) 脱臭
- (iii) 脱色
- (iv) 脱味
- (v) 除鉄・除マンガ
- (vi) 有機物の除去
- (vii) シヤロの除去

表 3. オゾン注入濃度基準
Standard ozone demands for various pollutants.

処理目的	処理対象	オゾン注入濃度基準 (ppm)
殺菌	上水の場合	0.25~2
	下水の場合	3~5
脱臭	上水の場合	0.2~2.5
	下水の場合	3~5
除鉄	Fe ²⁺ (1 ppm につき)	0.5
除マンガン	Mn ²⁺ (1 ppm につき)	0.7
シアン除去	シアン (1 ppm につき)	2.5
フェノール除去	フェノール (1 ppm につき)	2.5
脱色	染料 (1 ppm につき)	1
A B S 除去	ABS (1 ppm につき)	8

(viii) ABS の除去 (ix) フェノールの除去
添加するオゾンの量は、廃水中の対象物質によって異なるが、一般的に表 3. に示す値を標準とする。数種類の成分を含む場合は、それだけ加算しなければならない。しかし、実際の廃水の場合、

- (i) 汚濁成分の濃度
- (ii) pH, 温度
- (iii) 他のオゾン消費物質

等により変動することは当然である。しかも、廃水処理の場合、低減する汚濁項目が数種にわたるのが普通で、対象成分によって効果的な処理方法を適用し、オゾン処理と組み合わせることが肝要である。近年、廃水の再利用の要求が高まるにしたがい、注目すべき特長として有機汚濁成分の低分子構造化への効果を特に留意する必要がある。オゾンを用いることにより、次に設置する方法の効果が、より顕著になり高度な処理が可能となると考えられる。

4. オゾン処理の特長

オゾンによる排水処理においては、気液接触により可及的に、均一反応を行なわせるため、オゾンと水の接触方法が大切である。一般に散気板(管)式、エジェクター式、機械的混合式の三つに大別できる。どの方式を採用するかについては、水質、処理対象のオゾン反応性、オゾン注入量などを考慮して決定する必要がある。

4.1 散気板式

空気ばっ(曝)気によく用いられる方法で、水そう(槽)底部に散気板を設置し、ここからオゾン化空気を微細な気ほう(泡)として吹き出す方法である(図 2. 参照)。オゾンの利用効率を高めるために、水

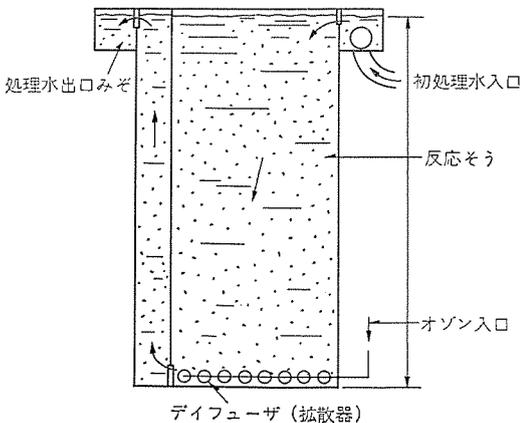


図 2. ガスディフューザ方式(気液対向流)
Gas diffuser.

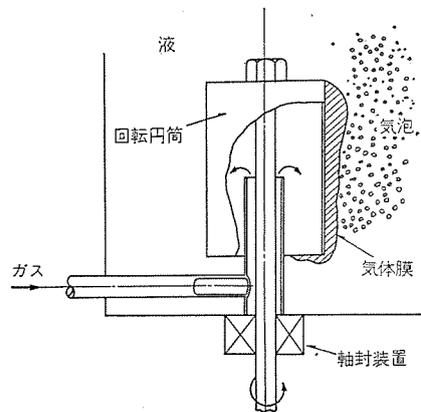


図 4. ロータリアトマイザ
Rotary atomizer.

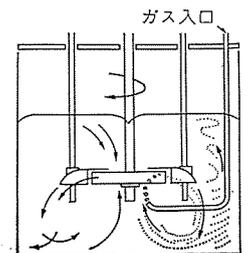


図 5. ターボガス吸収機
Turbo gas absorber.

は気ほうの上昇と、対向するように上部から下部へ流すのがよい。その水深を 5 m とすると、散気板の圧力損失を考慮し、0.6~0.7 kg/cm²(G) のオゾン化空気圧力が必要である。オゾン注入量が 2.5 ppm 必要な場合(上水処理の例)、オゾン濃度 10 g/m³ とすると、液ガス比=4 となる。滞留時間は 5 分程度でよい。液ガス比は最高オゾン注入量で決め、オゾン注入量を下げる場合は、オゾナイザの電圧を調整し、オゾン濃度を下げるようにする。

4.2 エジェクタ方式

エジェクタに加圧(2~3 kg/cm²)した水を流し、ノズルからの噴流のまわりに発生する負圧で、オゾン化空気を吸入混合する方式である。混合流を水そうの底部に吹きだすように設置、または配管する。この方式は水圧が必要なためポンプ動力が必要であるが、オゾン化空気に圧力をかける必要がない。また、非常によく気液混合が行なわれる。しかし、接触水そう内では気液が並行流となる。オゾンと水中の不純物との反応が速く、拡散律速の場合、この方式が適している。オゾン注入量が少なくすむ場合は、小容量のエジェクタを使用し、まず一部の水をエジェクタに通じ、オゾン化空気を吸入し、次にこの気液混合流と残りの水を混合することができる。この方式は、パーシャルインジェクションと呼ばれる。(図 3. 参照)

4.3 機械式気液混合法

機械的にオゾン化空気を微細な気ほうとし、気液接触を行なう方法である。気ほうは散気板方式よりも小さくなり気液混合は良好である種々の構造のものがあるが、図 4., 5 に ROTARY ATOMI-

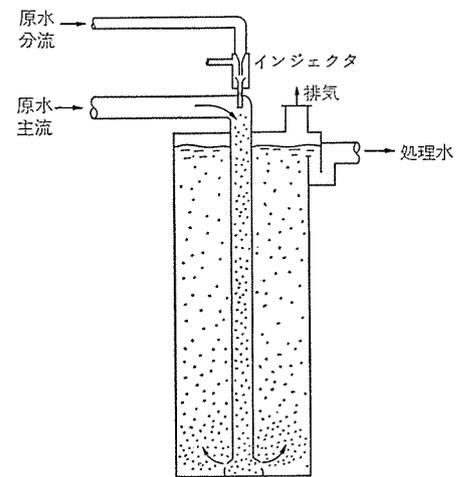


図 3. パーシャルインジェクション方式気液接触装置
Partial injector.

ZOR およびターボガス 吸収機を示す。

これらの方式では液 ガス 比を任意に選ぶことができるが、前述の2方式に比べ機械的回転部分があり、そのための動力も必要である。

5. オゾンを中心とした水処理

5.1 染色排水処理

染色排水は着色濃度が高いことが特長で、また染色工業は比較的多量の水を使う、いわゆる用水型産業であるために、排水処理設備には従来広い敷地面積を必要とし、設備面積に余裕のない工場では工場の排水処理に苦慮している場合が多い。染色工場でおもな処理対象になっているものは、SS、pH、BOD など定められた水質基準の他に脱色がある。従来の処理方法は、凝集沈殿によって疎水性の大部分と親水性の一部を除去したあと、塩素系酸化剤による酸化処理で残存する染料を分解し、脱色する方法か、活性炭などによる吸着法が実用化されている。しかしながらこれらの方法でも脱色が不完全なこと、塩素が二次公害を誘起すること、経済性などの問題で、いずれも満足するに至っていない。当社では オゾン による染色排水の工業化プラントを昭和46年度より、通産省補助金を受けて、(株)黒川工業 城陽工場と共同で、100 m³/h のなっ染排水の オゾン 処理の工業化試験を行ってきた。その結果、実用性の高いことを確認し、実用設備の設計上に有益な知見を得た。

(1) 染色排水の性質と特長

染色工程は、のり(糊)抜き・精練・漂白の準備工程を経て染色される。その特長として、

- (a) 排水の着色濃度が高い。
- (b) 水質の時間変動が大きい。
- (c) 染料のみでなく、のり剤・界面活性剤・有機酸・無機塩など多種の成分を含む。
- (d) 季節・流行などのために使用染料が変わり、水質変動を受ける。

などがあげられる。

(2) 汚濁成分とオゾンとの反応性

染料のオゾンによる脱色試験結果については池畑氏⁽⁶⁾の報告、およびその脱色機構に関し筆者⁽⁷⁾らの報告がある。その後、多くの染料の脱色試験を行ってきたが、その一部を報告する。図6、7から明らかなように、これらの染料は、O₃:染料の比が0.5以下で十分脱色が可能で、その結果は顕著である。染色排水に対するオゾンの効果は、一般的には次のように考えられる。

- (a) 脱色性がすぐれている。この脱色は、親水性・疎水性に限らず可能である。
- (b) スラッジが発生しない。
- (c) 実排水の場合には多くの場合、オゾンと各種きょう(夾)雑物との競争反応となるので疎水性染料の脱色は著しく遅れる場合がある。かかる場合には、凝集処理・生物処理等の前処理と組み合わせ、その相乗効果によってオゾン必要量を低減し、経済的にもそれぞれ単独では得られないすぐれた処理効果をあげることができる。

(d) オゾン酸化によって、生物で分解され難い有機物が低分子化し、生物で容易に処理可能な物質に変化する。このために、活性汚泥処理と組合わせた場合、活性汚泥処理能力が向上する。

(e) 排水中に還元性物質が存在すると、必要オゾン量が增加する。以上の特長があるが、いずれにもオゾン効果と経済性とのバランスを十分考慮し、それぞれの場合に応じて最も効果的な添加量、お

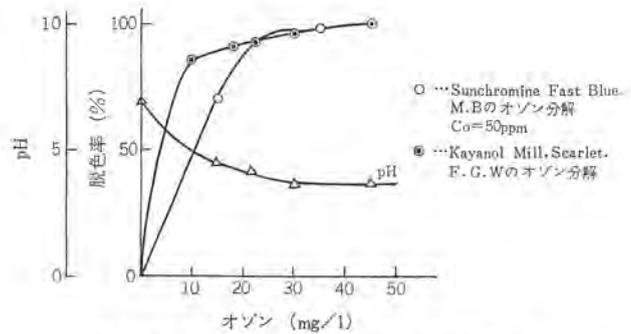


図6. 染料のオゾンによる脱色例(1)
Examples of decolorization of dyes treated with ozone.

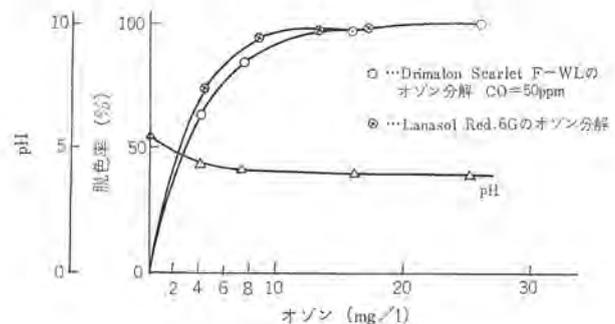


図7. 染料のオゾンによる脱色例(2)
Examples of decolorization of dyes treated with ozone.

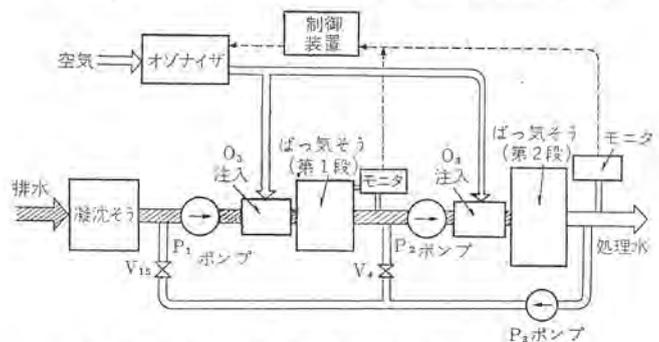


図8. 工業化試験プラントのフローシート
Schematic flow diagram of test plant for industrialization.

よび処理方式を決定し、オゾン を最大限に有効利用することが、このシステムのポイントである。

(3) 実規模装置による試験結果

当社は、(株)黒川工業 城陽工場と共同で、排水量100 m³/h のなっ染工場排水の オゾン 処理の工業化試験を行なった。その試験結果の一部を報告する。オゾンナイザは OS-600 形を3台用い、オゾン発生量は定格1.8 kg/h、最大2.4 kg/hである。処理システムは、既設の凝集沈殿処理装置とオゾン処理装置との組合せシステムである。処理フローシートは図8.に示したように、オゾン処理は二段処理を行なえるように第一段・第二段ばっ気そうで構成されており、オゾンは各段に平行、シリーズどちらにも注入できるようになっている。排水は連続処理・循環処理ができるようにしている。制御は、オゾンモニター・色度モニターなどにより供給オゾン量を制御できる。原水はなっ染排水で、水質は表4.に示したようにアルカリ性で濁度が高く、BODは140 ppm前後である。水質の時間変動を図9.に示した。pH変動は大きく10以上になることもあった。注入オゾン量は20 ppm前後で、処理フローは図10.に示したようなパターンで実験を行なった。フロー-Aは、第一段ばっ気そうでのみオゾン処理を行なうものである。フロー-Bは、オゾン を第二段ばっ気そう→第一段ばっ気そうへ、シリー

表 4. 原水の平均的水質
Average quality of raw waste water.

項	目	平均的値
pH		8.5~10
濁度	%	40~50
ゼータ電位	mV	-30~-40
蒸発残さ	ppm	500~1,000
T O C	ppm	400~500
B O D	ppm	140 前後

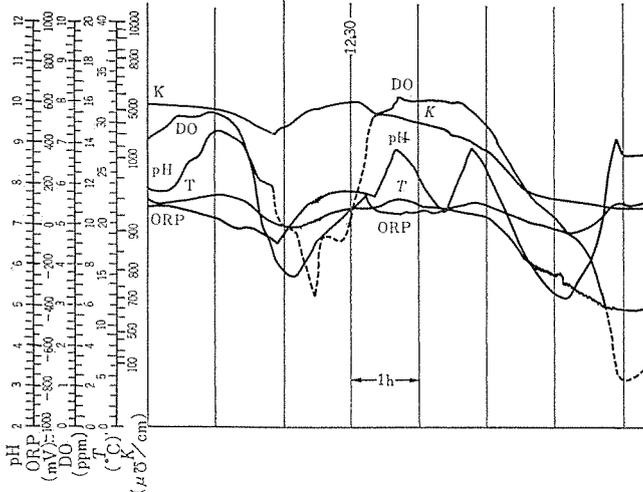


図 9. 原水そうの水質変化 (47. 4. 17. 8:30~15:30)
Variation of waste water quality in storage tank.

えに通すものであり、フロ-Eはその逆、フロ-Cは、第一段、第二段ばっ気そうに平行に注入するもので、フロ-Dは第二段ばっ気そうのみオゾン処理を行なうものである。第一段ばっ気そうと第二段ばっ気そうとの構造は、異なったタイプであり、第一段は鋼製で、4 m³容量で気液分離そうは別になっているが、第二段ばっ気そうは、コンクリート製のオートタイプのもので、15 m³容量のもの2台からなっている。図 11. は各フロ-間の処理効果の比較を示すもので、注入オゾン濃度/TOC (全有機炭素) に対する処理水の透過率をプロットしたものである。これからわかるように、フロ-C、Dでは、O₃/TOC ≥ 0.2 で処理水の透過率は 95 % 以上となっている。凝集処理水の TOC は 100 ppm 前後であり、このとき 20 ppm の注入オゾン量で透過率 95 % の処理水を得る。

表 5. に、フロ-C の場合の処理結果を示した。また図 12. に処理過程における水質変化の例を図示した。同図において原水の透過率 25 % の排水は、最終処理水では 92.2 % となり、脱色率は 94.4 % となっている。残留濁度 (微フロックなど) が少し残っているため、透過率は低めに指示されているが、色は完全に透明である。運転費

表 5. 染色排水処理結果 Results of treatment on dyeing waste water.

実験 No.	流量 m ³ /h		O ₃			処理結果		蒸発残留物 ppm	T O C ppm	消費 O ₃ /TOC
	オゾン化空気	処理水	発生量 g/h	消費量 kg/h	利用率 %	処理水透過率 %	全脱色率 %			
3-2-C-1	120/2	107	1.77	1.65	93.0	85.5	89.8	718	119	0.129
3-3-C-1	120/2	106	1.94	1.67	86.1	98.0	98.2	386	70	0.225
3-3-C-2	120/2	109	2.10	1.80	85.7	89.2	91.3	500	75	0.220
3-7-C-1	120/2	100	2.06	1.93	93.6	89.5	93.4	510	111	0.174
3-7-C-2	120/2	100	1.94	1.85	95.4	96.1	98.0	540	104	0.178
3-7-C-3	120/2	100	2.17	2.08	96.0	92.2	94.4	670	198	0.105
3-8-C-1	120/2	97	1.95	1.62	83.1	86.0	87.0	704	—	—
3-9-C-1	120/2	103	1.90	1.85	97.4	89.5	90.7	646	128	0.140
3-9-C-2	120/2	95	1.95	1.95	100	88.5	90.1	680	140	0.142
3-9-C-4	120/2	95	1.83	1.83	100	80	78.9	906	183	0.105
3-30-C-1	120/2	100	2.11	2.11	100	91.7	94.5	620	146	0.145
3-30-C-2	120/2	97	2.39	2.39	100	94.6	94.9	610	129	0.191
3-30-C-3	120/2	97	2.34	2.34	100	95.3	97.6	554	116	0.207

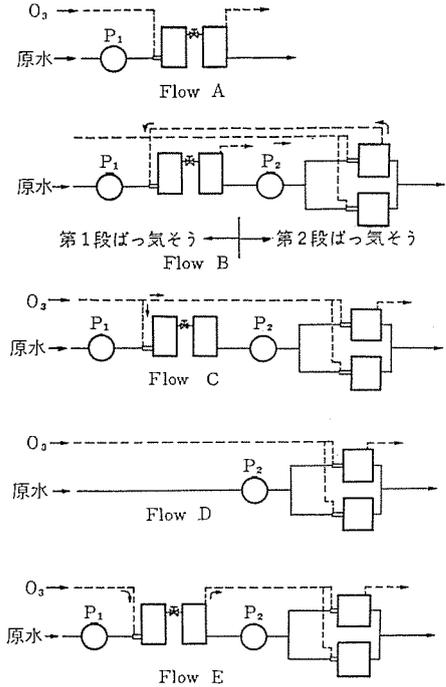


図 10. オゾン処理フローパターン
Flow patterns of ozone treatment.

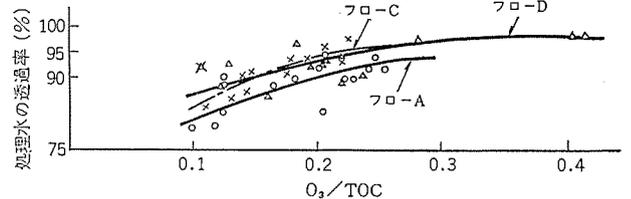


図 11. 各フロ-間の処理比較
Comparison of results between each flow.

は 20~25 円/m³ であり、このうち、オゾン処理部は 3 円/m³ 程度である。代表的な実施例について、以下に紹介する。

5.2 各種処理との組合せによる染色排水処理実施例 実施例 A

- (1) 処理方式：凝集沈殿+オゾン処理
- (2) 排水量：2.5 m³/h (50 m³/Day)
- (3) 排水の性質：カチオン系染料を主体とした合繊染色排水
- (4) 処理目的：脱色, BOD の低減
- (5) 処理フロ-：図 13. に示す (図 14. 参照)
- (6) フロ-スの概要：染色工程から排水される水は、水質変動が著しいため、いったん原水そうにためて、水の均質化を計る。

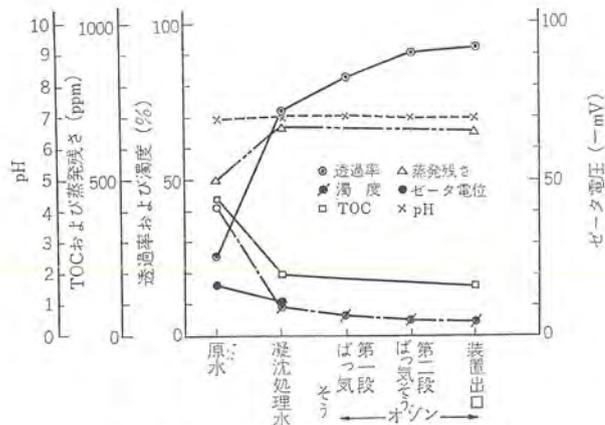


図 12. 処理過程での水質変化
Variation of water quality under treatment.

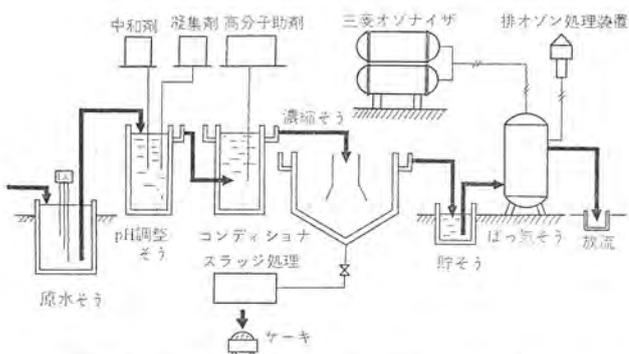


図 13. 染色排水処理 フロー図 (凝沈+オゾン処理)
Schematic flow diagram of ozone treatment system for dyeing waste water (Coagulating sedimentation + Ozonation).



図 14. 凝沈+オゾンによる染色排水処理装置
Ozone treatment plant for dyeing waste water (Coagulating sedimentation + Ozonation).

次に凝集剤を添加し、pHを調整し、更に高分子凝集助剤を加えてフロックを成長させた後、シツクナに導き、フロックを沈殿分離する。この状態での処理水は、懸濁物質、BOD成分が除去されるが、一部の有機成分、可溶性着色成分が残存しており、これをオゾン酸化によって分解除去する。オゾン処理では、オゾン発生機で発生したオゾン化空気を、エジェクタによって被処理水中に注入し、気液接触混合させ、更にばっ気そう内で反応を完結した後、気液分離そうに導いて放流する。また排ガス中に残る若干の余剰オゾンは、排オゾン処

表 6. 凝集沈殿+オゾン処理の効果
Results of coagulating sedimentation and ozone treatment on dyeing waste water.

項目	原水	凝集沈殿	オゾン処理
BOD (ppm)	60~100	30~50	20~25
色度	濃黄色	淡黄色	無色
透過率 (%)	70	85	95
pH	5~6	6~7	6~7

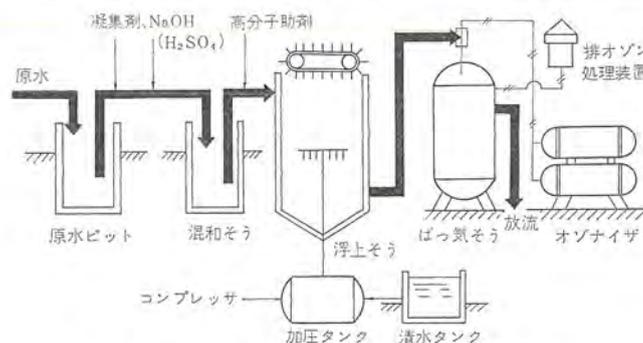


図 15. 加圧浮上+オゾン処理装置フロー図
Schematic flow diagram of ozone treatment system (Dissolved air flotation + Ozonation).



図 16. ばっ気そうの外観 (実例 B)
Ozonation reactor (Case B).

理装置によって分解し、人体・動植物に無害にし大気中に排出される。

(7) 主要構成機器： 凝集沈殿処理部；原水そう・pH調整装置・コンデショナ・濃縮そう・薬剤タンク・脱水機、オゾン処理部；オゾンナイザ (OS-80 D 型)・ばっ気そう・気液分離そう・排オゾン処理装置

(8) 処理効果： 表 6. に示す。データからこの方式により脱色効果は著しく、また BOD: 30~50% 低減を示していることがわかる。

実例 B

(1) 処理方式： 加圧浮上+オゾン処理

(2) 排水量： 6,000 m³/Day

(3) 排水の性質： 直接染料 17.4%, 反応染料 10.9%, 分散染料 69.0%, 酸性染料 2.7%

(4) 処理目的： 脱色, BOD COD の低減

(5) 処理フロー： 図 15. に示す (図 16. 参照)

(6) フロセスの概要： 排水を原水そうで、均質化させ薬剤添加、pH調整によってフロックを形成させた後、高分子凝集剤を加えてフロックを粗大化し、加圧浮上によってフロックを浮上分離させた後、

分離水を例Aと同様な方法で、オゾン処理する。

(7) 主要構成機器： 加圧浮上処理部；原水そう・pH調整そう・混和そう・浮上分離そう・加圧水そう・コンプレッサ・脱水機、オゾン処理部；ホナイザ (OS-8,000 g/h)・ばっ気そう (2,000 φ×5,400 H-3基)・気液分離そう (2,000 φ×5,400 H-3基)

(8) 処理効果： 表7, 図17. に示す。図17. よりオゾン25 ppmで処理水質は顕著な改善効果がみられ、将来ろ過装置を設ける

表7. 加圧浮上+オゾン処理の効果
Results of dissolved air flotation and ozone treatment on dyeing waste water.

試料 No.	処理方法	pH	COD ppm	BOD ppm	脱色率 %	透過率 %
1	原水	8.2	74.1	62.3	—	56.3
	加圧浮上	6.2	44.3	33.8	46.3	73.4
	O ₃ (9.4 ppm)	6.65	38.8	27.5	82.7	90.5
	O ₃ (19.8 ppm)	6.88	37.2	23.3	88.4	91.8
	O ₃ (26.4 ppm)	6.84	34.0	21.9	91.9	92.6
	O ₃ (32.6 ppm)	6.80	33.3	20.4	94.0	93.1
	O ₃ (64.0 ppm)	6.86	30.3	20.0	98.7	94.2
2	原水	8.0	48.2	25.8	—	65.2
	加圧浮上	6.2	27.8	19.0	70.4	88.0
	O ₃ (20.8 ppm)	6.75	25.9	7.8	97.2	97.8
3	原水	7.5	32.4	25.6	—	84.1
	加圧浮上	6.00	23.5	14.0	78.2	96.3
	O ₃ (33.2 ppm)	6.68	17.4	6.5	88.2	97.9
4	原水	7.4	52.4	29.1	—	52.3
	加圧浮上	6.30	49.7	23.0	47.8	71.3
	O ₃ (25.2 ppm)	6.80	40.8	17.8	92.3	95.1

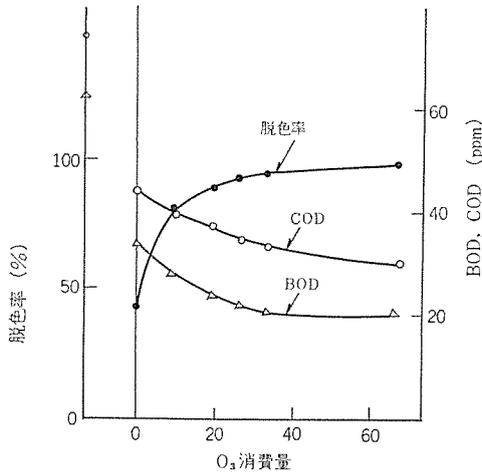


図17. オゾン処理効果 (加圧浮上+オゾン処理)
Results of ozone treatment after dissolved air flotation for dyeing waste water.

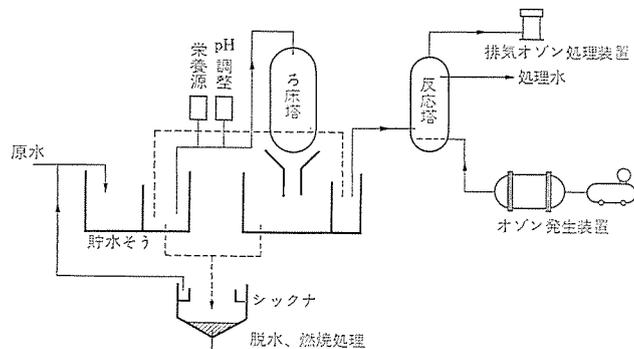


図18. 散水ろ床法とオゾン処理の組合せによる染色排水処理のフロー
Schematic flow diagram of ozone treatment system for dyeing waste water (Trickling filter+Ozonation).

ことにより一部再利用も可能な排水となる。

事例C

(1) 処理方式： 散水ろ床+オゾン処理(図18. にフローを示す)

(2) 排水量： 300 m³/Day

(3) 排水の性質：直接染料-20%, 分散染料-40%, 酸性染料-40%

(4) 処理目的： 脱色, BOD CODの低減

(5) プロセスの概要： 本処理システムは福井織工試の技術指導を得て完成したものである。排水中の汚濁物質をバクテリアの働きで分解する。生物処理を前段に行ない、排水中ののり材等を完全に分解し、更にオゾン酸化によって、染料・界面活性剤を分解除去する処理方法であり、維持管理が容易で、ランニングコストが安いことを特長としている。散水ろ床は、従来の活性汚泥に比較して、水質の変動に耐え得ること、ろ床の菌体のじゅん(馴)養が容易であること、および操業休止時の維持が可能であるため今後の発展が望まれる。但し、性状の異なった廃水については、十分テストを行ない、菌体の育生および効果の確認を行なう必要がある。散水ろ床法とオゾン処理を併用した実験プラントの結果を表8.(6)に示した。データから明らかのように、COD, BODの除去率は比較的效果的である。図19. に処理装置を示した。

事例D

(1) 処理方式： ろ過+活性炭処理+オゾン処理

(2) 排水量： 500 m³/Day

表8. 実験プラントによる染色排水処理結果
(散水ろ床+オゾン+活性炭)

Results of test plant for dyeing waste water (Trickling filter+Ozone treatment+Active carbon adsorption).

	原廃水	ろ床処理後	オゾン処理後	活性炭処理後
透視度	1~2	1~2	5~15	20~30
脱色度合 (%)		10~20	70~80	95以上
pH	6.0~8.0	6.0~8.0	6.0~8.0	6.0~8.0
S S (ppm)	10~20	10~30	10~20	5~10
C O D (ppm)	150~250	100~180	50~150	10~50
COD除去率 (%)		20~30	30~70	80~95
B O D (ppm)	150~250	60~100	30~80	10~30
BOD除去率 (%)		30~70	40~80	80~95

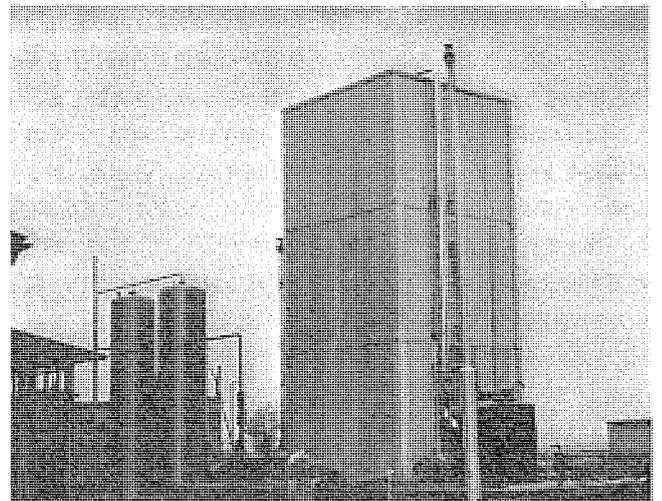


図19. 散水ろ床とオゾン処理による染色排水処理装置
Ozone treatment plant for dyeing waste water (Trickling filter+Ozonation).

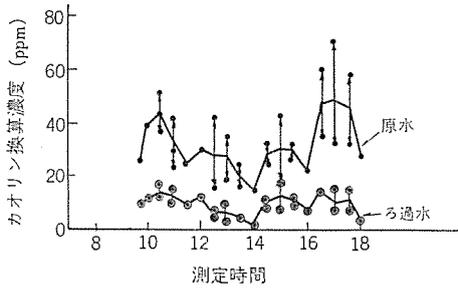


図 23. 原水およびろ過水の濁度 (カオリン換算 ppm)
Turbidity (reduced SS concentration as caoline) of raw waste water and its filtrates.

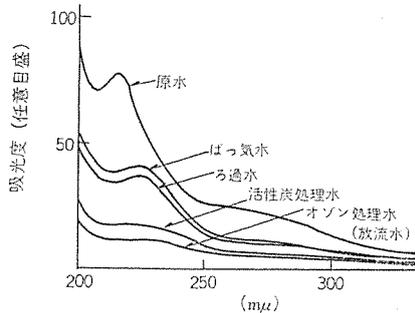


図 24. 原水および処理水の紫外領域の吸光度スペクトル
Optical absorption spectrum in u. v. region of waste water under treatment (decomposition of surface active agents).

表 10. 原水および各処理段階における水質実測例
(ろ過+活性炭+オゾン) 処理の場合

Measured qualities of raw waste water and treated water on each stage of filtration, active carbon adsorption and ozone treatment system for dyeing waste water.

試料	pH	n-ヘキササン抽出物 ppm	BOD ppm	フェノール ppm	SS ppm
原水(エアレーション後)	6.6~8.8	90	280~370	0.07~0.21	30~40
プレコートろ過水	6.8~8.3	29	235~300	0.03~0.11	15~18
活性炭処理水	7.9~8.8	35.5	160~210	0.05~0.15	14~41
オゾン処理水	7.4~8.5	14	140~190	0.01~0.03	12~13

認められた。なお界面活性剤の指標としては、本工場で使用される主要界面活性剤がもつ紫外領域の、吸収ピーク(約 198 mμ 約 228 mμ, および 280 mμ, 主に 228 mμ)の吸光度をとった。参考のために、同一時刻における原水、および各処理段階における紫外~可視領域の吸光度スペクトルを図 24. に示す。下記条件による処理結果を表 10. に示した。活性炭は、石炭系原料の球形炭 1.5~2.5 mmφ (A 社製) を 7 ton, 14 m³ (がき(嵩)比重 0.5) SV=3.5 h⁻¹. LV=7 m/h オゾン注入 25 ppm である。

この工場に対しては、将来の規制強化対策もさることながら、処理水の再利用も目標として、オゾンの活性炭によるいわゆるサンドイッチ処理 (AC→O₃→AC), 活性炭負荷軽減と BOD 除去率向上のための、スラッジレス前処理 (例えば散水ろ床法) などを検討中である。

なお、この例は京都市染織試験所の御指導により実施したものである。

実例 E

- (1) 処理方式: オゾン処理+活性汚泥処理
- (2) 排水量: 140 m³/Day

- (3) 排水の性質: 洗毛排水, すき(梳)毛再洗機排水, 染色排水
- (4) 処理目的: 脱色, COD SS の低減

オゾン脱色された排水は他の工程排水と合流し、活性汚泥処理(ラグーン方式)され、BOD COD などの低減が図られる。

すなわち、濃厚排水(オゾン脱色の効果的な酸性媒染、染料が主)のみを集めるので 140 m³/Day と、比較的水量が少ない。したがって、オゾン処理設備は比較的小容量で済み、建設費を低減できる。脱色のみを目的としているので、オゾン処理単独の適用で済み(原料は空気と電力)、前段処理が不用となり薬品類をいっさい使用しない。オゾン処理の特長として pH 調整が不用であり、またスラッジが全く生じない。活性汚泥の段階は、ラグーン池に近い方法なので、余剰汚泥が非常に少ない。などの特長が発揮されている。

オゾン処理設備仕様

- (i) 処理水量—6 m³/h, 140 m³/Day

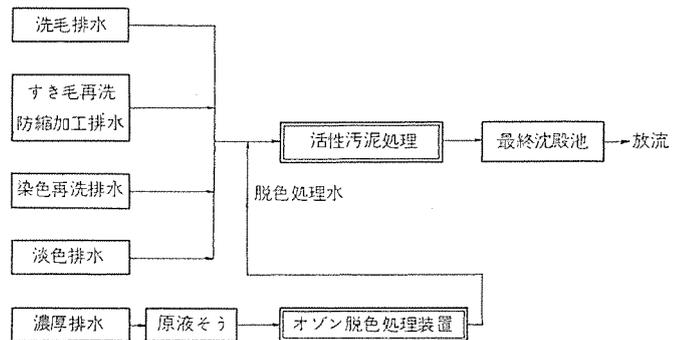


図 25. 純毛糸製造工場排水処理フロー図
Flow diagram of ozone treatment system for wool manufacturing waste water (Ozonation+ Activated sludge treatment).

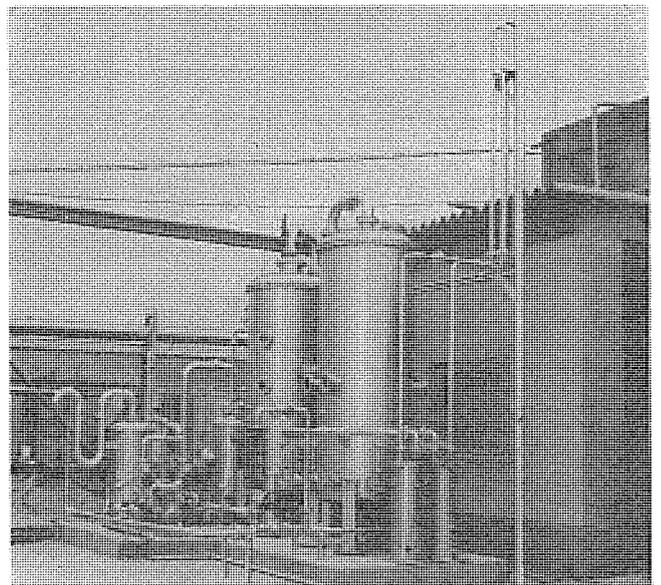


図 26. オゾン脱色プラント
Decolorization plant with ozonation waste water.

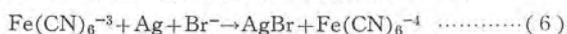
表 11. オゾン処理前後の水質
Results of ozone treatment.

	pH	COD ppm	SS ppm	透過率(%) 590mμ	n-ヘキササン抽出物
処理前	4.7	150	23	18%	5
処理後	5.2	61	1以下	75%	6

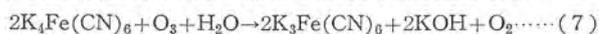
- (ii) オゾナイザ—MH-10 形, 1 kg O₃/h, 高周波方式, 周波数 470 Hz
- (iii) 構成—図 25. 参照
- (iv) 処理効果—表 11. 参照
- (v) 外観—図 26. 参照

6. オゾンによる漂白液再生装置 (NHK 代々木放送センタ 納入)

カラー写真フィルムの漂白液の主成分は、赤血塩であってフィルムを漂白すると、式(6)に示すように銀を酸化し、自らは還元されて黄血塩となって、漂白効果を失ない老化漂白液となる。



黄血塩を排出することは有害物質となる可能性があり、環境保全上、厳しく規制されている。NHK では、オゾン酸化によるクロースドプロセスを企画され、黄血塩・赤血塩をいっさい系外に排出しないシステムを当社の再生装置によって完成した。図 27. にそのシステムを示した。黄血塩はオゾンによって酸化され赤血塩となる。



オゾンによる再生過程でか(苛)性カリが生成し、処理液はアルカリ性を呈する。また、式(6)に示すように漂白液中の Br⁻イオンは AgBr として消費されるので、Br⁻イオンを補給すると同時に KOH の中和剤として HBr を添加することにより、漂白能力は全く低下することなく再生される。式(7)に示すように、オゾン 1g は 15.3g の黄血塩と反応し 13.7g の赤血塩を生成することになる。この再生システムは次の機器で構成される。

- (1) 高周波 オゾナイザ (トランジスタインバータ 内蔵)
- (2) エアドライヤ

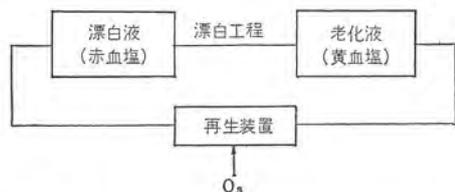


図 27. オゾンによる漂白液再生クロースドシステム
Regeneration closed process using ozonation for bleaching liquid.

表 12. 漂白液再生装置仕様
Specification for bleaching liquid regeneration apparatus.

原料ガス発生装置	原料ガス必要量	195 l-air/分以上
	空気乾燥方式	ヒートレスドライヤ
	乾燥剤	活性アルミナ
	露点	< -40 C
	供給ガス圧力	< -0.10 kg/cm
	入力電力	3 kW (入力電力保護回路付)
	オゾン発生量	150 g/h
	オゾン濃度	1 Wt-O ₃ %
	放電電圧	10 kV
	周波数	470 Hz
再生処理装置	処理可能最大量	300 l/回 (無人運転)
	pH 制御	HBr-0.5 mol, 液
	再生量制御	タイマ制御
	排オゾン処理	活性炭分解法



図 28. ばっ気そうと集中操作盤 (漂白液再生)
Ozone treatment tank of bleaching liquied and control panel.



図 29. オゾナイザ (トランジスタ インバータ 内蔵)
Ozonizer self-containing transistor inverter

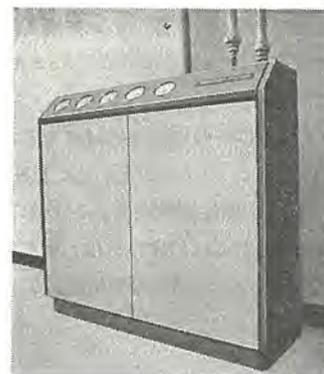


図 30. 原料空気乾燥装置
Air dryer.

(3) コンプレッサ

(4) 再生反応そう(排 オゾン 分解装置, pH 制御装置内蔵)と集中操作盤。

これらの各機器の主な仕様を表 12. に示す。また、この装置は、再生機能のみならず、外観意匠にも特に最新の設計を取り入れ、放送 センタ という設置環境に適応したものとしている。各機器の外観を図 28.~30. に示す。

7. フェノール排水処理

フェノール類は製鉄工場・石炭石油工業・プラスチック工業・製薬工場・鑄造工場、その他多くの工業から排出される。従来フェノール排水処理には塩素または二酸化塩素による酸化分解法が主に用いられていた。飲料水などにフェノール類が混入した場合などは、塩素処理を行なうことによってクロロフェノールという不快なおいを有する物質が生成するために着色・不快感が増す等の問題があり、オゾン酸化法が最近重要視されてきた。フェノールがオゾンにより分解されていく過程は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りやすい。例えばワニス工場排水中に含まれるフェノールのオゾンによる分解でも、他の有機物に先がけてフェノール類が分解されることが明らかになった。図 31. にオゾンによるフェノール分解、COD 分解の効果を示す。

以下実施例の概要を紹介する。

(1) 方式：凝集沈殿処理(既設)+オゾン処理

(2) 概要：鑄造工場(シェルモールド工程)より発生するフェノールのスクラバ排水を凝集沈殿処理(既設設備)し、その処理水をオゾンで更に分解し同時に COD を低減する。

(3) 排水量：200 m³/h (3,200 m³/日)

(4) オゾン注入量：20 ppm

(5) 主要構成機器：凝集沈殿装置1式(既設)、オゾン処理装置、オゾナイザ(OS-2400-D 2台)、ばっ気そう(容量 20 m³)、排オゾン処理(水洗、活性炭併用型)、自動制御装置(オゾンメータによる余剰オゾンの検出、電圧調整器の自動操作によりオゾン発生量(注入量)を制御)

(6) 処理効果：図 31. 参照。図から明らかなようにオゾン処理することによって、フェノールは12 から 0.5 ppm 以下になり、COD は42 ppm から 30 ppm に減少する。フェノール類を1とするとオゾン2で分解される。低濃度になるとオゾン量が増加するのはフェノール分解の反応生成物または中間生成物がオゾンと反応するためである。

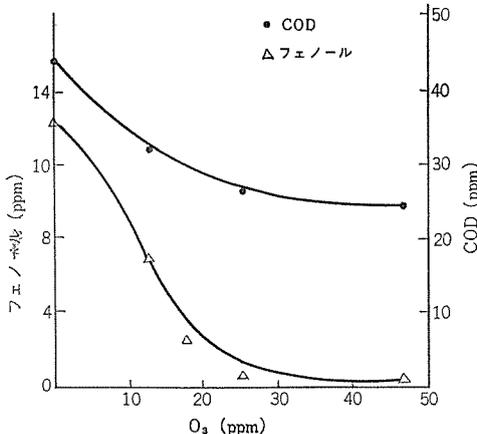


図 31. オゾンによるフェノールの除去
Decomposition of phenol by using ozone.

また pH をアルカリ側 (pH=11 程度) にすると反応しやすくなる。このことよりフェノールとオゾンの反応は、イオン反応であるとする報文も⁽⁹⁾ある。

8. 三「次」処理

水資源の枯渇化と相まって建設省、通産省、科学技術庁および地方自治体などが中心となって排水処理のレベルアップをはかり、更に高度処理を行なうことによって、再利用の機運がとみに高まってきている。当社はオゾンの高度処理への適用性を見出すため積極的にその開発に取り組んでいる。三次処理水の再生用途として、一般に次のものが考えられている。

- (1) 工業用水(冷却水、一部洗浄水など)
- (2) 水洗トイレ洗浄水
- (3) 庭への散水用水および洗車水
- (4) 洗濯水
- (5) 水浴用水
- (6) 飲料水
- (7) その他

ここでは生活用水について実験した結果の一部を報告する。表 13. は生活用水の用途別再利用水の水質目標値の一例である⁽¹⁰⁾。図 32. に生活排水再利用の実験処理フローダイアグラムを示した。図 33., 34. にオゾン処理部フローおよびオゾンばっ気そうを示した。実験装置は 20 m³/D (約 1 m³/h) でオゾン発生機は OS-15D (オゾン発生量 15 g/h) である。ばっ気塔は 260 φ×5,000 HI, 滞留時間 10 分、水深 4 m である。表 14. に処理結果を示した。

表からオゾン効果は次のとおりである。

表 13. 生活用水の用途別再利用水の水質目標値
Targets of reuse of highly treated sewer and its quality.

項目	用途	A	B	C
pH	—	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6
COD Mn	ppm	—	30	20
SS	ppm	ほとんど含まない	ほとんど含まない	ほとんど含まない
蒸発残留物	ppm	500	500	500
NH ₃ -N	ppm	20 以下	10 以下	5 以下
残留塩素	ppm	1.0	1.0	1.0
ABS	ppm	—	—	0.5 以下
硬度	ppm	—	500 以下	500 以下
透視度	—	15 以上	—	—
臭気	—	特に異常のないこと	特に異常のないこと	特に異常のないこと
大腸菌群	コ/ml	300	—	—

注) A: 水洗便所用水
B: 水洗便所用水+洗濯用水
C: 水洗便所用水+洗濯用水+浴場用水

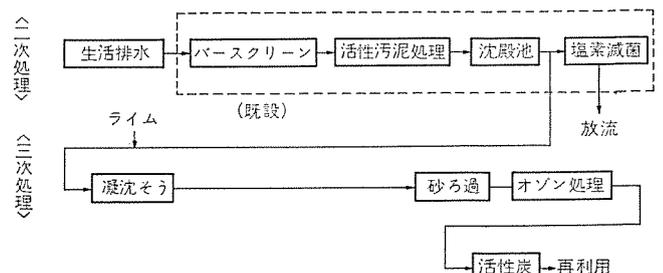


図 32. 生活排水再利用実験処理フロー図
Experimental flow diagram for reuse of sewer.

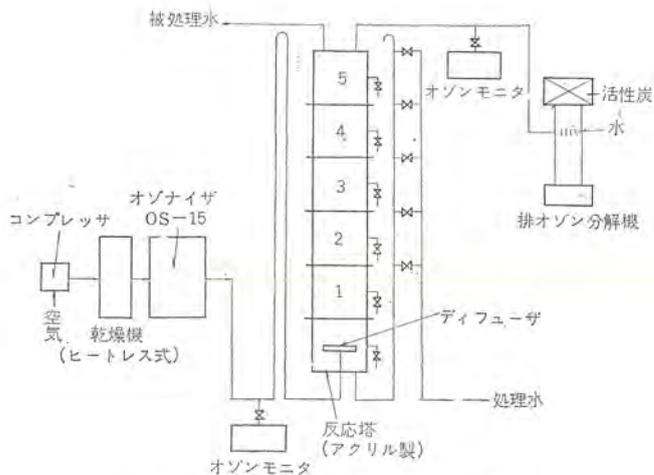


図 32. オゾン処理部フロー図
Flow diagram of ozone treatment.



図 34. ばっ気そう
Ozonation tower in test plant.

表 14. 生活排水オゾン処理結果
Results of ozonation on sewer.

処理 フロー	pH	NH ₃ -N ppm	BOD ppm	COD ppm	PO ₄ ppm	ABS ppm	大腸菌 コ/ml	溶解性 蒸発残留物
原水	6.9~7.2	14.7	16.5	33.6	8.1	0.30	4,530	245
凝沈	7.3	9.3	—	17.0	0.40	0.60	0	245
オゾン	7.1~7.3	8.5	—	14.8	0.36	0.09	0	237
活性炭	6.5~6.9	7.6	—	5.2	0.26	0.02	0	232

- 色および臭気(下水臭)は完全に除去された。
 - COD は入口で 20 ppm 前後のものが 40~50% 除去された。
 - 界面活性剤(洗剤)は分解された。
 - アンモニア性窒素は(数 ppm~10 ppm) 変化はないが亜硝酸性窒素は硝酸性窒素に変化した。(NO₂⁻ 数 ppm がほとんどゼロ) になった。
 - pH は実際上不変である。
- 殺菌効果については、本実験装置を用いて汚濁河川水の表流水を

* なお本実験は大阪市 衛生研究所 研究主任小田国雄氏の協力を得た。

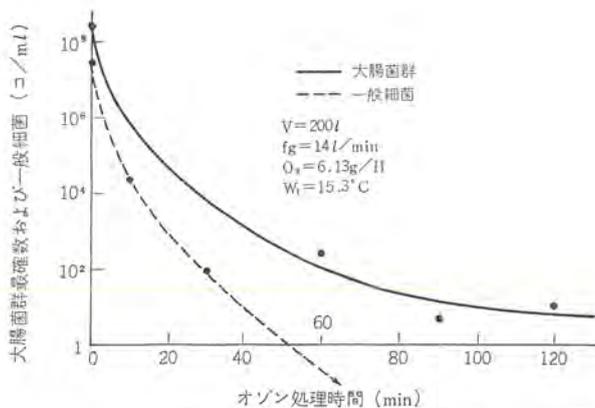


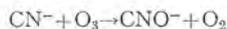
図 35. オゾンの殺菌効果
Sterilization of *E. coli* and *S. faecalis* with ozone.

用いて実験を行なった。その結果を図 35. に示した。図から明らかのように大腸菌、一般細菌についてオゾンの効果は顕著である。

9. その他

(1) シアン

7 章で述べたフェノールと同様に、オゾンで容易に分解される。図 36. にコークス炉排ガス洗浄液のオゾン酸化分解例を示した。この排液にはフェノールも含有しているが、シアンについての効果を示したものである。シアンを酸化分解すると、まず



さらにオゾンを追加すると CO₃²⁻ と N₂ になる。CN⁻ の分解方法

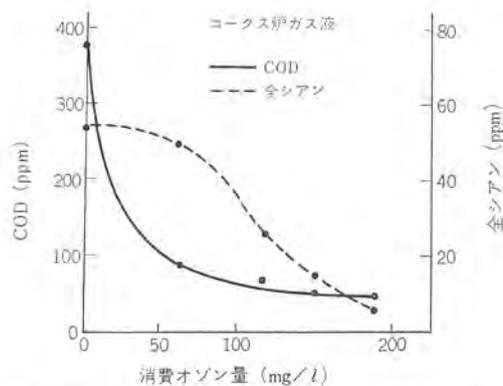


図 36. オゾン処理による COD, 全シアンの変化
Oxidation of cyanide treated with ozone.

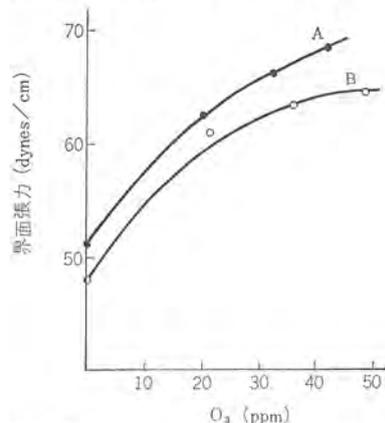


図 37. オゾン処理による界面張力の変化
Decomposition of surface active agent treated with ozone.

には、従来から使用されているアルカリ塩素法が一般的であるが、過剰の塩素イオンが排出されることもあって、オゾン の適用も改めて注目されているところである。

(2) 界面活性剤

ドデシルベンゼンサルフォネート(DBS)、ドデシルベンゼンサルフォネート(DS)およびケリルベンゼンサルフォネート(KBS)についての川津等⁽¹¹⁾の実験によると、界面活性剤の約5倍量のオゾン添加によって、90%以上分解される。界面活性剤のオゾンとの反応性は筆者等が実験した結果では、染料よりは反応性がおそく、染料の脱色後に界面活性剤が分解されるようである。図37.に染色排水のオゾン処理により、界面活性剤、その他の汚濁成分が酸化分解し、表面張力が改善される例を示した。水の表面張力は、20°Cで72.75 dyne/cmと比較して、かなり改善されることがわかった。

(3) NH₄⁺の酸化

NH₄⁺は、オゾンで酸化されにくい。池畑等⁽¹²⁾の実験によると、pH=7.5以上では酸化が可能で、特に、pH=7.5~8.0でかなり分解が速いことがわかった。また、ゼオライトが触媒として効果があるとの報告もある。

(4) この他に亜硫酸根、亜硝酸根の酸化、有機水銀の無機化、PCBの分解⁽¹³⁾などの効果について研究している。

10. む す び

今まで、オゾンを中心に排水処理について、実施例を含めて述べてきたように、オゾンは殺菌・脱色・脱臭をはじめとし、新しい水処理の方法としてすぐれた効果がある。今まで適当な処理法がなかった処理対象、および環境改善の高度要求に適用する処理手段として、オゾンの効果が認められ、利用分野が更に拡大するものと考えられる。オゾン反応の効率向上のための装置、排オゾンの有効利用、オゾン発生機の改良等の開発成果と相まって、他の処理方法と比較し

て経済性が十分期待ができるし、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。以上のように今後、各分野での開発が進み、オゾンの特長を生かした応用技術の発展が大いに期待される。

参 考 文 献

- (1) Schubert, C. C., Pease, P. J., Pease, R. M., : J. Am. Chem. Soc., 78, 2,044 (1956)
Schubert, C. C., Pease, R. N., : J. Chem. Phys., 24, 919 (1956)
- (2) Criegee, R. : Record of chemical Progress, 18, 111 (1957)
Bailey, P. S. : Chemical Reviews, 58, 925 (1958)
- (3) Boer, H., Sixma, F. L. : J. ; Rec. Trav. Chim. Acta, 70, 997 (1951)
- (4) Briner, E. : Helv. Chim. Acta, 23, 590 (1940)
- (5) Horner, L., Schaefer, H., Ludwig, W. : Chem. Ber., 91, 75 (1958)
- (6) 池畑 : 染料と薬品, 16, No. 11, 41 (昭46)
水処理技術, 12, No. 13, 97 (昭46)
- (7) 松岡, 田畑, 今村ほか : 三菱電機技報, 46, No. 5 (昭47)
松岡, 田畑, 今村ほか : 三菱電機技報, 46, No. 10 (昭47)
- (8) 佐々木, 倉田ほか : 加工技術, 8, No. 4 (昭48)
- (9) Huch R. Eisenhauer : Journal WPCF, 43, No. 2, 467~472 (1971)
- (10) 小田 : 日刊工業新聞社 大阪支社主催「廃水の三次・高度処理」テキスト, pp. 4~5, 467~472 (昭48-10-1~3)
- (11) 川津, 大籠 : 用水と廃水, 6, 643~648, 778~780 (昭40)
- (12) 池畑, 清水 : 工業用水, 164, 13~15 (昭47-5)
- (13) 今村, 横山ほか : 日本化学会, 第29回大会要旨集 (昭48秋)

産業排水の電解処理

久慈陽一*・前田満雄**・加藤 強*

Electrochemical Treatment of Industrial Waste Water

Nagoya Works Yoichi Kuji・Tsuyoshi Kato
Central Research Laboratory Mitsuo Maeda

Electrochemical treatment of industrial waste water has a great many advantages in comparison with the old treatment technique. However, scale stuck on the surfaces of the electrodes comes to prevent current from flowing and stop the function. This is a fatal drawback of the device.

To do away with this trouble, Mitsubishi has now developed an epochal electrochemical treatment device of minute gap high speed flow type. This article is introduction of the features of the unit and examples of its application. Basic theory of electrochemical flocculation is also given explanation herein.

1. ま え が き

産業排水処理への電解処理の適用は、最近、特に注目されるようになってきた。これは、従来、一般に使われてきた硫酸バンドなどの凝集剤を用いる凝集沈殿法、加圧浮上法などに比較してスラッジが少なく、BOD、COD、油分、色度などの規制項目の低減効果が良好であり、含油排水などの中には、電解処理が特に効果的である場合があるなど、公害規制値が厳しくなる社会状況において、期待されるところが多いからであろう。

電解法が排水処理にすぐれた効果を発揮する理由は、明確に解明されていない点も多いが、反面このことが、今後の発展に大きな可能性を秘めているともいえよう。電解処理法の特長は以前から注目されていたが、期待程には普及するに至らなかった。その最大の実用上のあい(隘)路は、電極表面へのスケール(酸化被膜の生成など)の付着と電極間きょう(夾)雑物の増大によって、使用中に通電が困難となって処理不能に陥るといったことであつたといつても過言ではない。

このたび、当社はこの欠陥を克服するものとして、微小間けき高速流方式電解処理装置を開発したので、ここに電解凝集の基礎的説明をまじえて、この装置の概要と若干の適用例を紹介する。

2. 電解凝集の原理⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

2.1 電極反応

電解浮上処理装置は、フロック形成のための可溶性電極反応部とフロックの浮上を助長する不溶性電極反応部とを有している。前者は凝集剤としての金属水酸化物を生成し、後者は主に水電解による水素、酸素ガスを発生するものである。

電解における電流-電位曲線は一般に図1.のように示される。同図において、 E_a^0 、 E_c^0 はそれぞれアノード、カソードにおける平衡電極電位であり、ネルストの式により一般に次のように表わされる。

$$[\text{Ox}] + ne \rightleftharpoons [\text{Red}] \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{ネルストの式 } E_e = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで E^0 は標準電極電位である。式(1)で示される電極反応で電解浮上処理に利用される主な具体例と E^0 とを表1.に示した。

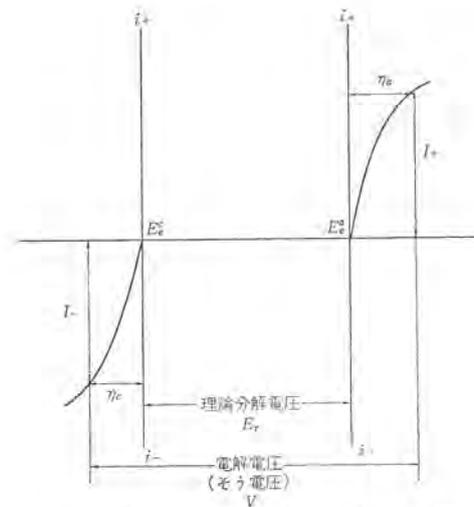


図1. 電解における電流-電位特性
Current-potential characteristic of electrolysis.

表1. 電極反応と標準電極電位
Electrode reaction and standard electrode potential.

	電 極 反 応	標準電極電位 (V)
	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e$	-1.66
ア	$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e$	-0.763
ノ	$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$	-0.440
ト	$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e$	0.771
ド	$4 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4e$ (basic)	0.401
反	$2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4e$ (acidic)	1.229
応	$\text{Cl}^- + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e$ (basic)	0.89
	$2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e$ (acidic)	1.36
カ	$2 \text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ (basic)	-0.828
ソ	$2 \text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2$ (acidic)	0
ド	$\text{Me}^{n+} + ne \rightarrow \text{Me}$	E_{M}^0

電解を行なう際、各極における分極曲線は同図のように示され、電解電流 I ($I_a = I_c$) を流した場合、各極の過電圧はそれぞれ η_a 、 η_c で示される。したがってこの時の電解電圧(または そう(槽)電圧) V は次式で示される。

$$V = E_r + E_{\eta} + IR \quad \dots \dots \dots (3)$$

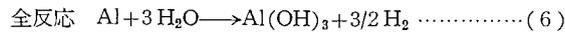
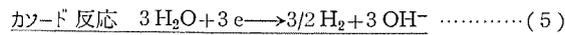
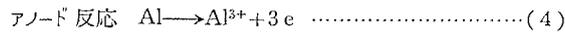
$$E_r = \text{理論分解電圧} = E_c^0 - E_a^0$$

$$E_{ir} = \text{過電圧 (アノード+カソード)} = \eta_a + \eta_c$$

$$IR = \text{オーム損}$$

Al 電極を電解する場合、分極は小さく、大電流密度で電解しても η_a は小さい。一方 Al 電解部における電極間けき (隙) を微小に保つことによりオーム損を小さく押えている。したがって低電圧、大電流密度 ($\sim 1 \text{ A/cm}^2$) 電解を可能にしているのである。以下に可溶性電極反応、不溶性電極反応の原理について述べる。

(a) 可溶性電極反応



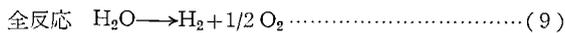
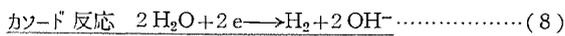
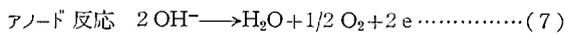
この反応により生成される $\text{Al}(\text{OH})_3$ が凝集剤として作用し、同時に発生する水素ガスがフロックに付着し、浮上作用をする。 Al^{3+} 1 g 生成に必要な電気量は約 3 AH で、この時対極から 1.35 l (20°C) の H_2 ガスを発生する。実際は凝集が行なわれている系中ではアルミニウムイオンは、上式で示されるように 3 価の正イオンとして存在しているのではなく、多くは $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ のように水和したイオンが種々の条件で配位水解離や加水分解重合を行ない、ヒドロキソアコ錯イオン $[\text{Al}(\text{OH})_{6-n}(\text{OH})_n]^{(3-n)+}$ や多核錯体を形成しており、イオン価も +2, +4 といったものもあると言われている。

Al 電解によるフロック形成と硫酸バンド $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ によるフロック形成とを比較すると、前者は初めに添加された電解質濃度がフロック形成量によってほとんど変ることなく、電流が一定ならば常に同一条件で Al は溶解し、一定性状のフロックが得られる。これに対し後者はフロック形成量を多くするとそれだけ中和剤量も多くなり、バンドの加水分解により遊離される SO_4^{2-} とによって生成される電解質濃度も多くなる。フロック形成過程における共存イオンや PH がフロックの構成、比表面積に微妙な影響を及ぼす。このことが硫酸バンドなどの薬剤法にくらべて、電解法で得られるフロックの方が活性が良いことのゆえんであろう。

凝集剤形成のための可溶性電極としては、Al のほかに Fe, Zn, Mg などがあるが、 Al^{3+} や Fe^{3+} は Mg^{2+} や Zn^{2+} よりはるかに凝集効果が大きい。これは Schltze-Hardy 則によるもので、すなわち一般に水中の懸濁コロイドと反対電荷を有するイオンの原子価が大きいほど凝集力は強くなり、凝集に必要なイオンの量つまり凝集価はイオン価と共に等比級数的に小さくなるという法則である。上述したようなアルミニウムの多核錯体のイオン価によっても、同法則により凝集力は異なってくると考えられる。

なお陰極材料としては Fe, SUS, Cu, Pb, C などが用いられる。

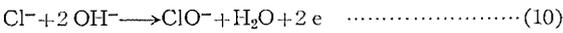
(b) 不溶性電極反応



この反応により発生する H_2 , O_2 ガスがフロックにさらに付着し、フロックの浮上性を高める。1 AH の電気量で 20°C で 450 ml の H_2 と 225 ml の O_2 とを発生する。電解により発生する H_2 , O_2 ガスの径はそれぞれ 10~30 μ , 20~60 μ とされており、加圧浮上で得られる空気あわ (泡) 径 100~150 μ にくらべてはるかに小さい。このため電解ガスはフロックに対する付着性が良く、小さなフロックにも十分付着するものと考えられる。さらに水電解によって得られるガスの平均密度は 0.5 g/l (20°C) であり、空気の密度 1.2 g/l にくらべて半分以下である。このため電解ガスを付着したフロックのみかけ

密度は小さく、浮上速度は大きくなる (加圧浮上の数倍以上)。これらのことから電解浮上は、加圧浮上にくらべて処理水の清濁度が高くなるものと考えられる。

また電解質に NaCl などを用いた場合、アノード過電圧を大きくすると式 (7) の反応のほか次の反応が行なわれ Cl_2 (酸性), ClO^- (アルカリ) を発生する。



これによって得られた Cl_2 , ClO^- が水中の溶解性汚濁成分を酸化分解し、脱色, COD, BOD 除去に副次的役割を果たす。

不溶性陽極材料としてはフェライト, 黒鉛, PbO_2 などが用いられるが多少の消耗は避けられない。

なお表 2. に電解処理における各種物質の電気化学当量を示した。また図 2. に処理水量と Al 電解所要電気量, 図 3. に Al^{3+} 添加量と所要電力との関係を示した。

2.2 凝集機構

つぎに凝集過程について考えるために、コロイド粒子について Gouy-Stern 二重層モデルをとり上げる。これは図 4. に示されるように荷電粒子のまわりに反対荷電を吸着した固定層 (Stern 層), およびその外側にこの層と動的平衡にある層 (Gouy 層) とよりなる電気二重層モデルである。粒子が水中を動く際、水の一部が粒子に付

表 2. 電極反応物質と電気化学当量
Materials of electrode reaction and electrochemical equivalent.

物 質	化学当量	ファラデー数	電 気 化 学 当 量		
			mg/coul	g/AH	l/AH (20°C)
Al^{3+}	8.9938	3	0.0932	0.3356	—
Fe^{2+}	27.924	2	0.2894	1.0419	—
Fe^{3+}	18.616	3	0.1929	0.6946	—
Zn^{2+}	32.685	2	0.3387	1.2920	—
H_2	1.008	2	0.01044	0.0373	0.449
O_2	7.9997	4	0.0829	0.2996	0.225
Cl_2	35.453	2	0.3674	1.3228	0.449

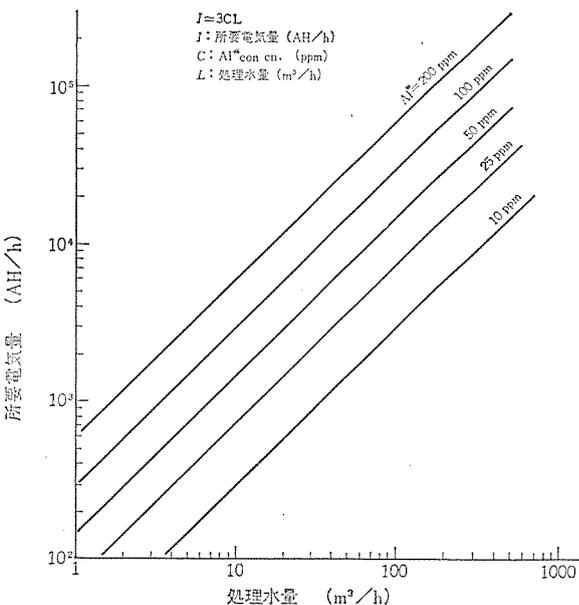


図 2. 処理水量と Al 電解所要電気量との関係
Relation between quantity of treated water and thet of electricity of Al electrolysis.

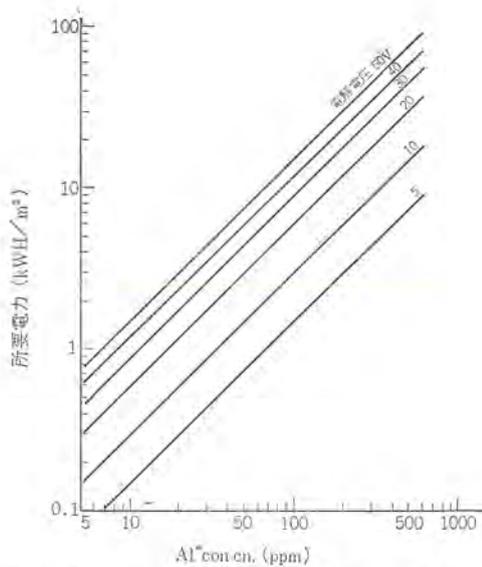


図 3. Al^{3+} 添加量と所要電力との関係
Relation between quantity of Al^{3+} added and electric energy.

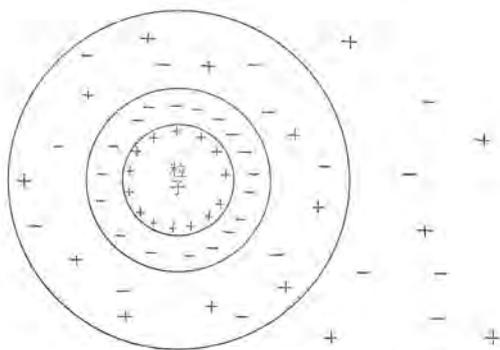


図 4. Gony-Stern 二重層モデル
Double layer model of Gony-Stern.

着して動き、その結果、バルクの水（静止水）と付着水との間にすべり面を形成する。この面におけるポテンシャルを ζ -電位と呼ぶ。

コロイド粒子に反対電荷イオンが添加されると二重層の厚みは低下し、 ζ -電位も低下する。均一荷電粒子においては ζ -電位が 10~12 mV 程度以下になると、粒子は凝集可能な状態とも言われている。このことを粒子間の相互作用から考えると次のようになる。

コロイド粒子が接近して両者の二重層が重なり合う程度になったとき、粒子間にはクーロン力による斥力と Van der Waals 力による引力とが作用する。その結果、図 5. に示されるような合成力が生まれる。そして粒子のポテンシャルエネルギーは図 6. (a) に示されるように

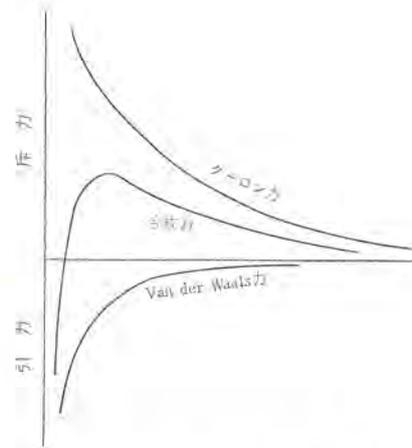


図 5. 粒子間の相互作用
Interactive force between particles.

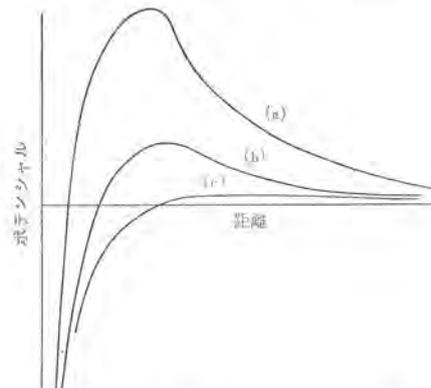


図 6. 粒子間のポテンシャル曲線
Potential curves between particles.

ポテンシャル障壁を持った曲線になる。この状態では粒子間のポテンシャル障壁が高く、相互に反発して凝集はしない。ところがこれに反対電荷が吸着すると、ポテンシャル曲線は (b) のようになり障壁は小さくなる。この状態で粒子に乱流運動(攪拌)などのエネルギーを与えると、この障壁をのりこえて互いに凝集する。さらに反対電荷を吸着して (c) の状態になるとポテンシャル障壁は消え、粒子はブラウン運動のエネルギーでも凝集する。ところで水処理を行なうのに十分良好な凝集フロックを得るためには、単に粒子間の斥力を打消すだけでなく、いったん凝集した粒子が外乱のもとでも安定に存在する必要がある。

コロイド粒子では各粒子に多数の原子が含まれており、粒子によってはタバコ質コロイドなどのように粒子に局部的電荷分子をもつものもある。このような粒子では凝集の際、局部電荷による残存反発力により、十分なフロックの成長がみられないことがある。このため単に粒子間のポテンシャル障壁を下げるだけでなく、粒子間に何らかの結合力を生ずる架橋物質が必要となる。これが無機および高分子凝集剤の役割である。

3. 微小間げき高速流方式

従来の電解浮上装置における、陽極金属(以後アルミニウムとして説明する)を溶出させる機構は、図 7. に示すようにアルミニウムの平板電極を、5 cm 程度の間隔でその(槽)の中に配置し、そのその(槽)に排水を比較的長時間(20~30 分)滞留させることによって、排水中にアルミニウムイオンを溶出させる方式が一般的であった。

この方式では液の流れが非常に緩やかで、電極表面にスケールが付

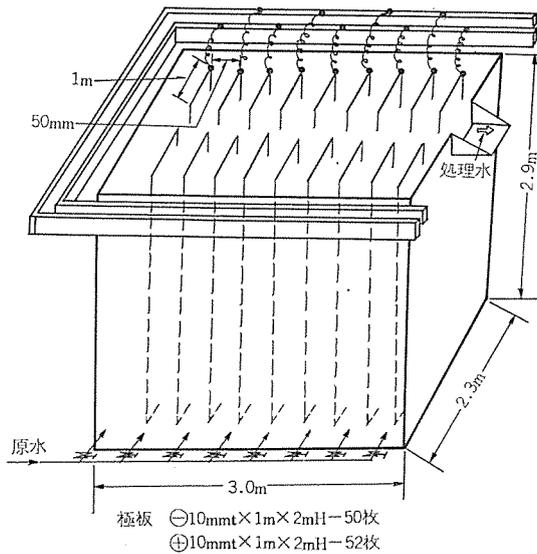


図 7. 従来の平板方式電解そう
Conventional plate type tank for electrochemical treatment.

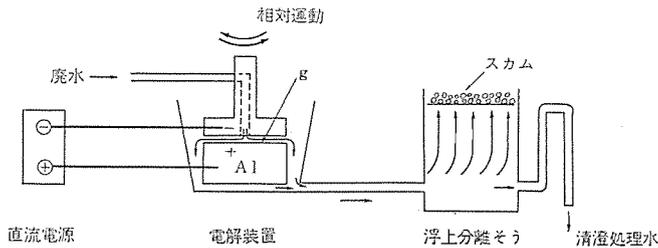


図 8. 微小間げき高速流方式電解処理装置の原理
Principle of electrochemical treatment apparatus used for high speed flow at narrow gap.

着しやすく、また、発生したフロックが電極間に浮遊、たい(堆)積したり、電極の局部腐食を起したりして、長期間の連続運転には問題がある。

図 8. は微小間げき高速流方式電解処理装置の原理図である。陽極の円筒状アルミニウムとステンレスからなる陰極とを微小間げき (0.5 ~ 1 mm 程度) を隔て対向させ、その微小間げき g に処理しようとする排水を高速に強制的に流しながら通電することによって、排水中にアルミニウムイオンを溶出させる。この高速流によって電極表面は効果的に洗浄される。さらに、陽極表面に吸着した物質を機械的に除去するために、陰極に設けた絶縁スペーサで陽極面上をしゅう(摺)動する方式もとられている。一般的に、極間流速 1 m/s 以上であればスケールに影響されることなく安定な電解を続行できる。排水は微小間げきを通過後、浮上分離そうへ導びかれ、フロック(スカム)と清澄水に分離される。

以下、この装置の特長を従来のものと比較しながら列記しよう。

(1) 微小間げき方式を採用し、その間げきに強制的に高速に排水を流すので電解生成物に影響されることなく、長期連続安定運転ができる。液流による洗浄効果によって、陽極は非常に均一平坦(坦)な状態で溶解する。その平坦度度を一例を図 9. に示す。また、電解状況を図 10. に、陽極面の外観を図 11. に示す。

(2) 微小間げきを採用しているため、電流密度を高くすることができ、非常に小形コンパクトとなる。

いま、極間電圧を V 、電流密度を J 、排水の抵抗率を ρ 、間げき長を g とすれば (便宜上、分極電圧を省略)

$$V = \rho g J \dots\dots\dots (12)$$

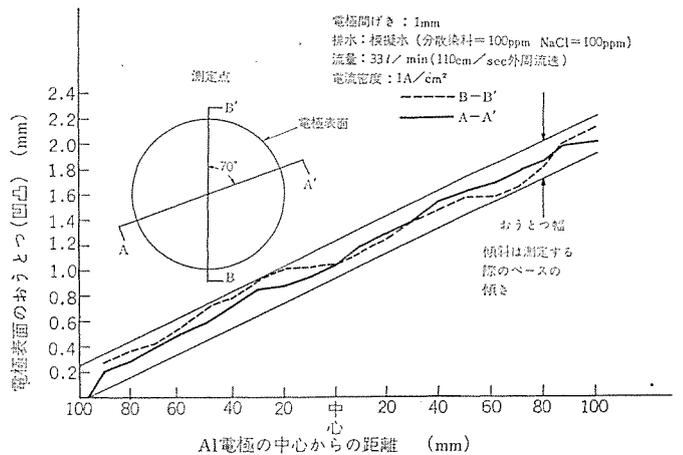


図 9. 高速流電解によるアルミ電極の平坦度
Surface flatness of aluminum anode of electrochemical treatment apparatus.

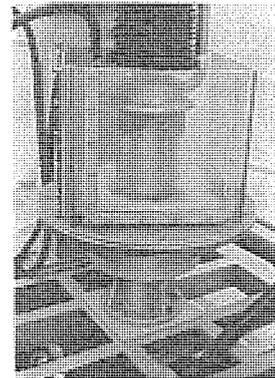


図 10. 微小間げき高速流方式電解装置における電解状況
View of electrochemical treatment apparatus in operation.

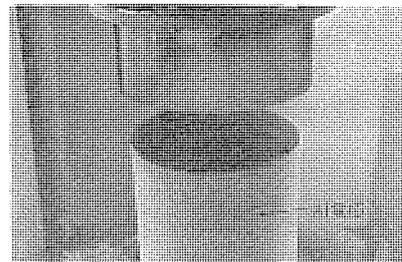


図 11. 高速流電解したアルミ電極表面の状態
State of aluminum anode surface electrochemically eroded in high speed flow.

なる関係があり、従来用いられてきた平板方式の電解装置では、数 cm と極間げきが長いので、電流密度を高めると電圧が極度に高くなって、実際的でなくなる。したがって、電流密度が低く (2 mA/cm² ~ 10 mA/cm²) となっており、電極面積は非常に広くなり、電解そうは非常に大形となる。

微小間げき高速流方式では、実用上電流密度を 1 A/cm² 程度までとることができる。

電解電流 3,000 A、処理水量 20 m³/h 程度について、電解装置の大きさを比較すると、従来方式では、2 m² の極板を約 100 枚を内蔵して図 7. に示す大きさとなり、これに対して、微小間げき高速流方式は図 12. 程度の大きさになる。

また、電解処理効果についても、排水によっては電流密度の高い方式によれば従来の低電流密度の電解処理にくらべ、いっそう良好な結果が得られる場合がある。

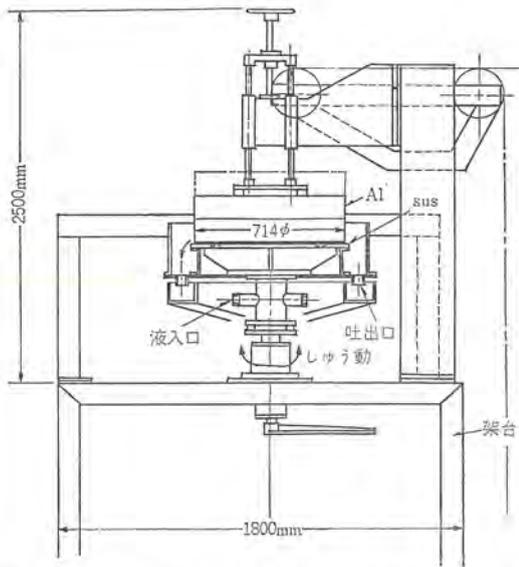


図 12. 微小間げき高速流方式 電解処理装置外形寸法 (最大 3,000 A 20 m³/h)
Dimensions of electrochemical treatment apparatus used for high speed flow at narrow gap (max. 3,000 A, 20 m³/h).



図 13. 微小間げき高速流方式 電解処理装置 (可搬形 2 m³/h, 300 A)
View of electrochemical treatment apparatus (2 m³/h 300 A).

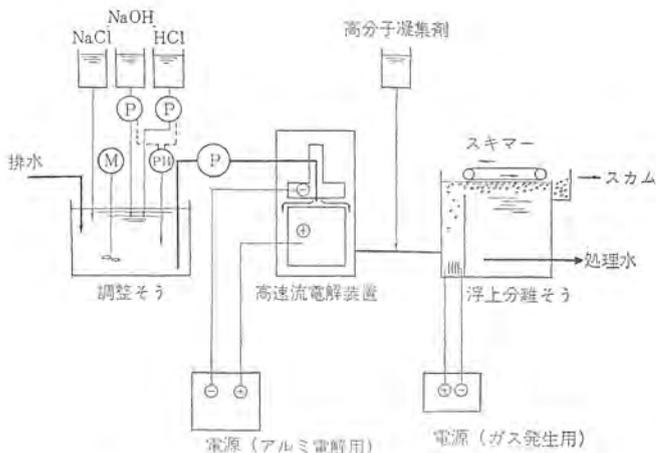


図 14. 電解処理の標準フロー
Standard flow of electrochemical treatment.

(3) 微小間げき高速流方式を採用しているため、消費電力が少なくかつ必要最小限の電源容量でよい。

電解を行なう際の分極電圧 (スケールなどによる影響も含めて総合した) を ΔV とすると式 (13) より

$$V = \rho g J + \Delta V \dots \dots \dots (13)$$

これが、実際の極間電圧を表わしている。微小間げき高速流方式では、高速流によって洗浄されているので、 ΔV の値が小さく常に一定であり、電源電圧としてはオーミックな電圧降下に電解上必然的に現れる分極電圧 (数 V) に相当する電圧を増したものを極間に印加すればよい。

これに対し、従来の平板方式ではスケールや電極間きょう (夾) 雑物などによって ΔV が時間と共に増大するので、長期間安定に運転するためには電源電圧をオーミックな電圧降下に対し、数倍の余裕をもたせる必要がある。

(4) 電極が小形であるので、電極の装てん (填), 交換が非常に容易である。また電極が 1 個であるので、清掃を必要とする場合でも作業が非常に容易である。これに対し、従来の方式では平板電極が大形で数が多いので、電極の装てん, 交換, 清掃作業が非常にはん (煩) 雑である。

(5) 電解装置が小形であるので、浮上分離そうおよび周辺装置との組合せ配置の自由度が大きい。

(6) 水質変動に対する制御が容易である。

電流制御によって注入アルミイオン量を容易に最適値に調整できる。

図 13. に処理水量 2 m³/h, 電解電流 300 A, アルミ電極 200 mmφ, の可搬形の微小間げき高速流方式電解処理装置の外観を示す。図 14. に標準的な電解処理フローを示す。凝集性をよくするために、最初に PH を最適値に調整し、しかる後、微小間げき高速流方式電解装置を通して、浮上分離そうへと流れる。高分子凝集剤は助剤として、一般に 2~3 ppm といっただく少量添加する。

フロックの浮上を助勢するために、浮上分離そうにガス発生用電極を設ける。ガス発生用の電流はアルミ電解の 10% 程度が使われる。

4. 適用例

(1) 含油排水処理

表 3. のような混合割合の排水の油分 (エマルジョン化した) 除去を目的とした電解処理結果を表 4. に示す。電流密度による電解処理の違い、および加圧浮上処理を行なった場合について比較している

表 3. 排水の混合比
Mixing ratio of waste water.

排 水	混 合 割 合 (大よそ)
風呂場排水	3
洗濯場排水	4
手洗場排水	3
コップレサドレン	少

表 4. 含油排水の処理結果
Treatment results for emulsion oil contained waste water.

処 理 条 件	添加 Al 量 (ppm)	油分 (n-Hex 抽出物) (ppm)	
		原 水	処 理 水
高速流電解 1 A/cm ²	50	629	1.7
従来の電解 1 mA/cm ²	110	565	5.9
加圧浮上法 Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	32	565	12.1

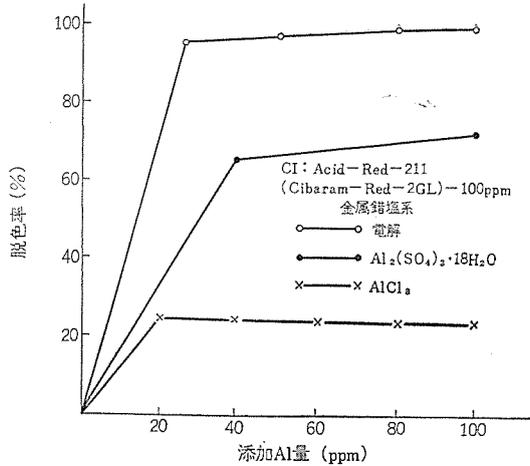


図 15. 酸性染料における薬注法と電解法との比較
Comparison between electrochemical treatment and conventional coagulation for acid dye.

表 5. 水産加工排水(魚蛋白質含有)に対する電解処理と加圧浮上処理との比較

Comparison between electrochemical treatment and flotation for fish protein waste water.

	電 解 処 理	加 圧 浮 上 処 理
添加アルミ (ppm)	50 ppm	90 ppm
C O D (ppm)	795→158 (80% 除去)	795→268 (67% 除去)
B O D (ppm)	3,280→514 (84% 除去)	3,280→738 (77% 除去)
N-hexan (ppm)	1,000→3	1,000→8
透 視 度 (cm)	30 以上	30 以上
S S	15 以下	15 以下

表 6. 水溶性切削油の電解処理結果
Electrochemical treatment results for water soluble machining oil.

水溶性切削油	種 別	電 解 条 件		含 油 量 (ppm)	
		電 流 密 度 (A/cm ²)	添 加 Al 量 (ppm)	原 水	処 理 水
ダイケール	W-3	0.01	100	67.9	8.3
		0.1			3.9
		0.5			3.3
シミロンK	W-3	0.025	100	261	2.1
		0.05			7.1
		0.1			13.3
エシローケン HSG-55	W-1	0.01	100	333	2.7
		0.1			2.1

が、高速流電解と記してある本方式の処理が最も良好な結果となっている。

これに適用した装置は 2 m³/h, 40 m³/day, 電解電流 300 A, 電極 200 mmφ である。

(2) 染色排水処理

染料 100 ppm を溶解した染色模擬排水を作り、電解処理と薬注

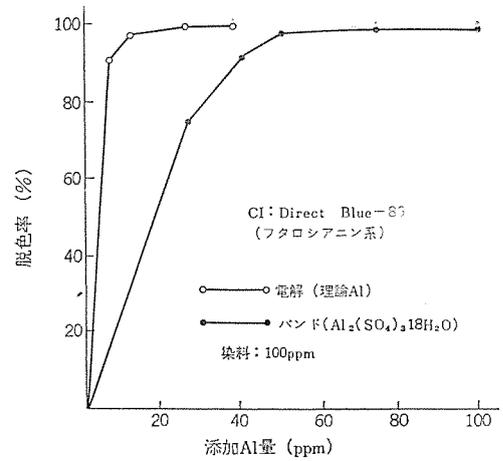


図 16. 直接染料における薬注法と電解法の比較
Comparison between electrochemical treatment and conventional coagulation for direct dye.

処理との比較を行なった例を図 15., 16. に示す。この場合は電解処理の方が良好な結果が出ているが、排水の性状によっては薬注法と差のない場合もある。

(3) 水産加工排水に対する電解浮上処理と加圧浮上処理の比較を表 5. に示す。

(4) 水溶性切削油の処理

水溶性切削油にはエマルジョンタイプ(W-1種), ソリュブルタイプ(W-2種), ソリューションタイプ(W-3)に大別できる。表 6. にこれらの電解処理結果を示す。非常に良好な処理水が得られる。

5. む す び

以上、当社で開発した微小間けき高速流方式電解処理装置の特長を中心に解説した。電解処理は、いまだ実用実績もそれ程多くはないが、これからの技術であり発展の余地を多分に残している。

電力の有効利用の立場からも、従来の凝沈法、加圧浮上などと競合するものとしてではなく、電解処理特有の最適分野を開拓すべきであろう。現在は二次処理分野を主な対象としているが、将来は三次処理プロセスの一環として最適の分野が開けるものと思っている。

今後は装置面の改良と共に利用技術の開拓が重要な課題である。

参 考 文 献

- (1) 丹保：水処理技術, 13, No. 1, 61 (昭47); 13, No. 2, 59 (昭47); 13, No. 3, 57 (昭47)
- (2) 北原, 渡辺：界面電気現象, (昭47) 共立
- (3) 後藤：電気化学, 39, 152 (昭46)
- (4) 小松：博士論文(北大) (昭41)

三菱オゾナイザ

田畑 則一*・八木 重典*
井上 誠治**・野田 祐久**
小井川 茂***

Basic Characteristics of Ozonizers and Evaluation of "Mitsubishi Ozonizer"

Central Research Laboratory Norikazu Tabata・Shigenori Yagi
Fukuoka Works Seiji Inoue・Sukehisa Noda
Nagoya Works Shigeru Koikawa

It is widely recognized that an ozonizer is very effective as a device to purify water and air. With the elevation of ozonizer efficiency and the enlargement of scale, the systemizing it has become increasingly important. Herein is explanation on the basic concept of discharge physics with the ozonizer which has been made clear by Mitsubishi in the course of development. Fundamental data regarding ozone generating efficiency are given together with consideration made on it. Also information is given on the type and construction of Mitsubishi ozonizers put on the market and ozone generation characteristics.

1. ま え が き

当社では、従来公害対策機器の重要性にかんがみ、オゾナイザを開発、発展させてきたのであるが、ようやくその価値が広く認識され、オゾナイザは廃水・廃ガスの処理および上水処理におけるエースとして飛躍的な発展を期待されている。当社はオゾナイザのシステム化、大形化等の開発とともに、オゾン発生機構の研究にも精力的にとり組んできた。オゾナイザは放電化学現象が工業的に成功した数少ない例の一つであるが、物理的にも多くの興味ある現象を呈しており、低気圧領域に限られていた原子、分子過程の研究と、大気圧・高気圧領域のしゃ断およびアークの研究の中間領域にあるものとして、大きな関心をもたれている。

この報告には、無声放電形オゾナイザの電気的、および放電化学的基礎特性と、三菱オゾナイザの仕様・構成・オゾン発生特性が述べられている。

2. オゾナイザの構造

オゾナイザの原理的な構造は図1.に示すようなものであり、ガラスのような誘電体Aをはさんだ電極B、Cの間に交流高電圧を印加して、無声放電を起した放電空けき(隙)Gに空気または酸素ガスを通過させオゾンを発生させる。無声放電が起るに必要な十分な条件は、両電極間に誘電体が介在することであり、誘電体の幾何学的構造、材質は多種多様のもので可能である。工業的には図2.に示す同軸円筒外管水冷式のもの最も広く実用されている。オゾナイザのオゾン発生効率は電極温度・空けき温度の上昇とともに低下し、また誘電体の耐電圧も温度上昇とともに低下する。このためオゾナイザでは電極ならびに誘電体を有効に冷却する必要がある。図2.のタイプでは金属電極を直接水冷し、誘電体電極は放電空けきを介して間接的に冷却されている。原料ガスとしての空気または酸素は、水蒸気による発生効率の低下を避けるため、十分乾燥した状態で使用する。

なお後述のオゾン発生特性の実験に使用したオゾナイザは、図2.に示すものと同様であるが、誘電体電極も水冷により、電極壁温を一

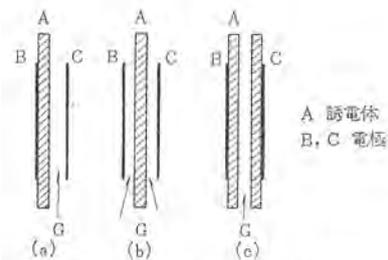


図1. オゾナイザの構造(断面)
Basic configuration of ozonizer (cross view).

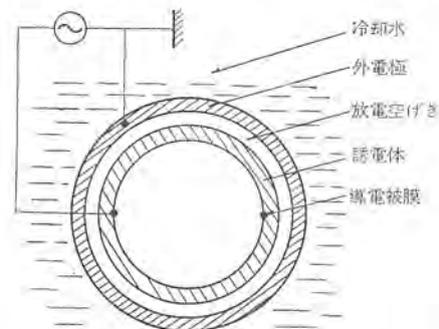


図2. 同軸円筒形オゾナイザの断面
Coaxial column type ozonizer (cross section view).

定に保つようになっている。

3. オゾナイザの電気的特性

オゾナイザ放電は、局所的なパルス状の放電の集合であるが、誘電体の存在により、誘電体に充電されていた電荷の放電によって個々のパルス放電が終了するため、放電はアークに移行することがない。したがっていわゆる静かな放電状況を維持しているため、「無声放電」とよばれている。

無声放電の電気的特性は十分には(把握)されており⁽¹⁾、等価回路による計算により、電圧・電流・電力に関する特性が求められるようになっている。

図3.に電圧 V の時間変化に対する電流 I の変化、および、 $V-I$

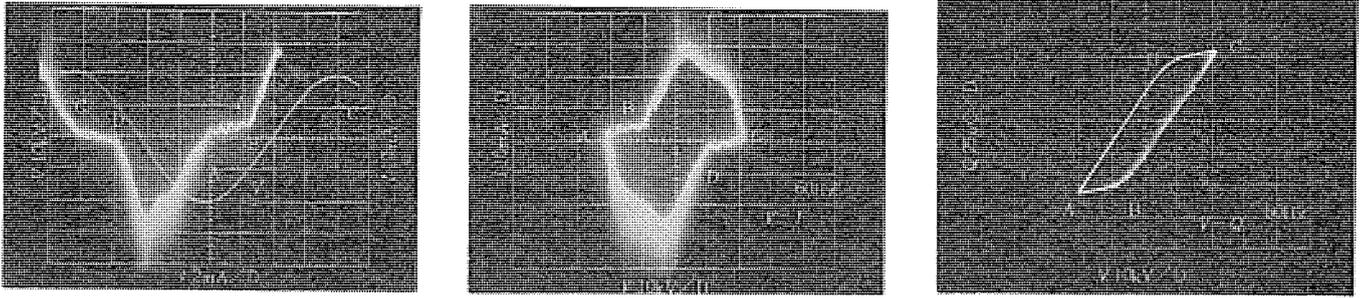


図 3. オゾナイザ放電の電気特性 Electric characteristics of ozonizer discharge.

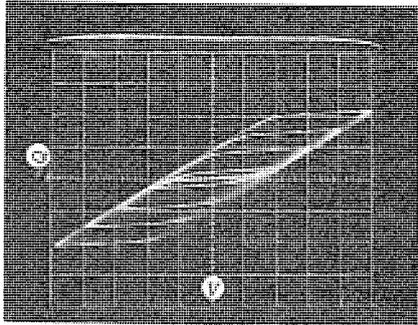


図 4. 印加電圧の変化に対するリサーチ図形の変化 (重ね撮り) V-Q Lissajous' figure for various voltage.

V-Q のリサーチ図形の観測例を示す。Q は I の積分電荷量である。

図 3. により無声放電の様子を説明すると、A-B 部は放電休止期間中であり、電源電圧の上昇に従って空げきの電位差が放電開始電圧 V_s に達すると (B 点) 放電が起り、誘電体表面の蓄積電荷により空げき電位差が放電消滅電圧 V_e までさがったところで放電が止まる。この放電期間が非常に短くパルス状になる。電源電圧の上昇中はこの放電を繰り返す、C 点に至って電圧の上昇が止まると放電も止まり、空げきの電位差が $-V_s$ にまで逆転するところ (D 点) で再び逆極性のパルス放電を繰り返すことになる。

図 3. の V-Q 図形より以下の量が測定できる。

$$\text{平均全電流} \quad \bar{I}_0 = 2fQ_{AC} \quad (1)$$

$$\text{放電電力} \quad W = f \cdot S_{ABCD} \quad (2)$$

さらに AB, BC の dQ/dV が直線であることは、非放電時、放電時とも等価的な容量が存在し、それが一定であることを示している。

$$\left. \frac{dQ}{dV} \right|_{AB} = \left. \frac{dQ}{dV} \right|_{CD} = C_1, \quad \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_g S} + \frac{1}{C_a S} \quad (3)$$

$$\left. \frac{dQ}{dV} \right|_{BC} = \left. \frac{dQ}{dV} \right|_{DA} = C_2, \quad C_2 = \frac{C_g^2 S}{C_g + C_a} \quad (4)$$

ここで C_g , C_a はそれぞれ誘電体と空げきの単位面積当りの静電容量、 S は放電面積である。非放電時は誘電体と空げきの静電容量を直列に接続した静電容量であり、放電時は空げきが放電柱で短絡された時の誘電体の静電容量に近くなる。

放電電力の理論式は前述のようなパルス放電のくりかえしを考えれば、等価回路的に容易に求めることができる。

$$W = f \cdot C_g \cdot S \cdot (V_s + V_e) \{ 2\sqrt{2} V_{eff} - (1 + C_a/C_g) (V_s + V_e) \} \quad (5)$$

ただし、 f は電源周波数、 V_{eff} は電源電圧の実効値である。投入電力は f に比例し、 C_g にもほぼ比例する。電圧に対しては、電源電圧より、空げき長と空げき内圧力によって決まる一定値 (ほぼ放

電開始電圧) を差し引いた電圧に比例して増加する。

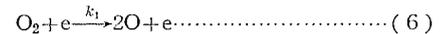
図 4. に電源電圧を増加させた場合の V-Q の変化を示す。放電が起るまでは V-Q は直線となり、放電電力が 0 でとまっているが、放電が起った後は電力 (平行四辺形の面積) が比例的に増加している様子が現われている。

4. オゾナイザのオゾン発生特性

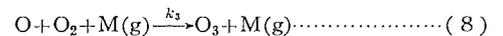
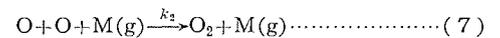
4.1 オゾン生成のメカニズム

無声放電は局所的なパルス放電の集合であるため、コロナ放電の場合と同様に、電子の温度のみが高く、イオンや中性気体分子の温度はほとんど上昇しない。このことは放電生成物の熱分解を防ぐために必ず(須)の条件であり、放電化学反応の本質である。

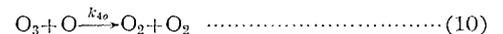
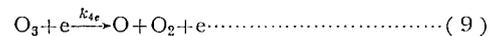
オゾナイザ放電空間で空気からオゾンが生成される機構を単純化して述べると次のようになる。まず高電界中で電子 e が酸素分子 O_2 を解離する。すなわち k を反応速度定数として次式となる。



酸素原子 O は再結合により消滅するか、あるいは O_2 と結合してオゾン O_3 を生成する。これらはいずれも気体分子 $M(g)$ を介しての三体衝突が支配的である。



一方生成された O_3 は e, O との衝突により分解される。



O_3 の分解にはこの外に中性分子による熱分解があるが、冷却の十分におこなわれている通常のオゾナイザでは無視できる⁽²⁾。

O_2 の解離に必要な電子エネルギーは図 5. に示す O_2 の分子レベル⁽³⁾ より求められる。

以上の式をもとにしてオゾン生成を考えると、反応の初期過程では $[O_3] \approx 0$ で、 O_3 の分解の項が無視でき、オゾン生成速度は次のようになる。

$$\left. \frac{d[O_3]}{dt} \right|_{t=0} = 2k_1[e][O_2] \quad (11)$$

逆にオゾン濃度 $[O_3]$ の最大値は $[O]$ と $[O_3]$ の定常状態を仮定して次式のようになる。(k_3 に対して k_2 を無視)⁽⁴⁾

$$\frac{[O_3]_{ss}}{[O_2]} = \frac{k_1}{2k_{4e}} \left(\sqrt{1 + \frac{2k_3 k_{4e}}{k_1 k_{10}} [M(g)]} - 1 \right) \quad (12)$$

さてエネルギーとして加える放電電力とオゾン生成の関係を考える。放電空間では放電電圧が Paschen の Pd 相似則を満足し E/P が一定、従って放電電流を決める電子のドリフト速度も一定とみなし、電子密度 $[e]$ と単位面積当りの電力 $[W]$ の間に次の関係が成立する。 P は放電空げきの全圧、 d は放電空げき長である。

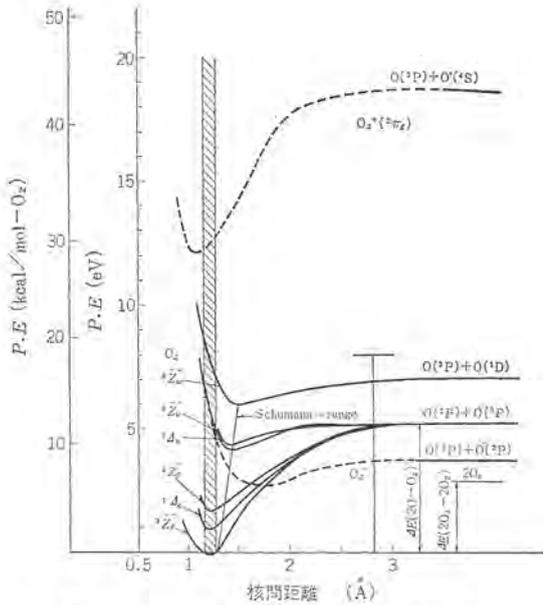


図 5. 主要な O_2 , O_2^- , O_2^+ , O_3 の分子レベル
Important molecular levels.

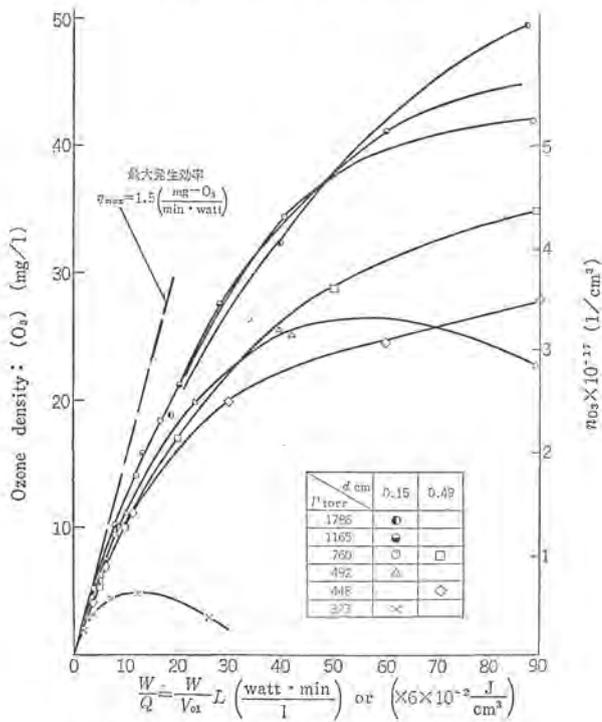


図 6. 投入電力量に伴う生成オゾン濃度の変化
(電極壁温 $T_w=0^\circ\text{C}$)
Ozone density versus power input.

$$[e] = C[W]/Pd \dots \dots \dots (13)$$

$[O_3]$ は空気中では全圧 P に比例するので式(13)を式(11)に代入して

$$d[O_3]/d\left(\frac{W}{Q}\right) \Big|_{t=0} = \text{Const.} \dots \dots \dots (14)$$

が得られる。ここで Q は気体の流量である。この式は $[O_3]$ 対 W/Q の関係が $[O_3] \approx 0$ 近傍では P , d 等の条件にかかわらず一定となることを示している。

オゾン濃度は上述の初期過程より放電管内滞在時間の増加とともに、式(12)の値へ連続的に漸近するのである⁽⁴⁾が、個々の反応速度定数が正確に明らかではなく定量的な扱いはなされていない。

図 6. に P , d を変化させた場合の W/Q に対する $[O_3]$ の実験値を示す。 $[O_3] \approx 0$ では P , d に関係なく $[O_3]/W/Q$ が一定になっていることがわかる。これが後に示す実験の最大発生効率となる。平衡オゾン濃度は P , d によって異なり、 Pd が小さい時には W/Q の小さい時に最高オゾン濃度が生じ、さらに W/Q が増えるとオゾン濃度が低下する結果があらわれている。

4.2 オゾン発生効率

放電電力に対するオゾン生成量すなわちオゾン発生効率 η は

$$\eta = \frac{\text{発生オゾン質量}}{\text{放電電力量}} = \frac{\Delta O_3}{W \Delta t} = \frac{[O_3]}{W/Q} \dots \dots \dots (15)$$

となる。

放電による電子解離を初期過程とする無声放電オナイザーにおける効率 η の理論的上限を求める。すなわち電子が電界より得たエネルギーのうちどれだけが有効に酸素分子の解離に働くかを考え、解離した酸素原子はすべて O_3 になり、生成した O_3 が分解なく取り出せたとした場合である。電子による酸素分子の解離で、はっきりわかっているものは Schumann-Runge 解離であり、平均 8 eV の電子で O_3 生成に有効な O が二つ、したがって O_3 が二つ生成する。 O_3 の O_2 を基準としたエネルギーレベルは 1.46 eV であるから、この時の η は 0.366 となる。一方電子の非弾性衝突を考えると、無声放電中では電子エネルギー分布と衝突断面積を考慮してほぼ同確率で Schumann-Runge 解離と $^3\Sigma_u^+$ レベルへの励起が起る⁽⁷⁾。 O_2 の $^3\Sigma_u^+$ 状態は直ちに解離に向い O_3 生成に寄与するか、あるいは準安定状態となった後、不活性化または O_3 生成が考えられるが、明確にはわかっていない。しかし平均 6 eV の電子で $^3\Sigma_u^+$ の励起が起り二つの O_3 が生成すると η は 0.488 となり、前者との平均をとって η_{max} が約 42% となる。

次に空気原料によるオゾン発生効率の実験結果をみると、前述の図 6. より $\eta_{max,exp}$ は 7.5% (1.5 mg- O_3 /min. watt) となっている。酸素原料の場合も同様に $\eta_{max,exp}$ O_2 が 15% となっているが、これらの実験でもオゾン濃度が最小で 1 mg/l 以上の範囲であり、理論検討で仮定した理想的な条件にはなっていないので、 η_{max} には及ばないものと思われる。

図 7, 8, 9. はそれぞれ W/Q_N をパラメータとして (ただし Q_N は空気の大気圧換算流量である), オゾン発生効率 η に対する放電空けき内圧力 P , 空けき長 d , および電極温度 T_w の影響を調べた実験

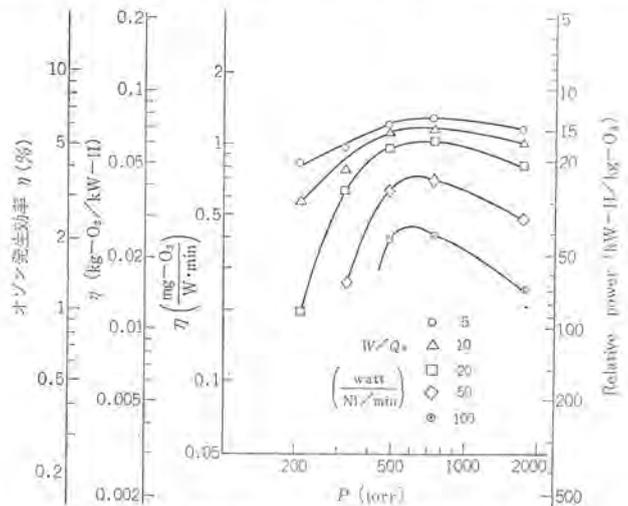


図 7. 圧力とオゾン発生効率 η ($d=0.15$ cm, $T_w=0^\circ\text{C}$)
Ozone production efficiency versus pressure.

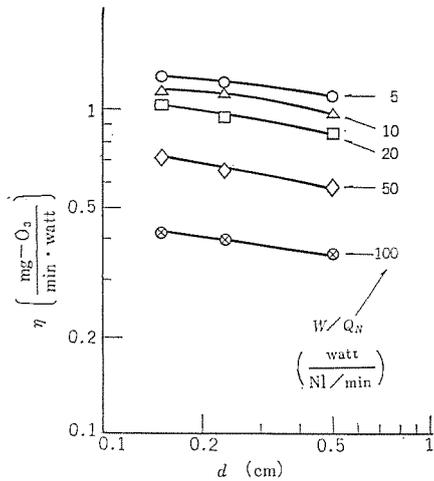


図 8. 放電空け長に対する オゾン 発生効率
($p=760$ torr, $T_{w}=0^{\circ}\text{C}$)
Ozone production efficiency versus
discharge gap.

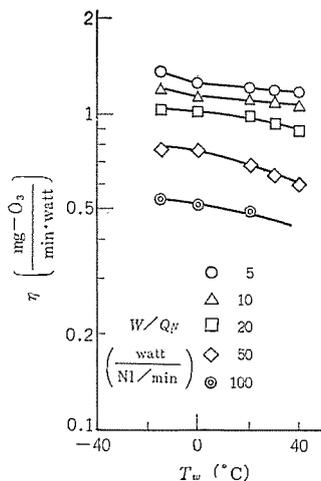


図 9. 電極壁温 T_w に対する オゾン 発生効
率 ($p=760$ torr, $d=0.15$ cm)
Ozone production efficiency versus
wall temperature.

結果を示したものである⁽⁵⁾。すべて空気原料の場合である。

図 7, 8. によって Pd の影響がわかるのであるが, Pd の大きい所で発生効率が減少するのは, Pd の増加に伴い, 無声放電の状況が変化し, 個々のパルス放電が大きなものとなり, 図 10. の B に示すように, 放電こん(痕)もその輝度を増し, かつまばらになってくると対応している。この放電はいわゆる「オゾナイザに好ましくない放電」であり, 電子温度, 電子密度分布などの一様性を仮定した 4. 1 節の議論が適用できない領域である。

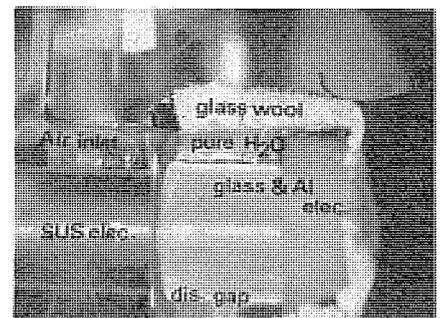
図 7. で P の小さい領域で発生効率が低下するのは, P に比例して $[\text{O}_2]$, $[M_{(0)}]$ が減少するので, 式 (12) より $[\text{O}_3]$ が減少することによるものである。

図 9. で電極温度が上昇すると発生効率が低下するのは, 放電空けきの気体温度が上昇し, オゾンの分解に関する反応速度定数が増加するためである。図 8. の空け長 d の増加による発生効率の低下の要因にも, Pd による放電の変化の影響のほかに, d の増加による空けき内冷却効果の低下による温度上昇があげられる。

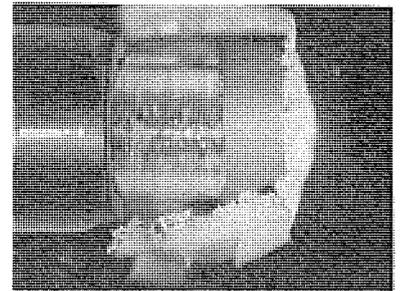
5. オゾナイザ放電空間の発光分析

放電空間の発光を軸方向に集光して分光写真を撮った例を図 11. に示す。このように出てくる光のほとんどすべては窒素分子の 2nd Positive System (${}^2\Pi_u - {}^2\Pi_g$) であり, その他は N_2^+ 1st Positive system と N_2 Gaydon-Herman Singlet System がわずかに見えるにすぎない。 O_2 分子に関するものは全く見られない。これは O_2 分子が効率よく Schuman-Runge 解離の方向へ進行し安定な O_2 励起分子があまり作られないことを示している。事実, 針対針電極でコンデンサによる限流回路を経た火花放電では, O_2 の Schuman-Runge System の発光を我々は観察している。電極の構造による電界の強度のちがいが, 電子エネルギー分布の違いをもたらしたことが原因だと考えられる。

図 11. には, N_2 2nd Positive の (O-O) Band を拡大したのもも示されている。その中の個々の線は, 分子の回転エネルギーに対応するものであり, 発光の強度分布を調べることにより回転温度 T_r を算出することができるが, これは放電柱部分の気体温度と等しいと考えることができる。実験の結果⁽⁶⁾ 周囲温度 $T_w=0^{\circ}\text{C}$, 放電電力密度 0.1 W/cm^2 , 空け長 $d=1.5 \text{ mm}$, 圧力 $p=760$ torr のオゾナイザ放電では



(a) $p=400$ torr, $d=0.15$ cm



(b) $p=760$ torr, $d=0.49$ cm

図 10. オゾナイザ 放電
Ozonizer discharge.

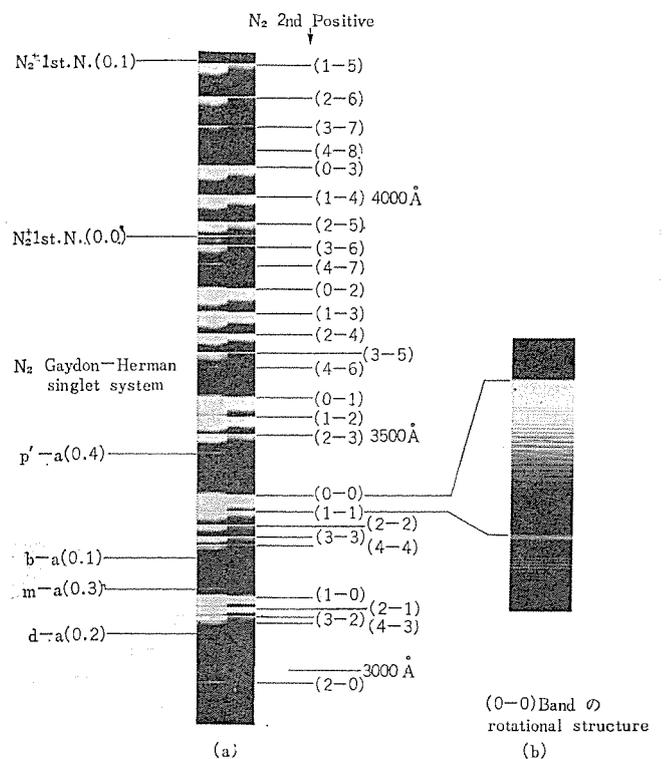


図 11. 空气中 オゾナイザ 放電の発光 スペクトル
Emission spectrum of ozonizer discharge in air.

$$T_r = 3.3 \pm 0.1 \times 10^2 \text{ K}$$

が得られた。定性的に, 電力密度の上昇と共に T_r は上昇し, Pd 値の上昇と共に放電は荒くなり T_r も上昇し, 周囲温度の上昇はそのまま T_r の上昇となる傾向がある。

6. 三菱オゾナイザ

三菱 オゾナイザ は オゾナイザ 構成機器の大部分を共通ベース上にコンパクトにまとめた OS 形 シリーズ と, 顧客の要求で容易に組合せ大形化できる OT 形 シリーズ の二系列をもっている。

表 1. OS シリーズ標準仕様(実験用)
Specifications of OS type ozonizers for laboratory use.

形名	オゾン発生量 g/h (50 Hz/60 Hz)	原料空気量 l/min	冷却水量 l/min	オゾナイザ 放電電力 W	使用電源	外形寸法 mm			概算重量 kg
						幅	奥行	高さ	
OS-1	0.7/0.9	1.5	0.1	20/ 25	AC 100 V	300	200	550	27
OS-4	3.3/4	6	0.2	83/100	AC 100 V	473	505	1,033	100

表 2. OS シリーズ標準仕様(工業用)
Specifications of OS type ozonizers for industry use.

形名	オゾン発生量 g/h (50 Hz/60 Hz)	原料空気量 l/min	冷却水量 l/min	オゾナイザ 放電電力 kW(50/60 Hz)	使用電源	外形寸法 mm			概算重量 kg
						幅	奥行	高さ	
OS-30-D	23/28	40	1	0.5/0.6	AC 200 V	1,380	900	1,700	600
OS-80-D	63/76	100	3	1.2/1.5	AC 200 V	1,660	1,050	1,715	750
OS-150-D	125/150	200	6	2.4/2.9	AC 200 V	1,920	975	1,760	1,100
OS-300-D	250/300	400	15	4.7/5.7	AC 200 V	2,295	1,840	1,900	1,300
OS-600-D	500/600	820	30	9.6/11.5	AC 200 V	2,950	2,180	1,950	2,000
OS-1200-D	1,000/1,200	1,600	60	19.0/23.0	AC 200 V	3,400	2,280	2,430	4,300

表 3. OT シリーズ標準仕様
Specifications of OT type ozonizers.

形名	オゾン発生量 (kg/h)	原料空気 (m ³ /h)	冷却水量 (l/mm ²)20°C	オゾナイザ放電電力 (kW)60 Hz	使用電源 3φ	オゾナイザユニット構成
OT-2	2.0	160	130	35.0	AC 400 V	1×2
OT-2.5	2.5	200	160	43.8	AC 400 V	1×2.5
OT-3	3.0	240	190	52.5	AC 400 V	1×3
OT-4	4.0	320	255	70.0	AC 400 V	2×2
OT-5	5.0	400	320	87.5	AC 400 V	2×2.5
OT-6	6.0	480	380	105.0	AC 400 V	2×3

表 1, 2, 3. にそれぞれ, OS 形シリーズ実験用, OS 形シリーズ工業用, OT 形シリーズの標準仕様を示す。なお OT 形シリーズは発生量 6 kg/h 以上のものも OT 形の基本ユニットの組合せにより, 短納期で納入できる体制をとっている。

6.1 OS 形 オゾナイザの構造と構成

OS 形 オゾナイザは, 図 12. に示すようにオゾナイザ本体, 高電圧変圧器, 空気圧縮機, 空気乾燥機, 制御装置および操作盤から構成され, 空気圧縮機を除いて共通ベース上にコンパクトにまとめられている。図 13. と図 14. にその外観の一例を示す。

(1) オゾナイザ本体

三菱 オゾナイザは同軸円筒形で, 本体内に外壁が水冷された接地不



図 13. 三菱 オゾナイザ OS-150-D
Mitsubishi ozonizer OS-150-D.

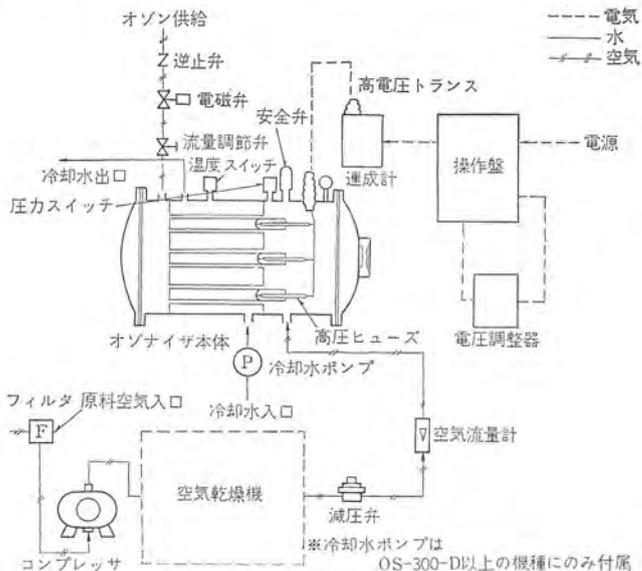


図 12. 三菱 オゾナイザの標準フロー図
Flow diagram of Mitsubishi ozonizer.

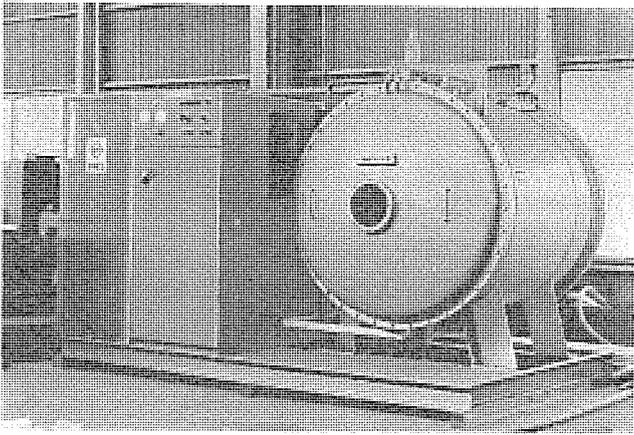


図 14. 三菱 オゾナイザ OS-1200-D
Mitsubishi ozonizer OS-1200-D.

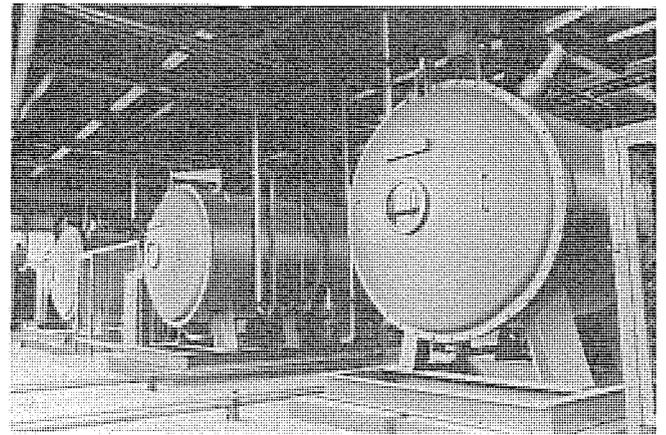


図 15. 大形三菱 オゾナイザ 設置例 (OT-8)
Example of large type ozonizer (OT-8).

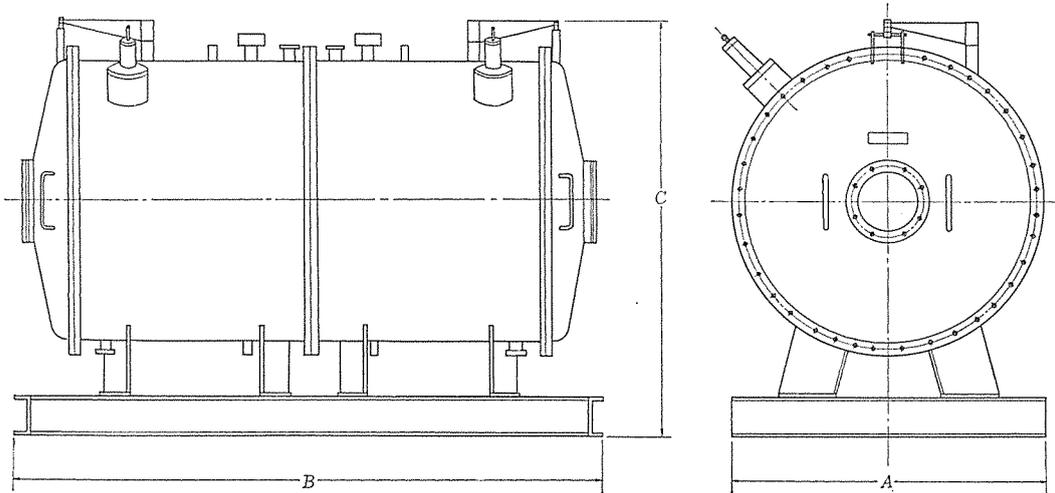


図 16. 大形 オゾナイザ 本体外形図
Outline of large type ozonizer.

しゅう(銹)鋼電極管、内管として導電皮膜を内面に有する特殊ガラス製の高電圧電極管を同軸に多数設け、同軸円筒間の放電空げきに乾燥空気を通し、オゾン発生させる構造としている。

冷却は限られた冷却水で電極管を一定温度以下になるように、均一に効率よく冷却できる構造としている。

高電圧電極管には高圧ヒューズが設けられており、万一高電圧電極管が破壊した場合にも、直ちにその高電圧電極管のみを電源より切り離すようになっている。したがってオゾナイザは停止することなく連続運転が可能である。高圧ヒューズは耐オゾン性のある高電圧小電流を限流するために開発したものである。

その他にオゾナイザ本体には、冷却水温度の異常上昇を検知する温度検出器、内部の異常圧力上昇および低下を検知する圧力スイッチ、安全弁を設けている。

(2) 空気乾燥装置

原料空気の乾燥度は、オゾン発生量を低下させるのみでなく、高電圧電極管にも悪影響をおよぼすので、オゾナイザ用に特に考慮した空気乾燥装置を設置している。

空気乾燥装置は、空気圧縮機と空気乾燥機からなり、空気乾燥機は、空気冷却器、吸着再生を自動的に行う吸着式除湿器、水滴、油気分その他不純物を除去するフィルタ類、等から構成され、夏季の高湿多湿の悪条件でも連続的に必要な高乾燥度(露点 -45°C 以下)

を維持できる性能を有している。

(3) 操作盤(制御装置)

オゾナイザの運転は、一つの起動・停止ボタンで簡単に行なえる。すなわち、各構成機器の連動運転シーケンスが操作盤内に納められており、他の関連機器(送水ポンプ、送風機等)との連係運転、インタロックも容易にできるように考慮されている。

オゾン発生量の制御は電圧調整器で行なうが、電圧調整器は電動操作式であり、別に用意した制御回路を組合せることにより、オゾン発生量の最適制御も可能である。

オゾナイザの運転指令は操作盤及び中央制御盤の両方からできるように切換えが可能である。

6.2 OT形オゾナイザの構成

OT形オゾナイザの標準フローはOS形とほぼ同じであるが、構成機器の配置、ユニット構成による大形化等の自由度が特長であり、プラント仕様として顧客の要求にマッチした製品を短納期で納入できるようになっている。図15にOT-8の設置例を示す。

オゾナイザ本体は運搬、配置の任意性、生産性を考慮のうえ、基本となる三つのユニットを設け、任意に組合せる。オゾナイザ本体の外形図を図16に、OT形シリーズの基本ユニットを表4に示す。

6.3 三菱オゾナイザの特性

OS形およびOT形オゾナイザのオゾン発生特性を図17に示す。各

表 4. 大形 オゾナイザユニットの構成
Configurations of ozonizer unit.

オゾナイザ ユニット	オゾン発生 量 (kg/h)	本体外形寸法(mm)			高電圧変圧器(mm)		
		幅(A)	奥行(B)	高さ(C)	幅	奥行	高さ
2	2	1,420	3,500	2,000	1,140	650	1,240
2.5	2.5	1,520	3,500	2,100	1,090	850	1,440
3	3	1,620	3,500	2,180	1,090	850	1,440

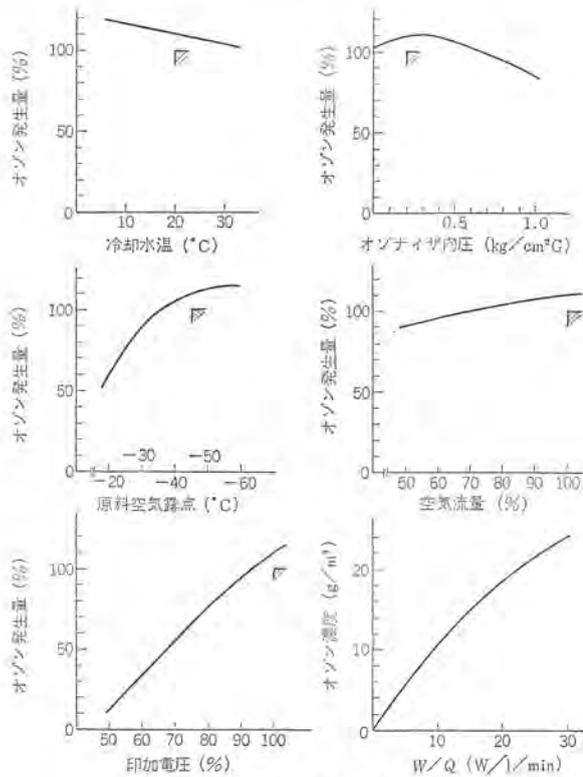


図 17. 三菱オゾナイザのオゾン発生特性
Characteristics of "Mitsubishi ozonizer".

特性は、冷却水温 20°C、原料空気露点 -45°C、オゾナイザ内圧 0.2 kg/cm²G、その他は標準仕様条件に設定し、変化要因のみを変化させた時のオゾン発生量の変化を示している。図中印字は仕様に示す定格値であり、実際の特性は定格値より 10% の余裕をもっていることがわかる。

7. むすび

三菱オゾナイザは発売以来、オゾン利用水処理、あるいは脱臭その他の空気処理プラント用として、オゾン発生量数 kg/h から小は実験用オゾナイザとして数 g/h のものまで多数の納入実績をもち、好評裏にか(稼)動している。

ここでは無声放電式オゾナイザの基礎的な特性について述べ、あわせて三菱オゾナイザの仕様・構造・特性について説明した。オゾナイザの設置あるいは検討の際に少しでも役に立てば幸である。

参考文献

- (1) 電気学会：オゾナイザハンドブック，コロナ社（昭35）
- (2) S. W. Benson & A. E. Axworthy：Ozone Chemistry and Technology, American Chemical Society, p. 398 (1959)
- (3) L. Hosselet：Ozonbildung mittels Elektrischer Entladungen, TH-Report, 71-E-19, ISBN 90 6144
- (4) J. C. Devins：J. Electrochem. Soc., 460 (1956)
- (5) 田畑，八木：電気学会放電研究会資料，ED-73-19（昭48）
- (6) 八木，田畑：電気学会全国大会（1974），オゾナイザ放電空間の温度-分光による回転温度の測定
- (7) R. D. Hake and A. V. Phelps：Phys. Rev., 158, 70 (1967)

オゾンによる悪臭処理

吾妻 健国*・土居 邦宏*・森川 允弘*
古瀬 元博**

Deodorization with Ozone

Central Research Laboratory Kenkoku Azuma・Kunihiro Doi・Masahiro Morikawa
Fukuoka Works Motohiro Kose

Deodorizers with ozone are extensively put into practice for the treatment of bad smell from sewage and urine disposal works. Studies are still going on toward the application of them for the treatment of exhaust gas and waste water of kraft pulp factories and marine product processing plants.

In this article are first described the outlines of deodorization theory with ozone and examples of successful deodorization of the gas and water referred to. The cases of similar treatment are also stated for food processing work's exhaust made by Mitsubishi members. Then reported is possibility of accelerating the reactions on the surface of activated carbon with ozone in the case of mercaptan and of hydrogen sulfide in which gas phase oxidation with ozone is not fast enough.

Lastly mentioned is trial manufacture of deodorizing apparatus consisting of a scrubber with ozone dissolved water as an absorbent an activated carbon bed provided at the end. The study of its performance is among the discussion. The apparatus is proved successful in experiments and anticipated result is obtained. Further improvement, however, is needed for practical purposes.

1. ま え が き

近年 オゾンは無声放電式発生機の普及により工業的にも利用できるようになった。用途は種々の工業排水の浄化、排気の脱臭、上水の脱臭、さらに最近では排煙脱硝や脱硫にも応用分野が拡大されようとしている。

本報では悪臭性排気の脱臭について報告する。まずオゾンと悪臭物質との反応、オゾン脱臭装置の概要と応用分野を紹介し、次いで当社で行なった脱臭効果の実測例を説明する。最後にオゾン溶解水洗浄方式による二、三の悪臭の処理結果と生活排水処理用の散水ろ床内の悪臭の脱臭効果を報告する。

2. オゾンによる脱臭

2.1 オゾンと悪臭物質との反応

オゾンによる脱臭反応は、悪臭物質のオゾンによる酸化分解とオゾン臭と悪臭との中和作用によるとされている。酸化分解反応は水蒸気の共存によって強められる。したがって被処理ガスを水洗処理して加湿することがオゾンによる脱臭効果を高めるための必(す)須条件である。水洗を併用すれば、オゾンでは脱臭が望めないアンモニア等の除去効果と、水溶性臭気物質を水中に吸収し必要オゾン量を低下させる効果を期待できる。

反応温度に関しては当然のことながら、オゾンの熱分解損失が少ない範囲内で高温であることが好ましい。W. M. Jones らの報文⁽¹⁾にもとづいて考察すると、オゾンの熱分解速度は酸素がオゾンよりもはるかに高濃度で共存すれば式(1)のようにあらわされる。

$$-d(O_3)/dt = k(O_3)^2/(O_2) \dots \dots \dots (1)$$

$$k = 2.96 \times 10^{15} \exp(-30,450/RT) \text{ sec}^{-1}$$

式(1)から求められる理論分解速度と対比して、窒素、酸素、水蒸気および炭酸ガスから成る合成ガス中での実測値を図1. に示した。図によれば実測値の方が理論値よりもかなり分解が激しい。し

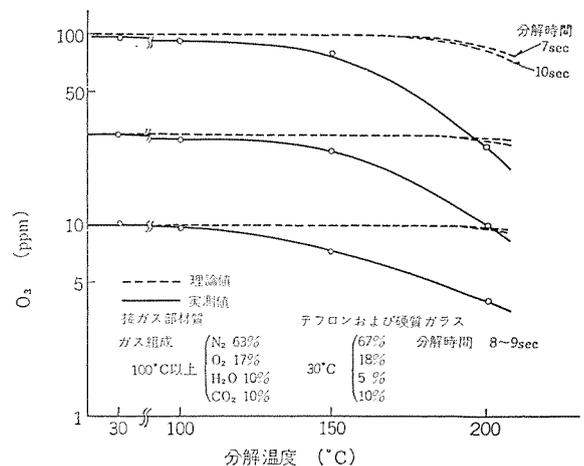
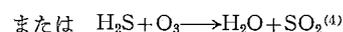
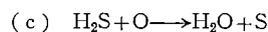
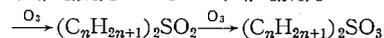
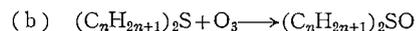
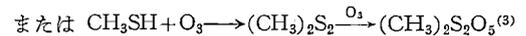
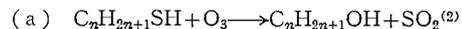


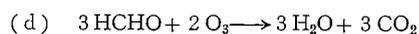
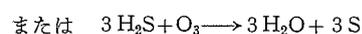
図1. オゾンの熱分解
Thermal decomposition of ozone.

かしこの測定条件下(反応時間8~9秒)でも温度を150°C近くまであげられることは可能である。

次に悪臭物質とオゾンとの化学反応式を下記に引用した。各成分ともオゾンによって酸化分解されてよりにおいの弱い物質または水洗等により除去しやすい物質に変化している。



$$dC_{SO_2}/dt = 22.8 \exp(-6,500/RT) C_{H_2S}^{0.5} C_{O_3}^{1.5} \\ (\mu \text{ moles/l min})$$



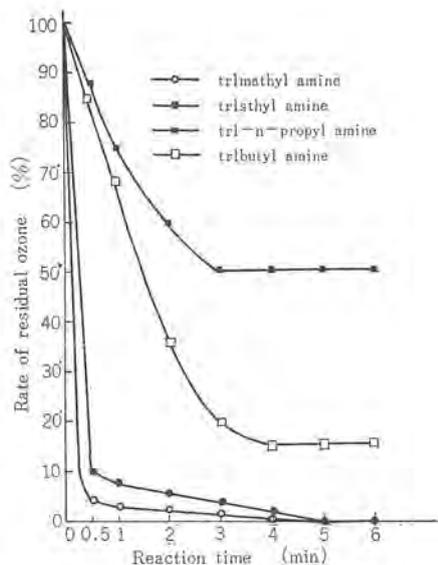


図 2. 三級アミンとオゾンの反応速度
Reaction velocity of tertiary amine and ozone.

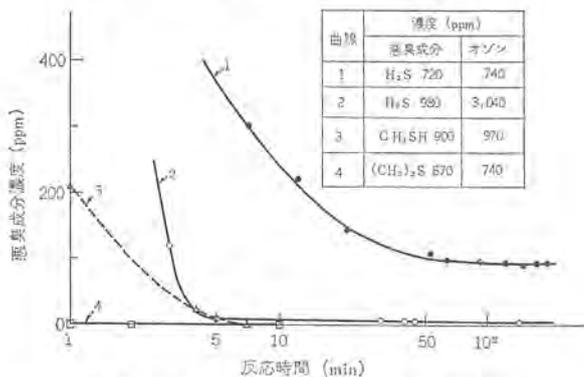
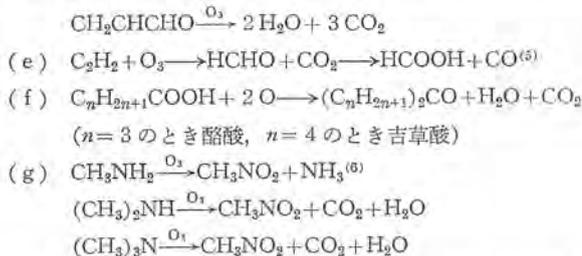


図 3. オゾンによるいおう系成分の分解速度
Decomposition velocities of sulfur compounds by ozone.



うえの化学反応式に含まれていない中間生成物 (たとえばアルデヒドやカルボン酸) を生ずる反応⁽⁷⁾も報告されており、反応は単純ではない。また速度論的取扱いのなされているものは比較的少なく、今後の研究進展に期待されるところが大きい。しかし一般論として同一系列に属する化合物、たとえばメルカプタン類、同じ級のアミン類等に対しては分子量の小さいものほど反応性が大きい傾向にある。

図 2. は奥野ら⁽⁸⁾が濃度 0.75 mole/l のアミン系物質について当量のオゾンによる 30°C での分解速度を追跡した結果の一例であり、図 3. は筆者らが室温 (27~30°C)、密封硬質ガラス反応器内で 3 種のいおう系悪臭成分について乾燥空气中で、オゾンとの反応性を実測した結果である。このようにサルファイド類や低級アミン類はオゾンとの反応性に富むものが多い。したがってこれらの物質を主要な悪臭成分とする発生源、たとえば下水臭、し尿臭、クワフバルブ排気・排水、魚腸骨処理場の排気等に対してはオゾン脱臭装置は有望である。それらのうちオゾンによる下水・し尿臭脱臭装置は古くから実用化されている。その例はすでに 1930 年代にニューヨークの下水処理場に

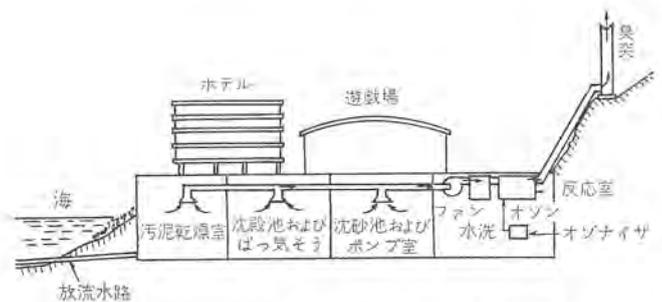


図 4. 下水処理場のオゾン脱臭装置
Deodorizing plant with ozone at a sewage treatment plant.

表 1. 悪臭発生源と必要オゾン量
Necessary ozone concentrations for deodorizing several odorous gas sources.

発生源	最小必要量	必要量	臭気成分	
			主成分	その他
下水処理場	0.3~0.6 ppm	0.45~0.9 ppm	硫化水素 アンモニア	アミン類 メルカプタン サルファイド
魚腸骨処理場	1.0~2.0 ppm	1.5~3.0 ppm	アミン類	アンモニア 脂肪酸
し尿処理場	1.0~1.5 ppm	1.5~2.3 ppm	硫化水素 アンモニア	有機脂肪酸 メルカプタン メンドール スカトール

ある。国内の実施件数も多数あり、150 件を越えている山である。最近では地下式または半地下式のものも多く、図 4. に下水臭処理用オゾン脱臭装置の構成例を示した⁽⁹⁾。図において沈砂池およびポンプ室、沈砂池およびばっ(曝)気室等からの臭気はブローで吸引され、洗浄そう(槽)で水洗された後 1 ppm 以下のオゾンを注入され、一定時間反応室に滞留し脱臭反応を行なわせてから臭突を通して外部に放出される。オゾンとの接触時間は 5 秒以上必要であるが、この実施例では 15 秒接触させている。吸引ガス中の硫化物はオゾンによってスルホンに、アミン類は酸化アミンに完全酸化されるという。従来の実施例を参考にして脱臭に必要なオゾン量を表 1. に示した。

2.2 食肉加工工場排気のオゾンによる脱臭実施例

食肉から油脂を製造する工程からは、特有の臭気を発生し、これが悪臭公害として住民から問題にされる例が多くなってきた。この種発生源からの悪臭ガスの組成は複雑であるが、アミン類・酪酸などの脂肪酸類・硫化水素・メルカプタンなどのいおう化合物を含んでおり、オゾン脱臭の適用対象とされている。オゾンの適用方法としては、

- (1) 水洗とオゾン処理との組合せ
- (2) 水洗、オゾン処理、活性炭吸着の組合せ
- (3) 後述のオゾン溶解水洗浄方式

が考えられるが、ここでは、最も簡単な(1)の水洗とオゾン処理組合せ方式を、某食品加工工場の排気(500 Nm³/min)の脱臭に実施した例を紹介する。

処理対象は、同工場で食肉から油脂を製造する作業場の、クッカー(蒸気加熱装置)の食肉投入口、油脂取出口、油脂貯留そう、ホッパーなどから発生する悪臭ガスであり、脱臭設備設置目的は、作業環境の改善と同工場から 500 m~1 km 離れた住民からの苦情対策である。処理方式は、2.1 節で説明した水洗処理とオゾン処理の併用方式とし、悪臭ガスは、図 5. に概略フローを示したように、主な発生箇所 7 か所からフード、ダクトを設けて脱臭装置に導き、まず水洗塔で水洗処理した後、オゾン注入して、う(迂)回式の反応そうにおいてオゾン処理をし、最後に臭突を通して大気中へ放出するようにし

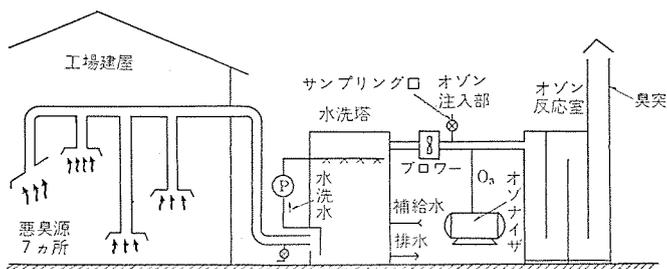


図 5. 食肉加工工場排気のオゾン脱臭フロー例 (水洗処理+オゾン処理) 方式の場合
Deodorizing plant using O₃ for meat packing exhaust gas.

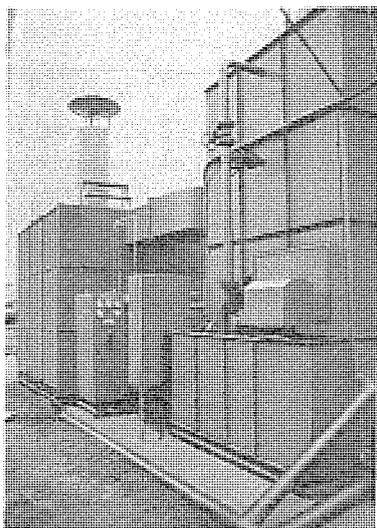


図 6. 食肉加工工場排気のオゾンによる脱臭装置
Ozonation-deodorizing plant for meat packing exhaust gas.

た。

脱臭装置の概略仕様は、

- (1) 処理風量： 500 Nm³/min (リミットロードファン, 22 kW)
- (2) 処理方式： 水洗処理+オゾン処理
- (3) 水洗塔： 合成繊維不織布フィルタ充てん(填)式, 洗浄水循環水量 500 l/min (約 1 割の清水を連続補給), L/G=0.83
- (4) オゾナイザ： 三菱 オゾナイザ OS-150 D, オゾン発生量可変, 最大 150 gO₃/h, 空気量 200 l/min
- (5) オゾン注入： 注入濃度可変, 最大注入濃度は処理風量に対して, 2.4 ppm まで
- (6) 反応そう： 5 回式, 容積 27 m³

であり, ファン, ポンプ類は, プラント操作盤にて, オゾナイザと連動運転するようにした。外観写真を図 6. に示す。なお, 本設備の計画時点では, 現在の悪臭防止法に指定された臭気成分の測定法が決っておらず, 処理目標は, 6 段階法の臭気強度 2 程度を目標とした。

次に, 運転結果であるが, 本設備設置により, 作業場の環境が明らかに改善されたことはもちろんのこと, 周辺住民からの苦情対策としても所期の効果をあげることができた。設置直後の脱臭装置の脱臭性能を, 臭突出口の臭気について 6 段階法でテストした結果は, 臭気強度は 2 程度であり, また, ASTM 法 (注射器法) による臭気濃度 (TO 値) を装置入口と出口において測定した結果に基づいた脱臭率は 80~90% であった。その後, 悪臭防止法に決められているアンモニア, 硫化水素, メチルメルカプタン, 硫化メチルおよびトリメチルアミンの 5 成分の濃度を, 処理装置前後からフレックサンプラー (日本エ

アーウィック社製) に同時にサンプリングして持帰り測定した。アンモニアは吸光光度法(約 450 mμ) における化合物は吸光光度検出器(FPD) を検出器としたガスクロマトグラフ法 (充てん剤は 1, 2, 3 TCEP 25% on Shimalite), トリメチルアミンは水素炎イオン化検出器 FID によるガスクロマトグラフ法 (充てん剤は, ジグリセロール 15%, テトラエチレンペンタミン 5% NaOH 2%) により, JIS 法に基づいて行なった。日を変えての数回の測定ではあるが, 原臭気ガス(脱臭装置入口) 中の濃度 (ppm) はアンモニア 1.4~2.5, 硫化水素 0.14~0.25, メチルメルカプタン 1~4.3, 硫化メチル 0.14~0.37, トリメチルアミン 0.2~0.38 であり, (水洗+オゾン) 処理による除去能については, アンモニアと硫化水素は約 50% の除去率だが, 満足すべき濃度に処理されており, 臭覚しきい(閾)値のより低いメチルメルカプタン, 硫化メチルおよびトリメチルアミンは 80~95% の除去率で除去されていた。また, これら 3 成分のオゾン処理における反応速度の序列は, 硫化メチル>メチルメルカプタンであることは明確であり, また硫化メチル>トリメチルアミン>メチルメルカプタンの順序にあることがうかがえた。

2.3 クラフトパルプ排気・排水のオゾンによる脱臭効果

2.3.1 クラフトパルプ排水の脱臭

まず有機いおう系の悪臭とテルペン系の刺激臭を発生するクラフトパルプ系の排水をオゾン処理した結果を紹介する。原臭の臭気濃度は ASTM 法⁽¹⁰⁾で測定して 11,700 に達したが, 常温ないし 50°C でオゾンで 1 ml あたり 0.30 mg 吸収させると臭気濃度は 1/16 に減少し, 感応臭気もエーテルのようにおおいに変化した。図 7. に原水, 原水を空気ばっ気後またはオゾン化空気ばっ気後の臭気濃度の測定結果を示した。

また試料水に塩酸を加え溶存臭気成分を気中に放出させてガスクロマトグラフで測定したが, 原水ではメチルメルカプタン, 二硫化メチル, 微量の硫化水素, 硫化メチル等が検出された。それらは上述のオゾンばっ気によって硫化水素が 80~90%, その他のものは 99.7% 以上の割合で除去された。図 8. に各臭気成分の濃度変化を示した。なお原水はリグニンによって淡い茶色に着色していたが, オゾンばっ気によって完全に脱色された。試料水の pH は原水で 7.5 あったものが, 処理後 2.7 まで低下した。処理フローとして図 9. のような構成が考えられる。

2.3.2 クラフトパルプ排気の脱臭

次にクラフトパルプ排気の脱臭結果について紹介する。悪臭としては質的にはメチルメルカプタン, 硫化メチルを主成分とする発生源(パルプの蒸解, 洗浄工程)と硫化水素を主成分とする黒液酸化塔や石灰焼成炉等からの排気に大別される。これらに対してオゾンによる脱臭を

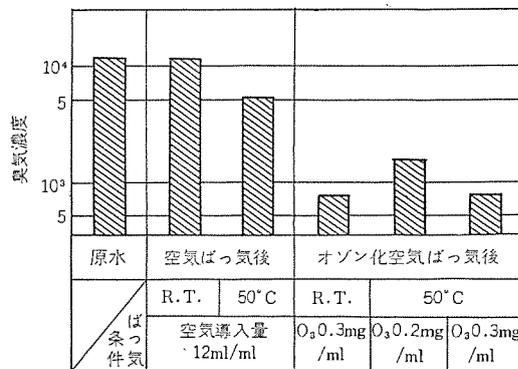


図 7. パルプ排水のオゾン脱臭効果
Deodorizing effects with ozone for a waste water from pulp mill.

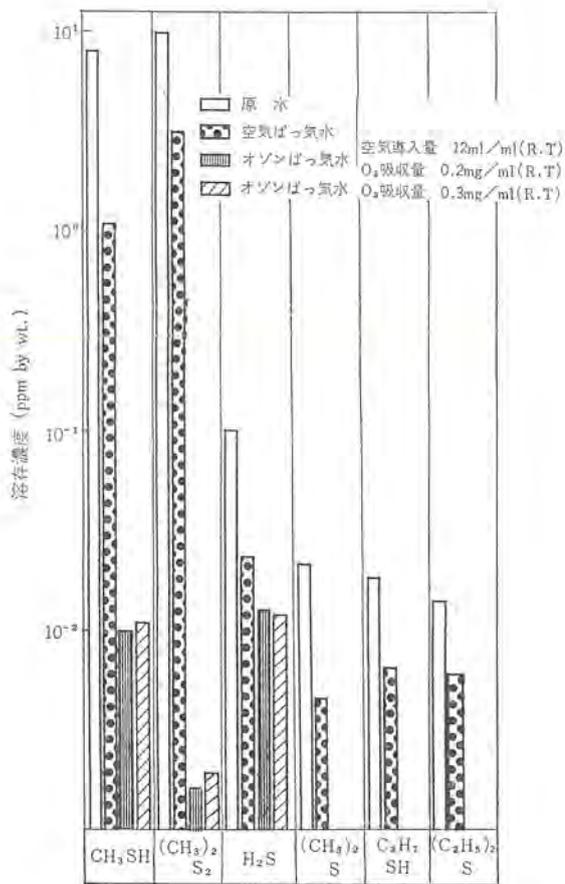


図 8. 溶存臭気成分の濃度変化
Variations of concentrations of dissolved odorous components.

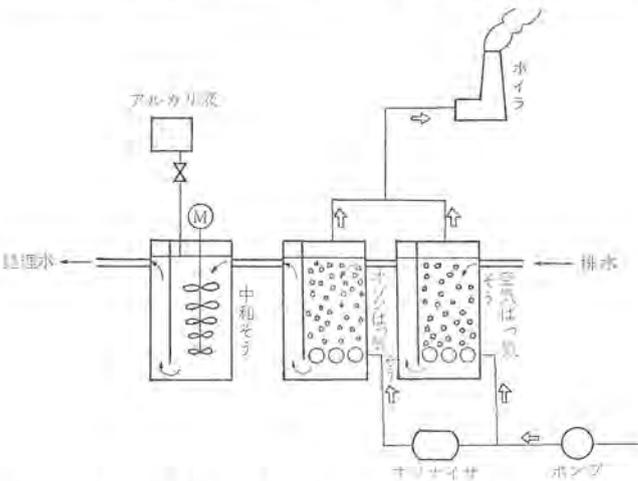


図 9. 排水脱臭装置の基本構成例
Example of fundamental flow for waste water deodorization.

試みた。有機臭気成分 (約 130 ppm) に対しては飽和水蒸気共存下、 40°C でオゾンを追加し、ガスクロおよび北川式検知管で臭気成分の追跡を行なった。オゾンの濃度はドレーゲル検知管で測定した。その結果、オゾン添加量が 80~90 ppm のときオゾンは 2.4 秒以内に消費した。オゾン添加物が 160 ppm を越えると臭気成分が 2.4 秒以内に消費した。結果を図 10. および図 11. に示した。しかしオゾン濃度と臭気成分が同一濃度に近いところでは、反応時間 6 秒後でも二硫化メチルとオゾンが 30 ppm 近く残存し、単位の短時間では反応は完結しなかった。このような場合にはオゾンを通り過ぎて臭気成分を完全に分解させた後、余剰オゾンに活性炭または還元剤を含む洗浄塔で除去する方法が望ましい。硫化水素とオゾンとは前述の反

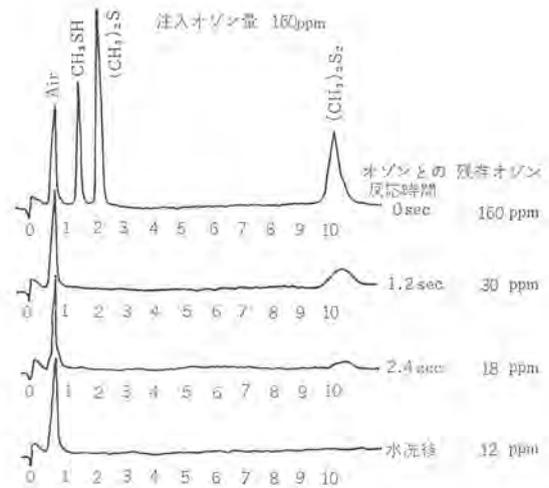


図 10. オゾンと悪臭成分との反応性—(1)
Reactivities of ozone with odorous components—(1).

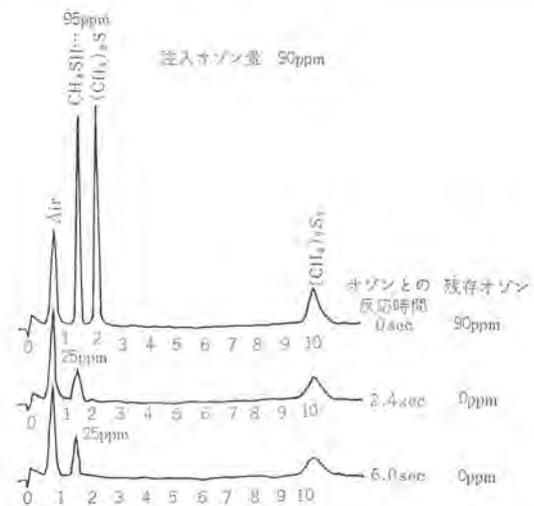


図 11. オゾンと悪臭成分との反応性—(2)
Reactivities of ozone with odorous components—(2).

応速度定数からも推察されるように気相での反応はおそい。事実、石灰焼成炉排ガス (硫化水素濃度 518 ppm) にオゾン を 43 ppm 添加したが、反応時間 4 秒後にオゾンは半減するものの完全に消費されはしなかった。

2.4 固体表面での悪臭のオゾン酸化

希薄な悪臭ガスをオゾンで酸化する場合、常温における気相反応では短時間に十分な反応を行なわずすることは困難な場合が多い。筆者らはオゾンと悪臭の混合ガスを活性炭や金属酸化物触媒充てん層に導入し、オゾンによる悪臭の分解反応を促進させることを試みた。悪臭成分として硫化水素を用いて実験した結果、活性炭やマンガ、ニッケル、鉄等の酸化物触媒充てん層について従来の気相反応と比較して顕著な反応速度の上昇が観測された。図 12. に 4~6 ヶ月の空気浄化用ペレット状活性炭充てん層でオゾンと硫化水素の混合ガスを処理した場合の硫化水素の除去能力と、単なる気相反応 (5 秒) または活性炭による硫化水素の吸着の場合のそれとを比較して示した。図 13. は図 12. と同じ条件下で二硫化メチルが 4.5 ppm 共存するメチルメルカプタン含有空気を処理したときのデータで、8 時間被処理ガスを連続通気後のものである。図にも示されているようにこれらの臭気成分に対しては活性炭吸着だけでも効果的である。しかし常温でのオゾンによる気相酸化は 5 秒間の反応時間では不十分であり、

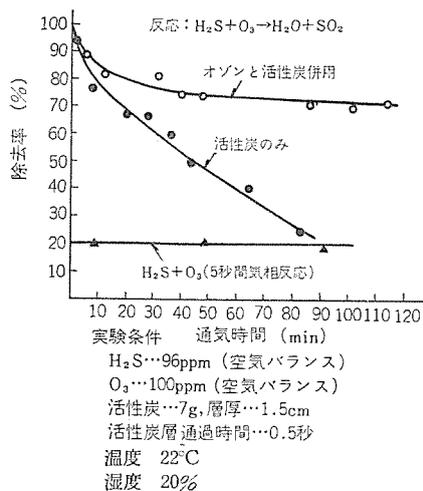


図 12. 硫化水素の除去率の経時変化
Variation with time of hydrogen sulfide eliminating efficiency.

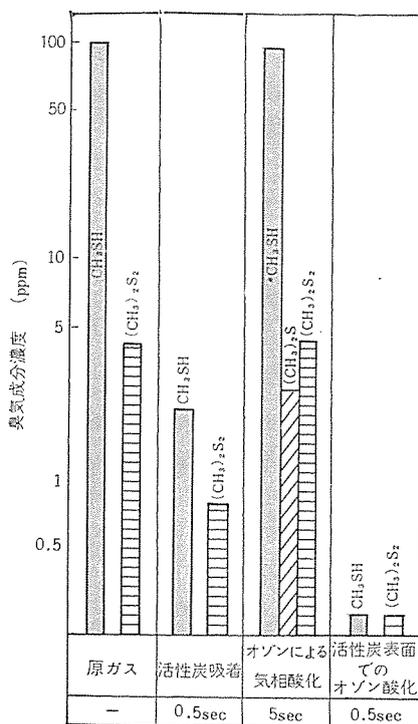


図 13. メチルメルカプタンおよび二硫化メチルの除去能力
Elimination of methylmercaptan or dimethyl disulfide.

メルカプタンから部分的に硫化メチルの生成もみられた。

なお固体充てん物としては余剰オゾンの分解能力、使用後の処分、コスト、再生等を考慮すれば活性炭が有利である。この方式の問題点としては活性炭充てん層の寿命の推定と、簡単な再生方法の開発が残されており、洗浄法や水蒸気賦活法を検討中である。

3. オゾン溶解水洗浄方式による悪臭の処理

新しいオゾン脱臭方式として筆者らはオゾンを水中に溶解させた洗浄水を循環させる水洗塔とその後段に活性炭充てん層とを備えた装置を試作し種々の悪臭の処理を行なった。装置の概要を図 14. に示した。図において被処理ガスはブローで水洗塔に送入されるが、塔内の充てん部を通過する際オゾンを含む洗浄水と気液接触する。しかる後デミスタ、活性炭充てん層を通過し外部に放出される。オゾン発生機で発生させたオゾンはオゾンばっ気そう中で循環水と接触し、

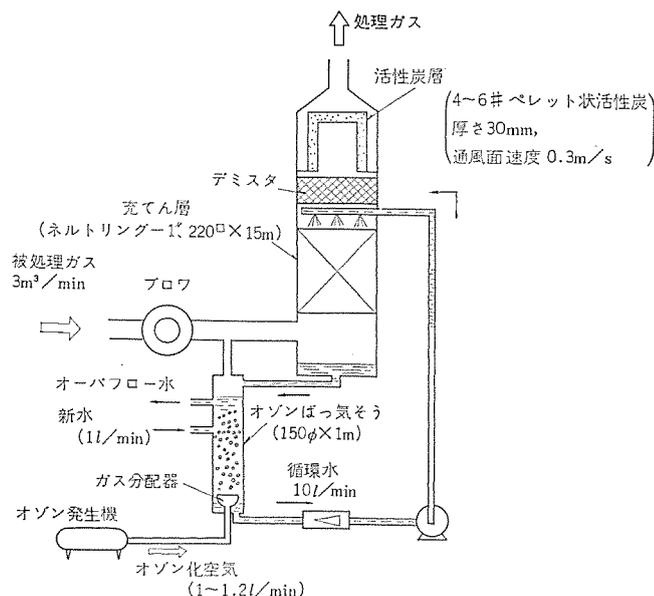


図 14. オゾン溶解水洗浄方式の脱臭実験装置
Experimental apparatus for deodorization by scrubbing with ozone-dissolved water.

約 80% が循環水中に溶解する。約 20% の未溶解オゾンは被処理ガスが水洗塔に入る前に被処理ガス中に混入される。オゾンばっ気そうで作成されたオゾン含有水はポンプによって水洗塔に送入され、循環使用される。なお循環水には循環水量の約 1 割の新水を補給した。新水には実験室的には活性炭によって塩素を除去した上水を使用した。この方式は (1) 水洗塔内での低級アミン類等水溶性の悪臭物質の吸収と液相内でのオゾン酸化、(2) 活性炭表面での硫化物等非水溶性悪臭物質のオゾン酸化および余剰オゾンの分解除去、(3) オープフロー水のオゾンによる脱臭を目的としている。

3.1 オゾンの分布

まず、オゾンばっ気そう内でのオゾンの吸収について考察する。純水に対するオゾンの溶解度⁽¹⁾は温度が低い程大きく、ヘンリー定数 m (mole $O_3 \cdot H_2O / \text{mol } O_3$) は 0°C で 1,940, 10°C で 2,480, 20°C で 3,760 である。したがってオゾンばっ気そうに導入されるオゾン濃度を 8,000 ppm とすれば純水中の平衡オゾン濃度は重量比で示すと 0°C で 11 ppm, 10°C で 8.6 ppm, 20°C で 5.7 ppm となる。また図 12. のような気液向流接触装置でのオゾンの吸収効率の最大値は、希薄なガス成分の吸収の際に適応される物質収支の式(2)においてその底部で気液平衡関係式(3)が成り立つとして、式(4)のように求めることができる。

$$G_M(y_B - y_T) = L_M(x_B - x_T) \dots \dots \dots (2)$$

$$y_B = m x_B \dots \dots \dots (3)$$

$$(y_B - y_T) / y_B = 1.6 L / m G \dots \dots \dots (4)$$

ここに

G_M, L_M : 空気および純水のモル流速

G, L : 空気および純水の重量流速

x_B, x_T : 塔底および塔頂における水中オゾンのモル分率

ここでは $x_T = 0$ とする。

y_B, y_T : 塔底および塔頂における空気中のオゾンのモル分率

いま $L/G = 8.34 \times 10^3$ のとき、オゾンの最大吸収効率は 0°C で 69%, 10°C で 54%, 20°C で 36% となる。しかし水深 1 m のオゾンばっ気そうを用いて 18°C , オゾン濃度約 6,000 ppm, $L/G = 1 \sim 3.5$ の範

表 2. オゾン濃度分布
Distributions of ozone concentration.

被ガス比(L/G)		3.54	2.56	1.77	1.02
洗浄水量L(kg/min)		14	10	7	4
オゾン濃度(ppm)	オゾン	6,300	6,240	5,790	6,240
	ばっ気そう	1,290	1,350	1,320	1,390
	C _B	0.78	0.96	0.96	1.2
	C _T	0.24	0.18	0.18	0.13
水洗塔内の充てん物層	C _B	0.49	0.51	0.5	0.52
	C _T	2.2	1.8	1.4	1.0

注) 被処理ガス量 3.2 m³/min, オゾン化空気導人量 1.2 l/min
C_B, C_T: 入口または出口における水中オゾン濃度
C'_B, C'_T: 入口または出口における気中オゾン濃度

表 3. トリメチルアミンの除去
Eliminations of trimethylamine.

No	処 理 方 法	除去率	排水中のアンモニア性窒素 (ppm)
		(%)	
1	水 洗	94	118
2	気相オゾン添加+水洗	97.7	115
3	オゾン溶解水洗浄	98.5	114
4	気相オゾン添加+オゾン溶解水洗浄	99.5	114

測定条件 被処理ガス量 1.5 m³/min, L/G=7
ばっ気そうへのオゾン化空気注入力 2 l/min
オゾン濃度 10,900 ppm

管内の条件下で行なったところ ばっ気そう内でのオゾンの吸収効率は 77~79%であった。また水洗塔の条件が $G_{Ar}=165 \text{ kg mole/m}^2\text{H}$ (一定), $L/G=1.0\sim 3.5$, 充てん物 ネットリッガー1", 充てん高さ 1.5 mのときの水洗塔内でのオゾンの濃度と、そのときのオゾンばっ気そう入口、出口での気相オゾン濃度および排水中のアンモニア性窒素量を測定して表 2. に示した。オゾンばっ気そう入口、出口のオゾン濃度はよう化カリウム滴定法で、水洗塔内の充てん物層入口、出口の気相オゾン濃度は化学発光法にもとづくオゾン濃度計で測定し、溶解オゾン濃度はあらかじめ2%のよう化カリウム水溶液となるようよう化カリウムを内蔵したメスシリンダに一定量の洗浄水を採取し、遊離したよう素を酢酸酸性下ででん粉を指示薬として 1/100 N のチオ硫酸ソーダで滴定して求めた。排水中のアンモニア性窒素はフェノールフタレン

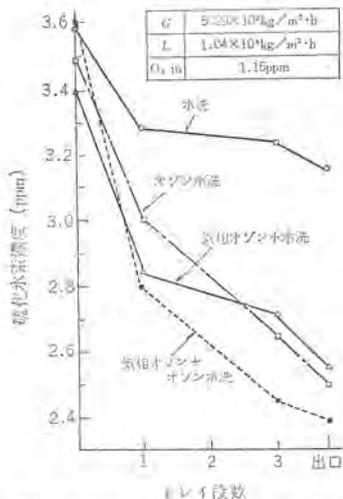


図 15. リフトレイ式洗浄塔による硫化水素の除去効果
Eliminations of hydrogen sulfide with a "left-tray tower".

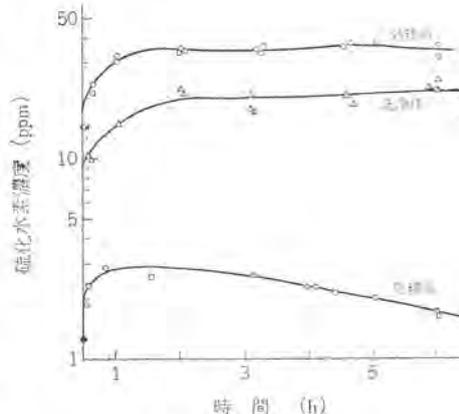


図 16. 硫化水素の除去効果
Elimination of hydrogen sulfide.

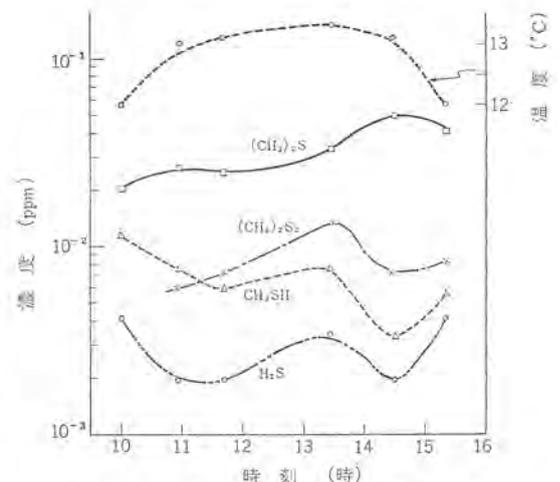


図 17. いおう化合物の濃度変化
Variations of sulphur compounds concentrations.

を指示薬として塩酸によって滴定して求めた。

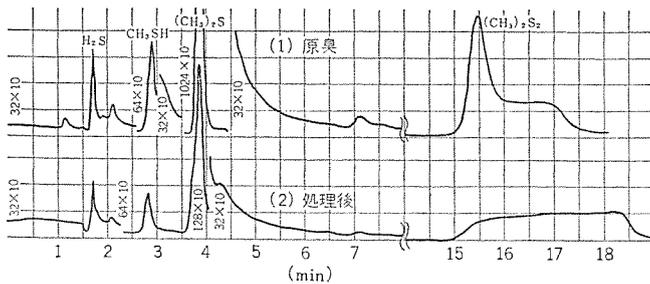
3.2 悪臭の除去実験

まずトリメチルアミン約 20 ppm を含有した空気を水洗塔に導入し、トリメチルアミンと当量のオゾンをおゾンばっ気そうに導入して脱臭実験を行なった。処理条件および結果を表 3. に示した。なお同時に行なった水洗や気相オゾン添加等の他の処理による結果も併記した。すなわち単なる水洗だけでも 94% という高い除去効率が得られたが、この構成の方式では 100% に近い効率が得られた。またトリメチルアミンのオゾン酸化生成物を検出するために、15~30% のトリメチルアミン水溶液をおゾンでばっ気し、水溶液中の生成物をガスクロマススペクトロメータで追跡したところ、トリメチルアミン以外に NH₃, NO₃⁻ が検出された。しかし CH₃NO₂ は検出されなかった。C-N 結合エネルギーは 69.7 kcal/mole と比較的小さいので、CH₃NO₂ は水溶液中ではオゾンによって更に分解が進行する可能性がある。なおアンモニアはオゾンとの反応が遅く、オゾンばっ気そう内での酸化はほとんど期待できない。したがってオゾンばっ気によっても洗浄水中のアンモニア性窒素は気中への飛散分以上には減少しにくい。

次に 3 段のリフトレイ塔によって希薄な硫化水素を処理した結果を図 15. に示す。硫化水素は水に比較的難溶であり、オゾン溶解水洗浄によっても 30~40% 減少するだけである。水洗だけでは更に効率が悪い。しかし図 14. の構成の脱臭装置によれば、前述のように活性炭充てん層でオゾン酸化が促進され硫化水素の除去能力も向上する。図 16. は約 37 ppm の硫化水素含有空気を処理した例である。図によると水洗塔内の 1.5 m の充てん物層で、硫化水素は 40% 程度除去されるだけであるが、30 mm の活性炭充てん層を通過することによって未反応成分は 1.6~2 ppm まで減少している。

3.3 フィールドテスト

実験的にはこの方式はすぐれた脱臭効力を発揮することがわかったので、現在工場における生活排水処理用の散水ろ(汙)床の臭気をフィールド的に処理している。運転開始後 40 時間後の測定によれば、被処理ガスの臭気濃度は希釈倍数で 400~1,000、洗浄廃水のそれは約 360 であった。被処理ガス量に対して 5 ppm に相当するオゾンをおゾンばっ気そうに添加したところ、処理ガスの臭気濃度は 8~16 洗浄廃水のそれは 45 にまで低下した。原臭中の臭気成分としては硫化メチル、二硫化メチル、硫化水素、メチルメルカプタン等のいおう化合物およびトリエチルアミン、ジエチルアミンが検出されたが、気温や時刻によって濃



注) 測定法: 環境庁告示第9号に基づく低温濃縮法 (69ml濃縮)
 ガスクロ { H₂ ... 40ml/min, Air ... 40ml/min, N₂ ... 30ml/min
 カラム: 25% TCEP on Shimalite, 3φ × 2m
 動作条件 { カラム温度: 70°C 検出器: FPD (250°C)

図 18. 臭気成分のガスクロマトグラム
 Gas chromatograms of odorous components.

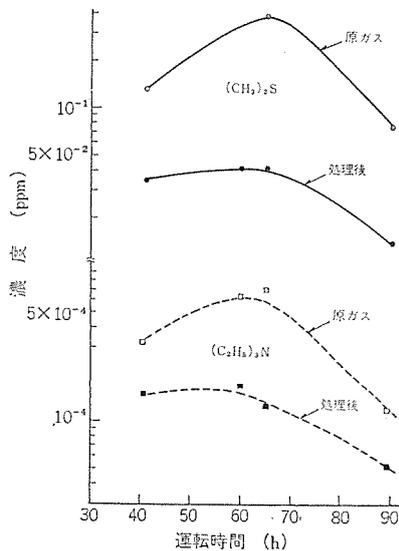


図 19. 悪臭成分濃度の経時変化
 Variations with time of concentrations of some odorous components.

度は激しく変動する。図 17. に原臭中のいおう化合物の濃度の時刻変化を示す。主成分は硫化メチルであり最大 0.4ppm に達した。図 18. には 41 時間運転時の原臭および処理ガス中のいおう系臭気成分のガスクロマトグラムを示した。脱臭装置を通すことによって硫化メチル、二硫化メチルに対しては 80% 以上の脱臭効果を得られているが、希薄な硫化水素、メチルメルカプタンに対しては実験室でのデータと異なり脱臭効率がよくない。アミン系臭気に対する脱臭効果としては主成分であるトリメチルアミンに対しては 42~75%、微量のジエチルアミンは処理ガス中では検出されなくなった。図 19. に約 90 時間運転までの脱臭処理前後の硫化メチルおよびトリメチルアミンの濃度を測定した結果を示した。またオゾンばっ気そうでのオゾンの吸収効率は 75~80%、水洗塔入口オゾン濃度約 1.2 ppm、水洗塔内の充てん物層出口で 1.8 ppm、活性炭層出口で 0.1 ppm 以下であった。今回の装置ではデミ

スターの性能が不十分で、運転開始後 20 時間程度で活性炭層表面に水分の付着凝集が認められた。これが実験室では効率のよかった硫化水素やメチルメルカプタンの除去能力がフィールドでは不十分であった原因と考えられる。今後デミスターの性能改良と活性炭層厚の増大化を施し脱臭能力の向上を計る。

4. む す び

オゾン脱臭装置は水洗装置と組合せて使用した場合下水臭やし尿臭、魚腸骨処理場の排気等に対しては脱臭効果が大きく、今後クラフトパルプ工場や水産物加工工場向けへの適用も大きくなる可能性が大きい。オゾンの脱臭効果はオゾンによる悪臭の酸化分解作用とオゾン臭による悪臭の中和作用による。しかし脱臭作用は本来悪臭成分を除去することによって達成されるべきであり、余剰オゾンを放出することは公害対策上好ましいことではない。当社ではこれらの方針のもとにオゾンによる悪臭の有効な酸化条件の決定や、排オゾン処理の研究を行なっている。本報ではまずオゾンによる脱臭の概論と筆者らがオゾンによりクラフトパルプ排気・排水を有効に脱臭した例を報告した。次いでメルカプタンや常温での気相オゾン酸化が迅速ではない硫化水素に対しては活性炭表面での反応促進が可能であることを報告した。また洗浄水にオゾン溶解水を用いた水洗塔とその後段に活性炭層を備えた脱臭装置を試作しその性能を測定した。本装置は実験室的には所期の性能を発揮したが、実装置としては活性炭の水ぬれ防止対策等の改良が必要である。

参 考 文 献

- (1) Wesley M. Jones and Norman Davidson: J. Am. Chem. Soc., 84, 2868 (1962)
- (2) W. Summer: Methods of Air Deodorization, Elsevier Pub., 294 (1963)
- (3) I. B. Douglass: J. Air Poll Control Assoc., 18, 541 (1968)
- (4) J. M. Hales, J. O. Wilkes et al: Atm. Environ., 3, 657 (1969)
- (5) 進藤, 朝来野, 篠崎, 大平: 公害 8, 25 (昭 48)
- (6) 山本, 高田, 奥野, 辻: 有機化合物を主成分とする臭気のオゾン酸化脱臭法に関する研究, (昭和 45 年度技術開発研究費補助事業成果普及講習会テキスト)
- (7) P. A. Leighton: Photochemistry of Air Pollution, Academic Press, 152 (1961)
- (8) 奥野: 公害と対策 5, 633 (昭 44)
- (9) C. Nebel and P. C. Unangst: International Poll. Control Magazine (Pilot Issue), 28 (1972)
- (10) 馬場: 公害 4, 9 (昭 44)
- (11) 化学工学便覧, 460 頁 (昭 43)

排 オ ズ ン 処 理

松岡 宏昌*・田畑 則一*・吾妻 健国*
前田 満雄*・中山 繁樹**

Treatment of Waste Ozone

Central Research Laboratory Hiromasa Matsuoka・Norikazu Tabata・Kenkoku Azuma
Mitsuo Maeda・Shigeki Nakayama

Recently ozone is applied extensively to water treatment, deodorization of air and the like. On the other hand, an electron accelerator used for chemical industry exhausts effluence containing ozone. Waste ozone from these sources must be eliminated by all means.

In this paper are studied elimination effect, operating condition and running costs of an activated carbon method, a combustion method and a scrubbing method. The merit of each method is made clear then. The selection of the method for particular purpose is to be made in consideration of ozone concentration and impurities for each case. However, it can be roughly said that the activated carbon method is the simplest and the most reliable, while the combustion one is adaptable to high ozone concentration waste and the scrubbing is suitable for the case of low ozone concentration and a huge volume of effluence.

1. ま え が き

オゾン は水中および空気中の汚染物質に対し酸化・分解作用をもち、環境浄化のための薬剤として上水処理・産業排水処理・悪臭処理などに使われており、さらに最近では下水の三次処理や脱硝への適用の検討が活発に行なわれている。排オゾンはこれらの装置から多かれ少なかれ発生するわけであるが、この他に最近では工業用の電子線照射装置などからの発生もある。オゾンは光化学スモッグの成分であり、この点から十分な排オゾン処理が必要である。

人間がオゾン臭を感じる濃度は人によって異なるが0.01~0.1 ppmである。参考までに光化学スモッグの発令されるオキシダント濃度は0.1 ppmで予報、0.15 ppmで注意報、0.3 ppmで警報となっている。なお、オゾン自身に対しては今のところ規制はないが、環境庁では大気中濃度として0.1 ppmさらには0.06 ppm以下に押さえたいという情報もある⁽¹⁾。

以下、排オゾン処理法について述べるが、活性炭法、熱分解法および薬液洗浄法に大別できる。

2. 排オゾン処理法

2.1 活性炭法

オゾン分解能力を種々の固体物質について調べた結果を表1.に示した。実験条件は表に付記したが、水処理の排オゾン処理の条件を想定し、各試料は事前に水を張った密閉容器中で十分吸湿させた。シリカゲルについては乾燥状態(未吸湿)のものも使用した。オゾンも水中を通し湿分を与えたものを供給した。

この実験結果から、活性炭は他の試料にくらべ格段にすぐれていることがわかる。処理量が多いのみでなく、処理後のオゾン濃度も最も感度の高い化学発光法(感度0.001 ppm)で測定しても検出できなかつた。なお、表1.から活性炭重量が減少していることがわかる。これはオゾンが活性炭で接触分解するのみでなく、一部活性炭と反応し炭酸ガスとなって消費するからである。シリカゲルも乾燥状態ではかなり大きい処理量をもつが、この場合は分解ではなく吸

表1. 各種試料のオゾン分解能力
Ozone decomposition ability of various materials.

試料	H (mm)	W ₀ (g)	W ₁ (g)	rO ₃ (mg)	iO ₃ (mg)	rO ₃ -iO ₃ (mg)	除去率 (%)
活性炭	141	28.9	6.0	8,646	4.8	8,641	99.9
シャモット	158	53.5	53.5	109.9	101.9	8.0	7.3
シャモット+Fe	160	41.0	38.5	109.9	97.1	12.8	11.6
天然ゼオライト	150	51.2	51.2	109.9	106.5	3.4	3.1
シリカゲル	148	44.5	44.5	109.9	108.0	1.9	1.7
シリカゲル(乾燥品)	155	36.0	36.0	109.9	30.0	79.9	72.7
活性炭ミナ	156	46.2	46.2	109.9	104.1	5.8	5.3
モレキュラシープ (4A [®])	151	46.5	46.5	109.9	81.9	28.0	25.5
石英ウール	150	3.1	—	164.6	128.2	36.4	22.1
ソーダライム	141	37.5	—	871.6	1.2	820.4	99.9
けいそう(珪藻)土	170	20.0	—	111.3	105.6	5.7	5.1
けいそう土+Ni	90	10.0	—	94.8	89.8	5.0	5.3
諏早土壌	164	33.4	—	876.4	7.0	869.4	99.2
マンガン砂	154	72.6	—	290.4	112.8	177.6	61.2
LMN [®] (北炭化成)	148	40.0	—	501.8	1.0	500.8	99.8

実験条件

試料: いずれも湿度100%で吸湿済みシリカ

ゲルは未吸湿も使った

カラム: 内径19φ

試料充てん高さ: 90~160

流量: 680 ml/min (4 cm/s)

オゾン供給量: 28 mg/min (水洗後通気)

記号説明

H: 試料充てん高さ

W₀: 試料充てん時重量

W₁: 通気後試料重量

rO₃: 供給O₃量

iO₃: 排気O₃量

rO₃-iO₃: 除去O₃量

着であるといわれている。

活性炭では処理後のオゾン濃度が零であると上記したが、もちろん流速を速くし、また充てん(填)高さを低くすればオゾンのもれが生ずる可能性がある。そこで6~10メッシュの活性炭(ガス用木質(ヤシガラ)炭)を使い入口オゾン濃度500 ppmとして出口オゾン濃度が0.002 ppmとなる空塔速度(以下LVと略記)と充てん高さの関係を測定したが、この結果⁽²⁾によるとLV 5 cm/sで8 mm, LV 25 cm/sでは26 mmであった。すなわち、かなり高いLVでも数cmの充てん高さで十分分解されることがわかる。しかし、これは初期特性であり、上記のように活性炭は時間とともに消耗するので、この点

を配慮し充てん量(高さ)を決める必要がある。

2.1.1 活性炭のオゾン分解容量

実験結果の詳細は別報⁽²⁾⁽³⁾にあるので、ここではその結論を中心に述べることにする。

以下では活性炭1gで分解できるオゾンの量(g)をオゾン分解容量と呼ぶことにする。

一定量の活性炭をとり、これにオゾンを通じていくと、ある時点までは出口オゾン濃度零であり、以後徐々に増加し、ついに、全く分解力がなくなり入口濃度と同じになってしまう。全く分解力がなくなるまでのオゾン分解容量を飽和分解容量と呼ぶ。この値は活性炭によって決まる値で、その種類によって異なるが、前記の活性炭では約6g-オゾン/g-活性炭であった。また、オゾンの漏洩(えい)が起る時点までのオゾン分解容量を実質分解容量と呼ぶことにする。実質分解容量は活性炭の全充てん量、排オゾンの流量などの影響を受ける。したがって、これらの関係は活性炭塔設計上きわめて重要である。

実験結果をもとに検討し、次の関係式を得た。

$$Q = Q_0 \left[1 - \frac{1}{\kappa \tau} \{ 1 - \exp(-\kappa \tau) \} \right] \dots \dots \dots (1)$$

Q: 実質オゾン分解容量 (g-オゾン/g-活性炭)

Q₀: 飽和オゾン分解容量 (g-オゾン/g-活性炭)

τ: 滞留時間 (s)

κ: 定数 (LV, オゾン濃度, 活性炭粒度などで決まる)

前記の活性炭についてはκは0.436であった。ところでこの式から滞留時間τを無限に長くすればQ=Q₀となり、活性炭の分解容量を100%利用できるが、実際上は不可能で活性炭塔の設備費との兼ねあいでも適当な値に決めなければならない。しかし、活性炭塔の長さがある程度以上にすれば、オゾン漏えいの起る時点ではオゾン入口の活性炭はほぼQ₀まで使いつくされているので、活性炭の更新法として出口側に新しい活性炭を補充し、入口側から古い活性炭を抜きとるようにすれば、常に実質オゾン分解容量を飽和容量に近く維持することができる。

2.1.2 活性炭の温度上昇と燃焼

オゾンの分解は発熱反応である。したがって、オゾンの分解ともない活性炭の温度上昇が起る。

図1. は入口オゾン濃度と活性炭温度の関係であり、温度上昇はオゾン濃度に比例していることがわかる。オゾン化酸素(酸素を原料として発生したオゾン)による実験は塩ビ製カラムを用いて行なったが、初め入口部温度が最も高く、ついで時間の経過とともに最高温度部は出口側に移動する。図のたて軸の活性炭温度はこの最高温度部の温度である。図2. は入口から2cmのところを最高温度になった時点のカラム内温度分布である。各図においてLVにより多少温度差があるが、この原因はカラムの寸法の違いによるカラム表面からの放熱量の差によるものと考えられる。

活性炭の燃焼については、オゾン化酸素による実験ではオゾン濃度1.7 vol%以上で燃焼が起り、そのときの着火温度は約200°Cであった。着火にいたる時間は1.7% オゾンでは通気後20分程度であった。これ以下の濃度では長時間通気を継続しても燃焼は起らなかったが、0.9%以上では通気停止後1分前後で着火した。これは吸着していたオゾンが、通気による冷却の断たれた状態で分解するため、温度が急激に上昇したためと思われる。オゾンを断って酸素または空気をしばらく通じた場合は燃焼は起らなかった。

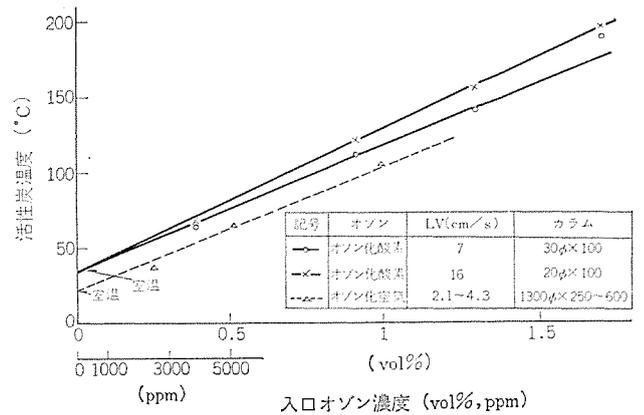


図1. 入口オゾン濃度と活性炭温度
Ozone concentration at the inlet and temperature of activated carbon.

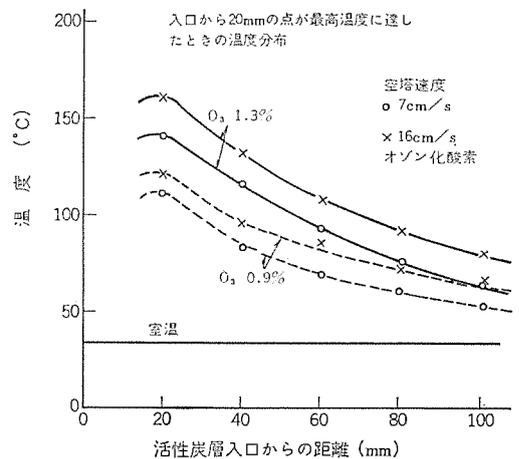


図2. 活性炭筒内の温度分布
Temperature distribution in activated carbon column.

この実験における着火温度は上記のように200°C前後であったが、活性炭を外部から加熱した場合の着火温度は通常300~400°Cであり、本実験の値はこれとくらべかなり低い。この差の原因としてオゾンの場合は局所的高温部を生ずることが考えられる。

オゾン化空気(空気を原料としたオゾン)による実装置を使った実験では、温度上昇については、図1. に破線で示したようにオゾン化酸素とほぼ同じであったが、燃焼は実験の濃度範囲(1.3 vol%まで)では通気中も通気停止後も起らなかった。温度上昇がほぼ等しい理由は酸素と空気とで比熱がほぼ等しいためと思われる。燃焼の起らない理由は、活性炭がある温度に達すると活性炭の炭素が酸素と直接反応するが、当然、酸素単独より空気の方が反応が緩慢なため着火しにくいと考えられる。

なお、実際の排オゾン濃度は通常数百ppmであり、したがって、活性炭の温度上昇は数°Cであり燃焼の可能性はないが、オゾナイザからの生オゾンのような高濃度オゾンに対しては、後述の窒素酸化物除去の観点からも、直接これを不用意に活性炭に通ぜぬよう配慮する必要がある。当社のオゾン処理方式はオゾンばっ(曝)気部も含めた全体の制御方式について上記を配慮したものになっている。

2.1.3 活性炭の爆発

オゾン化酸素では燃焼は起っても爆発は起らない。しかし、オゾン化空気の場合、このオゾン(濃度0.数%~1.数%程度)を直接活性炭に通ずると爆発が起る。オゾン化空気の場合、少量の窒素酸化物(N₂O₅としてO₃濃度の1~2%)が共存するが、これがその原因

表 2. 加熱による NH₄NO₃ 添加活性炭の爆発
Explosion of NH₄NO₃ impregnated active carbon by heating.

NH ₄ NO ₃ 活性炭 (W%)	爆発の有無	爆発温度 (°C)
0	×	—
0.5	×	—
5	×	—
10	×	—
15	○	132
20	○	125
30	○	110

爆発温度とは爆発の起こる直前の温度
○ 爆発
× 爆発せず

と考えられる。その根拠の一つは、窒素酸化物 (O₃ の存在下では N₂O₅ になっている) は水に非常に溶けやすく水洗で容易に除去されるが、水洗後の オゾン 化空気によっては全く爆発を起さない。水処理に オゾン を使う場合は必然的に水洗され窒素酸化物は除去されており、ヨーロッパの多くの浄水場で古くから排 オゾン 処理に活性炭法を採用しているがいまだかつて爆発の例はない。なお、当社でも オゾン 水処理について多くの実績をもっているがやはり爆発の例はない。なお、窒素酸化物が水に溶けてもその量は 0.0 数 ppm であり、上水処理でも全く問題にはならない。

窒素酸化物を原因とするもう一つの根拠は、窒素酸化物を故意に混合した オゾン 化酸素の通気や、あらかじめ硝酸塩を添加した活性炭に オゾン 化酸素を通ずることにより爆発が起るからである。以下この点について実験した結果を述べる。

窒素酸化物 (N₂O₅) は活性炭上で硝酸根として存在することが考えられるので、活性炭に各種の硝酸塩を添加し実験を行なった。その結果、硝酸アンモニウム (NH₄NO₃) が最も爆発を起しやすいことがわかったので、以下 NH₄NO₃ について実験を行なった。

表 2. は活性炭に NH₄NO₃ を添加し電気炉で外部から加熱した場合である。添加量 15% 以上で爆発が起っており、爆発の起るときの温度は、110~130°C であった。表 3. は外部加熱をせず オゾン (酸素原料) のみを通じたときの同様の実験結果である。オゾン 濃度が高いほど NH₄NO₃ の低添加量でも爆発が起っている。しかも、外部加熱では起らなかった低添加量でも起きているし、また、そのときの温度は低く、60~80°C である。これは燃焼の場合と同様、やはり局所的な高温点 (110°C~130°C) が存在し、引金の役目をすると考えられる。

次に、オゾン (酸素原料) に二酸化窒素 (NO₂) を混合し活性炭に通じた場合の結果を述べると、オゾン 濃度 1.7%, NO₂ 濃度 0.05% の混合ガスで爆発が起った。オゾン 濃度 1.3%, NO₂ 濃度 0.05% では通気中は爆発も燃焼も起らなかったが、通気停止後に爆発した。また、混合ガスを 15~20 分間通気後途中でオゾン 濃度を 1.7% に増すと爆発することもわかった。これらの結果は前項の燃焼の起る条件と同じで、温度上昇によって爆発の起ることを示唆している。

なお、NO₂ のみを通じた後 1.7% オゾン を通じて爆発は起らなかった。このことは、NH₄NO₃ 添加によって爆発の起る事実とあわせて硝酸根が爆発の原因であることを示唆しているものと思われる。(前記のように NO₂ は O₃ の存在下で N₂O₅ となるが、N₂O₅ は水分を吸って硝酸根となる)

以上の実験結果から結論として、

表 3. オゾンによる NH₄NO₃ 添加活性炭の爆発
Explosion of NH₄NO₃ impregnated active carbon by ozone

LV (cm/s)	1.7		1.3		0.8		0.6	
	7	14	7	14	7	14	7	14
0.5	×	×						
1	×	○		×				
5	○	○	×	×				
10			○	○	×	×		
15					×	○		
20					×	○	×	○

○ 爆発
× 爆発せず
数字は活性炭の温度 (爆発のときはその直前の温度)

(1) オゾン中に窒素酸化物が含まれていなければ爆発は起らない。

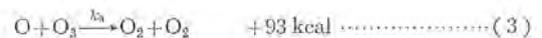
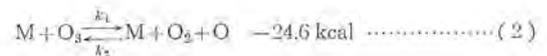
(2) たとえ窒素化合物があっても、活性炭が一定温度を越えなければ爆発は起らない。

ということが出来る。前述のように水処理においては窒素酸化物は必然的に除去されている。また、排 オゾン 濃度は数百 ppm であり、これによる温度上昇は数 °C である。したがって、(1), (2) いずれの条件も満たされており爆発は起らないと結論できる。国内外の多くの使用実績もこれを裏づけているといえよう。

2.2 熱分解法

2.2.1 理論的検討

オゾン の熱分解として、S. W. Benson ら⁽⁴⁾ によって次の反応式が提唱されている。



上式で M は第 3 物質をあらわし、空気中であれば N₂, O₂, CO₂ あるいは O₃ 自身でもある。式 (2), (3) をもとに Benson ら⁽⁵⁾ のデータを参考に速度式を求めると、

$$\frac{1}{(O_3)} = \frac{2k_1k_3}{k_2(O_2)}t + \frac{1}{(O_3)} \quad (4)$$

k₁~k₃: 速度定数

t: 経過時間

となる。k₁~k₃ として W. M. Jones ら⁽⁶⁾ の値を用いると、

$$\frac{2k_1k_3}{k_2} = 2.96 \times 10^{15} \exp(-30.450/RT) \text{ (s}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

を得る。

この値を式 (4) に代入して温度依存性を計算した結果を図 3. に示した。これから、600~500°K 以上では、被処理(入口) オゾン 濃度が大幅に違っても熱分解後のオゾン 濃度(出口濃度)は温度と反応時間によってのみ決まり、入口濃度に影響されないことがわかる。図中の実測値については次項で述べる。

2.2.2 実測値の検討

図 3. 中の実測値は熱分解法の一つである燃焼法による実験結果である。実験に使用した装置は反応室容積 0.3 m³, パナには灯油パナ (当社製 MESO-MICS パナ) を使用し、また熱回収のために熱交換器 (交換率約 60%) をそなえたものである。実験は被処理風量 5.6 Nm³/min とし、パナへの灯油供給量を変え温度を調節した。反応室滞留時間は、パナの補助空気量も考慮に入れ、1.4 秒 (330°C)

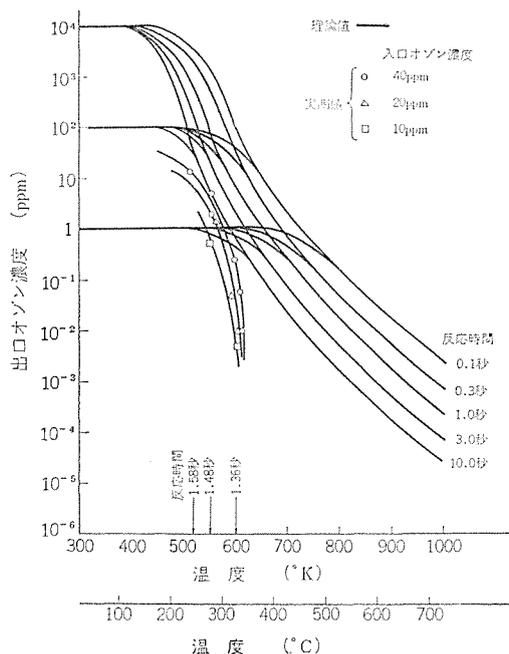


図 3. オゾンの熱分解 (理論曲線と燃焼法実測値)
Decomposition of ozone by heating (theoretical curves and measured data of combustion method).

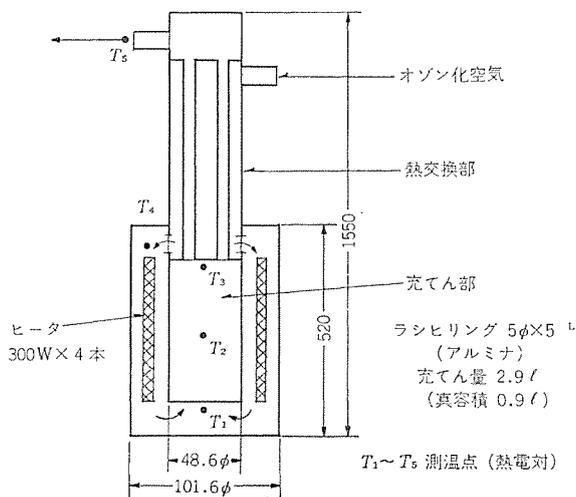


図 4. オゾンの熱分解実験装置 (電熱法)
Apparatus of ozone decomposition by electric heating.

～1.6 秒 (240°C) であった。

実験結果は 40, 20, 10 ppm の各入口濃度に対して図中に記したが、理論曲線に対し 1 けた～2 けた小さい値を示している。とくに高温側での低下がはげしく差が大きい。この差の原因として熱交換部での分解が考えられるが、ここでは分解していないことがわかった。また、オゾンの測定には化学発光法を用いたが、この測定誤差とも考えられない。(排気ガス組成は CO₂ 0.5～0.6%, H₂O 約 1.2%, CO 3～4 ppm, NO_x 1.2 ppm～6.5 (NO として約 5.3) ppm であった) したがって、反応室内でその温度において実測値まで分解していると考えざるを得ない。いずれにせよ、温度 330°C で 1.4 秒程度加熱すればオゾンは 10⁻² ppm 程度に処理できることがわかる。

次に電気加熱によって熱分解を行なった結果を示す。図 4. がその実験装置である。オゾンは熱交換部で予熱され、充てん部を加熱しているヒータの周囲を通過してラシヒリング充てん部に入る。充てん部の容積は 2.9 l で、滞留時間 (空塔速度の逆数) は 1.5～12 秒、流量

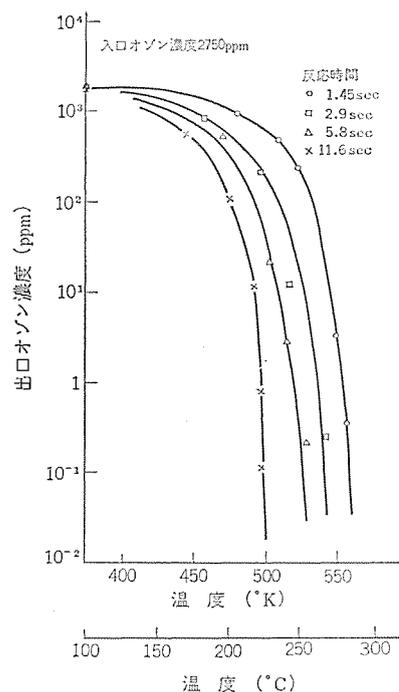


図 5. オゾンの熱分解 (電熱法)
Decomposition of ozone by electric heating.

120～15 l/min の範囲で行なった。

実験結果を図 5. に示した。図中の温度は充てん部の中心である T₂ の温度である。なお、各部の温度分布の測定結果によると、流量の大きい条件では T₁ が T₂ より少し高い。T₃ は T₂ より 1～2 割低い。したがって充てん部の平均温度は T₂ より多少低目にあると考えられる。しかし、オゾンがヒータ周辺を通ることも考えあわせると T₂ を代表温度としてよいであろう。この実験結果からは 300°C 1.5 秒程度で 10⁻² ppm 以下になることがわかる。なお、図 3. の理論曲線とくらべると燃焼法と同様にけた違いに低い。燃焼法とくらべると曲線の形は全く同じであるが、同じ温度で比較すると本実験の方が多少低濃度になっている。すなわち、分解効果が大きい、これはラシヒリング (アルミナ) を充てんしているためと思われる。理論曲線との不一致もこのような接触作用の影響が考えられる。

結論として、熱分解法では三百数十°C、1.5 秒程度の滞留でオゾンは十分分解される。

2.3 薬液洗浄法

薬液洗浄法 (以下薬洗法と略す) にはオゾンを分解する性質をもった薬剤を使用しオゾンを分解する方法と、オゾンに対して還元作用をもつ薬剤でオゾンを還元する方法の二つがある。

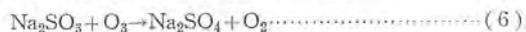
前者の薬剤としては苛性ソーダ (NaOH) が知られている。池畑ら⁽⁷⁾によると NaOH 濃度 5% 近傍と 20～25% 付近に分解のピークがあり、さらに、オゾン化酸素を使った洗気ビンによる実験では初期は 80～90% の除去率であるが、時間の経過とともに除去率が向上することを認めている。NaOH 法の薬剤自身の除去性能は一般に還元法より低い、池畑ら⁽⁷⁾は 4～5 m の充てん塔を使用し、接触面積を大きくすることによって十分な処理結果を得ている。この方法は原理的には薬剤を消費しない。実際には排気中の CO₂ による NaOH の劣化があるが、それにしても運転費は安い。これに対して還元法ではオゾンによる酸化で薬剤が消費するので、どうしても高くなる。

還元法に用いる薬剤はオゾンで酸化されるものであれば何であっ

てもよい。たとえばオゾンと反応しやすい排水があれば、それでもよい。しかし、薬剤を使う場合はむだな消耗を減らすために空気あるいは酸素に酸化されないものがよい。著者らは還元剤として第1鉄塩、亜硫酸ソーダなどを検討したが、これらは単独では空気酸化を受け実用に耐えなかった。亜硫酸ソーダの空気酸化はか性ソーダの添加で大幅に減少できたが、なお十分ではなかった。岡山⁽⁸⁾はチオ硫酸ソーダを検討し、これ単独では特有の硫化物臭を発生し使用に耐えぬが、臭気を吸収するためにNaOHを添加し悪臭を防いでいる。

上記の亜硫酸ソーダか性ソーダ系について、さらに検討の結果、少量で効果の大きい空気酸化防止剤をみいだしたが、これは酸化防止のみでなく除去率も向上することがわかった。

空気酸化がなくオゾンによる酸化反応のみが、



のように起るとすればNa₂SO₃の消耗はオゾン1gにつき2.63gであるが、実用装置(処理風量4,000~5,000 N m³/h, 充てん部1,400□×2,500H)による実験の結果、Na₂SO₃の消耗は2.7 g/g-O₃で、理論値に非常に近かった。オゾン処理性能は入口100 ppmに対して出口0.07 ppmであった。

なお、薬洗法ではNaOH法にしても、還元法にしてもオゾンと同時に窒素酸化物を除去でき、これが他の方法と違った大きな特長である。

3. 各排オゾン処理法の特長と経済比較

各処理法の運転費を図6.に示した。また、この運転費計算の基礎データを表4.に示した。熱分解法はオゾン濃度に無関係であり、運転費に関係する要素は加熱温度と燃料価格である。熱交換器で熱回収するとか、排熱を有効利用(スラッジ乾燥などに)すれば、その分だけ安くなる。さらに適当な既設ボイラに導けば設備費・運転費ともに不要となる。なお、熱分解に電熱を用いた場合は灯油の約2倍になるが、50%熱回収を行えば灯油の熱回収なしとほぼ同じになる。薬洗法のうちNaOHによる分解法もオゾン濃度に無関係でしかも安価である。しかし、十分な処理効果を得るためには気液接

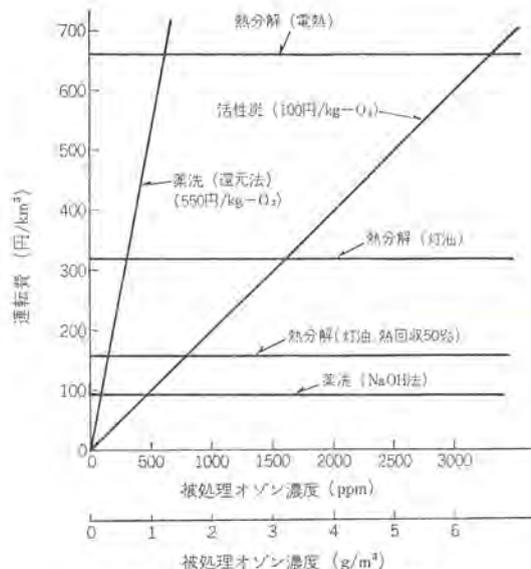


図6. 排オゾン処理の運転費
Running cost of waste ozone treatment.

表4. 運転費計算の基礎データ
Basis of running cost calculation.

活性炭法	オゾン分解容量 活性炭価格	5 g-O ₃ /g-活性炭 500 円/kg
熱分解法	加熱温度	400°C
	灯油(燃焼法)	25 円/l
	電力料(電熱法)	5 円/kWh
	空気比熱	0.24 kcal/kg-deg
	空気比重	1.2 kg/m ³ (20°C)
薬液洗淨法	(還元法の場合)	
	Na ₂ SO ₃ 価格 NaOH 価格 酸化防止剤価格	160 円/kg 65 円/kg 160 円/kg
	(NaOH 法の場合)	
	NaOH 消費量	空気中 CO ₂ によるもの 1 kg/km ³ バージによるロス 0.5 kg/km ³

表5. 各排オゾン処理法の特長 Features of various methods of waste ozone treatment.

処理法	設備費	運転費		圧調	オゾン除去効果	共存ガスの影響	備考	
		低 O ₃ 濃度	高 O ₃ 濃度					
活性炭法	小	小	中	小~中	◎	○	・一般的に最も安価で保守も簡単 ・NOx が共存する場合は事前に水洗などで除去が必要、なお、水処理の排オゾンにはNOxは含まれていない ・水処理用排オゾン処理に適する ・有機ガスが共存する排オゾンでは分解容量が低下することあり	
燃焼法	中~大	中	小	小~中	◎	◎	・高 O ₃ 濃度で活性炭法より運転費安い ・共存ガスの影響は受けながNOxは除去できない ・排熱利用が可能である(スラッジ乾燥など) ・大気汚染成分がでぬよう燃料や処理条件を配慮のこと	
薬液洗淨法	還元法	中	小~中	大	中	○	◎	・低 O ₃ 濃度、大風量で有利(電子線照射装置など) ・NOx が共存する場合、同時除去できる ・廃液処理が必要
	NaOH法	中 or 小	小~中	小	中~大	○	◎	・高 O ₃ 濃度の場合、活性炭法の前処理に有効、単独処理では気液接触面積を大きくとること ・廃液処理が必要、ただし、水処理の中和剤に利用可能

注) ◎:きわめてすぐれている ○:実用上十分

触面積を大きくとる必要がある。また、安価であるという特長を生かして、高濃度 オゾン 処理における活性炭法の前処理としての使用法がある。なお、廃液処理費を含めると約2倍の費用になり、熱分解法(灯油)の50%熱回収とほぼ同じになる。もっとも逆に廃液を水処理の中和剤などに有効利用すれば薬品代は無料となる。

活性炭法と還元法は処理 オゾン 量に比例して薬剤が消耗されるので、運転費はオゾン濃度に比例する。図6.において、活性炭法、還元法の直線が、熱分解法などと交わるが、これより左では活性炭法あるいは還元法の方が運転費が安い。活性炭法と還元法を比較すると活性炭法は非常に安い。しかし、窒素酸化物が含まれており、これを直接処理する必要のある場合、(電子線照射装置の排 オゾン など)は活性炭法や熱分解法は不適切で、還元法か NaOH 法を使わなければならないが、低 オゾン 濃度(100~200 ppm 以下)では還元法が安価である。なお、活性炭の燃焼と爆発の防止を目的として、アルミナのようなものと活性炭を混合し粒状としたものが最近市販されている。価格は活性炭の6~8割であり、オゾン分解容量は著者らの測定では約1/5であるから、運転費としては活性炭の3~4倍になる。

なお、以上の運転費の計算には送風機の動力費を含んでいないが、水処理では排 オゾン にある程度の圧力をもたせることができるので不要な場合が多い。また、薬洗法では薬液循環の動力費がいるが、この費用として図6.の運転費を数円アップする必要がある。

設備費は、燃焼法>薬洗法>活性炭法の順になろう。

表5.は上述の各処理の特長をまとめたものである。

4. む す び

排 オゾン 処理法として現在水処理には活性炭法がよく使われており、燃焼法も実用化されている。また、電子線照射装置からの排 オゾン 処理には薬液洗浄法が適しており、実用化されている。本報は著者らの実験結果を中心に、これらの処理法の処理効果、運転条件、特長および運転費などについて検討したものである。データ不足で不十分なところもあるが、排 オゾン 処理方式決定のご参考にできれば幸いである。

最後に、薬液洗浄法のうち特に還元法について共同実験を実施していただいた日本ドライケミカル(株)に深謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 水道産業新聞, 49. 1. 1, p. 12
- (2) 田畑, 森: 日本水道協会関西支部 第16回研究発表会概要集(昭47-11)
- (3) 田畑, 森: 三菱電機技報, 48, No. 5, (昭49) (投稿中)
- (4) S. W. Benson, A. E. Axworthy: Ozone Chemistry and Technology, Am. Chem. Soc., pp 398~409 (1959)
- (5) S. W. Benson, A. E. Axworthy: J. Chem. Phys., 26, 1718~1726 (1957)
- (6) W. M. Jones, Norman Davidson: J. Am. Chem. Soc., 84, 2868~2878 (1962)
- (7) 池畑, 先崎, 小島: 日本化学会 48年春期大会要旨集
- (8) 岡山: 用水と廃水, 14, 1,580~1,589

下水の三次処理

—東京都下水道局 森ヶ崎処理場(西) 雑用水浄化施設—

加藤 修嗣*・荒木 義朝**

Tertiary Treatment of Sewage Treating Plants

Sewerage Bureau Tokyo Metropolitan Government Shūji Katō
Mitsubishi Electric Corp., Head Office Yoshitomo Araki

Tertiary treatment is drawing attention as a new treating method from the viewpoint of the prevention of water pollution and the effective utilization of water resources. As for the tertiary treatment, there are several types under development depending on the objects of removable and the removing rate. They are on the threshold of practical operation. In Morigasaki Treatment Plant, a tertiary treatment plant has been constructed to get tertiary treated water by high speed sand filtering method on secondary treated water of activated sludge method. This plant intend to supply water for miscellaneous purposes (such as sealing water of pumps etc.) and gather data of a tertiary treatment plants, as one part of the experiments. This article describes the contents of the installations and introduces various type of tertiary treatment systems.

1. ま え が き

現在運転中の下水処理場は、ほとんどが活性汚泥法による二次処理(高級処理)施設である。二次処理の放流水の水質の技術上の規準は、下水道法によってBOD₅(生物化学的酸素要求量)、SS(浮遊物質)などが規定されている。しかし現在の放流水の水質の技術上の基準では、富栄養塩類の原因となっている窒素やリンなどについては規制されていない。他方、わが国における水資源は、降雨量に恵まれているとはいふものの都市用水・工業用水等の需要量が大幅に増加しており、関東地域を例にとれば、昭和60年には北東部の河川を開発利用しえとしても、約550万m³/日の水量不足が予想されている。

これらの問題の解決のため、新しい三次処理に関する技術開発が急がれると共に、水を繰り返し使用する下水の再利用システムを確立することが要請されている。

ここでは三次処理の各種の方式を紹介すると共に、東京都下水道局 森ヶ崎処理場(西) 雑用水浄化施設で採用した高速砂ろ(戸)過の設備内容を述べる。

森ヶ崎処理場(西) 雑用水浄化施設は、西処理場(処理水量48万m³/日)と東処理場(処理水量160万m³/日)の場内で使用している雑用水を供給すると共に、東京都で公害防衛計画の一環として進めている三次処理の一連の実験を兼ねたものである。この施設の三次処理は、活性汚泥法によって処理された二次処理水を、雑用水として使用できるようにBOD₅の低下とSSの除去を目的としており、方式として高速砂ろ過(比較実験のため三層式を2池と上向流式を2池設けている)を採用し、その目標値は次の通りである。

二次処理水(原水)

BOD₅ 20 ppm 以下, SS 30 ppm 以下

三次処理水

夏 期 BOD₅ 7 ppm 以下, SS 7 ppm 以下

冬 期 BOD₅ 10 ppm 以下, SS 10 ppm 以下

計画ろ過水量

最 大 36,000 m³/日 (9,000 m³/日/池×4池)

標 準 24,000 m³/日 (6,000 m³/日/池×4池)

2. 三次処理の必要性

三次処理(tertiary treatment)という言葉の定義は、まだ明確になっていないようだが、下水処理プロセスの一次、二次処理に対応して、でてきたものであるように考えられる。すなわち現在の下水処理プロセス(生物化学処理)を経たあとで、さらに他のプロセスで処理操作をして浄化することを意味する。

また三次処理は通常除去物質の内容によって、処理操作を数段階組み合わせるものも多く、1段ですむことは少ない。これらを総称して三次処理と呼んでいる。

三次処理の目的を具体的にあげると、

- (a) 公共用水域の水質保全
- (b) 湖・沼・海域における富栄養化の防止
- (c) 下水の再利用

等の3点に要約することができる。

公共用水域の水質保全については、現在水質汚濁にかかわる環境基準として定められている放流水質基準があり、これに基づいて現在か(稼)動中の下水処理場では活性汚泥法による二次処理(高級処理)を行なっている場合が多い。

このプロセスは標準および各種の変法を含めて、有害物質を除けば溶解性、浮遊性のBOD成分とSSの除去が対象とされている。すなわち一次処理において、スクリーンや最初沈殿池で粗大固形物・浮遊固形物などを除去し、二次処理においてエアレーションタンクで溶解性有機物を除去し、また最終沈殿池で、好気性微生物の集落体である汚泥フロックの沈殿除去を行なっている。

水質汚濁にかかわる環境基準として定められている放流水の水質基準は、BOD 20 ppm, SS 70 ppmなどが定められているが、窒素やリンについては規制されていない。

活性汚泥処理プロセスの弱い点は、富栄養化の物質である栄養塩類の窒素やリンの除去について、不十分であるということである。ところが最近の水質汚濁の実態をみると湖沼や海域では異常な窒素やリンなどの流入によって富栄養となり、水利用上のみならず環境に

も大きな影響を与えている。例えば一都二県(東京, 神奈川, 千葉)が共同で調査した東京湾の中間報告によると, 東京湾は窒素とリンにより「栄養過多」の状態になって植物プランクトンが異常に発生し, 湾内の汚れを引き起こすと報告している。このことは東京湾では有機物が河川から直接流れ込んでくるだけでなく, 窒素やリンによって海水が栄養過多になり, 植物プランクトンが繁殖し, これが分解して有機物を生むというプロセスをとっており, このため湾内が赤潮に近い状態となり, 水質保全上に大きな問題となっている。

下水の再利用という面からみれば, 水資源の保全と工業用水化である。建設省の推計によると, 昭和60年時点における年間の工業用水需要量は394億 m^3 で, さらに生活用水や農業用の需要を含めると1,143億 m^3 に達する。このような膨大な水量を確保することはむづかしく, 昭和60年には水不足が生じると予測している。

この水不足を克服するために, 工業用水の使用合理化の対策を考える必要が起きてきた。そこで排水を出さないクローズドサイクルシステムという考え方がでてきたわけである。

上記の(a)(b)(c)の三つの目的達成のために三次処理が必要なわけで, いい換えれば窒素やリンなどの栄養塩類の除去を目的とした水質汚濁防止のためと, 水資源の保全, 水の有効利用のためであるといえる。

3. 三次処理の各種方式

三次処理はその利用目的によって処理方式を適切に選定し, 異なる各種の処理方式を数段組み合わせたり, あるいは単位処理操作にしたりするなどしなければならぬが, その方式は非常に簡単な処理法から非常に複雑な処理法まで多岐にわたっている。現状ではまだ研究開発の段階であって, 確立された処理方式はほとんどないが, これを大きく分類すれば生物化学的処理方式と物理化学的方式に分けられる。表1.に現在考えられている各種方式の主要なものを示すとともに, それらのいくつかの方式について, その概要と効果, 課題などについて述べる。

3.1 活性炭吸着法

活性炭は1gあたり900~1,000 m^2 の表面積をもち, 現在の吸着処理材としては最もすぐれている。この吸着力を利用して有機物の吸着除去を行なう方式で, 低分子量溶解性有機物の除去に最も有望な処理法である。活性炭には粉末と粒状の二種のものがあり, 粒状炭は粉末炭より量を多く必要とするが, 再生して使用できるので, 大勢は粒状活性炭が用いられている。一般に粒状活性炭の粒径は, 8~10 mesh (2.88~0.42 mm)を使用し, 充てん(填)塔の高さは大體1~5mで流速は10~40 cm/minの範囲である。原水の通水は塔の上から行なう場合と塔の下から行なう方法とがあり, さらに下から行なう方式には移動床方式と固定床方式とがある。ただし活性炭は比較的高価であり処理効果をあげるために充てん塔が長くなり, かなりの活性炭を必要とすること, 再生を行なう必要があるなど経済的に問題がある。また粒状炭は浮遊物を含まない液体に適しているので, 二次処理水に前処理なしに直接用いると目づまりを生じる。米国のタホー湖では薬品凝集処理で浮遊物を除去して活性炭吸着とを併用しており, この方式でかなりの有機物が除去できている。

3.2 ろ過法

本法にはマイクロストレーナ, ろ過材としてけいそう(珪藻)土, 砂などを用いたろ過機が使われている。マイクロストレーナは回転するドラム

表1. 単位処理操作方式例
Example of unit treatment operation system.

分類	処理方式	主要除去対象物質
生物化学的 処理方式	1. 生物処理法(活性汚泥法, 散水ろ(汚)床法) 2. 生物学的脱窒素法 3. 酸化池 4. 間けつ砂ろ過 5. 人工地下水 6. かんがい	BOD, N, P N BOD, N, P BOD, SS, N, P BOD, SS BOD, SS
物理化学的 処理方式	1. 活性炭吸着 2. マイクロストレーナろ過 3. 急速砂ろ過 4. ほう(泡)末分離 5. けいそう(珪藻)土ろ過 6. 薬品沈殿 7. 電気化学酸化 8. 活性酸素を含む酸化剤による酸化(O_3 , H_2O_2 等) 9. 分子状酸素による酸化 10. 塩素及びその誘導体, フッ素による酸化 11. 酸素酸及びその塩による酸化 12. アンモニアストリッピング 13. イオン交換樹脂 14. 選択的イオン交換 15. イオン交換膜(電気透析法) 16. 逆浸透法 17. 蒸留法 18. 冷凍法	BOD, SS, 臭気, 色, 濁度 BOD, SS BOD, SS ABS, SS SS, BOD, バクテリア BOD, SS, P COD, ABS, Cl^- COD, ABS, Fe, Mn, 色 COD COD COD, ABS N (NH_4^+) 無機物 NH_4^+ 無機イオン SS, ABS, COD, 無機イオン 無機物, COD 無機物, COD

の外周に張られたステンレス鋼の非常に細かい網で機械的にろ過する装置で, ランニングコストが安い, 運転管理が容易などの特長を有している。マイクロストレーナを三次処理に使用した例として, 英国のルートン処理場があり, この結果をみると, 原水の変動が激しい場合や固形物濃度が高い時パフォーマンスが良くないこと, 目づまりがあるので原水の水質管理を厳重にする必要があることなどの欠点がある。

3.3 薬品沈殿

薬品沈殿は上水道などのプロセスで重要な役割をはたしているのでもここで紹介するまでもないが, 下水の場合は上水の場合と異なり浮遊物には有機物を含んでいる。この有機物を薬品によって凝集沈殿させて浮遊物質, コロイド状物質, リンおよび分子状有機物などの除去を行なう方式である。薬品には鉄の塩類, アルミニウムの塩類, 石灰, ポリエレクトロライトなどの凝集剤が利用される。この方式は処理の除去率をあげることができるが, 処理水をきれいにすればする程, 沈殿物の量が多くなりスラッジの処理の問題があること, 薬品を使うのでランニングコストが高いこと, プラントの制御が複雑であることなどの欠点がある。

3.4 アンモニアストリッピング

アンモニアストリッピングは二次処理水中の窒素を除去するのが目的である。この方式は二次処理水中に石灰を加えてpHを上昇させてアンモニウムイオンをアンモニアに転換させ, この状態のもとで二次処理水と適当な空気量とを接触させると, アンモニアは遊離し, アンモニアガスとして追い出されるため, 下水中のアンモニウムイオンが除去できるものである。この場合に必要とする空気量は非常に多く下水1 m^3 に対して3,000 m^3 で, さらに水温が低下するとアンモニアの溶解度が増加するため所要空気量は下水1 m^3 に対して6,000 m^3 に増加する。

米国の例では空気を水流と逆方向から送り込んで接触させる対向流形で高さ8mの充てん材を備えたタワーを用いてアンモニア除去率90%が可能であることを確認している。この方式はランニングコスト

が安い利点があるが、冬期には効率がおちること、石灰による凝集沈殿処理水中のカルシウムイオンが、ストリッピングに使用される空気中のCO₂と結びついてターの充てん材の表面に炭酸カルシウムのスケールが発生すること、また大気中にアンモニアを放出するので、その対策を考慮しなければならないなどの問題がある。

3.5 化学的酸化処理

化学的酸化法は下水中にあるすべての有機性分子を酸化して炭酸ガス、水、窒素酸化物およびその他の元素の酸化物に変える方式で、理想的であるが、経済性的問題があるためこの方式の利用は活性炭吸着法の補助的な処理として使用する時とか、活性炭の再生が経済的に不利である場合、また処理水の水質をさらに向上させる必要がある場合などに適しているといえよう。

現在酸化剤として検討されているものを列挙すると

- (1) オゾンや過酸化水素等の活性酸素による酸化
- (2) 分子状酸素による酸化
- (3) 塩素とその誘導体による酸化
- (4) 過マンガン酸カリウム (KMnO₄) 等の塩による酸化
- (5) 電気化学的酸化

などがある。

最近オゾンによる酸化処理が開発されているが、オゾンの効果、特長などについては、本紙別文の「排水処理へのオゾンの適用」を参照いただきたい。

4. 施設の目的および概要

4.1 目的

本施設は森ヶ崎処理場(西)の活性汚泥法による処理水(二次処理水)を高速ろ過によって浄化し、東西処理場内のポンプ・リング水、汚泥洗浄水、大井清掃工場等の雑用水として供給することを目的とし、かつ東京都が行っている下水道の三次処理に関する一連の実験の一環をなすものである。実験項目の主要なものは、ろ過性能、ろ層内の捕捉フロック分布状態、損失水頭の増加現象、逆洗時の特性、施設の自動運転管理などを検討し試みるものである。

4.2 施設の概要

本施設には三層式および上向流式の二つの異なる方式のろ過池を各2池設置し、最終沈殿池の流出きよ(渠)より取水した二次処理水を、回転式スクリーンによってシヤを除去し、原水池にて塩素を注入して原水ポンプにより各々のろ過池に揚水する。ろ過した水は配水池に集水しポンプによってそれぞれの負荷へ配水する。

このほか各種ポンプ、塩素注入設備、電機・計装設備、分析機器、データ処理装置等から構成され、その概要について以下紹介する。

図1. に当施設のフローシートを示す。

4.2.1 ろ過池

ろ過池は三層式と上向流式がそれぞれ2池ずつあり、これら2組のろ過池はろ過面積、ろ過速度、ろ過水量などがまったく等しいものである。三層式ろ過池は砂利、ガネット、砂、アンスラサイト等より構成され、比重、粒径、および形状等異なるろ材の中を二次処理水が上方から下方に向けて流れ、底部からろ過水を集水する方式である。上向流式は粒径の異なる砂利および砂などで構成されたろ材の中を二次処理水が下方から上方に向って流れ、上部からろ過水を集水するものである。図2. にろ過池の断面図を示す。

(1) 水量

計画取水量 93,500 m³/日

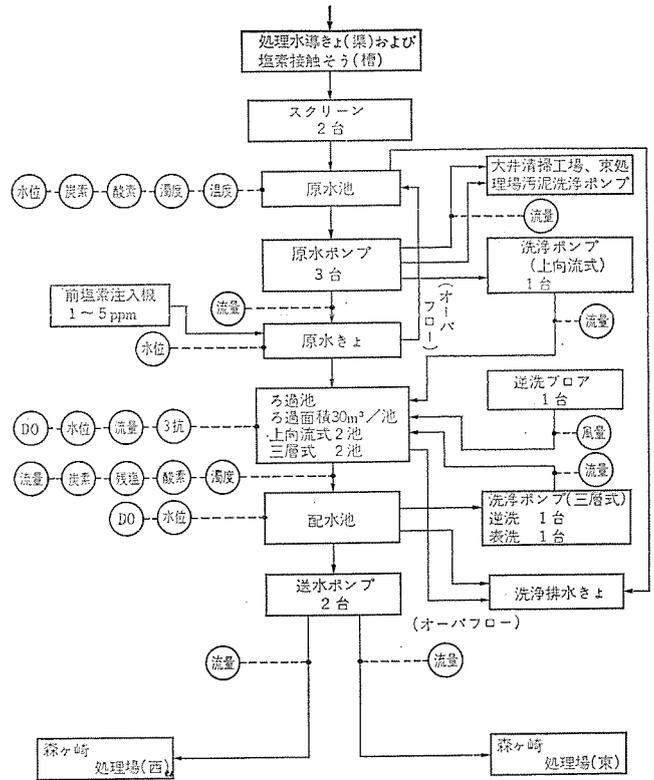


図1. 高速ろ過のフローシート
Flow sheet of high speed filtration.

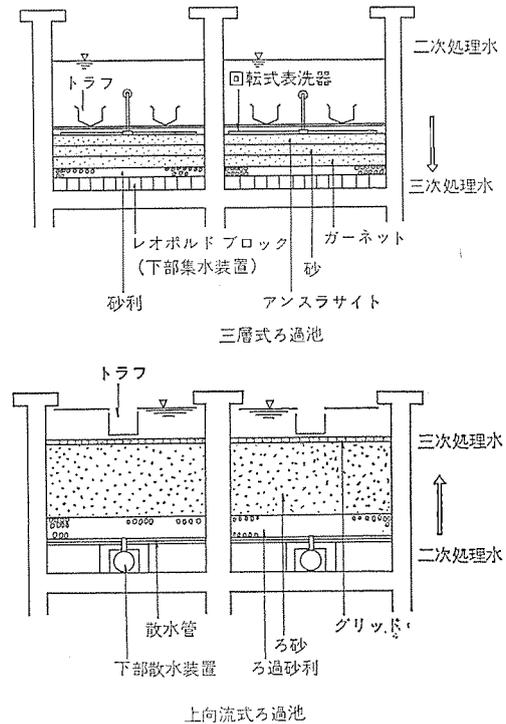


図2. ろ過池断面図
Cross section of filtration pond.

計画ろ過水量 最大 36,000 m³/日 (9,000 m³/日/池×4池)
標準 24,000 m³/日 (6,000 m³/日/池×4池)

(2) 給水対象

(a) 原水(二次処理水)

森ヶ崎処理場(東)汚泥洗浄水 17,200 m³/日

大井清掃工場 4,300 m³/日

(b) ろ過水

森ヶ崎処理場(西)雑用水 5,300 m³/日

森ヶ崎処理場(東)雑用水 15,800 m³/日

(3) 水質

(a) 原水 BOD₅ 20 ppm, SS 30 ppm 以下

(b) ろ過水 (浄化目標値)

夏 BOD₅ 7 ppm 以下, SS 7 ppm 以下

冬 BOD₅ 10 ppm 以下, SS 10 ppm 以下

(4) ろ過速度 (三層式, 上向流式共)

(a) 標準 200 m/日

(b) 最大 300 m/日

4.2.2 回転式スクリーン

回転式スクリーンは上向流式ろ過池の散水管のノズルの閉塞をさけるために設けるものであって、目幅の有効間隔は6mmで自動運転である。

4.2.3 原水池

原水池は着水井、ポンプ井、原水送水のための配水池の性格を有するもので、その容量は約550m³である。

4.2.4 塩素注入設備

ろ過池に藻類等が発生するのを防ぐものであって、塩素注入量は最大15kg/時である。その制御は原水流量による比率制御とろ過水残留塩素濃度によるPI制御を行っている。

4.2.5 各種ポンプ

二次処理された水を原水池から各種ろ過池に送水するための原水ポンプ、ろ過池の目づまりを防止するための逆洗および表洗ポンプ、ろ過された水を配水するための配水ポンプおよび各種の水質分析機器に送水するための試料採水ポンプ等がある。その制御は管理室での手動制御および各池の水位・流量などによる自動制御方式を行っている。

4.2.6 配水池

配水池は計画ろ過水量の1時間分(1,500m³)と三層式ろ過池の1回分の洗浄水量(108m³)をまかなう容量となっている。

4.2.7 計装設備

計装設備は高速ろ過処理の連続プロセスの監視・制御に必要な設備である、各種流量計・水位計・ろ抗計(ろ過池の損失水頭を測定するもの)等、その他必要な計装機器から構成している。

4.2.8 水質分析機器

水質分析機器は本施設における連続プロセスの水質を多くの人手を要することなく、全自動で採水・分析するもので、溶存酸素計・全有機炭素量・全酸素要求量・残留塩素濃度・電気伝導度・濁度・温度等の分析機器から構成している。

4.2.9 データ処理装置(制御用計算機)

データ処理装置は電気量およびプロセスの水質を常時監視すると共に、データを自動的に収集し処理する装置である。制御用小形計算機、磁気ディスク、入出力制御装置、I/Oタイプライタ、紙テープリーダー、タイプライタ等から構成している。その他オフラインにおける科学技術計算も可能なようにしている。表2.は計算機機能の概要を示す。

4.2.10 制御方式

本プロセスの制御方式は、現場単独制御、一人制御および自動制御を採用し将来は計算機制御も考えている。現場単独制御はプロセスの諸機械を試運転する目的で現場の操作盤で各機器を個別に始動停止する方式である。一人制御は自動回路故障時に管理室のオペレータコ

表2. 計算機機能の概要
Outlines of computer function.

種別	内容	
制御(将来)	ろ過流量制御, 配水流量制御, 塩素注入量制御	
記録(データ処理)	定刻, 任意, 上下限値, 故障, プロセス量, 機器の起動, 電力等	
計測	オンライン	積算値, 最大値, 最小値, 平均値, 除去率, 塩素量の計算, 各種原単位
	オフライン	科学技術計算
計測監視	検出器及び計測器ドリフト等のチェック, 水質の常時監視	

ンソールにて操作に必要な計測器、グラフィックパネル等を監視しながら1個のスイッチを操作することにより、必要な補助機械が連動運転し完全な運転に入る方式である。自動制御はプロセス値ならびに諸機械の制御対象の状態を検出し、計装設備からの信号およびシーケンス回路によってプロセスの各機器を自動的に運転する方式である。

以上当施設の概要について述べたが、電機設備の詳細については次の項で紹介する。

5. 電機計装設備およびデータ処理装置

5.1 電機設備

本施設は既設処理場(西)から3.3kV 2回線で受電し、400Vにて(通)降し三次処理設備の動力としており、電機設備の概要は下記の通りである。

受電方式および電圧	2回線受電	3.3kV 50Hz	
変圧器容量および電圧	1,200kVA	3,150/420V	1台
高圧盤	F ₂ 級		2面
低圧盤	パワーセンタおよびコントロールセンタ		1式
監視盤	照光式グラフィックパネル		4面
水質監視および記録計盤			2面
制御継電器盤			2面
オペレータコンソール			3面
手元盤			1式
計装設備(水質計器も含む)			1式
データ処理装置			1式

5.2 計装設備

流量、液位および損失水頭を測定しプロセスの自動制御に使用すると共に、その他水質分析機器を設け三次処理(高速砂ろ過方式)の効果と水質分析機器の連続測定などの確認のために使用している。

計装のフローシートを図3.に、水質分析機器の仕様および用途の一覧を表3.に示す。

5.3 運転制御方式

本施設における運転制御方式は省力化・高信頼度化を計るため原則として、連動または自動運転を採用している。

監視室にはグラフィックパネルおよびオペレータコンソールを設け、各機器の運転状態および故障発生の確認が容易にできるようにし、かつグラフィックパネルはセミグラフィックとし、プロセス量の指示・記録・調節計を組込んでいる。図4.はグラフィックパネルおよびオペレータコンソールの写真である。

ろ過池の制御は、上向流・三層式共ピンボードを使ったプログラム運転方式を採用し、各ろ過池の洗浄は手動、タイマ、ろ過抵抗または濁度の信号で開始し、プログラム設定器に設定された時間および順序に

表 3. 水質分析計器一覽
List of instruments for analysis of water.

計測項目および用途	数 量	仕 様	備 考
溶存酸素計 (DO) 原 水 用 1 組 ろ 過 水 用 1 組	2 組	方 式: ガルバニ電池方式 浸漬形 測定範囲: 0~30%/0~100% 等分目盛 精 度: ±5% 安 定 性: 2%/日, 5%/週以内	英 国 Electronic Instruments Limited 社製
全有機炭素計 (TOC) 全酸素要求量計 (TOD) 原 水 } 上向流式ろ過水 } 切 換 三層式ろ過水 }	1 組	方 式: TOC 燃焼赤外線分析法 TOD 燃焼酸素分析法 測定範囲: TOC 0~25 ppm/0~250 ppm TOD 0~100 ppm/0~1,000 ppm TC 0~100 ppm 精 度: ±2% (TOC 0~100 ppm のとき) (TOD 0~1,000 ppm のとき) ゼロドリフト: ±2% スバンドリフト: ±2%	米 国 Astro Ecology Corp. 社製 (注) TC も測定可能
残留塩素計 原 水 用 1 組 上向流式ろ過水用 1 組 三層式ろ過水用 1 組	3 組	方 式: ポーログラフ法 対 象: 遊離有効塩素 測定区分: 原水用 測定範囲: 0~6 ppm 精 度: ±5% 再 現 性: 2% (注) 残留塩素量で塩素注入量制御を行う	横河電機製
電気伝導度計 原 水 用 1 組 上向流式ろ過水用 1 組 三層式ろ過水用 1 組	3 組	方 式: 電極法 測定範囲: 0~1,000 μΩ/cm 精 度: ±1% 再 現 性: 0.5%	横河電機製
濁 度 計 原 水 用 1 組 上向流式ろ過水用 2 組 三層式ろ過水用 2 組	5 組	方 式: 散乱光方式 測定範囲: 0~20 ppm/0~100 ppm 原 水 用 0~100 ppm ろ 過 水 用 0~20 ppm 精 度: ±1%	スイス シグリスト製

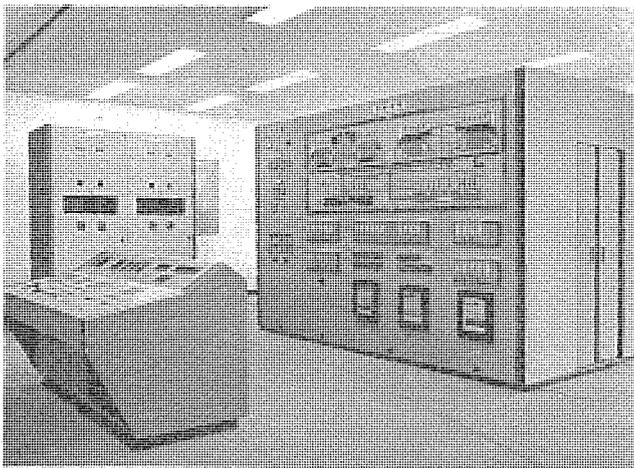


図 4. グラフィックパネルおよびオペレータコンソール
Graphic panel and operator console.

したがったタイムスケジュール運転方式を採用している。プログラム設定器は、監視室に設けた制御継電器盤に設けており、そのタイムスケジュールを図 5. に示す。

5.4 データ処理装置

データ処理装置は、MELCOM-350-7 形制御用計算機を採用し、データ収集と整理のほかオフラインで科学技術計算が可能なものとしている。

5.4.1 システム構成

制御用計算機	MELCOM 350-7	1 式
主メモリ	16 kW	
補助メモリ	32 kW	
システムタイプライタ	TELETYPE ASR-35	1 台
日表タイプライタ	IBM M-735	3 台

紙テープリータ M-405 1 台
入出力装置 1 式

アナログ入力	48 点 (3 ユニット)
デジタル入力	128 点 (4 ユニット)
パルス入力	2 点 (1 ユニット)
割込入力	16 点 (1 ユニット)
接点出力	48 点 (3 ユニット)

5.4.2 システム機能

(1) データ収集, データの計算処理および日誌作成
図 6. の日誌に示すように, プラントのデータを収集して直接日誌へ印字するほか, 必要な計算処理を行ったのち日誌へ印字することにより, オペレータが必要なデータを直接入手できるようにしている。

(2) オペレータリクエスト処理

- (a) データ表示
- (b) 時刻印字
- (c) 上下限印字
- (d) 監視休止印字
- (e) トレンド印字
- (f) 任意印字
- (g) 上下限修正
- (h) データ修正
- (i) 日時修正
- (j) 監視休止
- (k) 定期点検
- (l) 保守完了

(3) 科学技術計算処理

三次処理における各種データをオフラインで解析するために, REAL-TIME FORTRAN(言語仕様 JIS FORTRAN 7000 レベルを満足し,

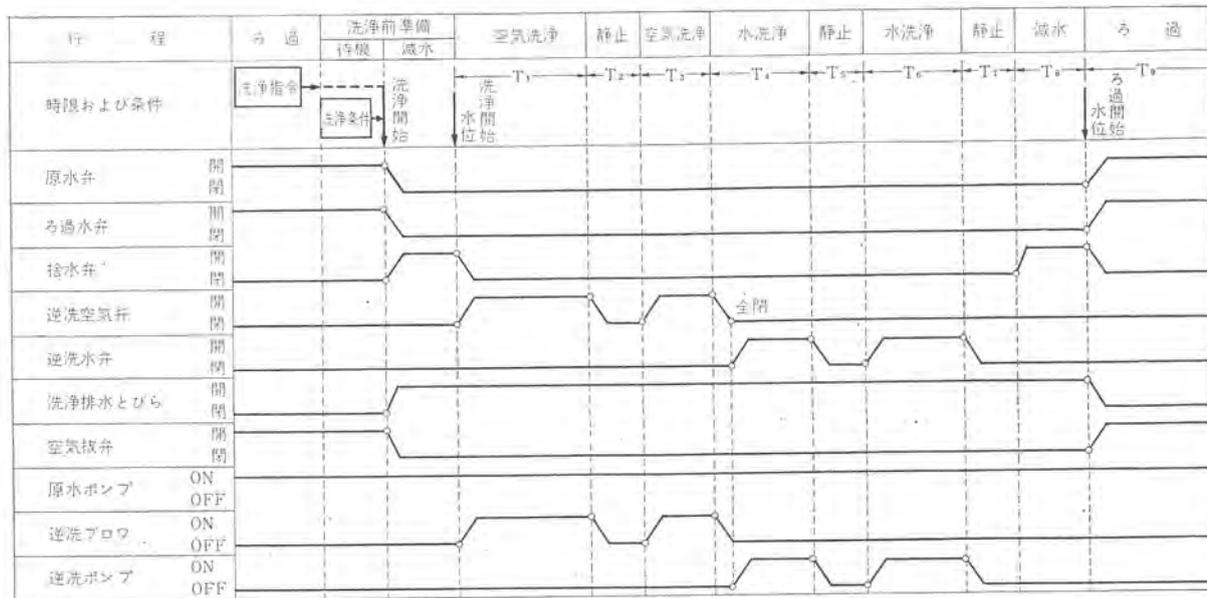
リアルタイム機能を持っている)を準備している。

6. む す び

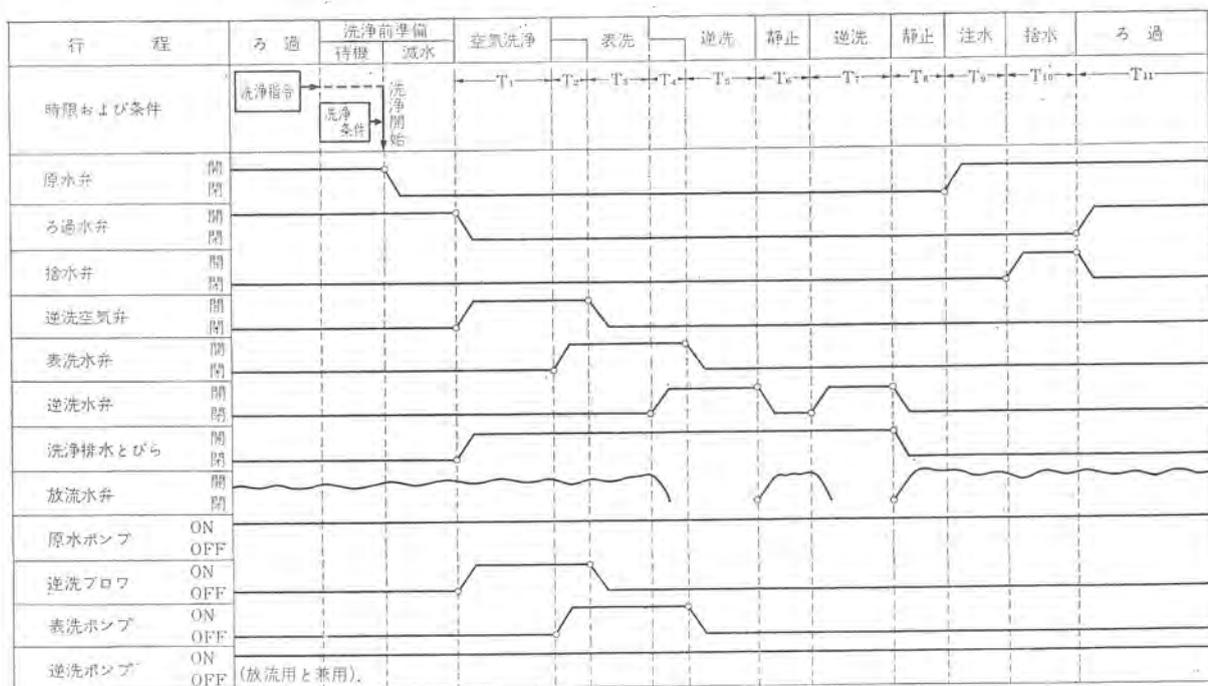
以上三次処理の各種の方式を述べると共に、その一つの方式として高速砂ろ過方式の実施例を紹介したが、このような地道な実用化を兼ねた実験の積み上げが、三次処理方式の確立へ結びついていくものである。

本施設は2月初旬ごろから稼動を始めるが、その運転状況および各種実験の結果は制御用計算機によって整理され、本施設の改良のみならず今後建設される三次処理設備にとっても貴重なデータが提供されるものと期待している。

最後に本施設の工事に種々協力いただいた関係各位に深く感謝する次第である。



(a) 上向流式ろ過池 タイムスケジュール



(b) 三層式ろ過池 タイムスケジュール

(注) 上向流式、三層式共全行程を30ステップ(1ステップの時限1~72sec可変)に区分可能

図 5. ろ過池洗浄タイムスケジュール
Time schedule of cleaning the filtration pond.

水質監視テレメータシステム

北原 貞守*・竹野 宏平*・小村 明*

Water Pollution Telemetry System

Communication Equipment Works Sadamori Kitahara・Kôhei Takeno・Akira Omura

With the rapid development of industries, the enlargement of cities and the increase in population of late, waste water produced by the industries and the living condition is on the increase and pollution of water of rivers and lakes around cities and counties is being aggravated. The pollution of water, as is well known, is liable to destroying the nature and the living environment, bringing serious ill effect on the human life. This poses a great problem. To cope with it, various measures are taken. A water pollution telemetry system, built for the purpose of studying the water pollution, is given high expectation operating to this end. The Ministry of Construction tries to standardize the specification of water pollution telemeters and has come to strengthen the watch on the quality of water. This article introduces the outlines of the features and construction of the telemeter in question.

1. ま え が き

近年の著しい工業技術の発展は、大量生産・大量消費に特長づけられる高密度経済社会を形成し、生活・文化水準の飛躍的向上をもたらしたが、一方、大気汚染・水質汚濁・騒音をはじめとする多種多様な環境汚染をもたらした。この結果、自然および生活環境の破壊が漸次進み、さらに人間の生存・生活に危害を及ぼすに至り、環境汚染は、今日の社会において、深刻かつ緊急に解決すべき問題となってきた。

多様化する環境汚染のうち、水質汚濁による環境破壊は、対象となる水が人間の生活・生存に直結しているだけに、きわめて重大と考えられ、とくに上水をはじめ公共用水の不足が顕著となっている現在、水資源の適正有効利用、環境保全両面からの総合的な広域流水管理体制の整備、拡充が急務とされている。

このような観点から、行政・技術面より総合的な水質汚濁防止対策が検討されているが、これらの施策の計画、実施段階において、水質汚濁状況を監視することを目的とした水質監視テレメータシステムの導入効果はきわめて大と考えられる。

当社では、すでに水質監視テレメータシステムを開発し、建設省、水道事業体に納入してきているが、本文では、建設省制定の“水質テレメータ標準仕様書(案)”に準拠したシステムについて、その構成・方式・特長についてその概要を紹介する。

2. 水質監視テレメータシステムの必要性

水質汚濁は、その機構・挙動はきわめて複雑で、その実態は今後の広範な分野にわたる調査・研究にまつところが多い。定性的には、水の持つ自浄作用により、水中に与えられる汚染質は、生物化学的に分解され、無害化されるが、水の自浄能力は有限であり、自浄能力を越えた量と質の汚染物質に対しては、無力であり、超過分は浄化されず、水質汚染現象として表われるといわれている。したがって自浄作用の働らく範囲の汚染では水質汚濁は発生しない。

今日水質汚濁防止は急務とされているが、表 1. に水質汚濁防止策の一例を示す。このような防止策を有効適切に実施するため行政面では、すでに河川法、公害対策基本法、および水質汚濁防止法が制定され、健康ならびに生活環境に関する環境基準、工場排水基準

表 1. 水質汚濁防止策
Anti-water pollution measures.

項 目	内 容
排出汚染質の低減、排出規制	汚染源での除去が最も効果的 ・下水処理、排水処理プラントの整備拡充 ・無公害生産システムの開発 ・排水規制の強化
水域浄化対策	・汚泥しゃんせつによる水域の自浄能力向上 ・浄化用水の導入：余剰河川から浄化用水を導入し希釈効果、フロッグジュ効果の増大を図る ・流況改善：ダムなどにより河川流量を調整し、異常高水時などにおける水質悪化を防止する
水質テレメータシステム	・水質汚濁状況の監視、は機により、異常時の処置の迅速化 ・水質に関する基礎データの蓄積
水質汚濁制御システム	上記の施策を総合的に管理し、効果的な水質制御システムの開発

などの環境目標値が設定され、汚染度の基準が規定された。また、国、地方自治体、および事業体において、これらの目標値を達成すべく、積極的な汚濁防止策の実施が義務づけられている。しかしながらこれらの施策の実施を上回って水質汚濁は悪化の一途を示すのは、次のような理由も一因となっている。

(1) 水質汚濁の機構が複雑、多岐にわたっている。

(2) 従来から水質汚濁は発生しているが、汚染質の多様化、汚染範囲の広域化、水系の高度利用に基づく水量の減少、ならびに自浄能力の低下など、水質汚濁を加速的に悪化させる条件下となってきた。

したがって従来の経済・行政の通念を超えた施策が必要となってきた。ここに河川流量、自浄能力、汚染排出量、排水処理プラント、さらに水質汚濁の挙動を包含した総合的な水質汚濁監視制御システムの開発実施が急務となっている。

水質監視テレメータシステムは、このような制御システムの開発、また、効果的な施策決定のための基礎データを提供する一方、次に示す目的をもって導入されるものである。

(1) 突発的汚染を迅速につかみ、緊急時の処置を適切にし、事故を未然に防止する。

(2) 水質の状況を常時は握し、異常な濁水等による水質悪化に対して緊急の処置をとる。

- (3) 環境基準の維持達成状況の監視
 - (4) 測定、記録、データ集計、保存など労力を要する水質監視業務の省力化、効率化を図る。
 - (5) さらにこのシステムは将来の水質汚濁制御システムへの第一歩として位置づけられる。
 - (6) 上記の目的を果す際に、基本ともなる観測点の配置、密度は、水系の流量、汚染度、水の利用度、排水量さらに、機器設置上における保守、設置条件なども考慮に入れて決定されねばならない。
- このような状況において、建設省では水質監視テレメータの仕様の標準化を図り、水質監視業務の強化、合理化による水質汚濁防止の有効な施策としている。

3. 水質監視テレメータシステム（標準方式）

建設省標準仕様書(案)に準拠したテレメータシステムにつき概要を述べる。

3.1 システム構成条件

システムを構成する基本的な検討事項は次のとおりと考えられる。

(1) システムの基本機能

このシステムは、広域にわたって散在する複数個の水質観測局群と、テレメータ通信回線でこれらに結合された中央監視局（以下監視局と略す）より構成されるもので、

- (i) 観測局の水質に関する情報（以下水質データと略す）のテレメータリングによる収集処理。
- (ii) 観測局の水質モニタ装置で検出された異常値の監視局への自動通報、および処理。
- (iii) 水質モニタ装置に対する監視局からの制御などの機能が要求される。

(2) 通信回線の方式

通信回線の選択は、テレメータシステムにおいては重要である。このシステムでは、70 MHz 帯、400 MHz 帯の単一无線回線を基本とし、適宜必要に応じ、多重無線回線・有線回線を併用または単独に使用する。

(3) システム容量

このシステムでは、1システム構成は監視局1、観測局数を最大10局とする。

(4) 水質データ、制御項目

水質データは多種多様なものがあるが、システムの目的に合致した項目を選択する必要がある。

(a) 計測項目

水質テレメータ装置と接続可能な項目は現時点では次のとおりである。

- (i) 標準項目： 水温、pH、溶存酸素、伝導度、濁度、シアンイオン、アンモニアイオン計7種。
- (ii) その他： 塩素イオン、COD、油分、水位、検水そう内pH、検水そう内水温 etc。

これらの項目は、環境基準・排水基準に指定される全項目を満足しているわけではないが、任意項目として選択されている。また、現在、水質モニタ装置は実用化しているが、まだ保守性など今後の開発に負うところが大きい。このシステムでは、標準7項目、将来予備6量とし、テレメータ伝送項目は最大15量とする。テレメータ入力信号はアナログ形式とする。

(b) 監視項目

水質モニタ装置の動作、状態監視用接点情報は最大15点とする。

(c) 制御項目

水質モニタ装置に対するポンプ運転・停止などの制御は最大12点を考えれば支障ない。

(5) 呼出方式

伝送路は単一无線回線を基本とするため、1:n形呼出式テレメータ方式とする。また、観測局に対する制御指令の伝送の必要性、情報量の融通性に優れる等の理由からデジタル伝送方式とする。

(6) 応答（テレメータ返送）方式

上記(4)項に示すとおり、計測・接点情報が混在し、伝送項目が多いためデジタル方式とし、時分割伝送とする。

(7) データ収集許容時間

前記のとおり、呼出応答式テレメータとするため、水質データは、一定の周期で収集される。一観測に要する時間は、伝送速度・処理時間・伝送項目数により大幅に変わってくる。このシステムでは、観測局10局・項目数16として15分間を最短周期とした。最短15分周期のデータ収集で実用上支障はないと考えられる。

(8) 異常値処理（突発的汚染）

水質汚染のうちシアンイオンなどの有害物質の存在は、利水上きわめて危険である。そこで有害物質に限らず、計測値が基準値を越えた場合には、水質モニタ装置で異常を検出し、異常情報として即時監視局に通報する機能を持たせる。異常値の発生はランダムと考えられ、適用回線の性質、データ収集時における異常値の検知の必要性などの条件より、回線確保のため空線時間帯を設け観測局から伝送される異常信号が監視局で受信できるようにしている。

(9) 伝送符号の方式

(a) 伝送速度 50ビット/秒

(b) 符号形式

符号形式は伝送効率、信頼性（誤り検定能力）、融通性、回路構成の難易さなどを検討し、いかなる方式とするか決定する必要がある。このシステムでは、NRZ垂直パリティチェック方式としている。この方式の誤り検定能力 P は、符号数を n 、エレメントエラー P_e 、バーストエラー発生確率を αP_e とすると、

$$P \approx n(n-1)P_e^2/2 + \alpha(n-1)P_e$$

バースト性雑音の多い回線では $P \approx \alpha P_e$ となり、高信頼性が要求される場合には、回線条件・時間監視機能を付加する必要がある。

(c) 符号構成

伝送信頼度を向上させるため呼出制御信号は定マーク符号構成とする。応答信号は計測信号についてはBCD、監視信号はビット割り当てとする。

(10) データ処理の範囲

データ処理はソフトウェア、ハードウェア構成により、各種レベルのものがあるが、このシステムにおいては、ON-LINEによる日報処理までを標準構成とし、かつ付加機能の範囲まで容易に増設可能としている。これは実用面での最小限の機能であり、かつシステムの標準化効果の期待できる範囲でもあるためである。

(a) 標準機能

(i) データ収集、遠隔制御

(ii) スケール変換

(iii) 収集データの集計処理（最大、最小、平均値の日演算）

(iv) タイプライタによる時報、日報作表

(v) 監視情報、警報情報の表示、警報発生

ここで対象とするデータ量は観測局10局、項目15量/局とする。

(b) 付加機能の範囲

標準構成を拡張して次の機能を付加することができる。

- (i) 紙テープ作成(データ保存、解析用)
- (ii) データの外部出力(他システムへのデータ転送用)
- (iii) 表示装置などへのデータ出力
- (iv) 紙テープ読込(OFF-LINE)

上記の機能をベースに、月報、年報、各種統計解析、環境基準値比較などの処理能力を有するシステムへの拡張も可能とする。

(11) システムの適用範囲の拡大

水質テレメータシステムは単独で適用されるほか、次のような形で運用されることもあり、具体的な方法の検討が必要である。

- (a) 他システムとのデータ交換
- (b) 水防テレメータとの併用
- (c) 上位総合システムへのデータ転送
- (d) 市民への広報表示

(12) 装置の使用条件

(a) 環境条件

監視局を除き、観測局・中継局等は無人局舎で稼働するものであり、各装置は温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 、湿度95%(35 $^{\circ}\text{C}$)の環境条件での連続運転が要求される。このような条件で機器の性能、信頼性劣化を防止するため、防滴構造のきょう(筐)体を使用し、内部に機器を収容する。

(b) 電源条件

このシステムでは本来の目的からすれば、装置の無停電化は必要ないと考えられ標準システムでは考慮しないが、か働率の向上、装置自体の障害の監視などの点から、無停電化を図ることも可能とする。

- (i) 監視局： 無停電化については別途考慮する。
- (ii) 観測局： 必要に応じ無停電化を図る。電源電圧は無線機を対象としDC 12Vとする。
- (iii) 中継局： (ii)と同様、ただし使用ひん度が高いため、無停電化が望ましい。

(13) システムバックアップ

システムにおいて共通で使用され、かつ重要度の高い機器の障害は、システムの全停に結びつく可能性があるため、冗長性設計が必要であり、装置の使命、重要度ならびに経済性に適応する冗長性は検討されねばならない。従来より伝送機器と、データ処理装置を結合したプロセス制御システムにおいては、システムダウンの与える影響が大なるため、たとえば処理系障害時あるいは停止時に備え、テレメータ機器サイドに、システムダウンを救済する機能をもたせている。

本システムにおいても同様な構成であるが、最悪条件下のものでこのシステム全停は、許容しうるものとし、むしろ全停時間の短縮化に主眼を置く方式を採用することとした。

3.2 方式および仕様

前項の検討内容に基づき決定されたこのシステムの基本仕様、方式の概略を表2.、3.に、標準水質項目を表4.に示す。また伝送符号構成を図1.に示す。

3.3 システムの構成と概要

このシステムは河川・湖沼などの水域における水質汚濁状況をは握することを目的としたもので、水域内に適当に配置された複数個の水質観測局と、これらを統合管理する監視局、両者間の情報伝送用の通信回線より構成される。監視局のカバーする水質観測局の数は10局を最大としているが、水系の大小、性質、システム目的、お

表2. システム仕様
Specification of system.

項	目		内	容
	大	中		
テレメータ	呼出	自動全局	定時になると全局を順次呼出す 呼出時間间隔は15M, 30M, 1H, 3H, 6H, 12Hより任意に選択することができる	
		手動全局	手動で全局の呼出	
		手動個別	手動で任意選定局の呼出	
		異常値	子局からの異常値情報を受信すると、当該局を呼出す	
	再呼出	再呼出回数は1回とする		
応答			呼出に対応して、局番、監視、計測項目を送送する 監視 15点、計測 15量	
制御	呼出	手動個別	手動で任意局の制御を行なう 制御 12点	
	応答		呼出制御に対応して局番、監視項目を送送する	
異常通報	送出	自動	水質異常値が検出されると自動的に監視局に異常値通報する。通報データは局番、監視項目とする	
データ処理	演算	スケール変換	000~999の規格化信号を物理単位に変換する。変換式は一次式	
		集計	各計測項目につき次の集計演算を行なう 日間最大値および発生時刻 日間最小値および発生時刻 日間平均値および測定回数 平均値は真正時データを対象とする。欠測、無効データは処理の対象外とする	
	出力	時報	データ収集の都度局ごとにスケール変換値を表表する 時報用の専用タイプライタを使用する 異常値、欠測発生、無効データの場合は特殊印字とする	
		日報	集計処理結果を1日のデータ収集終了後表表する 日報用の専用タイプライタを使用する	
警報		頁作表式または連続用紙形式とする		
通話			システムに関する異常が検出されると監視局で可聴、可視の警報を発生する	
精度			監視局と他局間の通話を行なう	
環境条件		温度 湿度	監視局を除き $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 監視局を除き 95%(35 $^{\circ}\text{C}$)	

表3. 伝送方式
Transmission system.

項目	内	容		
通信方式	半二重通信方式			
伝送形式	呼出時伝送方式			
伝送信号形式	デジタル方式			
符号形式	等長パルス幅 NRZ 方式			
伝送速度	50ビット/秒			
同期方式	フレーム同期および調歩同期			
誤り制御方式	垂直奇数パリティ検定方式			
変調方式	呼出指令は一部IC定マーク検定を併用 図1.と取りとする。			
伝送回線	符号構成			
	FS方式			
	周波数単位	$\pm 35\text{ Hz}$ "Z"= $-df$, "A"= $+df$ FS中心周波数: $f_n = 425 + 170(n-1)$ $n=5\sim 14$ の任意の整数 ただし、1システム当たり、1周波数帯を原則とする		
伝送回線	取信回線を標準とする。回線とのインテフェースは下記を標準とする			
	回線の種類	送信レベル	受信レベル	備考
	単一無線回線	-4 dBm	-4 dBm	周波数ずれ $\pm 5\text{ Hz}$
	多重無線回線	-8 dBm	0 dBm	
	有線回線	0 dBm	-22 dBm 以上 回線損失 22 dB 以下	
	インピーダンス	600 Ω	$\pm 30\%$	

表 4. 計測項目
Measuring items.

測定項目	測定範囲	単位	テレメータ入力信号
水 温 (T)	-10~+40	°C	0~1 V
導 電 率 (σ)	0~20	mS	0~1 V
溶 存 酸 素 (DO)	0~20	ppm	0~1 V
p H (pH)	2~12	pH	0~1 V
濁 度 (TB)	0~500	ppm	0~1 V
シアニオン (CN)	0.03~3	ppm	0.01~1 V
アンモニア (NH ₄)	0.1~10	ppm	0.01~1 V
検水そう pH	4~14		0~1 V
検水そう 温度	-10~+40	°C	0~1 V
水 位 (WL)	—	cm	BCD 3けた

よび回線条件, 設置条件などより, 効率的なシステム構成とすることが重要である。

図 2. に システム 構成図を示す。

3. 3. 1 監視局

監視局の主要構成機器は次のとおりである。

- (i) 監視制御装置 (データ 処理部, 操作部内蔵)
- (ii) 時報 タイプライタ
- (iii) 日報 タイプライタ
- (iv) システム (入出力) タイプライタ
- (v) 操作卓
- (vi) データ 表示盤
- (vii) 紙 テープリータ, 紙 テープパンチ
- (Viii) データ 転送装置

(i) ~ (iv) は標準, (v) ~ (viii) は付加機器とし, 必要時実装するものである。

3. 3. 2 観測局

観測局は図 4. に示すように, 観測装置, 水質 モニタ 装置, および無停電電源装置より構成される。

3. 3. 3 動作の概要

(1) テレメータ

このシステムでは 1 : n 構成による呼出式デジタルテレメータ方式としており, 監視局の呼出制御に回答して観測局は水質 データ を返送する。定時 (あらかじめ定められたシステム 運用時刻) になると, 監視局の送信部から送出される テレメータ 指令を受信した観測局は, 水質 モニタ 装置から与えられる水質 データ を順次時分割的に返送する。監視局で受信判別された データ は, 処理部で各種 チェック, スケール 変換, および集計処理が施こされ, 作表タイプライタ に出力され, 時報・日報が作表される。さらに異常値・故障などの警報情報が検出されると警報表示が行なわれる。定時のほか, 手動による テレメータ も可能である。

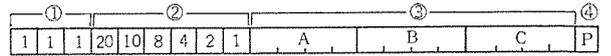
(2) 制 御

制御は手動により監視局より行なう。監視局から与えられる制御指令を受信した観測局は, 制御指令を解読し所定の操作制御指令を水質 モニタ 装置に渡す。同時に監視局に制御確認用の監視信号を返送する。

(3) 異常値起動

水質 モニタ 装置で水質異常値情報が検知されると, 観測装置は自動的に起動し, 異常値情報を定められた形式と時間間隔にしたがって送出する。監視局では異常値情報を受信判別し, 当該異常局を呼

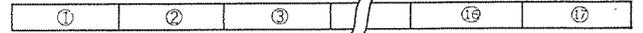
(1) 呼出制御指令



- ①同期ビット 3ビット (111)
- ②局番 6ビット (BCD 2けた)
- ③制御ビット 12ビット (4C₂3けた)
- ④垂直パリティビット 1ビット (奇数パリティ)

(2) テレメータ返送信号

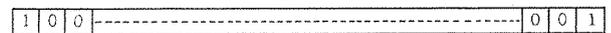
(a) フレーム構成



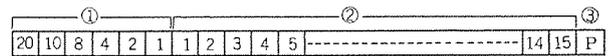
- ①同期ワード 22ビット
- ②局番・監視ワード 22ビット
- ③~⑰データワード 22ビット

(b) ワード構成

i) 同期ワード

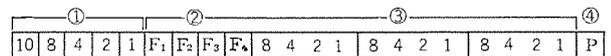


ii) 局番監視ワード



- ①局番 (1~39) 6ビット (BCD)
- ②監視ビット 15ビット (1ビット1ポジション)
- ③垂直パリティビット 1ビット (奇数パリティ)

iii) データワード



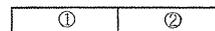
- ①データ番号 (1~19) 5ビット (BCD)
- ②フラグ (F₁~F₄) 4ビット
- ③計測データ 12ビット (BCD 3けた)
- ④垂直パリティビット 1ビット (奇数パリティ)

フラグの使用後

- F₁ 予備
- F₂ 異常値情報
- F₃ 無効データ (保守中, 洗浄中, 非実装など)
- F₄ AD変換器出力スケールオーバー, アンダ

(3) 制御応答, および異常値信号

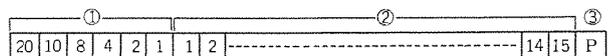
(a) フレーム



- ①同期ワード 22ビット
- ②局番, 監視ワード 22ビット

(b) ワード構成

- i) 同期ワード, 局番および監視ワード・構成はテレメータ返送に同じ
- ii) 異常値起動の場合には次のようになる



- ①局番 6ビット (BCD)
- ②監視ワード 15ビット
ポジション1が"1"となる

図 1. 符号構成図
Transmission format.

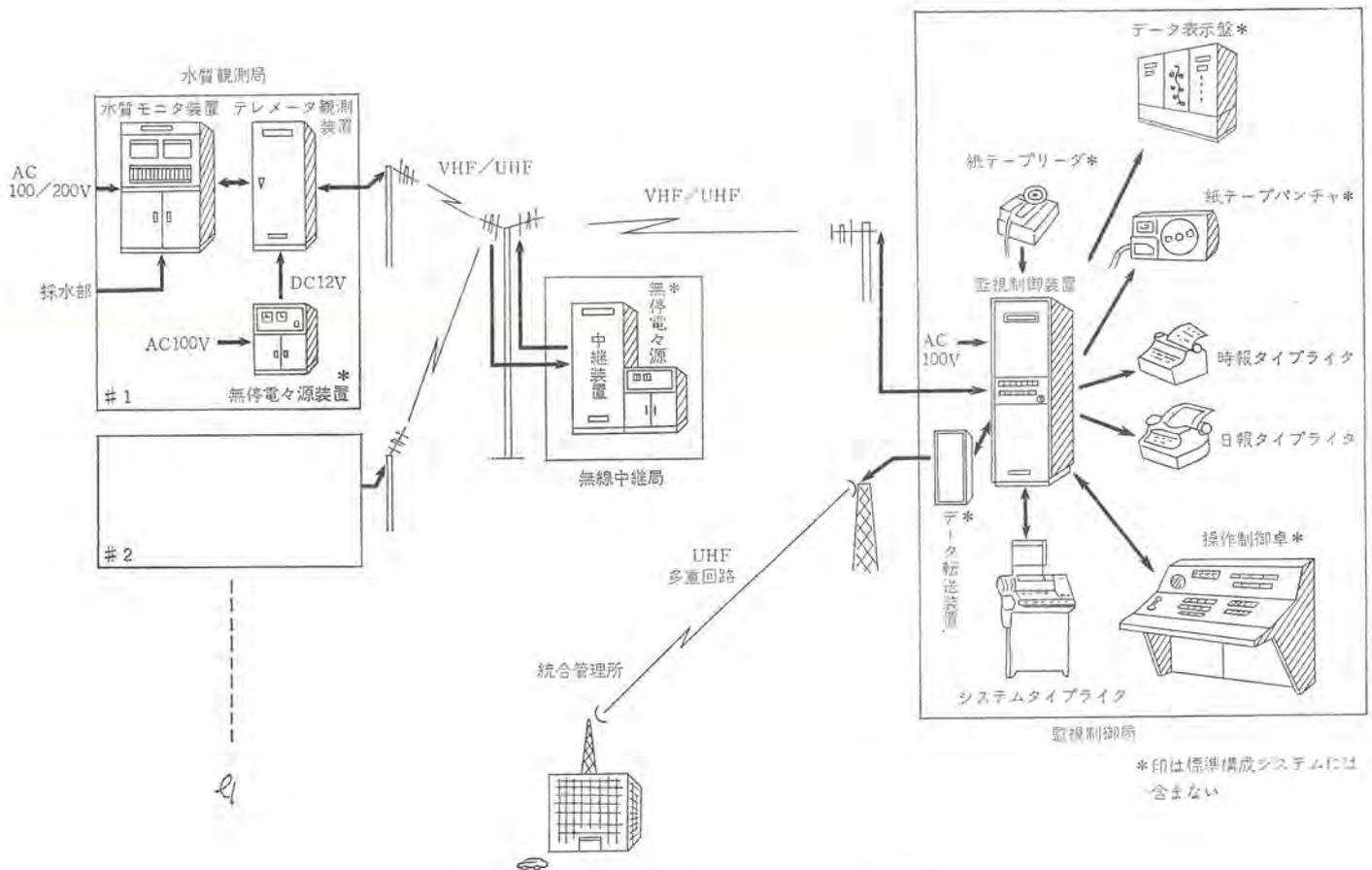


図 2. 水質監視テレメータシステム構成図
Configuration of water pollution telemetering system.

出す。ついで、異常値に対する呼出を受信すると観測装置は異常値情報の送出を停止し、水質データをテレメータ返送する。

4. 水質監視テレメータシステムの適用例

前章の標準仕様にて準拠して製作された水質テレメータ装置の適用例により装置の概要と特長について述べる。

4.1 東北地建向け水質監視テレメータシステム

先般東北地建に納入したテレメータシステムは図3.に示すように、電電公社専用線(D₁規格)を利用して、2カ所の水質観測局の水質データを監視局に収集し、プリンタによる時報、日報および月報作表、電子計算機組織(別途)によるデータ解析のためのテープさん孔、ならびにランプ、表示器などによる水質データ、警報故障情報の監視を

行なうものである。

4.1.1 システムの機器構成

(1) 観測局

観測局は観測装置、無停電電源装置、および水質モニタ装置より構成され、専用の無人局舎に設置される。局舎の環境条件、水質モニタ装置との列架などの設置条件から、観測装置は防滴形自立架構造(高さ1,800mm、幅520mm、奥行450mm)とし、かつ前面保守を考慮し架内実装機器はちょうつがい構造とし、前面保守が可能である。図4.に装置の外観を示す。

水質モニタ装置の計測出力は0~1V、監視信号は1a接点形式で

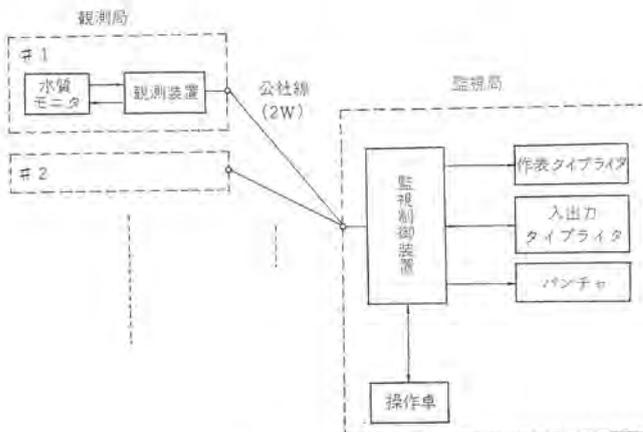


図 3. 水質システム
Water pollution observation system.

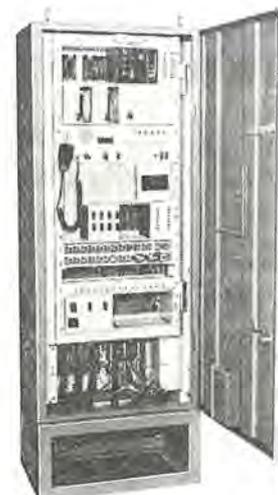


図 4. 観測装置
Equipment of observation station.

観測装置に常時入力されている。監視局のテレメータ呼出を受け自局局番に一致すると水質データを時分割的に順次スキミングし、アナログ信号はBCD 3けたの数値に変換し、さらに並列一直列変換器により直列パルスとし、これをFS送信器により伝送する。次に制御指令を受信した場合は制御指令に応じた操作信号を水質モニタ装置に供給する。水質モニタ装置は、内蔵される制御回路により、指令信号を保持し、必要な制御動作を行なう。制御に対する返信信号は監視項目(含局番)のみとする。

計測項目ごとの異常値信号は、それぞれ微分回路を通して、異常値発生都度検出され、異常値起動信号として監視項目の1ビットを使用して送信される。

観測装置は無停電化を考慮し、待受時は受信部のみ電源を投入し、信号を受信することにより、逐次関連部に電源を供給する電源制御回路を設け、低消費電力化を図っている。

(2) 監視局

監視局は監視制御装置1架と、操作卓、作表タイプライタおよび入出力タイプライタより構成される。監視制御装置には、各種制御部が収容され、将来の有線系および無線系の観測局の増設を考慮して製作されている。

(a) 回線接続の方式

このシステムの特長は電電公社線を使用していることである。回線運用条件として

- (i) 必要 S/N が得られること。
- (ii) 異常値起動を検知できること。
- (iii) 将来無線系への切換えが可能であること。
- (iv) 装置構成が簡単で、障害の少ないこと。

を考慮する必要がある。このシステムでは、公社線を経由して各観測局と1:1となる並列接続方式を採用し、回線運用の面より無線回線と同一条件とした。図5.に回線接続部の構成を示す。

(b) 機能

装置の主な機能は次のとおりである。

- (i) データ収集： 自動または手動操作によるデータ収集を行なう。
- (ii) 制御： 操作卓での手動設定により、任意の項目の制御操作を行なう。
- (iii) 時報作表： テレメータにより収集されたデータは、作表タイプライタにより、月日・時刻・データの順に印字される。印字はデータ

収集の都度とする。データ欠測、無効データなどの場合には当該欄を空白とし、異常値データは赤印字とする。

(iv) 日報作表： 1日のデータの集計値(最大、最小、平均値)は作表タイプライタにより、月日・データの順で日報作表される。時報および日報用タイプライタは1台を共用し、連続用紙(折たたみ式)の1ページに1日の時報・日報を印字する。

(v) 月報作表： 1カ月間の集計データを月末に入出力タイプライタに自動的に打ち出す。最大・最小値については発生日時とその時の値、平均値については測定回数と平均値をそれぞれプリントする。

(vi) デジタル表示： 操作卓からのリクエストにより、任意の局の任意の項目のデータをデジタル表示することができる。また監視項目については局選択により、ランプ表示する。また時刻、月日の表示、校正もできる。

(vii) 紙テープさん孔： 紙テープパンチャにより、テレメータにより収集され、スケール変換された水質データを紙テープにさん孔する。さん孔コードはASCIIコードとし、入出力タイプライタによるさん孔内容確認が容易になるようにさん孔フォーマットは構成されている。

(viii) スケール変換： 000~999なる数値を各計測項目に対応した物理量に変換する。

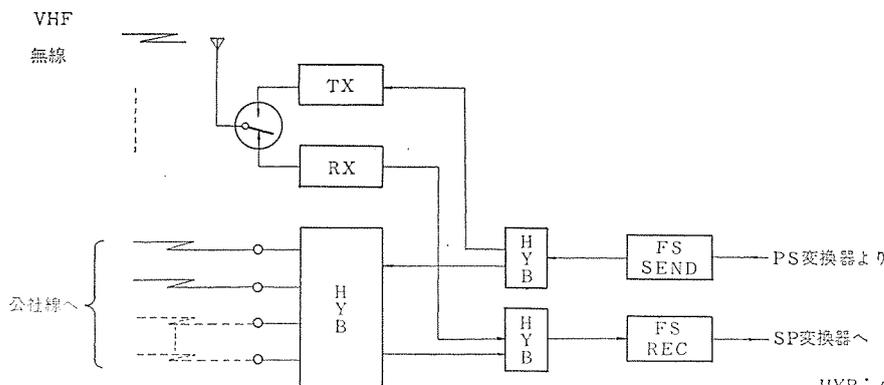
(c) 主要機器

本システムでは(b)項に述べた各種データ処理、テレメータの呼出応答に関する制御はすべてソフトウェア処理とし、ハードウェアによる機能は入出力部、伝送部などの基本構成ユニットに限定し、構成機器の簡易化、信頼性向上、およびシステムの拡張性に対する柔軟性を図っている。

また装置の中核ともなるべきデータ処理部には制御用の小形計算機として製作されているMELCOM 70システムを採用し、さらに入出力制御部は当社標準のM形実装方式とし、装置の標準化を図っている。図6.に監視制御装置の外観を示す。

(i) 監視制御装置： 本装置は鉄製自立架(高さ2,300mm, 幅650mm, 奥行690mm)を使用し、前後面は保守点検を考慮して片開きとびら構造とした。処理装置(MELCOM 70)を除き各ユニット類はプラグイン方式となっている。外部との信号の受授は架下端子で行なっている。

架内実装機器はプリント基板、電源部、その他機能ブロックで構成される。機能ブロックは、特定の機能部をユニットとして一体化し、設計・試験の効率化、保守性の向上を図っている。さらに本装置で



HYB: ハイブリッドコイル
TX: 送信機 } 未実装
RX: 受信機 }

図5. 回線接続部(監視局)
Block diagram of circuit jointing unit.



図 6. 監視制御装置
Supervisory control equipment.

は、プリント板のバック布線作業の自動化手法を採用した。

(ii) 操作卓： システムの運用を行なうもので、操作部・表示部・通話部などより構成される。構造は机上据置形としている。

なお、本システムでは次の点が標準仕様と異なっている。

月報作表、データのデジタル表示、観測局異常値検出回路をテレメータ観測装置側に付加していること、時報・日報を共通のタイプライタで印字することなどで、標準仕様をこえている。

4.2 特長

当社水質テレメータ装置の特長は次のとおりである。

- (1) 有線無線を問わず適用できる。
- (2) 保守運用が便利である。

各機能ごとにブロック化してあり、単体での試験保守ができるよう

配慮されている。またこせん(跨栓)スイッチ、ランプをパネル面に付加し、動作状況の監視チェックが行なえる。さらに携帯用のテレメータ試験器により、観測装置・監視制御装置の自局試験を可能としている。テレメータ試験器は付属品として準備されている。

(3) 観測装置はすべて DC 12 V 系のみで動作し電源構成が簡単である。

(4) ソフト処理の拡大

処理装置を含むテレメータシステムでは、テレメータ系で呼出・応答などのテレメータ制御機能をハード的に処理することが多かったが、本システムでは、この機能を処理系でのソフト処理に置き換え、処理装置の信頼性向上とあいまって、高信頼システムとすることが容易である。

(5) 増設が容易

機能ごとブロック化しているためハード的な増設は容易である。

(6) 拡張性

付加機能の範囲まではハードウェアおよびソフトウェアの追加で容易に拡張できる。

5. む す び

以上建設省で仕様化された水質監視テレメータシステムの概要を報告した。

本システムは最近大きな社会問題となっている水質汚濁を防止するための基礎資料を収集するものであり、今後水質汚濁の予測、および規制措置を施すための有力な手段としての運用が期待される。

終わりに、本システムの計画製作に当りご指導をいただいた建設省電気通信室、関東地方建設局、東北地方建設局、水資源開発公団および関係各位に感謝の意を表する次第である。

煙道ガス測定器 SA-302 形

菊池 誠*・宇野沢 譲*・森 昭義*
関 義武*・高橋 邦男*・伊東 克能*

Stack Gas Analyzer SA-302

Kamakura Works

Makoto Kikuchi・Yuzuru Unozawa・Akiyoshi Mori
Yoshitake Seki・Kunio Takahashi・Katsuyoshi Itô

For the prevention of air pollution, ambient air quality standards and emission standards have been set up recently even on nitrogen oxides following those on sulfur oxides, thus legal restriction being strengthened. To cope with the situation, development of engineering in the prevention of emission of flue gases is briskly going on. A keen demand has arisen for a reliable stack gas analyzer capable of monitoring the concentrations of gases coming in the category.

As a result of study on the multielement operational method, an application of the ultraviolet absorption method, unique to the company, Mitsubishi is successful in building a stack gas analyzer for practical use. With this one unit, it is feasible to measure simultaneously the concentrations of three gases in question ; i. e. SO₂, NO and NO₂. This is the first attempt in the world. This article introduces a stack gas analyzer SA-302 and comparisons with conventional gas analyzers.

1. ま え が き

公害がますます重大な社会問題として国民の注目するところとなり、公害防止のために各方面からの協力が必要になってきた。公害防止対策として汚染物質の排出規制も整備・強化されつつあり、公害発生防止対策を施すことにより汚染物質の排出を極力抑え、環境基準を維持するように制御・管理することが、国・自治体および汚染源をもつ企業の重要な任務となっている。これに伴ない、公害発生防止技術の確立と共に、汚染物質の排出状況を正確・迅速に監視することができる、信頼性ある測定器が要求されてくる。

大気汚染の発生源としては、自動車などの移動発生源と、ボイラ・加熱炉・硝酸製造施設などの固定発生源とがあるが、固定発生源の煙道排ガスを測定対象とし、汚染物質の排出濃度を監視する測定器が煙道ガス測定器であり、最近の排出規制の動向と共に重要視されているものである。

大気汚染の要因となる煙道排ガス中のおもなガス成分は、二酸化いおう (SO₂)、一酸化窒素 (NO) および二酸化窒素 (NO₂) の3種類である。

これらの中で SO₂ に関しては、昭和44年2月、我が国最初の環境基準としていおう酸化物の環境基準の設定があり、これに応じて排出規制が施行されて、既に一定規模以上の煙道には連続測定器の設置が義務付けられている。排出規制は段階的に強化されてきたが、昭和47年10月より全面的に見直しが行なわれ、昭和48年5月に新たに SO₂ の環境基準の設定があり、これに応ずる SO₂ の排出規制が強化されようとしている。

従来、煙道排ガス用 SO₂ 連続測定器は、溶液導電率法または赤外線吸収法によるものがおもに使用されてきたが種々難点があり、排出規制の強化により測定法・測定器に関しても再検討を要する段階にきており、実情を見直してこれらの日本工業規格 (JIS) が改定される予定である。

一方、NO と NO₂ に関しては、光化学スモッグ現象の出現以来、その原因究明において重要視されてきて、昭和48年5月に初めて、

NO₂ について環境基準が設定され、これを達成するために昭和48年8月10日に窒素酸化物 (NO_x) の排出規制が施行された。これらの動向に対処するために NO_x の排出防止技術と、NO_x 連続測定器の開発が活発に行われている。同時に NO_x の連続測定法の JIS も立案中である。

このような状況の下で、当社は社団法人産業公害防止協会および (株)公害気象研究所の御指導を得て、独自の煙道ガス測定器の開発を続けてきたが、その主なねらいは次のとおりである。

(1) 排出規制対象となる SO₂、NO および NO₂ の3種類のガス濃度を個々に、しかも同時に測定できる煙道ガス測定器を実現する。

(2) 共存ガスによる影響の除去、保守性・信頼性の向上を図り、公害監視機器として需要家の要求に十分こたえられる測定器を提供する。

筆者らは上記目標を実現するために、紫外線吸収法に着目し、当社独自の多成分演算法の実用化研究を行ってきたが⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、このたび三菱煙道ガス測定器 SA-302 形として製品化したので紹介する。

なお、本器に採用した紫外線吸収法 (多成分演算法) は、JIS-K 0104「排ガス中の窒素酸化物分析方法」に規定される予定であり、また本器は現在作成中の JIS 原案「排ガス中の二酸化いおう自動計測器(仮称)」にもとりあげられている。

2. 煙道ガス測定器 SA-302 形の概要

まずはじめに、煙道ガス測定器が満たすべき一般的要求条件を列挙するとつぎのとおりである。

(1) 通常の煙道排ガス中には、上記3種類のガス以外にも水蒸気 (H₂O)・炭酸ガス (CO₂)・アンモニア (NH₃) など、多くのガスが共存するが、これらの共存ガスによる妨害がないこと。

(2) 法規制の監視機器となるので、長期間にわたり終夜連続測定ができて測定値の信頼性が高いこと。

(3) 欠測させないことが必要となるので、保守性および点検時

表 1. 煙道ガス測定器 SA-302 形の主要性能
Specification of stack gas analyzer SA-302.

1. 測定対象	煙道排ガス中の窒素酸化物 (NO, NO ₂) および二酸化いおう (SO ₂)								
2. 方式	紫外線共鳴吸収法を応用した多成分演算法 「排ガス中の窒素酸化物分析方法」JIS-K 0104 「排ガス中の二酸化いおう自動計測器」JIS 検討中								
3. 測定濃度と精度	ガス	最大測定濃度 (ppm)	レンジ 1		レンジ 2		再現性 (%) 最大測定濃度に対する値	零点ドリフト (%/週) 最大測定濃度に対する値	スパンドリフト (%/週) 最大測定濃度に対する値
			濃度 (ppm)	出力電圧 (V)	濃度 (ppm)	出力電圧 (V)			
	SO ₂	1,000	1,000	1	500	1	±0.2 以下	±0.3 以下	±0.5 以下
	NO	500	500	1	250	1	±0.4 以下	±0.6 以下	±1.0 以下
NO ₂	100	100	1	50	1	±2.0 以下	±3.0 以下	±5.0 以下	
4. 零点調整	自動的に零点調整を行う機能を有する								
5. 応答速度	90% 30秒 (測定器入口よりガスを流入させた場合)								
6. 環境条件	温度 -10°C~+40°C, 湿度 90% 以下 (相対湿度)								
7. 電源	交流単相 電圧 100V±10V 周波数 50Hz または 60Hz 消費電力 500VA 以下								
8. 寸法, 重量	測定器本体 約 820mm(幅)×780mm(奥行き)×1,100mm(高さ)								
	測定器本体 約 200kg								



図 1. 煙道ガス測定器 SA-302 形
Stack gas analyzer SA-302.

の操作性が良いこと。

(4) ほとんどの場合、屋外設置となるので、耐環境性が良いこと。

従来の SO₂ 測定器と最近開発されている NO または NO_x の測定器には、種々の測定法⁽⁴⁾が用いられているが、上記観点よりみると測定原理上から、

- (a) 共存ガスによる妨害の問題
 - (b) 前処理および化学反応などにおける変換効率の問題
 - (c) 試薬または化学反应用ガスの供給など保守上の問題
- などがあり、決定的な測定法とは言い難い。

このような問題点を一挙に解決したうに、SO₂、NO および NO₂ の各濃度を同時に 1 台の装置で連続測定できる方式を実現したものが SA-302 形である。図 1. は SA-302 形の外観で主要性能は表 1. に示すとおりである。

以下、SA-302 形について、測定法・測定原理・構成・特性および検討・特長について述べる。

3. 測定法

紫外域 (本文では 220 mμ~400 mμ の波長域を指す)。において SO₂、NO および NO₂ は、図 2. のように各ガス固有の共鳴吸収スペクトルをもっている。一方、後述するように他の共存ガスは紫外域における吸収がきわめて小さく無視し得るので、煙道排ガス中の SO₂、NO および NO₂ の濃度測定には紫外線吸収法が有効である。しかし、図 2. で明かのように、NO₂ のみの濃度測定には全く問題ないが、NO₂ の吸収スペクトルは NO と SO₂ の各吸収スペクトルと重なり合い、また SO₂ の吸収スペクトルは NO と重なり合っているの以上記 3 種類のガスが共存する通常の煙道排ガスに対しては、NO と SO₂ の各濃度をこれらの各吸収から直ちに求めることはできない。この困難を避けて NO_x のみの測定をねらって、NO を化学的前処理により、NO₂ に変換し、400 mμ 付近における NO₂ の吸収より、NO_x の濃度を測定する方法が開発されているが⁽⁴⁾、ガスの変換効率など変換器の信頼性と反応ガスの供給など保守上の問題がある

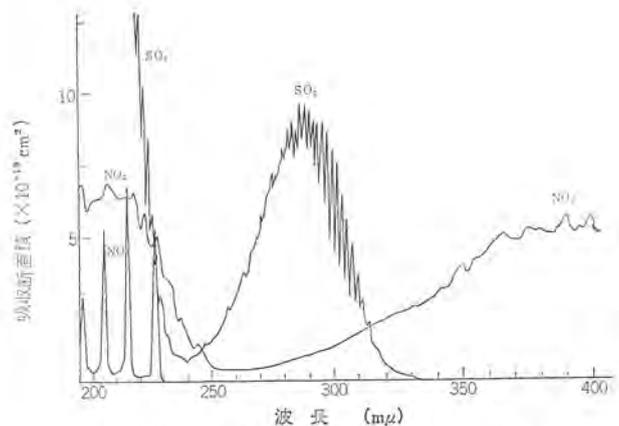


図 2. SO₂、NO および NO₂ の吸収スペクトル
Absorption spectra of SO₂, NO and NO₂.

るとされている。

SA-302 形は 3 種類のガスに対応する各波長における吸収を測定し、相互の重なりによる干渉を電子回路技術により演算処理する方法[多成分演算法]により上記のような問題点を解決し、3 種ガスの同時測定を可能にした完全に純物理的な方式である。

4. 測定原理

多成分のガスがセルの中に共存する場合、各ガスの濃度 N_i と、ガスセルに光をあてたときの光の透過率 $T(\lambda_j)$ との関係は、よく知られた Lambert-Beer の法則により式 (1) で表わされる。

$$\sum_{i=1}^n N_i \cdot \sigma_i(\lambda_j) \cdot l = -\ln T(\lambda_j) \dots (1)$$

- ここに、
 N_i : 各ガスの濃度
 l : ガスセルの長さ
 $\sigma_i(\lambda_j)$: 波長 λ_j における各ガスの吸収断面積
 $T(\lambda_j)$: 波長 λ_j におけるガスセルの透過率
 i : ガスの種類を規定する記号
 n : ガスの種類の数
 λ_j : 測定波長

ここで、 $\sigma_i(\lambda_j)$ と l はあらかじめ知ることができる定数である。

したがって、一般に測定波長域において吸収スペクトルのあるガスが n 種類共存する場合には、 n 個の波長 λ_j における透過率 $T(\lambda_j)$ を測定することにより、各波長 λ_j に対応する式 (1) を n 個得て、 n 元一次連立方程式の解として各ガス濃度 N_i を求めることができる。

煙道排ガス中の SO_2 、 NO および NO_2 以外の共存ガスは紫外域においては、吸収断面積がきわめて小さいので、たとえ濃度が大きくても妨害ガスとはなり得ない。したがって、 SO_2 、 NO および

NO_2 の 3 種類のガスだけに着目して式 (1) で $n=3$ とし、三元一次連立方程式を解けばよい。

いま、 NO_2 、 SO_2 、 NO に対し、それぞれ $i=1, i=2, i=3$ とする。また波長 λ_j としては、各ガスの吸収が最大となる波長を選び、図 2. により、 NO_2 、 SO_2 、 NO に対し、それぞれ $\lambda_1=380 \text{ m}\mu$ 、 $\lambda_2=287 \text{ m}\mu$ 、 $\lambda_3=226 \text{ m}\mu$ とし、これらの波長における透過率 $T(\lambda_j)$ を測定する。

図 2. から、 $\sigma_2(\lambda_1)=0$ 、 $\sigma_3(\lambda_1)=0$ 、 $\sigma_3(\lambda_2)=0$ であり、 N_1 、 N_2 および N_3 は、式 (1) よりつぎのように表わすことができる。

$$N_1 = -\frac{\ln T(\lambda_1)}{\sigma_1(\lambda_1)l} \dots (2)$$

$$N_2 = -\frac{\ln T(\lambda_2)}{\sigma_2(\lambda_2)l} - \frac{\sigma_1(\lambda_2)}{\sigma_2(\lambda_2)} N_1 \dots (3)$$

$$N_3 = -\frac{\ln T(\lambda_3)}{\sigma_3(\lambda_3)l} - \frac{\sigma_1(\lambda_3)}{\sigma_3(\lambda_3)} N_1 - \frac{\sigma_2(\lambda_3)}{\sigma_3(\lambda_3)} N_2 \dots (4)$$

式 (3)、(4) の第 2 項以下は吸収スペクトルの重なりによる干渉分を打消す項である。

N_1 、 N_2 および N_3 を求める演算は、各透過率 $T(\lambda_j)$ を電気信号として得れば、電子回路的に処理することができる。

SA-302 形では、上記 3 種類のガスに対応する $T(\lambda_j)$ を同時に測定して、アナログ演算処理を行ない、各濃度 N_1 、 N_2 および N_3 を算出しているのて、瞬時値の連続測定ができる。

以上のような測定原理による方法は、多成分演算法と称するもので原理上、前処理や化学反応を全く含まない。

5. 構成

図 3. は SA-302 形の基本構成、図 4. は光学部の構成を示す。以下に構成と各機能の概要を説明する。

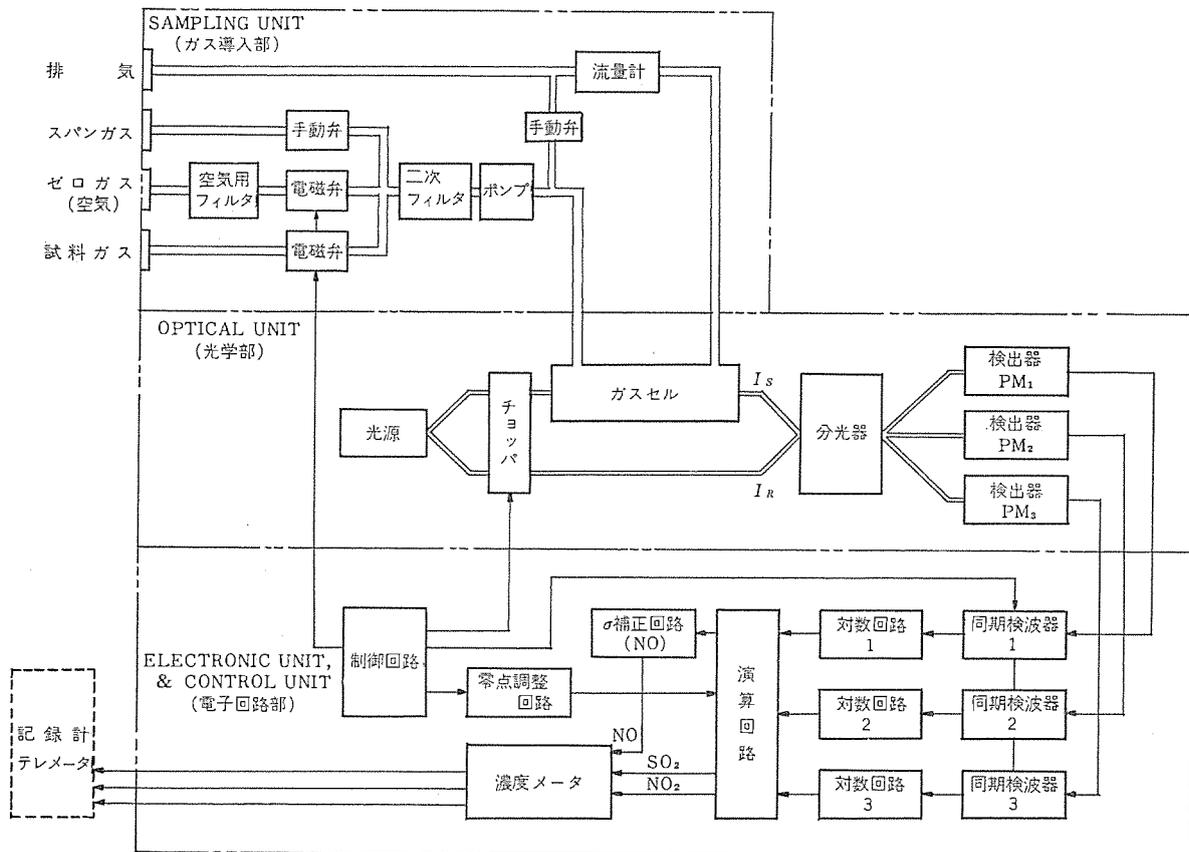


図 3. 煙道ガス測定器 SA-302 形の基本構成 Schematic diagram of stack gas analyzer SA-302.

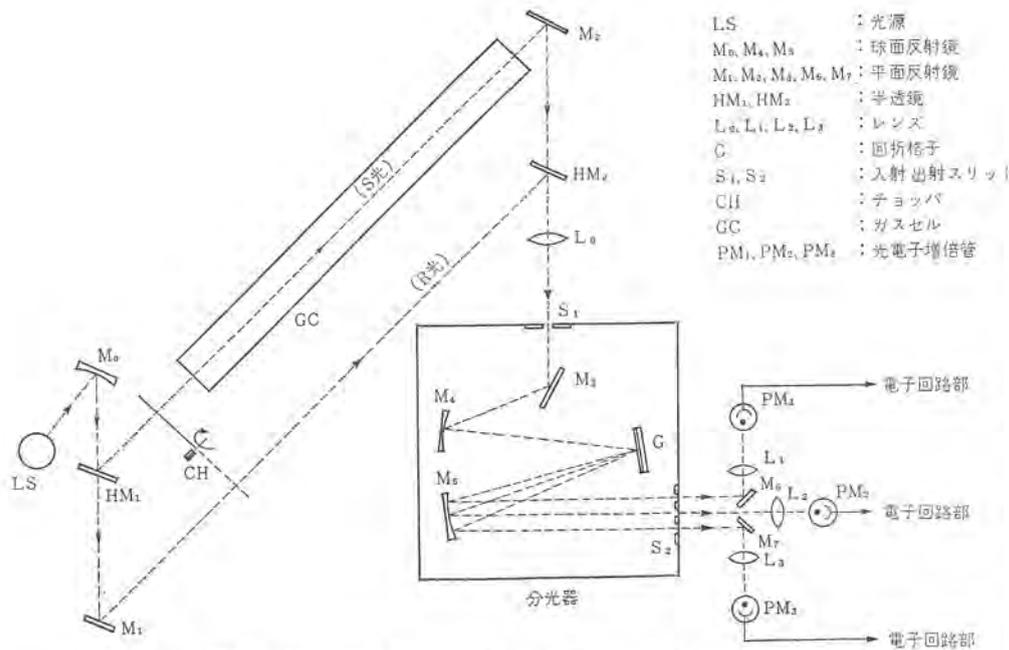


図 4. 光学部の構成 Schematic diagram of optical unit.

光源 LS (重水素ランプ) からの光は、半透鏡 HM₁ により、ガスセルを通過する試料光 (S 光) とガスセルを通過しない参照光 (R 光) とに分けられる。S 光と R 光はチョップ CH により交互に断続されて、半透鏡 HM₂ を経て分光器に入射する。分光器で 3 個の波長 ($\lambda_1=380\text{ m}\mu$, $\lambda_2=287\text{ m}\mu$, $\lambda_3=226\text{ m}\mu$) の光が選択されて、それぞれ光電子増倍管 PM₁, PM₂, PM₃ に入射する。各光電子増倍管には、各波長において吸収されて減衰した S 光と減衰しない R 光とがチョップの回転に同期して交互に入射することになる。したがって光電子増倍管からは、レベルが交互に各光の強さに比例して変るチョッピング電流が得られる。この電流が電子回路部に入り信号処理される。図 3. に示すように、各同期検波器で S 光に比例する直流 (I_S) と R 光に比例する直流 (I_R) とに変換される。つぎの各対数回路で、各波長における I_S と I_R の比、すなわち透過率 $T(\lambda_1)$, $T(\lambda_2)$ および $T(\lambda_3)$ の対数がとられる。さらに演算回路で連立方程式 (2), (3), (4) を解いて、各ガスの濃度 N_1 , N_2 および N_3 を算出する。ただし、式 (4) の $\sigma_3(\lambda_3)$ つまり NO の吸収断面積は濃度に依存するので、 N_3 のみは上記演算を行った後、 σ 補正回路で補正して直線性を得ている。ガスセルの窓の汚れと光学部の温度特性による零点ドリフトは零点調整回路により自動的に調整される。制御回路により一定時間ごとに電磁弁がはたらいて、ガスセルにゼロガスを入れると、零点がずれていれば零点調整回路がはたらいて濃度出力を零にするようになっている。長期間にわたる連続測定においては、零点ドリフトとならんでスパンドリフトも小さくなければならない。SA-302 形のスパンドリフトの要因は測定原理上、分光器の設定波長のずれのみであるので、特殊設計の分光器を恒温に制御することにより設定波長のずれを実用上無視できるようにしてある。

上記の零点ドリフトおよびスパンドリフトの防止機能により、連続測定における測定値の信頼性を高めると共に、保守性を向上させている。

6. 特性および検討

6.1 共存ガスによる影響

H₂O, CO₂ などは赤外域で大きな吸収があり、共存すると妨害に

表 2. 共存ガスの吸収係数 ($\sim 226\text{ m}\mu$) と NO ガス濃度を与える影響

Absorption coefficients at $\sim 226\text{ m}\mu$ and interferences on NO response of the other gases.

成分	予想最大濃度	吸収係数 (cm^{-1}) ($\sim 226\text{ m}\mu$)	NO ガス濃度を与える誤差濃度 (ppm)	文献
H ₂ O	20 (%)	$\sim 1 \times 10^{-4}$	~ 1.1	(5), (6)
CO ₂	15 (%)	$< 1 \times 10^{-4}$	< 0.82	(5), (6)
NH ₃	10 (ppm)	$< 1 \times 10^{-1}$	< 0.12	(5), (7)
CO	109 (ppm)	$< 1 \times 10^{-3}$	< 0.006	(5)
CH ₄	100 (ppm)	$< 1 \times 10^{-2}$	< 0.006	(5)
HCl	500 (ppm)	$< 2.7 \times 10^{-2*}$	< 0.7	
N ₂ O	100 (ppm)	$< 1 \times 10^{-2}$	< 0.06	(5)
N ₂	75 (%)	1×10^{-5}	0.42	(5), (6)
O ₂	5 (%)	$< 1 \times 10^{-4}$	< 0.28	(5), (6), (8)
備考		* 当社測定値	すべて正の誤差である	

なるので、赤外線吸収法の大きな欠点となっている。紫外域における、煙道排ガス中の予想される共存ガス (表 2. 参照) による影響について検討した結果、つぎの結論を得た。

(1) NO₂ の吸収が大きい $380\text{ m}\mu$ 付近および SO₂ の吸収が大きい $287\text{ m}\mu$ 付近では、共存ガスの吸収がきわめて小さく全く問題にならない。

(2) NO の吸収が大きい $226\text{ m}\mu$ 付近では、上記 2 波長に比して共存ガスの吸収が大きい、共存ガスの予想最大濃度に対して、各ガスの吸収係数から NO ガス濃度を与える誤差を算出してみると表 2. のようになり、いずれも 1.1 ppm を越えることはないで測定精度に影響を与えるには至らない。

試みに、SA-302 形に 100% の CO₂ を入れても、NO₂, SO₂ および NO の各濃度出力への影響は認められなかった。また 250 ppm の NH₃ を入れたとき、NO ガスの誤差濃度出力として約 10 ppm が測定されたが、通常の煙道排ガス中の NH₃ の予想最大濃度は約 10 ppm であるので、約 0.4 ppm の誤差を与えるに過ぎず、実用上問題にならないと考えられる。

6.2 直線性

窒素 (N₂) をバラスガスとした SO₂, NO および NO₂ の各標準ガ

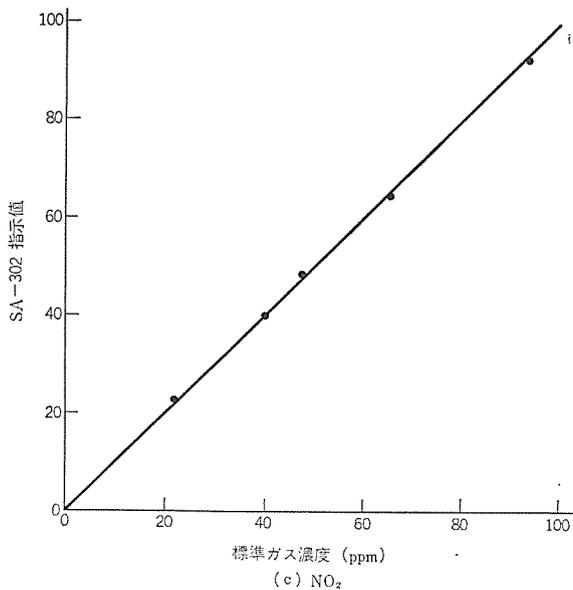
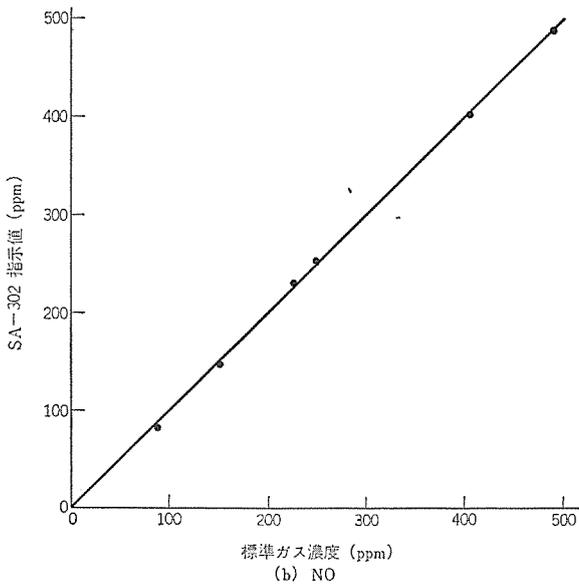
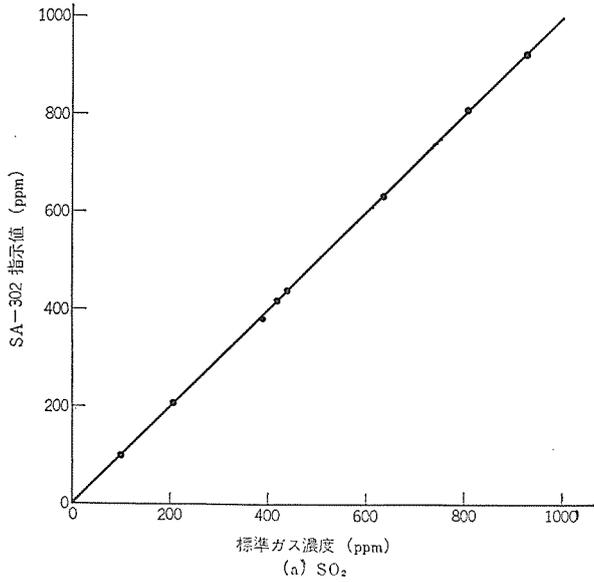


図 5. 標準ガス濃度と SA-302 形の指示値
Response of SA-302 vs. standard gas concentration.

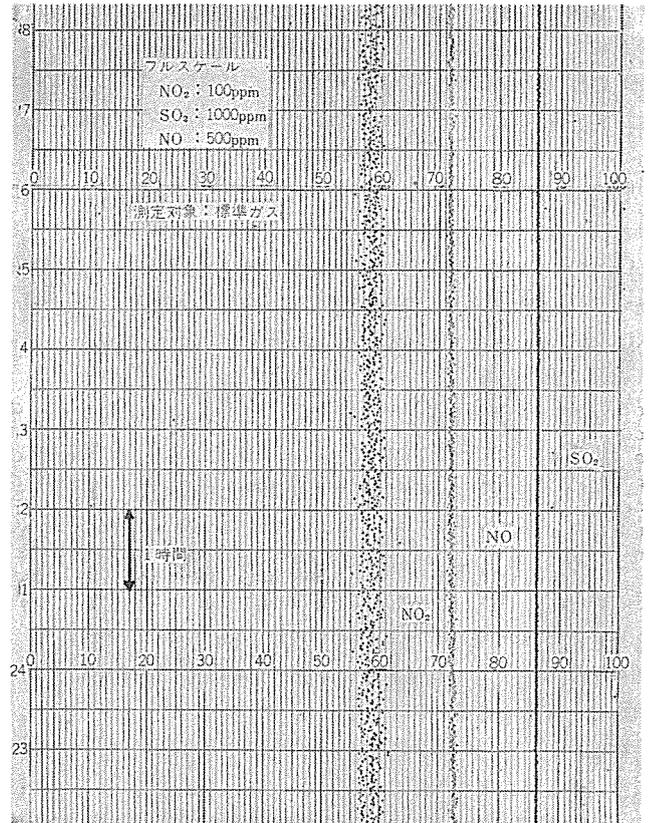


図 6. SA-302 形による標準ガスの連続測定データ
Running data of SA-302. Test was carried out with mixing of standard gases of SO₂, NO and NO₂.

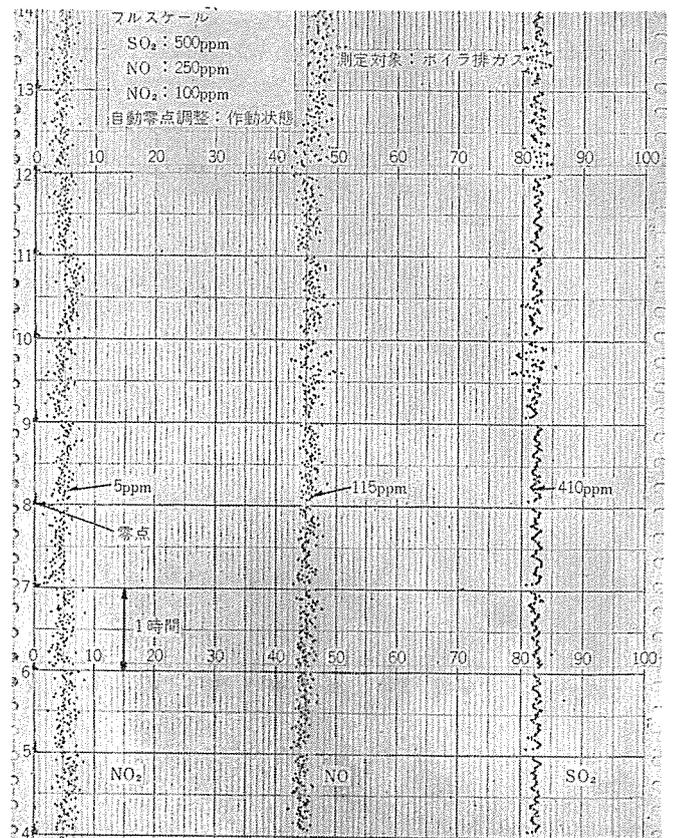


図 7. SA-302 形による実測試験データ
Field data of SA-302 for boiler stack gas.

スの表示濃度に対する SA-302 形の指示値を図 5. に示す。各指示精度は±2%以内に入っているが、各標準ガスの表示濃度の精度は±2%程度であると考えられるので、この結果は SA-302 形の直線性が非常に良いことを示している。

6.3 ドリフトおよび指示のふらつき

図 6. は SO₂, NO および NO₂ の各標準ガスを混合して SA-302 形に流し続けて、打点記録計に各濃度出力を記録させたデータである。この結果では 8 時間あたりの指示値のドリフトは、各ガスとも 2 ppm 以下、指示のふらつきは SO₂ が ±2 ppm, NO が ±2.5 ppm, NO₂ が ±2.5 ppm となっている。

6.4 実測試験

SA-302 形の実測試験は、既に十数カ所において約 2 年間にわたって実施してきているが、図 7. はボイラ排ガスについての実測試験データの一例である。各ガスの濃度の瞬時値が同時に、連続的に測定されていることを示している。この例では、NO₂ の測定値は NO のその約 4% となっているが、通常のボイラ排ガス中の NO₂ 濃度はこの程度であり、これをよく表わしている。

なお、実測試験では SO₂ については中和法、NO_x については PDS 法による化学分析値との比較を行なったが、いずれも ±5% 以内で一致する結果を得ている。

以上の結果は、本器が煙道ガス測定器として十分に実用に供し得る性能をもつことを示している。

7. 特 長

以上、SA-302 形について述べてきたが、他の方式の測定器と比較して本器の特長をまとめるとつぎのようになる。

(1) SO₂, NO および NO₂ の 3 種類のガスの各濃度を、同時に連続測定できる。

規制対象ガスを同一の測定法により、1 台の測定器で監視できるので測定値の高い信頼性が得られ、保守の省力化が図られる。

(2) 共存ガスによる影響を受けない。

(3) 零点ドリフトが小さい。零点自動調整機能をもっている。

(4) スパンドリフトが小さい。分光器の設定波長がずれないように安定化されている。

(5) 純物理的方式であり、前処理などが不要である。試薬または化学反応用ガスなどを供給する必要がなく、取り扱い・保守・点検が容易である。

8. む す び

大気汚染ガスの排出規制の動向に対応して開発・製品化した煙道ガス測定器 SA-302 形は、規制ガスの監視機器として十分に役立つものと考ええる。今後、排出規制の強化と排出防止技術の開発と共にさらに低い濃度の測定能力が要求されてこよう。このような要求に応じられるように、SA-302 形の製品化をステップとして、より高感度の煙道ガス測定器の開発を進めている。

おわりに本器の開発・製品化において、御指導・ごべんたつを頂いた社団法人産業公害防止協会および(株)公害気象研究所の関係各位に、衷心よりお礼申し上げます。(昭和 49-2-1 受付)

参 考 文 献

- (1) 中原：昭和 47 年度電気四学会連合大会, No. 294 (昭 47)
- (2) 福家ほか：第 19 回応物連合講演会, 31 a-E-8 (昭 47)
- (3) 菊池ほか：昭和 48 年度電子通信学会全国大会, No. 2032 (昭 48)
- (4) 矢田部：熱管理と公害, 25, No. 3, 10 (昭 48)
- (5) K. Watanabe, et al. : AFCRC Technical Report, No. 53-23, June (1953)
- (6) 飯田ほか：物理定数表, (昭 44) 朝倉書店
- (7) B. A. Thompson, et al. : Journal of Geophysical Research, 68 (24), 6431 (1963)
- (8) H. Kildal, et al. : Proc. IEEE, 59, 1644 (1971)

有料道路料金所内の環境改善

酒井 勝正*・大久保博敏**

Environmental Improvement inside the "Toll-Way" Gates

Mitsubishi Electric Corp., Nakatsugawa Works Katsumasa Sakai

Tokyo Air Curtain Co., Ltd. Hirotohi Ôkubo

Recently the construction of toll-way is remarkably increased in whole country. The gates installed at its entrance and exit are polluted with the exhausting gasses extremely because there are number of stops and starts of cars at those places, and the air pollution inside the gate is now a big problem. This is the common problem in the world-wide constructing a toll-way. In order to solve this problem and to improve the environment in the free-way gate, Mitsubishi Electric Corp. has developed a new system combined with conventional air curtains and air conditioners, and made it practical.

Followings are the details of this new system.

1. ま え が き

自動車の急激な増加にともなって、幹線道路近傍の大気汚染が大きな社会問題になっているが、有料道路の料金所においても車両の停発進時に排出されるばい煙・一酸化炭素・酸化窒素・炭化水素などの排気ガスによって著しく汚染され、特に最近の交通量の激増が更に拍車をかけている。レシプロエンジンをもった車両からは一酸化炭素の排出が問題にされているし、ディーゼルエンジンをとう(搭)載したトラックなどからはすすを主成分とする粉じん(塵)が非常な勢いで吐き出され、環境を著しく汚染しているといわれる。このディーゼルエンジンの吐出排気ガスは、発進時に料金所の外周をなめるようにして排出されていくため、やがて料金所内へも拡散浸入し、収受員に対しても健康上また業務遂行上、少なからぬ悪影響を与えていると思われる。一方、周囲の大気汚染もかなりすすんでおり、料金所に自然換気される空気自体も粉じんや一酸化炭素によって汚染されてしまっているので、換気をおこなってもさほどに効果はなく、かえって汚染空気が浸入してくることになる。

車両が今日程多くならない時には、例えば料金所の入口のドアを高くしたり、ディーゼルトラックなどの排気ガスをうまく吹きかえすよう

な形状を考えることによって、内部の汚染を少なくすることが可能であった。しかし今日ではこのような対策では効果が不十分であり、もう一步積極的な対策が望まれた。

三菱エアカーテンの開発を機に、料金所の環境改善に取組み、エアカーテン装置を応用した排気ガスの排除装置を完成していたが、その後時代がかわり、エアカーテンに空調機を組合せてようやくその目的を達成できるようになった。幸い実用試験も好結果をおさめ、すでに実用に入っている料金所もあるので、ここにその概要を報告する。

2. ブース内の汚染

料金を支払うたびに停止し、発進する料金所の近傍は最も汚染された状態におかれるが、特にディーゼルトラックの横方向排気口の吐出ガスは料金所の開口部にまともに吹きつけられる。開口部は営業上、ドアを閉めることはできないので約1メートルの高さのタッチドアによって、この吐出ガスをさえぎっているが、インテチェンジに風が強く吹いている場合ならばすぐ拡散されてしまうが、風の少ない日などはやがて料金所内へも浸入し、自然換気によってガスがなくなるまで収受員は排気ガスを呼吸しなくてはならない。いずれにしても発進する車両のスピードは5キロメートル程にしかならないので、3~4秒は吐出ガスの直撃をうけなくてはならない。

一方、レシプロエンジンの車両は、料金所に向って排気ガスの直撃を与えることはないが、最も一酸化炭素の排出量の多い発進がおこなわれるので、当然のことながら料金所周辺は汚染されている。

つまり周囲の汚染と、ディーゼルトラックなどによる極端な汚染をまともにうけているのが料金所の環境状態である。毎日、水洗いされる料金所の壁面がいつも黒く汚れていることから考えても汚染はかなり高いとみなくてはならない。我々のようにそういう環境に慣れない者は十数分で頭痛をおぼえるほどであり、タッチドアの形状改善などより、より積極的な対策が望まれていた。

3. エアカーテンによる排気ガスのシャ断

エアカーテンによって排気ガスがシャ断できないかということは、たれも考えることであるが、図2.に示すようなエアカーテンの使用法では前述の排気ガスのシャ断はできない。つまり室内に与圧がないので外部の汚染空気がエアカーテンの流れで拡散されてしまい室内へ入

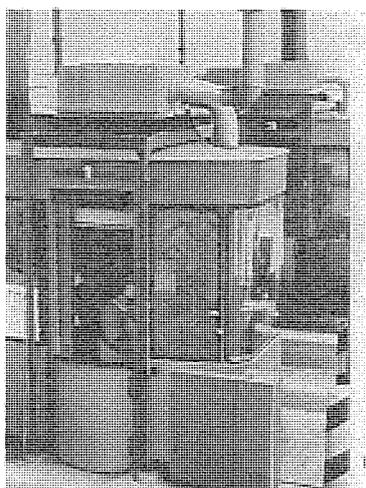


図1. 装置を取付けた料金所
Toll-way gate installed with the system.

る。外風や、車両の通過によってエアカーテンが乱れてしまう。その
うえ、エアカーテンの風が収受員に不快感を与える等の理由によって効
果がない。

そこで、まずディーゼルトラックからの排気ガスをシャ断するには、吐
出された排気ガスを料金所の周辺からできるだけ速かに排除すること
が得策と考え、エアカーテンをそのまま料金所の壁面に沿って送風で
きるように、図3.のように設置して実験をおこなったところ予想
外の効果がみられた。これによれば、料金所の壁面に向かって吹きつ
けられる排気ガスは瞬時にして料金所の後方へ吹き飛ばされ、周辺
に滞留しない。これに使用した送風機は三菱エアカーテン MK 1509 T
を垂直に設置できるように改造したものである。

飛散送風機は料金所の前方、つまり車両通過方向と同方向へ送風
できるように設置した。車両通過時にはかなりの通過風があり、こ
れも排気ガスの排除に役立っているからである。図2.のダッチドアは
飛散送風機の吐出幅と同じかそれ以上の高さにして、収受員が右手
を掛けても冷たく感じないように流れを調節してある。

数年前、車両が今日程多くないときには、この飛散送風機だけで
十分目的を達成できたので、ダッチドア表面の風速を利用して料金所
内の換気をおこなうために図4.に示すようなダッチドアに換気孔を
あけ、この換気孔を通して料金所内へ浸入した汚染空気を排出する
ことを検討した。この穴は料金所程度の換気をおこなうには十分で
あったが、その後、車両の急増によってダッチドアの上部から料金所
へ入る空気自体が汚染されたものになったため、この方法は用を足

さなくなってしまった。

ダッチドアはある程度のまるみをもたせ、収受員が料金所の外へか
らだを乗り出して業務が遂行できるようにする必要がある。そこで、
ダッチドアをどの程度までまるみをもたせてよいか検討した。図5.は
それを示したものである。上の写真はダッチドアを閉めたときの空気
の流れを示しているが、流れはドア上を滑らかに流れ、そのまま壁
面へと移っている。まがり強いときは下流側で渦となり、ダッチドア
のすき間から料金所内部へ浸入してしまう。下の写真はダッチドアを
開いたときの流れを示している。このように適当なまがりになれば
室内から排気される方向に流れができて、室内へ汚染された空気を
まきこむことはない。この条件を満足するダッチドアのまがりは半径
80センチメートル以上である。(図4.)

飛散送風機の吐出風速は毎秒約10メートルであるが、さまざまな
試験からみて、妥当な値であると思われる。このようにして実際に
排気ガスをふきつけて試験したところ、図6.に示すような結果が
得られた。これはデジタル粉じん計の出力パルスを記録したもので、
2点を1本のペンで記録している。つまり粉じんの量に応じてパルス
がでるが、上方へ出たパルスは料金所内の粉じんの状態を示し、下
方へ出るパルスはダッチドアの表面上の粉じん濃度を示している。

図6.の上の図は飛散送風機を運転した場合のものである。ダッチ
ドアに吹きつけられた粉じんは数秒で排除され、料金所内への浸入
はみられない。しかし飛散送風機のない場合は下の図に見るように、
ダッチドア上もなかなか減衰しないし、吹きつけられた後、料金所内

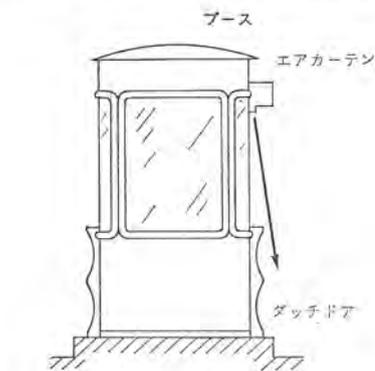


図2. エアカーテンによるシャ断の例
Example of shut-off with air curtains.

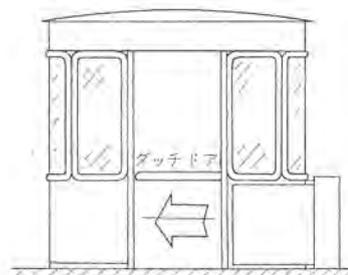
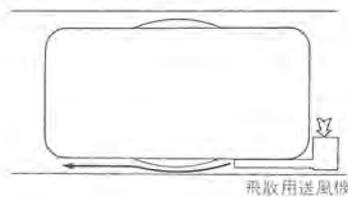
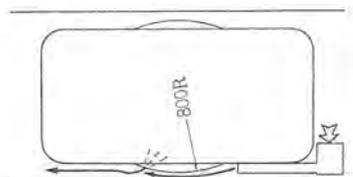


図3. 飛散送風機の設置例
Example of the blower installation
for dispersion.

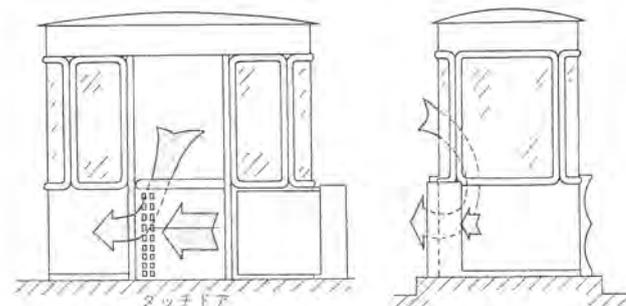


図4. ダッチドアの換気孔の効果
Effectiveness of the ventilation in dutch door.

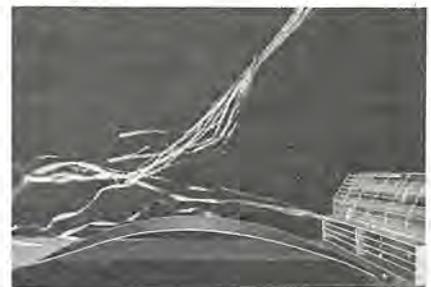


図5. ダッチドアのまがり限界の検討
Examination of gas limitation at the
bend of dutch door.

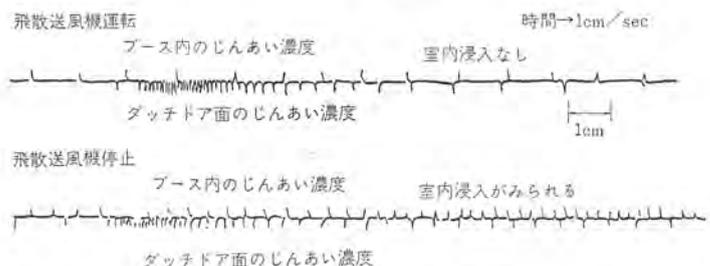


図6. ブース内へ浸入する粉じんの状態
State of dust powder entering inside a booth.

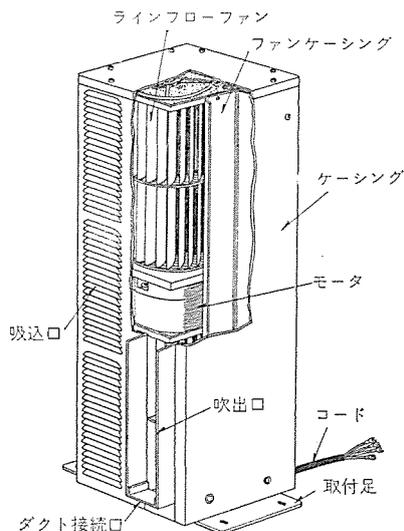


図 7. 飛散送風機
Blower for dispersion.

へ浸入し、それが長時間、滞留することがわかる。このように飛散送風機はダッチドア上へ吹きつけられる高濃度の排気ガスを速かに排除するのに非常に有用なものである。実際に使用してみると、2秒程で排除が完了してしまうようである。

外風が強い場合、飛散送風機がうまく効果を発揮してくれるかどうかという点は、飛散送風機と同方向の風ならば問題はないが、逆方向の風が吹いた場合には飛散送風機の効果はなくなってくる。その限界は毎秒5メートル程の外風までであるが、それ以上の場合、外風自体が速かに汚染空気を排除してくれるので、汚染自体が問題ではなくなってしまう。従って、飛散送風機は図3.のように固定して運転すればよい。

飛散送風機は、狭い料金所のアイランド内に設置されるので、コンパクトで、送風口からの風の流れがそのまま使えるというので、羽根径150φのラインフローファンを使ったMK1509Tというエアカーテンを改造して使用した。(図7.)

立形使用のためにモータ支持、羽根軸受を改造し、排気ガスの多いふん囲気でも耐えられる塗装や外部設置を考慮して防滴構造を採用した。羽根の汚染が激しいことは十分考えられるので、セルフクリーニング作用のあるラインフローファンは最適であろうと思われる。

飛散送風機は料金所の外壁からダッチドアの表面に空気を流すだけであるから、料金所内部の冷暖房効果を損うこともなく、こういう特殊な場所での応用としては最適の方法である。

4. 料金所内の環境改善

インタチェンジなどの設置されている場所は一般に周囲が開放されており風通しもよいので、ディーゼトラックなどが通過した時に一時的に汚染されるだけだと思われたが、最近のような交通量の急増によって、料金所の周辺がいつも汚染されたかたちになるにおよんで、料金所内の空気清浄や、作業環境改善という意味と、せっかく空気清浄をおこなっても暑さで入口を開け放ったりした場合は効果がなくなるということなどから、料金所内部を効果的に空調する必要が生じてきた。

そこで、さまざまな方式が考えられたが、最も現状にあった方法として各料金所に冷暖房と空気清浄をおこなった空気を押込んで与圧し、開口部にエアカーテンを設置して実質開口面積を減らすことに

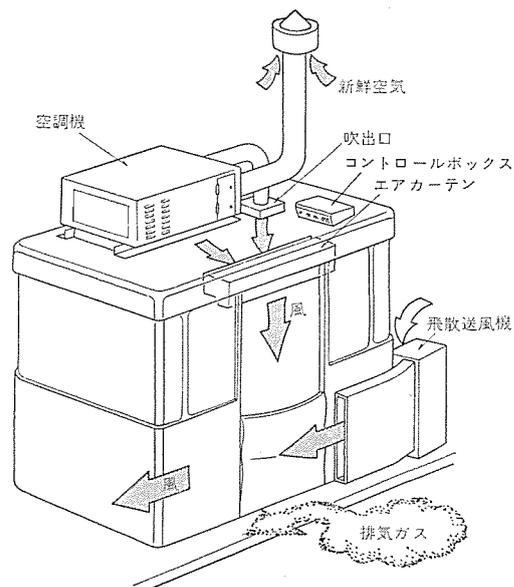


図 8. 空調機を装備した料金所
Gate installed with air conditioner.

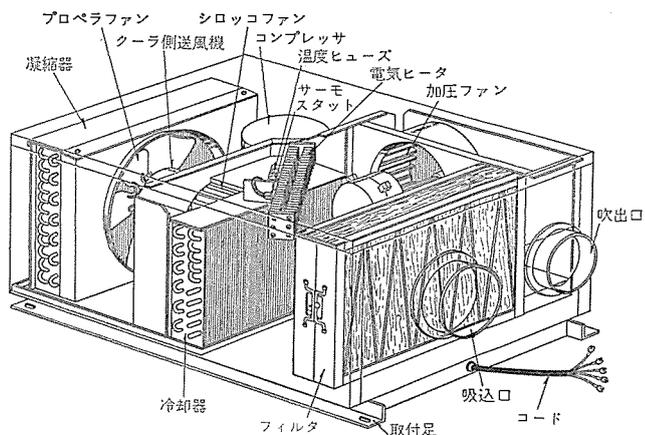


図 9. 空調機
Air conditioner.

よって、外気の浸入を防ぎ、収受員はできるだけ料金所内部で業務ができるように考慮されたものとした。こうしてでき上がったのが図8.の装置である。

今までは空調機の設置された場所に換気扇が設置されていたが、かえって開口部から汚染された空気が吸引されることになるので、使用しない方がよいくらいであった。本装置は逆に料金所内に与圧してやろうとするもので、与圧する空気を清浄にしてやれば内部の清浄度は確保できる。

空調機には1マイクロンの粉じんを80パーセント程度の捕集効率をもつメカニカルフィルタと3キロワットのヒータ、それに1馬力のクーラを組込んだものとした。料金所の狭いアイランドを考慮して、空調機は料金所の屋根に設置し、排気ガスの直撃を受けないことと料金所の視界をさえぎるダクト類を屋根までにとどめることによって安全性も確保することができた。(図9.)

吸気ダクトを料金所の屋根上1メートルの点から吸気できるように設置したが、実際測定してみると粉じんや一酸化炭素濃度が高く大屋根の真下まで濃度が変わることがわかったので図10.のように大屋根の上まで吸気口を伸ばし大屋根上の空気を空調機に導いた。大屋根の真下で6.8ppmあった一酸化炭素濃度がそのすぐ上の大



図 10. 空調機とダクトの設置状況
Duct and the air conditioner set up.

屋根上では 0.8 ppm に下がっている例もあり、大屋根上の空気は一般的に清浄と考えてよいようである。

空調機には寿命やメンテナンスの点を考えてガス吸着のためのフィルタは使用していない。従ってできるだけ清浄な場所から吸気してやる必要があるし、清浄な場所から吸気できればガス吸着またはガス除去のためのフィルタは不要ということである。

大屋根の上の吸気口は積雪や台風時でも考慮して設置しなくてはならない。150φの塩ビ管で導かれた外気は除じん、空調され室内の吐出グリルから、わりあい低い風速で送りこまれる、この風量は5~6立方メートルであるから、室内において風速が苦になる程のものではない。当然必要に応じて室内吐出風向の調節は可能になっている。

フィルタのメンテナンスはプリフィルタの半月に1度の水洗いと半年に1度程度のガラスウールの交換が必要なことであろう。実際に使用してみないと立地条件のちがいによる寿命の予測はむずかしいが一応の目安になる。

5. ヒータ付エアカーテン

料金所内が正圧になるように空調機で与圧しておくとし開口部からのみ与圧空気が流出しようとする、そこでここをエアカーテン GK 909 Tでシャ断した。しかし GK 909のみでは吐出空気は冷たいので2 kWのヒータを吐出ダクト中に組入れて吹出し温度を12度以上の差をつけて吹きおろすようにした。風速もできるだけ弱くして収受員に不快感を与えないところまで下げた。これによって不快感はなくなり、開口部の実質面積を小さくすることができた。

エアカーテン流はダッチドアの上部で室外に流れて外気の浸入を防ぐため、エアカーテン流のリターンによる室内への汚染空気浸入はほとんどなくなる。このような使用法にすれば図2.に示した使い方の欠点はなく、エアカーテンのシャ断効果のほかに温風による暖房効果も期待できる。エアカーテンの羽根はラインフロー羽根なのですすによる汚染も少なく、時折、吸気グリルを清掃すればよい。(図11.)

6. 装置の効果

以上述べたような各機器を装備して図8.のように空気のバランス

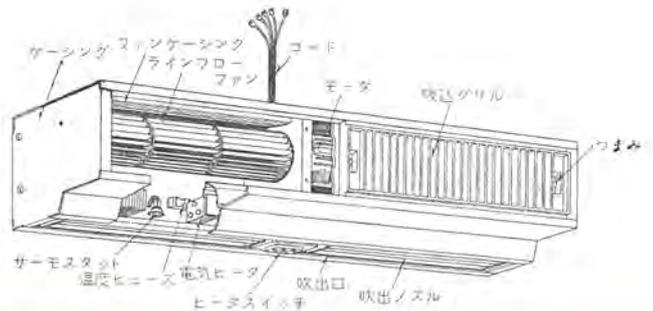


図 11. ヒータ付きエアカーテン
Air curtain with heater.

をとると料金所内の空気は一応満足できる状態になる。そして季節の変化に伴ってヒータやクーラは適当に調節すれば、それぞれの条件に応じて快適な環境ができる。

実験の過程でその効果のデータをとって見たところ、明らかな差がみられた。図12.に示した①から⑥までの点で粉じんと一酸化炭素の濃度を比較した平均をとってみると図13.のようになった。つまり顔前にあたる①の点では粉じんも一酸化炭素も減っているが、③の料金所中央付近ではさらに顕著である。①の点で一酸化炭素が案外高いのは吸気口を料金所の屋根上にしたためであって、図10.のように大屋根上まで吸気口をのぼせば、かなり低くすることができると思われる。④の点と⑤の点がいずれも装置運転によって低くなっているが、⑥ブス屋根の点ではかえって高い程であるから、運転中と停止中の汚染の差はないとみてよいと思う。これらからみても汚染は運転によって明らかに半減する。図14.は運転によって一酸化炭素がほとんどゼロであったものが装置停止後8分程で料金所内の濃度がある一定値まで上がり、装置運転と同時に低下し、約3分でゼロに近くなっている。このような顕著な変化をみれば装置としては十分目的を達し得ると思われる。

実際に使用した収受員のアンケート調査によっても個人的な差はあれ、効果を認めている。特に冬期は暖房のあり方によって風の流れの強弱に個人差がある。つまりポット式石油ストーブなどを使用している料金所ではエアカーテンの風はあたたかくて快いとし、何も暖房のないところでは少しさむいと感じるなどである。排気ガスの汚

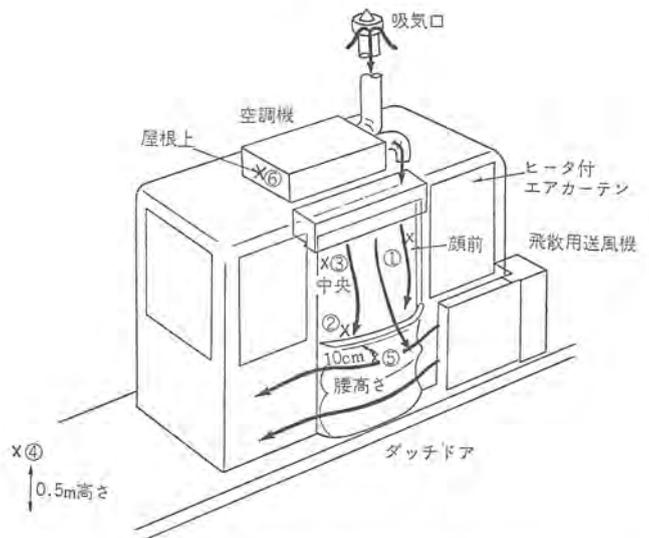


図 12. 粉じんと一酸化炭素の測定点 (X印は測定点を示す)
A point to measure dust and carbon monoxide.

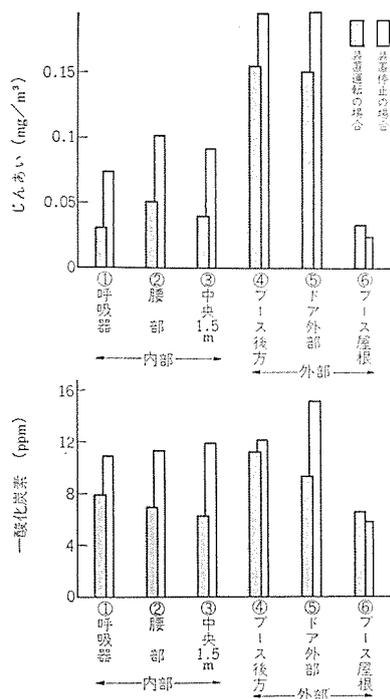


図 13. 装置の効果比較
Comparison of effect with the devices.

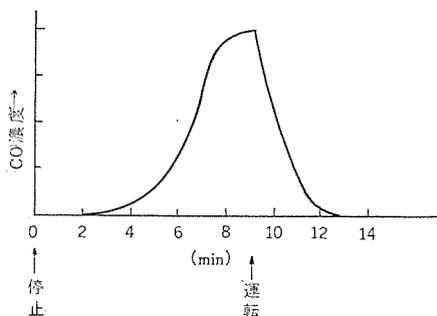


図 14. 装置の停止、運転による一酸化炭素濃度の変化
(料金所内で測定)
Change of CO density owing to the stop and operation
of the device.

染については一様に効果を認めており、我々のような平常料金所の空気に慣れない者であっても運転しておれば長時間の在室が可能であった。

7. む す び

料金所の環境改善の一例を述べてきたが、既製の建物に最も簡単

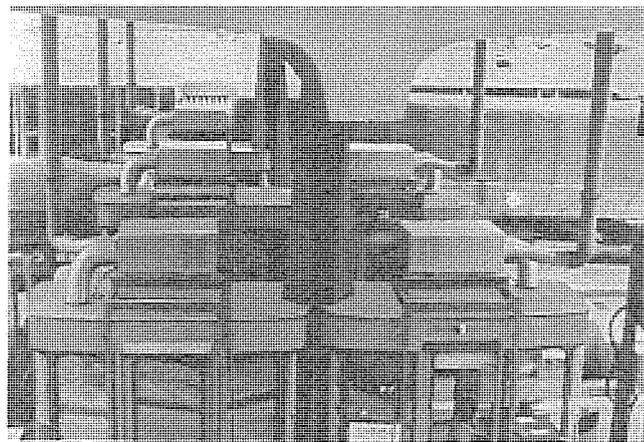


図 15. ずらり並んだ空調機
Air conditioners lined up on the "Toll-way" gates.

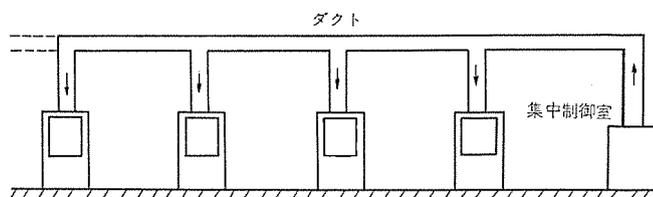


図 16. 集中制御方式による空調設備
Air conditioners operating by central control.

に取付けることを条件として考えられたので、あちこち出張ったりした点はあるが、空調機を料金所屋根に設置することにより、また飛散送風機にラインフローファンを使用することによって既設建物に設置したにもかかわらず邪魔になりにくいかたちにすることができた。しかし図 15. のように各空調機のダクトが林立したり、メンテナンスも各料金所ごとにしなければならぬなど煩雑なところもある。ヒータ付エアカーテンと飛散送風機は各料金所ごとに設置しなければならないが、空調機の機能は集中制御方式を採用した方がよいと思われる。図 16. のように、暖房・冷房・空気清浄の各機能を一ヵ所にまとめて、各料金所にはダクトで与圧供給することによりメンテナンスの手数はかなり少なくすることができる。

今回実施した方法はあくまで既設の料金所に適応させるためのものであるが、新設されるものに対してはこれらの装置を組入れたかたちに設計することによって、よりスマートで安全な料金所ができると思われる。

ビル管理法と集じん装置

荒木 義起*・笠野 勝美*

Building Control Law and Dust Collectors

Wakayama Works Yoshiki Araki・Katsumi Kasano

A law pertaining the secure of sanitary environment of buildings (commonly called Building Control Law) was put into full enforcement in October, 1972. By this the control of environment inside buildings is placed under legal obligation.

Under the circumstances, the selection of dust collectors has come to pose an important problem. This article describes the outlines of the Building Control Law mentioned above together with the types of the dust collectors, a range of their application, remarks in the selection of the proper equipment and examples of their installations.

1. ま え が き

大気汚染の激化により、自然環境や生活環境の保護の問題が深刻になっているが、空気浄化はつぎの二つに大別できる。第1は、工場その他の汚染源からの排気を浄化して大気汚染を防止することであり、第2は、建物内の空気を浄化して清浄に保つことである。このうち前者は、公害防止法、地方条例、あるいは労働省の工場からの排気に対する基準強化によって規制され、後者は、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」の制定、「建築基準法」の改定、あるいは、労働省の「事務衛生基準規則」等によって、その必要性が強調されている。

本稿では、上記のうち、後者の建築物内の空気浄化についての関係法律の概要と、それに伴う集じん装置の適用範囲、選定要領、据付け上の注意事項、維持管理および設置例等について述べる。

2. ビル管理法の概要

近年、ビルの急激な増加や、高層化・大形化の傾向により、ビル内における人の生活の場としての比重が増大し、それに伴い、ビルの環境衛生上の管理の必要性が大きくなってきた。この実状に対処するため、昭和45年4月に「建築物の衛生的環境の確保に関する法律」(通称「ビル管理法」)が公布され、同年10月に「建築物の衛生的環境の確保に関する法律施行令」が制定、施行された。46年1月には、「建築物における衛生的環境に関する法律施行規則」が公布され、47年10月より完全実施となり、室内における環境管理が法的に義務づけられることになった。以下ビル管理法および関連法律についての概要を述べる。

2.1 法律第20号「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」

この法律の目的は「多数の者が使用し、また利用する建築物の維持管理に関し、環境衛生上必要な事項を定めることにより、その建築物における衛生的な環境の確保を図り、もって公衆衛生の向上および増進に資することを目的とする」とされている。その骨子は、下記政令第304号において建築物の用途および延面積の大きさによって定められた特定建築物の所有者等は、建築物環境衛生管理技術者を選任し、政令第304号で定められた建築物環境衛生管理基準に従って、その建築物の環境衛生維持管理をしなければならないとされている。また、特定建築物以外の建物であっても、多数の者が使

用する場合は、建築物環境衛生管理基準の維持管理に努めなければならないとされている。その他に、保健所の業務、特定建築物についての届出、建築物環境衛生管理技術者の免状、建築物環境衛生管理技術者試験、帳簿の備付け、報告、検査、改善命令、罰則等が規定されている。

2.2 政令第304号「建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令」

この政令は、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(法律第20号)の規定に基づき、特定建築物、建築物環境衛生管理基準、手数料、および建築物環境衛生管理技術者試験委員について制定されたものである。

(1) 「特定建築物」とは下記三つの条件を満たす建築物である。

(a) 建築基準法で規定された建築物であること。すなわち、建築基準法第2条第1項に規定する建築物のことであり、土地に定着する工作物であって、屋根および柱、もしくは壁を有するものはほとんど該当する。

(b) 下記用途に供される建築物であること。すなわち、興行場(映画・演劇・音楽・スポーツ等)、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校(研修所を含む)、旅館等である。

(c) 上記用途に供される部分の延べ面積が5,000 m²以上の建築物であること。ただし、もっぱら上記特定用途以外の用途に供される部分の延べ面積が、特定用途に供される部分の延べ面積の10%以上の建築物は除く。とされている。

(2) 建築物環境衛生管理基準には、空気環境の調整、給水および排水の管理、清掃、ねずみ・こん虫の防除等が定められており、空気環境の調整についての基準値は表1.に示すとおり定められて

表 1. 建築物環境衛生管理基準
Standard of environmental health control of buildings.

1. 浮遊粉じんの量	空気1立方メートルにつき0.15ミリグラム以下
2. 一酸化炭素の含有率	100万分の10(厚生省令で定める特別の事情がある建築物にあっては、厚生省令で定める数値)以下
3. 炭酸ガスの含有率	100万分の1,000以下
4. 温 度	1. 17°C以上28°C以下 2. 居室における湿度を外気の湿度より低くする場合はその差を著しくしないこと
5. 相 対 湿 度	40パーセント以上70パーセント以下
6. 臭 流	0.5メートル毎分以下

表 2. 建築物環境衛生管理基準測定方法
Measurement of standard of environmental health management.

1. 浮遊粉じんの量	グラスファイバろ紙 (0.3 ミクロンのステアリン酸粒子を99.9パーセント以上捕集する性能を有するものに限る) を装着して相対比降径がおおむね10ミクロン以下の浮遊粉じんを重量法により測定する機器または当該機器を標準として校正された機器
2. 一酸化炭素の含有率	検知管方式による一酸化炭素検定器
3. 炭酸ガスの含有率	検知管方式による炭酸ガス検定器
4. 温度	0.5 度目盛の温度計
5. 相対湿度	0.5 度目盛の乾湿球湿度計
6. 気流	0.2メートル毎秒以上の気流を測定することができる風速計

いる。空気環境の調整を要する特定建築物は中央管理方式を採用しているものに限定し、それを空調設備を設けている場合と、換気設備を設けている場合とに分けている。前者の場合は、表 1. に示す6項目の基準値に適合するようにしなければならず、後者の場合は、浮遊粉じんの量、一酸化炭素の含有率、炭酸ガスの含有率、気流の4項目について基準値に適合するようにしなければならないようになっている。

2.3 厚生省令第2号「建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則」

この省令には、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」の規定に基づく特定建築物の届出、空気環境の基準値測定方法、建築物環境衛生管理技術者の選任、受講資格講習会の指定基準、受験

資格、試験項目、免状の申請手続、受験の申請、合格証の交付、帳簿書類、報告、検査、改善命令、等について制定されたものである。空気環境の基準値測定方法は、表 2. に示すとおり定められている。

- 2.4 上記法律制定に伴い下記のもの制定、改正された
- (1) 政令第333号「建築基準法施行令」の一部改正
 - (2) 労働省令第16号「事務所衛生基準規則」の制定

3. 集じん装置の種類と適用範囲

建築物の環境をビル管理法で規制される基準以下にするためには、建築物の設計施工から空調システムまで幅広く考慮した設計がなされなければならないが、集じん装置には、性能面・取扱い面・価格面からみて種々のものがあり、対象粉じんや目的によって、適切なものを選定してその機能を十分生かすようにしなければならない。そのためには、各種集じん装置の性能・特長・使用範囲等を知っておく必要がある。当社は幸いにも各種の空調用集じん装置を製作しているのをこれを例にとり、その性能・特長を説明する。表 3. に一般の建物の空調または、換気設備用集じん装置の種類と性能・特長を示す。

3.1 エアフィルタ

エアフィルタの集じん機構は、あみ目よりも大きいものをろ(濾)過するふるい作用ではなく、ろ材中の透過気流の屈曲部における慣性力による衝突分離と拡散力による接触沈着である。空気中の粒子は気流によって移動するが障害物によって気流の方向が急激に変り

表 3. 一般建築物の空調または換気設備用集じん装置
Air conditioners or dust collectors for ventilation in ordinary buildings.

種類	エアフィルタ						電気集じん装置			
	ユニット形(乾)	ユニット形(粘着式)	自動巻取形(乾)	連続形(粘着式)	ユニット形(乾式高性能)	送風機内蔵形	間欠形(2段階電気式)	自動巻取形(2段階電気式)	自動巻取形(ろ材勝電式)	送風機内蔵形
集じん原理	ろ過	油への粘着	ろ過	油への粘着	ろ過	ろ過	静電力	静電力+ろ過	静電力+ろ過	静電力
通過風速 (m/s)	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.5	1.5~2.0	1.5~2.0	2.5~3.5	2.0~2.5	1.0~2.0	2.5~3.5
集じん率 (%)	50~80	50~80	50~80	50~80	99以上	80~90	85~90	85~90	70~90	85~90
最適捕集粉じん粒子径 (μ)	5~50	10~50	5~50	10~50	0.01~10	0.1~20	0.1~20	0.1~20	0.1~20	0.1~20
粉じん濃度 (mg/m³)	10以下	10以下	10以下	10以下	1以下	5以下	5以下	5以下	10以下	5以下
空気抵抗	初期 (mmAq)	3~8	3~8	4~10	5~10	20~30	—	2~5	5~10	5~10
	終期 (mmAq)	10~15	10~15	10~15	10~15	50~100	—	2~5	10~20	10~20
保守方式	ろ材交換式	手動定期洗浄式	自動ろ材更新式	自動洗浄式	ユニット交換式	ろ材交換式	手動又は自動定期洗浄式	自動ろ材更新式	自動ろ材更新式	手動定期洗浄式
付帯設備	—	—	電気配線	電気配線	—	電気配線	電気配線 水配管	電気配線	電気配線	電気配線
設備費	装置本体	小	小	中	大	中	大	大	大	大
	付帯設備	—	—	小	中	—	中	小	小	—
運転経費	大	大	小	中	大	中	中	小	小	中
設置場所	外気取入用ダクト部 (循環空気用ダクト部)				循環空気用ダクト部	室内	循環空気用ダクト部			室内
用途	一般じんあい用 (電気集じん装置のプレフィルタ)				微小じんあい用 (ビル管理法対象じんあい)					
備考	合成樹脂、ガラス繊維でできた最も一般的なフィルタ。フィルタは使い捨てまたは数回洗って再生使用	金網などに油をつけて、粘着性を利用して粉じんを取るフィルタ。フィルタは洗って再生使用	ろ材が粉じんによって汚染されると自動的に新しいろ材に更新されるようになっている。	金網をチェーンにつけて回転させ、その金網が油そうを通過すると金網に付着した粉じんを洗うようになっている	アスベスト繊維でできているフィルタ。風量を大きくとるためにフィルタをジグザグ状に張っている	ユニット形フィルタと送風機等を内蔵している	粉じんに電荷を与えて静電力で集じん極板に付着させる。集じん極板に付着した粉じんは定期的に洗浄するようになっている	粉じんに電荷を与えて静電力で集じん極板に付着させる。集じん極板に付着した粉じんは定期的に洗浄するようになっている	粉じんに電荷を与えて誘電力で粉じんを捕集する。ろ材は風量を大きくとるためにジグザグ状に張ってあり、汚染されると自動的に更新されるようになっている	電気集じん器、送風機等を内蔵している
	当社製作機種名	—	—	FV形 FW形 FZ-C形	—	—	KS-06 B形 KW-200形 KS-1000 D形	CC-F形 CA-F形 CG-F形 CH-F形	—	FD-C形

れると、比重の大きい粒子は慣性力によって直進して障害物に衝突して気流より分離する。したがって慣性力による衝突分離は主として大きな粒子に対して有効であり、微小粒子は慣性力によって気流より分離することは少なく、主として、拡散によって障害物に付着する。以上は単独繊維の場合であるが、実際にはこれらが交錯したものであり、ろ材構成繊維間の干渉作用および繊維層の深さも大きく影響してくる。したがって集じん効率を高めるには、充てん率はできるだけ高く繊維層はできるだけ厚くすること等により可能であるが、反面圧損が著しく増大するので圧損を下げる構造にしなければならない。この例としては高性能フィルタがあるが、その材料、構造等のため自動巻取式にはできずユニット形であるので保守維持費が高くつく。当社で製作の自動巻取式フィルタは、3~50 μ 程度のじんあいを70~95% (AFI重量法)の効率で集じんするものである。したがってこれのみではビル管理法の対象粉じんに対しては不十分であることがあり、電気式の集じん装置のプレフィルタまたは空調機器の保護用として適している。

3.2 2段荷電式電気集じん装置(クリネヤ)

2段荷電式の集じん機構は図1.に示すように、電離部で粉じんには電荷を与え、集じん部でクーロンの法則に基づく電気力により集じんする。これの理論式をたてると、単極性イオンによる荷電には、拡散荷電と電界荷電がある。拡散荷電は非常に弱い電界があるいは無電界の場合に適用できるもので、イオンが拡散により粒子の表面に移動し付着する機構であり次式で与えられる。

$$q = \frac{akT}{e} \log \left(1 + \frac{\pi a \bar{c} N_0 e^2}{kT} t \right) \dots\dots\dots (1)$$

- ここに q : 粒子の荷電量
- e : 電子の電荷
- k : ボルツマンの定数
- T : 絶対温度
- N_0 : イオンの個数濃度
- \bar{c} : イオンの平均速度
- t : 荷電時間
- a : 粒子の半径

電界荷電は十分強い電界中で、イオンが微粒子に集中する電気力線に沿って移動し荷電される機構であり次式で与えられる。

$$q = \left(1 + 2 \frac{\epsilon_p - 1}{\epsilon_p + 2} \right) E_i a^2 \left(\frac{t}{l + 1/\pi K_i e N_0} \right) \dots\dots\dots (2)$$

- ここに ϵ_p : 粒子の比誘電率
- E_i : 荷電電界
- K_i : イオンの移動度

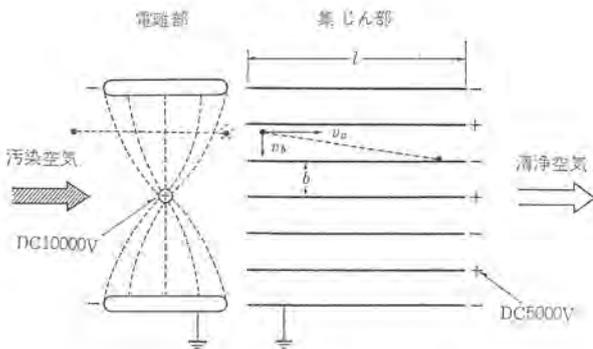


図1. 集じん原理説明図
Principle of dust collection.

$t \rightarrow \infty$ のときが飽和荷電量になる。

拡散荷電は粒子直径が0.2 μ 以下の微粒子において支配的となり、電界荷電は0.5 μ 以上の粒子に対して数kV/cm以上の電界の場合に支配的になる。

電離部で荷電された粒子は集じん部においてクーロンの法則に基づく電気力によって吸引付着されるが、集じん部において q なる電荷を有する1個の粒子に気流方向と直角方向に生ずる速度は、粒子に作用する電気力と空気の粘性抵抗が平衡するという条件から

$$qE_i = 6\pi\mu_a a v_b$$

$$\therefore v_a = \frac{qE_i}{6\pi\mu_a a} \dots\dots\dots (3)$$

ここに v_b : 気流と直角方向の粒子速度

E_i : 電界強度

μ_a : 空気の粘度

また v_a : 粒子の気流方向速度 (風速)

b : 集じん部の極板間隔

l : 集じん部の気流方向長さ

t_a : 粒子の集じん部通過時間 = l/v_a

t_b : 粒子が気流と直角に極板間を移動する時間 = b/v_b

とすれば層流の仮定のもとで集じんが成立するための条件は

$$t_b \leq t_a$$

したがって

$$v_a \leq \frac{qE_i l}{6\pi\mu_a a b}$$

実際の場合集じんユニットの通過気流に完全な層流を期待することは困難であるから、集じん部においては集じん極板に付着する粒子の量が、通過気流中に含まれている未集じん粒子の量に比例するという仮定をすれば、集じん率は次式によって表わされる。

$$\eta = \left[1 - \exp \left(-K \frac{v_b}{v_a} \cdot \frac{l}{b} \right) \right] \dots\dots\dots (4)$$

ここに η : 集じん率

K : 集じんユニットの構造、通過気流の状態、材の性質などによって定まる常数

図2.に上記理論式による計算結果と実際の測定結果を示しているが、これによれば粒径の小さいものは実測の方が集じん率は高くなっているが、これは理論式にはない電離部の集じん作用による影響のためと考えられる。粒径の大きいものについては実測の方が低くなっているが、これは再飛散によるものと考えられる。図1.に示されるような2段荷電式の電気集じん装置は、ビル管理法の対象粉じんに対し高効率で集じんすることができるが、反面構造機

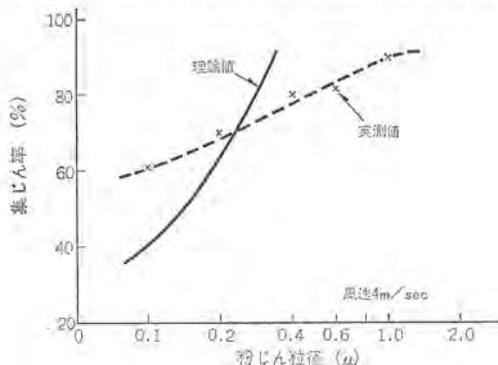


図2. 粒径別集じん率
Rates of dust collection classified with grain diameters.

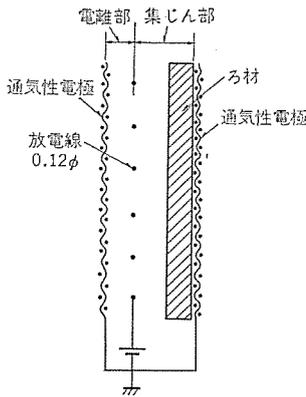


図 3. フィルタ構成
Filter construction.

構上週に 1 回程度の洗浄操作が必要であり、省力化のために敬遠される傾向にある。

3.3 ろ(汙)材誘電式電気集じん装置

この方式の集じん装置は、図 3. に示すように電離部と電界下におかれた誘電体ろ材からなり、3.2 節の 2 段階電式の電気集じん装置の集じん部を誘電体ろ材に置きかえたものと考えられる。このフィルタの集じん機構は、電離部で荷電されたじんあい、電界下に置かれたろ材内でろ材繊維に集中する電界によって繊維に付着集じんされるものである。このフィルタの集じん率を単独繊維の集じん断面比に分解して考えてみると、気流に直角におかれた単独円柱繊維の集じん断面比 η_s を図 4. のように定義するとフィルタの集じん率は次式で与えられる。

$$\eta = \left[1 - \exp\left(-\frac{2\beta L}{\pi\gamma_f(1-\beta)}\eta_s\right) \right] \dots\dots\dots (5)$$

ここに β : フィルタの充てん率
 L : フィルタの厚さ
 γ_f : 繊維半径

したがって単独繊維の集じん断面比 η_s が求められるとフィルタの集じん率 η は求められるが、実際には繊維間の干渉効果を考慮しなければならぬので、理論的に取扱うのは困難である。

ここで単独繊維の集じん断面比を求めてみると、平等電界 \bar{E} 中に置かれた単独繊維に荷電された質量 m ・半径 a の微粒子が近づく場合の運動は、次の微分方程式で示される。

$$m \frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F} - \frac{6\pi a \gamma}{C}(\bar{v} - \bar{u}) \dots\dots\dots (6)$$

\bar{u} : 気流速
 γ : 気体の粘性係数
 C : カニガム補正係数
 \bar{F} : 外力で静電式誘電体フィルタではクーロン力

\bar{F} が付加されて集じん断面が大きくなる点が単なるメカニカルフィルタと異なる点である。 \bar{F} は電界 \bar{E} と粒子の荷電量 q との積であり、繊維近傍では、繊維の誘電率が空気の誘電率よりも大きいために電界は繊維に集中し、粒子は繊維に向かう力を受けることになるので、 \bar{F} により集じん断面は増大する。

電界 \bar{E} は図 5. のように座標をとると次式で与えられる。

$$E_x = E_0 \left\{ 1 + \frac{\epsilon_f - \epsilon_0}{\epsilon_f + \epsilon_0} \times \gamma_f^2 \times \frac{x^2 - y^2}{(x^2 + y^2)^2} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

$$E_y = -E_0 \frac{\epsilon_f - \epsilon_0}{\epsilon_f + \epsilon_0} \times \gamma_f^2 \times \frac{2xy}{(x^2 + y^2)^2} \dots\dots\dots (8)$$

ϵ_f : 繊維の誘電率
 ϵ_0 : 空気の誘電率

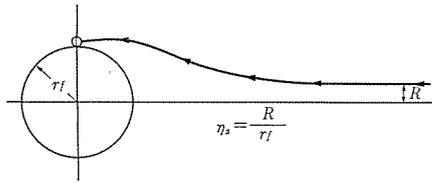


図 4. 単独繊維の集じん断面比
Cross section of a single fiber dust collection.

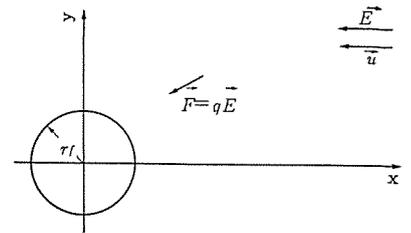


図 5. 電界と流速
Electrostatic field and air flow speed.

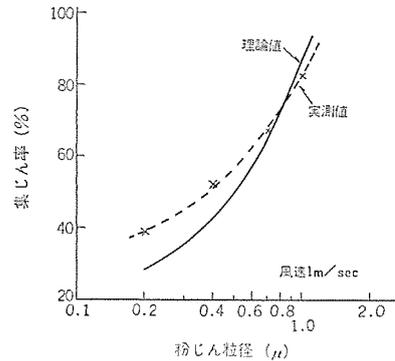


図 6. 粒径別集じん率
Rates of dust collection classified with grain diameters.

粒子の荷電量 q は、2 段階電式におけると同様であるので式 (1) (2) により与えられる。気流速 u は C. Davies によって解かれている粘性流速分布が適当であるが非常に複雑である。式 (6) も step by step 法により数値計算を行なうよりしかたがない。図 6. に理想流を仮定した場合の計算結果と実際の測定結果を示す。これによれば、2 段階電式の電気集じん装置の場合の傾向と同じように粒径の小さいものは実測値の方が集じん率は高く、粒径の大きいものは低くなっているが、これは 3.2 節の電気式集じん装置と同じ原因と考えられる。

この集じん装置も図 6. からあきらかなようにビル管理法の対象粉じんを高効率で集じんすることができ、しかも自動巻取式であるため保守が簡単であるので、ビルの空調用集じん装置として最適である。

4. 選定要領

集じん装置を設置する場合、その目的に応じて設計計算を行ない、設置場所の状況、維持管理の難易、設備費、運転費等を総合的に考慮して決めなければならない。集じん装置を選定するにあたっては、図 7. に示すような順序で検討するとよい。なお、集じん装置は粗じん用と微じん用の 2 種類を組合わせて配置した方が微じん用のみを設置するよりランニングコストが安くなる場合がある。微小じんあいを効率よく捕集する高級な集じん装置は必ずしも万能ではなく、むしろこれを上手に使いこなすことが大切である。

4.1 空気浄化能力の計算

4.1.1 計算の仮定

室内における空気中の粉じん濃度の計算に当たっては、次の仮定をする。

- (1) 外気および室内の空気中の粉じん濃度は定常的であるとする。
- (2) 換気量や窓のすき間等からの漏れい(洩)空気量は定常的であるとする。

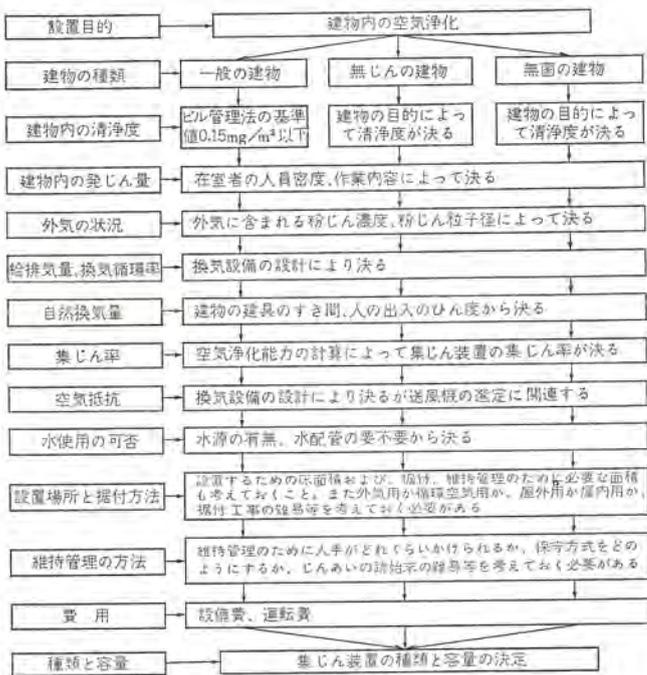


図 7. 集じん装置の選定順序
Selection order of dust collectors.

- (3) 室内での粉じん発生量は定常的であるとする。
- (4) 空気中にある粉じんの大きさおよび密度は一定で、これに対する捕集率が空気清浄装置について測定されているものとする。
- (5) 室内における沈降などによる浄化作用は無視する。
- (6) ダクト内における発じんは無視する。

4.1.2 計算用資料

(1) 浮遊粉じん濃度の表示法

空気中に浮遊する粉じんの濃度の表わし方には、大別して次の三つがある。

- (a) 計数法： 単位体積の空気中に含まれる粉じんの粒子の数で表わす方法
- (b) 重量法： 単位体積の空気中に含まれる粉じんの重量で表わす方法
- (c) 変色度法(比色法)： 汚染空気をろ紙を通して採取し、ろ紙の汚れの程度を黒化度の変化から求める。その測定結果は一般に光学濃度 (optical density, O. D.) で示される。O. D. とは物体 (または溶液中の溶質) の光を吸収する割合を表わす値の一つであって次式で示される。

$$O. D. = \log_{10} \frac{I_0}{I}$$

ただし I_0 : 汚染前のろ紙の光透過度

I : 汚染後のろ紙の光透過度

粉じん捕集率は粉じんの粒度によって異なるため、理想的には粒度別の濃度が示されることが望ましいが、実際的に不可能なのでここでは、ビル管理法の表示方法にあわせて 10μ 以下の粉じんに対する重量濃度を用いることにする。

(2) 取入外気中の粉じん濃度

設計用取入外気粉じん濃度としては、敷地の外気粉じん濃度をあらかじめ測定しこれを用いるのを原則とする。この場合粉じん濃度の高い時期数週間にわたって測定し、80% 以上の時間がその濃度以下になるような濃度を採用するものとする。前述の方法によることが困難な場合は、表 4. に示す粉じん濃度を設計用外気粉じん濃度

表 4. 外気粉じん濃度
Concentration of atmospheric dust powder.

地 域	粉じん濃度 (mg/m ³)
東 京 都 心 部	0.5
東 京 外 周 部	0.35
工 業 都 市 の 工 業 地 区	0.64
一 般 地 方 都 市	0.25

とする。

なお、現在の大都市では行政官庁で大気汚染の状況を測定しているので、その値を参考としてもよいと思われる。

(3) 室内発じん量

室内で発生する粉じんには、人の室内作業に起因するもの、タバコによるものなど種類が多いが、 10μ 以上の粒度の粉じんを除くとタバコによるものが大部分であるので、粉じん発生量としては一般の事務室では 1 人当り $5 \sim 7 \text{ mg/h}$ 程度と考えればよく、会議室のように喫煙量の多いと思われる室の場合は、上記の 2 倍ぐらい見積る必要がある。

(4) 漏えい空気量

室のすき間、その他開口部から室外の汚染空気が建物内に流入する漏えい空気は計算上大きな要素となる。

(a) 風圧力

建物外表面によって生ずる圧力 (風圧) のことで、特にいちじるしく外気風速が速い場合を除いて 1.6 kg/m^2 (外気風速を 6 m/s とする) とする。

(b) 開口部の漏えい空気量と損失圧力

漏えい空気量と開口部の内外面両側の 2 点間の損失圧力との関係は次式で表わされる。

$$P_r = K \frac{r}{2g} \left(\frac{Q}{A} \right)^2$$

ただし P_r = 損失圧力 (kg/m² または mmAq)

K = 損失圧力係数 (無次元)

Q = 漏えい空気量 (m³/s)

A = 開口部の代表面積 (m²)

実験値にもとづいて、次式のように直接損失圧力 P_r を Q の関数として表わす。

$$P_r = F(Q)$$

開口部の形式によって断面 A あるいはすき間の長さ L が与えられる場合には、 Q/A あるいは Q/L の関数として P_r を表わす。これらを開口部の損失圧力といい図 8., 9. に各種すき間の損失圧力特性の例を示す。

(c) 室内圧力

空調設備によって室内圧を制御するときは、その室内圧をもって計算用の室内圧とする。とくに制御を行なわない場合は 0 kg/m^2 とする。

(d) 漏えい空気量の求め方

漏えい空気量は、開口部に対する内外の圧力差により図 8., 9. の損失圧力特性から求めることができる。

$$\Delta P = P_r = P_0 - P_1$$

ただし ΔP = 圧力差 (kg/m²)

P_0 = 室内圧力 (kg/m²)

(5) 設計用室内粉じん濃度

室内の設計用粉じん濃度には、対象とする建物または室の使用目

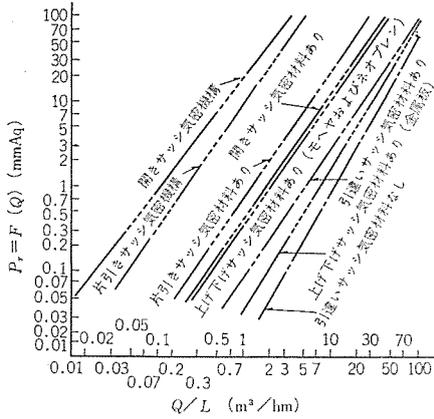


図 8. 金属性サッシすきまの損失圧力特性
Pressure loss characteristic of metallic sash gap.

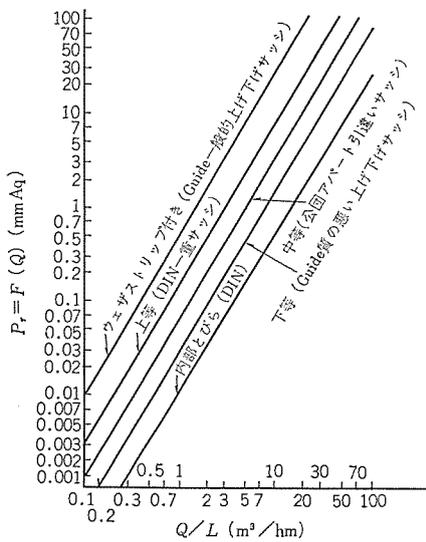


図 9. 木製すきまの損失圧力特性
Pressure loss characteristic of wooden door gap.

的によって定められた値がある場合はその値を用いる。とくに規定された値がない場合は、ビル管理法で定められている 0.15 mg/m³ (10 μ 以上カット) を用いるが、設計用の目標値としてはこの値よりいく分下まわる 0.1 mg/m³ 程度にするのがよい。

4. 1. 3 浄化能力計算法

室内における空気中の浮遊粉じん濃度は空調設備の構造によって異なるので、それぞれのシステムについて室内に対する粉じんの収支から計算式をたてるのを原則とする。

計算に用いる記号を下記とする。

- Q_f : 新鮮外気量 (m³/h)
- Q_r : 機械排気量 (m³/h)
- Q_s : 機械給気量 (m³/h)
- Q_{ns} : 自然給気量 (m³/h) (漏えい流入空気量)
- Q_{nr} : 自然排気量 (m³/h) (漏えい流出空気量)
- Q_a : 空気清浄装置の吸込、吹出風量 (m³/h)
- r : 排気再循環率
- D_0 : 外気中浮遊粉じん濃度 (mg/m³)
- D_i : 室内浮遊粉じん濃度 (mg/m³)
- D_p : 室内の設計用粉じん濃度 (mg/m³)
- M : 室内発じん量 (mg/h)
- P : 主フィルタの粉じん通過率 = 1 - 主フィルタの集じん率

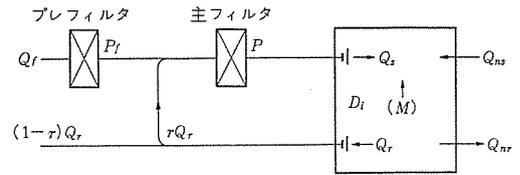


図 10. 系統図
System diagram.

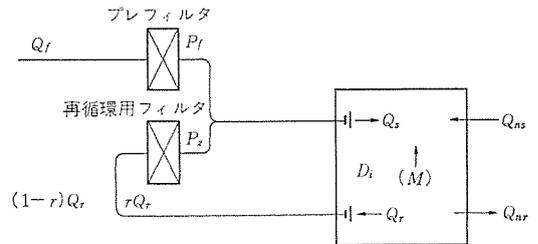


図 11. 系統図
System diagram.

P_f : プレフィルタの粉じん通過率

P_2 : 再循環フィルタの粉じん通過率

V : 室内容積 (m³)

(1) 図 10. に示すように外気用フィルタおよび集じん機を有する場合

(a) 室内に流入するじんあい量は

$$\begin{cases} \text{空調を通して} & P(P_f D_0 Q_f + D_i r Q_r) \\ \text{自然換気により} & D_0 Q_{ns} \\ \text{室内発生量} & M \end{cases}$$

(b) 室内から流出するじんあい量は

$$\begin{cases} \text{空調を通して} & D_i Q_r \\ \text{自然換気により} & D_i Q_{nr} \end{cases}$$

(a) と (b) は定常状態において等しくなるから

$$P(P_f D_0 Q_f + D_i r Q_r) + D_0 Q_{ns} + M = D_i Q_r + D_i Q_{nr}$$

室内じんあい濃度 D_i について整理すると

$$D_i = \frac{D_0(P P_f Q_f + Q_{ns}) + M}{Q_r(1-rP) + Q_{nr}} \quad (9)$$

機械による給排気量と自然換気量は次の関係が成立するとする。

$$Q_s + Q_{ns} = Q_r + Q_{nr} \quad (10)$$

したがって式(9)を P について整理し、室内じんあい濃度を D_p とし P_f を仮定すれば集じん機の浄化能力は次式で表わされる。

$$P = \frac{D_p(Q_r + Q_{nr}) - D_0 Q_{ns} - M}{P_f D_0 Q_f + D_p r Q_r} \quad (11)$$

ただし $P = 1 - \text{集じん機の集じん率} (\eta)$

(2) 図 11. に示すように再循環用に別のフィルタを用いる場合室内粉じん濃度は

$$D_i = \frac{D_0(P_f Q_f + Q_{ns}) + M}{(1-rP_2)Q_r + Q_{nr}} \quad (12)$$

$$Q_s + Q_{ns} = Q_r + Q_{nr} \quad (13)$$

したがって所要浄化能力は外気用フィルタおよび再循環用フィルタの通過率が同じ (すなわち $P_f = P_2$) であるか、またはいずれかの通過率を仮定して次式によって求める。

$P_f = P_2$ の場合

$$P = \frac{D_p(Q_r + Q_{nr}) - D_0 Q_{ns} - M}{D_0 Q_f + r D_p Q_r} \quad (14)$$

P_f 仮定の場合

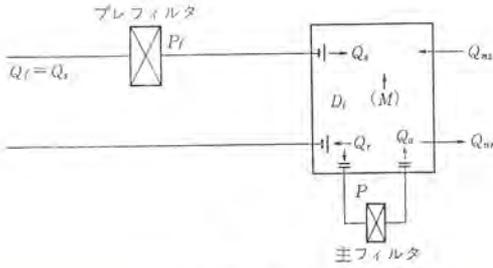


図 12. システム図
System diagram.

$$P_2 = \frac{D_p(Q_r + Q_{nr}) - D_0(P_f Q_f + Q_{ns}) - M}{r D_p D_r} \dots (15)$$

P_2 仮定の場合

$$P_f = \frac{D_p(Q_r + Q_{nr}) - D_0 Q_{ns} - r P_2 D_p Q_r - M}{D_0 Q_f} \dots (16)$$

(3) 図 12. に示すように室内に空気清浄機をおく場合
室内粉じん濃度は

$$D_i = \frac{D_0(P_f Q_f + Q_{ns}) + M}{Q_r + Q_{nr} + (1-P)Q_a} \dots (17)$$

$$Q_s + Q_{ns} = Q_r + Q_{nr} \dots (18)$$

したがって所要浄化能力は

$$P = \frac{D_p(Q_r + Q_{nr} + Q_a) - D_0(P_f Q_f + Q_{ns}) - M}{D_p Q_a} \dots (19)$$

から求められる。

5. 設置例

ビル管理法の適用をうける特定建築物に当社の集じん装置を設置しているビルのうち、「読売新聞社」と「三菱ビルヂング」について紹介する。図 13. と図 14. は、静電誘電形フィルタ（自動巻取形電気集じん装置）の設置状態の外観写真である。図 15. と図 16. は、空調システムの概略図であり、除じんシステムとしては現在最も一般的な方法である。また、集じん装置に自動巻取形電気集じん装置を採用していることは、ビル管理法ならびに維持管理の面から最も効果的である。

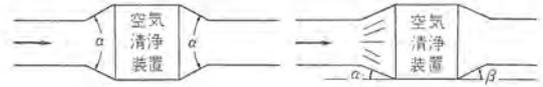
次にビル管理法に基づいて実施された環境測定のうち、浮遊粉じ



図 13. 読売新聞社設置状態
Dust collector installation at the Yomiuri.



図 14. 三菱ビルヂング設置状態
Dust collector installation at Mitsubishi Building.



縮小の場合 $\alpha < 60^\circ$ $\alpha > 30^\circ$ の場合はガイドベーンを入れる
拡大の場合 $\alpha < 20^\circ$ $\beta < 30^\circ$ とする

図 15. 読売新聞社空調システム概略図
Schema of air conditioning system of the Yomiuri.

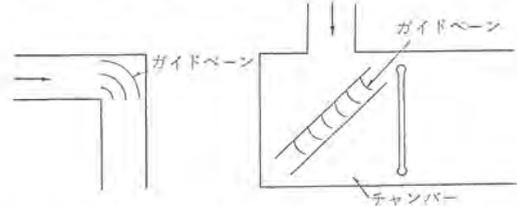


図 16. 三菱ビルヂング空調システム概略図
Schema of air conditioning system of Mitsubishi Building.

表 5. 読売新聞社環境測定結果（浮遊粉じんのみ）
Result of environment measurement in the Yomiuri.

測定 昭和 47 年 11 月 28 日

測定場所	時間 時分	浮遊粉じん量 (デジタル)	
		mg/m ³	平均 mg/m ³
8 階 8 F-B 系統 A 室	10 25	0.15	0.14
	13 33	0.14	
	15 45	0.13	
8 階 8 F-A 系統 B 室	10 35	0.085	0.15
	13 40	0.15	
	15 53	0.225	
8 階 8 F-A 系統 C 室	10 40	0.19	0.16
	13 45	0.14	
	15 59	0.17	
7 階 7 F-A 系統 D 室	10 55	0.06	0.09
	13 55	0.05	
	16 07	0.185	
7 階 7 F-A 系統 E 室	11 00	0.075	0.078
	14 59	0.04	
	16 15	0.12	
7 階 7 F-B 系統 F 室	10 10	0.04	0.056
	14 07	0.095	
	16 23	0.035	
7 階 7 F-C 系統 G 室	10 15	0.15	0.101
	14 13	0.095	
	16 29	0.06	
6 階 6 F-B 系統 H 室	11 23	0.105	0.115
	14 20	0.07	
	16 35	0.17	
6 階 6 F-B 系統 I 室	11 33	0.155	0.148
	14 27	0.03	
	16 43	0.20	
6 階 6 F-A 系統 J 室	11 40	0.07	0.143
	14 37	0.11	
	16 53	0.15	
6 階 6 F-A 系統 K 室	11 44	0.18	0.173
	14 43	0.19	
	16 59	0.15	
外 気 (1 階出入口)	11 53	0.06	0.065
	14 55	0.07	
	17 05	0.065	
外 気 (取入口付近)	10 20	0.043	0.036
	13 23	0.035	
	15 30	0.03	

ん量の測定結果を表 5. と表 6. に示す。測定は 1 日 3 回行ないその平均値を求めたものであるが、結果は両者とも良好な結果となっているが、中に 1~2 箇所基準値を越えるものがある。その原因は

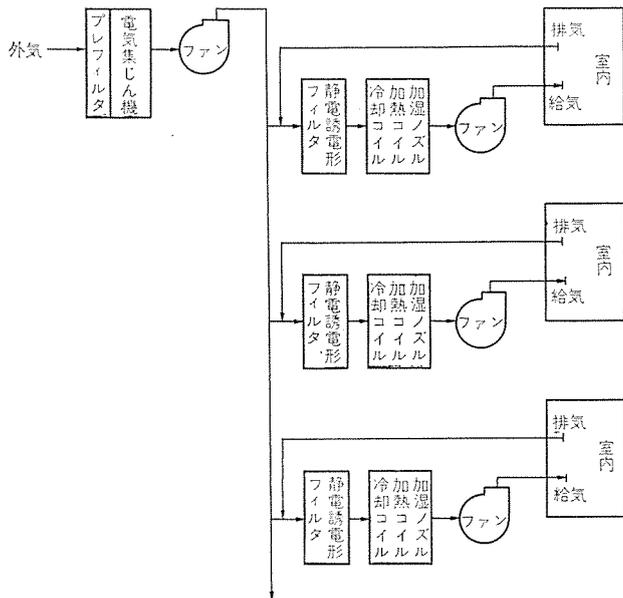


図 17. 読売新聞社空調システム概略図
 Schema of air conditioning system of the Yomiuri.

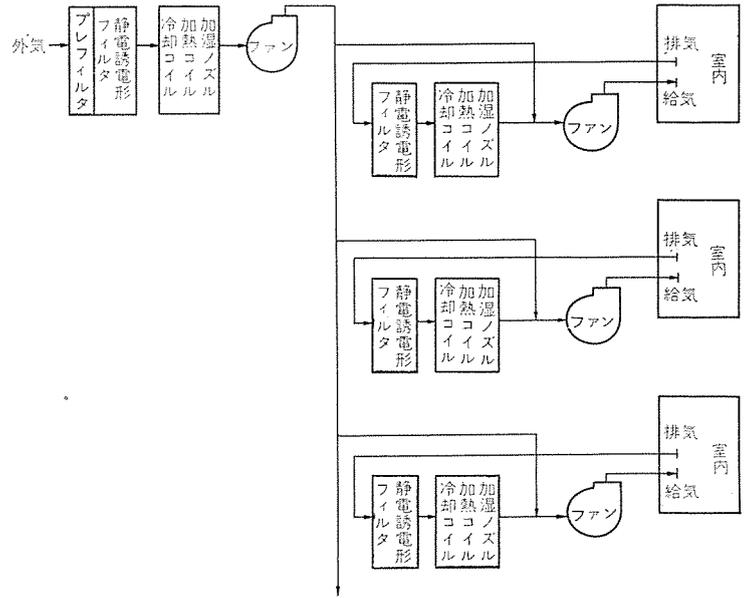


図 18. 三菱ビルディング空調システム概略図
 Schema of air conditioning of Mitsubishi Building.

表 6. 三菱ビルディング環境測定結果(浮遊粉じんのみ)
 Result of environment measurement in Mitsubishi Building.

測定 昭和48年7月10日

測定場所	時間 時分	浮遊粉じん量(デジタル)	
		mg/m ³	平均 mg/m ³
11階 A 室	10 10	0.13	0.098
	13 43	0.095	
	15 37	0.070	
11階 B 室	10 15	0.23	0.151
	13 50	0.09	
	15 43	0.135	
11階 C 室	10 23	0.15	0.142
	13 55	0.14	
	15 48	0.135	
11階 D 室	10 27	0.17	0.11
	14 00	0.10	
	15 54	0.07	
7階 E 室	10 34	0.18	0.153
	14 06	0.12	
	15 59	0.16	
7階 F 室	10 40	0.18	0.108
	14 13	0.075	
	16 05	0.07	
7階 G 室	10 47	0.12	0.093
	14 18	0.06	
	16 10	0.10	
7階 H 室	10 53	0.19	0.101
	14 20	0.05	
	16 14	0.065	
2階 I 室	11 00	0.04	0.05
	14 27	0.05	
	16 20	0.06	
2階 J 室	11 08	0.13	0.136
	14 37	0.13	
	16 25	0.15	
2階 K 室	11 15	0.11	0.123
	14 39	0.11	
	16 24	0.15	
2階 L 室	11 23	0.07	0.067
	14 44	0.06	
	16 33	0.07	
外気(1階出入口)	11 25	0.14	0.108
	14 50	0.085	
	16 43	0.10	
外気(取入口付近)	10 00	0.06	0.086
	13 43	0.11	
	15 30	0.09	

「読売新聞社」の場合は、測定時の在室者および喫煙者が設計計画値より越えていたためであり、「三菱ビルディング」の場合は、集じん装置に高電圧が印加されてなかったためである。したがって、在室者が設計計画どおりであり、集じん装置に高電圧が印加されて正常に運転していればすべて満足な結果が得られたものと考えられる。

6. む す び

以上ビル管理法の概要から集じん機の選定について述べたが、今後ますます複雑化する社会にあって、人間の生活環境はますます悪化していくことが予想されるので、建築物の生活環境の保護のため、ユーザ、メーカ、設備業者等の関係者が一体となって、よりよい空調設備とシステム作りに協力と努力をしていく必要がある。

最後に本文を草するにあたり、資料を提供して下さった「読売新聞社経理局管財部」と「三菱地所(株)丸の内管理事務所」の関係各位に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 田畑, 森, 酒井, 平山: 空気調用用誘電体 フィルタ, 三菱電機技報, 41, No. 9, (昭42)
- (2) 田畑, 森: 静電式エアフィルタの集じん効率, 電気学会誌, 89-9, No. 972
- (3) 空気清浄装置設置基準研究委員会: 空気清浄第10巻4号(昭47-9-1)
- (4) 日本空気清浄協会: 空気清浄に関する技術講習会テキスト(昭46-3)
- (5) 日本空気清浄協会: 空気清浄に関する技術講習会テキスト(ビル管理技術者のための空気清浄装置の設置, 管理計画)(昭46)
- (6) ビル管理教育センター: 建築物環境衛生管理技術者講習会テキスト「ビルの環境衛生管理」
- (7) 斉藤, 荒木: 縫製工場における空気清浄装置, 三菱電機技報, 46, (昭47-11)

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
974233	回路遮断装置	井上泰男	974276	メタル 弁	小笠原信雄・高部俊夫
974234	減流器	中原敏行	974277	電磁石	新川成美
974235	噴霧機	武井久夫	974278	採暖いす	{内田武士・山田英樹 加太義武
974236	噴霧機	武井久夫	974279	採暖いす	{内田武士・山田英樹 加太義武
974237	放電加工装置	真鍋 明	974280	採暖いす	{内田 安・山田英樹 加太義武
974239	ミキサー	武井久夫・服部信道	974281	採暖椅子	米本春夫
974240	周波数検出装置	馬場五郎・三宅康明	974282	採暖いす	山田英樹・加太義武
974238	印字穿孔装置	津田栄一	974283	レールロック 装置	尾花健一
974241	弁操作機構	中野大典・深川吉則	974284	プリント 基板の誤挿入防止装置	鉄野治雄
974242	目盛指示装置	加藤 悟・南日国伸	974285	避雷器用消弧間隙装置	荻野一夫・坂本和男
974243	電磁接触器の消弧装置	岡戸弘行	974286	アンテナ 回路の切替装置	玉利邦喜
974244	部品自動挿入用 プリント 基板	藤原 修・西谷芳久	974287	密閉形電動圧縮機の停止装置	大日方興信
974245	コード 自動巻取装置	加藤 悟・南日国伸	974288	密閉形電動圧縮機	田中 満
974246	酒かん器用徳利受け	広岡 博・工藤春三	974289	密閉形電動圧縮機	田中 満
974247	印字記録装置	林 正之	974290	換気調節 スイッチ 装置	田口幹雄
974248	積算計量装置	林 正之	974291	熱交換装置	三ヶ田文彦・小林雅和
974249	冷蔵庫扉	丸山哲朗	974292	ストリップ 線路形 デジタル 移相器	{中原昭次郎・紅林秀都司 溝淵哲史
974250	変流器	横山栄一	974293	ストリップ 線路 サーキュレータ	中原昭次郎・川端俊一郎
974251	車両用電動発電機の起動装置	猪崎国男	974294	冷蔵庫	紅林秀都史・溝淵哲史
974252	内燃機関回転計	三木隆雄・多田靖夫	975020	吸収式冷暖房機の蒸発器	大畑晃一・大場健司
974253	カウンター	加藤義明	975362	扇風機用羽根車	白石和雄
974254	送風機用電動機速度制御装置	{拓植 恵・斉藤辰夫 桑沢宏康	975363	扇風機用羽根車	白石和雄
974255	水平切負荷断路器	阿部 智	975364	周波数検出装置	島田五郎・三宅康明
974256	漏洩変圧器	中島四郎	975365	ウォッシュポンプ付ワイパー 装置	和田一二三
974257	ジュースミキサー	服部信道	975366	電子調理器のマグネロン 保護装 置	古屋芳明
974258	内燃機関の蒸発燃料制御装置	小西寛示	975367	スタンド 支柱取付装置	山崎 肇・保田智行
974259	照明用透光 ガラス	{保田智行・井上員成 今井 将	975368	電気接続部	{米沢克昌・信崎泰秀 伊吹恒二
974260	充電発電機の制御装置	平田 毅	975369	突入電流制限回路	早水弘一
974261	ジュースミキサー 用ボルトの軸受装置	武井久夫・服部信道	975370	コード 長さ調節装置	小笠原善丸・井上員成
974262	ジュースミキサー 用ボルトの軸受装置	武井久夫・服部信道	975371	救命いかだ用の櫂	小野 要・織井勝雄
974263	照明用 ルーバ	石井重行	975372	誘導加熱装置のスキッドレール	喜多村弘明・松尾 茂
974264	内燃機関始動装置	森下 隆	976468	美粧器具の駆動装置	福田興司・川合輝一
974265	圧力式炊飯器	{小川 昇・大沢和夫 宇佐見 忠	976469	ヘアードライヤー 兼用電気かみそり	福田興司
974266	いすの背もたれ	山田英樹・加太義武	976470	カミソリ 兼用ヘアードライヤー	小川 昇
974267	絶縁発熱線	野畑昭夫・大竹 操	976471	超音波斜角探触子	{河野勝美・佐藤春治 丸田紳一
974268	通信装置収納装置	中北喜一郎・里 昭夫	976472	択一形式の学科試験装置	大鳥羽幸太郎・吉田修己
974269	クラッチ 付電動機	{梶谷定之・横山昌弘 江口克彦	976473	膨張式梯子	山口彰弘
974270	ブッシング	小谷英夫	976474	膨張式梯子	山口彰弘
974271	蓄熱式 カールボビン	森本敏夫	976475	膨張式梯子	山口彰弘
974272	クラッチモートル	梶谷定之・横山昌弘	976476	コンテナ 自動離脱器	木名瀬武男
974273	掛架金具	{服部信道・森田清司 黒沢勝治	976477	本立形照明器具	保田智行・井上員成
974274	蓄熱式 ヘアカーラー 用 カールボビン	森本敏夫			
974275	メタル 弁	小笠原信雄			



特許と新案

パルス発生回路 (実用新案第 940916 号)

考案者 小嶋 鈴 夫

この考案は大容量サイリスタのトリガ用に使用するパルス発生回路に関するもので、サイリスタの保持電流に左右されることなく、高い動作周波数で動作させることができ、サイリスタを1個用いるだけで比較的大きな出力を取り出すことができ、さらにサイリスタのターンオフ時間の制限を受けない安価なサイリスタを使用することによって、比較的安定したパルスを発生させることを特長としたものである。

具体的な回路を図1に示し、その動作を説明する。

まず、スイッチ(2)を投入するとトランジスタ(4)は導通し、コンデンサ(5)に充電される。コンデンサ(5)への充電が完了するとトランジスタ(4)は非導通状態となり、この時のサイリスタ(8)の端子電圧は図2(a)のようになる。図2 t_0 の時間にサイリスタ(8)のゲートへトリガ信号を与えるとサイリスタ(8)は導通し、コンデンサ(5)に充電されていた電荷が放電され、負荷(7)の端子間には図2(c)に示すパルス電圧が発生する。トランジスタ(4)はコンデンサ(5)の放電中非導通状態を保ち、放電が終了するとトランジスタ(4)には再びベース電流が流れ、トランジスタ(4)を導通状態にする。トランジスタ(4)のコレクタ電流は直列体(9)とコンデンサ(5)とに流れるが、コンデンサ(5)のインピーダンスが低いいため、ほとんどコンデンサ(5)の充電電流となる。

そのため、サイリスタ(8)は非導通状態となり、ゲート制御能力を回復し、最初の状態に戻ることになる。

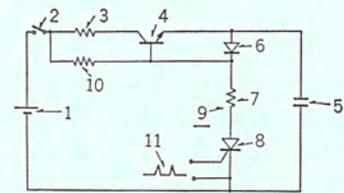


図1

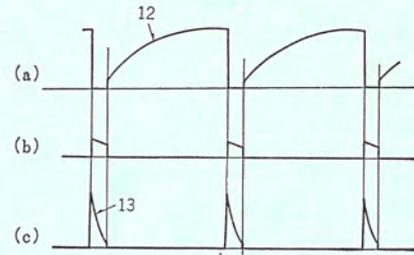


図2

抵抗体 (実用新案第 991800 号)

考案者 井上 武 男・石井 勇 雄

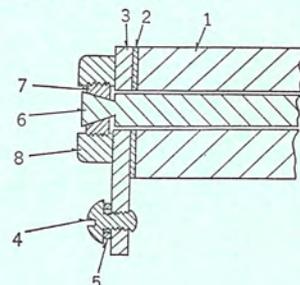
この考案は大電流用の抵抗体に関し、その抵抗体の電極構造を改良することにより電流容量の増大を計ったものである。

図はこの考案の棒状抵抗体の断面図であり、これは金属膜(2)を有する抵抗素体(1)の中央の孔に、両端部に逆テーパを有する形状に加工してある絶縁物棒(6)を通し、電極金具(3)および中央に絶縁物棒(6)のテーパと同角度の孔を有する二つ割ねじ(7)を配し、金属ねじ(8)により締付けを行なって組立てを行なうものである。また電流通路としては、リード線(5)、電極金具(3)、金属膜(2)、抵抗素体(1)を通して他端のリード線に至るものである。

従来の抵抗体では、焼ばめ、かしめ等により電極金具(3)を抵抗素体(1)に圧着していた。そのため、金属膜(2)の一部が、抵抗素体(1)の周面をおおっていたので、電流がその部分に集中しやすくなり、したがって通電電流を増加させると必ずと言ってよいほど金属膜(2)の周面端部で損傷が生じ使用不可能となっていた。それでこの考案の抵抗体では、金属膜(2)を抵抗素体(1)の端面のみに介在させており、そのため従来品が損傷を生じる電流値以上でも何ら損傷

を生じることがなく、電流容量を増大させることができるようになったものである。

なお、上記抵抗素子体(1)に合成金ふっ素雲母、グラファイトあるいはカーボンブラックおよび金属ならびにほう酸鉛系の低融点ガラスのそれぞれの粉末の混合物を金型に入れ窒素雰囲気炉中でガラス質が軟化する温度付近まで加熱し、加熱状態で加圧成形することにより造られる塑造物質を使用すれば、比抵抗の選択範囲が広く、小形化も可能な抵抗体が得られるものである。



特許と新案

ミシンの糸調節器 (実用新案第 955035 号)

考案者 辻本忠司

この考案はミシンの糸調節器の改良に関するもので、糸取りばねのばね力の調整を容易にかつ確実にこなえるようにしたことにあ

る。
この考案は図1および図2に示すように、ばね止めフッシ(11)の先端部に複数の溝部(15)を設け、糸調子棒(7)の先端にピン(14)を植設し、該ピン(14)は溝部(15)のいずれかに常時つまきばね(13)で座金(12)を介して糸調子棒(7)に押圧されてかん(嵌)着されているので、糸取りばね(5)の調節は糸調子棒(7)をミシンアーム外部から押圧してピン(14)を溝部(15)から離脱させて右、または左に回転させ、糸調子棒(7)と係合する糸取りばね(5)の左端を周方向に変位させて、所定のばね圧を得た所で、押圧をやめれば自動的にピン(14)が溝部(15)につつまきばね(13)によりかん着されるからきわめて調節が容易でしかも実用効果が大なるものである。

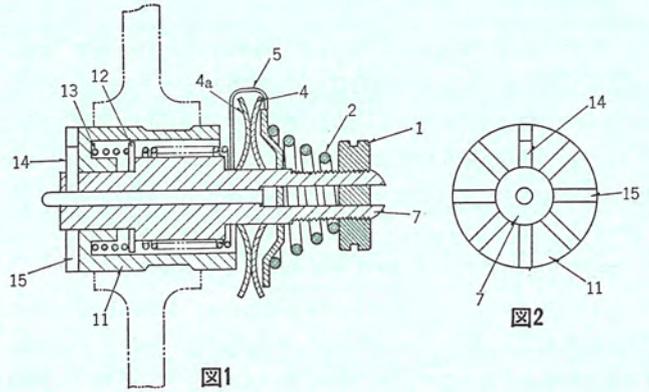


図2

空気清浄装置 (実用新案第 959122 号)

考案者 平山建一

この考案は空気清浄装置のチェーンによりろ材を移動させるろ材送り装置に関するもので、チェーンをガイドローラから離脱させる装置を設けたものである。

すなわち、この考案は図1および図2において、(1)は空気清浄装置本体、(5)はチェーン、(7)はこのチェーン(5)の負荷側に設けられたガイドレール、(9)はチェーン(5)を案内するガイドローラで、モータなどの駆動源(図示しない)が連結されている。(12)は離脱装置でろ材(図示しない)を移動させるチェーンの駆動方向(矢印)に対向し、本体(1)に取付けられている。(13)は上記離脱装置(12)と一体に形成された溝部で、上記ガイドローラ(9)がこの溝部にガイドローラの歯部の両側面と所定間隔を有し挿入されている。

したがって、駆動源(図示しない)によりガイドローラ(9)を介してチェーン(5)が駆動され、このチェーンにより、汚染空気をろ過し汚染されたろ材(図示しない)が移動するが、長期使用によりじんあい(塵埃)が堆積、または発しよう(錆)してチェーン(5)のリンクの折曲が円滑に行なえなくなってもチェーンおよびガイドローラ(9)の駆動方向に対向して設けた離脱装置(12)によりチェーンのガイドローラ通過後にチェーンをガイドローラから確実に離脱させることができるためにろ材送り装置の構成部品を破損することがなく、信頼性の高いものとなる。

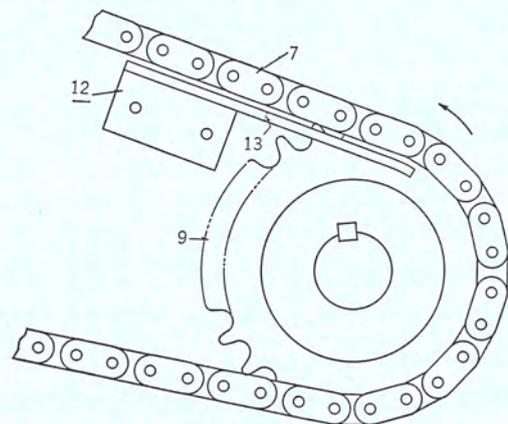


図1

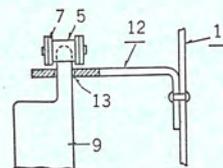


図2

3.6~36 kV 大容量限流ヒューズ

岩崎 行夫*・真鍋 勝之*

High Capacity Current Limiting Fuses at 3.6~36 kV

Itami Works Yukio Iwasaki・Katsuyuki Manabe

Excellent interrupting performance of current limiting fuses makes great contribution to the rationatization of installations and economy of arrangements. The range of their application is enlarging toward important circuits such as at extra-high voltage. Mitsubishi has now developed the new series of fuses applicable to circuits at up to 36 kV based on the old high voltage type CL current limiting fuses. Since the current limiting fuse is a resistance type circuit breaker, it has been confirmed that proportional enlargement of all the functional elements will take effect with success. About the corona resistant characteristics on extra-high voltage circuit, corona discharge tests have been conducted for a long period with the units of various construction to confirm the performance. Regarding the process of attesting the performance which is considered necessary for the future development, experiments have been made by using reduced models of equivalent function. Thus results of interest have been made available and reported herein.

1. ま え が き

限流ヒューズは、そのすぐれた限流効果により、保護装置として回路の設計に大きな経済的なメリットをもたらすところから、最近の受電容量の増加に伴う短絡容量の増大に対応して脚光をあび、需要が急増している。

当社では、さきに小形はん(汎)用限流ヒューズとしてCL形7.2kV 5~100 Aを発売し、キュービクル式受電設備用をはじめ、一般需要家向けに多数を納入して好評を得ているが、最近の設備の増大に伴い、電流容量増加ならびに適用電圧の上昇が望まれ、これにこたえてまず3.6kV, 7.2kV回路用として400 A定格までの容量増を図り、次に12, 24, 36kVの特高回路用として、従来のほう(礬)酸形ヒューズのBA, DBA, BAL形よりも、小形で大きなしゃ断容量を有する5~100 A定格までのCL形限流ヒューズのシリーズを開発したので、報告する。

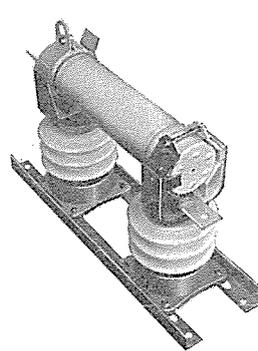


図 1. CL形限流ヒューズ3.6kV
400 A 250 MVA 屋内用
Type CL current-limiting fuse
3.6 kV 400 A 250 MVA indoor
use.

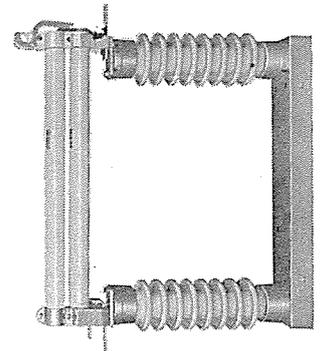


図 2. CL形限流ヒューズ36kV
100 A 1,500 MVA 屋外用
Type CL current-limiting fuse
36 kV 100 A 1,500 MVA out-
door use.

2. 定格および寸法

ヒューズの定格を表1, 外観を図1, 2. に示す。

表 1. CL形限流ヒューズ定格
Ratings of type CL current-limiting fuses.

用途	形名	使用場所	標準形式	定格電圧 (kV)	定格電流		定格三相しゃ断容量 (MVA)	倍率 (最小しゃ断電流に 対応する)	溶断特性	ヒューズリンク寸法 (mm)			対応 ほう酸形 ヒューズ			
					ホルダ (A)	ヒューズ リンク (A)				A	B	C				
はん用	CL形	屋内外	断路形 F I F接続	3.6	200	150,200	250	3倍	I	60	310	30	BA			
					400	300,400				77	310	43				
				7.2	200	150,200	500	3倍	I	77	310	43		BA		
					400	300,400				110	350	55				
				12	20	5,10,20	1000	3倍	I	50	325	25		BA		
						30				50	445	25			BAL	
					50	40,50		4倍		50	445	25				
						100				75,100	3倍	60	550	30		
					24	20		5,10,20		1500	3倍	I	50	445	25	BA
								30					60	550	30	
				50		40,50	4倍	60	550		30					
						100		80(40×2)	3倍		60		550	30		
100(50×2)	60	550	30													
36	20	5,10,20	4倍	I		60	550	30	DBA							
		30,40,50			60	850	30									
	100	80(40×2)			60	850	30									
		100(50×2)			60	850	30									

3. 構造・動作

3.1 ヒューズリンク

このシリーズのヒューズリンクの構造は、すでにシリーズ化を行なっているCL形の7.2kV 5~100 A定格品と、基本的に同一構造であり、詳細は本誌上にすでに発表⁽¹⁾されているので、以下に概略を述べる。

ヒューズリンクの構造は、図3. に示すように、中央に穴がある星形断面をもつ磁器棒の両端に、リング状のスペーサが固定してあり、こ

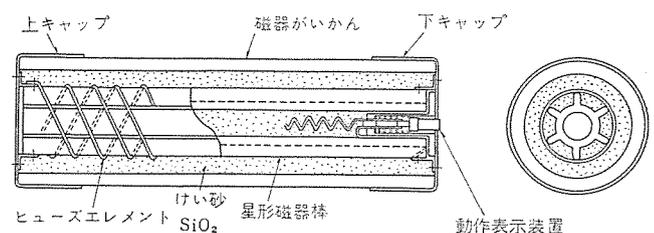


図 3. CL形ヒューズ筒内部構造
Cutaway view of interior construction of type CL fuse unit.

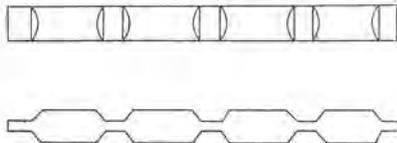


図 4. CL 形ヒューズの刻み入りエレメント
Notched fuse element of type CL current-limiting fuse.

の間に定格電流に応じて所定のヒューズエレメントを何本か等間隔に巻き、両端をねじて締め付けている。その右端には、耐熱・耐水性の動作表示装置がそう入してある。このようにしてできたヒューズエレメントの中身組立を、がい管容器に入れ、磁器棒内外の消弧剤（けい砂 SiO_2 ）とともに両端のキャップで密封してあり、完全密閉構造であるので、ヒューズは屋内外のいずれにも使用でき、しかもしゃ断動作時には無音無放出である。

この CL 形の性能上の第 1 の特長は、図 4. に示すヒューズエレメントの形状にある。限流ヒューズでは、アーク電圧が電源電圧より高くなって初めて電流が制限されるが、そのアーク電圧の瞬時値は、ほぼその瞬時に発弧しているエレメント長さに比例するので、一様な断面の長いエレメントを使用すると、一度に全長全体が発弧して急しゅん（峻）な高いアーク電圧が出、回路の絶縁を脅かす。したがって、この CL 形では、図 4. に示すように、多数の刻みをエレメント全長にわたって入れて時差発弧させ、急しゅんなピークを押えながら高いアーク電圧を持続させるようにしてある。

3.2 ヒューズホルダ

ヒューズホルダは、垂直、水平下向きのいずれにも自由に取り付けることができ、クリップ側はヒューズリンクの上キャップにフック金具を締めつけ、その両側を板ばね付きの U 字形のクリップではさみ込んで確実な電氣的接触を与え、ゴム製緩衝板を取り付けて開閉操作のショックからヒューズリンクを保護している。

ヒンジ側は、一般に行なわれているねじによる締付構造である。

7.2 kV 5~100 A シリーズと同様、片側通電、片側鉄鋼による支持を行ない、機械的強度を増している。

24 kV, 36 kV 定格のうち、定格電流の大きなものについては、下位定格電流のものを 2 本並列に使用するようにして（例：80 A 定格のときに 40 A × 2 本並列）ヒューズホルダの小形化ならびにヒューズリンクの標準化を図っている。

CL 形 7.2 kV 300, 400 A 定格および 36 kV 80~100 A 定格のヒューズは、水平取付け時等に自然脱落事故を防止するため、フック棒を操作する際に鎖錠・解錠ができるラッチをフック金具に取り付けて安全を図っている。（図 2. 参照）

4. 性 能

4.1 温度上昇

CL 形のように、絶縁チューブが磁器製になっているものは、規格 JEC-175 では、ヒューズリンク表面の最高温度は制限なしとなっているが、設計段階でその値をは（把）握する必要があるので、温度上昇試験の実測値と、以下に述べる近似的な計算式による計算結果とを比較してその計算化の可能性について検討した。

今、ヒューズリンクを、断面積 (S) が一定で、一つの断面積での温度 U がほぼ一定である、長さ a の丸棒と仮定し、接続導体からの熱伝導を無視すると、

(1) その表面から空気中に放散される熱量は、棒の温度 U と空

気の温度 U_∞ との差に比例する（ニュートンの冷却法則）。発生熱量 Q を考慮に入れると、次のような方程式が得られる。

$$\frac{\partial U}{\partial t} = K^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - b^2 (U - U_\infty) + Q \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、棒の一端を原点におく

$$\left. \begin{aligned} K^2 &= \frac{k}{c\rho} \\ b^2 &= \frac{E \cdot P}{c\rho S} \\ Q &= \frac{Q'}{c\rho S} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、

- k : 熱伝導率 cal/cm · sec °C
- c : 比熱 cal/g
- ρ : 密度 g/cm³
- P : 断面周囲長 cm
- S : 断面積 cm²
- E : 周囲よりの熱放散係数 cal/cm² · sec °C
- Q' : 発熱量 cal/cm

今、 $t = \infty$, すなわち温度が飽和して定常状態になったときは、

$$U_{\max} = \frac{Q}{b^2} \left(1 - \operatorname{sech} \frac{ab}{2k} \right)$$

もし、 $b \ll 1$ であれば、

$$U_{\max} \approx \frac{Qa^2}{8k^2 + a^2b^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $a = \infty$, すなわち無限長と考えるならば、 k^2 の影響は消滅し、

$$U_{\max} \approx \frac{Q}{b^2} = \frac{Q'}{E \cdot P} \quad \dots\dots\dots (4)$$

が得られる。

これに対し、

(2) 温度上昇が飽和したときには、放散熱量と発生熱量とは等しいという条件から簡単なモデルの熱方程式を導きだすと、

$$Q = U \cdot (P \cdot a + 2 \cdot S) \cdot E \quad U = \frac{Q}{(P \cdot a + 2 \cdot S) \cdot E} \quad \dots\dots\dots (5)$$

が得られる。

CL 形シリーズ品のヒューズリンク表面の温度上昇について式 (4), (5) による計算値と、温度上昇試験による実測値とを表 2. に示す。式 (4), (5) を適用するにあたり、今回の計算では経験的な値として $E = 1 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{°C}$ を一様に適用したが、この場合に短いヒューズリンクでは比較的計算値と実測値とが一致しているが、長円筒では差が生じている。これは、ヒューズの熱放散面がリンクのみでなく、ホルダの通電部分も含まれて無視できないことを示していると考えられる。参考までに、実測温度上昇値より式 (4) を用いて求めた熱放散係数 E の変化を図 5. に示すが、 $Pa/2S > 15$, すなわち $a/D > 7.5$ の長円筒になると、 $E \approx 7 \times 10^{-4} \text{ (W/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{°C)}$ でよく一致している。なお、式 (4) および式 (5) は、適用上に大差なく、設計計算時にはヒューズリンクを無限長と考えた式 (4) を適用すれば、安全サイドにあり、このときの抵抗値にヒューズリンク取付部の接触抵抗もヒューズリンクの発熱体と考えて考慮すれば、より安全である。

このように、長円筒形ヒューズリンクの表面温度上昇は、式 (4), (5) によって実用的な設計値を知ることは可能であるが、精度を向上するには、熱放散係数 E についてヒューズリンク形状、使用条件等の

表 2. CL 形 ヒューズリンク 表面の温度上昇値 (垂直取付け)

Temperature rise of type CL fuses.

定 格	外 形		全抵抗 R (mΩ) (実測値・接触抵抗を 含む, 20°C)	計算温度上昇値 ($E=1.0 \times 10^{-3}$, W/cm ² ·sec ² Cとした場合)		実測温度上昇 値(°C)	実測温度上昇値から求めた熱放 散係数 E (W/cm ² ·sec ² C) 式 (4) を使用
	$D \times a$ (cm)	$p \cdot a/2S$ ($p=\pi D$)		式 (4) を使用 (°C)	式 (5) を使用 (°C)		
3.6 kV 200 A	6×31	10.3	1.41	96.5	88	96	1.0×10^{-3}
3.6 kV 400 A	7.7×31	8.1	0.665	142	126	142	1.0×10^{-3}
7.2 kV 50 A	5×26	10.8	14.7	87	81	93	9.6×10^{-4}
7.2 kV 400 A	11×35	6.35	1.17	155	143	115	1.35×10^{-3}
12 kV 20 A	5×32.5	14	105.1	87.5	76.5	112	7.35×10^{-4}
12 kV 50 A	5×44.5	17.9	17.9	64	60.5	83	7.65×10^{-4}
12 kV 100 A	6×55	18.5	7.36	71	67.5	90	7.7×10^{-4}
24 kV 50 A	6×55	18.5	38.6	93	88	131	7.05×10^{-4}
36 kV 50 A	6×85	28.7	60.15	94	91	130	7.2×10^{-4}

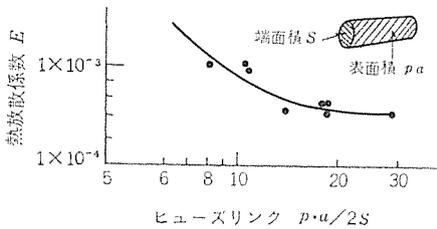


図 5. ヒューズリンク $p \cdot a/2S$ と実測温度上昇値から式 (4) を用いて求めた熱放散係数 E との関係

Relation of fuse link $p \cdot a/2S$ with coefficient of heat radiation calculated by the equation (4) using experimental values of temperature rise test.

影響を、今後のデータ集積によっては握する必要がある。

4.2 電流時間特性

図 6.~18 に電流-時間特性を示す。試験結果を見れば、同じ寸法・本数のヒューズエレメントを使用した各定格電圧の溶断特性は、長さに関係なくよく一致しており、溶断特性に対するヒューズリンクの形状の影響は、近似径では特に認められなかった。

なお、溶断特性は、平均溶断で表示しており、ばらつきの範囲は

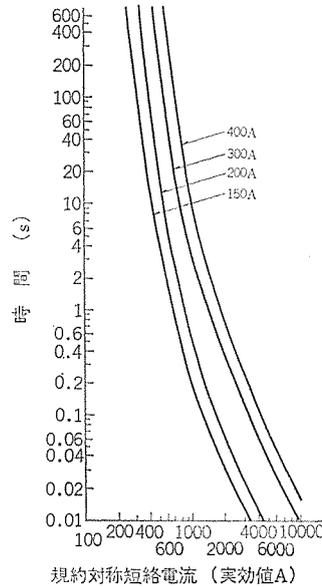


図 6. CL 形 (3.6 kV, 7.2 kV) 200~400 A 短時間許容電流-時間特性
Type CL (3.6 kV, 7.2 kV) 200~400 A short time rating time-current characteristics.

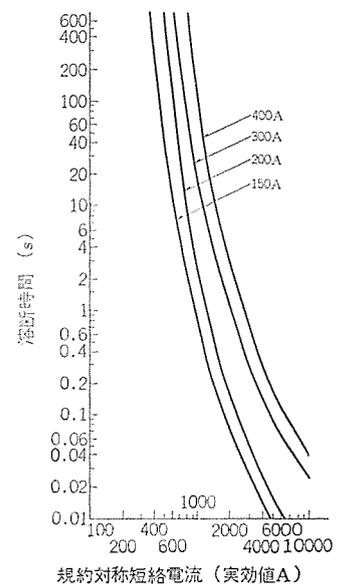


図 7. CL 形 (3.6 kV, 7.2 kV) 200~400 A 平均溶断電流-時間特性
Type CL (3.6 kV, 7.2 kV) 200~400 A mean melting time-current characteristics.

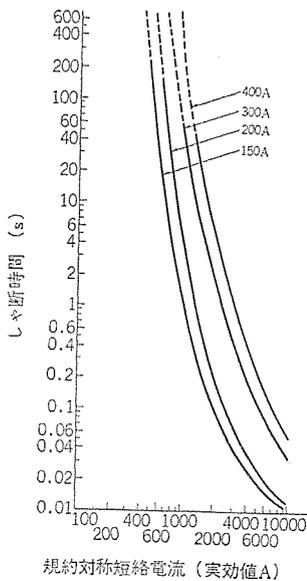


図 8. CL 形 (3.6 kV, 7.2 kV) 200~400 A 全しゃ断電流-時間特性
Type CL (3.6 kV, 7.2 kV) 200~400 A total clearing time-current characteristics.

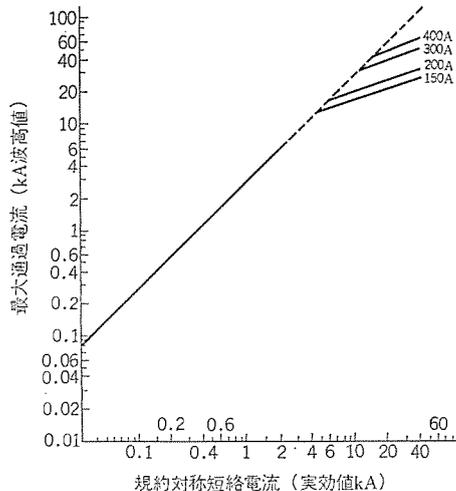


図 9. CL 形 (3.6 kV, 7.2 kV) 200~400 A 限流特性
Type CL (3.6 kV, 7.2 kV) 200~400 A current-limiting characteristics.

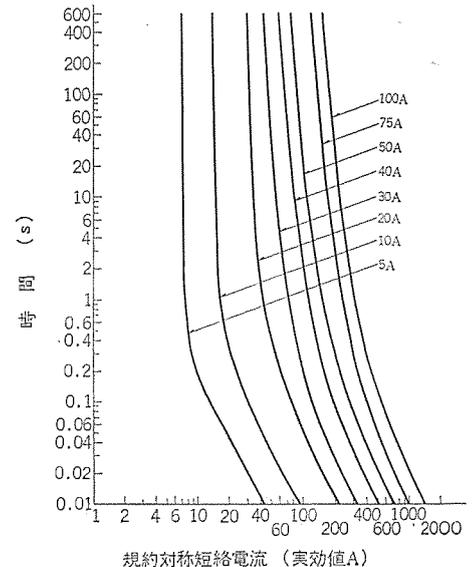


図 10. CL 形 12 kV 5~100 A 短時間許容電流-時間特性
Type CL 12 kV 5~100 A short time rating time-current characteristics.

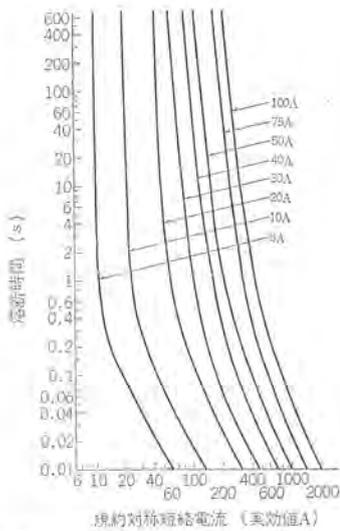


図 11. CL 形 12 kV 5~100 A 平均溶断電流—時間特性
Type CL 12 kV 5~100 A mean melting time-current characteristics.

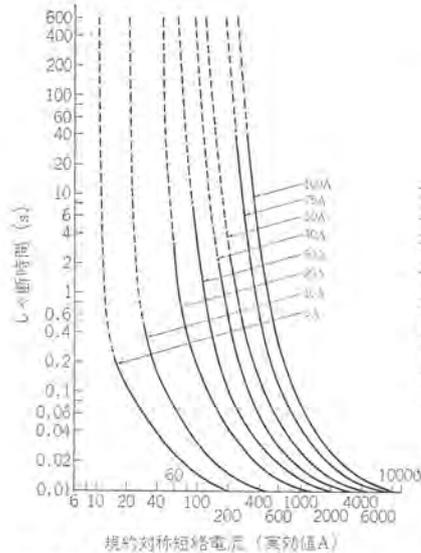


図 12. CL 形 12 kV 5~100 A 全しゃ断電流—時間特性
Type CL 12 kV 5~100 A total clearing time-current characteristics.

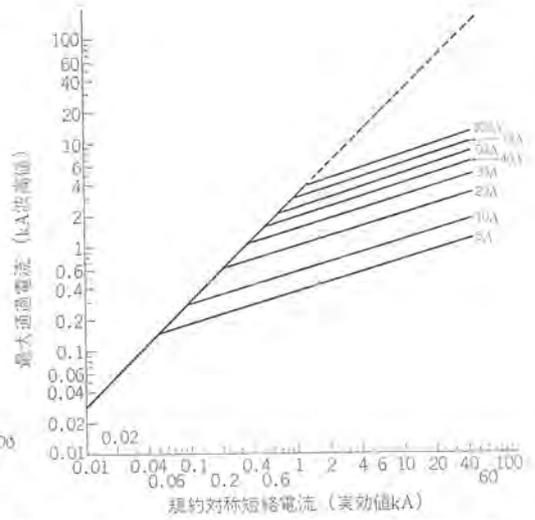


図 13. CL 形 12 kV 5~100 A 限流特性
Type CL 12 kV 5~100 A current-limiting characteristics.

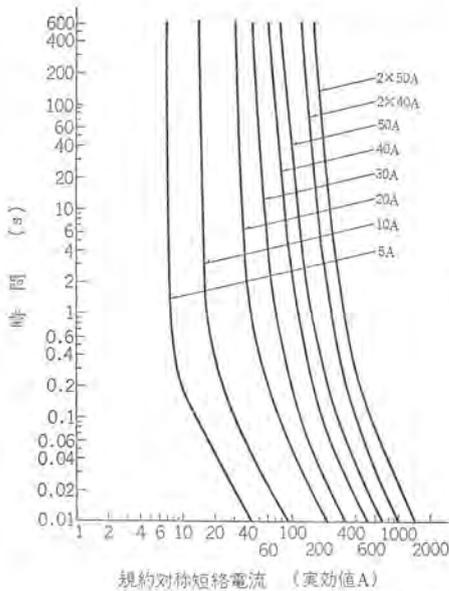


図 14. CL 形 (24 kV, 36 kV) 5~100 A 短時間許容電流—時間特性
Type CL (24 kV, 36 kV) 5~100 A short time rating time-current characteristics.

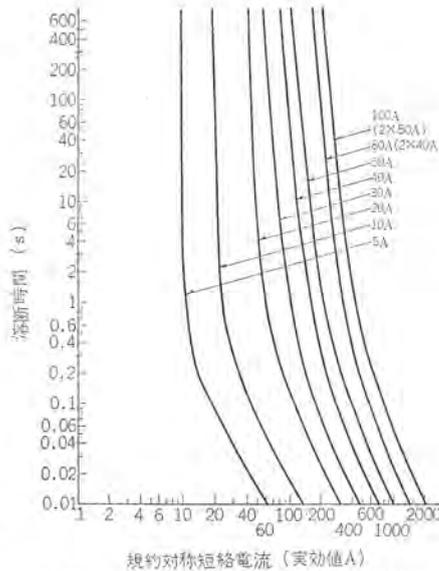


図 15. CL 形 (24 kV, 36 kV) 5~100 A 平均溶断電流—時間特性
Type CL (24 kV, 36 kV) 5~100 A mean melting time-current characteristics.

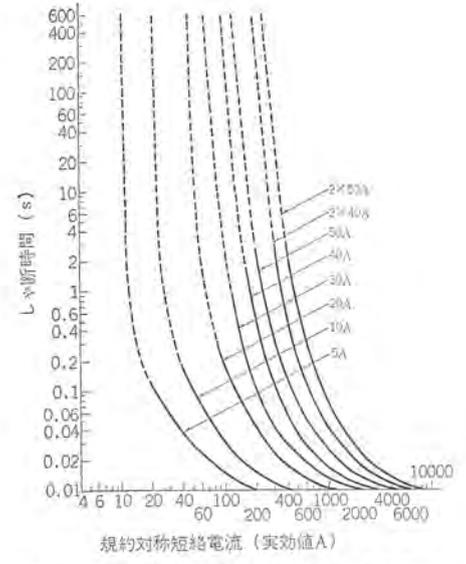


図 16. CL 形 (24 kV, 36 kV) 5~100 A 全しゃ断電流—時間特性
Type CL (24 kV, 36 kV) 5~100 A total clearing time-current characteristics.

国際的にもっとも過酷な±10%の範囲になるように管理されている。

これらの短時間・溶断・全しゃ断・限流特性の性質については、すでに本文に詳述されているので、ここでは新シリーズの特性のみを示す。

4.3 耐コロナ特性

特高回路などの回路電圧の高い所で使用される電力ヒューズは、ヒューズエレメントが細いため、エレメント周囲の電界が非常に高くなってコロナ放電を生じ、コロナやせによって断線に至る恐れがある。

特高用限流ヒューズの開発にあたり、特に強制的にエレメントの周囲にコロナを生ずるような高い電界の試験条件を構成して種々の供試品の比較試験を行ない⁽²⁾、CL 形ヒューズリンクの構造では、コロナによるエレメントの損傷が生じないことを確認した。

次にその結果を示す。

まず、異種の誘電体の組合せからなる同軸円筒の電界強度を E 、 $\dots E_n$ 、比誘電率を $\epsilon_1 \dots \epsilon_n$ 、単位長当たりの電荷を q とすれば、

$$E_{rn} = \frac{q}{2\pi\epsilon_{nr}} \dots \dots \dots (6)$$

誘電体 ϵ_n 中の電位差 V_n は、

$$V_n = - \int_{R_{n+1}}^{R_n} E_{rn} dr = - \int_{R_{n+1}}^{R_n} \frac{q}{2\pi\epsilon_{nr}} dr = \frac{q}{2\pi\epsilon_n} \log_e \frac{R_{n+1}}{R_n} \dots \dots \dots (7)$$

全電位差 V は、

$$V = V_1 + V_2 + \dots V_n = \frac{q}{2\pi} \left[\frac{1}{\epsilon_1} \log_e \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{\epsilon_2} \log_e \frac{R_3}{R_2} + \dots \frac{1}{\epsilon_n} \log_e \frac{R_{n+1}}{R_n} \right] \dots \dots \dots (8)$$

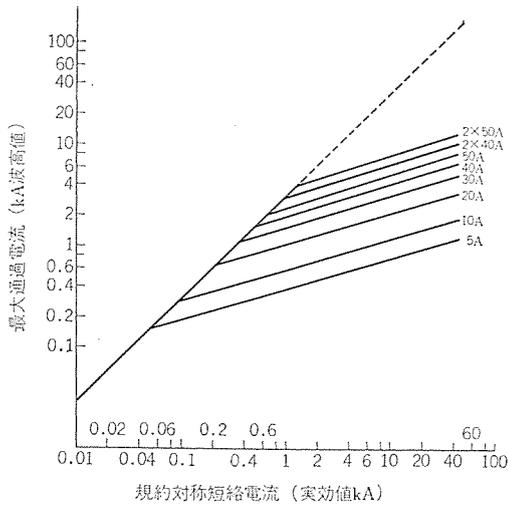


図 17. CL 形 (24 kV, 36 kV) 5~100 A 限流特性
Type CL (24 kV, 36 kV) 5~100 A current-limiting characteristics.

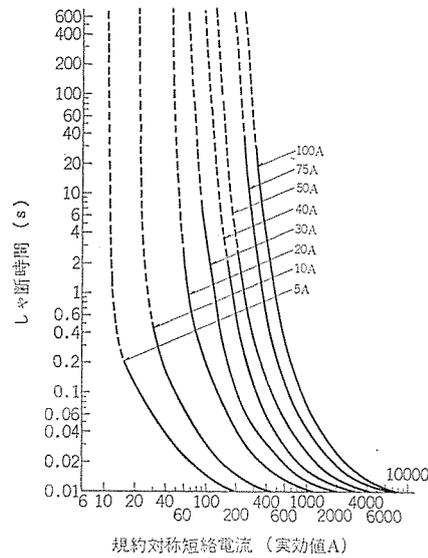


図 18. CL 形 24 kV 5~100 A 全しゃ断電流一時間特性
Type CL 24 kV 5~100 A total clearing time-current characteristics.

$$\therefore q = \frac{2\pi V}{\frac{1}{\epsilon_1} \log_e \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{\epsilon_2} \log_e \frac{R_3}{R_2} + \dots + \frac{1}{\epsilon_n} \log_e \frac{R_{n+1}}{R_n}} \quad (9)$$

これより、各部の電界強度は、次式であてえられる。

$$E_{rn} = \frac{q}{2\pi\epsilon_{nr}} \cdot \frac{1}{\frac{V}{\epsilon_{nr}} \cdot \frac{1}{\epsilon_1} \log_e \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{\epsilon_2} \log_e \frac{R_3}{R_2} + \dots + \frac{1}{\epsilon_n} \log_e \frac{R_{n+1}}{R_n}} \quad (10)$$

同軸円筒(空気)での中心電極表面のコロナ開始電界は、文献によれば、 $E \approx 100 \text{ kV/cm}$ (波高値)である⁽³⁾。

図 20. のように、エレメント周囲の電界がこの値以上になるように図 19. の供試品を作製し、いろいろなヒューズリンクの構造・材質条件について試験を行なった。

試験状況を図 21. ならびに試験結果を表 3. に示す。この結果より、ヒューズエレメントのコロナやせは、エレメントの材質ならびにその周囲条件(空気層の有無、消弧剤の分解、筒表面への半導体塗料の塗布等)によって大きく左右されることがわかる。エレメント周囲に空気層をもたず、分解ガスの発生しないけい(珪)砂の充てん(填)モデルでは、コロナによるエレメントの損傷はみられなかった。CL形ヒューズリンクは、図 3. に示すとおり、銀ヒューズエレメントが磁器棒にらせん状に巻かれ、けい砂が充てんされた構造で、これらの条件ならびに対地間・相間絶縁距離とによってエレメント部分の電界は、供試品モデルよりさらに弱められ、コロナによる影響は少なくなる。

4.4 シャ断性能

表 4. および図 22.~26. に代表的なしゃ断結果とオシログラフを示す。

$I-V_p$ 特性、 $I-E_{arc}$ 特性、 $I-\int i^2 dt$ 特性については、7.2 kV CL 形限流ヒューズ⁽¹⁾について詳しく検討されているので、ここでは代表的な定格電流 50 A の最大アークエネルギー電流付近の試験電圧との関係について検討する。

図 27. に試験電圧 E と限流値 I_p との関係、図 28. に試験電圧 E

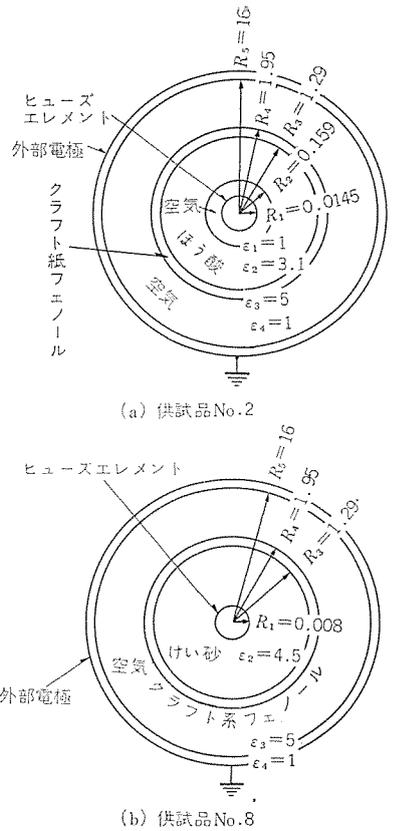


図 19. 供試品の断面(同軸円筒電極と見た場合の状況)
Cross section of test model.

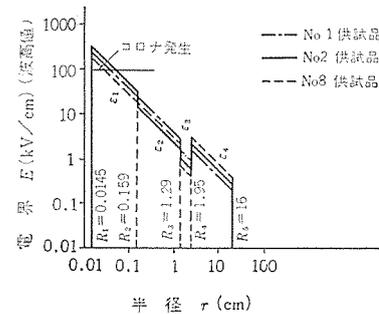


図 20. 試験モデルの電界分布
Electric field distribution of test model.

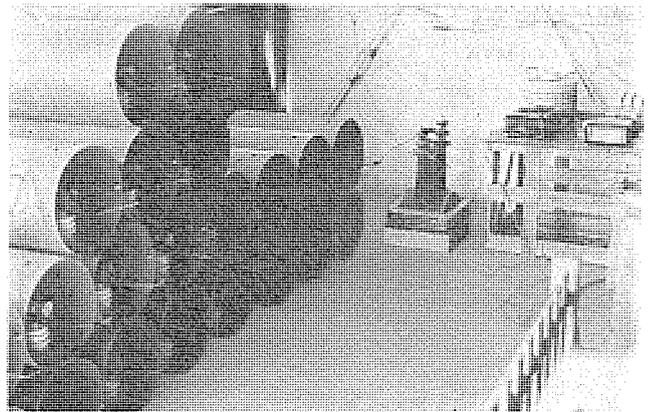


図 21. コロナ試験状況
Corona test.

と $\int i^2 dt$ との関係、図 29. に試験電圧 E とアークエネルギー E_{arc} との関係、図 30. に試験電圧 E と過電圧 V_p との関係、図 31. に試験電圧 E と最小しゃ断電流との関係を示すが、この結果より同一断面を有するヒューズエレメントを定格電圧に比例した長さで設計されたヒューズ

表 3. 耐コロナ試験結果
Test results of corona resistance tests.

試験条件 印加電圧と 期間	供 試 品				試験結果 概 要	
	筒表面への 半導体塗料	エレメント 材	エレメント の周囲	供試品 No		
28 kV 1年	なし	銅ニッケル	空 気	1	×	
			ほう酸	2	△	
			けい砂	3	○	
			ニクローム	4	○	
			銀	8	○	
		有	銅ニッケル	ほう酸	5	○
			銅ニッケル	ほう酸	6	○
			ニクローム	ほう酸	7	○
			銀	ほう酸	9	△
			銀	ほう酸	10	○
なし (0 kV) 1年	なし	銅ニッケル	ほう酸	6	○	
		ニクローム	ほう酸	7	○	
		銀	ほう酸	10	○	

注) ○: 異常なし, △: 多少腐食, ×: 完全に腐食

ズリンク, すなわち, ヒューズエレメントの単位長さ当たりの印加電圧が同じ設計基準のヒューズリンクのシャ断特性を試験電圧比で示せば, 大差はみられず, 基準品からの比例拡大品については容易にその性能を推定・把握することが可能であり, 今後の回路電圧拡大品の開発に一つの指針になろう。

これは, 限流ヒューズが一種の抵抗シャ断機器であるところから起因するもので, 逆に考えると, 比例的な短縮モデルによってそのシャ断性能を等価的に知ることも可能であると考えられる。

次に, CL形 36 kV 50 A のヒューズリンクについて短縮モデルによる等価性比較検討試験を実施したので, その結果を示す。

表 4. CL形ヒューズシャ断試験結果の一例
An example of the results of interrupting tests on type CL current-limiting fuses.

試験 番号	定 格	試 験 系 列	給 与 電 圧 (kV)	回 復 電 圧 (%)	短 絡 力 率 $\cos \theta$	投 入 位 相 deg	発 弧 位 相 deg	し ゃ 断 電 流 (rms) kA	し ゃ 断 時 間			継 回 続 復 時 間 sec	過 電 圧 波 高 値 kV	限 流 波 高 値 kA	動 作 表 示 器 の 動 作	絶 縁 耐 抗 の MΩ	結 果
									溶 断 ms	ア ー ク ms	全 ms						
1	3.6 kV 200 A 250 MVA	I	3.15	100	0.07	30	87	44	1.7	5.0	6.7	15	10.3	27	良好	2,000	良好
2		II	3.15	100	0.05	0	77	22.5	3.0	5.0	8.0	60	10.1	23.6	良好	以上	良好
3		III	3.6	100	0.1以下	—	—	0.53	290(s)	0.08(s)	290(s)	60	—	—	—	—	—
4	7.2 kV 200 A 500 MVA	I	6.3	100	0.07	30	80	44	2.1	5.5	7.6	15	16	28	良好	2,000	良好
5		II	6.3	100	0.05	0	82	22.5	2.3	5.1	7.4	60	16.5	25	良好	以上	良好
6		III	7.2	100	0.1以下	—	—	0.59	145(s)	0.07(s)	145(s)	60	—	—	—	—	—
7	7.2 kV 400 A 500 MVA	I, II	6.3	100	0.07	0	97	44	4.8	4.4	9.2	60	19.9	53.5	良好	2,000	良好
8		I, II	6.3	100	0.07	30	100	44	3.2	4.2	7.4	60	19.3	53.1			
9		I, II	6.3	100	0.07	60	125	44	2.7	3.4	6.1	60	17.8	52			
10		I, II	6.3	100	0.07	90	165	44	3.3	2.1	5.4	60	14	42.8			
11		I, II	6.3	100	0.07	120	280	44	7.9	4.0	11.9	60	16	52.8			
12		I, II	6.3	100	0.07	150	270	44	6.1	4.2	10.3	60	15	55			
13	III	7.2	100	0.1以下	—	—	1.1	23(s)	0.08(s)	23(s)	60	—	—	良好	—	—	
14	12 kV 50 A 1,000 MVA	I	10.5	100	0.07	65	80	52.5	0.5	3.5	4.0	15	35	7.9	良好	2,000	良好
15		II	10.5	100	0.04	0	75	3.4	3.7	5.5	9.2	60	37	3.5	良好	以上	良好
16		III	12	100	0.1以下	—	—	0.2	1.7(s)	0.06(s)	1.76(s)	60	—	—	—	—	—
17	24 kV 50 A 1,500 MVA	I	20.9	100	0.07	75	85	45	0.7	4.0	4.7	15	65	8.6	良好	2,000	良好
18		II	20.9	100	0.04	0	82	3.4	3.5	5.5	9.0	60	71	3.66	良好	以上	良好
19		III	24	100	0.1以下	—	—	0.2	1.5(s)	0.04(s)	1.5(s)	60	—	—	—	—	—
20	36 kV 50 A 1,500 MVA	I	31.5	100	0.15以下	65	80	26.4	0.9	3.8	4.7	15	105	7.5	良好	2,000	良好
21		II	31.5	100	0.15以下	10	70	3.4	3.0	4.0	7.1	60	100	3.7	良好	以上	良好
22		III	36	100	0.15以下	—	—	0.188	3.0(s)	0.14(s)	3.1(s)	60	—	—	—	—	—

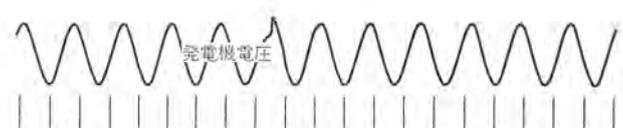
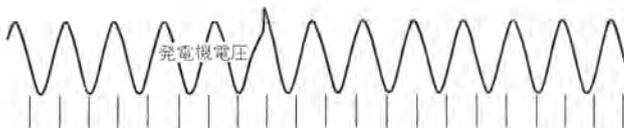
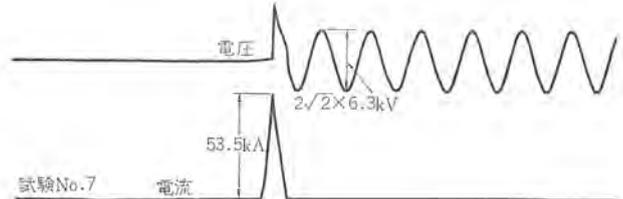
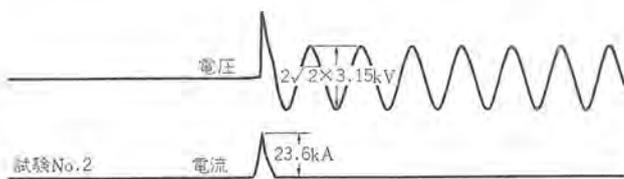


図 22. CL形 3.6 kV 200 A 22.5 kA シャ断オシログラム
Oscillograms of interrupting current in and voltage across type CL 3.6 kV 200 A current-limiting fuse.

図 23. CL形 7.2 kV 400 A 44 kA シャ断オシログラム
Oscillograms of interrupting current in and voltage across type CL 7.2 kV 400 A current-limiting fuse.

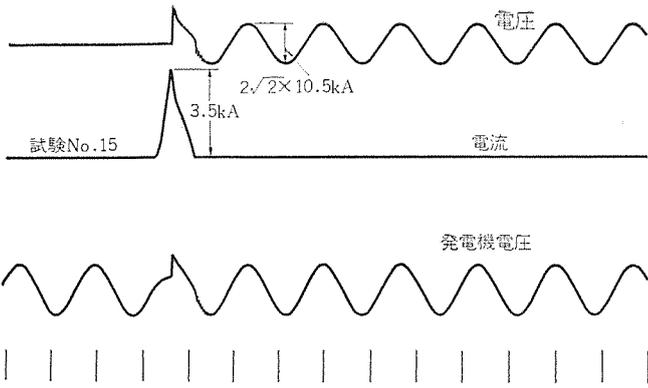


図 24. CL 形 12 kV 50 A 3.4 kA シャ断 オシログラム
Oscillograms of interrupting current in and voltage across type CL 12 kV 50 A current-limiting fuse.

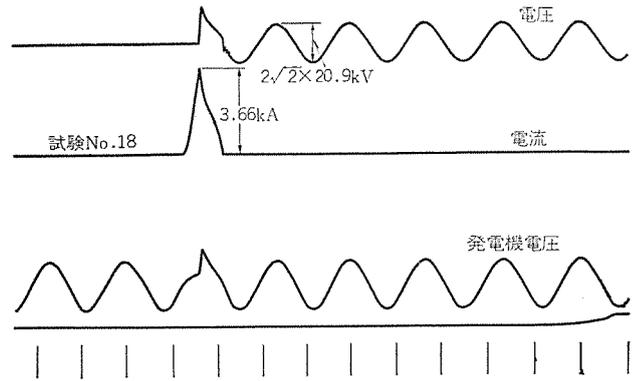


図 25. CL 形 24 kV 50 A 3.4 kA シャ断 オシログラム
Oscillograms of interrupting current in and voltage across type CL 24 kV 50 A current-limiting fuse.

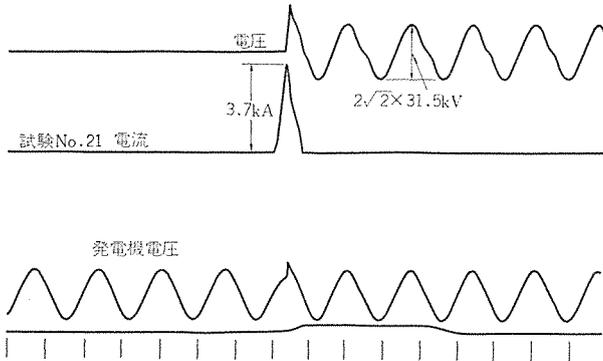


図 26. CL 形 36 kV 50 A 3.4 kA シャ断 オシログラム
Oscillograms of interrupting current in and voltage across type CL 36 kV 50 A current-limiting fuse.

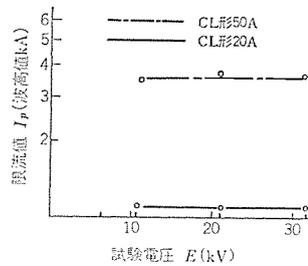


図 27. CL 形 20 A, 50 A ヒューズリンクの $I=3.4$ kA における $E-I_p$ 特性
 $E-I_p$ characteristics on test current $I=3.4$ kA type CL 20 A, 50 A fuse links.

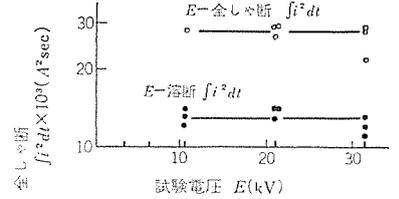


図 28. CL 形 50 A ヒューズリンクの $I=3.4$ kA における E -全シャ断 $\int i^2 dt$, E -溶断 $\int i^2 dt$ 特性
 E -total $\int i^2 dt$ E -melting $\int i^2 dt$ characteristics on test current $I=3.4$ kA type CL 50 A fuse links.

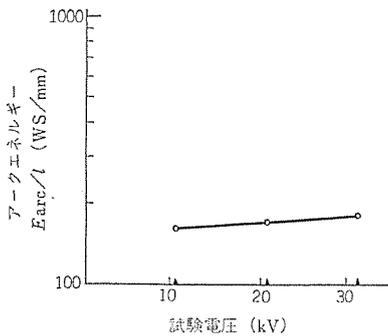


図 29. CL 形 50 A ヒューズリンクの $I=3.4$ kA における エレメント 単位長さ当たりの E - E_{arc} 特性
 E - E_{arc}/l characteristics on test current $I=3.4$ kA type CL 50 A fuse links.

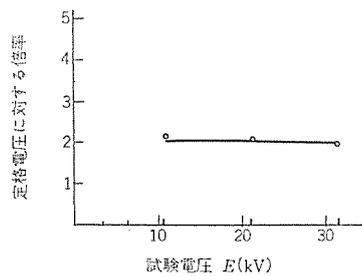


図 30. CL 形 50 A ヒューズリンクの $I=3.4$ kA における $E-V_p$ 特性
 $E-V_p$ characteristics on test current $I=3.4$ kA type CL 50 A fuse links.

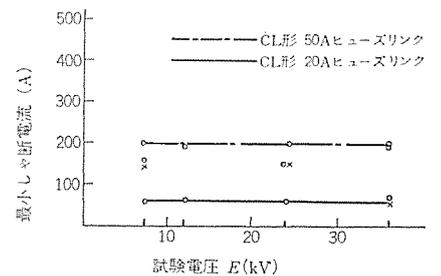


図 31. CL 形 50 A および 20 A ヒューズリンクにおける E -最小シャ断電流
 E -minimum interrupting current type CL 20 A, 50 A fuse links.

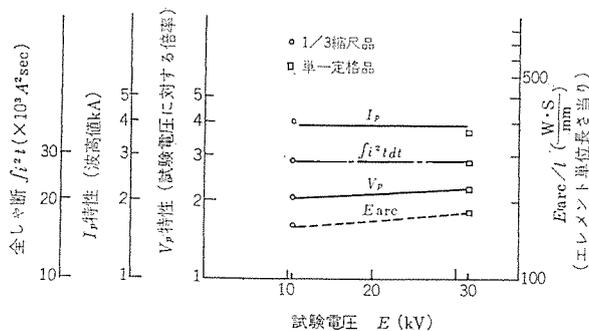


図 32. CL 形 36 kV 50 A ヒューズリンクと 1/3 短縮モデルヒューズリンクの $I=3.4$ kA シャ断特性
Interrupting characteristics on test current $I=3.4$ kA type CL 36 kV, 50 A and 1/3 reduction model fuse links.

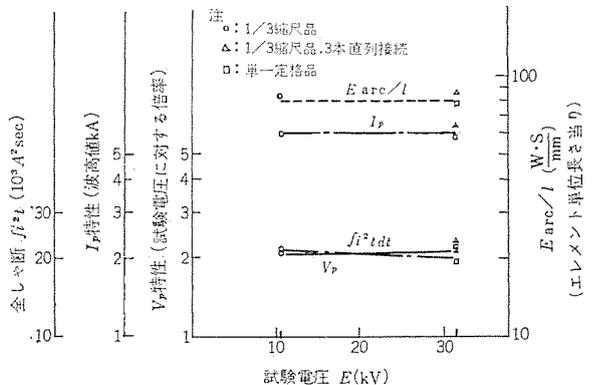
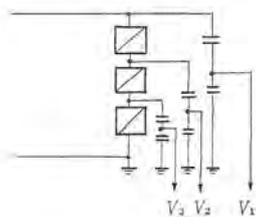


図 33. CL 形 36 kV, 50 A ヒューズリンクと 1/3 短縮モデルヒューズリンクの $I=13.8$ kA シャ断特性
Interrupting characteristics on test current $I=13.8$ kA type CL 36 kV 50 A and 1/3 reduction model fuse links.

表 5. CL 形 36 kV 50 A ヒューズリンク短縮モデル比較試験結果の代表例
Examples of the results of interrupting test on 36 kV 50 A type CL reduction model fuse links.

試験番号	定 格	供 試 品		給 与 電 圧 kV	回 復 電 圧 %	短 絡 力 率 cos θ	投 入 位 相 deg	発 弧 位 相 deg	し ゃ 断 電 流 kA	過 電 圧 波 高 値 kV	限 流 波 高 値 kA	ギ ア ー ト ク エ ネ ル kW·S	全 し ゃ 断 $\int I^2 dt$ 10 ³ A ² ·S	時 間 復 電 圧 継 続 sec	動 作 表 示 器 の 動 作	抵 抗 試 験 の 絶 縁 MΩ	試 験 結 果	備 考
		ヒューズリンク	ヒューズエレメント															
51	36 kV 50 A 1/3 縮尺品	60φ×300	0.55×880×4 B	10.4	100	0.1以下	7.5	73.5	3.4	31	4.0	141	28.9	60	良	2,000 以 上	良	
52		60φ×300	0.55×880×4 B	10.4	100	0.1以下	35	64	7.9	29.4	5.24	98	29	60				
53		60φ×300	0.55×880×4 B	10.4	100	0.1以下	85	107	13.8	31.1	6.0	72.2	21.5	60				
54		60φ×300	0.55×880×4 B	10.4	100	0.1以下	57	65	44	30.6	7.65	62	24.5	60				
55	36 kV 50 A 1/3 縮尺品を 3本直列	60φ×300×3	0.55×880×3	31.5	100	0.1以下	61	82.5	13.8	$V_1=95.9$ $V_2=53.8$ $V_3=26.3$	6.47	230	23.8	60	良 好	∞ 2,000 以 上 ∞	良 好	注)
21	36 kV 50 A 定格品	60φ×850	0.55×2,640×4 B	31.5	100	0.1以下	10	70	3.4	100	3.7	475	28	15	良 好	2,000 以 上	良 好	
56		60φ×850	0.55×2,640×4 B	31.5	100	0.1以下	40	76	7.9	100	4.6	204	21.2	60	良 好	2,000 以 上	良 好	
57		60φ×850	0.55×2,640×4 B	31.5	100	0.1以下	50	76	13.8	100	5.79	206	19.4	60	良 好	2,000 以 上	良 好	

注) 過電圧波高値の測定点は次のとおり



4.5 CL 形]36 kV 50 A ヒューズリンクの短縮モデルによる性能試験

CL 形 36 kV 50 A ヒューズリンクの長さ方向の寸法諸元が 1/3 であるヒューズリンクを製作し、ヒューズエレメントの単位長さ当たりの試験電圧が同等になる条件で性能検証を行なった。

その試験結果を表 5. に、1/3 短縮品モデル単体と、そのモデルを 3 本直列に接続したもののおよび定格品のおおのの試験電圧における性能比較を図 32., 33. に示す。

図に示すように、等価的短縮モデルの性能のうち、過電圧 V_m 、限流波高値 I_p 、全しゅ断 $\int I^2 dt$ は、同一試験電流では、試験電圧値によって特性の差がほとんどなく、相互に性能を推定することは可能と考えられるが、エレメント単位長さ当たりのアークエネルギーは、試験電流によって傾向が若干異なっているものがある。これが、短縮モデルと単一品との性能の過酷度の相違によるものか、または試料測定上のばらつきによるものか、さらに詳細な試験検討が必要である。

以上、性能推定の一方法について検討したが、今後の試験設備によって性能検証が問題になると予想される大しゅ断容量高電圧、ヒューズ開発における等価試験法として確立するにはさらにデータ集積による検討が必要である。

その他、特に興味深い現象として短縮品を直列接続したものの定格電圧しゅ断試験で電圧分担が、電源側より 40%、30%、30% になっており、アークエネルギーとあわせてしゅ断動作時の電圧分布状況

の詳細な解析検討が研究課題の中心になると思われる。

5. む す び

以上、特高用限流ヒューズをはじめ、CL 形限流ヒューズの新シリーズ品について仕様・特性等を紹介したが、限流ヒューズの特性を決定するには、ヒューズリンクの構造・寸法、エレメントの形状等の多くの要素が関連しており、開発に伴う性能検証は膨大なものになる。

特に、高電圧・大容量品になるほど、試験電圧増大に伴う超大形の試験設備の運転、大形の開発試料等から開発コストは著しく増加する。

今回の開発にあたり、当社伊丹製作所の 50 MVA、180 MVA 短絡発電機試験設備を使用して性能検証を行ない、特高回路用に従来品と比べて大幅に小形化・高しゅ断容量化を図った新シリーズを製品化した。今後の定格上昇品の開発には、開発コストもさることながら、試験設備等の関連から等価試験法等の性能検証法の確立が必要であり、短縮モデルによる試験法等の簡易な試験法の検討を推進する必要がある。このあと、この報告の資料を基にしてさらに高電圧・大電流定格の限流ヒューズを開発し、高まる限流ヒューズへの期待に答えてゆく所存である。

最後に、このヒューズの開発にあたり、情報・資料および製作・試験、その他に多大なご協力をいただいた関係各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 岩崎, 太田: 7.2 kV CL 形限流ヒューズ, 三菱電機技報, 41, No. 9 (昭 42)
- (2) 太田, 長畑, 中井, 後内: 特高用電力ヒューズにおけるヒューズエレメントのコロナやせ, 昭和 47 年 電気学会全国大会, No. 415
- (3) 放電ハンドブック, 電気学会

名古屋市下水道局柴田処理場向け電気設備

碓谷 栄三*・工藤 勝洋*
古木 寿人**・樺山 資嗣***・大垣 健二***

Electrical Equipment of Shibata Sewage Treatment Plant, Nagoya City

Nagoya Municipal Sewerage Bureau Eizō Togiya・Katsuhiko Kudō
Mitsubishi Electric Corp., Head Office Hisato Kogi
Mitsubishi Electric Corp., Kobe Works Suketsugu Kabayama・Kenji Ôgaki

Increase in the construction of sewage treatment plants of cities of late years is an outstanding phenomenon. Accompanying this, electrical equipment has become on a large scale, complicated and higher degree and is particularly demanded elevating reliability of it. Even in the field of sewage treatment, application of electronic technique has rapidly advanced so that it plays an important part of central management and control of the plant. This tendency is considered strengthening further in future.

The following introduces the outlines of Shibata sewage treatment plant of Nagoya Municipal Sewerage Bureau which is proud with its newest and powerful institution. We will be happy if this article serves reference to those who are in need of information in this field.

1. ま え が き

ここ数年、都市における下水処理場の建設は非常に急ピッチで進行している。欧米諸国に比べわが国の下水処理のたちおくれが指摘されているが、人口密度が高く建設用地の不足している大都市では処理場の建設も意のままにならないのが実情のようである。しかし、環境衛生の立場からも都市下水の処理はさけることのできない重要課題であり、国家的なバックアップを得て各地で処理場建設が本格化しているのは周知の事実である。また処理方式においても以前の散水ろ(濾)床法等の簡易処理方式は影をひそめ、活性汚泥法による高級処理方式が大半を占めている。

一方汚泥処理をみても天日による自然乾燥等の不能率な方法は昔話になり汚泥の消化、脱水方式が採用されている。近年の地価の高騰により消化設備を省略した生汚泥処理方式も数年前より多く用いられるようになった。そして更に、脱水ケーキの廃却が問題になっている現在は、ケーキの焼却も不可欠であり焼却炉、脱硫装置等の建設が同時に行なわれるようになった。脱水、焼却設備等を備えた処理場では旧設備よりの汚泥処理を受け持つなどにより送泥管の施工も進められ、一処理場のみにとどまらず次第に広域化の傾向もではじめている。

以上のような処理施設の進歩と共に電気設備の進歩は更にめざましく、エレクトロニクス技術を駆使した最新鋭設備が活躍する時代に突入している。たとえば、従来のリレー・ケネスによるワイヤードロップに代り、電子計算機の技術を応用してシーケンスをプログラム化したシーケンスコントローラの登場、日報作成・監視業務を自動的に行なう計算機およびデータローガ、集中監視・制御を行なう遠方監視制御装置等に、それらが活躍している一端をみる事ができる。

以下、下水処理場としては最新鋭設備を備えている名古屋市下水道局柴田下水処理場の電気設備を中心に紹介する。

2. 設 備 概 要

2.1 建設経緯

従来の下水道はいわば都市のアクセサリ的なものとみなされがちであったが、近年環境の整備、都市機能の回復という住民意識の飛躍的な向上に伴い大きくクローズアップされ、名古屋市(以下本市と略す)においても昭和46年4月に行政主体を従来の水道局より分離して下水道局を発足させ、都市機能、都市の制御の一環として産業、生活基盤の一つである下水道の建設に全力をあげる体制ができあがった。

ところで、柴田処理場(以下本処理場と略す)は昭和7年天日汚泥処理場として開設以来、消化汚泥乾燥砂床による方法にて処理してきたが逐年増大する汚水処理量に対処するため高級処理施設を新設、更に今回の汚泥処理施設の新設により新鋭柴田処理場に衣換えしつつある。

現在の水処理システムは本質的には固液分離システムを採用しており、水処理で発生する固形物、すなわち汚泥の処理は下水道普及率の上昇による処理量の増大にともない増加する一方であるが、従来の天日乾燥では広大な敷地を必要とし、現有する都市空間の有効利用という観点からも追従できるものではない。従って天日乾燥に代り機械脱水、焼却システムにて固形物量を縮小し、これを処理する方法を採用せざるをえない。本市の汚泥処理システムは小規模処理場および鳴海下水処理場を除き、各下水処理場から汚泥処理場へパイプラインにて結びここで集約一括して脱水、焼却している。今回の汚泥処理システムは本市において山崎汚泥処理場につき2番目のものである。

2.2 下水処理施設概要

本処理場の処理方式は活性汚泥法で全体計画は、全処理面積1,177 ha、全処理水量280,000 m³/dayとして計画され、今回は70,000 m³/day分を建設した。なお、本処理場は合流式のため雨水排水施設を有する。本施設の概略を次に述べる。

2.2.1 沈砂池

沈砂池は5池からなり内3池は汚水(雨水兼用)2池は雨水用であ



図 1. 汚水処理施設全景
Full view of sewage treatment installation.

る。寸法は幅 5 m, 長さ 16 m, 有効深さ 2.25 m で設計流量 (雨水共) 17.1 m³/sec 平均流速 0.3 m/sec 滞流時間 46.9 sec (汚水), 52.6 sec (雨水) にて設計されている。なお沈砂池には雨水用除じん(塵)機 2.2 kW 4 台, 汚水用除じん機 2.2 kW 6 台を設置し, かき揚げたしき(渣)は集荷コンベヤ, 移送コンベヤでしき置場に運ばれる。

除じん(塵)機仕様

型式 ……スクレーパ式ダブルチェーン回転式
チェーン速度 …… 4 m/min

2. 2. 2 汚水ポンプ

流入汚水沈砂池よりポンプ井に入り汚水ポンプで前ばっ(曝)気そう(槽)へ送られる。

ポンプ仕様

型式 ……立型斜流ポンプ
口径 ……450 mm
揚水量 ……25 m³/min
電動機型式 ……防滴保護型立形巻線形回転子三相誘導電動機
電動機定格出力 ……90 kW
数量 ……2 台

2. 2. 3 雨水ポンプ

雨水排除用ポンプは電動機直結が 1 台, 内燃機関直結が 3 台である。これらポンプは水位による自動運転を行なっている。

内燃機関直結雨水ポンプ仕様

型式 ……立型斜流ポンプ
口径 ……1,350 mm
揚水量 ……270 m³/min
揚程 ……9 m

電動機直結雨水ポンプ仕様

型式 ……立型斜流ポンプ
口径 ……1,000 mm
揚水量 ……140 m³/min
電動機型式 ……防滴保護型立形巻線形回転子三相誘導電動機
電動機定格出力 ……320 kW
揚程 ……9 m

2. 2. 4 前ばっ気そう

ばっ気時間 20 分として設計され構造寸法は, 幅 6.5 m × 長さ 30.0 m × 深さ 5.0 m, そう容量 975 m³
今回は 1 台である。

2. 2. 5 最初沈殿池

型式 ……平行流 2 階式 (矩) 形沈殿池
所要容量 ……5,310 m³
有効水深 ……3.0 m
構造寸法 ……幅 5.0 m × 長さ (上 27 m, 下 32 m) × 有効深さ 3.0 m
沈殿時間 ……1.75 時間
数量 ……6 池

2. 2. 6 エアレーションタンク

型式 ……散気式ステップエアレーション方式
ばっ気時間 ……5 時間
所要容量 ……14,800 m³
有効水深 ……5 m
構造寸法 ……幅 6.5 m × 長さ 57.0 m × 有効深さ 5.0 m × 4 水路
数量 ……2 台

2. 2. 7 最終沈殿池

型式 ……平行流 2 階式 (矩) 形沈殿池
有効水深 ……3 m
所要容量 ……8,316 m³
沈殿時間 ……2 時間
構造寸法 ……幅 4.2 m × 長さ (上 25 m, 下 30 m) × 有効深さ 3.0 m
数量 ……12 池

2. 2. 8 塩素混和そう

構造寸法 ……幅 8.0 m × 長さ 15.0 m × 有効深さ 2.2 m × 3 水路
接触時間 ……4.1 分
塩素滅菌機 ……28 kg/h × 2 台

2. 2. 9 ブロウ

型式 ……電動機直結多段ターボブロウ
口径 ……350 × 300 mm
風量 ……160 m³/min
電動機型式 ……防滴保護型巻線形回転子三相誘導電動機
電動機定格出力 ……現在仮設として 240 kW 3 台設置されている。将来は容量, 台数共増設する。

2. 2. 10 返送汚泥ポンプ

型式 ……片吸込斜流渦巻ポンプ
口径 ……350 mm
揚水量 ……12.5 m³/min
揚程 ……4.0 m
電動機容量 ……22 kW
数量 ……2 台

2. 2. 11 余剰汚泥ポンプ

型式 ……片吸込特殊渦巻ポンプ
口径 ……150 mm
揚水量 ……3.0 m³/min
揚程 ……8.0 m
電動機出力 ……15 kW
数量 ……2 台

2. 2. 12 汚泥輸送ポンプ

型式 ……片吸込特殊渦巻ポンプ
口径 ……150 mm, 150 mm
揚水量 ……2.0 m³/min, 2.2 m³/min

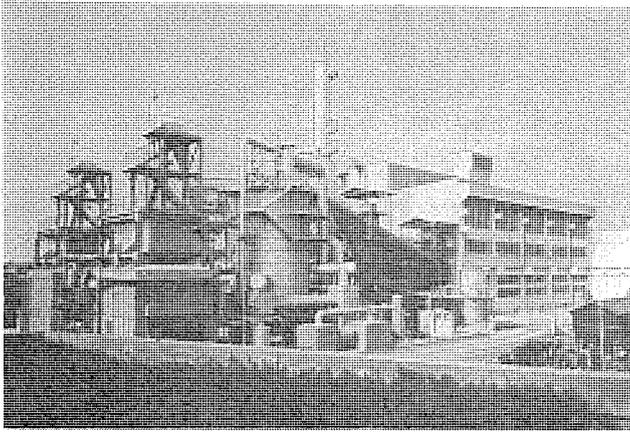


図 2. 焼却炉、汚泥処理本館
Furnace and sludge treatment main building.

揚程 ……22 m, 8.5 m
電動機出力……22 kW, 11 kW
台数 ……1台, 2台

2.3 汚泥処理施設概要

本処理場は全体計画 10,000 m³/day (含水率 99%) として計画され、今回 3,000 m³/day 分を建設、流入汚泥量の増加により逐次増設する予定である。以下本処理システムの概要を説明してゆくが今回の処理工程を大別すると、濃縮、薬注、脱水、焼却の生汚泥処理方式となっている。

2.3.1 調整そう

柴田および市内各処理場より圧送された汚泥 (含水率 99%) を本調整そうでかくはん (攪拌) 機により均一にかくはんする。

そう径 ……8 m
そう深 ……最深約 7 m 円すい状
かくはん機型式 ……堅型 2 段下部軸受式
かくはん機回転数……約 10 rpm
電動機容量 ……5.5 kW

2.3.2 調整ポンプ

調整そうより引抜き混合そうへ圧送するためのポンプである。

型式 ……横軸特殊渦巻ポンプ
揚水量 ……3.5 m³/min
電動機容量……5.5 kW
数量 ……3 台 (内 1 台排砂ポンプ, 他 1 台は共用予備)

2.3.3 混合そう

調整ポンプにより圧送した汚泥をここで 1~3 倍量の希釈水で混合かくはんする。

そう容量 ……3.0×3.0×4.0 m
かくはん機型式 ……堅型プロペラ 2 段式
かくはん機回転数……60 rpm
電動機容量 ……3.7 kW

2.3.4 希釈水ポンプ

調整そうより引抜いた汚泥を 1~3 倍に希釈するポンプである。

型式 ……横軸特殊渦巻ポンプ
揚水量 ……5.5 m³/min
電動機容量……22 kW

2.3.5 濃縮そう

混合そうより希釈かくはんされた含水率 99% の汚泥を含水率 95% の汚泥に濃縮する。

そう径 ……17 m
有効水深 ……3 m
かき寄せ機型式 ……中央駆動スクレーパ方式
かき寄せ機回転数……0.0385 rpm
かき寄せ機電動機容量……1.5 kW
数量 ……2 そう

2.3.6 濃縮ポンプ

濃縮そうの濃縮汚泥を引抜き濃縮汚泥貯留そうへ圧送するポンプである。

型式 ……横軸特殊渦巻ポンプ
揚水量 ……1.5 m³/min
電動機容量……11 kW
数量 ……2 台 (内 1 台予備)

2.3.7 脱水ポンプ

濃縮汚泥貯留そうから汚泥を引抜き薬品混和そうへ圧送するポンプである。

型式 ……横軸特殊渦巻ポンプ
揚水量 ……1.5 m³/min
電動機容量……22 kW
数量 ……2 台 (内 1 台予備)

2.3.8 消石灰受入貯そう

型式 ……上部四角すい型
容量 ……有効 40 m³
数量 ……3 基

2.3.9 消石灰輸送フロコン

消石灰受入貯そうの消石灰を上部ホップへ移送するためのものである。

能力 ……2.5 t/h
電動機容量……11 kW

2.3.10 消石灰注入装置

上部ホップより一定量を混和そうに石灰乳として供給する。

型式 ……乾式連続
容量 ……0~4,500 l/h
電動機容量……3.7 kW

2.3.11 二鉄タンク

型式 ……鋼板製円筒型
容量 ……2.5 m³
数量 ……2 基

2.3.12 二鉄ポンプ

二鉄タンクより塩化第二鉄 38% 溶液を引抜き一定量を希釈水にて希釈、約 15% 程度に混和希釈して混和そうに供給するポンプである。

型式 ……往復動式ポンプ
吐出量 ……13 l/min 無段変換可能
電動機容量……2.2 kW
数量 ……3 台

2.3.13 薬品混和そう

原液固形物量当り 5% 程度の塩化第二鉄 (FeCl₂) を凝集剤として添加し、二鉄添加後消石灰 (Ca(OH)₂) を 30% 程度助剤として添加しかくはん機により完全に混和する。

型式 ……3 段式迂回流型
容量 ……2.5 m³



図 3. 真空脱水機
Vacuum dehydrater.

2. 3. 14 脱水機

薬品混和された汚泥は真空脱水機によりケーキとろ(滲)液とに分離する。ここでのケーキの含水率は72%程度である。

- 型式 ……ベルトフィルタ
- ろ過面積 ……22.5 m²
- 回転数 ……0.149~0.6 rpm
- 電動機容量……かくはん機 1.5 kW, 回転機 1.5 kW
補助回転機 0.4 kW

数量 ……4台

2. 3. 15 焼却炉

脱水機より発生する含水率72%の汚泥ケーキを焼却する。なお灰ガス処理装置, 防音設備, 脱硫装置などを設置し二次公害防止に注意をはらっている。

- 型式 ……堅型多段式焼却炉
- 焼却物 ……最初沈殿汚泥 プラス 活性汚泥の生および脱水ケーキ
- ケーキ発熱量……約 2,400 kcal
- 含水率 ……72%
- 能力 150 t/day, 最大能力 180 t/day
- 段数 10段
- 軸駆動電動機……11 kW
- 数量 ……2基

2. 4 設計基本概要(汚泥処理施設)

本処理場の電気設備を設計するに当たっての基本的考え方を以下に述べるが, 下水処理施設においては従来より使用されている一般的な電機品が多い。従って本節では従来の電気設備と異なった考え方を採用している汚泥処理施設の電気設備について述べる。

2. 4. 1 全般

濃縮, 薬注, 脱水および焼却の汚泥処理プロセスをシステム的な観点から検討を加え, 徹底した信頼度の向上, メンテナンスフリーを計り, 機械プロセスとの結合を円滑にし, 各負荷への電気エネルギーの供給, プロセスの監視制御, データ処理等を監視盤, 操作卓で系統的には(把握可能な一括集中管理システムを採用した。

2. 4. 2 シーケンス制御装置

濃縮, 薬注, 脱水, 1号焼却炉, 2号焼却炉のシーケンス制御にそれぞれ1組, 合計5組のシーケンスコントローラを導入し, 従来のリレーシーケンスに代り無接点化されたプログラマブルシーケンスを採用した。特に焼却炉の制御は複雑, 高度, 大規模なため従来の有接点リレーシーケ

スにおける接点のタイミングずれ, まわり回路の発生, また試運転時のシーケンス変更に関してかなり問題が付きまとい頭痛の種であったが, 今回のシーケンスコントローラの導入によりこれらの問題が解決され信頼度の高い制御が可能となった。またシーケンスコントローラの型式決定に際しては, 営業運転時のメンテナンスフリーを徹底するためプログラムメモリにはRAM方式をやめ, 外乱, ノイズ, 耐サージに強くかつメモリ破壊のおそれがないダイオードROM方式を採用することにした。但しシーケンスが固定するまではコアメモリまたはワイヤメモリによるRAM方式のプログラムメモリを接続して運転可能なものとした。また5組のシーケンスコントローラ間において隣接する論理演算部相互のバックアップをも考慮した。これは1組のシーケンスコントローラの論理演算部故障の際, 隣接する論理演算部を結合することにより, 故障機を含め2組のシーケンスコントローラを一つの論理演算部で制御することを可能にしたものである。そうすることにより非常に高い信頼度が期待できる訳である。

2. 4. 3 制御一般

今回の汚泥処理制御に際して大幅なバックアップシステムを構成した。すなわち前項で述べたシーケンスコントローラの論理演算部相互バックアップシステムをはじめ, 運転モードを連動(または自動), 半連動および単独手動とし, 連動(または自動), 半連動はシーケンスコントローラによる中央管理室操作, 単独手動は現場操作とし万一中央操作がシーケンスコントローラの機能障害により不可能になった時, 現場に切換えることによってシーケンスコントローラと分離し本プロセスの正常時の運転状態を確保できるよう考慮した。もちろん現場で運転する場合, 各機器に最少限必要なインタロックは考慮している。

2. 4. 4 データ処理装置(データロガー)

データ処理装置を設置し日報作成, 故障記録, デジタル呼出し表示を行なわせるものとし, 日報作成に関しては定時記録および運転員による任意時刻呼出記録をロギングタイプライタにより行ないない運転員の作業を省力化した。また故障記録, 上下限警報もアナウンスメントタイプライタで行なうものとした。これにより故障時刻, 故障時のデータの記録をする。

次に呼出表示は監視盤にデジタル表示器を付け, これにより本プロセスの流量, 液位, 電流, 電圧……等を表示させるようにした。監視盤には計装計器のアナログ指示計が取付けてあるが, アナログ計器では判読困難な系の微小変化がデジタル表示器で表示できるため, 本プロセスの制御監視に威力を発揮している。このデジタル表示器は操作卓の選択押しボタンにより任意時刻に選択できるほか, 制御に連動させ制御項目選択押しボタン操作により関連項目の表示を同時に3点まで自動的に行なえる。

2. 4. 5 監視盤

監視盤の盤面構成は電力, 濃縮, 薬注, 共用, 脱水, 焼却炉2基の一連の汚泥処理プロセスの系統, 流れを把握することに最重点をおき, 系統シンボルを電流計で代用し数量を必要最少限に押えながら電流計相互間を模擬母線で連絡することにした。またこの盤面には自動平衡式指示計, 比率設定器, 指示調節計, 記録計等の計装計器も組込み電流監視と併せ, 本プロセスの系統監視, 調節, 設定, 制御機能を一元化した。なお監視盤は高さ2,750 mmと大形にし盤面の単純化を計ると共に色彩にも十分留意し, 人間工学的にみやすいものとした。

2. 4. 6 操作卓

操作卓については監視盤との調和を考慮して受配電, 濃縮, 薬注,

(2) シャ断器の引出機構は、閉鎖3段式と称する構造で接続・試験・断路のいずれの位置にもシャ断器を止めることができ、かつキューピクルのとびらを閉めることも可能なため保守面で便利である。

(3) シャ断器の引出機構については運転上、保安上の安全を期し種々の機械的鎖錠装置も完備し、また各部は寸法精度の高い正確な機構である。

(4) キューピクルは最高電圧600V、最大電流5,000Aまでの各種DB形低圧気中シャ断器を収納でき、同機種のシャ断器は互換性もっている。

(5) 収納している変圧器は乾式車輪付のもので安全性も良く、定検時の点検清掃にも便利である。

以上受変電設備について述べたが、ポンプ所電気室の高低圧配電盤配列図を図9に、汚泥処理場の高低圧配電盤の外観を図10に示す。

3.2 コントロールセンタ

低圧動力負荷の制御にコントロールセンタが使用されることは、水処理プラントにおいて常識化されている。一回路ごとの単位ユニットになっていて事故時に他ユニットに波及する心配がなく、スペース的にも縮小化できる等数多くの利点があることから当然といえよう。本処理場にもすでに150面に及ぶコントロールセンタが設置され順調にか(廠)動している。現在納入されているのはE形コントロールセンタで数多くの特長をもっているが一例をあげると下記のとおりである。

(1) 共通配線ダクト……2面共通の配線ダクトによってすべての配線が処理でき保守点検に便利で、かつ安全性が確保できる。特にB配線方式においてはその効果が最大限に発揮される。

(2) 100mmピッチのユニットサイズ……ユニットの縦寸法が200mm(E2形)を基準とし、100mmピッチの整数倍に統一されている。

(3) 垂直母線は透明な絶縁カバーを設けており安全性が高い。

(4) ユニット電源側の完全絶縁……絶縁グリッド、ビニルキャップによりNFBの電源側が完全に絶縁されているため、事故シャ断時NFBや電磁接触器から発生するアークによる電源側への波及がなく、また保守点検、増設変更工事においてもきわめて安全である。

(5) NFBの操作機構はNFB投入状態とびらが開かぬよう機械的インタロックを備えている。ただしロック解除ねじでとびら開放も可能となる。そのうえ、錠前取付可能な構造としている。

E形コントロールセンタの標準仕様を表1に、また外観を図11に示す。

3.3 監視盤、操作卓(汚泥処理場)

図12に監視盤および操作卓の外観を示す。基本的な設計方針は2.4.5項、2.4.6項で述べ

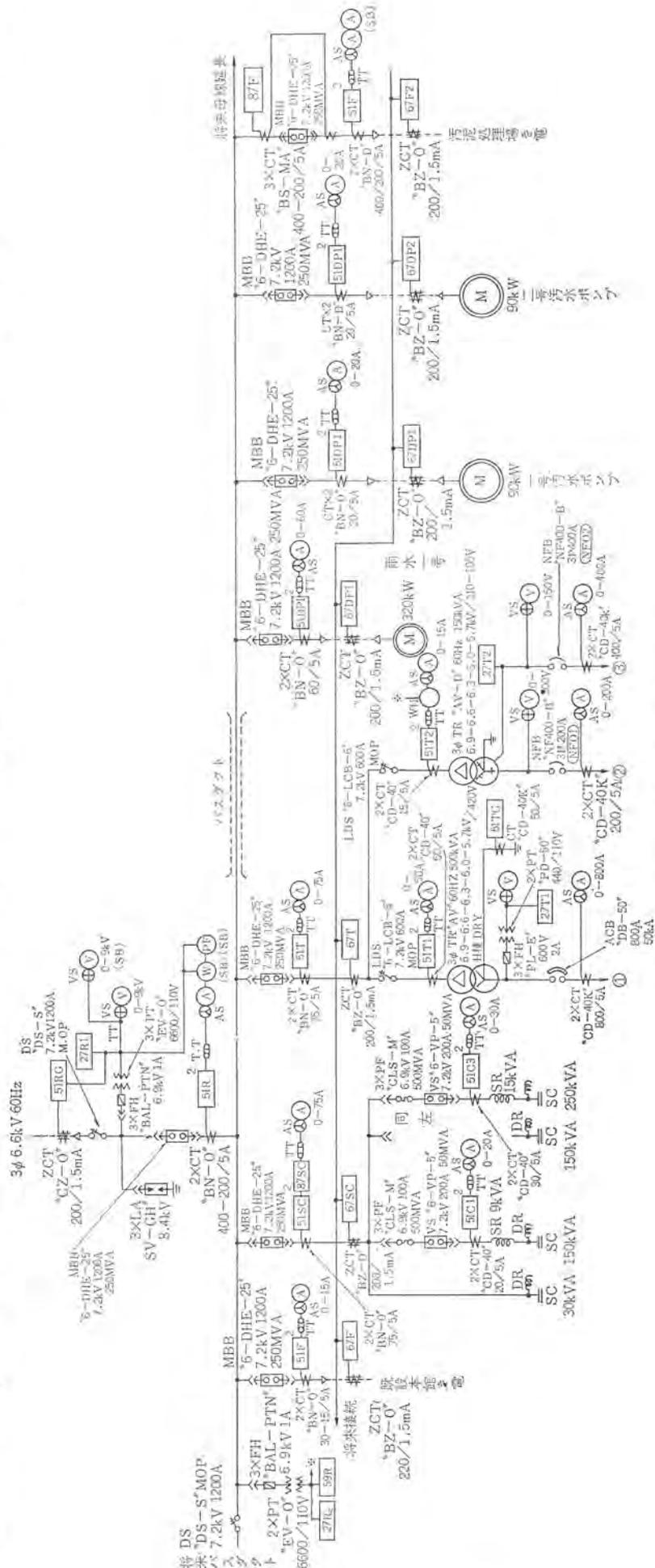


図5 汚水処理単線接続図(高圧)
Single line connection diagram of sewage treatment (high voltage).

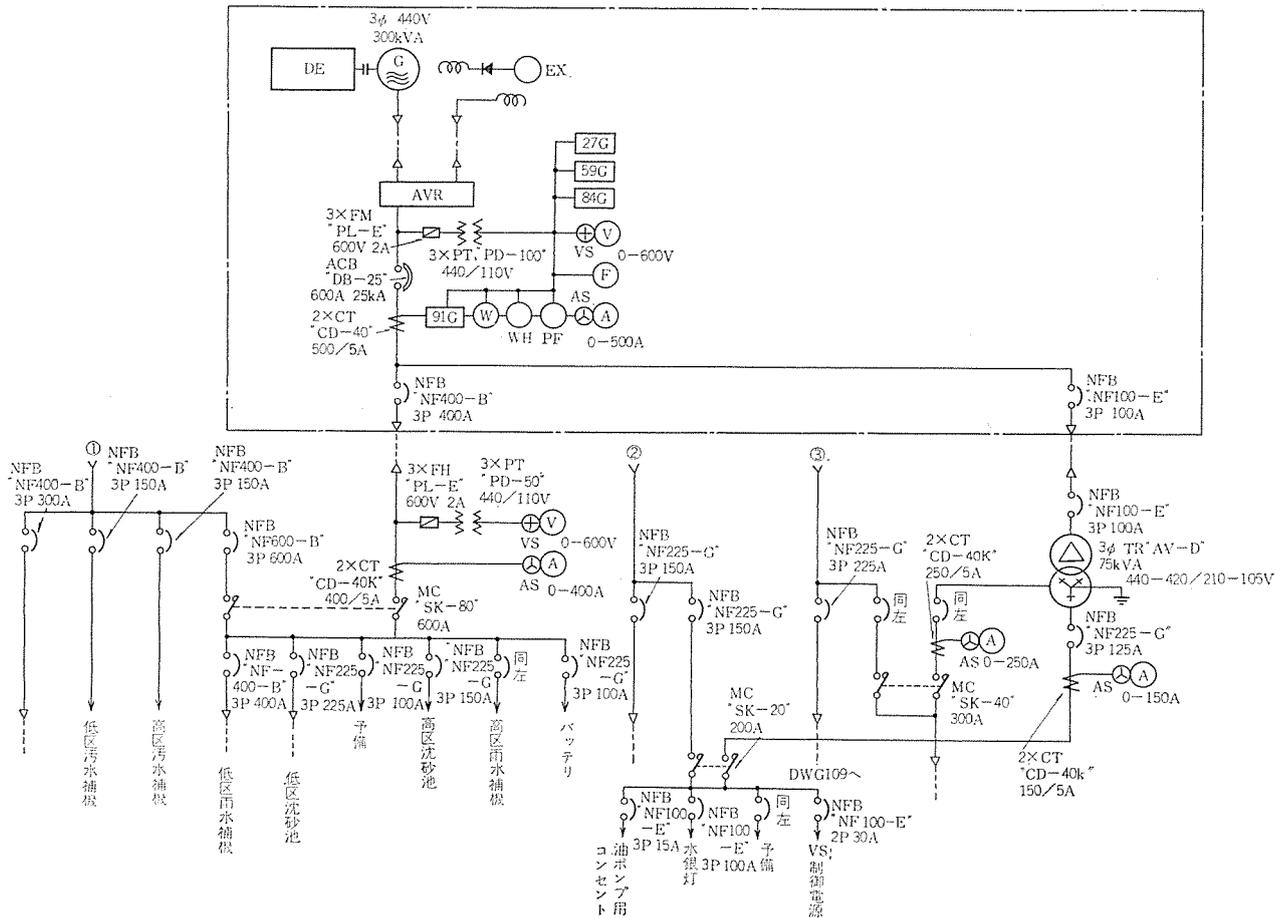


図 6. 汚水処理単線接続図(低圧)
Single line connection diagram of sewage treatment (low voltage).

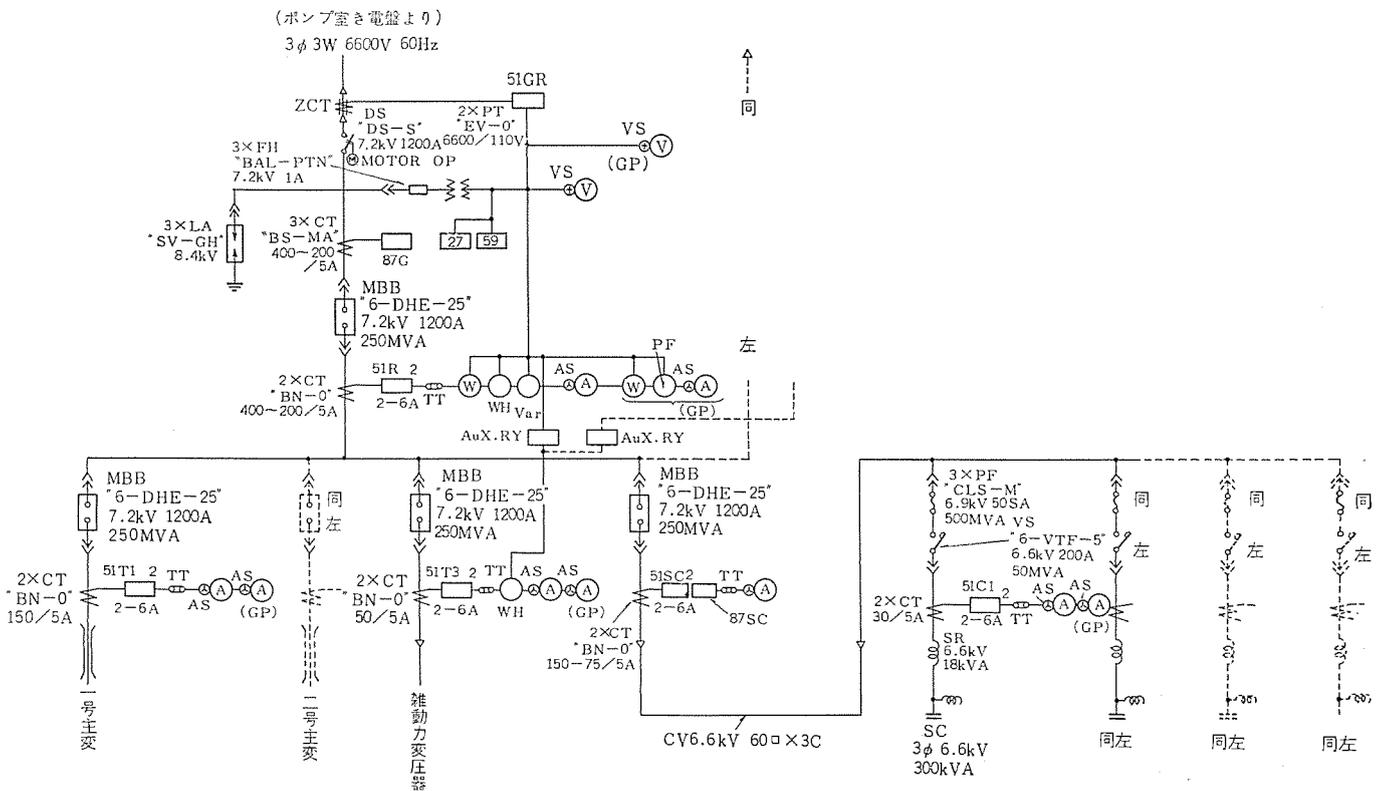


図 7. 汚泥処理単線接続図(高圧)
Single line connection diagram of sludge treatment (high voltage).

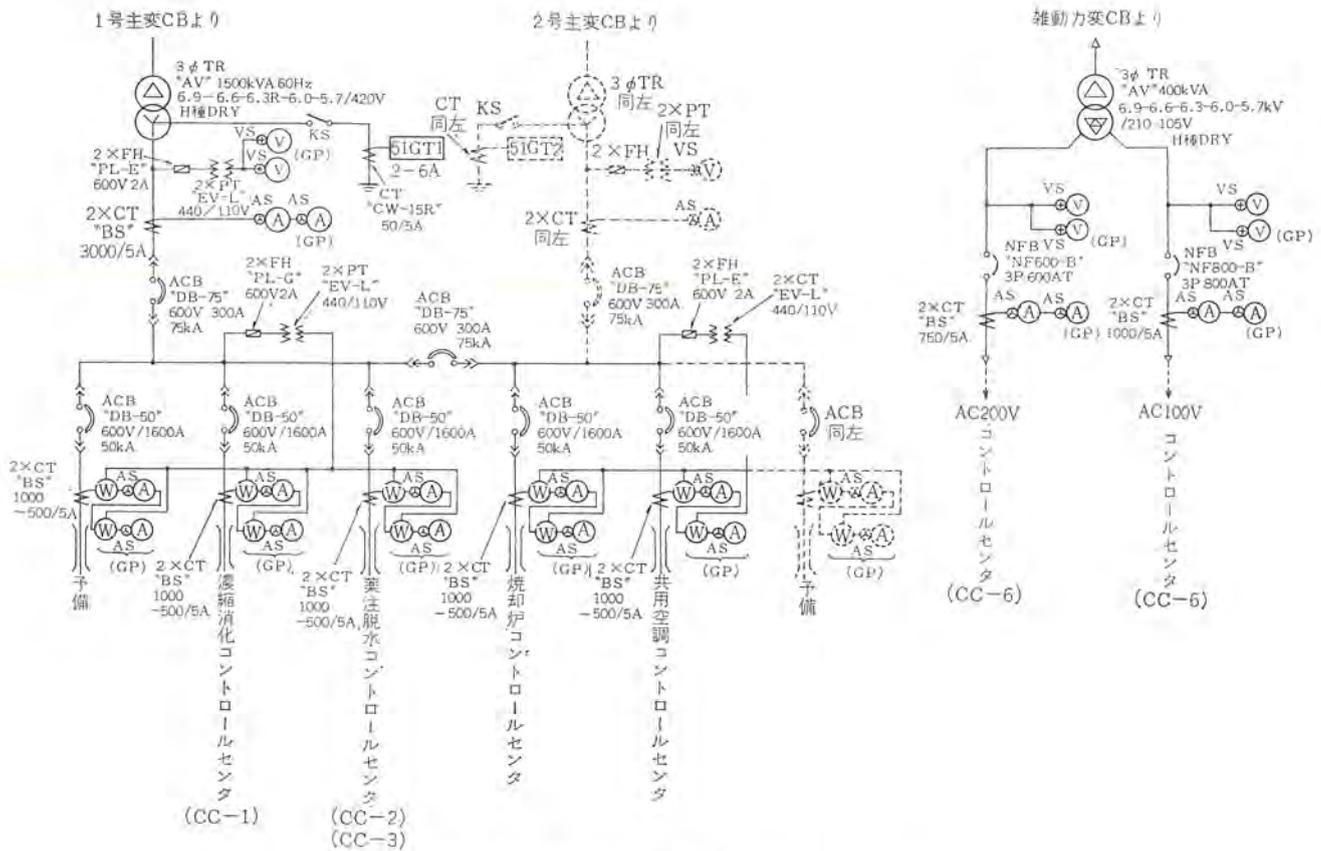


図 8. 汚泥処理単線接続図(低圧)
Single line connection diagram of sludge treatment (low voltage).

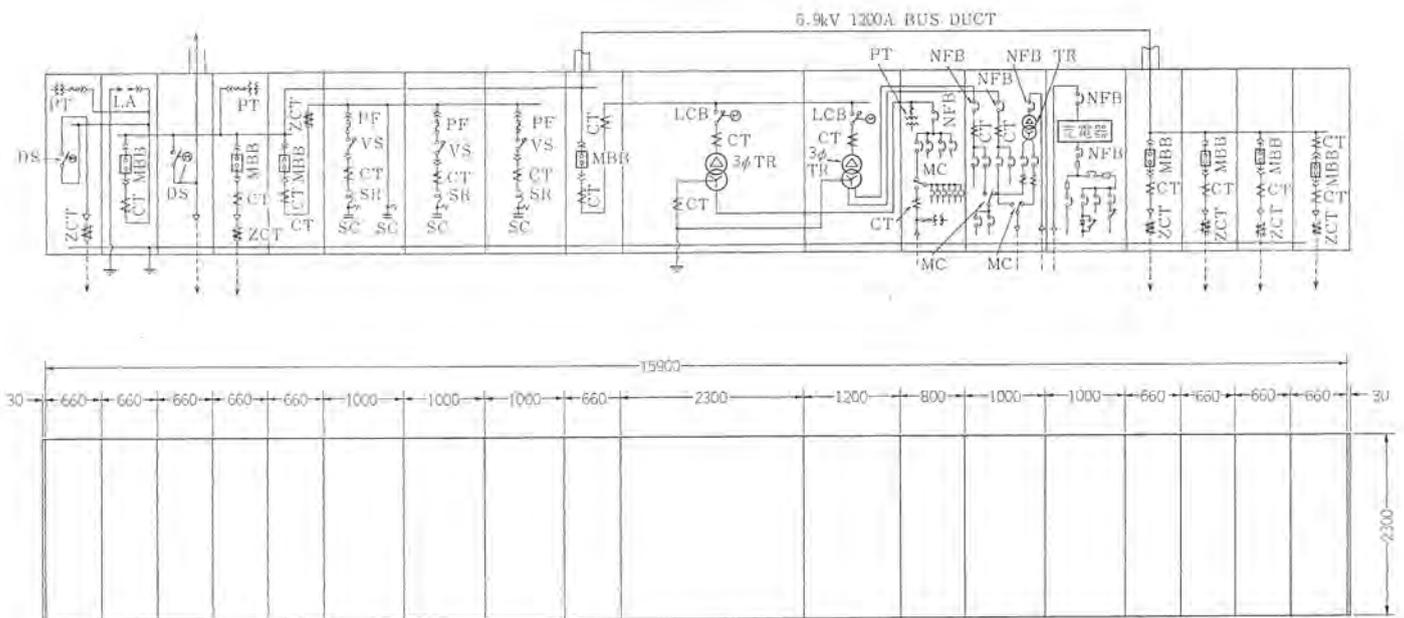


図 9. 受変電盤配列図(汚水処理)
Layout of receiving substation panels (sewage treatment).

たが監視盤は外観写真が示すように上から故障表示灯、運転ならびにシーケンス表示灯、電流計、計装計器と統一した思想のもとに盤面の配置を行なっている。操作卓は監視盤との調和を無視することはできず、盤配列、機器配置についても相互関係に注意を払って製作した。中央よりの操作は1人制御を前提として盤面スペースを狭くし、受電関係を除いて機器選択—マスタスイッチ操作の2挙動制御となって

いることは前にも述べたとおりである。

また場所選択、制御方式の選択等には機器選択スイッチとの調和を考慮し、小形でユニークなSK形制御スイッチを採用した。選択スイッチは赤・緑2色のランプを内蔵して選択時フリッカ(入操作時赤、切操作時緑)、マスタスイッチ操作後は機器の運転状態に応じて(運転時赤、停止時緑)連続点灯に変わるという4種の表示方式と色彩変化

表 1. コントロールセンタ仕様
Specification of control center.

項目	種 別		標 準 仕 様 書	納 入 品 仕 様
塗 装	屋外おおい	仕 様	メラミン焼付け (全つや)	—
		内 外 面	N-7/0	—
	屋 内	仕 様	ラッカエナメル吹付け (7分つや)	ハイウレタン塗装
		とびら内外面	N-7/0	7.5 BG 6/1.5
		母線室および配線トラフカバー内外面	N-3/0	7.5 BG 6/1.5
		計器わく	7.5 BG-4/1.5	同 左
配 線	配 線 方 式		JEM "B"	JEM "C"
	動 力 回 路		600 V 耐熱ビニル電線 黒	青(R), 白(S), 赤(T)
	制 御 回 路	ユニット内	1.25 mm ² 黄	2 mm ² 旧 JEM
		ユニットへ外部端子間	1.25 mm ² 黄	2 mm ² 旧 JEM
接 地 線		1.25 mm ² 黄 (端部に緑キャップ)	2 mm ² 緑	
外部端子台および端子 (端子一覧表参照)	電 源 引 込 端 子		端子は客先にて準備願います	
	B 方 配 線 式	動 力 回 路	端子は客先にて準備願います ただし、外部ケーブルが 30 mm ² 以上は C 配線とします	
		制 御 回 路	ファストン端子 (ハウジング付) 2 mm ² または 3.5 mm ² 支給します 5.5 mm ² の場合丸圧着端子にて接続可能です	
	C 配線方式	動 力 回 路	丸圧着端子は客先にて準備願います 端末色別は 三相 R (赤) S (白) T (青) 単相 R (赤) N (黒) S (青) 直流 P (赤) N (青)	
		制 御 回 路	丸圧着端子は 2 mm ² または 3.5 mm ² を支給します	
2 mm ² 支給				
ユ ニ ッ ト 器 具	ノーヒューズしゃ断器	基準周囲温度 40°C (ただし 50°C に補正)		同 左
	電 磁 開 閉 器	コイル定格	100-110 V 60 Hz 100 V 50 Hz 200-220 V 60 Hz 200 V 50 Hz (ただし MSO-300 のコイル定格は主回路と同じ)	210 V 60 Hz
		熱動過電流 継電器	とびら表面にリセットボタンはなし 手動リセット	
	ヒューズ	筒形ヒューズ BS-23068 形		同 左
	瞬 停 リ レ ー	1.5 秒, 3 秒 (立石・富本)		—
	変 流 器	15 VA 40 VA		15 VA
	盤 名 称 名 板	アクリル板, 白地黒文字 63×315		同 左
用 途 名 板	アクリル板, 白地黒文字 35×67		同 左	

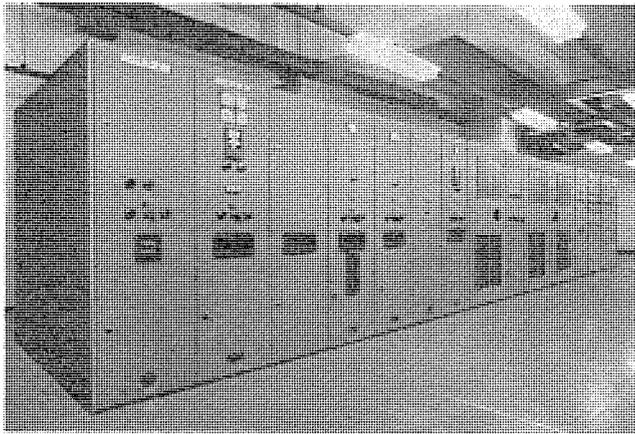


図 10. 受変電盤外観 (汚泥処理場)
Exterior view of receiving substation panel (sludge treatment)

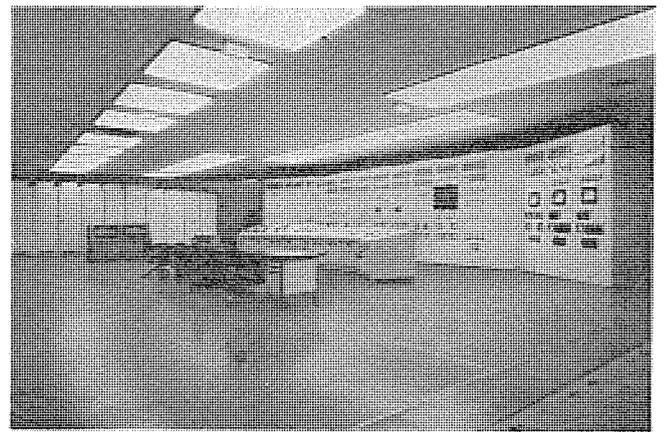


図 12. 中央管理室 (データロー, 監視盤, 操作卓)
Central control room.

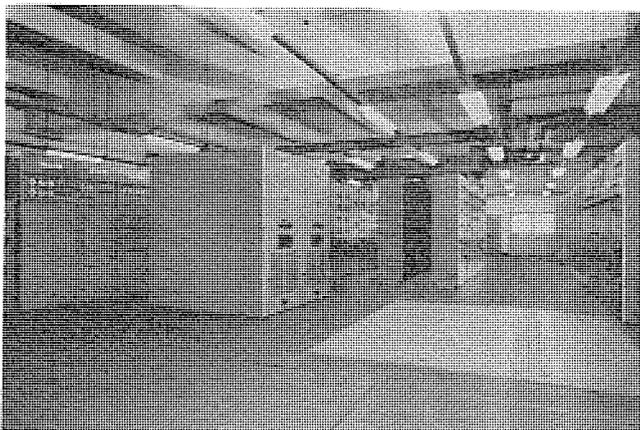


図 11. CVCF, コンデンサ 盤, コントロールセンタ
CVCF condenser panel control center.

で操作員の誤操作防止, 動作確認に便宜を計っている。そして同一グループ内においては 2 回路以上が同時選択できないようインタロックをとっている。

今回はシーケンスコントローラの採用により制御の信頼性が向上したため, 操作卓に占めるスイッチの数が過去のものに比較して非常に少なく操作回数を少なくした。特に焼却炉においてはシーケンスコントローラ, 計装機器との結合により過去不可能とされていた全連動運転を一挙に可能とした。もちろん各工程単位の順次運転する半連動運転も行なえる。

一方, データローと結合して監視盤に取付けられた 4 組のデジタル表示管に操作卓で選択した項目の計測量を選択番地, 計測値, 単位の順番に同時に表示し時々刻々変化する情報は握に役立っている。表示されたデータがその機器に対応していることを確認するため, 選択スイッチに名称・番地を並記し表示期間中該当する選択スイッチを

点灯させる。

監視盤は計装盤を兼ねているため盤内部に計装用の変換器類を多数収納し、プロセスの制御を中央より一括して行なうと共にデータロガー、シーケンスコントローラ等との結合も計っている。その他、制御機器の選択、デジタル呼出、故障表示等のリレー回路も監視盤内に組込まれている。

汚水処理場の監視盤は将来処理本館建設時に設置されると思われるが、現在は仮設監視盤のため本項での説明は省略する。なお、将来監視盤、ロガー等が設置されても信号の受渡しが簡単に行なえるよう運転、故障等の接点が準備されている。

3.4 現場操作盤

通常の制御は管理室より行なうが、事故発生時、試運転時などは現場機側運転が必要となる。本処理場においても非常に多くの現場操作盤が納入されている。

汚水処理場は現場操作優先のため操作場所切替開閉器を現場操作盤に取付けた。本処理場は海に近く周囲に工場も多いことから屋外に設置する盤はすべてステンレス鋼板製にして防食、防錆等の対策に万全を期している。

汚泥処理場はシーケンスコントローラの採用との兼ねあいで中央一人制御を原則としていることから操作場所の切替も中央で行なうこととし、現場操作盤の取付器具は電流計、表示灯、操作開閉器等に限られている。汚泥処理用も屋外設置の盤はステンレス鋼板製とした。その一例を図13.に示す。

また、汚泥処理用の現場操作盤はシーケンスコントローラがダウンした場合のバックアップ運転を行なうため、正常運転を行なうに当り最少限必要なインタロック用リレーを内蔵している。

3.5 シーケンスコントローラ (MELCAP)

今回、シーケンス制御回路にシーケンスコントローラ MELCAP (Mitsubishi Electronic Logical Control Apparatus) を5台納入し、現在非常に好調な運転を行なっている。以下、装置の概要・特長・仕様等を紹介する。

3.5.1 概要

従来、シーケンス制御回路は電磁継電器により組まれ、現在でも使用されている。

プラントの大規模化・複雑化に伴いシーケンス回路も次第に大きくこみ入ったものとなり、半導体素子の台頭に伴って、半導体ロジックにより製作されるようになった。しかし、電磁継電器の場合も半導体ロジックの場合も、制御対象に合わせて回路を構成していくワイヤードロ

ック (Wired Logic) 方式であった。

今回納入の MELCAP は、ハードウェアはいつも固定でシーケンスはすべてプログラムにて構成されるスタッドプログラム方式 (計算機と同一) を採用しながら、運転、操作上は従来のワイヤードロジック方式の装置と何ら変わらぬものである。特に環境条件、および入出力インタフェースについては、プラントにおける設置場所を十分に考慮し、従来のワイヤードロジック方式に匹敵するものとしている。

また、プログラミングについても命令体系がシーケンス制御専用のユニークなものであり、ワイヤードロジック方式の装置を設計していた人でも簡単にコーディングすることができる。

今回の装置のように同一の制御パターンを複数台の機器に適用する場合、プログラムは1台分のみ書き、繰返し動作ができるようになっている。

3.5.2 MELCAP の特長

(1) 制御論理の組立がフレキシブルである

(a) スタッドプログラム方式を採用し、制御対称による論理回路の組み方の変化をプログラムメモリに集約した。これによりハードウェアはいつも固定で、標準化が推進され、品質の均一化ができる。

(b) 試運転、試験調整段階でのプログラム変更の容易さは、MELCAP の試験装置としておかれるソフトメモリ装置によって満足される。ソフトメモリ装置は、最終的に ROM (リードオンメモリ) によりプログラムが固定されるまで使用され、自由にシーケンス変更することができる。もちろん、このソフトメモリに書かれたプログラムにより、実機を制御することも可能である。

(2) オンライン制御機器としての高信頼性

(a) 回路は三菱モロトロン DTL, TTL および MSI シリーズにより全無接点化している。

(b) ROM にはダイオードリードオンメモリを使用するため、メモリ破壊のおそれがなく、メモリの信頼度を上げている。

(c) 制御出力メモリにはハイスレショルドレベルの素子を使用しているため、万一ノイズが混入しても誤動作を防止できる。

(d) プログラムメモリ、整間アドレス信号におけるパリティチェック、および装置の心臓部である COU (Central Operating Unit) は自己診断システムの採用により装置の常時監視を行ない、万一異常があれば出力をロックして現状を維持するとともに、表示、警報を出す。

(e) COU のバックアップ回路、装置の中核である COU が万一故障した場合、その系統の全運転を停止せねばならないので、故障発生時には他の正常な COU に切換え、プラントに支障なく運転できるものである。

(3) プログラムの容易さ

従来のリレーシーケンスに置き換って使用されるという立場からその命令系統も単純化し、必要な入力条件の読込み、論理判別、その結果の出力、というように基本的には3種類の命令でプログラムが構成できるようになっており、その点では従来のリレーシーケンスの EWD を作成すると同じ発想でプログラムが書けるよう配慮されている。

その他、保存用プログラムリスト、論理チェック用ブル代数リスト等、OFF LINE で大形計算機を使用して作表するトランスレータも用意され、またブル代数式でプログラムすれば、それが直接機械語に翻訳されるようなトランスレータも既に用意されている。

(4) 運転、保守の容易さ

プログラムは最終的に ROM (リードオンメモリ) で固定されるが、そのようになった時点はすべてハードで固められたことになり、従来の



図 13. 現場操作盤 (右側)
Field operation panel (right).

表 2. MELCAP の標準仕様
Standard specification of MELCAP

1 命令実行時間	10 μ sec
動作ステップ数	5 ステップ (したがって 1 ステップ 2 μ sec)
プログラムメモリ	最大 4 K words 1 word 16 bits + 1 bit (parity) ダイオード リードオンリメモリ (磁気コアメモリも接続可能)
装置容量	入力点数 最大 2,048 点 (8 点単位で増減可能) 出力点数 最大 2,048 点 (4 点単位で増減可能) タイマ 最大 512 点 時間 1~640 sec (4 点単位で増減可能) 補助メモリ { 内部メモリ最大 512 点 ラッチメモリ最大 992 点 (各 256 点単位で増減可能)
割込み機能	2 レベル 8 点 (標準) 最大 20 点 (4 点単位で増減可能)
入力仕様	110 V DC 3 mA
出力仕様	AC 出力用...AC 220 V 2 A 以下 DC 出力用...DC 110 V 2 A 以下 ランプ出力用...DC 100 V 0.3 A 以下 (15 VA 以下)
電源	AC 100 V 50/60 Hz または DC 110 V (インバータ使用)
環境条件	温度 -10°C ~ +50°C 湿度 30~90 %
主要素子	DTL, TTL, MSI, HTL 集積回路 シリコントランジスタ, シリコンダイオード

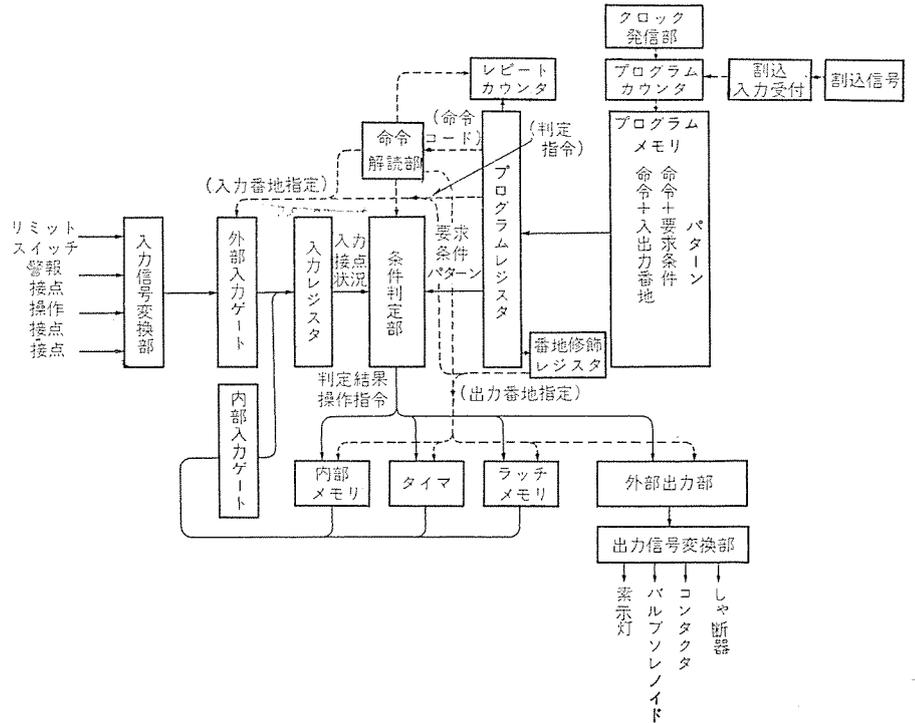


図 14. MELCAP システムブロックダイアグラム
MELCAP system block diagram.

表 3. 納入機の容量
Capacity of delivered apparatus.

プログラムメモリ	2 K words 1 word 16 bits + 1 bit (parity)
入力点数	256 点
出力点数	128 点
内部メモリ	256 点
ラッチメモリ	256 点
タイマ	96 点

上記は全 5 台のうち 1 台分を示す

はん用論理カードシステムのバックワイヤリングの変更部品がダイオードマトリックスに集約されたものと解釈でき、その取扱いはリレーケース、はん用論理カードシステム同様、完全なワンタッチコントロールシステムとなる。また、装置の動作状態は、メンテナンスパネル上の表示ランプによりチェックできるようになっている。

(5) 納期の短縮

ハードウェア工事とプログラムの作成が並列に行なえるため、製作期間の短縮ははかれる。

(6) 据付スペースが小さく、工事が容易になる

従来のリレーシステムに比べると格段に据付面積が小さくなり、また外部との接続は専用のターミナルパネルが設けられるため、外部ケーブルの接続が容易である。

3. 5. 3 MELCAP の仕様

今回納入の MELCAP の標準仕様は表 2. にまとめたとおりである。また、今回本処理場納入の容量は表 3. のものを 5 台納入し、用途ごとに装置を分離し、信頼性を高めたものである。

3. 5. 4 MELCAP の構成と機能

MELCAP システムのブロック図は図 14. に、各ブロックの説明は表 4. に示すとおりである。

また、MELCAP における基本動作は下記のとおりである。

(a) 入力呼び込み動作: 所定の入力情報を入力レジスタに呼び込む。

表 4. 各ブロック機能説明
Description of each block function.

名称	機能説明
プログラムカウンタ	プログラム番地を指定するカウンタ
プログラムメモリ	本装置でいかなる制御を行なわせるかというプログラムを収納するメモリ、最大 4 kW. ダイオードリードオンリメモリ (ROM) である
プログラムレジスタ	プログラムメモリの 1 word ずつの内容を読み出すためのレジスタ
命令解読部	プログラムレジスタに読み出された内容がいかなる命令であるかを解読する回路
外部入力ゲート	プラント接点の状態を選択して読み込むためのゲート
内部入力ゲート	ラッチメモリ、内部メモリ、タイマの出力を選択して読み込むためのゲート
入力レジスタ	外部入力ゲート・内部入力ゲートで選択された入力状態を一時記憶しておくレジスタ
条件判定部	入力レジスタにあるプラントの状態が、プログラムメモリに書かれた条件を満足するか否かを判別する回路 判別器による判別結果を蓄積し、出力信号を出すべきか否かを決定する回路
番地修飾レジスタ	番地修飾用のレジスタで、たとえば同じ種類の操作対象が複数台あるとき、プログラムの内容を同じにして、入力番地および出力番地を移動してやるだけで 1 号機 2 号機の制御ができる場合がある。そのような場合は、外部入力番地・外部出力番地・ラッチメモリ番地・内部メモリ番地・タイマ番地をそれぞれ何番地移動させるべきかを記憶するレジスタ
レピートカウンタ	上記番地修飾レジスタで述べた説明のごとき繰返し操作を行なう場合、繰返し回数を規定する減算カウンタ
外部出力部	外部出力ドライバ駆動用メモリ、二重照合機能あり
ラッチメモリ	条件成立でセット、条件不成立でリセットするメモリ
内部メモリ	セット条件成立でセットされ、リセット条件成立でリセットするメモリ
タイマ	1 秒~640 秒セット可能タイマ

(b) 条件判別動作 : 入力レジスタの情報とプログラムに書かれた要求条件とを比較照合判定を行なう。

(c) 出力動作 : 条件判別の結果により所定の出力番地に出力信号を出す。

(d) 制御動作 : プログラム番地のある番地にジャンプさせたり、入出力番地を修飾したり、あるプログラムを繰返させたりする動作。

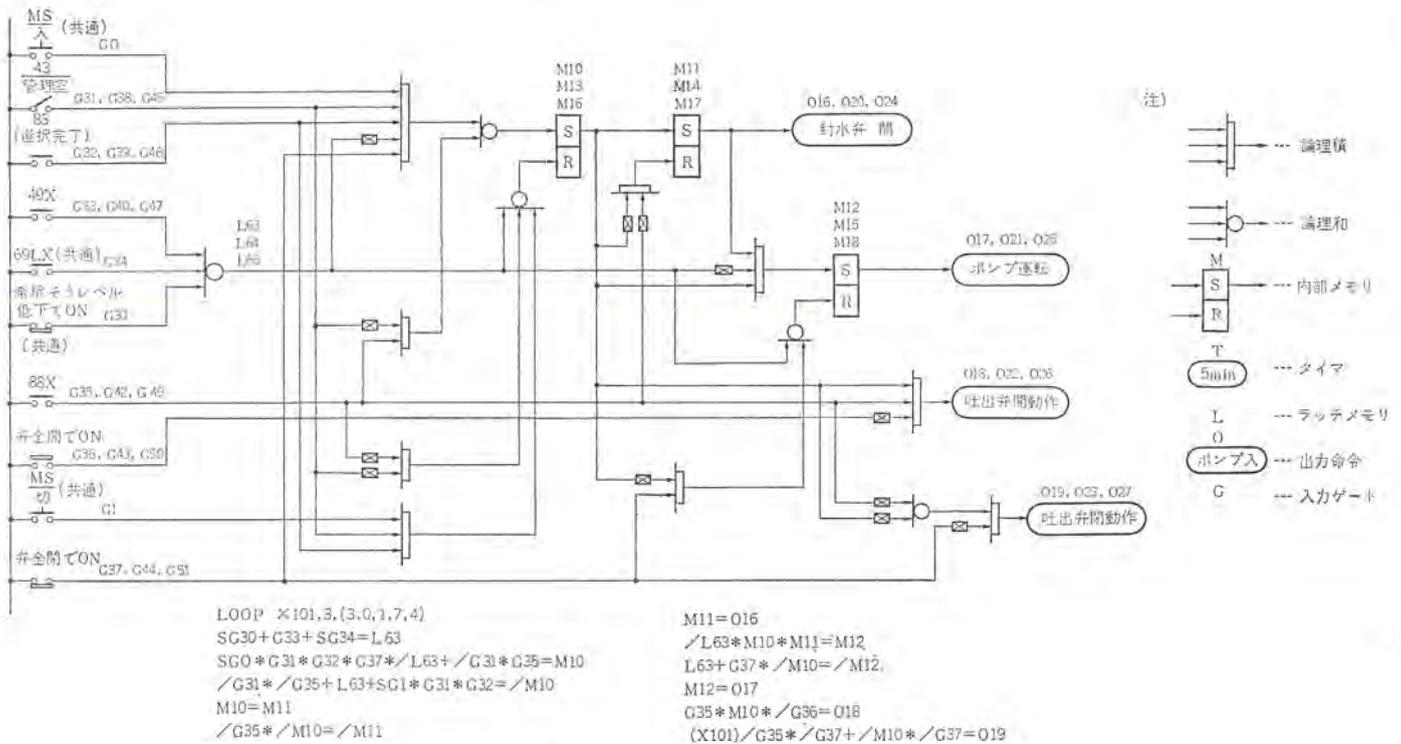


図 15. ロジックシーケンスおよびプログラム例
Examples of logic sequence and program.

- (1) 基本機能
- (a) AND 機能
- (b) OR 機能
- (c) 割込機能

割込入力信号が入ると、プログラムカウンタを強制的に割込処置プログラムが書かれているプログラム番地にセットし、割込処理動作を優先的に行なう。

- (d) インクリメント機能

同一パターンのシーケンス制御が複数組に及ぶとき、1組分のプログラムで複数回の処理を行なわせることが可能である。このときには番地修飾用のレジスタを使用し、このレジスタは入力・出力・タイマ・ラッチメモリに対してそれぞれ独立に番地の修飾が可能である。

3.5.5 MELCAP のプログラム

MELCAP のハードウェアについては前項までに述べたとおりであるが、本項においてはプログラミング手法について述べる。一般的にシーケンスコントローラのプログラムはその機種特有の機械命令語によってプログラミングされる訳であるが、前にも述べたように布尔代数式でプログラムを作成すれば計算機によって機械語に変換されるということが MELCAP の特長である。このことは、特殊な教育を必要とせずリレーシーケンスを直接プログラミングすることを可能にし、リレーシーケンスからシーケンスコントローラの使用に抵抗なく入れることを意味する。

今回実際に納入した希釈水ポンプのシーケンスとプログラム例を図 15. に示す。図 15. に示すように AND (論理積), OR (論理和) を主体にした単純なプログラムであり、これをリレーシーケンスにすると図 16. のとおりとなる。プログラムとリレーシーケンスを比較すれば単純さが理解できる。例の希釈水ポンプは 3 台あり運転方式は同じである。プログラム例で理解できるように 1 台分のプログラムを組むだけで 3 台分の制御が可能でありプログラムメモリが一般的なシーケンスコントローラの 3 分の 1 ですむことになる。これがプログラムメモリ 4Kワードに対して入出力がそれぞれ最大 2,048 点までとれるゆえんである。部分的に同一

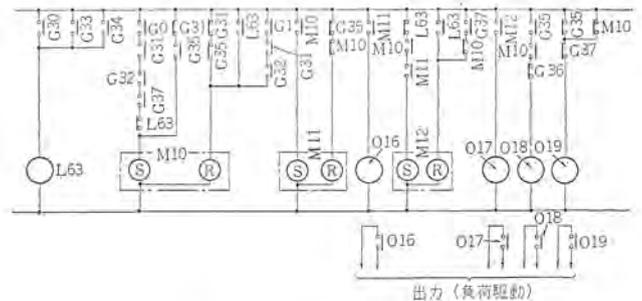


図 16. リレーシーケンス
Relay sequence.

シーケンスの多い水処理プラントにおいて MELCAP の採用が有利であることはこれで理解できる。

プログラムの補足説明をすると、

LOOP ×101, 3, (3, 0, 1, 7, 4)

とは、以下のプログラムを ×101 のところまで 3 回くりかえすということの意味である。() 内の数字で最初の 3 は 2 回目以降のプログラムを実行するに当たり内部メモリの番地を 3 ずつ自動的に移動して実行する命令である。以下タイマ、ラッチメモリ、入力ゲート、出力の順に記載された数だけ番地を移動して実行することになるが、ロジックシーケンスと比較してみれば理解できるであろう。タイマが移動 0 ということはその回路にタイマがないことを意味する。また \$ マークは複数回路のシーケンスにおいて共通の条件であり、2 回目以降も番地を移動せず同一番地を読む命令である。

COP のバックアップについてソフトウェア的に説明すると図 17. のようになる。図 17. において (a) は両機正常時のプログラムであり、両機共自己のプログラムをくりかえし実行する。No. 2 機が故障した場合のプログラムは (b) のようになる。すなわち、GO TO 命令 (無条件飛びこし) を変えることによって No. 1 機で No. 2 機のプログラムをも実行する。逆の場合も同様である。また当然のことながらプロ

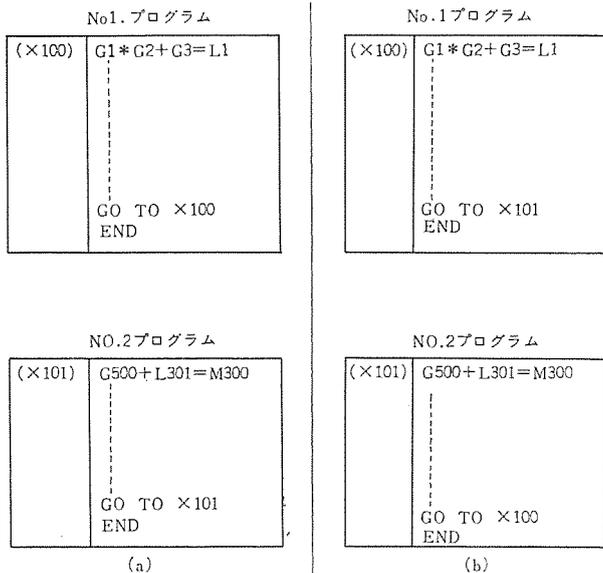


図 17. バックアップ用プログラム
Program for back-up.

ラム番地、メモリ、ゲート……等の番地は両機相互間で重複しないよう考慮する必要がある。したがって、かぎられたプログラムメモリをLO OP 命令によって有効に利用することがバックアップシステムを組むうえでもいかに有利であるか理解できるはずである。

3.6 データロガー (MELDAC-2100)

本データロガーは、本処理場における濃縮関係、薬注関係、脱水関係、焼却炉関係および受変電・動力関係等のデータを1個所に収集し、集中管理するためにデータの任意デジタル呼出し表示、上下限監視、プラントの運転操作・故障記録を行ない、運転管理日報を作成する。

3.6.1 データロガーの機能

上記、本処理場設備よりの各種アナログ信号、パルス信号、運転故障状態接点信号を0.1秒ごとに読み込み処理を行ない次に述べる機能を有している。

(1) データの監視

処理場の流量・汚泥量・水位・圧力・温度・受電電流量などの計測信号を0.2秒ごとに読み込み、工学単位変換(スケール変換)を行ない、ロガー内部にピンボードで設定している上下限警報値と比較し、上下限異常を検出するとアナウンスメントタイプライタ上に発生時刻・項目名・状態・異常値を赤字にて印字記録する。

記録フォーマット例を図18.(b)に示す。

(2) 運転、故障記録

各設備の運転状態接点および故障接点を、全点、常時監視して、故障状態変化が発生すれば、発生した順序に従ってただちに、アナウンスメントタイプライタにその月日・時刻とメッセージ・状態を故障項目は赤字、運転操作項目は黒印字で記録する。

この運転・故障項目は、同時に最大64点まで発生しても記録できる能力を有する。

なお、運転・故障記録フォーマット例を図18.(a)に示す。

(3) 日報作成

運転管理日報はロギングタイプライタ1台で、毎正時および午前6時に1日集計をし自動的に作成し、印字内容は

- 任意時記録
- 定時記録

月日	時分	項目名	状態	異常値
1025	0715	52R	ON	
	0910	89P	OF	
	1537	27	ON	
	2153	52R	OF	
1026	2153	52GR	ON	
	0010	52F1	ON	
	0011	52F2	ON	
	0600	64B	ON	

(a)

月日	時分	項目名	状態	異常値
1025	1125	# 263	H	489
	1139	# 834	L	123
	1200	# 262	H	480
	1201	# 063	ON	
	1259	# 063	OF	
	2114	# 110	OF	
	2115	# 004	H	872

(b)

図 18. 運転故障記録フォーマット例
Example of operation fault recording format.

1日合計・平均・最大値記録

の3種類である。なお記録用紙を図19.に示す。

(4) 任意呼出し表示

データロガーに収集しているデータを任意時に操作デスクよりのリクエスト信号により、4組の任意のデジタル表示器に、任意の項目を同時に表示を行なう。新しいデータを呼出すと旧データは自動的にクリアされる。

(a) 任意呼出し表示

操作デスク上の各項目ごとの項目選択と表示器指定スイッチの操作により、電圧・電流・圧力・流量・水位等のアナログ項目については、その時の瞬時値3けたと、単位(2けた)小数点・選択された項目アドレス(3けた)を、指定された表示器に、電力量・流量・運転時間などのパルス項目は、その日の選択された時刻までの積算値4けたを、単位(2けた)小数点・選択された項目アドレス(3けた)と共に表示を行なう。表示は全て約2秒ごとに修正を行ない、アナログ項目は任意の点最大3点まで同時に表示を行なうことができる。

(b) グループ呼出し表示

操作デスク上のグループ選択スイッチを操作することにより、あらかじめ定められた項目3点を同時に表示することができる。

3.6.2 データロガーシステムの構成

本データロガー MELDAC-2100 は、

- ロガー 本体 1式
- アナウンスメントタイプライタ 1台
- ロギングタイプライタ 1台
- 計測変換器盤 1式
- デジタル表示器(監視盤に取付) 4組

より構成されている。

図20.に本装置のシステム構成図を示す。

ロガー本体は、中央演算処理部と各種IOユニットにより構成され、アナログ・デジタル・接点・パルス入力および出力、呼出し表示出力等は

汚泥処理運転日報

課長	係長	主任	係

昭和 年 月 日 曜日 天候 温度 ℃ 紫田下水処理場

項目	到着汚泥流量 1	到着汚泥流量 2	調整槽水位	濃縮汚泥流量	脱水汚泥流量	脱水濃度	二鉄注入量	石灰注入量	脱水ケーキ重量	1号ケーキ焼却量	2号ケーキ焼却量	1号重油流量	2号重油流量	苛性ソーダ希釈流量	処理水取水量	1号濃縮槽掃寄機 運転時間	2号濃縮槽掃寄機 運転時間	3号濃縮槽掃寄機 運転時間	4号濃縮槽掃寄機 運転時間	1号脱水機 運転時間	2号脱水機 運転時間	3号脱水機 運転時間	4号脱水機 運転時間	1号炉軸駆動 運転時間	2号炉軸駆動 運転時間	1号受電電力量	2号受電電力量	
	# 201	# 202	# 003	# 204	# 205	# 015	# 206	# 207	# 224	# 225	# 226	# 209	# 210	# 208	# 057	# 214	# 215	# 216	# 217	# 218	# 219	# 220	# 221	# 222	# 223	# 211	# 212	
単位	m ³ /h	m ³ /h	m	m ³ /h	m ³ /h	%	t	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	m ³ /h	m ³ /h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	kWh	kWh	
備考欄																												

図 19. 運転日報記録用紙
Record chart of operation daily report.

すべてビルディングブロック構成のユニット化された、IOが実装されており、将来の点数の増加などに簡単に変更できるようになっている。

本処理場向データローの主な仕様は次のとおりである。

(1) 入出力点数

アナログ入力	PT (電圧, 電力等)	20 点
	CT (電流)	100 点
	計装計測信号(流量・圧力・温度等)	128 点
パルス入力	(電力量・流量・運転時間)	64 点
接点入力	(運転状態・故障接点)	256 点
呼出し表示入力		128 点
表示選択出力		128 点

(2) 中央演算処理部

CPU 本体	マイクロコントローラ MELMIC 100
メモリ	プログラムメモリ 1,024 語
	データメモリ 2,304 語
語長	16ビット+パリティ
演算	2進並列 4μs
ロジック	MSI, TTL・IC

(3) タイプライタ

アウンスメントタイプライタ	IBM M-735	1台
ロギングタイプライタ	IBM M-735	1台

(4) 表示器

選択表示用	項目番号・データ・単位	3けた+3けた+2けた……3組
積算表示用	項目番号・データ・単位	3けた+4けた+2けた……1組

3.7 計装設備

汚水処理場に納入されている計装設備の仕様一覧表を表5.に示す。表中の点数はすでに納入されたもので将来分は含まない。

汚水処理におけるプロセスのコントロールは、水質の制御などにおい

て不十分なものもあるが過去の実績データよりあまり複雑な制御を一般的に要求しない。今まで納入されている計装設備についても、雨水ポンプ、汚水ポンプ、汚泥ポンプなどの台数制御を主とした自動制御を行なっているが、大半はデータ収集的な役割を占めているものが多い。ばっ(曝)気その風の風量制御は各地で流入下水量比率制御が多く用いられ、所によってはDO値による制御なども行なわれているが、現有のDO計をはじめとする水質計は実験室向のものも多く、下水処理に使用するためには保守管理面の問題点を残し思った程の効果を発揮できないのが実情のようである。しかし今後種々の検出器の信頼性向上と共に、水質による制御も多く採用されるであろうし当然そうあるべきと考えられる。

汚泥処理場のフローを図21.(濃縮, 薬注, 脱水) 図22.(焼却炉)に示す。

汚泥系統の制御は流量一定制御, 比率制御, カウンタによる一定量引抜制御などを行なっている。また薬注は汚泥量による比率制御および固形物量による流量制御の切換方式を採用している。混和そのへの流入汚泥量は液位によるカスケード制御になっている。

焼却炉における計装は相当重要な役割を占める。汚水処理, 汚泥脱水の分野では計装回路がダウンしてもある程度の運転は確保できるが、焼却設備の場合、シーケンス制御と計装回路は相互に密着しておりどちらが不調でも正常な運転は困難である。その意味で機械設備, 計装, 電気(制御装置)の三者一体となったシステムの設計が要求される。焼却炉計装の詳細はフローシートに示すとおりである。

汚泥処理用計装設備の変換器, 演算器類はすべて監視盤内部に設置し受信計器は監視盤表面に配置している。したがって通常はシーケンス制御と共にすべて管理室より制御できるよう考慮されている。計装回路は、直流統一電流信号の低インピーダンス信号とし外乱, ノイズの影響を防止すると共に、データローとはアイソレータで絶縁しロー側の事故を制御ループに無関係にして信頼性向上を計っている。

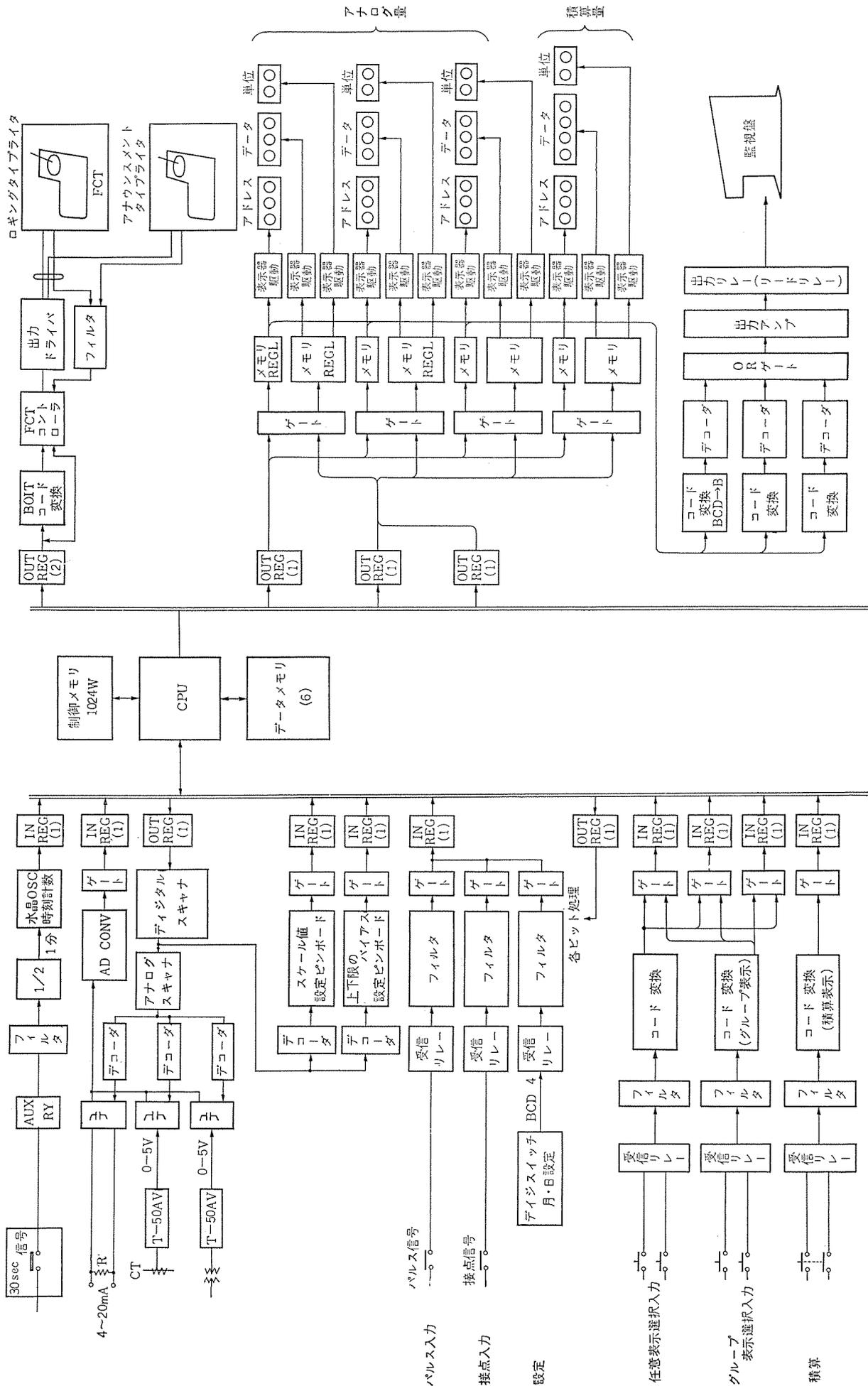


図 20. システム系統図 System diagram.

表 5. 汚水処理計装仕様一覧表 List of specification on sewage treatment instrumentation.

計測項目	点数	検出方式	測定範囲	用途	備考	計測項目	点数	検出方式	測定範囲	用途	備考
軸受温度	9	測温抵抗体	0~150°C	指示	雨水ポンプ	バルブ開度	3	ポテンシヨ式	0~150 mm	指示	汚泥輸送ポンプ
ポンプ回転数	4	回転計発電機	0~900 rpm	指示	雨水ポンプ	輸送汚泥流量	1	電磁流量計	0~400 m ³ /h	指示, 記録, 積算	
燃料小出そう油面	1	フロート式	0~2,000 l	指示	油ポンプ, 自動制御	汚水流量	1	電磁流量計	0~15,000 m ³ /h	指示, 記録, 積算	口径 1,000
減圧水そう水位	1	フロート式	0~4,000 l	指示		汚水流量	1	電磁流量計	0~10,000 m ³ /h	指示, 記録, 積算	口径 600
バルブ開度	4	ポテンシヨ式	0~1,000 mm 0~1,350 mm	指示	1台 雨水ポンプ 3台	塩素注入量	2	ポテンシヨ式	0~28 kg/h	指示	
冷却水温度	1	測温抵抗体	0~100°C	指示	給水弁自動制御	容器重量	1	はかり式	0~2,000 kg	指示	塩素ポンプ
ポンプ圧力	4	圧力伝送器	(-)10~(+)30 m	指示	雨水ポンプ	放流扉開度	2	ポテンシヨ式	0~1,800 mm	指示	処理水用
雨水ポンプ井水位	1	フロート式	0~8 m	指示, 記録, 警報	ポンプ台数制御	放流扉開度	2	ポテンシヨ式	0~1,800 mm	指示	汚水用
流入渠水位	1	フロート式	0~10 m	指示, 警報		バルブ開度	5	ポテンシヨ式	0~350 mm	指示	返送汚泥ポンプ
連絡井水位	1	フロート式	0~6 m	指示, 警報		バルブ開度	2	ポテンシヨ式	0~150 mm	指示	余剰汚泥ポンプ
冷却水そう水位	1	フロート式	0~3 m	指示, 警報	給水弁自動制御	バルブ開度	2	ポテンシヨ式	0~150 mm	指示	スプレーポンプ
軸受温度	6	測温抵抗体	0~150°C	指示	汚水ポンプ	ばっ気そう汚水流入量	8	エアージャージ式(差圧)	0~3,500 m ³ /h	合計量(7,000 m ³ /h) 記録, 積算	セキ式
ポンプ圧力	2	圧力伝送器	(-)10~(+)30 m	指示	汚水ポンプ	返送汚泥流量	2	エアージャージ式(差圧)	0~700 m ³ /h	合計量(1,500 m ³ /h) 記録, 積算	セキ式
バルブ開度	2	ポテンシヨ式	0~450 mm	指示	汚水ポンプ	主幹風量	1	差圧式(オリフィス)	0~57,000 m ³ /h	記録, 積算	合計量(60,000 m ³ /h) 記録, 積算も有り
汚水ポンプ井水位	1	フロート式	0~6 m	指示, 記録, 警報	ポンプ台数制御	前ばっ気そう風量	1	差圧式(オリフィス)	0~7,000 m ³ /h	記録, 積算	
バルブ開度	2	ポテンシヨ式	0~1,500 mm	指示	切換弁	余剰汚泥流量	1	電磁流量計	0~400 m ³ /h	記録, 積算	口径 150
貯留そう水位	2	フロート式	0~7 m	指示, 警報	汚泥輸送ポンプ自動運転	汚泥ポンプ井水位	2	エアージャージ式(差圧)	0~6 m	指示, 警報	

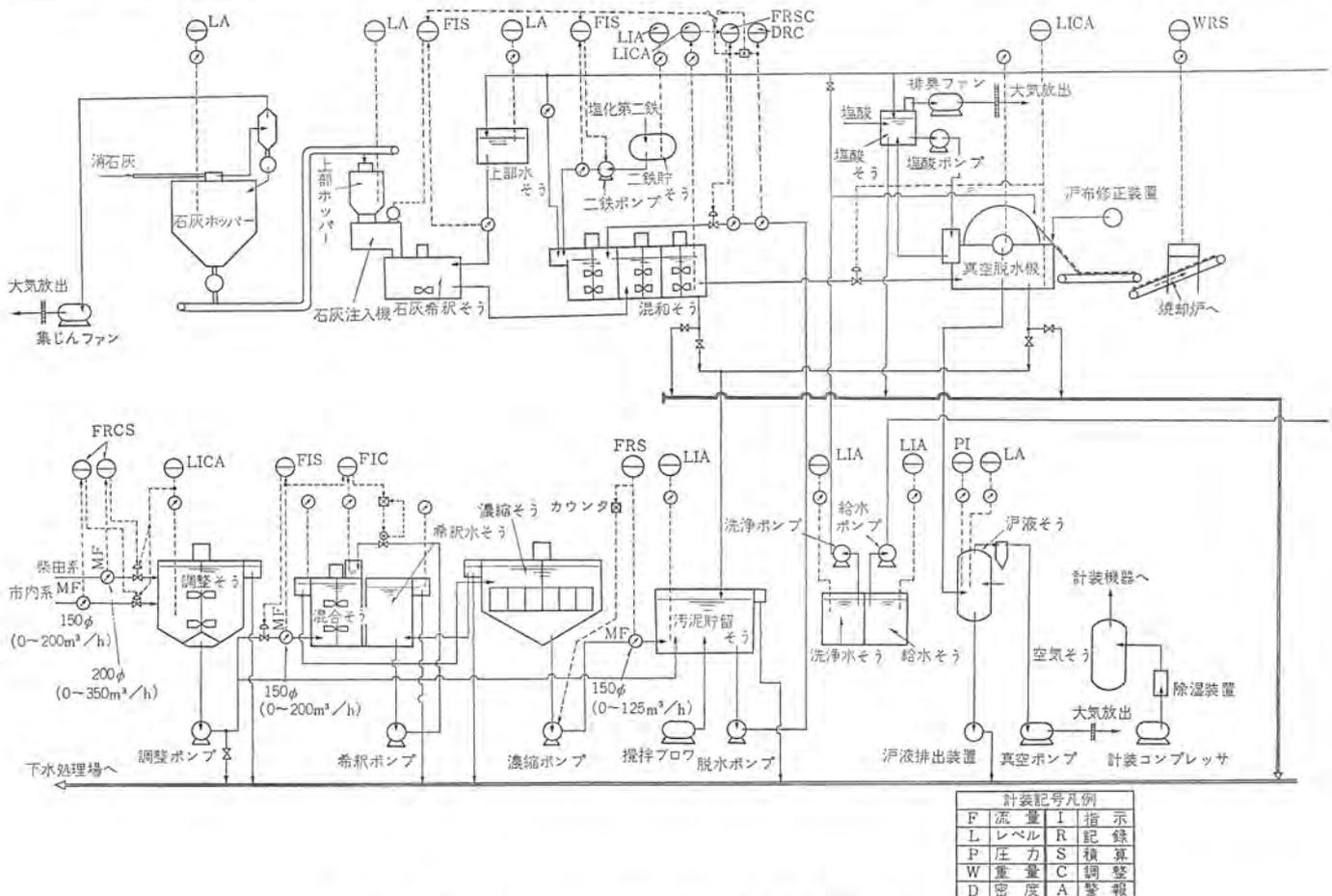
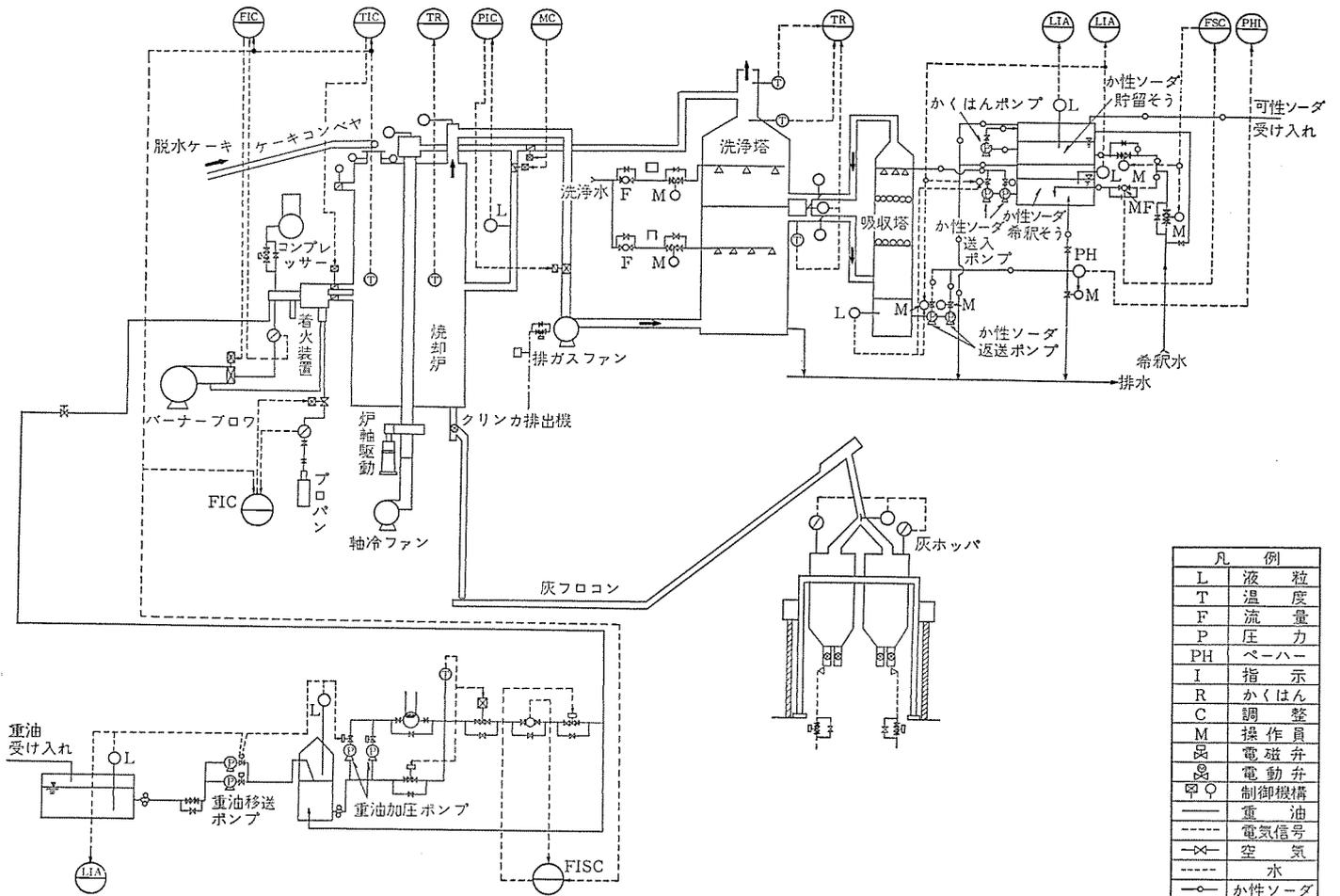


図 21. 脱水関係 フローシート Flow sheet of dehydration arrangement.



凡 例	
L	液 粒
T	温 度
F	流 量
P	圧 力
PH	ペーハー
I	指 示
R	かくはん
C	調 整
M	操 作 員
⊗	電 磁 弁
⊙	電 動 弁
⊠	制 御 機 構
—	重 油
---	電 氣 信 号
-x-	空 気
----	水
○—○	か 性 ソー ダ

図 22. 焼却炉 フローシート
Flow sheet of burning furnace.

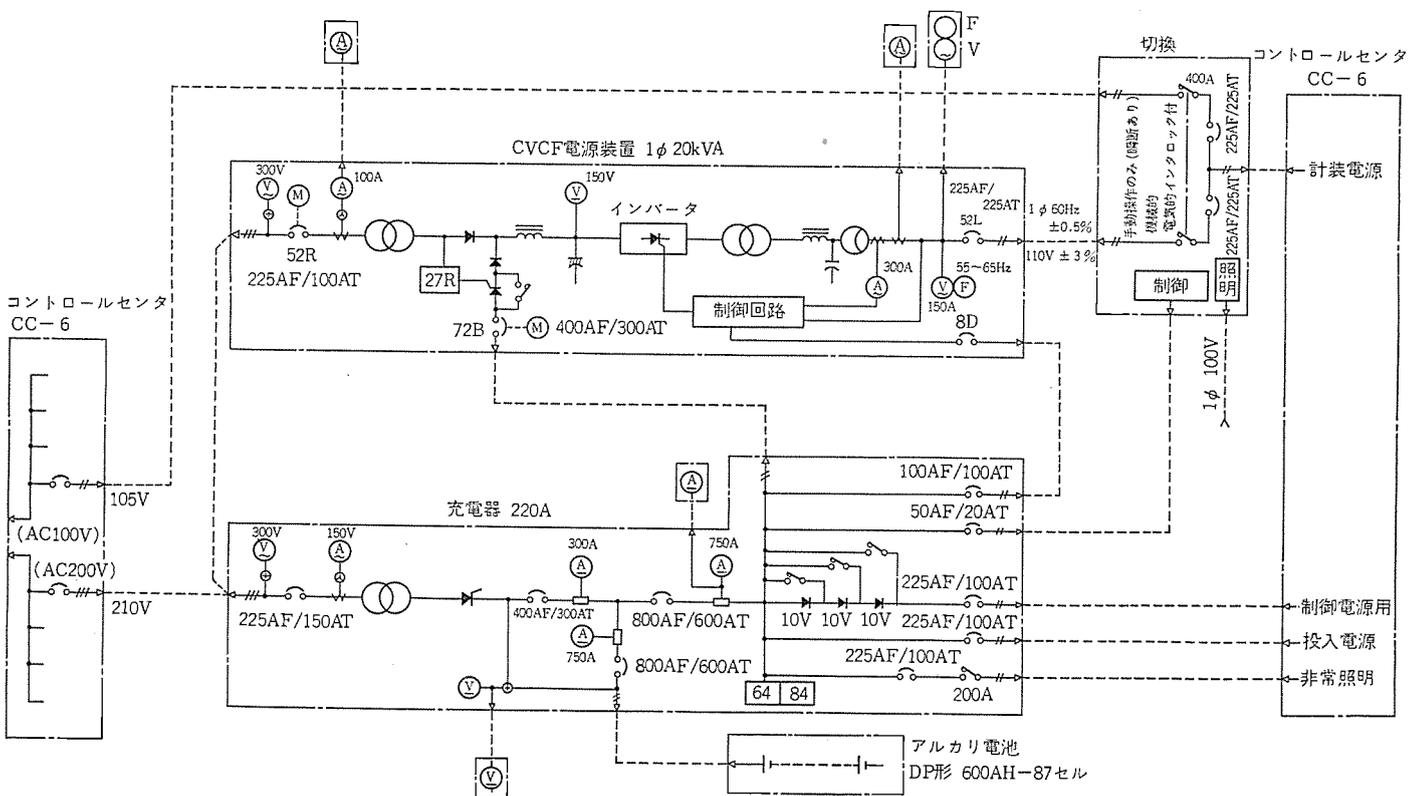


図 23. CVCF 単線接続図
CVCF single line connection diagram.

3.8 電源装置

前節までに納入されている電気設備の大半を述べたが、電源装置としてCVCF（定電圧定周波電源装置）、直流電源装置などがある。CVCFの単線接続図を図23に、外観を図11の左端に示す。CVCFはデーターガー、計装、選択回路用電源として使用している。現在シーケンスコントローラにも余剰容量を利用しているが将来データーガー等の容量アップ時にはその必要性はなく切り離す予定である。CVC Fの仕様並びに特長は下記のとおりである。

仕様

形式	屋内用風冷式
出力容量	……20 kVA 連続
周波数	……60 Hz±0.5 %
波形ひずみ率	……5 %以内
電圧変動	……110 V±3 %以下
力率	……80 %以上（定格時）
交流入力	3φ AC 210 V 60 Hz
直流入力	110 V±30 V

特長

(1) インバータの転流回路に独自の“CT 帰還方式”を使用しているため効率が格段に良い。従って運転経費、バッテリー容量の低減につながる。

(2) “自動限流方式”によって正確な限流を行っており、負荷短絡時にも確実な選択しゃ断が行なえ、サイリスタインバータが停止しない。自動限流方式とは、万一負荷側に短絡事項が発生しても超高速電流検出回路により、インバータ出力電圧を一瞬のうちにしぼり負荷電流がインバータ定格電流の150%をこえないよう制御する方式である。

(3) 高い信頼性とコンパクトで合理的な設計を行なっている。

(4) 超高速サイリスタスイッチの採用で業界初の並列冗長システムを完成して以来、その安定な運転と多くの実績を誇っている。

3.9 制御一般

最後に制御方式の一般的考え方を簡単に述べる。

前にも随時触れてきたが、汚水処理設備は現場優先で場所の選択スイッチは現場操作盤に取付けられている。汚泥処理設備は逆に場所選択をはじめ運転種別選択まで中央で行なう。そのため非常時には現場より非常停止も行なえるよう考慮されている。また切換スイッチはすべてラッチ接点とし操作場所を切替えても機器が停止しない方式とした。汚泥処理の場合、中央からの制御はすべてシーケンスコントローラを通し制御は機器選択—マスタスイッチ操作の挙動としている。現場で単独操作により各装置を正常に運転した後、中央に切替えても連続して運転できるようにシーケンスコントローラのプログラムで考慮した。

制御方式、シーケンスの詳細については紙面の都合上割愛する。

4. む す び

以上柴田処理場における電気設備の概要について紹介したが、今後設備の大容量化・複雑化の傾向にもなるとともに、電気設備の役割はエネルギーの供給のみにとどまらず省力化の原動力になると共に頭腦的使命を持たねばならない。同時に信頼性の向上などが必然的に要求され過去のようなオーソドックスな方式では時代の流れに対応できなくなり、シーケンスコントローラ、データーガー、計算機、遠方制御装置等に将来方向の一例がみられる。更にプラントの要求に速応できる方式、すなわちソフトウェアで問題を処理する方向に将来を求めなければ日ごとに変化する技術の進歩にのりおくれることになるであろう。

ここに紹介した柴田処理場は名古屋下水道局としてシーケンスコントローラ、データーガー等を最初に採用した新鋭処理場であり、名古屋市における下水処理の中心的存在として今後の活躍が期待される訳である。

最後に本処理場建設に際して種々協力いただいた日本碍子KK、荏原インフィルコKK、久保田鉄工KK、KK北辰電機の各社に感謝の意を表する次第である。

スペイン国鉄納め DC 3,000V 269 系 電気機関車

平尾新三*

DC 3,000 V Electric Locomotives of Series 269 for RENFE

Itami Works Shinzō Hirao

The Spanish National Railways (RENFE) has placed an order for forty two electric locomotives rated DC 3,000 V 3,100 kW with a joint enterprise of Mitsubishi and Spanish manufacturers. As a result of intensive efforts, the locomotives have come to completion recently and have been entered into the revenue service. There are two kinds of locomotives : one runs at the maximum speed of 140 km/h and the other at 160 km/h, the only difference between them being a gear ratio. Compared with the previous locomotives, the new ones have a simplified main circuit system. Though they are designed for high speed operation, the main apparatus are interchangeable with the existing ones of our design. The adhesion characteristic is also improved.

The locomotive is equipped with two system breakes which permit application to either train composition having air breaks or vacuum breaks.

Recently we have received additional order of 50 locomotives of series 269 from RENFE.

1. ま え が き

スペイン国鉄 (RENFE) では、鉄道近代化計画にそって電化が進められているが、輸送力増強のために電気機関車および電車の増強がなされている。将来の電化は、DC 3,000 V で行なわれるが、従

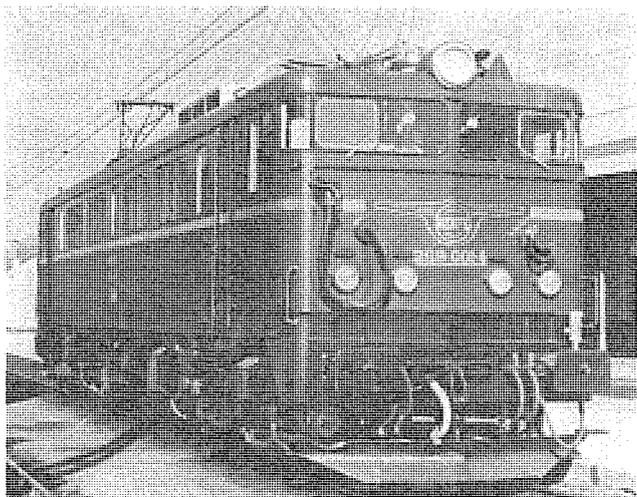


図 1. 269 系電気機関車外観
Exterior view of series 269 electric locomotive.

来の DC 1,500 V 電化区間は、徐々に DC 3,000 V に昇圧される予定である。したがって、今後に製作される電気機関車には、従来のような複電圧式ではなく、DC 3,000 V 専用のものが要求されている。

1972年5月に DC 3,000 V 電気機関車 42 両の正式契約が、スペイン国鉄と当社およびスペイン現地メーカ 2 社との間で行なわれ、1973 年当初より当社製電気品の納入を開始した。

この機関車は、われわれが 1969 年から 1972 年にわたって納入した 289 形式電気機関車 40 両と比較して、DC 3,000 V 専用になっているが、主要機器は互換性を有し、そのほかに粘着特性の改善、高速運転を考慮して各種の改良が加えられている。

これまで納入した電気機関車に加え、今回契約した電気機関車と合わせて当社の設計になる 98 両の高出力電気機関車が、スペイン国鉄の主力機関車として活躍することになる。

今回、当社は完成車を製作しないで主要機器を供給するとともに、技術供与による現地製作形態をとった。今後の電気車輸出の方向を示唆するものと考えられる。

269 形式電気機関車の電気機器を主体として、その概要を紹介する。図 1. は、この機関車の外観写真である。図 2. は、機関車の外形図を示す。

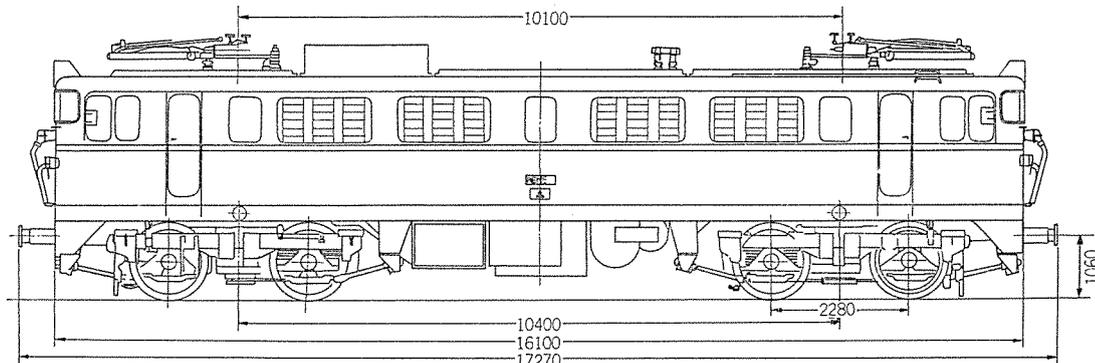
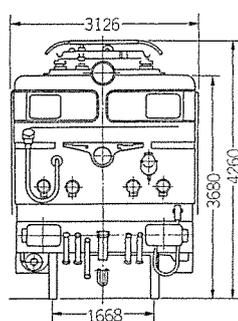


図 2. 機関車外形図
General drawing of locomotive.

2. 機関車の特長および性能

2.1 特長

この機関車の代表的な特長を列挙すると、次のとおりである。

- (1) DC 3,000 V 専用の電気機関車であり、複電圧方式と比較して主回路はきわめて単純化されている。電圧切換装置は除去され、単位スイッチおよびカムスイッチの数は大幅に減少している。
- (2) 既納の279形式(16両)、289形式(40両)、および今回の269形式(42両)の主要機器は、互換性を有し、保守を容易にしているほか、予備品の供給も将来にわたって安定している。
- (3) 最高運転速度140 km/hを基本とし、歯車比を変更すれば、160 km/h 転運が可能である。主電動機を完全台車装荷にしてこの高速運転が可能になった。
- (4) 力行および抑速電気ブレーキともに高速性能を発揮させるように最弱界磁率47.5%に設計するとともに、台車構造・駆動方

式とあいまって安定した走行性能を誇っている。

(5) 粘着性能を向上させるため、1台車1電動機式2軸駆動方式、台車内の軸重移動のない引張棒式台車、主制御器のパーニアステックによる超多段制御などを採用したほか、こう配起動時を考慮して電気式軸重移動補償装置を追加し、さらに機関車重量を88tにして、粘着性能の向上を図っている。

(6) 客車運転・貨車運転に適した歯車比を選定するため、2速度歯車比切換機構を内蔵した伝導ギヤユニットを採用したので、広範囲な速度制御域に対して、主電動機の経済設計が達成できた。

(7) ブレーキ装置としては、機関車には空気ブレーキと電気ブレーキとが装備されている。機関車には、列車ブレーキとして空気ブレーキあるいは真空ブレーキのいずれも使用できるように、空気圧縮機および真空ポンプが積載された両用ブレーキ方式で、列車ブレーキに応じて選択できる。

(8) 機関車の高速化に備えて、台車および伝導ギヤユニットなど

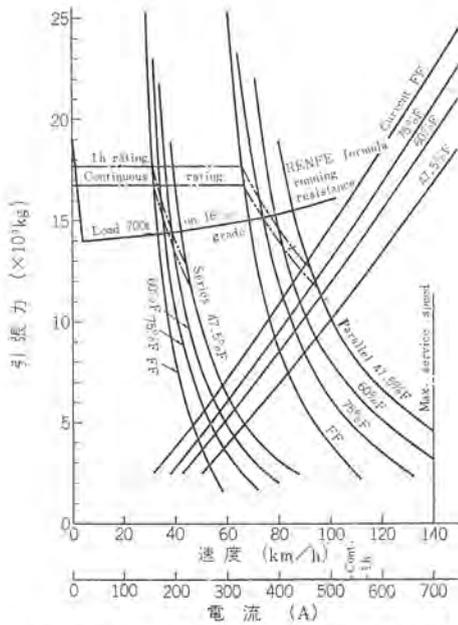


図 3.(a) 機関車性能曲線(歯車比 3.30)
Performance curve of the locomotive with gear ratio 3.30.

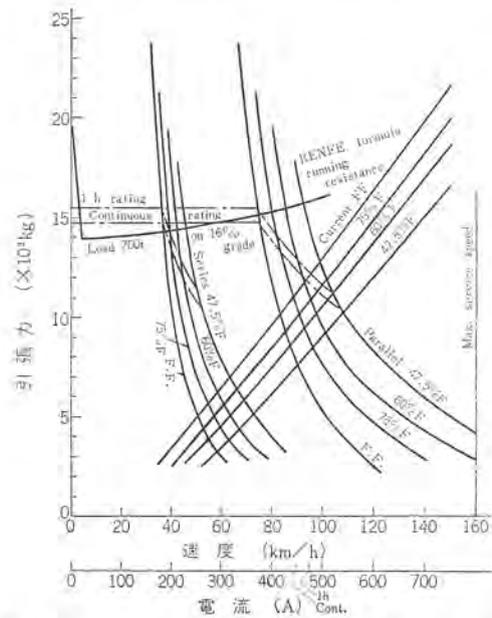


図 4.(a) 機関車性能曲線(歯車比 2.91)
Performance curve of the locomotive with gear ratio 2.91.

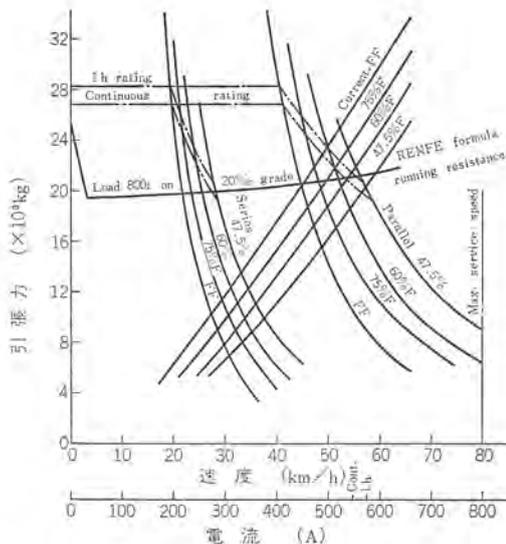


図 3.(b) 機関車性能曲線(歯車比 5.31)
Performance curve of the locomotive with gear ratio 5.31.

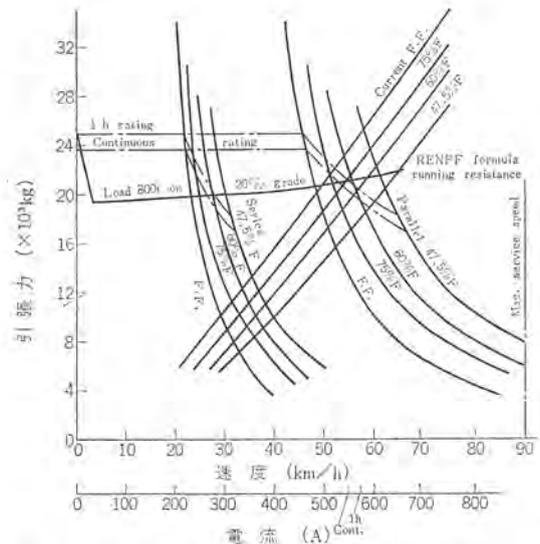


図 4.(b) 機関車性能曲線(歯車比 4.68)
Performance curve of the locomotive with gear ratio 4.68.

の走り装置の機械的強度を上げるとともに、増圧ブレーキを適用して高速域からのブレーキ距離が増大するのを防止するようにしている。

(9) この機関車は、三重連総括制御が可能である。

(10) UIC 規約に準拠した新方式のビジランス装置およびデッドマン装置が装備されている。

2.2 機関車の性能

この機関車の設計・製作および試験には、UIC 規約が適用されているが、電気機器については実質的に IEC 規格とほぼ同等である。スペイン国鉄から要求された機関車性能を要約すると、次のとおりである。

(1) 力行

(a) 16% 上りこう配上で、客車 700 t をけん引し、60 km/h 以上の速度で全界磁で連続運転できること。

(b) 20% 上りこう配上で、貨車 800 t をけん引し、40 km/h 以上の速度で全界磁で連続運転できること。

(c) 起動時に最大粘着係数 35% に相当する電流に耐えること。

(d) 最高運転速度 140 km/h (38 両) および 160 km/h 運転 (4 両) ができること。

(2) 電気ブレーキ

(a) 16% 下りこう配上で、客車 700 t をけん引し、約 110 km/h の速度からブレーキをかけ始めて、約 60 km/h の速度に保つこと。

(b) 20% 下りこう配上で、貨車 800 t をけん引し、約 70 km/h

表 1. 機関車運転性能一覧
List of locomotive performance.

運 転	けん引荷重	こう配 (%)	客先仕様の つりあい速度 (km/h)	つりあい速度 (km/h)	主電動機界磁	つりあい電流 (対定格比)
力 行	客車 700 t	16	60	68	全界磁	92 %
	貨車 800 t	20	40	44.5	全界磁	81 %
ブレーキ	客車 700 t	16	約 60	約 68	全界磁	63.5 %
	貨車 800 t	20	約 40/35	約 41.5	全界磁	61 %

の速度からブレーキをかけ始めて、約 35/40 km/h の速度に保つこと。

(3) 最高運転速度

客車けん引時および貨車けん引時における機関車の最高運転速度は、次のとおりで、高速化の傾向がうかがえる。

	客車運転	貨車運転
普通電気機関車 (38 両)	140 km/h	80 km/h
高速電気機関車 (4 両)	160 km/h	90 km/h

この機関車の性能曲線を図 3. および図 4. に示し、運転性能一覧を表 1. にかかげる。図 5. および図 6. は、力行および電気ブレーキ時のノッチ曲線で、いずれも客車運転および貨車運転の場合について示してある。

これらの図表からもわかるように、この機関車は、客先仕様を十分に満足しているうえ、余裕のある定格を有し、さらに弱め界磁を使用すれば、力行およびブレーキとも高速運転を行なうことができ

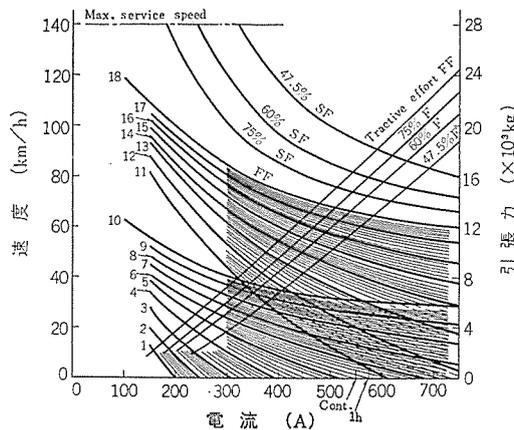


図 5. (a) 力行ノッチ曲線 (歯車比 3.30)
Powering notching curve with gear ratio 3.30.

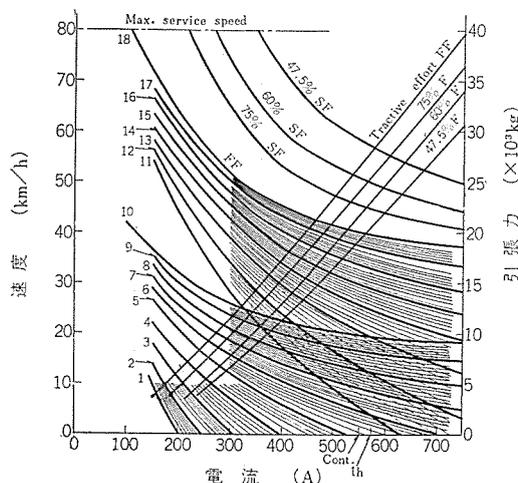


図 5. (b) 力行ノッチ曲線 (歯車比 5.31)
Powering notching curve with gear ratio 5.31.

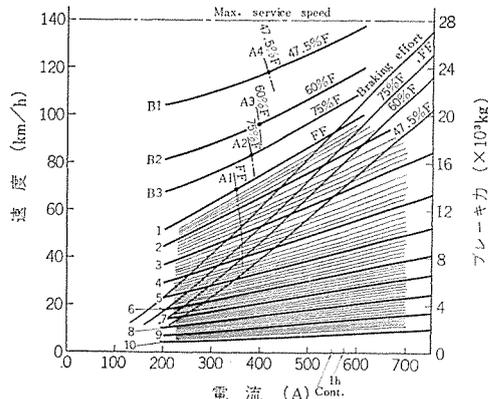


図 6. (a) ブレーキノッチ曲線 (歯車比 3.30)
Braking notching curve with gear ratio 3.30.

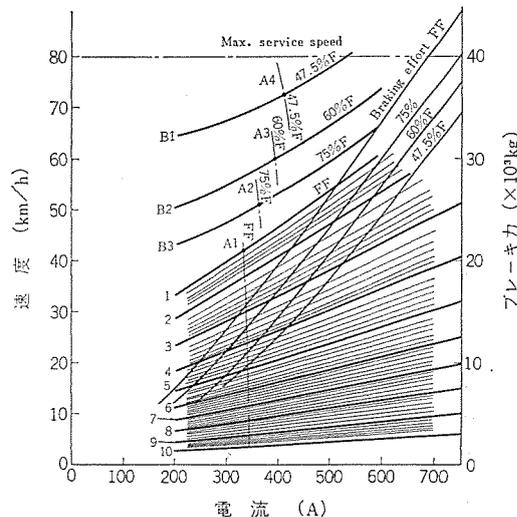


図 6. (b) ブレーキノッチ曲線 (歯車比 5.31)
Braking notching curve with gear ratio 5.31.

表 2. 機関車の主要要目
Principal data of locomotives.

要 目	140 km/h 機関車	160 km/h 機関車
電 気 方 式	DC 3,000 V	同 左
軌 間	1,668 mm	同 左
用 途	客貨両用	同 左
運転装置重量	88 t	同 左
軸 配 置	B-B	同 左
軸 重	22 t	同 左
主 要 寸 法		
長さ×幅×高さ	16,100×3,126×4,260 mm	同 左
連結面間長さ	17,270 mm	同 左
台車中心間距離	10,400 mm	同 左
固定軸距離	2,280 mm	同 左
車 輪 径	1,250 mm (計算用 1,210 mm)	同 左
機 関 車 性 能		
通 額 定 格	客車運転 貨車運転	客車運転 貨車運転
出 力	3,100 kW 3,100 kW	
速 度	66.3 km/h 40.3 km/h	75.2 km/h 45.7 km/h
引 張 力	16.6 t 26.8 t	14.6 t 23.6 t
最高運転速度	140 km/h 80 km/h	160 km/h 90 km/h
歯 車 比	3.30 5.31	2.91 4.68
車 体	箱形両運転台付	同 左
台 車	ゆれまくら、引張棒式	同 左
駆 動 方 式	1台車1電動機2軸駆動式 歯車比2段切換式	
主 電 動 機	直流直巻タンデム形、4極丸形、強制通風式、電機子円筒、界磁F種絶縁	
通 額 定 格	1,550 kW, 3,000 V, 550 A, 950 rpm	
制 御 方 式	2S-2P、ブリッジ渡り、直並列制御、超多段抵抗制御、弱界磁制御、自動進段方式、発電ブレーキ制御、重連発給制御	
補 機 方 式	低圧直流補機方式	
補 助 回 転 機	1-電動発電機 (80 kW, 3,000 V/110 V) 2-主電動機用送風機 (20 kW, 110 V) 4-主抵抗器用電動送風機 (2.5 kW, 110 V) 2-電動真空ポンプ (11.8 kW, 105/107 V) 1-電動空気圧縮機 (16 kW, 105 V) 1-補助電動空気圧縮機 (0.75 kW, 72 V)	
ブ レ ー キ 方 式	列車用空気ブレーキ、真空ブレーキ、機関車用空気ブレーキ、抑速用発電ブレーキ、手ブレーキ	
列 車 暖 房	電気式 DC 3,000 V, Max 800 A	

る。

この機関車の主要要目が表 2. で示されているように、2種類の機関車の最高速度が異なるので、歯車比を変えてある。

3. 主回路および制御方式

3.1 主回路

この電気機関車 (269 形式) は、DC 3,000 V 専用機関車として設計されているので、主回路方式は、図 7. に示すように、きわめて単純化されている。

既納の複電圧式機関車 (279 形式および 289 形式) の主回路と比較して、電圧切換装置の除去はむろん、単位スイッチおよびカムスイッチの数を大幅に減少させることができた。これは、主電動機の回路数が 4 回路から 2 回路に単純化されたためである。

主電動機は、タンデム形であるが、2組の電機子および2組の界磁は永久接続にし、2台の主電動機群で、2S-2Pの回路を構成し、

2群の主抵抗器 (各回路に1組) とともに直並列組合せ制御を行なう。

力行運転では、各主抵抗器ステップごとに5段のパーニアステップを組み合わせて直列55段、並列43段の超多段制御を行ない、加速性能および粘着性能の改善を図っている。直並列の渡りは、ブリッジ渡りとして引張力の変動を少なくしている。この機関車は、急こう配起動を行なうので、このブリッジ渡りは必要条件である。

機関車のこう配起動および走行時の台車間軸重移動を補償するため、主電動機の弱め界磁による電氣的軸重補償を行なうことができる。

直列および並列の最終ステップで3段の弱め界磁制御を行ない、高速性能を得ているが、最弱界磁率は47.5%にまで達している。

電気ブレーキは、2台の主電動機群の交差界磁方式で、力行-電気ブレーキの切換は、空気式制動転換器によって行なわれる。電気ブレーキで高速域からブレーキ力を得るため、3段の弱め界磁を使用している。したがって、電気ブレーキ用抵抗器は、力行用抵抗器をそのまま使用しているので、ブレーキ用の追加抵抗器はない。電気ブレーキ時の各部の電位上昇を抑えるため、力行の場合と電気ブレーキの場合で接地点を切り換えている。

機関車の主電動機の開放運転は、各回路ごとに組合せカムスイッチによって行なうことができる。

3.2 制御方式

(1) 主制御器カム軸には、限流値制御による自動進段方式を採用し、限流値は、機関車のけん引条件に応じて、力行用および抑速電気ブレーキ用ともに限流調整器で任意に選択できる。

(2) 主制御器の主抵抗カム軸およびパーニアカム軸のバイロットモータの制御は、ともに無接点制御装置で行なう。

(3) 主抵抗カム軸のステップ数は、直列10ノッチ、並列8ノッチに変更し、パーニアステップと組み合わせて、超多段ステップが得られる。

(4) 主幹制御器は、力行用として1~4ノッチと直列、並列ノッチがあり、さらに電気ブレーキ用に進め、保ちおよび戻しの3位置があり、丸形主ハンドルで制御される。3段の弱め界磁制御は、弱界磁ハンドルで行ない、組合せカム軸の弱め界磁カムスイッチを制御する。逆転ハンドルは、電空式逆転器を制御する。

(5) 力行/電気ブレーキの転換は、組合せカム軸で行ない、電気ブレーキの進段制御は、限流値制御による主抵抗カム軸およびパーニアカム軸で行なうが、電気ブレーキの場合には、パーニアカム軸は限流値進段ではなくて強制進段になる。

(6) 運転台のスイッチ箱から各種スイッチを操作する。

(7) 各回路の過電流保護は、各種過電流検出装置で検出して、高速度シャ断器をトリップし、運転台にランプ表示する。

(8) 車輪の空転滑走は、速度発電機で検出し、自動ノッチ戻しおよび自動砂まきを行なう。機関車の過速保護は、同様に検出して主回路の断流器を開放する。

(9) 主電動機および主抵抗器には、温度検出器を設けて過熱保護を行ない、検出器が動作すると、主回路の断流器を開放する。

(10) 歯車比切換は、機関車停止後、操作スイッチによって電磁空気式で切り換える。表示ランプによって切換え状態が判別できる。伝導キャピット内の油圧状態は、運転台の表示ランプで知ることができるよう、油圧スイッチで油圧を検出する。

(11) 主幹制御器内にピジランス制御用接点が設けてある。

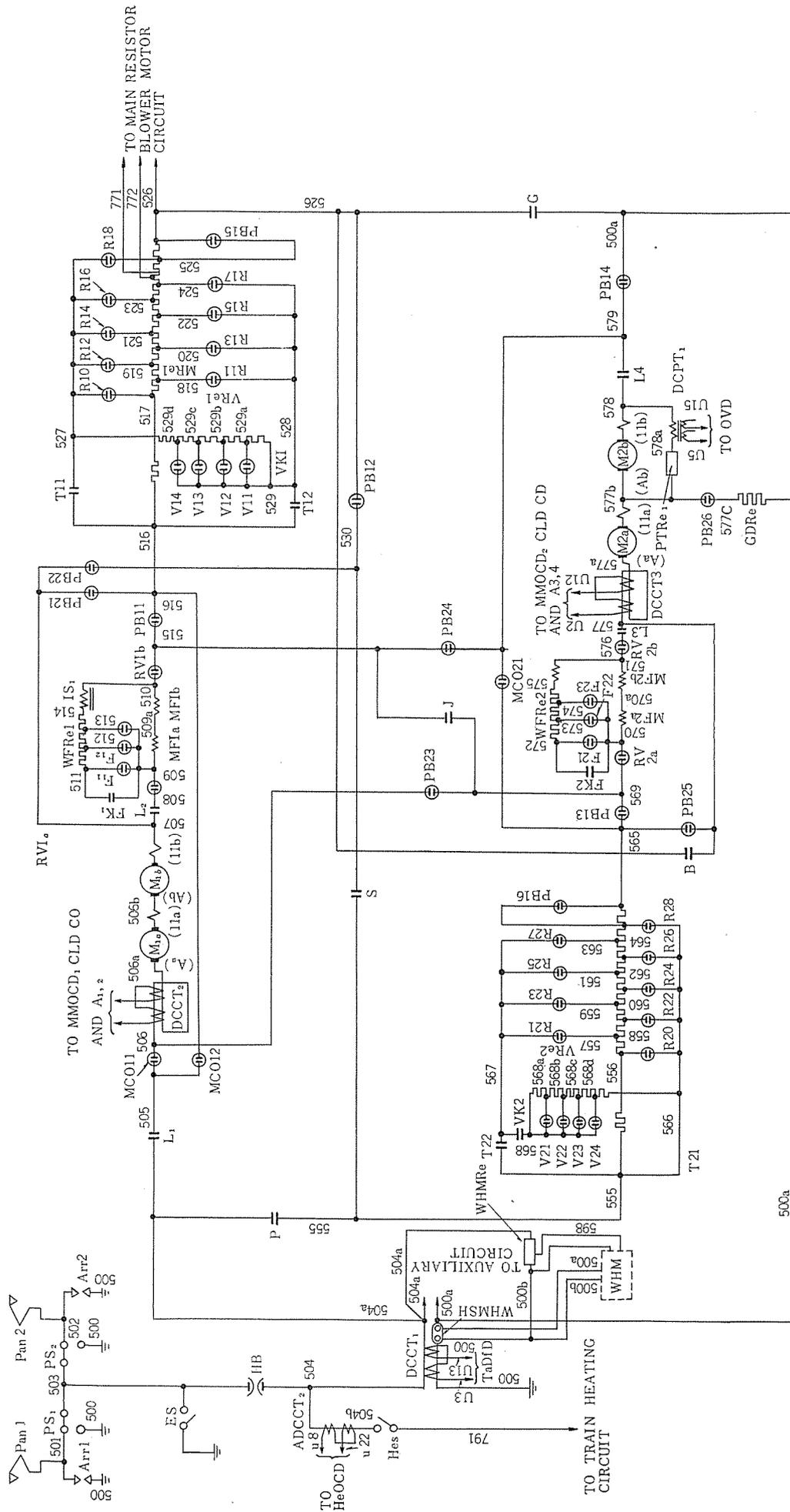


図 7. 主回路つなぎ
Power circuit diagram.

4. 主要電気機器

4.1 主電動機

主電動機は、連続定格1,550 kWのタンデム形で、基本的には289形式機関車と全く同一である。機関車の高速性能を改善するため、最弱界磁率を47.5%にするとともに、電機子周速の高速化に対してガラスバインド、整流子クラップなどの強度上の対策を施した。

主電動機は、1台車1電動機式で、台車装荷され、駆動装置を介して1台車内の2動軸を駆動し、可とう(撓)継手としてWNギヤブリッジが使用されている。主電動機は、3,000 V絶縁が施され、電機子には耐熱フィルムを使用したH種絶縁を施してあるので、温度上昇限度は160°Cであるが、一方、界磁コイルはF種絶縁で構成され、155°Cまで許容される。

主電動機の要目を表3.に示す。図8.は特性曲線を示し、図9.は外観写真である。

4.2 補助回転機

補助回転機は、主抵抗器用電動送風機を除いてすべて電動発電機より給電される。この電動発電機は、複整流子形で、既納のものと互換性があり、運転実績もすこぶる良好である。

表3. MB-3200-B₂形主電動機主要要目
Main data of type MB-3200-B₂ traction motor.

形 名 方 式	MB-3200-B ₂ 直流直巻軸極付 丸形、タンデム電機子式
主 極 数	4
通 風 方 式	開放保護他力通風式
動 力 伝 達 方 式	伝導ギヤユニット、WNドライブ
装 荷 方 式	1台車1電動機式、台車装荷式
絶 縁 の 種 類	電機子-H種、界磁-F種
定 格	連 続
出 力	1,550 kW
電 圧	3,000 V
電 流	550 A
回 転 数	950 rpm
効 率	94%
風 量・風 圧	275 m ³ /min, 150 mmAq
最 弱 界 磁 率	47.5%
高 速 試 験 回 転 数	2,530 rpm
最 高 許 容 端 子 電 圧	4,000 V
耐 電 圧	8,750 V
実 測 重 量	7,050 kg

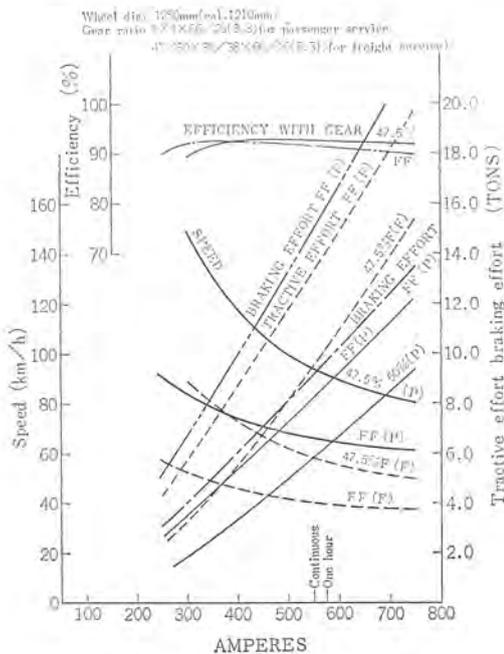


図8. MB-3200-B₂形主電動機特性曲線
Type MB-3200-B₂ traction motor characteristic curve.



図9. MB-3200-B₂形主電動機外観
Appearance of type MB-3200-B₂ traction motor.

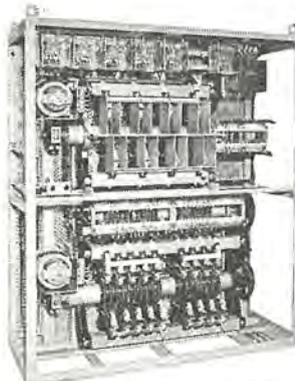


図10. XC-26 C-1形第1主制御器
Type XC-26 C-1 No. 1 main controller.

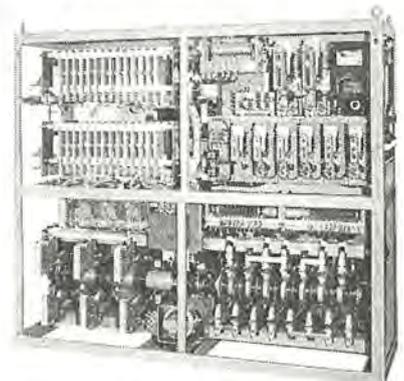


図11. XC-21 C-1形第2主制御器
Type XC-21 C-1 No. 2 main controller.

(1) 電動発電機 (1台)

形 式: MG-151-AF

連続定格: 80 kW DC 110 V 1,500 rpm

入 力: 105 kW DC 3,000 V

(2) 主電動機送風機 (2台)

形 式: A-330-A/KS-620

定 格: 20 kW DC 110 V/260 m³/min 180 mmAq

(3) 主抵抗器用電動送風機 (4台)

形 式: A-331-B/FP-65

定 格: 2.5 kW DC 110 V/200 m³/min 40 mmAq

(4) 電動真空ポンプ (2台)

形 式: SK-H-200 M/VC 3 (1台)

SK-H-180 L/VC 3 (1台)

定 格: 8 kW/11 kW DC 107 V/105 V 5.810/8.715 l/min
550 mmHg

(5) 電動空気圧縮機 (1台)

形 式: SKH-225 M/243-VC

定 格: 19.5 kW 107 V 1,200 rpm 12,300 l/min
10 kg/cm²

(6) 補助空気圧縮機 (1台)

形 式: MCR-711-B

定 格： 0.75 kW DC 72 V/90 l/min

4.3 制御装置

4.3.1 主制御器

主制御器には、第1主制御器および第2主制御器がある。第1主制御器は、主抵抗器カム軸およびパーニアカム軸の2組のカム軸、パイロットモータ、無接点駆動装置および継電器類より構成されている。カムスイッチの数が大幅に減少したので、スペース面でかなり余裕のある配置になった。図10.は、第1主制御器箱である。

第2主制御器は、組合せカム軸が下段に配置され、上段には弱め界磁抵抗器、補助回路用各種電磁接触器類および自動電圧調整器などが収納されている。

弱め界磁用カムスイッチは、6個を使用しているに過ぎず、余裕ある配置になった。

図11.は、第2主制御器箱の外観である。

4.3.2 機器わく

第1機器わくには、断流器、パーニアおよび組合せ単位スイッチが取り付けられている。第2機器わくには、転換器類および高圧補助回路用単位スイッチが取り付けられている。

4.3.3 主抵抗器箱

主抵抗器箱には主抵抗器およびパーニア抵抗器をおさめ、4台の電動送風機でおのおの200 m³/minの強制通風冷却を行なう。力行用および電気ブレーキ用ともに抵抗値は全く同一であり、高速域ではいづれも弱め界磁制御を行なう。したがって、ブレーキ用追加抵抗はない。ただし、既納の複電圧式機関車の主抵抗器とは抵抗値が異なり、電気ブレーキ電流が増大しているため、主抵抗器の実質的容量は増大しているが、主抵抗器の外形寸法を全く同一にすることができた。主抵抗器の排風温度を温度検出器で監視し、抵抗エレメントの過熱防止保護を行なう。図12.は、主抵抗器の外観である。

4.3.4 制御箱

第1制御箱には、主としてNFブレーカおよび継電器類を収納し、第2制御箱には、主として無接点検出装置のトレイを収納している。

4.3.5 サイリスタインバータ

SIV-1 C-7形サイリスタインバータは、回路構成および構成部品について十分に検討を加え、車両用インバータとしての信頼度向上に留意して構成されている。入力電圧がDC 60~110 Vのときに出力電圧は、100 V±10%の範囲に安定化される。容量は、AC 100 Vが1 kVAで、DC 100 Vが350 Wである。安定化直流電源は、高速度しゃ断器の保持コイル、パイロットモータの界磁および限流値パターン発生器などに供給される。また、交流電源は無接点検出装置の電源として供給される。

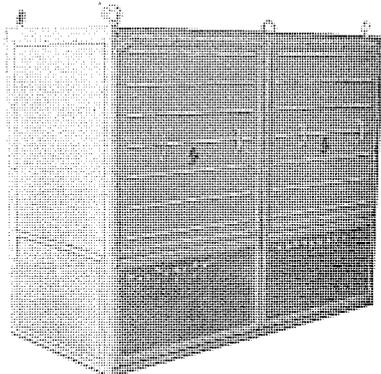


図12. 主抵抗器
Main resistor box.

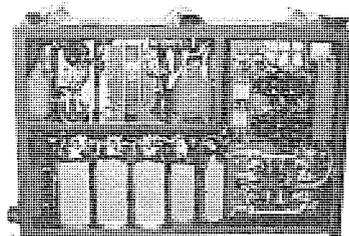


図13. SIV-1 C-7形サイリスタインバータ
Type SIV-1 C-7 thyristor inverter.

図13.は、サイリスタインバータの正面カバーを取り外したところである。

5. 台車および駆動装置

5.1 台車

1台車1電動機式台車の外形を図14.に示す。この台車の特長は、次のとおりである。

(1) 1台車1電動機式で、1台車内の2動軸が歯車装置で連結されているので、粘着特性がよい。

(2) 低引張棒方式を採用して粘着特性を改善した。台車内の軸重移動は、理論上零である。

(3) 機関車の高速化および軸重増大のため、軸箱のベアリングには従来のもより1段大きいものを使用した。

(4) 車輪は、従来の輪しん・タイヤ付方式から一体車輪に変更した。

5.2 駆動装置

1台車1電動機2軸駆動のこの方式では2段変速の伝導ギヤユニット、2個のWNギヤカップリングおよび2台の1段減速ギヤユニットから構成されている。最高速度が140 km/hと160 km/hとの2種類の電気機関車が要求され、1段減速ギヤユニットには2種類の歯車比のものを製作した。

今回の主要変更点は次のとおりである。

(1) 機関車の高速化に伴って伝導ギヤユニットの強度を増した。

図15.は、伝導ギヤユニットの外形を示すが、歯車比は変更していないので、既納289形式機関車と互換性を有している。

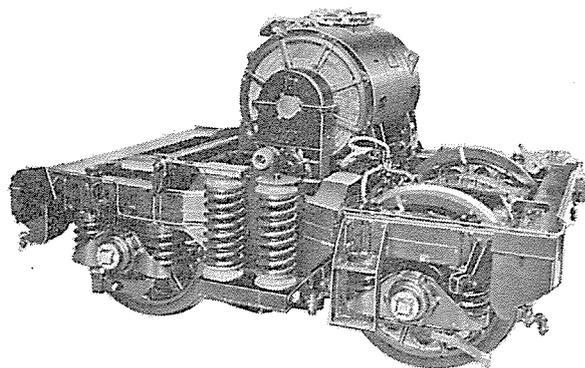


図14. 台車および駆動装置
Bogie truck with driving gears.

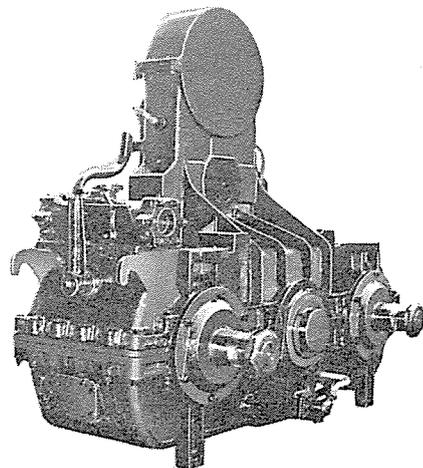


図15. 伝導ギヤユニット
Transmission gear unit.

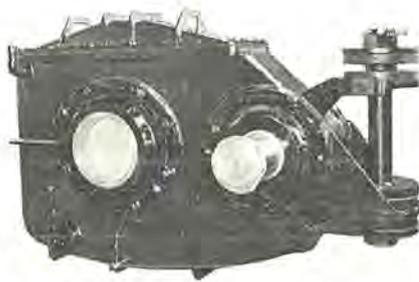


図 16. WN-1090-AF 形減速ギヤユニット
Type WN-1090-AF reduction gear unit.



図 17. WN-2590-AK 形ギヤ
リング
Type WN-2590-AK gear
coupling.

(2) 減速ギヤユニットには、機関車の最高運転速度に応じて、2種類の歯車比のものがある。図 16. は、減速ギヤユニットの外観を示す。

形名	最高速度	歯車比
WN-1090-AF, AF ₂	140 km/h	66/20
WN-1090-BF, BF ₂	160 km/h	64/22

(3) 大容量 WN ギヤリングの外観を図 17. に示すが、従来の運転実績からきわめて信頼度の高い駆動装置であると評価されている。

6. ブレーキ装置

6.1 一般

この機関車には、列車用の空気ブレーキあるいは真空ブレーキのいずれにも使用できる両用ブレーキ系統が装備されている。機関車ブレーキとしては、空気ブレーキ・抑速電気ブレーキが設けられ、ビジランス装置と連動されている。ただし、列車は、空気ブレーキ式あるいは真空ブレーキ式のどちらか一方の系統で構成され、両ブレーキ系統を有する混成列車には適用されない。

機関車の機械室に空気圧縮機 1 台および 2 台の真空ポンプが積載されている。

運転台には自動ブレーキスイッチ、非常ブレーキスイッチ、パイロットバルブスイッチ、真空/空気ブレーキ選択スイッチ、機関車ブレーキスイッチ、急速ゆるめスイッチ、ブレーキ開放スイッチ、過負荷スイッチおよび砂まきスイッチなどが、ブレーキ操作パネル上に配置されている。ブレーキ指令は、電気指令で、電磁ソレノイドとの組合せで制御される。機関車ブレーキスイッチには、“ゆるめ”、“中立”、“ブレーキ”位置があり、単弁操作と同一機能を有する。これらのブレーキ装置は、スペイン WABCO 製である。

6.2 空気ブレーキ

空気ブレーキを装備した列車をけん引する場合、真空/空気ブレーキ選択スイッチを空気ブレーキ位置に置くと、真空ブレーキ系統はカットされ、押しボタン式の自動ブレーキスイッチによって空気ブレーキが適用される。ブレーキスイッチには、“ゆるめ”および“ブレーキ”位置があり、ブレーキ力は、ブレーキスイッチを“ブレーキ”位置に置く時間によって決まるので、このブレーキスイッチを操作すれば所要ブレーキ力が容易に得られる。

6.3 真空ブレーキ

真空ブレーキを装備した列車をけん引する場合、真空/空気ブレーキ切換スイッチを真空ブレーキ位置に置き、自動ブレーキスイッチを操作すると、機関車には空気ブレーキが、列車には真空ブレーキがかかる。

6.4 電気ブレーキとの連動

抑速電気ブレーキを適用するときには、機関車の動輪のスキッドを防止するため、機関車の空気ブレーキは、電気ブレーキとのインタロックで開放される。ただし、非常ブレーキの場合には、電気ブレーキは開放され、最大空気ブレーキあるいは真空ブレーキが適用される。

6.5 ビジランス装置

UIC 641-1/2 に規定されているビジランス装置が、新しく設けられた。デッドマンサイクルは、デッドマンスイッチがオフの場合には、最初にパイロットランプが点滅し、2.5 秒後にブザーが警報し、さらに 2.5 秒後に主回路を開放してブレーキを自動的にかける方式である。

ビジランスサイクルは、デッドマンスイッチがオンの場合であっても、60 秒間リセットしない場合にはパイロットランプが点滅し、その後 2.5 秒たつと、ブザーが警報し、さらに 2.5 秒後に主回路をオフしてブレーキを自動的にかける方式である。

6.6 ブレーキシリンダ増圧装置

機関車の速度が、55 km/h 以上であるときにブレーキシリンダ圧を増圧し、高速からのブレーキ停止距離を短縮するための増圧ブレーキ装置を備えている。これは、将来、客車に増圧ブレーキ装置が取り付けられる予定であるので、今回の機関車にその設備が施された。

7. 機関車の機器配置

7.1 一般

機関車形式は、箱形・両運転台の B-B 軸配置である。機械室は、中央部の高圧機器室および主電動機室の上部を利用した補機室より構成されている。両運転室は、Z 形通路で連絡される。高圧機器室には、キーインタロックによる安全装置が施されている。

7.2 運転室

図 19. は、運転台の配置を示す。前面に計器パネル、手前が主幹制御器、そして右側に電気指令の空気/真空併用のブレーキ操作パネルが配置されている。

7.3 機器配置

機関車の機器配置は、図 18. に示すように、既納車 289 形式複電圧式機関車とほぼ同一である。これは、機器の互換性を最大限に考慮したためである。主要変更点は、UIC 規格の自動連結器を機関車両端に取り付けるためのスペースを確保したこと、および空気/真空併用ブレーキを採用するためにブレーキブロック回りを変更し、さらに電動空気圧縮機を大容量機に変更した程度である。当然ながら、電気的ぎ装およびブレーキ用配管系統は変更された。

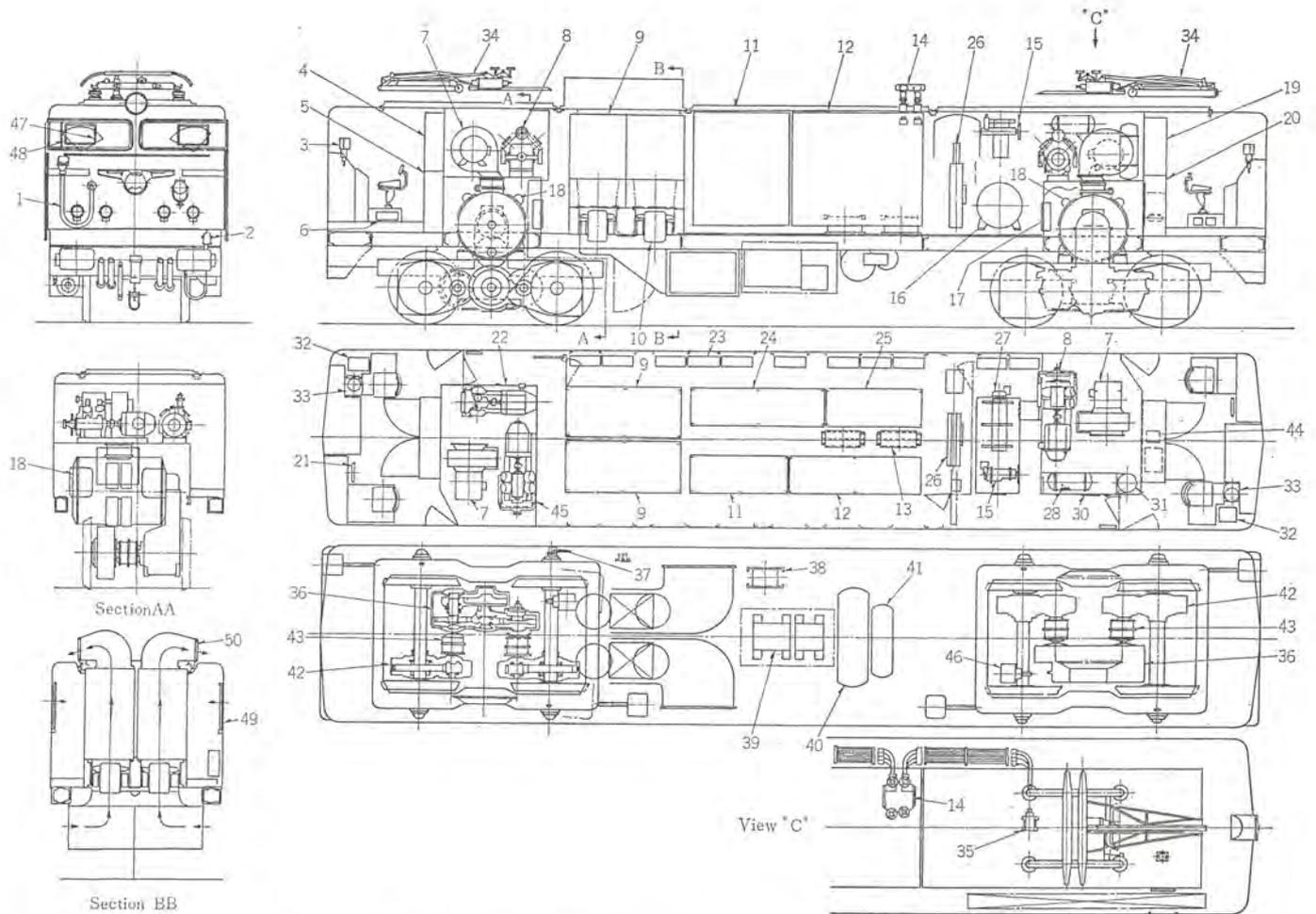
機関車重量が 88 t に設定されたので、各機器には重量的に余裕がある。調整荷重なしで、許容重量内に収めることができた。

主要機器の外形寸法は、前回と同一である。

8. む す び

スペイン国鉄の動力近代化計画に対応し、当社の設計になる電気機関車が、三度スペイン国鉄の輸送力増強の一翼をになうことになった。当社は、一貫してシステムの設計、各機器の設計および機関車全体のとりまとめを行ない、主要機器を製作するとともに、スペインメカに技術供与を行ってきた。スペインにおける国産化率も回を追って高くなり、スペインメカの技術レベルが向上しつつあることを示す。

この機関車の設計・製作にあたり、三菱重工(株)の技術陣およ



番号	機器名称	数量	番号	機器名称	数量	番号	機器名称	数量
1	制御ジャンパ	2組	18	主電動機	2	35	避雷器	2
2	列車暖房連結器	2組	19	第2制御箱	1	36	2段変速伝導ギヤユニット	2
3	速度計	2	20	ロッカ	1	37	変速計用発電機	1
4	第1制御箱	1	21	手ブレーキ	2	38	補助抵抗器	1
5	ロッカ	1	22	電動空気圧縮機	1	39	MG用抵抗器	1
6	運転室暖房器	2組	23	蓄電池	11箱	40	空気だめ	1
7	主電動機送風機	2	24	第2主制御器箱	1	41	空気だめ	1
8	真空ポンプ(連続運転)	1	25	第2機器わく	1	42	減速ギヤユニット	4
9	主抵抗器箱(バーニア抵抗器含む)	1組	26	高速度シャ断器	1	43	WNギヤカブリング	4
10	主抵抗器用送風機	4	27	静止形インバータ	1	44	ヒータプレート	1
11	第1主制御器箱	1	28	非常空気だめ	1	45	真空ポンプ(間欠運転)	1
12	第1機器わく	1	30	ブレーキブロック	1	46	ブレーキシリンダ	2
13	誘導分流器	2	31	制御空気だめ	1	47	窓ワイバ	4
14	パンタグラフ断路器	1	32	ブレーキ操作パネル	2	48	デフロスタ	4
15	かぎ箱	1	33	主幹制御器	2	49	空気フィルタ	8ブロック
16	電動発電機	1	34	パンタグラフ	2	50	ループ(冬期用)	2
17	主電動機用つなぎ箱	4						

図 18. 機関車の機器配置 Arrangement of the apparatus of locomotive.

び社内関係のかたがたのご協力・ご指導に負うところが大きい。ここに厚く謝意を表する次第である。

参考文献

- (1) 浅越, 平尾: 三菱電機技報 43, No. 9 (昭44)



図 19. 運転台 Driving stand.

スペイン国鉄納め DC 3,000 V 電車用電機品

高見 弘*・近藤 美忠*・高橋 啓一*

Electric Equipment for 3,000 V DC Electric Cars to be delivered to RENFE

Itami Works Hiroshi Takami・Yoshitada Kondo・Keiichi Takahashi

Mitsubishi is successful in receiving an order placed by the Spanish National Railways (RENFE) for 58 units of electric cars. The business has borne fruit by an arrangement of cooperation with Spanish Westinghouse, electrical manufacturer in that country and CAF Co., car builder there. Mitsubishi is in charge of designing and furnishing with complete drawing of the electric equipment, regarding which the one for the first car is to be manufactured by the Company. As for the rest of the equipment, principal apparatus shall be built by Spanish Westinghouse according to the drawing referred to. The trolley voltage is 3,000 V DC. The output power of one composition of cars is 1,160 kW. The maximum running speed of the train is 140 km/h.

1. ま え が き

東海道新幹線、チョップ制御装置などで代表されるように、わが国の鉄道車両技術は世界に誇るべきものがある。当社も、スペインへの電車・電気機関車、オーストラリアへの電車用電機品の輸出をはじめとして、各国へ新鋭車両・電機品を輸出し、そのすぐれた性能に好評を博してきた。

今回、スペイン国鉄より直流 3,000 V 電車用電機品 58 編成分を受注したが、この電車は、1971 年に同国鉄に納入した、直流 1,500 V・3,000 V の複電圧切換方式の電車 20 編成に続く、2 度目の受注であり、当社が、車両電機品すべての設計を受けもち、スペインウエスチングハウス社 (WESA) と共同で製作されたものである。車体および台車は、現地車体メーカーの CAF 社が製作を担当している。

1973 年に現地で 1 号車のぎ装が行なわれ、1974 年早々に営業運転が開始される運びになっている。ここに、この電車の概要を紹介する。

2. 電車性能と特長

2.1 特長

この電車の連続定格出力は、1 編成 (MT) あたり 1,160 kW で、最高運転速度は、140 km/h が可能である。また、この最高速度からの電気ブレーキが可能であり、下りこう配区間では、任意の抑速速度で、抑速発電ブレーキを作用させることもできるようになっている。

特長は、次のとおりである。

(1) 高速度域からの発電ブレーキ制御

140 km/h の最高運転速度より 15 km/h の低速まで発電ブレーキを作用させることができる。また、高速度域では、主電動機の過電圧を避けるために弱界磁制御が行なわれ、なおかつ、100 km/h 以上の速度域では、ブレーキ電流を約 50% に減ずるような制御がなされる。このときのブレーキ力の不足分は、空気ブレーキで自動的に補われる。

(2) 抑速発電ブレーキ制御

長距離にわたる下りこう配区間では、運転手の操作によって、任意のバランス速度で、抑速発電ブレーキを作用させることができる。

(3) 大容量の主電動機と WN 駆動方式

主電動機は、連続容量 290 kW という、電車用としては他に類を

みないものであるが、最新の 3,000 V 絶縁が施され、小形・軽量化されている。また、駆動方式は、WN カブリングを使用した WN 駆動方式が採用されており、これも、電車用としては最大級のものである。

(4) 無接点機器を使用した制御・保護方式の採用

この電車は、限流値制御装置をはじめとして、過電流検出器・過電圧検出器・空転検出器・差電流検出器などの制御・保護回路に、無接点装置を最大限に使用しており、信頼度の向上を図るとともに、保守・点検を容易なものにしている。

2.2 電車性能

この電車は、すべてスペイン国鉄仕様書の規定に従って設計・製作されている。適用規格は、UIC コード (国際鉄道連合会規約) である。

仕様書の要求する電車性能は、つぎのとおりである。

(1) 力行性能

(a) 最大荷重で下記の条件で運転可能なこと。

- (i) 直線平たん路線で……………140 km/h
- (ii) 上りこう配路線

10% で……………110 km/h

15% で……………90 km/h

20% で……………80 km/h

(b) 起動時の平均加速度は、2.0 km/h/s 以上のこと。

(c) 主電動機 1 群開放 (2 モータ/編成開放) で最大荷重で上りこう配 22% を起動可能なこと。

(2) 発電ブレーキ性能

(a) 最高速度 140 km/h より発電ブレーキがかけられること。

(b) 抑速発電ブレーキの条件は、最大荷重で 22% 下りこう配区間で車両速度 80 km/h 以下の任意の速度で保ち運転が可能なこと。

表 1. に主要要目を、図 1., 2. に車両性能曲線、力行およびブレーキノッチ曲線を示す。

2.3 主回路構成と制御方式

2.3.1 主回路構成

図 3. に主回路つなぎ図を示す。主電動機端子電圧は 1,500 V に選定されており、図示のように、電動機 2 台が永久接続され、これが 2 グループの主電動機回路を構成している。主電動機回路の直・並列切換えには、ブリッジ渡り方式が採用されている。また、並列段の

表 1. 主要要目
Principal data.

電 気 方 式	DC 3,000 V
軌 間	1,668 mm
基 本 編 成	M-T
重 量	M車 57.3 t, T車 33.1 t (いずれも空車)
電 車 性 能 (連 続)	
出 力	1,160 kW
定 格 速 度	80 km/h
引 張 力	5,550 kg
最 高 速 度	140 km/h
齒 車 比	74/23=3.22
車 輪 直 径	1,000 mm
駆 動 方 式	WN 駆動方式
主 電 動 機	直流直巻, 4 極, 丸形, 自己通風式
連 続 定 格	290 kW 1,500 V 210 A 1,450 rpm (80%F)
制 御 方 式	直・並列切換制御, 弱界磁制御, ブリッジ渡り, カムスイッチ式自動進段方式
補 機 方 式	低圧; 交流 220 V, 直流 72 V
電 動 発 電 機	30 kVA DC 3,000 V 出力 AC 220 V 50 Hz
空 気 圧 縮 機 用 電 動 機	10 kW DC 72 V 120 A 1,500 rpm
補 助 空 気 圧 縮 機 用 電 動 機	0.75 kW DC 72 V 14 A 1,500 rpm

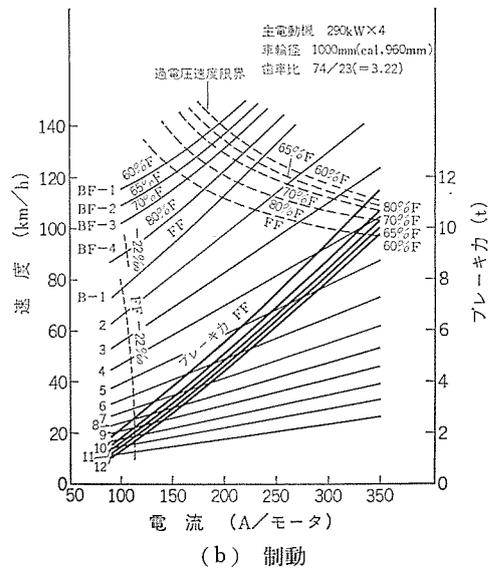
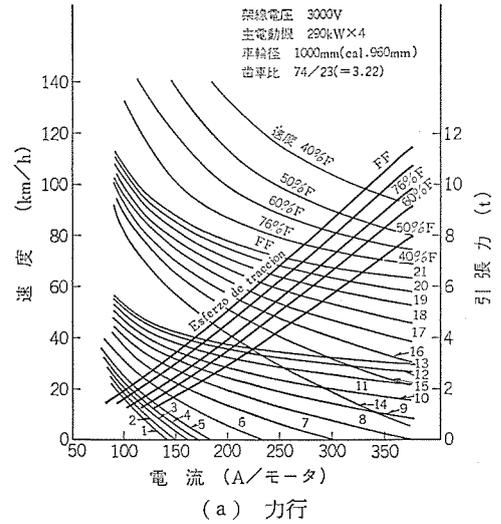


図 2. ノッチングカーブ
Notching curves.

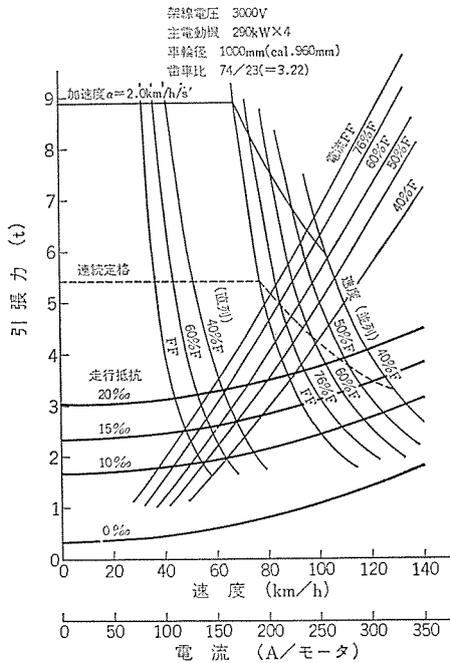


図 1. 性能曲線
Output performance curves.

制御は、主抵抗器の各群を交互に短絡してゆく交互進段方式が採用されており、抵抗短絡用カムスイッチの数を半減している。発電ブレーキ方式は、各群の界磁を交換する交差界磁方式が採用されている。

力行および発電ブレーキステップは、次のようである。

力行 直列段	13 ステップ
並列段	8 ステップ
弱界磁	4 ステップ
制動 弱界磁	4 ステップ
全界磁	12 ステップ

主回路は、力行・ブレーキを問わず、常に 2 個以上の断流器 (UP-3000 シリーズ) で同時シャ断するように構成されており、シャ断不能

などの事故に対して十分に安全である。

2. 3. 2 制御方式

運転台のスイッチを操作して高加速度 ($\alpha=2.3 \text{ km/h/s}$) と低加速度 ($\alpha=1.6 \text{ km/h/s}$) とに力行加速度を選択できる。

力行ノッチオフ時には、一段減流シャ断を行なってショックを軽減するようにしている。

発電ブレーキ時には、速度発電機によって車両速度 100 km/h を検出し、高速域と低速域でのブレーキ限流値を変えて高速域での主電動機の過電圧を防止する。

発電ブレーキゆるめ時には、主電動機界磁を弱めた後に回路を開放する、弱界磁シャ断の制御シーケンスが組まれている。

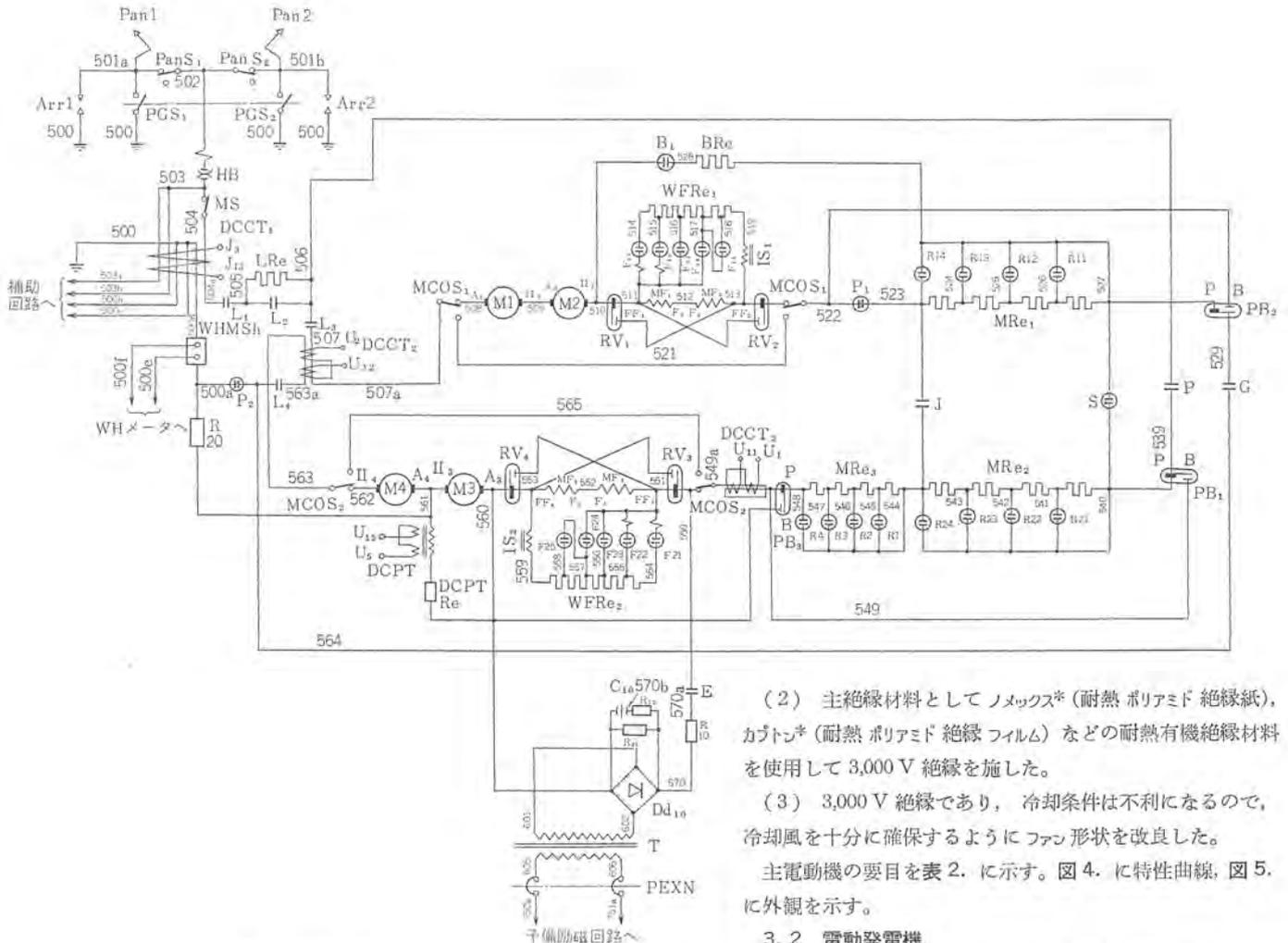
3. 主要電機品

3. 1 主電動機

電車には、端子電圧 1,500 V、連続定格出力 290 kW の主電動機が 4 台装架されている。

この主電動機の特長は、次の諸点である。

(1) 電機子コイルは重ね巻きとし、整流子片数・整流子径を最大限にとって最高架線電圧時 (DC 3,600 V) にでも平均片間電圧が限度内に十分にはいるようにした。



機器記号対称表

機器記号	機器名称	機器記号	機器名称
Arr1,2	アREST	MCOS1,2	主電動機開放スイッチ
B1	カムスイッチ	MRe1~3	主抵抗器
DCCT1~3	直流変流器	P	ユニットスイッチ
DCPT	直流変成器	Pan1,2	パンタグラフ
DCPTRe	直流変成器用直列抵抗	PanS1,2	パンタグラフ開放スイッチ
E	予備励磁用接触器	PB1~3	カムスイッチ
F11~25	弱界励磁カムスイッチ	PEXN	ノーヒューズブレーカ
G	ユニットスイッチ	PGS1,2	パンタグラフ接地スイッチ
HB	高速度レバ断器	R20	主回路接地抵抗
IS1,2	誘導分流器	RV1~4	逆転器
J	ユニットスイッチ	R1~24	カムスイッチ
L1~4	ユニットスイッチ	S	ユニットスイッチ
LRe	減流抵抗器	T	予備励磁用トランス
MS	主回路スイッチ	WHMSh	WHメータ用シャント
M1~4	主電動機(電機子)	WFRe	弱め界励抵抗器
MF1~4	主電動機(界磁)		

図 3. 主回路つなぎ図
Schematic diagram of power circuit.

(2) 主絶縁材料としてノメックス* (耐熱ポリアミド絶縁紙), カプトン* (耐熱ポリアミド絶縁フィルム) などの耐熱有機絶縁材料を使用して, 3,000 V 絶縁を施した。

(3) 3,000 V 絶縁であり, 冷却条件は不利になるので, 冷却風を十分に確保するようにファン形状を改良した。主電動機の要目を表 2. に示す。図 4. に特性曲線, 図 5. に外観を示す。

3.2 電動発電機

電動発電機は, 交流 220 V と, 整流装置を介して, 直流 72 V とを供給する。これらは, 室内けい光灯・電動空気圧縮機・制御装置・蓄電池充電用電源などに使用される。

電動発電機の仕様を表 3. に, 外観写真を図 6. に示している。電動発電機は直流 3,000 V 区間で使用されるので, 絶縁には特に注意が払われているほか, つぎのような特長を持つ。

- (1) 電動機は, 複整流子構造にし, 整流子径を小さくしている。
- (2) 磁気わくは, 積層式にし, 電圧急変・負荷急変時の整流改善を図っている。
- (3) 過速度検出用として, 速度発電機を使用した検出器を備え

表 2. MB-3165-A₂ 形主電動機要目
Principal data of type MB-3165-A₂ traction motor.

形名	MB-3165-A ₂	
方式	直流, 直巻, 補極付き	
極数	4	
通風方式	自己通風式	
装架方式	台車装架方式	
絶縁種別	電機子…F種, 界磁…F種	
定格出力	連続	1時間
	290 kW	320 kW
電圧	1,500 V	1,500 V
電流	210 A	232 A
回転数	1,450 rpm	1,400 rpm
界磁率	80 %F	80 %F
高速試験回転数	3,120 rpm	2分間
絶縁耐力	AC 8,750 V	1分間

* 米国デュポン社商品名

表 3. MG-120-S 形 電動発電機要目
Principal data of type MG-120-S motor-generator.

形 名	MG-120-S	
	電 動 機	発 電 機
容 量	入力 37.5 kW	出力 30 kVA
定 格 電 圧	入力 DC 3,000 V	出力 AC 220 V 三相 50 Hz
許容電圧変動範囲	DC 3,600 V~2,000 V	AC 220 V +5%, -10%
定 格 電 流	入力 12.5 A	出力 79 A
回 転 数	1,500 rpm	1,500 rpm
極 数	4	4
方 式	補極巻線付複巻	補極巻線付分巻
絶 縁 種	F 種	F 種
定 格	連 続	連 続

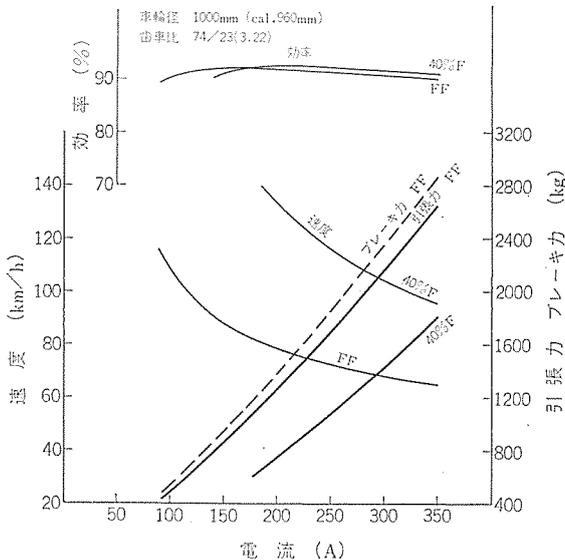


図 4. 主電動機特性曲線
Traction motor characteristic.

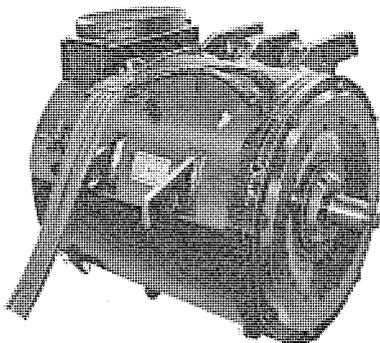


図 5. MB-3165-A₂ 形
主電動機
Type MB-3165-A₂ traction motor.

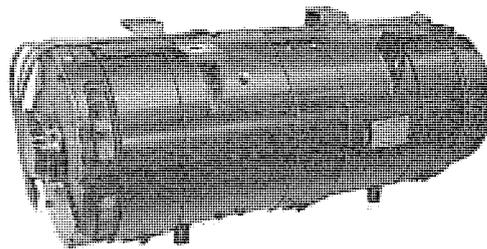


図 6. MG-120-S 形 電動発電機
Type MG-120-S motor-generator.

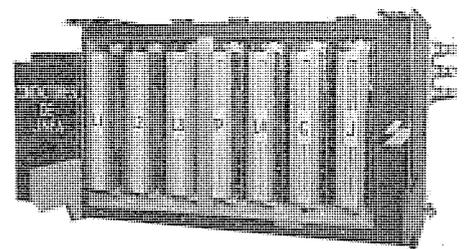


図 7. ML-7-412 形 断流器箱
Type ML-7-412 line switch box.

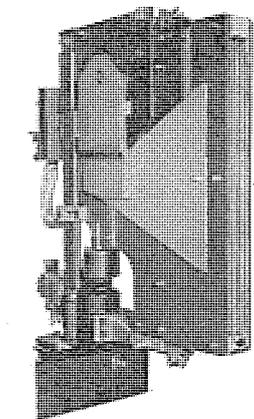


図 8. UP-3501 A 形
単位スイッチ
Type UP-3501 A unit switch.

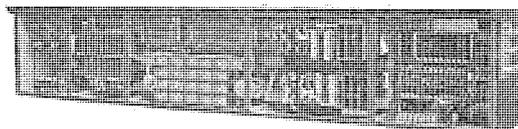


図 9. CB-33 C-1 形 主制御器箱 (正面)
Type CB-33 C-1 main control box.

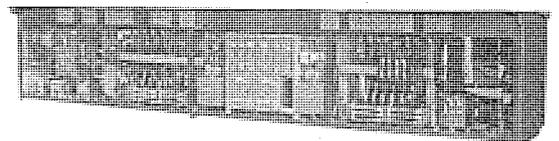


図 10. CB-33 C-1 形 主制御器箱 (裏面)
Type CB-33 C-1 main control box.

ている。

3.3 断流器箱

断流器箱には、断流器が6台納められている。この電車の電機品は、すべて車体わくに直接取り付けられているので、機器の耐アース絶縁に特に注意が払われている。

補助アーク流しは、FRP製の一体成形のものを採用して軽量化を図り、保守・点検を容易にしている。

断流器、組合せスイッチ等に使用されている電磁空気式単位スイッチは、直流3,000V用として開発されたもので、500A連続定格で、3,600V 2,000A以上のしゃ断能力を有している。

3.4 主制御器箱

主制御器箱には、予備励磁回路機器・応荷重装置・ブレーキアクチュエータなどの制御機器も組み込まれており、これにより、効率のよいぎ装置と、機器間のぎ装置線の簡略化が図られている。

カム軸は、K軸(組合せ軸)とR軸(抵抗制御軸)の2軸とし、力行25段、ブレーキ16段(いずれも弱め界磁4段を含む)の多段階制御を可能にしている。また、カム駆動制御は、マグナムを用いた無接点制御装置によって行なわれており、動作信頼度の向上、保守点検の簡易化を図っている。

上述したように、カム軸の駆動制御は、無接点化されており、したがって制御電源には、直流・交流の両電源が必要である。これは、

表 4. 制御装置主要機器一覧
List of principal control apparatus.

機 器	形 名	機 器 記 号	定 格
断 流 器 箱	ML-7-412		
単 位 ス イ ッ チ	UP-3501 A	L1,2	DC 3,000V 550A
単 位 ス イ ッ チ	UP-3201 A	L3,4, P, G	DC 3,000V 200A
減 流 抵 抗 器	EW-11AS-22	LR _e	—
主 制 御 器 箱	CB-31 C-1		
カ ム ス イ ッ チ	UC-S 500	R1~24, B1, P1, 2 S	DC 3,000V 550A
カ ム ス イ ッ チ	UCB-S 500	F11, 12, 21, 22	DC 3,000V 275A
カ ム ス イ ッ チ	UC-S 381	RV1~4, PB1~3	DC 3,000V 300A
操 作 電 動 機	P-21		—
応 荷 重 装 置	AC-307	VL	—
ブ レ ー キ ア ク チ ュ エ ー タ	AC-306	AC	—
主 抵 抗 器	EW-17AS-35	MRe1~3, BR _e	860 kW 連続
弱 め 界 磁 抵 抗 器	EW-17AS-24	WFR _{e1,2}	—
主 幹 制 御 器	KL-1003 A	MS1,2	—



図 11. KL-1003 A 形 主幹制御器
Type KL-1003 A master controller.

交流電源装置である電動発電機の出力を必要とすることになる。しかし、保守時に行なわれるシーケンス確認試験時には、直流電源のみで、等価シーケンスが確認できるような回路が組まれており、高圧回路を生かさないうで保守ができるので、危険防止上有効である。

表 5. に制御装置主要機器を示す。

3.5 主抵抗器

主抵抗器は、抑速発電制動を行なうため、連続容量 860 kW という大容量のものである。抵抗エレメントには、鉄クロムを使用した自冷タイプのものを使用している。

主抵抗器は、弱め界磁抵抗器とともに屋根上に装備されている。

3.6 主幹制御器

図 11. に主幹制御器の外観を示す。

主ハンドルは丸形で、力行および発電制動の操作を行なうことができる。

力行ノッチは、インッチング（1ステップ運転）、直列、並列、直列段弱め2段、並列弱め4段の9ノッチで、きめの細かいバランスモードを選択できる。また、主ハンドルで電制操作が行なえる。これには、保ち位置と、進め・戻しの位置があり、この位置で主ハンドルから手を離すと、保ち位置へ自動的に戻される構造にしてある。

3.7 MG 制御装置

図 12. に MG 起動器箱、図 13. に MG 制御装置箱の外観写真を示す。

この制御装置は、架線電圧 3,600 V~2,000 V、負荷電流 0~定格負荷の範囲で出力電圧変動 198 V~232 V、周波数変動 45 Hz~52.5 Hz を保証している。

電圧・周波数制御部は、無接点化されており、信頼度の高い制御システムである。

4. 駆動装置

駆動装置の要目を表 5. に示す。減速歯車装置の外観を図 14.

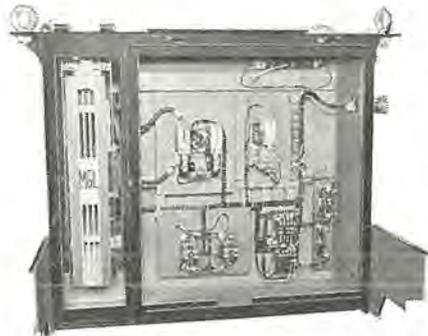


図 12. MG 起動器箱
Starter box for MG.



図 13. MG 制御装置箱
Control box for MG.

図 14. WN-1055-AF₂
形減速歯車装置
Type WN-1055-AF₂
reduction gear unit.

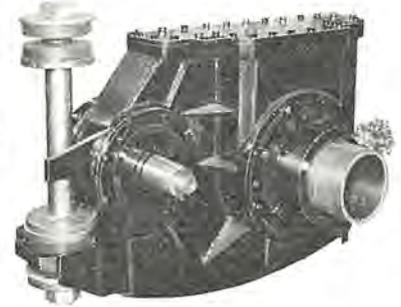


表 5. 駆動装置要目
Principal data of driving unit.

ギヤユニット形名	WN-1055-AF ₂
歯直 角モジュール比	74/23=3.22
圧 力 角	9°
ね じ れ 角	26°
	20°
ギヤカブリング形名	WN-2577-FR ₃
伝 達 容 量	290 kW 1,450 rpm
最 高 速 度	3,120 rpm
モ ジ ュ ー ル 比	4.25/3.25
圧 力 角	20°
変 位 角	
軸 方 向	±7 mm
軸 直 角 方 向	±12.5 mm

に示す。減速歯車装置には、モジュール 9、圧力角 26° の歯車を使用して強度を十分なものにした。また、カブリングは歯形を 2 段 クラウニングにし、小形軽量で、伝達能力・変位能力の大きなものである。

5. む す び

以上、スペイン国鉄納めの DC 3,000 V 電車の概要を述べた。

1967 年にスペイン国鉄へ DC 3,000 V/1,500 V の複電圧式電気機関車 16 両を納入以来、今日まで当社の設計によって製作された電車・電気機関車は、その総数 70 余両を数え、今また、新たに電車 58 編成のほか電気機関車 42 両が現地メーカーと共同で製作されている。

なお、この電車の 1 両目は、すでに完成されており、目下種々の性能試験が繰り返されている。この高性能電車が、スペインの鉄道輸送に大きく貢献する日も間近である。

自動放送装置

岡田 信実*・浪花 誠**・北垣 輝雄***
道家 昭彦⁺・谷口 敬一朗⁺・水川 繁光⁺・森本 克英⁺

Automatic Announcing System

J. N. R., Shinkansen Admini., Osaka Elect. Maintenance Depot Nobumi Okada
J. N. R., Osaka Electric Construction Division Nobu Naniwa
J. N. R., Parcelling and Stores Department Teruo Kitagaki
Mitsubishi Electric Corp., Communication Equipment Works Akihiko Dōke・Keiichiro Taniguchi
Shigemitsu Mizukawa・Katsuhide Morimoto

Labor saving is taken up in the routine work of railway nowadays and a variety of automatic announcing systems are in use. By cooperative development of the Japanese National Railways and Mitsubishi Electric Corporation, automatic announcement has been put into use at Shin-Kobe station of the New Sanyo Trunk Line. Herein is given description of this system.

The type employed is what is called "voice compiling method". Necessary words are recorded through human voices classified into the minimum number of unit, and they are compiled and reproduced by computer control in response to input data. The contents of the announcement are : a train passes, approaches, coming to the station and stops, and starting. For up and down trains separatory, type of train (i. e. Hikari, Kodama), the train number (Nos. 1~999), destination (i. e. for all the terminal stations on Tokaido and Sanyo lines), and time of departure (at a one min. interval, the time ranging from 0 o'clock 0 min. to 23 o'clock 59 min.) are announced in response to input data.

1. ま え が き

最近鉄道関係でも省力化が進み、種々の自動案内放送装置が使用されているが、このたび日本国有鉄道の山陽新幹線 新神戸駅に、日本国有鉄道と当社との共同開発の、プラットフォームの案内用の自動放送装置を設置したので、これにつき述べる。

この自動放送装置は、私鉄の駅やワンマンバスなどで見られるものに比較して相当複雑な機能を持ち、与えるデータによって、車種・行先・列車番号・発車時刻が変化でき、この変化部分を定形的な案内文の間にそう(挿)入して、一つの文章として途切れ目なしに放送するものである。したがって放送内容の組み合わせはほとんど無限に変化が可能で、ダイヤ改正があっても放送装置には全く手を加える必要がなく、改正されたダイヤに応じたデータを入力するだけで、目的の放送を自動的に行なうことができ、この点が従来の単なる定形文の選択、組合せ、あるいはエンドレステープによる順次放送と全く異なるところである。

この装置の方式は“音声編集法”といわれるもので、たとえば13時45分ならば“ジュウ”“サンジ”“ヨンジユウ”“ゴフ”のように、あらかじめ人の声により必要な言葉を最小単位要素に分けて録音しておき、再生時にこれを適当に組合せて定形文の間にそう入しながら放送するので、音声合成方式に比較して非常に自然に聞え、また長尺テープ方式に比較して内容をほとんど無限に変化できるという特長を持っている。

定形文としては新神戸駅の場合、列車通過・列車接近・入駅停車・発車用で、上り9種類、下り10種類の計19種類、そう入語としては、車種(ひかり、こだま)列車番号(1号~999号)、行先(東海道、山陽新幹線の終点駅名全部)、発車時刻(0時0分発から23時

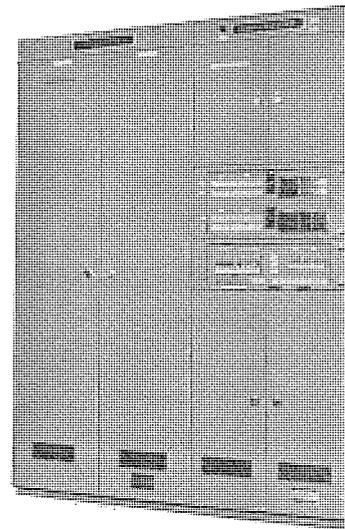


図 1. 日本国有鉄道山陽新幹線 新神戸駅自動放送装置
Automatic announcing system for Shin-Kobe station JNR.

59分発まで1分間隔で全部)が用意されている。

装置は、演算制御部に MELMIC-100 (マイクロコントローラ)、音声記憶部に当社京都製作所製の VAS (Voice Annunciator System) を使用し、これに入力切換部・データメモリ・操作盤・表示盤・Q信号検出部・編集ゲートなどを組合せたもので制御架と記憶架の2架構成となっている。

放送する列車情報内容はプラットフォームの電気掲示装置のデータにより決定され、放送文の種類および放送のタイミングは軌道信号および発車ベルよりとっている。

* 日本国有鉄道新幹線総局大阪電気所 ** 日本国有鉄道大阪電気工事局
*** 日本国有鉄道資材局 + 三菱電機(株)通信機製作所

2. 機器の概要

2.1 放送内容とタイミング

放送は前述のごとく、列車通過・列車接近・入駅停車・発車の4種類であるが、車種(ひかり、こだま、回送等)により放送内容が異なるため、基本文は上り9種類、下り10種類の計19種類となっている。このそれぞれに対し変化する短文をそう入して放送文を構成する。一例として上りひかり用の文を示すと次のとおりである。

“まもなく2番線に14時37分発、ひかり、36号、東京行が入ります。電車は前から16号車、15号車の順で一番うしろが1号車です。グリーン車はホームの中程9号車10号車、自由席はうしろより1号車から4号車です。危険ですから白線の内側でお待ち下さい”。

このように放送文の中に列車ごとに異なる部分すなわち、発車時刻・車種・列車番号・行先が入っているため、列車ごとに放送文を別に作っては音声記憶部が膨大になるし、またダイヤが変わればテープの作りなおしとなるので、放送文を基本部と可変部にわけ、データに応じ可変部を適宜そう入して放送文を構成する方法をとった。

すなわち基本文としては放送の種類、車種により他と共用できないものにとどめ、可変部として上記放送文中の下線部すなわち“発車時刻”“車種”“列車番号”“行先”とし、これらに対しては考えられるすべてのものに対応できるようにテープを準備した。

放送内容は列車接近は上記のとおりであるが、他のものは次のとおりとなっている。

(1) 列車通過

通過列車があるから注意するよという内容を4回繰返す。変化部分なし。

(2) 入駅停車

駅名呼称と発車予告。変化部分は、車種・列車番号・行先。

(3) 発車

発車案内およびドア閉注意。変化部分は、車種・列車番号・行先。これらの放送を行なうタイミングは次のとおりである。

(a) 列車通過——ホームに列車が入る約4分前

(b) 列車接近——列車通過と同じ

(c) 入駅停車——ホームに列車が止りドアが開いた時

(d) 発車——発車ベルが鳴った時

これらの放送を上り下り全く独立して行なえるようになっている。

2.2 設計条件

2.1節で述べたような放送を必要なタイミングに行なうために、次のような条件が必要であった。

(a) 走る列車がきまっていること。すなわち基本放送文がきまっているため、これ以外の列車に適当に走られては放送できなくなる。山陽新幹線では、通過・ひかり・こだま・回送・団体ときまっていた。

(b) 列車に対するデータがあること。すなわち可変部をそう入して放送文を完成するため、放送せねばならぬ列車に対するデータが絶対に必要である。今回の場合は別途設置されていた電気掲示装置が、発車時刻・車種・列車番号・行先を列車ごとに表示していたため、これの制御信号をデータとして使用した。従ってこの掲示装置の表示のとおり放送が行なわれる。

(c) 起動信号が適切なタイミングにくること。列車の運行に応じ自動的に放送を行なうためには適切なタイミングに起動信号が送られ

てくる必要がある。今回は通過・接近放送に対しては軌道信号のうち4T信号(後に3Tに変更された)を使用し、入駅停車放送には軌道信号のうちI点信号(列車がホームトラックに入ったという信号)を、発車放送に対しては発車ベル起動の信号を使用した。

(d) ダイヤ改正があっても自動放送は変更しなくてもよいこと。これに対しては前述のごとくダイヤに関係する部分を可変部とし、データにより変化させるようにした。

(e) 上り下り独立に使えること。これに対しては上り下りに対し全く2系統別に設ければよいが、不経済であるので、演算制御部のMELMICは1台で同時制御を行なわせ、音声記憶部のテープで上り・下りでお互いに不要な所すなわち下り列車番号の偶数、上り列車番号の奇数などを省略し、装置を極力簡単にしながら同時に独立して使えるようにした。

(f) 周囲の機器との関係

入力側としては列車に対するデータを電気掲示装置の制御器からとり、起動信号として信号機器から軌道信号を、高声電話機(プラットフォームの拡声装置)から発車ベル起動信号を貰っている。

出力側は、音声信号および増幅器起動信号を高声電話機にわたしている。

駅放送の優先順位は、ホームマイクが第一位、駅務室の操作卓でのマイク放送が第二位、自動放送が第三位となっている。従って自動放送中であっても必要に応じマイクの使用は可能である。

2.3 実使用上の配慮

以上述べたように本機は通常は列車運行に伴い自動的に放送を行なうが、一方では自動放送装置の保守上のことを考慮して、列車運行と無関係に独立してすべての放送文を任意に設定して、任意のタイミングに再生させ、モニタスピーカで確認できる操作盤や、現在記憶しているデータ(車種・列車番号・行先・発車時刻)、すなわち放送内容を表示する表示盤(列車番号・発車時刻は計数表示管で、車種・行先は表示灯で表す)を持っている。

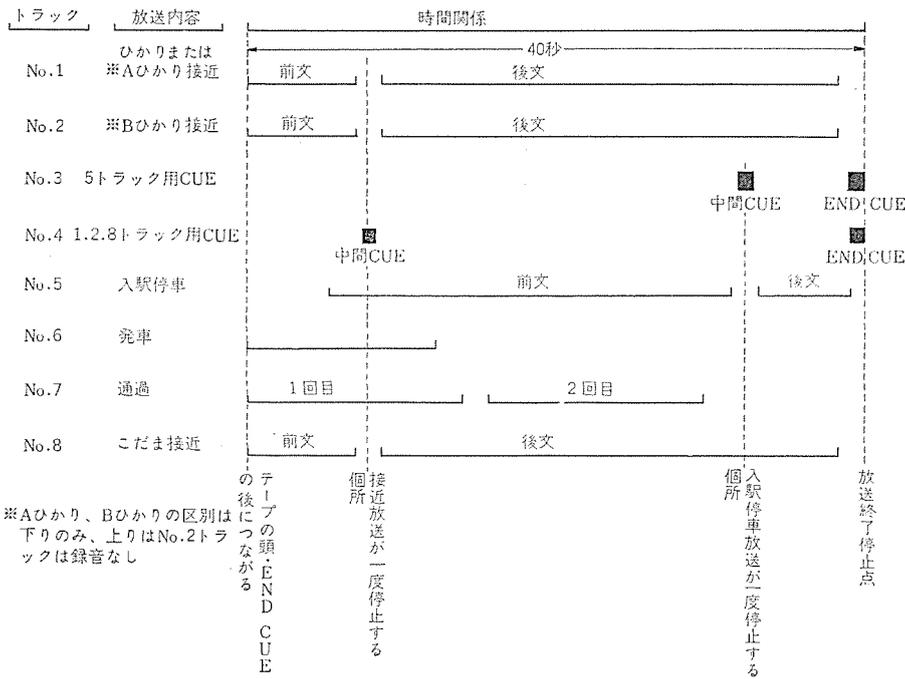
これらは保守点検に使用するだけでなく、電気掲示装置が故障の場合でも、手動でデータを設定しておくこと列車運行に伴い自動的に放送が行なえるし、また信号機器側からの起動信号がなくなっても、手動で起動信号を与えてやれば自動的に放送をさせることができる。

3. 音声記憶部とテープの構成

音声記憶装置としては当社京都製作所製のテープレコーダ VAS 100 ESを用いた。これは1/2インチテープを使用する8トラックのエンドレステープレコーダで、標準のVAS 100 Eはテープスピード9.5 cm/sの一周約20秒のものであったが、今回は基本文が約40秒かかるためテープスピードを4.75 cm/sにおとし、一周を約40秒としたVAS 100 ESを用いた。また標準のVAS 100 Eは自動停止回路を内蔵していたが、編集およびトラックへの言葉の割当ての都合上トラック全部を同じ条件とし、すべてのトラックにリアップを設け出力として取出している。

録音方法は、基本文となる長文とそう入文となる短文とは全く異なっている。

長文は通過放送文・接近放送文・入駅停車放送文・発車放送文ともすべて文の長さ、短文そう入箇所、相互の時間的關係が異なっており図2のような構成で録音されている。このうち接近放送については起動してすぐ前文の放送が始り、前文と後文の間の中間CUEの所で一度停止し、発車時刻・車種・列車番号・行先をそう入し



※Aひかり、Bひかりの区別は下りのみ、上りはNo.2トラックは録音なし

図 2. 基本文のテープ構成

Recorded tape construction of basic announcement.

表 1. 上り短文一覧表
Insertion words table-I

VAS	トラック	文	VAS	トラック	文	VAS	トラック	文
U 2	1	0時	U 6	1	1分発	U 10	1	400号
	2	1時		2	4分発		2	600号
	3	2時		3	6分発		3	700号
	4	4時		4	7分発		4	800号
	5	5時		5	8分発		5	900号
	6	6時		6	9分発		6	東京行が
	7	9時		7	10分発		7	三島行が
	8	CUE		8	CUE		8	CUE
U 3	1	3時	U 7	1	10	U 11	1	静岡行が
	2	7時		2	20		2	名古屋行が
	3	8時		3	50		3	30号
	4	10時		4	70		4	300号
	5	20時		5	100		5	3分発
	6	40		6	2号		6	20分発
	7	60		7	空		7	50分発
	8	CUE		8	CUE		8	CUE
U 4	1	80	U 8	1	4号	U 12	1	30分発
	2	90		2	6号		2	40分発
	3	200		3	8号		3	新大阪行が
	4	500		4	10号		4	空
	5	600		5	100号		5	空
	6	700		6	200号		6	こだま
	7	900		7	500号		7	ひかり
	8	CUE		8	CUE		8	CUE
U 5	1	30	U 9	1	20号		1	空
	2	300		2	40号		2	空
	3	400		3	50号		3	空
	4	800		4	60号		4	空
	5	丁度発		5	70号		5	3分発
	6	2分発		6	80号		6	20分発
	7	5分発		7	90号		7	50分発
	8	CUE		8	CUE		8	CUE

再度起動して END CUE で停止する。

入駅停車放送は起動してしばらく無放送のところがあり、次に前文を放送し、中間 CUE で一度停止し、車種・列車番号・行先をそう入し、再度起動して END CUE で停止する。この入駅停車放送がテープの後の部分によって、入駅放送終了後ただちに発車放送を行なわせる必要からであり、放送時間が接近放送と比較してかなり短いため、無放送の部分を前に持っていったものである。

発車放送は入駅停車放送に引続きすぐに開始され、最初短文から始まり、車種、列車番号、行先を放送後長文に移り、長文放送が終り無放送の部分を経て END CUE で停止する。この場合中間 CUE は無関係である。

通過放送は同一内容が2回録音してあり、テープ一周を連続して放送し、END CUE で停止したらもう一度起動させ同一内容を計4回放送する。この場合はそう入文がないため途中で停止はさせない。

表 2. 下り短文一覧表
Insertion words table-II

VAS	トラック	文	VAS	トラック	文	VAS	トラック	文
D 2	1	0時	D 6	1	1分発	D 10	1	30分発
	2	1時		2	4分発		2	40分発
	3	2時		3	6分発		3	空
	4	4時		4	7分発		4	空
	5	5時		5	8分発		5	空
	6	6時		6	9分発		6	こだま
	7	9時		7	10分発		7	ひかり
	8	CUE		8	CUE		8	CUE
D 3	1	3時	D 7	1	10		1	空
	2	7時		2	20		2	空
	3	8時		3	50		3	空
	4	10時		4	70		4	岡山行が
	5	20時		5	100		5	広島行が
	6	40		6	1号		6	博多行が
	7	60		7	5号		7	空
	8	CUE		8	CUE		8	CUE
D 4	1	80	D 8	1	3号		1	空
	2	90		2	7号		2	空
	3	200		3	9号		3	空
	4	500		4	岡山行が		4	空
	5	600		5	広島行が		5	空
	6	700		6	博多行が		6	空
	7	900		7	空		7	空
	8	CUE		8	CUE		8	CUE
D 5	1	30	D 9	1	空		1	空
	2	300		2	空		2	空
	3	400		3	空		3	空
	4	800		4	空		4	空
	5	丁度発		5	3分発		5	3分発
	6	2分発		6	20分発		6	20分発
	7	5分発		7	50分発		7	50分発
	8	CUE		8	CUE		8	CUE

図1. に示すように中間で停止させる位置に中間 CUE が録音しており、必要なところで止めるようになってはいるが、止める必要のない放送に対しては制御部で処理して停止させぬようにしている。

短文はデータ上必要な内容は全部備えていること。再生した時に不自然に感じぬこと。語数はできるだけ少ないこと。(すなわちテープレコーダの台数が少ないこと) などの矛盾した要求を満足させる必要があり、以下のようにして決定した。

まず再生した時に自然に聞えるのに、どの程度まで言葉を分解できるかを実験により確かめた。たとえば列車番号について見ると、山陽新幹線で使用される可能性のある列車番号は1号から999号まであり、上りは偶数番号、下りは奇数番号だけとしても、約500ずつあり、これをそのまま録音したのでは非常に多くのテープレコーダを専有してしまうので、これを分解することを考えた。分解の程度は種々考えられるが、最も細かい場合、たとえば789号の場合“ナナ”“ヒャグ”“ハチ”“ジュウ”“キュウ”“ゴウ”といったところまで分解することが考えられる。この場合たとえば777号の場合“ナナ”を3度使い“ヒャグ”“ジュウ”“ゴウ”と組合せれば簡単にできてしまうが、再生した場



図3. 短文のテープ構成
Recorded tape construction of insertion words.

合かなり不自然であったので、これよりやや言葉の数は多くなるが、表1, 2. に示す程度までの分解にとどめた。この場合前例の789号と放送するのに“700”“80”“9号”と再生する。この程度の分解であると抑揚をうまくコントロールして録音し、再生時言葉の間隔を0.3秒程度に制御すれば非常に自然に聞えることがわかった。この表をよく見ればわかるが、10位の数字は列車番号、発車時刻の時分にそれぞれ共用している。表1. は上り用で列車番号の奇数がなく、表2. は下り用で偶数は入っていない。この表でU-2, D-2等はテープレコーダ(VAS)の番号で、U-1とD-1はそれぞれ長文用となっている。

言葉の順序は一見すると非常に乱雑に見えるが、これは再生した時自然に聞えるために同じ長さの言葉を集めたもので、実際に何人かにしゃべらせて録音したものの時間を測定し、これを時間の短いものから順に並べ、これを7語ずつに区切り、7語の中では一応整理し並べなおしてある。VASは1台が8トラックで、このうち1トラックはCUEに使うため言葉に使用できるのが7トラックである。これはこの種のような用途には適しており一番短い“10”が0.42秒、一番長い“新大阪行が”という言葉が1.3秒あり、この両者を同じテープレコーダに入れ同じCUEで制御しようとするれば、“10”の場合、1秒程度の空き時間ができて非常に不自然になってしまうが、VASの場合表のように7語ずつ整理できるため、言葉のつながりはかなり自然である。各VASのテープは図3. に示すようになっており、一周40秒の長いエンドステープに一定間隔のCUE信号で区切られたセグメントが多数あり、このセグメントの中に1トラック1種類の言葉が何度も繰返し入れてある。このようにしたのは、同じ装置の中で異なった種類のテープレコーダを使いたくなかったこと、VASを使えばかなりうまく言葉が整理できること、1回1セグメントずつしか動かな

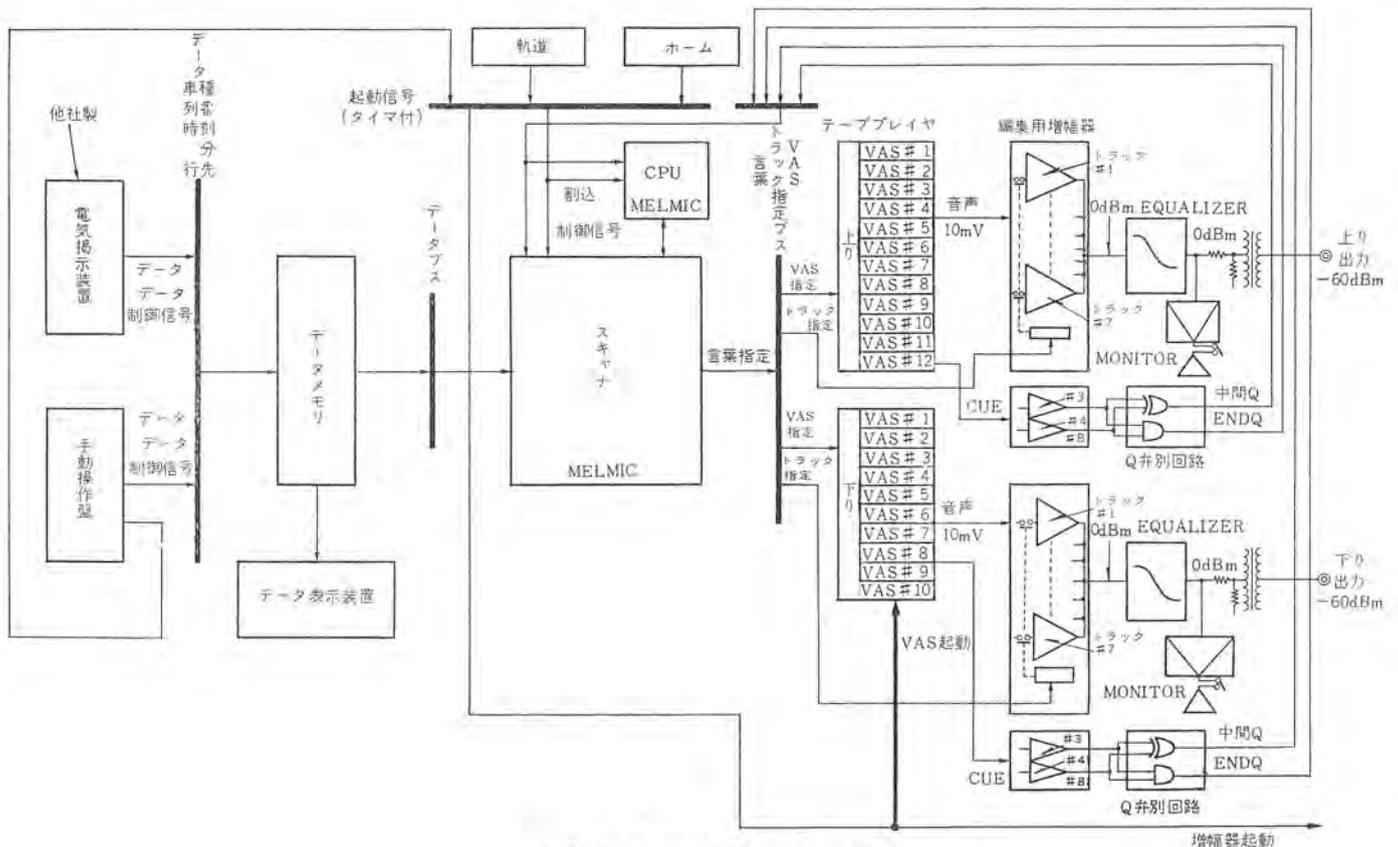


図4. 自動放送装置の構成
Automatic announcing system block diagram.

いのでテープ、ヘッドの寿命が長くなること等が理由である。

4. ハードウェアの概要

本装置の構成を図4.に示す。まずじじ(時々)変更される電車のデータを受けるために、データ送信側(電気掲示装置)とデータ処理側(MELMIC)との間にデータメモリを設けた。電気掲示装置は、最終電車出発後、始発を表示し停電する。また、電源の瞬断、停電に対処するために、データメモリとしては、ラッチングリレーを採用した。このメモリに入力されたデータは、即データ表示装置で直読できるようになっており、表示内容は車種(Aひかり・こだま・回送・通過・団体・Bひかり)、列番(000~999)、行先(上りとしては新大阪・名古屋・静岡・三島・東京、下りは岡山)時刻(0時0分~23時59分)であり、上下各々先発および次発である。演算制御を行なうCPUはMELMICを用いた。このCPUはデータメモリの先発データを随時読込んでおり、軌道、発車ベルおよび手動操作盤から起動信号があると、起動信号の内容(接近・入駅停車・発車・通過*)によりデータをあらかじめ定まっているSequenceに従って整列させ、そのデータ列に従ってテープレイヤ(VAS-100ES)を駆動させ、単語文・文節・文章からなるテープレイヤの各トラックを継ぎ合せて、一連の放送文として構成されるようスキャナにより指定を行なう。起動信号として入力されるものは、前記4種類であり、各々はまずCPUに割込信号として入り、割込信号があるとスキャナにより通過・接近・入駅停車・発車の順で走査され、内容をチェックされる。従って信号が同時に入力した場合には、走査順位の上位のものが放送されることとなる。更に、一走査終了後の放送中に起動信号が入力された場合は、一時受け付けずキャンセルされる**。また、上り・下りが同時に入力された場合は全く同時に異種の放送を行なうことができる。これは、演算制御を行なっているMELMICの特長である点である。

また、各々の起動信号にはタイムがそう入されており、このタイムにより、各放送の開始時間を調整している。このため、従来非常に困難とされていた入駅停車時のデータの開く時に合せて駅名を連呼する放送等が実現できた。MELMICのスキャナにより指定された言葉は、まずテープレイヤ指定とトラック指定とに翻訳され、テープレイヤ指定は、所定のプレイヤを駆動し内蔵している8トラック分の音声と制御信号を出力する。またトラック指定は、所定のトラック用の増幅器に音声信号を入力すべく内蔵の音声マルチプレクサのゲートを開くので、その結果VAS指定×トラック指定により常時1種類の音声のみが編集用増幅器に入力され、それらのすべてがタイムシェアにより加算されて一つのEQUALIZERに出力される。音声は、それにより等化されて、MONITORおよび放送用増幅器に出力され、放送文章として駅に流れ案内を務める。

一方制御信号用のCUEは、それ用の増幅器に入力され増幅されてQ弁別回路に入り、中間QおよびENDQとしてスキャナとCPUに帰還される。Q信号はMELMICに対して、起動信号と同様に割込信号としてCPUに入力された後、ENDQ、中間Qの順序でスキャナにより内容をチェックされる。この場合、中間Qなら整列した文章のうちの今放送した次のステップを放送すべく言葉指定をスキャナより出力し、ENDQなら放送を終了し割込ルーチンから解放される。

*: 通過は接近信号及び車種(通過)により通過信号を自動放送装置内で作り出している。これは、接近し入駅する列車と通過する列車の速度、入駅時間が異なるため放送開始時間をきめ細かに調整するのに有用であった。

** : 連続して接近信号が到着した場合は、一時停止させて先発列車出発後にデータが変更された時に改めて放送を行なうようにしている。

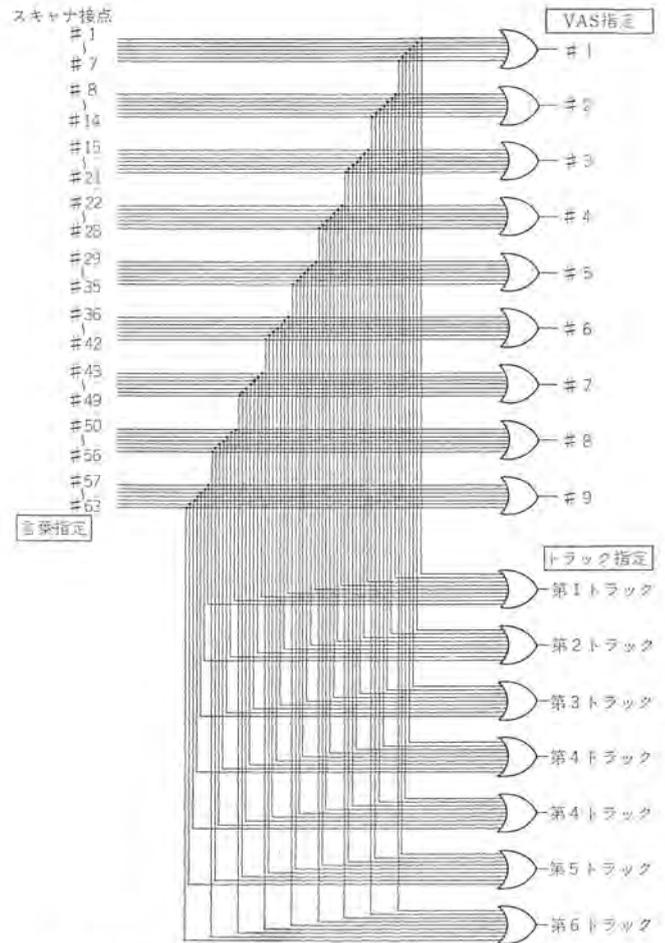


図5. 言葉指定とVAS指定,トラック指定の論理図
Automatic announcing system decoder schematic diagram.

言葉指定とVAS指定およびトラック指定の関係を図5.に示す。

テープレイヤとしては、VAS100-ESを使用した。これは、 $\frac{1}{2}$ インチのテープを使用した8トラックのテープレコーダで出力は10mV、出力インピーダンスは2kΩである。テープレイヤとしては、早い起動停止、各トラックが均一レベルであること、15msecの制御信号を忠実に再現すること等が要求される。このうち、起動停止はVASの特性として0.5秒程度であったものを、外付の制御回路により制御したため、起動時20msec、停止時50msecと大幅に改善された。レベルについては、各トラックごとに調整用レベルコントローラがあるため、それらを調整すればよい。また、制御信号は、再生時最大 $\frac{1}{3}$ 程度の脱落があっても検出するようハードウェアで構成した。テープレイヤの出力は10mVと小さいため、それを編集用増幅器に入力しEQUALIZERに出力する際に同時に約1Vrms(約0dBs)にまで増幅している。これは、LOGICと混在するためのS/Nの低下、信号受渡しの際の複雑さを除去するのに行なった。テープレイヤは、VAS起動がかかるとモータおよびブランチに電源が印加され、前述のVAS指定があると指定されたVASの出力端子から7トラック分の音声と制御用トラックから制御信号が出力される。これが編集用増幅器に入力され、トラック指定により所定の音声を取り出せるようになっている。ここで2重に指定があるとEQUALIZERにより重畳されるためソフトウェアにより2重指定はなくしている。編集増幅器を図6.に示す。EQUALIZERはMULTI入力1出力で、利得は-1である。特性はNABを示す負帰還形を採用した。MULTI入力のうちの一つに入力があるとそれを等化した後モータと、規定出力にして高声電話機へ送り出す

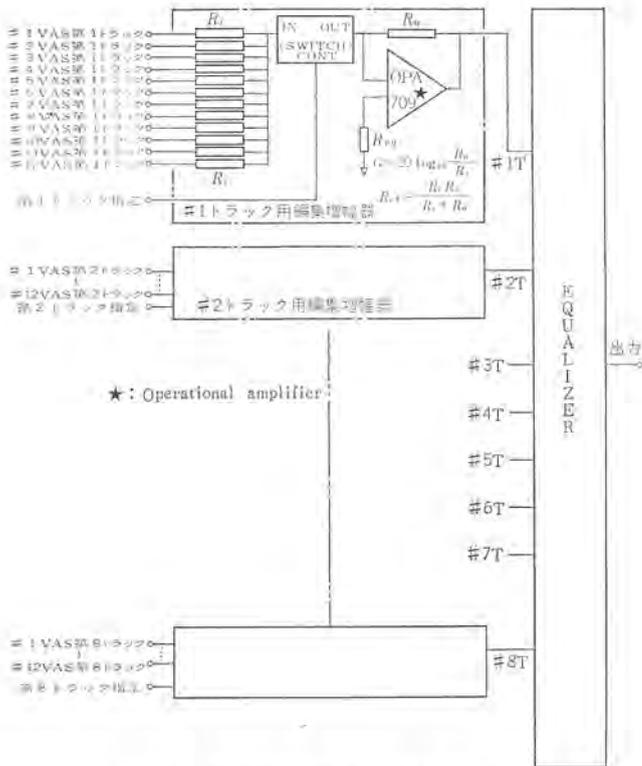


図 6. 編集用増幅器と EQUALIZER

Amplifier for compiler and equalizer block diagram.

INTERFACE 用 ATT へ出力している。

Q 弁別回路は、アナログ CUE 信号をパルス列に変換した後デジタルフィルタを通し、約 50 msec 程度の単発パルスを作り出している。この回路の特長は二つの CUE 信号源を利用して、そのどちらからの信号に対しても、中間 Q と END Q を作り出している点である。手法としては、基本定形文の CUE 信号に注目して、その CUE 信号の他に CUE 信号がある場合とない場合とに弁別し、ある場合は END Q のみを出力し、CUE 信号が単独の場合には中間 Q として出力する。従って、2 章 2.1 節で述べたそう入用短文の場合にはすべてが中間 Q であり、基本定形文中には中間 Q と END Q がある訳である。更に END Q の後で次の起動信号があるまでに中間 Q および END Q が割込信号として入力された場合には、全く処理がなされないため、Q 弁別回路としては放送中に誤信号を出力しないようにするだけでよい。また、デジタルフィルタは、信号のパルス間隔、パルス数等を計測し、正常な信号か否かを区別しているため信号と雑音との分離が非常によく、その上正常な信号に一部脱落があっても Q 信号として出力するため、テープレイヤ用の制御信号等の検出に最適であると思われる。

4.1 機器、装置の概略仕様・主要性能

4.1.1 電気指示装置

自動放送装置に必要なデータと、そのデータ制御信号を自動放送装置に出力する。

4.1.2 手動操作盤

次のデータおよびデータ制御信号を、手動操作によりタイムシェアで出力する。

- (a) 車種: BCD 4 bit
- (b) 列番: BCD 4 bit × 3
- (c) 時刻: BCD 2 bit × 1, BCD 4 bit × 1
- (d) 分: BCD 3 bit × 1, BCD 4 bit × 1

- (e) 行先: BCD 4 bit × 1
- (f) 先発書込命令: 1 bit
- (g) 次発書込命令: 1 bit
- (h) 次発読出命令: 1 bit
- (i) 操作盤読出命令: 1 bit
- (j) 上り制御命令: 1 bit
- (k) 下り制御命令: 1 bit
- (l) 接近放送命令: 上下各 1 bit
- (m) 入駅放送命令: 上下各 1 bit
- (n) 発車放送命令: 上下各 1 bit
- (o) データ読込区分: 2 bit (自動, 手動)
- (p) 放送種別: 2 bit (自動, 手動)
- (q) 放送命令区分: 2 bit (自動, 手動)
- (r) スピーカ断: 上下各 1 bit
- (s) データ SET 命令: 1 bit

4.1.3 データメモリ

次のものを記憶し出力する。

- (a) 入力
車種, 列番, 時刻, 行先

(BCD) 4 bit × 7
(BCD) 3 bit × 1
(BCD) 2 bit × 1

- (b) 番地指定: 4 bit
- (c) BCD 出力 (MELMIC への出力)

車種, 列番, 時刻, 行先

$$2 \text{ (上下)} \times \begin{cases} \text{(BCD) 4 bit} \times 7 \\ \text{(BCD) 3 bit} \times 1 \\ \text{(BCD) 2 bit} \times 1 \end{cases}$$

- (d) 表示用 DEC 1 MAL 出力
車種 (10), 列番 (30), 時刻 (分) (27), 行先 (10) の各各 4 倍 (上下, 先発, 次発)

(e) 特長

電源の停電、瞬断時に特別な措置を構じなくてもそのままデータを記憶しており、復旧した場合には直ちに記憶内容を表示すると同時に BCD で出力する。

4.1.4 データ表示装置

- (a) 数字表示 列番 3 けた × 4, 時刻 分 4 けた × 4
- (b) 個別表示 車種, 行先 × 4
個別表示はランプを使用しているため、ランプチェック方式としている。

4.1.5 演算制御装置

データ処理、演算を行なうための演算制御装置は、MELMIC である。MELMIC は 1 語の命令実行時間が 4 μs で、今回使用の制御メモリが 0.5 K 語であるので、1 サイクルに約 2 ms を要する。使用言語は、専用の MACHINE CODE でシンボリックコードによりコーディングを行なう。言語の種類は 27 種類である。1 語長は 16 bit + パリティ bit である。その他アキュムレータ (2 語), ステータレジスタ (1 語), 割込 (6 種類) 他の機能を有している。0.5 K 語のメモリは RAM, ROM のいずれでも使用でき、プログラムのアドレスは 8 進数で表わされている。

4.1.6 スキャナ

スキャナはスキャナキャビネットに実装されており、入出力点数は 512 点

1 キヤビネットで、32 点単位で増減が可能である。

4. 1. 7 テーププレイヤー (VAS 100 ES)

VAS は、+12 V で動作する テーププレイヤーで、起動停止は、ランジャ ON-OFF により外部から電氣的に駆動される。出力方式は 8トラック同時出力方式で、信号レベルは 10 mV~100 mV/2 kΩである。起動停止時間は、約 20 ms (起動時)、約 50 ms (停止時) である。これによるテープのすべりは、約 2 ないし 2.5 mm であり実用上支障はない。

- (a) テープ 走行速度: 4.75 cm/sec
- (b) 消費電流: 起動時 1.2 A, 停止時 約 0.2 A
- (c) 使用磁気テープ: 1/2 インチ 幅, 190 cm 長

4. 2 補助ハードウェア

4. 2. 1 テーププレイヤー (VAS) への電源印加

テーププレイヤーは、MOTOR, 増幅器, テープ駆動装置, 再生ヘッド等から構成されているが、各 DEVICE は多少とも電氣的あるいは機械的慣性を持っているため、起動後わずかの間その動作が安定しない。それを補うために電源電圧を常に印加しておき、常時起動状態にしておくことは、寿命の点から好ましくない。特に MOTOR 等は、DC モータであるために寿命が短い、などを考慮して内蔵の増幅器は常時電源印加、モータは放送開始前の数秒~数十秒前に、ランジャは放送時に制御信号を印加するようにした。

4. 2. 2 放送用増幅器の起動停止

外部に接続される放送用増幅器は、放送をしない時には雑音の混入等を防ぐために電源断となっている。放送する場合には、手動あるいは自動により増幅器を起動 (電源を印加するべく制御) して行なう。自動放送装置では、すべてこれを自動で行なえるが、印加した電源を手動で切断するスイッチを設けた。これは試験を行なうのに便利である。

5. CPU (演算制御装置=マイクロコントローラ)

FLOW CHART

自動放送の概略 FLOW CHART を図 7. に示す。

5. 1 構成

自動放送装置用マイクロコントローラは、つぎの二つのユニットから構成される。

- (1) 演算制御ユニット
- (2) デジタル スキャナユニット

演算制御ユニットは、マイクロコントローラの中心となるユニットで、電気掲示装置から送られてくる列車情報にもとづき、放送文を編集し、放送文トラックの駆動および停止等の制御を行なうための各種判断や処理・照合等を行なう。これらを実行するための制御シーケンス (プログラム) は、読出し専用メモリに内部記憶されている。

デジタルスキャナユニットは、列車情報や各種制御信号を入力したり、これらの情報にもとづいて演算制御ユニットで処理された放送文指定信号を出力するユニットである。このデジタルスキャナユニットは、入力、出力とも 32 点単位で 1 ユニットあたり最大 512 点まで実装することができる。本自動放送装置システムでは、入力信号として列車情報や各種制御信号が上り・下りともに 42 点ずつ計 84 点、出力信号として上り 63 点、下り 81 点の計 144 点により構成されている。

5. 2 プログラム

マイクロコントローラで処理される内容は、

自動放送装置・岡田・浪花・北垣・道家・谷口・水川・森本

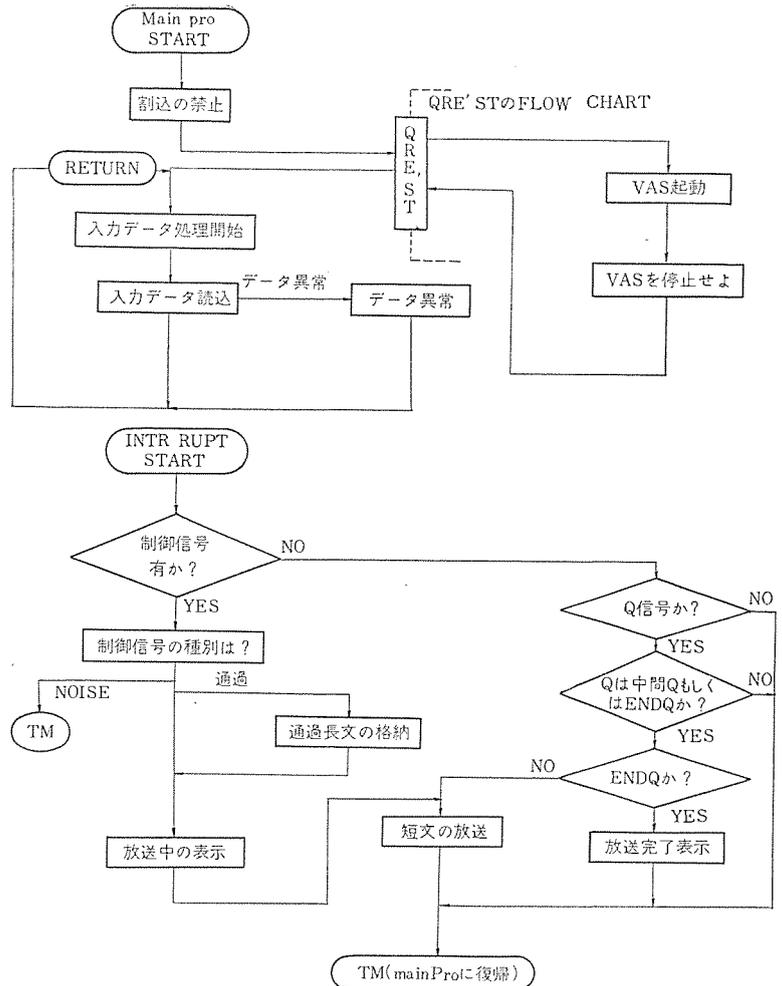


図 7. FLOW CHART
Automatic announcing system flow chart.

(1) 発車時刻や列車番号、行先、車種等の列車情報を取り込み、それらのデータに異常があると、それを検知し、アラーム信号を出力すること。データが正常である場合は以下の仕事を行なう。

(2) 列車情報が正しい時は、列車通過、列車接近、入駅・停車、発車信号のトリガ (放送指令信号) があると、列車情報にもとづいて作成する短文節列と、各放送指令信号についてあらかじめ定められている定形文とを組合せ、一連の放送文を編集し、第 1 文節目の放送駆動トリガを VAS に送り、

(3) その後各文節 (短文または定形文) ごとに録音されている CUE 信号が送られてくると、前記放送文編集内容に従って適宜 VAS への駆動信号を制御すること。

(4) 以上の仕事が上りホーム、下りホーム用に全く独立して行ないかつ同時放送ができること。等である。

これらの要求を満足させるために、入力データは常時スキャンさせ、つねにデータの正常・異常をチェックし、(2)~(4)の項目に対しては、放送指令用割込信号を上り下りに各々 1 点ずつ、CUE 信号に対しても上り、下りに各々 1 点ずつの計 4 点の割込原因を割り当て、それぞれの個別原因たとえば放送指令用割込信号としての通過列車信号、接近列車信号等の個別信号をデジタルスキャナユニットに入力信号として入力した。これにより、たとえば上り放送指令割込信号が発生すると、直ちに入力スキャナの放送指令個別信号をスキャンすることにより、どの種の放送を行なえばよいか判明する。CUE

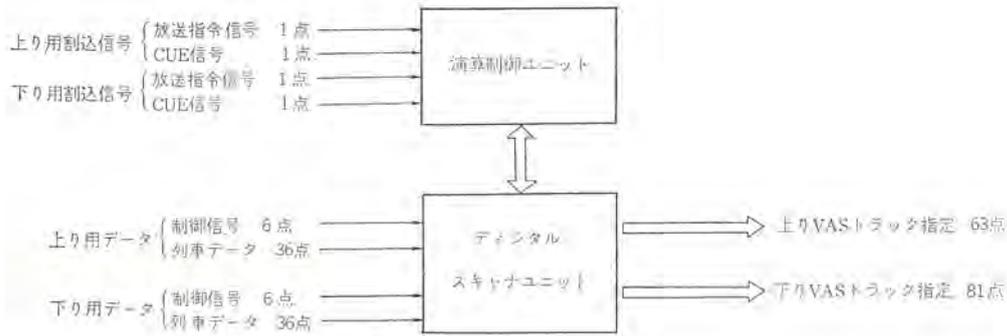


図 8. マイクロコントローラの構成図
Construction of microcontroller.

信号についても同様である。

図 8. はマイクロコントローラの構成および、各ユニットにおける外部信号の関係を示す。

データ編集の方式としては、上り列車データおよび下り列車データを交互に常時スキャンし、それぞれのデータをもとに文節別出力データ (VAS のトラック番号に対応する) を求め、上り・下り個別に設けられた短文データセルに一時記憶される。このとき入力データに、たとえば 25 時や 62 分あるいは BCD コードフォーマット上に異常があると、これを検知し、アラーム信号を出力するとともに、アラームビットをセットし、データが再び正常に戻るまで、以後の放送指令信号を受け付けずにしている。列車データが正常であるときに、放送指令信号がトリガされると、先に編集記憶されている短文データセルの内容と、各放送指令信号に対してあらかじめ定められている定形文を一定のフォーマットに再編集し、放送文セルに記憶し、放送中フラッグをセットして、第 1 文節目の VAS トラック番号を出力スキャナに出力し、VAS を駆動する。これら放送文セルおよび放送中フラッグビットは、前記短文データセルおよびアラームビットとともに、上りホーム放送用および下りホーム放送用としてそれぞれ独立に設けられている。この放送中フラッグビットがセットされていたり、アラームビットがセットされているときは、放送指令信号があってもその信号は無視され、同一ホームにおける

多重放送や誤放送を防止している。

第 1 文節目の放送が終了、VAS から CUE 信号 (中間 CUE) が送られてくると、第 1 文節目の出力スキャナ信号をリセットしたのち、放送文セルから第 2 文節目の情報を読み出し、出力スキャナに出力する。以下この CUE 信号により順次 VAS トラック信号を切換えて、最後の CUE 信号 (END CUE) により一連の放送を終えたとともに、先にセットした放送中フラッグをリセットし、新たに送られてくる放送指令信号を待機する。もし放送中フラッグがセットされていないときに CUE 信号があっても、ノイズと判定され無視される。このように放送指令信号と CUE 信号との間に、放送中フラッグビットを 1 ビット設けることにより、両者の間に完全にインタロック (ソフトによるノイズフィルタの役目) をもたせている。

6. む す び

以上新神戸駅納入の自動放送装置につき述べたが、本機は昭和 47 年 3 月 15 日の山陽新幹線開業以来順調にか(稼)動しており、信頼性が十分あることが実証されている。今後この種の駅用の自動放送の必要性はますます高くなるものと思われるので、現在更に簡単な、また更に高度な自動放送システムを開発中である。

MELMIC によるタービン発電機軸振動監視装置

横須賀良夫*・前原 史彦*・蜷川 正一*

吉田 日出夫**

Application of Micro Controller MELMIC to Turbine Generator Vibration Monitoring System

Head Office Yoshio Yokosuka・Fumihiko Maehara・Shoichi Ninagawa

Kobe Works Hideo Yoshida

To prevent a turbine generator in ahead of time from serious accidents caused by abnormal vibration, a device has been built to trip the turbine automatically as well as to give an alarm, and also to record and watch the vibration continuously for the reinforcement of the machine function. This abnormal vibration detector is composed of MELMIC. With this device the vibration of each shaft is constantly watched in reference to not only the absolute value of vibration only but also to its rate of change of vibration. The limit value of vibration is set precisely for each shaft in consideration of individual characteristic of machine on the change of vibration by taking the machine speed or the load as a parameter. The recorder of this device, being different from the old dot-striking unit, is of a continuous pen-writing type so as to record the load as well as the machine speed and convenient for the watch of vibration.

1. ま え が き

タービン発電機を安全に運転するには、振動・偏心・軸位置等の各種変化量を計測し、それらが許容値内に収まるように起動していかねばならないが、これらの中で特に考慮せねばならないのは振動であり、起動時には必ずクリティカルスピードを通過するため、振動値については十分に注意を払う必要がある。

従来の振動計測は打点記録計とユニットによっては指示計の併用による監視と、警報許容値以上の値となった時の中央での判断のみで、正常時の監視および異常時の処置の多くが運転員の判断と責任に課せられていた感があった。

ここではタービン発電機の異常振動により引き起こされる重大事故を未然に防止し、安全に機器を運転していくために、単に振動の絶対値のみならず、その変化率についても常時監視し、振動の制限値も振動の変化に機械個々の特性を考慮して、各軸ごとに回転数または負荷をパラメータとしてきめ細かく設定することにより、より早く異常を検出することができる。

このような仕様を満すために三菱マイクロコントローラ(MELMIC)をその中心部として本システムに用い、異常振動発生時に警報のみならず、自動的にタービンをトリップさせる装置と、さらに全軸受の振動を連続記録・監視する装置を、従来の振動監視計器の機能強化として製作納入したので、以下にシステムの概要・機器の構成・MELMICの占める位置等について述べる。

2. システム概要

タービン発電機の保安装置の一つとして開発された本装置は、図1. に示すように大きく次の三つのブロックに分類される。

- (1) 記録計(連続ペン書記録計)
- (2) 直接トリップ装置(ワイヤードロジック)
- (3) 判断装置(MELMIC)

従来は、単に振動測定値を表示し、警報値を越えた場合、運転員に“振動大”等の警報を出すにとどまっていたのに対し、今回記録

・監視そして保護と、きめ細かい一貫した連続監視が行えるようなシステム構成とした。各装置の機能を十分に発揮できるように、振動の検出部は、周波数の低い領域に対しても特性の良い耐震形を採用した。以下に各ブロックの概要について説明する。

2.1 記録計(連続ペン書記録計)

従来の打点式記録計や、さらにそれ以前の切換式のペン書記録計では、ある軸の記録を行なっている時には、他軸の状態が全く不明であるという不具合があった。

上記不具合を解決するために、多点の連続ペン書記録計を採用し、各軸の振動にそれぞれ色別されたペンを対応させ、各軸の振動値を同時にチャート上に記録させる方式をとった。この時、回転数または負荷も同時に記録させ、データ解析に便利のように配慮している。このように記録計を連続ペン書にしたことにより、振動変化の傾向もは(把)握でき、他軸との時間関係も明りょう(瞭)になった。

2.2 直接トリップ装置(ワイヤードロジック)

本装置は、振動異常時にトリップソレノイドを直接励磁してタービンを自動トリップさせるものであり、コンパレータおよびワイヤードロジック部から構成される。コンパレータは、振動制御箱の出力信号を、あらかじめ設定された警報値およびトリップ値と比較し、各設定値を越えた時に接点信号をワイヤードロジックへ出力する。ワイヤードロジックは、この信号間で互いにインタロックをとり、最終的に警報およびトリップ出力を出す。この警報出力は後述する判断装置のトリップ出力のインタロック用に使用される。次に、本装置の特長を述べる。

(1) ロジックを簡素化し、確実に動作するよう考慮し、設定値は各軸共通に一定値とした。

(2) 検出部回路へのノイズ対策として、トリップ出力回路を積分形とし、時限をもたせ、ミストリップを防止した。

(3) 検出器断線、短絡あるいは接地事故では、振動制御箱の出力は零になりミストリップを防止している。

このように、本装置は、後述する判断装置のバックアップにもなるため信頼性を考慮し、簡単な回路構成で、確実に、最終的に機器を保護するよう考えている。

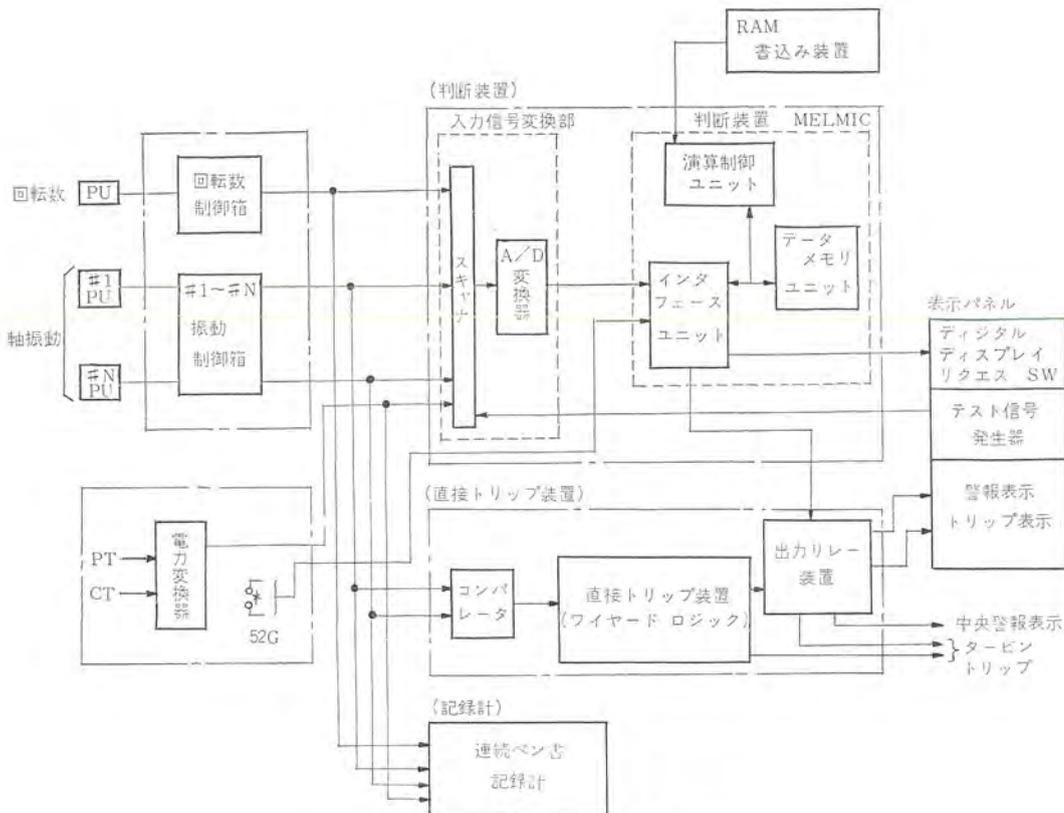
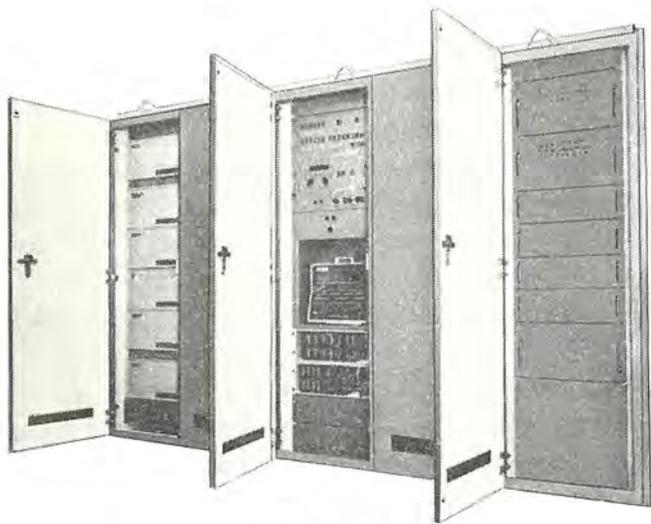


図 1. 振動監視装置のブロック構成図
Block diagram of vibration monitoring system.



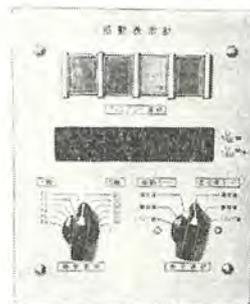
(a) 保護装置盤

図 2. 東京電力(株)鹿島火力発電所納め振動監視装置
(振動監視盤は図 3. 参照)
Vibration monitoring system (vibration monitoring system ; refer to Fig. 3.).

2.3 判断装置 (MELMIC)

本装置は、その中心部に、三菱マイクロコントローラ (MELMIC) を使用し、高速スキャン・高速演算によりタービン発電機の異常振動を検出する装置であり、図 1. のブロック構成図に示すように、入力信号変換部・MELMIC・RAM 書込み装置・表示パネルから構成され、各軸受の振動を常時監視し、単に絶対値のみならずその変化率も演算・監視することにより、幅広い監視が可能になった。

まず、試運転結果より得たタービン回転数および負荷に対する各軸の振動の正常値 (基準値) をもとに、各軸ごとに警報値およびト



(b) BTG 盤表示パネル



図 3. 東京電力(株)鹿島火力発電所納め記録計盤
Recorder-board.

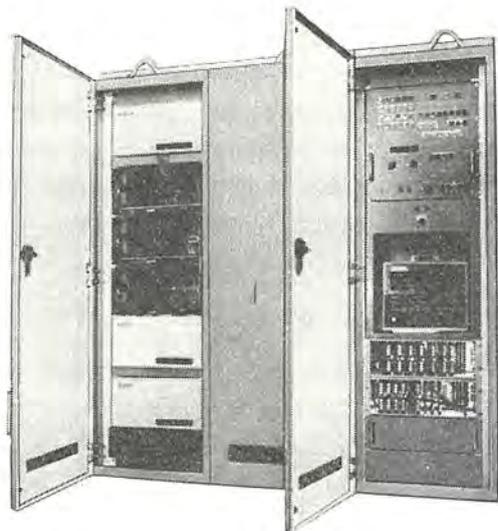


図 4. 判断装置 (MELMIC)
Vibration monitoring instrument (MELMIC).

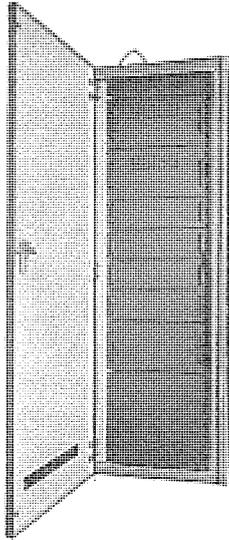


図 5. 直接トリップ装置
Direct trip apparatus (wired logic).

リップ値のパターンを作成し、RAM 書き込み装置により、MELMIC のデータメモリに記憶させておく。これらのパターンは、試運転時に連続ペン書記録計に記録されたデータを解析することにより行う。

データメモリに記憶された設定パターンと読込んだ測定値とを比較演算し、警報値を越えていれば警報接点を出し、トリップ値を越えていれば他軸とのインタロックをとり、トリップ接点を出す。

さらにトリップ出力は前述のごとく直接トリップ装置からの警報出力とインタロックをとって、トリップソレノイドを励磁しタービン発電機をトリップさせる。

MELMIC の演算時間は 4 μ s/ステップであり、また、入力信号変換器 (A/D 変換器) も変換時間が約 30 μ s と高速のものを採用したので、プログラムをすべて終了するのに要する時間は、約 300 ms と非常に短い。実際の運用にあたっては、300 ms 程度の高速性は必要としないので、1 秒周期でプログラムを実行し、振動を監視している。

MELMIC からの出力信号はノイズ等による誤動作を防止するため、すべて 2 秒間の二重照合を行ない、また、命令・演算が正しく行なわれているかどうかを判断するため自己診断機能をもたせている。

MELMIC と運転員とのインタフェースとしては、表示テストパネルが用意されており、警報出力およびトリップ出力を表示するとともに、MELMIC の故障表示を個別に行ない、運転員へ異常状態を知らせる。

また、各種測定値および計算値を必要に応じ、デジタル表示させる機能を備え、運転員の監視操作に非常に役立っている。なお、その表示機能については 4 章で詳しく述べる。

2.4 その他

本システムは、2.1、2.2、2.3 節に述べた各ブロックより構成され、それぞれ特長を有しているが、さらにシステムとして、次のような機能を備えている。

1 番目として、表示テストパネルにテスト回路があり、記録計・直接トリップ装置および判断装置の入力に、任意のレベルの模擬信号を印加し、個々の動作特性を確認できる。

2 番目として、直接トリップ装置および判断装置の試験調整時に、タービンがミストリップしないように、各々のトリップ出力回路に除外ス

イッチが設けてある。従って前記テストを行う際は、このスイッチの操作を必要とする。

以上述べたように、本システムは完全に独立した三つのブロックより構成されているため、対象となるシステムの大きさ、また、客先志向によりそれぞれ単独に、あるいは、各々の組合せにより任意のシステム構成ができる。

なお、MELMIC を使用した判断装置については、4 章でその機能および動作について詳細に説明する。

3. 機器の構成

本システムを構成する機器の概要ならびに仕様を以下に述べる。

3.1 振動検出器

回転軸の振動を検出し、それを電気信号に変換するもので、その性能は次の通りである。

- | | |
|-------------|------------------------------------|
| (1) 形式 | 速度計 (動電形), 耐震構造 |
| (2) 検出方式 | シュー接触形 |
| (3) 検出方向 | 垂直方向 |
| (4) 測定範囲 | 振幅 0~40/100 mm P-P
周波数 10~70 Hz |
| (5) 検出特性 | 160 mV P-P/cm/s \pm 5% |
| (6) 使用温度範囲 | 0~80°C |
| (7) 最大許容振幅 | 1 mm P-P |
| (8) 最大許容加速度 | 10 G |

3.2 振動制御箱

振動検出器からの信号を受け、振動振幅 0~40/100 mm P-P に対し、記録計用・計算機用出力として 2.5~40 mV、MELMIC・ワイヤードロジック用出力として 0.25~4.0 V の 2 種類の電圧信号に変換する。振動検出器からの出力は、アンプのフィルタで検出器シューのビビリ・誘導ノイズ等を除去し、また、検出器の共振点が約 14 Hz にあたるため、20 Hz 以下の周波数特性の補正を行い、10 Hz (600 rpm) から 150 Hz (9,000 rpm) までをフラットな特性としている。このアンプの出力は振動の振幅に比例した AC 電圧となり、整流し DC 電圧として最終的に出力される。

なお、検出器断線時には、出力信号を強制的にゼロにする回路も組込まれている。

制御箱の性能は次の通りである。

- | | |
|-------------|-------------------------------|
| (1) 制御電源 | AC 110/100 V, 50/60 Hz |
| (2) 消費電力 | 45 VA |
| (3) 標準定格 | 0~0.4 mm (複振幅) |
| (4) サービスレンジ | 600 rpm~8,000 rpm |
| (5) 出力電圧 | DC 2.5~40 mV
DC 0.25~4.0 V |
| (6) 総合精度 | 定格の \pm 5% |
| (7) 周囲温度 | 0~45°C |

3.3 記録計

連続ペン書記録計としては、ペンの数でタイプ A、タイプ B およびタイプ C と 3 種類があり、対象プラントのシステムにより選択することができる。なお、タイプ A と B はペン数が違うだけで同一仕様であるので、ここではタイプ A とタイプ C の性能について表 1. にまとめた。

3.4 MELMIC

MELMIC は、表 2. で示すように、演算制御ユニットを中心として、各種周辺機器から構成されるが、本装置ではその内の以下に記

表 1. 連続ペン書記録計
Multi-pen type recorder.

	タイプA (タイプB)	タイプC
I. 記録紙長さ	40 m/巻	10 m/巻
幅	250 mm	250 mm
処理	巻き取り式	折りたたみ式
速度	Low 60 mm/h High 600 mm/h	Low 60 mm/h High 600 mm/h
目盛	250 mm	100 mm 幅×2ゾーン
II. ペン数	7ペン or 9ペン 全ペン同一 F, S.	8ペン 4ペン×2ゾーン
III. 応答速度	1秒/F, S.	1.5秒/F, S.
IV. 精度	±0.3% F, S.	±0.5% F, S.
V. 入力信号	0~30 mVDC	0~50 mVDC
VI. 入力抵抗	1 MΩ	100 kΩ以上
VII. 電源	AC 100 V or 110 V 50/60 Hz	AC 100 V or 110 V 50/60 Hz
VIII. 消費電力	約 120 VA	約 85 VA
IX. 外形寸法	幅×高さ×奥行 7ペン 520×400×460 9ペン 640×400×460	幅×高さ×奥行 324×240×550
X. 重量	約 60 kg (9ペン)	約 30 kg

表 2. MELMIC の構成および主要性能
Capability specification of MELMIC-SYSTEM.

名称	主要性能
演算制御ユニット	回路素子 集積回路 (TTL, DTL, MSI, LSI) 制御方式 読出し専用内部プログラム記憶方式 演算方式 2進並列, 固定小数点 命令種類 基本27種 演算速度 1命令あたり 4μs 語長 16ビット メモリ 制御プログラム 読出し専用方式 最大512語 (ROMカードまたはRAMカード) スタックパッド 可変メモリ 224語 (RAMカード) レジスタ 内部, 外部合せて, 最大32語まで接続可能 内部レジスタ アキュムレータ 2語 ステータスレジスタ 1語 バッファレジスタ 6語 割り込み 1レベル 6原因 (割り込み原因は外部増設可能)
制御メモリユニット	メモリ 読出し専用方式 最大1,024語 (ROMカードまたはRAMカード) 但し本ユニット採用の際は演算制御ユニット内の 制御プログラムは使用できない
入出力ユニット	入力 32点, リレー接点 出力 16点, リレー接点
デジタルスキャナ	32点単位で, 入出力点合計最大8,192点 接点または論理レベル (0 V/5 V) インタフェース
データメモリ	256語単位で, 最大8,192語 RAMカードまたはROMカード
入力レジスタ	1語単位の論理レベル (0 V/5 V) 入力 インタフェース
出力レジスタ	1語単位の論理レベル (0 V/5 V) 出力 インタフェース
紙テープリーダ	読取り速度 1,000字/分
紙テーププリンタ	さし孔速度 1,000字/分
デジタルプリンタ	1行当り 8.12または20けた, 印字速度 最大3行/秒
出力ディスプレイ	印字種類 16, 32, 48種類, 印字速度 最大10字/秒
ROM書込装置	読出し専用メモリ (ROM) へのプログラム書込み装置
RAM書込装置	可変メモリ (RAM) へのプログラム書込みおよびプログラムデバッグ用装置

す機器が使用され, そのブロック図を図 6. に示す。

- (1) 演算制御ユニット
- (2) 制御メモリユニット
- (3) データメモリユニット
- (4) インタフェースユニット
- (5) RAM書込み装置
- (6) 入出力インタフェースユニット
- (7) A/D変換器

上記中, いわゆる MELMIC と呼ばれるものは(1)~(5)で,
(6)・(7)は入出力信号変換部である。

MELMIC 自体の詳しい説明は, 他の説明書に譲ることにし, ここでは, 本システムに適用した機器の概要について簡単にふれることにする。

(1) 演算制御ユニット

本ユニットは, MELMIC の中心となる装置で, 入出力ユニットや, その他の周辺機器を介して読みとった入力状態をもとにして, 各種の判断・処理・照合を行い, その結果を再び周辺機器を介して, 被制御系に供給するユニットである。

命令の種類は 27 種類あり, 演算速度は 4 μs/ステップである。メモリは最大 512 語の制御メモリと最大 224 語のスタックパッドメモリを持ち, 内蔵されるレジスタの数は, 内部・外部を合わせ, 最大 32 語である。なお, 本システムでは, 別途次に述べる 1k 語の制御メモリを付加してあるので, 演算制御ユニット内には制御メモリは入っていない。

(2) 制御メモリユニット

演算制御を実行させるための制御手順のプログラムを記憶するメモリユニットであり, 容量は 1k 語である。このメモリ内に, 4.2 節で述べるプログラムがすべて書かれており, その手順にそって命令は実行される。

(3) データメモリユニット

外部から読込んだデータのファイルとして用いたり, あるいは各種処理内容のリストとして用いることのできる外部記憶装置であり, 1キャビネットに最大 1,024 語収納できる。本システムでは, 制御対象にに応じて, 1k 語あるいは 2k 語と使い分けしている。2.3 節で述べたように, このデータメモリ内に試運転結果により決められた振動の警報パターンあるいはトリップパターンが収納されている。

(4) インタフェースユニット

入力レジスタカードや出力レジスタカードを収納する。

レジスタインタフェース間は, 16 bit 並列に論理レベルで外部からデータを読みとったり, 外部へ送り出したりする。入出力のカード枚数は, 制御対象により異なるが, 演算制御ユニットに内蔵される空レジスタの数の制限され, 最大 23 枚である。

(5) RAM書込み装置

RAM書込み装置は, メモリへのプログラムや数値データの書込みを行ったり, 演算制御ユニットと接続して, プログラムのデバッグに用いたりするものである。ただし, 本装置はオフライン機器であるので, メモリ内の状態を見るには, 装置をプラントから切り離さなければならない。

(6) 入出力インタフェースユニット

データの表示・出力・警報・トリップの表示出力を MELMIC のインタフェースユニットから受け, 表示パネルのランプ類の点灯を行わしめ, セレクタスイッチ類のデータ呼出し信号を受けて MELMIC のインタフェースユニットに入力させる。

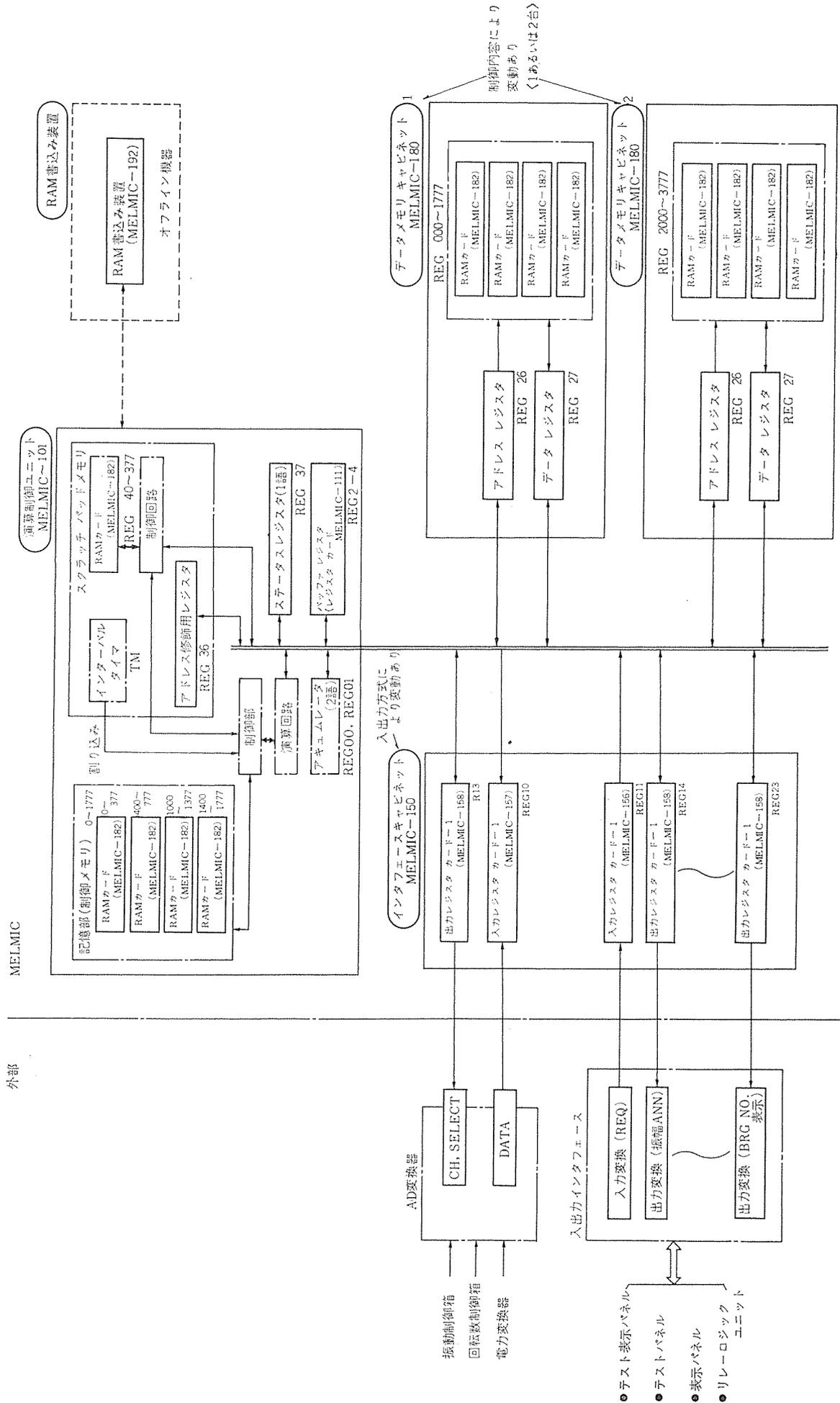


図 6. MELMIC のブロック図
Block diagram of MELMIC-SYSTEM.

(7) A/D変換器

制御箱からの各軸の振動振幅信号(DCアナログ)および回転数負荷の信号を入力とし、MELMICからのチャネル指示により、そのうちの1点を選択し、アナログ信号をデジタル信号に変換する。

(8) 表示テストパネル

本装置の機能を十分に発揮できるのが、この表示テストパネルであり、MELMICを使用して演算処理した結果がすべてこのパネルを介して、運転員とやりとりされる。以下に表示される内容を記す。

- (a) 警報・トリップ表示
- (b) 個別故障表示
- (c) デジタルディスプレイ
- (d) 状態表示
- (e) テスト

4. 判断装置(MELMIC)の機能

これまでに、タービン発電機振動監視装置のシステム概要ならびに機器の構成について述べてきたが、ここではその中心とも言うべき、判断装置の持つ機能について説明する。その機能としては、振動監視のロジックと運転員とのインタフェースの二つに大きく分けられる。

4.1 振動監視のロジック

MELMICにおける振動監視プログラムの概略フローチャートを図7.に示す。この図よりわかるように、プログラムは、入力部・演算部・出力判定部・表示出力部・データ累進部・自己診断部の六つに分けられる。

MELMICによる監視は、1秒サイクルで連続監視を行うが、実際のプログラム実行所要時間は、前述のとおり約300msである。しかし、警報トリップ等の出力信号をコードの組合わせで外部へ出力する場合には、リレーの動作時間を考慮する必要があり、プログラムのサイクルタイムの選定には注意を要する。

なお、図7.に示すプログラムを処理するのに要する制御メモリは、約900語であり、次にプログラムの各部について詳細に説明する。

(1) 入力部

プログラムスタートと同時に、A/D変換器へチャネル指定ならびに変換開始指令を送り、A/D変換器での信号変換終了後、振動値・回転数または負荷・テストシグナル等の必要なデータを入力レジスタに読み込む。

次に読み込んだ電圧レベルのデータを、振動値・回転数または負荷の各レンジに変換し、正常な測定値内にあるかどうかのチェック(スケールアウト判定)をし、スタックパッドメモリの割付けられた各レジスタに収納する。スケールアウトしているときは、スケールアウトの表示をするとともに、振動値の場合には、スケールアウト値をそのまま収納するとミストリップのおそれがあるため、1回前の値をそのまま新しい値とみなしてメモリに収納させる。

(2) 演算部

前記、読み込み・判定が終了し、全データが正常であった場合には、引き続き演算部を実行することになるが、振動の変化率監視に対しては、後述するように4秒前のデータが必要であり、装置スタート後の4秒間は、その比較データ収集に要され、演算部による監視・検出は5秒以後から演算されるが、開始後4秒間は、非常に短い時間であり、タービン監視機能に何ら支障はきたさない。

演算部では、実測値と比較すべく振幅・変化率の警報あるいはトリップ等の各種制限値(以下制限値という)を算出し、2秒間連続して条件が満足されたかどうかをチェック(二重照合)して、照合成立

時には出力を出す。ただし、以下の監視の項で述べるように、トリップ出力は他軸とのインタロックを考慮する必要があり、全軸の演算結果が一通り終了した時点で別途判定されねばならず、演算部での外部信号は警報出力のみである。以下に振動パターンと各種監視方法について述べる。

(a) 振動パターン

振動パターンは、MELMICによるタービン振動監視機能を行ううえで、タービンの異常状態検出はもちろん、最終的にはタービントリップに至らしめるための比較要素となることより、この装置の中で最も重要な役割をなす。

その決定にあたっては、振動検出器の設置場所・タービン機種、さらには、コールドスタート・ウォームスタート・ホットスタート・急速停止等タービンの運転状態により、タービンロータおよびケーシングの受ける熱応力が異なり、その結果振動値が大きく左右されるため、これら機械個々の特性を十分に考慮する必要がある。

実際には、試運転実績より、連続ペン書記録計のチャート解析等を行い、各軸受ごとに、回転数をパラメータとしたパターンおよび負荷をパラメータとしたパターンが決定される。すなわち、振動・変化率の二つのモードがあり、またそれらが回転数および負荷の二つのパラメータに対して各々設定されるため、各軸につき、それぞれ別個の4枚のグラフチャート(パターン)が作成されることになる。1枚のグラフには、警報レベル、さらにトリップレベルが設定され、判断装置には、回転数・警報値・トリップ値・回転数……というふうに1語ずつデータメモリ(1k語ないし2k語)に記憶させてあり、プログラム実行にあたっては、概略フローチャートの警報計算・トリップ計算がこれに相当し、下式のごとく算出される。

$$y = y_{i-1} + (y_i - y_{i-1})(x - x_i) / (x_i - x_{i-1})$$

- ここで y_i : 振動値あるいは変化率(パターン)
- y_{i-1} : 振動値あるいは変化率(パターン)
- y : 振動値あるいは変化率(求めるレベル)
- x_i : 回転数あるいは負荷(パターン)
- x_{i-1} : 回転数あるいは負荷(パターン)
- x : 回転数あるいは負荷(実測値)

振動パターンの一例として、回転数に対する振動制限値を図8.に掲げる。

(b) 振動異常監視

振動監視装置における基本的な考え方であると共に、判断装置が果たす重要な監視機能の一つであるこの監視部は、前述の振動パターンより算出された各種制限値と、各実測値または計算値との比較結果

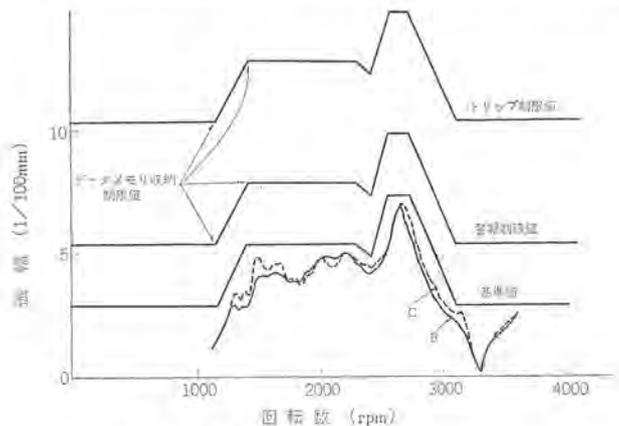


図8. 振動パターン Vibration pattern.

に基づき、各種タービン保護の効果をあげうる部分である。

また、演算にあたっては、ノイズ・誤信号等により引き起こされるミストリップを未然に防ぐ役割を果たす二重照合判定も行われる。

以下に各監視項目について簡単にふれ、そのロジックを図9.に示す。なお、この部分は図7.のフローチャート上の処理ルーチンに相当するものである。

(i) 振動警報監視

タービン発電機に限らず、特に長軸かつ大規模な回転体に生ずる振動に対して確立された監視方式はないが、振動の絶対値を監視することは、異常振動検出に欠かすことのできない方法の一つであり、これは実測値と警報制限値との比較により行われ、早期監視の意味からも、各軸単独にて監視した時点で警報出力信号を送り出し、運転員に注意をうながすものである。

実際のプログラムでは、軸受ごとに、下記監視を順次行い、一通りの監視処理終了後、次の軸受の異常監視を行っている点で、ロジック図と異なっているが、便宜上わかりやすくするために全軸受についてまとめて記載されている。

(ii) 振動警報5分継続監視

上記警報が発生して5分経過しても、まだ処置がなされないことは機器運転継続上好ましくないため、運転員に対して再度注意をうながすものである。この5分間の時限については、警報が発生して5分間以内に通常の操作であれば振動値を下げるに十分な時間であるとの判断に基づいている。

(iii) 振動トリップ監視

警報監視において、異常が認められた場合には、引き続き直ちに機器を停止すべきかどうかの判断を行うのが、このトリップ検出である。実際の装置においては、機器保護の面から、異常振動検出時に直ちにタービンをトリップさせる方向で機器操作が行われるべきであるが、通常、異常振動が発生する際には1軸受のみが急激に変化するのではなく、同軸上の他軸受にもその影響が及ぼされるといことが広く知られており、タービンをトリップさせる停止指令には、他軸

とのインタロックが組み入れられている。

(iv) 変化率警報監視

振動の推移傾向をつかみ、タービン発電機に対して許容される振動増加過程を監視するのが、この変化率監視である。

この許容増加率監視は、運用上、機器保護面から急激な変化に対するものと、運転員にとって非常に認知し難いゆるやかな変化をとらえるものとの2面からの監視方法がとられている。

ここで述べる監視は、前者に対するものであり、4秒前の実測データに基づき、運転員の理解の度を助けるため、1分間に換算して許容偏差判定を行い、警報信号を出すものである。ただし、振動が減少する場合および振動が小さな範囲では、変化率が大きくても機器の運転には支障がないので、変化率計算は除外される。なお、後者については、後述の5分後予想警報監視に譲る。

(v) 変化率トリップ監視

上記警報において、異常が認められた場合ということであり、前述の振動トリップ監視と同様の考え方で理解できる。

(vi) 5分後予想警報監視

振動の増加傾向は、前述のごとく2種類あり、急激な異常振動あるいは増加傾向に対しては、運転員は、比較的容易に認知可能であるが、ゆるやかな増加に対しては、記録計に記録されたデータを運転員が常時監視していなければ見落されるおそれがあり、運用上、監視し難いものである。本監視は、このような緩慢な振動の増加を監視する目的で設けられており、1分前のデータから、5分後には危険領域すなわちトリップ領域(20/100 mm)に至ると判定した場合に、いち早く警報信号を出し、運転員の注意を喚起するものである。

(3) トリップ出力判定部

前記各監視の項から明らかなように、トリップ信号発生時には、他軸とのインタロックが組み込まれるため、プログラム上は、全軸受終了時点でトリップの判定をし、判断装置からの最終的なトリップ指令を送り出す。

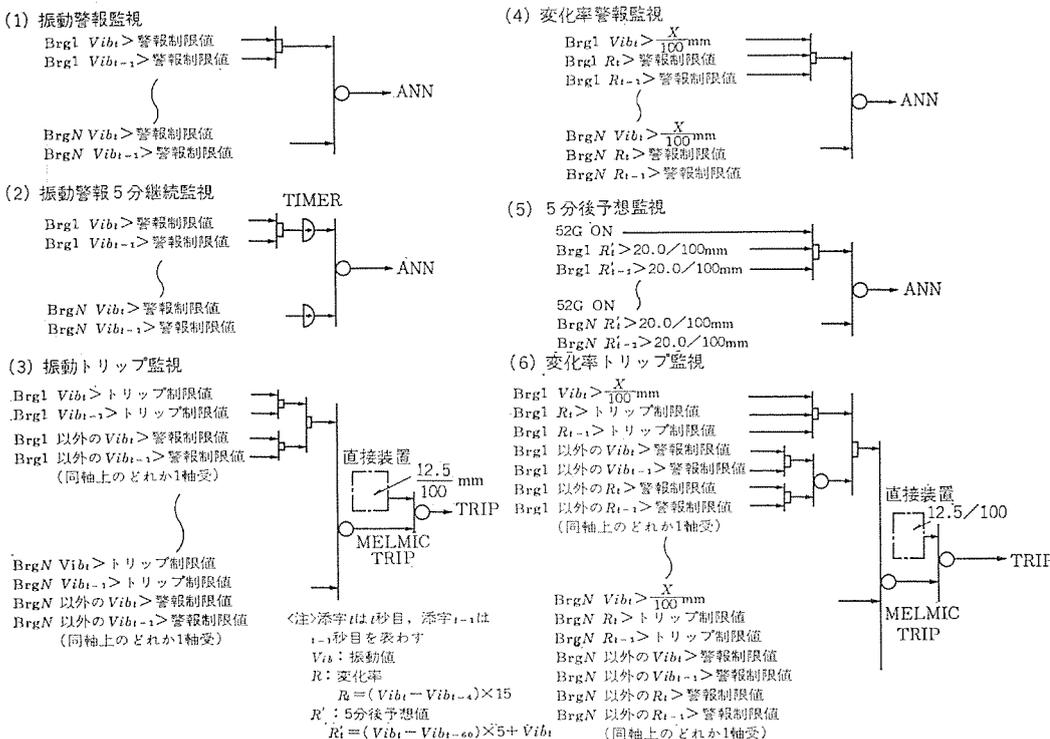
ここで、他軸とのインタロックとは、プライマリ軸・セコンダリ軸のようなクロスコパウンド機の場合には、同軸上での他軸受との条件成立を意味し、また、判断装置からのトリップ指令は、振動または変化率監視により行われるが、最終的なタービントリップは、このトリップ指令と直接トリップ装置(ワイヤードロジック)との条件成立時に行われることになる。

(4) 表示出力部

この部分は、運転員と監視装置との唯一の密接な接触面となる出力機能部であり、表示テストパネル上で要求された必要データを、順次表示信号に変換のうえ表示する部分である。以下に代表的な機能を掲げてみる。

(a) モード“オート”

(i) 最大値表示……全軸



受中最大の振動が出ている“軸受No.”および“実測データ”を表示するものであり、タービン発電機起動時に非常に有効である。

(ii) サイクリック……2秒ごとに軸受No.を順次更新しながら、その時の“軸受No.”および“実測データ”を、サイクリックに表示するものであり、通常運転の時に非常に役立つ。

(b) モード“リクエスト”

特に監視したい個々の軸受について、各種データを確認可能ならしめるモードであり、次のデータの確認が可能である。

- (i) 振動値(測定値)
- (ii) 変化率(計算値)
- (iii) 警報値以上の最新振動値
- (iv) 警報値以上の最新変化率
- (v) 振動警報制限値(パターン)
- (vi) 変化率警報制限値(パターン)
- (vii) 振動トリップ制限値(パターン)
- (viii) 変化率トリップ制限値(パターン)

(5) データ累進部

判断装置では、1秒サイクルで演算・判定が行われ、順次データが更新されるため、変化率計算では毎秒ごとに、5分後予想警報監視では必要時にデータを入れ換えるルーチンである。

(6) 自己診断部

連続監視を行う判断装置での演算機能の異常チェックのため、監視検出機能とは別個にプログラムを組み、MELMICの演算不良判定を行っている。

以上、この装置を停止させるまで、上記(1)～(6)項のルーチンを繰り返し、振動に対する連続監視を行うものである。

4.2 運転員とのインタフェース

前節では、MELMICのプログラムの概要ならびに動作について述べたが、ここでは、装置と運転員とのインタフェースの機能の主なものを掲げる。

(1) ソフトウェアで持つ機能

(a) デジタル表示

4.1節(4)表示出力部の項で述べた選択モードにより、選ばれたデータを表示テストパネルにデジタル表示する。

(b) ランプ表示

次のような表示にランプ表示する。

(i) 警報表示

警報状態になった時、その軸受のランプを点灯させ、振幅・変化率いずれで警報が出たかを明確にランプ表示する。

(ii) トリップ表示

トリップ状態になった時、トリップ作動を表示する。

(iii) スケールアウト表示

データ読みごとにチェックし、スケールアウトしていれば、表示パネル上の“振動計測値異常”のランプを点灯する。

(iv) 自己診断表示

1分ごとに標準値を用いて、自己診断プログラムを演算実行させ、診断不良を見出せば、表示パネル上の“自己診断不良異常”のランプを点灯する。

(v) A/D変換器表示

テストシグナルを読込んだ時点で、変換器のチェックが行われ、異常の時“判断装置異常”を点灯する。

(c) 接点出力

次のような接点出力を持つ。

(i) 振動大 警報

(ii) 振動大 トリップ

(iii) 振動計測値異常

(iv) 自己診断異常

(2) ハードウェアで持つ機能

(a) 電源異常

“AC電源喪失”“DC電源喪失”“装置電源喪失”があり、それぞれ接点出力を持つ。

(b) 装置異常

パリティエラー、タイミング停止により、演算制御ユニット操作パネル上の“FAULT”ランプを点灯すると同時に表示パネル上に“装置異常”のランプ表示をする。

(3) その他の機能

(a) RAM書き込み装置を付加することにより、次の機能を有することができる。

(i) プログラムの書き込み

(ii) 各レジスタの内容チェック

(b) テスト回路を備え、各ブロックについての機能確認を行うことができる。

5. む す び

MELMICを用いて構成したタービン発電機振動監視装置、およびそれに関連する連続ペン書記録計・直接トリップ装置について、その概要を述べたが、特に異常振動監視装置については、ユニット用の大形計算機にその機能を持たせることも可能であるが、これらの装置は一種のタービン保安装置であり、高速スキャンサイクル・高信頼性の2点を重視して単独専用装置として製作し、東京電力(株)に3ユニット、関西電力(株)に1ユニット納入した。

プラントの自動化に伴い、これらの装置からの出力と、計算機、DACA、EHガバ等の起動装置との組合せにより、異常時にトリップだけでなく、減速・ホールド等の機能も加え、より幅広い自動起動も可能であり、今後この種の装置の拡大が期待される。

最後に、この装置の設計・製作ならびに試験にあたり、終始御協力を賜った三菱重工(株)原動機第一技術部・同高砂製作所ならびにその他の関係各位に深く謝意を表するものである。

技術講座

数値制御装置シリーズ (1)

—数値制御装置の機能について—

桑 田 博*

1. ま え が き

数値制御装置(以下 NC 装置: Numerical controller という)がうぶ声をあげたのは、1948年アメリカの J. T. Parson 氏がヘリコプタのブレードの輪郭を検査する板ゲージの加工機械のアイデアをアメリカ空軍に提案し、アメリカ空軍のサポートのもとに MIT の協力を得て1952年最初の NC 装置が開発された。これは三次元輪郭制御フライス盤に取りつけられ、サーボ方式はクロズドルー方式で油圧駆動であり、論理素子は真空管を使用したものであった。

一方我が国における NC 装置の開発は1955年に東工大で研究開発されたのに端を発し、引継ぎ機械試験所をはじめ、各工作機械メーカーと制御機メーカーである電気メーカーがタイアップして試作にのりだした。

またアメリカでは当時すでに自動プログラミングが MIT で進められ、1955年には APT (Automatically Programmed Tools) の原形なるものが開発され、引きつづき1957年には APT-II なるものが完成された。その後イリノイ大学の努力で APT-III が完成され、世界の各社が会員として加入参画している。また、西ドイツではこれを基にして EXAPT (Extended APT) なるものが開発され、我が国で

もこれの導入が盛んになりつつある。図 1. は我が国とアメリカの NC 工作機械の生産台数推移を、図 2. は我が国の工作機械種類別の台数推移を示した。我が国の工作機械の NC 化は旋盤がトップで、マシニングセンタ・フライス盤・ボール盤と続いているのが特長である。全工作機械に対する NC 付工作機械の比率、いわゆる NC 化率は金額比で 10% をこえており、NC の制御形式別構成比は1966~1967年では位置決め直線切削形と輪郭制御形が7:3であったのが、1971年以降は4:6と逆転していることも注目に値する。これは旋盤の NC 化が進んでいること、位置決め直線切削形にくらべて高価であった輪郭制御形の NC が安く製作できるようになったためである。

さて NC 工作機械の利点は

- (1) 融通性に富んでいること
- (2) 生産性の向上が期待できること
- (3) 均一な加工精度が得られること
- (4) 経済性——人員の削減、工具の節約

等があげられる反面、欠点としては、

- (a) 装置が複雑で高価である。
- (b) プログラミング体制の整備が必要である。
- (c) 操作員保守員の技術的レベルを向上させる必要がある。

等が指摘されているが、最近の NC 工作機械の導入動機の利用者側調査の上位項目を列挙すると、

- 1位 省力化
- 2位 加工能率の向上
- 3位 製品の品質向上
- 4位 加工精度の均一化
- 5位 熟練者の不足
- 6位 加工形状の複雑さ
- 7位 治具費用の低減化
- 8位 加工物の互換性の向上

表 1. 1980年に数値制御方式になる作業内容

作業内容	日 %	欧 %
研 削	○ 10	5
フ ラ イ ス 盤 加 工	○ 25	20
鋳 造	○ 5	0
パンチングとスタンピング	10	10
穴 あ け	○ 30	20
せ ん (剪) 断	5	5
放 電 電 解 加 工	○ 15	10
旋 盤 加 工	20	20
溶 接	10	10

○は日本が欧米より大きなもの

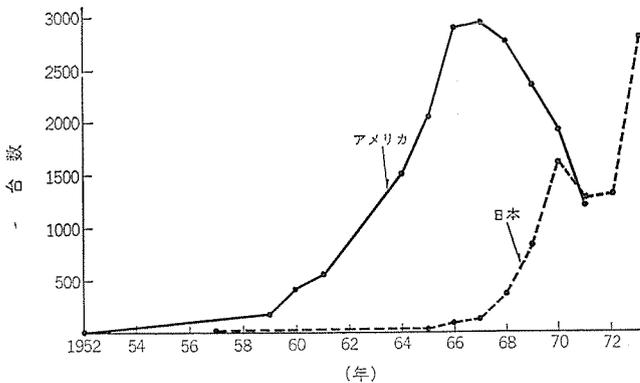


図 1. NC 工作機械の生産台数 (アメリカと日本)

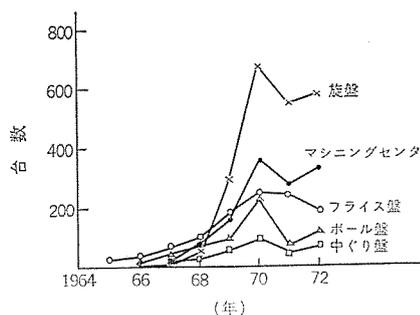


図 2. 我が国の工作機械種類別台数推移

の順となっており、今後省力化の花形として工作機械のNC化はますます進むことは確実であり、1980年までにはそのNC化率は25～30%になることが予想される。表1. は機械振興協会経済研究所が予測調査された1980年における数値制御方式になる作業内容を示した。この表でわかることは9項目のうち5項目は我が国の方が欧米よりそのNC化率が大きいと予想されていることは注目すべきことである。

2. NC装置の構成

NC装置をハードウェア的に見ると、入力として数値指令用紙テープをテープリーダで読みこんで論理演算部でデジタル信号を処理し、機械の刃物台を動かすモータへ必要な信号を送りだすこと、また、機械の操作に必要な信号を受授し、機械側の強電盤を作動せしめることにある。そのシステム構成図を図3. に示した。したがってNC装置としては数値指令用紙テープを作成するプログラム機構と、この指令用テープを読み取り、信号を処理する計算機機構と、工作機械の刃物台を動かすサーボ機構との三つの機構より構成されている。

最初のプログラム機構と最後のサーボ機構については、この技術講座の別の文であらためて詳しく述べることにし、今回は計算機機構に関係するNC装置の機能について述べることにしたい。この計算機機構の内容いかんによってNC装置に種々な機能を持たせることになり、NC装置の種類や特長がでてくるいわば心臓部といえることができる。この計算機機構は電子計算機のハードウェアと類似しており、素子的にはデジタル論理素子の集合体である。歴史的には真空管・トランジスタの時代を経て、ICからMSIやLSIを使用するに至っており、スペース的にも電力消費面からも小形化の方向に進歩しつつある。したがってNC装置の計算機機構の主体である論理演算回路は5年前にくらべて1/2～1/3に小形化されている。一方信頼性の面からもこのような小形化にもなって2～3倍の向上ははかられているといつてよい。この計算機機構はNC装置の機能を決定する部分であることはすでにのべたが、いかえれば工作機械を動作させるための小形専用電子計算機であり、従来の個別NC装置では機能はすべてハードウェアの論理回路で作られている。これをハードワイ

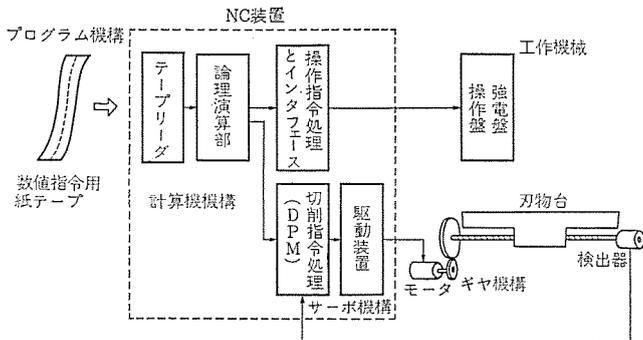


図3. NC付き工作機械システム構成図

ヤードロジックNC (hard wired logic NC) といひ、最近ではメモリ装置をもつミニコンそのものをNC装置に組み込み、種々な機能をソフトウェアで処理するソフトワイヤードロジックNC (soft wired logic NC) が製作されつつあり、機能の拡大とフレキシビリティに寄与している。

3. NC装置の種類

NC装置の種類を表わす場合、いろいろな表わし方がある。例えばNCの機能面から見る場合、サーボ方式の面から見る場合、対象工作機械別に見る場合があるが、やはり機能面から表わすのが一番一般的であり、妥当であるように思われる。この表わし方を大別すると三つに分けられる。

すなわち、次のような定義がなされている。

(1) 位置決め制御 (positioning control) ……NC工作機械において工作物に対して工具が与えられた目的位置に達することだけが要求される制御方式。したがってある位置からつぎの位置までの移動中の通路の制御は必要でない。

(2) 直線切削制御 (straight cut control) ……NC工作機械の一つの軸に沿って、工作物に対する工具の運動を制御する方式。

(3) 輪郭制御 (contouring control) ……NC工作機械の2軸またはそれをこえる軸の運動を同時に関連づけることによって、工作物に対する工具の通路をたえず制御する方式。

MELDASシリーズの機能面からの種類とその経緯を表2. に示し、表3. に工作機械を中心とした適用NC装置の関連を示した。表2. に示すごとく我が国では特に旋盤用NCが多く主流をなしているの、機能別の分類の中に対象工作機械を意図とした専用化分類が顔をのぞかせている。以後NCの機能を説明する場合、MELDASシリーズの最新版であるフライス系の位置決め直線切削用NC装置MELDAS-4000 A/B、同じくフライス系の輪郭切削用NC装置MELDAS-5000 A/B、旋盤用NC装置MELDAS-5100を対象にしながら述べていきたい。但し個々のNC装置の詳細な技術的内容については別文にゆずることとする。

表2. MELDASシリーズの種類とその経緯

製品化時期 NCの種類	1967 (昭42)	1969 (昭44)	1971 (昭46)	1972 (昭47)	1973 (昭48)
位置決め制御	M-3200/1	M-3200/2			
位置決め制御及び直線切削制御	M-4200/1	M-4200/2	M-4200/3	M-4100 M-4200/3B	M-4000 A M-4000 B
輪郭制御 (フライス系)		M-5200/2	M-5240/3		M-5000 A M-5000 B
輪郭制御 (旋盤専用)		M-5230/2	M-5230 L	M-5100	

表 4. G 機能と MELDAS 適用との関連

コード	モーダル	機能	M-4000 (位置決め・直線切削)	M-5000 (輪郭制御)	M-5100 (旋盤専用)
G 00	○	位置決め	○	○	○
G 01	○	直線補間	○	○	○
G 02	○	時計方向の円弧補間		○	○
G 03	○	反時計方向の円弧補間		○	○
G 04		ドゥエル	○	○	○
G 05	—	未指定			
G 06	○	放物線補間			
G 07	—	未指定			
G 08		加 速			
G 09		減 速	○	○	
G 10		未指定			
G 16		未指定			
G 17	○	XY面の選択		○	
G 18	○	ZX面の選択		○	
G 19	○	YZ面の選択		○	
G 20	—	未指定	<input type="checkbox"/> (メモサイクル書込み) M	<input type="checkbox"/> (メモサイクル書込み) M	
G 21	—	未指定	<input type="checkbox"/> (メモサイクル書込み停止) M	<input type="checkbox"/> (メモサイクル書込み停止) M	
G 22		未指定			
G 24		今後とも指定しない	<input type="checkbox"/> (座標系設定)	<input type="checkbox"/> (座標系設定)	
G 25		今後とも指定しない			
G 26		今後とも指定しない			
G 29		未指定			
G 30		未指定			
G 31		未指定			
G 32		未指定			<input type="checkbox"/> (ねじ切り) M
G 33	○	一定ピッチのねじ切り			
G 34	○	漸増ピッチのねじ切り			
G 35	○	漸減ピッチのねじ切り			
G 36		今後とも指定しない			
G 38		今後とも指定しない			
G 39		今後とも指定しない			
G 40	○	工具径補正および工具位置オフセット②のキャンセル		<input type="checkbox"/> (コーナ切換)	
G 41	○	工具径補正—左		○	
G 42	○	工具径補正—右		○	
G 43	○	工具位置オフセット①	○	○	
G 44	○	工具位置オフセット①のキャンセル	○	○	
G 45	○	工具位置オフセット②+I	△ (工具位置オフセット+I)	△ (工具位置オフセット+I)	
G 46	○	工具位置オフセット②+I	△ (工具位置オフセット-I)	△ (工具位置オフセット-I)	
G 47	○	工具位置オフセット②-I	△ (工具位置オフセット+2I)	△ (工具位置オフセット+2I)	
G 48	○	工具位置オフセット②-I	△ (工具位置オフセット-2I)	△ (工具位置オフセット-2I)	
G 49	○	工具位置オフセット② 0/+			
G 50	○	工具位置オフセット② 0/-			
G 51	○	工具位置オフセット② +/0			<input type="checkbox"/> (座標系設定)
G 52	○	工具位置オフセット② -/0			
G 53	○	直線シフトのキャンセル			
G 54	○	X軸の直線シフト			
G 55	○	Y軸の直線シフト			
G 56	○	Z軸の直線シフト			
G 57	○	XY面の直線シフト			
G 58	○	XZ面の直線シフト			
G 59	○	YZ面の直線シフト			
G 60	○	正確な位置決め 1 (精密)	<input type="checkbox"/> (原点復帰)	<input type="checkbox"/> (原点復帰)	
G 61	○	正確な位置決め 2 (普通)			
G 62	○	迅速位置決め (粗)			
G 63		未指定			
G 79		未指定			
G 80	○	固定サイクルのキャンセル	○	○	
G 81	○	固定サイクル (穴あけもみ付け)	○	○	
G 82	○	固定サイクル (穴あけ座ぐり)	○	○	
G 83	○	固定サイクル (深穴あけ)	○	○	
G 84	○	固定サイクル (ねじ立て)	○	○	
G 85	○	固定サイクル (中ぐり)	○	○	
G 86	○	固定サイクル (中ぐり)	○	○	
G 87	○	固定サイクル (中ぐり)	○	○	
G 88	○	固定サイクル (中ぐり)	○	○	
G 89	○	固定サイクル (中ぐり)	○	○	
G 90	○	アブソリュートディメンション			<input type="checkbox"/> (Z軸直線切削サイクル) M
G 91	○	インクレメンタルディメンション			<input type="checkbox"/> (テーパ切削サイクル) M
G 92		座標系設定			<input type="checkbox"/> (ねじ切りサイクル) M
G 93	○	時間の逆数で表わされた送り速度			<input type="checkbox"/> (テーパねじ切りサイクル) M
G 94	○	毎分当り送り			
G 95	○	主軸1回転当り送り			
G 96	○	一定切削速度			
G 97	○	G 96のキャンセル			
G 98	—	未指定	<input type="checkbox"/> (手動データ入力呼び出し)	<input type="checkbox"/> (手動データ入力呼び出し)	<input type="checkbox"/> (X軸直線切削サイクル) M
G 99	—	未指定	<input type="checkbox"/> (手動データ入力呼び出し逆符号)	<input type="checkbox"/> (手動データ入力呼び出し逆符号)	<input type="checkbox"/> (手動データ入力呼び出し逆符号) M

注) モーダルの欄中○印はモーダル信号を示すすなわちキャンセル指令又は同一グループ内の別の指令がくるまで保持される機能。

MELDAS 適用項で○は JIS 原案 (ISO 規定) 指定どおり, △は機能が同じでも内容が異なるもの, □は MELDAS 特有機能, M はモーダル信号を示す。

る機能である モーダル 信号と、 指令された ブロック 内のみ有効な機能である非 モーダル 信号がある。G 00 G 01 G 02 G 03 のごとく基本的なコードはどのメーカーの NC 装置も同一であるが、 末指定や今後とも指定しないコードを使用してその NC 装置の特有な機能に使用して、 特長をだしている場合が多く MELDAS シリーズでもいくつかのコードをこれにあてている。(表 4. 参照のこと)。また機能が同じでも内容が異なるものがある。例えば工具位置 オフセット がそれにあたる。G 43 から G 59 までは工具位置 オフセット に関連するコードであるが、 あまりに種類が多いので、 ハードウェアからの制約と使用上の簡便さを考慮してそのうちの一部のコードを使用しているのが現状である。また MELDAS-4000/5000 では従来 M コードであった原点復帰を G 60 で行っており、 MELDAS-5100 の切削 サイクル (固定 サイクル) を G 90~93 G 97 を使っているのも注目に値する。

4. 1. 2 その他のワードによる NC 機能

次に NC 機能を表わすものとして補助語の M 機能がある。しかしこの M 機能は工作機械側の操作が中心となるので、 NC 装置そのものの機能としては、 標準として M 00 M 01 M 02 M 30 である。表 5. には M 機能と MELDAS シリーズへの適用との関連を示した。そもそも M 機能は工作機械側の操作をきめる機能であるため、 この関係のものは代表的なものを数コードあげたのみでその他は省略したが、 この機能の開始についてはそのブロックで指令された運動と同時にのもの (with operation) と、 そのブロックで指令された運動の完了後のもの (after operation) があり、 G 機能と類似してキャンセルまたは変更されるまで保持される機能と、 指令されたブロック内のみ有効な機能とがあり、 前者の機能としては M 03 M 04 M 05 などがあり、 後者の機能としては M 00 M 01 M 02 などがある。M 機能は十進 2 けたであるから BCD コードの リレー 接点で出力されているが、 特に M 00 M 01 M 02 M 30 には別に単独出力も設けられている。

表 5. M 機能と MELDAS 適用との関連

コード	機能	機能開始 (指令された運動と)		M-4000	M-5000	M-5100
		同時	完了後			
M 00	プログラムストップ		○	○	○	○
M 01	オプションルストップ		○	○	○	
M 02	エンド オブ プログラム		○	○	○	○
M 30	エンド オブ テープ		○	○	○	○
M 03	主軸の時計方向回転	○				
M 04	主軸の反時計方向回転	○				
M 05	主軸停止		○			
M 06	工具交換	○	○			
M 07	ターザント 2	○				
M 08	ターザント 1	○				
M 09	ターザント停止		○			
⋮						
*M 98	メモリスイクル読み出し		○	○	○	
*M 99	リーダー復帰		○	○	○	

注) *印のコードは JIS 原案 (ISO 規格) では今後とも指定しないコードになっている。MELDAS 特有コード。

次にシーケンス番号をあらわす N はそのあとに十進 3 けたの数字がつき、シーケンス番号表示とか、シーケンス番号サーチ等の機能に関連する。主軸回転指数をあらわす S、工具番号をあらわす T はそれぞれそのあとに十進 2 けたの数字がつき、主軸機能・工具機能として BCD コードのリレー接点で出力されている。なお S 4 けた、T 4 けたなど特殊用途のため使用されている NC 装置もある。

送り速度をあらわす F はそのあとに 1 けたから 4 けたの数字がつき、mm/min の速度直接指定方式で 4 けたの場合、最小指令単位は 1 mm/min とするのが便利である。(例えば F 4,800=4,800 mm/min) たゞし旋盤の場合は速度は主軸と同期しているため mm/回転で最小指令単位は 0.01 mm/回転である。(例えば F 512=5.12 mm/回転)。

4. 2 指令単位関連仕様

NC 装置の性能をあらわす重要な機能要素の一つとして、最小指令単位がある。0.01, 0.005, 0.002, 0.001 mm などが一般的であるが、この最小指令単位にもとづいて、NC 装置のハードウェアのクロック周波数がきめられるため、NC 装置としてだしうる最高早送り速度がきまり、各種レジスタのビット数で最大指令値や最大ドwell時間がきめられるので、これらの関連仕様はいわばその NC 装置のフィガオブメリット (Figure of merit) をあらわす一つの指標となる。表 6. は MELDAS シリーズの指令単位関連仕様の一覧表を示した。

4. 3 操作ボードよりみた機能

NC 装置とその操作員とがマンマシンコミュニケーションを行なう媒体となるのが、NC 装置に装備されている操作ボードである。

したがって操作ボードをいかに作るかはその NC 装置が使いやすいか否かをみる一つの要素であるといえる。MELDAS-4000 5000 の操作ボードを例にとって概説する。

4. 3. 1 表示ボード

図 4. に示すように各種の操作スイッチ、警報ランプ状態、表示ランプなどが配置されているボードである。その機能の一覧表を表 7. に示した。

4. 3. 2 手動データ入力ボード

図 5. に示すようにダイヤル (デジタルスイッチ) に実行させたいプログラムを設定し、NC 装置に読み込ませた後指令を実行させることができる。したがってテープの 1 ブロックごとを設定しながらそのつど NC 装置を動作させることができ、プレテストやプレオペレーションに便利である。また設定されたダイヤルの内容をテープ指令 G 98 (移動方向は設定どおり)、G 99 (移動方向は逆方向) により実行させることもできる。

また、このダイヤルでシーケンス番号を設定するとテープサーチを行なうことができる。

4. 3. 3 オフセットボード

図 6. に示すように工具位置補正 (G 43 G 44 G 45~48)、工具径補正 (G 39 G 40 G 41 G 42) を行なうための補正ダイヤル 4 組が一

表 6. 指令単位関連仕様一覧

MELDAS シリーズ	MELDAS-4000 A/B	MELDAS-4000 A/B	MELDAS-4000 B	MELDAS-4000 B	MELDAS-5100				
	5000 A/B	5000 A/B	5000 B	5000 B	指令単位 0.01 mm (直径)		指令単位 0.005 mm (直径)		
	指令単位 0.01 mm	指令単位 0.005 mm	指令単位 0.002 mm	指令単位 0.001 mm	X 軸	Z 軸	X 軸	Z 軸	
最小入力指令単位 mm	0.01	0.005	0.002	0.001	0.01	0.01	0.005	0.005	
出力パルス単位 mm	0.01	0.005	0.002	0.001	0.005	0.005	0.0025	0.0025	
最大指令値 m	位置決め直線	±671	±335	±134	±67.1	±80 (直径)	±40	±40 (直径)	±20
	円弧半径	±671	±335	±134	±67.1	±20	±20	±10	±10
最高早送り速度 m/min	19.2	9.6	9.6	4.8	9.6 (半径)	9.6	4.8 (半径)	4.8	
切削送り速度 m/min	9.6	4.8	4.8	2.4	7.2 (半径)	7.2	3.6 (半径)	3.6	
ねじ切り速度 m/min	—	—	—	—	4.8 (半径)	4.8	2.4 (半径)	2.4	
送り速度指定 (F)	1~9,600 mm/min	1~4,800 mm/min	1~4,800 mm/min	1~2,400 mm/min	0.01~10.23 mm/回転		0.01~10.23 mm/回転		
ねじリード指定 (F)	—	—	—	—	0.01~40.95 mm/回転		0.01~40.95 mm/回転		
最大ドウェル時間 s	671,000	335,000	134,200	67,100	8,000		8,000		
手動ハンドル mm/回転	1	0.5	0.2	0.1	1 (直径)	1	0.5 (直径)	0.5	
バックラッシュ補正量 mm	0.01~1.27	0.005~0.635	0.002~0.254	0.001~0.127	0.005~0.315		0.0025~0.1575		
最大オフセット量 mm	工具位置補正	±999.99	±99.995	±99.998	±99.99		±99.995		
	工具径補正	±327.67	±99.995	±65.534	—		—		
現在位置表示(最大) mm	±9999.99	±9999.995	±999.998	±9999.999	±9999.99		±9999.995		

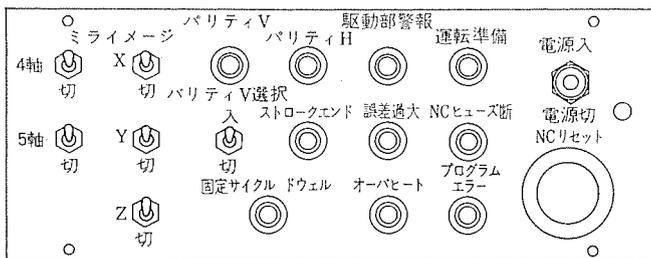


図 4. 表示ボードの一例

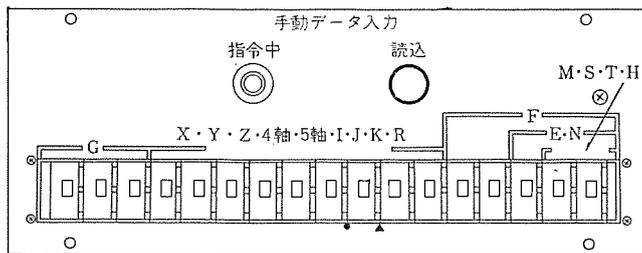


図 5. 手動データ入力ボードの一例

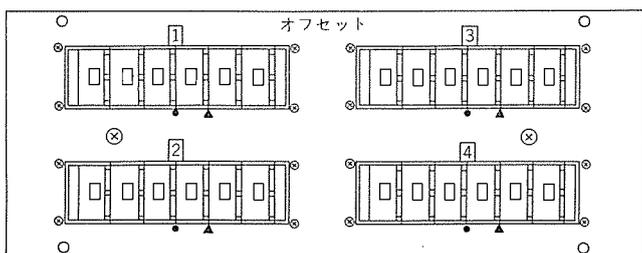


図 6. オフセットボードの一例

表 7. 表示ボード機能一覧

分類	項目	機能内容
1. 操作スイッチ	(1) 電源入切スイッチ	NC装置の電源の投入しヤ断
	(2) NCリセットスイッチ	NC動作状態をリセットする. 各警報表示シーケンスナンバ表示をリセットする
	(3) バリティV選択	入力テープの垂直方向のバリティチェック機能の有無の切換
	(4) ミライメージスイッチ	指令テープ手動データ入力の移動方向反転, 5軸分手動及び原点復帰に対しては無効
2. 警報表示	(1) NCヒューズ断	NC装置の電源のヒューズ溶断で点灯
	(2) プログラムエラー	テープ及び手動データ入力プログラムエラーで点灯 (a) 切削送りでF指定なし (b) 最大指令値オーバー (c) 仕様にないG指令 (d) 円弧指令で3軸以上の指令 (e) 円弧指令で終点座標と中心座標軸がことなる (f) 平面選択と円弧指令における終点座標軸がことなる (g) 工具径補正モード中に平面選択したとき (h) 円弧と工具位置補正が同一ブロック (i) バッファメモリ付で1ブロック64キヤクタ以上
	(3) 駆動部警報	駆動部のヒューズ断サーマルリレー動作検出器無信号で点灯 駆動部急停止
	(4) 誤差過大	追従誤差が許容値以上で点灯
	(5) オーバヒート	NC本体内部温度 許容温度値以上で点灯
	(6) バリティH	テープの水平方向チェック
	(7) ストロークエンド	ストロークエンドで点灯 機械は即時停止
	(8) バリティV	テープの垂直方向チェック
3. 状態表示	(1) 運転準備	NC装置の運転準備の条件がととのった時点灯
	(2) 固定サイクルドウェル	固定サイクル又はドウェル実行中点灯

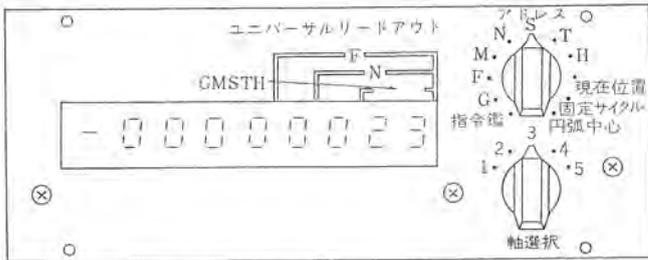


図 7. ユニバーサルリードアウトの一例

つのボードに実装されている。設定は符号と5けたであり、最大オフセット量は表 6. を参照されたい。4組を単位として最大40組まで実装することができる。補正ダイヤルの番号指定は、移動量ダイヤル選択 Hdd (d は十進数字) で指定することになる。

4.3.4 ユニバーサルリードアウトボード

図 7. に示すようにテープ指令、手動データ入力で与えられた指令および現在位置を表示するもので、表示できる内容は次のとおりである。

- (1) G, M, S, T, F, N, H の各レジスタ内容
- (2) 指令レジスタ(各軸ごと)一残距離表示
- (3) 固定サイクルレジスタ (X, Y, Z, R, E)
- (4) 円弧中心レジスタ (I, J, K)
- (5) 現在位置表示 (各軸ごと)

このボードは、NC 装置の内部チェックができるのできわめて便利である。

4.4 サーボよりみた機能

サーボ方式や駆動方法、検出器の種類などにより、いろいろな分類ができるが、NC 装置のサーボ機構についてはこの技術講座(2)で詳述するのでここでは省略する。

4.5 機械操作と関連する機能

いままで述べてきた機能のほか工作機械の操作に関連する機能や、その他どれにも属さない機能についてその主なものを表 8. に示した。

4.6 パルス分配方式

直線切削用 NC 装置では軸平行切削および 45° 切削の機能を有しているが、任意方向の直線の切削はできない。任意方向の直線および円弧切削が可能な輪郭制御用 NC 装置では入力パルス列を、たとえば X 軸と Y 軸の 2 軸に分配しなくてはならない。このパルス分配による補間方式にはいろいろな方式が考えられてきた。すなわち、任意の 2 点間を微小線分(指令単位パルス)で補間していくので実際のプロフィールとの誤差が生じ、これが加工精度を決める要因の一つであると共に、加工面精度を決める要因でもあり、工作機械の切削性能に大きく影響を与える。従来このパルス分配方式として代表的なものに、

- (1) 代数演算方式によるもの

表 8. 機械操作と関連する主な機能

分類	項目	機能内容
1. 強電盤操作盤との関連	(1) フィードホールド	スイッチONにより移動は減速停止、手動操作割込み可
	(2) シングルブロック	スイッチONによりテープは1ブロックごと停止
	(3) オーバライドおよびキャンセル	送り速度変更(0~150%)、キャンセル信号により100%固定
	(4) 速度割込み(ドライブ)	スイッチONにより手動送り速度設定になる。F指令無視
	(5) インタロック	外部からの信号により対応軸移動中断、切断指令中は移動中の軸は全軸停止
	(6) マシンロック	スイッチONによりテープ手動指令共駆動部に指令は与えられずNCで内部処理
	(7) ブロックデリート	スイッチONにより"/"記号のブロック無効
	(8) 手動送り	手動動作(早速および切削送り)
	(9) 外部減速	外部減速信号ONにより、対応の移動中の軸は減速して低速になる。OFFによりもとの指令速度復帰
	(10) 手動ハンドル送り	1パルスずつのパルス送り1回転標準100パルス送出
	(11) アブソリュート切換	スイッチONにより手動モードで工具を移動してもアブソリュート位置更新
2. 機械誤差補正	(1) バックラッシュ補正	手動自動とも有効。各軸ごと設定(表 6. 参照)
	(2) ピッチ誤差補正	各軸ごと設定
3. その他	(1) リファレンスブロック	EIAコードの場合、最初に"O"文字ブロック無意情報
	(2) 現在位置表示	NCからの指令パルスをカウント表示(表 6. 参照)指令値表示と機械位置表示あり
	(3) コンピュータインタフェース	DNCシステムなどのためのインタフェース回路
4. メモリ機能	(1) バックアップメモリ	テープ指令の1ブロック分の先読み。63キタラクタ
	(2) メモリサイクル	ICメモリによるサブルーチンプログラム

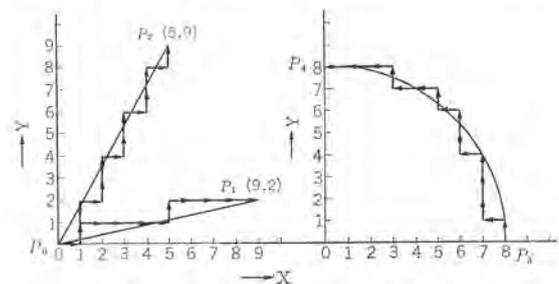


図 8. 従来のパルス分配方式の一例

- (2) MIT 方式によるもの
- (3) DDA 方式によるもの

などがあり、それぞれの方式についても多くの改良案が提案されてきたが、ここでは MELDAS シリーズに採用している新パルス分配方式について述べる。

図 8. に示すものが従来から使用されている代数演算方式の一例を示す。直線 P_0P_1 、 P_0P_2 、曲線 P_2P_1 に対してパルス分配軌跡を示している。これは X 軸方向または Y 軸方向に分配されたパルスの累

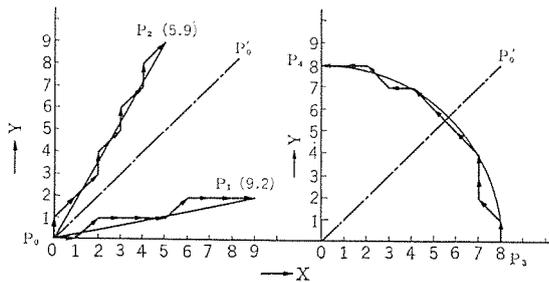


図 9. 新しいパルス分配方式 (SPD)

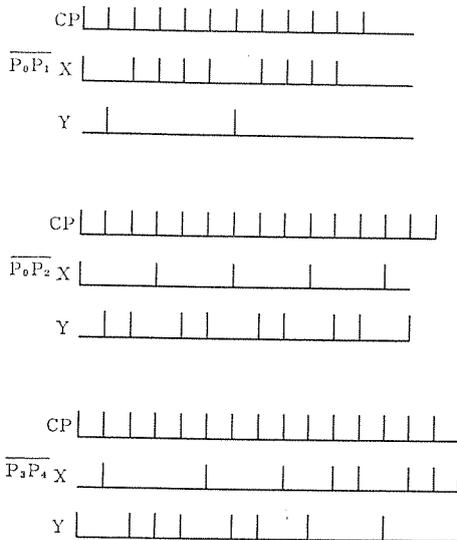


図 10. 従来のパルス分配方式のパルスの時系列

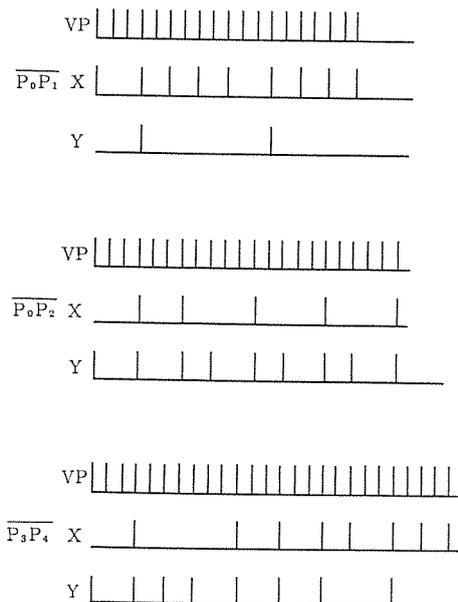


図 11. 新しいパルス分配方式 (SPD) のパルスの時系列

積された点が補間すべき直線または曲線に対して、正領域か負領域かを判別して、X軸方向またはY軸方向のみにしかパルスを分配していないので階段状になっている。これに対して図9.に示すごとく、新方式ではX軸に対し、45°方向にパルスを出すことにより、補間を滑らかにしている。この方式をSPD方式 (Smoothed Pulse Distribution) と呼ぶ。P₀P₁を補間する場合、まず、P₁がP₀P_{0'}(X軸に対して45°の直線)の上側か下側かを判別し、下側ならばX軸パルスと45°パルスのみを発生し、累積された点がP₀P₁の下側であれば45°パルス、上側であればX軸パルスを出す。P₀P₂の場合はP₀P_{0'}の上側にあるので累積された点がP₀P₂の下側であればY軸パルス、上側であれば45°パルスを出す。もし補間すべき直線がP₀P_{0'}上であれば45°パルスのみを出す。

P₃P₄の円弧補間の場合、累積された点がP₀P_{0'}の上側か、下側か、円の外側か、円の内側かの条件を判別して、軸平行パルスと45°パルスを出す方式である。図9.のごとくP₃P₄の補間が反時計方向に移動する場合はP₀P_{0'}の下側では円の外側で45°パルス、内側ではY軸パルス、上側では円の外側でX軸パルス、円側では45°パルスを出す。また累積された点が、ちょうど補間すべき直線または円弧上にある時は軸平行パルスを出す。次にパルス分配の速度的なことを考えると図10.は図8.の時系列図である。CPは送り速度に比例したクロックパルスで図示のごとくP₀P₁のX軸、P₀P₂のY軸、P₃P₄では始めのY軸、後半のX軸などは1パルスずつ抜けており、時間間隔が不均一である。これに対し図11.の新方式の図9.に対する時系列図では図10.にくらべて、はるかに均一になっている。VPは送り速度にほぼ比例したクロックパルスで、45°パルスの場合はVPが3回きた時、軸方向パルスの場合はVPが2回きた時にパルスを出している。このようにパルス間隔を変えているので、補間直線が45°方向でも送り接線速度(X軸とY軸の合成速度)は $\sqrt{2}$ パルスの距離を1.5の時間で割った値、すなわち0.943となり、補間直線が軸平行の場合の1パルスの距離を1の時間で割った値、すなわち1との変動値は5.7%にしかならない。しかし図10.の従来の方式では45°方向と軸平行の場合の同様な比率はそれぞれ $\sqrt{2}/2$ と1であり、約30の大きな変動値となる。

つまりSPD方式では距離的に補間誤差を小さくすると共に、速度的にも均一にしているので切削面精度には相乗的效果をあらわしている。これはカッタの摩耗の面から考えてもよい方向といえる。

4.7 固定サイクル

NC装置の機能の中で機械加工を行なうために、あらかじめ定められた一連の作業シーケンスを実行させるのに固定サイクルがある。

フライス系統の中ぐり・穴あけ・ねじ立てなどについてはEIA規格やISO規格にはG80~G89とG機能として規定されているが、旋削系統のものについてはこれらの規格がなく、NCメカなどによって適宜Gコードを指定して規定されている。

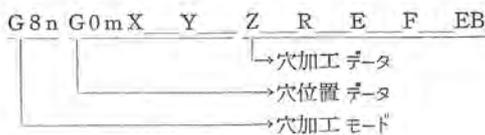
表 9. 固定サイクル (G 80~G 89) の内容

コード	行 き (Z方向)	底 で		戻 り (Z方向)	代 表 例	MELDAS シリーズの 適用
		ドゥ エル	主軸			
G 80					固定サイクルのキ ャンセル	○
G 81	切削送り	—	—	早送り	穴あけ もみ付け	○
G 82	切削送り	有	—	早送り	穴あけ 座ぐり	○
G 83	間欠送り	—	—	早送り	深穴あけ	○
G 84	主軸正転 切削送り	—	逆転	切削送り	ねじ立て	○
G 85	切削送り	—	—	切削送り	中ぐり	○
G 86	主軸始動 切削送り	—	停止	早送り	中ぐり	○
G 87	主軸始動 切削送り	—	停止	手 動	中ぐり	○
G 88	主軸始動 切削送り	有	停止	手 動	中ぐり	○
G 89	切削送り	有	—	切削送り	中ぐり	○

4. 7. 1 フライス系の固定サイクル

位置決めと穴あけ・中ぐり・ねじ立てなどの一連の加工プログラムを1ブロックの指令であらかじめ決められた作業シーケンスにしたが行なわせる機能である。G 80~G 89のコードにより9種類のものがありその内容を表 9. に示した。(表 4. 参照のこと)「行き」あるいは「戻り」の欄において「切削送り」というのはFコードで指定した送り速度によるという意味であり「手動」というのは「底で」における主軸停止時に手動送りを割込ませることができるということである。なおG 83は「深穴あけの間欠送り」であり工作機械の型式や作業手順としていろいろなものがあり、一種の適応制御的な機能と考えられるので標準的なシーケンスとして確立されていない。またMELDASシリーズでもこれを標準として装備していない。

固定サイクルの指令としては



但し, n: 0~9
m: 0~3
E: ドゥエル

のごとくなり、穴加工モード、穴位置データ、穴加工データに分類される。穴加工モードとは穴あけ・座ぐり・ねじ立て・中ぐりなどの固定サイクルモードであり、穴位置データとはX、Y軸を位置決めするときのモードとデータであり、穴加工データとは加工するときの実際の加工モードとデータである。実際の動作は図 12. に示すように七つに分類できる。

動作1……X、Y軸の位置決めを示し、その時のモードはG 00~G 03のいずれかで指定しないとG 00(早送り)になる。G 02 G 03の円弧補間モードの時は当然ながら、円弧中心座標I、Jも指令する必要がある。

動作2……位置決め完了点(インシャル点)における動作でG 84 G 87 G 88指令のときM 03の指令をNC装置より機械側に出す。機械側で主軸がオンになり、その完了信号で次動作を開始する。

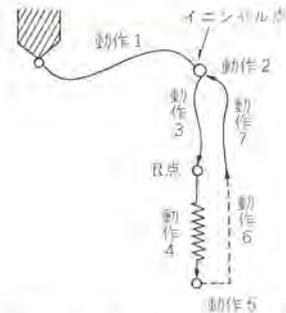


図 12. 固定サイクルの動作図

プログラム例

```

NO01 G81 G00 Xx1 Yy1 Zz1 Rr1 Ff1 EB
NO02 G81 EB ← NO01と同じ動作繰り返す
NO03 G81 Xx2 Yy2 EB ← NO01 NO02の座標値(X, Y軸)のみ変更
NO04 G81 Zz1 Rr1 EB ← 同じ位置で穴加工動作のみ2回目実施
    
```

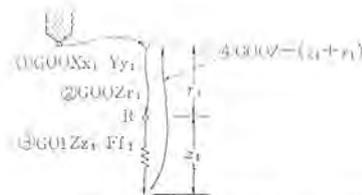


図 13. G 81 (穴あけ、もみ付け) の例

プログラム例

```

NO01 G84 G00 Xx1 Yy1 Zz1 Rr1 Ff1 Ee1 EB
    
```

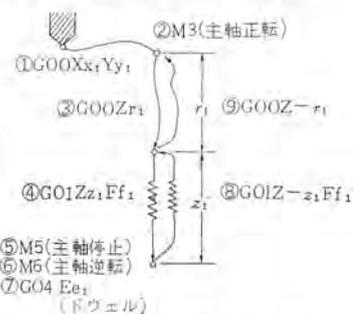


図 14. G 84 (ねじ立て) の例

プログラム

```

NO01 G88 G00 Xx1 Yy1 Zz1 Rr1 Ff1 Ee1 EB
    
```

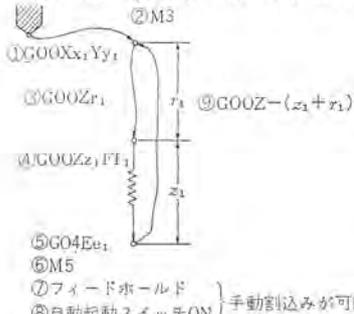


図 15. G 88 (中ぐり) の例

表 10. 旋盤系の固定サイクル

コード	機能	プログラム例	動作	備考
G90	Z軸直線切削サイクル	N1 G90 Xx ₁ Ww ₁ Ff ₁ EB N2 G90 EB (N1と同一動作) N3 Xx ₂ EB (N2と座標語変更)		X絶対値(直径指定) Z絶対値(直径指定) U相対値(直径指定) W相対値(直径指定)
G91	テーパ切削サイクル	N1 G91 Xx ₁ Ww ₁ Ff ₁ EB		絶対値相対値の1ブロック併用方式で示す
G92	ストレートねじ切りサイクル	N1 G92 Xx ₁ Ww ₁ Ff ₁ EB		
G93	テーパねじ切りサイクル	N1 G93 Xx ₁ Ww ₁ Ff ₁ EB		
G97	X軸直線切削サイクル	N1 G97 Xx ₁ Ww ₁ Ff ₁ EB		

動作3……Z軸方向にR点まで位置決め(G0)を行なう。

動作4……切削送りによる穴加工を実施する。

動作5……穴底位置における動作であり、固定サイクルのモードにより異なるが、主軸停止(M05)、主回転逆転(M04)、ドwell、手動調込などがある。

動作6……R点までの逃げで固定サイクルのモードにより、切削送りの場合と早送りの場合がある。

動作7……インシアル点までの戻りで早送りにより行なう。

固定サイクルをくり返し指定する場合は、

G8n G0m' X__ Y__ Z__ R__ E__ F__ H dd EB

但し、m': 0, 1

によりH指令で行なう。ただしH0 H1 H指令なしでも1回の固定サイクル動作を行なう。G02 G03モードのときはH指令のくり返し指令はできない。

2, 3の固定サイクルの例を図13.~図15.に示した。

4. 7. 2 旋盤系の固定サイクル

旋盤においても位置決めと切削、ねじ切りなどの一連の加工プログラムの1ブロック指令で、あらかじめ決められた作業シーケンスにしたがって行なわせる機能として固定サイクルがある。

この固定サイクルについてはEIA規格、ISO規格には規定されて

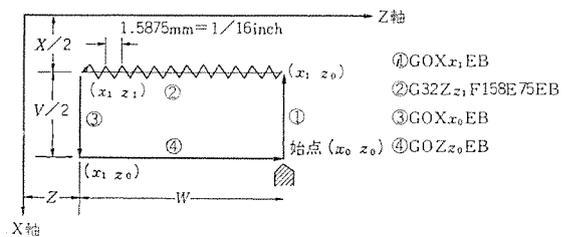


図 16. インチねじ切りの一例

いないので、NCメカによって適当なGコードを使用して実現されている。MELDAS-5100に例をとって説明すると表10.のごとなる。なおG92 G93でねじ切りの場合、ねじの切りあげを改善するため45°方向にカッタを逃がす機能(チャンフリング)があり、機械操作盤のスイッチによりこれを行なうことになる。この場合、ねじの切り上げ距離はピッチと同じになる。

なおインチねじ切りの機能を追加すれば、この固定サイクルのねじ切りにおいてもインチねじが切削できる。

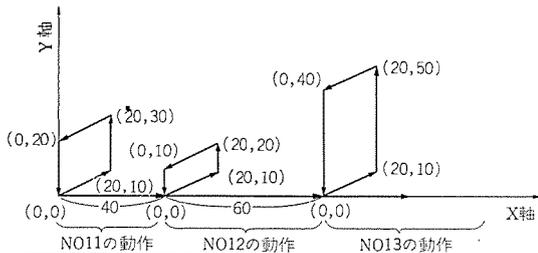
なおインチねじ切りはmmねじ(0.01mm単位)のリード指定に2けたの数値を追加することでインチねじが切れる。例えばリード1/16inchのねじはmmに換算すると1.5875mmとなり、

G32 Zz1 F158 E75 EB

表 11. MELDAS シリーズ 仕様一覧

○……標準仕様 ◎……選択仕様 *……付加仕様 ⊙……特別付加仕様

分類	MELDAS 4000シリーズ		MELDAS 5000シリーズ		MELDAS-5100	
	MELDAS 4000A	MELDAS 4000B	MELDAS 5000A	MELDAS 5000B		
適用機械	ボール盤, 中ぐり盤 フライス盤, マシニングセンタ	中ぐり盤, フライス盤, マシニングセンタ	中ぐり盤, フライス盤 マシニングセンタ, 研削盤	中ぐり盤, フライス盤 マシニングセンタ, 研削盤	旋盤, 立旋盤 自動盤	
制御機能	位置決め, 直線切削	位置決め, 直線切削	輪郭制御	輪郭制御	輪郭制御	
制御軸数	2/3	2/3/4*/5*	2/3	2/3/4*/5*	2/3*/4*	
同時制御軸数	2	2/3*/4*/5*	2	2/3*/4*/5*	2	
補間機能	0° 45° 90°	0° 45° 90°	直線, 円弧	直線, 円弧	直線, 円弧	
指令単位	最少入力単位 (mm)	0.01/0.005◎	0.01/0.005◎/0.002◎/0.001◎	0.01/0.005◎	0.01/0.005◎/0.002◎/0.001◎	直線0.01/直径0.005
	出力単位 (mm)	0.01/0.005◎	0.01/0.005◎/0.002◎/0.001◎	0.01/0.005◎	0.01/0.005◎/0.002◎/0.001◎	0.005/0.0025
	最大指令値 (mm)	±671	±67.1 at 0.001指令単位	±671	±67.1 at 0.001指令単位	±40/±20*
テープリーダ	巻取なし	○	○	○	○	
	巻取付	*◎	*◎	*◎	*◎	
テープコード	EIA	EIA/ISO◎(カード追加)	EIA	EIA/ISO◎(カード追加)	EIA	
テープパリティチェック	水平/垂直	同左	同左	同左	同左	
指令方式	増分値	同左	同左	同左	増分値絶対値併用	
送り速度指定機能	F4けた直接	同左	同左	同左	同左	
外部動作機能	補助機能	M2けた	M2けた	M2けた	M2けた	
	主軸機能	S 2けた*	S 2けた*	S 2けた	S 2けた	
	工具機態	T 2けた*	T 2けた*	T 2けた	T 2けた	
オフセット機能	工具位置補正(1)	*◎	*◎	*◎	*◎	
	工具位置補正(2)	-	-	-	-	
	工具径補正	-	-	-	-	
	ダイヤル構成	符号+5けた	符号+5けた	符号+5けた	符号+5けた	
ダイヤル組数	4*/8*/12*/16*/20*	4*/8*/12*/16*/20*/24◎ 28◎/32◎/36◎/40◎	4*/8*/12*/16*/20*	4*/8*/12*/16*/20*/24◎ 28◎/32◎/36◎/40◎	4/6*/8*	
ドウェル	○	○	○	○	○	
ねじ切り	-	-	-	-	メートル/インチねじ◎	
手動送り	ジヨグ送り	○	○	○	○	
	ハンドル送り	*◎	*◎	*◎	*◎	
プログラム補助機能	バッファメモリ	-	-	*◎	*◎	
	メモリサイクル	-	◎	-	◎	
コンピューターリンク	固定サイクル	-	*◎	*◎	*◎	
	タリリンク	*◎	*◎	*◎	*◎	
原点設定	原点復帰(クレードル)	*◎	*◎	○	○	
	原点復帰(ストレート)	*◎	*◎	○	○	
	プリセット	*◎	*◎	*◎	*◎	
各種制御機能	フィールドホールド	○	○	○	○	
	シングルブロック	○	○	○	○	
	オプショナル停止	○	○	○	○	
	オーバーライドキャンセル	○	○	○	○	
	オーバーライド	○	○	○	○	
	速度割込	○	○	○	○	
	マシンロック	○	○	○	○	
	ディスプレイロック	*◎	*◎	*◎	*◎	
	インタロック	○	○	○	○	
	外部減速	*◎	*◎	○	○	
	ストロークエンド	○	○	○	○	
	ミラーイメージ	○	○	○	○	
	テープサーチ	*◎	*◎	○	○	
	マニュアルデータインプット	*◎	*◎	○	○	
ブロックデリート	○	○	○	○		
表示機能	現在位置表示(指令値)	*◎	*◎	*◎	*◎	
	現在位置表示(機械位置)	-	◎	-	◎	
	シーケンス番号表示	*◎	*◎	◎	◎	
	ユニバーサルリードアウト	*◎	*◎	*◎	*◎	
誤差補正	状態表示盤	○	○	○	○	
	バックラッシュ補正	○	○	○	○	
フィンスケール機能	ピッチ誤差補正	*◎	*◎	○	○	
	フィンスケール機能	-	◎	-	◎	
駆動方式	電気カップ(三相)	◎2.2kWまで	◎	◎2.2kWまで	◎	
	電気-MILS(三相)	◎3kWまで	◎	◎3kWまで	◎	
	油圧ダブルパ	-	◎	-	◎	
位置検出器	レゾルバ	○	◎	○	◎	
	インダクトシン	-	◎	-	◎	
(特記事項)		フィンスケール機能を付加することにより入力単位より小さい出力単位が選べる		フィンスケール機能を付加することにより入力単位より小さい出力単位が選べる		



主テープ			メモリ書込テープ		
		M98EB	N000	G21	EB
N011	G1	Y2000F50 M98EB	N001	G1 X2000Y1000F50	M99 EB
		Y-2000 EB	N002	G1 X-2000 Y-1000	M99 EB
	G0	X4000 M98EB	N003		M98H001 EB
N012	G1	Y1000F50 M98EB			
		Y-1000 EB			
	G0	X6000 M98EB			
N013	G1	Y4000F50 M98EB			
		Y-4000 EB			
	G0X			

図 17. メモリサイクルの一例

となる。そのプログラムの一例を図 16. に示す。

4.8 メモリサイクル

このメモリサイクルという機能は比較的新しい機能として注目をあびつつある。従来、NC のプログラムの中でサブルーチ的な機能の実現に補助テープリードを使用してきたが、スペース的にも、信頼性の面でも、かならずしも満足なものでなかったが、IC メモリの出現により大容量のメモリを NC 装置に内蔵が可能となり、フレキシブルな固定サイクルとして、また補助テープリードの変わりとして使用することができる。メモリ容量として標準的には 1kCH (キョラクタ)~8kCH までを実装するとテープ長にして約 2.5m~20m 相当の容量となる。

このメモリには NC のメインプログラムテープの読込みに先立って、メモリサイクルの書込みをする必要がある。すなわち

G 21 メモリサイクル 書込開始

G 20 メモリサイクル 書込停止

の G 機能で行ない (表 4. 参照) 書込まれたメモリの内容をメインプログラムテープで読み出し、実行させるのは M 指令で行なう。(表 5. 参照)

M 98 Hddd メモリサイクル 読出し

M 99 テープリード 復帰

M 98 指令において、H 指令がない場合は、テープリードよりメモリサ

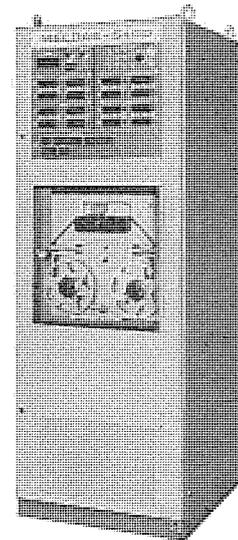


図 18. MELDAS-5100 の外観

イクルに切り、その時点でのメモリサイクルの位置からメモリ内容を実行する。また H 指令がある場合にはメモリサイクルに切替ると共に、Hddd で指定されたシーケンス番号のメモリブロックをサーチし、そのブロックより実行する。メモリサイクル選択中に M 98 Hddd があるとメモリブロックのサーチのみ実行する。

なお、メモリサイクルの一例を図 17. に示した。

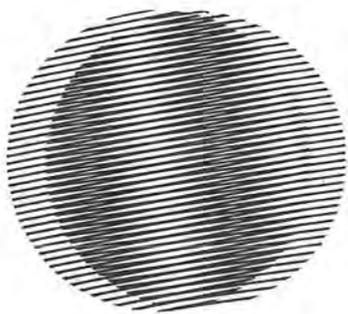
5. MELDAS シリーズの仕様

MELDAS シリーズの仕様一覧表を表 11. に示し、また MELDAS-5100 の外観図を図 18. に示した。

6. むすび

本文は NC 装置の技術講座の第 1 回として、NC 装置の機能を中心として解説したが、NC 機能そのものが多方面多種類にわたっているため、十分な個々の機能を述べる事ができず、やや概説的になってしまった。この NC 機能はソフトウェアド ロジック NC の出現により、ますます種類が増えると共に、今後は適応制御 (Adaptive control) 的な機能の方向に発展することが期待される。

(昭和 49-2-7 受付)



新製品紹介

炎のない画期的調理器——三菱クリーンレンジ新発売

当社では、このほど“炎や赤熱高温部のない”まったく新しい調理器の商品化に成功し、3月1日から“クリーンレンジ”の商品名で発売した。これは当社がさきに“マグヒート”として原理発表した商用周波誘導加熱方式を応用したものであって、従来は工業用としてしか考えられなかった誘導加熱を、家庭用の商品として実用化したことは画期的であり、しかも、50 Hz/60 Hz のいわゆる商用周波をそのまま使用しているのは世界最初のものである。この新方式の調理器は、調理用なべ自体が磁力線によって加熱するため炎および赤熱部分が全く存在しないので安全であり、熱効率がきわめて高いなど種々の特長がある。新製品はレンジ本体（1口）と専用なべ（2個1セット）から成っている。

マグヒート方式は、磁力線でなべ自体を直接加熱するやり方で、なべ底はアルミ—ステンレス—鉄—ステンレスの四重構造となっており、またレンジ本体の内部には、鉄心に銅線を巻いたコイルが設置してある。このコイルに電流を流すと鉄心が磁化されて電磁石となり、磁力線がなべ底のアルミ部分を横切るときに電磁誘導によるうず電流が発生し、このうず電流のジュール熱によりアルミ部分が発熱するものである。

■ 特 長

- (1) 炎がないので安全性は抜群
 - (i) 炎も赤熱高温部もないので引火・火災の心配がない。
 - (ii) レンジの表面は加熱されないのでやけどの心配もない。
 - (iii) 不完全燃焼ガスが出ないので中毒の心配がない。
- (2) 掃除が簡単で清潔
 - (i) レンジの表面は平らなので簡単にふきとれる。
 - (ii) また表面にはバーナもニクロム線もないので、ふきとばれても焼きつきがない。
- (3) 高効率

なべそのものが発熱するので周囲の空気を加熱するロスがほとんどなく、熱効率は70%と抜群。

(4) 経済的

熱効率が良いので維持費は電気コンロと比較したら約30%安くなる。したがって電気節約的な調理器である。

(5) コントロールは意のまま

電気的な制御のため加熱調節は強火から弱火まで容易で正確、しかもタイマ付である。

[静岡製作所]

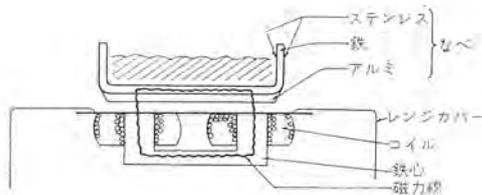


図 1. 三菱クリーンレンジの構造



図 2. 三菱クリーンレンジ CS-130 A 形
左側：スキレット（専用浅なべ）
右側：ソースパン（専用深なべ）

表 1. 三菱クリーンレンジの仕様

形 名	CS-130 A
電 源	100 V 50/60 Hz (周波数切換スイッチ)
入 力	12.7/12.1 A (50/60 Hz)
加 熱 調 節	HI (100%)から LO (10%)まで 無段階調節可能
加 熱 時 間 調 節	180分タイマ(自動的スイッチ OFF) 付
本 体 寸 法 (mm)	幅 520×奥行 415×高さ 104
本 体 重 量	19kg
専 用 な べ 寸 法 (mm)	スキレット高さ 50, 直径 220, ソース パン高さ 100, 直径 220
専 用 な べ 重 量	スキレット 1.9kg, ソースパン 2.9kg
価 格	¥99,800 (本体 ¥74,800 専用なべ 2 個 ¥20,000)

三菱情報システム用ブラウン管

三菱電機はこのたび三菱情報システム用ブラウン管の新シリーズを発売開始した。これらは高輝度、高解像度、長寿命を目標として設計、製造されたものであり、次の管種を含んでいる。

- (1) 独特のけい光面製作技術と高精度電子銃の組合せによる3インチおよび5インチ形“高解像度フライングスポット管”
- (2) 高速のファクシミリや電子プリンタ等に用いられる“ファイバー光学記録管”
- (3) これまでのカラーブラウン管の概念を打破った“シャドウマスク式高解像度カラーブラウン管”

管”並びに“ビームペネトレーション式高解像度カラーブラウン管”

(4) “高級ディスプレイ用ブラウン管” “レーダ用ブラウン管”

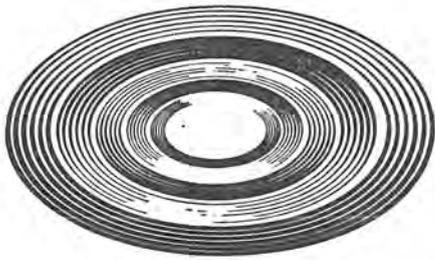
特に高解像度カラーブラウン管はシャドウマスク方式の限界に挑戦して完成されたSTシリーズと、ビームペネトレーション方式によるPTシリーズがある。STシリーズは超ファインピッチ形シャドウマスクと超精密三電子銃との組合せによるカラーブラウン管で、通常のカラーブラウン管の2倍以上の解像度を持つ画期的なものであり、カラーキャラクタディスプレイとしては今迄に例を見なかった14インチ形で3,000文字、20インチ形で6,000文字の表示を可能とした。

仕様、新シリーズの標準管種仕様一覧表を次に示す。

表 2. 三菱情報システム用ブラウン管標準管種一覧表

分類	形名	サイズ	集束方式	全長 (mm)	ネック径 (mm)	偏向角 (度)	ヒータ		陽極電圧 (kV)	集束電圧 (V)	第2子 格電圧 (V)	輝点消去 電圧 (V)	輝点幅 (μ) 1b=0.5 μ A	輝線幅 (mm) 1b=50 μ A	主用途
							電圧 (V)	電流 (A)							
記録管	FP9SB11 B20	B5用	静電(BPF)	374	36.5	50	6.3	0.45	15	2000~3200	1000	-20~-60	85		電子プリンタ
	FP10MB11 B20	A4用	電磁	525	36.5	55	6.3	0.45	15		1000	-33~-80	60		ファクシミリ
	FP10SB11 B20	A4用	静電(BPF)	417	36.5	55	6.3	0.45	15	2000~3200	1000	-33~-80	95		
高解像度 ブラウン管 スポット管	80DB47 PYG	3in(丸)	電磁	246	28.6	58	6.3	0.45	20		1000	-20~-50	35		ビデオプレイヤー
	80EB47 PYG	3in(丸)	静電(BPF)	192	28.6	58	6.3	0.27	20	2900~3700	1000	-20~-50	50		各種FSS
	FS5MB47 PYG	5in(丸)	電磁	430	36.5	50	6.3	0.45	20		1000	-35~-80	27		電子プリンタ
	FS5SB47 PYG	5in(丸)	静電(BPF)	290	36.5	50	6.3	0.45	20	2800~3800	1000	-35~-80	55		ファクシミリ
	FS5SAB47PYG	5in(丸)	静電(BPF)	290	36.5	50	6.3	0.60	20	2220~3660	200	-22~-52	95		f印 5CN相当品
高解像度カラー ブラウン管 シャドウマスク式(三電子銃形)	ST1409CB22	14in(角)	静電(BPF)	372	36.5	90	6.3	0.80	20	3300~4200	1000	-35~-65	200*		カラーキャラクタディスプレイ
	ST1419CB22	14in(角)	静電(BPF)	372	36.5	90	6.3	0.80	20	3300~4200	400	-73~-140	300*		カラーグラフィックディスプレイ
	** ST1449CBW1	14in(角)	静電(BPF)	392	36.5	90	6.3	0.80	20	3300~4200	400	-73~-140	300*		高級カラーモニタ
	*** ST1439CBW1	14in(角)	静電(BPF)	392	36.5	90	6.3	0.80	25	4100~5200	1000	+35~+65	180*		*は1b=50 μ Aにおける値 **は発光色が赤、緑、白の3色
	ST2009GB22	20in(角)	静電(BPF)	454	36.5	90	6.3	0.80	25	4100~5200	1000	-35~-65	250*		***は発光色が赤、緑、白の3色でフォーカス独立調整可能 カソードドライブ専用
	ST2019GB22	20in(角)	静電(BPF)	454	36.5	90	6.3	0.80	25	4100~5200	400	-73~-140	350*		
	** ST2019GBW1	20in(角)	静電(BPF)	454	36.5	90	6.3	0.80	25	4100~5200	400	-73~-140	350*		
	PT1005PVC	10in(丸)	電磁	430	36.5	50	6.3	0.45	6~12		500	-35~-70		0.11/0.08	カラーグラフィックディスプレイ
	PT1015PVC	10in(丸)	静電(UPF)	430	36.5	50	6.3	0.45	6~12	0~600	350	-40~-80		0.21/0.15	カラーキャラクタディスプレイ
	PT1605PVC	16in(丸)	電磁	588	36.5	53	6.3	0.45	6~12		500	-35~-70		0.18/0.12	(注) 輝線幅 6kV時/12kV時
高級ディスプレイ用 ブラウン管	DS1005B31 B39	10in(丸)	静電(UPF)	420	36.5	50	6.3	0.45	10	0~400	300	-35~-80		0.20	高級ディスプレイ
	DS1419B31 B39	14in(角)	静電(UPF)	402	36.5	90	6.3	0.45	12	0~500	500	-25~-65		0.14	高級キャラクタディスプレイ
	DS1605AB31 B39	16in(丸)	静電(UPF)	570	36.5	53	6.3	0.45	14	0~350	350	-40~-70		0.27	その他各種
	DS2019B31 B39	20in(角)	静電(UPF)	490	36.5	90	6.3	0.45	12	0~500	500	-25~-65		0.21	グラフィックディスプレイ
	レーダ用 ブラウン管	7ABP7A	7in(丸)	静電(UPF)	337	36.5	50	6.3	0.60	7	0~300	300	-33~-77		0.20
10W P7A		10in(丸)	静電(UPF)	430	36.5	50	6.3	0.60	10	0~400	300	-33~-77		0.20	低速走査ディスプレイ
16AKP7		16in(丸)	静電(UPF)	560	36.5	53	6.3	0.60	12	0~400	300	-33~-77		0.30	

[京都製作所]



NEWS FLASH

MELDAS-4000, 5000 シリーズ 1 号機完成

旋盤用数値制御装置として昭和 47 年秋より MELDAS-510 を発売して以来、その性能の優秀さ、高信頼性がみとめられ爆発的人気を博しているが、今回 MELDAS シリーズの第 2 弾としてフラス系の数値制御装置（ボール盤、マシニングセンタ、フライス盤、中ぐり盤用）として位置決め、直線切削から輪郭制御まで低価格とすぐれた拡張性、豊富なオプションを持ち、かつ高精度の MELDAS シリーズとしては決定版ともいふべき MELDAS-4000, 5000 シリーズを開発し、その 1 号機を昭和 48 年 12 月すでに出荷したのでここに紹介する。

このシリーズは 4 種類に大別できる。

- (1) MELDAS-4000A……3 軸制御、同時 2 軸駆動、位置決め、直線切削
- (2) MELDAS-4000B……最大 5 軸制御、最大同時 5 軸駆動、位置決め、直線切削
- (3) MELDAS-5000A……3 軸制御、同時 2 軸駆動、直線補間、円弧補間
- (4) MELDAS-5000B……最大 5 軸制御、最大同時 5 軸駆動、直線補間、円弧補間

ハードウェアは全シリーズ統一したため外部接続、プログラム、操作仕様は共通であり、サーボ機構は電気駆動方式の標準化を徹底し、高速、高精度で安定性、保守性を保証するアナログフィードバック方式を採用している。さらに頭脳部には LSI (IC メモリ) の採用と最新の論理技術の駆使により、信頼性は一段と向上した。

特に電気駆動方式の標準採用は省エネルギー化、公害防止に大いに貢献している。(油圧駆動方式にくらべて)

特長はつぎのとおりである。

- (1) 高速、高精度

入力指令単位 10 ミクロンで 19.2 m/min、1 ミクロンで 4.8 m/min の早送り速度。

- (2) 高性能切削

ファインスケール (FS) 方式と新パルス分配 (SPD) 方式の採用により、面精度が画期的に向上した。

- (3) 安定なサーボ機構

電気駆動は、ミルモータに加えカッタモータの実用化に成功したため精度、安定性、保守性に対して最適システムが得られる。

- (4) 共通のモジュール化

外部接続、操作仕様、プログラム、ハードウェアのユニットすべて全シリーズ共通である。

- (5) 豊富なオプション

ユニバーサルリードアウト、工具径/工具位置/工具長補正、テープサーチも可能な手動データ入力、高精度の原点復帰、大容量のメモリサイクルなど。

- (6) LSI, MSI 素子の大幅採用

- (7) アフタサービスの完備

- (8) フロアスペースの縮小

電気駆動で 3 kW 以下 3 台まで本体架に内蔵可能である。



MELDAS-5000 A 数値制御装置

[鎌倉製作所]

昭和産業(株)鹿島工場納め
サイロおよび前後処理設備用総括制御装置

わが国で消費する食糧の多くは、外国からの輸入に頼っているが、これに伴い大形埠頭サイロが各地に建設されている。当社では今回昭和産業(株)鹿島工場のサイロ用電機品を納入した。これは大形船からアンローダにより陸揚された原料をコンベヤにてサイロ群へ輸送し、サイロに一時貯蔵された後、各出荷目的に従って輸送される。出荷系統の一つとして工場送りがあるが、これは原料の加工処理を行うもので前後処理設備といわれている。

■ 特 長

- (1) サイロ在庫管理装置としては MELMIC-100 を使用することにより、在庫量、出荷量および入着船名、品名 タイプアウト 等をはじめとする複雑な在庫管理業務を自動化した。
- (2) 原料輸送制御装置としては MELMAC-100 を中心とした総括制御方式とすることにより信頼性の高い全自動運転制御ができる。
- (3) 中央制御盤は照光パネルと制御パネルを一体化した中通路式の盤とし、据付スペースの縮小をはかった。

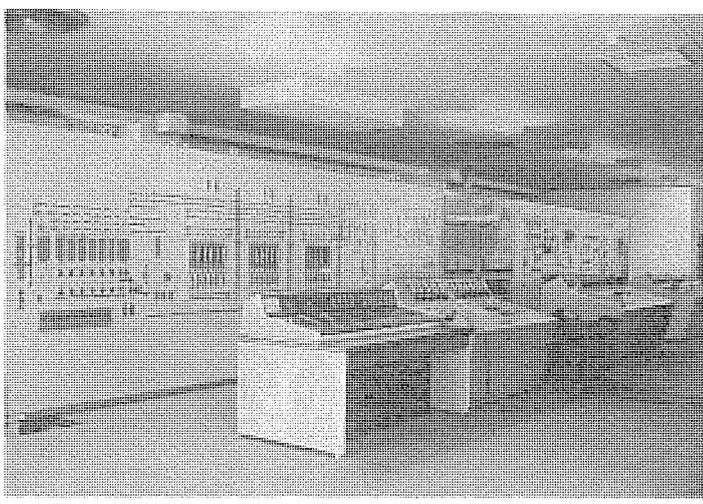
■ 仕 様

電 源 AC 400 V 50 Hz 三相三線式
 被制御機器 サイロ 設備用 約 210 台
 前後処理設備用 約 650 台

主な納入機器

サイロ 設備用	中央制御盤	1 面
	中央操作盤	1 面
	電磁制御盤	33 面
	MELMIC	3 面
	現場操作箱	5 面
	現場手元スイッチ	1 式
前後処理設備用	中央制御盤	1 連 4 面
	中央操作盤	1 連 3 面
	電磁制御盤	68 面
	現場操作盤	1 式

[長崎製作所]



前後処理設備用中央制御盤

当社の特許

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
667607	無効電力制御方式	宮田泰之	658128	移動体無線通信の伝送方式	丸浜徹郎
667608	フリップフロップ回路	松谷勝己	634933	移動体通信制御システム	笹田雅昭・中川幹雄
667599	炭化硅素の昇華エピタキシャル法	香崎銀博・堀内利明	671685	高周波用横形トランジスタ	大久保利美
667609	可飽和機器	土中敬一	673739	パルス発生装置	高田信治
668499	エレベータ扉の制御装置	高村明・都竹尚 安西伸夫	673940	半導体光検知装置	大川清人
668500	故障表示装置	藤井重夫	673942	可変インピーダンス装置	三上一郎・馬場準一
668501	限流装置	宮本紀男・和田勇一 土方明躬・浅井修次	673943	可変インピーダンス装置	三上一郎・馬場準一 山田郁夫
668502	定電圧回路	瀬戸信二	673738	ポリアミド・イミド樹脂の製造法	西崎俊一郎・江藤昌平
668503	可変抵抗装置	桜田武	673741	テープレコーダ	成木利正・田中武夫
668504	可変インピーダンス装置	三上一郎	673744	磁気ヘッド	門内正治
668505	無接触探針装置	安東滋・谷口一郎 青木正夫	673745	映像増幅回路	大久保永造
668506	定電流電圧回路	大久保永造	673746	同調指示用選択性増幅器	洞井宏之・光畑耕次
668507	音波による海上の位置測定方法	遠藤義昭・亀尾要道 稲宮健一	673747	トランジスタ	山上偉三・赤桐行昌
668508	無接点スイッチ	赤松昌彦	673748	冷暖房装置	原 明
668509	食品調理機	武井久夫・服部信道 岩田尚之・杉田信	673749	冷暖房装置	原 明
668510	トンネルダイオード増幅器	白幡潔・武富大児	673750	熱ポンプ式	玉山 駿
668511	溶接機の潤滑剤供給装置	鶴飼順・後藤洋司	673751	電気加湿器	町原義太郎・近藤正司 日比野浩一
668512	電子管用陰極	甲斐潤二郎・小坂橋正康 佐野金治郎	673752	電気式補助ガバナ	伊与田寛忠
668513	溶接仮付け検出器	津田栄一・金野隆範	673753	タービン装置	尾畑喜行
668514	サーキュレータ	武富大児	674278	飲料供給機	三宅良明
668515	振動監視装置	田井昌輝	674791	化合物の真空蒸着方法	吉沢達夫・大西 勝
668516	金属ハロゲン化物入り高圧水銀ランプ	竹田俊幸・土橋理博	674792	プロジェクトのスライド検出装置	竹田勝敏・仁田周一
671679	自動電気炊飯器	高橋正長・村岡和典	674793	インバータ回路	民井精三・徳富義宏
671680	インバータ装置	赤松昌彦	674794	インバータ	民井精三・徳富義宏
671681	駆動装置	藤木博愛	674795	インバータ回路	民井精三
671683	電流の遠隔測定装置	安東滋・久保高啓	674796	インバータ装置	近藤博通・中田秋穂
672423	車両用衝撃時回路シャ断装置	片山紘二	674797	直流チョッパ装置	小嶋鈴夫
671684	接触スイッチ	吉川英之	674798	交流変圧方式	赤松昌彦
671686	減圧弁	山上孝俊	674799	画像表示装置	倉橋浩一郎・池端重樹
671687	交流制御装置	池田和郎・居蔵和徳	674800	鉄-ニッケル-銅からなる半硬質 磁性合金の製造法	中島陽三・大谷昌平
671688	ミシン	薮井那弘・稲垣静太郎	674802	熱硬化性樹脂の製造法	西崎俊一郎・江藤昌平
671689	被回転駆動機械の位置停止装置	桶 昭一・小林孝生	674803	耐熱性ポリエステルアミド樹脂の製 造法	西崎俊一郎・江藤昌平
671690	ミシン針位置停止装置の制御装置	小林孝生	674804	クラッチブレーキ付モータ	目黒友夫
671691	ミシンの位置停止装置	小林孝生・横山昌弘	674801	吸収式冷暖房機	小原英一・大場健司 笠置 紘
671692	ミシンの位置停止装置	小林孝生・横山昌弘	675834	磁気テープ制御装置における巻 き戻し終了検出回路	堀田正紀
671693	ミシン	森田 稔	675849	熱硬化性樹脂の製造方法	西崎俊一郎・江藤昌平
671694	汚泥堆積量検出装置	斉藤心一	675832	インバータ装置	赤松昌彦
671682	電気式応荷重装置	桜田武・山崎 健	675833	自動車の格納装置	河合武彦
660698	Ti-Nb-Ta超電導合金の熱処理方法	橋本康男・石原克己 田中光雄	675835	誘導性負荷の電源投入装置	近藤博通・中田秋穂
			675836	流量制御弁	山上孝俊
			675837	扇形ビームアンテナ	武市吉博・水沢丕雄 片木孝至

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)	347局2991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
静岡営業所	静岡市伝馬町16の3番地 (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)	721局2111番
長崎営業所	長崎市丸尾町7番8号(長崎底良会館) (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(北海道ビル) (電) 060-91	(電) 札幌 (011)	212局3711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)	64局5611番
富山営業所	富山市桜木町1番29号(明治生命館) (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)	48局5311番
岡山営業所	岡山市駅前町1丁目9番地15号(明治生命ビル) (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2丁目4番地10号(日本生命ビル) (電) 950	(電) 新潟 (0252)	41局7212番
東京商品営業所	東京都港区赤坂2丁目5番1号(東邦ビル) (電) 107	(電) 東京 (03)	588局6811番
関東商品営業所	大宮市大成町4丁目298番地 (電) 330	(電) 大宮 (0486)	65局3211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
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)	721局2111番
札幌商品営業所	札幌市中央区北2条西4丁目(北海道ビル) (電) 060-91	(電) 札幌 (011)	212局3777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)	64局5611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)	48局5311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
名古屋機器営業所	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
静岡機器営業所	静岡市小島2丁目1番22号 (電) 420	(電) 静岡 (0542)	82局2061番
浜松機器営業所	浜松市海老塚町479の1 (電) 430	(電) 浜松 (0534)	54局4121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)	44局6111番
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号 (電) 652	(電) 神戸 (078)	652局2121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	三田市三輪字父々部85番地 (電) 669-13	(電) 三田 (07956)	3局4371番
赤穂工場	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
時津工場	長崎県西彼杵郡時津町浜田郷字神崎浦517 (電) 851-21	(電) 時津 (09588)	2局2461番
製御製作所	神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号 (電) 652	(電) 神戸 (078)	652局2121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)	36局2111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
計算機製作所	鎌倉市上町屋325番地 (電) 247	(電) 鎌倉 (0467)	44局1111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
熊本工場	熊本市奄田町弓削720番地 (電) 862	(電) 熊本 (0936)	38局7211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	尾張旭市下井町字下井 (電) 488	(電) 尾張旭 (05615)	3局5101番
福岡製作所	福岡市西区今宿青木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)	44局6111番
郡山製作所	郡山市栄町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	京都府長岡京市馬場岡所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)	43局1101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条東12丁目98番地(新川ビル) (電) 060	(電) 札幌 (011)	231局5544番

次号予定

三菱電機技報 Vol. 48 No. 5

冷凍と空調特集

《特集論文》

- プライン式ショーケース冷却システム
- PAH 形エアソースヒートポンプパッケージ
- エアハンドリングユニット
- 車両用空調装置
- 産業空調用 GAT 形パッケージエアコンの運転特性
- 薄形パッケージエアコンの低騒音化
- 空調機用ファンモートルの特性
- 小形半密閉形コンデンシングユニット
- パッケージ形冷蔵冷凍クーリングユニット
- CAH 形空気熱源ヒートポンプチラーユニット
- 石油温水機の低騒音化
- 空気熱源ヒートポンプによる空調環境のシミュレーション

レーション

- 冷凍空調機用 IC 化温度制御器

《普通論文》

- 三菱低騒音誘導電動機「サイレントライン」シリーズ
- 高精度 2 ミクロン指令用数値制御装置 MELDAS-4200/2M
- オゾンによる上水処理技術
- 色素レーザーの発振波長に与える溶媒効果の検討
- プラスチック電線の耐環境性

《技術講座》

- 数値制御装置シリーズ (2) 数値制御装置のサーボ機構について——(その 1)

三菱電機技報編集委員会

委員長	正木茂雄	常任委員	藤永敦
副委員長	神崎邇	"	武藤正
常任委員	伊藤一夫	"	吉松誠一
"	上田重夫	委員	粕谷一雄
"	宇佐見重夫	"	坂田邦寿
"	大田重吉	"	橋爪基
"	北川和人	"	待鳥正
"	古賀享	"	吉武正彦
"	外野範吾	"	若宮佐三
"	塚本信雄		(以上 50 名順)
"	久松章三		

三菱電機技報 48 巻 4 号

昭和 49 年 4 月 22 日印刷 昭和 49 年 4 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」

(電話) (03) 218 局 2327 番

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地(郵便番号 100)

株式会社 オーム社書店

(電話) (03) 291 局 0912 番 振替口座 東京 20018 番