

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.45 December 1971
下水廃水処理プラント用電機品特集

12

茨城県 深芝処理場 中央管理室



未来を開発する





下水・廃水処理プラント用電機品特集

目次

《特集論文》

茨城県 鹿島臨海都市計画 下水道深芝処理場向け電機設備
間瀬延幸・石川欣央・荒木義朝・安田宜弘・大屋正...1553

八王子市 北野下水処理場向け電機計装設備熊井知次・町田松吉・川古正義・中川岸潤・斎藤心一...1574

首都高速道路公団 箱崎ポンプ所向け電機設備石田雄太・渡辺一弘・下吉正人...1583

東京都 10・11・14号埋立地ポンプ所向け電機設備那須野才・長沢隆一・渡辺一弘・津吉信夫...1590

愛知県 甚目寺排水機場向け電機・機械設備中山守・近藤史生・渡辺宏・梅田泰弘...1603

《普通論文》

MELCOM 350 制御用計算機の入出力システム仁田周一・藤本郁男・大野陽吉・吉田茂・中尾好宏...1611

スタンドアロン形カラーキャラクタディスプレイ装置大川清人・渡辺治・田隆吉・小川勇...1618

原子力船「むつ」乗員訓練用シミュレータ関崎憲太郎・和田浩・加藤満雄・浅井英之・犬伏恭平・
 横山輝邦・井塚秀弥・柳父靖・岡富士郎...1623

日本国有鉄道 常磐線電車用 ATC 試験設備金子弘美・豊田武人・丸山和志...1630

乗車券発売機用テープさん孔装置鳥井健太・石本正明...1636

最近のローブウエー用電機品香川重光・田中藤重...1640

コンデンサブッシング形計器用変圧器塩見実・堂本雅己...1645

誘導電動機における開閉サージ問題と真空開閉器の適用
岡田昌治・伊藤利朗・大倉敏幹・村井裕・勝田久登・竹内伴治・足立覚・河野慶三...1650

《技術解説》

大気汚染と空気清浄機下島明彦・田中修・草川英昭・松岡宏昌・前田満雄...1663

《新製品紹介》

AU76形ユニットクーラ・国産最高性能のミニコン“MELCOM 70”発売・ボウリングの自動採点機完成1671

《ニュースフラッシュ》

エレベータ新群管理方式(QS(最適サービス)システム700)の開発・154kV三菱全天候形閉鎖配電盤完成・
 国鉄技研超電導磁気浮上特性基礎試験装置冷却系1609

《特許と新案》

電気車のブレーキ制御装置・デジタル-アナログ変換器・ジグザグミシン

《ハイライト》.....セントラルヒーティングに新時代を開いた「新灯油燃焼方式と無公害ボイラ」の開発

《表紙》

表紙 1 茨城県深芝処理場中央管理室

深芝処理場は、昭和44年茨城県が鹿島臨海工業地帯に、わが国初めての本格的な工場汚水処理場として建設に着手、昭和45年9月より運転を開始している。計画では、同工業地帯の約75%にあたる地域の工場汚水を処理する予定であり、処理能力は、最終330,000 m³/D(人口換算で60~100万人分の都市下水処理場に該当する)で、今回30,000 m³/D分の処理施設が完成し、66kV受変電動力設備を初め監視制御設備一式を納入した。特に本処理場には、業界初めての電子計算機を納入し、将来の計算機制御に対処するとともに、必要なデータの収集処理を行なっている。本処理場の建設で得られた成果は、今後わが国が取り組んでいかねばならない、公害対策の一環としての工場汚水による水質汚濁防止に対し、明るい見通しと貴重なデータを提供するものと期待される。表紙は中央監視室で、中央監視盤および中央制御機が見える。右端は電子計算機で、中央制御機の右端にはオペレータコンソールとアナウンスメントタイプライタが見える。



表紙 2 三菱 IC
 表紙 3 三菱トリアック
 表紙 4 M 340 形カラーキャラクタディスプレイ装置



SPECIAL EDITION : ELECTRICAL EQUIPMENT FOR SEWAGE TREATMENT PLANT

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS

Electrical Equipment of Fukashiba Sewage Treatment Plant at Kashima Littoral City Project in Ibaragi PrefectureN. Mase • Y. Ishikawa • Y. Araki • Y. Yasuda • T. Ôya.....	1553
Electrical Equipment and Instrumentation of Kitano Sewage Treatment Plant, Hachioji CityT. Kumai • M. Machida • M. Kawaguchi • K. Nakagawa • S. Saito.....	1574
Electrical Equipment of Hakozaiki Drainage Pumping Station, Tokyo Expressway Public CorporationY. Ishida • K. Watanabe • M. Shimoyoshi.....	1583
Electric Equipment of Pumping Stations at Reclaimed Lands Nos. 10, 11 and 14 in Tokyo MetropolisS. Nasuno • R. Nagasawa • K. Watanabe • N. Tsuyoshi.....	1590
Electrical and Mechanical Equipment for Jimokuji Drainage Station in Aichi PrefectureM. Nakayama • F. Kondô • H. Watanabe • Y. Umeda.....	1603

TECHNICAL PAPERS

Input-Output Systems of MELCOM 350 Control ComputersS. Nitta • I. Fujimoto • Y. Ohno • S. Yoshida • Y. Nakao.....	1611
Stand Alone type Color Character Display System.....K. Ohkawa • O. Watanabe • T. Den • I. Ogawa.....	1618
Training Simulator for Nuclear Ship the "Mutsu"K. Sekisaki • H. Wada • M. Katô • H. Asai • K. Inubushi • T. Yokoyama • S. Izuka • Y. Yanabu • F. Oka.....	1623
Test Equipment for ATC on Electric Cars of the J. N. R. Joban Line.....H. Kaneko • T. Toyoda • K. Maruyama.....	1630
Tape Punch Equipment for Auto-Ticket Vendors.....K. Torii • M. Ishimoto.....	1636
Electric Equipment for Recent Ropeway Use.....S. Kagawa • T. Tanaka.....	1640
Bushing Potential Devices.....M. Shiomi • M. Domoto.....	1645
Switching Surges in Connection with High Voltage Induction Motors and Application of Vacuum SwitchesM. Okada • T. Itô • T. Okura • Y. Murai • H. Katsuta • T. Takeuchi • S. Adachi • K. Kôno.....	1650

TECHNICAL EXPLANATION

Air Polution and Air Cleaners.....A. Shimojima • O. Tanaka • H. Kusakawa • H. Matsuoka • M. Maeda.....	1663
--	------

NEW PRODUCTS.....	1671
-------------------	------

NEWS FLASH.....	1675
-----------------	------

PATENT AND UTILITY MODEL.....	1609
-------------------------------	------

HIGH-LIGHT.....Development of a New Oil Burning System and No Public Hazard Boilers which has made a New Epoch in Central Heating	
---	--

COVER :

Central Control Room of Ibaragi Prefecture Fukashiba Sewage Treatment Plant

Fukashiba plant is a first full-scale industrial sewage treatment plant, set to construction in 1969 at Kashima Seaside Industrial zone, its operation being started from Sept., 1970. It is expected the project will take care of industrial sewage corresponding to the area of about 75% the zone with a final treating capacity covering 330,000 m³/D (this means equal to City sewage treatment for the population of six hundred thousand~one million). At present the plant having a capacity to take care of 30,000 m³/D has been completed. To this undertaking Mitsubishi has supplied a computer, for the first time in the circles, to provide for future computer control and also to collect and process necessary information. The result available in the construction of this plant will be expected to supply valuable data with bright prospect for the prevention of water pollution due to industrial exhaust as one step of countermeasures against the public hazard of the nation.

The illustration shows a central control room in which a central graphic board and a central control desk are seen. On the right end is an electronic computer, and an operator console and an announcement typewriter are observed at the right of the central control desk.

HIGH-LIGHT

セントラルヒーティングに新時代を開いた 「新灯油燃烧方式と無公害ボイラ」の開発

当社では、このたび中央研究所と和歌山製作所の共同で灯油をガス化して完全燃焼させ、有害ガスやすすの発生を極限まで低下させた画期的な灯油燃焼装置を完成し、この応用機器の第1号としてセントラルヒーティング用無公害ボイラを開発し、47年度より本格的販売を実施することになった。

当社では、さらにこの新灯油燃焼方式の応用化を進め、環境衛生改善に関連する機器の開発に力を入れる方針である。

■新燃焼方式の概要

公害を発生せず、コンパクトでしかも経済的な暖房装置に対する消費者の要望に答えるため、当社では昨年「ガストーブの缶詰化」と言われた「MICS」クリーンヒータを開発し、好評を博しているが、この研究をさらに発展させ、経済的な灯油を燃料としたのが今回の新灯油燃焼方式である。

従来の灯油燃焼方式は、複雑な燃焼過程を一つの燃焼室で行なっていたが、新燃焼装置は気化室・混合室・燃焼室・空気予熱室に分け、灯油は気化室でガス化され、混合室で予熱された空気と完全に混合されたうえ、燃焼室で燃焼する仕組みになっている。このため、燃焼は比較的低温で完全燃焼となり、一酸化炭素(CO)・炭化水素(HC)・二酸化窒素(NO₂)などの有害ガスの発生がきわめて少なく、すすも皆無となっている。

この新燃焼方式により装置自体もコンパクト化することができ、また送風機を採用した強制加圧燃焼方式で煙突が不要である。なお、この原理と応用については国内・国外に75件の特許を申請中である。

■新燃焼装置の応用

このような特長を利用することにより、コンパクトで熱効率が高く、衛生かつ経済的な新しいヒーティングシステムが構成でき、各種の応用分野が期待されている。

今回、新燃焼装置の応用品の第1号として、セントラルヒーティング用に無公害ボイラが開発されたもので、その特長はつぎのとおりである。

- (1) 有害ガスの発生がきわめて少ない
- (2) 熱効率が高い(90%)
- (3) 小形軽量で、ダイニングキッチンにも設置できる(当社比60%)
- (4) 煙突は不要
- (5) 燃焼音が低い(45ホン)
- (6) 燃焼開始と同時に完全燃焼し、停止と同時に瞬間的に消火する
- (7) 完全自動運転で室内からリモートコントロールもできる
- (8) 暖房と給湯が同時にできる2回路方式
- (9) すすがまったく発生しないので掃除が不要
- (10) 安全装置の完備

■仕様

能力(kcal/h)	暖房のみ	20,000
	給湯のみ	19,000
外形寸法(mm)	高さ	1,078
	幅	390
	奥行	466
重量(kg)		76
燃料消費量(l/h)		2.8
熱効率(%)		90
燃焼音(ホン)		45
スモークナンバ		0
排気筒内径(mmφ)		90

■従来品との比較

	新製品	従来方式同等品
熱効率(%)	90	77-80
スモークナンバ	0	3-4
燃焼音(ホン)	45	58
排気筒径(mm)	90	150
必要煙突高さ(m)	0	
重量(kg)	76	130
外形寸法(mm) ※	幅	520
	奥行	584
	高さ	1,540

※ 従来同等品はPB-K 15(15,000 kcal/h)で比較

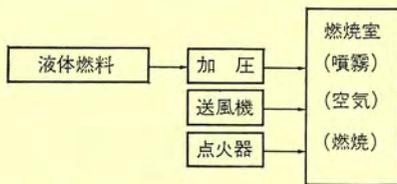


図 1 従来燃焼方式 (ガンタイプ)



図 2 新燃焼方式

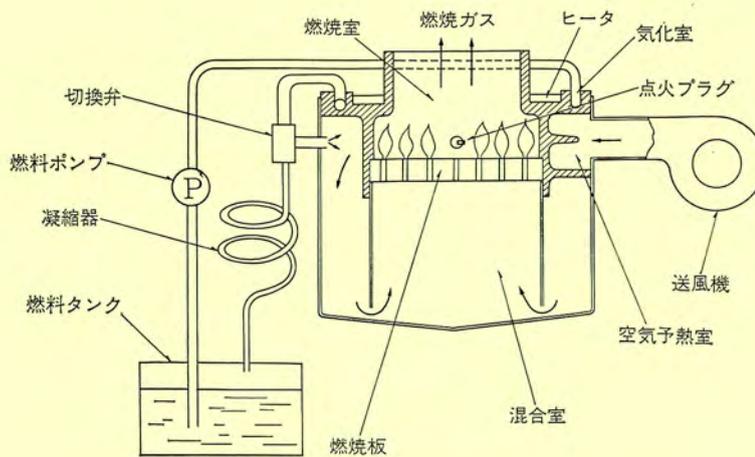


図 3 新燃焼器の構造図



図 4 三菱灯油燃焼方式 無公害ボイラ

UDC 628.1/.2:621.316.3/.7:681.3.02

〈工場排水処理プラント〉

茨城県鹿島臨海都市計画下水道深芝処理場向け電機設備
間瀬延幸・石川欣央・荒木義朝・安田宜弘・大屋 正

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1553～1573

従来、工場排水はおおのこの企業が工場単位で処理し、放流してきたが、公害対策の面より工場単位で前処理された汚水を集めて集中的に処理を行なう、わが国最初の本格的な工場汚水処理場が建設された。汚水処理場の電機品の考え方について述べるとともに、各種の電機品を納入したのでここに紹介し、今後の参考に供する。

電機品としては、66kV受電設備、6.9kV変電設備、400Vパワーセンタ、コントロールセンタ、中央監視・操作盤、現場監視・操作盤、計算機、計装設備、ITV、遠方制御装置であり、特に ○ 業界初めての計算機については、今後の処理方式の発展に大きく貢献 できるものと期待している。

UDC 626.83/.86:621.67:621.313.13:621.316.3/.7

〈潜水防除プラント〉

愛知県甚目寺排水機場向け電機・機械設備

中山 守・近藤史生・渡辺 宏・梅田泰弘

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1603～1607

たん(湛)水防除・雨水排水用などの低揚程・大揚水量ポンプとして、チューブラ形ポンプおよび同用チューブラモータのシリーズを開発した。このチューブラ形ポンプおよびモータは高い効率がえられること、全体がコンパクトになり建屋が簡単で据付も容易になること、運転操作が容易迅速に行なえること、製造可能なモータ出力に制約がないことなど、種々の利点をもっている。

本文では愛知県じもくじ(甚目寺)排水機場に納入したチューブラ形ポンプ、チューブラモータおよび電機設備について紹介する。 ○

UDC 628.1/.2:621.316.3/.7-79

〈都市下水処理プラント〉

八王子市北野下水処理場向け電機計装設備

熊井知次・町田松吉・川口正義・中川岸潤・斉藤心一

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1574～1582

本下水処理場は処理人口154,600人、処理区域1,234ヘクタール、計画最大処理量(雨天時)229,500m³であり、汚水処理として活性汚泥法、汚泥処理として真空脱水機を使用し、都市下水の処理場として標準的なプラントである。本文では処理システム、各設備の概要・役割について述べるとともに、電機計装設備・制御方式について紹介する。 ○

UDC 681.327

MELCOM350 制御用計算機の入出力システム

仁田周一・藤本郁男・大野陽吉・吉田 茂・中尾好宏

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1611～1617

MELCOM350 制御用計算機の入出力システムを、MELCOM 350-30/5それぞれの入出力プログラムと互換性を保持し、全面的にモデルチェンジを行なった。すなわち、基本論理素子としての集積回路の使用、発光ダイオード、ハイブリッドI.C.MSI化による離散的素子使用の極力廃止、大形機能カードの採用、Device Orientedなバスの標準化による接触部分の大幅な減少、バック配線の一部プリント基板化、パルストランスの使用によるアースの分離、プリント基板規格の見直しなどにより、信頼性向上、仕様の多様化に対する順応性、保守の容易さ、 ○ 小形化などをはかった。

UDC 628.12/.2:621.316.3/.7

〈河川排水プラント〉

首都高速道路公団箱崎ポンプ所向け電機設備

石田雄太・渡辺一弘・下吉正人

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1583～1589

本箱崎ポンプ所は、首都高速6号線の建設にともない計画施工された雨水排水用ポンプ設備であり、隅田川西部一帯85・35haを集水地域とするものである。沈砂池と除じん機を備え、一般の下水処理場用中継ポンプ所によく似ている。本文では高速道路との関連、各設備の概要、特長、制御方式について紹介する。 ○

UDC 681.142.07:53.087

スタンドアロン形カラーキャラクタディスプレイ装置

大川清人・渡辺 治・田 隆吉・小川 勇

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1618～1622

キャラクタディスプレイ装置(character display systemは、計算機と人間との間のコミュニケーションを能率良くおこなうための入出力装置(I/O device)であり、最近多くの応用分野で活用されている。キャラクタディスプレイ装置は、その応用面とか、競合機種との対比から、小形、低コスト、保守の容易性、使いやすさなどが要求される。スタンドアロン形カラーキャラクタディスプレイ装置は、このような点を考慮して製作されたものであり、通信回線(communication line)を介して計算機と接続されるリモートターミナル装置(remote terminals)である。 ○

UDC 628.12/.2:621.316.3/.7:621.398

〈埋立地排水プラント〉

東京都I0・II・I4号埋立地ポンプ所向け電機設備

那須野 才・長沢隆一・渡辺一弘・津吉信夫

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1590～1602

諸工業の発展に伴って工業地の拡張が必要となり、大規模な港湾埋立事業が最近著しく増加している。これら埋立地には排水設備を完備するため、ポンプ所が多数設備されるが、これらポンプ所は、下水処理場への送水系として一体化され、立地条件として運転員の居住に適さない等特有の条件がある。

東京都下水道局では、江東区埋立地ポンプ所設備として、集中監視制御装置・日報作成装置を導入して系統制御を行なうとともに、ポンプ所の制御装置として故障の少ない無接点ロジック盤を導入したので、その概要を紹介する。 ○

UDC 629.12:621.039.578:681.142A.004 Others

原子力船「むつ」乗員訓練用シミュレータ

関崎 憲太郎・和田 浩・加藤満雄・浅井英之・犬伏恭平・横山輝邦
井塚秀弥・柳父 靖・岡 富士郎

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1623～1629

わが国初の原子力船「むつ」は、現在原子炉部のぎ装工事が進められており、就航の前に乗組員の養成訓練が進められている。

この程青森県むつ市の日本原子力船開発事業団原子力船定係港内のシミュレータ室に乗員訓練用シミュレータが設置され、諸機能試験の結果、好成績を得た。本シミュレータは訓練員の指導監視を行う指導員盤、訓練員が操作する中央制御盤、諸システムの模擬を行うアナログ計算機等によって構成されている。本シミュレータによる訓練 ○ 内容、システムの概要およびハードウェアの一端を紹介する。

UDC 621.337:656.25

日本国有鉄道常磐線電車用ATC試験設備

金子弘美・豊田武人・丸山和志

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1630～1635

日本国有鉄道常磐線から帝都高速度交通営団千代田線に直通乗入れを行なう日本国有鉄道の電車(103系)に新幹線以外では初めて、車内信号表示式ATC(Automatic Train Control)装置が搭載された。このATC装置は毎日出庫時、および1ヵ月ごとにそれぞれ精度の異なる試験を行ない、保安装置としての性能を維持している。

車両保守業務の省力化は、時代の要求であり、その方法として、能率の高い試験方式、試験装置が検討されねばならない。この論文は、かかる問題について上記ATC試験のための○一実施例としてその方法、内容を紹介するものである。

UDC 621.313.333:621.3.064:621.316.5

誘導電動機における開閉サージ問題と真空開閉器の適用

岡田・昌治・伊藤利朗・大倉敏幹・村井 裕

勝田久登・竹内伴治・足立 覚・河野慶三

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1650～1662

多くの特長を有する真空スイッチを活用するには、回転機に適用する場合の開閉サージ対策が確立されていなければならない。本文は6.6kV以下の高圧誘導電動機を対象に、そのサージに対する特性と、過電圧発生の条件および長期間無事故運転を確保するための具体的方策を明らかにしている。ケーブルを多数使用した最近の工場配電系統では、きわめて急峻なサージが発生して電動機層間絶縁の寿命を縮めるおそれがあり、特に起動直後にしゃ断すると再発弧が継続して危険な値となる確○率がかかなりあるが、VSリアクトルを用いれば、他の開閉器よりも安○全な値に押えることができ、当社の電磁接触器はこれを内蔵している○ので、電動機開閉には最適である。

UDC 656.2.07:681.142.07:681.177.3

乗車券発売機用テープさん孔装置

鳥居健太・石本正明

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1636～1639

最近、国鉄・私鉄の各駅で乗車券自動発売機(券売機)の数は日増しにふえ、出札業務の省力化が大幅に行なわれつつある。出札業務全体を考えると、発売データの収集・発売金額の集計・連絡運輸精算資料、審査・統計資料の作成等も含まれるが、これら後方業務を電算機を用いて行なう場合、券売機の発売データを自動的に収集する必要があり、ここに紹介する乗車券発売機用テープさん孔装置は、発売された券種データを紙テープにコード化してさん孔する機能を持っている。



UDC 614.71/.72:661.2:697.941

大気汚染と空気清浄機

下島明彦・田中 修・草川英昭・松岡宏昌・前田満雄

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1663～1670

ばい塵、硫黄酸化物などの大気汚染による経済被害・社会被害が最近大きな問題となっている。たとえば硫黄酸化物は気管支ぜんそくなどを誘引する要因であり、この影響は老人・乳幼児に対して著しい傾向がみられる。これに対する大気汚染対策は種々推し進められているもの、わが国のエネルギー需要の伸び率とその構成から考えて短期的には解決は困難とみられる。本文では硫黄酸化物を中心とする大気汚染の現状、人体への影響について概説するとともに、各種空気浄化の方式について概説する。さらに当社で従来製品化したプレートフィン形空気清浄機の○構造および諸特性を紹介する。



UDC 621.316.7:625.57

最近のロープウエー用電機品

香川重光・田中藤重

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1640～1644

最近のレジャーブームにのって、山岳地方の観光が気軽にできるロープウエーは観光の主役となりつつある。年々観光客の増加とともにロープウエーも大形化・高速化・自動化が進み、乗りごちのよさおよび安全性の向上がますます必要になってきている。このような要求に適したロープウエー制御技術確立し各地で活躍している。ここではこれらの条件に最も適したワードレオナーD方式によるロープウエー電機品を紹介する。



UDC 621.314.222.8

コンデンサブッシング形計器用変圧器

塩見 実・堂本雅己

三菱電機技報Vol.45・No.12・P1645～1649

発電所、開閉所の線路側端に取り付けて電圧測定・同期検定用などに使用される線路用PDとして、従来より簡易性・経済性にすぐれたブッシング形PDがかかり使用されていたが、このたび新技術を盛り込んでさらに簡易性、据付・保守の容易性を向上した製品を開発した。わが国の情勢に適合した屋内変電所・ガス絶縁変電所などの壁ぬきブッシングとの組合せも可能であり、500kV級ではブッシングの静電容量も増大するので、PDの高性能化も期待できる。

本文では新技術の内容・特性を主体にして新ブッシング形PDについて概説した。



茨城県 鹿島臨海都市計画 下水道深芝処理場向け電機設備

間瀬 延幸*

石川 欣央**・荒木 義朝**

安田 宜弘**・大屋 正**

Electrical Equipment of Fukashiba Sewage Treatment Plant at Kashima Littoral City Project in Ibaragi Prefecture

Ibaragi Prefecture, Civil Engineer Bureau Nobuyuki MASE

Mitsubishi Electric Corp., Head Office Yoshiteru ISHIKAWA・Yoshitomo ARAKI

Yoshihiro YASUDA・Tadashi ÔYA

In the part, the industrial waste used to be individually treated by each enterprize and discharged, but from the viewpoint of a measure to prevent public hazard, a regular sewage treatment plant has been built first in this country to take care of industrial waste. In this article is described a comment on electric equipment of the sewage treatment plant and introduced a variety of electric apparatus, delivered by Mitsubishi, for the reference to future planning.

The electric equipment referred to covers 66 kV receiving apparatus, 6.9 kV substation installations, 400 V power centers, control centers, central control panels, local control panels, computer, instrumentation apparatus, ITV and remote control equipment. Particular mention is made on the first computer in the fields with anticipation of great contribution to the future treatment.

1. ま え が き

近時、水質汚濁防止対策の一環としての工場汚水の処理は、重要な課題である。工場汚水の処理は、従来あまり多くの関心をもたれなかったが、近時の公害防止に対する世論の高まりもあって、特に水質汚濁防止という見地から工場汚水の適確な処理の必要性が生じ、各地においてこうした対策の推進がはかられている。

こうした対策の一つとして、鹿島臨海工業地帯における特定公共下水道事業は、全国に先がけ主として工場汚水を処理することを目的に昭和44年度から建設に着手し、昭和45年9月から運転を開始しており、一応その成果を得たので今後の参考とされるようその建設に当たったの問題点、設備の内容について述べる。

2. 鹿島臨海工業地帯の概要とその下水処理設備

2.1 鹿島臨海工業地帯の現況と計画

茨城県のチベットともいわれた茨城県鹿島郡鹿島町・神栖町・波崎町の砂丘地帯に臨海工業地帯を建設しようと計画されてから、すでに11年が経過している。鹿島灘の荒海から鹿島砂丘地帯に向けて掘り込み人工港が掘り始められたのは昭和38年11月、すでに幅600mの主航路はほぼ掘り込みを完成した。この掘り込み港を中心として展開する鹿島臨海工業地帯の規模は約2,400ha(高松地区696ha, 神之池西部地区565ha, 神之池東部地区818ha, 波崎地区328ha)で、すでに住友金属工業・鹿島石油・三菱油化・鹿島電解等が操業をはじめており、続いて着々立地企業が工場建設に着手している。

このように夢のプランといわれた鹿島臨海工業地帯は、今その姿を現わしはじめているが、この工業地帯が完成したときは、年生産額約1兆4,000億円、工場従業員約71,500人、総人口約300,000人と推計され、これらの工場群が使用する水量は、日量約1,960,000トン

表 2.1 鹿島臨海工業地帯における工業生産規模の想定(最終)

Imagination of industrial production scale at Kashima littoral industrial zone.

業種	面積 (万坪)	従業員数 (人)	投資額 (億円)	年生産額 (億円)	用水量 (千m ³ /日)
鉄鋼	250	20,000	3,000	3,000	600
石油精製	100	1,000	1,200	2,000	100
石油化学	300	15,000	6,000	5,000	1,100
機械金属	200	20,000	1,000	1,500	50
その他	120	15,000	1,000	1,500	100
計	970	71,000	12,200	13,000	1,950
火力発電	30	500	800	1,000	10
計	1,000	71,500	13,000	14,000	1,960

といわれ、その出荷額で横浜・川崎に匹敵する規模である。(表2.1参照)

2.2 鹿島臨海工業地帯の下水道計画

このように、本県では今までにみられなかった大規模臨海工業地帯であるためマスタープランからその実現にいたるまで、多くの問題がひきおこされ、工場建設のテンポの速さと、そのために必要ないろいろな公共投資のテンポとがなかなか合致しにくい現状にある。この臨海工業地帯から排出される工場汚水の処理についても同様であって、当初は、高松地区に立地する住友金属工業は企業単独で、神之池東部・神之池西部・波崎各地区に立地する企業は、各企業が共同で処理をして放流するという計画であったが、これらの各企業は表2.1にみられるようにその業種が多岐にわたり、しかも波崎地区には県内中小企業の団地化計画等もあり、その建設管理にむずかしさがある。同時に公害対策の面からも各企業単独で処理することは好ましくないという判断と、地元町が現状においては行財政的にまだまだ弱小であり、かつ技術的にも未熟であるとともに、工場開発

にともなう周辺地開発により生ずる生活污水等の処理問題を解決するという意味からも、県営でこれらの工場汚水・生活污水の処理を行なうこととした。しかしながらこの対象区域は神之池東部・神之池西部・波崎の各地区に南・北公共埠頭、南海浜第1期埋立て地の約1,809 haと、その周辺地区の約1,000 haを将来の予定流入区域とし、この臨海工業地帯造成によってさらに開発される他区域については、別区域として新たに計画を策定することとした。

深芝処理場を含む鹿島臨海都市計画下水道（特定公共下水道）の計画策定については多くの問題点があった。

主要な点を列挙すると、

- (1) 従来の都市下水と異なり、石油化学・食品工業等を中心とした工場汚水が排水量の大部分を占める。
 - (2) 立地企業の業種が多岐にわたるため、排出される工場汚水の水質・水量も非常に複雑であり水質が悪い。
 - (3) 立地企業の最終計画までの立地年次が不確定であり、なお各社の当面の立地もバラバラであるため排出される水質・水量のいずれも年次的に増量変化する。
 - (4) 従来の都市下水と異なり放流海域が処女地であり、地先海水域の水質保全に対し十分な配慮が必要である。
- などである。

しかしこうした問題点が存在しながらも、一方では各立地企業の操業開始に合わせて、処理場の建設および運転を開始する必要がある、これらの問題点を次のように整理し計画を進めることとした。

(1) 設計汚水量は、昭和43年10月立地予定の各企業に対する排水予定量のアンケートをもとに次のように推計した。

汚水量総計	330,000 M ³ /D
うち	
工場汚水	300,000 M ³ /D (全体の約90%)
生活污水	9,000 M ³ /D (30,000人×300 l/人/D)
地下水等	21,000 M ³ /D

(2) 各立地予定企業の第1期工場建設計画が終わると予定される昭和48年までを、深芝処理場の第1期建設計画とすることとし、各社の申告数値をもとに第1期分の設備容量を決定した。しかしながら、水量の面においても水質の面においても表2.2に示すように、各企業の立地年次が異なるため、第1期計画期間中においても相当水質変動幅を生じることが予想され、処理場建設にあたって流動的に対処せざるを得ない。そこで、こうした点に対処するため各施設は段階的に増設可能なようにした。

2.3 下水道の管渠計画と深芝処理場

下水道の排水区域および管渠計画と深芝処理場の位置を、図2.1に示す。排水区域1,809 ha、管渠計画は、管径250 mmから2,600 mm、延長約27 kmで三つのポンプ場で中継し、深芝処理場に流入する。深芝処理場の面積は約10.1 haである。

2.4 深芝処理場のフローシート

2.2節で述べたように、本処理場の設計に当たっては、本処理場のもつ特異性に対しどのように対処するかがかぎであった。図2.2は処理場の全体フローシートである。

流入汚水は沈砂池に導かれ、除じんおよび除砂されたのち、汚水ポンプによりくみ上げらればつ(暴)気油脂分離そうにはいる。ばつ気油脂分離そうでは、ばつ気を行ない、汚水中の油脂分を浮上させて回収するとともに、各企業から流入する水質の異なった汚水を、このそうにおいて十分混和し、水質の均一化をねらっている。ここ

表 2.2 鹿島地区混合排水水質総括
Summarized water quality of mixed drained water at Kashima district.

項目	年度	昭和45年度	昭和46年度	昭和47年度	昭和48年度	備 考
		昭和45年度	昭和46年度	昭和47年度	昭和48年度	
排水量 (m ³ /日)		19,899	42,236	56,634	82,045	昭和55年度 330,000
処理前水質	BOD (mg/l)	244	401	362	377	
	COD (mg/l)	326	468	419	427	
	SS (mg/l)	375	455	422	307	
	油類 (mg/l)	43	48	42	46	
流入水質	BOD (mg/l)	186	225	216	236	
	COD (mg/l)	175	241	230	250	
	SS (mg/l)	84	90	90	78	
	油類 (mg/l)	14	12	12	13	

(注) 1. 処理前水質とは、各工場の中舎による排水水質を流量比により混合した混合水質を示す。
2. 流入水質とは、各工場の中舎による排水水質のうち、BOD, COD, SSについては600 mg/l、油類については20 mg/lの流入基準を設定した場合の下水道への流入混合水質を示す。



図 2.1 排水区域および下水道計画
Map of drainage area and pipe-line.

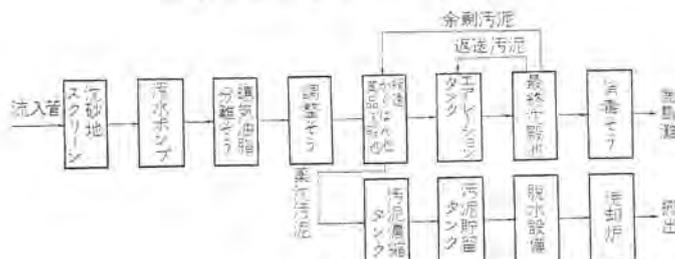


図 2.2 フローシート
Flow sheet.

で処理された水は、パーシャルフリュームで処理流入汚水量を測定され調整そうにはいる。調整そうでは、各工場汚水の水質の変動に対応してpHの微調整を行なうとともに、重金属塩等が流入した場合の処置として薬品注入による凝集沈殿も行なえるようにしている。またこのそうにおいてはpHの微調整のほか、急速かくはん(攪拌)によって処理水と注入薬品との急速な混和をはかっている。そのあと、緩速かくはん池および薬品沈殿池に導かれ、フロキュレタにより緩速

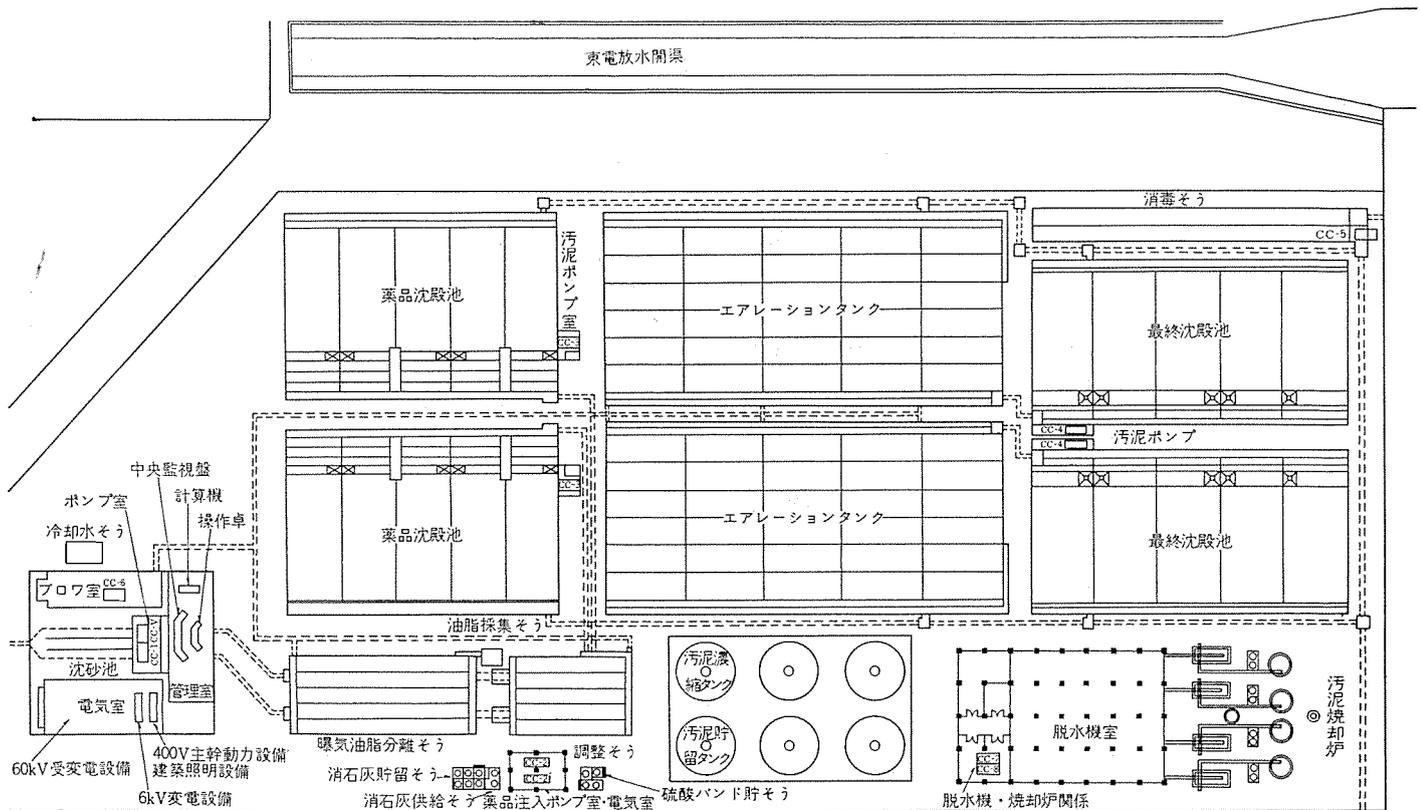


図 2.3 深芝処理場平面図 General plan of Fukushima sewage treatment plant.

かくはんしたのち沈殿池において静置沈殿させるわけで、ちょうど、都市下水処理場での最初沈殿池の要素を兼ねている。薬品沈殿池を出た処理水は、本処理場の中枢たるエアレーションタンクに流入し、活性汚泥法により処理されて最終沈殿池にて汚泥を沈殿したのち、消毒タンクを経て鹿島灘に放流される。最終沈殿池で沈殿した汚泥は、流入汚水の25%相当量を返送汚泥としてエアレーションタンクに返送するとともに、それ以上の余剰汚泥は薬品沈殿池に導き、薬品沈殿池で沈殿する薬沈汚泥と一緒に濃縮タンクに引き抜かれ、汚泥処理施設へ送られる。ただし汚泥処理施設の方式については、現在未定で実際の汚泥をもとに種々の実験をし、決定することになっている。

2.5 各施設の詳細と現況

深芝処理場への流入汚水量は、

日平均汚水量

$$330,000 \text{ m}^3/\text{D} = 13,750 \text{ m}^3/\text{h} = 229 \text{ m}^3/\text{min} = 3.817 \text{ m}^3/\text{s}$$

時間最大汚水量（企業流量表に基づく）

$$477,880 \text{ m}^3/\text{D} = 19,920 \text{ m}^3/\text{h} = 332 \text{ m}^3/\text{min} = 5.531 \text{ m}^3/\text{s}$$

とし、これらを敷地の制約から10系列に分けて計画している。

2.5.1 中継ポンプ場

計画では中継ポンプ場を、奥野谷・知手・溝口の3カ所に設置することになっているが、現在、奥野谷ポンプ場が完成、か(稼)動中で、知手・溝口両ポンプ場は建設中である。これらのポンプ場は無人化し、処理場本館から遠方監視・制御する。またポンプは運転および保守の容易なスパイラルポンプを採用した。

奥野谷ポンプ場は、波崎排水区から排出される汚水量 $86,500 \text{ m}^3/\text{D}$ を中継するもので、口径 $1,400 \text{ mm}$ スパイラルポンプを最終3台設置する計画であるが、現在2台設置済みで全揚程 5 m 、設置角度 30° である。溝口ポンプ場は、神の池西部排水区の上流部汚水量 $66,000 \text{ m}^3/\text{D}$ を中継し、知手ポンプ場に送るもので、口径 $1,200 \text{ mm}$ スパイラルポンプ3台

を計画、全揚程 5.6 m 、設置角度 30° である。知手ポンプ場は、溝口ポンプ場および上流部以外からの汚水量 $100,000 \text{ m}^3/\text{D}$ をポンプアップし、深芝処理場に送るもので、口径 $1,500 \text{ mm}$ スパイラルポンプ3台を計画、全揚程 7 m 、設置角度 30° である。なお各ポンプ場の流入口には、幅 50 mm のスクリーンを設置している。現在建設中の知手ポンプ場および溝口ポンプ場とも当面2台設置し、遠方監視制御装置も設置する計画である。（現在か動中の奥野谷ポンプ場は遠方監視のみであるが将来遠方制御もできるよう改造の予定である）

2.5.2 沈砂池

深芝処理場に流入する流入管は、 $2,600 \text{ mm}\phi$ 、流速は 1.3 m/s である。沈砂池は幅 $3 \text{ m} \times$ 長さ $18 \text{ m} \times$ 有効水深 2 m で設計している。最終計画では、日量 $330,000 \text{ m}^3$ を3系列で処理することとし、現在は予備的な意味を含めて土木構造物は全体を、機械設備は2系列を設置済みである。沈砂池内における汚水流速は、平均 0.32 m/s 、滞留時間 57 秒 、入口に有効幅 25 mm のバースクリーン置き(傾斜角 70°)、機械かき揚げ機を備え、沈砂除去装置はリンクベルト形バケットコンベヤかき揚げ機を設置している。

2.5.3 汚水ポンプ

流入汚水の時間最大汚水量は $332 \text{ m}^3/\text{min}$ 、全揚程 6.5 m と、汚水ポンプは縦軸斜流ポンプ5台(内1台予備)口径 800 mm 、揚水量 $86 \text{ m}^3/\text{min}/\text{台}$ 、揚程 6.5 m である。工場排出汚水が表 2.2 のように増量するので、これに対処するため、1台は無整流子モータとし、 $70 \sim 100\%$ 速度制御により揚水量制御することとし、現在無整流子モータ1台を含むポンプ2台を設置している。

2.5.4 ばっ(曝)気油脂分離そう

処理水量は、日平均汚水量の $229 \text{ m}^3/\text{min}$ とし、滞留時間 32 分 、その大きさは幅 $5 \text{ m} \times$ 長さ $60 \text{ m} \times$ 有効水深 5 m が5系列で、現在は、土木構造の構造面から2系列設置している。機械設備は、流

入流出両ゲート2系列を除いては1系列設置しており、散気装置は処理水量と同量の約230 m³/minを施設している。浮上油脂等の収集は、分離そう下流1/3の部分に取り付け、油脂収集装置に導き、オガズにしみ込ませ焼却処分する計画である。コレクタはリンクベルト方式を採用している。なお、消毒そうの前部から処理水を消泡水として取水し、本分離そう上側から散水している。

処理流入汚水量の計測は当初電磁流量計で計画したが、計測部分の故障等の場合に、処理水をとめなくてもよいようバイパスを考えなければならぬ等の問題から、パーシャルフリュームを設置することとした。パーシャルフリュームの寸法は6ft、流量測定範囲は180 m³/minである。現在パーシャルフリューム1そうであるが、最終2そう設置する。

2.5.5 調整そう・薬品注入設備

pHの微調整を行なうとともに、凝集剤を添加して、急速かくはんすることを目的としている。設計当初は、凝集剤として硫酸バンドを計画したが、実際の流入汚水で試験した結果アニオン系の高分子凝集剤を使用したほうが好結果が得られるので、現在その投入装置の建設を計画中である。

流入汚水量は日平均汚水量の229 m³/minとし、中和剤(石炭等)の接触時間15分として、幅5m×長さ30m×有効水深4.6mのもの5そうを計画しているが、現在はばっ気油脂分離そう同様土木構造物は2そうを、機械設備は1そう分を設置している。また、このそうに付帯する薬品注入設備としては、銅板製貯蔵そうとして石灰用27 m³用6そう、硫酸バンド用50 m³用4そうを計画しているが、現在石灰用1そう、硫酸バンド用1そうを取り付けている。空気かくはんのための散気装置は、送気量を日平均流入量と同様230 m³/minとし、かくはん用ミキサは、減速機付きモータを取り付けた立形ミキサを1そうにつき2台(径800mm)設けている。なお本タンクについてもばっ気油脂分離そうと同様消泡装置を設けている。高分子凝集剤添加のための設備は、50 m³用2そう(予備を含めて)設置する予定である。

本そうおよび薬品沈殿池は、本処理場の一つの大きな特色であって、流入基準では汚泥処理に有害となる物質は原則として排出しないこととしてはいるが、これらが万一流入した場合には、物理的付着等で重金属塩等を沈殿除去しようとするねらいは、都市下水では従来ほとんど採用されていない方法である。

2.5.6 薬品沈殿池

本池は緩速かくはん池および薬品沈殿池を合体したもので、緩速かくはん池のねらいは、凝集剤を添加され流入汚水が急速かくはんされた後にフロック形成を行なうため、フロッキュレータで緩速かくはんして、次の薬品沈殿池における沈殿効率を高めようとするものである。処理水量は229 m³/min、池の形状は幅17.6m×長さ12m×水深3.3m 10池で計画、現在は1池を完成している。滞留時間は30分で、機械設備は、周辺速度15~80 cm/sの範囲で速度変化可能な径3m×長さ5mの4翼のフロッキュレータが1池について4段16翼ついている。その回転数は下流に行くほど回転速度が漸減するようになっている。

次に薬品沈殿池は、沈殿時間は2.5時間で、池は幅17.6m×長さ45m×水深4.3mである。池内平均流速0.3m/分の計画である。機械設備は、1池を4タンクに分けて、リンクベルト形主コレクタ4基およびクロスコレクタ1基を設置している。主コレクタは2基1駆動である。

2.5.7 エアレーションタンク

本処理場の中枢であるこのタンクは、全断面流入方式でかつ多孔

整流壁によってタンクを6室に分割し、各室とも片側散気によって回流を起こさせながら完全混合を行なうものである。計画は10タンクであるが、現在は1タンク設置している。エアレーション時間は4.7時間でタンク規模は幅27.5m×長さ58.8m×水深5m、最終沈殿池からの返送汚泥を処理汚水量の25%(濃度を9,000ppmと仮定)として、本タンクのBOD-SS負荷を27.3kg BOD/100kg SSと仮定して計画をたてている。なおこの仮定のなかでは薬品沈殿池でのBOD除去を相当量仮定しているため、この仮定がはたして妥当であるかどうかについては、実際の運転によって今後検討していく必要があると考えている。本タンクの機械設備として、散気装置および消泡装置があり、散気装置は空気倍率を5.4倍と計算されているが、送風機容量は処理汚水量の7倍として計算している。

2.5.8 最終沈殿池

本池は沈殿時間を2.3時間、形状寸法は幅20m×長さ50m×水深4mを10池計画しているが、現在は他と同様1池設置している。機械設備は、リンクベルト形主コレクタを1池(4室に分れている)につき4基(2基1駆動)、クロスコレクタ1基のほか汚泥ポンプとして返送汚泥用斜流渦巻ポンプφ350mmのもの8台(うち予備2台)、余剰汚泥用横軸片吸込ノンクロック形φ100mm 4台(うち予備2台)の計12台を計画し、うち返送汚泥用2台、余剰汚泥用2台の計4台を設置している。

2.5.9 消毒そう

本そうは、最終沈殿池からの上澄液を塩素滅菌して放流するための施設で、その滅菌する直前から消泡用水を取水することにしている。

消毒タンクは、日平均汚水量229 m³/分 で塩素接触時間15分とし、幅5m×長さ208m×(2回路)×水深3.4mであるが、現在は当面工場汚水のみで、生活汚水は皆無に等しい状態なので、このそうは設置しておらず、消泡用水用ポンプ井だけ設けているが、近く消毒そうも設置することとしている。消泡用水用ポンプ井は幅5m×長さ12m×水深3.4m 容量204.3 m³で、口径200mm×4.9 m³/min×揚程25mの両吸込渦巻ポンプ3台(内1台予備)および口径160mm×2.5 m³/min×揚程25m 2台、ストレーナ(径300mm用)3台を計画、現在はポンプは口径160mm 2台、ストレーナ2台である。なお、消毒タンクの塩素注入は液体塩素を注入することとし塩素注入率は平均汚水量に対し、3ppmとなるように塩素注入機(50kg/時の能力)2台(内1台予備)を設置する計画である。

2.5.10 汚泥濃縮タンク

最終沈殿池から出てくる余剰汚泥は薬品沈殿池にいったん返して、薬品沈殿池で沈殿した薬沈汚泥と一緒に引き抜くことにしているが、薬沈汚泥の含水率は98.0%であるので、本タンクで96.0%まで濃縮しようとするものである。薬品沈殿池から汚泥を引き抜く汚泥ポンプは、ポンプか動時間を6時間と仮定して、口径200mm×3.5 m³/min×揚程11mを6台(内2台予備)で計画し、分水タンクに入れさらに濃縮タンクに導いている。濃縮タンクは、内径20m×側水深3mのもの3タンクを計画、現状では、汚泥引き抜きポンプ2台(内1台予備)、濃縮タンクを1タンク設置している。しかしながら、本濃縮タンクは、流入汚水量110,000 m³/日に対応するものであるため、当面はその1/3量に近い少量の流入汚水量しかなく、その運転仕様をどのようにするかが目下の課題である。

2.5.11 本館施設

本館施設は、大きく四つに分かれており、管理棟・電気室・主ボ

ンブ室・ブロウ室となっている。

管理棟は、中央監視室・水質検査室・揚長室・会議室・事務室等からなっており、中央監視室は管理棟の2階で、処理場全景が見渡せる位置にあり、場内各施設をここにおいて中央監視制御している。中央監視室の特色は、電子計算機とITV（工業用テレビ）である。電子計算機は、当初省力化を考慮して処理場の管理上必要なデータロガーを採用することにしてはいたが、将来水質管理に必要なデータを瞬時測定できる機器の開発ならびにプラントの計算機制御等を期待し、現在収集を必要とするデータについての演算処理等の整理も同時的に行なうとともに、使用料金算定にも利用できるように小形電子計算機を導入した点である。ITVは本処理場が24時間稼働のため、夜間等における状態監視を主体として設置し、あわせて省力化をはかっている。

水質試験室は、都市下水処理場の水質試験室の約2倍以上の広さを持っており、本処理場に流入する汚水の処理料金の体系が、水量だけでなく水質要素を加味している点から処理場内の処理水質管理のみでなく、各企業から排出される排出口での水質試験ができるよう配慮している。また、そのため水質試験係員についても他の処理場より多くを必要としている。

電気室は、66kV受電と特別高圧受電および高低圧変配電設備が入っている。将来は66kV2回線受電の計画であるが現在は1回線である。なお、本線は隣接する東電鹿島火力発電所の起動用電力線から分岐している点から、内部トラブルによる停電をできるだけ防止するための保護装置には十分配慮をしている。

ブロウ室の建築物そのものは、半分建てであり、流入汚水量の増加に応じて今後増築する計画である。ブロウ本体は最終計画では口径550mm（風量420m³/min）4台および口径400mm（風量210m³/min）3台の計7台（内1台予備）であるが、現状では口径400mmブロウを2台設置している。

3. 受変電動力設備

汚水処理場の受変電動力設備を計画・施行する場合の一般的な特長は次のとおりである。

(1) 広い構内に負荷が散在し、その負荷容量はブロウ、汚水ポンプおよび雨水ポンプ等の負荷を除き、小容量（十数kW以下）のものが多い。したがって管理と保守を十分考慮しなければならない。

(2) 重要負荷（ブロウ・雨水ポンプ等）については、短時間の停電しか許されない。

(3) 湿気や腐食性ガス、設置場所によっては塩害についての対策を考慮しなければならない。

これらを十分配慮のうえ、全体計画および使用機器の選定を行なわねばならない。深芝処理場の単線接続を図3.1に、主要電機設備の配置を図2.3に示す。本処理場における受変電動力設備は大別すると次の4グループから構成される。

(1) 66kV受変電設備

東京電力の鹿島火力発電所起動電力線から分岐した66kV2回線（ただし今回1回線）で受電し、負荷時タップ切換変圧器で6.6kVに降圧する設備で、受電のシャ断器はガスシャ断器を使用し、本館電気室内に単独据付鉄構形で設置する。

(2) 6.6kV変電設備

高圧動力負荷であるブロウおよび高圧で配電し、現地で400Vに降圧する汚泥処理用動力へ、6.6kVで配電するとともに、乾式変圧

器で400V、200Vおよび100Vに降圧する設備、ならびに力率改善用（総合力率95%を目標）の電力コンデンサ設備で、高圧シャ断器は真空シャ断器を使用し、本館電気室内にJEM-1153閉鎖配電盤の形のG級メタルクラッドに収納して設置する。

(3) 400V主幹動力設備および建築・照明設備

動力用400V、建築動力用200Vおよび照明用100Vの主幹中シャ断器、あるいはノーヒューズシャ断器を収納する設備で、本館電気室に設置する。

(4) 400V動力設備

各負荷の閉閉を行なうコントロールセンタ設備で、各負荷をCC-1～CC-6の各グループにまとめ、構内に分散設置する。

以下受変電動力設備の全体計画の概要、ならびに主要電機品の仕様とその特長について紹介する。

3.1 受変電動力設備の全体計画

プラントの建築・土木・機械設備の仕様と配置ならびに運転方式が決まると、次の手順で受変電動力設備の計画がなされる。

3.1.1 受電方式と非常用電源設備

汚水処理場では負荷の性質上短時間の停電しか許されぬ負荷、あるいは買電電源が停電となる確率が高いときに運転しなければならぬ負荷があるため（雨水ポンプ等は台風シーズンに運転する機会が多い）、受電方式（供給電力の信頼性）と非常用電源設備の要否について十分検討しなければならない。受電方式としては、異変電所からの2回線受電（常用・予備）が最も望ましい形であるが、立地条件あるいは電力会社の事情等から1回線受電となる場合が多く、この場合負荷の性質にもよるが非常電源設備を別に設けることが必要である。非常用電源設備の容量は、買電停電時に運転すべき負荷（建築・照明動力負荷も含め）に見合う容量でよい。なお負荷のうち、雨水ポンプ（本処理場にはない）等は降雨量が多いときのみ運転されるので、年間の平均運転時間が非常に短く数百時間以下の場合がある。この場合買電契約するよりも別に非常用電源設備（一般にディーゼル発電設備）を設けたほうが経済的となることもあるので検討を要する。

受電電圧については、電力会社ごとに契約電力と受電電圧についての電力供給規定があるが、需要点の位置と電力会社の配電所の位置および変圧器容量ならびに配電線の位置等が関連するので、その決定に当たっては電力会社と打合せのうえ決定しなければならない。

受電設備の回路方式については、電力会社ごとにMOF、シャ断器等の位置についての規定（推奨回路）があり、東京電力の場合には「特高自家用受電設備設計についてのお願い」という小冊子がある。

本処理場については、受電容量が2×3,000kVA（1台将来）であることから66kVの受電電圧とし、受電方式は鹿島火力発電所の起動用電力線より分岐して2回線引込（常用・予備）と決定した。買電電源の信頼性については、火力発電所起動用電力線の重要性からかんがみて十分あるので、非常用電源設備は設けぬこととした。受電の回路構成についても東京電力の推奨方式に準拠した。

3.1.2 受電変圧器容量および力率の改善

変圧器容量を決定する場合、負荷の運転方式によってか動率がことなるので一般的には

- (1) 連続運転する負荷はその100%の負荷容量（予備を除く）
- (2) 自動運転する負荷はその60～70%の負荷容量
- (3) 手動運転する負荷はその40～50%の負荷容量

が連続運転している負荷容量として合計すれば、動力用負荷の変圧

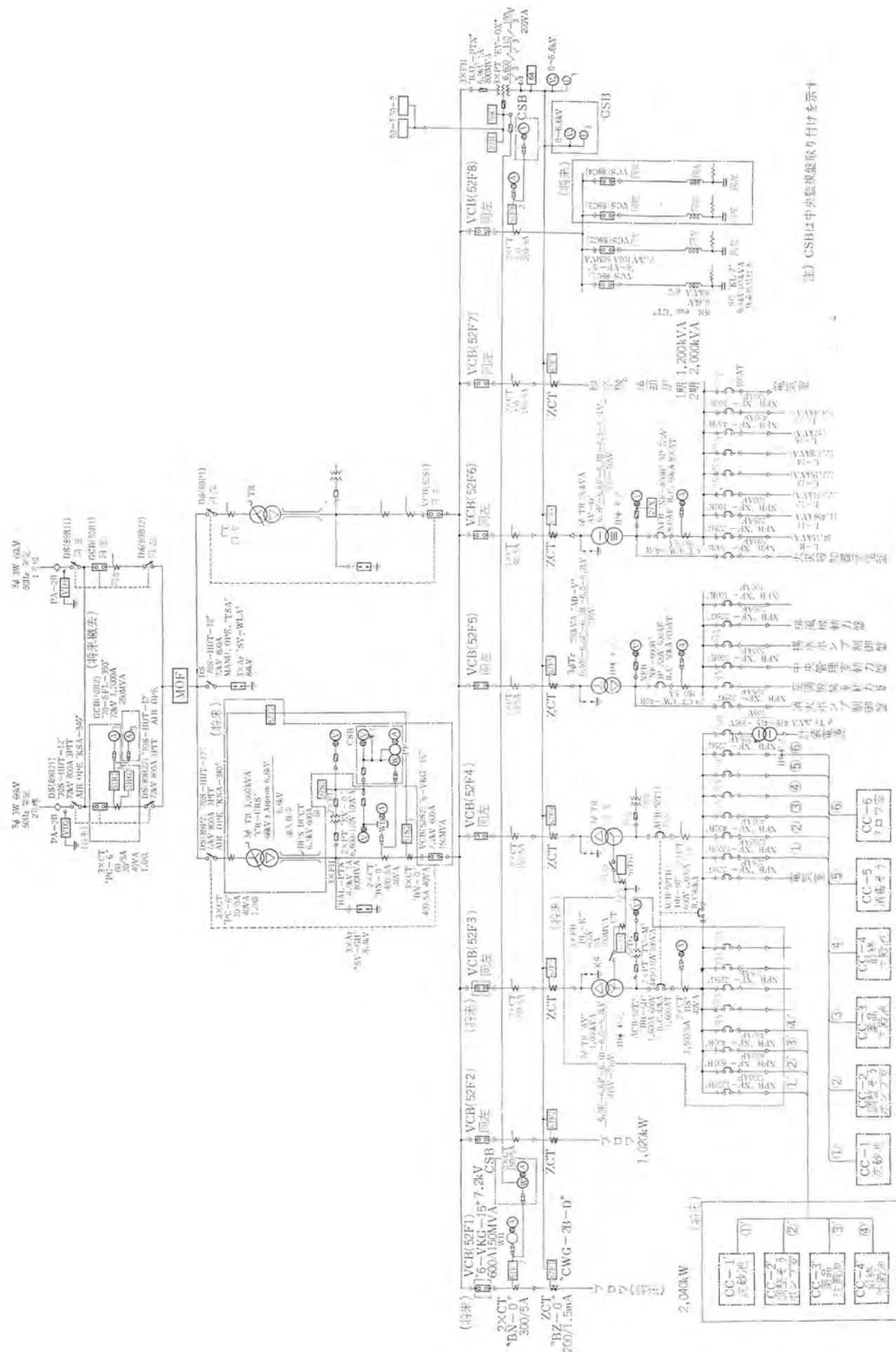


図 3.1 単線接続図

Single-line diagram.

器容量 (kW) が求まる。簡単にはか効率が全負荷容量に対して普通 70~80% として求めても大差ない。そのほかの動力である建築動力負荷 (空調等) および照明動力負荷を加えれば必要な受電変圧器容量 (kW) となる。他方、電力料金は基本料金と電力量料金の合計であるが、力率割引あるいは割増があり、力率 85% を基準として力率が 1% 良くなるごとに基本料金が 1% 安く、逆に力率が 1% 悪くなるごとに基本料金が 1% 高くなる。一般にはプラント全体の総合力率の目標を 90~95% 以上となるよう力率改善用コンデンサをそう入する。したがって総合力率は、90% 程度として受電変圧器容量 (kVA) を決定し、その容量より大きくて、規格で定められた容量のうち最も近いものを選ばばよい。

力率改善用コンデンサのそう入場所は、その負荷容量が中容量以上 (数十 kW 以上) のものについては、負荷ごとに負荷と並列に設け、負荷と一緒に開閉する。小容量のものについては、全体として数バンクにまとめコンデンサ単独で開閉を行なうのが一般的である。コンデンサをまとめて設ける場合、コンデンサの開閉を自動 (無効電力または力率による) で行なう方法と手動で行なう方法があり、いずれの方法を採用するかは、負荷の運転パターンとその操作ひん度によるが、上記のようにコンデンサをそう入する場合には、手動操作で十分である。

本処理場では、受電変圧器容量を 2×3,000 kVA (内 1 台将来増設) とした。なお 66 kV 受電電圧の電圧変動値ならびに変圧器の電圧変動率とを検討すると、負荷点における総合電圧変動率が ±10% 以上となることが予想されるので、受電変圧器は負荷時タップ切換変圧器とした。(一般に電力機器の電動変動の許容値は ±10% 以内である) 力率改善用コンデンサは、中容量以上の負荷には、その総合力率を 90% 以上に改善する容量のものを並列に接続し、負荷と一緒に開閉する。小容量負荷については、6.6 kV 母線に 4×500 kVA (内 2 バックは将来増設) を設け、手動にて操作することによりプラント全体の総合力率を 95% 以上に改善することにした。

3. 1. 3 構内配電方式と配電電圧 (負荷電圧)

構内配電方式の決定にあたっては、(1) 人的・物的安全性、(2) 信頼性、(3) 経済性、(4) 保守・点検の容易さ、(5) 電圧変動率・電力損失を考慮のうえ、配電電圧 (負荷電圧) も合せ総合的に検討しなければならない。

負荷電圧の選択についても同様であるが、主として経済性および負荷容量と配電線の距離によって決まる。一般にプロウ負荷は数百 kW となるので高圧を、その他の負荷は比較的容量の大きい汚水ポンプ負荷でも 100~200 kW 以下であり、低圧を採用することが多い。構内が広く、配電線の距離が長くなる傾向がある下水処理場では、高圧に 6.6 kV、低圧に 400 V を採用する傾向にある。低圧に 400 V を採用すれば、同一容量の 200 V 負荷に比較して電線サイズおよび主回路機器の電流定格が約 1/2 でよく非常に経済的となる。(低圧機器、電線の定格電圧は 600 V 以下が多く、また電動機の定格電圧の 200 V から 400 V への変更は簡単なコイル接続変更で可能)

本処理場では、プロウ電圧に 6.6 kV を、汚泥処理設備は負荷容量が大きいため、6.6 kV で配電し汚泥処理電気室にて 400 V に降圧することにした。その他の負荷は 400 V を採用した。配電方式は、6.6 kV および 400 V 共放射状方式とし、本館電気室よりおのおのの負荷グループまでそれぞれの電圧で配電した。

3. 1. 4 保護方式としゃ断容量

本処理場における保護方式の一覧表を表 3. 1 に示す。

表 3. 1 保護方式一覧表
List of electrical protection.

設備内容	保護内容	シーケンス番号	処置内容	備考
60 kV 受電設備	過電流	51 R	受電しゃ断器トリップ	リレー整定は東電と打合せ
	接地過電流	51 RG	受電しゃ断器トリップ	
	負荷時タップ切換変圧器	比率差動	87 T	受電しゃ断器トリップ 主変二次しゃ断器トリップ
温度上昇		26 T	警報のみ	
放圧弁破壊		96 TD		
衝撃圧カリレー		96 T		
油面低下		33 QT		
タップ切換器	タップ同期ずれ		警報のみ	
	タップ渋滞			
	電源トリップ			
ガスしゃ断器	操作空気圧低下		警報のみ	
	ガス補給指令			
操作用コンプレッサ	空気圧異常		警報のみ	
	NFB トリップ			
6 kV 変電設備	主変二次過電流	51 S	主変二次しゃ断器トリップ	(注) コンデンサのコンタクトはその主幹しゃ断器のフィード過電流時トリップする
	主変二次低電圧	27 S	主変二次しゃ断器トリップ フィードしゃ断器トリップ コンデンサコンタクトトリップ	
	接地過電圧	64	警報のみ	
	フィード過電流	51 F	フィードしゃ断器トリップ	
	フィード方向地絡	67 F	フィードしゃ断器トリップ	
	母線過電圧	59 C	コンデンサ主幹 フィードトリップ コンデンサコンタクトトリップ	
	動力・建築トランス	温度上昇	26 DT	
400 V 主幹動力	気中しゃ断器		気中しゃ断器トリップ	長限時、短限時リレー内蔵
建築・照明設備	自動トリップ			
	気中しゃ断器過負荷警報		警報のみ	
	400 V 接地過電流	51 TG	主幹気中しゃ断器トリップ	
400 V 動力設備	ノーヒューズしゃ断器自動トリップ		ノーヒューズしゃ断器トリップ	熱動・電磁リレー内蔵
	サーマルリレー		コンタクトトリップ	熱動リレー内蔵

(1) 66 kV 受電設備

受電回路の保護方式としゃ断容量については、その管轄電力会社と打合せのうえ決定しなければならない。本処理場の場合は東京電力と打合せ、しゃ断容量は 2,500 MVA (20 kA)、接地電流は推定であるが約 300~600 A とし、過電流保護 (瞬時要素付き) と接地保護 (高速形) を行なった。なお保護継電器のタップ値・ダイヤル値についても東京電力と打合せ電力会社の系統との協調を計っている。

(2) 6.6kV 変電設備

受電変圧器の容量 3,000 kVA, %Z=7.5% であるから, 2台並列運転時のしゃ断容量は 80 MVA となり, 6.6kV 系のしゃ断容量は 150 MVA とした。

(3) 400V 主幹動力設備および建築・照明設備

動力トランスの容量 1,000 kVA, %Z=5.5% であるから 1台当たりの短絡電流 25.3 kA (対称値) となり, 非対称係数, 電動機寄与電流および電線サイズおよび距離を考慮のうえ, しゃ断容量 30 kA (非対称値) 以上の気中しゃ断器およびノーヒューズしゃ断器を使用した。

(動力トランスの並列運転は行なわない)。その他建築・照明設備についても同様に短絡電流を計算のうえ, しゃ断容量 15 kA 以上のノーヒューズしゃ断器を使用した。

照明回路は停電になっても照明負荷が接続されたままとなり, 電源が復帰して 6.6kV しゃ断器投入時に大きな突入電流が流れるのを防ぐため, 停電時に主幹のノーヒューズしゃ断器を自動トリップするようにした。

(4) 400V 動力設備

各負荷グループでのしゃ断容量は, 本館電気室からの距離および電線サイズならびに電動機寄与電流を考慮のうえ, しゃ断容量 10 kA (非対称値) 以上のノーヒューズしゃ断器を使用した。

3.1.5 各機器間のインタロック

主要機器のインタロックは次のとおりである。(1号線の例で示す)

(1) 受電断路器電源側 (89R11) は受電しゃ断器 (52R1) が開のとき操作可。

(2) 受電断路器負荷側 (89R12) は受電断路器電源側 (89R11) が開のとき操作可。

(3) 変圧器一次断路器 (89P1) は, 負荷時タップ切換変圧器の二次しゃ断器 (52S1) が開のとき操作可。なお変圧器一次断路器は変圧器の無負荷励磁電流の開閉可能なものである。

(4) 受電しゃ断器 (52R1) は他の受電しゃ断器 (52R2) が開のとき, または受電断路器負荷側 (89R12) が開のとき操作可。

(5) 400V 母線連絡気中しゃ断器 (52TB) は, 主幹気中しゃ断器 (52T1 または 52T2) のいずれかが開のとき操作可。

3.1.6 監視・操作場所

各機器の操作は現場優先とし, 操作場所の切換スイッチは現場に設け, 操作の安全および確実を計っている。

66kV 受変電設備は, 本館電気室に現場の監視盤を設けて監視操作を, 6.6kV 変電設備および 400V 主幹動力設備, 建築・照明設備は, 閉鎖配電盤の盤面上にて監視操作を行なっている。400V 動力設備については, おおのこの負荷の近傍に現場操作盤を設けているほか, 必要に応じて現場監視盤を設け操作・監視の便を計っている。(次章にてその詳細を述べる)

3.2 主要機器の仕様とその特長

本処理場の特長は, 66kV 特高受変電機器を屋内単独据付け形とし, ガスしゃ断器および負荷時タップ切換変圧器を使用していることである。以下主要機器の仕様とその特長を述べる。

3.2.1 66kV 受変電設備

66kV 機器は本処理場の設置条件から塩害を考慮して, がいし類をすべて 70 号 (普通は 60 号) としている。

(1) しゃ断器

70-SFL-350 形 72kV 600A 2,500MVA

消弧媒体に性能のすぐれた SF₆ ガスを使用したパツファ式(バフファ式)のガスしゃ断器である。操作音が油しゃ断器なみに低い, 接触子の寿命が長い, 長期にわたり無保守無点検で使用できる等の特長を有している。

(2) 負荷時タップ切換変圧器

CR-USR 形 3φ 3,000kVA 66/6.6kV

タップ数 17点 窒素封入密封式 全装可搬式 油入自冷

電圧調整範囲 66kV 基準 ±11% 平均 1.38% ステップ

タップ切換器の形式 並列回路 リアクトル式

切換器は機構部分も含めて箱の中に納め, これを変圧器の外箱側面にマイカルタ区切板を介して取り付け, 点検窓から容易にすべての部分に触手できる保守・点検が便利な構造としている。またタップ切換器をはずして普通の変圧器としても使用できる。

電圧調整継電器は, 静止形積分形電圧調整継電器 LAA-4-D 形を使用し, 不必要な動作をなくすとともに寿命・信頼性・保守および取換えの簡便さを計った。

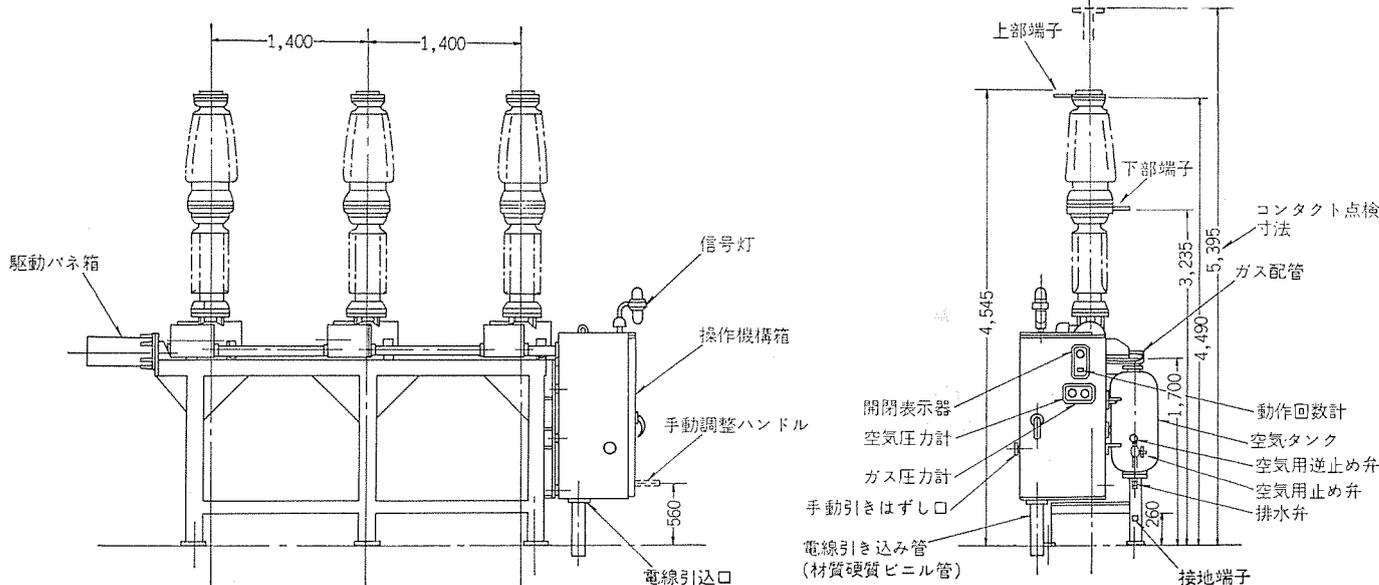


図 3.2 SFL 形ガスしゃ断器
Type "SFL" SF₆ gas circuit breaker.

(3) 断路器

70S-HDT-12形 72kV 800A 3P1T

空気操作(避雷器用は手動操作) 水平2点切り

接触部には銀張りを行ない、かつ接触子はリバースルーパ形を使用し、故障電流が流れたとき電磁力が接触圧力を増すよう働くように工夫されている。なお変圧器一次用断路器は、変圧器の無負荷励磁電流の開閉が可能なものを選んでいる。

(4) 避雷器

SV-WLA形 84kV 10,000A 発電機専用

防爆防止装置付き 永久磁石式

(5) 変流器

PC-6形 60-30/5A 40VA 1.0級 ガイン形

絶縁は充てん絶縁を使用し、絶縁物中にシールドをそう入し電界分布の改善を計っている。

(6) 電圧検知器

PA-2B形 アンテナ式

検出能力 整定電圧の+15%~-5%

直接母線に接続しないアンテナ式のため、母線側保護装置が不要となり、送電線の引込み口に取付け可能である。また装置は静止化されており寿命は半永久的である。

(7) 圧縮空気発生装置

CV-AA形 2×0.75kW 400ℓ 複式

(ガスシャ断器2台、空気操作断路器6台分用)

空気圧縮機2台同時運転方式を採用し操作の簡易化を計っている。

(常用予備方式では1台の圧縮機が長時間停止することがあり、その寿命を縮めることがある)

3.2.2 6.6kV 変電設備

シャ断器は真空シャ断器を使用し、JEM-1153のG級メタルクラッドに2段階で収納している。真空シャ断器は、コンタクトを真空中で開閉するため、他の方式のものに比べシャ断性能が優秀である、保証開閉回数が多い(寿命が長い)、腐食性ガスに対する寛容度が高い、保守が容易である等の特長を持っており、価格の高いことを十分補っている。なお真空シャ断器特有のサージ電圧については実用上支障のないように十分配慮している。

コンデンサの開閉には真空スイッチを使用し、JEM-1153のE級メタルクラッドに直列リアクトルおよびコンデンサとともに収納している。真空スイッチもシャ断器と同様の特長を持ち、価格面でも若干高い程度である。

変圧器は乾式変圧器を使用し、閉鎖配電盤に収納のうえ400V主幹設備等と列盤構造としている。乾式変圧器は、重量が軽い、寸法が小さい、保守が容易である等の特長を有している。

3.2.3 400V主幹動力設備および建築・照明設備

400V主幹動力設備の変圧器二次には気中シャ断器を、その他はすべてノーヒューズシャ断器を使用しキュービクルに収納している。気中シャ断器およびノーヒューズシャ断器のいずれも引出形とし、点検が容易な構造とした。

3.2.4 400V動力設備

400V動力設備はコントロールセンタを使用し、動力回路および制御回路とも自動連結機構を採用した全自動引出形とし、保守・点検の容易なものとしている。

直流電源装置として、公称電圧96V 160Ahの密閉形焼結式アルカリ蓄電池を設置している。停電時間は2時間を想定して容量を決



図 3.3 WV形メタルクラッド
Type "WV" metalclad switchgear.



図 3.4 低圧閉鎖盤
Low tension cubicle.

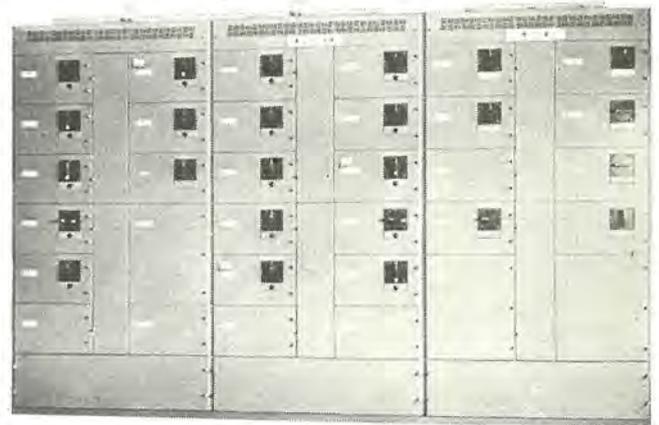


図 3.5 E形コントロールセンタ
Type "E" control center.

定した。

4. 監視・制御・計装設備

プラントの監視・制御方式を決定するにあたっては、プラントの性格、プラントのフローと土木・建築・機械設備の配置の関係、管理・保守体制、信頼性、安全性、経済性等を考慮して計画する必要がある。

汚水処理設備は、原料の汚水を物理的処理(汚砂)、物理化学的処理(薬品注入・凝集沈殿)、生物化学的処理(エアレーション)、物理処理(最終沈殿)を経て清水化し、化学的処理(塩素滅菌)後、放流(製品化)するという、一種の化学製造プロセスのプラントとみなすことができる。しかし、原料である汚水の質および量が大幅に変動し、しかもその変動が事前には把握できないにもかかわらず、製品である放流水は規定以上の質におさめる必要のあること、経済

性の点から生物化学的処理という、単に物理量および単純化学量の計測のみでは管理できない要素を含む処理の良否が、放流水の水質を決定する最大の要因となるために、現在生物化学的処理を管理するための計装機器が未開発であることも起因して、汚水処理は、連続プロセスではあるが、一環した自動化を行なうことは現状ではむづかしい。また処理設備が広大な敷地を必要とし、機械類が点在して設置されるために、一般に、その処理工程グループごとに動力電気室を設け、その処理工程ごとに管理するといういわゆるパッチ処理的な考え方が、従来から汚水処理設備の運転・管理に対してとられてきている。

4.1 監視・制御・計測設備の計画

深芝処理場の計画にあたっては、従来の考え方もふまえたうえで、将来への展望を考慮しながら、次のとおり計画した。

(1) 省力化の目的では、物理量および単純な化学量のための計測で自動化のできるものは、できるだけ自動化すること。また単に時間的的管理のみでよいものは時限リレーを使用して自動化することとしたが、自動運転不調時のために、必ず手動運転も可能とした。

(2) 信頼性向上の見地からは、従来どおり、非常時・調整時のために現場操作盤を設けるほか、各処理工程ごとに電気室を設け、そこで処理工程ごとの1人制御運転を可能とした。電気室グループ別

を表4.1に示す。

CC-2, CC-3は現場監視盤を別置し、その他についてはコントロールセンタを現場監視盤に兼用し、コントロールセンタから操作を行なうこととした。現場監視盤を図4.1に示す。

(3) 現時点での省力化、最適運転管理の目的および将来計装機器が開発された時点では、電子計算機を使用して、汚水処理設備を連続プロセスとして自動化することが可能となるよう配慮した。すなわち、中央管理室からは単に深芝処理場のみならず、中継ポンプ場も含めて集中管理し、中央管理室から処理工程に必要なすべての機器の制御・監視・計測を可能とするとともに、計装信号はすべて電子計算機の入力として、データ処理させることとした。

4.2 中央監視室

中央監視室は、深芝処理場の中枢であり、ここからは処理場内は

表 4.1 動力電気室一覧表
List of low tension electric power room.

コントロールセンタ	処 理 工 程 名
CC-1*	沈砂池, 汚水ポンプ
CC-2	薬品注入設備, ばっ気油脂分離そう, pH調整そう
CC-3	薬品沈殿池, エアレーションタンク
CC-4	最終沈殿池
CC-5	消毒そう
CC-6*	ブロワ
P-1*	本館動力

(注) * 印は本館内にあり

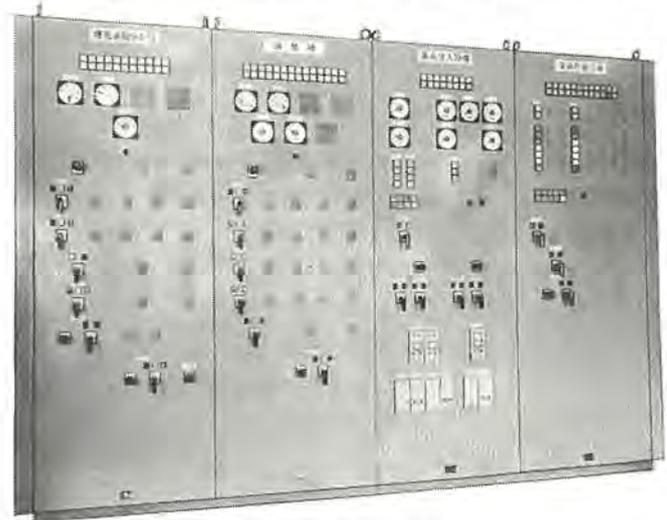


図 4.1 現場監視盤
Local control panel.

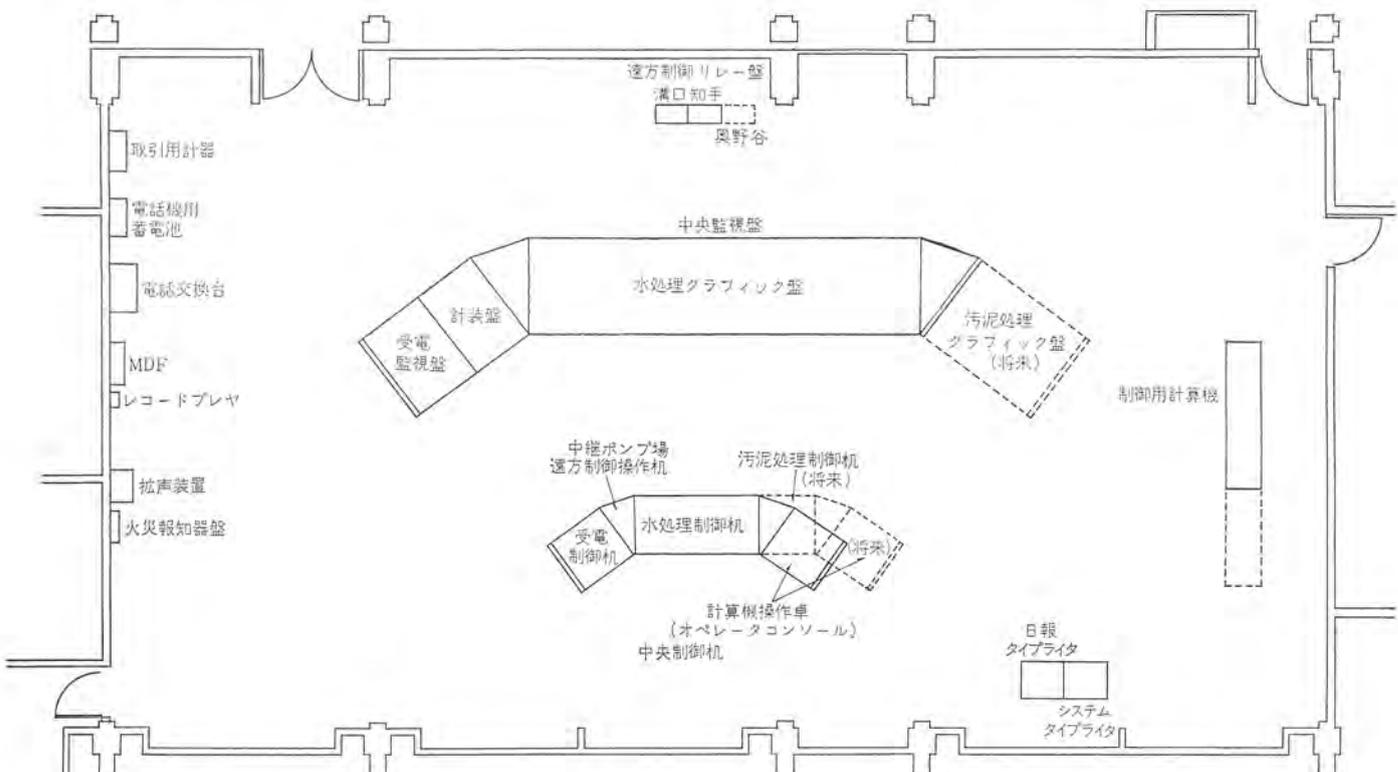


図 4.2 中央管理室配置図
Layout of central control room.

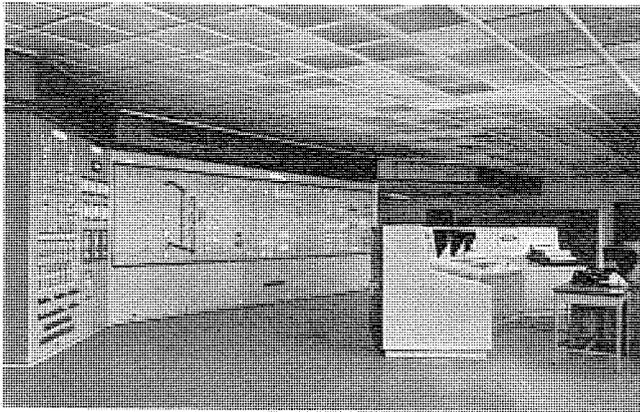


図 4.3 中央管理室
Central control room

もとより、処理場へ工場汚水を送水するための、中継ポンプ場3カ所(奥野谷・知手・溝口)も含めて、処理場運用上に必要なすべての状態監視、計測、主要機器の制御を可能とした。

状態および故障表示は、すべてグラフィック盤上に行ない、流量・水質などの計測はグラフィック盤と列盤の計装盤にアナログ記録計にて指示記録するとともに、計算機制御卓(オペレータコンソール)より、任意の計測点をデジタル値で表示または印字可能とした。

また中央制御機から、受電関係・水処理関係および中継ポンプ場(製作中)の主要機器の操作を可能とし処理場内監視用工業テレビ(ITV)、場内放送設備、屋外照明灯スイッチおよび計算機制御卓も体裁よく中央制御機に組込んだ。

その他、中央監視室には、計算機本体・日報用タイプライタ・計算機入出力装置・中継ポンプ場遠方制御装置・火災報知装置等を設置した。中央管理室配置を図4.2に、主要部を図4.3に示す。

4.3 グラフィック盤

グラフィック盤には、処理工程のフローどおりにシンボル化した各機械を配置し、配管系統別に色別を行ない、一見して中継ポンプ場および処理場全体の状態を容易には握できるようにした。

シンボルは一灯多色式で、下記点灯色により状態を表示している。

一般機器類	バルブ、ゲート類
運転……赤	全開……赤
停止……緑	全閉……緑
故障……緑フリッカ	動作中……白
	故障……白フリッカ

グラフィックパネルは、将来処理場全体完成時を想定して製作したが、現在の実設備は完成時の1/10であるので、グラフィック上は実設備のみを点灯することとして区別した。

グラフィック盤はモザイク式を採用した。モザイクは1ブロックが45mm角のエポキシ樹脂製のモザイクで構成され、1ブロック最大8灯のランプソケットが取付け可能であり、このモザイク表面に焼付け塗装するか、シンボルを張付け、それをアルミわくに取付け組立てるグラフィック盤で、モザイクは容易に取りはずし取換えが可能であり、仮に設備が変更になっても、変更箇所のみを取換えればよいものである。下水処理場のように、全設備の完成が長く、処理機械の改良、革新が早い分野で、計画時点から将来設備変更の可能性を秘めているプラントでは、今後大いに採用される傾向にある。

故障表示は、できるだけ簡単な方法で詳しく状況がわかるように、一つの故障で故障発生場所・故障内容・故障機器を表示することと

した。たとえば、汚水ポンプ1号が過負荷でトリップすれば、「CC-2」「過負荷」「1号汚水ポンプシンボル」の三つが同時にフリッカして警報する。なお「CC-2」のシンボルはCC-2グループ全体に共通に1個であり、同様に「過負荷」も汚水ポンプ5台に共通である。このようにして組合せで表示することにより、数少ない表示灯で詳細な情報が表示可能である。

4.4 中央制御機

中央からの制御方式は下記のとおりである。

4.4.1 受電設備関係

個々のしゃ断器に対応した操作スイッチを、グラフィック盤と同じ受電主回路の単線図どおりに制御机上に配置した一般的な操作方式(一挙動操作)であり、現場の操作場所切換えスイッチが中央側となっておれば、グラフィック盤上に白色表示を行なう。なお中央制御機には、受電非常しゃ断用の非常ボタンが特高用・高圧用・低圧用と3個取付け、その非常ボタンの操作により関係のしゃ断器全台(特高用であれば特高しゃ断器全台)を同時にしゃ断可能とした。

4.4.2 水処理設備関係

受電設備は中央管理室と同一建物である本館内に設置されるが、水処理機械関係は、沈砂池・汚水ポンプ・ブロー関係以外は電気室がすべて本館とは別棟にあり、最も遠い消毒そう関係では、制御ケーブル長が約800mにもおよぶこと、および制御機械数が非常に多いことから、下記のように計画した。

(1) 制御機械に対応して操作スイッチを設けず、制御機械に対応した小形照光式選択押しボタンを設けて、選択押しボタンで機械を選択し、機器全体共通の主幹スイッチで操作する、いわゆる選択制御方式(二挙動方式)を採用し、制御機の縮小化を計った。

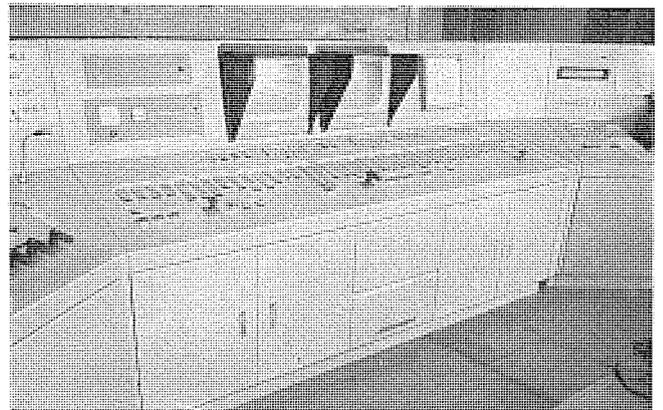


図 4.4 中央制御機
Central control desk.

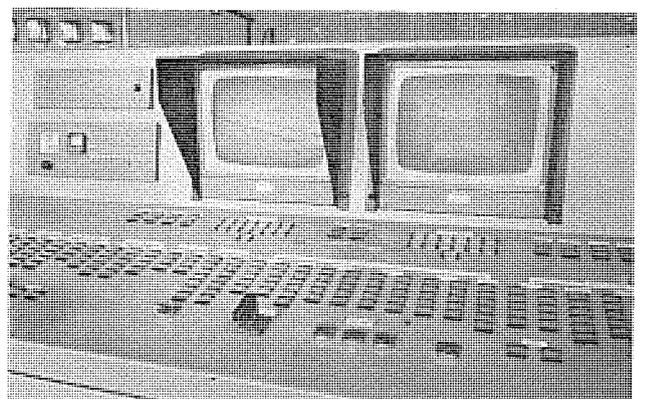


図 4.5 ITVと操作スイッチ群
ITV and control switches.

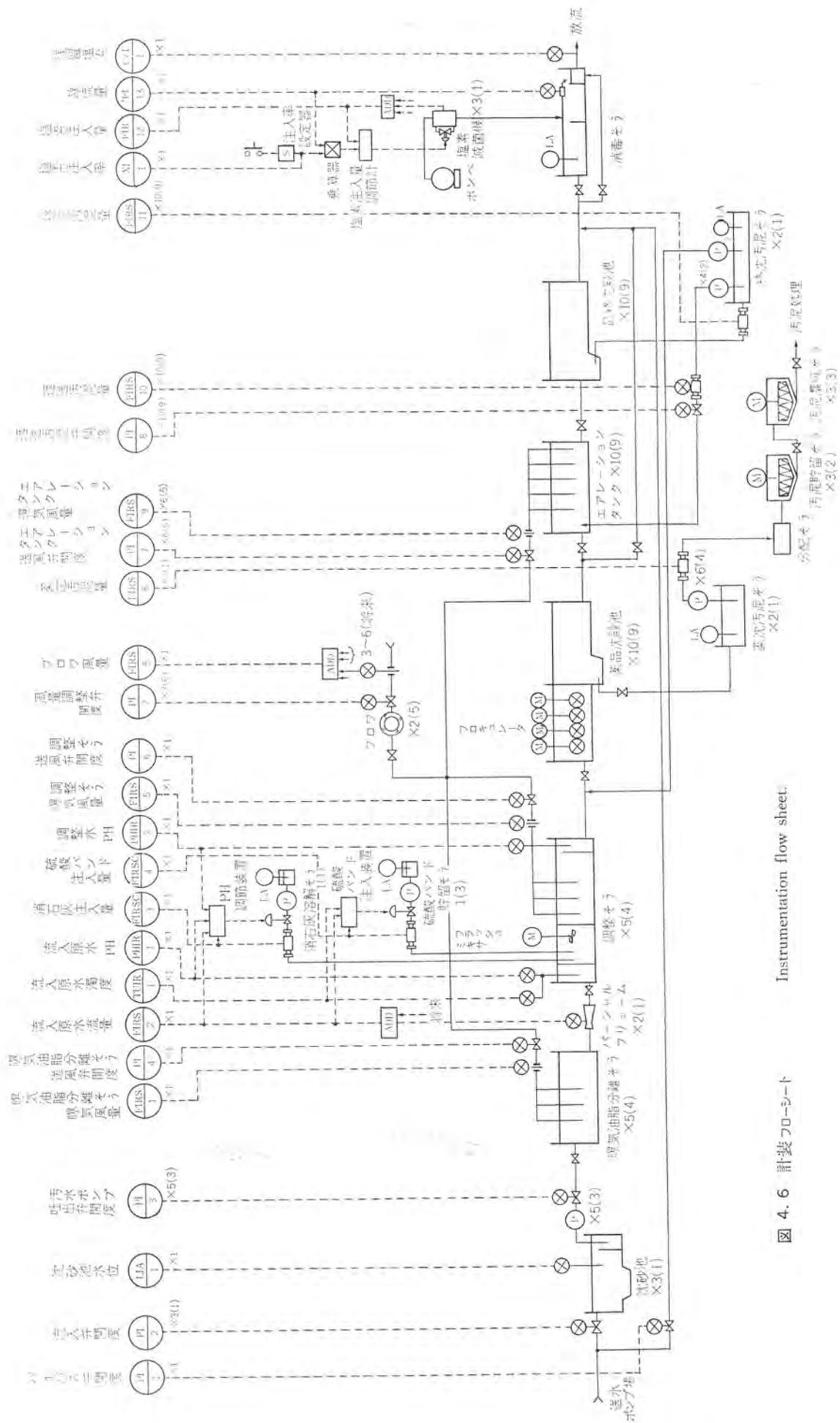


図 4.6 計装フローシート

Instrumentation flow sheet

(2) 電気室が本館と別棟になる機器に対しては、簡易直接遠制御方式を採用した。それによるメリットは下記のとおりである。

(a) 中央には2重選択防止回路用補助リレー、現場にも選択制御用補助リレーが必要となるが、制御ケーブル本数を大幅に減少できる。

(b) 現場コントロールセンタ電源は交流とし、中央および簡易遠制御電源を直流と別電源にすることにより、中央の直流電源および、中央-現場間のケーブルにトラブルが生じて、現場処理機械は現場の交流電源で支障なく運転を継続できる。したがってプラントとしての信頼性向上、保守運用面の容易さに寄与できる。

中央制御機の主要部を図4.4に示す。

4.5 工業用テレビ (ITV)

省力化の目的で処理場内の監視必要機器(見えないところの機器も含む)の運転状況を中央管理室より、昼間はもとより夜間もないがらにして監視するためにITVを設置した。

受像機は2台、中央制御機に取付けられ、カメラは最大12台取付け可能(今回4台設置)で、中央制御機から、カメラの切換え、操作がすべて行なえることとした。

カメラ 選択	12点×受像機2台	
カメラ 旋回	(左右)	} 受像機2台分個々に操作可能 選択したカメラの操作を行なう
カメラ 旋回	(上下)	
レンズズーム	(長短)	
レンズ焦点	(遠近)	
ワイパ	(入切)	
スポットライト	(入切) ... 全台いっせいの操作	

(1) 工業用テレビの仕様

(a) 方式

TV 信号方式	日本国内標準
TV 信号方式	TV 信号方式
垂直周波数	50 Hz
水平周波数	15.75 Hz
走査線数	625 本
走査方式	ランダムインタレス方式
同期方式	電源同期方式

(b) 総合解像度

水平	400 本以上
垂直	350 本以上

(c) カメラ仕様

形名	IT-T5
撮像管	ビジコン 7,262 A
映像帯域幅	6 MHz
信号出力	1.4 V/75 Ω
使用能動素子	全シリコントランジスタ
許容周囲温度	-10°C ~ +55°C
自動感度調整範囲	約20~20,000ルクス
	(EE回路により被写体照度に自動追随)

(d) 受像機

形名	M-1663A(16形)
----	--------------

受像管	16 AUP 4
映像帯域幅	10 MHz

(2) カメラの設置場所

今回下記場所の監視用としてカメラを納入した。

処理場全景	1台
沈砂池全景	1台
沈砂池スクリーン	2台

将来あと8台追加可能である

ITV 受像機と、ITV および水処理機械の選択、操作スイッチを図4.5に示す。

4.6 計装設備

計装設備の測定箇所、項目、点数の詳細をフローシート図4.6に示す。2章に述べたごとく、この処理場は工場廃水の処理場であり、鹿島灘という処女海に放流することから、単に量の面のみでなく質の面からの管理および将来の計算機制御への実現のために一般の処理場に設置されている水量、汚泥量、風量計のほかに、水質計器たとえば濁度、pH、残留塩素(製作中)、溶存酸素(将来予定)計器を設置した。

また下記アナログ制御装置を設けた。

4.6.1 凝集剤注入装置

重金属等有害物質の混入で、活性汚泥処理が阻害されることが懸念されるので、エアレーションタンク以前にこれらを除外する目的で薬品沈殿池を設けて、凝集沈殿を行なう。現設備の硫酸バンド注入設備のフローを図4.7に示す。

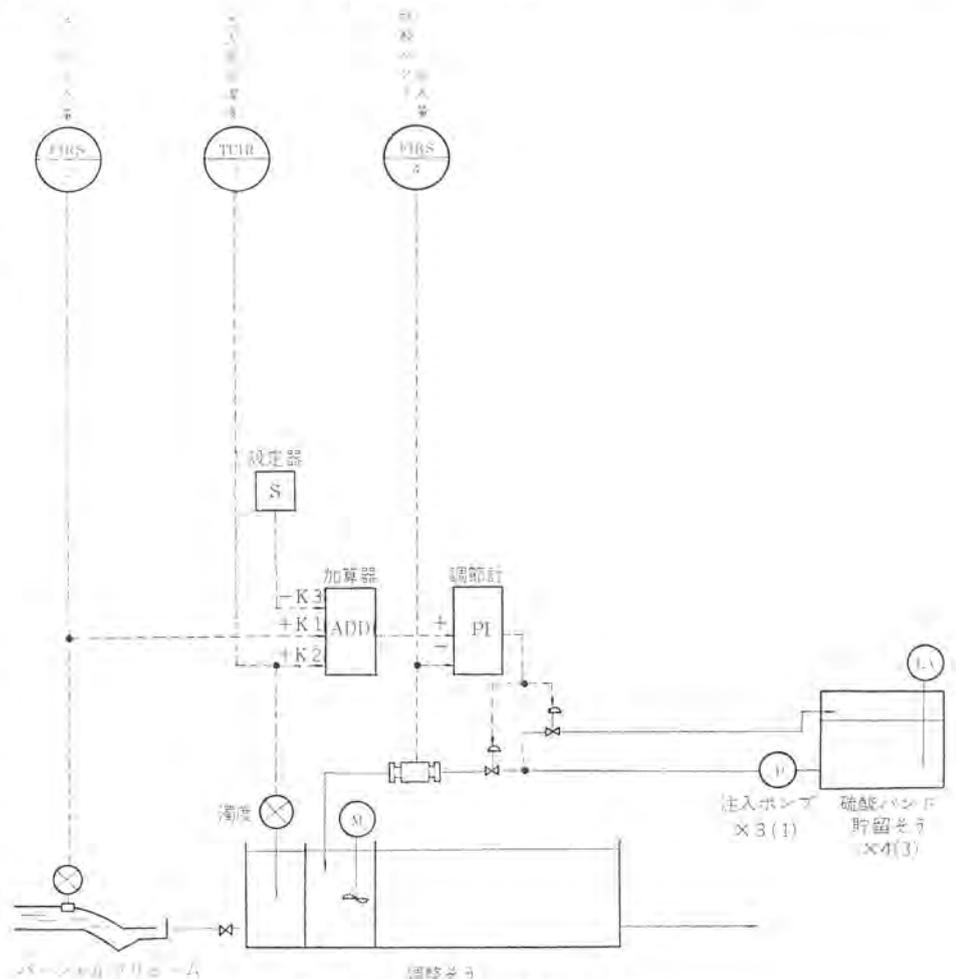


図4.7 フローシート(凝集剤注入装置)
Flow sheet for coagulate dosing control.

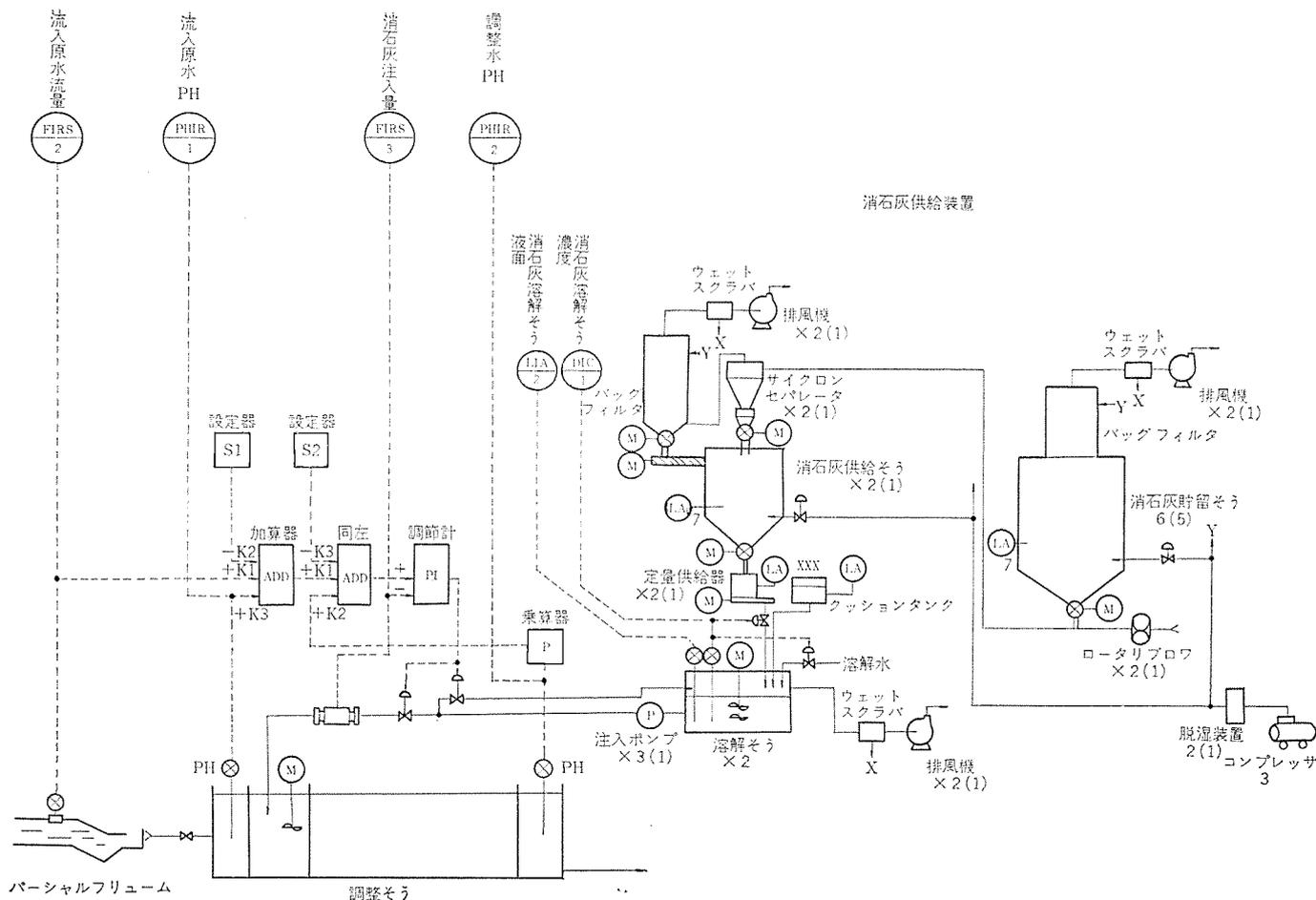


図 4.8 フローシート (pH 調整装置)

Flow sheet for pH control.

凝集剤(硫酸バンド)を原水量に比例注入し、原水濁度によって注入量を補正する方法を採用した。

4.6.2 pH 調整装置

原水の pH が大幅に変動し、凝集沈殿効果および活性汚泥処理が阻害されることを防止するために、pH 調整装置を設けた。

原水が酸性の場合中和の目的で消石灰を原水流量に比例注入し、原水の pH および pH 調整後の pH 値により補正する方法を採用しており、フローを図 4.8 に示す。

5. 計算機設備

本処理場における汚水処理上の問題については、2.2 節に述べたとおりであるが、それらの問題点を解決するためには

- (1) 工場排水の水質の解析
- (2) 排水量の時間・日間・週間・月間の解析
- (3) 処理効果の解析(薬品注入量・ばっ気量・返送汚泥量・pH 値・温度等を変数として)

(4) 以上の結果にもとづく制御方式の改良ならびに設備の改良などの検討が必要である。(4)項の設備の改良もしくは改造を除けば、これらの解決のために電子計算機は完全な道具ではないにしても、有用な道具といえる。以上の点を考慮のうえ単なるデータロガーでなく電子計算機を導入することにした。

5.1 計算機導入の目的

計算機導入の目的は次のとおりである。

- (1) 設備の保護と危険防止ならびに円滑な運転

- (2) 省力化
- (3) データ収集
 - (a) 通産省提出用データ
 - (b) 管理用データ
 - (c) 統計解析用データ
 - (d) 制御用データ
- (4) 汚水処理コストの算出
電力量・薬品量・燃料量
- (5) 料金計算
各企業の排水々質と水量
- (6) 計算機制御

今回の工事では(1)~(3)を目標とし、排水量の増加ならびにシステムの解析の進展にもなって、(3)の(c)および(d)のデータの充足ならびに他項目を満たしていく予定である。

しかしながら本処理場で採用している汚水の処理方式の活性汚泥法(汚泥中の微生物により汚水中の有機物質を酸化分解する方法)は、活性汚泥と呼ばれる汚泥中の微生物が働きやすい環境を作ってやり、汚水中の有機物質に対するそれら微生物の酸化能力に期待する方法であるから、有機物質と微生物との間の生化学的な反応が重要な点である。したがって外部要因、たとえば温度、pH 値、溶存酸素量等が微妙に影響し、その生化学的な反応の解析ならびにその反応を適確には握る検出器(計測器)あるいは外部要因をは握る検出器(計測器)については、今後の研究および開発に負うところが多い。

深芝処理場電力日報

昭和 年 月 日 天候

部長	課長	主任	係長	担当者1	担当者2	担当者3
----	----	----	----	------	------	------

時刻	項目	66kV特高		高压		主電		幹線		汚泥処理主幹		動力変圧器		電機		照明		汚水ポンプ										
		1号線電流	2号線電流	系統番号	周波数	電圧	電力率	1号線電力	2号線電力	合計電力	1号電力	2号電力	1号電力	2号電力	1号電力	2号電力	1号電力	2号電力	1号電力	2号電力	3号電力	4号電力						
	信号番号	A.001	A.601	A.603	A.604	A.605	A.606	A.607	A.610	A.608	MW	A.004	A.005	A.006	A.007	A.010	A.011	A.012	A.013	B.021	B.022	B.023	B.024	C.031	C.032	C.033	C.034	
	工学単位	kWh	A/10 ⁻¹	kV	10 ⁻²	Hz	10 ⁻¹	度	10 ⁻³	度	10 ⁻¹	kWh	kWh															
	ITEM NO.	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127

深芝処理場運転日報

昭和 年 月 日 天候

部長	課長	主任	係長	担当者1	担当者2	担当者3
----	----	----	----	------	------	------

時刻	項目	汚水		曝気		沉澱池		最終沈澱池		曝気槽		汚泥		曝気槽		調整槽		油		硫酸		消		塩素		注								
		流量	水位	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.2									
	信号番号	C.401	C.101	H.221	H.212	H.213	H.214	H.215	H.216	H.217	H.218	H.219	H.220	H.221	H.222	H.223	H.224	H.225	H.226	H.227	H.228	H.229	H.230	F.111	F.112	F.113	F.114	F.115	F.116	F.117	F.118	F.119	F.120	
	工学単位	m ³	10 ²	m ³	kg	kg																												
	ITEM NO.	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233

深芝処理場処理日報

昭和 年 月 日 天候

部長	課長	主任	係長	担当者1	担当者2	担当者3
----	----	----	----	------	------	------

時刻	項目	流入汚水		油		調整槽		曝気槽		空気		放	
		PH	DO	油	分	入口	出口	入口	出口	入口	出口	入口	出口
	信号番号	C.510	C.501	D.502	D.503	E.511	E.512	H.504	H.505	H.730	K.525	B.731	B.732
	工学単位	ppm											
	ITEM NO.	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312

以上の諸点を考慮して、今回設置した計算機は将来の拡張が容易なものとし、その使用目的の発展にともなって、入出力装置、メモリーおよびプログラム の追加あるいは増設を行なうことにした。

なお現時点における計算機導入のメリットは、従来の方法による管理と比較すると次に示す特長をもっている。

(1) オペレータコンソールからのリクエスト機能を利用することにより、人為的な誤りのないデータを収集できる。

(2) データ収集・日表作成等を自動的に行なわれるため、労力が節減され、作業能率が向上する。

(3) 同時性のあるデータ収集が行なわれるため、将来予定されるプラント制御の基礎データとして、解析に使用できる。この結果を計算機制御に反映させることにより、本処理場の効率の良い運転が望めることになる。

5.2 計算機システムの機能

本計算機設備は、本処理場における汚水関係、薬注関係、および受変電・動力関係等のデータを1個所で集中監視し、管理日報を自動的に作成するために、次に示す機能を有している。

5.2.1 データの監視

(1) アナログ信号の読み込みと監視

処理場に分散している流量・汚泥量・空気量・薬品注入量・水質・受変電々々量等の計測信号を1分ごとに読み込み、計器レンジとの比較を行ない計測器の正常・異常の確認を行なう。

正常な計測器信号に対しては工学単位変換を行なって、警報上下限設定値と比較して処理場の諸設備の運転状態の確認を行なう。異常発生および正常復帰を検出すると、計測器監視・警報監視とも、アナウンスメントタイプライタ上にその旨の印字を行なうとともに、オペレータコンソール上に異常表示を行なう。

また、データの使用目的に対応したデータ処理(積算、最大・最小処理等)を行なう。

(2) デジタル信号の読み込みと監視

処理場の主要機器(汚水ポンプ・ブロウ・返送汚泥ポンプ等)の運転状態信号を1分ごとに読み込み、1日における運転時間、および計測信号の調整等の処理を行なう。

(3) パルス信号の読み込み

電力量関係信号としてのパルス信号は割込み信号として計算機に接続して、計測器から発生するパルスに対応して、計数を行なう。

電力量の集計々算は、1時間ごとの日報印字時に行なう。

5.2.2 日報作成

日報はタイプライタ1台で、電力日報・運転日報・処理日報をページ式に作成し、印字内容は

定時刻印字

日集計印字

デマント印字

の3種類がある。

なお、本処理場で使用した日報用紙を図5.1に示す。

5.2.3 計算

処理場の操作および解析データ収集のために、計測データをもとに処理場に必要の諸定数

負荷率

注入率

空気倍率

等の計算を行ない、日報作成時に他の計測データと同様日報項目と

して印字を行なう。

5.2.4 リクエスト機能

本機能は運転員が処理場の状態に応じて必要な機能を計算機に要求するためのもので、

(a) データ表示

指定した信号に対する数値表示(キャンセル時には時刻表示を行なう)

(b) データ修正

上下限設定値の変更

(c) 時刻修正

計算機内部時計の修正

(d) メモリー印字

指定した番地内容を10進数で印字

(e) デマント印字

任意時刻における日報作成

(f) 定期検査

計測器の検査開始登録、および完了登録(開始から完了までの間は、計測器異常は無効として処理を続行する)

(g) 保守完了

計測器異常発生時における計測器保守完了登録(運転員の計測器確認までは、計測器異常確認を行なわない)

があり、運転員の操作の便をはかっている。

また、この他にプログラマ用としてオンラインユーティリティを具備している。

5.3 計算機システムの構成

先に述べた機能を行なう計算機システムは

計算機	MELCOM 350-5	1式
システムタイプライタ	Teletype ASR-35	1台
アナウンスメントタイプライタ	IBM M-735	1台
日報タイプライタ	IBM M-735	1台
オペレータコンソール		1台
電源装置	AVR (5.0 kVA)	1台

より構成されている。

5.3.1 計算機 MELCOM 350-5

MELCOM 350-5は高性能・高信頼度・保守の容易を満たす小形制御用計算機であり、中央演算制御部のおもな仕様は次のとおりである。

メモリー種類	磁気フェライトコア	8,192語
語長	16ビット+パリティ	
サイクルタイム	2.5μs	
メモリー保護	あり、プログラムコントロール可	
ロジック	TTL IC	
番地方式	相対、間接、直接	
演算	2進並列	
命令	単一アドレス、27種	
演算速度	加減算 10μs	
	乗除算 ソフトウェア	
インデックス	カウンタ	16個

なお、入出力機器の制御を行なうために、

デジタル入出力制御装置

アナログ入力制御装置

周辺機器付加装置

が付加され、割込みモードで処理される。

5.3.2 デジタル入力

リレー、スイッチ等の接点状態を示す信号であり、本システムでは

入力点数	80点
プラント	主要ポンプの運転信号 フロアの運転信号 塩素滅菌機の運転信号
コンソール	各種データ設定内容 各種リクエスト

等の状態信号を読み取り、各信号内容に対応したデータ処理を行っている。

5.3.3 デジタル出力

計算機から外部機器へ、水銀リレー接点でON、OFFの状態指令を送り出すもので、本システムではオペレータコンソールに対し

数値表示器へのデータ、および時刻表示
警報表示
リクエストの確認

信号に使用している。出力点数は80点である。

5.3.4 アナログ入力

プラントに設置された計測器からの計測信号(0~10mV, 0~100mV, 4~20mA, 0~16mA)を読み取り、プラントの動作状態を把握するもので

入力点数	56点
流量	流水汚水量、薬品注入量
汚泥量	
空気量	
水質	DO, pH, 濁度, 残留塩素, 油分, BOD, SS, COD
電気量	電流, 電圧, 電力, 力率, 周波数

である。

5.3.5 割込み入力およびパルス入力

リレー、スイッチ等の接点状態変化を読み取り、割込み処理を行なうもので

割込み・パルス入力	27点
プラント	電力量パルス
コンソール	リクエスト指令

等の信号で、その内容に対応したデータ処理を行なう。

5.3.6 タイプライタ

本システムでは先に示すとおり3台のタイプライタを有し、各タイプライタは

システムタイプライタ	紙テープリード
(プログラム操作用)	紙テープパンチ
	プリントアウト
日報タイプライタ	日紙作表
アナウンスメントタイプライタ	不定期な情報記録

として使用している。

システムタイプライタ、および日報タイプライタを図5.2に示す。

5.3.7 オペレータコンソール

計算機と運転員との情報交換を容易に行なわせるもので、主要要素として

投影式数値表示器	数値5けた、単位1けた
数値設定スイッチ	10進数設定6けた

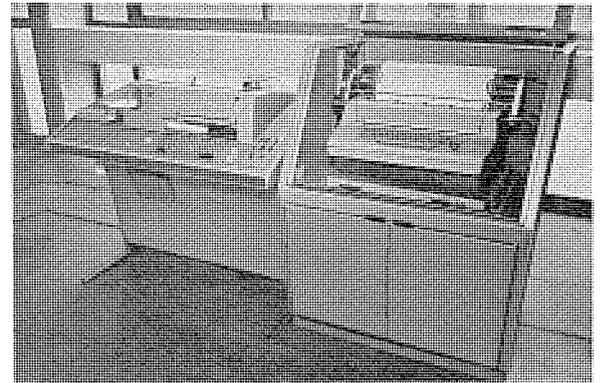


図5.2 システムタイプライタ、日報タイプライタ
System typewriter, Logging typewriter.

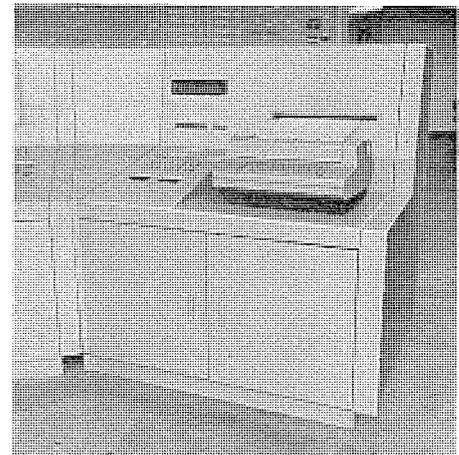


図5.3 オペレータコンソール、アナウンスメントタイプライタ
Operator console, Announcement typewriter.

	16進数設定6けた
リクエスト選択スイッチ	15種
警報表示灯	5個
その他操作スイッチ	4個

を含んでいる。オペレータコンソールとアナウンスメントタイプライタを図5.3に示す。

6. 中継ポンプ場

本処理場へ工場汚水を送水するための中継ポンプ場としては、完成済みの奥野谷ポンプ場、建設中の知手・溝口ポンプ場の3カ所がある。中継ポンプ場は、運用面での集中管理と省力化の目的のために無人化し、中央管理室から遠方監視を行なう。送水系が継続しているため、運用上相互に関連を持つ知手・溝口両ポンプ場は遠方監視のみならず遠方制御も中央管理室から可能とした。

中継ポンプ場3カ所は、保守管理面から、機器容量の相違はあるが、できるだけ同一運転方式、同一仕様機器を採用し、かつ自動化・単純化を計った。

6.1 中継ポンプ場電気設備

スケルトンの一例として知手ポンプ場を図6.1に示す。

6.6kV 1回線受電で、油入変圧器によって400Vに降圧し、主ポンプを含むモータ回路に供給している。また照明用として小形トランスを設置し、200V~100Vに降圧している。主ポンプは今回2台、将来3台(内1台予備)とし、2台運転可能な容量の非常用発電機を設置した。6.6kV受電設備、ポンプ制御設備そのほかは、すべてキュービクルタイプとし中継ポンプ場電気室に列盤で設置し、この電気室か

ら1人制御も可能とした。

無人ということから、制御方式は自動が主で、手動も可能とした。

主ポンプは流入井の水位により自動運転を行ない、水位が上昇すれば1台起動し、さらに上昇すれば2台運転となり、水位が下れば全台停止する。

発電機は停電にて自動起動し、ポンプモータ等負荷回路は受電側から発電機側へ自動切換えを行ない、発電機にて運転される。停電回復後の受電側への切換えは、安全のために手動切換えとした。

6.2 ポンプ設備

ポンプは無人化を考慮してスパイラルポンプを採用した。

スパイラルポンプは、わが国での実績は少ないが、欧州では実績が多く、下記の特長がある。

(1) 沈砂池の必要がない

遠心力ポンプの場合はポンプの保護のために必ず沈砂池、細目スクリーンが必要で、これ等の設備が無人化のネックとなっていたが、スパイラルポンプでは、砂・ごみもそのまま搬出可能であり、とくに沈砂池は不要であら目スクリーンのみでよく、無人化に適している。

(2) 運転が容易

遠心力ポンプでは、必ず低水位で停止する必要があるが、流入量の変動が大きい場合に起動停止の頻度を少なくするためには、ポンプ台数、回転数または吐出弁の調整に神経を使う必要があるが、スパイラルポンプでは、それ自身の特性で、流入量（水位）の変動に比例した揚水を行ない、万一低水位で空運転となっても支障がないので無人運転には最適である。

(3) 構造が簡単で堅固である

(4) 低速で静かである

(5) 流入部の掘削が浅い

などの長所があり、今後、低揚程の下水中継ポンプ場には無人化を目的として採用が検討されるであろう。スパイラルポンプの形状を図6.2に示す。

6.3 中継ポンプ場の仕様

中継ポンプ場の主要機器仕様を表6.1に示す。

6.4 遠方監視制御装置

中継ポンプ場3カ所は深芝処理場から(1;1)×h方式で遠方監視(奥野谷)および遠方監視制御(知手、溝口)されている。

連絡線は電々公社線、伝送方式は音声周波数搬送方式で伝送距離が遠いため、制御用1P、監視および計測用1P、計2Pを使用した。

遠方監視制御はIC形サイクリック式とし、計測はアナログレメータとした。遠方監視制御装置1組の構成図を図6.3に示す。

6.4.1 遠方監視制御装置仕様

形名 CY-100

容量制御 20量

表示 40量

装置方式

制御 操作方式 2挙動方式

符号送出 選択時、制御時にサイクリック伝送

監視 符号送出 常時連続走査送出方式

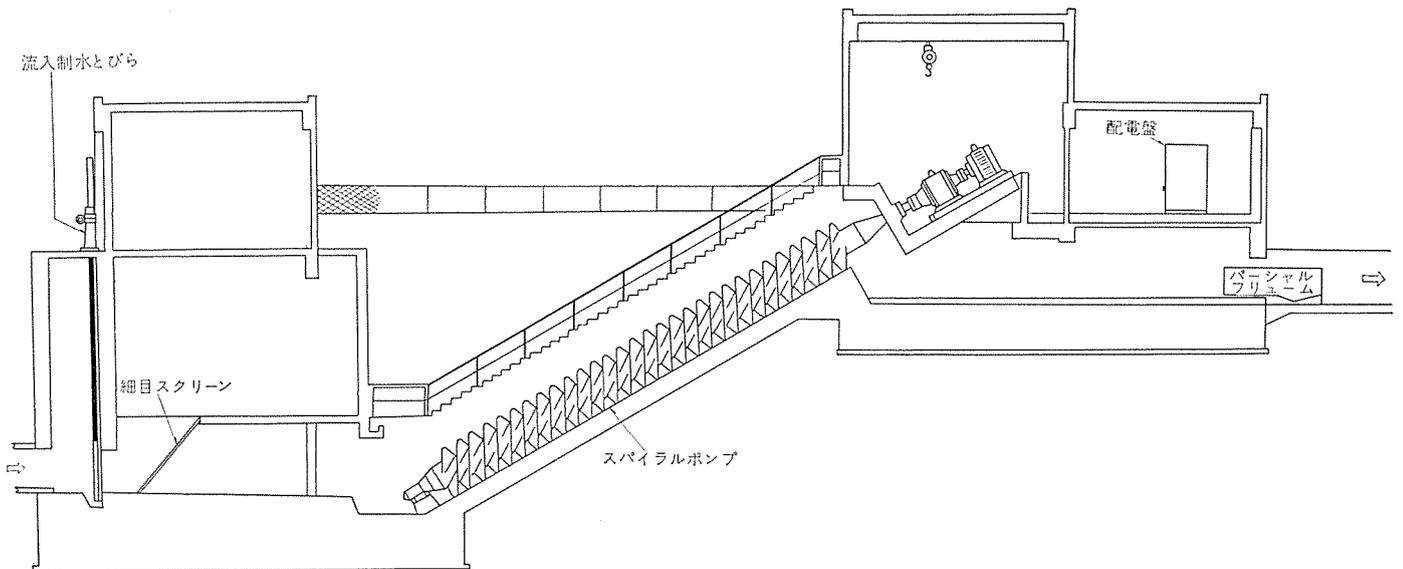


図 6.2 スパイラルポンプ Spiral pump.

表 6.1 中継ポンプ場主要機器定格一覧表
List of main machines for relay pumping station.

	奥野谷ポンプ場	知手ポンプ場	溝口ポンプ場
主変圧器	三相油入 200 kVA Δ-Y 6.9-6.6-6.3-6.0-5.7 kV/415 V 1台	三相油入 250 kVA Δ-Y 6.9-6.6-6.3-6.0-5.7 kV/420 V 1台	三相油入 150 kVA Δ-Y 6.9-6.6-6.3-6.0-5.7 kV/420 V 1台
非常用発電機	三相 150 kVA 50 Hz 440 V 0.8 pF 4 P 1台	三相油入 150 kVA 50 Hz 420 V 0.8 pF 4 P 1台 (1台)	三相 150 kVA 50 Hz 420 V 0.8 pF 4 P 1台
主ポンプ	スパイラル形 1,400 mmφ H=5.00 m Q=30.5 m³/min 2台 (1台)	スパイラル形 1,500 mmφ H=7.00 m Q=37 m³/min 2台 (1台)	スパイラル形 1,200 mmφ H=5.60 m Q=23 m³/min 2台 (1台)
主モータ	ギヤードモータ 45 kW 三相 400 V 2台 (1台)	ギヤードモータ 75 kW 三相 400 V 2台 (1台)	ギヤードモータ 37 kW 三相 400 V 2台 (1台)

() は将来増設予定

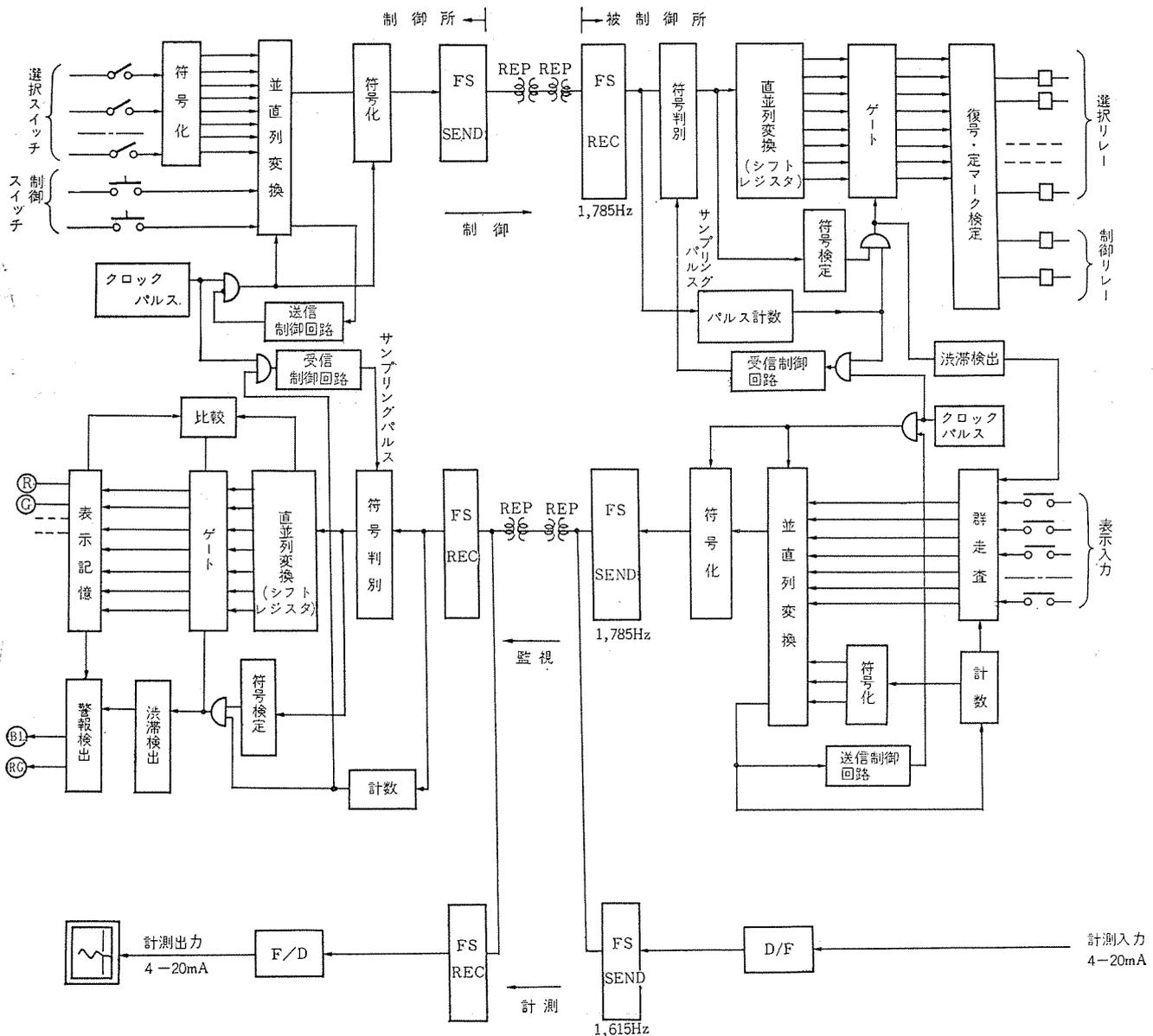


図 6.3 遠方監視制御装置ブロック線図
Block diagram of supervisory control equipment.

符号検定方式

制御 2連送照合+パルス総数検定+定マーク検定
表示 2連送照合+パルス総数検定

符号伝送速度

制御, 監視とも 50 bit/sec

伝送時間

制御 約1.2秒以内/1ポジション
表示 約4.8秒以内/1ポジション

回路素子

半導体 IC (集積回路), インタフェイス用トランジスタ, ダイオード
継電器 ワイヤスプリングリレー

伝送距離

深芝処理場—奥野谷ポンプ場	5 km
深芝処理場—知手ポンプ場	7.5 km
深芝処理場—溝口ポンプ場	16.5 km

6.4.2 遠方監視制御項目

表 6.2 に項目の一覧表を示す。

今後、ますます省力化の目的と、下水処理場の運用上から中継ポンプ場も含めた最適運用を目的として、中継ポンプ場の遠方監視制御化、無人化が促進されると考える。

7. む す び

以上わが国最初の本格的な工場汚水処理場の土木・機械設備の概要ならびに電機設備について紹介した。本設備は、その計画・建設にあたり解決すべき多くの問題を含み、かつ短納期であったにもかかわらず、関係者の努力によって無事第1期工事が完成し、現在順調にか動中である。

本処理場には業界初めての電子計算機が導入され、現在この種の処理場として初めての運転状況ならびに各種データを収集および解析を行なっている。これらのデータは、本処理場の改善ならびに今後の運転方式および増設計画に貴重なものとなるほか、今後建設されるであろう工場汚水処理場の計画にあたり、これらのデータを基

表 6.2 遠方監視制御項目一覧表 (知手ポンプ場)
List of supervisory control equipment.

	ポジション No.		項 目	制 御	表 示	警 報		
	群	点				FL	BL	BZ
表 示	1	1	操作電源故障		操作電源故障	○	○	
		2	動力主幹故障		低圧電源故障	○	○	
3		停 電		停電・停電回復	○	○		
4		受電故障		受電故障	○	○		
5		汚水ポンプ故障		汚水 P 故障	○	○		
6		自家発電故障		自家発電故障	○	○		
7		燃料液面低下		燃料液面低下	○		○	
8		火 災		火 災	○	○		
9		とびら開		とびら開	○		○	
0		予 備		予 備	—			
2	1	流入井水位 上限		H. L	○		○	
	2	流入井水位 H		H. L				
	3	流入井水位 L		L. L				
	4	流入井水位 下限		L. L				
	5	制水とびら開		ⓂⓂ				
	6	予 備		—				
	7	選択確認		(選択ランプ点灯条件)				
	8	受電 WH 計測		—				
	9	遠方側表示		遠 方				
	0	制御渋滞		制御渋滞	○		○	
制 御	3	1	試 験	入・切	試 験			
		2	受電しゃ断器操作	入・切	ⓂⓂ			
		3	自家発電自動・手動切換え	自動・手動	自 動			
		4	買電・発電切換え	買電・発電	買電・発電			
		5	自家発電1号操作	入・切	ⓂⓂ			
		6	自家発電2号操作	入・切	ⓂⓂ			
		7	自家発電運転順序選択1号・2号	入	順序1, 2			
		8	自家発電運転順序選択2号・1号	入	順序2, 1			
		9	ポンプ自動・手動切換え	自動・手動	自 動			
		0	ポンプ運転順序選択1号・2号・3号	入・切	順序1, 2, 3			
御	4	1	ポンプ運転順序選択2号・3号・1号	入・切	順序2, 3, 1			
		2	ポンプ運転順序選択3号・1号・2号	入・切	順序3, 1, 2			
		3	制水とびら操作	開・閉	ⓂⓂ			
		4	ポンプ1号操作	入・切	ⓂⓂ			
		5	ポンプ2号操作	入・切	ⓂⓂ			
		6	ポンプ3号操作	入・切	ⓂⓂ			
		7	予 備					
		8	予 備					
		9	予 備					
		0	予 備					
常 時 計 測		送水流量計測						

礎としてよりよい処理施設が計画・建設されることを期待する。

今後、本処理建設にあたっての貴重な経験をもとに、実際の運転面からフィードバックされる結果を加味し、使いやすくより信頼性の高い電機設備の改良と性能向上を計り、業界各位の期待に添いたいと

考えている。

最後に、本処理場の工事にあたり、種々ご指導・ご協力いただいた下水道協会、日本水道コンサルタント(株)、東京設計事務所(株)ほか関係者各位に深く謝意を表する次第である。

八王子市 北野下水処理場向け電機計装設備

熊井 知次*・町田 松吉**・川口 正義⁺・中川 岸潤⁺・斎藤 心一⁺⁺Electrical Equipment and Instrumentation of
Kitano Sewage Treatment Plant, Hachioji City

Hachioji City, Construction Division Tomoji KUMAI

Hachioji City, Kitano Sewage Treatment Plant Matsukichi MACHIDA

Nihon Suido Consultants Co., Ltd. Masayoshi KAWAGUCHI・Kishihiro NAKAGAWA

Mitsubishi Electric Corp., Head office Shinichi SAITO

A sewage treatment plant now in construction at Kitano in Hachioji city has a capacity in the following details ; the final number of population to be taken care of is 154,000, the area to be covered by the project is 1,234 hectares, the maximum planned treating volume (in the rain) is 229,500 m³. In the treatment of the filthy water, a step aeration method is used. Belt filters are employed for treating the sludge. Thus the installation is of a standard arrangement as a treatment plant in the city.

The article describes the outline of the treatment system and various facilities and their assignment for the operation, and also introduces the electric instrumentation and control methods.

1. ま え が き

八王子市下水道事業は、昭和30年市の中核部の排水面積58ヘクタールの認可を得て管渠埋設工事に着手し、事業の進展に伴い逐次事業区域の追加を行ない、北野下水処理場は現在処理面積708ヘクタール、処理人口102,000人についての工事を実施中である。将来はさらに区域を拡大し、処理区域1,234ヘクタール処理人口154,600人を目標としており、隣接するし尿処理場よりの脱離液636m³/Dの二次処理をも合わせて行なうもので、最大処理量(雨天時)は229,500m³である。

昭和44年に50,000人分の処理施設が完成し、晴天時平均下水26,000m³/D、し尿脱離液330m³/Dの処理を行なっている。

また京王帝都電鉄高尾線の沿線にめじろ台下水処理場を建設して、運転を開始している。

図1.1に北野下水処理場の平面図を示す。

以下に本処理場の処理設備および電機計装設備について述べる。

2. 処理場の概要

2.1 容量

この北野下水処理場は合流式下水道として計画されたものであって、その計画処理汚水量は下記のとおりとなっている。

なお、今回施工されたものは第一期計画に対するものである。

	計画処理人口(人)	計画処理汚水量(m ³ /day)			
		日平均汚水量	日最大汚水量	時間最大汚水量	雨天時汚水量
第一期計画	102,000	45,298	51,418	66,718	158,518
全体計画	154,600	57,922	67,018	90,108	229,528

2.2 処理方式

処理方式は現在最も広く採用され、かつ、また最も高級な処理方式と言われている活性汚泥法(ステップエアレーション方式)で、処理効果は次のように計画されている。

	混合流入汚水の水質(mg/l)	最初沈殿池除去率(%)	エアレーションタンクと最終沈殿池の除去率(%)	総合除去率(%)	放流水水質(mg/l)	
					第一期計画	全体計画
BOD	142	30	90	93	9.9	10.9
SS	183	40	80	88	22.0	23.6

処理方式のフローシートを図2.1に示すが、その概要は次のとおりである。

処理場に導入された汚水は、エアデグリットに入り、ここで0.2mm径以上の砂を除去したのち、汚水ポンプで最初沈殿池へ揚水する。最初沈殿池では、自然沈降により汚泥と上澄液に分離し、上澄液はパルシャルフリュームによる計量後エアレーションタンクに送り、最終沈殿池からの返送汚泥とともにエアレーションし、好気性浄化を行なう。エアレーションタンク流出水は最終沈殿池で汚泥と上澄液に分離し、上澄液は塩素混和池で滅菌後、浅川に放流する。最終沈殿池の汚泥は、流入汚水量の25%量を返送汚泥としてポンプで引き出し、電磁流量計によって計量後エアレーションタンクに流入せしめる。また、余剰汚泥は、同じく余剰汚泥ポンプによって引き出し、最初沈殿池流入水路に送ることを標準とするが、エアレーションタンク流出水路から混合液の状態でも引き出せるようにポンプに余裕をもたせる。

最初沈殿池の沈殿汚泥は、ポンプにより引き出し電磁流量計で計量した後汚泥濃縮タンクに送り、濃縮された汚泥を汚泥消化タンクへ投入する。汚泥消化タンクで消化された汚泥は、脱離液と消化汚泥に分離し、消化汚泥は汚泥洗浄タンク付近に設けられた汚泥受けますにいったん投入し、ポンプによって連続的に汚泥洗浄タンクに投入し4倍量の最終沈殿池上澄水で洗浄する。洗浄された汚泥は真空脱水機により脱水する。ここで脱水された汚泥ケーキは焼却炉で焼却処分を行なう。また、汚泥濃縮分離液・消化脱離液・汚泥洗浄分離液・真空脱水機脱水ろ液は、場内の汚水管によって汚水ポンプ場に自然流下させる。

2.3 各設備の概要

2.3.1 エアデグリット

池数：2池(第一期計画)

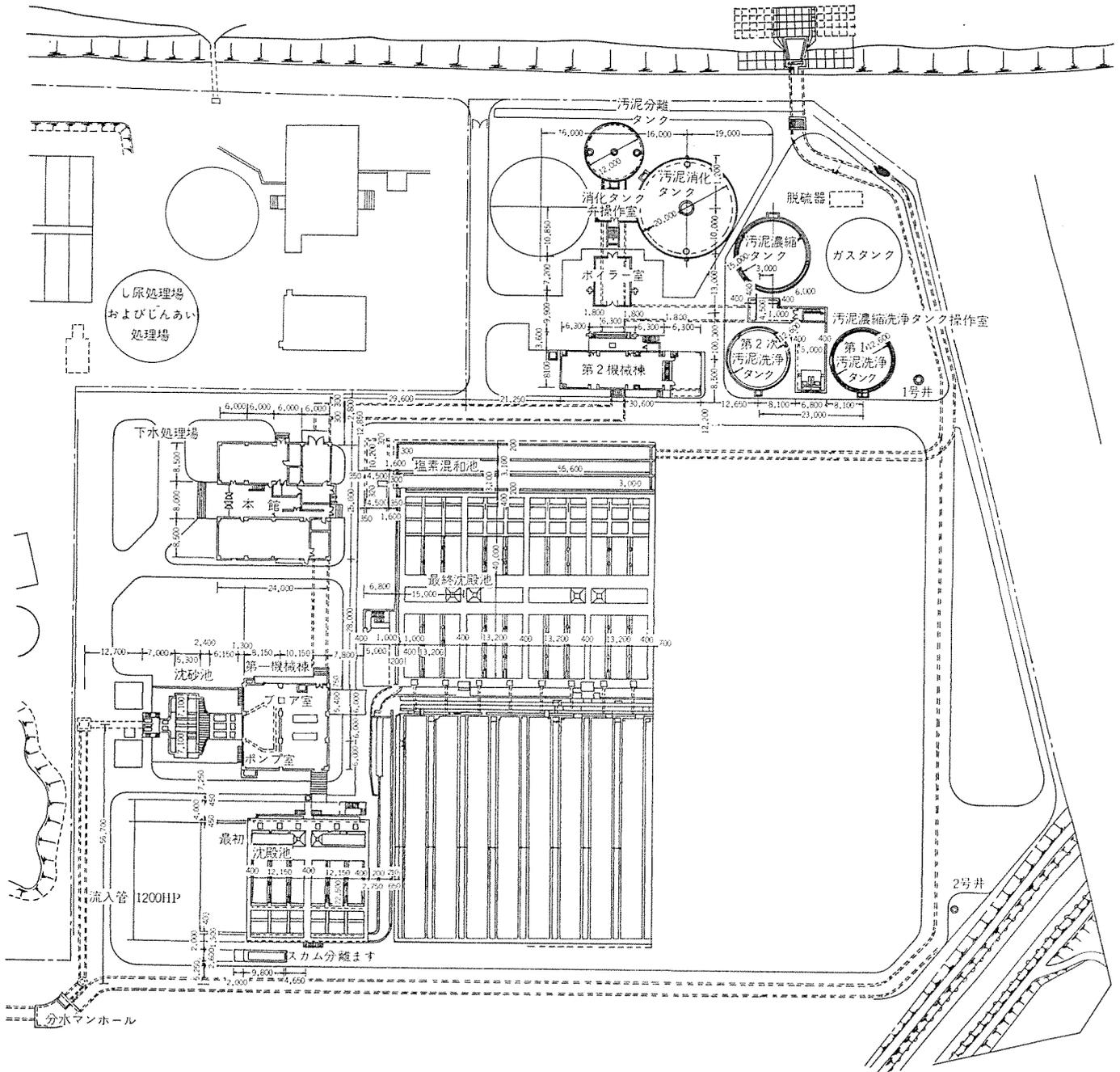


図 1.1 処理場平面図
General plan of Kitano sewage treatment plant.

幅×有効水深×長さ： 4.9 m×3.3 m×4.5 m

処理場に流入した汚水は、汚泥洗浄タンクの洗浄分離液、汚泥分離タンクの消化脱離液、真空脱水機の脱水ろ液、汚泥濃縮タンクの濃縮分離液等とともに、あら目の手かきスクリーンを通過した後、エアデグリッタに入るが、ここでは空気あわによって旋回流を生じさせ、径0.2mm以上の砂を遠心力でホップに落とし揚砂機によって除去する。次に細目スクリーンを設け、このスクリーンでし(篩)査し、かき揚げたものをコンベヤで運び、水をきったのち搬出する。

なお、エアデグリッタは、雨天時汚水量に対して75秒の滞留時間をもたせるものである。

2.3.2 ポンプ場

エアデグリッタ流出汚水はポンプ場の汚水ポンプで最初沈殿池に送られる。使用ポンプは次のとおりである。

名称	形式	口径 mm	揚水量 m ³ /min	揚程 m	全台数【()内の数字は予備台数】	
					第一期計画	全体計画
1号ポンプ	立て形斜流ポンプ(電動機直結)	360	16.2	6.5	2(1)台	6(2)台
2号ポンプ	立て形斜流ポンプ(電動機直結)	600	47	6.5	2台	2台

2.3.3 最初沈殿池

池数： 3池(第一期計画), 4池(全体計画)

幅×長さ×有効水深： 12.15 m×22.5 m×3.43 m

日平均汚水量に対して水面積負荷率 56 m³/m²/day(全体計画時 55 m³/m²/day)、滞留時間 1.45 時間(全体計画時 1.5 時間)として下水中の沈殿可能性物質(有機性浮遊物)を除去し、予備処理を行なわせるもので、ポンプ揚水された汚水と、し尿処理施設からの汚水とが混合汚水として流入し、自然沈降により汚泥と上澄液とに分離する。上澄液はパーシャルフリュームにより計量後、エアレーションタンクに入

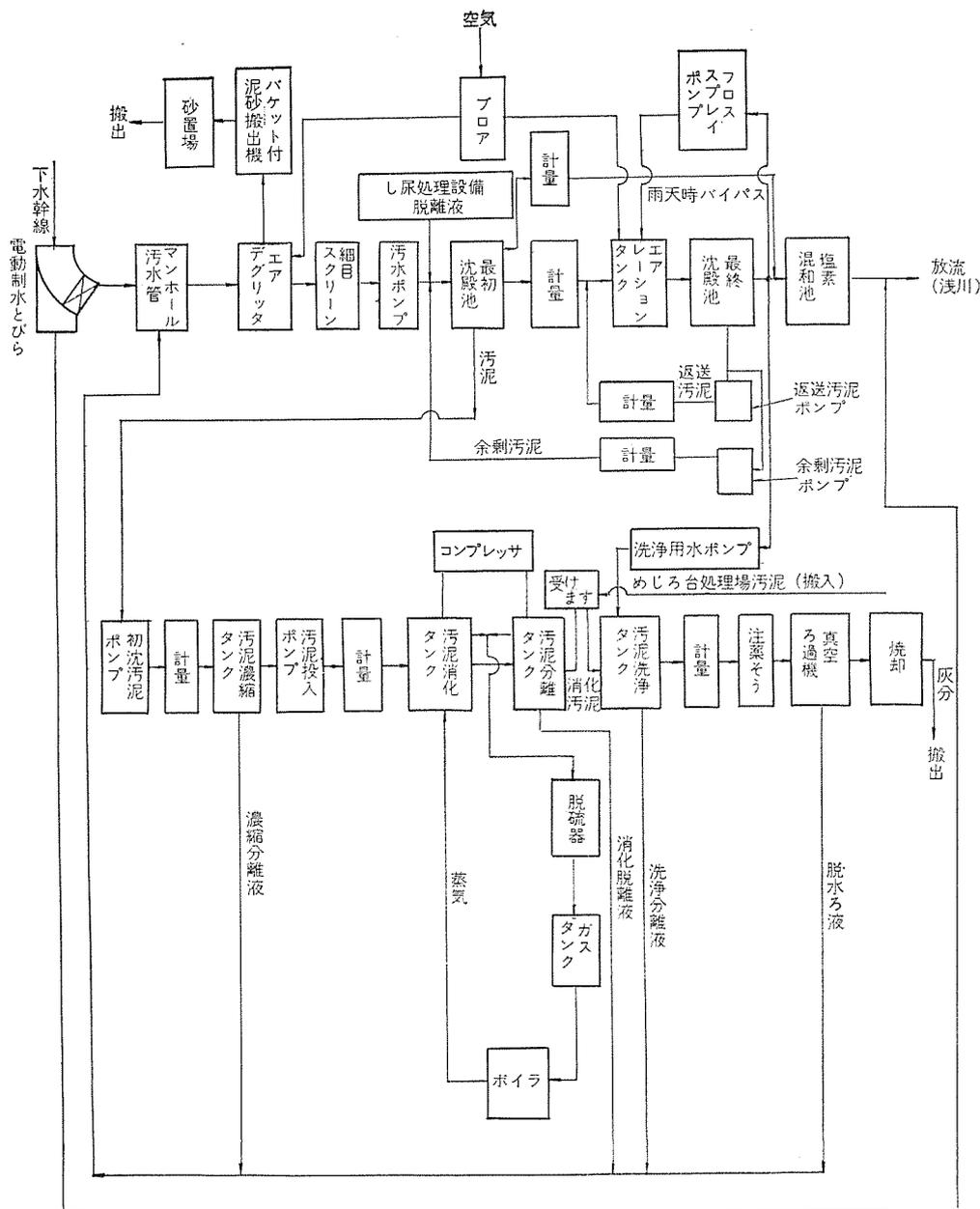


図 2.1 処理場フローシート
Flow sheet of Kitano sewage treatment plant.

る。沈殿汚泥はリンクベルト式汚泥かき寄せ機により流入端に集め、クロスコレクタによって汚泥ホップに落とし、 $100\phi \times 1.1\text{m}^3/\text{min} \times 6\text{m} \times 5.5\text{kW} \times 4$ 台（第一期計画時は内1台を予備とする）の横軸ブレードレスポンプにより引き出し、汚泥濃縮タンクへ圧送する。スクラムはいつ（溢）流トラフ直前に設けたスクラムスキームを人力操作によって適時スクラム取出水路に流し、スクラム分離装置によって分離する。

2.3.4 エアレーションタンク

形式：2列う回流水路式

タンク数：4そう（第一期計画）、6そう（全体計画）

幅×長さ×有効水深：6.4m×49m×4m

最初沈殿池よりの上澄水は4点投入のステップエアレーション方式で、BOD 負荷率 $0.212\text{ kg BOD/kg ss/day}$ （全体計画時 $0.2\text{ kg BOD/kg ss/day}$ ）、Sludge Age 4.26日（全体計画時 4.6日）、混合液エアレーション時間 4.05時間（全体計画時 4.67時間）として汚水中の有機物を活性汚泥に吸着させるもので、散気装置はスウィング式ディフューザによる旋回流式散気エアレーションを採用している。また、あわの発

生を防止するため散気位置の反対側にフロススプレーノズルを設けて、最終沈殿池上澄水を $125\phi \times 1.8\text{m}^3/\text{min} \times 20\text{m} \times 11\text{kW} \times 2$ 台の片吸込渦巻フロススプレー用ポンプによって噴射する。

散気用ブローアは幅 $18\text{m} \times$ 長さ $10.2\text{m} \times$ 高さ 13.5m のブローア室に設け、除去 BOD/kg 当たり $40\text{m}^3/\text{day}$ の空気量をエアレーションタンクに送るもので、これに5割増の容量を有する次の仕様である。

名称	形式	口径 mm	風量 m^3/min	風圧 (水柱)m	全 台 数	
					第一期計画	全体計画
1号ブローア	5段ターボブローア (電動機直結)	300	80	5.1	1	2
2号ブローア	5段ターボブローア (電動機直結)	350	120	5.1	1	1

なお、ブローア吸込側に内面に吸音材をはったフィルタ室を設け、幅約 $1\text{m} \times$ 高さ約 $2\text{m} \times 2$ 基のエアフィルタと約 $0.66\text{m} \times$ 約 $0.66\text{m} \times$ 約 $0.23\text{m} \times 9$ 個のエアマットフィルタによって空気中の粉じんを除去しディフューザの閉鎖を防いでいる。

2.3.5 最終沈殿池

池数：4池（第一期計画）、6池（全体計画）

幅×長さ×有効水深： 13.2m×40m×3.0m

(43.5)×(4.18) [第一期計画時]

エアレーションタンクよりの流入水量に対して水面積負荷率 27.4 m³/m²/day (全体計画時 24 m³/m²/day), 滞留時間 2.63 時間 (全体計画時 3.0 時間), かつ流セキ負荷率 142 m³/m²/day (全体計画時 125 m³/m²/day) として自然沈降により汚泥と上澄水に分離させ、上澄水は塩素混和池へ流出し、汚泥はリンクベルト式クロスコレクタにより汚泥ホップに落とし、テレスコープ式汚泥引き出し管によって汚泥ピットに引き出す。汚泥は、汚泥ピットより返送汚泥としてエアレーションタンク流入汚水量の 12.5~50% (常時 25%) を、200φ×3.6 m³/min×8 m×11 kW×2 台と 250φ×7.5 m³/min×8.2 m×22 kW×1 台 (全体計画時 2 台) との渦巻式胴付斜流、返送汚泥ポンプにより引き出し、流量計量後エアレーションタンク流入水路に送る。なお、余剰汚泥は 125φ×1.4 m³/min×15 m×15 kW×2 台 (内 1 台予備) (全体計画時 2 台) の横軸ブレードレス余剰汚泥ポンプによって引き出し、流量計量後、最初沈殿池流入水路に送る。

(60)×(3) [全体計画時]

消化された汚泥はここで上澄脱離液と消化汚泥に分離し、脱離液は汚水ポンプピットへ自然流下させ、消化汚泥は汚泥洗浄タンクに自然流下させる。

2.3.6 塩素混和池

2.3.10 ガスタンクおよび脱硫器

池数： 1池 (第一期計画), 1池 (全体計画)

ガスタンク： 鋼板製×内径 15 m×高さ 19.6 m

×有効タンク容量 1,750 m³×1 基

滞留時間： 17.6 時間 (第一期計画時)

12 時間 (全体計画時)

脱硫器： 鋼板製乾式脱硫器×2 基 (交互使用)

幅×長さ×水深：

(3.1 m×3 列)×55.6 m×1.572 m (第一期計画)

(3.1 m×3 列)×82.8 m×2.1 m (全体計画)

汚泥消化タンクおよび汚泥分離タンクより発生するガスは、ガスコレクタに集め、脱硫器を通して硫化水素を除きガスタンクに滞留し、消化タンク加温用ボイラの燃料などに使用する。

2.3.11 汚泥洗浄タンク

池数： 2池 (二段向流式)

(内径)×(有効水深)： 12.6 m×2.5 m

(固形物負荷率 kg/m²/day)×(滞留時間)

(44)×(17.3) [第一期計画時]

(60)×(12) [全体計画時]

塩素注入機能は上記のとおりである。また別に塩素漏えい(洩)時の中和装置が設備されている。

汚泥受けますに投入された汚泥分離タンクよりの消化汚泥と、めじろ台下水処理場からの汚泥との混合汚泥を、100φ×0.8 m³/min×6 m×3.7 kW×2 台 (内 1 台予備) の横軸ブレードレス汚泥洗浄タンク投入ポンプで一定量抜き出し、この汚泥洗浄タンクで 4 倍量の最終沈殿池流出水で洗浄する。なお、混合そうに流下した汚泥は第 2 段洗浄タンクいつ流水とよく混合したのち、第 1 段洗浄タンクに流下させる。第 1 段洗浄タンクでは分離した上澄液を周辺よりいつ流させて、場内の汚水管マンホールより汚水ポンプピットへ自然流下させる。

	雨天時汚水量に対する滞留時間	平均注入率		真空式自立形塩素減菌機台数	滞留塩素ポンプ本数/(貯留能力日数)
		雨天時	晴天時		
第一期計画	7.4 分	4 mg/l	3 mg/l	1 台 (30kg/hr機)	3 本/(5 日)
全体計画	10 分	4 mg/l	3 mg/l	2 台 (30kg/hr機)	5 本/(5 日)

付属機器：(1) 洗浄用水供給ポンプ用

70φ×0.35 m³/min×11 m×1.5 kW×2 台

(片吸込渦巻ポンプ)

(2) 第 2 段洗浄汚泥引抜きポンプ用

100φ×1.0 m³/min×8 m×8.7 kW×1 台

(横軸ブレードレスポンプ)

2.3.7 汚泥濃縮タンク

形式およびタンク数： 円形放射流式, 1 基

(内径)×(有効水深)： 15.0 m×3.0 m

(固形物負荷率 kg/m²/day)×(滞留時間)：

(41.4)×(35) [第一期計画]

(60)×(24) [全体計画]

最初沈殿池の沈殿汚泥および最終沈殿池の余剰汚泥が、いずれもポンプでここに送られ濃縮される。周辺よりいつ流した上澄液は 1カ所に集め自然流下で汚水ポンプピットにもどす。

2.3.12 真空脱水設備

脱水機台数： 2 台 (第一期計画時), 3 台 (全体計画時)

ろ過速度×ろ過面積/1 台当たり：

16.9 kg/m²/hr (第一期計画時)×27.2 m²

16.5 kg/m²/hr (全体計画時)×27.2 m²×6 時間/日 運転

脱水汚泥含水率： 75%

消石灰と塩化第 2 鉄との計画薬剤添加量は、それぞれ汚泥固形物に対して 7%, 3.5% である。

濃縮汚泥は中心駆動汚泥かき寄せ機により中心に集め、130φ×1 m³/min×7 m×3.7 kW×2 台 (内 1 台予備) の横軸ブレードレスポンプにより汚泥消化タンクに送る。

2.3.8 汚泥消化タンク

タンク数： 1 基 (第一期計画時), 2 基 (全体計画時)

(内径)×(有効径)×(容積)：

20 m×7 m×2,200 m³ (全体計画時 4,400 m³)

汚泥濃縮タンクからポンプ圧送された濃縮汚泥は、第 2 機械棟の相当蒸発量常用 1,100 kg/h のボイラ 1 基によって蒸気加温式消化 (消化温度 32°C) 法の嫌気性消化を行なう。タンク内で消化された汚泥は自然流下により汚泥分離タンクに移行する。消化日数は 19.3 日 (第一期計画時), 27 日 (全体計画時) で嫌気性消化を促進するガスかくはん方式である。なお、ボイラは発生ガスを主燃料とし重油を補助としている。

脱水ケーキはベルトコンベヤで汚泥定量供給装置に送られ、さらに将来別棟に設置する焼却炉に一定量を連続供給し、焼却処分される。

3. 電機計装設備および制御装置

2.3.9 汚泥分離タンク

タンク数： 1 基

(固形物負荷率 kg/m²/day)×(滞留日数)

3.1 電機設備

北野下水処理場の電機設備の概要は下記のとおりである。

受電方式 1 回線受電

受電電圧 6.6 kV 50Hz

受電容量 2,570 kVA

変圧器容量 750 kVA 三相 H 種乾式変圧器 2 台

200 kVA 単相 H 種乾式変圧器	1 台
100 kVA 単相 H 種乾式変圧器	1 台
高圧盤	G 級 メタルクラッド 配電盤
低圧盤	パワーセンタ
変圧器盤	4 面
コントロールセンタ	
汚水ポンプ室設置 (CC-1)	1 式
ブロー室設置 (CC-2)	1 式
初沈汚泥ポンプ室設置 (CC-3)	1 式
終沈汚泥ポンプ室設置 (CC-4)	1 式
本館地下室 (用水) 設置 (CC-5)	1 式
滅菌機室設置 (CC-6)	1 式
脱水本館電気室設置 (CC-7)	1 式
脱水本館電気室設置 (CC-8)	1 式
現場盤	1 式

図 3.1 に受変電および主幹回路の単線接続図を示す。

本電機設備の一般的な特長としては、いたるところに省力化・小形化・高信頼度を計っていることである。以下に計画・設計にお

いて考慮を払った点について述べる。

(1) 高圧しゃ断は真空しゃ断器を使用し、変圧器は H 種乾式変圧器を採用して保守の省力化・高信頼度を計った。

(2) 動力変圧器は 2 バックとし、変圧器 1 台が故障したときでも負荷の 1/2 は運転可能とした。

(3) 動力電源電圧は 400 V 級とした。

理由はしゃ断器、コンタクト、ケーブル等の低圧器具は 600 V まで同じ器具が使用でき、400 V 機器は 200 V 機器に比べて kVA 当たりの電流が小さいので細い電線でよく、しゃ断器・コンタクト類も小容量のものが使用できることから、設備全体として小形化でき経済的であるためである。一般に下水処理場の場合は小負荷が多く、しかもそれらが散在しているので、400 V 配電はケーブルの面で有利である。

(4) 計装電源は動力電源より計装用変圧器 (5 kVA 420/105V) を介して取った。

本処理場には 100 V 電源が電灯電源としてあるが、この電源はコンセント等から一般家電器具に給電しているため、それら一般家電器具の不良等による停電を考慮し動力電源を使用した。これにより計装電源の信頼度を向上させた。

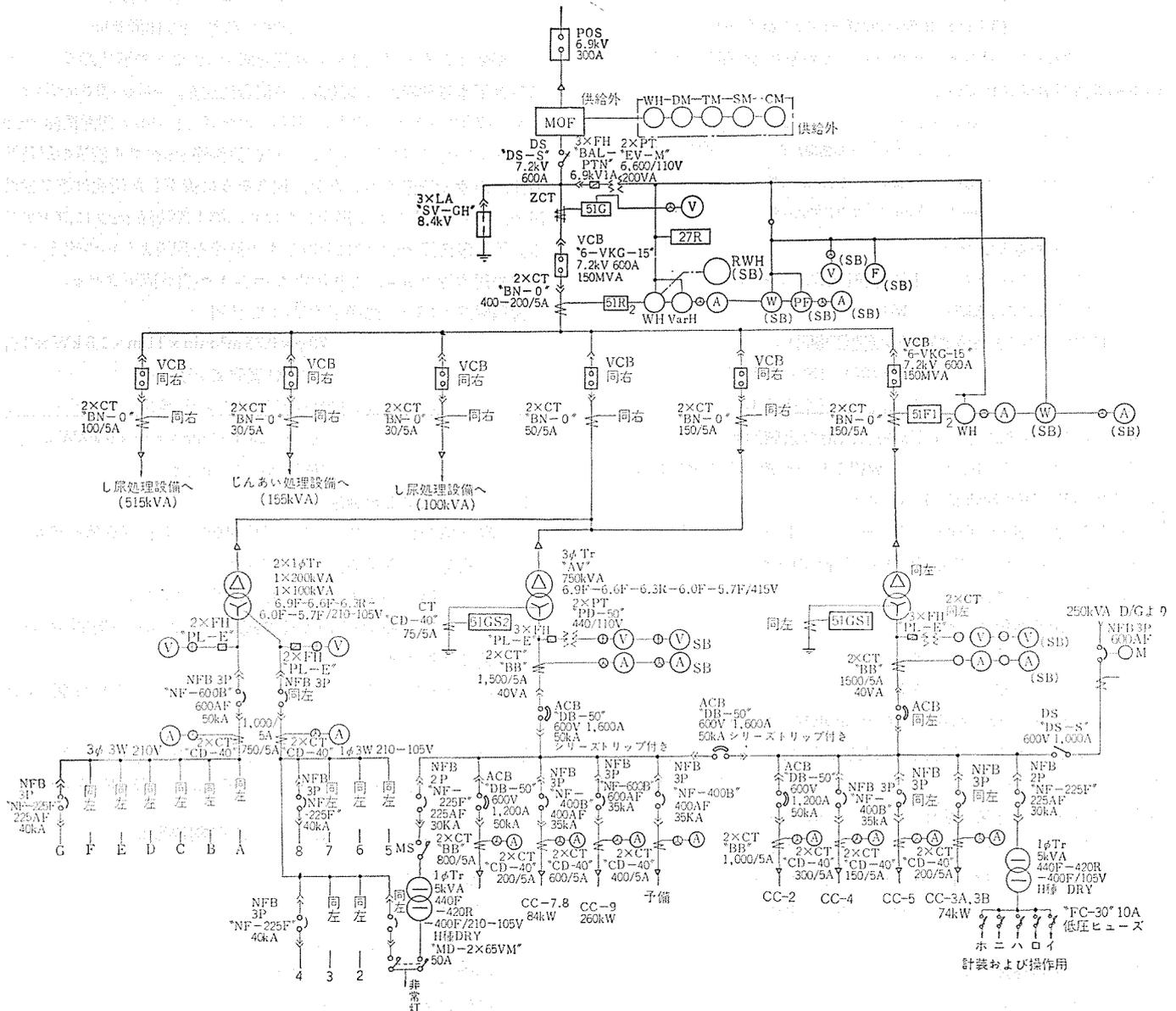


図 3.1 単線接続図 Single-line diagram

表 3.1 計装設備一覧表
List of instrumentation system.

計 測 項 目	数 量	計 測 方 式	備 考	
処理場流入ゲート開度	指 示	1	セルシン式	
汚水ポンプ井水位	指示・警報・調節	1	静電容量式(汚水用)	汚水ポンプ回転数制御によるポンプ井水位一定制御
高級処理水流量	記録・積算	1	フロート式	パーシャルフリューム
沈殿放流水流量	記録・積算	1	フロート式	パーシャルフリューム
初沈汚泥引出量	記録・積算	1	電磁式	設定積算流量にて初沈汚泥ポンプ停止
返送汚泥調整ます水位	指示・警報・調節	1	静電容量式(汚水用) フリクトレベルフィッジ	
返送汚泥流量	記 録	1	電磁式	
余剰汚泥流量	記録・積算	1	電磁式	設定積算流量にて余剰汚泥ポンプ停止
ブ ロ ヲ 風 量	指示・記録	2(1)	差圧式(オリフィス)	
し尿脱離液流量	記録・積算	1	セキ式	
浸絡汚泥引出量	指示・記録・積算	1	電磁式	設定積算流量にて消化タンク切換え
消化汚泥引出量	指示・記録・積算	1	電磁式	
消化そう温度	記 録	2	測温抵抗体	6打点記録計
脱水機投入汚泥量	指示・積算	1	セキ式	

(5) 停電に備えて非常用発電設備を設けた。

この非常用発電設備は経済的見地より高速低電圧のディーゼル発電機とした。発電容量は250kVAとし、停電時でも最少1系列の処理設備を運転できる。

(6) 非常灯用変圧器(5kVA)を設け、停電時に非常用発電機から最少限必要な場所、たとえば発電機室等の照明が行なえる。

(7) 高圧および低圧の各しゃ断器は時間協調を計り、負荷側のしゃ断器がまずトリップするようにした。

(8) 低圧負荷にはコントロールセンタを用い、設置場所は各負荷設備の中心点とした。コントロールセンタは多段積構造とし、しゃ断器は短絡電流がしゃ断できるしゃ断容量を持っている。

シーケンス関係の補助リレーはコントロールセンタ内の補助リレーユニットに組み込むことによりケーブルの渡り線を少なくし、信頼度の向上を計った。

(9) 幹線ケーブルの電流容量は三相短絡電流に対して0.2秒間耐え得るものとした。この値はしゃ断器のしゃ断時間より考えて十分ケーブルの保護が可能な値である。

各ケーブルの電圧降下は低圧パワーセンタ(低圧主幹しゃ断器)と各コントロールセンタ間が2%以内、コントロールセンタと各負荷間が2%以内とした。したがって低圧主幹しゃ断器と各負荷間との電圧降下は4%以内となり十分低い値におさえてある。

(10) 下水処理場の悪ふん困気より耐食性を十分考慮している。

たとえば電気室設置の各盤・コントロールセンタ・現場盤等には硫化水素ガス等を考慮して耐食塗料を塗ってある。ケーブルについては高圧はBNケーブル(ブチルゴム絶縁クロロプレン外装ケーブル)、低圧動力はRNケーブル(ゴム絶縁クロロプレン外装ケーブル)、制御計測用はCVV(S)ケーブル((静電しゃへい付き)制御用ビニルケーブル)を使用して信頼性を高めている。

(11) ケーブル配線は原則として管廊にケーブルラックを設けて配線している。これによりケーブルの点検を容易にしている。

(12) 本処理場の外灯はナトリウムランプを採用している。

これは霧のときの透視度が良いのと、虫等が集りにくいためである。

3.2 計装設備

流量・液位・温度等を測定し指示記録を行なうとともに、運転制御を合理的に行なうもので、計測信号はすべてDC 4~20mAの統一電流信号としている。計装設備一覧表を表3.1に示す。

3.3 運転制御方式

本処理場における運転制御方式は省力化・高信頼度化するためにできるだけ連動または自動運転とし、原則として現場においては単独運転、コントロールセンタでは単独および連動運転、中央操作盤では連動または自動運転としている。操作の優先順位は現場、コントロールセンタ、中央操作盤の順とし操作の安全を計っている。

本制御設備、制御方式の特長としては次のものがあげられる。

3.3.1 グラフィックパネルの採用

中央管理室にグラフィックパネルを設け、各機器の運転状態および故障発生が一目でわかるようにしてある。

このグラフィックパネルは中央管理室に一式、脱水機本館管理室に一式設け、前者のグラフィックパネルでは受変電関係および汚水処理関係を監視し、後者のグラフィックパネルでは汚泥処理関係を監視している。なお前者のグラフィックパネルにも汚泥処理関係機器の故障を一括して表示している。

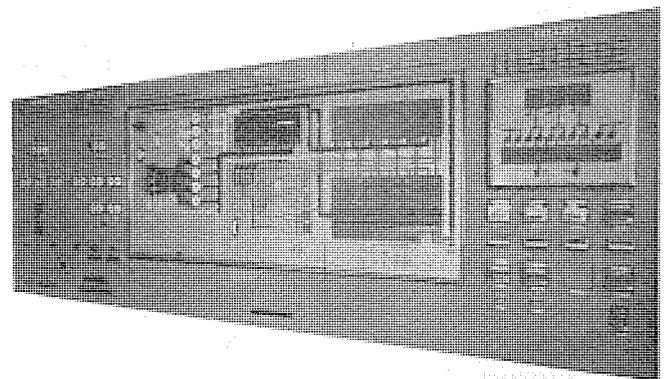


図 3.2 グラフィックパネル
Graphic panel.

図3.2に中央管理室設置のグラフィックパネルの写真を示す。このグラフィックパネルは裏面より各機器の図形を彫り込んだ大きなプラスチック板を盤面に取付けた構造としている。脱水機本館に設置のコントロール盤は将来焼却炉関係のコントロールの追加も考えて、変更が比較的容易なモジュールパネルとしてある。

3.3.2 連動運転の採用

連動運転の例として以下に2例について述べる。

(1) 真空ろ過機

本運転方式は真空ろ過機関係の一連機器を中央操作盤から1人制御する方式であり、下水処理場の連動運転として特筆すべきことである。図3.3に真空ろ過機関係各機器のフローシートを示す。

脱水機本館管理室の中央操作盤にマスタスイッチを取付け、このマスタスイッチには初期給泥・脱水・一時停止・洗浄・完全停止の5工程を順次行なえるように5ノッチの切換えがある。このマスタスイッチのノッチを切換えることにより、図3.4のタイムチャートに基づいて初期給泥・初期給泥完了・脱水・一時停止・排泥・洗浄・完全停止と運転が順次自動的に進むようになっている。マスタスイッチの回転方向は

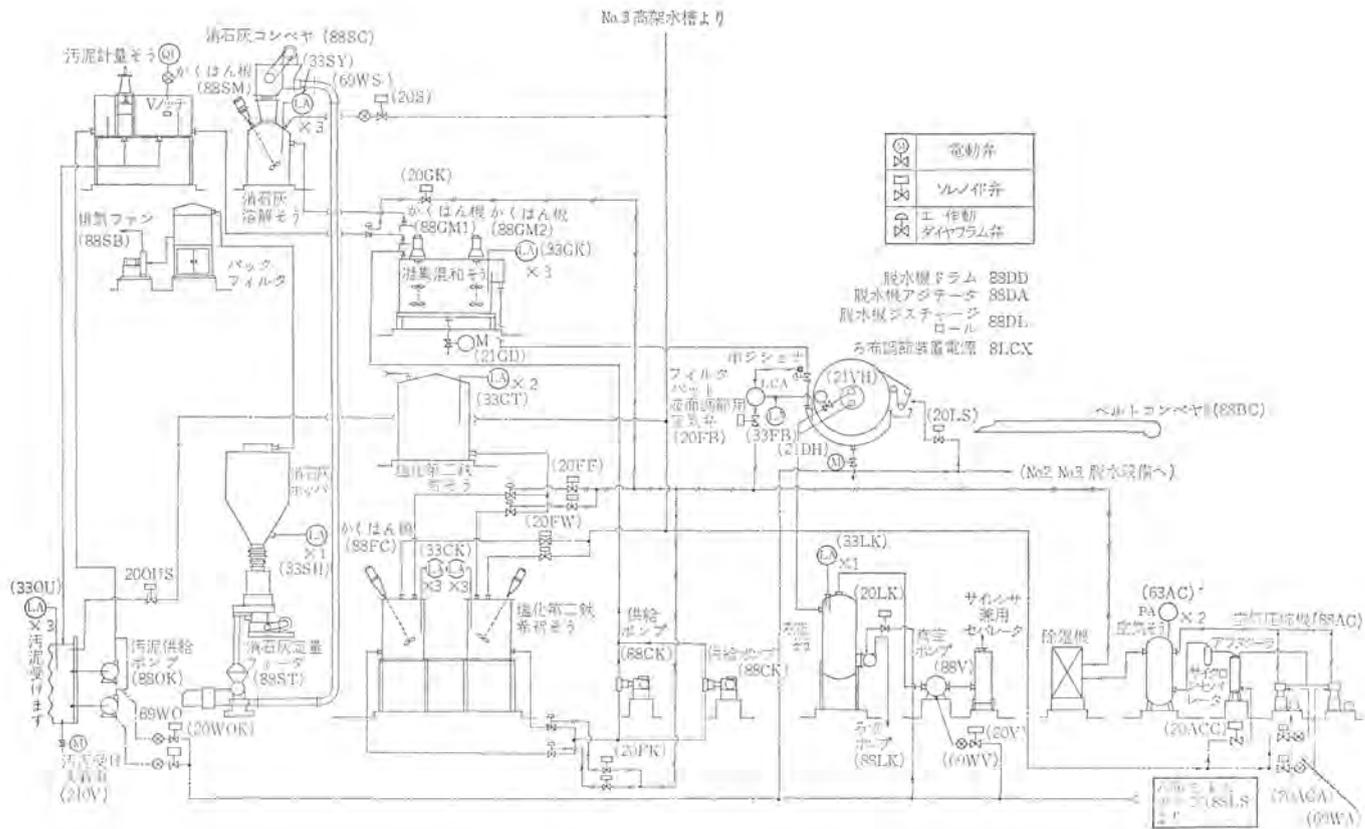


図 3.3 脱水設備フローシート
Flow sheet of belt filter system.

右回りで非可逆であるが、脱水ノッチと一時停止ノッチの区間のみ左右可逆操作が行なえるように機械的にインタロックしている。

(2) 返送汚泥ポンプ

返送汚泥ポンプ	11 kW	2台
	22 kW	1台
吐出電動弁	0.4 kW	3台
封水電磁弁		3台
流水継電器		3台

操作場所は中央操作盤およびコントロールセンタである。

起動条件が満足されていると操作スイッチの操作により、下記順序にて返送汚泥ポンプは起動停止される。

起動順序は

- (a) 封水電磁弁を開き、シール水を導入する。
- (b) 流水リレーにて水の流れを検出し、タイマ(約5秒)にて確認のうえポンプを起動する。

(c) ポンプの起動後吐出電動弁に開指令を与え、全閉リミットにて弁は自動停止する。

(d) 起動完了

停止順序は、

(a) 操作スイッチを停止操作するか、返送汚泥調整ます水位が低下する。

(b) 上記停止信号にて吐出電動弁は閉方向に起動し、全閉リミットにて自動停止する。

(c) 吐出電動弁の全閉信号にて返送汚泥ポンプ停止する。

(d) 上記停止信号でタイマが動作し約15秒後に封水電磁弁を閉とする。

(e) 停止完了

なお運転中に停電した場合はポンプは停止し、吐出電動弁は全開のままの状態であるが、復電した場合は吐出電動弁は自動的に閉方向に起動し全閉リミットにて自動停止する。この状態になったことにより再起動待機状態となる。

返送汚泥ポンプの運転台数選択は手動にて行なう。

3.3.3 自動運転の採用

自動運転の例として2, 3以下にの例について述べる。

(1) 汚水ポンプ

汚水ポンプ	30 kW	2台
	75 kW	1台 (将来1台追加)
吐出電動弁	0.4 kW	2台
	0.75 kW	1台 (将来1台追加)
真空ポンプ	5.5 kW	2台 (内1台予備)

本制御は汚水ポンプ井水位を一定にするように汚水ポンプの回転数および運転台数を自動制御するものである。

汚水ポンプ井水位が上昇するとポンプの回転数が増速し、なおかつ水位がある一定値以上になるとタイマ(最大6分)の設定時間後に2台目のポンプが自動起動する。以下順次3台目、4台目と起動する。水位が低下するとポンプは自動的に減速する。4台目、3台目のポンプの停止は手動にて行ない、2台目の停止は水位がある値以下に低下したことにより自動停止させる。これは3台目および4台目のポンプが運転するような流入量(水位上昇)になることはほとんどなく、もし運転したときは操作員が水位の低下を確認のうえ停止操作を行なうためである。1台目のポンプの起動停止は手動にて行なっている。

各ポンプの運転時間を均一にするため、中央操作盤上に運転順序切換スイッチを設けている。中央操作盤に取付けた自動-連動の切換

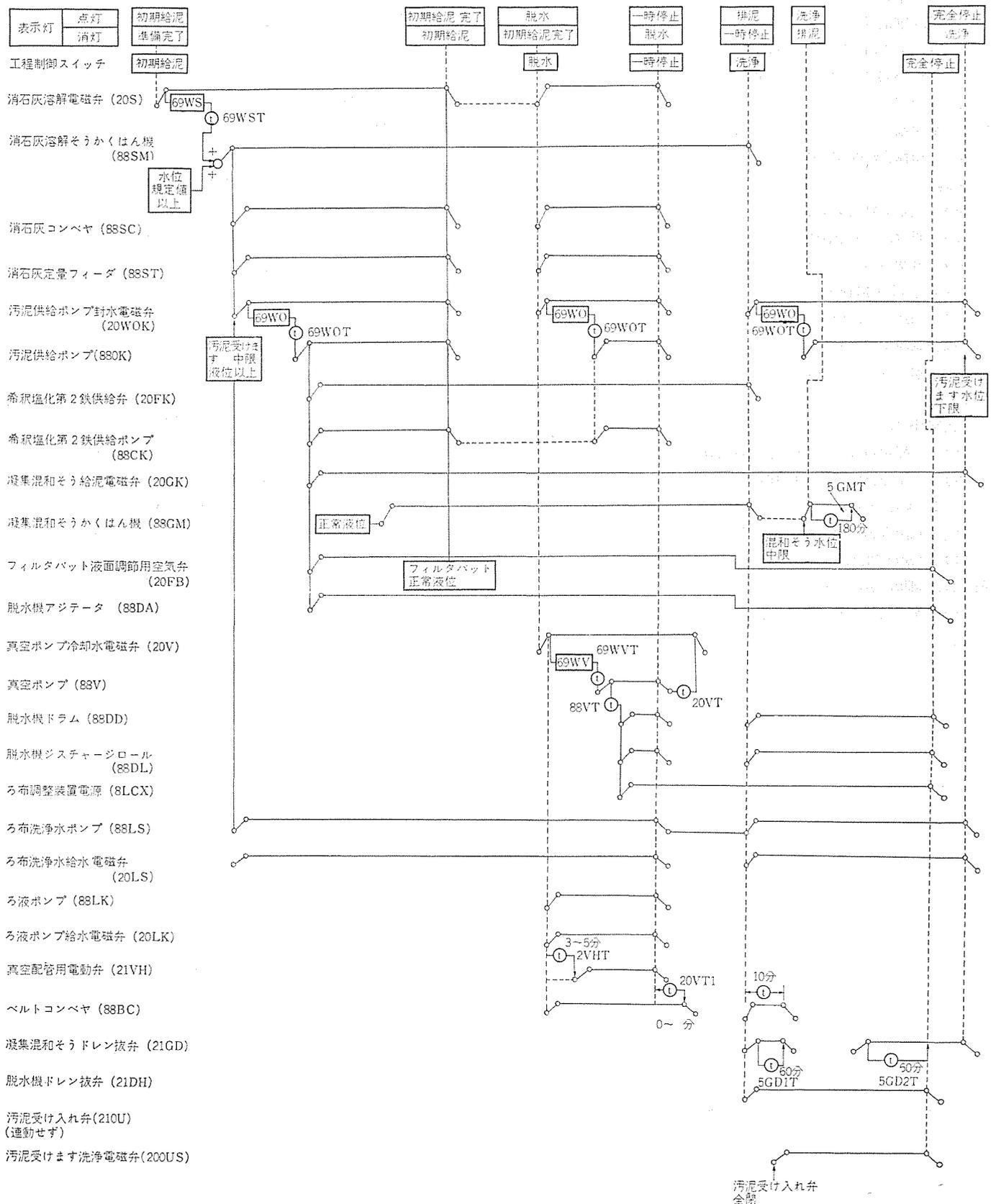


図 3.4 脱水設備タイムチャート
Time chart of belt filter system.

スイッチを連動にすれば各汚水ポンプ、吐出電動弁、真空ポンプは連動して運転され、速度調整器により回転数も任意に設定することができる。

(2) 余剰汚泥ポンプ

余剰汚泥ポンプ	15 kW	2台
吐出電動弁	0.4 kW	2台

封水電磁弁	2台
流水継電器	2台
シール用加圧ポンプ	0.75 kW 2台 (内1台予備)

本ポンプの制御はタイマによる間欠運転である。

起動条件が満足されていれば下記順序にて起動停止される。

起動順序は

(a) 全休止時間完了指令タイマ(最大24時間)により起動指令が出る。

(b) 上記起動指令によりシール用加圧ポンプが起動する。

(c) 封水電磁弁を開きシール水を導入する。

(d) 流水リレーにて水の流れを検出し、タイマ(約5秒)にて確認のうえポンプを起動する。

(e) ポンプの起動後吐出電動弁に開指令を与え、全閉リミットにて弁は自動停止する。

(f) 起動完了にて運転時間設定タイマ(停止指令タイマ)を起動させる。

停止順序は、

(a) 運転時間設定タイマの設定時間到達により停止指令が出る。

(b) 上記停止信号にて吐出電動弁は閉方向に起動し、全閉リミットにて自動停止する。

(c) 吐出電動弁の全閉信号にて余剰汚泥ポンプ停止する。

(d) ポンプ停止信号にてタイマが動作し約60秒後に封水電磁弁を閉とし、同時にシール用加圧ポンプを停止させる。

(e) 停止完了。停止時間設定タイマ(運転指令タイマ)を起動させる。

余剰汚泥ポンプは運転時間および停止時間設定タイマにより、上記の起動停止をくりかえす。なお、設定された1日の余剰汚泥積算量(プリセットカウンタよりの信号)により余剰汚泥ポンプを停止させ、同時に全休止時間設定タイマを起動させ、この設定時間で翌日また同様の運転を繰返す。

ポンプの台数選択は手動で行なう。

(3) その他

初沈汚泥ポンプおよび吐出電動弁2組(将来2組追加)についても上記余剰汚泥ポンプと同様に間欠運転をし設定流量にて全休止するが、初沈汚泥ポンプの場合は、1号ポンプが起動・停止し、次に2号ポンプが起度・停止し、以下順次3号、4号、1号ポンプと起動・停止を繰返す。

細目スクリーン3台、スクリーンかす搬出機2台についても、初沈汚泥ポンプと同様に自動間欠交番運転を行なっている。

4. む す び

以上北野下水処理場の処理設備および電機計装設備の概要について述べたが、この処理場は活性汚泥法を使用した汚水処理と真空ろ過機による汚泥処理と焼却設備(将来)とを備えたホールプラントであり、都市下水処理の代表的処理場である。

今後都市下水の処理はますます盛んになると思われるが、本文が大方の参考にできれば幸いである。

最後に本下水処理場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。

首都高速道路公団 箱崎ポンプ所向け電機設備

石田 雄太*・渡辺 一弘**・下吉 正人**

Electrical Equipment of Hakozaki Drainage Pumping Station, Tokyo Expressway Public Corporation

Tokyo Expressway Public Corp. Yuuta ISHIDA

Mitsubishi Electric Corp., Head Office

Kazuhiro WATANABE・Masato SHIMOYOSHI

In the street construction of cities nowadays rivers are sometimes made use of the purpose. Hakozaki drainage pumping station built by the Tokyo Expressway Public Corporation is given a duty of draining the rain water accompanied by the construction of the metropolis highway No. 6. It takes care of discharging the rain water accumulated in a river basin in the west of the Sumida River spreading to the area of 85.35 hectares. There are sand basin and bar screens provided for the arrangement similar to a pumping station of an ordinary sewage treatment plant. The article describes its relation to the expressway, the outline of the equipment and its merit and the control method.

1. ま え が き

最近都市の道路建設に河川を利用することがしばしば行なわれているが、首都高速道路公団が建設した箱崎ポンプ所は、首都高速6号線の建設にあたり、埋立てられた河川の代役として設備されたものである。

設備としては一般の下水処理場用中継ポンプ所とよく似ており、全設備の負荷をまかなえる自家発電設備、高圧回路の二重母線方式、コントロールセンタ方式、ワンマンコントロール方式の採用、電気・水道が停止しても12時間か(稼)動できる等の特長をもっている。

以下にその設備概要・特長・制御方式について述べる。

2. 計 画 概 要

2.1 全体計画

箱崎ポンプ所は、首都高速6号線(中央区日本橋兜町1丁目～墨田区堤通1丁目、延長7.4km)の建設に関連して公有水面、箱崎川、浜町川が埋立てられ、これの条件工事として隅田川西岸部一帯85.35haを、集水地域とする雨水排水用のポンプ所として計画された。その地域を図2.1に示す。

この工事は現に使用されている河川内に高速道路の橋脚、排水暗きょ(渠)、高速道路管理所、東京シティアターミナルビル構造物、およびポンプ所建屋を建設するために精密な工程の設定が行なわれた。

本ポンプ所は昭和44年10月初旬に建築工事が発注され、箱崎川の中洲橋下流の河川内にシートの打設が行なわれ、工事が開始された。シートの南北両側は護岸との間約10mを仮排水路と

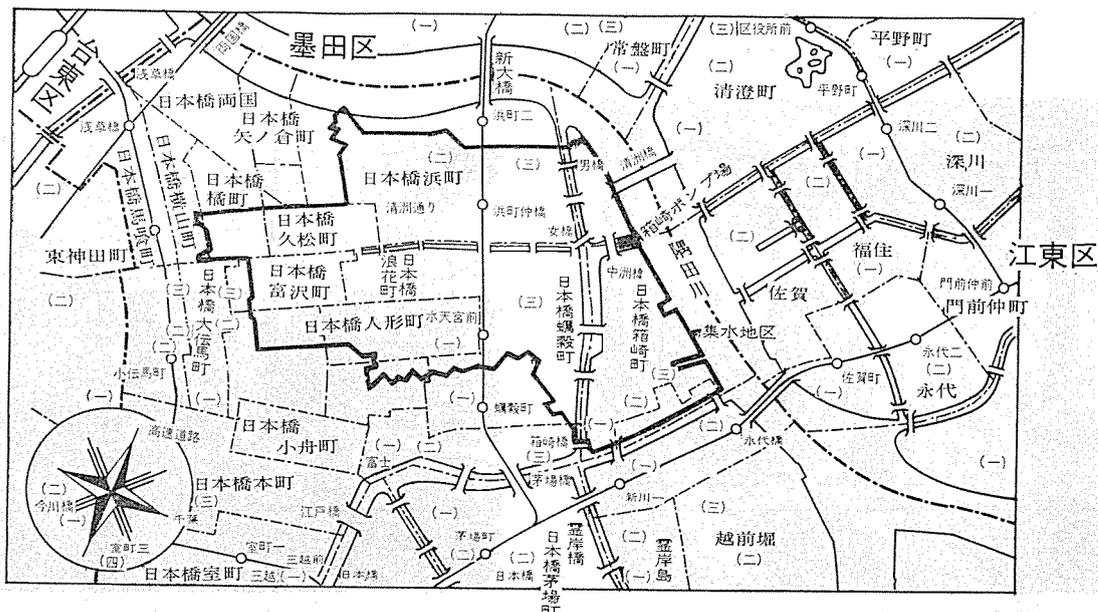
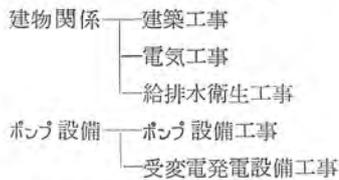


図 2.1 集水地区 River basin.

して確保し、この上に鋼製覆工板を敷き並べ、作業スペースとした。

関連工事は以下のとおりである。



これら工事の工事資材および工場製品の搬入については、仮置きするスペースが皆無いため相互に調整を要した。また、総工事費は約10億円であった。

本ポンプ所は工事完了後「東京都下水道局」へ移管され、昭和46年7月1日から稼働されている。

2.2 本ポンプ所の目的

本ポンプ所の目的は、85.35 haの集水面積に時間降雨量最大50 mmの降雨があったとき、排水河川（隅田川）の水位が最高潮位時（AP+5.100 m）において排水可能なものとされた。

施設の性格上、買電停電時および断水時においても12時間連続

して全排水能力を発揮できるものとした。

また、通常の運転および監視については、将来遠方監視制御ができるよう考慮することとした。

2.3 主要機器

主要機械設備は下記のとおりであり、配置を図2.2に、外観を図2.3～2.5に示す。

雨水排水ポンプ： 立形斜流 1,200φ×3.0 m³/s×6.57 m 3φ
3.3 kV 4P 280 kW 減速装置付き 6基(内1基は予備)

沈砂池清掃用排水ポンプ： 立形斜流 500φ×0.5 m³/s×9.22 m
3φ 3.3 kV 6P 65 kW 1基

電動制水弁： 1,200φ 2 kg/cm² 3.7 kW 6台
500φ 2 kg/cm² 0.75 kW 1台

逆止弁： 1,200φ 6台
500φ 1台

天井走行クレーン： 15 t 1基

流入油圧制水とびら： 鋳鉄製角形 2.0 m×2.5 m ACまたはDC 運転 4門

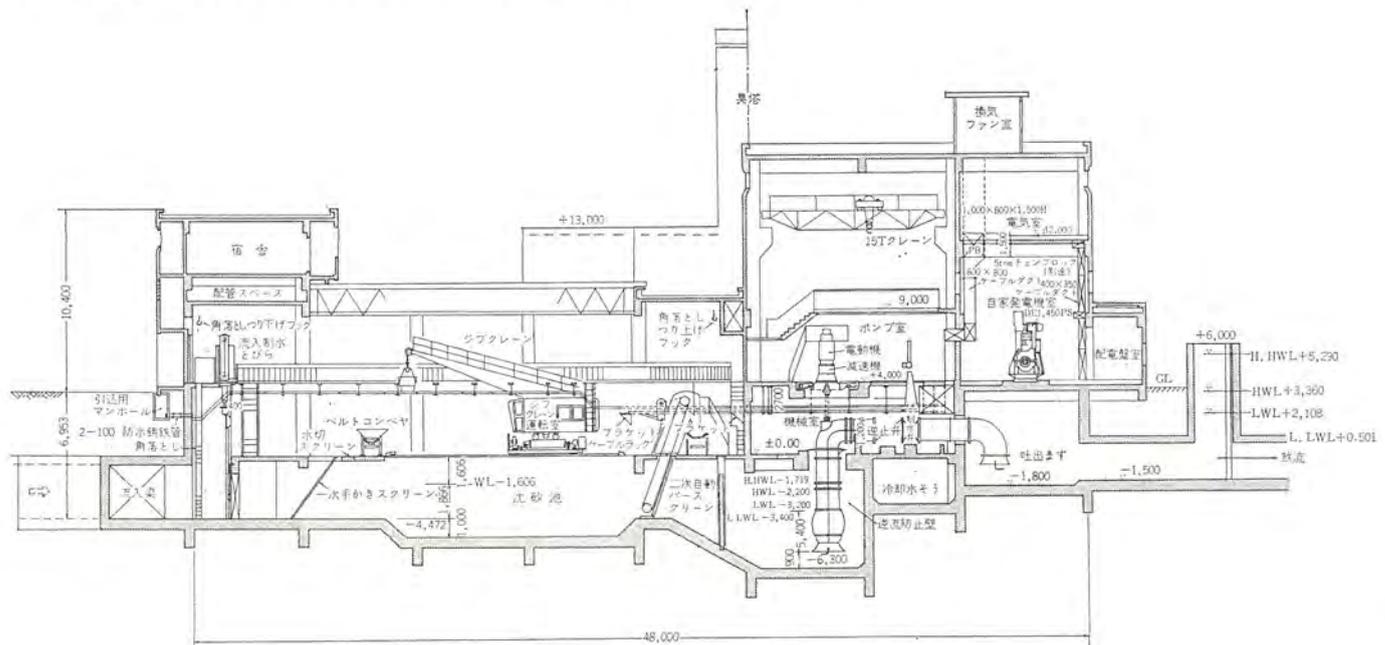


図 2.2 機器配置図 Arrangement of drainage pumping station.

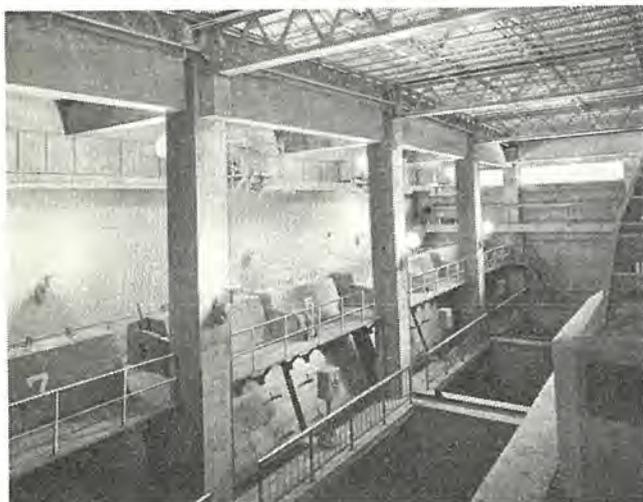


図 2.3 自動除じん装置 Automatic bar screen.

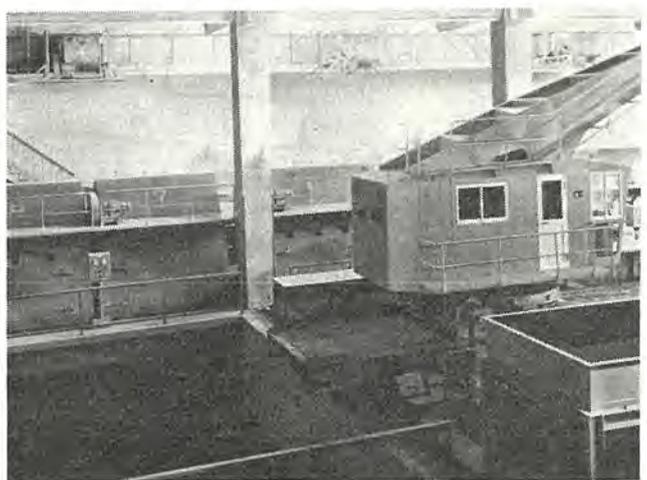


図 2.4 シブクレーン Jib crane

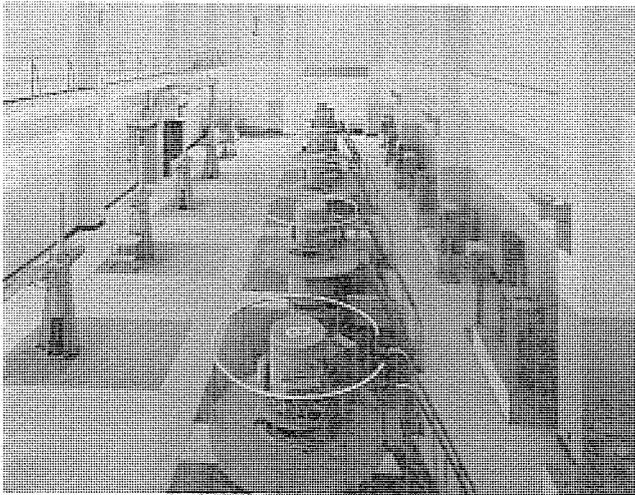


図 2.5 雨水ポンプおよび制水弁
Drainage pump of storm sewage and discharge valve.

揚泥機： グラブケット 走行 ジョブクレーン	0.25 m ³	1 基
自動除じん装置： スクレパー 方式 エンドレスチェーン 回転式	2.2 kW	8 基
シサ用ベルトコンベヤ： スキップホイスト, ホッパ		1 式
沈砂用ベルトコンベヤ： スキップホイスト, ホッパ		1 式
流出電動制水とびら： 鋼製 ローラゲート	5.5 kW	1 門

なお、電気設備については4章で述べる。

3. 特 長

本ポンプ所は前述のとおり降雨の排水を目的としたものである。災害時にその機能を発揮することが要求される。したがって、単体機器としてもシステムとしても信頼性が十分に確められたオーソドックスな方式を選定する必要があったので、種々検討の結果次のような特長をもつ設備とした

- (1) 母線を買電・発電の分離二重母線式としたこと
- (2) コントロールセンタ方式としたこと
- (3) ワンマンコントロール方式とし将来無人化（遠制）に発展可能なよう考慮したこと
- (4) 自家発電は、全設備か動が可能な容量としたこと
- (5) 災害時に電気・水道が停止しても12時間はか動できる設備としたこと

4. 電 気 設 備

4.1 概 要

本ポンプ所の電力としては、東京電力より受電する3φ 3.3 kV 50 Hz と自家発電設備の2×1, 1,250 kVA 3φ 3.3 kV 50 Hz によりまかなわれ、この電力を高圧閉鎖配電盤およびコントロールセンタにより各負荷へ配電している。その単線接続図を図4.1に示す。

主要電機品は次のとおりであり、外観を図4.2～4.6に示す。

高圧閉鎖配電盤： 3 kV 1,200 A 二重母線	14 面
コントロールセンタ： 200 V	21 面
充電器盤および直流盤：	2 面
蓄電池盤： 150 AH/5 HR アルカリ	1 面
現場操作盤： ポスト形および壁掛形	23 面
流入制水とびら制御盤： 自立閉鎖形	2 面
自家発電機： 1,250 kVA 3φ 3.3 kV 50 Hz	2 基

自家発配電盤： 励磁機, シャ断器, 自動起動装置, 自動同期装置等	6 面
保守連絡 インタホン 設備：	1 式
中央監視盤： ベンチ形 模擬母線付き	5 面

4.2 受電設備

4.2.1 契約電力

本ポンプ所は50 mm/hの降雨量を排水する設備であるが、実際にこのような大雨が降ることは数十年に1度程度のひん度であって、常時はこの設備能力の40～60%程度の排水能力で十分である。したがってこの設備の受電容量を全設備分とすることはきわめて不経済である。したがって、受電容量を渇水期は設備能力の40%分、豊水期は60%分として契約し、この期間中にこの能力を上回る降雨があるような異常事態が発生したときは、契約電力を超過する台数のポンプの運転は自家発によることにしたいと考えた。

このことについては、関係各所の理解ある処置により、予定のとおり契約することができた。

ただこの場合、常時運転状態においてピークカットを行なうことを目的としたものでないことを明記しておきたい。

4.2.2 高圧閉鎖配電盤

受電引込盤・受電盤・発電機引込盤・雨水ポンプ盤・排水ポンプ盤・所内高圧盤・コンデンサ盤・電灯変圧器盤で構成されている高圧閉鎖配電盤はJEM-1114 F2級(3Z)に準拠して製作され、保守点検および安全面からもすぐれた性能を有している。

高圧母線は買電および発電の二重母線方式で、切換えは三極双投断路器によるものとし、直流電動機および機械的遠方操作を併用し、電氣的鎖錠装置を設け十分なる安全装置を備えている。

シャ断器は引出車輪付き OCB とし、主回路は自動連結形、制御回路は手動連結形とし、保守点検に便利な構造としている。

高圧回路用の計器用変成器はエポキシまたはチルゴムモールド形とし、信頼性が高く線路の異常電圧に対しても十分な絶縁強度を有し、かつ、短絡事故等による異常電流に対しても機械的・熱的に十分耐えるものとしている。

二重母線方式を採用したのは、基本的には施設の性格と買電の信頼性によるものである。施設の性格としては、前述のとおり災害発生時に停電があるものとして考えると、必然的に設備容量に等しい容量を持った自家発電設備が選定される。この場合、受電方式を専用線にするとか、異系統2回線にする等の買電の信頼性を向上する方式を採用しても、そのうえに異常事態をなお考慮する必要のある公共施設としては結論は同じである。

4.2.3 コントロールセンタ

動力制御設備として、コントロールセンタ方式と、個別配置方式を比較検討した結果、次の点で利点があると判断しコントロールセンタ方式を採用した。

(1) ポンプ所のように周囲条件が著しく悪い場合において、負荷近傍に個々の制御盤を置くことは、盤の構造を密閉形にするなど複雑で経済的に大きな問題があるが、これを排水系と隔離した室内に集中して置くことにより、簡単に解決できること。

(2) 工事後の保守の省力化および相互に規格化し、適当な面数を冗長設備することにより修理時間の短縮に役立つこと。

(3) 保守・点検の環境が良いこと。

(4) シャ断器と機器間に適当な長さのケーブルが介在するため、短絡容量の低減が計れること。

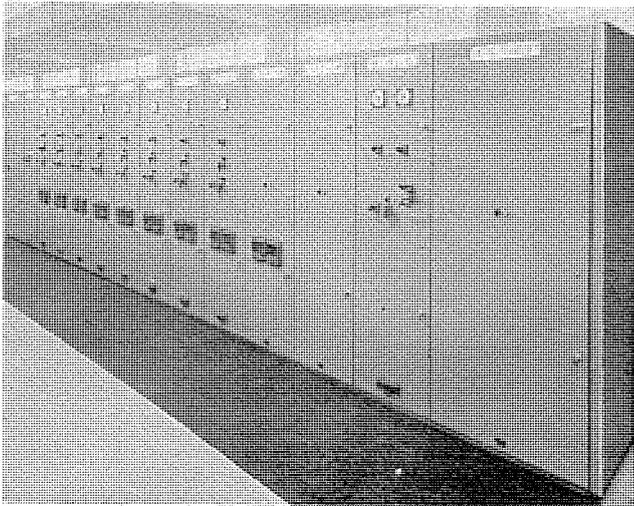


図 4.2 高圧閉鎖配電盤
High tension cubicle.

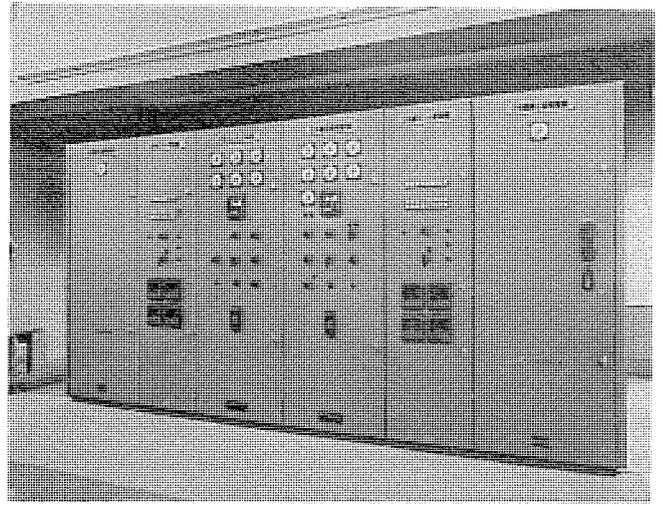


図 4.5 自家発電配電盤
Generator cubicle.

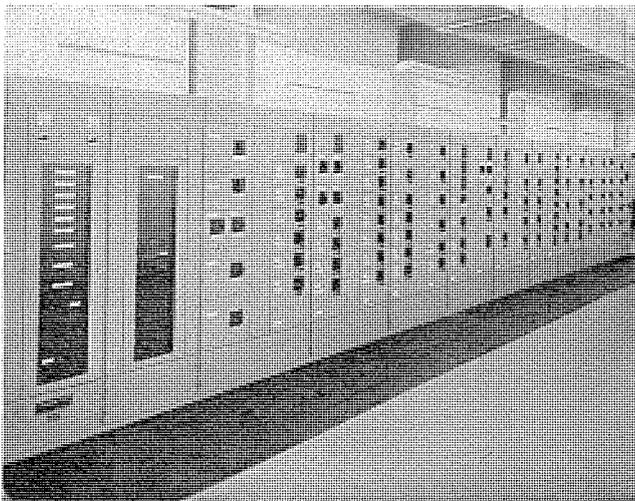


図 4.3 コントロールセンタ
Control center.

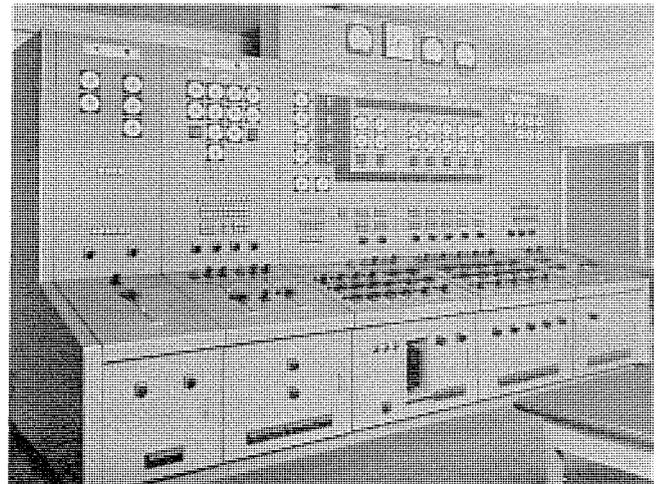


図 4.6 中央監視盤
Central control board

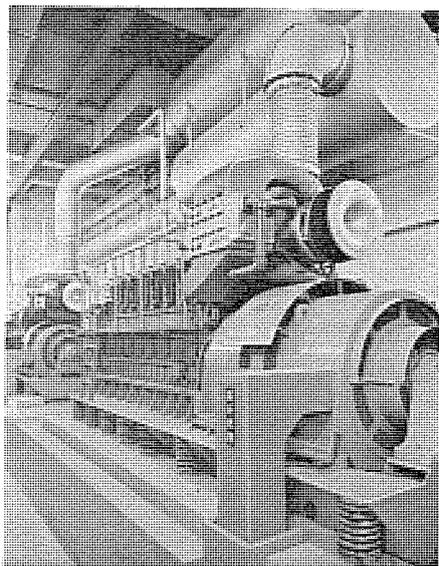


図 4.4 自家発電機
Diesel-engine generator.

高圧閉鎖配電盤よりバスダクトにて 300 kVA 動力用変圧器に導かれた電力は 210 V に降圧され、さらに低圧バスダクトにてコントロールセンタへ送られる。

コントロールセンタは主回路引込盤（動力・電灯）および動力制御ユニット、動力電灯幹線分岐回路より構成され、次のような構造と性能を持っている。

(1) 単位閉鎖形で、一列は単位箱を数段に積み重ねて上部に母線室、下部に主回路および制御回路の端子室を設けている。

(2) 上記の一群を負荷数に応じ片面に組み合わせて列盤とし、裏面には補助リレーを納めている。

(3) 各単位箱は配電用しゃ断器と電磁接触器、補助リレーを主体とした電動機その他の制御装置で、過負荷および短絡保護を行なう。

(4) 各単位箱は引出形とし、主回路（電源側）は自動連結とし、同種同容量のユニットは完全なる互換性を有する。

(5) 各単位箱正面には操作押しボタン・切換スイッチ・信号灯・しゃ断器操作ハンドルを設け、必要により電流計等を設けている。

(6) 各単位箱のとびら開の場合は、しゃ断器を投入不能とし、とびら開の場合は投入可能なインタロックを、また、しゃ断器投入状態ではとびら開不能のインタロック（ただしロック解除も可）を備えて

いる。

(7) 単位箱を構成する主要機器の定格は次のとおりである。

- 配線用しゃ断器 AC 550 V シャ断容量 15,000 A (at 220 V) 熱動瞬時引きはずし装置付き
- 電磁接触器 AC 500 V A級1号1種 操作電圧 AC 200 V
- 保護継電器 (電磁接触器用) 熱動形 手動復帰式 1C 接点

4.3 自家発電設備

原動機および発電機各2台、燃料油関係補機類1式、冷却水関係補機類および始動空気関係補機類各2式より構成される自家発電設備は、このポンプ所の全負荷設備を動かできる2,500 kVAの容量をもち、集中豪雨や停電時にその性能を十分発揮できるように特に注意して設計されている。また、発電機用負荷試験装置を設け、保守点検時に1,250 kVA 発電機1台の実負荷試験ができるようにしている。なお、試験装置には水抵抗を採用している。

原動機としてのディーゼル機関の仕様は次のとおりである。

- 形式: 立形 単動4サイクル トランクピストン形 過給機 空気冷却器付き水冷ディーゼル機関
- 定格: 1,450 PS 750 rpm
- 過負荷容量: 110% (1時間)
- 起動方式: 圧縮空気による自動起動式
- 冷却方式: 水冷式 冷却水ポンプによる強制循環式
- 調速機: 機械速心式 非常調速機 電気式
- 使用燃料: A重油
- 騒音: 消音器により60ホン以下に消音

また、発電機の仕様は次のとおりである。

- 形式: 開放防滴 回転界磁円筒形 自動交流発電機
- 特性: JEC-114, 146, JEMR-2006
- 定格: 3φ 1,250 kVA 連続 3.3 kV 50 Hz 8P 750 rpm 80% pF
- 結線: 星形 絶縁 B種
- 励磁方式: 静止励磁方式による自動式
- 冷却方法: 自己通風方式

4.4 運転制御方式

制御方式は原則として中央監視室よりの一人制御方式であるが、電気室または現地での単独および連動運転、電気室での手元試験も可能である。操作の優先順位は現地、中央の順としている。

4.4.1 雨水ポンプ

雨水ポンプは6台あり、内1台は完全な予備機である。運転台数、運転機の選択はポンプ井水位により運転員が任意に選択できるが、買電電源運転時には常時2台、期間(豊水期間)契約時には3台を越えて運転できないようにロック装置を設けている。集中豪雨等により異常水位上昇が予想される場合等で契約電力を超過したときには、自動的に自家発電設備を起動し、発電電力により3台目または4台目のポンプを運転させる。なお、買電停電時には自家発電電力により予備機を除く全台が運転可能である。

操作方式としては現場盤での単独と連動、高圧盤での連動、中央監視盤での連動の各運転方式があり、その操作順序を図4.7に示す。ここで言う連動とはポンプを定格回転数までまわすことであって、制水弁は図4.8に示すように単独操作である。

雨水ポンプの起動条件は次のとおりである。

(1) 運転可能電力であることを確認する

- 真電 常時契約時ポンプ2台まで 期間契約時ポンプ3台まで 契約解除時ポンプ全台
- 発電 発電機1台でポンプ3台まで 発電機2台でポンプ全台

(2) 運転

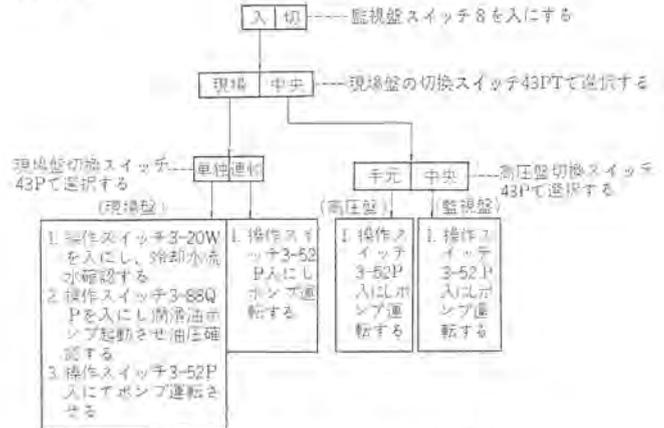


図 4.7 雨水ポンプ操作順序
Control sequence for drainage pump of storm sewage.

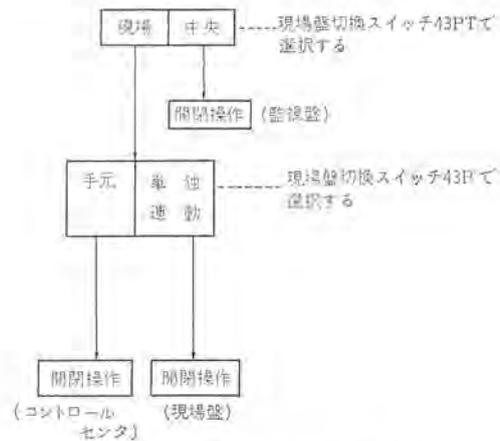


図 4.8 制水弁操作順序
Control sequence for discharge valve.

- (1) 流出制水とびらが全開していること
 - (2) 各制御器およびブラシ引揚装置が起動位置にあること
 - (3) 各保護継電器が動作していないこと
 - (4) 当該制水弁が全開していること
 - (5) 冷却水が通水していること
 - (6) 潤滑油ポンプが起動し、同圧力が正常であること
 - (7) 切換断路器が確実に切換わっていること
- なお、ポンプ井の水位条件は起動条件にはいれず、警報のみである。また、雨水ポンプの停止条件は次のとおりである。
- (1) 各保護継電器動作(過電流、低電圧)
 - (2) 冷却水断水(10秒以上継続)
 - (3) 潤滑油圧力異状低下
 - (4) 起動渋滞(起動指令からブラシ引揚げまでの時間が規定値より長い場合)
 - (5) 軸受温度上昇
 - (6) 非常停止操作
 - (7) 締切運転

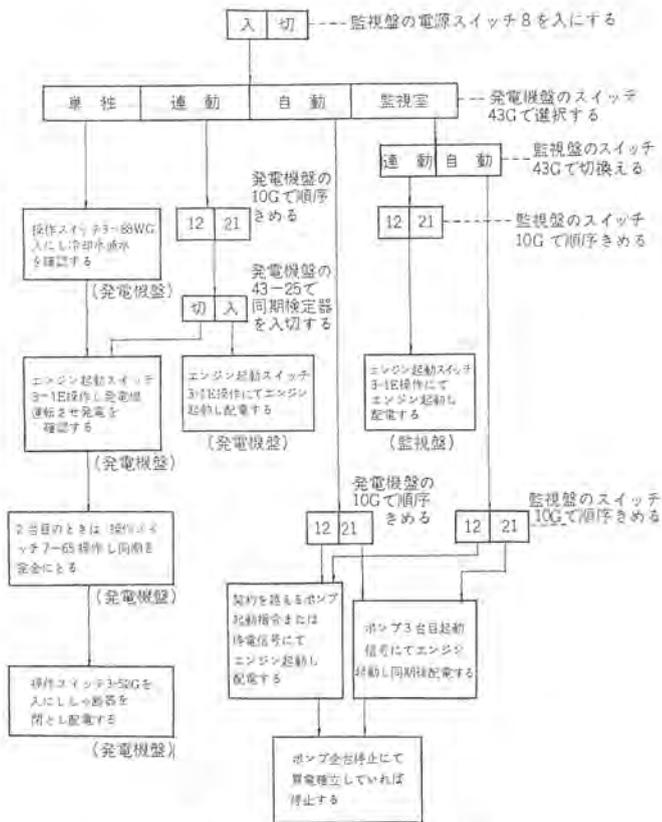


図 4.9 自家発電操作順序
Control sequence for diesel-engine generator.

4. 4. 2 自家発電設備

自家発電設備は2台あり、原則として全自動制御方式である。運転操作は「中央監視室」と「発電機室」の2カ所とし、いずれの場合にも“自動運転”にセットされた場合は、先行機起動、電圧確立、後続機起動、自動同期、同期投入、負荷配分等すべて自動的に行なわれる。操作場所の選択は発電機室盤面で行なう。

操作方法としては次の5種類ができる。

- | | |
|------|---|
| 発電機室 | { <ul style="list-style-type: none"> 単独運転……………完全手動 手動連動運転……………起動—並列—停止のみ手動 自動連動運転……………完全自動 |
|------|---|

- | | |
|-----|--|
| 中 央 | { <ul style="list-style-type: none"> 半自動連動運転……………起動—停止のみ手動 自動連動運転……………完全自動 |
|-----|--|

その操作順序を図 4. 9 に示す。

自家発電設備の自家起動指令としては次の3種類がある。

- (1) 常時契約時3台目のポンプ起動指令、または期間契約時4台目のポンプ起動指令により1台目発電機自動起動
- (2) 発電側でポンプ2台運転中3台目の起動指令により2台目の発電機自動起動
- (3) 買電停電時

また、自動起動指令により自家発電設備は次のようにして起動する。

- (1) 冷却水系統(冷却水ポンプ、冷却塔揚水ポンプ、冷却塔)、換気系統起動
- (2) 機関給水用電磁弁を開く。
(注) 買電停電時は前記(1)項を(2)項の後に操作する。
- (3) 機関起動用空気弁を開き機関起動する。機関起動にて空気弁を閉じる。
- (4) 蓄電池より発電機の初期励磁を行ない、電圧確立後発電機レギュレータを投入して運転にはいる。
- (5) 2台目運転のときは、後続機を前記(1)~(4)の順に制御し機関起動を行なう。
- (6) 後続機の電圧と速度調整を行ない、並列投入して運転にはいる。

5. む す び

首都高速道路の建設にともない計画された箱崎ポンプ所の設備の概要について述べたが、この設備は昭和44年10月から46年6月にかけて建築・ポンプ・電気設備工事が行なわれ、現在東京都下水道局へ移管され好調に運転されている。本ポンプ所は将来無人化(遠方制御)できるように考慮して製作された設備であり、その機能を発揮できる日を待っている。

最後に本ポンプ所の工事にあたって、種々指導と協力をいただいた関係各位に深く感謝する次第である。

東京都 10・11・14 号埋立地ポンプ所向け電機設備

那須野 才*・長沢 隆一*
渡辺 一弘**・津吉 信夫***Electric Equipment of Pumping Stations at Reclaimed Lands
Nos. 10, 11 & 14 in Tokyo MetropolisTokyo Gesuido-Kyoku, Sisetsu-Kanribu Sai NASUNO・Ryuichi NAGASAWA
Mitsubishi Electric Corp., Head Office Kazuhiro WATANABE
Mitsubishi Electric Corp., Kobe Works Nobuo TSUYOSHI

With the growth of industries it has become necessary to extend industrial zones. Large scale reclaiming work along sea shores is extensively going on in many places. In consequence, a good number of pumping stations are constructed for the drainage of the locality. These stations are put into use for feeding water to sewage treatment plants at the same time. This poses problems for the sanitation of the operators on the station. The Tokyo Metropolitan Sewage Bureau has built in the reclaimed lands at Koto-ku several pumping stations provided with central supervisory control equipment with a daily logger to take care of the system control. In the control equipment of the pumping station is installed a contactless logic panel less liable to failure. The article outlines the arrangement.

1. ま え が き

産業の発達に伴い、工業地帯の拡張が日々進められているが、国土の狭いわが国では港湾を埋めて工場地帯にするという埋立事業が多く行なわれ始めた。このような埋立地へは、一般工場、発電所、清掃・焼却工場等が進出し、その従業員宿舎も建てられる。そのためには道路が整備され上水道・工業用水設備が完備されることはもちろんであるが、工場排水や家庭下水を処理する下水道設備も完全でなければならない。

東京都下水道局では、東京湾埋立事業造成地の下水道設備の一環として、14号埋立地その他2地区に汚水ポンプ所を設置し、汚水の送水系を完備したが、埋立地におけるポンプ所であることを考慮し制御回路を無接点化するとともに、遠方監視制御装置と日報作成装置からなる情報伝送処理装置を導入して、ポンプ所を無人化し運転効率化を計る等、新しい構想を多数導入したので、その概要を紹介する。

2. 計画概要

2.1 全体計画

東京湾埋立造成地の下水道施設は、東京都埋立事業計画のうちに含まれるが、後に下水道事業計画の一部として、東京都下水道局において計画施工されることとなった。

本計画は、森ヶ崎・芝浦・砂町

の3処理場の系統に分けられるが、江東地区埋立地はそのうち砂町系統として、砂町処理場へ送水される江東地区10号ないし15号埋立地を対象として計画され、おのおのポンプ所が設置されている。これは雨水排水を伴ういわゆる合流式の下水道ではなく、汚水専用の分流式下水道であって、家庭下水および工場排水を収容して揚水し、順次送水して砂町処理場に至り、ここで他所からの下水とともに高級処理されて放流されるもので、従来合流式を採用してきた東京の下水道のうちでは比較的小規模のものである。

このうち、今回施工した10号その2地区・11号地・14号地その

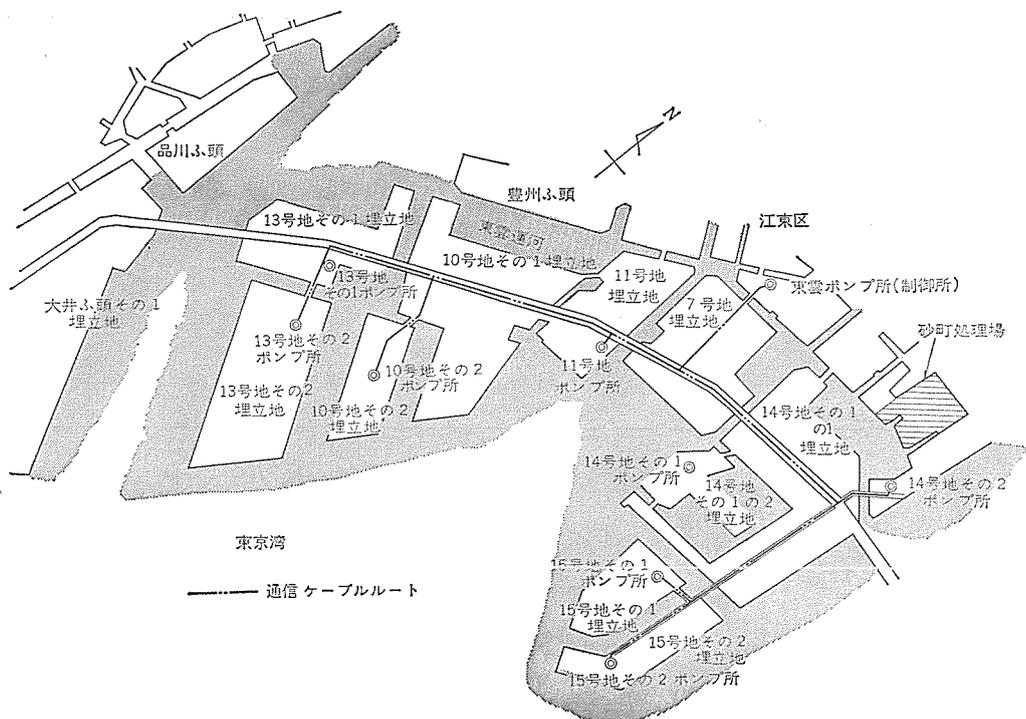


図 2.1 江東地区埋立地ポンプ所配置図 Arrangement of pump stations in Koto reclaimed land.

2地区の各ポンプ所の計画水量は次のとおりである。

10号地その2	2,692 m ³ /D	0.047 m ³ /s
11号地	26,239 m ³ /D	0.456 m ³ /s
14号地その2	43,832 m ³ /D	0.761 m ³ /s

2.2 各ポンプ所の目的および機能

2.2.1 10号地その2ポンプ所

10号地その2地区における下水を、幹線を経由して11号地ポンプ所へ送水するためのもので、その設備および機能の概要は次のとおりである。

(1) 入口流入とびら(下水取入用) 手動 400φ	1門
(2) 沈砂池(沈砂除去用) 幅4m×深さ3m×長さ4m	1池
(3) ろ格(しき除去用) 目幅25mm×水路幅2m×高さ2m, 0.75kW	1基
(4) 送水ポンプ(下水送水用) 横軸渦巻形 200φ×3.0m ³ /min×18mH, 30kW	2台
(5) 電気設備(動力・操作電源等)	1式
(6) 計装設備(水位計・開度計・電力計等)	1式
(7) 付帯設備(ポンプ用配管弁・給排水設備等)	1式

2.2.2 11号地ポンプ所

11号地地区の下水ならびに、10号地その2ポンプ所その他13号地関係から送水される下水を併せて、14号地その2ポンプ所へ送水するもので、その設備および機能の概要は次のとおりである。

(1) 入口止水とびら(下水取入用) 油圧駆動式 600mm×1,000mm 角	3門
(2) 沈砂池(沈砂除去用)	3池
(3) 揚泥機(沈砂揚泥用) 水路幅1.2m×長さ10m, 2.2kW	3基
(4) ろ格機(しき除去用) 目幅25mm×水路幅1.2m×高さ6.17m, 1.5kW	3基
(5) 送水ポンプ(下水送水用) 3台(うち1台未設) 立軸片吸込渦巻形 350φ×14m ³ /min×17mH, 60kW	
(6) 電気設備(動力・操作電源等)	1式
(7) 計装設備(水位計・開度計・電力計・変換器等)	1式
(8) 遠方監視制御装置	1式
(9) 付帯設備(ポンプ配管弁・給排水設備等)	1式

2.2.3 14号地その2ポンプ所

14号地その2地区の下水ならびに江東地区の他のポンプ所から送水される下水を一括して、砂町処理場へ送るポンプ所で、その設備および機能の概要は次のとおりである。

(1) 入口止水とびら(下水取入用) 油圧駆動式 1,000mm×1,200mm	3門
(2) 沈砂池(沈砂除去用) 水路幅1.2m×長さ10.7m×深さ6m	3池
(3) 揚泥機(沈砂揚泥用) 高さ8.5m, 2.2kW	3基
(4) ろ格機(しき除去用) 目幅25mm×水路幅1.2m×高さ8.5m, 1.5kW	3基
(5) 送水ポンプ(下水送水用) 4台(うち1台未設) 立軸渦巻斜流形 400φ×16m ³ /min×20mH, 75kW	
(6) 電気設備(動力・操作電源等)	1式
(7) 計装設備(水位計・開度計・電力計・変換器等)	1式
(8) 遠方制御装置	1式
(9) 付帯設備(ポンプ配管弁・給排水設備等)	1式

図2.2に本ポンプ所電気設備の単線接続図を示す。

さらに、遠方監視制御の制御所として、東雲ポンプ所(既設)があり、ここには、遠方監視制御装置および簡易データ処理装置を設置した。ただし10号地その2ポンプ所は、極小規模の完全自動ポンプ所で、遠方監視の対象となっていない。

2.3 遠方監視制御装置の導入

前節に述べたように時間最大0.761m³/s、日最大43,832m³/D程度(大井埠頭埋立地においては、1.54m³/s、89,000m³/D程度)までの小規模のしかも分流式の汚水専用ポンプ所については、運転管理上、下記の理由により遠方監視制御方式を採用した。

- (1) 集中管理により運転の適正化ができる。
- (2) 系統全体の運転状況の一括は握ができる。
- (3) ポンプ台数が少なく小形であるため操作が簡単である。
- (4) 分流式であるため、雨天時の緊急操作および氾濫のおそれがない。
- (5) 分流式のために、流入量の時間的変化があっても、雨水等による異常な変化が少ないので自動運転がやりやすく、また大きな浮遊物が入るおそれも少ないので、沈砂池機械の自動運転も容易で操作量が少ない。
- (6) 被制御所としてのポンプ所の立地条件が運転員の居住に適していない。
- (7) 運転コストの節減ができる。

2.4 無接点ロジックの採用

無人ポンプ所であるため制御系統のトラブルを減少させ、制御回路のチェックの手間を省くために無接点回路とした。

2.5 運転方法

現場においては、個別手動運転および自動運転とし、制御所においては、遠方監視制御装置による遠隔操作および遠方監視による自動運転とし、制御所において遠方・現場の操作切換えができるものとした。

2.6 維持ならびに運営

平常時の運転操作は制御所より遠隔操作で行ない、日常の点検・整備は巡回点検班が行なう。さらに異常時または緊急時には現場における個別運転により対処することとした。

3. 無接点ロジック盤 MASC-10 W

3.1 概要

10号地その2、11号地、14号地その2、各汚水ポンプ所は無人ポンプ所である。そのため制御回路に故障がなく、ふん困気の悪い所に設置されても腐食に強く、かつ遠隔装置とも結合しやすい装置が必要であった。これらの条件を満足する制御装置として、制御回路に無接点 DTL (Diode Transistor Logic) ロジック回路を使用したロジック盤を採用した。

ロジック盤は1面の大きさが、高さ2,300mm・幅600mm・奥行800mmの自立キュービクルで、10号地用は2面、11号地・14号地その2用は3面で構成した。

盤内には、ポンプ・止水とびら・ろ格機・バケットコレクタ・ベルトコンベヤ・スキップホイスト・ディーゼル発電機・その他排水ポンプ・給水ポンプ・コンプレッサ等、所内動力設備のすべてを制御するカードが納められている。

3.2 運転方式

主要機器の運転は、次のように行なっている。

(1) ポンプ

ポンプ井水位が上昇すると、ポンプ1台起動・バルブ半開として送水量を調節する。さらに水位が上昇すると、バルブを全開とする。さらに水位が上昇すればポンプ2台目を起動する。このようにポンプ井水位の上昇により、ポンプ運転台数・バルブ開度の各制御を行ない処理

場への送水量を急激に変動させないようにしている。ポンプは立形渦巻きポンプで押込圧をうけており、電動機はリアクトル起動方式である。

(2) 止水とびら

平常時は交流油圧ポンプ、停電時は直流油圧ポンプの油圧により開閉する。停電時に自動的に全閉させるロジック、油圧系統に異常圧が

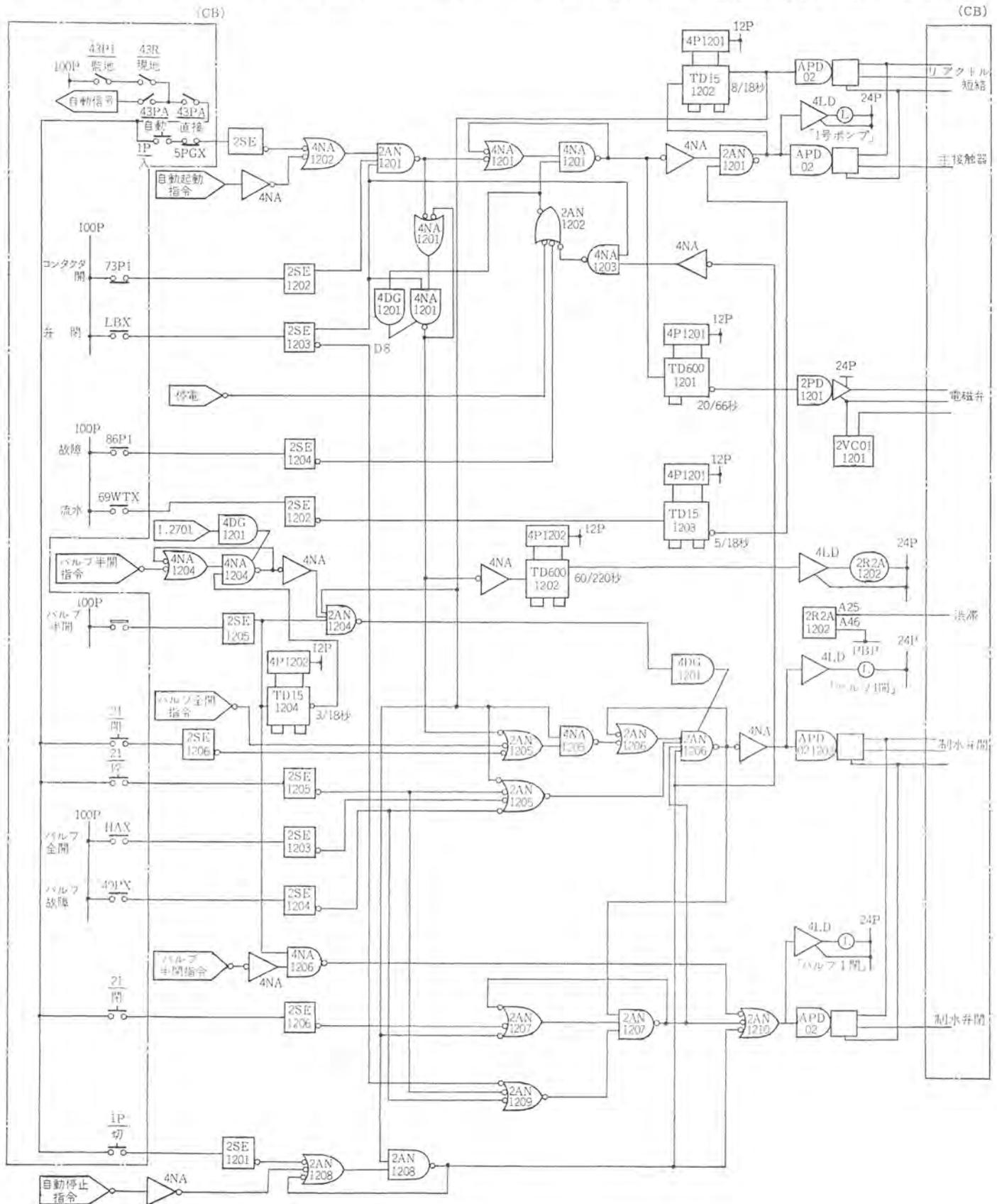


図 3.1 ポンプ運転ロジック図 Example of logic diagram.

発生しても操作を続行させるロジックがあり、スイッチにより選択できる。

(3) ろ格機・バケットコレクタ

ポンプが運転すると、自動的に起動する。起動時には必ずエアを泥のたい(堆)積部へ吹きつけ、起動時の過負荷を保護している。

(4) ベルトコンベヤ・スキップホイス

ベルトコンベヤは、ろ格機・バケットコレクタが運転すると起動し、しき・泥をスキップホイスへ運ぶ。スキップホイスは8~10時間ごとにしき・泥をホップへ運び出している。

(5) ディーゼル発電機

買電側が停電すると、自動的に起動し発電電圧が確立すれば、コンタクタを投入し配電する。

3.3 ロジック記号

ここ数年の間に電磁継電器の代わりに、トランジスタを使用した無接点継電器が多数使用されるようになったが、まだ歴史が浅いため、現在ロジック記号には全国的に統一された規格がない。そのため、各社・各分野で種々のものが使用されているが、本装置には最も進んだ、また使用しやすい記号と考えられている米軍規格 MIL-STD-806 B をベースとして、本ロジックシステムに特有な機能をもった記号を多少追加して使用している。表 3.1 に本装置に使用したカードのロジック記号図を示す。本装置は機器の運転シーケンスに従いロジックを接続していくワイヤードロジック方式を採用しているため、ロジック記号の約束に従い、ロジック図を追っていけば、機器の運転方式が容易に理解することができる。図 3.1 にポンプの運転シーケンスを示す。

3.4 カードシステムの特長

(1) プラントからロジックへの入力信号は、DC 100 V・AC 100 V が使用でき対ノイズ特性が良い。

従来のトランジスタ装置では、入力信号レベルは DC 24 V または 48 V くらいであり、重電機器と混在したノイズの多いシステムに使用するのは困難であった。そこで DC 100 V または AC 100 V にも使用

表 3.1 ロジック記号
Logic symbols.

	カード名称	形名	回路数	機能	図記号
論理カード	AND GATE	2AN	2	4入力のAND GATEで出力負荷は9素子以下	
	NAND GATE	4NA	4	2入力のNAND GATEで出力負荷は10素子以下	
	NAND GATE	4NAL	4	2入力のNAND GATEで出力負荷は20素子以下	
	DIODE GATE	4DG	4	入力数付加端子用GATE 2入力-2個 3入力-3個	
入力カード	SIGNAL ELEMENT	2SE	2	プラントのAC, DC入力をロジックシグナルに変換する 出力負荷は9素子以下	
	TIME DELAY	TD600	1	入力信号がHになったとき 3.6~660秒の遅延後 出力Hとなる 出力負荷は9素子以下	
時限カード	TIME DELAY	TD15	1	入力信号がHになったとき 0.1~18秒の遅延後 出力Hとなる 出力負荷は9素子以下	
	POTENTIAL METER	4P	1	TD600, TD15と併用し、遅延時間を決める	
	POWER DRIVER	2PD	2	DCまたはACの出力段のDRIVER 2入力 1出力で、100V 0.5A以下	
出力カード	AC POWER DRIVER	APD	1	ACの出力段のDRIVER 2入力 1出力 100V 2A以下	
	LAMP & RELAY DRIVER	4LD	4	ランプやリレーを駆動する 1入力 1出力 24V 250mA以下	
補助カード	RELAY CARD	2R2A	2	24Vリレー 2個 出力接点 2a	
	VOLTAGE CLAMPER	2VCO1	2	2PDでDRIVEする L負荷のサージ吸収用	

できるように設計し、入力信号へ混入するノイズに対してSN比を大きくするとともに、プラント側で使用される接点の酸化被膜による接触不良を防止している。

(2) プラント側操作端を動作させるロジック出力装置は、プリントカードから直接駆動できるため信頼性が高い。

従来は、パワートランジスタを使用して直接ソレノイドを励磁するか、またはリレーを介して操作していたが、パワートランジスタによる直接駆動では、トランジスタ電源がプラントフィールドに配線され、電圧が低く外部よりの誘導ノイズ・サージ等によるトランジスタパングの事故が多かった。また補助リレーを介する方式では、装置も大きくなり信頼性も低下する。本装置ではAC回路にはパルス発振ゲート付きSCR回路、DC回路には水銀接点リレーを使用することにより、プリントカードから直接プラントの出力端を操作できる。しかも電源はプラント側の電源を使用しロジック内部の電源と出力端操作電源は完全に絶縁されているため、サージ等による問題はまったくない。

(3) プラントの入出力回路ケーブルにシールド線等を必要とせず、従来どおりのコントロールケーブルに併設できるので、特別の計装用ケーブルダクトを設ける必要はない。

入力電源はロジック側より100Vの電源を供給し、出力側は(2)項に述べたように絶縁されている。

さらに入力側のゲート特性は図 3.6 に示すように60V以上でONし、30V以下でOFFになるヒステリシス特性をもたせ、リレー動作と同じにしてある。したがって、コントロールケーブルと併設しても、60V以下のノイズの影響はなく、誤動作することはない。

また入力信号に対して、100~200 msecの時間遅れを持たせて、かなり長いノイズパルスが入力ケーブルの近くを走っても影響がないようにしてある。

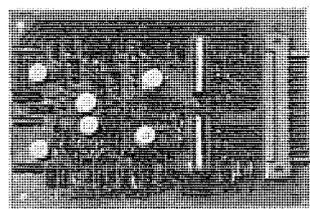


図 3.2 入力カード 2SE
Signal element 2SE.

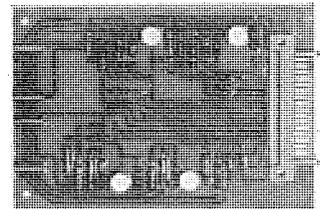


図 3.3 論理カード 4NA
NAND gate 4NA.

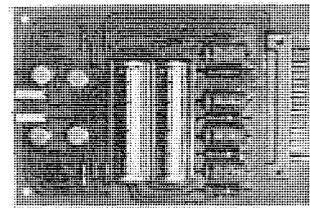


図 3.4 出力カード APD 02
AC power driver APD 02.

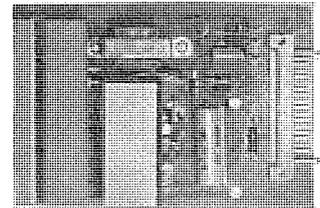


図 3.5 出力カード 2PD
Power driver 2PD.

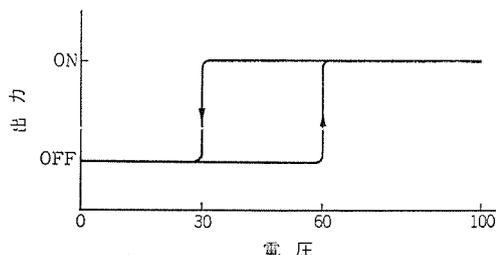


図 3.6 カード 2SE 動作図
Operating curve of signal-element.

(4) 時限回路は3~600秒まで連続可変である。

アナログタイマは、精度の良い長時間のものがなかったが、FET・UJT等の新しい半導体回路を使用して、10分まで使用できるくり返し精度の良いタイマを採用した。

(5) 防触性が良い。

カードにはすべてエポキシポリウレタンコーティングを行っており、ふん囲気の悪い環境でも十分使用できるようにしてある。

3.5 ロジック盤の特長

(1) コンパクトである。

カードは集合化された20列16段のカードフレームに収納されており、非常にコンパクトであるとともに正面より自由にカードを差しかえることができる。カードフレームは後面にも同数取りつけることができる。

(2) 保守点検が容易である。

盤の中央にはテストパネルがあり、主要な機器の運転指令をランプで表示しているため、ロジック回路が正常に動作しているかどうか一目でわかる。またテスト用ソケットとテストランプが設けてあるので、各カードごとについているテスト端子とテストピンで接続すれば、各カードごとに動作を確認することができる。

(3) ユニット化されている。

カードフレームごとにユニット化されているので、生産性が良く間違いが少ない。かつ、ユニット間は金メッキが施されたコネクタで接続されているので、装置の信頼性が非常に高い。

(4) とびらを自由にはずせるようにしてある。

試運転時あるいは定期検査時のように長時間試験を行なう場合には、とびらはずすことができるので広いスペースをとることができ、作業が非常に能率よく行なえる。

3.6 電源盤

ロジックカードが正常に動作するための電源を供給する装置で、MA SC-10 W シリーズのカードは、電源として次の4系列を必要とする。

(a) ロジック信号電源	+12 V
(b) ロジックバイアス電源	-12 V
(c) ランプ・リレー電源	+24 V
(d) 外部信号電源	+100 V

(1) +12 V, -12 V 電源

これらの電源は、ロジック動作の安定性に直接影響を与えるので、

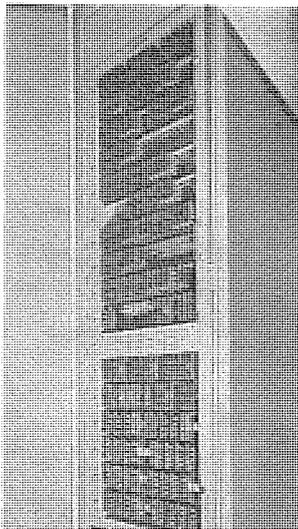


図 3.7 MASC-10 W 形無接点ロジック盤
Cubicle of diode-transistor logic, type MASC-10 W.

トランジスタ式 AVR を使用している。電源出力が定格の1~1.5倍の過負荷になれば、電圧を自動的に降下させ、過大な電流が流れないようにしている。出力電圧変動は入力電圧変動 -15~10% に対し ±1% に押えている。

(2) +24 V, +100 V 電源

これらの電源は、多少の電圧変動は許容できるので、鉄共振形 AVR を使用した。フロントフィールド回路と併行するので、サージ保護対策が施されている。出力変動は ±10% 以内に押えてある。

4. 遠方監視制御装置

4.1 概要

本システムを構成する遠方監視制御装置 (MELDAC-400) は、論理回路を IC 化することによって高信頼度化・小形化を実現したものであるが、符号伝送方式においても電気学会通信専門委員会制定の「サイクリックデジタル情報伝送装置仕様基準」に準拠した CDT 方式とし、多数のデータの高速伝送を可能ならしめるとともに計測の精度をあげている。また日報作成装置 (MELDAC-2000) については次章に詳述するが、各種計算機能を有するもので、MELDAC-400 との結合は高速結合およびインタフェースを簡略化するうえからワードシリアルレベル渡しとしていることに特色がある。

4.1.1 集中監視制御方式

運営の信頼性に重点をおき、(1:1)×N 方式を採用した。この (1:1)×N 方式は、各被制御所ごとに独立した装置を N 組設ける方式であり、(1) 装置故障の際の影響が 1 被制御所に限定される、(2) 保守が容易である、(3) 遠制化計画の最終形態が未定でも 1:1 装置を追加していくことにより、順次遠制化を行なうことができるなどの特長がある。各被制御所の配置は図 2.1 に示すとおりであり、11 号地および 14 号地その 2 ポンプ所に各 1 組ずつ設置し、その他 ポンプ所は将来設置される予定である。

4.1.2 遠方監視制御・計測項目

制御はしゃ断器などの入・切制御および制水弁などの開・閉・停止制御ができる。表示はしゃ断器・ポンプなどの機器運転状態は 2 灯式表示、故障表示は 1 灯式表示としている。計測はデジタル伝送されたのち、用途によりアナログあるいはデジタル表示するとともに、日報作成装置で、1 時間ごとの定時記録、1 日合計、平均値などを印字作表している。

一例として 14 号地その 2 ポンプ所の遠方監視制御・計測項目を図 4.1 に示す。

4.1.3 装置構成

本装置は制御所の遠方監視制御盤 1 面、遠方監視制御継電器盤 2 面、被制御所の遠方監視制御継電器盤 2 面で 1 組として構成されている。次に各盤の概要につき述べる。

(1) 遠方監視制御盤

高さ 2,000 mm・幅 600 mm・奥行 1,330 mm のベンチボードタイプで、前面垂直部に指示計、デジタルと表示器および故障表示灯を取付けている。斜面部は各機器ごとの照光式引ボタン形選択スイッチおよび共通のマスタコントロールスイッチを取付けている。図 4.2 に遠方監視制御盤を示す。

(2) 制御所遠方監視制御継電器盤

高さ 2,350 mm・幅 600 mm・奥行 350 mm の防じん構造キャビネット形であり、IC (集積回路) 論理回路、D/A 変換回路、スケール変換回路、信号伝送装置、入出力用リレー回路および電源装置を収納し

POS No.	項目	
群 個別	制 御	表 示
1	1	受電故障
	2	停電
	3	インバータ故障
	4	発電故障
	5	エンジン重故障
	6	エンジン軽故障
	7	(ヨビ)
	8	(ヨビ)
	9	幹線高水位
	0	ポンプ井高水位
2	1	油圧異常
	2	No. 1 汚水ポンプ故障
	3	No. 2 汚水ポンプ故障
	4	No. 3 汚水ポンプ故障
	5	No. 4 汚水ポンプ故障
	6	No. 1 汚水制水弁故障
	7	No. 2 汚水制水弁故障
	8	No. 3 汚水制水弁故障
	9	No. 4 汚水制水弁故障
	0	ろ格機故障
3	1	揚泥機故障
	2	計装用コンプ故障
	3	給水系故障
	4	排水ポンプ故障
	5	箱機故障
	6	搬出装置故障
	7	箱機自動
	8	直流電源異常
	9	火災
	0	とびら開
4	1	試験
	2	表示復帰
	3	警報停止
	4	ブザー
	5	回線断
	6	制御渋滞
	7	遠方-現場
	8	No. 1 阻水扉強制 (ヨビ)
	9	No. 2 阻水扉強制 (ヨビ)
	0	No. 3 阻水扉強制 (ヨビ)

POS No.	項目	
群 個別	制 御	表 示
5	1	受電しゃ断器
	2	所内発電機
	3	発電自動切換え
	4	ポンプ切換え
	5	No. 1 汚水ポンプ
	6	No. 2 汚水ポンプ
	7	No. 3 汚水ポンプ
	8	No. 4 汚水ポンプ
	9	(ヨビ)
	0	(ヨビ)
6	1	No. 1 阻水とびら
	2	No. 2 阻水とびら
	3	No. 3 阻水とびら
	4	No. 1 汚水制水弁
	5	No. 2 汚水制水弁
	6	No. 3 汚水制水弁
	7	No. 4 汚水制水弁
	8	(ヨビ)
	9	(ヨビ)
	0	(ヨビ)
7	1	(受電々力)
	2	(発電々力)
	3	(発電周波数)
	4	(二次電流)
	5	(二次電圧)
	6	(200 V 電圧)
	7	(100 V 電圧)
	8	低圧電力量
	9	雨量
	0	(ヨビ)

POS No.	計測項目	指 示		フルスケール
群		アナログ	デジタル	
8	発電電圧	○		0~600 V
9	受電電圧	○		0~9 kV
10	幹線水位	○		- 9m~+5m
11	ポンプ井水位	○		-11m~-2m
12	No. 1 阻水とびら開度	○		0~100 %
13	No. 2 阻水とびら開度	○		0~100 %
14	No. 3 阻水とびら開度	○		0~100 %
15	汚水揚水量		○	0~3,000 T/H
16	受電電流		○	0~50 A
17	受電電力		○	0~600 kW
18	発電電流		○	0~300 A
19	発電電力		○	0~240 kW
20	発電周波数		○	45~55 Hz
21	Tr 二次電流		○	0~600 A
22	Tr 二次電圧		○	0~600 V
23	200 V 電圧		○	0~300 V
24	100 V 電圧		○	0~150 V
25	No. 1 ポンプ電流		○	0~200 A
26	No. 2 ポンプ電流		○	0~200 A
27	No. 3 ポンプ電流		○	0~200 A
28	No. 4 ポンプ電流		○	0~200 A
29	No. 1 制水弁開度	○		0~100 %
30	No. 2 制水弁開度	○		0~100 %
31	No. 3 制水弁開度	○		0~100 %
32	No. 4 制水弁開度	○		0~100 %

図 4. 1 制御・表示項目 Supervisory control and display items.

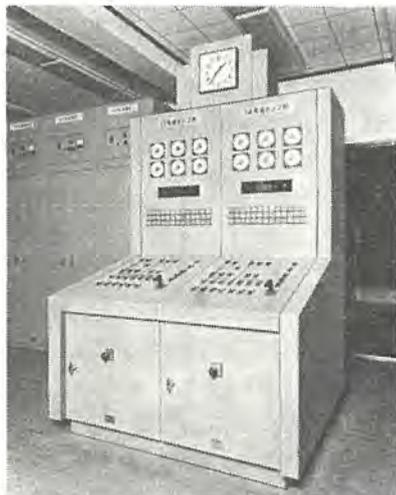


図 4. 2 遠方監視制御盤 Supervisory control cubicle.

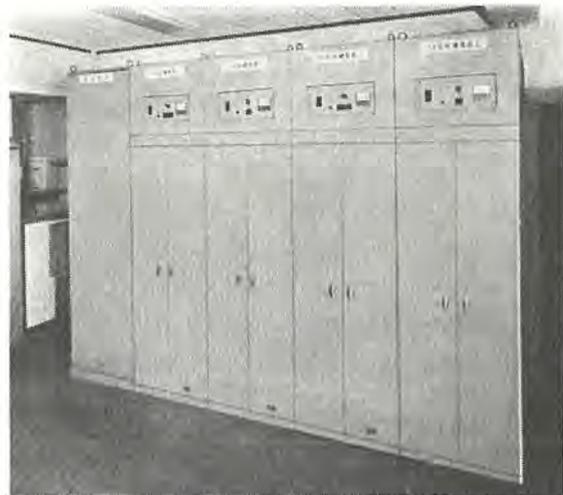


図 4. 3 遠方監視制御継電器盤 Supervisory control relay cabinet.

4. 2 特長

(1) サイクリック式

表示信号・計測信号は全項目を一定周期でくり返し常時送出しているため信頼性が高く、制御信号は選択制御時外でも装置監視信号を常時送出し、装置機能を常時連続監視している。また表示回路と制御回路が独立分離しているため回路が簡単になり、信頼性が向上するとともに保守が容易である。

(2) 半導体・電磁リレーの効果的併用

動作ひん度の高い符号送受信部を IC 化し、部品および接続個所の減少をはかるとともに、入出力部は日本電々公社規格のワイヤブリックリレー・M 系列小形リレーで構成し、半導体と電磁リレーのそれぞれの長所を有効的に利用し、装置の長寿命・動作速度の向上および

ている。図 4. 3 に遠方監視制御継電器盤を示す。

(3) 被制御所遠方監視制御継電器盤

各被制御所に設置されるもので、構造は前記(2)項と同じであり、IC 論理回路、A/D 変換回路、信号伝送装置、入出力用リレー回路、電源装置および計測用変換器を収納している。

び回路の単純化をはかっている。

(3) サイクリックデジタルテレメータ

計測をサイクリックデジタル方式とし、精度の向上、処理の簡易化および表示回路と計測回路を共用することにより、装置の簡略化、伝送路の使用効率を高めている。

(4) 高速度

多大の情報量を許容時間内に伝送するため伝送速度は最高1,200ビット/秒まで可能であり、簡単なストラップ変更により、50・200・600・1,200ビット/秒の切換えが可能である。

(5) 周囲条件

本装置に使用するIC、トランジスタおよびダイオードはすべてシリコン化しているため、使用温度範囲は-10°C~+40°Cと広く、温度変化に対して安定している。

4.3 機能

4.3.1 制御

被制御所のしゃ断器の入・切および制水弁などの開・閉・停止制御などを任意に行なうことができる。

選択制御は各機器ごとに設けられた選択スイッチを引操作し、同スイッチ上部の選択確認表示灯(白色)が点灯したのち、すべての機器に対して共通に設けられたマスタコントロールスイッチを操作して制御指令を出す二挙動式である。

選択スイッチを2個以上同時に扱おうと、プザ-警報および「多重選択」表示するとともに送信回路をロックして誤選択・誤制御を防止している。

4.3.2 表示

故障表示は角形集合表示灯が故障発生で点灯する1灯式、しゃ断器などの状態表示は赤・緑表示灯が点灯する2灯式である。自動状態変化発生時には該当ランプがフリッカし、警報をおこなう。これら表示、警報方式を図4.4に示すごとく4方式に統一している。

被制御所にて「現場」に切換えた場合、制御所よりの制御指令はロックするが、表示は切換えに関係なくおこなう。ただし警報、フリッカはおこなわない方式としている。

4.3.3 計測

被制御所でデジタル符号に変換して常時連続送出するサイクリックデジタルテレメータ方式とし、精度の向上と受信側での処理の簡易化(日報作成装置との受渡し)をはかっている。

開度・水位などは広角度指示計によるアナログ指示、揚水量、電力、周波数などは3けたデジタル表示としている。デジタル表示器は2けたのアドレス番号、3けたのデータ、単位および小数点より構成されている。図4.5にデジタル表示モードを示す。なお、電力量・雨量などのパルス入力のものは、表示項目の1ポジションを使用して制御所に伝送し日報作成装置で処理している。

4.3.4 試験

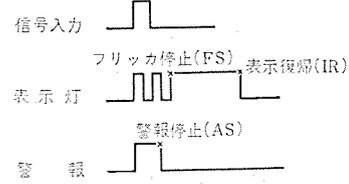
全表示項目の反転表示試験が可能であり、試験選択スイッチを操作後マスタコントロールスイッチを試験側にねん(捻)回することにより、入出力リレー回路も含めた表示回路の試験ができる。なお、試験中に自動状態変化が発生した場合には、ただちに自動的に試験を中断し、全表示項目を正常に復帰させる。

4.4 仕様

(1) 装置容量	制御項目 40項目(最大300項目)
	表示項目 70項目(最大600項目)
	計測項目 25量(最大60量)

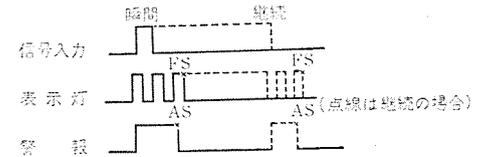
①A方式(瞬間入力)

適用範囲 シャ断器引きはしりリレー動作、再開路状態等



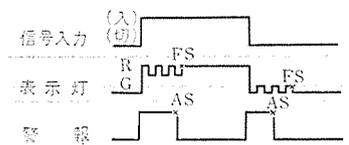
②B方式(瞬間または継続入力)

適用範囲 異常検出リレー等



③C方式

適用範囲 開閉器状態(手動開閉は表示反転のみ)等



④D方式

適用範囲 リミットSWの状態表示
シーケンス制御の段階表示等

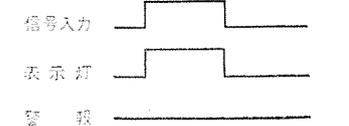


図4.4 表示警報方式
Display and alarm diagram.

	アドレス	データ	単位
受電電流	16	3 5.0	A
受電電力	17	2 5 3	kW
周波数	20	5 0. 1	Hz
二次電圧	22	4 3 5	V

図4.5 デジタル表示モード
Digital display mode.

- | | |
|------------|--|
| (2) 伝送方式 | 常時サイクリック式 |
| (3) 操作方式 | 二挙動式 |
| (4) 符号形式 | NRZ 等長符号 |
| (5) 誤り検定方式 | 制御 2連送照合+パリティチェック+定マーク検定
表示 2連送照合+パリティチェック
計測 2重送照合+パリティチェック |
| (6) 伝送速度 | 制御 200ビット/秒
表示・計測 600ビット/秒 |
| (7) 伝送時間 | 制御 約1.7秒/1項目
表示・計測 約1.3秒/1サイクル |
| (8) 制御出力 | 無電圧 片端子共通1a接点
接点容量 DC 110V 5A/1秒 |
| (9) 表示入力 | 無電圧 片端子共通1a接点
接点容量 DC 110V 50mA以上 |

- (10) 計測入力 AC 110 V 5 A, DC 4~20 mA
- (11) 計測出力 アナログ 精度 1.0 %
デジタル 3けた表示 精度 0.2 %
- (12) 信号伝送装置 変調方式 FS 変調
制御 2,000 Hz ± 100 Hz
表示・計測 1,200 Hz ± 200 Hz
- (13) 回路素子 IC (集積回路), シリコントランジスタ, ワイヤ
プリンタリレー

- (14) 電源 DC 110 V (90~140 V)
- (15) 周囲条件 温度 -10°C ~ +40°C
湿度 30~90 %
- (16) 装置耐圧 AC 1,500 V 1分間

4.5 符号説明

伝送符号構成は サイクル 構成, フレーム 構成およびワード 構成よりなっている。1ワードは 44ビットよりなり, 22ビットを極性反転して 2連送している。図 4.6 に制御・表示・計測符号構成を示す。

4.5.1 制御符号

本装置では標準制御項目を 100項目とし, この 100項目を 10項目単位で 10群に分けている。この群を表わす符号として 5ビットを用い, 5C₂ 定マーク符号を, また群の中の 10項目を表わす点選択符号として同じく 5C₂ 定マーク符号を用い, 指令符号は 3C₂ 定マーク符号を用いている。5C₂ 定マーク符号は 5ビットの内“1”の数が必ず 2ビットあるようにして図 4.7 に示すごとく 10とおりの信号が得られる。

パリティビットは垂直パリティ検定用付加ビットであり, 初送は奇数, 連送は偶数パリティである。

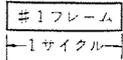
4.5.2 表示符号

表示項目を最大 600項目 (計測では 60量) としており, これを 10項目単位で 60群に分割し, 常時全項目をサイクリック伝送している。この群を表わす符号としてアドレスビットを用いている。データビットは 1項目 1ビットとし, 1群で 10項目の状態表示を同時に送る。各ビットはそれぞれ被監視機器に対応しており, 機器が「入」であれば対応するビットは“1”, 「切」であれば“0”となる。

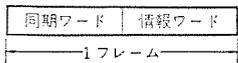
4.5.3 計測符号

データビットは 12ビットで構成され, 2進10進符号 (BCD) 3けたにより入力値を 0~999 に変換して送出する。0~999の符号構成を図 4.8 に示す。サインビットは数値情報の極性を区別するもので

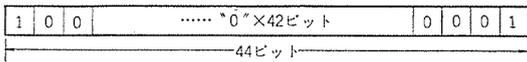
① サイクル構成



② フレーム構成



③ 同期ワード



④ 情報ワード

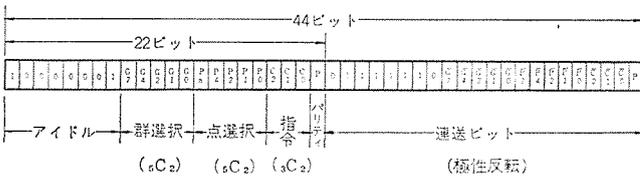
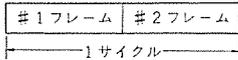
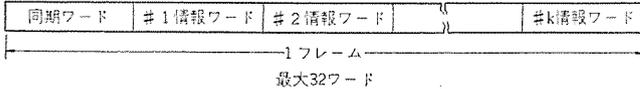


図 4.6 (a) 制御符号構成
Construction of controlling code.

① サイクル構成



② フレーム構成

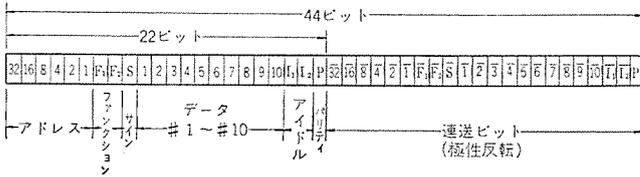


③ 同期ワード

制御符号と同一

④ 情報ワード

表示



計測

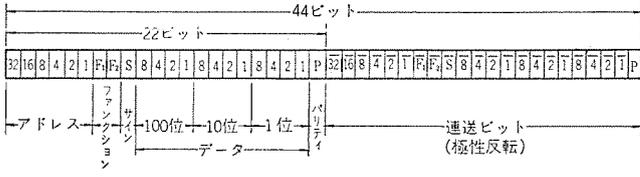


図 4.6 (b) 表示・計測符号構成
Construction of indicating and telemetering code.

	G7 (P7)	G4 (P4)	G2 (P2)	G1 (P1)	G0 (P0)
第1群 (点)	0	0	0	1	1
2群	0	0	1	0	1
3群	0	0	1	1	0
4群	0	1	0	0	1
5群	0	1	0	1	0
6群	0	1	1	0	0
7群	1	0	0	0	1
8群	1	0	0	1	0
9群	1	0	1	0	0
10群	1	1	0	0	0

図 4.7 群選択符号, 点選択符号 (5C₂ 定マークコード)
Group and point selection code.

	100位				10位				1位			
	8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
250	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
251	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
252	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
996	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
997	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1
998	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
999	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1

図 4.8 計測符号
Telemetering code.

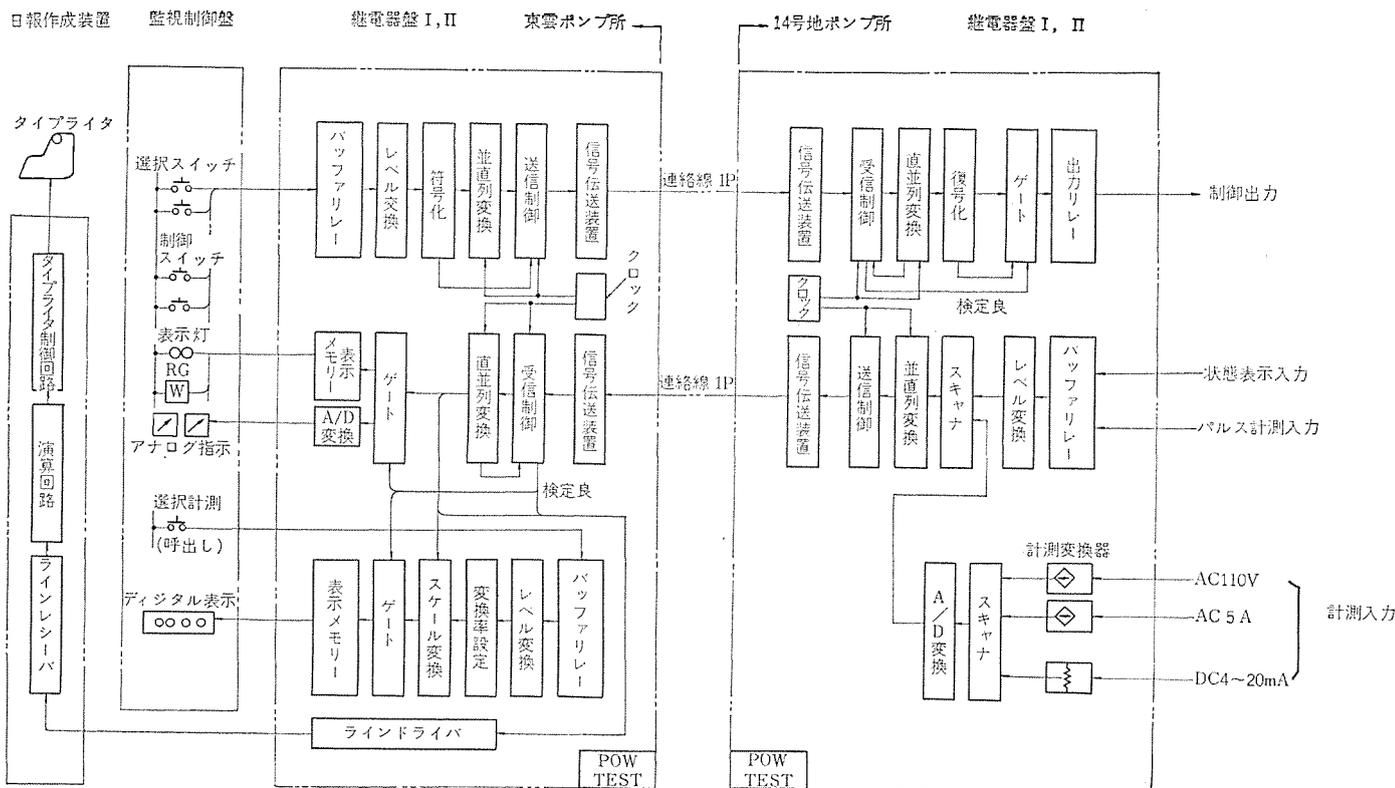


図 4.9 遠方監視制御装置 ブロックダイヤグラム
Block diagram of supervisory control equipment.

信号の内容	装置	方向	装置	備考				
データアドレス	遠方監視制御装置 (S-P)	→	日報作成装置	()内は機器状態監視、パルス計測用ビットを示す。				
32								
16								
8								
4								
2								
1								
データ					×100	→		
フラグ1								
フラグ2								
サイン								
8 (1)								
4 (2)								
2 (3)								
1 (4)								
8 (5)								
4 (6)								
2 (7)								
1 (8)								
8 (9)								
4 (10)								
2 (1)								
1 (1)								
レディ		→		*1*:OK *0*:NG				
シグナルグラント		→						

図 4.10 インタフェイス Interface.

“1”で正極性，“0”で負極性である。

4.6 動作説明

図 4.9 に本装置のブロックダイヤグラムを示す。

制御は選択、制御スイッチよりの入力を符号化回路で定マーク符号にしたのち並列変換回路で直列信号に変換し、FS 変調されて送出される。被制御所では直列符号を直並列変換回路で並列信号に変換するとともに、各種誤り検定をおこない、検定良であればゲートを開きリレーを動作させ制御出力を出す。

表示は群走査回路で10項目ごとの並列符号をつくり、アドレスを付加したのち直列信号に変換して送出する。制御所ではこれを並列

符号に変換したのち表示記憶リレーを動作させ、該当表示灯を点灯させる。

計測はアナログ入力をA/D変換回路でBCD3けたのデジタル符号に変換し、表示符号と同様直列符号で送信される。制御所ではアナログ指示の場合は、D/A変換回路で0~1mAに変換して指示計を振らせる。またデジタル表示の場合は、スケール変換回路で四則演算したのち表示器を点灯させる。

4.7 インタフェイス

遠方監視制御装置と日報作成装置との信号の受渡しは、すべて5Vレベルでワードシリアル渡しとしている。受渡し条件は“1”は5V，“0”は0Vであり、レディビットは“1”で読み込みOK，“0”で読み込みNGである。

図 4.10 にインタフェイスを示す。

5. 日報作成装置

5.1 概要

東雲ポンプ所に設置され、11号地および14号地その2ポンプ所から遠方監視制御装置で収集されたデータをもとに、各種計測量を一定時間ごとに自動的に印字するとともに、24時には電力量の1日合計、あるいは1,000m³当たりの使用電力量などを印字記録して日報を作成している。図 5.1 にブロックダイヤグラムを示す。構成はロジック盤1面、タイプライタ3台より構成され、概要は次のとおりである。

(1) ロジック盤

高さ2,350mm・幅600mm・奥行450mmのキャビネット形であり、入出力部・水晶時計・各種演算回路メモリなどのロジック部および電源装置が収納されている。図 5.2 に日報作成装置(ロジック盤)を示す。

(2) タイプライタ

FCT(Fixed Carriage Typewriter)形であり、キャリッジが固定さ

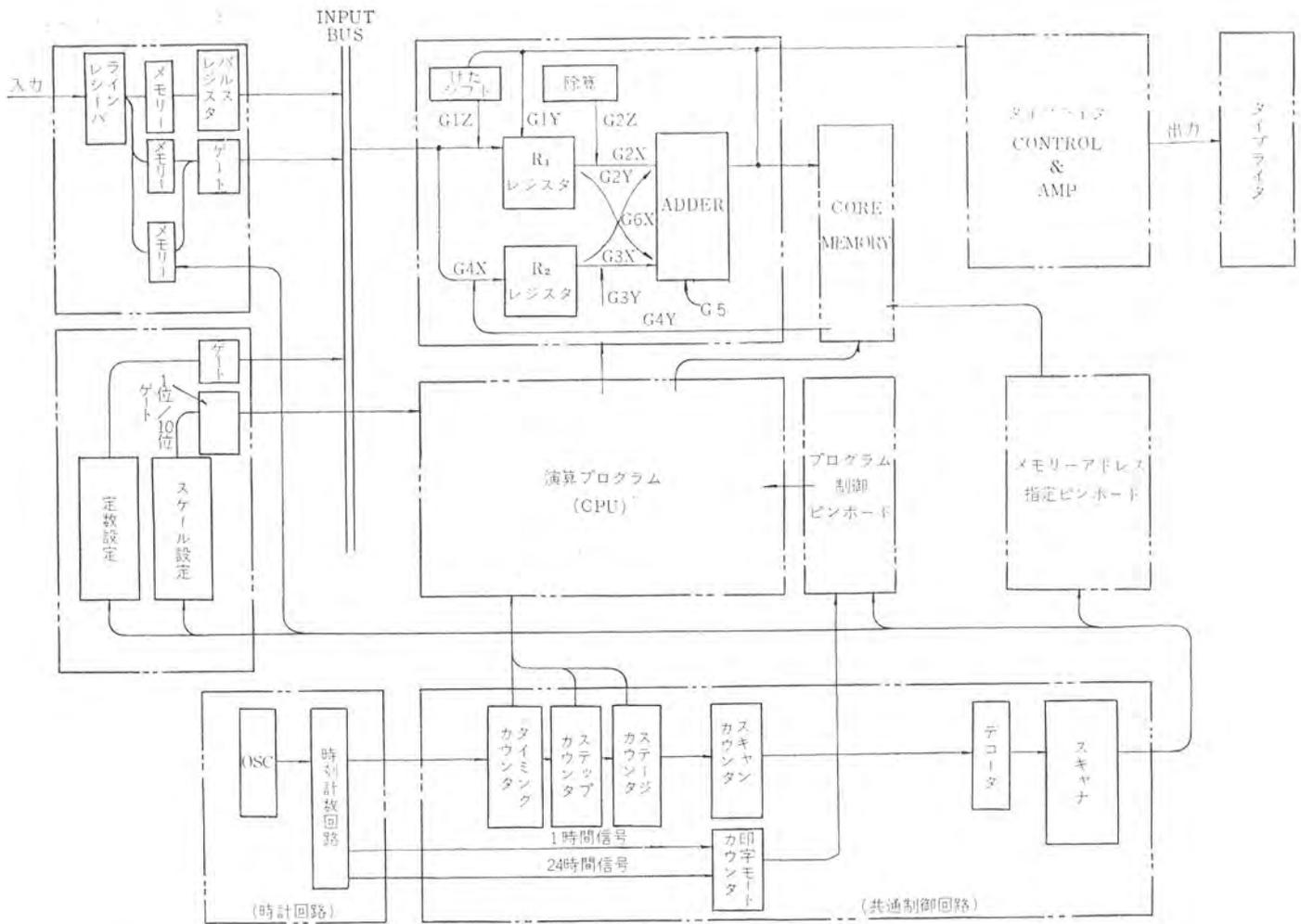


図 5.1 日報作成装置 ブロックダイアグラム

Block diagram of data logger.

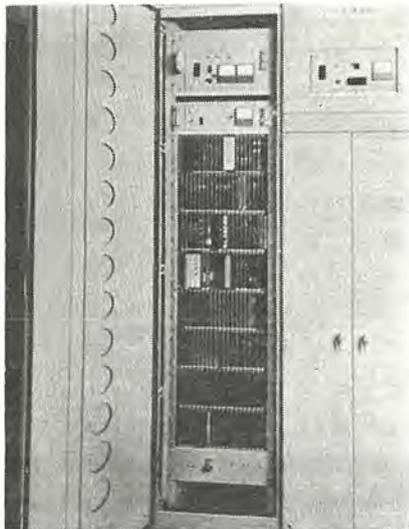


図 5.2 日報作成装置 Data logger.



図 5.3 タイプライター Typewriter.

れ、ゴルフボール状のタイピングエレメントが動きタイプする。11号地・14号地その2ポンプ所用におのおの1台および予備機1台の合計3台設置されている。万一故障時の予備機への切換えはプラグを差換えるだけで簡単におこなえる。図5.3にタイプライターおよびデスクを示す。

5.2 特長

(1) 広範囲の機能

定時記録・1日合計のみならず、そのデータをもとに四則演算を

おこない、日計欄に各種データを印字記録できる。

(2) 高信頼度

コアメモリ、論理回路はIC(集積回路)を使用し、接続個所部品の減少により信頼性の向上をはかっている。

(3) 周囲条件

IC、トランジスタはすべてシリコン化しているため、使用温度範囲が広く、温度変化に対して安定している。

(4) 保守取り扱いが簡単である

14号地その2

11号地ポンプ所運転日誌

東京都下水道局

昭和 年 月 日 曜日

天候 () () () 気温 °C

所長	係員	担当者		
		一	二	三
		直	直	直

項目 単位 乗数	降雨 総量	幹線 水位	止水扉開度			ポンプ 井水位	揚 水 量	揚 水 積 算 量	受 電 々 圧	受 電 々 力 量	発 電 々 力 量	総使用電力内訳					ポンプ運転時間				発 電 機 運 転 時 間	項目 単位 乗数
			一	二	三							一	二	三	四	低	一	二	三	四		
			号	号	号							号	号	号	号	号	号	号	号	号		
時刻	mm	m	%	%	%	m	m³	m³H	kV	kWH	kWH	kWH	kWH	kWH	kWH	min	min	min	min	min	時刻	
	×1	×0.1	×1	×1	×1	×0.1	×10	×10	×0.01	×10	×10	×10	×10	×10	×10	×1	×1	×1	×1	×1		
1																					1	
2																					2	
3																					3	
4																					4	
5																					5	
6																					6	
7																					7	
8																					8	
9																					9	
10																					10	
11																					11	
12																					12	
13																					13	
14																					14	
15																					15	
16																					16	
17																					17	
18																					18	
19																					19	
20																					20	
21																					21	
22																					22	
23																					23	
24																					24	
合計																					合計	

日	揚水量	×10 m³	降雨量	総量	×1 mm	ポンプ 運転 時間	1号	時分
	受電々力量	×10 kWH		強度	mm		2号	時分
計	総使用電力量	×10 kWH	搬出量	発生時間	時分	発電機 運転時間	3号	時分
	内訳	×10 kWH		沈砂	m³		4号	時分
	ポンプ	×10 kWH	しき	m³				
	低圧	×10 kWH	燃	使用量	l			
	最大需要電力	kW	料	貯蔵量	l			
	1,000³当り電力量	×1 kWH						
透視度	度							
記事								

図 5.4 日報作成用紙 Chart of data log.

5.3 仕様

- | | |
|------------|---|
| (1) タイプライタ | FCT MODEL 735
キャリッジ幅 15.5 インチ
用紙幅 13 インチ
印字ピッチ 12 文字/インチ |
| (2) スキャン速度 | 880 ms/1項目 |
| (3) 印字速度 | 1 秒/1項目 |
| (4) データけた数 | 標準 4けた
特殊 5けた
アナログ項目 3けた |
| (5) 記録方式 | 零サプレッション方式
(不要な0は印字しない) |
| (6) 印字周期 | 定時記録 60分 |
| (7) 入力 | BCD 3けた 5Vレベル |
| (8) 回路素子 | コアメモリ、IC (集積回路)、シリコントランジスタ |
| (9) 時計 | 水晶時計 |
| (10) 電源 | AC 100V ± 10% |
| (11) 周囲条件 | 温度 -5°C ~ +45°C
湿度 30~90% |

5.4 機能

5.4.1 定時記録

水晶時計よりの定時信号により起動し、電圧・水位・開度などのアナログ項目についてはそのときの値を、電力量・揚水積算量・雨量などのパルス項目は前回印字以降の積算値を印字記録する。なお運転時間は、1分間隔のサンプリングパルスと運転状態を比較し、運転中であれば1分ずつ加算し、1時間内の運転時間を記録する。

5.4.2 処理記録

合計処理と日計処理に分けられる。

合計処理は[24時の定時記録終了後、ただちに定められたパルス項

目および運転時間についてのみ各積算値の合計を演算し、所定の欄に印字記録する。このとき不必要なアナログ項目については印字しないようパスさせている。

日計処理は24時に合計を印字した後、定められた項目についてのみ、下記順序に従い所定の日計欄に印字記録する。

- (1) 揚水量・降雨総量・受電々力量・低圧電力量
合計処理の際、印字記録された値を印字する。
- (2) 総使用電力量
ポンプ1号~4号および低圧について、合計処理の際印字記録された値をすべて加算して印字する。
- (3) ポンプ電力量
ポンプ1号~4号について、合計処理の際、印字記録された値をすべて加算して印字する。
- (4) 1,000 m³ 当たり電力量
日計欄に印字記録された総使用電力量を、揚水積算量で割算した値を印字する。

図 5.4 に日報作成用紙のフォーマットを示す。

6. む す び

東京湾埋立造成地の下水道施設に無接点ロジック盤、IC化集中遠方監視制御装置、日報作成装置を導入したことは、従来半導体回路といえばサージによって破壊されやすい、保守がむずかしいといった危ぐ(惧)を打破し、下水道管理を近代化した意味で非常に大きな意義をもっている。

今後、埋立地下水設備は増大すると思われるが、管理制御方式の計画に当たりご参考になれば幸いである。

本工事完成に当たり種々ご指導・ご協力いただいた関係各位に深く感謝するしだいである。

愛知県 甚目寺排水機場向け電機・機械設備

中山 守*・近藤 史生**

渡辺 宏+・梅田 泰弘**

Electrical and Mechanical Equipment for Jimokuji Drainage Station in Aichi Prefecture

Aichi Prefecture, Department of Agricultural Land Mamoru NAKAYAMA

Kubota Iron & Machinery Works, Ltd. Fumio KONDÔ

Mitsubishi Electric Corp., Head Office Hiroshi WATANABE

Mitsubishi Electric Corp., Nagasaki Works Yasuhiro UMEDA

Development has been made on a series of tubular pumps having a low head and a large capacity for use in the prevention of stagnant water and the drainage of rain water and tubular motors to drive them. These tubular type pumps and motors have a number of advantages such that they are highly efficient in operation, built compact all over so as to simplify the building and makes the installation easy, their operation is simple and there is no restriction for the output of motor to be manufactured. The article makes introduction to the tubular type pumps, tubular motors and electrical and mechanical equipment delivered to Jimokuji drainage station in Aichi Prefecture.

1. ま え が き

われわれは上下水道用、農業かんがい用、たん(湛)水防除・雨水排水用などのポンプラント設備を多数製作納入してきたが、たん水防除・雨水排水用などの低揚程・大揚水量ポンプとして、チューブラ形ポンプおよびチューブラモータのシリーズを開発し、45年3月愛知県じもくじ(甚目寺)排水機場に納入、現在か(稼)動中である。

以下、本排水機場の計画概要、チューブラ形ポンプ、チューブラモータおよび電気設備について述べる。

2. 計 画 概 要

愛知県は1959年の伊勢湾台風以後、外海からの防災事業とともに陸内の防災排水事業も計画・施行してきているが、県名古屋農地開発事務所44年度事業の福田川たん水防除事業として、本甚目寺排水機場を45年3月に完成した。甚目寺町は名古屋近郊にある町で、この町はずれの吐々川と福田川にはさまれたデルタ地帯の新居屋地区は、年々梅雨季になるとたん水に悩まされ、また集中豪雨時にも最後まで水がひかず、稲作に悪い影響をおよぼしてきた。

この事業は、このデルタ地帯末端の低地に排水機場を設け、出水時に大形ポンプを駆動して集中的に排水しようとするもので、地区内約100ha3日間連続確率20年1回360mmの降雨でも被害が発生しないように計画されている。

本機場にはチューブラ形ポンプ2台を設置したが、土木技術上の意義としてつぎのものがあげられる。

- (1) ポンプ室が浮力を得る構造であること。
- (2) 上屋建築の高さを約5mと小さくしたこと。
- (3) 増加荷重が5 t/m²以下になり、一般機場より4割減少したこと。
- (4) あらかじめ5 t/m²(約3m)の土盛りをして、圧密沈下を

させるプレローディング工法をとって、基礎くい(杭)は木くいの3mを安全上打ち込んだこと。

(5) ポンプがコンパクトであるため、機場全体が小さくなり、用地などが少なくなったこと。

本機場の全景を図2.1に、ポンプ室全景を図2.2に、ポンプの据付配置図を図2.3に示す。

なお本機場設備の主要目はずのとおりで、詳細については各項目でのべる。

(1) 口径800mm主ポンプ 1台

ポンプ	TSP形チューブラ形横軸軸流ポンプ
電動機	開放通風形特殊かご形三相誘導電動機(37kW)
減速機	横形遊星歯車減速機
付帯設備	800mm手動蝶形弁 2台
	1,000mm逆流防止弁 1台 その他1式

(2) 口径500mm主ポンプ 1台

ポンプ TSP形チューブラ形横軸軸流ポンプ

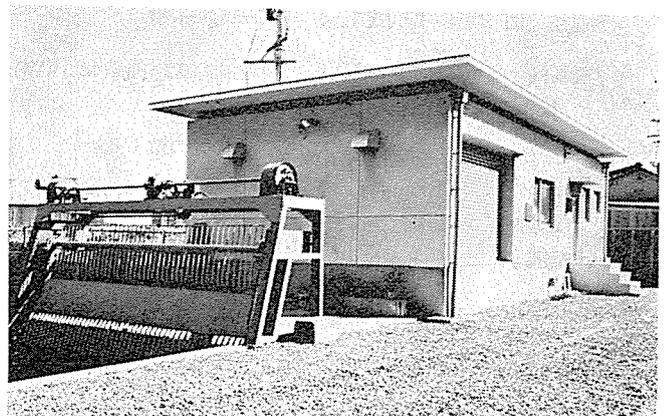


図2.1 甚目寺排水機場全景
Full view of Jimokuji drainage station.

* 愛知県農地部 ** 久保田鉄工(株)
+ 三菱電機(株)本社 ** 三菱電機(株)長崎製作所

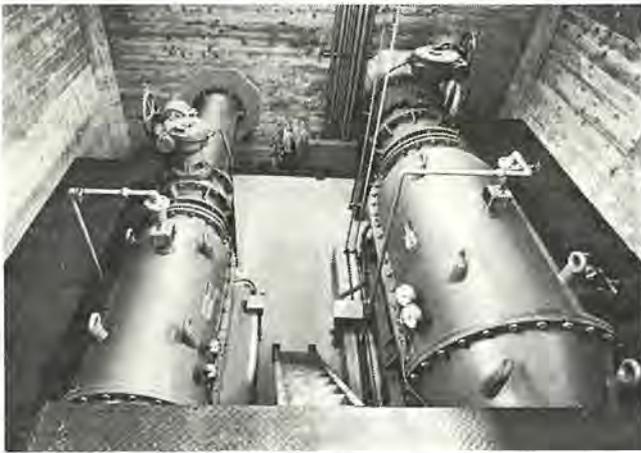


図 2.2 ポンプ室全景 Pump room.

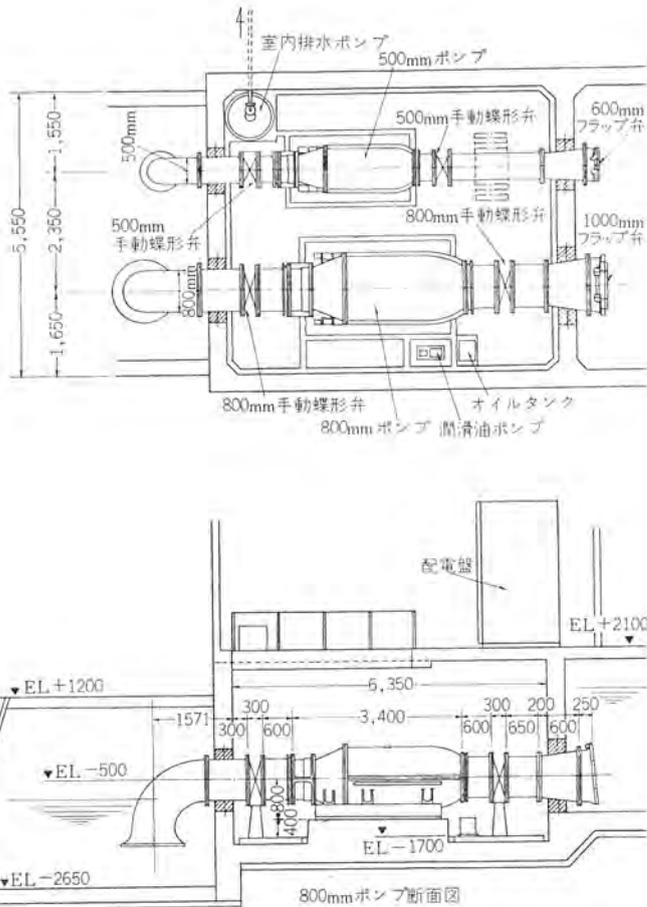


図 2.3 据付配置図 Arrangement.

電動機 全閉水冷形特殊かご形三相誘導電動機(18.5 kW)
 付帯設備 500 mm 手動蝶形弁 2台
 600 mm 逆流防止弁 1台 その他1式

(3) 電気設備

受配電盤 4面
 水位計 2台 その他

3. チューブラ形ポンプ

3.1 一般説明

チューブラ形ポンプとは、TUBULAR形すなわち管形のポンプで、電動機・減速機・羽根車軸受等ポンプ機構のすべてを一つの筒の中に収めてセットし、これを内筒(内ケーシング)として外筒(外ケー

シング)との間を揚水が通過するようにした構造の軸流および斜流ポンプである。また中小口径のチューブラ形ポンプでは、減速機構を持たず、水冷形の電動機をポンプと直結使用する構造のものも多い。

3.2 特長

(1) チューブラ形ポンプは、従来の軸・斜流ポンプにくらべて屈曲管路がないため、損失揚程が少なくなり、高い揚水効率を得られる。特に低揚程ポンプで実揚程に比べ損失揚程の占める割合が大きい場合に有利となる。

(2) 口径500mm以上の大揚水量・低揚程ポンプでは、配管を含めた軸方向長さが一般の軸・斜流ポンプにくらべて短くなる。また吸込吐出配管を含めた基礎構造が一体となるので、基礎工事が簡単になり土木工事費の節減ができる。

(3) ポンプ・電動機等が一体構造であるため、心出し作業が容易で据付が簡単である。また据付後の地盤沈下による心くるい起因する事故の心配がない。

(4) ポンプ据付位置が水面下にあり押込状態で運転されるので、ポンプ満水用に真空ポンプや給水ポンプを必要とせず、起動操作が迅速で容易に操作可能である。またポンプが押込状態で運転されるので有効吸込ヘッド(NPSH av)が高くとれ、キャビテーションに対して有利である。

(5) ポンプ回転部分が露出していないので、維持管理上の危険が少ない。

3.3 性能

本機場に製作納入したポンプの性能は次のとおりである。

(1) 口径800mm主ポンプ

全揚程 1.95 m 吐出量 72 m³/min 回転数 320 rpm
 電動機 開放通風形 37 kW 440 V 4 P 60 Hz

(2) 口径500mm主ポンプ

全揚程 2.1 m 吐出量 30 m³/min 回転数 495 rpm
 電動機 全閉水冷形 18.5 kW 440 V 14 P 60 Hz

3.4 構造

チューブラ形ポンプの構造概要については、3.1節で説明したとおりであるが、本機場に製作納入したポンプの構造について、以下に詳しく述べる。

3.4.1 口径800mm主ポンプ

ポンプ構造は図3.1に示すとおりで、吸込側からポンプ(羽根車・軸受等)、遊星歯車減速機、電動機の順に配列され、揚水は外筒と内筒との間を通過するが、内筒は案内羽根や支柱によって外筒にささえられている。ポンプ軸受・減速機・電動機等は内筒内に組込まれ直接揚水に触れないようになっており、ポンプ軸の貫通部はメカニカルシールを設けて揚水の侵入を防いでいる。電動機軸は中空軸で、動力はこの中空軸内の中軸を経て減速機に伝わり、回転が減速されギヤカップリングを介してポンプ軸に伝達される。減速機歯車およびポンプ、減速機、電動機の各軸受は油ポンプにより強制循環給油を行なっている。軸受はポンプ、減速機、電動機共にころがり軸受を使用しており、一般ポンプにおける外部軸受と同様である。このポンプの電動機は開放通風形で自己通風を行なっており、ポンプの内筒・外筒は電動機の通風効果を高めるよう考慮されている。

3.4.2 口径500mm主ポンプ

ポンプ構造は図3.2に示すとおりで、ポンプと電動機はギヤカップリングにより直結されており、減速機構はない。揚水は電動機おおいの外側を直接通過するが、ポンプ軸受・ギヤカップリング等は揚水に直接触

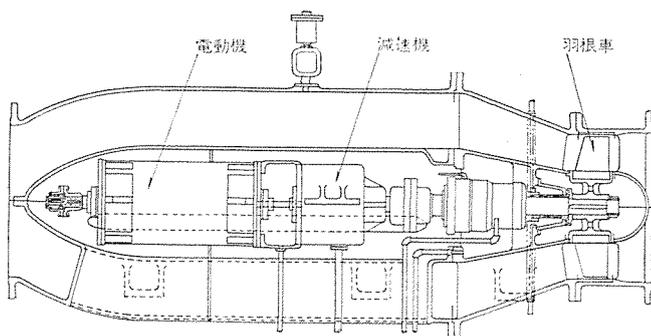


図 3.1 口径 800 mm チューブラ形ポンプ構造図
Construction of bore 800 mm tubular type pump.

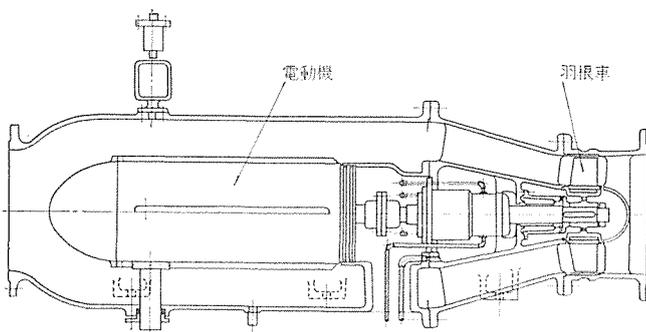


図 3.2 口径 500 mm チューブラ形ポンプ構造図
Construction of bore 500 mm tubular type pump.

れないようになっており、ポンプ軸の貫通部は 800 mm ポンプと同様、メカニカルシールにより揚水の侵入を防いでいる。軸受はポンプ・電動機共にころがり軸受を使用し、グリス潤滑を行なっている。このポンプの電動機は全閉水冷形で、ポンプ揚水により冷却を行なう構造となっている。

4. チューブラモータ

4.1 仕様

本機場のチューブラ形ポンプ用チューブラモータは、全閉水冷形 1 台、開放通風形 1 台の計 2 台で、その仕様はつぎのとおりである。

モータ形式	全閉水冷形	開放通風形
出力 kW	18.5	37
電圧 V	440	440
周波数 Hz	60	60
極数	14	4
全負荷回転数 rpm	495	1,770
全負荷電流	45	59
絶縁種別	B	B
ロータ形式	特殊かご	特殊かご
始動方式	直入	Y-Δ
始動電流 A	160	160 (Yにて)

図 4.1 は 18.5 kW 14 P 全閉水冷形、図 4.2 は 37 kW 4 P 開放通風形電動機の外観である。

4.2 構造

当社は、現在までチューブラタービン誘導発電機を多数製作した実績を有し、全閉水冷形では、東北電力(株)人來田発電所に 1,300 kW 6 極 3,000 V 50 Hz、四国電力(株)野村発電所に 660 kW 10 極 6,600 V 50 Hz などを、また開放通風形では、北陸電力(株)明島発電所に 4,500 kW 10 極などを納入している。チューブラモータは、これらのチューブラタービン誘導発電機とその構成はほとんど類似であり、本機場向けについてもとくに技術上の問題を生ずることなく、排水機場用として最も適応した構造とし、長期間の確実な運転を可能なら

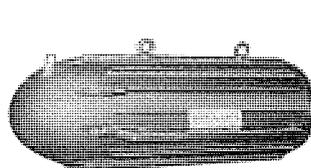


図 4.1 全閉水冷形チューブラモータ
18.5 kW 14 P water cooled tubular type motor.

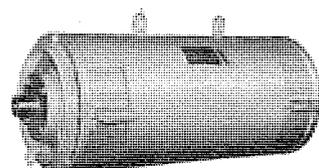


図 4.2 開放通風形チューブラモータ
37 kW 4 P air cooled tubular type motor.

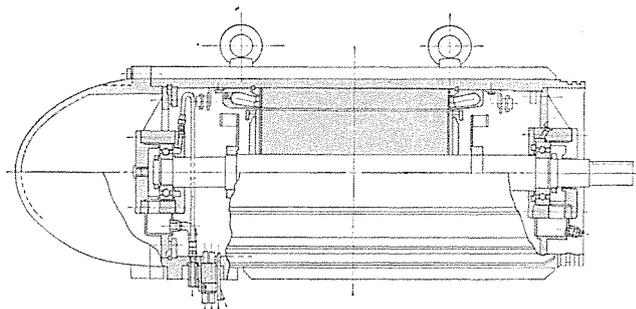


図 4.3 全閉水冷形チューブラモータの構造
Construction of water cooled tubular type motor.

しめている。

4.2.1 全閉水冷形

全閉水冷形の断面構造図を図 4.3 に示す。モータフレームの外表面が直接水路に露出しており、ポンプにより送られる水がモータフレーム表面を冷却しつつ流れる。このためモータフレームには多数の冷却ひれを設けており、ポンプケーシングとの接合部やモータ全表面は完全に全閉水密に仕上げ、エポキシ系防せい(錆)塗料をくり返し焼付けるとともに、外部に出るボルトは全部ステンレスとして流水による腐食を防止している。

軸受は通常のころがり軸受を使用し、ポンプ水路を貫通した配管により定期的にグリス補給のみ行ない、老排グリスは軸受部下部に大きなグリスだめを設置しているため、数年間は排出する必要がなく、分解点検を長期間不要にしている。

モータ内への流水浸入はまったくないが、モータ内部には露の発生が多いため、内部の各部品も厳重な防せい処理を実施し、ステータコイルは、絶縁ワニス真空含浸後エポキシパテにて、コイルエンド全面を完全に包み込み湿気の浸入を防止している。またスペースヒータも設置しているが、電力非契約期間中は電灯電源より供給できるよう配慮している。モータへのケーブル引込は、モータフレームよりポンプケーシングを貫通するパイプを設け、これを通し、前記グリス配管の引込みとドレンの排出口を兼用している。なおモータフレームの水密を確認するため、製作途中で水圧テストと気密テストを施行した。

4.2.2 開放通風形

開放通風形の構造断面を図 4.4 に示す。一般の陸上用開放形と基本的に変わるところはないが、ポンプの二重ケーシング内に設置されるので、通風路のとり方をポンプケーシングの通風ダクトとマッチするよう、モータの通風路を工夫し、モータ自身のファンによりポンプの内外ケーシング間に設けた通風ダクトを通じて、ポンプ室に吸排気を行なう。モータの環境は一般の陸上用とほぼ同一であるが、とくに吸湿防止絶縁に重点をおき、エポキシワニスによる絶縁を実施した。

軸受は“ころがり軸受”を使用し、ポンプや減速歯車と共通の給油装置により、ポンプケーシングの支柱内を通じたパイプによりケーシング外

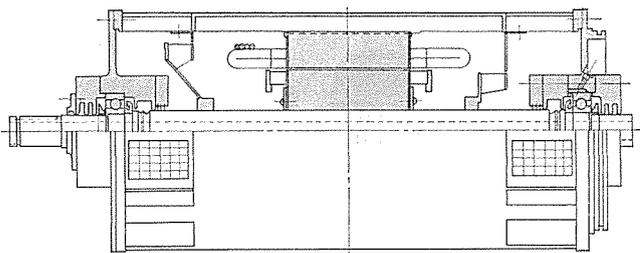


図 4.4 開放通風形 チューブラモータの構造
Construction of air cooled tubular type motor.

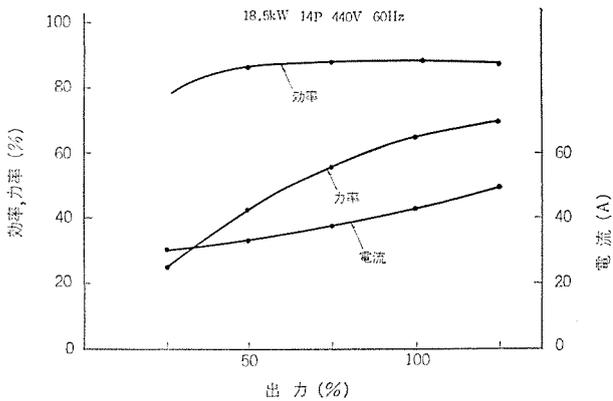


図 4.5 負荷特性曲線
Load characteristics.

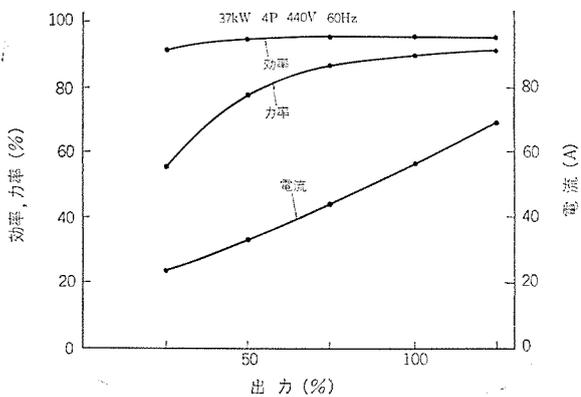


図 4.6 負荷特性曲線
Load characteristics.

から強制給油される。給油量はオリフイスによって調整し、 $0.1 \text{ kg/cm}^2 \text{ g}$ の圧力で毎時 6 l の油量を通じ、良好な潤滑を続け、モータ内外への油漏れはまったく皆無であることを確認した。なお 37 kW 4 P の開放通風形のみ中空軸とし、減速歯車より伸びた可とう(撓)軸をモータの反ポンプ側軸まで通して、ギヤカップリングによって結合している。

4.3 特長

4.3.1 全閉水冷形

全閉水冷形は水中モータと異なり、ステータコイル、コアが水や油に直接さらされることがなく、キャンでモールドすることがないので、電磁設計にむりがなく効率・力率などモータ特性がすぐれており、図 4.5 は 18.5 kW 14 極の特性曲線である。またコイル絶縁の信頼性も大きく、モータの回転による流体の粘性摩擦による損失がない。そのためつぎの特長を持っている。

- (1) 特性(効率、力率)がすぐれている。
- (2) 製造可能なモータ出力に制約がない。

(3) 騒音が小さい。モータ冷却の通風が不要であり、モータ周囲に水が充満しており、さらにポンプケーシングで密閉しているため、モータの電磁騒音が外部へ漏れない。

4.3.2 開放通風形

開放通風形は、ポンプ胴体径に比べてモータ径がかなり細い場合に適用し、通常のポンプ設備に比べて全体をコンパクトに構成でき、回転部分が露出せぬため危険性が小さく、全閉水冷形と同じく、ころがり軸受を使用するのでポンプスラストや軸方向の選定は自由である。とくに電磁的設計と冷却方式は一般のモータと同一基準で行なうため、製造可能出力の制約はまったくなく、きわめて高い性能を發揮する。図 4.6 は 37 kW 4 極の特性曲線であるが、小出力にもかかわらず非常にすぐれた特性を示している。

5. 電気設備

5.1 受配電設備

本機場の受配電設備の単線接続図を図 5.1 に示す。配電盤は引込盤・受電盤・低圧併用変圧器盤および電動機盤の 4 面から成り、図 5.2 はその外観である。受電々圧は 6.6 kV で柱上気中しゃ断器をへて、MOF・断路器・避雷器を収納した引込盤に引込まれる。受電盤には 6-FK-10 形油入しゃ断器 (7.2 kV 200 A 100 MVA) を収納し、受電回路の計器 ($\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{W} \cdot \text{pF}$) と保護継電器 ($64 \text{ G} \cdot 51 \text{ R}$) および操作電源用降圧単相変圧器と低圧回路の NFB などを取付けてある。低圧併用変圧器盤には、RA 形三相乾式変圧器 ($6,600/440 \text{ V}$ 100 kVA) を収納するとともに、室内排水ポンプ・照明など低圧回路の開閉制御器具を取付けてある。電動機盤には、口径 800 mm チューブラ形主ポンプ・口径 500 mm チューブラ形主ポンプ、および潤滑油ポンプの制御回路および制御電源回路用降圧単相変圧器や NFB などを取付けてある。

口径 800 mm チューブラ形主ポンプ・口径 500 mm チューブラ形主ポンプおよび潤滑油ポンプの電動機は、三相 440 V 、室内排水ポンプの電動機は単相 100 V である。

5.2 運転操作

口径 800 mm チューブラ形主ポンプ、口径 500 mm チューブラ形主ポンプとも、現場における単独手動操作(電動機盤より操作)方式である。

口径 800 mm チューブラ形主ポンプは、スター・デルタ起動方式で内水位正常、ポンプ正常、油圧正常、吸込弁・吐出弁全開を条件に起動スイッチの操作により起動するとともに、潤滑油ポンプ (0.4 kW) を自動起動して、減速機歯車およびポンプ・減速機・電動機の各軸受に給油する。主ポンプは、停止スイッチの操作または水位低下・ポンプ故障・油圧低下により停止する。潤滑油ポンプは、主ポンプ停止指令が出てから一定時間後タイマーで停止させる。

口径 500 mm チューブラ形主ポンプは直入起動方式で、内水位正常、ポンプ正常、吸込弁・吐出弁全開を条件に起動スイッチの操作により起動し、停止スイッチの操作または水位低下・ポンプ故障により停止する。

なお水位 1 段低下で口径 800 mm 主ポンプを、2 段低下で口径 500 mm 主ポンプを自動停止させるようにしている。

両主ポンプの吸込弁・吐出弁とも手動ちょう形弁である。

故障表示・警報は主ポンプ故障、水位低下、油圧低下をそれぞれ 3E リレー、フオートスイッチ、油圧スイッチで検出して、ベル警報させるとともに故障表示灯を点灯し、ポンプを停止させる。

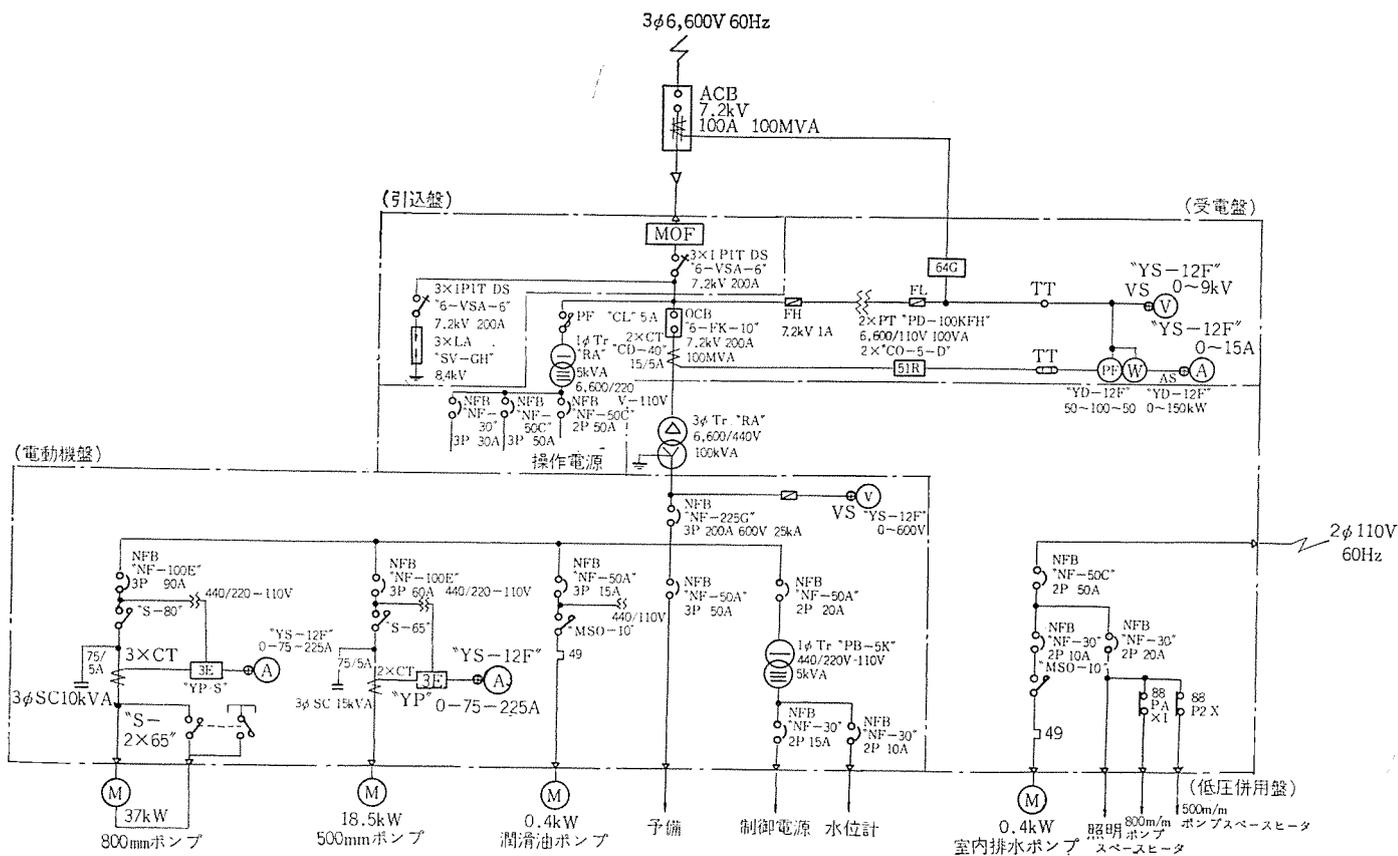


図 5.1 単線接続図 Single-line diagram.

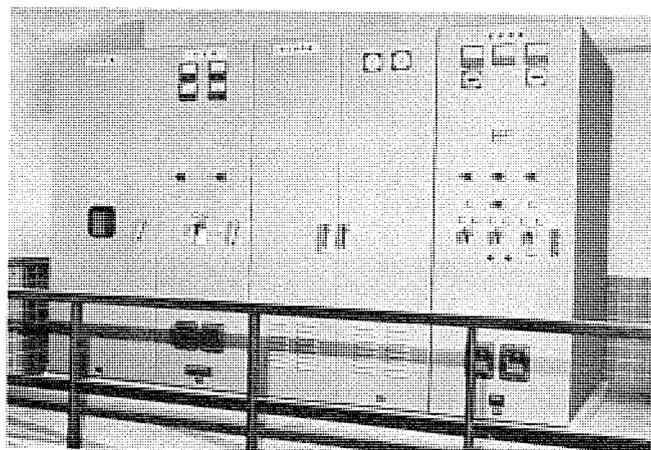


図 5.2 配電盤 Switch board.

6. む す び

以上、愛知県 甚目寺排水機場に納入したチューブラ形ポンプ、チューブラモータおよび電気設備について述べたが、このチューブラ形ポンプおよびモータは高い効率がえられること、全体がコンパクトになり建屋が簡単で据付も容易になること、運転操作が容易で迅速に行なえること、製造可能なモータ出力に制約がないことなど多くの利点をもってあり、雨水排水・たん水防除用の機場などに大いに使用されるであろう。

終わりに、本機場の工事完成に種々ご指導・ご協力いただいた関係各位に深く感謝するものである。

最近登録された当社の特許

名 称	登 録 日	登 録 番 号	発 明 者	関 係 場 所
料金調定器	45- 4-11	570063	{石田 実・馬場 準一 芝滝 寿宏	神戸製作所
直接冷却形回転電機	45- 4-11	570068	野村 達衛	中央研究所
電気車制動装置	45- 6- 3	574376	小原 太郎・太田 韓雄	伊丹製作所
溶解炉	45- 6- 3	574377	田口 堅	伊丹製作所
半導体装置の製造方法	45- 6- 3	574378	土佐 雅宜・西海 宏	北伊丹製作所
送電線保護装置	45- 6- 3	574379	古谷 昭雄	神戸製作所
保護継電装置	45- 6- 3	574380	三上一郎	神戸製作所
時刻表示装置	45- 6- 3	574381	神本 明輝・元木 義明	福山製作所
パルス発生装置	45- 6- 3	574383	佐藤 安俊・山根 摘俊	福山製作所
パルス発生装置	45- 6- 3	574384	林 正之・佐藤 安俊	福山製作所
円形可撓導波管	45- 6- 3	574382	高松 泰男	鎌倉製作所
同期しゃ断装置	45- 6- 3	574404	{伊藤 利朗・大野 栄一 大倉 敏幹	中央研究所
捜索用レーダ装置	45- 6-22	576133	渡部 優・田原 清一	通信機製作所
電磁ポンプ	45- 7- 6	577451	近藤 博道	中央研究所
ネットワーク給電線保護方式	45- 7- 6	577452	森 健	神戸製作所
ジグザグミシン	45- 7- 6	577453	藤田 次朗	和歌山製作所
パイロット線継電器	45- 7- 6	577454	三上一郎	神戸製作所
表示装置の走査方式	45- 7- 6	577455	壺井 芳郎	中央研究所
点火時期調整装置	45- 7- 6	577456	大西 正義	姫路製作所
隧道内無線中継方式	45- 7- 6	577457	{中川 幹雄・花房 正昭 森田 忠男	通信機製作所
バイアス回路	45- 7- 9	577966	太久保 永造	通信機製作所
電動ミキサー	45- 7- 9	577964	武井 久夫	群馬製作所
掃除機用床ブラシ	45- 7- 9	577965	武井 久夫	群馬製作所
電動交流発電機の起動制御装置	45- 7-20	578950	三橋 英一	伊丹製作所
並行回線の引外し回路鎖錠装置	45- 7-20	578951	天野 恒	神戸製作所
三相形方向継電装置	45- 7-20	578952	三上一郎	神戸製作所
単相直巻電動機速度制御装置	45- 7-20	578953	遠藤 吉隆	商品研究所
励磁装置	45- 7-20	578954	大野 栄一・岸本 健	中央研究所
搬送保護継電装置	45- 7-20	578955	{古谷 昭雄・高田 信治 中村 勝己	神戸製作所
RADA 通信装置	45- 7-20	578956	小林 信三	通信機製作所
追尾レーダ方式	45- 7-20	578957	山内 信治	通信機製作所
焼入れ液による焼入れ浴の防錆法	45- 7-20	578958	光本 誠一	中央研究所
集積回路半導体増幅器	45- 7-20	578959	早水 弘一	北伊丹製作所
信号装置	45- 7-30	579875	浅野 哲正	姫路製作所
チョップ式電力制御装置	45- 7-30	579876	赤松 昌彦	中央研究所
プラズマ電子銃	45- 7-30	579877	利岡 勝司・小倉 新三	中央研究所
シールド型プラズマ電子銃の制御装置	45- 7-30	579878	杉本 盛行・小倉 新三	中央研究所
プラズマ電子銃	45- 7-30	579879	利岡 勝司・小倉 新三	中央研究所
超電導体	45- 7-30	579890	{岩本 雅民・佐藤 隆彦 金関 直弥・岡上 公彦	中央研究所
巻取機の制御装置	45- 7-30	579881	小川 裕三	神戸製作所
線形電子加速器用加速管	45- 8-20	581075	戸田 哲雄・入江 浩一	中央研究所
高周波コイル	45- 8-20	581076	上田 時芳・岡山 元昭	伊丹製作所
P-N接合の製造方法	45- 8-20	581077	伊吹 順幸・野島 謙治	中央研究所
電路制御装置	45- 8-20	581078	仁科 重雄・大原 洋二	神戸製作所
誘導攪拌装置	45- 8-20	581080	近藤 博通・山本 利栄	中央研究所
負荷時タップ切換器	45- 8-20	581082	嶋 裕史	伊丹製作所
系統分離監視装置	45- 8-20	581083	{林 重雄・山田 郁夫 石田 芳	中央研究所
系統分離監視装置	45- 8-20	581084	{林 重雄・山田 郁夫 石田 芳	中央研究所
系統分離監視装置	45- 8-20	581085	{林 重雄・山田 郁夫 石田 芳	中央研究所
系統分離監視装置	45- 8-20	581086	{林 重雄・山田 郁夫 石田 芳・佐藤 孟夫	中央研究所
系統分離監視装置	45- 8-20	581087	石田 芳・佐藤 孟夫	中央研究所



特許と新案

電気車のブレーキ制御装置

発明者 小原太郎

この発明は、空気ブレーキと電気ブレーキとを併用した電気車のブレーキ制御装置の改良に関するものである。

図において今ブレーキ制御器(31)を操作すると、そのハンドル角度に応じた電気制御指令によって、制御弁(34)の空気ブレーキ制御用コイル(37)が励磁され、可動鉄心(36)が下方に押し下げられる。

したがって弁(40)が開き、元空気だめ管(14)から逆止弁を経て送気された圧力空気が、供給だめSRからの通路(24)より弁(40)の開口部→空気管(43)を通して中継弁(19)に送られ、空気ブレーキが作用する。

一方指令線(33)より電気ブレーキ制御装置(41)にも制御指令が与えられ、電気ブレーキ回路が形成される。

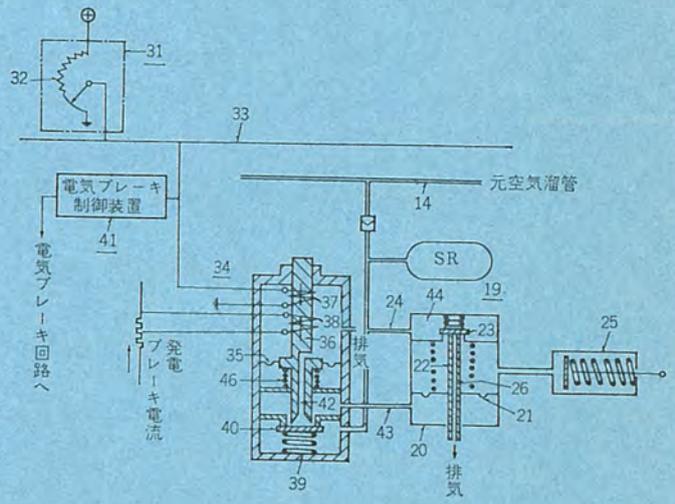
電気ブレーキが有効になると、ブレーキ電流に応じて電気ブレーキ制御用コイル(38)が励磁され、上記空気ブレーキ制御用コイル(37)に対して差動的に作用し、可動鉄心(36)を上方に押し上げようとする。この場合両者の作用力が等しければ図に示すように弁(40)を閉鎖位置に保ち、空気ブレーキ力を零にし、電気ブレーキを優先的に作用させる。また空気ブレーキ制御用コイル(37)の作用力のほうが少しでも大きいときには、その分だけの空気ブレーキ力を発生させる。

次に空気ブレーキ力最大の状態からブレーキ制御器(31)をゆるめ位置(可変抵抗器(32)の接触子が図示の接地位置)にすると、制御指令電圧が零になり、空気ブレーキ制御用コイル(37)の作用力がなくなるとともに、電気ブレーキ回路が開放され、電気ブレーキ制御用コイル(38)の作用力も零となるので、可動鉄心(36)はバネ(46)によって押し上げられ、弁(40)が閉じられると同時に、中継弁(19)への指令圧は通路(42)から排気口へ通じ、無圧となりブレーキがゆるむ。

以上のようにこの発明によれば、空気ブレーキ制御用コイルと、電気ブレーキ制御用コイルとの差動合成作用力によって、動作する制御弁を設け、この制御弁によってブレーキシリンダへの圧力空気の供給を制御することにより、この種従来装置のような直通管圧力を制御する電気制御器、作用およびゆるめ電磁弁が不要となり、制御指令が迅速に伝達され、応答性が良くなるとともに、装置全体の構成がきわめて単純化され、かつ軽量化が図れる。

また電空切換え用の縮切電磁弁が不要となり、しかも両者の切換えを円滑に行なえるので、従来生じていた両ブレーキ力の重複などがなくなり、空転のおそれなくなる等の利点がある。

(特許第583570号)(山川記)



デジタル-アナログ変換器

考案者 山崎英蔵・淡野光章

この考案は、デジタル入力を直接交流アナログ出力に変換するD-A変換器に関するものである。

図において、今図示しない制御回路にデジタル入力“1”が与えられると、スイッチS₁は端子(5)に接続される。端子(5)の電圧E₁をE₁<-|E₃|となるように設定してあるので、交流電源E₃の一周期にわたって一方のトランジスタTr₁₁は導通し、他方のトランジスタTr₁₂には不導通となる。つまりE₃の正の半周期期間においてはトランジスタTr₁₁はコレクタベース順方向、エミッタベース逆方向バイアスの領域で動作する。すなわちコレクタからベースへ電流が流れる。このときトランジスタTr₁₁の逆接続電流増幅率および抵抗R_b, R₁₄, R₁₅...R_{n3}等を考

慮して、抵抗R₁₁を小さく選べばトランジスタTr₁₁は飽和する。よってE₃ sin ωtよりトランジスタTr₁₁の導通時電圧オフセット分だけ低い電圧が抵抗R₁₃の一端に加わる。

一方E₃の負の半周期においては、トランジスタTr₁₁はエミッタベース順方向、コレクタベース順方向バイアスの領域で動作する。すなわち接地端からR₁₅, R₁₃を介してトランジスタTr₁₁のベースへ電流が流れ、トランジスタTr₁₁を導通させる。このときE₁<-|E₃|に設定しているためコレクタからもベース電流が流れる。よって抵抗R₁₃の一端には基準電圧E₃ sin ωtより一方のトランジスタTr₁₁の導通時オフセット電圧だけ低い電圧が加わる。次にデジタル入力信号“0”が与えられると、スイ

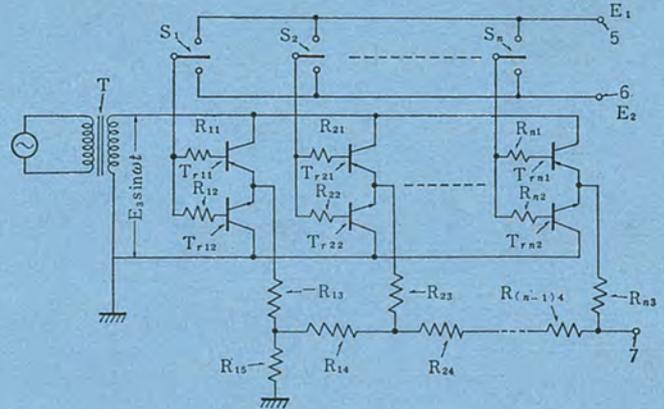
特許と新案

スイッチ S_1 が端子 (6) に接続される。このとき $E_2 > |E_3|$ のように電圧 E_2 を定めてあるので、 Tr_{11} は不導通となり、 Tr_{12} はベースコレクタが順方向にバイアスされ、エミッタコレクタは抵抗 R_{23} , R_{14} , R_{13} を介して伝わる次のけたの電圧の半周期ごとに順方向、逆方向にバイアスされるが、逆バイアスのときにおいても Tr_{12} の逆接続電流増幅率および抵抗 R_{13} , R_{14} , $R_{15} \sim R_{n3}$ 等を考慮して、 R_{12} を小さく選んでおけば Tr_{12} は飽和し導通状態となるから、 R_{13} の一端には他方のトランジスタ Tr_{12} の導通時オフセット電圧のみが加わり、通常この電圧は E_3 に比べて小さいからほとんど抵抗 R_{13} は零電位に保たれる。なお、他のスイッチ $S_2 \dots S_n$ もデジタル入力信号に応じて動作し、それぞれのトランジスタを上記トランジスタ Tr_{11} , Tr_{12} と同じように動作させる。

したがってこの考案によれば、デジタル入力信号に応じた交流出力を直接得ることができ、従来の装置のように交流サーボ系において、直流-交流変換器を用いる必要がないので、系の構成が簡単と

なる利点を有する。

(実用新案第 860848 号) (下上記)



ジグザグミシン

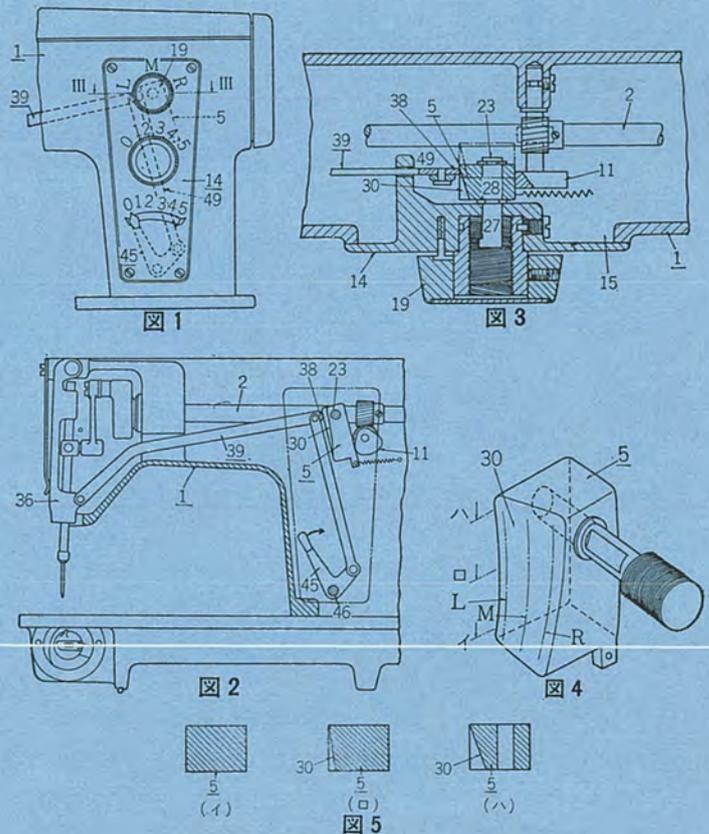
発明者 藤田次朗

この発明は、構造ならびに機構がきわめて簡単にして、しかも従来のジグザグミシンのように広い収容容積を必要とせず、かつ作動の確実な千鳥発生装置を備えたジグザグミシンを提供しようとするものである。

すなわち、この発明のジグザグミシンは、ミシンアーム (1) の前面開口 (15) を着脱自在に閉鎖し、針基線位置調節用の操作ダイヤル (19) を回転自在に装着した取付板 (14) と、上記操作ダイヤル (19) の回転時に前後方向に所定量移動する支持軸 (23) と、この支持軸 (23) に揺動自在に支承され、上記アーム (1) 内の上軸 (2) により駆動される千鳥発生用の駆動カム (11) に常時圧接する制御子 (5) と、この制御子 (5) の一側面に形成した傾斜カム (30) に、一端しゅう (摺) 接部 (38) を常時圧接させ他端を揺動可能な針棒ささえ (36) に連結した連結かん (杆) (39) と、上記取付板 (14) に揺動自在に装着され、上記傾斜カム (30) に対するしゅう接部の高さ方向の係合位置を調節する千鳥振幅調節用の操作レバー (45) とにより構成されており、上記連結かん (39) のしゅう接部 (38) に対する傾斜カム (30) の幅方向の係合位置を変換させることにより、針基線位置を調節しうるようにしたことを特長とするものである。

この発明のジグザグミシンは、上記のように構成されているので、従来のこの種ジグザグミシンと比較して構造ならびに機構がきわめて簡単であるばかりでなく、構成部品が著しく少ないので、広い収容容積を必要とせず、狭少なアーム (1) 内への装置がきわめて容易になる効果がある。また、針棒ささえ (36) に連結された連結かん (39) は、制御子 (5) の傾斜カム (30) に直接圧接して針棒ささえ (36) にその運動を伝達するようにしているため、従来のように多数の部材を介して運動を伝達するようにしたものと比較して、針の位置とその作動が、いずれもきわめて確実である。さらにまた、この発明のジ

グザグミシンにおける千鳥振幅調節装置と針基線位置調節装置とは、アーム (1) の前面開口を閉鎖する単一の取付板 (14) に装着されているので、上記両調節装置の組立て、ならびにアーム (1) 内への装着が著しく容易になる効果も有している。(特許第 570453 号) (土居記)



MELCOM 350 制御用計算機の入出力システム

仁田 周一*・藤本 郁男*・大野 陽吉*
吉田 茂*・中尾 好宏*

Input Output System of MELCOM 350 Control Computers

Head Office Shûichi NITTA・Ikuo FUJIMOTO・Yohkichi OHNO
Shigeru YOSHIDA・Yoshihiro NAKAO

Model changes have been made on hardwares of MELCOM 350 control computers' input/output system, by retaining the compatibility with the input/output program of MELCOM 350-30/5 each. The contents of the alteration are as follows. Integrated circuits are used for basic logic elements. Light emitting diodes, hybrid I. C. and MSI are employed to dispense to the utmost with the discrete components. Contacting parts are drastically cut down through the employment of large size function cards and the standardization of the bus of device-oriented. The back wiring is partly turned to a printed circuit board. The back wiring is partly turned to a printed circuit board. Earth is separated by the use of pulse transformers. The regulation of the printed circuits board is reexamined. All these have brought the improvement of reliability, adaptability for multiplication of specification, ease in maintenance and reduction of size.

1. ま え が き

当社では、制御用計算機シリーズとして MELCOM 350-30⁽¹⁾ (以下 M 30 と呼ぶ)、MELCOM 350-5⁽²⁾ (以下 M 5 と呼ぶ) を発表し、多数の納入実績をもってきた。この経験を基礎にし、素子の発展状況を考え合わせて、ここに制御用計算機の入出力システムを前記機種との、入出力プログラムと互換性をもたせたいので、ハードウェアの全面モデルチェンジを行なった。

また、最近の電子部品の小形化・高信頼度化・低価格化への発展プリント基板技術の高密度化への発展には、目ざましいものがあるので、これらの技術を十分に生かし、制御用計算機の低価格への要求、保守の容易さ、仕様の多様性に対する順応性を次のような手段で実現した。

- (1) 論理素子の基本を集積回路(以下 IC と呼ぶ)とし、機能素子としてトランジスタの使用を廃止した
- (2) 大形機能カードを採用した

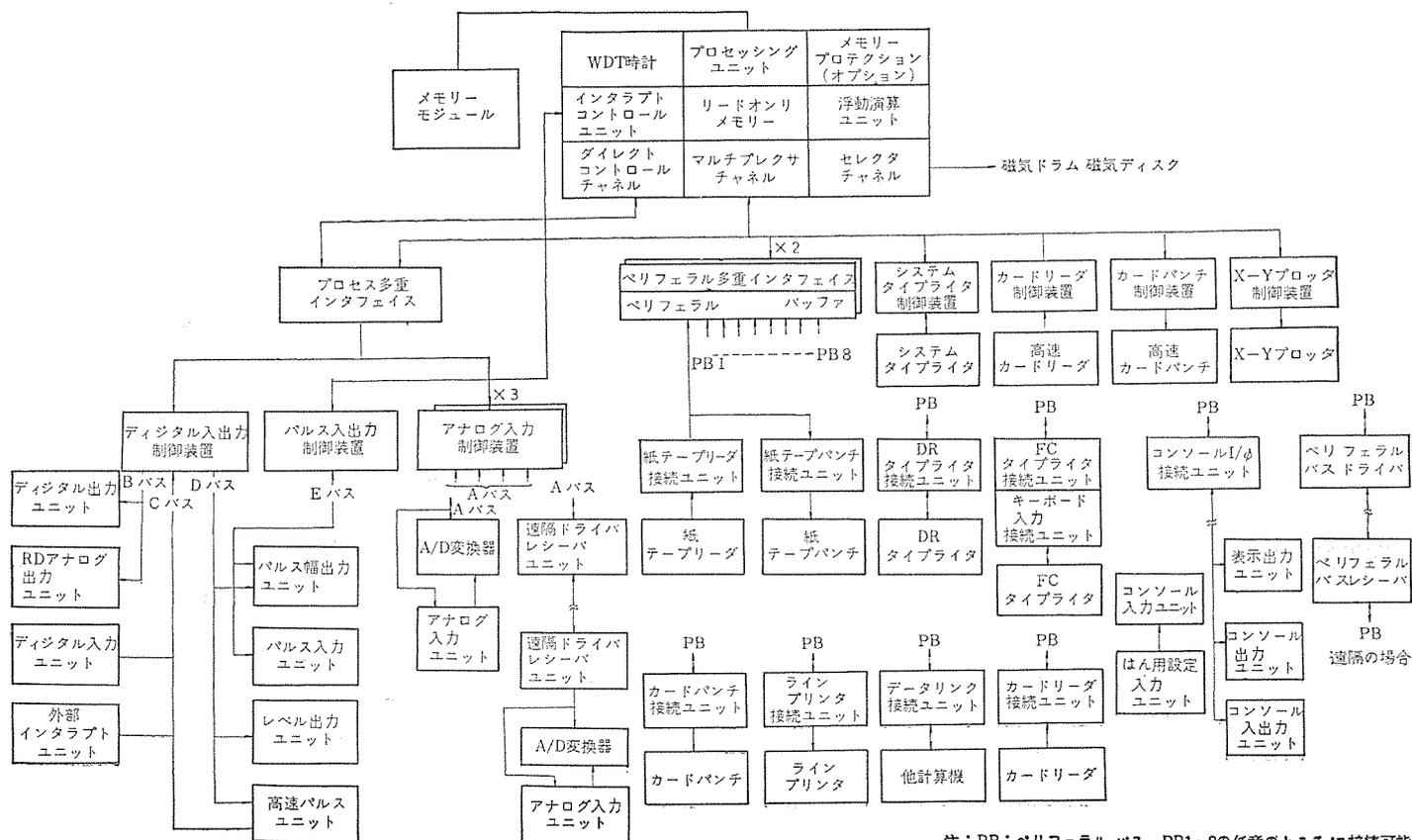


図 1. 1 MELCOM 350-30 ブロック図 MELCOM 350-30 Block diagram.

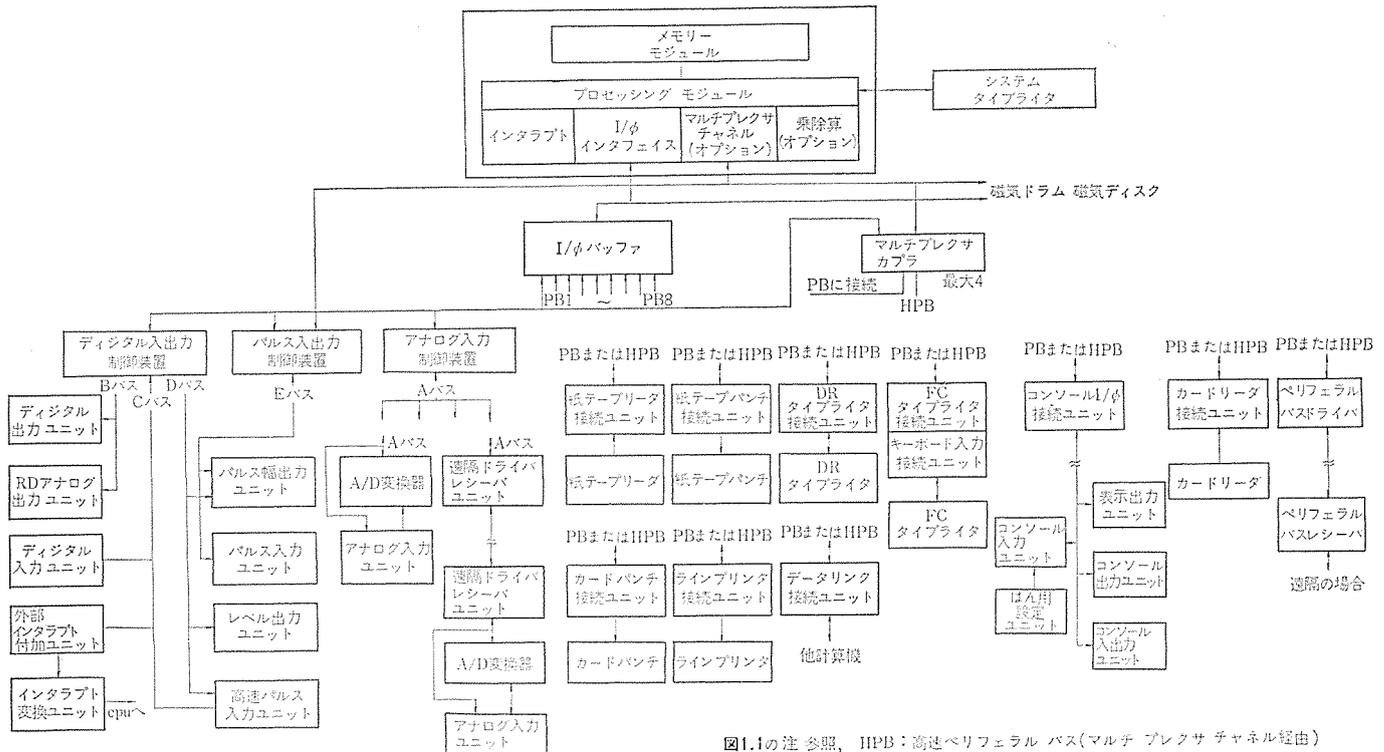


図 1.2 MELCOM 350-5 ブロック図

図1.1の注参照, HPB:高速ペリフェラルバス(マルチプレクサチャネル経由)

MELCOM 350-5 Block diagram.

これにより従来、バック配線によっていた論理機能をプリント基板化したので、配線本数が約 1/7、接触部分が約 1/10 になり、製品品質の均一化がはかれ、信頼性の向上がはかれる。また、故障をマクロなレベルでとらえるのみで修復できるので、保守が容易になり、仕様の増減に対する手配が簡単になるため、その多様性にこたえることができる。

(3) バスの標準化をはかった

従来、Computer Oriented であった入出力制御装置を Device Oriented なものになるようなバスを設定したことにより、設計の効率向上、保守の容易さがはかれ、遠隔制御装置が可能、バック配線のプリント基板化が可能になり、モジュールの多様化が可能になった。

(4) そのほか

混成集積回路(以下ハイブリッドICと呼ぶ)、MSI、発光ダイオードを使用し、極力IC化し、リレーなど誘導負荷の駆動にはパルストランスを使って、ロジックグラウンドとの絶縁をはかり⁽³⁾プリント基板の規格は従来のものから大きく脱皮したものに於て、実装密度の向上、雑音耐力の向上をはかった⁽⁴⁾。

ここでは入出力機器・入出力点数全体の構成は、図 1.1、図 1.2 に示すブロック図、表 2.1、表 2.2 に示す仕様一覧表にゆずり、またプロセスインタフェイスは別の機会にゆずって、設計思想を中心に特長について述べる。

2. 構成

2.1 概要

ペリフェラル入出力・プロセス入出力には種々のものがあるが、MELCOM 350 では、これらを統一的な形態で取扱うためにはん用性をもった“バス”を設けている。

ペリフェラル入出力では“ペリフェラルバス”，プロセス入出力では“セレクションバス”である。したがって、このバスを通して M30・M5 の互換性を実現している。すなわち、ともに同一の“バス”およびこれに

接続される接続ユニット，プロセス入出力ユニットであるが、この“バス”を制御する方式が M30，M5 では異なる。

2.1.1 ペリフェラル入出力

各種のペリフェラルは、接続ユニットを介してペリフェラルバスに接続される。接続ユニットはそれぞれのペリフェラルに固有なデータの出入力および制御を行なうものである。(接続ユニットは M30・M5 に共通)

M30 と M5 との異なる点は、ペリフェラルバスの制御の方法およびデータ入出力の取扱いである。

M30 では、ペリフェラル多重インタフェイス、およびペリフェラルバッファにより、ペリフェラルバスを制御し、データ入出力は、マルチプレクサチャネル経由で直接メインメモリーとやりとりする。

M5 では、I/O バッファで行ない、データは CPU の A-レジスタ経由でやりとりする方法と、オプションとしてマルチプレクサカプラーを用いて、マルチプレクサチャネル経由で直接メインメモリーとデータ入出力を行なう方法とがある。

ペリフェラルバスは、下記の信号から構成されていて、種々の接続ユニットを接続するうえで便利にはん用性を持たせてある。またペリフェラルバスは互いに並列動作可能であり、M30 では 16、M5 では 8 まで拡張できる。

ペリフェラルバスの信号名⇄接続ユニット

OUTM	→ 1 本: 出力 タイミング
INTM	→ 1 本: 入力 タイミング
TMGF	→ 1 本: タイミング フラグ
ADRS	→ 1 本: アドレス
OULD 0~7	→ 8 本: 出力情報線
IND 0~7	← 8 本: 入力情報線
RADY	← 1 本: レディ
EDSF	← 1 本: エンド & ステータス フラグ ⁽²⁾
SRST	→ 1 本: システム リセット

IIDF	←1本：入力指示フラグ
ATTN	←1本：アテンション
STOP	→1本：ストップ
STBK	←1本：ストップブロック

2.1.2 プロセス入出力

プロセスとの入出力を効率的に接続し、処理するためには、いろいろな種類の入出力ユニットが要求される。これらは各種のプロセス入出力ユニットによって行なっている。

MELCOM 350では、プロセス入出力を制御する制御装置と標準化されたセレクションバス、プロセス入出力モジュール、およびプロセス入出力機能カードとの組合せでいろいろな種類の入出力に応じた構成を実現している。

また、M30、M5の異なる部分は、制御装置のみでセレクションバス以降は共通化をはかっている。すなわち、プロセス入出力ユニットは、次に示す5種類の標準化されたセレクションバスに接続されている。

- A-バス：アナログ入力
- B-バス：デジタル出力、RDアナログ出力
- C-バス：デジタル入力、割込み入力、高速パルス入力
- D-バス：レベル出力、パルス出力、高速パルス入力
- E-バス：パルス出力、パルス入力

(1) 制御装置

セレクションバスを制御する制御装置には下記のものがある。

- アナログ入力制御装置 : A-バス
- デジタル入出力制御装置 : B-バス, C-バス, D-バス
- パルス入出力制御装置 : E-バス

M30では、アナログ入力制御装置をマルチプレクサチャンネルに接続し、直接、データをメインメモリーに取り込むことができる。

また、ダイレクトコントロールチャンネルにも接続されていて、プログラムコントロールによるデータ入力および、マルチプレクサモードによる連続動作中のインタラプトによるデータ入力も可能である。デジタル入出力制御装置は、ダイレクトコントロールチャンネルに接続し、プログラムコントロールでデータ入出力を行なう。パルス入出力制御装置は、CPUのインタラプトコントロールに接続し、メインメモリーの一部をパルスカウンタとして使用している。

そして、CPUの演算とは並列に、パルス入出力の処理ができる。

M5では、アナログ入力制御装置・デジタル入出力制御装置を、IOバッファ経由IOインタフェイスに接続し、プログラムコントロールによるデータ入出力を行なっている。パルス入出力制御装置は、マルチプレクサチャンネルに接続し、CPUの演算とは並列に、パルス入出力の処理をしている。パルスカウンタはメインメモリーの一部を利用している。

(2) セレクションバス

セレクションバスは、基本的に次の信号により構成してある。この構成はそれぞれA~Eバスに共通である。

- X-ライン 16本：データラインまたはポイント選択ライン
- Y-ライン 8本： } グループ選択ライン
- Z-ライン 8本： }
- C-ライン 8本：制御信号ライン
- RQ-ライン 1本：要求ライン
- PL-ライン 1本：ポーリングライン
- RS-ライン 1本：システムリセットライン
- ER-ライン 1本：エラーライン

それぞれのラインのもつ意味および内容は、それぞれA~Eバスに

よって異なるが、プロセス入出力ユニットとの結合およびグループ選択の方法などについては、同一の形式で行なっている。それを、後に述べる一種類のセレクションボードとセレクションカードとの組み合わせで、種々のユニットを形成している。

(3) プロセス入出力モジュール

プロセスとの入出力信号を接続するモジュールであり、入出力の種類によらず利用可能な汎用性をもったものである。モジュールには、アナログ入力用が3種類、デジタル入出力用が2種類あり、種々の入出力に共通に使用する。たとえば、デジタル入力・デジタル出力・RDアナログ出力・パルス入力は同一モジュールを使用することができる。

(4) プロセス入出力機能カード

プロセス入出力信号の種類および仕様に最適な処理ができるように、数十種類の機能カードが準備してある。

機能カードは、セレクションバスの信号に基づき、プラント信号との信号の変換・授受などを行っている。また、電力プラントのタービン回転計のような特殊信号などについても、プラント信号に合わせた信号送受信回路の設計およびセレクションバスを選択することで簡単に処理することができる。

2.2 遠隔制御装置

MELCOM 350制御用計算機システムの遠隔制御装置には、リモートペリフェラル装置とリモートスキャナ装置の2種類がある。前者は、計算機室外におかれたペリフェラルとデータの授受をするものであり、後者はアナログ入力に対するものである。

遠隔制御装置に使用されているラインドライバレシーバは、パルストランスを利用して、計算機側と遠隔側を絶縁するとともに、共通モードノイズに強くした回路であって、1ラインあたり、200kビット/秒の速度で1kmまで送ることができる。

遠隔用ラインドライバレシーバの入出力信号は、20μ秒以上のパルス幅のDTL(TTL)ロジックレベル信号である。

遠隔用ラインドライバレシーバはそれぞれ3回路で遠隔ユニットを構成し、この形態で遠隔制御装置に用いられる。なお、遠隔制御装置は、M5、M30で共通である。

2.2.1 リモートペリフェラル装置

リモートペリフェラル装置は、ペリフェラルバスを1kmまで延長するための機能を持っている。(図1.1, 1.2参照)

一つは、ペリフェラルバスを遠隔ユニットにより授受するため、図2.1に示すように、ペリフェラルバスに流れる信号のパルス幅を20μ秒以上に拡張するとともに、タイミングを修正する。

もう一つは、ステータスに関するものである。CPUのステータス入力命令のタイミングに対し1kmの距離に対する伝ば(播)遅延時間は、約4μ秒であるため、CPUのステータス入力命令で直接遠隔側のステータスを読み取ることができない。このため、リモートペリフェラル装置

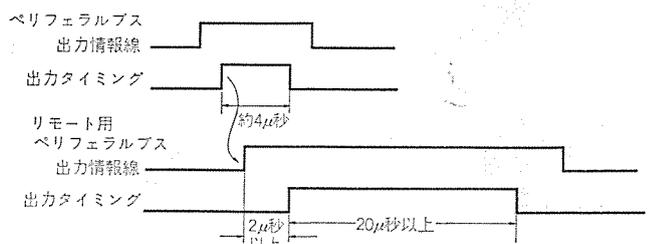


図 2.1 リモートペリフェラル装置伝送タイミング
Transmission timing of remote peripheral device.

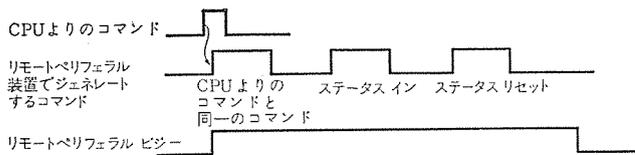


図 2.2 リモートペリフェラル 装置 ステータス 取込み タイミング
Status input timing of remote peripheral device.

では図 2.2 のように、遠隔側のステータスを CPU からの命令ごとに、ステータス入力命令をジェネレートして読み込んでおき、CPU からのステータス入力命令では、リモートペリフェラル装置内に、先取りされているステータスを読む方法をとっている。

以上により、ペリフェラルバスが延長された形態となり、ペリフェラルバスに接続されるすべての接続ユニットが、遠隔側にも、何ら改造なしに使用でき、ソフトウェア上では、遠隔側かどうかをまったく意識せずに使用できる。

2.2.2 リモート スキャナ装置

制御用計算機が制御する範囲が広がると、配線長が長くなり、価格的高またはノイズ面から問題を生じる。このため、アナログ入力では、検出端付近に AD 変換装置をおいて、デジタル化されたデータを計算機に送るほうが、精度上からも価格上からも有利になる。このため開発されたのが、リモートスキャナ装置である。

図 1.1.1.2 に示されるように、リモートスキャナ装置は、アナログ入力制御装置と、ADC ユニートを結ぶ信号、および A-バス作成に必要な信号を、2組の遠隔ユニットを用いて、遠隔側に送り、遠隔側で、アナログ入力のデジタル化を行なうものである。

このような方式のため、アナログ入力制御装置につけられる 4組の ADC ユニットおよび A-バスの任意のものを、遠隔におくことができる。このとき、アナログ入力スキャンのタイミングは、計算機側と完全に同一であるため、グループスキャンが可能であり、ソフトウェア上では、遠隔かどうかをまったく意識せずに使用できる。

なお、リモートスキャナ装置では、転送されるデータに、パリティチェックを行ない、信頼性を高めている。

2.3 機構

制御用計算機の性質上、仕様の多様性、現地拡張などがある。これに対応できるように機構を簡単にし、システム構成、現地拡張が容

易にできる構造にした。

また機構を標準化し、基本となる構造の品種を少なくして、小品種・多量生産をはかった。

(1) PC1 ベイ

制御装置、およびペリフェラルの接続ユニットを実装したキャビネットである。図 2.3 は、M30 用 PC1 ベイ、図 2.4 は M5 用 PC1 ベイである。キャビネットの大きさは、高さ 1,800 mm、幅 700 mm、奥行 600 mm であり、次ののべる IO ベイも同じ大きさである。

(2) IO ベイ

プロセス入出力ユニットを実装したキャビネットである。

一つのベイに四つのユニットが実装可能である。図 2.5 は IO ベイの表側、図 2.6 は IO ベイの裏側を示す。

(3) プロセス 入出力 ユニット

IO ベイに実装するプロセス入出力ユニットは、その種類によらず機構を 1 種類に統一した。前面に機能カードを実装し、裏面にプロセスとの接続端子を設け、一体構造とした。内部配線をプリント基板化し、端子との接続配線のみとした。プリント基板は、図 2.7 に示すセレクションボードであり、両面基板で電源配線と論理配線をプリント基板化した。このセレクションボードは入出力の種類によらず 1 種類で、バスを標準化することで実現した。

(4) その他

IO ベイおよびプロセス入出力ユニットの機構を統一し、実装位置の標準化をはかることで、制御装置との信号接続ケーブルの種類および長さを標準化し、システムの構成および組立の単純化が可能になった。

2.4 仕様

仕様一覧表を表 2.1、2.2 に示す。

2.5 試験装置

図 2.8 は、CPU を使用せずに入出力制御装置、および入出力ユニットを試験するための装置である。これによって試験時間の短縮、保守の容易さなどが実現できる。

3. プリント基板

本システムに使用されているプリント基板は、図 3.1 に示されている大形機能カードで、フルサイズと、ハーフサイズの 2 種類がある。こ

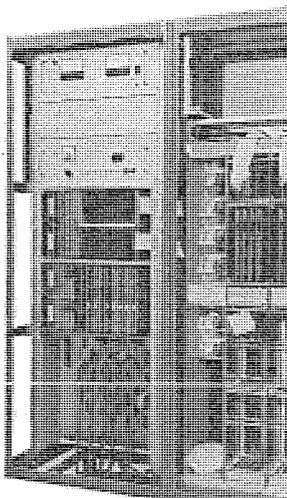


図 2.3 M30 用 PC1 ベイ
PC1 Bay for M30.

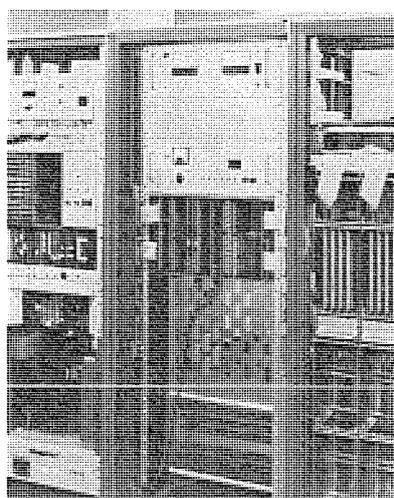


図 2.4 M5 用 PC1 ベイ
PC1 Bay for M5.

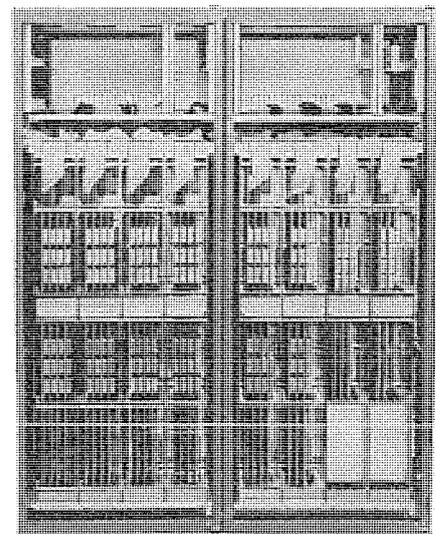


図 2.5 プロセス 入出力 ユニット (表)
Process input/output unit (front view).

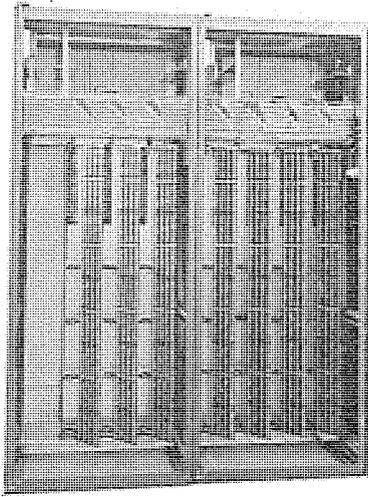


図 2.6 プロセス入出力ユニット(裏)
Process input/output unit (rear view).

表 2.1 MELCOM 350-5 および 30 ペリフェラル 入出力仕様
Specification of MELCOM 350-5 and 30 peripheral input/output.

種 別	項 目	仕 様
システムタイプライタ	制 御 装 置	システムタイプライタ1台を制御
	印 字 速 度	20字/秒
	最大印字数	120字/行
	機 能	印字, キーボード入力, (M5Fでは紙テープリーダー, 紙テープパンチ付き)
紙テープリーダー	接続ユニット 読取速度	1台を制御 400, 200字/秒
紙テープパンチ (60)	接続ユニット さん孔速度	1台を制御 60字/秒
紙テープパンチ (120)	接続ユニット さん孔速度	1台を制御 120字/秒
FC タイプライタ	接続ユニット	4台を制御, オプションとして内1台のキーボード入力可能
	印 字 速 度	15字/秒
	最大印字数	130字/行, 156字/行
DR タイプライタ	接続ユニット	4台を制御, オプションとして内1台のキーボード入力可能
	印 字 速 度	20字/秒
	最大印字数	120字/行
低速カードパンチ	接続ユニット	1台を制御
	さん孔速度	10枚/分
	コード カード容量	ホラリスコードのみ(バイナリ不能) ホッパ容量500枚, スタッカ容量500枚
カードリーダー	接続ユニット	1台を制御
	読取速度	300枚/分
	カード容量	ホッパ容量1,000枚, スタッカ容量1,000枚
ラインプリンタ	接続ユニット	1台を制御
	印 字 速 度	240および120(カナ文字付き)行/分
	最大印字数	136字/行
	紙送り時間	20ms/行
データリンク	機 能	計算機間のデータ伝送
	伝 送 幅	8ビット並列
	伝 送 速 度	レベル伝送12.5kB/秒, 接点伝送100B/秒
	チェック	パリティ, 再送機能付き
コンソール入出力	機 能	表示出力, ランプ出力, データスイッチ入力, プロセスとの接点入出力, リクエスト押しボタンスイッチの処理
	入出力グループ数 速 度	最大256グループ 1グループ16ビット リクエストの受付100ms, データ入力10ms, データ出力10ms, 100ms

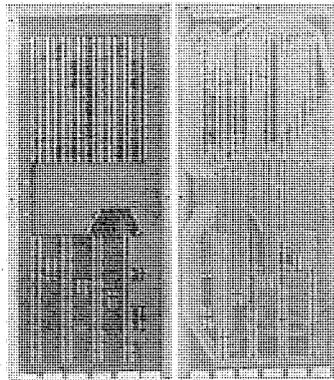


図 2.7 セレクションボード
Selection board.

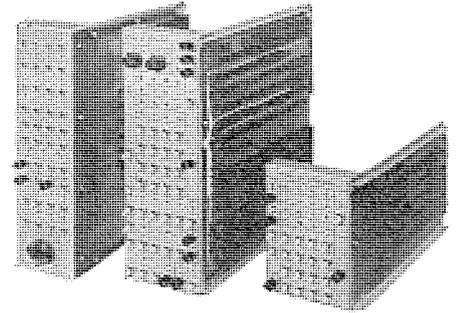


図 2.8 試験装置
Tester.

表 2.2 MELCOM 350-5 および 30 プロセス 入出力仕様
Specification of MELCOM 350-5 and 30 process input/output.

機 種	項 目	30	5
		仕 様	仕 様
アナログ入	入力点数	最大512点/グループ, 最大4グループ/制御装置	最大512点/グループ, 最大4グループ/制御装置
	拡張単位	16点	16点
	AD交換	積分形, 変換速度 30点×グループ数/秒(60Hz) 25点×グループ数/秒(50Hz)	積分形, 変換速度 30点×グループ数/秒(60Hz) 25点×グループ数/秒(50Hz)
アナログ出力	入力電圧	8レンジ (10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000)mV×(1, 1.25, 2.5)	8レンジ (10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000)mV×(1, 1.25, 2.5)
	デジタル入	入力点数 拡張単位 入力種類	1024点 32点 接点, 電圧(0:0~1.5V, 1:2.4~12V)
デジタル出	出力点数	1024点	512点
	拡張単位	16点	16点
	出力方式	マルチビット(ラッチング, モーメンタリ)	マルチビット(ラッチング, モーメンタリ)
レベル出力	出力速度	5ms/16点, 50~200ms/16点 プログラム切換え	5ms/16点, 50~200ms/16点 プログラム切換え
	出力点数	512点	512点
	拡張単位	32点	32点
アナログ出	出力方式	マルチビットラッチング コレクタオープン(40V, 200mA, 450mW)	マルチビットラッチング コレクタオープン(40V, 200mA, 450mW)
	出力レベル		
	出力速度		
パルス入力	出力点数	128点	64点
	拡張単位	2点	2点
	出力方式	RD形8ビット1kΩの負荷 に対して4~20mA	RD形8ビット1kΩの負荷 に対して4~20mA
パルス出力	出力速度	5ms/点	5ms/点
	入力点数	256点(パルス出力との合計で)	128点(パルス出力との合計で)
	拡張単位	16点	16点
高速パルス入	入力種類	接点, 電圧(0:0~1.5V, 1:2.4~12V)	接点, 電圧(0:0~1.5V, 1:2.4~12V)
	パルスレート	50Hz以下	50Hz以下
	出力速度		
外部インタラプト	出力点数	256点(パルス入力との合計で)	128点(パルス入力との合計で)
	拡張単位	8点	8点
	出力種類	パルス幅, パルス列(80, 40, 20, 10ms), 正負方向リレー	パルス幅, パルス列(80, 40, 20, 10ms), 正負方向リレー
外部インタラプト	入力点数	32点	32点
	拡張単位	2点	2点
	入力種類	接点, 電圧(0:0~1.5V, 1:2.4V~12V) 50kHz以下 プロセスインタラプト接続により可能	接点, 電圧(0:0~1.5V, 1:2.4V~12V) 50kHz以下 プロセスインタラプト接続により可能
外部インタラプト	エコー出力		
	入力種類	接点, 電圧(0:0~1.5V, 1:2.4~12V)	接点, 電圧(0:0~1.5V, 1:2.4~12V)

これらの仕様は次のとおりである。

- (1) フルサイズカード外形寸法
280×170 mm
コネクタピン数 80ピン(40ピン2列)×2
コネクタピッチ 2.54 mm
最大積載 IC 数 90個(16Pin MSIを含む)
- (2) ハーフサイズカード外形寸法
138×170 mm
コネクタピン数 80ピン(40ピン2列)
コネクタピッチ 2.54 mm
最大積載 IC 数 42個(16ピン MSIを含む)

入出力装置のように、カードに積載されるものが IC に限られず、また使用電圧が 5V 以外にあるような場合、その電気的性能を満たすためには、種々の考慮がなされていなければならない。

今回のプリント基板において、特に注意されている点は次の 2 点である。

(1) クロストークに対する考慮

クロストークは、システムの誤動作をもたらすため、発生させないような考慮が必要である。クロストークの大きさは、配線の間隔と並行する距離および変化電圧により決定される。このため、信号線の間隔を 1.27 mm にして、信号線幅を必要な電流を流せる範囲で最小とした。また、カードの奥行きをクロストークの問題が生じない程度に短くした。またロジックレベルの信号線と、他の電圧レベルの信号線の配置を考慮して設計を行なった。

(2) ロジック電圧変動に対する補償

IC において、その入出力信号レベルが反転する際、多量の過渡電流が流れ、カード上の給電ラインのインダクタンス成分のため、IC にかかる電圧が 5V から変動する。この変動幅を TTL (DTL) 形 IC の規格値である ±5% 以内におさえる必要がある。

今回開発されたカードでは、給電ラインのインダクタンス分を減小させるため、給電ラインを通常の信号ラインと同一のライン幅とし、そのかわりにコネクタの電源ピンを多数とることによって、IC への線長を短くし、インダクタンス分を減小させ、電圧変動をおさえている。

電源からカード入口までの間のインダクタンス分に対しては、バックボードを採用し、そこに多数のコンデンサをそう入して、中・低周波の変動がカードに伝わらないようにしている。また、上述の方法ではとりきれない高周波成分の変動に対しては、高周波特性の良い小容量の磁器コンデンサを IC のそばに多数おくことにより変動をとった。

以上の三つの方法の組み合わせにより、IC の電源グラウンド間のロジック電圧の変動を、IC の許容範囲よりはるかに低くおさえることに成功している。



図 3.1 プリント基板 Printed-circuit board.

4. 入出力装置の回路方式

プロセス制御用コンピュータシステムにおいて、入出力装置と直接信号の授受を行なう回路には、普通の IC では入出力規格が満足できず使用できない。そのために入出力規格の大きいドライバ回路やレシーバ回路が必要である。さらに計算機の小形化にともなって、プリント基板上で実装密度が高くとれる回路が要求される。特に以上の理由から各種のハイブリッド IC と SCR ドライバを開発した。以下にハイブリッド IC と SCR ドライバの仕様と応用例を示す。

4.1 ハイブリッド IC

混成集積回路には 7 種あるがそのうち、ラインドライバ、リレードライバなどに使用される回路例を図 4.1 に示す。

ハイブリッド IC はすべて dual-in-line パッケージで 14 ピン構成であるから、DTL や TTL とまったく同じようにプリント基板に実装可能である。

4.2 SCR ドライバ

プロセス制御システムでは各種のリレーが非常に多く使われているが、リレー駆動回路は、ロジック電源とリレー電源(直流)が絶縁できて、比較的遠距離にあるリレーが駆動できて、さらに構成が簡単な回路が要求されてきている。このため開発したのが SCR とパルストランスおよび、ハイブリッド IC を使用したリレー駆動回路である。実際の基本的回路を図 4.2 に示す。SCR₁ と SCR₂ と転流コンデンサ、G および抵抗 R_T で SCR フリップフロップを構成している。SCR のゲート回路はパルストランス T₁ と T₂ でゲートされ、入力側(パルストランスの一

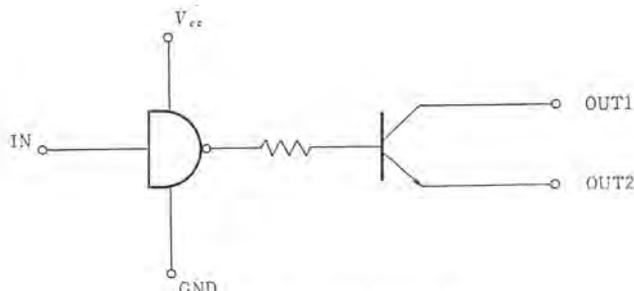


図 4.1 ハイブリッド IC の 1 例
Example of hybrid IC

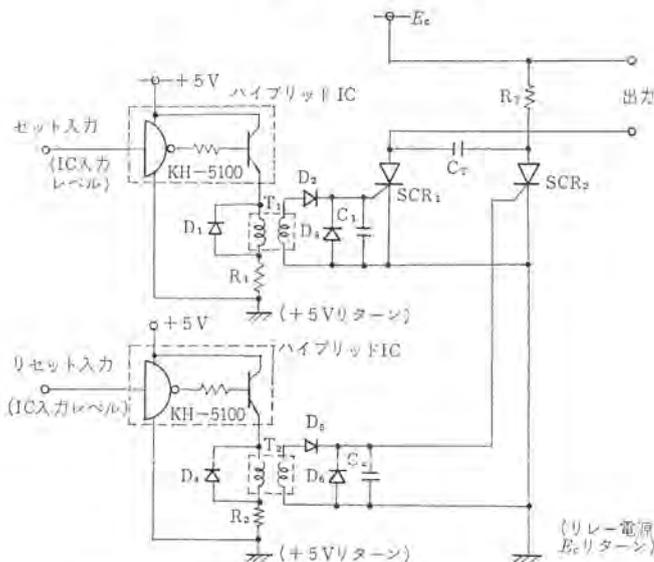


図 4.2 SCR ドライバの基本回路 (SCR フリップフロップ)
Basic circuit of SCR driver (SCR flip flop).

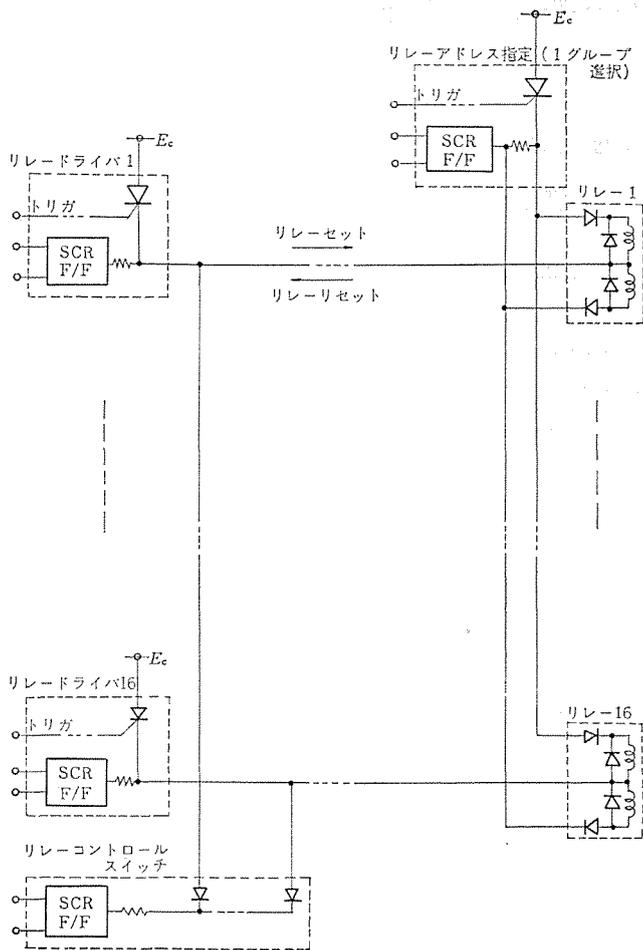


図 4.3 SCR ドライバの応用例
Application of SCR driver.

次側) のロジック電源とリレー電源は直流的に絶縁される。パルスラン
スの駆動にはハイブリッド IC を使用して回路構成を簡単にしている。
SCR ドライバの応用例を図 4.3 に示す。これは巻線抵抗の相等しい
ダブルコイルのラッチング形リレー 16 個をセット/リセットする回路で、これ
の利点はリレーのセットラインとリセットラインを 1 本の駆動ラインで共用
していることである。特にリレーの個数が多い場合にはケーブルの本
数が半分にになり経済的である。

5. む す び

以上、MELCOM 350 制御用計算機シリーズの入出力システムにつ
いて述べた、本装置はすでに出荷され、実か(稼)動を開始してい
る。

終わりに、本システムの開発全般にわたって、終始協力を惜しまれ
なかつたシステム技術部の中尾勝丞部長代理、的場徹・清水正次・池
田勝敏各課長代理、ほか関係各位に厚く感謝する。

(昭和 46-9-21 受付)

参 考 文 献

- (1) 中尾(勝), 松本, 的場: 制御用電子計算機, MELCOM 350
システム, 三菱電機技報 41, No. 9 (昭 42)
- (2) 中尾(勝), 仁田, ほか: MELCOM 350-5 制御用電子計算機
システム, 三菱電機技報 43, No. 11 (昭 44)
- (3) 仁田, 藤本: SCR によるリレー駆動回路, SICE 学術講演会,
503, (昭 45-8)
- (4) 仁田, 中尾(好): プリント基板の電源電圧変動に対する補償,
SICE 学術講演会, 504, (昭 45-8)

スタンドアロン形カラーキャラクタディスプレイ装置

大川 清人*・渡辺 治*・田 隆吉*・小川 勇*

Stand Alone Type Color Character Display System

Kamakura Works Kiyoto OHKAWA・Osamu WATANABE・Takayoshi DEN・Isamu OGAWA

A character display system is an input-output device to carry out efficiently the communication between a computer and a human. It has been brought into extensive use in many fields. This system is demanded of compactness, low cost, easy maintenance and simple operation because of viewpoint of economically balancing against applied system and predominating over concurrent apparatus.

A stand-alone type color character display system is built in consideration of these points, serving as remote terminals connected to computers through communication lines.

1. ま え が き

計算機と人間との間のコミュニケーションを円滑に行なうための手段として、キャラクタディスプレイ装置の占める位置は、ますます大きくなりつつある。一般にキャラクタディスプレイ装置は、

(1) データの処理速度が速い。

(2) 騒音を出さない。

(3) 計算機からの出力データおよびキーボードから計算機へ入力しようとするデータは、いったんCRT画面上に表示され、また常時計算機との情報交換の状態をCRT画面上に表示することができるので、計算機との対話の手段およびモニターとして適している。

(4) 計算機からの出力データは、CRT画面上に表示され(ソフトコピー)、必要なデータのみをハードコピーすることができるので、情報検索や問合せ業務などに適している。

などの特長をもち、従来の機械式入出力装置に比べて、応用面での適用性が大きい。

当社では、いち早くカラーディスプレイ装置を開発し、すでにマルチステーション形カラーキャラクタディスプレイ装置として、最大12台までディスプレイステーションを独立に制御できるC231形カラーキャラクタディスプレイ装置、および最大128台まで独立に制御できる能力があるC232形カラーキャラクタディスプレイ装置が製作されている。このようなマルチステーション形キャラクタディスプレイ装置は、一つの建物内とか工場内で、多くの人々が同時に計算機を利用したり、また多くの人々に計算機から指示を行なうシステムに適している。ここに述べるM340形は、スタンドアロン形のディスプレイ装置で、計算機から遠く離れた場所から通信回線を介して、計算機を利用しようとする場合のリモータミナル用として製品化されたものである。以下その概要を紹介する。

2. カラーキャラクタディスプレイ装置の概要

M340形カラーキャラクタディスプレイ装置は、次のような特長をもちている。

(1) コンパクトで低価格な卓上形ディスプレイ装置である。

(2) CRT表示部には、商用のカラーブラウン管を用いている。

(3) 論理回路にはICを用いているので、高い信頼性をもちている。

(4) 論理シミュレーションによる論理カードの製品テストおよび故障診断を行っており、量産化および保守が容易である。

(5) 7色のカラー表示により、表示データの多元化が可能である。

(6) 編集機能が豊富である。

(7) マルチプレクサを用いることにより、一つのモデルに最大15台のディスプレイ装置を接続することができる。(図2.1参照)

(8) ハードコピー装置を接続することができる。

M340形カラーキャラクタディスプレイ装置の仕様を表2.1に、外観を図2.2に、また論理カード基板を図2.3に示す。

M340形カラーキャラクタディスプレイ装置は、図2.4に示すように、インタフェース制御部、ディスプレイ制御部、CRTおよびキーボードから構成されている。インタフェース制御部は、通信回線を介して計算機とのデータの送受信の制御を行なう。すなわち、計算機から送られてきたデータは、いったんインタフェース制御部に取り込み、ここで伝送制御

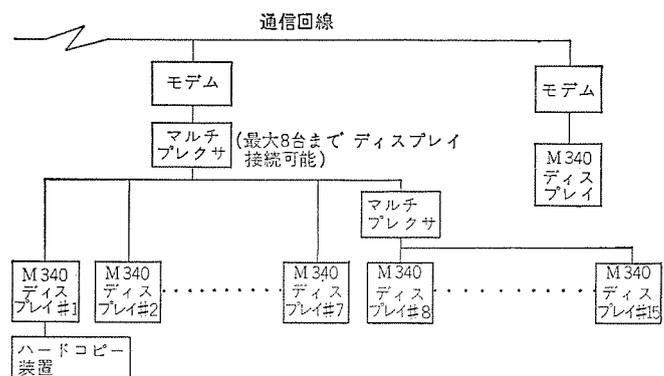


図 2.1 M340形キャラクタディスプレイ装置システム構成図
System configuration using type M340 character displays.

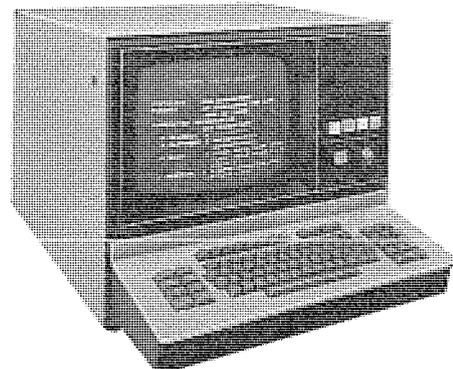


図 2.2 M340形カラーキャラクタディスプレイ装置
Type M340 color character display.

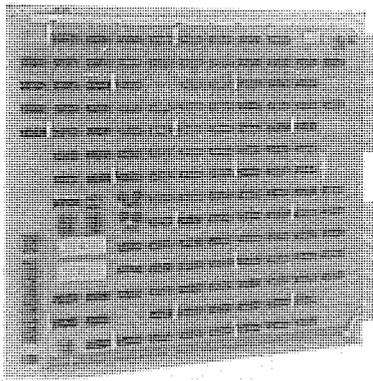


図 2.3 論理カード基板
Logic card.

表 2.1 M 340 形 カラーキャラクタディスプレイ装置の仕様
Specification of M 340 type color character display.

画面寸法	縦 160 mm×横 260 mm
表示文字数	640字 (40カラム×16ライン)
文字の大きさ	縦 5 mm×横 4 mm
表示字種	カナ文字(46), 英字(26), 数字(10), 記号(32), 計 114 字種
表示色	赤, 緑, 黄, 青, 白, シアン, マゼンタ計 7 色
使用コード	JIS C-6220 ISO (カナ入り) に準拠
表示方式	ラスタスキャン方式
文字表示方式	ドット方式 (7点×5点)
通信速度	200 BPS, 1,200 BPS, または 2,400 BPS
通信方式	半 2 重, ボーリング方式
通信回線インタフェース	CCITT 規格に準拠
キーボード	英, 数, カナ, カナ記号(49), シフトキー(4), 色指定キー(7), カーソル操作キー(6), 編集キー(4), 送信キー(1), プリントキー(1)
カーソル機能	スキャン (ライト, レフト, アップ, ダウン), ホーム, ニューライン
編集機能	LINE ERASE, DISPLAY ERASE, LINE DELETE, CLEAR, TYPE IN
接続台数	1台1回線 (マルチプレクサを用いると, 15台まで接続可能)
電源	100 V±10% 単相 50 Hz, 60 Hz
外形寸法, 重量	幅 500 mm×高さ 410 mm×奥行き 670 mm, 45 kg

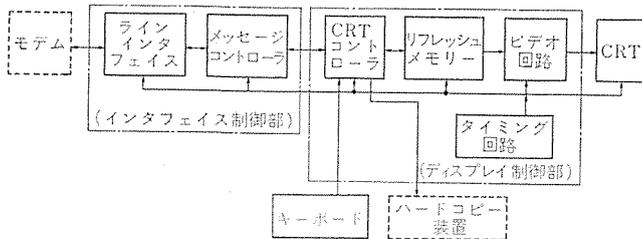


図 2.4 M 340 形 カラーキャラクタディスプレイ装置の構成図
Configuration of type M 340 color character display.

キャラクタと表示キャラクタ(デバイスコントロールキャラクタも含む)に区別し、伝送制御キャラクタの場合にはインタフェース制御部で処理し、表示キャラクタの場合にはディスプレイ制御部へ転送し、そこで処理する。計算機へデータを送出する場合、インタフェース制御部では、伝送制御情報を発生し、ディスプレイ制御部から取り込んだ表示キャラクタとともに一定のフォーマットに組み立てて送り出す。このようにインタフェース制御部の動作には、受信時の動作と送信時の動作とがある。

ディスプレイ制御部では、データの CRT 画面上への表示の制御、インタフェース制御部とリフレッシュメモリーとの間のデータ転送制御、キーボードおよびハードコピー装置とのインタフェース制御、データの編集制御、カ

ーソル制御(書式制御)などを行なっている。

3. インタフェース制御部

インタフェース制御部は、さらにラインインタフェース部およびメッセージコントローラ部から構成されている。ラインインタフェース部では、おもにデータの水平パリティビット、垂直パリティビットの発生およびチェック、モデムとのインタフェース制御、データの直並列変換などを行ない、メッセージコントローラ部では、伝送制御シーケンスの解釈および発生制御、ラインインタフェース部とディスプレイ制御部との間のデータ転送の制御などを行なっている。

伝送の接続応答方式は、ボーリング方式(半2重通信)で、200 BPS, 1,200 BPS (以上非同期方式)および2,400 BPS (同期方式)の通信速度のいずれかを選択することができる。

3.1 伝送制御情報

計算機からディスプレイ装置に送出するデータの種類には、次のようなものがある。

(1) トラフィックポール (traffic poll)

指定したディスプレイ装置がトラフィックの要求をもっているかどうかを問合せるのに用いる。トラフィックポールには、以前に受信したデータに対する肯定応答 ACK(acknowledgement)を含むものと、含まないものとの2種類がある。

(2) セレクティング (selecting)

指定したディスプレイ装置にテキスト(表示キャラクタのブロック)を送る場合に用いる。

(3) リトランスミットリクエスト (retransmit request)

ディスプレイ装置に再送を要求するのに用いる。

一方、ディスプレイ装置から計算機に送出するデータの種類には、おもに次のようなものがある。

(1) ノートラフィック (no traffic)

トラフィックの要求をもっていないことを計算機に知らせるのに用いる。

(2) 肯定応答 (acknowledgement)

受信したデータに対する肯定応答として用いる。

(3) テキストメッセージ (text message)

ディスプレイ装置がトラフィックポールを受信し、かつディスプレイ装置がトラフィックをもっている場合、計算機にテキストを送出する場合に用いる。

(4) リプライリクエスト (reply request)

ディスプレイ装置が計算機に対して、肯定応答を要請する場合に用いる。

3.2 テキスト受信時の動作

計算機は、ディスプレイ装置にデータを送信しようとするとき、セレクティングを行なう。セレクティングにより指定されたディスプレイ装置が受信可能な状態の場合には、テキストをディスプレイ制御部のリフレッシュメモリーに転送する動作を行ない、次のトラフィックポールに対して肯定応答を返送する。一方テキスト受信が不可能な状態(デバイスビジー)のときには、受信したテキストをリフレッシュメモリーに転送せず、次のトラフィックポールに対してテキストが受信できなかった旨、ビジー情報を返送する。

3.3 テキスト送信時の動作

キーボード上の送信キーが押し下げられており、計算機からのトラフィックポールによりそのディスプレイ装置が指定された場合、表示画面上

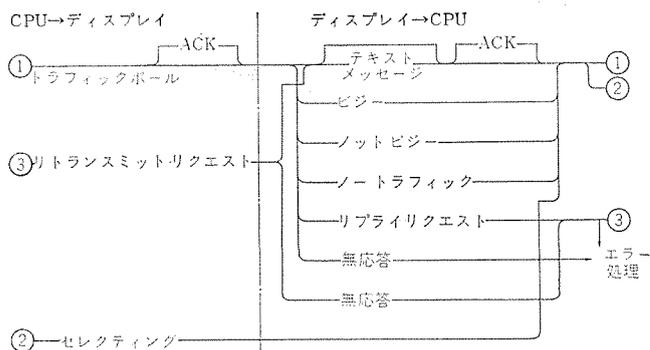


図 3.1 伝送制御シーケンス
Transmission control sequence.

のテキストを計算機に送出する。(テキストメッセージ)送信キーが押し下げられていないときにトラフィックポールを受信した場合、ノートラフィックを計算機に返送する。

3.4 受信時のエラー処理

ディスプレイ装置が計算機からのデータを受信しているときに、エラーが検出され場合、その後のデータを受信せず、また受信に対する応答は、無応答となる。受信中のエラーには、水平パリティエラー、垂直パリティエラー、フォーマットエラー、モデムエラーなどがある。計算機側では伝送制御シーケンスを時間監視しており、無応答および計算機側でのエラー検知によりタイムアウト信号が発生すると、通常計算機は、接続しているディスプレイ装置にトラフィックポールを送出することにより、エラーリカバリシーケンスに入る。トラフィックポールを受信したメッセージコントローラ部は、以前に送出したデータに対する肯定応答がトラフィックポールに含まれていないことにより、リプライリクエストを返送する。これにより計算機側では受信したデータが失われたか、送出したデータが失われたかを判断し、それに従って、リトランスミットリクエストの送出か以前送出したデータの再送かを行ない、エラーリカバリが完了する。伝送制御シーケンスを図3.1に示す。

4. ディスプレイ制御部

ディスプレイ制御部は

- (1) CRTコントローラ部
- (2) リフレッシュメモリ部
- (3) ビデオ回路
- (4) タイミング回路

から構成されている。(図2.4参照)

リフレッシュメモリは、8ビット640バイトのRAM(random access memory)で構成されており、CRTで表示されるキャラクタをコードの形で記憶している。表示キャラクタのリフレッシュメモリでの格納番地は、そのキャラクタが表示される画面上のキャラクタポジションと一対一に対応している。すなわち、表示キャラクタは、画面上に表示される順番にリフレッシュメモリに格納されている。リフレッシュメモリ部の動作は、格納されているキャラクタを表示するため、タイミング回路からのタイミング信号に応じて順次キャラクタを読み出す動作と、表示のためにキャラクタを読み出している時間を除いた残りの時間に、CRTコントローラ部によるキャラクタの書き込み・読み出し動作とがある。

タイミング回路からのリフレッシュタイミングで、リフレッシュメモリから順次読み出されたキャラクタは、ビデオ回路に送り込まれる。ビデオ回路では、キャラクタコードを文字パターン発生器を使って、文字パターンに変換している。ここで用いている文字パターン発生器は、ICROM(IC-

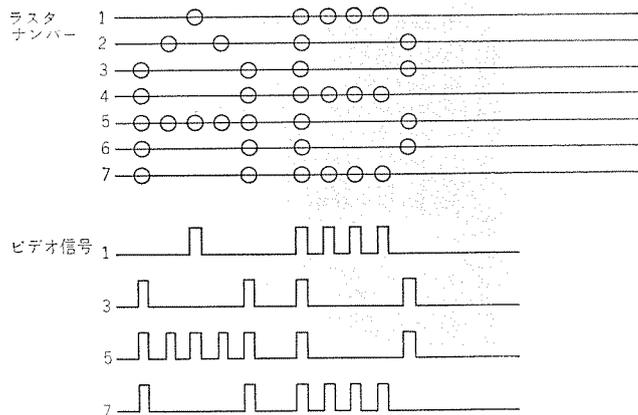


図 4.1 ラスタスキャンによる文字表示例
Example of displayed character pattern by raster scanning system.

read only memory)で、1文字を5×7のマトリックスパターンで構成しており、一つのICROMで、64文字分のパターンを記憶している。CRT画面上での文字パターンは、横方向に5ドット、縦方向に7ラスタを使用して、5×7のドットパターンで表示している。(図4.1参照)したがって、キャラクタコードにより文字パターン発生器に記憶されている64種の文字パターンの中から、それに対応した一つのマトリックスパターンを選択し、さらにラスタナンバーに対応して5×7のマトリックスパターンから1行を選択して、CRT表示部に5ビットのシリアル情報として送り出し、5×7ドットパターンの内5ドット分を表示している。7ラスタスキャンの間、そのラインに表示する文字を順次繰返し文字パターン発生器に送り込むと、CRT画面上に1ライン分の文字が表示される。また、ビデオ回路では、順次送り込まれてくるキャラクタの中から、カラー指定コードを検出し、それ以降の文字をそれが指定する色で表示するためにカラー制御信号を発生している。カラーコードは、表示キャラクタと同様、リフレッシュメモリに記憶されているが、表示は行なわれない。そのため、カラーコードをデータの途中にそう入すると、その位置はブランクになる。また、色指定は1行ごとにリセットされ、色指定がなければ緑色で表示される。ビデオ回路で発生したビデオ信号およびカラー制御信号は、CRT表示部に送られ、CRT画面上に文字を表示している。文字表示は、1秒間に60回繰返し行なっているため、人の目には、ちらつきのない像として見る事ができる。

タイミング回路では、約11MHzの水晶発振器から、リフレッシュメモリ部、ビデオ回路、CRT表示部などで必要な各種のタイミングおよびCRTコントローラ部、インタフェイス制御部で使用する基本クロック、制御信号を作っている。

CRTコントローラ部は、インタフェイス制御部とリフレッシュメモリとの間のデータ転送制御、キーボードおよびハードコピー装置とのインタフェイス制御、データの編集制御、カーソル制御などを行なっている。以下にその構成および動作を述べる。

4.1 CRTコントローラ部の構成

CRTコントローラ部は、図4.2に示すように、おもにキーボードレジスタ(KBR)、カーソルアドレスレジスタ(CAR)、エディットアドレスレジスタ(EAR)、コード発生部および各レジスタの内容を変更したり、チェックするための8ビット加算器から構成されている。

CARは、常に外部からキャラクタが入力されるときに画面上のキャラクタポジションを示しており、これは同時にリフレッシュメモリのキャラクタ格納番地でもある。CRT画面上のキャラクタポジションは、カラ

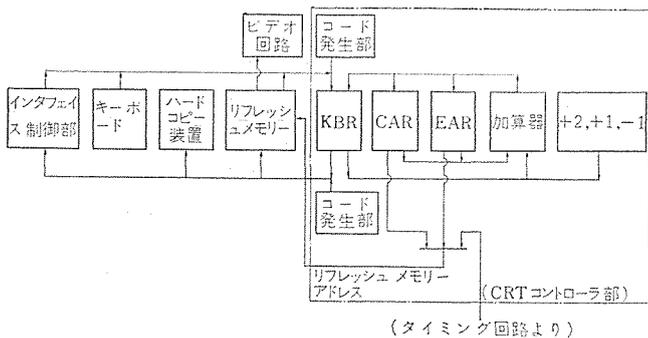


図 4.2 CRT コントローラ部の構成図
Configuration of CRT controller.

およびラインによって示される。M 340 形 カラーキャラクタディスプレイ装置では、画面の横方向に 40 カラムあり、縦方向は 16 ラインで画面に 640 キャラクタを表示することができる。したがって、カーソルアドレスレジスタもカラムアドレスを示すカーソルカラムアドレスレジスタ (CCAR) とラインアドレスを示すカーソルラインアドレスレジスタ (CLAR) の二つのレジスタから構成されている。CAR によって示される画面上のキャラクタポジションには、カーソルマーク "7" が 7.5 cps でブリンクしており、入力されるキャラクタの表示位置をオペレータに知らせる。

エディットアドレスレジスタ (EAR) は、計算機にキャラクタを送出するとき、または画面上の表示データを編集するとき、リフレッシュメモリーからキャラクタを読み出す場合のアドレスレジスタとして使われる。すなわち、カーソルアドレスを保持しておくために、EAR をアドレスレジスタとして、リフレッシュメモリーの書き込み、読み出し動作を行なう。したがって、EAR の構成は、CAR の構成と同様カラムアドレスを示すエディットカラムアドレスレジスタ (ECAR) と、ラインアドレスを示すエディットラインアドレスレジスタ (ELAR) の二つのレジスタから成っている。CAR および EAR の内容の変更は、これらと接続されている加算器を用いて行なう。

キーボードレジスタ (KBR) は、表示キャラクタおよびデバイスコントロールキャラクタを一時保持するために用いられるレジスタである。またデバイスコントロールキャラクタの解釈は KBR で行なう。

コード発生部は、計算機またはハードコピー装置にデータを送出するとき、表示データに付加して所定のフォーマットを作るために用いられる。

4.2 データの受信時の動作

計算機からインタフェイス制御部を経由して送られてきたキャラクタおよびキーボードから送られてきたキャラクタは、いったん KBR に取り込み、ここで表示キャラクタとデバイスコントロールキャラクタとに区別する。受信したキャラクタが表示キャラクタの場合には、CAR によって示されるリフレッシュメモリーの番地に KBR のキャラクタを書き込み、CAR の内容を 1 カラムだけ進める。したがって、表示キャラクタを順次受信すると、CRT 画面上では、左から右へ 1 文字ずつ表示されていく。また、40 カラムまで文字を書き込むと自動的に改行される。

受信したキャラクタがデバイスコントロールキャラクタの場合には、制御の内容を解釈し、それがカーソル制御キャラクタのときは CAR を制御し、編集制御キャラクタのときは、画面に表示されているキャラクタを編集する動作を行なう。また、カラー制御キャラクタのときは、表示キャラクタと同様リフレッシュメモリーに書き込む。

計算機からテキストをディスプレイに伝送するとき、テキストの表示位置を指定するため、表示テキストの前にカーソル制御キャラクタを付けて送り出し、あらかじめ CAR を希望する値にセットしておくことができる。カーソル制御キャラクタ (表示テキストの先頭アドレスの指定、改行

の指定、ホームポジション指定などがある) は、表示テキストの中に自由にそう入ることができ、計算機から送出する表示テキストを任意のフォーマットで表示させることができる。

4.3 データの送出時の動作

キーボードまたは計算機から表示テキストの計算機への送出が指示された場合、CRT コントローラ部では、カーソルアドレスに送出データの最後を示す EMK(end mark) を書き込み、CAR の内容を EAR に移し、EAR を用いて、送出データの先頭を意味する SOE(start of entry) をサーチする。すなわち EAR をリフレッシュメモリーのアドレスレジスタとして用いてリフレッシュメモリーの内容を読み出し、読み出したキャラクタが SOE であるかどうかをチェックする。SOE でない場合には EAR の内容を一つ減じたアドレスにあるキャラクタを読み出し再び SOE であるかどうかをチェックする。このような動作を順次繰り返して SOE を探す。画面の最初の位置までサーチして、SOE が見つからなかった場合エラーランプを点灯して、送出データの先頭アドレス指定がなされていなかったことをオペレータに知らせる。一方、SOE が検出された場合には、インタフェイス制御部からのキャラクタ要求信号に従って、リフレッシュメモリーから EAR を用いて、順次 KBR に読み出し、SOE から EMK までのキャラクタをインタフェイス制御部に送り出す。インタフェイス部へは、SOE 送出前に表示テキストの先頭アドレス指定用のデバイスコントロールキャラクタと、SOE のキャラクタポジションとを送り出す。

データの再送が要求された場合には、再び CAR の内容を EAR に移し、SOE サーチから行なう。

キーボードまたは計算機から表示テキストをハードコピー装置に出力するよう指示された場合にも、計算機へデータを出力する場合と同じ動作を行ない、読み出されたキャラクタは、KBR から、ハードコピー装置に出力される。

4.4 編集制御

キーボードまたは計算機から CRT コントローラ部に入力されたデータは、

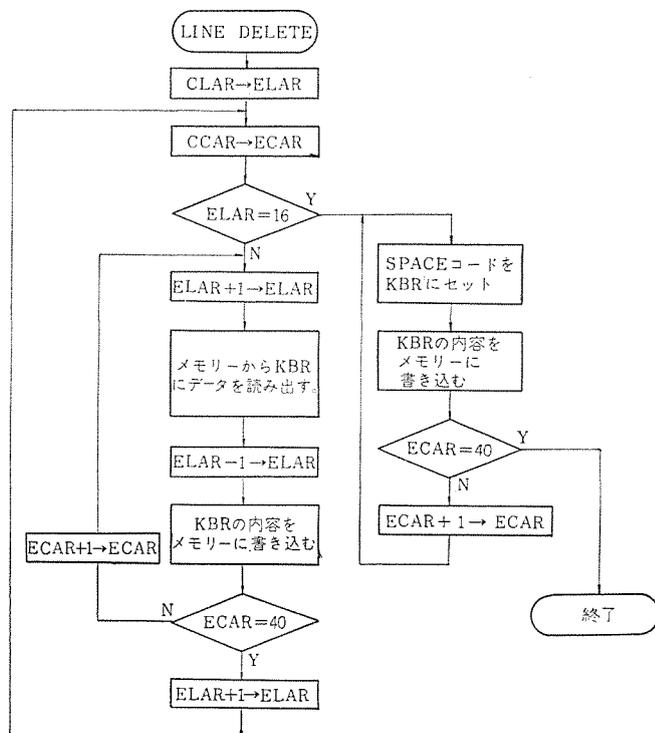


図 4.3 編集制御シーケンス例 (LINE DELETE)
Example of editing control sequence (LINE DELETE)

KBR でチェックされ、編集制御キャラクタの場合には CRT コントローラ部は、編集制御動作に入る。編集制御には、次のようなものがある。

(1) DISPLAY ERASE

カーソルアドレスから画面の最後までを消去する。

(2) LINE ERASE

カーソルアドレスからその行の最後のデータまでを消去する。

(3) LINE DELETE

カーソルアドレスからその行の最後までを消去し、消去した部分に下の行から画面の最後の行までを、1行分ずつ上方向に繰り上げる。最後の行の繰り上げられた部分は消去される。

(4) CLEAR

全両面消去

これらの制御はすべてリフレッシュメモリのアドレスレジスタとして E AR を、そして、データレジスタとして KBR を用いて行なう。編集制御動作の一例として、図 4.3 に LINE DELETE のときの制御フローチャートを示す。

5. む す び

M340 形 カラーキャラクタディスプレイ装置の概要を計算機とのデータ伝送制御方式およびディスプレイ内部の制御方式を中心に紹介した。論理回路の簡略化、大形カードによる高密度実装、両用カラーブラウン管

の使用などにより、小形で低価格の普及形カラーディスプレイ装置として、一つの先鞭(鞭)をつけたものと考えている。

計算機端末用ディスプレイ装置の分野において、CRT を用いたキャラクタディスプレイ装置は、今後数年間は確固たる地位を占めるものと思われ、さらに広い応用分野が開発されるものと思われる。それに伴いキャラクタディスプレイ装置の機能の向上、多様化が必要となり、また一方では、低コスト化が強く求められるであろう。キャラクタディスプレイ装置の機能の向上、多様化および低コスト化として、ディスプレイ制御方式リフレッシュメモリーを含めた制御ロジック部の LSI 化あるいはまた、スタッドプログラム方式の適用などが主要な話題となるであろう。また、今後ますます要求されると思われるディスプレイ装置に適したハードコピー装置の低コスト化も、ディスプレイ装置本体と同様重要な問題として残されている。

参 考 文 献

- (1) 大川, 渡辺: 画像技術 2, No. 3, 69 (昭46)
- (2) 大川ほか: 三菱電機技報, 投稿予定
- (3) E. Yamazaki: Japan Electronic Engineering 45, No. 8, 24 (1970)
- (4) 山崎: ソフトウェア科学 2, No. 11 (昭45)
- (5) 大川: ソフトウェア科学 3, No. 2 (昭46)

原子力船「むつ」乗員訓練用シミュレータ

関崎憲太郎*・和田 浩*・加藤 満雄*
浅井 英之**・犬伏 恭平**・横山 輝邦**
井塚 秀弥+・柳 父 靖+・岡 富士郎**

Training Simulator for Nuclear Ship the "Mutsu"

Japan Nuclear Ship Development Agency Kentarō SEKISAKI・Hiroshi WADA・Mitsuo KATŌ
Mitsubishi Atomic Power Industries, Inc. Hideyuki ASAI・Kyōhei INUBUSHI・Terukuni YOKOYAMA
Mitsubishi Electric Corp., Kamakura Works Syūya IZUKA・Yasushi YANABU
Mitsubishi Electric Corp., Nagasaki Works Fujio OKA

The first nuclear ship in this country, the Mutsu is now being equipped with a reactor and the crews are under training for the preparation of entering service of the ship. A simulator for the training of the crews have been installed recently in a simulator room at the site of the nuclear ship harbor of the Japan Nuclear Ship Development Agency in Mutsu City of Aomori Prefecture. As a result of a functional test on the various machines, it has been proved that the facilities are very satisfactory. The simulator is made up of an instructor panel for directions and supervision to the trainees, a main control panel for the operation by them, and an analog computer for the simulation of the systems. The article describes the details of the training and the outline of the facilities.

1. ま え が き

長年にわたり、一般船舶の動力源として石油による内燃機関が用いられてきた。近年、新しい形の動力源として原子核燃料を用いた船舶の開発が世界各国にて行なわれ、すでに建造され就航の途についている船舶も数多い。

造船技術をほこるわが国においても、米国・ソ連・西独等に続いて8,200トン、巡航速度16.5ノット、10,000馬力、加圧水形の原子炉熱出力36MWの原子力船「むつ」のぎ(籐)装工事が現在青森県むつ市の日本原子力船開発事業団定係港にて鋭意進められており、わが国初の原子核燃料を動力とする船舶としての就航を間近に控えている。

原子力船「むつ」の乗組員には、在来の船舶に対する知識と経験はもちろんのこと、原子力プラントに対する高度な知識と豊富な経験とが要求される。この乗組員の養成計画の一環として乗員訓練用シミュレータが製作された。本シミュレータは「むつ」の制御操作に最も重要な中央制御盤と同一外観の盤、原子炉および推進機関プラントとしての諸量の変動を模擬するアナログ計算機、インタロックおよび各種シークスを模擬するロジック演算部、訓練員に対する指令・監視を行なうための指導員盤およびその他周辺機器とによって構成されている。また本シミュレータによる乗組員の訓練は、原子力船の中央制御室に相当する訓練室にて対象訓練員が中央制御盤の操作を行ない、指導員が別室より訓練員の動作処置を監視するとともに、指令を指導員盤より発するような建屋配置とされ、訓練に際し講義を行なうための教室も配置され、より充実した訓練と教育が行なえるよう配慮されている。

以下に本シミュレータによる訓練内容・模擬系統・構成機器の概要、本機の特長について述べる。

2. 訓練内容

本シミュレータにより乗組員に対して行なわれる訓練の内容について述べる。

2.1 通常時運転操作訓練

(1) 原子炉の起動操作訓練

- (a) コールドスタートアップ：冷停止状態から原子炉ホット零出力までの操作。ホット零出力から10%負荷までの操作
- (b) ホットスタートアップ：温態停止状態から10%負荷までの操作

(2) 原子炉の起動より基底負荷までの出力上昇訓練 主発電機起動併用

(3) 出港準備、機関用意の諸作業 操作訓練

暖機、暖管、航海用補機の起動、主機ターニング、各部点検 機関用意諸作業

(4) 主機 試運転 操作訓練

復水器真空上昇、暖機ターニング止め、オートスピニング、試運転用意完了、主機試運転

(5) 主機 発停 増減速および反転操作訓練

主機操作と原子炉の応答を自動・手動の両者について行なう

(6) 航海当直 各部運転状態 調整訓練

指導員盤より種々の外乱(負荷変動)を与え、指令速力に合わせて各部の調整を行なわせる

(7) 入港用意 操作訓練

出力減小、補助缶用意、停泊用 補機準備

(8) 機関終了 操作訓練

主機使用終了に伴い逐次航海用補機の停止

(9) 停泊 当直訓練

原子炉運転のまま停泊する場合、低負荷運転に対する訓練を10~18%負荷の範囲において行なう

* 日本原子力船開発事業団 ** 三菱原子力工業(株)
+ 三菱電機(株)鎌倉製作所 ** 三菱電機(株)長崎製作所

(10) 原子炉の停止操作訓練

- (a) ホットシャットダウン：基底負荷からの温停止操作
- (b) コールドシャットダウン：温停止から冷停止操作

2.2 応急運転操作訓練

(1) 急速機関用意 操作訓練

停泊状態から急速機関用意をする。補助動力推進による場合と原子炉を使用する場合とを行なう。

(2) 航海中 緊急後進操作訓練

主機関急停止、緊急後進の操作とそれに関連した諸作業を行なう。

(3) 原子動力推進から補助動力推進へ切換え操作訓練

補助缶用意から始める場合と、補助缶汽醸中から始める場合とを行なう。

(4) 補助動力推進から原子動力推進へ切換え操作訓練

切換え諸操作を行なう。

(5) 再起動時の応急制御棒 操作訓練

原子炉いったん停止後、再起動する場合 X_c 等蓄積による中性子束変化に応ずる制御棒操作を行なう。

2.3 異常時運転 操作訓練

(1) 原子炉関係異常時の対応操作訓練

主冷却系統、体積制御系統、補機冷却系統、余熱除去系統、冷却機補給系統、蒸気および給水系統、自動制御系統、ロッドストップの流量・温度・圧力・水位等が異常なときの対応操作を行なう。

(2) 機関異常時の調整復旧または応急運転の操作訓練

主機関係、補助缶関係、発電機関係、その他系統の温度・流量・圧力・水位等が異常なときの対応操作を行なう。

2.4 緊急時の処置訓練

(1) 電源喪失時の緊急処置

補助発電機自動起動し、使用可能な場合と不能で非常発電機起動による場合とを行なう。

(2) スクラム時の事後処置訓練

停泊時、航海時、出入港時のスクラム後の処置操作を行なう。

(3) 機関々係 事故時の緊急処置訓練

主機 $L \cdot O$ 圧力低下によるトリップ、主復水器真空喪失、主給水ポンプトリップ、補助給水ポンプトリップ等の対応操作を行なう。

(4) 原子炉関係 事故時の緊急処置訓練

出力時制御棒抜き出し、一次冷却ポンプ 1 台停止等の際の対応操作を行なう。

3. 模擬系統の機能

原子力船「むつ」乗員訓練用シミュレータにおいて考えた原子炉部・機関部の各系統について模擬の機能的な内容について述べる。図 3.1 はこのシミュレータの概略ブロック図、図 3.2 は実プラントの概略系統図を示す。

3.1 制御棒操作とそれに関連する反応度

中央制御盤の駆動スイッチの操作または自動制御時においては、一次冷却材温度の制御信号による制御棒グループの動作を模擬し、これに伴う制御棒の反応度を核系に与えるとともに、制御棒の動作および状態を中央制御盤上に表示する系である。

中央制御盤上のスイッチの操作により、制御棒の駆動グループ選択・グループ駆動・個別駆動（自動制御用グループ）・手動自動切換えが行なえることは実盤と同様である。自動制御を行なっている場合には、アナログ計算機模擬演算部において計算する偏差信号によって停止・1本駆動・2本駆動が行なわれる。初期制御棒位置設定・制御棒グループ内位置差過大状態の発生のため、指導員盤からも制御棒を駆動することができる。また実盤と同様スクラム・全そう（挿）入・ロッドストップ・起動インタロックがシミュレートされる。その他制御棒位置指示・リミット表示灯・駆動表示灯・制御棒制御範囲外表示灯が中央制御盤上に表示される。

3.2 核および燃料伝達系

制御棒による反応度および熱系からの反応度帰還による中性子束

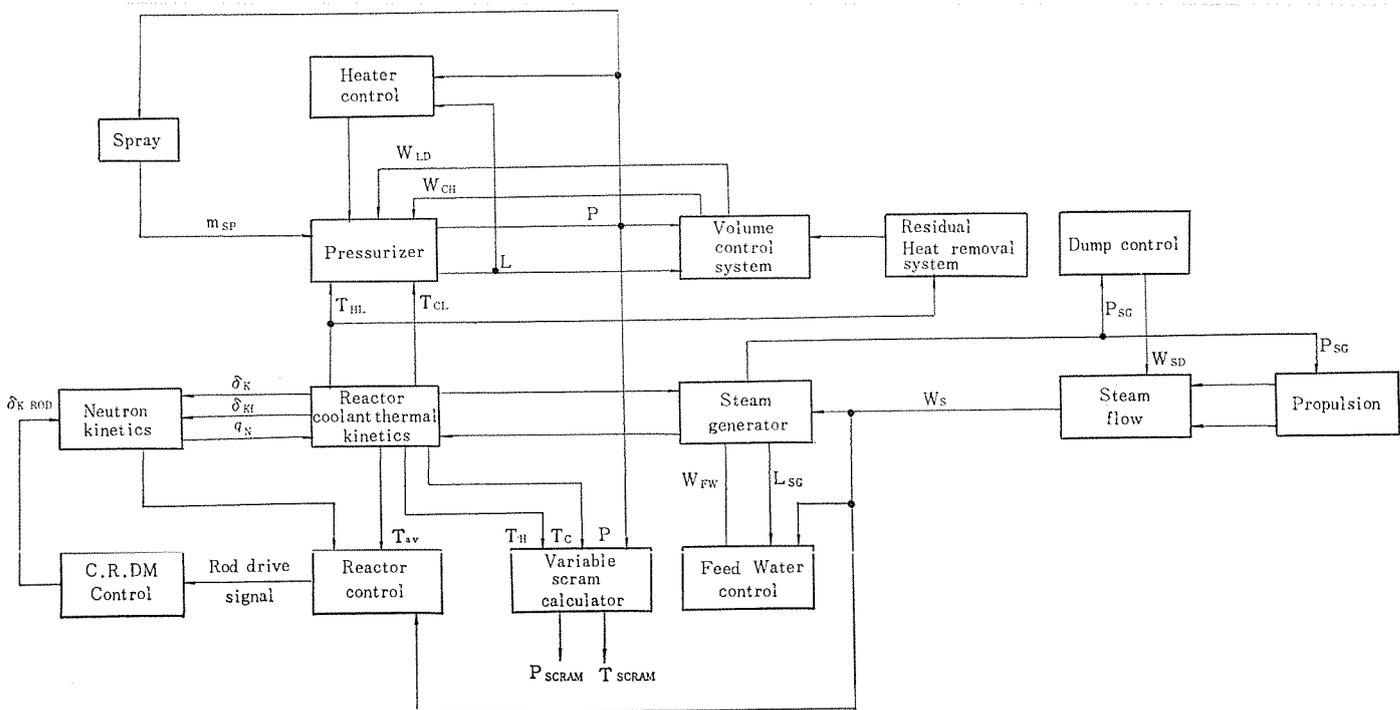


図 3.1 シミュレータブロック図 Simulator block diagram

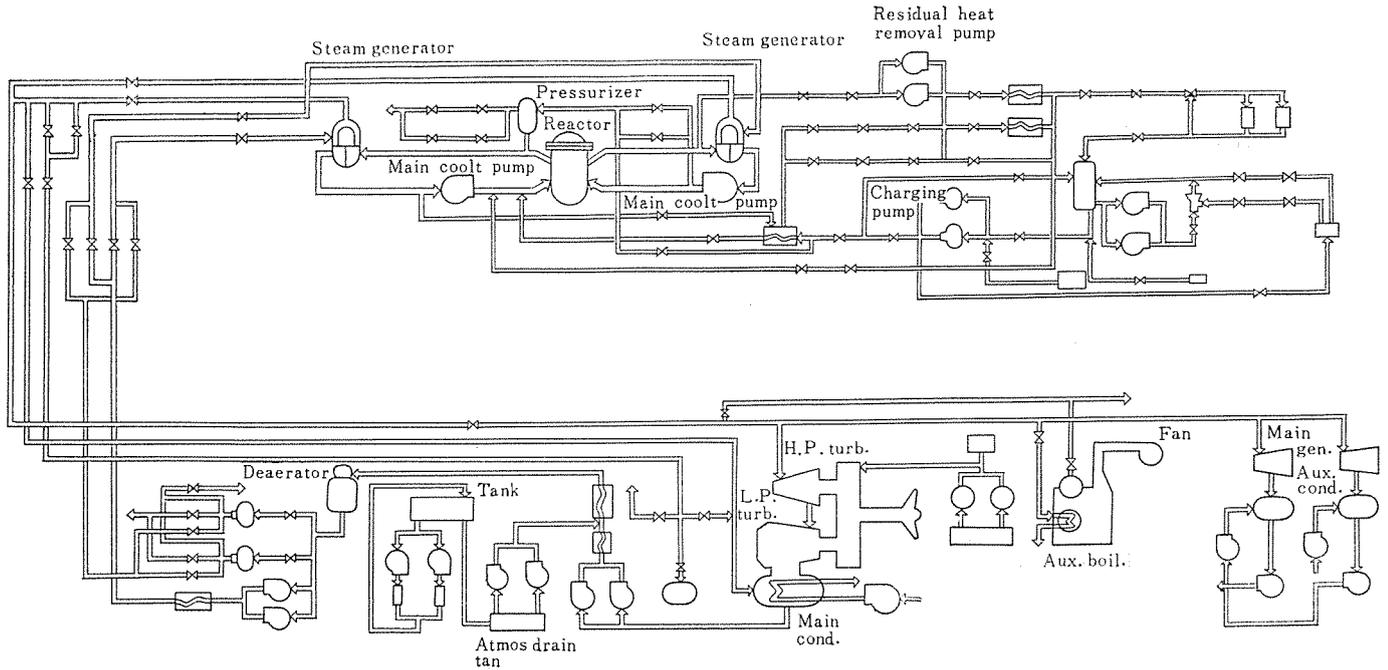


図 3.2 系統図
System flow diagram.

レベルの変化を計算し、燃料熱容量を考慮して炉心内冷却材への伝達熱出力を与え、同時に中央制御盤の核計装関係の計器へ信号を発生する系統である。

核系は制御棒位置・減速材温度・燃料棒温度による反応度変化を模擬し、遅発中性子群を含む核的動特性計算によって核計装の起動領域・中間領域・出力領域の指示・記録およびインタロックに必要な起動率・対数出力（起動・中間領域）・線形出力（出力領域）を与える。また線源領域（起動）においては中性子源の影響も考慮し、燃料損耗・分裂生成物の毒作用による炉心増倍係数の変化に対応するため、指導員盤から反応度バイアスを設定することができる。

核的動特性における遅発中性子群は3群とした。出力領域の線形出力は、燃料棒熱系模擬回路に発生熱源として与えられる。

原子炉を臨界にする手順操作は3.1節と3.2節の系だけで行なわれる。すなわち出力領域以下では、核分裂による熱発生はほとんど無視できるので、熱系を除外して制御棒駆動装置および核的動特性により臨界の達成、起動率の安全範囲内の維持、一定中性子束レベルへの整定操作が行なえる。またこの系にはインタロック回路として高起動率ロッドストップ、スクラムを含んでいる。

3.3 一次冷却系

燃料棒からの発熱量および蒸気発生器での除熱量から一次冷却系の温度を計算し、一次冷却材平均温度、差温度を中央制御盤に表示するとともに原子炉自動制御系等へ入力を与える系統である。

一次冷却材ループを原子炉、蒸気発生器、および配管などのセクションに分け、各セクション内での冷却材の移動および混合を混合モデルにより模擬している。蒸気発生器およびポンプなどの主ループは実プラントでは2ループであるが、原子炉容器および蒸気発生器二次側で熱的・機械的に連絡されていること、および事故時の特殊な場合を除いて2ループ並列運転であるので、このシミュレータでは等価な1ループで模擬した。ただし1台の一次冷却材ポンプが停止した場合にはポンプ表示炉を対応した状態にするとともに、一次冷却材温度指示を模擬している運転ループとは別のループ停止状態を表わす値に切換え

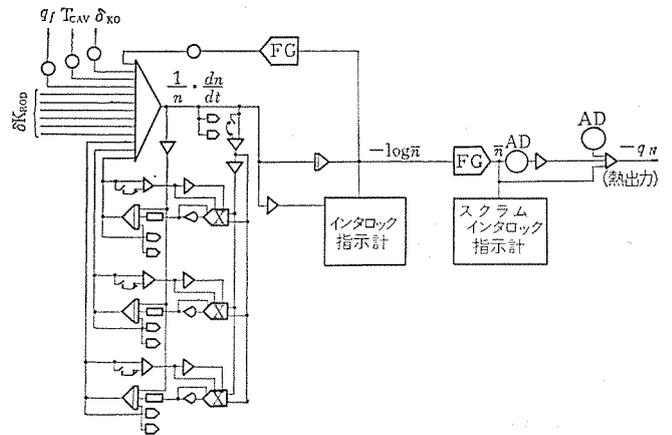


図 3.3 中性子系演算回路
Neutron kinetics.

ることにより、中央制御盤において状態の確認ができるものとしている。また一次冷却材系加熱および冷却は時間的に実時間では訓練に長すぎ、かつ大部分の時間は運転操作を要しない時間であるので指導員盤より短時間で温度変化を行なわせること、および一次冷却系温度を指定した値に設定することができるようにし、訓練のフレキシビリティを考慮している。この系はプロセス系として原子炉部の主要なエネルギー平衡を示すものであって、たとえば手動で原子炉出力運転を行なっている場合には、この系で計算する平均温度を監視しながら運転員が制御棒を操作することになる。

3.4 蒸気発生器

蒸気発生器一次側からの伝熱量、蒸気流量、給水流量から二次側の圧力・水位を計算し、給水制御系、主蒸気系へ入力を与えるとともに中央制御盤上に指示する系である。

2基の蒸気発生器は蒸気管において連絡されて並列運転を行なうため、蒸気圧力は2基とも同一なので飽和状態の下での圧力を算出するエネルギー平衡、質量平衡は2基共通の回路とした。ただし各蒸気発生器個別の給水制御装置の影響を妥当に模擬するために、水位

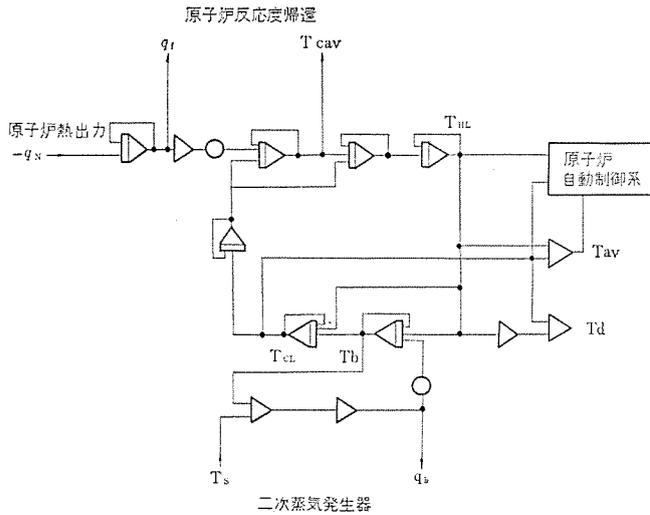


図 3.4 主冷却材熱系演算回路
Main coolant loop.

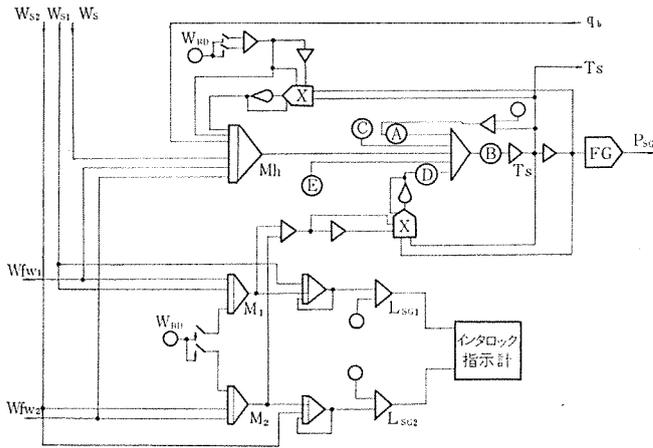


図 3.5 蒸気発生器演算回路
Steam generator.

は各蒸気発生器別に計算し、たとえば運転員が手動で片方の給水を操作した場合の効果を確認できるようにした。水位は蒸気流量に対応する沸騰部保有気泡量および質量増減による成分から合成されるものとして模擬した。したがって蒸気流量が変化したときの水位の応答も表わすことができる。

3.5 加圧器

一次冷却材系の温度変化による体積膨張・収縮・充てんおよび抽出流量差、ヒータ、スプレー、逃し弁・安全弁による入力により一次冷却系の圧力および加圧器水位を模擬し、インタロックおよび制御系への入力信号を発生するとともに、中央制御盤上において圧力状態を指示する系統である。

加圧器内においては蒸気相は飽和状態とし、液相部は飽和または次冷却状態として模擬している。したがってルーパから次冷却冷却材が加圧器に流入した場合の蒸気相と液相の温度の過渡的な相違も表わすことができる。加圧器ヒータ、スプレー、逃し弁は自動制御または手動制御で中央制御盤から切換えて操作することができ、安全弁は圧力により自動的に作動する。ヒータによる液相部の加熱および飽和温度に達してからの沸騰、スプレーによる蒸気の凝縮、逃し弁・安全弁による蒸気の放出の圧力、水位に対する影響もモデルに含まれている。

一次冷却系と同様加圧器水位および圧力は短縮された時間で指導

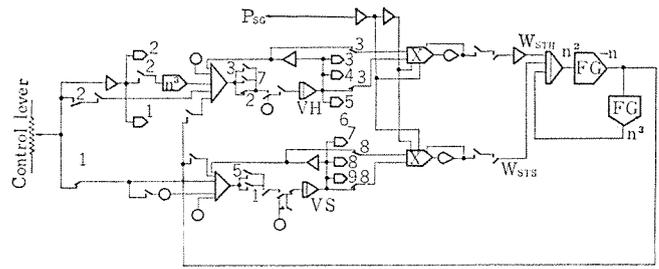


図 3.6 主機タービン操縦演算回路
Propulsion system.

員盤から増減することができる。また一次冷却系の加速された温度増減時に不必要な過大サージが加圧器におよばないように加圧器サージ入力を指導員盤から切離すこともできる。加圧器系によって加圧器加熱・汽醸・水位・圧力制御の訓練を行なうことができ、また負荷変化等過渡時における圧力応動の様子が観察できる。

3.6 主機タービン操縦系

中央制御盤上のコントロールバーを操作することにより前進および後進操縦弁を開閉し、主機タービンに流入する蒸気流量の増減を模擬し、推進軸回転数を計算する系である。

前進および後進操縦弁作動に関しては、相手側弁開度によるインタロック、安全追込みによる時間遅れを考慮している。推進系慣性系における推進トルクは回転数の関数として模擬している。

コントロールバーの操作により操縦操作の訓練と操縦操作と原子炉系との関連に習熟する訓練が行なえる。

3.7 二次蒸気・給水制御系

前項から発生する主機タービン蒸気以外に給水ポンプ駆動蒸気・主発電機用蒸気・復水タンク蒸気・安全弁放出蒸気等を合わせた蒸気発生器からの蒸気流量を蒸気発生器出力として発生する系と、3要素制御による給水流量制御を行なう系である。蒸気流量、給水流量などは中央制御盤上に指示する。

主復水器タンク流量は、蒸気発生器二次側圧力による自動制御または手動による操作が行なえる。崩壊熱タンクは中央制御盤から手動で行なう。主発電機・給水ポンプ蒸気流量の値は指導員が設定するものとするが、関係機器トリップによってインタロックされる。この系により蒸気タンク操作、給水制御弁操作の訓練ができる。

3.8 各制御装置のインタロック

原子炉スクラムおよびその出力状態によるインタロック、一次冷却系低圧、高温、加圧器高水位、蒸気発生器低水位、制御棒位置差過大、中間領域高起動率によるスクラムは模擬され、出力10%以下ではこれがブロックされるインタロックも模擬されている。

この他にロッドストップおよびその出力状態によるインタロック、運転時蒸気タンク回路インタロックも含まれている。

3.9 体積制御系

充てんポンプ運転台数、抽出ライン弁開度、および一次冷却系圧力から充てん流量、低圧抽出ライン圧力、および再生熱交換器出口温度(抽出側)を算出し、中央制御盤に指示する系である。

充てんポンプは往復形であり系の圧力によらず運転台数によって充てん流量が決まるものと考えられるが、抽出流量は一次冷却材系の圧力の影響を受けるので、この影響も模擬している。ただしこの系は加圧器水位制御(特に汽醸時)が主たる役割であるので再生熱交換器による温度計算は簡略化したモデルを用いている。抽出ライン弁は自動または手動で中央制御盤より操作することができる。

3.10 補機冷却系

補機冷却系は簡略化した模擬を用いている。この系から表示灯以外に中央制御盤に指示するのは流量および補機熱交換器出口温度であるが、中央制御盤からの操作に直接関係のない負荷も少ないので、流量は補機冷却ポンプ運転台数によって一定値を ON-OFF するものとしている。温度は指導員にて設定する。ただし補機冷却海水ポンプが停止した場合には、対応する警報が自動的に発生するものとしている。

3.11 余熱除去系

余熱除去ポンプ・熱交換器、および弁の操作に応じて戻りライン流量・温度、余熱除去熱交換器出口温度を中央制御盤に指示する系である。余熱除去熱交換器冷却水制御（出口温度制御）は中央制御盤にないので、弁ポンプの操作に対応した状態を示す程度に簡略化した模擬を行なっている。ただし低圧においては体積制御の抽出流量はこの系の弁操作によって変化することや、隔離弁の圧力によるインタロックは含まれている。

3.12 主復水器

主復水器は、関連機器の運転状態によって一定値の真空度を ON-OFF する程度の簡略化した模擬としている。ただし真空度低下などの状態を指導員盤から発することができる。

3.13 非常用崩壊熱除去系

非常用崩壊熱除去ポンプおよび弁のスイッチ操作に対応して表示灯を点滅する系である。

3.14 制御棒駆動装置封水系

実プラントにおいては原子炉運転に必ず(須)の系であるが、それだけに運転訓練中は常に作動状態にあると考えられるので、その状態を表示している。

3.15 非常給電指令装置

スクラム・主発電機・補助発電機トリップなどによる状態および給電指令を表示する系である。スクラム、SI 以外は指導員盤にて状態を指令している。

以上に述べてきた各系統の計算機による模擬回路の代表例を、図 3.3~3.6 に示す。

4. 機器の概要

このシミュレータは、中央制御盤・定電圧装置・アナログ計算機（模擬演算部）・指導員盤・記録装置・付属品予備品・空調器とで構成されており、各装置は訓練室・計算機室に設置されている。

訓練室の中央制御盤は訓練の中心となるところで、実プラントの中央制御室のそれと外観上まったく同じものとしてある。計算機室には定電圧装置・アナログ計算機・指導員盤・記録装置などが設置されている。指導員は指導員盤の上の窓を通して、訓練室を見ることができ、また指導員盤の操作により状態設定および監視ができるようになっている。

4.1 中央制御盤

中央制御盤は実プラントと同じ外観となっており、グラフィックパネルにランプ・スイッチ・記録器・コントローラ・指示計が組み込まれている。そのほか中央制御盤には、ロッドシーケンスおよびプログラム、スクラムロジックなど、リレーロジック回路が内蔵されている。

外観は実プラントと同じであるが、シミュレータにおいて、信号はすべてアナログ計算機との授受または内蔵電源により駆動されており、指示計・記録器・コントローラ類は直流用計器となっており、目盛板のみが必要に応じて圧力・温度・流量など物理量で目盛りされている。図 4.2 に中央制御盤の外観を示す。

4.2 定電圧装置

定電圧装置は屋外に設置された変圧器の出力 AC 200 V を入力とし、出力として 220 V の安定化された電源をアナログ計算機に供給する装置で、磁気増幅器式並列共振形である。

4.3 アナログ計算機

アナログ計算機は原子力船「むつ」の原子炉部・機関部の動特性を実時間で連続的に模擬する部分で、このシミュレータの心臓部となっている。訓練生による中央制御盤の操作信号および指導教官による指導員盤よりの操作信号を入力として計算し、この結果を中央制御盤および指導員盤に送り、指示計・記録器・ランプ・アナシエータなどに表示している。

計算機は EA-7250 形全シリコントランジスタ式高精度アナログ計算機を基本としている。図 4.3 に外観を示す。大きさは高さ 1,800 mm、

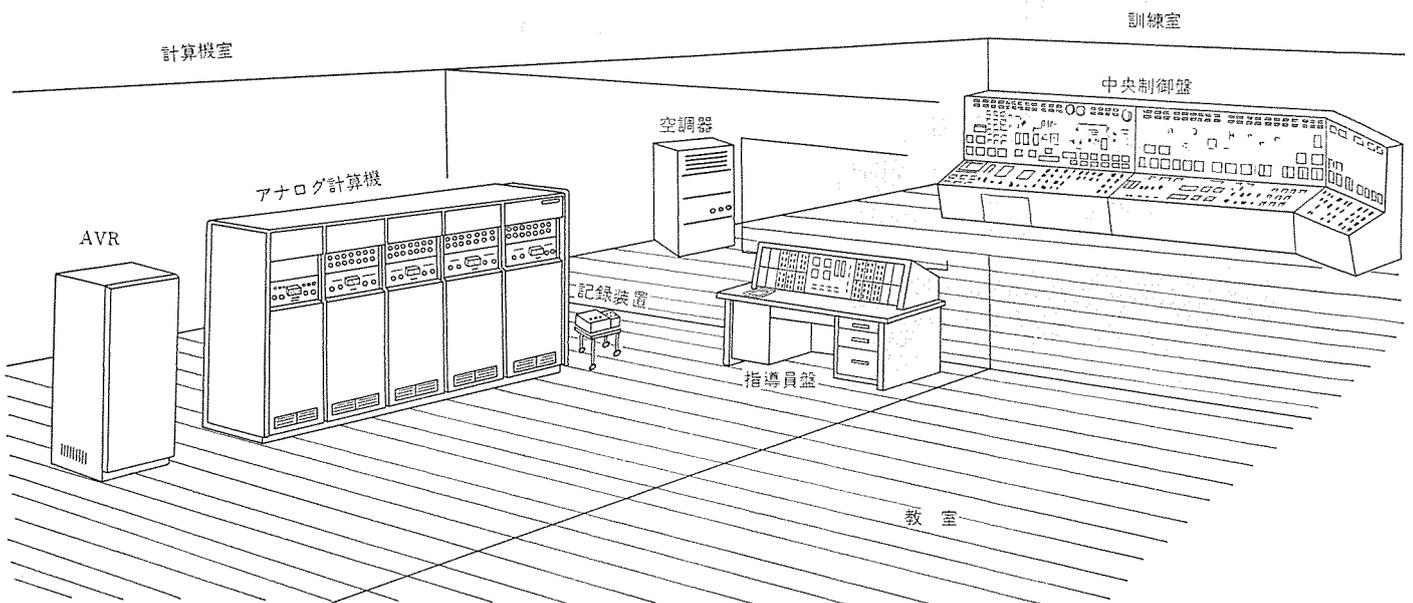


図 4.1 シミュレータ機器の配置 Arrangement of the simulator.

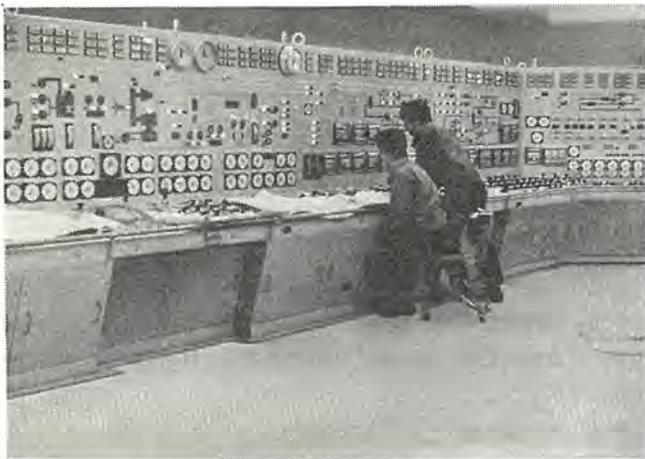


図 4.2 中央制御盤
Main control board.

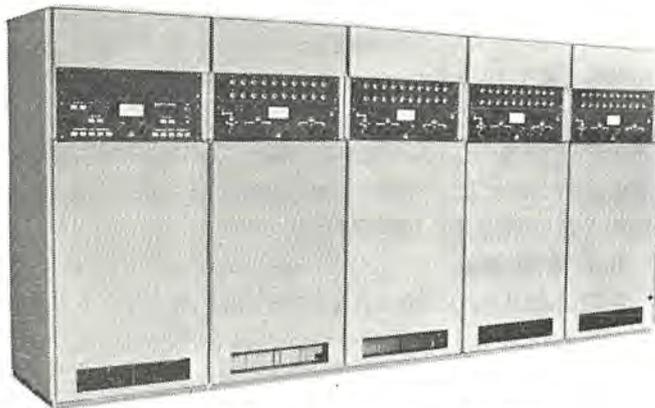


図 4.3 実プラントを模擬するアナログ計算機
Analog computer used for simulator.

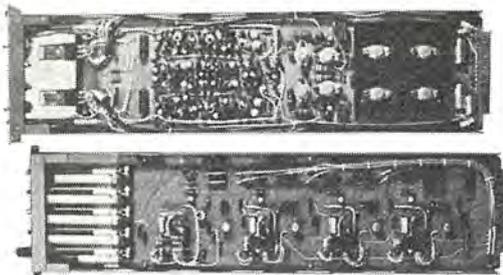


図 4.4 演算増幅器(上)と電圧比較器
Operational amplifier and comparator.

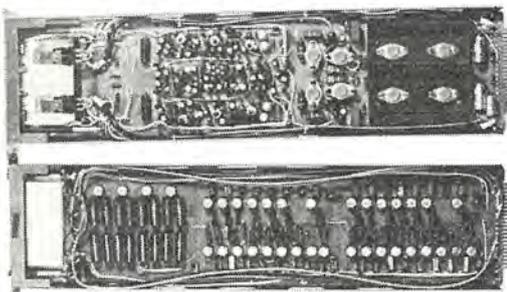


図 4.5 演算増幅器(上)と関数乗除算器要素
Operational amplifier and function multiplier/divider.

幅 3,800 mm, 奥行 750 mm で 5 架より構成されている。正面から見て左側の 1 架が制御架となっており、演算制御・各種電源・モータポテンシオメータなどが実装されている。右側 4 架は電源・ポテンシオメータ・演算増幅器・電圧比較器・関数乗除算器・関数発生器・演算インピーダンス・出力選択盤がそれぞれ必要に応じて実装されている。

表 4.1 演算要素仕様一覧
Computing component specifications.

はん用演算増幅器	回路方式	全シリコントランジスタ式チョップ安定化	
	出力電圧	±100 V 最大 20 mA	
	直流利得	150 dB Typ.	
	周波数特性	2 MHz Typ. (UNITY GAIN)	
	ドリフト	20 μV/8 Hr 2 μV/°C Trp. (入力換算)	
	周囲温度	0~+35°C	
	所要電源	±135 V, ±12 V (安定化)	
	入力インピーダンス	直流域 1.3 MΩ 高域 0.5 MΩ Trp.	
直線性	0.01% 以下		
関数乗除算要素表	回路方式	全シリコン高速ダイオード 1/4 自乗差方式	
	精度	±0.1% 以下 (フルスケール 200 V) ただし (除算時は除数が 100 V) ±5.0% 以下 (除数が 10 V のとき)	
	機能	乗算, 除算, 自乗, 開平	
	所要電源	±100 V 安定化基準電源	
	入力インピーダンス	10 kΩ Typ.	
ポテンシオメータ	形式	10 回転巻線式	
	抵抗値	30 kΩ 保護ヒューズ付き	
	分解能	約 0.01%	
	ダイヤル	1,000 等分目盛ストップ付き	
	設定精度	±0.02% Typ.	
	直線性	±0.3% 以下	
抵抗温度係数	20 PPM/°C 以下		
電圧比較器	回路方式	IC 化専用増幅器内蔵	
	感動電圧	±30 mV 以下	
	精度	±0.1% 以下	
	入力インピーダンス	100 kΩ	
演算抵抗	抵抗器	精密金属皮膜抵抗器	
	抵抗値許容差	±0.5% 以内	
	抵抗温度係数	0±100 PPM/°C 以内	
帰還コンデンサ	誘電体	ポリカーボネイト	ポリステレン
	静電容量	10 μF	1 μF (0.5 μ 並列)
	偏差	+0, -1% 以下	±0.5%
	容量温度係数	±100 PPM 以下	±100 PPM 以下
	tan δ	0.5% 以下	0.2% 以下
絶縁抵抗	10 ⁴ MΩ 以上 2×10 ⁴ MΩ 以上		
ミ関器数タリ究	回路方式	専用ダイオード折線式	
	精度	折線に対して ±0.5% 以内	

また信頼性を高めるために、パッチボードをなくし、プログラムはすべて固定結線としている。

原子炉中性子系、一次冷却水系、加圧器系などは原子炉部の模擬に最も重要なところであり、精度的にもきびしいブロックである。0 V 付近での乗算精度をあげるスケール変換、定常値における精度向上のため定常値付近で 0 V 演算となるようなスケール変換などにより、これらの重要な系の演算精度が確保できた。

このシミュレータで使用している演算要素は、高性能演算増幅器 230 台、電圧比較器用 IC 演算増幅器 110 台、関数乗除算要素 15 台、ポテンシオメータ 100 個を使用しており、この種のものとして最大のものとなる。ここで使用した演算要素を図 4.4、4.5 に示す。表 4.1 はこれら要素の仕様を一覧表にしたものである。

4.4 指導員盤

訓練用シミュレータでしばしば採用される装置で、指導教官が訓練計画に従って、各種運転条件を設定したり、事故プログラムを設定するため、プラントの状態を加速的に移行するため、運転状態を監視す

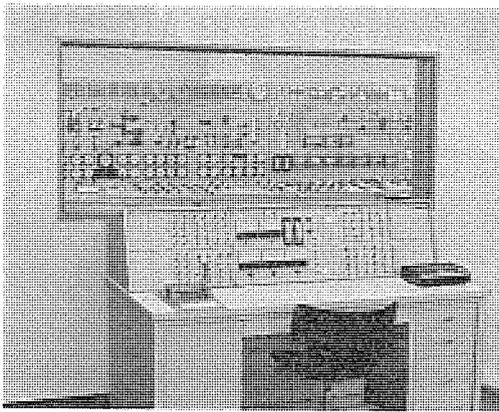


図 4.6 指導員盤
Instructor panel.

るためなどに用いられる装置である。中央制御盤，アナログ計算機と接続されており，指導教官はいつでもすわったままでガラス窓越しに中央制御盤を見ることができ，中央制御盤を操作している訓練生に適切な指示を与えることができるようになってきている。また計算機のスイッチをNORMALとすることにより，演算制御および初期条件の設定などを指導員盤からもできるようになっている。

指導員盤のパネル面はスイッチ，ランプ，ポテンショメータ，指示計およびエンジンテレグラフで構成されている。

4.5 記録装置

記録装置は，計算機背面に引出された各種測定端子の出力を記録する装置で，訓練生の操作に従った演算結果が記録として残される。この記録から訓練生の熟練の度合いが判定できる。

この記録装置は，6チャンネルインク書き(円弧)，記録振幅は ± 20 mm，記録紙幅 296 mm，18段速度切換えができる。

4.6 付属品予備品

付属品予備品として テスタ，デジタルボルトメータ，絶縁計，工具，その他部品類で構成しており，日常の保守および簡単な修理ができる。

4.7 空調器

計算機室および訓練室に各1台設置されており，冷暖房兼用である。この2台の空調器により室温 $22 \pm 3^\circ\text{C}$ ，湿度70% RH以下に設定でき機器の動作環境条件を確保している。

5. 本機の特長

2章の訓練内容を十分満足させるために本シミュレータは，各種の考慮を払っているが，そのおもな特長について以下に述べる。

(1) 訓練の真実感

訓練員の操作する中央制御盤は，原子力船のそれと外観的にはまったく同一に作られており，プラント各部のパラメータは実時間で変動するので，実プラントを運転する場合と同じ感覚にて訓練を行なうことができる。

(2) 訓練の繰返し

原子力船動力プラントの操作については，高度な知識と経験が必要とされるため，同一の訓練項目を数多く反復することにより短時間で経験を積み重ねることができる。

(3) 訓練期間の短縮

指導員盤より必要に応じて原子炉の起動停止および実際の現象を加速する操作が任意に行なえるので，より効率のよい訓練ができ結果として訓練期間を短縮できる。

(4) 対応動作訓練

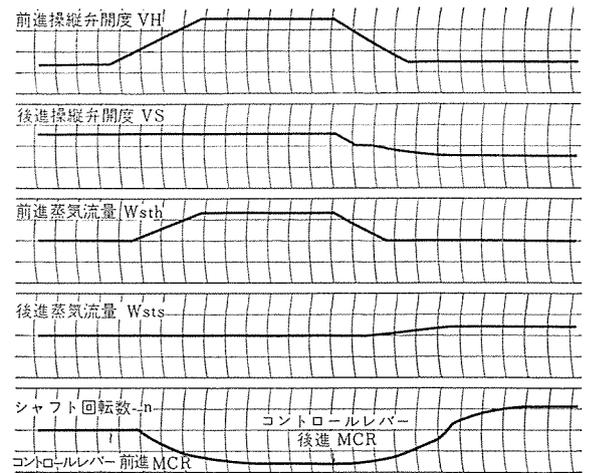


図 5.1 主機タービン操縦
Test data of propulsion system.

実機ではできない異常ならびに緊急時の対応動作が十分に訓練でき，さらに指導員盤からの事故異常指令に対する訓練員の対応動作の適否につき，指導員が判断する場合にプラントの状態を凍結させることができる。

(5) その他の特長

構成要素のアナログ計算機は高精度の部品を使用し，固定結線によるプログラムを行なった専用計算機としており安定で信頼性が高い。また計算機の演算要素の半導体化・IC化により小形化され専有面積が小さくなっている。

本シミュレータは現地据付調整後，各種の機能テストおよび起動・停止試験が実施されたが，いずれも好成績を得た。図5.1は，テスト結果の一例である。

6. む す び

ここに紹介した「むつ」乗員訓練用シミュレータは，現在青森県むつ市「むつ」定係港シミュレータ室において乗員訓練に活躍中であり，新しい推進用動力源である船用原子炉プラントの運転特性のは(把握)操作技術の習得に資することによりわが国の原子力船開発の一翼をにならると同時に，人間工学的にも一つの記録を成すものであると信ずる。

本シミュレータは，基本計画を日本原子力船開発事業用 運航準備室で，システム設計を三菱原子力工業(株)で，中央制御盤製作を当社社長崎製作所で，計算機・指導員盤・その他の製作を当社鎌倉製作所で担当したが，米国にサバナ号用の先例があるとは言え，原子力船用としてはもちろん原子炉用としてもわが国最初の本格的訓練用シミュレータであり，所期の性能・納期どおりに完成し得たのは設計・製作途上における関係各位のご指導・ご協力によるものと深く謝意を表わす次第である。

参 考 文 献

- (1) 新井，藤田，織田，吉野，大鳥羽，柴谷，多田：日本原子力発電(株)東海発電所原子炉シミュレータ，三菱電機技報，39，No. 3 (昭40)
- (2) 柴谷・桑田・持田・三田村・石橋：火力発電所運転訓練用シミュレータ，三菱電機技報，41，No. 9 (昭42)
- (3) 横須賀ほか：船用原子炉プラントの制御方式に関する試験研究，日本原子力船 研究協会

日本国有鉄道 常磐線電車用 ATC 試験設備

金子 弘美*・豊田 武人*・丸山 和志*

Test Equipment for ATC on Electric Cars of the J.N.R. Joban Line

Kamakura Works Hiromi KANEKO・Takehito TOYODA・Kazushi MARUYAMA

Electric cars (model 103) of the J. N. R. Joban Line began to extend their running into the Chiyoda Line of the Teito Rapid Transit Authority on April, 1971. On these cars are equipped ATC (automatic train control) devices which had never been carried heretofore on vehicles except those operating on the New Tokaido Trunk Line. A daily test is made on the ATC when the cars leave their car barn. Also periodic tests are given every month with different accuracies to insure the performance of the safety devices. The labor saving is the requirement of the time with the business of car maintenance. To attain the aim testing methods as well as testing equipment of high efficiency must be studied. This article introduces one example of tests conducted on the ATC mentioned above as a reference.

1. ま え が き

昭和46年4月20日、日本国有鉄道常磐線から帝都高速度交通営団千代田線への直通乗り入れ運転が開始された。この運転に使用される103系電車には新幹線以外に用いられるものとしては初めて、車内信号表示器付き自動列車制御装置(ATC: Automatic Train Control Apparatus)が積載され、保安面での強化とともに運転の円滑化が図られている。

日本国有鉄道の車両検査基準に基づき、このATC装置を検査するためにATC自動試験装置および可搬形試験器を製作納入した。

自動試験装置は、保守業務の省力化・高効率化を目的とし次のような特長を持っている。

- (1) 試験条件はすべてデジタル量として設定する。
- (2) 試験条件に対するATCの出力はすべてデジタル出力となるようにする。
- (3) 主要試験は最大限に自動化し、試験所要時分を短縮する。
- (4) 試験員は車上にいてすべての試験操作を行ない、試験を完了することができる。

今後ますます増大する車両保守業務を少なくし、かつ能率的に行なうためには、車両部品の設計、試験装置の計画が一体となることが必要であるが、具体的実例としての一方向を紹介する。

また、可搬形試験器は、地上に試験のための固定装置を持つことなく、任意の停車位置に停車中の電車に持ち込んで手動操作により、簡単な試験から複雑な精度の高い試験まで自由に活用することができるものであり、持運びを考慮して小形・軽量の構造としている。

2. 常磐線 ATC について⁽¹⁾

図2.1にATC装置の系統図を示す。

地上の送信器より、先行列車との間隔や線路条件によりきまる制限速度に応じた周波数の信号がATC制限速度信号として、レールと先頭車軸よりできる軌道回路にATC地上装置から流され、受電器によって車上の受信器に導かれる。

受信器で信号が判別され、これを車内信号表示器にランプ表示することにより運転士に制限速度を知らせるとともに、TS-5形制御装置に導かれる。

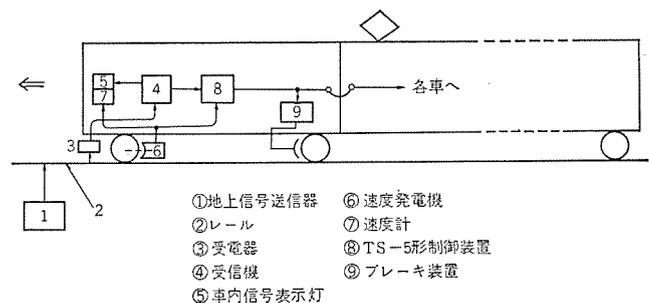


図 2.1 常磐線 ATC 装置系統図
System diagram of ATC on Joban line.

制御装置は車軸の回転を検出する速度発電機により、列車の走行速度を検出し、これと受信器より与えられる制限速度とを比較し、前者が後者より大となればブレーキを指令する。

すなわち、ATC装置は先行列車と保安上必要な間隔を保つ等の目的に使用される保安装置である。

本ATC装置の特長として、信頼度を向上するため三重系で構成されるとともに、自動故障検出を行ない、故障系列の表示と切離しを行ない、さらに照査器をデジタル化⁽²⁾することにより照査精度を高め、保守点検業務が能率化できるような設計となっている。

3. 自動試験装置

3.1 試験項目

表3.1に本自動試験装置により行なわれる試験項目を示す。試験種別として、仕業検査(毎日の出庫点検)および交番検査(定期検査)に分かれる。

3.2 自動試験システム⁽³⁾

図3.1にATC車上装置自動試験システムの概念を示す。システムの構成は大別して、ATC車上装置・ATC試験用付加装置・試験制御装置から構成される。

(1) ATC車上装置

被試験装置であり、付加装置より与えられる種々の設定条件信号によって動作し、出力信号を付加装置へ与える。

(2) 試験制御装置

表3.1に示した試験プログラムを内蔵しており、このプログラムに

表 3.1 ATC 試験項目
Items of automatic testing.

試験種別	名称	記 事
仕 業 検 査	ATC 動作試験	ブレーキ指令シーケンス試験 5k 検知動作試験
	車内信号表示試験	ランプ点灯確認 (目視確認により進段)
	速度計指示試験	メータ指示確認 (目視確認により進段)
交 番 検 査	受信器特性試験	不動レベルチェック 選択度特性試験
	故障検出動作試験	系列故障開放試験 システム故障開放試験
	照査特性試験	照査精度チェック ブレーキ指令シーケンス試験 5k 検知特性試験
	車内信号表示試験	仕業検査と同じ
	速度計指示試験	仕業検査と同じ

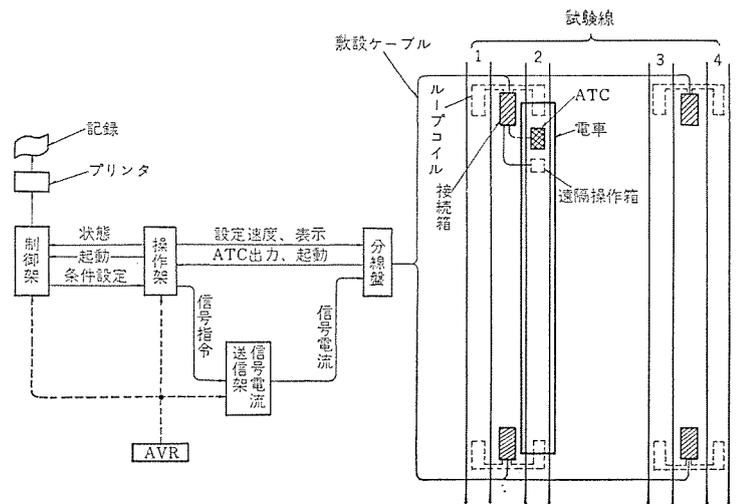


図 3.2 ATC 試験装置構成図
System of ATC test equipment.

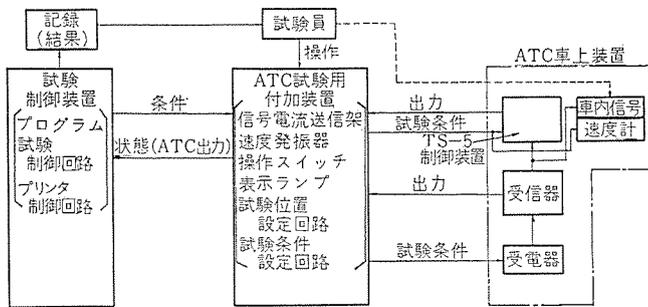


図 3.1 ATC 自動試験 システム 概念図
Block diagram of ATC automatic test system.

従って、付加装置は試験条件設定を指令するとともに、ATC 車上装置の出力信号を付加装置より受取り、これと規格とを比較して判定を行なう。

また、試験結果をプリンタを用いてプリントする制御を行なう。

(3) ATC 試験用付加装置

試験員による試験申し込み指令により試験回路を構成する試験位置設定回路、また、試験制御装置からの指令により ATC 車上装置に対し実際に試験条件を設定する回路、被試験装置よりの出力信号を試験制御装置へ中継する回路等が含まれる。

また、試験員に対する指示、および試験状態を表示する表示部、手動試験設定用の操作部、試験位置と試験室内間で連絡を行なうための連絡装置がある。

(4) 試験員

被試験装置に対するケーブルのつなぎ込み、記録紙のセット、自動試験の起動、動作状態の監視、試験中の一部手動操作を行なう。

本試験装置においては(2)の試験制御装置には制御架・プリンタが含まれ、(3)の ATC 試験用付加装置には操作架 (入出力リレー盤・速度発振器・表示盤・操作盤・連絡装置)、遠隔操作箱、接続箱、信号電流送信架、定電圧電源装置 (AVR) が含まれる。

3.3 ATC 試験装置の構成

図 3.2 に本 ATC 試験装置の構成を示す。

試験室外の試験線 (4 線) の所定の位置に電車を止め、ATC 装置は車上に積載されたまま試験が行なわれる。

接続箱に収納されているケーブルで ATC 装置と接続箱間を結べば、地上に敷設されたケーブルにより分線盤を通じて、試験装置と ATC 装置がつながれる。

また、同じく接続箱に収納されている遠隔操作箱を取り出し、こ

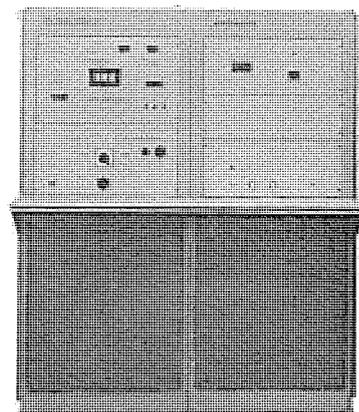


図 3.3 操作架
Operation unit.

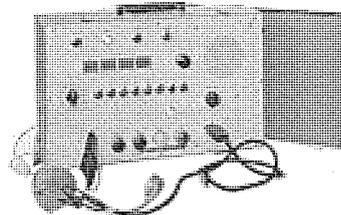


図 3.4 遠隔操作箱
Remote operation unit.

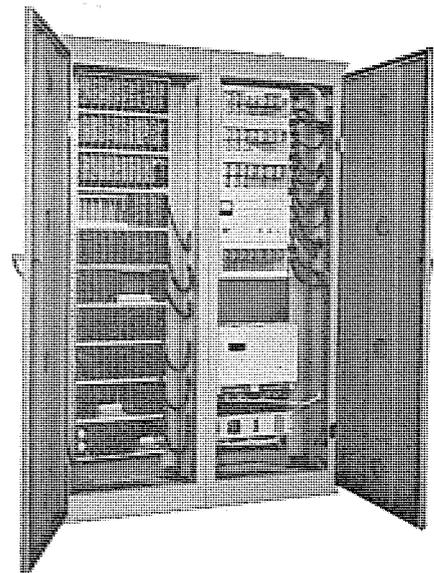


図 3.5 制御架
Control unit

表 3.2 機器構成表
Composition of each equipment.

機器名	外形寸法	構成	記事
操作架	W 1,150 H 1,400 D 450	操作盤 表示盤 速度発振器 リレー盤 2面 連絡装置(親機) 操作卓	リレー約80個
制御架	W 1,150 H 1,800 D 450	論理回路部 試験パネル 入出力リレー盤	
送信架	W 400 H 600 D 350	カード部 表示盤 入力リレー盤	
遠隔操作箱	W 420 H 260 D 160	操作スイッチ 表示ランプ 連絡装置(子機)	重量約 10kg
接続箱	W 400 H 1,500 D 450	端子板 80点 ケーブル 3本	遠隔操作箱も収納
分線盤	W 520 H 800 D 250	端子板 120点	
A V R			AC 100 V 2kVA

表 3.3 命令一覧表
Command table.

種別	コード	記事
予備	00~09	00は無為命令として使用
出力	10~19	信号(制限速度)指令
	20~29	等価速度設定指令, 目視確認指示
	30~39	試験項目表示指令
	40~49	等価速度入・切指令, 故障復帰指令
入力	50~59	ATC 出力検索, 目視確認検索
	60~69	試験起動入力検索
タイマ	70~79	時間待指令 (0.5~8 秒)
分岐	80~89	SK フリップフロップセット
	90~99	SK フリップフロップリセット

れにより試験の起動および必要な操作を行なうことができる。信号電流は電車の先端の受電器下に設置されたループコイルに流される。

表 3.2 に各機器の構成を示す。

3.4 プログラムおよびプログラム制御動作

命令語はコマンド (5 bit), およびオペレーション (5 bit) から構成される。

コマンドおよびオペレーションはおのこの C₉コードを用いている。コマンドは命令の分類を示し、オペレーションは実行内容を示す。したがって命令点数は最大100点となっている。

プログラムステップは最大512ステップであり、ダイオードマトリクスによりプログラムが行なわれる。

表 3.3 に命令一覧表を示す。

図 3.6 に制御架のブロック図を示す。

(1) 水晶発振器および分周器

所要のクロックパルスを発生させるとともに、これを分周してタイマの基準時間を作る。

(2) ステップカウンタ

プログラム番地を1ステップずつカウントする。

(3) SK (スキップ) フリップフロップ

プログラムの分岐を行なう。入力リレーにより試験起動入力が与えら

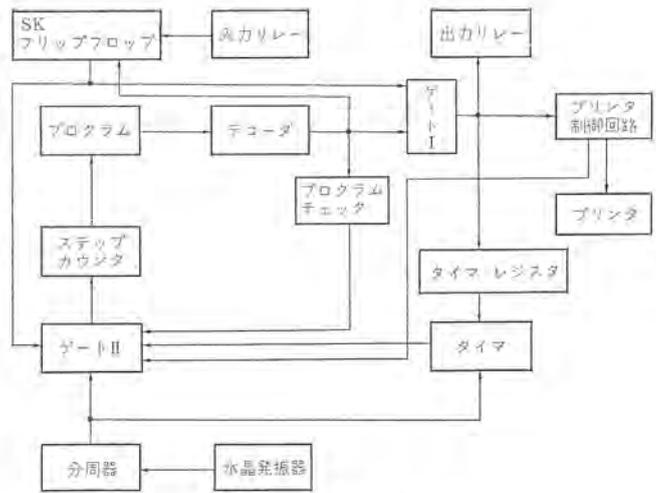


図 3.6 制御架ブロック図
Block diagram of control unit.

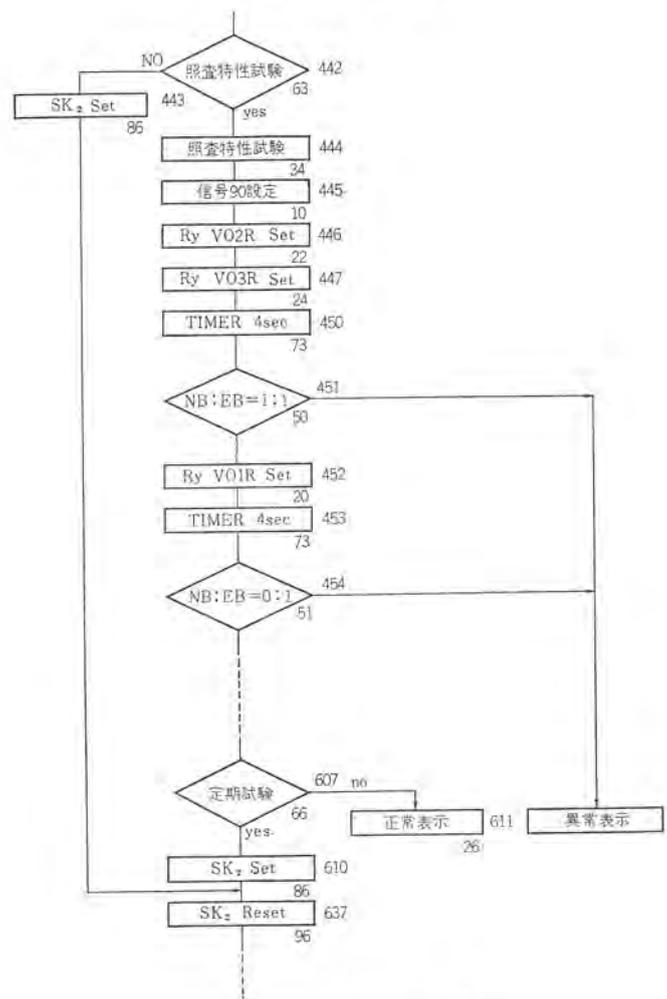


図 3.7 フローチャート例 Flow chart.

れるとゲートIを開けプログラムの実行を行なう。

また、設定条件に対する入力(ATC出力)を調べ、異常判定時プログラム進段を停止させる。

(4) 出力リレー

出力命令によって動作しプログラム制御出力となるリレーである。

(5) タイマレジスタ

タイマ回路を駆動するためオペレーションを記憶する。プログラムステップの進段に先立ちリセットされる。

(6) プログラムチェック

SC₂コードのチェックを行なう。誤り検出時プログラム進段を停止すると同時にプログラム異常を表示する。

(7) 試験制御の流れ

図 3.7 にフローチャートの一例を示す。右端の3けたの数字がプログラム番地を示し、2けたの数字が命令を示す。まず442番地で命令63(照査特性試験起動入力検出)を行ない、起動入力があれば444番地の命令34(照査特性試験表示)を行なう。入力がない場合はSK₂フリップフロップをセットして637番地まで進段する。445番地で信号90を設定し、446, 447番地で等価速度を設定する。等価速度の設定はリレー(VO1R, VO2R, VO3R)のセット、リセットで指令される。この場合等価速度は88.1km/hに設定されている。

450番地でタイマを駆動し4秒間進段を停止する。これは条件設定後のATC装置の応答時間(若干の余裕時間を含めている)に合わせるためである。451番地でATC出力(NB; 常用ブレーキ指令, EB; 非常ブレーキ指令)がともに“1”(ブレーキは“0”のとき指令される)であるかどうかを調べる。“YES”であれば次に進段するが“NO”であれば進段を停止して“異常表示”を行なう。452番地ではVO1Rをセットして等価速度を91.9km/hとし、453番地で再び4秒間停止する。454番地ではNBのみ“0”(常用ブレーキ指令)であるかどうかを調べる。

以下同様にして次々に所定のステップを行ないひととおりプログラムを通過すれば“正常表示”を行なう。607番地の定期試験とは各試験項目すべてを連続して行なう場合を意味し、定期試験のときはすべての試験項目の最後に“正常表示”を行なう。

(8) 記録

図 3.8 にプリンタによる記録形式を示す。試験月日・車両番号は操作架設定盤のスイッチで設定を行なう。試験結果は正常時黒字にて“1”を印字し、異常時は赤字にて“0”を印字する。また異常判定された場合はプログラム番地を印字することにより、故障部分の検出、修理のための資料とする。

(9) 試験所要時間

本試験装置における仕業検査所要時間は約1分45秒、交番検査所要時間は約4分30秒である。

3.5 試験用付加装置

図 3.9 に試験用付加装置(操作架・送信架)のブロック図を示す。

3.5.1 操作架

(1) リレー盤

(a) 試験位置設定回路

試験位置8カ所のうち1カ所を指定する。指定された位置からのみ試験起動が可能となる。

(b) 試験起動入力検出回路

試験起動入力を検出し制御架へ中継する。

(c) 条件設定回路

制御架出力を中継し、等価速度設定指令をデコードして速度発振器に与えるとともに、制限信号指令を送信架へ与える。

(d) ATC動作検出回路

ATC出力(EB, NB, 5kおよび受信器検出信号)を検出し制御架へ中継する。

(2) 操作盤

(a) 自動試験用操作スイッチ

通常は試験位置から遠隔操作箱により試験起動・終了等の操作を

07-30 003 1110 655
 試験月日 車両番号 試験結果 異常判定番地

図 3.8 記録形式 Print format.

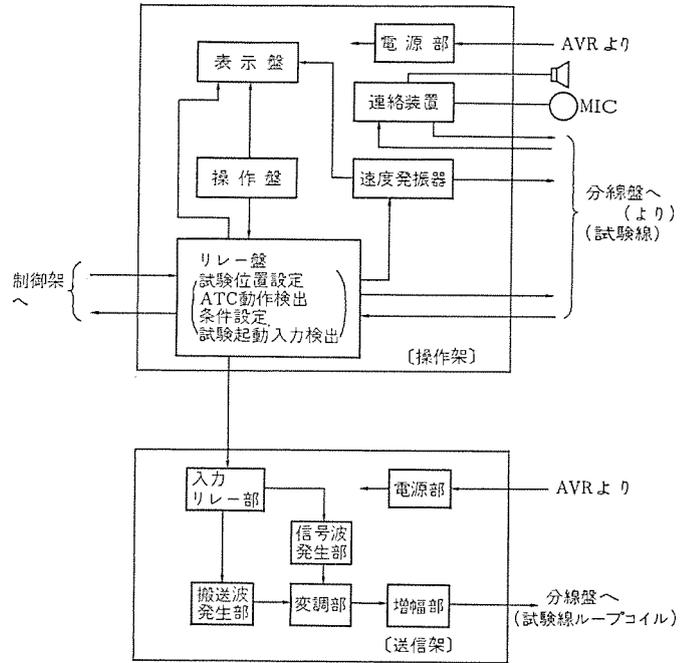


図 3.9 試験用付加装置(操作架, 送信架)ブロック図 Block diagram of auxiliary equipment (Operation unit and transmitter).

を行なうが、試験室内からも同等の操作が可能のように操作スイッチを設けてある。

(b) 手動試験用操作スイッチ

手動でも試験が可能のように等価速度設定、および制限信号設定スイッチが設けてある。

(3) 速度発振器

等価速度設定指令により実際の速度発電機出力(0~約1,000Hz, く形波)と等価な信号を発生させATC装置に与える。また速度発振器に内蔵した計数器により発生周波数を計数し、表示盤に表示する。なお手動時は発生周波数は連続可変となる。

(4) 表示盤

以下の項目を表示する。

- (a) 試験位置
- (b) 自動, 手動
- (c) 試験種別, 試験項目
- (d) 設定速度, 指令信号
- (e) ATC出力(EB, NB, 5k, 受信器検出信号)
- (f) 正常, 異常(判定結果)

3.5.2 送信架

(1) 搬送波発生部

入力条件により2,850~3,750Hzの搬送波を発生させる。

(2) 信号波発生部

制限信号指令により16~77Hzの変調信号(く形波)を発生させる。

(3) 変調部および増幅部

信号波により搬送波を変調(マークスペース)し、所定のレベルまで増幅してループコイルに送り出す。

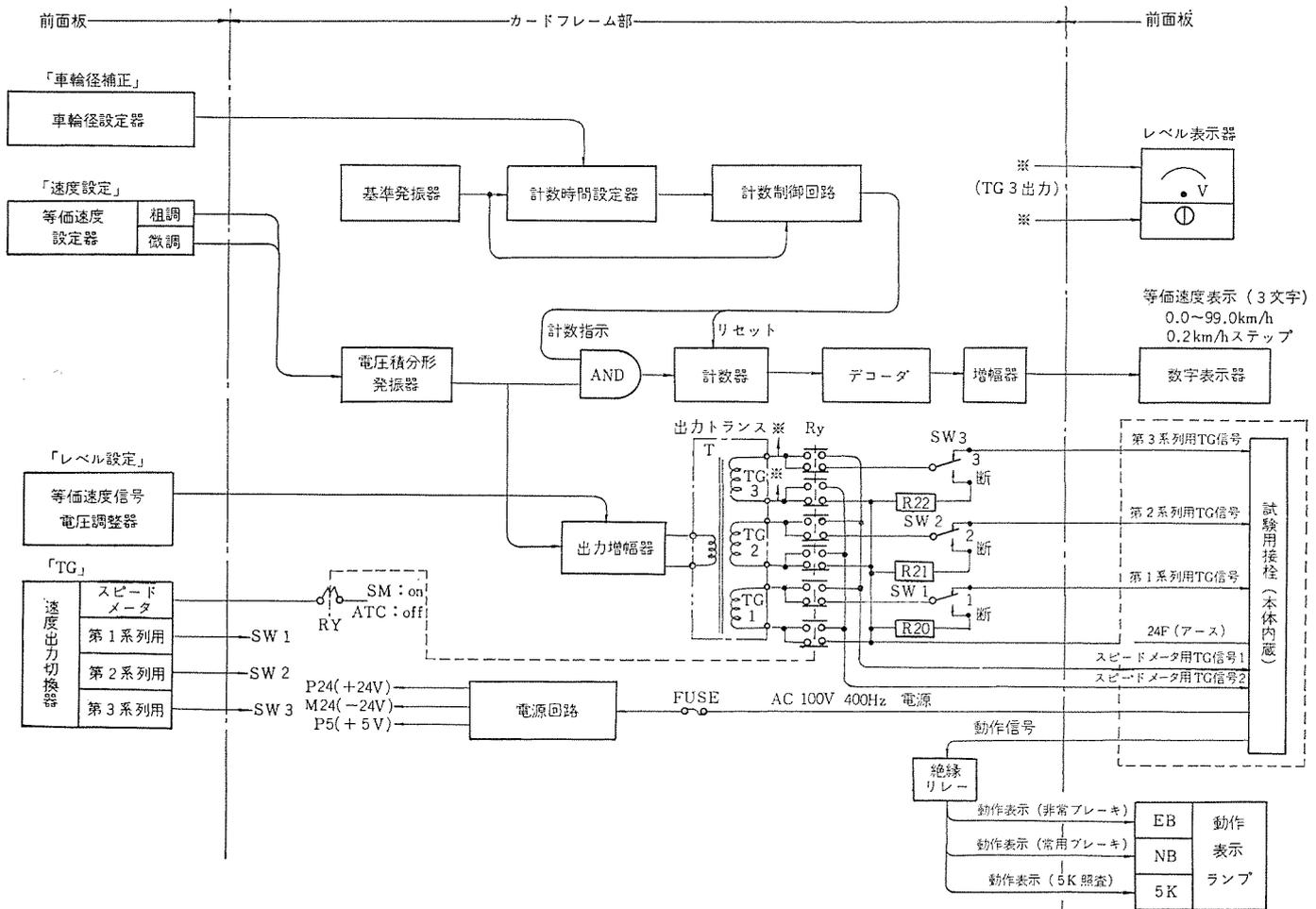


図 4.1 可搬形試験器ブロック図

Block diagram of portable tester.

4. 可搬形試験器

ATC 自動試験装置と同時に納入された、可搬形試験器は TS-5 形制御装置の動作試験および速度計の試験を手動操作によって車上で行なうための試験器である。

この装置の構成を図 4.1 に、また外観を図 4.2 に示す。

4.1 性能および定格

- (1) 重量 : 約 12 kg
- (2) 電源電圧 : AC 100 V ± 5 % 400 Hz
(ATC 本体より供給)
- (3) 温度範囲 : 0 ~ +40°C
- (4) 車輪径補正 : 780 mm ~ 860 mm 10 mm ステップ
- (5) 発生等価速度
 - (a) 周波数 : 2.0 ~ 99.0 km/h 相当周波数
 - (b) 表示 : 0.0 ~ 99.0 km/h 0.2 km/h ステップ
デジタル表示 (精度 ± 0.2 km/h)
 - (c) 電圧表示 : 2.5 級電圧計
 - (d) 速度出力数 : ATC 用 3
速度計用 1
- (6) ATC 動作表示 : 常用 (NB), 非常 (EB) 各ブレーキ指令,
および 5k 検出をランプ表示

4.2 各部動作

- (1) 速度設定
速度設定つまみの回転角に比例した電圧を、電圧積分形発振器で

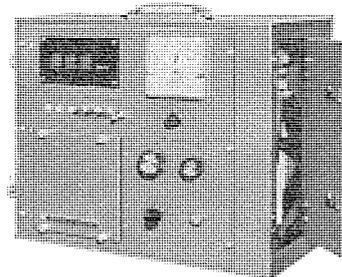


図 4.2 可搬形試験器外観
Appearance of portable tester.

電圧→周波数変換を行ない等価速度周波数信号とし、出力増幅器で電力増幅を行ない、出力トランスを介して各系列に等価速度信号として与える。

(2) 発生速度表示および車輪径補正

発生等価速度の表示は、一定時間に発生する周波数を計数して、速度「km/h」表示とする。また列車の車輪径変動に対する補正は計測時間長を補正することで行なう。

(3) 出力レベル調整および表示

等価速度信号の出力レベルは、「レベル設定」つまみによって出力増幅器の調節を行なうことで実現する。出力レベルは電圧計を用いてパネル上に表示してある。

(4) ATC 動作表示

ATC 本体の動作をネオンランプを用いて表示している。表示項目は常用ブレーキ (NB), 非常ブレーキ (EB) および停止検知 (5k) の3項

目である。

4.3 各試験方法

(1) NB (常用ブレーキ) 試験

ATC 本体に等価速度信号を与え、制限速度信号を受信器試験器で与える。速度を変化させて制限速度をこえるとブレーキ指令が出ることを NB ランプ点灯で確認する。

(2) EB (非常用ブレーキ) 試験

制限速度信号を無信号条件としたとき、非常用ブレーキ指令が出ることを EB ランプ点灯で確認する。

(3) 5k 検知試験

速度を0からあげてゆき、5km/h 以上になると5k 検知されることを5k ランプ消灯で確認する。

(4) 故障検知試験

TG スwitch を1系列ごとに断とし、他系列の速度をブレーキ指令状態としたとき、故障検知されることを ATC 本体のターゲット動作で確認する。

(5) 速度計試験

TG 切替スイッチを SM として 60 km/h の速度を与え、レベル最大としたときの速度計指示を確認する。

5. む す び

以上このたび日本国有鉄道に納入した 103 系電車の ATC 自動

試験装置、ならびに可搬形試験器について報告した。これらの装置は車上 ATC 装置とともに昭和 46 年 4 月 20 日より営業運転活動に入り、所期の計画どおりの性能を發揮している。

保守用機器の自動化による、省力化・能率向上は対象となる機器の設計の段階において、検査業務とりわけ検査内容・検査方法を考慮することが必要であるが、今回の場合 ATC 装置の設計に際し、保守の簡略化を重要な要素として設計していることも相まって、能率的な試験装置の完成となったものである。

車両部品検査機器の自動化がますます必要となっている時期にあたり、この報告が需要家各位のご参考にできれば幸いである。

最後に本装置製作にあたり、数々のご協力をいただいた日本国有鉄道関係者はじめ社内外の関係各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 六藤, 金子, 石本: 最近の車上自動運転装置, 三菱電機技報, 45, No. 4 (昭 46)
- (2) 鳥居, 金子, 石本: 列車自動制御用演算回路の IC 化, 三菱電機技報, 43, No. 9 (昭 44)
- (3) 石田, 鳥居: 新幹線 ATC 自動試験装置, 三菱電機技報, 41, No. 2 (昭 42)

乗車券発売機用テープさん孔装置

鳥居 健太*・石本 正明*

Tape Punch Equipment for Auto-Ticket Vendors

Kamakura Works Kenta TORII・Masaaki ISHIMOTO

A good number of auto-ticket vendors are set up recently at the stations of the J. N. R. and private railways. This trend is on the increase year after year to save the labor. When the whole business routine of selling tickets is taken into account, it is to include the collection of sales data, summing up of the sales amount of money, setting account of tickets of other connected railways, studying and forming of static information. In carrying out these rear services, it is necessary to gather all the sales data of the ticket vendor automatically. Tape punch equipment for use with the auto-ticket vendor introduced herein has a function of punching a tape by changing the data of various kinds of tickets into codes.

1. ま え が き

最近、国鉄・私鉄の各駅で乗車券自動発売機（以下券売機）の数は日増しに増加し、出札業務の省力化が大幅に行なわれつつある。出札業務全体を考えると、発売データの収集、発売金額の集計、連絡運輸精算資料、審査・統計資料の作成等も含まれるが、これら後方業務を電算機を用いて行なう場合、券売機の発売テープを自動的に収集する必要があり、ここに紹介する乗車券発売機用テープさん孔装置（以下テープさん孔装置）は、発売された券種データを紙テープにコード化してさん孔する機能を持っている。

本装置は阪神電気鉄道(株)において実用に入っているが、以下に

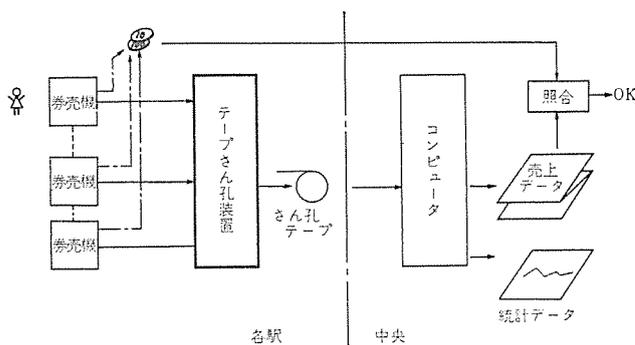


図 1.1 テープさん孔装置を含むシステム構成図
System (tape punch equipment belong to).

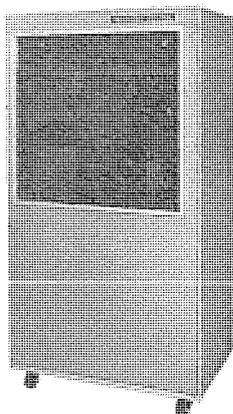


図 1.2 テープさん孔装置(外観)
Appearance of tape punch equipment.

その機能・構成・券売機とのインタフェース等について述べる。

(1) テープさん孔装置を含むシステム構成

図 1.1 はテープさん孔装置を用いたシステム全体の構成を示すもので、本装置 1 台で券売機 10 台分のデータを同時に収集できる。

まず乗車券を求めたい人が券売機に料金を入れて動作させると、その時に売った乗車券種別で定められたコード信号に変換されてテープさん孔装置に送られテープにさん孔される。さん孔されたテープは、コンピュータにかけて売上げデータを作成し、その金額と券売機より集金された金額と照合する。

この他月間の統計データ等も作成でき、連絡乗車券等の料金精算も容易に行なえる。

2. 特 長

従来、係員が終車後、券売機に設けてある電磁カウンタの値を記録し集計を行なっていたが、券売機の台数の増加や、またその発売券種が多くなることにより混乱を招きやすくなり、金額の照合で合わないことが生じる懸念があったが、本装置を用いることにより、正確にその発売データの収集ができることや、さらに統計資料の作成等にもその効果を発揮することができるようになった。

回路を構成している基本素子は、IC または トランジスタ等の半導体であり、信頼度が高く、か動条件として 1 日約 20 時間の連続運転にも十分にその機能を発揮するよう設計されている。

保守の面では制御回路はカードユニット構造とし、予備カードの交換が簡単に行なえ、また装置自身に機能チェックが行なえるように配慮してある。この他外部とのインタフェースの面で、券売機と本装置との距離が遠いものでは 200 m までであることや、その間のケーブルの敷設が電車の軌道近くになることも考慮し、ノイズ対策を十分に施してある。

3 テープさん孔装置

3.1 構 成

本装置は操作盤、PTP 盤、電源盤、制御盤から構成されている。図 3.1 にその外観図を示し、図 3.2 にその回路上の構成を示す。

3.2 仕 様

- | | |
|--------|---------------------------------|
| (1) 外形 | 700 W * 1,350 H * 500 D (図 3.1) |
| (2) 電源 | AC 100 V ± 10 % |

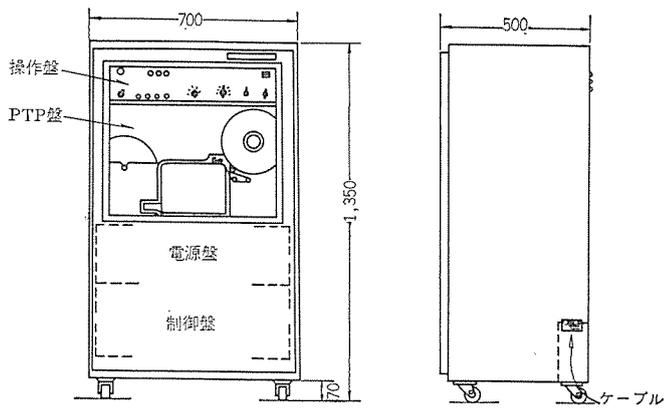


図 3.1 外観図 Appearance.

- (3) 消費電力 200 W 以下
- (4) さん孔テープ 国際8単位規格テープ 25.4 mm 幅
- (5) 処理能力 券売機 10 台まで
- (6) さん孔速度 1 秒間 10 キャラクタ
- (7) ヘッド 日付け, 駅名, 機械番号, エンドマーク等に使用できる合計 20 キャラクタ分の固定メモリー。
- (8) 警報 電源断, さん孔機故障, テープなし時には外部へリレー接点にて信号が出せる。
- (9) 発売中止指令 上記の警報発生時に, 券売機に対して発売中止させるためのリレー接点信号がだせる。
- (10) スタート信号 リレー接点で信号“有”の時に1秒間以上接点が閉じる。
- (11) データ信号 8単位コードでスタート信号がある間にセレクト信号が送られた時発生する。
- (12) セレクト信号 リレー接点信号でスタート信号を記憶した時発生する。
- (13) 温度 5~40°C
- (14) 湿度 40~75 %

3.3 動作概要

図 3.3 は動作を説明しやすくするために, 装置内部を模擬したものである。ここでは券売機 1 台についてのみ記すが, 実際にはテープさん孔装置内のロータリスイッチと駆動回路(さん孔機関係を除き), およびセレクトリレーは 10 台分含んでいる。そしてロータリスイッチが常時 1~10 の間をスキャンし, スタート信号が券売機よりきていないかチェックしていて, たとえば図のようにスイッチが 1 の位置にあるとき, それに相当する券売機が動作してスタートリレーが励磁されていれば, スタート信号が駆動回路に入り, その出力でさん孔機とセレクトリレーが駆動され, 券売機内で選ばれたコードのデータがさん孔機に送られさん孔される。

実際の装置では, 図のロータリスイッチの機能は IC (集積回路) にて構成されていてスキャン周期は 1 秒である。

3.4 各部動作

図 3.2 の回路構成図に従い各部の動作について述べる。

(1) 信号受信回路

券売機と本装置とは先にも述べたが, 距離的に相当離れていることやさらに外来のノイズを考慮しなければならない。このためこの間のケーブルに 37 心シールド付きビニルシースケールを使用し, さらに信号のレベルを DC 24 V と高くすることによりノイズマージンを大きくしている。

信号受信回路は, 図 3.4 に示すようなレベル変換の機能を持つ回路であり, 入力のない状態(オープン)でトランジスタはオンし, 入力のある状態(入力がアースされる)ではトランジスタがオフになり IC 用信号電圧の 5 V に変換される。なおこの回路では, トランジスタのベース回路にノイズ除去のために, 低周波成分には電解コン, 高周波成分にはフィルムコンと 2 種類のコンデンサを用いていることや, 入力インピーダンスを低くするために電源に対して低い抵抗で接続することを行っている。

(2) スキャナ

スキャナの機能は, 動作概要で述べたように券売機よりのスタート信

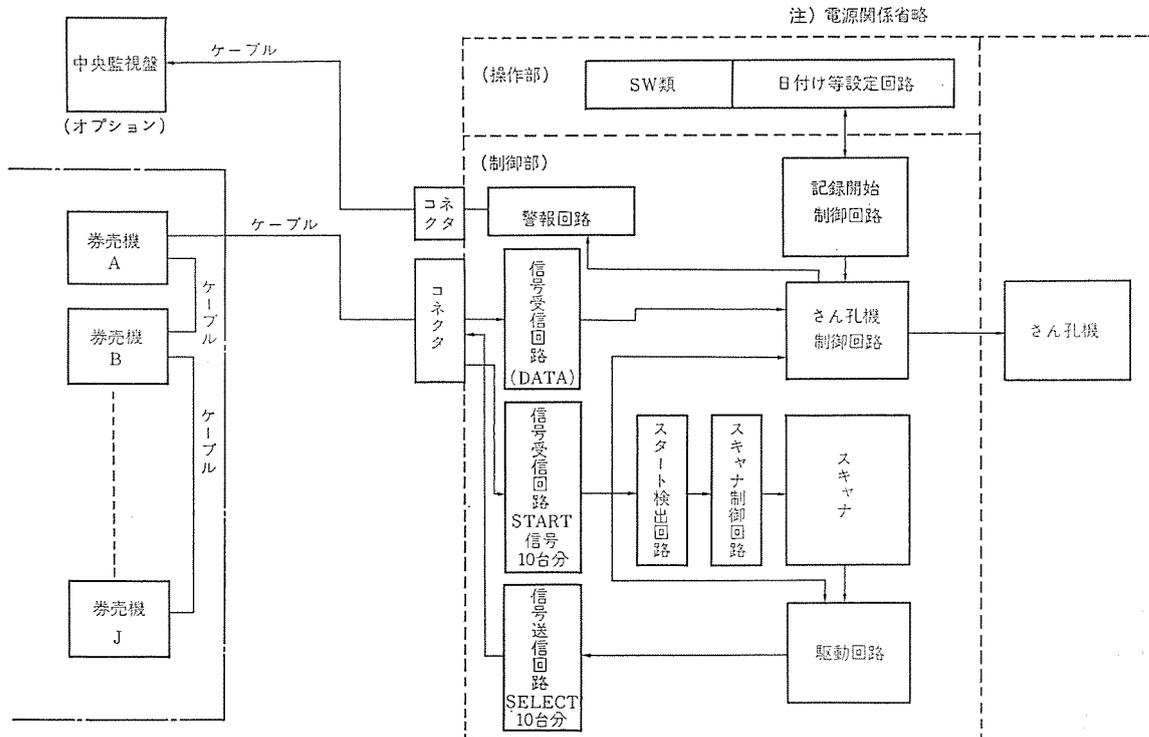


図 3.2 回路構成図 Block diagram.

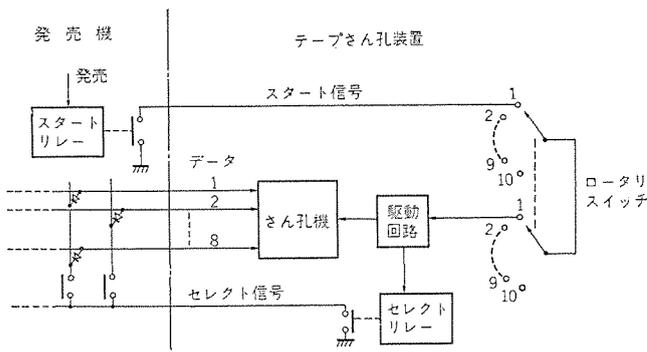


図 3.3 動作原理図
Principle of operation.

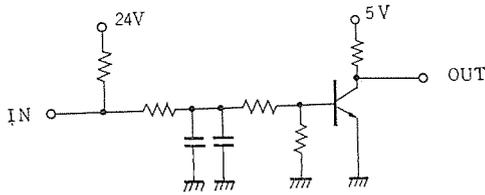


図 3.4 信号受信回路
Signal input circuit.

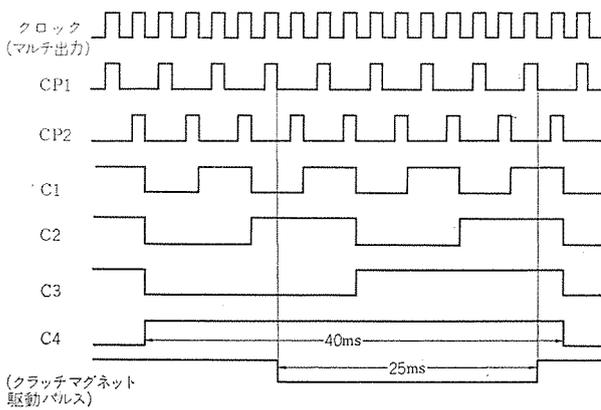
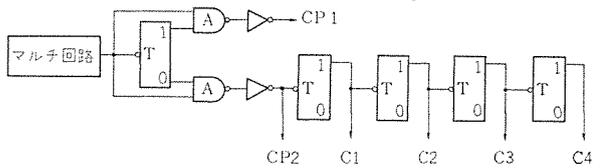


図 3.5 制御パルス発生回路およびタイムチャート
Control pulse circuit.

券売機を常にスキャンして、スタート信号の発生している券売機があれば、その券売機に対してセレクト信号を与えることである。

この動作を IC の論理回路で構成するには、まず図 3.5, 3.6 に示すようにすべての制御の基本信号たるクロックパルス CP1, CP2 を作り、それを分周してパルス幅 40 ms の C4 パルスを作り、さらに 10 進カウンタと 10 進デコーダにより Z1~Z10 の 10 種類のそれぞれ位相の違うスキャンパルスを作る。ここでパルス幅の 40 ms はさん孔機の制御の条件としてクラッチマグネットを励磁する時間が 25 ms であること、クラッチマグネットを励磁する前に、必ずデータ信号が入ってセレクトマグネットが励磁されていないからきている。つまりセレクト信号を発生してから、データが送り返される間の時間的な遅れが 15 ms まで許されることになる。

以上のようなスキャンパルスを用いて券売機からのスタート信号を検知するための回路は、図 3.7 に示されるように IC の J-K FL

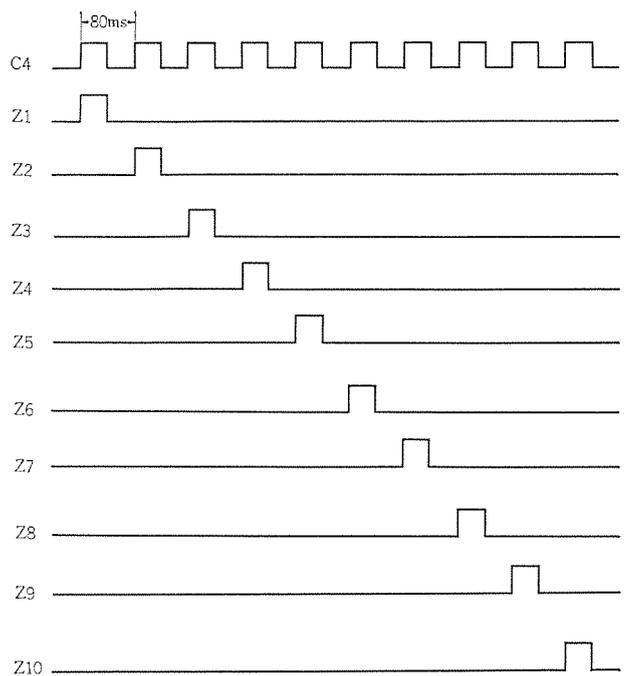


図 3.6 スキャンパルスのタイムチャート
Scanning pulse.

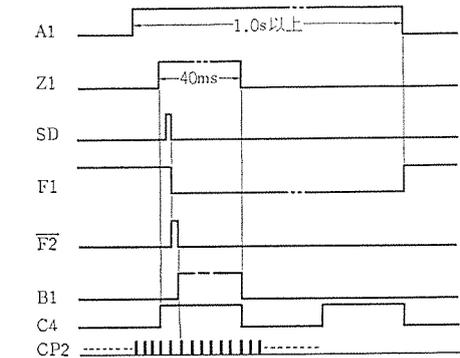
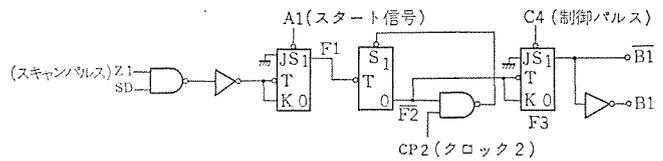


図 3.7 スキャン回路およびタイムチャート
Scanning circuit.

IP-FLOP と NAND ゲートで構成される。ここでは一つの入力 (スタート信号 A1) について述べるが、他の入力に対しても同様である。

まずスタート信号がない状態 ("L" レベル) では F1 出力は動かないが、A1 が "H" になるとスキャンパルス Z1 とタイミングパルス SD により出力が反転する。F2 は F1 の反転時に出力パルスを発生する微分回路的動作をし、そのパルスによって F3 が反転し、制御パルス C4 が "L" レベルになった時、復帰する。つまり出力 B1 のようなパルス出力が得られる。また最初に反転した F1 は、A1 が "L" レベルにならなければ復帰しない。すなわち A1 が 1 秒以上 "H" レベルであれば、必ず 1 回のみスキャンされることになる。

(3) 信号送信回路

(2)項で述べた出力 B1 にて図 3.8 に示すように、トランジスタでリードリレーを駆動させ、その接点信号をセレクト信号として券売機へ送り返す。この時接点の出力線に入れてあるサージサプレッサーは、接点を閉じた時に出力線が長いために、その間に生ずる浮遊容量から

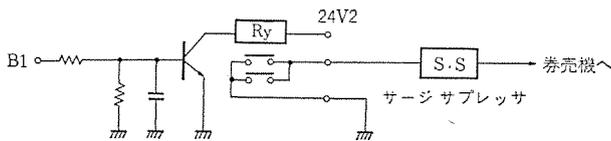


図 3.8 信号送信回路
Signal output circuit.

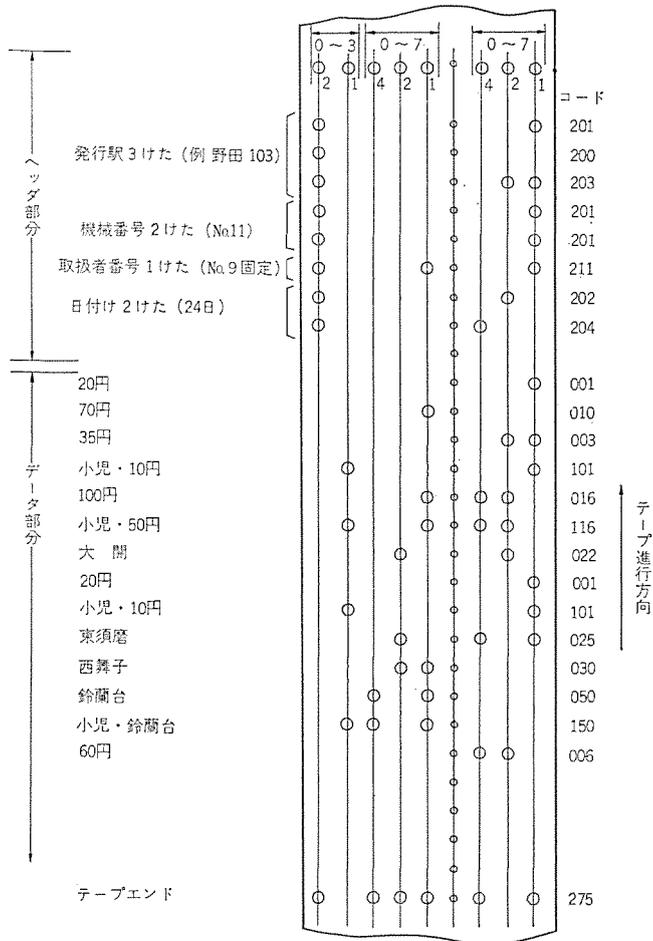


図 3.9 さん孔フォーマット例
Punching format (Example).

の放電電流によって接点が損傷しないように、設けたものでチョークコイルと同じものである。

(4) 操作部

操作機能はすべてここに集めて扱いやすくしたが、このことは装置でリレー・電源・パンチャ等のスイッチ回路の配線が長くなり、それ

による影響を IC 部分の制御回路に受けやすくなる。それで本装置では IC 回路への入力線には、すべて先に信号受信回路で述べたように、装置内もすべてレベル変換回路を用いてその影響を防いだ。

操作内容はヘッダーとして、発行駅・機械番号・取扱者番号・日付けがあり、これらはダイオードマトリクスでコード変換してさん孔する。

図 3.9 はデータとヘッダーのさん孔例を示すものである。

(5) さん孔機

本装置で用いたさん孔機の性能は 1,000 字/分 さん孔できるが、本装置では接続できる券売機の数を最大 10 に押えて、さん孔機自身のスピードを 800 字/分に下げることにより、か(稼)動条件である連続運転 20 時間/日にも十分に安定な機能を保持できるようにしている。ここでいう連続運転は常にさん孔動作をしているというのではなく、さん孔機が常時 STAND-BY していなければならないことを意味する。

(6) 警報回路

警報には電源断・走行不良・テープなし (20m, 10m の 2 種類)・ノパンチがあり、走行不良はさん孔機のテープが正常にかかってない場合で、テープなしは文字どおりテープが少なくなった時の警報で、いずれもマイクロスイッチにて検知している。ノパンチはさん孔機不良で、データをさん孔しないことが続いて起こった場合に警報するようにしている。これらの警報は別に設けられている中央監視盤にも表示される。

3.5 券売機とのインタフェース

インタフェースに関してはこれまでもふれてきたが、基本的な考え方として、種々の券売機の出力回路の統一に耐ノイズ性を考慮してリレーの接点信号としたこと、信号レベルを高くしたこと、そして入出力線の数をできるだけ少なくするために、動作概要のところでも述べたように、各券売機にはスタート信号とセレクト信号の 2 本のみを個々につなぐだけとし、データ信号線は共通とし、コード数対応の 8 本をすべての券売機にもづる式につなげばよいようにした。

4. む す び

以上、本装置の動作原理、特に設計上留意した点について紹介した。今後さらにこの種のデータ自動収集装置が各方面で必要になることは必至であるが、乗車券以外の自動販売機も含め各方面での適用を検討される参考になれば幸いである。

最後に本装置の製作に当たり、ご指導いただいた阪神電気鉄道の関係者の皆様にご感謝の意を表する。

なお、本装置は阪神電気鉄道(株)神戸線各駅にてか動中である。

最近のロープウェイ用電機品

香川 重光*・田中 藤重*

Electric Equipment for Recent Ropeway Use

Kobe Works Shigemitsu KAGAWA・Tôjuu TANAKA

In the latest boom in making good use of leisure hours, the ropeway plays a fairly important part with its facility of taking people to mountainous districts in their pleasure trips. As the number of sightseers increases, the ropeway is demanded to be of larger size, higher speed and automatic operation together with the improvement in comfortable riding and safety. The manufacturers of the ropeway are trying hard to establish a control technique to meet these requirements, making an active contribution to the enterprise. In this article is introduced electric equipment working on the basis of the Ward-Leonard System considered the best suited for the conditions.

1. ま え が き

最近のレジャーブームによって観光資源の開発が盛んに行なわれるようになり、とくに山岳地方の観光が気軽にでき、ケーブルカーに比べて建設工事費の安いロープウェイは観光の主役となるとともに、山岳地方の交通機関としても重要な役割を果たすようになってきている。年々観光客の急速な増加とともに、ロープウェイも大形化・高速化・自動化が要求され、乗りごちのよさ、安全性の向上がますます必要になってきている。一方制御技術も急速な発展をみせ、これらの要

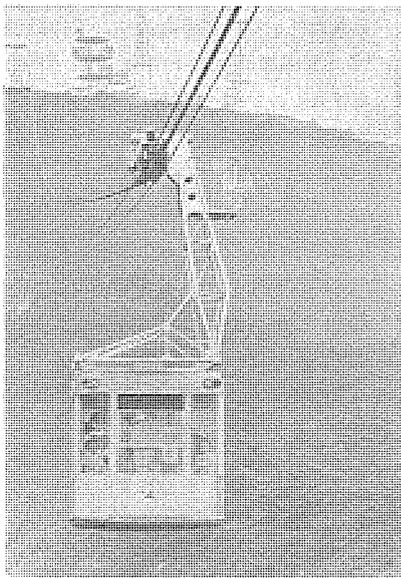


図 1.1 表六甲ロープウェイ
Rokko ropeway.

表 1.1 最近のワードレオナード制御ロープウェイ製作実績
Recent installation list of electric equipment for ropeway
with Ward-Leonard system.

納入先	製作年月	電動機出力 kW	水平長 m	高低差 m	定員	速度 m/s	索道方式	制御方式
表六甲山	45-5	250	2,273	155	61	5.0	3線交走式	界磁サイリスタ制御
裏六甲山	45-5	200	2,770	439	61	5.0(7.0)	3線交走式	界磁サイリスタ制御
藻岩山 (札幌市)	46-3	290	1,140	367	66	5.0(7.5)	4線交走式	界磁サイリスタ制御

望にこたえるべく、トランジスタ、サイリスタなどの半導体制御技術をロープウェイ制御に応用し、最も目的に適したロープウェイ制御方式を確立し、今回各地のロープウェイに適用し、良好な成績をおさめている。当社では搬器(ゴンドラ)の容量・運転速度・線路条件などを考慮して、ワードレオナード方式またはリアクトル制御方式を採用している。ここではロープウェイ用ワードレオナード制御ならびに運転方式の概要と最近の実例を紹介する。表 1.1 は最近のワードレオナード方式によるロープウェイ電機品の実績を示したものである。

2. ロープウェイ電機品とその問題点

ロープウェイには上下2駅間に上り専用、下り専用の計2本の支索をはり、比較的小形の搬器をつり上げて、一定速度でエンドレスに循環している、えい(曳)索に2個以上の搬器が一定間隔ごとに次々につかんで運行する循環式と、比較的大形の搬器2個をつるべ式にえい索の両端につけてこれを2本の支索にとりつけた台車によってつり上げて、搬器を1回の運転ごとに上下に運行する交走式がある。循環式ロープウェイでは原動機は無負荷で起動して、その後は一定速度で連続運転しておけばよいので、原動機の制御は簡単であるが、運転速度をあまり大きく(2m/s以下)できず、乗りごちもよくない。一方交走式ロープウェイでは1回の運転ごとに原動機を正転、逆転と交互に行なう必要があり、しかもこのたびに負荷のかかった状態で起動・加速・定速運転・減速・停止を行なうため、制御装置は複雑になるが、制御の良きできわめて快適な乗りごちのものとすることができ、高速運転を行なうことができる。これらのことから観光用ロープウェイとしては乗りごちがよく、高速度運転ができる交走式のほうが歓迎される。ここでは交走式のものについて紹介する。これまでのロープウェイに要求される特性および条件は次のようである。

- (1) 負荷トルクが(+)から(-)までの広範囲に、急激に変化しても、きわめて安定な速度特性が得られること
 - (2) スムースな加減速特性を有し、乗りごちがよいこと
 - (3) 正確な運転サイクルが得られること
 - (4) きわめて確実な制動特性が得られること
- などであるが、さらにこれからのロープウェイについては、
- (1) 大容量・高速運転の傾向に十分適応できること
 - (2) 搬器の定格速度を、たとえば10 m/s, 7 m/s, 5 m/s, 3.6 m/s

などの数段に簡単に切り換えられ、かつその運転特性・運転効率がすぐれていて、きびしい線路条件に対しても十分安全なものであり、乗りごちのよいもの

(3) 自動運転に限らず、手動運転でも、運転操作が簡単で円滑に行なえるもの

(4) 各制御器具のユニット化、無接点化などにより、故障が少なく、万一の故障に対しても故障箇所が発見しやすく、ユニットの簡単な取り換えですぐ復帰できること

(5) 保守・点検がより簡単なもの

3. 運転制御方式

3.1 運転モード

当社標準のワードレオナード方式では手動運転・半自動運転および自動運転の3種類のモードを切換スイッチにより選択することができる。

(a) 手動運転

直流定電圧励磁機 (CPEX) と手動専用の直流電動操作の界磁調整器 (1 MRH) により直接主発電機を励磁して速度制御を行なうものである。運転モード切換スイッチ (手動—半自動—自動) を“手動”にし、起動の押しボタンを操作すると搬器が起動する。加速するときは、加速の押しボタンを押すと 1 MRH が動作して所定の加速度で加速する。運転者の希望する速度まで上昇して、その速度で運転したい場合は“保持”の押しボタンを押すと、そのときの速度が保持されて運転することができる。減速については“減速”の押しボタンを押すと IMRH が下降し、発電機励磁が減少して減速される。減速途中 (加速途中のときと同様) “保持”の押しボタンを押すと減速がとまりその時の速度が保持されて運転することができる。

(b) 半自動運転

運転操作は前述の運転モード切換スイッチを“半自動”にする。主発電機の励磁はサイリスタ増幅器により行なわれる。速度の指令は自動、半自動用の直流電動操作の界磁調整器 (2 MRH) により与えられ、サイリスタ増幅器の速度基準回路に接続されている。主電動機に直結された指速発電機 (PG) により現行の速度を検出してサイリスタ増幅器のフィードバック回路に接続されている。両者の偏差によりサイリスタ増幅器の点弧位相を制御して主発電機電圧を制御して、偏差を零に近づけるように制御する。このように制御回路は閉ループを構成しているため、負荷変動による速度変動が少なく、低速から高速まで安定した速度が得られる。

(c) 自動運転

自動運転では、モード切換スイッチを“自動”にしておけば、“起動”押しボタンのワンタッチ操作によって起動し、加速・定速運転・減速を自動的に行ない、プラットフォームの定位置で搬器が自動停止するので、通常この運転モードにしておけばきわめて便利である。

3.2 速度制御方式

大容量・高速ロープウェイでは理想的な運転特性が得られ、絶対的な信頼度が得られるワードレオナード方式を採用している。図 3.1 に当社標準のロープウェイ用ワードレオナード方式の単線図を示す。ワードレオナード方式の原理は周知のように直流可変電圧制御の一種で、搬器駆動用直流電動機の界磁を一定にしておき、定速回転している専用の直流発電機の励磁を制御して、電動機の電機子にかかる電圧を任意に変化させて、クリーフ速度から定格速度までスムーズな速度制御を行なうものである。この方式は

(1) 負荷が (+) から (-) の領域にわたる変動に対しても、安定

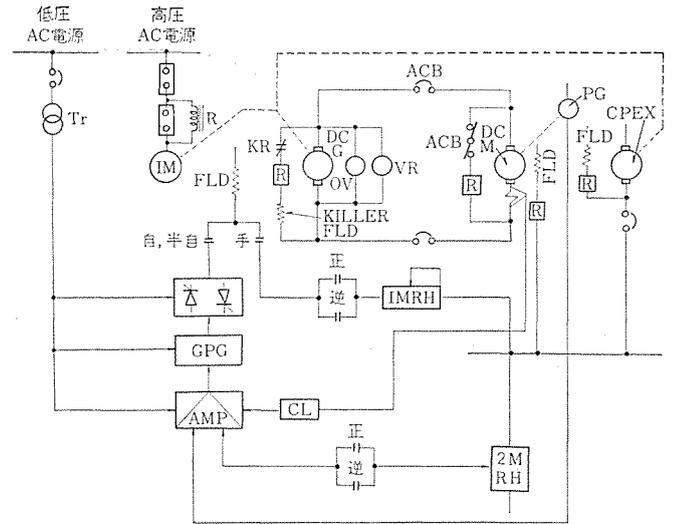


図 3.1 ワードレオナード方式の単線図
Elementary diagram of Ward-Leonard system.

した高性能の速度制御が得られる。

(2) 加速、定速運転、減速およびクリーフ運転は所定のプログラムに基づいて発電機の界磁電流を調整するだけで交流方式と比較すると電力損失が少なく、ランニングコストが低い。なお将来の高速化 (たとえば現在の 5 m/s 運転を 7.5 m/s 運転にする) に備えるロープウェイで、交流方式にすると、現状運転時には二次抵抗器の電力損失が大きく、ランニングコストが非常に高くなるが、ワードレオナード方式では損失が少なくて済む。

(3) 搬器と電動機とはロープを介して接続されているので系全体としては振動的ではあるが、制御系の補償により共振点をかえて、十分安定なものにしている。

3.3 負荷変動について

ロープウェイの負荷変動の要素については

(1) 乗客の増減により搬器荷重が変動する。すなわち上り満車で下り空車の場合は負荷が最大 (プラス負荷) で、上り空車で下り満車の場合は負荷が最小 (マイナス負荷) となる。一般に最大荷重の場合を (+)100 とすると最小荷重のときは、(-)50 程度と考えられる。

(2) 線路傾斜が一定でないために負荷変動となるが二つの鉄塔間では傾斜がゆるやかに変化するのでそれほど問題はない。鉄塔の前後では線路条件によっては数秒間に 150% 程度の負荷変動がでる場合がある。

(3) その他搬器の前後のえい索の張力変動、気候の変化による走行抵抗の変動など考えられるが、通常運転のときは数%以内である。

3.4 加速および減速について

ロープウェイでは加減速度 (α) の時間に対する割合、すなわち $d\alpha/dt$ の大小が乗りごちを左右する。この値が小さいほど乗りごちはよいが、これを小さくすると定速区間が短くなり輸送能力が低下する。このため人体に不快感を与えない程度に、加減速時間を短くする必要はある。われわれの経験では加減速とも、はじめは α を小さくしておき、漸次この値を増し、次にまたこの値を減らして、その後零として加減速を完了する方式、すなわち時間とともに搬器速度が図 3.2 のごとき Sカーブにするのがもっとも望ましいようである。実際には加減速度 α を 2~3 段に変化できるように速度設定器を直流電動操作とし、その端子電圧を 2~3 段に変化させるようにしている。そして自動・半自動用には、“2 MRH”手動用には“1 MRH”

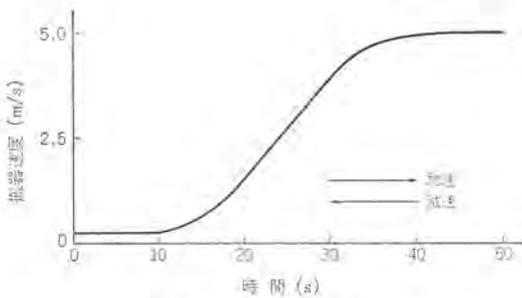


図 3.2 搬器の加減速Sカーブ

S shaped speed pattern of acceleration and deceleration for drive motor.

の2個の設定器を設けている。索道規則では加減速度は0.3 m/s/sをこえてはならないとしているので、 α は0.075 m/s/s, 0.15 m/s/s, 0.25 m/s/sなどの3段階ぐらいにするのがよいようである。

3.5 正確な運転サイクルについて

ロープウェイは交通機関であるから運転時間が正確であることが要求される。したがって一定プログラムに沿って、外乱の大小にかかわらず定時間運転する必要がある。これらは精度のよい速度制御により十分満足な値が得られる。

3.6 電動機の容量算定について

主電動機の容量算出については一般に次式によっている。

$$kW > 0.0098 \frac{\sum (t_1 - t_2) V}{\eta}$$

kW=主電動機のキロワット数

t_1 =巻上げ側のえい索の引張り力 (kg)

t_2 = t_1 に対する緩側のえい索の引張り力 (kg)

V=所定の運転速度 (m/s)

η =機械効率

この式において、 $t_1 - t_2$ が最大となる最大荷重条件のもとに算出し、しかも起動時におけるえい索の増加引張り力を考慮しているため、かなり大きなkWとなる。ロープウェイでは一定周期をもって運転されているため引張り力の実効値(RMS)を $\sum (t_1 - t_2)$ に導入するならば合理的な電動機容量が決定できる。

この際最大荷重条件のもとでも起動できるよう過負荷耐量でもたせるようにすればkW値を下げるができる。これらは最大荷重、最急傾斜で規定の加速度で加速する場合で、実際正常な運転では加速区間では必ずしも最大荷重条件ではなく、最大荷重条件のもとの加速は途中停止後、再起動したときに現われるもので、そのときは必ずしも正規の加速度で加速する必要がないと考える。これらのことを考慮すれば電動機容量はかなり低減することができ経済的である。もちろん最大荷重条件下での非常停止における必要な制動トルクは考慮しておく必要がある。

3.7 サイリスタによる制御

ロープウェイをサイリスタレオード方式により駆動することもできる。当社では製鉄用をはじめとして数十万kWにおよぶサイリスタレオード装置を製作し、各方面で活躍している。この方式は次のような特長がある。

- (1) 大容量・高速機に適している。
- (2) 電力効率は高いが、力率が低いため電源電圧変動の原因になる。
- (3) 速度精度が高く、制御応答も速い。
- (4) 大きな電源電圧変動、とくに停電のとき急速停止となる。

(5) 保守点検の手数が少ない。

などであるが、電源事情、ロープウェイの立地条件ならびに需要家各位の要求により採用するつもりである。

4. 搬器位置検出装置

従来ロープウェイの減速点検出として、運転台に組込まれた搬器位置指示器の移動指針で動作するリミットスイッチにより行なっていた。これは機械的連動機構により、搬器のドライビングシャフトなどの回転軸を利用して1/500~1/2000程度に縮尺して距離をだしていたため精度上に問題があった。それにロープとシャフト間のすべりやたるみにより搬器位置と指示器との同調がはずれてくることになり運転者が1日に1回以上は“原点補正”を行なう必要があった。この不具合をなくすため現在では、この指示器兼用の検出器はバックアップ用として用いるにすぎなくなった。

4.1 磁気リミットスイッチ方式

この方法は磁気リミットスイッチの(a)永久磁石を搬器に、(b)検出部を山上より第1鉄塔またはえい索受けに、(c)増幅部を山上の制御盤内に設置する。この磁気リミットスイッチにより、搬器の接近を検出し、(連続速度監視基準を組込んだ)ドラム形リミットスイッチを回転させて、減速点検出、減速カーブ発生などを行なっている。この三菱MML形磁気リミットスイッチは磁石の近接による磁界の変化を検出する、いわゆる磁気誘導形の近接スイッチで移動体(搬器)に取り付けた磁石の接近を無接触で検出動作する。この方式の説明を図4.1に示す。磁気リミットスイッチ方式の特長は

(a) 高感度

強力な磁石と高性能な検出器で他の近接スイッチとは1けたも感度がよく5~150mmで十分動作するので、どんなに搬器がゆれても検出できる。

(b) 高速作動

増幅器にはシリコントランジスタを採用しているので応答が速く、高速の搬器でも確実に作動することができる。

(c) 長寿命

搬器と検出部間は機械的な接触がなく可動部分がないので長寿命である。

(d) 高信頼性

増幅器はシリコントランジスタをはじめ、最新の半導体を使用しているので信頼度が高い。

(e) 高耐久性

検出部はアルミ合金製で防水形であり、磁石部はステンレスケースに納めているので、どんな過酷な気象条件でもすぐれた性能を発揮する。

さらに信頼性向上のために、搬器1個に対して検出部2個を設置して検出ミスを絶無としている。表六甲および篠岩山ロープウェイはこの方式を採用している。

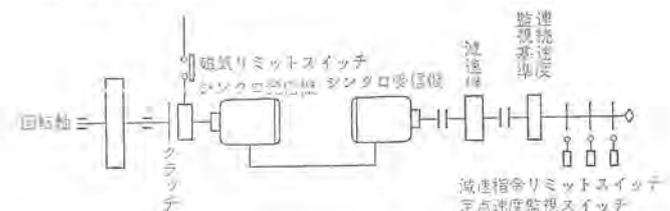


図 4.1 磁気スイッチ式搬器検出装置説明図

Elementary diagram of rotary cam type speed check system.

4.2 パルスカウント方式

この方式は、ロープのすべりの多い主機のドライブシャフトをさけてスリップのない従動ロープのシャフトにシンクロ発信機を取り付けて搬器位置検出を行ない、制御盤内にあるシンクロ受信機まで電気角で搬送して、これに取り付けてあるパルス発信器で搬器の位置をパルス数に変換して、搬器がたとえば0.5m進むごとに1パルス発生するようにしている。搬器位置とパルス数とは1対1の対応がつくのでカウント数により搬器の位置が確実にキャッチできるので、減速指令点や速度チェック点検出などプリセットしておけば、そのプリセットされたカウント数のとき、おのおのの指令点に対応した出力リレーを働かせて、その目的を達成することができる。このカウンタの零リセットは搬器が出発点にあるときにリセットしておく。パルスカウント方式の特長は

(a) カウンタ部はすべて半導体を利用して、カード化しており、各方面でも利用しており信頼性が高く、ミスカウントのおそれもない。

(b) ロープ間のスリップのない従動ロープのシャフトより搬器の位置を検出しているので搬器位置とカウント数の誤差は少なく、搬器が出発点で毎回カウントを自動的にリセットしているため、カウント誤差が貯蓄されていくことはない。

(c) 走行距離の非常に長いところで使用してもカウンタ容量を増すだけで十分である。カウント数がたとえば10倍(走行距離が10倍)になってもカウンタ容量は2倍ですむことになり、位置指示装置に組込んだリミットスイッチ方式で指針移動方向を10倍にするような欠点がない。

(d) 必要に応じていくらでも、どの位置でも簡単に接点信号への変換ができる。

この方式で停電中にロープウエーをエンジンなどで駆動した場合はカウントされないで搬器位置を見失うことになるが、山岳地方といえども停電の確率は低く、搬器が途中にあるとき万一停電して、予備エンジンでプラットホームまで運転することは非常事態であり、そのときは低速運転であり、しかも運転者が位置指示計などで十分注意して運転してホームにつけばよく、次からエンジンで運転することもない。かりに減速信号がでてエンジン駆動のときはその信号は利用

できない。出発点で給電されれば、ただちにカウンタは自動的に零にリセットされ健全に復帰されるので停電時の心配はなくなる。

また搬器が運行途中で停止して逆もどかし、再び運行にはいった場合、リバースカウンタを使用すれば搬器がどんな動きかたをしても搬器位置とカウント数は1対1の対応がついてはいるが、搬器が逆もどりをする必要のある場合は普通運行のときでなく、試験運転・点検運転のときである。こういう場合非可逆カウンタを使用していると、運行のときも逆もどりのときもすべて加算されるので、逆もどりをした運行の場合は、実際の搬器位置よりも早く減速指令などがでることになり、これは誤カウントであっても安全側である。これらのことからロープウエー用は非可逆カウンタで十分その目的が達成できる。この方式は裏六甲ロープウエーで採用している。以上2方式を標準としており、需要家各位のご意見ならびにロープウエー設置条件、容量、速度などにより方式を決定している。

5. 監視、保護と運転保安装置

ロープウエーは人の輸送を行なうものであるため、運転の信頼性が強く要請されるが、もしなんらかの事故が発生してもすみやかに、安全に制動をかけて停止させる必要がある。このためには制動機として常用制動機・非常制動機・直結制動機・手動制動機・発電制動機を設けている。しかしロープウエーでは特に全速運転中の制動は、機

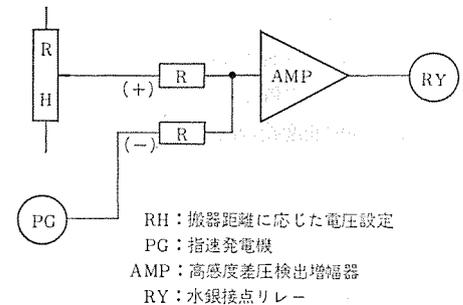


図 5.1 差圧検出器の原理図

Symbolic diagram of voltage differential detector

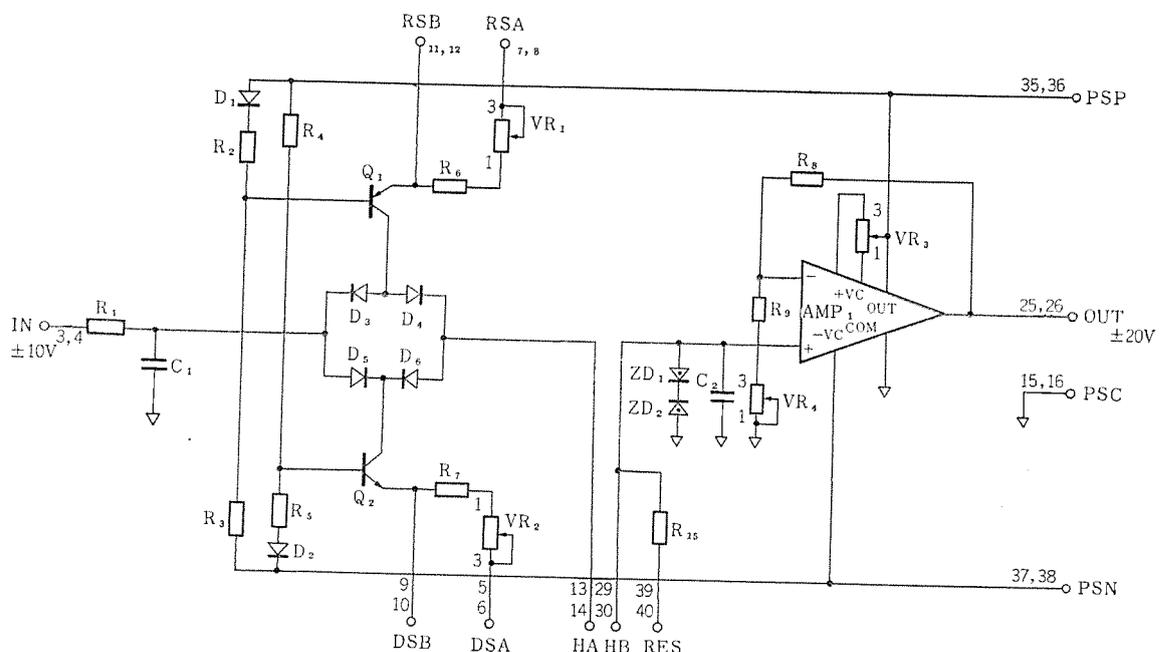


図 5.2 LVT形 傾斜信号発生装置の回路図

Circuit diagram of type LVT signal generator for inclined position

械的な衝撃や、支索またはえい索、搬器に悪影響のない程度で制動をかける必要がある。

5.1 定点速度監視

搬器がプログラムに沿った速度で運転されなければならないが、特に減速点通過後の搬器速度について十分チェックしなくてはならない。プラットフォームからの距離に応じて搬器の速度が、たとえば42mのところでは3.6m/s速以下、25mのところでは2.5m/s速以下、12mのところでは1.0m/s速以下であることをチェックして、停止位置前方5mではクリープ速度の0.25m/s速に落ちている必要がある。このチェックのためにはカウンタまたはドラムより各距離に応じた信号をだし、そのときの搬器速度を指速発電機(PG)からの電圧としてとりだし、たとえば3.6m/s速に相当する電圧とを、トランジスタ式の高感度差圧検出器と比較して、搬器速度が3.6m/s速以下であることを確認している。もしなんらかの故障で搬器速度が許容速動以上になっていると差圧検出器が動作して搬器を停止させるようにしている。差圧検出器の動作原理図を図5.1に示す。

5.2 連続速度監視制御

前述のように搬器が運転プログラムに沿った速度で運転する必要があり、特に搬器接近により減速されてからの速度が問題である。かりに運転プログラムより速ければ定点速度監視装置にひっかかり、停止指令がだされる。逆に速度が遅いときはホームより前方でクリープ速度となり到着までに長い時間を要し、運転サイクルに影響があり、乗客に対しても不快感を与えて、いずれも好ましくない。このような不具合をなくすために、減速された後は減速プログラムと実際の速度を連続的に比較して、その偏差により搬器の減速度を制御するようにしている。この連続速度監視制御で偏差をただちに速度修正す

ると搬器にショックや動揺を与えることになるので、偏差信号を時間の経過とともにその値を増す、LVT形傾斜信号発生装置を介して修正するようにし、修正時のショックや動揺を完全になくするようにしている。図5.2にLVT形傾斜信号発生装置の回路図を示す。

6. む す び

以上最近のワードレオナード方式によるロープウエー電機品についての概要を述べた。その特長をまとめると、次のようになる。

- (1) (+)から(-)までの負荷トルク変動に対して、きわめて安定な速度特性が得られる。
- (2) Sカーブによる加減速特性により、搬器の動揺ならびにショックがなく、乗りごちがよい。
- (3) 電動式基準信号発生装置、連続速度監視装置により、押しボタン一つの操作で自動運転され、正確な運転サイクルが確立される。
- (4) 定点速度監視装置・連続速度監視装置・電氣的過速度検出装置・機械的過速度検出装置(遠心力スイッチ)などにより速度監視しているので、きわめて安全である。

この稿の執筆にあたり、種々ご協力を賜った日本ケーブル(株)、大和索道(株)、その他関係各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 索道規則：運輸省令第34号，昭和41年改正
- (2) 中野，井上：別府鶴見岳ロープウエー電機品，三菱電機技報37，No. 9，(昭和38年)
- (3) 佐藤，吉田，川合：ロープウエーのリアクトル制御，三菱電機技報37，No. 11，(昭和38年)

コンデンサブッシング形計器用変圧器

塩見 実*・堂本 雅己*

Bushing Potential Devices

Itami Works Minoru SHIOMI・Masami DOMOTO

Bushing potential devices installed on the line side of a power station, substation and switching station are evaluated highly of their excellent features of simplicity and economy when used for voltage measurement and synchronizing and a good number of them have been in use for these years. Now new products of this type have been developed with new technique incorporated so as to have much more simplicity and easiness in installation and maintenance. They can be combined with wall bushings in indoor substations and gas insulated substations which are suited to the circumstances in this country

This article describes briefly the bushing potential devices with the details and characteristics of the new technique as the main topic.

1. ま え が き

コンデンサ形計器用変圧器（以下、わが国の一般的な略称に従ってPDと略記する）は、いまや特別高圧以上では電圧変成器の主流になっており、その種類も専用のコンデンサを有してスイッチヤードの母線に接続される結合コンデンサ形PD（いわゆる別置がいし形PD）、OCB・変圧器のブッシングや壁ぬきブッシングの静電容量を利用したブッシング形PD、電力ケーブルの静電容量を利用したケーブルPD、また特異なPDとしてSF₆ガスで絶縁されるガス絶縁変電所（GIS）専用のPD⁽¹⁾もある。

PDをその用途によって分類すると、発電所・開閉所の母線に接続して計器・継電器用の電圧要素として使用される計器継電器用PD、電力の取引用に使用される電力需給用PDなどがあるが、これらは数100VAの容量で、1%より小さな変成誤差を要求されるのが普通であり、その特性上専用のコンデンサを有する結合コンデンサ

形PDが使用される。しかしながら、これらのほかに発電所・開閉所の線路引出口に設けて、同期検定、電圧・周波数測定用あるいは電圧の有無の検知用に使用されるPDがあり、線路用PDと呼ばれているが、この線路用PDは容量も少なく変成誤差も計器継電器用のような高精度を必要としないため、経済性・据付場所の点ですぐれたブッシング形PDがかなり使用されている。また、このブッシング形PDは専用のがいしを持たぬため、塩じん（塵）害汚損を考慮する必要があるときは、より経済性が発揮できるものでもある。

当社ではこの線路用PDとしてPBA形と称するブッシング形PDを多数製作・納入してきたが、このたび据付・保守などの使用上の便宜をはかるため、多くの新技術を有する改良形のBY形ブッシング形PDを開発した。図1.1に275kV OCBに取り付けたBY形PDを示す。

2. 基本設計

据付面積の縮小、据付位置の自由度向上、安全性の確保、保守・点検の容易性の向上をはかるとともに、従来よりの経済性をそこなわないことを主眼にして開発した。

2.1 回路構成

BY形PDの回路図を図2.1に示す。このPDは、コンデンサブッシン

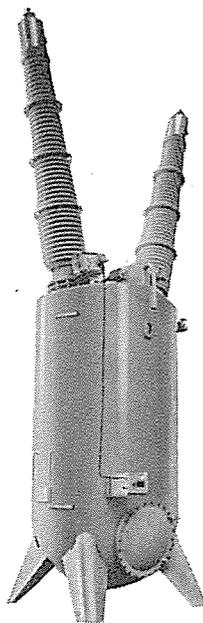
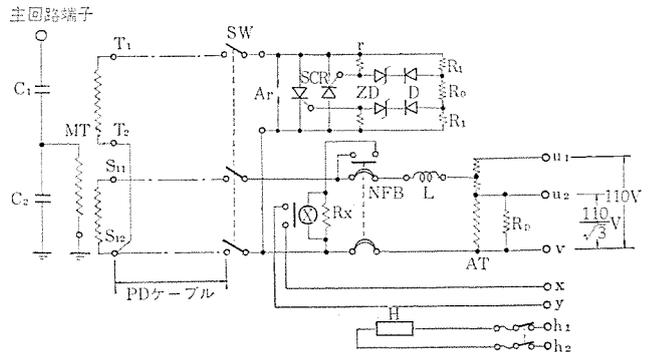


図 1.1 275 kV OCB 取付けの BY 形 PD
Type BY bushing potential device mounted on
275 kV oil circuit breaker.



C ₁	主コンデンサ(ブッシング)	R ₀	抑制抵抗	ZD	ツェナーダイオード
C ₂	分圧コンデンサ(μ)	R ₁	固定負荷	D	ダイオード
MT	主変圧器	X	補助リレー	r	カーボン抵抗
AT	補助変圧器	SW	3極開閉器	R ₀	シリコン被覆抵抗
L	共振フェイル	A _r	避雷器	R ₁	シリコン被覆抵抗
NFB	ノーヒューズしゃ断器	SCR	サイリスタ	H	ヒータ

図 2.1 BY 形 PD 回路図
Circuit diagram of type BY bushing potential device.

が、漏えい(洩)リアクタンス形主変圧器と微調整用補助変圧器、および微調整用共振リアクトルより構成された共振形PDであり、以下に基本となる回路構成について説明する。

(1) 高圧部・低圧部の分離回路

数千Vのブッシングの静電分圧電圧を約100Vに降圧する主変圧器を1個のタンクに収納し、この主変圧器部をブッシングに直結させるとともに、100Vに降圧された電圧の絶対値・位相を微調整する補助変圧器、共振リアクトルおよびPDの保護装置などを別容器に収納した調整装置部をもうけ、この両者間を100Vのケーブルで接続する方式にした。これにより、主変圧器は据付場所がまったく不要になり、調整装置も小形であるうえ、PDケーブルは3.5mm²程度のビニルケーブルを使用すれば20mぐらいの距離まで任意の位置に取り付けが可能である。また、高電圧露出部は皆無であり、PDケーブル引込口のスイッチを開放すれば、調整装置以後はまったく無電圧になるので、点検時の安全性も万全である。

(実用新案登録番号908901, 928886)

(2) 二次短絡・過負荷保護回路

このBY形PDは共振形であるため、負荷電流が増大すると、インダクタンスおよびキャパシタンスのリアクタンスドロップが増大する。熱容量については変成誤差が小さくなるように内部抵抗ドロップを減らすために十分に太い電線を使用しているため、問題はないが、リアクタンスドロップが増大すると、コンデンサおよびリアクトルの絶縁をおびやかす値にまで達するので、これに対する保護対策が必要になる。

BY形PD回路を原理的な等価回路であらわすと、図2.2のようになる。図2.2は、図2.1のコンデンサ分圧点にテブナの定理を適用して書き換えたものであり、

$$e = \text{電源電圧} \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ である。}$$

Z_m は主変圧器励磁インピーダンス、 L_m は主変圧器漏れインダクタンス、SCRは二次短絡保護用サイリスタである。この主変圧器は、漏れリアクタンスを有する二次コイルSと漏れのない二次コイルTより構成されているため、図2.2のような等価回路になる。 r はPD内部の全抵抗、 L は共振リアクトルのインダクタンス、 Z_a は補助変圧器の励磁インピーダンス、 Z_b は負荷インピーダンスである。使用周波数において、

$$\frac{1}{\omega(C_1 + C_2)} = \omega(L_m + L)$$

になるように調整されており、 $Z_m \cdot Z_a$ は無視しうる程度に大きな値であるために見かけ上の内部インピーダンスドロップは $r \times I$ のみになるが、絶縁上 I の大きさいかんによっては、

$$\frac{1}{\omega(C_1 + C_2)} \text{ すなわち } \omega(L_m + L) I$$

の電圧制限が必要になるわけである。

BY形PDは、この $\omega(L_m + L)I$ の制限をサイリスタを使用したスイッチング回路で行なうようにしてある。SCRスイッチ回路は、図2.1のとおりで、主変圧器の漏れのない二次コイル T_1 - T_2 の電圧が一定値を越えると、ツェナーダイオードZDがブレイクダウンしてSCRのゲートに電流が流れ、SCRが導通状態になる。プラス・マイナス両波に対してスイッチングできるようにSCRを2個使用した。 r は電位を取るための高抵抗である。サージなどの異常電圧の侵入に対しては、 T_1 - T_2 コイルを静電板で囲って誘導をなくするほか、後備保護としてアレスタArをもうけた。

SCRスイッチが導通状態になれば、PD内部の電流は

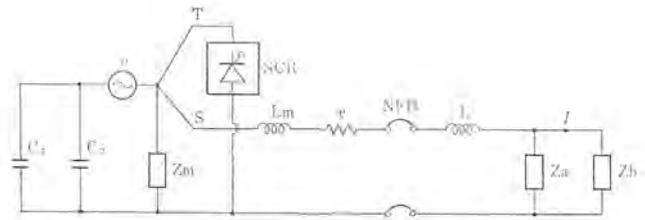


図 2.2 原理的等価回路図
Principal equivalent circuit.

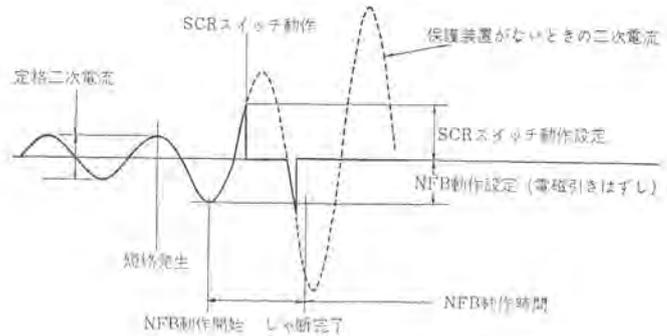


図 2.3 二次短絡時の二次電流
Secondary current in short circuit.

表 2.1 BY形PDの定格
Ratings.

定 格 電 圧		定 格 周 波 数 Hz	定 格 負 担 VA	漏 差 階 級
kV 次	V 次			
66/√3	110/√3-110	50 または 60	15	3.0
77/√3	110/√3-110	50 または 60	15	3.0
110/√3	110/√3-110	50 または 60	15	3.0
154/√3	110/√3-110	50 または 60	30	3.0
187/√3	110/√3-110	50 または 60	30	3.0
220/√3	110/√3-110	50 または 60	50	3.0
275/√3	110/√3-110	50 または 60	50	3.0

$$\frac{e}{\omega(C_1 + C_2)}$$

に制限されるため、絶縁上の問題も解消される。SCRスイッチ動作後もノーヒューズしゃ断器には図2.3に示す電流が流れ続けるため、ノーヒューズしゃ断器は確実に動作して短絡回路が切り離される。すなわち、短絡瞬時の、ノーヒューズしゃ断器の動作時間で追従できない電流の立ち上がりは、SCRスイッチで保護し、その後短絡回路を開放するわけである。(特許登録番号598379, 申請中1件)

したがって、ヒューズなどで短絡電流を制限するものと比べて動作が非常に安定しており、またPDに合わせて電流制限点を適切に設定することが可能である。

また、このSCRスイッチは、電源電圧の上昇によっても動作するので、系統の電圧上昇などを考慮して動作設定電圧を常規の約2.5倍にしてある。過負荷電流に対しては分圧コンデンサ C_2 の端子電圧が上記の約2倍に上昇した点(約4倍の過負荷電流)でノーヒューズしゃ断器が動作するように設定してある。このとき、SCRスイッチは約2.5倍電圧設定であるから、過負荷に対する後備保護になるように、連続定格のものにした。

2.2 定 格

使用目的およびブッシングの静電容量による制限もあって、定格は表2.1のとおりにした。

二次電圧は $110/\sqrt{3}\text{V}$ - 110V のタップ付きであるが、いずれを使用してもよく、また定格負担内であれば同時使用も可能である。ただし、重汚損耐塩害用・大電流用ブッシングなどの場合には静電容量の増加が見込めるため、若干の容量アップが可能な場合もある。

また、500 kV 級については十分な静電容量が得られるため、精度・容量ともかなりの向上が可能であり、線路用 PD としての使用目的も変わってくるものと考えられるが、今回はこれらは含んでいない。

3. 特 性

製品と同一の試験用品を製作し、JIS・JEC・電力用規格・電力会社用品規格に基づく全特性のほか、OCB 動作時の振動に対する耐振動試験・サイリスタスイッチ回路の耐候性試験などの必要な全特性について試験し、すべて良好な結果であることを確認した。

図 3.1 は 77 kV 壁ぬきブッシングと組み合わせて試験中の BY 形 PD、図 3.2 は 275 kV OCB に取り付けて耐振動性能を試験中の

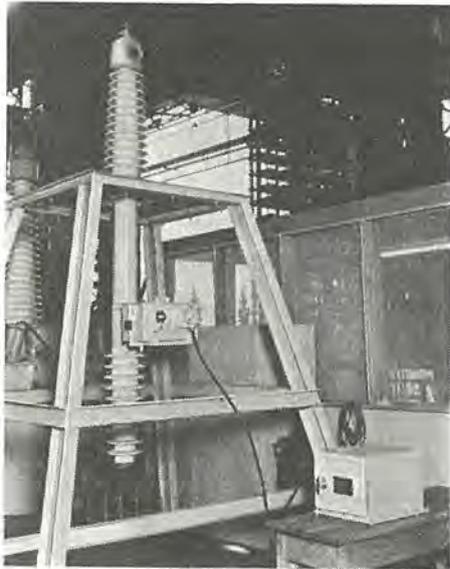


図 3.1 77 kV 壁ぬきブッシングと組合せ試験中の BY 形 PD
Type BY bushing potential device and 77 kV wall bushing under test.

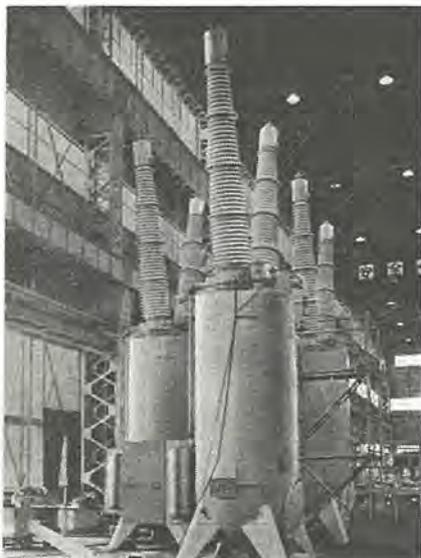


図 3.2 OCB 操作時の振動試験
Vibration test in OCB operation.

ものである。以下に代表的な特性について述べる。

(1) 誤差特性 (精度)

77 kV 壁ぬきブッシング用 BY 形 PD の誤差特性を図 3.3 に示す。 $110/\sqrt{3}\text{V}$ 、 110V のいずれでも無調整で得られる特性である。

(2) 短絡保護特性

154 kV ブッシング用 BY 形 PD の試験回路を図 3.4 に、結果を図 3.5 に示す。各種の試験を通じて 77 kV 用・154 kV 用・275 kV 用について二次短絡開放試験を 100 回以上行なったが、いずれの場合も鉄共振などの異常現象は発生していない。さらに、 N-H ユーズしゃ断器を短絡して 30 分間の連続短絡試験を行なった結果も異常なく、また SCR スイッチ回路を調整装置箱内に収納して屋外に放置して 1 年間の耐候性試験を行なったが、年間を通じて動作開始電圧は安定しており、良好な結果が得られた。

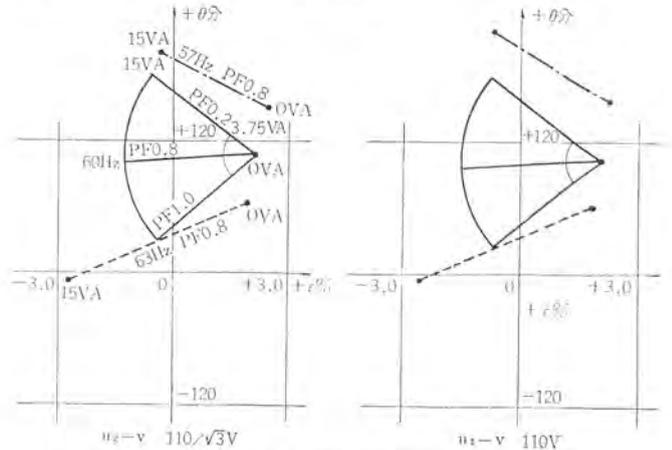


図 3.3 77 kV 15 VA 60 Hz PD の誤差特性円線図
Performance curves for 77 kV 15 VA 60 Hz potential device.

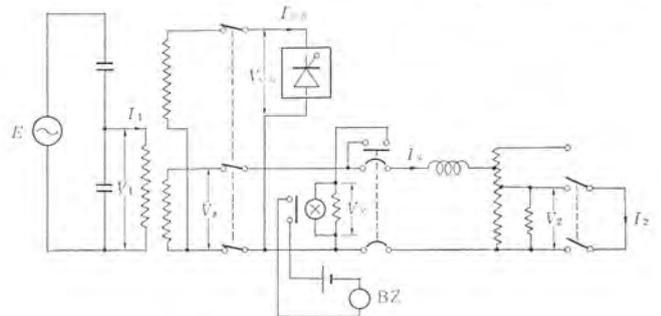


図 3.4 二次短絡試験回路
Test circuit of secondary shorting.

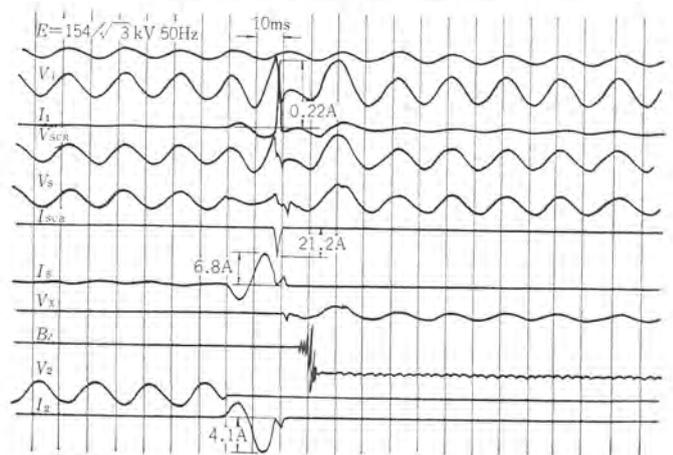


図 3.5 154 kV 30 VA 50 Hz PD の二次短絡保護特性
Oscillogram under secondary circuit shorting.

(3) 記憶作用

この種のPD使用目的から考えて、系統地絡時にPD二次側に残留する電圧(記憶作用と呼ばれる)は特に問題になるものではないが、参考のために測定を行なった。275 kV ブッシング用BY形PDの等価試験回路を図3.6に、結果を図3.7に示す。図3.6はテブナ

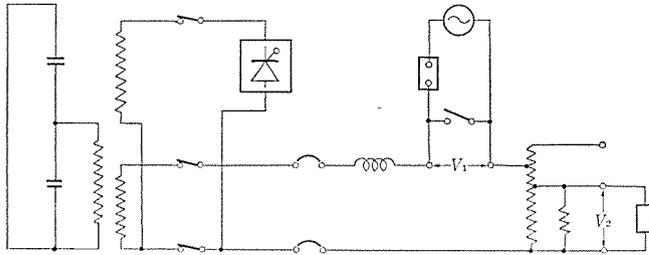


図 3.6 記憶作用等価試験回路
Equivalent test circuit of the memory action.

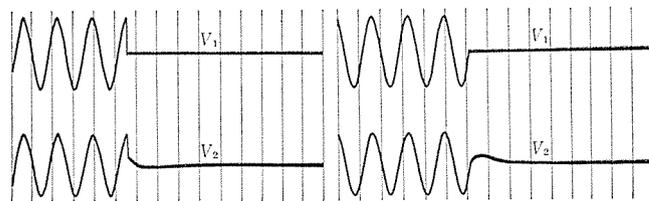


図 3.7 275 kV 50 VA 60 Hz PD の記憶作用
Oscillogram under primary circuit shorting (memory action).

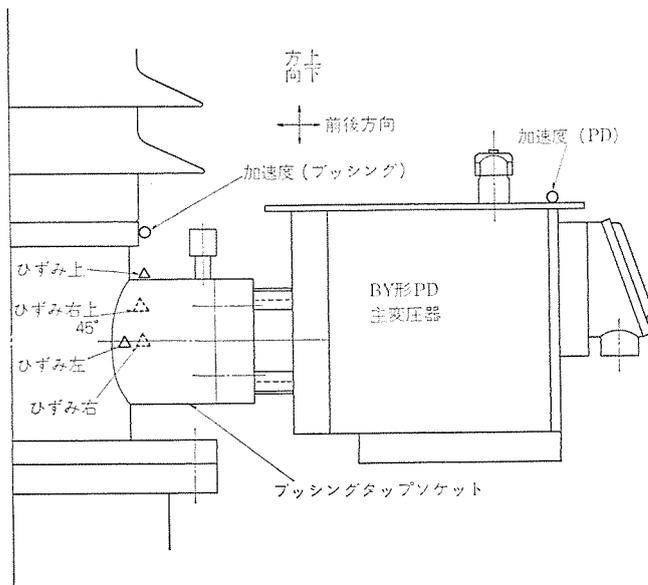


図 3.8 振動特性測定用ゲージ取付位置
Gauge arrangement for vibration test.

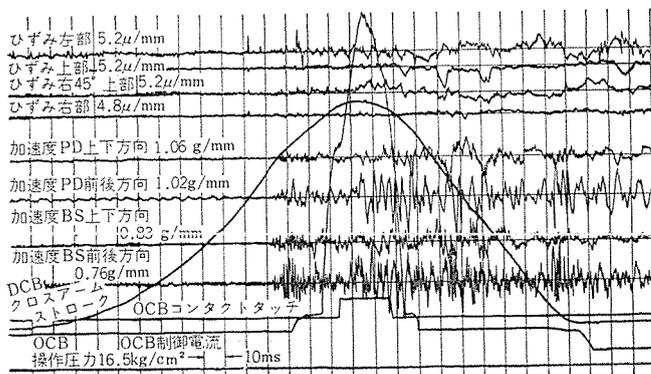


図 3.9 275 kV OCB 操作時の振動特性
Oscillogram of vibration under 275 kV OCB operating.

ンの定理を使って電源を二次側に置換したものであり、記憶作用に対してはこの回路で等価になる。残留電圧は、50 VA で波高値の21~28%、継続時間は13~25 ms 程度であり、高速度継電器以外であれば問題にならない値であろう。

ただし、500 kV 級ブッシングであれば、十分な静電容量を有するため、この残留電圧も結合コンデンサ形PD並みに減少させることは可能である。

(4) 耐振動特性

BY形PDは分割形で、主変圧器をブッシングに直結させるので、従来の取り付け構造と異なるため、最大の加振力になるOCB動作時の耐振強度を主体にして試験を行なった。まず、モデルによって周波数を変えて振動のモード・各部の強度を測定した結果、ブッシングフランジ部のPDタップソケットに最大応力が発生することを確認したので、図3.8の位置にひずみ計・加速度計を配置して試験した。OCB動作中に最大加振力を生ずる場合の結果を図3.9に示す。これは、シャ断器の責務として定められたC-O動作よりもさらに大きな振動が生ずるところの、C完了時にOにはいったもので、シャ断器調整時に発生する可能性が考えられるものであり、われわれはこれを仮りにa接点C-Oと呼んでいる。

オシロからわかるように、ブッシングの上下方向最大加速度約7gに対して最大ひずみεはブッシングタップソケット上部で発生しており、約 26×10^{-6} である。ここで、タップソケットの材質は軟鋼SS41であるから、ヤング率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ として応力σは $\sigma = E \cdot \epsilon = 54.6 \text{ kg/cm}^2$ になり、SS41材の耐力 $2,100 \text{ kg/cm}^2$ に対してはまったく問題にならない値である。

4. 構造

すでに記述したように、分割形としてブッシングから離れた部分はすべて100V回路にしたことが最大の特長であるが、細部の構造についてもう少し記述しておく。

(1) 主変圧器

屋外用油入完全密封形で、内部に油量調整装置(ベローズ)をもうけてある。ブッシングのタップソケットに取り付けた状態を図4.1に示す。

(2) PDケーブル

屋外に使用できる600V軟鋼シャへい付き制御用ビニル絶縁ビニルシースケーブル(CVVS, JCS-258)であるため、配設が容易で安全性も高い。このケーブルはPDの一部であるので、使用時のケーブル長さに応じて適当な断面積のものを選定してPDとともに納入することになる。

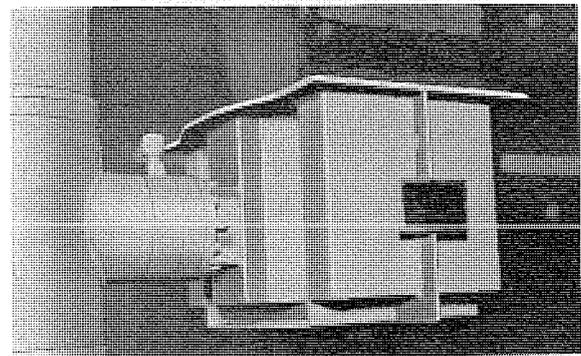


図 4.1 ブッシングに取り付けた主変圧器部
Main transformer unit mounted on bushing

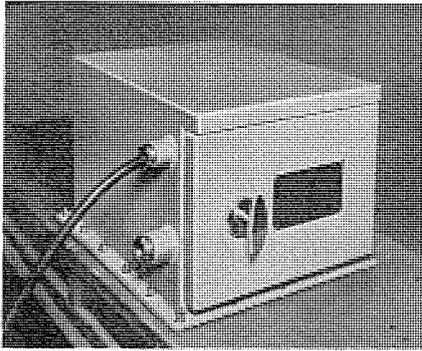


図 4.2 調整装置部外観
Adjusting unit.

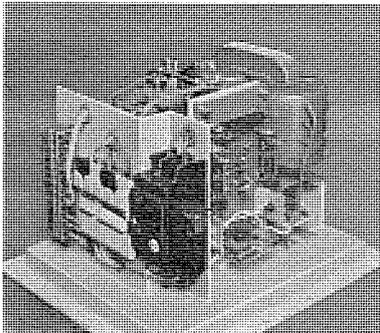


図 4.3 調整装置内部
Internal construction of adjusting unit

(3) 調整装置

乾式の補助変圧器・共振リアクトル・サイリスタスイッチ・ノーヒューズしゃ断器・他のスイッチ類をひとまとめにして、ヒータおよび換気孔付きの屋外用収納箱に入れてある。外観と内部をを図 4.2, 図 4.3 に示す。換気孔にはフィルタをもうけて防水・防じん(塵)構造にした。

5. む す び

従来より簡易性・経済性にすぐれたブッシング形 PD は多数使用されていたが、このたび開発した、より簡易性・据付・保守点検にすぐれた新方式の BY 形ブッシング形 PD について記した。すでに国内電力会社向け・輸出向けに約 50 台をこの BY 形 PD で鋭意製作中であるが、ブッシング形 PD は塩害・土地入手難などのわが国の情勢に適合した屋内変電所・ガス絶縁変電所などの密閉式変電所・開閉所用壁ぬきブッシングにも適用できるものであり、今後ともこの特長を十分に活用されることを期待したい。

また、500 kV 級ブッシング用には容量・精度ともにさらに向上させた PD も製作可能であるので、今後も検討を加えていく必要がある。

最後に、本 BY 形 PD の開発に多大の協力をいただいた関係各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 長野, 塩見: 三菱電機技報, 44, No. 9, (昭 45)

正 誤 表

本誌 45 巻 10 号 (46 年 10 月号) に掲載の「省力化の投資限界」に下記のような誤りがありましたのでつつしんでおわびいたします。

ページ	誤	正
1317 ページ 表 3.7 の右端	20 %	20 %
	1.1993	0.34169
	1.4365	0.23104
	1.7222	0.18433
	2.2595	0.15020

誘導電動機における開閉サージ問題と真空開閉器の適用

岡田 昌治*・伊藤 利朗**・大倉 敏幹***・村井 裕***
 勝田 久登*・竹内 伴治*・足立 寛**・河野 慶三***

Switching Surges in Connection with High Voltage Induction Motors and Application of Vacuum Switches

Head Office Masaji OKADA

Central Research Laboratory Toshio ITÔ・Toshimoto ÔKURA・Yutaka MURAI

Kobe Works Hisato KATSUTA・Tomoharu TAKEUCHI

Nagoya Works Satoru ADACHI

Communication Equipment Works Keizô KÔNO

In order to make effective use of vacuum switches with many advantages, a measure of switching surge protection is to be set up in applying the switches to rotating machines. This article makes clear of the characteristics of the switches for surges, the condition of overvoltage generation and a concrete measure of securing faultless operation for a long period of time. In distribution systems of modern factories where a good number of cables are in use, very steep-fronted surges are liable to occurring and shortening the life of turn-to-turn insulation of motors. Especially interruption right after the start involves a probability of continuous rearcings and dangerous voltage rise. If VS reactors are put in use, the surges can be suppressed to safer voltages than those occurring to other switches. Mitsubishi motors self containing the VS switches are thus proved the most appropriate.

1. ま え が き

一般に巻線を有する機器に衝撃性異常電圧が侵入する場合、侵入初期に、巻線端部の層間分担電圧は相当高いものとなり、侵入波の波頭しゅん(峻)度が高いほどこの傾向が著しくなる。

一方、回転機巻線は、狭いみぞの中に納められ、通常外気にさらされて使用されるので、変圧器などの静止器に比べ、十分の絶縁強度を持たせることが困難である。

したがって、雷や急しゅんな開閉サージに対して回転機を十分保護するには特別の注意が必要で、古くから避雷器とコンデンサ併用によるサージアブソーバが推奨され、電力用発電機など重要回転機にはこれを設置するのが一般的な practice で、巻線内電位分布や保護装置の効果について数多くの研究が行なわれている⁽¹⁾。

工場配電系統に使用される電動機も同様の配慮が必要であるが、通常電サージの侵入は少なく、開閉サージも大規模なケーブル系統でなければ、それほど過酷でないので、わが国では経済的な理由もあって小容量電動機については無保護で使用され、万一事故があっても電動機の不良として処理されるのが通例であった。

しかし、工場の近代化が進むにつれ、系統機器の信頼性に対する要求はきわめて大きいものとなり、一方、電動機の使用ひん度の増大、ケーブル系統の拡大から開閉サージ自体の過酷度が増大してきた。さらに、開閉器類の縮小化・省力化に対する要求から真空開閉器が多数用いられるようになった。

真空スイッチは当初かなり大きい電流をさい断するものがあり、その異常電圧が問題にされてきたが、現在では電動機開閉に関する限り、さい断レベルがもはや問題とならないような電極材料が使用され、通常のさい断による電圧自体は心配する心要がなくなっている。

しかし電動機を対象とした開閉サージに関する研究で、筆者らは

再発弧によって等価的なさい断がおこる場合があり、これの繰り返しが異常電圧発生の主因であることを突き止め、その発生条件、回転機に対する過酷度および防護対策を明らかにすることができた。

従来形開閉器でも、回転機にとっては過酷な開閉サージ責務を課す場合があったが、当社の開発した保護装置「VSリアクトル」は、最近の工場配電系統の電動機には最適のサージ抑制緩和装置で、これにより回転機の絶縁劣化を完全に防ぐことができ、真空スイッチを使う場合も、その利点を最大限に生かして、従来形スイッチ以上の安全かつ経済的な運転ができる。

回転機自体についても、当社では開閉サージを考慮した合理的な絶縁設計を行っており、今後の産業界の要望にこたえる最適システムを提供できると信ずるので、ここにその結果を報告する。

2. 開閉サージの様相と基礎的研究

一般に回路を開閉した場合は、その前後の状態変化に伴う過渡的な動揺が発生し、定常時より高い電圧・電流があらわれる。これが開閉サージと呼ばれるもので、回路や機器の特性に応じて、その様相が複雑に変化するが、本文では、回路条件としては、三相誘導電動機の開閉制御回路を、開閉器としては真空開閉器に加えて比較のため、さい断も高周波しゃ断能力もない仮想スイッチを対象として開閉サージを検討する。

さて通常の工場配電系統は図 2.1 のようにスイッチの負荷側に数十メートル前後のケーブルがあり、電源側に多数のケーブルが接がれ、中性点は計器用変圧器で接地されているので、等価的に図 2.2 のような回路となる。本文ではこのような回路の開閉を対象として論じるわけであるが、投入時と開閉時とでサージの様相が異なるので、それぞれ節を分けて考察する。

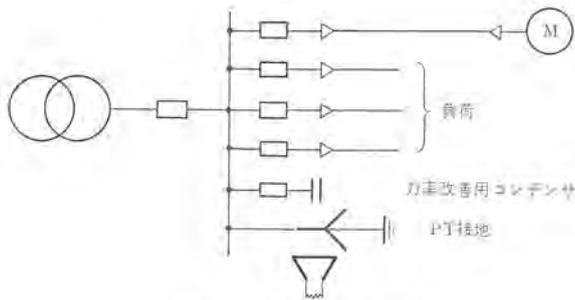
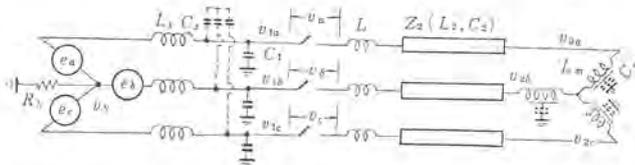


図 2.1 一般工場の高圧配電系統
Plant distribution circuit.



e ……電源起電力、波高値を1とすれば

$$e_a = \sin \omega t, e_b = -\frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t, e_c = -\frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t$$

R_N ……中性点接地抵抗
 L_s ……電源インピーダンス
 C_s ……線間容量、力率改善用コンデンサがある場合考慮を要する
 C_1 ……電源側ケーブル等価対地静電容量
 L ……スイッチ近傍の漂遊インダクタンス
 Z_2 ……負荷側ケーブルサージインピーダンス
 L_2 ……負荷側ケーブルインダクタンス
 C_2 ……負荷側ケーブル等価対地静電容量
 Z_m ……電動機サージインピーダンス
 L_m ……電動機等価インダクタンス
 C_m ……電動機等価静電容量

図 2.2 等価回路
Equivalent circuit necessary to analyse switching surges in three phase motor circuit.

2.1 投入時のサージ

図 2.2 の回路でスイッチが投入動作に入ると電極間げき(隙)が時間とともに短縮し、極間電圧と極間耐圧の一致が最初に生じた相から発弧し、回路が投入される。この相を第1相という。第1相が投入されるまでは回路は定常状態にあったと仮定できるので、この投入によってスイッチ端子間に生じる電圧の変化分は、最高で相電圧の波高値 E で、その波頭しゅん度はきわめて大きい。そしてこの変化分がケーブル内に侵入し、往復振動する。

いま、図 2.2 の C_1 が C_2 に比べてはるかに大きい場合、正確に言えば電源側サージインピーダンスが Z_2 に比し無視し得る場合を考え、スイッチ近傍の漂遊インダクタンスを L 、ケーブルのサージインピーダンスを Z_2 、電動機のサージインピーダンスを Z_m とすると、侵入第一波は電動機の端子において次式の v_2 なる電圧を誘起する。

$$v_2 = v^0 \frac{2Z_m}{Z_2 + Z_m} (1 - e^{-Z_2/Lt}) \dots\dots\dots (2.1)$$

ここで、 v^0 はスイッチの端子間における投入時の電圧変化分で三極中の最大値をとれば $E \sim \frac{\sqrt{3}}{2} E$ の範囲にある。

一般にケーブル回路の場合 Z_2 は Z_m よりはるかに小さいので、式(2.1)は電動機端子に波高値 $2v^0$ 、立上り時定数 L/Z_2 なるサージが印加されることを意味している。ここで波頭部分についてももう少し詳細に考察すると、ケーブルのサージインピーダンスを 30Ω 、漂遊インダクタンスを $6 \mu\text{H}$ として、最大波頭しゅん度は $v^0/0.1 \mu\text{s}$ となる。ケーブル長が $2 \sim 300 \text{ m}$ までの工場では、ケーブル自体の波頭変ひずみ効果もほとんど期待できないので、サージの波頭長としては、最悪 $0.2 \mu\text{s}^{(2)}$ 程度までは考える必要があることになる。(裸線 1 m で約 1.2

μH のインダクタンスがあるので、これ以上に波頭が急しゅんになることはまず考えられない)。

通常開閉サージは緩波頭サージとも呼ばれ、波頭がゆるやかなように考えられているが、これは架空線の場合、あるいはケーブル系統でも長距離の場合か、母線側サージインピーダンスが大きい場合で、このようなときは、負荷側の漂遊静電容量などによって、大きくしゅん度が緩和され、実際に負荷に現われる波形は、線路の往復振動数に近いものになる。

工場の短いケーブル系統でも、第2波以降は、緩和作用が累積され、集中定数回路で考えた波形と似てくるが、投入時および再発弧時の第1波には、常にかかる急しゅん成分が含まれているわけである。換言すれば理想スイッチの第1相投入の場合でも波高値が相電圧の倍、波頭長が $0.2 \mu\text{s}$ というサージが電動機端子に印加されるような系統が多くなってきているわけである。

スイッチ極間の耐圧特性が三相で完全にそろっている場合には、第1相の投入より時間的におそい第2相、第3相の投入は、スイッチの耐圧がより低下した点で行なわれるから、第1相より低いサージが発生するにすぎない。ところが一般のスイッチではストロークに三相相互間でばらつきがあり、とくに数 kV で放電する程度に極間が接近している場合には、極間距離のばらつきの割合はかなり大きいものと考えられる。(これは真空スイッチに限らずいえる) このような場合には、第2相、第3相の放電が第1相より高い電圧で行なわれることがあり、この電圧の最大値は、第1相の投入がもとで第2相あるいは第3相の極間に発生する電圧の最大値に等しい。

そこで次にこの最大値について考察する。いま図 2.2 において a 相が第1相となって投入された場合を考えると、たとえば b 相の接点間には最高値として次式で与えられる v_b^0 が印加される。(付録 A 参照)。

$$|v_b^0| = \sqrt{\left(\frac{1}{2} + \psi\right)^2 + \frac{3}{4}} \dots\dots\dots (2.2)$$

ここで ψ は図 2.2 の L_m, C_m, L_2, C_2 の a 相, b 相のものを加えた回路の振動の振幅率(振動の波高値/振動の中心値)である。

そしてこの波高値でスイッチが発弧したものとすると、電動機の端子には、式(2.1)の v^0 を式(2.2)の v_b^0 で置き換えただけの電圧が印加されることになる。このサージの大きさを具体的に検討するため、上記の振動に減衰がない場合($\psi=2$)を考えると、このサージの波高値は相電圧の $2\sqrt{7}$ 倍という大きな値となる。

第3相にもうえと同様な考察を加えて、第1相～第3相の開閉サージをまとめたのが表 2.1 である。表 2.1 には参考のために発弧した場合の対地電圧波高値が示されている。大地間電圧の波高値よりも高い波高値を有する電圧が電動機端子間に印加されることは留意すべきである。

以上は一度発弧が生ずれば、そのまま回路が投入される、理想スイッチの場合に関する論議であるが、接点にパウンティングがあり、パウンティング程度の短間げきでも、回路をしゃ断する能力のあるスイッチでは、次のしゃ断の際に生じる現象と同様な現象が生じる可能性がある。

2.2 しゃ断の際に発生するサージ

スイッチが開極動作を行なうと、まずスイッチの極間にアークが発生し、スイッチがしゃ断可能な態勢になるまでアークは持続する。そしてその後迎える最初の零点で回路がしゃ断される。時間的に最も早くしゃ断零点を迎える相から番号を付け、第1相、第2相、第3

表 2.1 他相の影響を考えたときの非接地三相誘導負荷開閉サージ計算値 (図 2.2 で $C_1 \gg C_2$ の場合を示す)
Maximum peak-to-peak and peak-to-earth switching surge voltages in three phase circuit.

p. u. …… 常規対地電圧波高値, 3.3 kV rms=2.7 kV_P, 6.6 kV rms=5.4 kV_P
 ϕ …… a 相電圧に対する発弧位相, $\cos(\Phi - \phi)$ は a 相 0 点からはかって ϕ で発弧したとき最大電圧を与えることを示す。
 ψ …… 発弧の前段階の過渡振動振幅率, $\psi=2$ は損失がなく 2 倍に振動した波高値での現象, $\psi=1$ は過渡振動がおわってから, あるいは振動が定常値を通過するときの現象を示す。

	計 算 式		発弧時負荷端最大電圧 (p. u)								
	発弧前極間電圧 $V(p. u)$	発弧後負荷対地電圧 $V_2(p. u)$	$\psi=2$		$\psi=1.8$		$\psi=1.3$		$\psi=1$		
			2V	V_2	2V	V_2	2V	V_2	2V	V_2	
投入時	第1相	$V_a = \sin \Phi$	$V_{2a} = 2 \sin \Phi$	2	2	—	—	—	—	—	—
	第2相	$V_b = -\sqrt{\left(\frac{1}{2} + \psi\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} \cos\left(\Phi - \tan^{-1} \frac{1+2\psi}{\sqrt{3}}\right)$	$V_{2b} = -\sqrt{(\sqrt{3})^2 + (1+\psi)^2} \cos\left(\Phi - \tan^{-1} \frac{1+\psi}{\sqrt{3}}\right)$	$5.28 = 2\sqrt{7}$	3.46	4.90	3.29	3.98	2.87	3.46	2.64
		$V_c = -\sqrt{1+\psi+\psi^2} \cos\left(\Phi + \tan^{-1} \frac{1+2\psi}{\sqrt{3}}\right)$	$V_{2c} = -\sqrt{4+2\psi+\psi^2} \cos\left(\Phi + \tan^{-1} \frac{1+\psi}{\sqrt{3}}\right)$	5.28	3.46	4.90	3.29	3.98	2.87	3.46	2.64
第3相	$V_c = \frac{1}{2}\sqrt{9+3(\psi-1)^2} \cos\left(\Phi + \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}(2-\psi)}{2+\psi}\right)$	$V_{2c} = \frac{\sqrt{25+3(\psi-1)^2}}{2} \cos\left(\Phi + \tan^{-1} \frac{8-3\psi}{\sqrt{3}(4+\psi)}\right)$	$3.46 = 2\sqrt{3}$	$2.64 = \sqrt{7}$	3.30	2.59	3.04	2.51	3	2.5	
	$V_b = \frac{1}{2}\sqrt{9+3(\psi-1)^2} \cos\left(\Phi - \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}(2-\psi)}{2+\psi}\right)$	$V_{2b} = \frac{\sqrt{25+3(\psi-1)^2}}{2} \cos\left(\Phi - \tan^{-1} \frac{8-3\psi}{\sqrt{3}(4+\psi)}\right)$	3.46	2.64	3.30	2.59	3.04	2.51	3	2.5	
	$V = \frac{1}{2}(2+\psi)\cos(\Phi+30^\circ)^*$	$V_2 = \frac{1}{2}(4+\psi)\cos(\Phi+30^\circ)$	4	3	3.8	2.9	3.3	2.65	3	2.5	
零点しゃ断時	第1相	$V = \frac{3}{2}\psi$	$V_2 = \frac{2+3\psi}{2}$	6	4	5.4	3.7	3.90	2.95	3	2.5
	※ 第2相	$V = \sqrt{3}\psi$	$V_2 = \frac{\sqrt{3}(1+2\psi)}{2}$	$6.93 = 4\sqrt{3}$	$4.33 = 5\sqrt{3}/2$	6.22	3.98	4.50	3.12	3.46	2.60
	※ 第3相	$V = 2$	$V_2 = 3$	4	3	—	—	—	—	—	—
	2, 3 相同時	$V = \frac{\sqrt{3}}{2}\psi$	$V_2 = \frac{\sqrt{3}(1+\psi)}{2}$	3.46	$2.6 = 3\sqrt{3}/2$	3.11	2.42	2.25	1.99	1.73	1.73

* 1, 2 相同時投入後の第3相
 ※ 操作機構の故障, あるいは一相の極間絶縁が極端に低下しているような場合以外は起こらず, 普通は 2, 3 相同時しゃ断となる。

相と呼ぶ。

この節では, このしゃ断零点後に現われるサージを検討するわけであるが, その様相はスイッチのしゃ断特性によって異なるので, しゃ断特性別に検討する。

2.2.1 さい断能力も高周波しゃ断能力もないスイッチの場合
 簡単のためにアーク電圧を無視すると, しゃ断後に極間に現われる電圧すなわち再起電圧 v_r は次式で近似される。

$$v_r = E_r(1 - \varepsilon^{-\alpha_r t} \cos \omega_r t) \dots\dots\dots(2.3)$$

ここで, E_r はスイッチの極間からながめた場合の起電力のしゃ断零点における瞬時値で, 瞬時回復電圧と称されるものである。また, ω_r は回路のインダクタンスと対地静電容量によって決定される角周波数であり, α_r は振動の減衰定数である。

式(2.3)の E_r はしゃ断の相によっても, また負荷条件によっても異なる値となるが, ここではまず第1相しゃ断を考え, また負荷力率が 0 の場合 (電動機の起動電流しゃ断の場合はこれに近い) を考えると,

$$E_r \approx 1.5 \times (\text{相電圧波高値})$$

となるので, 式(2.3)から次の関係が得られる。

$$v_r \text{ の波高値} \approx 1.5\psi \times (\text{相電圧波高値}) \dots\dots\dots(2.4)$$

ここで ψ は再起電圧振幅率で式(2.3)の α_r とは次の関係がある。

$$\psi = 1 + \exp(-\alpha_r \pi / \omega_r)$$

さて以上のような再起電圧がしゃ断後の極間にあらわれると, スイッチは再発弧する可能性が大きい。というのは, スイッチはまだ短間げきの状態にあり, また先行していたアークのために空間が低耐圧

の状態にある可能性もあるからである。このようにして再発弧が生じると投入で論じたと同様のサージがケーブル内を進行し, 電動機端にはスイッチの発弧電圧の 2 倍, したがって最悪の場合には, 相電圧波高値の 3 ψ 倍 (ψ は電動機回路では 1.5~1.8) の波高値を有する急しゅんなサージが印加されることになる。

第2相, 第3相しゃ断についても, 同様な考察でサージの様相を明らかにできるが, この場合は第1相より時間的に遅く, しゃ断能力が上昇しているのので再発弧が生じる確率は第1相に比べて極端に低いものとなる。

表 2.1 は ψ の関数としての電圧値をまとめたものである。

2.2.2 電流さい断のあるスイッチの場合

ある種の真空スイッチや油しゃ断器では交流電流の零点を待たずに電流をしゃ断することがある。これをさい断現象という。

さて, さい断現象があると, 式(2.3)の v_r は次式のようになることが回路論から容易にみちびかれる。

$$v_r = E_r \left\{ 1 - \varepsilon^{-\alpha_r t} \sqrt{1 + \left(\frac{ZI_c}{E_r}\right)^2} \cos(\omega_r t - \phi) \right\} \dots\dots\dots(2.5)$$

ここで I_c はさい断電流である。また Z はほぼ電動機のサージインピーダンスに一致する値で, 第1相しゃ断の場合を考えると, 一つの端子と短絡された他の二つの端子とから見たサージインピーダンスにほぼ一致する。さらに ϕ は次式で与えられる。

$$\tan \phi = ZI_c / E_r \dots\dots\dots(2.6)$$

したがって v_r の波高値はほぼ

$$v_r \text{の波高値} = E_r \left\{ 1 + (\psi - 1) \sqrt{1 + \left(\frac{ZI_c}{E_r} \right)^2} \right\} \dots\dots\dots (2.7)$$

になる。

いま $Z=5\text{ k}\Omega$ の電動機を考え、これを $I_c=10\text{ A}$ のスイッチでしゃ断したとすると、 $E_r=4\text{ kV}$ (3.3 kV 回路の第1相しゃ断の瞬時回復電圧)、 $\psi=1.8$ の場合、 v_r の波高値は式 (2.4) で与えられるさい断電流のない場合の波高値と比較して、6.1 倍になる。このことからさい断電流は極力低めでなければならないことがわかる。

以上の理由から、真空スイッチの研究の初期段階ではさい断電流を低めることがサージの低減には最も重要とみなされ、さい断電流の低い材料の研究が精力的に行なわれた。その結果、最近ではさい断電流が1 A 以下という真空スイッチ管も開発され、さい断電流による異常電圧の問題は重要度が低下した。

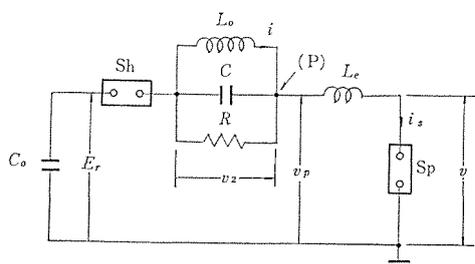
しかしながら最近異常電圧発生の原因として新しい原因がクローズアップされだした⁽³⁾⁽⁴⁾。これは、真空スイッチやある種の油しゃ断器のように、数百 kHz 以上の高周波をしゃ断する能力があるスイッチで問題となるもので、繰り返し再発弧による電圧の拡大現象と呼ばれるものである。

この現象を説明するには、従来は知られていなかった新しい解釈を必要とするので、節をあらためて詳細に論じる。

2.3 繰り返し再発弧に基づくサージ—高周波しゃ断能力のあるスイッチで生じるもの

この節では第1相しゃ断の場合を取り上げて説明する。説明の便のために、第1相しゃ断の回路条件を必要最少限の要素だけ取り上げて、等価的な単相回路に表現すると図 2.3 のようになる。図において C_0 は相電圧の1.5 倍の電圧を有する電源、 L_0 は電動機の漏れインダクタンス、 L_e は線路の等価インダクタンス (図 2.1 のごとき回路では通常きわめて小さい)、 C は電動機の等価対地漂遊容量、 R は回路の損失分を代表するものである。

さて図のような回路の電流零点で電流がしゃ断されるとスイッチの極間には再起電圧が現われる。いまこの再起電圧がスイッチ間げきのしゃ断後の絶縁耐力を上回る場合を考えると、再起電圧の瞬時値と絶縁耐力が一致した点で再発弧が生じ、図の C が L_e を通して短絡され、 $L_e C$ で決定される周波数の高周波電流が流れる。もしスイッチがある程度の高周波しゃ断能力を持っているとすると、この高周波電流の零点のいずれかで回路がしゃ断され、再び極間には再起電圧があらわれ、また再発弧が生じるという現象が繰り返される。図 2.4



- C_0 ……等価電源コンデンサ
- L_0 ……電動機の漏れインダクタンス
- C ……電動機回路の等価対地漂遊容量
- R ……回路の損失を与える抵抗
- L_e ……回路の等価インダクタンス
- Sh ……投入スイッチ
- Sp ……供試スイッチ

図 2.3 実験回路のブロック線図
Schematic of the experimental circuit

はこの場合に観測されるオシログラムであり、図 2.5 はこれを図式化したものである。このオシログラムに注目すると、再起電圧の傾斜が再発弧が繰り返されるたびに増加していることがわかるが、この現象が異常電圧発生に最も重要な役割を果たしているわけである。

そこで n 回目の再発弧しゃ断後の再起電圧を v_{rn} として、これを数式的に表現すると次式ようになる。

$$v_{rn} = E_r - \sqrt{(E_r - V_{pn})^2 + (ZI_{cn})^2} \cdot \varepsilon^{-\alpha_r(t-t_{cn})} \times \cos[\omega_r(t-t_{cn}) + \phi_{rn}] \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\phi_{rn} = \tan^{-1} ZI_{cn}/E_r$$

ここで、 V_{pn} は高周波回路しゃ断後にあらわれる高周波回路の瞬時回復電圧、 $Z = \sqrt{L_0/C}$ また i_{cn} は n 回目のしゃ断の際に L_0 を流れていた電流であり、 t_{cn} は n 回目のしゃ断零点である。

さて、この式 (2.8) と式 (2.3) とを比較すると、再起電圧の振動項の振幅 A が

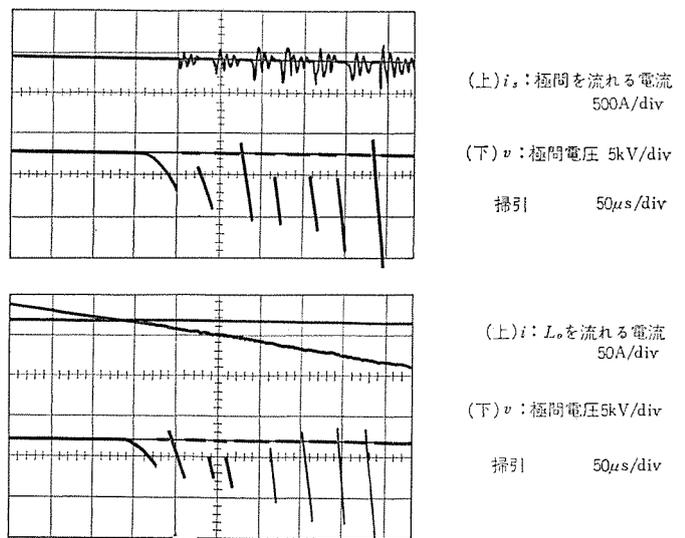


図 2.4 再発弧時の電圧電流波形
Typical oscillograms showing the current and voltage wave forms during reignitions.

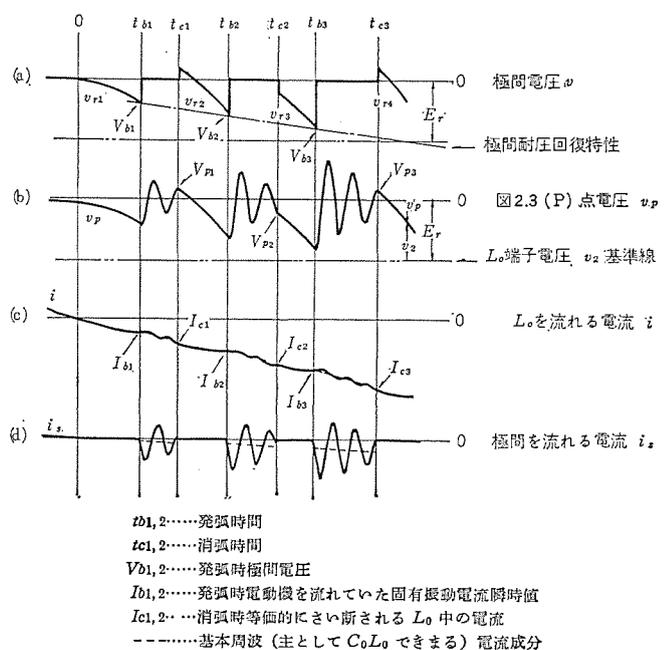


図 2.5 図式化した電圧電流波形
Voltage and current wave forms schematically showing those of Fig. 2.4.

$$A = \sqrt{\left(1 - \frac{V_{pn}}{E_r}\right)^2 + \left(\frac{Z I_{cn}}{E_r}\right)^2} \dots \dots \dots (2.9)$$

倍だけ拡大していることがわかる。そこでまずこの√内の第1項について考えると、これは V_{pn} が E_r と逆極性の場合は1より大きい値である。したがって振幅の拡大は第2項がなくても生じることになる。この現象はちょうど充電電流シャ断において再点弧が生じたときに現われる現象に等しいものである。これに対して√内の第2項は、 L_0 に電流 I_{cn} を残して回路がシャ断されることによって生じるもので、いわゆる電流さい断と等価なものであることは式(2.8)と式(2.5)を比較することによって理解される。

この振幅の拡大に関して第1項と第2項とのどちらがより重要な役割を果しているかを検討するため、筆者らは各種の真空スイッチに関して詳細な実験を行なった。その結果少なくとも数百m以下のケーブルから高周波電流が供給されている限りにおいては、 V_{pn} は2~3kV程度の低い値であること、換言すればケーブルの放電が高い電圧から開始された(再発弧が高い電圧で生じた)としても、そのとき流れる高周波電流がかなりのサイクル持続して減衰し、ケーブルの電圧 V_{pn} が2~3kVに低下するまで、回路がシャ断されないことを確認している(図2.4のオシログラム参照)。すなわち第1項は再発弧の回数とともに大きくなる項ではなく、振幅の拡大には重要な役割を果していないわけである。これに対して第2項の I_{cn} は、図2.4のオシログラムからも明らかのように、もし高周波電流の持続時間が十分長く、しかもそのシャ断時間より長い場合には再発弧とともに増大する可能性がある。すなわち√内の第2項のほうが電圧の拡大にははるかに重要な役割を果しているわけである。

前述のように、繰り返し再発弧による振幅の拡大現象がすでに二、三の論文⁽³⁾⁽⁴⁾で論じられているが、これらの論文はいずれも√内の第1項だけに注目したものであり、第2項の重要性を指摘したのは筆者らが最初である。筆者らは第2項による現象を等価さい断現象と称している。

筆者らは以上のような考察をさらに進め、再発弧の発生確率および一度発生した再発弧が繰り返し再発弧に発展する条件を求め、次式を得ている。

まず発生確率 p は、さい断電流が無視できるスイッチで、

$$p \approx a \frac{E_r \psi}{k} \dots \dots \dots (2.10)$$

ここで k は主として開極速度でできるスイッチ極間耐圧上昇速度であり、 a は60Hzでは360、50Hzでは300になる定数である⁽⁹⁾。

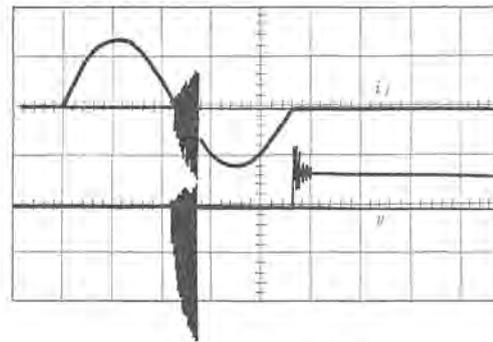
次に高周波電流の持続時間が、シャ断時間よりもかなり長い場合に繰り返し再発弧に至る条件を表現すると、

$$\frac{\sqrt{1-\delta^4}}{\delta^2} \sqrt{2} \omega Z_h I < k < (\psi-1) \omega_r E_r \dots \dots \dots (2.11)$$

ここで、 Z_h は高周波回路のサージインピーダンス、 ω は商用周波の角周波数、 δ は高周波電流の減衰率、より厳密には高周波電流の第2半波波高値と第1半波波高値との比である。

いま一例として、次のような条件を考えて、式(2.10)と式(2.11)との意味するところを具体的に検討しよう。

有限長のケーブルが真空スイッチと電動機との間に接続され、力率調整用コンデンサや、多数本のケーブルがスイッチの電源側に接続されているような回路で、100Aの突流を電動機の投入直後にシャ断する。電源電圧と周波数はそれぞれ3.3kVと60Hzである。スイッチの耐圧上昇速度 k は10V/μs、再起電圧の周波数 ω_r は10kHz、振幅率は



(上) 電流 $i_s: 250 \text{ A/div.}$
(下) 電圧 $v: 5 \text{ kV/div.}$
縮引 2 ms/div.

図2.6 異常電圧の観測波形
Oscillogram showing the abnormal voltage escalation.

1.8である。

以上のような条件では、まず式(2.10)は次のような数値表現となる。

$$p = 26 \% \dots \dots \dots (2.12)$$

次に式(2.11)の数値的表現を求めると、次式が得られる。

$$1.17 \text{ V}/\mu\text{s} < k < 206 \text{ V}/\mu\text{s}$$

ただしケーブルの減衰率 δ を0.9と仮定している。

実際の真空スイッチの k が上述のように10V/μsのオーダーであることを考えると、上式は、一度再発弧が発生すれば、それが少なくとも負荷電流の波高値近傍まで持続する可能性のあることを意味している。図2.6はこの現象の実測されることを示すオシログラムである。この実験回路では異常電圧が数万Vに達した。

以上は電源側のサージインピーダンスが低い回路条件で、電動機の突流をシャ断した場合の考察であるが、定常運転状態にある電動機のシャ断では、回路の力率が高かつ残留電圧があるので式(2.11)の右辺の E_r が低くなり、右辺は k の実用的な値よりも低くなる可能性がある。また、電源側のサージインピーダンスが高い回路では、式(2.11)の左辺が k の実用値を越えて高くなる可能性がある。このような場合には繰り返し再発弧が発生せず、異常電圧もそれほど高くない可能性のあることを最後に指摘しておく。

3. 電動機のサージに対する諸特性

電動機巻線の絶縁事故の大部分は、ターン間絶縁の破壊によるもので、その位置が巻線の口出線側に集中している。これは波頭の急しゅんなサージが巻線に侵入したことによるためと推定される。そこで筆者らは電動機巻線内のサージ電圧の分布を解析するとともに、絶縁物の耐サージ特性について実験的研究を行なっているので、その結果について述べる。

3.1 電動機巻線内のサージ電圧分布

電動機巻線にサージが侵入した場合、コイルのターン間の分担電圧 v_t は次式で示すことができる。

$$v_t = v_c \cdot \gamma = v_m \cdot \alpha \cdot \beta / N_t' \dots \dots \dots (3.1)$$

ここに v_c : 1コイルにかかる最大電圧

γ : ターン分担率 $= v_t / v_c = \beta / N_t'$

v_m : 電動機端子の最大電圧変化

α : コイル分担率 $= v_c / v_m$

β : ターン不平等率 $= v_t / v_c / N_t'$

N_t' : 電圧分担を考えるとときの1コイル中の等価ターン数

である。なお等価ターン数 N'_i はコイルの巻き方だけから決定される値で、電圧 v_i がターン間に平等に分担された場合に最も過酷になるターン間電圧は v_i/N'_i となる。 N'_i の例を示すと1コイルの総ターン数を N として平巻コイルでは $N'_i=N$ 、二列切上げコイルでは $N'_i=N/3$ である。

式(3.1)からわかるように、ターン間分担電圧 v_i は v_m 、 α 、 β および N'_i が与えられると求められるが、ここで v_m は回路条件により決定される量であり(発弧サージに対しては、発弧時極間電圧を左右のサージインピーダンスで分圧したものの2倍、最悪条件で表2.1の2Vに等しい)、 N'_i は巻線方式により容易に決定できる値であるので、以下に電動機単独の特性量としては握できるコイル分担率 α およびターン不平等率 β について解析する。

3.1.1 コイル分担率 α

1コイルのシャ断周波数(第1共振周波数)は、次項の図3.4からわかるように、最低で3MHz程度であり、これより低い周波数成分を有するサージが侵入する場合には、進行波理論を適用することができる。

通常のケーブル回路においては2.1節で述べたように、漂遊インダクタンスが存在するために、最悪の場合でも侵入するサージの波頭長は0.2 μ s程度であると考えられる。波頭長0.2 μ sは約1MHzに相当するが、この値は1コイルシャ断周波数と比較して十分低く、したがって進行波理論の適用が可能となる。

図3.1は電動機巻線に侵入するサージのモデルを示したもので、 C はコイルの対地漂遊容量、 K はコイル内の漂遊容量をあらわしている。図から1コイルにかかる電圧は入射した進行波(A)がちょうど1コイルを通過した時点で(B)となり最高値に達する。したがって1コイルにかかる電圧の過酷さ、すなわちコイル分担率 α は進行波の波頭長 τ と進行波が1コイルを通過する時間 t_0 とから求めることができる。いま理論的に α を求めるために、侵入する進行波の波高値を v_m として、進行波の波頭部分を実測波頭長と対比しやすいよう式(3.1)の形であると仮定する。

$$y = \frac{\text{電圧降時値}}{v_m} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \text{Si}\sigma \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{\tau} - \frac{1}{2} \right) \right\} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Si}\sigma \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{\tau} - \frac{1}{2} \right) \right\} = \int_0^{\frac{2\pi}{\tau} \sin \omega \left(\frac{t}{\tau} - \frac{\tau}{2} \right)} \frac{\sin(\omega\tau/2)}{(\omega\tau/2)} d\omega \dots\dots\dots(3.3)$$

ここに τ はサージの波頭長である⁽¹⁰⁾。式(3.2)は標準 σ 因子を導入した積分正弦関数で図3.2の実線で示すような形状を有している。同図を用いて以下の手法により1コイルの分担率 α を求めることができる。すなわちサージが1コイルを通過する時間 t_0 が与えられると図3.2において t_0/τ だけ右へ移動した曲線が得られる。この2本の曲線の差を求めれば、その最高値が1コイル分担率 α となる。

1コイルをサージが通過するに要する時間 t_0 を実験的に求める方法としては、電動機の端子にサージを印加し、各コイルの接続点における電圧波形の時間遅れから求める方法と、1相中の1コイル電圧の周波数特性から求める方法(付録B参照)とがある。いずれにしても t_0 は0.2~0.4 μ s程度であることが各種の実験結果から確かめられている。図3.3はサージの波頭長と分担率 α との関係を示すもので、図の実線はサージの波頭が式(3.1)で表現できるものとして既述の方法で計算した結果である。ただし波頭長が短くなると図3.1に示した漂遊容量 K による静電移行のために分担率 α は図3.3の破線で示されるように実線の計算値より低下する。図3.3の各点は各種の実験結果をプロットしたもので、2本の曲線内にすべての実測

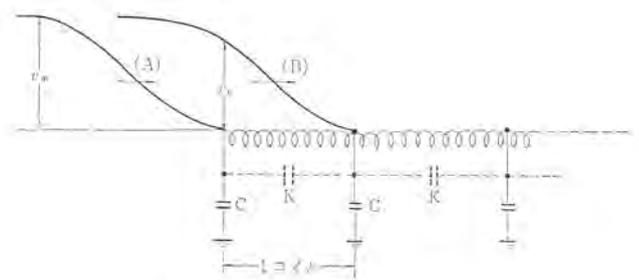


図3.1 コイルに侵入するサージ
Penetrating surge into a coil.

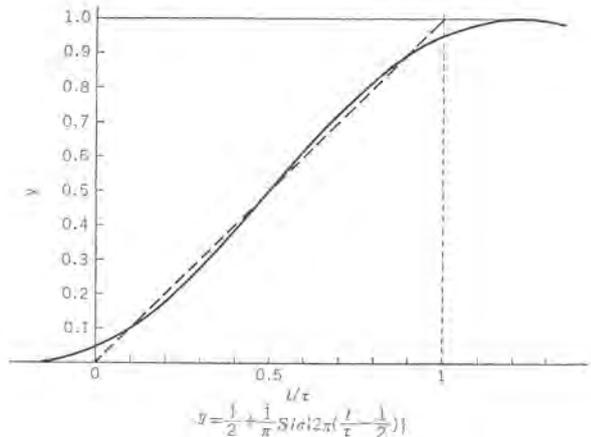


図3.2 サージの波形
Wave form of the incident surge.

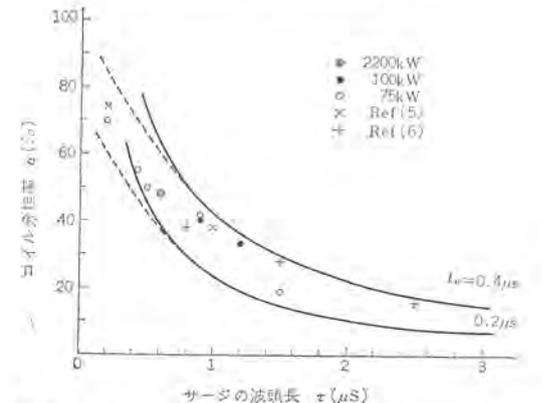


図3.3 コイル分担率 α とサージの波頭長 τ との関係
Maximum voltage across a coil in percent of applied voltage vs. the wave front of surge.

値が含まれていることが明らかにされている。同図から侵入サージ波頭長が最も過酷な場合でも、波頭長を1 μ sまで緩和すれば、1コイルの分担率 α は少なくとも40%以下に低下させることが明らかであり、侵入サージの波頭の緩和がいかに重要であるかが容易に理解されよう。

3.1.2 ターン不平等率 β

急しゅん波頭のサージが電動機に侵入した場合に、コイルのターン間にどのように分布し、ターン間に分担される最高電圧の平等分布に対する比 β がどの程度になるか検討を加えよう。

図3.4は1コイル中のターン間分担電圧の周波数特性を示すものである。同図の(A)は電動機(実機)の1コイルを切り離して測定した結果であり、(B)は同形状の空心モデルコイルについて測定した結果である。図から明らかなように、空心モデルコイルにおいても Q の高い共振点は3MHz近傍にあり、実機中では Q の高い共振点が8MHzと大きく高周波側に移動している。この現象は実機の鉄心中

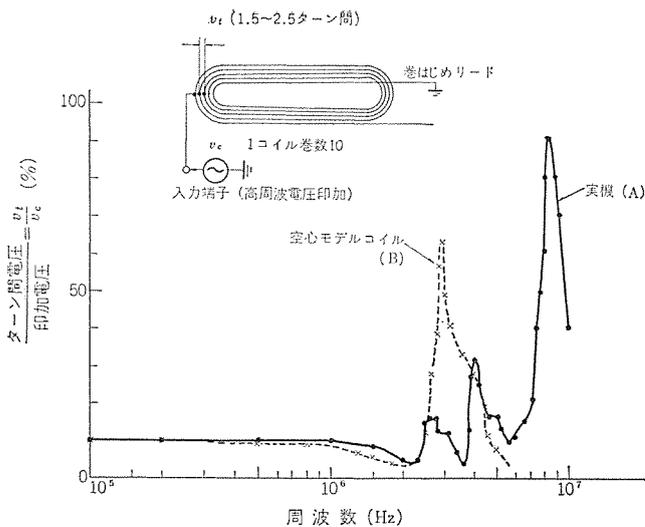


図 3.4 ターン/コイル 分担電圧の周波数特性
Percent turn-to-turn voltage of applied a. c. voltage to a coil.

に誘起される渦電流によって磁束がうち消され、等価的な磁束が減少するためである。

うえにのべたように、空心モデルコイルでも Q の高い共振点は 2.5 MHz 以上であり、サージの立ち上がり時間を $0.2 \mu\text{s}$ としても、これが等価的には 1 MHz 程度に相当し、共振周波数よりは低いことから、ターンの分担はほぼ均等であると考えられる。実機では Q の高い共振点がさらに高周波側に移動するので、ターンの分担率は均等であるといえる。すなわち式 (3.1) で $\beta=1$ となる。この点より等価ターン数 N'_e を増加すれば、ターン間分担電圧は低下する。同一要領による他機の実測結果も $0.2 \mu\text{s}$ 以上の緩波頭では、平等分布であることを示している。また共振現象に関しては図 3.4 に示すように、 Q の高い共振点が 8 MHz 近傍にあり、他機でも同様の結果を得ているので実用上共振現象に対する考慮は不要である。

3.2 電動機巻線の絶縁強度

電動機巻線の絶縁強度は JEC-37, 114, 146 や JIS 規格などに規定されている。しかし、これらの規格には対地絶縁を対象とした商用周波試験電圧のみを規定しており、ターン絶縁を対象としたインパルス耐電圧試験は規定されていない。このようにターン絶縁強度に規定のない電動機でも、従来から使用されている開閉器類では、サージ保護を施さなくても、当社電動機は長年月にわたりほとんど無事故の実績を示してきた。しかし使用条件が過酷となり真空開閉器のように、発弧現象により多数のパルスを連続的に発生するおそれがある場合は、絶縁物のパルス電圧による疲労劣化を考慮して保護協調をとることが望ましい。保護基準の一応の目安としては、規格に示されている商用周波耐電圧波高値の 1.25 倍程度が適当と考える⁽⁶⁾。

筆者らは各種電線とワニスを組み合わせたモデルコイルについて、モトリックテストを行ない多数のターン絶縁強度データを取得している。電動機的设计に当たっては、電動機の電圧・容量・用途などに伴うコイルの構造と、前述の電動機巻線内のサージ電圧分布を十分考慮して、ターン間絶縁強度データをもとに合理的に信頼度を高めるよう絶縁設計を行なっている。すなわち前節までにのべてきたことからわかるごとくターン間にかかる電圧は、電動機以外の条件によっても大幅に変わるわけであるから、むやみにターン絶縁だけを強化するのが得策ではなく、システム全体として合理的な設計をはかるべきで、電動機の絶縁技術が高度の標準化を必要とすることを考えれば、このこ

とは特に重要で十分留意すべきことであろう。

詳しく言えば、ターン間には常時せいぜい数十ボルトの電圧しかかからないが、開閉時には状況いかによって、数十倍以上の電圧がかかりうる。もちろんこの電圧は $0.5 \mu\text{s}$ 程度のきわめて短いパルス状のものであるから、一度で直ちに電動機を破壊させるといったものではないが、繰り返して印加されると劣化を招き、寿命を縮めることになる。したがってこの劣化を防げるよう、サージ電圧分担を考慮した絶縁設計を行なうとともに、保護装置によって、開閉時にだけ現われるこの過電圧を前記目安相当以下に抑制すれば、過酷な条件下でも標準絶縁の電動機を適用でき、しかもその寿命が延びるので、総合的な信頼性・経済性が得られる。

4. 電動機の開閉サージに対する保護装置

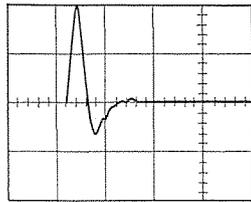
3章までの検討の結果、最近の工場配電系統では、きわめて急しゅんなサージが発生して電動機層間絶縁の寿命を縮めるおそれがあること、換言すれば電動機を安全に開閉するためには、なんらかの保護装置が必要であることがわかった。そこで本章では保護装置について論じる。

さて保護装置として最も古典的なものは、避雷器でサージの波頭を押え、電動機の端子近傍にサージアブソーバ ($0.1 \sim 0.5 \mu\text{F}$ のコンデンサ) を設置して波頭しゅん度を低減させる方法であり、実際米国ではこの方法が最近でも推奨されている⁽³⁾。しかしながら、真空スイッチやある種の油しゃ断器による開閉サージの原因が、ケーブルやそれに接続されたサージアブソーバの生み出す高周波電流が、回路の低損失のゆえに、かなりの持続時間を経てからしゃ断されることによって生じるものとすれば、この方法はかならずしも適当な方法ではない。とくに図 2.1 のように多くの分岐のある回路に多数のサージアブソーバが接続されると、一つに分岐回路から見れば、スイッチの電源側のインピーダンスが極端に低下したような形となり、条件をより悪くする可能性がある。サージアブソーバや避雷器がスペースやコストの点でも無視できないものとなることはいうまでもない。

以上のような理由で、筆者らは、VSリアクトルと称する新しい保護装置を開発し、実用に供しているもので、以下これについて説明する。

VSリアクトルとは、薄手のけい素鋼板やフェライトなどの周波数特性の良好な可飽和コアを持ったリアクトルと抵抗との並列結合からなる保護装置であり、繰り返して再発弧を抑制する機能とサージの波頭を緩和させる機能の両者をかね備えたものである。

まず繰り返して再発弧の抑制機能から説明する。2.3節で明らかにしたように、繰り返して再発弧による電圧の拡大現象は、ケーブルの損失がきわめて低く、再発弧の際にこれから流れ込む電流がかなりの時間持続してからしゃ断されることによって生じるものである。すなわち高周波電流の持続期間中に電動機のインダクタンスに電流が蓄積され、これがしゃ断の際に等価しゃ断されることによって生じるものである。したがってもしスイッチと直列に、高周波電流に対して損失を提供する回路素子をそ入できれば、高周波電流の持続時間を極端に短くできるので、電圧の拡大現象が抑制できることが予測できる。したがって VS リアクトルの第一の目的は高周波振動回路に大きな減衰を提供することにある。その構造は上述のようにフェライトやけい素鋼板をコアとし、それに数ターン以下 (定格電流によって異なる) のコイルを巻き付けたリアクトルに、必要に応じて並列抵抗を付加したという簡単なものであるが、コアの非直線性と渦電流



$I=100 \text{ A/div.}$
 $SS=5 \mu\text{s/div.}$

図 4.1 VSリアクトルの高周波電流抑制効果
Typical oscillogram showing the damping of high frequency current by VS reactor.

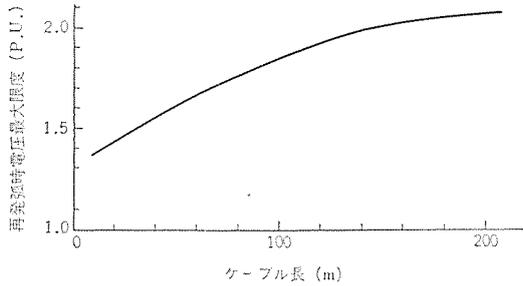


図 4.2 VSリアクトルを接続した場合の再発弧時極間電圧最大限度とケーブル長との関係
(1 P. U.=線間電圧の波高値)

Maximum voltage suppressed by VS reactor as a function of cable length (1 P. U.=Peak value of line-to-line voltage).

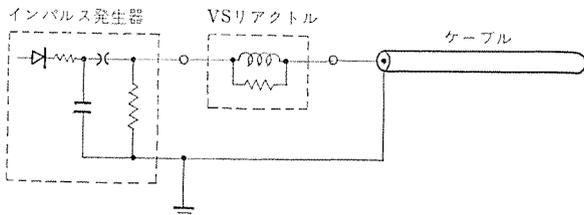


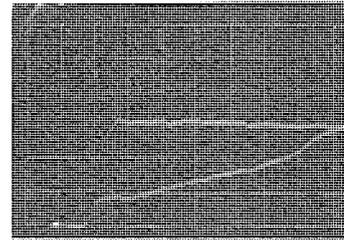
図 4.3 VSリアクトルによる波頭しゅん(峻)度緩和の試験回路
Test circuit for the suppression of wave front with VS reactor.

との結合で、高周波電流の持続時間を1サイクルに押えるという良好な特性を持っている。図 4.1 は VSリアクトルの特性を示すオシログラムの一例で、20 kV に充電された 100 m の高圧ケーブルを VSリアクトルを通じて放電したときに得られたものである。興味のあることは、最初の電流零点での電流傾斜がきわめて高いにもかかわらず、振動はほぼ1サイクルで終了していることである。

このことは、真空スイッチが第1の零点ではしゃ断できず、第2の零点では必ずしゃ断すること、したがって式(2.9)の第2項の増大を防ぐだけでなく、第1項内の V_{pm}/E_r もかならず正となり、第1項が1より小さくなることを意味している。すなわち、この現象が振幅拡大の抑制に一つの役割を果している。

筆者らは以上の特性のリアクトルを真空スイッチの近傍に直列に接続した場合の電圧拡大現象について、ケーブル長、操作速度を広範囲に変えて、実験的ならび理論的な研究を行なった結果、異常電圧がほぼケーブル長だけの関数として表われ、極間耐圧回復速度が早くて電源電圧の低下がほとんどきいてこない場合でも、図 4.2 の値以下に抑制できることを確認している。

VSリアクトルの第2の重要な機能は波頭しゅん度緩和の機能である。この機能は理論的・定量的に求めることもでき、別途報告済であるが、コアの非直線および周波数特性が複雑にからむので実際の



(上) VSリアクトル入力波形 4 kV/div.
(下) VSリアクトル出力波形 4 kV/div.
挿引 0.2 $\mu\text{s/div.}$

図 4.4 VSリアクトルによる波頭の緩和
(Oscillogram showing the effect of VS reactor on the suppression of wave front.

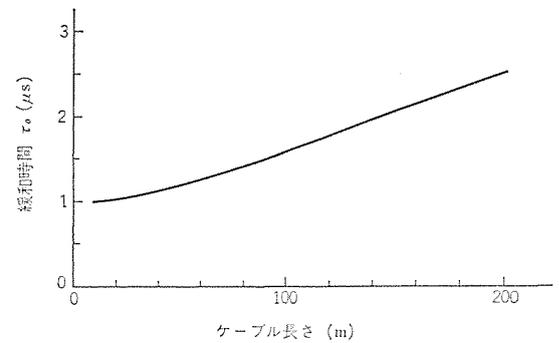


図 4.5 VSリアクトルによるケーブル開放端の実効波頭緩和時間とケーブル長との関係
Effective time of the voltage at the open end of the cable.

製品について筆者らは図 4.3 のような試験回路でその特性を実験的にも求めて確めている。図 4.4 はこの実験で得られたオシログラムの一例である。VSリアクトルの出口では波頭がかなり緩和されることが明瞭に示されている。図 4.5 はこれらの実験結果を一つのグラフにまとめたものである。

ただコアの断面積 S の決定に当たっては、目標緩和時間 τ_0 、緩和すべきサージの波高値 V 、リアクトルの巻数 n との関数関係を与える次式を用いている。

$$S \approx \frac{1}{2} V \tau_0 / n B_m \dots \dots \dots (4.1)$$

ここで B_m はサージ電流の波高値に対応する磁束密度である。

さらに指摘したい VSリアクトルの重要な機能は、ある回路条件で出現する異常に高いさい断電流を除去するという機能である。すなわち、真空スイッチの端子間に、ある値以上のコンデンサが存在すると、さい断電流の統計的分布が高い値のほうに移行するという現象があるが、VSリアクトルを真空スイッチの端子に接続し、コンデンサと真空スイッチとを VSリアクトルで分離すると、この現象が除去できるわけである。これは VSリアクトルが回路に適当なインダクタンスを提供して、真空スイッチを流れる電流の高周波的な変動を除去することによって理解できる。

以上のようにして、VSリアクトルの特性(図 4.2 および図 4.5)が求められると、図 3.3 に示されているコイルのサージ分担率をこれらと結合することによって、VSリアクトルがそう入された場合に電動機の1コイルに印加される最高の電圧が求められる。図 4.6 はこれをケーブル長の関数として示したものである。

最後にこの電圧が電動機の絶縁と十分協調の取れた値であるかを検討する。3章で論じたように、電動機の絶縁が規格に示されてい

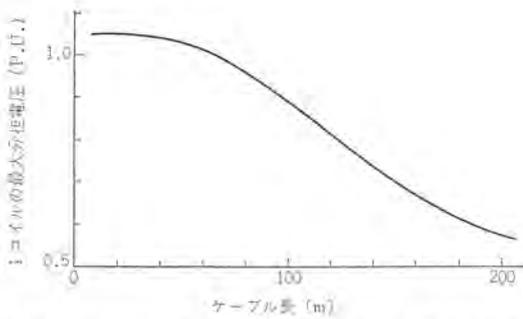


図 4.6 VSリアクトルを接続した場合の1コイル最大分担電圧とケーブル長との関係(1 P.U.=線間電圧波高値)
Maximum voltage across a coil suppressed with VS reactor vs. cable length (P.U.=Peak value of line-to-line voltage).

る商用周波耐電圧波高値の1.25倍の標準衝撃波すなわち

$$1.25(2 \times \text{線間電圧波高値} + \sqrt{2} \text{ kV})$$

以上には必ず耐えるものとする、標準衝撃波に対する1コイルの分担電圧を図3.3に示すように40%と仮定して、1コイルは線間電圧波高値の1.075倍~1.15倍の衝撃波には十分耐えうるものと考えられる。この値は図4.6の最高値より高い。このことは、VSリアクトルがそう入されておれば、開閉サージで電動機の絶縁が破壊することがまったくないことを意味している。

なおさい断も高周波しゃ断も行なわれない理想スイッチによる投入の場合にも、常規対地電圧波高値の3.3倍ないし最悪の場合4.90倍($\psi=1.8$ の場合)の波高値(表2.1参照)を有し、0.2 μ sのしゅん度有する衝撃波が電動機に侵入して、線間電圧波高値の1.5倍ないし2.2倍と、VSリアクトル付きの真空スイッチよりもはるかに高い電圧が、1コイルに加わるショックがあることを最後に指摘しておく。

5. 開閉サージの実測

5.1 開閉サージ電圧の測定法

2章で述べたように、真空スイッチの開閉サージ異常電圧の原因が再発弧の繰り返しによる電圧拡大現象にあるとすれば、実系統で発生するサージ電圧をいわゆるシンクロスコープで高精度に測定することはきわめて困難である。というのは、実系統においては、ケーブルの対地容量、電動機の漂遊容量、力率改善用コンデンサなどの容量性負荷が大地間に接続され、かつ広範囲に分布しているが、再発弧の際には、この容量性負荷とケーブルや線路や大地回路のインダクタンスとを通じてMHzオーダーの高い周波数成分を含む電流が流れ、各場所の接地電位を大きく変動させるからである。すなわち、この接地点の変動を介して、シンクロスコープに侵入し、大きな雑音を生じるからである。

筆者らの実験室における測定は、上述の大地電位の変動を極小にするため、実験室全体に銅板を敷き、各機器を銅板上に設置し、測定系全体を一点接地するという特殊な配慮をはらって行なわれたものである。これによってはじめて高い精度の波形測定が可能となり、「等価さい断」理論を確立するという成果を生んだことはすでに述べた。

ところが、実系統における実測は、その重要性にもかかわらず、うえのような配慮を払うことは不可能である。換言すれば、実系統におけるシンクロスコープ測定の精度を高めることは不可能といっても過言ではない。

そこで、筆者らは実系統の使用に耐える新測定法について詳細な研究を行なった結果、現場向きの非常に簡単な開閉サージ測定法として、火花電荷図形法(Spark Dust Figure法=S.D.F.法⁽²⁾)を考案し、これらの高周波再発弧サージの測定に成功した。

S.D.F.法は従来から電圧の測定法としてよく知られている粉末図形法を改良したもので、数組の球ギャップを並列に接続し、おのおのの放電電圧をたとえば1kV, 2kV, 3kV, ……というように段階的に設定しておき、その間に置かれた絶縁シートに残された電荷図形から、測定期間中に印加された最大電圧値を読み取れるようにしてあり、取り扱いが簡単で現場向きとして非常に便利である。

当社においては、このS.D.F.法について(a)V-t特性すなわち高周波特性、(b)S.D.F.ギャップの紫外線照射法、(c)絶縁シートの選定、(d)絶縁シートそう入による放電電圧の変化、(e)残留イオン検出用微粉末、(f)測定回路への接続法、(g)測定用リード線による誤差などについて実験研究し、検討を加えた。その結果電流さい断サージはもちろんのこと、きわめて高い周波数の再発弧サージについても、その最高値を10%程度の誤差で測定できるようになった。次節の実測資料の大部分は、このS.D.F.法によって測定されたものである。

5.2 試験結果とその考察

図5.1は実際に誘導電動機を各種開閉器で開閉したときの試験結果をまとめたものである。試験回路は図5.2のごとく、スイッチの両側にケーブルを接ぎ、電源側に力率改善用コンデンサや、並列ケーブルの存在を考慮して1 μ Fのコンデンサをおき、電動機は第1コイルと第2コイルのわたり線からタッチを出し、入口の第1コイルにかかる電圧をS.D.F.法で測定した。開閉操作としては1サイクルを12等分し、それぞれの位相で投入後直ちにしゃ断することを3回繰り返す、そのときに得られた各相各回のS.D.F.測定値108個を離率紙に描いてある。したがって投入としゃ断両方中の最も高い電圧が記録されているわけであるが、VSリアクトルを用いれば気中電磁接触器以下になっている。図5.1で無保護の場合5kV近辺に変位点があるが、再発弧による異常電圧があらわれてくるためであることは変位点の離率が20%付近にあることから容易にうなずける。

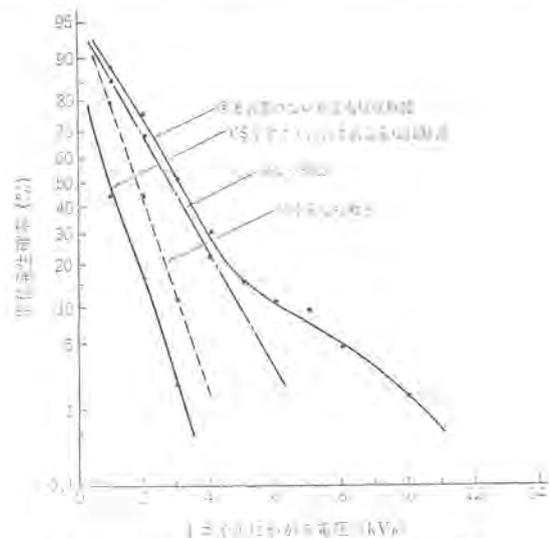
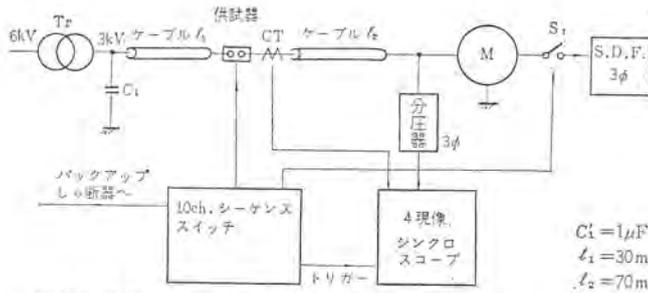
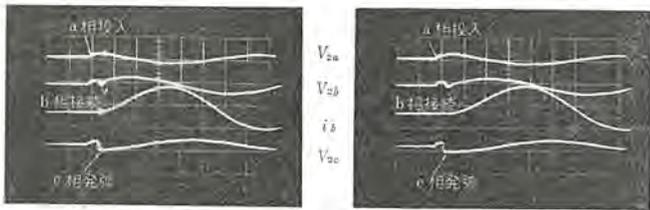


図 5.1 3.3 kV 電動機 インチング 運転時に入口第1コイルに印加される電圧(S.D.F.法による)
Distribution curves of maximum voltages across the first coil measured by spark dust figure when switching on and immediately off 3.3 kV 75 kW induction motor.



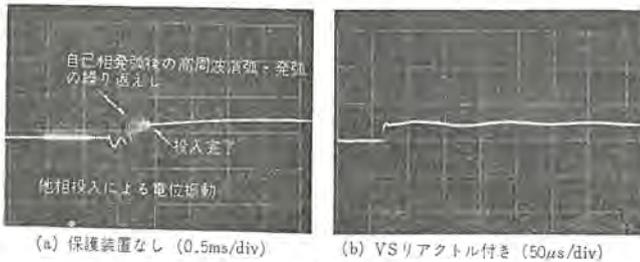
- (1) S. D. F. は a, b, c 相の各端子と各相の第1コイルと第2コイルのつなぎ部の間の電圧を測定するようにつなぎ込む。
- (2) S₁ は投入サージまたはしゃ断サージのみを測定する時は、投入またはしゃ断動作の間だけ S. D. F. をつないでおくために設けたスイッチである。

図 5.2 開閉サージ測定系ブロック図
Block diagram for switching surge measurement.



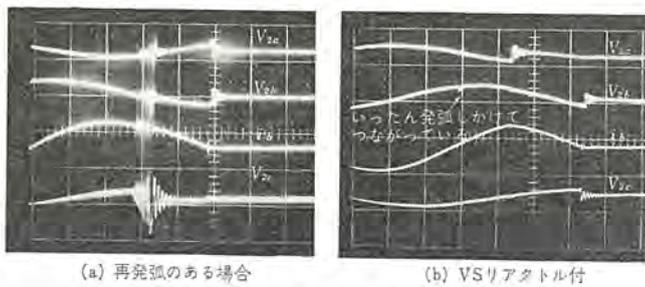
(a) 保護装置なし (b) VSリアクトル付き

図 5.3 投入サージ波形
Oscillograms of switching-in surges.



(a) 保護装置なし (0.5ms/div) (b) VSリアクトル付き (50μs/div)

図 5.4 投入サージ波形時間軸拡大図
Wave forms of switching-in surge voltage.



(a) 再発弧のある場合 (b) VSリアクトル付

図 5.5 起動直後しゃ断時のオシログラム
Oscillograms showing switching surges when interrupting induction motor starting current.

気中電磁接触器は通常最もサージの少ない開閉器といわれており、投入としゃ断を分けて観測すると、確かにしゃ断時はほとんど電圧が出ず、1コイル電圧が計測されるのは投入時であった。

ここで投入サージは第1相コイルで通常

$$\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \sim 1\right) \times 2 \times 3.3 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 4.67 \sim 5.4 \text{ kV}$$

にコイル分担率 α を乗じた電圧になるはずであるのに、図 5.4 では 1 kV 以下の確率がかなりあることに奇異を感じられるかも知れないが、これは各相電圧を別々にプロットしているからで、1回の開閉

で得られる三相のデータ中の最大のものをとれば、理論値と一致する値となる。すなわち無保護の場合、真空電磁接触器および油しゃ断器では、3 kV に整定したギャップまではどれかの相で必ず放電しており、気中電磁接触器および VS リアクトル付きの場合は、大体 2 kV までが放電した。気中電磁接触器が低いのは、吹消しコイルが有ってサージしゅん度緩和に貢献し、コイル分担率 α が小さくなっているためと考えれば理解できる。

さらにサージの最大実測値も理論値より幾分小さいが、実回路では各部に損失があり、また測定回数も限られているので最悪の不そろい条件が十分あらわれないためと考えられる。しかし確率紙に描かれているので、曲線を延長して考えれば、理論値と符合する値となり、われわれの述べてきたところが正しいことが証明される。

上記以外にも筆者らは 55~2,200 kW の大小各種電動機につきケーブル長、C₁の有無による影響などを実測したが、電源側にケーブルや C₁がないと対地電圧に大差がなくても、1コイル電圧はかなり楽になることを観測しており、また定常運転後のしゃ断では過電圧発生確率は図 5.1 以下になることを確認しているの、図 5.1 および前章までの理論をもとに対策をたてておけば十分安全側となる。

なお参考までに電動機開閉時のオシログラムを図 5.3~5.5 に示す。いずれも (a) は保護装置なし (b) はありの場合で、VS リアクトルにより発弧サージが十分減少していることがわかる。

6. 真空開閉器適用の実際

これまでの各章では、開閉時に発生する発弧サージ現象が解明され、サージ抑制対策の必要性が明確にされてきた。

実際の適用にさいしては、真空電磁接触器用の低さい断スイッチが開発され、電流さい断による電圧はほとんど問題なくなっている。しかし電動機負荷に適用する場合は多くはケーブル系統であり、その発弧サージにより、急しゅんな電圧がある確率で電動機巻線にかかるので、開閉ひん度および経年使用による巻線の絶縁劣化を考慮すれば、なんらかの防護しておくのが安全であり、万一の場合や巻線の寿命が延びることを考えると総合的にはより経済的となる。

電動機のサージ電圧に対する過酷度は、通常運転の開閉ならほとんど問題ないが、試運転時には起動直後にしゃ断するインテグ操作が行なわれるので保護装置が推奨されるが、特に、特殊始動 (人-Δ 始動) や逆転制動、インテグをひんぱんに行なう場合には保護装置が不可欠である。

VS リアクトル (L-R 並列素子) は、この目的に最適な保護装置で、開閉器の端子近くに設置して効果が大きいので、キュービクル内の取付けや真空電磁接触器の主回路端子に直結して内蔵することも可能である。

図 6.1 は VS リアクトルの一例として 200 A の真空電磁接触器に使用するものの概略構造を示したもので、周波数特性のすぐれたコアとコイルとをエポキシ樹脂にじか埋めして一体モールドにし、これと並列に抵抗を接続している。モールドすることによって、端子以外の充電部の露出を最小限に抑えて開閉器端子に直結できる構造となっている。この VS リアクトル (特許・実用新案申請中) は、前述のように次の特長をもっている。

- (1) 発弧サージの波頭しゅん度を緩和し、巻線の層間分担率を十分に低減することができる。
- (2) くり返し再発弧を抑制する。
- (3) 多数使用してもコンデンサのように対地静電容量が増大する

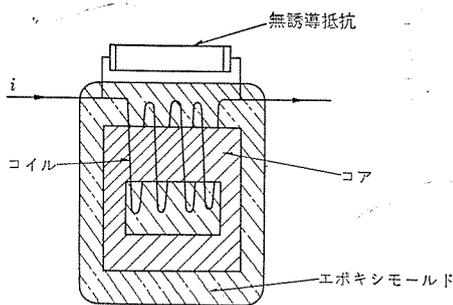


図 6.1 VSリアクトル構造
Interior construction of VS reactor.

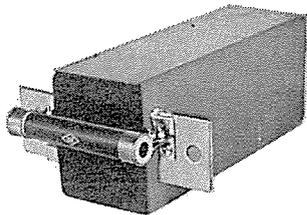


図 6.2 200 A 真空電磁接触器内蔵用 VS リアクトル
VS reactor for use of 200 A vacuum contactor.

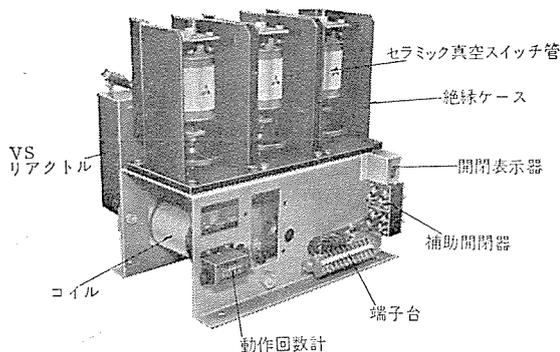


図 6.3 3-VZ-2 形 高圧真空電磁接触器
New type 3-VZ-2 high voltage vacuum contactor.

表 6.1 主要機器試験電圧一覧表
Insulation withstanding voltages of high voltage equipment.

種 類	商用周波試験電圧 (1分間 kV rms)		衝撃試験電圧 (全波 kVp)		備 考	
	3.3 kV rms	6.6 kV rms	3.3 kV rms	6.6 kV rms		
変 圧 器 (JEC-168)	油入	16 (10)	22 (16)	45 (30)	60 (45)	()は低レベル 3号B, 6号B の場合を示す.
	乾式	10	16	(25)	(35)	()は普通考慮 せず特に指定さ れたときの値.
回 転 機 (JEC-37, 114 146)	定格 1kW 以上 10,000kW 未満 $2E+1$		$(\sqrt{2}(2E+1) \times 1.25)$		()は AIEE Committee (6) で公表された絶 縁能力で規格値 はない.	
	7.6	14.2	(13.6)	(25.2)		
高 圧 進 相 コ ン デ ン サ (JIS C-4902)	端子間 2E					
	6.6	13.2				
	端子一括外箱間		端子一括外箱間			
	16	22	45	90		

などの悪影響がない。

(4) スイッチ位置に取付ければよく、小形であるので開閉器に内蔵も可能である。

(5) さい断電流を低下させる効率がある。

実際の使用状態では、VSリアクトルは飽和しているので電圧降下は無視でき、過電流耐量なども開閉器と組み合わせて協調をとっている。図 6.2 に 3kV 200 A 真空電磁接触器に内蔵する VS リアクトルを示す。3kV 電動機には最大 750 kW まで適用できる。200 A 以上のものについては、コアに薄手のけい素鋼板を用いて磁気装荷を高めコイルのターン数を少なくした VS リアクトルも用意している。

図 6.3 は、前述の図 6.2 の VS リアクトルを内蔵した新形の高圧真空電磁接触器 (VZ 形) の写真である。

この真空電磁接触器の開閉サージ試験データは、5章に紹介しているが、電動機開閉に適用する場合に VS リアクトルを内蔵しているので、電動機特性、容量の大小にかかわらず、特殊始動・逆転制動・インチャングなどの過酷な使用条件において、他の開閉器と比べてもすぐれた低サージ性能を有しており、真空電磁接触器による開閉装置の縮小化・省力化と、電動機の信頼性向上の実を同時に達成することができる。

真空開閉器と組み合わせて使用する機器としては、電動機の他に変圧器・コンデンサなどがあるが、これら機器の絶縁強度はおおむね表 6.1 のとおりである。この表よりわかるように、回転機を除いては、通常の避雷器で十分保護強調のとれる値を有しており、サージ電圧のしゅん度がそれほど問題になることもなく、無保護でよい場合も多いが、当社では特に安全を期し、小形で経済的な避雷器として LV-VS 形サージサプレッサを開発しており、乾式変圧器や変圧器二次回路に半導体整流回路がある回路などにはこれを適用している。

7. む す び

これまでの結果を要約すると、

(1) 高圧ケーブルで構成された最近の工場配電系統で、負荷を開閉する場合、発弧瞬時にきわめて急しゅんな成分を持つサージが発生する。

(2) このような急しゅんなサージが回転機に印加されると、入口コイルはその大部分を分担する (図 3.3)。

(3) コイル内の各ターン間では、ほぼ平等に分圧される。

(4) この電圧は対地電圧絶対値には直接関係せず、発弧時のスイッチ極間電圧を左右の線路のサージインピーダンスで分圧したものの約 2 倍、したがって電動機端子電圧変化分に比例するから、対地電圧の測定だけでは誤った判断をおこしやすく、1 コイル電圧を測定すべきで、S. D. F. 法が便利である。

(5) 投入時でも第 2 相が遅れていると、極間電圧は常規対地電圧波高値の $\sqrt{3}$ 倍以上になる機会があり、しゃ断時でも、拘束状態では、これ以上になるから再発弧があると、絶縁物をいためるおそれがある。

(6) 特に真空スイッチでは、接点がわずかししか開いていないときに、電流零点がくると再発弧がおこり、インチャング運転時はその確率がかなり高い (式 (2.10), (2.12))。

(7) この場合、電源側サージインピーダンスの小さいケーブル系統では、発弧後の高周波電流によって、電動機電流が、その上昇過程において、等価的にさい断され、式 (2.11) の条件下では消弧・発弧を繰返し危険な電圧に達する。

(8) これを防ぐには発弧時の高周波振動を抑制・制動する必要があり、VSリアクトルをスイッチと直列にそう入するのがよく、これにより図4.2に示す値以下におさえることができる。

(9) VSリアクトルを用いるとさらにサージ波頭しゅん度も緩和され、コイル分担電圧は図4.6のごとく従来の開閉器で発生する値以下となる。

(10) 当社電動機は、長年の実績に裏付けられた絶縁技術と、合理的な巻線構成により、十分信頼性あるものとなっており、当社真空電磁接触器は、標準としてVSリアクトルを内蔵しているので、完全に絶縁劣化を防ぎ、長年月にわたって安全かつ経済的な運転を行なうことができる。

本報告により、開閉サージに対する正しい認識が得られ、わが社の誘導電動機と真空スイッチの長所が十分生かされ、産業界の自動化・省力化に貢献できることを念願する次第である。

終わりに当たり本研究に種々のご指導・ご援助を賜った関係各位に厚く謝意を表す。

(昭和46-10-19受付)

参考文献

- (1) P. A. Abetti : AIEE Trans., 78, pt. III, 1,403 (1959)
- (2) D. F. Shankle, R. F. Edwards, G. L. Moses : IEEE Trans., IGA-4, 171 (1968)
- (3) A. N. Greenwood, D. R. Kurtz, J. C. Sofianek : IEEE, 71, TP 68-PWR
- (4) E. W. Boehne, S. S. Low : IEEE Trans., PAS-90, 1,424 (1969)
- (5) K. A. Christiancen, A. Pedersen : IEEE, 68 C 6-EI-87, pp 148-150
- (6) AIEE Committee Report : AIEE Trans., 79, pt. III, 182 (1960)
- (7) 岡田：昭46電気関西連大, G 3-53
- (8) 大倉, 村井：昭46電気全国大会, No. 755
- (9) 河野：昭46電気東京支部大, No. 200
- (10) S. J. Day : Int. J. Elect. Engng Educ., 3, pp 501-506, Pergamon Press (1965)

付録 A 不ぞろい開閉時の最大電圧

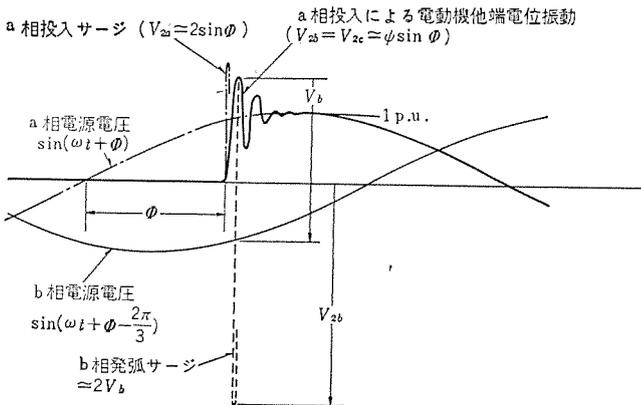


図 A.1 a相投入後のb相発弧電圧
Ignition voltage of phase b after phase a closed.

図2.2でa相が投入されると、電動機他相も零電位からa相電位に向かうから、この振幅率をpsiとし、a相投入位相をphiとすればb相極間電圧波高値は、C1>>C2の場合、付図A.1を参照して最大になる領域に着目すれば、

$$\begin{aligned}
 V_b &= v_{1b} - \psi v_{1a} \\
 &\approx e_b - \psi e_a \\
 &= -\frac{1}{2} \sin \phi - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \phi - \psi \sin \phi \\
 &= -\sqrt{\left(\frac{1}{2} + \psi\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} \cos\left(\phi - \tan^{-1} \frac{1+2\psi}{\sqrt{3}}\right) \dots (A.1)
 \end{aligned}$$

損失を無視してpsi=2とすれば、phi=tan^-1(5/sqrt(3)) approx 70°54' のとき最大でsqrt(7)倍となる。ここでb相電圧振動周期は電源電圧の周期に比べ十分小さいと仮定しているが、発弧後の進行波伝搬時間に比べるとはるかに大きいから、発弧後の進行波が電動機端に到達する瞬間には、コイルのb相端はまだpsi*v1aの電位にある。したがって入口コイルのストレスを考える場合、電動機は2Vb=2*sqrt(7) approx 5.28倍のサージを受けたと考えねばならないわけである。この場合対地電圧波高値は、

$$\begin{aligned}
 V_{2b} &\approx e_b + V_b \\
 &= -\sin \phi - \sqrt{3} \cos \phi - \psi \sin \phi
 \end{aligned}$$

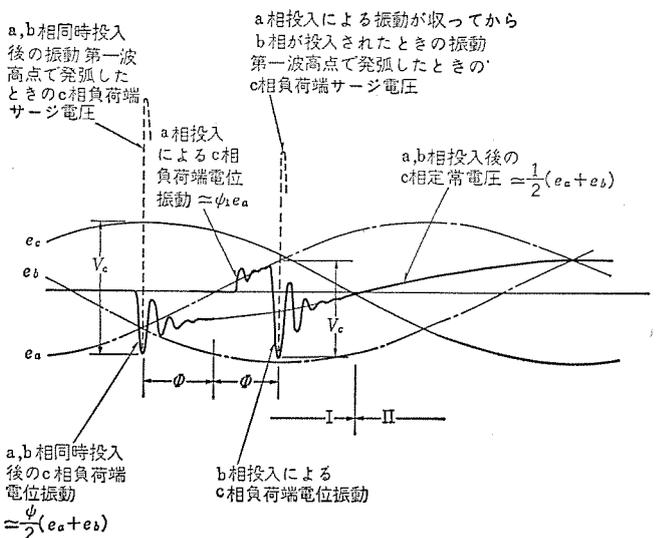


図 A.2 a, b相投入後のc相発弧電圧
Ignition voltage of phase c after phases a and b closed.

$$= -\sqrt{(1+\psi)^2 + 3} \cos\left(\phi - \tan^{-1} \frac{1+\psi}{\sqrt{3}}\right) \dots (A.2)$$

でpsi=2, phi=tan^-1(5/sqrt(3))を代入すると、3.4倍となる。対地電圧だけについていえば、それが最大となるのは、phi=tan^-1(3/sqrt(3))=60°のときでV2b=2*sqrt(3)=3.46である。

c相については、それが第2相となって投入される場合は上記と同様に考えてよいが、b相より遅れ、第3相として投入される場合、c相電位は最初a相電位に、ついでa, b相中間電位に向って振動する。b相が投入されるまでの振動の振幅率をpsi1, その後の振動の振幅率をpsi2とすれば、

$$V_c \approx e_c - \frac{1}{2}(e_a + e_b) - \left\{ \psi_1 e_a - \frac{1}{2}(e_a + e_b) \right\} (1 - \psi_2)^n \dots (A.3)$$

ここでnはb相発弧からc相発弧までの振動波高数で、付図A.2 (I)の領域では、第1波高点が高い極間電圧を与えるが、(II)の領域では、極間電圧はb相発弧前よりいったん減少し、第2波高点で

(I)より大きい最大値を与え、第2相投入時の最大電圧に近いものとなる。しかしこのようなことが起こるぐらいならば、もともとc相極間はb相より先に発弧し、第2相となっているはずなので、第3相としては $n=1$ を考え

$$V_c \approx \frac{1}{4} \sqrt{(4\psi_1\psi_2 - \psi_2 - 4\psi_1 - 2)^2 + 3(\psi_2 + 2)^2} \cdot \cos \left\{ \phi - \tan^{-1} \frac{4\psi_1\psi_2 - \psi_2 - 4\psi_1 - 2}{\sqrt{3}(\psi_2 + 2)} \right\} \dots\dots\dots (A.4)$$

とすれば、 $\psi_1 = \psi_2 = 2$ のとき $\phi = 30^\circ$ で $V_c = 2$ となる。また a, b 相が同時に投入され、c 相が零電位から a, b 相中間電位に向かって振動したときの c 相極間電圧波高値は

$$V_c \approx e_c - \frac{1}{2}(e_a + e_b)\psi = \frac{1}{2}(\psi + 2)\cos(\phi + 30^\circ) \dots\dots\dots (A.5)$$

であるから、式(A.4)で ψ_1 だけを2とおいたものは、位相が違うだけで大きさは式(A.5)と同じになる。投入時間にもう少しずれがあり、a相投入による振動が収れん(斂)してから、b相が投入された状態を想定し、 $\psi_1 = 1$ とすると式(A.4)は

$$V_c = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{3 + (\psi_2 - 1)^2} \cdot \cos \left\{ \phi + \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}(2 - \psi_2)}{2 + \psi_2} \right\} \dots\dots\dots (A.6)$$

となる。表2.1は第2相投入極間電圧として式(A.2)を、第3相投入極間電圧として式(A.6)、(A.5)を用いて計算したものである。

付録 B コイルの周波数特性とサージ通過時間

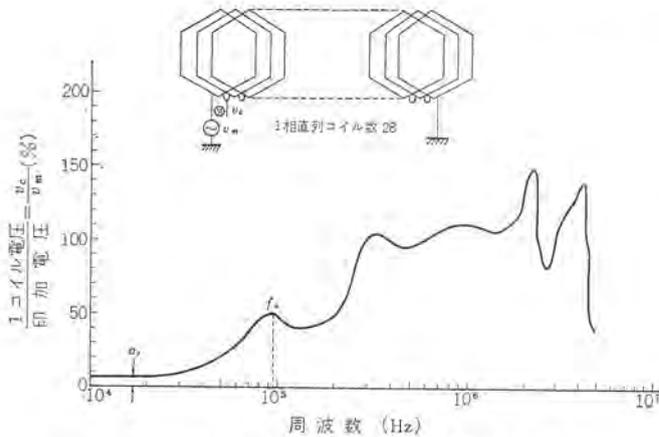


図 B.1 1コイル/相分担電圧の周波数特性
Percent coil voltage of applied a. c. voltage to a phase.

付図 B.1 は 2,200 kW の電動機の場合について、求めた 1 相中の 1 コイルにかかる電圧の周波数特性である。

電動機巻線にサージが侵入した場合、コイルの接続点で連続反射があるために、1 相分および 1 コイルの実効的な長さを L_P, L_C とし、進行波の速度を g とすると、比較的低周波の領域における 1 コイルの分担率 α_1 、および基本振動周波数 f_0 は次のようにならわされる。

$$\alpha_1 = L_C / L_P \dots\dots\dots (B.1)$$

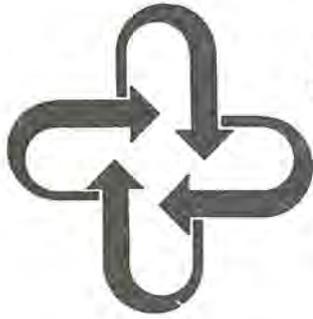
$$f_0 = g / 2L_P \dots\dots\dots (B.2)$$

式(B.1)および(B.2)から 1 コイルをサージが通過するに要する時間 t_0 は

$$t_0 = L_C / g = \alpha_1 / 2f_0 \dots\dots\dots (B.3)$$

となる。

付図 B.1 の例では $\alpha_1 = 0.07$ 、 $f_0 = 95 \text{ kHz}$ となっているので、式(B.3)から $t_0 = 0.37 \mu\text{s}$ となる。



大気汚染と空気清浄機

下島明彦*・田中修**・草川英昭*・松岡宏昌*
前田満雄*

1. まえがき

公害は今や地球的規模で拡大している様相を示している。わが国における公害の社会的・経済的被害は大きく、たとえば大阪市の場合、大気汚染による経済被害は家計部門で130億円、1世帯当たり14,000円(1965年)と推定されている。また、全国的には少なくとも2,000億円(1965年)と推定されている⁽¹⁾。

今日、公害が急速に問題化してきた背景には、わが国の高密度社会に対する社会資本の不足が大きな要因となっている。わが国では国土面積の30%、11万km²が平地であり、平地当たりの人口密度は910人/km²であり、世界で最も人口高密度の社会を形成している国の一つと言える。しかも人口は都市集中化の傾向を拡大しており、産業も都市集中的であり、その産業の中で重化学工業生産額は全製造業生産額の57%(1967年)を占めるまでに成長した。鉄鋼・石油化学工業などの順調な伸びによる昨今のわが国経済の大形化・国際化にともない、エネルギー需要はこの6、7年間で倍増のペースで急速に伸び、1968年度の原油使用量は142百万klに達している。その中の91.3%がいわゆる分の多い中東原油で占められ、民生用エネルギー消費にともなういわゆる分は300万トンを以上にする。

これに対し、公害防止技術の立ち遅れ、都市計画の立ち遅れは自動車排気ガス、ビル暖房をも含めた大気汚染、水質汚濁、固形廃棄物、騒音、地盤沈下など公害問題を複合化し、生活環境を相乗的に悪化させている。

ここではおもにSO₂ガスを中心とする大気汚染の現状と、人体に及ぼす影響および有害ガス除去方法について概説し、さらにこのたび当社で開発したプレートフィン形空気清浄機について紹介する。

2. SO₂による大気汚染の現状

わが国の主要都市におけるいおう酸化物濃度および降下ばいじん濃度の推移を図2.1、2.2に示した。これを見ると降下ばいじんは最近減少する傾向を示しているのに対し、いおう酸化物は増加の傾向を示している。

昭和43年度のSO₂排出量は全国で650万トン、そのうち重油によるもの430万トン、石炭によるもの50万トン、鉄鋼・金属によるもの100万トン、その他によるもの70万トンと推定されている⁽²⁾。わが国の場合、SO₂排出量の3分の2は石油製品、それも重油の燃焼に基づくもので、エネルギー構造に占める重油の割合が大きいたことが特長的である。ちなみに米国では1966年度のSO₂排出量は2,856万トンであり、そのうち石油製品に基づく排出量は20%、560万トンである。

厚生省がまとめた昭和44年度全国211カ所の指定地域SO₂測定

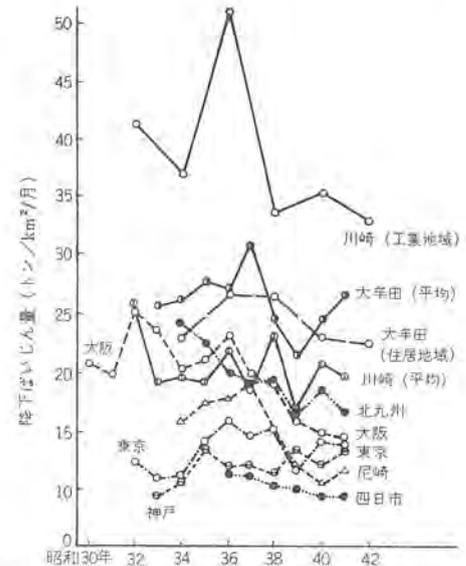


図 2.1 主要都市における降下ばいじん量の経年変化

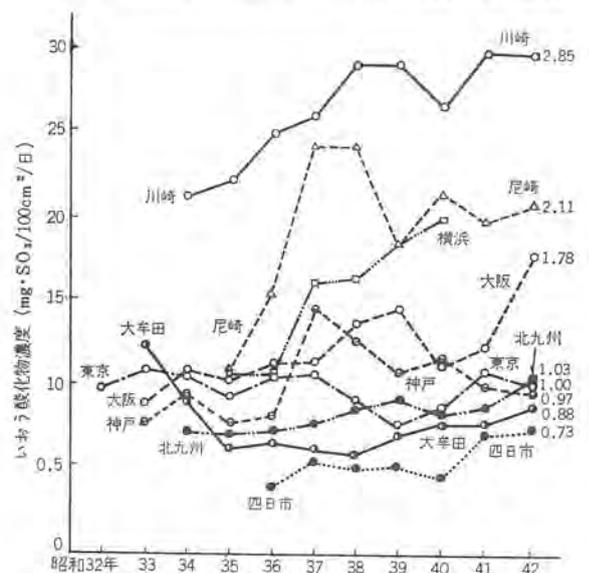


図 2.2 主要都市におけるいおう酸化物濃度の経年変化 (年間平均値)

点による汚染データによれば、そのうち83測定点、34都市(札幌・室蘭・鳩ヶ谷・市原・東京・横浜・川崎・新潟・高岡・富士・名古屋・四日市・京都・大阪・八尾・守口・吹田・布施・堺・尼崎・神戸・明石・播磨・高砂・和歌山・海南・倉敷・大竹・宇部・新居浜・北九州・大牟田・佐賀関・延岡)が環境基準不合格である。しかも札幌・東京・名古屋・尼崎・倉敷・大牟田ではなお汚染悪化の傾向がみられる。表2.1にいおう酸化物の環境基準、表2.2に環境

* 中央研究所 ** 中央研究所(理博)

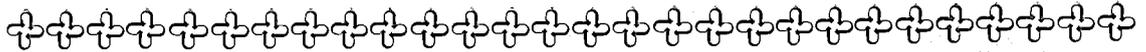


表 2.1 いおう酸化物の環境基準

1. 年間を通じて1時間値が0.2 ppm以下である時間数が、総時間数に対して99%以上維持されること。
2. 年間を通じて1時間値の平均値が0.05 ppm以下である日数が、総日数に対して88%以上維持されること。
3. 年間を通じて1時間値が0.1 ppm以下である時間数が総時間数に対して88%以上維持されること。
4. 年間を通じて1時間値の平均値が0.05 ppmをこえないこと。
5. 省 略

表 2.2 環境基準不適合地点の推移

	昭 42	昭 43	昭 44	
指定地域内全測定点数	138	165	211	
環境基準不適合	測定点数	69	67	83
	測定点割合 %	50	41	39
	都市数	29	26	34

基準不適合地点の推移，表 2.3 に環境基準不適合測定点を有する都市の汚染データを示した。

3. 大気汚染の環境生理学

大気汚染物質の人体への影響はつぎのように分類される⁽³⁾。

粒状汚染物質

- ばい煙———気管支炎
- 硫酸ミスト———気管支炎
- 鉛———血球障害，神経障害

ガス状汚染物質

- 一酸化炭素———酸素不足症状
- オゾン———気管支炎
- 亜硫酸ガス———通気抵抗増加，呼吸困難，心肺疾患
- 窒素酸化物———通気抵抗，気管支肺炎
- ホルムアルデヒド———目刺激，呼吸困難
- 硫化水素———呼吸障害，神経障害

表 2.3 昭和42年度，43年度，44年度における環境基準不適合測定点を有する都市名

	昭和42年度			(1)	3年連続環境基準不適合都市における最大汚染地点の年平均値 (ppm)		(2)	昭和43年度			(1)	3年連続環境基準不適合都市における最大汚染地点の年平均値 (ppm)		(2)
	42年度	43年度	44年度		42年度	43年度		44年度	42年度	43年度		44年度		
1	札幌	札幌	札幌		0.04→0.04→0.049	↗	23	堺		堺			△	
2	室蘭	室蘭	室蘭		0.07←0.04→0.064	△	24	尼崎	尼崎	尼崎		0.068→0.083→0.084	↗	
3	釜石	釜石		○		↘	25	西宮			○		↘	
4			鳩ヶ谷	×		↗	26	芦屋	芦屋		○		↘	
5	市川			○		↘	27	神戸	神戸	神戸		0.038→0.051→0.049	△	
6	船橋			○		↘	28	姫路			○		↘	
7	千葉			○		↘	29			明石	×		↗	
8	市原		市原			△	30			播磨	×		↗	
9	東京	東京	東京		0.074→0.080→0.085	↗	31		高砂	高砂	×		↗	
10	横浜	横浜	横浜		0.060→0.060→0.060	△	32	和歌山		和歌山			△	
11	川崎	川崎	川崎		0.100→0.070→0.060	↘	33		海南	海南	×		↗	
12	新潟		新潟			△	34	倉敷	倉敷	倉敷		0.037→0.043→0.051	↗	
13		高岡	高岡	×		↗	35		大竹	大竹	×		↗	
14	富士	富士	富士		0.050→0.080→0.075	△	36		呉		○		△	
15	名古屋	名古屋	名古屋		0.051→0.054→0.056	↗	37	宇部		宇部			△	
16	四日市	四日市	四日市		0.081→0.052→0.051	↘	38	新居浜	新居浜	新居浜		0.042→0.059→0.044	△	
17	京都	京都	京都		0.053→0.057→0.053	△	39	北九州	北九州	北九州		0.066→0.060→0.049	↘	
18	大阪	大阪	大阪		0.091→0.082→0.095	△	40	大牟田	大牟田	大牟田		0.052→0.055→0.057	↗	
19		八尾	八尾	×		↗	41			佐賀	×		↗	
20	守口	守口	守口		0.053→0.048→0.054	△	42			延岡	×		↗	
21		吹田	吹田	×		↗								
22		布施	布施	×		↗	合計	29	26	33	○ 8 × 12	3年連続不適合都市 17	△ 18 △ 10 △ 14	

(1) ○…42年度，43年度は環境基準不適合であったが，44年度は適合となった都市
 ×…逆に42年度，43年度は適合であったのに44年度は不適合になった都市
 (2) ↗…42年度，43年度，44年度を比較して，汚染が悪化したところ
 ↘…逆に汚染が改善されたところ
 △…汚染状態が不変かまたは傾向が不確定

表 3.1 SO₂ が人体に与える影響

0.05 ppm	<環境基準最大許容濃度>
1.0	感じない、わずかに胸部圧迫感
1.6	ピークフロー値減少
1.8	呼吸数増加
2.0	異物感
3~5	臭気感知
10	<産業衛生最大許容濃度>、刺激臭
20	著明な刺激感、目を刺激、せき
100	肺組織障害
400~500	呼吸困難、危険

これらのほかにも大気汚染は肺ガン・小児発育不良・クル病などを誘引する。さらにSO₂は結膜炎・咽喉炎・慢性湿疹などにも影響しているとみられている。

呼吸器障害の病因論として大気汚染物質の種類・性状・汚染濃度のほか、職業などの生活因子、喫煙などの慣習因子、特定汚染地域での居住の有無などの地域因子および居住期間などの時間因子があげられる。これらが複合的に作用して障害を誘引する。

SO₂が人体に与える影響とSO₂濃度について表3.1に示した。なお植物に対しては0.5 ppm、湿度80%以上で連続的に暴露すると若芽や穀物に影響を与え、1.8 ppmで特に影響を及ぼす。

このほか京都・奈良では仏像のよごれの激化、コンピュータ部品の表面腐食などの問題を生じている。

有害物質の濃度が算術級数的に増加すればその毒性は幾何級数的に増大する。また有害因子の数についてはそれらは相乗的に作用する。たとえば1952年LondonのSmog Episodeとの場合、SO₂やばい煙の濃度自体は致死量ではなかったが混在する汚染物質との相乗作用により、濃霧に包まれた12月5日から5日間に特に死亡数が増加している。

外山によれば気道抵抗の測定からSO₂と降下ばいじん(塵)混在の場合、単独吸入にくらべて気道の狭さく(窄)は相乗的に激しいことを明らかに示している。これについてはSO₂単独吸入では肺深部組織への侵入率は20%程度と考えられているが、これが肺内沈着率の高い0.3ないし1μ粒子に吸着されて肺浸部に達し、その毒性を強めると考えられる。あるいはさらに固体や液体の小滴が汚染物質の吸着剤あるいは溶媒として作用し、局部的に高濃度となりその毒性を強めると考えられる。SO₂以外の例として、たとえばフェノールが炭素粒子に吸着されて肺に吸い込まれた場合、それと同量のフェノールを水中に分散し、その気化したフェノールを吸った場合よりはるかに毒性が強いことが知られている。

SO₃の毒性はSO₂よりも強く、これは大気汚染物質としてのいわゆる酸化物質中30ないし50%存在する。

J. Pemkertonらによれば気管支炎に及ぼすSO₂濃度の影響は、乳児と45才以上において特に顕著であると報告されている。

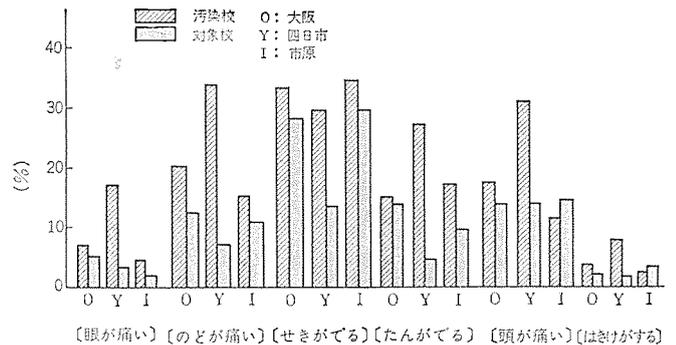


図 3.1 汚染地区、非汚染地区小学生の自覚症状のひん度の比較 (昭和40~42年3カ年の平均値)

40才以上の大阪市内ほかの住民36,500名の調査結果によれば慢性気管支炎有病者率は喫煙量とSO₂濃度と年令との間につきの関係があることが報告されている⁽⁴⁾。

$$Y = 10^{-4} \cdot 3N(X-20)^2 + 1.94\alpha - 3.18$$

Y: 慢性気管支炎有病者率 (%)

X: 年 令

α: 酸化鉛法によるいわゆる酸化物質濃度 (調査前3年間の平均値)

N: 喫煙量に関する係数

女子非喫煙者: N=4, 男子非喫煙者: N=8

1日1~10本喫煙者: N=10

11~20本喫煙者: N=20

21本以上喫煙者: N=30

また大阪市の調査によればSO₂濃度の1時間値の24時間平均値が0.1 ppm以上では死亡数の増加傾向があり、日平均値または月平均値が0.08 ppm以上では感受性の強い学童の肺機能を低下させ、3日平均値0.05 ppm以上では死亡数の増加傾向がみられる⁽⁵⁾。

厚生省では昭和40年から5カ年間、汚染地区、非汚染地区の小学校の児童(昭和40年当時小学2年生を対象)の追跡調査を行なったが、40~42年の3カ年間の中間結果を図3.1に示した。

4. 大気中有害ガス除去法

大気汚染物質中の有害ガスを除去する空気浄化法としては水洗法・反応吸収法・活性炭法・触媒法などがある。以下これらについて概説する。

(1) 水洗法

酸性ガス(SO₂, SO₃, HCl, NO₂など)は水に対する溶解度が大きく、たとえばSO₂は常温、常圧で20%溶解する。

水中に溶解したSO₂水溶液の未解離分子はH₂SO₃ではなく、SO₃・XH₂Oなる溶媒和分子であることが確認されている。液相中の溶解SO₂濃度と気相中のSO₂分圧との平衡関係はつぎのようになる。



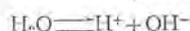
$$k_0 = \frac{[\text{H}_2\text{O} \cdot \text{SO}_2]}{p_{\text{SO}_2}} = 10^{0.15} \dots \dots \dots (4.1)$$



$$k_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HSO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{O} \cdot \text{SO}_2]} = 10^{1.07} \dots \dots \dots (4.2)$$



$$k_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]} = 10^{7.26} \dots \dots \dots (4.3)$$



$$k_W = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \dots \dots \dots (4.4)$$

$$[\text{H}^+] = [\text{HSO}_3^-] + 2[\text{SO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] \dots \dots \dots (4.5)$$

$$C = [\text{H}_2\text{O} \cdot \text{SO}_2] + [\text{HSO}_3^-] + [\text{SO}_3^{2-}] \dots \dots \dots (4.6)$$

C : 溶存 SO₂ 濃度

p_{SO₂} : 気相 SO₂ 分圧

k₀, k₁, k₂, k_W : 平衡定数

以上の関係式より式 (4.5) および式 (4.6) はつぎの式 (4.7) および式 (4.8) で書き表わされる。

$$p_{\text{SO}_2} = \frac{[\text{H}^+] - \frac{k_W}{[\text{H}^+]}}{k_0 \left(\frac{1}{[\text{H}^+]k_1} + \frac{1}{[\text{H}^+]^2k_1k_2} \right)} \dots \dots \dots (4.7)$$

$$p_{\text{SO}_2} = \frac{C}{k_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{[\text{H}^+]k_1} + \frac{1}{[\text{H}^+]^2k_1k_2}} \dots \dots \dots (4.8)$$

式(4.7), (4.8)より [H⁺] をパラメータとして溶存 SO₂ 濃度と気相 SO₂ 分圧との関係を図 4.1 に示した。同図からわかるように大気中の SO₂ 濃度を環境基準である 0.05 ppm 以下に保つには水中の溶存 SO₂ は 1.6 × 10⁻⁵ mol/l 以下にせねばならない。汚染空気中の SO₂ 濃度を 0.1 ppm とすれば 1.3 × 10⁻⁴ m³-H₂O/m³-air 以上の水量を要

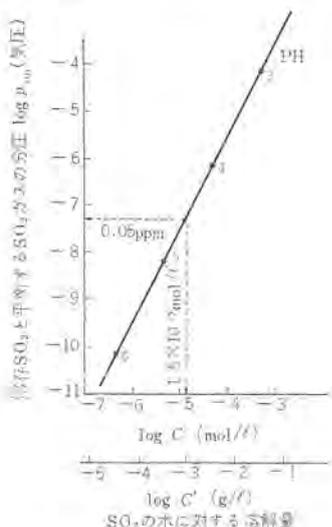


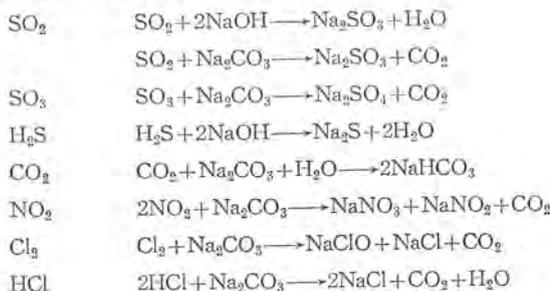
図 4.1 SO₂ 分圧と水中溶存 SO₂ 濃度との平衡

する。したがって 100 m³/h の空気を水洗処理するには少なくとも 13 l/h の水を要する。

(2) 反応吸収法

化学反応によって有害ガスを除去する方法で最も端的な反応としては SO₂ などの酸性ガスをアルカリ性物質との中和反応を利用して除去する方法があげられる。逆に NH₃ などのアルカリ性ガスは酸性物質との反応を利用して吸収除去される。

酸性ガスの中和反応の例をつぎに示す。



上記反応で NaOH を用いた場合でも大気中の CO₂ と反応してしだいに Na₂CO₃ となるから結局は Na₂CO₃ による吸収反応となる。Na₂CO₃ を用いた場合、上記反応例からもわかるように、たとえば SO₂, SO₃ ガスを吸収除去するかわりに CO₂ を放出する。このことが SO₂, SO₃ にかわって問題にはならないかという心配があるように思われる。しかし、大気中の SO₂ と交換して放出される CO₂ 濃度は数 ppm 以下であり、空気中の CO₂ 濃度は 300 ppm 程度であるのと比較すれば問題にならない程度の放出量である。

大気中の SO₂, CO₂ 分圧と吸収液の PH との関係を図 4.2 に示した。これによれば 300 ppm の CO₂ を含む空気を Na₂CO₃ 溶液 (PH ≈ 11) に長時間送入すれば PH ≈ 8.5 になる。この時 Na₂CO₃ は一部 NaHCO₃ となっている。一方 PH ≈ 8.5 の時の気相中の SO₂ 分圧は 0.01 ppm である。したがって Na₂CO₃ 溶液で大気中の SO₂ 濃

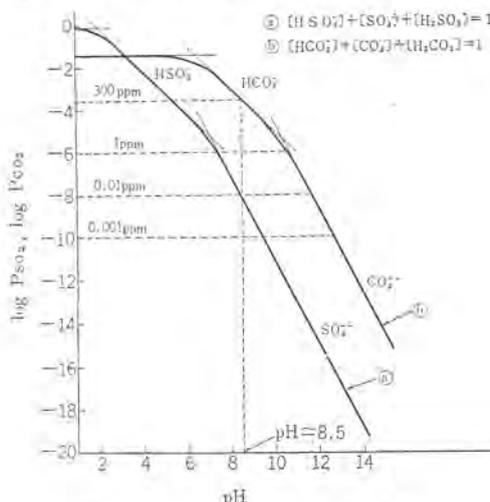


図 4.2 p_{SO₂}, p_{CO₂} の PH 平衡図

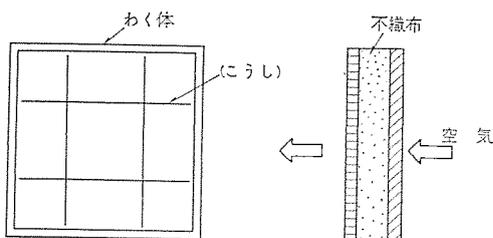


図 4.3 不織布フィルタ

表 4.1 活性炭のガス吸着保持量(%), 20°C, 760 mmHg

ガ ス	吸 着 量	ガ ス	吸 着 量
亜硫酸ガス	10%	硫化水素	3%
塩素	15	炭酸ガス	微
ベンゼン	24	一酸化炭素	微
フェノール	30		

これによる空気浄化の方式としてはこの触媒を不織布に添着したフィルタ方式がおもにとられる。さらに Pd 触媒を添着して CO の除去効果を得ることもできる。

5. プレートフィン形 空気清浄機

5.1 構造, 特長

この空気清浄機は当社でこのたび開発したもので、SO₂ などの有害ガスを除去するメインフィルタは和紙製のプレートフィン形構造を有し、これに有害ガス吸収剤を含浸させた一種のぬれ壁構造を有し、ちょうど動物の気管の粘膜による浄化作用に似た機能と構造を有する。このフィルタは圧力損失が小さく、有害ガス除去容量が大きく、従来の不織布フィルタ、活性炭フィルタに対し、同一空気抵抗で比較して二十数倍の寿命を有する。SO₂, SO₃, 硫酸ミストなどの除去率は初期においては 99% 以上であり、大気湿度が変化しても除去効果はほとんどその影響を受けない。このほか NO₂, H₂S などについては 20% 程度の除去率である。

この空気清浄機は有害ガスの除去を主目的とするメインフィルタのほかに、除じんを主目的とするネット、フロントフィルタ、プリフィルタを有し、合わせて 4 重のフィルタ構造となっている。図 5.1 に装置の構造、図 5.2 に外観写真を示し、表 5.1 に仕様を示した。家庭用 KW-200 形は換気のための外気の吸入量はシャッターで自由に調節することができ、シャッターを閉じると室内空気の循環浄化を行なう。メインフィルタの寿命は寿命表示用指示葉の色変化(赤→黄)により知る。家庭用については窓取付形または床置形として使用する。大形(KS-1000)については冷暖房コイルを組み込み、冷暖房の室内ユニットとして使用できるようになっている。さらに空気に清涼感を与えるためのマイナスイオン発生器がついている。

5.2 除じん効率

除じんフィルタとしてはまずネットで大きなゴミを除去し、ついでフロントフィルタ(エパーライトスコットフィルタ)で大きなちり、ほこりを除去する。つぎにプリフィルタ(ガラス繊維製)で粉じんを確実に除去する。図 5.3 にじんあい粒子の大きさと肺胞内沈着率およびプリフィルタの除じん効率との関係を示した。

5.3 有害ガス除去効率

プレートフィン形メインフィルタの基本構造を図 5.4 に示した。図 5.5 はフィルタの小孔内を有害ガスが通過する際の有害ガスの濃度変化を模式的に示したものである。

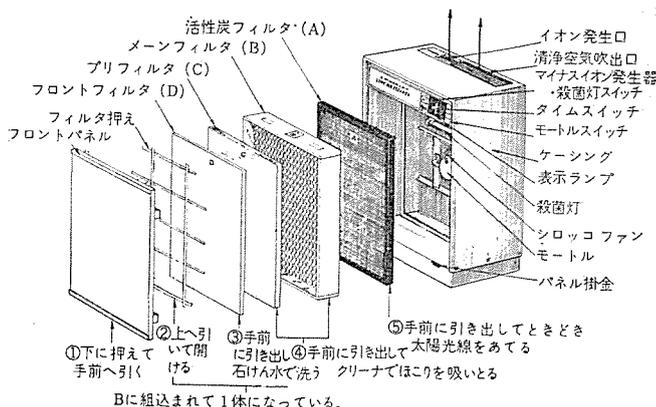


図 4.4 空気清浄機 (KS-03B 形) の構造

度を 0.01 ppm まで下げることができる。

実際にこのような方法で空気浄化を行なうには、通常これらの吸収溶液を不織布に含浸させたフィルタ方式が用いられる。これは図 4.3 に示したように格子わく体間に不織布をサンドイッチ構造にはさんだものである。このほかフィルタ循環方式により材の再生が自動的に行なわれる方式もある。

(3) 活性炭法

一般に最も多く使われており、SO₂ のみならず各種のガスを吸着し、また脱臭効果をも有する。活性炭の種類により性能は異なるが、表 4.1 に各種ガスの吸着保持量を示した。

活性炭フィルタの構造は平板形フィルタ、ジグザグ形フィルタ、シリンダ形フィルタ、パイパス形フィルタなどがある。

図 4.4 は当社の空気清浄機(イオナイザ付き)KS-03B 形の構造を示すもので、フロントフィルタ、プリフィルタ、メインフィルタで除じんを行ない、平板形活性炭フィルタで脱臭および有害ガス除去を行なっている。

(4) 触媒法

活性マンガ(MnOx) を中心とし、これに CuO, AgO, Fl₂O₃ などを添加した金属酸化物混合触媒である。活性マンガは歴史的には古く、1920 年ごろから研究されている。使用初期の活性の高い状態では MnOx の X はほぼ 2 であるが、これが 1.5 に近づくと活性を失なう。SO₂ 除去効果については温度・湿度の影響が大きく、高湿度下では良好であるが、相対湿度 40% 以下では除去効果は急激に低下する。

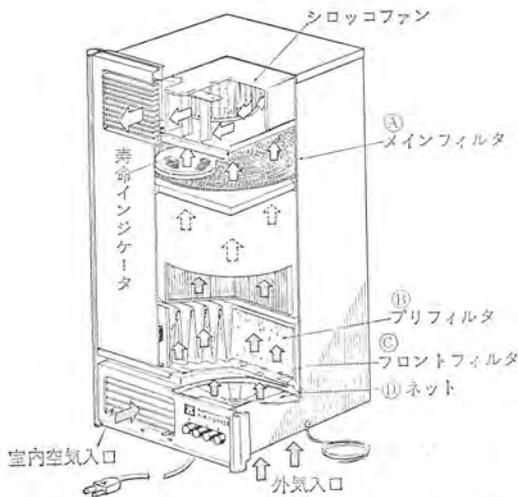
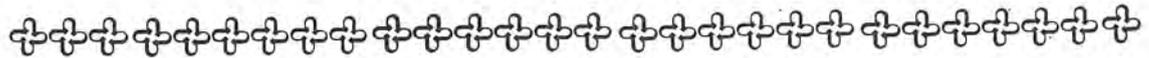


図 5.1 プレートフィン形空気清浄機(KW-200)の構造

表 5.1 (a) 小形空気清浄機 (KW-200) 仕様表

項目	KW-200														
電源	AC 100V 50/60Hz														
風量調節ノッチ	50Hz(3)	60Hz(3)	50Hz(2)	60Hz(2)	50Hz(1)	60Hz(1)									
消費電力 W	29.5	31.5	24.5	27.5	21.0	21.5									
処理風量 m^3/min	2.05	2.05	1.75	1.75	1.2	0.95									
外気吸入量 m^3/min	1.2	1.2	0.9	0.9	0.6	0.5									
騒音 (A特性ホーン)	47.0	47.0	42.5	42.5	33.0	33.0									
適用床面積	10~20(m^2) 4~6(人)														
集じん効率 %	人体に有害なちり 90%以上														
有害ガス除去率 %	<table border="0"> <tr> <td>亜硫酸ガス(SO₂)</td> <td rowspan="5"> 99% (初期) 800日後 90% 1,000日後 70% (1日10時間運転) (入口ガス濃度 0.1 ppm) </td> <td>☆その他</td> </tr> <tr> <td>無水硫酸(SO₃)</td> <td>二氧化硫素(NO₂)</td> </tr> <tr> <td>硫酸ミスト(H₂SO₄)</td> <td>硫化水素(H₂S)</td> </tr> <tr> <td>塩素ガス(Cl₂)</td> <td>20%程度</td> </tr> </table>						亜硫酸ガス(SO ₂)	99% (初期) 800日後 90% 1,000日後 70% (1日10時間運転) (入口ガス濃度 0.1 ppm)	☆その他	無水硫酸(SO ₃)	二氧化硫素(NO ₂)	硫酸ミスト(H ₂ SO ₄)	硫化水素(H ₂ S)	塩素ガス(Cl ₂)	20%程度
亜硫酸ガス(SO ₂)	99% (初期) 800日後 90% 1,000日後 70% (1日10時間運転) (入口ガス濃度 0.1 ppm)	☆その他													
無水硫酸(SO ₃)		二氧化硫素(NO ₂)													
硫酸ミスト(H ₂ SO ₄)		硫化水素(H ₂ S)													
塩素ガス(Cl ₂)		20%程度													
吸入方法		外気+室内・室内循環のみ													
取付方法	窓取付・床置可能 (置台別売)														
窓取付寸法	<table border="0"> <tr> <td>(木わく窓)</td> <td>左窓 810~1,310 mm</td> <td>右窓 763~1,315 mm</td> </tr> <tr> <td>(アルミ窓)</td> <td>左窓 850~1,350 mm</td> <td>右窓 800~1,350 mm</td> </tr> <tr> <td>(スチール窓)</td> <td></td> <td>右窓 763~1,315 mm</td> </tr> </table>						(木わく窓)	左窓 810~1,310 mm	右窓 763~1,315 mm	(アルミ窓)	左窓 850~1,350 mm	右窓 800~1,350 mm	(スチール窓)		右窓 763~1,315 mm
(木わく窓)	左窓 810~1,310 mm	右窓 763~1,315 mm													
(アルミ窓)	左窓 850~1,350 mm	右窓 800~1,350 mm													
(スチール窓)		右窓 763~1,315 mm													
メインフィルタ寿命表示	ガーゼの色変化 赤(初期)→黄(交換時期)														
メインフィルタ	有害ガス (SO ₂ ・SO ₃ ・NO ₂ ・Cl ₂ ・H ₂ S) 除去														
プリフィルタ	大気ちり (0.3 μ 60%以上) 除去 (ガラス繊維製)														
フロントフィルタ	大気ちり (比較的大きなもの) 除去 (エパーライトスコットフィルタ・サラン不織布)														
モーター	コンデンサモーターメタル軸受														
ファン	15cm アルミ薄板シロココファン														
スイッチ	4段押しボタンスイッチ														
シャッター	外気吸入量調節シャッター (開←閉)														
風方向	上下 (吐出グリル) 左右 (フィン)														
製品重量	15 kg														
大きさ	高さ 740 ミリ 横幅 340 ミリ 奥行 300 ミリ														



図 5.2 (a) プレートフィン形空気清浄機 KW-200 (家庭用)

図 5.2 (b) プレートフィン形空気清浄機 KS-1000 (業務用)

表 5.1 (b) 大形空気清浄機 (KS-1000) 仕様表

項目	KS-1000							
電源	単相 100V 50/60Hz							
風量調節ノッチ	3	2	1					
処理風量 m^3/min	20	15	10					
騒音値 (Phone A 特性)	49 Phone 以下 (本体中心 1m 前方)							
消費電力 W	250 W (60 Hz) 230 W (50 Hz)							
適用床面積 m^2	40~100 m^2							
集じん効率 %	1.0 μ 95% 以上 0.5 μ 80% 以上							
有害ガス除去率	<table border="0"> <tr> <td>亜硫酸ガス(SO₂)</td> <td rowspan="5"> 初期 99% ☆その他 5カ月後 90% 二氧化硫素(NO₂) 6カ月後 70% 硫化水素(H₂S) 1日6時間運転 入口ガス濃度 0.1 ppm 20程度 </td> </tr> <tr> <td>無水硫酸(SO₃)</td> </tr> <tr> <td>硫酸ミスト(H₂SO₄)</td> </tr> <tr> <td>塩素ガス(Cl₂)</td> </tr> </table>			亜硫酸ガス(SO ₂)	初期 99% ☆その他 5カ月後 90% 二氧化硫素(NO ₂) 6カ月後 70% 硫化水素(H ₂ S) 1日6時間運転 入口ガス濃度 0.1 ppm 20程度	無水硫酸(SO ₃)	硫酸ミスト(H ₂ SO ₄)	塩素ガス(Cl ₂)
亜硫酸ガス(SO ₂)	初期 99% ☆その他 5カ月後 90% 二氧化硫素(NO ₂) 6カ月後 70% 硫化水素(H ₂ S) 1日6時間運転 入口ガス濃度 0.1 ppm 20程度							
無水硫酸(SO ₃)								
硫酸ミスト(H ₂ SO ₄)								
塩素ガス(Cl ₂)								
SO ₂ ガス吸収量		150 l (薬品1回の充てんによる吸収量)						
吸収薬品	循環方式 0.1 ppm・SO ₂ ガスの場合約6カ月で交換							
吸収薬品寿命表示	交換時期 指示薬が赤→黄に変色							
浄化方式	外気・外気+室内空気・室内空気 切換え可能							
冷暖房方式	冷暖房用コイル取付可能							
イオン発生器	⊖イオン発生器付き							
大きさ	高さ 1,800 ミリ, 横幅 900 ミリ, 奥行 500 ミリ							
羽根・モーター	シロココファン・コンデンサモーター							
重量	150 kg							

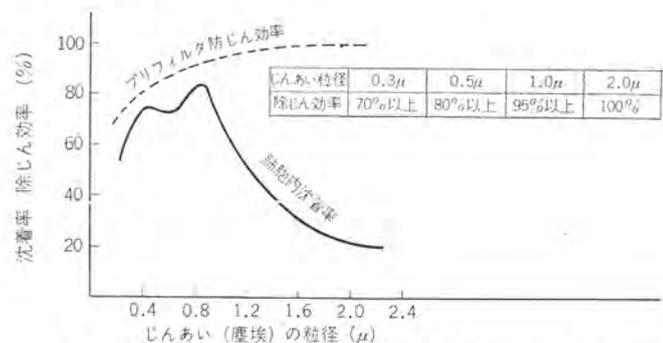


図 5.3 じんあい(塵埃)粒子の大きさと肺胞内沈着率およびプリフィルタ除じん効率

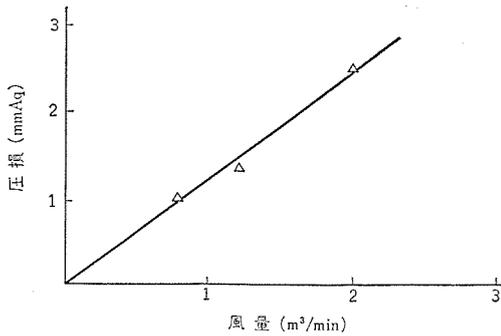
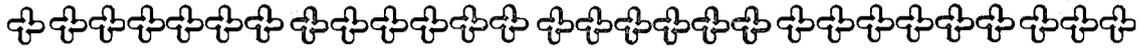


図 5.8 メインフィルタの圧力損失

Q_n : 定数

上式から得られた除去効率と風速との関係（計算値）および実験値とを図 5.6 に示した。図 5.4 に示したプレートフィン形フィルタでは小孔は円管ではないために等価直径を考えねばならないことなどから、計算値と実験値との間に多少のずれを生じているものと思われる。

KW-200 形のメインフィルタのいおう酸化物 (SO_2 , SO_3 , 硫酸ミスト) の除去効率の経時変化は、入口側のガス濃度 0.1 ppm, 1 日 10 時間運転するとした場合、図 5.7 に示したように初期で 99%, 800 日後で 90%, 1,000 日後で 70% となる。したがって SO_2 平均濃度 0.1 ppm の汚染地域では 2.5 年に 1 度フィルタを交換すればよい。

5.4 圧力損失

メインフィルタの圧力損失と風量との関係を図 5.8 に示した。

6. むすび

SO_2 汚染対策の一方法に排煙脱硫があるが、現在の技術ではいおう分を 1% 程度までしか取ることができない。一方、LNG の導入、低いおう原油の輸入、原子力発電など原料転換も推し進められているがエネルギー需要の伸び率を考えれば SO_2 汚染問題の短期解決は困難と考えられる。

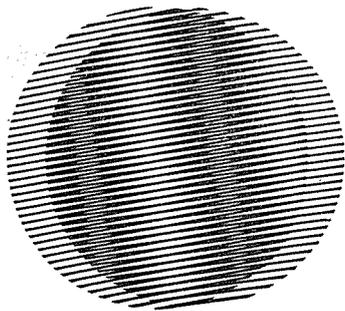
大気汚染の医学的諸問題についてはまだ解決されていないものが多いが、老人・乳幼児に対する影響は大きく“きれいな空気”が健康維持の必須条件であることが確認されている。

空気清浄機は人体を保護するだけでなく、コンピュータ部品などの精密機械など各種材料を保護するためにも用いられる。しかし、空気清浄機は公害対策のごく一部にしかすぎず、光化学スモッグなどの問題、さらには農業・産業排水・下水などによる水質汚濁・騒音・振動などを含め、都市再開発政策と合わせた環境浄化システムの開発が今後の大きな課題であろう。

最後にプレートフィン形空気清浄機の開発にあたり、協力下さった中電ならびに中研、生研の関係者諸氏に深謝する。

参考文献

- (1) 大阪市：公害による経済被害調査結果報告書（昭 43）
- (2) 浅野：公害防止産業（昭 44），東洋経済新報社
- (3) 大島：環境生理学（昭 42），医歯薬出版
- (4) 清水：第 11 回大気汚染研究全国協議会大会（昭 45）
- (5) 渡辺：日本公衆衛生誌，12, 4（昭 40）



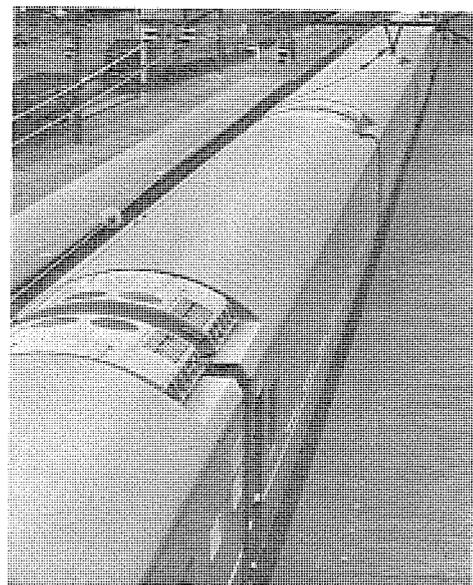
新製品紹介

AU 76 形 ユニットクーラ

国鉄の新形式固定編成寝台客車用クーラとして開発したもので、1車両当たり2台、車両の前後端に設置される。車内の空気は車両の出入台の天井からクーラに吸入され、新鮮外気とともに冷却されて、天井長手方向に設けられたダクトにより、車内へ配風する。冬期は換気運転を行ない、新鮮外気はクーラ内蔵の電気ヒータで予熱される。なお、クーラ電源はディーゼル発電機である。

仕様

冷房能力	15,000 kcal/h
冷却器風量	40 m ³ /min
電源	主回路 三相 60Hz 440 V 制御回路 単相 60Hz 100 V
標準電流	14 A, 入力 9.8 kW
冷媒	R 22
寸法	幅 2,150×高 535×長 1,700
重量	460 kg
電気ヒータ	2 kW



[長崎製作所]

AU 76 形 ユニットクーラ

国産最高性能のミニコン “MELCOM-70” 発売

当社では、このたび鎌倉製作所において、国産最高性能のはん用ミニコン（超小形電子計算機）MELCOM-70の製品化に成功し、11月中旬より販売を開始した。

わが国のミニコン産業は、ようやく（黎）明期を終え、実用化の時代にはいり、利用分野の拡大と急激な需要増加が見込まれているが、当社では総合電機メーカーとして各種システム製品を手掛けた経験をもとに、今後の広い利用分野に適した多目的高性能ミニコンとして、今回 MELCOM-70 を開発したものである。

MELCOM-70 は乗除算回路・メモリパリティチェック・優先割込機構・電源保護機構など、ミニコンとしては実用上必ず（須）の諸機能をすべて標準装備として内蔵しており、しかも基本システム（4kW メモリ 計算機本体およびシステムタイプライタ）は、485 万円と低価格で、価格／性能比の最も高い高級ミニコンである。

■MELCOM-70 のおもな特長

(1) 国産最高の中央処理装置能力

抜群の高速演算	コアメモリのサイクルタイム	0.8 μs
	加減算	0.8 μs
	乗算（標準装備）	5.6 μs
	除算（標準装備）	6.7 μs



MELCOM-70 ミニコン

強力な命令群	演算命令が豊富 ビット処理、倍精度演算が容易 プログラム内部割込が可能
高度な処理方式	マルチアキュムレータ方式 プッシュダウンスタック機能 リードオンリメモリの使用が可能
強力な標準装備	乗除算回路 メモリパリティチェック 16レベルの優先割込機構 停電検出機構 オートリスタート機構
豊富な付加機構	高速DMAチャンネル 実時間時計 イニシャルプログラムロード (ROM使用) メモリ保護

(2) 高信頼度

大形基板に実装された各モジュールを、配線数極少のバックパネルで結合するだけの簡潔なシステム構造は、MSI (中規模集積回路) を中心とした論理回路や、発光ダイオードを使用した操作パネルなどとあいまって、信頼度を飛躍的に増大させた。

(3) 超小形軽量化

(高さ)150×(幅)480×(奥行)550 mmの基本きょう(筐)体内に、基本構成(4K語コアメモリおよび電源)をすべて収容し、なおかつ二、三の任意の付加機構を収容できる十分なスペースを確保した超コンパクトサイズで、重量もわずか30 kgと軽量なものである。

(4) 完備した基本ソフトウェア

多方面の用途・目的に応じた使いやすい豊富なソフトウェアを準備したもので、特に、基本システムで高度な会話形言語であるBASICが使えるほか、JIS-3000、5000、7000レベルのFORTRANが使用できる。

■MELCOMの適用分野

(1) システムコンポーネントとして

- (a) 計測、位置、周辺端末機器制御
- (b) 試験検査
- (c) 測定計算、データ収集
- (d) 各種システムへの応用など

(2) パーソナルコンピュータとして

- (a) 各種科学技術計算
- (b) コード処理
- (c) 小規模タイムシェアリングなど

(3) プロセスコントロールとして

- (a) プロセス制御
- (b) 交通制御
- (c) 工場自動化など

(4) コミュニケーションコントロールとして

- (a) データ通信制御
- (b) データターミナルなど

■主要性能

回路素子	MSI および TTL IC
記憶素子	磁気コア 17 ミル
サイクルタイム	800 ns
記憶容量	4 K 語~32 K 語
語長	16 ビット+パリティ
命令数	基本 41 (合計 150 種以上)
演算レジスタ	4 個
インデックスレジスタ	2 個 (このほかに オートインデックスカウンタ 16 個)
演算速度	加減算 0.8 μ s 乗算 5.6 μ s (ハードウェア標準装備) 除算 6.7 μ s (ハードウェア標準装備)
優先割込	内部 1 レベル 外部 16 レベル (マスクビットあり)
直接アドレス	256 語
相対アドレス	CIA \pm 128
間接アドレス	1 レベル
入出力制御	プログラムコントロールチャンネル (実効転送速度 40 K 語/秒)
停電検出/オートリスタート機構	標準装備
標準付加機構	イニシャルプログラムロード、メモリ保護、タイマ、高速 DMA チャンネル
外形寸法	(高さ)150 \times (幅)480 \times (奥行)550 mm 標準ラックマウント可
重量	30 kg (電源・付加機構を含む)
電源	AC 100 V \pm 10%, 50/60 Hz, 400 VA 以下
周囲条件	温度 0~50 $^{\circ}$ C, 湿度 10~90%

[鎌倉製作所]

ボウリングの自動採点機 完成

当社では、このたびコンピュータ技術に応用したレジャー産業向け機器として、ボウリングのスコアを自動的に採点する“三菱ボウリング自動採点機(商品名:メルタス)”の開発に成功し、11月より営業活動を始めることになった。本機は、当社と東宝(株)との共同研究により完成したもので、初心者等がスコアの記入にわずらわされることなく、ゲームを楽しめること、ボウリング場のイメージアップと、レーンのか働率向上に寄与できることなどのメリットがあり、ボウリングブームの折、積極的に販売活動を展開していく計画である。(なお、本機に関しては目下 32 件特許出願中である)。

■機器の概略

本機は、内蔵されているコンピュータによりスコアを自動的に計算し、それを 11 インチのブラウン管上に表示するもので、二つのレーンを同時に採点・表示し、1レーンについて4人まで(2レーン分で8人)処理できる。スコアシートもゲーム終了後、自動的にタイプライタで印刷されてでてくる。

新製品紹介

機器の操作は、人数の設定ボタンと「ゲーム開始のスタートキー」を押すだけで、だれにでも簡単にでき、むずかしい操作はいっさい不要である。

本機の価格は、1セット(2レーン分)250万円である。

■おもな特長

(1) レーン当たりのか働率が向上する

初心者でもベテランでも、得点はMELTASが行なうので、ボウラーは投球に専念でき、ゲーム時間が短縮され、レーン当たりのか働率が向上する。

(2) ブラウン管による得点表示

得点は、11インチブラウン管に明りょうに表示され、明るいところでもはっきりと見ることができ、また、場内拡大投影方式と異なり、初心者やボウリング教室の受講者は気兼ねせずに投球に専念できる。

(3) 簡単な据付工事

すべてのボウリング機械に接続でき、既設ボウリング場のレーンにも簡単に設置できる。

(4) 高い信頼性

MELTASは、IC(集積回路)およびトランジスタを使用しており、信頼性が高く、また、徹底した工場の管理により、各部品の耐久度を高めているので、故障がない。

(5) 保守点検が容易

MELTASは、プリント基板に回路を組み込んでいるので、保守点検の際にカードを取り振えるだけの作業で完了する。

(6) ボウリング場のイメージアップを図る

MELTASはデザインが大変スマートであり、ボウリング場の風格を高め、イメージアップを図ることができる。

■MELTASの仕様および規格

(1) 中央演算処理部

演算回路・制御回路にはIC(集積回路)を採用し、記憶回路にはMOS形シフトレジスタを採用して、すべてをソリッドステート化している。

(2) 表示部

11インチのブラックフェースブラウン管2個で構成されている。

(3) 記録部

小形で、スピードの速いプリンタを使用し、ストライクマークとスペアマークは赤印字できる。

(4) 電源電圧 AC 100 V 50/60 Hz

(5) 消費電力 200 W

(6) 環境条件 温度 +10°C~+35°C 湿度 40%~65%

(7) 重量 約80 kg

(8) 外形寸法 1,000(W)×720(D)×985(H) mm

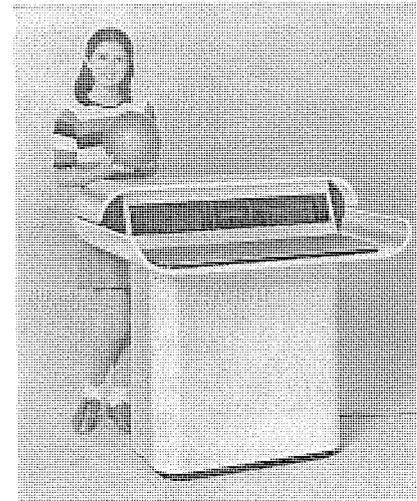


図1 三菱ボウリング自動採点機MELTASの外観

LANE NO.		meltas auto scorer										DATE / /	
NAME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL		
1	X 9 / 7 2 4 5 X X X 8 1 8 1 8 / 6	20	37	46	55	85	113	132	141	150	166		
2	X 7 1 9 0 8 1 X 9 / X 9 0 9 / 9 / 9	18	26	35	44	64	84	103	112	131	150		
3	X X 9 / 8 / 9 0 4 5 9 / 7 1 X 9 0	29	49	67	86	95	104	121	129	148	157		
4	X 8 / 9 0 6 2 9 / 9 / 7 1 9 0 2 / XXX	20	39	48	56	75	92	111	120	140	170		

図2 スコアシート(ゲーム終了後、プリンターにより自動的に作成される)

[本社電子事業部]



NEWS FLASH

エレベータ新群管理方式

〈OS (最適サービス) システム 700〉の開発

エレベータの群管理方式として、輸送計画自動選択の三菱 ASP-A 方式が、わが国で初めて名鉄ビルに実施されたのは昭和32年のことである。その後、国の内外で広くこれが採用され、最高水準のエレベータサービスを顧客に提供してきた。しかし、超高層ビル時代を迎え、エレベータの重要性がさらに高まるとともに、日中の交通に対するエレベータの性能への要求も一般ときびしくなってきた。

今般、当社稲沢製作所において、当社中央研究所・本社・鎌倉製作所の協力のもとに、長年にわたる研究の結果、エレベータサービスをさらに飛躍的に向上させる、画期的な新群管理方式 OS システム 700 が開発された。

従来の群管理方式は、各エレベータの出発間隔を調整し、“呼び”のある階に順次停止しながら1周する、流し運転を行なうものであるが、この新システムでは、乗場で“呼び”があると最適サービスのできるかごにそれを割当て、途中の呼び階を通過して急行する方式であり、今までのものと比較すると平均待ち時間を約30パーセント短縮し、50秒以上待たされる場合を50～70パーセント減少する。

■新方式の特長

OS システム 700 はかごの位置、運転方向、かご内乗客の行先階、かごが走行中か、待機中か、乗場呼び方向、階および待ち時間などのあらゆる情報を瞬時に演算し、次の状況予測してかごの最適割当てを決定する。

■演算処理機の開発

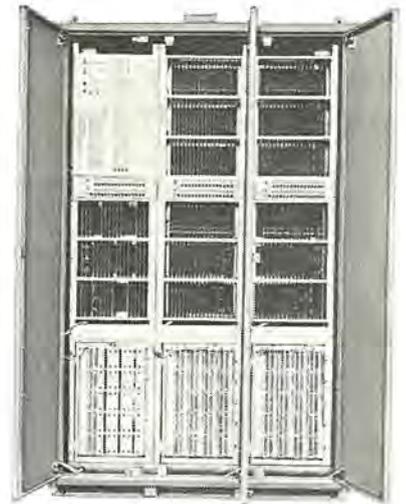
このソフトウェアの開発にあたっては、従来の自動選択群管理方式の豊富な経験と、運転状況実績データをもとに、電子計算機による大規模なシミュレーションを行ない、最良のものが選択された。

さきに述べたような膨大なデータ量を高速演算するためには、今までの継電器方式では演算速度の点と、機械室が大きくなり、また工業用電子計算機の採用では大形・高価になるところから、IC化した専用の演算処理機が開発された。

このIC化にはトランジスタ化したエレベータの10年におよぶ実績と、5年以上にわたるIC化エレベータの実用化、信頼性試験(稲沢製作所試験塔および三菱電機ビルエレベータで実験)によって十分な信頼度が確認されている。

なお、この新群管理方式のエレベータは、昭和48年3月しゅん(竣)工予定の丸の内三菱本館等ビル(地下4階 地上15階 延床面積108,584m²)に採用が決定し、今後超高層ビルをはじめ大規模な事務所ビルで高性能を発揮するものと期待される。

[本社昇降機業務部]



エレベータ新群管理方式 (OS システム 700)

154 kV 三菱全天候形 閉鎖配電盤完成

当社伊丹製作所では、22 kV～77 kV 級全天候形 閉鎖配電盤を昨年8月より発売以来、すでに約30件におよぶ実績を有している。このシリーズの技術をさらに延長し、このたび

154 kV 全天候形 閉鎖配電盤を開発し、1号器を秋田製錬(株) 飯島製錬所に製作納入した。

この154 kV 全天候形 閉鎖配電盤は、一般の建屋式キュービクルとは異なり、外被および隔壁等すべて金属で製作されたいわゆる Metal-Enclosed Switchgear としては、わが国はもとより世界でも初の試みと思われ、業界から注目を集めている。

■三菱全天候形 閉鎖配電盤は、次のようなすぐれた特長を有している。

- (1) 外形寸法は、一般の建屋式変電所の約70%である。
- (2) 点検通路を内部に有しているため、保守・点検は天候に関係なく安全に行なうことができる。
- (3) 完全密閉構造とし、エアリング方式を採用しているため、汚損量は大きく減少し、各機器の信頼性は向上する。今回納入のものも、重汚損地区ではあるが、各内蔵機器は標準のものでよく、保守・点検期間が延長されるので、大幅な保守・点検の省力化が可能である。また、エアリング効果によって密閉構造にみられる結露現象も完全になくなる。
- (4) 近代的美観と品質は、長期にわたって保持できる。
- (5) 増設のための先行投資は不要で、かつ短時間停電による増設が可能である。

■154 kV 全天候形閉鎖配電盤1号器のおもな仕様は、次のとおりである。

定格電圧	154 kV
絶縁階級	140号
定格母線電流	600 A
収納しゃ断器	140-SFL 形 ガス しゃ断器
受電容量	60 MVA



秋田製錬(株) 納め 154 kV 全天候形閉鎖配電盤

[伊丹製作所]

国鉄技研 超電導磁気浮上特性 基礎試験装置冷却系

当社では、ヘリウム液化装置 UL-80 形を、すでに約20台製作納入してきたが、このほどモデルチェンジを行ない、UL-80 S 形を完成した。

■UL-80 S 形のおもな特長

- (1) オイルフリー 圧縮機の採用によって、従来の油潤滑式圧縮機の場合に不可欠だった、液体窒素冷却式純化器を廃止して装置全体を簡素化したこと。
- (2) 非金属接触形膨張機関の開発により、長時間運転の信頼性と断熱効率を向上させたこと。
- (3) 系統のヘリウムガスへの置換から、液化冷凍運転まで、本体制御盤で集中操作が行なえるとともに、定常後の無人運転が可能なこと。
- (4) 装置全体の騒音低減化によって、研究室にも設置できること。

■1号機 国鉄技術研究所に納入

上記1号機が46年3月国鉄技研に納入され、頭記試験装置の冷却系主機として高性能

を発揮した。

本試験装置は、将来の超高速鉄道の車体支持装置の一基礎試験装置である。すなわち、車輪粘着式の可能な速度限界をこえる超高速鉄道では、車輪以外の車体支持装置を必要とするが、今回の試験装置は、超電導磁気浮上による車体支持の基礎データをとる目的で、設置された。

装置全体は下記の四つに大別される。

- (1) 超電導 コイル と、コイル 収納用 極低温保温容器（クライオスタット）およびクライオスタット支持装置
- (2) 常電導 コイル とコイル 積載用回転円板および円板駆動装置
- (3) 超電導 コイル を液体 ヘリウム 温度（大気圧で 4.2°K）に冷却する装置
- (4) 計測制御装置

このうち（3）の冷却装置を、当社長崎製作所が製作担当した。

■冷却系の概要

- (1) 超電導 コイル を、ヘリウム 冷凍装置（UL-80S 形）で常温から 20°K に予冷すること。
- (2) 20°K まで予冷された超電導 コイル を、液体ヘリウム でさらに冷却して液体ヘリウムの中にコイルを浸漬すること。（液体ヘリウム は米国からの輸入品）
- (3) ヘリウム 冷凍機本体とクライオスタットに使用される液体窒素の移送用断熱配管を行なうこと。

■冷却系機器の仕様

ヘリウム 冷凍機本体	冷凍能力 50 W (at 20°K)
オイルフリー 圧縮 ユニット	吐出容量 120 m ³ /h
乾式 ガスホルダ	容 量 1.2 m ³
中圧 タンク	容 量 1 m ³
ポンパマコホルド	7 m ³ ポンパ 6 本立
20°K 低温移送管	真空断熱式
液体ヘリウム 移送管	真空断熱式
液体窒素配管	断熱材被覆式



国鉄技研 超電導磁気浮上特性 基礎試験装置冷却系

【長崎製作所】

最近登録された当社の実用新案

名 称	登 録 日	登 録 番 号	考 案 者	関 係 場 所
スポン等の折目付け器における加熱板の開閉角度調節装置	45-6-10	903496	{町原義太郎・森本敏夫 鳥山建夫	群馬製作所
スポン等の折目付け器におけるコード引出し装置	45-6-10	903497	森本敏夫・鳥山建夫	群馬製作所
救命艇天幕の展張装置	45-6-10	903499	宇川 彰	相模製作所
消弧室	45-6-10	903505	木村雅夫・西迫静隆	名古屋製作所
半導体支持装置	45-6-10	903498	清水潤治	北伊丹製作所
パイロット線再閉路継電装置	45-6-10	903500	三上一郎	神戸製作所
パイロット線再閉路継電装置	45-6-10	903501	三上一郎	神戸製作所
パイロット線再閉路継電装置	45-6-10	903502	三上一郎・下迫賀生	神戸製作所
マシン用電動機	45-6-10	903503	藤井 学・太田 誠	商品研究所
端子ねじ取付け装置	45-6-10	903507	{野畑昭夫・高橋正晨 大沢和夫・鶴谷嘉正	群馬製作所
リード線取付け装置	45-6-10	903508	{野畑昭夫・高橋正晨 大沢和夫・鶴谷嘉正	群馬製作所
バスダクト	45-6-10	903511	堀田滋矩・可知延夫	名古屋製作所
閉鎖配電盤装置	45-6-10	903504	柿沼 清	神戸製作所
継電器の互錠装置	45-6-10	903506	戸倉武彦	神戸製作所
配電盤の記録台装置	45-6-10	903509	田中敏正	神戸製作所
遅延二重正帰還装置	45-6-10	903510	小林信三	通信機製作所
リードスイッチ制御装置	45-6-10	903513	高橋一智	姫路製作所
油入プッシング	45-6-10	903512	岸田光弘・沢野幸雄	伊丹製作所
温度調節器の操作装置	45-6-25	904685	鶴谷嘉正	群馬製作所
温度調節器の操作装置	45-6-25	904686	野畑昭夫・大沢和夫	群馬製作所
美粧器具の駆動電源装置	45-6-25	904687	{日比野好伸・川合輝一 福田興司・熊田泰治	群馬製作所
エアカーテンを用いた調理器	45-6-25	904689	福田 稔	群馬製作所
吸収式冷房機の不凝縮ガス自動分離排出装置	45-6-25	904691	山崎起助・笠置 紘	商品研究所
記録装置	45-6-25	904690	岡本弘之	姫路製作所
自動車エンジン点火時期調整装置	45-6-25	904699	{宮崎秀夫・三木隆雄 柏 義民	姫路製作所
点火時期調整装置	45-6-25	904702	浅山嘉明	姫路製作所
直流電力計測装置	45-6-25	904684	田井昌輝	神戸製作所
スタータダイモ	45-6-25	904688	三木隆雄	姫路製作所
吸収式冷房機の不凝縮ガス抽出装置	45-6-25	904692	笠置 紘・湯山 莖	商品研究所
真空掃除機の床用吸込具	45-6-25	904693	{武井久夫・加藤 悟 南日国伸	群馬製作所
電気こんろ	45-6-25	904694	{野畑和夫・高橋正晨 高橋恒夫	群馬製作所
ヘアドライヤー	45-6-25	904695	武井久夫	群馬製作所
ヘアドライヤー	45-6-25	904696	武井久夫	群馬製作所
ヘアドライヤーのボンネット	45-6-25	904697	鈴木正高	静岡製作所
ヘアドライヤー用ボンネット	45-6-25	904698	鈴木正高	静岡製作所
ヘアドライヤー	45-6-25	904700	小川 昇・川合輝一	群馬製作所
ヘアドライヤー用ボンネットの風向調節装置	45-6-25	904701	小川 昇・川合輝一	群馬製作所
ラジオ受信機に変換できるカートリッジ型テープレコーダ	45-6-25	904703	下村 稔	郡山製作所
カートリッジ型テープレコーダ	45-6-25	904704	上村達生	郡山製作所
磁性物濃縮回収用磁石装置	45-6-25	904705	{赤沢政成・諏訪 寧 関 歳弘道	大船製作所
可逆電源装置	45-6-30	905179	勝田久登・竹内孝治	神戸製作所
真空シャ断器	45-6-30	905180	勝田久登	神戸製作所
風向変更用可動羽根の支持装置	45-7- 6	905434	木ノ内達夫・大原俊介	静岡製作所
ショーケース	45-7- 9	905488	水野久隆・高橋哲弥	本 冷 計
電動カーテンの自動停止装置	45-7- 9	905689	{武井久夫・加藤 悟 相河富雄	群馬製作所
冷蔵庫の移動装置	45-7- 9	905690	鈴木正高・田中 毅	静岡製作所
空気調和機の保護装置	45-7- 9	905691	{小原英一・山下紀夫 中村新一	商品研究所
空気調和機	45-7- 9	905692	望月勝美	静岡製作所
空気調和機の化粧パネル開閉装置	45-7- 9	905653	望月勝美	静岡製作所
窓掛形空気調和機のシャベリ装置	45-7- 9	905694	鈴木太郎	静岡製作所

本社・営業所・研究所・製作所・工場所在地

本 社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル) (電) 100 (電) 東京 (03) 218局2111番

大阪営業所	大阪市北区梅田町8番地(西阪神ビル)	(電) 530	(電) 大阪 (06)	343局1231番
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル)	(電) 450	(電) 名古屋 (052)	565局3111番
静岡出張所	静岡市伝馬町16の3番地(明治生命静岡支社)	(電) 420	(電) 静岡 (0542)	54局4681番
福岡営業所	福岡市天神2丁目12番1号(天神ビル)	(電) 810	(電) 福岡 (092)	72局2111番
長崎出張所	長崎市丸尾町7番8号(長崎底曳会館)	(電) 852	(電) 長崎 (0958)	61局6101番
札幌営業所	札幌市北2条西4丁目1番地(北海道ビル)	(電) 060-91	(電) 札幌 (011)	261局9111番
仙台営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル)	(電) 980	(電) 仙台 (0222)	21局1211番
富山営業所	富山市桜木町1番29号	(電) 930	(電) 富山 (0764)	31局8211番
広島営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル)	(電) 730	(電) 広島 (0822)	47局5111番
岡山出張所	岡山市駅前町1丁目9番地(明治生命館)	(電) 700	(電) 岡山 (0862)	25局5171番
高松営業所	高松市鶴屋町2番1号	(電) 760	(電) 高松 (0878)	51局0001番
新潟営業所	新潟市東大通1丁目2番地23号(北陸ビル)	(電) 950	(電) 新潟 (0252)	45局2151番
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル)	(電) 100	(電) 東京 (03)	218局2111番
関東商品営業所	与野市上落合後原842番地	(電) 338	(電) 与野 (0488)	33局3181番
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1	(電) 530	(電) 大阪 (06)	344局1231番
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル)	(電) 450	(電) 名古屋 (052)	565局3111番
機器静岡営業所	静岡市小鹿2丁目1番22号	(電) 420	(電) 静岡 (0542)	82局2061番
機器浜松営業所	浜松市上西町42の5	(電) 430	(電) 浜松 (0534)	63局6121番
福岡商品営業所	福岡市天神2丁目12番1号(天神ビル)	(電) 810	(電) 福岡 (092)	72局2111番
札幌商品営業所	札幌市北2条西4丁目1番地(北海道ビル)	(電) 060-91	(電) 札幌 (011)	261局9111番
仙台商品営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル)	(電) 980	(電) 仙台 (0222)	21局1211番
北陸商品営業所	金沢市小坂町西97番地	(電) 920	(電) 金沢 (0762)	52局1151番
広島商品営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル)	(電) 730	(電) 広島 (0822)	47局5111番
高松商品営業所	高松市鶴屋町2番1号	(電) 760	(電) 高松 (0878)	51局0001番
東京機器営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル)	(電) 100	(電) 東京 (03)	218局2111番
大阪機器営業所	大阪市北区堂島北町8番地の1	(電) 530	(電) 大阪 (06)	344局1231番
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06)	491局8021番
生産技術研究所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06)	491局8021番
商品研究所	鎌倉市大船2丁目14番40号	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467)	46局6111番
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目10番地の1	(電) 652	(電) 神戸 (078)	67局5041番
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06)	491局8021番
三田工場	三田市三輪町父々部85番地	(電) 669-13	(電) 三田 (07956)	4371番
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号	(電) 850-91	(電) 長崎 (0958)	61局6211番
稲沢製作所	稲沢市菱町1番地	(電) 492	(電) 稲沢 (0587)	32局8111番
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地	(電) 640-91	(電) 和歌山 (0734)	23局7231番
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467)	46局1111番
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06)	491局8021番
北伊丹製作所	伊丹市瑞原4丁目1番地	(電) 664	(電) 伊丹 (0727)	82局5131番
熊本第一工場	熊本市奄田町弓削720番地	(電) 862	(電) 熊本 (0963)	62局7211番
熊本第二工場	熊本県菊池郡西合志町御代志997	(電) 861-11	(電) 熊本 (0963)	43局0951番
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町18丁目1番地	(電) 461	(電) 名古屋 (052)	721局2111番
旭工場	尾張旭市下井町下井	(電) 488	(電) 尾張旭 (05615)	3局5101番
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地	(電) 819-01	(電) 福岡今宿 (09295)	6局0431番
福山製作所	福山市緑町1番8号	(電) 720	(電) 福山 (0849)	21局3211番
相模製作所	相模原市宮下1丁目1番57号	(電) 229	(電) 相模原 (0427)	72局5131番
姫路製作所	姫路市千代田町840番地	(電) 670	(電) 姫路 (0792)	23局1251番
静岡製作所	静岡市小鹿3丁目18番1号	(電) 420	(電) 静岡 (0542)	85局1111番
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号	(電) 508	(電) 中津川 (05736)	6局2111番
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467)	46局6111番
郡山製作所	郡山市栄町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	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字図所1番地	(電) 617	(電) 京都 (075)	921局4111番
長野工場	長野市大字南長池字村前	(電) 380	(電) 長野 (0262)	27局1101番
札幌営業所	札幌市北2条東12丁目98番地	(電) 060	(電) 札幌 (011)	231局5544番

次号予定

三菱電機技報 Vol. 46 No. 1

昭和46年技術の進歩特集

- | | | |
|-----------------|--------------|------------------|
| 1. 研究編 | 7. ビル用電機設備編 | 13. 計測機編 |
| 2. 発電編 | 8. 交通編 | 14. 放射線機器編 |
| 3. 送配電編 | 9. 船用電機品編 | 15. 電子管および半導体素子編 |
| 4. 工業プラント用電機設備編 | 10. 電装品編 | 16. 照明編 |
| 5. 産業用電機品編-I | 11. 通信・電子機器編 | 17. 家庭用電気品編 |
| 6. 産業用電機品編-II | 12. 電子計算機編 | 18. 材料編 |

定価改正についてお願い

本誌は昭和33年1月(32巻1号)定価改訂をいたしました。その後製作費の値上り、諸般の事情等により、誠に不本意ながら、昭和47年1月(46巻1号)から下記のとおり定価改正をさせていただくことになりましたので、なにとぞ事情ご了承のうえ、引き続きご愛読を賜りますようお願い申し上げます。

記

定価 1部 金 200円(送料別)

三菱電機技報編集委員会

委員長	正木茂雄	常任委員	牧野六彦
副委員長	神崎 邇	"	湊 武雄
常任委員	石川理一	"	武藤 正
"	上田重夫	委員	北垣成一夫
"	宇佐見重夫	"	田附和夫
"	北川和人	"	南日達郎
"	古賀 亨	"	秦 卓也
"	小堀富次雄	"	林 昇寿
"	鈴木正材	"	待鳥 正
"	塚本信雄	"	松元雄蔵
"	福家 章		(以上50音順)

昭和46年12月22日印刷 昭和46年12月25日発行「禁無断転載」定価1部 金100円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

正木茂雄

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地
(郵便番号 162)

大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地

高橋武夫

発行所

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(郵便番号 100)

三菱電機株式会社内

「三菱電機技報社」

(電) (03) 218局2323番

発売元

東京都千代田区神田錦町3の1(郵便番号 151)

株式会社 オーム社書店

(電) (03) 291局0912番 振替東京 20018

三菱電機技報 昭和46年 第45巻 総目次

技術の進歩特集

	号	ページ		号	ページ
口 絵	1	9	9 船用電機品編	1	107
巻頭言	1	17	10. 電装品編	1	110
1. 研究編	1	18	11. 電子機器編	1	113
2. 発電編	1	34	12. 電子計算機編	1	128
3. 送配電編	1	42	13. 計測機編	1	137
4. 工業プラント用電機設備編	1	62	14. 放射線機器編	1	140
5. 工業用電機品編(Ⅰ)	1	78	15. 電子管および半導体素子編	1	143
6. 工業用電機品編(Ⅱ)	1	85	16. 照明編	1	152
7. ビル用電気設備編	1	91	17. 家庭用電気品編	1	158
8. 交通編	1	100	18. 材料編	1	170

特集論文

《原子力発電》

1. 原子力発電特集号によせて	松田新一	3	301
2. 美浜発電所の計画と概要	浜口俊一	3	302
3. 関西電力(株)美浜発電所の電気設備	井上 通・入子輝夫	3	316
4. 関西電力(株)美浜発電所 原子炉の計装と制御	浅井英之	3	331
5. 発電用加圧水形原子炉	佐藤広栄・上林常夫	3	340
6. 原子力タービン	大久保敦生	3	348
7. 原子力用タービン発電機	甲斐 高・大石紀夫・速水 和夫・伊藤裕之・天笠信正	3	356
8. 加圧水圧原子炉の核計装設備	川島克彦・吉島宇一	3	368
9. 原子力プラントにおける放射線監視装置	岩井 優・高田 守・岩岸 聡・小田 稔	3	373
10. 原子力発電所における計算機応用	渡辺 聡・小田橋正寿	3	379

《電 鉄》

1. スペイン向け電車用電機品	桜田 武・竹内元彦・古田安久・小山 滋	4	429
2. 最新の車上自動運転装置	六藤孝雄・金子弘美・石本正明	4	436
3. 山陽新幹線用き電用変圧器	菅 寿郎・鶴田敬二・武智盛明・児玉俊英	4	450
4. 電鉄変電所用サイリスタ整流装置	岩波末弘・上岡康宏	4	458
5. 超高速鉄道の基礎研究	浅越泰男・新良由幸・大野栄一	4	462

《半導体》

1. 高性能チョップ用逆導通サイリスタ	岡 久雄・蒲生 浩・飯田隆彦・川上 明・宮嶋辰夫・石堂道治	4	471
2. (Ga _{1-x} Al _x)As 発光ダイオードとその応用	奥 泰二・石井 恂・須崎 抄・中尾佳生	4	476
3. カラーテレビ用高耐圧パワートランジスタ	柴田 浩・新保信太郎・加藤忠雄・木村恵爾	4	480
4. 高周波用高速スイッチングサイリスタ	船川 繁・蒲生 浩・飯田隆彦・川上 明・岩本英雄	4	486
5. 三菱溶接用サイリスタコントロールユニット	大島征一・小嶋鈴夫・山下信三	4	490
6. 三菱プレーナモールド形サイリスタ	杉本盛行・赤桐行昌・山上倅三・石井 真	4	493
7. 三菱トライアックとその応用	飯田隆彦・小嶋鈴夫・宮嶋辰夫・石井 真・石堂道治	4	499
8. 大電力シリコントランジスタ	中田仗祐・川岸昭夫・石本英雄	4	503
9. CATV 用シリコントランジスタ	藤井泰郎・井上 功・楠 和郎・亘 善彦・小山正治	4	507
10. UHF 帯用高出力シリコントランジスタ	土佐雅宣・井上 功・楠 和郎・亘 善彦	4	513
11. モールド形中電力用シリコントランジスタ	半谷公弘・堀内 宏・嶋貫 誠・新村義彦	4	516
12. 大電力半導体素子の電子計算機による品質管理	多田昭晴・溝口忠顕・三浦孝夫・山本武夫・大槻貞二郎	4	520
13. 半導体 IC の信頼性データ解析	石田 進・酒井敏夫	4	523

《可変速電動機・クラッチ》

1. 可変速電動機の選定法	新良由幸・山下隆三郎	5	561
2. サイリスタレオナード(ダイヤロール)	和田義彦・杉山昌司・田原 武・中沢俊郎	5	564

3. 一般工業用サイリスタレオナード装置	杉本 弘・長谷川雅言・浜崎晏行	5... 569
4. 交流無整流子電動機(三菱CS形サイリスタモータ)	山下隆三郎・永石勝之	5... 572
5. 超同期静止セルビウス(三菱SS形サイリスタモータ)	栗田静夫・片岡正博・二村 紘	5... 578
6. サイリスタインバータによる交流電動機の世界制御	梶野幸男・中村久仁輔・長南克彦	5... 587
7. サイクロコンバータによるかご形誘導電動機の世界制御(三菱CI形・SV形サイクロコンバータ)	片岡正博・栗田静夫・坪井克剛	5... 593
8. 三相誘導電動機の一次電圧制御	篠原芳男・梶野幸男・川合 弘・原田浩治	5... 600
9. ASモータ	中尾 憲・川上照夫	5... 606
10. 新系列 湿式電磁クラッチ	西野 廣・吉田公一・田村 茂	5... 613
11. 乾式電磁クラッチ・ブレーキとその応用品	村田俊哉・浅野哲正・植田雅晴・井上 馨・小林良治	5... 619
12. ヒステリシスクラッチ・ブレーキ	車戸秀男・井上 馨・岡本清秀・浜田富美雄	5... 626
13. 歯形電磁クラッチ	西野 廣・西井勝巳	5... 631
14. 微偏位張力制御装置	村田俊哉・浅野哲正・柏原正信	5... 635

《研究》

1. 油冷・油浸構造による屋外形サイリスタ高圧バルブ	大野栄一・光岡 宏・木村好男・多田一彦	6... 683
2. 人工衛星熱制御系のQT法	下地真夫・芦田恭子・植田剛夫	6... 690
3. FSM形 磁性薄膜記憶装置	磯崎 真・重徳良夫・土屋英司・杉浦俊夫・井上康郎・近藤 隆・沢江哲則	6... 697
4. 半硬質磁性合金 FNC(Fe-Ni-Cu)	中島陽三・大谷昌平	6... 704
5. 差動増幅形 半導体磁気センサー	藤川恭一郎・高宮三郎	6... 708
6. 小形玉軸受の高域騒音	平野一郎・武藤 淨・小川 仁	6... 712
7. 薄壁形冷蔵庫の現場発泡硬質ウレタンフォーム断熱材	祖父江晴秋・村山邦彦・市川健一・吉田匡一・西崎俊一郎	6... 720
8. 減圧気中における TIG 溶接アークの金属加工への応用	山本利雄・島田 弥	6... 727
9. エポキシ樹脂の力学的性質とガラス転移現象	柴山恭一・宮本晃男	6... 736
10. 半導体集積回路の製造におけるガスプラズマ技術の応用	植松滋幸・阿部東彦・奈良愛一郎	6... 740

《ノーヒューズしゃ断器》

1. ノーヒューズしゃ断器の技術動向	福島二郎・松尾昭二	6... 749
2. NF 3200形ノーヒューズしゃ断器	和田安康・長谷川清博	6... 753
3. 限流形ノーヒューズしゃ断器Rシリーズ	兼本成則・藤沢 稔・山本清美・前田信吾	6... 757
4. ノーヒューズしゃ断器の付属装置	松浦 清・藤井 保	6... 762
5. ノーヒューズしゃ断器と電磁開閉器の協調	岡戸弘行	6... 767
6. 永久ヒューズ付きしゃ断器 NFU形	山本啓一・実森俊夫・原文吾	6... 774
7. 永久ヒューズ自己復旧形限流素子	伊藤利朝・宮本紀男・土方明躬・和田勇一・井上武男・石井勇男	6... 779
8. 永久ヒューズ用金属材料の耐アルカリ金属性	落合温之・原田辰巳・西樂隆司	6... 785
9. システムサーキットブレーカとその応用	和田安康・山本啓一・三好明好	6... 790
10. AB形 低圧気中しゃ断器	江口清司	6... 794
11. 高速高感度形漏電しゃ断器の実用上の2, 3の問題点	松浦 清・山本清美・中山 豊	6... 797

《電気炉・加熱装置》

1. 三菱 UHP アーク炉	田口 堅・山本利栄・川口一二三	7... 827
2. トビー工業(株)向け大容量アーク炉用変圧器 —最近の外鉄形炉用変圧器について—	末永晋一・小林英雄	7... 834
3. 三菱-BBC 30 トン 8,500 kW 低周波誘導炉	田口 堅・広川利雄	7... 841
4. パッケージ形 低周波誘導炉	広川利雄・林 稔・白須浩蔵	7... 846
5. 三菱-BBC 鋳鉄用みぞ形 低周波炉	広田欣至・安孫子 博・岩佐康彦	7... 853
6. 三菱鍛造圧延用誘導加熱装置	藤室雅司・喜多村弘明・松尾 茂	7... 857
7. 三菱高周波熱処理装置	酒井良雄・上田時芳・君塚 齊	7... 867
8. 三菱サイリスタ式 誘導加熱用高周波電源装置	塚本昭三・川畑隆夫・山本吉彦・熊野昌義・君塚 齊・矢野植成	7... 873

《船用電機品》

1. 船用交流発電機の最近の動向	高橋卓夫・林 弘幸・南 喜代志	7... 881
2. 最近の船用補機電動機	森田 清・芝 昌義・前田文生	7... 887

3. 原子力船「むつ」の一次系電気設備	梅田泰広・藤田 洋・岡 富士郎・田井昌輝・榊田征也・吉島宇一・富永隆弘	7… 891
4. 機関室無人化高速コンテナ船用電機品	鶴 史雄・井上隆治	7… 900
5. 機関無人化 船用データロガー	松岡宣雄・秋山 始	7… 908
6. 最近の機関室自動化装置	山地正城・木戸正克	7… 912
7. タンカーの自動荷役制御装置	桂木義夫	7… 920

《海中作業基地（シートピア計画）の電気設備》

1. 科学技術庁 海中作業基地の構想	佐々木忠義	8… 965
2. 海中作業基地用 電気機器の概要	山田栄一	8… 973
3. 海中作業基地“シートピア”（本体）	遠藤倫正	8… 977
4. 海中作業基地の居住用電気品	佐々木武敏・西郷 勝・丸山佳宏・片桐幸彦	8… 985
5. 海中作業基地用 通信装置および生体テレメータ	杉山 昌・初瀬 明・田村祥一・小林督智	8… 991
6. 監視用 ITV	道家昭彦・堀 高明・佐伯義行	8… 996
7. 海中作業基地用 動力機器（水中モートル，スタータおよび変圧器）	佐藤公夫・清水良之輔・白神十九一	8…1001
8. 海中作業基地における照明設備 —海中居住実験計画—	小堀富次雄・田中民雄・狩野雅夫	8…1005

《500 kV 機器》

1. 500 kV 機器特集号に寄せて	福田節雄	9…1067
2. 500 kV 機器について	村上 有	9…1068
3. 500 kV 超々高圧外鉄形変圧器	田村良平・神谷友清・菅 寿郎・三浦良和・富永雅久	9…1071
4. 500 kV 1,000 MVA 単巻変圧器	岩崎晴光・青木俊之・瀬藤憲治・山田雄治・玉木栄一	9…1078
5. 500 kV SF ₆ ガスしゃ断器	富永正太郎・大野 玲・松田節之	9…1084
6. 500 kV 変流器	神谷友清・鶴田敬二・三浦良和・佐藤辰夫	9…1089
7. 500 kV 用ブッシング	深沢 肇・岸田光弘・水谷良市・伊奈照夫・岡野治行・斎藤 徹	9…1094
8. 500 kV 大容量変電機器の開発	石田四男・藤本 純・神谷友清・富永正太郎・山内 敦・左近一郎	9…1105
9. 500 kV 縮小形 ガス絶縁開閉装置	山本 健・西川國治・潮 恒朗・森岡昭二	9…1114
10. 500 kV 避雷器	鎌田隆好・永井信夫・荻野一夫・加来 勲	9…1120
11. 500 kV 用保護継電装置	三上一郎・北浦孝一・古谷昭雄・天野 恒・鈴木健治・高田信治・小林 茂	9…1126
12. 500 kV 変電所用 監視制御装置	寺田 真・仁科重雄・矢野恒雄	9…1141

《住宅の空調》

1. 住宅と空調システム	小原英一・小林恵治・清水 誠	9…1151
2. 電子計算機による冷暖房熱負荷計算	笠置 紘・大槻昭義	9…1157
3. プレハブ住宅の冷暖房環境	山崎起助・湯山 莖・大塚信夫	9…1163
4. ヒートポンプ式冷暖房	岩崎善彦・玉山 敬	9…1168
5. MICS 燃焼方式応用のガス暖房機器	今井 進・斎藤辰夫	9…1177
6. 深夜電力利用の蓄熱暖房器と給湯器具	馬淵公作・桜井信捷	9…1183
7. 暖房センタの提案	小原英一・小林恵治・石塚幹夫・生井講蔵	9…1185
8. 生活と換気	入沢淳三・吉野昌孝	9…1193

《電気加工》

1. 電気加工特集号によせて	鳳 誠三郎	10…1229
2. 電気加工の現状と将来	斉藤長男	10…1230
3. 欧米における電気加工	久慈陽一・古池一成・葉石雄一郎	10…1233
4. 超大形放電加工機の実用結果	神山欣也・吉本 修	10…1236
5. 放電加工の応用	久慈陽一・真鍋 明・平松万彦・足尾栄司	10…1244
6. ダイアックス放電加工機シリーズ	佐藤国彦・大矢広太郎	10…1248
7. 放電加工における最近の技術的進歩	小林和彦・高橋義博・石川倫康・高木 茂	10…1259
8. ダイヤシムカ電解加工機シリーズ	高橋義博	10…1273
9. 硝酸ソーダ水溶液による電解加工	荒井伸治・葉石雄一郎	10…1280
10. レーザ加工	樋口隆一・宮沢生行・吉田寿夫・奥田滝夫	10…1298
11. プラズマ電子ビーム溶接機の特性	上山善司・坂元 正・安永政司・田中利夫・奥村 謙・井藤治彦	10…1304

《省力化機器》

1. 省力化の投資限界	高田真蔵	10…1315
-------------	------	---------

2. 物流における省力化	樽見忠平	10...1318
3. コンピュータによる設計手配の省力化	黒田紀典・酒井亜男・藤田昇三	10...1322
4. 自動製図	加藤礼二	10...1327
5. ディスパッチングセンタ	柴田謹三	10...1331
6. 加工・組立自動化の動向	藤原智	10...1337
7. 大形工作機械の数値制御装置	桑原晴義・玉井明・是田規之・弘中一光・金子敏夫・佐藤毅	10...1342
8. NC 工作機械群の計算機制御	清水恒夫・長井孝・佐藤源司・山田進・坂口恒夫	10...1347
9. コンベヤ搬送制御システム	佐竹幸雄・中野宣政・水野公元	10...1351
10. 工業用マニピュレータによるハンドリング自動化	津田栄一	10...1361
11. 組立自動化の問題点	岩佐辰弥	10...1366

《ITV とその応用機器》

1. ITV の展望	道家昭彦	11...1397
2. IT-11 形 ITV カメラ	大久保永造・池田謙一	11...1399
3. XT-800 シリーズ X 線テレビジョン	道家昭彦・堀高明・仲佐節男	11...1402
4. CV-902 形カービジョン	大久保永造・古東啓吾	11...1407
5. 有線 ITV 伝送	大久保永造・山際豊行・三村和洋	11...1414
6. 800 MHz 帯狭帯域 ITV 無線伝送装置	関川一彦・中村忠	11...1424
7. 準ミリ波全固体化画像伝送装置	立川清兵衛・山野辺国雄・渡辺紀明・田中敏郎・藤林肇次	11...1429
8. 光通信による ITV 伝送	中原昭次郎・道家昭彦・大久保永造・長能宗彦・浪崎博文	11...1434
9. 最近の ITV 応用	堀高明・伊藤修彦	11...1439

《サイリスタ技術》

1. サイリスタ応用技術の最近の動向	大谷清二・塚本昭三	11...1447
2. 電力用サイリスタの最近の進歩	岡久雄	11...1449
3. 静止レオナード用大容量サイリスタ装置	上林巧・有賀恵蔵・開高徹	11...1454
4. 普及形サイリスタレオナード装置	大道隆・長谷川雅言・西祥男	11...1458
5. 逆導通サイリスタ式 DC チョップ制御装置	北岡隆・蒲生浩・赤松昌彦・芦谷正裕・成戸昌司	11...1463
6. 発電機用サイリスタ励磁装置	今井吉郎・監崎章	11...1468
7. 電気化学用サイリスタ装置	大沢吉信・田中潤次郎	11...1473
8. 三菱表面処理用交換装置	鈴木敏夫・姫野徹・新家吉雄	11...1478
9. 無停電電源システムの計画	川畑隆夫・片岡康男	11...1484
10. 最近のオンライン計算機用無停電電源装置	黒田義隆・増尾好昭・竹内三郎・鳥越良治	11...1488
11. 可変周波インバータによる交流電動機の制御	川畑隆夫・柏野栄三・留井英明・矢野禎成・赤松昌彦・熊野昌義	11...1492
12. サイクロコンバータによる誘導電動機の世界速度制御	山村隆司・杉元幸郎	11...1499

《下水・廃水処理プラント用電機品》

1. 茨城県 鹿島臨海都市計画 下水道深芝処理場向け電機設備	間瀬延幸・石川欣央・荒木義朝・安田直弘・大屋正	12...1553
2. 八王子市 北野下水処理場向け電機計装設備	熊井知次・町田松吉・川口正義・中川岸潤・斉藤心一	12...1574
3. 首都高速道路公団 箱崎ポンプ所向け電機設備	石田雄太・渡辺一弘・下吉正人	12...1583
4. 東京都 10・11・14 号埋立地ポンプ所向け電機設備	那須野才・長沢隆一・渡辺一弘・津吉信夫	12...1590
5. 愛知県 甚目寺排水機場向け電機・機械設備	中山守・近藤史生・渡辺宏・梅田泰弘	12...1603

普通論文

1. マレーシア納入衛星通信地球局	上村三郎・西山猛・中西道雄	2... 181
2. カリブ海地方向け気象レーダ装置	渡部優・御法川秀夫・徳岡清史・小杉明・沢泉重一	2... 192
3. 雷雲予知システムと情報伝送	青木文夫・御法川秀夫・小林茂・山本梯三	2... 199
4. MELCOM 83 オンライン端末計算機システム	松永宏・渡辺義彦・本間雅美・石坂充弘・酒井勝也	2... 206
5. プロセス制御用コンパイラ CONFORM	有田不二男・首藤勝・岡本彰次・居原田邦男	2... 213
6. 日本電信電話公社 電気通信研究所納め 粒子線加速装置	加藤嘉則・入江浩一・金沢正博・町田賢二・美濃和芳文・大江雅男	2... 221
7. VE-30 P 形バンデグラーフ加速器	小浜太郎・井上功一・岩佐辰弥	2... 230
8. 阪神電鉄向けチョップ制御装置	北岡隆・芦谷正裕・古田俊久・成戸昌司	2... 235
9. 高圧 AC 制御サイリスタ装置	小林凱・矢野昌雄・居蔵和徳・鈴木一男	2... 240

10. 航空機用変圧整流装置	小川 一・堀口重昭	2… 245
11. ジャイアントパルスレーザー光の第2高調波発生	富島一成・岡田和夫・伊東 尚	2… 250
12. 反応性スパッタ法で製作した窒化シリコン膜のナトリウムイオンに対する透過防止効果	植松滋幸・中尾院治	2… 256
13. 超大形放電加工機 DM-5000	青島富士雄・小林和彦	2… 260
14. 圧延機およびクレーン用800番, 900番直流電動機	林 昌宏・浜崎晏行・島 幸弘	2… 270
15. 整流子保修用削正機とその作業	河原泰祐	2… 277
16. 論理図を入力データとする自動設計システム(LODS)	小島一男・三上晃一・田中千代治・蒲原捷治・清尾克彦	3… 387
17. 粉体塗装による絶縁	西崎俊一郎・寺谷 宏・玉置明信	3… 394
18. FD-180形超音波探傷器	河野勝美・大力健市・長沢音彦	3… 399
19. 三菱E形コントロールセンタの特長と今後の市場要件	木村隆信	3… 405
20. 電極汚染による酸化物陰極のエミッション減少	甲斐潤二郎・小坂橋正康・渡部 勁二・森 広喜之	3… 415
21. 質量分析器による酸化物粉末の分析	甲斐潤二郎・渡部 勁二・西山京子・尾形喜弘	4… 531
22. MELDAS-3340 パイプベンダ用数値制御装置	青木正夫・杉田一男・山崎宣典	4… 534
23. MICAM システム導入による計測の合理化・省力化	武田克己・山根満徳・渡辺京治・佐藤征男	4… 541
24. ブレーキモートル	三 富 孜	5… 643
25. MELDAS-5230 L 旋盤専用輪郭制御数値制御装置	黒田泰次・篠田東吾・飯田秀正・菅井宗一	5… 648
26. 人工衛星の受動型熱制御系の設計法	平井正一・下地貞夫・芦田恭子・植田剛夫	5… 653
27. 医療用ML-15 M II形ライナックの実用性能	藤田彪太・鈴木敏允・上 富 勇・町田賢二・金沢 熙・入江浩一・美濃和芳文	5… 660
28. 特殊連系装置の方式開発	平 山 尚・馬場準一・山田郁夫・木下裕道	6… 805
29. 東京電力 駿河変電所向け66kV特殊連系装置	鈴木賢三・荒井曾二郎・平 山 尚・迎 久雄・山田郁夫・木下裕道・塚本昭三・三浦良和・仁科重雄	6… 811
30. 84kVプラグイン形ガスシャ断器	富永正太郎・田辺俊雄・堤 透	7… 929
31. 超音波探傷器FD-210形	佐藤春治・大力健市	7… 935
32. 電子計算機用カップルドフィルム形記憶装置	尾崎 弘・谷口慶治・小島一男・蒲生容仁・上坂達生・南部 元	7… 939
33. 60/70kV級全天候形キュービクル	米沢克昌・田辺俊雄・田中久男・平河宏之	7… 944
34. 油中コロナによるガス発生	平林庄司・潮見尚暢・山田直也・正田茂雄	8…1015
35. スチレン-ブタジエン-スチレンブロック共重合体の構造と性質	柴山恭一・児玉峯一・宮本晃男	8…1024
36. 帝都高速度交通営団納め千代田線用量産形回生ブレーキ付きチョップ制御電車	北岡 隆・芦谷正裕・古田俊久・成戸昌司	8…1028
37. SH形Sシリーズ高圧交流電磁接触器	有本智美・西迫静隆・庄司伸喜	8…1036
38. 火力発電所のタービン自動昇速方式の現状	新谷範夫・仁科秀夫・横須賀良夫	9…1201
39. ヒューズ形ICリードオンリメモリー装置	磯崎 真・阪尾正義・小笠原光孝・山本勝敬	9…1211
40. 小形電子計算機MELCOM 84磁気元帳処理装置	加藤義明・渡辺秀也・山川隆志・中村忠教	11…1505
41. 関西電力(株)宇治発電所納め自動応水装置	合田啓治・松村雅司	11…1511
42. 最近の母線保護継電器	高田信治・辻倉洋右・海老坂敏信・江田伸夫	11…1519
43. MELCOM 350 制御用計算機の入出力システム	仁田周一・藤本郁男・大野陽吉・吉田 茂・中尾好宏	12…1611
44. スタンドアロン形カラーキャラクタディスプレイ装置	大川清人・渡辺 治・田 隆吉・小川 勇	12…1618
45. 原子力船「むつ」乗員訓練用シミュレータ	関崎憲太郎・和田 浩・加藤満雄・浅井英之・犬伏恭平・横山輝邦・井塚秀弥・柳父 靖・岡 富士郎	12…1623
46. 日本国有鉄道常磐線電車でATC試験設備	金子弘美・豊田武人・丸山和志	12…1630
47. 乗車券発売機用テープさん孔装置	鳥井健太・石本正明	12…1636
48. 最近のローブウエー用電機品	香川重光・田中藤重	12…1640
49. コンデンサブッシング形計器用変圧器	塩見 実・堂本雅己	12…1645
50. 誘導電動機における開閉サージ問題と真空開閉器の適用	岡田昌治・伊藤利朗・大倉敏幹・村井 裕・勝田久登・竹内伴治・足立 覚・河野慶三	12…1650

技術解説

1. 三菱未来館の音響設計技術	藤木 一・鈴木英男	2… 285
2. 海中作業基地の展望	沼田貞三	8…1047
3. 三次元レーダについて(その1) —原理と実施例の全般的解説—	玉真哲雄	10…1373
4. 三次元レーダについて(その2) —原理と実施例の全般的解説—	玉真哲雄	11…1526
5. 大気汚染と空気清浄機	下島明彦・田中 修・草川英昭・松岡宏昌・前田満雄	12…1663

新製品紹介

	号	ページ		号	ページ
1. ロール加工用 放電加工機の発売	2	294	17. 400 Hz 単相 115 V 電動送風機	6	817
2. MCI0V 形小形電解加工機	2	295	18. 超大形シューブレーキ完成	6	817
3. TS-77 形タイムスイッチ (1週間用)	3	420	19. 受電設備の合理化を図る "MISSET システム"	6	818
4. 低圧真空電磁接触器 VC シリーズ	3	420	20. 新系列 LG 形抵抗器	7	953
5. RPR-4 形・SRR-6 形リードリレー	3	421	21. CU 形コントローラシリーズ	7	953
6. 無接点コンタクタシリーズ	3	422	22. MCU 形コントローラ	7	954
7. リニヤ半導体集積回路 M5143 P	4	550	23. 磁気エスコート装置	7	955
8. 列車ダイヤ自動記録装置シリーズ	4	551	24. 特殊車両用電装品完成	8	1057
9. ソリッドステートタイマ SRS, RPS シリーズ	4	552	25. 工業用クラッチブレーキモートル	8	1057
10. ダイアックス放電加工機用スプリット電源 DE-120 T-SL	4	553	26. リミストップ G シリーズミシン針定位置停止装置	9	1217
11. S シリーズ SH 形 高圧中交流電磁接触器	4	554	27. ヒートポンプチラーユニット AWH 形	9	1217
12. ダイアックス放電加工機用 F 回路付き トランジスタ電源 DE-30 T-F, DE-90 T-F	4	554	28. 新形航空機用アクチュエータの開発	10	1388
13. ダイアックス数値制御放電加工機 DM-500 EC —自動電極交換装置付き—	4	555	29. 航空機用燃料プースタポンプ	10	1388
14. 新形 ZS-E 形ゼロスピードスイッチ	5	674	30. 鋳造スラブ刻印装置	10	1389
15. 三菱 VP-101 形ビデオコピー	5	674	31. 製鉄ラインの自動化に貢献する生産番号記録装置	11	1542
16. カラーキャラクタディスプレイ装置	5	676	32. 無接触形鋼板スリップ計	11	1543
			33. AU 76 形ユニットターラ	12	1671
			34. 国産最高性能のミニコン "MELCOM 70" 発売	12	1671
			35. ボウリングの自動採点機完成	12	1673

ニュースフラッシュ

1. 帝都高速度交通営団千代田線向け 回生ブレーキ付きチョップ装置量産化に成功	2	296	19. 東京電力(株)鹿島発電所 4 号機 600 MW タービン発電機完成, 2 号機は試運転を開始	9	1219
2. インド国鉄向け 多重通信装置の製作進む	2	296	20. インド国鉄向け 7 GHz 通信装置完成	9	1220
3. カナダ国ジョーダンリバー発電所向け 200 MVA 水車発電機完成	3	423	21. 輸出用同期電動機あいついで完成	9	1220
4. 三菱マイクロコントローラ MELMIC 100 を完成	3	424	22. 新形母線保護リレー装置製品化	9	1221
5. 低圧真空コンタクタシリーズ拡充	5	677	23. ビレット 2 段つり上げ用リフティングマグネット	9	1221
6. デジタルカセット磁気テープ装置開発	5	678	24. 盤面スペース 1/4 の オールドラバランス保護リレー装置完成	9	1222
7. わが国初の西独向けシリコン整流器完成	6	820	25. 空気分離装置用 遠心圧縮機駆動用 14,500 kW 同期電動機完成	10	1390
8. 東京電力鹿島火力発電所 68 万 kVA 主変圧器完成	6	820	26. 線材, 鋼材ラインの位置制御に好適な MP-133 形 熱材位置検出器	10	1390
9. 東北大学 理学部向け 中性子分光器完成	7	956	27. 大林組大阪本社ビル向けダブルデッキエレベータ	10	1391
10. LAWS-3-D 形 各相表示線継電装置	7	956	28. エレベータ集中監視方式 [METAS]	10	1391
11. 常磐線 ATC 自動試験装置完成	7	957	29. 大容量 三相誘導 同期電動機完成	10	1392
12. 原子力船 "むつ" 訓練用シミュレータ完成	7	958	30. 薄鋼板コイル送り出し用マグネットコンベヤ装置を完成	11	1544
13. 関西電力(株)海南発電所向け 670,000 kVA タービン発電機完成	8	1059	31. インドネシア向け 62,500 kVA 空気冷却タービン発電機	11	1544
14. 永久磁石式ストリップコイル つり用リフティングマグネット	8	1059	32. エレベータ新群管理方式 〈OS (最適サービス) システム 700〉の開発	12	1675
15. 60,000 kW 高炉送風機用 同期電動機完成	8	1060	33. 154 kV 三菱全天候形 閉鎖配電盤完成	12	1675
16. 新形母線保護装置	8	1061	34. 国鉄技研超電導磁気浮上特性 基礎試験装置冷却系	12	1676
17. "POC-2 形" 可搬式過負荷保護継電装置	8	1062			
18. 大容量配電変電所用 全静止形継電装置完成	9	1219			

特許と新案

1. テレビジョン受像機	2	283	28. 高圧水銀放電灯	7	829
2. 電磁流体発電機の電極装置	2	283	29. レーダ方式	7	829
3. 位相変調器	2	284	30. フレキシブルコンテナ	7	880
4. パネルディスプレイ装置	2	284	31. FM-AM バンド切換装置	7	880
5. 温度制御装置	2	385	32. 制御整流装置の保護方式	8	1013
6. 分配結合比例制御装置	3	385	33. 冷蔵庫	8	1013
7. 単安定マルチバイブレータ	3	386	34. 羽根車と電動機軸の結合装置	8	1014
8. 渦巻型ランプの製造装置	3	386	35. 高ビット密度フェライト記憶素子	8	1014
9. 集積回路半導体増幅器	4	469	36. バスダクト	9	1149
10. 二進化十進減算計数回路	4	529	37. 電解加工装置	9	1149
11. 温度補償回路を備えたマルチバイブレータ	4	529	38. 超電導合金	9	1199
12. 二端子定電流装置	4	369	39. 空気調和装置	9	1199
13. ガスシャ断器	5	641	40. ミシンの油回収装置	10	1313
14. 空気調和機 吹出口の風向き調節装置	5	641	41. ポンプの制御装置	10	1313
15. 熱動安全器付き電動機を用いる装置の保護装置	5	642	42. 車両の天井送風装置	10	1314
16. 美粧器具の駆動電源装置	5	642	43. 扇風機のふ仰角調節装置	10	1371
17. イオン発生器付き電気集塵装置	6	747	44. ステレオ電着のキャビネット	10	1371
18. 冷蔵庫の温度調節器	6	748	45. クラッチモートル	11	1445
19. 加湿装置付き熱交換器	6	747	46. 回転電機のヒューズ溶断検出装置	11	1445
20. 電動機のブラシ摩耗報知装置	6	748	47. 列車制御装置	11	1446
21. 磁気録音機	6	803	48. ミシンの縫目調節装置	11	1503
22. 交流電動機の速度制御装置	6	803	49. 除霜装置	11	1503
23. 空気調和機の制御装置	6	804	50. 金属発熱体組成物を使用したカイロ	11	1504
24. 電気冷蔵庫	6	804	51. 電気車のブレーキ制御装置	12	1609
25. レーダ方式	7	827	52. デジタル-アナログ変換器	12	1609
26. 水槽の水取り出し装置	7	827	53. ジグザグミシン	12	1610
27. ジグザグミシン操作装置	7	828			

ハイライト

1. 国内向け初の 500 kV 1,000 MVA 用変圧器	2		5. ダイアックス放電加工機 —機械工業デザイン賞の最高賞を受賞—	10
2. マルチセントラル空調システム用エアコン	4		6. ダイアックス放電加工機—アメリカへ本格進出—	10
3. 染色工場排水のオゾンによる脱色	7		7. セントラルヒーティングに新時代を開いた 「新灯油燃焼方式と無公害ボイラ」の開発	12
4. わが国ではじめての 3,000 m 深海用照明装置の完成	8			