

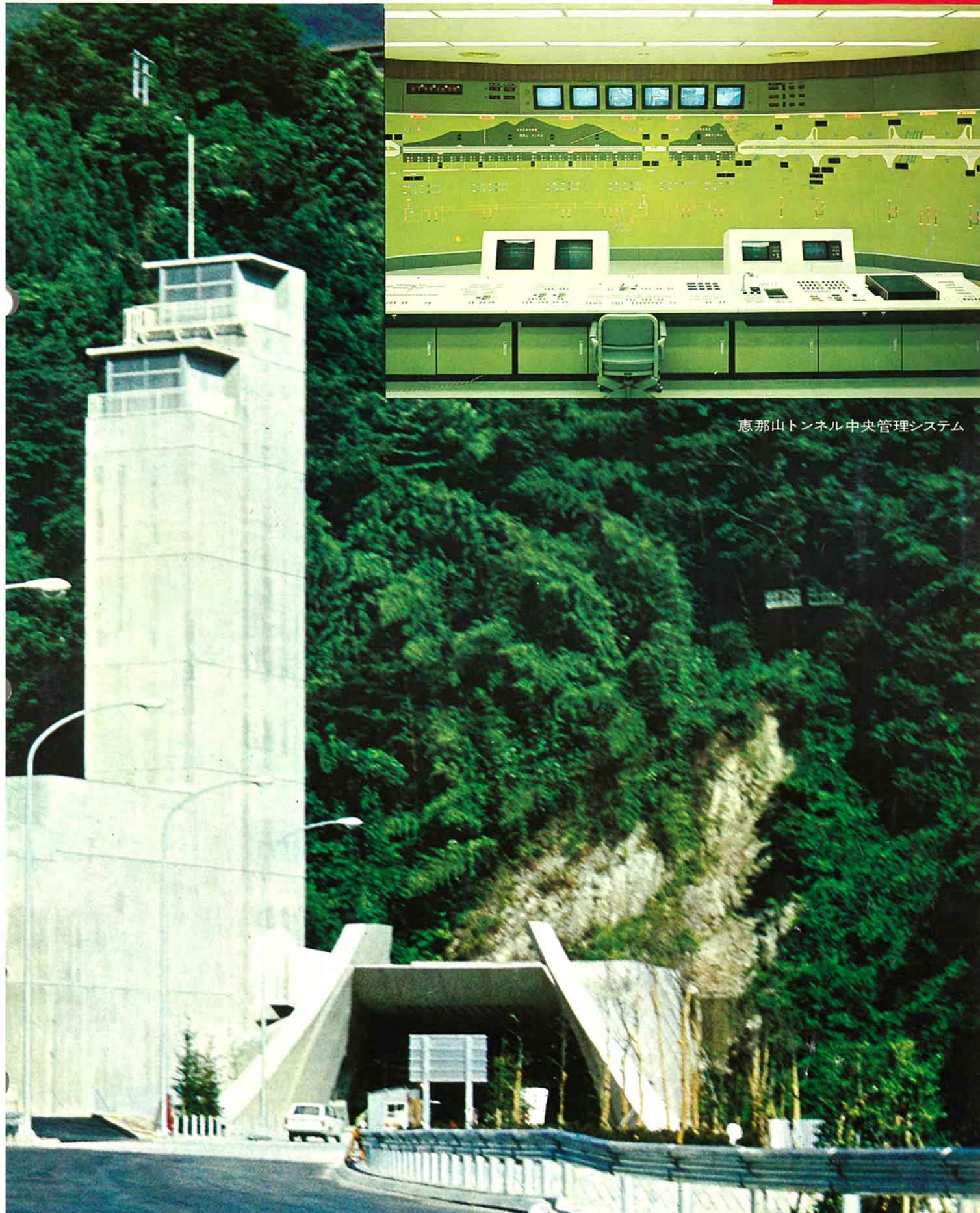
# MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報

Vol.49 No.12

道路トンネル用電機品特集

12  
1975



恵那山トンネル中央管理システム

# 三菱電機技報

Vol. 49 No. 12 DECEMBER 1975

## 道路トンネル用電機品特集

### 目 次

#### 特 集 論 文

最近の道路トンネル用電気設備	小滝喜久二・渡辺秀雄・笠田勝義	755
恵那山トンネル用電源設備	植木源治・井筒太郎・梅本隆司・田中稔巳・梶田保雄	761
高速道路トンネル換気設備用電動機と制御方式	植木源治・栗田静夫・片岡正博・中堀一郎・小林憲明	767
恵那山トンネル中央管制システム	植木源治・渡辺秀雄・三浦 望・高木 宏・竹内克彦	773
高速道路トンネル用遠方監視制御装置	植木源治・白井 博・山中彪生・中島 正・村田尚生	779
トンネル内監視通報装置	植木源治・中川幹雄・谷口敬一郎・山際豊行	785

#### 普 通 論 文

1,000t エアクッショントランスポーター	棚倉 勇・水上 徹・片岡武司・小田弘幸	793
海洋石油掘削リグ用電機品	香川重光・井上 均・池見克二・橋本正寛・中島義信	798
レイクシティ・ケーブルビジョン(株) 納め CATV システム	小松秀重・原田忠行・佐野利文・小林敏夫・今田善之	804
気象衛星による気象データ収集局	小平信彦・村山信彦・辻倉陽三・鈴木敏明・太田堯久	809

## FEATURING ELECTRICAL EQUIPMENT FOR HIGHWAY TUNNELS

### CONTENTS

#### FEATURED PAPERS

Recent Electrical Equipment Developed for Highway Tunnels	Kikuji Kotaki et al.	755
Power Supply Equipment for the Mt. Ena Tunnel	Genji Ueki* et al.	761
Motors and Their Control Systems for an Expressway-Tunnel-Ventilation System	Genji Ueki* et al.	767
The Central Surveillance System for the Mt. Ena Tunnel	Genji Ueki* et al.	773
Remote Supervisory-Control Equipment for Expressway Tunnels	Genji Ueki* et al.	779
Supervisory and Communication Equipment for Tunnels	Genji Ueki* et al.	785

#### GENERAL PAPERS

1000-Ton Air-Cushion Transporters	Isamu Tanakura et al.	793
Electrical Equipment for Offshore Oil-Drilling Rigs	Shigemitsu Kagawa et al.	798
CATV System for Lake City Cablevision	Hideshige Komatsu et al.	804
A Platform for Data-Collection by Meteorological Satellite	Nobuhiko Kodaira et al.	809

### 表 紙

#### 恵那山トンネル中央管理システム

日本道路公団による中央自動車道の中津川IC-飯田IC間にある恵那山トンネルは全長が8,476mあり、自動車道路としては我が国で一番長く、世界では二番目のものであるが、最新技術が至る所に導入され世界最高の設備である。その電気設備の主なものは、恵那山東坑口及び西坑口に設けられた77kV受変電設備(15,000kVA変圧器各1台)、恵那山東坑口の3,000kVA非常用発電機設備、6換気所に設けられた22kV配電設備と換気設備などがある。そのほかトンネル防災設備、交通情報設備、交通管制設備、照明設備がある。これら設備の集中管理を行うため飯田中央制御所にMELCOM 350-30FII形制御用計算機を導入し、情報伝達手段としてMELDAC 500形1:N対向方式の遠制装置を納入している。

写真は恵那山東坑口と換気所および飯田中央制御所のコントロール室を示し、系統表示盤とCRT、設備操作卓のほか反対側にはバックアップ盤、記録計盤がある。

### COVER

#### Central Surveillance System for the Mt. Ena Tunnel

The 8476m Mt. Ena tunnel between the Nakatsugawa and Iida interchanges on the Chuo Expressway of the Japan Highway Public Corporation (JHPC) is Japan's longest and the world's second-longest motor highway tunnel, and its facilities are unsurpassed. Electrical equipment for the Mt. Ena tunnel includes two 15,000kVA transformers for the 77kV feeder substations, 3,000kVA emergency generating equipment, and six 22kV distribution substations. A MELCOM 350-30FII control computer and a MELDAC 500 1:N type remote supervisory-control system have been delivered. The cover shows the ventilating station at the east entrance of the Mt. Ena tunnel and the control room of the Iida control center. Besides the system display panels, CRT graphic displays and the equipment operating desk shown in the photograph, there are back-up panels and recording instrument panels on the opposite wall.

# アブストラクト

UDC 621.311.4:621.311.6:621.311.8

## 最近の道路トンネル用電気設備

小滝喜久二・渡辺秀雄・笹田勝義

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P755~760

近年交通事故の悪化に対処して、経済拠点間を結ぶ高速道路の計画が多くなってきたが、それに伴い高速道路に長大トンネルが出現することも増えてきた。

長大トンネルには、通行の安全をはかるための各種設備が設けられるが、ここでは、それら諸設備に電力を供給するための受配電システムの計画概念について述べるとともに、それら諸設備全般についてその概略を紹介する。

UDC 621.311.4

## 恵那山トンネル用電源設備

植木源治・井筒太郎・梅本隆司・田中稔巳・梶田保雄

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・No. P761~766

中央自動車道に完成した恵那山トンネルには自動車の安全走行のため、最新技術による各種設備が導入された。すなわち、ナトリウム灯、サイリスタモータによる換気装置、防災設備、電光標識、監視用工業テレビ、ラジオ再放送設備などである。これらが正常に動作するには安定電源の確保が必要である。このため、異系統77kV2回線により無停電に近い受電を確保し、トンネル内に異系統22kV2回線配電を行うなど、従来のトンネルにはないシステムを実現した。

この論文では恵那山トンネルの電源設備のシステムの概要と、主要機器について説明を加える。

UDC 625.712.3:621.313.323:621.3.078

## 高速道路トンネル換気設備用電動機と制御方式

植木源治・栗田静夫・片岡正博・中堀一郎・小林憲明

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P767~772

道路用長大トンネルの出現はトンネル換気方式にハード、ソフト両面での大きな変革をもたらした。ハード面での変革は、換気設備用電動機に、従来の極数変換可変速電動機に代わり、起動電流のないサイリスタモータが採用されはじめたことであり、ソフト面での変革は、換気制御に計算機が導入され、交通量予測を含む高度な制御方式が現れたことである。これらの背後には保守の軽減、換気用電力の節減など長大トンネルという特殊事情からくる切実な要求があつたことは言うまでもない。本文は世界第2の長大トンネルである恵那山トンネルの換気用電動機、換気制御方式について述べる。

UDC 681.326:656.13:656.05

## 恵那山トンネル中央管制システム

植木源治・渡辺秀雄・三浦 望・高木 宏・竹内克彦

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P773~778

最近の高速自動車道の管制システムは、大容量の情報を速やかに処理し、適確な判断を行う必要性が重要視されて来ている。特にここで紹介する中央道中津川~駒ヶ根間の管制システムでは、世界第2の長大トンネルである恵那山トンネルが含まれることもあり、トンネル内通行の安全確保、特に火災発生などの緊急時における人命、車両、トンネル内諸設備の被害の最小化に大きな注意がはらわれなければならない。これら要求に答えるため計算機を主体とした遠方監視システムが導入されたが、その成果は今後の高速自動車道管制システムに大きな方向づけをあたえるものである。

UDC 621.399

## 高速道路トンネル用遠方監視制御装置

植木源治・白井 博・中山彪生・中島 正・村田尚生

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P779~784

高速道路のトンネル、インターチェンジなどを対象とした遠方監視制御系統及び装置の構成法を述べ、一例として恵那山トンネルを中心とした日本道路公団中央自動車道中津川~駒ヶ根間向け遠方監視制御装置を紹介する。

この装置は32セットの遠制装置と計算機を融合させた構成となっており、計算機の活用により制御所におけるマンマシンインタフェースもグラフィックパネル、CRT、操作卓の組合せとなり、運用操作は容易なものとなっている。また最小限の監視制御操作はバックアップ装置により計算機なしでも行えるようになっている。

UDC 621.399.93:621.397.7

## トンネル内監視通報装置

植木源治・中川幹雄・谷口敬一郎・山際豊行

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P785~790

高速道路では事故対策に細心の注意を払う必要がある。特にトンネル内の場合、車両故障、衝突事故等がいったん発生すると大災害になる恐れがある。そのためトンネル内の交通状況を集中監視し、ドライバーに対して交通情報を提供し、渋滞・事故等を防ぐとともに、万一このような事故が発生しても速やかに対処するため、ITV装置、ラジオ再放送装置、拡声装置、UHF・VHF移動無線が設備されている。これらシステムの設計上の留意点について、システム例を上げて説明する。

UDC 006.53:621.54

## 1,000tエアクッション トランスポータ

棚倉 勇・水上 徹・片岡武司・小田弘幸

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P793~797

電力用変圧器の高圧・大容量化に伴って、極めて高い信頼性が要求されるが、工場の防じん(塵)対策・空調条件からみて重量物の搬送にクレーン・台車・ころ引きなどの従来方式を用いることは、問題が多い。このため、今回新しく圧縮空気を利用したエアクッション搬送システムを開発し、東京電力機械ケ浦P/S向け主変圧器(700t)の工場内搬送実用化に成功した。これは、重量物を薄い空気膜によって床面から浮上させ、わずかに重い力で自由自在に搬送するもので、1,000tまでの搬送が可能になっている。エアクッションによる電力用機器の700t搬送は、日本国内ではもちろん、世界でも最初のものである。

UDC 622.24 [551.46] 553.982

## 海洋石油掘削リグ用電機品

香川重光・井上 均・池見克二・橋本正寛・中島義信

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P798~803

海洋石油掘削リグの建造は内外とも一層盛んになり、技術的な発展も著しい。最近作られるリグの主流は、半潜水形、ジャッキアップ形、及び掘削船である。掘削装置の駆動は、ワードレオナード方式からサイリスタ レオナード方式にかわって来ている。また最近は電気推進機付が多くなっている。

当社はワードレオナード方式によるジャッキアップ形のふじ号、サイリスタ レオナード方式による半潜水形電気推進付の第三白竜号、第五白竜号の電機品を納入又は製作中であるが、それらについての紹介を行っている。

UDC 621.396.12/13

## レイクシティ・ケーブルビジョン(株)納めCATVシステム

小松秀重・原田忠行・佐野利文・小林敏夫・今田善之

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P804~808

今般、長野県茅野市を中心に、東京テレビジョン放送波の再送信を主目的としたCATV施設を完成したので報告する。この施設は長野県南部に位置する入笠山の中腹に、東京波を受信するヘッドエンド装置を設置し、15kmに及ぶ主幹線路を用い、区域外波を伝送したのち、地元波と合成してサービスを行う方式をとっている。

現在、茅野地区と富士見地区あわせて5000端子が完成し、運用に入っているが、増設予定の諏訪地区を合わせると、主幹線路総長25kmに及ぶ本邦最大のCATV施設となるものである。

UDC 551.501:551.508+629.783

## 気象衛星による気象データ収集局

小平信彦・村山信彦・辻倉陽三・鈴木敏明・太田亮久

三菱電機技報 Vol. 49・No. 12・P809~814

GARPの最初の実験であるFGGEが1977年に開始されるが、その中には気象衛星を用いて、全世界的に気象データを収集する計画が含まれている。ここにその計画で使用される気象データ収集局の試作機器及び試験装置を製作し、試験を行ったので、気象衛星を用いた気象データ収集システム及び試作機器の概要を述べる。まだ試験は続行しているが、これまでの結果によって、実際に船舶や離島等に設置して、信頼性ある気象データを収集する気象データ収集局を必要な性能で製作し得る確認が得られた。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 785~90 (1975)  
UDC 621.396.93:621.397

## Supervisory and Communication Equipment for Tunnels

by Genji Ueki,\* Mikio Nakagawa, Keiichiro Taniguchi & Toyoyuki Yamagawa

On expressways, the greatest attention must be paid to traffic accident prevention, particularly in tunnels where vehicular breakdown or collision may well escalate into a major disaster. For supplying traffic information to drivers, and for the consequent prevention of congestion and accidents, as well as for rapid reaction to accidents, should they occur, tunnels are provided with CCTV monitors, radio rebroadcasting equipment, loudspeakers, and UHF-VHF transmission equipment for the centralized supervision of internal traffic conditions. The paper presents a typical system, to illustrate the principal design considerations.

\*JHPC

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 793~97 (1975) UDC 006.53:621.54

## 1000-Ton Air-Cushion Transporters

by Isamu Tanakura, Toru Mizukami, Takeshi Kataoka & Hiroyuki Oda

With the higher voltages and capacities of power transformers, the highest levels of reliability are demanded, yet the movement of extremely heavy loads by such conventional methods as cranes, dollies or rollers involves many difficulties in the maintenance of dust- and environment-control norms within the factory. For this reason a new transporter system using a compressed-air cushion has been developed and successfully used for in-factory handling of the 700-ton main transformers for Tokyo Electric Power's Sodegaura power plant. Lifted from the floor on a thin film of air, loads of up to 1000 tons can be moved freely with minimal lateral force. This is the first time that an air cushion has been used for moving 700-ton loads of electrical equipment.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 798~803 (1975)  
UDC 622.24[551.46]553.982

## Electrical Equipment for Offshore Oil-Drilling Rigs

by Shigemitsu Kagawa, Hitoshi Inoue, Katsuji Ikemi, Masahiro Hashimoto & Yoshinebu Nakashima

Construction of offshore oil-drilling rigs continues at a rapid pace worldwide, and technological progress is spectacular, with the emphasis of late being on semi-submersible barges, jack-up barges and drilling vessels. In drilling equipment power supplies, Ward-Leonard systems are being superseded by static, thyristor-Leonard systems, and electric self-propulsion has become common.

The paper discusses the electrical equipment delivered by Mitsubishi Electric for the jack-up barge Fuji (Ward-Leonard power supply), and for the semi-submersible electrically self-propelled Hakuryu III and Hakuryu V (thyristor-Leonard power supply).

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 804~8 (1975) UDC 621.396.121,13

## CATV System for Lake City Cablevision

by Hideshige Komatsu, Tadatsuru Harada, Toshibumi Sano, Toshio Kobayashi & Yoshiyuki Imada

The paper introduces a CATV system completed for Lake City Cablevision, centered on the city of Chino, Nagano Pref., for the prime purpose of relaying commercial TV channels from Tokyo. The system comprises head-end equipment located on the slopes of Mt. Nyugasa, for receiving broadcasts from Tokyo, and a 15km trunk land-line, providing Tokyo programs as well as the local NHK service to local subscribers.

At present there are 5000 subscriber terminals being served in the Chino and Fujimi service areas. But with a proposed extension to serve the Suwa area, the system, with a total trunk land-line length of 25km, will be the largest CATV system in Japan.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 809~14 (1975)  
UDC 551.501:508+529.783

## A Platform for Data-Collection by Meteorological Satellite

by Nobuhiko Kodaira, Nobuhiko Murayama, Yozo Tsujikura, Toshiaki Suzuki & Takahisa Ota

The first experiments of the Global Atmospheric Research Program are to begin in 1977, and they will include a plan to collect meteorological data worldwide using meteorological satellites. The paper reports on the manufacture of prototype equipment and systems for the data-collection platform to be used in this project, and on the tests that have been carried out. While still incomplete, these tests indicate that it is possible to manufacture a platform for actual installation on ships and isolated islands that will perform as required for high-reliability data collection.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 755~60 (1975)  
UDC 621.311.4:621.311.6:621.311.8

## Recent Electrical Equipment Developed for Highway Tunnels

by Kikuji Kotaki, Hideo Watanabe & Katsuyoshi Sasada

To cope with deteriorating traffic conditions, plans have proliferated for building expressways to link Japan's major economic centers. This has led to an increase in extra-long expressway tunnels, which involve the installation of a variety of equipment to promote traffic safety. The paper presents the concepts involved in planning a distribution system to supply electric power for this equipment, and gives a general description of the equipment.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 761~66 (1975) UDC 621.311.4

## Power Supply Equipment for the Mt. Ena Tunnel

by Genji Ueki,\* Taro Izutsu,\* Takashi Umemoto, Toshimi Tanaka & Yasuo Kajita

The Mt. Ena tunnel on the Chuo Expressway has been provided with a variety of equipment, incorporating the most up-to-date technology, to promote automotive safety. These include sodium-lamp illumination, a ventilation system using thyristor-controlled motors, an automatic fire-extinguishing system, an electro-optical message panel, CCTV monitors and a radio rebroadcasting system. The proper functioning of this equipment depends on the maintenance of a stable power supply, and to this end, in an approach never before seen in tunnels, a virtually uninterrupted power-feeder system consisting of two separate 77kV circuits, and an in-tunnel distribution system of two separate 22kV circuits has been installed.

The power supply system, and the main equipment are described.  
\*JHPC

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 767~72 (1975)  
UDC 625.712.3:621.313.323:621.3.078

## Motors and Their Control System for an Expressway-Tunnel Ventilation System

by Genji Ueki,\* Shizuo Kurita, Masahiro Kataoka, Ichiro Nakabori & Noriaki Kobayashi

The advent of extra-long highway tunnels has brought great changes to both the hardware and software of tunnel ventilation. Changes in hardware include replacement of the conventional pole-change variable-speed motors with thyristor-controlled motors that eliminate starting inrush current, while software changes involve application of computers to ventilation control to form a sophisticated control system incorporating traffic-volume forecasting. There has been, therefore, an urgent need for easier maintenance and lower power consumption for the ventilation motors, needs resulting from the space and accessibility restrictions of extra-long tunnels. The paper deals with the ventilation motors and ventilation-control system used in the Mt. Ena tunnel.

\*JHPC

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 773~78 (1975)  
UDC 681.326:656.13:656.05

## The Central Surveillance System for the Mt. Ena Tunnel

by Genji Ueki,\* Hideo Watanabe,\* Nozomu Miura, Hiroshi Takagi & Katsuhiko Takeuchi

The necessity for recent expressway surveillance systems to rapidly process large volumes of data and take the appropriate decisions is increasingly recognized. This is particularly true for the surveillance system for the Nakatsugawa-Komagane section of the Chuo Expressway, in which lies the Mt. Ena tunnel. The paper outlines the measures taken to assure safety in the tunnel, particularly in terms of minimizing dangers to human life, vehicles and electrical equipment in case of fire or other emergency. To meet these requirements, a computer-centered, remote supervisory-control system has been installed, and the results achieved are expected to indicate the direction of development for expressway surveillance systems in the future.

\*JHPC

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 12, pp. 779~84 (1975) UDC 621.398

## Remote Supervisory-Control Equipment for Expressway Tunnels

by Genji Ueki,\* Hiroshi Shirai,\* Torao Yamanaka, Tadashi Nakashima & Hisao Murata

The paper discusses remote supervisory-control networks and the constitution of the equipment used for expressway tunnels and ramps, taking as an example the installations on the Nakatsugawa-Komagane section of the Chuo Expressway, in which lies the Mt. Ena tunnel.

The Mt. Ena system consists of 32 sets of remote supervisory-control equipment. The man-machine interface at the controlling station comprises graphic panels, CRTs and a control desk, and the use of a computer provides simple operation. Back-up equipment is also provided to undertake the minimum essential supervisory-control tasks without the computer.

\*JHPC

# 最近の道路トンネル用電気設備

小滝喜久二\*・渡辺秀雄\*・笹田勝義\*

## 1. まえがき

我が国における近年の急速な経済の発展に伴い、物資移動の増加は量的に見ても、距離的・速度的に見ても過激化をもたらしている。経済の発展が止まらない限り、また画期的な輸送手段が出現しない限り、道路交通の増大・道路事情の悪化要因は減らないであろう。その対策として必然的に既存道路の改良・高速道路の新設計画が継続的に行われている。特に経済拠点間を結ぶ最短高速道路・大都市への流入出高速道路に主眼をおいた計画が進められている。世界的に見ても長大道路トンネルに関心が集まっているのもこの現れであろう。高速道路に長大トンネルが出現するに至って、トンネル内通行車両台数の確保と、ドライバーの安全の確保、サービス面の向上のため非常に多くの設備が設けられるが、その電源となる受配電システムが特に重視される。したがってここではトンネルの運用管理面から見た各電気設備の概要と、その電源となる受配電設備を中心に概念を述べる。

## 2. トンネル運用管理上の問題

トンネル用電気設備の説明を行う前に、長大トンネルの特殊性と今後の傾向を概説し、それから要求される電気設備のあり方について述べる。

### 2.1 トンネルの長大化傾向

長大トンネル完成には莫大な労力と費用がかかるが、これにも増して経済活動の迅速化より得られる利点が大きいと判断され、その必要性と計画は続くものと考える。道路トンネルを安全に、かつ本来の機能を発揮させるためには、良質の電力エネルギー供給が根本である。十分にこの認識に立って下記のような工夫、考慮が払われるべきである。

- (a) 受電点（1トンネル2計量）の数と受電電圧
- (b) 配電系統構成と配電電圧
- (c) 配電距離・負荷容量からの電圧変動率とケーブルサイズ
- (d) 非常用電源の種類・設置場所・系統への接続方法
- (e) 変圧器・非常用電源の各最適容量
- (f) 系統運用方式と保護協調
- (g) 省力化機器の採用と集中管理

### 2.2 交通量の増大化傾向

トンネル建設当初の設計交通量は数年後には更新される可能性を含んでいる。これは直接にトンネル設備容量の不足として現れてくる。トンネルの能力を左右するのは換気量のいかんにかかっているが、トンネルの所在地による交通流パターンの相違・排ガス規制の侵透によって、換気量の増大への移行は緩慢となるであろうが、設備の拡張性に対する配慮は必要であろう。

一方トンネル内交通の事故率は、明り部道路における事故率に比し約1.5倍にもなると言われている。通過車両の増大とこの事故率は比例しないまでも、増えるものと考えねばならない。これに対し必

然的に各種の電気設備の充実が考慮されねばならない。

### 2.3 トンネル内通行者の安全重視傾向

トンネル設備の不備・不足によりトンネル通行者に不快感を与える、非常事態に対する適切な処置がとれず被害の拡大に至るなどは、人命重視の観点から許されない問題である。トンネル内環境が設計最大交通量に対しても快適に維持され、トンネル内の安全維持のために交通渋滞・事故・火災に対しても適確に対処し得る各種設備、集中管理体制が必要となる。

### 2.4 トンネル運用効率の向上

長大トンネル建設費は受益者負担として通行料金より回収し、社会経済の発展に寄与してその地区へ還元することに期待できる。しかし消極的にはトンネル運営管理面から全設備の運転経費の節減、省力化による人件費の節減をはかりながら、最大交通量が得られる管理がある。

そのためには、トンネル内交通流データを常に中央制御所に収集し、通行車両への通報・案内・規制を適切に行い、トンネル内設備特に換気設備の最適使用が行えるシステムが必要となる。また動的に変化する交通流データ入力に対するこれら追従監視・制御は少数の限られた中央制御所の操作員に行わせるには不適であるため、当然自動的に処理するシステムの完成が要求される。

### 2.5 広域管理傾向

トンネルを含むその前後の高速道路を含めた設備の管理範囲は広がる傾向にあり、中央制御所の管理対象設備はトンネル部の受電所・換気所・インターチェンジ・パーキングエリア・サービスエリアと道路に沿って線上に散在している。これらを制御対象設備はすべて無人化され、信号伝送装置を介して中央の管理下に含まれる。

また中央制御所の位置は管理スパンの中心的な位置を選ぶが、管理範囲の広がりから対策行動の速応度の低下を防ぐため、要所に分室（パトロール隊分駐室）を設け、トンネル内の必要データだけを中央制御所で選別し伝送表示する必要がある。

トンネル部分の交通管理は中央制御所が主体となって実施するが、高速道全線の交通管理は更に上位の管理センタが主体となって行う。このために中央制御所管理範囲内の気象情報、交通情報、標識状態表示・制御情報は、中央制御所経由で伝送可能とする必要がある。

### 2.6 通行者に対するサービス向上

長大トンネルがその機能を満足に果たすためには、通行者に対し安心感・快適感を与えるにトンネル内ドライバーを楽しめる前向きの設備が要求される。単調なトンネル内走行をする通行者に不安感を抱かせないよう、各種防災設備、保安設備、通報設備、再放送設備、中央管理システムが計画されるべきである。

### 2.7 公害対策

公害に対する世間の目は厳しくなっているが、トンネルについても公害に対し十分な配慮が必要である。その一つとしてトンネル坑口の特高受電所設置変圧器騒音がある。トンネルの所在地が一般に山間地域

である関係上、静寂な環境であり、山・谷による反響もありかなりな距離までを考慮した騒音対策を施す必要がある。高速道路沿線の開発に伴って民家も増えてくることまで考慮して、あくまで敷地境界点の測定騒音レベルを対象として設計すべきである。

騒音については換気塔の吸排気音が最も大きい。特に半横流式換気の場合逆転100%運転ではかなりの騒音となる。サレンサを設けるとか、かなりの費用を注ぐ必要があろう。

またトンネル内通行車両の排気ガスに含まれるばい(煤)煙、COガスの処理がある。ばい煙は電気集じん(塵)機で、COその他のガスは触ばいで処理することは理論的には考えられるが、現実にはかなりな問題がある。排気処理風量が大きく、ばい煙濃度・粒子が小さいことがあげられる。今後画期的な処理方法が出現するであろうが、現在では換気塔を高くし、拡散希釈排気を行うにとどまっている。

その他にトンネル内装板の洗浄廃水の浄化がある。廃水の中にはばい煙・油・石けん水などが含まれ、谷川に放流することは問題が残る。オゾナゲなどの浄化装置を設け、トンネル周辺の豊富な自然を極力守る努力が必要である。

## 2.8 運転経費の節減

2.4節にも述べたが、数多くの被制御対象設備があるため、その運転・保守管理は容易でない。運転経費の節減の第1ステップは省力化機器の採用を積極的にはかるべきである。すなわちオイルレス機器・無接点機器・ブラシレス機器の採用であろう。

第2ステップとして、さきにも述べた設備の全無人化計画の導入である。すなわち遠方監視制御装置によって、すべての設備の情報を収集し、集中監視制御を行うことである。更に緊急事態への即応体制のため、分室を設けトンネル内情報をそこに表示する必要があろう。

第3ステップとしては、特に電力を多く消費する設備の運転管理の質の向上があげられる。設備の運転は常に変化する交通量に見合ったか(稼)動要求を満足し、過不足のない適正なものでなくてはならない。すなわち消費電力が最小にて所要の目的を達する制御が必要となる。これは設備容量が大きくなればなる程、その効果は期待できる。以上省力化による人件費の削減・運転の最適化による消費電力量の節約が主たる対象となる。

## 3. 道路トンネルの電気設備の傾向

### 3.1 受電設備及び非常電源設備

長大道路トンネルの機能を保つための良質な電力エネルギーは、1トンネル需要に対し1系統引込み・1計量でなく、トンネル両坑口にそれぞれ異系統特高受電を行い供給する場合が多くなっている。電力会社の送電線路の状況から、立坑や斜坑など山上の換気塔に受電所を設け配電する場合もあるが、いずれにしても買電の全停電の確立を減らすことに主眼をおく。2計量となるが関係

電力会社とあらかじめ接渉し、トンネルの特殊性から認可を得る必要がある。

### 3.1.1 配電系統構成と配電電圧

各換気所への配電系統構成は、負荷設備の種類と容量及び配電距離などから電圧変動率・ケーブルの費用・供給信頼度を含めて決定されるべきもので、配電電圧についてもこれに関連して選定される。両坑口系より異系統受電が認可されることを前提として、片系が停電した場合発電機が立上がるまでの短い間トンネル一部分でも摩耗することを避け得る系統構成が必要となる。特にトンネル内基本照明負荷についてこの考慮が必要である。表1.に示すように種々な配電方式が考えられるが、上記の条件を満足し、かつ系統構成はできるだけ簡易なものであり、構成機器の数も少なく、万が一ケーブル故障などがあってもバックアップ系が構成されていることはもちろんあるが、事故点検出・復旧の迅速化がはかれるものが望ましい。このために両系統の配電線をすべての換気所に引込み、分割できる負荷はすべて等分に接続する。バッテリ・CVCF、など分割できない負荷は各換気所相互で見てバランスを取って両系に接続する。送排風機電源600Vと照明用電源460Vは3巻線変圧器を使用し、縮小化をはかると同時に変圧器1次のしゃ断器の数を減らすことも考えられる。

配電電圧の選定はさきにも触れたが、電圧変動率・送電容量・機器、ケーブルなど総合的な経済性・ケーブルの入手の難易などを考慮して決定しなければならない(表2.参照)。配電距離に関連してケーブル費用も変わってくるので実際に計画するトンネルについて具体的な経済比較を行わねばならない。長大トンネルの場合坑口換気所だけでなく地下換気所が設置されることが多いので電圧の選定に当たっては、機器スペースも考慮に入れる必要がある。

### 3.1.2 電圧変動率

長大トンネルの配電系統の計画で最も注意を要することは、配電線路長の長いこと、負荷設備に換気用電動機があることである。これらは電圧変動の要因として働く。更に電圧変動要因としては表3.に示すようなものがある。これらの要因による電圧変動が各設備機器の最低許容値内におさまるように、変圧器容量の選定を行わねばならない。

表1. 配電系統比較

配電系統	22kV			(評価)
	1	2	3	
系統図				① 1~4案については配電系統の信頼度は非常に高いが買電停電でトンネル東・西単位でD/G供給まで全停となる。
片系停電時(照明)	照明は東・西単位で半分残る	同 左	同 左	② 5~6案については配電系統の信頼度は非常に悪い。
片系停電時(FAN)	FANは東・西単位でいずれか停止	同 左	同 左	これはすべて送り出ししゃ断器がトリップするためである。しかし買電停電時、トンネル全換気所の半分だけが停電するのみで最低限の電力は確保できる。
供給信頼度(22kV構内事故)	構内事故でも無停電 ①高い	同 左 ①高い	同左, ただし機器多く信頼度落ちる③中	
構成機器	配電系統はすべてしゃ断器	同 左	同 左	
保護方式	2端子バイロットワイヤリレー	同 左	同 左	
D/Gの接続	経済性に欠ける	同 左	同 左	
接地方式	100A	100A	100A	
系統図				
片系停電時(照明)	照明は東・西単位で半分残る	同 左		
片系停電時(FAN)	FANは東・西単位でいずれか停止	FANは全換気所共に半分停止	同 左	
供給信頼度(22kV構内事故)	構内事故でも無停電 ②中上	構内事故で負荷の半分が切換時間だけ停電④中下	構内事故で負荷の半分停電⑤低	
構成機器	配電系統はすべてしゃ断器	送りのみしゃ断器, その他断路器	同 左	
保護方式	3端子バイロットワイヤリレー	過電流, 地絡方向リレー	同 左	
D/Gの接続	経済性に欠ける	経済的	同 左	
接地方式	100A	100A	100A	

らない。

系統構成が決定すれば、下記のような計算条件を与えた電圧変動率を算出し、変圧器容量を決定する。

(a) 送排風機用電動機  
の種類と始動方法

(b) 最末端負荷の電圧  
変動率の最低許容値

(c) 使用ケーブルの種類

とサイズ

(d) 変圧器の絶縁方式  
(e) 負荷設備の力率及び効率

図 1. に示す系統図例によ  
ってその手法を記す。(表  
4. 参照)

网虫 S-S-S-11-11-11

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \sum_1^6 (P_{Mn} + jQ_{Mn}) \\
 &+ \sum_1^6 (P_{Ln} + jQ_{Ln}) \\
 &= \sum_1^6 (P_{Mn} + P_{Ln}) \\
 &+ j \sum_1^6 (Q_{Mn} + Q_{Ln})
 \end{aligned}$$

### 有効電力 $K_{1P}$

$$K_{1P} = \sum_1^6 (P_{Mn} + P_{Ln}) \quad \text{kW}$$

### 無効電力 $K_{1Q}$

$$K_{1Q} = \sum_1^6 (Q_{Mn} + Q_{Ln}) \quad \text{KVAR}$$

### 全インピーダンス $Z$

$$Z = R_1 + jL_1$$

電圧変動率  $\varepsilon_1, \varepsilon_{M_0}, \varepsilon_{T_0}$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{P} (R_1 K_{1P} + L_1 K_{1Q})$$

$$\varepsilon_{M_0} = \frac{1}{P} Z_0 \cdot Q_{M_0}$$

$$\varepsilon_{T_0} = \varepsilon_1 + \varepsilon_{M_0}$$

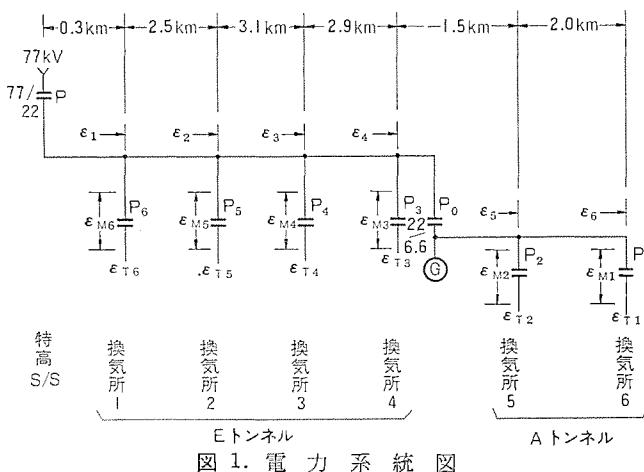


表 2. 配電電壓比較

表 3. 電圧変動の原因と対策

電圧変動対策	電圧変動要因	大容量モータの同時始動	モータの無効電力 (トンネル内の負荷の大部分が FAN) (用モータ負荷である)	変圧器絶縁方式
	対策	・同一場所内はもちろん他場所相互で同時始動防止インタロック採用 ・始動ラッシュの少ないモータの採用	・母線にコンデンサを入れるモータ端子ごとに設け、各速度ごとに容量制御可能とする	油入変圧器採用 (乾式は %Z が高い)
	電圧変動要因	変圧器容量	電力会社電源インピーダンス	送電ケーブルサイズ
	対策	変圧器容量を大きくし見かけ上のインピーダンスを小さくする (上限はしゃ断容量より限定される)	対策なし	送電容量を考慮し、極力ケーブルサイズを大きく選定する
	電圧変動要因	始動方式	モータの設置台数	変圧器の構成
	対策	・始動電流のあるモータの時は直入れを避け始動ラッシュの少ない始動方式とする ・始動トルクの足りなくならない範囲で始動電流をおさえる	・モータ単機容量はなるべく小さいものを選定する ・台数とスペースの関連を検討する	照明専用の Tr をおかげ FAN 並用の 3巻線 Tr を設置し、インピーダンス小なる特殊設計とする
その他	その他	・計算機により予測制御を行わせ順序始動制御とする ・Tr を負荷時タップ切換器付とし、計算機によるフォワード制御を行う		

その他も同様にして求めるが一般式を下記する。

$$\varepsilon_n = \frac{1}{P} (R_n K_{nP} + L_n K_{nQ})$$

$$\varepsilon_{Mn} = \frac{1}{P} Z_n Q_n$$

$$\varepsilon_{Tn} = \sum_i^{n-n} \varepsilon_n + \varepsilon_{Mn}$$

表 4. 雷圧変動率計算式 シンボル

項目	内 容	シンボル	項目	内 容	シンボル
1.	中電電源インピーダンス 77/22 kV Tr "	$Z_{C1}$		22 kV 200□ 0.3 km	$R_1+jL_1$
2.	77/22kV Tr容量(ベース)	$P$ (kVA)		" 150□ 2.5	$R_2+jL_2$
3.	各換気所 Tr 容量			" 150□ 3.1	$R_3+jL_3$
	換気所 1	$P_0$ (kVA)		" 100□ 2.9	$R_4+jL_4$
	" 2	$P_5$ (" )	6.	モータ定格	
	" 3	$P_4$ (" )		換気所 1	$P_{M6}+jQ_{M6}$
	" 4	$P_3$ (" )		" 2	$P_{M5}+jQ_{M5}$
	" 5	$P_2$ (" )		" 3	$P_{M4}+jQ_{M4}$
	" 6	$P_1$ (" )		" 4	$P_{M3}+jQ_{M3}$
	Aトンネル送り用 Tr	$P_0$ (" )		" 5	$P_{M2}+jQ_{M2}$
4.	各換気所 Tr % Z			" 6	$P_{M1}+jQ_{M1}$
	換気所 1	$Z_0$ (%)	7.	一般負荷	
	" 2	$Z_5$ (" )		換気所 1	$P_{L6}+jQ_{L6}$
	" 3	$Z_4$ (" )		" 2	$P_{L5}+jQ_{L5}$
	" 4	$Z_3$ (" )		" 3	$P_{L4}+jQ_{L4}$
	" 5	$Z_2$ (" )		" 4	$P_{L3}+jQ_{L3}$
	" 6	$Z_1$ (" )		" 5	$P_{L2}+jQ_{L2}$
	Aトンネル送り用 Tr	$Z_0$ (" )		" 6	$P_{L1}+jQ_{L1}$
5.	ケーブル % Z				

表 5. 負荷一覧(例)

負荷		電圧(V)	Eトソネル								Aトソネル				計
			換気所1		換気所2		換気所3		換気所4		換気所5		換気所6		
西	東		西	東	西	東	西	東	西	東	西	東	西	東	
送風機	600	345	345	990	990	1,215	1,215	855	855	265	265	265	265	8,180	
排風機														6,750	
基本照明		485	485	1,025	1,025	1,155	1,155	795	795						
緩和照明		34.8	31.5	87.1	73.7	74.3	91.2	33.6	37.1	26.5	30.4	25.1	27.0	572.3	
本線・EA照明		12.6	12.6					23.3	23.3	12.6	12.6	23.3	23.3	143.6	
その他照明		31.5						20.5				18.2		70.2	
オイルポンプ		19.8		25.3	34.4		19.4							98.9	
ロードヒーティング		7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	74.0	
防災ポンプ		167	334					334	167	334	167	334	167	2,004	
空調設備その他		77.5		370		477		78.7		238.5		93.5		1,335.4	
INV	110	20	90.8	120.7	209.7	126.2	141.2	120.2	50	79.2	10	75.4	20	1,063.4	
電光標識その他		16.6		45.7	55.6		17.0		25.2		15.2			175.3	
ITV・拡声装置・外		7.1		7.3	7.3		10.7		5.6		1.7			39.7	
VI・CO・トラカン		8.3		7.8		7.8		8.2		3.6		4.0		39.6	
所内電灯その他	210/105	22.4		20.1		20.1		34.3		22.9		22.9		132.7	
屋内S/S用		4						4						8	
ダンバ(冷却ポンプ・仕切弁その他)		4.6		11.2		11.2		4.6		5		5		41.6	
所内動力その他		39.3		33.5		33.5		49.3		5.9		5.9		167.4	
買電負荷合計		1,177.8	1,331.3	2,347.8	2,050.1	2,995.2	3,479.4	2,141.1	2,008.9	986.8	749.8	746.6	872.3	20,896.1	

### 3.1.3 非常用電源

トンネル用非常電源としては、バッテリ・CVCF・自家用発電機が設けられる。バッテリは制御用及び各設備用電源と換気所内の非常灯に電気を供給するが、CVCFはトンネル内基本照明に電力を供給している。両系買電停電の場合、発電機からの電力供給までのわずかな間もトンネル内照明が消灯しないよう電力を供給し最低限の1/8の照明を行う。

- 自家用発電機については、トンネル特有の問題がある。すなわち
- 送電ケーブルが長く充電電流が大きい。
  - 発電機負荷に送排風機も含めるかどうか。
  - 換気所が多くなる場合、1箇所にだけおくか、複数箇所におくか。
  - 系統への接続方式をどのようにするか。

などがある。ケーブルが長く進み電流の大きい系統に接続する場合は過励磁による電圧上昇に留意する。発電機本体で進相容量をもたせる場合励磁方式を考慮する必要がある。換気用電動機負荷をもたせる場合は、電圧変動に対し十分検討を行う必要がある。また設置台数や設置場所については、送電損失・設備容量・保守点検の難易を併せて検討し決定すべきである。なおエンジンについては山岳地帯で高所であるところからその出力決定には注意を要する。

### 3.1.4 系統運用

さきにも述べたように、トンネルにおいては電力の供給信頼度を最重要に考え、2重・3重のバックアップ供給システムを採用すべきである。なお系統の切換えは迅速に行わねばならないから、理解しやすい系統切換手順を組むようにする。

### 3.2 換気設備

トンネル内部は通行車両の排気ガスにより空気が汚染される。その汚染度の指標としてCO濃度があり、ディーゼル車の排出するばい煙に

よる見通しの悪さを表す指標としてVI値がある。COは人体に悪影響をおよぼし、VIはトンネル内の運転条件を悪化させ交通量低下をもたらす。この対策として換気を行うが、常に安全側より見て送排風機の100%運転を行うことは経済的に到底許されない。VI値・CO値の目標値と測定値との差を過不足なくゼロに近づけるような換気制御が、電力消費量も最小となり理想的な換気運転となる。このような状態を作り出すための入力データとしては、VI値・CO値・トンネル両坑口の流入車種別交通量・トンネル両側の最寄インターチェンジの本線通過車種別交通量などがある。そのほかの固定的なデータとしてこう(勾)配・排ガス量・換気効果のおくれ時間・VI・COセンサの測定誤差などがあげられる。これらデータから適切な風量を決定する。もちろん横流式換気方式・半横流式換気方式・縦流式換気方式など各換気方式による相違も加味される。これらの風量決定は交通流に従って時々刻々に変化するものである以上、中央制御所の計算機により追従処理を行わせる以外にない。

一方、長大トンネルとして換気量の増大から換気用電動機も大容量化の傾向にあり、その配電系統も長距離になり、上記に述べたように制御性の向上が要求されるといった問題をかかえている。これを解決するものとしてサイリスタ電動機の適用があげられる。従来のトンネル換気用電動機として使用されてきた誘導電動機を長大トンネルに採用する場合、下記の理由によって困難な問題が存在する。

- 配電系統の長大化に伴う電圧変動許容電圧変動率以内で誘導電動機の始動容量を供給し得る電源容量及び配電ケーブルサイズは配電系統が長くなればなる程大きくなり、場合によっては常識を逸脱した値となる。
  - 運転経費
- 大容量の換気設備であるがゆえに、最適追従制御による運転経費の節減に対する期待は大きい。しかし同一の交通流で同一条件の

トンネルがない限り、定量的な利益比較は直ちには困難であるが、実運転に入ってから徐々に実証されるであろう。

上記問題に対し誘導電動機の場合、高圧電動機を採用したり、コンドルファ始動方式とし始動電流を押さえたり、極数変換電動機を使用したり種々の対策が行われるが、基本的に限界が存在する。

サイリスタ電動機を使用すれば始動ラッシュがなく、制御性も良いが、サイクロコンバータの温度管理や高調波誘導に対するケーブル布設工事に留意する必要がある。

いまだトンネル換気技術は若い技術である。将来初期投資・運転経費の少ない効果的な方式への発想が生まれるものと考えられるが、その効果の実証は実用段階における追跡調査にまつ以外ないと思われる。

### 3.3 集中管理設備

無人化・集中化は省力化の立場から、高速道路沿いの各設備の管理に採り入れられて既に久しい。しかし長大トンネルをその管理範囲内にもつこと、伝送系そのものの進歩もあって、伝送方式の決定のための条件をまとめると下記のようになる。

- (a) 伝送データ量が非常に多い。
- (b) パーキングエリア・サービスエリア・インターチェンジ・換気所・分室・気象観測所など子局設備の規模内容に大きな開きがある。
- (c) 伝送データの種類が多様化している。
- (d) 子局数が多くなったが伝送路は節減したい。
- (e) 伝送路、伝送端局装置故障時の影響波及範囲の縮小。
- (f) 中央制御所に計算機を導入する。
- (g) 中央処理に必要なデータの遅滞ない伝送速度の選定。
- (h) 中央処理装置とのデータの授受方式。
- (i) 中央処理装置との機能分担。
- (j) 中央制御所におけるディスプレー方式。
- (k) 中央処理装置除外時のバックアップ方式。
- (l) 上位管理センタへのデータ転送方式。
- (m) 上位管理センタと中央制御所との制御権。

そのほかにも方式決定の条件はいろいろあるが、この条件を満たす伝送方式としては電気学会通信専門委員会制定のCDT仕様基準によるものが基本となる。しかしすべての条件を満たし、伝送信頼度を上げるためにには更にこの方式を発展させることにより、大量データ伝送や各種のデータ伝送を可能とし、計算機とのI/O方式、上位系との転送インターフェース、計算機との機能分担による伝送親端局装置の合理化が計れるようになる。

中央制御所の計算機のバックアップ方式は、計算機の2重化を含め種々の方式が考えられるであろうが、下記の条件より決定する。

- (a) 経済的に見合ったものであること。
- (b) 特高受電所・トンネル換気所の重要な設備に限定する。
- (c) 対象子局1子局単位で処置できる。同時処理の必要な場合は優先位に従って処理でき、非優先子局は待機表示する。
- (d) 操作員が日頃使い慣れてなくとも、容易に操作が可能である構成とする。
- (e) 監視・制御・計測が行えるものとする。

この最低条件を満たすものとして、ワイヤドロジックによるバックアップシステムが妥当な線となる。

集中管理設備として最も関心のあるところは、中央制御所の表示方式と、自動管理機能であろう。まず表示方式について考察してみる。従来の集中監視方式における中央への表示方式のように全項目

の表示を行うことは、長大トンネルの場合データ量が多過ぎて不適当である。中央制御所の業務は各設備の運転管理が主体ではあるが、トンネル部分を中心に通行車両の安全交通管理を行うことも、大切な業務の一環である。日常的な交通流とその状況・異常への過程・異常発生を一刻も早くは(把)握し、それに対する対策設備の作動状況の確認がトンネル全体との関連において、マクロ的に、かつ一目でできる必要が生じる。したがってトンネル内の交通状況・各防災設備、交通関係設備の状況表示を主体とし、受配電系統及び機器表示を従とした系統表示盤を設置することが、トンネルの系全体との関連は握の上で不可欠のものとなる。トンネルを含んだ管理範囲はかなり広域であるため、系統盤の幅もかなり大きくなるので、少数操作員の操作性を考慮し扇形配置とし違和感をなくするよう壁埋込方式するのが良い。

系統表示盤がトンネル全体の関連は握を主たる目的として設けられるのに対し、個々の設備の詳細な状態は握を行う目的でグラフィックCRTを併用しなければならない。#1 CRTによって各場所ごと・設備ごとの全情報が流れなく表示され、#2 CRTには状変検出内容と処理手順など、操作員の正しい判断を助け、適確な処置を期するためのディスプレーをさせる。

系統表示盤・CRT・操作卓などの形状、配列及びコントロール室内の照明は、毎日そこで勤務する操作員の判断・操作に誤りの発生しないよう、人間工学的見地より検討を加えたものでなければならない。各盤の色調については特に全体のバランスをはかり、操作員が心理的に安定するような、見誤りのない色の選択が必要である。

次に集中管理設備としての自動管理機能について述べる。以上の説明は長大トンネルであるため、中央制御所に計算機が導入されることを前提として進めてきた。がこれが良いかどうか、本来なればそれ以前の問題として、中央制御所におけるデータの処理方法・自動管理機能を、どのような手段で実現するかの検討がなされるべきである。最も低い段階のものとしてすべて遠方手動によるもの、次にパターン制御を導入したもの、単機能の装置を附加することでデータ処理の一部を自動化するもの、マイクロプロセッサによる分割機能をもつ処理装置を積上げたシステムによるもの、制御用計算機の導入による総合システムの実現に至る種々のものが考えられる。どの段階のシステムを適用するかについては、被制御対象トンネル設備の規模、交通量、気象環境、管理体制、中央制御所の管理範囲、操作員の陣容、業務内容など個々のトンネルごとの個別の条件がある以上一概には論じられないが、今後の傾向として人の数は減少一方であることは確かであるため、多くの管理業務の処理は人間の判断の必要なものと定形的、機械的に処理し得るものに分類し、後者業務から操作員を開放し、本来のトンネル機能を生かすような運営業務に専念させるべきである。ここで何かの処理装置の必要なことは明らかであるが、長大トンネルとしてはそのデータ量も非常に多く、伝送装置のセット数も多く、トンネル内安全を最重要視している関係から交通流の刻々変化に対する追従監視・交通量に対する適正換気風量の決定のように、常に休むことなく24時間中の監視体制が要求されるため、制御用計算機を導入したシステムが決して過剰な投資でないと言える。むしろ当然必要なものとして、積極的にこの利用を計り、運転経費の節減など前向きに利益をあげる努力がまたれるものと考える。

長大トンネルの場合上り線、下り線が各2車線で同時開通することはまずなく、一般にはトンネル1本で対面2車線の変則開通となる。したがって将来は片側2車線の増設があり、その時のシステムへの拡

張要求が出される。既設トンネルの管理業務を休むことなく、システム拡張を行うことも考慮したシステムが必要となる。

### 3.4 照明設備

トンネル内の照明は、トンネルが長大化するに従い、また通行車両の走行速度が上がるに従い運転者の安全と、快適を確保するため、路面照度100lxにもなっている。トンネル内基本照明灯及び坑口付近の緩和照明、トンネル前後の本線照明にはナトリウム灯が使用され、トンネル内待避所にはけい光灯が、補助坑には白熱灯が、インターチェンジ・サービスエリア・パーキングエリアなどとその本線照明には水銀灯が使用される。

ナトリウム灯は演色性の問題からけい光灯、水銀灯が代わりに考えられるが、水銀灯は始動時間が長く最初の始動もさることながら、始動後の瞬時停電時も同様長いのでトンネル内基本照明には不適である。これに対しけい光灯は非常に良いが、山岳部トンネルで、冬期の極低温時の始動特性に問題があり、また電球のメンテナンス、灯具の効率などから基本照明にはナトリウム灯が適当と考えられる。

待避所照明については、自動車の点検修理や休憩時のふんい気作りのため、自然光に近いけい光灯の設置が望ましい。

補助坑内は、始動時間がなく即座に点灯する白熱電灯が適している。

トンネル前後のある範囲の本線上は、ナトリウム灯により平均路面照度10lx程度の照明を行う。これは山岳地帯の気象条件の悪さに対処するものである。

トンネル内非常照明は1/8照明が対応し、CVCF電源から供給される。したがって買電が両系とも停電し、自家発電力供給までの時間についてもトンネル内は最低照度が確保できる。

基本照明の制御はトンネル内全体を同時に制御することが望ましい。各換気所の給電範囲ごとの制御を個別に行なうことは運転者の幻覚を誘う。そのため中央制御所から最寄りの換気所を対象として、トンネル全体の一斉照度変更制御を行う。この制御指令は、各換気所間に直接設置された制御指令伝送線により伝達される。

## 3.5 交通管理設備その他

### 3.5.1 標識設備

#### (1) トンネル内待避所標識

トンネル内通行車両の速度と車間をドップラーレーダ式車両検出器により検知し、現地自動連動にてセンサの下流側待避所の電光標識に『速度落せ』『車間あけよ』の表示を出し運転者の注意を促す。

#### (2) トンネル坑口標識及び予告標識

トンネル内で火災が発生した場合、防災盤からの信号によって直接連動制御され進入車を禁止する。

#### (3) インターチェンジ・パーキングエリア標識

本線標識・流入部標識があるが、すべて遠方手動にて中央制御所から制御を行い、その状態は系統表示盤に反転表示器にて表示するが、盤スペース上からも適当な方法である。将来上位管理センタの管理下に属した場合、この標識の制御は主として上位管理センタの制御となる。この標識の制御は広域の交通情報を集め、他の道路情報を含め、気象状況データなどから総合的な判断を下し、広域交通管制を実現するための唯一の手段として、制御されるものである。

### 3.5.2 車両検出器

#### (1) ドップラーレーダ式車両検出器

トンネル内350mごとに設けられ、車速・車間距離・タイムオキューバンシなどの測定を行う。このデータは中央制御所にて、トンネル内の渋滞度の判定、換気量の適否度など車両の存在状況検知のデータとして処理される。

#### (2) ループコイル式車両検出器

トンネル坑口、インターチェンジに設けられる。トンネル流入車両群のモデルのは握データとして中央制御所にて処理し、換気量決定のためのデータとして使用する。

### 3.5.3 監視用テレビ

トンネル内及び坑口には、監視用テレビ(ITV)が設けられる。ITVは今やトンネルの管理には切離せない存在となっており、経済的に許す範囲でカメラは多いほうが良い。中央制御所におけるモニタも多いほうが良いが、これも経済的な面、モニタ設置スペース面から決定する。カメラの位置・ナンバと他設備の位置・ナンバ的な対応を握した上、有効な使用を目指すべきであろう。

### 3.5.4 拡声・中波再放送設備・移動無線設備

#### (1) 拡声装置

トンネル内の事故発生時、運転者の避難誘導指示を確実・安全に行なうため、トンネル内に拡声緊急放送を流す。スピーカーの取付けピッチ、取付角度、特性など考慮し明りょうな伝達、誘導が実現できるよう検討しなければならない。

#### (2) 中波再放送設備

トンネル内のラジオ受信サービスとして、トンネル内坑口で中波を受信し、トンネル内アンテナで再放送波を発する。トンネル内全域の通行車のカラーラジオで受信可能であり、緊急時には中央制御所からカラーラジオを通じて、通報・誘導・指示を行うことができる。

#### (3) 移動無線設備

道路パトロールカーと中央制御所との連絡用としての無線設備は従来同様に必要であるが、長大トンネル内部においても交信可能区域とするため、トンネル全域に漏えい(洩)同軸ケーブルを布設する。

## 4. むすび

道路トンネル用電気設備について概要を述べたが、まだそのほかに地域によっては空調設備、ロードヒーティング設備、信号設備など多くの電気設備が設けられる。これら多くの設備はトンネル安全通行を目的として設置される以上、中央制御所の管理システムを中心として、その手足となり互いに有機的な連係の上に十分な機能を発揮するシステムが期待されるわけである。その他長大トンネルの場合工事用電源設備と本設備用電源設備の関連、第1期と第2期用電源設備との関連など設置スペース、経済性、流用可否など検討すべき問題点は多い。

今後の道路トンネルの電気設備の計画にあたり、この一編が多少とも指針となれば幸いである。

この稿を草するに当たっては日本道路公団恵那山工事事務所植木課長のご指導により恵那山トンネルの電気設備計画に参画した経験によるところが大きい。ここに深じんなる謝意を表する次第である。

# 恵那山トンネル用電源設備

植木源治\*・井筒太郎\*・梅本隆司\*\*・田中稔巳\*\*\*・梶田保雄†

## 1. まえがき

中央自動車道の中津川-飯田間の恵那山トンネルは周知のとおり中央アルプスの恵那山の北側に造られた、長さ約8.5kmで自動車トンネルとしては世界第2位の規模である。これはもちろん日本では第1位であり、我が国の大自動車トンネルの先駆けをなすものである。

長大トンネルの使命は多量の交通量を安全かつ円滑に通過させることであり、この点では従来のトンネルと特に差はない。しかし、これを実現する手段の点では従来のトンネルとはまったく異なり、質・量ともに飛躍的にスケールアップさせたものを準備する必要がある。それは、8.5kmもある閉ざされた空間内を走行する自動車のドライバーの安全をいかに確保するかという命題に解答を与えるのに不可欠なものである。このために、最高100lxの路面照度が得られる照明設備、サイリスタモータを使用した大規模で制御性の高い換気設備、火災の検知・消火を正確かつ迅速に行なうための防災設備、ドライバーにトンネル内の交通情報を的確に与えるための電光標識設備、緊急時には非常放送に切換えられるラジオ再放送設備など現在考えられる最高度の技術を駆使した設備を導入した。

しかし、これらの設備はすべて電気で動作するものであって、もしも電力を喪失すると所期の目的を果たすことができないのは明らかである。換言すれば、トンネルの安全走行の重要な一つのかぎは電力の確保にあるといえる。この点から、恵那山トンネルでは、77kVの異系統2回線の引込みによる受電電力の安定確保という、従来のトンネルになかった系統構成を実現した。更に、トンネル内に異系統22kV 2回線配電を行い、各種設備に高信頼度の電力を供給できるようにした。これらをベースに、非常用発電設備・CVCF装置など従来のトンネルでも使用されていた設備を付加することによって、トンネル内に重要な設備への電力の確保を実現している。

本文では恵那山トンネルの電力システムの系統構成、電圧の選定、保護・運用システムなどについて述べたあと、主な機器について説明を加える。

## 2. 設備の概要

### 2.1 系統構成

#### 2.1.1 受配電方式

恵那山トンネルの場合、換気設備の容量だけでも13,000kWをこしておあり、高圧受電ではまかない切れず必然的に特別高圧受電となつた。恵那山トンネルの付近で得られる特別高圧は77kV以上であったので、77kVを採用した。

つぎに受電回線数であるが、このトンネルが山間地にあって、落雷による停電の発生も多いと考えられるため、最も簡単な1回線受電では、十分な信頼度は得にくいので、2回線受電を採用した。2回線は、全く異なる電源すなわち、中部電力屋神発電所と中部電力瑞浪発電所から全く別なルートを経て、トンネルの東変電所及び西変

電所に架空線で導入されている。この結果、二つの電源の同時停電、あるいは2回線の送電線の同時事故でない限り、全停電のおそれではなく、極めて高信頼度の受電方式が実現された。

図1の単線接続図に示すように、恵那山トンネルの東・西両変電所には15MVAの主変圧器を設置し、77kVを22kVに降圧して、トンネルにほぼ並行して掘られた補助坑内に布設した電力ケーブルによって東系及び西系の22kV 2回線配電を行っている。

恵那山トンネルには西(中津川方面)から順に、西坑口、立坑地下、斜坑地下、東坑口の合計4ヵ所の換気所があり、このうち立坑地下と斜坑地下はトンネル内にあり、他はそれぞれ坑口にある。各換気所では上に述べた、東・西両系の22kVのケーブルから受電し、降圧変圧器を通して換気設備に580V、照明、防災あるいは換気設備の補機などに460Vを供給している。降圧変圧器及びこれに接続される開閉装置、あるいは負荷設備はすべて、東・西両系分用意されていて、万一、一方の系統が停電しても換気所が全停することがないよう考慮してある。

恵那山トンネルの約2km東に隣接する網掛トンネルは全長約2kmで、恵那山トンネルに比べて設備も小規模であり、6.6kV受電でも十分であるので、恵那山トンネル東坑口換気所で22kV/6.6kV変圧器を設置し、ここから6.6kV電力ケーブルにより配電している。ここでも高信頼度確保のため、東・西2系統用意している。

#### 2.1.2 非常用電源設備

受配電方式は上に述べたような異系統2回線受電であり、全停電のおそれは極めて少ないが、1回線の停電は起こり得ると考える必要がある。受電停電時の対策としてつぎの二つを実施している。

##### (1) ディーゼル発電機

受電が停電した場合、停電回線にき電し、トンネル内照明を平常状態に復帰させ防災設備を運転可能な状態とさせるため、ディーゼル発電機(D/G)が東坑口換気所に設置されている。D/Gは上に述べた網掛トンネル用22/6.6kV変圧器の6.6kV側に接続され、網掛トンネルには6.6kVで配電し、恵那山トンネルにはこの変圧器で昇圧して22kVで配電している。

D/G容量の決定にあたっては

(a) 受電2回線停電は起こり得ないと考えられるので、1回線停電だけを考え、その負荷へのき電を行なう。

(b) 停電時、その回線の換気設備は停止させD/Gでは運転しない。なお、この状態でも健全回線の換気設備により、トンネル内空気の清浄化は行われている。

(c) 線路が22kV、6.6kVともケーブル系統であり進相電流をとるため、D/Gが電圧を印加したとき、自己励磁を生ずるおそれがある。22kV及び6.6kVのケーブル系統を無負荷で支障なく励磁できるD/G容量が必要である。

以上の点を考慮し、3,000kVA(6.6kV)とした。

##### (2) 定電圧定周波無停電電源装置(CVCF装置)

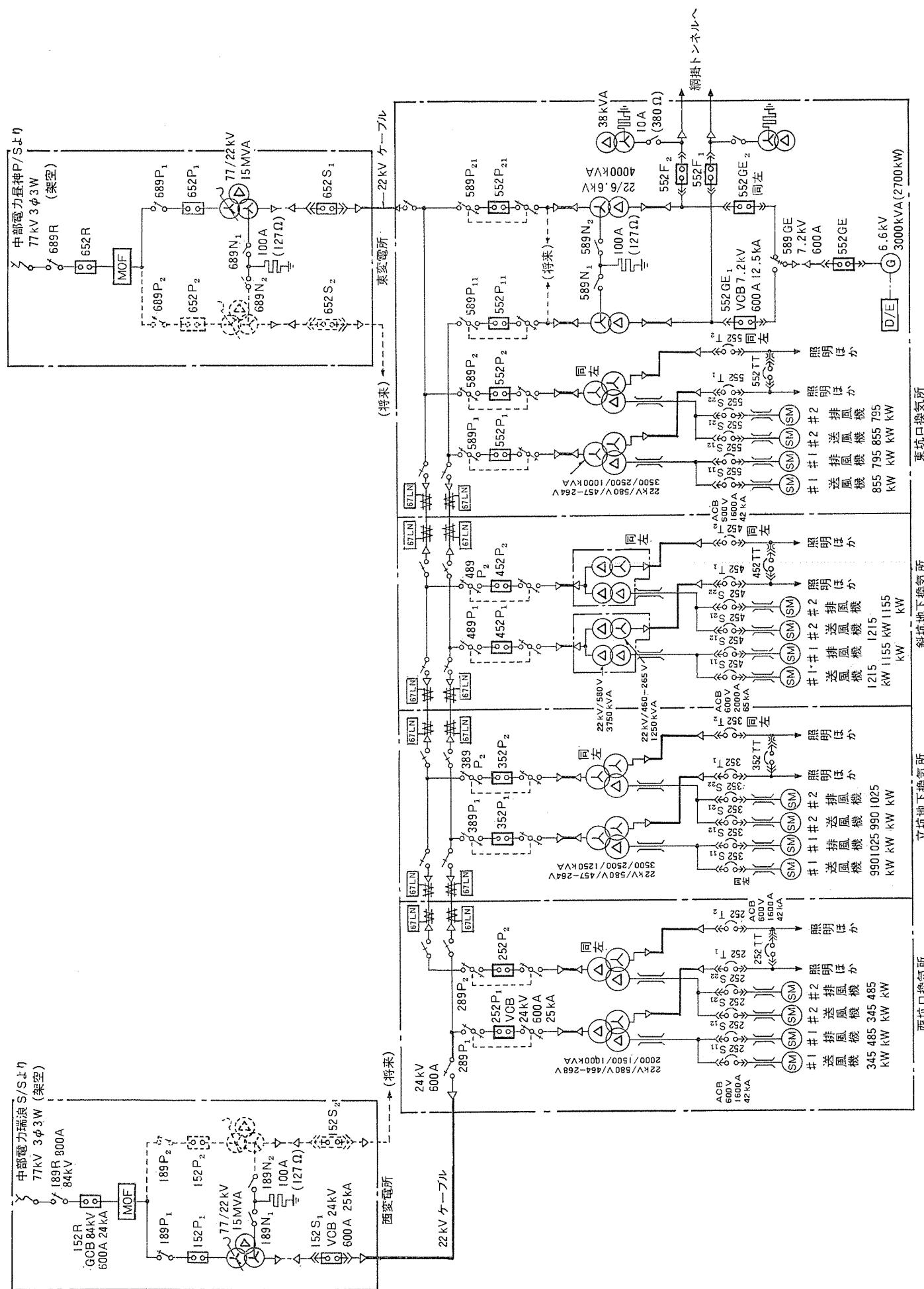


図 1. 電源設備主要部の単線接続図

*D/G* は始動時間を 30 秒以下とし、照明設備などへのき電を短時間で再開できるよう配慮してあるが、万一、東・西 2 回線の停電が発生した場合には *D/G* 始動までの間全停電となる。この状態でも、トンネル内の自動車走行が安全に行えるようにするために、各換気所に CVCF 装置を設け非常照明（全灯時の  $\frac{1}{8}$  の照度）、電光標識、ラジオ再放送など重要な負荷には無停電で電力を供給できるようにした。CVCF の容量は西坑口 35 kVA、立坑地下 75 kVA、斜坑地下 90 kVA、東坑口 40 kVA を選定した。

商用電源が健全な間はこれらの負荷は商用電源で供給し CVCF 装置は無負荷で定格電圧を発生して待機しており、停電発生とともに、0.1 秒以下の切換時間を経てバッテリ運転に切換わる。バッテリ容量は、10 分間運転が可能な値としている。

## 2.2 電圧選定

系統各部の電圧はつぎのような根拠で選定した。

### (1) 受電電圧 (77 kV)

2.1.1 項に述べたとおりである。

### (2) 受電変圧器 2 次電圧 (22 kV)

恵那山トンネルの設備容量は約 30,000 kVA あり、高圧配電は不可能で、特別高圧配電となった。電圧は、特別高圧配電用機材がもっとも豊富に準備されている 22 kV を選定した。

### (3) 換気装置電圧 (580 V)

換気装置に用いられている CS 形 サイリスタモータは、定格電圧 510 V であるが、これを制御するサイクロコンバータ入力電圧は 600 V に近い値が必要である。一方、電気設備技術基準第 3 条によると、交流の低圧は 600 V まであり、これを超すと高圧設備として扱われる。このため、系統電圧が多少上昇しても換気装置の電圧が 600 V を超すことのないよう換気装置には 580 V を供給することにした。

なお、580 V にした結果、580 V 回路の電圧の変動は (600-580)/580=3.4 % まで許容できることになったが、これは東・西両変電所の 77/22 kV 主変圧器の負荷時タップ切換器 (LRT) で調整できる値であり、支障はない。

### (4) 照明その他用電圧 (460 V)

換気所の低圧負荷の主なものは、照明、防災ポンプ、換気装置補機及び CVCF 装置などであり、これらは端子電圧 460 V で設計されている。このためこれらには 460 V で配電することにした。これら以外の低圧負荷で 200 V 級あるいは 100 V 級のものには 460 V/210 V あるいは 460 V/210-105 V の変圧器を設けて電力を供給している。

### (5) *D/G* 電圧 (6,600 V)

2.1.2 項(1)に述べたように、*D/G* は東坑口換気所の、網掛トンネル用 22/6.6 kV 変圧器の 6.6 kV 側に接続され、恵那山・網掛両トンネルに非常用電力を供給する。この点から、6.6 kV を *D/G* 定格電圧とした。

## 2.3 系統の保護・運用システム

### 2.3.1 系統の保護システム

受配電系統の保護システムの要点はつぎのとおりである。

#### (1) 22 kV 配電系統の 100 A 接地

既に述べたように、22 kV 系統には電力ケーブルを使用しており、その充電容量が大きい。このため、間欠地絡の場合、対地電位の異常上昇のおそれがある。これを避けるため、充電容量と同程度の接地抵抗器を設ける方法をとり、100 A 接地とした。なお、6.6 kV 系統では同じ理由により、10 A 接地とした。

#### (2) 22 kV 配電系統の事故区間検出リレー

22 kV ケーブルで事故が発生した場合、事故区間の切り離しと復旧のために事故区間の検出を極力早く行う必要がある。事故区間の切り離しのため図 1 の単線接続図に示すように、各換気所にはケーブル開閉器を設け、任意の換気所でケーブルを断路できるようにした。次に、事故区間の検出のため、各換気所ではケーブルの電源端に、零相変流器 (ZCT) と地絡方向継電器 (67 LN) を設けている。ケーブルで事故が発生した場合、事故点より電源側の地絡方向継電器がすべて動作するので、事故区間の判定ができることになる。

なお、図 1 から明らかなように、西系統の 22 kV 線路は、受電しているときは西側（西変電所）からき電され、*D/G* で充電されているときは東側（東坑口換気所）からき電されるため、ケーブルの両端がそれぞれ電源端となり得るので、ZCT と地絡方向継電器もケーブルの両端に設置している。

### 2.3.2 系統の運用システム

系統の運用システムとして重要なのは下記の点である。

#### (1) 受電と *D/G* の インタロック

既に述べたように、受電しゃ断器は東・西変電所に設置され、*D/G* は東坑口に設置されている。恵那山トンネルでは受電と *D/G* は並列運転はしないことになっているので、両者の間には確実な インタロックをとり、絶対に両者が並列運転されることのないようにしなければならない。しかし、西変電所と東坑口換気所の間は 9 km 近い距離があり、インターロックをとられる機器が同一電気所内にある通常の電気設備の概念とはかけ離れている。この対策として、*D/G* で 22 kV ケーブルを充電する場合、受電の停電を東坑口換気所の 22 kV 線路の不足電圧継電器で検出する案、更に受電しゃ断器の開放を遠方制御装置によって確認する案などが考えられたが、いずれも安全確保の点では完全とは考えられなかった。結局、必要な機器の間にはインターロック用電線を布設するという、通常の インタロック の考え方を採用することにし、西変電所～東坑口換気所～東変電所間に インタロック 電線（多心ケーブル）を布設した。

例えば西系統の受電が停電したときは、西変電所の 77 kV の不足電圧継電器 (27 R) で検出して、その接点をインターロック電線を通して東坑口換気所の *D/G* 制御盤に送り、*D/G* を自動始動させる。*D/G* 始動後、これを西系の 22 kV 線路に接続するためにしゃ断器 (552 GE 1) を閉路するには西変電所の 22 kV しゃ断器 (152 S<sub>1</sub>) との間にインターロックをとり、152 S<sub>1</sub> が開路していることを条件とするようにインターロック電線を使用している。

なお、上記の 27 R 動作を *D/G* 制御盤に送るのは厳密にはインターロックではなく、信号伝送であり、インターロック以外の目的でも多心ケーブルが使用されていることが明らかであるが、簡単化のためこの多心ケーブルをインターロック電線と呼んでいる。なお制御電源区分のためと、次項に述べる換気所間の照明の一斉制御などのために各換気所に中継リレーを設けて、インターロック電線の信号を中継するようしている。

#### (2) 換気所間の照明の一斉制御

トンネル内照明は大きく見ると四つの換気所に対応して 4 分割され、それぞれの換気所の 460 V 幹線によってき電されている。各換気所には照明制御盤が設置されており、これによって、自己の換気所の照明段階の手動設定が可能であり、一方、遠方（飯田コントロールセンター）より設定することも可能になっている。通常の使用状態では遠方から設定することが原則である。遠方からの設定は遠方制御装置（《MELDAC》500）を通して、各換気所の照明制御盤に照明段階の出力を与えることになるが、遠方制御装置（以下遠制装置と呼ぶ）

の出力は 1 点ずつ各換気所に送られるため、トンネル内照度が換気所単位で順々に切換わる結果トンネル内の照度が不ぞろいとなり自動車走行にとって好ましくないと考えられる。この対策として、遠制装置からの照明段階制御出力は東坑口換気所で受信したのち、インターロック電線を通して他の換気所の照明制御盤に伝送するようにした。この結果、トンネル内照度は、換気所間インターロック電線の中継リレーの動作時間の遅れだけで、ほぼ同時に切換えられる。

### 3. 構成機器

ここでは東・西変電所と各換気所において用いられている主要機器説明を加える。東・西変電所、各換気所とも無人変電所であり、かつ、保守員の駐在している飯田コントロールセンタより相当離れた場所にあるため、高信頼度で保守の容易な機器を使用して構成している。

#### 3.1 東・西変電所

東・西変電所は屋外形式である。一例として東変電所を図 2. に掲げる。東・西変電所とも、将来トンネルがもう一つ増えた場合の主変圧器及び開閉装置の増設スペースを用意するとともに、増設作業が行いやすいような機器配置をしている。

##### 3.1.1 77 kV 開閉装置

###### (1) しゃ断器

6ふつ化硫黄 ( $SF_6$ ) ガスを消弧媒体とした、信頼度の高いいわゆるガスしゃ断器を採用した。定格電圧 84 kV、定格電流 600 A、定格しゃ断電流 20 kA (2,900 MVA) である。投入は圧縮空気によっている。

###### (2) 断路器

77 kV 引込回路の線路開閉器と、主変圧器 1 次しゃ断器の点検用断路器がある。前者には接地装置が付属しており線路を停止して変電所を点検するときの安全を確保できるようになっている。後者は将来主変圧器が増設された場合もしゃ断器の点検を安全に行うために設けられている。線路開閉器、断路器とも 3 極单投、水平 1 点切、手動操作式、インターロック装置付で、定格電圧 84 kV、定格電流 800 A、定格短時間電流 27 kA、2 秒である。

##### 3.1.2 主変圧器

三相、油入自冷式、内鉄形で耐熱処理絶縁紙を使用した CR-DR 形変圧器である。主要仕様項目は表 2. に示すとおりである。1 次側には DR 形負荷時タップ切換器 (LRT) が設けられており、タップは 1.1 kV 刻みで定格電圧より上に 7 タップ、下に 9 タップ設けられ、84.7 kV から 67.1 kV まで扱える。なお LRT で自動電圧調整させるために、電圧調整继電器を 3.1.4 項に述べる保護继電器盤に取付けている。また、負荷時タップ切換器の油劣化防止のため活線静油装置を付属させている。

##### 3.1.3 22 kV 開閉装置

前項の主変圧器によって 22 kV に降圧された電力を開閉する装置であり、全天候形屋外キュービクルを採用した。このキュービクルの計画・設計にあたっては、つぎの点を考慮した。

- (a) 保守塗装の簡略化のため、外被には耐候性鋼板 (コルテン鋼板) を使用した。
- (b) 東・西変電所付近は多雪地帯ではないが、最大 40~50 cm 程度の積雪が予想されるので、点検通路付きの構造とし、キュービクル内部及びキュービクル収納機器の保守・点検が、積雪時あるいは降雨時にも支障なく行える全天候形式とした。
- (c) 信頼度の向上と据付期間短縮のための全装可搬形式とした。
- (d) 真空しゃ断器を採用し、設備の小形軽量化と保守の簡略化

をはかるとともに、低騒音を実現した。

全天候形 22 kV キュービクルの主要仕様を表 2. に示し、現地における設置状況の例を図 3. に示す。なお、このキュービクルの真空しゃ断器の定格は、電圧 24 kV、電流 600 A、しゃ断電流 25 kA (1,000 MVA) である。

#### 3.1.4 現場操作盤及び保護继電器盤

以上述べた 77 kV 及び 22 kV 開閉装置を現地で監視操作するため現場操作盤を設け、またこれらの開閉装置により事故を除去するのに必要な保護继電器を取付けるために保護继電器盤を設けている。これらは、互いに前面・後面に配置され、いわゆる両面形配電盤を形成している。

変電所の監視・制御・保護には、このほかに制御用バッテリなどが必要であり、現場操作盤、保護继電器盤とともに全天候形ハウジング (MC シェルタ) に収納されている。MC シェルタの外被は 22 kV 全天候キュービクルと同様、耐候性鋼板 (コルテン鋼板) 製としている。このほ

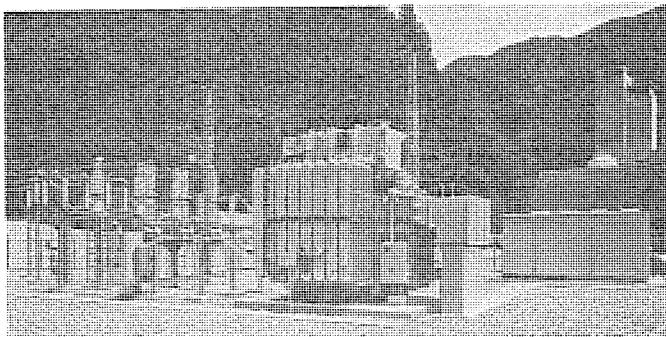


図 2. 東変電所

表 1. 主変圧器 (77/22 kV) 主要仕様項目

相 数		三 相
定 格 周 波 数		60 Hz
定 格 容 量		15,000 kVA (連続)
電 壓	高 壓	84.7~77.0~67.1 kV (17 タップ)
	低 壓	22 kV
結 線		入一入一△ (安定巻線)
絶 緣 階 級		70 号 (高圧), 20 号 (低圧)
漏 れ イ ソ ピ ー ダ ン ス		12 %
油 劣 化 防 止 方 式		窒素封入密封式

表 2. 全天候形 22 kV キュービクル の主要仕様項目

定 格 電 壓	23 kV
母 線 定 格 電 流	600 A
定 格 周 波 数	60 Hz
絶 緣 階 級	20 B 号
定 格 短 時 間 電 流	25 kA 1 秒
回 路 方 式	三 相 3 線式
隔壁及びしゃ断器の取扱い	JEM-1153 E 形

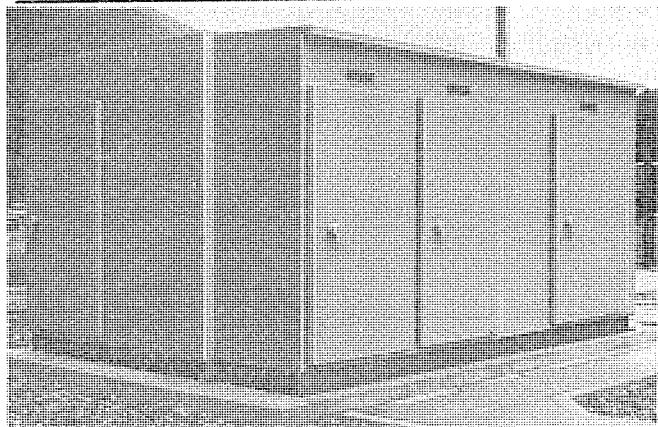


図 3. 変電所の 22 kV 全天候 キュービクル

か、保守・点検が積雪時あるいは降雨時にも支障なくできるよう全天候形式としている点も 22 kV 全天候 キュービクルと同じである。図 4. に一例を掲げる。

### 3.2 換気所

換気所はすべて屋内形式である。各換気所の電気設備の計画・設計にあたって、特に注意したのは下記の点である。

(a) 2.1.1 項で述べたように各換気所では東・西二つの 22 kV 回路から受電して変圧器によって低圧に変成し、換気・照明・防災などの各設備に電力を供給している。2 系統の電源はまったくの異電源であり、これらが誤って混触したり、あるいは東西系統を逆に使用したりしないような配慮が必要である。このため開閉

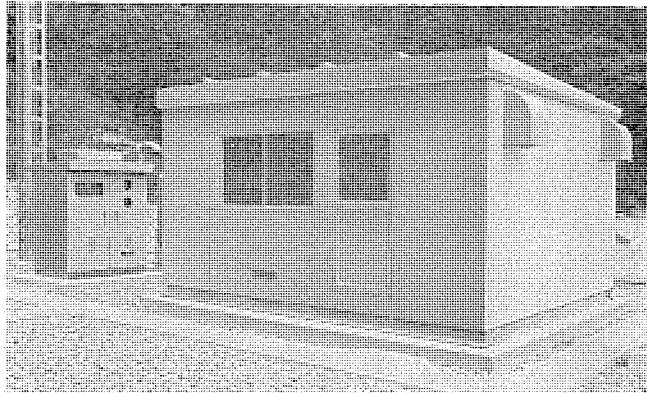


図 4. 変電所の現場操作盤及び保護継電器盤用 MC シェルタ

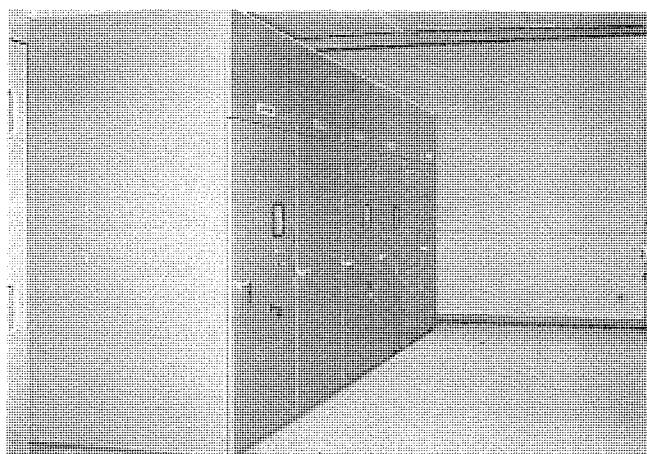


図 5. 換気所の 22 kV 屋内 キュービクル



図 6. 換気所の低圧 パワーセンタと補助継電器盤

装置、変圧器などを東系電源用と西系電源用に明確に分離配置し、かつ、開閉装置などの名称名板の地色を東系電源用を赤、西系電源を青として識別を確実にさせ、保守・点検の誤りを防止するようとした。

(b) 立坑地下及び斜坑地下換気所は名前のとおり地下に設備されていて電気室 スペースに制限があるため、極力小形の機器を使用した。

#### 3.2.1 22 kV 開閉装置

補助坑に布設された東・西 2 系統の 22 kV ケーブルより受電し変圧器に電力を供給するために設けられた開閉装置であり、屋内形とした。主な構成要素は、ケーブル 開閉器(断路器)、しゃ断及び計器用変成器(PT・CT・ZCT)である。この開閉装置の計画・設計にあたって考慮したのはつぎの事項である。

(a) 地下換気所に設置されるものがあるので、特に小形化した。

(b) このため、回転断路器付き真空しゃ断を使用し、JEM-11 53-F<sub>2</sub> 形の条件を満たしながら小形化するようにした。

(c) 単位盤ごとに完全工場組立式として信頼度の向上と据付期間の短縮をはかった。

(d) 更に、保護継電器の取付けられる構造とし、ほかに保護継電器盤を必要としないようにした。

このキュービクルの上記 (b) 以外の主要仕様は表 2. と同じである。なお、しゃ断器・断路器とも定格電圧は 24 kV、定格電流は 600 A、定格短時間電流は 25 kA、2 秒で、しゃ断器のしゃ断電流は 25 kA (1,000 MVA) である。現地における設置状況を図 5. に示す。

#### 3.2.2 特高 - 低圧変圧器

2.1.1 項に述べたように、この変圧器は換気所に 2 台ずつ設置され東・西両系の 22 kV 回路に接続され、換気設備のために 580 V、照明・防災設備のために 460 V を得ている。形式は三相、油入自冷式、内鉄形で耐熱処理絶縁紙を使用した CR 形である。油劣化防止方式は窒素封入密封式である。換気所に設置される変圧器は極力小形とする必要があり、3 卷線形を採用することを原則とした。しかし、斜坑地下換気所の変圧器の場合、中圧と低圧の容量比が 3 と大きく、3 卷線形ではかえって大きくなるため、2 卷線変圧器 2 台を一つの容器に収納する形式とした。

変圧器の 1 次結線が西坑口と東坑口の換気所では△、立坑地下と斜坑地下の換気所では△となっているのは、換気設備用 サイリスタモータから発生する高調波を互いに消去させ、電源電圧のひずみを極力少なくさせるためである。理論的には、 $6(2n) \pm 1$  調波 ( $n=1, 2, \dots$ ) が消滅し、 $6(2n-1) \pm 1$  調波 ( $n=1, 2, \dots$ ) が残ることになる。

#### 3.2.3 低圧開閉装置

低圧 パワーセンタと低圧 コントロールセンタに分けられる。

##### (1) 低圧 パワーセンタ

600 V DB 形気中しゃ断器を収納した JEM-1153-E 形の低圧 キュービクルで、換気設備の電源回路の開閉を行う。上に述べた変圧器の中圧回路と低圧 バスダクトで接続される。一例を図 6. に示す。

##### (2) コントロールセンタ

既に述べたように、照明設備、防災設備及び低圧動力などの 460 V の電源の開閉装置である。電源用気中しゃ断器盤、E 形 モータコントロールセンタ、変圧器盤及び自動調光装置からなっている。なお自動調光装置は東坑口及び西坑口換気所にだけ設けられている。各換気所におけるコントロールセンタの構成の概要を表 3. に、また現地における設置状況の例を図 7. に示す。

表 3. 各換気所におけるコントロールセンタの構成の概要

換気所 電源系統 回路区分	西坑口換気所		立坑地下換気所		斜坑地下換気所		東坑口換気所	
	東系	西系	東系	西系	東系	西系	東系	西系
3φ 460V	○	○	○	○	○	○	○	○
3φ 210V	○	—	○	—	—	○	—	○
1φ 3W 210-105V	○	—	○	—	—	○	—	○
460/210-105V 変圧器	3φ 150 kVA	—	3φ 100 kVA	—	—	3φ 100 kVA	—	3φ 100 kVA
CVCF	3φ 460V	—	○	—	○	○	—	○
2次	3φ 105V	—	○	—	○	○	—	○
自動調光器	—	○	—	—	—	—	○	—

注 1) ○印は該当回路区分の盤が設備されていることを示し、—印は設備されていないことを示す。

2) 3φ 460V 回路は ACB 盤、変圧器回路は変圧器盤、他は E 形 (E-23 BD-BB) モータコントロールセンタである。

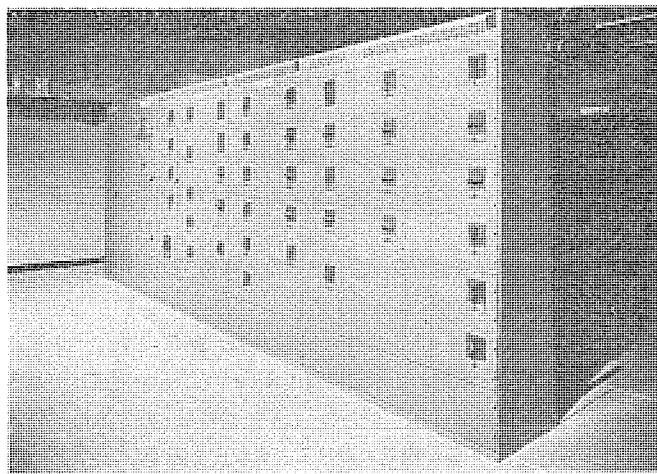


図 7. 換気所のコントロールセンタ

このコントロールセンタの計画・設計では次の点に留意した。

- (a) 他のフィーダが運転中でも任意のユニットの保守・点検が安全にできること。
- (b) トラブルの原因となりやすい接続点を極力少なくし、かつ接続点の信頼性を高めた構造であること。
- (c) 両面形の採用などによって、据付面積を最小にする。
- (d) 地絡しや断装置 (ZCT, 漏電リレーなど) をフィーダごとに容易に組み込むことができる。
- (e) 納入後の回路の追加、変更に対応できる構造であること。

なお、地絡しや断装置として、E 形コントロールセンタのユニットごとに、NVZB 形漏電リレーを内蔵させ、フィーダに地絡を生じた場合、0.1 秒以内にフィーダのノーヒューズしや断器又はコンタクタで自動しや断するようにした。また漏電リレーの感度設定の根拠を確実にするため、既設の都夫良野トンネルの電気設備において回路の漏えい (渓) 電流、特に長大フィーダにおける 1 線地絡時の健全相の漏えい電流などを測定した。その結果、漏電リレー感度は 500 mA と 1,000 mA の 2 段切換形とし、500 mA に設定することに決定した。

#### 3.2.4 補助繼電器盤

換気所の開閉装置と遠制装置の子局のインターフェース用の受配電補助繼電器盤と、コントロールセンタの照明回路用フィーダと遠制装置の子局とのインターフェース用の照明用補助繼電器盤がある。前者は遠制装置からの制御信号を開閉装置に与えるとともに、開閉装置の開閉状態あるいは故障情報を遠制装置に伝送するためのものであり、後者は照明制御信号を受信してコントロールセンタの照明回路のコンタクタの開閉信号に分解して、各コンタクタに与えるとともに、コンタクタの開閉状態から照明段階を判定して遠制装置に伝送するためのものである。補助繼電器はテレホン繼電器を使用し、高信頼度を実現している。現地

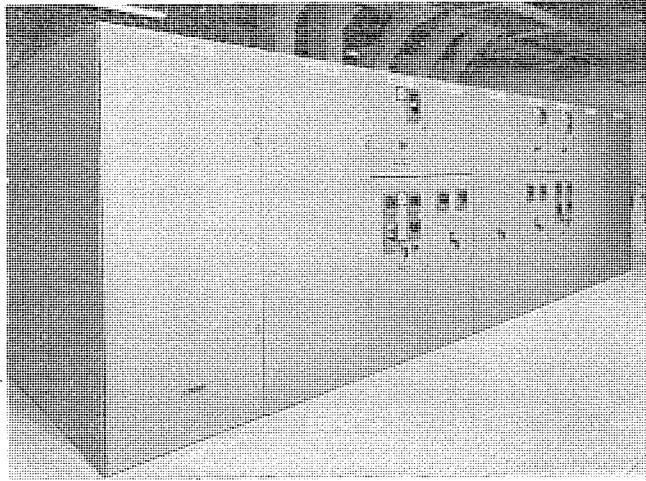


図 8. 6.6 kV 閉鎖配電盤 (東坑口換気所)

における設置の例を図 6. に示す。

#### 3.2.5 特高 - 高圧変圧器 (東坑口換気所)

網掛トンネル向け 6.6 kV 配電のために 22 kV を 6.6 kV に降圧すること、D/G 電圧 6.6 kV を 22 kV に昇圧して恵那山トンネルに供給することを目的とした連絡変圧器である。形式は 3.2.2 項の変圧器と同じ CR 形である。

容量の決定にあたっては網掛トンネルの負荷容量と、D/G 容量を検討し、前者が後者より大きいのでこれに合わせて 4,000 kVA とした。

#### 3.2.6 6.6 kV 開閉装置 (東坑口換気所)

網掛トンネル向け 6.6 kV 配電回路の開閉装置と、2.1.2 項に記した D/G 用の開閉装置がある。いずれも真空しや断器を主体とした FX 形メタクラで、JEM-1153-F<sub>2</sub> 形である。真空しや断器の定格電圧は 7.2 kV、定格電流は 600 A、定格しや断電流は 12.5 kA (160 MVA) である。22 kV キューピクルの場合と同様に、真空しや断器の採用によって据付面積の縮小、信頼度の向上、保守の簡単化、騒音の低下などの利点が得られた。現地の設置状況を図 8. に示す。

## 4. むすび

以上、恵那山トンネルの受配電設備の概要を説明したが、今後造られる長大トンネルの受配電設備の一つの指標になり得るものであると自負している。恵那山トンネルの各種の施設がこの受配電設備から安定した電力を供給されて順調に動作し自動車が快適、安全かつ円滑にトンネルを走行するに役立つことを念願するものである。

最後にこの受配電設備の実現にご理解を示された中部電力(株)名古屋通産局の各位に深謝する。また、この設備の計画・設計施工において協力願った日本道路公団並びに三菱電機(株)の関係者各位に謝意を表する。

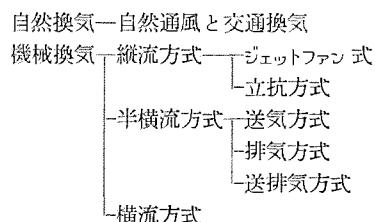
# 高速道路トンネル換気設備用電動機と制御方式

植木源治\*・栗田静夫\*\*・片岡正博\*\*・中堀一郎\*\*\*・小林憲明+

## 1. まえがき

高速道路トンネルが長大化するに従い、トンネル内換気が必要となってくることは言うまでもない。それは自動車の排気ガスの中の、一酸化炭素(CO)とばい(煤)煙(VI)を対象として、その許容限界濃度を100~150 ppm、限界透視率を40%となるようにトンネル内環境を保つためである。

換気方式は大きく分けると



などがある。各方式の比較を表1に示す。

日本道路公団・中央道恵那山トンネル及び、網掛トンネルは、当然、機械換気となり、前者は横流式を、後者は半横流式を採用した。しかし換気プロ用電動機については、道路トンネルの特殊性と、要求条件を満足させるため今回初めてCS形サイリスタモータの採用に踏み切った。その台数と容量は図1に示す。ここではサイリスタモータ及び、シミュレーションにより確立された換気制御方式について紹介する。

表1. 各種換気方式の比較

項目	縦流式		横流式	半横流式		
	ジェットファン方式	立坑式		送気形	排気形	送排気形
トンネル車道内最大風速	8 m/s		影響なし	8 m/s		
換気可能トンネル延長	1,000 m程度	1立坑につき1,000 m程度	空気取入口があれば延長による制限なし	1,000~3,000 m程度		
トンネル断面の大小	ダクトを要しない		送排両ダクトを要するので断面大	送排どちらかのダクトを要するので横流式の中間の断面を有する		
交通に対する適応性	一方交通トンネルに最適	対面交通トンネルに最適	交通方向影響なし	交通方向影響なし	一方交通トンネルに最適	
火災に対する適応性	防災(排煙)設備に一考を要する	防災(排煙)設備はやや考慮を要する	防災(排煙)設備はやや考慮を要する			
換気機容量の順位	1	2	6	3	5	4
換気上の適応性の順位	6	5	1	2	4	3
換気の信頼性の順位	5	5	1	2	4	3
火災時の対応性	6	5	1	4	2	3
工費の総合順位	1	3	4	2	2	2

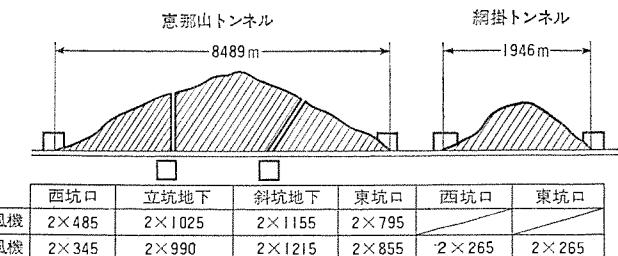


図1. CS形サイリスタモータ配置図 (単位 kW)

## 2. 恵那山トンネルの換気設備用電動機

### 2.1 サイリスタモータの採用

トンネル換気プロ用電動機としては、従来はかご形誘導電動機が多く採用され、台数制御あるいは極数変換による段階的換気風量制御が行われるのが普通であった。かご形誘導電動機の台数制御あるいは極数変換は、いずれも電動機本体は堅ろう(牢)で制御回路方式・保守が簡単で、設備費用も比較的安価ということが主な採用の理由であろう。しかし従来方式では、長大化する高速道路トンネルとして要求されるいろいろな条件をもはや満足できなくなってきており、新しい電動機が要求されるようになった。

この要求を満足するものとして、日本道路公団中央自動車道路恵那山トンネル換気プロ用電動機に、世界で初めて当社CS形サイリスタモータ(交流無整流子電動機)が採用された。これは画期的なことであり、今後の長大トンネル換気計画への指針を与えたといい得る。

### 2.2 長大トンネル換気プロ用電動機の具備条件

自動車用トンネルの長大化、トンネル運用の効率化・省力化の傾向から換気プロ用電動機に要求される具体的性能は次のとく整理することができる。

#### (1) 保守点検

換気所は数箇所に離れてあり無人制御であるため、保守点検が容易でなければならない。したがって電動機はブラシレスであること、制御装置も無接点であることが望ましい。

#### (2) 電源設備容量

トンネルは送配電系統が長くなるため、電動機としては特に始動電流をいかに押さえるかが電源設備容量をいかに縮減できるかの重要な条件となる。トンネル設備負荷のほとんどが換気用動力である以上、始動電流を定格電流以下におさえ、運転時の力率も極力高くすることは電源設備容量を減らすための唯一の方法である。

#### (3) 運用効率

一酸化炭素量、煙霧透過率、自動車台数、車種、渋滞度など多くの情報からコンピュータが決定する換気風量に対応すべく、電動機としては速度制御範囲が広くかつ円滑・連続的に速度制御できることが望ましい。しかも全速度制御範囲にわたって高効率であることが必要であり、計算機による風量制御とあいまってトンネル運用のための使用電力量を必要最小限に抑えるべく、運転できるものでなければ

表 2. CS 形 サイリスタモータと極数変換方式の比較

比較内容	CS形サイリスタモータ	極数変換方式	備考
1 制御性	無段階連続風量制御	段階制御	最適風量制御
2 無接点制御	無接点始動・变速・逆転	開閉器による有接点	開閉器の保守
3 制動・逆転	回生制動可能 無接点逆転可能	誘導発電制動は高速域のみ、一斉制動不可	非常時の対策
4 始動電流	定格電流以下	通常減圧始動、定格電流の3~4倍	電源容量の低減
5 一斉始動	全台数一斉始動可能	一斉始動不可、順序始動	電源容量
6 始動時間	調整自由	調整不可	ダンバ特性
7 始動ひん度	制限なし	温度上界による制限	
8 速度制御範囲	全域制御可能	2~3段变速	風量制御範囲
9 単独効率	極数変換よりやや悪い	良 好	
10 運用効率	最適制御可能で良い	所要風量以上の領域あり	運用電力量
11 力率	約70%	80~90%	進相コンデンサ
12 保守点検	ブラシレス	ブラシレス	省力、無人制御
13 空調設備	必要の場合あり	制御装置としては不要	地下換気所
14 高調波対策	6n±1次対策	不要	共振、誘導障害
15 軸系共振	要検討	問題なし	駆動トルク
16 モータ電圧	通常低圧	通常高圧	ケーブル

ならない。

#### (4) 制御性と信頼性

全台数一斉始動、高ひん度始動停止及び高ひん度变速が可能であること、また、トンネル内火災などの非常時には急速制動から逆転が可能などなどすべて無条件に、かつ無接点で高信頼度な制御ができることが望ましい。

表2. は極数変換方式とCS形サイリスタモータのトンネル換気ブロウ用として使用した場合の比較表である。

#### 2.3 CS形サイリスタモータ動作原理

CS形サイリスタモータの駆動方式には、直流式（インバータ式）と交流式（サイクロコンバータ式）の2方式があり、既にいずれも実用に供されている。

このプラントでは、電動機の速度が低く、したがって電動機の誘起電圧も低く負荷転流ができない低速域でも、電源電圧による電源転流が行われ、安定な運転が可能な交流式（サイクロコンバータ式）を採用している。

主要機器は、図2.に示すようにサイクロコンバータ（C/C）、電動機（SM）、分配器（DS）及び指速発電機（PG）から構成されている。

電動機本体は、同期電動機であるため界磁に直流励磁を与え、電機子巻線に三相交流電圧を供給すれば、電機子巻線に流れる電流によって電機子に回転磁界を生じ、これと界磁との間に作用する電磁力によって電動機はトルクを発生して回転する。

図3.は、CS形サイリスタモータの主回路構成図で、3個のサイリスタにより構成されたサイリスタスイッチが、電動機の電機子巻線U、V、Wにそれぞれ2組（順方向、逆方向用）ずつ接続されている。これらのサイリスタスイッチを順次切換えていくと図4.に示すように六つの動作モードができる。各モードの回路は、図5.に示すような三相全波整流回路となるため、結局、電機子巻線には直流台形波電圧が加えられることになる（図6.参照）。そして、このサイリスタの位相制御（α制御）を行うことによって直流電圧の大きさを任意に制御する

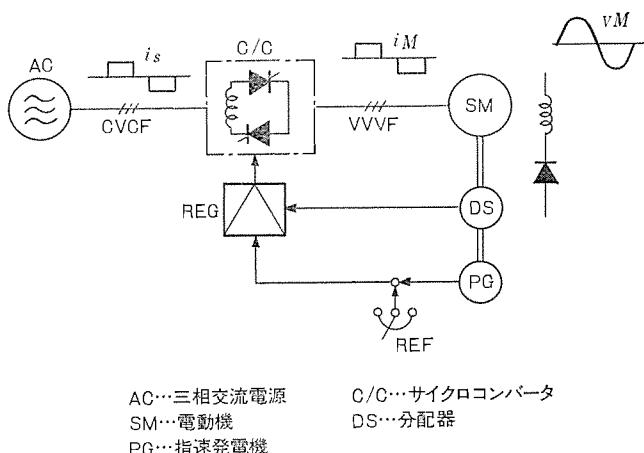


図2. CS形サイリスタモータ主要機器構成図

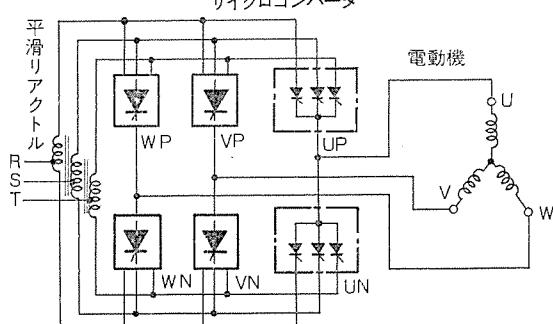


図3. CS形サイリスタモータの主回路

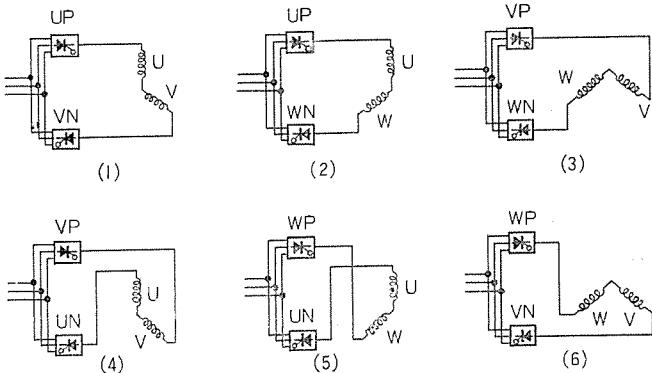


図4. 6動作モード

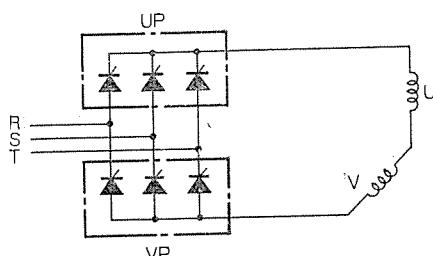


図5. 三相全波整流回路

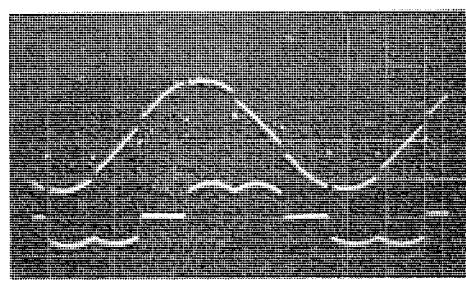
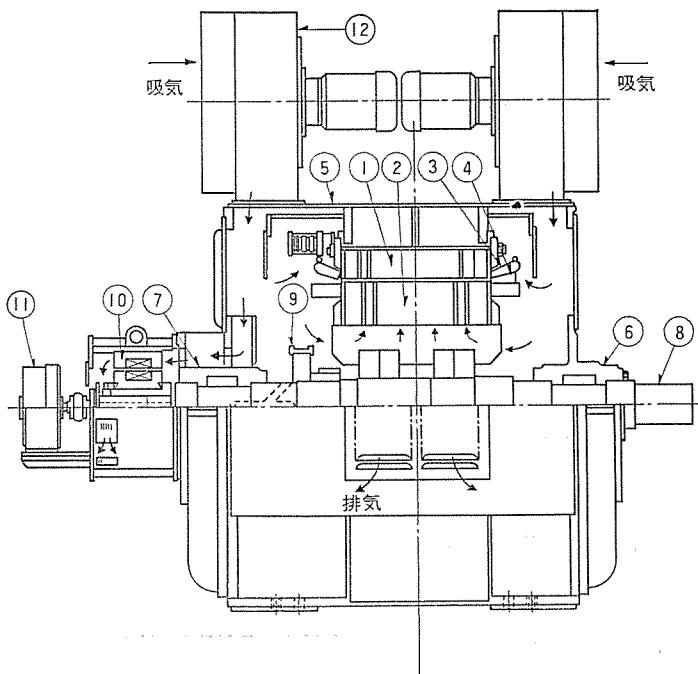


図6. CS形サイリスタモータの電圧・電流波形



品番	品名
1	固定子鉄心
2	回転子鉄心
3	固定子コイル
4	回転子コイル
5	フレーム
6	プラケット(負荷側)

品番	品名
7	プラケット(反負荷側)
8	軸
9	回転整流器
10	回転励磁機
11	分配器及び指速発電機
12	他カファン

図 7. 恵那山トンネル用 CS形サイリスタモータ構造図

ことができる。

一方、電動機軸に直結された分配器からは、電動機の速度に比例し、しかも電動機の誘起電圧と一定の位相関係(位相差  $\gamma_0$ )を持ったサイリスタ点弧信号が発生される。この分配器信号によりサイリスタスイッチが順次切換えられ、電動機に三相の交流電流が流れることになる。電動機の回転数が変化すれば、分配器信号の周波数もそれに比例して変化し、電動機の回転数と周波数の比は常に一定となる。このように、サイクロコンバータから電動機に供給される電源は可変電圧可変周波数電源となるため、電動機はあらゆる回転数で効率の良い運転が可能となる。

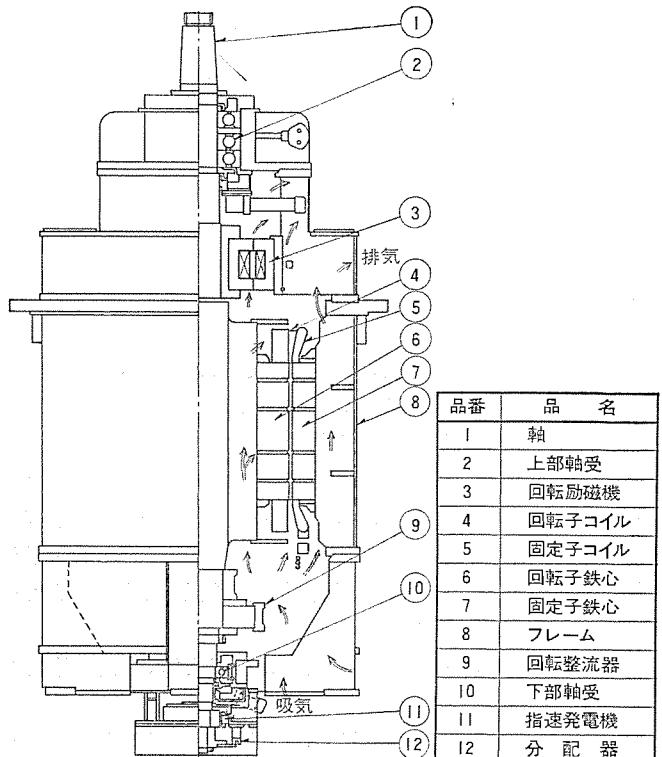
## 2.4 電動機の構造

電動機(CS形サイリスタモータ)の構造は、最も特徴のある回転子構造により次のような分類ができる。

- (1) インダクタ形
- (2) ランデル形
- (3) インダクタ・ランデル形
- (4) 円筒形
- (5) 突極形

これらいずれの構造のものについても、当社は既に多数を製作納入した実績をもっているが、このプラントでは、比較的容量が大きいこと、高運転効率が要求されることなどの点を考慮して円筒形回転子構造を採用した。更にこの電動機は、坑口だけでなくトンネル内の地下換気所内にも設置され中央制御室からの遠隔操作による無人運転が行われるため完全なブラシレス構造を採用し、メンテナンスフリー化を実現している。

図 7. 及び図 8. は恵那山及び網掛トンネル用 CS形サイリスタモータの構造を示したもので、前者は送風機と電動機が独立に設置された電



品番	品名
1	軸
2	上部軸受
3	回転励磁機
4	回転子コイル
5	固定子コイル
6	回転子鉄心
7	固定子鉄心
8	フレーム
9	回転整流器
10	下部軸受
11	指速発電機
12	分配器

図 8. 網掛トンネル用 CS形サイリスタモータ構造図

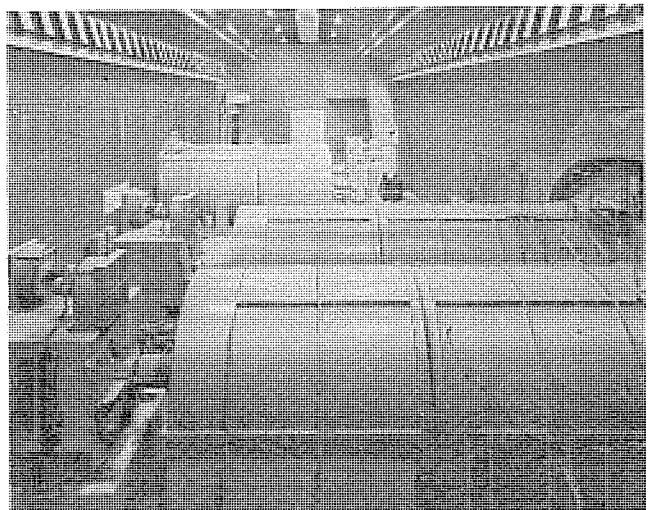


図 9. 恵那山トンネル用 CS形サイリスタモータの外観

動機外装形(図 9. にその外観を示す)で、後者は送風機のケーシング内に電動機が設置された電動機内装形である。いずれの電動機も、完全なブラシレス化を実現するため交流励磁機と回転整流器を備えている。交流励磁機としては、任意の回転数で一定の出力電圧が得られるよう特に工夫された回転変圧器方式を採用している。

分配器は、回転子軸に直結された電動機の極数に等しい数のおうとつ(凹凸)のある検出板と 3 個の近接スイッチから構成されている。分配器の機能は前述のように電動機の各相に電気角で  $120^\circ$  の間電流を流すことである(図 6. 電流波形参照)。近接スイッチとしては、モールドされた発振停止式のものを用いて完全非接触構造としている。

電動機の設計にあたっては、次の点に特別な配慮をはらい、デジタル電子計算機及び プラモデルによるシミュレーションを行い実機に対する理論的裏付けを行った。

- (1) 高速域でも安定な負荷転流能力を持つような最適な機械常数の選定

- (2) 送風機を含めた機械的剛性
- (3) 高調波電流に起因する脈動トルクによる軸系のねじり共振の回避
- (4) トンネル内火災時における電動機の保護
- (5) 各電動機間の部品の共通化による信頼性の向上

## 2.5 制御装置

CS形サイリスタモータの周波数変換装置はサイクロコンバータを使用しており、その回路は図3のようなく18コのサイリスタ素子により基本回路が構成されている。

サイリスタ素子は信頼性の高い平形素子を使用しており、容量によって並列枚数は1~4枚としている。電源電圧は580Vに統一しているが、これは容量的に見て最も合理的な電圧である。

サイクロコンバータの制御回路は極力無接点化されており、制御回路の心臓部はすべてプリント化によって信頼性を高め、万一の故障時における復旧時間をできるだけ短くするために、予備のカードが各換気所ごとに準備されている。更に重要な回路は2重系とするなど十分な信頼性対策が施されている。

これらの回路は、サイクロコンバータ盤内に組み込まれて各換気所の電気室に設置されている。

風量制御は速度制御により行うが、風量制御は遠方制御装置を介したコンピュータ制御とCO計及びVI計の出力により自動制御を行う現場自動制御があり、いずれかに切換えて制御できるようになっている。遠方制御は4~20mAの電流信号により速度制御、始動停止が行われるようになっており、停止時もサイリスタを無接点スイッチとして使用することにより、主回路の開閉器の高ひん度開閉を避けている。

始動時は電流リミッタにより始動電流を定格値以下におさえる。また始動時に機械系に与えるショックを抑制するために、図10に示すような速度と発生トルクのパターンとしている。始動時のオシログラ

ムの一例を図11に示す。

火災などの非常時には、送風機側は回生制動により急速減速が可能にしており、網掛トンネルの場合は回生制動により停止後逆転が行えるようになっている。

CS形サイリスタモータの電源電流は、電気角120°の方形波（実際には転流重なり角のため台形波に近い波形となるが）となり、これに含まれる高調波電流成分は、電動機の負荷に比例して増減する。CS形サイリスタモータより発生する高調波電流の次数は(6n±1)次が主体であり、通信線への誘導障害、コンデンサへの流入、他の電機機器の加熱、系統との共振による異常電圧の発生、照明機器への影響が考えられる。この面から恵那山トンネルプラントの特徴をあげれば下記のとおりである。

- (1) 使用電力の大部分を換気プロセ用サイリスタモータが使用するので、電動機容量に比べて電源設備容量は、一般的のプラントの場合より

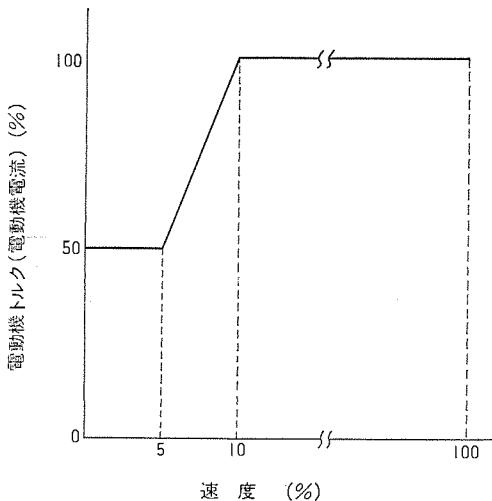


図10. 速度-トルクパターン

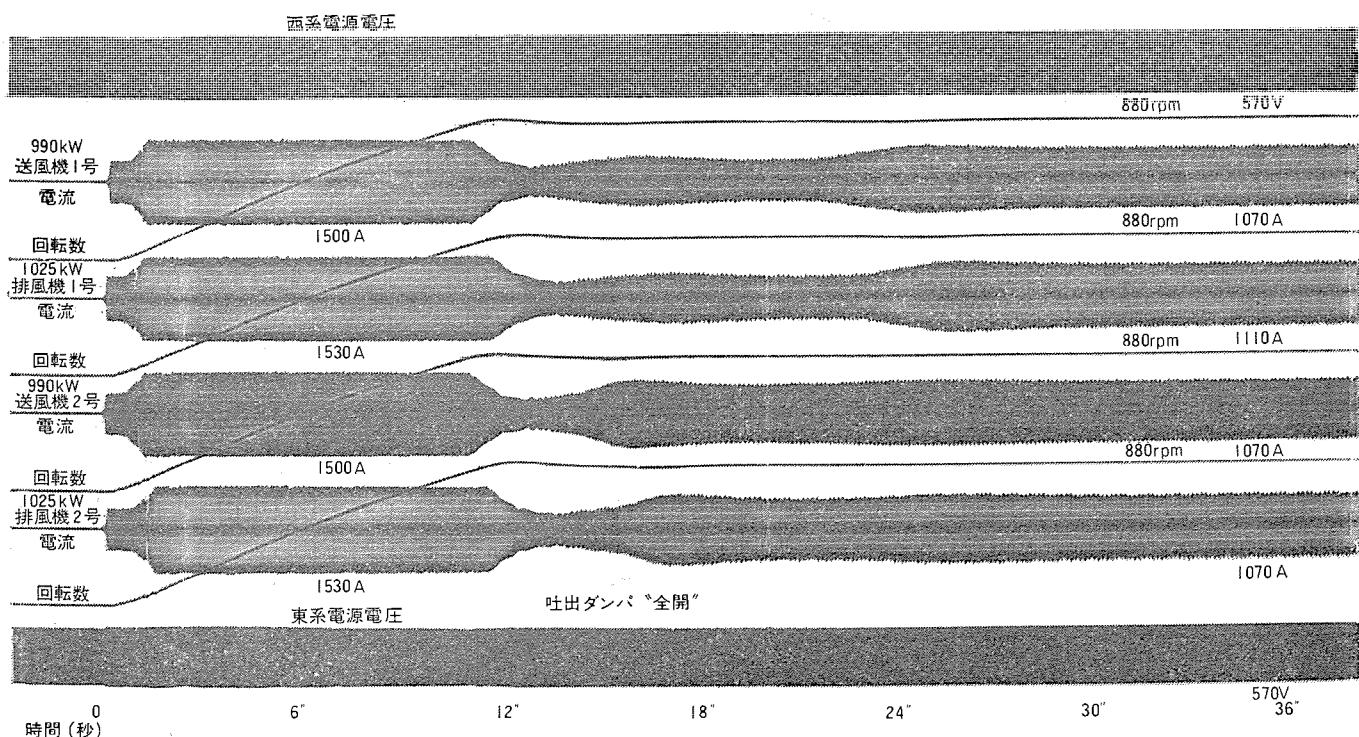


図11. 恵那山トンネル立坑地下換気所送・排風機始動オシログラム (4台一括運転 0→100%)

小さく、高調波電流の電源系統へ及ぼす影響は大きい。

- (2) 送配電系統が長距離にわたるため、ケーブルの静電容量が増加することと、通常力率改善のため進相コンデンサを使用するため、系統の共振周波数が低次になる傾向がある。
- (3) 遠方制御信号、移動無線、非常電話、ITV 等の配線がトンネル内を電力ケーブルと比較的近い所を長距離にわたって並行敷設されるため、誘導障害を起こしやすい条件になる。
- (4) トンネル照明用ナトリウム灯への影響が考えられる。

恵那山トンネルの場合、高調波分布のシミュレーションの結果によれば、系統全域にわたって、第19次調波での並列共振現象が見られ、第19次近辺で系統の電圧が異常に高くなる。これに対し各換気所の変圧器の結線を  $\Delta-\Delta$  と  $\Delta-\Delta$  を交互におき、整流相数を組合せ12相とし、 $(6n \pm 1)$  次のうちで  $(12n \pm 1)$  次以外の調波を電源側で極力消すようにした。更に共振を抑制するために、11次調波以上に効果のあるハイパスフィルタを進相コンデンサと並列に設置した。実測の結果これらの処置は、十分にその効果を発揮していることが確認できた。誘導障害については、動力線と通信線の配線経路をあらかじめ調査し、各線の誘導電圧を計算して、問題ないような対策をほどこした。ナトリウム灯は高力率進相形を使用することにより、高調波の影響をさけている。

### 3. 恵那山トンネルの換気制御

#### 3.1 換気制御方式

無段変速が可能であり、速度変動に制約のないサイリスタモータ<sup>(1)</sup>を用いた長大トンネルの新しい換気制御方式を提案する。この方式によれば、従来のせいぜい数段しか変速できない誘導電動機を用いた方式に比べて、交通量に対する応答性をはるかに改善させ、しかも経済性を向上させることができる。ここでは横流式に関する手法について述べることとする。

##### 3.1.1 トンネル換気モデルの定式化

一般に横流換気方式<sup>(3)(4)</sup>では、トンネルの縦方向の空気の流れは無視してよく、一換気区間の汚染濃度は一様である。そこで換気モデルは、図12のように模式的に表され、その変数は次のように定められる。

$X_K$  : 時刻  $KT$  における汚染物質濃度

$U_K$  : 時刻  $KT \sim (K+1)T$  における単位体積あたりの換気風量

$C_K$  : 時刻  $KT \sim (K+1)T$  における単位体積あたりの発生汚染量

$T$  : 換気周期

これらの変数を用い、物質平衡の関係式より、横流方式の離散形換気モデルとして、次式が導かれる。

$$X_{K+1} = e^{-U_K} \cdot X_K + (1 - e^{-U_K}) \cdot C_K / U_K \quad (1)$$

##### 3.1.2 最適レギュレータ制御方式<sup>(2)</sup>

交通量の時間変化特性は、週日・祭日に応じていくつかの特有なパターンに分類される。したがって1時間交通量及びそれに基づく発生汚染量は、あらかじめかなりの精度で得ることができる。この汚染量を基準汚染量  $C^*$  とし、これに対して基準汚染濃度  $X^*$  を保持するための基準換気量を  $U^*$  とする。

ここで現実の汚染濃度  $X_K$ 、発生汚染量  $C_K$  及び換気風量  $U_K$  と、これらとの基準値との変分をあらためて、次式のように定める。

$$\begin{aligned} \Delta X_K &= (X_K - X^*) / X^*, \quad \Delta C_K = (C_K - C^*) / C^*, \\ \Delta U_K &= (U_K - U^*) / U^* \end{aligned} \quad (2)$$

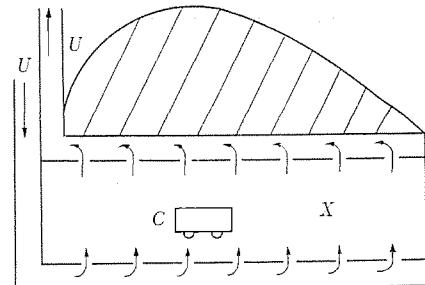


図 12. 横流換気方式の換気モデル

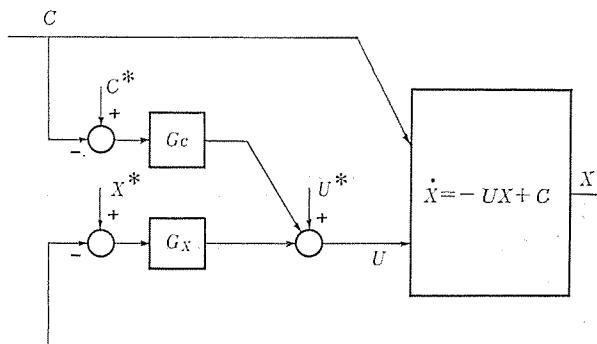


図 13. 提案する換気方式のブロック図

評価関数を汚染濃度及び換気風量の基準値からの偏差の総和として、次式で表す。

$$J = F_x \cdot \Delta X_K^2 + \sum_{K=1}^{N-1} (F_x \cdot \Delta X_K^2 + F_U \cdot \Delta U_K^2) \quad (3)$$

ただし、 $F_x$ 、 $F_U$  は、それぞれ汚染濃度、換気風量に対する重みである。式(3)の評価関数  $J$  を最小にする最適換気風量変分  $\Delta U_K^*$  は、線形レギュレータ理論<sup>(5)</sup>より、汚染濃度変分  $\Delta X_K$  及び発生汚染量  $\Delta C_K$  の和の形として次式で与えられる。

$$\Delta U_K^* = G_{x,K} \cdot \Delta X_K + G_{c,K} \cdot \Delta C_K \quad (4)$$

ここで、 $G_{x,K}$ 、 $G_{c,K}$  は次式のごとく与えられる。

$$\left. \begin{aligned} G_{x,K} &\approx e^{-U^*} \cdot (1 - e^{-U^*}) / \{ (1 - e^{-U^*})^2 + F_U / F_x \} \\ G_{c,K} &\approx (1 - e^{-U^*})^2 / \{ (1 - e^{-U^*})^2 + F_U / F_x \} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

このシステムのブロック図を図13に示す。

##### 3.1.3 発生汚染量の予測法

自動車排ガス中には、CO、ばい煙、NOx、SO<sub>2</sub>等の有害物質が含まれる<sup>(6)</sup>。このうちトンネルでは主としてCO、ばい煙が問題となる。その発生量は、交通量  $q$  から次式のように表される。

$$\left. \begin{aligned} C^{(CO)} &= a_h^{(CO)} \cdot a_g^{(CO)} \cdot e^{(CO)} \cdot L \cdot q \cdot (1 - \beta) \\ C^{(S)} &= a_h^{(S)} \cdot a_g^{(S)} \cdot e^{(S)} \cdot L \cdot q \cdot \beta \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

ただし、添字 CO、S はそれぞれ、CO 量、ばい煙量に係わることを表し、 $a_h$  : 標高補正係数、 $a_g$  : こう(勾)配補正係数、 $e$  : 単位長あたりの平均汚染発生量、 $L$  : 換気区間長、 $\beta$  : ディーゼル混入率である。

式(6)で明らかなように、発生汚染量の予測は交通量の予測に帰着される。この予測交通量として旅行時間を考慮した上で、トンネル上流地点での交通量を用いることができる。実測によれば、12.6 km 離れた地点で、旅行時間が 9~10 分となり、その予測誤差は 10~20% 程度である。

##### 3.1.4 シミュレーションによる検討

この方式の交通量の変動に対する応答性を調べるために、恵那山トンネルの一換気区間を例として、シミュレーションを行った。ここで用いたシミュレータは、0.2 秒単位で追従モデル<sup>(7)</sup>を動かす交通シミュレータと、10 秒単位で、前述の換気モデルを動かす換気シミュレータの二つで構

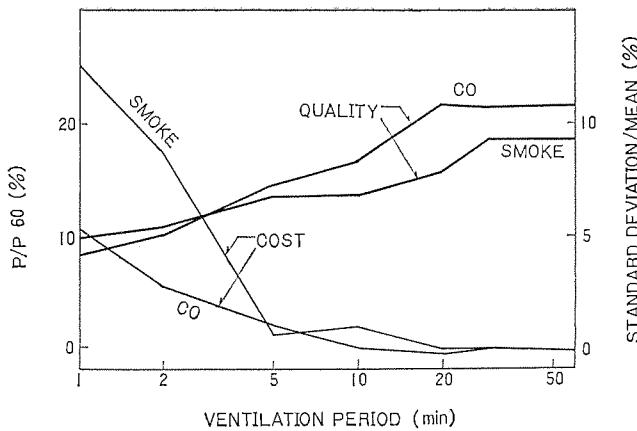


図 14. 換気周期 - 換気効果 - 使用電力量の関連

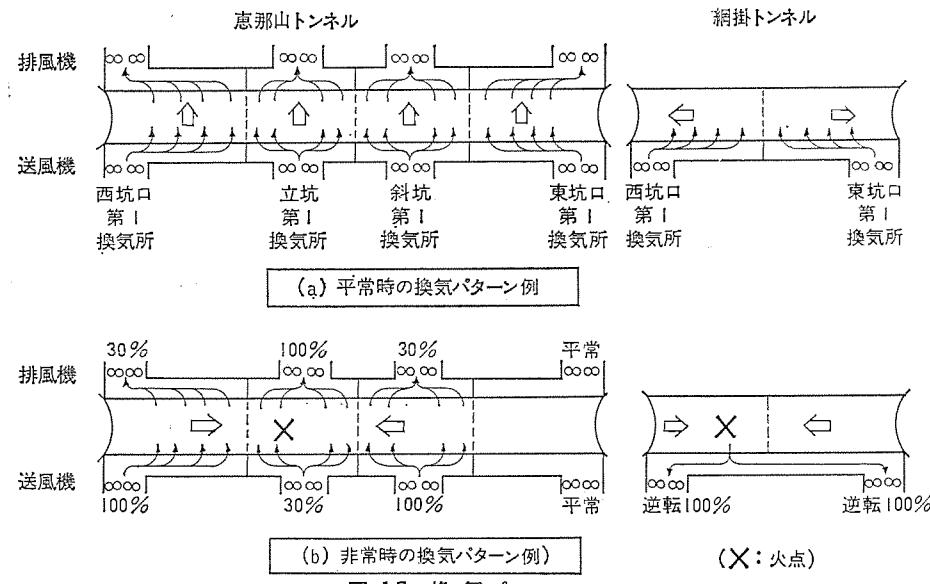


図 15. 換気パターン

成されている。交通シミュレータで発生した交通パターンに対して、CO濃度一定制御及び煙霧透過率一定制御を行った。いくつかの換気周期に対して、トンネル空気の質と電力消費量を検討した結果を図14.に示す。換気周期が短いほど、空気の質はよくなるが、電力消費量のほうは増大する傾向にあることを確認した。

### 3.2 制御用計算機による処理方法

恵那山トンネルの運転管理はすべて飯田中央制御所にて行う。その管理機能の中枢として、制御用計算機《MELCOM》350-30FⅡがあり、換気の制御もすべて処理し実行される。

#### 3.2.1 平常時の換気制御モード（図15.参照）

平常時の換気制御モードは、現場自動、中央手動、中央自動の3モードがある。これらは坑内にある一酸化炭素濃度計（11台）、煙霧透過率計（9台）や坑外の車両検出器よりの各種データにより制御を行う。

現場自動モード：一酸化炭素濃度と煙霧透過率のフィードバック方式の現場自動制御機器による制御モードである。

中央手動モード：飯田管理センタの設備用操作卓のスイッチ操作で行う制御モードである。スイッチ操作は、換気所選択、モード選択、送排

風機パターン選択、風量選択、指令の5段階となっていて、これらの組合せで種々の運転パターンを選択することができる。

中央自動モード：計算機による遠方自動制御モードである。計算機は、交通情報から換気区間への流入交通量を予測し、発生汚染量を計算する。また、坑内の一酸化炭素濃度値、煙霧透過率値から現在汚染量を推定計算する。この値をもとに換気量を決定し、各送排風機の回転率を設定出力する。

オペレータは設備用操作卓のモード選択スイッチにより適当なモードを指令する。

#### 3.2.2 非常時の換気制御モード（図15.参照）

火災時と、一酸化炭素濃度過大時には、特殊なモードとなる。

火災モード：恵那山トンネルの場合は、火災発生をオペレータが確認すると、一斉に全換気ブロック送排風機は全速運転に移る。

一方、網掛トンネルの場合は、火災信号により送風機は自動的に逆転して排風機となる。同時に坑内天井の送排気口が火点付近の一方所を除いて閉じられ、排煙の効率をあげるようになっている。

一酸化炭素モード：一酸化炭素濃度が所定の上限値を越えた場合、100%運転となる。

## 4. むすび

恵那山トンネルは昭和50年8月23日に開通し、それ以来予想外の交通量に対しても換気用電動機及び制御システムは順調な運転を続けている。しかし恵那山トンネルを含めた中央道の交通流パターンの実測・学習を今後積重ね、換気プログラムのパラメータの修正・決定を繰り返しながら、換気システムの完成を目指すことが残された課題である。この文を草するに当たって助言・協力をいただいた日本道路公団とその他関係各位に深く謝意を表する次第である。

## 参考文献

- (1) 渡辺、草野：高速道路における電気設備、電気学会誌、94, No. 4 (昭49)
- (2) 前田、中堀：トンネル内換気制御方式に関する一提案、電気学会全国大会 (昭49)
- (3) 土木学会：土木学会ハンドブック、技報堂 (昭48)
- (4) Foote, R. S : Research for optimal ventilation at the Holland & Lincoln Tunnel, International Syp. On the AUUT, April (1973)
- (5) Takahashi, Y., M. J. Rabins, D. M. Auslander : Control and dynamic systems, Addison-Wesley (1970)
- (6) 忍貝、山田：自動車の排気ガス量に関する実験とその解析、高速道路と自動車、16, (昭46)
- (7) Drew : Traffic flow theory and control, McGraw-Hill (1968)

## 恵那山トンネル中央管制システム

植木源治\*・渡辺秀雄\*\*・三浦 望\*\*・高木 宏\*\*・竹内克彦\*\*

## 1. まえがき

恵那山トンネル飯田制御所設置の集中監視システムの中心となる中央制御装置(《MELCOM》350-30F II 電子計算機)は、遠方監視制御装置(《MELDAC》500)(以下遠制といふ)、系統表示盤(以下グラバネといふ)、設備用操作卓(以下オペコンといふ)、及び計測記録計盤と結合し、中津川～駒ヶ根(67.7 km)間に散在する諸設備の自動監視、運転状況表示、遠方制御、管理記録作成などを自動的に行わせる目的で設置された。

特に自動車道として、世界第2の恵那山トンネル(延長 8,489 m)には、トンネル内安全運行維持のため、大容量の換気設備、火災感知器と自動連動する防災設備、交通量感知器を使用した渋滞検出などが計画され、緊急事態発生が、迅速に警報されるようになっている。飯田制御所では、ITVの非常運動制御により状況の正確なは(把)握がなされ、電光標識制御によるトンネル流入車の阻止、火災鎮火、緊急放送などの一連の動作が、自動的に行われる安全性を重んじたシステムとなっている。

## 2. 中央制御装置の構成

飯田制御所では、恵那山、網掛(延長 1,946 m)両トンネル、IC、SA、PAの受配電、換気、照明、防災、標識、気象観測、交通量感知器、ITV、拡声ラジオ再放送などの諸設備の一括集中管理を行う。諸設備の状態は、遠制経由にて、遂次サイクリックに伝送される。23局に及ぶ各子局からのワード情報は、73 msごとに更新され、表1に示される全ポジションを送出する周期は約4.3秒となっている。中央制御装置は、これらの大容量の情報を刻々読みとり、状態の変化が起つたか、故障が発生したか、データの異常が発生していないかの判断を短時間に処理する必要がある。そのほか、長大トンネルの大電力系統管理、大容量換気設備の高効率運転(換気予測制御)、渋滞検出など高度な演算処理も含まれ、計算機システムの仕様として、下記の条件が要求されている。

- (1) 演算処理が高速であること(浮動小数点演算も含む)
  - (2) 入出力チャンネルが豊富で高速であること
  - (3) 大容量のデータファイルが扱いやすいこと
  - (4) オンラインプログラムを停止することなく、プログラムの準備、変更がされること
  - (5) FORTRANレベルの言語にてプログラムの準備ができること
  - (6) 高信頼度の実績ある計算機システムであること
- 以上の条件を満足する機算機システムとして三菱電機製《MELCOM》350-30F II が最適なシステムとして決定された(表2. セントラルプロセッサ仕様参照のこと)。

350-30F IIを中心としたシステム構成は、図1に示すとおりで、各周辺機器の仕様及びその使用目的は表3に、関連機器との入出力インターフェースは、それぞれ下記の仕様にて設計された。

表1. 全ポジション数

項目	点数
制御	1,467
表示	2,692
計測	292

表2. 《MELCOM》350-30F II セントラルプロセッサ仕様

セントラルプロセッサ C-3020 仕様	
回路素子	IC, MSI, Read only Memory
語長	16ビット、バイト毎アドレス可能
演算方式	2進並列、2の補数形
命令数	121種
命令形式	RR, RS, RX, RI の4種
命令の実行制御	プログラム・スティタスワードによる
算術演算	単長、倍長、浮動(32ビット、64ビット)
はん用レジスタ	3個
アドレスマッピング	リロケーションレジスタ使用、ダイナミックリロケーション
メモリプロテクション	512語単位
ダイレクトコントロールチャンネル	4装置まで
マルチブレクサチャンネル	最大32サブチャンネル
セレクタチャネル	2チャネル 8装置/チャンネル
チャンネルのチャイニング	コマンドチャイニング、データチャイニング
自己診断機能	マシンエラー・プログラムエラー検出とその状態の格納
コアメモリ	サイクルタイム 容量
	1.05 μs 16K, 32K, 48K, 64K
演算	加減算(RS) 乗算 除算 浮動加減算 浮動乗算 浮動除算
時	2.10 μs 9.80 μs 10.85 μs 10.50 μs 38.30 μs 48.00 μs
間	

表3. 周辺機器仕様及び使用目的

周辺機器名称	形名	概略仕様	使用目的
システムタイプライタ	M-227	印字速度 19.4字/秒 キーボード入力	(1) システムの管理 (2) システムのエラー印字 (3) 上、下限設定
紙テープリーダ	M-405	200字/400字/秒 8単位	プログラム準備用 (フリータイムジョブ)
紙テープパンチ	M-494	110字/秒 8単位	同上
カードリーダ	M-503	300枚/分	同上
ライントリント	M-655	120行/分 カナ文字付	(1) プログラム準備用 (2) 月報印字 (3) 各種試験結果印字
簡易形图形表示 CRT No. 1	M-395	9,600ボーン/秒 英、数、カナ文字、図形表示	(1) 設備の图形表示 (2) 遠方操作の補助
同上 No. 2	M-395	同上	(1) 状態変化内容表示 (2) 故障発生内容表示
タイプライタ No. 1	M-202	15.5字/秒、カナ文字付 10字/インチ紙幅13インチ	電力日報用
同上 No. 2	M-202	同上	交通量日報用
同上 No. 3	M-202	同上	動作記録用

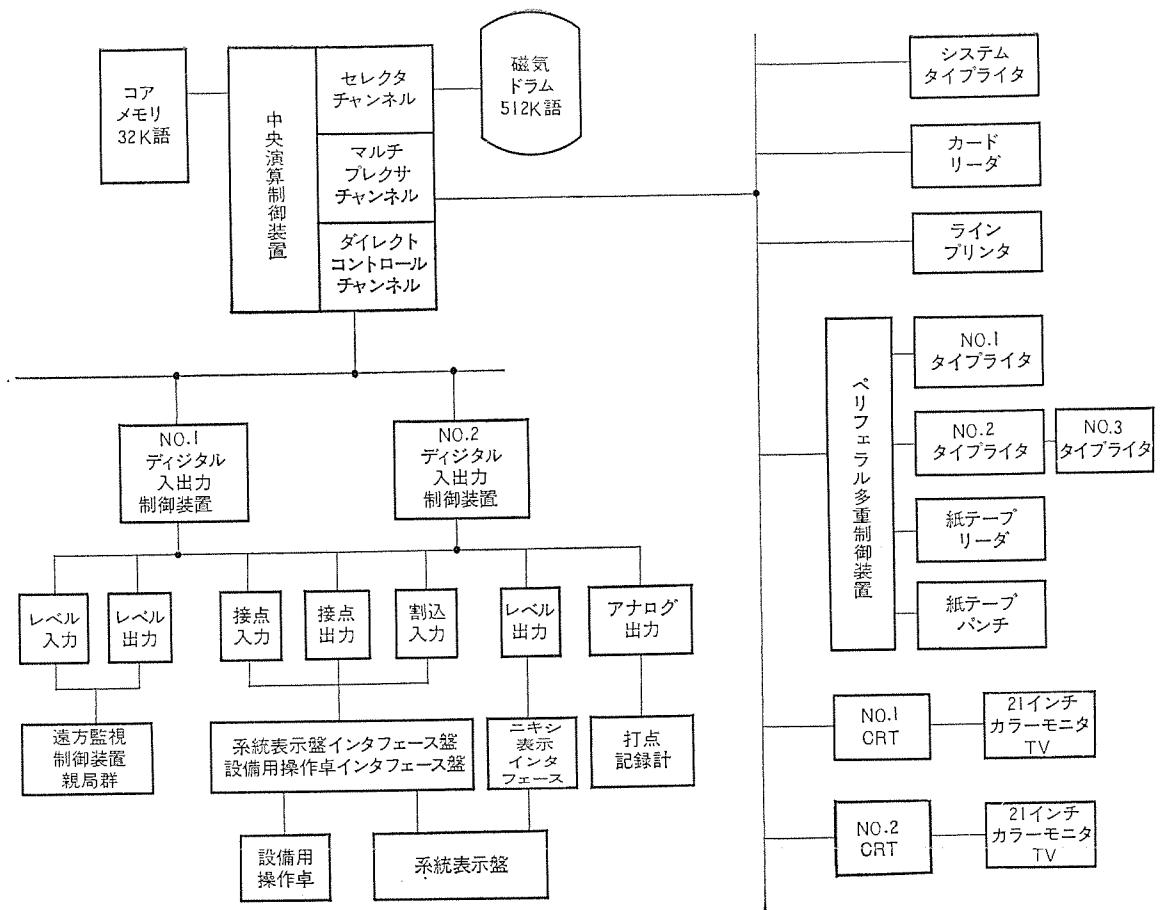


図 1. 中央制御装置 (《MELCOM》 350-30 F II) システム構成図

(1) 接点入力

入力点数 672 点  
入力速度  $10 \mu\text{s}/16$  点  
入力種類 無電圧接点 (入力電流 10mA)

(2) レベル入力

入力点数 256 点  
入力レベル コレクタオーブン (+5~+24V)  
入力速度  $10 \mu\text{s}/16$  点

(3) 接点出力

出力点数 1,792 点  
出力仕様 水銀リレー (50VA)  
出力速度  $5 \text{ ms}/16$  点

(4) レベル出力

出力点数 576 点  
出力仕様 コレクタオーブン (max. 48V)  
出力速度  $10 \mu\text{s}/16$  ビット

(5) 割込入力

入力点数 64 点  
入力種類 無電圧接点 (入力電流 10mA)

(6) RD アナログ出力

出力点数 76 点  
出力仕様 電流 (4~20mA)  
出力速度  $5 \text{ ms}/1$  点

### 3. 中央制御装置の機能

#### 3.1 自動監視

機器の運転状態、故障状態などの表示情報を「スーパービジョンデータ」と言い、4.3秒ごとに記憶装置に更新され記憶される。これを1サイクルと呼び、今、読み取られたデータは、1サイクル前のデータと比較され、変化があれば、現地にて状態変化が起こったと判断し、以下の処理を行う。

(1) グラバネ及びグラフィック CRT (以下 No. 1 CRT という) に設備の状況を表示する。

(2) 設備の異常状態を見つけると以下(a)~(d)の警報処理を行う。

(a) 異常の緊急度に応じ、ベル、ブザー、チャイムを区別し鳴動する。

(b) グラバネに対応するランプ表示があるものは、ランプをフリッカさせる。

(c) 異常内容を No. 2 CRT に文字表示し、発生時刻、場所、内容、緊急度をメッセージする。

(d) アナウンスメント TW に発生時刻、場所、内容を印字する。

(3) 現地にて機器の自動動作があったり、手動操作が起こると、中央制御装置は、中央より指令していない状態変化としてとらえ(2)項(a)~(d)と同様の処理を行う。

#### 3.1.2 テレメータデータの監視

電力系統の電圧・電力・電力量、気象観測所からの気温・地温、CO<sub>2</sub>計 (一酸化炭素濃度)、VI計 (煙霧透過率) などの計測値をテレメ

タデータといい、2進化10進符号3けたにて読み取られる。各データは、工学単位に変換され、あらかじめ決められた上限、下限値と比較され、異常と判断されたデータに関しては、(2)項(a)～(d)と同様の警報処理を行う。電力量及び通過車両台数(大形車両、小形車両)については、1時間ごとに積算し、日報印字用ファイルを作成する。

なお、中央制御所には計測記録計盤があり、トンネル内換気状況、気象状況などの連続データがチャート紙に打点記録される。

### 3.1.3 その他の監視処理

状態監視の中でも、特に重要な項目については、次の処理も併せて行い、状況を誤りなく把握することができる。

#### (1) ITV 非常連動

- (a) 火災感知器動作検出時
- (b) 手動通報器動作検出時
- (c) トンネル内渋滞発生時
- (d) 非常電話受信時

#### (2) 分室用系統表示盤への伝送

- (a) 火災感知器動作場所
- (b) 水噴霧動作あり
- (c) トンネル内渋滞発生場所

### 3.2 運転状況の監視

#### 3.2.1 グラバネ表示

##### (1) 場所銘板ランプ

中津川IC～飯田IC～駒ヶ根ICの場所銘板ランプは、各場所の制御対象設備がすべて遠方モードのとき白色点灯し、その他の条件にて赤色点灯する。

##### (2) 本線上設備機器状態表示

トンネル坑口や、ICに設置されている電光標識の点灯状態表示は、反転表示器にて文字表示され、本線上の照明状態、非常電話使用状態はランプ表示される。

##### (3) 両トンネル内設備機器状態表示

火災感知器動作、水噴霧弁開・閉状態、手動通報、消火せん、非常電話などをシンボル化し、色分表示を行っている。故障発生や異常発見時にはフリッカし、操作員に警報を行う。

##### (4) 渋滞ゾーン表示

網掛トンネルには、停止車検出装置、恵那山トンネルには、レーダ方式の交通量検知器が設置されている。これらのデータをもとにし、トンネル内交通状況を判別し渋滞度のゾーン表示を行う。

##### (5) 換気状態表示

網掛・恵那山両トンネルにある6換気所の換気風量、及びトンネル内換気状況(CO・VI)の段階表示を行う。CO計が100ppm以上、VI計50%以下の状態を検知すると警報を行う。

##### (6) ニキシー管表示

中津川IC及び飯田ICに設置されるループ式交通量検知器により、1日の断面交通量を積算し表示する。また両坑口では、5分間通過台数を同様に表示する。その他、両坑口の気温・地温、事故記録表

示、年月日・時刻が、常時デジタル表示される。

#### (7) 電力系統表示

トンネルの機能を保つための電力エネルギーは、東、西両特高受電所で、停電の恐れの少ない77kVをそれぞれ1回線あて受電し、22kVに降圧し恵那山トンネル4換気所に東西両系統にて配電している。また網掛トンネル両坑口換気所には恵那山東坑口にて東西両系統の22kVを6.6kVに降圧し配電している。この大容量電力系統の機器状態表示をグラバネにて行い、操作員による常時監視が行えるようになっている。買電停電、地絡過電流等による事故があった場合はベル警報を行う。

#### 3.2.2 CRT表示

3.2.1にて説明したグラバネ表示は、道路維持施設管理の上から必要となる代表的なものを選んでいる。設備の異常、事故発生などの第1次警報は、グラバネにて操作員に知らされるが、詳細内容は各設備ごと、場所ごとに準備されているCRT画面にて表示され、操作員が行う遠方操作手順も、CRT画面を参照して行われるようになっている。このシステムでは、14インチカラーCRT装置2台と、21インチカラーモニタTV2台が準備され、約10m幅の操作デスクのどこからでも容易に画面の視認ができるように計画されている。それぞれ2台のCRTは、下記のような機能分担をし、この管理システムにて重要なマンマシンコミュニケーション装置として働いている。

No.1 CRT：設備用操作卓上の場所表示スイッチを操作することにより各場所ごと・設備ごとの画面が呼び出され、表示される。グラバネで表示されない詳細設備図の状態及び計測データのデジタル表示を行うとともに、遠方操作の補助として使用される。カラー7色の画面構成で、機器の状態に応じて表4.に示す色分け表示を行っている。画面の一例は図2.～4.に示すとおりである。

No.2 CRT：中央制御装置が、故障発生や異常発見をしたとき、「発生時刻、場所、内容」を文字表示する。メッセージはその緊急度に応じて、赤文字表示(プライオリティ1)、紫文字表示(2)、水色文字表示(3)と3段階の色分け表示を行う。操作員は、共通操作卓上の

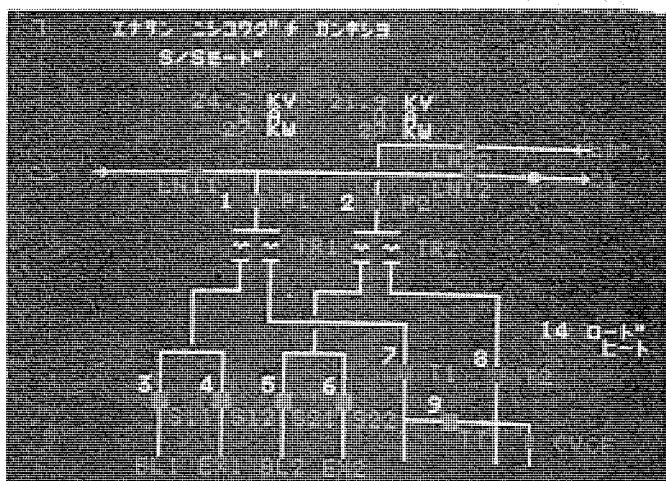


図2. 恵那山西坑口スケルトン表示

表4. CRT表示色分け基準

種別	基本図形				モード状態					しゃ断器、断路器弁、モータ等		計測値		操作番号	故障接点		
	状態	トンネル	本線	水関係	その他	遠方	直接	自動	手動	(入)	(切)	正 常	異 常	設定時に	発 生	復 帰	
CRT表示色	黄色	白色	水色	白色	白色	赤色	白色	赤色	赤色	緑色	黄色	赤色	水色	赤色	桃色	表示なし	

「警報確認」スイッチにより、異常内容の確認を行う。確認要求を受けると、画面上の赤文字表示から緊急度順に処理され、その異常内容に対応する設備図を No. 1 CRT に同時に表示し、確認ミスのないものになっている。画面の一例を図 5. に示す。

### 3.3 遠方制御

現地機器の操作モードには、以下の五つのモードがある。

#### 3.3.1 直接（手動）モード

現場手動操作盤にて行う操作で、直接モードと遠方モードの切換えは、現場のスイッチにより行われ、中央からの遠方モードへの切換えはで

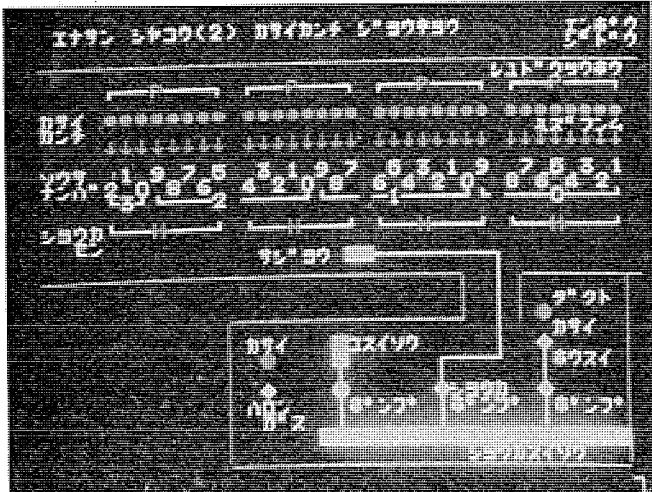


図 3. 恵那山防災画面

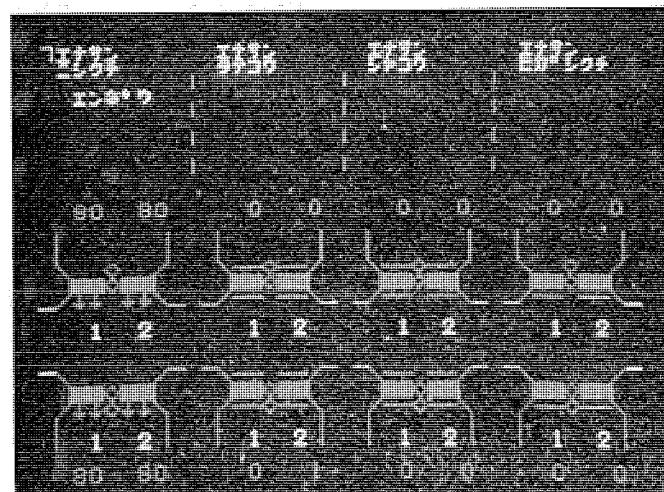


図 4. 恵那山換気画面

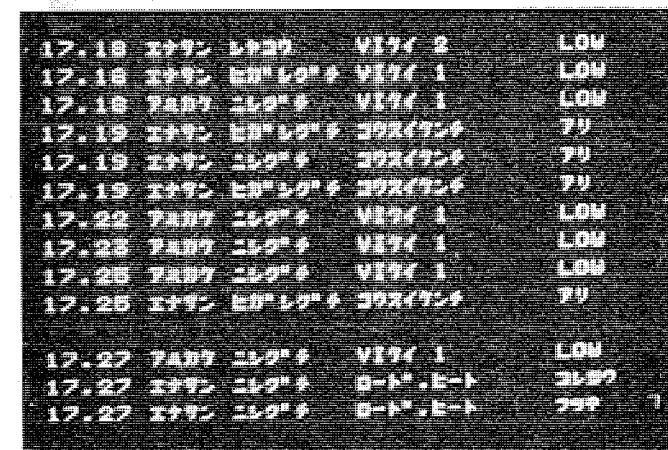


図 5. No. 2 CRT 表示画面

きない。

#### 3.3.2 現地自動モード

CO・VI計による風量制御、火災感知器連動の水噴霧放水、ドラ式交通量感知器によるトンネル内電光標識制御（「車間あけよ」及び「速度落せ」）、CdS感光出力による照明段階制御などの現地自動制御機器による運転モードをいい、中央から、「現地自動」「遠方手動」のモード切換えができるようになっている。

#### 3.3.3 遠方手動モード

中央制御所には、設備ごとに分割された 10 面の操作卓がある。各

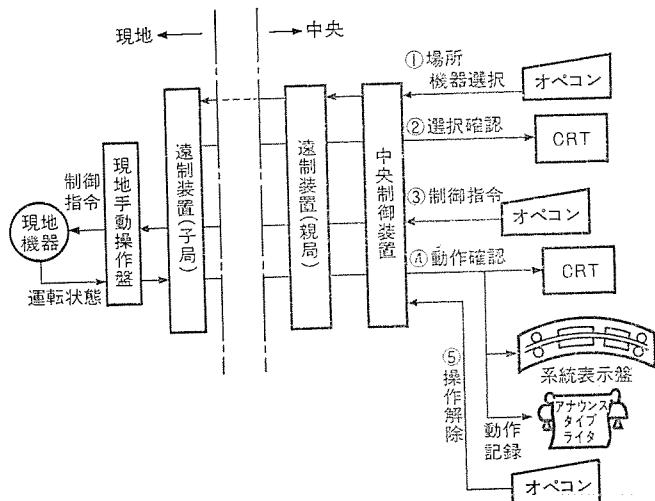


図 6. 遠方手動モード操作フロー

表 5. 各操作卓概略機能

操作卓名	内容
共通操作卓	各場所での故障及び異常が発見され、その内容が No. 2 CRT に文字表示される。これらの動作内容の確認は No. 1 CRT に表示される詳細設備内容表示を参照しながら行われる。場所表示ランプは、故障継続時ランプ点灯状態となり、その内容の総括表示・印字も指令することができる。系統表示盤・CRT の警報確認、ランプ試験、遠制試験もこの操作卓より行える
電力操作卓	場所選択ボタンスイッチ操作により、該当場所の詳細スケルトンが No. 1 CRT に图形表示される。それを参照し、系統上の各シャッターの「入」「切」制御を指令することができる
換気操作卓	恵那山・網掛トンネルの風量設定はテンキーにて、入力され、ファン制御回線により各モータの回転数が指令される。火災時には、火点及び隣接換気所の風量バランスを選択する応急指令も行われる
防災操作卓	火災感知器動作地点付近の詳細関連状況が No. 1 CRT に表示され、「水噴霧霧錠解」指令にて、火点への放水が行われると同時に換気設備、照明設備の緊急自動制御が行われる。火災鎮火後の復旧動作もこの操作卓にて行う
照明操作卓	トンネル内基本照明、緩和照明及び IC, PA, SA の照明段階制御が指令できる
標識操作卓	トンネル内標識、本線標識など道路上の電光標識板の案内内容の変更が指令できる。設定は記号にて行われ、No. 1 CRT 画面には文字対応表が表示される
拡声・中波再放送操作卓	飯田管理事務所、各分室の優先権の確立及び中波放送、拡声のモード選択が指令できる
ITV 操作卓	カメラ番号の手動選択、モニタ 1, 2, 3 系統と 4, 5, 6 系統のパトロールモード選択、中央制御装置にて非常運動した場合の解除指令などが行える
移動無線操作	1 号機・2 号機の状態表示及び切換制御が行える
状況表示操作卓	トンネル内換気状況、オキュバンス状況、気象状況などを CRT に表示する。事故発生時には場所、原因などを設定しロギングを行う

操作卓の操作手順は、図6.の遠方手動制御フローに示す①～⑤の手順が基本となっている。①の場所選択を行うと、対象となる設備の図形表示がCRTに映像され、以下の操作は、すべてCRT画面を参照しながら行われる。制御指令は、遠制の制御回線(200 BPS)を経由し、現地に伝送され、対応する機器の動作はCRT画面あるいは、グラバネ表示にて確認される。各操作卓の概略機能を表5.に、遠方手動制御手順の一例を、図7.に示す。

### 3.3.4 遠方自動モード

#### (1) 交通量に基づく換気予測制御

1日の交通パターンの基準を3種(日曜・祭日、土曜日、平日)前以って設定し、実際の交通量は、中津川(上り方向)及び飯田(下り方向)の各ICにて、大形車・小形車台数がそれぞれ計測される。

計測値は、基準値と比較・修正され、トネルへの10分後の流入

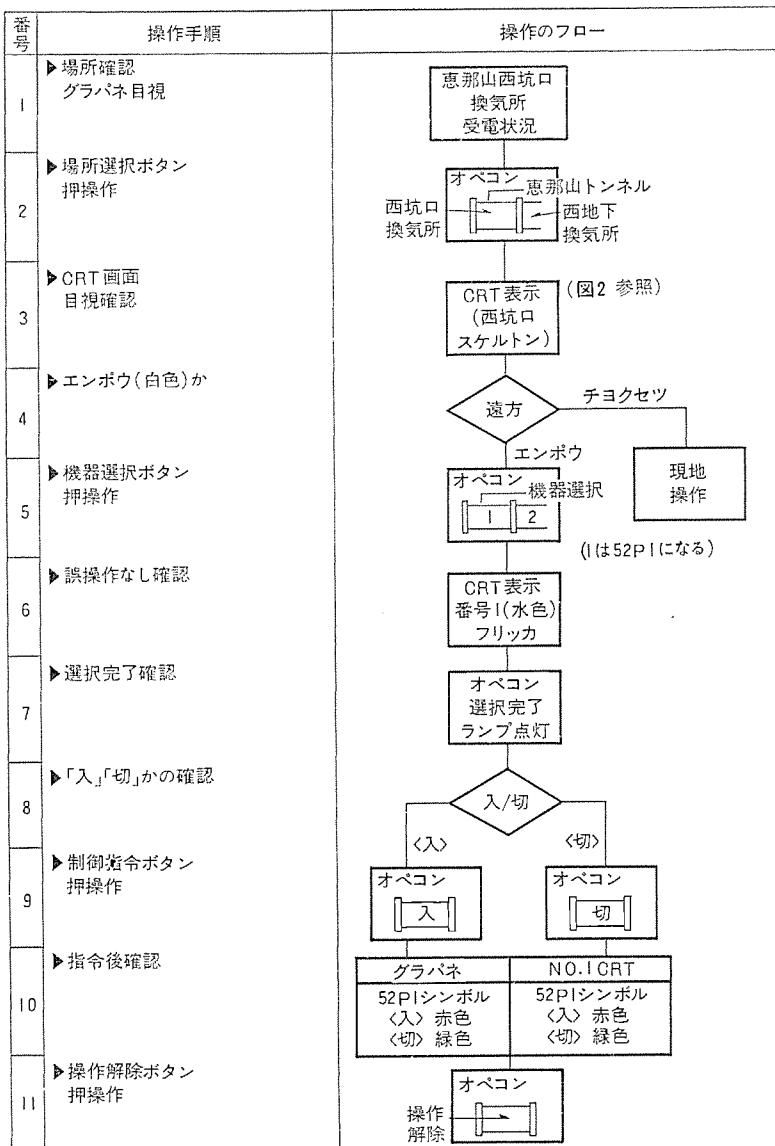


図7. 遠方手動モード制御手順の一例

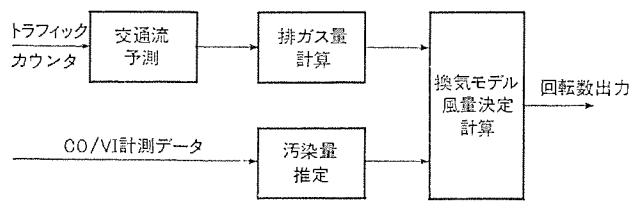


図8. 換気制御ブロック図

交通量となり、排出する汚染量が計算される。この値と現在のCO・VI計の観測値を入力とし、汚染基準値を保持する必要最小限の風量が計算される。(図8.換気制御ブロック図参照)

#### (2) 渋滞検出

上り線、下り線それぞれ約700m間隔で設置される交通量感知器から4秒ごとに、時間オキュパンシ、速度、台数の情報が伝送される。これらの情報は、以下3種の演算処理がなされる。

(a) 1分間ごとに更新される5分間タイムオキュパンシ

(b) 低速車検出

(c) 相隣るセンサ監視による存在台数の増大・減少

(a), (b), (c)は、それぞれ独立にしきい(閾)値比較が行われ、三者併せて警報を発生し、ITV非常連動を行う。

### 3.3.5 バックアップ盤モード

中央制御装置故障時、中央制御所のバックアップ盤で個々に機器を選択して遠方制御を行うモードで、対象設備は、換気所及び特高受電所だけとなっている。

### 3.4 管理記録の自動動作

#### 3.4.1 日報・月報

(a) 交通量日報・月報作成

(b) 電力日報・月報作成

#### 3.4.2 設備の点検及び故障記録

(a) 設備機器故障、異常記録

(b) 設備機器動作記録・遠方操作による確認記録

(c) 運転員交替時の故障・異常継続機器の総括記録

(d) 火感知器動作試験結果の記録

(e) 遠制装置反転試験結果の記録

(f) 中央制御装置自身の故障記録

### 4. ソフトウェア

このシステムで使用される管理プログラムは、オンラインリアルタイム処理を行いながら、バッチ並行処理もできる構成となっている。並行処理とは、3章で説明した諸機能を主業務とし、同時に空き時間を利用したプログラムの作成、デバッグ、メインテナンスなどを併せて行うこと意味する。この管理プログラムをTSOS\*(Time Sharing Operating System)と呼び、それを基にしたソフトウェア構成は、図9.に示される。各種オンラインプログラムは、タイムによって起動されるプログラム、アプリケーションスケジューラにより周期的に実行されるプログラム、操作員の要求などから割込処理として起動されるプログラムに大別される。特に遠制からの入力データをスキャンするプログラムでは、現地機器の状態変化を捉え、各種の待テーブルを作成し、警報、表示、メッセージ、緊急処理などを発生順序に従い迅速に処理している。

なお、このシステムのアプリケーションプログラムは、プロセスコンパイラ(CONFORM)にて記述されており、ユーザによる変更・追加が、容易になっている。そのためには、以下に述べるベーシックソフトウェアの完備が必要とされる。

#### (1) スーパバイザ

プログラムの実行制御、入出力動作の並行動作スケジュール、割込処理、エラー処理などを行うTSOSの中核をなすもの。

#### (2) I/Oライタ

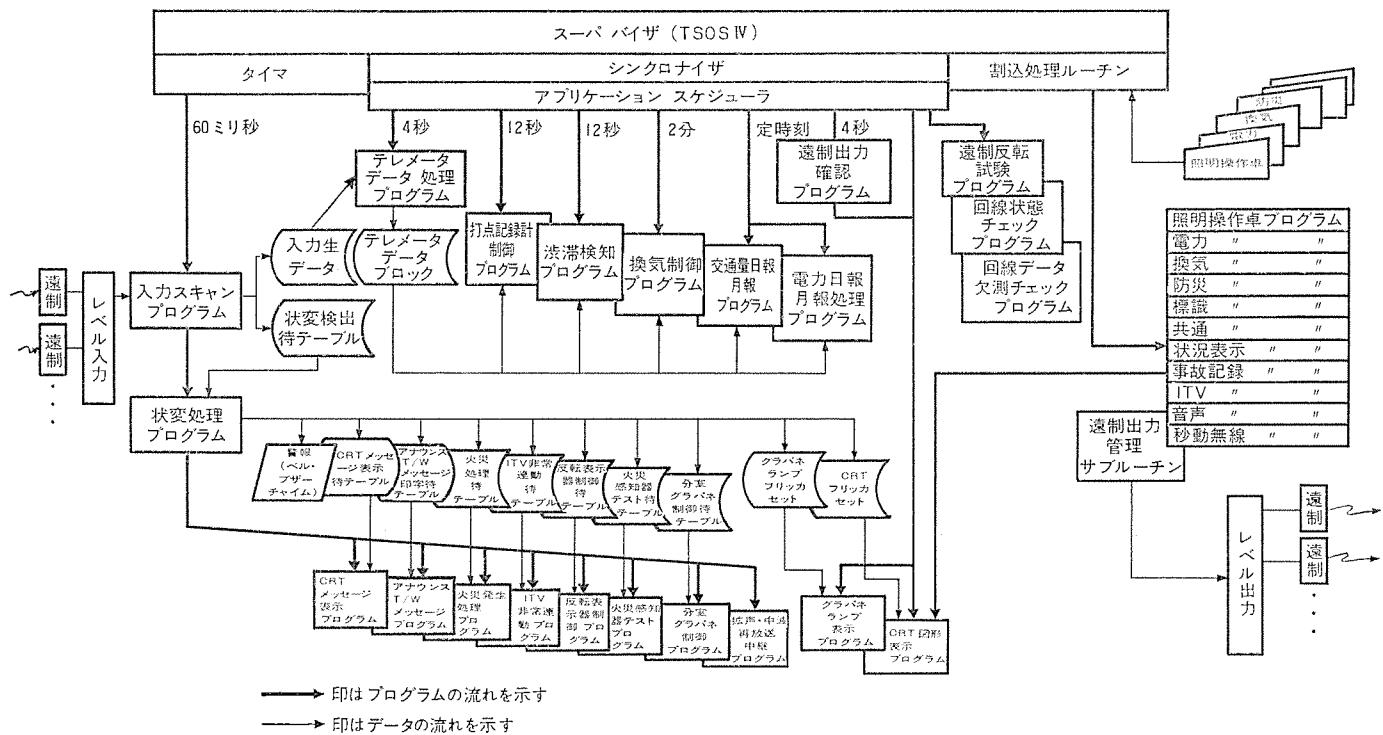


図 9. ソフトウェア構成図

周辺入出力機器への出力・入力動作に関するデータの変換、編集、入出力要求を一括して行うプログラム

### (3) ジョブコントローラ

システム T/W よりのコントロールに従い、バッチ並行処理の実行を要求し、連結処理を可能としている。

### (4) マクロアセンブラー

2進、10進、浮動小数点、論理データなどのほか、ユーザマクロの定義など豊富な疑似命令を備えている。

### (5) リアルタイム フォートラン

JIS FORTRAN を満足し、ビット演算、マクロ命令処理などの機能が追加されている。

### (6) プロセスコンパイラ

(5) 項に、プロセス制御に必要なステートメントを追加し、アセンブラー言語の混用を可能にしたものである。

### (7) リンカージエディタ

個々にアセンブル、コンパイルされたプログラムユニットを結合し、実行可能なプログラムに変換する。

### (8) ファイルシステム

通常のファイルへのプログラムデータなどの追加、削除、置換などの管理を行うシステムのほか、オンラインリアルタイムデータ用の管理システムが用意されている。

### (9) その他、ニーモニックローダ、各種ユーティリティプログラム、サブルーチン

ライブラリ、オンラインシミュレータ、システムジェネレータなど、豊富なプログラムが完備されている。

## 5. むすび

このシステムは、従来の遠制装置だけによる集中監視制御方式に代わるものとして計画され、遠制装置と高性能電子計算機の一体化を計った道路管制システムである。50年8月開通以後順調に稼動中であるが、その導入効果について下記の結論を得た。

- すべての情報が、一括集中監視できるため、関連設備間の協調がとれた警報・監視・制御システムとなっている。
- 最適換気制御方式、渋滞検出など高度の演算処理を要する制御機能が、実現されている。
- 関連設備機器のシーケンス変更、追加、削除などの要求に対して、柔軟であること。
- 遠方手動制御操作卓が、設備ごとにまとめられ、従来の場所ごと操作卓方式に比較し操作性が良くなっている。
- 緊急時のふくそうした操作手順も、自動プログラムに組まれるので誤操作防止、省力化が実現されている。

以上により、恵那山トンネル中央管制システムの概要を説明した。今回のシステム完成に、丁重なご指導、ご協力をいただいた関係者各位に、感謝の意を表するものである。

# 高速道路トンネル用遠方監視制御装置

植木源治\*・白井博\*・山中彪生\*\*・中島正\*\*・村田尚生\*\*

## 1. まえがき

高速道路網の発展に伴い、掘削される道路トンネルも次第に長大化されてきたが、我が国においても 8.5 km という世界第2位の長さの中央自動車道恵那山トンネルが出現するに至った。

トンネルの長大化に伴い、受電電、照明の制御はもとより、換気制御、交通監視、防災関係の監視制御などのために従来より一層高度な遠方監視制御システムが要求されるようになってきた。

一方、遠方監視制御装置のハードウェアも東名高速道路時代のトランジスタ形、 $(1:1) \times N$  対向方式<sup>(1)</sup>から発展し、主要素子は IC に変わり、対向方式も  $1:N$  の形を取り入れたものが使用されている。また、近年制御用計算機の導入が盛んに行われ、制御所において遠制装置と組合せてシステム構成を行なうケースが多くなっている。

以下最近の技術による遠方監視制御システム及び装置の構成法について述べ、それを道路トンネル向けに適用した例として、上記恵那山トンネルを中心とした日本道路公団中央自動車道中津川～駒ヶ根間における遠方監視制御装置について紹介する。

## 2. 遠方監視制御システム構成法について

遠方監視制御の対象となるプラントでは、多数の情報の発生点(Source)と到達点(Sink)が広域にわたって存在し、遠方監視制御システムはそれらの間を取り持つものであるという考え方ができる。

そこでまず問題となるのは、情報の発生点、到達点をいかにまとめてそれらの伝送を行うかということである。しかし、これはプラントの性格にもよるが、通常情報の発生点、到達点は大抵いくつかの場所に集中しているので、それに従っておのずから定まる場合が多い。例えば、道路トンネルの場合、情報の発生点、到達点はトンネル全体にわたって存在してはいるが、やはり換気所に集中しており、火災感知器、消火せん(栓)等の情報は換気所設置の防災盤に集中しているので、これと階層的な形でシステムの構成ができる。

次に、いくつかの場所にまとめられた情報は、通常各場所相互間の伝送は少なく、大部分が制御所との間の伝送となる。ここで制御所との間の信号伝送路及び制御所装置と被制御所装置との対向方式

が問題となる。

計算機などの情報処理装置がないシステムでは、被制御所で発生した情報は制御所に到達する、あるいはその反対のものが大多数であるが、計算機などが入るとこれを介して被制御所どうしが情報交換をするケースも生じてくる。また、制御所に計算機を設ける場合、監視制御操作を計算機を介して行なう形にするか、あるいは計算機と独立に行なうようにして計算機を並列に置く形にするかにより、システム構成に違いが生ずる。

ここでは上記問題点のうちから、システムの形態を決める上でのポイントとなる、制御所装置と被制御所装置の対向方式、及び制御所における遠制装置と計算機の組合せ方の2点を挙げ、若干の考察を行う。

### 2.1 遠制装置の対向方式

遠制装置の対向方式は、制御所における制御信号送信部及び監視(表示・計測)信号受信部を被制御所ごとに対向させて設けるか、共用するかにより、大きく分けて図1. のような3種類の方式がある。

(a) は制御、監視ともに  $1:1$  対向を  $N$  セット設ける方式であり、各セットが独立しているので、1箇所の故障の影響範囲が1被制御所に限られるというメリットがあるが、 $N$  が大きくなると不経済となる。

この欠点を補うために、制御信号送信部を共用化したのが(b)の方式である。この方式では制御信号送信部の故障の影響が  $N$  被制御所に及ぶので、 $N$  を一定数に押さえて装置を構成し、 $N$  が更に大きい場合はそれを複数組合せて構成する ( $(1:N) \times M$  方式) か、あるいは図の点線のように制御信号送信部を2重化する必要がある。

更に進めて監視信号受信部まで共用化したのが(c)の方式である。この場合、信頼度については(b)の方式の制御信号送信部と同様のことが制御信号送信部、監視信号受信部の双方について言える。また監視信号受信部を共用するため、通常のサイクリック式の符号伝送では全被制御所からの信号を受けるのに時間がかかるのでこれを短縮するための考慮が必要となる<sup>(2)</sup>。

以上3方式の比較をまとめると表1. のとおりとなる。なお図1. 中( )内は三菱電機製遠制装置における該当方式の形番である。

### 2.2 制御所における遠制装置と計算機の組合せ方

制御所における遠制装置と計算機の組合せ方は、大きく分けて図2.

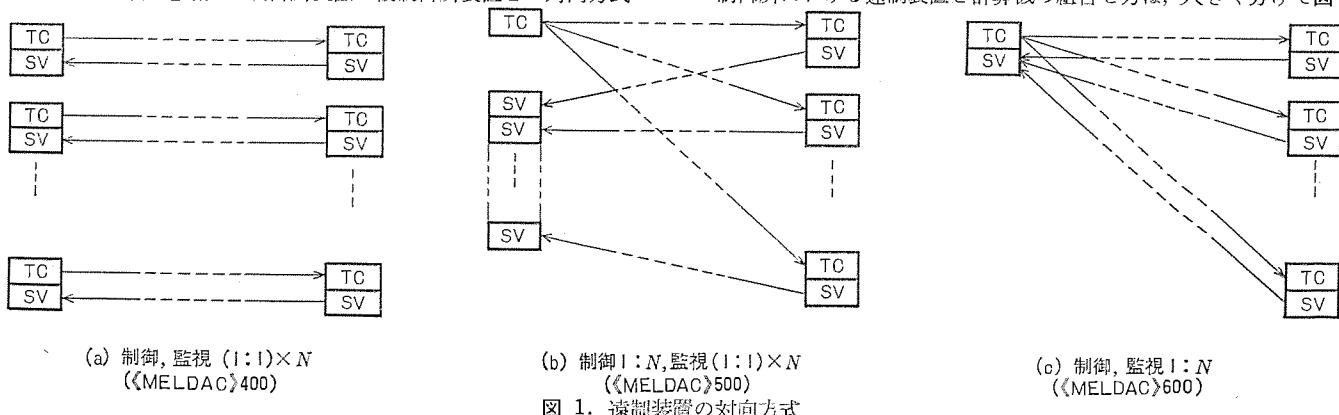


表 1. 遠制装置対向方式の比較

	(a)	(b)	(c)
制御, 監視 $(1:1) \times N$	制御 1: $N$ , 監視 $(1:1) \times N$	制御 1: $N$ , 監視 1: $N$	制御, 監視 1: $N$
信頼性	1 個所の故障による影響が 1 個制御所に限られる。	制御信号送信部の故障による影響が $N$ 個制御所に及ぶので $N$ の制限あるいは 2 重化が必要となる。	制御信号送信部と監視信号受信部の双方について(b)と同じことが言える。
経済性	$N$ が小さい場合に有利	(a) と (b) の中間	$N$ が大きい場合に有利
性能	制御, 監視とも各個制御所との間の信号伝送が並列に行えるので応答時間が短い。	制御については時間的に直列になるが, 複数個制御所に対する同時制御のケースは少ないのではないかとぼく (a) と同じと考えられる。	監視についても直列動作となるので, 応答時間それを考慮する必要はない。ただし優先処理機能の追加によりかなり改善される。

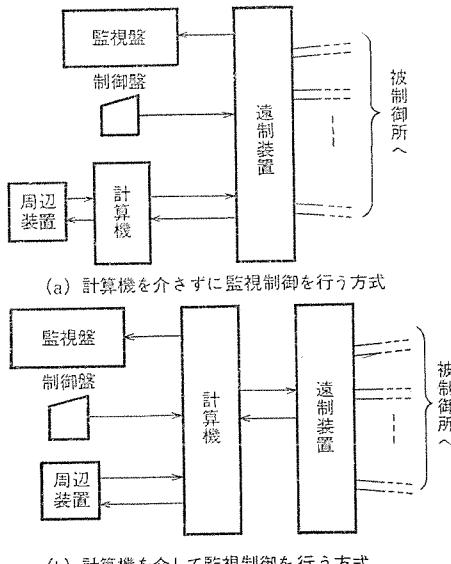
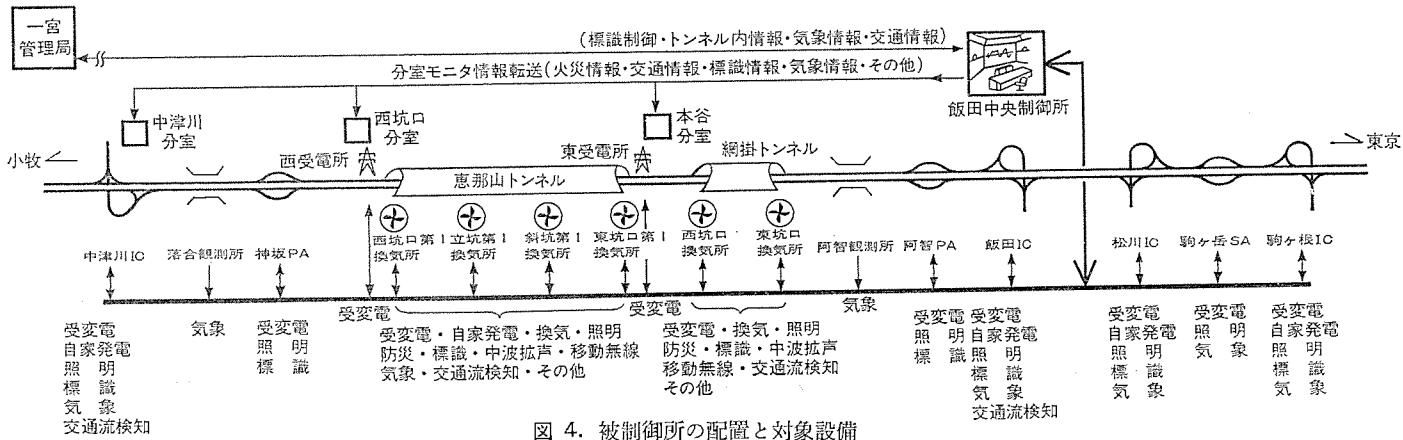


図 2. 制御所における遠制装置と計算機の組合せ方

表 2. 遠制装置と計算機の組合せ方の比較

	(a) 計算機を介さずに 監視制御を行う方式	(b) 計算機を介して 監視制御を行う方式
信頼性	計算機故障あるいは点検時でも監視制御に支障がない	計算機故障あるいは点検時監視制御機能が停止するので、バックアップ装置あるいは計算機2重化の考慮が必要
経済性	遠制装置に制御信号の符号化、表示信号の記憶、状態検出などの機能をハードウェアで持たせる必要がある	遠制装置で左記の機能が不要となる反面、計算機ではメモリ容量増加、監視盤、制御盤とのI/O及び開閉ソフトウェアの追加があるので一概に優劣はつけ難い
性能	制御所におけるマン・マシンコミュニケーションを例えば集中操作卓とCRTで行うような場合、信号伝送部とのインターフェース回路をハードウェアで構成する必要がある	左記の場合ソフト的に処理ができるので簡単に性能の高いものができる。また制御所に収集されたデータのうちのあるものをさきに他場所へ送るデータ交換機能を要する場合も有利である



のような2種類がある。図から明らかなように、(a)は計算機がない場合と同様に監視盤、制御盤との接続を行い、それと並列に計算機を加えた方式、(b)は監視盤、制御盤と遠制装置(遠方監視制御盤)との間に計算機が入り、これを介して監視制御を行う方式である。

両者を比較すると、(a)は計算機の故障や点検による停止が監視制御機能に影響しないという特長があり、(b)はその点が弱点であるが、一方(b)はマンマシンコミュニケーションにおいて例えば、全被制御所に対して共通の制御盤とCRTディスプレーにより集中選択監視制御を行う場合などにおいて、フレキシブルな構成ができる特長があり、最近監視制御項目の増大及び内容の複雑化に伴い、次第に採用されるようになりつつある。計算機故障、点検時の対策としては、必要最小限の監視制御操作が行えるバックアップ装置を設ける方法、あるいは計算機を2重化する方法が考えられる。両者の比較をまとめると表2.のとおりとなる。

次に道路トンネル向けの適用例として、日本道路公団中央自動車道中津川～駒ヶ根間向け遠方監視制御装置について紹介する。

### 3. 中央自動車道中津川～駒ヶ根間遠方監視制御装置の紹介

中央自動車道中津川 インターチェンジ～駒ヶ根 インターチェンジ間は、図 3. に示す区間であり、こう(直)長約 67 km である。

この区間には恵那山トンネル(約8.5km)と網掛トンネル(約2km)があり、トンネル部分は区間長の約6分の1を占めている。この区間内の諸設備は、飯田インターチェンジ内に設置される中央制御所より集中遠方監視制御される。

以下遠方監視制御 システムについて紹介する。

### 3. 1 被制御所の配置と対象設備

図4.に示すとおり恵那山、網掛両トンネルの換気所6カ所と受電所

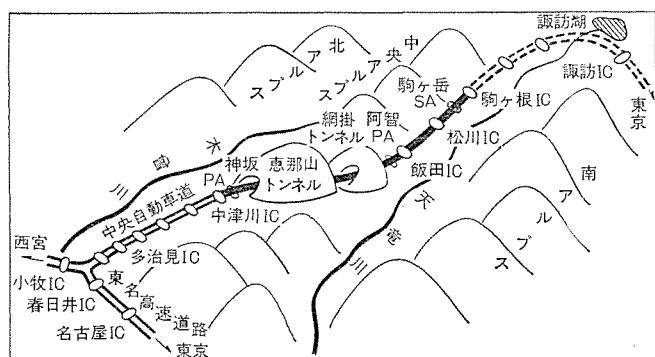


図 3. 中央自動車道中津川～駒ヶ根間諸施設

2カ所のほか、IC(インターチェンジ) 4カ所、PA(パーキングエリア) 2カ所、SA(サービスエリア) 1カ所の各被制御所に遠方監視制御装置を設置し、飯田インターチェンジ内の飯田中央制御所と結んでいる。この外に、テレメータ専用局として2カ所の気象観測所がある。

3カ所の分室には、飯田中央制御所より所要データを転送し、分室に設置する分室グラバネを駆動する。

各被制御所における対象設備は、図4に示すとおりIC・PA・SAでは、受配電・自家発電・照明・標識・気象・交通流検知等であるが、トンネル各換気所では、上記の外に防災・換気・中波拡声・移動無線を加えた設備となっている。

予備項目も含めた被制御所あたりの項目数は次のとおりである。

	制御	表示	計測
換気所	290点	560点	56量
IC・PA・SA	220点	280点	15量
受電所	10点	40点	10量
気象観測所	—	20点	4量

### 3.2 遠方監視制御システム

図5に遠方監視制御システムのブロック図を示す。このシステムでは、被制御所ごとに対象設備の数、すなわち伝送項目数が異なっているが、次の四つのタイプに集約することができる。

換気所タイプ

受電所タイプ

IC・PA・SAタイプ

気象観測所タイプ

このタイプ分けにより、同一タイプでは同一仕様とることができ、各被制御所ごとに仕様が異なるといった繁雑さを避け、メンテナンス性の向上をはかっている。

換気所タイプ以外は標準の遠方監視制御装置にて構成するが、換気所タイプは、遠方監視制御装置+遠隔測定装置+送風機制御装置

の組合せで構成する。遠隔測定装置を別に設けたのは、表示項目数、計測項目数ともに大きく、両方を一つのセットで送ることができないため計測を分離して専用セットとしたものである。

恵那山・網掛トンネルの換気用送風機は、無段階变速可能なCSモータを採用しており、このモータの特色を生かして換気の計算機による制御を行うために、アナログ制御設定データの伝送可能な送風機制御装置を設けた。

なお、遠制装置の対向方式は、制御1:N、監視(1:1)×N(図1の(b))方式を採用し、N max=4の集合形により装置の構成を行っている。したがって制御所装置故障の影響は4被制御所以下に押さえられる。また隣接2被制御所が同時に影響を受けないようにグループ編成上考慮している。

遠制装置と計算機との組合せ方は、計算機を介して監視制御を行う方式(図2の(b))を採用し、監視制御機能の向上と操作の容易性を図っている。また計算機故障あるいは点検時に備えてバックアップ盤とその制御、表示インターフェースによるバックアップ系を持ち、これにより必要最小限の監視制御操作が行えるようにしている。

分室への情報伝送は、計算機にデータ交換機能を持たせ、いったんメモリ内に収集されたデータの内から、必要分を選択、再編集して分室へ伝送する。

また近々設置される予定の一宮送り伝送装置とのインターフェースも行うが、監視信号は音声帯域信号のハイブリッド分岐渡し、制御信号は接点の組合せによる符号をいったん計算機で受け、遠制装置の符号に直して、該当被制御所へ伝送する形をとっている。

### 3.3 信号伝送

飯田中央制御所と各被制御所との間の信号伝送は、電電公社回線(D-1規格)を使用している。

中津川、恵那山トンネル西坑口、恵那山トンネル東坑口、松川、駒ヶ根の各所に搬送端局を設けて飯田の搬送端局と連絡し、各搬送端

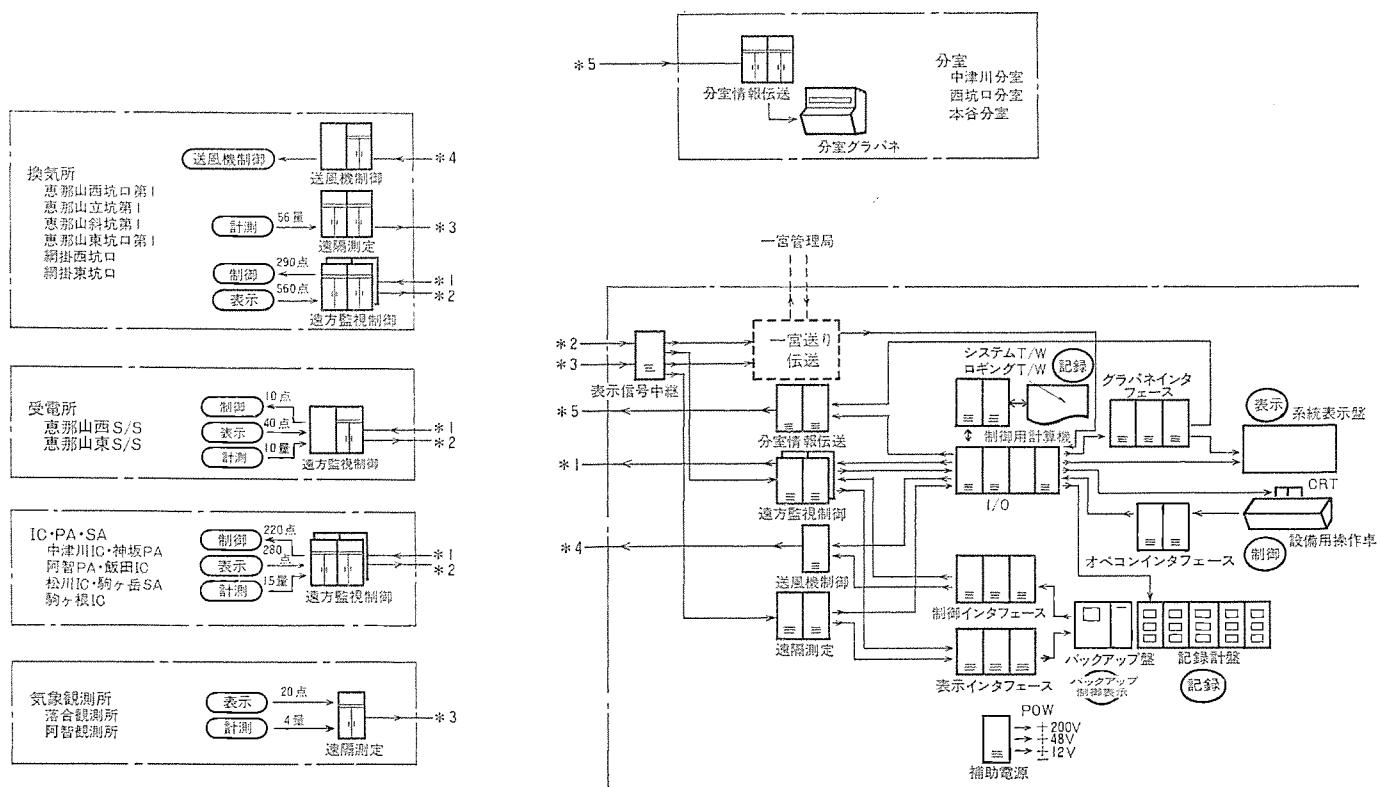


図5. 遠方監視制御システムブロック図

局～各被制御所間は、音声帯域にて連絡している。

### 3.4 装置構成

この遠方監視制御システムは三菱 IC 形 サイクリック 式遠方監視制御装置(《MELDAC》-500)と制御所における中央制御装置(制御用計算機《MELCOM》-350-30 F II), マンマシンコミュニケーション機器及びそれらの間のインターフェース装置より構成される。

これらの装置のあらましを次に述べる。

### 3. 4. 1 遠方監視制御装置

## 遠方監視制御装置の ブロックダイヤグラム 及び符号 フォーマット の代表例を

図 6. 及び図 7. に示す。

この装置の概略仕様は次のとおりである。

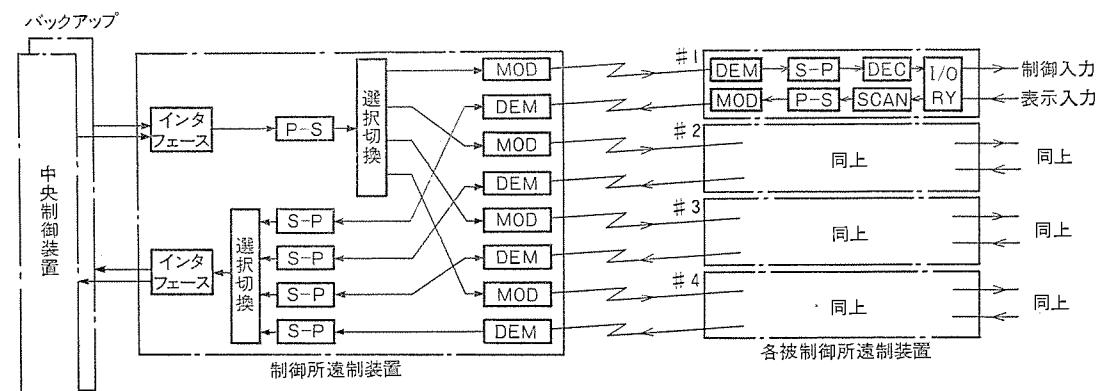


図 6. 《MELDAC》500 形 遠方監視制御装置 ブロック図

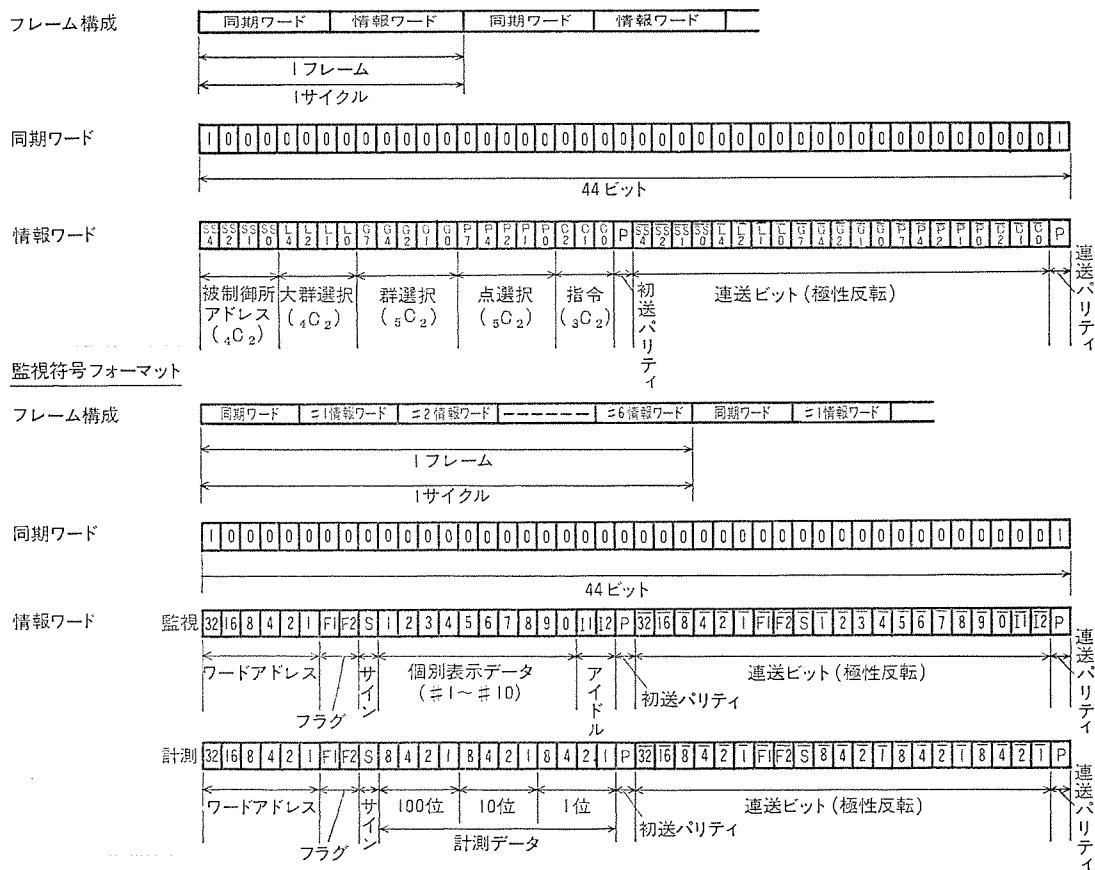


図 7. 制御監視符号 フォーマット

- (1) 形名 《MELDAC》-500

(2) 対向方式 1 : N 対向集合形 ( $N=4$ )

監視 1 : 1 対向集合形

(3) 伝送速度 制御 200 BPS (ただし FAN 制御は 600 BPS)

監視 600 BPS

(4) 伝送時間 制御 440 ms／被制御所

監視 最大約 4.3 s／被制御所 (表示 560 量)

(5) 伝送方式 常時 サイクリック式

(6) 符号方式 NRZ 等長符号

(7) 符号検定方式 制御 2 連送照合検定 + パリティ 検定 + 定マーカ検定, 監視 2 連送照合検定 + パリティ 検定

- (8) 同期方式 フレー  
△ 同期

(9) 制御出力及び表示  
入力  
制御出力 各設備ごと  
無電圧片端子共通の  
1 a 接点  
接点容量 DC 110 V  
5 A 1 秒 メーク  
設定出力 DC 4 ~ 20  
mA  
表示入力 各設備ごと  
無電圧片端子共通の  
1 a 接点  
接点容量 DC 110 V  
0.1 A 以上

遠方監視制御総電器盤を  
図 8., 9. に示す。  
3. 4. 2 中央制御装置  
(計算機)  
飯田中央制御所に設置さ  
れる中央制御装置は遠方  
監視制御装置、設備用操  
作卓、系統表示盤、計測  
記録計盤と結合し中津川  
IC～駒ヶ根 IC 間の各所  
に散在する諸設備の遠方  
制御、自動監視、管理記  
録等を行う。図 10. に中  
央制御装置の概略の構成  
を示す。

### なおこの装置の概略機

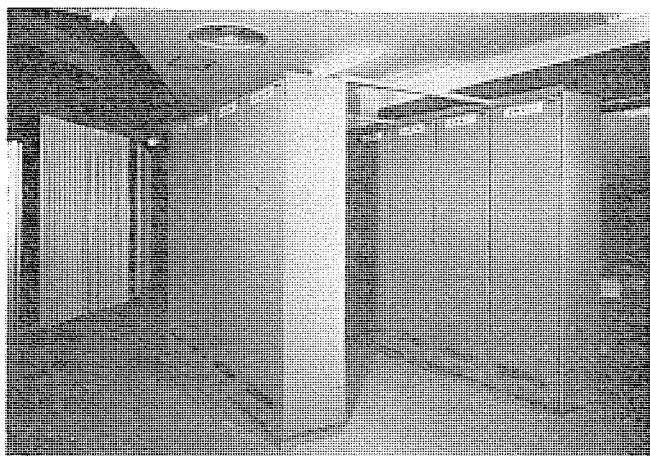


図 8. 遠方監視制御盤（制御所）

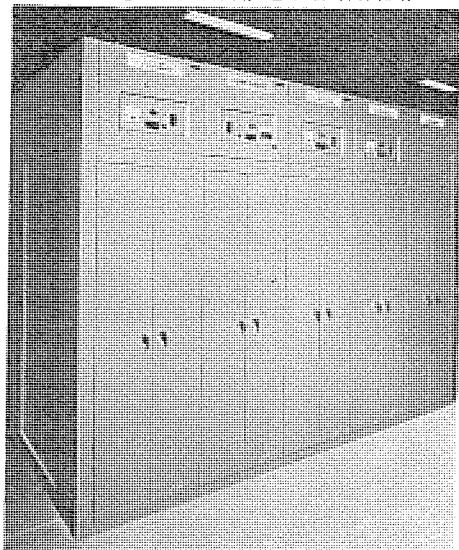


図 9. 遠方監視制御盤（制御所）

能は次のとおりである。

#### (1) 遠方制御

設備用操作卓からの操作信号を遠方監視制御装置の伝送符号フォーマットに合った形に変換する処理機能を持つ。なお換気設備に対しては所定の数学モデルに従って最適な風量設定を行う自動制御機能もある。

#### (2) 自動監視

遠方監視制御装置から送られてくる諸設備の運転状況、故障の有無、計測データ等を刻々読み取り系統表示盤、グラフィックディスプレー装置(CRT)及び計測記録計盤に表示するとともに自動状態変化に対しては警報するとともに表示シンボルをフリッカさせて操作員の喚起を促す。

#### (3) 管理記録

次の4種のタイプライトで管理記録の作成を行う。

##### (a) アンウンスメントタイプライト(1台)

設備機器の故障、異常記録及び動作記録  
中央からの遠方手動操作による確認記録

##### (b) ロギングタイプライト(2台)

受変動、自家発設備の日報記録  
交通量状況の日報記録

##### (c) ラインプリンタ(1台)

受変動、自家発設備、交通量状況の日報作成  
運転員交代時の故障継続機器の総括記録

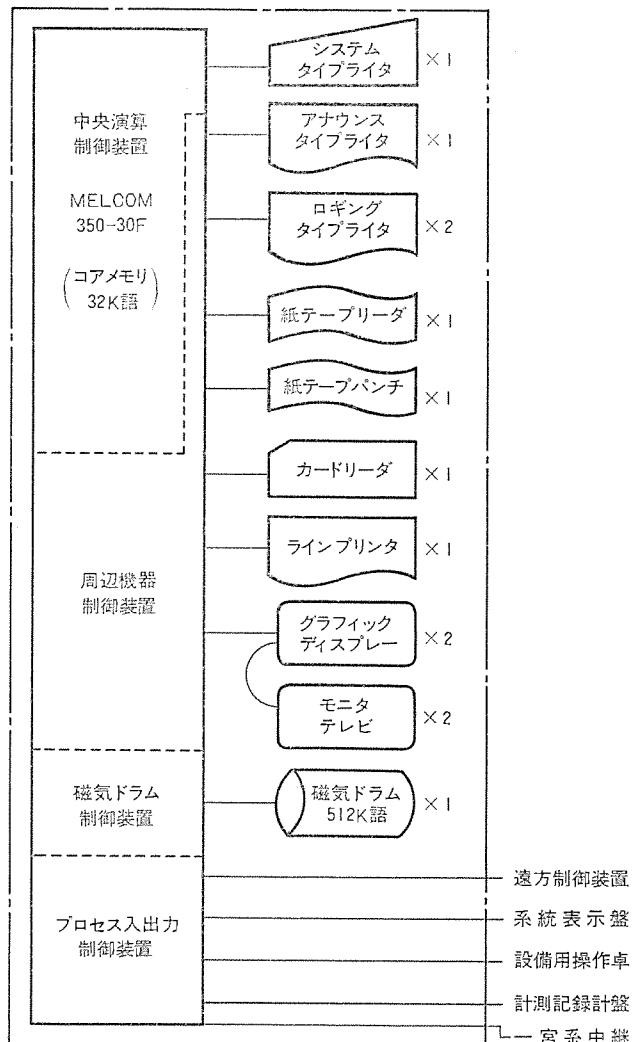


図 10. 中央制御装置構成図

火災感知器動作試験結果、遠制装置反転試験結果の記録

#### (d) システムタイプライト(1台)

中央制御装置自身の故障記録

#### 3.4.3 マンマシンコミュニケーション機器

操作員と機器の制御情報について対話をするものとして設備用操作卓があり、運転状態、故障状態などの表示情報及び計測情報についての対話をを行うものとして系統表示盤、CRT、計測記録計盤などがある。なおこれらは計算機と有機的に結合させることにより機能の向上と操作の容易性をはかっている。次にこれらの概略仕様について記す。

#### (1) 設備用操作卓

設備用操作卓は各設備ごとに分割し、それぞれの設備に専用となっている。各操作部は場所選択ボタン、機器選択ボタン、制御指令ボタンなどの組合せによりCRT画面を見ながら制御するように構成し、操作卓のコンパクト化を計っている。操作卓は次の11ユニットに分割している。

##### (a) 照明操作卓

トンネル、IC、PA、等の照明制御

##### (b) 電力操作卓

特高、受配電各フィーダCBの入切制御

##### (c) 換気操作卓

トンネル内換気ファンの風量制御

##### (d) 防災操作卓

トンネル内水噴霧弁、排煙口の制御

##### (e) 標識操作卓

道路上の電光標識板の案内内容制御

##### (f) 拡声操作卓

中波放送、拡声等のモード選択制御

##### (g) ITV操作卓

カメラ番号の選択制御

- (h) 無線操作卓 移動無線機の切換制御
- (i) 共通操作卓 系統表示盤、CRT の警報確認、各種試験
- (j) 事故表示卓 事故発生時場所、原因等を表示、記録
- (k) 状況表示卓 換気状況、気象状況等を CRT 表示

## (2) 系統表示盤

系統表示盤は変更及び増設が容易な単位 ブロックのはめ込み式 モザイク パネル である。

この表示盤により交通状況と電力運用が一目では (把) 握することができる。交通関係表示では標識、照明の状態、事故発生場所、火災発生場所、非常電話、手動発信通報場所、水噴霧、消火せん動作場所、交通渋滞表示、その他車両通過台数、CO、VI 等を表示し、電力設備関係表示では、電力系統の状態表示、換気設備の運転状態を表示している。

系統表示盤及び設備用操作卓を図 11. に示す。

## (3) CRT

2台の CRT により構成され、機能分担は、設備用操作卓より操作要求又は状態表示要求があった場合、設備の状態表示及び制御操作の補助として使用するものと、中央制御装置が故障発生や異常発見をした時、異常発生時刻、場所、内容を知らせるための メッセージ 表示用に分かれている。

## (4) 計測記録計盤

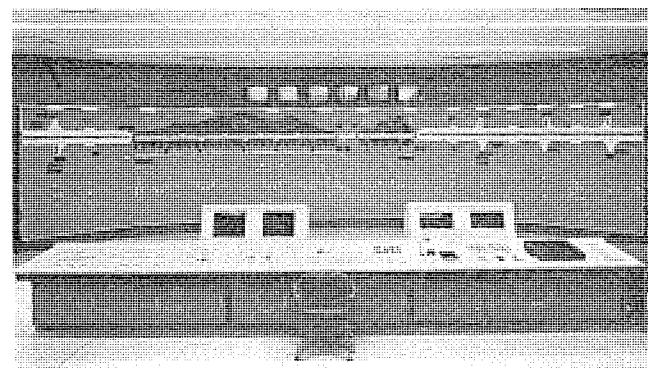


図 11. 系統表示盤及び設備用操作卓

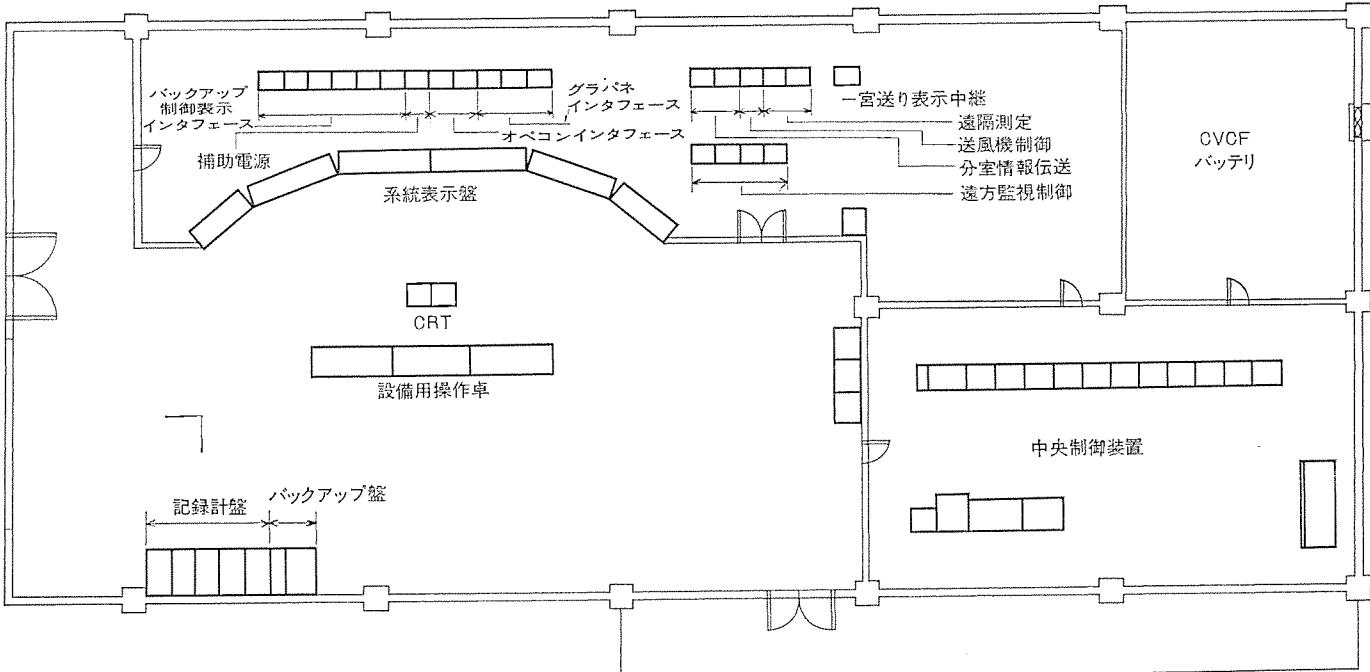


図 12. 中央制御所機器配置図

気象 データ及び換気量に対するトンネル内環境のデータを打点記録し解析資料を得るもので、気象関係では気温、路温、降雨量、風速、VI 値を 8カ所より記録、換気関係では送風量、排風量、CO 値、VI 値、トンネル内風速、を 6カ所より記録している。

## (5) バックアップ 盤

バックアップ 使用 - 除外のスイッチ を使用側に倒すと、トンネル換気所と特高変電所の監視及び選択制御が 1 被制御所単位で行うことができる。

### 3. 4. 4 中央制御所の装置レイアウト

中央制御所の機器配置を図 12. に示す。図からわかるように マンマシンコミュニケーション 機器、中央制御装置、遠方監視継電器盤、電源装置と各部屋に分けて設置している。なお マンマシンコミュニケーション 機器を設置する部屋は人間工学的配置、意匠的 デザインに十分な配慮をくばり系統表示盤は壁面構造となっている。

## 4. む す び

以上、遠方監視制御 システム の構成法と、一例として恵那山トンネルを中心とした日本道路公団中央自動車道中津川～駒ヶ根間向け遠方監視制御装置について紹介したが、8.5 km の長大 トンネル ともなれば、単に設備の規模が大きくなるだけでなく、交通安全のために高度な設備が多種設置され、それらを遠方監視制御する装置にも高い機能と信頼性が要求される。この装置では構成法及び装置自体でもそのための工夫と配慮を種々行っており、今後の長大 トンネル 向け遠方監視制御装置について一つの方向を示すものと考える。

最後にこの装置の設計、製作にあたり、始終ご協力をいただいた日本道路公団及び三菱電機関係部門の各位に深く感謝の意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 島田、山中、津吉、森本：日本道路公団東名高速道路納め変電設備集中遠方監視制御装置、三菱電機技報、44, No. 6 (昭 45)
- (2) 山中、津吉、村田、利根川：1:N/2:N 方式遠方監視制御装置 (MELDAC-600 システム)、昭和 49 年度電気関係学会関西支部連合大会 G 6-17

# トンネル内監視通報装置

植木源治\*・中川幹雄\*\*・谷口敬一郎\*\*・山際豊行\*\*

## 1. まえがき

高速道路では事故対策に細心の注意を払う必要がある。特にトンネル内の場合は、車両故障・衝突事故等がいったん発生すると大災害になる恐れがある。そのためトンネル内の交通状況を集中監視し、ドライバーに対して交通情報を提供し、事故・渋滞等を防ぐとともに、万一このような事故が発生しても速やかに対処するためにITV装置、ラジオ再放送装置、拡声装置、VHF・UHF移動無線設備が他の防災設備とともに使用されている。

以下ここではこれらトンネル内監視用通報装置として、ITV装置、ラジオ再放送装置、拡声装置、VHF・UHF移動無線設備をシステム例とともに設計上留意すべき点について述べる。

## 2. トンネル監視ITVシステム

### 2.1 システムの概要

図1. はITVシステム例系統図である。カメラは約150~200m間隔でトンネル内全域と坑口付近に設置し、十数km離れた中央管理所にて3~6台のモニタで監視する。通常、モニタは上り車線1台、下り車線1台、上下共用1台の計3台とする場合が多いが、長大トンネルでカメラ台数が多い場合は上下車線を更にブロックに分け5~6台としている。各カメラの映像信号出力はカメラ制御箱内のビデオトランスで不平衡75Ω~平衡110Ωに変換されPEF0.9mmφ又は1.2mmφケーブルでトンネル両端の換気所のITV端局装置まで伝送される。ITV端局装置においてはトンネル内ケーブルの減衰ひずみの補償を行い、映像分配したあと各モニタ系統ごとに映像切換えを行ったのち幹線伝送路へ送出する。図1.のシステム例では西口換気所からの映像信号はトンネル内幹線伝送路をへて東口換気所ITV端局装置に入りここで東口換気所の映像信号と切換えが行われ、トンネル外幹線伝送路(NTT ITV-4M映像回線)へ送出され中央管理所のモニタまで伝送される。またITV端局装置には保守用としてローカル監視のモニタを内蔵している。同期系はITV端局装置内に駆動信号発生器及

びパルス分配器を持ち、映像系と同一ケーブルにて各カメラに送られ、各カメラでは水平・垂直駆動信号により外部同期される。制御系は中央管理所からすべて集中制御することができ、その制御信号はパルス方式あるいはトーン信号周波数選別方式で伝送される。制御項目としては、

(1) 電源: カメラ電源、モニタ電源のブロックごとの入切

(2) デフロスター: 一斉入切

(3) カメラ選択: 手動切換えはテンキーによる  
自動切換えはタイマによるオートスキャン。

非常時は感知器、非常電話、手動通報器に連動して優先割込で切換えられる。

(4) 非常連動: 連動と非連動の切換えを行う

(5) モニタ制御: 輝度、コントラスト、水平同期、垂直同期

(6) 表示部: カメラ選択と連動してグラフィックパネルにカメラ位置表示を行う。カメラ及び伝送機器の故障をランプ表示する。

表1. にITVシステムの総合仕様を示す。

### 2.2 設計上留意すべき点

トンネル内監視ITVシステムは一般のITVシステムと異なりカメラの設置位置が高速道路トンネル内であること、トンネル内照度が10~100lx

表1. ITVシステム総合仕様

方 式	日本標準テレビジョン方式に準ずる
走査線数	525本
水平周波数	15.75 kHz
垂直周波数	60 Hz
飛越走査	2:1インタレース
同期方式	外部同期
周波数特性	4 MHz±4 dB
ランダム雑音	47 dB(p-p/rms)以上
ハム雑音	36 dB(p-p/p-p)以上
パルス雑音	15 dB(p-p/p-p)以上
総合解像度	300本以上(水平方向中心部)

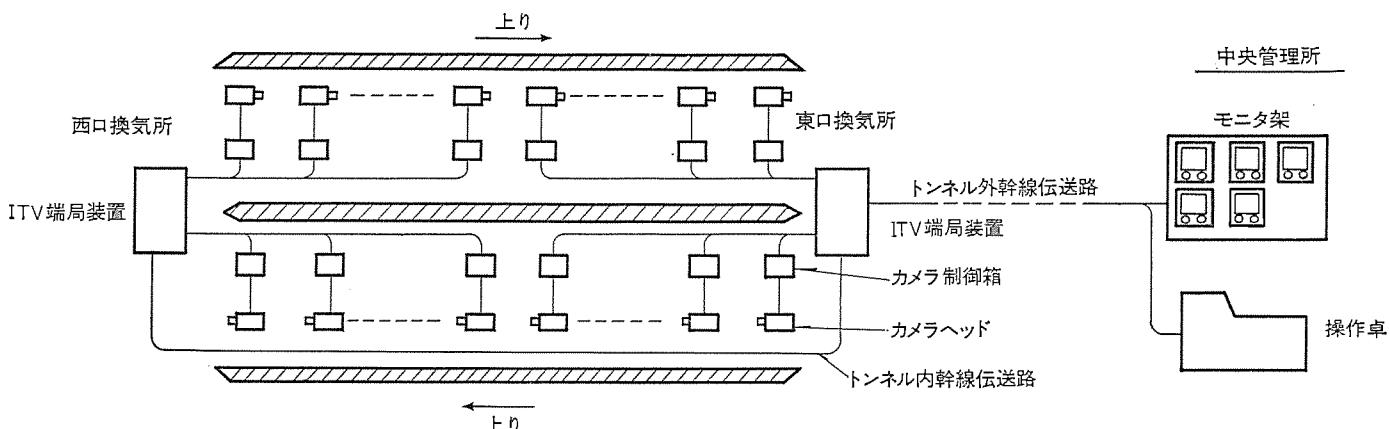


図1. ITVシステム例系統図

程度であること、更にトンネル内では、場合によってはサイリスタモータの高調波電流による低周波誘導雑音、ラジオ再放送による雑音などが存在する点、カメラと中央管理所間の距離が長くテレビ信号の長距離伝送が必要なこと、などに注意する必要があるのでこれらの点について重点的に説明する。

## 2.2.1 カメラ部

高速道路トンネル内にカメラを設置する場合、建築限界及び調整保守の面からその取付位置が限定される。また自動車排気ガスやトンネル内清掃車による散水などから密閉防水構造とする必要がある。これらの条件によりカメラはカメラヘッドとカメラ制御箱からなる分離形カメラが使用される。カメラヘッドはレンズ・撮像管・プリアンプ・偏向出力回路からなり、ケース自体で密閉防水構造となっている。カメラ制御箱には電源部、同期信号回路、プロセス回路、ビデオ出力回路を含み調整はここからできるようになっており、トンネル側壁に埋込まれる。

## 2.2.2 撮像管

撮像管としてはトンネル内が暗いこと（照度10~100lx程度）、自動車のヘッドライト、テールライトなどのハイライト部が入ることなどから高感度で焼付の少ないシリコンビジコン、カルニコン、ニュービコンなどが用いられる。

## 2.2.3 ハレーション防止

自動車のヘッドライトやテールライトがカメラ視野内に入るとハレーションを生じ見にくくなる。トンネル照明が低圧ナトリウム灯であるときは、ナトリウムの約590mμのD線スペクトルと自動車のライトの分光特性（900mμ位をピークとして長波長側に片寄っている）の差を利用して、図2.のような光学フィルタをかけてハレーションを防止することができる。

## 2.2.4 レンズ

トンネル内はほとんど照度変化がないのでEE機構のない一般のレンズを使用し、トンネル坑口付近及びトンネル外では照度が変化するのでEE機構を有する特殊レンズを用いる。Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>ビジコンではターゲット電圧を変化させることによる自動感度調整を行うことが可能であるが、

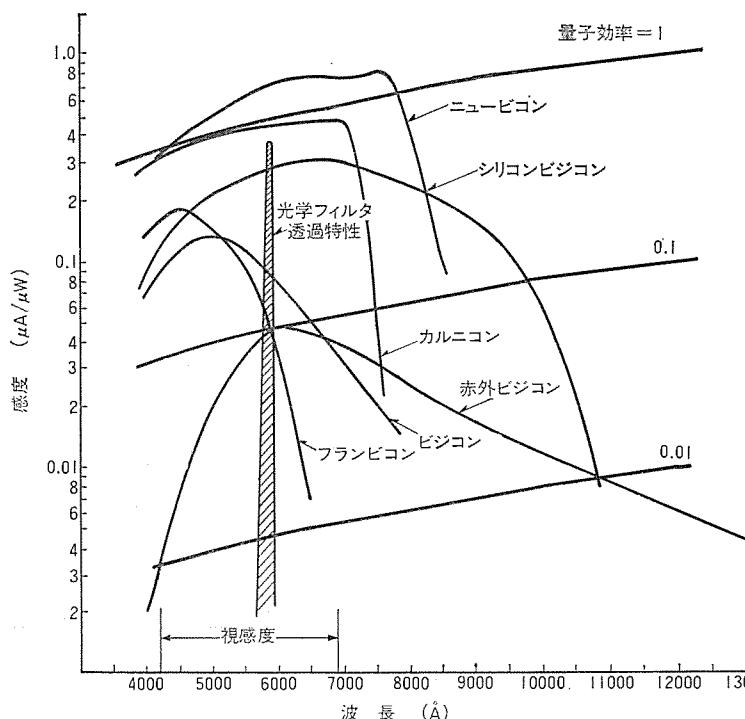


図2. ビジコンと光学フィルタの分光特性

シリコンビジコン、カルニコン、ニュービコンなどの高感度ビジコンは自動感度調整機能を有しないため、レンズ自体で広範囲な光量調整を行う必要があり、レンズにカメラからの映像信号をフィードバックし絞り値をF1.5~F500相当まで可変できる特殊NDフィルタ付レンズを用いる。

## 2.2.5 トンネル内伝送路

トンネル内伝送路としてはカメラと換気所のITV端局装置の間、及び両換気所間のトンネル内幹線伝送路とがあるが、いずれも平衡対ケーブルによるビデオベースバンド伝送が用いられる。トンネル内伝送路での問題としては漏話、ラジオ再放送からの誘導妨害、電力線からの低周波誘導妨害がある。

### (1) 漏話

複数の映像信号を同一ケーブル内で同一方向に伝送する場合、遠端漏話が問題となる。図1.の系統図においては、カメラ・ITV端局装置間、トンネル内幹線伝送路、トンネル外幹線伝送路の各区間の遠端漏話減衰量をXF<sub>1</sub>、XF<sub>2</sub>、XF<sub>3</sub>とすると総合遠端漏話減衰量XF<sub>total</sub>は

$$XF_{total} = -10 \log (10^{-\frac{XF_1}{10}} + 10^{-\frac{XF_2}{10}} + 10^{-\frac{XF_3}{10}}) \text{ dB}$$

いま XF<sub>1</sub>=XF<sub>2</sub>=XF<sub>3</sub>とすると

$$XF_1 = XF_{total} + 5 \text{ dB}$$

XF<sub>total</sub>は白黒テレビの場合23dB/4MHz以上あれば問題ないのでこのとき XF<sub>1</sub>≥28dBとなる。

トンネル長l=4.5kmとするとケーブル標準長250mでの漏話減衰量(XF<sub>2</sub>)<sub>0</sub>は

$$(XF_2)_0 \geq 28 + 10 \log \frac{4.5}{0.25} + 10 \log n = 48 \text{ dB}$$

ここでnは多重度でn=5（これ以上大きいときは非了解性漏話となり、ランダム雑音として扱うことができる）とした。

### (2) ラジオ再放送からの誘導妨害

トンネル内ラジオ再放送によるトンネル内伝送路による誘導妨害を考慮する必要がある。図3.において誘導回線で生じた誘導磁界によって、被誘導回線金属シース上に電流I<sub>1</sub>が誘起される。この電流I<sub>1</sub>は、

金属シースの結合インピーダンスZ<sub>K</sub>を介して金属シース内表面に起電力E<sub>2</sub>を生じさせ、この起電力E<sub>2</sub>は被誘導回線の金属シースと映像対からなる縦回線に電流I<sub>2</sub>を生じさせる。映像対が各心線の金属シースに対するアンバランスにより誘導電圧が発生し周期性雑音となる。

I<sub>2</sub>による縦回線誘導電圧V<sub>F</sub>は

$$V_F = \frac{E_2 Z_K \lambda_0^2}{16 \pi^2 Z_1 \delta_1 \delta_2}$$

λ<sub>0</sub>：真空中の波長（m）

Z<sub>1</sub>：回線1の特性インピーダンス（Ω）

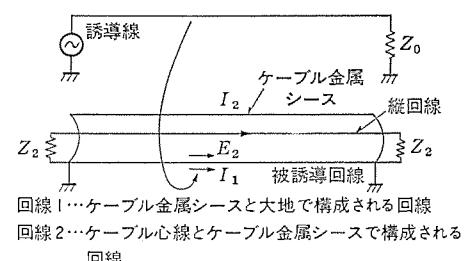


図3. ラジオ再放送誘導等価回路

$\delta_1, \delta_2$  : 回線 1, 2 の波長短縮率  
 $Z_K$  : 結合インピーダンス ( $\Omega$ )  
 $E_0$  : ラジオ放送の誘導電界 (V/m)

このときラジオ再放送誘導妨害に対する  $S/N$  は

$$S/N = 10 \log \left( \frac{V^2 S^2 / Z_s}{V^2 F^2 / Z_s} \right) + S - \alpha l \text{ dB}$$

$V_s$  : 信号印加電圧

$Z_s$  : 信号線特性インピーダンス

$S$  : 縦回線より信号線への漏話減衰量

$\alpha l$  : 線路の動作減衰量

図 4. にアルペスシースケーブル及びスタルペスシースケーブルについての  $S/N$  計算結果を示す。しゃへい効果はスタルペスのほうがアルペスシースより 10~100 dB よいがいずれも周期性雑音  $S/N=50$  dB 以上を満足している。

### (3) 電力線からの低周波誘導妨害

トンネル内には各種電気設備用の電力ケーブルが布設されており、これらの映像信号に対する誘導妨害が問題となる。特にトンネル換気用プロアモータとしてサイリストモータが使用される場合、基本波から 5~6 kHz までの高周波電流が生じ、これからの妨害に対して十分な対策が必要となる。この低周波誘導電圧  $V_m$  は

$$V_m = j\omega M l K \lambda$$

$$M = \left[ 2l_n \frac{2}{k\sqrt{b^2 + (h_1 - h_2)^2}} + \frac{4}{3\sqrt{2}} k(h_1 + h_2) - 0.1544 - j \left\{ \frac{\pi}{2} - \frac{4}{3\sqrt{2}} k(h_1 + h_2) \right\} \right] \times 10^{-4}$$

$$k = \sqrt{4\pi\omega V}$$

$\omega$  : 角周波数 (rad/s)

$h_1$  : 起誘導線の地上高 (cm)

$M$  : 相互誘導係数 (h/km)

$h_2$  : 被誘導線の地上高 (cm)

$I$  : 起誘導電流 (A)

$K$  : " のしゃへい係数

$l$  : 線路長 (km)

$\lambda$  : " の心線平衡度

$b$  : 隔離距離 (cm)

$\sigma$  : 大地導電率

図 5. にスタルペスシースケーブルについての誘導電圧の計算結果例を示す。この誘導電圧の実効値と映像信号の  $S/N$  は約 30 dB となり周期性雑音に対する規格  $S/N=50$  dB 以上を確保するためには信号の送り出しレベルを上げ、しゃへい効果の大きいアルミしゃへいケーブルを用いるか、あるいはケーブルをコンジット配管内に通線するなどの必要がある。

電源周波数の基本波及び 2 次、3 次高調波などはクランプにより 15~20 dB の  $S/N$  改善が期待できるが高次高調波に対しては改善効果は期待できないので十分なしゃへいと平衡度の良いケーブルを用いるべきである。

### 2.2.6 トンネル外幹線伝送路

換気所から中央管理所までの幹線伝送路はトンネル外で一般に数 km ~ 数十 km 離れており伝送線路は電電公社回線が使用されることが多い。表 2. に幹線伝送規格及びインターフェース条件を示す。

### 3. ラジオ再放送システム

この施設はラジオ再放送装置、緊急放送装置、誘導線等から構成され通常は再放送装置はトンネルの機械室、誘導線はトンネル壁面上方に沿って設置され、緊急放送装置は道路維持事務所その他の管理所に設置される。通常はその地域における各放送波の不感対策として再放送サービスを行い、ITV などによりトンネル内で緊急事態発生を知

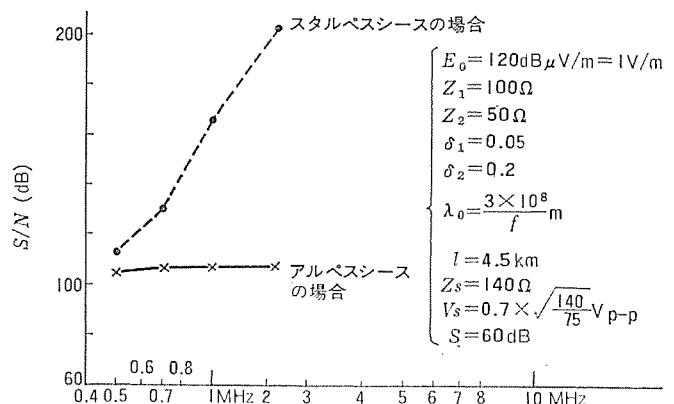


図 4. ラジオ再放送誘導雑音による  $S/N$  の計算値

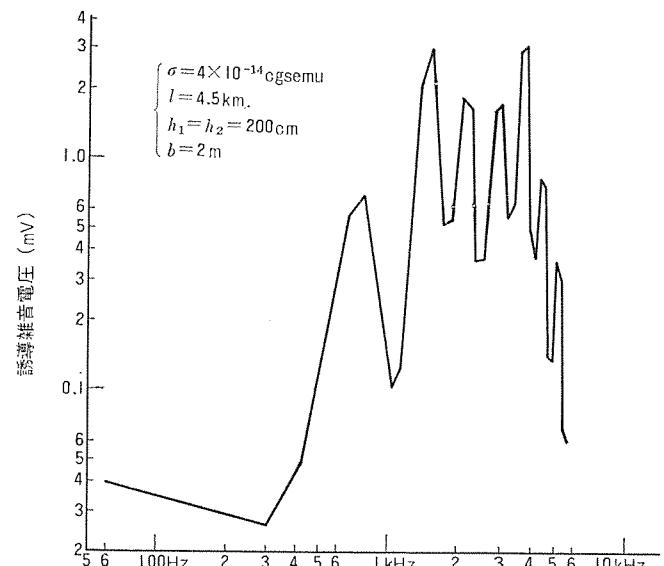


図 5. 電力線からの低周波誘導雑音による  $S/N$  の計算値

表 2. トンネル外幹線伝送規格

項目	規格
振幅周波数特性 15 kHz を基準にして 4 MHz まで	偏差 $\pm 4$ dB 以内
ランダム雑音	47 dB 以上
周期性雑音 1 kHz ~ 1 MHz	50 dB 以上
1 MHz ~ 4 MHz	30 dB 以上
ハム雑音 (クランプ ON)	51 dB "
クレーミスローブ	15% 以下
ラインスローブ	15% "
ライズタイム	0.3 μs "
微分利得	30% "
微分位相	15% "
漏話減衰量	23 dB 以上
受渡しレベル	V. S/Vp-p/75Ω

った場合は、管理所より緊急放送に切換えて各放送波と同一周波数でトンネル内のカラジオに緊急放送を行い事故防止を計るものである。

### 3.1 方式概要

ラジオ再放送はトンネル入口の受信空中線及び再放送装置により中継増幅された各放送波信号を誘導線に給電する。緊急放送はトンネルから離れた管理所より専用回線又は電電公社線により切換信号及び緊

急放送信号を伝送して行う。

この構成の一例を図 6. に示す。中継方式としては各種方式が考えられるが一般に検波中継方式が採用されている。空中線からの受信信号は各受信機で復調され、この信号が緊急放送との選択回路を経て、受信波と同一周波数の AM 変調送信機に変調信号として加えられる。各送信機からの高周波信号は混合器により合成されて、トンネル内の誘導線に給電される。自動車側ではトンネルに入りても継続して放送受信が支障なく行われる。緊急時には管理所からの遠方制御により変調信号を緊急放送に切換えてマイク又はカセットテープにより緊急情報をドライバーに伝達する。

### 3.2 技術基準等

#### 3.2.1 法規

トンネル内において再放送を実施する場合、その設備には電波法の無線設備規則が適用され、主要な項目をあげれば次のとおりである。

#### 3.2.2 高低調波及び寄生発射の強度（設規第 62 条）

誘導式通信設備から発射される高低調波又は寄生発射の強度は、基本波に対し 30 dB 以上低くなければならない。ただし測定は 1 ~ 2 m の高さにおいて行う。

#### 3.2.3 漏えい（洩）電界強度（設規第 61 条）

誘導式通信設備の線路に通ずる高周波電流の基本波による電界強度は、その送信装置から 500 m 以上隔たり、かつ線路から  $\frac{\lambda}{2\pi}$  の地点で毎 m  $200 \mu\text{V}$  (=46 dB) 以下でなければならぬ。

#### 3.2.4 周波数の許容偏差（設規第 59 条）

誘導式通信設備から発射される周波数の許容偏差は 0.1% とする。

#### 3.2.5 申請手続

そのほかに設置から運用に至るまでには次のような手続きが必要となる。

##### （1）申請事項

高周波利用設備として、電波法第 100 条の規定により郵政大臣に申請し許可を受け、高周波利用設備の検査を受ける。

##### （2）届出事項

有線法第 3 条及びその業務運用の規制に関する法律を施行する規則

第 3 条の規定により届出書を提出する。この場合、放送事業者の同意書を添付しなければならない。

### 3.3 誘導線の布設及びトンネル内の電界

布設する誘導線としては 3 ~ 5 mm 径のビニル線や  $\phi\text{W}$  電線が使用され、伝送形態としては大地帰路伝送方式をとる。LCX（漏えい同軸ケーブル）を使用する移動無線と併設の時は LCX の外導体が利用される。誘導線の両端はトンネル両入口より 50 m 程度中に入った位置で引き留め、トンネル外への漏えい電界を極力少なくし、トンネル外でのビート障害防止、系の安定動作を計る。

布設位置としては、自動車アンテナとの結合損失を少なくするため天井中央が望ましいが、建築限界及び工事の容易性より、高さ 3 m 以上の側壁に布設される。この場合、誘導線とコンクリート壁面との間隔  $h$  と特性インピーダンス  $Z_0$  及び伝送損失  $\alpha$  との間には、一般に次の関係がある。

（1）  $h$  を大にするほど、 $\alpha$  は減少し  $Z_0$  は増大する。

（2）  $h$  が小さい場合は導体径による減衰量の差が大きくなる。

計算による一例を図 7. に示す。これより  $h$  は 15 cm 以上確保するのが一般である。

報告された実施例より実際のデータを検討すると、伝送損失は大略 600 kHz で 8 dB/km, 1,200 kHz で 11 dB/km 程度であるが、この約半分程度の伝送損失となった実施例もあり、コンクリート壁面の導電率などの違いにより変化するものと思われる。結合損失は近接車線で 600 kHz で大略 50 ~ 55 dB, 1,200 kHz で 60 ~ 65 dB であり、遠方車線では 20 ~ 30 dB 程度増加する。

したがって事情が許すなら両側に誘導線を布設し分配給電するほうが望ましく、また送信出力も小さくてすむ。また所要電界強度としては最低 40 dB は必要であるので、この値を誘導線の終端部で確保するよう送信電力を決定する必要がある。

### 3.4 移動無線

道路公団では道路管理用 パトカーに 400 MHz 帯の移動無線を採用しており、緊急時には、トンネル内でも通話可能としておく必要があるので、特別短いトンネルを除き、トンネル対策が必要となる。

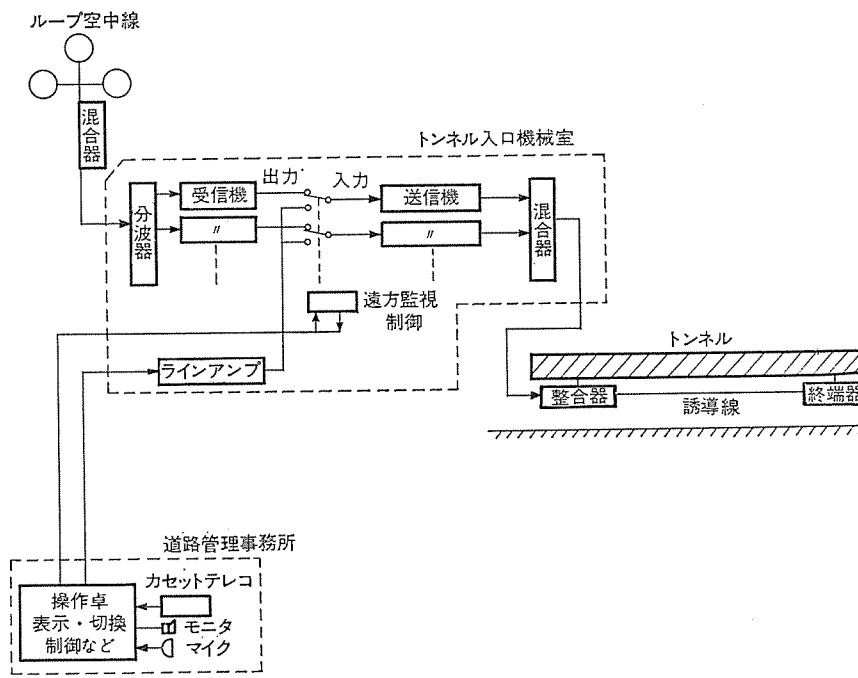


図 6. ラジオ再放送システム系統図

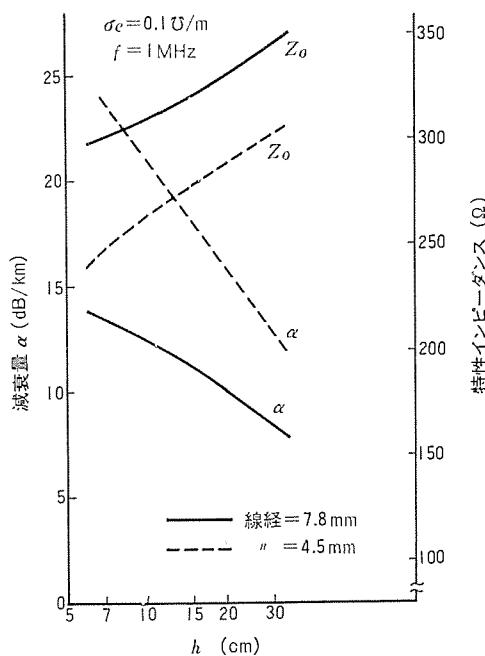


図 7. 誘導線の壁面よりの距離に対するインピーダンス、減衰量の変化の一例

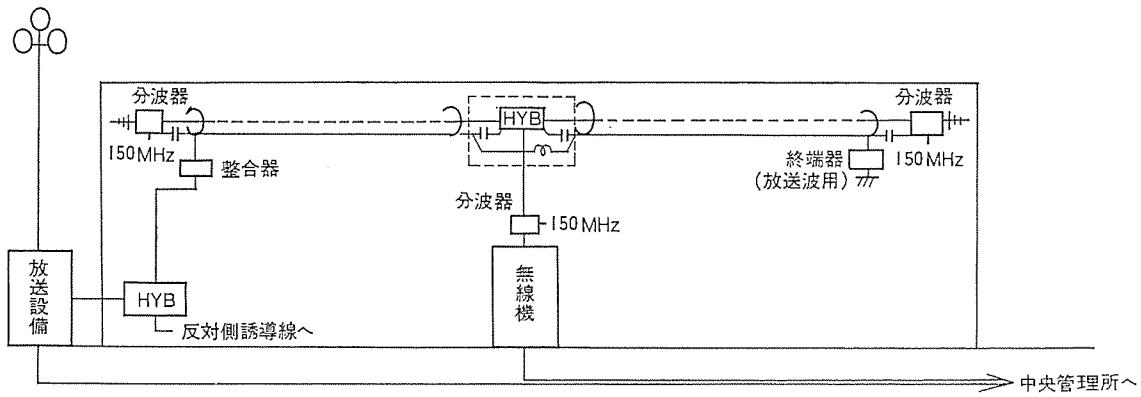


図 8. 移動無線及び再放送概要系統図

この場合構成として基地局用無線機（通仕第 70001 号）をトンネル対策用として設置し、無線連絡所とを有線で接続し、無線機より漏えい同軸ケーブルをトンネル内に展張し、これによりトンネル内パトカーとの無線通信回線を構成する。トンネルが約 2 km より長い場合は中央に無線機を設置し、両側に分配接続する構成をとる。

無線機がトンネル内中間部に設置できない場合、あるいはトンネルが約 4 km より長い場合には、複数個の無線機の設置が必要となる。

再放送装置と併設時の構成の一例を図 8. に示す。LCX は、広帯域特性のものを使用すれば 150 MHz でも回線構成が可能となるので、将来警察のパトカー通信にも利用できる。LCX を用いる利点は、無線機より遠ざかるにつれ漏えい量を増大させ、漏えい電界変動幅を極力少なくすることができ、再放送装置を併設する場合は、外導体又は、メッセージワイヤを誘導線として利用することができる。

移動無線及び再放送システムはトンネル内の無線通信システムとして、別個に考えるよりも、総合したシステム設計、装置設計がなされるべきものであろう。特に管理所においては拡声装置、ITV 装置等を総合し、使用者に便利な監視制御通信装置とする必要がある。今後の発展方向として長大トンネルにおける通報装置として、LCX を ITV の幹線系として利用することや、FM 放送の再放送などが期待される。

#### 4. 拡声設備

最近高速自動車道路の長大トンネルには、防災設備の一環として拡声装置が設けられることが多くなってきている。この拡声装置そのものは通常の運行時はほとんど使用されぬものであるが、一度事故が発生した場合の 2 次的事故の発生防止や、車両渋滞、事故時の混乱予防のための情報伝達等の機能が期待されている。特に火災などの発生した場合、即座に現場におもむくことはまず困難な状況であるので、混乱をおさめ避難、待避のための誘導はこの設備によらざるを得ないと思われる。

##### 4.1 設備の概要

拡声設備は中央管理所に制御装置を置き、ここから遠隔操作で現場近くの受電所、換気所などに設置された電力増幅器を制御し、トンネル内に配置されたスピーカーを通じて中央からの案内を放送する設備構成となる。もちろんトンネル内にもマイクロホンを設置し、ここから直接放送も可能なものとする。

この設備で放送すべき内容はラジオ再放送装置と共通なものが多いため、中央管理所などに設置される制御装置、マイクロホン等は再放送装置と共になることが多い。トンネル内に配置するスピーカーは

自動車の排気ガスによる汚染に耐え、また湧水や壁面洗浄水に十分耐えられるだけの防水性が必要である。

中央管理所からの音声信号と制御信号の伝送は、専用線によるか又は電電公社線を使用する。

##### 4.2 システム運用上からの要求

このシステムは現場から離れた所にある管理所で操作されるため、現場の状況を適確には（把）握するのに ITV の併設が是非必要である。ITV なしではこのシステムはほとんど役に立たぬと思わねばならない。

放送は突発的に行う場合（事故や不法駐停車を発見したような場合）と定常的に流しておく場合（事故の後遺症などで渋滞したような場合の状況通報など）がある。事故時の緊急放送などはその指示が適切であったかどうかが後日問題になることもあるので放送内容は録音しておく必要がある。定常的に流しておく場合はその放送パターンも決まっていることが多く、これに対してはあらかじめ放送を録音したエンドレスのテープレコーダーを使用すればよい。しかし録音してあるパターンにないような放送を繰り返したいという要求もあり、これには特殊なテープレコーダーが必要となる。また少數の管理員で効率よく運用できるためには再放送、電光掲示板などと連動して動作させることも考慮する必要がある。

##### 4.3 機器の詳細

この設備は基本的にはマイクロホン又はテープレコーダーからの入力を増幅し、スピーカーを鳴らすだけの拡声装置にすぎないが、設置される場所がトンネル内という特殊な場所であること及び 4.2 節で述べたような特殊な使い方からの要求などを考慮する必要がある。

特別な吸音対策を施していないトンネル内の音声通報は、屋外や屋内と異なり、非常に反響が多いため単に周囲騒音より高い音圧を出すといった考え方からスピーカーの配置をきめた場合、壁面による反響や定在波、スピーカー相互の干渉により明りょう度、了解度が阻害され、何を言っているのかよくわからぬといった事態になりやすい。

トンネル内及びそこを走行中の自動車内の騒音については表 3. のようなデータがある。このデータから考察すると、

- (1) トンネル内は常時 80~92 dB の騒音に満ちていること。
  - (2) トンネル内を走行する自動車は通常の状態ではほとんど窓をしめているであろう。このため車外からの音は窓ガラスにより 20~30 dB 減衰する。
  - (3) 80~100 km で走行中の小形乗用車の車内は窓密閉時 70~90 dB の騒音がある。
- などが分かる。このため通常の状態で走行中の自動車内にまともな

表 3. トンネル内及び自動車内のノイズ

		デ タ			備 考			
1. 高速自動車道路トンネル内の騒音 <sup>(1)</sup>	オーバオール			騒音対策ハンドブックによる。なお騒音レベルの中心値は走行台数の変化にあまり関係ないと報告されている				
	C特性	87~92 dB						
	A特性	80~83						
	63(Hz)	82~87						
	125	80~85						
	250	79~83						
	500	77~83						
	1,000	74~78						
	2,000	72~76						
	4,000	59~66						
2. 高速道路トンネル内走行中の自動車内の騒音	窓密閉時			測定者 三菱電機 日 時 48-3-9 場 所 名神高速 茨木-京都南間 梶原トンネル 窓開放時 測定者 三菱電機 日 時 48-3-9 場 所 天王山トンネル 自動車 コルトギャラン 16 LGS 約 9,000 km 走行のもの				
	時速/特性	C	B	A				
	80 km	90	85~88	70~77				
	100 km	88~90	85	75				
	窓開放時							
	時速/特性	C	B	A				
	80 km	97	95	90				
	100 km	100	95	85				
	100 Hz	12 dB	騒音対策ハンドブックによる 3 mm 厚の板ガラスのデータ					
	200	18						
3. 板ガラスの透過損失 <sup>(2)</sup>	400	22						
	800	27						
	1,600	29						
	3,200	31						
	6,400	31						

音を聞かせることはまず不可能と考えられるので、電光掲示板、ラジオ再放送などで“エンジン停止”“窓を開け”等の指示を出す必要がある。

トンネル内のような場所で明りょう度、了解度をあげるための手段は

- (a) できるだけスピーカーからの直接音を聞かせる。
- (b) 壁面からの反射音をできるだけ小さくする。
- (c) スピーカー相互の干渉に注意し、全く逆位相で強さが同程度になるような場所がないようにする。
- (a)に対しては小出力のスピーカーを多数配置する。
- (b)に対しては壁の吸音率を上げればよいが、これはあまり期待で

きぬとして、スピーカーの指向性と取付位置、取付方向により調整を行う。

(c)に対してもスピーカー同志が対向させぬようする。軸方向を壁面に正対させぬ。指向性の鋭いスピーカーを使用する。などの注意が必要である。

これらのうち最も効果があるのは小出力のスピーカーを多数配置する方法であるが、例えば 20 m に 1 台配置すると 1 km で 50 台になり、設備投資額とその効果の両面から設置台数は検討されるべきであろう。現在実際に設備されか(稼)動しているトンネルでは 50~100 m に 1 台の配置で一応の効果を上げているようである。スピーカー 1 台当たりの供給電力はスピーカー間隔にもよるが 2~10 W 程度となり、1 km 当たり最低 100 W は必要であり、ケーブルによりロスを少なくするため電力増幅器はトンネルの近くの換気所などに設けるべきである。

以上拡声装置につき簡単に述べたが、いずれにしてもこの設備は防災設備の一環として運用されるべきで、設置の設計に当たっては防災全般の総合的見地から検討する必要がある。

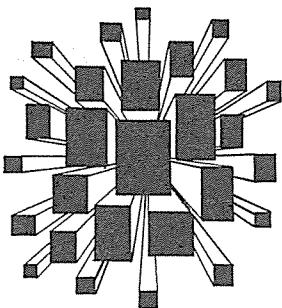
## 5. む す び

以上トンネル内監視通報装置について述べたが、これら設備は最新の高速道路トンネルでは防災・安全の面から非常に重要なものとなっている。ITV の誘導雑音の問題、拡声装置の了解度の問題など更に検討を要する問題であろう。本文執筆にあたりご助言、ご協力をいただいた関係各位に深く謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 平野ほか: NHK 技研月報 (昭 45-3)
- (2) 山中: 建設電気技術, No. 15 (昭 46)
- (3) 渋谷ほか: 日電技報, No. 109 (昭 48)
- (4) 騒音対策ハンドブック: 第 1 編, 第 4 章 (昭 41)  
第 3 編, 第 1 章 (昭 41)
- (5) 熊丸ほか: 住友電気, No. 105 (昭 46-10)
- (6) Sato ほか: Radio Wave Interference in Overhead Communication Cables (NTT Ibaraki Electrical Laboratory)

# 特許と新案



## ばね懸垂支持装置 (実用新案第1002614号)

考案者 越桐喜一

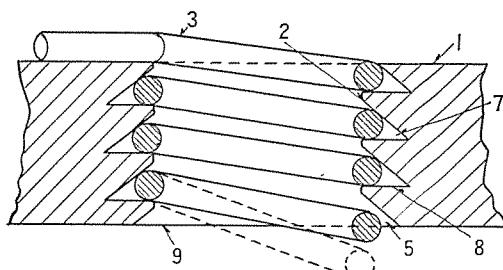
この考案はつるまきばねを用いたばね懸垂支持装置の改良に関するものである。

従来、被支持体をつるまきばねの下端に定着して弾性的に懸垂支持する装置においては、つるまきばねの上端部を、つるまきばねの巻回ピッチに相応し、かつ、つるまきばねの素線半径に匹敵する半円溝とされたねじ孔を有する固定支持部に、ねじ込んでいるのが普通である。

しかし、この従来のものでは、固定支持部のねじ孔の下端における最終回のねじ溝は不完全ねじ溝となるため、つるまきばねの素線が不完全ねじ孔におけるねじ溝の谷から内方に向う不完全ねじ溝形成壁をのりこえて出入りする結果、その際に大きな音を生ずるという欠点がある。

この考案はこのような欠点を除去するため、図に示すように、固

定支持部(1)におけるねじ孔(2)を、のこ歯形ねじ溝(7)を有するねじ孔とし、そのねじ溝(7)の下辺面を固定支持部(1)の下端面(9)に対しほぼ平行となして、最終回のねじ溝(5)には下端面(9)の方向へ谷から内方に向う不完全ねじ溝形成壁を設けないようにしたものである。



# 炉 体 の 冷 却 装 置 (登録実用新案第954985号)

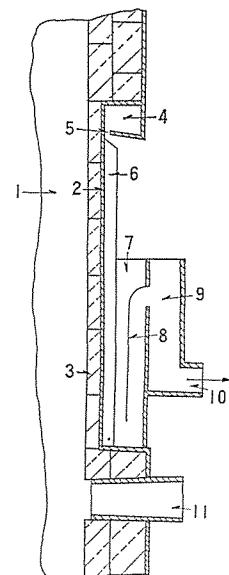
考案者 伊藤房次郎・星野克英・外山 隆

この考案はキュポラなどの溶解炉体の冷却装置に関するものである。

図において、(1)はキュボラ、(2)は溶解帯で鋼板を円筒状にして形成された上記キュボラ(1)の外壁の一部を形成するものである。(3)は上記キュボラ(1)の外壁に内張りされた耐火レンガ、(4)は上記キュボラ(1)の上部外周に沿って設けられ、上記溶解帯(2)の上部に向って冷却水を放出する冷却水管、(5)は上記キュボラ(1)の外壁と冷却水管(4)との間に形成される冷却水放出用の小孔、(6)は上記溶解帯(2)の周間に一定間隔をおいて設けられる冷却フイン、(7)は上記フイン(6)を介して上記溶解帯(2)の下部外周に沿って設けられた冷却ジャケット、(8)はこのジャケット(7)の内部を内外同心円状に二分し、下端に開口部を有して冷却水の循環路を形成する仕切り板、(9)は排水溝、(10)は上記ジャケット(7)の下部に設けられた排水管、(11)は羽口でコクス燃焼用の空気を送り込む穴である。なお上記冷却フイン(6)は上記小孔(5)からジャケット(7)へ放出される冷却水の案内をも兼ねている。

この考案は上記のように構成されており冷却水は冷却水管(4)より小孔(5)を通って放出され、溶解帯の上部を冷却した後ジャケット(7)にた(溜)められる。このためられた冷却水によって溶解帯の下部を冷却してジャケット式と同じ冷却効果を与える。すなわち、溶解帯の上部はシャワー方式で冷却され、下部はジャケット(7)内の冷却水により冷却されるのである。また、ジャケット(7)内の冷却水は下部において加熱され温度が高くなつており順次上昇して排水溝(9)へ

いっ(溢)出するが、これをすみやかに行わせるため仕切り板(8)をつけて下部の水が溢出しやすいようにされている。すなわち、仕切り板(8)によりジャケット(7)内の冷却水の移動を良好にしているのである。なお上記ジャケット(7)には常に水が存在するので停電などの事故により給水が停止してもジャケット(7)内の冷却水により炉の溶解帯を冷却できる。



## 電磁接触器の消弧装置 (実用新案第974243号)

考案者 岡戸弘行

この考案は電磁接触器特に低圧交流用の電磁接触器の消弧装置の改良に関するものである。

一般に電磁接触器の接点が通電状態から開離された場合、接点間にアーカーが発生するので、従来このアーカーのしゃ断性能を向上させるために接点のまわりにコ字状の磁性体よりなるアーカー誘導板を設けてこの誘導板の方へアーカーを引きつけることによりアーカーを引き延ばすようにしていた。しかしこの従来構造でも十分にアーカーを引き延ばせないのでアーカーしゃ断容量をあまり大きくできなかった。この考案はこの従来の欠点を改良したもので、アーカーしゃ断性能の大きい消弧装置を提供するものである。

図について説明すると、図1において、(1)は可動接触子、(2)は固定接触子、(3)はアーカー誘導板で、図2に示すように壁面を階段状にずらせて間げき(隙)(31)を形成してある。(4)はアーカー誘導板(3)を保持するアーカーボックスで、同様に壁面を階段状にずらせて間げき(42)を形成してある。(5)は作動機、(6)は可動鉄心、(7)は電磁コイル、(8)は固定鉄心、(9)は連結ピン、(10)は押しづねである。

以上のようにこの考案ではアーカー誘導板とアーカーボックスの壁面の上下を同一位置で階段状にずらせその上下の壁面間に細げきを形成したので、図3に示すようにアーカー(11)を長く引き延ばすことができ、したがってアーカーしゃ断性能を十分に大きくできる。

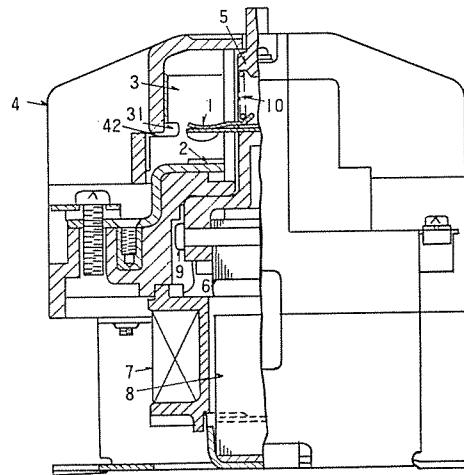


図1

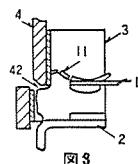
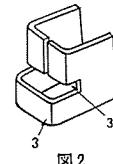


図2

図3

## 冷蔵庫の庫内乾燥防止装置 (実用新案第995106号)

考案者 河村伊佐夫・西郷勝

この考案は冷蔵庫の庫内乾燥防止に関するものである。

図において、庫内の冷却器(1)の下部にドレンホース(2)を有した水そう(槽)(3)を設置するとともにこの水そうに発熱体(4)を添設し、さらにこの発熱体は冷却器(1)の霜取り時のみ通電されるようになっている。

したがって、霜取りが始まると冷却器(1)に付着した霜は溶解して滴下し水そう(3)内にた(溜)まるとともに発熱体(4)により蒸発して庫内を加湿する。また水そう(3)内の水位が所定以上となるとドレンホース(2)により庫外に排出される。

この考案は以上のように霜取りにより生じた水を蒸発させて庫内を加湿するようにしたため庫内の平均湿度を高いところに保つことができ食品の乾燥を防止することができるとともに発熱体は霜取り時のみ通電されるので庫内温度はほとんど上昇しない。

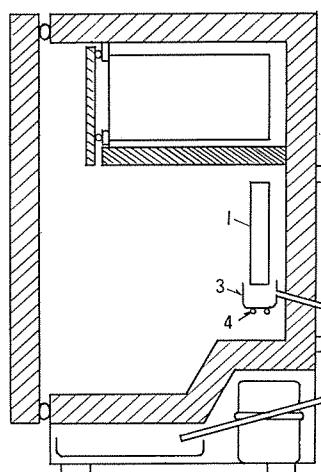


図1

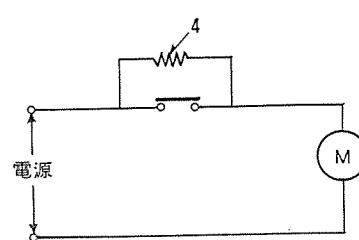


図2

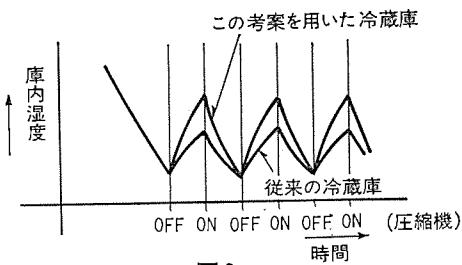


図3

## 1,000tエアクッショントランスポータ

棚倉 勇\*・水上 徹\*・片岡 武司\*・小田 弘幸\*

## 1. まえがき

電力用変圧器の大容量化・超々高圧化に伴って、極めて高い信頼性が要求されるようになり、必然的にその製造工場は大形規模になるうえ、厳しい製造環境が要求されて一定の温湿度を保つ空調方式、防じん(塵)を考慮したクリーンな建物や設備などが必要になってきた。

当社ではこれに対処し、超大型製造設備を含めて厳しい空調・防じん条件を満たして一貫した品質保証体制をとるために大形変圧器専門の最新鋭赤穂工場を建設した。

この工場では諸材料が、前室(空調工場と外部との中間室)を経て空調工場に入ると、一連の中身加工と中身組立てを終わってタンクカバーで密閉されるまで、一般外気に触れることなく最終組立・試験工場に運び込まれるレイアウトになっている。

このような工場で問題になるのが重量物の運搬である。その重量も、鉄心組立後には1,000tに達するものがあり、その形状・重量によって搬送方法も異なるが、どのような場合にもその防じん、特に金属粉の発生防止に細心の注意を払うことが必要である。既にウレタンゴム製車輪を使ったクレーンやウォーキングビーム(表1. 参照)などの搬送設備が使用されているが、今回新しくエアトランスポータ(能力1,000t)の実用化に成功した。

エアトランスポータは、圧縮空気を利用して重量物を薄い空気膜によって床面から浮上させ、わずかにけん引力で自由自在に搬送できるものであり、この方式では搬送時の各部摩擦による粉じんの発生もな

く、設備費や操作面でもすばらしい長所をもっている。この搬送方式の成否を左右する工場床面については、広く海外調査も行い、特殊コンクリート構造にして表面仕上・平面度・耐摩耗性などにすぐれた施工技術をも開発した。

## 2. 各種重量物搬送方式の比較

重量物を搬送する方式のうち、主なものを表1.に示した。いずれの方式にも長・短所があるなかで、エアトランスポータ方式が有利なことは表1.より明らかであるが、その長・短所をまとめると、次のようになる。

## 2.1 長 所

- (1) 支持面と空気層との摩擦係数が、 $10^{-3}$ 程度と極端に低いので、駆動けん引動力は非常に小さいもので足りる。
- (2) 方向転換、位置決めなどの小回りがきいて行動範囲の自由性が大きく、機動性に富む。
- (3) 搬送機器自重対支持荷重比が30~100と大きい。すなわち、小さくて大の力持ちといえる。
- (4) 床に荷重が分散するので、床に与える負荷が小さく、局部的に床面を痛めることが少ない。
- (5) 設備費・保修費などが、従来のものと比べて特に安い。
- (6) 動力源としての圧縮空気が得られやすい。
- (7) 安全・クリーン・無公害である。

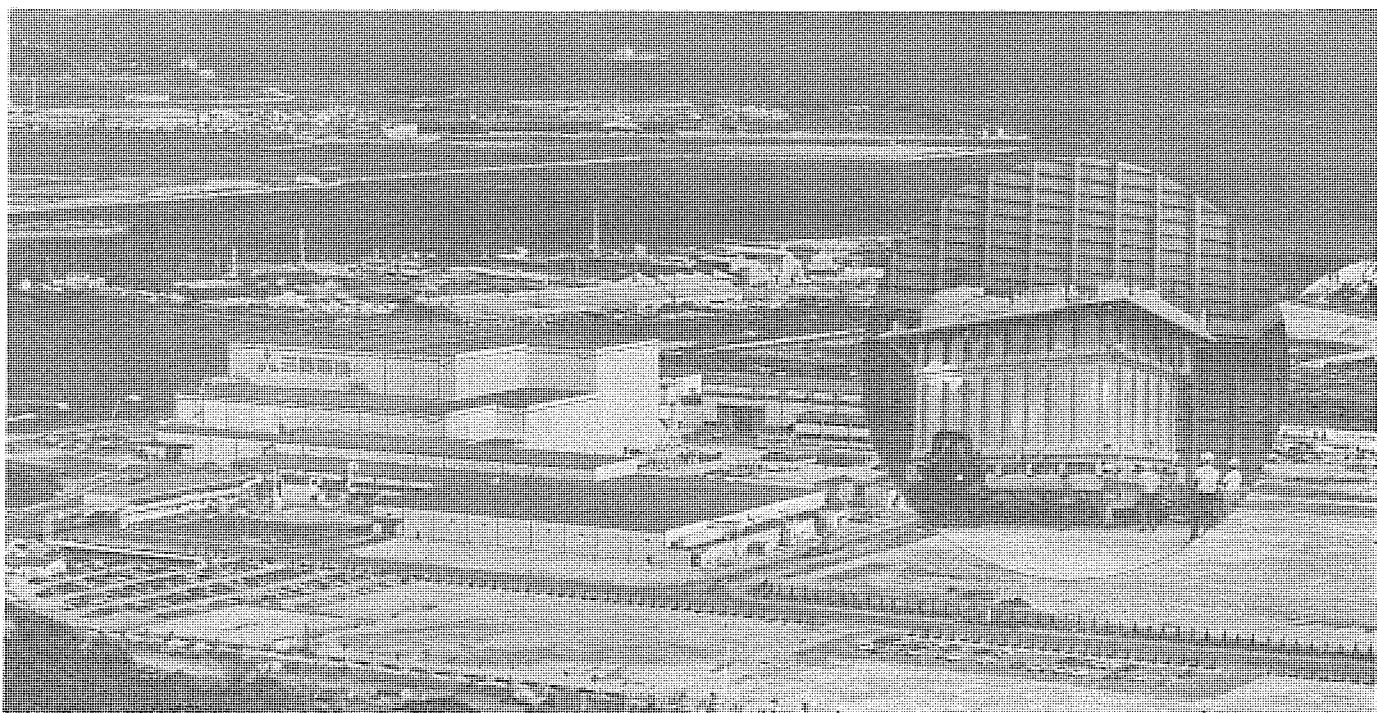


図1. 赤穂工場全景と700t変圧器の搬送情況

表 1. 各種重量物搬送方式

搬送方式	一般説明	抵抗(1)	操作性(2)	作業人員(3)	設備費
天井走行クレーン	○クレン容量によって、搬送重量が制限される。	3~4 100	中	少	高
台車(有軌条、車輪)	○軌条の敷設に制限される。 ○比較的大規模構造になる。	2~3 100	難	中	高
トレーラ	○軌条敷設の必要はないが、比較的大規模構造になり、工場内など狭い場所には不向きである。	4~7 100	難	中	高
ウォーキングビーム	ビーム 油圧ジャッキ 床面下に収納された油圧ジャッキビームが搬送物を持ち上げて移動する。	3~5 100	易	少	中
ころ台車(ボールなども含む)	○ころ循環式のスライドベアリングユニットを用い、レール上をけん引する。	3~5 100	中	少	中
静液圧軸受	○剛性平面間における静圧軸受。 (設備の精度維持と使用液体の処理に難点がある。)	1~5 1000	易	少	中
ころびき	スキッド ころ 道板 ○使用場所、床面の状態は自由であるが、多数の人手と長い時間を要する。	5~10 100	中	多	低
エアトランスポータ	ダイアフラム ○平滑な床面があれば、わずかな力で自由自在に搬送できる。	1~5 1000	易	少	中

注 (1)走行摩擦抵抗 (2)操作の難易度 (3)準備作業を含む

## 2.2 短所

- (1) 床面の表面精度・耐摩耗性が、ある程度要求される。
- (2) 軽く動きすぎるので、方向拘束に工夫がいる。

## 3. エアクッション技術の起源と動作原理

## 3.1 エアクッション技術の起源

エアクッション技術を応用した運搬装置は一般に ACV (Air Cushion Vehicles) と呼ばれており、これには動圧形 (Hydro-dynamic type) と静圧形 (Hydro-static type) とに分類できる。図 2. にその原理図<sup>(1)</sup>、表 2. に概略仕様を示す。

前者は、いわゆる ホバークラフト の原理 (空気カーテンの原理) を応用したもので、ヨーロッパ、特にイギリスを中心に開発が進んでいる。この形式は、単位面積当たりの積載荷重は比較的小さいが、浮上量はかなり大きくて床面の制限が少ない。しかし、空気クッション形成用の送風機や推進用プロペラによる騒音が激しく、砂ぼこりや水しぶきが飛散する。このため、工場内での運転は不可能に近く、荒地、湿地、草原、海・川・湖辺などにおいて数十tまでの運搬に実用化されている。

これに対して後者は、空気潤滑 (エアペーリング) の原理を用いたもので、一般に Airfirm type と呼ばれている。アメリカの GM 社と Boeing 社が中心になり、ホバークラフトのフレキシブルスカートにヒントを得て、静圧軸受の剛性面に代わるたわみ性ダイアフラムを開発し、重量物の運搬に応用した。これらは、エアペーリング、エアキャスター、エアパレット、エアプラットホームとも呼ばれる。我が国では、A 社が Aero-Go 社

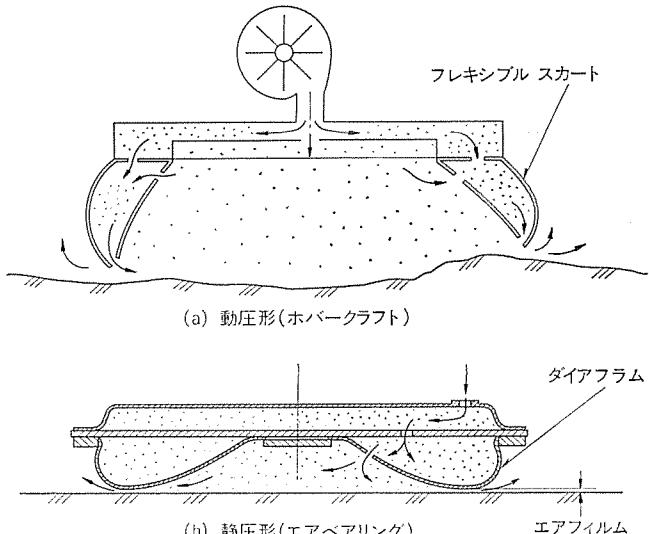


図 2. A.C.V. の種類

表 2. A.C.V. の概略仕様

形 式	浮 上 量 (mm)	圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> G)	容 量 (t/m <sup>2</sup> )
動圧形 (ホバークラフト)	1~100	0.3 以下	3 以下
静圧形 (エアペーリング)	0.01~0.1	0.5~3.5	5~35

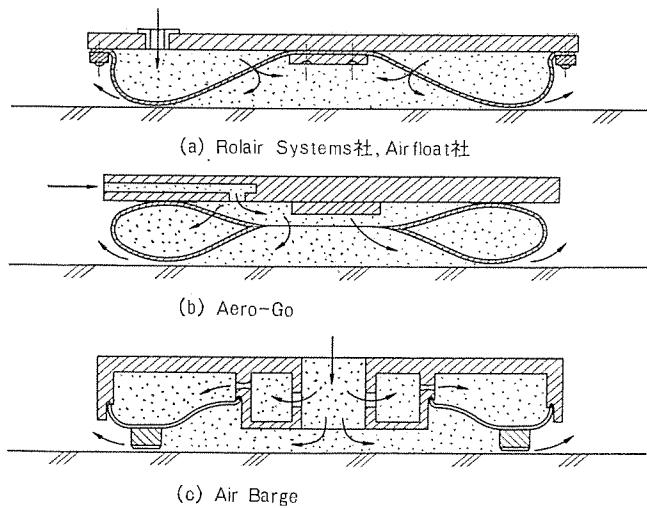


図 3. 各社の構造比較図

表 3. エアベアリングの各社特長比較

製造者名	IE 力 max kg/cm <sup>2</sup> G	リフト量 max mm (形名)	ダイヤフラム材質	特徴
Aero-Go	1.75 3.5	76.3 (48 NHD)	ネオブレンゴム ナイロン織維補強	ダイヤフラムの形状がドーナツ状になっており、比較的高圧高揚程形得意とする。
Rolair Systems	0.9 1.75	50 (4470 ST)	ネオブレンゴム	米国内での歴史が古く、システムとして受注している。低圧形得意。
Airfloat	0.9 1.75	50.8 (A17-4367)	ウレタンゴム	Rolair Systems から分身、独立した会社である。大形得意。
Air Barge	1.4 2.8	38	接地部分 テフロン	ダイヤフラムの接地部分にテフロン材を使用して耐摩耗性をねらっている。

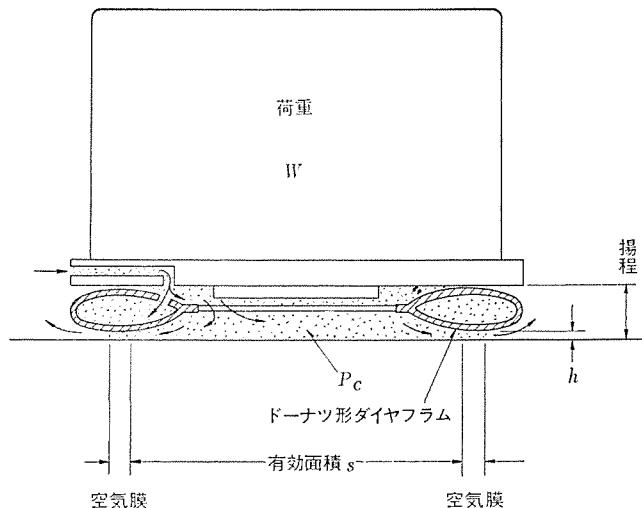


図 4. エアベアリングの動作原理図

と 1970 年、B 社が Rolair Systems 社と 1973 年、C 社が Airfloat 社、D 社が Air Barge 社と 1974 年にそれぞれ技術導入を行い、実用化されつつある。

図 3. に各社の構造図を示し、表 3. にその特長を掲げた。

### 3.2 エアベアリングの動作原理

エアベアリングの動作原理を図 4. に示す。すなわち、圧縮空気をダイヤフラム内に供給すると、これを膨らませると同時に、チャンバー内にも流れ込んで圧力室を形成し、床面との間に分布静圧が作用する。こ

の圧縮空気が、ダイヤフラムと床面との間を漏れるとときに空気粘性の作用によって薄い空気膜ができる。

この状態になると、重量物の荷重  $W$  とつり合った一定圧力  $P_c$  が、ダイヤフラム内に生ずる。このときの空気膜の厚さ  $h$  は、床面の粗さによって異なるが、数  $\mu$  から数十  $\mu$  程度といわれる。チャンバー内に発生した圧力は、床面に対して垂直に働く。

したがって、支持力  $F$  は、支持圧力  $P_c$  が有効面積  $S$  では一定に働くことから

$$F = P_c \cdot S$$

が成立する。この支持力  $F$  が、荷重  $W$  とつり合って重量物を支持する。

この場合、床面が鏡のような理想的な面であれば、摩擦係数は 10 万分の 1 以下になるといわれる。しかし、実際には床面の状態に応じて空気膜が形成され、この空気潤滑の程度によって摩擦係数は 1/1000 ~ 1/100 程度になる。

### 4. エアベアリングの一般特性

我々は、エアベアリングシステムの導入に先立って、エアベアリングの持つ特性についてのデータを得るために、油圧プレスを用いて実験を行い、多くのデータを得た。図 5., 6. に特性の一部を示す。

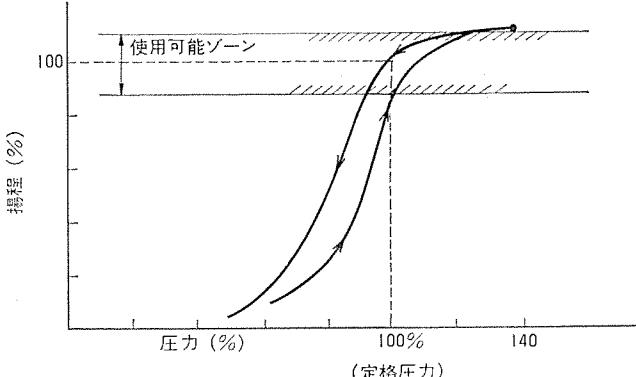


図 5. ベアリング内圧力と揚程の関係

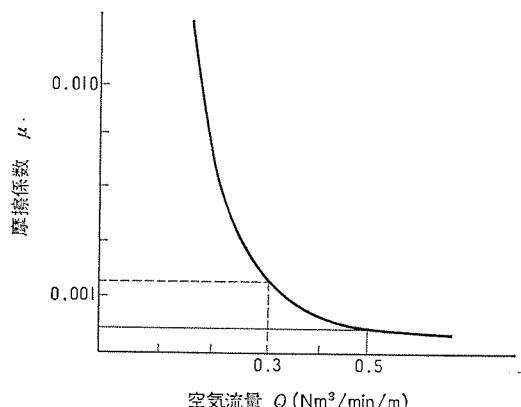


図 6. 黒皮鉄板における  $Q$  と  $\mu$  との関係

### 5. 1,000 t エアトランスポータ

#### 5.1 エアベアリングの選定

電力用大容量変圧器は、その底面積の割に荷重が大きく、平均して輸送重量で  $15 \text{ t/m}^2$  を超える。搬送時にこの下にエアベアリングをそう（挿）入する場合、エアベアリング自身の有効面積から考えて高圧大容量のエアベアリングを選定した。その他、空気消費量の小さいこと、コスト、寿命、 $3.5 \text{ kg/cm}^2$  での使用実績についても考慮した。

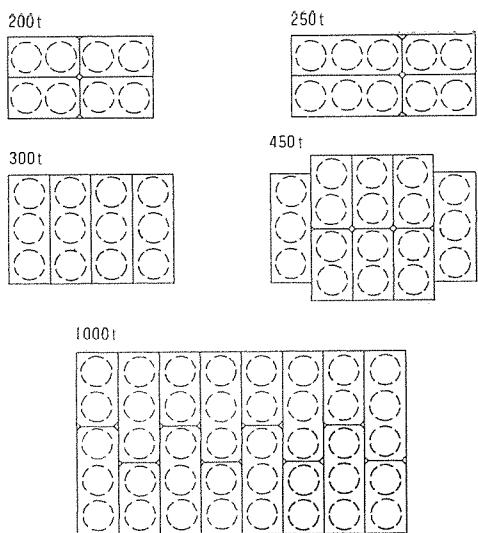


図 7. トランスポータ組合せ例

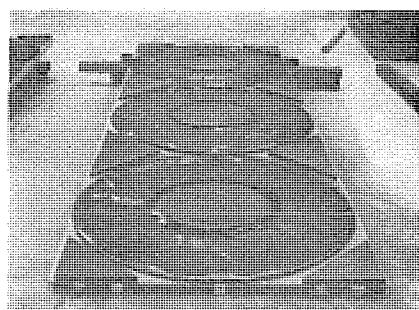


図 8. エアベアリング

## 5.2 トランスポータのモジュール化

電力用変圧器は受注生産であり、客先仕様の多様化に伴ってその重量・大きさともに一定していない。更に、トランスポータを搬送物底面積に合わせ、小は 100t から大は 1,000t までの変圧器を効率よく搬送するため、トランスポータをモジュール化した。これによって変圧器の重量・寸法に応じて必要最小限のトランスポータを簡単に組立てられる。図 7. にトランスポータの組合せ例を示す。

また、エアベアリングを、トランスポータに抜差し可能なスキッドタイプにした。このため、エアベアリングの保有数量は、最大搬送重量に必要な最小数量だけを保有すればよく、エアベアリングのか(稼)動率の向上を図っている。図 8. にスキッドタイプのエアベアリングを示す。

## 5.3 700t 変圧器の搬送データ

昭和 50 年 6 月に下記変圧器を搬送したデータを示す。

搬送物 東京電力袖ヶ浦 P/S 向け主変圧器

容量 500 kV 3φ 1,100 MVA

重量 700 t

搬送状態を図 9. 及び図 10. に示す。

使用 エアベアリング K 48 NHD × 28 個 (Aero-Go 社製)

有効面積 10,520 cm<sup>2</sup> × 28

けん引車 最大けん引力 4 t (粘着係数 0.5 のとき)

エアホース 50 A × 50 m 3 本 (ホースリール付)

搬送結果

空気消費量 39.6 N m<sup>3</sup>/min

エアベアリング 1 個当たり 1.41 N m<sup>3</sup>/min

平均揚程 78.5 mm (定格 76.3 mm)

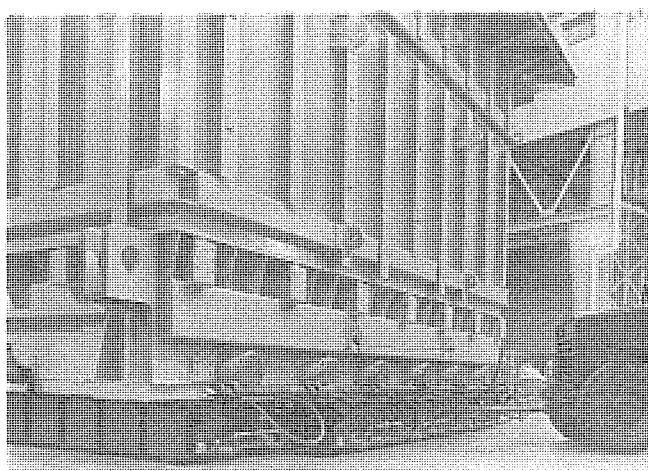


図 9. 700t 変圧器の搬送状況

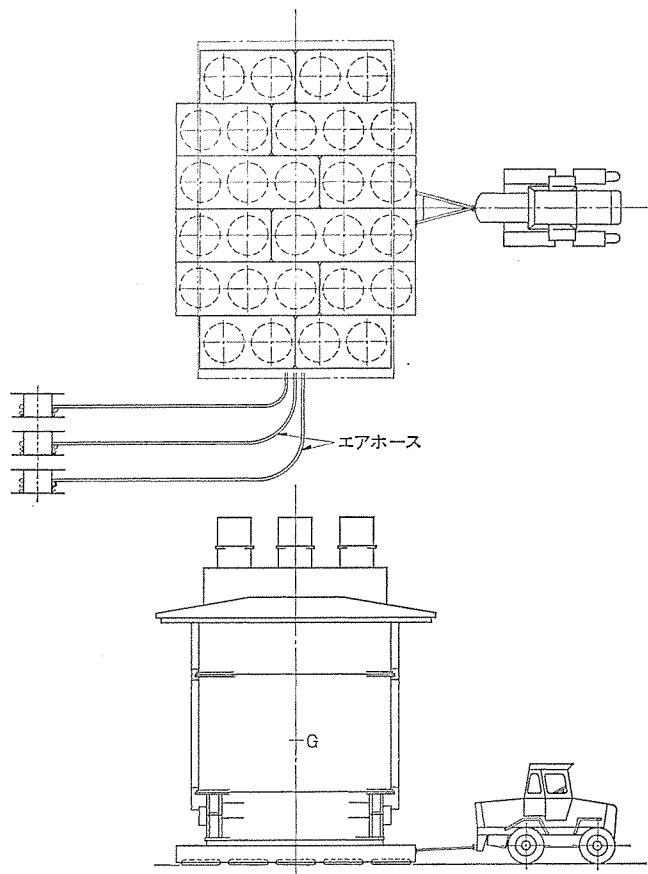


図 10. 700t 変圧器搬送図

平均 エアベアリング 内圧力 2.50 kg/cm<sup>2</sup>

走行抵抗 起動時 2,500~3,500 kg

摩擦係数 0.0035~0.005

走行時 600~2,500 kg

摩擦係数 0.001~0.0035

走行速度 6~12 m/min

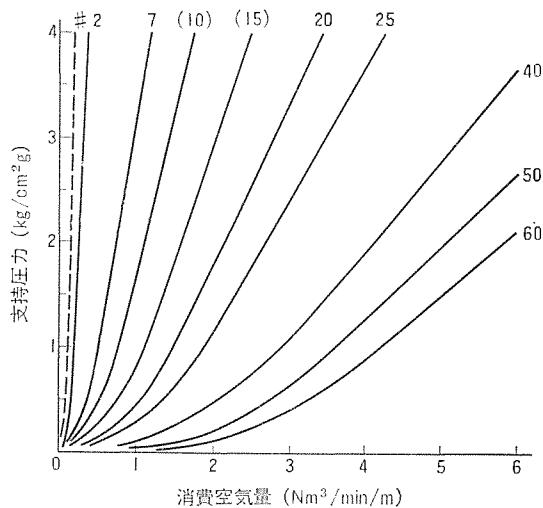
走行抵抗は、ロードセルを用いて搬送距離全長にわたって記録した。データにも現れているように、起動時においても、走行抵抗は 3,500 kg 以下であったので、けん引車の床面とのスリップもなく、旋回動作も含めて非常にスムーズに走行できた。また、搬送後の最終位置決めは、±3 mm 程度の精度で修正することが可能である。(100t 程度のものなら、移動・位置決めとともに 2~3 人が押すだけで十分である。)

## 6. ランウェー(床面)の問題

エアベアリングの性能を十分に発揮させるためには、床面の研究が欠かせない。空気量と摩擦力とは、床面粗さが増大すれば、それに比例して増えていく。図11.は、各種床面で空気消費量がどのように変化するかを示す<sup>(2)</sup>。

しかし、実用上には床面指数No.2(黒皮鉄板あるいはエポキシコーティングされたコンクリート床)以上の床面でないと、空気量及び、摩擦力が過大になり、実際的でない。また、床面の傾斜については、エアベアリングにはゴム製のダイヤフラムを用いているので、床面の大きさなうねりには十分追従する。しかし、その移動のためのけん引装置が大型になり、エアベアリングシステムの特長が失われる。

床面の材質及び施工法については、エアベアリング用として開発されたものではなく、ユーザが各条件に応じて適切な床面材質を選定しなければならない。一般に、エアベアリングに適用できると言われているも



床面指数  
 #2 手仕上げされ、コーティングされた平滑なコンクリート床面  
 7 手仕上げ後コーティングしない平滑なコンクリート床面  
 20 機械仕上げした平滑なコンクリート歩道面  
 25 上仕上げの平滑なアスファルト面  
 40 アスファルト+タール仕上面  
 50 アスファルト道路面  
 60 コンクリート道路面  
 注) 点線は床面指数#1を示す。  
 #1はみがきガラス、硬化プラスチック板、平滑な鉄板

図11. 床面指数と消費空気量の関係

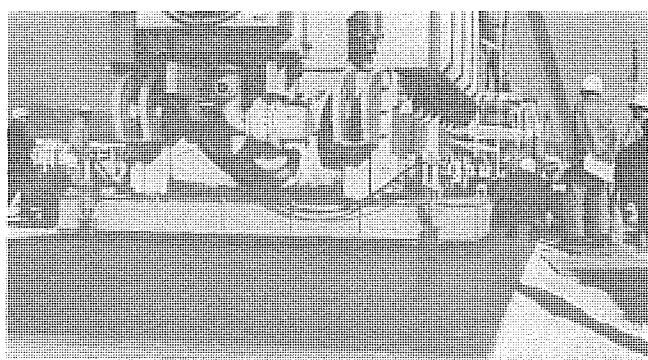


図12. テストランウェーでの実験状況

のを次に示す。

- (1) 鉄板敷
- (2) コンクリート表面改良
- (3) シートなどの仮設材を敷く

当社では幅6m×長さ40mの実験床面を作り、その表面を(1)及び(2)の7種に加えて(3)の塩化ビニルシート、ブリキ板の敷詰めなどについても種々テストを繰り返し、特に空気消費量・揚程・摩擦力などに重点をおいて研究を行ってきた。図12.は、その実験状況を示す。

その結果、走行性能については、(1)の鉄板が最も良く、コンクリート金ごて(鎌)仕上げでシール剤処理の無いものは、空気消費量が過大で実用的でない。また、(2)のコンクリート表面にエポキシなどのコーティングを施したもののは、実験中にクラックとかピンホールや打傷などから圧縮空気が入り、コーティング材がはく(剝離)して走行不能になった。また一方、(3)のシート類の敷詰め法は、走行中のシートのたかれ及び縫目の処置に問題を残した。

この結果、搬送性だけを考えると、鉄板が最良の床面であるが、クリーンルームにおける鉄粉発生の可能性のあること、及び作業性からみて適切でない。また、鉄粉入りモルタルなどの硬質仕上げも同様である。

そこで我々は、高圧エアベアリングに対する走行性能、クリーン、耐久力のすべてを満足する超硬質のコンクリート仕上げ工法を開発し、満足のゆく結果を得た。

これは、骨材の選定、粒度、調合比及び施工法に多くの改良を加えたトッピング工法で、アメリカで25年以上のキャリアを持つ専門業者2社の技術指導を受けて成功したものである。

## 7. むすび

以上、エアクッショントランスポータによる超大型変圧器の工場内搬送実施例について述べたが、700tにも達する重電器の搬送に使用したのは、世界でも初めてである。

ころ引きなどの従来方式と比べて、搬送コストは格段に安く、スピード、旋回の自由度はもちろんのこと、清浄性・省力面のいずれにも優れた方法であると言える。

この搬送法の一番むずかしい点は、ランウェーであり、そのメインテナンスに関しては、今後の問題点であるが、見通しは明るい。今後の課題として、工場外搬送、現地据付けの横持ち運搬などへの応用も考えられるので、ランウェー対策と平行して、ウォーターベアリング(圧縮空気の代わりに水を使う方法)の研究を行なつもりである。

今回、最も困難であったランウェーの開発にあたっては、メルコUSA難波・三道両氏をはじめ三菱地所(株)松井氏、(株)竹中工務店祝氏、(株)間組中園・沢野両氏に多大の協力をいたいたことを付記し、謝意を表する次第である。

## 参考文献

- (1) Cockerell C. S. : 日本特公、昭39-16957  
W. A. Rihich, K. M. Chaptain, H. H. Richardson : Report DSR-76110-6, Engineering Project Laboratory Cambridge, Massachusetts.
- (2) Frank J. : Plant Operating Management 35 (1969-4)

# 海洋石油掘削リグ用電機品

香川重光\*・井上均\*\*・池見克二\*\*\*・橋本正寛\*\*\*・中島義信+

## 1. まえがき

石油の重要さは、いまさら言うまでもないが、当面その代替品の有力なものも見い出せないところから、石油探鉱開発には一層力が入れられている。北海の石油開発に例を見るように大陸だな(棚)における海底石油は今後の残された鉱区として期待されている。海底石油の掘削に使用される掘削リグは、種々の形式のものがあり、また水深のより深い海域へと進むにつれて技術の開発が行われつつある。

当社は日本海洋掘削(株)向けにジャッキアップ形ふじ号、推進機付半潜水形の第三白竜号の電機品を納入し、更に、推進機付半潜水形の第五白竜号の電機品を製作中である。ふじ号は我が国最初のワードレオード方式のリグであり第三白竜号は大容量サイリストレオード方式の電気推進として我が国最初のものであり、かつ容量の大きな点でも屈指のものである。もちろん第三白竜号は、最大掘削深度9,000m、最大か(稼)動水深300mその他の点で、世界最大級、最新のものである。

以下リグ用電機品の概要について述べる。

## 2. 掘削リグの方式

### 2.1 掘削リグの方式

海洋掘削装置は種々の方式があるが、これを分類すると次のようになる。

固定式	全とう(搭)載形固定 プラットホーム
	テンダーボート付 プラットホーム
移動式	着底式
	潜水形 ジャッキアップ形
浮遊式	半潜水形(セミサブマージブル形)
	掘削船(ドリルシップ)

#### (1) 全とう載形固定 プラットホーム

海底に固定したプラットホームに掘削用機器、資材、居住設備などすべてを装備したもので、生産井に多く用いられる。水深は100m以上の例もあるが、深いほど建設費は高価となる。

#### (2) テンダーボート付 プラットホーム

プラットホームの建設費を安くするために、プラットホーム側は必要最小限度にとどめ、マッドポンプ、資材、居住区などをテンダーボートにとう載し、プラットホームに接近してアンカにより係留したものである。

#### (3) 潜水形 プラットホーム

目的地点までえい航し船体下部に注水沈下させて着底させて固定し、掘削が終了して他の地点へ移動する時には再び浮上させて移動する。

この方式は以下の方式の発達によりほとんど作られなくなった。

#### (4) ジャッキアップ形

バージ又はプラットホームに数本の脚を設け、脚を上下に動かせるようにしたものである。目標地点で、脚をおろして着底し、海面から船

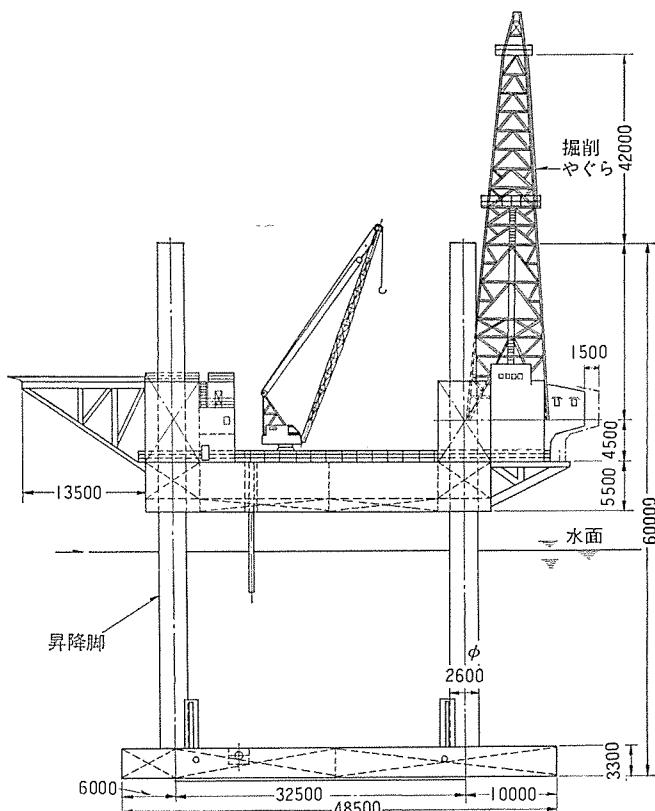


図1. ふじ号の側面図

体を持ち上げて固定する。図1.にこの方式の一例である「ふじ号」を示す。

この方式は現在世界で最も多数使用されており、か動水深も100mに及ぶものも出現している。比較的浅い海域では最適の方式である。

#### (5) 掘削船

通常の船又は双胴船に掘削設備1式を設置し、アンカで係留して、掘削を行うものである。海面に浮かんだまま作業をするため水深には直接制約をうけない。最近ではアンカによらず推進機及びスラスターによる自動定位制御(ダイナミックポジショニング)も採用され始めている。しかし風波潮流などの影響をうけやすいため、日本近海とか北海のような気象条件のきびしい荒海にはあまり適切ではない。世界的には、ジャッキアップ形、半潜水形に次いで多く用いられている。

#### (6) 半潜水形

掘削船の欠点を除くために工夫された形式で、巨大なケーン又はローワーハルの上にコラムを立てその上にアッパーデッキを設けたものである。種々の形式があるが、図2.にその一例である「第三白竜号」を示す。

この方式は、掘削地点で、ローワーハルに注水してコラムの高さの半分まで沈め、アンカで係留して作業にはいる。ローワーハル又はケーンの部分は海面の風、波の影響をうけにくいで、安定した掘削ができる。



図 2. 第三白竜号

現在か動水深は 250~300 m までであり、世界的には ジャッキアップ 形に次いで多く用いられている。今後建造される リグ としては主流となるものである。

## 2.2 挖削リグの最近の傾向

掘削を、より水深の深い所で、より深い深度まで行うことを目指して、リグ としては次第に大型化され、またセメント、調泥材、掘管、燃料などの資材の貯蔵能力も高められてきている。

また機動性をもたすこと、タグボートの負担が低くてよいこと、保険金が有利なことなどの点で推進機付きが多くなってきており、掘削船については更に ダイナミック ポジショニング 付きが多くなっている。

## 3. 挖削装置の概要

### (1) 挖削作業

現在一般に用いられている ロータリ式 挖削法は、長さ 9 m の掘管を多数ねじ込接続した先端に ピット を取りつけ、ロータリーテーブルから掘管に回転を与えて掘って行くもので、一方 マッドポンプ により、泥水(マッド)を掘管内に圧送し ピット の先端から噴出させ掘管の外側経由で地上に回収し循還させる。

この泥水の目的はその適当な比重による油ガスの噴出防止、掘りくずの除去、ピットなどの冷却と潤滑、坑壁の保全などである。このようにして掘管を順次つぎ足しながら掘進して行く。

ピット交換などのために行う揚管(降管)は、掘管 3 本単位で切り離し(接続)しながら、順次引き揚げる(降下させる)作業である。この際の掘管系の巻き上げ、巻きおろしは ドローウェックス により行う。セメンティングは、坑壁の崩壊防止などのためにそう(挿)入したケーシングパイプと坑壁との間にセメントを充てんする作業である。

以上の各作業が、掘削作業の主なものである。

### (2) ドローウェックス

ドローウェックス には掘管系だけでなく計測器その他の巻き下げも行うために、大小 2 個の ドラム があり クラッチ により切換えて使用する。また広い範囲の速度とトルクを得るために エアクラッチ による多段速度切換えが行われる。更に バンドブレーキ 及び うず電流 ブレーキ が組み込まれている。電動機は 370~600 kW のものを 2 台使われるが 3 台

用いることもある。

ドローウェックス は降管揚管時に特にひんぱんな始動停止をくり返す(1 分間に 1 回くらい)ので速応性が必要である。

### (3) ロータリーテーブル

ロータリーテーブル は、掘管系に回転を与えるために用いられ、掘進中のピットに掘削力を伝えるのが主目的であるほかに、揚管時には掘管のねじ込接続部を外すのにも用いられる。駆動系を ドローウェックス と兼任として クラッチ で切換えて使用する場合と、専用の電動機を設ける場合がある。電動機は 370~600 kW 1 台である。

### (4) マッドポンプ

マッドポンプ は ピストン 形で、通常 2 基設けられる。掘削深度の浅いときは、低圧大流量が必要なため 2 基とも運転し、深度が深くなると流量は小さく良いが高圧が必要なため 1 基だけ運転する。電動機は 370~600 kW が各 2 台使用される。

### (5) セメンティング ポンプ

セメンティング 作業時にセメントを圧送する ポンプ である。使用するひん度が高くなく、また制御特性も余り高度のものは要求されないため電動機駆動でなく、エンジン駆動とする場合もある。

## 4. リグ用電機品の方式

掘削装置の駆動は初期には ディーゼルエンジン で直接行っていたが、エンジンで直流発電機を駆動し可変電圧制御を行う ワードレオナード 方式が多く用いられるようになり、更に エンジン で交流発電機を駆動し、サイリスタ整流器により可変電圧制御を行う サイリスタレオナード 方式が主に用いられるようになってきている。

最近のように大容量化し、また電気推進や サイドスラスター の採用例も多くなると、電気系統は複雑になる一方では、高信頼度高か動率が要求される。

ワードレオナード 方式では直流発電機の界磁電流を制御することにより、電動機速度を制御するため、構成が簡単である。また回生制動も簡単に行える。反面、掘削作業の状況に応じて エンジンセット を適宜休止させるためには、発電機と電動機との組合せを簡単に切換えられるようにする必要がある。

サイリスタレオナード 方式では、数台の交流発電機の出力を母線経由で各サイリスタ整流器に供給するので、作業状況に応じて エンジンセット は必要数だけ運転すればよく、シッピーサービス用電源も共用できるなどの利点がある。また推進機を可変ピッチプロペラ として誘導電動機により駆動する方式もあるが、その場合は交流母線から給電すればよい。

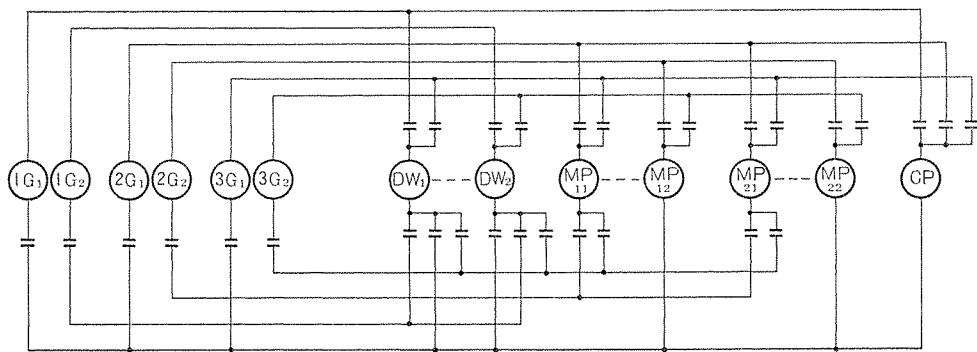
サイリスタレオナード 方式の場合、力率、高調波電流、回生制動トルクの要否、素子の冷却方式、などについて十分検討する必要があるが、メンテナンスフリー、高性能であるため、最近主として採用されている。

推進機を直流電動機で駆動する場合は、発電機又はサイリスタ装置は、掘削用のものを切換えて使用するのが通常である。これは、推進と掘削とを同時に使う必要が無いためである。しかし、掘削中にも推進機を常時使用する ダイナミック ポジショニング 方式では、もちろん専用のものをそれぞれ置く必要がある。

## 5. ふじ号用電機品

### 5.1 ふじ号の概要

ふじ号は ジャッキアップ 形で、最大か動水深 40 m、最大掘削深さ 4,000 m として昭和 43 年に建造され、東南アジア海域で活躍したのち中国に譲渡された。

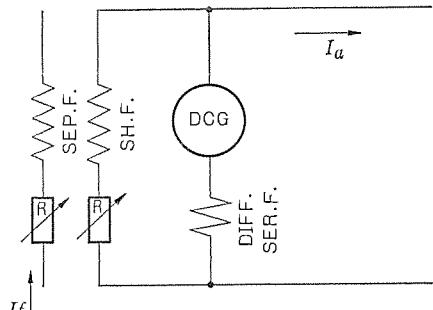


IG<sub>1,2</sub> : No.1 発電機 DW<sub>1,2</sub> : ドローワークス電動機  
 2G<sub>1,2</sub> : No.2 " MP<sub>11,12</sub> : No.1 マッドポンプ "  
 3G<sub>1,2</sub> : No.3 " MP<sub>21,22</sub> : No.2 マッドポンプ "  
 CP : セメントポンプ "

図 3. ふじ号主回路簡略図

表 1. ふじ号運転 モード

モード	1	2	3	4	5
DW 電源	IG <sub>1</sub> or IG <sub>2</sub>	IG <sub>1,2</sub>	IG <sub>1,2</sub>	3G <sub>1,2</sub>	3G <sub>2</sub>
MP <sub>1</sub> 電源	2G <sub>1,2</sub>		3G <sub>1,2</sub>	2G <sub>1,2</sub>	2G <sub>1,2</sub>
MP <sub>2</sub> 電源	3G <sub>1,2</sub>			2G <sub>1</sub>	
CP 電源				IG <sub>1</sub>	3G <sub>1</sub>



DIFF.SER.F. : 差動直巻界磁  
 SH.F. : 和動分巻界磁  
 SEP.F. : 他励界磁

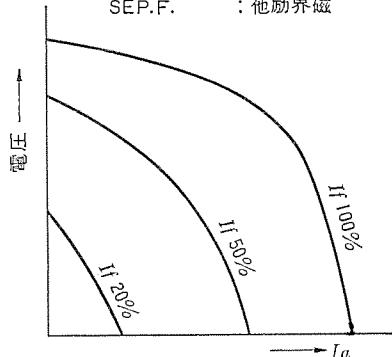


図 4. 三界磁発電機

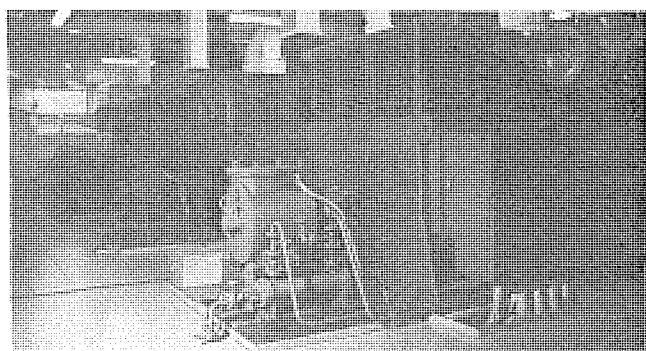


図 5. 主発電機

主要電機品は、直流発電機 6 台と、他励直流電動機 7 台で、三界磁発電機方式のワードレオナード制御を行っている。ディーゼルエンジンセットは 3 台で発電機 2 台ずつ駆動している。発電機の定格は 400 kW, 1,200 rpm, 600 V で防滴自己通風形であり、電動機は 370 kW, 1,100 rpm, 600 V で内圧防爆他力通風形である。

## 5.2 ふじ号の制御

### (1) 主回路つなぎと運転 モード

主回路の簡略図を図 3. に示すが、コンタクタにより遠方操作で、五つの運転 モードを切換えることができる。

表 1. に運転 モードと発電機の組合せを示すが、いずれの エンジンセットを休止しても掘削作業は可能なことがわかる。ドローワークス、マッドポンプは、2 台の電動機の負荷平衡を完全にとるため 8 の字接続としている。

### (2) 三界磁発電機方式

発電機は図 4. に示すように他励界磁、和動分巻界磁、差動直巻界磁の三つの界磁を設けたもので、発電機自体で過負荷制限特性をもち、また軽負荷時には速度が上昇するなど、エンジンの特性とマッチしたものである。複雑な制御装置を全く使わずにこのような特性の得られるのがこの方式の特長である。

## 6. 第三白竜号用電機品

### 6.1 第三白竜号の概要

第三白竜号は世界最大級最新鋭リグであり、昭和 49 年 6 月に完成した推進機付半潜水形 2 ローハル形である。全長 101 m、全幅 67 m という巨大なもので 8 本の柱で支えられた上部デッキの中央にやぐらのあるセンタウエル形である、最大か動水深 300 m、最大掘削深さ 9,000 m、最大波高 24 m、最大風速 60 m/秒、航行速度 8 ノットなど、高度の能力をもっている。

推進機は直流 1,000 kW 電動機 4 台により駆動され、サイリスタレオナード方式としては我が国最初の電気推進である。容量の点でも南極観測船ふじに次ぐ大きさである。

主要電機品は ABSAMS としての検査、及び運輸省船舶安全法の検査に合格している。また防爆区域に設ける掘削用電動機及びドローワークス 操作盤は労働省産業安全研究所の内圧防爆機器として検定に合格している。

### 6.2 第三白竜号主要電機品

#### (1) 交流発電機

主発電機は 2,000 kVA, 600 V, 60 Hz, 720 rpm, 0.7 PF, F 種、ブラシレス形、開放防滴形であり、4 台用いられている。図 5. にエンジン室での据付状況を示す。

主発電機は負荷の大部分がサイリスタレオナードであり、5 次以上の高調波電流成分は 20 %をこえる。そのためのダンパの過熱、コア損失、漏れ損失の増加、固定子巻線の表皮効果による損失増加などを配慮して、ダンパサイズ 及び構造、コアの磁束密度、固定子コイルの導体寸法及び電流密度の選定を行った。軸受はペデスタル形で、潤滑油はエンジンと共用し、オイルリンク併用の強制潤滑として信頼度の高いものとしている。

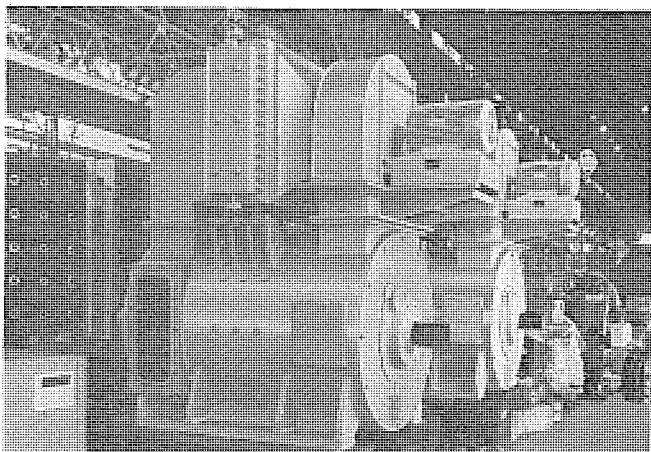


図 6. 推進用電動機

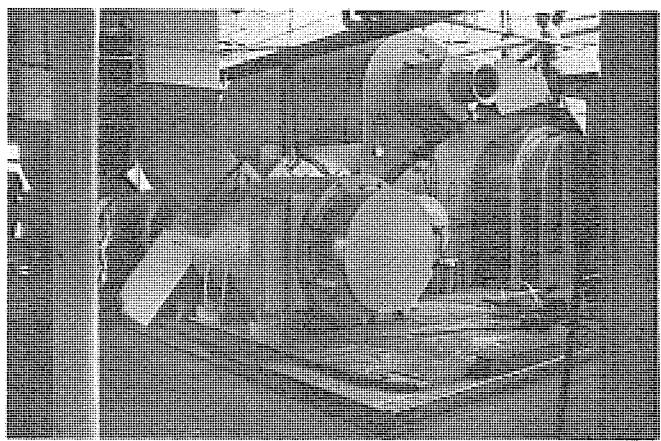


図 7. ドローウェクス 電動機

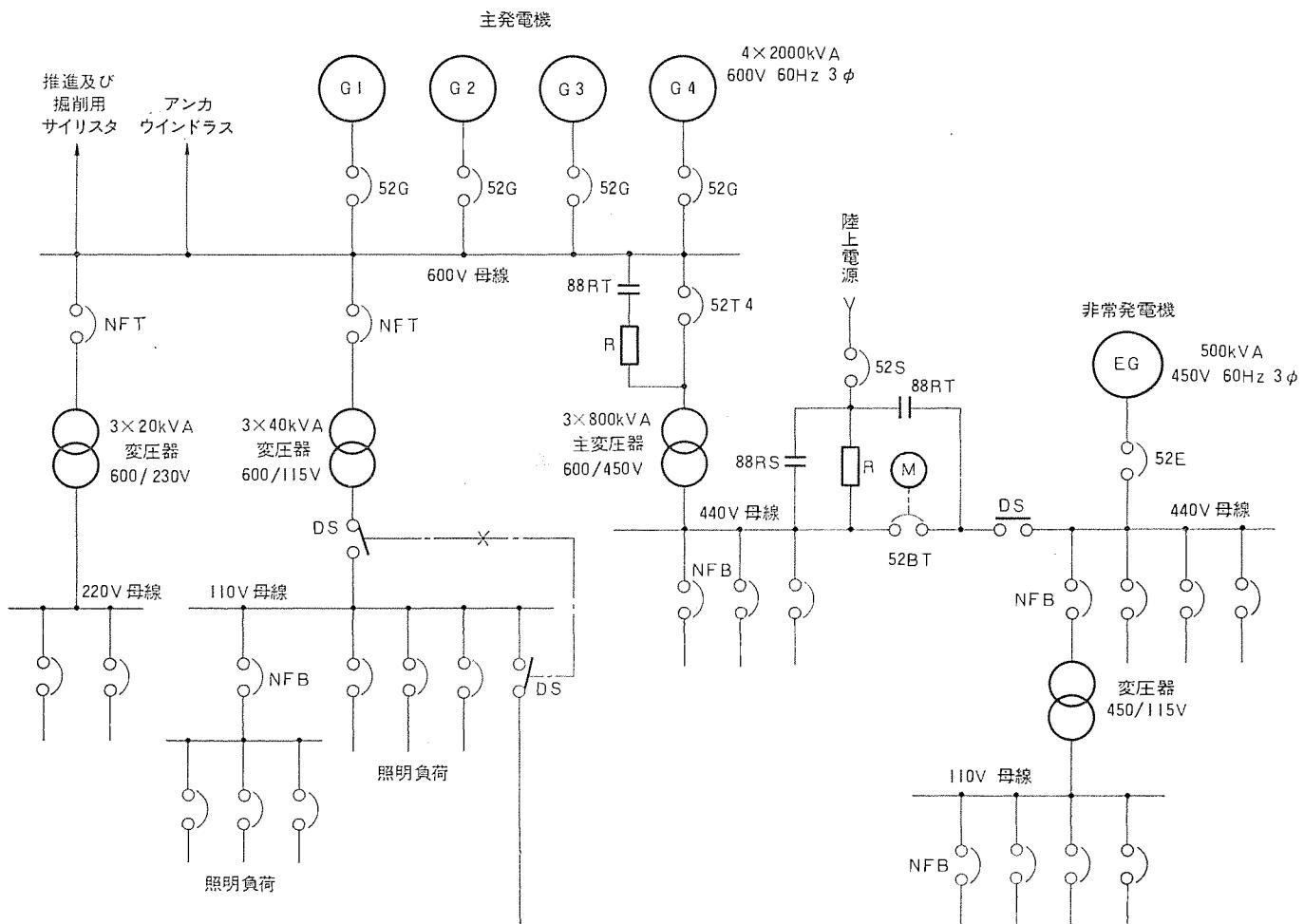


図 8. 交流単線図

なお、非常用発電機は 500 kVA, 450 V, 60 Hz, 900 rpm, 0.8 PF, F 種、ブラシレス形、開放防滴形、ブラケット形である。

#### (2) 推進用電動機

推進機軸は、左右各ローハルにコルトノズル、コルトラダー付きで各一軸設けられ、電動機は 2 台で一軸を駆動する。電動機定格は 1,000 kW, 720 V, 1,000 rpm、連続定格であり、海水クーラー及び電動送風機を電動機上部に設けた全閉内冷形としている。(図 6.)

ABS・AMS 及び船舶安全法の検査に合格した安全性、信頼度の高いものとなっている。

#### (3) 挖削用電動機

600 kW, 720 V, 1,100 rpm の電動機 7 台が掘削用に使用される。ド

ローウェクスに 2 台、ロータリーテーブル 1 台、マッドポンプ 4 台で図 7. はドローウェクス用の据付状態を示す。この電動機は前述のように内圧防爆形として製作されたほかに、過酷な使用環境に耐えるよう、耐振性、耐塩害性などに十分配慮したものとなっている。

#### (4) 主回路と盤構成

給電系統は、AC 600 V の主母線からサイリスタを経て直流電動機にいたるのが主な流れで、それを 4 列盤の盤にまとめている。すなわち電源系統をまとめた主配電盤、サイリスタ整流器の AC 入力側をまとめた交流盤、サイリスタ整流器盤、及び直流側をまとめた直流盤である。これらの列盤間は、ブスダクトで接続しているので外部ケーブルの接続は少なくなっている。図 8. に主配電盤及び非常用発電機盤

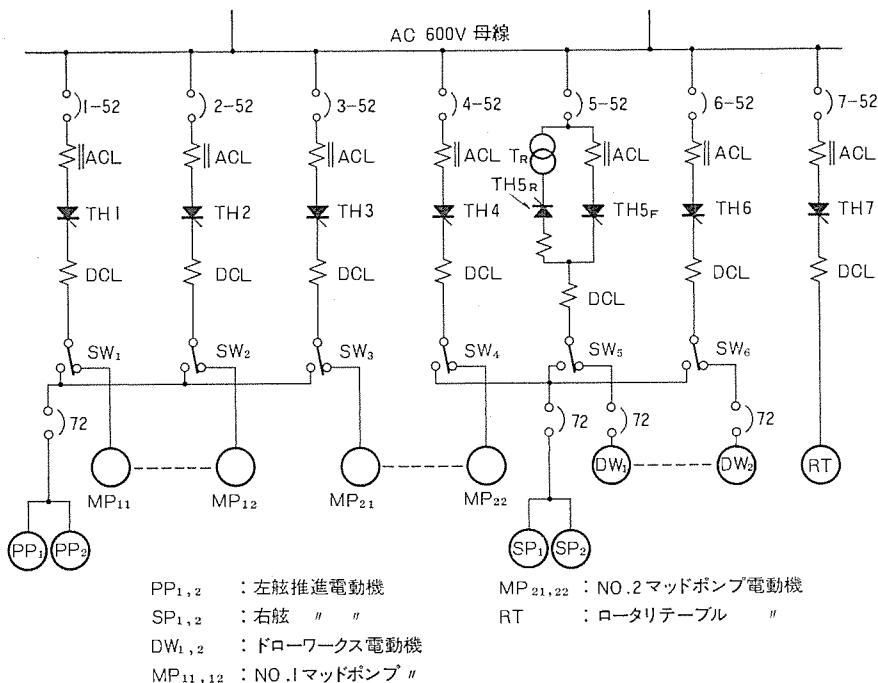


図 9. 主回路簡略図

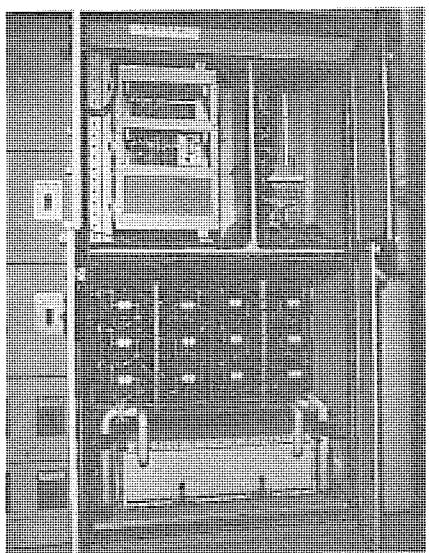


図 10. サイリスタ盤内部

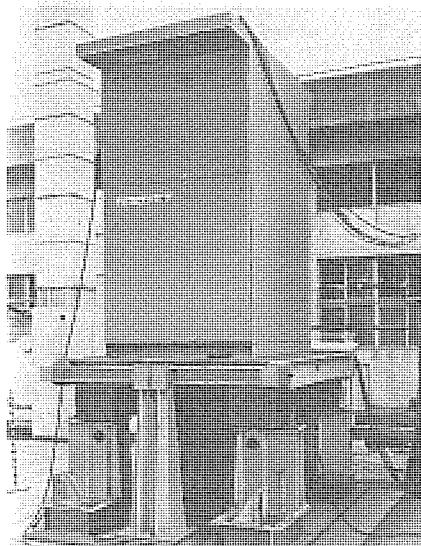


図 11. 振動試験中のサイリスタ盤



図 12. パイロット室操作盤

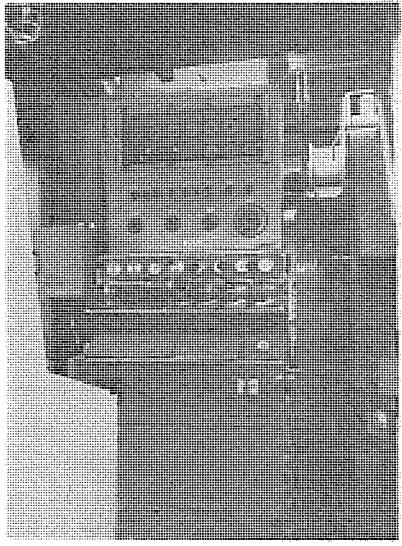


図 13. ドローウォークス操作盤

を中心とした単線図を、図 9. に直流側を主にした主回路簡略図を示す。

600V 母線にはサイリスチオナード分と、アンカウンドラスとが直接接続され、一般交流動力は 440V 母線、照明は 110V 母線から供給する。これらの盤はエンジルームに設置されるので、耐振、防滴など特に配慮して製作した。

#### (5) サイリスタ整流器

サイリスタ整流器は図 10. に示したように単変換器 6 台と複変換器 1 台を、掘削及び推進に切換えて使用している。掘削時は各サイリスタは別個に動作するが、推進時にはサイリスタ各 3 台を並列に使用するため、電流の平衡を確実に行わすための特別の対策を施している。サイリスタ整流器の定格は入力電圧 600V に対し、出力 DC 720V, 1,000A とし、一般より制御しづらさを小さくし力率改善されている。ドローウォークス用の逆変換器については、転流予裕角が必要であるため交流電圧を 720V としている。

サイリスタ素子は当社の百万 kW をこえる実績のある FT 500 形平

形サイリスタを使用し、塩害対策として冷却は、完全密閉空気循還方式によっている。盤内の空気は各サイリスタ盤別個に設けた水冷却器を通して個々に循還させており、極めて信頼度の高いものとしている。図 10. はサイリスタ盤の内部を(下部に水冷却器が見える)、図 11. はサイリスタ盤完成後、盤全体を振動試験機による耐振確認試験中のものを示す。

サイリスタ制御回路は、基本的には当社の大容量サイリスタ制御方式の標準を適用し、部品を耐振性その他を検討して一部船舶用に置きかえた。

#### (6) 電動機制御

掘削と航行との切りかえは、レバー操作のブレードスイッチによっているが、通電中の誤操作を防ぐため鎖錠コイル付きとしている。推進用電動機は、界磁切換方式による可逆転とし、急減速にそなえて回生制動も、主幹制御器の操作のみにより自動的に行えるようにしている。その際エンジンにとって過大な バックパワー がもどらぬよう慎重な検討を行った。しかし半潜水形リグの船形に対するロビンソン曲線

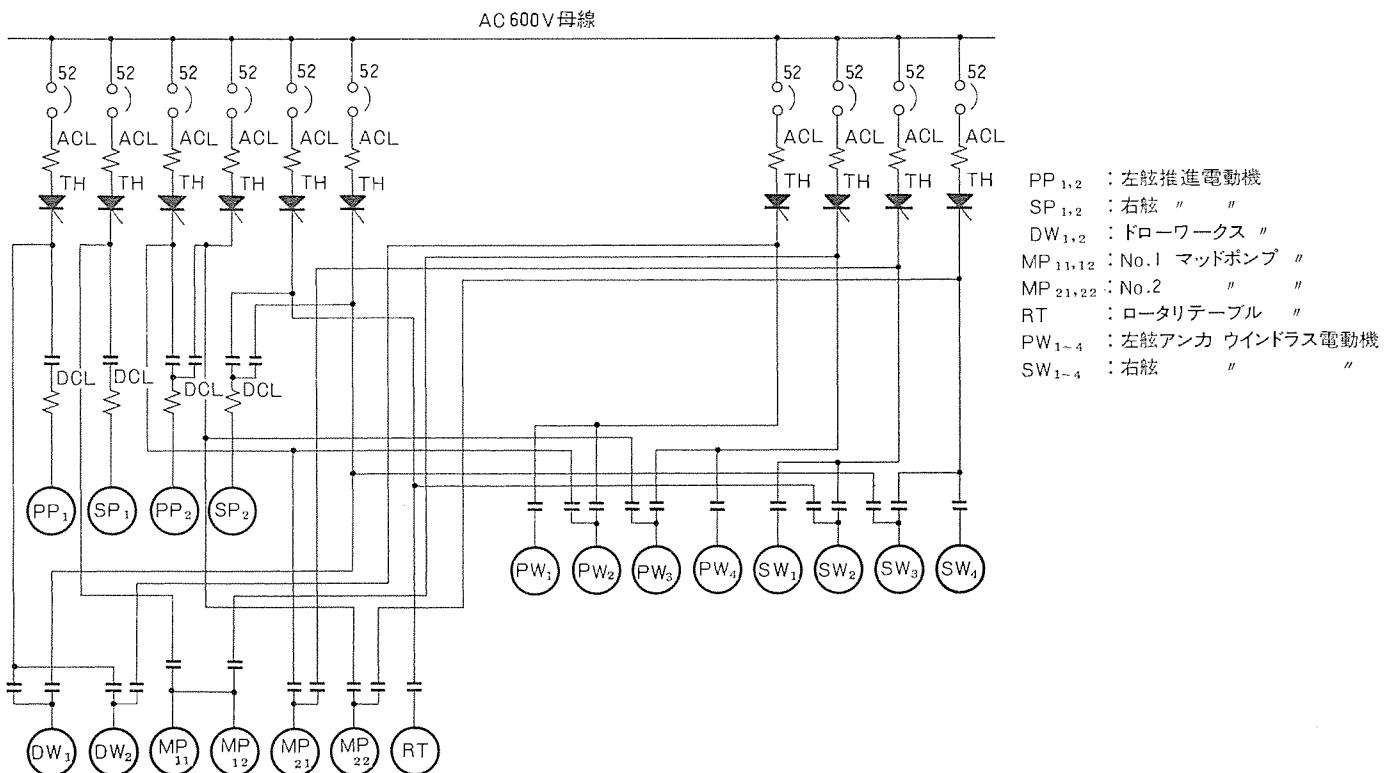


図 14. 第五白竜号簡略接続図

などのデータが十分ではないため、最終的な定数設定は海上試験により確定した。その結果は速度基準電圧の立上がり立下りを 10 秒（前進トップから後進トップまで 20 秒）とし、回生制動量はわずかでスムーズに減速されることが分かった。約 8 ノットで航行中の、ほぼ停止に至る惰行距離は約 400 m、急速反転をかけたときの惰行距離は約 230 m であり極めて満足し得る結果が得られた。

掘削用電動機の制御は特に複雑な制御は必要とせず、標準方式によっているが、ドローウィング、マッドポンプの負荷平衡も、サイリスタ側で行うため完全に行われる。

なお制御用演算増幅器はすべて IC 化して、信頼度、精度など従来より向上したものとなっている。

#### (7) 操作盤

航行用の操作盤はパイロット室とエンジン室とに設け、いずれからも、完全な操作及び監視ができる。図 12. はパイロット室に設置されたものである。

掘削用にはやぐら下に設けたドローウィング操作盤と、マッドポンプ室のマッドポンプ操作盤とがある。やぐら下は防爆区域であるので、ドローウィング操作盤は内圧防爆形としての検定付きであるほかに、ドローウィング用の足踏マスコンは防爆並びに小形化のため空気圧式とし盤内で空電変換する方式とした。エアージ及び空気圧制御の圧縮空気は 7 kg/cm<sup>2</sup> のものをエアフィルタ及び減圧弁を通して使用している。図 13. は現場に設置したドローウィング操作盤である。

マッドポンプ操作盤は机形とし、泥水による汚染、水洗いに耐えるよう防水形として製作した。

## 7. 第五白竜号用電機品

第五白竜号は第三白竜号とほぼ同様の推進機付半潜水形リグであり、その主要電機品を現在製作中である。

電機品は図 14. に簡略接続図を示すような構成となっている。従来はアンカウインドラスは極数切換式のかご形誘導電動機によっていたが、500 m というより深い海域でのか動にそなえて、今回は直流電動機としている。そのためサイリスタ整流器は 10 セットとし、掘削、推進、アンカリングに切換えて使用する。

今回はリグ用電機品としての条件として小形軽量化に特に留意して検討し、掘削用電動機は直巻電動機として直流リニアクタを省略し速度範囲を広くとるなど工夫をこらしている。

## 8. むすび

世界最大級の海洋掘削リグの建造に参画し、また現地において好調にか動していることに対し我々として非常な喜びを感じている。今後更にきびしい条件の海域での掘削リグに要求されるダイミックポジショニング、掘削の自動化省力化など解決すべき点も多くあるので、努力を続けて行きたいと思っている。

最後に電機品の製作にあたって、始終、ご指導ご援助を賜った日本海洋掘削(株)の関係各位並びに三菱重工業(株)広島造船所の関係各位に深謝する次第である。

## 参考文献

- (1) 石油開発公団編：海洋石油開発
- (2) 海洋石油掘削リグの開発、OCEAN AGE 6, No. 7 (昭 49)

# レイクシティ・ケーブルビジョン(株)納めCATVシステム

小松秀重\*・原田忠行\*\*・佐野利文\*\*・小林敏夫\*\*\*・今田善之\*\*\*

## 1. まえがき

CATV は、辺地における TV 難視解消を目的として発達してきたが、最近の都市難視及び近郊ニュータウン中高層集合住宅の難視対策にも有効な手段として採用されつつある。しかし、まだ広域サービスを目的とした施設は数が少なく、未知の事項が多いと言える。

我々は京阪神 ケーブルビジョン(株)が建設し、運用している鈴蘭台 - 山ノ街地区のCATV施設をモデルとして、有線テレビジョンサービスの専門会社、レイクシティ・ケーブルビジョン(株)を設立し、再送信を目的とした長距離伝送を含む広域サービス用CATV施設を長野県諏訪地区に建設したので、その概要を報告する。

## 2. 地区の概要

長野県は地理的条件により、南部と北部に2分されており、気候風土や商工業の発達も異なっている。諏訪は南部のほぼ中心に位置し、周辺に諏訪湖、八ヶ岳、霧ヶ峰等の観光地を有し、また精密工業や商業の発達した県内有数の商工業都市でもある。地理的には東京の西方約150kmにあり、東京、名古屋、長野への交通の起点である塩尻から近距離にあるため、交通の便もよく、茅野市、岡谷市とともに今後ますます発展することが予想される。この地区にサービスされている放送は、表1.に示すとおり、TV放送4波、FM放送1波であり、また山間部には難視聴地域もある。このような条件から、東京のテレビジョン放送を受信したいとの希望も強く、レイクシティ・ケーブルビジョン(株)を設立してサービスを行うこととなった。

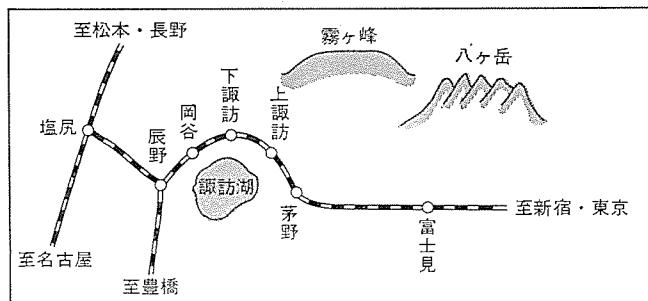


図 1. 地区の概要

表 1. 地元放送波

放送局名	富士見地区	茅野・諏訪地区
NHK 長野 FM	84.0 MHz	85.3 MHz
NHK 総合	ch 2	ch 4
NHK 教育	ch 9	ch 8
信越放送	ch 11	ch 6
長野放送	ch 38	ch 47

### 3. システム設計

### 3.1 東京波受信点の選定

このCATV施設の主目的は、東京の民間放送テレビジョン電波の区域外再送信を行うことにより、対象とする放送区域は、諏訪市及び茅野市が中心である。しかしながら、両市とも山梨県境の奥秩父連峰及び八ヶ岳にはばまれて、東京のTV電波を受信することができない。そこで近隣地区で東京波の受信可能な地点を調査した結果、茅野市の南東約12kmの入笠山の中腹に、良好な画像の受信できる地点が選定できた。表2.に受信点における各放送波の受信電界レベルを示す。この地点は、左右と後方に山のシャドーがあり、前方がひらけているのでゴーストもかなり少なく、夏期における日の出、日没時のレベル変化、年間の季節によるレベル変動量も、特に問題を生じるほどではないことが確かめられた。

### 3.2 施設の規模

茅野市、諏訪市の全域及び受信点から茅野、諏訪への径路にあたる富士見町をサービス対象地域とし、表3.に示すようにサービス端子数約10,000と設定した。更に、将来岡谷市まで施設の拡張が可能となるよう、当初のシステム設計にて考慮することとした。

このCATV施設による放送は地元テレビジョン放送4局、FM放送1局と東京民放のテレビジョン放送3局、FM放送1局を加え、いわゆるモアチャンネルの要求を満たすサービスを行うこととした。

### 3. 3 長距離傳送方式

受信点から茅野、諏訪を経て岡谷まで約30kmある。この長距離伝送を経済的に、かつ伝送品質を十分確保して行うには、どのような

表 2. 東京波受信電界 レベル

放送局名	受信周波数・チャンネル	測定アンテナ高	受信レベル
FM 東京	80.0 MHz	7 m	57 dB $\mu$
日本テレビ	ch 4	6 m	映像 58 dB $\mu$ 音声 54 dB $\mu$
日本教育テレビ	ch 10	5 m	映像 57 dB $\mu$ 音声 52 dB $\mu$
東京12チャンネル	ch 12	8 m	映像 53 dB $\mu$ 音声 46 dB $\mu$

注 1) 測定は8素子八木アンテナ

2) アンテナ高は最大受信レベルの得られる値

表 3. 施設区域

区 分	区 域	端 子 数	工 期
第 1 期	富士見地区	850	昭和 48 年 12 月完成
第 2 期	茅野地区	4,000	昭和 49 年 12 月完成
第 3 期	諏訪地区	5,000	昭和 50 年 12 月完成予定

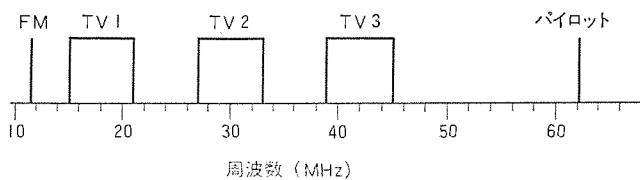


図 2. サブ VHF 伝送周波数

表 4. サブチャンネル 増幅器の区間距離と性能比較

区分	項目	例 I	例 II	例 III
条件	1 区間長 (km)	2	2.5	3
	1 区間伝送損失 (dB)	20	25	30
	中継器数	15	12	10
総合性能	信号対雑音比 (dB)	50	50	50
	相互変調 (dB)	-60	-60	-60
	混変調 (dB)	-60	-60	-60
	ハム変調 (dB)	-60	-60	-60
増幅器定格・性能	入力レベル (dB $\mu$ )	74	73	72
	出力レベル (dB $\mu$ )	84	98	102
	雑音指数 (dB)	8	8	8
	相互変調 (dB)	-75.8	-74.8	-74
	混変調 (dB)	-91.5	-89.6	-88
	3次ひずみ (dB)	-103.5	-101.6	-100
	ハム変調 (dB)	-83.5	-81.6	-80

伝送方式を採用すれば良いかが大きな問題であった。まず通常の CATV 幹線増幅器を使用した VHF 帯伝送の場合、10°C 相当のケーブルを使用すると、1 中継区間 400 m であり、75 台の多段中継となり、仮に 24 dB/km (250 MHz) の低損失ケーブルを使用しても 37 段中継となる。このような多段中継を行うと信号対雑音比、相互変調、混変調の各種雑音が累積されるため、良質の画質を得るために増幅器の性能を都市ケーブルビジョン規格より大幅に改善しなければならない。更に、実際にはケーブル、増幅器の温度変化などによるレベル変動を考慮すると、十分な画像品質を得ることはほとんど不可能である。そこで、低周波信号によるサブ VHF 伝送を行うことにした。伝送周波数は図 2. に示すとおり 10~62 MHz とし、使用同軸ケーブルは AFZE 75-8.3 とした。1 中継区間距離を 2 km、2.5 km 及び 3 km の場合について、増幅器の諸特性を算出した結果を表 4. に示す。この結果から現在の増幅器の性能を勘案し、1 区間長 2.5 km とした。なお、性能算出は次式により行った。

$$\text{雑音指数 } NF = S_{in} - C/N - 10 \log N - VF - 0.5$$

$$\text{相互変調 } IM_2 = IM_0 - 10 \log N - VF$$

$$\text{混変調 } XM = XM_0 - 20 \log N - 2 VF$$

$$3 \text{ 次ひずみ } IM_3 = XM - 20 \log (M-1) - 6$$

$$\text{ハム変調 } HM = HM_0 - 20 \log N$$

$N$  : 増幅器中継台数

$S_{in}$  : 増幅器入力レベル

$VF$  : 増幅器出力レベル変化量 (4 dB)

$M$  : 伝送チャンネル数

サブ VHF 伝送では、伝送比帯域が広いため、伝送路損失が最高周波数と最低周波数では大きな差を生ずる。このチルト補正を精度良く行わないと、多段中継による総合振幅周波数特性偏差が大きくなり、加入者端子における各チャンネルの信号レベル差が大きくなる。この点からも中継段数を少なくするほうが有利であり、1 区間距離 2.5 km が採用された。

### 3.4 システムの構成

サービス対象の富士見、茅野、諏訪は地理的には相互に隣接しているが、地方都市の性格上から中間地域は住宅が散在しているため、各地域の中心部だけをサービスするように限定した。したがって、各地

域ごとに独立した CATV 伝送網を形成し、東京波信号源として長距離伝送路を活用する方式とした。この概要を図 3. に示す。

各地区とも、地元放送波受信用のヘッドエンド装置を設置し、サブチャンネルで伝送された東京波を VHF テレビチャンネルに変換している。東京波の伝送チャンネルは、サブチャンネルから変換するため自由に選択できるが、各地区的妨害波分布を考慮して、表 5. のとおりとした。各地区内に使用の幹線増幅器、分岐増幅器等は都市ケーブルビジョン仕様の機器を使用しているが、一部に幹線分岐増幅器も採用している。また、機器用電源は、ヘッドエンド装置に非常用電源を採用しているほか、主幹線増幅器、幹線増幅器の電源もバッテリによる無停電対策を行なう。システム信頼度の向上を図っている。この CATV 施設に使用した機器及び機材を表 6. に示す。

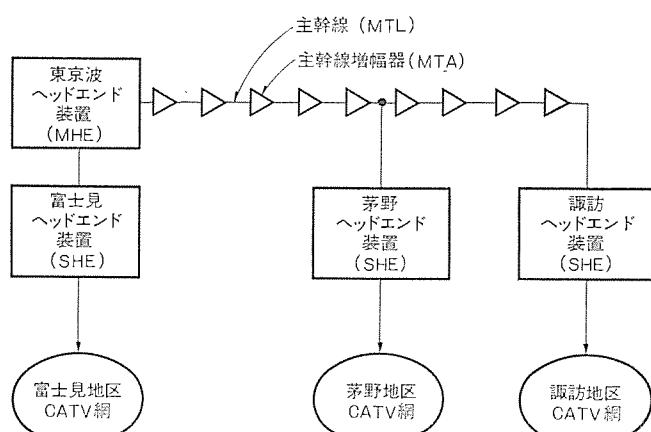


図 3. システム構成

表 5. 伝送周波数・チャンネル

放送局名	富士見地区		茅野・諏訪地区	
	受信	送信	受信	送信
NHK 長野 FM	84.0 MHz	84.0 MHz	85.3 MHz	85.3 MHz
FM 東京	80.0 MHz	84.7 MHz	80.0 MHz	84.7 MHz
NHK 総合	ch 2	ch 6	ch 4	ch 4
NHK 教育	ch 9	ch 9	ch 8	ch 8
信越放送	ch 11	ch 11	ch 6	ch 6
長野放送	ch 38	ch 8	ch 47	ch 10
日本テレビ	ch 4	ch 1	ch 4	ch 1
日本教育テレビ	ch 10	ch 3	ch 10	ch 3
東京12チャンネル	ch 12	ch 4	ch 12	ch 12

表 6. 使用機器及び機材

項目	富士見地区	茅野地区
東京波ヘッドエンド装置 (MHE)	受信アンテナ アンテナ柱 局舎	7 基 1 式 1 式
地元波ヘッドエンド装置 (SHE)	受信アンテナ アンテナ柱 局舎	5 基 1 式 1 式
主幹線増幅器 (MTA)		—
同上電源供給器 (MPS)		—
幹線増幅器 (TA)		16 台
幹線分岐増幅器 (TBA)		3 台
分岐増幅器 (BA)		14 台
幹線用電源供給器 (PS)		19 台
延長増幅器 (EA)		5 台
同上電源供給器 (EPS)		5 台
タップブローバス (TO)		215 台
スプリッタ (SP)		15 台
同軸ケーブル	AFZE 75-8.3 AFZE 75-7 AFZE 75-3.7	— 12,000 m 13,000 m
連絡用電話器		2 台

## 4. 使用機器の構成及び性能

### 4.1 受信アンテナ

受信アンテナは、中継放送機用の受信空中線に相当するものを採用し、支持柱に取付けた状態で最大風速40mの風圧に耐えるように設計されており、耐食・耐候性・耐水性などにも十分考慮した。アンテナの種類は表7に示すとおり、5素子及び8素子の八木アンテナとコ-ナレフを使用しており、特に東京波受信アンテナはダイバーシティ受信とした。

### 4.2 第1ヘッドエンド装置

富士見地区の東京波受信用ヘッドエンド(Main-Head End……MHE)と地元波受信用ヘッドエンド(Sub-Head End……SHE)からなり、ほぼ同一地点に設置されているが、最適受信地点の選択上約400m分離した。MHEは、シボレックス局舎内に4号ラックに収容し、SHEはアンテナポールに取付けた簡易収容箱に収納した。電源装置はMHE内に設け、バッテリ、充電器による無停電化により、無停電時間3時間以上とし、SHEへの電源はこの電源装置より直流で供給している。図4に装置系統図を示す。受信増幅器は、MHEはサブチャンネルに変換するチャンネルコマンド形を採用しているが、SHEは直接増幅形又は直接変換形を採用した。隣接伝送を行なう受信増幅器は音声レベルを14dB低下させている。機器の性能を表8に示す。

表7. 受信アンテナ

対象チャンネル	FM ch 1~3	ch 4~12	ch 13~62
種類	5素子八木アンテナ	8素子八木アンテナ	コ-ナレフアンテナ
インピーダンス	50Ω	50Ω	50Ω
V S W R	1.5以下	1.5以下	1.5以下
利得	9dB以上	10.5dB以上	9dB以上
F B比	15dB以上	15dB以上	20dB以上

### 4.3 第2ヘッドエンド装置

茅野地区に設置したヘッドエンド装置であり、地元波受信の受信増幅器と主幹線増幅器により伝送された東京波サブチャンネル信号をVHFに変換する変換増幅器から構成されている。装置はアンテナポール取付けのPAL形収容箱に収容しており、第1ヘッドエンド装置と同様に3時間以上の無停電電源を内蔵している。機器の性能は、表8に示したものと同じである。

### 4.4 主幹線増幅器

主幹線伝送路の性能は、このCATVシステムの主要性能を左右するものであり、特にこの主幹線増幅器の性能の決定には重きをおいた。機器の性能を表9に示すが、ひずみ特性が表4の規格と比較して厳しいことが分かる。しかしこの性能は、TV5チャンネル伝送の場合であるため、TV3波伝送では混調は6dB性能が向上することと、2次ひずみは伝送周波数配列の関係からひずみビートが帶

表8. ヘッドエンド装置の性能

項目	T V 用	F M 用
帯域内振幅偏差	$f_0 \pm 3\text{MHz}$ で±1dB以内	$f_0 \pm 100\text{kHz}$ で±0.5dB以内
A G C特性	$70\text{dB}\mu \pm 20\text{dB}$ で1.5dB以内	同左
出力調整範囲	定格値～-10dB	”
出力レベル安定度	±0.5dB以内	”
帯域外減衰量	$f_0 \pm 9\text{MHz}$ で15dB以上	$f_0 \pm 600\text{kHz}$ で40dB以上
雜音指数	10dB以下	同左
920kHzビート	-35dB以下	—
V S W R	入力力2.0以下	同左
ハム変調	-80dB以下	”
不要放射	-60dB以下	”
周波数安定度	±15kHz以下	
バイロット周波数安定度	± $1 \times 10^{-5}$ 以下	
バイロット出力安定度	±0.25dB以内	

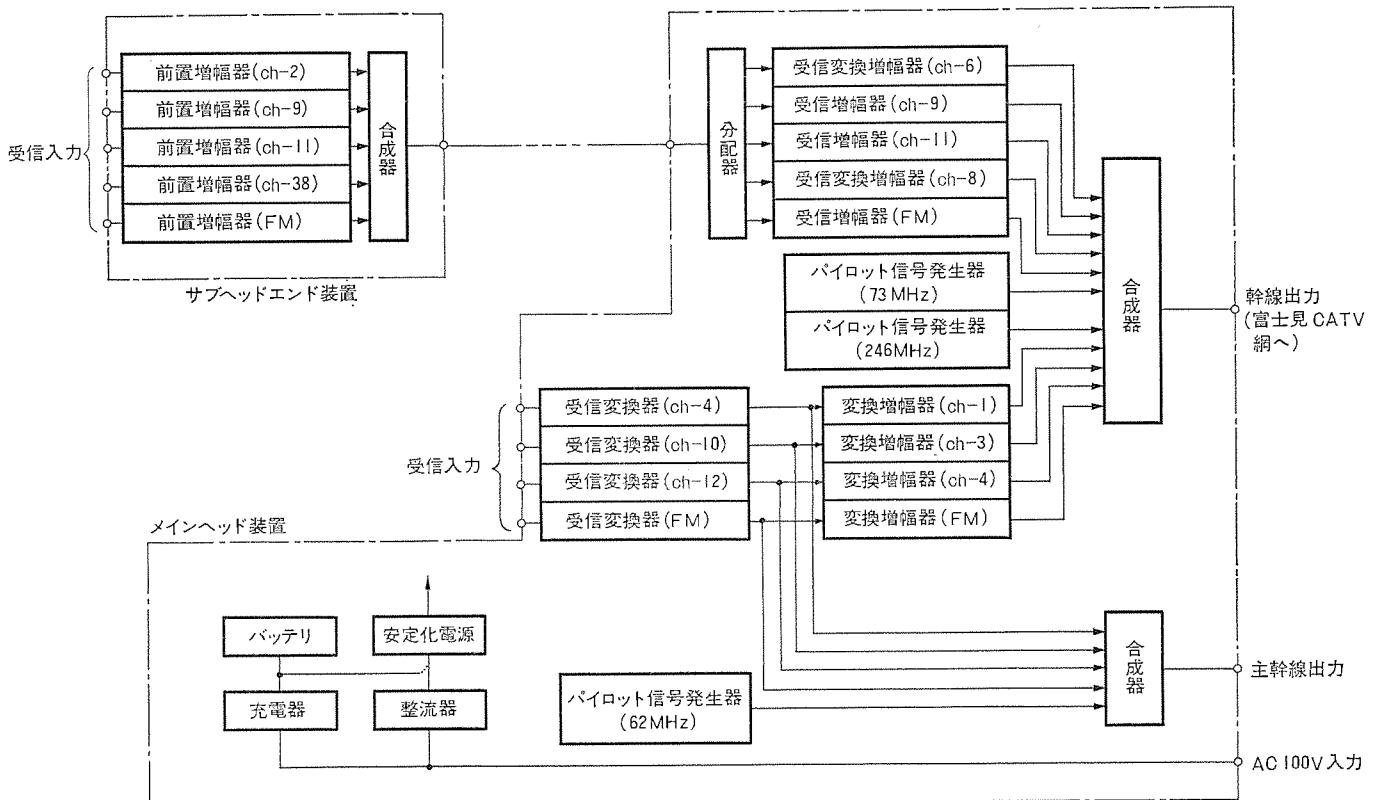


図4. 第1ヘッドエンド装置

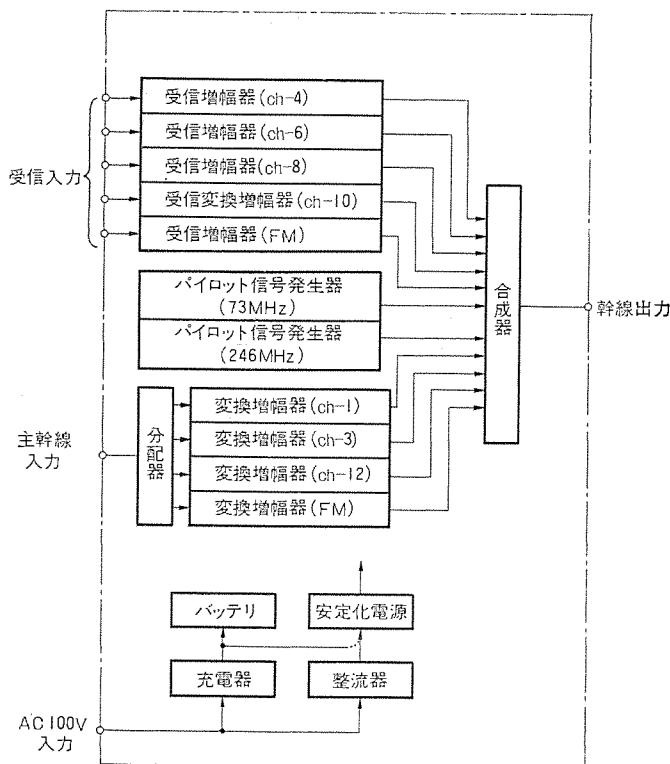


図 5. 第2 ヘッドエンド 装置

表 9. 主幹線増幅器の定格・性能

項目	性能
伝送周波数範囲	10~62 MHz
入力レベル (at 62MHz)	70 dB $\mu$
出力レベル (at 62MHz)	98 dB $\mu$
利得調整範囲	0~3 dB
AGC特性	入力変動 $\pm 3$ dB で出力変動 $\pm 0.5$ dB 以内
帯域内周波数偏差	$\pm 0.5$ dB 以内
雑音指數	9 dB 以下
2次ひずみ	-68 dB 以下
3次ひずみ	-100 dB 以下
ハム変調	-80 dB 以下
不要放射	34 dB 以下

表 10. 線路増幅器の定格・性能

項目	幹線増幅器	幹線分岐増幅器	分岐増幅器	延長増幅器
伝送周波数範囲 (MHz)	70~250	70~250	70~250	70~250
入力レベル (250MHz) (dB $\mu$ )	72	72	72	72
出力レベル (250MHz) (dB $\mu$ )	92	92	104	105
分岐出力レベル (250MHz) (dB $\mu$ )	82	104	—	—
利得調整範囲 (dB)	0~13	0~13	0~13	0~6
AGC特性	入力変動 $\pm 3$ dB で出力変動 $\pm 0.3$ dB 以下	—	—	—
帯域内振幅偏差 (dB)	$\pm 0.5$ 以下	$\pm 0.5$ 以下	$\pm 0.5$ 以下	$\pm 1$ 以下
雑音指數 (dB)	11 以下	11 以下	11 以下	10
相互変調 (出力) (dB)	-72 以下	-72 以下	-64 以下	-55 以下
(分岐出力) (dB)	-69 以下	-64 以下	—	—
混変調 (出力) (dB)	-84 以下	-84 以下	-60 以下	-46 以下
(分岐出力) (dB)	-78 以下	-60 以下	—	—
ハム変調 (dB)	-80 以下	-80 以下	-80 以下	-60 以下
不要放射 (dB)	34 以下	34 以下	34 以下	34 以下

域内に落ち込まないため、実際に問題とならない。帯域内周波数特性の等化は、62 MHz バイオット信号を使用したツイスト形 AGC により行った。また、送出信号のチャートは比帶域が大きいため、ひずみと S/N を勘案してハーフチャートとした。

#### 4.5 線路増幅器

線路増幅器としては、幹線増幅器、幹線分岐増幅器、分岐増幅器及び延長増幅器の4種類を使用した。幹線増幅器及び幹線分岐増幅器は、73 MHz と 246 MHz の二つのバイオット信号を使用して、それぞれスロープ制御及びレベル制御を行っている。安定化電源には、スイッチングレギュレータを使用して電源効率を改善し、無停電電源のバッテリ容量の低減を図った。表 10. に線路増幅器の定格及び性能を示す。

#### 4.6 同軸ケーブル及びコネクタ

主幹線、幹線及び分岐分配線には、都市ケーブルビジョン仕様をベースとした AF 同軸ケーブルを使用した。また、引込み線には 5C 形発泡ポリエチレン絶縁アルミラミネートケーブルを、屋内線には 3C 形ポリエチレン絶縁アルミラミネートケーブルを使用している。コネクタは、すべて都市ケーブルビジョン仕様のフィッティング形及び F 形コネクタを使用した。ケーブルの構造及び電気的性能を表 11.~表 13. に示す。

表 11. AF 同軸ケーブルの構造

項目	形名		AFZE 75-8.3	AFZE 75-7	AFZE 75-3.7
	材質	外径	外径	外径	外径
内部導体	軟鋼単線	5.25 mm	4.4 mm	2.2 mm	
絶縁体	発泡ポリエチレン	24.2 "	20.4 "	10.3 "	
外部導体	アルミバイプ	26.2 "	22.0 "	11.7 "	
被覆	ポリエチレン	30.0 "	25.8 "	14.1 "	
重量		745 kg/km	560 kg/km	175 kg/km	

表 12. 引込線・屋内線の構造

項目	5C-FL-SS		3C-2AV	
	材質	外径	材質	外径
内部導体	軟鋼単線	1.05 mm	軟鋼単線	0.5 mm
絶縁体	発泡ポリエチレン	5.0 "	ポリエチレン	3.1 "
外部導体	アルミラミネートテープ	5.5 "	アルミラミネートテープ	—
被覆	ポリエチレン	7.7 "	難燃性 PVC	5.0 "
重量	69 kg/km (支持線付)		28 kg/km	

表 13. 同軸ケーブルの電気的性能

項目	AFZE 75-8.3	AFZE 75-7	AFZE 75-3.7	5C-FL-SS	3C-2AV
減衰量 (dB/km at 250MHz)	24	28	50	95	192
直交流ループ抵抗 ( $\Omega/km$ )	1.2	1.6	5.7	—	—
絶縁抵抗 (kM $\Omega$ ·km)	10 以上		1 以上		
耐電圧	AC 1,000 V 1分間		AC 1,000 V 1分間		
特性インピーダンス ( $\Omega$ )	75		—		
V S W R	1.2 以下		—		

表 14. CATV 施設主要性能実測値

## (1) 茅野 ヘッドエンド 主要性能

## (a) 受信入力信号

周波数	MTL 出力 (5段中継)			アンテナ出力			
	レベル	V/A	画質	項目	レベル	V/A	画質
ch	ch	ch	ch	ch	ch	ch	
10.7 MHz	81 dB	—	—	4 ch	80/72.5 dB	7.5 dB	3+ G 3+
16.25 MHz	81/80 dB	1 dB	4	6 ch	82/81 dB	1 dB	4
28.25 MHz	83/76 dB	7 dB	4	8 ch	72/70 dB	2 dB	4
40.25 MHz	82/77 dB	5 dB	4	47 ch	78/71 dB	7 dB	4
				85.3 MHz	81 dB	—	—

(b) 幹線出力 幹線出力端子数 4 端子  
主幹線出力端子数 1 端子

項目	ch	出力チャンネル									
		FM	1	3	4	6	8	10	12	73 MHz	246 MHz
レベル	78	82/74	82/76	84/70	84/82	84/79	84/78	85/77	76	82	
ゴースト	—	4	3+	4	4	4	4	4	—	—	
混変調	—	4	4	4	4	4	4	4	—	—	
C/N	—	4	4	4	4	4	4	4	—	—	
ビート妨害	—	4	4	4	4	4	4	4	—	—	
総合	—	4	3+	4	4	4	4	4	—	—	

## (2) 受信者端子におけるレベル 及び画質

レベル単位: dB  $\mu$ V 同期せん頭値

測定点	項目	FM <sub>1</sub>	FM <sub>2</sub>	1	3	4	6	8	10	12
A	レベル	68	68	77	77	80	80	80	80	80
	総合画質	—	—	4	4	3+	4	4	4	4
B	レベル	67	67	76	78	80	80	80	81	80
	総合画質	—	—	4	4	3+	4	4	4	4
C	レベル	67	68	77	79	81	80	81	82	81
	総合画質	—	—	4	4	3+	4	4	4	4
D	レベル	69	69	80	79	82	82	83	82	82
	総合画質	—	—	4	4	3+	4	4	4	4
E	レベル	69	70	79	78	82	81	81	82	81
	総合画質	—	—	4	4	3+	4	4	4	4

## (3) 受信者端子における諸性能

測定点	A	B	C	D	E
混変調	-52 dB 以下				
電源ハム	-48 dB	-49 dB	-47 dB	-48 dB	-48 dB
C/N	55 dB 以上	54 dB 以上	55 dB 以上	53 dB 以上	53 dB 以上
端子間分離度 <sup>注)</sup>	33 dB	34 dB	33 dB	32 dB	32 dB
漏えい電界強度	潜在電界以下 電界 30 dB	潜在電界以下 電界 34 dB	潜在電界以下 電界 34 dB	潜在電界以下 電界 33 dB	潜在電界以下 電界 35 dB

注) 端子間分離度は、同一タップオフにて測定

## 5. 施設の性能

現在、茅野地区までの建設を終わり、この施設の性能概要が確認できた。富士見地区で最も意を払った事項は、

- (1) 東京波の同一チャンネルビートをどのように軽減するか
- (2) 幹線増幅器による 16 段中継で、安定した良好な画質が得られるかどうか

の 2 点であり、茅野地区においては、

- (3) 茅野地区地元波のゴーストの問題
- (4) 富士見地区からの長距離伝送による画質の問題
- (5) TV 受像機への直接妨害波の問題

であり、いずれも末端加入者が満足する画像が得られるかどうかであった。しかし総合調整を終え、各末端 タップオフにおける性能確認において、いずれもほとんど問題なく、良好な画像が得られた。

## 5.1 レベル安定度

この施設においてはさきに述べたように、TV 受像機への直接波妨害が予想されたため、各 タップオフ レベルは平均 75 dB 以上に設定されている。この レベルの長時間安定度を測定した結果、変動は数 dB 以下であり、運用上支障の無いことが確認できた。また一部地区においては直接波による妨害が発生したが、いずれも TV 受像機に直接波除去装置を付加することにより、ほとんど解決できた。

## 5.2 混変調ひずみ

富士見地区の 16 段中継の末端 タップオフ で混変調ひずみの測定を行ったが、運用中に空きチャンネル法で測定を行ったところ、測定不能程度の レベルであり、運用時間外に CW 法で測定を行い、-50 dB 以下であることが確認された。茅野地区においても運用中に測定を行ったが、どの端末においても混変調ひずみは認められなかった。

## 5.3 漏えい電界強度

当地区内には全チャンネルにわたり潜在電界があり測定不可能なため、パイロット周波数により測定を行ったが、30 dB  $\mu$ V/m 以下は確保されていることが確認された。

## 5.4 C/N

スペクトラム アラライザを用い、同期せん(尖)頭値に対する雑音せん頭値で C/N を測定したが、全端末で 55 dB 以上が確保され、ハム S/N についても 50 dB 以上であった。

## 5.5 総合画像評価

富士見地区、茅野地区においてテレビジョン受像機による画質評価を行った結果、全チャンネルにわたりビート、S/N、ゴーストとも良好な画像が得られた。また、多段中継による S/N の差異も全く認められず、地元波と同様の良好な画像が得られている。

## 6. むすび

当初、良質の画像、豊富なサービス内容をモットーに、この施設の建設を行ってきたが、施設の大半が完成した現在、その設備概要について報告した。現在まだ運用に入ったばかりであり、区域外再送信のみのサービスを行っているが、近々自主番組の放送も行われる予定と聞き及ぶ。このように多目的に利用されることにより CATV 施設の真価が発揮されると言えよう。

最後に、この施設建設に当たっては、関係各方面の多大のご援助をいただいた。ここに深甚の謝意を表するものである。

# 気象衛星による気象データ収集局

小平信彦\*・村山信彦\*・辻倉陽三\*・鈴木敏明\*\*・太田堯久\*\*

## 1. まえがき

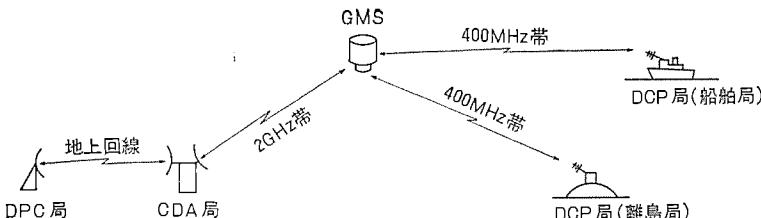
気象衛星を用いて行う気象データ収集局の試作を行い、その実用性を確かめ、また現在連続試験を実施中である。ここにそのシステムの概要、機器の内容、試験結果について報告する。

## 2. システム概要

WMO (World Meteorological Organization)が中心となり、全世界的規模で気象観測を行い、気象予報の精度を上げる WWW (World Weather Watch) 計画が進められていて、その一環に GARP (Global Atmospheric Research Program) があり、その最初の実験である FGGE (First GARP Global Experiment) が 1977 年から開始される。この計画には、気象衛星も用いられ、米国 2 個、欧州、日本、ソ連が各 1 個の静止気象衛星を打上げるが、この衛星の重要なミッションの一つにデータ収集局からの気象データの収集がある。

### 2.1 データ収集システム

気象衛星によるデータ収集システムは図 1 のとおりである。すなわち DCP 局で収集したデータを衛星経由で収集し、地上回線で CDA 局から DPC 局に送って処理する。このあと ADESS (Automatic



DCP局 : Data collection Platform局 (データ収集局)  
CDA局 : Command and Data Acquisition (指令及びデータ収集局)  
DPC局 : Data Processing Center局 (中央データ処理局)  
GMS : Geostationary Meteorological Satellite (静止気象衛星)

図 1. 気象データ収集系統図

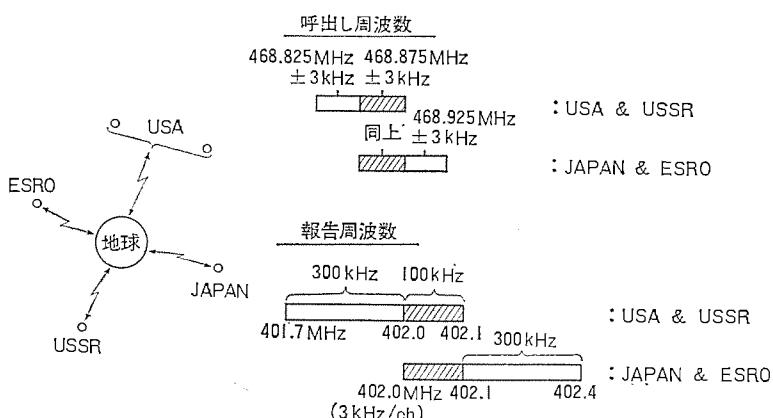


図 2. 周波数配置図

Data Editing and Switching System) で再処理されて、各国に配布される。静止気象衛星は指令及び報告の信号の中継に使用され、衛星のトランスポンダは周波数変換を行って、DCP 局とは UHF 帯で信号を送受信する。

DCP 局には船舶局、離島局、バイ局等があり、船舶局以外はほとんど無人局である。無人局には指令を受信する局と、タイムを内蔵して指令によらず一定時刻にデータを送信する局があるが、日本では前者の呼出し局を主体としている。船舶局はその行動範囲から二つ以上の衛星にデータを送付するものが多くこれを共通 DCP 局と言い、固定の DCP 局のようにただ一つの衛星だけにデータを送付するものを個有 DCP 局と言う。

### 2.2 呼出し・報告周波数

世界で 5 個の衛星を上げ、それぞれが円滑にデータを収集でき、かつ数多い DCP 局をなるべく簡単にするために配慮が要る。世界の気象衛星当事国で構成されている CGMS (静止気象衛星調整会議) で審議決定された周波数配置案を図 2 に示す。船舶のような共通 DCP 局については、呼出しは全衛星に共通な 468.875 MHz とし、また報告も 402.0~402.1 MHz の共通な 100 kHz の帯域で、個々の DCP 局に 3 kHz/ch の間隔で周波数を割当てる。したがって共通 DCP 局は衛星に関係なく一定周波数で送受信できる。この場合隣接衛星間ではデータ収集の時間をずらして相互に妨害を与えないようとするが、この時間区分は、USA & USSR と JAPAN & ESRO とで 15 分おきに取る案が CGMS で提案されたが、まだ決定には至っていない。個有 DCP 局については、例えば日本の場合には、呼出し周波数を 468.925 MHz、報告周波数を 402.1~402.4 MHz の 300 kHz の帯域内で 3 kHz/ch の間隔で個々の DCP 局に割当てる、他衛星との間に妨害を与えないように時間に制限なくデータの収集ができることになる。

### 2.3 電力束密度

衛星のトランスポンダは、400 kHz の帯域で 3 kHz/ch の多数の報告のチャンネル信号を同時に受信、変換、送信するので、個々の信号レベルをそろえる必要がある。このレベルは衛星端における DCP 局の送信電力束密度で規定され、-115 ± 5 dBm/m² となっている。したがって DCP 局の設置場所、アンテナ特性によって、送信電力を増減する必要がある。また共通 DCP 局がどの衛星からの指令も受けられるように、衛星の DCP 局端における送信電力束密度も規定され、-124 dBm/m² ~ -97 dBm/m² となっていて、共通 DCP 局はこの電力束密度で十分に動作する必要がある。

### 2.4 情報フォーマット

共通 DCP 局では、呼出し・報告のフォーマットを定め、互換性を持たせる必要がある。CGMS で規定されたこれらのフォーマットは図 3 のとおりである。これらの符号はマン

チェックコード化され、ビットレート 100 bps の PSK ( $\pm 70^\circ$ ) として送信される。

なお個有 DCP のフォーマットは任意でよいが、同一条件で受信、処理されることから共通 DCP 局のフォーマットにそろえるほうが良く、試作機器で用いたフォーマットは後述するとおりである。

## 2.5 キャリア捕捉

信号の受信にあたっては、まずキャリアを捕捉して位相同期をとる必要がある。したがって無変調キャリアの送出時間を国際的に規定する必要がある。CGMS では 2 分間と規定されたが、更に短縮を考慮することになっている。後述の試作機器では、送出時間 1 分間で十分動作している。

## 2.6 周波数補正

CDA 局の周波数は十分な精度で校正できる。また CDA 局に標準 DCP 局をおき、衛星経由で CDA 局との間で電波を授受し、それぞれの受信周波数の本来あるべき周波数からのずれを CDA 局の送信周波数及び受信局発周波数で補正することにより、衛星のトランスポンダの局発のずれを CDA 局の周波数精度で補正できる。DCP 局の周波数偏差は  $\pm 1.5 \sim 2.0 \times 10^{-6}$  であるから、3 kHz/ch の周波数間隔があれば十分であり、また DCP 局のキャリア捕捉のための周波

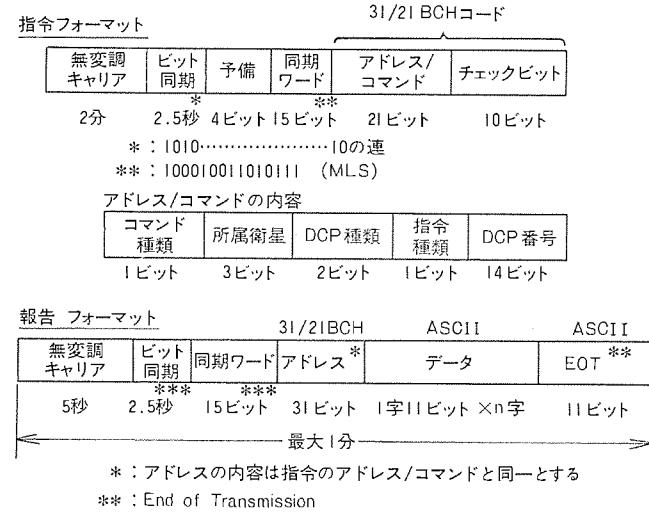


図 3. 情報 フォーマット

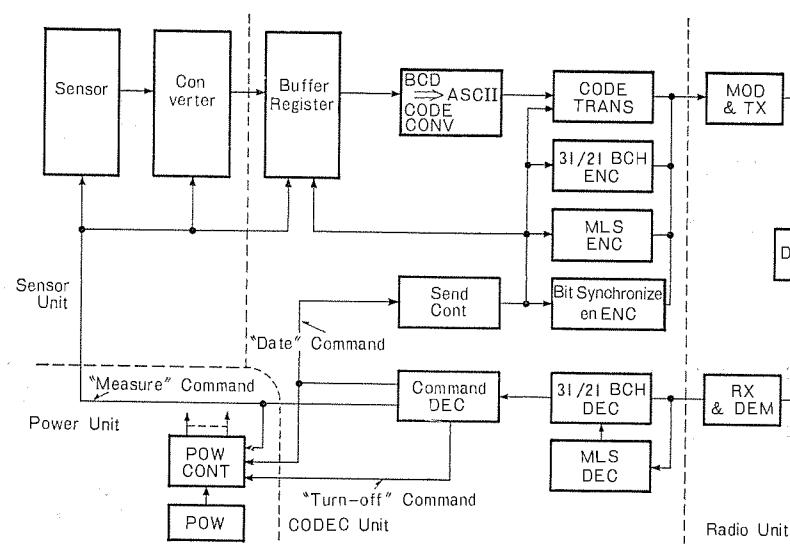


図 4. 観測 コマンド 形離島局機能系統図

数スイープも  $\pm 1 \text{ kHz}$  で十分である。

## 3. 試作機器構成

DCP 局は設置場所、機能、操作等により多くの種類があるが、今回試作を行ったものは、最も構成の複雑な観測コマンド形離島局で、つぎの特徴を持つものである。

- (1) 測定時刻に全 DCP 局に一斉に観測コマンドがかけられる。
- (2) 報告のコマンドはグループ一斉に指令することも、個々の DCP 局単独に指令することもできるので、まずグループ一斉にそれぞれ別のチャンネルでデータを取り、データのおかしいものは個別に再びデータを取りことができる。
- (3) 観測データはレジスタに記憶しているので、再送要求に応じられる。

この DCP 局の機能系統図を図 4. に示す。

DCP 局は気象検出部、それを設置するパンザマスト、及び装置本体 1 架で構成され、装置本体は変換部、符号送受信部、無線送受信部、電源部に大別され、図 5. に本体外観図を示してある。

試験装置は本体 1 架とプリンタ 1 台で構成され、DCP 局に指令を行い、DCP 局から送付されたデータの受信、チェック、正しいデータのタイプアウトを行うもので、外観を図 6. に示す。実際の CDA 局でのデータ収集動作をシミュレートしたものである。

## 4. 無線機器

### 4.1 無線機器の構成

DCP 装置と試験装置の中での無線機器の構成を図 7. に示す。両装置の構成はほぼ同じであるが、DCP 装置には正規の運用ができるよう分波器が実装されている点と、送信電力が試験装置より大きいので余分に減衰器が実装されている点が異なる。雑音発生器は、雑音に対する性能を試験することを目的として実装されている。

### 4.2 特徴

#### (1) 変・復調方式

デジタル 2 相位相変調の場合、通常は  $\pm 90^\circ$  DPSK が使用されているが、DCP システムでは国際会議において  $\pm 70^\circ$  PSK が採択された。この方式は、 $\pm 90^\circ$  DPSK に比べ性能的に大きな劣化はなく、装置が簡単にできる利点を持っている。すなわち誤り率  $10^{-5}$  を得る C/I

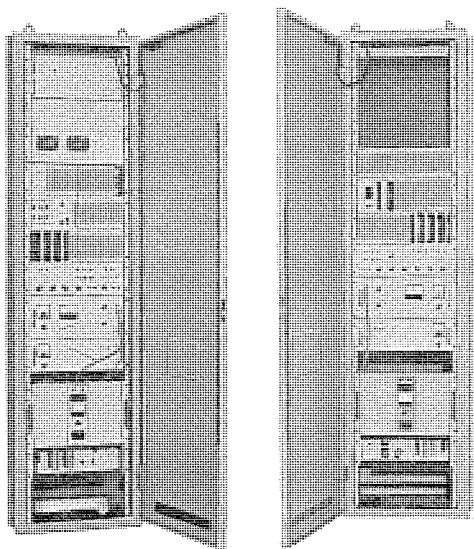


図 5. DCP 装置本体外観  
図 6. 試験装置外観

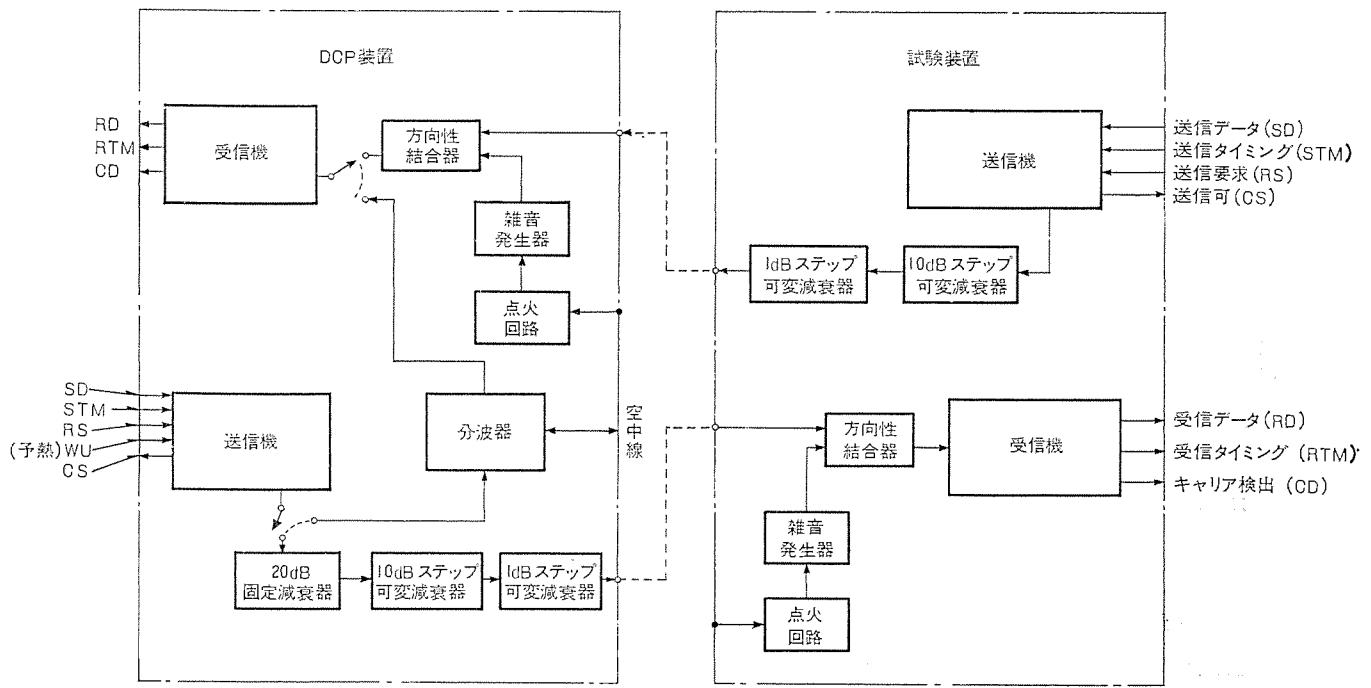


図 7. 無線機器の構成

$N$  は、 $\pm 70^\circ$  PSK が  $\pm 90^\circ$  DPSK に比べ  $0.35$  dB 劣るが、送受信論理回路を必要としないとか、パリティチェックも有効であるなどの利点を持っている。復調装置は  $\pm 90^\circ$  DPSK の場合、コスタスループ又は、通倍方式を使用するが、 $\pm 70^\circ$  PSK の場合には基準搬送波成分が存在するので単純な位相同期 (PLL) 方式を使用でき、簡易な装置で実現できる。

#### (2) 受信レベル対誤り率

静止衛星と DCP 装置の無線伝送は、呼出し回線 (Down-Link) と報告回線 (Up-Link) に分けられるが、両者の回線設計は、ほぼ等しいので呼出しの場合を表 1. に示す。この表で  $C/N_0 = +30$  dB · Hz は、理論的にビット誤り率  $1 \times 10^{-6}$  を得る数値であり、この誤り率は DCP システムのデータ伝送に十分な品質である。

#### (3) 受信方式

電圧制御水晶発振器 (VCXO) を使用した 2 重スーパーヘテロダイン方式である。VCXO は位相同期系に使用して、受信周波数に同期して受信状態となる。この系の位相検波出力より復調波を增幅して、ビット同期回路と相關検波回路に入れてデータを再生する。

#### (4) 周波数安定度

送・受信機に温度補償形の水晶発振器を使用して、チャンネル間隔 3 kHz での運用を可能にしている。指令局 (CDA) の周波数安定度は  $\pm 0.1$  ppm 以下で十分安定であり、また衛星のトランスポンダの周波数も CDA 局に 400 MHz 帯送・受信機を設置して周波数偏差を補正するので CDA 局と同程度に安定にできるが、3 kHz 間隔で運用するためには DCP の周波数安定度は  $\pm 2$  ppm 程度は必要である。

#### (5) 低電力化受信機

無人通報局用としての受信機は、常時呼出しに応じられるように待機していなければならぬので、受信機の電源容量は厳しく制限されている。この要求に対して、低電圧・低電力で動作可能な高周波増幅・中間周波増幅・通倍回路は +5 V 電源から供給され、ロジック回路は C-MOS の使用により低電力化が図られている。

#### 4.3 主要性能

DCP 送・受信装置の性能を表 2. に示す。

表 1. 呼出し回線の回線設計

項目	性能
衛星の EIRP	+41.7 dBm
偏波損失	-0.2 dB
伝搬損失	-178.1 dB
地球局のアンテナ利得	+7.0 dB
給電損失	-0.5 dB
受信電力	-129.1 dBm
受信機の雑音電力密度	-167.4 dBm/Hz
受信信噪比 $C/N_0$	+38.3 dB
必要な $C/N_0$	+30.0 dB
マージン	8.3 dB

表 2. DCP 送受信装置の性能

送信部	受信部
送信周波数	402,250 MHz
送信出力	3.5 W
周波数偏差	$\pm 0.5 \times 10^{-6}$ 以内 / $-10 \sim 50^\circ\text{C}$ $\pm 1.0 \times 10^{-6}$ 以内 / 年
スブリップス发射強度	-60 dB 以下
変調方式	±70° 位相変調 スブリットフェイズ
符号伝送速度	100 bps
位相変動	3° RMS 以下
	AGC 特性 入力 -134 dBm ~ -100 dBm で出力変化 3 dB 以内
	同期引込時間 60 秒以内
	同期引込スイープ ± 1 kHz
	スブリップ感度比 -70 dB 以下

#### 4.4 実測結果

受信入力レベルに対するビット誤り率の測定結果を図 8. に示す。図は試験装置の送信機 (周波数 468.925 MHz) から擬似ランダム符号を

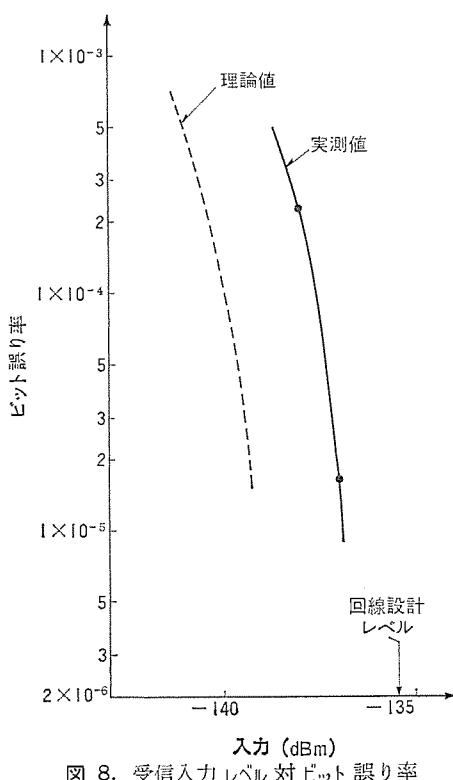


図 8. 受信入力レベル対ビット誤り率

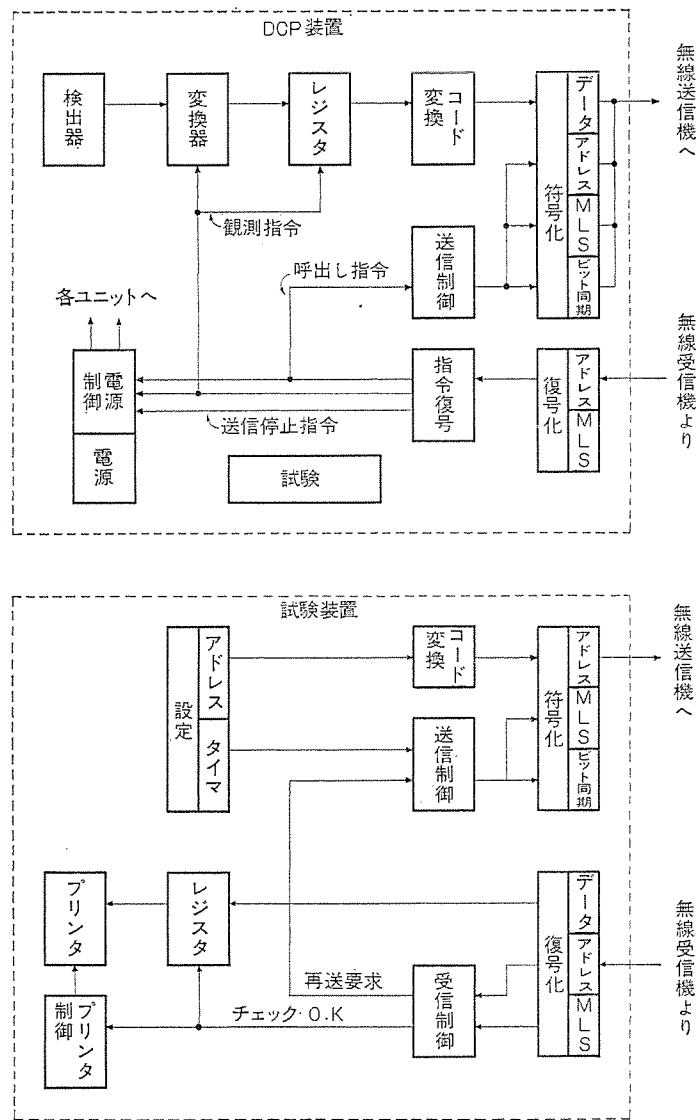


図 9. 符号装置機器構成

送信し、DCP 装置の受信機で受信再生させた場合のデータであり、理論値との差は 2 dB 程度であるが、回線設計レベルに対しては十分 (6 dB 以上) マージンのあることがわかる。

## 5. 符 号 装 置

DCP 装置の中の符号装置は、受信指令をチェックして、正しい指令であれば、その内容に従って、気象データを取り、所要の変換、処理を行ってレジスタにストアし、またこのデータを指令によって所定のフォーマットにして無線装置に送るものである。

試験装置の中の符号装置は、種々の種類の指令を、自動又は手動で作成して無線装置に送り、また指令の結果、DCP装置から受信したデータをチェックして、アドレスに誤りがあれば再送要求をし、正しければ受信データを印字記録するものである。以下にそれぞれの構成、特徴を記述する。

## 5.1 符号装置構成

DCP 装置と試験装置の符号装置は図 9. のように構成されている。DCP 装置では、気象要素検出器が、パンザマストに装着され、その他のユニットがきょう(筐)体に収容されていて、きょう体と検出器はケーブルで接続されている。試験装置では、きょう体とプリンタで構成されていて、その間はケーブルで接続されている。両方とも、きょう体の中にはテストパネルも実装されていて、各種設定機能により、試験が容易に行えるようになっている。

## 5.2 特徵

### (1) 传送方式

一般的に直列伝送と並列伝送があり、また通信形態としては、サイクリック方式とポーリング方式があるが、このシステムでは、断続的なデータ収集システムであり、伝送情報も多くないという特徴を持っているので、直列伝送、ポーリング方式を採用して、装置構成の簡略化を計っている。

## (2) 符号化方式

符号化は、データ伝送中の誤りを少なくし、かつ効率よく伝送することが主眼であるが、極端に誤り訂正能力を増加すれば、伝送効率が悪くなるので、各システムでの最適な符号化方式を決定する必要がある。

このシステムでは、伝送データをアドレス部とデータ部に大別し、後者は気象要素であるため、もしデータ中に誤りがあっても、前後のデータや付近の他のDCP装置のデータと比較することによって誤りを発見して処置することができるが、前者は誤りの判断がつかず、訂正が困難である。したがって、アドレス部はBCHコード、データ部はASCIIコードを用いることに決定された。

BCH コードは、Bose Chaudhuri Hocqenghem により発見されたコードであり、代表的なランダム誤り訂正符号のうちで、最も誤り訂正能力が高く、このシステムで採用された (31,21) の BCH コードは、情報 21 ビット、冗長ビット 10 ビットで構成され、誤り訂正が 2 ビットまで、誤り検出が 4 ビットまで可能である。

### (3) MLS 符号

MLS は Maximal Linear Sequence の略で、線形最長周期系列と呼ばれる。MLS は、図 10. で示される ブロック で作られ、シフトレジスタの初期値を図のように設定し、各 レジスタ に シフトパルス を加えれば、出力が得られる。これを同期ワードとして用いる。

#### (4) 低消費電力化

消費電力を少なくするための制御を行い、検出器、変換器には観測

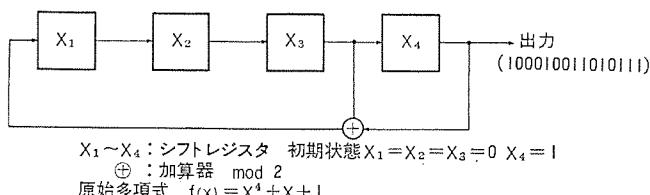


図 10. MLS 発生回路

指令受信時のみ、符号送信回路には呼出し指令受信時のみ、符号受信回路と送信データバッファにはキャリア受信時のみ電源を供給する。

(5) フェイルセーフ

DCP 装置内の機器異常によって、他の DCP 装置が影響を受けないように、また誤ったデータを送付しないように、バックアップ機能を持っている。

(a) 送信波送出断：送信開始から所定の時間以上送信波がでている時には、呼出し指令受信によってセットされるタイムによつ

て強制的に送信波を断にして、他への妨害を除去する。

(b) 送信データバッファクリア：検出器データを記憶している送信データバッファのクリアは、正常時にはつぎの観測指令を受信した時に行われるが、何らかの障害で、このクリアが行われずにつぎの呼出し指令を受けると、前回のデータが誤って送出されることになる。これを防ぐために、正規の呼出し指令を受信した時にセットしたタイマによって、所定時間以上経過したときに、データをクリアして、次回の観測指令までにはデータが残らないようにしてある。

5.3 仕様概略

DCP 符号装置、試験符号装置の仕様を表 3., 4. に示す。また使用した気象センサを表 5. に示す。

この DCP 装置に実際に使用した符号フォーマットを図 11. に受信符号、図 12. に送信符号として示してある。

図 13. には試験装置で受信したデータの印字フォーマットを示してある。

表 3. DCP 符号装置仕様概略

項目	詳細仕様
構 造	形 状 2,300×650×510 mm
本 体 架	塗装色 とびら、側面 マンセル 7.5 BG 6/1.5 半つや 内部パネル マンセル N 8
気 象 検 出 器	形 状 6,010×289.5 mm $\phi$ (バンザマスト)
伝 送 方 式	直列伝送
伝 送 速 度	100 bps
符 号 方 式	BCH コード (アドレス部) ASCII コード (データ部)
誤り検出方式	BCH 誤り訂正 (アドレス部) パリティチェック (データ部)
誤り検出時処理	再送要求
受信フォーマット	図 11.
送信フォーマット	図 12
検出器仕様	表 5.

表 4. 試験符号装置仕様

項目	詳細仕様
構 造	2,300×650×510 mm
本 体 架	とびら、側面 マンセル 7.5 BG 6/1.5 半つや 内部パネル マンセル N 8
伝 送 方 式	直列伝送
伝 送 速 度	100 bps
符 号 方 式	BCH コード (アドレス部) ASCII コード (データ部)
誤り検出方式	BCH 誤り訂正、検出 (アドレス部) パリティチェック (データ部)
誤り検出時処理	再送要求 (最大 2 回まで)
受信フォーマット	図 12.
送信フォーマット	図 11.
検出器仕様	レミントン

表 5. 検出器仕様

種類	測定項目	感 部	測定範囲	精 度	変換器出力	電源投入後の安定時間	備 考
瞬時値	気温	サーミスター	-20°C ~ +40°C	±0.3°C	-2 ~ +4 V	2 秒以下	
	湿度	半導体	0 ~ 100%	±4%	0 ~ 1 V	〃	
	気压	アネロイド	920 ~ 1,040 mb	±0.5 mb	0 ~ 1 V	1 秒以下	
	天気	感雨器 日照計	晴、曇、雨		無電圧、1a 接点	〃	
平均値	風向	ベクレー	360° 全方向	±5°	0 ~ 1 V	〃	
	風速	3 ばい (杯)	0 ~ 60 m/s	±0.5 m/s at ≤ 10 m/s ±5% at ≥ 10 m/s	0 ~ 1 V	—	
積算値	雨量	転倒マス形	0 ~ 999 mm	±1 mm	1 パルス/1 mm	—	
	日射	ネオ日射計	0 ~ 99.9 g cal/cm min	±5%	1 パルス/0.1 g cal/cm min	—	

## 6. 試験結果

試験は、実際に電波を発射できないので、DCP装置と試験装置とをケーブルで接続し、それぞれの装置内の固定及び可変の減衰器で信号の強度を変え、規定感度以下から規定感度以上の信号入力において行った。

試験当初は、タイプ電源から混入する雑音などによる誤動作や、VCXOの不良によるロックはずれなどが生じたが、それぞれの処置を施したあとは、十分に所期の目的を達して動作している。

今後更に試験を続け、センサの信頼度や装置の信頼度及び雑音に対する誤り率などを確認していく予定である。

## 7. むすび

FGGEが所期の目的を達成し、更に進展した計画を進めるためには、気象データの収集が計画通りに行われることが重要である。

試作機器は現在気象研究所において連続試験を行っており、DCP局の設計、運用などに関する貴重なデータが取得されつつある。実際に気象データ収集のために配置されるDCP局は過酷な環境に設置されることになるが、今回の試作結果、試験結果に基いて、十分に安定な信頼性のあるDCP局を製作できることを確信している。

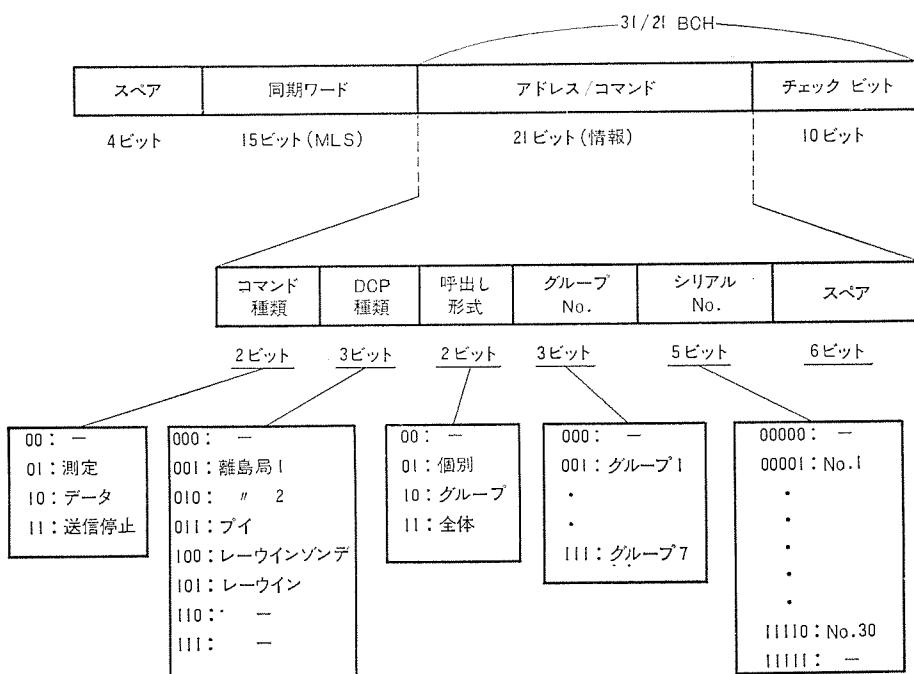
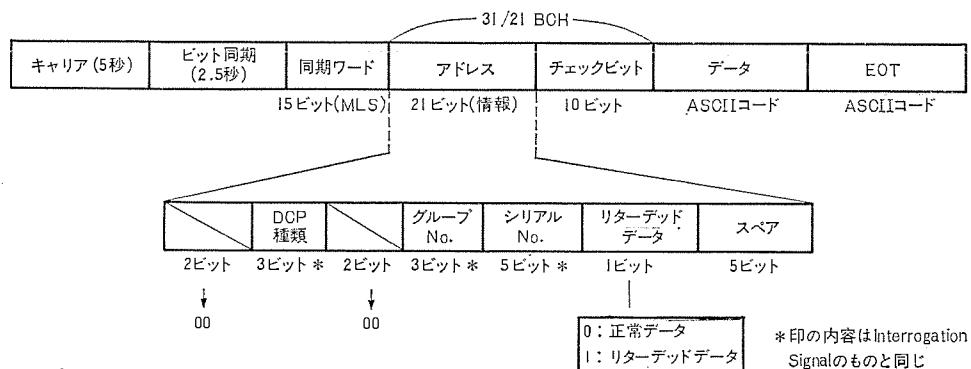


図 11. DCP 呼出し フォーマット



### II. 測定コマンドへの報告

各DCPは測定を開始するが、CDAへは報告しない。

### III. 送信停止コマンドへの報告

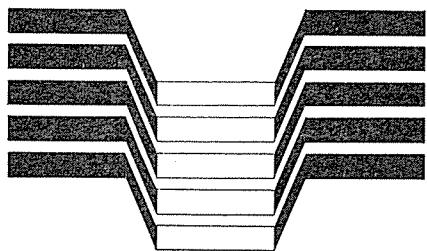
呼出し形式に従って個別局、グループ局又はDCP局全体の送信を停止するが、CDAへは報告しない。

図 12. DCP 報告 フォーマット

時刻	気温	湿度	気圧	天気	風向	風速	雨量	日射
0500	250	80	166	1	09	01	112	418
0505	251	83	166	1	08	01	112	419
0510	251	83	166	1	03	01	112	420

注1) データ最後の・又はXは、受信情報部に誤りが検出された時X、誤りがない時・を印字

図 13. 印字記録 フォーマット



# NEWS FLASH

## PW-100 形高周波パルス TIG 溶接機

### 《MEL-PULSE》

当社では国産初の高周波 パルス TIG 溶接機 《MEL-PULSE》 100 を完成した。

高周波 パルス TIG 溶接機は、1,000～25,000 パルス／秒の高周波で脈動する パルス 電流により、アーカーを高周波振動させて TIG 溶接を行う。したがって高周波の高い パルス 波高値により、アーカーの電磁的自己収縮力が増大してアーカーが硬直安定化し、またアーカー圧力の超音波的振動によって溶融池がかく拌され、溶接組織がや（治）金的に改善されると同時に、湯流れ性が向上して良好なビート外観を得ることができる。

《MEL-PULSE》 100 は、従来の輸入機よりシャープな パルス 電流を発生できる トランジスタパルス 発生回路を内蔵しているので、溶接改善効果が非常に顕著である。

主な用途は 0.2～3.0 mm 程度の ステンレス・アルミニウム 合金・合金鋼・チタンなどの高品質、高能率溶接である。

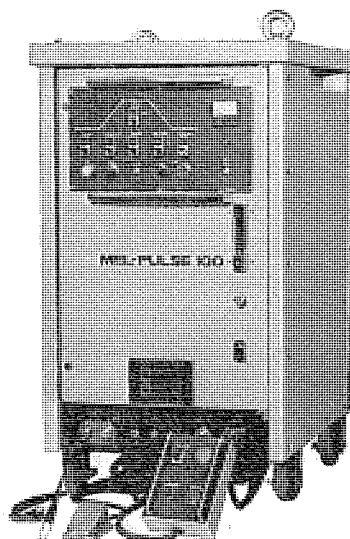
#### ■ 特長

- (1) 溶接速度が増大する。
- (2) 電極交換ひん度が低減される。
- (3) 入熱（平均電流）が電圧変動などの外乱に対し、高速・高精度に修正される。
- (4) 裏波が出やすい。
- (5) アンダーカットが出にくく。
- (6) ブローホールが低減される。
- (7) 結晶粒が微細化される。

#### ▲ 標準仕様

平均電流 5～100 A

最大ピーカー電流	200 A
ベース電流	5 A
パルス周波数	1,000～25,000 pps
電源電圧	200 V (50/60 Hz)
電源容量	約 7 kVA
平均電流精度	電源電圧変動 ±10% に対し ±1% 以内
周波数精度	電源電圧変動 ±10% に対し ±1% 以内
平均電流 プログラム	アップスロープ・ダウンスロープ 付属スロープ 時限調整範囲 0～10 秒



## 新形 AK-N 形切換スイッチ

この新形切換スイッチは使いやすさと接触信頼性を重点に、従来の AK 形をモデルチェンジし、操作がしやすいうように取手のデザインも一新したものである。

#### ■ 特長

- (1) 配線容易  
端子はセルフアップねじのため、接続が容易である。
- (2) 高い信頼性  
接触子はコロガリ接点のため、接触信頼性が高い。
- (3) 豊富な種類  
種々な動作の形態や付属装置の組合せができるため、使用の多様化に対応できる。

#### ■ 仕様

○回路数 2～20 回路

○ノッチ数	2～12 ノッチ
○定格絶縁電圧・通電電流	AC 660 V, 10 A
○定格使用電圧・電流	AC 220/550 V, 5/3 A



当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1057043	空気清浄機	小栗 敦・吉野昌孝	1059249	遠心送風機	大旗 康文
1057044	電気ストーブ	慶野長治・後藤完二	1059250	時計装置	新川成美
1057045	燃焼機の瞬間消火装置	小林恵治・清水誠	1059251	エレベーターの調速機ロープ保護装置	福嶋 務・伊藤拓三
1057046	ビレット搬送装置	喜多村弘明・浅沼博	1059252	放電灯点装置	{安達宏美・田中博 岩倉允
1059230	エレベータ用円形ドアの動力駆動装置	藤松高明	1059253	溶接機等におけるワイヤ巻棒の抜止装置	大間知伸洋・後藤洋治
1059231	扇制御装置	寺園成宏	1059254	電磁機器	岡戸弘行・森欽哉
1059232	限流しゃ断装置	{井上武男・岡本五郎 白沢宗	1059255	調速機ロープの振動抑制装置	国井和司・吉川博
1059233	開先幅検出装置	弘中一光・丸山寿一	1059256	制御箱	池田勲・提博俊
1059234	回路しゃ断器操作装置	堀田滋矩・可知延夫	1059257	プラグイン式電子機器筐体	安井修
1059235	車両用バッテリ液レベル表示装置	綿谷晴司	1059258	電池収納装置	元木義明・和田安司
1059236	ダイアル表示装置	神原嘉也・榎憲行	1059259	誘導円筒形繼電要素	稻垣宏明・山内成周
1059237	回転圧縮機の漏洩防止装置	遠藤誠	1059260	軸受槽の油面指示装置	柴崎和則・岩田勝
1059238	エレベータ位置表示装置	石嶋進	1059261	電動機の固定子	野口昌介
1059239	突極回転子	坂井時弘	1059262	発熱素子制御装置	{堀口重昭・花香郁太郎 今泉尚
1059240	高圧水銀灯	{竹田俊幸・若林正雄 土橋理博	1059263	電気掃除機	長嶺元・高橋豊
1059241	高圧水銀灯	{竹田俊幸・若林正雄 土橋理博	1060004	穀類電動粉碎機	武井久夫・服部信道
1059242	電圧調整器	{壺井芳昭・平田毅 鈴尾勇夫・森下光晴	1060005	負荷時タップ切換変圧器	嶋裕史
1059243	けい光灯照明器具	橋本武雄・根岸昭康	1060006	磁気円板記憶装置	門内正治・東山昇
1059244	電源に同期したパルス発生装置	石井真	1060007	送信機の保護装置	楠和郎
1059245	プランジャー型電磁石	長尾良章・渡川弘一	1060008	サーミスタの絶縁取付け装置	荒野皓也・辻幹夫
1059246	リール台装置	橋本公佑	1060009	扇風機の首振制御ワイヤ固定装置	糸魚川佐富
1059247	双方向サイリスタのトリガ装置	溝口忠顯・石井真	1060010	異形線引抜き用組み合せダイス	野尻穂
1059248	膨張式滑り台	木名瀬武男・内田勉	1060011	接地保護装置	梶田保雄
			1060012	FM用簡易アンテナ装置	深谷茂

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 50 No. 1 技術の進歩特集

- “技報”51年1号によせて
- 研究編
- 電力編
- 産業用電機品と計測編
- 通信と電子応用機器編

- 電子計算機と電子部品編
- システム編
- ビル・店舗・工場用設備機器編
- 輸送編
- 家庭用電気品編

<p>三菱電機技報編集委員会</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">委員長 松岡治</td><td style="width: 50%;">常任委員 吉山裕二</td></tr> <tr> <td>副委員長 神崎透</td><td>委員 飯田春吉</td></tr> <tr> <td>〃 武藤正</td><td>〃 熊本永</td></tr> <tr> <td>常任委員 宇佐見重夫</td><td>〃 久保博司</td></tr> <tr> <td>〃 北川和人</td><td>〃 祖父江晴秋</td></tr> <tr> <td>〃 潟田浩</td><td>〃 竹田俊幸</td></tr> <tr> <td>〃 日野雅行</td><td>〃 橋爪基</td></tr> <tr> <td>〃 福家章</td><td>〃 林昇寿</td></tr> <tr> <td>〃 本間吉夫</td><td>〃 渡辺茂</td></tr> <tr> <td>〃 三輪進</td><td>(以上50音順)</td></tr> <tr> <td>〃 迎久雄</td><td></td></tr> </table> <p>12号特集担当 小瀧喜久二</p>	委員長 松岡治	常任委員 吉山裕二	副委員長 神崎透	委員 飯田春吉	〃 武藤正	〃 熊本永	常任委員 宇佐見重夫	〃 久保博司	〃 北川和人	〃 祖父江晴秋	〃 潟田浩	〃 竹田俊幸	〃 日野雅行	〃 橋爪基	〃 福家章	〃 林昇寿	〃 本間吉夫	〃 渡辺茂	〃 三輪進	(以上50音順)	〃 迎久雄		<p>三菱電機技報 49巻12号</p> <p>昭和50年12月22日 印刷 昭和50年12月25日 発行</p> <p>定価1部300円(送料別)無断転載を禁ず 編集兼発行人 松岡治 印刷者 高橋武夫 印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社 発行所 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号(〒100) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel. (03) 218局2494 発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地(〒100) 株式会社 オーム社書店 Tel. (03) 291局0912, 振替口座 東京 20018</p>
委員長 松岡治	常任委員 吉山裕二																						
副委員長 神崎透	委員 飯田春吉																						
〃 武藤正	〃 熊本永																						
常任委員 宇佐見重夫	〃 久保博司																						
〃 北川和人	〃 祖父江晴秋																						
〃 潟田浩	〃 竹田俊幸																						
〃 日野雅行	〃 橋爪基																						
〃 福家章	〃 林昇寿																						
〃 本間吉夫	〃 渡辺茂																						
〃 三輪進	(以上50音順)																						
〃 迎久雄																							

# 三 菱 電 機 技 報 (昭和50年 第49巻) 総 目 次

1号 技術の進歩特集	7号 自家用電機器特集
2号 信頼性特集	8号 商品特集
3号 陸上交通特集	9号 水力発電特集
4号 冷凍と空調特集	10号 電力系統保護制御特集
5号 電子計算機特集	11号 研究所創立40周年記念特集
6号 工業用可変速制御特集	12号 道路トンネル用電機品特集

## 《技術の進歩特集》

号	ページ	号	ページ
1. 研究編	1... 2	5. 計測・制御編	1... 63
2. 発電・送配電編	1... 7	6. 交通編	1... 67
3. 産業用電機品編	1... 26	7. 家庭用電気品・照明編	1... 78
4. 電子機器編	1... 44	8. 材料編	1... 90

## 特集論文

### 《信頼性》

1. MELCOM 80 シリーズ電算機の信頼性活動	福田 紀生・服部 信広	2... 97
2. 三菱半導体集積回路の信頼性	多田 昭晴・溝口 忠顯・大槻貞二郎・西尾 照武・牧 信久	2... 102
3. 人工衛星の信頼性プログラム	福島 利夫・中嶋 邦宏・寺本 吉一・柴田 忠泰	2... 108
4. 人工衛星の信頼性と重量の最適化	鳥山 潔・福島 利夫・中嶋 邦宏・柴田 忠泰	2... 114
5. 自動列車制御装置の信頼性・保全性	六藤 孝雄・長谷川博一・金子 弘美・豊田 武人	2... 117
6. 無停電電源システムの信頼性設計	川畑 隆夫・竹内 三郎・増尾 好昭・留井 英明	2... 122
7. 工業用計算機システムの信頼性考察	久保田伸夫・仁田 周一・長池 守・稻本 悅・芥川 哲雄	2... 125
8. 電算機ソフトウェアの保全性についての提案	出口 博章	2... 131
9. 電磁接触器の信頼性	丸地 謙二・岡戸 弘行	2... 135
10. カラテレビ保全性の解析	石川 博章・倉田 健一	2... 141
11. 家電用プラスチックの信頼性考察	村山 邦彦・小林 昭一・宮尾 国彦	2... 146
12. 高圧回転機絶縁の信頼性	下地 貞夫・平林 庄司・高倉 康一	2... 151
13. 電子機器の温度一振動複合ストレスによる信頼性試験	小森 有二・国延 和之・野中 仁一・松浦 清夫・後藤 幸男	2... 156

### 《陸上交通》

1. 車両用H種絶縁主電動機	中島 博行・山本 泰・美藤 亘・東 捷敏	3... 193
2. シリコン油入車両用変圧器	南角 英男・桑原 宏・鶴田 敬二・児玉 俊英・安部 兌	3... 199
3. スペイン国鉄納め 3,000 V 高圧回生ブレーキ付きチョッパ制御装置	芦谷 正裕・成戸 昌司・中西 信行・高見 弘	3... 206
4. 磁気浮上式鉄道用光センサ	長能 宗彦・笠原 久美雄・河村 寿三	3... 211
5. 国鉄向け湖西線列車無線通信装置	加藤 哲郎・頼政 利博・大塚 明・竹垣 弘・三井 和夫	3... 215
6. 帝都高速度交通営団納め電車総合試験装置	原 幹夫・松田 哲・小原 博修・金田順一郎・石本 正明	3... 221
7. 三菱電気バス用電機品	河辺 正雄・三橋 英一・久山 研一	3... 225
8. 三菱軌道バス・MAT システム試験線の概要	穴見 真二郎・露木 益郎・六藤 孝雄・八幡 敏雄・祖父江 幸男	3... 230

9. 新都市交通システムの評価法	下地貞夫・小林健三・宮花節子	3...	236
10. 乗合バスの運行管理システム	浅野哲正・打田良平・六島昭治・中堀一郎	3...	242
11. 塩浜操車場自動化システム	工藤一能・田形欽次・渡辺武雄・石井和夫	3...	247
12. 高速道路における自動車密度推定手法の実験的検討	渡辺幸太郎・中堀一郎・岡沼徹・渡辺秀雄・三浦望	3...	254
13. 地下鉄操業管理の総合化	北川和人・岩村衛	3...	259

#### 《冷凍と空調》

1. 事業場の冷房の労働者への影響	三浦豊彦	4...	309
2. 冷凍冷蔵クーリングユニット	作野勤・上田和弘	4...	314
3. 低温冷蔵庫の応用	西村正雄・佐々木芳男	4...	320
4. 並列圧縮式半密閉形コンデンシングユニットの特性	古川博一・岩瀬進	4...	326
5. 冷凍サイクルにおける信頼性-Hi/Re/Li システム	近藤潔・小林靖夫・川井治	4...	331
6. 冷凍多段形オープショーケースのエアカーテン	山崎起助・清水誠・高妻光昭・半田文男	4...	337

#### 《電子計算機》

1. MELCOM-COSMO シリーズ モデル 700	曾我正和・田中千代治・堀田正紀・上野靖彦・坂本巍	5...	367
2. MELCOM-COSMO シリーズ モデル 500	曾我正和・田淵謙也・岩崎博・小泉寿男・末沢敏裕	5...	373
3. MELCOM 80 シリーズ モデル 31 小形電子計算機システム	魚田勝臣・小碇暉雄・小柴征雄・北村桂二・荒井訓男	5...	378
4. MELCOM 80 シリーズ モデル 11 小形電子計算機システム	柴谷浩二・渡辺義彦・関根武・越川武夫・塚本久雄	5...	384
5. MELCOM の交換形磁気ディスク装置	織田博靖・角田正俊	5...	390
6. 漢字情報処理システム	山内信治・柴田信之・畠中靖通・小畑甫・森宗正	5...	395

#### 《工業用可変速制御》

1. 直流電動機の可変速制御	松本圭二・片岡亥三雄・松本宏・近藤昭雄	6...	427
2. 交流電動機のインバータによる周波数制御	宮崎治・杉本英彦・長南克彦・横山隆一・田中一彦	6...	433
3. 三菱 ES モータ	栗田静夫・蘿田幸男・川口和孝	6...	439
4. 位置制御用電磁クラッチ・ブレーキと制御装置	吉田公一・橋爪淳・岡本清秀・高山政広・石川徹	6...	442
5. 高ひん度マイクロパウダクラッチ	車戸秀男・井上宗明・海堀充	6...	447
6. 超精密微細制御用同期電動機とその制御《ファインロール》	赤松昌彦・篠原芳男・近藤昭雄	6...	451

#### 《自家用変電機器》

1. 自家用受配変電設備の近代化	小滝喜久二・新名昭吉	7...	481
2. 最近の中央監視・制御方式	渡辺秀雄・長井孝	7...	487
3. 受変配電系統の保護方式	藤沢繁・天野恒・管井英介・松本忠志	7...	493
4. 受電用変圧器	崎村明生・白井満・板東央静	7...	498
5. 自家用特高開閉装置	田和穂・横山登・大本豊重・丸谷朋弘	7...	504
6. 高低圧開閉装置及び機器	梶田保雄・柿沼清	7...	510

#### 《商 品》

1. 《クリーンレンジ》の商品化	津森昭弘	8...	541
2. 最近の電子レンジ	小畑哲男・池田宏司	8...	546
3. 三菱オートサービスシステム冷蔵庫	丸山哲朗・西郷勝	8...	550
4. 最近のカラーテレビ	野口善男・岩村清志郎・高田進	8...	554
5. オーディトリアム用スピーカーシステム	佐伯多門・檜森聖二	8...	558

6. スピーカーキャビネットの板振動の解析 ..... 進藤武男・森田茂・柴田繁憲・酒井新一・田中準一 8... 564

#### 《水力発電》

1. 最近の水車及びポンプ水車 ..... 弘中和夫・曾野勝司 9... 593
2. 最近の水車発電機及び発電電動機 ..... 森与志彦・山本明・宇住見一雄・三谷一晃 9... 598
3. 最近の水力発電所制御装置 ..... 山本潤二・林重雄・横田浩・合田啓治 9... 604
4. 場水発電始動装置及び発電機回路用大電流空気しゃ断器 ..... 林重雄・山本潤二・信崎泰秀・本部康英・藤原八郎 9... 610
5. 関西電力(株)奥多々良木発電所納めポンプ水車、発電電動機及び制御装置 ..... 曾野勝司・上山正・森与志彦・横田浩・監崎章 9... 616
6. 北海道電力(株)新冠発電所納めポンプ水車、発電電動機及び制御装置 ..... 福増健二・十倉孝之・三谷一晃・高木彰麻呂 9... 622

#### 《電力系統保護制御》

1. これからの電力系統保護・制御装置 ..... 森健・山田郁夫 10... 649
2. 500 kV 用線路保護繼電装置 ..... 鈴木健治・中村勝己・坂本昌一・東信一 10... 653
3. 500 kV 用母線・変圧器保護繼電装置 ..... 辻倉洋右・江田伸夫・畠田稔・岡田明・三宅康明 10... 659
4. 最近の高抵抗系用繼電装置 ..... 菅井英介・中嶋安広・下迫賀生・海老坂敏信・坂本昌一 10... 665
5. 500 kV 系統制御装置 ..... 寺田真・中川秀人・伊藤真・加賀越寛・坂口敏明 10... 671
6. 電力系統運用自動化システム ..... 嶋田政代士・大原洋三・流郷忠彦・奈良宏一・永田慎二 10... 676

#### 《研究所創立 40 周年記念》

1. 研究所創立 40 周年に寄せて ..... 山森末男 11... 703
2. 電力系統における新しい安定問題 ..... 上村勝彦・武田捷一・鈴木浩 11... 704
3. 色彩図形認識とそのソフトウエア ..... 伊藤貴康 11... 708
4. 真空スイッチの開閉異常電圧 ..... 村井裕・高見紀二 11... 715
5. 三軸制御中高度衛星の姿勢制御 ..... 今度史昭・土屋和雄・斎藤春雄 11... 719
6. 液体燃料の予混合燃焼特性 ..... 野間口有・松井安次・酒井正博・藤原通雄 11... 724
7. 多重反射鏡型アンテナの等価パラボラ表示とその応用 ..... 水沢丕雄・片木孝至 11... 729
8. 電子腕時計用 C-MOS LSI ..... 中山光雄・坂根英生・堀場康孝・安岡晶彦 11... 733
9. マイカエボキン複合絶縁組織の熱劣化機構 ..... 岡橋和郎・林修・今村孝・柴山恭一 11... 738
10. 生産自動化のための新しい計測及び加工技術 ..... 稲荷隆彦・渡辺光人 11... 743
11. 冷凍・空調設計用ソフトウエア ..... 笠置紘・大坪道夫 11... 748

#### 《道路トンネル用電機品》

1. 最近の道路トンネル用電気設備 ..... 小滝喜久二・渡辺秀雄・笠田勝義 12... 755
2. 恵那山トンネル用電源設備 ..... 植木源治・井筒太郎・梅本隆司・田中稔巳・梶田保雄 12... 761
3. 高速道路トンネル換気設備用電動機と制御方式 ..... 植木源治・栗田静男・片岡正博・中堀一郎・小林憲明 12... 767
4. 恵那山トンネル中央管制システム ..... 植木源治・渡辺秀雄・三浦望・高木宏・竹内克彦 12... 773
5. 高速道路トンネル用遠方監視制御装置 ..... 植木源治・白井博・山中彪生・中島正・村田尚生 12... 779
6. トンネル内監視通報装置 ..... 植木源治・中川幹雄・谷口敬一郎・山際豊行 12... 785

#### 普通論文

1. 可搬形時分割電子交換システム ..... 松村謙造・前田良雄・斎藤幸夫・北村春夫 2... 163
2. 電子計算機による産業用火力プラントの系統の選定 ..... 久松章三・日野東男・守屋忠信・佐藤欽也・片田順平 2... 170

3. 高分解能 COLOR CRT MODULE	西尾 哲・三浦 進	2… 174
4. キャラクタディスプレー用高解像度カラー管	野阪英莊・小磯 寛・江藤俊雄	2… 178
5. 電気絶縁油としてのシリコン油	桑原 宏・鶴田敬二・石井敏次・牧野芳弘・伊藤光一	3… 269
6. パターン処理システム(V)一色彩図形解析表示システム	伊藤貴康・中島英雄・福島正俊・成川武文	3… 276
7. モータ制御用 IC	大久保利美・中野隆生・尾形 孝・里 治則	3… 280
8. 500 kV ガス絶縁開閉機器の高電圧試験	高橋宏次・板倉文一郎・浜 孝紘・夏井恵史	3… 287
9. 電気掃除機用フィルタ《ロシポーラ》の開発	福田興司	3… 292
10. マグヒートレンジ(商用周波誘導加熱調理器)	日比野昌弘・伊藤利朗	3… 295
11. EPROM (Field Programmable Read-Only Memory) 書込装置	竹内 哲・熊谷雅彦	4… 345
12. PVK-Cds 複合層感光板を用いた電子写真方式	大西 勝・吉沢達夫・佐藤 建・乙武正文	4… 350
13. 36 kV, 25 kA SF <sub>6</sub> ガスしゃ断器	大野 玲・原田 繁・堤 透	4… 355
14. 原子炉制御保護リレーラック	宮田泰之・尾田憲明・秋山豊伺	4… 361
15. 新形式ファンコイルユニット	酒井誠記・平山健一・佐藤峯夫・富永篤夫	5… 403
16. レーダ用固体パルス変調器	近藤輝夫・中司浩生	5… 409
17. 産業用蒸気タービンの電気ガバナ(三菱ターボマトリックス)	風呂 功・遠藤康治・九里英輔・森岡康二	5… 414
18. 中容量変圧器における電気特性測定の自動化	永谷幸保・大江慶幸・小西直行・吉田雅行・相場正行	5… 420
19. 大容量ブラシレス励磁機の機械的問題	河村博敏・松倉欣孝	6… 457
20. 農業用水集中管理システム	柳沢 忍・永田良茂・小浦哲仁・安田宜弘	6… 463
21. FD-30 形超音波厚さ計	大力健市・丸田紳一・長沢音彦	6… 469
22. シーケンス制御・監視システム——MELMIC PAC-2 システム——		
	渡部和徳・山内信治・松村雅司・森本克英・近藤耕一	6… 473
23. 関西電力(株)奥多々良木発電所向け 500 kV 640 MVA 変圧器	祖開克二・大野孝雄・大谷洋司・岩井博通	7… 519
24. 500 kV ガス絶縁変電所用ガスしゃ断器の輸送試験	高橋 康英・奥津尚宏・本吉健郎・今瀧満政・土江 瑛	7… 523
25. 変電所周辺の騒音計算	田村 清	7… 529
26. 保護繼電器自動試験装置	坂本文雄・野沢輝夫・吉田 勉・林 和昌	7… 533
27. MFHX-50SA 形マルチタイプエアコン	鷲巣博章	8… 571
28. 《MELCOM-COSMO》シリーズモデル 700 のオペレーティングシステム UTS/VS		
	坂 和磨・中山俊英・吉村康徳・武田浩良・藤間孝雄	8… 575
29. UHF 帯小形マイクロストリップアイソレータ	紅林秀都司・折目晋啓・糸山公男・渡井久男・下田光信	8… 579
30. 双方向性のシンクロ電機/ディジタル変換器《DISYREXER》100 シリーズとその応用		
	遠藤義昭・山本征二・高山 威	8… 585
31. ホログラフィによる立体像記録	高田真蔵・宮沢生行・水本洋一・西和 郎・茶之木けい子	9… 631
32. 液晶ディスプレー	高田真蔵・新居宏王・上田文夫	9… 635
33. 77 kV ガス絶縁変圧器	白井 満・奥谷勝弘・森 章文・徳永博典	9… 638
34. シーケンサ《MELSEC》-710 の適用	石 雅彦・加賀宏明・酒井亜男	9… 643
35. 大容量安定送電のための超速応答ブラシレス励磁方式の開発	斎藤 修・迎 久雄・天笠信正・斎藤 功	10… 685
36. 大電力系統安全運用のためのセキュリティ自動監視方式の開発	小泉金之助・山田郁夫・辻 俊彦・志岐紀夫	10… 689
37. 圧延補機およびクレーン用直流電動機の新モデル	高橋啓一	10… 694
38. 三菱データ集配信システム《MELCOM PENTA-NET》		
	高橋文平・斎藤靖彦・高橋忠悦・水野忠則・井手口哲夫	10… 697
39. 1,000 t エアクッショントランスポータ	棚倉 勇・水上 徹・片岡武司・小田弘幸	12… 793
40. 海洋石油掘削リグ用電機品	香川重光・井上 均・池見克二・橋本正寛・中島義信	12… 798
41. レイクシティ・ケーブルビジョン(株)納め CATV システム		
	小松秀重・原田忠行・佐野利文・小林敏夫・今田善之	12… 804
42. 気象衛星による気象データ収集局	小平信彦・村山信彦・辻倉陽三・鈴木敏明・太田堯久	12… 809

## 技術講座

1. キャラクタディスプレー(2)	大川清人	2… 182
2. キャラクタディスプレー(3)	大川清人	3… 300

# NEWSFLASH

## ショーケース、冷凍・冷蔵庫の 温度管理を合理化する 食品店舗用集中温度監視警報装置

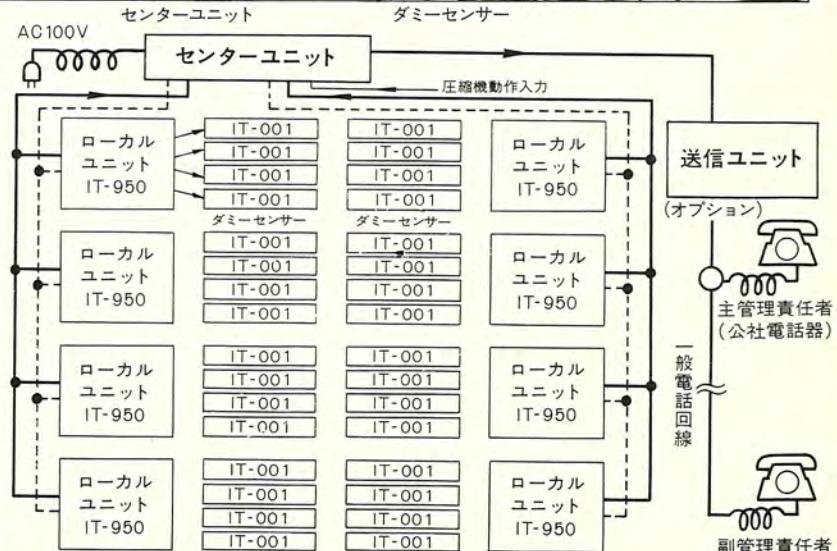
《MITEMAS》



最近、スーパーマーケットに代表される食品店舗の冷凍・冷蔵ショーケースやバックヤードの冷凍・冷蔵庫の温度管理における、監視の必要性と合理化が強く要望されています。それらの要求を見事に解決し、食品店舗用に開発された集中温度監視装置。それがここにご紹介する新製品、三菱電機の《MITEMAS》です。

### 特長

- ショーケース、冷蔵庫内のダミーセンサーが品物の温度異常をキャッチ、ブザーランプで警報表示します。
- 停電時、圧縮機故障時にも迅速に警報表示します。
- 送信ユニット(オプション)を併用すれば、一般的電話回線を利用して、休日や閉店後の異常でも保守責任者へ直接連絡することができます。このため、監視の無人化が計れます。
- センターユニット1台で、最大32箇所の管理が可能です。



(注) この他、センターユニット1台で最大16箇所が管理できるMITEMAS-16もある。