

昭和37年9月15日創刊 第37巻第11号 (通算第394号) 昭和36年11月25日発行 (毎月1回25日発行)

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報

Vol. 37 November 1963

11



東北電力新潟火力発電所納めデータ処理装置 高稼働率で運転中



東北電力新潟火力発電所納めデータ処理装置外観

かねて当社鎌倉製作所で製作中であった東北電力新潟火力一号プラント向けデータ処理装置は、38年6月現地据付調整を完了し同7月より実運転に入った。本装置は発電機と同様1日24時間の連続運転を行なうものであるが、以後好成績で稼働している。

本プラントはボイラタービンの新三菱重工神戸造船、発電機を三菱電機が担当したものであるが、裏日本最初の、しかも天然ガスを燃料とする新鋭火力プラントとして注目される発電所であるが、本データ処理装置の設置により運転の合理化、集中管理、安全運転に大いに役立つものである。また従来運転員により作成していたプラント運転日誌は用いられず運転記録は本装置により作成する運転実績表のみとなる。

本装置はその機能により3台の装置から構成され、写真で左端が MELDAP-5141 中央が MELDAP-6261 右端が MELDAP-1141 である。このほか安定な電源を供給する MMG 形無停電電源装置を設けその制御配電盤はデータロガー室内に設置している。

■ MELDAP-6261

火力プラントにおける性能計算を実行し、運転の指針を与えるとともに1日1枚の運転実績表を自動的に作成する。主たる計算項目としては、ボイラ効率、タービンプラント効率、熱効率、燃料消費率、蒸汽消費率、所内率、負荷率、利用率などであり、重油および天然ガスの各混焼の場合にも追従するものである。

なお本装置は主記憶装置として2,000語の磁心記憶装置を有し、プログラム内蔵式の中央処理装置を中心に構成

され、入出力および情報処理が独立制御になっていて、きわめて融通性のある装置で、入出力機器の増強とプログラムによって各種の動作が可能である。

■ MELDAP-1141

プラント起動時および定常運転時に各部の温度を高速連続走査して監視を行ない、異常を発見した場合には中央制御盤の警報表示器を駆動させる。またある種のものについてはトリップ指令を取り出している。

■ MELDAP-5141

プラント起動時に特に重要な各部温度差および温度上昇率について計算監視を行なうとともに、運転上とくに重要なデータについて中央制御盤に計測結果をデジタル表示し、表示された数値は1走査ごとに更新する。本装置によってとくに起動停止あるいは負荷変動の場合、運転の安全迅速化に効果を発揮するものである。本装置は動作の安定な NOR 素子を用い、記憶装置としては機械的可動部のないコアメモリを採用し、各系統についてはとくに信頼度の向上に留意するとともに、各機器の完全なセルフチェックにより調整保守を容易にし、さらに雑音に対しても各種変換器の設置場所、および検出端からの信号配線に考慮をはらったため、現地においては外来雑音にわずらわされることもなく、比較的短期間に据付調整を完了し、営業運転に入ったものである。運転開始後の稼働率もきわめて高く、好評を博しており、従来とかく問題とされていた火力プラント用データ処理装置も完全に実用期に入っていることを実証したものであり、今後の火力プラントの自動化に大いなる礎石を投じたものといえよう。



表紙説明

マンダリンホテルは、香港政府前に建築された 25 階建の大ビルディングであり、当社は同ホテルに定格速度 210 m/min のシンクログライド方式高速エレベータ 6 台を含む 13 台のエレベータを納入した。国内における高層建築計画の開花期に当って、この高速エレベータが欧米一流メカの製品がひしめく国際市場において、十分にその優秀性を認められた事は意義深い。



三菱電機技報

昭和 38 年 第 37 卷 第 11 号 (エレベータ特集)

目次

超高層用三菱シンクログライド 高速エレベータ	宮城 晃・高村 明	2
エレベータを利用した駐車装置	瀬原田三郎	13
セレクトリバーチカルコンベヤ	加藤 淳治	19
ロープウェイのリアクトル 制御	佐藤正夫・吉田 太郎・川合 弘	22
ダイオードトランジスタ NOR-OR 素子	中塚正三郎・壺井 芳昭・松原 要	28
列車無線用 400 Mc 帯高利得 コーナリフレクタアンテナ	喜連川 隆・武市 吉博・水沢 丕雄・阿部 修・大林 愛弘	35
三菱ステレオ	藤木 一・進藤 武男・伊藤 実	40
多帯域共用見通し外通信大口径 パラボラアンテナ	土井 博之・高須 勇・加藤 修助・上西 聖・喜連川 隆・森川 洋・東野義夫	46
MHD 発電装置の設計に関する一考察	伊藤 利朗・森川 鉄也・村井 裕	53
工作機の プログラムコントロール	吉田 太郎・宮 幸助	60
麻生産業吉隈第一立坑機械設備	津田 武夫	68
麻生産業吉隈第一立坑電機設備	木内 修	73
麻生産業吉隈第一立坑 600 kW 交流立坑巻上機の自動制御	熊谷 茂俊・柴田 賢吾・福江 節雄・熊谷 永年	76
ガス拡散電極の電位立上りおよび減衰特性	秦 卓也・松岡 宏昌・錦織 威紀	82
最近の送電線保護継電装置 (4) —— 故障検出継電器 ——	北浦 孝一・古谷 昭雄	86
《技術解説》		
高周波誘導加熱装置 (VI) —— 自動加熱機械装置と各種応用 (2) ——	東田 孝彦	91
《ニュース・フラッシュ》		
通信衛星 テルスタ 2 号追尾実験成功・3 サイクル Y 形空気シヤ 断器シリーズの完成・24 kV 1,000 MVA 縮小形 C 形空気シヤ 断器完成・RY 形結合 コンデンサ 形計器用変圧器製作開始・わが国最大の 190 kW 水中モートルの完成・最近の船用ホイスト・MR-4, MR-44 形電磁継電器量産開始・超小形 EM-4 形電磁開閉器市販開始・電源開発佐久間周波数変換所用変圧器受注		100
《新製品紹介》		
三菱工業計測器 (A シリーズ その 1)・事務所、商店、学校、劇場の暖房に '64 年度三菱 オイル 暖房機発売・あなたを災難から守る三菱電子報知機 EA-110A 形開発・画面が 6 割拡大されました・三菱 テレビ 19T-370 形発売		105
《特許と新案》		
カード分類方式・超音波軌条検査装置		108
《最近における社外寄稿一覧》		39
《最近における社外講演一覧》		67, 109
《最近登録された実用新案》		12
《表紙》		
2. 東北電力新潟火力発電所納め データ 処理装置		
3. UL-80 形 ヘリウム 液化装置 (標準形) 完成		
4. 三菱石油 ストーブ		

超高層用三菱シンクログライド高速エレベータ

宮 城 晃*・高 村 明*

Mitsubishi Synchro Glide High-Speed Elevators for Super Lofty Buildings

Nagoya Works Akira MIYAGI・Akira TAKAMURA

Elevators for use in skyscrapers must be capable of running a short distance with excellent riding comfort and in the shortest time as well as operating with a high rated speed. To cope with ever increasing height of buildings, a new concept is required in the design of modern elevators. Mitsubishi has developed recently Synchro Glide Gearless high speed elevators which meet the requirements stated above and have performance of the world topmost level. In skyscrapers elevators plays a vital part and it is very important to make a good elevator planning in order to secure the best economical efficiency of the building. This article describes the basic problems on the subject.

1. ま え が き

わが国では従来建築物の高さが 31 m に制限されていたために、エレベータの速度は特殊な場合を除いて経済的に 150 m/min で十分であった。したがって国内で実用されている最高速のエレベータは、昭和 36 年に三菱電機が京都国際 ホテル に納入した 210 m/min, 1,400 kg 2 台で、これは地上と屋上を直通する急行エレベータである。他方海外では建築物の高さ制限がゆるやかであるので高速エレベータの需要が多く、三菱電機では香港 マンダリンホテル に 210 m/min 1,000 kg 6 カーオートセレクトボタンオート方式、マレー国会議事堂に 180 m/min 2 カーオートセレクトボタンオート方式を納入し好評を得ており、さらにマレー AIA ビル 向け 3 台、香港 キングスシアター 向け 4 台、南アメリカコロンビア 向け 4 台など、いずれも 210 m/min のオートセレクトボタンオート方式の高速エレベータ多数を製作中である。

さらに国内でも最近建築基準法が改正されて、容積地区制が採用された結果、近い将来 20 階建、30 階建の事務所ビル、あるいはホテルが建設される気運が熟しつつある。このような超高層ビルでは高速高性能のエレベータが必要となるが、三菱電機では、アメリカの Westinghouse 電機会社（以下 W 社と略す）がニューヨークの世界一の事務所ビルである、パンアメリカンビルに最近納入し

た 510 m/min（世界最高速）の DMR 方式を参考にして研究を進め、三菱シンクログライド方式高速エレベータを開発したのでその概要を説明するとともに超高層ビルにおけるエレベータの設備計画について述べて参考供したい。

2. シンクログライド方式高速エレベータ

2.1 高速エレベータの速度曲線と輸送能力の関係

従来の 10 階程度の建物ではエレベータの定格速度は 150 m/min で十分であり、輸送能力は定格速度よりはむしろ実際の速度曲線に大きく左右されるから、加減速時間が短く、床から床までの時間が短いエレベータを選ぶことが重要であることは先に筆者らが指摘したとおりである。

これに比べ、超高層ビルの高速エレベータは昇降行程が長いから、加減速に要する時間が多少長くても、全走行時間に対する割合が小さく、輸送能力にはほとんど影響しないと考えられやすいがこれは展望台行の直通エレベータのような特殊な場合だけいえることで、30 階程度のビルの一般用エレベータではそのようなことはいえない。

図 2.1 は 30 階建の事務所ビルにおいて容量 1,350 kg の各種エレベータの朝の出動時における 5 分間輸送力を示す。この図からわかるようにエレベータが全階にサービスするように運用すれば、速度 150 m/min の理想速度曲線を持つ高性能エレベータは速度 300 m/min の加減速のやや長い中性能エレベータより大きな輸送力を



図 1.1 三菱シンクログライド高速エレベータが据付けられた香港 マンダリンホテルの乗場

Fig. 1.1 Elevator Hall of Mandarin Hotel in which Mitsubishi Synchro Glide elevators have been installed.

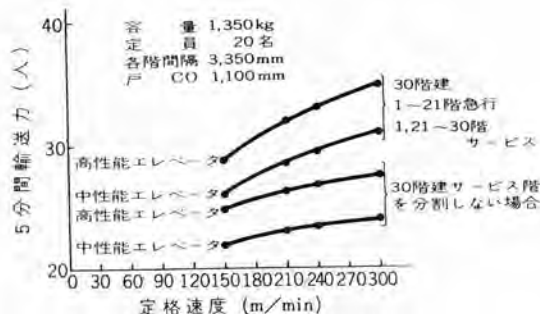


図 2.1 30 階建事務所ビルにおけるエレベータ 定格速度と輸送力

Fig. 2.1 Rated speed vs passenger carrying capacity of elevator in office building with 30 floors.

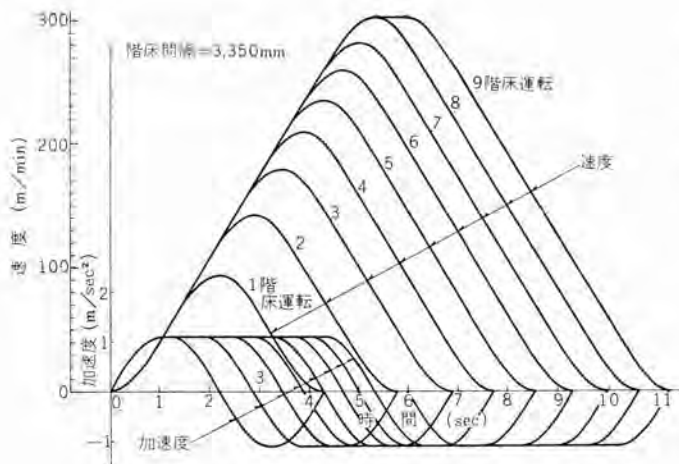


図 2.2 理想速度曲線
Fig. 2.2 Ideal performance curves.

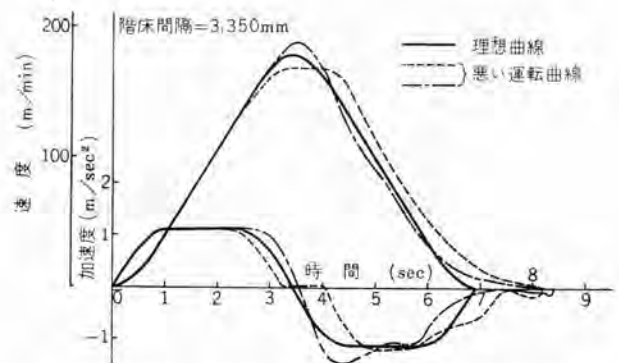


図 2.3 やや悪い部分速運転の例 (3 階運転)
Fig. 2.3 An example of poor performance characteristic on three floor run.

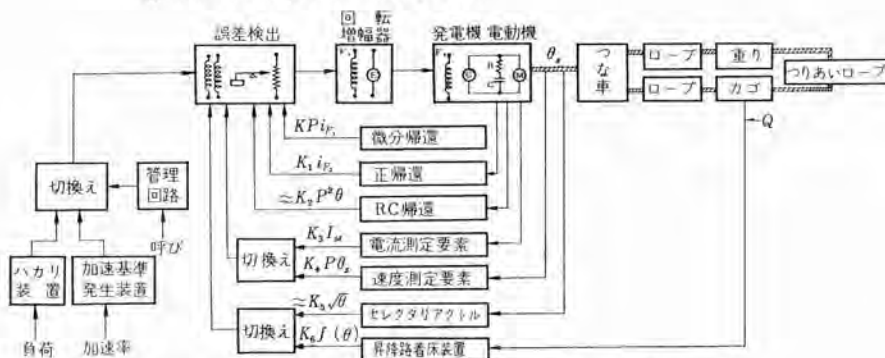


図 2.4 シンクログライド速度制御方式のブロック線図
Fig. 2.4 Block diagram of synchro-glide control system.

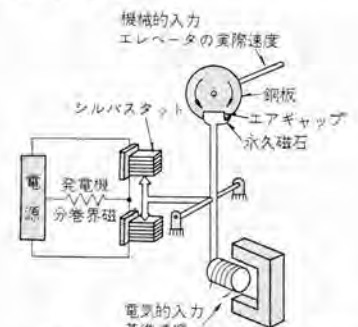


図 2.5 DMR 形速度調整器原理図
Fig. 2.5 Schematic of type DMR velocity transducer.

持つ。超高速ビルでは後に説明するように一般にエレベータのサービス階を分割し、低層行と高層行急行、あるいは低層行中層行急行および高層行急行などとする。こうすれば高速エレベータの全速を有効に利用できるが、全速で走行するのは急行区間だけであって、その走行時間は一周時間のうちのほんの小部分である。いったんサービス区間にはいれば、比較的短距離の走行停止を繰り返すことになり、この区間における実効速度が一周時間したがって輸送能力を大きく左右する。したがって超高層ビルにおけるエレベータは単に定格速度が高いだけでなく、短距離を高加速、高減速で走行し、着床前の低速クリープがほとんどなく、かつ乗りごちのよい高性能エレベータでなければならない。

2.2 理想速度曲線と速度制御

乗りごちと走行時間とは相反関係にあるので、乗りごちよく最短時間で運転するには筆者らが先に推奨した図 2.2 に示す理想速度曲線にできるだけ近い運転を実現すればよい。定格速度 150 m/min 程度では、この速度制御は比較的容易で当社の ロートコントロール速度制御方式はほぼこの理想を満している。ところが定格速度が 210~500 m/min となると速度制御の範囲の増大、運動系の慣性の増大、部分速運転の種類の増加などのために従来の方法では、エレベータを負荷のいかににかかわらず理想速度曲線にそって運転することはほぼ困難となり、とかく図 2.3 のごとく部分速運転の乗りごちが悪くなったり、着床前の低速が長くなったり、停止をやわらかにしようとするとリベルが増えたりする。これを解決するには、広い速度範囲において、とくに低速で、感度が良く精度が高い速度検出器を持った高増幅率でかつ過渡応答の良い閉ループ制御系が必要である。なお、このような応答速度の早い系では速度基準は連続したものでないと乗りごちが悪

超高層用三菱シンクログライド高速度エレベータ・宮城・高村

図 2.6 DMR 形速度調整器取付図

Fig. 2.6 Type DMR velocity transducer on a traction machine.



くなり、速度基準発生装置は全速運転はもちろんのこと全速の出せないような任意の階間を走行する場合にも、理想速度曲線にそった連続的速度基準を自動的に発生するものでなければならない。

2.3 シンクログライド速度制御方式

上に述べた基本的要求に沿って開発された、三菱シンクログライド方式について、図 2.4 の原理図により簡単に動作概要を説明する。呼びが登録されカゴの戸および乗場の戸がしまって施錠されると、エレベータは管理回路の指示の方向に出発する。起動は三菱特許のハカリ起動方式により、負荷の大小にかかわらず円滑加速に行なわれる。加速は加速基準発生装置からの円滑な加速指令信号により、ステッルスに増速する。停止階に近づくとき各部分速運転に応じた適当な減速距離を自動的に選択してカゴは減速を始める。前半はセクタ内の可変リアクトル、また着床ゾーンに到着すると昇降路着床装置からの位置に対応する基準速度入力により、なめらかに減速し正確に着床する。その後、カゴが完全に停止してからブレーキが掛かる。この間、DMR 形調整器が全般を通じて、図 2.1 に示す理想速度曲線に沿うように調整を行っており、大形機に対しては回転増幅器が追加されて調整器の出力不足分を補う。

また定常偏差を小さくするために正帰還を施し、安定化には発電機電圧を RC 微分帰還、回転増幅機付の場合はさらにその磁束変化率を負荷還して、システムの制御特性を向上させている。以下、このシステムに使用されている電気関係の主要開発機器について説明を進める。

2.4 DMR 形速度調整器

図 2.5 は速度調整器の原理図であり、図 2.6 は実際に巻上機の軸端に取り付けた状況である。

調整器の内部にはトルクアームの先端に C 形の永久磁石があり、このエアギャップを銅の円板が回転する。円板はエレベータ巻上機の軸端からタイミングベルトで駆動され、円板内にウエス電流が流れて、エレベータの速度にほぼ比例する回転力がトルクアームに加えられる。トルクアームの下端に基準入力コイルと帰還コイルがあり、ダイナミックスピーカと同一原理のトルクモータを構成している。トルクアームは水平な軸受で支持され 2 個のシルバスタットを駆動する。電動発電機の界磁が電源の midpoint とシルバスタットの midpoint に接続され、トルクアームの位置にしたがって正逆の全励磁を受ける。

図 2.7 は基準入力コイル電流と力の関係を示し、図 2.8 は円板の回転数と Drag Torque の関係を示す。

この調整器は速度測定部、基準速度入力部、比較部、増幅部がコンパクトに一体にまとめられたきわめて新しい装置であり、回転計発電機における、ブラシ折損、ブラシ Drop AC Ripple などによる問題も皆無である。増幅器もトルクアーム系の慣性を少なく設計しており、きわめて高い Figure of Merit を持っていて、ほとんど保守の必要はなく信頼度が高い。

2.5 DMA 形アクセレータ

DMA 形アクセレータは、シリコン制御整流素子を利用した一種の演算増幅器で速度基準電流の増加率を制御することにより、エレベータ

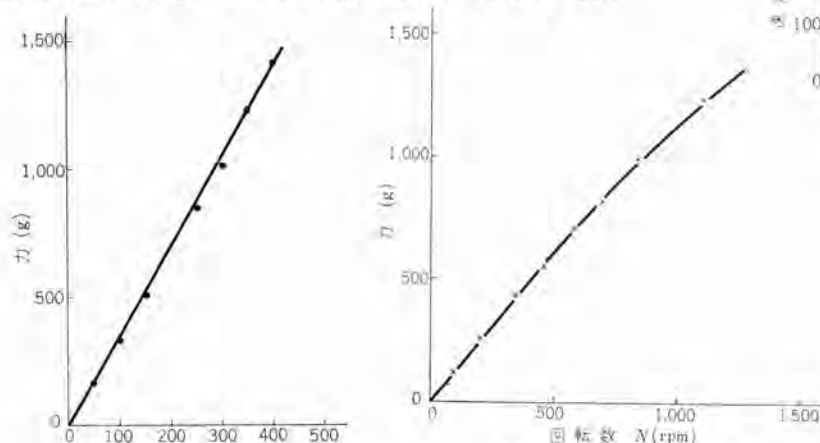


図 2.7 基準コイル入力電流-力特性
Fig. 2.7 Pattern coil input current vs force.

図 2.8 円板回転数-力特性
Fig. 2.8 Drag force vs copper disk velocity.

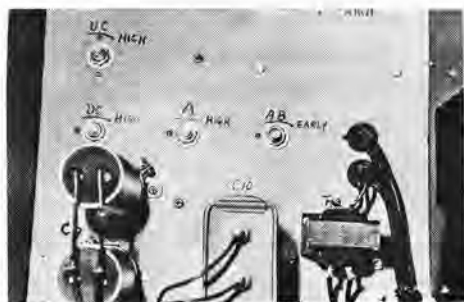


図 2.9 アクセレータ
Fig. 2.9 Accelerator.

ータの加速度を制御するものである。加速度は $0.8 \sim 1.4 \text{ m/sec}^2$ の範囲で、図 2.9 に示すわずか 1 個の可変抵抗を変えることにより簡単に希望の加速度を選択できる。また、加速区間の始めと終わりの部分の加速度の変化率、すなわち加加速度も可変抵抗で容易に調節できる。図 2.10 に加速度が高く、スピード感の高い例と、加速度が低く柔らかい乗りごころの例の加速曲線を示す。

2.6 DMS 形セレクトラ

従来の KN セレクトラは管理回路用として使用され、構造も簡単小形であって、150 m/min 程度のエレベータ用としては非常に好適である。しかし高速エレベータにおいては、部分速運転の種類が多いこと、ステップレスの減速基準入力が欲しいことなどの理由から、同期形セレクトラに速度制御機能を付加することがひつす条件になってくる。三菱 DMS 形セレクトラは、前進移動台、同期移動台と呼ばれる、2 種類の可動部分がお互い適当な関係位置を保って、組み立てられている。同期移動台はシンクロ装置を介して約 100:1 の縮尺で、常にカゴと同期して正確に動き、前進移動台は同期移動台に対して最大前進距離、すなわち減速距離相当分の範囲は自由に lead を取りうる構造となっている。すなわち、図 2.11 によって、シーケンスを追って説明すると、まずトビウがとじると A 点で前進移動台は、ただちに同期移動台に対して先行始め、わずかに遅れて B 点でカゴは起動し、同時に同期移動台もカゴに同期して動き出す。さらに C 点に達すると前進移動台は同期移動台に対し、最大前進位置まで進み、それ以後はおのおのの移動台は一

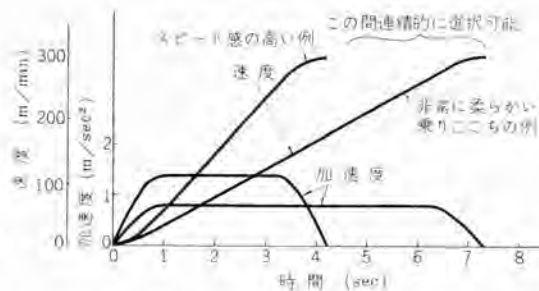


図 2.10 アクセレータ出力特性
Fig. 2.10 Accelerator output vs time.

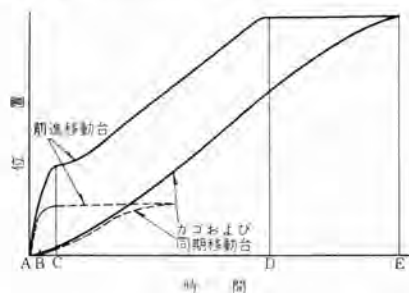


図 2.11 セレクトラ動作説明図
Fig. 2.11 Schematic of selector.

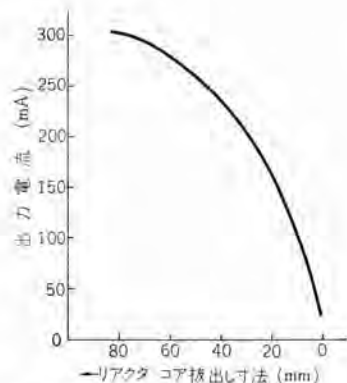


図 2.12 セレクタ リアクトコイル 特性
Fig. 2.12 Pattern shape of selector transducer.



図 2.13 昇降路着床装置およびシールド鉄板
Fig. 2.13 Hatch transducer and shield plate.

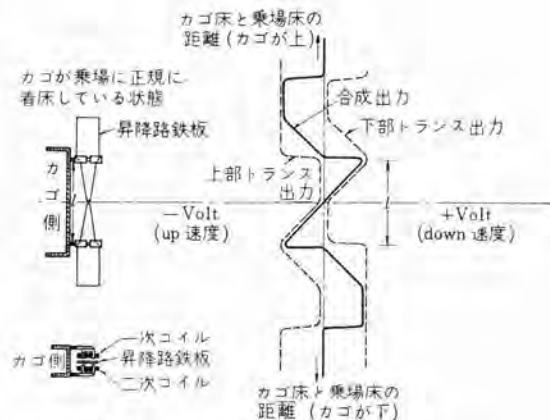


図 2.14 昇降路着床装置と出力波形
Fig. 2.14 Hatch transducer and pattern shape.

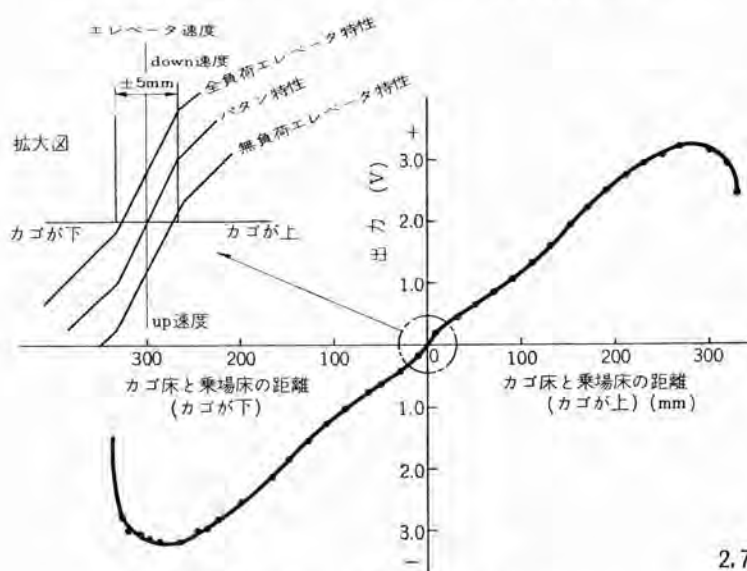


図 2.15 昇降路着床装置実測特性
Fig. 2.15 Actual pattern shake of hatch transducer.

体となってカゴに同期して進む。D 点に達すると、呼びのある階のストップに前進移動台のツメが、係合して前進移動台は停止する。その後は、カゴの動きに応じて、同期移動台のみが移動を続け、E 点に至って前進移動台に追いついて停止する。この間、1 組のリアクトコイルと鉄心のおのおのを別々の移動台に取り付け、D 点から E 点に至る間の両移動台の相対運動を利用して、鉄心を出入しそのインピーダンス変化を取り出す。この出力を減速開始点から床前 250 mm までの全域にわたっての位置-速度制御系の入力として利用する。なお全速が出ないような部分速運転は図の点線のような経路をたどり、前進移動台は最大前進位置まで進めぬうちにストップに係合して止まり、部分速運転の減速部分を分担する。このリアクタは、前記のアクセラータの演算増幅器の閉ループ中に含まれているため、走行予定距離または階数によって、プログラムを変えなくても部分速運転を円滑に行なうことができる。すなわち、アクセラータによる加速動作と、可変リアクタによる減速動作は最適の切り換わり点を自動的に選択し、前に述べた図 2.3 に示すような無駄な定常速運転期間を置かず、また、加速から減速に切り換わるとき部分速運転特有の不快感を与えることなく巧みに理想的速度基準入力を発生する。減速リアクタの位置-速度曲線は、図 2.12 のごときもので大体二次曲線に近い形を示し、数多くの実験を繰り返して、標準化したものであり据付保守の際の調整は不要である。

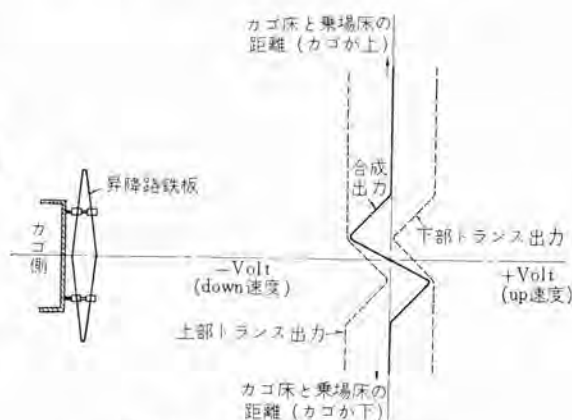


図 2.16 他の昇降路着床装置の例
Fig. 2.16 Other example of hatch transducer.

2.7 DMI 形着床装置

床から 250 mm 以内はさらに正確な速度基準値が必要なので制御装置に与えられる基準入力は、セレクタ内可変リアクタから DMI 形着床装置に切り換えられる。

この着床装置は図 2.13 に示されるような構造であり、シールド鉄板は昇降路側の各階に、本体はカゴ側に取り付けられる。1 組の鉄板はカゴの位置に応じて 2 組のエアギャップ変圧器の空ゲキを通り、一次、二次の結合状態を制御する。その出力は別個に整流後混合抵抗で結合され、図 2.14 に示すような位置-速度基準を与える。カゴは、床前 250 mm からこの曲線に沿って減速し、完全に停止するまで電気的に制御される。図 2.15 の実測特性に示されるように負荷によって多少の差はあるが、 ± 5 mm 以内に確実に停止し、その後ブレーキが掛かるのでいつ停ったのかほとんどわからないほどである。

またエレベータ用として始めて即応性の高い CdSe を受光素子とした光継電器を利用した。 ± 5 mm の着床精度に見あう精度の高いもので、検出感度は ± 0.5 mm であり前記の減速動作中の減速リアクタから可変トランスへの切換点の検出にも併用している。一般にこの種の着床装置は図 2.15 に示すような構成が多く、着床時に万がいち一方のトランスの出力がなくなった場合、相当な出力を示すのに対し、DMI 形ではこのような場合でも図 2.14 の出力特性からわかるように基準入力は低下し、安全な着床が可能である。

また光学系も投光器は半電圧以下で点灯し、半永久的寿命のものを 2 個並列に使用するなど信頼度高く構成してある。

2.8 運転性能、その他

上に説明したように、理想的なスレップレスな速度基準と独特の

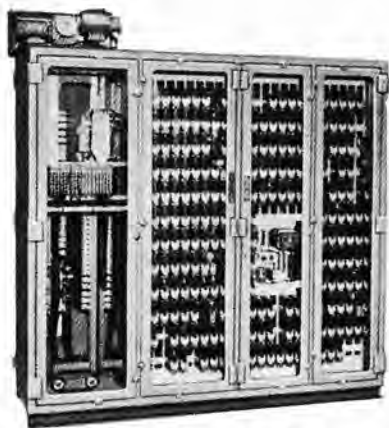


図 2.17 セレクトカ キャビネット
Fig. 2.17 Selector cabinet.

DMR 形速度調整器を採用し、さらに三菱特許の群起動方式を併用した結果、負荷の変動、電源電圧温度などの変動にもかかわらず、起動から停止の瞬間までほとんど理想曲線に同期して(シンクロ)乗りごちよく(ブライド)最短時間で運転し、いつスタートし、いつ止まったかはっきりわからないほどの画期的高性能が得られた。

この制御方式は安定で性能上の余裕を十分持っているので、W社では加速度を 1.4 m/sec^2 に調整し、1 階床運転 3.8 秒で 2 年以上再調整をしないで実用しているが、わが国の乗客の好みからやや速度感が大きすぎると思われるので、われわれは図 2.2 に示す加速度 1.1 m/sec^2 1 階床運転 4.2 秒を推奨する。

なお、動作ひん度の高い制御機器はほとんど リアクタ や半導体素子で静止化された結果、信頼度が高く保守が容易になると同時に小形となったので高速エレベータであるにもかかわらず、制御装置の据付面積は従来に比べ小さくなった。図 2.17 は、オート、セレクトパターンオート方式のセレクトカ キャビネットである。

また カゴ 側取付器具類も同様に小形軽量化し運動系の慣性を減少すると同時に据え付けの合理化を計った。

超高層建物の高速エレベータでは、一般に従来のように、レールの支持点を増してレールを幾何学的直線に極力近づけほとんど横ゆれなしに運転することは無理が多く実際のでないで、レールの支持点を床の位置のみとし、防振形のローガイドを採用して横ゆれを乗りごちの良い範囲に保つことができた。シンクログライド方式は前述のように速度 510 m/min まで実績があるが、さしあたりの需要にそなえ、速度 300 m/min までを標準化した。

3. 超高層ビルにおけるエレベータ設備計画

超高層ビルでは、縦の交通能率と貸面積比がビルの経済性を大きく左右するが、これはエレベータ設備の良否で決定されるといっても過言でない。したがってそのビルの性格や予想されるビル内の交通状態を考えて交通計算を繰り返し、エレベータ、バンクの数と配置、各バンクの分担するサービス階、各バンクを構成するエレベータの容量・速度・台数・制御方式などを選定して、そのビルに必要な輸送能力と待時間を満足させコストが最小になるように決定する必要がある。

3.1 サービス階の分割

超高層ビルでは一般にエレベータのサービス階を分割し、低層行と高層行急行あるいは低層行・中層行急行および高層行急行などとすることが望ましい。このサービス階の分割は、本来ビルの利用計画と一体に総合的に計画されることが望ましく、配電その他の設備もこれに合わせて分割することが必要になる。すなわちわかり

やすくいうと、二つまたは三つの建物を縦に積みあげたごとく構成し、各層間の交通量が比較的少なくなるように計画されることが望ましく、同一の会社が二層にまたがって利用するような計画は好ましくない。いずれにしてもこのような分割は超高層建築の基本的問題であり、エレベータの設備計画もこの分割利用計画を離れては考えられないので、エレベータの立場からこの問題について述べる。

(1) 一つのバンクがサービスする階数が増加するほどエレベータが1周する時間は増大し、したがって1台あたりの輸送力は低下する。図 3.1～3.5 は、半レスエレベータのサービス階数と朝の出勤時における平均1周時間との関係を示している。サービス階数が増大すると輸送力はどんどん低下し、高速度のエレベータを採用しても輸送力はあまり改善されず、コストだけがどんどん高くなる。これは停止階が多いために平均走行距離が短く、実際に高速で走行する距離が短くなるためである。

(2) サービス階数が増加すると、個々のエレベータが実際に停止する階数のバラツキが増大するために、エレベータの実際の1周時間の変動も大きくなり、エレベータの運転間隔の乱れが増大し、長時間乗場で待たされる確率が増大する。

(3) 各バンクのサービスする階を高層・低層、あるいは高層・中層・低層などにわけると、停止回数が減少するために図 3.1～

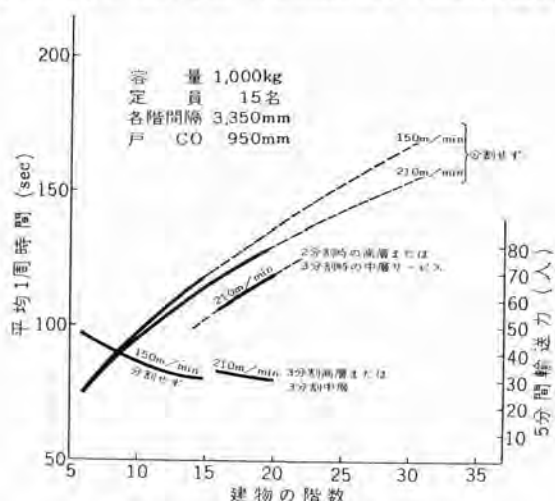


図 3.1 平均1周時間と5分間輸送力
Fig. 3.1 Average round trip time passenger carrying capacity.

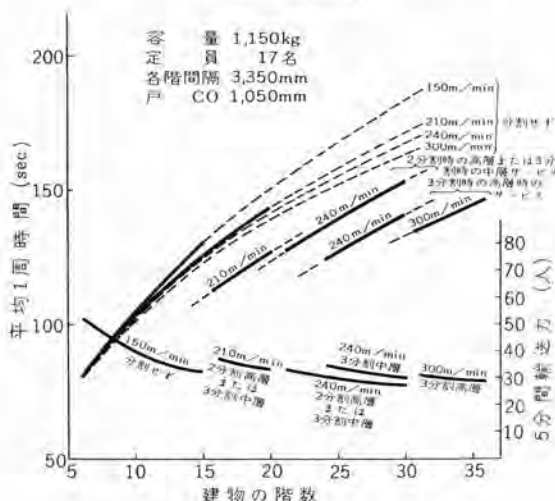


図 3.2 平均1周時間と5分間輸送力
Fig. 3.2 Average round trip time passenger carrying capacity.

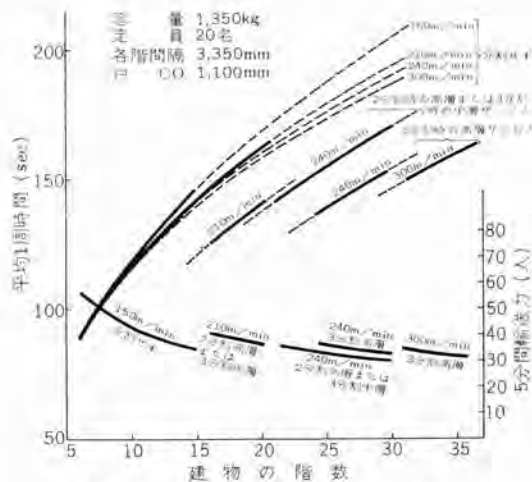


図 3.3 平均1周時間と5分間輸送力
Fig. 3.3 Average round trip time passenger carrying capacity.

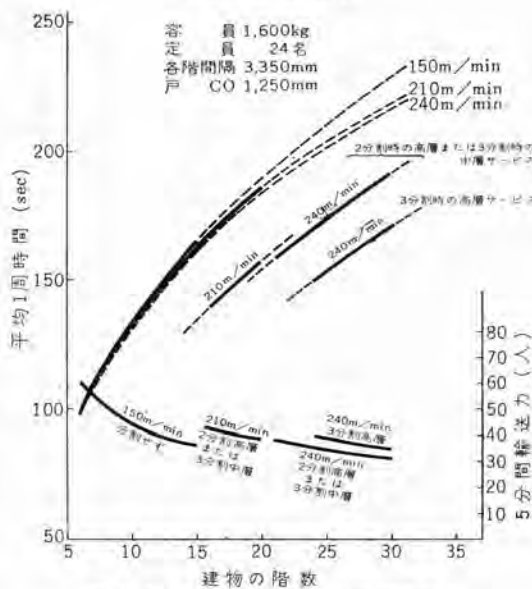


図 3.4 平均1周時間と5分間輸送力
Fig. 3.4 Average round trip time passenger carrying capacity.

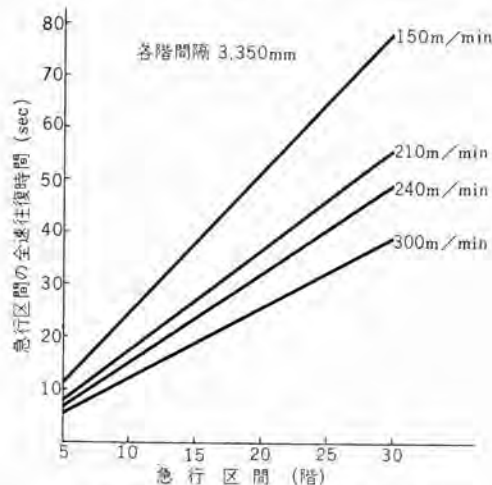


図 3.5 急行区間の全速往復時間
Fig. 3.5 Round trip time in an express zone.

3.5に示すように1周時間が短くなり、輸送力が著しく向上する。また、急行区間が生ずるために高速エレベータの全速が有効に利用できるようになる。さらに昇降行程の短縮、乗場数の減少による設備費の低下と低層行・中層行の機械室より上が有効に利用でき

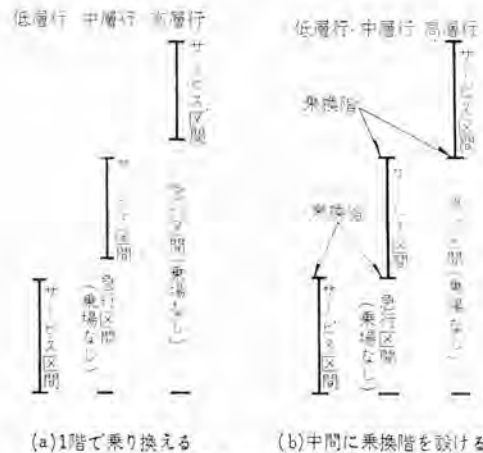


図 3.6 乗換階
Fig. 3.6 Transfer floor.

る利益は相当大きな値になる。

(4) 各バンクのサービスする階をあまり細分すると、各バンクを構成するエレベータの台数が減少するので、エレベータの運転間隔が増大し、待時間が大きくなるから、平均運転間隔が30秒を超えぬように計画する。なお各バンクとも最小3台は必要である。分割により待時間はかなり延びるが、エレベータに乗ってから目的階までの走行時間は大幅に短縮され、合計時間、すなわちエレベータホールへ来てから目的階に到着するまでの時間はかえって短縮することがある。とくに高層行の場合はそのようになることが多い。

(5) ビレの利用計画に従って分割後のバンク相互間の交通があまり多くないかぎり、分割後の各サービス階数は8~15階が適当で、実際に各バンクのエレベータ台数を3~8台として後述するような要領で必要な輸送能力、最小運転間隔および待時間を満足するように交通計算を繰り返し、配置上も都合よく、もっともコストの安くなる分割計画を捜し出す必要がある。

(6) 分割した場合に低層中層高層相互間の交通を考慮して、図3.6(b)に示すように各層のサービス階を1階ずつ重ね、乗換階とすることが考えられるがこれは必ずしも得策ではない。現在の高速エレでは、1階で乗り換えても乗客の時間的損失は一般に5秒以下であるし、また、乗換階を設けると1階からこの階へ行く乗客の2/3は高層バンクを利用し、逆にこの階から1階へ行く乗客の2/3は低層バンクを利用する傾向が経験的に認められているので、交通計算上はけっきょく乗換階の人口が実際より1/3増加したものととして扱う必要があり、さらに各バンクのサービス階数が1階増加することになるので、平均停止数も増加し輸送力は低下する。また、運転間隔も長くなる。すなわち、ごく一部のみにサービスするために他の大部分の人に迷惑をかけることになり、コストも上昇するので特別の場合を除き避けたほうがよい。もし乗換をする乗客が多いのであれば、分割の仕方そのものが不適当でないかどうかを検討する必要がある。

3.2 地下サービス屋上サービス

常時地下まで運転すると輸送能力が低下し、運転間隔の乱れがはなはだしく増大する傾向があるので、地下まで行けるように設備しておくことはよいとしても、常時サービスするのは、(ピーク時にはサービスしない)下層の1バンクのみとすることが望ましい。(中層高層バンクは高速エレとなり、ピット寸法が大きくなる。)地下道からの交通量が多い場合ならびに地下食堂・地下フォレージなどにサービスするには、エスカレータまたはトラベータを設置するほうがよい。地下と1階の両方を基準階とするような方式は無理があ

り、サービスをよくしようとするとエレベータの台数を相当増加する必要が生じ、エスカレータを設置するほうが合理的である。

なお、同一バンク内にサービス階数の異なるエレベータがあると、乗客が特定のエレベータに乗る必要が生ずるので制御設備が複雑となり、むだ運転が増加して輸送能力が低下するから、地下屋上サービス階は、同一バンク内では同一とするよう計画されることが望ましい。

3.3 速度と群管理方式

カゴ容量 1,000～1,600 kg、速度 150～300 m/min のシンクログライド歯車なしエレベータの輸送能力を検討した結果、前述のごとく急行運転を採用するものとして、標準速度として表3.1のごとく推奨する。

なお、超高層ビル の効率を最高に保持するために、当然オートセレクトパタンオート方式のような自動群管理全自動エレベータとし、バンクの交通需要の性格に応じ表3.2に示す基準により5, 7, 8パタン方式のいずれかを選択することが望ましい。すなわち、個々のエレベータがいかに高性能であっても、グループとしてむだや非効率であってはなんにもならないからである。

自動群管理全自動エレベータの乗り易さと輸送能力は、戸の制御の良否で大きく左右されるから是非トラフィックセンチネルの採用が望ましい。

トラフィックセンチネルは乗客が乗り込むのに十分な時間を与え乗客の出入りが継続している間は戸が無用にしまりかけることはなく安心して出入りすることができ、しかも乗客の出入りが終わり次第すみやかに戸を閉じるから、ちょうど親切で機敏な運転手と同様に戸を制御し、エレベータの輸送能力とサービスを大いに向上する。

なお、エレクトロニックドアデテクタは戸に乗客が近づかなければ乗客の出入りを検知できないので乗客の出入中でもしまり始め、戸が無用に開閉を繰り返す乗客に不安をいだかせる。また、最初の乗客が出入りを始めるまでの待ち時間を十分とると輸送能力が低下するため、いきおい待ち時間を比較的短く調整しがちであるから乗客は急いで出入りする必要がある。乗客は結局戸を手で押えながら出入りするようになる。すなわち、エレクトロニックドアデテクタは従来のドアセーフティエッジの代わりであって、トラフィックセンチネルのような合理的機能を持たない点にご注意を願いたい。

表 3.1 推奨速度表

サービスする最高階	推奨速度 (m/min)
1 ～ 15	150
16 ～ 20	210
21 ～ 30	240
31 以上	300

表 3.2 トラフィックパタン 適用表

	8 パタン方式	7 パタン方式	5 パタン方式
適用基準	朝の出動時のピーク状態がとくに激しい場合、すなわち所要5分間輸送力が人口の16%をこえる場合、ただし4台以上のバンクに限る。	同時出退動のためにピーク状態を呈するバンク所要5分間輸送力が人口の12～16%の場合	同時出退動のない貸事務所ホテルなどにサービスするバンク所要5分間輸送力が人口の12%以下
平常時	1. 分割上りピーク (Intense Up Peak) 2. 上りピーク (Up Peak) 3. バランス (Balanced) 4. 上り混雑 (Heavy Up) 5. 上り降り混雑 (Heavy Up Down) 6. 下り混雑 (Heavy Down) 7. 閑散時 (Off Hours) 8. 下りピーク (Down Peak)	1. 上りピーク 2. バランス 3. 上り混雑 4. 上り降り混雑 5. 下り混雑 6. 閑散時 7. 下りピーク	1. バランス 2. 上り混雑 3. 上り下り混雑 4. 下り混雑 5. 閑散時

3.4 容 量

簡単に考えると、カゴ容量の増加が輸送能力を向上するもっとも経済的で効果的な方法と考えられるが、実際にはそう単純には判断できない。

試みに20階の建物の11階から20階までサービスする急行エレベータを考え、各種容量と5分間輸送力を比べてみると、図3.1～3.4から

容 量	1,150 kg 1,350 kg 1,600 kg
定員比	17 人 : 20 人 : 24 人 =1 : 1.17 : 1.41
5 分間輸送力比	33 人 : 36 人 : 38 人 =1 : 1.09 : 1.15

すなわち、大容量のカゴになるほど平均停止数ならびに乗降時間が增大するために1周時間が増大し、輸送力の増加率は定員増加率の半分以下となる。他方、あまり小形の高速エレベータは容量のわりにコストが高く、かつ据付面積も小さくならない。したがって高層事務所ビル向きとしては、容量 1,000 kg、1,150 kg、1,350 kg を標準として推奨する。1,350 kg をこえるエレベータは、一般的にいって不経済であるが、これはサービス階数が大きい場合に起きる現象で、屋上の展望台とか、特定の少数階間を急行運転する場合には、1,600 kg のものも輸送能力が向上し存在意義が生れてくる。

3.5 バンク内台数

1バンクの台数が少ないほど、運転間隔が長くなり、平均待ち時間が増大しサービスが低下するので、バンクは最小3台、できるだけ4台以上で構成する。バンク内台数が多いほど運転間隔が短くなり、平均待ち時間が短縮し望ましいが、これにも限度がある。

1台バンクの台数は8台が限度で、これ以上になると乗客が能率的に乗り込むことができなくなる。さらに、8台以内でも運転間隔が小さくなりすぎると乗客は能率的に乗り込むことができずエレベータのむだ運転やむだ停止がふえ輸送能力が低下する。許容最小運転間隔は平常時で12秒であり朝のピーク時には、乗客の乗込み時間(定員の80%) + 戸閉時間であって表3.3の時間となる。

表 3.3 最小運転間隔

カゴ容量 (kg)	許容最小運転間隔 (sec)
1,000	14
1,150	16
1,350	19
1,600	22

朝のピーク時のみバンク内をさらに2分割するようにすれば、乗客は同時に2台に乗り込むことができるようになる。

これが分割上りピーク・パタンである。分割上りピークを採用すれば、最小運転間隔の問題が解決すると同時に輸送能力が約15%向上する。

3.6 エレベータの配置

エレベータの配置は、おろそかにできない重要な問題で、従来わが国では、外観とか間取りにおされて不合理な配置となり失敗した例が案外多い。超高層ビルでは配置の不具合ははなはだしく建物の利用能率を低下し、不経済となるからとくに注意をしていたきたい。

(1) 横長い建物の端に外部からの主要交通機関の通路があるような場合は別として、エレベータ群はビルのすべての玄関から、最も利用しやすい位置、すなわち一般に建物の中央に集中して配

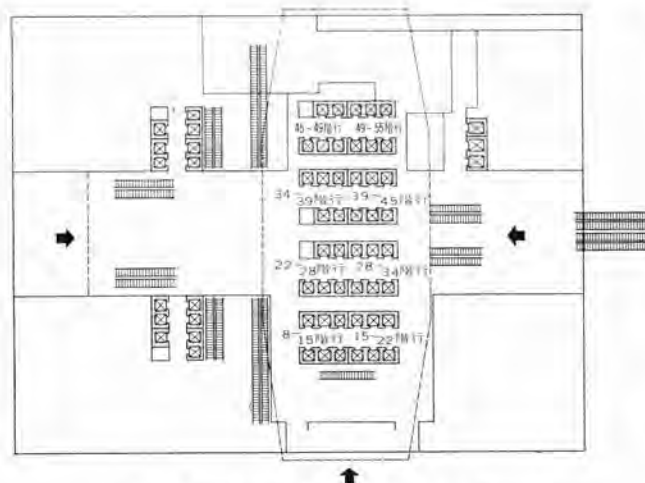


図 3.9 パンアメリカンビル の 2 階平面図

Fig. 3.9 Second floor plan of Pan American Building.

(a) 建物の階数、階間の高さ

(b) 建物内の人口およびその分布状態 外来者の数 外部交通機関の状況 ピーク時の集中の程度 基準階と各階との交通以外の階間交通の多少とその様相などを推定し、前に説明した要領でサービス階の分割を仮定し各バンクについて上りピーク・下りピーク・上り下り混雑・バスの交通量を推定する。

(2) 検討項目と検討方法

(a) 平均 1 周時間

1 台のエレベータが 1 周運転するのに要する時間の平均で、乗客の出入時間とエレベータの走行時間、戸の開閉時間などの集計で、この値はエレベータの容量・速度・戸の形式・出入口幅・サービスする階数・階間距離・制御方式などによって異なるが、前記の条件が同じでも製作者によって大幅の差異があるから、交通計算には必ず実測によって確められた値を使用する必要がある。

1 周時間は相当複雑な要素から成り立っているために、その推定は普通やっかいであるが、図 3.1~3.4 は三菱電機の新形高速度歯車なしエレベータ、シンクログライド方式の上りピーク時の平均 1 周時間を計算した曲線図表である。図中 2 分割、3 分割の曲線は簡単なために建物のサービス階をちょうど等分または 3 等分したものととして計算してあり、たとえば 3 分割の中層サービス 21 階の値は 12 階から 21 階までサービスする急行バンクの 1 周時間を示し、図中実線部分が当社の推奨する適用範囲である。実際には等分しないことが多いので、たとえば 10 階から 21 階までの急行バンクの値は図 3.1~3.4 の分割せずの曲線上で階数 $21-10+2=13$ の 1 周時間を求め、次に図 3.5 で 1 階から 10 階までの急行区間の往復時間を求め加算すれば求められる。

なお、同一会社内での階間交通が多い場合とか昼食時に食堂へ行く交通量が多い場合には、いわゆる上り下り混雑の状況となり停止数が多くなり 1 周時間が上りピークより長くなる。この値は図 3.1~3.4 に示す値の 120~140% で普通 130% ぐらいと考えておけばよい。

(b) エレベータの輸送能力

エレベータの輸送能力は事務所ビルでは普通朝のピーク時 5 分間の輸送力で決定される。朝のラッシュアワーに建物の人口の何%を 5 分間に運べばよいかについては次の値を推奨する。

閑散なバンク 12%, 中程度のバンク 14%, 混雑するバンク 16%, 専用事務所または同時出勤の貸事務所のみから構成されるバンク

20%, 同上地下鉄または国電に近い場合 25%

同一の建物でもバンクによって異なることに注意しなければならない。

各エレベータの 5 分間輸送力は

$$= \frac{60 \times 5 \times \text{エレベータの定員} \times 0.8}{\text{平均 1 周時間 (秒)}}$$

で表わされ、図から直接に求めることもできる。

所要台数は

$$= \frac{\text{各バンクの所要 5 分間輸送力}}{\text{各エレベータの 5 分間輸送力}} \text{ で決定される。}$$

各バンクの台数が 8 をこえたならば、バンクの分割をやり直さなければならない。

(c) 平均運転間隔、待時間

平均運転間隔は、前に述べた最小運転間隔より大でなければならない。平均運転間隔は許容最小間隔より長い範囲で、なるべく小さいことが望ましく、上りピーク時で 30 秒以内、分割上りピークで 43 秒以内、昼食時の上り下り混雑時で 40 秒以内でなければならない。

平均待時間は平均運転間隔の 1.2 だが、実際に乗客が乗場ボタンを押してからカゴが来るまでの時間が、カゴの運転間隔の乱れにより、平均運転間隔の 1.5 倍に達する確率は 10% 程度である。

実際の設備計画では以上の交通計算を数回繰り返し、これまでに説明してきた見地からも最適なものを捜し出すのである。

3.8 エレベータ機械室

昇降路部分を除いた残りの機械室の最小必要面積は

セレクトボタン方式では昇降路面積の 2 倍

それ以外の方式では昇降路面積の 1.7 倍である。

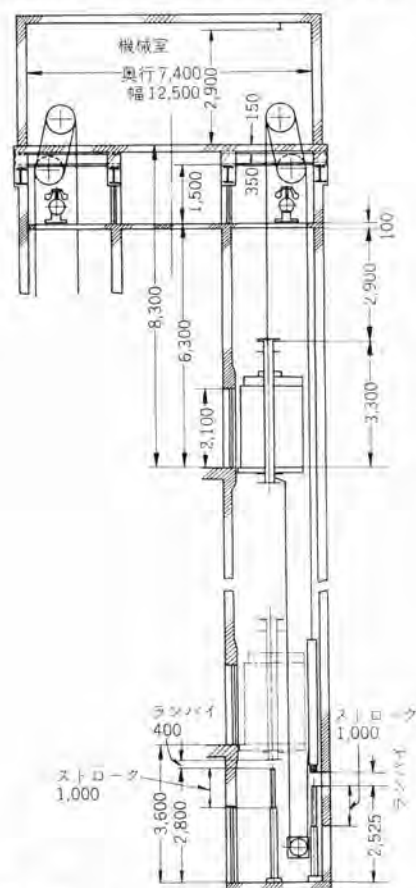


図 3.10 昇降路断面図 (1,000 kg 210 m/min)

Fig. 3.10 Hatch vertical section.

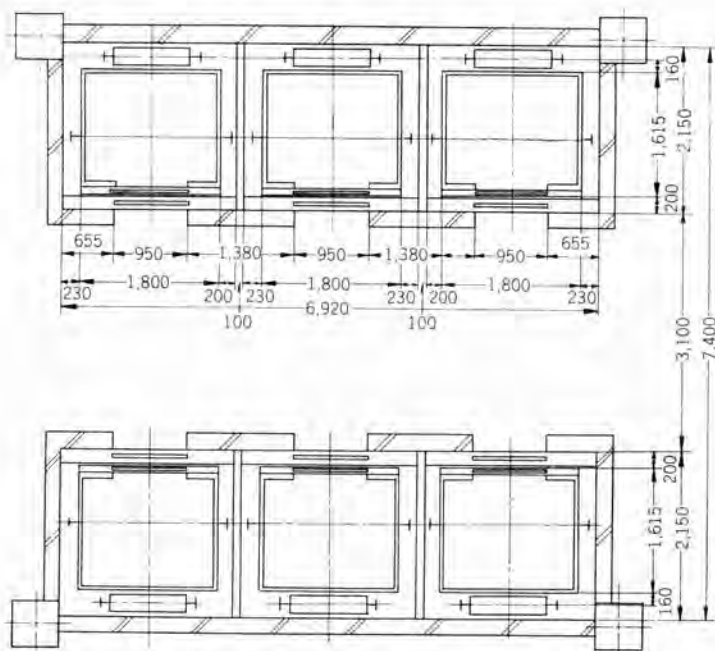


図 3.11 昇降路平面図 (1,000 kg 210 m/min)
Fig. 3.11 Hatch plan.

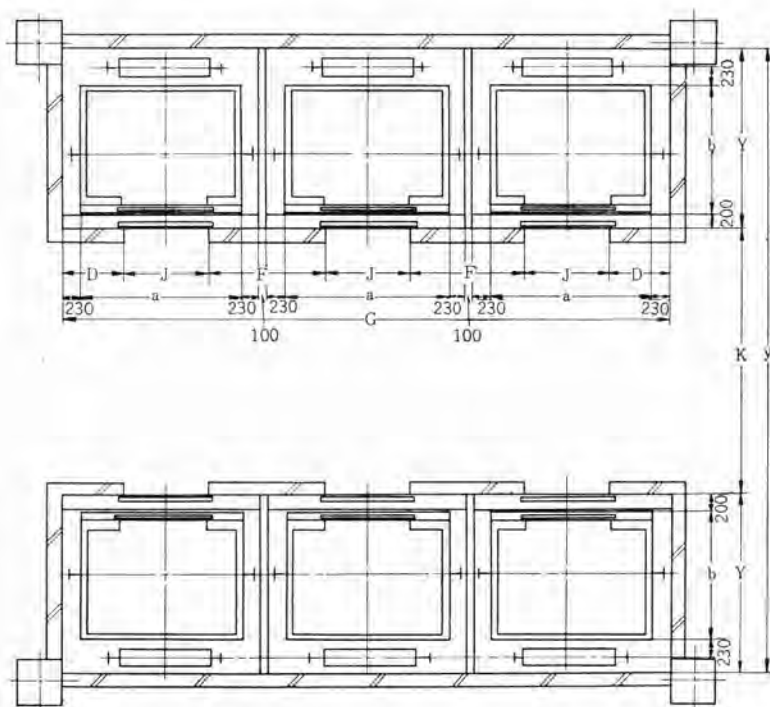


図 3.12 昇降路断面図 (1,150 kg 300 m/min ETS)
Fig. 3.12 Hatch vertical section.

積載量 (kg)	a	b	D	F	G	J	K	y	Y
1,150	2,000	1,615	705	1,510	7,580	1,050	3,300	7,820	2,260
1,350	2,100	1,715	730	1,560	7,880	1,100	3,500	8,220	2,360

図 3.13 昇降路平面図 (1,150 kg 300 m/min)
Fig. 3.13 Hatch plan.

調速機を設ける床は必ず設けなければならない。主機械室が広く取れない場合には、第2機械室を設け MG を収める。この場合 MG の騒音が通風路を経て昇降路に伝わらないよう注意を要する。

主機械室のハリ下有効高さは、エレベータの速度と昇降行程により表 3.4 の値が必要である。

機械室は機械の発熱量に見合う通風を要するが、通風を経て騒音を屋内に伝えないように配慮しなければならない。

低層、中層 バックの機械室は建物の内部になるから、とくに防音に注意して設計施行する必要がある。

3.9 昇降路関係

高速エレベータは、速度が高いことと昇降行程が大きいことに起因して、昇降路断面を 150 m/min 級よりやや大きく取らなければ

超高層用三菱 シックログライド 高速度 エレベータ・宮城・高村

表 3.4 ハリ 下最小機械室高さ (mm)

昇降行程 (m)	100	120	140
速度 (m/min)			
150 ~ 240	高さ 2,600	高さ 2,800	高さ 3,000
300	〃 2,800	〃 3,000	

ばならない。レールは高層建築のヒズミを逃がすために、特殊なスライディング支持とする必要があり、300 m/min 以上ではレール剛性を上げるために、28 kg レールの採用が望ましい。

単独昇降路では、カゴの走行時大きな風音を発生し、乗場の戸のスキ間が笛のように鳴ることがあるので極力避けなければならない。また、単独昇降路では急行区間に4階おきぐらいに非常出入口を設けたほうがよい。

高速エレではピットが深くなるので、ピットにメンテナンス用出入口を設けることが望ましい。

3.10 乗場の表示装置

(1) 4 台以上のオートセレクトボタン方式では、乗客が位置知らせを見比べて、どのカゴが早く来るかを判断することは困難であり、とくにアルコブまたは対面配置の場合は予想と異なったカゴが到着することが案外多い。このような場合位置知らせと方向灯ではカゴの到着予報が目だたぬため（ゴングでは大体の方向しかわからぬ）ホールランタン方式でゴングを聞き、ホールランタンを見た場合に比べかえって乗客の応答が遅く、カゴの戸が開き始めてからカゴのほうへ歩み始めることになる。そのためカゴの停止時間を延長する必要を生じ、さらに乗客がカゴをえり好みするようになり、むだ停止を生じ輸送能力がはなはだしく低下する。

したがって1階以外はホールランタンのみとし、1階には総合位置知らせを設け、エレベータホールの入口にサーピス階表示をするのが最も合理的である。

(2) 3 台の場合には、一般に待時間が長くなりがちで乗客の待ち遠しさが増大するし、位置知らせによる予想も当りやすいので、1階以外にも総合位置知らせを設けることが望ましい。

(3) ホールランタンはできるだけ単純で乗場のどの位置から見ても十分目だちやすいものとし、満員、休止、自動、などの無用の表示は避けるようにしないと待客の注意が散漫となり乗りにくい

エレベータとなるからとくにご注意願いたい。この見地から位置知らせを設ける場合にも、エレベータの出入口に各個に設けることは好ましくない。

4. む す び

以上述べたように超高層ビルでは、エレベータ設備がはなはだ重要でエレベータは単に高速であるだけでなく、高性能でなければならないが、今回開発した三菱シンクログライド高速エレベータは、世界最高水準の性能を有し自信を持ってお勧めできる、さらに超高層ビルにおけるエレベータの設備計画について解説したが、エレベータの設備計画には数多くのファクタが複雑にからみ合っているから、ストリートに最良の解答が得られるものではなく、何度も計画を練り直す必要がある。

参 考 文 献

- (1) 木村、宮城ほか：高性能エレベータについて、「三菱電機」28, 5 (昭 29/2)
- (2) 宮 城：エレベータ新形制御装置、「三菱電機」29, 562 (昭 30/10)
- (3) K. A. Oplinger ほか：A High-performance Elevator Control System Electrical Engineering 81-3, 187 (1962).
- (4) K. A. Oplinger ほか：High-speed Elevator Control Westinghouse Engineer 22-6, 144 (1962).

最近登録された実用新案

名 称	登 録 日	登 録 番 号	考 案 者
フェースプレート係合装置	38- 6-26	719776	鷲津 勝・大橋正市
丸ノコ用安全装置	38- 6-26	719777	入江 厚
送風機装置	38- 7-13	720540	猿楽覚太郎・大旗康文
衝流発信装置付積算電力計	38- 7-16	584885	加藤義明・武田克己
電動式カム制御器	38- 7-16	720653	福元輝男
継電器回路	38- 7-16	720656	松尾 謙
負荷時タップ切換装置	38- 7-16	720657	米沢輝雄
トビラの開放を遅延させる装置	38- 7-16	720659	酒井正保・津 幸 剛
遠隔制御装置	38- 7-16	720660	平野琢磨
エレベータの位置表示装置	38- 7-16	720663	山田春夫
電気連結器	38- 7-16	720664	山田三男・村田 実
充電用交流発電機の励磁制御装置	38- 7-16	720667	平田 毅・荒川堅次郎
冷蔵庫の霜取り終了時期感知装置	38- 6-14	719449	河合照男
ゴム製扇風機翼車	38- 6-14	719450	柘植 恵
扇風機羽根車	38- 6-14	719451	新倉宗寿
扇風機スタンド支柱	38- 6-14	719452	神谷昭美・白石和夫 市岡 洋・糸魚川佐富 田口幹雄
冷蔵庫の自動温度調節器	38- 6-14	719453	広田 豊・芹沢市夫
扇風機のスタンドコードバネ	38- 6-14	719454	新倉宗寿
扇風機用ゴム翼車	38- 6-14	719455	今井 進
ゴム製扇風機翼車	38- 6-14	719456	今井 進
扇風機フレームスピンドル固定装置	38- 6-14	719457	長瀬卯三郎・田口幹雄
冷蔵庫のトビラ棚	38- 6-14	719458	木下忠男

名 称	登 録 日	登 録 番 号	考 案 者
鉄損自動記録装置	38- 8-26	585316	野口英男・土屋英司
ミシンの送り調節装置	38- 8-26	585317	石田武徳
洗濯機用簡易吸上ポンプ	38- 8-26	722354	片山泰一
電動井戸ポンプの自動空気補給装置	38- 8-26	722355	早田作平
電動井戸ポンプの凍結防止装置	38- 8-26	722356	佐々静男
内燃機関点火装置	38- 8-26	722357	三木隆雄
内燃機関点火装置	38- 8-26	722358	三木隆雄
点火用配電器の配電子	38- 8-26	722359	三木隆雄・黒岩利明
避雷器	38- 8-26	722360	岡田昌治・荻野一夫
冷蔵庫用低温温度計	38- 8-26	515338	木下忠男・海野 賢
軸受給油装置	38- 8-27	722445	今井 進
電気掃除機の保護装置	38- 8-27	722446	奥田文一
コード保持器	38- 8-27	722447	加藤 悟・武井久夫
電気計器用電圧補償装置	38- 9-11	585447	清瀬信吾・黒川憲造
周波数偏差直視装置	38- 9-11	585448	中西武三
ミシンの布押え圧調節装置	38- 9-11	723081	三津沢武夫
点火用配電器	38- 9-11	723312	黒岩利明
断続器	38- 9-11	723313	荒川利弘
照光表示装置	38- 9-11	723330	立石俊夫
極限スイッチ	38- 9-11	723337	天藤憲二
ラジオ受信機	38- 9-11	723339	藤木 一
照光機母線のワタ組取付装置	38- 9-11	723340	立石俊夫
押しボタン装置	38- 9-11	723345	白村義郎・鷲津 勝

エレベータを利用した駐車装置

瀬原田三郎*

Garages Equipped with Elevators

Nagoya Works

Saburō SEHARADA

The latest rapid increase of motor cars has come to pose serious problems about parking places. There are cases when the parking places are made in a part of buildings and when exclusive buildings are employed for the purposes. In the former, traction type elevators or hydraulic elevators are chiefly installed for the conveyance of vehicles, whereas there are scores of arrangements for the latter. Of them mechanical garages provided with elevators and operate as vertical garages are becoming popular with their high efficiency. Though the former arrangement is good enough for the parking of private cars, storing a good number of cars in a crowdly down town can be only solved by the mechanical garages. This article deals with elevators for motor cars together with the mechanical garages.

1. ま え が き

最近わが国の自動車保有台数は急激に増加している。数字で示せば、昭和 22 年度 20 万台、昭和 32 年度 180 万台、昭和 37 年初めには 430 万台という急増を示している。このため、とくに大都市においては交通難がいよいよ深刻な問題となってきた。しかし自動車の増加そのものは、経済の伸展、さらには国民生活の向上と表裏の関係にあり、これを否定することはできない。それではこの問題の解決について考えると、基本的に二つの要点に集約されると思う。第 1 は道路の急速な整備拡張であり、第 2 は駐車場の大幅な整備拡充である。

道路の整備拡張については、公共事業として推進されるべき性質のものである。一方、駐車場については昭和 37 年駐車場法が改定され、都市ごとに路上駐車禁止区域が設定され、駐車場整備地区、商業地区内の特定建築物に対する駐車施設の設置義務が定められた。以上の情勢から新設のビルは駐車場を持つことが常識となり、とくに密集地区では駐車専用ビルによって駐車難を解決する必要に迫られている。

駐車場を新設するにあたっては、駐車場法、建築基準法その他の関連法規を満足させることはもちろん、運営効率、経済性についても慎重な検討を必要とする。

当社はこれまで駐車場用エレベータとして、全自動操作のものや、油圧式など数多く製作して好成績をおさめている。本稿では最近話題の立体駐車装置を含めて、エレベータを利用した駐車装置について概略を述べる。

2. エレベータを利用した駐車装置の種類

広い意味でいう駐車装置を大別すれば、二つに分けることができる。一つはビルのある階だけガレージにする場合で、駐車装置としてはロー式あるいは油圧式の自動車用エレベータが通常使用される。他は駐車専用のビル、または構造物をもって構築され、機械装置を利用して自動車を入出庫するもので、米英では MECHANICAL GARAGE。わが国では立体駐車装置と呼ばれるものである。後者については、内外を通じ数十種をかぞえるほど多種多様なものが発表されている。これらを詳細に検討するとそれぞれ一長一短があり、次に述べる要素を十分考慮して計画する必要がある。

る。

- (a) 収容台数およびその入出庫ひん度。
- (b) 敷地の形状および周囲の道路状況。
- (c) 駐車設備の性格（一般公共用か、特定の自動車用か）
- (d) 収容する自動車の仕様。
- (e) 建設費および維持費。

さきに述べた立体駐車装置の中で、エレベータを利用して高能率を発揮できる形式をあげると次のとおりである。

- (1) エレベータ・フォーク式
- (2) クレーン・エレベータ式
- (3) クレーン・エレベータ・ドリ式
- (4) クレーン・エレベータ・フォーク式

以上述べた分類に従ってエレベータを利用した駐車装置を各個に説明する。

3. ロープ式乗用車用エレベータ

この形式は前述したように、ビルの一部の階をガレージに使用するとき用いられる。とくにこのロー式は油圧式に比べて高速であることが特長であるから、屋上あるいは地下 3 階などをガレージに利用するとき有利である。

構造について述べると、一般に自動車用エレベータはその特質上カゴの奥行きが深く、自動車出入時および走行中のカゴ床への偏荷重が大きい。したがってカゴのフレームやガイドレールは強力なものを使用する。

戸閉装置は、カゴ室の幅と同じ戸開き幅を得るため上下方向に開く方式を標準としている。この方式の乗場の戸は中央で分割し、おのおのがバランスを保ちながら上下する 2 枚の板戸から成り各乗場に設置したモータで開閉する。カゴの戸は 1 枚のメッシュ戸で上方開きである。最近自動車専用エレベータに限り法規が緩和され、カゴ床に車止めを設ければカゴの戸は必ずしも必要ではなくなったので、このような簡易形も製作している。

ロー式乗用車用エレベータの標準据付図を図 3.1 および図 3.2 に示す。地下専用の場合、頂部機械室を避けるため巻上機と制御盤を下部に設けたいいわゆる下部機械室形も考えられる。しかし、ソラセ車の個数が多いためロー寿命の低下、運転効率の低下などからあまり推奨できない。このような場合は油圧式を利用するの

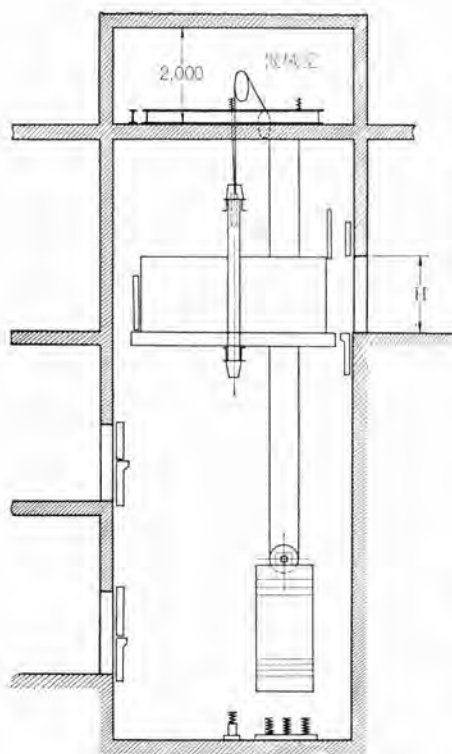


図 3.1 ロー式立面図
Fig. 3.1 Traction elevator for passenger cars.

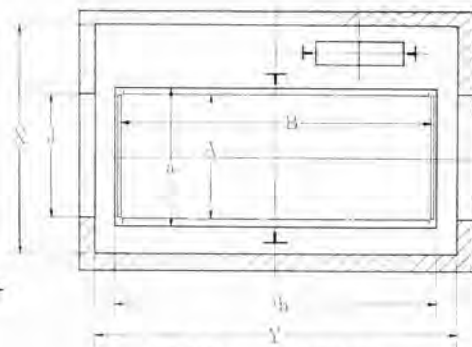


図 3.2 ロー式平面図
Fig. 3.2 Plan of traction elevator for passenger cars.

表 3.1 ロー式の標準仕様

	記号	中小形車用	大形車用
積載荷重 (kg)		1,800	2,600
制御方式		IB または IBRF	
定格速度 (m/min)		30 45 90	30 45 90
運転方式		AC-2 DC-GD	AC-2 DC-GD
使用電動機 (kW)		11 15 26	15 19 33
カゴ床 外ノリ間口 (mm)	a	2,500	2,900
〃 奥行 (mm)	b	5,150	6,250
カゴ室 内ノリ間口 (mm)	A	2,400	2,800
〃 奥行 (mm)	B	5,000	6,100
有効出入口幅 (mm)	J	2,400	2,800
昇降路間口 (mm)	X	3,230	3,670
〃 奥行 (mm)	Y	5,450	6,550

ら、機械室は任意の位置に設置できる。またパワーユニットは油タンクの上にポンプ、モータ、バルブ類を配置し、コンパクトにまとめてあり、床面積が小さくてすむ。

油圧式でもカゴウツ、カゴ室、戸閉装置および制御方式についてはロー式と同一構造を標準としているが、簡易形の場合はカゴの戸はもちろんカゴ室も省略して左右に手すりを設けただけの構造とすることができる。これは昇降路頂部になら機械装置を持たないし、上ハリ(梁)でさえ本質的なものでなくなった油圧式においてはじめて可能となった。

最大昇降行程は、最新のラジエータ加工設備により 12 m まで可能となった。したがって 4 個所停止、すなわち地下 3 階までサービスできる。油圧式では昇降速度を上げるとそれに比例してパワーユニットや電動機が大容量となるので、10 m/min および 15 m/min を標準としている。油圧式の標準仕様を表 4.1 に示す。

ロー式と油圧式で連続入(出)車の場

が良い。

制御方式は押しボタンによる単式自動方式 (IBF)、あるいは単式自動予約方式 (IBRF) を標準としている。高級な制御方式としては、昭和 37 年東洋工業東京支店に納入した光電装置使用の全自動方式がある。このエレベータは屋上階および地下 2 階のガレージに自動車を運搬するもので、多数の光電装置が有機的に動作し、入出庫時ともまったく押しボタン操作を必要としない最新の方式である。

ロー式乗用車エレベータの定格速度としては、地下用ならば 30 m/min、屋上用なら 45 または 90 m/min を推奨する。地下用のときは、自動車の出し入れ時間に比べ昇降時間が短いため、エレベータ速度を上げて効果が少ない。一方屋上用のときは昇降時間が能率に大きく影響するので、とくに入出庫ひん度の高いときは 90 m/min が有効である。入出庫所要時間の比較については表 4.2 を参照されたい。

ロー式エレベータの標準仕様を表 3.1 に示す。

4. 油圧式乗用車用エレベータ

油圧式の最大の特長は昇降路上部に機械室を置く必要がないこと、およびカゴの頂部すきまが少なくすむことである。したがって地下ガレージ専用として最も適当である。代表的な例を図 4.1 に示す。

構造については図 4.2 に示すように油圧ラジエータによってカゴを下から押し上げる方式で、自動車出入時の偏心荷重はレールが保持し、ラジエータには単純な圧縮力だけがかかるようにしてある。パワーユニットで発生した圧油をシリンダ内に送り込むとカゴは上昇し、シリンダ内の油を適当に絞りながらタンクに戻せば、カゴと積載荷重の重量によって降下する。起動・停止時は特殊な流量制御装置(特許申請中)によって加減速がコントロールされるのできわめて円滑である。

パワーユニットとシリンダの間はパイプ 1 本で連絡するだけであるか



図 4.1 乗用車用エレベータ
Fig. 4.1 Elevator for passenger cars.

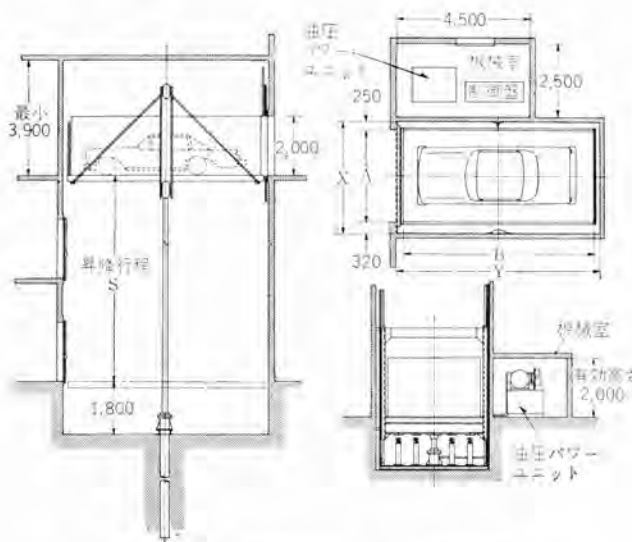


図 4.2 乗用車用油圧エレベータすえ付図
Fig. 4.2 Layout of hydraulic elevator for passenger cars.

表 4.1 油圧式の標準仕様

	記号	中小形車用		大型車用	
		1,800	2,600		
積載荷重 (kg)		可変速度		IB または IBRF	
運転方式		10		15	
制御方式		15(15)		22(19)	
速度 (m/min)		10		10	
使用電動機 (kW)		15(15)		19(15)	
カゴ床 内ノリ間口 (mm)	a	2,500		2,900	
カゴ室 内ノリ間口 (mm)	A	2,400		2,800	
カゴ室 奥行き (mm)	B	5,000		6,100	
有効出入口幅 (mm)	J	2,400		2,800	
昇降路 開口 (mm)	X	3,230		3,670	
昇降路 奥行き (mm)	Y	5,450		6,550	
最大昇降行程 (m)	S	12			

注 () 内はカゴ室、カゴの戸なしの場合を示す。

表 4.2 乗用車用エレベータの輸送能力

目的階	昇降路行程 (m)	連続入(出)庫					入出庫交互				
		油圧式		ロープ式			油圧式		ロープ式		
		エレ速度 (m/min)	エレ速度 (m/min)	エレ速度 (m/min)	エレ速度 (m/min)	エレ速度 (mm/n)	エレ速度 (m/min)	エレ速度 (m/min)	エレ速度 (mm/n)	エレ速度 (m/min)	エレ速度 (mm/n)
B ₁	3.8	93 sec	79	69	63	69 sec	62	57	54		
		(39台)	(46)	(52)	(57)	(52台)	(58)	(63)	(67)		
B ₂	7.5	139	109	83	73	92	77	64	59		
		26	(33)	(43)	(50)	(39)	(47)	(56)	(61)		
B ₃	11.0		137	97	83		91	77	64		
			(26)	(37)	(43)		(40)	(51)	(56)		
屋上階	30			133	91			89	68		
				(27)	(40)			(40)	(53)		

注 上段の数字は1台を入(出)庫させるに要する時間(秒)を示す。
下段の()内の数字は1時間に輸送できる台数を示す。

合、および交互入出庫の場合の1台の所要時間および1時間あたりの輸送台数を表 4.2 に示す。屋上階は地上 30 m とした。

5. エレベータ・フォーク式

この形式の据付図を図 5.1 および図 5.2 に示す。図に示すように駐車専用のビルを設け、中央のエレベータ昇降路をはさんで各階左右の固定フォークの上に自動車を格納するもので、収容台数は 20~26 台である。エレベータの床には移動フォークが設置してあり、各階の固定フォークとの間で自動車を移し換える動作をする。動作を詳細に説明すると、1 階の入庫側ラットフォームの所定位置に自動車を乗り入れた後、運転手はラットフォームの外に出る。その間、多数の光電装置が検出しており、もし自動車のサイズが能力より過大であったり、停止位置が許容限界をオーバーしているときは、警報と標示で指示する。運転手が外に出ると、管理者はラットフォームにだれもいないことを確認して入口の電動ドアを押しボタンで降ろす。このとき同時に昇降路ドアが開いて準備態勢にはいる。次いで管理者は操作盤上のすいている車庫の押しボタンを押すと、それ以降は自動的にエレベータが指定の車庫に格納する。すなわち、他階にエレベータが停止しておれば 1 階に降下し、停止後エレベータの移動フォークが入庫側ラットフォームの固定フォークの下にはり出し、エレベータ全体が微小上昇することによって自動車をすくい上げる。次いで移動フォークがエレベータに戻り、エレベータは指定階に上昇する。ドアについては移動フォークが完全にエレベータに戻ると同時に、昇降路ドアは締められ入口ドアは開き始める。すなわち入庫する次の自動車はいりうる態勢になるわけである。指定階まで上昇したエレベータは移動フォークを車庫側フォークの上側にはり出し、エレベータの微小降下によって自動車を固定フォークに乗せ換える。以上の一連の動作を押しボタン一つで自動的に遂行する。

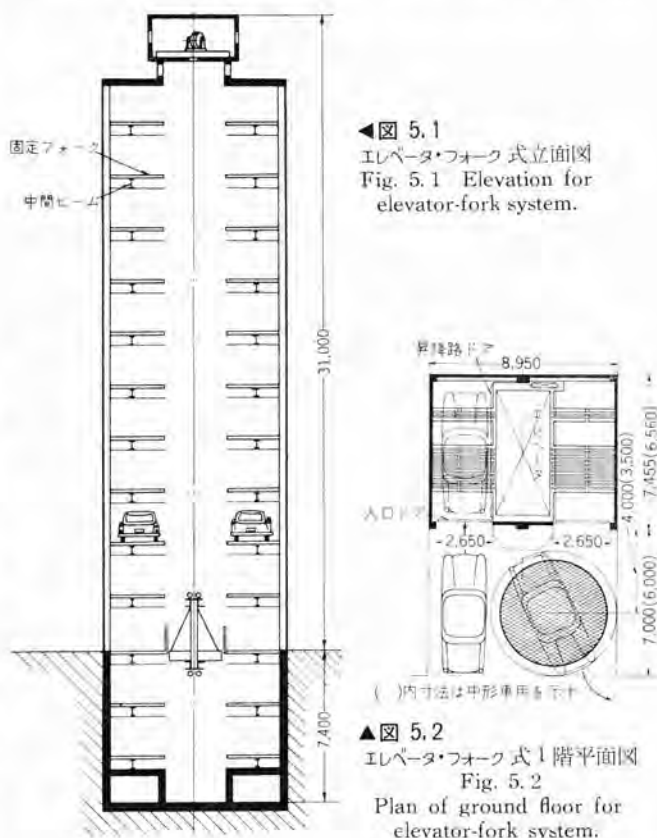
出庫の場合も、出庫しようとする車庫番号の押しボタンを押すだけで、入庫と逆の要領で 1 階の出庫側ラットフォームまで自動車

が運ばれてくる。またエレベータが入庫動作中でも一つの出庫ボタンだけは登録できるようにしてあり、入庫完了後連続して出庫動作に入り、能率向上をはかっている。

この形式は、図 5.2 に示すように入庫側と出庫側おのおのが別個のラットフォームを持っているので、メリーゴーランド式のごとく入出庫共通入口の形式に比べ、入出庫ひん度の高い車庫でも前面道路の混乱がなく運転能率が高い。東京都ではこのような駐車装置の前面には、道路との間に 6 m 四方の空地を設けるよう規定している。そのときは図 5.2 に示すように出庫側にターンテーブルを併用すると、出庫した車が路上に出る際、入庫する車に混乱を与えないで円滑に出ることができる。

この方式は全自動立体駐車場のうちで最小規模の一つに属し、建設費の点では収容台数が数十台までの駐車場を計画するときは、これを 2~3 台併設するのが有利である。

当社製の構造上の特長を述べると、従来各階の固定フォークが建物から完全片持ち配りとして保持されているものが見られるが、当社の場合移動フォーク保持機構の幅が短いので、図 5.1 に示す中間ビームを建物の前後壁の間に渡すことが可能となった。した



▲図 5.1
エレベータ・フォーク式立面図
Fig. 5.1 Elevation for
elevator-fork system.

▲図 5.2
エレベータ・フォーク式 1 階平面図
Fig. 5.2
Plan of ground floor for
elevator-fork system.

表 5.1 エレベータ・フォーク式標準仕様
(図 5.1 に示す規模の場合)

用 途	大 形 車 用
建屋敷地面積 (m ²)	66.7
建物階床	13 階床 (B ₁ , B ₂ , 1~11)
駐車台数	24
最大自動車重量 (kg)	2,200
最大自動車サイズ	幅 2,100 mm × 長さ 5,900 mm
制御方式	全自動押しボタン式
平均入(出)庫時間 (sec)	80
従業員数	1 名
エレベータ運転方式	交流 2 段速度
エレベータ定格速度 (m/min)	45
エレベータ用電動機 (kW)	19
フォーク移動速度 (m/min)	24
フォーク用電動機 (kW)	2.2

がって建築構造上、壁面は圧縮力としてフォーク荷重を支持することができる特長がある。建物としては鉄筋コンクリート造りあるいは鉄骨構造スレート張り、いずれでも採用できる。

また当社の場合、とくに昇降路と1階乗降プラットフォームの間に昇降路ドアを設け、これを入口トビラと逆動作させることによって出庫動作中も自由に安全に入庫を続けること、ならびに入庫動作中にも自由に安全に出庫動作を続けられるように配慮されているから、ガレージになれない自動車運転者でも能率的に安全に入出庫できるのが特長である。

当社の大形車用クレーンエレベータ方式ガレージの標準仕様を表6.1に示す。エレベータの速度は、自動車の収容台数が少ないので、それほど高速を必要としない。45 m/min 程度が経済的である。

6. クレーン・エレベータ方式

この方式の一例を図6.1および図6.2に示す。この形式は駐車専用のビルに100台以上の自動車を収容する場合に使用される。構造について述べると、多層階の二つの建物がエレベータの走行する空間部分をはさんで向いあって建てられ、各階床面はエレベータ走行路に面したトビラによって区画された車庫になっている。エレベータは走行クレーン部分からつり下げられたタワーの内部を昇降する。したがって走行クレーンが左右に、エレベータが上下方向に同期して運動するので目的車庫まで斜めに直線状に自動車を運ぶことができる。

この方式では入出庫動作はすべて自動車の自走により、専任のエレベータ運転手兼自動車運転手によって行なわれる。クレーンエレベータおよびドアの操作はすべてエレベータ内の押しボタンによって行なわれ、目的階に到着するとエレベータのドアと連動して車庫のトビラが上方斜に開けられる。入庫完了後、運転手はこのエレベータに乗って1階に戻る。

図6.2は標準的なレイアウトを示すが、実際上は土地の形状や周囲の道路状況によって決定される場合が多い。エレベータの前後に各1台ずつ自動車を駐車させるような建物のレイアウトが管理上、能率上最も好ましいのであるが、スペースファクタを上げるため土地の形状が許すなら図6.2のように片側に2台宛駐車する場合も

多い。このときは出庫ひん度の少ない車を奥の列に入れる方法をとるが、やはり出庫の際は所要時間が長くなる。前方の車を臨時に駐車させるためには、中間階の前面一列を空車庫として確保しておく必要がある。

管理方式については、収容台数が100台前後の小規模のものなら管理室とエレベータを単にインターフォンで結ぶだけでよいが、それ以外の場合はカードと、接点を持ったカードボードを組み合わせて使用し、受付—会計—エレベータ運転手の間で連絡をとる方式が用いられる。

エレベータ1台あたりの自動車台数を決めるには、入出庫のひん度や建物のレイアウト(片側1台ずつ駐車か2台ずつ駐車か)によって左右される。標準として、デパート用などで客の出入りのひんばんな場合は片側1台ずつで80台前後、事務所用など比較的出入りの閑散なときはエレベータ1台あたり100~130台ぐらいが適当である。

乗場のドアは金網張りのドアで、図6.3に示すようにカゴのドアから開閉時に突出するフックによって下方から押し上げられ、乗場の自動車の上の空間に格納される。したがってドアのための特別の空間がいらないのが特長である。

この方式の特長は、入出庫の動作は自動車の自走にたよるので、自動車のサイズに対する融通性が大きいことである。この利点はわが国のように車種の極端に多い国では非常に効果的である。反

表 6.1 クレーン・エレベータ式標準仕様
(図 6.1, 6.2 に示す規模の場合)

敷地面積 (m ²)	1,111
建物延面積 (m ²)	12,220
建体階床	11 階床 (B ₂ , B ₁ , 1~9)
駐車台数	348
エレベータ台数	3
管理方式	車庫ナンバーカード式
制御方式	エレベータ内押しボタンによる自動式
従業員数	7 名~10 名
平均出入庫時間 (sec)	70~140
エレベータ運転方式	直流可変電圧制御
エレベータ定格速度 (m/min)	90
エレベータ積載量 (kg)	2,600
エレベータカゴ内ノリ	幅 2,600 mm × 奥行 6,600 mm
エレベータ用電動機 (kW)	DC 40
クレーン走行速度 (m/min)	30
走行用電動機 (kW)	DC 5.5

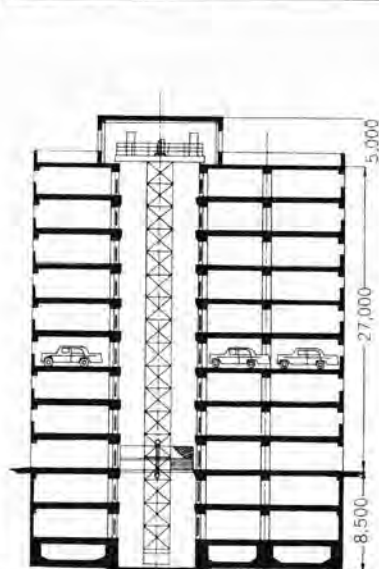


図 6.1 クレーン・エレベータ式立面図
Fig. 6.1 Elevation for crane-elevator system.

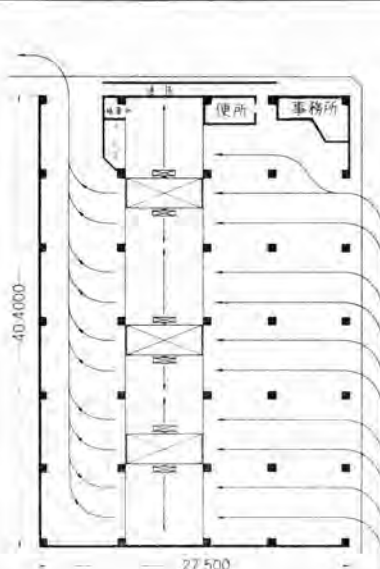


図 6.2 クレーン・エレベータ式1階平面図
Fig. 6.2 Plan of ground floor for crane-elevator system.

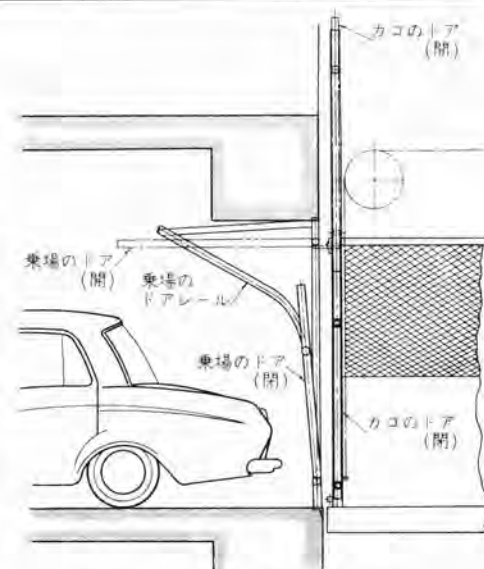


図 6.3 クレーン・エレベータ式のドア開閉装置
Fig. 6.3 Door system for crane-elevator system.

面、公共用に使用したときオーナードライブが他人に運転されるのをきらうとか、次に説明するクレーン・エレベータ・ドーリ式より出入庫所要時間が長いなどの欠点も持っている。

図6.1および図6.2に示した規模の本形式ガレージの標準仕様を表6.1に示す。この例ではエレベータの停止箇所は11箇所となるので昇降速度は90 m/min 直流キートン方式とする。もし収容台数が少なく4~5階建程度なら60 m/minを推奨する。クレーンの走行速度は25~30 m/minにとればほぼ上記のエレベータ速度と同期する。

なお、自走式のため建物の構造によっては排気設備を必要とする。また外壁は、手すりだけとしたオープン構造も周囲の建物との関連において許可になる例がある。

7. クレーン・エレベータ・ドーリ式

この形式は前述のクレーン・エレベータ式と同程度の規模に適用され、構造的にも類似しているが、エレベータへの自動車の出し入れをドーリ（移動台車）によって行なう点が前者と基本的に相違する。ドーリはエレベータのカゴ床に装備されており、各階の床のミジを進み、自動車の下部に入り込んで自動車を持ち上げ、車庫とエレベータの間を移動させる。

ドーリにはこれまで各種発表されているが、とくに自動車の持上機構では自動車を痛めないこと、およびホイールベースの違いに対する融通性からみて、後輪だけ持ち上げ、前輪をガイドする方式、あるいは4輪とも持ち上げる方式が良好である。後輪持ち上げ、前輪ガイド方式のドーリを図7.3に示す。また駐車階の片側に2台格納するためには、走行モータを持った自走式ドーリでなければ不可能である。

次に制御方式について述べると、エレベータのカゴに乗った運転手がエレベータとともにドーリを操縦する方式、すなわち半自動式と、さらに進んで管理室の操作に基づきすべてを全自動で遂行し、エレベータに運転手をまったく必要としない全自動方式も可能である。全自動方式においては格納した自動車番号と、車庫番号の対応の記憶、およびエレベータ、クレーン、ドーリに対する操作の指令などをすべて電子計算機で処理するワンマンコントロールシステムも可能となる。

クレーンエレベータ式と、このクレーン・エレベータ・ドーリ式を比較することによって両者の特質が明確になると思うので、次に比較を掲げる。ドーリ方式の特長。

- (a) 各駐車階には原則として人は立ち入らないから、1階を除く他階には乗場のトビラは不要である。さらに車庫内で自動車のトビラを開閉する必要がないので、自動車の左右間隔を小さくして駐車できる。すなわちスペースファクタが高い。
- (b) 半自動式でもエレベータとドーリを操作する運転手は、自動車の運転免許を持たない者でもよい。全自動の場合は管理室から操作できるので、さらに少ない人員でよい。
- (c) クレーン・エレベータ式に比べ、自動車を自走させないので出入庫所要時間が短い。
- (d) 自動車が自走しないので排気設備を必要としない。
- (e) 自動車は施錠したまま出入庫できる（一般の公衆を対象とした駐車場では、大きな利点となる）。

次にドーリ式の欠点を述べると

- (1) 大形車からミニカーまで扱えるドーリがない。大形車と中形車を扱うドーリと、中形車と小形車を扱うドーリの二つのドーリを備えればよいが、これは2台以上のエレベータを持つ駐車ビルに限られる。
- (2) 建物の床にドーリ通行用のミジを設ける必要があり建築費がかさむ。またこのミジがあるため、片側1台ずつ駐車するときは出庫のとき1階のミジを通り過ぎてからカーウをきる必要があり、道路までの間に前面空地を必要とする。
- (3) 全自動方式のときは、管理装置、安全確認装置などが必要

表 7.1 クレーン・エレベータドーリ式標準仕様
(図 7.1, 7.2 に示す規模の場合)

敷地面積 (m ²)	1,054
建物延面積 (m ²)	11,594
建物階床	11 階床 (B ₀ , B ₁ , 1~9)
駐車台数	348
エレベータ台数	3
管理方式	車庫ナンバーガード式
制御方式	半自動式
従業員数	7 名
平均出入庫時間 (sec)	65
エレベータ運転方式	直流可変電圧制御
エレベータ定格速度 (m/min)	90
エレベータ積載量 (kg)	2,600
エレベータカゴ内ノリ	幅 2600 mm × 奥行 6520 mm
エレベータ用電動機 (kW)	DC 40
クレーン走行速度 (m/min)	30
走行用電動機 (kW)	DC 5.5
ドーリ移動速度 (m/min)	60

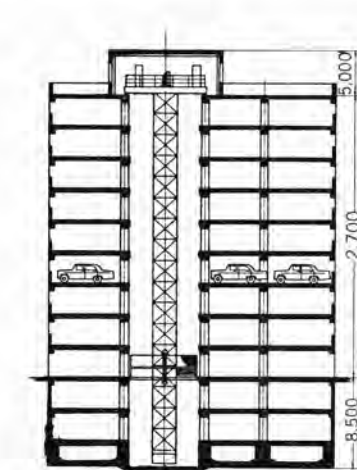


図 7.1 クレーン・エレベータ・ドーリ 式立面図
Fig. 7.1 Elevation for crane-elevator-dolly system.

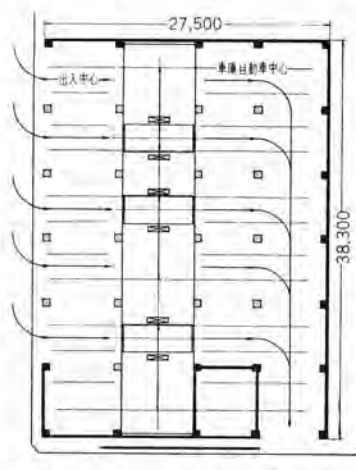


図 7.2 クレーン・エレベータ・ドーリ 式 1 階平面図
Fig. 7.2 Plan of ground floor for crane-elevator-dolly system.

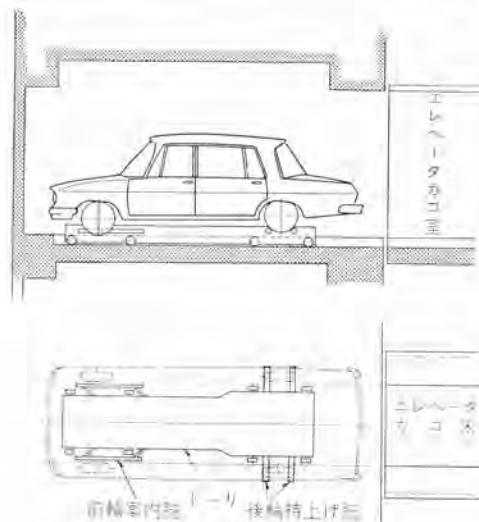


図 7.3 ドーリ
Fig. 7.3 Dolly.

で設備費が高くなる。

図 7.1 および図 7.2 に示した規模の半自動式 クレーン・エレベータ・ドーリ式の標準仕様を表 7.1 に示す。

8. クレーン・エレベータ・フォーク式

この方式の据付図を図 8.1 および図 8.2 に示す。この形式はクレーン・エレベータ方式、あるいはクレーン・エレベータ・ドーリ方式と同程度の規模の駐車ビルに適用され、敷地の形状としては道路に面した間口が狭く、奥行の長い土地に適している。

構造は、エレベータ・フォーク式とクレーン・エレベータ式を組み合わせたもので、各階に固定フォークを設け、エレベータの床に装置した移動フォークによって自動車を移し換え、車庫への運搬は走行クレーンとクレーンにつり下げられたタワーの内部を昇降するエレベータによって、指定された車庫まで直線状に進行する。

制御方式はエレベータ・クレーン方式と同様、全自動方式なので、管理者は入庫車の受付、押しボタン操作による入出庫、料金の精算まで 100 台を越える自動車を 1 人で管理することができる。

この方式の特長は次のとおりである。

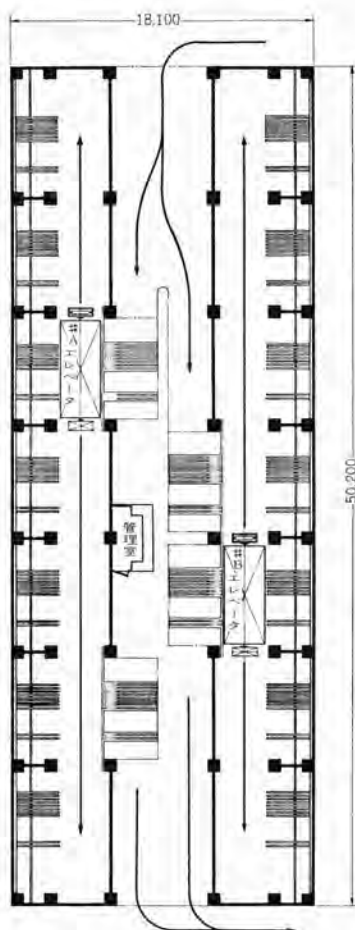


図 8.2 クレーン・エレベータ・フォーク式 1 階平面図

Fig. 8.2 Plan of ground floor for crane-elevator-fork system.

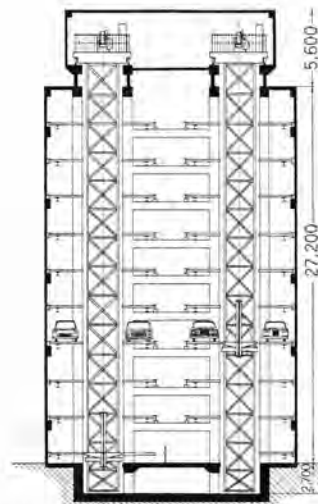


図 8.1 クレーン・エレベータ・フォーク式立面図

Fig. 8.1 Elevation for crane-elevator-fork system.

- (a) 間口が狭く、奥行の長い敷地に適している。
 - (b) 大形車から ミニカー まで、どんな大きさの乗用車でも収容できる。
 - (c) 全自動式であり、管理に要する人件費が少ない。
 - (d) 自動車に カギ をかけたまま入出庫できる。
 - (e) 自動車は自走しないから排気設備がいらない。
- 一方、この方式の欠点として考えられることは、
- (1) 100 台前後の収容台数に対し、エレベータの乗り入れ場所が 1 箇所ずつであるから、入出庫のひんぱんなガレージでは入口が混雑する。
 - (2) 自動車 1 台あたりの建設費が高価である。

9. む す び

以上、エレベータを利用した各駐車装置について説明した。単にガレージといっても、本質的に二つに分けることができる。一つは自家用車を格納しておく目的のものであり、他は自動車が集結する地点に設けるガレージで、自動車を預ける目的のものである。これには劇場、デパート、駅、商業地区、オフィス街などに設けられるガレージがいる。現在までのガレージの需要はほとんど前者に属するものが大部分であった。したがって、よほど大規模のビルでない限りビルの一部に設置したロー式あるいは油圧式エレベータによって処理できた。しかし自動車の急激な増加は、後者に属するガレージの急速な整備を促している状況である。後者は高価な土地に、多数の自動車を集中的に駐車させる必要があるため、本稿で述べた立体駐車装置によるのが最も合理的であり、経済的である。

当社は、長年にわたるエレベータの製造経験を生かし、今後ますます増大するこの種の駐車装置について、要望にこたえる所存である。

セレクトババーチカルコンベヤ

加藤 淳 治*

Selective Vertical Conveyor

Nagoya Works Jyunji KATŌ

With the progress of architecture, incidental facilities of buildings have made a marked development. However, despite the popular cry for improving efficiency of transportation, in the building, conveyance of postal matter and document in offices, handling of books in libraries and loading and unloading of packages in post offices or railway stations are mostly left to human labor. When buildings are made into a greater scale and turned to sky-scrapers in future, how much labor will be needed for the transport? To solve the problems selective vertical conveyers—ingenious devices to automatize transit between floors—have been newly developed, delivered to the Diet Library and the New Sumitomo Building and operating with success.

1. ま え が き

セレクトババーチカルコンベヤは、最上階機械室と、最下階ピットにある上下の鎖歯車に掛けられたエンドレスのチェーンに荷を運ぶカーを取り付けた垂直式チェーンコンベヤで、さらに目的階選択装置と自動荷積、自動荷降ろし装置を備えた全自動式運搬装置である。任意の階から任意の階を自由に選んで荷を送ることを特長としている。



図 1.1 国会図書館納め C-1 号機
Fig. 1.1 Conveyor C-1 delivered to the Diet Library.

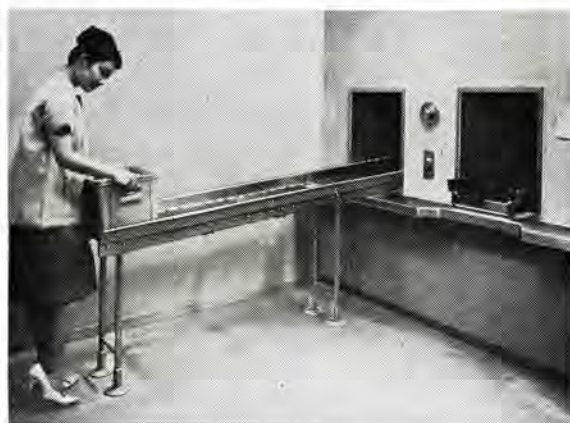


図 1.2 新住友ビル納め S.V.C
Fig. 1.2 S.V.C. in New Sumitomo Bldg.

2. 特 長

最近国内でもこれと同じ目的の貨物用コンベヤが製作されているが、当社のコンベヤ装置の方式がとくにすぐれている点を説明する。

2.1 目的階選択装置が機械電気式である

(1) 目的階指示装置、目的階記憶装置、選択スイッチなど簡単な機構による各装置の関連動作によっているので、電気式に比べて安価である。

(2) 記憶装置はカーごとに備えているので、装置の内の1組が故障しても、他の記憶装置になんら悪影響を及ぼさない。

(3) 荷降ろし階の数が増しても、目的階指示装置、記憶装置は複雑にならない。

(4) 記憶装置が機械式であるので、一度指示を与えれば、運転中に停電しても記憶を失なうことがない。

2.2 荷の受渡しは垂直方向である

(1) 運搬チェーンは垂直方向に張るだけで良いから、中間に遊び鎖歯車を必要としないので安価である。

(2) 運搬チェーンを横に張る必要がないので、据付面積が小さくて良い。

2.3 荷積、荷降ろし口が同一面にある

(1) 一般のトレイコンベヤは荷積口と荷降ろし口がコンベヤの前

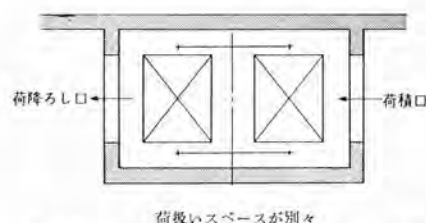
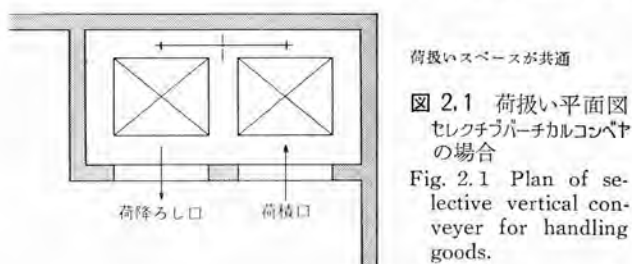


図 2.2 荷扱い平面図一般のコンベヤの場合
Fig. 2.2 Plan of conveyor in general for handling goods.

側と後側になるが、このコンベア装置は荷積口と荷降ろし口が同一面に設けられるので作業性が良い。

(2) 作業面が同一側にあるので建物の隅にも設置できるため建築計画の際にも据付面積が小さくて、場所がとりやすい。

3. 操作説明

簡単な操作をするだけで、自動的に目的階の荷降ろし台に届けることができるこの方式の動作説明をする。

(1) 品物をトレイと称するコンベア専用の容器に入れて、荷積台に置く。

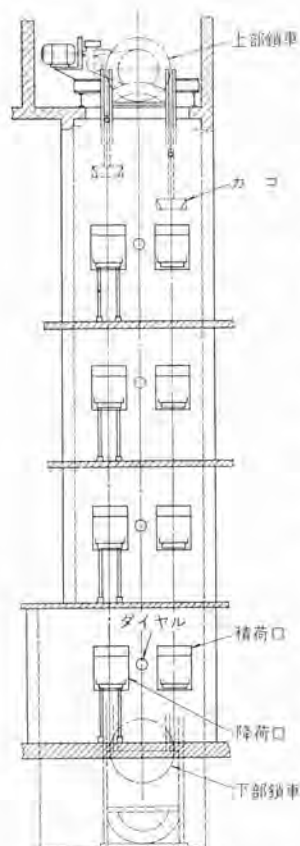


図 3.1 セレクティブ パーシャル
コンベア 説明図
Fig. 3.1 Selective vertical
conveyers.

(2) ダイアルの指針を目的階のナンバーに合わせてから、トレイを待機位置にある荷積車の上に押し込む。

これだけの操作で、あとはコンベア装置が自動的に動作する。

(3) 空のカーが接近すると荷積車が前進し、トレイをカーに渡すと同時にカーに付いているタブは目的階の指示を受け取る。

(4) トレイを受け取ったカーは、最上階にあるスプロケットを通過して下降する。

(5) 下降中のカーが目的階に接近すると、目的階の荷降ろし車が前進し、カーからトレイを受け取る。

(6) トレイは荷降ろし口へ自動的に出され、以後は慣性と傾斜を利用して、荷降ろし台の上を滑るように移動し、所定の待機位置に停止する。



図 3.2 トレイ
Fig. 3.2 Tray.

4. 特殊装置の動作説明

このコンベア装置の特長とする

目的階選択装置と自動荷積、自動荷降ろし装置などの動作説明をする。

4.1 目的階選択装置

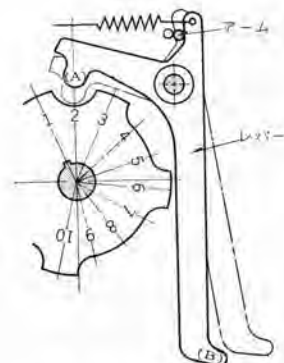
目的階の選択はダイヤル、セレクト、タブおよびスイッチの関連動作によって行なう。

4.1.1 目的階の選択方式

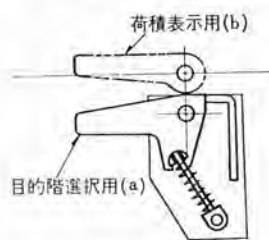
目的階を数個の中の2個の組み合わせによる符号で表わす。その例を図4.1に示す。例によれば4階は(III・IV) 8階は(III・V)といった具合に決定しておき、セレクト、タブスイッチなどを図4.1に適合した配置に組み合わせておけば、少ない部品で多数階を選

	I	II	III	IV	V	VI
15	○					○
14		○				○
13			○			○
12				○		○
11					○	○
10	○				○	
9		○			○	
8			○		○	
7				○	○	
6	○					
5		○		○		
4			○	○		
3			○			
2		○				
1	○	○				

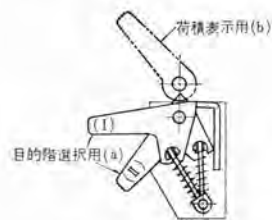
図 4.1 各階表示符号一覧表
Fig. 4.1 List of indicating
symbols in various floors.



(図 4.1 のカム (I) を示す)
図 4.2 セレクト 動作説明
Fig. 4.2 Selector operation.



(動作前を示す)
図 4.3 タブ 動作説明
Fig. 4.3 Tab operation
(before functioning.)



(動作後を示す)
図 4.4 タブ 動作説明
Fig. 4.4 Tab operation
(after functioning.)

択することができる。

4.1.2 セレクト

セレクトは各階の荷積、荷降ろし口にあるダイヤルに直結されていて、図4.2に示すようにカムとレバーが1対となっていて、カムの全周を荷降ろし階数に等分し、図4.1に従ってノッチを設け、ダイヤルの指針を目的階のナンバーに合わせてることにより任意のレバーを突出させ、対向するタブを倒して図4.1に示す○印のタブを残す。図4.2中のアームは荷積車が前進すると矢印の方向に移動する。カムの外周に設けたノッチが切り込んである部分が、レバー(A)部の直下に来た場合、レバーはバネに引っ張られて(A)部がミゾ面に当たり、(B)部が突出する。

4.1.3 タブ

タブは各カーに取り付けてあり、カーに乗せられたトレイの目的階を記憶するとともに、トレイを持っているか、持っていないかを指示する機能をもっている。

図4.3、4.4はタブの動作前と動作後の状態を示す。図中(a)は各階の符号を示すタブで、前に述べたとおり荷降ろし階数により、その本数は異なる。(b)はカーがトレイを持っているか、持っていないかを指示する。

なお、荷積側最上階通過後もトレイを持たないカーのタブは全部倒し、各階の目的階検出用スイッチを押さないような装置を別に設け、スイッチの稼働ひん度を減らすよう考慮してある。(実用新案申請中)

タブはカーが最下階を通過するとき、すべて荷積前の状態に戻される。

4.2 自動荷積、自動荷降ろし装置

荷積、荷降ろし装置は各階昇降路内に設置されていて、次の要領で自動的に荷積荷降ろしを行なう。

4.2.1 荷積動作

(1) 荷積車にトレイが乗せられ、空のカーがその階に接近す

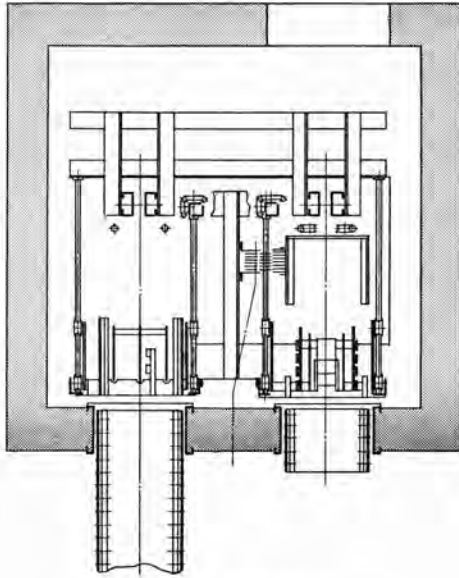


図 4.5 一般階平面図
Fig. 4.5 Plan of a general floor.

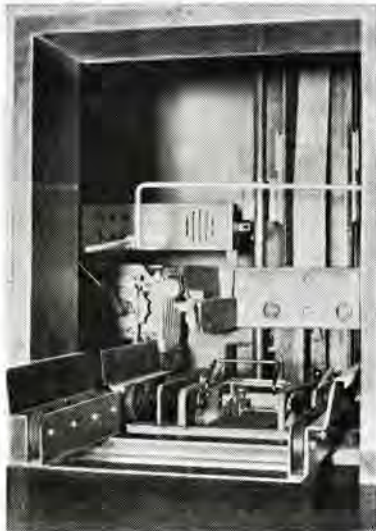


図 4.6 最下階荷積装置
Fig. 4.6 Loading equipment at the lowest floor.

るとタフが荷積装置を動作させるスイッチを押し、マグネットを励磁して作動アームをチェーン側に引きつける。

(2) カーのつりピンと一定間隔で取り付けられているコロが作動アームを引き上げると、荷積車がカーの通過位置まで前進し待機する。(荷積車は前述のコロによって運動を始めるので、カーと荷積車は常に同調する。)

(3) カーは上昇を続け、荷積車上のトレイをすくって通過する。

(4) チェーンのコロはチェーンとともに上昇するので、アームからはずれ、荷積車はバネの力によって元の位置に引きもどされる。

4.2.2 荷降ろし動作

荷降ろし動作は、荷積動作とキッカケが違っただけで、目的階にカーが接近し、タフが目的階の検出用スイッチを2個同時に押すと荷降ろし装置のマグネットが励磁され、以後荷積装置と同じ要領で、荷降ろし車がカーの通過を待って、トレイを受け取るものである。荷降ろし台が満載になると、荷降ろし台のトレイを取り除くようにその階のラザーを鳴らす。さらに次のトレイが到着して荷降ろし車にトレイが乗ると、次のトレイからはその階で降ろされることなく通過する。

4.2.3 最下階固定式荷降ろし装置

目的階で降ろされなかったトレイは最下階に運ばれ、カゴの通過する位置まで突き出した固定式荷降ろし装置によって取り除かれる。したがってカーが最下階を通過し、下部鎖歯車部分を通して荷積側昇降路を上昇するときは、必ずずカゴとなるのでカゴを専有されることはない。

最下階で降ろされた他階行ききのトレイは、最下階のコンベヤ装置専任の管理者が、荷降ろし台が満載の階に通報し、トレイを取り除かせたのち再発送する。

なお、最下階にコンベヤ装置専任の管理者を配置されないときは、最下階も可動式自動荷降ろし装置とし、目的階をパスしたトレイは、目的階の荷降ろし台のトレイが取り除かれるまで、カーに乗ったまま昇降路内をぐるぐる回わすことも可能である。

4.3 事故防止装置

このコンベヤ装置の可動部分はすべてコンクリートの壁の中にあり、馴れない人にも危険を与えることはない。ここに述べる事故防止装置はコンベヤ装置に対するものである。

コンベヤ装置は全自動運転を行なっているのに、常に点検を行ない不測の事故が起こらないよう努めることはもちろん必要であるが、もし不測の事故の原因となるような、ささいな故障が発生したときには、運転を停止するよう事故防止装置を設けてある。

- (1) 荷積車、荷降ろし車が正常の位置に復帰しないとき。
- (2) 運搬チェーンが異常に伸びたり、バウンドしたとき。
- (3) 最下階の荷降ろし台が満載になったとき。
- (4) 電源が逆相になったり、三相電源の一相が切れたとき。

などの場合には、コンベヤ装置の運転を自動的に停止する。

4.4 故障位置表示器

コンベヤ装置の事故防止装置による非常停止は、前に述べたように、いろいろな原因によるものであるが、荷積車、荷降ろし車が正常の位置に復帰しないという故障の発生が最も多いことが予想される。この故障が発生した場合、10数階に設置された荷積装置と荷降ろし装置を全部点検しなければならないが、故障位置表示器を設置すれば、表示器の点灯している階のみ点検すれば良いので、余分な手間を省くことができる。

5. 標準仕様

5.1 トレイ (図 3.2)

積載重量	
大きさ	上面内法 266 mm × 406 mm 床面内法 254 mm × 378 mm
高さ	254 mm
材質	ファイバ板
仕上色	客先指定色

5.2 その他

運転速度	23 m / min
運搬量	最大 4,500 kg / h 毎分 7.5 回積込み
電動機	三相誘導電動機 8P

6. むすび

まえがきにも述べたように、この独特なコンベヤ装置の需要は今後に期待をかけられているだけに、今後いっそうの研究改良によって、運搬の自動化に役立ちたいと思っている。

ロープウェイのリアクトル制御

佐藤 正夫*・吉田 太郎*・川合 弘*

Reactor Control for Rope Way

Nagoya Works

Masao SATO・Tarō YOSHIDA・Hiroshi KAWAI

When an induction motor is used for Rope-Way, the most vital problem for it is how to get good speed-torque characteristics. There are several methods to control the motor. Of them the reactor control—the variable voltage control—has a number of advantages when adapted to the Rope Way. The speed control is made possible by using a four saturable reactor bridge circuit connected to the primary side of the motor. These four reactors are controlled with semi-conductors such as transistors, silicon diodes and silicon controlled rectifiers. The reference voltage furnishing the Rope Way with a speed program is available from a motor driven voltage regulator or a transistorized pulse counter device which measures the trailing rope length. The reactor control device is inexpensive and suitable for the Rope Way operation.

1. ま え が き

従来から観光地にロープウェイを設置することは盛んであるが、とくに最近ではロープウェイは観光地としての重要なポイントになってきている。また山岳地方の観光開発が活発になってきているが、この場合ロープウェイは文字どおり、観光の主役となるとともに、交通機関としても不可欠の要素となってきている。このようにロープウェイの果たす役割は次第に重要になってくる一方、パカスムードなど観光客の訪れも年々増加する傾向であり、そのため、ロープウェイの大形化、高速化、自動化が計られるとともに、乗りごちの改善、安全性の向上がますます要求されるようになってきた。一方制御技術は日進月歩で、とくにエレクトロニクスの発達はめざましくて、数年来、これらの要望にこたえるべく、トランジスタ、シリコン制御整流素子(SCR)などの半導体制御技術、ならびにリアクトル制御などの自動制御技術の開発とロープウェイ制御への適用が積極的に試みられてきた。その結果一応の標準方式を確立し、各地のロープウェイに実用され、良好な実績をおさめている。ここにロープウェイ用リアクトル制御、ならびに自動運転方式の概要と実例を紹介し、そして、今後のロープウェイ開発計画のための参考資料として役だてられることを願うものである。

2. ロープウェイ制御の概要と実例

ロープウェイは循環式と交走式があり、前者は駆動電動機により、えい索を一定の速度で動かし、それに適当な間隔をおいて多数の比較的小形の搬器をかませる方式で、これに対して後者は普通2台の大形の搬器をえい索に対称の位置に取り付け一方が上がるときは他方が下がるようにした方式である。循環式はロープ速度が最高2m/sくらいで遅いが、交走式は3.6~5m/sで、速く、観光用ロープウェイとしては速度の速いことが要求されるので、交走式のほうが多い。

ここに紹介するものは交走式の場合であるが、最近では循環式でも高速化を計画する傾向もあり、そのため、リアクトル制御を採用する計画も具体的に進められている。交走式ロープウェイは中間では定格速度(3.6m/sあるいは5m/s)で運転するが停留場に近づくと、漸次減速し、一定の低速で停留場にはいるようにしなければならない。電動機にかかる負荷は搬器がつるべ式にえい索につけられているので、上がるほうの搬器は正の負荷となるが、下がる一方の搬器は負の負荷となる。したがって搬器が上り満車、下り空車のときは、負荷は(+)で最も重く、上り空車、下り満車のときは負荷は最も軽く(-)となる。

また搬器が鉄塔を通過する場合の前と後で負荷がかなり変化する。すなわち通過前では負荷は重く、後では負荷は急に軽くなり、ときには負になる。地形ならびに鉄塔の位置によりいろいろ異なっているが、一般に最も重い場合を(+)100%とすると最も軽い場合は(-)50%くらいになる。しかも停留場にはいるとき、出るときが、最も変化が大きい場合が多い。

このように大きく変化する負荷に対して、円滑な加速、減速ならびに一定の速度曲線で運転することは、乗りごちをよくする上からのみならず、安全運転の上からも必要なことである。このことは高速化が計られるときは、とくに重要なことで、かかる意味からリアクトル制御ならびに自動制御化が必要となってきているのである。

ロープウェイは昭和28年ごろから製作されるようになったが、当初のものは巻線形三相誘導電動機の普通二次抵抗制御(単純可逆方式)であった。搬器が停留場に接近した場合は二次抵抗を大きくし、手動ブレーキで適宜制動をかけて低速運転を行なっている。



図 1.1 下田寝姿山ロープウェイ
Fig. 1.1 Shimoda RopeWay

表 2.1 リアクトル制御 ロープウェイ製作実績

納入先	製作年月	電動機	備 考
白 浜 温 泉	33-9	220V 60 c/s 75 kW	三相平衡可逆式、マグアンプ式
天上山(河口湖畔)	33-11	200V 50 c/s 75 kW	" "
船 佐 山 (長崎市)	34-9	440V 50 c/s 110 kW	" "
善 光 寺 平	35-12	440V 60 c/s 75 kW	" "
寝 姿 山 (伊 豆)	36-10	400V 50 c/s 75 kW	三相平衡可逆式、トランジスタ リレー使用 SCR 式
別 府 (鶴 見 岳)	37-5	3,300V 60 c/s 350 kW	三相平衡可逆式トランジスタ、 SCR 式
小 豆 島	38-1	440V 60 c/s 75 kW	ブリッジ式、SCR 式、トラン ジスタリレー使用
岩 国 城	38-1	440V 60 c/s 55 kW	小豆島と制御方式は同じ
城 崎	38-2	440V 60 c/s 75 kW	ブリッジ式、SCR 式、トラン ジスタリレー式、強制減速装置 付 (パルスカウンタ使用) 3 ホ ーム
身 延 山	38-5	400V 50 c/s 150 kW	ブリッジ式、トランジスタ SCR 式
淡 島 (沼 津)	38-7	400V 50 c/s 95 kW	ブリッジ式、トランジスタ SCR 式

この制御は負荷が (+) の場合は比較的容易であるが、(-) の場合には二次抵抗を大きくするとかえて速度が速くなるので、手動ブレーキの操作はかなり微妙で運転者の勘にたよらなければならず、したがって運転の安全性は必ずしも十分ということとはできなかった。

当社では昭和28年から33年に至る5年間に金華山(岐阜市)、摩耶山(神戸市)、雲仙などを始め18個所に普通二次抵抗制御のものを納入したが、33年ごろから自動運転化と安全性の向上の要求が強くなり、それにこたえてリアクトル制御のロープウェイ制御への実用化を計り、その第1号機を33年11月和歌山県の白浜に設置した(安全索道KK施工)、その後引き続いて、河口湖畔、長崎船佐山などに設置し、現在では11号機目を沼津淡島に設置中である。表2.1はリアクトル制御方式のロープウェイの実績を示したものである。

なお当初のものは自動制御部には磁気増幅器を用い、その他の制御部は通常の電磁継電器を使用した。現行のものは自動制御部にはシリコン制御整流素子(SCR)、トランジスタを使用し、その他の自動運転制御回路はトランジスタ無接点リレー(トランジスタリレー)を使用し、ほとんどの主要回路を無接点化している。

また当初のものは半自動運転であったが、現行のものは全自動運転が可能になっている。(もっとも実際の運転は手動運転の場合が多いが、この場合でも運転者がミスした場合には、全自動運転が行なわれるようになっており、全自動運転のわく内での手動運転をしているのであって、非常に安全性の高いものになっている。)

主電動機としての巻線形三相誘導電動機の容量としては、小は55kW、大は350kWまで製作しており(もちろんこれより小容量のものでも大容量のものでも製作可能である。)ロープウェイとしての必要な容量をカバーしている。

3. リアクトル制御の原理

リアクトル制御は可飽和リアクトルと増幅器を用いて自動制御することにより負荷が変化しても任意の一定速度で運転させようとするもので、直流のワードレオナード制御に匹敵する特性をもっている。図3.1のように電動機の一次側に可飽和リアクトルをそう入して、その直流励磁電流を増減することにより電動機に印加される電圧を変化させ、電動機のトルクを制御する。電動機には速度に比例した電圧を発生するパイロット発電機を設けて速度を検出し、指令の速度(基準電圧)と比較する。

その差を増幅器により増幅してリアクトルを励磁し、速度が指令

ロープウェイのリアクトル制御・佐藤・吉田・川合

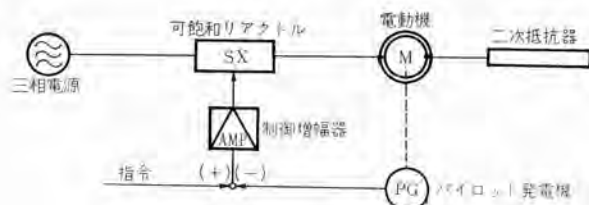


図 3.1 リアクトル制御のブロック線図
Fig. 3.1 Block diagram of reactor control.

速度に近づき、差がなくなる方向に自動制御する。たとえば指令の速度(+電圧)に対して実際の速度がおそい場合には差は(+)となり、これが増幅されてリアクトルの励磁を強めて電動機トルクを増加させ、電動機を加速させる。そしてほぼ指令速度に等しい速度まで加速し、その速度で運転する。逆に負荷が急に軽くなって指令速度より電動機速度が大きくなった場合は、パイロット発電機の出力の負電圧のほうが大きくなって差は(-)となり、リアクトルの励磁を弱めてトルクを減少させ、速度はほぼ指令の速度まで減速させる。実際には自動制御系の安定化を計るため、ダンピング回路を設けている。

4. ロープウェイのリアクトル制御回路

4.1 回路

ロープウェイのリアクトル制御回路は、4台の可飽和リアクトルを図4.1のごとくブリッジに接続する。リアクトルSX₁、SX₃を励磁すると電動機には正相の電圧が印加され、正方向のトルクすなわち駆動トルクを発生し、反対にSX₂、SX₄を励磁すると電動機には逆相の電圧が印加され、逆方向のトルクすなわち制動トルクを発生する。速度の指令電圧である基準電圧(+)と電動機速度に比例した速度電圧(-)とを比較して差が(+)のときはSA₁のSCR増幅器によりSX₁、SX₃が励磁されて駆動トルクを発生し加速する。差が(-)のときは(すなわち速度が早くなり過ぎた場合)SA₂のSCR増幅器によりSX₂、SX₄が励磁されて、制動トルクを生じて減速する。上述のごとく基準と検出の差が(+)か(-)の符号

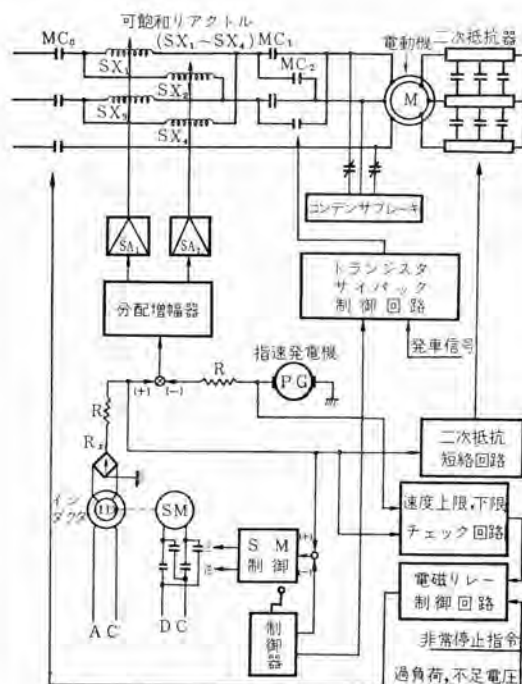
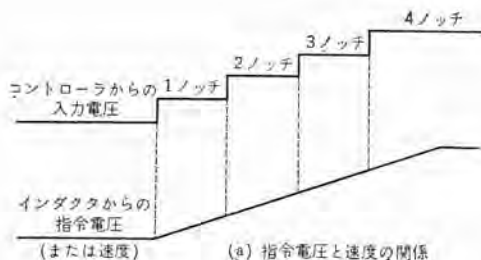
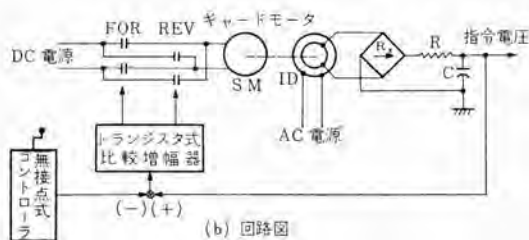


図 4.1 ロープウェイの制御回路
Fig. 4.1 Block diagram of Rope Way control.

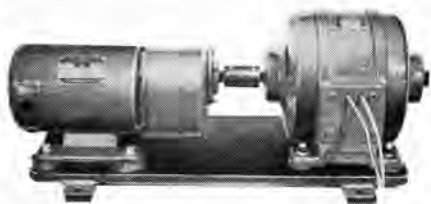
三菱電機技報・Vol. 37・No. 11・1963



(a) 指令電圧と速度の関係



(b) 回路図



(c) 速度指令装置

図 4.8 ローウェイ用速度指令装置

Fig. 4.8 Speed-programmer for Rope Way.

器の出力は電磁 リレー を動作させる デジタル 量である。比較増幅器の出力は FOR か REV かのどちらかの電磁 リレー を励磁する出力である。したがって比較増幅器の回路は入力が (+) か (-) かを検出する要素は、分配増幅器と同じく B18₁ のような特性にして、B18₁ の出力の増加減少のアナログ量を波形形成要素 B16 を使用して デジタル 量にしている。図 4.9 はその回路図である。

4.3.2 無接点コントローラ

図 4.8 (b) で示した無接点コントローラは基準電圧装置にも用いたようなインダクタを手動により回転角を変え、二次誘導起電圧をトランジスタで検出するものである。各回転角により発生電圧が異なるので電圧の違いを検出すれば機械的変位をデジタルの電気量として取り出すことができる。このようにして接点式コントローラと同じ目的を達することができるが、無接点式のほうは接触不良がないので有利である。

インダクタの回転角が 60° くらいまでは、二次電圧は回転角に対してほぼ直線的になる。回転位置 1, 2, 3, 4 における電圧値をそれぞれ A, B, C, D とすれば、これらの電圧値をトランジスタ波形形成要素 B16 を 4 個使用して、別々に検出することができる。図 4.10 は回転角と出力電圧の関係を示す。

(注) インダクタは回転方向により電圧の位相が異なるのでこの位相の違いを検出して、クレーンなどでは巻き上げ、巻き下げの信号に使っている。

4.3.3 減速指令装置

搬器が停留所に近づくとコントローラ またはリミットスイッチにより減速指令が与えられるが、この減速指令は電動式基準電圧装置の REV の電磁 リレー を励磁して、基準電圧を下げるように SM モータは制御される。

交走式 ローウェイ では起動、停止のひん度は大きいので、リミットスイッチも無接点リミットスイッチを使って接触不良のないように注意を払っている。

ローウェイのリアクトル制御・佐藤・吉田・川合

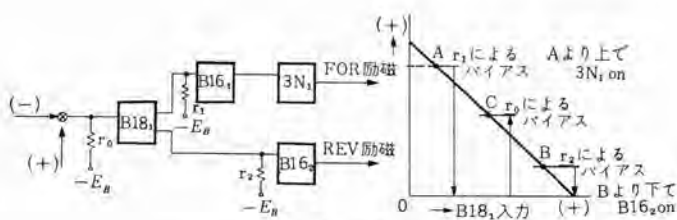


図 4.9 比較増幅器回路図

Fig. 4.9 Control circuit of speed programmer.

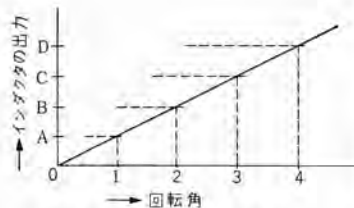


図 4.10 インダクタの特性

Fig. 4.10 Characteristic of inductor.

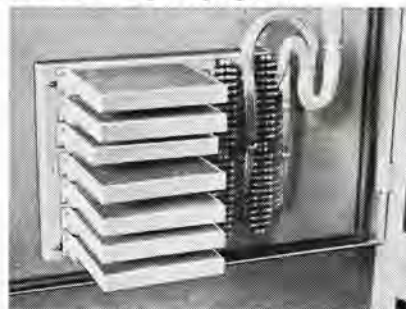


図 4.11 パルス カウンタ ユニツト

Fig. 4.11 Transistorized pulse-counter unit.

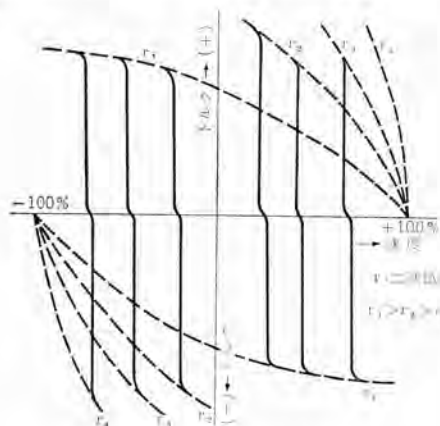


図 4.12 速度—トルク 特性

Fig. 4.12 Speed-torque characteristic curves.

当社では昭和 38 年兵庫県城崎にわが国で初めての中間停留所を設けた交走式 ローウェイ の制御装置を納入している。停留所と停留所間のロー長を約 1m ごとにトランジスタ式パルスカウンタで検出して、このカウンタ出力により自動減速指令を与え自動停止を行なうという新しい試みを取り入れた。

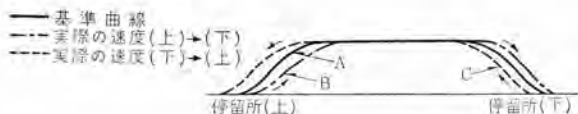
このカウンタによるプログラム制御方式は、ローのスレにより減速開始点および中間停留所で停止する位置が移動するようなことはないのが大きな特長である。

また カウンタ 出力は数字により表示しており搬器の移動距離を数値で知ることができる。図 4.11 はパルスカウンタのトランジスタ回路部分をまとめたものを示す。

4.4 二次抵抗短絡装置

リアクトル 制御では自動的に速度の制御を行なうが、これに並行して二次抵抗の短絡を速度に応じて行なっている。図 4.12 に示すように速度が高くなるに従って二次抵抗を減少させ、このようにすることによって、高速においても大きなトルクが得られる。その結果 ローウェイ ではほとんど -100~+100% の速度範囲において連続な速度制御が可能である。

二次抵抗短絡用のコンタクトは指令電圧または PG 電圧により作動するトランジスタサイパックにより自動的に励磁されるが、ローウェイでは基準電圧により行なっている。

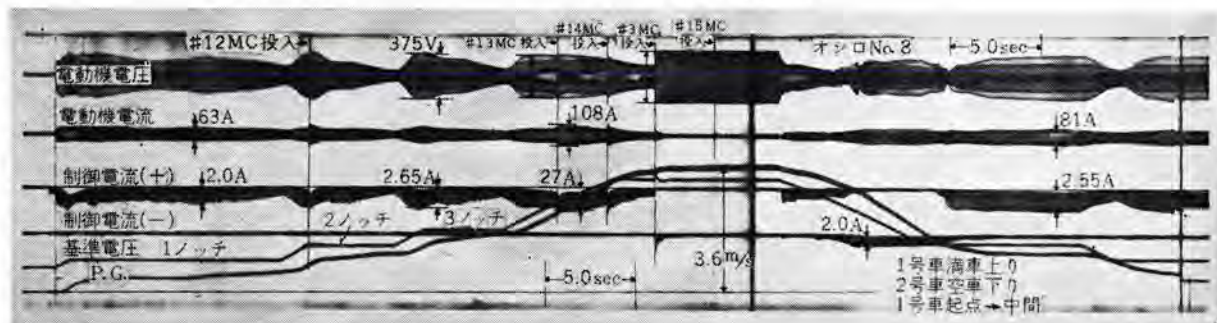


▲ (a) 説明図

図 5.1 指令速度と搬器速度の関係

Fig. 5.1 Relation between program-speed and Rope-Way speed.

▼ (b) 説明写真



また減速のときに逆トルク制動をかけているが、逆トルク制動のときは速度の速いおそいに関係なく二次抵抗を全部入れている。すなわち逆トルク制動のときはSCR増幅器SA₂の出力が出るので、この出力電流を検出して二次抵抗短絡用のコンタクトを全部offにしている。

5. 保 安 装 置

5.1 速度チェック回路

ロープウェイでは搬器の速度が、たとえば1ノッチ0.5 m/sec, 2ノッチ1 m/sec, 3ノッチ1.8 m/sec, 4ノッチ3.6 m/secと決められている場合に、各ノッチの速度をチェックして正しく運転されているかを知る必要がある。速度チェックは主として速度開閉器、リミットスイッチなどの機械的な開閉により行なっているが、速度を電圧に変換して(PG電圧)、トランジスタサイパックを動作させる無接点開閉も併用して安全性を高めている。停留所に近づいたとき規定の位置において規定以上の速度になっていたら、主電源を切ってロープウェイを停止させる。

5.2 上限下限チェック回路

前記速度チェック回路のほか規定速度に対する上限、下限のチェックを行なって加速、減速の状態をチェックする。ロープウェイは円滑な加速、減速が必要であるため電動式基準電圧装置により速度指令を図5.1のA曲線のごとく与えている。これに対して速度もAの曲線と同じになれば問題はないが実際には加速中には基準速度より遅れて運転され、減速のときは逆に基準より早い速度で運転される。上限、下限チェック回路は基準の速度に対して速度の遅れまたは進みが極端にならないように、すなわち基準に対する速度の上限または下限をチェックする回路である。

図5.1においてAの指令速度に対して客車の速度はBおよびCのように加速中は遅れ、減速中は進んでいる。上限、下限チェック回路はトランジスタサイパックにより構成されていて、基準Aと客車の速度BまたはCとの差が大きくなったときロープウェイに停止指令を与える。回路の構成は前4.3節で述べたトランジスタ式比較増幅器と同じで動作原理もほとんど同じである。

電動式基準電圧の出力(+)とPG電圧(-)の差を検出している。上限、下限の幅は任意に調整ができる。大体10%にしている。

5.3 その他の保安回路

ロープウェイの保安装置としては過速防止用の120%オーバースピードリレー、低電圧リレー、過負荷リレーなどを設けて常に運転状態が最

適であるかチェックしている。そして一つでも悪い条件になるといずれの場合も安全側に動作する停止指令を出して運転を停止させる。

6. コンデンサブレーキ装置

誘導機のコンデンサ自動現象を利用して誘導電動機を発電機にし、発生電力を抵抗を通して消費させ制動を行なう装置である。電動機の一次側を電源から切り離して、これに適当な容量のコンデンサを接続すると電動機は残留磁気により微弱な電圧を発生しているからコンデンサには微弱な進み電流が流れ、この電流が電動機の励磁電流となって磁束を増す。その結果誘導電動機の端子電圧は上昇してゆく。この発生電圧(電力)をコンデンサと並列に接続した外部抵抗器により熱消費すれば電動機には制動力が発生してその速度は低下してくる。

この原理を応用したいわゆるコンデンサブレーキは高速においては制動トルクが大きいのでロープウェイでは制動距離を短くすることができる。このブレーキ装置の特長は機械的な摩擦部分がないこと、また運転中電源が停電したときにも動作するので他の電気的なブレーキ(DC, ACダイナミック制動、逆トルク制動など)に比べて非常に有利である。図6.1はコンデンサブレーキ装置の接続図である。

電磁接触器MC₀により電動機に電圧が印加されているときはMC₁は、バック接点を開いてコンデンサCと抵抗Rを一次回路から切り離している。リアクトル制御のロープウェイではコンデンサブレーキは非常停止の場合に使用しているので、非常の場合MC₀, MC₁はoffになる。したがって電源は切れてコンデンサと抵抗が電動機の一次回路にそう入されると同時に二次回路は短絡されて、いわゆるコンデンサブレーキがかかる。運転者の熟練にたよる二次抵抗制御のロープウェイではコンデンサブレーキを簡単な速度制御のためにも使うことができる。図6.2はコンデンサブレーキを付けた場合と付けない

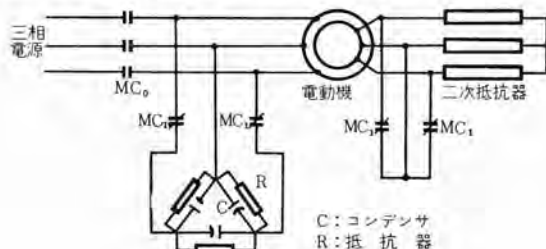


図 6.1 コンデンサブレーキ装置

Fig. 6.1 Condensor braking device.

訂 正

66 (右) 17 行目	$k=r_r/x_r$	$k=x_r/r_r$
66 図 3.8		
67 (左) 13 行目	4. 速度 トルク 定数	4. 速度 トルク 特性
67 図 4.1	$\dot{Y}_m = 0.26 - j1.48 \text{ (mV)}$	$\dot{Y}_m = 0.26 - j1.48 \text{ (mV)}$
67 図 5.1	$\angle \dot{E}$	$\angle \dot{E}_1$
68 図 5.2	$\widehat{\text{mV}} \text{ (mV)}$ $\angle \dot{I}_1$	$\widehat{\text{mV}} \text{ (mV)}$ $\angle \dot{I}_{10}$
68 (左) 18 行目	$M = X_m/2\pi f = 1.79 \text{ (M)}$	$M = X_m/2\pi f = 1.79 \text{ (H)}$
69 (左) 式 (5.8)	$\dots\dots\dots \cos(2\pi f + \angle \dot{E})$	$\dots\dots\dots \cos(2\pi f + \angle \dot{E}_1)$

本誌 Vol. 37・No. 3 「小形吸収式調湿機」のうち誤を下記のように訂正いたします。

ページ	誤	正
91 (左) 38 行目	P_a : 大気圧 (=10332) (m)	P_a : 大気圧 (10332) (kg/m ²)

本誌 Vol. 37・No. 3 「金属の造塊時における超音波印加の影響」のうち誤を下記のように訂正いたします。

ページ	誤	正
3 図 2.1	(SUS27)	(SUS27)

本誌 Vol. 37・No. 3 「電気機器用接着剤」のうち誤を下記のように訂正いたします。

ページ	誤	正
67 (左) 37 行目	界面力張	界面張力
68 図 3.3	1-位汚なし	1-汚染なし
71 図 3.18	線量 (Rad)	線量 (Rad) log

訂 正

本誌 Vol. 37・No. 3「網目構造をもつ高分子における分子鎖セグメントの易動性分布」のうち誤を下記のように訂正いたします。

ページ	誤	正
50 (右) 9 行目	……結合点にのみは働くと……	……結合点にのみ働く……
51 (左) 式 (2.2)	$-\Delta v = a n \frac{\rho}{\rho_0}$	$-\Delta v = a \ln \frac{\rho}{\rho_0}$
51 図 2.2	……polydimethy siloxane.	……polydimethylsiloxane
51 図 2.3	鉄の分布	鋭い分布
53 (右) 2 行目	ライアント	ライアンス
54 図 3.7	……粘弾性的な抗抗……	……粘弾性的な抵抗……
55 (左) 21 行目	……見られ、束縫を……	……見られ、束縛を……
55 (左) 31 行目	……傾斜はゆるやかになる	……傾斜は急激になる

本誌 Vol. 37・No. 3「電気機器用ゴム材料」のうち誤を下記のように訂正いたします。

ページ	誤	正
75 表 2.2	ブチルゴムの電気的性質 (絶縁抵抗) 劣る	ブチルゴムの電気的性質 (絶縁抵抗) 良
76 図 3.1		
77 表 3.2		注：記号 C, MC を削除する
78 図 3.10		

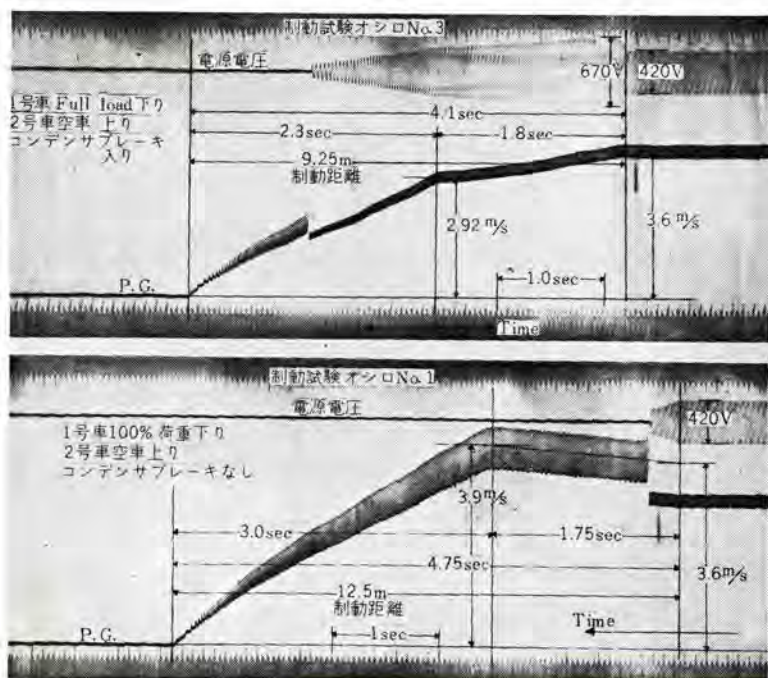


図 6.2 コンデンサブレーキの制動特性
Fig. 6.2 Braking test of condensor braking device.

い場合の制動特性を示した図である。

7. む す び

リアクトル制御ロープウェイは制御回路のほとんどにトランジスタなどの半導体を取り入れて、従来の接点式制御に比べて小形化、無接点化されただけでなく、より高度な自動制御を行なうことができた。ロープウェイの制御装置にはいくつかの調整する回路があるが、トランジスタサイパックの使用により調整は簡単になり取り扱いやすくなっている。

今までに 10 台余りのリアクトル制御のロープウェイを製作してきているが、1 台ごとに新しい技術が取り入れられ、だんだんと改良され、より高度の制御装置が安価でできるようになった。

以上、ロープウェイにおけるリアクトル制御ならびに自動運転方式について概要を説明したが、特長をまとめると大要次のようになる。

(1) 安全である。

(a) 可飽和リアクトル、トランジスタ、SCR などにより自動制御されているので、負荷の大小にかかわらず、コントローラのノッチに相当した一定の速度で運転できる。

(b) 電動式基準電圧装置、その他、トランジスタ回路により速度曲線がプログラムされているので、運転者の操作いかんにかかわらず一定の速度曲線で自動的に運転される。

(c) 制動は常時、リアクトル制御による電気制動で行なわれるので機械的制動機は摩耗することなく、常に正常な状態に保たれており、非常停止の際は常に確実に動作する。さらにコンデンサブレーキを併用しているので、最も短時間に安全に停止する。

(d) 速度のチェック回路、自動制御回路のチェック回路、その他保安回路が完備しているので、わずかな狂いでも自動的に検出し、運転を停止させる。

(e) 制御回路はトランジスタにより無接点、静止化されているので接点の接触不良などによる誤動作がなく動作の信頼度が高い。

(2) 性能がよい(乗りごちがよい)

安定な自動制御回路により制御されているので、常に一定の速度曲線で運転するとともに円滑な加速、減速が行なわれ、搬器の動揺ならびに変速時のショックがなく、乗りごちがよい。

(3) 保守が容易である。

(a) 電動機は誘導電動機であるので、直流電動機や、整流子電動機などに比べ、はるかに保守が簡単である。

(b) 制御回路の主要部は可飽和リアクトル、SCR、トランジスタなど半永久的の寿命をもった静止機器からなっているのほとんど保守を必要としない。

(4) 経済的である。

リアクトル制御は直流電動機のワードレオード制御と同程度の性能をもっているが、誘導電動機を使用しているので、はるかに安価にできる。

参 考 文 献

- (1) 佐藤・吉田：ロープウェイのリアクトル制御「三菱電機」33 No. 5 (昭 34)
- (2) 吉田・酒井・宮：トランジスタリレー制御方式「三菱電機」34 No. 12 (昭 35)
- (3) 吉田：トランジスタリレー制御方式とその応用「電子技術」3 No. 6 (昭 36)
- (4) 吉田・高岡・川合：シリコン制御整流素子による電動機制御「三菱電機」36 No. 5 (昭 37)
- (5) 吉田：SCRの交流電動機制御への応用「三菱電機技報」37 No. 5 (昭 38)
- (6) 吉田・梶野：SCRの小容量直流電動機への応用「三菱電機技報」37 No. 5 (昭 38)

ダイオードトランジスタ NOR-OR 素子

中塚正三郎*・壺井芳昭*・松原 要*

Diode Transistor NOR-OR Element

Research Laboratory Syōzaburō NAKATSUKA・Yoshiaki TSUBOI・Kaname MATSUBARA

Diode-transistor NOR-OR circuitry functioning OR-NOT-OR has been developed as a logical element having a short propagation delay at high fan-out levels for use in a high speed digital computer. The NOR-OR is a diode-transistor NOR followed by an emitter-follower output stage, which is used as an OR-gate. This article outlines the design method and also discusses in detail important factors in the design. It also touches on a test circuit for NOR-OR operation and a delay element used for it.

1. ま え が き

抵抗とトランジスタによる論理素子 NOR は、回路構成が比較的簡単で信頼度も大きいので、現在工業制御方面にかなり実用されている。しかし高速動作を必要とする計数形電子計算機の論理素子としては、動作速度の点で十分なので、OR ゲート回路に抵抗の代わりにダイオードを用いたダイオードトランジスタ NOR が用いられる。ここで紹介する NOR-OR は、さらに高速で動作をする論理素子を目的として研究試作したもので、ダイオードトランジスタ NOR の出力をエミッタフォロアで増幅することにより高速動作とともに大きい FAN-OUT および FAN-IN を得ている。NOR と同様に、ただ 1 種類の素子ですべての論理回路を構成することができる。さらに、OR の機能を利用することにより NOR の場合より少ない素子数で論理回路を構成することが可能である。

以下に NOR-OR の動作原理および設計法の概要を述べ、次に設計に際し問題となる点、考慮しなければならない点としてトランジスタの動作点、電源電圧の決定あるいはパルス入力に対する応答などについて述べる。最後に、NOR-OR の動作試験を行なうために構成した論理回路について簡単に説明する。

2. ダイオードトランジスタ NOR-OR 回路

2.1 回路構成および特長

ダイオードトランジスタ NOR-OR は図 2.1 に示すように、ダイオードによる OR ゲートの出力をトランジスタ TR1 で反転増幅し、それをさらにエミッタフォロア TR2 で電流増幅して送り出す方式である。2 段増幅を行なっているため FAN-OUT を大きく、スイッチング速度を早くすることができる。TR1 には比較的電流容量は小さいがシャ断周波数の高い PNP 形スイッチング用トランジスタを用い、TR2 に

は電流容量およびコレクタ許容損失が大きくシャ断周波数の高いシリコンメサあるいはプレーナ形トランジスタを用いる。

論理条件電圧は、TR1 が導通時の出力 $-V_1$ を“1”に、シャ断時の出力 $-V_0$ を“0”に対応させる。入力が一つでも“1”のときはそのダイオードが導通しダイオードゲートの出力はほぼ $-V_1$ となり TR1 は逆バイアスに保たれシャ断されている。各入力がすべて“0”になればダイオードは全部シャ断され、TR1 のベースから抵抗 x および u を通りベース電流が流れ TR1 は導通し飽和状態になる。

エミッタフォロア TR2 は電流増幅とともに、図 2.2 に示すように他の NOR のエミッタフォロアとエミッタ負荷抵抗を共通にすることにより OR ゲートを構成することができる。このため TR2 には NPN 形が必要だが、単にエミッタフォロアとして動作する場合でも消費電力および負荷との結合損失の点で NPN 形を用いた方が有利である。

2.2 論理要素としての NOR-OR

NOR-OR は単独で用いる場合には NOR として動作する。たとえば図 2.1 において入力 A, B および C と出力 Y の関係は、

$$Y = A + B + C = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \dots \dots \dots (2.1)$$

で示される。NOR による論理回路の構成についてはすでに述べられているので⁽¹⁾⁽²⁾ここでは NOR-OR の場合について、2 進数に対する全加算回路を例に簡単に説明する。まず 2 進数 A と B および前段からのけた上げ信号 C に対する和 S は

$$S = A \cdot B \cdot C + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C$$

で示される。これを NOR-OR に適するように変形するには論理和で結ばれた各項について NOR と同様な変形を行なうだけでよ

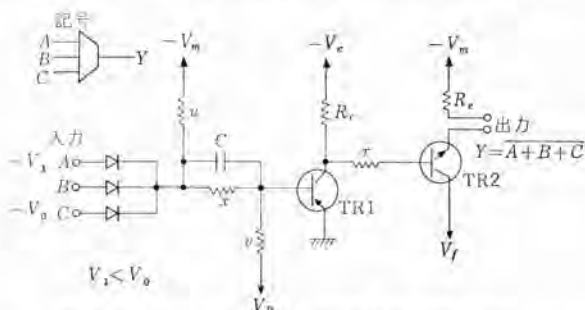
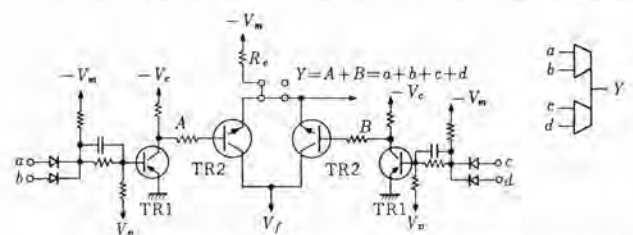


図 2.1 ダイオードトランジスタ NOR-OR 回路と記号
Fig. 2.1 Circuit and symbols of diode-transistor NOR-OR.



計：この接続によって得られる論理演算は上図出力端子に記しこととあり従来の慣習的に用いられている記号を用いて表わせば下図のとおりでありまったくこれと等価である。

ただし NOR
OR

図 2.2 エミッタフォロアによる OR ゲート
Fig. 2.2 Emitter-follower OR gate.

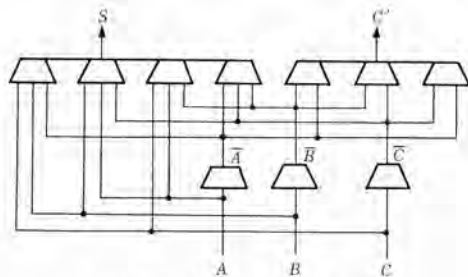


図 2.3 NOR-OR 全加算器
Fig. 2.3 NOR-OR full adder.

い、そして各項の NOR に対する出力を NOR-OR の OR により合成する。すなわち

$$\begin{aligned} S &= \overline{A \cdot B \cdot C} + \overline{A \cdot B \cdot \bar{C}} + \overline{A \cdot \bar{B} \cdot C} + \overline{A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}} \\ &= \overline{A+B+C} + \overline{A+B+\bar{C}} + \overline{A+\bar{B}+C} + \overline{A+\bar{B}+\bar{C}} \end{aligned} \quad (2.2)$$

となる。同様にして次段に対するケタ上げ信号 C' は

$$\begin{aligned} C' &= \overline{A \cdot B} + \overline{B \cdot C} + \overline{A \cdot C} = \overline{A \cdot B} + \overline{B \cdot C} + \overline{A \cdot C} \\ &= \overline{A+B} + \overline{B+C} + \overline{A+C} \end{aligned} \quad (2.3)$$

で求められる。式 (2.2) および式 (2.3) に対する結線図を図 2.3 に示す。

3. 設計法の概要

設計は、1 段目の入力ゲート回路と 1 段目のコレクタ回路からエミッタフォロア段までとに分けて考える。回路定数の決定はおもに直流動作条件をもとに行なう。

3.1 直流動作条件

まず図 3.1 および図 3.2 に示す NOR 入力ゲート回路と TR1 のベース回路までを考える。TR1 が導通 (オン) の場合は、図 3.1 から

$$x \cdot \left(\frac{V_p + V_b}{v} + i \right) + u \left(\frac{V_p + V_b}{v} + i - MI_{d0} \right) = V_m - V_b \quad (3.1)$$

が成立する。また TR1 がシタ断のときは図 3.2 に示す回路から

$$\frac{V_p - V_f - I_0 v}{v} = \frac{V_f + V_d + V_1}{x} \quad (3.2)$$

$$\frac{V_f + V_d + V_1}{x} + id - (M-1)I_{d1} = \frac{V_m - V_1 - V_d}{u} \quad (3.3)$$

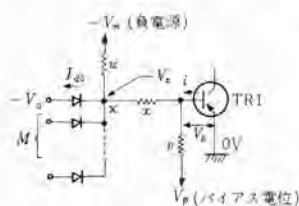


図 3.1 TR1 が導通時の回路定数
Fig. 3.1 ON-state equivalent circuit for TR1.

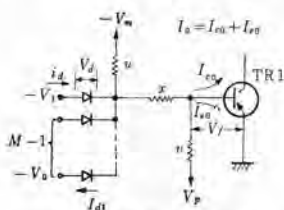


図 3.2 TR1 がシタ断時の回路定数
Fig. 3.2 OFF-state equivalent circuit for TR1.

M : 入力端子数
 V_0 : 条件 "0" に対する電圧 (絶対値)
 V_x : 図中、X 点の電位 (絶対値)
 V_b : TR1 のベースエミッタ間の電圧
 I_{d0} : 入力 $-V_0$ のときのダイオードの漏れ電流
 i : 導通時のベース電流
 u, v : および x : 抵抗

V_f : エミッタベース間逆バイアス電圧
 V_d : ダイオード順方向電圧降下
 V_1 : 条件 "1" に対する電圧 (絶対値)
 i_d : ゲート入力電流
 I_{d1} : 入力 $-V_0$ のダイオードを流れる漏れ電流
 I_0 : ベースからエミッタおよびコレクタに流れる漏れ電流 I_{e0} および I_{c0} の和

が成立する。これらの式を u, v および x について解けば 2 次式の根として 2 組の解が求められるが、安定度の点から常に大きい方の解をとる。

一方、式 (3.1), (3.2) および (3.3) を i, V_f および i_d について解き、各パラメータが最悪条件になった場合を求めれば

$$i = \frac{1}{x+u} (V_m - \bar{V}_b + MI_{d0} \bar{u}) - \frac{\bar{V}_p + \bar{V}_b}{v} \quad (3.4)$$

$$V_f = \frac{1}{x+v} \{ x(V_p - \bar{I}_0 v) - v(\bar{V}_1 + \bar{V}_d) \} \quad (3.5)$$

$$\bar{i}_d = \frac{\bar{V}_m - V_1 - V_d}{u} + (M-1)I_{d1} - \frac{V_p + V_d + V_1 - \bar{I}_0 v}{x+v} \quad (3.6)$$

となる。ここで記号の上に線を入れたものは最大値、下に線を入れたものは最小値を表わす。式 (3.4), (3.5) および (3.6) から、回路定数が変動した場合のベース電流、逆バイアス電圧およびゲート入力電流の変化を検討することができる。

入力が全部 "0" すなわち $-V_0$ のときはゲートのダイオードがシタ断されるように設計する。このためには図 3.1 の点 X の電位 $-V_x$ について、 $V_0 > V_x$ が成立しなければならない。すなわち最悪条件では

$$V_0 > \bar{V}_x = \frac{\bar{V}_b u + \bar{V}_m x + MI_{d0} \bar{x} u}{x+u} \quad (3.7)$$

が成立しなければならない。

次に、図 3.3 に示す回路条件およびベース電流の最少値 i から、TR1 が飽和を保つためには次式が満たされなければならない。

$$i \beta_1 \geq \frac{\bar{V}_c - V_s}{R_c} + \frac{(\bar{I}_L R_c + V_m) - (V_s + V_{e1})}{\beta_2 R_c + r} \quad (3.8)$$

図 3.4 に示す TR1 がシタ断時の回路条件から V_0 が求められる。 β_2 が非常に大きい場合は V_0 は最小となり

$$V_0 \doteq V_c + V_{e0} \quad (3.9)$$

となる。式 (3.7) および (3.9) より TR1 のコレクタ電源電圧 $-V_c$ について

$$V_c \geq \bar{V}_x - V_{e0} \quad (3.10)$$

が成立しなければならない。 V_c が決定すれば式 (3.8) から R_c の最小値が計算される。

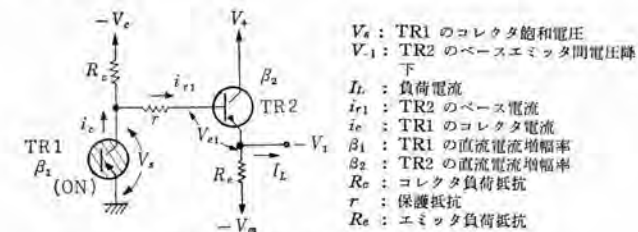


図 3.3 TR1 が導通時の出力回路
Fig. 3.3 ON-state equivalent circuit for output stage.

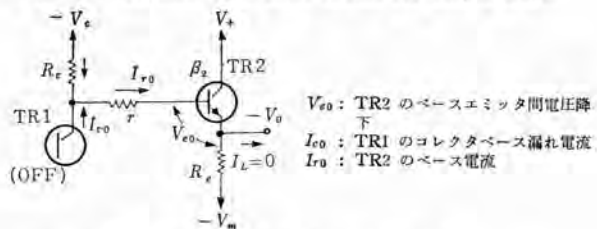


図 3.4 TR1 がシタ断時の出力回路
Fig. 3.4 OFF-state equivalent circuit for output stage.

3.2 入力回路定数の決定

入力ゲート回路は、各回路定数、電圧などの変動による最悪条件のもとでもベース電流が設定値以上になること、およびシャ断状態のベース電位が雑音電圧の影響を受けない程度に逆バイアスに保たれることを目標に設計する。

入力回路の抵抗 u, v および x は、電源電圧 V_m, V_p , FAN-IN 数 M , ダイオードおよびトランジスタの特性から $V_1, V_b, V_d, I_{d0}, I_{d1}$ および I_0 の各中心値が与えられた場合、これ以外に i, V_f および i_d がわかれば式 (3.1), (3.2) および (3.3) を解くことにより計算される。しかし i, V_f および i_d は中心値より最悪条件における値 i, V_f および i_d の方が問題になる。 i は TR1 の動作点すなわちコレクタ電流と β_1 の最低値 β_1 から与えられる。 i_d は TR2 の最大エミッタ電流から 4.1 節 (g) および (h) で述べるようにエミッタ負荷抵抗 R_e による電流と最大 FAN-OUT 数によって決定される。また V_f は 4.2 節で述べる雑音電圧から決定される。

i, V_f および i_d に対応する i, V_f および i_d を求めるためには、まず第 0 次近似として適当な中心値を仮定して u, v および x を計算する。この計算結果に抵抗の偏差を考慮した値と、他のパラメータの最大値、最小値とを式 (3.4), (3.5) および (3.6) に入れ i, V_f および i_d を計算する。これらの値と実際に必要な値との差から第 0 次近似の i, V_f および i_d の設定値を変更してふたたび計算を行ない第 1 次近似を得る。これを繰り返すことにより i, V_f および i_d が設計条件を満足するための中心値 i, V_f および i_d を求めることができる。

V_f および i_d を一定にして i と i の関係を調べると、図 3.5 の例に示すように i には最大値が存在し、ある程度以上 i を大きく選んでも最悪条件における値 i は逆に減少する。この i の最大値を i_{av} (available i) とする。さらに i を大きくすれば式 (3.1), (3.2) および (3.3) の解 u, v および x が (正数では) 存在しなくなる。以上の繰り返し計算の途中でトランジスタおよびダイオードの動作点が最初の設定値からずれば新しい動作点に対しパラメータを適当に修正する。

入力回路での損失をできるだけ小さくするため、 i は i が最大になる点の値すなわち i_{av} に対応する i を設計中心値として選ぶ。 i_{av} が TR1 に必要なベース電流の最低値より大きければ i_d (i_d) を小さくして設計しなおすか TR1 の電流増幅率の最低値 β_1 を

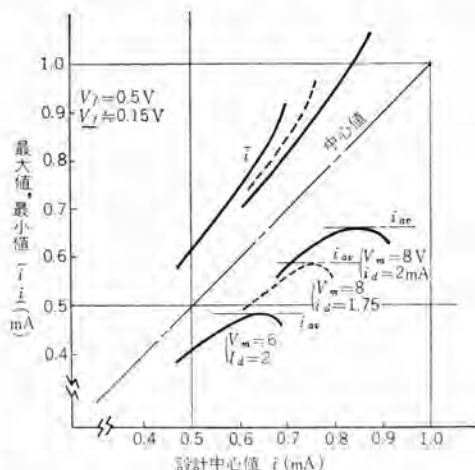


図 3.5 ベース電流の中心値と最大値、最小値の関係
Fig. 3.5 Relation between design center value and worst case values of base current.

さらに小さいところまで許すように変更する。また i_d, β_1 はそのままにして、偏差内に納めるのが一番苦しいパラメータの許容変動幅を広げることも考えられる。

以上の過程により回路定数が決定すれば式 (3.7) から V_x が定まり、したがって V_0 の値が決定される。 V_x は V_m および i によって変化するので上述の動作点の決定過程では V_x についても同時に検討を加えながら計算を進めなければならない。なお、回路定数の決定にあたっては抵抗 u, v および x を標準抵抗値の中から選ぶことを一つの条件にすることも考えられる。

以上のように、計算による cut and try によって入力回路の定数の最適化を行なうが、これらの計算はすべて計数形電子計算機によって半自動的に行なわせるようプログラムを作成することができる。

4. 動作点の解決にあたって考慮すべき点

4.1 トランジスタの動作点および特性のパラツキ

TR1 はスイッチングモードで用いられるので、シャ断周波数 (または f_T) の高いこと、少数キャリア蓄積時間の短いこと、飽和時のエミッタコレクタ間の電圧降下の小さいことなどが大切である。PNP 形で超高速スイッチングに適するものとして MADT 形 (Micro Alloy Diffused Transistor) およびエピタキシャルメサ形のゲルマニウムトランジスタがある。TR2 は飽和することがないので、コレクタ損失が大きくシャ断周波数の高いシリコンメサあるいはプレーナ形のトランジスタを用いる。

トランジスタおよびダイオードの動作点は、以下に示す点に留意し適当な数のサンプルについての測定結果をもとに決定する。

- ダイオードの順方向電流対電圧降下 (V_d)
- トランジスタのエミッタ電流対ベースエミッタ間電圧降下 (V_b, V_{e1}, V_{e0})
- トランジスタおよびダイオードの漏れ電流 ($I_{c0}, I_{e0}, I_{d1}, I_{d0}$)
- トランジスタ TR1 の飽和付近における直流電流増幅率 (β_1)
飽和時のコレクタ電圧 V_s の値によって大きく変化する。最低値 β_1 を決定するためには β_1 の分布を調べる必要がある。
- コレクタ電流対スイッチング速度; コレクタ電流とベース電流の比を一定にしても、コレクタ電流の大きさでスイッチング速度はかなり変化する。
- コレクタ電流対 β および f_T ; コレクタ電流の値により β および f_T は変化する。
- TR1 のコレクタ抵抗 (コレクタ電流) および TR2 のエミッタ

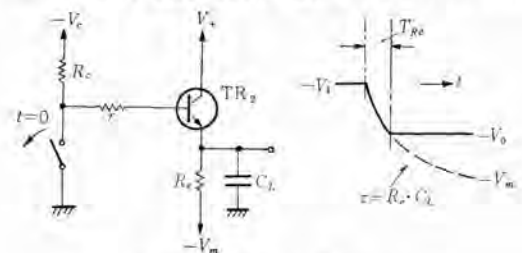


図 4.1 容量負荷の影響
Fig. 4.1 Capacitive loading.

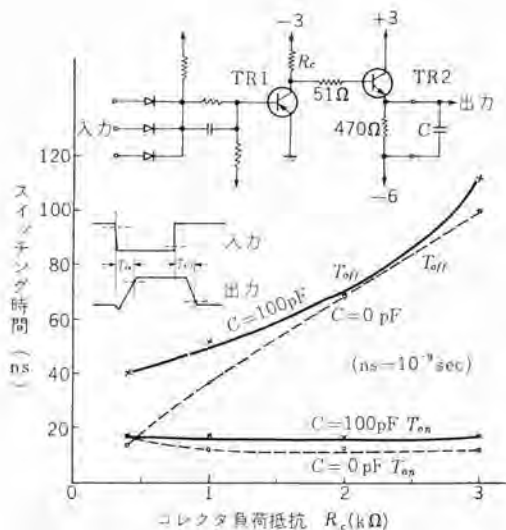


図 4.2 コレクタ 負荷抵抗とスイッチオフ 時間の関係
Fig. 4.2 Collector load resistance vs switching off time.

抵抗 (エミッタ 電流) とスイッチング 速度の関係

図 4.1 に示す回路で、 $t=0$ にスイッチがシャ 断された場合 TR2 のエミッタ 回路の応答を考える。TR2 自身の応答が エミッタ 回路の時定数 $R_e C_L$ に比べて十分短いときは エミッタ の 応答が遅れるため T_{Re} の間 TR2 はシャ 断され、スイッチオフ 時間は $R_e C_L$ によって決定される。ここで T_{Re} は

$$T_{Re} = R_e C_L \ln \frac{V_m - V_1}{V_m - V_0} \quad (4.1)$$

で計算される。一方、負荷容量 C_L が十分小さくて、TR2 が常に活性領域で動作する場合は、トランジスタ の特性および回路条件によってきまる 応答をする。等価回路から出力の 応答を計算することはできるが Explicit にスイッチング 時間を求めることはできない。図 4.2 に R_e と出力のスイッチオフ 時間の関係についての 実測例を示す。

(h) TR2 の エミッタ 電流の最大値; これは R_e によってきまる無負荷時の電流と負荷電流 I_L の和である。この最大値は TR2 の許容コレクタ 損失、電流の増大による β および f_T の低下、ベースエミッタ 間電圧降下の増加および電流の増加によるスイッチオン 時間の増大によって制限される。

4.2 雑音電圧

外部から電源回路を通じてあるいは配線に直接誘導する雑音電圧は、適当なフィルタあるいは装置の シヤハイ によって除くものとして、ここでは信号線間の静電容量および相互 インダクタンスによって誘起される雑音電圧について考える。誘導雑音の大きさは図 4.3 に示す回路で負荷抵抗、配線の長さ、および配線の線種を変えて実験的に求める。TR1 の シャ 断時の逆 バイアス V_f を決定するためには、バイアス 電源 V_p を変化させ出力に雑音波形がちょうど出はじめる点のベース電位を測定する。

4.3 条件電圧、電源電圧

“1” に対する V_1 の値は図 3.3 からわかるように、TR1 の飽和電圧と TR2 のベースエミッタ 間電圧降下の和 $V_s + V_{e1}$ によってほぼきまる。一方 “0” に対する V_0 の値は、3.1 節の式 (3.7) に示したように TR1 が導通時に入力ゲートのダイオードが シャ 断されることおよびこれに雑音電圧に対する マージン を考えて決定する。

電源電圧は他の回路と共用することを考えなければ、比較的自ダイオードトランジスタ NOR-OR 素子・中塚・壺井・松原

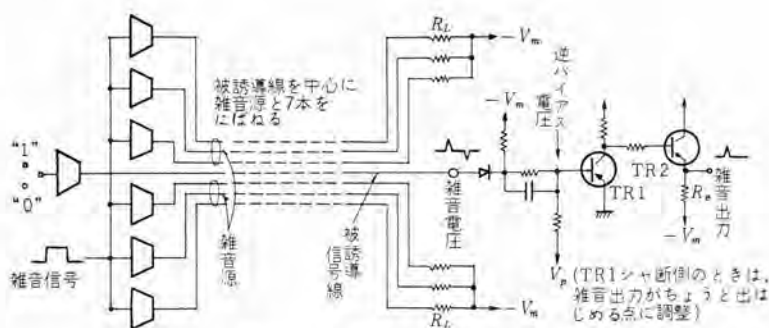


図 4.3 誘導雑音の測定回路
Fig. 4.3 Circuit for noise measurements.

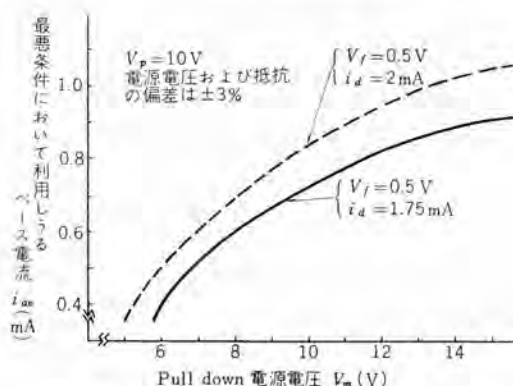


図 4.4 電源電圧 V_m と最悪条件において利用しうる ベース 電流の関係
Fig. 4.4 Pull down voltage, V_m , vs available base current at the worst case.

由に選ぶことができる。

(a) 逆 バイアス 電源 V_p ; 定電流源に近くした方が、 i_{av} を大きくできるが $(V_0 + V_f)$ の 10 倍以上にしてもあまり効果はない。

(b) Pull down 電源 V_m ; 入力電流 i_d を一定にした場合、 V_m を大きくすれば i_{av} は増加するが同時に V_s も大きくなるため条件電圧のレベル差が大きくなる。図 4.4 に V_m と i_{av} の関係の一例を示すが、この場合は $V_m > 15V$ では飽和しはじめている。また $V_m < 6V$ では i_{av} は急激に減少している。したがって、レベル差と必要なベース 電流とのかねあいを考えなければならない。また V_m は所要電源の数をへらすため TR2 の エミッタ 電源と共用しているためこの点についても考慮しなければならない。容量性負荷がある場合、スイッチオフ 時間は式 (4.1) に示すように V_m が大きいほど短くなる。しかしレベル差 $V_0 - V_1$ の 2 倍以上にしても、エミッタ 負荷抵抗で消費する電力が増加する割には改善効果は上らない。

(c) TR1 のコレクタ 電圧 V_c ; V_c は式 (3.10) に示した条件にさらに雑音電圧に対する マージン ΔV から決定される。すなわち

$$V_c \geq \bar{V}_x - V_{e0} + \Delta V \quad (4.2)$$

で示される。 ΔV は前節の実験結果より決定される。実際の V_c の値としては式 (4.2) の右辺を適当な値 (たとえば 0.5V 単位に) に切り上げた値に決定すればよい。

(d) TR2 のコレクタ 電圧 V_+ ; V_+ は TR2 の $I_c - V_{ce}$ 特性曲線から決定される。コレクタ 損失を小さくするため V_+ はできるだけ低い方がよいが、エミッタ 電流が最大になったとき電流増幅率 β_2 が大きく低下しない程度にしなければならない。またエミッタ 電流が大きなところでは、 V_{ce} が低いと f_T がかなり低下するからスイッチング 時間の点からも検討する必要がある。

5. パルス入力に対する動作の検討

5.1 スイッチオン時間とスイッチオフ時間

TR1 のスイッチオフ時間は、加速コンデンサの値を十分大きく選ぶことによりほぼ入力波形と同程度のスイッチオフ時間にすることができ、したがって、出力のスイッチオフ時間は4.1節(g)で述べたように TR2 のエミッタフォロア の応答によってきまる。

スイッチオン時間は出力が無負荷の場合、TR1 の立ち上がり時間 t_r によってほぼ制限される。 t_r はごく近似的に

$$t_r = (1/\omega)(I_c/I_B) \quad (5.1)$$

で表わされる。ここで $\omega = 2\pi f_T$ 、 I_c = TR1 の飽和時のコレクタ電流、 I_B = ベース電流である。正確には、 I_c は過渡時の TR2 のベース電流が加わるため直流的なコレクタ電流よりは多少多くなる。 I_B は加速コンデンサ c と x および u の並列抵抗による時定数が T_r の2倍以上であれば時間的に一定と考え次式より計算する。

$$I_B = \frac{V_m}{u} - \frac{V_p}{v} \quad (5.2)$$

これより出力のスイッチオン時間の最少値はほぼ見当がつくが負荷が多い場合、とくに容量性の負荷の場合は計算で求めることは困難なので実験的に検討を行なうことが必要である。

5.2 加速コンデンサの容量決定

トランジスタの電荷制御解析法⁽³⁾⁽⁴⁾によれば、飽和状態のトランジスタをシャ断するために必要なベース電荷量 Q_{off} は

$$Q_{off} = Q_0 + I_c \cdot T_c + (I_B - I_c/\beta_1) \cdot T_s \quad (5.3)$$

で示される。ここで Q_0 はコレクタ接合容量の電圧が0から $-V_c$ まで変化するのに必要な電荷である。 I_c はコレクタ電流、 I_B はベース電流で T_c および T_s はそれぞれコレクタおよびベース電流に対する比例時定数である。TR1 をシャ断するにあたって、 Q_{off} を全部加速コンデンサから供給するとすれば、必要な容量は

$$C = Q_{off}/\Delta V \quad (5.4)$$

で求められる。ここで ΔV はコンデンサの両端の電圧変化である。一方スイッチング回路の蓄積時間 t_s および下降時間 t_f は、 T_s および T_c より

$$\left. \begin{aligned} t_s &= T_s \ln \frac{I_B - I_{B2}}{(I_c/\beta_1) - I_{B2}} \\ t_f &= \beta T_c \ln \frac{(I_c/\beta_1) - I_{B2}}{(0.1I_c/\beta_1) - I_{B2}} \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

で表わされる。⁽³⁾⁽⁴⁾ ここで I_{B2} はシャ断時のベース電流である。

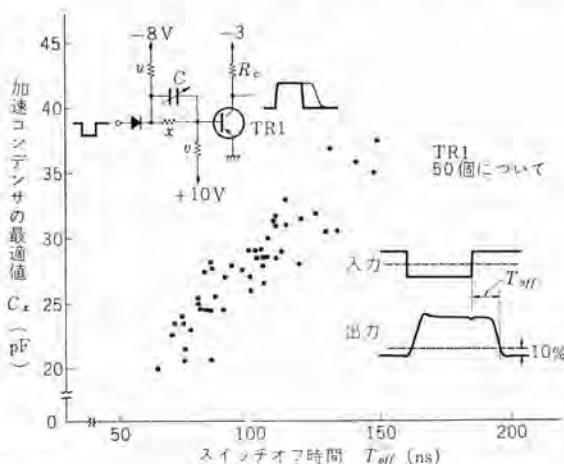


図 5.1 スイッチオフ時間と加速コンデンサの最適値の関係
Fig. 5.1 Switching off time vs optimum value of speed up capacitance.

以上の式より C の値とスイッチオフ時間 $T_{off} = t_s + t_f$ との間には密接な関係のあることがわかる。 β_1 の大きい場合は t_s と T_s および t_f と T_c はほぼ比例すること、また同一品種のトランジスタであれば一般に t_s の小さなものは t_f も小さいこと、および Q_0 のバラツキの影響が比較的小さいことから、図 5.1 の測定例に示すように個々のトランジスタの T_{off} と C の間にはほぼ比例関係がみられる。図 5.1 の測定は、コレクタ波形を観測しながら容量を増加させ、そのときのスイッチオフ時間が最少となりそれ以上 C を大きくしてもコレクタ波形が変化しなくなる点の C の値 C_x を測定した。この方法により図の例では $\pm 2\text{PF}$ 以下の精度で測定することができた。 T_{off} は同じ回路で $C=0$ として測定する。

適当なサンプル数について最適値 C_x または T_{off} を測定し、その分布から上限を定め、加速コンデンサの容量を決定する。この場合 Q_{off} すなわち C_x は温度の上昇とともに大きくなること、ベース電流がふえれば大きくなること、および V_1 の値が変化すれば変わることを考えに入れる。また入力パルスの立ち上がりにも関係するが、これらは個々のトランジスタによる違いが比較的小さいので、少数のサンプルについて実験すればよい。 Q_{off} の大きなものは、前段 NOR-OR の出力に対する容量性負荷が増加することになるので、出力のスイッチオン時間の増加が大きくなる。

5.3 ゲートダイオードのスイッチング特性の影響

ダイオードに順方向パルス電圧を加えた場合、電流が定常値になるまでに時間遅れが生ずる。ゲートのダイオードに立ち上がり特性の悪いものを用いれば、TR1 のスイッチオフ時に Q_{off} を逃がすのに必要な時間が長くなるためスイッチオフ速度がおそくなる。

一方、ダイオードのシャ断時には少数キャリアの蓄積時間が問題になる。いまダイオードゲートの入力が V_1 から V_0 に階段的に変化して、TR1 が導通になる場合を考える。ダイオードが理想的なものであれば瞬間にシャ断され、TR1 は入力回路の抵抗およびコンデンサ C を通り電源 V_m に流れ込むベース電流で導通になり、駆動側には関係しない。しかしダイオードに少数キャリアの蓄積電荷があればベースと駆動側が容量結合されたようになり、ベース電流は一部駆

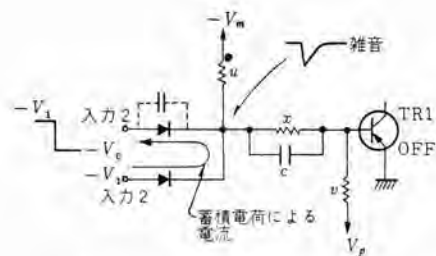


図 5.2 ダイオードの蓄積電荷による雑音
Fig. 5.2 Noise caused by storage charge of diode.

動側からも供給される。このため TR1 のスイッチオン時間は短くなるが、駆動側からみればスイッチオフ時の容量性負荷が増加することになる。

次に、図 5.2 に示すように一つの入力が V_1 から V_0 に変化し、他の入力は V_1 のままの場合を考える。ダイオードの蓄積電荷が大きく、また入力2の駆動側のインピーダンスが大きいとダイオードのパルスに対する立ち上がり特性が悪いと、ゲート出力に雑音電圧があらわれ誤った出力信号が出るおそれがある。

ダイオードの電極間静電容量は、少数キャリアの蓄積効果と等価なのでできるだけ小さい方がよい。高速スイッチング用ゲルマニウムでは、数 mA 程度の電流域であれば立ち上がり特性および電極間容

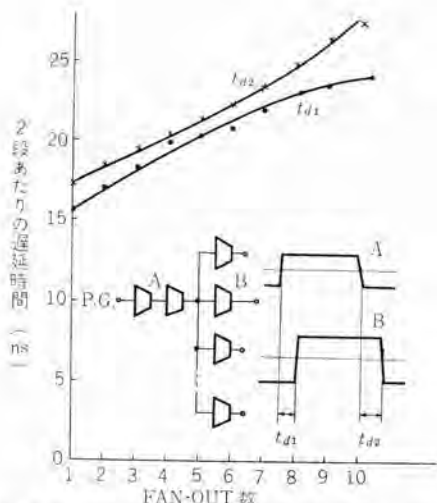


図 5.3 信号遅延時間と FAN-OUT 数の関係
Fig. 5.3 Propagation delay vs FAN-OUT.

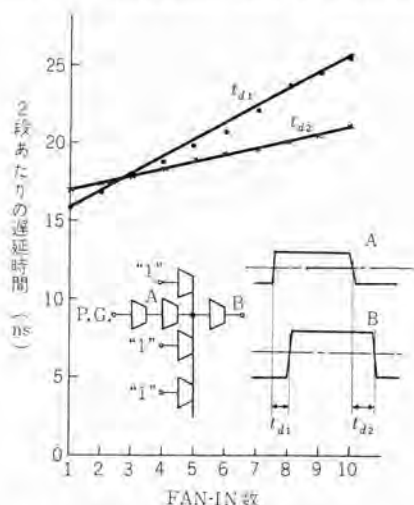


図 5.4 信号遅延時間と FAN-IN 数の関係
Fig. 5.4 Propagation delay vs FAN-IN.

量は問題にするほどではないが、少数キャリアの蓄積効果は回路の応答速度に影響を与えるから注意しなければならない。

5.4 FAN-OUT および FAN-IN 数と応答速度

FAN-OUT が大きくなれば、スイッチオン時間は 5.2 節で述べたように負荷の Q_{off} により、またスイッチオフ時間は 5.3 節で述べたダイオードの蓄積電荷によりほぼ負荷数に比例して長くなる。図 5.3 にスイッチオフおよびオン時間の代わりに、出力側で測定した 2 段あたりの信号遅延時間 (Propagation delay) と FAN-OUT 数の関係を示す。

一方、TR2 のエミッタ負荷抵抗を共通にして構成する OR ゲートの FAN-IN 数すなわち共通エミッタの数とスイッチング時間の関係は、ベースエミッタ間の電極間容量 (逆バイアスにおける) が OR ゲートの負荷となるため、やはり FAN-IN 数にほぼ比例してスイッチオフおよびオン時間も長くなる。図 5.4 に FAN-OUT の場合と同様に出力側で測定した 2 段当りの信号遅延時間と FAN-IN 数の関係を示す。

6. 遅延素子

NOR 自身は本来非同期的論理演算素子であるが、入力の一つに同期用のクロック信号を入れることにより同期式の論理回路を構成することができる。この場合、クロック信号としてお互いに

ダイオードトランジスタ NOR-OR 素子・中塚・壺井・松原

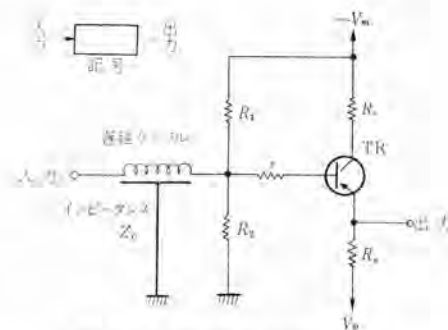


図 6.1 遅延素子の回路と記号
Fig. 6.1 Circuit and symbols of delay element.

位相のずれた 2 種類のクロック信号を用いる、いわゆるマスタースレーブ (Master-slave) 方式と、ただ 1 種類のクロック信号と時間遅れ要素 (Delay element) を組み合わせて用いる方式の二つがある。

1 クロック方式の遅延素子は、クロックパルスが入っている間の論理回路の過渡的な不安定さ、レーシング (Racing) を防止するために必要なものである。必要な遅延時間は、クロックパルスの幅および演算素子の信号の遅れ時間によってきまる。後章に述べる回路に用いた素子では約 50 ナノ秒 (50×10^{-9} sec.) の遅延素子を用いている。以下この遅延素子について簡単に説明する。

図 6.1 の回路構成に示すように、信号の遅延には電磁遅延ケーブルを用いその出力をエミッタフォロアで電力増幅して送り出す。遅延ケーブルのインピーダンス整合は、ケーブルの出力側で R_1 と R_2 の並列抵抗によって行なわれる。 R_1 と R_2 に分けたのは、入力電流に対する直流的な動作点の都合からだけである。エミッタフォロアの入力インピーダンスは R_1 あるいは R_2 に比べて十分大きいので無視しても問題はない。ベース回路の r は、立ち上りの早いパルスに対しエミッタフォロア出力がリコングを起すのを防止するためと、出力を電源などに短絡したときに、トランジスタを保護するための抵抗である。

7. 動作試験回路

NOR-OR で論理回路を構成し、連続動作試験を行なう目的で図 7.1 に示す試験装置を組み立てた。フリップフロップ 4 個のシフトレジスタからなるパターンジェネレータ 2 組を、同相でお互いに独立で動作させておき、両方のフリップフロップの状態を常に誤動作検出回路で監視する。もしどれかのフリップフロップが誤動作をすれば、誤動作表示フリップフロップ EO がセットされクロック信号を止めることにより回路の動作を停止させるとともに、図には示していないが警報回路によりブザーをならす。

リセットボタンを押すことにより、EO フリップフロップがリセットされクロック信号が送られ回路が動作し始める。リセットボタンを押している間中、一方のパターンジェネレータからの同期信号により他方のパターンジェネレータが強引に同期され、2 組が同位相になる。

シフトレジスタの入力信号 FS (GS についてもまったく同じなので以下 FS についてのみ説明する) は

$$FS = \overline{F_2} \cdot \overline{F_1} + F_4 \cdot F_3 \cdot F_2 \cdot \overline{F_1} + F_2 \cdot F_1 \cdot (F_4 \cdot F_3) \dots (7.1)$$

で表わされ、右辺第 1 項は F_1 と F_2 が “0” のとき、第 2 項は F_4 , F_3 , F_2 が “1” で F_1 が “0” のとき、そして第 3 項は F_1 と F_2 が “1” であるが全部同時に “1” ではないことを示す。フリップフロップの組み合わせの中にすべてが “1” の場合を含まなくてもよい場合は、通常よく利用される方式として帰かん信号に F_1 と

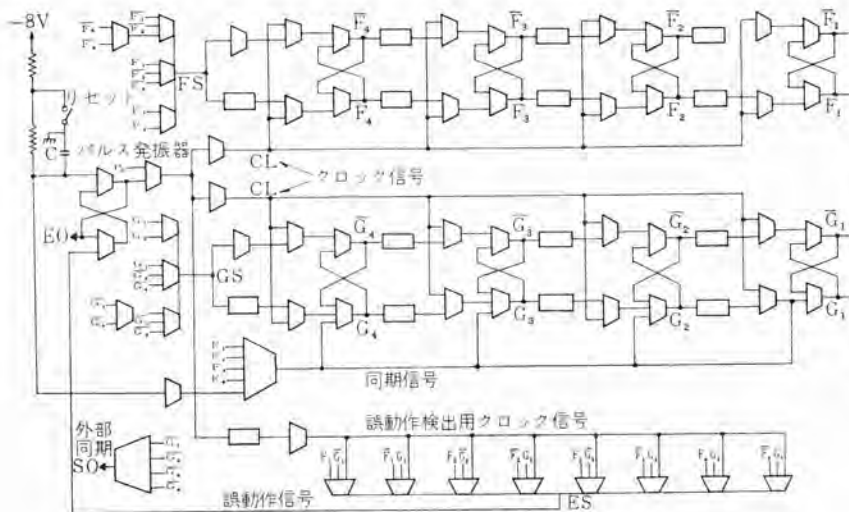


図 7.1 動作試験回路
Fig. 7.1 Block diagram of test system.

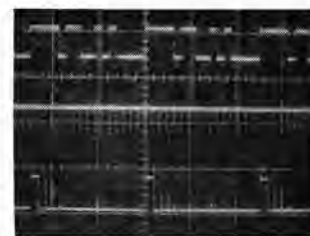


図 7.2 発生パターン
Fig. 7.2 Generated pattern.

F_3 の Exclusive OR を用いる方法もある。

式 (7.1) を NOR-OR に適するように整理すれば

$$SF = \overline{F_3 + F_1 + F_4 + F_3 + F_1 + F_2 + F_1 + F_3 + F_4} \dots (7.2)$$

となる。この方式のパターンジェネレータは、シフトレジスタを構成する各フリップフロップの“1”“0”の配列を、可能なすべての組み合わせに自動的にできることが特長で、シフトレジスタの試験に非常に適している。図 7.1 の場合はフリップフロップが 4 個であるから $2^4 = 16$ とおりの組み合わせになり 16 ビットごとの繰り返しパターンになる。図 7.2 に発生パターンを示す。

8. む す び

以上、おもに NOR-OR 素子の設計に際し考慮すべき点について述べたが、このほか、論理素子の設計にあたってはその素子を使用する計算機に対する情報が必要である。たとえば、FAN-IN および FAN-OUT の能力に関しては、計算機の論理回路の構成から必要とされる値と、素子全体の経済性を考えて決定しなければならない。NOR あるいは NOR-OR 素子のように、ただ 1 種類の素子ですべての論理回路を構成させる場合はとくにこの点が大切である。

NOR-OR の試作素子についてはほとんどふれなかったが、高

速電子計算機素子として現在実験を続けており、これを用いた計算機回路も検討中なので他の機会に報告したい。

(昭 38-7-10 受付)

参 考 文 献

- (1) P. Kellett: The Elliott Sheffer Stroke static switching system, Electronic Engineering, Sept. 1960.
- (2) 浜岡, 大野, 山崎: トランジスタ形論理素子: NOR「三菱電機」Vol. 34 No. 12 (1960)
- (3) R. Beaufoy, J. J. Sparkes: The junction Transistor as a charge-controlled device, A.T.E.J. 13
- (4) 多田, 菅野, 柳井: トランジスタの電荷制御解析法, 電気学会誌, Vol. 82 982
- (5) Dale P. Masher: The design of diode-transistor NOR circuits, IRE, Mar. 1960.
- (6) 中塚, 壺井, 松原: ダイオードトランジスタ NOR-OR, 通信学会, 昭和 37 年度全国大会講演予稿 468
- (7) N. S. Prywes, et al.: UNIVAC-LARC high-speed circuitry: Case history in circuit optimization, IRE Trans. E.C. Sept. 1961.
- (8) 喜田村, 寺田: トランジスタダイオード“NOR”回路について 信学会トランジスタ研究委資料 10 月 (1960)

列車無線用 400 Mc 帯高利得コーナリフレクタ アンテナ

喜連川隆*・武市吉博**・水沢丕雄**
阿部 修***・大林愛弘****

400 Mc Band High-Gain Corner-Reflector Antennas for Train Radiotelephone System

Research Laboratory
Electronics WorksTakashi KITSUREGAWA・Yoshihiro TAKEICHI・Motoo MIZUSAWA
Osamu ABE・Yoshihiro ŌBAYASHI

High-gain antennas, providing the most appropriate characteristics to the radio system, have been completed for use at the base stations of a 400 Mc-band train radiotelephone to operate on the new Tokaido trunk line of the Japanese National Railways. The antenna is of a 60° corner-reflector type with two full-wave dipoles arranged collinearly. The typical performance of the products obtained by theoretical and experimental studies on such antenna configurations is as follows. Frequency bands: 412.0 ~ 414.5 Mc and 415.5 ~ 452.4 Mc. Half-power beam width in the horizontal plane: more than 30°. Front to back ratio: above 20 dB. Gain: above 14 dB over a half-wave dipole. VSWR: below 1.5 on a 50 Ω coaxial feeder.



図 1.1 基地局の鉄塔に取り付けられた 400 Mc 帯高利得コーナリフレクタアンテナ

Fig. 1.1 400 Mc band high-gain corner-reflector antennas on the tower of a base station.

1. ま え が き

昭和 39 年 10 月開通予定の“夢の超特急”国鉄東海道新幹線の業務通信および公衆通信に用いられる 400 Mc 帯列車無線電話用として、東京・大阪間 27 の基地局の大多数に回線設計上最適の性能をもたせた高利得コーナリフレクタアンテナが採用され、製品 38 台が納入されて、その一部はすでにモデル線区で使用されている。(図 1.1)

このアンテナには高利得で、しかも水平面内ビーム幅が広く、前方後方比・前方側方比が良く、かつ送受 2 周波数帯共用ができるということが列車無線回線設計上必要とされた。

上記の必要条件を満たすために八木アンテナ、パラボラアンテナ、コーナリフレクタアンテナなどについてその長短を比較検討した結果、ダイポール 2 個を共軸に配置した開角 60° のコーナリフレクタアンテナが性能的にも経済的にも最適であるという結論に達したのでその試作研究を行ない、それに基づきすぐれた基地局用アンテナを完成する

ことができた。以下にこのアンテナの研究の概要と完成品の性能を述べる。

2. 基 礎 設 計

2.1 アンテナ形式の選定

今回の列車無線における大多数の基地局には表 2.1 の電氣的必要条件を満たすアンテナが要求された。とくに問題となったことは、利得が高く、しかもその利得の割には水平面内のビーム幅が広いこと、および送受 2 周波数帯の共用の可能なことである。利得とビーム幅との関係は問題で、水平面内のビーム幅を広いままに保ちながら垂直面内のビーム幅をせばめていって利得を上げていかなければならない。これらのほか、隣接アンテナあるいは他の系統などとの間の干渉を避けるため前方後方比、前方側方比が良好なこと、基地局の近くに列車が接近したとき受信機への過大入力防止のためサイドローレベルが低いことなどが必要とされた。

以上のような必要条件を満足するアンテナとして、八木アンテナ、パラボラアンテナ、コーナリフレクタアンテナなどにつき詳細な比較検討を行った結果を要約すると以下のとおりである。

表 2.1 の必要条件に対する八木アンテナの欠陥は前方後方比を大きくしえないことである。この点を考慮からはずしても、水平面電力半値幅 30° で利得 14 dB を得ようとするれば 8 素子の八木アンテナを垂直に 2 段配置する必要がある、また放射パターンおよびインピーダンスの両面から送受 2 周波数帯共用は困難であって各周波数帯に 1 組ずつ必要であるから、給電系も送受 2 組必要となるので、このアンテナ形式を採用するのは価格的に問題がある。

また、ダイポールフィードの垂直偏波パラボラアンテナでダイポール利得

表 2.1 新幹線列車無線基地局用アンテナの電氣的必要条件

周波数帯	受信周波数 送信周波数 の送受共用	412.0 ~ 414.5 Mc 451.5 ~ 452.4 Mc
偏波	垂 直	
水平面内電力半値幅	30° 以上	
前方後方比	20 dB 以上	
サイドローレベル	正面方向に対して	-15 dB 以下
利 得	半波長ダイポールに対して	14 dB 以上
入力電圧定在波比	50 Ω 同軸給電線に対して	1.5 以下

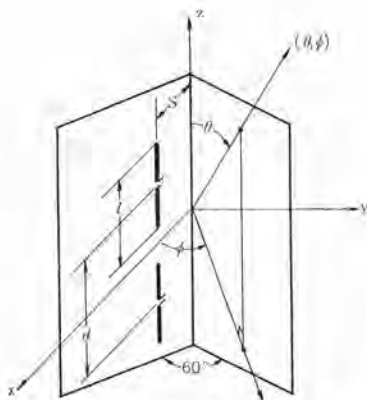


図 2.1 ダイポール 2 素子 60° コーナリフレクタアンテナと座標系
Fig. 2.1 60° corner-reflector antenna with 2 dipoles and coordinate system.

14 dB をとると アンテナビーム 電力半値幅は水平面内 27°, 垂直面内 30° 程度となる。利得を 14 dB のままで水平面内電力半値幅を 30° に広げるには垂直面内 ビーム 幅を狭くする必要がある、反射鏡の上下の径を左右の径よりも長くしなければならない。そうすると反射鏡周辺からの電力漏れのため前方後方比 20 dB がとれなくなる。

コーナリフレクタアンテナについては、リフレクタの開角を変えることによって水平面内の ビーム 幅がかなり自由に選べると同時に、給電素子を上下方向に積み重ねていけば水平面内の ビーム 幅一定のまま垂直面内の ビーム 幅をせばめてゆくことができ、利得を上げてゆくことができる。そのほか、放射 パターン はかなりの広帯域性をもっており、インピーダンス 整合を工夫すれば容易に送受共用が可能なこと、それほど大きな リフレクタを用いなくとも前方後方比、前方側方比を大きくとることができる。

以上の観点から図 2.1 に示すような ダイポール 2 素子 60° コーナリフレクタアンテナを考えた。

2.2 設計理論

この ダイポール 2 素子 60° コーナリフレクタアンテナに関して今問題となっている放射 パターン および利得についてはあまりよく知られていないので、まずこれについて調べた。

図 2.1 のような ダイポール 2 素子 60° コーナリフレクタアンテナの放射 パターン を計算するには、まず給電素子の エレメントパターン、ある素子を 60° コーナリフレクタ の前に置いたときの アレーパターン、およびある素子を 2 段積み重ねたときの アレーパターン をそれぞれ計算し、パターン 相乗の定理によって、それらを掛け合わせればよい。

図 2.1 に示すように座標系を選ぶと、図に示すような長さ l のダイポールの放射 パターン D_d は、

$$D_d = \frac{\cos\left(\frac{\beta l}{2} \cos \theta\right) - \cos \frac{\beta l}{2}}{\sin \theta} \quad (2.1)$$

で与えられる。ここで $\beta = 2\pi/\lambda$ で、 λ は波長である。

開角 60° の無限大コーナリフレクタによるアレーパターン D_c は、給電素子として完全無指向性源を考えると図 2.2 に示すように 5 個の影像素子ができ、この影像素子と実在の素子との 6 個の素子によるアレーパターンを考えると、

$$D_c = \sin \left\{ \beta s \sin \theta \cos \left(\phi + \frac{\pi}{3} \right) \right\} + \sin \left\{ \beta s \sin \theta \cos \left(\phi - \frac{\pi}{3} \right) \right\} - \sin \{ \beta s \sin \theta \cos \phi \} \quad (2.2)$$

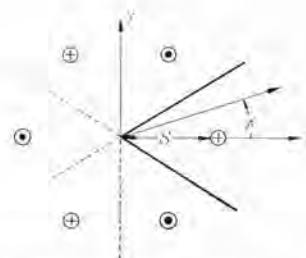


図 2.2 60° コーナリフレクタアンテナにおける影像
Fig. 2.2 Image system for corner-reflector antenna.

である。ここで s はリフレクタのコーナとダイポールとの間の距離である。

同相給電している 2 個の同じ素子を z 方向に間隔 d だけ離して配置したときのアレーパターン D_a は

$$D_a = \cos \left(\frac{\beta d}{2} \cos \theta \right) \quad (2.3)$$

である。

結局 ダイポール 2 素子 60° コーナリフレクタアンテナの放射 パターン D は式 (2.1)、(2.2) および (2.3) を掛け合わせ

$$D = D_d \cdot D_a \cdot D_c = \frac{\cos\left(\frac{\beta l}{2} \cos \theta\right) - \cos \frac{\beta l}{2}}{\sin \theta} \cos \left(\frac{\beta d}{2} \cos \theta \right) \times \left[\sin \left\{ \beta s \sin \theta \cos \left(\phi + \frac{\pi}{3} \right) \right\} + \sin \left\{ \beta s \sin \theta \cos \left(\phi - \frac{\pi}{3} \right) \right\} - \sin \{ \beta s \sin \theta \cos \phi \} \right] \quad (2.4)$$

となる。

次にこのアンテナの利得は式 (2.4) に示した放射 パターン の 2 乗 D^2 を全立体角にわたって積分し全放射電力を求め、それと $\theta = 90^\circ$, $\phi = 0^\circ$ 方向の放射 パターン の 2 乗 D_0^2 とから求めることができる。すなわち、半波長ダイポールに対する利得 G は

$$G = \frac{D_0^2}{\frac{1}{4\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_0^{2\pi} D^2 \sin \theta d\theta d\phi} \cdot \frac{1}{1.64} \quad (2.5)$$

で与えられる。

以上の式から、垂直面内電力半値幅、垂直面内サイドローレベルおよび利得と、ダイポールの長さ l および 2 個のダイポール間の間隔 d との間の関係を数値計算した結果を図 2.3 (a)~(c) に示してある。なおリフレクタのコーナとダイポールとの距離 s は 60° コーナリフレクタアンテナを第 1 形態で使用する場合 0.5 波長が最適である⁽¹⁾ のでここではその場合について示してある。これらの図からもわかるとおり垂直面内電力半値幅、垂直面内サイドローレベルおよび利得などの間には密接な関係があり、それらの間の兼ねあいではダイポールの長さ l および間隔 d を決めなければならない。

2.3 列車無線基地局用アンテナの構成

前述の必要条件および放射 パターン、利得とダイポール長、ダイポール間隔との間の関係などから図 2.4 のように各部寸法を決定した。すなわち、リフレクタの開角は水平面内電力半値幅が 30° であることから 60° で、そのときダイポールとコーナとの距離は前述のとおり 0.5 波長である。ダイポールの長さおよびダイポールの間隔は、半波長ダイポールに対する利得 14 dB 以上およびサイドローレベル -15 dB 以下という条件から図 2.3 (a)~(c) を参照して、それぞれ

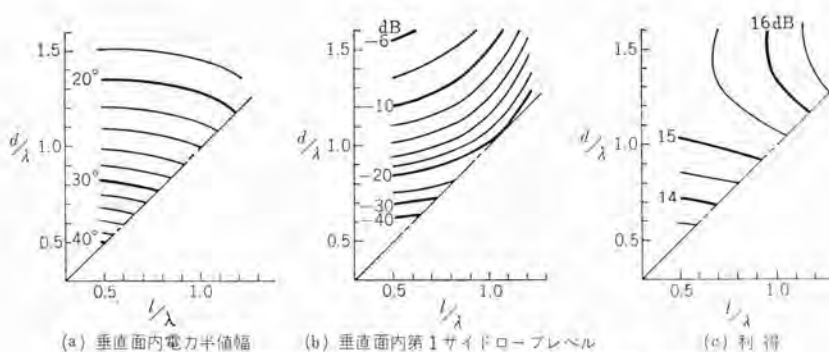


図 2.3 ダイポール長およびダイポール間隔に対する垂直面内電力半値幅、垂直面内第1サイドローレベル および利得

Fig. 2.3 Half-power beam width in the vertical plane, first side-lobe level in the vertical plane, and gain as functions of dipole length and dipole spacing.

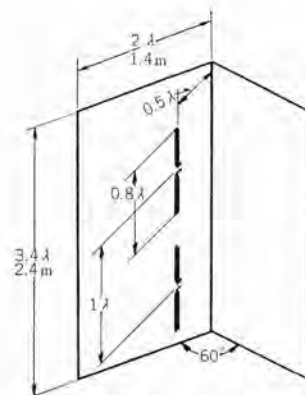


図 2.4 ダイポール2素子 60°コーナリフレクタアンテナの主要寸法
Fig. 2.4 Dimensions of a 60° corner-reflector antenna with 2 dipoles.

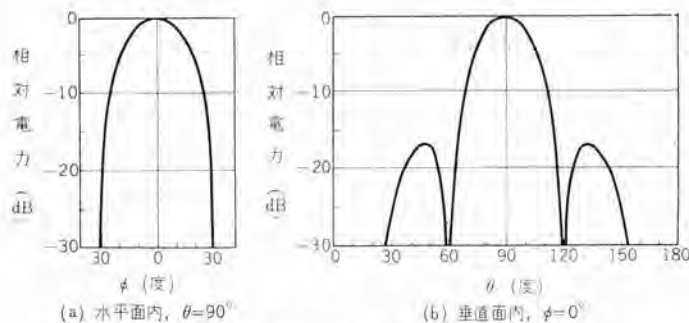


図 2.5 ダイポール2素子 60°コーナリフレクタアンテナの放射パターン計算結果
Fig. 2.5 Calculated radiation patterns of a 60° corner-reflector antenna with 2 dipoles.

0.8波長および1波長とした。このとき放射パターンは式(2.4)を用いて計算すれば図2.5のようになって良い性能を得られることがわかる。また図2.3によれば利得は半波長ダイポールに対して15.1 dBとなるが、これはリフレクタの大きさが有限であることに對して余裕をもたせた値である。リフレクタの大きさは水平面内および垂直面内電力半値幅、前方後方比、前方側方比および利得などに関係する⁽²⁾ので、ここではそれらについて十分の考慮を払い、必要最小限の大きさとして、リフレクタの幅2波長、高さ3.4波長にとってある。

3. 構造

3.1 リフレクタの構造

このアンテナの外観を図3.1に示す。2本のダイポールおよび2枚のリフレクタに容易に分けられると同時に組立容易な構造で、輸送



図 3.1 ダイポール2素子 60°コーナリフレクタアンテナの外観
Fig. 3.1 Exterior view of a 60° corner-reflector antenna with 2 dipoles.

および現地組立に對し都合よくしてある。

また、リフレクタによる風圧荷重を下げるためにリフレクタにはステンレスのエキスパンドメタルを使用している。その網目の大きさは金網を透過する電力量によって定まる前方後方比の劣化または利得の低下と風圧荷重とのつりあいから最適に選んである。また、リフレクタ面上の電流分布を考えてダイポールに近く電流密度の大きい部分は網目を細かく、ダイポールより遠い部分の網目を荒くして、電気性能を要求値よりも落すことなく風圧荷重をできるだけ小さくしてある。

3.2 ダイポールの構造

ダイポールの構造の概略は図3.2に示すとおりである。給電線には同軸管 WX-20DM を用い、これに長さ約半波長のスロットを切って平衡不平衡変成器としており、保護のため誘電体カバーでおおっている。またこの同軸管の内管の中にもう一つの同軸線路を構成させ、その片方は4分の1波長より長い先端開放の線路で誘導性リアクタンスをもたせ、他方は4分の1波長より短い先端開放の線路で容量性リアクタンスをもたせ直列共振回路を構成させている。同軸管 WX-20DM から N 形セッセン(接栓)に変換され同軸ケーブル RG-9A/U を通して分配器に接続されている。この分配器は2素子のダイポールに電力を等分に分配するためのものである。この分配器の入力端は N 形セッセンで、これがアンテナの入力端を形成している。

このようなダイポール構造は以下のような送受2周波数帯共用方

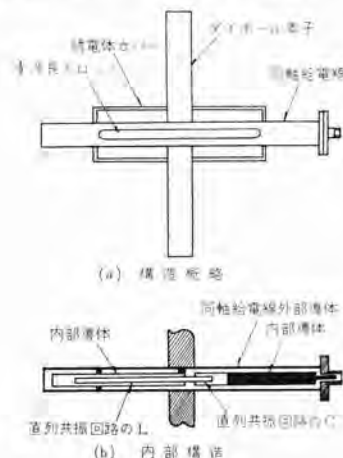


図 3.2 ダイポールの構造
Fig. 3.2 Structure of a dipole.

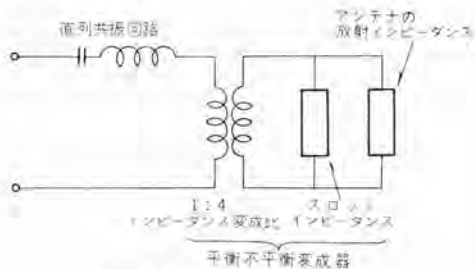


図 3.3 アンテナの等価回路
Fig. 3.3 Equivalent circuit of the antenna.

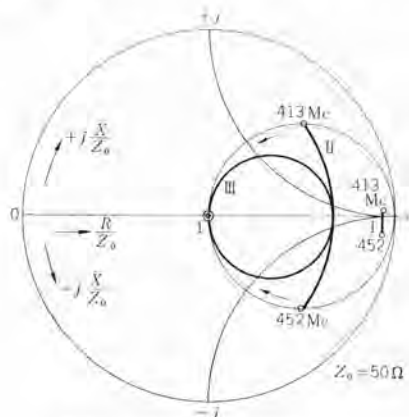


図 3.4 アンテナインピーダンス 整合法
Fig. 3.4 Impedance-matching procedure of the antenna.

式に基づいて決定したものであり、その等価回路は図 3.3 のようになる。すなわち 2.3 節において述べたとおりダイポールの長さは 0.8 波長であり、そのときの整合回路なしのインピーダンスは図 3.4 のスミスチャート上の曲線 I に示すとおりとなり、かなり共振抵抗の高い反共振特性をもつ。このような反共振特性をもっているアンテナを 412.0~414.5 Mc および 451.5~452.4 Mc の送受 2 周波数帯で整合をとることはかなりむづかしいが、次のような方法によった。すなわちまず平衡系であるダイポールと不平衡系である同軸給電線との間の変成器として分割同軸形平衡不平衡変成器⁽³⁾を用い、アンテナ放射インピーダンスを 4 分の 1 に下げると同時にその平衡不平衡変成器のスロットの幅および長さを適当に選び適当な反共振リアクタンス回路が加わるようにし、両周波数帯で図 3.4 の曲線 II のようにスミスチャートの抵抗分 1 の円上に来るようにしておく、その後高いほうの周波数帯では誘導性、低いほうでは容量性に働く直列共振回路を入れ両周波数帯で図 3.4 の曲線 III のようにスミスチャートの中心にもってゆき整合をとる。

4. 試作品の試験結果

4.1 インピーダンス整合

412.0~414.5 Mc および 451.5~452.4 Mc の 2 周波数帯で前述の方法によって整合をとった結果を図 4.1 に示す。なおこれは分配器の入力端でみた値である。図からわかるとおり入力電圧定在波比は上記 2 周波数帯において 1.25 以下にはいっており、要求の 1.5 以下を十分満足している。

4.2 放射パターンおよび利得

412.0~414.5 Mc および 451.5~452.4 Mc の 2 周波数帯のそれぞれのはぼ中心周波数 413 Mc および 452 Mc において、水平面内および垂直面内の放射パターンおよび利得を測定した。放射パターンの測定結果を図 4.2 に示してある。利得は半波長ダイポール

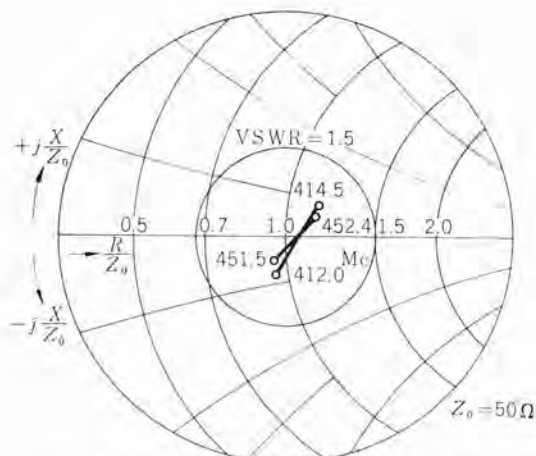


図 4.1 アンテナインピーダンス 整合結果
Fig. 4.1 Result of the impedance matching of the antenna.

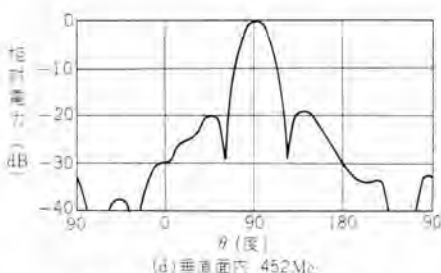
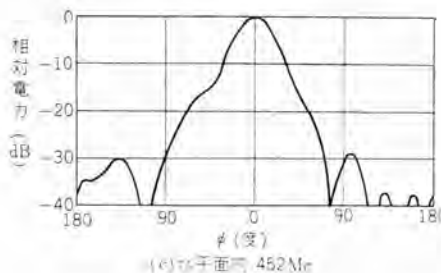
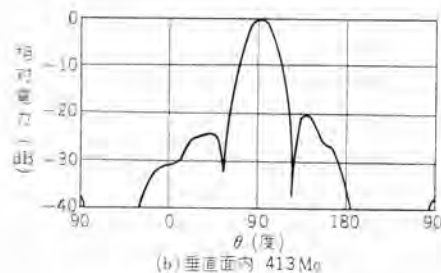
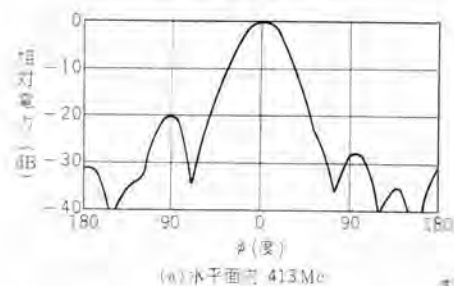


図 4.2 主面放射パターン測定結果
Fig. 4.2 Measured principal-plane patterns of the antenna.

との比較により測定した。その結果は 413 Mc において半波長ダイポールに対して 14.0 dB、452 Mc において 14.2 dB である。

放射パターンのうち主ビーム、垂直面内第一サイドローブなどに付

いては、図4.2と前掲図2.5とを比較すればわかるように、リフレクタ寸法が今回の設計程度に大きければ、リフレクタを無限大と考えて計算した前掲図2.5から予想される性能と実測結果とがかなりよく一致しており、設計時の期待性能がそのまま得られている。利得については前述の計算結果では半波長ダイポールに対して15.1 dBが得られており、測定結果との差は約1 dBであるが、リフレクタが有限であるためにもれる電力による損失、金網を透過する漏れ損失、整合をとったときの整合損失および残留反射による損失、分配器とダイポールとの間の同軸ケーブルの伝送損失などを計算に入れると計算値と測定値とはよく合っている。

5. 製品およびその性能

以上の試作研究の結果に基づき新幹線基地局用の製品を完成した。そのアンテナの主要性能は次のとおりである。

- | | | |
|---------------|----------------------|--------|
| (1) 周波数帯 | 412.0~414.5 Mc | } 送受共用 |
| | 451.5~452.4 Mc | |
| (2) 偏波 | 垂直 | |
| (3) 水平面内電力半値幅 | 30°以上 | |
| (4) 前方後方比 | 20 dB以上 | |
| (5) サイドローレベル | 正面方向に対して -15 dB以下 | |
| (6) 利得 | 半波長ダイポールに対して 14 dB以上 | |
| (7) 入力電圧定在波比 | 50 Ω 同軸給電線に対して 1.5以下 | |

- | | |
|-----------|----------------------------|
| (8) 耐風速 | 瞬間最大 60 m/s |
| (9) 重量 | 約 80 kg |
| (10) 受風荷重 | 瞬間最大 60 m/s に対して 300 kg 以下 |

このようにこのアンテナは要求性能を合理的に満足している。なお、このアンテナは2段または4段積み重ねて、水平面内ビーム幅を変えずに利得を17 dB または 20 dB に上げることができる。

6. むすび

コーナリフレクタアンテナについては現在まで種々のものが実用化されたが、今回完成したアンテナは、水平面内ビーム幅が広いにもかかわらず高利得で送受2周波数帯共用のできる特長があって、列車無線基地局用として最適のものである。

たえずご指導ごべんたつを賜わった日本国有鉄道関係各位に深く謝意を表する。

(昭 38-7-16 受付)

参 考 文 献

- (1) H. V. Cottony and A. C. Wilson: Gains of Finite-Size Corner-Reflector Antennas, IRE Trans., AP-6, 336~369 (Oct., 1958).
- (2) A. C. Wilson and H. V. Cottony: Radiation Patterns of Finite-Size Corner-Reflector Antennas, IRE Trans., AP-8, 144~157 (Mar., 1960)
- (3) 内田, 虫明: 超短波空中線, 154 (昭 30)

最近における社外寄稿一覧

年月日	寄稿先	題 名	執 筆 者	所属場所
38-6-30	エレクトロニクスダイジェスト	三菱繰返し形アナログ計算機	柴谷浩二・多田 淳	無線機
38-6-29	照明学会	竹中工務店の設計室の照明	奥田 治	本社
38-6-29	照明学会	三菱日本重工業車輛組立工場の説明	小堀富次雄	本社
38-6-29	機械工業	パウダクラッチとその応用	小堀富次雄	本社
38-6-25	電気学会雑誌	大容量タービン発電機の開発	宮崎秀夫・村田俊哉	姫路
38-7-1	新電気	電気絶縁材料と耐熱性	加賀貞広	神戸
38-7-1	工業材料	重電機器におけるラスタック材料	野口昌介	名古屋
38-7-2	機械と工具	電解加工法	伊藤公男	研究所
38-7-1	エレクトロニクスダイジェスト	MELCOM EA8303, EA8304 繰返し形アナコン	前田祐雄・斉藤長男	研究所
38-7-2	機械工業9月号	電磁クラッチの特性	荒居伸治	無線機
38-7-2	電気公論社	オーストラリア向 330 kV 単巻変圧器	柴谷浩二・多田 淳	無線機
38-7-4	OHM	火力発電所配電盤の実例	奥田 重	名古屋
38-7-4	OHM	パワーセンタ	西野 広	名古屋
38-7-4	OHM	展開接続図の見方	田村良平	伊丹
38-7-4	OHM	配電盤のシーケンスダイヤグラムと裏面接続図	武下定四郎・安野 享	神戸
38-7-5	エレクトロニクス	Tr DC-DC 変換器とその現状	天藤憲二	神戸
38-7-17	図説電気	アーク放電のはなし	小滝喜久二	神戸
38-7-17	電気計算	最新誘導電動機の特性と運転	山本考一	神戸
			大野栄一・民井精二	無線機
			伊藤利朗	研究所
			衛藤 護・中野久夫	長崎

三菱ステレオ

藤木 一*・進藤武男*・伊藤 実*

Mitsubishi Stereo Phonographs

Electronics Works Hajime FUJIKI・Takeo SHINDŌ・Makoto ITO

In the Mitsubishi Sky-ring towering up at the Ginza crossing in Tokyo stand out a magnificent stereo phonograph type DSS-1005 and also a medium class one type DSS-527 which is provided with an epochal, perfectly automatic player. The former is 230 cm wide and weighs 300 kg. The amplifier output is $30\text{ W} \times 2$. The speaker used is the type 2S-305, acknowledged as for use with a speaker and a monitor, and the player and the tape recorder are also of the highest performance, all being unrivalled products. The latter has a feature of perfectly automatic player and is provided with a FM tuner. The amplifier output section is of a push-pull type. The unit is a prominent home stereo phonograph.

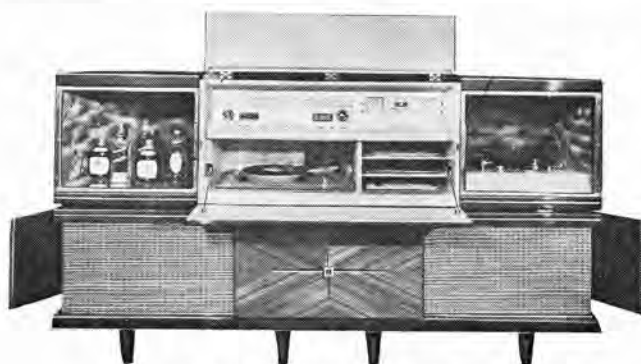


図 1.1 DSS-1005 形 ステレオ
Fig. 1.1 Type DSS-1005 stereo set.



図 1.2 DSS-527 形 ステレオ
Fig. 1.2 Type DSS-527 stereo set.

1. ま え が き

ステレオ装置の性能の向上は近來目ざましいものがあり、また意匠面でも家具的な要素を豊富に取り入れ、ますます精巧華麗となっている。

当社も数多くのステレオ装置を開発したが、東京銀座四丁目角にそびえ立つ三菱スカイリングに展示中の豪華ステレオ DSS-1005 形、および画期的なパーフェクトオートプレーヤを使用した DSS-527 形ステレオについてご報告したい。

2. DSS-1005 形ステレオ装置

2.1 概 略

外観構造はほぼ図 2.1 のごとくで、横 2,310 mm、高さ 1,260 mm、奥行 600 mm、重量約 300 kg の超大形ステレオ装置である。

下部はスピーカキャビネットであるが、両側面にはトビラがあり、このトビラは開くと側面につけた残響用スピーカの反射板となる。上部は 3 分割され中央がチューナおよびプレーヤ、右はテープレコーダ、左は洋酒ケースである。

チューナ前面の操作部の概略は図 2.2 のごとくで、とくにバンド切り換えはピアノ式スイッチを使用している。左から電源断、短波、中波、中波ステレオ、FM、FM ステレオ、レコード、テープレコーダ、AFC、外部スピーカの 10 ケン(鍵)である。

2.2 ア ン プ

ブロック線図を図 2.3 に示す。

2.2.1 FM チューナ部

受信周波数 76~90 Mc、中間周波数 10.7 Mc で、グリッド、カソード中間接地形高周波増幅 1 段、混合局発、IF 増幅 2 段、グリッドプレート形リミッタ 1 段、フォスタシール形弁別器、および AFC 用のリアクタンス管で構成されている。

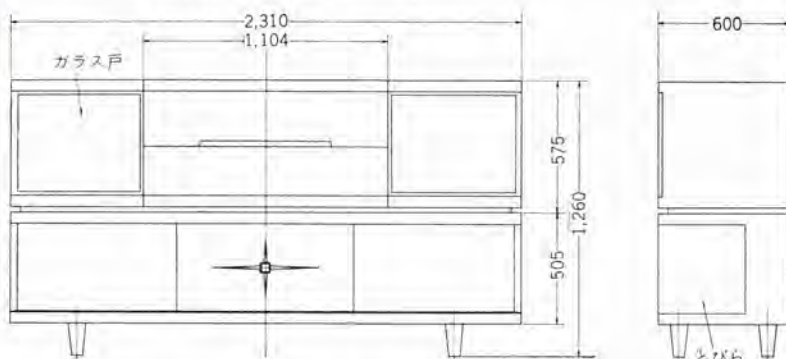


図 2.1 DSS-1005 形ステレオ寸法図
Fig. 2.1 Outline dimensions of type DSS-1005 stereo set.

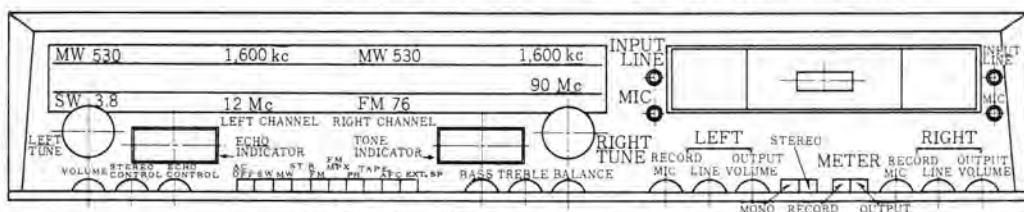


図 2.2 DSS-1005 形ステレオ チューナ 操作部
Fig. 2.2 Type DSS-1005 stereo tuner control.

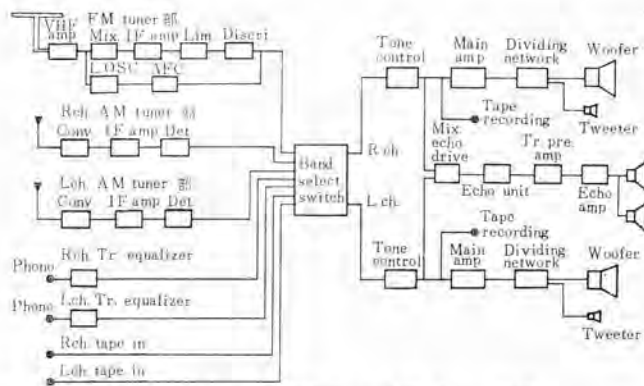


図 2.3 DSS-1005形 アンプ部ブロック線図

Fig. 2.3 Block diagram of amplifier of type DSS-1005.

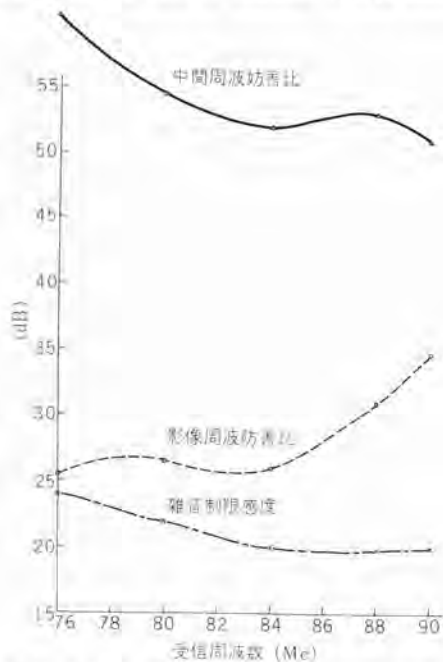


図 2.4 DSS-1005 形の雑音制限感度，中間周波妨害比，映像周波妨害比 (VHF波帯)

Fig. 2.4 Noise limit sensitivity, intermediate frequency interference ratio and video frequency interference ratio of type DSS-1005. (VHF wave band)

商品としての FM チューナの規程が規定されていないので，一応 Hi-Fi チューナの条件として下記を目標とした。

雑音制限感度	30 dB 以下
変効選択度特性	±400 kc で 40 dB 以上
イメージ妨害比	30 dB 以上
IF 妨害比	50 dB 以上
忠実度特性	50~15,000 c/s でデフェンシブ 曲線からの偏差 ±1dB 以内 高調波含有率 2% 以内

局発の周波数変動はスイッチイン後 100 分で約 30 kc である。AFC の動作範囲は標準信号 (400 c/s, 30% 変調, 60 dB) を加えたとき，出力 3 dB 減の点が ±350 kc である。感度特性，2 信号選択度を図 2.4, 2.5 に示すが，測定条件はとくに指定のないかぎり入力に前記の標準信号，出力は 16 Ω のダミー抵抗を接続し 500 mW とする。

2.2.2 AM チューナ部

AM チューナは左右に 2 個設けてある。受信周波数は 535~1,650 kc, 3.7~12.5 MC, 中間周波数は右 455 kc, 左 475 kc である。測定結果は左右ほとんど差がないので右チャンネルの感度特性のみ

三菱ステレオ・藤木・進藤・伊藤

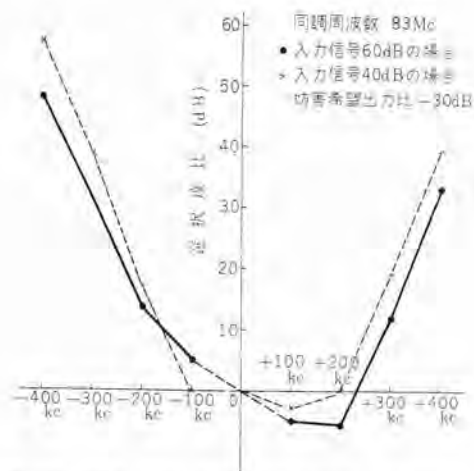


図 2.5 DSS-1005 形総合選択度特性 (2 信号)

Fig. 2.5 Overall selectivity characteristic of type DSS-1005 (2 signals).

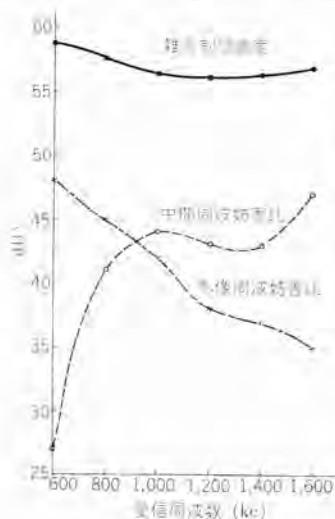


図 2.6 DSS-1005 形の雑音制限感度，中間周波妨害比，映像周波妨害比 (中波帯)

Fig. 2.6 Noise limit sensitivity, intermediate frequency interference ratio and video frequency interference ratio of type DSS-1005. (Intermediate wave band)

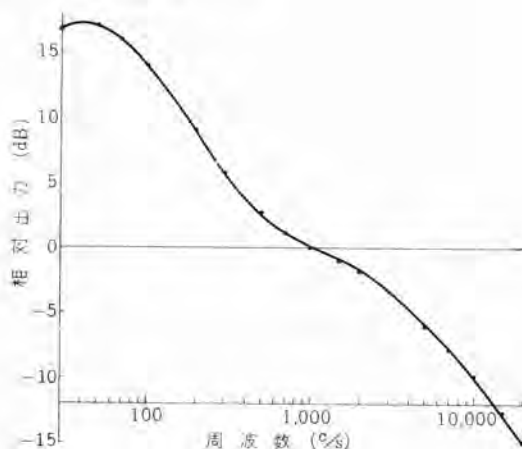


図 2.7 DSS-1005 形イコライザ周波数特性

Fig. 2.7 Equalizer frequency characteristic (DSS-1005)

を図 2.6 に示す。なお短波帯の最大感度 40 dB 以下，S/N 30 dB 感度は 46 dB 以下。イメージ妨害比は 7 dB 以上である。

とくに指定のないかぎり高周波入力 74 dB, 出力 500 mW である。

2.2.3 イコライザ

本機のイコライザはトランジスタ 2 個を使用した NF 形で，利得は 1 kc で約 35 dB, 周波数特性はピックアップの特性をにらみあわせて RIAA 特性を満足するようにした (図 2.7)。

2.2.4 音質調整回路

双 3 極管による NF 形音質調整回路と出力側に接続されたカ

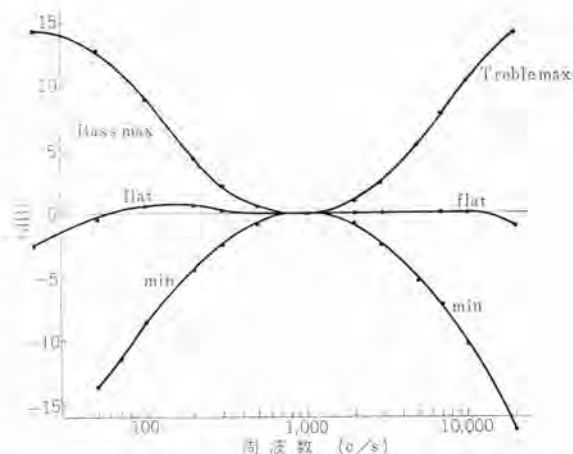


図 2.8 音質調整回路特性 (DSS-1005)
Fig. 2.8 Tone control characteristic (DSS-1005)

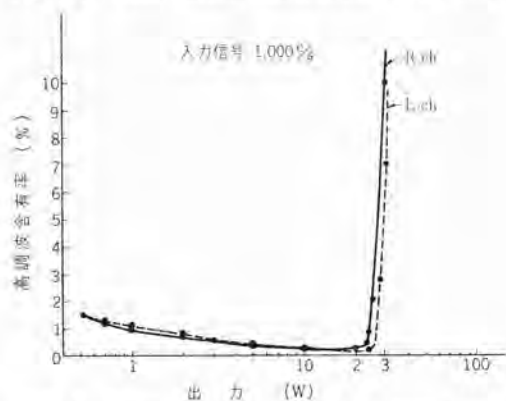


図 2.9 Main Amp 出力ヒズミ特性 (DSS-1005)
Fig. 2.9 Main amp output, distortion characteristic. (DSS-1005)

ードフォロワから成る。初段には約 15 dB の P-G 帰還をかけてある。利得は約 20 dB で調整可能範囲は 100 c/s および 10 kc で ± 15 dB である (図 2.8)。

2.2.5 電力増幅部

AB₁ 級の 6CA7 ヲッシュアルで、スクリーングリッドの電圧変動の影響を少なくするため電圧を少し下げてウルトラリニア接続とした。したがって出力は 5 極管接続に比べかなり小さくなっている。出力ヒズミ特性を図 2.9 に示す。S/N ヒズミ、ダンピングファクタなどを改良するため約 20 dB の N.F.B. をかけている。

2.2.6 スピーカ装置

放送局でモニタ用に使用されている 2S-305 形スピーカ装置と同じ構成とした。低音用に PW-125 形 (口径 30 cm)、高音用に TW-25 形 (口径 5 cm) を使用し、位相反転形キャビネットに納めた。残響出力用には同じくモニタ用に採用されている P-610 A 形 (口径 16 cm) を両側面につけた。スピーカ装置の周波数特性を図 2.10 に示す。

2.2.7 残響付加装置

左右両チャンネルの出力を混合し電圧増幅、電力増幅して残響付加装置に加える。この装置内の減衰は約 60 dB あるので、電圧増幅後 6BQ5 で電力増幅する。いわゆる残響時間は約 2 秒である。

2.3 プレーヤ

ホノモータ、ピックアップを木製ボードに取り付けたユニット形式で、4 隅の支持スプリングにより緩衝的に本体に取り付けられる。外観を図 2.11 に示す。図中の品番と諸元は次のとおりである。

2.3.1 トーンアーム

機能的にすぐれ取り扱い容易なピックアップ形を使用した。カート

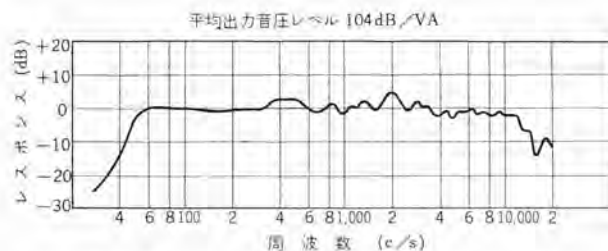


図 2.10 スピーカ出力音圧周波数特性 (DSS-1005)
Fig. 2.10 Speaker output acoustic pressure frequency characteristic. (DSS-1005)

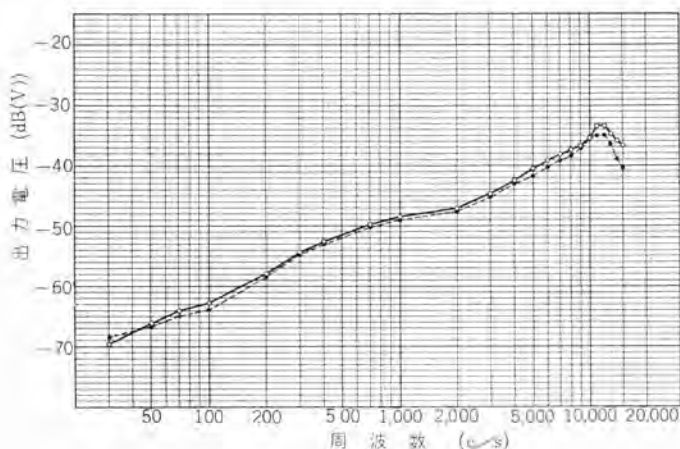


図 2.11 DSS-1005 形ステレオプレーヤ周波数特性
Fig. 2.11 Type DSS-1005 stereo player frequency characteristic.

品番	品名	諸元
1	モータ ボード	硬質ラワン合板 $t=16$ mm
2	ホノモータ	ターンテーブル 直径...30 cm 材質...アルミダイカスト 回転数 4 スピード 16 $\frac{2}{3}$, 33 $\frac{1}{3}$, 45, 78 rpm モータ 形式 誘導電動機 極数 4 極 電源 100 V, AC 50 c/s または 60 c/s 起動 コンデンサ分相 速度微調器つき
3	トーンアーム	主アーム (ピックアップ形) 材質...アルミ板 全長...367 mm 有効長...244 mm サブアーム 材質 アルミ板 処理 金色電解研磨
4	カートリッジ	可動磁石形 スタイラス...
5	速度切換ツマミ	ユリヤ樹脂成形
6	速度微調ツマミ	" "
7	支持スプリング	" "

リッジはサブアームに固定し SP レコード演奏の必要がある場合はスタイラスのさし換えを行なう。

アームはアルミ板を折り曲げ沈頭ボウにより組み立て、後端にはバランスウェイトをつけて上下左右方向に対し重力バランスをとった。アーム右側面後寄りのネジをゆるめると、アームは上方に抜きとることができるから保守点検上便利である。アームの取付高さの調整もこのネジをゆるめて行なうことができる。

主アームはベアリング軸受で、他形式のアームのようにナイフエッジやピボット軸受を使っていないから構造的に堅固で、長期間使用しても狂いを生じない。

なおこのアームのトラッキングエラーは 30 cm レコードの最外周で $+4.5^\circ$ 以下、内周で -2.5° 以下である。

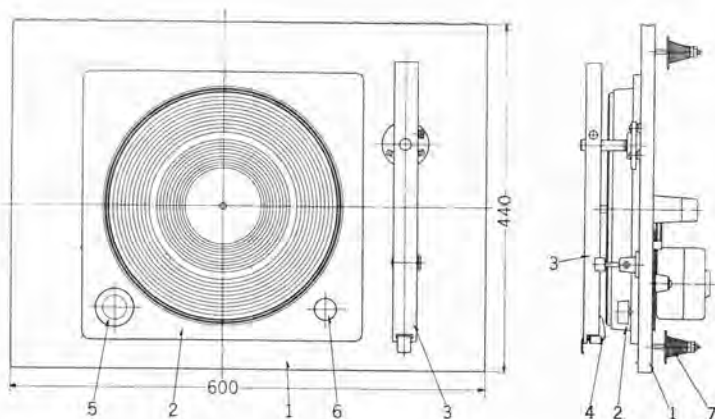


図 2.12 DSS-1005 形ステレオプレーヤユニット
Fig. 2.12 Type DSS-1005 stereo player unit.

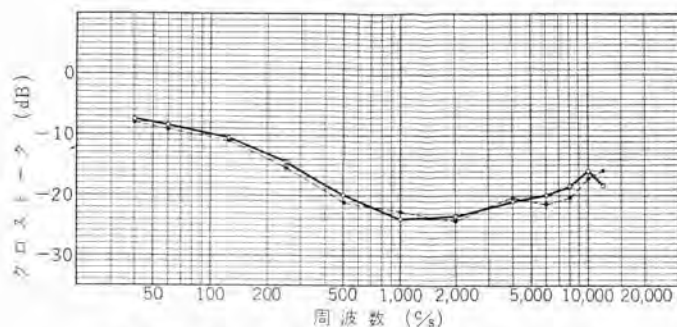


図 2.13 DSS-1005 形ステレオプレーヤクロストーク 特性
Fig. 2.13 Type DSS-1005 stereo player cross talk characteristic.

2.3.2 カートリッジ

機構的に堅固で針交換の容易な ムービングマグネット 形を使用した。ムービングコイル 形は取り扱いの不注意で針先に衝撃を与えるとコイルが断線の事故を起こすことがある。本機の場合もし誤って針先をいためても針交換だけ行なえばよく、コイル断線のおそれはない。本機の再生周波数特性、クロストーク 特性を図 2.11, 2.12, 2.13 に示す。図中の実線は右チャンネル、破線は左チャンネルである。周波数特性は RIAA 特性でレベル補正したものである。

2.4 テープレコーダ

テープレックとアンツに分かれアンツ部は本体のチューンアンツの右側に一括収容して取り扱いに便利ようにしている。テープレコーダ部の諸元は次のとおりである。

項 目	諸 元
使用最大リール	17 cm (7 号)
テープ速度	19 cm, 9.5 cm キャップスタン交換式
録音トラック	(1) 2 トラック ステレオ (2) 半幅モノラル
再生トラック	(1) 4 トラック・ステレオ (2) 2 " " (3) 4 " モノラル (4) 2 " モノラル
ヘッド	1. 消去 2 トラック ステレオ 2. 録音 " " 3. 再生 " " 4. 再生 4 " "
信号対雑音比	45 dB 以上 (19 cm/s)
ワウ、フラッタ	0.2% 以下 実効値 (19 cm/s)
入力端子	LINE INPUT 100 kΩ MIC INPUT 10 kΩ
出力端子	LINE OUTPUT
電源	100 V AC, 50 c/s または 60 c/s, 100 VA

録音再生特性は図 2.14 のとおりである。(19 cm/s, 12 トラック) テープレック上面の外観を図 2.15 に示す。

三菱ステレオ・藤木・進藤・伊藤

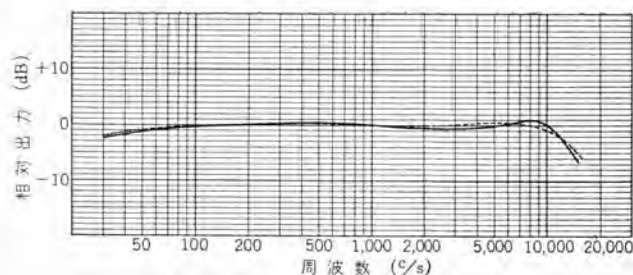


図 2.14 DSS-1005 形ステレオレコーダ
録音再生周波数特性
Fig. 2.14 Type DSS-1005 tape recorder reproduction frequency characteristic.

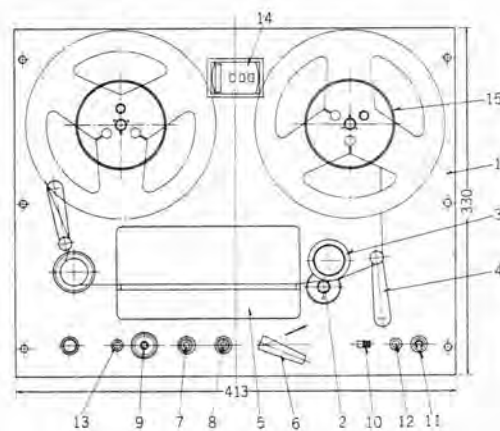


図 2.15 DSS-1005 形ステレオテープレコーダ
Fig. 2.15 Type DSS-1005 stereo tape recorder.

品 番	品 名	備 考
1	パネル	ステンレス
2	キャプスタン	
3	ピンチローラ	
4	テンションアーム	停止スイッチつき
5	ヘッドカバー	4 ヘッド収容
6	切換スイッチ	PLAY-REWIND-FAST FWD
7	START ボタン	
8	STOP ボタン	
9	録音用 ボタン	
10	スライドスイッチ	再生ヘッド切換
11	電源スイッチ	
12	標示灯	
13	"	録音標示
14	テープカウンタ	
15	テープ載台	

2.4.1 モータ

キャプスタン駆動用は同期電動機 1 個、早送り、巻戻し用としてコンデンサ 起動誘導電動機 2 個を使用している。デッキ 右寄りの電源スイッチの投入状態ではキャプスタンは常時回転し、また PLAY のときは 2 個の誘導電動機も低入力力で常時回転し、テープの瞬時起動に備えている。REWIND または FAST FWD のときはいずれか 1 個の誘導電動機が定格回転している。テープの起動停止は別の制御用直流電源により 3 個の吸着用コイルと 1 個の継電器により行っており、操作は START, STOP のボタンを軽く押すだけでよい。右側のテンションアームにスイッチをつけ、テープがはずれると右回転して制御用直流電源回路と誘導電動機の回路を開放する。

2.4.2 ヘッド

再生用ヘッド 2 個、録音用ヘッド 1 個、消去用ヘッド 1 個の合計 4 個のヘッドを使用している。本機は半幅 2 トラックによるステレオ録音再生を主目的とし、消去、録音および再生ヘッドの 1 個は 2 トラックで、4 トラックステレオテープの再生用として 4 トラックの再生ヘッド

1 個を備え、パネル上面のスライドスイッチにより切り換えられる。

2.4.3 アンプ

録音用アンプと再生用アンプが独立して左右チャンネル用2組により構成される。録音用アンプにはおのおの継電器を備え、デッキからの制御用直流電源によりバイアス発振の開閉を行なっている。アンプの電源回路および各ヘッドとアンプの間で、録音再生などによる開閉切り換えを行なっていないからテープにクリック雑音の入るおそれはない。

3. DSS-527 形ステレオ装置

3.1 概略

新しく開発した画期的なパーフェクトオートレーヤが大きな特長である。FM放送の受信可能で、中波はステレオ放送が受信できる。エクスパンダ、残響付加装置を備え、電力増幅段は30A5のラッシュアルである。またスピーカーは口径20cmのダラルコンスピーカを使用している。外形寸法は横100cm、高さ81cm奥行き40cm、重量は約27kgである。

3.2 アンプ部

3.2.1 FMチューナ部

高周波増幅、発振および混合を双3極管12DT81本で行なっている。アンテナ入力回路は75Ω不平衡。カソード入力とした。このため増幅度はカソード接地の場合よりやや劣るが C_{pg} 間のフィードバックによる発振などがなく安定に動作することを主眼とした。感度は図3.1に示すように標準出力50mWに対し平均20dBである。

発振回路にバリキャウダイオード1S85を使用してAFCをかけた。局発周波数が高低いずれに漂動しても中心周波数に戻しうるように、約3Vの直流バイアス電圧をB電源からリレーで取り出した。

3.2.2 AMチューナ部

従来のラジオ受信機の回路と大差がないので詳述は避けるが、中波のステレオ放送を受信するので、両チャンネルの感度差を小さくすることに、とくに留意した。これは部品のバラツキもあり多少はやむをえないと考えるが、検波器のゲルマニウムダイオードの特性ふぞろいによる感度差が大きかったので、この特性をそろえ、なお感度差がある場合には真空管を差し換えることとした。感度特性を図3.2.3.3に示す。

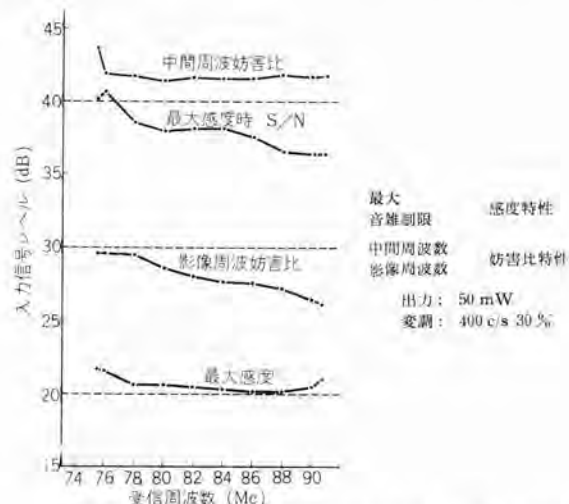


図 3.1 DSS-527 形の感度特性ほか (FM 波帯)
Fig. 3.1 Noise sensitivity and others of type DSS-527.
(FM wave band)

3.2.3 低周波および電力増幅部

低周波増幅の初段には12A×7を使用し、ここで約30dBの利得を得て次の音質調整回路に加える。音質調整回路は高音の増減が可能で、音量調整器最大の位置で8kcは1kcに対して約7dB上昇可能である。なおラウドネスコントロールが付加されているため、音量を絞るとさらに7dBの差が生ずる。

電力増幅部も初段に12A×7を使用し、一方の3極部で約30dBの利得を得て出力管30A5を励振している。ここで自動平衡

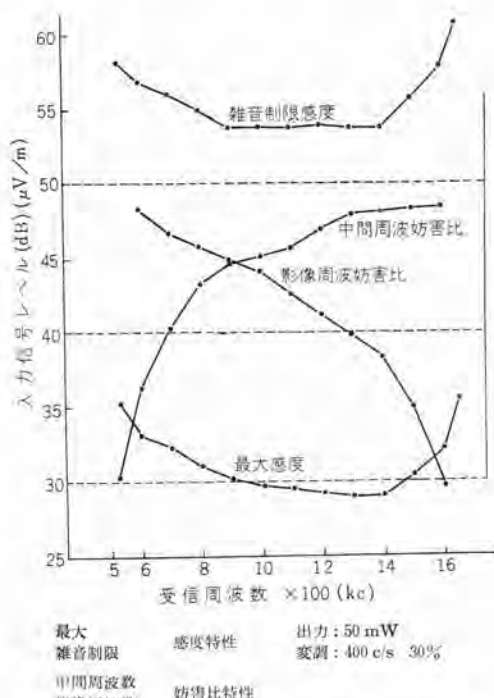


図 3.2 DSS-527 形の感度特性ほか (MW 波帯)
Fig. 3.2 Noise sensitivity and others of type DSS-527.
(MW wave band)

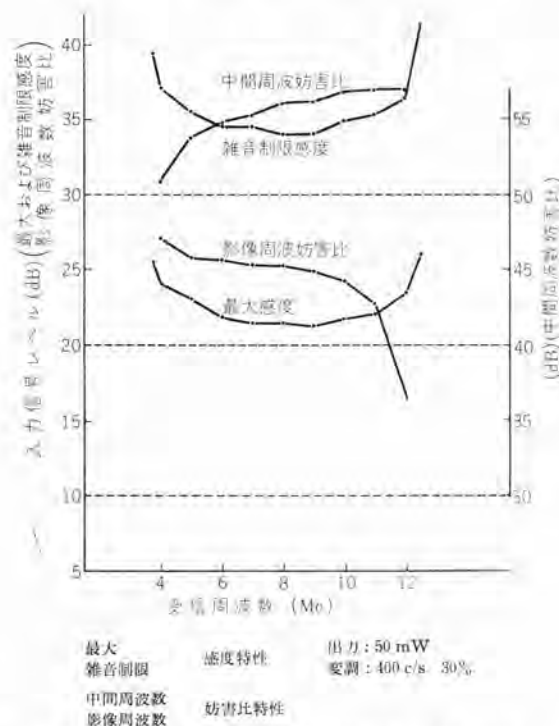
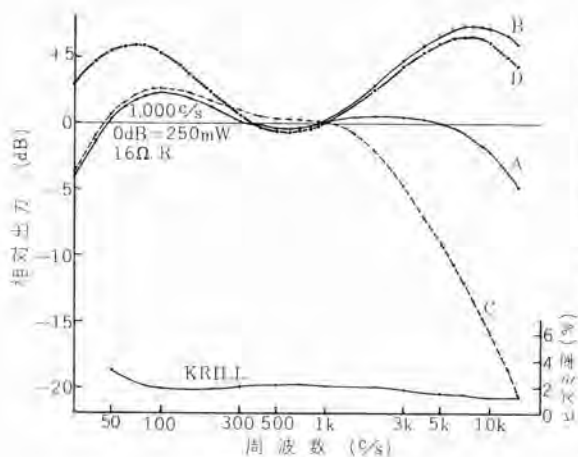


図 3.3 DSS-527 形の感度特性ほか (SW 波帯)
Fig. 3.3 Noise sensitivity and others of type DSS-527.
(SW wave band)



機種 527
PHONO 端子入力 0.02 V
Volume 最大
A....Tone, flat
B....Tone, up (High boost)
PHONO 端子入力 0.02 V
C....Tone, cut (High cut)
D....Tone high boost
歪率は A 特性の場合に於て各周波数共に出力 1 W (const) 時に於けるもの
歪率測定時出力 (1 W)

図 3.4 低周波数特性
Fig. 3.4 Low frequency characteristic.

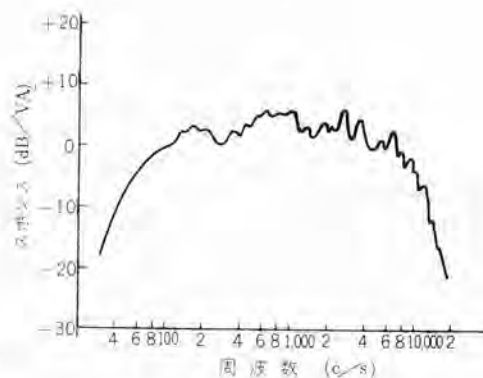


図 3.7 スピーカ周波数特性
Fig. 3.7 Frequency characteristic.

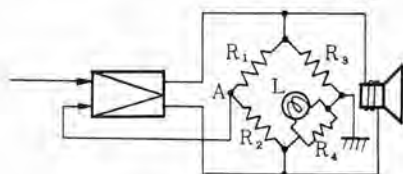


図 3.5
エキスパンダ回路図
Fig. 3.5
Expander circuit.

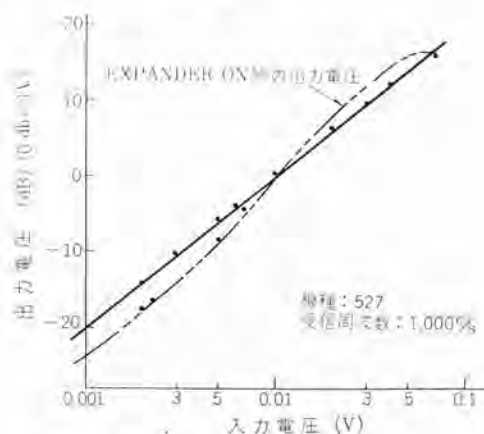


図 3.6 エクスパンダ動作特性
Fig. 3.6 Expander operation characteristic.

形位相反転回路を採用して励振電圧の一部を他の 3 極部に加えて位相反転を行なった。低周波および電力増幅部の総合利得は約 40 dB セラミックカートリッジの出力を 0.1 V と見ても十分である。周波数特性を図 3.4 に示す。

3.2.4 エクスパンダ

エキスパンダの素子としてパイロットランプを使用した。

図 3.5 のようにランプ L と抵抗 R_1, R_2, R_3 とでブリッジを組みスピーカに並列に接続して、アンプ出力の一部を加える。出力信号の大小に伴いランプの抵抗値も増減するので、ブリッジの平衡が破れる。図中の A 点に現われる電圧を入力側に帰還させることにより、信号電圧の大小により、負帰還量は逆に減小あるいは増大し、出力をさらに大きくあるいは小さくするのでエキスパンダとなる。ランプ L に並列に接続してある抵抗 R_1 は、ランプが万一切れた場合、A 点に現われる電圧の位相が 180° 変化し、正帰還となって発振するのを防止し、同時にあらかじめ一定量の負帰還をかけて安定化を図ったものである。エキスパンダの動作特性の一例を図 3.6 に示す。

3.2.5 スピーカ装置

スピーカは 20 cm ダブルコンスピーカである。周波数特性を図 3.7 に示す。

3.3 プレーヤ

画期的な自動演奏プレーヤである。自動演奏の機能特長は

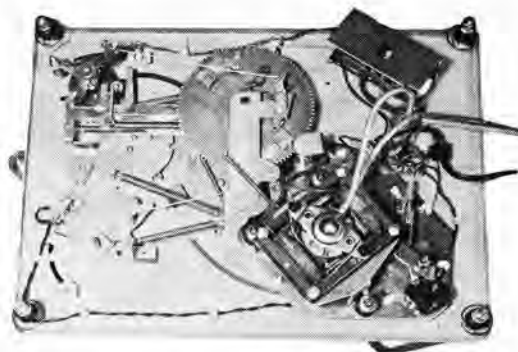


図 3.8 STP-527 形プレーヤ裏面
Fig. 3.8 Back of type STP-527 player.

- レコードの大きさを自動的に探知するので、レコードの大きさに関係なく針先が演奏開始位置にのり。
- レコード演奏が終われば自動的にアームが上がり、アームレストに帰る。
- レコードの途中の任意の所から自動演奏できる。従来のもののように手動に切り換える必要はない。
- 演奏途中でレバーを引けば、アームは上がってアームレストに帰るから、任意の所で自動停止ができる。
- 繰返し演奏装置がついている。
- すべての操作が一個のレバーを引くだけで行なわれる。したがって操作がきわめて簡明である。
- 針の落下速度がゆるやかであるからレコードを傷つけない。なおターンテーブルの直径は 20 cm、4 スピード ($16\frac{2}{3}$, $33\frac{1}{3}$, 45, 78 rpm) シンクロモータを使用しているから電源電圧が変動しても回転速度は一定している。アームはダイナミックバランス形、カートリッジはセラミックを使用しているので高温高湿にも安定している。また ST-LP 用の針はダイヤ針を使用している。

4. む す び

以上 DSS-1005 形ステレオと DSS-527 形ステレオの大体を報告したが、ステレオ装置は比較的“若い”機種であり、とくにプレーヤは改善の余地を多く残しているものと考えられる。また FM 放送の免許も、あまり遠くないことが予想され回路の開発にもなすべきことが多い。キャビネットの塗装技術の進歩も目ざましい。意匠性能ともさらに研究改良の努力を続けたい。

なお DSS-1005 形ステレオの完成にあたっては社内外の全面的なご協力をいただいた。ここに深甚な謝意を表する。

多帯域共用見通し外通信大口径パラボラアンテナ

土井 博之*・高須 勇*
加藤 修助**・上西 聖**
喜連川 隆***
森川 洋****・東野 義夫****

A Huge Parabolic Antenna in Multibands for O/H Radio Relay Links

Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation
Electric Communication Laboratory of Nippon
Telegraph and Telephone Public Corporation
Mitsubishi Electric Corporation, Research Laboratory
Mitsubishi Electric Corporation, Electronics Works

Hiroyuki DOI・Isamu TAKASU
Syusuke KATŌ・Kiyoshi UENISHI
Takashi KITSUREGAWA
Hiroshi MORIKAWA・Yoshio HIGASHINO

The Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation has had a project to connect Kagoshima and Amami-Ōshima by O/H propagation microwave communication. A huge antennas were built at both the locations. Each unit consists of a reflector of 16 m high and 25 m wide. Its primary radiator is used for 700 Mc band horizontally polarized wave and for 800 Mc band vertically polarized wave, and also is in common use for 2,000 Mc band vertically polarized wave and horizontally polarized one. The scale and performance of the antennas are unparalleled in the world as an outcome of the latest study and development. Because of very adverse weather conditions, special considerations are taken in the design of the antennas to withstand the weather and wind.

1. ま え が き

アメリカ軍統治下にあった奄美大島が日本本土に復帰した昭和29年当時、内地との電信電話は短波で行なわれていたが、回線数も少なく通信の品質も低かったので、洋上に点在する島ずたいのVHF通信も考えられたが、保守のはなはだ厄介なことが予想されていた。その当時は大電力送信機、高感度受信機と高利得アンテナをもってするマイクロ波見通し外通信の研究が各国で取り上げられてきた時で⁽¹⁾、電気通信研究所においても研究の結果、鹿児島—奄美大島間はその中間にある中之島を利用する山岳回折波伝搬による見通し外通信が最適であるということになった。

その結果、本文記載の開口面積 400 m² の大口径パラボラアンテナの建設計画が始められたのが昭和31年9月で、移設可能な直径18 mのマイクロ波見通し外伝搬試験用大口径パラボラアンテナの研究報告がベル研究所から出されたのと⁽¹⁾、三菱電機が門司風師山に建設中の国際電信電話株式会社の直径18 mのパラボラアンテナを完成したのが、ちょうどこのときである⁽²⁾。

そこで、まず問題になったのはこれらのものよりもさらに6割も開口面積の大きな巨大パラボラアンテナは、円形反射鏡を鉄柱で支持する構造のものと構築物の一面が方形開口反射鏡になっているものとのいずれが適しているかということであったが、前者につ

そこで、まず問題になったのはこれらのものよりもさらに6割も開口面積の大きな巨大パラボラアンテナは、円形反射鏡を鉄柱で支持する構造のものと構築物の一面が方形開口反射鏡になっているものとのいずれが適しているかということであったが、前者につ

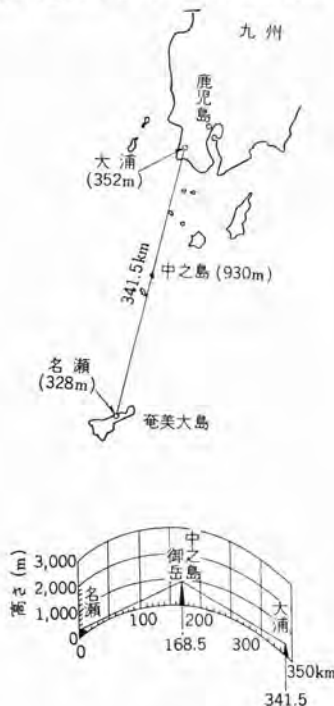


図 1.1 鹿児島—奄美大島間見通し外伝搬路

Fig. 1.1 Map and profile showing path of O/H propagation between Kagoshima and Amami-Ōshima.



図 1.2 大口径アンテナの一次放射器と反射鏡

Fig. 1.2 Primary radiator and mirror of huge antenna.

いてはすでに国際電々のもののデータがあるので、後者についての資料を得るために模型を昭和32年9月に完成し、風洞実験を電気通信研究所から東京大学航空研究所に依頼し、種々検討の結果、両者の長所を組み合わせたバックネット構造のものが最も安価で所要の性能を満足しうることがわかった。

このアンテナの特長の第1は、開口面積400m²という巨大なものであること⁽³⁾、第2は700Mc帯、水平偏波、800Mc帯、垂直偏波、2,000Mc帯、垂直水平両偏波共用という多周波数帯共用の偏波共用のアンテナであること、第3はこれをしばしば台風の通路となる地域になんらの支障なく建設し、安全に動作するよう機械的に十分考慮されたものとするところである。以下本文において、2章ではその基本設計および総合性能、3章には反射鏡の設計と性能、4章には一次放射器の設計と性能とについて述べることにする。

2. 設計の概要

2.1 反射鏡の基本設計

反射鏡の設計に際しては、まず開口面積400m²という巨大なものとなれば電気設計上の要求と機械設計上の要求とは必ずしも一致するわけではなく、両者をうまく兼ね合わせるのがむずかしい問題となる。また、外国に比べてかなり貧弱なわが国の輸送路、輸送機関によっても輸送可能な設計であることが必要である。

2.1.1 反射鏡の形状

電気性能上は円形反射鏡のほうが対称性を維持できて利得（開口能率）、交差偏波結合度の点で若干有利であるが、このように大形のものとなれば両者の比較は製作、建設、検査の容易さおよび価格の面から決定すべきである。先に述べた方形開口反射鏡の風洞実験の終了をまって種々検討を重ねた結果次の結論が得られた。

- (1) 方形開口反射鏡は円形反射鏡に比べて使用鉄材および基礎コンクリートが少なくすむ。
- (2) 占有土地面積は両者はほぼ同じであるが、建設工事に必要な土地は方形開口反射鏡のほうが狭くてすむ。
- (3) 工事の際の検査は円形反射鏡のほうが容易であるが、使用状態における検査は方形のものの方が容易である。
- (4) 建設工事そのものは方形開口反射鏡のほうが容易であるが、鏡面精度を規制するのに工夫を要する。
- (5) 方形開口の場合、オフセット給電に便利な構造とすることができ、反射鏡からの反射を少なくすることができる。このようにして方形開口反射鏡が採用されることになった。最初は図2.1のようなアングル材で組み上げたトラスの構築物の前面に反射面となる金網を張りつけたパネルを取り付けるという構想

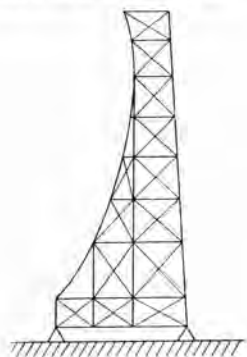


図 2.1 トラス式反射鏡
Fig. 2.1 Truss type mirror.



図 2.2 支柱組立式反射鏡
Fig. 2.2 Pipe frame type mirror.

であった。しかしこれでは非常に全重量が大きくなって不経済であり、また現地での組立に著しく時日を要するのは不利だということになったので、全体をいくつかの縦割りにして各ユニットは図2.2のような簡潔な骨組みとし、材料の有する強度を有効に利用する構造とした。さらに縦割りユニットの横方向の強度はラメンとして解析することにし、横からの荷重に対して低い応力しか生じない斜材は省くことにした。この結果全重量は最初の案の約50%になり、輸送には困難を伴ったが現地の組立期間を著しく短縮できることになった。

2.1.2 開口角の選定

パラボラアンテナの利得（開口能率）はよく知られているように開口角 2ψ が130度ないし150度の場合に最大値が得やすい。しかし、かかる大口径アンテナの場合は製作の容易さ、経済性の面から考えると開口角を小さくすなわち浅い反射鏡、とくに垂直面内での開口角を小さくしたほうが得策であることはいうまでもない。また、このアンテナの方向調整は一次放射器の位置を変位するという手段によらざるをえないので、方向調整による利得の低下、サイドローレベルの上昇を軽減するためにも開口角が小さいほうが好ましい。

結局反射鏡寸法は横幅25m、高さ16m、焦点距離15m、したがって水平面内開口角 $2\psi_H=90.4$ 度、垂直面内開口角 $2\psi_V=59.4$ 度ということに決った。また、パラボラの軸と反射鏡との交点すなわち頂点は反射鏡中心から2m上方、反射鏡下縁からは10mのところに位置しており、したがって一次放射器の主放射方向はパラボラ軸より約7度下方に傾いた、いわゆるオフセット・フィードとなっている。

2.1.3 鏡面の金網

反射鏡々面を構成する金網はステンレスのエキスパンドメタルを使用した。この場合の線径および網目寸法は電波透過率、したがってアンテナの利得および前後比に関係してくる。使用したものは後掲の図3.1に示すごとく線径は $1.6 \times 1.6 \text{ mm}^2$ 、網目寸法は中央部から左右 $\pm 8 \text{ m}$ の範囲は対角線の長さが8mm、12mmのヒシ形、それより両側の部分は対角線の長さが18mm、25.4mmのヒシ形となっている。この場合の計算による2,300Mcでの電波透過率は中央部の細目部分で-15dB以下、両側の太目部分で-11dB以下となる。

2.2 一次放射器の基本設計

このアンテナは周波数帯共用、偏波共用を行なっている点が大きな特長であって、この目的にかなう一次放射器をいかにして実現するかということに多大の努力が払われた。

このアンテナを使用する回線が将来国際的な回線に接続されることを予想したものであり、またわが国最初の見通し外通信回線である関係上、使用周波数帯の最終決定に至るまでには多くのうよ曲折があった。昭和33年10月に立てられた計画では250~277Mc垂直偏波、610~860Mc水平偏波、2,150~2,300Mc垂直水平両偏波共用であって、この計画のもとに一次放射器の開発を進めていたが、昭和35年6月になって250Mc帯が中止された。そして一次放射器に先行して反射鏡の工事が進められ昭和35年4月に鹿児島県大浦と奄美大島名瀬にそれぞれ1基ずつ設置され、840~940Mc垂直偏波、2,150~2,300Mc垂直偏波の2波で使用する仮設一次放射器が取り付けられて、昭和36年10月1日に回線の開通をみた⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。この仮設一次放射器は電気通信研究所で開発し、三菱電機株式会社に製作したものである。

この間本回線用の使用周波数決定が急がれていたが、ようやく昭和 36 年 10 月に至り決定をみた。この結果 698~896 Mc 単一偏波、2,115~2,300 Mc 垂直水平両偏波共用となった。このように 800 Mc 帯の使用周波数帯域が仮設のものより低くなったため、すでに設置されていた方形導波管 WRJ-1 を用いた給電導波管系を 800 Mc 帯全域にわたってそのまま使用することが不可能となり、結局これを 698~737.6 Mc と 749.2~896 Mc の 2 周波数帯域に二分し、前者は同軸管 WX-77D で、後者は既設の方形導波管 WRJ-1 で給電することとなった。

このようにして一次放射器としては 698~737.6 Mc 水平偏波、749.2~896 Mc 垂直偏波、2,115~2,300 Mc 垂直水平両偏波共用の 3 周波数帯域共用、偏波共用の形式がとられることとなった。

さて、周波数帯域共用 パラボラアンテナの一次放射器の形式としては 1 個の超広帯域放射器を反射鏡焦点におき、適当な分波回路により各周波数帯を分離する方法が考えられるが、一次放射器指向性の周波数特性の改善法、インピーダンス整合法、大電力に耐えてしかも帯域の広い分波回路の実現法など、技術的に困難な問題が多く、その他数種の具体例につき慎重に検討を加えたが、結局性能という点に最重点をおき形状はやや複雑になるが 2,000 Mc 帯用の ホーン を焦点におき、その周囲に 800 Mc 帯用の ホーン 2 個および 700 Mc 帯 ダイポール 4 個を適当な間隔で配置して、所要の放射特性を持たせるようにしたものを採用した。

このような アレー 形式の一次放射器の指向性は単純に考えると、これを構成する各放射素子単体のもつ指向性に、各素子の幾何学的配置が定まる アレー 係数を乗じたものとして計算することができる。しかし今度のように複合した アレー の場合には他の素子群との相互干渉が生じ計算とはかなり、異なったものになり、かつこの干渉は指向性の上のみでなく インピーダンス の上にも影響を与える。したがってこの一次放射器の最終的な構造寸法は全放射素子を組み合わせたものについて実験的に決定するという手段をとらざるをえない。

この一次放射器の技術的なむづかしさの一つは、所要の指向性をもつ各素子およびこれに接続される給電同軸管あるいは給電導波管部品を互いに重なり合うことなしに配置し、しかも既設鉄塔上に設置する必要があるため、これらの構造寸法がかなり制約を受けることになって、インピーダンス の点で必ずしも最適の構造寸法のものを選びえないという点にある。また送信電力が大きいため一次放射器および給電系は許容電力容量を考慮した設計のものがなければならない。したがって インピーダンス 整合に際しても、発熱して事故を起こす危険のあるような整合素子、たとえば深くそう入した容量性整合棒のごときは極力避ける必要がある。

このような難点を逐一解決して 3 周波数帯域共用、偏波共用の一次放射器を製作することができた。その構造は 4 章に詳述するように 700 Mc 帯は対称 トウ 管形平衡不平衡変成器を備えた水平偏波半波長ダイポールを格子状スクリーン の前方に 4 個配置して、同軸ジャンクションボックス を介して主給電同軸管 WX-77D で給電するもの、800 Mc 帯は H 面扇形ホーン を E 面方向すなわち垂直方向に 2 個配置して E 面 Y 分岐を介して方形導波管 WRJ-1 にて給電するもの、2,000 Mc 帯は 4 分割形正方形 ホーン を直交直線偏波分離回路を介して方形導波管 WRJ-2 で給電するものとなっている。

これらの一次放射器は許される範囲内で インピーダンス 特性の良好な構造寸法を選び、さらに導波管または同軸管内部に適当な整合素子を装荷して整合を行なうという従来よく使われる手段以外

に、指向性をそれほどそこなわない考慮のもとに放射器開口外方にも整合用の適当な素子を装着する広帯域整合法がとられている。

2.3 アンテナの総合電気性能

この アンテナ は開口面積 400 m² という巨大なものであり、また反射鏡と一次放射器との製作納入が約 2 年もずれていた関係でアンテナ 利得および総合 インピーダンス の工場試験は行ないえなかった。表 2.1 は後掲の図 4.7 のアンテナ 一次放射器指向性から算出した予想利得であって、700 Mc 帯は 39 dB、800 Mc 帯は 42 dB、2,000 Mc 帯は 50 dB 程度となっている。700 Mc 帯の利得が低いのは、垂直面内一次放射器指向性の サイドローレベル が高くアンテナ の漏れ放射 エネルギーが多いためである。このような技術的にむづかしい複

表 2.1 アンテナの利得

(一次放射器指向性から算出した値)

一次放射器形式	700 Mc 帯 ダイポール・ アレー		800 Mc 帯 ホーン・ アレー		2,000 Mc 帯 4 分割ホーン			
	水 平		垂 直		水 平		垂 直	
周 波 数 (Mc)	705	730	750	980	2,115	2,300	2,115	2,300
$\frac{4\pi A}{\lambda^2}$ (dB)	44.4	44.7	45.0	46.5	54.0	54.7	54.0	54.7
$\eta_{ap} \cdot \eta_{sp}$ (%)	35.6	30.0	51.2	43.6	45.0	42.7	54.0	45.0
(dB)	-4.5	-5.2	-2.9	-3.6	-3.5	-3.7	-2.7	-3.6
鏡面透過損 (dB)	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.20	-0.25	-0.20	-0.25
鏡面精度損 (dB)	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
利 得 (dB)	39.8	39.4	42.0	42.8	50.2	50.7	51.0	50.9

表 2.2 反射鏡がアンテナの電圧反射係数に及ぼす影響

(一次放射器指向性から算出した値)

一次放射器形式	700 Mc 帯 ダイポール・ アレー		800 Mc 帯 ホーン・ アレー		2,000 Mc 帯 4 分割ホーン			
	水 平		垂 直		水 平		垂 直	
周 波 数 (Mc)	705	730	750	980	2,115	2,300	2,115	2,300
リ アク シ ョ ン ΔI_{ν}	0.07	0.07	0.05	0.05	0.01	0.03	0.02	0.03

合一次放射器をもつ 3 周波数帯域共用、偏波共用の パラボラアンテナ としては国内を問わず諸外国にも例がなく独自の構想と性能において広く内外に誇りうるものであると考えられる。

なお、アンテナの電圧反射係数に及ぼす反射鏡の影響 Γ_m を

$$\Gamma_m = \frac{G_f \cdot \lambda}{4\pi \cdot f}$$

G_f —一次放射器の利得

f —焦点距離

λ —自由空間波長

から算出した結果が表 2.2 であって、アンテナ の総合 インピーダンス が図 4.6 の一次放射器自体のもつ インピーダンス から変化するのがほぼこの程度であることを示している。

3. 反射鏡の設計と性能

3.1 設計計画

この アンテナ のおもな機械的条件は次のとおりである。

開口： 幅 25 m、高さ 16 m の方形。

焦点距離： 15 m。

頂点： 開口の左右開口幅の中心、反射鏡の下縁から 10 m。

鏡面： 全面回転放物面金属網

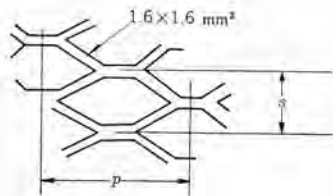
金網： 開口面の中心から左右 ± 8 m まで線径 3 mm 間隔 20 mm 残部線径 3 mm 間隔 30 mm またはこれと同等以上

材質はステンレスまたはこれと同等以上の耐食性を有すること

地上高： 反射鏡の下縁が地表から 0.5 m 以上

耐風速： 瞬間最大風速 75 m/sec まで破壊しない

基礎位置の精度： 垂直方向 5 mm 以内 水平方向 ± 10 mm 以内



	P	S
中央部	18 mm	8 mm
外部	25.4 mm	12 mm

図 3.1 エクスパンドメタル
Fig. 3.1 Expand metal.

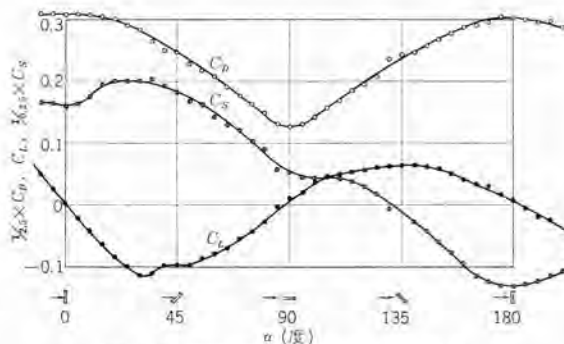


図 3.2 受風方向 α と各係数との関係
Fig. 3.2 Relation between each coefficient and wind vectol α .

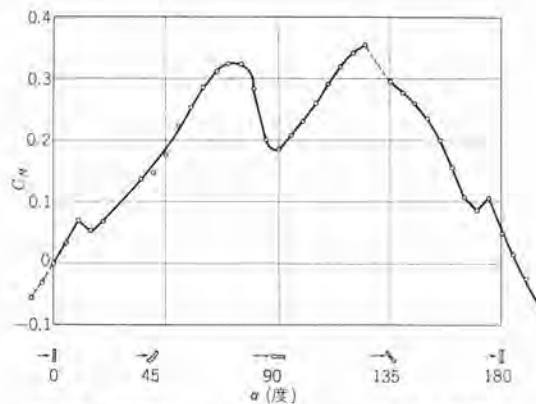


図 3.3 受風方向 α と回転モーメント C_M との関係
Fig. 3.3 Relation between pitching moment coefficient and wind vectol α .

鏡面精度：理想的な回転放物面に対しその軸方向に ± 12 mm 以内

この仕様の項目中で困難をきわめたのは金網である。まず耐食の点からステンレスを用いることにしたが、径 3 mm の線の間隔 20 mm という目の細かい網は編めないし、打抜板にするには材料が不経済である。また溶接網にするのは工賃が高すぎる。それで結局板厚 1.6 mm のステンレス板から目の細かいエクスパンドメタルを作って使用することにした。このエクスパンドメタルの寸法は図 3.1 のとおりであるが、これの製作も非常にむづかしくヒズミをとるのが大変であった。

3.2 模型による風洞実験

反射鏡の概略設計がすんだところで模型を製作し風洞実験を行なって各方向からの空気力（抵抗、揚力、横力、回転モーメント）をテンピンにより測定し、また金網格子の前後面の圧力を測定した。さらに金網支持具を装置してこれに種々の金網を交換して取り付け、空気力の測定を行なった。図 3.2 に受風方向 α と抵抗係数 C_D 、揚力係数 C_L 、横力係数 C の関係を示し、図 3.3 に受風方向 α と回転モーメント係数 C_M の関係を表わす。

この反射鏡の強度計算にあたっては風を前方または後方から受ける場合は一次不静定トラスとして、風を側方から受ける場合は 4 層 8 径間のラーメンとして反射鏡主要部の強度計算を行なった。

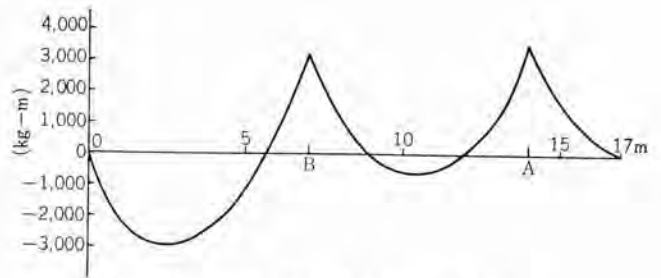


図 3.4 フレームに加わる曲げモーメント線図
Fig. 3.4 Bending moment diagram on frame.

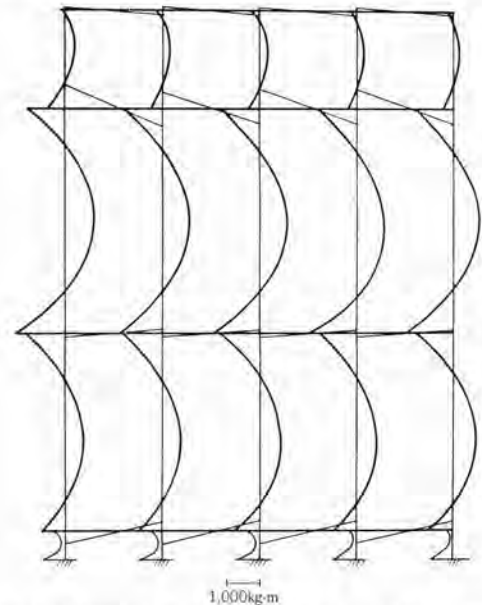


図 3.5 風が横から吹いた場合柱に生ずる曲げモーメント
Fig. 3.5 Bending moment diagram on column caused by lateral wind load.

図 3.4 は風を正面から受けた場合の縦柱に生ずる曲げモーメントを示し、図 3.5 は風を側面から受けた場合に柱に生ずる曲げモーメントを示す。

3.3 機械的性能

反射鏡は 9 個のブロックに縦割りしてあるが、その一つができたところでつり上げ試験を行なった。この試験によって現地組立の方法を確認するとともに、各部材にストレージをはって構造部材として所要の強度を有しているか否かを確認した。図 3.6 はこの状況を示す。

このアンテナは 2,000 Mc 帯まで使用可能とするために反射面の精度は ± 12 mm 以内であることが要求された。表 3.1 は 1 号機の立会試験におけるデータである。座標軸を変換して修正すればさらによい値になるはずのものである。

機械構造的にふり返ってみると、この反射鏡はできるだけ簡潔な構成を採用し計算にのらない骨組を避けるように努めたので、すべての部材が有効に働いて軽いものになった。おもな部材は変形をきん少にするために薄板構造とし、坐屈を考慮しながら材料のもつ強度を有効に使用した。図 3.7 はこの反射鏡の外観図である。

なおこのアンテナを現地に据え付けて間もなく第二室戸台風が来たが、瞬間 75 m/sec 程度と想像される風にもなんらの損傷なく設計上誤りのないことを実証した。

4. 一次放射器の構造と性能

一次放射器に決められた電氣的条件は次のとおりである。



図 3.6 反射鏡の強度試験
Fig. 3.6 Strength test of mirror section.

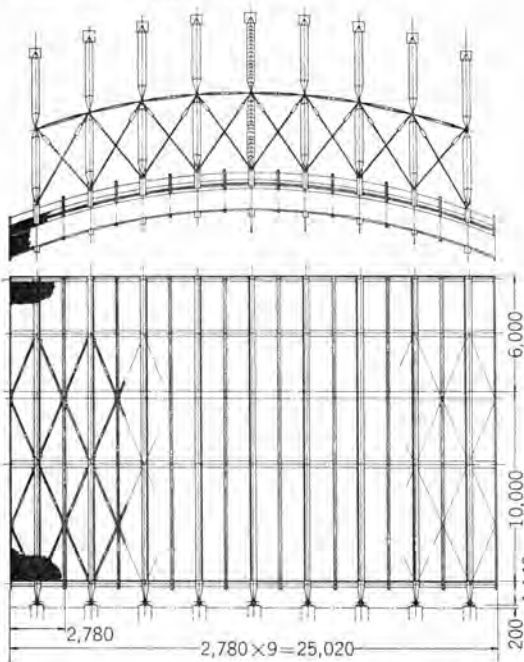


図 3.7 反射鏡の外観図
Fig. 3.7 Outside view of back-net type mirror.

表 3.1 1号機の反射鏡鏡面精度

Block No.	軸からの高さ	上 5m	0	下 9m
1		+6.3mm	+2.0mm	-3.0mm
2		+3.5	-1.8	-4.8
3		+3.1	+3.8	-4.2
4		+5.0	+3.7	-0.3
5		-2.7	0	+6.0
6		-2.0	-7.8	+3.7
7		+6.1	-2.2	+8.8
8		-6.5	+1.2	-4.8
9		+9.3	-4.0	+3.0

VSWR: 各周波数帯ともに最大 1.5 以下, 平均 1.25 以下

電力容量: 700 Mc 帯 2kW 以上

800 Mc 帯 5kW 以上

2,000 Mc 帯 1kW 以上

図 4.1 および 図 4.2 は一次放射器の全系を示すものである。

4.1 2,000 Mc 帯一次放射器の構造

2,000 Mc 帯用垂直水平両偏波共用一次放射器は直交直線偏波

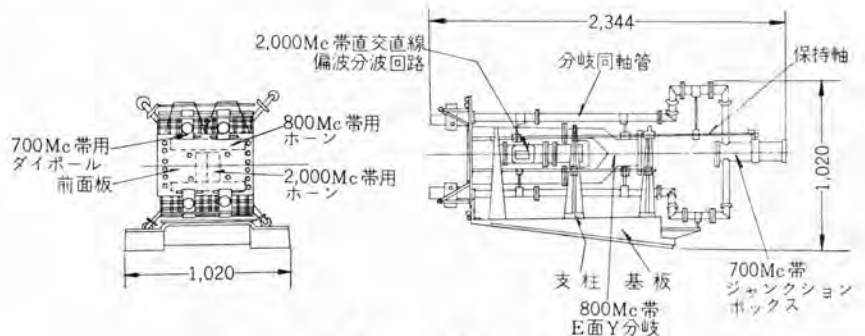


図 4.1 一次放射器全系
Fig. 4.1 Whole assembly of primary radiator.

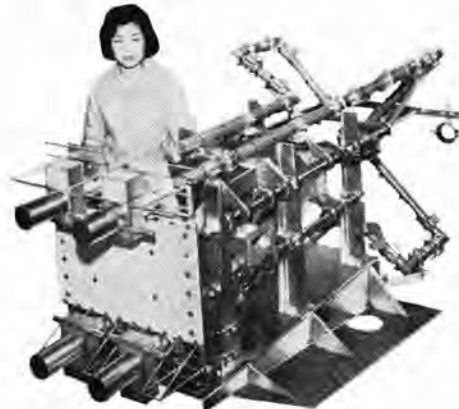


図 4.2 一次放射器の外観
Fig. 4.2 Outside view of primary radiator.

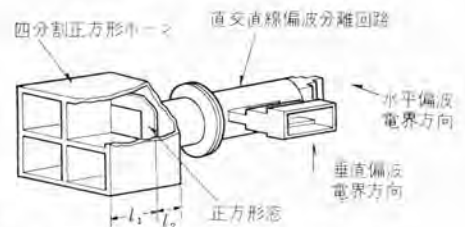


図 4.3 200 Mc 帯用一次放射器
Fig. 4.3 Primary radiator for 2,000 Mc band.

分離回路とホーン部とを組み合わせた構成になっている。直交直線偏波分離回路は図 4.3 に示すように TE_{10}^0 姿態伝送円形導波管に 2 本の 2,000 Mc 帯用方形導波管 WRJ-2, をその一方の軸が円形導波管の軸と共通に, 他方の軸が直交するように接続された構造のものである。広帯域にわたってインピーダンス特性を良好にし大電力に耐え, しかも 800 Mc 帯用 ホーンアレー の内側に納めうる寸法になるようにとくに意を払った設計となっている。図に示すように各方形導波管と円形導波管とはいずれも $1/4$ 波長変成器を介して接続され, とくに整合素子を装荷することなしに広帯域にわたって良好なインピーダンス特性をもたせてある⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

ホーン部は図 4.3 に示すように 4 分割正方形ホーンを円形導波管で励振する構造のものである。4 分割正方形ホーンを使用した理由はその外径寸法を小さくし, しかも垂直水平両偏波に対して垂直面内および水平面内の一次放射器指向性ができるだけ所要の形となるようにするためである。この開口寸法は一次放射器指向性および 800 Mc 帯 ホーンアレー 配置の関係から決定されたものである。これを構成している 4 個の正方形ホーンの内径はかなり小さなものとなり, そのままでは反射がかなり大きい。また入力端側で電界に平行に装荷された金属板によっても反射が生ずる。

今回製作したものは4分割部の長さ l_1 円形導波管開口から4分割部までの長さ l_2 を適宜に選定することによって上記の反射波および他周波数帯用一次放射器との干渉により生ずる反射波を互いに相殺し、さらに図に示す正方形窓を装荷することによって良好なインピーダンス特性を得ることができた。

4.2 800 Mc 帯用一次放射器の構造

800 Mc 帯用垂直偏波一次放射器は図4.4に示すようにH面扇形ホーンをE面内に2個配置したものをE面Y分岐を介して方形導波管WRJ-1で励振する構成となっている。E面Y分岐は主導波管と分岐導波管との特性インピーダンス比を2:1にし、かつ導波管屈折部間の距離 d を約3/4管内波長に選ぶことによって、インピーダンス特性をよくしてある。

H面扇形ホーンは所要E面内一次放射器指向性および2,000 Mc帯一次放射器外部寸法との関係からそのE面方向開口寸法 b が、また所要H面一次放射器指向性からH面方向開口寸法 a が決定される。

このようにして決定された扇形ホーンは必然的にへん平なものとならざるを得ない。また開口フランジ、700 Mc 帯用ダイポールなど外部構造物の影響がかなり大きい。その上800 Mc帯の使用比帯域は約18%にもわたる。このような理由でこのホーン反射は絶対値そのものが大きいばかりでなく周波数特性が著しく、その広帯域整合は尋常の手段ではとうてい達せられない。それでまず、ホーン開口近くに電界と平行に金属板を2枚ずつ図4.4に示すように装荷し、700 Mc 帯用ダイポールの影響を軽減するとともにホーン開口部自身のインピーダンス特性を改善した。次に各ホーン外縁から格子状ひさしを斜め前方に突出させることにより、開口面外部での電流配分に変化をもたせて総合的なインピーダンス特性を良好にした。なおこれら広帯域整合の目的で付加された部分の寸法はいずれも実験的に決定したが、その際800 Mc帯自身の一次放射器指向性ならびに他の周波数帯用一次放射器のインピーダンス特性および一次放射器指向性をできるだけそこなわないよう考慮が払ってある。

4.3 700 Mc 帯用一次放射器の構造

700 Mc 帯用水平偏波一次放射器は図4.5に示すように、対称ブッシング形平衡不平衡変成器を持った4個の半波長ダイポールを同軸ジャンクションボックスを介して同軸管WX-77Dで給電する構成とな

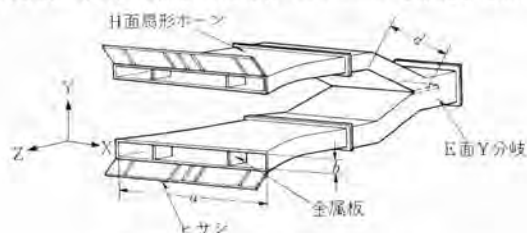


図 4.4 800 Mc 帯用一次放射器
Fig. 4.4 Primary radiator for 800 Mc band.

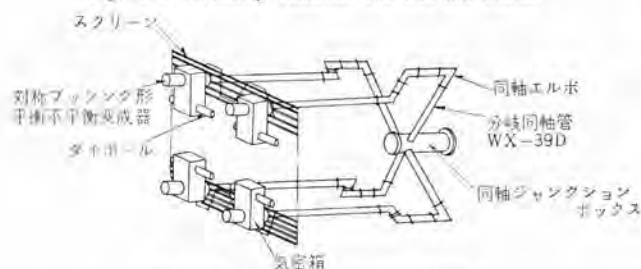


図 4.5 700 Mc 帯用一次放射器
Fig. 4.5 Primary radiator for 700 Mc band.

っている。同軸ジャンクションボックスは1本の主同軸管WX-77Dに4本の分岐同軸管WX-39Dが等角度放射状に接続されたもので、主同軸管内には2段の1/4波長変成器を装荷し、また各分岐同軸管には適当なサセタンス素子を装荷することによって広帯域に整合してある。

ダイポール用の平衡不平衡変成器、いわゆるバランとしては広帯域特性をもたせ、しかも機構的に無理のない構造にするという観点から対称ブッシング形のものが使用してある。各ダイポールの配置およびスクリーンとの間隔は所要一次放射器指向性から決定しており、その広帯域整合はダイポール軸長を適宜に選定し、さらに同軸管WX-39D内にリング状のサセタンス素子を装荷するという方法で行なっている。なおジャンクションボックスから各ダイポールに至る同軸管WX-39Dの配管寸法は、機構的には他の周波数帯一次放射器および給電系と空間的に重なり合うことなく、しかも同軸エルボの必要個数をできるだけ少なくすることを考え、また電気的には同軸エルボによる反射波が同位相であら加わることのないように決定した。

この700 Mc 帯用一次放射器もやはり気密構造が必要であるのでダイポールの一部を3フッ化塩化ポリエチレン製の気密箱にておおってある。

4.4 前面板

この一次放射器はすべて気密構造であることが要求された。700 Mc 帯一次放射器のみは前述のごとく気密箱が装着されているが、800 Mc 帯および2,000 Mc 帯一次放射器はその開口面を共通の1枚の誘電体の前面板でふさいである。この前面板は物理的にも化学的にも絶対に安定であるという条件のほかに装着状態で

- (a) 10 g/cm³ 以上の内圧に耐えること
- (b) 800 Mc, 5 kW 2,000 Mc, 1 kW の連続波を投入して異状のないこと

が必要である。その上インピーダンス特性および一次放射器指向性をそれほど乱さない材質寸法のものであることが望ましい。

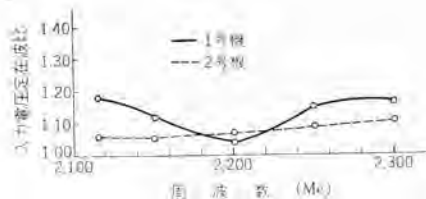
前面板の材質として物理的、化学的に安定であるという点でフッ素樹脂を選んだ。まず3フッ化塩化ポリエチレン板では(a)の条件を満たすための板厚は6.5 mm 程度となる。ところでこの場合、800 Mc 帯放射器で5 kW 投入したときの誘電体損による単位体積あたりの消費電力は $\epsilon=2.3$, $\tan \delta=0.011$ として計算すると0.094 W/cm³ に達する。このとき前面板内温度分布を定常熱伝導の問題として取り扱い、導波管内温度が75°C、外気温度が45°C、前面板材料の熱伝導率が 1.44×10^{-4} cal/cm·sec·°Cの場合について計算すると、前面板内温度の最高値は106°Cに達して3フッ化塩化ポリエチレンがそこなわれる危険がないとはいえない。

これに対して前面板として厚さ7.5 mmの4フッ化ポリエチレン板を使用した場合、同じく800 Mcで5 kW投入したときの単位体積あたりの消費電力は $\epsilon=2.0$, $\tan \delta=0.0005$ として計算すると、0.000354 W/cm³ 程度にしかならない。その上熱伝導率は 5×10^{-4} cal/cm·sec·°Cで先の材料より大きく同様の外圍条件のもとで計算した結果、板の温度は導波管内温度75°Cより高くないことがわかった。

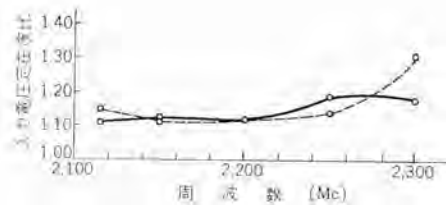
以上の理論的検討の結果前面板には機械的性質は多少劣るけれどもフッ化ポリエチレン板を使用した。

4.5 一次放射器の電気的性能

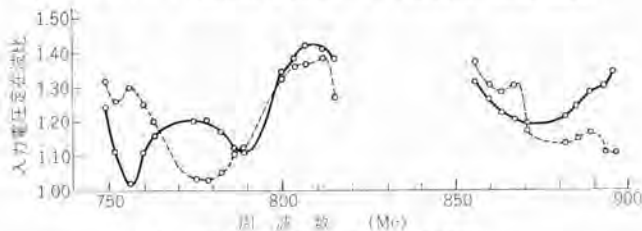
この一次放射器は各周波数帯放射器の間の相互干渉がかなりあり、したがってその特性は各放射系を組み合わせる最終的調整



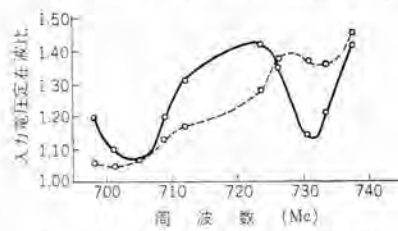
(a) 2,000 Mc 帯垂直水平偏波共用一次放射器 (垂直偏波)



(b) 2,000 Mc 帯垂直水平偏波共用一次放射器 (水平偏波)

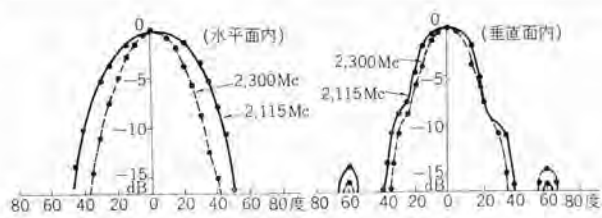


(c) 800 Mc 帯垂直偏波一次放射器

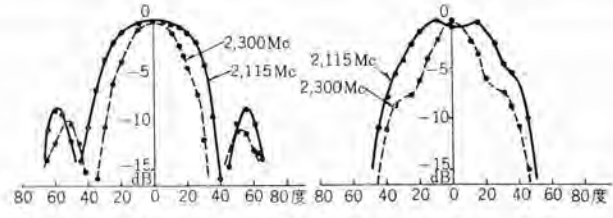


(d) 700 Mc 帯水平偏波一次放射器

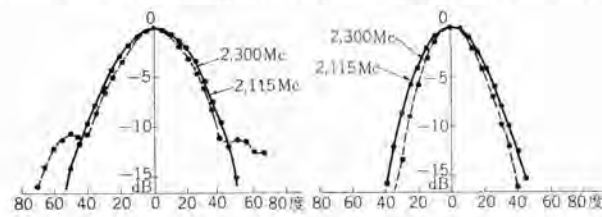
図 4.6 一次放射器の入力電圧定在波比 Fig. 4.6 Input VSWR of primary radiator.



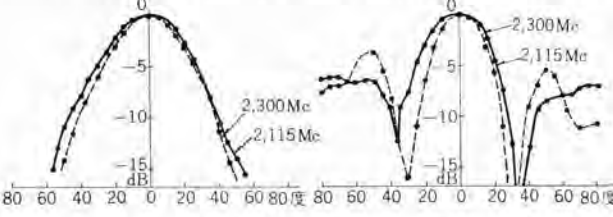
(a) 2,000 Mc 帯垂直, 水平偏波共用一次放射器 (垂直偏波)



(b) 2,000 Mc 帯垂直, 水平偏波共用一次放射器 (水平偏波)



(c) 800 Mc 帯垂直偏波一次放射器



(d) 700 Mc 帯水平偏波一次放射器

図 4.7 一次放射器指向特性 Fig. 4.7 Radiation pattern of primary radiator.

を行なった上で測定する必要がある。

一次放射器の入力電圧定在波比の測定値を図 4.6 に示す。各周波数帯に対して最大値 1.5 以下、平均値 1.25 以下の要求値を満足している。

一次放射器指向性の測定値を図 4.7 に示す。反射鏡周縁方向すなわち垂直面内では $\pm 29.7^\circ$ 度、水平面内では $\pm 45.2^\circ$ 度方向のレベルが最大放射方向のレベルに対していずれも -10 dB 付近にあって、利得を最大にする条件をほぼ満足している。

5. む す び

以上このアンテナの基本設計と総合性能、反射鏡および一次放射器の設計と性能などについて述べた。巨大なことも特長であるが、700 Mc 水平偏波、800 Mc 垂直偏波、2,000 Mc 垂直水平偏波共用という多周波数帯共用の偏波共用パラボラアンテナは世界にまったく例を見ないもので、軽量にして最大風速 75 m/sec に耐えていることは、わが国のアンテナ技術がいかにすぐれているかということを示す好材料である。

このアンテナは 700 Mc 帯でテレビ中継下り 2 ルート、800 Mc 帯でテレビ中継下り 3 ルート上り 2 ルート、2,000 Mc 帯で 60 回線の電話中継が 5 ルート収容できることになっているので、沖縄諸島の経済、文化の発展に寄与することが大いに期待されている。

筆をおくにあたり、計画の当初からご指導ごべんたつを賜った電気通信研究所電波伝播研究室長を径て東京大学教授になられた故河津祐元博士ならびに電気通信研究所次長染谷勲博士、同第一無線研究室長岩井文彦氏、同電波伝播研究室長藤村弘文博士、同第一無線研究室長補佐森永隆広博士の各氏に深謝するとともに、技術局調査役林新二博士、同村田潔博士をはじめご協力をいただいた技術局および臨時極超短波部の関係各位に対して厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) A.B. Crawford, H.T. Friis and W.C. Jakes J.R.: A 60 foot Diameter Parabolic Antenna for Propagation Studies" B.S.T.J., 35, No. 5, p. 1199 (Sept., 1956)
- (2) 竹内, 和田, 櫻本, 香取, 喜連川: "大口徑 パラボラアンテナ" 「三菱電機」31, No. 7 臨時増刊無線機特集, p. 854 (昭32)
- (3) 喜連川: "大口徑 アンテナ" 電学関西支部連大論文集, 部門講演, p. 325 (昭 36)
- (4) 大橋, 鮎沢, 上西: "見通し外通信用大口徑 パラボラアンテナ" 電気通信学会全国大会講演論文集, p. 154 (昭 36)
- (5) 古市, 与田: "鹿児島一名瀬間見透し外 マイクロ 回線の設計と工事概要 [I]" 「施設」13, No. 10, p. 64 (昭 36)
- (6) 古市, 与田: "鹿児島一名瀬間見透し外 マイクロ 回線の設計と工事概要 [II]" 「施設」13, No. 11, p. 64 (昭 36)
- (7) 喜連川, 立川: "直交直線偏波分離回路 3 種" 電学連大論文集, p. 899 (昭 37)
- (8) 喜連川, 立川: "マイクロ 波回路の広帯域整合法" 「三菱電機技報」36, No. 9, p. 1117 (昭 37)

MHD 発電装置の設計に関する一考察

伊藤 利朗*

森川 鉄也**・村井 裕**

A Consideration to the Design of MHD Generator

Research Laboratory

Toshio ITÔ・Tetsuya MORIKAWA・Yutaka MURAI

In the MHD generator duct, the temperature is extremely high and the flow velocity is almost sonic. Then the thermal and friction losses are presumed remarkably large. These various losses taken into account, theoretical considerations are given to the design of the MHD duct and also theoretical discussions are made on the efficiency of the MHD power plant affected by them. In furtherance of the subjects calculational results are given on the losses of open cycle MHD generators having output of 200 kW~400 MW to clarify the following facts. Generators with output smaller than 1 MW involve losses more than the output. Even in large scale generators the losses are apt to be ten percents of the output, but by recovering the thermal losses from the wall with conventional boilers efficiency above 50% can be expected.

1. ま え が き

MHD 発電装置の設計理論については、かなり多くの論文が発表されているが、これらの論文の大部分は、ダクト内の熱損失、および摩擦損失を無視した近似的考察を行なったものに過ぎない。しかしながら、高温、高マッハ数状態にある MHD 発電ダクトに対して、これらの損失を無視した取り扱いを適用することには、かなりの無理があることは明らかであろう。

実際、MHD 発電に必要な導電率を得るには、少なくとも 3,000°K 程度の高温を必要とするが、現状ではこのような条件で断熱的に使用できる材料の入手は困難であるため、器壁を構成材料の許容温度まで冷却することが必要である。したがって、とくに高温が要求されるオープンサイクルでは、作業流体から器壁への熱損、とくに放射損失の大きくなることが十分推察される。またホール効果による空間導電率の低下を防ぐため、電極を分割する必要があること、電極の不均一な消耗で電極表面があること、しかも発電ダクト内ではマッハ数が高いことなどの原因が重なって、器壁での摩擦損失もかなり大きくなる。これらの理由で、設計理論および総合効率の検討のためには、各種の損失を考慮しなければならないことは明らかであろう。

著者らは以上の点に留意して、従来の設計理論を一步進め、各種の損失を考慮した MHD 発電ダクトの設計理論を確立するとともに、これらの損失が MHD 発電装置の総合効率に与える影響を考察したので、その結果について報告する。

2. MHD 発電所の概要

MHD 発電方式は、使用した作業流体を放棄するか再び加熱するかによって、オープンサイクル方式とクローズドサイクル方式に大別される。オープンサイクル方式とは、化石燃料の燃焼によって発生した高温気体を直接作業流体として使用する発電方式であって、建設費はクローズドサイクル方式に比べて安価であるが、燃焼生成物が作業流体をかかえているので導電率の点から高温が要求され、また腐食作用が大きいため器壁を構成する材料に耐熱耐食性が要求される。

一方クローズドサイクル方式では、必ず間接加熱となり、現在の技術では解決の困難な高温の熱交換器を必要とするので、オープンサイクルより具現性にとぼしいとされている。しかしながら一方では、作業流体として任意の気体を選択できるという利点がある。すなわち、この場合には、燃焼ガスに比べて、電子衝突断面の小さい不活性気体が使用でき、比較的低い温度でかなりの導電性が得られることになるので、オープンサイクルよりも低温で運転できるようになる。また化学反応の点からも、選びうる構成材の範囲が広がる。

いずれの形式をとるにせよ、非平衡電離のような特殊な手段を用いない限り、MHD ダクトからの排気ガスは 2,000°K またはそれ以上の温度をもっているため、プラント効率を高めるためには、この排気熱を有効に利用しなければならないことは明らかである。しかし現在のところ、最新の火力発電技術で利用可能な温度は 1,000°K 程度である。したがって、この排気熱をいかに有効に利用するかということも、発電ダクトそのものの技術の開発と同様に、重要視されるべき問題である。現在では、この排気熱の回収に、再生器および従来の火力発電装置を利用することが提案されている。

図 2.1, 2.2 にそれぞれオープンサイクル方式およびクローズドサイクル方式の発電所のブロックダイアグラムを示す。

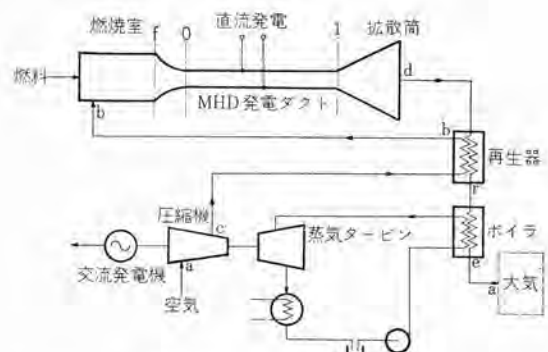


図 2.1 オープンサイクルの一例

Fig. 2.1 An example of open cycle generator.

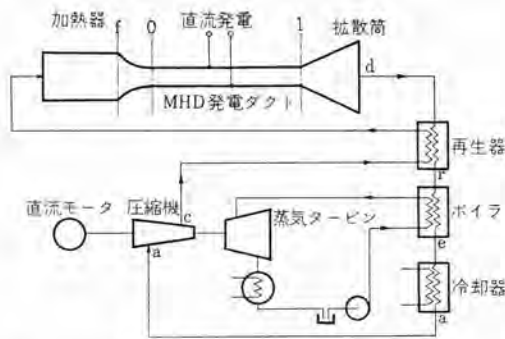


図 2.2 クローズドサイクルの一例
Fig. 2.2 An example of closed cycle generator.

次に MHD 発電所の熱サイクルを簡単に説明しよう。
燃焼室(または加熱室)で高圧低マッハ数状態にある作業流体に熱量が供給される。燃焼室を出た高温気体は f-0 間に設置された加速ノズルを通過することによってマッハ数を増し、発電ダクト入口 0 点に達するまでに作業流体は必要なマッハ数を得る。0-1 間の発電ダクトで MHD 発電が行なわれる。発電ダクトを出た高温高速流体は拡散筒を通過することによって低マッハ数流体に変換され、温度および圧力を回復する。拡散筒を出た作業流体は再生器の高温側に導入され、低温側の作業流体に熱量を供給する。再生器を出た排気はまた十分に高温なのでこれをボイラに入れ、生じた蒸気でタービンを運転し圧縮機、発電機を動かせる。しかしタービンは MHD 発電機の出力の一部で運転される電動機によって助勢されることもある。ボイラを出た排気ガスはオーランサイクル方式の場合は大気中に、クローズドサイクル方式の場合には冷却器に導入され、冷却されて圧縮機入口に導びかれる。圧縮機は発電に必要な圧力頭を与えるものである。圧縮機を出た低温高圧気体は再生器を通過することによって発電ダクトを出た高温排気ガスの熱量を一部回収した後、加熱量に導入される。

3. 発電ダクトに関する理論的考察

図 3.1 に示すような発電ダクトを考えよう。図において f は燃焼室出口、f-0 間は、発電に必要なマッハ数を得るための加速ノズル、0-1 間は発電ダクト、1-d 間は圧力回復のための拡散筒である。ダクト内の作業流体の流れは図に示すように、x 方向とする。発電ダクトで、紙面と垂直な方向に磁界が印加されると、y 方向に電圧が発生するから、電極間に適当な負荷を接続すれば、これに電流が流れ、所要の電力が外部に取り出される。発電ダクト内では -x 方向にホール電界が発生するが、ホール電流が流れないようにするために電極は十分に分割され、互いに対向する部分だけが電氣的に接続されている。したがってホール電流は無視できる。

以上の仮定のほかに発電ダクトの基礎方程式を立てるにあたって、次のような仮定をおく。

- (1) 一次元定常流の理論が適用できる。すなわち作業流体の

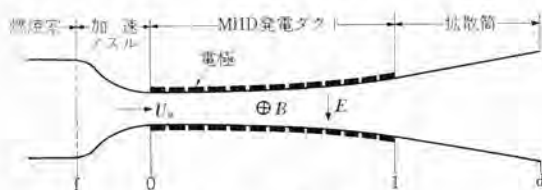


図 3.1 MHD 発電ダクト
Fig. 3.1 MHD duct.

諸特性は流路断面にわたって一様である。

- (2) 導電率はスカラー量である。
(3) 発電ダクト内の磁束密度は一様である。
(4) 作業流体は圧縮性理想気体である。
(5) 磁気レイノルズ数が小さい、すなわち、発電ダクト内の電流によって生ずる二次的な磁界の影響は無視する。

したがって次のような基礎方程式が適用される。

質量保存式 $\rho u s = m \dots\dots\dots (3.1)$

運動量保存式 $\rho u \frac{du}{dx} = -\frac{dp}{dx} - jB - f \dots\dots\dots (3.2)$

エネルギー保存式 $\rho u \frac{d}{dx} \left(h + \frac{u^2}{2} \right) = -jE - q \dots\dots\dots (3.3)$

電流方程式 $j = \sigma(uB - E) \dots\dots\dots (3.4)$

状態方程式 $p = \rho RT \dots\dots\dots (3.5)$

エンタルピー-温度関係式 $h = C_p T \dots\dots\dots (3.6)$

マッハ数-温度関係式 $u^2 = \gamma RT M^2 \dots\dots\dots (3.7)$

エントロピー-温度関係式 $s = C_p \ln T - R \ln p + K \dots\dots\dots (3.8)$

上式および以下に記述する式における記号をまとめると表 3.1 のようになる。

表 3.1 記号表 (圧力以外は M. K. S 単位)

B	磁束密度	q	単位体積当りの熱損失	ρ	密度
C_p	定圧比熱	R	気体定数	σ	導電率
D_R	等価直径	R_e	レイノルズ数	ϕ	抵抗係数
E	電位傾度	s	エンタルピー		内の値が平均値であることを示す。
E _h	電離エネルギー	S	断面面積	-	平均値
f	単位体積当りの粘性力	T	温度	V	添字
F	表面積	u	流速	a	圧縮機低温側
G	$1 + (\gamma - 1) M^2 / 2$	V	負荷電圧または体積	b	燃焼室入口
G(T)	導電率の温度依存性	δV	電極降下	c	圧縮機、圧縮機高温側、または熱伝導
h	エンタルピー	w	単位表面積当りの熱損失	d	拡散筒出口
H	熱入力	x	流れ方向の位置座標	f	燃焼室出口
j	電流密度	α	熱伝達率	g	気体
k	ボルツマン定数	γ	比熱比	p	圧電
l	周の長さ	ϵ	放射係数	l	損失
L	流れ方向の長さ	ζ	圧力損失係数	r	熱放射
m	質量流れ	η	効率	w	器壁
M	マッハ数	θ	角度	0	発電ダクト入口
N_u	ヌセルト数	λ	熱伝導率	1	発電ダクト出口
p	圧力	μ	粘性係数		
P	発電出力	ν	負荷係数の逆数		
P_r	プラントル数				

以下に上の基礎方程式を用いて流路各部における気流状態の変化を求める。

3.1 加速ノズル

加速ノズルは燃焼室と発電ダクトの間に設置され、燃焼室で温度 T_f 、圧力 p_f の作業流体に発電に必要なマッハ数 M_0 を与えるものである。

温度に関する関係式は式 (3.3) の j をゼロとおいて両辺に S をかけ f から 0 まで積分することによって容易に求められる。

$$T_f - [T]_0 = T_0 \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_0^2 \right) \dots\dots\dots (3.9)$$

ここに $[T]_0$ は加速ノズルでの熱損失による温度降下を示し、次式で与えられる。

$$[T]_0 = (F_r w_r + F_c w_c) / m C_p \dots\dots\dots (3.10)$$

$$w_r = 5.69 \epsilon_g \epsilon_w (T_0^4 - T_w^4) \times 10^{-8} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$w_c = \alpha (T_0 - T_w) \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\alpha = \lambda N_{ul} / D_K = 0.023 P_r^{0.4} R_e^{0.8} \lambda / D_K \dots\dots\dots (3.13)$$

$$P_r = C_p \mu / \lambda \dots\dots\dots (3.14)$$

$$R_e = D_K u \rho / \mu \dots\dots\dots (3.15)$$

ただし F_r 、 F_c は、放射、伝導に寄与する実効表面積である。また図 3.2 は CO_2 、 H_2O 混合気体における熱伝導率 λ 、粘性係数 μ と温度との関係を示したものである。

次に式 (3.2) と式 (3.3) とから u を消去し、 T_0/T 、 P_0/P 、

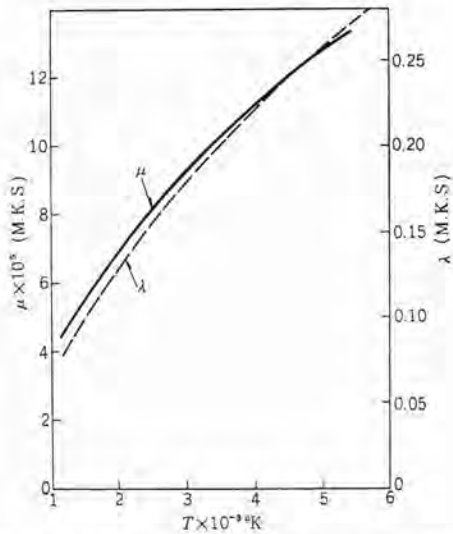


図 3.2 λ, μ と温度との関係 (凍結状態を仮定している)
Fig. 3.2 λ, μ vs temperature.

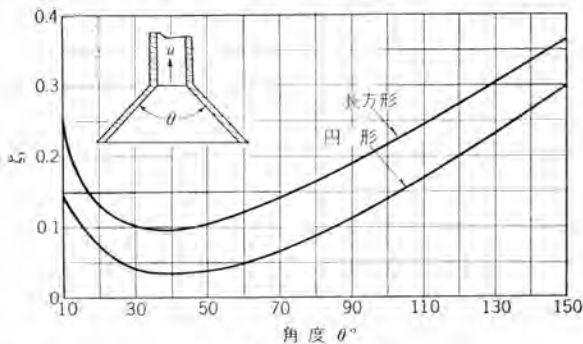


図 3.3 入口損失係数

Fig. 3.3 Coefficient of pressure loss at the entrance.

$(\gamma-1)M^2/2$ の二次項以上を無視して積分すると、圧力とマッハ数との関係を与える次式が得られる。

$$P_f - [P]_{f0} = P_0 \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_0^2 \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (3.16)$$

ここに

$$[P]_{f0} = \xi_{f0} \gamma M_0^2 P_{f0} \quad (3.17)$$

加速ノズルにおける損失係数 ξ_{f0} は一般に図 3.3 のようにノズルのしぼり角 θ だけの関数である。

結局式 (3.9), (3.16) が加速ノズル入口、出口における気流特性の変化を表す関係式となる。なお以上の取り扱いでは S_f/S_0 は十分大きく

$$\frac{\gamma-1}{2} M_f^2 \ll 1$$

であると仮定して燃焼室におけるマッハ数の項を無視している。

3.2 発電ダクト

発電ダクトは、定流速形、定断面形、定圧力形など多くの方式が提案され解析がなされているが、ここでは、定流速形、定マッハ数形、定温度形の各方式の発電機について考察しよう。

まずはじめに温度とマッハ数との関係式を求めよう。

$$T = T' - T_l \quad T' \gg T_l \quad (3.18)$$

とし式 (3.3) を 0 から 1 まで積分すると次式が得られる。

$$T_1 \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_1^2 \right) = -T_p + T_0 \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_0^2 \right) \quad (3.19)$$

ここに T_p, T_l は発電、熱損失による温度降下を示し次式で与えられる。

$$T_p = P m C_p \quad (3.20)$$

$$T_l = \frac{1}{m C_p} \int q s dx \quad (3.21)$$

発電ダクトでの単位長さあたりの摩擦損失は抵抗係数を ϕ とすると次式で与えられる。

$$f = \frac{\phi \gamma M^2 p}{2 D_K} \quad (3.22)$$

次に式 (3.2) と式 (3.3) とから j を消去すると温度、圧力、マッハ数との関係を与える次式が得られる。

$$\frac{1}{T'} \frac{dT'}{dx} \left\{ 1 + \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) \frac{\gamma-1}{2} M^2 \right\} = \frac{\gamma-1}{\gamma} \left(\frac{1}{p} \frac{dp}{dx} + \frac{\phi \gamma M^2}{2 D_K} \right) \quad (3.23)$$

ここに

$$\nu = B u E \quad (3.24)$$

式 (3.2) と式 (3.4) とから j を消去すると次式が得られる。

$$\frac{\gamma}{2} \frac{1}{T'} \frac{dT'}{dx} T' M^2 = - \frac{1}{p} \frac{dp}{dx} - \frac{\sigma}{p} B^2 u \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) - \frac{\phi \gamma M^2}{2 D_K} \quad (3.25)$$

式 (3.19) (3.23) (3.25) が発電ダクトに関する一般式である。式 (3.23) で右辺第 2 項を、式 (3.25) で右辺第 2 項および第 3 項をダクトにわたって一定であると仮定し、温度 T' とマッハ数 M との関係を与えると、これらの式は容易に積分することができる。以下次のような各方式の発電機について、この積分を求めよう。

(1) 定流速形の場合

u —一定の場合、温度とマッハ数の間には次のような関係式が成立する。

$$T M^2 = \text{一定} \quad (3.26)$$

式 (3.26) を式 (3.19) に代入すると温度に関する関係式が得られる。

$$T_0 - T_1 = T_p + [T]_{01} \quad (3.27)$$

式 (3.26) を式 (3.25) に代入し積分すると、ダクト長 L_{01} と気流状態との関係を与える次式が得られる。

$$p_p = p_0 - p_1 - [p]_{01} \quad (3.28)$$

ここに

$$p_p = (1 - \frac{1}{\gamma}) u B^2 \sigma L_{01}$$

$$\sigma = \frac{1}{L_{01}} \int_0^{L_{01}} \sigma dx$$

$$[p]_{01} = \phi \gamma M^2 p L_{01} / 2 D_K$$

同様にして式 (3.23) を積分すると次のように圧力と温度との関係式が得られる。

$$\frac{T_0 - T_p}{T_0} = \left(\frac{p_0 - p_p}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (3.29)$$

(2) 定マッハ数形の場合

M —一定の場合、式 (3.19) は次式のようになる。

$$T_0 - T_1 = T_p G + [T]_{01} \quad (3.30)$$

ここに

$$G = 1 + (\gamma-1) M^2 / 2$$

また式 (3.25) からダクト長と気流状態の変化との関係を与える次式が得られる。

$$\left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) B^2 \left(\frac{u \sigma}{p} \right) L_{01} = \ln \left(\frac{p_0}{p_1 + [p]_{01}} \right) \left(\frac{T_0}{T_0 - T_p} G \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (3.31)$$

$$\left(\frac{u \sigma}{p} \right) = \frac{1}{L_{01}} \int_0^{L_{01}} \left(\frac{u \sigma}{p} \right) dx \quad (3.31')$$

また式 (3.23) から、圧力対温度の関係式が次のように得られる。

$$\left(\frac{T_0 - T_l/G}{T_0}\right)^{G'} = \left(\frac{p_1 + [p_l]_{01}}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma\nu}} \dots\dots\dots (3.32)$$

ここに $G' = 1 + (1 - 1/\nu)(\gamma - 1)M^2/2$

(3) 定温度形の場合

T = 一定の場合、式 (3.19) は次のようになる。

$$(\gamma - 1)T_0(M_0^2 - M_1^2)/2 = T_p + [T_l]_{01} \dots\dots\dots (3.33)$$

式 (3.25) から L_{01} に関する関係を求めると、

$$\left(1 - \frac{1}{\nu}\right)B^2\left(\frac{u\sigma}{p}\right)L_{01} = \frac{\gamma}{2}(M_0^2 - M_1^2) - \ln\frac{p_1 + [p_l]_{01}}{p_0} \dots\dots\dots (3.34)$$

ここに $(u\sigma/p)$ は式 (3.31') と同様にして与えられる。

次に式 (3.23) から、圧力対 マッハ 数の関係を求めると、

$$\left(1 - \frac{1}{\nu}\right)\frac{\gamma-1}{2}(M_1^2 - M_0^2) = \frac{\gamma-1}{\gamma\nu} \ln\frac{p_1 + [p_l]_{01}}{p_0} \dots\dots\dots (3.35)$$

以上の解析では p_l/p 、 $(\gamma - 1)M^2/2$ 、 T_l/T の 2 次項を無視している。

3.3 拡散筒

発電ダクト出口での流速はかなり大きいので、流速の運動エネルギーを回収することが望ましい。それには拡散筒などの漸変断面の拡大管を用いて減速するのがよく、この場合拡散筒での損失を少なく、しかも静圧回復率を大きくすることが必要である。拡大管の拡大角は回収すべき速度エネルギー、拡散筒での熱損失および摩擦損失、拡散筒を設置すべき空間の大きさ、建設費などに関係するが、だいたい $10 \sim 20^\circ$ ぐらいが望ましい。

拡散筒に関する関係式は加速ノズルの場合と同様にして求めることができる。

式 (3.3) の j をゼロとおき、拡散筒出口におけるマッハ数を無視して積分すると温度に関する関係式が得られる。

$$T_d + [T_l]_{1d} = T_1 \left(1 + \frac{\gamma-1}{2}M_1^2\right) \dots\dots\dots (3.36)$$

ここに $[T_l]_{1d}$ は拡散筒での熱損失による温度降下を示し、式 (3.10) と同様な関係式で表現される量である。

また圧力に関する関係式は式 (3.16) と同様にして求めることができる。

$$p_d = [p_l]_{1d} = p_1 \left(1 + \frac{\gamma-1}{2}M_1^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \dots\dots\dots (3.37)$$

ここに

$$[p_l]_{1d} = \zeta_{1d}\gamma M^2 p/2$$

ζ_{1d} は拡散筒における抵抗係数で図 3.4 のように拡散筒の開き角 θ_{1d} および拡散筒の直径比だけの関数である。

3.4 発電ダクトの最適マッハ数

MHD 発電機の単位体積あたりの発電出力は磁束密度、負荷係数が一定の場合、作業流体の流速の二乗と導電率との積に比例する。しかし燃焼室での燃焼温度が与えられた場合には、単位体積あたりの発電出力を増加させようとして流速を増加させると、温度が降下して導電率が減少するので、流速の増加がかならずしも単位体積あたりの発電出力の増加をきたさない。すなわち発電ダクトにおけるマッハ数には最適値が存在する。

さて一般に大形の発電機では、ダクト内の損失は比較的小さく、所要の最適条件にはそれほど大きな影響を与えないので、簡単化のためにこれを無視して考えると、問題の最適化条件は数学的に次のように表現される。

与えられた「流体の作業能力」すなわち総温、総圧のもとで、単位体積あたりの出力 dP/dV を最大にするようなマッハ数を求

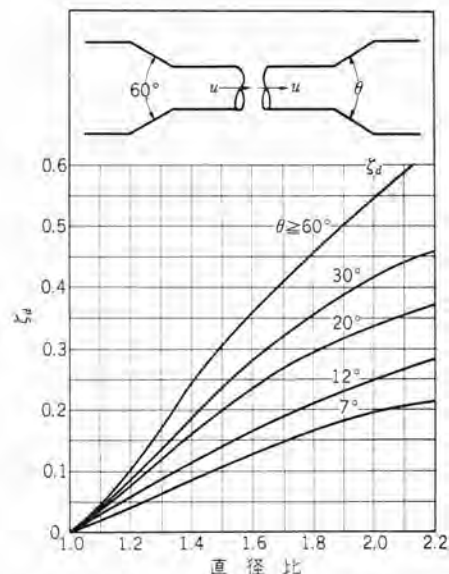


図 3.4 拡散筒における圧力損失係数 ζ_d
Fig. 3.4 Coefficient of pressure loss at the diffuser.

めること。

単位体積あたりの出力 dP/dV は

$$dP/dV = \nu^{-1}(1 - \nu^{-1})B^2 u^2 \sigma \dots\dots\dots (3.38)$$

上式に式 (3.7) を代入すると、

$$dP/dV = \nu^{-1}(1 - \nu^{-1})B^2 \gamma R T M^2 \sigma \dots\dots\dots (3.39)$$

一方導電率 σ は、Saha 式および Chapman-Cowling の式から

$$\sigma = c T^{\frac{3}{4}} p^{-\frac{1}{2}} \exp(-E_i/2kT) \dots\dots\dots (3.40)$$

式 (3.39) に式 (3.40) を代入し、 p 、 T を総圧 p_t 、総温 T_t で表現すると、

$$dP/dV = \nu^{-1}(1 - \nu^{-1})B^2 \gamma R C T_t^{\frac{7}{4}} p_t^{-\frac{1}{2}} F \dots\dots\dots (3.41)$$

ここに

$$T_t = T G$$

$$p_t = p G^{\gamma/(\gamma-1)}$$

$$G = 1 + \frac{\gamma-1}{2}M^2$$

$$F = M^2 G^{\left[\frac{\gamma/2(\gamma-1)}{2} - \frac{7}{4}\right]} \exp(-E_i G/2kT_t) \dots\dots\dots (3.42)$$

式 (3.41) でマッハ数 M の関数となっているのは、右辺の F だけであるから、結局 M の関数として式 (3.42) で与えられる F を最大にするマッハ数が最適マッハ数となる。この最適マッハ数を $M_{\max}$ とすると

$$M_{\max} = \left[\frac{2}{\gamma-1} (G_{\max} - 1) \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (3.43)$$

ここに

$$G_{\max} = \frac{a+b+1 + \sqrt{(a+b+1)^2 - 4ab}}{2a}$$

$$a = \frac{E_i}{2kT_t}, \quad b = \frac{\gamma}{2(\gamma-1)} - \frac{7}{4}$$

最適の発電ダクトは、発電ダクトの各点で流れのマッハ数が式 (3.43) を満足するような形状である。図 3.5 は化石燃料に種子物質としてカリウムを添加した場合のマッハ数と $T_t^{7/4} F$ との関係を示す。また○印は各総温における最適値を示す。この図から発電ダクトにおける最適マッハ数は、総温が $2,600 \sim 3,200^\circ\text{K}$ のとき $0.7 \sim 0.8$ で、総温が降下するにつれて小さくなることがわかる。発電が行なわれると流体の総温は、下流の方向で降下する

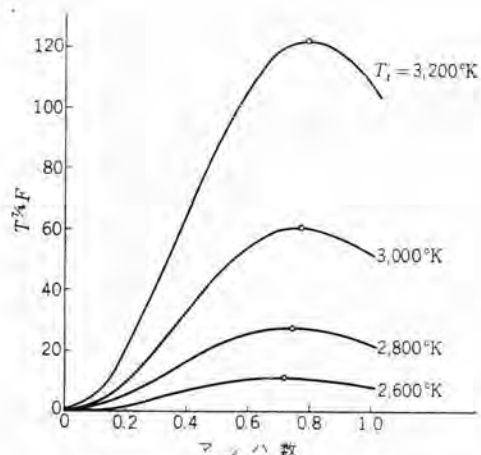


図 3.5 マッハ数と T/T_0 との関係
Fig. 3.5 Mach number vs T/T_0 .

から、発電ダクトは流れのマッハ数が下流の方向で減少するような形状がよい。しかし総温が低下するにつれて最適マッハ数近傍でのマッハ数と T/T_0 との曲線は次第に平坦になるので下流でのマッハ数の単位体積あたりの発電出力に与える影響は上流に比べて小さくなる。

これらのことを総合すると、結局、すでに提案されている各種の発電形式のうちで、定マッハ数形が最適に近い形式であるという結論が得られる。

基礎的な実験では、構造が簡単であるため、定断面積形がしばしば使用されているが、この場合には、下流に向かってマッハ数がかなり急激に増加するので、最適な発電形式ではない。

これに対して理論的な取り扱いが簡単のため、しばしば理論計算の対象とされる定流速形ダクトでは下流に向かってマッハ数の増大があるとしても、たかだか 10% にすぎず、定マッハ数形に近い条件が満足されているものと考えられる。換言すれば、定流速形もかなり最適に近い発電形式であると考えられる。

4. MHD 発電サイクルの総合効率

MHD 発電機では発電ダクトを出た作業流体はまだ大きなエンタルピーを有しているので、MHD 発電所のプラント効率を向上させるためには、再生器および従来の火力発電装置を用いて熱回収を有効に行なうことが必要である。

ここでは、まずサイクルにおけるエントロピー変化を求めて $T-s$ 線図を作成し、最後に MHD 発電所の総合効率に関する関係式を求めよう。図 4.1 はここで考察する MHD 発電サイクルのブロックダイアグラムである。

4.1 流路各部におけるエントロピー変化と $T-s$ 線図

一般に作業流体の状態はマッハ数と任意の二つの状態量で記述できるが、ここでは二つの状態量としてエントロピー、および温度を採用しよう。

(1) 加速ノズル

加速ノズルにおけるエントロピー変化 $[s]_{f0}$ は式 (3.8) および式 (3.16) から次式のように与えられる。

$$[s]_{f0} = C_p \ln \frac{T_0}{T_f} + C_p \ln \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_0^2 \right) + R \ln \left(1 + \frac{\gamma}{2} \zeta_{f0} M_0^2 \right) \quad (4.1)$$

(2) 発電ダクト

発電ダクトは 3.2 節で述べたように多くの方式が考えられるが

MHD 発電装置の設計に関する一考察・伊藤・森川・村井

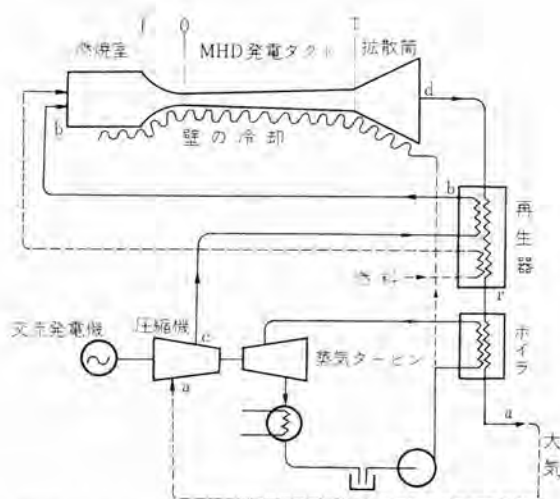


図 4.1 オープンサイクル MHD 発電装置のブロックダイアグラム
Fig. 4.1 Block diagram of open cycle MHD plant.

ここでは理論的考察が最も簡単な定流速形発電機を取り上げて考察する。

定流速形の場合発電ノズルにおけるエントロピー変化 $[s]_{01}$ は式 (3.8), (3.28) および式 (3.29) から

$$[s]_{01} = C_p \ln \frac{T_1}{T_0} \left(\frac{T_0 - T_p}{T_0} \right)^{-\nu} + R \ln \left(1 + \frac{\gamma}{2} \zeta_{01} M^2 \right) \quad (4.2)$$

(3) 拡散筒

拡散筒におけるエントロピー変化 $[s]_{1d}$ は式 (3.8) および式 (3.36) から

$$[s]_{1d} = C_p \ln \frac{T_d}{T_1} - C_p \ln \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_1^2 \right) + R \ln \left(1 + \frac{\gamma}{2} \zeta_{1d} M_1^2 \right) \quad (4.3)$$

結局 f から d までのエントロピー変化 $[s]_{fd}$ は式 (4.1), (4.2) および式 (4.3) から次式のように与えられる。

$$[s]_{fd} = C_p \left\{ \ln \frac{T_d}{T_f} \left(1 - \frac{T_p}{T_0} \right)^{-\nu} + \frac{(\gamma-1) M_0^2/2}{1 + (\gamma-1) M_1^2/2} + \sum \ln \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} \zeta M_i^2 \right) \right\} \quad (4.4)$$

(4) 拡散筒出口—再生器—ボイラ—圧縮機低温側

拡散筒出口 d から圧縮機低温側 a における温度変化、圧力変化は $T_d \rightarrow T_a$, $p_d \rightarrow p_a$ であるが、圧力は次のような関係満足する。

$$p_a = p_{t|da} = p_0 \quad (4.5)$$

したがって拡散筒出口から圧縮機低温側までのエントロピー変化 $[s]_{da}$ は式 (3.8) および式 (4.5) から

$$[s]_{da} = C_p \ln \frac{T_a}{T_d} + R \ln \left(1 + \frac{\gamma}{2} \zeta_{da} M_d^2 \right) \quad (4.6)$$

(5) 圧縮機

圧縮機の効率を η_c 圧縮機に与えられる電力を P_c とすると圧縮機におけるエントロピー変化 $[s]_{ac}$ は

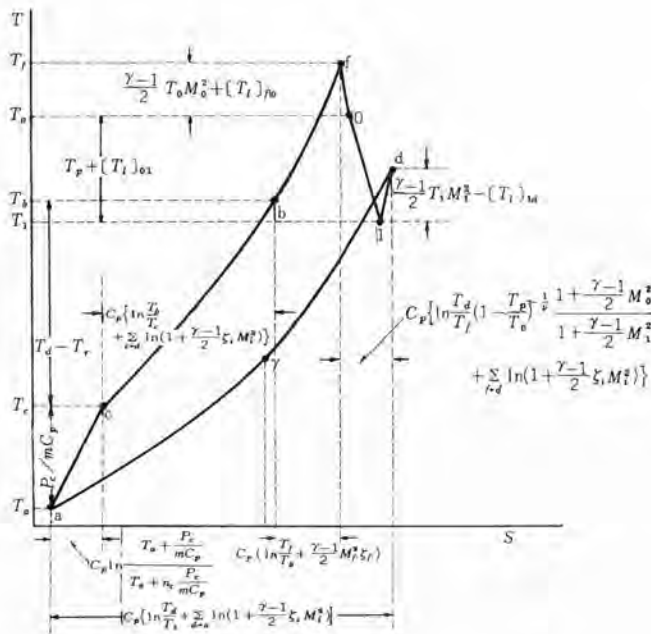
$$[s]_{ac} = C_p \ln \frac{T_c}{T_a + \eta_c P_c / m C_p} \quad (4.7)$$

(6) 圧縮機高温側—燃焼室出口

(4) と同様にして圧縮機高温側から燃焼室出口におけるエントロピー変化は、

$$[s]_{cf} = C_p \ln \frac{T_f}{T_c} + R \ln \left(1 + \frac{\gamma}{2} \zeta_{cf} M_c^2 \right) \quad (4.8)$$

以上がサイクルにおけるエントロピーの変化である。これを $T-s$ 線図に書くと図 4.2 のようになる。



0, 1 MHD 発電ダクト 1, d 拡散筒 d, r 再生器高温側 a, c 圧縮機
e, b 再生器低温側 b, f 燃焼室 f, g 加速ノズル
r-a 間に従来の (ボイラ+タービン) が結合され、エンタルピーが η_k の
効率で機械エネルギーに変換される。

図 4.2 サイクルの $T-s$ 線図
Fig. 4.2 $T-s$ diagram of the cycle.

なお図において

$$T_0 - T_c = T_d - T_r \quad (4.9)$$

のような関係があることは、再生器の特性を考えれば明らかである。

4.2 圧縮機の所要動力

MHD 発電所の総合効率を計算するためには圧縮機の所要電力 P_c を決定する必要がある。

圧縮機の所要電力は、次のような条件から決定される。

$$\oint ds = 0 \quad (4.10)$$

サイクル

図 4.2 から明らかなように、

$$T_a + \eta_c \frac{P_c}{mC_p} = T_a \left(1 - \frac{T_p}{T_0} \right)^{-\frac{\gamma-1}{\gamma}} \frac{M_0^2}{1 + (\gamma-1)M_0^2/2} \Pi \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} \zeta_i M_i^2 \right)$$

したがって圧縮機の所要電力は次式で与えられる。

$$P_c = \frac{mC_p T_a}{\eta_c} \left\{ \left(1 - \frac{T_p}{T_0} \right)^{-\frac{\gamma-1}{\gamma}} \frac{M_0^2}{1 + (\gamma-1)M_0^2/2} \Pi \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} \zeta_i M_i^2 \right) - 1 \right\} \quad (4.11)$$

4.3 サイクルの総合効率

式 (4.11) で圧縮機の所要動力が決定されるとサイクルの総合効率 η_t は次のようにして求められる。

サイクルの総合効率 η_t は次式で与えられる。

$$\eta_t = 1 - \frac{\text{全熱損失}}{\text{全熱入力}} \quad (4.12)$$

全熱入力 H は

$$\begin{aligned} H &= mC_p(T_f - T_b) \\ &= mC_p(T_f - T_a + \Delta T_r) \\ &= mC_p(T_p + \Delta T_r + [T_i]_{fd}) \end{aligned} \quad (4.13)$$

一方全熱損失 Q は

$$Q = (1 - \eta_s) mC_p \left(T_r - T_a + \frac{\delta V}{V + \delta V} T_p + [T_i]_{fd} \right)$$

$$= (1 - \eta_s) mC_p \left(\frac{\delta V}{V + \delta V} T_p + \frac{P_c}{mC_p} + \Delta T_r + [T_i]_{fd} \right) \quad (4.14)$$

ただし

ΔT_r 再生器高低温側の温度差

η_s 従来の火力発電所の総合効率

したがって総合効率 η_t は

$$\eta_t = 1 - (1 - \eta_s) \frac{\frac{\delta V}{V + \delta V} T_p + \frac{P_c}{mC_p} + \Delta T_r + [T_i]_{fd}}{T_p + \Delta T_r + [T_i]_{fd}} \quad (4.15)$$

以上の効率の計算には、マグネットの励磁電力のための効率の低下 DC-AC 変換の際の効率の低下が考慮されていないが、これらをすべて考慮すると、結局実効的な全効率 η_{et} は次式で与えられる。

$$\eta_{et} = \eta_{in} \eta_m \eta_l \quad (4.16)$$

ここに η_{in} = DC-AC 変換効率

$$\eta_m = (P - P_m) / P$$

P_m = マグネット 励磁電力

5. 損失の計算例

最近各種高温技術およびミサイルなどの発達とともに耐熱材料の開発が進み、酸化物のほか、炭化物、ケイ化物、ホウ化物、窒化物などの新しいセラミックも開発され、またこれらセラミックと金属粉末との焼結複合体であるサーメットも実用化されてきた。しかし MHD 発電機の構成材料として使用する場合、作業流体との相互作用、耐酸性、耐食性、耐衝撃性、高温での絶縁性などを考慮すると現状では構成材料の許容温度はたかだか 2,000°K 程度であるとみられる。したがって計算ではダクトの器壁は 2,000°K まで冷却されるものと仮定した。

表 5.1 は上で考察した理論式により、冷却によって失われる熱量、圧力損失、圧縮機所要動力などを計算した結果を表示したものである。なお設計条件は次のように仮定している。

発電方式	オーブンサイクル
発電ダクト形式	定流速形
作業流体	重油燃焼生成物 [重油 + N ₂ O ₂ (1:2)]
種子物質	1.5% カリウム
器壁温度	2,000°K
磁束密度	2 Wb/m ²
負荷係数	1.14
発電ダクト入口温度	2,900°K
発電ダクト入口マッハ数	0.7
拡散筒圧力	1 kg/cm ²

また作業流体の分子量は 25.77 × 10⁻³、気体定数は 3,227 × 10⁻³、比熱比は 1.4 と仮定している。

注意すべきことは、MHD 発電ダクトのような高温空間では、放射損失が、熱伝導損失よりかなり大きくなることである。実際表 5.1 から明らかなように放射によって失われる熱量は伝導によって失われる熱量の数倍になっている。結局器壁の冷却によって失われる熱量はかなり大きく、小形の MHD 発電機の場合発電出力の数倍に達することがわかる。発電出力が 400 MW のような大形発電機の場合でさえ、器壁から失われる熱量は、20% をこえるので、この熱量を従来の熱機関で回収することが必要である。

表 5.1 圧縮機動力とダクトでの損失
(圧力損失は kg/cm^2 , 熱損失はとくに指
定がないかぎり MW を採用している.)

流路名称	MHD 発電 出力 圧縮機 動力	200 kW	2	20	400
		80 kW	0.52	3.6	49
加速 ノズル	損失				
	熱損失	51.4 kW	0.36	1.77	16.7
	放射	41.4 "	0.3	1.58	13.9
	伝導	10.0 "	0.06	0.19	2.8
発電 ダクト	圧力損失	0.06	0.06	0.06	0.11
	熱損失	425 kW	1.99	7.5	48.6
	放射	298 "	1.40	5.4	37.6
	伝導	127 "	0.59	2.1	11.0
拡散 筒	圧力損失	0.32	0.21	0.15	0.12
	熱損失	82 kW	0.9	4.64	20.2
	放射	69.7 "	0.76	3.85	18.7
	伝導	12.5 "	0.14	0.79	3.5
加から 速ノズ ル筒	圧力損失	0.09 "	0.08	0.08	0.10
	熱損失	458 kW	3.25	13.1	85.5
	放射	409 "	2.46	10.8	68.2
	伝導	49 "	0.79	2.3	17.3
	圧力損失	0.47	0.35	0.29	0.33

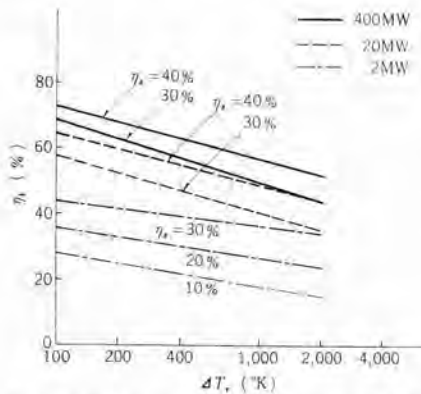


図 5.1 総合熱効率 η_t と regenerator の温度差 ΔT_r
および従来火力の効率 η_s との関係
Fig. 5.1 Total efficiency as functions of ΔT_r and η_s

図 5.1 は、上で得られた結果を式 (4.15) に代入して求めた総合熱効率 η_t を表示したものである。熱回収に使用される再生器の高温側の温度差 ΔT_r 、および従来熱機関による回収効率 η_s の関数として、 η_t が図示されている。図から明らかなように η_t は ΔT_r に大きく依存し、たとえば MHD 発電出力 400 MW、 $\eta_s = 40\%$ の場合、 $\Delta T_r \leq 600^\circ\text{K}$ の高性能再生器の製作が可能となれば、 η_t は 60% 以上にも達する。

6. む す び

以上 MHD 発電機的设计理論式を考察したが、その際明らかとなった諸点を列挙すると次のとおりである。

- (1) 器壁を冷却する場合、器壁から失われる熱量がかなり

大きく無視することはできない。とくに 200 kW 程度の小形の発電機では、器壁から逃げる熱量は発電出力の数倍に達する。

- (2) 加速ノズル、発電ダクト、拡散筒での圧力損失は、 $0.3 \sim 0.4 \text{ kg/cm}^2$ 程度である。
- (3) 発電ダクトにおけるマッハ数には最適値が存在し、一般に $0.7 \sim 0.8$ である。
- (4) すでに提案されている各種の発電形式のうち、定マッハ数形が最適に近い形式である。また定流速形ダクトは、下流方向でマッハ数の増大はあるが、たかだか 10% にすぎず定マッハ数形に近い条件が満足されているものと考えられる。換言すれば、定流速形もかなり最適に近い発電形式であると考えられる。
- (5) 石炭や石油を燃焼するオープンサイクル方式発電機では放射によって失われる熱量が、伝導によって失われる熱量の数倍に達する。
- (6) 発電出力 400 MW のような大形発電機の場合でさえ、器壁を $2,000^\circ\text{K}$ に冷却すると器壁から失われる熱量はかなり大きくなるので、この熱量を従来の熱機関で回収することが必要である。
- (7) 総合効率 η_t は、熱回収に使用される再生器の高温側の温度差 ΔT_r および従来熱機関効率 η_s に大きく依存する。たとえば MHD 発電出力 400 MW、 $\eta_s = 40\%$ 、 $\Delta T_r \leq 600^\circ\text{K}$ の場合、総合効率は 60% 以上になる。

(昭 38-7-25 受付)

参 考 文 献

- (1) S. Way: Design Considerations in MHD Generators. Scientific Paper 6-40509-2-P1.
- (2) S. Way: Magnetohydrodynamic Power Generation Scientific Paper 6-40509-2-P2.
- (3) G.W. Sutton: Design Consideration of a Steady DC Magnetohydrodynamic Electrical Power Generation PB-144200.
- (4) D.T. Swift Hook: The Constant Temperature MHD Generator; Advances in Magnetohydrodynamics (Book) P85 Pergamon Press 1963.
- (5) J.C. Ralph: Optimum Mach Number in the Direct Current MHD Generator; Advances in Magnetohydrodynamics (Book) P79 Pergamon Press 1963.
- (6) C.W. Baulknight: Transport Properties of Multicomponent Gas Mixtures at High Temperatures, Thermodynamic and Transport Properties of Gases, Liquids and Solids (Book) Mc GRAW-HILL 1959.
- (7) 生井武文: 送風機と圧縮機 P61, 65, 78.
- (8) 大賀直二: 伝熱理論, 工業熱力学 P91.
- (9) 谷下市松: 熱工学 ハンドブック P159~P166.

工作機のプログラムコントロール

吉田 太郎*・宮 幸 助*

Program Control of Machine Tools

Nagoya Works Tarō YOSHIDA・Kōsuke MIYA

The electrical system and equipment used for machine tools have made a great progress to meet requirements of ever advancing machine tools. A plug-in sequence program control system composed of a plug-in board, a transistorized control system and limit switches has been developed and applied to practical use. This program control has elevated the automatic control of machine tools far higher steps to do away with skilled workers and reduced the time for programming, resulting in more economical and convenient operation. Being provided with a transistorized static control system, the program control has much higher reliability and longer life in addition to marked economy in cost than the numerical control.

1. ま え が き

今世紀に入って、各産業の発展は、その素材加工のために、大量の工作機を必要とするようになった。一方最近の自動制御の発達と、セラミック工具の発達により、工作機の高性能化は著しく、とくに自動化、高速、高馬力化の面における進歩には、すばらしいものがある。この結果、工作機による切削正味時間は非常に短縮され、今まであまり目だたなかったアイドルタイムの割合が増し、これをいかに短縮するかが問題となってきた。

近年のアメリカの調査によると、アメリカにおける金属加工工場では最近 18 ヶ月内に、設備される加工機械中その 60% は 500 人以下の工場で、またロット（同時加工数）の内容からいうとその 75% が約 25 個である⁽¹⁾との報告や、さらに日本の国状から考えてみれば、いかにこのアイドルタイムの問題が重要であるかがわかる。

したがって工作機の自動化ということ考えた場合には、その自動化をどのような方式で行なうかという問題と同時に、アイドルタイムをいかに短縮するかを常に念頭に置かなければならない。このようなことから自動化する場合には工作機の操作性が非常に良く、運転は単に一つの押しボタンを押すことにより、全工程を行なえと同時に、加工物の変更にさいして、簡単にそれに対応できるものでなければ、あまり意味がない。

当社では、このような要求に十分答えるものとして無接点式自動シーケンスプログラム制御装置を開発した。本装置は自動化の面で、その操作が簡単になりまたシーケンスプログラミングを簡単に作成できる装置で、今後日本において大いに使用されるものと期待できるものである。

2. 概 説

現在、工作機械を大量に使用して、マスプロ生産を行なっている、軽電機、機械、自動車工業などにおける自動化されている工作機の使用状況を見ると

(1) 数種類のワークを加工するはん用機

(2) 専用機、トランスファマシン

からほとんど構成され、(1)のはん用機も専用機化して使用している例が多い。一方、中小企業における工作機では、逆にはん用機の占める割合が非常に多い。

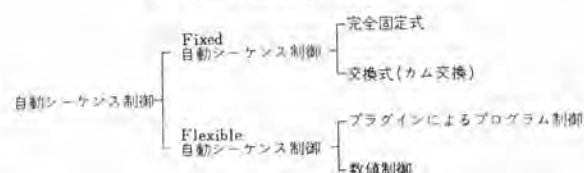
ところで、マスプロ生産を行なう場合、近年これらの工業における製品のモデルチェンジは、従来に比べて非常に多くなり、このため自動化された専用機、トランスファマシンは、その機械寿命の数分の一も使用しないうちに、使用できなくなる場合が起きてくる。

一方このようなマスプロ生産に対し中種中量、多種小量生産においては、前述のように自動化したはん用機を使用した場合、とくに旋盤、フライス盤では現状では加工物の変更に際して起こるその準備時間は相当長く、しかもむづかしい場合が多い。またそれほど自動運転に自由度がないために、加工物を限定するか、さもなければ人間による手動運転になる場合が多い。

このような問題は自動化した際のシーケンス制御方式が、従来固定的なものが多いため、これを解決しようという思想は古くからあり種々の面で試みられてきた。

ところで、今この自動シーケンス制御方式についてその方式により分類すると、次のように考えられる。

表 2.1 自動シーケンス制御の分類



Fixed 自動シーケンス制御のうち完全固定式は、その電気制御回路が通常固定的なもので、専用機がそのおもなものであるが、それ以外にも研削盤などのように、加工物の研削シーケンスが常に同じものに使用されている。このような場合における加工物は、一般に加工寸法のみが変更するのみであるから、この変更による機械の段取りは、通常リミットスイッチドッグの位置変更や、定寸装置などを使用することによって、比較的簡単にできる場合が多いが、普通は大量生産向で加工物の変更はあまり行なわれない。

交換式のものは、カム交換などによってシーケンスの変更を行なうものであるが、一般に制限が多く Flexibility はあまりないの、Fixed 自動シーケンス制御と考えたほうがよい。

こういった Fixed 自動シーケンス機械は、ある種ののものには十分その特長を生かして使用することができ、今後次第に減少するとは考えられないが一般向とはいえない。

次に Flexible 自動 シーケンス 制御であるが、これはその自動 シーケンスを人間が組むことによって作るもので、制御回路は一般に入力出力部のみからなり、その入力出力間を結合する組み合わせをプログラムボード、パンチカード、テープなどによって行なうもので大別して、ラダイン方式と数値制御方式に分けることができる。

数値制御方式は、シーケンス制御と位置制御とを自動的に行ない、現在各国において種々な方式のものが発表され、その特性もきわめてすぐれたものが発表されているが、現在数値制御工作機の経済性、移動率の問題およびプログラミングの問題から、日本の現状ではまだまだの感がある。しかしアメリカにおいてはすでに相当の実績と使用状況から考えれば、今後大いに使用されるようになることは間違いない。

一方ラダイン方式によるプログラム制御は、一般にラダイン方式のプログラムボードとリミットスイッチを利用した電気シーケンス制御方式で、数値制御に比べ次のような特長をもっている。

- (a) プログラミングが非常に簡単でプログラミングのための熟練者を必要としない。
- (b) 専用機に使用した場合、はな用性がきわめて高くとれる。
- (c) プログラミングによるアイドルタイムが短い。
- (d) 機械電気機器の進歩によって、信頼性の高いものができる。
- (e) 保守が簡単。
- (f) 価格が数値制御に比べ、数分の一でよい。

この方式は欧州でとくに多く普及し、1961年9月第7回欧州工作機展示会(ブリッセル)においての動向報告によれば「2年前のブリッセルのときには12台だった数値制御工作機が、今回のブリッセルでは約30台に達しているが、現在の技術進歩のペースからすると大した増加ではない。これに反しパンチカードプログラム方式、ラダインプログラム方式、ダイヤルリセレクト方式はほとんど、普遍化してきている」という報告からも明らかであり、たとえばドイツでは MAX Müller, Frite, Werner, Wanderer, Oerlikon, Rolentz フランスでは Somua ベルギーでは Progies その他多数メーカが使用している。

日本においても一昨年までは、ほとんど見あたらなかったのが、昨年の大阪工作機見本市では当社製のものを含めて国産で六社ほどから出品されており、本方式が今後ますます発展する前兆と期待できる。

3. 工作機の制御回路

工作機は一般に自動運転が行なえると同時に各個手動運転を行なえるのが普通で、この場合自動シーケンス回路との組み合わせが問題になるが、一般にこのような場合は自動回路と手動回路とは区別して考え、最終出力でのおおの OR 結合を行ない、また自動各個手動運転などで共通にインタロックされなければならない条件は、出力のほかに加えることによって単純化できる。

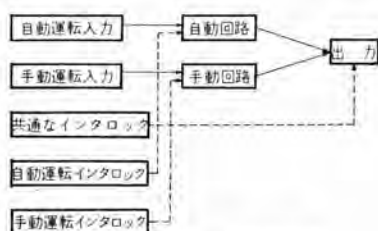


図 3.1 工作機の制御回路
Fig. 3.1 Control circuit of machine tools.

この関係は図 3.1 のラックダイアグラムのごとくなり、このような回路構成によって制御素子の増加することはほとんどない。

今回開発したラダインシーケンスコントロール装置もこれに基づいて製作されており、以下これに使用されている自動シーケンス回路について説明する。

4. 制御原理

シーケンス制御の制御方法はそのシーケンスの移動を時間的に行なう場合と、時間に関係なくある動作完了信号によって行なう場合の二つに大別される。時間的に行なうタイムスケジュールはシーケンスドラムスイッチのようにカム軸をモータで駆動するものであるが、このようなタイムスケジュール方式は一般にあまり工作機には使用されない。

これは工作機の制御では制御条件が多いため、タイムスケジュール方式は一般にある定ったシーケンスのみで使用する個所に多い。したがって工作機では、シーケンスの移動は動作完了信号による場合がほとんどで、この信号は通常リミットスイッチによる場合が多い。

本制御装置の原理もこれに基づき、プログラムボードによる電気シーケンス制御方式で、制御回路は制御シーケンスの順序を示す装置とそのシーケンスの順序を進める駆動装置とから構成され、簡単にカウンタとその駆動装置よりなると考えられる。今、その制御ラック線図を示すと図 4.1のごとくなる。基本的にこの回路は、前述のようにシーケンスを進めるためのカウンタ装置とリミットスイッチ信号によって働く、カウンタ駆動装置および各工程で行なう動作を選択するプログラムボードから構成されている。プログラムボードは横軸を工程、縦軸を駆動方式選択とするラダイン方式でできている。

図 4.1 において、PC はシーケンス用カウンタで各カウンタの出力 $X_1, X_2, \dots, X_n$ はそれぞれの各工程に相当するプログラムボードの横軸に接続されている。

このシーケンス用カウンタ PC の駆動信号は、起動時は起動信号回路から与えられ、以後は LS, LC, P, PP, RP 各回路で構成されるカウンタ駆動装置から与えられる。

このカウンタ駆動装置は、運転中に発生するリミットスイッチ信号 LS により駆動する動作順番選択用カウンタ LC とこの LC カウンタ出力と、プログラムボードでのリミットスイッチドック動作順番選択出力によって動作する。動作順番選択回路 P、シーケンスカウンタ PC 駆動パルス回路 PP および、LC カウンタをリセットするための回路 RP が

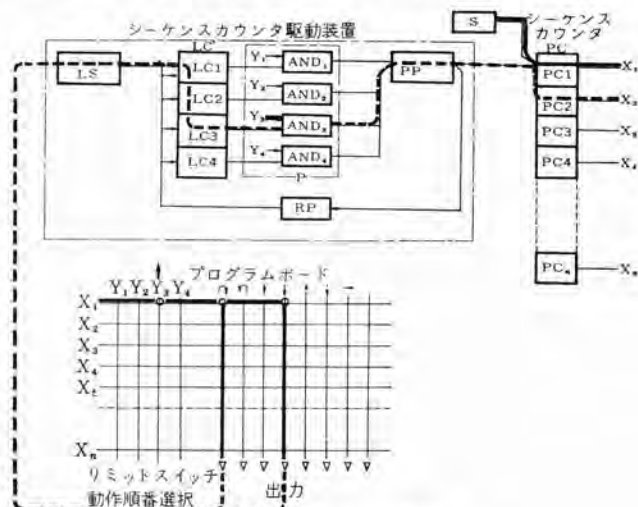


図 4.1 原理ラック線図
Fig. 4.1 Principle block diagram.

らなり、順番選択回路 P は AND 回路で構成されている。

一方プログラムボードは、前述のように、横軸には工程を縦軸は駆動選択で二つの部分からなり、一方はリミットスイッチ動作順番選択、他方は出力選択からなり、縦横各線の交点にプラグをそう入することによって、この2線は接続され信号回路を構成するようになっている。

図 4.1 においては、プログラムボード上の X_1 ライン上で Y_3 , $\forall, \downarrow$ にプラグがそう入されている場合についての動作順序が示されている。すなわちまず起動回路 S から起動信号を入れることにより、PC カウンタの PC に出力が得られる。これによって X_1 に出力が現われ、図 4.1 の信号の流れに従って、プログラムボードの $\forall, \downarrow$ の出力装置を駆動させる。また X_1 を通った PC1 の出力は、 Y_3 を通じて動作順番選択回路 P の AND₃ 回路にはいる。一方出力装置の駆動により、機械が駆動しこれによってリミットスイッチ信号が、LS から送られ、LC カウンタを駆動しちょうど LC₃ の出力が得られるまでリミットスイッチ信号が送られると、この LC₃ と Y_3 の出力により AND₃ 回路が働いて、シーケンスカウンタ駆動信号が PP から PC に送られ、PC1 の出力が PC2 に移動する。一方シーケンスカウンタ駆動信号は、同時にリセット回路 RP から LC カウンタにも送られ、次工程に入るとふたび LC カウンタはスタート位置に、リセットされ第2工程にはいる。

図 4.1 中の点線で示した部分は、 X_1 の出力が得られることによって機械動作が行なわれ、これによってリミットスイッチが駆動されることを示している。

次に図 4.1 の原理に基づいて実際に製作した制御回路のブロックを示すと、図 4.2 のごとくなる。

図 4.2 における一時停止は、プログラムシーケンス中プログラムをリセットせず運転を一時停止し、次起動をふたび起動押しボタンで行なう場合の信号を意味している。

以下、各部分について説明する。

5. カウンタおよび、その駆動装置

5.1 カウンタ

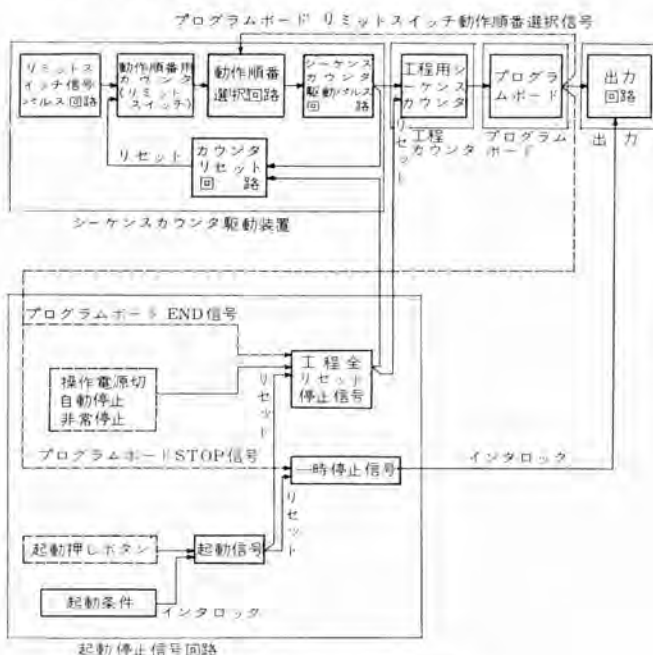


図 4.2 制御ブロック線図
Fig. 4.2 Control block diagram.

本装置の最も重要な部分は、シーケンスカウンタとプログラムボードで、シーケンスカウンタは従来このような装置には有接点式のものを使用し、欧州および現在日本で使用されているものでは電話用のステッピングロータリスイッチがおもで、この場合種々の問題点がある。すなわち有接点でしかも可動部をもつために、その使用環境に十分注意することはもちろんその他寿命の点でも非常に難点がある。

この問題を一挙に解決するため本装置では無接点式カウンタを使用した。

カウンタの最小動作時間は、従来のステッピングロータリスイッチでは 20 ~ 30 m/sec であり、駆動パルス幅 時間 30 m/sec 以上ブレイク時間 20 m/sec 以上程度である。

一方工作機のシーケンス制御をリミットスイッチで行なう場合には、その運転から考えて、普通その信号間隔は 100 m/sec 以上と考えるとよい。

このことより本カウンタでは最小繰上げ時間を 50 m/sec とした。今、この回路を示すと図 5.1 のごとくなる。これからカウンタは 3 個のトランジスタを 1 ユニットとして構成されたシフトレジスタでその駆動信号をパルスによって行なっている。

この回路構成においては、カウンタ駆動信号パルス幅を 10 m/sec 程度とし、抵抗 R_1 、コンデンサ C_1 による時定数をこのパルス幅の約 5 倍程度とし、トランジスタ T_1 のベースと、前段カウンタユニットの出力①間に接続され、カウンタの繰り上げ時間を規定している。一方トランジスタ T_2, T_3 はフリップフロップ結合をし、抵抗 R_2 、コンデンサ C_2 による時定数を 1 m/sec 程度にして、サージなどの外乱による誤動作を防いでいる。

このカウンタユニットを二つの部分に分け、一方を SR、他方を 3F1 と名づけ、これを図 5.2 のごとく接続することによってカウンタを構成している。その動作順序を示すと図 5.3 のごとくなる。図 4.1, 4.2 のシーケンスカウンタ PC および動作順番選択用カウンタ LC はいずれも図 5.2 のごとく構成からなっている。

5.2 カウンタ駆動部

次にカウンタ駆動部について LC カウンタ用の場合について説明する。その回路は図 5.4 のごとく構成で、三つの部分からなっている。その各部を図 5.4 に従って B19, B16, LNI と名づける。B19 の入力リミットスイッチに接続され、リミットスイッチは常時閉接点を使用する。

トランジスタ T_1 はその出力にコンデンサ C_3 による微分回路をもち、リミットスイッチ接点が ON から OFF になるときにパルスを出す。このパルスは後続の B16 の波形整形回路に入れて約 10 m/sec の

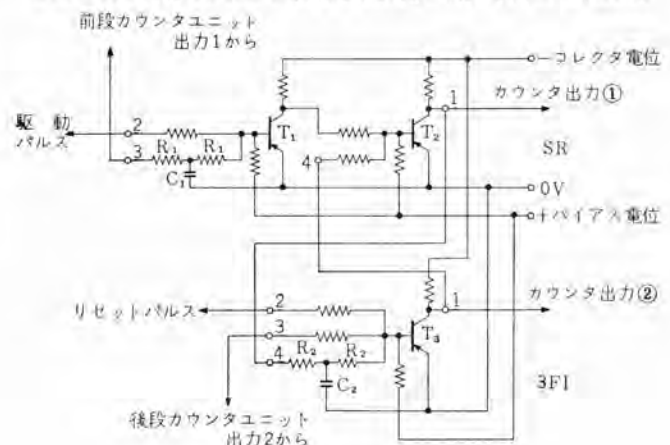


図 5.1 カウンタユニット回路
Fig. 5.1 Counter unit circuit.

パルスにし、LNI でカウンタ駆動信号の極性パルスにする。

B19 のリミットスイッチからの信号回路は、OFF から ON になる際の接点のチャタリングおよび外部からのサージ吸収のために、 $R_1 C_1$ 2 段によるフィルタが入れてあり、また B19 のコレクタ電圧は十分平滑されている必要がある。

今 5.1 節に述べたカウンタとこの駆動装置との動作関係を図で示すと図 5.5 のごとくになり、これが本装置の基本となる。シーケンスカウンタ PC の駆動装置 PP も図 5.4 と原理的には同じであるが、B19 の代わりに次に述べる動作順番選択回路の出力に微分回路を設けている点が、異なるのみである。

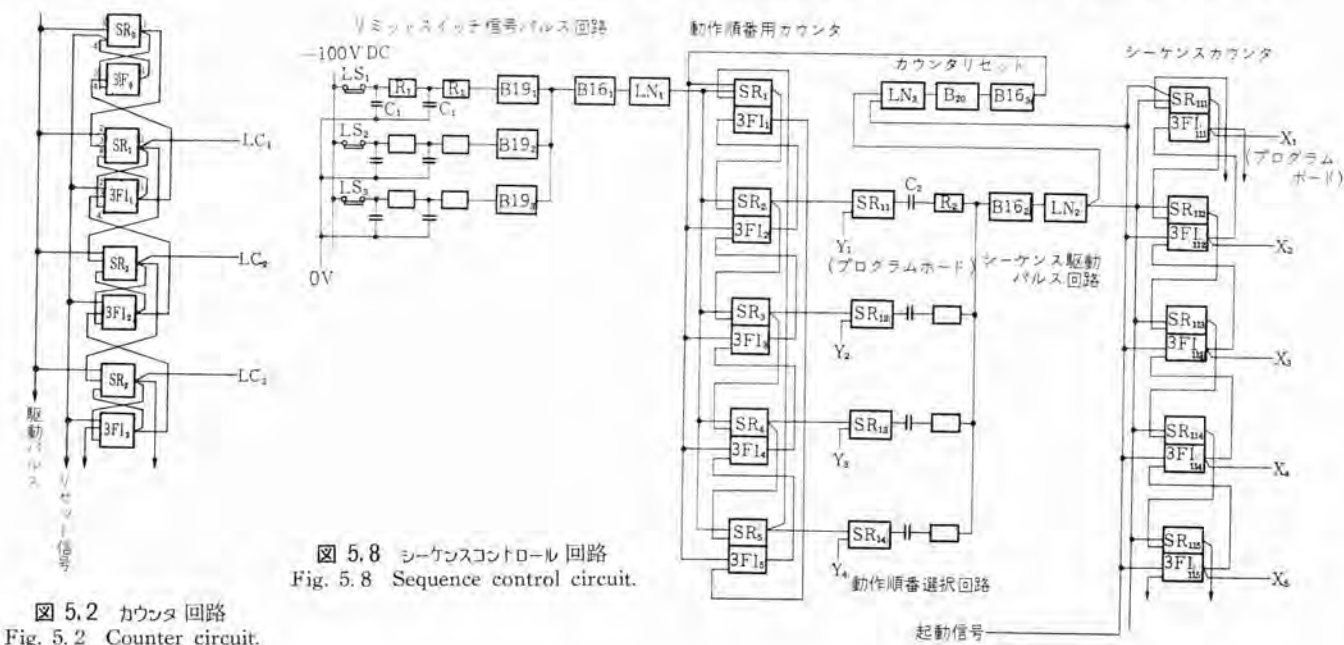
5.3 リミットスイッチ動作順番選択回路およびリセット回路

動作順番選択回路は図 4.1 の P に相当し、プログラムボードで選択した順番に従って信号を出し、PC カウンタを駆動させるもので、その回路は図 5.6 のごとくになる。この回路は 2 個のトランジスタからなり、LC カウンタおよびプログラムボードの Y からの入力はそれぞれ T_1, T_2 のトランジスタベースに入り、LC と Y 信号の AND 条件によって出力を出す。各 AND 回路の LC と Y の信号は、おのおの同順番を表わすものが接続され、この回路は 5.2 節の SR を使用することによってでき、その出力側は図 5.4 の B19 の出力と同じように微分回路をつけ、シーケンスカウンタ PC の駆動信号回路を構成している。

リセット回路はシーケンスカウンタ PC が移動するごとに、LC カウンタをリセットしなければならないために必要なもので、シーケンスカウンタの駆動出力によって LC カウンタをリセットするようになっている。したがってリセット信号は、そのパルス幅および時間遅れが適当なものでなければならない。

本装置に使用している回路は、図 5.7 のごとくで、 T_1 のトランジスタのエミッタに接続される R_1, C_1 によって、適当な時間幅と時間遅れをもたせている。このリセット回路を B20 と名づけている。

5.4 総合回路



以上の 5.1 ~ 5.3 節まで述べた回路を、エレメントブロック線図で示すと図 5.8 のごとくになる。

6. プログラムボード

プログラムボードは本装置ではラダイン方式を使用し特殊なラダとコンソートから構成されている。

プログラムボードの役割は非常に重要で、人間の頭脳に相当し信頼度は非常に高いものでなければならず、また直接人間が触れる危険があるので、安全性も十分考慮に入れなければならない。本装

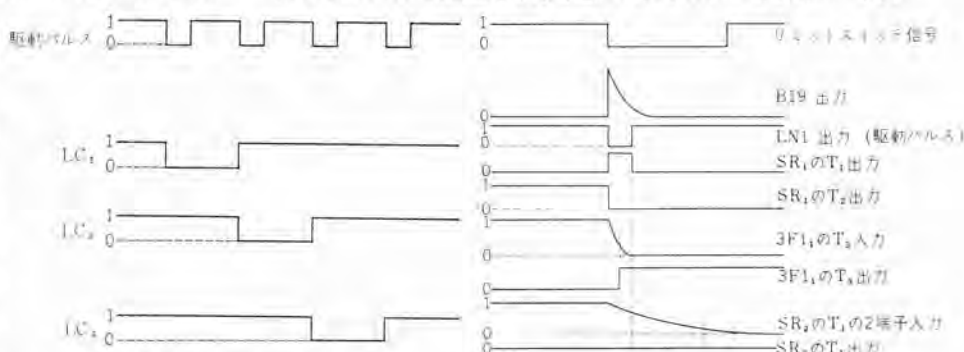


図 5.5 カウンタ駆動装置とカウンタの動作関係
Fig. 5.5 Operating relation between counter driving circuit and counter.

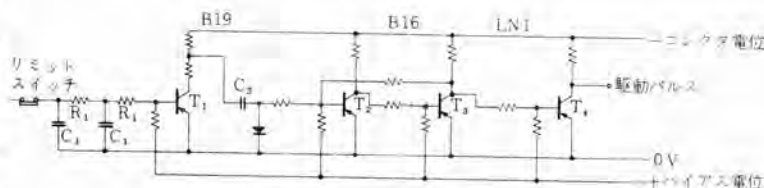


図 5.6 リミットスイッチ動作順番選択回路
Fig. 5.6 Selecting circuit of limit switch operating order.

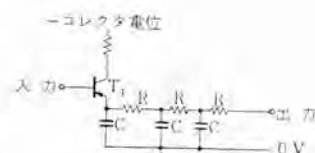
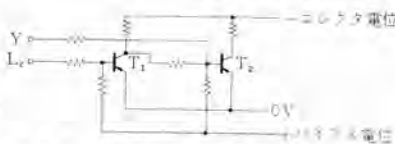
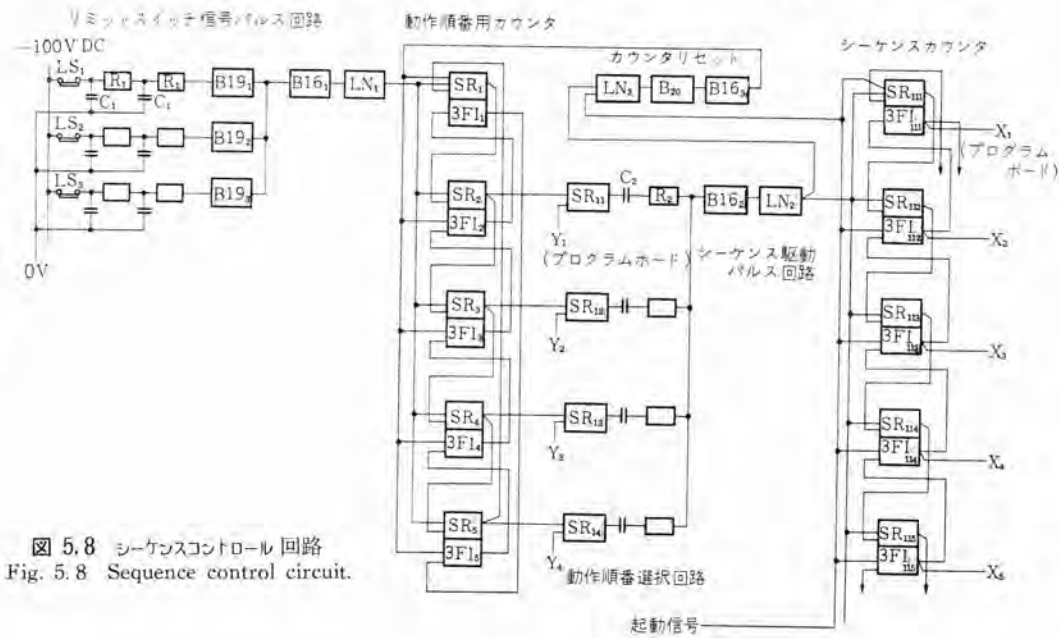


図 5.7 リセット回路
Fig. 5.7 Reset circuit.



置では、このプラグイン方式のボード穴ピッチおよびそれに使用する電圧、プラグコンセントの構造などにつき各方面から検討した結果、その構造は図 6.1 に、ピッチは図 6.2 に示すように、また使用電圧はトランジスタパックを使用することによって DC 20V 以下におさえることができた。

プラグおよびコンセントはポリカーボネイト樹脂で製作し、接片は本装置に使用される電圧が低いことから、とくにその接触性に重点を置き、また製作が簡単なように固定接片はコンセントに取り付け、簡単に引きはずしできるようにし、また可動接片はプラグ側にもうけこの接片にスプリングアクションをもたせ、万一接触不良が起きた場合でも、簡単にプラグを別のものとさし換えるのみで、修理できるようにした。

ところでこのようにプログラムボードを縦横ラインのみで構成すると図 6.3 のような場合には信号回路の混乱を来し、このままでは使用することはできない。本装置では、スキナ装置のプログラムボード方式の構成にし各交点にゲルマニウムダイオードを使用している。

その原理は図 6.4 に示すごとくである。

実際のプログラムボードでは出力選択において、同一工程内では必ずいっしょにプラグがそう入されない所があり、この場合にはダイオードを省略することができ、これによってダイオードの数は実際のプログラムボードの縦線数の 1/3 ないし 1/4 程度でよい場合が多い。



図 6.1 コンセントプラグ
Fig. 6.1 Plug socket and plug.

図 6.2 コンセントピッチ
Fig. 6.2 Plug socket pitch.

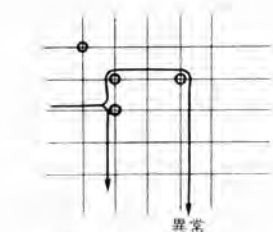
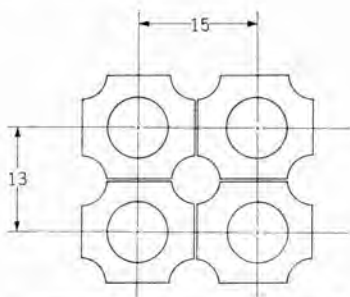


図 6.3 信号の混乱
Fig. 6.3 Confusion of signal.



図 6.4 プログラムスキナ回路
Fig. 6.4 Program scanner circuit.

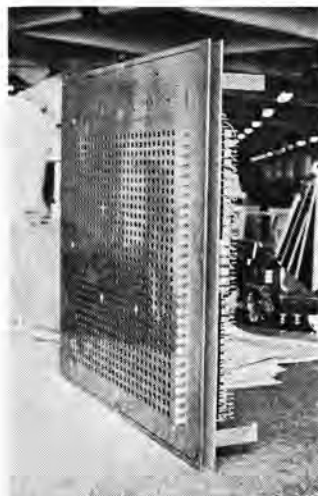


図 6.5 プログラムボード組立
Fig. 6.5 Program board assembly.



図 6.6 ダイオード組中
Fig. 6.6 Diode assembly.

コンセントをプログラムボードに組み込むには、2枚の板（一方は名板となる）ではさむのみでよく、その組み立てたものが図 6.5 に示されている。またダイオードは図 6.6 のように簡単なブロック構造とし、プログラムボードの一端に取り付けられている。

7. 特性

本装置はトランジスタを使用した無接点方式で、製作する場合に問題となる点はシーケンスカウンタをパルス信号で駆動するため、駆動パルス幅の変動および外来ノイズによるカウンタの誤動作で、これらに対してはカウンタに使用している SR および 3F1 の回路構成により誤動作は全然起きなかった。

また電圧変動、温度変化によるカウンタの駆動状態も非常に安定しており、主要部の動作オンロが図 7.1~7.5 までに示されている。

8. 制御装置の概要

本制御方式は 1962 年 4 月頃から開発を始め、1962 年 10 月の大阪国際工作機見本市にその 1 号機を、寿工業フライズ専用機用制御装置として出品した。本装置の概要は

使用機械 寿工業専用生産フライズ盤 SMP-061 形
シーケンス制御部 ミーリングカッタ回転数
テーブル送り
ミーリングヘッド送り

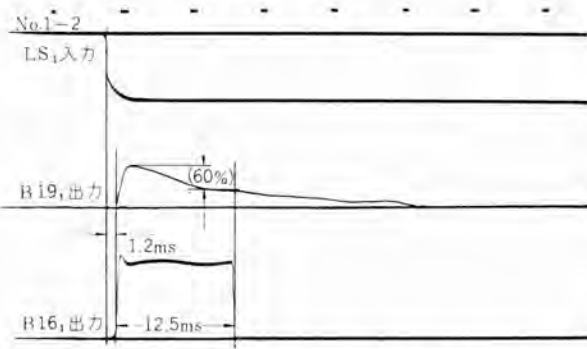


図 7.1 リミットスイッチ信号とカウンタ駆動パルスの関係
Fig. 7.1 Oscillogram signal of limit switch and counter driving pulse.

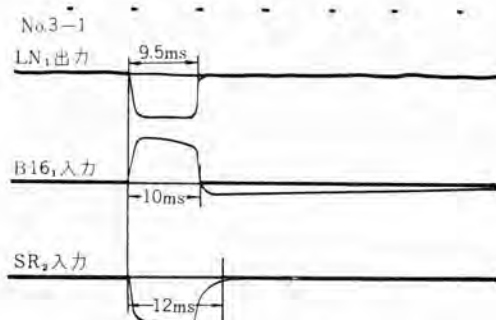


図 7.2 駆動パルスと SR の関係
Fig. 7.2 Oscillogram of relation between driving pulse and input of SR element.

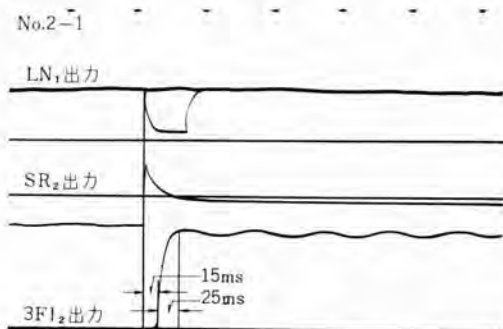


図 7.3 駆動パルスとカウンタユニットの関係
Fig. 7.3 Oscillogram of relation between driving pulse and counter unit.

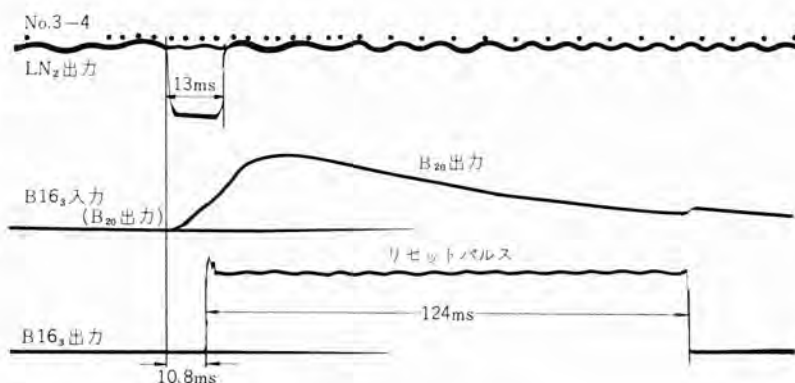


図 7.4 リセットパルス
Fig. 7.4 Oscillogram of reset pulse.

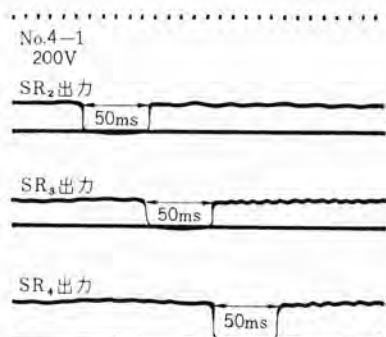


図 7.5 カウンタ繰上げ時間
Fig. 7.5 Oscillogram of step up time of counter.

からなり、またプログラムボードは

リミットスイッチ 動作順番選択	5
出力 選択	15
プログラムタイマ	1
一時停止 選択	1
終了	1
工程数	30 工程

各回路はすべて最終出力 コンタクタを除き トランジスタサイパックで製作されている。全体の構成要素は トランジスタサイパック 約 300 個、出力 パワートランジスタ 23 個からなり、その制御装置の概略が図 8.1 ~ 8.3 に示されている。

最近製作した 2 号機は 1 号機と同じもので、その制御部品および構造を改良することによってコンパクトにまとめることができ、同じ装置でその容積を 1/3 縮小することができた。

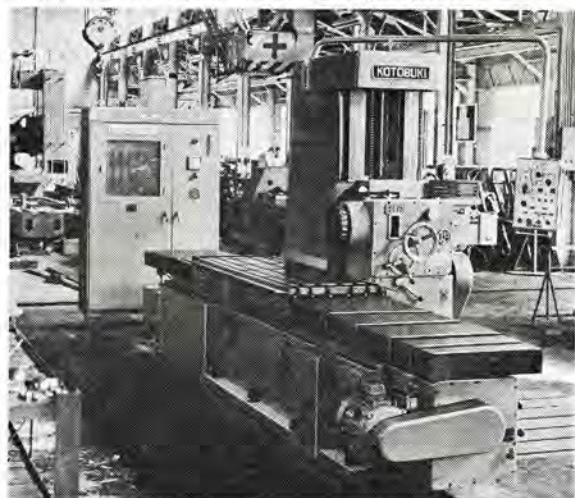


図 8.1 フライス盤とプログラムコントロール 制御装置 (1号機)
Fig. 8.1 Milling machine and program control box.

また シーケンスカウンタは、トランジスタサイパックエレメントとして組み立てると同時に、5 カウントのものを 1 ユニットとして プリント 板に構成したものも製作し、コンパクト化に努力している。そのユニットは図 8.4 に、また 25 工程用のシーケンスカウンタおよびその駆動装置を図 8.5 に示している。

この装置を使用したプログラムコントロール装置の一例が、図 8.6 に示されている。

このシーケンスプログラム装置のプログラミングの一例を 1 号機の 寿工業 フライス盤の場合について説明すると、この フライス盤で加工す



図 8.2 制御箱
Fig. 8.2 Control box.

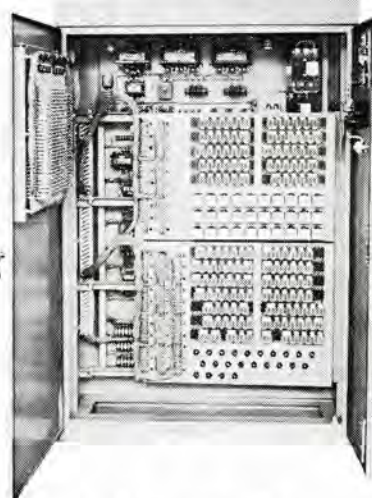


図 8.3 制御箱 (内部)
Fig. 8.3 Control box. (interior)

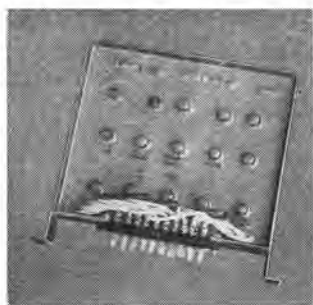


図 8.4 5 カウントユニット
Fig. 8.4 Five-counter unit.

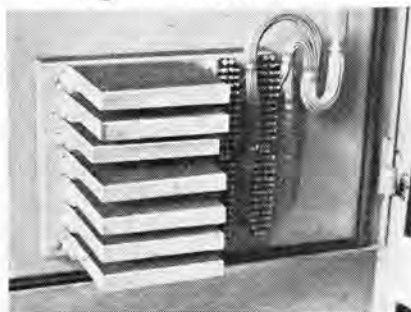


図 8.5 25 工程用 シーケンスカウンタ
Fig. 8.5 25 process sequence counter.

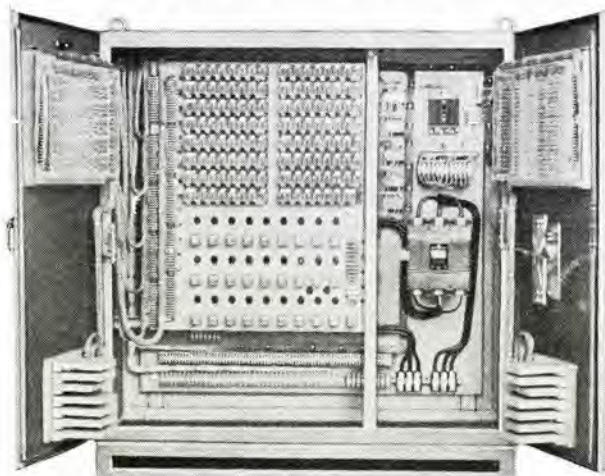


図 8.6 カウントユニットを使用した プログラム制御箱
(チャッキング旋盤用)
Fig. 8.6 Program control box used counter unit
(for chucking lathe).

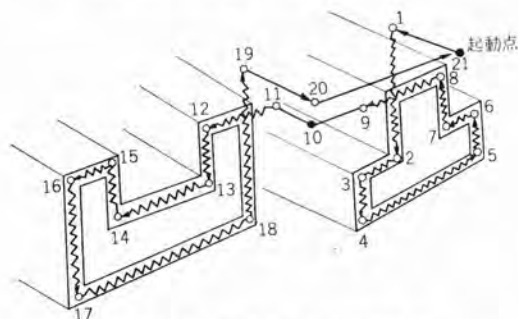


図 8.7 加工物とその切削順序
Fig. 8.7 Work piece and cutting sequence.

るワークを図 8.7 のごときものとし、その加工順序を図に示した数字どおりに行なうものとする。この場合ワークとリミットスイッチとの関係は図 8.8 のごとくになり、これにより簡単にそのシーケンスプログラムが製作でき図 8.9 のごとくなる。

これからわかるようにプログラミングは

(a) リミットスイッチドッグのセット

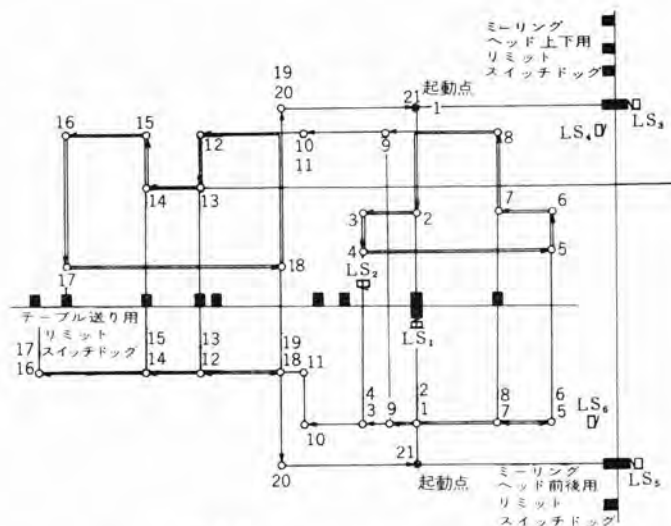


図 8.8 リミットスイッチドッグ 関連図
Fig. 8.8 Relation diagram of limit switch dog.

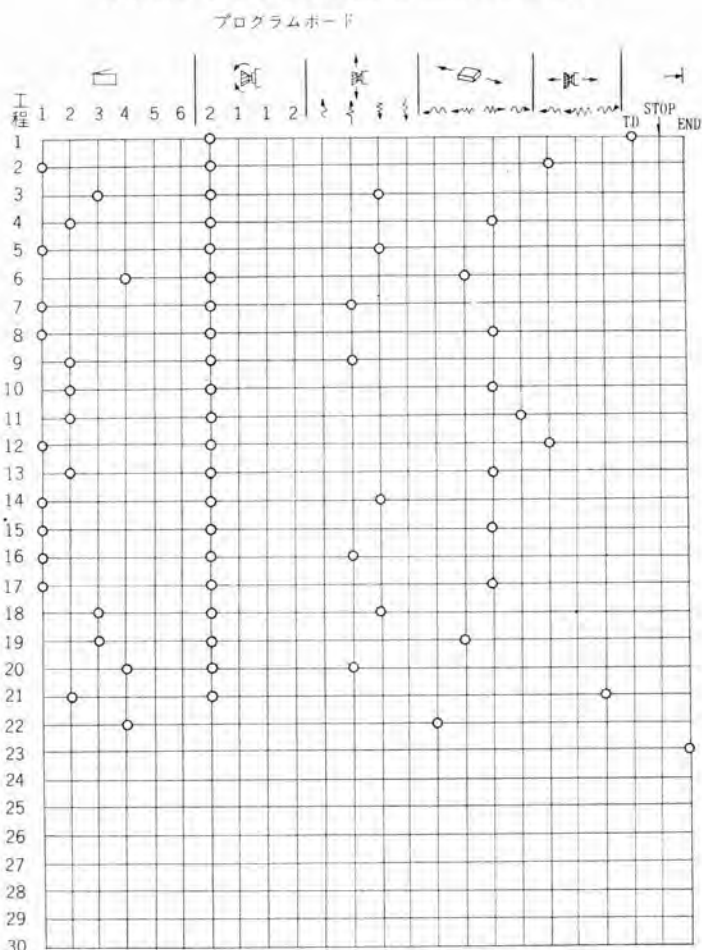


図 8.9 プログラミング
Fig. 8.9 Programming.

(b) プログラムボードのプラグイン

からなり、非常に簡単でプログラミングのための熟練者を必要としない。

9. 特 長

以上シーケンスプログラム制御につき、工作機に使用した場合について述べてきたが、本装置の特長を述べると

- (1) 制御装置の設計が非常に簡単になる。
 - (2) 全無接点式で信頼度が非常に高く、長寿命である。
- とくにシーケンスカウンタの性能およびプログラムボードの性能がよい。

- (3) プログラミングが簡単である。
- (4) シーケンスプログラム回路にいろいろな付属回路を簡単に付け加えることができ、いろいろな制御が簡単にできる。
- (5) プログラムボードの構造が簡単
- (6) 保守がほとんどいらない。
- (7) 数値制御に比べはるかに安価である。

さらにこのシーケンスプログラム装置をつけることによって、工作機の運転操作は一段と簡単になり、しかも従来の専用機ははん用化できまたははん用機はそのアイドルタイムの短縮に役立ち非常に有利なものとなる。

次に本装置の使用条件を述べると

電圧変動	+15%
温 度	-10~+50°C
最小リミットスイッチドット間隔	100 m/sec

10. む す び

以上述べてきたように、プラグインによるシーケンスプログラム制御装

置はプログラミングが簡単で、しかも安価であり、工作機においては最近の発展から考えて本装置の使用は今後ますます増加するものと思われる。またその利用面は単に工作機に限られず各種の産業機械にも使用でき、十分にその性能を発揮できるものと思われる。終わりにこの装置の開発に協力いただいた方工業関係者各位に厚く謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) Werkstatt u. Betrieb, 94 Jar Heft Januar pl. (1961)
The Future of Automations, The Tool Engineer, May (1960)
Production Methods in 1970, Metalworking Production April 13. (1960)
マシナリー, 自動サイクル機構の展望 25 No. 354 (1962)
" , 旋盤のプログラムとプリセレクト 25 No. 357 (1962)
" , 5年間の工作技術の発展 25 No. 358 (1962)
" , 日本のプログラム制御工作機 26 (1963)
" , 工作機械数値制御の現段階 25 No. 376 (1962)

最近における社外講演一覧

年 月 日	主催または開催場所	演 題	講 演 者	所属場所
38- 4- 5	電気四学会	Self-Organizing System に関する 2, 3 の考察	伊 藤 利 朗	研 究 所
38- 4- 5	電気四学会	Elephant Bushing を採用した変圧器のサージ保護に関する計算	杉 山 修 三	研 究 所
38- 4- 5~6	規格協会関西支部	官能検査実施, 官能検査実験解析	山本成一郎	本 社
38- 4- 7	精機学会	電解加工の研究 (第2報) 臨界間ギャキについて (第3報) 極間流動状態	前田 祐雄・斉藤長男 荒井伸治	研 究 所
38- 4- 8	原子力学会	原子炉用 タンパル	阿部康宏	伊 丹
38- 4- 9	物理学会	移動磁界を用いたプラズマの閉じ込め	利岡勝司・近藤博通	研 究 所
38- 4- 9	物理学会	環状プラズマにおける安定磁界反転 Magnetic Compression の実験	河合 正・近藤博通 杉本修三・岩本雅民 飛田敏男	研 究 所
38- 4-11	規格協会関西支部	品質管理 ゼミナ “抜取検査”	吉 川 洸	本 社
38- 4-16	日本科学技術連盟	MUSE システム	魚田勝臣	研 究 所
38- 4-17	日本能率協会	WF エンジニアリングコース “WF について”	奈川敏雄	本 社
38- 4-18	生産性本部	Middle Management Seminar	前田幸夫	本 社
38- 4-18	オーム技術奨励会	超高压電力研究所向 150 MVA 短絡発電機	甲斐 高	長 崎
38- 4-19	規格協会名古屋支部	品質管理普通科 コース	前田幸夫	本 社
38- 4-21	電気化学協会	硝酸-亜硝酸水溶液の分極特性	秦 卓也・松岡昌宏	研 究 所
38- 4-22	OR 学会関西支部	OR ゼミナ “待合せ理論の適用実施例”	服 部 寛	本 社
38- 4-25	防衛庁	ARC-552A 生産上の問題点について	平岡敏也	無 線 機
38- 4-25	日本規格協会福岡支部	新しい検査の考え方合理的な抜取検査	高橋良作	長 崎
38- 4-26	規格協会	規格協会品質管理応用 コース 抜取検査法	阿 澄 一 興	伊 丹
38- 4-27	放電加工研究会	三菱放電加工機について	西 健 一	無 線 機
38- 4-26	通 研	Mg-Mn フェライト	水上益良	大 船
38- 5- 9	1963 年度日本オペレーションズリサーチ学会	更衣室面積のシミュレーションによる決定	鈴木淑之	名 古 屋
38- 5-10	科学技術センター	電気設備の計画-照明	小堀富次雄	本 社
38- 5-11	真空協会	Space Simulator について	藤 永 敦	研 究 所
38- 5-13	東北電力	緑料金制度用測定装置について	武田克己	研 究 所
38- 5-14	中部電力静岡支店	遠隔測定用計器について	武田克己	研 究 所
38- 5-16	日本電気協会	内部断路形高圧空気シタ 断器	米沢克昌	伊 丹

麻生産業吉隈第一立坑機械設備

津田 武夫*

Machine Equipment at Asō Sangyō Yoshikuma Shaft No. 1

Hiroshima Works, Mitsubishi Shipbuilding and Engineering Co., Ltd.

Takeo TSUDA

The coal industry is at the bottom of the depression. It is a pressing need to promote the sale in a domestic market by cutting down the cost of coal so as to vie with inexpensive imported fuel. To this end are considered numerous measures such as increasing coal output, developing new mines, rationalizing the production and conveyance. The case of Asō Sangyō, Yoshikuma shaft No. 1 is a typical case of the rationalization of coal industry. Automatic ship equipment about the shaft and operation of coal conveyance in the pit are fully provided through careful design of Mitsubishi engineers in joint efforts of the shipbuilding yard and the electric manufacturing works. The installation was completed in 1961 and the operation is in full swing now.

1. ま え が き

わが国の石炭業界はいまや不況のまっただなかにあり、安価な輸入原料炭および液体燃料に対抗し、炭価の引き下げと国内炭の販路拡大が急務とされている。

この対策として増炭によりコストダウンを図り、これに伴う深部開発、採炭、運搬の合理化を図るために立坑設備の建設がその重要な解決策として取り上げられてきた。

とくに出炭を主目的とする大形立坑においては、スキップ設備により連続全自動運転および坑底における立坑周辺の操車自動運転を採用し、徹底的な合理化を図ることが望ましい。

麻生産業株式会社注文の吉隈第一立坑は、全自動スキップ設備ならびに坑底操車設備にわが国最初の全自動運転を完成し、昭和36年末引き渡しを完了して以来、優秀なる成績を発揮している。

この立坑設備は全体 ランニング、機械およびやぐら関係をドイツ GHH 社と技術提携している三菱造船株式会社広島造船所が担当し、巻上機主電動機をはじめその他一切の自動制御を含む電気関係を三菱電機株式会社長崎製作所が担当された。

以下本設備における機械関係を中心として紹介する。

2. 計画基礎要目

年間出炭量 (原炭)	100 万 t
	最大 110 万 t
立 坑	内径 5,200 mm
	コンクリート 流し込み入気
立坑巻上距離	約 235 m
立坑断面	1 対の スキップ
スキップ 巻上能力 (原炭)	300 t/h
スキップ 運転時間	12 h/日
スキップ 容量	6 m ³
炭車 (三菱標準炭車)	2.5 m ³

3. 巻上やぐら

形 式	シングル・バックステアー 形
全 高	35.1 m
上部 ヘッドシーブ 中心高さ	31.1 m
下部 ヘッドシーブ 中心高さ	25.1 m
ロー 破断力 (44 mm)	120,000 kg

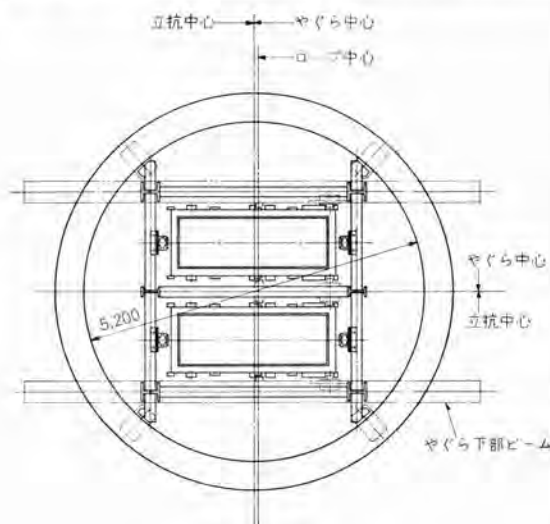


図 2.1 立坑断面
Fig. 2.1 Cross section of shaft.



図 3.1 立坑やぐら
Fig. 3.1 Derric of the shaft.



図 3.2 立坑やぐら
Fig. 3.2 Derric of the shaft.



図 3.3 下部 ヘッドシーブ
Fig. 3.3 Lower head sheave.

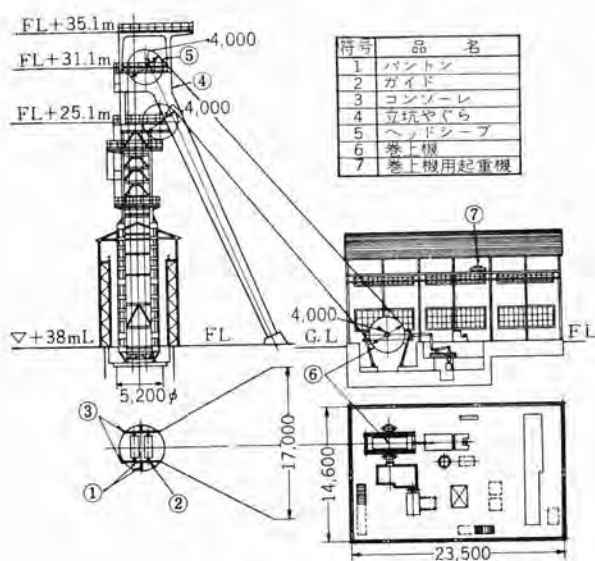


図 3.4 坑口設備配置図
Fig. 3.4 Layout of apparatus at the pit mouth.

スキップ 運転荷重 22,000 kg
地震係数 $K = 0.20 + \frac{H-16}{4} \times 0.01$
風荷重 $q = 60\sqrt{H}$

本やぐらは巻上機側にラーメン 構造の バックステー を配した R 形立坑やぐらで、各部材はあらゆる使用条件における荷重、その他風雪、地震などによる振動に対しても十分な強度と剛性を有し、かつ洗練された構造美を発揮した溶接および鉚釘による構造である。

頂部には ヘッドシーブ の据付、交換、修理などの際につり上げるべき荷重に対し十分なる ヲク 組および起重機取付用レールを有し、また過巻時にスキップをヘッドシーブの下に停止させるため、立坑ヲク組に取り付けた ガイド の幅を漸増してスキップ・シューによりスキップをせり止める クサビ 状の木 ガイド を有し、なおこの制動の他にやぐら本体に過巻止 ハリ およびスキップの落下防止用として、作動確実な ケラス 形 セイフティー・キャッチャ を設けている。

4. 立坑内設備

メーンバントン I 形鋼
バントン 間隔 (垂直) 3,000 mm

麻生産業吉隈第一立坑機械設備・津田

コンゾーレ

ダクタイル鋳鉄

ガイド

ミツ 形鋼

立坑内設備は ドイツ DIN 規定に準拠し バントン・ピッチ 3,000mm とし、立坑壁への支持には耐食性 ダクタイル 鋳鉄製 コンゾーレ を介して立坑壁に固定している。

ガイド は鋼製 エンド 固定 ガイド 方式とし スキップ にはゴムタイパ を有する ガイド・ローラ を装備し、スキップ の高速昇降中の振動による衝撃をほとんど皆無とし、かつ ガイド の摩耗を完全に防止している。

バントン および ガイド の取り付けには据付時はもちろん将来地盤の変移に伴う立坑中心の多少の狂いに対しても、前後左右に移動調整が可能となっている。

5. スキップ巻上設備

スキップ 巻上設備は スキップ 本体および巻上機、スキップ 坑底積込設備、スキップ 坑口排出設備に大別される。

このおのおのの装置は互いに関連した完全なる全自動運転をなすもので、甲方操業開始の始動押し ボタン に始まり常時運転中はただ各機器の点検 マン を配置するのみで連続全負荷操業運転を行なうものである。

かつまた原料炭、一般炭の切り換えも随時自由に行なわれ、切換中の混炭を防止する過渡運転中の パーシャル・ロード に対してはすぐれた精度を有する ロード・チェッカー を装備し負荷率 0 より全負荷まですなわち 0t より 6t までの広範囲にわたり、自動運転上重要な着床精度を確保するため自動調整を行なっている。

炭種切り換えの指令により坑底各貯炭槽下部の フィーダ の操作

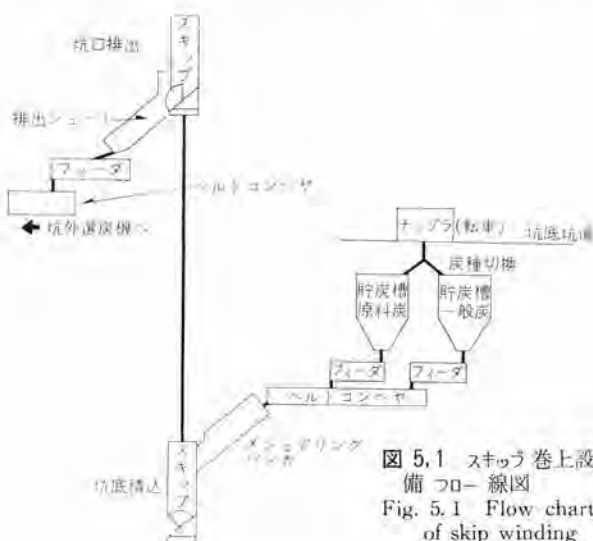


図 5.1 スキップ巻上設備 フロー線図
Fig. 5.1 Flow chart of skip winding devices.

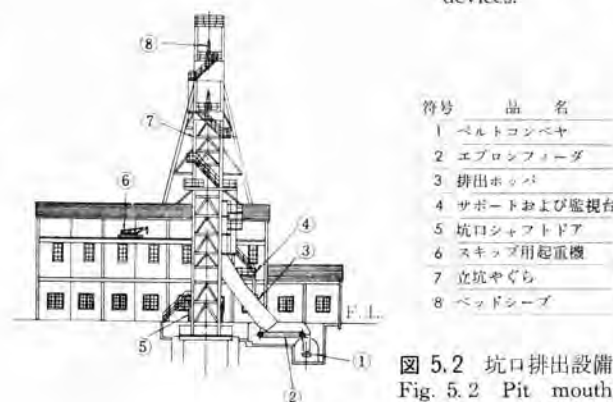


図 5.2 坑口排出設備
Fig. 5.2 Pit mouth delivery equipment.

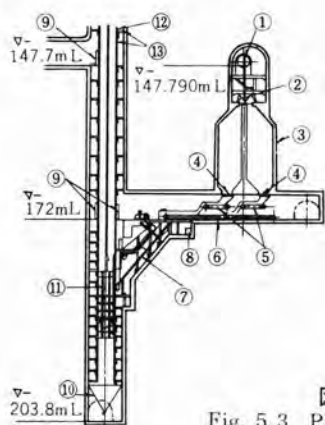


図 5.3 坑底積込設備

Fig. 5.3 Pit bottom loading equipment.

によりスキップは自動運転を継続のまま、積載炭の内容を切り換えることができるとともに、各機器はおのおのインターロックされていて常に安全にして条件を満足する運転が行なえる様に計画されている。

もちろん必要に応じて全自動を解除しおのおの単独の手動運転も可能となっている。

5.1 スキップ巻上機

形 式	単胴複巻 ドラム 巻
巻上距離	233.4 m
最大有効荷重 (石炭)	6,000 kg
巻上速度	6 m/s
加速度	0.3 m/s ²
減速度	0.4 m/s ²
巻胴径	4,000 mm
使用 ロープ	フラット・ストランド・ロープ 直径 44 mm

巻上機用主電動機

形 式	閉鎖他力通風形三相誘導電動機
出 力	300 kW × 2 = 600 kW
回転数	600 rpm
電 圧	一次 3,300 V



図 5.4 デューティダイヤグラム

Fig. 5.4 Duty diagram.

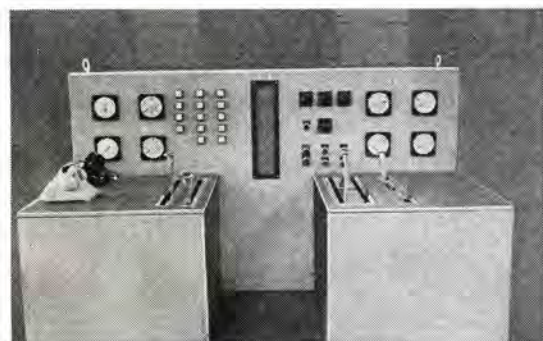


図 5.6 スキップ 巻上機操作盤

Fig. 5.6 Skip winder control panel.

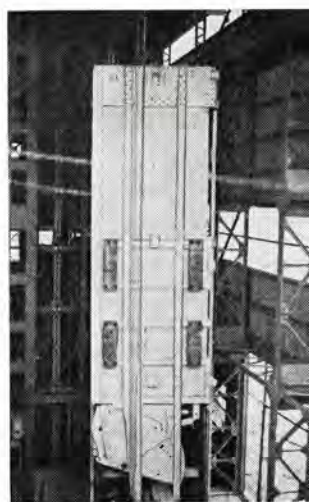


図 5.7 スキップ 本体

Fig. 5.7 Skip main assembly.

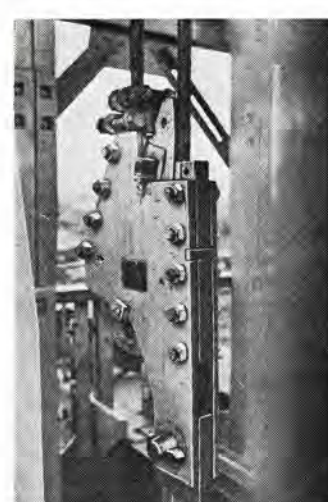


図 5.8 スキップとロープ 連絡部

Fig. 5.8 Junction of skip and rope.

二次 810 V

周波数 60 c/s

定 格 連続

巻上機用減速歯車装置

形 式 2 段 ダブルヘリカルギヤ 式

減速比 20.9

デューティダイヤグラム

巻上機巻胴は両側に制動輪を設けた近代的鋼板溶接構造のもので、ロープの当り面には摩耗に強い良質な ミゾ 付き木製 ライニングを使用している。

制動装置は ポスト 形 ブレーキ を使用し作動立ち上り速度のすこぶる早い重錘を併用した圧気制動式である。

巻上機の運転に対してはあらゆる場合の安全装置を施し安全運転にとくに意を用いている。

5.2 スキップ本体

スキップは固定ガイドシューの他にゴムタイヤを有するガイドローラを備え、GHH 形底開き プラ を有し内面には石炭積込時の摩耗防止用 ライナ および衝撃、騒音防止用の ライナ を設けている。

かつ積込時の炭 ジョ ンの立坑内飛散防止のため独特の設備が設けられている。

スキップとロープの締結には GHH 傾斜形 クレムカウシェ を用いて簡単にして確実に連結され、かつロープの永久延びに対し全長を簡単に短縮調整可能な連結装置である。

なおロープあるいは立坑内点検用として臨時人員昇降も可能と

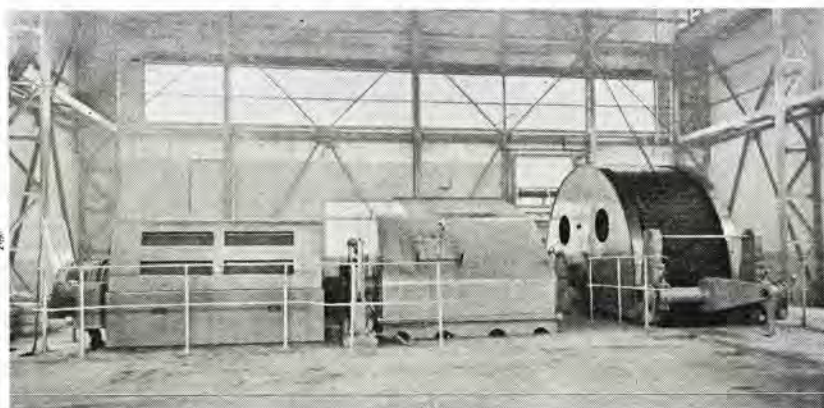


図 5.5 スキップ 巻上機

Fig. 5.5 Skip winding machine.

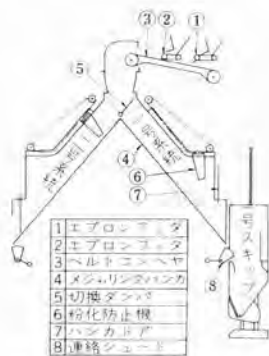


図 5.9 スキップ 坑底積込設備説明図

Fig. 5.9 Skip loading arrangement at the bottom of pit bottom.

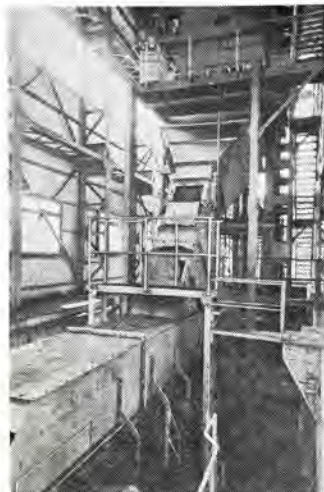


図 5.10 坑口スキップ排炭部

Fig. 5.10 Skip coal delivery at the pit mouth.

なるよう特設デッキを有している。

5.3 坑底積込設備

坑底積込設備はフロー線図図 5.1 に示した機器よりなっている。次に坑底積込設備の運転の概要を説明する。(図 5.9 参照)

坑底坑道の チョウラ により転車された石炭は、切替 ダンパ により一般炭と原料炭に区別され、それぞれの貯炭 ポケット にたまる。

スキップの運転に関連し、所定の炭種の積み込みが開始されるが、この場合 エプロン・フィーダ①または②と ベルト・コンベヤ③は指定炭種側のみが運動し、パンカ④に積み込まれる。

1 号および 2 号 スキップ に対して 2 系統の パンカ を有し、いま仮に 1 号 パンカ は石炭が満杯になっている状態とする。

スキップが自動的に正規着床位置に停止すれば、連絡 シュート⑧および パンカ・ドア⑦は自動的に作動し、石炭は 1 号 スキップ の方へ流れ込む。このとき粉化防止装置⑥が図示の位置に停止している。スキップ への積み込みが完了し、一定時間すれば連絡 シュート⑧、パンカ・ドア⑦は閉の位置に復帰し、スキップ は自動的に巻き上げを開始し、同時に粉化防止装置⑥は上昇を開始する。一方 2 号 パンカ の方では ベルト・コンベヤ③より石炭が積み込まれ、1 号粉化防止装置⑥が上限に達した頃、2 号 パンカ は満杯になりつつある。その際 2 号 パンカ 内の粉化防止装置は石炭の積み込みに応じて自動的に下降し、石炭の粉化を防止する。

2 号 パンカ が満杯になれば、切替 ダンパ⑤は自動的に点線の位置に切り換わり、再び 1 号 パンカ の方に石炭の積み込みが行なわれ粉化防止装置⑥もそれにつれて下降を行なう。ちょうどそのころ 2 号 パンカ の方では、2 号 スキップ が正規着床位置に停止し、1 号 スキップ の場合と同様な操作により積み込みが行なわれ、自動運転が繰り返される。

以上の自動運転はスキップの デューティサイクル に適合することはもちろん、それぞれの作動を確認して次の動作が開始するよう、インタロック が施されている。

5.4 坑口排出設備

坑口排出設備はフロー線図図 5.1 に示した機器よりなっている。坑口に上昇してきた スキップ は速度を自動制御されて所定の微速で正規位置に着床する。

着床の直前よりやぐら内に設けられた ガイド・ピン により、スキップ 底 プタ が開き始め正規着床位置で完全に全開する。

スキップ 底 プタ の開放とともに石炭は排出 シュート を流下し、下

部 エプロン・フィーダ により選炭機へ通ずる ベルト・コンベヤ へ均等にフィードされる。

スキップ は前述の コンベヤ、エプロン・フィーダの順に起動を確認の上で運転開始が可能となるよう インタロック されている。

また スキップ 降下とともにその底 プタ は自動的に閉鎖され一度閉鎖された底 プタ は完全に ロック されて昇降の途中では絶対に開放しない構造となっている。

6. 坑底操車設備

本設備は坑底積込設備の全自動連続操業に支障なく石炭を供給する操車設備であり、炭車の ピン 切および ピン 連結操作を除いて、他の操作はすべて完全な全自動連続運転となっている。

本設備は坑内操車設備に全自動運転を採用したわが国最初の画期的なもので、本設備により坑内操車の操業は高度に能率化されたことはもちろん、操作にわずか 3 名の小人員で制御ができ、坑内操車設備の合理化が達成されている。

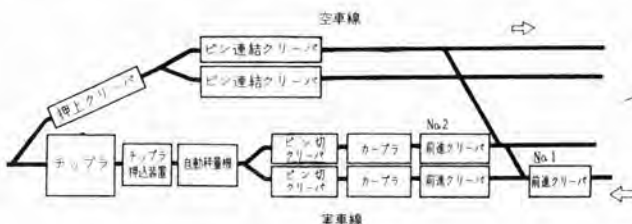


図 6.1 坑底操車設備 フロー線図

Fig. 6.1 Flow chart of car operation line at the pit bottom.



図 6.2 坑底操車線設備 クリーパ

Fig. 6.2 Creeper at the car operation line in the pit.



図 6.3 坑底操車線設備 チョウラ 前

Fig. 6.3 Front of tipplers on the car operation line at the pit bottom.

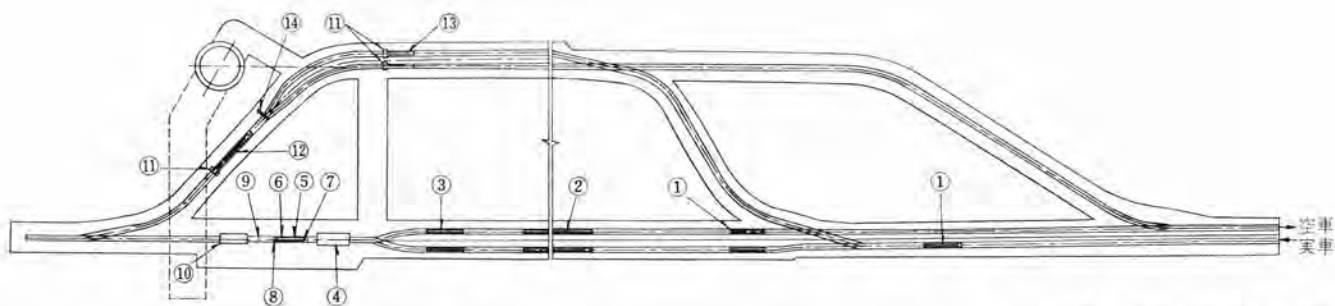


図 6.4 坑底操車設備配置図
Fig. 6.4 Arrangement of car operation line at the pit bottom.

符号	品 名	4	秤 量 機	8	バックストップ	12	押しダグリーフ
1	前進クレーン	5	軌道ストップ	9	安全ストップ	13	ピン連結クレーン
2	カーブラ	6	レールスイッチ	10	チップラ	14	ポイント切換シリンダ
3	ピン切クレーン	7	カーブッシャ	11	リターダ		

次に本設備の概要を説明する。

原炭積載の炭車は採炭現場より機関車に牽引されて坑底実車坑道に運搬され、列車編成のまま No. 1 前進 クレーン 上で停止し、機関車は空車線坑道へ退避し、空車線で編成された空列車を牽引して採炭現場へ向う。

No. 1 前進 クレーン 上の炭車はさらに No. 2 前進 クレーン およびカーブラにより ピン 切 クレーン まで送られ、ピン 切 クレーン で送られる途中連結器のゆるんだ機会に ピン 切 作業員により 1 車ずつ切り離されて チップラ へ向って自走し、レジスタ 付秤量機を通過して軌道ストップにより停止する。

チップラ 前の安全 ストップ に停止中の炭車が プッシャ により チップラ 内に押し込まれると、軌道 ストップ は自動的に開いて炭車は自走し安全 ストップ により停止される。なお炭車の自走途中において炭車車輪が レール・スイッチ を踏むことにより、軌道 ストップ は閉じて後続炭車を停止させる。

チップラ にて転車し、石炭を ポケット 内に移し終わった空車は後から押し込まれる炭車によって押し出され、空車線を スイッチ・バック し、押し クレーン へ向けて自走する。

押し クレーン の前には レターダ を設けて自走してきた空車を制動し、過走によって起こる衝撃を防止している。

空車は押し クレーン により レベル・アッ サレピン 連結 クレーン まで自走し、空車線に列車編成される。なお ピン 連結 クレーン の前には空車を制動し、また停止位置を一定にするため レターダ を設けている。

以上の設備の操作はすべて自動運転であり、それぞれ連続運転に必要な諸条件を満足して、安全で確実な操業ができるよう種々の インタロック、信号灯および照光盤が設備されている。

7. む す び

以上、麻生産業株式会社吉隈炭坑第一立坑機械設備の概要について説明したが、本設備はわが国初めての試みである坑底操車設備の全自動運転を完成し、また バランス・ローラ を設けないドラム 巻における スキップ 運転の、荷重変化に伴う着床精度の確保に広範囲なロード・チッカ の成功など、プラント 機器全体を何等のあい路もなく作動させることができたことは、炭坑合理化に対し一段の貢献をなしたものと確信している。

麻生産業吉隈第一立坑電機設備

木内 修*

Electric Equipment at Asō Sangyō Yoshikuma Shaft No. 1

Nagasaki Works Osamu KIUCHI

In Yoshikuma Shaft No.1 of the Aso Sangyo Company has been installed a ship hoist which operates interlocked with coal trucks and loading machines and controlled with an AC twin motors having dynamic braking action. This is a record product of high economy and capable of automatic operation with the load continuously changing from zero to six tons. It involves many features. For particular instance, in its intermediate full speed section is made deceleration by means of a load detecting device using a thermal converter, while in the creep-speed section torque presetting is made on the motor No. 1 and exciter voltage is preset for the motor No. 2 in dynamic braking.

1. ま え が き

昭和 36 年 7 月完成、運転に入った麻生産業吉隈鉱業所第一立坑は出炭 100 万トン/年を目標とした巻上電動機容量 600 kW の中容量設備といえようが交流双電動機発電制動方式のスキップ巻上機と坑底操車、積込設備と連動し、最小の運転員により操業のできる全自動運転プラントとしてきわめて経済的かつ斬新な設備である。

受配電系統は鉱業所付属の変電所より 3 kV 受電し、低圧動力、制御、信号の各電源は巻上機電気室内の専用変圧器より給電されている。

坑底の各電源設備としては立坑内に 3 kV 1 回線を設け、坑内動力、制御、信号は坑底電気室の専用変圧器により給電している。

2. 巻 上 設 備

2.1 各種電動方式の比較

立坑巻上機はスキップ、ケーブいずれにしても針坑巻上機に比べ、高速かつ高い着床精度を要求される。

とくに最近の立坑巻上機はほとんどが自動運転方式であるので必然的に負荷に無関係な安定な微速を出さなければならない。

この要求を満足するものは直流ワードレオード方式に勝るものはないが半面設備費が大きく、交流誘導電動機速度制御方式が急速に発展しつつある今日、直流方式か交流方式か、さらに交流の場合どのような制御方式とするかはその都度総合的に判断しなければならない。

駆動方式を決定する場合検討すべき事項は、

- (1) 設備費
- (2) 運転維持費
- (3) 制御性能
- (4) 着床精度
- (5) 保守、点検
- (6) 減速歯車との関係
- (7) 使用する制御器具の限界

などである。

交流方式の場合現在巻上機用として実用されているものは

- (1) 低周波制御方式

- (2) 発電制動方式

- (3) リアクトル制御方式

- (4) ウズ電流ブレーキ制御方式

- (5) 油圧押し上げ制御方式

などであり用途に応じ、適用を考えなければならない。

この立坑巻上機に双電動機発電制動方式を採用したのは設備費が安く、かつスキップ巻上機で着床精度は ± 200 mm 程度でさしつかえなく、運転維持費も設備費の償却を考えれば十分有利であるからである。

2.2 双電動機発電制動方式

本機は原料炭、一般炭切換時の混炭防止のため巻上側スキップの積載荷重は 0 t より 6 t の間に変化する。

図 2.1 はこの場合の所要トルク曲線である。図のごとく減速、微速区間のトルクは負荷により正負、大小の場合があり、通常の 1 台の電動機による発電制動では満足できず、2 台の電動機を使用し、1 台は商用電源に接続し電動トルクを発生させ、他の 1 台は直流電源に接続し制動トルクを発生させ、図 2.2 のごとく両者の合成トルクにより正トルク範囲より負トルク範囲にまたがって制御する必要がある。

この方式は 100 kW 程度の手動クレーンにおいては実用機があるが 600 kW 程度の自動運転巻上機としては世界最初のものであろう。

合成トルクの制御は制動用直流発電機の電圧を変化させるが全速区間中の電動機入力を検出、記憶し電動側二次抵抗器を負荷に

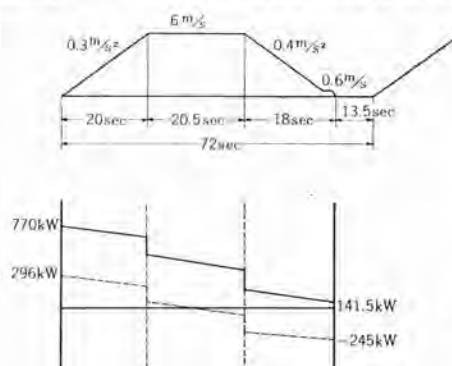


図 2.1 6 t 荷重および 0 t 荷重の所要容量
Fig. 2.1 Winding motor capacity at full load (6 ton) and no load (0 ton).

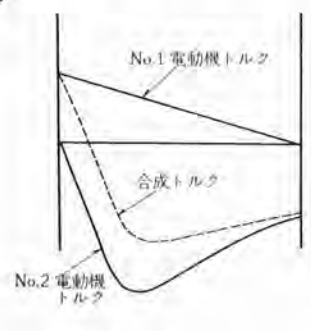


図 2.2 電動機トルクおよび軸トルク
Fig. 2.2 Motor torque and resultant torque.

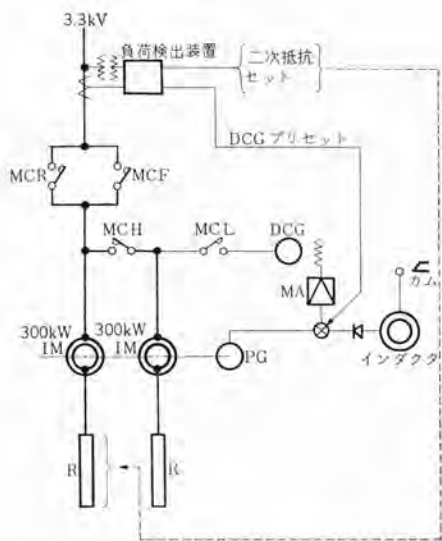


図 2.3 簡略接続図
Fig. 2.3 Skelton diagram.

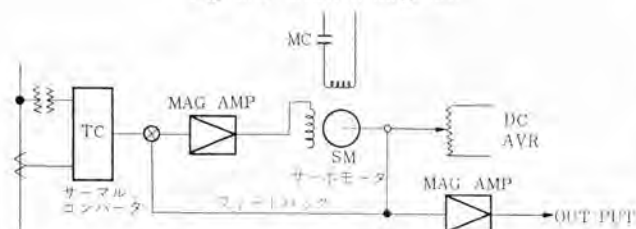


図 2.4 負荷検出装置原理図
Fig. 2.4 Skelton diagram of load checking device.

応じて選定し、制動力を経済的に利用するようにしている。

運転方式の概略は図 2.3 のごとくである。

今左右スキップはおのの坑口、坑底に停止している。

スキップの停止指令は坑口制限開閉器による坑口中心であるので坑底側は負荷によるローラの伸びにより若干の停止点バラツキは避けられない。

このため坑底側積込可能範囲の上、下限に無接触制限開閉器を設け、スキップがこの範囲にあれば自動積込が行なわれる。

まず自動運転始動用押しボタンを押すとスケジュールタイマが起動し、坑底積込装置が動作し、坑底側スキップにパンカより連絡シュートが突き出し、積み込みを始める。

一定時間すると連絡シュートは復帰し、これを確認し気圧制動機は中間制動状態に弛み、同時に No. 1, No. 2 電動機は最大不平衡荷重を保持するに足る起動トルクを発生する二次抵抗値をそう入した状態で運転用主接触器が閉路し起動を始め、これを確認し制動機は完全に積放され、ついで二次抵抗器が限時短絡し全速状態に入る。

中間点において深度計の制限開閉器により負荷検出装置が動作し電動機入力を検出、記憶する。

図 2.4 は負荷検出回路でサーマルコンバータを用いている。

中間点においてはローラ長さは左右平衡し、運動体の加減速トルクを伴わないので入力は不平衡荷重に比例することとなる。

負荷検出装置により負荷に応じた選択継電器が動作し、減速開始制限開閉器により No. 2 電動機に直流制動を加えると同時に No. 1 電動機の二次抵抗は負荷に応じた値にセットされる。

また負荷検出装置の出力は磁気増幅器を介して直流発電機の電圧を負荷に応じてプリセットするので制動切換時の制動トルクの過大、過小がなくきわめてなめらかに制動状態に移行する。

減速区間に入ると深度計に取り付けた速度指令用インダクタがカム

により回転させられ発生電圧は一定のスケジュールにより減少し、これと電動機軸より駆動される直流指速発電機電圧と比較し、その偏差は磁気増幅器を介して発電機界磁を変化させ制動力を制御し、スケジュールに合致させる。

停止点の若干手前で弱制動用制限開閉器により気圧制動機は軽い制動を行ない、停止用制限開閉器により運転用主接触器は開路し同時に制動機は全制動となりスキップは停止する。

坑口ガイドレールに設けたカムにより坑口に到着したスキップは下部トビラが開き積載物を排出し、坑底到着スキップはスケジュールタイマにより積込装置が再び動作し、運転デューティがずれない限り自動的に運転を継続する。図 2.5 は運転時のオシロである。

2.3 保安装置

本機は全自動運転方式であるのでとくに保安装置に十分考慮を払い、無人状態においても運転の安全性を確保できる。

保安装置の種別は表 2.1 のごとくである。

非常停止の場合は即時非常制動機が動作し、G. L 停止は地上面で常用制動機が動作して停止する。

1 サイクル停止は運転中のサイクルは継続し、このサイクル終了後次のサイクルに入らずに所定状態で停止する。

この保安装置が動作した場合故障表示灯、あるいは故障検出器により原因は即時に判明する。

また巻室の計器盤には速度記録計オペレーション、レコーダが設けてあり所要の記録をとることができる。

2.4 主要機器

巻上電動機は USB 形、

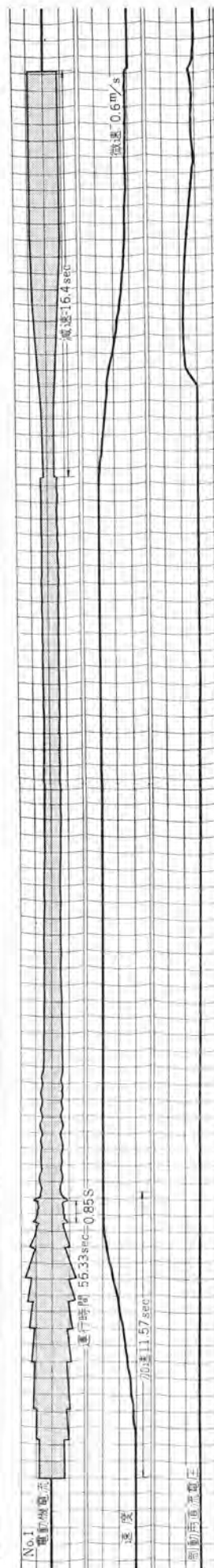


図 2.5 Oscillograph in full automatic drive.

図 2.5 全自動運転 オシログラフ

表 2.1 保安装置の種類

	用 途	備 考
非常停止	過速 速度監視 過巻 深度計カップリング 直流発電機電圧喪失 電動機過負荷 制動気圧低下 ブレーキライナ摩耗	機械式 電気式 軌道および深度計
G.L停止	スキップトピラ米閉降下 坑口ホッパ満量	
1ルサ停止	オーバertime 積込装置動作不良	

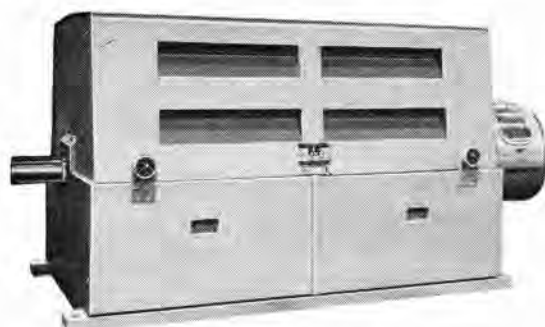


図 2.6 (a) 巻上電動機外形図
Fig. 2.6 (a) Outline of winding motor.

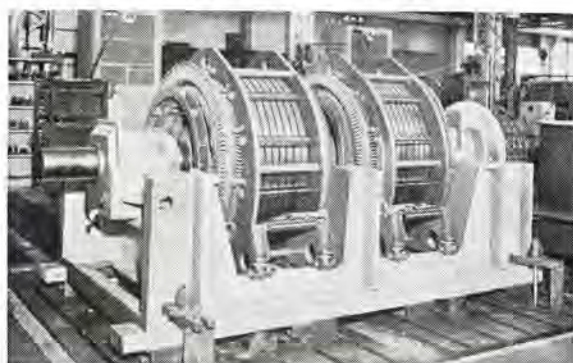


図 2.6 (b) 外被を取りはずした巻上電動機
Fig. 2.6 (b) Winding motor cover removed.

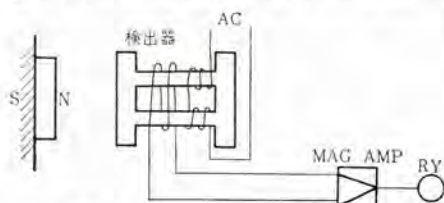


図 2.7 無接触リミットスイッチ原理図
Fig. 2.7 Skelton diagram of non tact limit switch.

300 kW, 3,300 V, 60 c/s, 12 極の巻線形誘導電動機 2 台であるが同一フレームに 2 個の固定子を、同一軸に 2 個の回転子を設けた双電動子形式である。

回転子の軸は中間軸受が無いので軸長が短く外観は 600 kW 1 台と大差がない。

各部の構造は巻上機用として過酷な運転に耐えるように十分な強度を有している。

通風は他力方式で外部空気をエアフィルタを通してターボファンにより下部より押し込み室内へ吹き出す。

図 2.6 は巻上電動機の外観および外側カバーをはずしたものである。

発電制動用直流発電機は 15 kW, 130 V, 1,750 rpm の他励分巻界磁の普通構造のもので無負荷、全負荷の繰返しであるのでブラシ、整流子構造に十分の意を用いてある。

運転用可逆電磁接触器は H-205 形、50MVA の重負荷用のものである。

立坑内に設けスキップで直接作動させる制限開閉器は無接触式であるがスキップと検出部の間が数十、数百 mm あり、かつ左右前後に振れて高速で通過するためスキップに検出用 OP 磁石を取り付け図 2.7 のごとき倍周波形磁気増幅器を用い、マグネットによる磁界による磁束の不均衡を増幅検出する方式を用いている。

3. 付 帯 設 備

巻上機付帯設備として坑口排出設備と坑底積込設備とがある。

坑口排出設備はスキップが坑口停止点に到達するとガイドによりスキップ下部フタが自動的に開き積載物は坑口ホッパに排出され、エラロンフィーダ、コンベヤを介して選炭場へ直接輸送される。

坑底積込設備は巻上機の運転と連動し、72 秒で 1 回転するスケジュールタイムにより積込用各機器の動作は規制されており各機器の動作はまた一定時間内に終了しない場合は異常として以降の動作は停止する。

必要な制御継電器はキーリレーを用い運転中の停電に対しても前の動作を記憶し、二重積込などの事故の生じないごとく十分の注意を払ってある。

原料炭ホッパから一般炭ホッパへ切り換えた場合は巻上機の運転は継続されているが供給フィーダは一定時間停止し、炭種の混じることと坑口選炭場の操作切り換えに十分な時間をとって自動的に起動するようにしてあり、運転の中断をしなくてよい。

4. 坑 底 操 車 設 備

積込設備坑道の上部に坑底操車坑道があり、ここでチッラにより転換された原炭は原料炭、一般炭ホッパに一時的に貯炭され、積込設備よりスキップへ積載される。

操車設備の詳細は別項に詳述されているがこの設備は炭車到着より転換、空車両編成までわずか 3 人により自動的に行なわれる機械化されたものである。

設備中の特殊なものは炭車の位置検出用に静電容量式制限開閉器を用い各種のインターロックに使用している点である。

この制限開閉器は被検出物と検出用電極間の空気層の静電容量によりトランジスタを用いた L.C の発信回路を用いたもので約 200 mm ぐらいの空気を介して動作でき、炭車のごとくふぞろいのものに対しては最良の検出装置である。

5. む す び

交流双電動機全自動運転巻上ラントは世界最初のものであり、性能も十分所期の能力を発揮することができ、きわめて経済的な方式であることが立証された。

この方式を採用するにあたり種々ご教授、ご助力をいただいた麻生産業株式会社および三菱造船株式会社の各位に厚く紙上よりお礼申し上げる。

麻生産業吉隈第一立坑 600kW 交流立坑巻上機の自動制御

熊谷 茂俊*・柴田 賢吾*
福江 節雄**・熊谷 永年**

Automatic Control of 600 kW AC Shaft Winding Machine at Asō Sangyō Yoshikuma Shaft No. 1

Asō Sangyō Head Office Shigetoshi KUMAGAI・Kengo SHIBATA
Asō Sangyō Yoshikuma Shaft Setsuo FUKUE・Nagatoshi KUMAGAI

Yoshikuma shaft No. 1 was completed in July, 1961 as a coal winding shaft with a capacity of one million tons a year. In coal loading, winding and delivery at the pit mouth full automatic operation is carried out as well as automatization of cars running on the pit rails so as to assure economy. From the working face in the mine coal is conveyed by electric cars to the car handling line. Then tipplers operate to send the coal as far as a pocket. The rest of work is made by belt conveyers and skips to hoist the coal to the ground. All the operation is made automatically by supervisory control of one man.

1. ま え が き

本立坑は原炭巻上立坑として設計設備された入気立坑であって当坑は現在精炭約 60 万 t/年、将来精炭約 75 万 t/年の出炭規模を有する。

工事は、昭和 34 年 9 月に着工し、昭和 36 年 6 月 10 日最初原炭巻上試験運転を行ない、7 月より操業運転に入った。

立坑の深度が比較的浅く、巻上距離 233.4 m、巻上荷重 6 t で巻上方式について種々問題点があって、低周波制御が発電制動か、またドラム巻かケーブ巻とすべきかなど迷ったが、結局交流発電制動方式のスキップ巻上機にふみきった。

交流発電制動方式にしてしかも全自動運転というきわめて欲張った方式としたため、当初、負荷検出装置の調整、スキップの着床精度、その他坑内の特殊条件より発生した障害のため、自動運転上幾多の困難を経たが、現在はきわめて順調な運転を続けている。

けだし、坑底操車線の全自動制御ならびに交流制動による巻上機の全自動制御方式としては、画期的なものであらうと思われる。以下設備の概要を述べる。

1.1 制御の概要

出炭経路より説明すると、切羽よりの原炭は、立坑、底水平坑道を電車により運搬され操車線にかかる。

操車線では操作マンの押しボタン操作により自動運転が開始され、複線坑道を交互に後述の自動制御によりチッラにて転換され原炭がポケットに貯蔵される。

立坑運転と操車線の運転とはこのポケットにより絶縁される。かつこのポケットは原炭輸送のクッションでもある。

ポケットより抜き出された原炭は、ベルトコンベアを経て坑底に着床したスキップに積み込まれ、積み込みが完了すると立坑で巻き上げられ、坑口で放荷され、ベルトコンベアで選炭場の原炭ポケットに送り込まれる。

坑底のポケットより選炭場の原炭ポケットまでの運転は、すべて一連の全自動制御で、坑口の巻上機室において 1 人の監視員により監視制御される。

巻上機室の監視員は全自動制御の監視、1 サイクル自動制御なら

びに停電その他特別の場合の手動運転を行なう。

2. 立坑内設備

立坑は直径 5,200 mm、深さ 241.8 m、厚さ全平均 63.5 cm のコンクリート流し込みで築造され、フーチング 10 箇所、ウオータリング 7 箇所設備してある。

(1) メーンバンドン

水平方向 (内法)	3,000 mm
垂直方向 (中心距離)	3,000 mm (標準)
大きさ (I ビーム)	200×150×9 mm
	操車線、積込坑道付近は 300 または 350 mm I ビームを使用。

数 量 86 段

(2) 補助バンドン

メーンバンドンの中間を L 75×75×9 mm の補助バンドンでささえ、他端は立坑壁に固定している。

(3) コングレ

立坑壁の変形移動に備え、バンドン位置を調整する場合を考え、バンドン方向と直角に内外へ 30 mm 宛バンドンを移動可能としている。コングレは坑壁より約 180 mm 出して水平にコンクリート壁に埋め込まれている。

(4) ガイド

ガイドは 150×75×9 mm のミジ形鋼向い合わせとして、内側には 10 mm 鋼板を溶接し、1 本の長さは 9 m である。

なお坑底積込部および坑口放荷部には石炭の流出入のため主ガイドの設置が不可能で、補助ガイドが設けられている。また坑底およびやぐら内に適当なコウ配を付した木ガイドを設け過巻の際にスキップのガイドシューがかみ込んで過巻を防止する構造となっている。

(5) パイプバンドン

巻上機制動操作用として坑内エア本管より分岐して立坑内を巻室まで 5 インチパイプを布設している。このためパイプ支持バンドン 4 箇所、および振れ止めバンドン 11 箇所を立坑内に設備し、またパイプの各継手はボタンワッシャー使用によるフレンジ継手とし、温度差

によるパイプの伸縮を考慮し、スライド可能な伸縮継手を2個取り付けている。

(6) ケーブルバンド

立坑内設備電源は、すべて坑口巻室より立坑内を通過し、坑内操車線電気室に至っている。ケーブル支持バンド3箇所および振れ止めバンドは圧気管のバンドと共用している。

布設ケーブルは

電源用 (3c×30φ+1c×8φ)

制御信号用 (30c×3.5φ, 20c×2.0φ, 20c×3.5φ)

の4本が布設されている。

3. 坑口設備

(1) 巻上やぐら

スキップ巻上用やぐらは、巻上機側にバックステーを配したR形やぐらでありその諸元は

地上よりやぐら最頂部までの高さ	35.1 m
地上より上側ヘッドシーア中心までの高さ	31.1 m
地上より下側ヘッドシーア中心までの高さ	25.1 m
ガイドやぐらの規模	3,150×3,060 mm

やぐら内には保安装置として下記の設備を備えている。

(イ) 過巻防止用 バッファーガード

(ロ) ローア切断時の墜落防止用 セーフティキャッチ

(ハ) 過巻防止用木製 ガイドレール

(2) 坑口放荷設備

坑口放荷設備として、スキップトビラ開閉装置、排出ホッパ、監視台エロンフィーダ、原炭ペルトコンベヤなどから成り、その概要を以下に示す。

4-2-1 スキップトビラ開閉

スキップが排出位置にきた時、自動的にトビラを開放するもので、スキップの安全爪を取はずす案内カムと、トビラの開放ガイドに作用する開放ローの設備がついている。

(3) 排出ホッパ

スキップより排出された石炭を貯蔵し、全閉角形調節ゲートにより一定量宛調節しながらエロンフィーダへ送り込む貯炭ホッパ装置である。

ホッパ内に石炭が充満し、立坑内に石炭がこぼれ落ちないように

一定量以上たまった場合は、スキップが排出できないように電氣的にインターロックしてある。その容量は10 m³で設置角度は50°である。

(4) 監視台

スキップ監視用のプラットフォームで、坑口設備の操作盤および積込設備の表示室などが設備してある。

(5) エロンフィーダ

幅1,200 mmのオーバラップ形で、側面および上部は漏炭防止ならびに防壁のため全長にカバーを取り付け、下部には落炭受けを設けている。その主要項目は次のとおりである。

駆動方式 第一段チェーン、第二段歯車駆動

チェーン速度 7 m/min

運搬能力 320 t/h

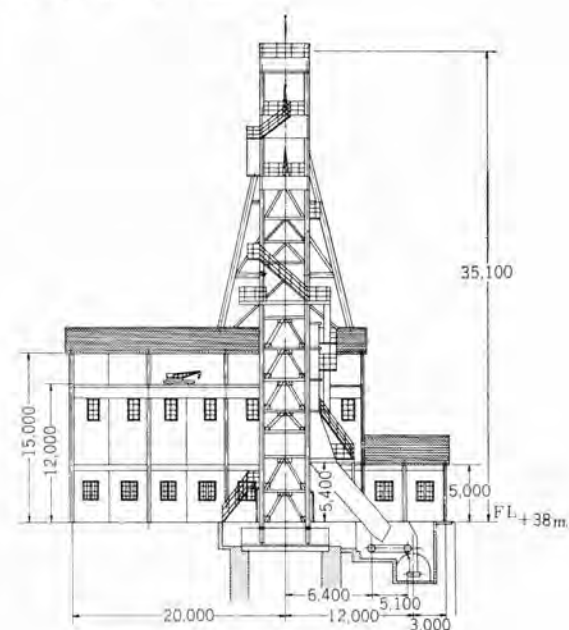


図 3.3 立坑やぐらおよび坑口建舎
Fig. 3.3 Shaft tower and a building at a pit mouth.



図 3.1 立坑やぐら全形
Fig. 3.1 Shaft tower.



図 3.2 ヘッドシーア
Fig. 3.2 Head sheave.

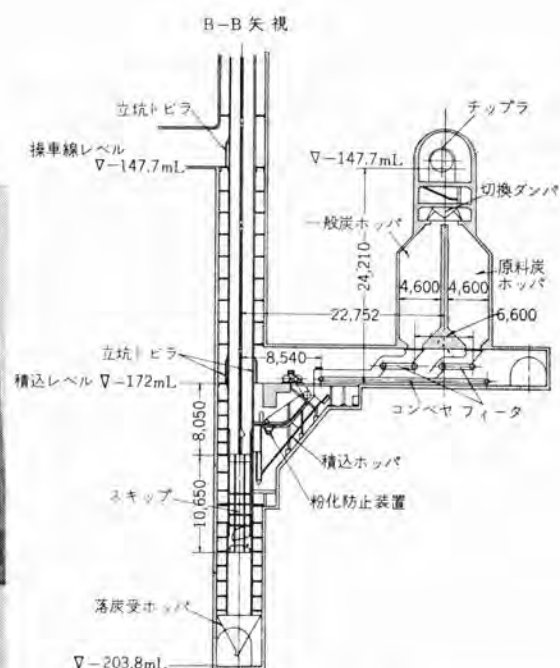


図 3.4 坑底積込設備
Fig. 3.4 Loading equipment.

全 長 タンブラ中心距離 5,100 mm
電 動 機 5.5 kW×54 r/m GM

(6) 原炭 パンフイダ

日本コッパヤで製作し、エラロンフイダよりの石炭を受け原炭 ベルトコッパヤに供給するものである。

チエツ速度 10 m/min
運搬能力 320 t/h
機 長 タンブラ中心距離 2,000 mm
電 動 機 5.5 kW×54 r/m GM
エラロン幅 1,000 mm

4. 立坑巻上設備

(1) スキップ巻上機

有効荷重 6 t, 巻上速度 6 m/sec. 三相誘導電動機による二段減速方式半周巻式グラッドマシンでその主要項目を下記に示す。

a. 巻上機

最大不平衡荷重 6,000 kg
最大ロー張力 19,600 kg
巻上速度 6 m/sec
鋼 索 44 mm φ フラットト
6×F{(2×3+3)+12+12}
保証破断力 120,000 kg
巻胴直径 4,000 mm
巻胴幅 1,310 mm
回転数 28.64 r/m

b. 電動機

電動機形式 閉鎖他力通風形三相誘導電動機
出力 300 kW+300 kW
電 圧 3,300 V
回転数 585 r/m
制御方式 発電制動方式
回転子 双回転子巻線形
形式 強制通風形
絶 縁 B 種
能 率 91.5 %
力 率 84 %
最大回転力 200 %

c. 発電制動用発電機

発電制動方式による制御であるので、主電動機制動側のステータへ直流電圧を供給するための発電機で次のような仕様である。

出 力 15 kW
極 数 4 極
回転数 1,750 r/m
電 圧 130 V

(2) 巻 室

巻室の概略の配置を図 4.1 に示す。

巻室内主要機器の仕様は次のとおりである。

a. 高圧関係

動力変圧器 100 kVA
制御変圧器 10 kVA
照明変圧器 10 kVA

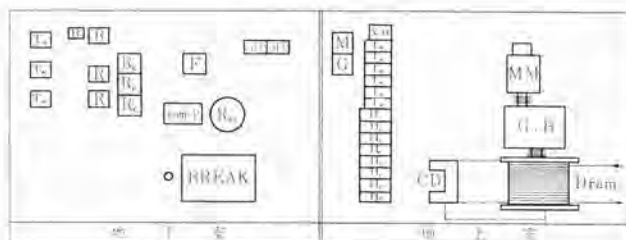


図 4.1 巻室電気関係配置図

Fig. 4.1 Arrangement of winding machine room.

b. その他

空気圧縮機 15 kW
主電動機冷却トビラ 7.5 kW
オイルポンプ 5 kW

(3) スキップ

スキップは底部排出式、ガイドロー付で鋼板および型鋼を使用している。

容 量 6 m³ (有効荷重 6,000 kg)
1 組の重量 11,250 kg
形 式 底部排出式
寸 法 (縦) 2,490×(横) 1,000
×(長さ) 10,650 mm

(4) メインロー連結装置

形 式 GHH KP 形 フレムカウシエ
許容荷重 20 t
ロー径 44 mm
全 長 2,310 mm
調整片による調整可能長さ
1×100+3×50=250 mm

1 組の総重量 450 kg

(5) ヘッドシャ

数 量 2 組
直 径 4,000 mm
軸 受 自動調心ローバアリング
給油方式 グリス給油

リムは鍛鋼製、スポークは片側 12 本で両側に取り付けミツ形鋼を使用している。ボスは鋳鋼製でリムとも二つ割りで鍛鋼製緊張環およびボルトで一体に固定している。

5. 立坑巻上機の制御

5.1 概 要

SL-172 m の位置に設けた積込設備より積み込まれた原炭は坑口排出位置まで約 215 m を巻き上げられる。一回巻き上げの所要時間は約 71 秒で 1 時間約 50 回で 300 t の運搬量である。スキップは坑口ではリミットスイッチで停止し、坑底積込場では誘導形無接触リレーにより着床する。

6-2 速度制御

立坑の巻上機においてはプログラム運転制御が多く採用されている。これは一回巻き上げの時間が短いことと積込より放荷までの間が通常の状態では制約が少ないためであるが、負荷の変動が広範囲のため時に大きな正トルクまたは負トルクを必要とする点と一般の巻上機と異なる点であり、制御の困難さがある。現在最も良好な特性を示すのは、直流ワードレオナード方式が代表的なものであ

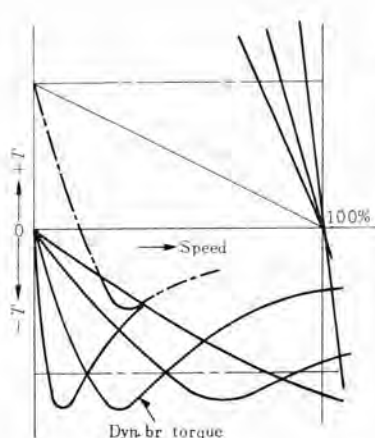


図 5.1 グラフ

Fig. 5.1 Speed-torque graph.

る。交流巻上機ではいかにして、トルクの変動に対し、速度を一定にするかが問題である。

当坑における発電制動方式の概況は、2 台のモータをタンデムに設置し、加速時と全速時には 2 台共電動機として駆動運転する。

この時は普通のユー 電動機駆動の交流巻上機とまったく異なる点はないが、制動時には 1 モータ、1 ブレーキとして動作する。この電動トルクと制動トルクとの算術和が発生する軸トルクとなり、正負トルクが発生する。したがってモータリングトルクかブレーキングトルクかのいずれかを変化させればその発生トルクは変化するが、当立坑の場合はモータリング側は負荷により一定とし、ブレーキング側の負トルクを変化させ、その合成トルクを変化し、必要トルクを得るようにしている。速度の制御は想定ダイヤグラムに相当する速度の指令をインダクタによって基準電圧値として発生し、実速度は指速発電機 (PG) によって電圧値として発生する。その差を磁気増幅器により検出増幅し、印加直流電圧を変化させて所要の減速度を得て、速度を初期設定速度曲線に従うようにしてある。しかしそのトルク特性、ダイヤグラムおよびイナーシャのために設定値に合致することは困難で、実速度との間に若干の差を生じている。また減速開始点はドラムに接続した深度計カムと同軸のカムにて設定し、初期設定減速度曲線はこれより金形にてインダクタの軸を動かし、電圧値として求めている。

5.2 保安装置

(1) 保安装置の種類

保安装置としては全域にわたる過速保護の他に過巻リミット、DC 電圧、負荷検出装置関係、ブレーキ作動関係、運転操作ハンドル間のインターロックおよび主要各所に配置された非常制動押しボタンにより構成されている。

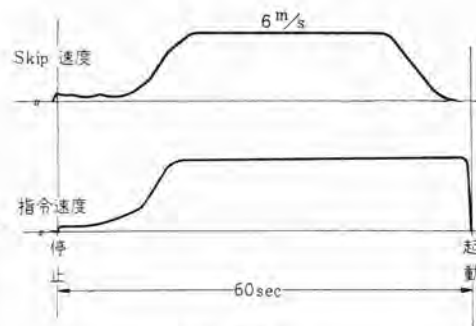
またスキップ本体に対してはドア不閉および不閉の確認による保安装置もあわせて設備されている。

(2) 速度監視装置

全速時には機械形速度監視 (過速度リレー) を行ない、減速区間では磁気増幅器を用いた連続速度監視を行なっている。これは指令電圧と実際の速度との差を磁気増幅器にて検出増幅し、速度監視リレーを動作させるものであり、設定点においては良好な動作を行なっている。

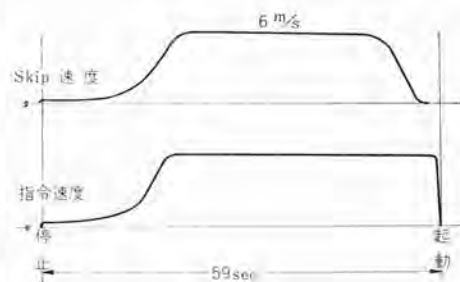
5.3 負荷検出装置

負荷検出装置は 1 号スキップと 2 号スキップが離合する点すなわち中間点において、その入力電力を測定し、減速時の速度制御のためのモータリング側電動機の二次側抵抗値の選択決定および、ブ



(a) 6.0 トン

図 5.2 オシログラフ



(b) 0 トン

Fig. 5.2 Oscillograph.

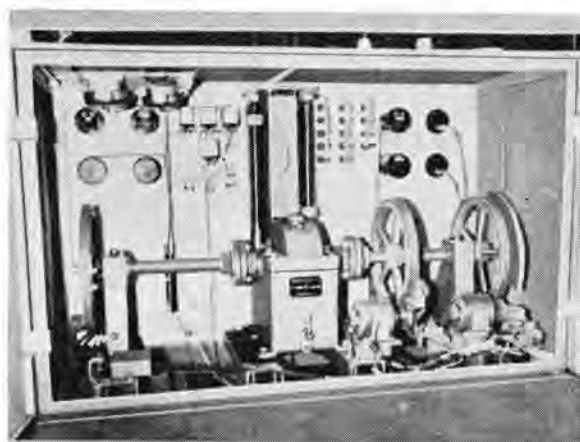


図 5.3 操作盤内部の速度指令装置

Fig. 5.3 Speed instructive gear.

レーキング側の印加直流電圧を決定する。減速開始点以後の制動力は発電機フィールド用の主磁気増幅器のバイパス電流を変化 (リセット) し、その増幅率を変え制御を行なうようにしている。

5.4 運転方法

運転は自動・半自動 (1 サイクル自動)・手動にわかれ、巻室の選択レバーの選定により任意に切換運転される。自動運転とは、原炭積込、巻上、排出、停止を最初の押しボタン起動により、まったく自動的に連続運転を行なうもので、半自動運転は 1 トリッパのみ自動的に積込、巻上、排出、停止を行ない、手動運転は任意に運転停止が可能である。ただし手動の場合でも積込に関しては自動でなければ行なえず、任意に巻き上げるためには特別な操作が必要であり、また停止する場合は手動ブレーキが必要である。

巻上の場合はその減速は自動的に設定曲線にのようになっている。したがって減速区間中はいずれの場合でも 1 モータ、1 ブレーキとして動作する。

また手動で微速が必要な場合はもちろん発電制動巻上として操作可能である。

6. 坑底積込設備

6.1 積込設備主要諸元

積込設備の主要機器の仕様を下記に示す。

(1) ポケット

ポケット容量は 150 m³ 2 基でコンクリート製、下部には床面より豆チエンにて操作されラックピニオンによる手動スライド式ゲートがついている。

ポケット出口寸法は 900×1,600 mm でありゲート最大開度は 900 mm である。

(2) エアロコンフィド

幅 1,200 mm のオーバラップ形でアングルによりチェンに取り付けられタンブラにより駆動される。

数 量	2 台
駆 動 方 式	第1段チェン駆動、第2段歯車駆動
チェン 速 度	7 m/min
運 搬 能 力	300 t/h
全 長	タンブラ中心距離 3,300 mm
電 動 機	7.5 kW×36 rpm

(3) ベルトコンベヤ

主要項目

数 量	1 台
駆 動 方 式	チェン駆動
ベルト 速 度	100 m/min
ベルト 幅	1,000 mm
運 搬 能 力	330 t/h

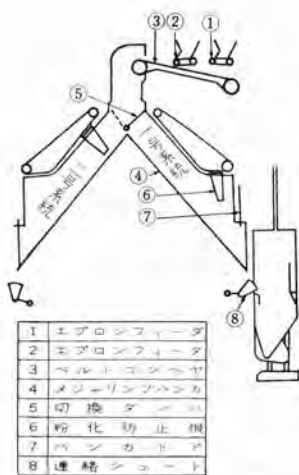


図 6.1 設備配置図
Fig. 6.1 Equipment layout.

全 長 ラーリ中心距離
18,512 m

電動機 7.5 kW×36 rpm

(4) その他設備

ベルトコンベヤにより送られた石炭は容量 $6 \text{ m}^3 \times 2$ のメジリング本体に流入する。

その際切換ダンパ(エアシリンダ 内径 250 mm ストローク 600 mm)により片側に供給され、アブピンによって徐々に下方に移動させて石炭の落差を一定に保って粉化を防止する。

下部にはパンカトラを設備し、内径 350 mm、ストローク

1,500 mm のエアシリンダにより上下に摺動し石炭のスキップ内への流し込みおよびセキ止を行なう。スキップとの連絡には連絡シュートを設け内径 200 mm、ストローク 550 mm のエアシリンダによってスキップとの連絡を行なう。

6.2 制御概要

積込設備は自動運転によって行なわれ、スキップの運転と関係したダイヤグラムによって行なわれる。

このため制御用のカム装置1組が設けられ各機器運転の順序および作動時間の制御を行なっている。

その運転のダイヤグラムを図 6.3 に示す。

7. 坑底操車線設備

7.1 設備概要

各坑より運搬された原炭は電車で操車線設備の No. 1 へ牽引される。No. 1 クリーパより No. 2 クリーパ、カープラを経てピン切りクリーパに至り操作マンによりピンを切られた炭車は自走し自動秤量され、軌道ストップ上で停止し安全ストップに到達する。安全ストップよりチツラーヘブロッシャーで押し込まれたスイッチバックを経て押上クリーパでレベルアップされ、ピン連結クリーパに至り空列車を編成する。

7.2 操車線設備主要諸元

(1) No. 1, No. 2A, No. 2 B, 前進クリーパ (1 C, 2 CA, 2 CB) 電車にて牽引されてきた列車をカープラまで運搬するものである。

運 搬 能 力	400 t/h (120 両)
コ ウ 配	水平
チェン 速 度	18 m/min
駆 動 方 式	第1段チェン駆動、第2段歯車駆動
電 動 機	7.5 kW×36 rpm マグネットブレーキ付

(2) カープラ (CPA C PB)

前進クリーパより送られた列車をミューラによりピン切りクリーパまで運搬するものである。

全長シープ中心距離	43.948 m
ミューラストローク	29.498 m
駆 動 方 式	チェン
ローラ 速 度	21 m/min
ローラ 径	16 mm
コ ウ 配	0.5 % 上り
運 搬 能 力	400 t/h
ミューラ 軌 間	280 mm

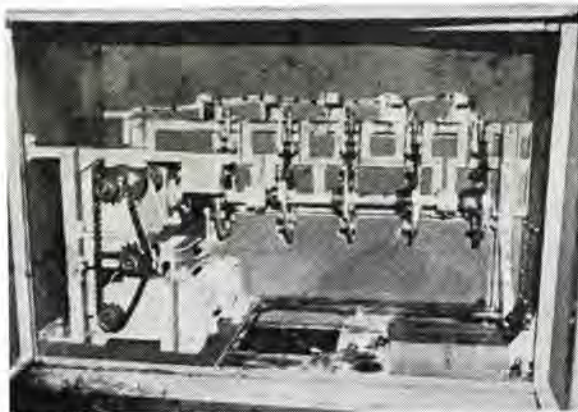
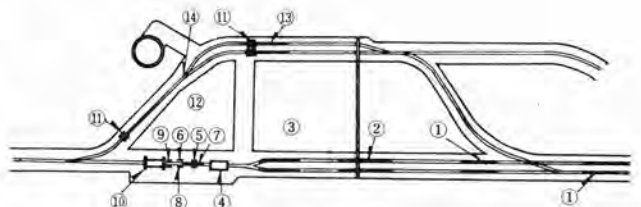


図 6.2 スキップ積込設備自動制御装置
Fig. 6.2 Automatic control equipment of skip loader.

ベルトコンベヤ	
切換ダンパ1号	閉
切換ダンパ2号	開
アブピン1号	① 上昇 ① 下降
アブピン2号	② 上昇 ② 上昇
連絡シュート開	

図 6.3 運転ダイヤグラム
Fig. 6.3 Operation diagram.



番号	機 械 名	番号	機 械 名	番号	機 械 名
1	前進クリーパ	6	レールスイッチ	11	リクレーダ
2	カープラ	7	カーブロッシャー	12	押上フリーバ
3	ピン切りクリーパ	8	バックストップ	13	ピン連結フリーバ
4	秤 量 機	9	安全ストップ	14	ポイント切換シリンダ
5	軌道ストップ	10	チ ョ ヅ ラ		

図 7.1 坑底操車線配置図
Fig. 7.1 Arrangement of coal truck operation in the pit.

電 動 機 11 kW×36 rpm マグネットブレーキ付

(3) ピン切り クリーパ (PCA PCB)

カーラより送られた列車を一両宛 ピンを切り チーラへ自走させるものである。

鎖車中心距離 4,160 mm

コ ウ 配 水平

運 搬 能 力 400 t/h

チエーン速度 16.2 m/min

駆 動 方 式 第1段チエーン駆動, 第2段歯車駆動

電 動 機 11 kW×36 rpm

(4) 秤量機

自走している炭車をそのまま秤量するものである。

名 称 ノーマン 鉱車計重機

計 重 部 クボタ 0 形 レジスタ 自動計重装置

秤 量 5,000 kg

計 量 回 数 120 両/h

積 載 面 1,200×4,000 mm

(5) 軌道 ストップ (GS)

カープッシャーの手前に設置され、炭車の走行 エネルギーを油入緩衝シリンダの油がオリフィスを通過する時の抵抗によって吸収する。

油圧 シリンダ 内径 83 mm

ブレーキシリンダ 内径 110 mm

エアシリンダ 内 径 180 mm

(6) 安全 ストップ

チーラ直前に設置し内径 100 mm, ストローク 120 mm のエアシリンダの作動により車輪止めを操作し 炭車車輪を受け止める構造となっている。

バックストップを炭車の後退を防ぐために設置してある。これはレバー中央部を支点とし、下端にツル巻バネを取り付けている。

(7) チーラ (T)

炭車停止用 ストップを付属し チーラ 外周は鋼板製防じんカバーでおおわれている。

回転, 停止は駆動装置の エアシリンダ 操作で行なわれ, 停止時の緩衝装置用 エアシリンダ を設けてある。

なお, 下部にはチーラ 操作マンが操作するところの ボケット 切換 タンパ が設置されている。

形 式 1 両返し 360° 回転形

駆 動 方 式 遊星歯車 フリクションホイール 駆動

外 径 寸 法 径 2,500×長さ 3,550 mm

処 理 能 力 160 両/h (400 t/h)

1 サイクル所要時間 22.5 秒

1 回転所要時間 12 秒

設 置 角 度 水平

電 動 機 7.5 kW×1,800 rpm

(8) 押上げ クリーパ (AC)

スイッチバックより自走し レターダ で制動された空車を空両線 レベルに押し上げるためのものである。

鎖車中心距離 8,500 mm

コ ウ 配 18/100

運 搬 能 力 120 両/h

チエーン速度 18 m/min

電 動 機 11 kW×3,600 rpm

(9) ピン連結 クリーパ (CA CB)

押し クリーパより自走し, レターダ で制動された空車を連結し, 列車を編成するためのものである。

鎖車中心距離 3,840 mm

コ ウ 配 水平 (尾部一部傾斜)

運 搬 能 力 120 両/h

チエーン速度 18 m/min

電 動 機 7.5 kW×36 rpm

7.2 自動制御概要

電車により牽引された炭車は No. 17 クリーパ上に停止し, 電車退避の確認, ポイントの方向, および前方機器の運転条件が満足されている場合, チップラ 付近にある運転制御盤上の運転可の青 ランプが点灯する。運転可を確認後操作 マンが始動押し ボタンを押すことにより, No. 1 クリーパは運転を開始する。以降 No. 2 クリーパ上に列車が到着すると, 自動的に No. 1 クリーパは停止し, No. 2 クリーパは前方条件などの満足により自動的に運転を開始し, 列車がカーラ上の定位位置に到着すると停止する。

カーラは前方条件などの満足により自動的に運転を開始し, 列車がピン切 クリーパに到着すると停止し, ミュールは定位位置までバックする。ピン切 クリーパは安全ストップと関連して自動的に起動停止する。ピン切 マンが ピン を切ることにより, 一両宛送り出され, 軌道 ストップ でいったん停止後, 軌道 ストップ は安全ストップ と関連して自動的に開放され安全ストップ に送られる。安全ストップ はチップラの回転と連絡して開放され プッシュによってチップラ 内へ炭車を押し込む。チップラ は炭車押込の確認によって回転を始め一回転後, 定位位置に停止する。後続の炭車にて送り出された炭車はスイッチバックを経て押し上 クリーパ 位置まで自走し, 押し上 クリーパ で レベルアップされる。レベルアップされた空炭車は自走してピン連結 クリーパに到り, ピン連結 マンによって連結され空車列車を編成する。この系列において主要各所に非常押し ボタンを設備し, 異常状態に備えている。この自動運転において, 炭車の有無の判定その他運動動作にピコリレー (無接触容量 リレー) が用いられている。

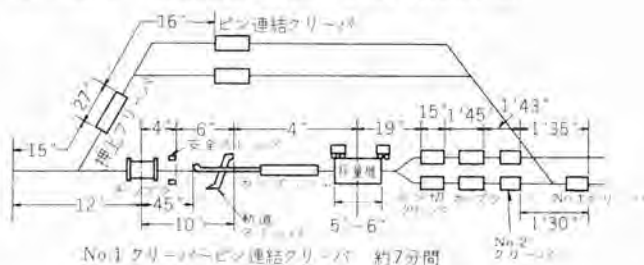


図 7.2 坑底操車線における炭車走行時間平均値
Fig. 7.2 Mean value of coal truck running time on the pit track.

8. む す び

以上麻生吉隈炭第一立坑の概要を述べた。運転開始頭初若干の問題点があったが, 三菱造船および三菱電機の献身的な協力を得てその解決を計り, 現在きわめて順調に自動運転を行なっている。

誌上を借りて三菱造船, 三菱電機の関係各位に謹んで謝意を表する次第である。

ガス拡散電極の電位立上りおよび減衰特性

秦 卓也*・松岡宏昌**・錦織威紀**

Build up and Decay Curves of Gas Diffusion Electrodes

Research Laboratory Takuya HATA・Hiromasa MATSUOKA・Takeki NISHIKÖRI

Gas diffusion electrodes used for a fuel cell are different in several points from conventional electrodes. The differences are particularly conspicuous in the build up and decay curves. To clarify the performance of the gas diffusion electrode, first theoretical consideration is made on these matters. Then it is confirmed by experiments. As a result the following conclusion is arrived at that in a steady state the gas reacts at three phase zone as is usually considered. But in a transient state the electrode-electrolyte interface, the two phase zone, also effects the reaction. From this implication the three phase zone area and the electrode-electrolyte interface area are made available.

1. ま え が き

燃料電池の出現でガス拡散電極が注目されるようになったが、この電極はいろいろの点で通常の電極と異なる。この違いを認識することはこの種電極研究の第一歩として不可欠であり、とくに特性の測定上必要なことである。

本報告ではガス拡散電極の特長を明確にし、これを基に電極電位の、通電初期の立上り (Build up) および通電中止直後の減衰 (Decay) 曲線について考察し、最後にガス拡散電極の最も簡単な形である板状電極についての測定結果を示した。

2. ガス拡散電極の立上り (Build up) および減衰 (Decay) に関する考察

2.1 ガス拡散電極の特長

ガス拡散電極と通常の電極の違いは、通常の電極は液に接する面で反応が起こるのに対して、ガス拡散電極はガス、電極および電解液の3者が互いに接する三相界面とよばれるごく限られた部分で起こることである。実際に用いられるガス拡散電極は三相界面を、できるだけ広くするために有孔率の大きい多孔体を用い、三相界面をこの多孔体の内部に形成するようにしている。したがってこの電極を図式的に描くと図2.1のようになりbが接液部分であり、aが三相界面である。

2.2 無通電時のガス拡散電極

以下の議論は一般のガス電極についていえることであるが、ここでは簡単のために水素ガス電極について考える。

ガス拡散電極を水素のふんい気中に無通電で十分長時間放置すれば電極はそのガスの平衡電位を示すようになる。この状態をもう少しミクロ的にみると、この電極が平衡にある以上、電解液に

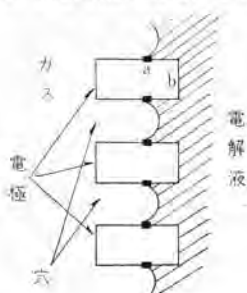


図 2.1 ガス拡散電極の模式図
Fig. 2.1 Schematic diagram of gas diffusion electrode.

接する部分はすべて等しい電位でなければならない。したがって図2.1においてaの部分もbの部分も電位は等しいわけである。

ここでこの電位は何によって決まるかを考えると水素電極電位は

$$E_H = \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{H^+}}{f_{H_2}^{1/2}}$$

E_H : 水素電極電位, R : 気体定数, T : 絶対温度

F : ファラデー定数, a_{H^+} : 水素イオンの活量

f_{H_2} : 水素ガスのフュガシティ

によって与えられるから一定温度のもとでは電解液の水素イオン (または水酸イオン) の活量と水素ガスのフュガシティ (Fugacity) によって決まる。

ところで H^+ (または OH^-) の活量はa部分でもb部分でも等しいから水素ガスのフュガシティも等しくなければならない。すなわちガスに接するa部分だけでなく液につかっているb部分にも等しいフュガシティで水素分子が存在するということである。

2.3 立上り (Build up) 曲線

平衡にある電極に今、陽分極電流 I_1 を通ずると、a部分およびb部分の水素が同時に溶け出すから活性化分極 η_{1a} は

$$\eta_{1a} = \bar{b} \ln \left\{ \frac{I_1 + I_1'}{i_0(S_a + S_b)} \right\} \quad (2.1)$$

$$\eta_{1b} = -\bar{b} \ln \left\{ \frac{I_1'}{i_0(S_a + S_b)} \right\} \quad (2.2)$$

となる。ここで S_a , S_b はおのおのa部分b部分の面積, I_1' は内部分極曲線に対する陰分極電流, したがって $I_1 + I_1'$ は内部分極曲線に対する陽分極電流, i_0 は交換電流密度, $\bar{b}$, $\bar{b}$ はこれに $\log_e 10$ をかけるとおのおの陽分極, 陰分極のターフェル (Tafel) 定数となる定数。

式 (2.1) および (2.2) の関係を図2.2に示した。

式 (2.1) と (2.2) から

$$\eta_{1a} = \bar{b} \ln \left\{ \frac{I_1}{i_0(S_a + S_b)} + e^{-\frac{\eta_{1a}}{\bar{b}}} \right\} \quad (2.3)$$

または

$$I_1 = i_0(S_a + S_b) \left(e^{\frac{\eta_{1a}}{\bar{b}}} - e^{-\frac{\eta_{1a}}{\bar{b}}} \right) \quad (2.4)$$

となる。ところで式 (2.3), (2.4) は通電の初めに成立するもので分極は時間とともに変化する。

すなわち図2.1においてa部分は水素ガスに接触しているから、反応によって水素分子が失われても次から次と補給されるが、b部分は液の中に浸せきされているので補給が行なわれず、時間

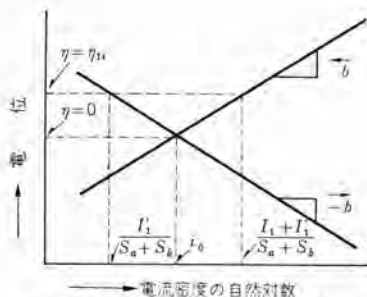


図 2.2 立上り曲線の立上り始めの分極
Fig. 2.2 Initial polarization of build up curve.

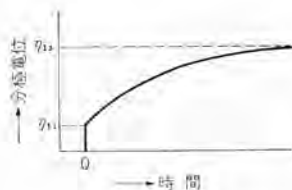


図 2.3 立上り曲線
Fig. 2.3 Build up curve.

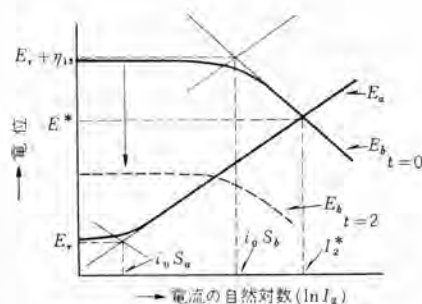


図 2.4 減衰曲線の減衰始めの電位
Fig. 2.4 Initial potential of decay curve.

とともに b 部分の水素の量は減少し、ついにこの部分では反応が起こらなくなる。すなわち b 部分の水素の減少でフガシティが小さくなり b 部分の平衡電位が分極電位と一致したのである。したがって、この状態では分極は a 部分についてだけ考えればよいから、この状態の分極 η_{1s} は

$$\eta_{1s} = b \ln \left(\frac{I_1}{i_0 S_b} + e^{-\frac{\eta_{1s}}{b}} \right) \quad (2.5)$$

または

$$I_1 = i_0 S_a \left(e^{-\frac{\eta_{1s}}{b}} - e^{-\frac{\eta_{1s}}{b}} \right) \quad (2.6)$$

となる。分極は時間の経過に従い η_{1s} から η_{1s} に変わるわけであるが、その様子を定性的に図示すると図 2.3 のようになる。 η_{1s} から、 η_{1s} にいたる曲線の形は、b 部分に各フガシティで存在する水素の量によって決まる。ともかく b 部分に存在する水素の量が多ければ η_{1s} から η_{1s} にいたる時間は長くなる。

しかし η_{1s} , η_{1s} なる分極は水素の量には関係せず、a 部分、b 部分の面積によって決まる。

2.4 減衰 (Decay) 曲線

次に陽分極電流 I_1 を切ったときの電位変化を考えてみる。切る前の電位は η_{1s} になっているものとする。この状態では、前述のように分極しているのは a 部分のみで b 部分はその分極電位を平衡電位として平衡を保っている。ところで回路を開き I_1 を切ると、a 部分は平衡電位 E_r (電流 I_1 を通ずる前の電位) にもどろうとする。ところが、 I_1 を切る前には b 部分は $E_r + \eta_{1s}$ を平衡電位としていたのであるから、a 部分が E_r にもどるためには b 部分を陰分極しなければならない。このために a 部分は陽分極され結局 E_r と $E_r + \eta_{1s}$ の間の電位が得られる。

この関係をもう少し詳しく考えてみる。今述べたように b 部分は陰分極、a 部分は陽分極されるわけであるが、この電流を I_2 とすると、a 部分の分極 η_{21a} および b 部分の分極 η_{21b} は

$$\eta_{21a} = b \ln \left(\frac{I_2}{i_0 S_a} + e^{-\frac{\eta_{21a}}{b}} \right) \quad (2.7)$$

$$\eta_{21b} = -b \ln \left(\frac{I_2}{i_0 S_b} + e^{-\frac{\eta_{21b}}{b}} \right) \quad (2.8)$$

となる。ところでこの分極はおおの E_r および $E_r + \eta_{1s}$ を規準にとっているから比較しにくいので式 (2.7) に E_r 、式 (2.8) に $E_r + \eta_{1s}$ を加え規準を一つにし、改めて E_a , E_b とおくと

$$E_a = E_r + b \ln \left(\frac{I_2}{i_0 S_a} + e^{-\frac{E_a - E_r}{b}} \right) \quad (2.7')$$

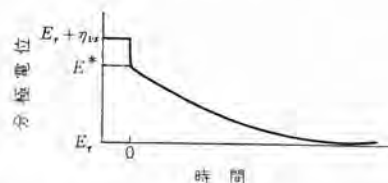
$$E_b = E_r + \eta_{1s} - b \ln \left(\frac{I_2}{i_0 S_b} + e^{-\frac{E_b - E_r - \eta_{1s}}{b}} \right) \quad (2.8')$$

となる。この関係を図示すると図 2.4 のようになる。

ところでこれは局部電池 (a 部分と b 部分が短絡されている)

ガス拡散電極の電位立上りおよび減衰特性・秦・松岡・錦織

図 2.5 減衰曲線
Fig. 2.5 Decay curve.



であるから常に $E_a = E_b$ を満足していなければならない。したがって図 2.4 において、 I_2^* なる局部電流が流れ、電位は E^* となる。

ところでこのように局部電流が流れると b 部分の水素のフガシティは大きくなり E_b なる分極曲線は早方向に移動し (図 2.4 の点線の分極曲線) ついに E^* は E_r と一致し、 I_2^* はゼロとなり定常にいたる。この間の時間による電位の変化は図 2.5 のようになる。 E^* から E_r にいたる曲線の形も立上りと同様 b 部分に各フガシティで存在する水素の量によって決まる。

以上から立上りの初めの分極、定常状態の分極および減衰 (Decay) の初めの分極が、三相界面 (a 部分) および接液面 (b 部分) の面積によって決まることがわかった。

これによって実際の電極の三相界面の面積を求めることもできるので注目すべき結論と思う。

3. 実験

以上の考察の結果を確かめるために一番簡単な拡散電極である板状電極について以下のような実験を行なった。

3.1 実験方法

本実験ではガス拡散電極として白金黒つき白金板を用い、ガスとして水素を用いた。測定に使用した電解ツウを図 3.1 に示した。電解液は 25% KOH 水溶液である。ガス拡散電極は $20 \times 10 \times 0.2$ の白金板に白金黒を電析させたものであり、この電極は必要に応じて上下して電極の浸せき深さを調節できるようになっている。補助電極は 0.2ϕ のニッケル線でラセン状に拡散電極を取り巻いており、測定にさきだち陰分極を行ない (100 mA で 30~60 分) 溶存酸素その他酸化性不純物を除去するためのものである。対極は $10 \times 5 \times 0.2$ の白金板で拡散電極および補助電極に電流を通ずるためのものである。この対極をガラスウールを詰めた枝にそう入している理由は対極で生ずるガスや不純物の混入を防ぐためである。照合電極は 0.2ϕ の白金線に白金黒をつけ二重のガラス管の中に封じ内側の管から水素を通じ水素電極とした。電解ツウの上部の空間は照合電極の外管から出た水素で、水素ふんい気になっている。なお、水素は電解ツウと同温度にある 25% KOH 水溶液の中を通したものを使用している。電解ツウは 40°C の恒温水タンクにそう入してある。

分極は 100 V の バッテリ から高抵抗を通じて電流を流し定電流法で行なっている。パルスが必要な場合はスイッチの所にリレーをいれ、外部からこのリレーにパルスを入れるようにした。電位の測定には真空管電位差計とペンシロ（応答 70 c/s）を使用した。

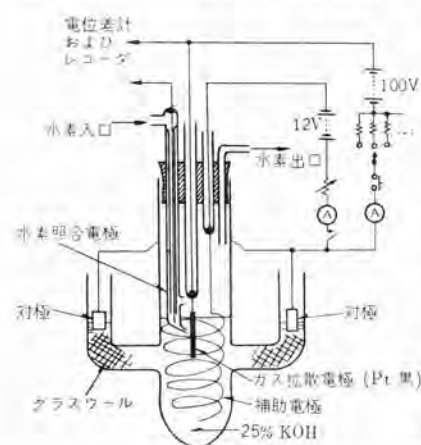


図 3.1 電解ツウ
Fig. 3.1 Diagram of the cell.

ペンシロは入力抵抗および感度が低いのでリアンウを置き入力抵抗 20 M Ω 感度 1 cm/20 mV とした。

3.2 測定結果

測定結果を図 3.2 に示した。図 2.1 の b 部分の面積 (S_b) を変えるために拡散

電極の浸セキ深さを次の 5 種類に変えた。

- A: 電極が電解液に接する程度
- B: 電極が電解液に 2~3 mm 浸セキ
- C: 電極が電解液に約 10 mm 浸セキ
- D: " 約 17~18 mm " (2~3 mm 露出)
- E: " に全部浸セキ

図 3.2 において右の一群は図 2.3 の η_{11} , 左の一群が η_{12} であり浸セキ深さをパラメタとして測定したものである。点線で示した曲線は浸セキ深さ A の場合の $\eta_{12}-\eta_{11}$ であり、これ以上浸セキ深さが増した場合は認められなかった。(η_{12} は図 2.5 の E^*-E_T) 立上り曲線および減衰曲線の一例を図 3.3 に示した。立上りも減衰も浸セキ深さが増すほどなだらかになる。たとえば浸セキ深さ D では電位が一定になるまでに 6~8 分を要した。図 3.3 (b) では η_{12} がはっきり現われているが、前述のように浸セキ深さが増

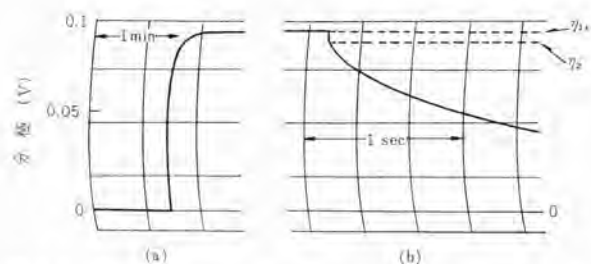
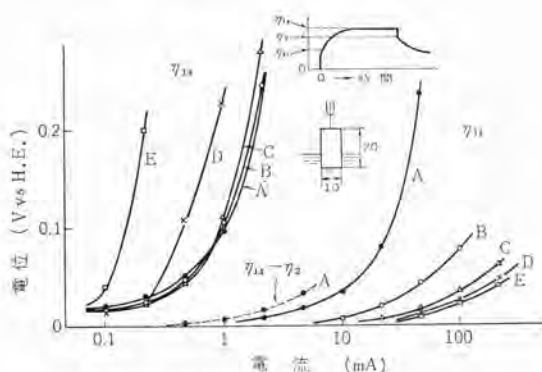


図 3.3 立上りおよび減衰曲線 (浸セキ深さ: 電解液に接する程度 電流 1 mA)
Fig. 3.3 Build up and decay curves (Electrode is just in contact with electrolyte current 1 mA).



電解液: 25% KOH 水溶液 温度: 40.2°C
A: 電極が液に接する程度浸セキ
B: 電極が液に 2~3 mm 浸セキ
C: 電極が液に約 10 mm 浸セキ
D: 電極が液に 17~18 mm 浸セキ
E: 電極が液に全部浸セキ

図 3.2 白金黒水素電極の分極特性
Fig. 3.2 Polarization characteristics of platinum black hydrogen electrode.

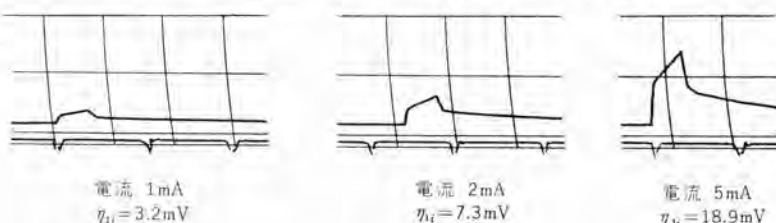


図 3.4 立上り曲線 (電流による違い) 浸セキ深さ: 電解液に接する程度
Fig. 3.4 Build up curves (effect of current intensity) electrode is just in contact with electrolyte.

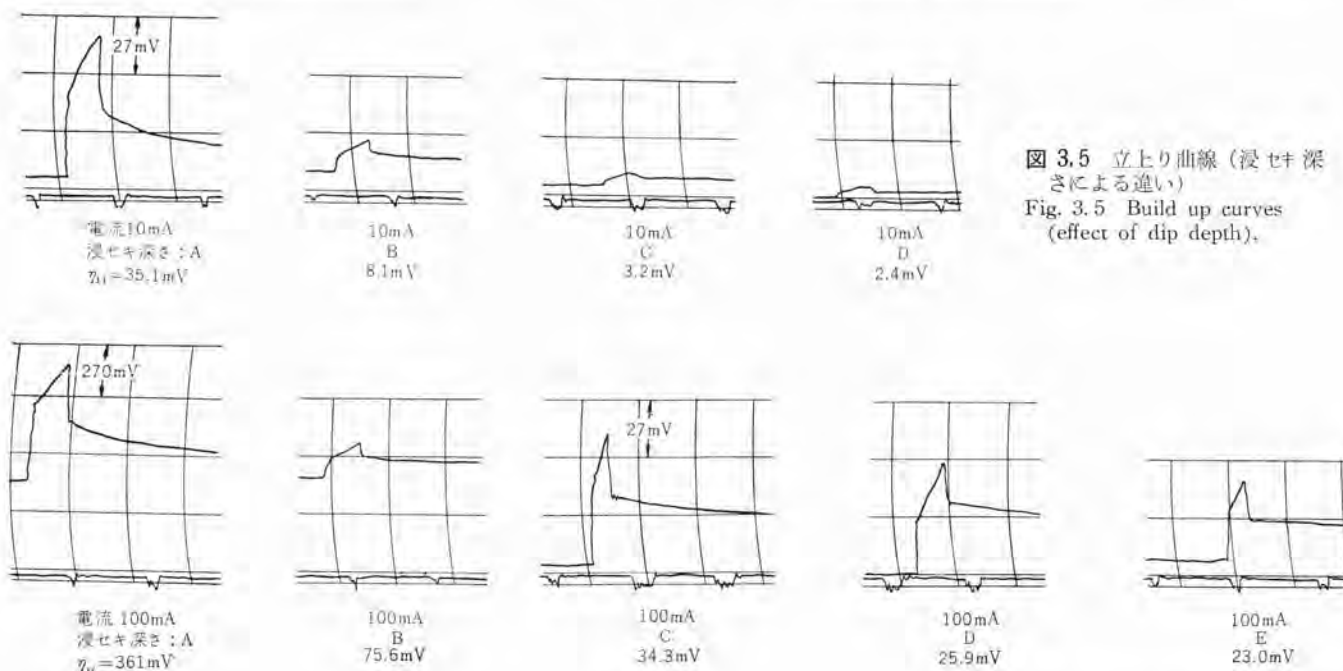


図 3.5 立上り曲線 (浸セキ深さによる違い)
Fig. 3.5 Build up curves (effect of dip depth).

すとはほとんど認められなくなる。立上りの初めに η_{is} が存在するはずであるが図 3.3 (a) で認められないのは電流密度が小さいため η_{is} が非常に小さいことと レコーダ の送り速度が遅いためである。図 3.4 に浸セキ深さ A の立上り曲線を各電流について示した。レコーダ の送り速度は 12 mm/100 m sec, パルス 幅は約 50 m sec である。

図 3.5 は電流を 2 水準選び一定に保ち浸セキ深さによる立上り曲線の変わり方を示した。上は電流 10 mA のとき、下は電流 100 mA のときである。この図から浸セキ深さすなわち接液面積 (S_b) の増加で η_{is} が小さくなることがよくわかる。

なお図 3.4, 3.5 において η_{is} に立ち上がるまでに 5~10 m sec ほどを要しているがこれは レコーダ の応答遅れと思われる。電気二重層への充電時間とすると容量は約 $10^4 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ となって少し大きすぎる。

4. 実験結果の検討および考察

4.1 ガス拡散電極の反応は三相界面で起こる

図 3.2 の左の一群は電極の浸セキ深さを変えて定常分極すなわち η_{is} を測定した結果であるが、これによると浸セキ深さ C までは深さに関係なく、まったく一致した分極曲線が得られている。浸セキ深さ D では分極はいくらか大きく、E では非常に大きく 1/10 程度の電流で A などと同じ分極をしている。なお、酸素ガスを使って高橋、伊藤⁽¹⁾によっても同様の結果が得られている。

以上のように一定浸セキ深さ以下では接液面積に関係せず一定の分極が得られることから定常状態の電極反応は三相界面で起っていることが確認される。浸セキ深さ D で分極が大きくなっている理由は毛管現象による電解液のしみ上がりで電極が相当ぬれているためであろう。浸セキ深さ E でも電流がいくらか流れているが、これは電解液に溶存する酸素が、白金極をささえている柄の部分に三相界面が生ずるためであろう。

4.2 三相界面の面積および接液面積

4.2.1 立上り曲線から

すでに述べたように η_{is} は式 (2.3), η_{is} は式 (2.5) で決まる。したがってこの二つの式、あるいはこれらの式を変形した式 (2.4) および式 (2.6) から、 $S_a + S_b$ と S_a の比が求められる。したがって S_b を電極の浸セキ深さから求めてやれば S_a は求められる。

また、種々の浸セキ深さについて η_{is} を測定すれば式 (2.3) または式 (2.4) だけからも S_b を求めることができる。しかし、いずれの方法も手続きが複雑である上に誤差が大きい。

そこで、ここでは次のようにして求める。式 (2.4) および式 (2.6) の右辺のカッコの中は η_{is} と η_{is} の違いだけで、他はまったく同じである。したがって η_{is} と η_{is} を等しくおけば各式の分極電流 I_i の違いがそのまま $S_a + S_b$ と S_a の違いになる。

S_a を求める前に浸セキ深さから求められる S_b と分極曲線から求められる S_b を比較してみる。分極曲線から S_b を求めるには図 3.2 において一定分極電位のところに横線を引き、この横線と各浸セキ深さに対する η_{is} との交点の電流を求めれば、これが式 (2.4) から $S_a + S_b$ に比例していることがわかる。ところで図 3.2 から η_{is} が η_{is} に比べ非常に大きい。したがって $S_a \ll S_b$ であるから $S_a + S_b$ は S_b としてよい。表 4.1 にこのようにして求めた結果を示した。

この表から分極曲線から求めた S_b のほうが一般に大きい。これは表面張力による電極のヌレのためであろう。分極が 0.04 V と 0.06 V の場合について S_b を求めたが各分極の間ではよく一致している。

次に表 4.1 の S_b を基にして S_a を求めてみよう。求め方は S_b を求めるときのように一定分極電位のところに横線を引き、ある

表 4.1 浸セキ深さから求めた S_b と分極曲線 η_{is} から求めた S_b の比較

浸セキ深さ	浸セキ深さから求めた S_b (cm^2)	η_{is} から求めた S_b (cm^2) (注)	
		$\eta_{is}=0.04 \text{ V}$	$\eta_{is}=0.06 \text{ V}$
A: 液に接触	—	0.22	0.18
B: 2.5 mm	0.5	0.92	0.91
C: 10 mm	2.0	2.2	2.2
D: 17.5 mm	3.5	3.4	3.1
E: 20 mm	4.0	4.0	4.0

(注) 分極曲線から S_b を求める場合、全部浸セキしたときを $S_b=4.0$ とした。

表 4.2 三相界面の面積 (S_a)

浸セキ深さ	三相界面の面積 (cm^2)	
	$\eta_{is}=\eta_{is}=0.04 \text{ V}$	$\eta_{is}=\eta_{is}=0.06 \text{ V}$
A: 液に接触	0.0070	0.0072
B: 2.5 mm	0.0080	0.0074
C: 10 mm	0.0077	0.0063
D: 17.5 mm	(0.0060)	(0.0032)
E: 20 mm	(0.0019)	(0.0012)

浸セキ深さにおける η_{is} と η_{is} との交点の電流を求め、この電流を I_a , I_i とすると S_a は

$$S_a = \frac{I_a}{I_i} \cdot S_b$$

である。 S_b として表 4.1 の η_{is} から求めた各値に対して S_a を求めた結果が表 4.2 である。

表中浸セキ深さ D, E の S_a にカッコを施したのは 4.1 節で述べたように他と事情が違ふからである。

D, E と C の分極が 0.006 V の場合を除けば非常によい一致が得られている。

表 4.2 から三相界面の面積は約 0.0073 cm^2 である。界面の長さは 2 cm であるから幅は 0.036 cm (36μ) であることがわかる。

4.2.2 減衰 (Decay) 曲線から

2.4 節で論じたように図 2.5 の E^* が求めれば減衰曲線からも求められるはずであるが、実際には S_a に比べ S_b が非常に大きいので、図 2.5 の E^* が測定困難である。浸セキ深さ A については E^* が求められているがこれだけから求めようとするとターフェル定数も考えないといけないうので複雑となる。

以上から $S_a \ll S_b$ のときは減衰曲線から求めるのは困難であるが、 $S_a \approx S_b$ または $S_a > S_b$ のときは減衰曲線からのほうが求めやすいであろう。

5. む す び

ガス拡散電極の立上り (Build up) および減衰 (Decay) 曲線について考察し、これらの曲線の解析を試みた。立上り (Build up) 曲線の初めの分極はガス拡散電極の接液面積によって決まり、この面積が大きいほど分極が小さいこと、また定常状態における分極は従来から考えられていたように三相界面で起こり、この面積が大きいほど分極が小さいことがわかった。

さらに立上り曲線を測定し、三相界面の面積が求められることがわかった。たとえば白金黒つき白金板状水素電極について立上り曲線を測定し、三相界面の幅を計算した結果 $30\sim40 \mu$ を得た。

減衰曲線をとると、減衰の初めに急激な電位の変化が起こり、これは接液部分の平衡電位と三相界面の平衡電位の違いによる混合電位であることがわかった。この電位の変化は三相界面の面積に比べ、接液部の面積が大きいほど小さくなるため白金黒つき白金板電極で測定した結果では電極の接液面積が最も小さいとき認められただけであった。

以上の考察および実験の結果は実際の電極の挙動を理解するに役立ち、電極改良の指針を与えてくれる。

(昭 38-8-13 受付)

参 考 文 献

- 1) 高橋、伊藤: 電気化学 30 431 (1962)

最近の送電線保護継電装置(4)

—故障検出継電器—

北浦孝一*・古谷昭雄**

The Latest Protective Relaying Scheme for Transmission Lines (4)

—Fault Detector—

Kōbe Works

Kōichi KITaura・Akio FURUYA

Following previous issues on the subject given above, descriptions are made herein that, what specification is required, from the system conditions and fault conditions, for relays to detect faults, what principle and system for operation are applied to satisfy the specification and what performance is made available with relays worked out according to the specification.

As practical examples, herein are reported type KVG one line ground detecting relays used for carrier relays installed on the line between Yamaie substation and Kaho substation of Kyushu Electric Power and type KVC phase fault detecting relays employed for carrier relays on New Hida Trunk Line of Kansai Electric Power.

1. ま え が き

搬送保護継電装置の生命は、故障検出継電器の性能にかかっていといっても過言ではない。なぜなら、現用の方向判定要素で前方背後の方向判定を誤るようなものではなく、系統条件によってその仕様がむずかしくなるというようなことはない。また、搬送保護の場合には、距離継電器の整定に誤差がかなりあっても、それが誤動作不正不動作の原因となるような、余裕のない整定はしない。系統条件によって難しい仕様となるのが、ここに述べる故障検出要素である。一般に超高圧送電線は、直接接地系統であり、各端背後には、故障を検出し、故障方向を判定するにたる、適当な正相電源(背後電力)とゼロ相電源(直接接地された中性点)を有しており、きわめて保護しやすいのであるが、わが国の 66~154 kV の高インピーダンス接地系統の多くは、短絡、地絡とも故障電流が大幅に変化し、系統健全状態と故障状態の区別がつけがたく、また故障種類の弁別もむずかしく、さらに背後の、正相電源、ゼロ相電源が存在しない場合すらあって、いわゆる無電流端対策を必要とする場合が多い。かかる系統の保護に適用される故障検出要素の果たす役割は重要であり、仕様条件もきわめてむずかしくなる。しかも、最近、電力系統整備でこれからキャリアリレー化しようとする系統に、上記のようなむずかしい条件のものが多いから、以下ここに、1 線地絡故障検出継電器と短絡故障検出継電器の方式原理とその適用例を紹介し、今後、行なうキャリアリレー化のご参考に供する次第である。

2. 1 線地絡故障検出継電器⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

一般に、直接接地系統では、故障相を検出し、故障相だけシャ断、再閉路することが、系統の安定度を確保するために有利であるから採用されているが、高インピーダンス接地系統では、1 線地絡時の故障電流が小さく、誘導障害上の問題も少なく、系統安定度上も支障がない。一方、負荷電流と類似の値であるから、短絡保護とは区別した保護方式が採用されている。たとえば、保護区間外部に 2 線地絡故障(2φG)が発生すれば、地絡に基づくゼロ相電流のほかにも過大短絡電流の CT 飽和不平衡に基づく誤差ゼロ相電流も流れて、地絡保護継電器をして誤判定させることがあるから、一般に、高インピーダンス接地系統では、短絡優先方式が採用されている。すなわち、1 線地絡と、2 線以上の故障とを区別する必要があるが、1 線地絡検出継電器が使用される。以下 1 線地絡を検出する原理、および、搬送保護継電装置に適用する場合に名端の故障種類判定結果を整合するため採用する電流補償方式の原理、適用例について述べる。

2.1. 1 線地絡検出原理
故障点の正相、逆相、ゼロ相電圧を V_1, V_2, V_0 とし継電器設置点の正相、逆相、ゼロ相電圧を V_1', V_2', V_0' とすれば、図 2.1 (a)(b) に示すように
1φG の時 $V_1 = -(V_2 + V_0)$ 、 $|V_2| \ll |V_0|$ ……………(2.1)

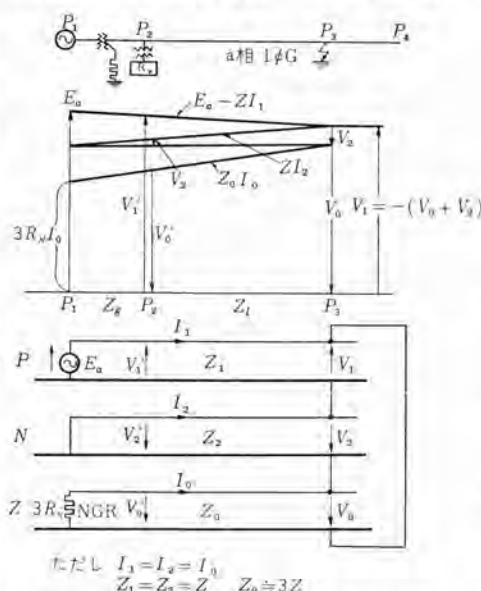


図 2.1 (a) 1 線地絡時各対称分電圧分布図
Fig. 2.1(a) Each symmetrical component distribution diagram in case of one line ground.

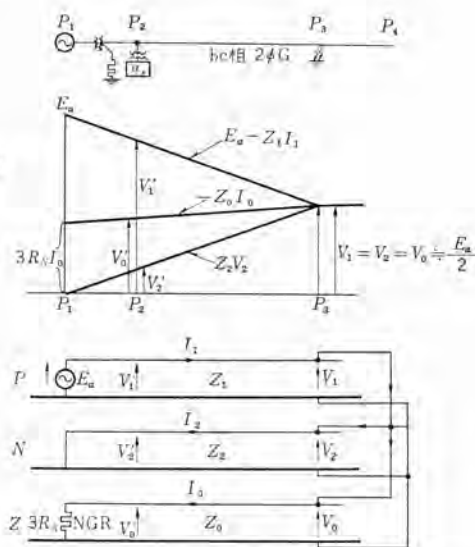


図 2.1 (b) 2 線地絡時各対称分電圧分布図
Fig. 2.1(b) Each symmetrical component distribution diagram in case of two line ground.

$$2\phi G \text{ の時 } |V_1| \neq |V_2| \neq |V_0| \cdots \cdots (2.2)$$

$$3\phi G \text{ の時 } V_1 \text{ のみ } V_2 \neq V_0 \neq 0 \cdots \cdots (2.3)$$

であるから継電器設置点の V_2' と V_0' の大きさを比較して $1\phi G$ と $2\phi G$ を区別するものである。しかし一般に

$$1\phi G \text{ の時 } V_2' \neq V_2 \quad V_0' \neq V_0 \text{ とみなしうるが}$$

$2\phi G$ の時 $V_0' \neq V_0$ なるも、故障点と継電器設置点との距離いかによっては $V_2' \neq V_2$ であり誤判定の可能性がある。したがって、 1 線地絡検出継電器の適用にあたっては、下式で示す吟味を要する。

$1\phi G$ 故障時の $V_2'_{\max}$ は

背後電力 最小 ($Z_{g\max}$) で

NGR 電流 I_N 最大 ($3R_{\min}$) の時に生ずる。すなわち

$$|V_2'_{\max}| \neq E_a \times (Z_g/3R) \neq E_a \cdot \{EI_N/(\sqrt{3}P \times 10^3)\} \cdots (2.4)$$

(付録 1 参照)

$2\phi G$ 故障時の $V_2'_{\min}$ は

背後電力最大 ($Z_{g\min}$) で

線路コウ長最大 ($Z_{l\max}$) の時に生ずる。すなわち

$$|V_2'_{\min}| = E_a \cdot [3/7\{1 + (Z_l/Z_g)\}] \cdots \cdots (2.5)$$

(付録 2 参照)

ただし、 E : 系統線間電圧 (kV)

P : 系統短絡容量 (MVA); $P = E^2/Z_g \cdots (2.6)$

I_N : NGR 電流 (A); $I_N = (E \times 10^3)/\sqrt{3}R$

Z_l : 保護の対象となる地点までの線路インピーダンス (Ω)

Z_g : 背後インピーダンス (Ω)

E_a : PT 二次電圧、一般には 63.5 V

式 (2.4), (2.5) で示す V_2' は PT 二次電圧 (V) である。

図 2.2 は、 $V_0'-V_2'$ 平面上の各種故障存在領域を示す。図示のように、 $1\phi G$, $2\phi G$ 存在領域はきわめて微少な幅を残して相接するものであるから、動作値と復帰値の差を僅少にし、動作限

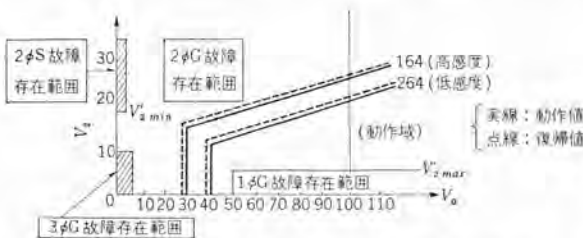


図 2.2 $V_0'-V_2'$ 平面上の各種故障存在範囲
Fig. 2.2 Range in which various faults exist on $V_0'-V_2'$ plane.

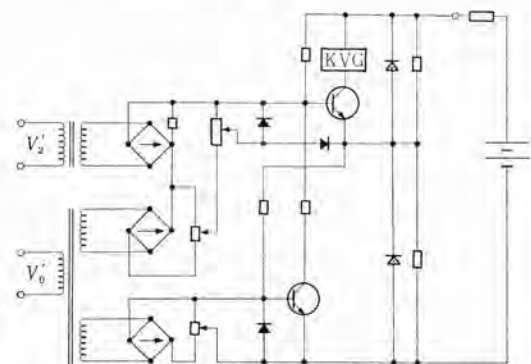


図 2.3 KVG 形継電器動作原理回路図
Fig. 2.3 Operation principle circuit of type KVG relay.



図 2.4 KVG 形 1 線地絡検出継電器外観図
Fig. 2.4 Exterior view of type KVG one line ground detecting relay.

界点近傍の応動速度も一定値以内に押える必要がある。このことは、搬送保護に適用する場合には、各端の協調を確保するためとくに重要である。

従来の電磁形 1 線地絡検出継電器では、満足すべき性能が得られず、図 2.3 動作原理回路図に示すように、トランジスタ化したところ、以下に述べるものが得られた。すなわち

(1) $V_0'-V_2'$ 平面上における完全動作範囲と、完全不動作範囲の差は 0.5 V 以内

(2) 応動速度は 1~1.5 c/s のほぼ一定値。

(3) 電源は一般に使用されている DC 110 V 電源を使用しているが、80~140 V の変化に対し、動作値の変化 (誤差) は $\pm 5\%$ 以内。

(4) 温度補償を行っていないがトランジスタのスイッチング作用のみ利用し増幅作用を利用していないゆえ、

$-20^\circ\text{C} \sim +60^\circ\text{C}$ に対し異常なく、誤差は、

V_0 タツツ $\pm 5\%$ 以内、 V_2 タツツは $\pm 7\%$ 以内

$0^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ に対し

V_0 タツツは 0.5% 以内、 V_2 タツツは 1% 以内

(5) 消費 VA $V_0=110$ V 印加時 PT 三次 $\cdots 4.5$ VA

逆相分口波器 VA は、線間 110 V 印加時最大相で 8 VA

図 2.4 は KVG-3-M 形 1 線地絡検出継電器の外観図である。

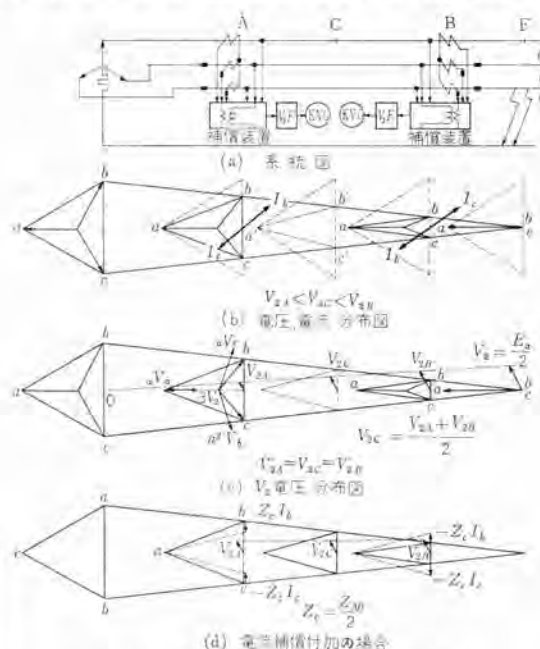


図 2.5 KVG 形継電器電流補償原理図
Fig. 2.5 Principle diagram of type KVG relay current compensation.

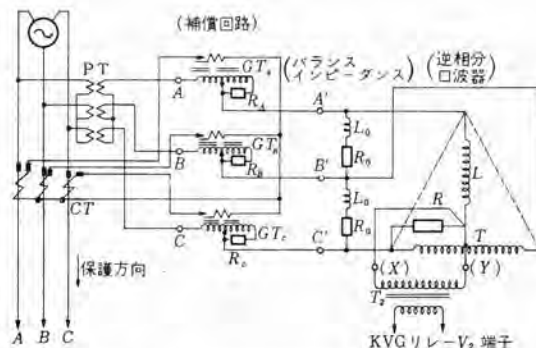


図 2.6 KVG 形継電器電流補償回路構成図
Fig. 2.6 Type KVG relay current compensation circuit composition.

2.2 電流補償式1線地絡検出方式

前述のように、故障種類に関係なく、 $V_0' \equiv V_0$ とみなしうることが必ずしも $V_2' \equiv V_2$ ではないから、故障種類の判定を誤ることがある。とくに、搬送保護継電装置のように異地点において、故障種類を判別し、その判定結果が同一でないと、誤動作、不正不動作の原因となるものについては、対策を必要とする。

図2.5は、その対策を示した電流補償原理図であり、図2.6は、回路構成図である。

図2.5(a)のような系統で、F点に2φG故障が発生した時、A端、B端のKVG形継電器の入力として与えられる $V_0' V_2'$ は図2.2(b)に示すとおりである。すなわち $V_{0A} \equiv V_{0B}$ とみなしうることが

$$V_{2A} < V_{2C} < V_{2B} \quad V_{2C} = (V_{2A} + V_{2B})/2 \quad \cdots (2.8)$$

ただし、C点は、AB間の中点である。図2.5(b)(c)参照。

図より明らかなように、電源インピーダンスが小さく(背後電力大きく)かつ、保護区間コウ長が長いほどA端、B端の V_2 の差が大きくなり、故障点に近いB端では短絡と判定しているにもかかわらず、電源端に近いA端では、1線地絡と判定する場合も生ずる。

以上の判定相違をさけるため、A端、B端それぞれ自端の電圧三角形と、自端を通過する線路電流より仮想点C(一般に前記のようにAB間の中点)の電圧三角形を導出し、C点における逆相電圧を導出し、両端とも同一のC点逆相電圧 V_{2C} と各端ゼロ相電圧 $V_{0A} \equiv V_{0B} \equiv V_0$ を比較して、同一の判定結果を得るのが、電流補償式1線地絡検出方式である。

図2.5(d)は、電流補償装置を付加した場合を示す。

以下、上記の電流補償装置が各種故障に対し誤判定を下さないか吟味する。

(1) 系統健全時(三相平衡潮流)または三相短絡故障3φS、3φSG発生時 $V_0' = 0$ 、ゆえ、電流補償の有無にかかわらずKVG形継電器は動作しない。また、正相分入力のみであり、かつ、各相とも、同一補償をしてあるから、原理上、 $V_2' = 0$ である。以上は、故障点位置に関係なく成立する。なお、過大入力に対しては、通常の短絡継電器なみに100A1秒が保証される。

(2) 1線地絡故障(1φG)発生時

1φG故障でも、 V_2' が一定値以上発生すれば、KVG形継電器は不動作となるから、前述式(2.4)の吟味を要する。しかし、一般にこの値は、数Vであり常時の逆相分フィルタの誤差を考慮しても5V程度である。しかし、電流補償付の場合は、故障相のみに電流が流れ、見掛け上逆相電圧を発生することになるから、あらかじめ系統のNGR電流調査の上、見掛け上の逆相分電圧発生程度を予測し V_2 タッチを上げる必要がある。しかし、地絡電流がCT二次で3A程度継電器側換算の保護区間オーム値が2Ω程度なら V_2' の増加は数Vで一般には問題ない。

(3) 2線地絡故障(2φG)発生時

外部故障の場合は前記のように、A端、B端の継電器ともC点に移設されたと同様の判定を行なうものであるから問題はない。

内部故障の場合は、各端とも逆相電圧は増加し、ますます動作しがたい方向に補償装置が作用する。すなわち、補償装置のある方が確実に1φGではないと判定する。

(4) 2線短絡故障(2φS)発生時

抵抗接地系統においては、電圧三角形は2φSも2φGと同時に発生。しかし、2φSでは、 $V_0' = 0$ であるから、電流補償の有無にかかわらずKVG形継電器は不動作である。すなわち、1φG

表2.1 KVG形1線地絡検出継電器実績表

形名	納入先	台数	納入年月	備考
KVG-M	東北電力 郡山 S/S 中部電力 畑道 P/S	1	36-5 36-5	優先シ、断用
KVG-2-M	関西電力 多奈川 P/S	1	37-4	
KVG-3-M	中国電力 新宇部 P/S など 中国電力 新宇部 P/S など 関西電力 猿野新幹線	5 10 24	36-12 37-4 36-3	搬送保護用 搬送保護用 搬送保護用
KVG-31-M	国鉄 新鶴見 S/S 九州電力 山家 S/S 九州電力 築上 P/S	4 6 6	製作中 37-5 37-5	搬送保護用 搬送保護用 搬送保護用

と誤判定することはない。なお2φS、2φGでは過大な逆相分電圧がKVG形継電器に印加されることがあるゆえ、補償インピーダンス2Ωまで、故障電流100A1秒内の故障に対し、実害なきよう設計してある。

2.3 適用例

表2.1はこの継電器の納入実績表である。表中、九州電力山家S/S～嘉穂S/S間搬送保護継電装置、および、築上P/S～嘉穂S/S川崎S/S間搬送保護継電装置用として納入した。KVG-31-M形継電器は前記の電流補償装置を付加して各端の動作協調を確実化している。

3. 短絡故障検出継電器⁽⁴⁾⁽⁵⁾

最近キャリブレーションの対象となっている系統の多くは、系統健全時の線間電圧または相電圧が80～90%に低下することもあり、一方保護区間内故障でありながら、上記と同程度しか、電圧が低下しないこともあり、あるいはまた、故障でありながら無電流という場合もある。以下故障時の電圧・電流の関係を求め、どのような特性の故障検出継電器が理想的なものか証明し、その特性を得る原理方式と適用例を紹介する。

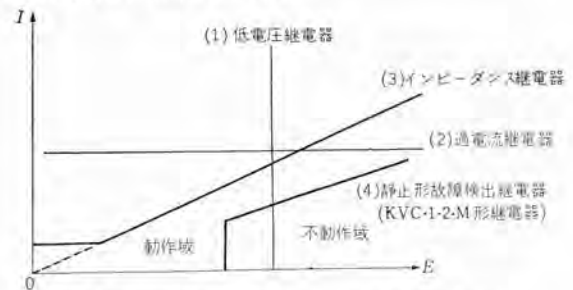


図3.1 各種短絡故障検出継電器のE-I特性
Fig. 3.1 E-I characteristics of various short circuit fault detecting relay.

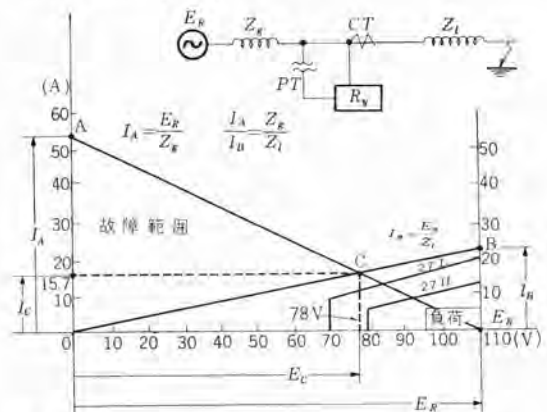


図3.2 短絡故障時の電圧、電流存在範囲と適用例
Fig. 3.2 Voltage and current existence range and application examples during short circuit faults.

3.1 故障電圧・電流

図 3.1 は各種故障検出継電器の $E-I$ 特性であるが (1) は低電圧検出継電器, (2) は過電流継電器, (3) はインピーダンス継電器であり, (4) が理想的な故障検出継電器の $E-I$ 特性である。以下その証明を行なう。簡単化するため, 図 3.2 に示すような単回線系統について考察する。

$I_A = E_R / Z_0$, $I_B = E_R / Z_L$ なる I_A, I_B を A 点, B 点とし $E_R \cdot A$ と $O \cdot B$ との交点を C とし点 C にて示される電圧, 電流を E_C , I_C とすれば

$$I_C / I_A = (E_R - E_C) / E_R \quad (3.1)$$

$$I_C / I_B = E_C / E_R \quad (3.2)$$

$$E_C = E_R \{ (I_B / I_A) + 1 \} = E_R \{ (Z_0 / Z_L) + 1 \} = E_R Z_L / (Z_0 + Z_L) \quad (3.3)$$

$$I_C = E_R / (Z_0 + Z_L) \quad (3.4)$$

すなわち, C 点は, 電源インピーダンス Z_0 の系統で線路インピーダンス Z_L の地点に故障が発生した時の継電器設置点の電圧電流を表わすから, $\triangle AOC$ は, 故障時の電圧電流存在範囲を示し, Z_{0min} , Z_{0max} の時の E_C は, 故障電圧の最大値 E_{Fmax} を表わすこととなる。ゆえに, 前記の (4) が故障検出継電器として理想的といえる。

3.2 短絡故障検出継電器

図 3.1 の (4) に示す複合特性は, 電磁形継電器接点の組み合わせによっても得られるが, トランジスタ化することにより簡単にこの特性が得られ, 限界点近傍の応動特性が確然とし, 各継電器間の協調が容易となった。すなわち

(1) $E-I$ 平面上における完全動作範囲と完全不動作範囲の差

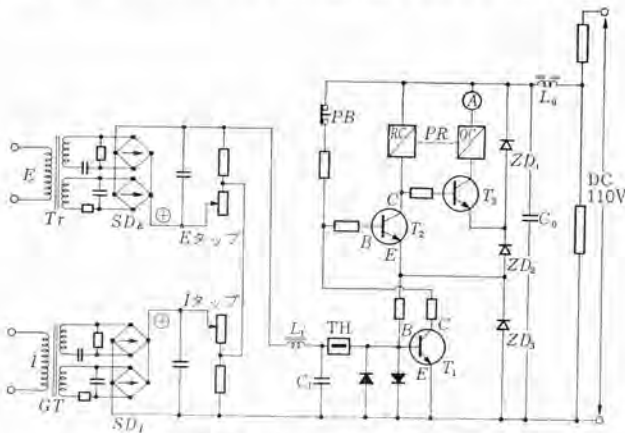


図 3.3 KVC 形継電器動作原理回路図
Fig. 3.3 Operation principle circuit of type KVC relay.



図 3.4 KVC 形短絡故障検出継電器外観図
Fig. 3.4 Exterior view of type KVC short circuit fault detecting relay.

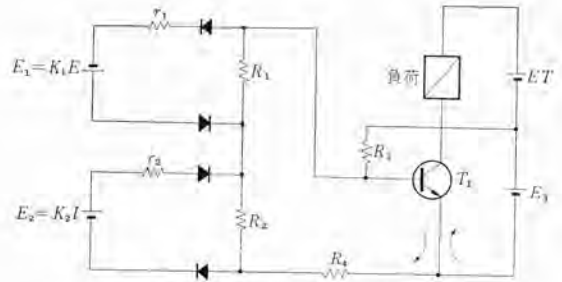


図 3.5 KVC 形継電器等価回路
Fig. 3.5 Type KVC relay equivalent circuit.

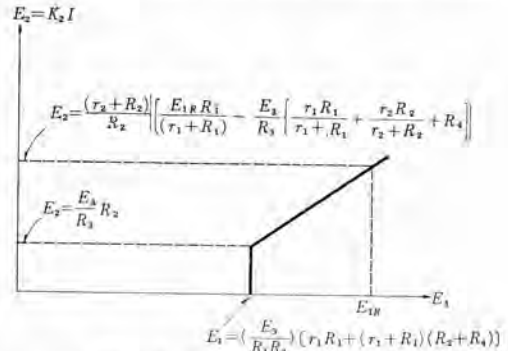


図 3.6 KVC 形継電器理論特性
Fig. 3.6 Type KVC relay theoretical characteristic.

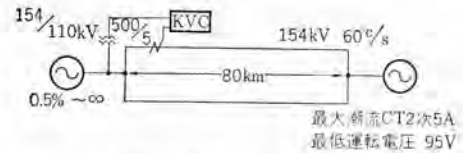


図 3.7 適用系統例
Fig. 3.7 Example of applied system.

は, 電圧値で表現して, 1 V 以内

(2) 動作速度は

キャリヤスタート用は, 5~10 ms

トリッパ指令用は, 20~30 ms のほぼ一定値

復帰速度も 20~30 ms の一定値であり, 必要に応じて 40 ms 程度の遅延を与える。

(3) 電源は一般に使用されている DC 110 V 電源を使用しているが, 80~140 V の変化に対し, 動作値誤差は, $\pm 2\%$ 以内。

(4) 温度特性は, $-20 \sim +60^\circ\text{C}$ で異常なく, 誤差は, $0 \sim +40^\circ\text{C}$ で $\pm 3\%$ 以内。

図 3.3 はこの継電器の動作原理回路図であるが, 図の TH は温度補償用のサーミスタである。

(5) 消費 VA は,

CT 回路 5A で 1 VA 以下

PT 回路 110 V で 2 VA 以下である。

図 3.4 は, この継電器の外観図であり, 図 3.5 は, 等価回路, 図 3.6 は, 理論上の特性図である。いかにして図 3.1 の (4) のような複合特性を得るかを示している。

3.3 適用例

図 3.7 は, この継電器を適用した系統例である。

$$Z_0 = \{10 \times (\text{KV})^2\} / \{\text{KVA} \times (\%Z)\} = \{10 \times (154)^2\} / \{10,000 \times 0.5\} = 1.2 \Omega$$

$$Z_L = (\text{CT 比/PT 比}) \times \text{コウ長} \times 0.5 (\Omega/\text{km}) = (100/1,400 \times 80 \times 0.5) = 2.85 \Omega$$

$$I_A(\text{人}) = E_R(\text{人})/Z_g = 63.5/1.2 = 53 \text{ A} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$I_B(\text{人}) = E_R(\text{人})/Z_l = 63.5/2.85 = 22.3 \text{ A} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$E_C(\Delta) = E_R(\Delta)Z_l/Z_g + Z_l = 110 \times 2.85/1.2 + 2.85 = 78 \text{ V} \quad (3.7)$$

$$I_C(\text{人}) = E_R(\text{人})/Z_g + Z_l = 63.5 \times 1/1.2 + 2.85 = 15.7 \text{ A} \dots\dots (3.8)$$

E_C, I_C は、図 3.2 に示すように、上記式 (3.5) より A 点式 (3.6) より B 点を求め、OB と AE_R の交点としても求められるが、作図により求めた値は、上記式 (3.7)、(3.8) の値とはほぼ一致している。

この継電器は、関西電力飛騨新幹線 (154 kV 平行 2 回線、2 端子系、3 端子系) 保護用搬送保護継電装置の短絡故障検出継電器として 28 台納入され、その後の動作実績はきわめて良好である。この系統は、前記のように故障時無電流端を生ずることもあり、保護区間内故障時の最大電圧 $E_{F\max}$ が、健全時の最低電圧 $E_{L\min}$ とほぼ同程度であるから、この継電器の特長が最もよく発揮されている。このほか、四国電力、新居浜線保護用搬送保護継電装置、国鉄新鶴見 S/S—武蔵境 S/S—間保護用搬送保護継電装置の短絡故障検出要素として採用、製作中である。

4. む す び

以上、搬送保護継電装置の使命を制する故障検出継電器の具備条件を求め、これを満足する具体的な動作原理と得られた性能を

紹介し、最近行なわれつつある キャリヤリレー 化のご参考に供した次第である。要するに、従来の電磁形故障検出継電器では、安心した応動速度を得るために 150~200% 感度を高めて整定する必要があり、このことが適用可能範囲を狭くしていたのであるが、ここに紹介したものは、トランジスタ化しており、限界点近傍の応動特性が、安定確実化している従来の常識を破った整定が可能となり、従来方式ではあきらめていた保護能力が満足されることとなった。

なお、上記、新形継電器の開発にあたり、九州電力株式会社、工務部給電課長志磨博之氏はじめ、関係各位、また関西電力株式会社、工務部施設課副長棚川久氏はじめ、関係各位に絶大なご助力を賜ったことに対し深甚の謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 北浦，古谷，伊吹：1 線地絡検出継電器のトランジスタ化について 昭和 37 年電四学連大
- (2) 北浦，古谷：特公昭 37-18129
- (3) 北浦，古谷：特公昭 37-18130
- (4) 北浦，古谷，伊吹：静止形故障検出継電器 昭和 37 年電気学会，関西支部連合大会
- (5) 北浦：特公昭 37-17871

付録 1. 1 φG 故障時 $V_2'_{\max}$ の算出

$$|V_2'_{\max}| = |-Z_2 E_a / (Z_0 + Z_1 + Z_2 + r) \times Z_g / Z_g|$$

ただし r = 故障点抵抗 (Ω)

R = 中性点抵抗 (NGR) (Ω)

$$Z_1 \doteq Z_2 \doteq Z_0 + Z_l$$

$$Z_0 \doteq 3(R + Z_l)$$

$$|V_2'_{\max}| \doteq Z_g E_a / (3R + 2Z_g + 5Z_l + r)$$

R, r と $Z_g Z_l$ とはほぼ 90° の位相差があるが最悪条件を求めているのであるから

$$2Z_g + 5Z_l + r = 0 \text{ とすれば}$$

$$|V_2'_{\max}| = Z_g / (3R) \cdot E_a \dots\dots\dots (2.4)$$

付録 2. 2 φG 故障時 $V_2'_{\min}$ の算出

$$\begin{aligned} |V_2'_{\min}| &= |E_a / \{Z_1 + (Z_0 Z_2 / Z_0 + Z_2)\} Z_0 / (Z_0 + Z_2) \cdot Z_2 \times (Z_g / Z_l)| \\ &= |\{Z_g / Z_l\} \cdot \{Z_0 / (2Z_0 + Z_l)\} \cdot E_a| \\ &= |1 / \{1 + (Z_l / Z_g)\} \cdot 1 / \{2 + (Z_l / Z_0)\} \times E_a| \end{aligned}$$

しかるに、 $Z_l / Z_0 = (Z_g + Z_l) / 3(R + Z_l)$ であり、一般の抵抗接地系統では、 $Z_g < R$ であり、 R と $Z_g Z_l$ とはほぼ 90° 位相差があるが、

$$|Z_g + Z_l| < |R + Z_l| \text{ であるため}$$

$$(Z_l / Z_0) \leq (1/3) \text{ 最悪条件として}$$

$$(Z_l / Z_0) = (1/3)$$

$$\therefore |V_2'_{\min}| = [1 / \{1 + (Z_l / Z_g)\}] \cdot [1 / \{2 + (1/3)\}] \cdot [E_a] = 3E_a / 7(1 + Z_l / Z_g) \dots\dots\dots (2.5)$$

高周波誘導加熱装置 (VI)

—— 自動加熱機械装置と各種応用 (2) ——

東 田 孝 彦*

3. 加熱機械装置とその応用例

高周波誘導加熱の各種応用に対する加熱機械は種々数多くあって限られた紙数に全部記述することはできないが、それらのうち代表的な例をあげて述べることにする。

3.1 シャフト類の焼入機械装置

(1) 自動車用 リアアクスルシャフト 焼入機械装置

10 kc MG 式高周波発電機 150 kVA 電源と組み合わせて用いたものであるが、図 3.1 は直径 50~60 mm 長さ約 1,000 mm のリアシャフトを 2 本同時に、焼入硬化深度 4~6 mm に焼入れるものである。この機械は全高約 4 m で下部は床下埋め込み式としてでも使用でき、被焼入物取付後起動スイッチを押すだけで、トビラの開閉、上下送り、加熱、冷却などの全動作がすべて自動的に行なって、1 サイクル時間は約 4 分、月産約 6,000 本の処理能力がある。加熱コイルと冷却輪は図 3.2 に示すとおりで、加熱コイル電流は最大約 6,000 A が流れる。冷却輪は図のように別置きとしたが一般には加熱コイル下端側から噴射する場合のことが多い。これは加熱後の放冷時間を被焼入物の材質に応じて任意に選べるようにとくに設けたものである。



図 3.1 10 kc 150 kW
アクスルシャフト 焼入装置

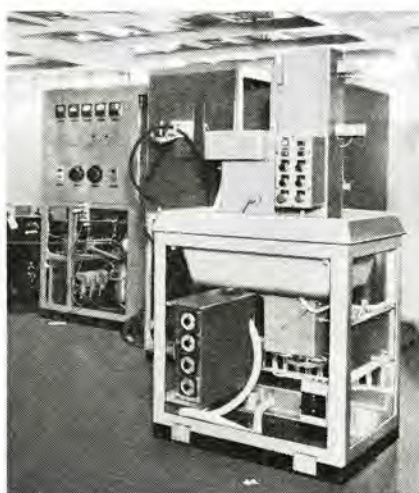


図 3.3 自動車用小物部品焼入機械装置

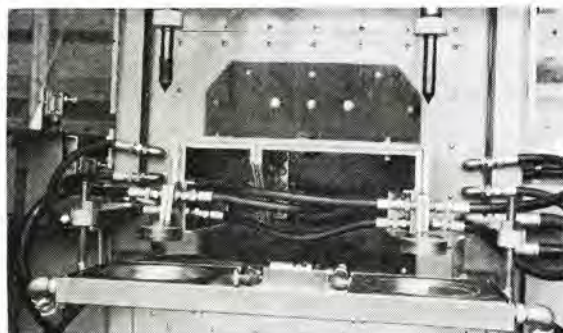


図 3.2 アクスルシャフト 焼入コイル

このほかに直径 30 φ 長さ 600 mm 程度の アックスシャフト を 3 本同時に 10 kc 150 kVA の MG 式高周波発電機 1 台にて、焼入硬化深度 3 mm に焼入れるものも当社では製作した。これについてはすでに本誌⁽³⁾にて詳細を述べたので略すが、2 台の焼入機械装置により交互運転をし、1 サイクル時間 3 分弱で、月産約 13,000 本が処理できる。

(2) 自動車用小物部品焼入機械装置

小物部品の高周波焼入は焼入硬化深度 1~2 mm が多いため、真空管式高周波発生装置が多く用いられている。図 3.3 は周波数 350 kc 連続出力 50 kW のラジオヒータに組み合わせる焼入機械装置である。これは直径 52 φ 長さ約 40~65 mm のオーバードライヴ、フリーホイールカムの外周側面と上部の端面部を焼入れるもので、被焼入物は取付け後急上昇して加熱コイルとのわずかな一定キヤッチに、停止精度 ±0.3 mm 以下で止まり、回転しながら約 5~10 秒間加熱され、水冷却されて元の位置にもどる。この 1 サイクル時間は軸表面焼入、端面焼入ともにそれぞれ 1 分以下である。焼入硬化深度の浅い焼入の場合、加熱後の放冷時間の偏差は焼入深度に大きく影響を及ぼし、冷却水が加熱部表面に噴射される瞬間の温度と時間は常に一定となるよう冷却水の噴射配管や電磁弁の作動

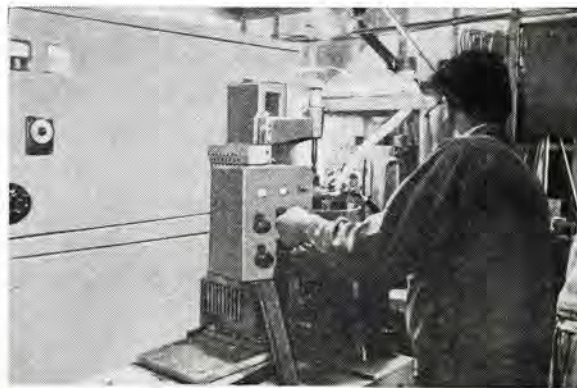


図 3.4 三菱 EH-30 形ラジオヒータ用と 50 kc, 30 kW
プロペラシャフト 焼入装置

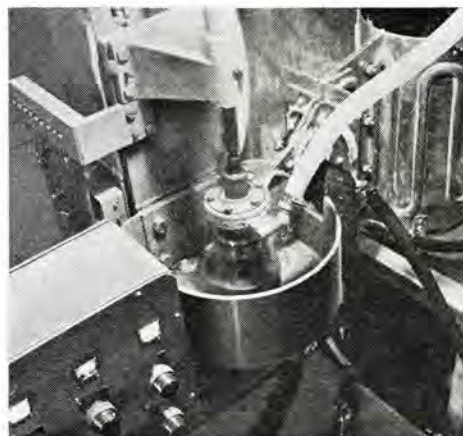


図 3.5 プロペラシャフト 焼入機械装置・焼入部分

時間を正確に保つ必要がある。

同じく昭和33年に当社がEH-30形真空管式高周波発生装置(450kc連続出力30kW)と組み合わせて作ったもので、プロペラシャフト焼入機械装置がある。シャフトの直径約35mm長さ150~185mmのものを450kcで連続移動で、焼入硬化深度2.5~3mmに焼入れる。機械仕様は、上下ストローク250mm、上昇速度50mm/sec、下降速度1~4mm/sec可変設定、被焼入物回転数50rpmである。加熱は上限停止直前に始まり、被焼入物が下降しながら軸表面のスライム部を連続に移動加熱し、冷却水は加熱コイル出口側内輪から噴射される。図3.5に示すように加熱コイルは被加熱物の外径が異なるものでもインサートリングをそう入することにより、コイル全体を取り換える必要なく、数種類の異径シャフト類にも使用できる。インサートコイルは接触抵抗が極力少なくなるよう構造上確実にそう入できるようにする必要がある。図3.5の機械装置左側面には上下位置出し用のマイクロスイッチドットがあり、上下駆動のリミット、加熱入切などの設定を各個にプログラムできるようになっている。上下駆動リミットは暴走防止のためそれぞれ単独に二重に保護している。このように焼入機械装置と加熱コイルは保守点検修理が容易であることだけでなくオンラインの生産機械として動作が確実で安全なように細心の注意が払われている。この機械装置は出力30kWの高周波発生装置と組み合わせて1サイクル約1分に1本の割合で生産できた。加熱時間は連続約30秒以下で、焼入部分の硬度パターンは図3.6に示す。

(3) カムシャフト 焼入機械装置

カムシャフトは真空管式高周波発生装置約350kc出力約30kWの電源によって焼入れた例がある。図3.7は2種類のカムシャフトのカム8個(12個)、ギヤ部1個、ポンプカム部1個を断続的に焼入れるもので、カム部は図3.8に示すように全周を焼入れる。機械装置のシャフト取付寸法は最大約800mmあり、図3.7の位置で、



図 3.6 プロペラシャフト 焼入パターン



図 3.8 カム 焼入パターン

図 3.7 カムシャフト焼入機械装置

被焼入物を取り付け、加熱は各カム位置に停止されながら焼入温度以上に加熱し、次段は上にあるカム位置が加熱コイル内に入るまで下降し、その下降位置で放冷、冷却されて、順次下降して焼入れし、最後のカムの焼入冷却が完了すると、空気圧によって元の取付位置までもどって1サイクルが終わる。各カムの加熱時間設定はガイドバー2本の後にあるカム板が回転することにより、加熱上下位置ぎめと、加熱時間を任意に設定することができる⁽⁵⁾。各カムの加熱時間は15~30秒で、冷却は一定の冷却時間後数秒間下部にある冷却輪で冷却する。この方法では加熱コイルはカム長軸径に結合される真円コイルで、被焼入物はカムの回転方向に対する位置合わせを行わない方法をとったが、加熱コイルとカムとの結合度が低いと、加熱コイルには無効電流を多く流す必要を生じた。カムの焼き割れ防止にはこのコイルと放冷時間、冷却法が最も有効に作用している。しかしこの装置は一定の真円コイルで連続通電しながら、被焼入物をカム位置の方向に無関係に焼入れできるのは本機の特長である。カム部10個、ジャーナル部1個、ポンプカム1個をもつカムシャフトは1サイクル約4分の処理能力がある。

以上これまでに述べた焼入機械は当社が製作した立形の高周波焼入機械の一部である。立形焼入機械装置はとくにわが国および西欧のメカに多く、アメリカ製品に比べて多く使用されている。

外国文献⁽⁶⁾に見られるカムシャフト自動焼入機械装置として、アメリカのものを図3.9に示す。これは横形で、短時間に多量生産できうる。図の左上部にはカムシャフトがコンベヤによって送り込まれ、機械の後部から前方に送り出されると、両センタでシャフトをささえて右の方へ、各カムの加熱コイル群へそう入され、シャフトは回転しながら加熱され、元の位置に引き出されて冷却され次の工程へ送り出されるようになっている。

(3) ピストンピン 焼入機械装置

380kc真空管式高周波発生装置の三菱EH-3B形に組み合わせ

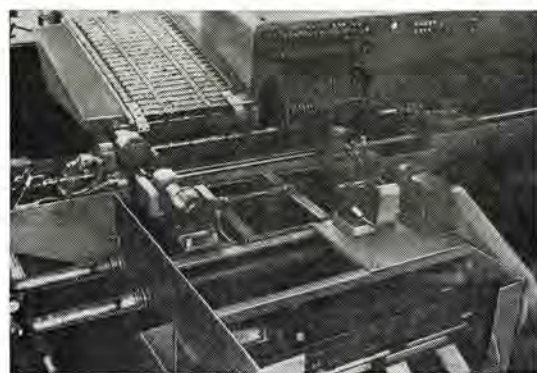


図 3.9 カムシャフト 自動焼入機械装置 (外国品)

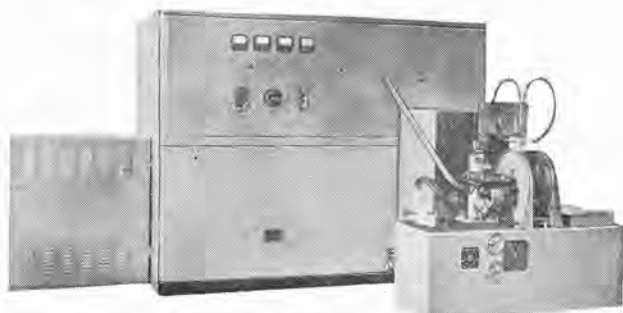


図 3.10 ピストンピン 高周波焼入装置全景

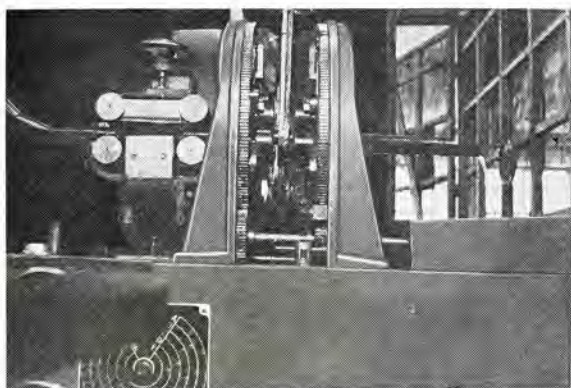


図 3.11 ピストンピン 焼入機械部分

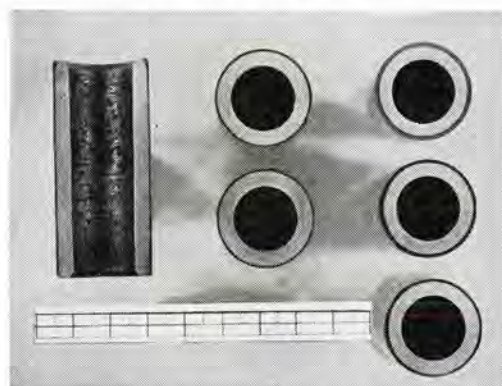


図 3.12 ピストンピン 焼入パターン



図 3.13 ピストンピン 焼入機械装置

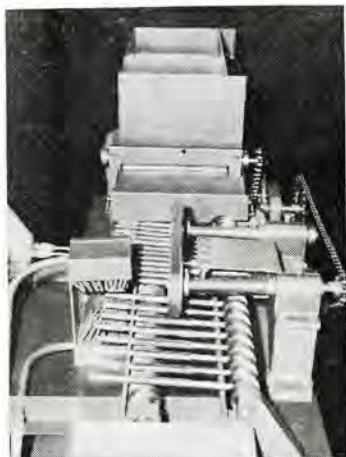


図 3.14 シャフト 先端部分焼入機械装置

て用いたもので、図 3.10 はピストンピン 焼入装置全体を示す。ピストンピンの大きさは外形 20~35 mm 内径 10~23 mm 長さ 40~75 mm のもので、焼入硬化深度 0.5~1.2 mm に焼入れる。図 3.10 の機械装置左上部にはピストンピン 自動供給式 ホッパーが付くものである。この焼入機構は、ホッパーから1個ずつピストンピンが右下方のミジに沿って送り込まれ、図 3.11 左側の上下ローラベルトで送り速度を加えられて、同図の中央部に押し出される。

次に中央部では加熱コイルの両側にある3本のローラによって、ピストンピンは自転させられて、加熱コイル、冷却ノズル下を通過してふたたび3本の回転ローラに引き継がれて右側ミジに送り出される方式となっている。加熱コイルと冷却輪は、ピストンピン外径 26mm のものに対し、コイル内径は 28 mm のインサートリング式のコイルで 1 mm チャップの密結合により加熱電力が供給される。また冷却輪はコイル出口側に一定の角度をもった多数のノズルによって水を噴射し、被焼入物を冷却して焼入れる。被焼入物の送り速度はその径の大きさにもよるが約 8~15 mm/sec の速さで、水平送りが加えられる。高周波電力は、被加熱物が送りローラベルト内にあるときのみ供給されるようになっていて、送り速度の制御回路と連動して、連続に加熱を行なっている。

図 3.12 はこの焼入パターンを示す。このように連続して個々のピストンピンが焼入処理される場合には、焼入硬度分布は、ピストンピンの先端後端の端面硬度に若干の相異が生じ、先端部の端面硬化深度は不足がちとなる。このことは被焼入物は加熱コイル中を連続して通過していてもその誘導電流は個々に絶縁されているためである。一方高周波出力は連続して焼入コイルに印加されているが、負荷変動はほとんど生じない程度である。

この機械装置は被焼入物水平駆動方式による横形焼入機械の一例である。さらに横形の類似のものを(4)に述べる。

図 3.13 は米国におけるピストンピン 自動焼入機械⁽⁹⁾でこれは垂直に被焼入物が降下するとき焼入できる。

(4) シャフト 先端部分表面焼入機械装置

図 3.14 はシャフト 先端側約 50 mm の軸表面を焼入れるもので、扇風機の首振り軸を焼入れしている。これも(3)項と同様ホッパーへ軸方向をそろえてチャージさせるだけで、連続的に自動焼入ができる。この機械ではホッパーから1本ずつのシャフトが送り出されると、2本の台形ネジピッチ間にささえられ自転しながら加熱コイル、冷却ノズルの下を通過して焼入られる。この2本の送り台形ネジはネジ切り方向が反対に切られていて、反対方向に回転しながら、被焼入物が送られるとき横行しないようになっている。加熱コイルは平面焼入と同様にシャフトの上方から結合していて、被焼入物は加熱コイル軸心を通過しない方式である。冷却ノズルは、加熱コイル通過後の任意の位置に設定できて、被加熱物の上下両側からそれぞれ水を噴射させて急冷することができる。この場合も高周波出力は連続して加熱コイルに加えられているが、被加熱物がコイル直下を通過時のみ、加熱電力は自動的にシャフトに誘導結合されて増加するようになっている。

この機械方式も横形被焼入物駆動式であるが、外国文献に見られた⁽²⁾横形シャフト 焼入機械装置の内部を図 2.6 に示す。被焼入物はトラクタ用アクスルシャフトで、コンベヤにて搬入されたシャフトを油圧機構によってシャフト両端をとらえて持ち上げ、焼入工程中は両端の機構で強くまっすぐに引っ張りながら焼入れる。焼入コ

イルは被焼入物固定に対して両端まで左右に駆動され、加熱冷却するものである。これは横形加熱コイル駆動方式に被焼入物搬入搬出のコンベヤを連動させたものといえる。

(5) クランクシャフト 焼入機械装置

クランクシャフトのピン、ジャーナル部分の焼入法では、被焼入部分に密結合する1ターンコイルは、シャフト軸方向に引き抜くことができないため、量産用機械装置はきわめて複雑となる。

加熱コイル方式は1/2分割形コイルを2個組み合わせ、1ターンコイルとする図3.15, 3.16の方式と、約1/2円周を端面加熱させる図3.17のようなコイルで、シャフトを回転させながら全周を加熱する方式とがある。図3.15に示すように1/2分割のコイル片はラックピニオンか歯車によって、片方または両方が同時に閉じるようにして、一円周のコイル電流が流れる通路の接触抵抗を少なくするために圧力シリンダなどによって締め付けている。このコイルは内面に冷却液噴射ノズルをもっていて、加熱後コイルはそのまま

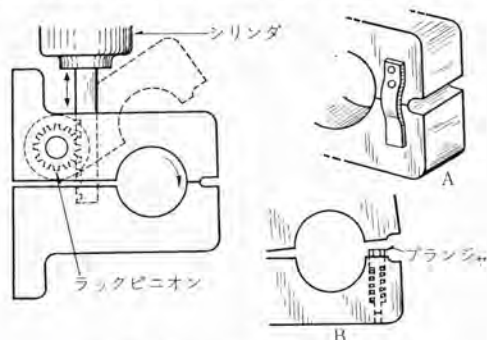


図 3.15 割形コイル機械説明図



図 3.16 割形コイル

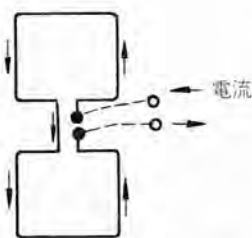


図 3.17 半円周コイル 実体図

にして冷却する。この焼入法ではピン部スミR部分の焼入れは、コイル断面積の結合度合を変えることにより比較的容易に調整でき、シャフトは停止焼入で、各ピン、ジャーナル部を同時に焼入れられる点はいいが、コイルの接触抵抗は十分注意を要する。加熱コイルが図3.18の方式のものは、コイル電流が図3.17の通路に流れ、コイルと被焼入面とはコイル端面空ゲキ部にある突起ピンによって一定ギャップを保たれながら、被焼入部分に加熱コイル部重量を加圧して結合している。シャフトは図3.20の位置で回転しながら加熱され一定の焼入温度となるとA位置は回転してB位置の焼入液中に没して焼入れられる。加熱コイルはA位置でA位置でのシャフト回転につれて、上下にピン部の回転に沿って運動している。A, B, C, D各位置にある4本のシャフトの同一ピン部を加熱し終わると、図3.19の左右方向に加熱コイルは移動して、他のピン部分を焼入れる。この方式は加熱時は被焼入シャフト、加熱コイルともに運動をなし、焼入冷却は液の中に没して冷却され、加熱コイルおよびCTは左右方向にも移動可能な複雑な機械で、ドイツの日本特許となっている⁽⁷⁾。クランクシャフトの焼入法は、一般に焼入硬化深度が深く、また比較的大きな直径のものが多いので、小形のクランクシャフトを除き、一般に10kcのMG式高周波発電機を電源とするものが多い。とくに注意する点はシャフト自体の材質は鋳物が多いため、前工程の管理と金属学的熱処理技術を管理する必要がある。

(6) ロールの自動焼入機械装置

直径300mm以上の長さ1.5m以上という大形ロール類の焼入機械は、被焼入物の重量が重いばかりでなく、機械装置全体の大きさも大きくなる。このような機械は図2.5⁽¹²⁾に示したように加熱コイルを上下駆動して、被焼入物は上下方向には動かさずに、ただ回転だけをさせている方式が多い。このような大形の被焼入物に対する電源としては、1.3kcのMG式高周波発電機が用いられている。当社では10kc, 250kVA MG機2台を並列運転して、出力450kWで直径約560mmのものを、CTなしでMG電圧800Vを加熱コイルに印加して焼入れた。被加熱物の直径が大きき場合には、加熱コイルインダクタンスの値が大きくなるので、加熱コイル電圧は高くなり、CTを使用しなくとも十分

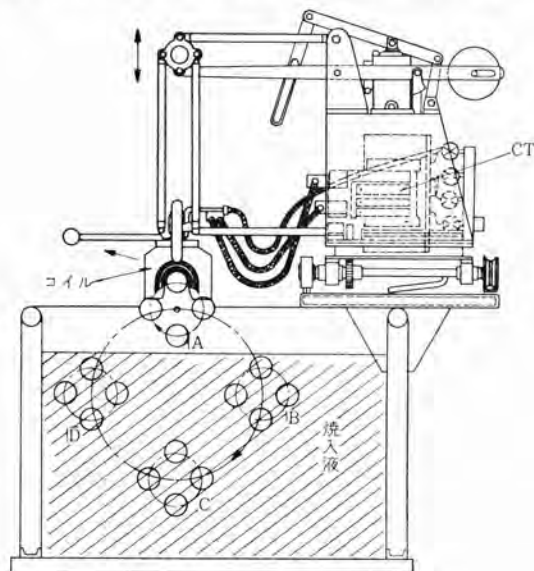


図 3.20 クランクシャフト 焼入機械構造図



図 3.18 クランクシャフト 焼入コイル



図 3.19 クランクシャフト 自動焼入機械装置

被加熱物に電力が供給される。

(7) 車輪の表面焼入機械装置

10 kc, MG 式 150 kVA 出力の電源と組み合わせて用いたもので、図 3.21 は車輪の最大外形 345 mm, 幅 90 mm の表面を一発焼入で、焼入硬化深度 6 mm に焼入れる機械装置である。被焼入物は図 3.21 の裏面側からすべらせながら送り込むと、エアシリンダにより焼入 コイルの加熱位置まで自動的に持ち上げられ、回転し始める。次に自動的に高周波出力が一定電圧値で一定時間印加され加熱されると、冷却水が焼入 コイル 内面 ノズル から噴射して急冷却し、一定時間後冷却し回転が停止すると エアシリンダ が下降して元の取付位置にもどる。これら加熱時間、冷却時間は タイマ でそれぞれ任意に設定され、被焼入物の搬入搬出以外はすべて自動的に行なっている。この 1 サイクル時間は約 120 秒である。図 3.22 はこの焼入 コイルで、1 ターン式で冷却水噴出 ノズル が内面に多く設けてあり、コイル電

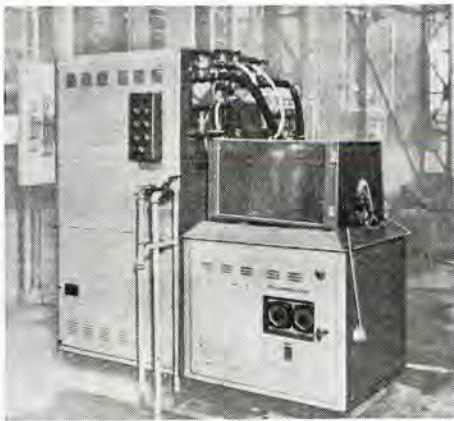


図 3.21 150 kW, 10 kc 車輪の表面焼入装置



図 3.22 車輪焼入 コイル (冷却輪兼用)

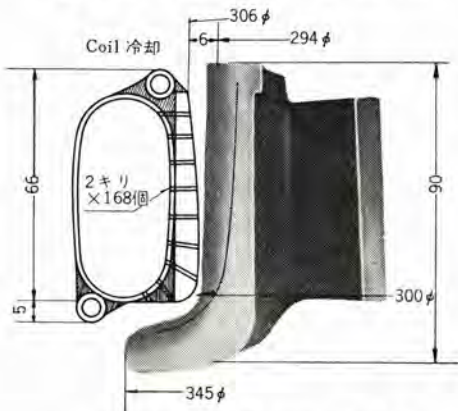


図 3.23 焼入面 マクロ 処理写真

流は約 4,000 A である。図 3.23 には焼入 パターンを示す。

この加熱法は一発焼入であるために、被焼入物の表面温度上昇とともに、発電機の電流、有効電力、無効電力は時間的に図 3.24 に示すように変動する。このように無効電力、電流が変動するのを一定に保つためには図 3.25 に示すように高周波変流器一次側の並列コンデンサ C を自動的に切り換えることにより一定出力にすることができる。しかし発電機の出力定格以下の範囲内での調整がとれる場合には、また一つの電源から一個の焼入回路へ電力を供給する場合などは一定電力、力率補償をする必要はない。

(8) 歯車類の焼入機械装置

歯車の高周波焼入には、小形ギヤは一般に真空管式高周波発生装置 (Tube 式) の周波数 100~400 kc で、大型のものは 10kc, 3kc の MG 式発電機で焼入れされている。ギヤ 全周を一発焼入した場合の焼入硬度分布は、Tube 式で焼入れると歯先部は深度が深く、歯底部分は非常に薄い焼入硬化層となる。一方 MG 式では歯先部、歯の側面部分は同一深度であり、歯底部も同一硬化深度となりやすく、

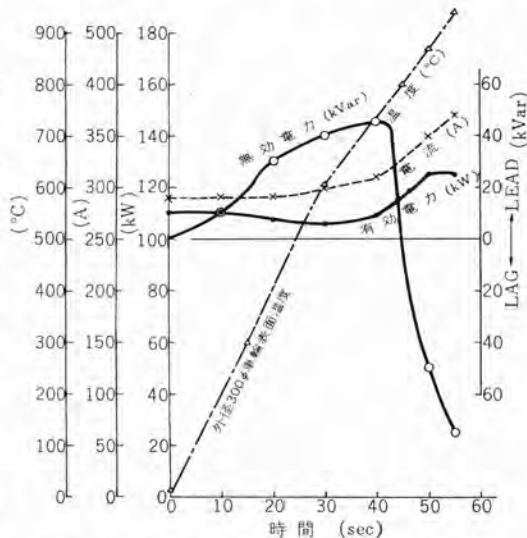


図 3.24 150 kW MG 動作例 300 φ 車輪の焼入

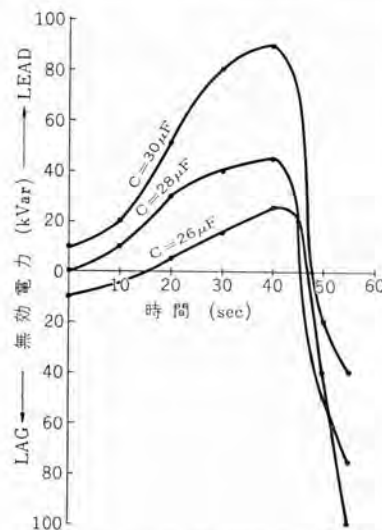


図 3.25 無効電力動作例 300 φ 車輪焼入



図 3.27 ピニオンギヤ 焼入 パターン



図 3.26 ピニオンギヤ 焼入装置



図 3.28 大型 スプロケット 焼入

Tube 式に比べて歯底部の焼入硬化深度は非常に深く、歯底から加熱が始まる。この点は 400 kc と 10 kc によるギヤ焼入の大きい異なる点である。

(a) ピニオンギヤ 焼入

図 3.26 は電車で用ピニオンギヤ 直径 170 mm 歯幅 28 mm モジュール 3.5 歯数 50 のものを 350 kc 80 kW 出力の Tube 式高周波発生装置で焼入している全景で、ギヤは回転しながら加熱冷却した。加熱時間は予熱後約 15 秒間で、一定の放冷時間後冷却し、図 3.27 に示す焼入パターンを得た。

(b) 大形ギヤの焼入

直径 494 mm 歯幅 82 mm、モジュール 6 の大形ギヤは MG 式電

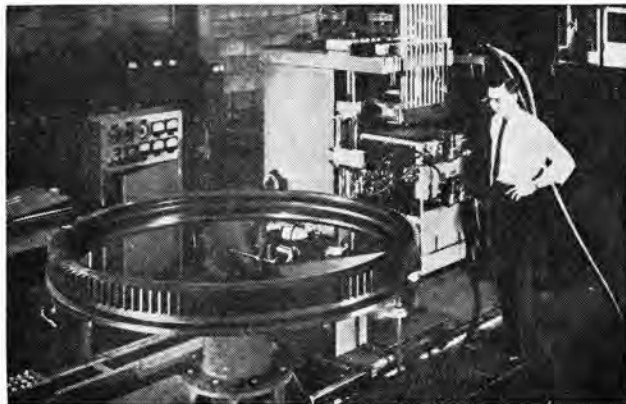


図 3.29 一歯焼入機械装置



図 3.30 中形歯車焼入機械装置

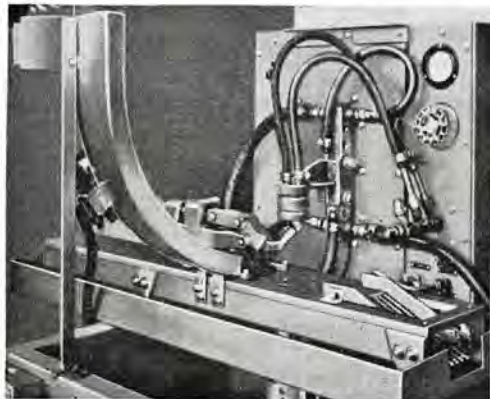


図 3.31 ベアリングレース 焼入機械装置

源 10 kc 500 kW を用いて、加熱時間 12 秒、冷却は放冷後、油冷 60 秒間で、焼入れることができた。

直径 480 mm 歯幅 41 mm、モジュール 6 の大形ギヤは 10 kc 150 kW 電力で、加熱時間 55 秒、油冷 120 秒間で焼入れることができた⁽⁸⁾。

直径 680 mm 歯幅 127 mm、モジュール 10、歯数 61 の大形ギヤは 10 kc 500 kW 電力で、加熱時間 90 秒、放冷 14 秒後、水冷却 34 秒間で、焼入硬化深度 3.6 mm の焼入れができた例がある。

$$\sqrt{T_h} = \frac{\alpha}{P_g/S}$$

α ……定数 1.5~2.0

P_g ……MG 出力 (kW)

S ……歯車表面積 (cm²) = 直径 × π × 歯幅

とすると加熱時間 T_h (秒) は最大 90 秒以下となるように電力密度 P_g/S は 0.1~1.0 kW/cm² が一般的に使用できる値である。

図 3.28 は大形スプロケット歯車を回転一発焼入する装置で、加熱コイル電圧は CT なしの MG 出力電圧を直接印加する方法による。

図 3.29⁽¹⁰⁾ はさらに大形歯車でこのように大きくなると、電源設備とその使用頻度上から、1 歯ずつ焼入れる。1 歯焼入式は電源容量は小形ですむが、機械的にギヤを 1 歯ごとに角度割り出しと送りを行なう機構が必要となる。

(c) 中形歯車焼入機械装置

歯車焼入機械のハンドリング、準備時間を短くする方法のよい例として、図 3.30 を示す。図は加熱コイル内で今加熱中の時次のギヤを左右移動ワッの右側に準備することができるものである。

加熱中のギヤは一定加熱時間後下降して冷却されると、元の位置に復帰し左右移動ワッによって左へ取り出される。そのとき右側にて準備したギヤは加熱コイル内にそう入されるという機構をもっている。

(9) ベアリングレース 焼入機械装置⁽²⁾

ベアリングの焼入れは、その使用上焼入ヒズミを最も少なくする必要がある。図 3.31 は外形のヒズミを少なくするために、加熱冷却中は外形を固定保持する機構をもっている。10 kc 50 kW 電源により 3 秒加熱、3.5 秒冷却で 423 個/h を、焼入硬化深度 2.3 mm に、焼入処理できる。

(10) ロー付機械とその応用⁽⁹⁾

高周波ロー付は焼入れにつき広く用いられている。これらは比



図 3.32 プッシュング用自動ロー付機械装置



図 3.33 自動ロー付送り機械装置

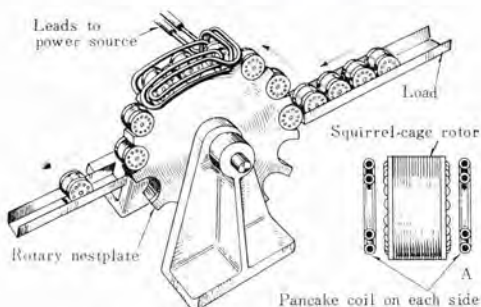


図 3.35 ロータージのロー付

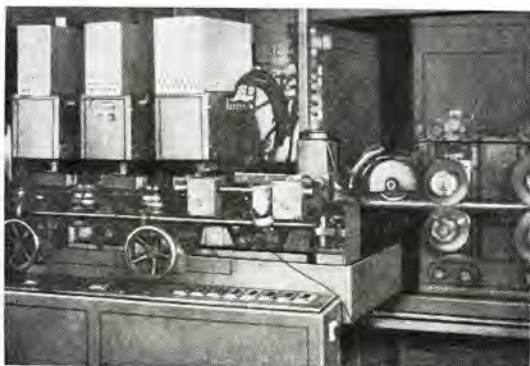


図 3.37 溶接鋼管製造機

較的小電力で、Tube 式高周波発生装置の電源を用い電力は 30kW 以下のものが多い。

図 3.32⁽⁹⁾ は黄銅の フランジ を プッシング に ハンダ 付するための装置であり、部品はハンダの輪とともに組み立てられベルトコンベヤによってコンベヤ式トンネル形加熱コイル中を通り抜けて加熱、ハンダ付されて右側に出てくる。

コンベヤ式トンネル形加熱コイルはコイル電流による電磁力を利用して溶着片を下部地金に圧着させるように考案された方式もある。

これらのほかに バイトチップ のロー付はわが国では多く用いられている。(図 3.34)

図 3.35 は小形発電機の ロータージ のロー付機構を示す。このように小形多量生産のものには図のような機構が適している。

図 3.36 は大形電動機の エンドリング を、10 kc, 150~250 kW 電源を用いて、平角銅 リード 線と銅板とをロー付しているものである。

(11) 誘導加熱による溶接鋼管



図 3.34 バイトのチップロー付

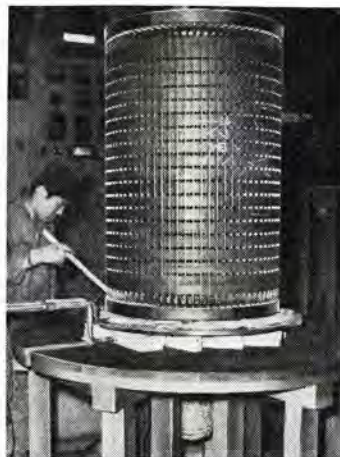


図 3.36 エンドリングのロー付

は従来の重油炉などに比べて、きわめてよいなど多くの利点があるため、量産鍛造工場においては大いに活用されつつある。加熱電源は 3 kc が多く 50/60 c/s, 1 kc, 10 kc などが用いられている。図 3.38 は 3 kc 300 kW 電源による、ウオーキングビーム式コイル

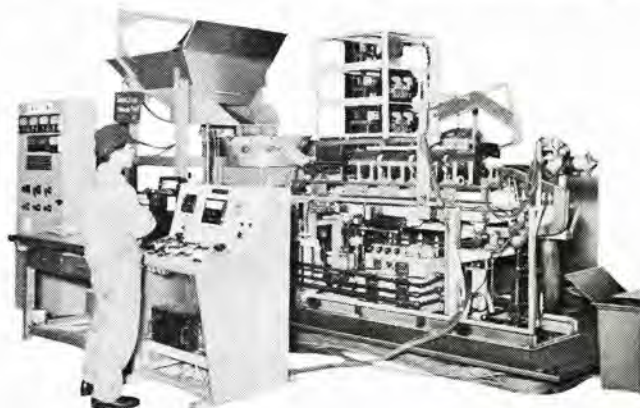


図 3.38 鍛造加熱装置

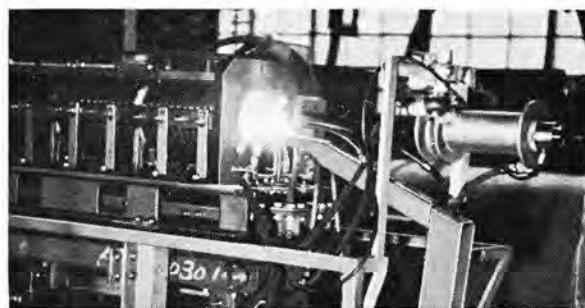


図 3.39 鍛造加熱装置の加熱コイル部

薄鉄板厚さ 1.6~2.3 mm の帯板をパイラ 状に曲げ連続溶接することによって、構造用、電線用鋼管とするものである。誘導加熱による溶接は 10 kc, 400 kc とともに用いられているが、従来の抵抗溶接式に直接電流をコンタクトシューから鉄板に流すのでない点は、コンタクトシューの摩耗がなくコンタクト

のあとが残らないためすぐれている。10, 400 kc を用いた電力でも直接通電の方法は最近 アメリカ で実用化されている例もある。

誘導加熱法による鋼管の製造では、10 kc 250 kVA 電源を用いて、厚さ 1.6 mm の鉄板を直径 25 mm の管に溶接する処理速度は約 40 m/min の実績を得ている。

(12) 鍛造用加熱装置

誘導加熱による鍛造加熱は、加熱温度 Δ が少なく、短時間に、容易に 1,200°C の高温に加熱でき、作業環境

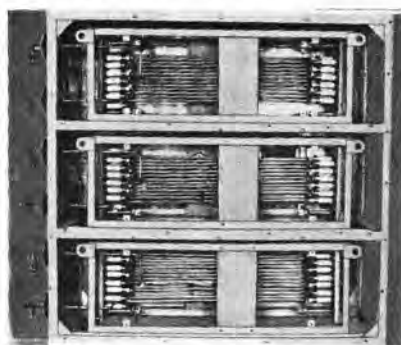


図 3.40 ストリップ用加熱コイル

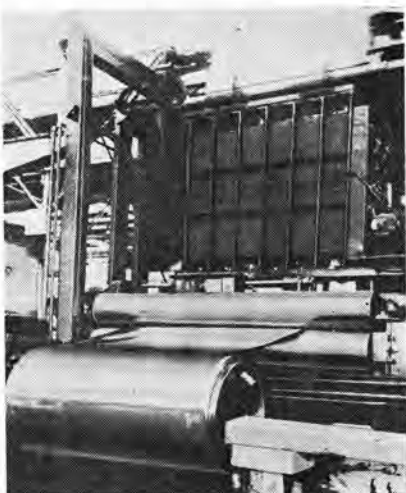


図 3.41 ストリップ加熱装置



図 3.43 シリコン単結晶引上げ装置

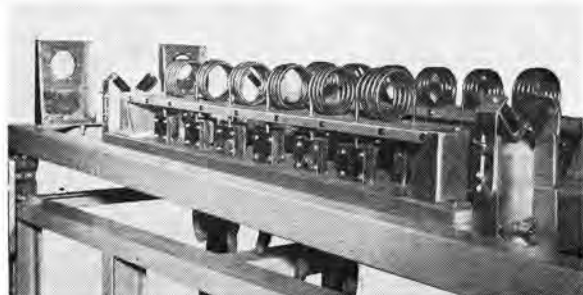


図 3.42 ゲルマニウム横形精製コイル

機構による加熱機械で、直径 60 mm の鉄ピレットを 650 kg/h の割合で 1250°C に加熱押し出される。

(13) ストリップ加熱装置

薄鉄板、薄非鉄板の焼鈍、メッキ、コーティング用にも誘導加熱がしばしば用いられる。図 3.40 は横磁界方式によるコア入加熱コイルで、横磁界式のものは非鉄材に一般に用いられている⁽¹⁾。図 3.41 は幅 1.2 mm 厚さ 1 mm のアルミのストリップを 60 c/s 電源によって約 400°C に加熱している。薄鉄ストリップの場合の焼鈍には 200 kc の電力が用いられる。また、0.25 mm 厚で幅 91 cm の薄鋼板のコーティングには 730 m/min の高速度で処理されている⁽²⁾。

(14) 半導体の精製・引上げ

ゲルマニウム、シリコン、その他金属間化合物などの半導体精製には、高周波誘導加熱はひつすの熱源として活用されている。

半導体は直接または間接的に誘導加熱され、1,420°C、950°C ± 0.2°C のきわめて高精度の温度制御を行なうことによって精製、引上げなどが行なえる。

図 3.42 はゲルマニウム横形精製炉用 400 kc コイルで、図 3.43 はシリコン単結晶引上げ装置で、400 kc、10 kW の電源を用いている。

4. 高周波誘導加熱装置の保守と設備

4.1 高周波キ電線

(1) MG 式高周波発電機用

MG 式の場合にはキ電線の電圧が低く周波数は 10 kc 以下で比較的低いため、高周波同軸ケーブルが使用できる。10 kc 用同軸ケーブルの仕様は表 4.1 に示すように、低インピーダンスであるため

数 m ケーブルを引いても、発電機内部リアクタンス分に比べて非常に少ないため、リアクタンス補償は無視できる。したがって MG 電源と焼入機械部の CT 間は比較的長く約 50 m 程度離して焼入機械装置と CT とはオンラインに組み込むことが容易にできる。ただし高周波同軸ケーブルは比較的高価である点は設備費の関係上検討を要する。

平行導板を用いる方法は高周波同軸ケーブルに比べて安価であるが、絶縁性が悪く据付後の移動が不便であり、約 20 mm 以下の短距離線に用いることが多く、表 4.2 にその一例を示す。

(2) Tube 式高周波発生装置用

周波数が高く、キ電線電圧も高いためその絶縁方法は高周波損失の少ないものが必要である。このため平行 2 線銅板を用い、その支持物にはかならず非鉄材を用いる。一方キ電線電圧が高いた

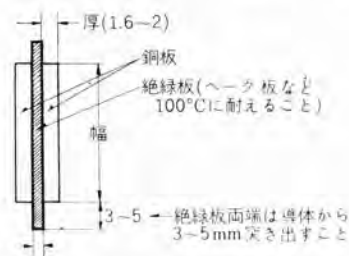
表 4.1 高周波大電力同軸ケーブル

形番	A	C
(10 kc における)	240	375
許容電流 (A) 30 分間	390	822
試験電圧 (AC 60 c/s で kV/min)	2	2
インダクタンス (10 kc で mH/km)	0.065	0.062
抵抗 (10 kc で Ω/km)	0.68	0.36
仕上外径 (mmφ)	48	81
概算重量 (kg/km)	6,200	14,400
許容曲半径 (cm)	50	80
ケーブルのインダクタンスを補償するために必要なキャパシタンス (10 kc で μF/km)	3.9	4.1

表 4.2 並行導板フィーダ

許容電流 (10 kc で A)	320	400
インダクタンス (10 kc で mH/km)	0.039	0.032
抵抗 (10 kc で Ω/km)	0.38	0.31
導体厚さ (m/m)	1.6~2	1.6~2
形状 (下図参照)	65	80
間隔 (絶縁板厚さ m/m)	2	2
フィーダのリアクタンスを補償するために必要なキャパシタンス (10 kc で μF/km)	6.5	8.0

平行導体断面図



め漏れ電波を発生しやすいので、金属シヤヘイが必要であり、 π 電線の長さは MG 式に比べて非常に短く 5 m 以下が望ましい。この長さが長くなると、 π 電線リアクタンスが大きくなり、無効電力が増加して出力能率が悪くなる。

(3) 出力切換器

高周波電源 1 式から、加熱ステーション 2 式に電力を交互に切り換える方式の際には、高周波出力切換器が必要となる。MG 用 10 kc 以下のものは大電力用を用いることにより比較的作りやすいが、Tube 式 100 kc 以上のものは、高周波の絶縁と電波容量上製作はかなり複雑で、通電中に断とすることはできない。

4.2 据付配置

加熱機械装置は生産工程ラインに直結して、搬入搬出の方向に合致するよう据え付けられる。電源装置は π 電線長さと配置上から決められ、電源装置から 2 台の加熱ステーションに π 電する場合にはそのそれぞれの長さは 2 台とも同じとなるように据え付ける必要がある。

この設備の電源、加熱機械はともに水などで冷却するため、万一の水漏れに際して、排水が便利なよう、また給排水管の下に夏期水滴が落ちて床面で排水しやすい床平面とすると便利である。

MG 式高周波発電機はベアリングの取換時ロータを引き抜く必要があるため、MG の軸両端にはスペースを設けておく必要がある。MG 用配電盤は日常加熱作業にはほとんど必要がないためスペースがない場合には MG 式発電機の上の中 2 階に設けることもできる。Tube 式高周波発生装置は冬期室温が低いと整流部が不安定となり真空管の寿命を短くするため、室温は 10~30°C が適当である。

4.3 冷却水

(1) 機器冷却水

MG の冷却水は 30°C 以下のもので規定流量を常に流す必要がある。真空管の冷却水は出口温度 60°C 以下で炭酸カルシウム含有率は 170 Ppm 以下、電気抵抗 3 k Ω -cm 以上のものを用う。これら水はかならずフィルタを通して、機器内に異物が入らないよう設備する。冷却水は高周波電力が連続発生の際には、比較的温度上昇するため、貯水タンクの大きさを大きくして、常に冷水をオーバーフローさせるか空気噴霧冷却にして再使用する場合がある。

(2) 焼入液

水を使用する場合は上記(1)と同様であるが、焼入液を使用の際には、焼入硬度を一定にするために常に一定温度であることが望ましい。このため焼入液を冷水中に循環させるか、冷水を焼入液タンク内に循環させるかの方法で二次冷却する必要がある。(前者は焼入液中のスケールにより流量低減の懸念あり) 焼入液は焼入中スケールがたまりやすいためフィルタでスケールを取り除き定期点検の必要がある。

焼入液には焼入材質の熱処理上、水溶性焼入油の水溶液を用い冷却速度を低温側で落とし、焼割れ防止に役立てることができる。

4.4 保守点検

MG 式発電機の場合は、消耗品として MG 用ベアリングの交換と 1,000 時間ごとの注油が必要である以外に保守は比較的少ない。

Tube 式では、各真空管の管壁温度を常に一定値に周囲環境に応じて制御することは、真空管の寿命を長くするために必要である。発振装置内部は直流高圧が印加されているため内部点検は注意が必要である。

このほかに一般的には各部の冷却水の流量は 3 ヶ月に 1 回の割合で点検し湯アカ、スケールなどの清掃が必要である。

5. む す び

本誌技術解説として、長編 8 回にわたって、高周波誘導加熱装置の各項について述べてきたが、頭初の計画からすでに長い日時が過ぎ、日々新しく発展しているこの技術も早改訂しなければならない状態であることはまことに喜ばしい限りである。今回の自動加熱機械装置と各種応用については、種々雑多で、まとまりにくい点があったが容赦願ひ、高周波誘導加熱装置の活用のために少しでもご参考となれば幸いである。

金属材料の熱処理と、自動機械装置、各種その電気機器、これらが新しい技術を結集しますます盛んに金属機械工業へ高周波誘導加熱装置が発展することを祈り、この解説のためにご指導、ご支援頂いた諸氏に対して感謝して本文を終わる。

(昭 38-7-26 受付)

参 考 文 献

- (1) 馬場・東田: 高周波誘導加熱装置 I (1), (2), II, III, IV, V
「三菱電機」 36, No. 2 P. 99 (昭 37)
" 36, No. 3 P. 79 (")
" 36, No. 11 P. 112 (")
" 35, No. 8 P. 84 (" 36) 生駒
" 35, No. 12 P. 97 (") 小滝
" 36, No. 6 P. 116 (") 中村・南角
- (2) John M. Edwards: Induction Heating
Westinghouse Engineer, 21, No. 3 p. 84, May, (1961).
- (3) 東田・中村・門内・広瀬: 自動車用リアアクスルシャフト 焼入装置
「三菱電機」 36, No. 3 P. 13 (昭 37)
- (4) : Case history on Induction Hardening
large drive gear
「Metal Progress」 Sep. (1958)
- (5) 森川・吉田: 特許 233223 号
" 232904 号
- (6) Harry B. Osborn: When and Where to Automate
「Metal Progress」 P. 85 Feb. (1963)
- (7) ドイツ国 特許 220407 号 昭 30-8251 特許公告
実新 459575 号 昭 31-19576 実新公告
- (8) Westinghouse Electric Corp. 技術資料 W-90047
Tractor bull gear.
- (9) Frank W. Curtis: High-frequency Induction Heating II (1950).
- (10) Harley F. Gauker: Improving Properties by Induction Processes
「Metal Progress」 P. 79 Feb. (1963)
- (11) John M. Edwards: New Heating and Melting Processes
「Metal Progress」 P. 76 Feb. (1963)
- (12) Herman Kuhlbars: AEG-Mitteilungen 9/10 p. 284 46 (1956).
Die Induktionshärtung mit frequenzen von 2000 bis 10000 Hz.
- (13) Von Peter Wichn: Eine neue, vielseitig verwendbare Induktion-shärteanlage
「Zeitschrift」 4 p. 253 April (1959)

ニ ュ ー ス NEWS フ ラ ッ シ ュ FLASH!

■ 通信衛星テルスタ 2 号追尾実験成功

—東京オリンピックの全世界テレビ中継をめざして—

人工衛星を介して大陸間マイクロ波中継を行なおうとする企ては人工衛星の出現と同時にいち早く開始された。すなわち最初の人工衛星スプートニク1号が上がったその翌年 1958 年にすでにアメリカ、アイゼンハワー大統領のクリスマス・メッセージを吹き込んだテープ



図 1 宇宙通信実験所構内の一部、向う正面は 6m 追尾アンテナ、右側の建物は中央管制室

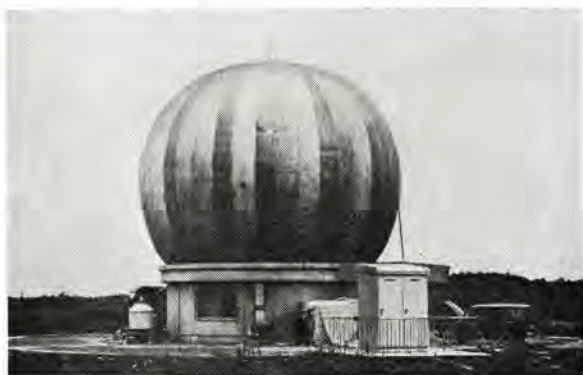


図 2 6m アンテナ追尾装置、球形のものはアンテナドーム、下部の部屋内に電子機器を収めている

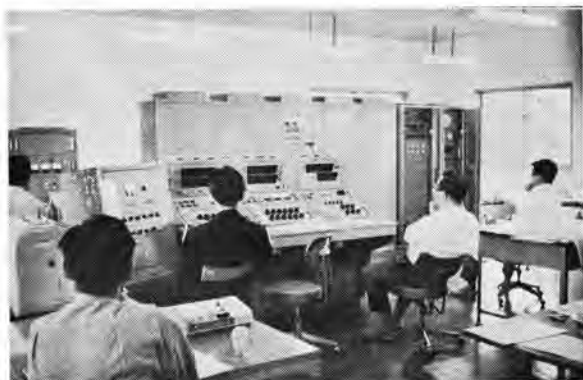


図 3 追尾実験中の中央管制室、向う後側はアンテナ制御計算機、その前は宇宙通信装置の集中制御を行なう制御卓

を載せた スコアー と呼ばれる衛星が軌道に乗り、電源がつきるまでの 12 日間、地上からの指令によって、衛星からこのメッセージは送信されアメリカ全土に中継された。続いて 1960 年 8 月 12 日に直径 100 フィートの気球衛星エコー が打ち上げられ、アメリカ大陸を越えての電話通信実験に成功し、宇宙通信の可能性を確固たるものとした。その後テルスタ、リレー、シンコム衛星と次々と打ち上げられ、宇宙通信の実用化をめざして活発に研究が進められている。

このような情勢に刺激されてわが国においても国際電々研究所、郵政省電波研究所で宇宙通信用地上設備が計画されるようになり当社でも 1961 年よりこの計画に参加し、国際電々研究所より送受信用 20m アンテナ、6m アンテナ追尾装置、指令制御装置および基礎据付工事をそれぞれ受注した。以来当社研究所、各製作所の一致協力による設計製作の努力の結果、1963 年 6 月に茨城県多賀郡十王町の国際電々宇宙通信茨城実験所に 6m アンテナ追尾装置、指令制御装置の完成をみた。

これよりさき 5 月 7 日にテルスタ 2 号が打上げられていたが、これが 7 月にちょうど、国際電々宇宙通信実験所とアメリカ、アンドーパ局との間で通信可能位置となるので、アジアとアメリカを結ぶ歴史的な通信実験が 7 月 7 日から 7 月 18 日の間 5 回にわたって行なわれ大成功を収めた。この成功により近く完成する 20m 送受信アンテナとともに東京オリンピックのテレビ中継に対する大きな自信と期待が持たれている。

今回行なわれた実験はアンドーパ局よりテルスタ 2 号にビーコン信

表 1 テルスタ 2 号追尾実験 データ

月 日	軌道番号	実験予定時間 (日本時間)	自動追尾した時間 (日本時間)
7 月 7 日	388	12時01分~12時19分	12時03分26秒~12時21分00秒
9 日	401	13 05 ~13 22	(アンドーパ局の都合で電波発射中止)
13 日	426	10 23 ~10 37	10 23 03 ~10 48 10
14 日	433	13 20 ~13 35	13 19 01 ~13 41 08
18 日	458	10 36 ~10 55	(テルスタ動作停止)

(電気通信学会誌 昭和 38 年 8 月号より)

表 2 追尾装置概略仕様

追尾方式	シマルテナス ロービング 油圧駆動方式
周波数	4,080±0.2 Mc (連続波)
空中線	パラボラ反射鏡 直径 6mφ 開口角 150 度 利得 43dB
測角精度	仰角、方位角とも 1 分以内
追尾範囲	方位角±400 度、仰角 -5 度~90 度
受信電波	円偏波、左右偏波取換可能、最小追尾入力約 -140 dBm
受信機雑音指数	追尾用 3 回路とも、総合約 3dB (パラメトリック増幅器付)
捕捉時の過渡定数	約 1 秒
レードーム	軟質一重レードーム 損失約 0.15dB

表 3 制御計算機概略仕様

語の構成	符号 10 進 7 ケタ (数値語) 8 進 7 ケタ (指令語)
記憶装置	2 周波メモリ 512 語
論理素子	パラメトロン 3,600 個
クロック	20 kc
入出力選択回路	磁気変調形コアマトリクス 16 入力、16 出力
入出力装置	電動タイプ、磁気テープ装置 各 2 台
外部スイッチ	強制測定信号を含む 34 個

号 4,080 Mc を発射させ、日本ではこの ビーコン 信号を受信して衛星を自動追尾するものである。まずあらかじめ計算された軌道データをもとにして、アンテナは制御計算機により衛星信号の到来予定方向に時々刻々向けられると同時に ビーコン 信号の周波数探索を受信機 (Phase-Locked Demodulator 方式による狭帯域受信機) で行なっており、いわゆる待受け状態に入る。電波捕捉後は追尾装置による全自動追尾に移る。

実験に予定されていた軌道は方位角 65~55 度、仰角 17~5 度、距離は約 15,000 km であったが、13 日および 14 日の実験では予定より電波が長く発射され、仰角約 1 度の低角度までのデータが得られた。受信強度は -124 dB m~-138 dB m で 6 度以下では逐次フェージングを増す。スピン周波数は 2.7 c/s であった。この一連の実験により予測軌道データ、アンテナ角度精度は十分信頼にたるものであること、受信機は微弱な信号をよく捕捉追尾することなどが確認実証された。

■ 3 サイクル Y 形空気シャ断器シリーズの完成

Y 形空気シャ断器は、強力な消弧能力を有する内部断路形空気シャ断器で、シャ断点の並列抵抗に直線抵抗を使用しているため、すぐれたシャ断特性を発揮しますが、その操作機構部、および、シャ断点の一部を改良することにより、3 サイクルシャ断器のシリーズが標準化されるに至りました。(図 1、図 2)

特 長

- (1) シャ断部可動接触子の構造を改良することにより、可動部が軽量化されるとともに、シャ断部、可動、固定接触子の交換がきわめて容易となった。(交換時の最大重量約 8 kg)
- (2) 投入時間が、さらに短縮され、約 0.09 秒となった。
- (3) 吹付弁、排気弁は、回転軸により駆動され、操作機構部の配管が少なくなった。また、駆動軸は、独特の方式で操作時のみ駆動力が加わる方式のため、きわめて信頼度が高い。
- (4) シャ断部並列抵抗に、改良された、カーボンセラミックブロックを用いることにより、構造簡単で信頼度の高い直線抵抗器がえられた。



図 1 72.84 kV 2,500 MVA 1,200 A
3 サイクル Y 形空気シャ断器

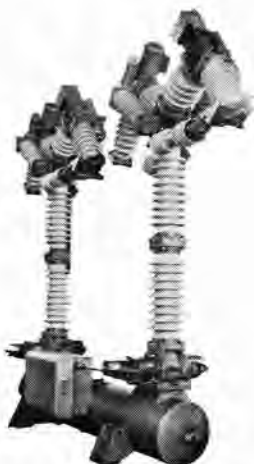


図 2 168 kV 5,000 MVA
1,200 A 3 サイクル Y 形空気シャ断器

■ 24 kV 1,000 MVA 縮小形 C 形空気シャ断器完成

C 形空気シャ断器は、独特の横吹付形消弧方式を採用しているため、抵抗シャ断方式を採用せずに良好なシャ断特性を発揮するうえに、接触部が消弧室をはずさずに点検できること、外部断路器がないために、構造がきわめて簡潔であることなどの利点が認められて、多数の同形シャ断器が各方面に使用されて既に 10 年以上となります。

横吹付方式の利点をそのまま生かして、操作気圧を従来の 10 kg/cm²-g より、15 kg/cm²-g に上げることにより空気タンク、



24 kV 1,000 MVA
1,200 A 縮小形 C 形
空気シャ断器

および操作機構を小形化するとともに、徹底的なシャ断試験の結果、消弧室を従来品の約 65% に縮小することができました。このため、従来の C 形空気シャ断器の利点を有するに加えて、外形寸法および重量が約 65% に縮小化され、据え付けおよび取り扱いの面でいっそうすぐれた性能を発揮する 24 kV, 1,000 MVA 600~2,000 A C 形空気シャ断器(図)が、標準品として製作、納入されております。以下にその主要な定格を示します。

定格電圧 24 kV	定格シャ断容量 1,000 MVA
定格電流 600~2,000 A	定格再起電圧 9 ke II 号
定格シャ断時間 5 サイクル	重量 850 kg

■ RY 形結合コンデンサ形計器用変圧器製作開始

かねてから試作をしていた PY 形 PD が試作完了し、受注製作を始めることになった。JEC 規格を十分に保証する安価な PD であり、各種工場試験においてもきわめてすぐれた性能をうることができたものである。

標準品の定格は

一次電圧	66/√3 kV 以上
二次/三次電圧	110/√3 / 110 / 3 V
二次/三次負担	200 または 500 / 100 VA
誤差階級	1.0 級

特長は

- (1) 小形、軽量で、安価である。
- (2) 誤差特性は 0.3 M 級のものでも製作できる。
- (3) 結合コンデンサの胴径が細くまた径違いカサを採用しているため汚損特性がすぐれている。
- (4) 重汚損地域で使用する場合は誤差特性の変化をふせぐために 2 段階み結合コンデンサの上下段フラッジを内部導体から絶縁した構造とすることもできる。
- (5) 変圧装置部は油入室素封入完全密閉式であり、分圧コンデンサ端子間の火花ギャップ、接地スイッチはつけない構造である。
- (6) 二次短絡に対しては、PD の共振をずらせる共振リアクト



275/√3 kV 500
VA 1.0 級 PY 形
PD

- ル励磁打消方式の保護装置を採用している。
- (7) 二次短絡、断線などにより電圧抑制付継電器が動作してシ、断器が系統の事故でないのに誤動作するのをふせぐために、電圧抑制付継電器誤動作防止装置をよういに取り付けることができる。また警報装置も取り付け可能である。
 - (8) 電力線搬送用結合装置付 PD とすることもできる。
 - (9) 三相の PD の二次三次回路を人、△結線してから配電盤室へ配線するための低圧側配線箱を取り付けることができる。

図に試作完了した PY 形 PD の外観写真を示す。

■ わが国最大の 190 kW 水中モートルの完成

わが国では記録的な大容量機である 190 kW 水中モートルが完成した。この水中モートルは今後の水中ポンプの大形化に対する業界の要望に応じて開発されたもので、この完成は水道関係の給水ポンプ用、貯水タンクおよびボイラ関係の給水ポンプ用などの用途に新分野を開くものとして期待できよう。

仕 様

全閉水中形三相誘導電動機

190 kW 4P 400/440V 50/60 c/s ツク 番号 3,200S

外形寸法 535φ×1950 重量 1800 kg (内部封水を含む)

特 長

- (1) 完全水封式である。
- (2) 固定子巻線には、特殊合成樹脂電線を使用しているため耐水性のみならず、耐熱性もきわめて良好である。
- (3) スラスト軸受および筒軸受は、特殊合成樹脂製で、水潤滑において高い耐摩耗性をもっている。スラスト軸受はミッ



190 kW 水中モートル

チェル形の構造をもち許容スラスト荷重 5,000 kg に耐える。

- (4) 構造各部の防シユウ(錆)処理は完全に行なわれている。
- (6) 電気的特性はきわめて良好で、とくに運転時における軸受関係の温度上昇は、きわめて低く、高い安定性をもっている。

■ 最近の船用ホイスト

近年貨客船の補助荷役用、漁船の主荷役用、船用エンジンのオーバーホール用として、当社電気ホイストがさかんに使用され今年も大量の受注があったがこれは当社船用ホイストが、次に述べる各種の特長と、あらゆる仕様に応じられる機種を豊富に持っているためと思われる。

次にその特長と最近受注している機種および仕様の一覧を述べご参考に供したい。

特 長

- (1) 小形軽量で取り扱いやすく、押しボタン操作方式で運転しやすく安全である。
- (2) 標準化されている陸上用の部品を共用しているため安価で、部品の補充など保守に心配がない。
- (3) 手動のものに比べ、高性能・高能率であり、労力の消耗がなく、高ひん度の使用に耐える。
- (4) 走行形では、モノレール下面にラックを設け、ウォーム減速のピニオンをかみ合わせているので、船のよう動に対しても自走しない。
- (5) 防水・防沫・防滴構造などをはじめ、その構造・特性は NK 規格またはロイド規格や船舶安全法にも合格するものである。
- (6) 使用場所に応じ、入念な絶縁および耐食処理を行っており、耐久度が大きい。
- (7) 当社陸上用ホイストの持つ特長を各所に取り入れているため能率がよく、使いやすい。

種類と仕様

最近のものについて、その概要を一覧表として述べ、次にその一例の写真を紹介する。

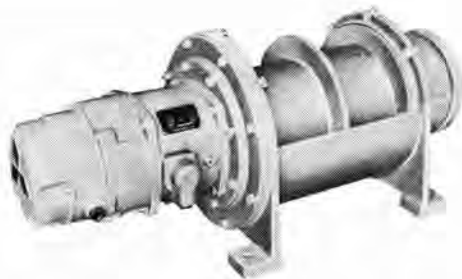


図 1 1t 舷梯用据置形ホイスト

容量 1t ツイローラ 12 mm 長さ 35 m 2 本掛 巻上速度 18 m/min 巻上電動機 3.7 kW 電源 440 V 60 c/s

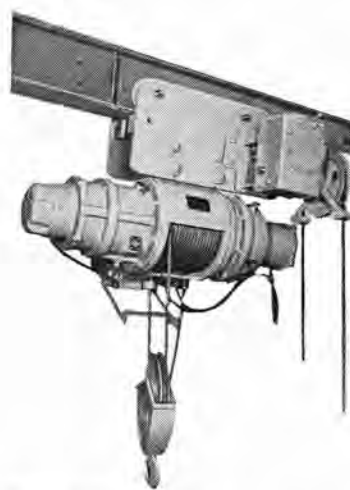


図 2 2t 主機開放用鎖動走行形 ホイスト
容量 2t 場程 6m, ワイヤロープ 12mm 2 本吊, 巻上速度 3m/min, 巻上電動機 1.5kW 電源 220V 60c/s

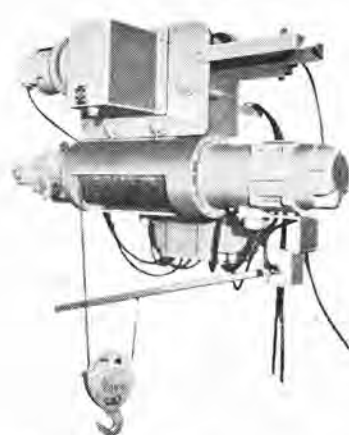


図 3 500kg 電動走行形 ホイスト
容量 500kg 場程 16m ワイヤロープ 6mm 2 本吊, 巻上速度 20m/min 巻上電動機 2.2kW 走行速度 15m/min 走行電動機 0.55kW 電源 440V 60c/s

船用ホイストの種類と仕様一覧表

形 式 用 途	懸 垂 形	据 置 形		鎖動走行形	電動走行形
		一 般 用	漁 船 用		
仕 様	配ビン用の ダムウエー タやジブク レーン用	ウインチ補 助や舷梯ホ イスト用	デリック 用やウイ ンチ代用	エンジンの 解放組 立用	糧食、小 荷物の荷 役など
容 量	250~500kg	500kg~1.5t	500kg	1~3t	500~1t
揚 程(m)	6~12	12~40	20	4~6	12~18
巻上速度 (m/min)	12~24	18~24	30	3~6	12~30
走行速度 (m/min)				1	10~20
走行方式				ラック・ピニオンか み合方式	
電 源	三相交流 60c/s 220V または 440V				
定 格	標準は 30 分定格, 荷役サイクルに応じ, 60 分などとする				
操作方式	押しボタン式, 操作電圧は 220V または 110V または 55V				
規格など	NK, ロイド, 船舶安全法, JISC9620 (電気ホイスト) など				
保護構造	上記による防水, 防沫, 防滴形で耐塩水耐食処理				
その他	上記外は陸上用のものに準ずる, 漁船用は標準化している が, 他はその都度, 用途, 使用場所および客先仕様に基づ き製作する。上記以外の仕様でも製作可能な範囲は受注 する。				

MR-4, MR-44 形電磁継電器量産開始

— 超小形交流多点接点電磁継電器 —

超小形軽量で動作確実, 長寿命で信頼性の高い交流多点接点電磁継電器 MR-4, MR-44 形の開発を完了し量産を開始した。

おもな性能と特長は,

(1) 超小形で パネル 面積の節約

MR-4 形は 4 接点の組み合わせ, MR-44 形は 8 極で 4A4B で両者とも取付面積は同一の 60×43mm で小形化され パネル面積の節約が可能である。

(2) 最高級の性能

JIS に規定する性能の A-1-1 の 2 倍以上, すなわち機械的に 1,000 万回電氣的に 25A on, 5A off で 50 万回 15A on, 3A off で 100 万回ときわめて長寿命である。

(3) 信頼性が高い

構造簡単で接触子部分はごみや配線くづの入り難い構造で, さらに MR-4 は防 ジンカー を取り付けるようにし接触不良に対し信頼性を高めまた盤面の振動, 衝撃に対しても強い。

(4) 取扱の容易

MR-4 形は部品を取り換えず同一部品で接点配置の変更ができる。また盤への取り付けは 2 本の取付ネジで行ない コイルの取り換えも容易である。

仕 様

形 名		MR-4	MR-44
接 点 配 置		4A, 3A1B, 2A2B (1A3B, 4B)	4A4B
定 格 電 流 (A)	AC 250V	5	5
	AC 600V	3	3
閉路シヤ断電 流容量(A)	AC 250V	50	50
	AC 600V	30	30
連続通電電流量(A)		10	10
操作電磁コイル 定格		100V 50c/s 100-110V 60c/s 200V 50c/s 200-220V 60c/s 400V 50c/s 400-440V 60c/s その他	
重 量 (kg)		0.26	0.32



MR-44 形(左), MR-4 形(右) 電磁継電器

超小形 EM-4 形電磁開閉器市販開始

超小形軽量安価な汎用 EM-4 形交流電磁開閉器を新シリーズの

仕 様

区 分 と 形 名	電 磁 開 閉 器		電 磁 接 触 器
	箱 入	開 放	開 放
	EM-4	EMO-4	M-4
最高許容電圧(V)	600		600
定格容量 (kW)	200-220V	1.5	定格電流 7A
	400-550V	1.5	4A
連続通電電流量(A)	10		10
補助接触子	1A		1A
操作電磁コイル 定格	100V 50c/s 100-110V 60c/s 200V 50c/s 200-220V 60c/s 400V 50c/s 400-440V 60c/s		
重 量 (kg)	0.67	0.42	0.26

一環として開発を完了し市販を開始した。

EM-4 形のおもな特長性能は、超小形軽量で 200V 1.5kW の

定格容量で電氣的に 100 万回以上機械的に 1,000 万回以上の寿命をもつ高性能で信頼性の高い電磁開閉器である。



図 1 EM-4 形電磁開閉器(外観)



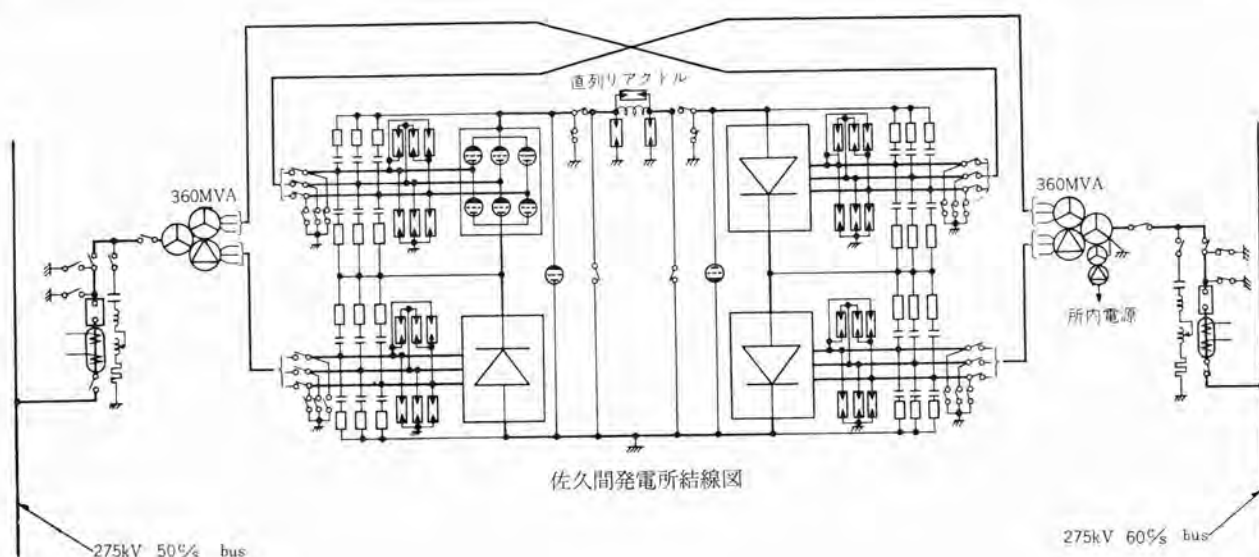
図 2 EM-4 形電磁開閉器(内部)

■ 電源開発佐久間周波数変換所用変圧器受注

東北部の 50 c/s 系統と西南部の 60 c/s 系統を直流で連系して、全国的に電力の広域運営を計るため、電源開発株式会社で佐久間発電所の近くに 300 MW の佐久間周波数変換所 (Sakuma Converter Station) を設置する。変換装置はスウェーデンの ASEA 社から輸入されるが、これと組み合わせられる 2×360 MVA 変圧器 (50 c/s 器と 60 c/s 器) を当社が製作することになり、現在基礎研究と設計を進めている。

変圧器は約 360MVA で交流側は 275 kV、直流側は人、△ の 2 巻線を備え 2×125 kV 直流電圧に対応する。交流側には、MR 社から輸入する負荷時 タッチ 切換器をつけて電力潮流制御を補助する。本体は特別三相構造で組立輸送をし、ラッシングはエレファント式、完全防音の建屋内に収納する予定。

一号器は 39 年 11 月に据え付けを終わり、40 年には試験運転を行なうことになっており、この成果は世界的に期待されている。



三菱工業計測器 (A シリーズ その 1)

当社は先般来、プロセス用工業計測器の開発を進めてきたが、ここに検出器・交換器・記録計・指示計・調節計・操作用変換器などより成る工業計測器の系列を完成し、A シリーズと名付けた。

装置は全電子式で信号はすべて 4~20 mA DC に統一している。また各機器は全体をコンパクトにまとめ互換性を有し、精度と信頼度を高めるべく、設計にまた部品・材料に十分な配慮を施してある。したがってプロセス工業を始め産業の各分野の計装用に広く活用することができる。

本号より3回にわたり、工業計測器 A シリーズの概要を紹介する。

1. 自動平衡形記録計および指示計

自動平衡形記録計には下記の AR-2 形と AR-3 形が、自動平衡形指示計には AR-6 形があるがいずれも全電子式方式であり高精度と長寿命を有するとともに、盤面スペースをできるだけ節約しうよう小形化してある。

1.1 AR-2 形 中形自動平衡形記録計

記録紙幅 120 mm で折りたたみ式の中形記録計で 1 点ペン書き式と 6 点色別打点式とがある。また動作原理上からは電位差計式とブリッジ式とになる。図 1 はその外観で、標準仕様は下表のとおりである。おもな特長は下記のごとくである。

■ 特 長

- (1) 外形寸法が小さく盤面を節約できる。
- (2) 増幅器はトランジスタを使用し、定電圧回路もゼナーダイオードを用いているので高性能、長寿命である。
- (3) スライド抵抗は密閉形としふんい気により特性が変わらないよう考慮してある。
- (4) 記録紙は折りたたみ式であり取り扱いが容易である。
- (5) カバーの窓面積を大きくし、記録が長く表われるようにしてある。

1.2 AR-3 形 小形自動平衡形記録計

記録紙幅 100 mm の小形記録計で、1 点ペン書き式である。ペン駆動は自動平衡方式であり、精度高く、あらゆるプロセスの計装に適する。図 2 はその外観で、標準仕様は下表のとおりである。おもな特長は下記のごとくである。

■ 特 長

- (1) 外形寸法が小さく盤面を大幅に節約できる。
- (2) トランジスタ使用の電子式回路であり高性能長寿命である。
- (3) ペン機構は簡単なリック機構から成り調整が容易である。



図 1. AR-2 形 中形自動平衡形記録計

(4) 内部機構はケースから簡単に引き出せるので保守点検が容易である。

(5) 調節計と組み合わせ、プロセスの自動制御を行なうことができる。

1.3. AR-6 形 小形自動平衡形指示計

プロセス工業の計装において、発信器から送られてきた信号を盤上で表示監視するための指示計で、自動平衡方式を用いているので、精度の高い測定値が得られる。図 3 はその外観で、標準仕様は下表のとおりである。またおもな特長は次のごとくである。

■ 特 長

- (1) 外形寸法が小さく盤面を大幅に節約できる。
- (2) トランジスタ使用の電子式回路であり高性能長寿命である。
- (3) 内部機構はケースから簡単に引き出せるので保守点検が容易である。
- (4) 調節計と組み合わせ、プロセスの自動制御を行なうことができる。

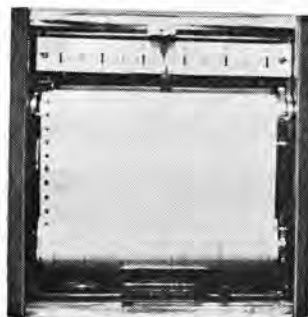


図 2. AR-3 形 小形自動平衡形記録計

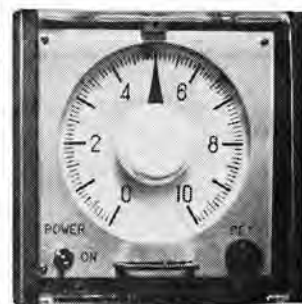


図 3. AR-6 形 小形自動平衡形指示計

標準仕様

	AR-2 形	AR-3 形	AR-6 形
作動原理	電位差計式 ブリッジ式	電位差計式 ブリッジ式	電位差計式 ブリッジ式
標準定格	DC 0~10 mV または抵抗 1 点用ペン書き式多点 用色別打点式 (6 点)	DC 0~10 mV DC 4~20 mA または抵抗 1 点ペン書き式	DC 0~10 mV DC 4~20 mA または抵抗 —
目盛長	120 mm	100 mm	目盛板直径 90 mm 目盛角度 300°
感 度	0.2%	0.1%	0.1%
精 度	±0.5%	±0.75%	±0.5%
平衡速度	2 秒	3 秒	2 秒
打点間隔	5 秒	—	—
記 録 紙	帯状全幅 140 mm 記録幅 120 mm 折りたたみ式 1 月分	帯状全幅 108 mm 記録幅 100 mm 巻 取式半月分	—
記録紙駆動	同期電動機	同期電動機	—
記録紙速度	25, 50, 100 mm/h (30, 60, 120 mm/h)	25 mm/h, 30 mm/h	—
増 幅 器	トランジスタ	トランジスタ	トランジスタ
付 加 機 構	発信スライド 警報接点	設定用ポテンシオメータ 発信スライド 警報接点	設定用ポテンシオメータ 発信スライド 警報接点
電 源	AC 100 V 50/60 c/s	AC 100 V 50/60 c/s	AC 100 V 50/60 c/s
消費電力	約 20 W	約 20 W	約 15 W
外形寸法	(縦) 355×(横) 255× (奥行) 340	(縦) 140×(横) 140 (奥行) 516.5	(縦) 140×(横) 140 (奥行) 356.5

事務所・商店・学校・劇場の暖房に
'64 年度 三菱オイル暖房機 発売

当社では '64 年度の大容量暖房器具として、昨年業界初の低圧ガンタイプ・ジェット式 オイルバーナとして好評を得た FO-301 形 オイル暖房機の実績を基礎とし、本年は、下記の 3 機種を新しく発売する。

三菱 オイル暖房機 FO-221 形 (20,000 kc/h)

三菱 オイル暖房機 FO-311 形 (30,000 kc/h)

三菱 オイル暖房機 FO-501 形 (50,000 kc/h)

本年は、とくにスイッチ一つで運転できる自動点火・消火方式、ルームサーモスタットによる自動運転、精度の高い安全装置などかきかずのメリットを備えて、強い暖房力、使いやすさ、安全性を満足するとともに、コンパクトなデザインにも留意してある。

■ 特 長

- (1) 高級仕上銅板製のキャビネットは、住宅用・業務用いづれにもよく調和する明るい色彩に焼付塗装され、しかも当社独特のコンパクトな設計により据付面積が少なくすむ。
- (2) 油をほとんど 100% 燃焼させる高性能のオイルバーナ、表面積が広く伝熱率の高い熱交換器、静かで豊かな風量をもつ送風機により、室内をはやく強力に暖房する。
- (3) 灯油を燃料とし、ルームサーモスタットによる自動運転を行なうので、運転経費はガスストーブの約 $\frac{1}{3}$ 、電熱器の約 $\frac{1}{3}$ ですむ。
- (4) スwitch一つで自動点火・消火・送風、ルームサーモスタットによる全自動運転を行なうので、操作が非常に簡単である。
- (5) 3 機種とも各種安全装置を完備しており、従来の同種暖房機にみられた事故に対しては絶対に安全である。
- (6) 311 形、501 形は、ダクト接続が簡単にできるので、広い場所でもすみずみまで、均一の温かさを作りだす。
- (7) 煙突とドラフトレギュレータにより、不快な臭い・ヤスはすべて屋外に出てしまい、室内は常に清潔で、しかもその上適度の湿度を手動給水加湿器、自動給水加湿器により加えられるので、理想的な暖房となる。
- (8) 従来同種暖房機の故障の原因のほとんどを占めていた空たきを皆無にするため、タンク内の現在量がよくわかる、便

利な油量表が装置されている。

■ 仕 様

形 名	FO-221 形	FO-311 形	FO-501 形
暖房能力 (kc/h)	19,000	30,000	47,000
電 圧 (V)	100	100	200
	相 数	単 相	三 相
	電 流 (A)	2	5
送 風 機	プロペラファン	No. 2 DRS 形シロッコファン	No. 2 DRS 形シロッコファン
	風 量 (m ³ /min)	22 50/60 c/s	34.5/45 50/60 c/s
	静 圧 (mmH ₂ O)	—	16/20 50/60 c/s
	—	20	20
モーター	出力 (W)	50	400
	電 圧 (V)	100	100
	相 数	単 相	三 相
	—	—	—
オイルバーナ	ボット形蒸発式	高圧バーナ 75 W ファン付	ガンタイプ低圧バーナ 75 W ファン付
使用油	J I S 1 号 白 灯 油		
消費量 (l/h)	2.3	3.8	6.0
オイルサービスタック	2.8 l 油量表つき	40 l 油量表つき	60 l 油量表つき
熱 交 換 器	高級仕上銅板耐熱塗料焼付仕上	アルミコーティング銅板製	アルミコーティング銅板製
点 火 方 式	自 動	点 火	火
自動制御装置	点 火 制 御	3 接点バイメタル方式	プロテクトリレー方式
	送 風 機 制 御	コンビネーションコントロール方式	コンビネーションコントロール方式
	室温調節	ル ー ム サ ー モ	—
フ イ ル タ	—	アルミフィルタ	アルミフィルタ
加 湿 装 置	手動給水加湿方式	自動給水加湿方式	自動給水加湿方式
キャビネット	高 級 仕 上 銅 板 焼 付 塗 装		
外形寸法 (mm)	1,150×850×830	2,078×520×1,080	2,283×740×1,050
重 量 (kg)	100	257	420
付 属 品	ドラフトレギュレータ ルームサーモ 給油ポンプ		



(現金正価 ¥145,000)
FO-221 形三菱オイル暖房機



(現金正価 ¥320,000)
FO-311 形三菱オイル暖房機



(現金正価 ¥415,000)
FO-501 形三菱オイル暖房機

あなたを災難から守る 三菱電子報知機 EA-110A 形開発

当社では、ちょっとした油断が思わぬ災難に一変する…そんな現代の不安にこたえて、企業の秘密を守り、ご家庭の安全を約束す

る画期的な新製品、三菱電子報知機を開発いたしました。

これは、重要な金庫、書類戸棚、ドアなどに装備しておけば、侵

入者の手や足が触れただけで、赤ランプがつきブザーが鳴りだします。また大きさは(幅)32×(高さ)12×(奥行)15 cm とコンパクトで、感度は自由に調整でき、近よっただけでも反応するほど鋭敏、ブザーは100メートルさきまで聞えます。

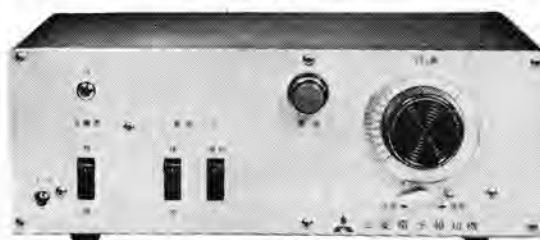
■ 特 長

- (1) 人が触れても、接線(アンテナ線)を切っても警報を発します。
- (2) ツマミ固定装置がついているので、いったん調整後は機械的振動などによってずれる心配がありません。
- (3) 調整は非常に簡単、スイッチ一つでブザーの鳴り方を大きくも小さくも、必要に応じて変えられます。
- (4) わずかな維持費で大きな成果が得られます。
- (5) ロック・金庫・レジスタ・洋服ダンス・自動車など金属製のものはもちろん木やプラスチックなど非金属製品でも、金網や金属板を付加することによって取付可能です。
- (6) 全電子式ですから反応が速く、盗難予防に客報知に限らず他にもいろいろ応用ができます。

■ 仕 様

- (1) 使用電源 100 V 50/60 c/s

- (2) 消費電力 25 W
- (3) 使用真空管 6V8 1本, 12BH7A 1本, 5MK9 1本, VR-150MT 1本,
- (4) ダイオード IN34 1本, SD103 2本
- (5) 寸 法 (幅)32×(奥行)15×(高さ)12 cm
- (6) 重 量 3 kg
- (7) 付 属 品 アンテナ線 10 m
ロック用ゴム 4個
インシュレータ 10個
検知板 1枚
ワニ口クリップ 2個



(現金正価 ¥17,500 月賦正価 ¥18,700)
EA-110A 形三菱電子報知機

画面が6割拡大されました 三 菱 テ レ ビ 19T-370 形 発 売

当社では、19形テレビの新製品としてこのたび迫真力にとむ114度偏向シャープコーナタイプブラウン管、大形画面を鮮かに映す最新形超高感度真空管2GK5、大形画面の迫力を助長し、臨場感を一段と高めるダブルコンスピーカなどを採用した、などのかずかずの特長をもった19T-370形テレビを発売いたします。

■ 特 長

- (1) 最新形の19形114度偏向、シャープコーナタイプのブラウン管の採用で、迫真力のある映像が楽しめます。
- (2) チューナには高性能の単3極管2GK5という、最新形超高感度真空管の採用で、雑音が軽減し、いっそう鮮明な映像が得られます。
- (3) キャビネットの前面に音質の良さを誇るPO-840形ダイトーンスピーカを使用しています。(前面サウンドシステム)
- (4) チャンネル切り換えと同時に、自動的に接点および接片をクリーニングする。新形セルフクリーニングチューナ(実用新案第563940号)を採用して、チューナの接触不良を防止しています。
- (5) 受像中のチャンネル番号が、チャンネル切換ツマミに明るく浮き出すチャンネルインジケータ付き。
- (6) ラジオへの雑音を防止するフィルタを内蔵し、アース端子を設けてあるので、アース線を接続することにより、雑音を著しく軽減できます。

■ 仕 様

- (1) 受信方式 インターキャリア方式(1~12チャンネル)
- (2) 感 度 超遠距離用(近距離に切換可能)
- (3) アンテナ入力 300Ω 平衡形
- (4) 電 源 100 V (105, 110 V タップ付) 50/60 c/s
- (5) 消費電力 130 W

- (6) 映像中間周波数 26.75 Mc
- (7) 音声中間周波数 22.25 Mc
- (8) 音 声 出 力 無ヒズミ 1.1 W 最大 1.3 W
- (9) AFC(自動画質調整) 平衡ノコギリ 歯形方式
- (10) AGC(自動利得制御) 改良セン頭値整流方式
- (11) スピーカ ダイアトーン PO-840 形
- (12) ブラウン管 19×P4 (19AKP4) 48 cm 114度偏向
メタルバック 静電集束電磁偏向
- (13) 真 空 管 16 球
- (14) シリコンダイオード(2個) SR-1T 電源整流
- (15) キャビネット 卓上形脚付(幅)610×(高さ)390×(奥行)
370 mm
- (16) 重 量 38 kg



(現金正価 ¥64,000)
(月賦正価 ¥67,000)
19T-370 形三菱テレビ

カ ー ド 分 類 方 式

発明者 大 鳥 羽 幸 太 郎

この発明は小切手、手形などのカード類を電氣的装置によって分類しようとするものである。この分類方式によればカードはすべて図1に示すように電磁石によって吸着される磁気塗料を付した部分(3)と、同じく磁気塗料により分類記号(2)とが設けられる。この分類記号にはたとえば図5の左側に示された形の数字が用いられる。このようなカードを図2に示すようにコンベヤ(4)によって流して分類するわけであるが、上記分類記号の検出装置(5)は上記分類数字の各辺すなわち図3のa~gの位置に図4に示すような検出用磁心が(12)~(18)のように配置されている。したがって検出装置(5)にはカード(1)の数字に応じて図5のようなパルス信号が取り出されるからこれによって論理装置(6)、記憶装置(7)、継電器装置(8)により電磁石装置(9)を働かせ、この電磁石装置(9)によって上記カード(1)の磁気塗料による印刷部(3)を吸引して分類する。なおこの図では一つの電磁石装置によって一種類の記号のみの分類を示したものであるが、コンベヤ(4)に沿って複数の電磁石装置を設けておけば数種の分類を行なわせることができる。

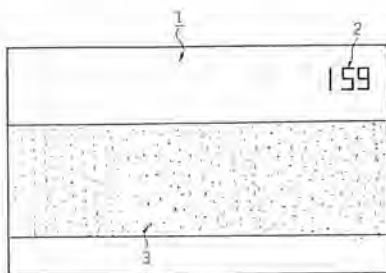


図 1

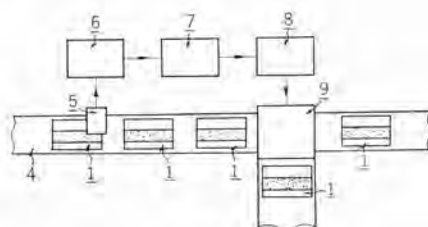


図 2

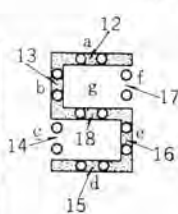


図 3

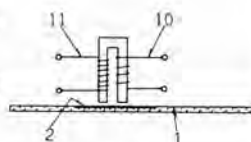


図 4

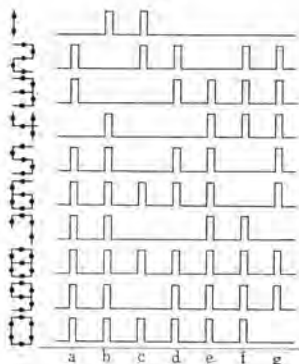


図 5

以上のようにこの発明の分類方式はまったく電氣的に行なうものであるから機械的に分類するものに比べて機構が簡単になるうえ、カードに穿孔などの損傷を加える必要がないから既定のカードの分類にも容易に応用しうるものである。

(特許第 299413) (竹蔵記)

超 音 波 軌 条 検 査 装 置

考案者 森 川 洋・平 島 和 宜

鉄道軌条の溶接部を超音波によって検査する場合には、図1、2に示すように軌条(1)の上下に超音波探触子(20)(24)を配置し、一方の探触子から超音波を送り込み、溶接面(2)で反射された波を今一方の探触子で受信するようにし、この時の受信波からキズの有無を検査する。したがって上下両探触子は軌条溶接面に対して上記のような関係を保って移動させられねばならず上下両探触子(20)(24)を支持している箱体(9)は締付具(3)(4)の締付爪(5)(6)によって軌条(1)に固定しておかななくてはならない。

ところで既設の軌条を検査する場合には列車の通過があるからそのたびごとに装置を取りはずすなら取り扱いがきわめて煩雑になる。そこでこの考案は箱体(9)を締付具(3)(4)に支点(16)(17)で軸支することにより、締付具(3)(4)は軌条(1)に固定したまま箱体(9)のみを図2に一定鎖線で示すように後倒しうるようにしたものである。このようにしておけば列車通過の際でも箱体(9)を後倒するだけで軌条から取りはずす必要がないから取り扱いが非常に簡単になる。

(実用新案登録第 573463) (竹蔵記)

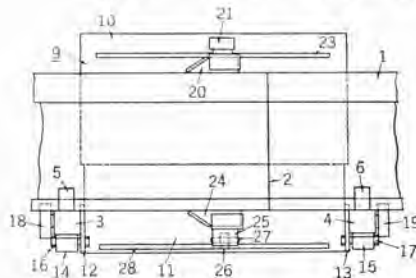


図 1

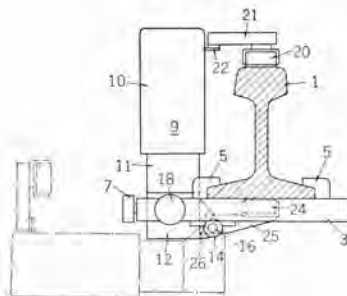


図 2

最近における社外講演一覧

年 月 日	主催または開催場所	演 題	講 演 者	所属場所
38- 5-16	日本電気協会	電鉄用新形避雷器	永井 信 夫	伊 丹
38- 5-16	日本電気協会	脈流電動機の脈流と温度上昇整流について	河村 寿三	伊 丹
38- 5-16	日本電気協会	パイロットモータの無接点制御方式	三橋 英一	伊 丹
38- 5-16	質量分析学会	オメガトロンの作動特性	花坂 孝雄	研 究 所
38- 5-16	質量分析学会	立体二次収 入 質量分析計	後藤 正之	研 究 所
38- 5-16	質量分析学会	直視式質量分析計の方式	的 埜 卓	研 究 所
38- 5-16	日本電気協会	送電、電力系統、給電関係部門新幹線・電線用静止形方形特性距離継電器	北浦 孝一	神 戸
38- 5-16	電気協会講演会	超研向 150 MVA 短絡発電機	志岐 守哉	長 崎
38- 5-16	社団法人日本電気協会研究会	磁気軸受付 MU-31 形積算電力計について	広 瀬 薫	福 山
38- 5-17	化学工業協会	アナログ計算機の概要	大島羽幸太郎	無 線 機
38- 5-17	質量分析学会	固体試料分析用質量分析器 (Ⅲ) 定量分析法に関する考察	甲斐潤二郎	研 究 所
38- 5-17	質量分析学会	固体試料分析用質量分析器 (Ⅳ) 定量分析法に関する研究	秦 卓 也・甲斐潤二郎	研 究 所
38- 5-17	質量分析学会	固体試料分析用質量分析器 (Ⅴ) 乾板の現象条件に関する研究	三木 将代・甲斐潤二郎	研 究 所
38- 5-21	計測制御学会	むだ時間を含むサーボ系の安定限界	大野 栄一	研 究 所
38- 5-21	計測制御学会	磁心 トランジスタ を用いた パルス 変調器とその応用	阪 尾 正義	研 究 所
38- 5-24	日本資材管理者協会	価値分析による資材費の節減	山 口 孝 逸	伊 丹
38- 5-27	日本写真学会	偏光板に関する研究	依 田 功	大 船
38- 5-29	日本資材管理者協会	当社の価値分析の進め方と問題点	山 口 孝 逸	伊 丹
38- 5-30~31	中国電力	最近の照明の傾向	小堀富次雄	本 社
38- 5-31	原子力学会西支部	TRIGA II 炉における中性子回収装置 リコニック MI-2 形の特性について	宮下 崇一・戸田 哲 雄	研 究 所
38- 6- 4	日刊工業新聞社	電磁 クラッチ の自動化への応用	高野 良二	名 古 屋
38- 6- 6	規格協会関西支部	関西品質管理 セミナ 基礎 コース	小島井 繁	本 社
38- 6- 8	大阪府	電解加工の概要	齊 藤 長 男	研 究 所
38- 6- 8	規格協会関西支部	関西品質管理 セミナ 基礎 コース 終了式	小島井 繁	本 社
38- 6-10	新潟大学工学部	放電加工	東田 孝彦	無 線 機
38- 6-13	自動アーク小委員会	自動アーク溶接機の使用上の問題点について	牧田孝次郎	伊 丹
38- 6-11	岐阜経営者協会	CCS 経営講座 一統制および運営一	前田 幸夫	本 社
38- 6-14	接着技術協会	シアノエチルセルロースの接着性	伊藤 公男・小 野 博	研 究 所
38- 6-14	東北大学通研第 107 回伝送工学研究会	低雑音 アンテナ	喜連川 隆	研 究 所
38- 6-14	大鉄局	三菱灯分電盤用 シュ断器について	松尾 昭二	福 山
38- 6-15	早稲田大学	工場における IE 技術者	高田 真藏	本 社
38- 6-15	接着技術協会	接着剤の放射線劣化	伊藤 公男	研 究 所
38- 6-18	日刊工業新聞社	制御装置としての SCR の応用	加藤 又彦	伊 丹
38- 6-19	規格協会関西支部	関西品質管理 セミナ 応用 コース	小島井 繁	本 社
38- 6-20	税関研修所	原子力の将来性	岸田 公治	伊 丹
38- 6-21	日本電機工業会大阪支部	最近の半導体とその電動機への応用 Self-Organizing System における認識関数の設計理論	岡 久 雄	研 究 所
38- 6-22	輻射科学研究会	広帯域 サイクルレーザ 形 エキサダイオード 増幅器	喜連川 隆・白 幡 潔 武 富 大 兄・立 山 茂	研 究 所
38- 6-22	輻射科学研究会	マイクロ 波 フェライト 回路研究の最近の スウ 勢	中原昭次郎	研 究 所
38- 6-24	学術振興会	100 kW 電子 ビーム 溶解炉について	藤 永 敦・八十田尚治 宇 川 彰・竹内守久	研 究 所
38- 6-28	電気学会、非線形磁気応用委	直交磁界形磁気変調器	山崎 英藏	研 究 所
83- 6-28	日本鋳物協会	リグニルゼン の高温特性について	栗原 成男	名 古 屋
38- 7- 5	産業訓練協会	CCS 講座 —IE—	前田 幸夫	本 社
38- 7-10	国民工業振興会名古屋支部	メッキ 作業と管理	鬼塚 正浩	名 古 屋
38- 7-12	日本鋳物協会 セルモード 協会共催	リグニルゼン を電動機部品の シェルモールド 鋳物に 応用した例について	栗原 成男	名 古 屋
38- 7-16	日刊工業新聞社	電解加工機の加工技術	伊 藤 明	名 古 屋
38- 7-17	規格協会	第二回 QC 部課長 コース	小島井 繁	本 社
38- 7-23~25	北海道電力 (本店、室蘭支店、函館支店)	緑料金制度用計器について	武田 克己	福 山
38- 7-23	新三菱重工	MIG 溶接における アルミニウム 心線の溶着現象	山本 利雄	研 究 所

三菱電機技報 Vol. 37 No. 12

- 赤外線 ホームコタツ
- インパルスレーザ 実験装置の放射線 モニタ
- 核磁気共鳴信号検出器の特性
- OL 形栓上変圧気過負荷表示器
- 240 kV, 15,000 MVA, 2,000 A, SF₆ ショット断器
- 入換機関車無線操縦装置
- 複合認識系の実験
- BF₃ 比例計数管
- ホットケーブ内で用いる各種加工機
- EH 形キュービクル 開閉装置
- 遠心脱水機のふれまわり運動
- シリコンカーバイドの結晶成長 (1)
- ケイ素鋼帯の磁気特性連続自記装置 (1) 鉄損測定誤差
- 列車自動運転のための指令装置
- 200 号 プラントの活線洗浄試験
- 技術解説: 変圧器用絶縁油

三菱電機技報編集委員会

委員長	小倉弘毅
副委員長	宗村平
常任委員	明石精
"	安藤安二
"	大野寛孝
"	河合武彦
"	小堀富次雄
"	篠崎善助
"	高井得一郎
"	中野光雄
"	馬場文夫
"	宮内圭次
"	山田栄一
委員	岩原二郎
"	片岡高示
"	樫本俊弥
"	堀真幸
"	向井徳樹

(以上 50 音順)

昭和 38 年 11 月 22 日印刷 昭和 38 年 11 月 25 日発行
「禁無断転載」 定価 1 部 金 100 円 (送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 小倉弘毅

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 高橋武夫

発行所

三菱電機株式会社内「三菱電機技報社」
東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内)
(電) 東京 (212) 大代表 6111

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 の 1 株式会社オーム社書店
電話 (291) 0915・0916 振替東京 20018

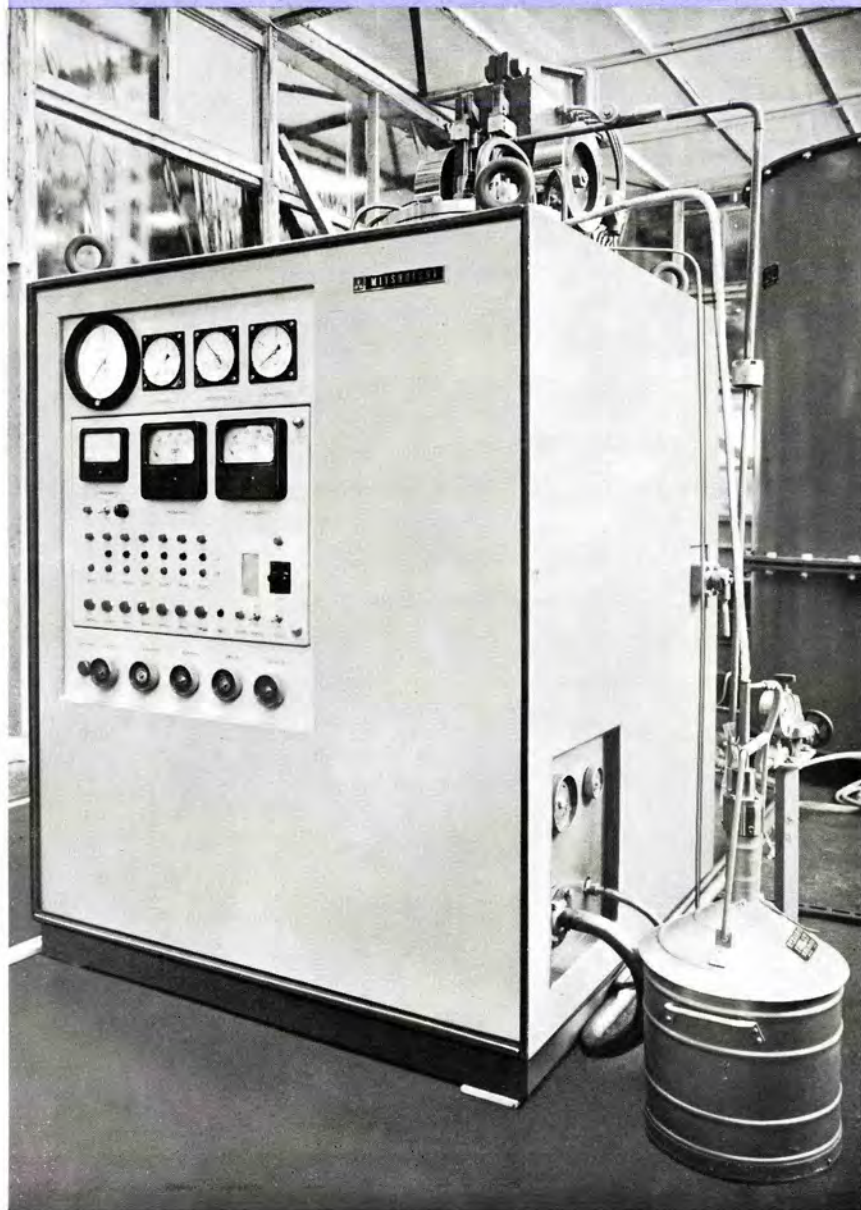
本社 営業所 研究所 製作所 工場 所在地

本 社	東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111
大阪営業所	大阪市北区堂島北町 8 番地 1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町 8 番地 1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋営業所	名古屋市中区広小路通り 2 の 4 (電) 本局 (23) 大代表 6231
" 商品部	名古屋市中村区広井町 3 丁目 88 番地 (大名古屋ビル内) (電) 名古屋 (56) 大代表 (5311)
福岡営業所	福岡市天神町 58 番地 (天神ビル内) (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌営業所	札幌市北二条西 4 丁目 1 番地 (北海道ビル内) (電) 札幌 (6) 大代表 9111
仙台営業所	仙台市大町 4 丁目 17 番地 (新仙台ビル内) (電) 仙台 (22) 代表 6101
富山営業所	富山市総曲輪 490 の 3 (明治生命館内) (電) 富山 (3) 代表 3151
広島営業所	広島市八丁堀 63 番地 (昭和ビル内) (電) 広島 (21) 4411~8
高松営業所	高松市寿町 1 丁目 4 番地 (第一生命ビル内) (電) 高松 (2) 代表 5021・4416 (直通)
北九州出張所	北九州市小倉区京町 10 丁目 281 番地 (電) 小倉 (52) 8234
静岡出張所	静岡市七間町 9 番地 10 (電) 静岡 (53) 代表 9186
岡山出張所	岡山市上石井 174 番地 (岡山会館 4 階) (電) 岡山 (4) 0331~2
長崎出張所	長崎市江戸町 30 (電) (2) 0293
金沢出張所	金沢市田丸町 55 番地 1 (電) 金沢 (3) 6213
研 究 所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
商品研究所	鎌倉市大船 782 番地 (電) 大船 (6) 代表 3131
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町 3 丁目 (電) 兵庫 (67) 代表 5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 8021 伊丹局代表 2481
長崎製作所	長崎市平戸小屋町 122 番地 (電) 長崎 (3) 代表 3101
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町 18 丁目 1 番地 (電) 名古屋 (73) 代表 1531
福岡製作所	福岡市今宿青木 690 番地 (電) 福岡 (代表) 0431
福山製作所	福山市沖野上町 6 丁目 709 番地 (電) 福山 (2) 代表 2800
姫路製作所	姫路市千代田町 840 番地 (電) 姫路 (23) 大代表 1251
相模製作所	相模原市小山字久保 224 の 224 (電) 相模原 (0427) (7) 代表 3231・3241
静岡製作所	静岡市小籠 110 番地 (電) 静岡 (85) 大代表 1111
中津川製作所	中津川市駒場 928 番地 2 (電) 中津川 2121~8
和歌山製作所	和歌山市岡町 91 番地 (電) 和歌山 (3) 代表 1275
大船製作所	鎌倉市大船 800 番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 2121
郡山製作所	郡山市字境橋町 1 番地 (電) 郡山 (2) 1220~1223
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松 80 番地 (電) 尾島 270 番 太田代表 4311 番
無線機製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池 1 番地 (電) 伊丹 大代表 5131
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋 325 番地 (電) 鎌倉 (6) 大代表 6171
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字園所 1 (電) 京都 (92) 代表 1141
鎌倉製作所	名古屋市中区矢田町 18 丁目 1 番地 (電) 名古屋 (73) 代表 1531
名古屋工場	
札幌修理工場	札幌市北二条東 12 丁目 98 番地 (電) 札幌 (2) 3976

UL-80形 ヘリウム液化装置(標準機)完成

極低温領域における
各種研究開発に活躍が期待される

UL-80 形 ヘリウム 液化装置本体外観



この装置は昭和 36 年末試作に成功し、機械式ヘリウム液化装置の国産第一号となり各方面から注目を浴びたが、その後各部分にわたって改良を加え、このたび標準機として UL-80 形を完成した。極低温域における諸々の研究開発が進んでいる今日、本機の果す役割もますます重要なものとなってきた。

おもな仕様は下記のとおりである。

1. ヘリウム 液化能力 8 l/h
2. 起動時間 2 h

(いずれも液体窒素による予冷のある時)

3. 液体 ヘリウム 貯蔵量 15 l

またおもな特長は下記のとおりである。

(1) 液化機本体の液化室は実験用クライオスタットとして使用できる。

実験温度範囲 2~300°K

(2) ヘリウム の他に水素、ネオン、アルゴン、窒素などの低沸点ガスの液化に使用できる。

(3) 液化機本体はコンパクトにまとめられ、運転操作が容易で、各種保護装置が完備し安心して使用できる。

なお現在までに 20 l/h および 8 l/h のヘリウム 液化装置、10 l/h の水素液化装置などをすでに受注し、目下製作中である。



社会と企業を結ぶPR施設
三菱電機スカイリンク