

第 91 図 電動送風機特性

の通りである。
風量は主電動機の容量に依て異なるが、普通 200~250kW のものに對し 40~60 m³/m である。又送風機はプロペラ形又はショック形が用ひられる。



第 92 図 電動空気圧縮機

20. 電動空気圧縮機 これは制動装置、制御装置、戸閉装置、警笛等の操作に必要な壓縮空気を送る装置で、普通直接電動機と壓縮機とを組合せたものである。壓縮機は現在ピストン式が最も採用されて居るが、この外にロータリー式もある。第 92 図はピストン式の構造を示す。

第 15 表

その容量は電氣車の種類及重量に依て多少異なるが、一例を示せば第 15 表の通りである。

	自重 (t)	電動機出力 (kW) (三十分定格)
電氣車の場合	40t 電氣車+30t 兩端車	6
電氣機關車の場合	100t 機關車+800t 旅客列車	6×2

本装置には附属品として必ず壓力加減器を備へて居る。加減器は主空氣溜の壓力を常に或る範圍内に保つ爲に自動的に電動機の回路を開閉する役目をなす。その範圍は普通最大 8 kg/cm²、最低 6 kg/cm² である。

第 6 章 車 體 及 臺 車

1. 車體の種類 電氣車と電氣機關車とで非常にその趣を異にして居る。又使用箇所或は用途に依ても種々の様式がある。

a. 電氣機關車 多く箱型でその兩端が孰れも運轉室になつて居るが、貨物列車の入換作業に使用するものにあつては中央の一部だけが箱型になつて居るものもある。

b. 電 車

(1) 密閉車 一般に使用されて居るもので、周圍が密閉してあり、その兩側の前後に出入口が設けてある。又大型の電氣車ではその中央兩側にも出入口が設けてある。

(2) 開放車 兩柱及間柱だけで側壁がない。即ち周圍が全部開放されて居る。又

横座席のものが多い。これは主として暑い地方に使用されるもので、本邦のやうに雨、濕氣及塵埃の多い處には適當しない。

(3) コンバーチブルカー 必要に應じ密閉車又は開放車とし得る車。

(4) セミ・コンバーチブルカー 車體の一部が密閉又は開放し得る車。

(5) 二階付電氣車 多く低速のものである。又この種の車は衣服、履物等の關係で本邦には適應しない。

(6) 貨金前掛車 停車時間を少くし乗客の混雑を緩和する目的で、乗車の際入口に於て、乗客自身が収金箱に貨金を納入するやうになつて居る車である。又貨金を降車の際納入するやうにしたものもある。

(7) ワンマンカー 多く車的一端にのみ運轉室及出入口が設けてあつて、運轉手一人で車掌の職務をも兼ねて居る。人件費を節約するため乗客の乗降が餘り頻繁でない線路に採用される。

2. 車體の構造

a. 使用材料に依る種別

(1) 木製車

(2) 半鋼製車 車體の骨組及外側板だけ鋼材を使用してあるもの。

(3) 鋼製車 骨組及外側板は勿論内部の大部分に鋼材を使用してあるもの。而して骨組及側板の組立は従来ボルト及鉄締めによつて居たが、最近電氣溶接が著しく進歩して來たのでこれによつたものも少くない。

b. 荷重分擔法

(1) 安全を主としたもので、自重及荷重の垂直重量全部を中梁に掛け、車體自體は自身の重量だけを支へるに足るもの。

(2) 輕快を主としたもので、垂直重量は全部車體の側構が擔ひ、中梁は單に車端衝擊に耐へるやうにしたもの。

(3) 上記二者を折衷したもので、垂直重量を中梁と側構とで分擔して居るもの。

(4) 垂直重量及車端衝擊を臺枠のみで負擔しこれを中梁及側構が分擔するもの即ち木製車の如きもの。

c. 各部の構造 電氣機關車の場合は機器配置その他用途に依て一定しないから、ここでは電氣車に就てのみ述べる。

(1) 床は鐵木張で、その上にリノリウムを引いたものもある。尙電動機の眞上にはその點檢口を設け、通常は蓋をして置くやうになつて居る。

(2) 腰掛は本邦では高さ約 40~45 cm、幅約 43~50 cm、長さ乗客 1 人當り 45~50 cm の割合である。

(3) 電氣車の定員を増す目的で、釣革や欄柵を設ける。

(4) 客扱時間を短縮する目的で、床の高さをプラットホームの高さと略々等しくし、出入口をなるべく多く設ける。

3. 臺車の種類

a. 使用材料及組成方法に依る區別

(1) パー・フレーム 數箇の平棒狀鐵片をボルト及鉄締めして組成したもので、軸口の緩み易い事とその缺點である。

(2) プレート・フレーム 鋼板より切取つた側枠を 鋼製横梁で連結して組成したもので、結合點が比較的少いから弛緩の憂は少いが鋼鐵に脆性が生じ易い。

(3) ソリッド・フォーチ・フレーム プレート・フレームよりも更に欄目が少いから一層頑丈である。

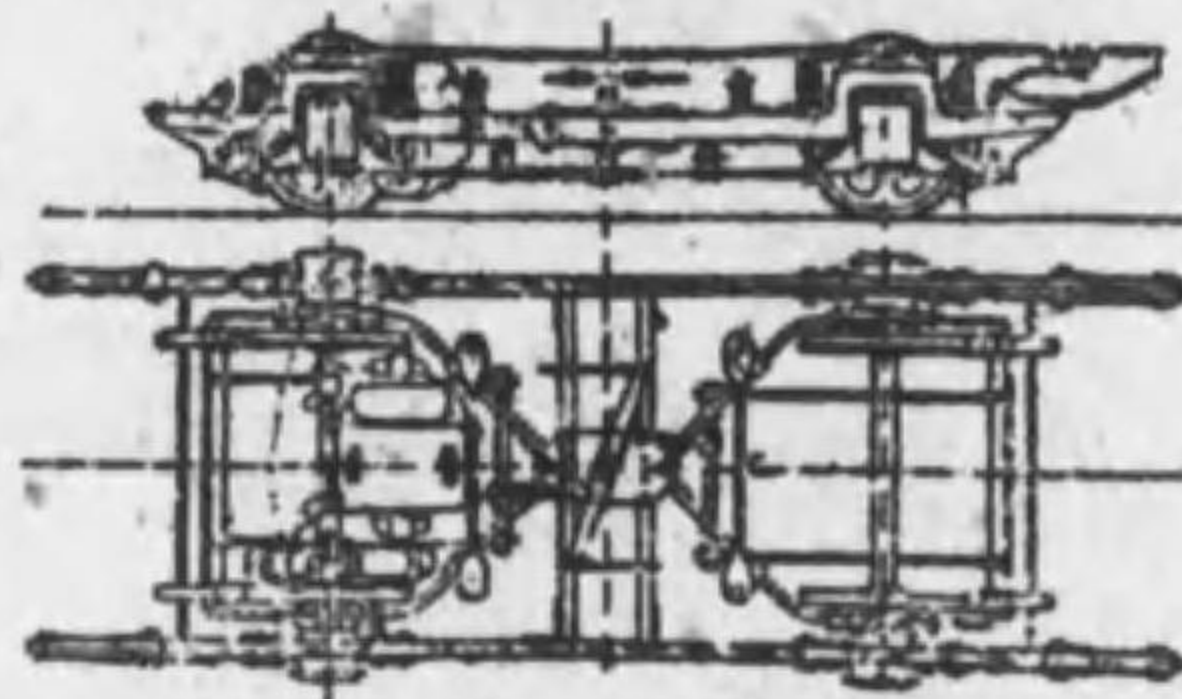
b. 構造上よりの區別

(1) 單臺車 これは車體の長さの餘り長くないものに用ひる。軸距は普通 2~3m である。低速度の市内電車又は小形の電気機関車に採用される。この種の臺車を使用した車輛の最大速度は 40km/h 位である。(第 93 圖参照)



第 93 圖 單臺車

(2) 四輪ラヂアル軸臺車 これは單臺車的一種ではあるが、普通の單臺車と異なる所は側面枠のヨークに於ける部分のみである。即ち車軸を互に並行に固定せず、一定の範囲内に於て自由に動き得るやうにした構造で、軌道の直線部では兩車軸は互に平行して居るが、曲線部では孰れも曲線の中心方向に向くやうになつて居る。従て普通の四輪車に於けるよりも長い軸距 (2.5~3.5m) にすることが出来る。(第 94 圖参照)

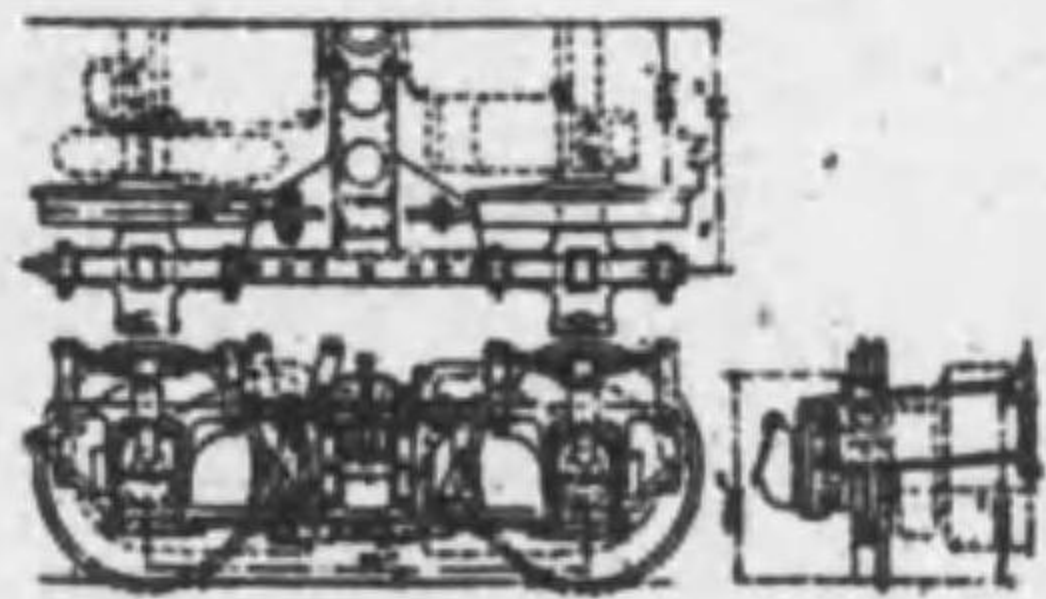


第 94 圖 四輪ラヂアル軸臺車

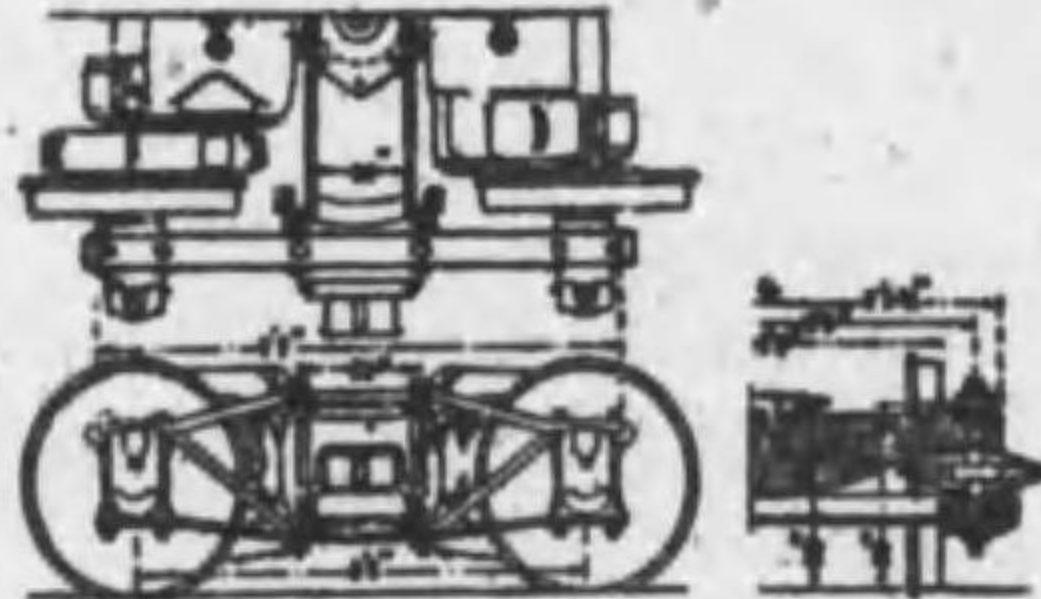
(3) ボギー臺車 これは車體と無關係に自由の位置を取り得る軸距の小さい臺車で、2 箇で車體を支へて居る。固定軸距は普通 2~4m 位の長い車體に用ひられる。尙これは構造上次の三型式に大別されて居る。

(i) 固定ボルスター型 本型式のものはボルスターが側面枠に固定せられて居つて、上下動に依る衝撃を緩和する作用が充分でない。従て主に貨物列車用電気機関車に使用せられて居る。(第 95 圖参照)

(ii) 浮動ボルスター型 本型式ではボルスターは側面枠に取付けられた俵條の上に支持されて居て、ボルスター自身も或る範囲だけ垂直運動をなし得る。これは一般の



第 95 圖 固定ボルスター型臺車

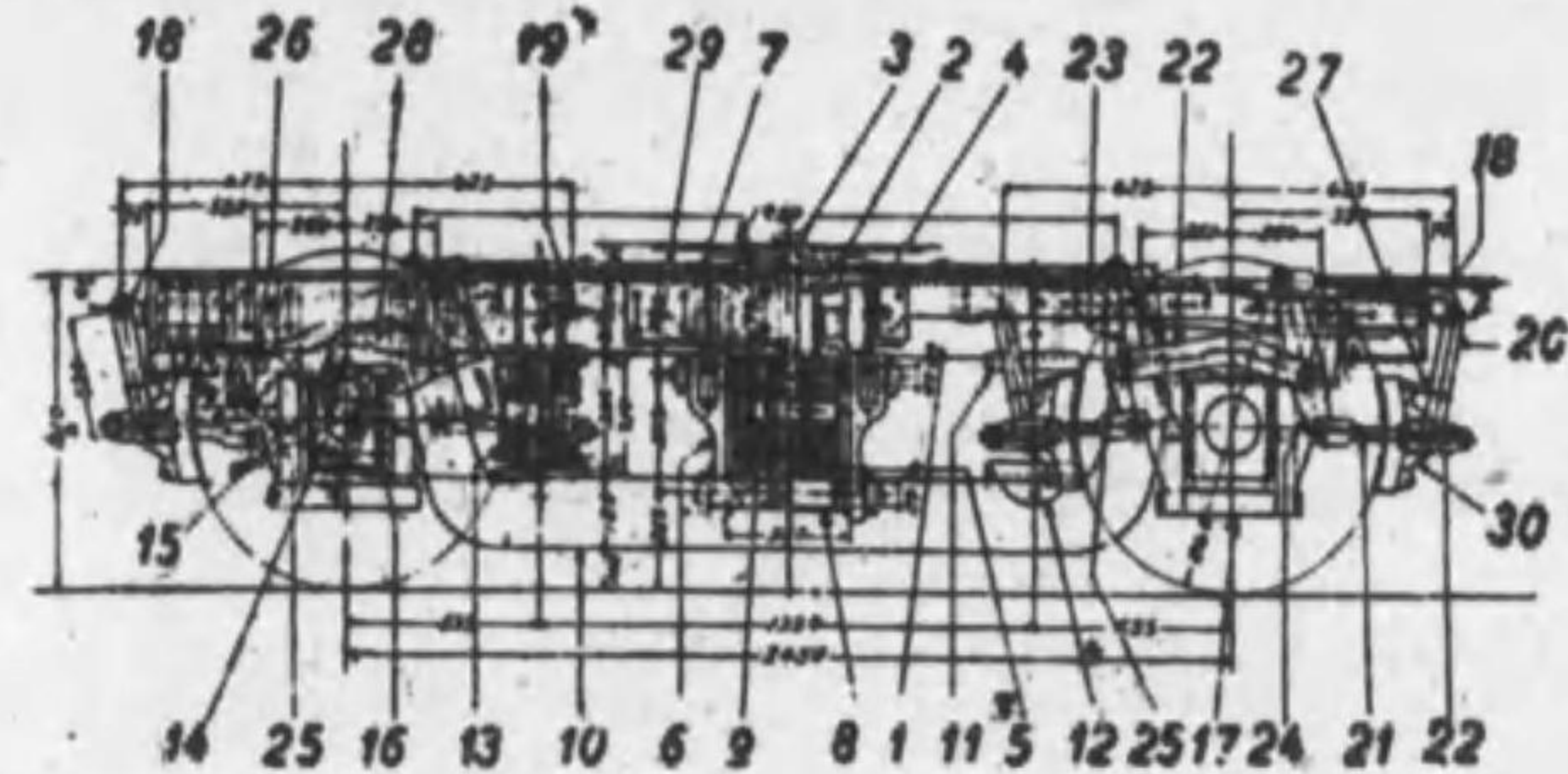


第 96 圖 浮動ボルスター型臺車

電気機関車に使用されて居る。(第 96 圖参照)

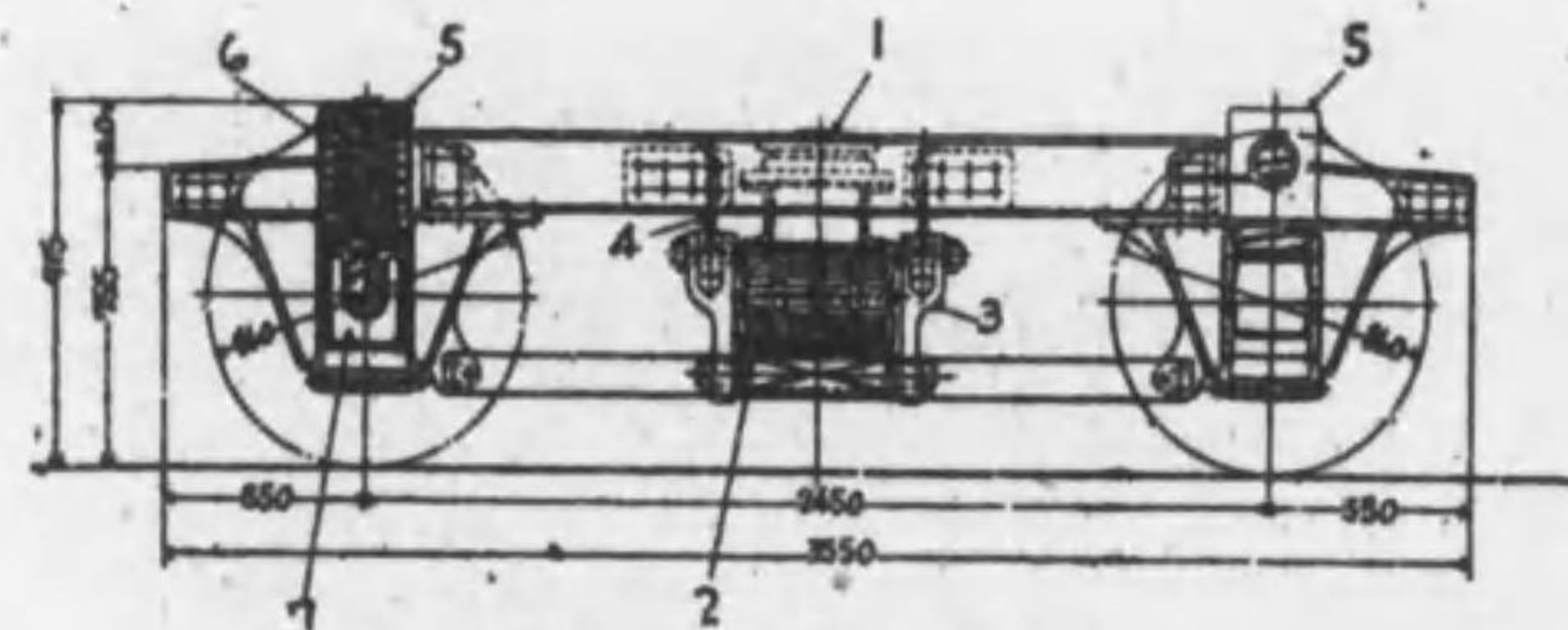
(iii) 揺動ボルスター型 本型式ではボルスターはボルスター・スプリングに依つて支持されて居る。而してボルスター・スプリングは兩側面枠に互に固定されて居るト

ソムに懸垂棒を以て吊したスプリング・プランク上に支へられて居る。これは主として高速電車に使用せられて居る。(第 97 圖参照)



1 臺車枠	7 揺動軸受	13 鈎合ベネ	19 制輪子軸受	25 制輪器
2 心皿	8 枕ピン	14 軸箱(第二種)	20 制輪子軸	26 制輪器
3 心皿ピン	9 枕ベネ	15 鈎合梁座	21 制輪棒	27 制輪子調整棒
4 上揺枕	10 鈎合梁	16 車軸受金	22 制輪棒	28 制輪棒
5 下揺枕	11 鈎合ベネ脚	17 軸箱守	23 制輪器	29 制輪棒
6 揺枕軸	12 鈎合ベネ座	18 制輪子軸受	24 制輪器	30 制輪子

第 97 圖 (a) 揺動ボルスター型臺車 (鐵道省標準型)



1 心皿	3 揺動軸	5 枕ベネ	7 軸箱
2 枕ベネ	4 揺動軸受	6 軸箱守	

第 97 圖 (b) 揺動ボルスター型臺車 (鐵道省標準ベシシルベニヤ型)

(4) マキシマム・トラクション臺車 これも一種のボギー臺車ではあるが、前後の車輪の直径を異にし、直径の大きい方の車輪を有する車輪に電動機が取付けてある。動軸にかかる全重量は車輛重量の約 75% である。これは牽引力を出来るだけ大ならしめるために採用されて居るが、遊輪軸の負擔重量が軽いため、脱輪の虞があるから低速度のものに限られて居る。(第 98 圖参照)

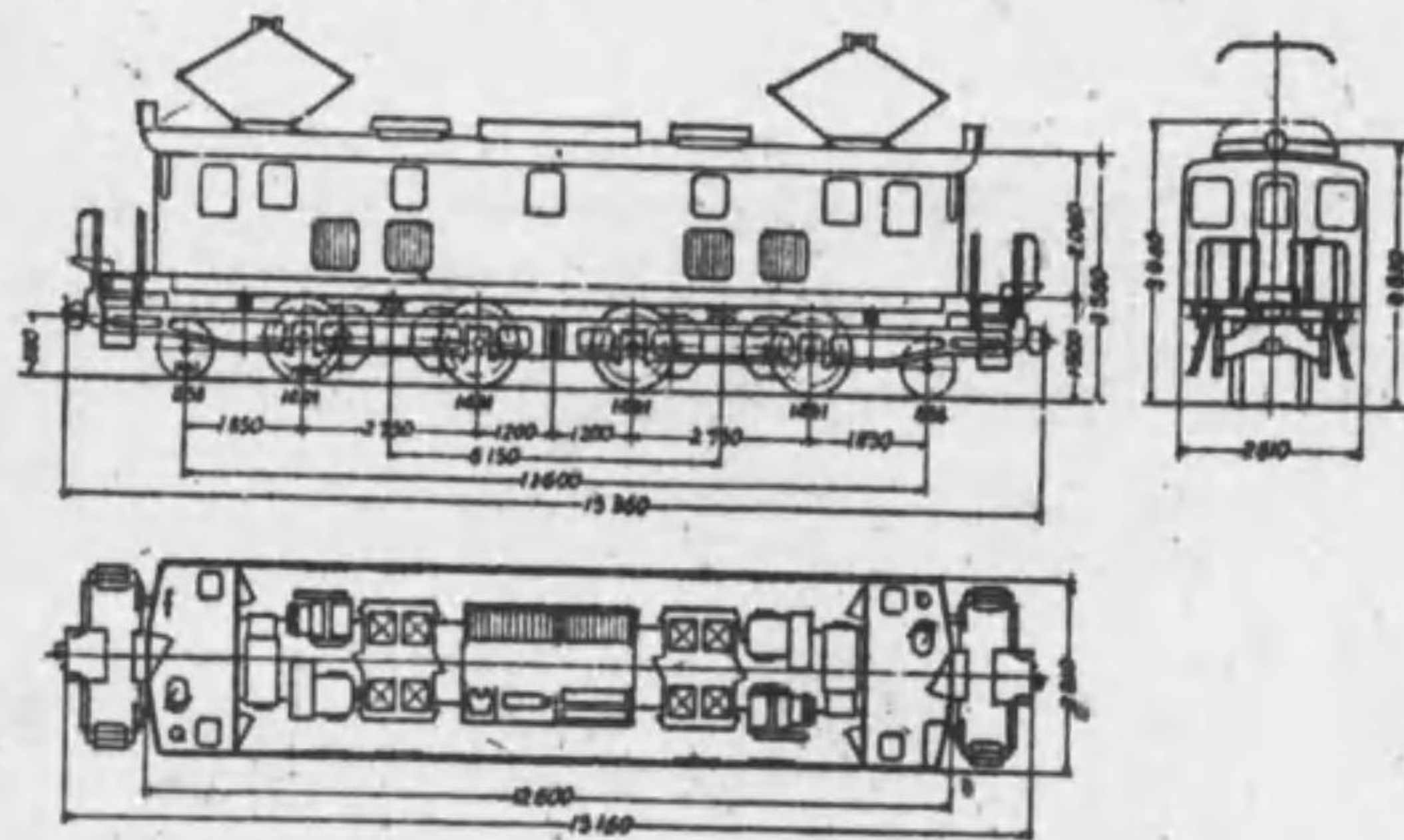


第 98 圖 マキシマム・トラクション臺車

第 7 章 電氣機關車及自動電氣車

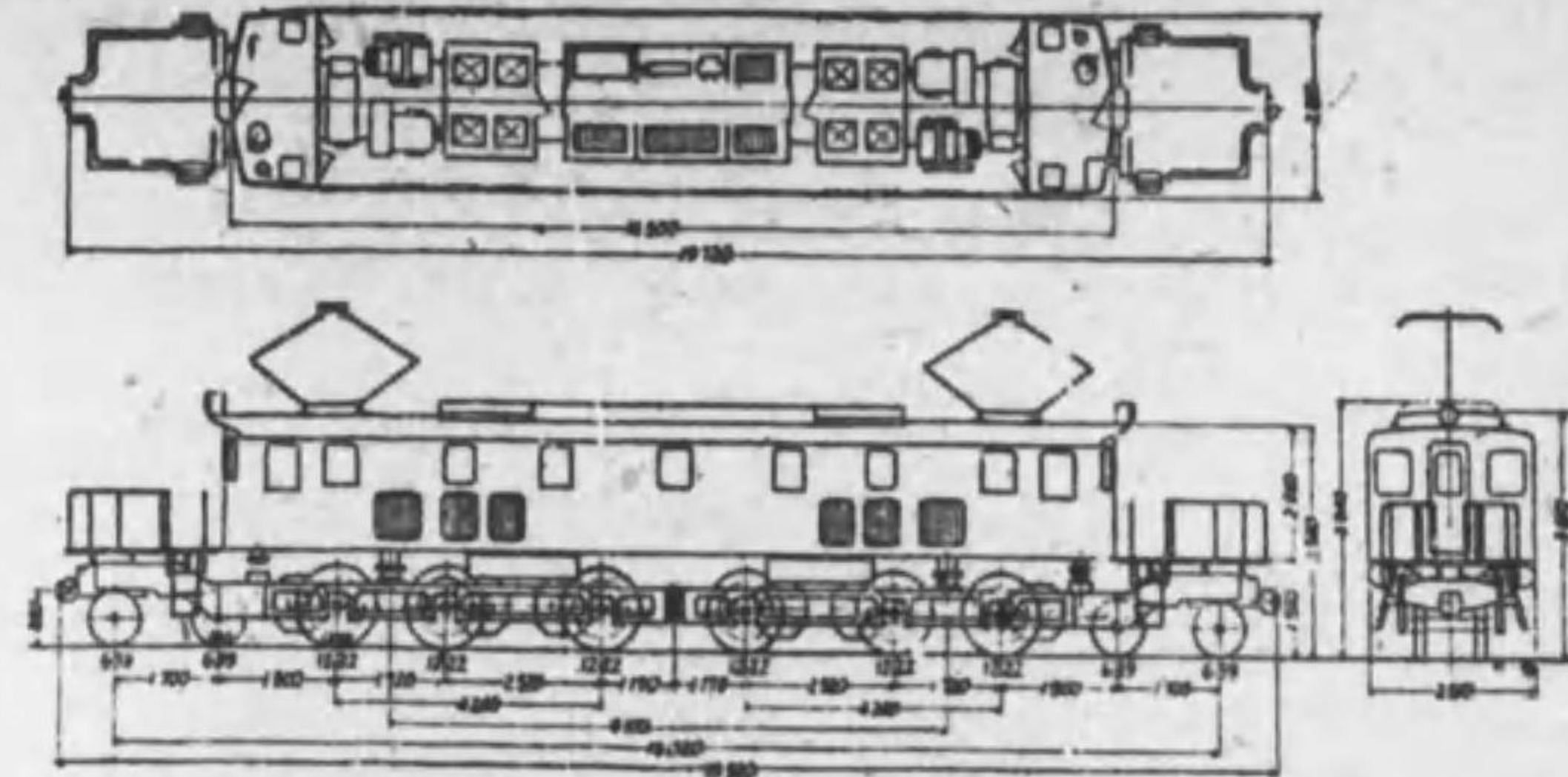
1. 電氣機關車の種別

- a. 直流式電氣機關車 直流直捲電動機を使用するもので、低圧式及高圧式の區別がある。
- b. 単相式電氣機關車 単相交流整流子電動機を使用するもので、この種のものには必ず変圧器を併せ備へて居る。
- c. 三相式電氣機關車 三相交流誘導電動機を使用するものである。
- d. 分相整流機式電氣機關車 三相交流誘導電動機を使用するが、単相交流を饋電せられるもので、分相整流機即ち變相機を装置する。
- e. 電動發電機式電氣機關車 直流直捲電動機を使用するものであるが、単相交流を饋電せられ、電動發電機を備へて交流を直流に変更する。
- f. ガソリン電氣機關車 ガソリン發動機に直捲發電機を直結し、發生電流に依り直流直捲電動機を運轉する機關車である。
- g. ディーゼル電氣機關車 ディーゼル機關に直捲發電機を直結し、發生電流に依り直流直捲電動機を運轉する機關車である。
- h. 蓄電池電氣機關車 蓄電池を機關車に搭載し、これに依り直流直捲電動機を運轉するものである。



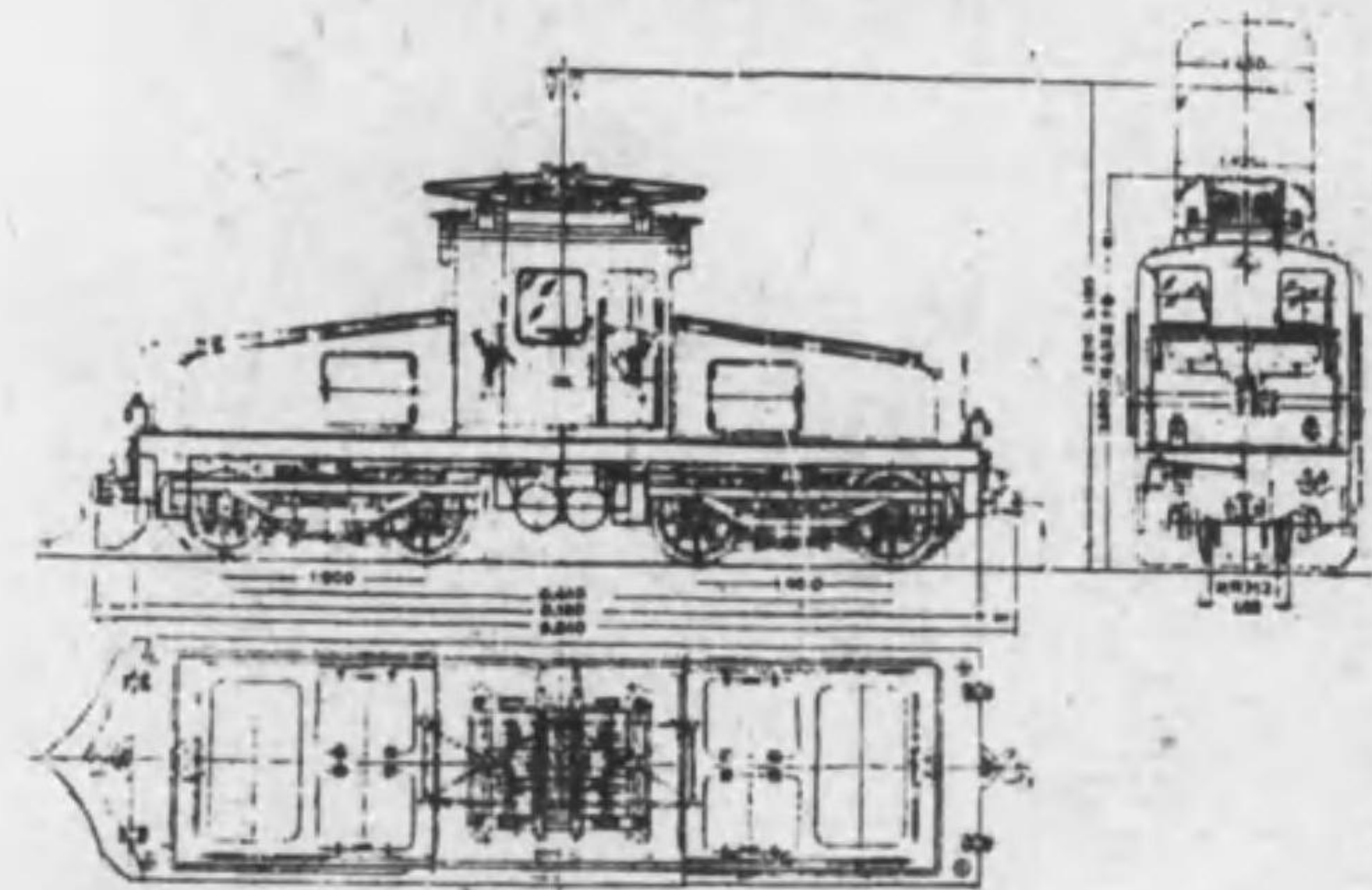
運轉整備の時の機關車重量	76.80 t	最大運轉速度	95 km/h
先輪上	17.16 t	主電動機型式	MT 17
動輪上	59.64 t	齒數	4
空車の時の機關車	76.40 t	齒數比	27:71=1:2.63
電氣方式	直流 1500 V	制御方式	繼括式
一時間定格出力	900 kW	制御裝置種類	單位スイッチ式
引張力	5600 kg	制御回路電壓	100 V
速度	60 km/h	主電動機昇磁制御方式	部分昇磁

第 99 圖 郊外及市間鐵道用電氣機關車



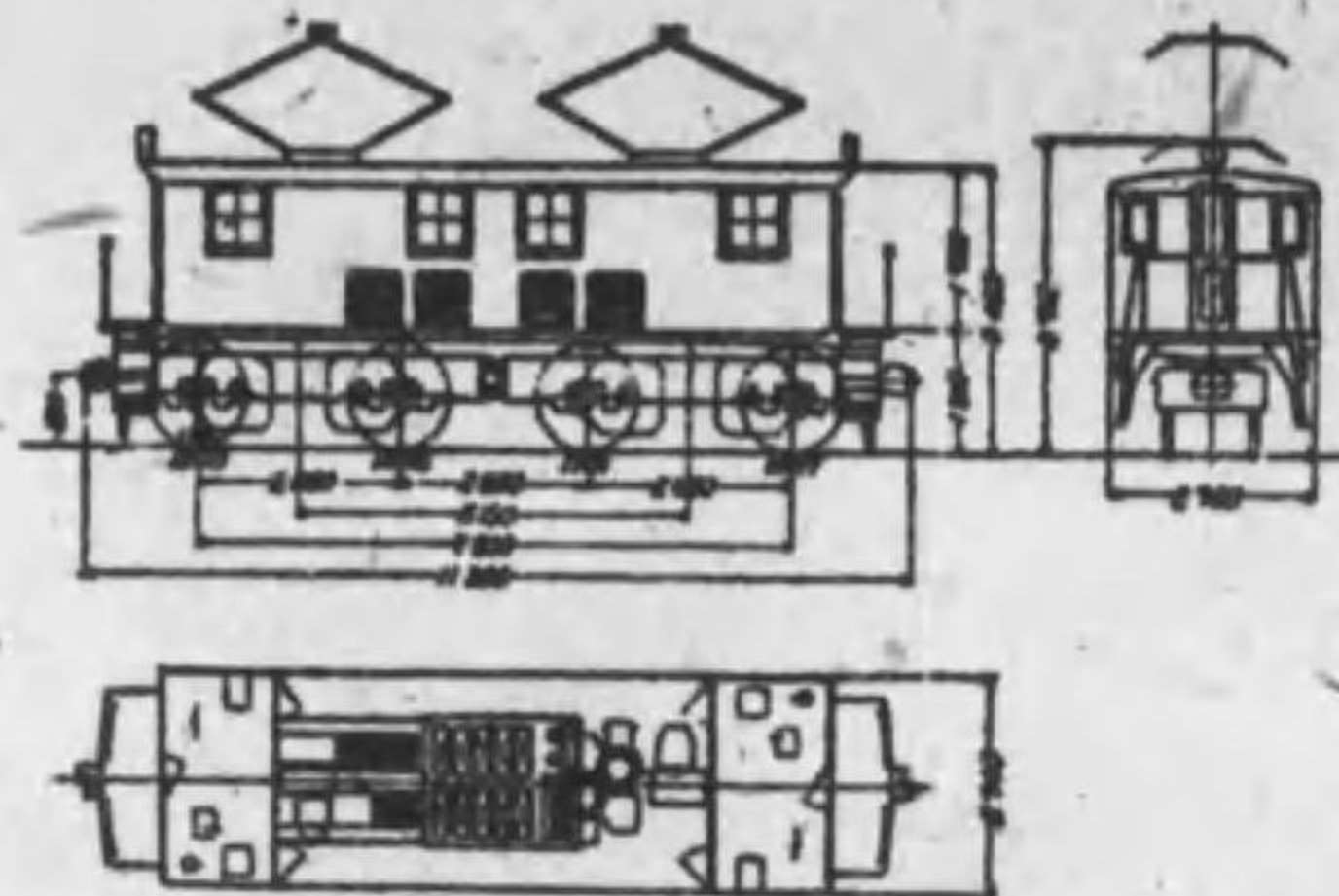
運轉整備の時の機關車重量	98.83 t	最大運轉速度	95 km/h
先輪上	25.56 t	主電動機型式	MT 17
動輪上	73.27 t	齒數	6
空車の時の機關車	98.37 t	齒數比	27:71=1:2.63
電氣方式	直流 1500 V	制御方式	繼括式
一時間定格出力	1350 kW	制御裝置種類	單位スイッチ式
引張力	7250 kg	制御回路電壓	100 V
速度	68 km/h	主電動機昇磁制御方式	部分昇磁

第 100 圖 幹線鐵道用電氣機關車



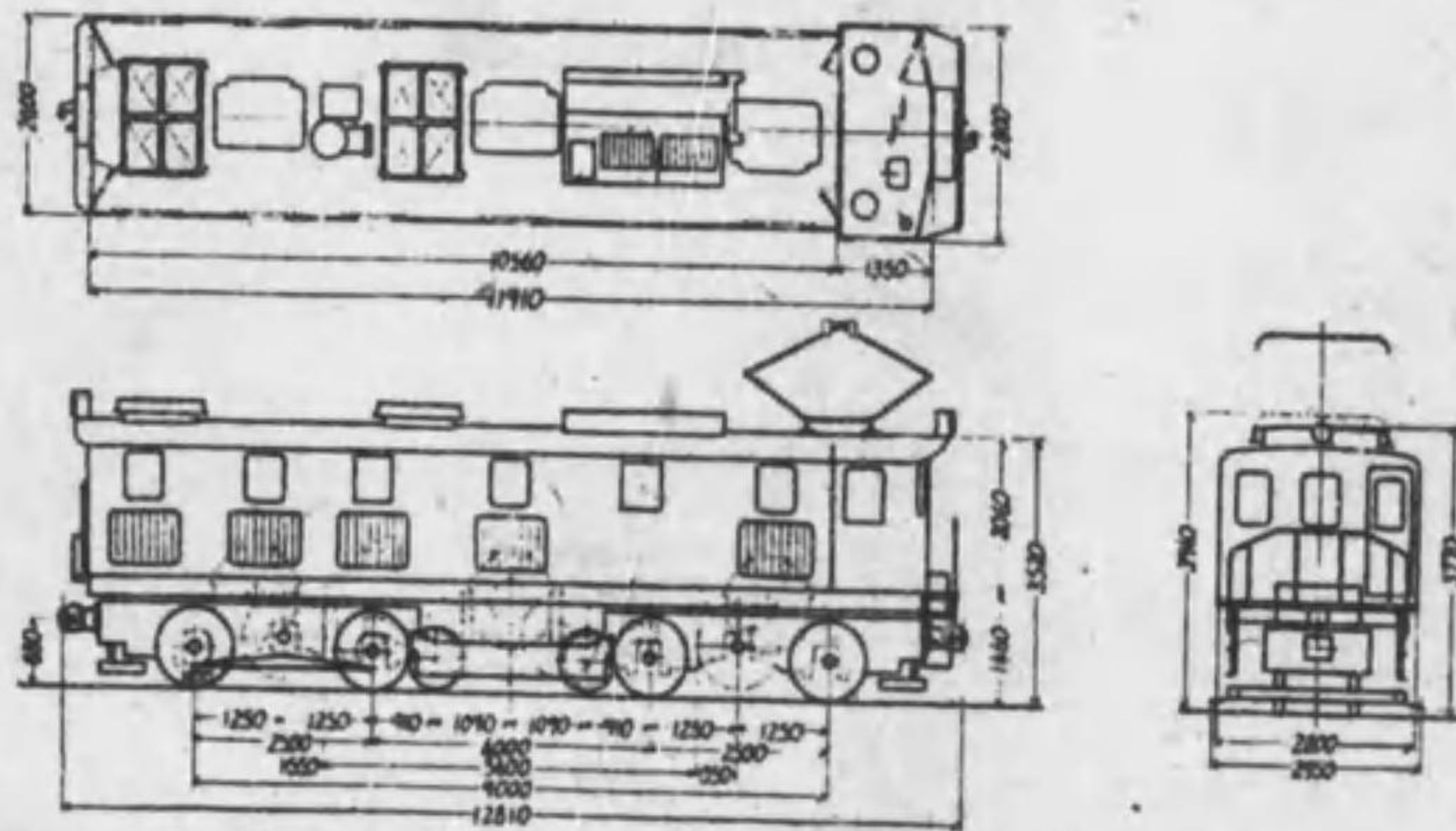
機關車重量	20 t	主電動機齒數	4
運轉整備重量	30.4 t	齒數比	79:15
電氣方式	直流 600 V	制御方式	繼括式
一時間定格出力	60 H.P. x 4	制御裝置種類	單位スイッチ式
引張力	4000 kg	制御回路電壓	600 V
速度	16 km/h	昇磁制御方式	なし
最大運轉速度	32 km/h	動輪直徑	914 mm
主電動機型式	自己通風		

第 101 圖 構内入換用電氣機關車



運転整備の時の機関車重量	59.97 t	主電動機型式	MT 8
空車の時の機関車重量	59.02 t	軸数	4
電気方式	直流 1500 V	歯数比	16:69 $\frac{1}{2}$:1:4.81
一時間定格出力	975 kW	制御方式	継接式
引張力	11,600 kg	制御装置種類	単位スイッチ式
速度	30 km/h	制御回路電圧	直流 100 V
最大運転速度	65 km/h	主電動機界磁制御方式	逐段分路昇磁

第 102 圖 貨物列車用電気機関車



運転整備の時の機関車重量	約 62.50 t	主電動機型式	MT 27
空車の時の	約 61.90 t	軸数	3
電気方式	直流 600 V	歯数比(動輪)	20:93=1:4.65
一時間定格出力	525 kW	(ラック)	65:105 \times 26:58=1:3.72
引張力(動輪区間)	9,300 kg	制御方式	継接式
(ラック区間)	13,800 kg	制御装置種類	単位スイッチ式
速度	14 km/h	制御回路電圧	直流 100 V
最大運転速度(動輪区間)	25 km/h	主電動機界磁制御方式	なし
(ラック区間)	18 km/h		

第 103 圖 山岳地方用電気機関車

2. 用途に依る電気機関車の種別

- a. 郊外及市間線道用 加速度が大で (1 km/h/s 以上) 最高速度高く (85 km/h 以上) 制動力の強大な (1.5 km/h/s 以上) ものが用ひられる。(第 99 圖参照)
- b. 幹線道用 最も快速に走行し得るものが用ひられる。(第 100 圖参照)
- c. 構内入換用 起動抵抗器の容量及牽引力が大で、機関車の前進及後進に當り見送しの良い構造のものが用ひられる。(第 101 圖参照)
- d. 貨物列車用 牽引力並に制動力の強大なものが用ひられる。(第 102 圖参照)
- e. 山岳地方用 歯数比を大として牽引力を大ならしめたものが使用される。電気回生制動装置を有するもの、又軌道にラックを設備し機関車の歯車と噛合せ運転をするもの等がある。(第 103 圖参照)

3. 車輪配置を表す方式 (第 104 圖参照)

- a. 一車臺にある動輪軸数を A, B, C, D 等の文字を以て表し、従輪軸数を 1, 2 等の数字を以て表す式。
- b. 一車臺にある動輪軸が單獨の場合を A で示し、二軸、三軸、四軸等連結した場合は B, C, D 等で示し、車臺がアーチキュレートされたものに「+」の符合を、アーチキュレートされないものに「-」の符合を用ひ、従輪軸数を 1, 2 等の数字を以て表す式。
- c. 一車臺にある動輪軸並に従輪軸を 0, 1, 2, 3 等の数字を以て表し、車輪数を示す数字の間には「-」の符合を用ひる式。

車輪配置	a	b	c
	BB	AA-AA	4-0-4
	BB	AA+AA	0-4-4-0
	1BB1	1AA+AA1	2-4-4-2
	1D1	1AAAA1	2-8-2
	2CC2	2AAA+AAA2	4-6-6-4
	D	D	0-8-0

第 104 圖 車輪配置の諸方式例

4. 傳動装置

a. 齒車式

- (1) 單一齒車式 動力を單一の齒車装置により動輪に傳へるものである。
- (2) 雙齒車式 動力を二つの齒車装置により動輪に傳へるものである。

以上二式に於てクイルを併用するものがある。

b. 無齒車式

(1) 直接無齒車式 主電動機軸に直接動輪を配置したもので、二極電動機が用いられる。

(2) クイル式 動輪車軸を囲む空處の電動機軸を螺旋彈條によつて動輪軸に連結せしめ動力を傳達するものである。

c. 連桿式

(1) 純連桿式 電動機を車室内に設置し得るので大容量のものを設計し得、又車蓋の振動を直接受けない。運転中に於ても點檢が出来る便がある。

(2) 齒車連桿併用式 連桿に加ふるに齒車を以てしたものであるから電動機の重量能率がよく運転が固滑に行はれるものである。

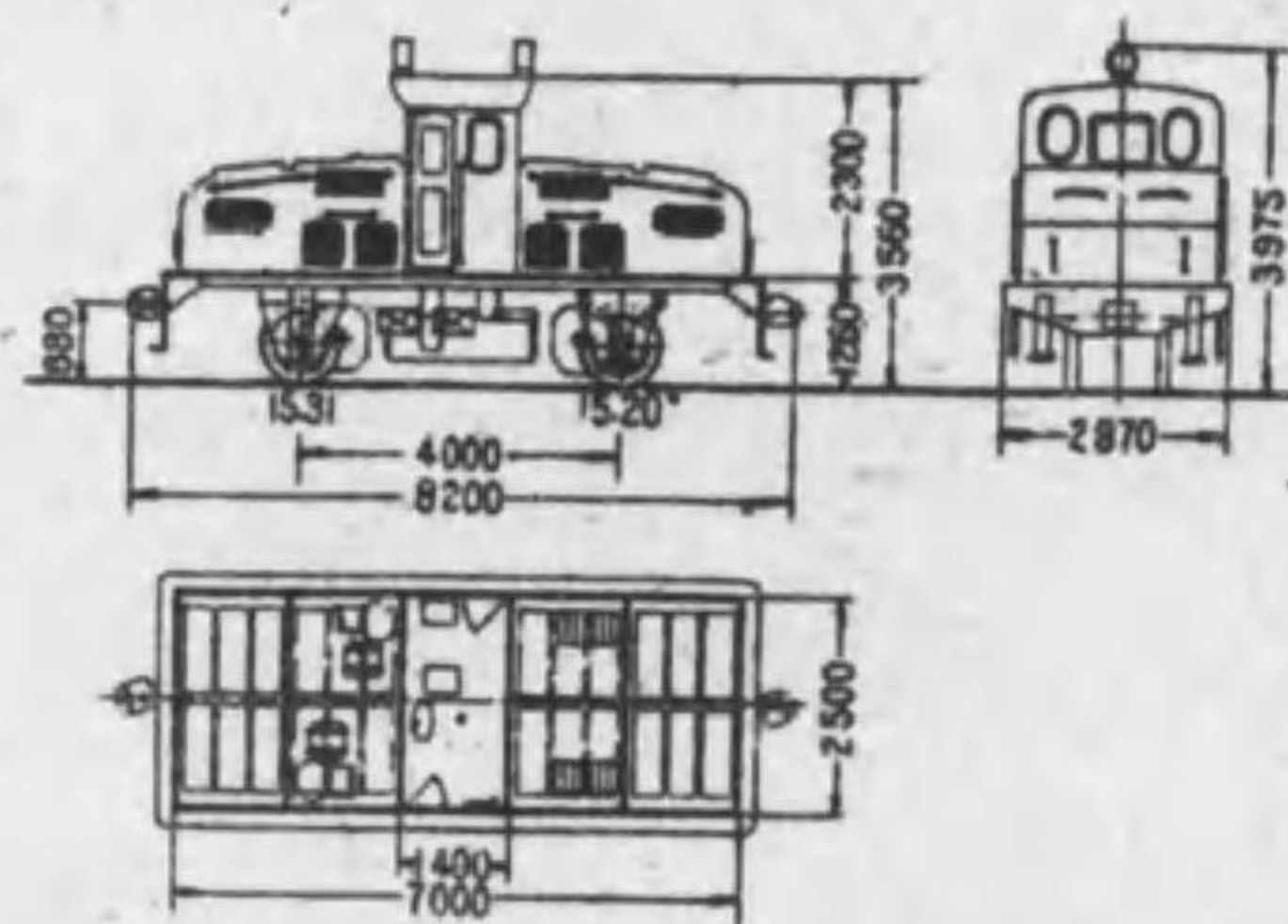
5. 電氣機關車の定格 次の諸項に依り決定せられる。

a. 動輪上の重量 動輪の重量をも含む動輪上の重量を云ふ。

b. 一時間牽引力 主電動機に一時間定格電流を通して運轉した時の動輪周の牽引力を云ふ。

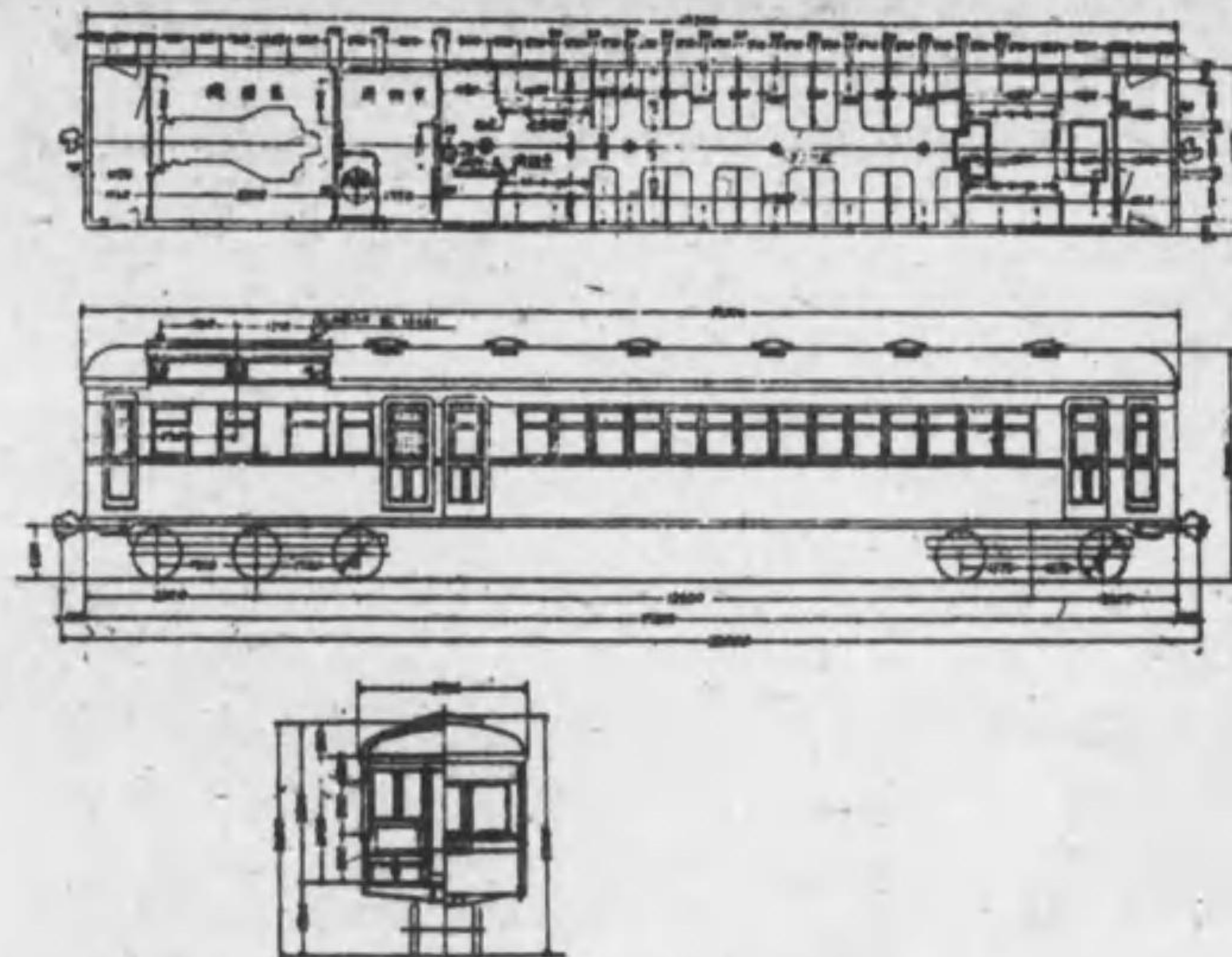
c. 連続牽引力 主電動機に連続定格電流を通して運轉した時の動輪周の牽引力を云ふ。

d. 定格速度 連続定格の牽引力を以て走行する時の速度を云ふ。



運轉重量	30.51 t	一時間定格速度	30 km/h
空車重量	30.27 t	最大速度	40 km/h
電氣方式	直流 300V	齒數比	17:71=1:4.18
蓄電池型式	AF1-16	制御方式	總括式
蓄電池個數	144	制御裝置種類	單位スイッチ式
蓄電池容量一時間放電	300 Ah	制御回路電壓	直流 100 V
一時間定格出力	64 × 2 = 128 kW	主電動機界磁制御方式	なし
一時間定格牽引力	2300 kg		

第 105 圖 蓄電池機關車



定員	84人	主發電機	
座席	28人	連続定格出力	135 kW
立席	56人	端子電壓	直流 750 V
自重(運轉整備の場合)	44 t	主電動機	MT 26
ガソリン機関		個數	2 個
连续定格出力	160 kW	一時間定格出力	80 kW
		最大速度	95 km/h

第 106 圖 ガソリン電車

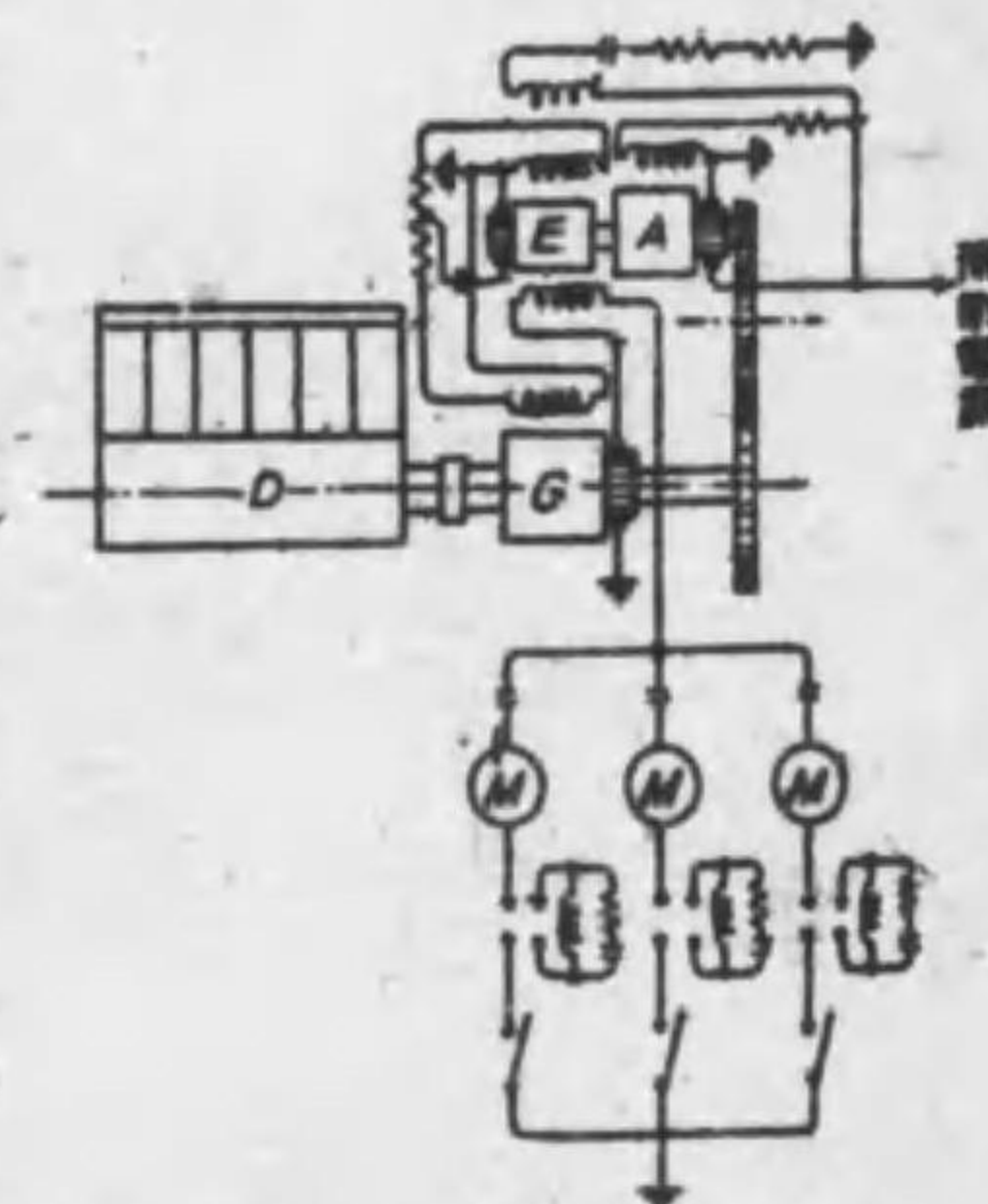
e. 起動用抵抗器の電流容量 起動電流及時間に對して上昇溫度が定められた値以下であるやうな容量を云ふ。

6. 自動電氣車

a. 蓄電池電氣機關車 (本章 1 及第 105 圖参照)

b. ガソリン電車 本車の一部を機關室とし、ガソリン機関を原動力として發電機を運轉し、その電流で直流直捲電動機を動かすものである。(第 106 圖参照)

c. ディーゼル電氣機關車及ディーゼル電車 何れもディーゼル機関を原動力として電動機を運轉するものである。(前者に對しては本章 1, 後者に對しては前項 b 並に第 107 圖参照)



D: ディーゼル機関 M: 主電動機 E: 原動機 G: 主發電機 A: 補助發電機

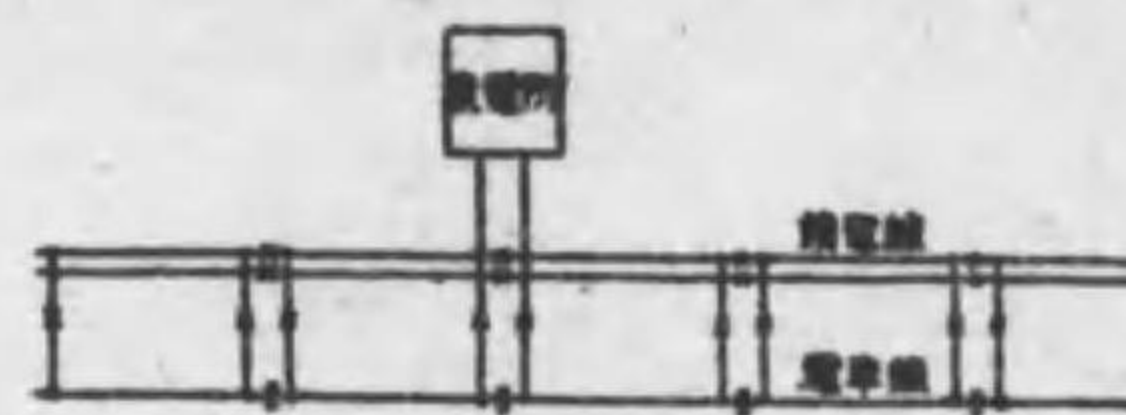
第 107 圖 ディーゼル電氣車接続圖

第 8 章 電 氣 鐵 道 に 於 け る 配 電

1. 直流配電方式の種類 直流配電方式には架空電車線式、第三軌條式及階梯架電式の三種がある。架空電車線式で軌條を歸線として利用してあるものを單線架電式（主として市外電車線の場合）と云ひ、利用してないものを雙線架電式（主として市街路面電氣鐵道の場合）と云ふ。電壓は低壓高壓共に用ひられ、低壓は主として 600 V、高壓は 750 V、1200 V 及 1500 V、更に高い電壓では 2400 V 及 3000 V が使用される。



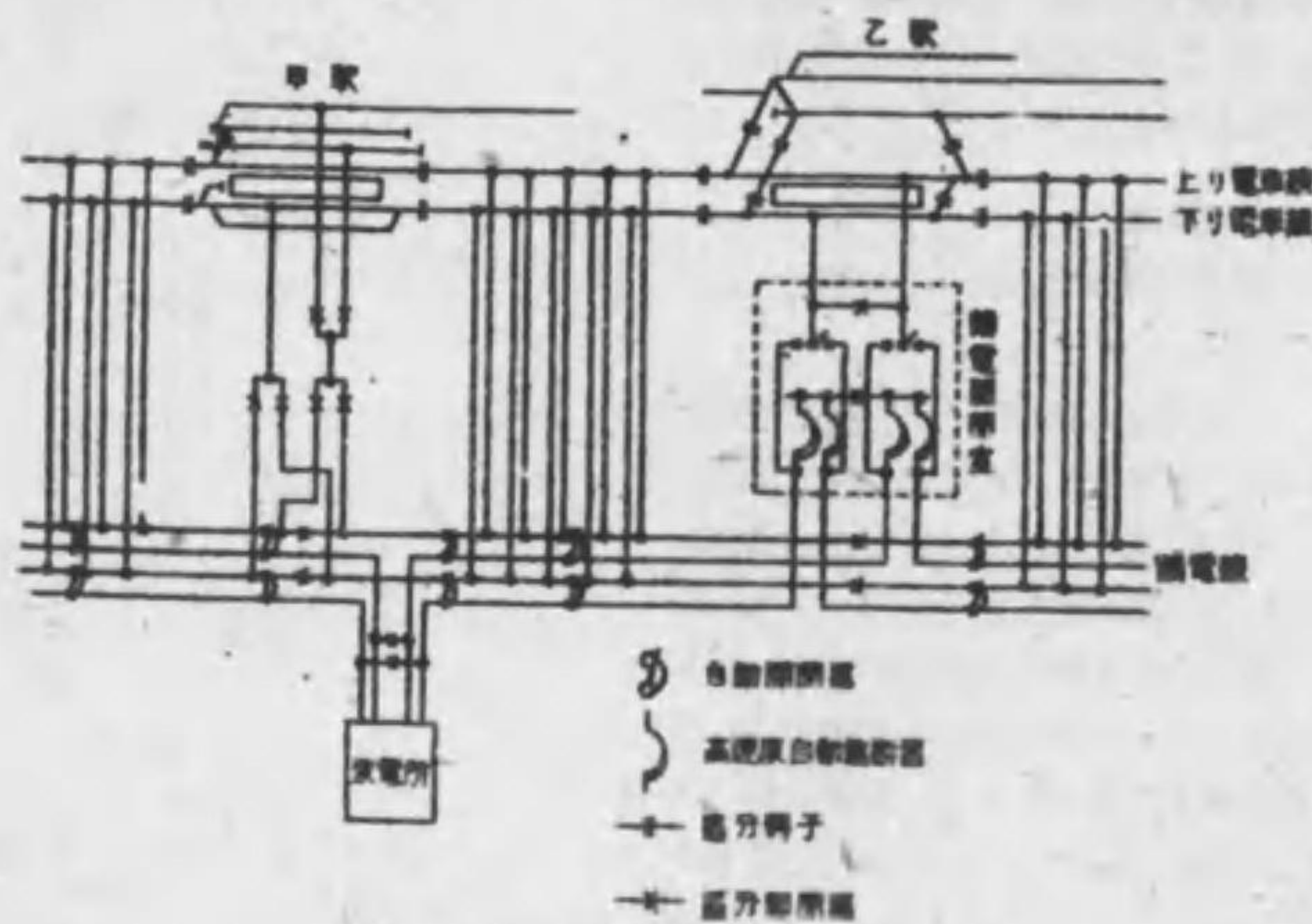
第 108 圖 直流式配電法



第 109 圖 直流式配電法

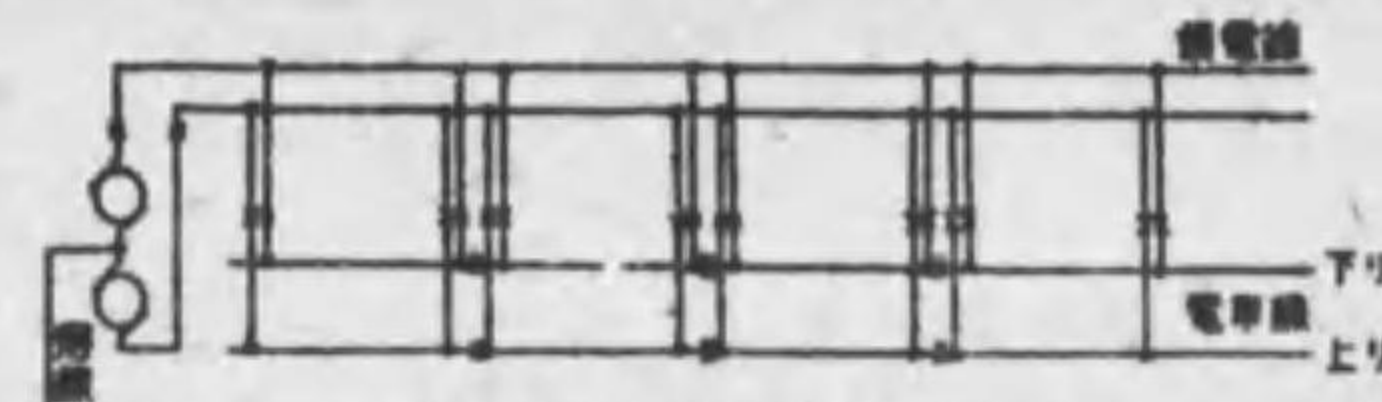
第 108 圖の如く、直流變電所より饋電線を用ひず直接電車線に配電する方式は、極めて小規模の場合以外には用ひられない。第 109 圖の方式は、最も多く採用せられてゐる方式で負荷に相應した饋電線を設け、適當な箇所で電車線に饋電するものである。道路上に電車線が架設せられる場合は、市街地に於ては 1 km 以下毎に、市街地外に於ては適當の長さに區分導子又はエヤーセクションを以て電車線を絶縁し區分閉閉器を以て單獨に饋電することが必要である。(電工規第 149 條)

第 110 圖の方法は、國有鐵道(東京附近)に於ける標準配電方式で、變電所から幹線電線に配電し、幹線電線は約 1.5 km 毎に自動閉閉器を以て電車線に直着けの饋電線に接続し、電車線は 0.5~0.8 km 毎に直着饋電線に直接に接続される。隣接變電所との中間に於て饋電閉閉器を設け、幹線電線は高速度遮斷器を経て一つの母線に結ばれ、饋電區間の分割併合をなし事故の區域を制限し又は上り下り線の均壓を計る。停車場構内又は電車庫



第 110 圖 直流式配電法

構内等は本線と單獨に饋電されるやうにしてある。自動閉閉器はその兩端子間に、規定電壓が加へられた場合に主接觸器が閉路し、過負荷の場合は主接觸器が閉路し電車線と幹線電線とを自動的に分離する装置である。



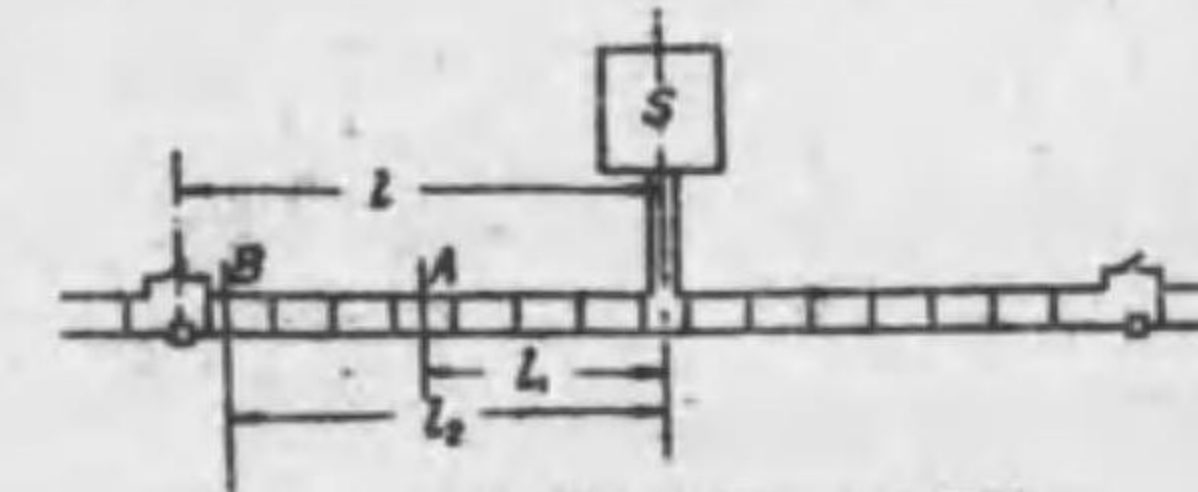
第 111 圖 直流三線式配電法

第 111 圖は三線式配電法である。これは歸線電流を軽減し、電線を節約することが出来る。變電所から距つた地點に於て規定電壓を保たしめる爲、負荷電流で降下する所の加減壓機を使用することがある。又電車負荷は特に朝夕の輻輳時に於ける尖頭負荷の爲負荷率が不良である。その尖頭負荷を除いて購入電力料金の低下を計るため、變電所に蓄電池を設け閉路時に充電して輻輳時に放電せしめることがある。

第 16 表

電氣鐵道の種類	電壓降下 (%)	
	平均	最大
市街線 (直流)	8	12
郊外及市間線 (〃)	10	20
幹線線 (〃)	12	25
郊外及幹線線 (交流)	5	10
幹線線 (〃)	5	10

2. 電壓降下 變電所毎線から電車電動機迄の許容電壓降下は第 16 表を普通とする。



A, B 列車の位置 S 変電所

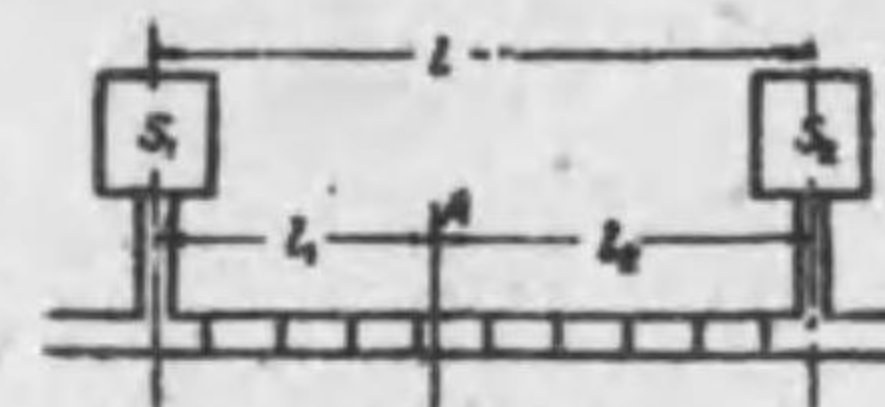
第 112 圖

3. 饋電線の計算 饋電線の太さは列車運轉計畫、常用電壓及線路の許容電壓降下等によつて決定される。列車運轉圖及負荷曲線から最大電壓降下を生ずべき時刻、及その時刻に於ける列車の位置及その所要電流を知つて計算される。一例を挙げると(第 112 圖参照)

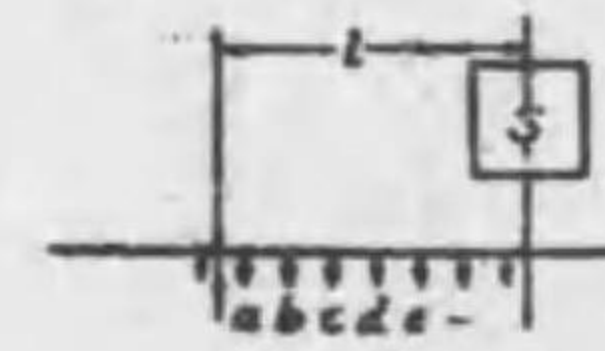
v …… 許容最大電壓降下 (V) l_1, l_2 …… 變電所から列車迄の距離 (m)
 I_1, I_2 …… A 及 B に於て列車に供給される電流 (A)
 R_s …… 歸線の抵抗 (Ω/m) R_T …… 電車線と饋電線との合成抵抗 (Ω/m)
 $R_T = \frac{v - R_s(I_1 l_1 + I_2 l_2)}{I_1 l_1 + I_2 l_2}$

電車線の太さを機械的強度等から決定すれば、この太さを差引いて饋電線の太さを算出することが出来る。

2 箇所の變電所から並列に饋電する場合には次の通りである。(第 113 圖)



第 113 圖



第 114 圖

I …列車に供給される総電流 (A) I_1, I_2 …變電所 S_1 及 S_2 から供給される電流 (A)
 l, l_1 及 l_2 … S_1 及 S_2 間の距離 (m) l_1, l_2 …列車の位置 A から各變電所に至る距離 (m)

$$\text{とすれば } I_1 = \frac{l_2}{l} I, \quad I_2 = \frac{l_1}{l} I$$

となり、前同様に算出することが出来る。

市街電車の場合一般に運轉車數が多數であるから平均負荷として計算する。第114圖に於て a, b, c 等に於ける各電車の電流で計算せず、一區間内 (l) に於ける電車に対する總電流が、變電所から $\frac{1}{2}l$ の所で取られるものとして計算する。

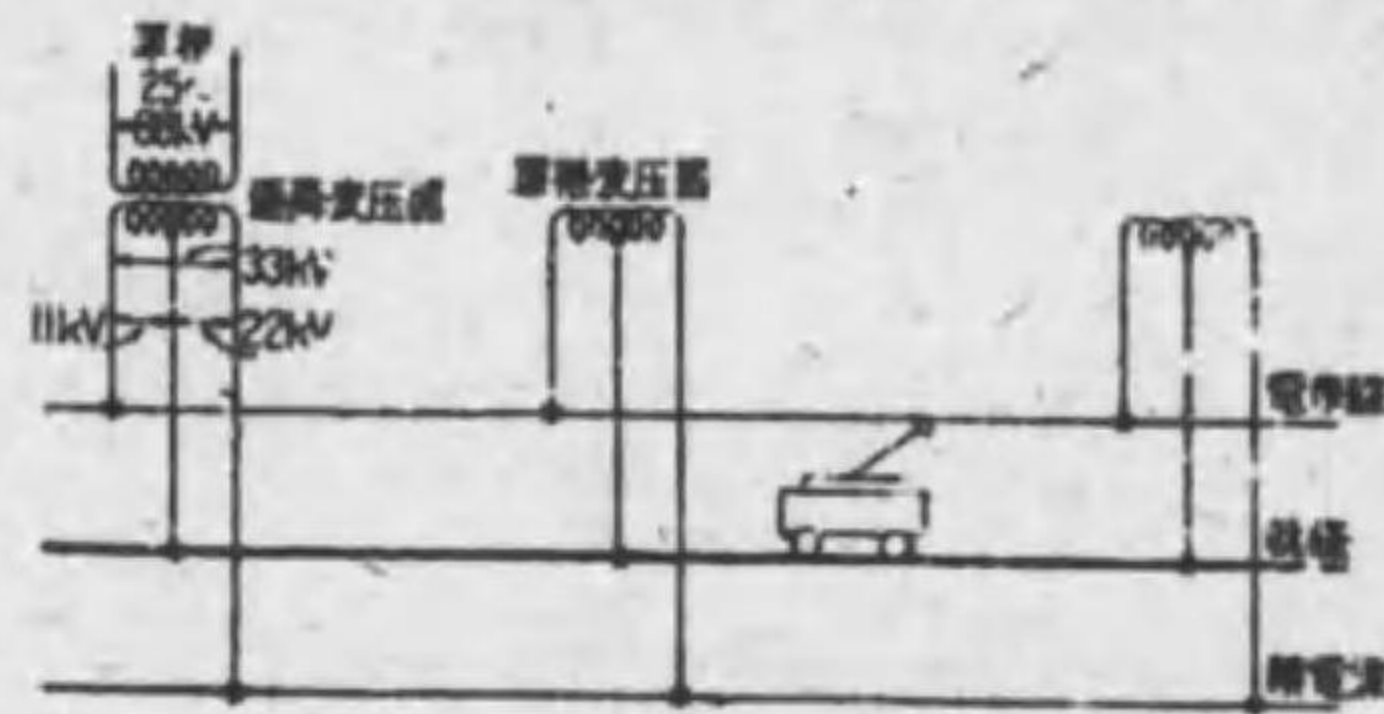
上述の電車線の抵抗は第 17 表電線特性表から計算される。歸線の抵抗の大部分である軌道抵抗 (單線軌道の場合) は次の式で算出する。

$$R = \frac{r(l-l_1) + r_1}{2} \times \frac{L}{l}$$

茲に R …軌道抵抗 (Ω) L …軌道互長 (m) l …軌條 1 本の長さ (m)
 l_1 …ボンドを施した欄目 1 箇の長さ (m) (ボンド端子の中心間の距離)
 r …軌條 1 m の抵抗 (Ω) r_1 …ボンドを施した欄目 1 箇の抵抗 (Ω)

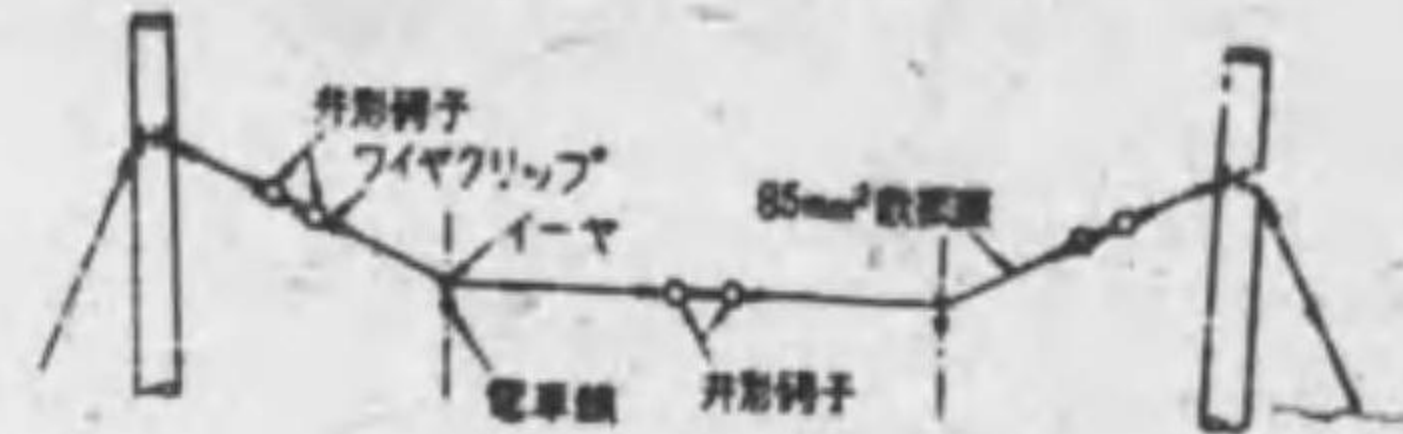
實際上軌道抵抗は兩側の軌條が各欄目のない一連の軌條からなるものとして計算した抵抗に、その 10~20% を欄目のための抵抗増加として加へたものになる。

4. 單相式の配電 單相交流架空電車線方式は歐米に於て多く採用せられる方式であつて、電車線電壓は一般に高く、11 000 V, 15 000 V, 16 000 V, 周波數は 15 $\frac{1}{2}$ 及 25 $\frac{1}{2}$ である。高電壓を使用する結果變電所間隔は遠く、饋電線はたい場合もある。一般に採用される單相交流架空電車線方式は、第 115 圖の如く單相變壓器を用ひ、饋電線電壓は電車線電壓の 2 倍又は 3 倍の電壓を使用し、線路に並行して居る通信線への誘導電界を軽減する。單相交流を得るに、發電所に於て單獨に單相交流發電機を運轉して送電するものと、一般の三相交流送電線より變電所に於て、單相低周波に變換して饋電する場合とがある。



第 115 圖 單相式配電の一例

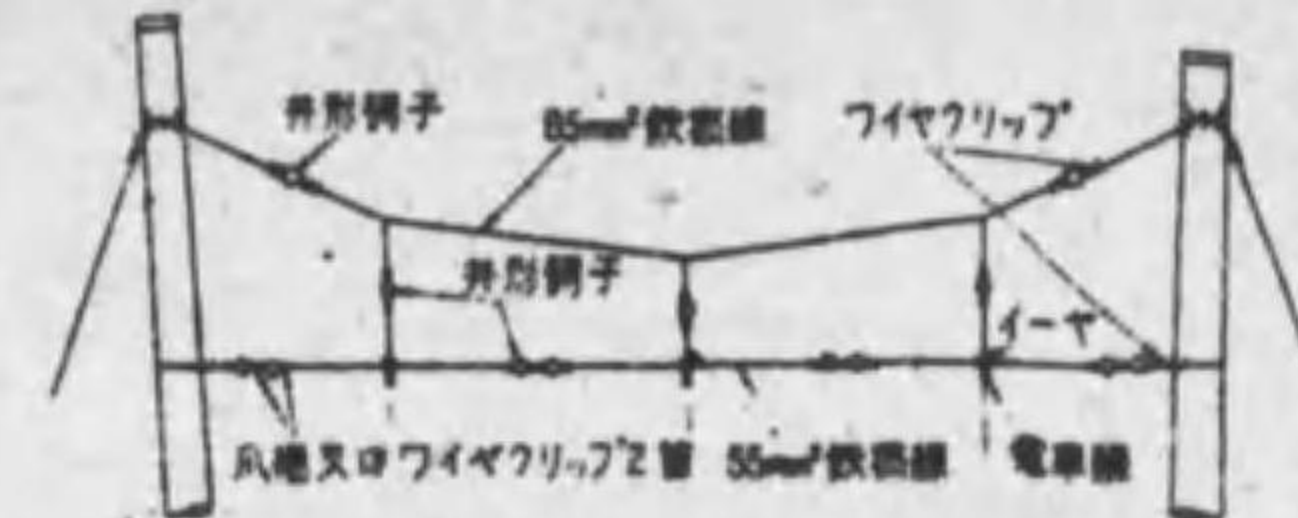
5. 三相式の配電 三相交流架空電車線方式は、イタリアに於て廣く採用せられたもので、三相の一極を軌條に接続し他の二極を 2 本の電車線に接続する方法であつて、電車線電壓は 3 700V 及 10 000 V, 周波數は 16 $\frac{1}{2}$ 及 40 $\frac{1}{2}$ が普通である。架線が複雑な缺點があるので今後發達の見込のない方式である。



第 116 圖 單張線式構造例

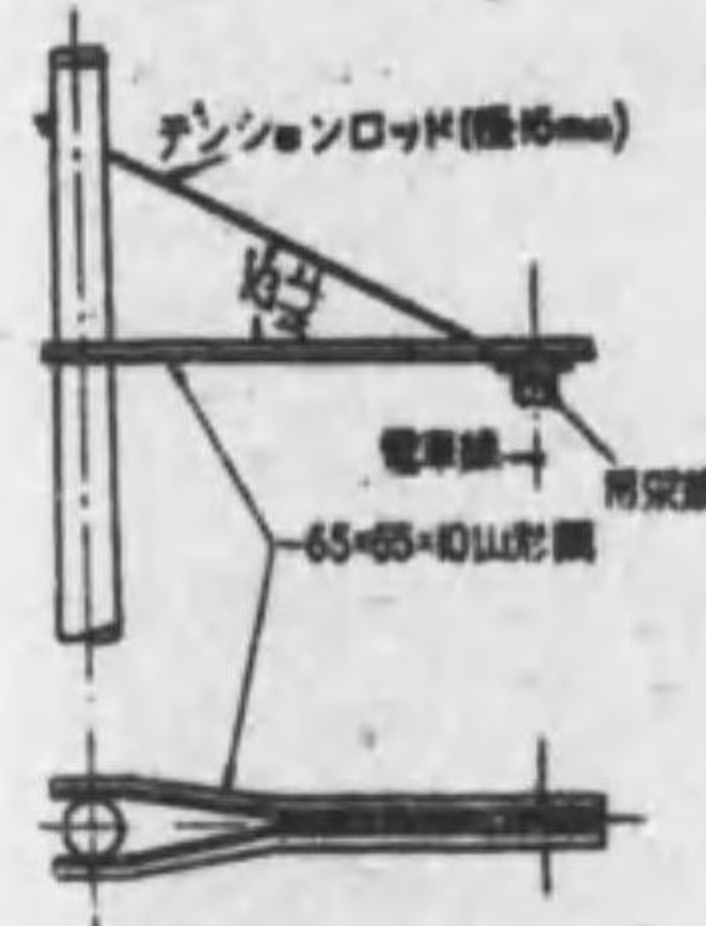
6. 電車線架線方法の種類

a. 張線式 軌道の兩側に支持柱を建てその間に張線をつ張り、これに特殊の碍子金具を用ひて電車線を支持する方法である。第 118 圖は單張線式で一般直接吊架式の場合に用ひられ、第 117 圖は複張線式で直接吊架式に於て電車線三線以上を吊架するが如き場合及鏈線吊架式に用ひられる。

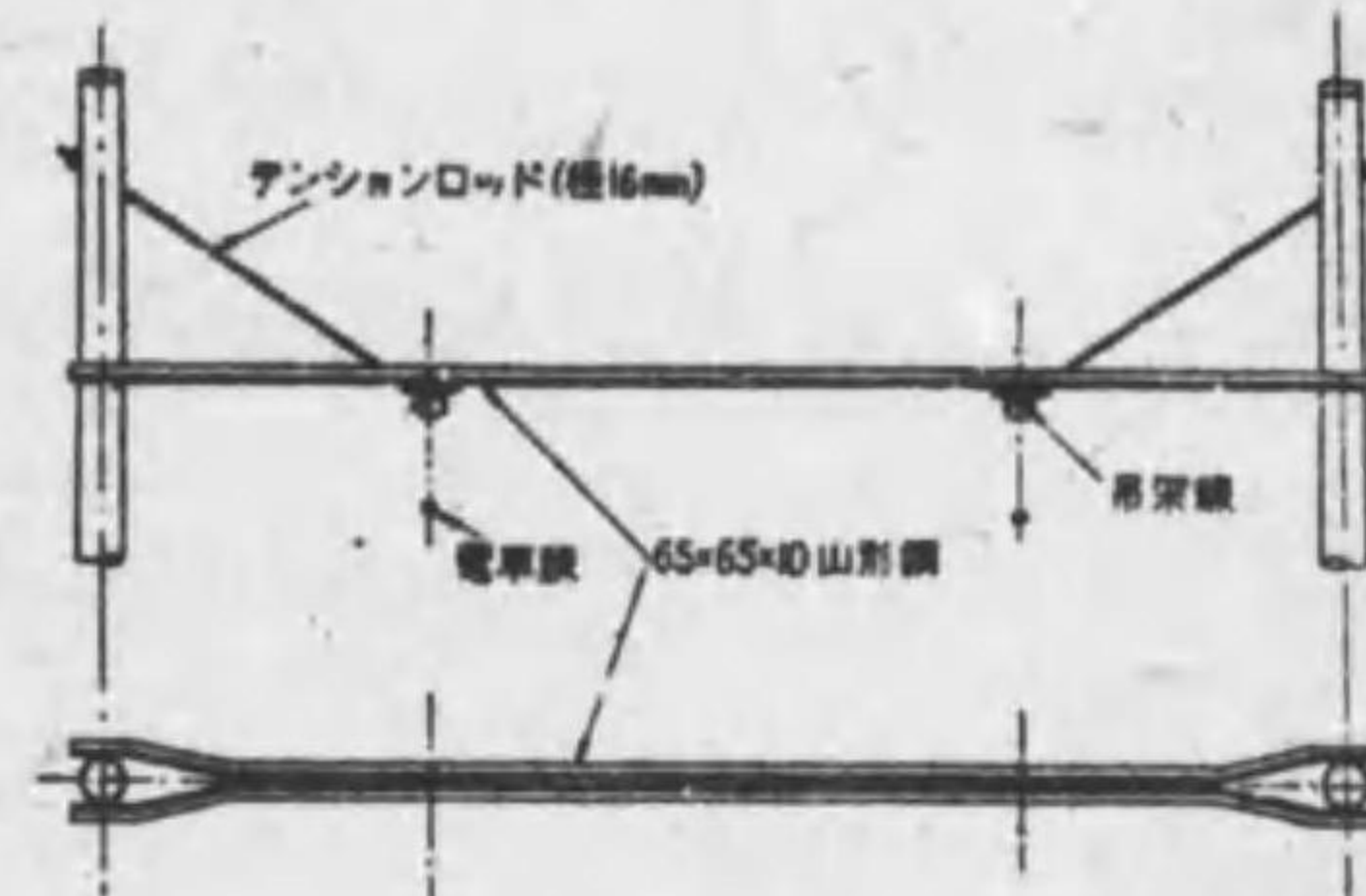


第 117 圖 複張線式構造例

b. ブラケット式及ビーム式 軌道の片側に (側柱式) 又は複線軌道の中に (中央柱式) 支持柱を建て、片側金を取付け電車線を吊架する方式をブラケット式 (第 118 圖), 軌道



第 118 圖 單線用ブラケット



第 119 圖 複線用ビーム

の兩側に支持柱を建て張線の代りに鐵材を取付け、電車線を吊架する方式をビーム式 (第 119 圖) と云ふ。

7. 直接吊架式 適當な絶縁物を用ひて電車線を直接支持物に吊架するものを總稱する。

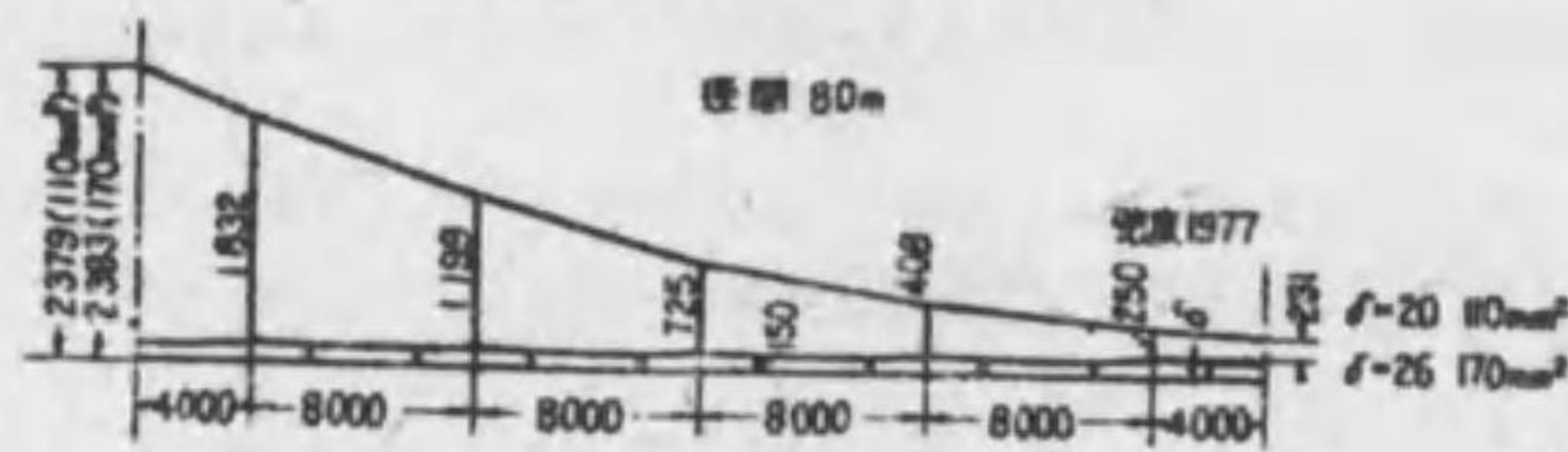
8. 鏈線吊架式 鏈線吊架線を張り吊子を以て電車線を吊るもので、支持柱間距離を長くし、電車線の高低を少くし高速度運轉に適する方式である。曲線區間で鏈線吊架線と電車線が垂直平面内にあるものを垂吊型、傾斜平面内にあるものを斜吊型 (歐米に多い) と云ふ。1 本の主吊架線より垂吊子を以て電車線を吊り下げたものを單鏈線吊架式 (シンプル・カタナリー式) (第 120 圖), 1 本の主吊架線より垂吊子を以て補助吊架線を吊り更にこれに吊子を以て電車線を吊り下げたものを複鏈線吊架式 (コンパウンド・カタナリー式) (第 121 圖) と云ふ。高壓電車線は鏈線吊架式に依て架設し、その吊子の間隔は 4.5 m 以下に保持せねばならぬ。(電工規本則第 153 條)

9. 電車線 高壓電車線には径 10 mm, 低壓電車線には径 8 mm の硬鋼線又はこれと同等以上の強さ及太さを有する電線を使用せねばならぬ。(電工規本則第 150 條) 標準



吊架線張力 架空電車線 170 mm² 渡付硬鋼線の場合 1000 kg 15°C 無水無風
110 mm² " " " " " " 775 kg " " " " " " " " " " " "

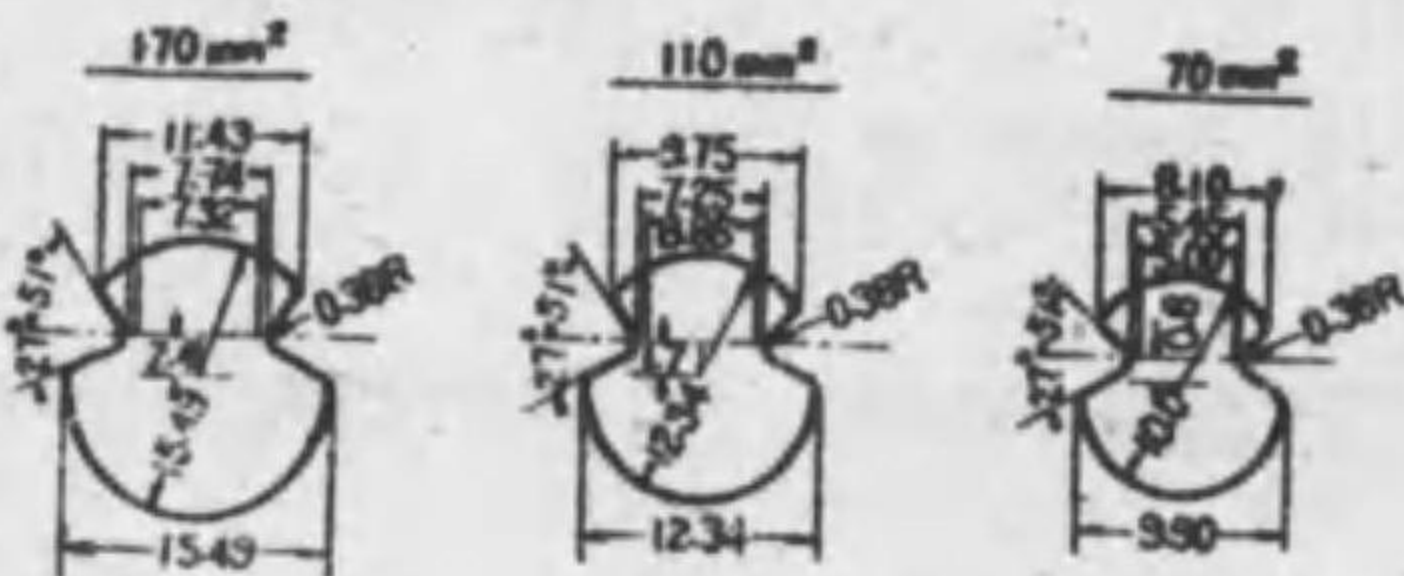
第 120 圖 單線吊架式構造圖



吊架線張力 架空電車線 170 mm² 渡付硬鋼線の場合 1500 kg 15°C 無水無風
110 mm² " " " " " " 1288 kg " " " " " " " " " " " "
補助吊架線張力 800 kg " " " " " " " " " " " "

第 121 圖 複線吊架式構造圖

形状は圓形、溝付(第 122 圖)の 2 種があり、特性は第 17 表の如くである。一棒中の電車線の接續は銀着とし、その部分の拉断力は第 17 表の 95% 以上とする。電車線の運轉が頻繁で電車線の磨耗大なる区間にはカドミウム線又はフ



第 122 圖 溝付電車線断面圖

第 17 表 電 線 特 性 表

種 別	材 質	構 成	切斷面積 (mm ²)		外径 (mm)	導電率 (%)	電氣抵抗 (Ω/km) (20°C)	總張力 (kg)	伸縮率 (%)	安全電流 (A)	重量 (kg)
			公稱	計算							
饋電線	硬鋼	61/2.6 mm	325	323.8	23.4	97.0	0.06598	12,900	0.86	1,330	2,937
饋電分岐線	"	57/2.6 "	300	196.4	18.2	"	0.0923	7,825	"	930	1,781
電車線	渡付	170	169.9	15.5	97.5	0.1040	5,900	3.4			1,511.1
		110	111.1	12.3	"	0.1562	3,860	3.0			987.7
" "	カドミウム線	"	"	"	85.0	0.1888	4,800	2.7			"
		"	"	"	50.0	0.3104	"	3.0			"
吊架線	鋼	7.5 mm	135	137.5	15.0	13.0	—	8,659	5.0	—	1,084
		7/4 "	85	87.9	12.0	"	—	5,543	"	—	700.1
補助吊架線	硬鋼	19/2.6 "	100	100.9	13.0	97.0	0.1794	4,017	0.86	600	914.7
鋼線、支線その他	鋼	7/4 "	85	87.9	12.0	13.0	—	2,773	10.0	—	700.1
曲線引、その他	"	7/3.2 "	65	56.3	9.6	"	—	1,773	"	—	448
張止引留線	"	7/2.0 "	32	21.9	6.0	"	—	868	7.0	—	175

第 18 表 主要線條張力表

種 別	線 種 類	架 設 方 法	懸吊すべき電線種	張力 (kg) 15°C
吊架線	85 mm ² 鋼 線 類	單線吊架式	110 mm ² 渡付電車線	775
			170 mm ² 渡付電車線	1,000
	135 mm ² 鋼 線 類	複線吊架式	110 mm ² 渡付電車線	1,288
			100 mm ² 硬鋼線類	
補助吊架線	100 mm ² 硬鋼線類	複線吊架式	110 mm ² 渡付電車線	800
			170 mm ² 渡付電車線	800
架空電車線	110 mm ² 渡付硬鋼線			800
			170 mm ² 渡付硬鋼線	1,000
饋電線	325 mm ² 硬鋼線類			1,330

ノエレクトリック線を用ひることがある。又電車線を 2 本並列して吊架することもある。國有鐵道に於ける電車線架設の標準は次の如くである。(a) 電車線の太さは 170 mm² 又は 110 mm² 相當渡付硬鋼線を用ひる。(b) 電車線の架設張力は第 18 表に依る。(c) 電車線の高さの標準は軌條面上 5.2 m で特殊の場所では 4.55 m 迄低くすることが出来る。(電工規本則第 154 條) (d) 電車線の偏倚は軌條面に直角な軌道中心面から左右各 250 mm 以内とする。(e) 電車線の軌條面に對する勾配は本線路では 5/1,000、側線では 15/1,000 より急にならないやうにする。

10. 吊架線 吊架線及補助吊架線には普通亜鉛鍍鋼線を使用する。國有鐵道の單線吊架線には 7/4 mm (88 mm²)、複線吊架線には 7/5 mm (135 mm²) 亜鉛鍍鋼線を使用し、補助吊架線としては 19/2.6 mm (100 mm²) 硬鋼線を使用してゐる。

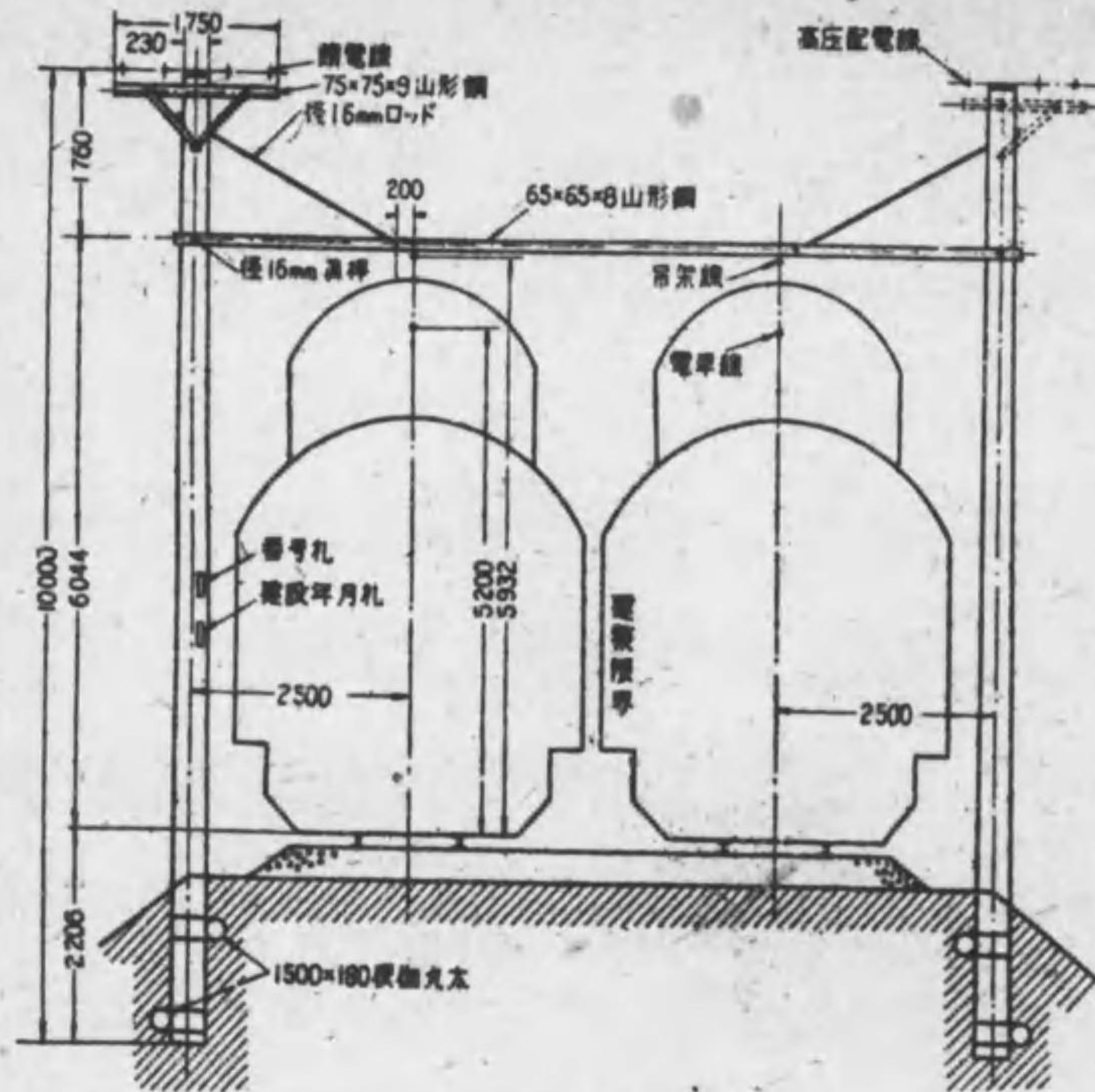
第 19 表 柱間距離表

架 設 方 式	電線半径 (m)	柱間距離 (m)
單線吊架式	直線及 800 以上	45
	500 以上	36
	300 以上	27
	100 以上	18
複線吊架式	直線及 2,000 以上	80
	2,000 以上	72
	1,600 以上	64
	1,200 以上	56
	900 以上	48
	600 以上	40
	400 以上	32
	300 以上	24
100 以上	18	

11. 饋電線 饋電線の電壓降下を少くするため電車線と並列に饋電線を使用する。饋電線は主として硬鋼線を使用し、電車線支持柱に添架する。饋電線より電車線に直接又は區分開閉器を経て接續する線を饋電分岐線と云ふ。軌道抵抗が大きくて電壓降下が過大な時軌道と並列に饋電線を架設することがある。これを龍橋饋電線と云ふ。

12. 木柱及鐵柱

a. 木柱 木柱には主としてノ

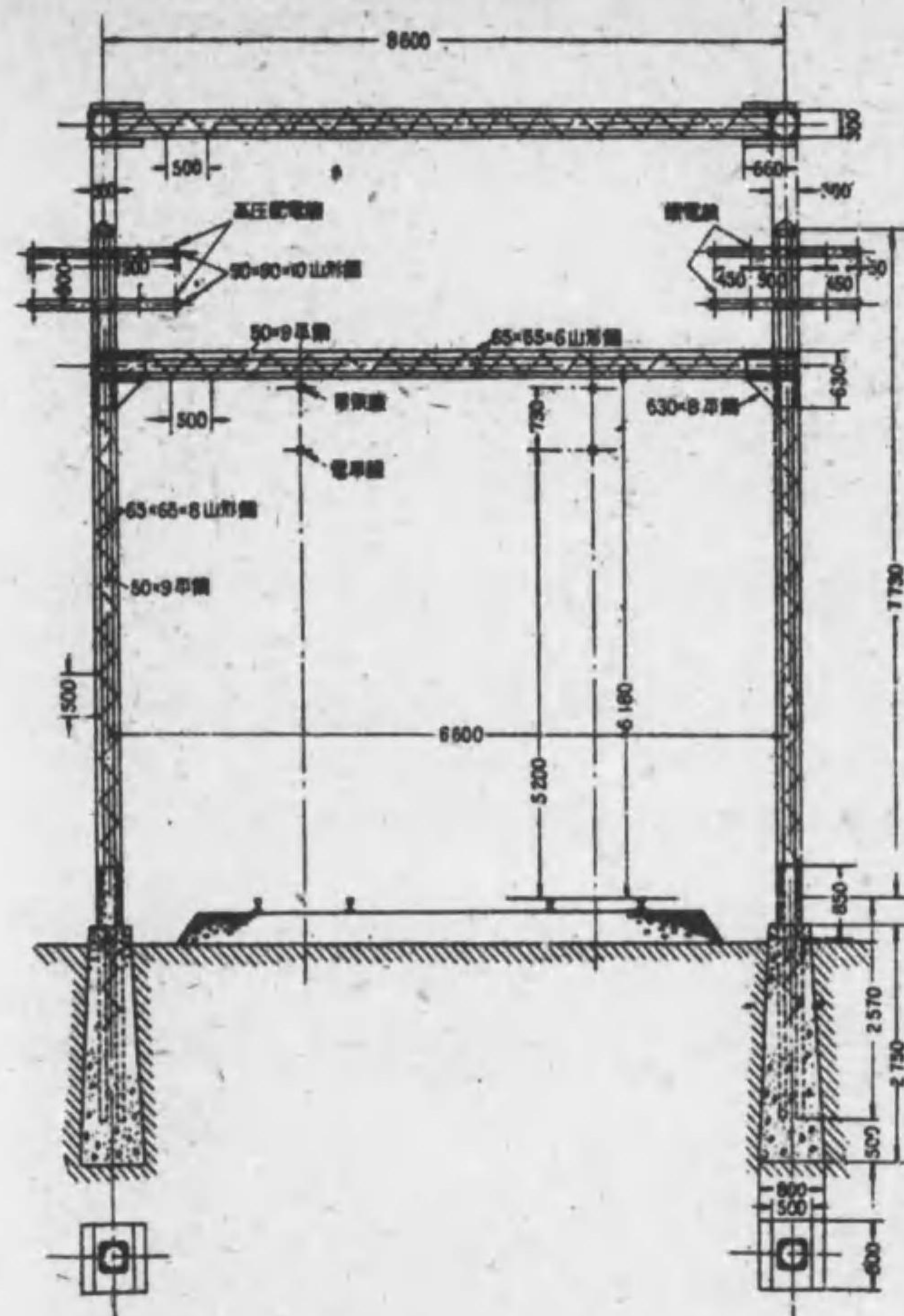


第 123 圖 木柱を使用した鉄路の一例

レオソート注入杉材を採用し、その標準寸法は長さ 10 m、末口 230 mm である。架空電車鉄路の標準柱間距離は第 19 表の如くである。根柢丸太にはクレオソート注入杉材又は生杉材、鋼筋コンクリート棒を使用し、その標準寸法は長さ 1.5 m、末口 180 mm である。第 123 圖は木柱を使用した複線路鉄柱圖の一例を示す。

b. 鐵柱 都市の美觀上から、又は柱間距離を長くして建設費を軽減するため、又は鋪設道路、高架鉄路上に於ては建設費を軽減するため等の理由から鐵柱が採用される。鐵柱には鋼管柱、又は H 形鋼材の單柱のもの、溝形鋼材の二脚柱のもの及山形鋼材の四脚柱のものがある。第 124 圖は鐵柱を使用した複線路鉄柱圖の一例である。

13. 第三軌條式 第三軌條式は運轉軌條の側に導電軌條を設けたもので、人畜に危険を及ぼすため一般に用ひられないが、地下鐵道又は隧道區間等に用ひられる。第三軌條式には上面接觸式と下面接觸式の 2 種類があつて、前者は接觸靴が第三軌條の上面を、後者はその下面を滑動するものである。電壓は主として 600 V、750 V 等種に 800 V 及 1500 V を用ひる。第三軌條の形状、寸法及運轉軌條との關係位置は第 125 圖、第 126 圖及第 127 圖に示す。その特性は第 20 表の通りである。第三軌條を支持するには、下面接觸式のものにあつては鋼製ブラケット及特殊の碍子を以てし、上面接觸式のものにあつては



第 124 圖 鐵塔を使用した鉄路の一例

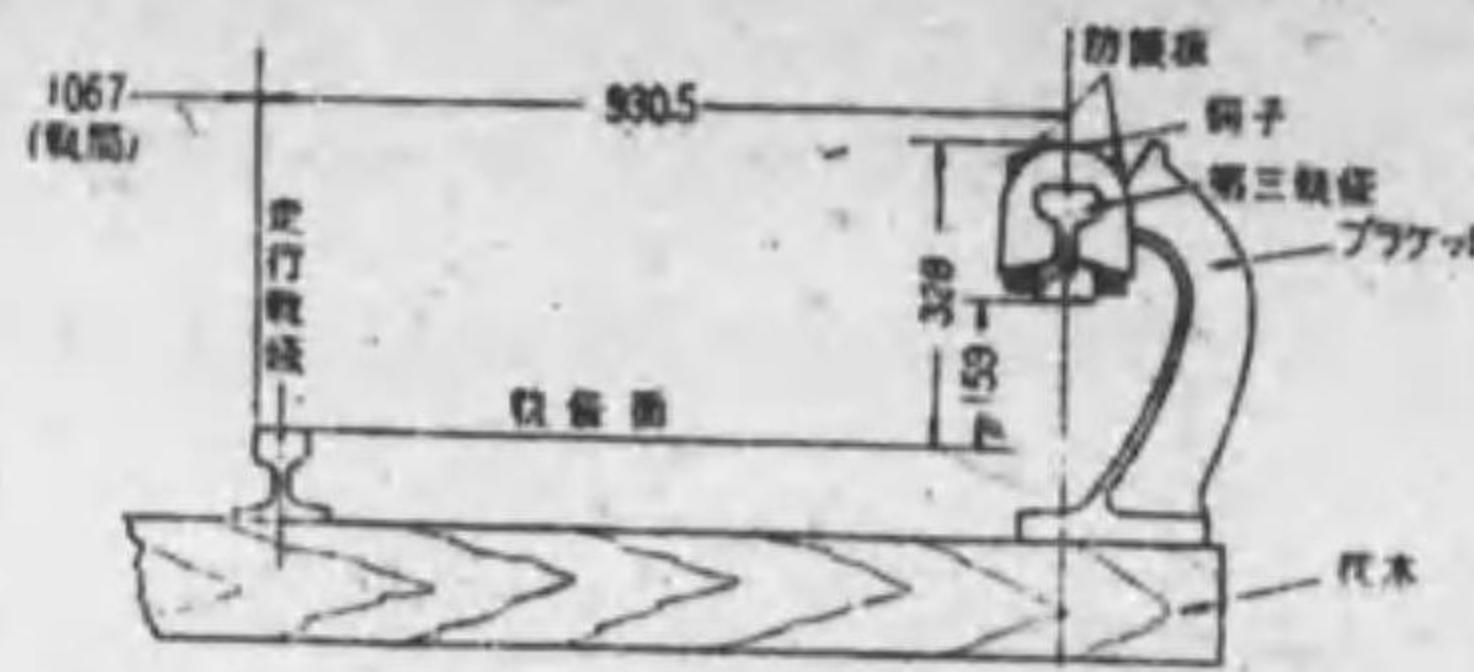
特殊のピン型碍子及鋼製キャップを以てし共に運轉軌條と同一の枕木上に取り付けられ、碍子と軌條との間にはフェルト、アスファルト又は鉛板等を介在させる。第三軌條には人が容易に接觸しないやうに上面又は側面に防護板を設けてある。(電工規本期第 158 條) 第三軌條の繼目は機械的に繼目板で接續する外、更に鑲着ボンド(第 128 圖、第 129 圖及第 130 圖參照)又はガス又は電氣熔接ボンドを使用し、又は繼目板と第三軌條とを直接電氣熔接して接續する。(第 131 圖參照) 線路の分岐點又は踏切道等に於て第三軌條を中斷したときは、その兩端の軌條を地中鐵柱又は鉛被電纜によつて接續する。(電工規本期第 159

條)これをジャンパー・ケーブルと云ふ。(第 132 圖参照)

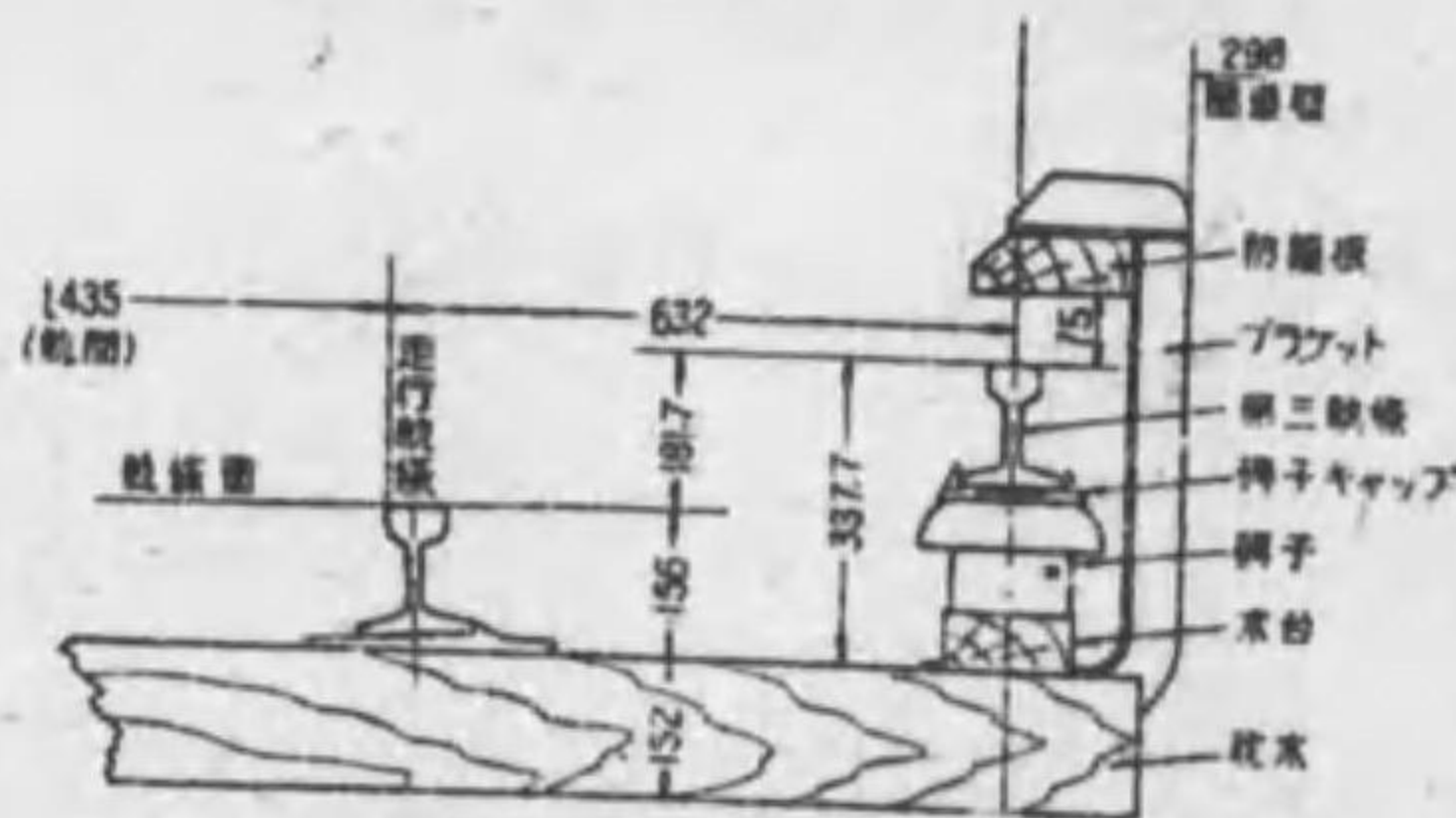
14. 歸 線 單 線架空電車線式又は第三軌條式その他の場合運轉軌條を電気回路の一部として使用する。この場合軌條より變電所の母線に至る間を歸線と稱へる。

15. 軌條のボンド
軌條ボンドは軌條を鐵目板で機械的に接続した外に、更に電氣的に接続するもので、銅線又は鋼線等を用ひる。ボンドはこれを通する電流に對し充分な太さを有し、一接続箇所 1 箇のボンドを施したものをシングル・ボンド、2 箇のボンドを施したものをダブル・ボンドと云ふ。後者は 1 箇のボンドが不良となつた場合でも差支ない。歸線の抵抗を減ずるため、左右軌條相互間及軌道間も約 500m 毎にボンドに依て接続する。これを横ボンドと云ふ。ボンドと軌條との接合方法に壓縮

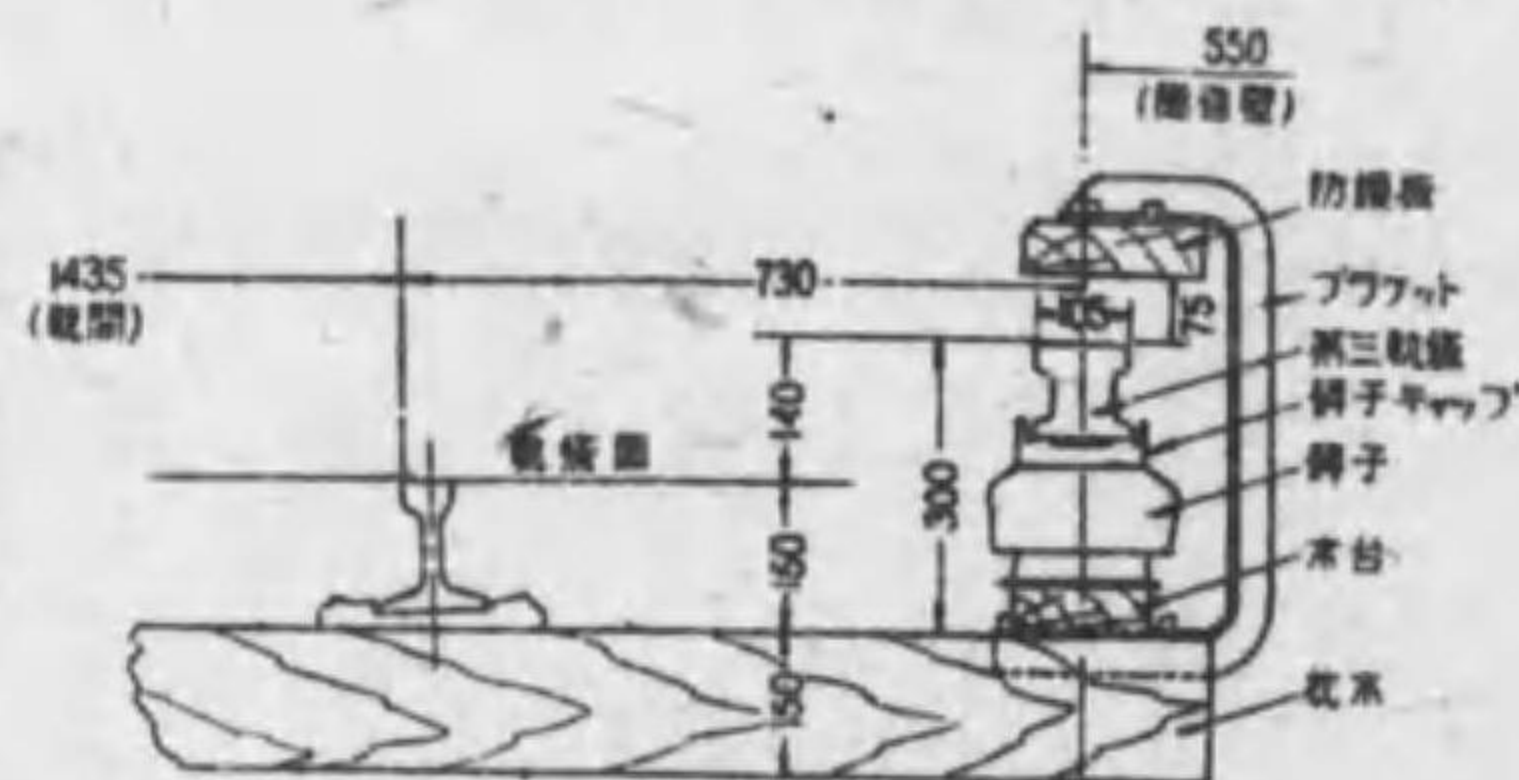
端子を用ひたもの(第 133 圖及第 134 圖参照)、ピン端子を用ひたもの(第 135 圖参照)、或は溶接端子を用ひたものがある。國有鐵道に於ては一般に壓端ボンドを用ひ、その太さは 110~150 mm²、長さは 1200~1000 mm、端子の直徑は 22 mm で、本線には一つの鐵目に 2 本、側線には 1 本を用ひる。溶接端子を有するボンドは軌條の頭側部又は底側部に酸素アセチレンガス又は電氣溶接に依て接続される。
ボンドの接觸抵抗は軌條の抵抗に換算した長さで表すのが普通である。即ち軌條何メートルに相當すると表す。その値はボンドの状態に依て非常に異り、取付けた當時には 0.6 m 位であつたものが列車の振動その他の爲漸次不良となり、3 m 以上に達することがある。一般にボンドの長さの 3 倍以下なれば良好なものとしてゐる。國有鐵道に於ては壓



第 125 圖 下面接觸式第三軌條 (直流 650 V)



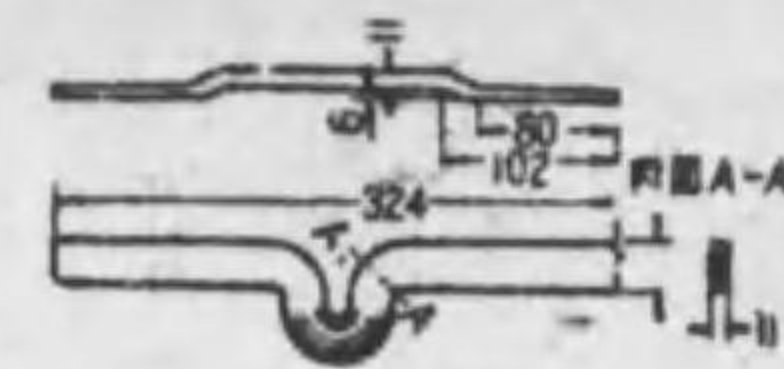
第 128 圖 上面接觸式第三軌條 (直流 600 V, 50 kg 軌條)



第 127 圖 上面接觸式第三軌條 (直流 750 V, 75 kg 軌條)

第 20 表 第三軌條性能表

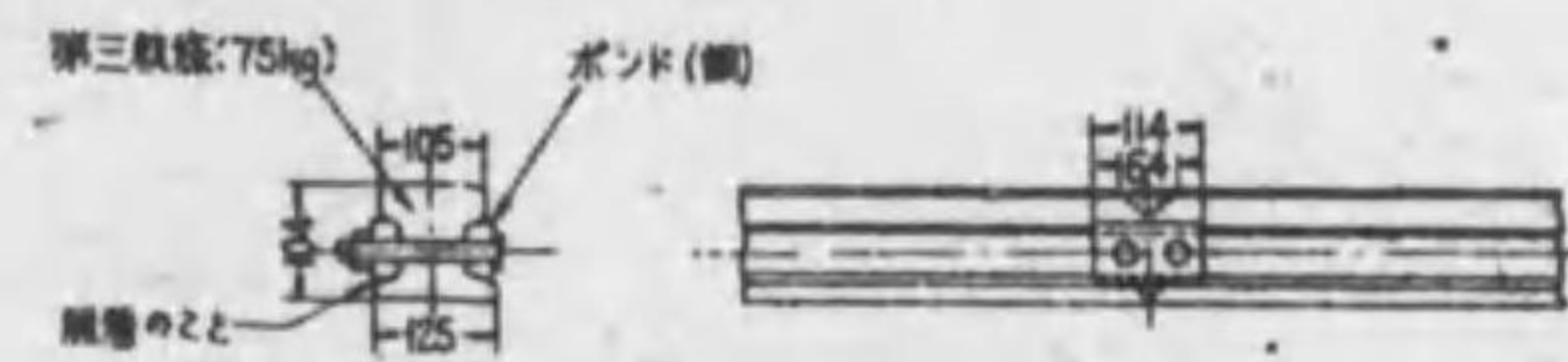
	例一	例二	例三	
形 状	雙頭形	T 形	I 形	
重 量	44.6	50	75	
1 條 の 長 さ (m)	9.14	12	12	
斷 面 積 (cm ²)	55.7	64.3	95.7	
固有抵抗 (μΩcm)	11.2	11.6	15.8	
標準軟鋼との抵抗比	6.5	6.5	7.3	
化學成分 (%)	炭素	0.04	0.04	0.08
	錳	0.034	0.014	0.018
	マンガン	0.13	0.15	0.16
	矽素	0.048	0.025	0.021
	珪素	0.006	0.014	0.015
	銅	なし	0.067	0.22



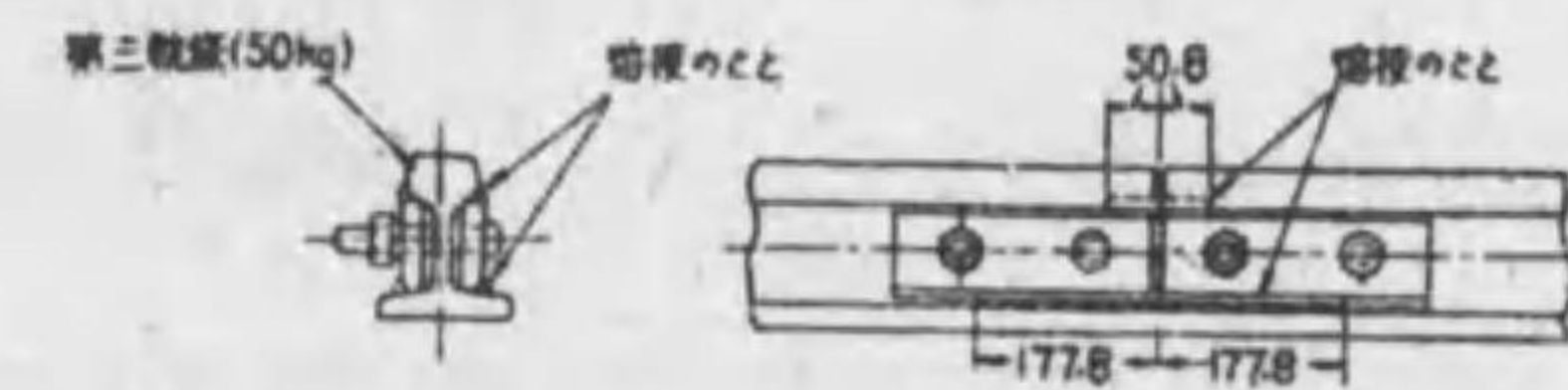
第 128 圖 第三軌條用ボンド



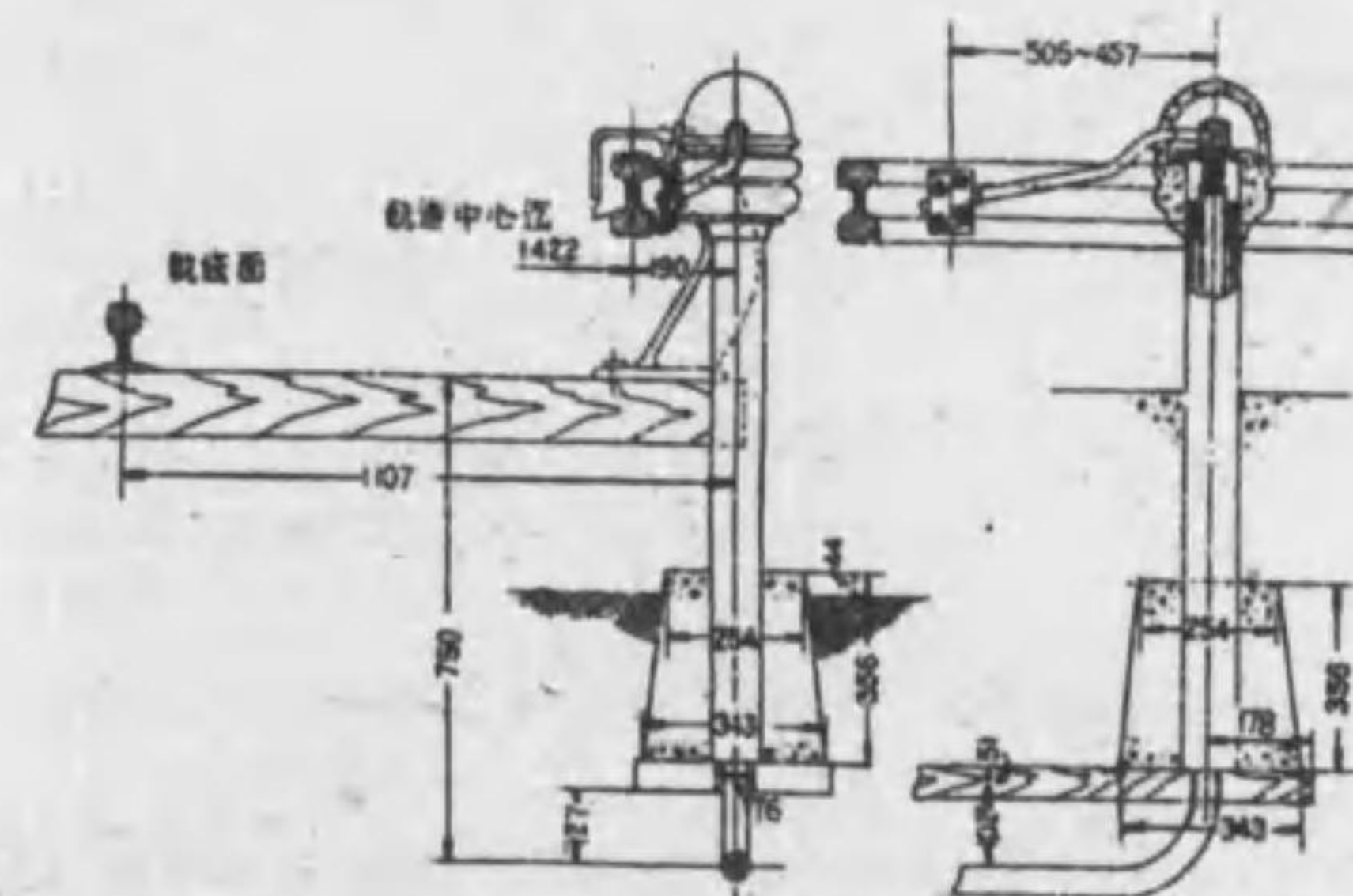
第 129 圖 第三軌條鐵目板



第 130 圖 第三軌條鐵目



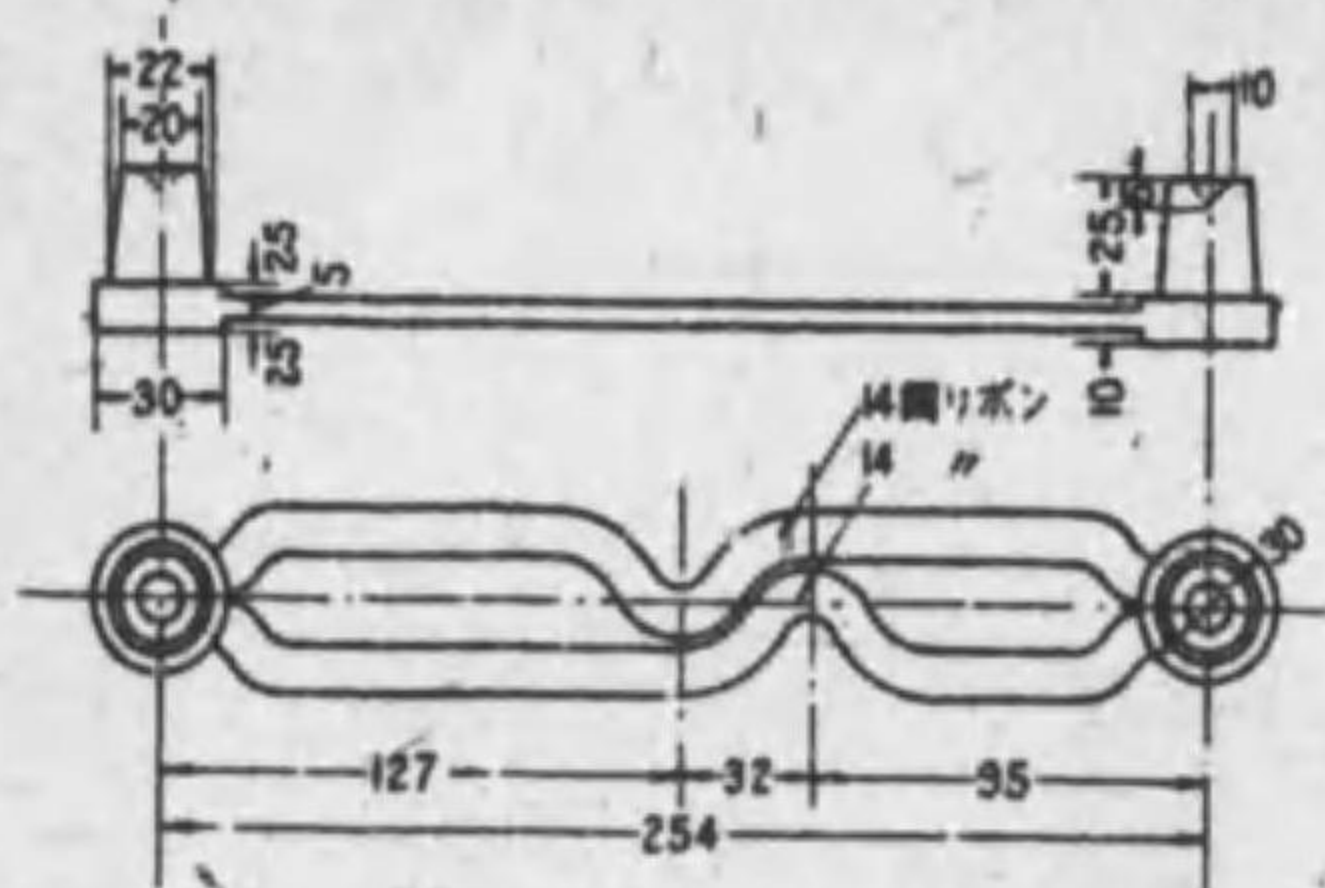
第 131 圖 第三軌條鐵目



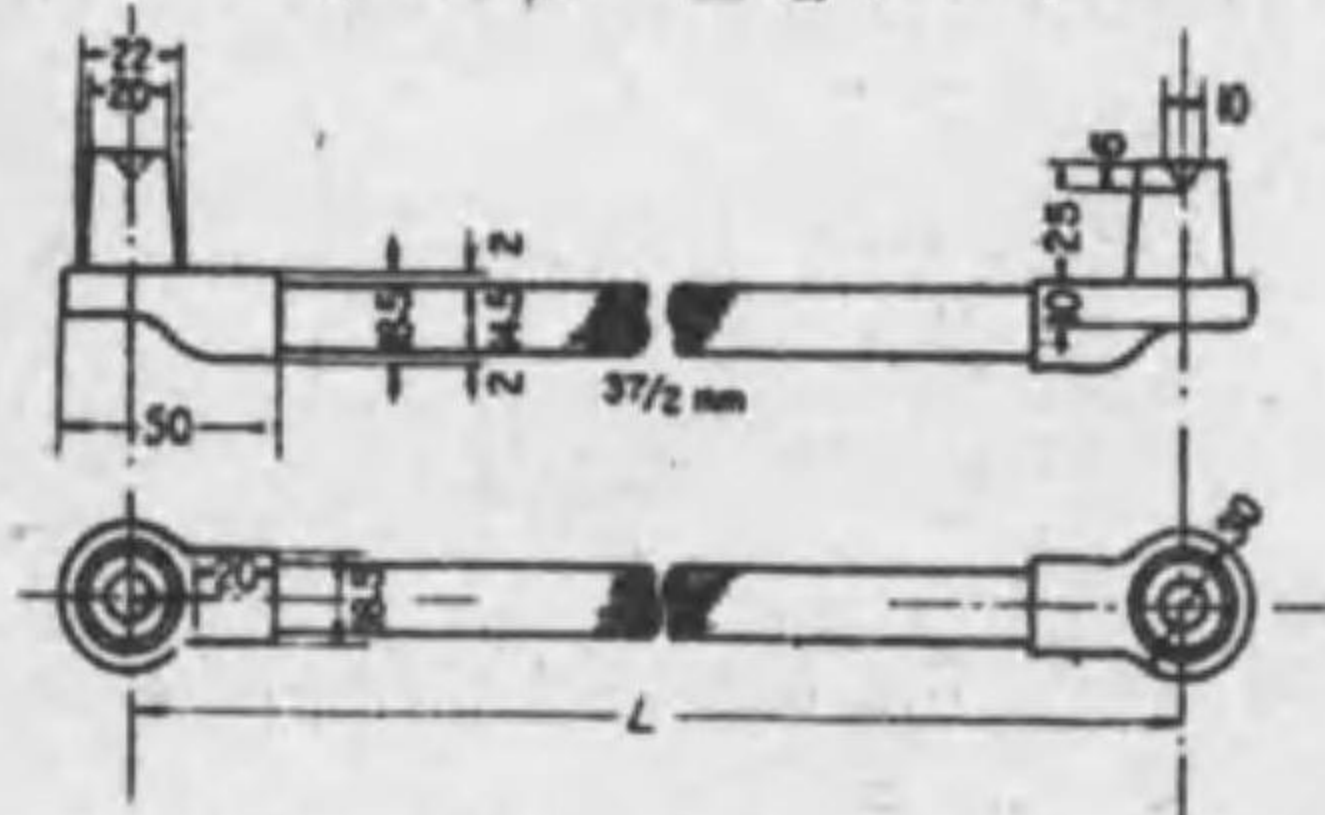
第 132 圖 ジャンパー・ケーブル取付圖

端ボンドの電気抵抗の限度は第 21 表によつてゐる。

ボンドの接続状態は、次の如くにして測定することが出来る。(第 133 圖参照) A, B 及 C は 3 箇の接觸子で A, B は各ボンドの端子の位置におく。この場合軌條に流れる電流のため電圧計に表れる指示を夫々 E_1, E_2 とすれば次の如くなる。



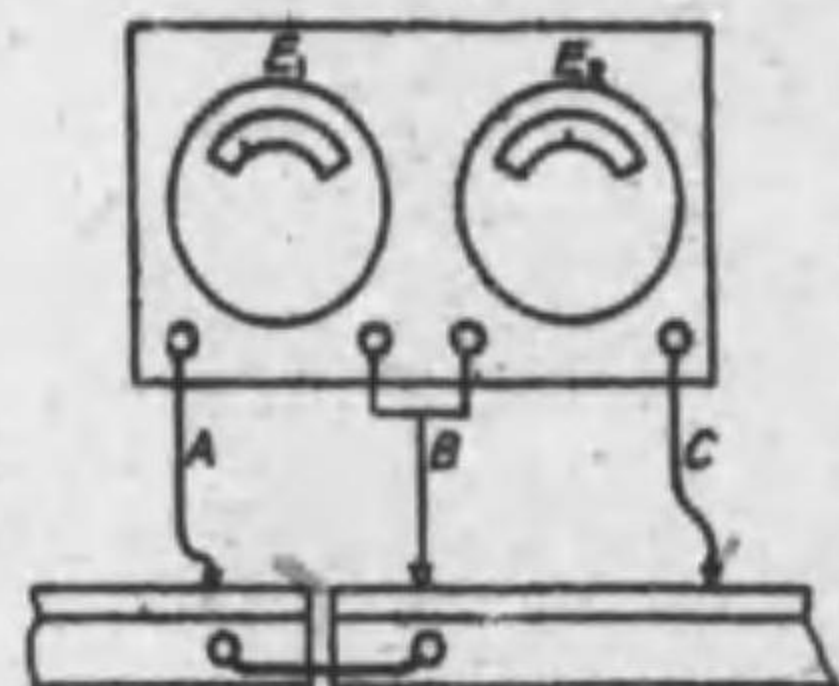
第 133 圖 壓端ボンド



第 134 圖 壓端ボンド



第 135 圖 ピン端子ボンド



第 136 圖 ボンド抵抗測定装置

第 21 表 壓端ボンドの電気抵抗

種 別	ボンドタイプ	電気抵抗
リボン・ボンド	シングル・ボンド	當該軌條長の 3m 以下
	ダブル・ボンド	15m 以下
密着ボンド	(イ) 110mm ² ボンドを 50kg 軌條に使用する場合	
	シングル・ボンド	當該軌條長の 7m 以下
	ダブル・ボンド	4m 以下
	(ロ) その他の場合	
	シングル・ボンド	當該軌條長の 6m 以下
	ダブル・ボンド	3m 以下
横ボンド及ジャンパー線	(イ) 110mm ² 銅線 1 條 使用の場合	
		密着の長さの 6 倍に相當する 當該軌條長
	(ロ) 200mm ² 銅線 1 條 使用の場合	
		密着の長さの 3 倍に相當する 當該軌條長

ボンドの抵抗 $= \frac{E_1}{E_2} \times BC$ 間の軌條の抵抗

第 22 表 軌條抵抗表

種 別	抵抗 (μΩ/m)	固有抵抗 (μΩcm)
30 kg 軌條	49.9	19.75
37 kg 軌條	41.1	20.10
50 kg 軌條	31.6	20.94

16. 軌條の抵抗 運轉軌條の抵抗は製造者に依て異なるが大體鋼の 8~13 倍で、固有抵抗に於ける軌條抵抗の測定値(測定温度 22.5°C)は第 22 表の如くである。

17. 軌條の熔接 鋪設された市街鐵道に於ては、軌條に及ぼす温度の變化が少いため、軌條を全然接続して 1 本の連続したものにすることが行はれる。この方法に 3 種類ある。

a. 鑄接法 軌條端相互を相接せしめ軌條の兩側及底部を充分に研磨し鑄型を締め付け、これに熔融した良質の鉄液を注入する方法である。(第 137 圖参照)



第 137 圖 鑄接軌條の断面



第 138 圖 電氣熔接軌條



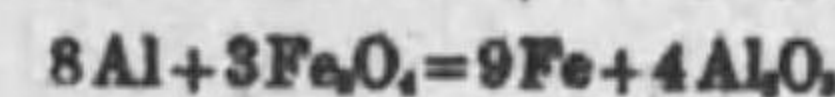
第 139 圖 電氣熔接軌條



第 140 圖 横目板の電氣熔接

b. 電氣熔接法 軌條接続に際して電氣熔接法が採用ひられてゐる。この方法は現在迄相當好結果を齎したが、特に電流容量の大なるを要する場合に適當である。この方法には特殊の横目板を強め研削した軌條身に押しつけこの部分に大なる電流を通じて熔接を行ふ方法、4 箇の銅板片を用ひ先づ下部の 2 片を、次に上部の 2 片を夫々熔接する方法、軌條線と横目板とを電氣を用ひて熔接する方法がある。第一及第二の方法は直流 3~4 V, 4000 A, 第三の方法は直流 40~70 V を使用する。(第 138 圖, 第 139 圖及第 140 圖参照)

c. テルミット法 これはマグネタイトをアルミニウムで還元し、この時生ずる熔液を用ひて融接する方法である。この時の化學方程式は

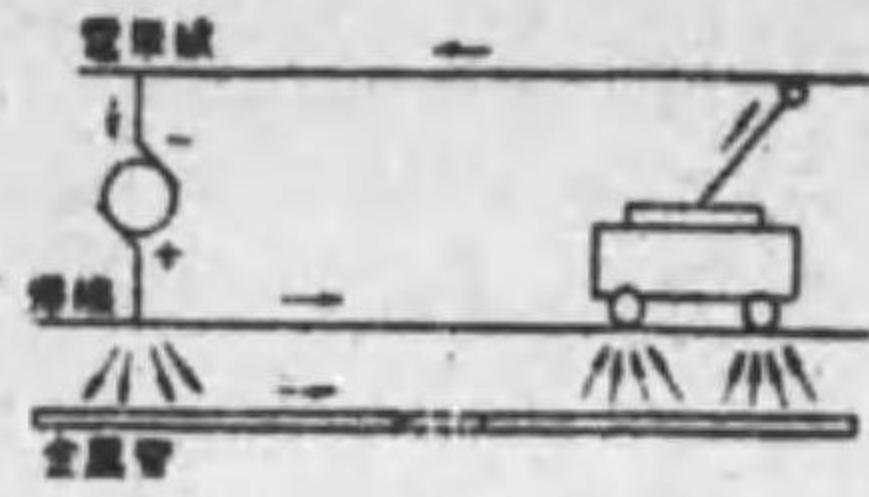


發火劑には酸化バリウムとアルミニウム粉末との混合物を用ひる。マグネタイトとアルミニウムと適當に混合したものをテルミット・ポーションと稱へる。

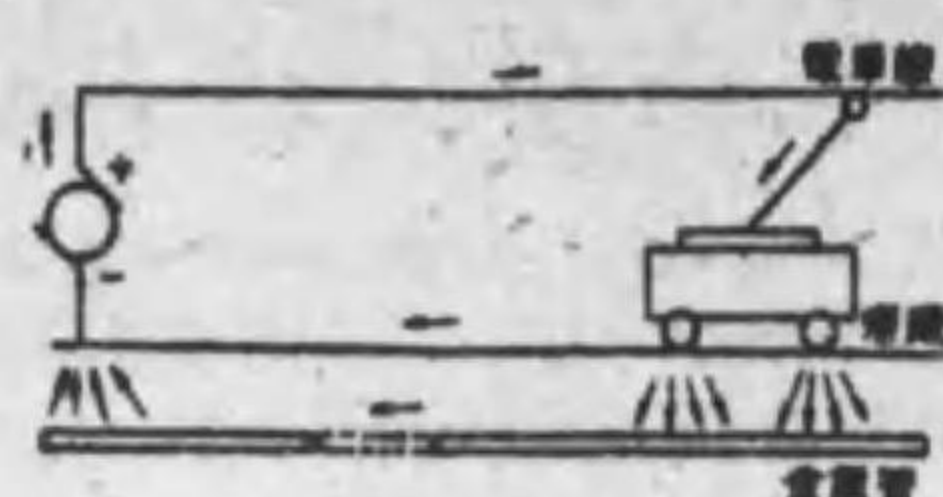
テルミット・ポーションを坩堝に入れ、その最上部に點火劑を置き蓋をなし、上部の小孔から點火すれば、アルミニウムと酸化バリウムと化合し高熱を發生しテルミット・ポーションの作用を誘引する。點火後約 35 秒で熔解した鐵は坩堝の底部に沈下するから、底部から突出してゐる釘の先を叩き上げれば、熔液は湯口から鑄型内に流下する。この作業後約 40 分を経過したら鑄型を取外す。テルミット・ポーションは熔接すべき量の約 2 倍を用ひる。大約 13.6 kg 内外である。點火劑は 1 回に約 1 匙、100 回につき 0.45 kg 位を要する。

18. 漏洩電流 電氣鐵道に於ける漏洩電流とは、架空單線式電氣鐵道の場合歸線から漏れて大地又は地中管路を流れる電流を云ふのである。

漏洩電流の値は單位長の歸線中に生ずる電位差に比例する外、歸線と大地間の漏洩抵抗、大地の抵抗(主として乾濕)等に依て大に異なるものである。この漏洩電流の一部は電線、水道管、瓦斯管等の地中金屬體を通り變電所に歸流する。(第 141 圖及第 142 圖参照)



第 141 圖



第 142 圖

今 i_0 = 軌條単位長の負荷電流 (均一負荷とする), I = 變電所よりの全饋電電流, δ = 軌條単位長の抵抗, r = 同大地に対する漏洩抵抗, $\alpha = \sqrt{\delta/r}$ = 漏洩係數, $u = \frac{\sinh(\alpha L)}{\alpha L}$ とすれば第 23 表の關係がある。(1)-(4)

第 23 表

	變電所負極母線不接地の場合	變電所負極母線接地の場合
$i = x$ 點の軌條電流	$\frac{i_0 L}{\sinh(\alpha L)} \sinh(\alpha x)$	$i_0 \frac{\sinh(\alpha x)}{\cosh(\alpha L)}$
$i = x$ 點の漏洩電流	$i_0 r - i$	$i_0 r - i$
x_0 = 中性點 ($r=0$) の位置	$\frac{1}{\alpha} \cosh^{-1} u$	L
i_{max} = 最大漏洩電流 (中性點に於て發現)	$\frac{i_0}{\alpha} \left[\cosh^{-1} u - \frac{1}{u} \sqrt{u^2 - 1} \right]$	$i_0 L \left[1 - \frac{\tanh(\alpha L)}{\alpha L} \right]$
$F = \int_0^L i \delta dx$ = 軌條内全電壓降下	$\frac{i_0 \delta L}{\alpha \sinh(\alpha L)} [\cosh(\alpha L) - 1]$	$\frac{i_0 \delta}{\alpha^2 \cosh(\alpha L)} [\cosh(\alpha L) - 1]$
$e = r \frac{di}{dx} = x$ 點に於ける軌條の大地に対する電位	$i_0 r \left[1 - \frac{\alpha L \cosh(\alpha x)}{\sinh(\alpha L)} \right]$	$i_0 r \left[1 - \frac{\cosh(\alpha x)}{\cosh(\alpha L)} \right]$

上表より得られる主たる結論は (1) 漏洩電流を減ぜしめるには δ/r を小とするを要すること, (2) 負極母線の接地は最大漏洩電流を増加すること, (3) 軌條全電壓降下は小でも漏洩電流が必しも小でないこと等であつて, 實際には計算のやうに單純な場所は無いので埋設金屬體の電蝕度を確實に判定するには埋設體よりの流出電流を測定する (直接又は間接に) の外はない。

19. 電 蝕 電流が地中埋設金屬體から流れ出るとき, 周囲の大地は電解液と看做すことが出来るから電氣分解作用が起る。即ち流出點に於て腐蝕作用所謂電蝕を生ずる。電蝕量は理論上では流出電流量に比例する。即ち 1 A 1 年間に對する腐蝕量はファラデーの法則に依り次の値となる。

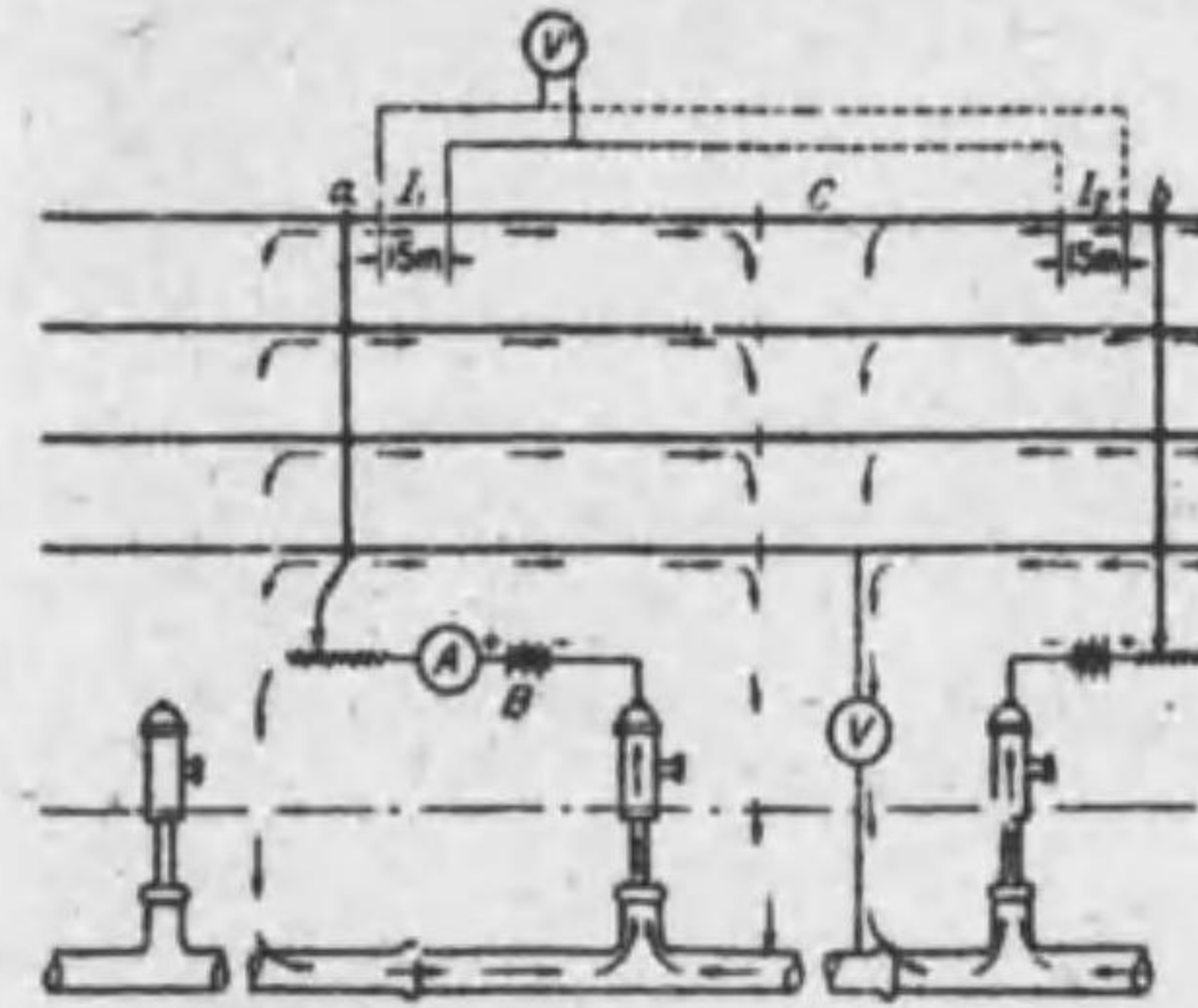
鐵 (第一鐵として)	0.08 kg
鐵 (第二鐵として)	0.12 kg
鉛	33.79 kg

歸線が正極なときは腐蝕は金屬管全體に亘り, 負極なときは電源負極附近に限定される。(第 141 圖及第 142 圖) これは電車位置の變動に依るものである。

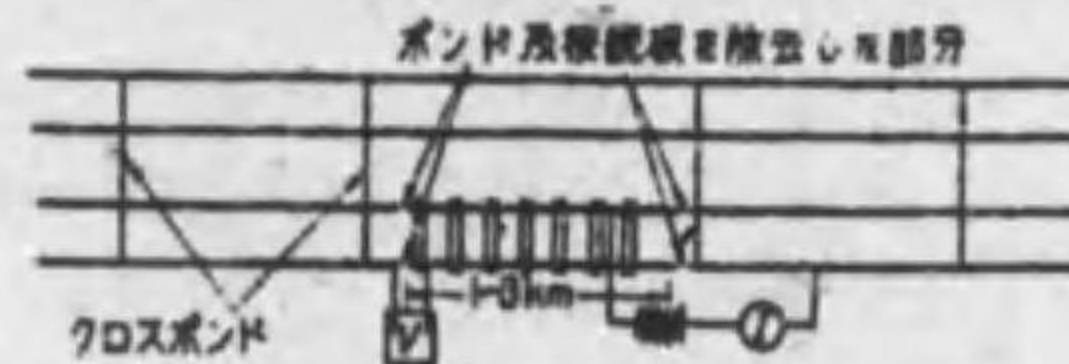
20. 電蝕測定

a. 軌條漏洩抵抗測定 Differential method は電車運轉停止後軌條及埋設管間に第 143 圖の如く電流を通じ $V/(I_1 - I_2)$ を ab 間の漏洩抵抗とする。又 Isolation method (第 144 圖) は埋設管を利用し得ないときに用ひる方法で, ボンドを外して電池電流を流し V/I を漏洩抵抗とするのである。

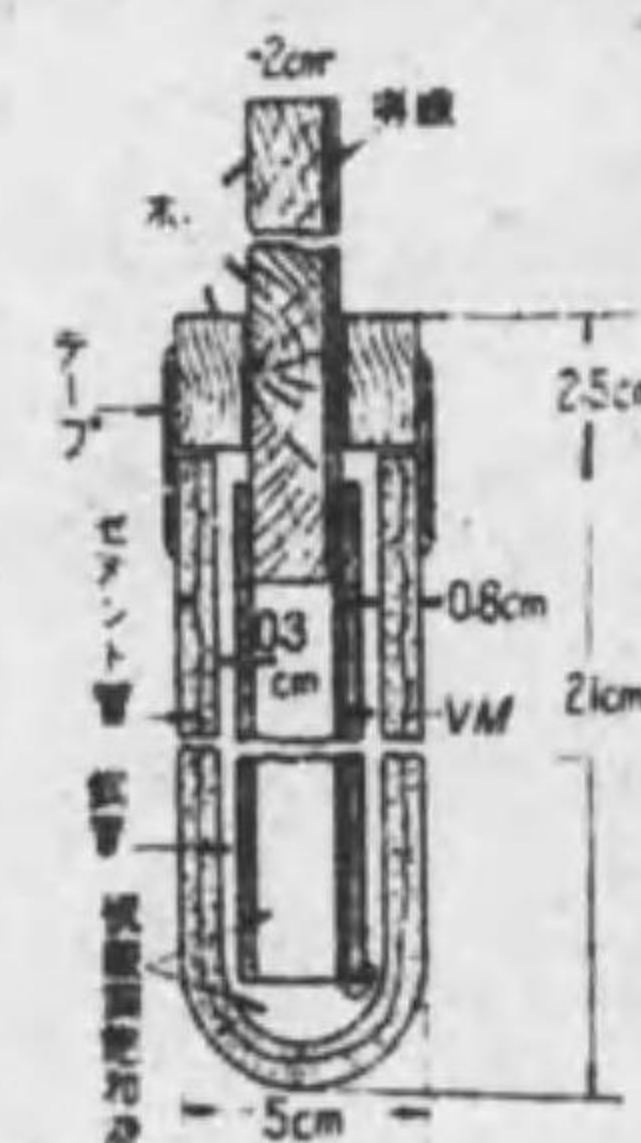
b. 電壓測定 軌條内全電壓降下は變電所に設備の記録計に依て求める。(電工規則)



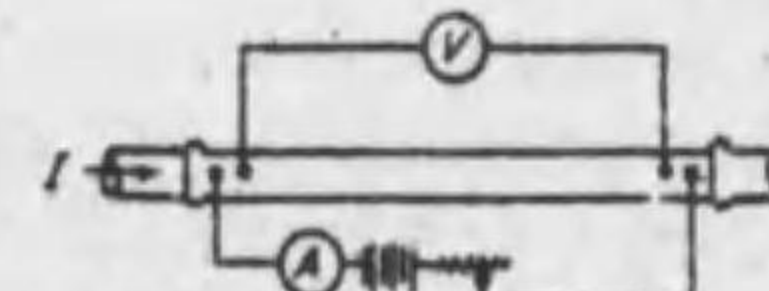
第 143 圖 Differential method に依る軌條漏洩抵抗の測定



第 144 圖 Isolation method に依る軌條漏洩抵抗の測定



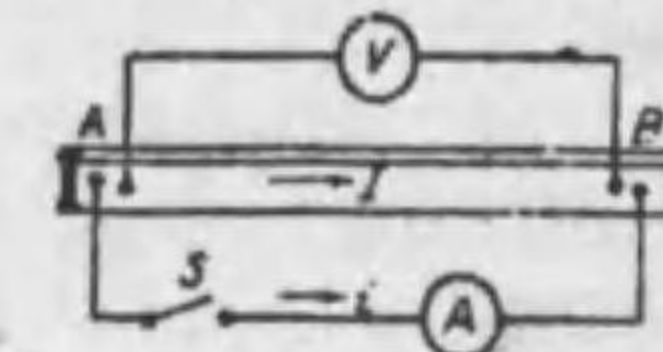
第 145 圖 無成極電極



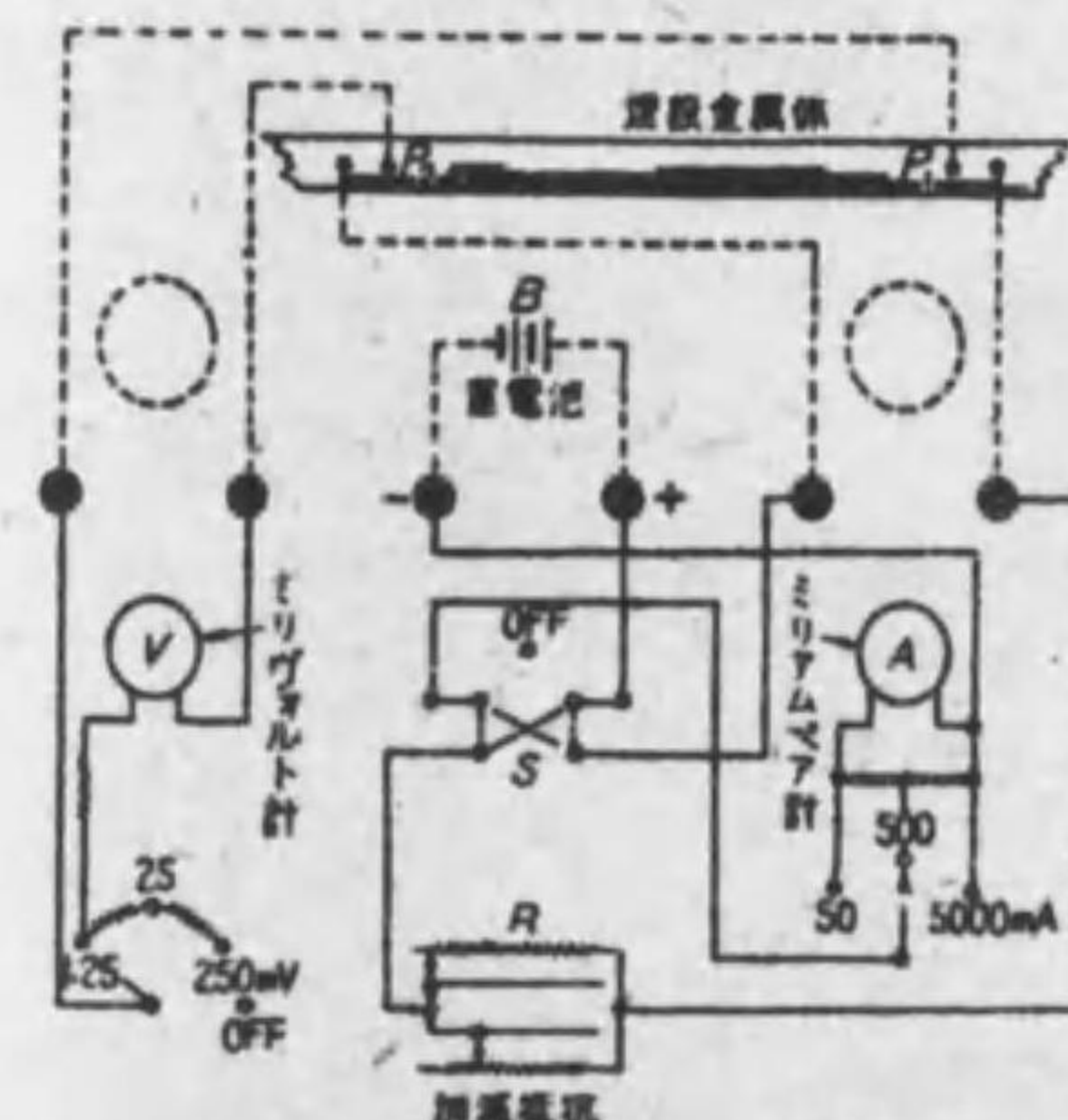
第 146 圖 ケンブリッジ地電流計接續圖

第 165 條 5 項) 軌條及埋設金屬體の各大地に對する電位差を測定する際には必ず無成極電極 (第 145 圖) を用ひる。無成極電極ではこれに流入する電流密度を制限せねばならない。

c. 電流測定 b の場合と同様になるべく運轉状態で行ひ, 且隣接 2 點は同時に測定する。電位降下法

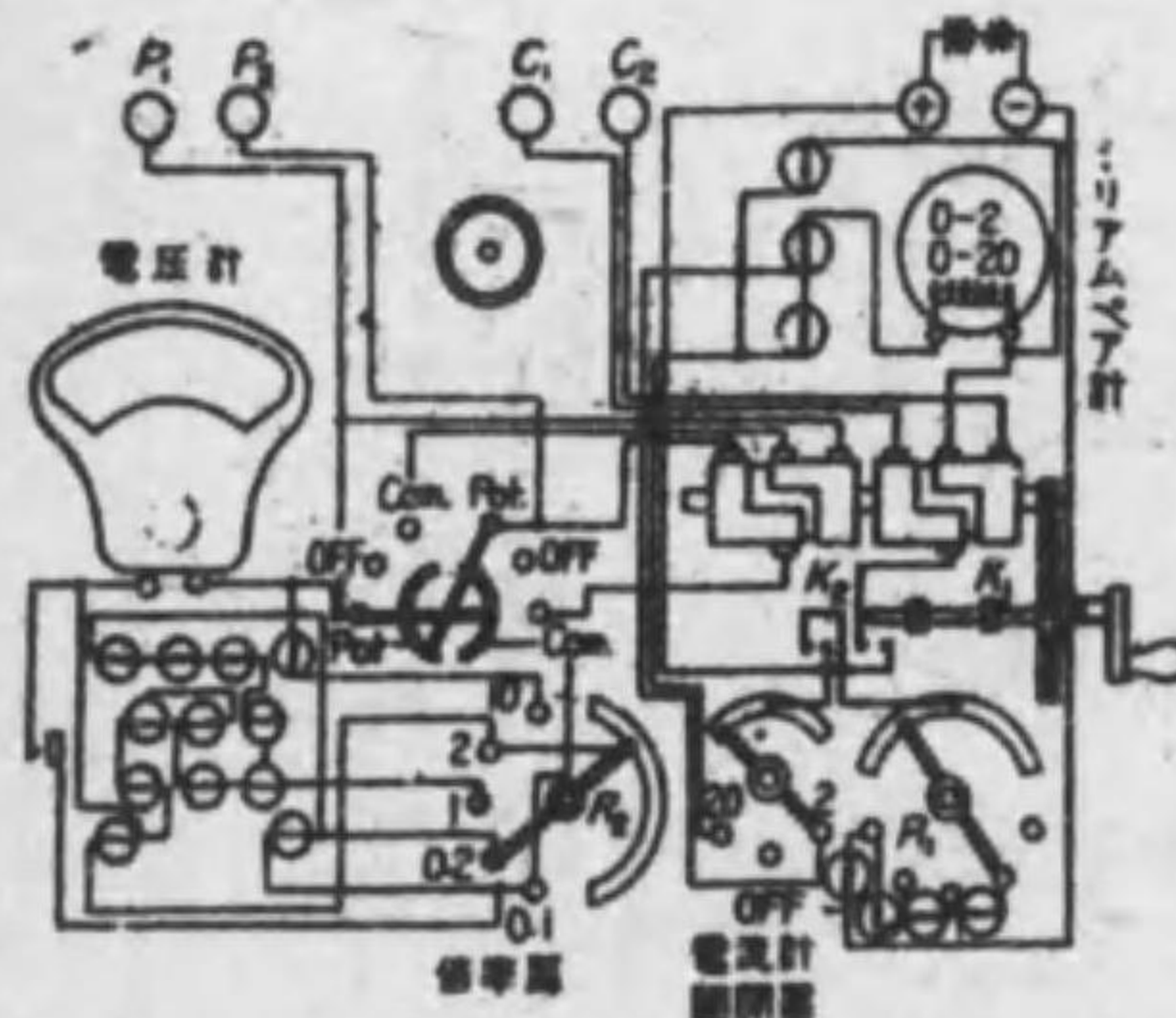


第 148 圖

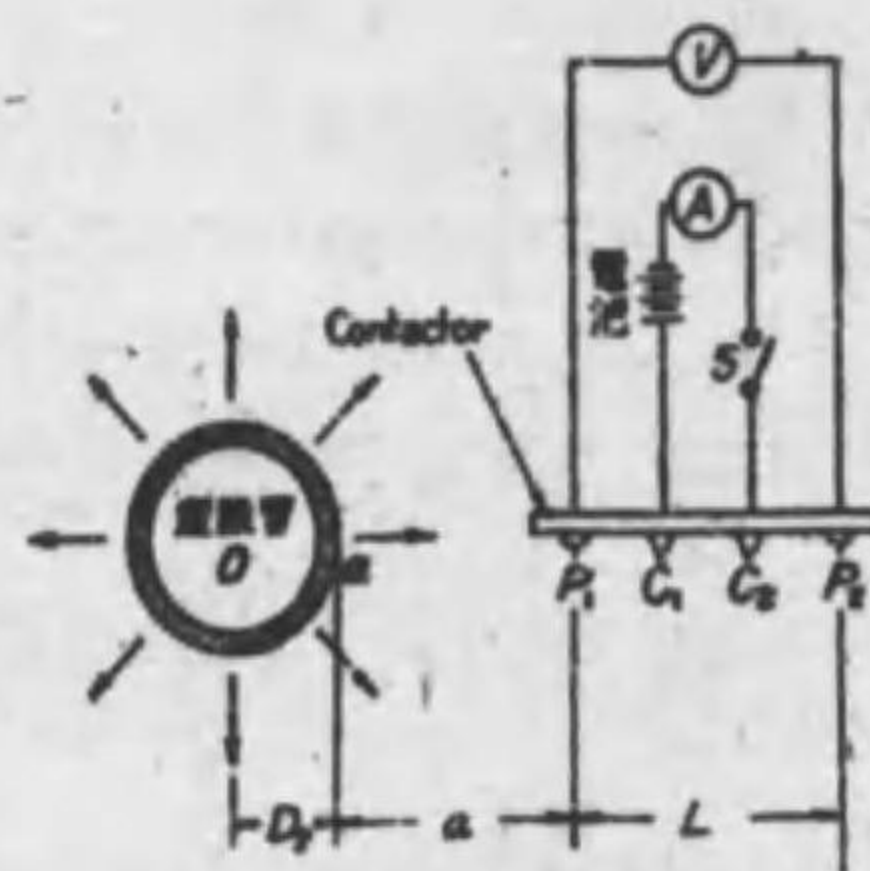


第 147 圖 ケンブリッジ地電流計内部接續圖

は被測定物の抵抗既知のときに用ひ、その電流を知るのである。テンブリッチ地電流計(第 147 圖)は第 146 圖の如く接続し、被測定電流 I による電圧降下 V を零とするやう A を加減し $I=A$ を得るのであるが、電圧端子を電流端子の内側に置き、且相接觸せしめぬやう注意を要する。この方法は I の変動が大なるときには不便である。 I の変動大なるときは第 148 圖の如く S 解放時の電圧計の振れ v_1 、投入時の電圧計の振れ v_2 及 A を読み $I=A \cdot v_1 / (v_1 - v_2)$ を得る。



第 149 圖 McCollum 氏地電流計内部接続圖



第 150 圖 McCollum 氏地電流計による測定

d. 流出入電流密度測定 普通には隣接 2 點に於ける金屬體電流の差を探り、該區間よりの流出入電流密度を算出する。直接測定用には McCollum 氏地電流計(第 149 圖)がある。これは又土壤固有抵抗の測定にも適するが、更正困難なるをその缺點とする。第 150 圖の如く接端子を地盤について測定方向に押し當て、 S 投入のときの電池電流 I_0 及これに依る電圧 V_0 を読み。両者は Double commutator に依り同時に極性變換せられ、測定地電流に無關係なるやう作られてゐる。次に S を開放し地電流による V_1 を測る。然るときは P_1P_2 間の電流密度 $i = KI_0 \cdot V_1 / V_0$ 、土壤固有抵抗 $= K' V_0 / I_0$ である(K 及 K' は定數)。又 Harbor 氏地電流計(第 151 圖)の如き原理によるものである。

e. 電蝕量に影響する主要因子 實際に發生する電蝕量のファラデー法則による電蝕量に対する割合(%)を腐蝕率 η とする。

(1) 電流密度⁽²⁾ 鐵の場合では時として不働態(passive) 著しく又鉛では電解液の種類に依り流出電流密度大なる時一種の防蝕皮膜を生じ η は孰れも甚しく減少する。

(2) 湿度 土壤の含水量が少いときは流出電流密度大なる局所を生じ η は減少する。

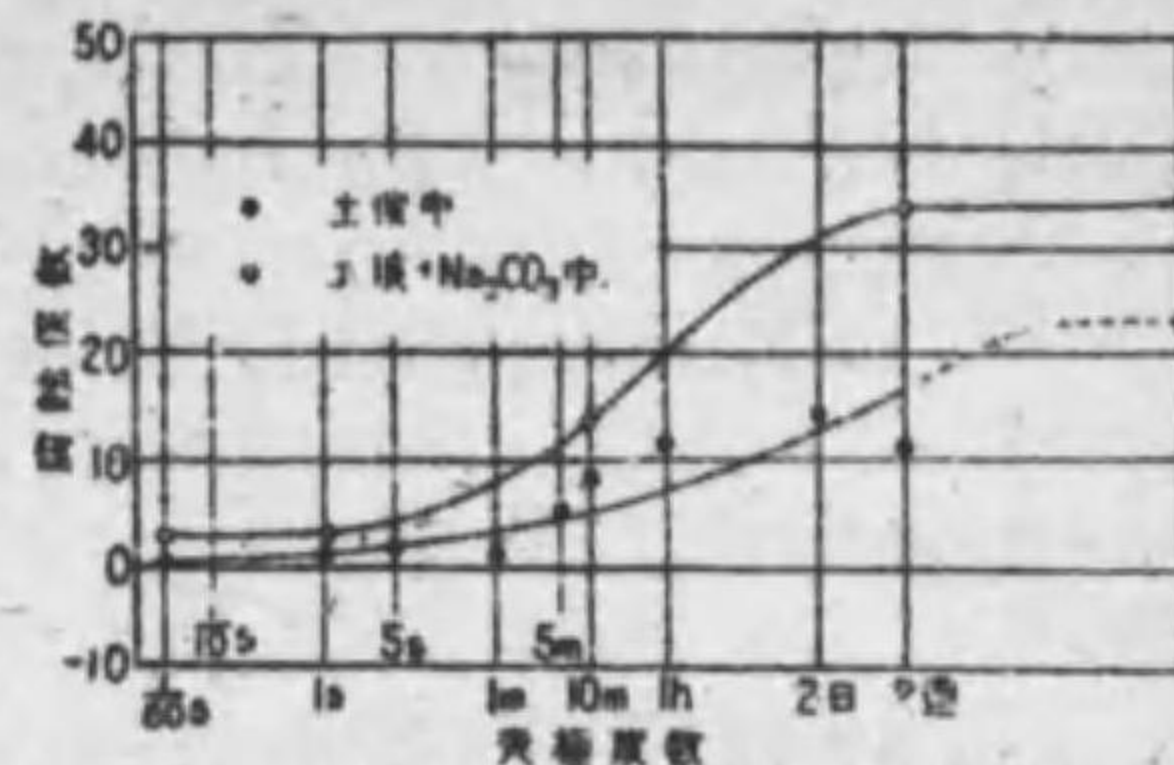
(3) 温度 高いときは η は大となる。又水分が未結すときは土壤固有抵抗急増して電蝕量は著しく減少する。



第 151 圖 Harbor 氏地電流計

(4) 鹽素 土壤中に於けるその存在量が大なるときは η は大となる。

(5) 電解液⁽³⁾ その種類に依り η に大差を生ずる。鉛は硫酸根、鹽酸根等に対して η 大である。又クロム化合物は鐵を不働態とし $\eta < 1\%$ のこともあるが、鐵は硝酸根、鹽酸根、硫酸根、醋酸根等に対しては η 大である。



第 152 圖 鉛の腐蝕係數と變極度數

(6) 交流による極性變換(第 152 圖)

21. 電蝕防止方法

a. 電蝕防止施設 (電工規則第 165 及 166 條參照)

(1) 歸線の抵抗をなるべく小とする方法。即ちボンドの種類を選定及施工並に保守に注意し、クロス・ボンドを適宜設ける。猶この目的のために特に補助歸線を施設する。

(2) 變電所電氣區域直長を縮少する方法。

(3) 歸線の極を定期的に轉換する方法。鉛で土壤中の場合には 2 週間毎に轉換すれば一定にした場合の腐蝕量の約 17%、2 日毎で約 13%、1 時間毎で約 7%、10 分間毎で約 5% となる。(第 152 圖)

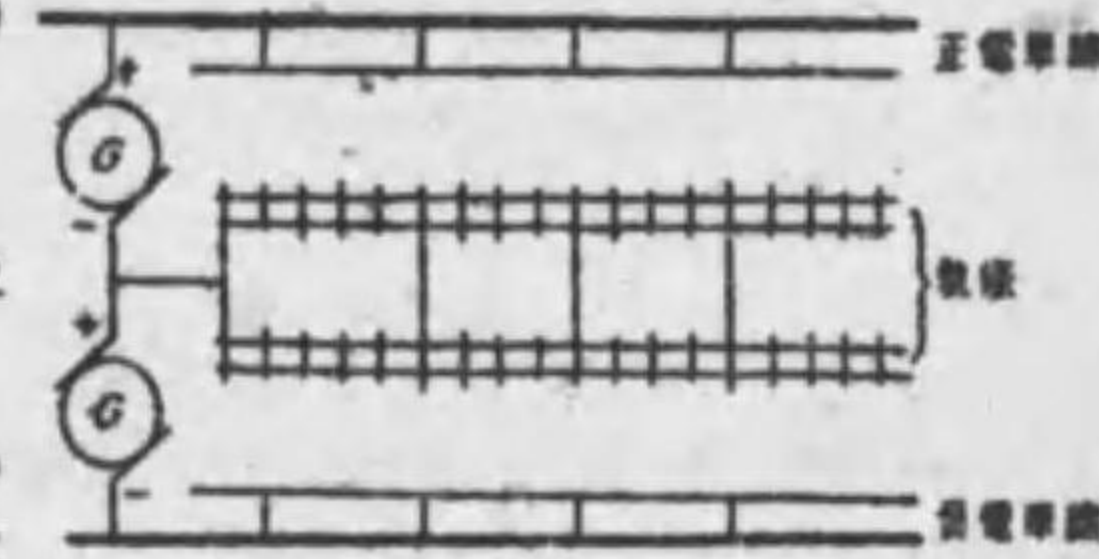
(4) 歸線の大地に対する絶縁を高くする方法。軌條を砂利枕木で大地との絶縁を高める方法、軌道床をコンクリート、アスファルトその他絶縁力の高いもので造る方法又は排水溝を設ける方法等。

(5) 絶縁線電線を電源負極母線より出して軌條に隨所に於て接続し、歸電流を分流せしめ、軌條中に於ける電位差を減少せしめる方法。この場合絶縁線電線回路に定速度電動機により運轉せられる他勵磁又は直捲勵磁の直流發電機即ち減壓機を設けることもある。絶縁線電線の施設の方法により等電位法及傾斜電位法の 2 種があるが前者は平均負荷状態で各接続點の電位を等しくするもの、後者は變電所寄りの接続點に向つて電位傾度を有せしめるものである。

(6) 三線式配電法を用ひる方法(第 153 圖)。(本章 1 參照)

b. 地中管線施設

(1) 排流法⁽⁴⁾ (電工規則第 168 條) 埋設金屬體の電流流出顯著な箇所を、なるべくこれより低電位の軌條に電氣的に接続する。負極母線に接続し得れば最可である。金屬體と軌條との間の電位差は一般に正負常でないから、一般には選擇排流法を行ふ。即ち軌條より排流線を経て金屬體へ至る流入電流を阻止し、反對方向のみの電流を通せしめる。これが爲には繼電式(過電流自動閉閉器)又は電解式⁽⁵⁾(アルミニウム整流器)選擇排流装置、酸化銅整流器⁽⁶⁾等を排流線に挿入するのである。排流法の効果は土壤固有抵抗大なる場合に殊に著しい。被排流金屬體は普通には近接の他の金屬體とは電氣的に接続するがよい。又排流装置は抵抗の小なるものである事を要する。



第 153 圖 三線式配電法

(2) 金属體の絶縁接続法⁽¹⁾ 或る長さ毎に金属體を絶縁する。施設箇所位置及箇數によりその効果に差があるが施設箇所は乾燥地帯を可とする。又施工方法が良好でないときは絶縁低下を免れず、電線の場合に特に注意を要する。

(3) 金属體に低電位金属體又は直流電源を接続する方法 例へば鉛被の防蝕に亜鉛板を接続しこれを接地すれば、土壤中に於て亜鉛板より鉛被に向ひ電池電流を生じ、鉛被よりの流出電流を補償することが出来る如きである。同様の目的に對し適當な大きさの直流電源を使用することも出来る。交流より適當な整流器を経て接続する事が多い。

(4) 金属體を絶縁物を以て包被する方法 この方法は耐久性が疑問で電流流出區域で腐蝕が出来ると金属體の穿孔を促進する。導電性防蝕塗料を用ひることもある。

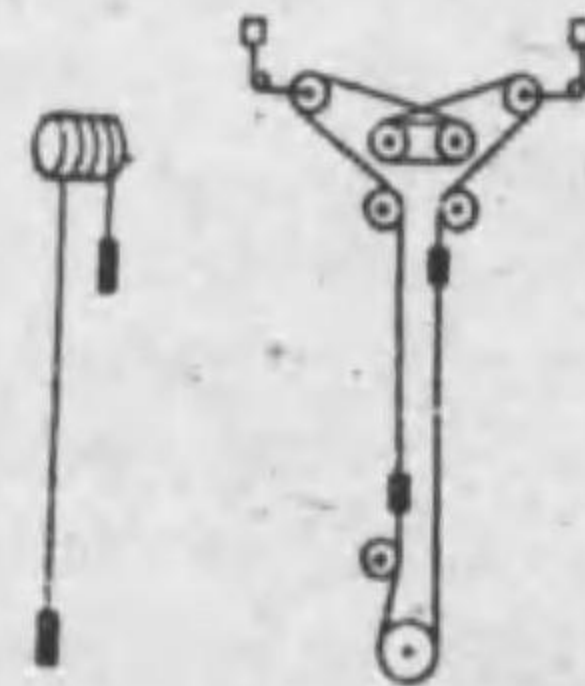
(5) 導電體で通電する方法 遮蔽用金属體と被防護金属體とを電氣的に接続し、前者を経て地中へ電流を流出せしめるやう適當に接地する。

第 9 章 特殊の鐵道

1. 鋼索鐵道 特急勾配線路に於て車輛を鋼索で運轉する鐵道である。これに次の 2 種がある。

(1) 吊瓶式 車輛を鋼索の兩端に接続し、鋼索を上方捲上場に於けるドラムに捲付けて適當の動力でこれを回轉し、車輛を上下せしむる方式である。我國に行はれて居る鋼索鐵道は皆この種類である。(第 154 圖)

(2) 或る動力を以てエンドレスに動かして居る鋼索に車輛が掛まつて上下し得る方式である。(第 155 圖)

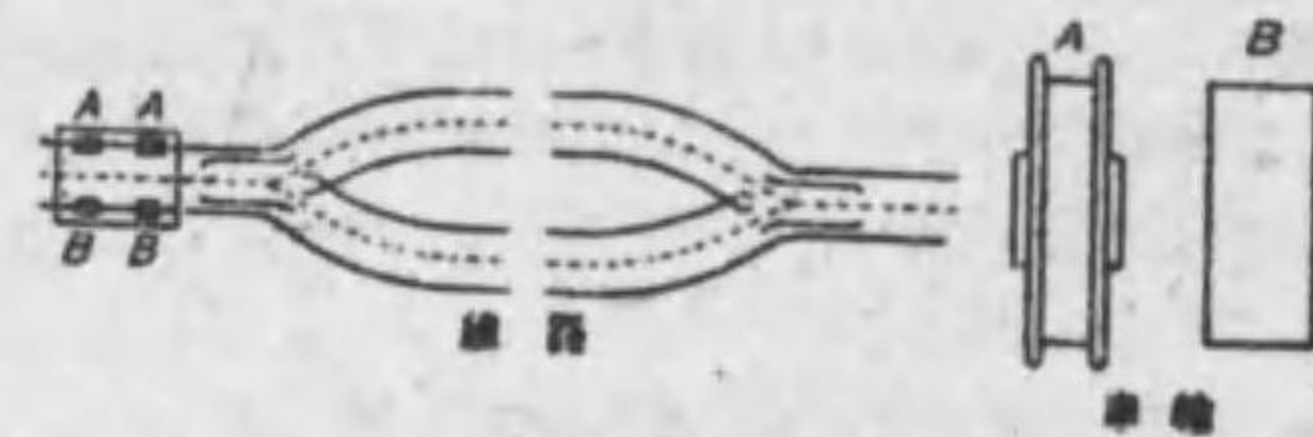


第 154 圖 第 155 圖

2. 鋼索鐵道の線路

a. 勾配 實際に於て勾配の最急は 700% 即ち 1/1.143 位である。線路全體の勾配の形は拋物線になつて居るのが理想的である。即ち下から初めは緩で、山頂に近づくに従ひ次第に急になるべきである。

b. 自動行進 吊瓶式に於て、線路は單線で丁度真中の處で登る車輛と降る車輛とが行進の出来るやうにするのが普通であるから、自動行進の爲線路に特殊の轆叉を用ひ、車輛にも特殊の車輪を裝置することが必要である。(第 156 圖參照)



第 156 圖

3. 鋼索及導輪

a. 鋼索 鋼索には良質の鋼線を撻合せたものを使用し、普通心として麻綱を入れるのである。

鋼索の太さを定めるには、後に述べる方法に依り鋼索に加はる最大の力を計算し、安全係数を約 10 位に取つて行ふのである。又撻合せの爲全體の強さは多少減退するものとして、鋼索線の強さの合計の約 92% に相當する數字を取るべきである。(第 24 表參照) 鋼索の線の撻り方は種々多である。

第 24 表

項目 会社名	延長 (km)	高さ (m)	勾配 (%)		鋼索		鋼索に於ける導輪の直徑 (mm)		車輛		平均 運轉速度		捲上機用 電力 (馬力)
			最急	平均	直徑 (mm)	重量 (kg/m)	直線	曲線	定員 (人)	自重 (t)	km/h	m/s	
筑波山鋼索	1.7	232	350	139	31	3.21	300	405	64	5.8	10.78	3.00	119
伊香保ケーブル	3.1	440	353	210	34	4.52	305	400	80	10.5	9.94	2.76	180
日光登山	1.3	429	500	364	35	5.32	140	135	80	9.0	9.00	2.50	115
高尾登山	1.0	274	607	384	32	—	267	330	50	6.7	5.15	1.43	125
大山鋼索	0.7	290	470	384	35	5.36	300	415	56	8.5	7.40	2.08	110
小田原電氣線	1.2	215	200	176	—	—	300	415	30	8.4	9.98	2.78	65
比叡	2.0	182	333	93	35	4.13	300	420	84	9.0	10.46	2.91	150
京都電氣線	1.3	561	530	418	38	5.28	300	400	80	10.5	8.53	2.37	190
飯山鋼索線	2.0	639	370	314	36	5.46	300	400	84	9.0	10.90	3.03	200
明礪登山	1.2	434	625	380	31	3.21	300	400	40	6.0	6.76	1.88	80
(三重縣)													
男山索車	0.4	83	265	207	28	4.50	—	384	50	6.1	9.66	2.68	75
大阪電氣線	1.0	155	228	148	30	3.00	305	406	56	8.1	9.66	2.68	110
生駒鋼索線	1.1	163	228	150	30	3.80	305	406	76	8.1	8.05	2.22	110
信貴生駒鋼索線	1.7	231	228	135	29	3.30	—	—	58	8.1	9.66	2.68	125
信貴山急行	1.3	351	480	288	35	5.35	140	135	100	14.5	11.16	3.10	300
高野山	0.8	324	570	392	42	—	140	135	90	12.5	10.78	3.00	280
妙見鋼索	上 0.8	—	—	—	上 30	2.26	300	410	64	6.3	9.66	2.68	100
(大阪府)	下 0.9	358	374	210	下 33	3.71	300	410	64	6.4	7.72	2.14	100
六甲越有馬	1.7	493	498	289	42	7.64	250	350	100	9.0	10.78	3.00	300
摩耶鋼索	0.9	312	547	345	31	3.12	300	400	62	6.0	9.66	2.68	100
成相電氣	0.4	115	470	306	31	3.34	267	330	20	4.8	4.83	1.34	60
中國船岡山鋼索	0.4	181	444	410	36	3.69	300	330	50	6.0	6.59	1.83	60
(岡山縣)													
尾島登山	0.8	285	450	326	33	4.72	300	270	64	10.0	9.07	2.52	150
八栗登山	0.7	156	285	236	30	3.90	305	—	42	7.0	10.50	2.92	100
(香川縣)													
等々瀨登山	0.4	244	570	560	30	4.72	260	305	40	6.5	9.66	2.68	100
(香川縣)											5.64	1.57	
河府遊園鋼索	0.2	123	552	544	21	2.00	—	—	22	4.0	5.39	1.50	32

b. 導輪 鋼索の線路に沿うての運動を導く爲線路兩軌條間に地面に取付けた小滑車である。線路の曲線部分では直線部分のものと同形状を異にした多少直徑の大なるものを使用するのである。(第 24 表參照)

4. 鋼索鐵道に於ける架空線 車輛を動かす爲の電流を車輛に送るのではないから、所謂電車線を架設する必要はないが、信號用及通信用の電線を電車線架設の方法に準じて架設し、車輛の屋根に取付けた変電子でこれをこすつて行くのである。架空線は電車線と同様多く直徑 8mm (B.S. 羊番) 以上の硬鋼線を用ひ、その吊架方法は直接吊架又は鏈條吊架の孰れによつても宜しい。

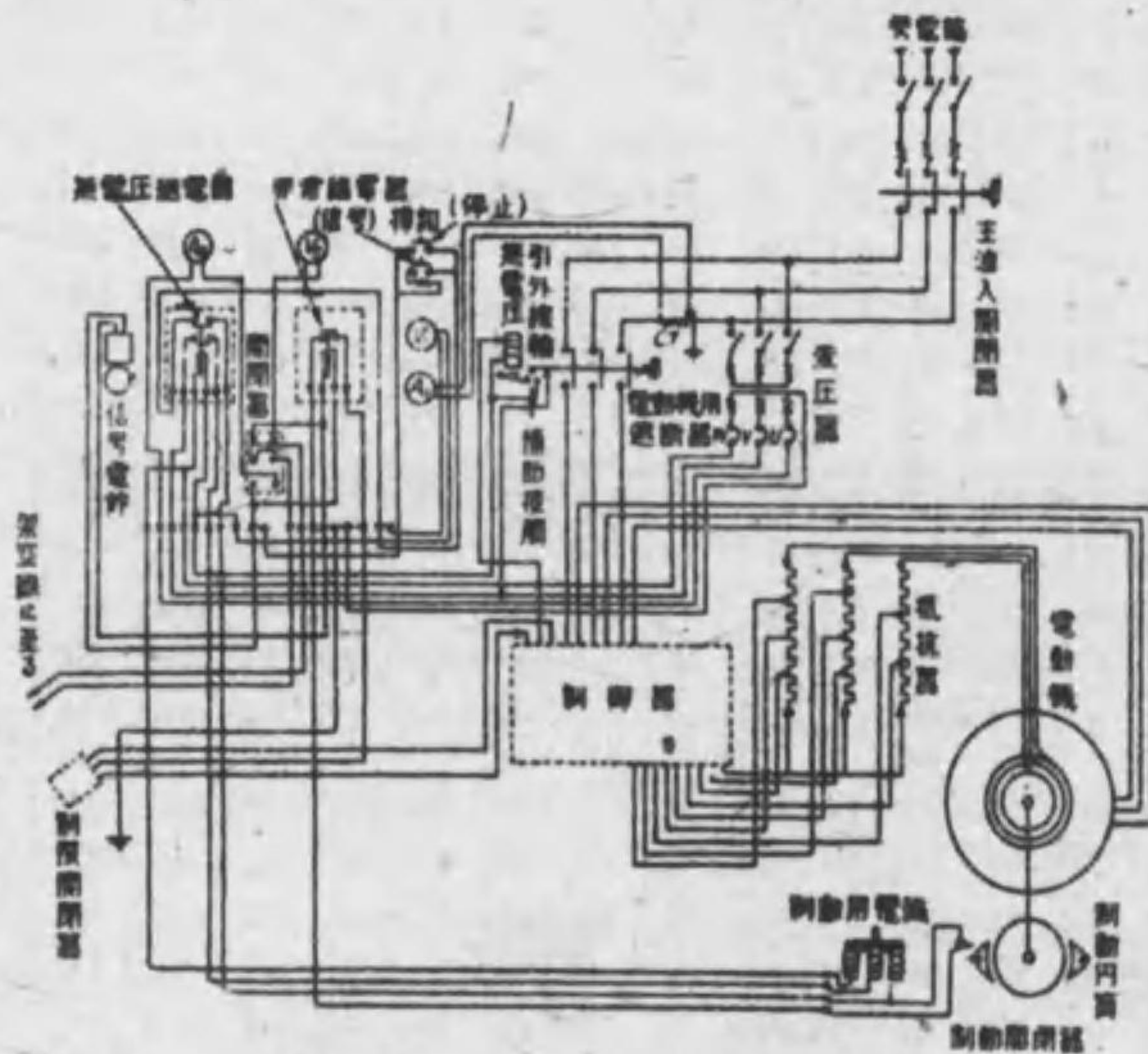
5. 捲上機 鋼索鐵道の捲上場には次のやうな設備がある。

a. 捲上用電動機 捲上の動力として作用する電動機で、三相交流誘導電動機のやう

なものが最も普通に使われる。(第 157 圖参照)

b. 捲上用滑車 (絡車) 鋼索の運動を誘導する爲の大滑車である。滑車に通例 3 種がある。即ち鋼索は外部より (1) 遊滑車の上端を経て (2) 差動滑車に至り、それと (3) 差動滑車とに環状に掛けられ、最後に差動滑車の上端を経て引出されるやうな装置にするのである。

c. 制御装置 電車の制御装置のやうなもので、これに依て捲上用電動機の起動、回轉方向轉換、速度制御、運轉停止、制動等を行ふことが出来る。(第 157 圖参照) 制御方式としてはワード・レオナード式の如き特殊のものを使用することもある。



第 157 圖 捲上場電線接続

6. 鋼索鐵道の保安装置

a. 捲上機室に於ける装置

(1) 捲上機用自動制動機 捲上用電動機軸に装置した制動輪を制動靴を以て壓する摩擦制動機で、次の如き場合に自動的に動作するものである。

- (イ) 車輛が停止すべき位置を超えたとき、即ち捲過ぎのとき。
- (ロ) 車輛の速度即ち捲上機の回轉數が或る限度を超えたとき。
- (ハ) 停電のとき。
- (ニ) 電動機過負荷又は故障の爲その電流が著しく増したとき。
- (ホ) 鋼索が切斷し又は弛んで張力を失つたとき。

又次の如き場合には他動的に動作せしめる。

- (ヘ) 捲上手が急速停車を必要と認めたとき。
- (ト) 車掌が急速停車を必要と認めたとき。

(2) 捲上機用手動制動機 捲上用電動機軸に装置して捲上手が手柄に依り動作せし

め得るもので、普通停車の場合にはこれを使用する。(第 157 圖参照)

b. 車輛内に於ける装置

(1) 自動制動機 車輛の車臺に於て、例へば軌條の兩側に選れた 2 枚のガイドと軌條との間に設けた制動ウエッジ 2 枚を軌條に沿ひ上手に引いて、ウエッジを軌條に押付け制動する如きもので、次のやうな場合に動作する。

- (イ) 鋼索が切斷し又は弛んだとき。
- (ロ) 車掌が急速停車を必要と認めて踏棒即ちペダルを踏んだとき。

(2) 手動制動機 例へば横杆作用で運動をウエッジに傳へて軌條を挟むやうにし、摩擦に依て制動を行ふ如きもので、車掌が手動に依て作用せしめることが出来る。

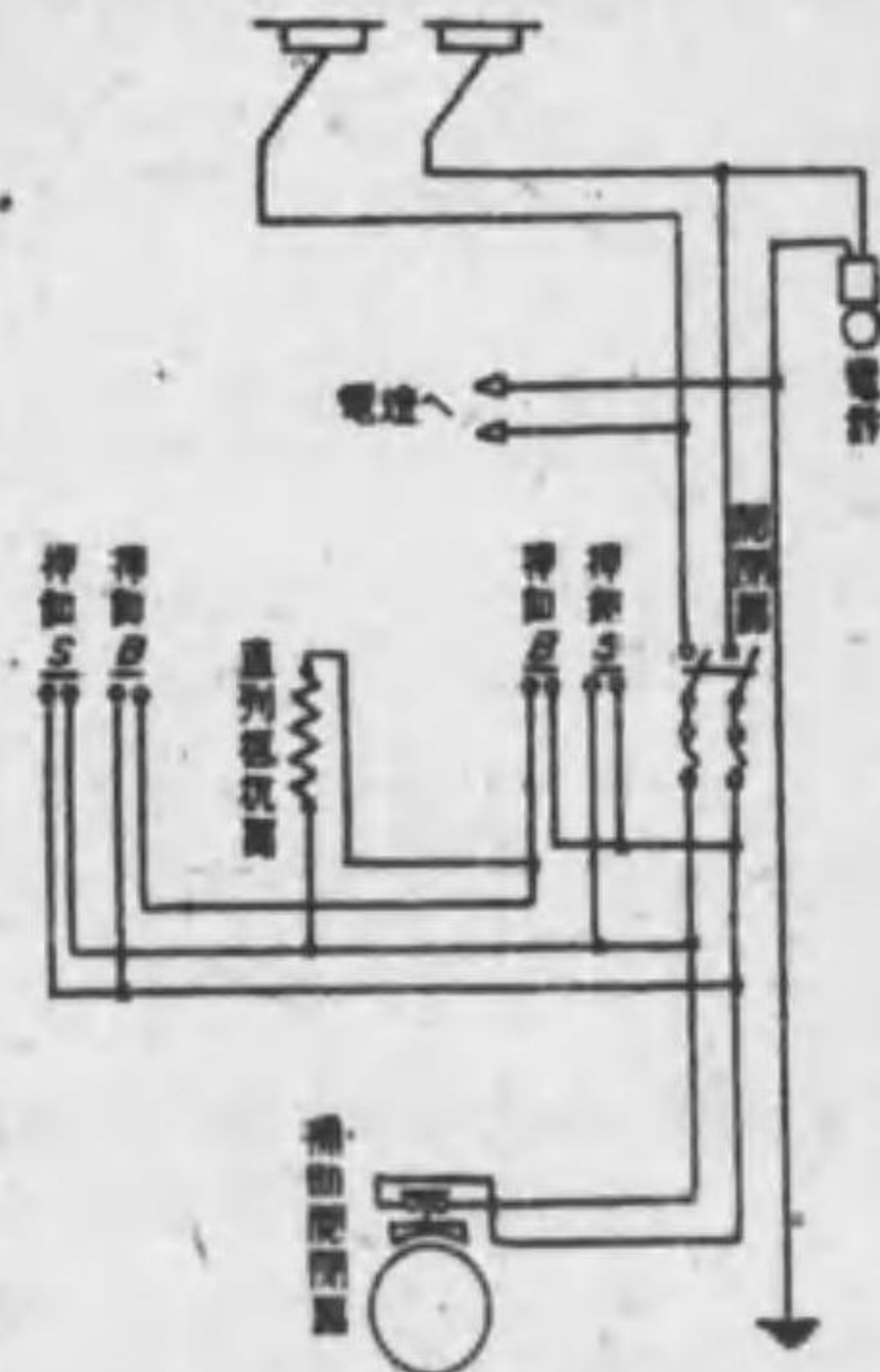
c. 車輛及捲上手間信號設備 押鈕及電鈴を用ひて信號を送るもので、次の如き場合に使用するものである。(第 157 圖及第 158 圖参照)

- (1) 車掌が停車を捲上手に請求するとき。
- (2) 停車場以外で停車した後車掌が捲上手に發車を請求するとき。
- (3) 捲上手が發車の請求を受けこれが應答をなすとき。

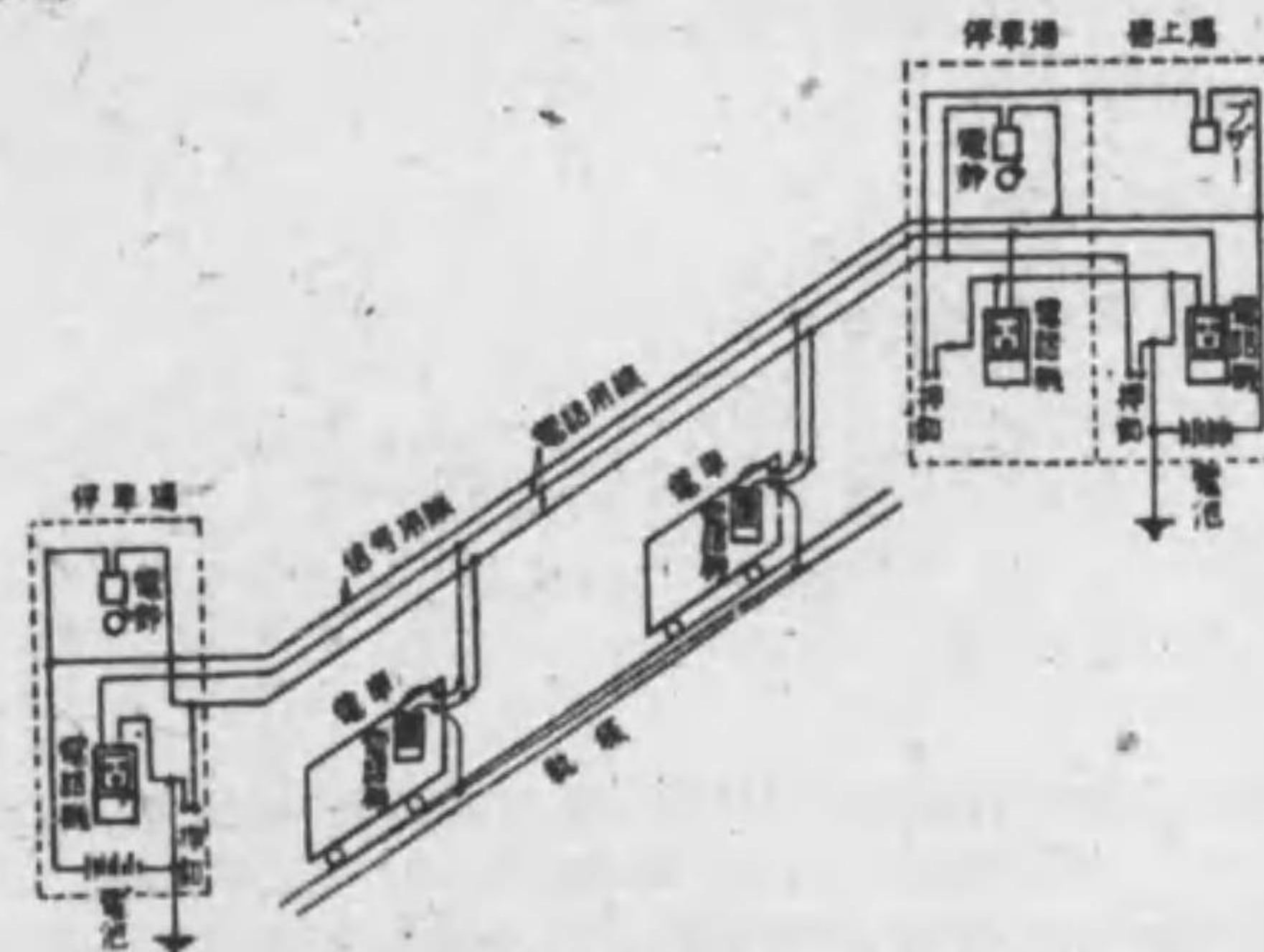
d. 發車信號及通話設備

(1) 發車信號設備 押鈕及電鈴又はブザーを使用して車長及捲上手間に信號を行ふ設備である。(第 159 圖参照)

(2) 通話設備 電話機を用ひて車長、車掌及捲上手間に通話を行ふ設備である。(第 159 圖参照)

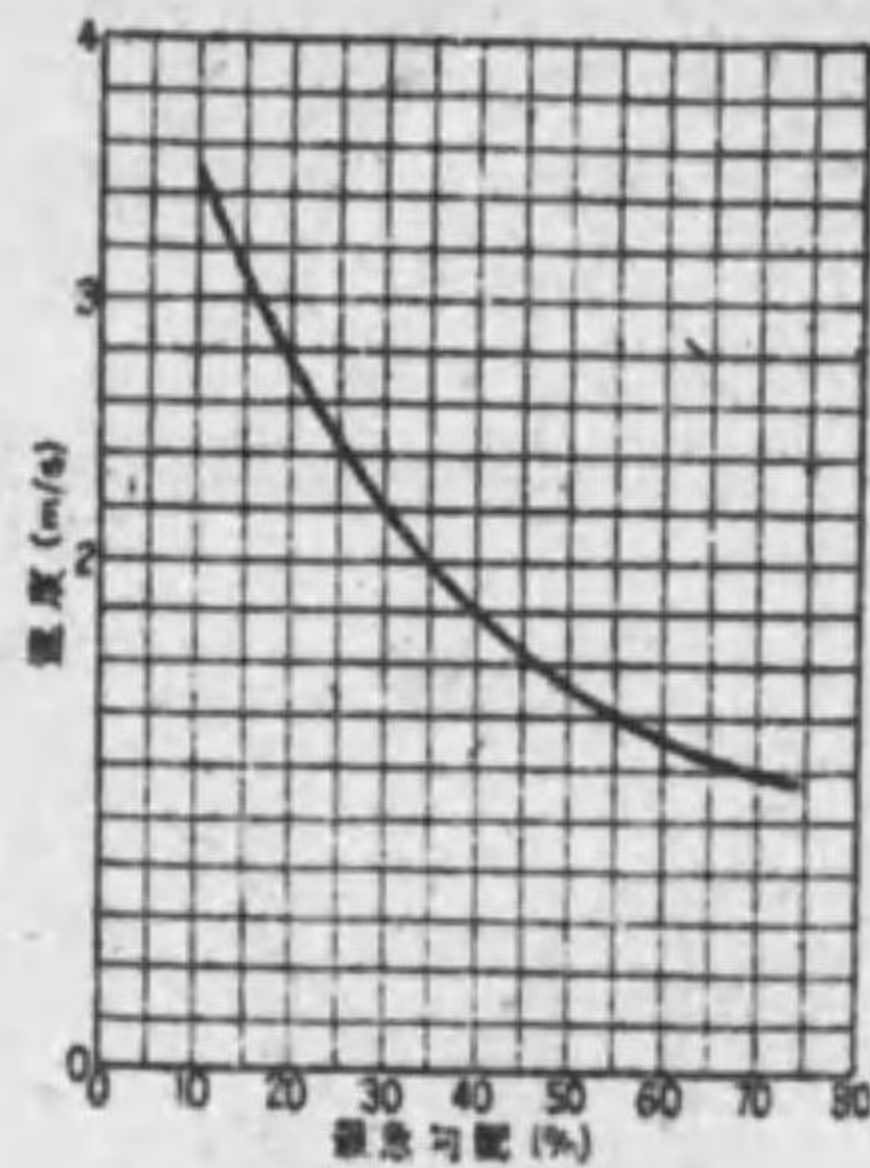


第 158 圖 車内電線接続

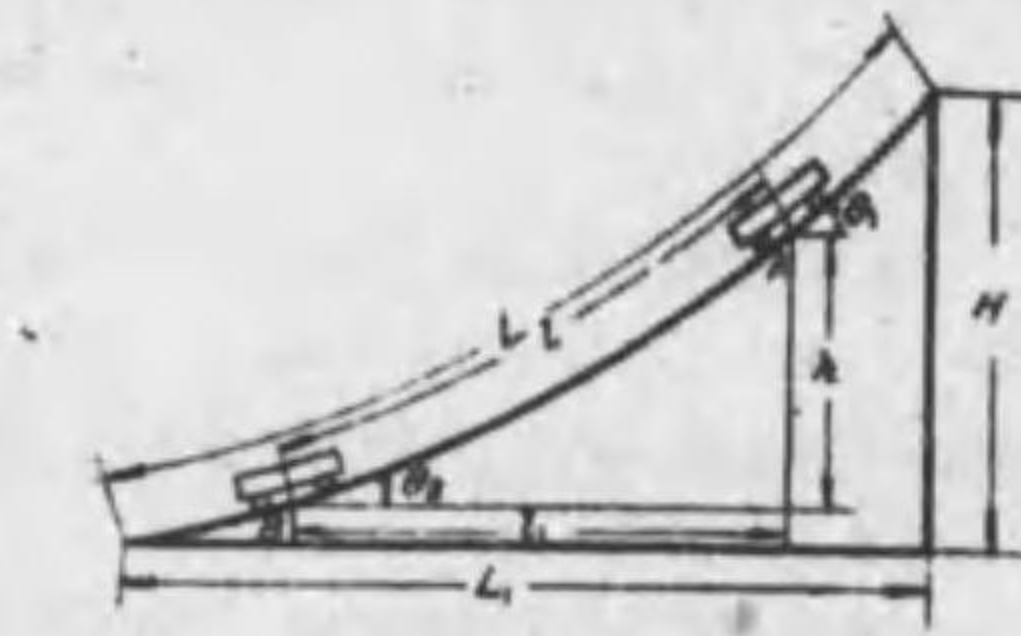


第 159 圖 發車信號及通話用電線接続

7. 鋼索鐵道の運轉速度 鋼索鐵道の運轉速度は一般に極めて小である。而してこの速度は線路の状況に依りても異なるけれども、最急勾配に關係を有することは明である。最急勾配と運轉速度との關係は大體第 160 圖の通りである。



第 160 圖 運轉速度



第 161 圖

8. 鋼索鐵道に於ける所要馬力の計算

a. 任意の瞬時に於ける所要馬力 (第 161 圖参照)

W_1 ... A 點に於ける第 1 車輛の全重量 (kg)

W_2 ... B 點に於ける第 2 車輛の全重量 (kg)

w ... 鋼索の重量 (kg/m)

r ... 車輛の運轉抵抗係數 (0.003~0.008) r' ... 鋼索に對する抵抗

とすると、所要の力 (kg) は

$$F = W_2 \sin \theta_2 - W_1 \sin \theta_1 + wh + R$$

$$= W_2 \sin \theta_2 - W_1 \sin \theta_1 + wh + (W_1 + W_2)r + r'$$

今 v を速度 (m/s) とすれば所要馬力數は

$$P = \frac{F \times v}{75} \text{ 馬力}$$

b. 平均馬力の計算

$$\sin \theta_0 = \frac{H}{L} = \frac{H}{\sqrt{H^2 + L_1^2}}$$

とすれば平均の所要の力 (kg) は

$$F_0 = (W_2 - W_1) \sin \theta_0 + wH/2 + (W_1 + W_2)r + r'$$

平均の所要馬力數は v_0 を平均速度とし

$$P_0 = \frac{F_0 v_0}{75} \text{ 馬力}$$

9. 旅客用架空索道 鋼索鐵道と殆ど同様の場合に應用し得る輸送機關であるが、鋼索鐵道よりも地勢に對する融通性多く、且比較的簡単に施設することが出来る。

鋼索鐵道に於ける如く線路の上下兩端間に 2 箇の搬器 (乗客を搭載する箱形の箱) を交互に往復せしめるもの (交走式) (第 162 圖参照) と、鋼索を無端的に動かしてこれに纏まる



a: 支索 b: 曳索 c: 平衡索
d: 運轉用フレーム e: 緊張用フレーム

第 162 圖 交走式架空索道



a: 支索 b: 曳索 c: 運轉用フレーム
d: 緊張用フレーム e: 巻環線

第 163 圖 巡環式架空索道

任意箇數の搬器を巡環して運轉するもの (巡環式) (第 163 圖参照) とあるが、前者が一般に行はれて居る。

線路上適當の間隔に立てられた鐵塔上には次の諸種の鋼索が架設せられる。

- (1) 支索 搬器を支持するもの (支索切斷の場合には曳索を以て支持する)。
- (2) 曳索 搬器を牽引するもの。
- (3) 平衡索 搬器に對し曳索と平衡を保たしめるもの。
- (4) 巻環索 常用曳索の切斷された場合の豫備。

第 25 表

項目	線路 (m)			支柱		支索		
	傾斜長 (水平長)	最高標高	兩端標高差	中間支柱數	最大徑間長 (m)	最高支柱高さ (m)	直徑 (mm)	重量 (kg/m)
日光登山	300	—	90	0	300	—	44	7.65
叡山索道	642	712	2	1	400	12.0	50	10.00
愛宕索道	131	64	60	2	119	6.0	29	4.90
二見索道	250	—	114	1	139	22.5	48	9.30
吉野山架空ケーブル	335	322	95	5	105	21.0	38	8.00
六甲登山架空索道	1567	700	413	4	578	19.5	54	11.80

項目	常用曳索		平衡索		巻環索		搬器		運轉用電動機容量 (kW)
	本數及直徑 (mm)	重量 (kg/m)	本數及直徑 (mm)	重量 (kg/m)	直徑 (mm)	重量 (kg/m)	定員 (人)	自重 (kg)	
日光登山	2×16.0	0.93	—	—	—	—	15	900	29.8
叡山索道	1×18.5	1.50	1×18.5	1.15	1×18.5	1.15	20	1300	36.0
愛宕索道	1×22.2	2.14	1×22.2	2.14	1×22.2	2.14	8	418	18.4
二見索道	1×19.0	1.00	—	—	—	—	20	1000	37.3
吉野山架空ケーブル	2×21.0	1.70	2×21.0	—	なし	なし	10	1800	36.8
六甲登山架空索道	1×23.0	1.90	1×19.0	1.31	1×23.0	1.90	21	1500	75.0

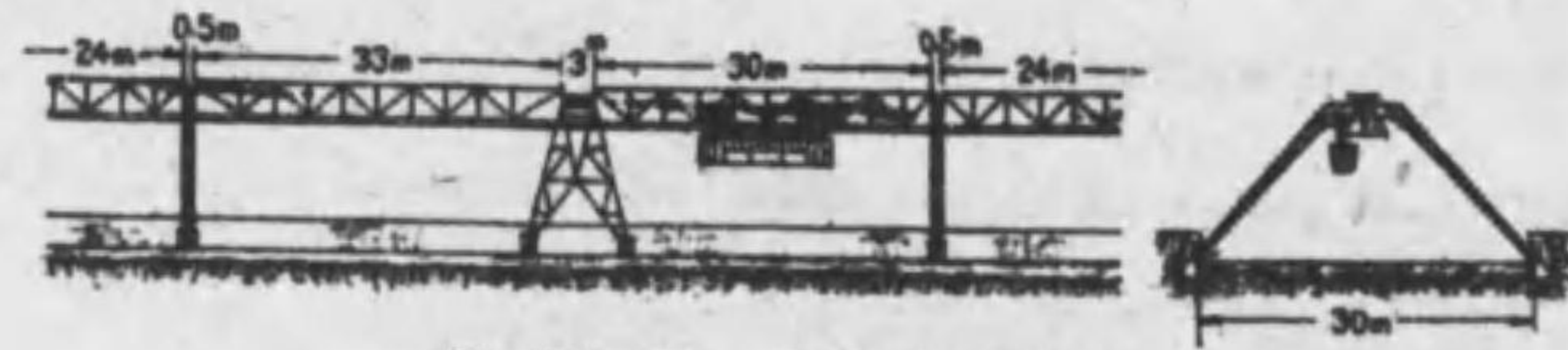
交走式の場合の支索並に曳索及平衡索の施設方法は大体次の通りである。

- (1) 支索 線路上端に於ける起點所 (牽引動力の施設を有する箇所) 間は引留コンクリート内に埋込んだ金具に緊結し、線路上端に於ける緊張所 (鋼索緊張の施設を有する

箇所)側は可撓ロープに接続した上、滑車を懸て對抗重量に接続する。

(2) 曳索及平衡索 孰れも搬器にソケット・ジョイントする。搬器より上方の曳索は起動所に於て起動用滑車(終車)に掛ける。搬器より下方の平衡索は緊張所に於て緊張用滑車(終車)に掛けた上、緊張用滑車に對抗重量を取付けて索索に速度の張力を與へる。搬器運轉に對しては起動所に鋼索鐵道に於ける捲上用電動機と同様のものを施設する。規程上よりはその外に豫備原動機を備へることが必要である。

搬器運轉に對する制動その他の保安装置は鋼索鐵道の場合と同様である。運轉速度は我國では 3m/s 以下に制限されて居る。



第 164 圖 懸垂鐵道(河上橋)



第 165 圖 懸垂鐵道(道路上橋)

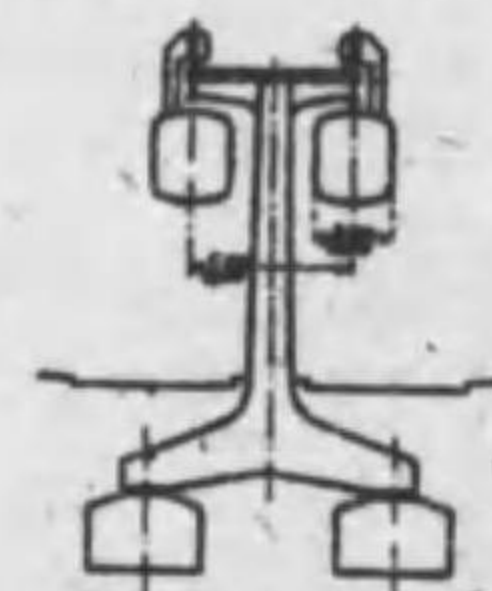
10. 懸垂鐵道 軌條を高所に敷設し、車輛の屋根上のブラケットに取付けた車輪で車輛を軌條に懸垂し、軌條上を走らすものである。軌條を施設するには道路上又は河上に特殊の高架橋を造つて行ふのである。(第 164 圖、第 165 圖及第 166 圖参照)

懸垂鐵道は線路の構造、車輛の構造等に特異の點あるを除いては、車内の諸設備、運轉の方法等に於て普通の電氣鐵道の場合と全く同様である。

11. 無軌道電車 無軌道電車は軌道を敷設しないで、架空電車線から電流を取つて街路上に運轉せられる電車である。従つてその性能上有軌道電車と自動車との間に位するものである。而してこれを有軌道電車に比較すると(イ)軌道を必要としないから建設費に於て著しい節約が得られること、(ロ)乗心地の良いこと、(ハ)人道から自由に乗降出来ること等の利點を有するが、所要電力量が割合に大なること等の缺點がある。又ガソリン自動車に對しては(イ)運轉の安全度大なること、(ロ)火災の虞のないこと、(ハ)悪臭ガスを發散しないこと、(ニ)安價な電力を利用し得ること等に於て優つて居るが、(イ)路面上に於ける運轉の融通性の稍少いこと、(ロ)建設費を多く要すること等の點に於て劣つて居る。

第 26 表 無軌道電車一般表

長さ (mm)	7000~10000
全重量 (t)	5~8
定員	30~50
電動機數	1 又は 2
電動機總馬力數	40~100
齒車齒數比	10~15



第 166 圖 懸垂鐵道(中央柱橋)

12. 無軌道電車の車輛 無軌道電車は構造上からは寧ろ乗合ガソリン自動車に類するが車内の設備は路面電車の場合と大差がない。車體は木造又は半鋼製が普通で、運轉臺を一方のみ有する所謂シングル・エンデッド・カーである。英國その他の一部に二階付のダブル・デッキ・カーも使用されるが、その他はシングル・デッキ・カーである。

車輪の配置は四輪車に於ては前後 2 輪とし、六輪車に於ては前輪 1 箇、後輪 2 箇より成る。六輪車の方が道路面に及ぼす壓力小なること、乗心地の良いこと、大なる車輛に適すること、タイヤの磨耗の少いこと、電力消費量の割合が少いこと等の利益がある。

電動機の傳動はカルダン軸式の如きに依り、ガソリン自動車のガソリン機関の位置又は車臺の中央部に於て、車の長さの方向に軸を向けて取付け、半虫齒車又は傘齒車を用ひて回轉を下げて車軸に運動を傳へる。齒車と車軸との間を連絡する推進軸の途中には自在接手を挿入する。齒車齒數比は普通 1:10 位で、電動機の回轉相當大なる設計であるから、その大きさも比較的少である(5~7.5kg/H.P.)。

電動機の種類は直流直接電動機を主とし、稀に複捲電動機を使用する。箇數は 1 又は 2 である。2 箇の場合にはタンデムに排列して 1 箇の推進軸を運轉するものと、各電動機の運動を後部左右の車輪に別々に傳へるものがある。電動機 1 箇の方が簡單で経済的であるが、2 箇にすれば直並列制動が可能なること、電動機に故障あるとき都合の良いこと等の利益がある。尤も道路上に於ける車輪の附着係數は有軌道電車の軌條車輪間のそれよりも大であるから、牽引力の關係から電動機を 2 箇にする必要はない。

制動装置は直接制動又は間接制動の孰れも使用せられる。制動器は手で操作するのが普通である。蓋し運轉手は舵取の爲に兩手を必要とするからである。複捲電動機を使用する電車では、停車する際に電力回生を應用することが多い。

制動装置としては空氣制動、真空制動、油壓制動(以上前部及後部の全車輪に作用する)、電氣制動、渦流制動等を使用する外、一般に手動又は足踏空機械制動(後部車輪に作用する)を備へて居る。電氣制動及渦流制動を除くその他の制動装置では、車軸に取付けた鋼線ディスクに作用するバンド型、又は鐵輪端内方に作用するシュー型等を用ひる。

その他の装置の内軌取装置はガソリン自動車の場合と同一である。

集電装置としては電車線 2 條の上を滑走する小車臺を用ひるものもあるが、トロリー・ホイール又はトロリー・シューが最も廣く使用される。無軌道電車は架空線直下より左右 5m 位まで偏倚して運轉せられる場合があるから、集電子の先端は充分の可撓性を有し、頸部が自由に回轉し得ることが必要である。

13. 無軌道電車に對する電車線路 無軌道電車に對する電車線路の構造は有軌道電車の場合の架空複線式の構造と同様である。電車線の太さは直径 8mm 又は 9mm の硬鋼線(その他の種類の電線を使用することもあるが硬鋼線の場合には 9mm を超過する太さのものは用ひない)が普通である。而して正負兩極線間に 500mm 位の間隔を置いて架設し、直線箇所に於ける柱間距離を 30m 位とする。支持方法は張線式又はブラケット式とする。電車線中心線の歩道端よりの距離は 3m 位とし、歩道よりの乗客の昇降を容易にする。

無軌道電車の集電子先端は可動である爲、電車線の分岐點に用ひられるフロッグは有軌道電車に對すると同様のものでは使用不可能の場合が多い。斯の如き際にはその使用箇所に應じ、(a) スプリング・フロッグ、(b) メカニカル・フロッグ、(c) 電磁式自動フロッグの孰れかを使用する。又電車線の交叉點に於ても特殊のクロッシングを使用することがある。

往復の兩方向運轉に對して別々の架線を施設せず、有軌道電車の單軌道に對する場合と同様に、電車線 1 組のみを架設する場合もあるが、これに對しては行速の爲一部分に處々 2 組の電車線を架設することが必要である。尤も單に架線の待避を爲す目的であるから、2 組の部分の長さは極めて短くて差支がない。

線路終端はシングル・エンデッド・カーが引返しを爲し得る爲、環狀線又は Y 線とする必要がある。環狀線にした方が架線方法をして簡單ならしめる。

14. 無軌道電車の速度と電力消費量との例 (第 27 表参照)

第 27 表

1 km 當り停車回数	重量 7.4 t 電動機 2×50 馬力		重量 6.9 t 電動機 2×35 馬力	
	表定速度 (km/h)	比電力消費量 (kWh/tkm)	表定速度 (km/h)	比電力消費量 (kWh/tkm)
2.5	27.0	95	25.0	80
3.0	25.0	105	23.0	90
3.5	23.0	110	21.0	95
4.0	21.5	115	20.0	100
4.5	20.0	125	19.0	105
5.0	19.0	130	18.0	110
5.5	18.0	138	17.0	115
6.0	17.0	145	16.0	120

第 10 章 變 電 設 備

1. 變電所の種別

a. 手動變電所 變成機器の起動或は停止の如き運轉上の諸操作を主として手動によつて行ふものを云ひ、比較的閑散な線路で小容量の變電所の場合に適する。

b. 半自動變電所 變成機器の起動或は停止の諸操作を繼電器等を使用して自動的に行ふものを云ひ、變電所の容量が大で、負荷の状態の複雑な場合に適當であつて、確實な運轉を得られる利點がある。

c. 自動變電所 變電所全部の諸操作を自動的に行ふものを云ひ、取扱者は不要である。比較的小容量の變電所を數多く設置する場合で、負荷の状態の簡單なものに適當である。

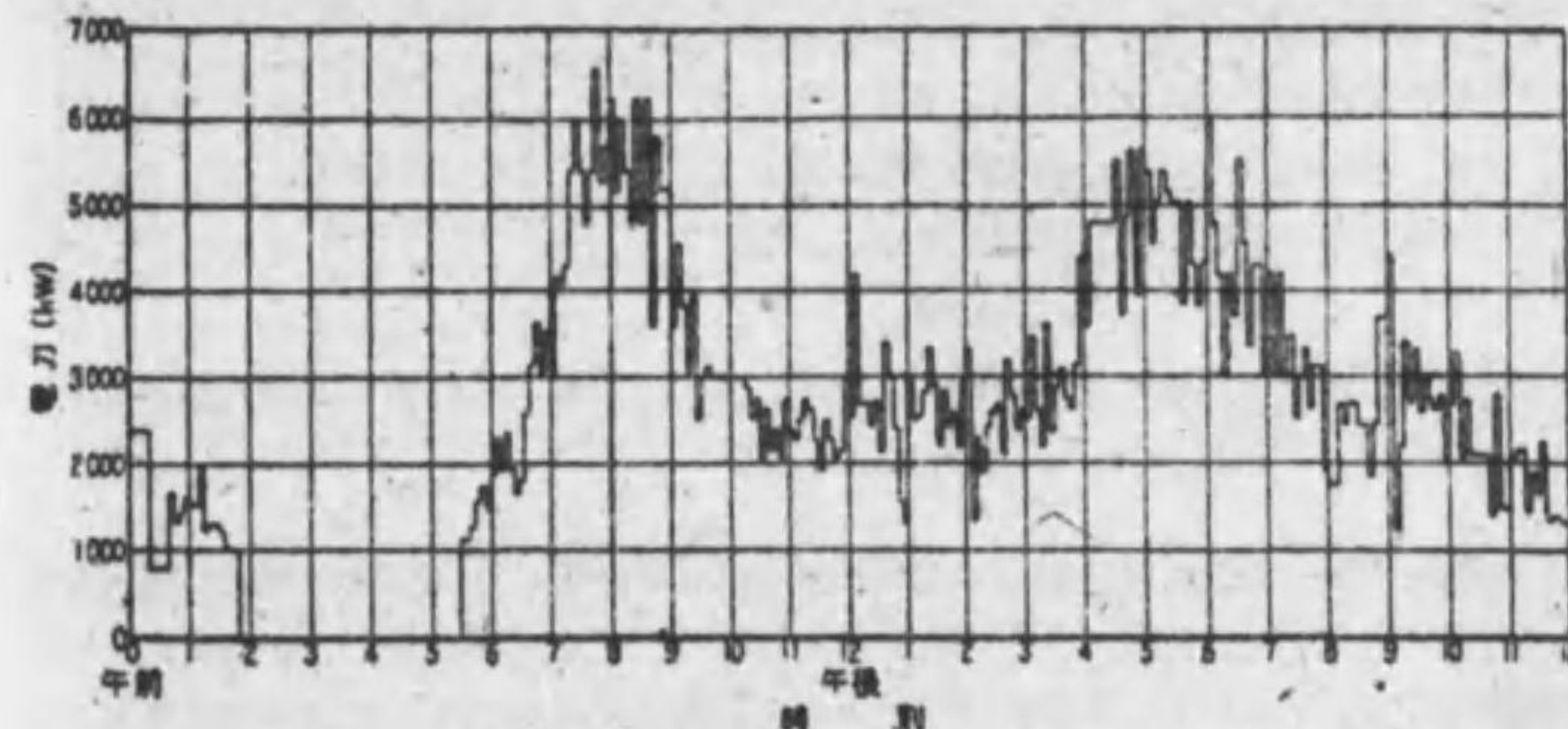
d. 可搬變電所 變成設備を車輛上に施設し、主變電所の故障その他の場合に、任意の箇所に軌道上を移動して使用する變電所を云ふ。主として回轉變流機又は水銀整流器を使用し、普通變壓器一次側油入遮断器以下の機器全部を車輛上に設備してある。

2. 負荷曲線 電機用變電所に於ける負荷電流は、他の變電所負荷に比較して、一般に非常に急激な變動のあるものである。變動の原因としては次の如きものがある。

a. 起動電流 電車又は電氣機關車の起動電流は、その電動機の種類並にノッチの取扱方法によつて異なるは勿論であるが、電車線電壓 1500 V、100 kW 電動機 4 箇付電動車に就ての實例によると、起動電流は 420 A であるから、この電動車 4 輛を含む 1 列車の起動電流は 1680 A となり、更に電動車の起動時間は約 1 分間であるから、この負荷を受持つ變電所では非常な尖頭負荷になるのである。

b. 列車運行狀態 列車運行表の作製には、なるべく各列車の起動時間の重複を避けるべきであるが、頻繁な電車の運行中には、幾多他動的原因のために多少運轉時間に遲速を生ずるのは避けられない。従て變電所の尖頭負荷は豫定以上に大となることがある。

c. 晝雷時 大都市附近の電車運轉に於ては 1 日の中、朝夕 2 回或る時間を限り、非常に旅客の輻輳するのが常であつて、従てこの時間内は運轉時隔を縮小するので、他の時間に比較して著しく負荷の増大を來すのである。



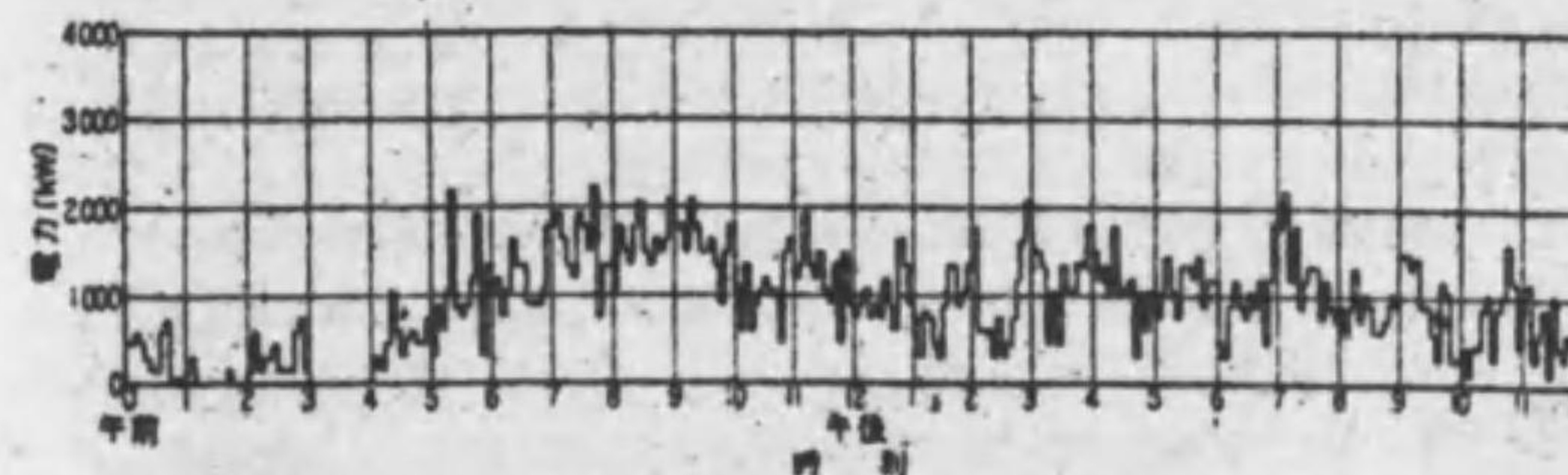
第 167 圖 電車運轉用變電所負荷曲線

3. 負荷率 電機用變電所の負荷率は、負荷の性質が前述の如く尖頭負荷であるため、一般に甚だ低いのを常とする。閑散な電車運轉線では、この傾向は更に著しいが、運轉時隔の短い頻繁な線では負荷率の數字は比較的良好となる。電氣機關車の運轉では起動時間も電車の場合より大體に長く、瞬間距離も一般に大であるため、電車の場合に比較して負荷率は良好となる傾向にある。

第 167 圖は電車運轉用變電所、第 168 圖は電氣機關車運轉用變電所負荷率の實例をも示して居る。

第 167 圖附表

總電力量 (kWh)	61 300	
平均電力 (kW)	2 550	
最大電力 (kW)	5 分 間	6 600
	15 分 間	6 200
	30 分 間	5 700
	1 時 間	5 100
負荷率 (%)	對 5 分 間	38.6
	對 15 分 間	41.4
	對 30 分 間	44.7
	對 1 時 間	50.0



第 168 圖 電氣機關車運轉用變電所負荷曲線

數箇の變電所が、一系統の電源から電力の供給を受けてゐる場合には、その受電點に於ける負荷率は相當に良好な數字を示すものである。

4. 電動發電機 同期電動機又は誘導電動機と直
流發電機を直結したものであつて、利點としては、
交直流側各任意にその電壓を選定し得ること、従て
交流電壓は電動機の許し得る最高電壓を選定し得る
こと、直流側電壓の調整範囲の大なること、同期電
動機を使用する場合には交流側力率改善に便なるこ
と、尙この場合は電力回生を行ふに容易なこと、整
流状態良好並に過負荷耐量大なること等である。缺
點としては、能率不良なること、割付所要面積大なる
こと、起動時間の長いこと、價格大なること等であ
る。

第 168 回 附 表

總電力量 (kWh)	21 843	
平均電力 (kW)	900	
最大電力 (kW)	5 分 間	2 230
	15 分 間	1 828
	30 分 間	1 628
	1 時 間	1 604
負 荷 率 (%)	對 5 分 間	40.9
	對 15 分 間	49.7
	對 30 分 間	56.7
	對 1 時 間	56.7

回轉變流機及水銀整流器の設計製作の進歩によつて、今日では次第に使用範圍を縮少せられ、電機用として新設されるものは殆どない。

5. 回轉變流機 電機用變成機として現在最も廣く使用せられてゐる。普通六相式である。電壓並に電流は交直流間に一定の比を有してゐて、直流電壓を變化させるには交流側電壓を調整する必要がある。回轉變流機の良い整流を得る爲には、以前は交流側周波数の低下を必要としたものであるが、今日に於ては、補極機心部に高磁氣抵抗の挿入、各磁刷子にフラッシュ・バリヤーの設置、アモルト捲線及高速度遮断器の採用等によつて、商用周波数に於ても良好な整流成績を得てゐる。

單機の直流電壓は今日最高 1 500 V 程度であるが、電車線電壓 1 200 V 或は 1 500 V の場合は、普通 600 V 或は 750 V のもの 2 機を直列にして使用する。使用型式は分捲型及複捲型の 2 種類であるが、前者は後者に比較して、並行運転の容易なこと、異常過負荷を免れ得ること等の理由によつて次第に多く採用せられる。

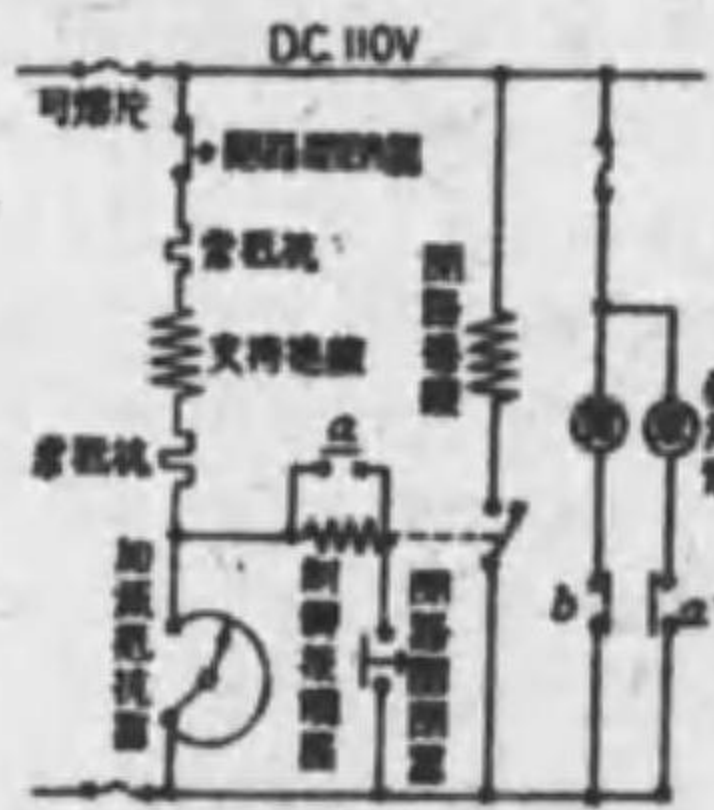
起動方法は主として、交流自己起動法を採用し、この爲變壓器二次側には 50% 以下のタップを設けてゐる。

高速度遮断器の使用は、回轉變流機の安全運転と不可分であつて、閃絡の防止用として、過負荷電流の迅速且安全な遮断器として理想的のものである。第 169 圖は高速度遮断器の電線接続であつて、動作の概要は、

- (1) 遮断開始より遮断完了迄の時間は約 18/1 000 s。
- (2) 遮断開始より遮断電流の運減し始める迄の時間は 8/1 000~10/1 000 s。
- (3) 遮断電流の調整は調整螺子による。尙保持電源は主回路又は蓄電池電源による。
- (4) 突過電流に対する選擇性は普通機械用のものは 70%、電機用の方は 50% を標準とする。尙この調整は誘導分路用鐵片の加減に依て得られる。

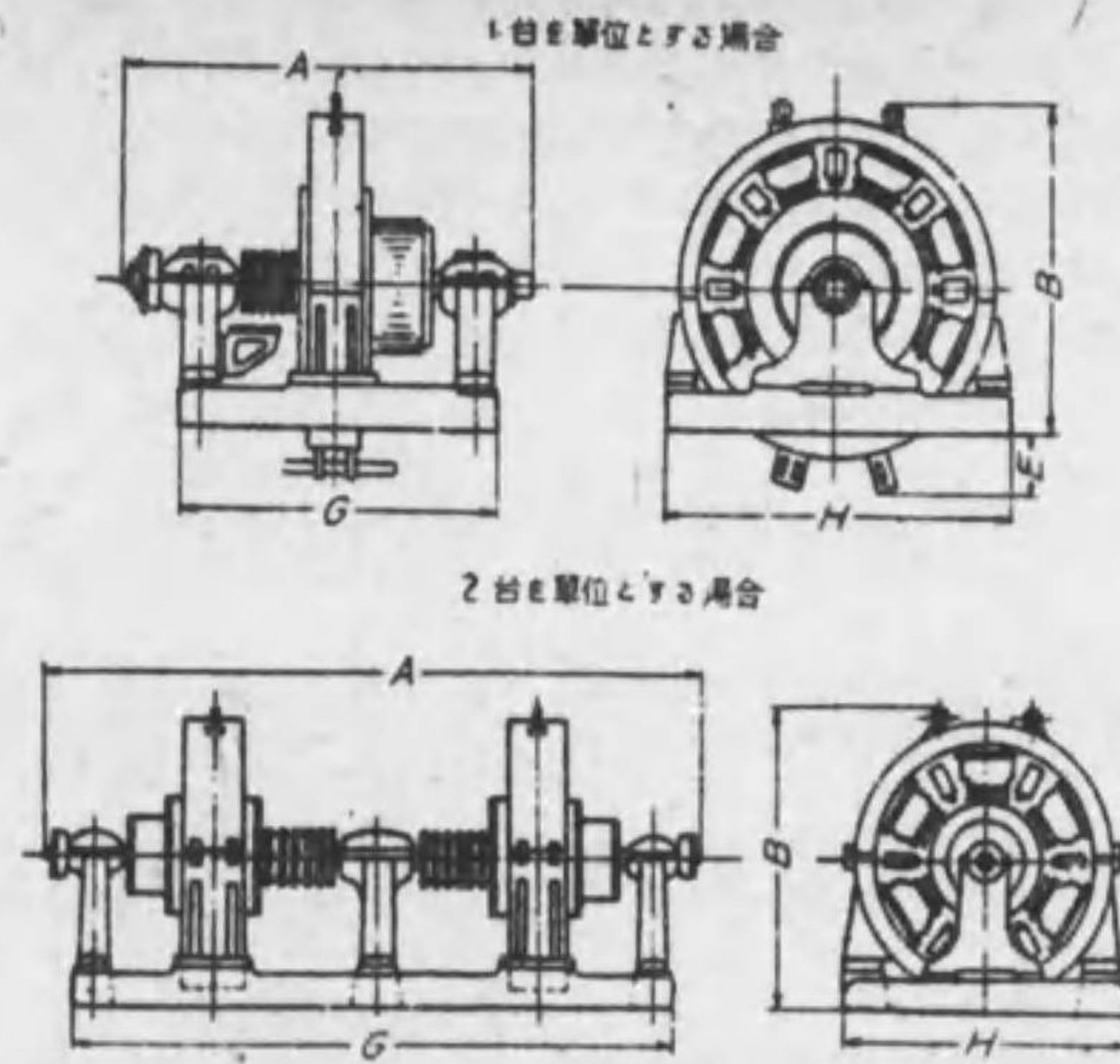
高速度遮断器には正逆何れの電流に対しても動作する兩極性のものと、一方向の電流のみに動作する單極性のものとの 2 種類がある。

種々の電壓、容量に於ける回轉變流機の各部主要寸法に對する一例を挙げれば第 28 表の如くである。



第 169 圖 高速度遮断器接続圖

第 28 表 回轉變流機主要寸法

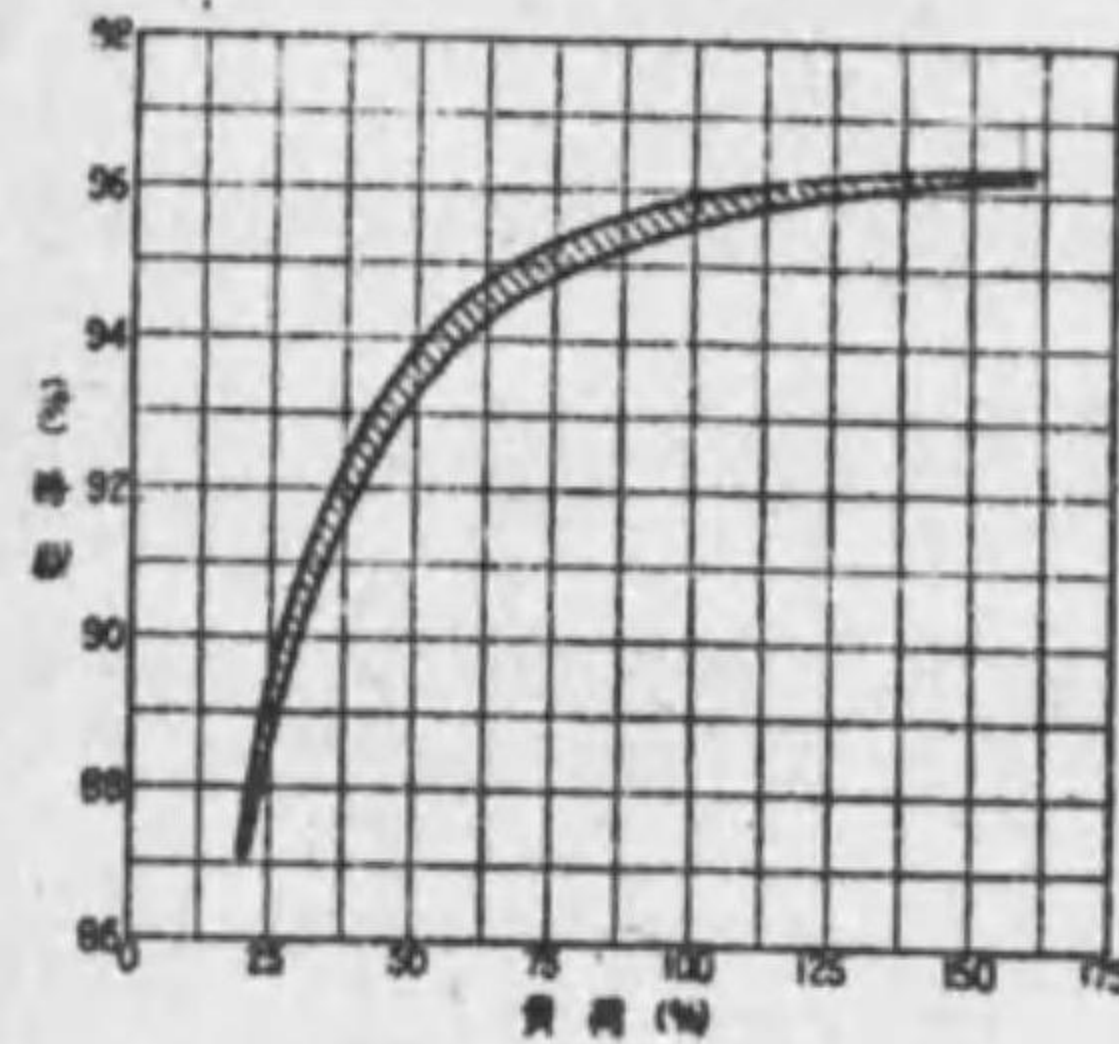


容 量 (kW)	電 壓 (V)	周 波 数 (サイクル)	寸 法 (mm)				
			A	B	E	G	H
1 臺 を 單 位 と す る 場 合							
100	750	50	1 735	1 135	50	1 490	1 000
200	"	"	2 060	1 165	100	1 770	1 070
500	"	"	2 525	1 835	300	2 245	1 700
750	"	"	2 715	1 825	300	2 435	1 700
1 000	"	"	2 920	1 985	250	2 600	1 900
2 000	"	"	3 270	2 300	300	2 770	2 520
3 000	"	"	3 580	2 920	500	2 840	3 300
2 臺 を 單 位 と す る 場 合							
300×2	750	50	4 330	1 290	230	4 020	1 360
500×2	"	"	4 540	1 735	320	4 300	1 700
750×2	"	"	4 840	2 000	250	4 570	2 000
1 000×2 小	"	"	5 000	1 985	250	4 570	2 000
1 000×2 大	"	"	5 580	2 050	250	5 300	2 500

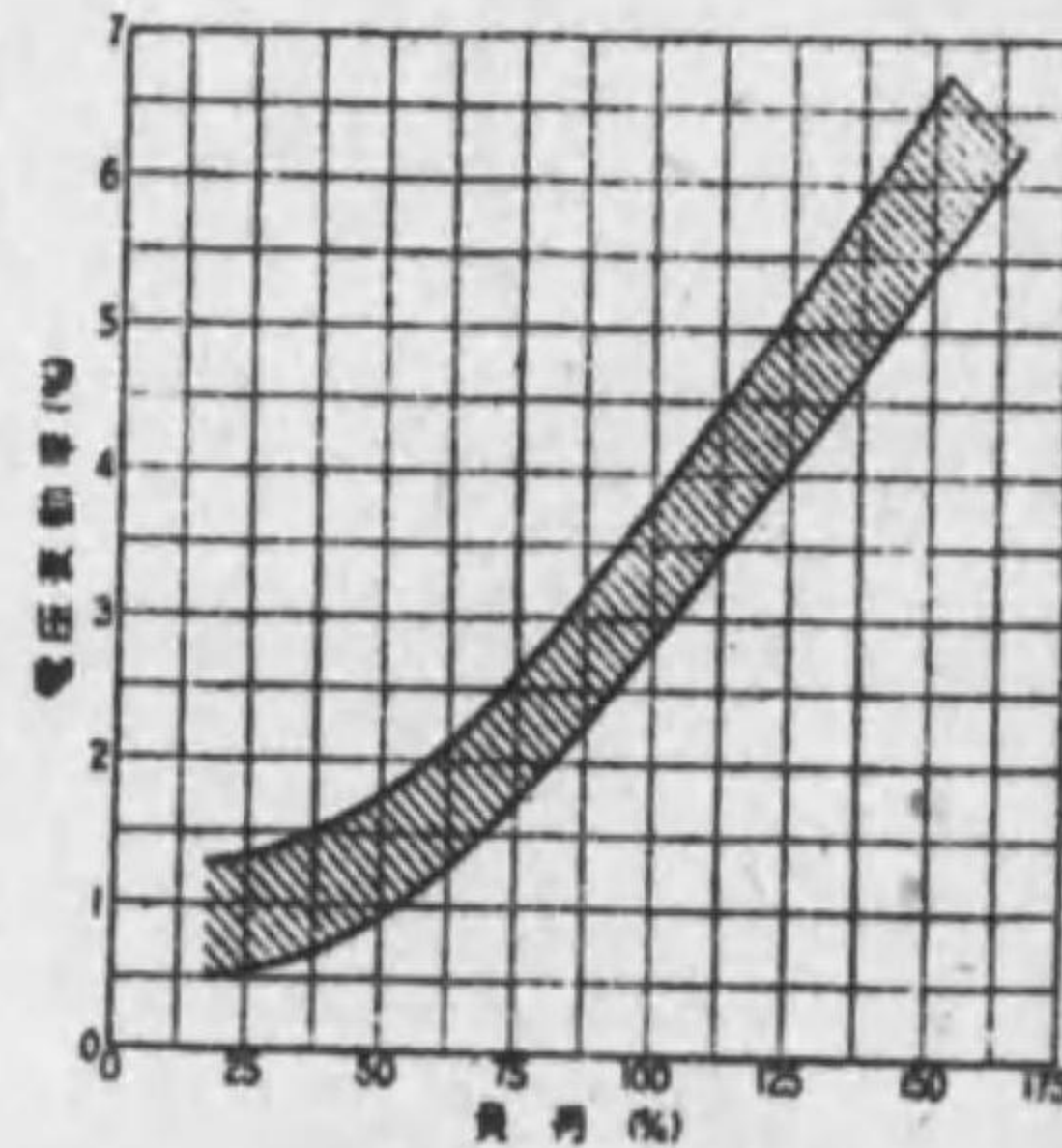
次に起動順序、起動電圧その他に就き、直流側 2 機直列 1 500 V 2 000 kW 半自動式回轉變流機の實例によれば、

- (1) 起動順序 電氣聯動により次の順序とする。
(イ) 變流機用變壓器一次側油入遮断器の閉路により 兩機の刷子を離脱し、高電壓機低電壓機の順序に交流側より自己起動する。

- (ロ) 兩機が同同期速度に達した時、低壓機を正極性にする。
- (ハ) 兩機を低壓機により勵磁する。
- (ニ) 低壓機高壓機の順序に全電壓に切換へ、次に刷子を降下する。
- (2) 起動電壓 變壓器二次側タップ電壓は全電壓の 40~50%。
- (3) 起動電流 變壓器二次側に於て全負荷電流の 220~330%。
- (4) 起動時間 起動より負荷可能の状態に至る迄の時間は約 50^m。
- (5) 能率 第 170 圖参照。



第 170 圖 750 V 1000 kW 回轉變流機能率曲線



第 171 圖 回轉變流機電壓變動率曲線
變壓器 2100 kVA
變流機 1000 kW × 2
電壓 直流 1500 V

(6) 電壓變動率(變壓器との合成電壓變動率) 第 171 圖参照。

6. 電動變流機 誘導電動機と直流發電機とを直結し、更に電氣的に縱横状態とした一種の回轉變流機であつて、利點としては、誘導電動機に對してよく耐へること、直流機は回轉變流機の場合に比較して、低周波数であるために整流上直流高電壓の設計可能であり、交流電壓の選定は自由であるから、12000 V 程度迄は専用變壓器を必要としないこと等であつて、缺點としては、起動装置は比較的簡單であるが取扱には相當熟練を要すること、起動時間の長いこと、能率の低いこと、器付所要面積大なこと等である。

電動變流機は今日では殆ど使用されない。

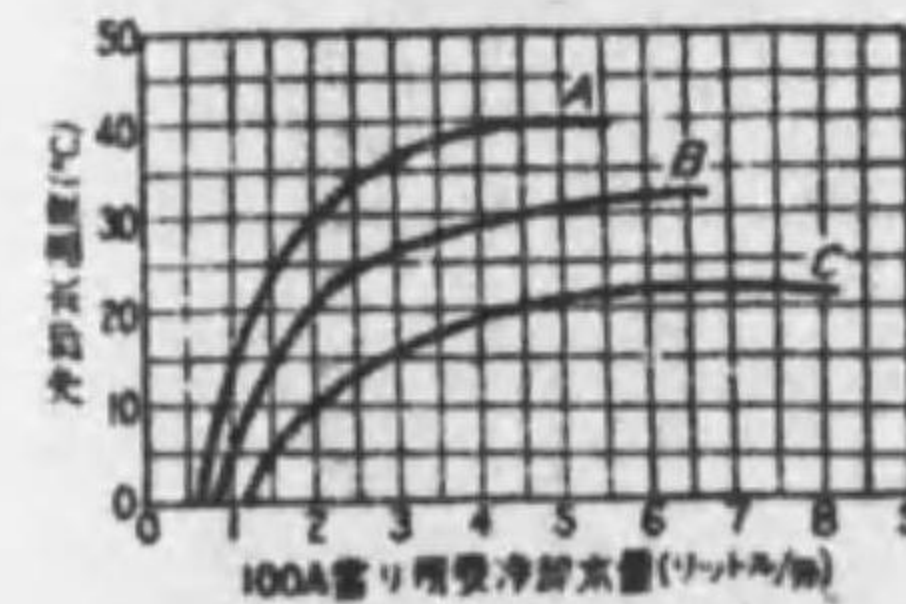
7. 水銀整流器 電機用の如き大容量のものは殆ど全部鐵槽水銀整流器である。最近非常にその使用數を増加してゐる。真空ポンプの外回轉部分を有しないので、騒音を嫌ふ都合地に變電所を設置する場合に特に適する。無負荷及輕負荷に於ける能率の良好なこと運轉操作の簡單なこと、瞬時過負荷耐力甚だ大なること、所要器付面積小で且重量輕く、振動部分を有しない爲、基礎並に建造物は甚だ簡單となる等回轉機に比較して幾多の利點を有してゐる。然し一方大なる鐵槽を常に高度の真空に保持すること、化成を必要とすること、對電流回路に對し誘導障害を及ぼすこと、冷却水の循環を要すること、電力回生に不便なこと等缺點も亦少くない。

第 29 表は種々の電壓並に容量に對する水銀整流器の主要寸法の實例である。

a. 冷却法 冷却水の水質の良否は鐵槽並に附屬鐵管の壽命に影響があるので、變電所設置前に充分調査する必要がある。一般に良質とするものは、

- (1) 硬度(英式) 17.5 度以下
- (2) 酸性 實用上無酸のもの
- (3) 電氣抵抗 3000 Ωcm 以上のもの

所要水量の一例は第 172 圖に示す如くであつて、冷却方法は水質並に水量によつて次の孰れかを採用する。



A: 鐵槽板温度 50°C
B: " 40°C
C: " 30°C

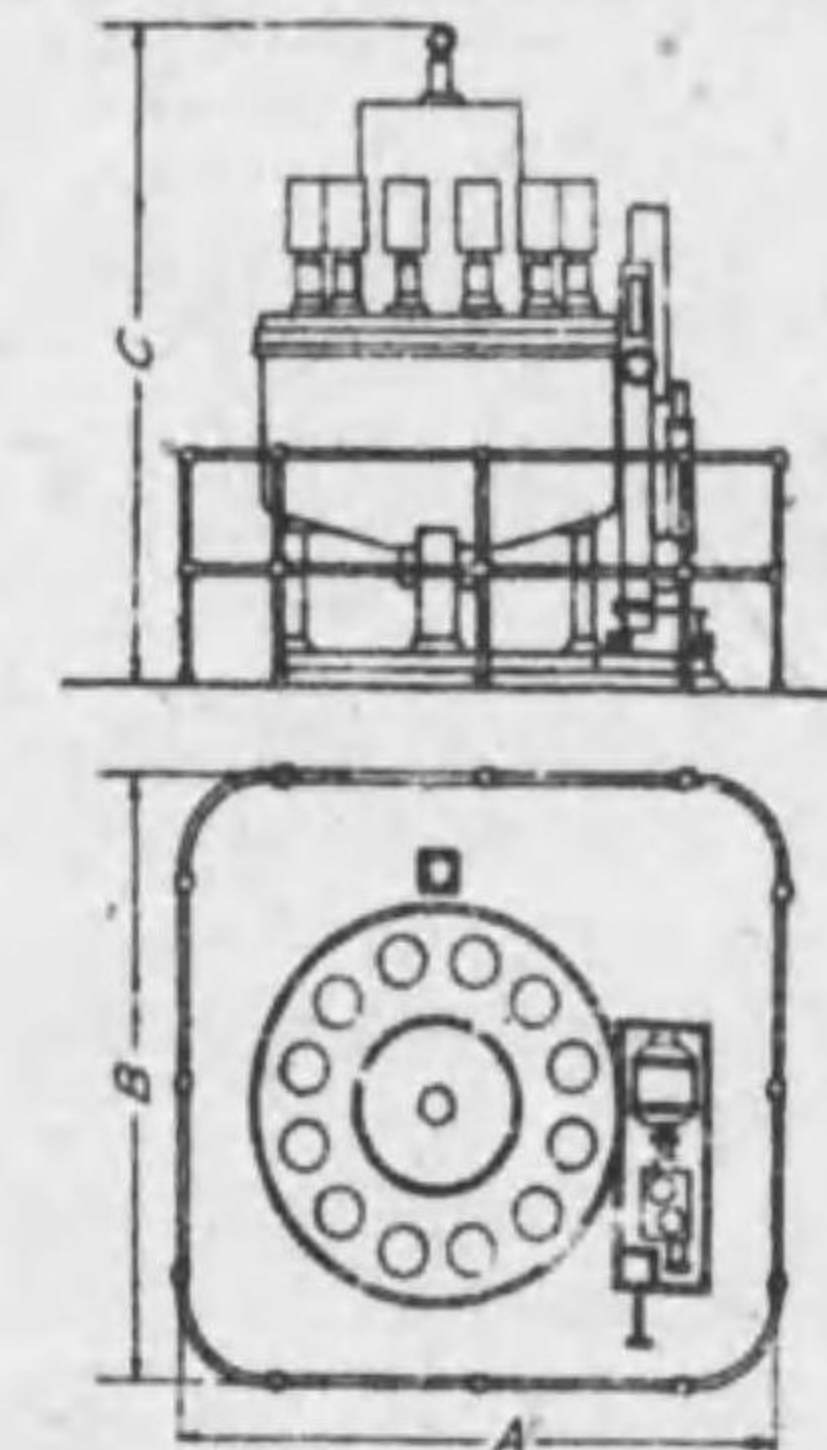
第 172 圖 水銀整流器冷却用所要水量

- (1) 直接冷却法 良質で水量の豊富な場合
- (2) 間接冷却法 質不良で水量の豊富な場合
- (3) 循環冷却法 良質であるが水量不足する場合

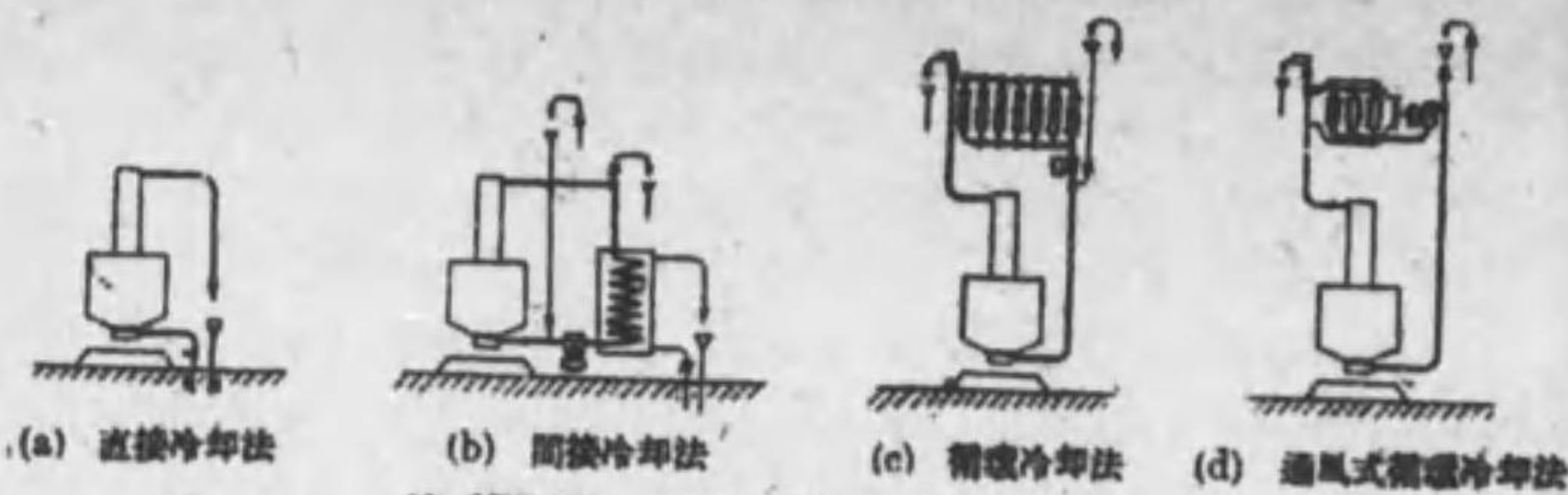
冷却水の取入口並に排出口はゴム管の類を以て絶縁するのであるが、上水道を利用する場合又は電氣抵抗の少ない水を使用する場合には、特に絶縁を完全にすることが必要である。(第 173 圖参照)

b. 化成 鐵槽整流器は製作完了の時は勿論、作理又は點檢等の爲槽内の真空を破壊した場合には、使用前必ず化成を行はねばならぬ。化成の種類並に時間は上記各場合並に修理の程度及大氣に曝露した時間の長短によつて異なるものであるが、大體第 30 表の数字が適當である。化成の種類並に順序は通昔次の通りである。

第 29 表 水銀整流器主要寸法



容量 (kW)	電壓 (V)	電流 (A)	寸法 (mm)			重量 (kg)
			A	B	C	
200	600	333	1900	1900	2000	1150
300	600	500	2310	2300	2500	2000
500	600	833	2400	2000	2700	2300
750	600	1250	2800	2400	2700	3500
1000	600	1666	3400	2500	2750	5200
1500	600	2500	3600	3000	3000	6000
200	1500	133	2000	2000	1800	1200
300	1500	200	2300	2100	2500	2000
500	1500	333	2400	2200	2600	2300
750	1500	500	2500	2300	2700	2500
1000	1500	666	3000	3000	2700	4500
1500	1500	1000	3500	3100	2750	5000
2000	1500	1333	3600	3150	3000	5800

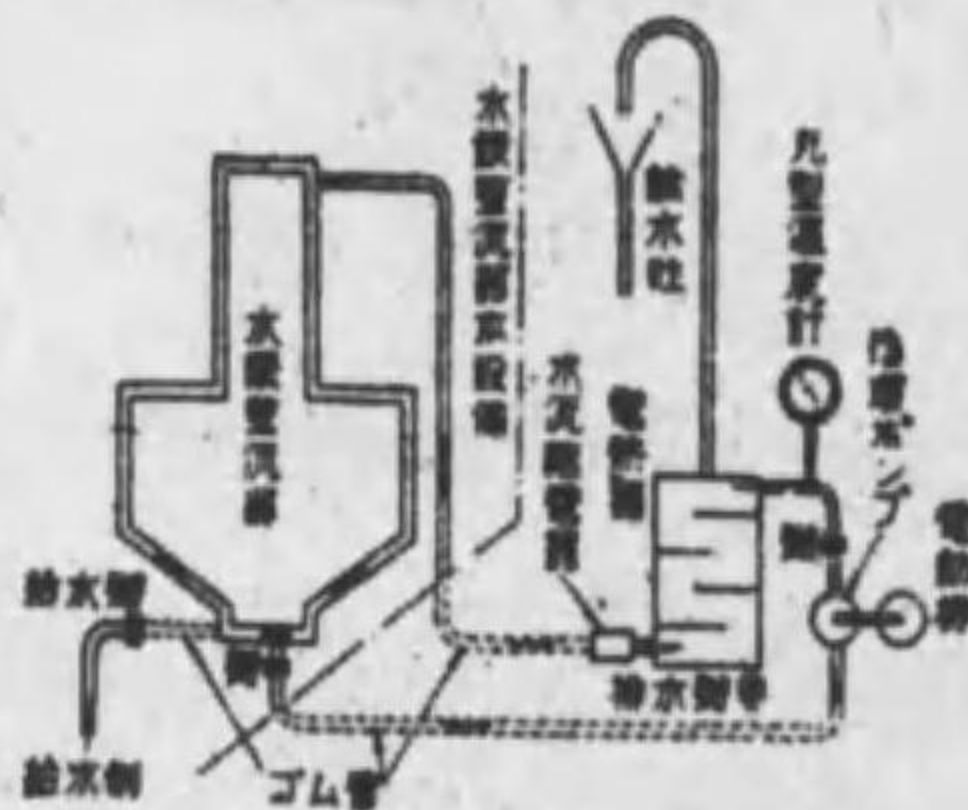


第 173 圖 水銀整流器冷却方法

第 30 表 化成所要時間

整流器の状態	1 Cylinder に要する時間			
	陽極を置く極度の調整をした後	陽極を割った場合	新品到着後約 1 箇年後に割付けた時	新品到着直後に割付けた時
温 水	1~2 日	2 日	1~1.5 日	1 日 (省略し得)
直 流	-	1 日	-	-
低 圧	2~3 日	2~3 日	2~3 日	0.5~3 日
使用電圧	6~48 時間	6~48 時間	4~6 時間	4~24 時間

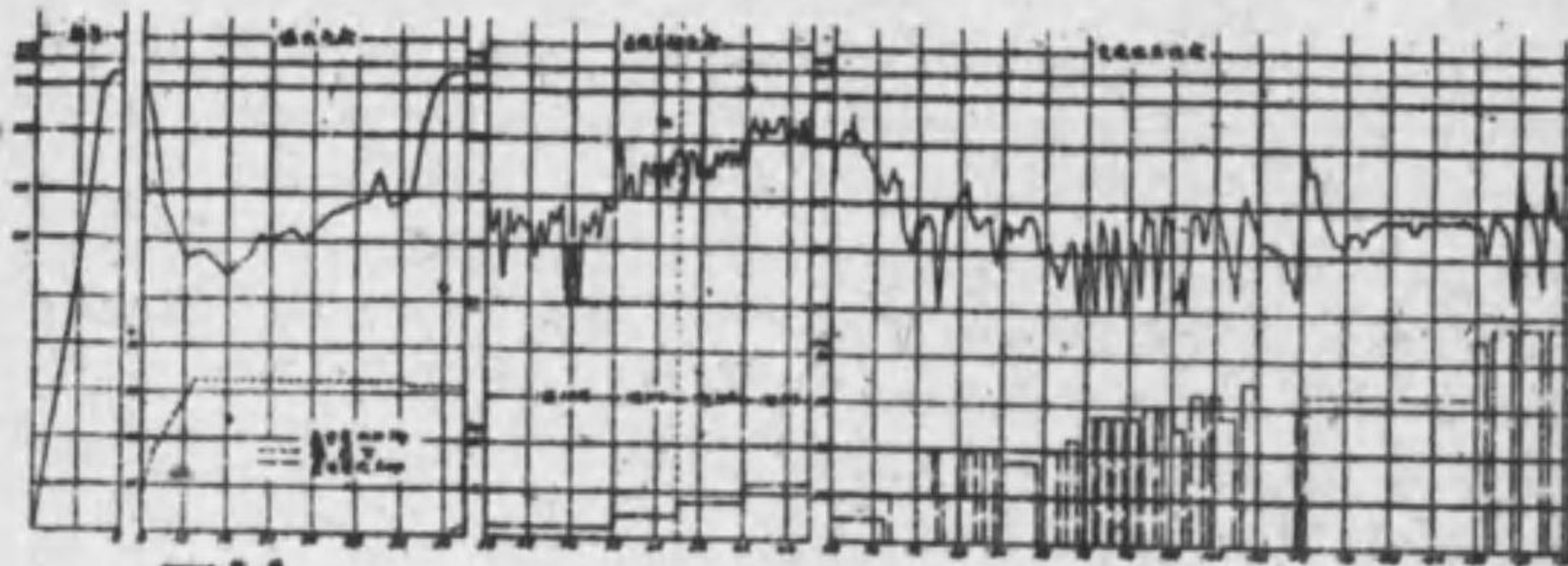
- (1) 温水化成 第 174 圖の接続により温水を通るのであるが温水の温度は 60~70°C に保ち、器内の真空度約一定となる迄繼續する。
- (2) 直流單極化成 陽極一極毎に直流を通し漸次電流を増加する。
- (3) 交流低壓化成 交流低壓によつて全極化成を行ふ。この場合には化成用變壓器又は化成用低壓タップを使用するのが便利である。



第 174 圖 温水化成接続圖

- (4) 交流高壓化成 整流器を使用状態に置き専用變壓器を使用して行ふ。

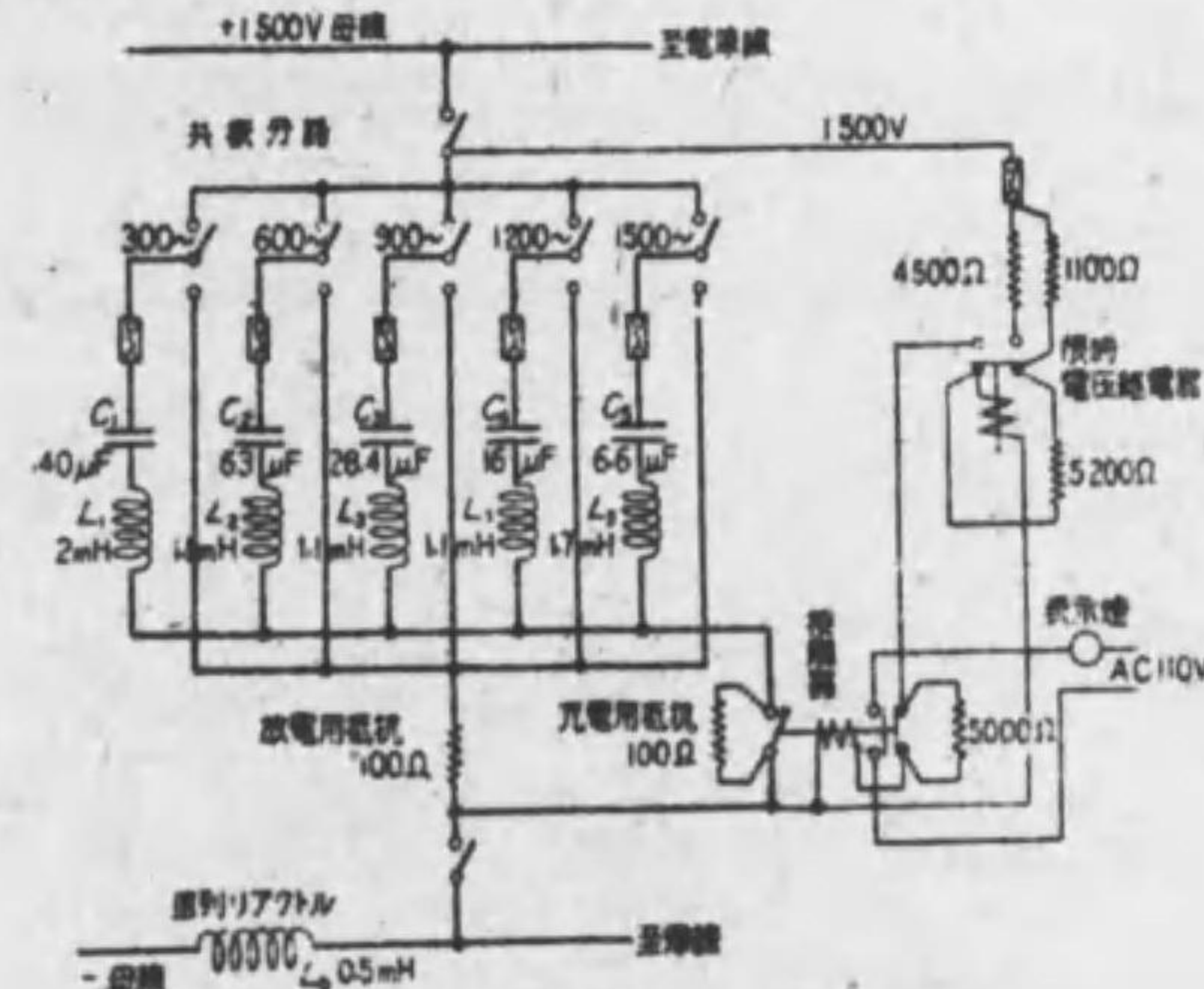
第 175 圖は相當大修理を施行した場合の化成の一例であつて、輕微の修理或は短時間の槽内點檢等の場合には、温水化成、直流單極化成を省略することが出来る。



第 175 圖 化成曲線

c. 真空度 器内の真空度の標準は 1/1000 mm 程度であつて、最低 5/1000 mm 以下の場合には逆弧を發生し易くなり運轉繼續は困難である。真空ポンプの運轉方法は常時水銀ポンプを運轉し、真空低下の場合に油真空ポンプを運轉するのがよい。勿論運轉開始初期真空の不安定な間は兩ポンプ共常時運轉とするのが安全である。

d. 濾波装置 水銀整流器の直流波形の脈動は、弱電流回路に甚しい誘導障害を及ぼす場合がある。これを除去するため濾波装置を置く。今交流側周波数を 50 Hz とすれば、直流側脈動は六相整流器では、300 Hz を基準として 600, 900, 1200, 1500 Hz 等の可聴周波数近似の周波数を含む高周波の脈動を有してゐるので、變電所に於てはこれ等各周波数に對する共振分路を備へた濾波装置を置くのである。第 176 圖は 1500 V 回路に於ける本装置の一例である。



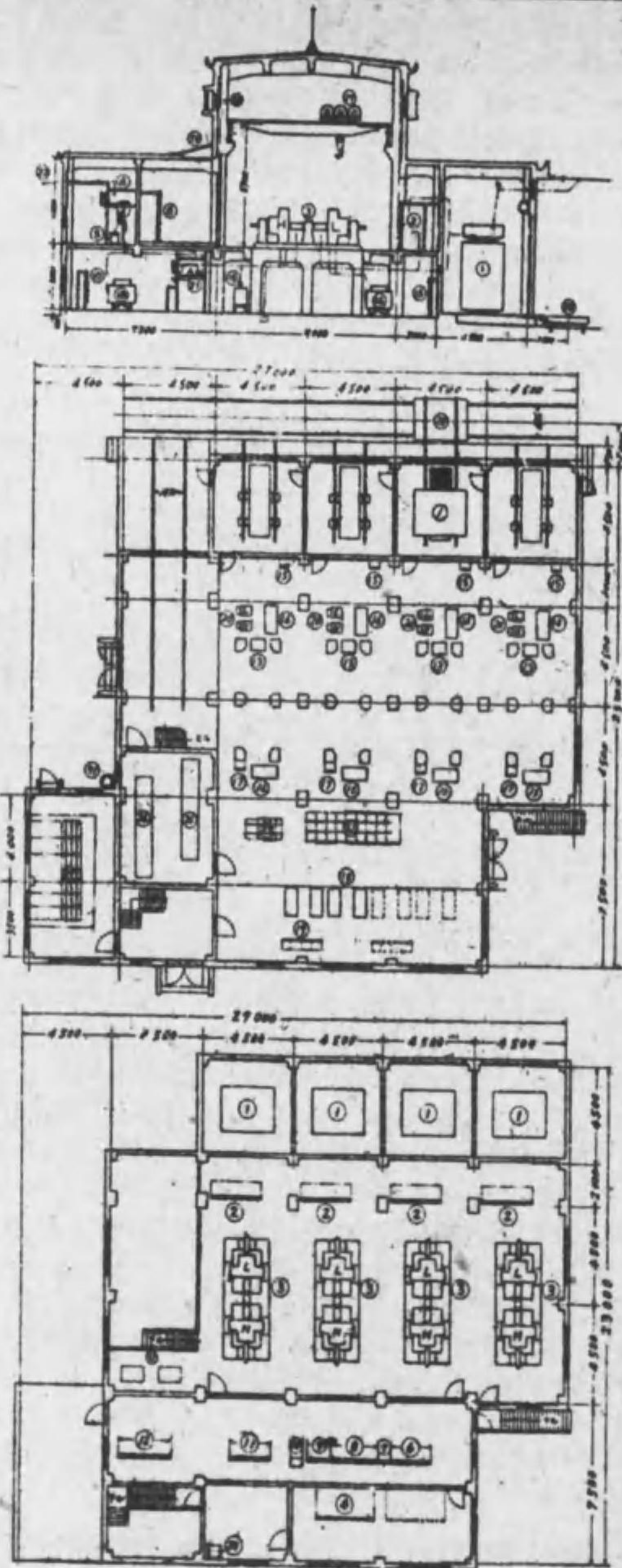
第 176 圖 濾波回路接続圖

e. 逆弧現象 水銀整流器の運轉中何等かの原因により水銀弧光の觸作用が破れる時は弧光は交流弧光となり、器内に於ては陽極間の相間短絡(變壓器二次側短絡)を生ずると共に直流側より逆流を生ずる。この現象を逆弧と稱し變壓器並に整流器その他に多大の損傷を與へることがある。その原因としては器槽の温度上昇及真空度の低下、弧光電壓の増加、陽極の過熱或は過冷等が挙げられてゐる。逆弧の防止方法としては、アノード、グリッドの設置、過剰水銀蒸氣を迅速に冷却する装置、陽極弧光筒の改良等であつて、運轉中真空度と温度の變化とに最も注意する必要がある。尙逆弧現象の原因に就ては今日不明の點が多く將來の研究に俟つ所大である。

f. 異常電壓誘起現象 水銀整流器の運轉中突然陽極と鐵槽間、變壓器二次側端子と外函との間に閃絡を生ずることがある。この異常電壓は器槽の温度低く輕負荷の状態、或は負荷の急激な變化等に際して多く發生するやうである。これは主として弧光の不安定に基因するものと云はれてゐる。その防止方法としては變壓器二次側等整流器回路中のリアクタンス大なる部分に放電器を取付けることである。尙運轉中は器槽の温度は 10°C 以下に低下せしめないことが必要である。

8. 機器の配置 機器の配置上主眼とする所は、取扱者が錯覺を起さないやうなるべく

- ① 變流機用變壓器
- ② 變流機起動機
- ③ 回轉變流機
- ④ 饋電線引出フレーム
- ⑤ 遮断機
- ⑥ 饋電機
- ⑦ 集電盤
- ⑧ 變流機盤
- ⑨ 受電機
- ⑩ 集合表示盤
- ⑪ 所内電燈動力盤
- ⑫ 電燈自動高壓盤
- ⑬ 抵抗器
- ⑭ 負極用高速度遮断器
- ⑮ 負極用高速度遮断器附屬盤
- ⑯ 正極用高速度遮断器
- ⑰ 正極用高速度遮断器附屬盤
- ⑱ 饋電用高速度遮断器
- ⑲ 同上附屬盤
- ⑳ 界磁抵抗器
- ㉑ 正極母線
- ㉒ 饋電線
- ㉓ 負極母線
- ㉔ 饋線引出フレーム
- ㉕ 信號電燈高壓母線
- ㉖ 蓄電池
- ㉗ 起重機
- ㉘ 變壓機運搬車
- ㉙ 天窗
- ㉚ 換氣扇
- ㉛ ガス抜
- ㉜ 充電用電動發電機



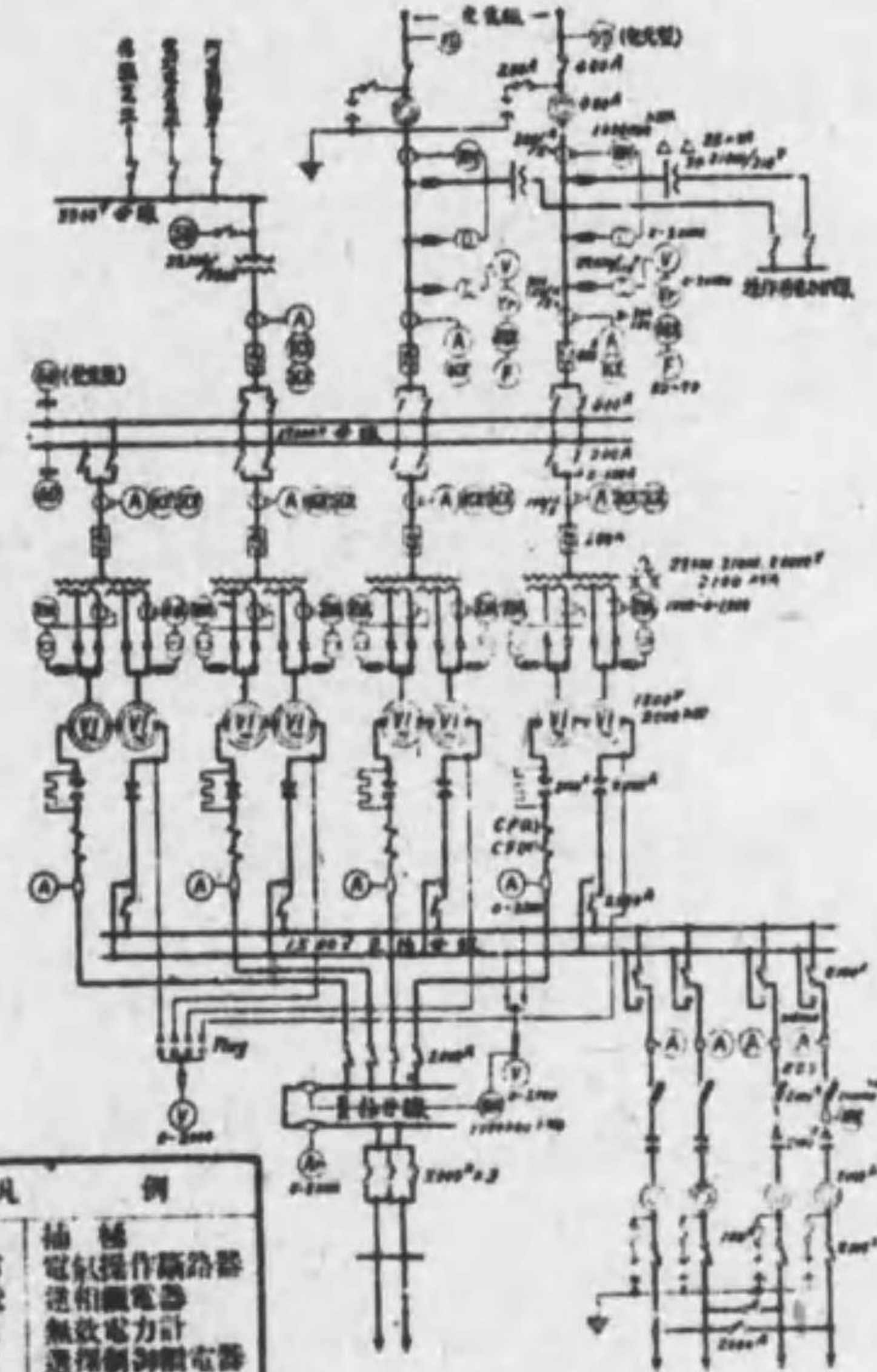
第 177 圖
回轉變流機變電所屋内
機器配置圖

簡明直載に配置することであつて、事故發生の場合應急處置に就ての便不便、災害波及範圍の大小等は機器の配置法の適否に歸する所が甚だ多い。

a. 交流側機器 50 kV 以上の特別高壓用機器は特殊の場合の外屋外設備とするのであるが、最近特別高壓設備は全部屋外とするものが多くなつてゐる。普通の場合では屋外設置の方が經濟的に設備出来る。

b. 直流側機器 變成機器以下饋電線引出口迄は全部屋内設備であつて、電機用變電所の特異點としては電流が直流であり、しかも大電流であること、單線架空式の場合は負極側は不絶縁であるため、接地事故の際の接地電流の大なることであつて、機器並に配線の取付には機械的強度に相當の注意を要する。電流計、電壓計等の導線にしても一度接地すると強大な弧光の爲、災害の波及は豫想以上である。従て配電盤等多種多様の電線の集合する場所に主回路電壓を受ける電線を配置するには特殊の注意を必要とする。

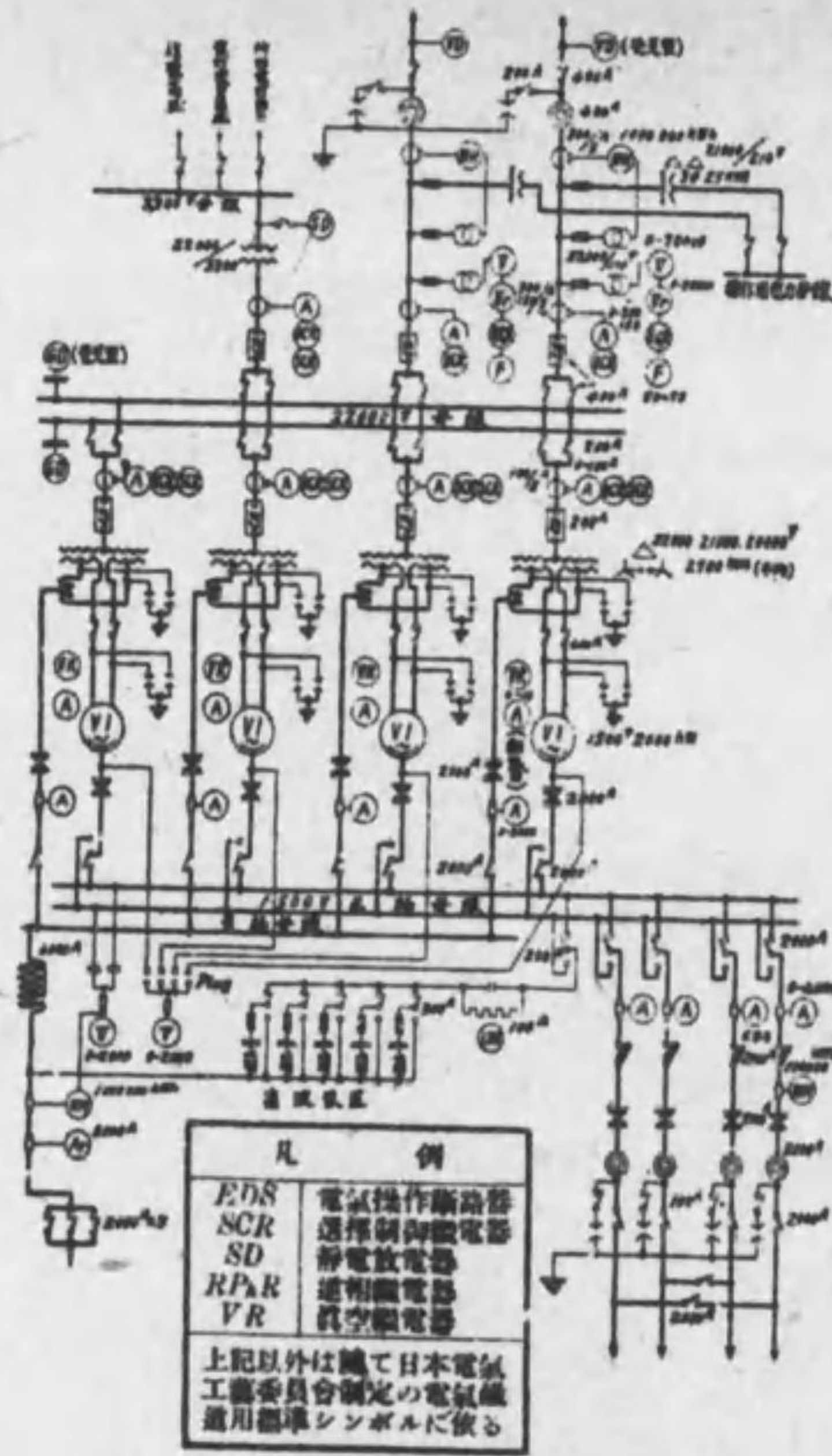
第 177 圖は回轉變流機變電所に於ける屋内部分の機器配置の例である。



凡 例	
CF	抽 插
EDS	電氣操作遮断器
RFA	送相繼電器
RVA	無効電力計
SCR	選擇制御繼電器
SD	靜電放電器

上記以外は皆て日本電氣
工業委員會制定の電氣機
用標準シンボルに依る

第 178 圖 回轉變流機變電所電線接続圖

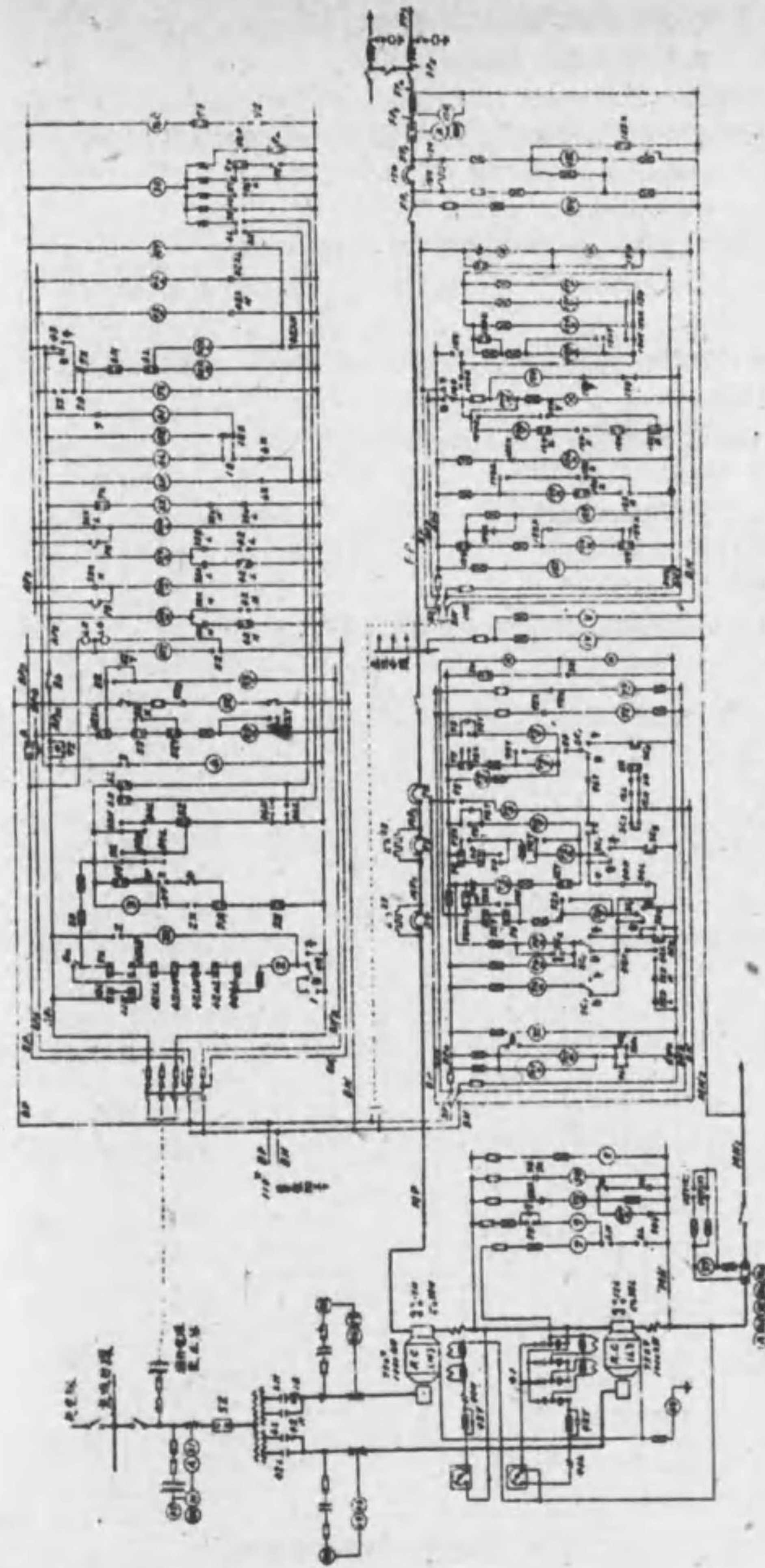


第 179 圖 水銀整流器變電所電線接続圖

9. 電線接続 第 178 圖は回轉變流機變電所、第 179 圖は水銀整流器變電所の主回路電線接続圖の例であるが、運轉密度並に線路の重要性を考慮して機器の種類を選択するのは勿論である。

機器の電気連動は保護回路の正確な動作と操作者の誤扱防止とを期する上に最も重要なものであつて、1500V 回轉變流機使用の場合の一例を示せば、

- (1) 受電側油入遮断器を開放する場合は、
 - (イ) 過電流繼電器動作
 - (ロ) 逆相電器動作 (尙動作中は油入遮断器の閉路出来ず)
- (2) 變流機用變壓器一次側油入遮断器を開放する場合は、
 - (イ) 過電流繼電器動作
 - (ロ) 反絡接地繼電器動作
 - (ハ) 軸承温度繼電器動作



第 180 圖 自動變電所電線接続圖

(=) 變流機正極側高速度遮断器自動遮断

(*) 停電保護装置動作 (説明後述)

以上孰れも警報並に表示器で表示する。

(3) 變流機用變壓器一次側油入遮断器が開放する時次の動作を爲すこと。

(イ) 正極側高速度遮断器を開放する

(ロ) 變流機交流側遮断器を開放する

(4) 變流機用變壓器一次側油入遮断器を閉路し得る場合は、

(イ) 變流機起動用接觸器、同遮断器接觸器、正極側高速度遮断器の孰れも開放の場合

(ロ) 變壓器一次側油入遮断器、負極側高速度遮断器、正極側高速度遮断器の順序に閉路する場合

(5) 正極側高速度遮断器の動作する場合は、

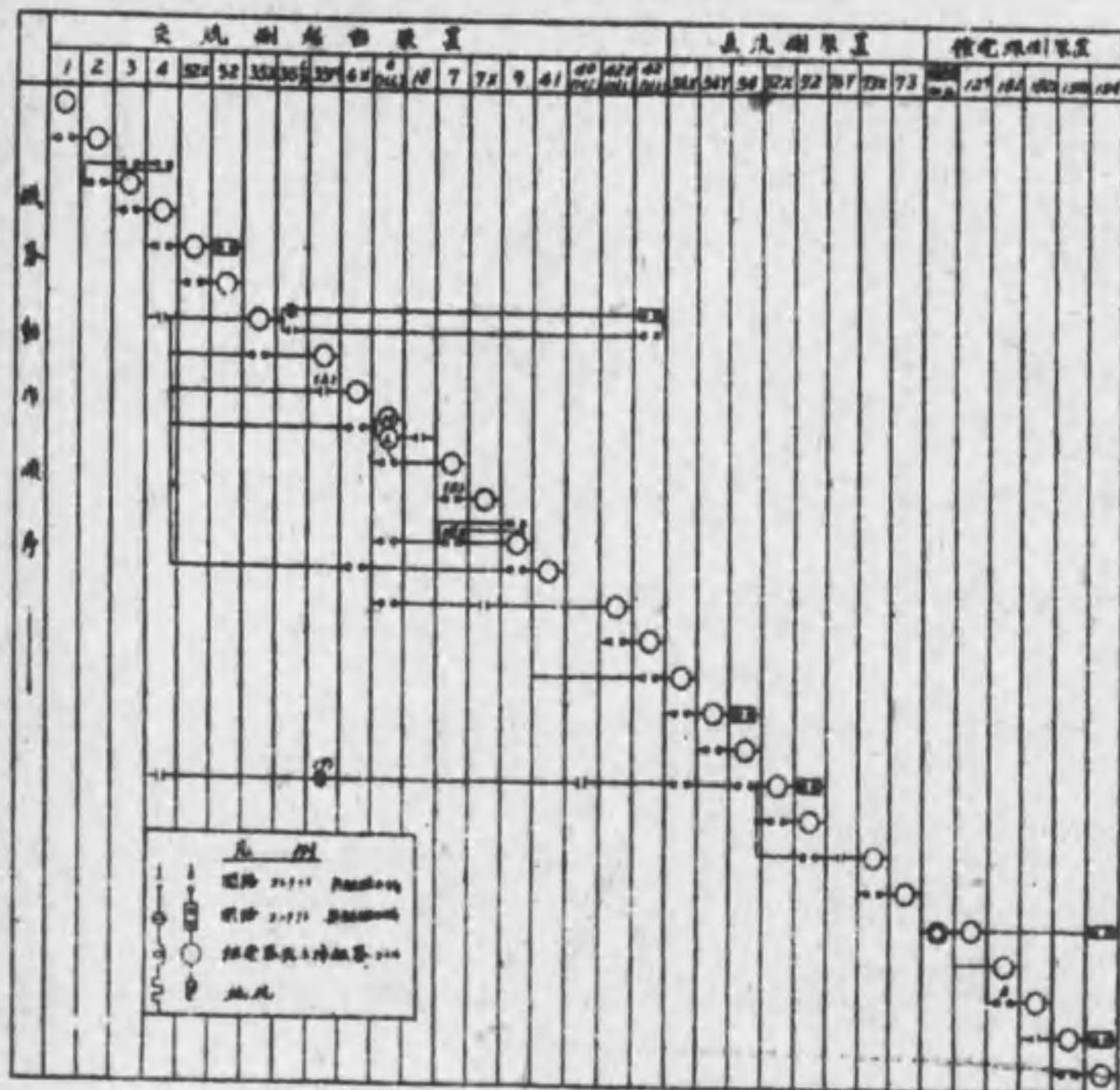
(イ) 逆流による自動遮断

(ロ) 負極側高速度遮断器動作

(ハ) 限流装置動作

孰れも警報並に表示器で表示する。

(6) 變壓器温度繼電器動作の時は警報並に表示する。



第 181 圖 自動變電所起動順序説明圖

(7) 饋電開始及停止の際の閉路及開路の順序は 饋電側高速度遮断器、遮断器とする。

警報は 1 箇の電鈴、表示は表示器を使用し、事故原因の発見並に緊急處理に便ならしめる装置とする。

回轉變流機を使用する場合には、電源の同時停電の爲に往々閃絡を惹起する事がある。

第 31 表 自動變電所機器番號表

番 號	機 器 名 稱	番 號	機 器 名 稱
1	主起動閉路器	53 Y	油入遮断器用アンチボンピング接觸器
2	限時起動繼電器	53 T	同上用引外線輪
3	主幹繼電器	54	高速度遮断器
4	主幹接觸器	54 H	同上用保持線輪
6 H, L	起動接觸器	54 X	同上用制御接觸器
6 X	同上用制御接觸器	54 Y	同上
7	極性繼電器	64	四絡繼電器
7 X	同上用補助繼電器	73	直流自動遮断器
8	制御電源取形閉路器	73 H	同上用保持線輪
9	昇降極接觸器	73 X	同上用制御接觸器
12 H, L	遮断器制御装置	73 Y	同上用アンチボンピング接觸器
18	加速繼電器	73 T	同上用引外線輪
18 X	同上用補助接觸器	73	負荷制限抵抗分流自動遮断器
28	抵抗熱繼電器	73 H	同上用保持線輪
30	表示閉路繼電器	73 X	同上用制御接觸器
32	直流逆流繼電器	73 Y	同上用アンチボンピング接觸器
35 MH, L	扇子昇降用電機機	76 b	直流過電流繼電器 (高電流調整)
35 XH, L	同上用接觸器	76 a	同上 (低電流調整)
35 RH, L	扇子上昇極閉路器	76 X	同上 限時繼電器
35 LH, L	扇子下降極閉路器	76 Ya, b	同上 補助接觸器
35 UH, L	扇子上昇閉路器	108	饋電線制御電源取形閉路器
35 DH, L	扇子下降閉路器	129	抵抗挿入区分接觸器
38	軸承温度繼電器	129 X	同上用補助接觸器
40 H, L	昇降接觸器	150 X, Y, P	短絡檢出繼電器
41	昇降切換接觸器	154	饋電線高速度遮断器
42 H, L	逆轉接觸器	154 H	同上用保持線輪
42 XH, L	同上用制御接觸器	154 X	同上用制御接觸器
42 Y	昇降抵抗用接觸器	154 Y	同上
43	自働及手動切換閉路器	154 Z	同上用アンチボンピング接觸器
46 H, L	三相電流繼電器	182	直流抵抗測定再閉路繼電器
47	三相低電流繼電器	182 X	同上用補助接觸器
49 H, L	長限時温度繼電器	SC ₁	自働手動切換閉路器
51	交流過電流繼電器	SC ₂	高速度遮断器用押入閉路器
52	油入遮断器	SC ₃	# 73 炭素遮断器押入閉路器
52 X	同上用制御接觸器	SC ₄	# 73 炭素遮断器押入閉路器

従来使用する低電圧電機は、回轉變流機の背圧の爲に僅少の時間内には動作せず、従て電源回復の瞬間に閃絡を起す。この防弊装置として停電後 10s 以下で油入遮断器を開放する停電保護装置がある。

10. 自動變電所 自動變電所の運轉開始並に停止に就ては次の各種の方法がある。

- (1) 開始並に停止の時だけ操作者が行ふもの。
- (2) 時計によつて定時にこれを行ふもの。
- (3) 電車線電圧の降下等電圧の変化によつてこれを行ふもの。
- (4) 遠方監視制御方式によるもの。

制御装置としては主として繼電器によるもの、或は電動制御器を併用するもの等の種類がある。

第 180 圖は回轉變流機自動變電所電線接続圖の一例であつて、繼電器式のものである。第 181 圖はこれの起動順序の説明圖であつて、交流受電側油入遮断器の開閉は遠方監視制御方式を採用してゐる場合を示したものである。

#1 (主起動開閉器) の自動々作には時計式及電壓降下式がある。時計式の場合は定められた時刻に至れば、これを閉路して #2 以下を起動する。電壓降下式の場合には變電所にかかる負荷の増大によつて、饋電線の電壓降下大となり、或る値以下となる場合に #1 を閉路するのである。

遠方監視制御方式によつて受電側油入遮断器は閉路され、操作電源變壓器が勵磁せられる。従て #1 が閉路すれば #2 以下の諸装置が順次動作して變流機を起動し、直流主回路遮断器を閉路して饋電を完了するのである。

第一號機の負荷が増大して第二號以下の變流機の起動を要する場合は、第一號機の短時間過電流繼電器の動作により、第二號機の #2 を動作せしめるのである。勿論最初の起動時に順序を附して第二號機以下を第一號機と同時に起動する事は可能である。

第一號機關係の諸装置に故障を生じ、起動の進行が中断せられる場合は、閉鎖繼電器の動作によつて、直ちに第二號機の #2 を動作し、第二號機の起動を促すのである。

變流機の運轉停止は、時計式の場合には定時刻に至れば #1 が閉路せられて停止するのであるが、電壓降下式の場合には他の方法を要する。第二號以下の變流機は低電流繼電器の動作によつて #3 を短絡して、#52 (油入遮断器) を開放する。

運轉中、饋電線に短絡故障を惹起した場合には、短絡検出繼電器が動作して饋電線高速度遮断器を開路し、故障の除去される迄待機のままとし再開は行はない。

第 11 章 車庫及修繕工場

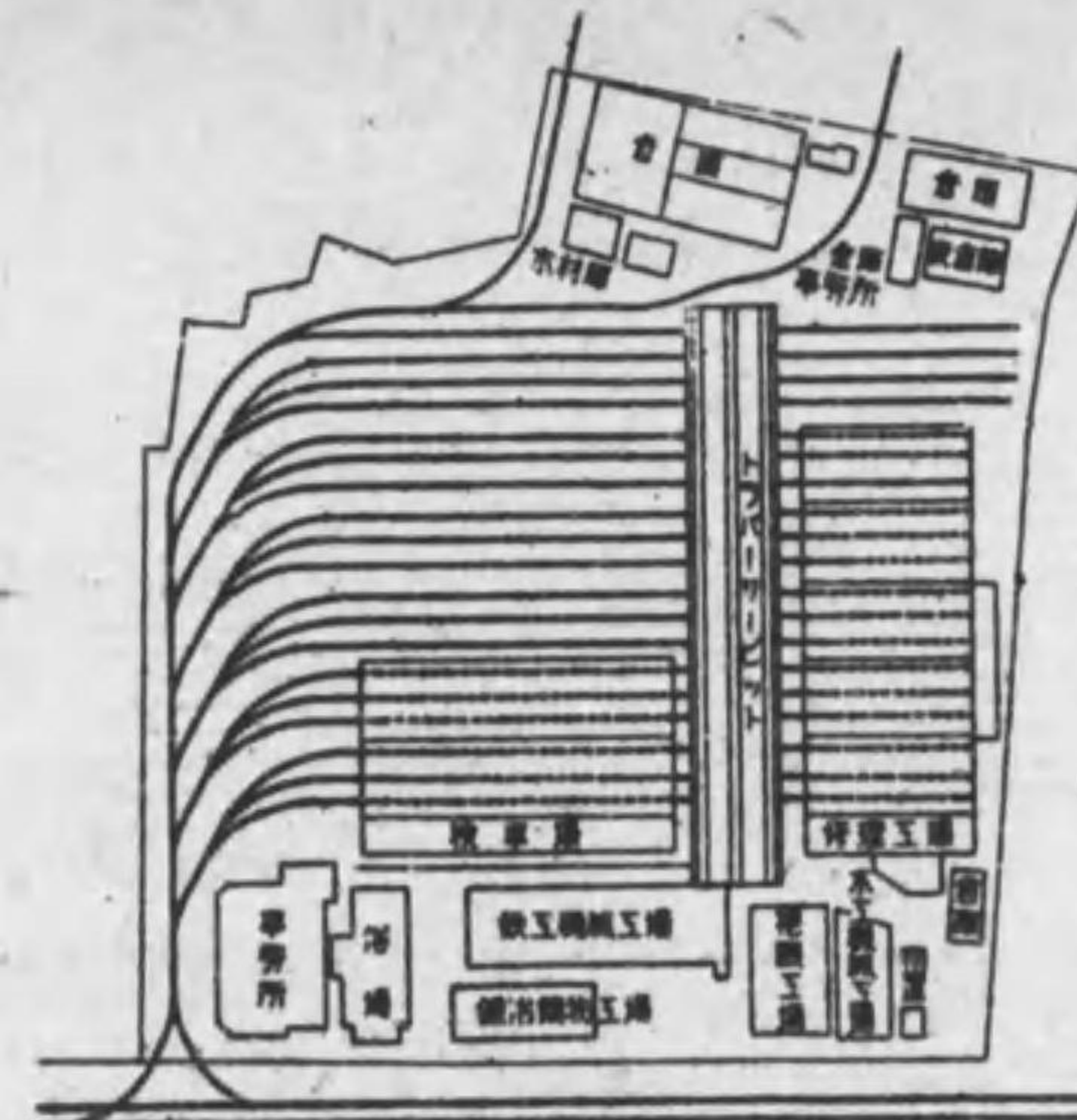
1. 車庫の配線

a. 市街路面電車用 電車收容線、検査線、修繕線及洗車線に分れる。單車運轉を主とする爲車輛の入換用として普通電車臺を用ひる。(第 182 圖参照)

b. 高速度電車用 收容線、検査線、修繕線、洗車線の外に試運轉線、倉庫線等を有する。車輛は編成單位を以て取扱はれるので、各線の有效長は長く、一般に運車臺は用ひられない。各線の收容力の例を第 32 表に示す。(第 183 圖参照)

2. 車庫建物

a. 検査庫 電車庫に於ける主要建物で一般に鋼筋コンクリート造とされ、3 線以上

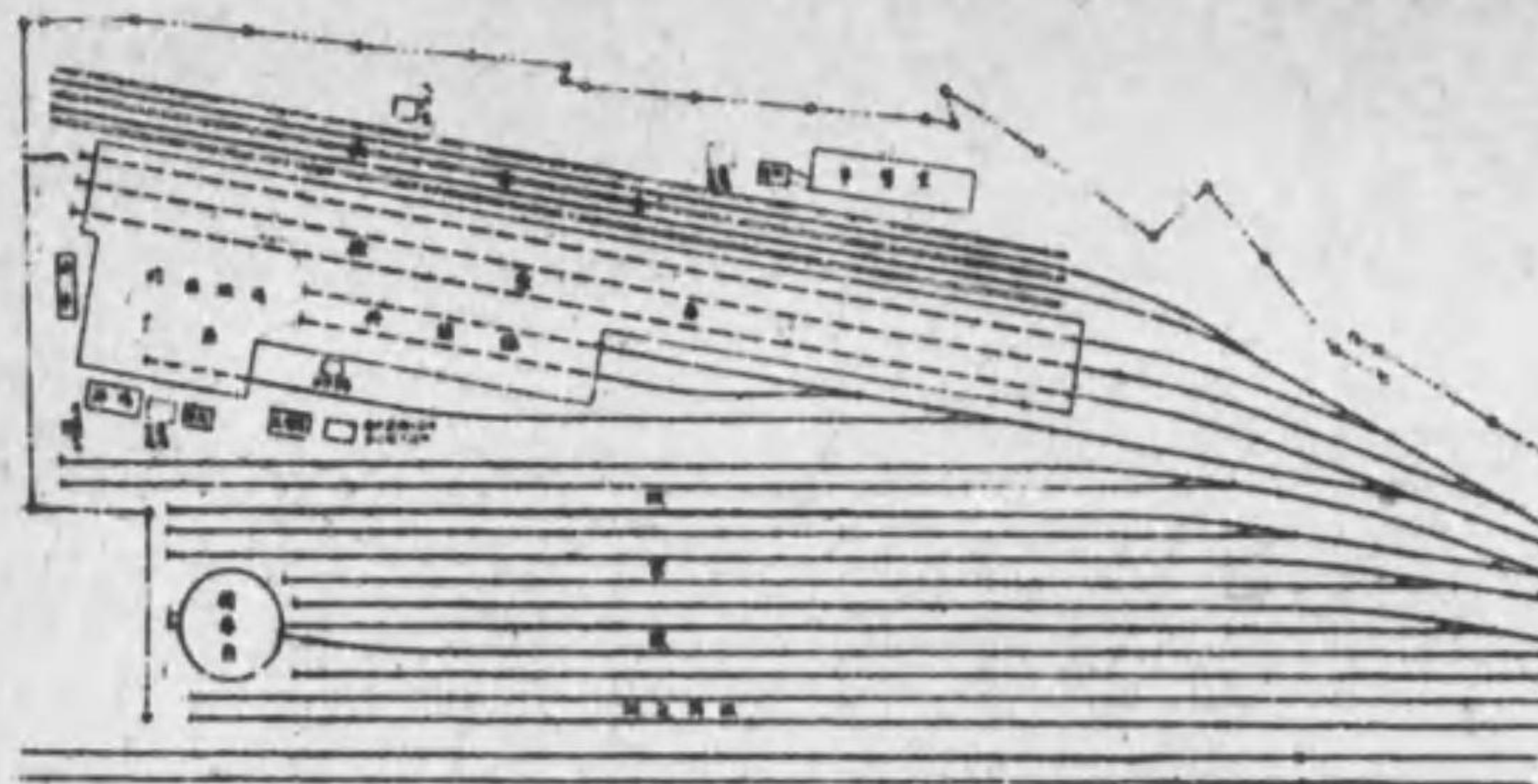


第 182 圖 市街電车用電車庫平面圖の例

第 32 表 高速度電車庫電車收容輛數の例

電車庫別		A	B	C	D	E
總收容力		60	131	184	199	300
收容線	1	20	5	17	19	16
	2	7	15	11	12	21
	3	9	15	12	12	21
	4	—	18	10	9	20
	5	—	20	10	9	18
	6	—	13	10	8	18
	7	—	8	10	8	17
	8	—	6	10	8	14
	9	—	6	10	8	12
	10	—	—	10	8	11
	11	—	—	10	10	11
	12	—	—	10	8	16
	13	—	—	—	8	14
	14	—	—	—	10	13
	15	—	—	—	10	12
	16	—	—	—	—	12
	17	—	—	—	—	11
検査線	1	—	—	10	10	10
	2	—	—	10	10	10
	3	—	—	10	10	10
修繕線	1	—	—	2	1	1
	2	—	—	2	1	1
検査修繕線	1	3	5	—	—	—
	2	3	5	—	—	—
	3	3	5	—	—	—
洗車線	1	6	4	10	10	10
	2	—	6	10	10	10

(備考) 電車 1 輛の長さを 17m とす。



第 183 圖 高 速 度

の検査線を收容し、各線には本章 3 に示すビットを有する。側窓、天窗等の大きさは充分廣くし、且庫内には柱頭を避け検査に便すべきである。

b. 修繕庫 検査庫に連続して鐵筋コンクリート建とするが普通で、天井移動起重機、電車吊上機を備へるの外、工作修繕機械として大小旋盤、穿孔器、研磨器及電車庫に依ては平削機、車輪縁削正機等を設備する。

c. 倉庫

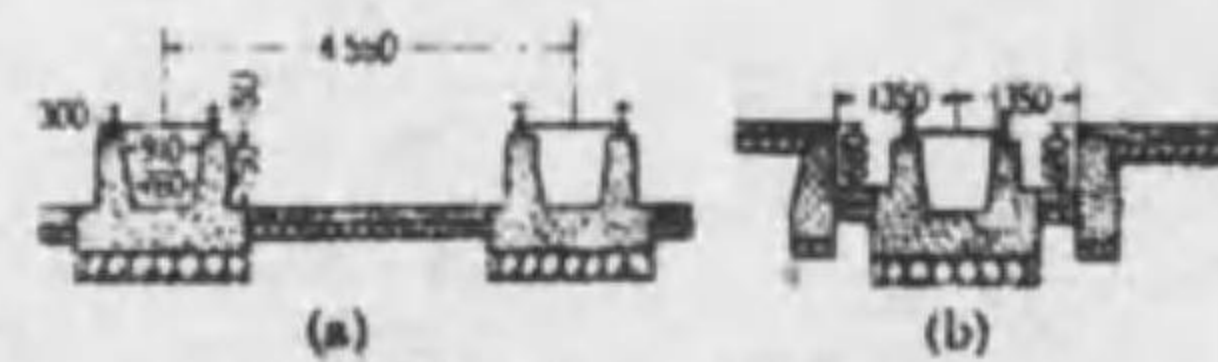
(1) 物品倉庫 電車修繕備品、消耗品等を収める倉庫で木造建とし、通風、採光を充分とし、倉庫手の詰所、物品渡口等を設ける。

(2) 油倉庫 火氣を恐れるのでコンクリート造又は石造の單獨建造物とするのが普通である。

(3) 木炭庫 木炭は一般に多量に使用されるので木造單獨建造物とする。

d. その他諸建物 以上の外に事務室、講堂、運轉手詰所、検査掛技工清掃手詰所、従事員休泊所、浴場、木塗工場、鐵冶場、充電室等を有する。大電車庫に於ては更衣場、食堂、洗濯場、寄寫眞室、汽罐室、消火器室、非常用具室、庫内運轉手室、合圖手詰所、信號扱所等を有する。

3. ビット(検査枕) 電車はその機器の大部分を床下に装置するから、これが検査に便する爲検査庫内に第 184 圖に示すやうなビットを設備する。



第 184 圖 ビット

4. 庫内附屬設備 附屬設備としては機器掃除用壓縮空氣製作設備、電車内座席清掃用真空ポンプ、電車洗濯水保温設備、消火栓等を有する。

5. 修繕工場

a. 車輛數と所要建物面積との關係 大體の關係は次式に依て表される。

$$A = 2LSNP \text{ (m}^2\text{)}$$

A... 修繕工場所要建物面積 (m²) L... 電車の長さ (m)



電車用電車庫の例

S... 軌道中心間隔 (m) N... 電車の總數

P... 修繕工場に入場する電車の最大割合 (10% = 0.1 位)

b. 各側面積の割合 使用車輛數と各職場面積並に全面積に對する割合との例を第 33 表に示す。

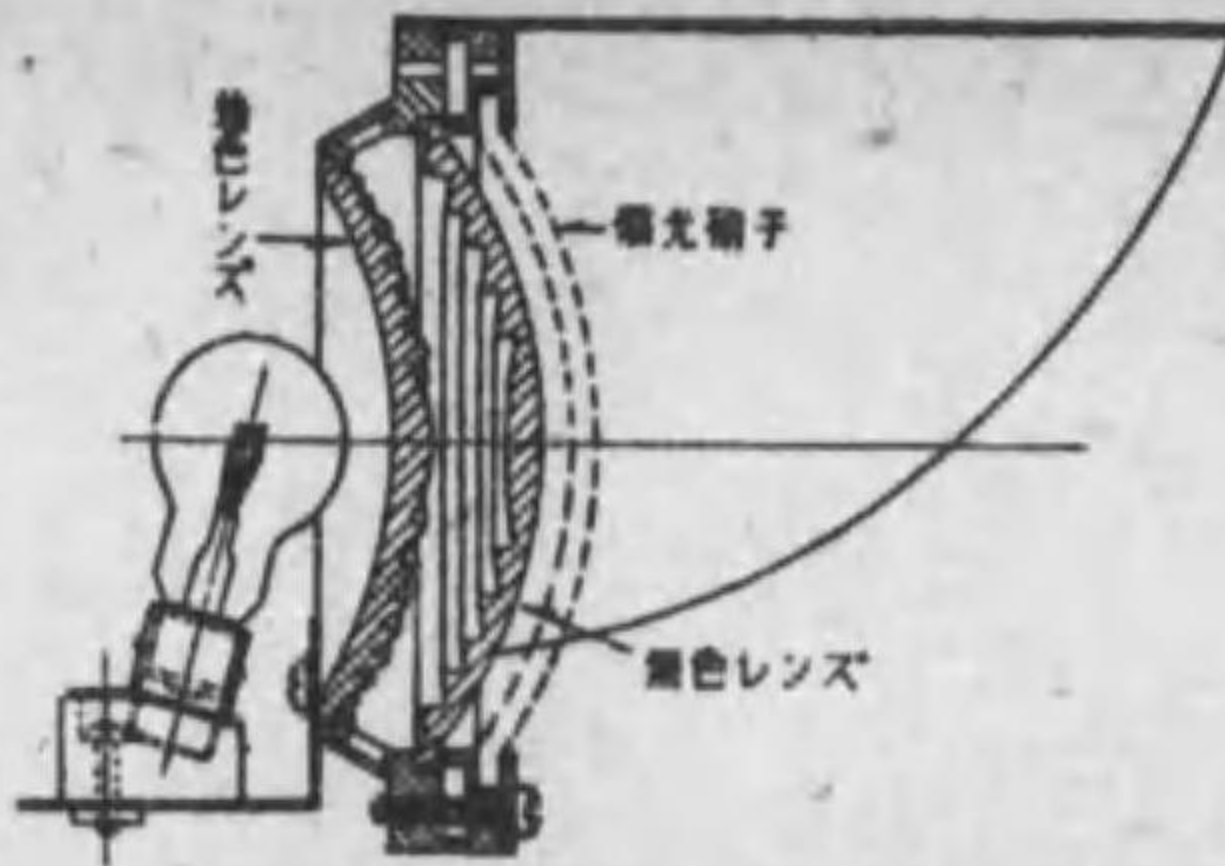
第 33 表 修繕工場各職場の面積並にその割合

工場別	A		B		C	
	面積 (m ²)	その割合 (%)	面積 (m ²)	その割合 (%)	面積 (m ²)	その割合 (%)
全車輛數	1200		700		308	
檢車所	600.0	4.9	1672.3	13.2	1189.0	29.7
車輪及車軸	818.0	6.7	420.6	3.5	38.0	1.0
鐵冶及熔接	932.8	7.6	975.4	8.2	859.2	21.5
空氣壓縮機	50.0	0.4	88.4	0.7	—	—
事務室	1101.0	9.0	410.0	3.4	171.7	4.3
檢車電機	1502.9	12.2	1393.6	11.7	264.5	6.6
木工	2827.0	23.0	3080.2	25.5	837.0	21.0
塗工	1744.0	14.2	2794.0	23.5	528.5	13.3
倉庫	2642.0	21.5	1107.1	9.3	107.0	2.7
油庫	66.0	0.5	110.7	1.0	—	—
計	12283.7	100.0	11902.2	100.0	2994.9	100.0

第 12 章 信號保安裝置

1. 色燈式信號機 燈色に依て信號現示を爲す信號機。信號現示確認範圍は定格電壓に於て甲型 800 m、乙型 400 m 以上、光の中心より左右各 3° 以上の處で光力は半減する。(第 185 圖及第 34 表参照)

a. 信號レンズ 普通内面段付 2枚1組である。外面段付のものを用ひる時は光の損失を防ぐが、表面に塵埃堆積するを防止する爲硝子で蓋ふことが必要である。光を下方約 40° 迄ふれさすに Hot-spot レンズ (第 186 圖) を用ひることがある。又偏光硝子 (第 187 圖) は光を左右何れか一方又は兩方へ 10°, 15° 又は 20° 開かせる爲、レンズの最外部に取付けられる。



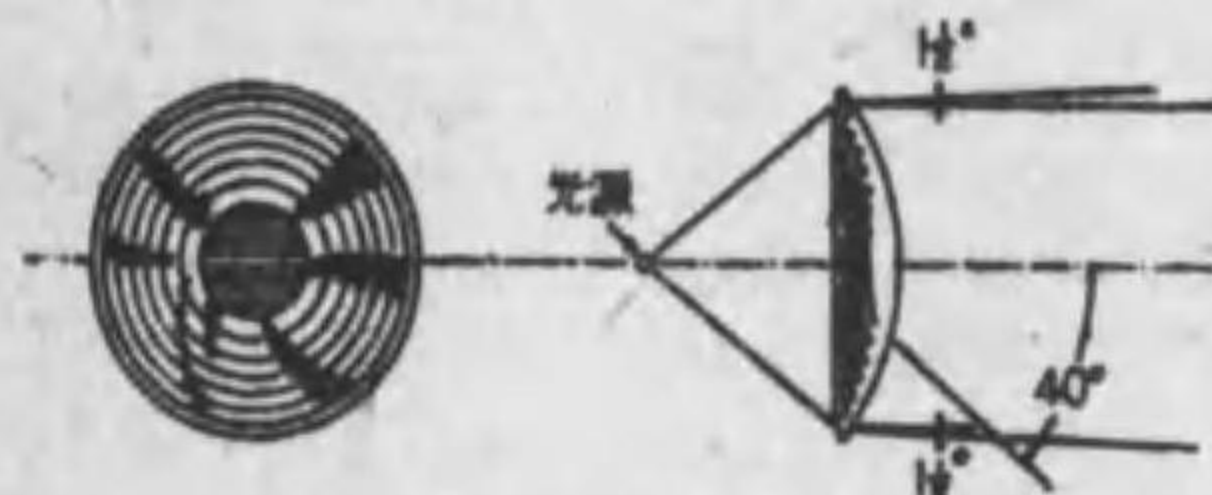
第 185 圖 色燈式信號機のレンズ、電球等

b. 信號電球 複線集束型で 30 V, 40 W 又は 10 V, 30 W 等を用ひる。

2. 單燈信號機 色燈式一種で繼電器に依て動作する 3 箇又は 2 箇 1 組の色硝子、1 組のレンズ並に筒圓形の反射鏡を有する。直立式及交流式がある。(第 188 圖及第 35 表)

第 34 表 色燈式信號機用レンズの種類、直徑及焦點距離

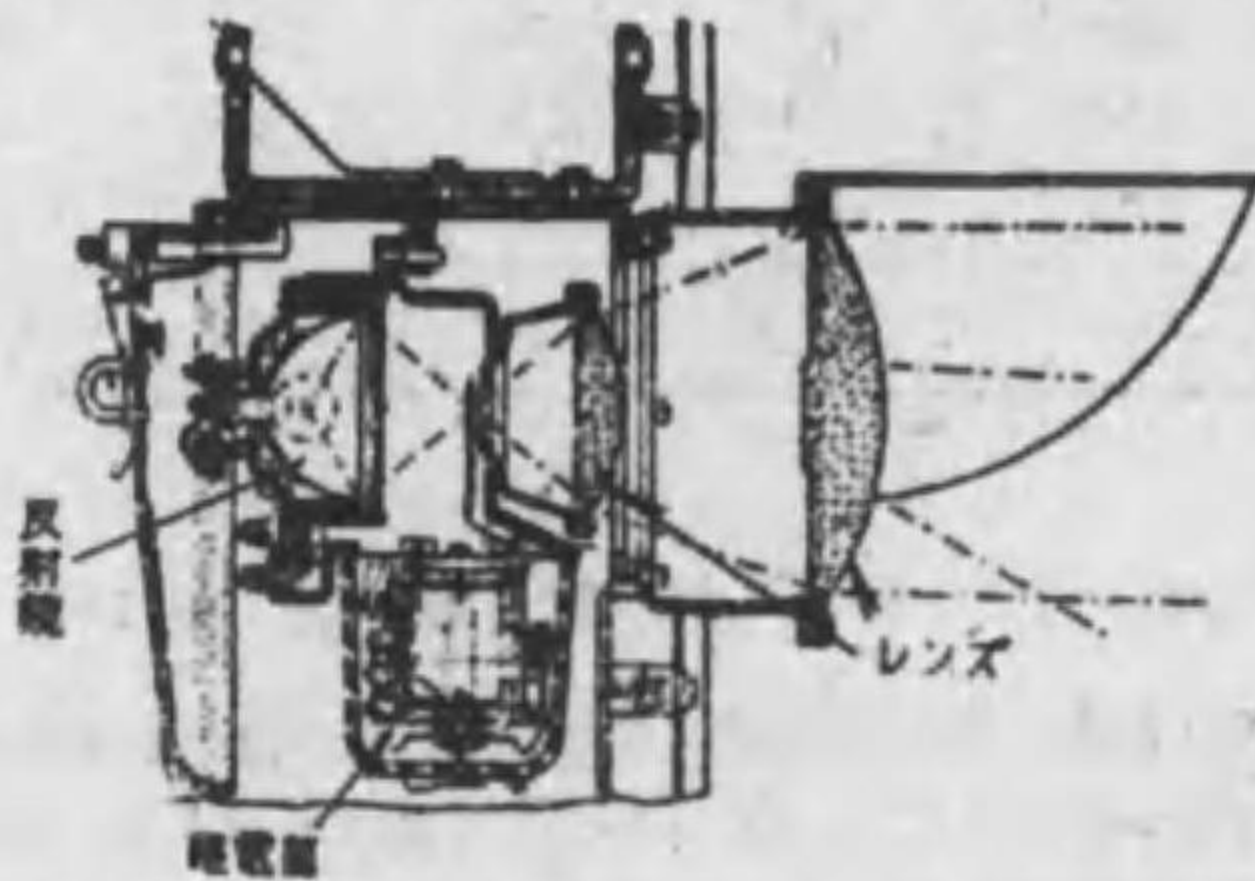
種類	有效直徑 (mm)		焦點距離 (mm)	
	無色	有色	無色	有色
甲 型	162	140	95	89
乙 型	215	140	137	89



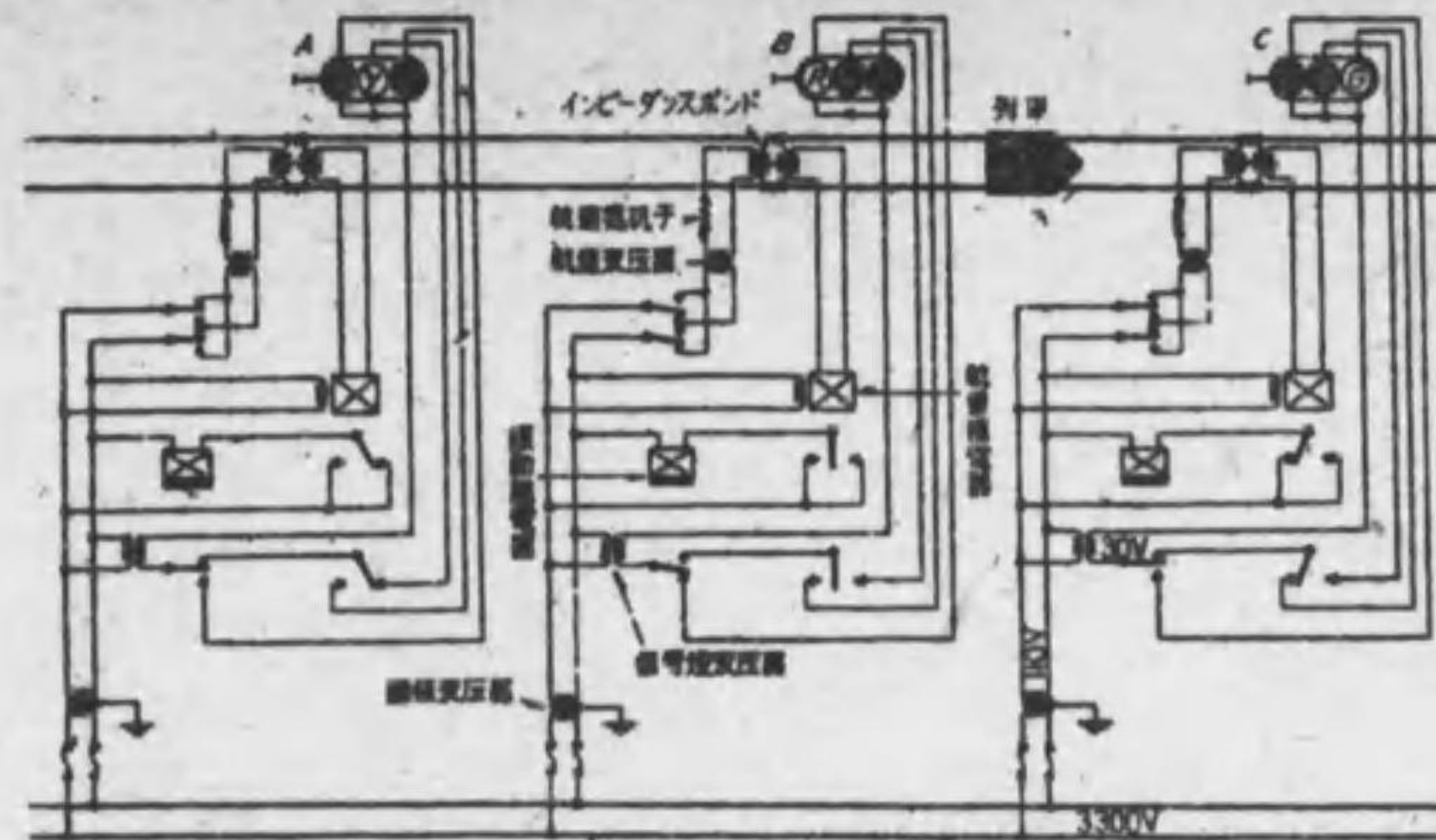
第 186 圖 Hot-spot レンズ



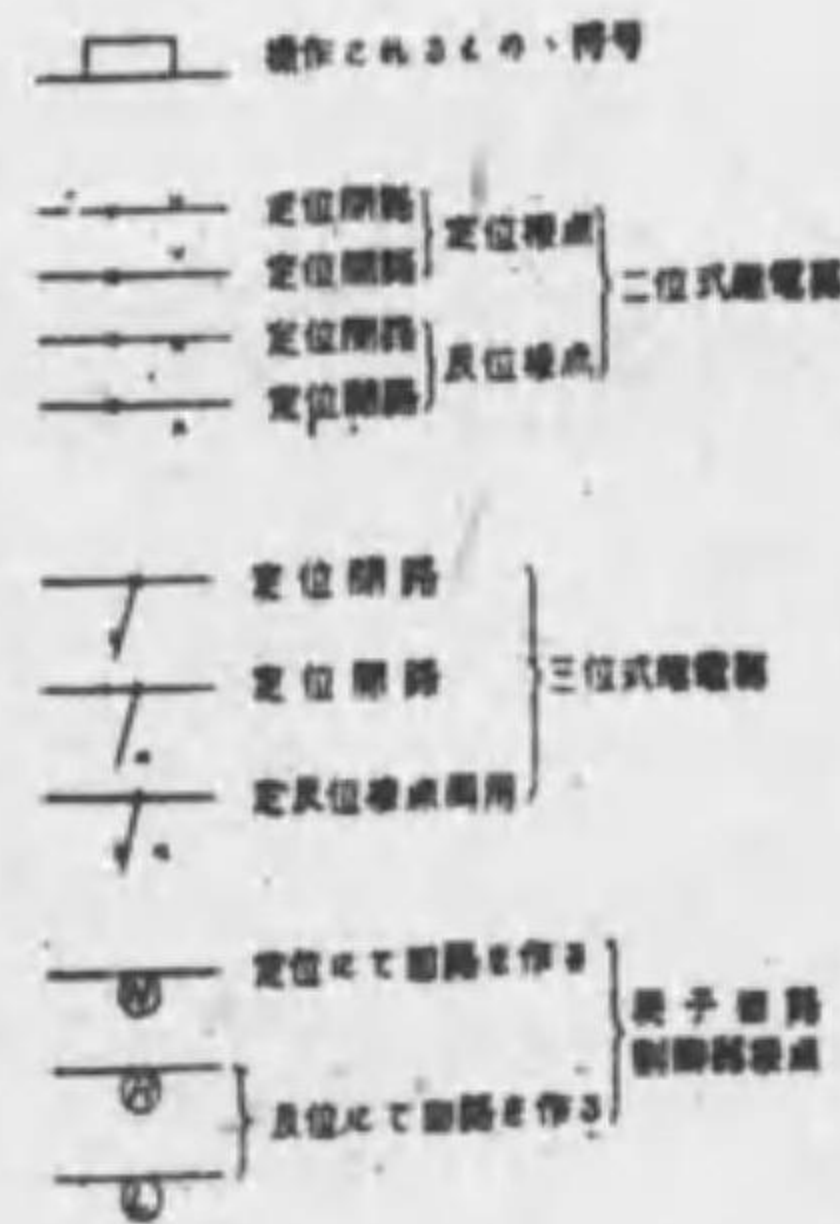
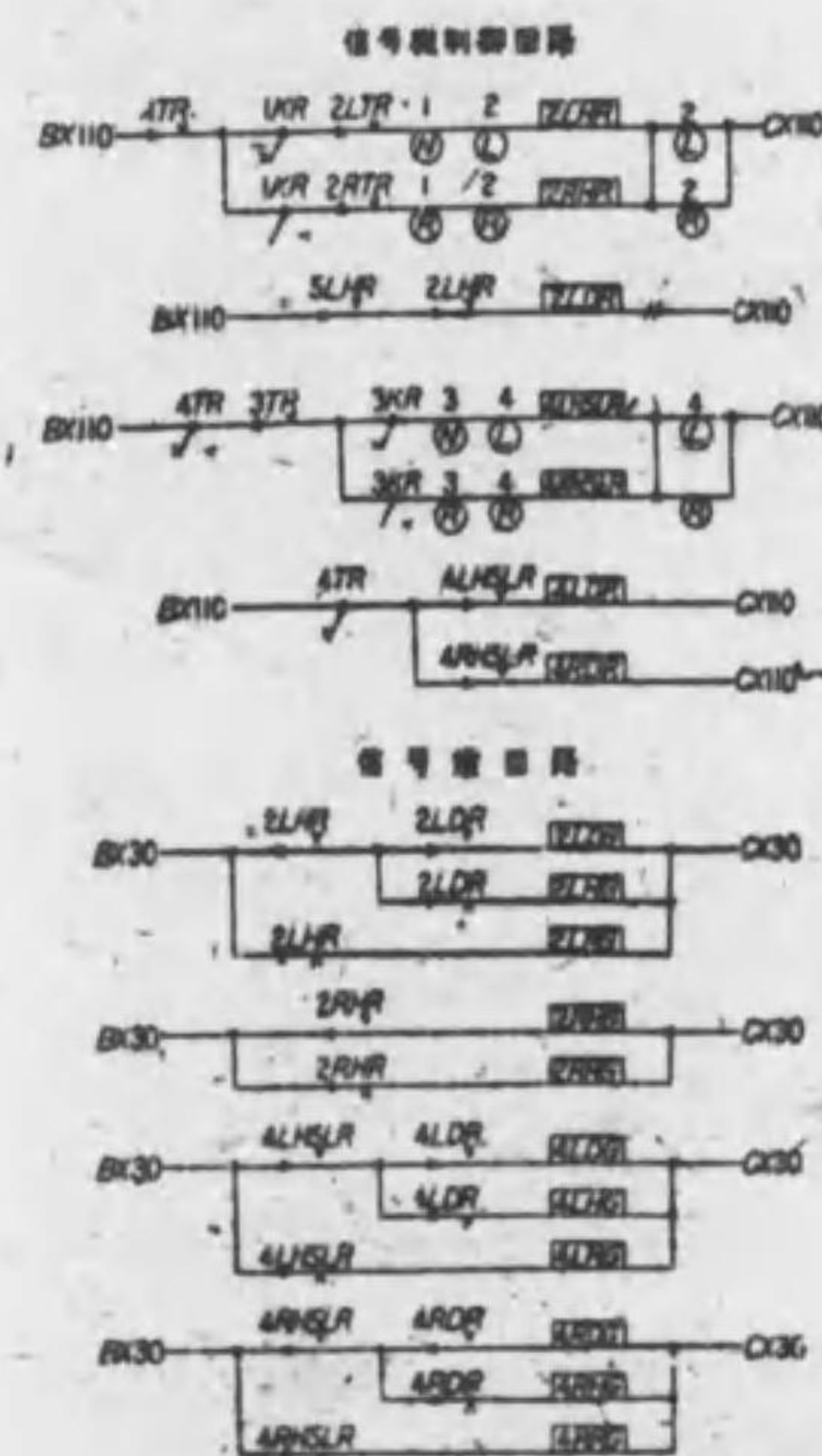
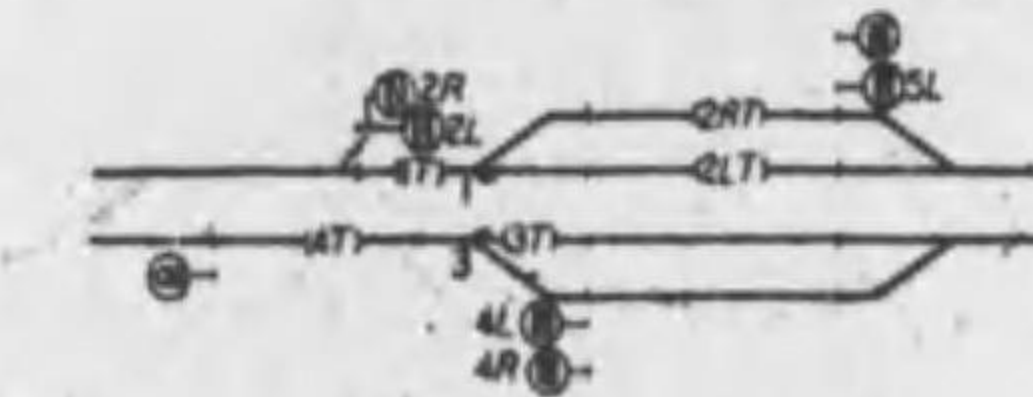
(片側に開くもの(上)と 兩側に開くもの(下))
第 187 圖 偏光硝子



第 188 圖 單燈信號機のレンズ、電球及繼電器等



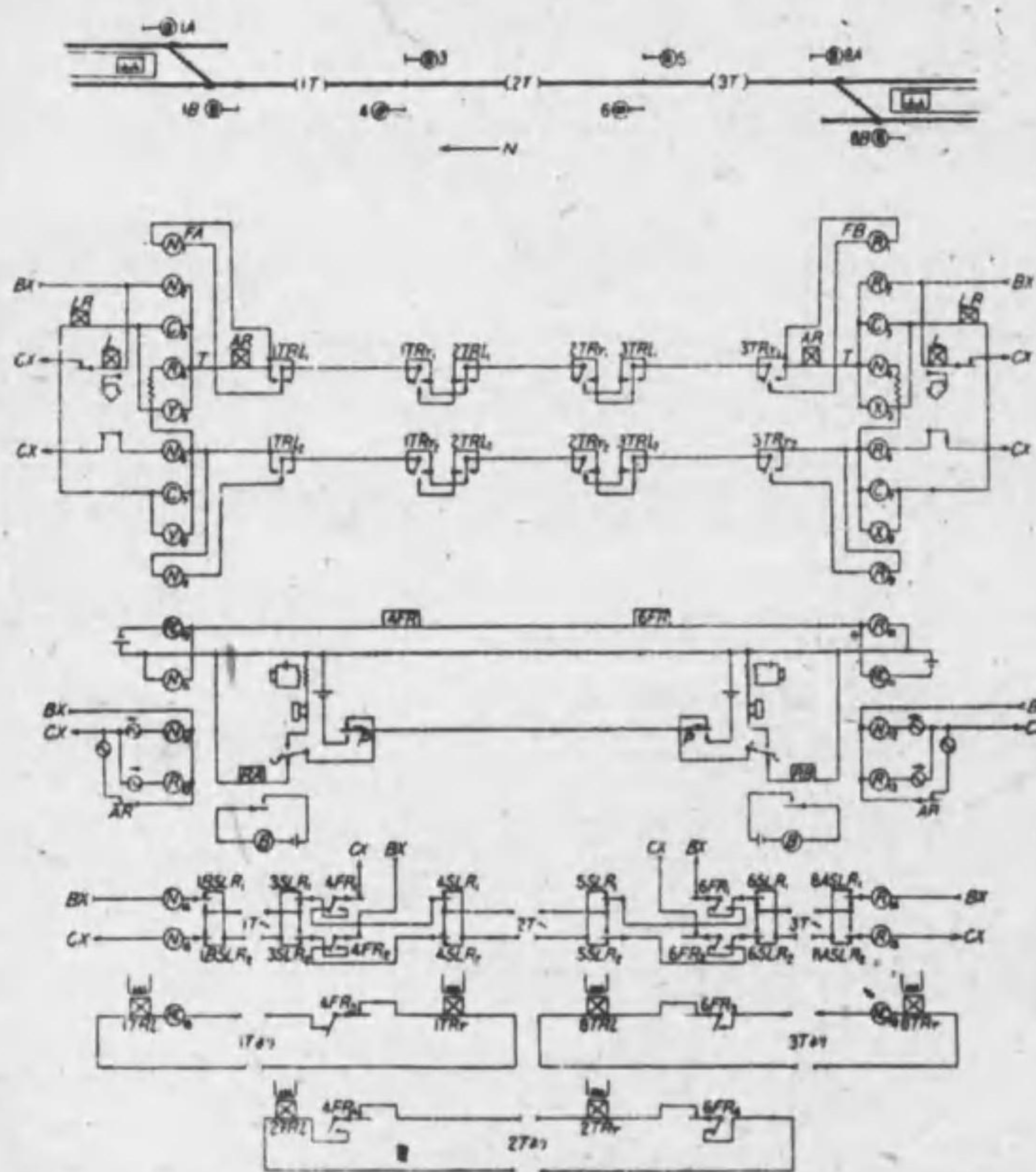
第 189 圖 色燈三位式自動閉塞信號装置接続圖



第 190 圖 色燈三位式半自動閉塞信號装置接続圖

第 35 表 直流電燈信號機の種類、レンズ及電球その他

種類及組合せ	レ ン ズ		繼 電 器		電 球		放射角 (度)	透視距離 (m)
	有効直径 (mm)	電動子抵抗 (Ω)	電 圧 (V)	電 圧 (V)	ワット (W)			
段付 單 照き 復	300	500	10	10	10	2	900	
	200	250	6	6	3	1.2	1000	
	200	250	8	8	5	1.5	1300	



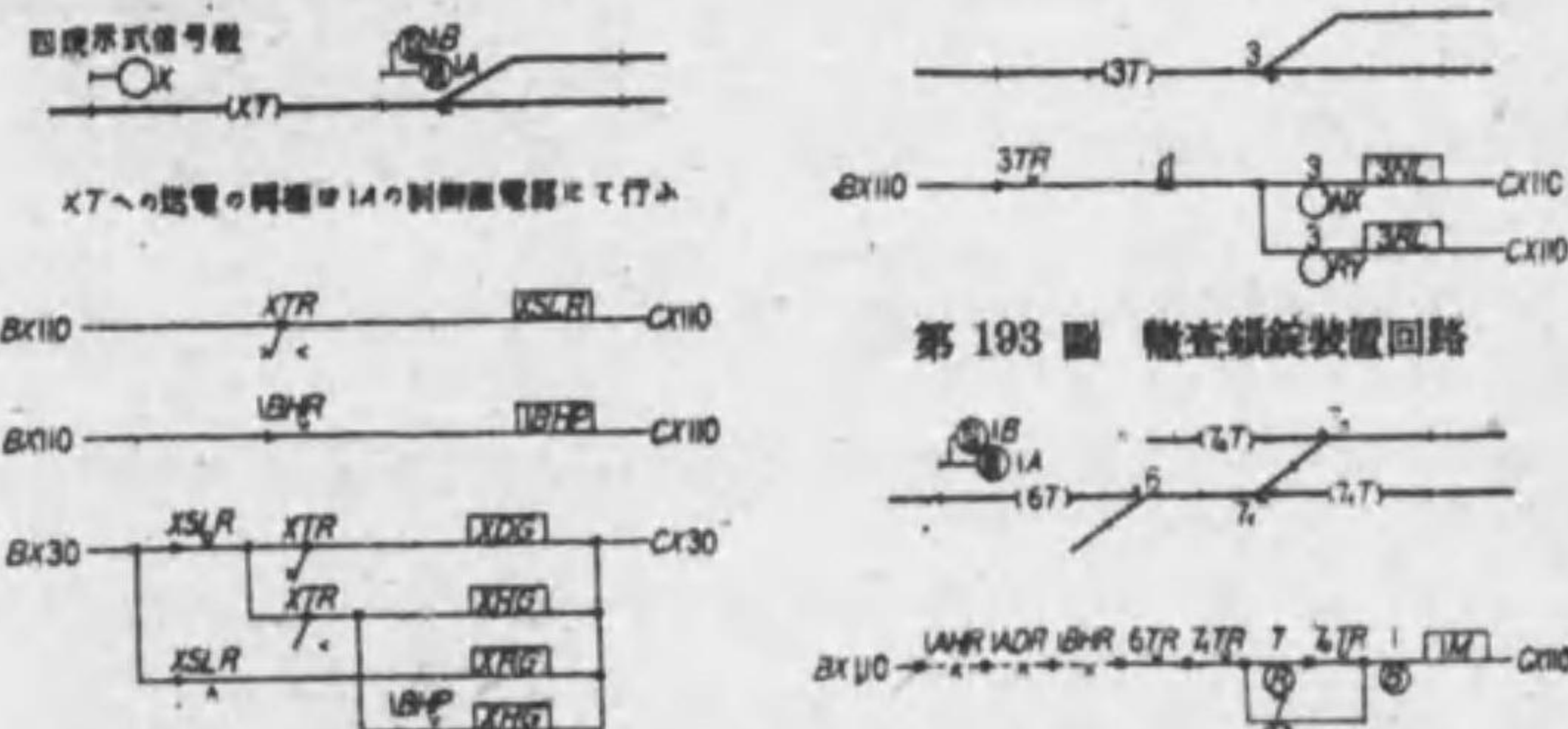
第 191 圖 運轉方向挺子を使用する單線自動閉塞信號裝置の標準接続圖

3. 燈列式信號機 燈の排列に依り腕式と同様に信號現示を行ふ信號機。一例を挙げると電球 8 V, 24 W, レンズの有効直径 90 mm, 焦點距離 83 mm, 表面は摺硝子。
4. 複線區間色燈式自動及半自動閉塞信號裝置の接続 (第 189 圖及第 190 圖参照)

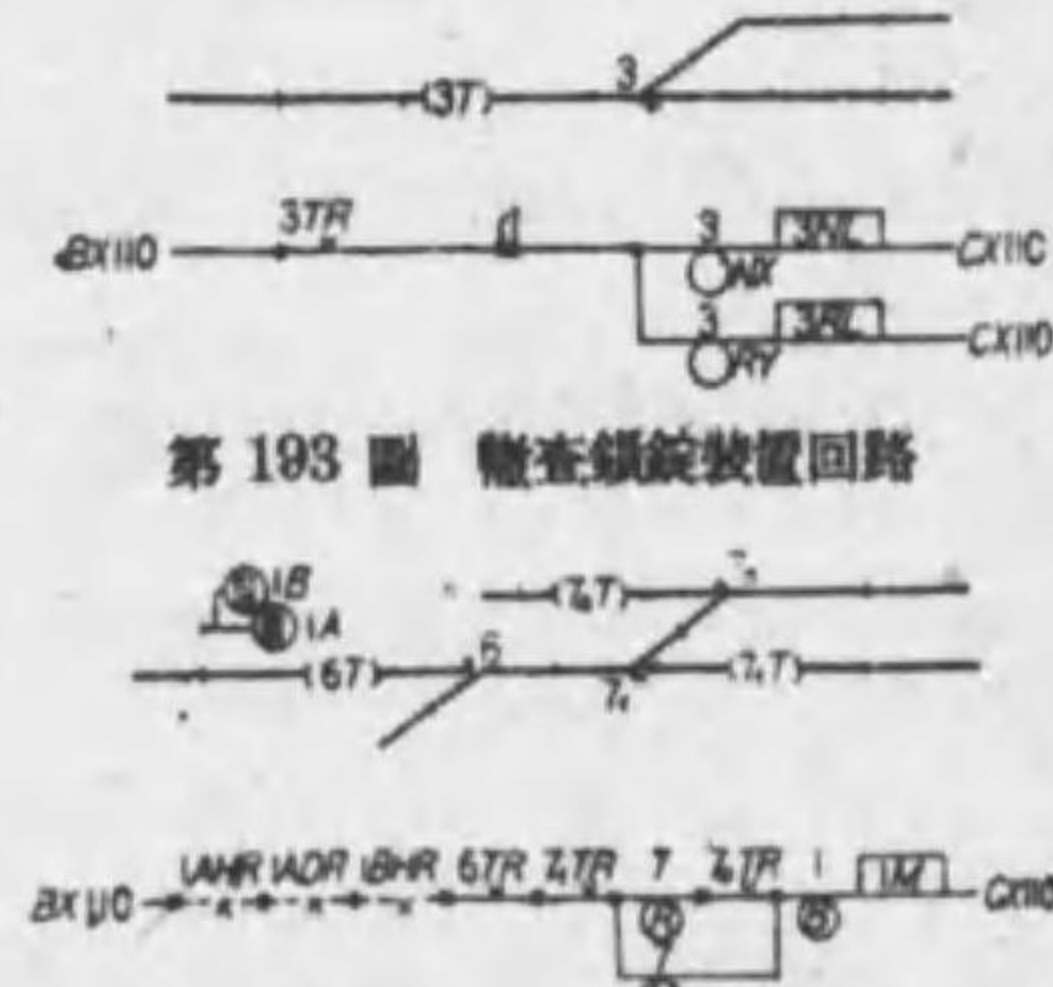
5. 單線區間色燈式自動閉塞信號裝置の接続 (第 191 圖参照)

6. 進路信號法及速度信號法 前者は從來本邦で廣く用ひられたもので、信號現示は列車乗務員に對し運行すべき進路を所定の速度で運轉するやう指示する。後者は最大速度を指示し、進路の適否は主として信號機が確める方法である。

7. 四現示信號 閉塞區間の長さが列車制動距離よりも短い場合又は分岐線等で、速度制限の爲注意信號、進行信號間に他の信號を附加したもので、色燈式では在來の橙黄色燈

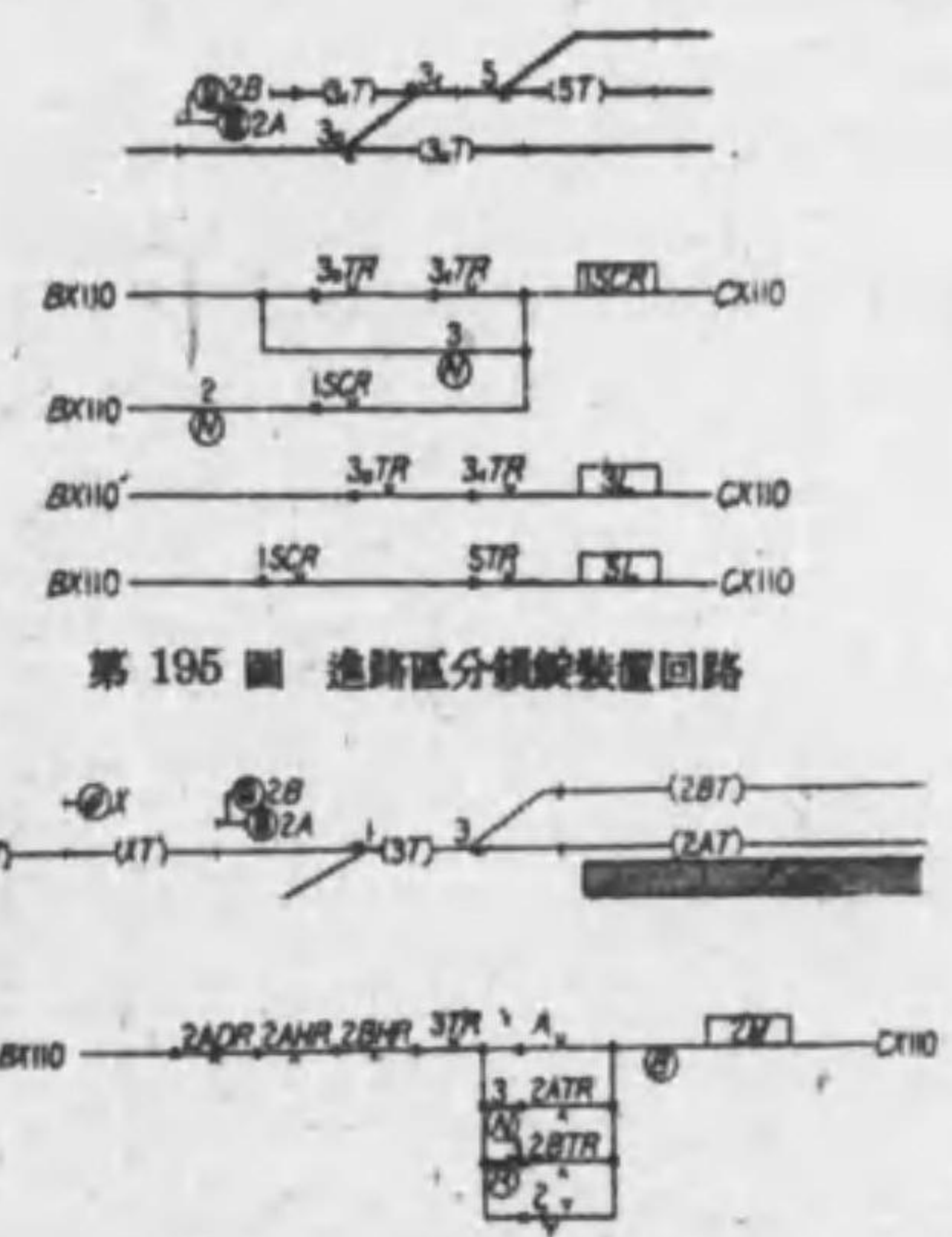


第 192 圖 四現示色燈式信號機信號燈回路の例

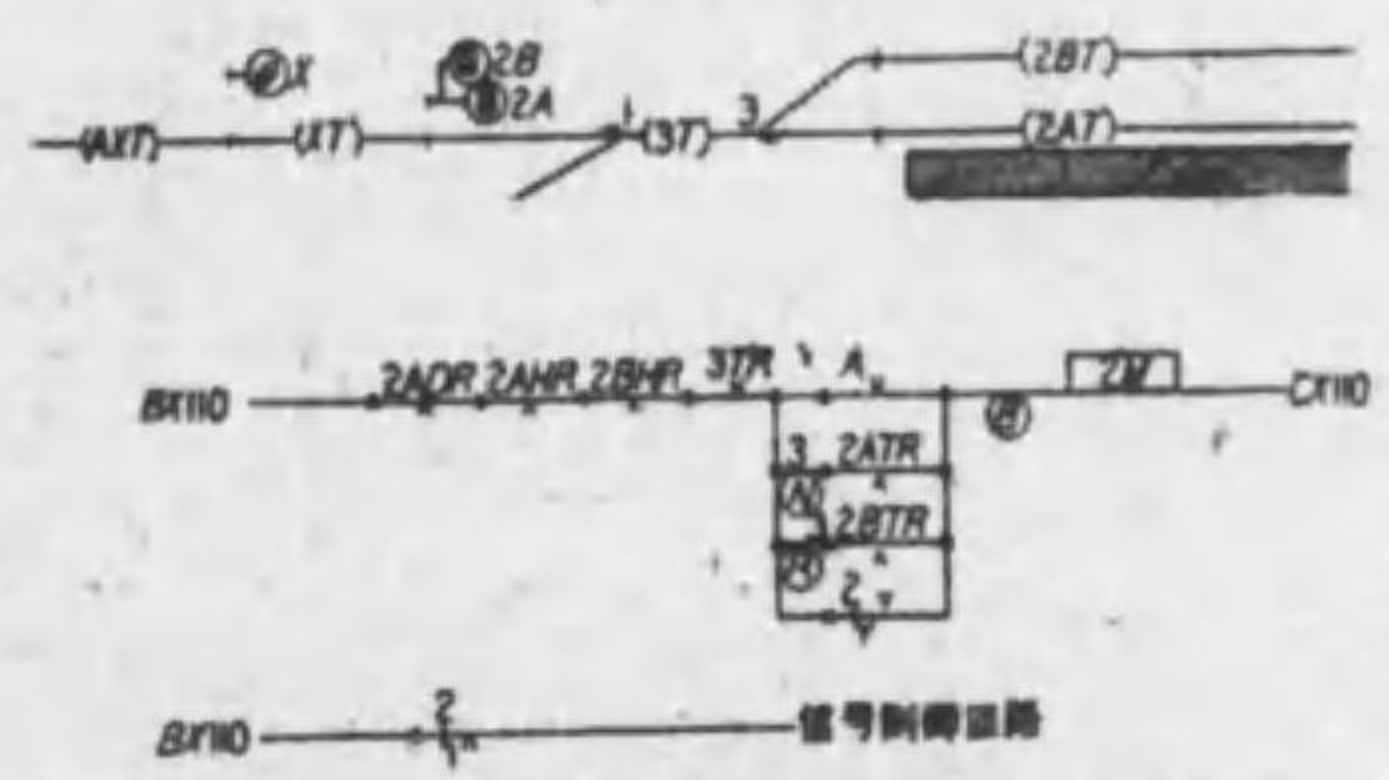


第 193 圖 進路鎖錠裝置回路

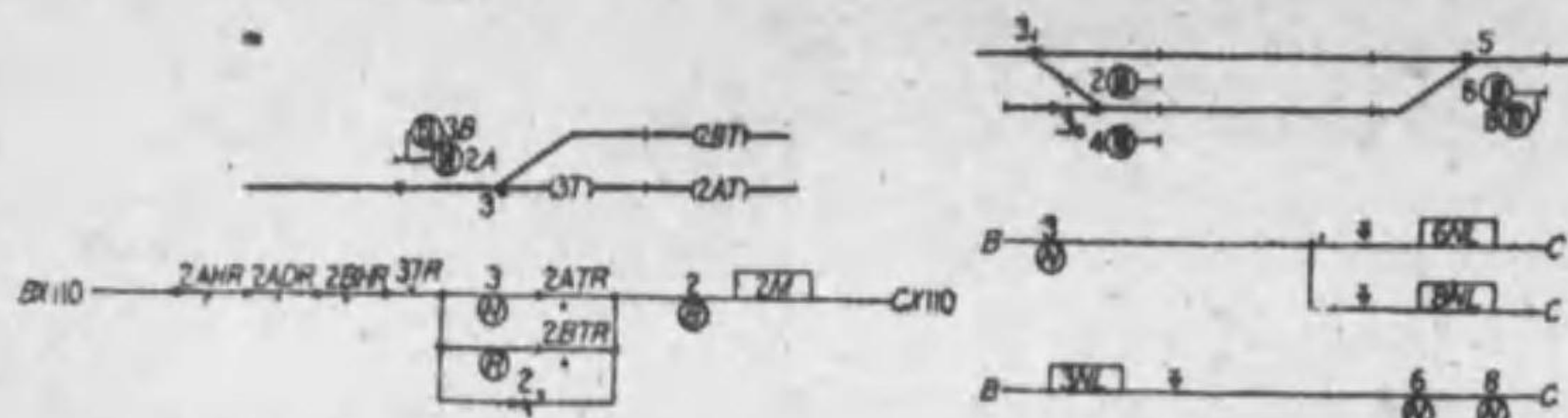
第 194 圖 進路鎖錠裝置回路 (註 點線は表示鎖錠裝置回路)



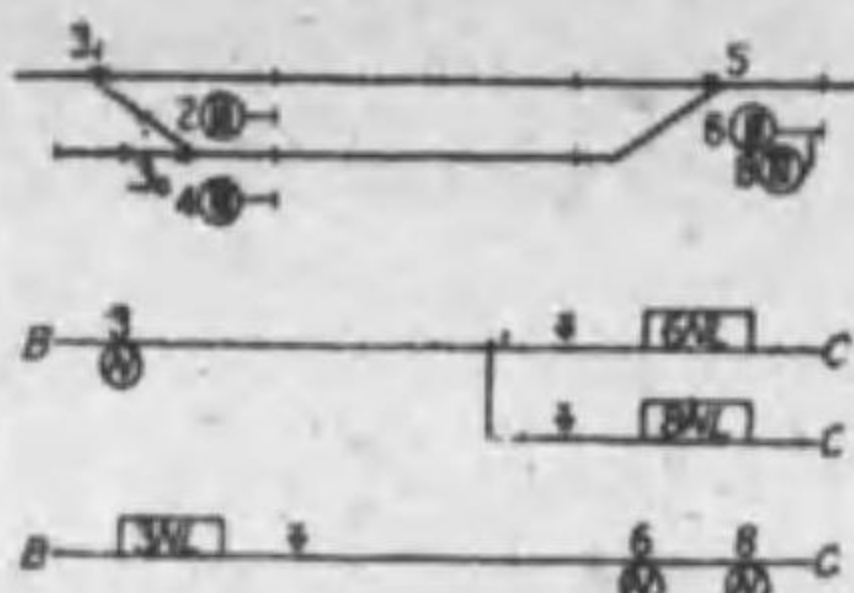
第 195 圖 進路區分鎖錠裝置回路



第 196 圖 接近、表示及進路鎖錠裝置回路



第 197 圖 保留、表示及進路鎖錠装置回路



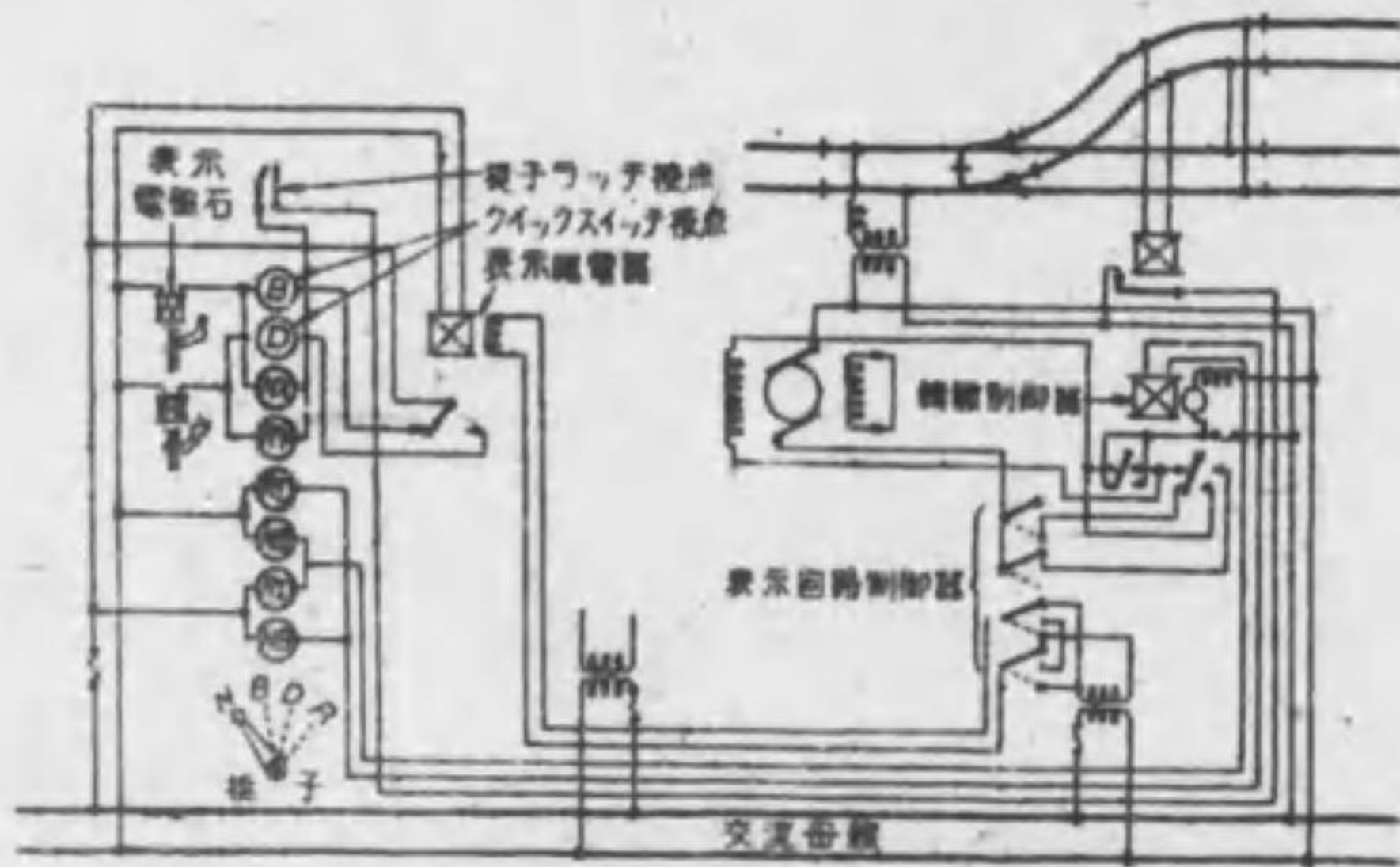
第 198 圖 照査鎖錠装置回路

に更に 1 箇の橙黄色燈又は綠色燈を附加する方法、燈列式と組合せる方法及び閃光を用ひる方法等があり、速度信號法と關聯して將來發達すべきものである。(第 192 圖參照)

8. 電氣鎖錠装置の種類 (第 193 圖乃至第 198 圖參照)

- a. 檢査鎖錠装置 轉轍器を含む區間に列車存在するとき轉轍挺子を定位又は反位に鎖錠する装置。
- b. 表示鎖錠装置 信號機又は轉轍器が完全に動作した後でなければこれに対する挺子が解錠せられない装置。
- c. 進路鎖錠装置 列車が信號機の現示に依り進路に進出した後、關係轉轍器を通過し終るまで挺子を鎖錠する装置。
- d. 進路區分鎖錠装置 上記と同様の場合に進路の關係轉轍挺子全部を鎖錠し、一又は一群の轉轍器を含んだ區間を通過する毎に順次該轉轍挺子を解錠する装置。
- e. 接近鎖錠装置 信號機に進行(又は注意)信號を現示せしめて、列車がその信號機の後方一定の距離に接近した場合、該信號挺子を反位に鎖錠し、列車がその信號機を通過する等でなければ解錠出來ぬ装置。
- f. 保留鎖錠装置 接近鎖錠装置と同様であるが、列車接近の如何に關らず信號機に進行(又は注意)信號を現示せしめたときに上記と同様の装置を施したもの。
- g. 照査鎖錠装置 二信號扱所の挺子相互間に連鎖を附する装置。

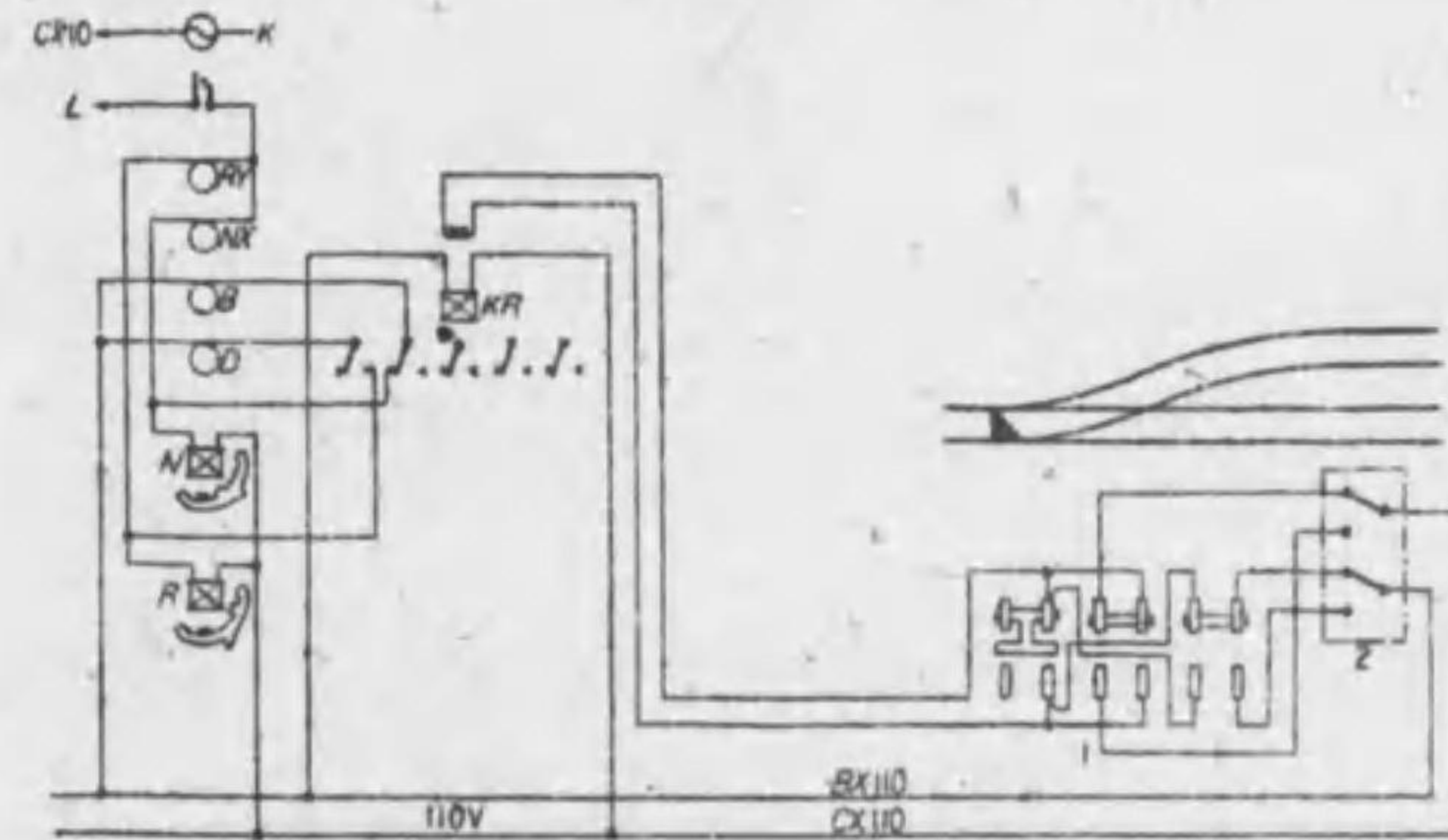
9. 左右回轉式電氣聯動機 交流(又は電池)表示鎖錠装置の電氣聯動装置又は電空聯



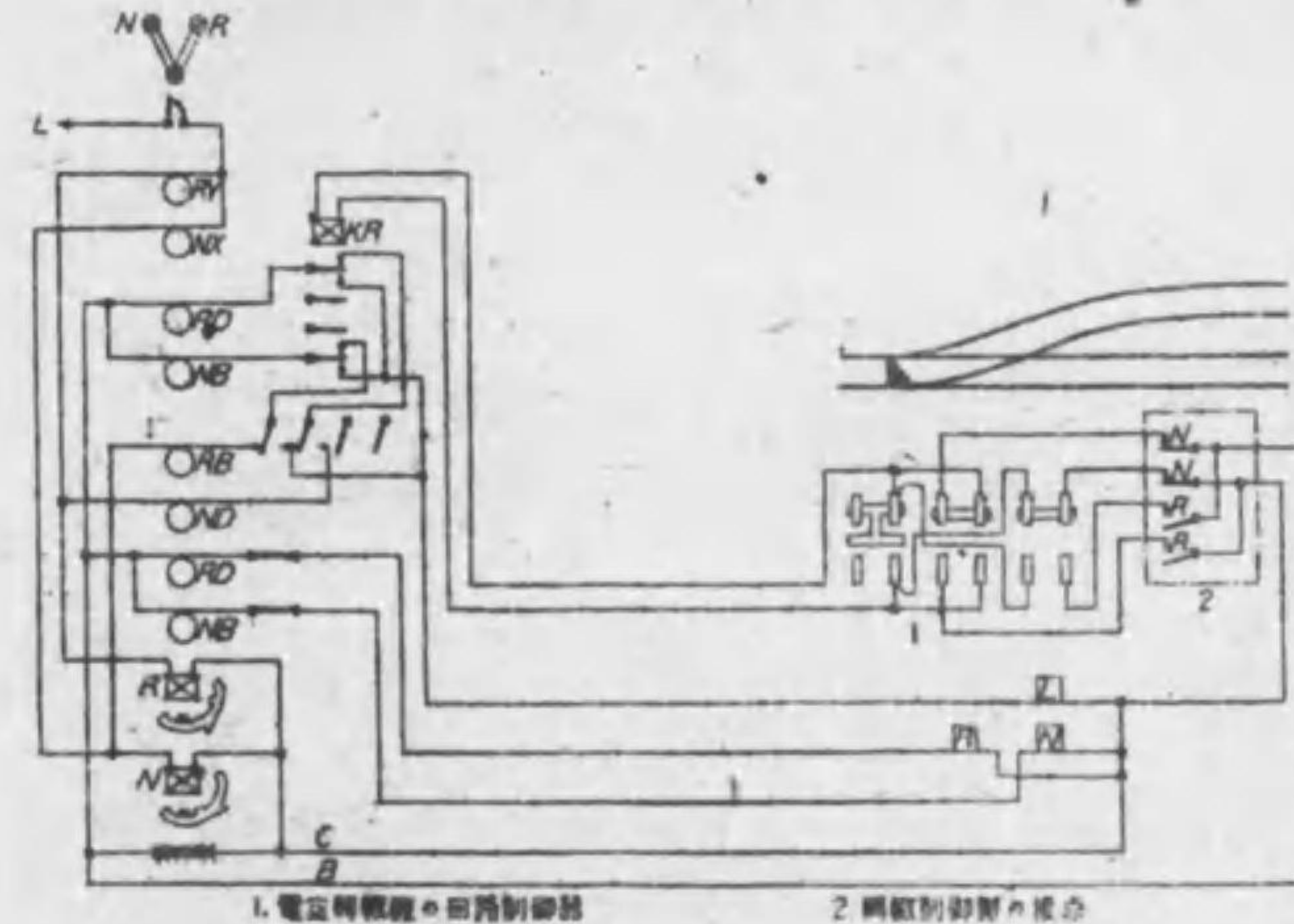
第 199 圖 交流表示式電氣轉轍機制御及表示回路

動装置用で、普通交流 100 V 又は直流 10 V、挺子間隔 65 mm。轉轍挺子のクイック・スイッチは挺子、轉轍制御器又は轉轍制御器及轉轍器の三者の位置を一致せしめること及挺子が一端より他端の表示點に動く間に表示電磁石の勵磁されることを防止する。この爲に定位表示及反位表示點間で挺子が轉換することが出來ぬ。これを防止する爲にはクイック・スイッチを省き、而も上記三者の位置を一致せしめるに表示繼電器線輪と直列に表示回路制御器接點 (1) の外に轉轍制御器又は轉轍制御器の接點 (2) を接続する。(第 199 圖; 第 200 圖及第 201 圖參照)更に接點 B と NX 又は D と RY との混觸を防止する爲挺子鎖錠電磁石を獨立せしめ、表示電磁石を定位及反位に對し各 1 箇用ひる方法がある。

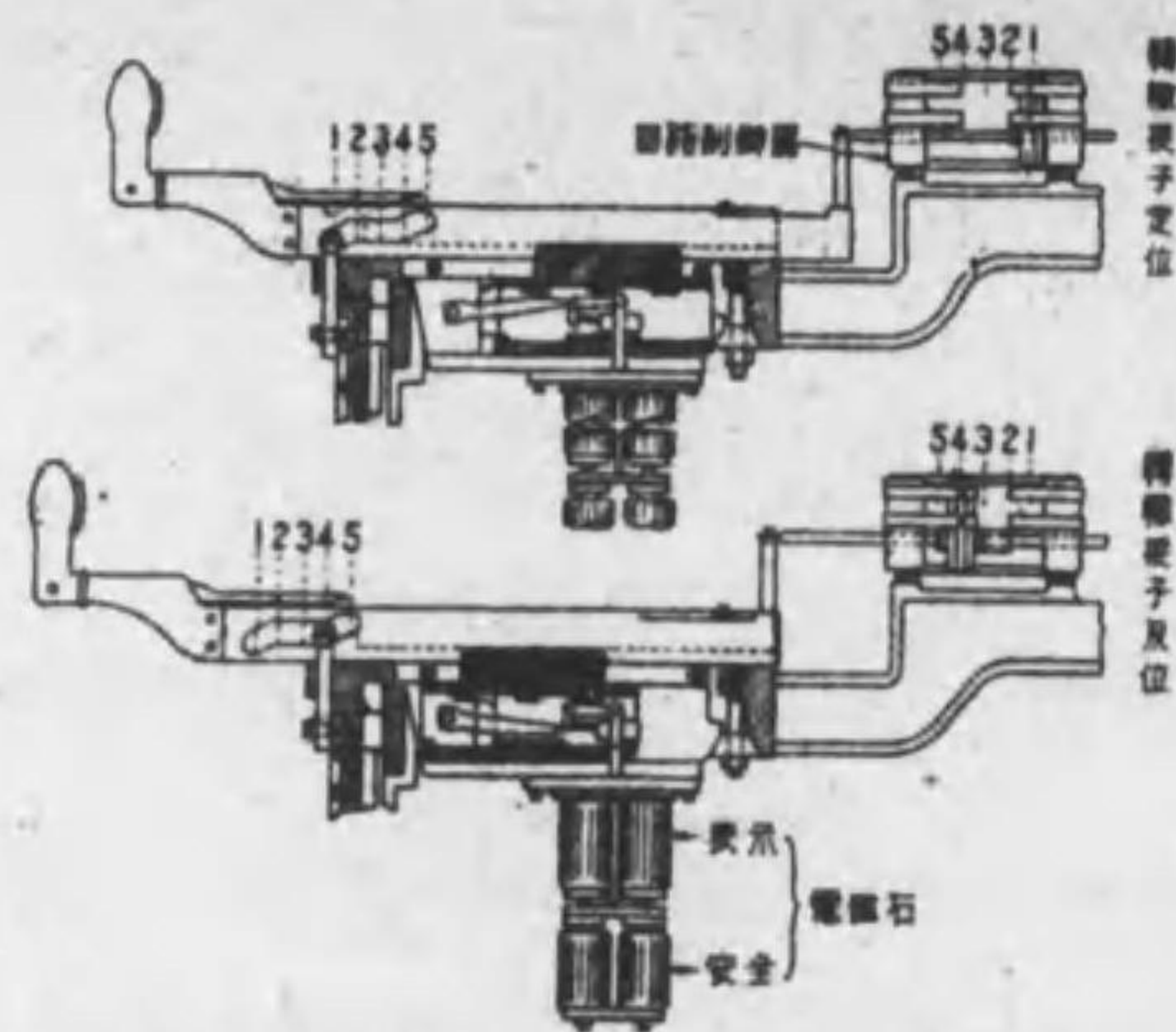
10. 引出式電氣聯動機 直流式及交流式があり主として發電表示鎖錠法に依る。即ち



第 200 圖 電氣轉轍機の表示回路 (交流表示式)

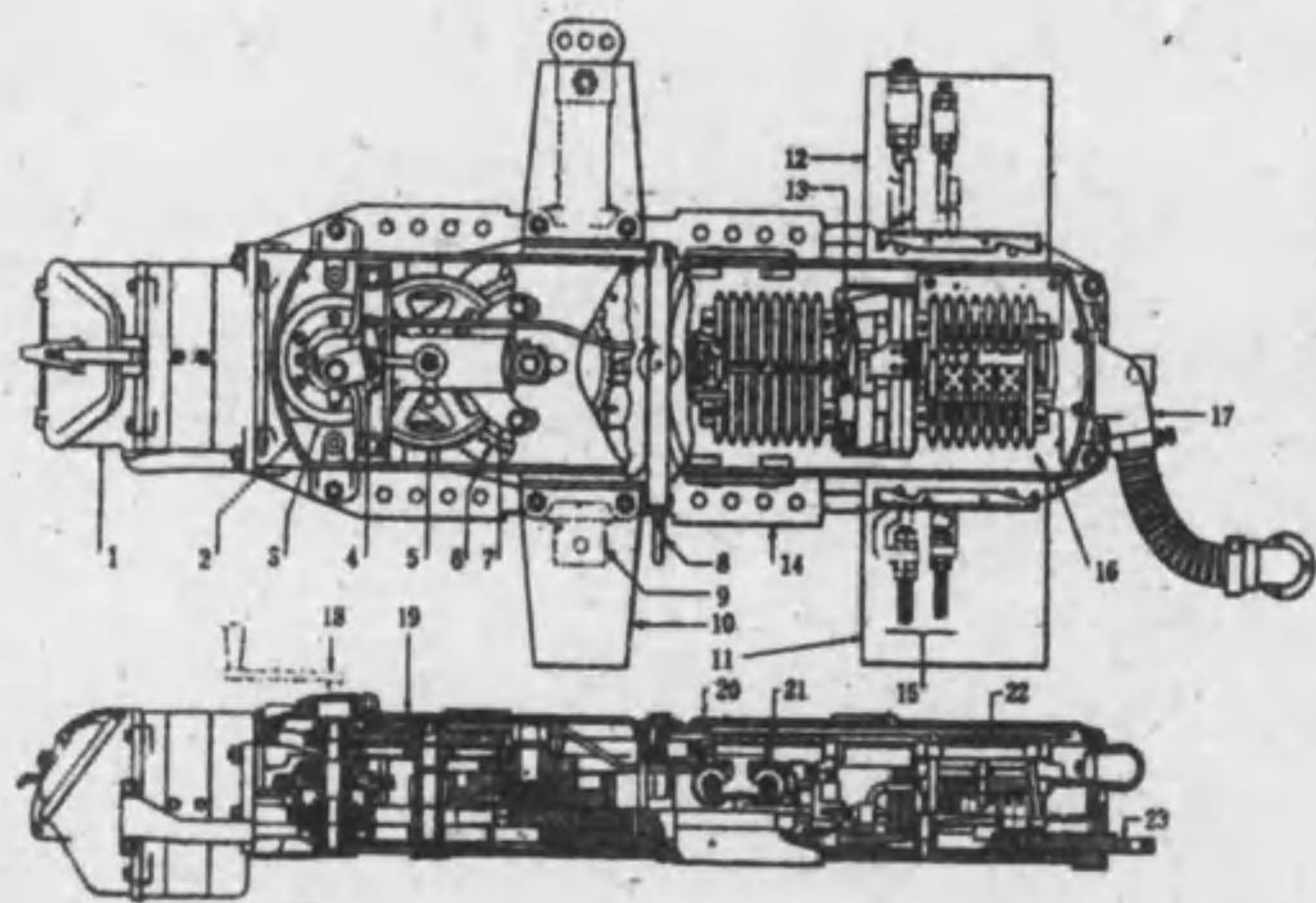


第 201 圖 電空轉轍機の表示回路



(註) 安全電磁石は過熱に依る表示電磁石の動作を防止する。

第 202 圖 直流轉機挺子 (發電表示式)



- 1. 電動機 2. 齒車取付棒 3. 運轉器 4. 手廻安全器 5. 中間齒車
- 6. 轉機齒車 7. 齒車支持棒 8. 蓋止 9. 動作棒 10. 動作棒底
- 11. 鎖錠棒底 12. 鎖錠棒底 13. 鎖錠連棒 14. 底棒 15. 鎖錠棒, 原差棒
- 16. 轉機取付棒 17. 口金 18. 手廻ハンドル 19. 齒車部蓋 20. 轉機蓋
- 21. 轉機回路制御器 22. 表示回路制御器 23. 押込鎖錠棒

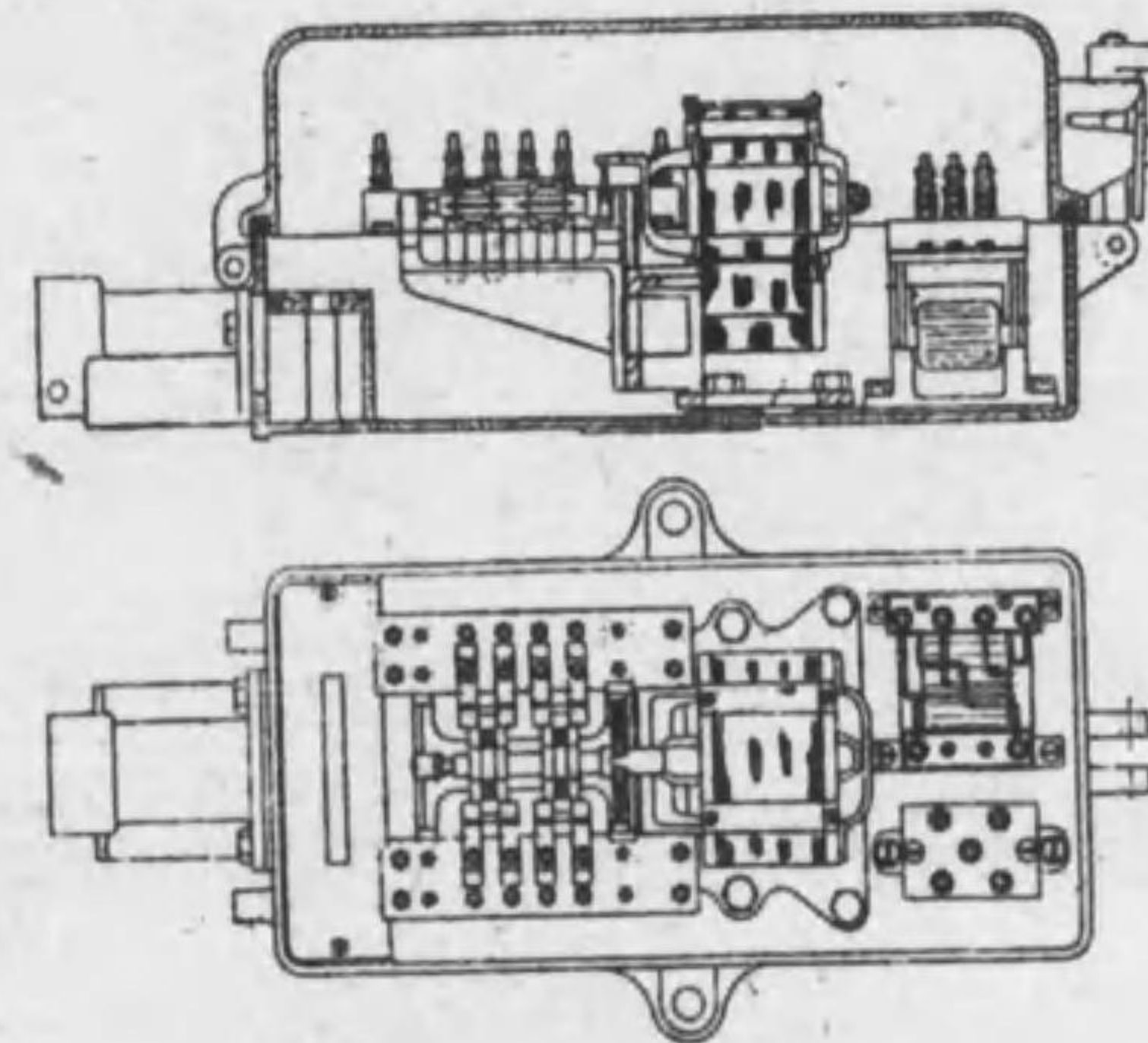
第 203 圖 電氣轉機挺 (G.R.S. 5A 型)

轉機器が轉換鎖錠せられたとき、轉機電動機は惰性に依り回轉して發電機となり直流を發生し、表示電磁石を勵磁するに用ひられる。ラッチ鎖錠のものも製作される。(第 202 圖参照)

11. 電氣轉機挺及轉機制御器 (第 203 圖, 第 204 圖及第 36 表参照)

12. 電空轉機挺及轉機制御器 轉機器の動作完了すれば、總ての壓搾空氣は筒室より遮斷せられ氣筒より放出される。轉機器が正規以外の取扱方法に依て定位又は反位より動く時は、自動的に鎖錠電磁石勵磁せられ定規の位置に戻る。この作用は表示回路制御器接點又は表示繼電器の無電位接點に依てなされる。(第 37 表, 第 205 圖及第 206 圖参照)

13. 集中制御法 廣範圍に亘る各停車場の動力轉機挺及信號機を 1 人の指令者が操縦



第 204 圖 交流轉機制御器

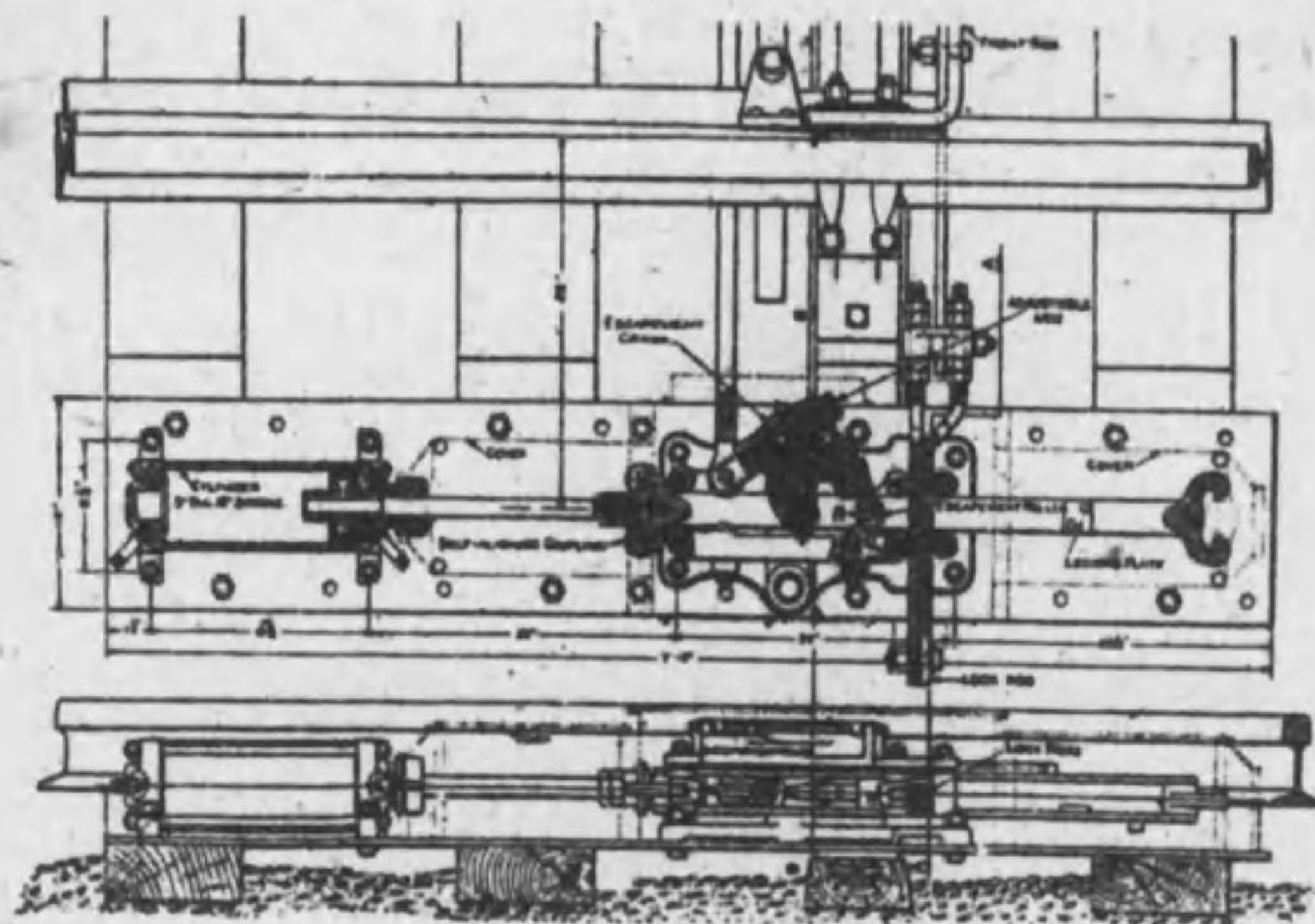
第 36 表 電氣轉機挺及轉機制御器特性

型式	電 壓 (V)	電動機電流 (A)		轉機制御器電流 (A)		動作時間 (s)	動 程 (mm)		
		起 動	運 轉	局 部	制 御		動作棒	嚙 子	鎖 錠 棒
交 流	100	18	8	1.0	0.6	5	175	100~105	125~175
直 流	"	"	7	"	0.5	"	"	"	"
交 流	"	"	8	"	0.6	"	"	"	70~120
直 流	"	"	7	"	0.5	"	"	"	"
直 流	20	12	6	500 Ω 0.02 A		25	175	100~150	125~175

G. R. S. 交流轉機電動機の特性	電動機端子電壓 100 V	電 流 8~9 A
(制御棒に 3 Ω の直列抵抗が接續せられた場合)	轉 換 時 間 0.5~7 s	發 電 直 流 5.4~6.4 A

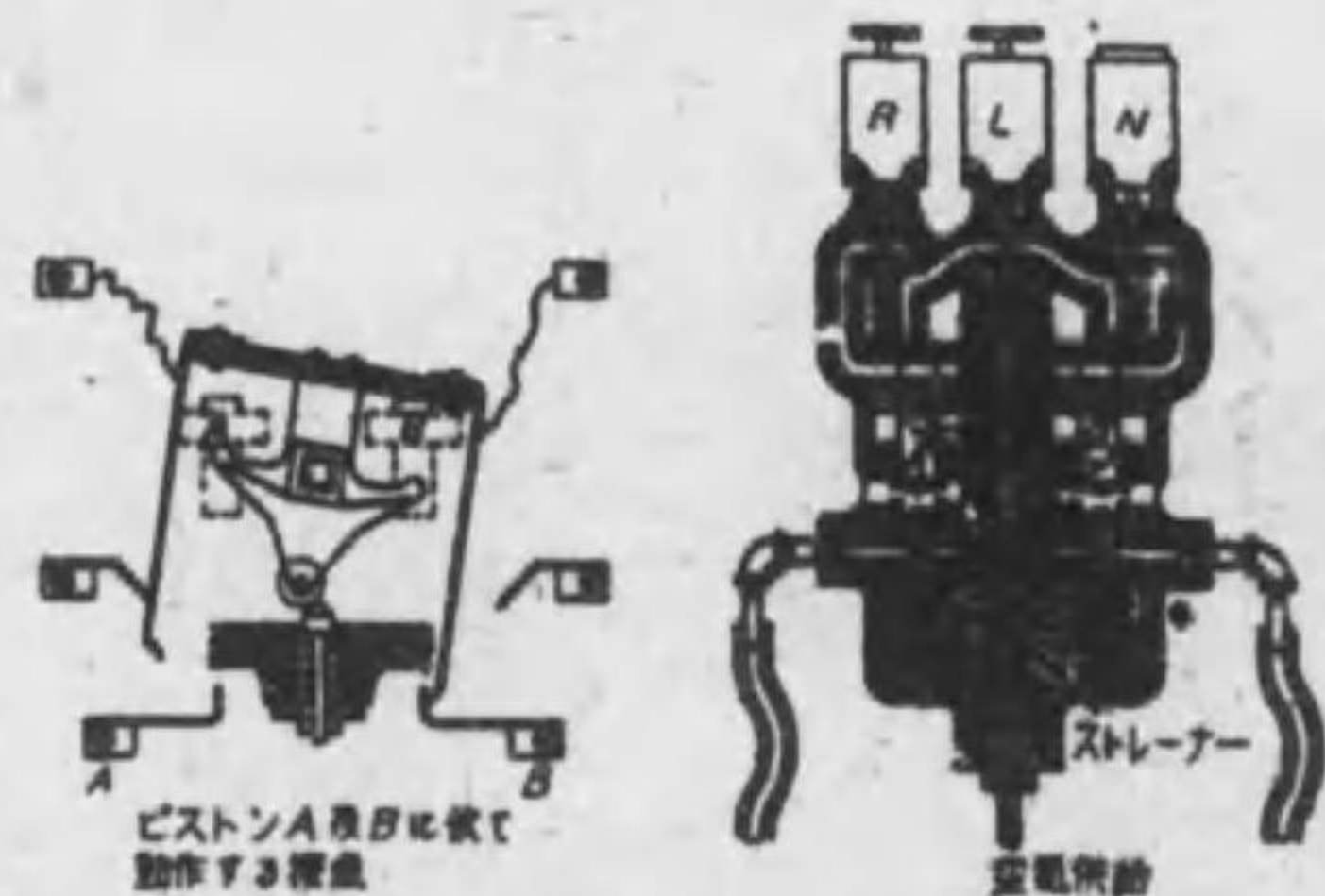
第 37 表 電空轉轍機及轉轍制動特性

型 式	電 壓 (V)	氣 筒		制 動 電 磁 石		動 作 時 間 (s)	曲 徑 (mm)	
		直 徑 (mm)	氣 壓 (kg)	抵 抗 (Ω)	電 流 (A)		動 作 杆	端 子
直 流 A 型	10	125	4	100	0.05	1.5	150	305
直 流 D 型	"	100	"	200	"	1	"	"



第 205 圖 電空轉轍機の取付圖

し、指令室には電氣制動機、
 簡明軌道盤の外に該區間の列
 車時刻、位置等を自動的に記
 録する装置を設けるものであ
 る。全區間には 2 本又は 3
 本の電線を施設し、普通の電
 流に依るもの又は断続電流に
 依るものあり、一般に接近鎖
 錠装置、電空鎖錠装置等を附
 加し、又轉轍機には容易に手
 扱し同時に信號回路を制御す
 るやう端子の外に選別端子付
 制動器を附する。



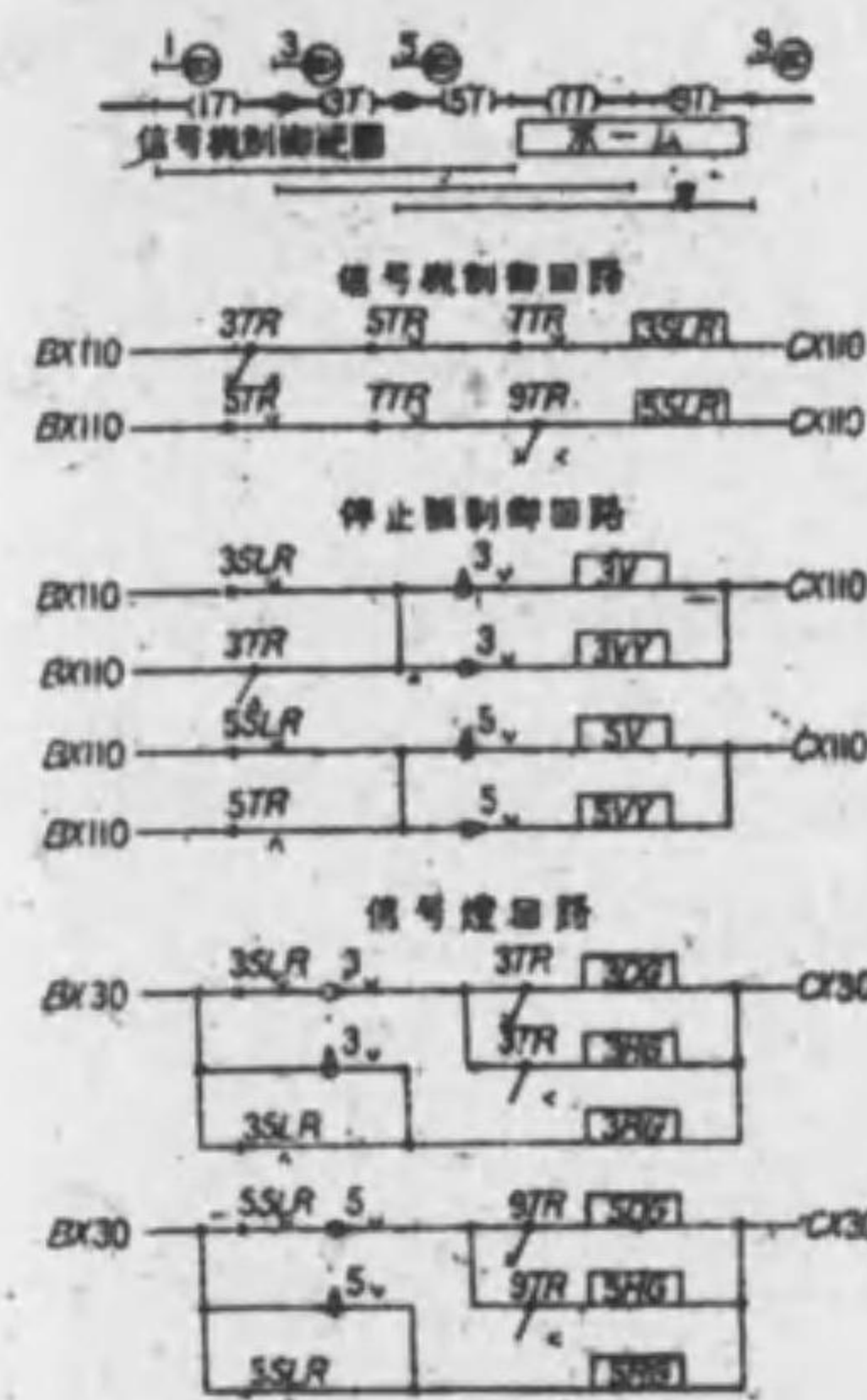
第 206 圖 U.S.S. GP 型電磁制動機構造

14. 自動制動装置 運轉順序一定なる停車場に於て電氣又は電
 空轉轍機を一定時刻毎に自動的に動作せしめるもの及電氣制動機の把手を以て車輛の一連

路を作り、この車輛と軌道回路とに依て豫め次の車輛の進路を自動的に作るもの等がある。

15. 打子式列車自動停止装置 信號無視等に依る事故を防止する爲、線路上に装置した
 打子の位置に依り列車の運轉を支配し、必要に応じて列車の制動機を作用せしめるもの
 である。(第 207 圖参照)

a. 電動機型 交流式は三相誘導電動機、直流式は直接電動機に依て動作せられ、保
 持装置はソレノイド型で、ラチェットに依り電動機及齒車の回轉を阻止し、電動機回路の
 遮断に依てラチェットを外す時は、電動機及齒車は空轉し、復歸用彈條の反撥力に依て開
 通位置となる。(第 38 表参照)



第 207 圖 列車自動停止装置の軌道装置接続圖

b. 電空型 (第 39 表参照)

第 39 表 打子式(電空型)列車自動停止装置の軌道装置特性
 制動機の常用氣壓 4.0kg/cm²

動 作 氣 壓 (kg/cm ²)	制 動 機				停 止 機		
	50 π (定格電壓に 於ける電流 0.48A)		60 π (定格電壓に 於ける電流 0.57A)		動 作 時 間 (s)	復 歸 時 間 (s)	動 程 (mm)
	上 (V)	開 放 (V)	上 (V)	開 放 (V)			
5.2	62	54	73	64	1.28	0.45	119
4.0	60	53	71	62	1.47	0.45	119
3.8	58	50	70	61	1.61	0.44	115

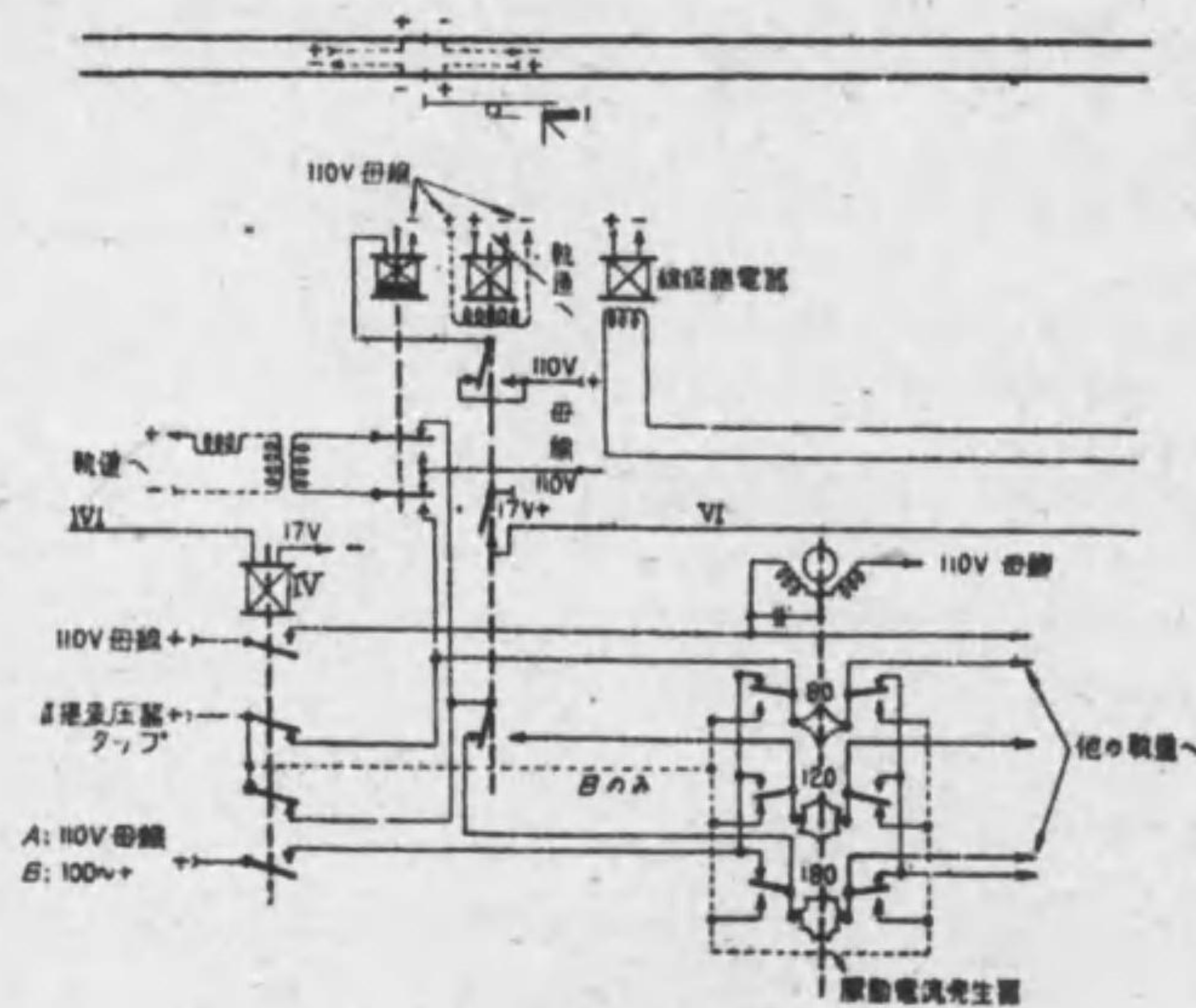
第 38 表 打子式(交流電動機型)列車自動
 停止装置の軌道装置特性

	50 π の場合	60 π の場合
電 動 機		
端 子 電 壓 (V)	100	100
起 動 電 流 (A)	4.9	4.3
動 作 電 流 (A)	4.75	4.2
動 作 時 間 (s)	2.4	2.4
復 歸 時 間 (s)	2.0	2.0
最 小 動 作 電 壓 (V)	73	80
最 小 動 作 電 壓 に 於ける動 作 時 間 (s)	3.8	4
保 持 電 磁 石		
端 子 電 壓 (V)	100	100
電 流 (A)	0.35	0.38
上 電 壓 (V)	76	85
下 電 壓 (V)	55	65
ト リ ッ プ アーム 復 歸 角 度	20 度	15 度

(註) 復歸角度とは電動機が開通位置より停
 止位置に復歸する途中に於て閉鎖制動器が特に保
 持回路を開放せんとする時のトリップアームの位
 置と停止位置との間の角度。

16. 斷續誘導式列車自動制御装置 獨逸に於ける試験に依れば、交流式は低速度より 1 時間 120 km の速度に至るまでも完全動作し、遊流の影響なく、軌道及車輛電磁石間の間隔を大になし得る等の點で直流式に勝る。軌道電磁石は軌條面上 3.5 cm、車輛電磁石との間隔 12.7 cm。軌道電磁石は車輛電磁石と同様に蓄電器を有し、信號制御回路に接続せられる。機関車内に 20, 30 及 60 V で 500, 1 000 及 2 000 への電流を發生し、軌道電磁石に依て各獨特の共振回路を作り、車輛内の繼電器接點及調速機等に依り速度の自動制御を爲す。

17. CODE 式列車自動制御装置並に車内信號装置 連續誘導式の最も進歩したもので、電氣運轉區間の遊流その他の電流に依る影響を防止する爲、100 への交流を軌條に通じたものを軌道回路に依て制御せられる小型誘導電動機式脈動電流發生器に依て列車の位置に應じ 1 分間 180, 120 及 80 への電流とし、これが軌條上約 10 cm の高さに於て機關車又は電動車に設備せられた線輪に誘導電流を發生し、濾波器を通じ増幅器に依て擴大せられ、主幹繼電器及選擇繼電器を動作し、これが共振回路に接続せられ、上記周波數に應じ夫々進行、豫告及注意信號を現示し、又静止電流の時及電流なき時は停止信號を現示する。而して調速機又は制動機を自動的及選擇的に動作せしめ速度の自動制御を爲す。(第 208 圖参照)



第 208 圖 CODE 式列車自動制御装置の軌道裝置回路 (複線區間用四現示式)

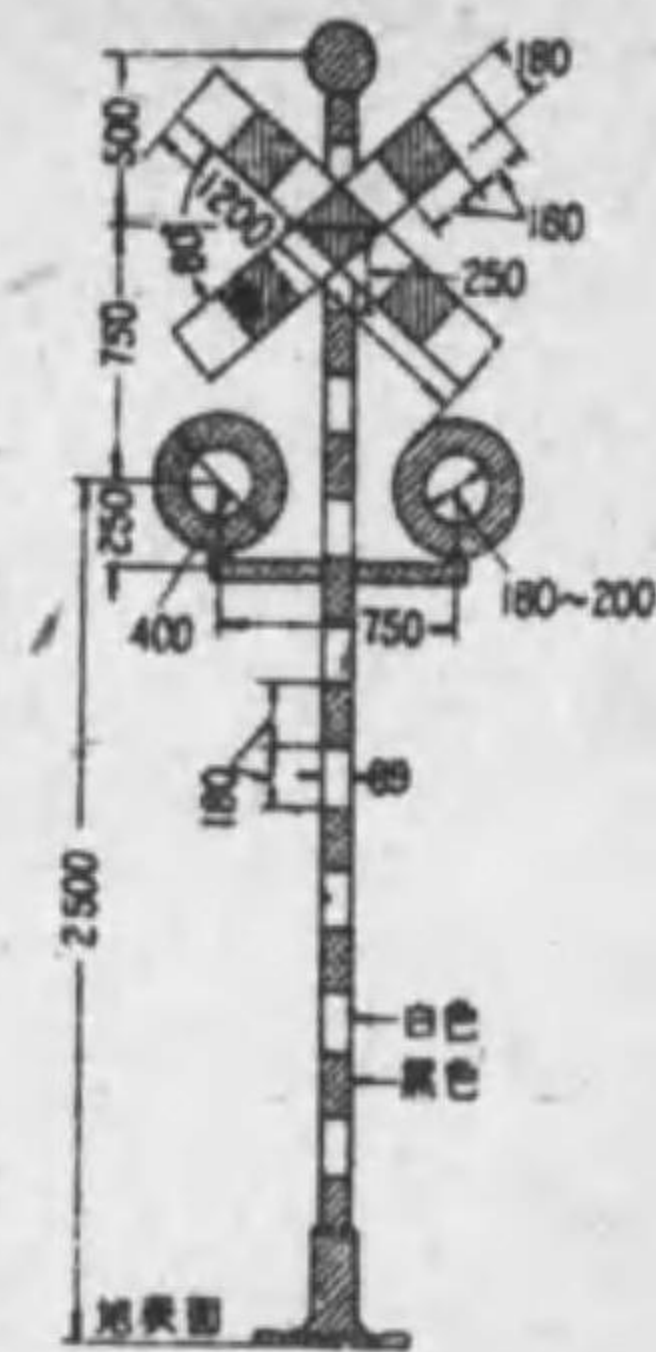
18. 踏切警報装置 (第 209 圖, 第 210 圖及第 40 表参照)

19. 遠距離制御軌道制動装置

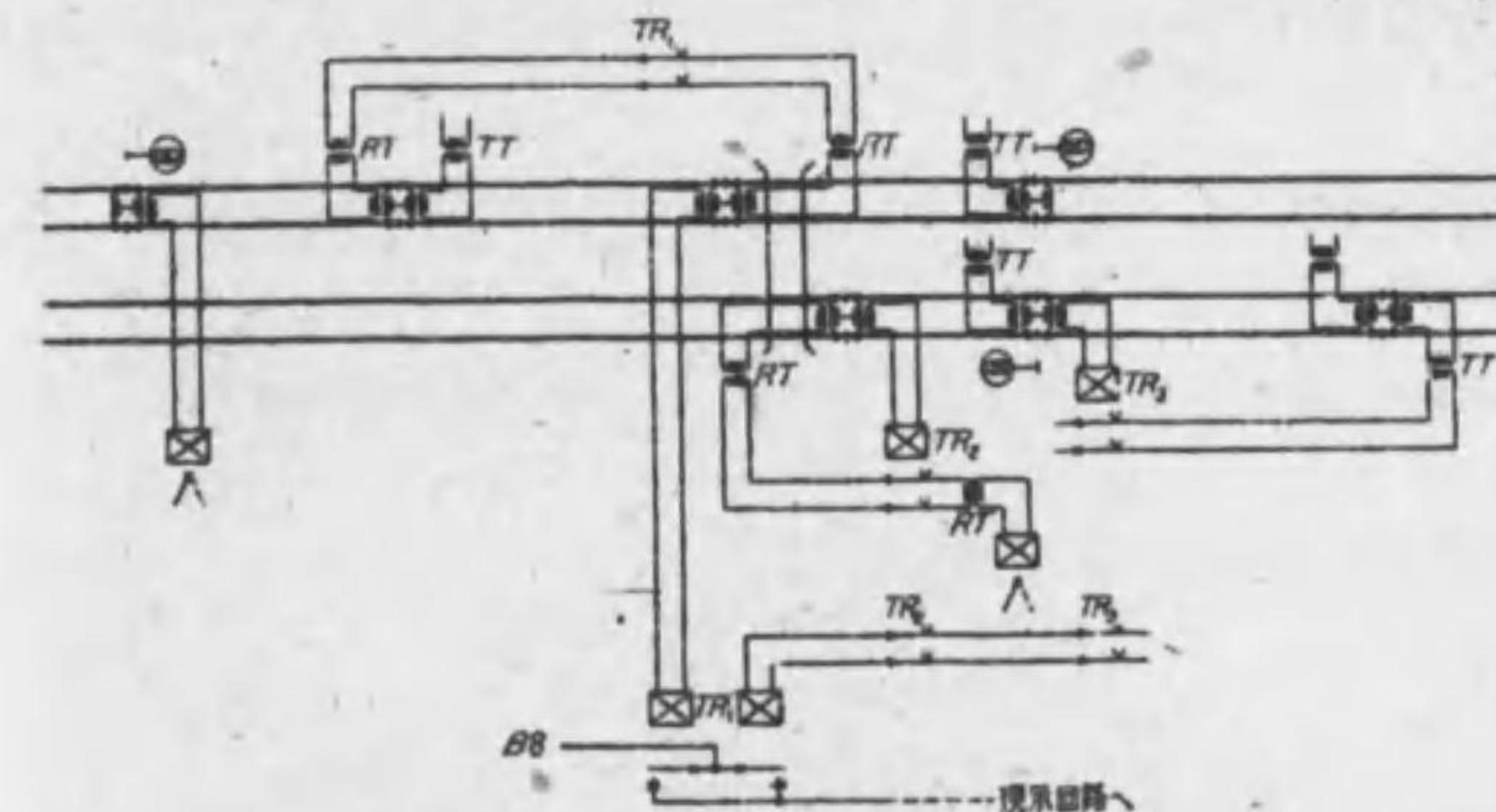
a. 電磁(又は渦流)式 普通 12 又は 15 m 位の長さの制動軌條に沿ひビームがあつて、その下部左右兩側に各 6 箇の直流捲線付鐵心で保持せられる。電磁石に直流(電源

220 V) が通れば鐵心及軌條間の空層を通じ磁界を作り、車輛進入すれば車輪周縁及制動軌條の鐵板に渦流を生じ車輪に制動力を與へるが、渦流に依る磁界の變化は急激に起らず、車輪の後側に於ける磁界はその側に於けるものより強大となり、制動は徐々に作用する。この制動力は全體の制動力の三分の二であり、他に制動軌條と車輪周縁間の摩擦に依る制動力が三分の一ある。英國での實驗結果は、長さ 15.28 m のもので二十分の一坂阜で自重 19 680 kg、1 時間約 25 km の速度の車輛を約 15 m で停止せしめ、消費勢力 53 820 kgm、1 軸當りの制動力 1 793 kg である。獨逸最近のものは單軌條式で 1 車輛に付き最大出力 40 000 kgm で電力約 0.086 kWh を要する。

b. 壓縮空氣 (Jordan) 式 標準長 9 m 又は 14 m、壓縮空氣壓力 1 cm² に付き最大 8.3 kg、轉換時間 1.5 s 位。重量 30 000 kg 貨車 1 輛に對する制動力は 9 m のもの約 50 000 kgm、14 m のもの約 10 000 kgm で、單軌條式は



第 209 圖 踏切警報機



第 210 圖 踏切警報機制御回路 (自動閉塞區間)

第 40 表 踏切警報機特性

警 報 燈					電 鈴		
燈 色	レンズ直徑	閃光數	確認距離	放射角	電 球	打 數	確認距離
赤 色	180mm 200mm	1 分間に 30~50 回	50 m 以上	左右下共 各 10°	10 又は 100 V	1 分間に 約 140 回	20 m 以上

その約二分の一である。本機と扱所との距離 50 m 以下位の場合は機械式制動壓力調整器を使用し、それ以上の距離の場合又は 1 箇所より多數の制動機を取扱ふ場合は押釦又は把手に依り、現場の電空閥を制御する。本機は車輛の重量に依り制動力を自動的に調整し得ること下記水壓式と同様である。

c. 水壓 (Thyssen) 式 上記 2 種と共に獨逸で考案せられ、制動軌條の長さ標準 14 m 又は 19 m。

d. 電動機式 米岡式で普通直流 220 V, 5 馬力の複捲電動機を用ひ、電動機電流遮断せられる時は制動作用を爲す。

20. 變壓器類 (第 41 表参照)

第 41 表 變壓器類特性
(全部单相 50 及 60 \sim)

品 名	容 量	定 格		用 途
		一次電壓 (V)	二次電壓 (V)	
線條變壓器	1, 2, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30 (kVA)	3300	110	電氣轉機用
表示變壓器	(二次電流 0.06A)	110	110	
電流變壓器	50	110	18	電解型變流器用
	100 (VA)		22	
	150		25	
軌道信號變壓器	500 (VA)	110	18 及 30	500 VA... 電車區間用
	230 (VA)		290 VA... 汽車區間用	
軌道變壓器	450 (VA)	110	18	450 VA... 電車區間用
	180 (VA)		180 VA... 汽車區間用	
信號燈變壓器	50 (VA)	110	30	30 V... 色電式信號機用
	10 V... 踏切警報機用			
表示燈變壓器	50 (VA)	100	4	50 VA... 照明軌道燈用
	4 (VA)		4 VA... 警子表示燈用	
中繼變壓器	10 (VA)	100	5	5 V... 照明軌道燈用
		40	40 V... 軌道回路用	

21. 線條繼電器 (第 42 表参照)

第 42 表 交流繼電器特性

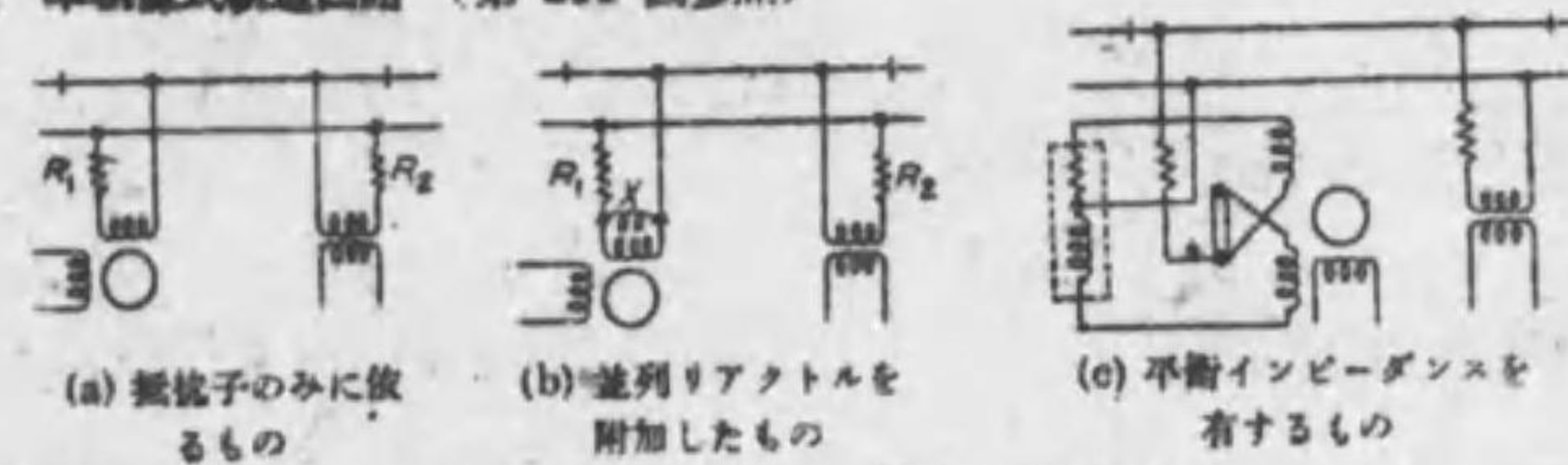
品 名	接點數	定 格			電 壓		
		電 壓 (V)	電 流 (A)	電 力 (W)	扛 上 (V)	落 下 (V)	最小動作 (V)
線條繼電器 (A 型)	N 8, R 4	100	0.30	17.0	63	45	63
“ (B 型)	NR 4	100	0.30	15.5	65	45	65
線條繼電器	NR 4	100	0.50	33.0	47	36	60
過路繼電器	NR 4	30	0.55	11.0	20	12	20
接近表示繼電器	NR 4, B 1	110	0.38	20.5	56	47	73
時素繼電器 (時素 5~25 s)	NR 4	100	0.48	29	54	36	65
同上 (時素 30~45 s)	NR 4	100	0.48	29	54	36	65
		定格 (局部)		定格 (制御)			
		電壓	電流	電壓	電流	位相	
表示燈繼電器	N 5, R 5	110	0.30	8.5	110	0.058	-70
					51	40	60

(註) 線條繼電器の時素 0.3~0.6 s

22. その他の機器 動力式踏切遮断機、照明軌道燈、接近表示器並に電警器、列車通知器、軌條接觸器等がある。軌條の側面に線輪を有する耐久電磁石を取付けこれを電警器に接続し、列車の車輪に依て誘導電流を発生せしめる一種の軌條接觸器なども研究の價值がある。

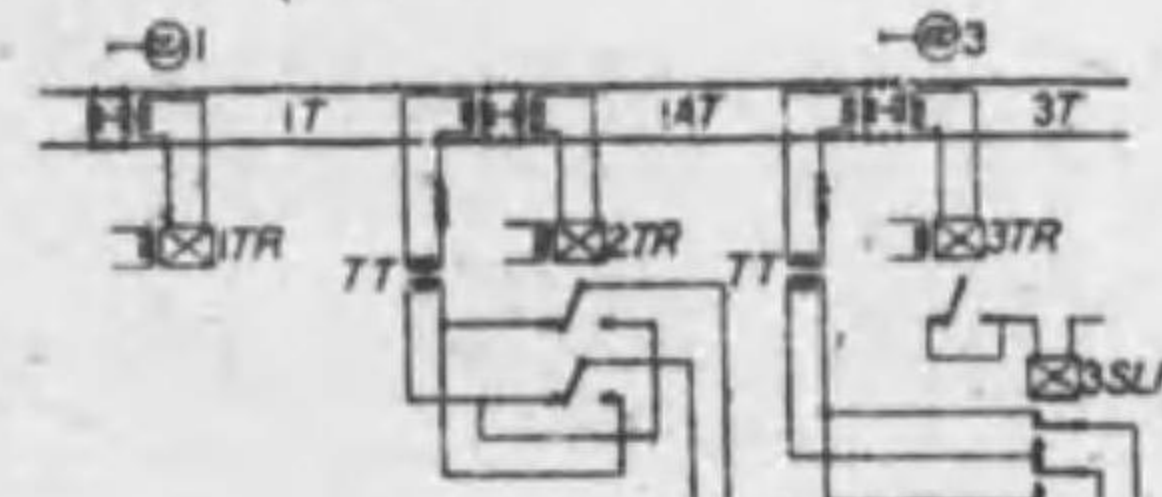
第 13 章 信號保安裝置用軌道回路

1. 複軌條式軌道回路 (本編 12 章 4 参照)
2. 單軌條式軌道回路 (第 211 圖参照)



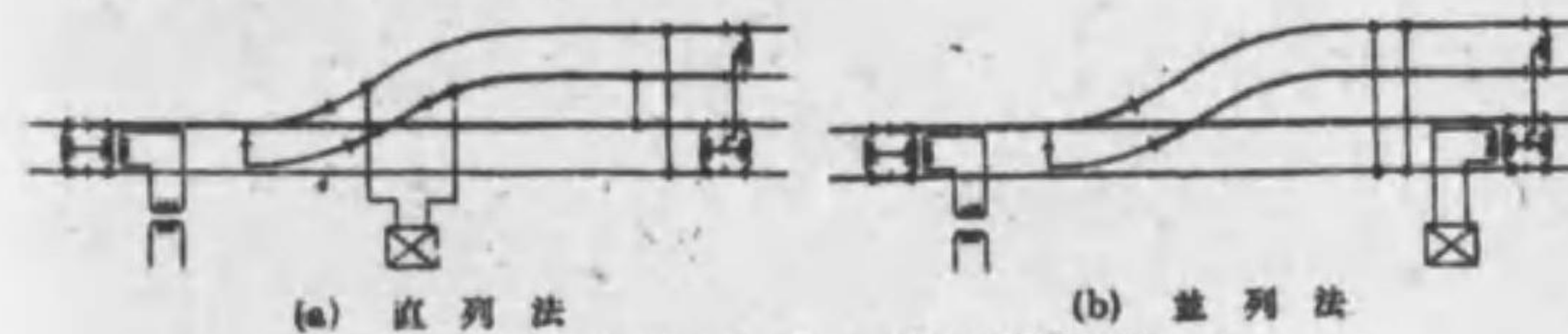
第 211 圖 單軌條式軌道回路

3. 分割軌道回路 (第 212 圖参照)



第 212 圖 分割軌道回路

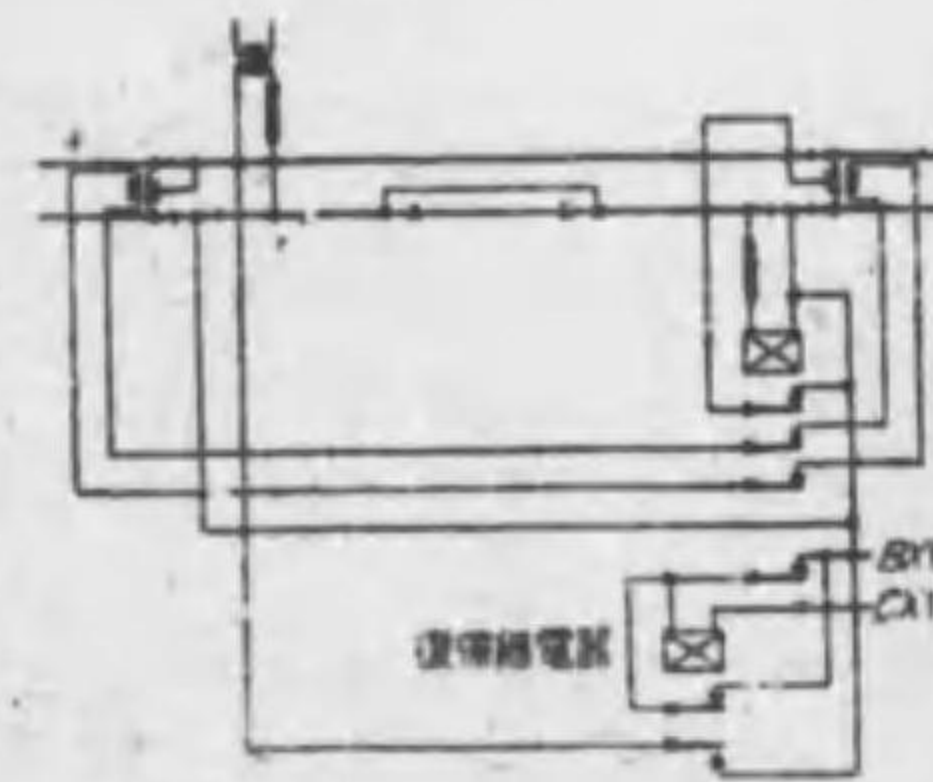
4. 分岐線に於ける軌道回路 (第 213 圖参照)



第 213 圖 分岐線に於ける軌道回路

5. 高壓配電區域の境界に於ける軌道回路

高壓配電區域の境界等に於て、軌道繼電器の局部線輪、軌道線輪間に相異なる周波数の電流が入る時は、接點は周波数の差に相當する周波数を以て振動するが、その差大となれば接點は回轉力を失ひ靜止する。これを防止する爲には同一系統の配電線に接続せられた線條變壓器を増設し又は線條變壓器の二次側を延長して、局部及軌道兩線輪を同一系統配電線に接続する。



第 214 圖 わな回路

6. わな回路 軌道回路の途中に相當長い

死区間を設ける必要のある場合等に應用する。(第 214 圖参照)

7. 軌道變壓器 (第 41 表参照)

8. 軌道繼電器 (第 43 表参照)

第 43 表 翼型軌道繼電器特性

品 名	接 點 數	定 格 (局 部)			定 格 (軌 道)			電 壓			備 考
		電 壓 (V)	電 流 (A)	電 力 (W)	電 壓 (V)	電 流 (A)	位 相 角	上 昇 (V)	下 降 (V)	最 小 動 作 (V)	
二元二位軌道繼電器	N8R4	110	0.6	17.5	0.5	0.8	+20°	0.24	0.21	0.40	汽車區間用
			0.66	27.0	0.5	1.3	-70°	0.32	0.22	0.38	電車區間用
二元三位軌道繼電器	NR5D1	110	0.6	17.0	0.5	0.8	-20°	0.25	0.21	0.37	汽車區間用
			0.66	27.0	0.5	1.3	-70°	0.27	0.24	0.35	電車區間用
單軌條軌道繼電器	N8R4	110	0.6	18.0	0.5	1.85	-62°	0.28	0.22	0.39	單軌條區間用

茲に T を誘導型二元軌道繼電器の可動部分の軸に加はる回轉力, I_1 を局部線輪電流, I_2 を軌道線輪電流, θ を局部線輪電流と軌道線輪電流 (軌道線輪に蓄電器を有するものは軌道線心磁束) との間の相差角 (回轉力率角と稱する), K を定數とする時は,

$$T = KI_1 I_2 \sin \theta$$

($\sin \theta$ を回轉力率と稱する)

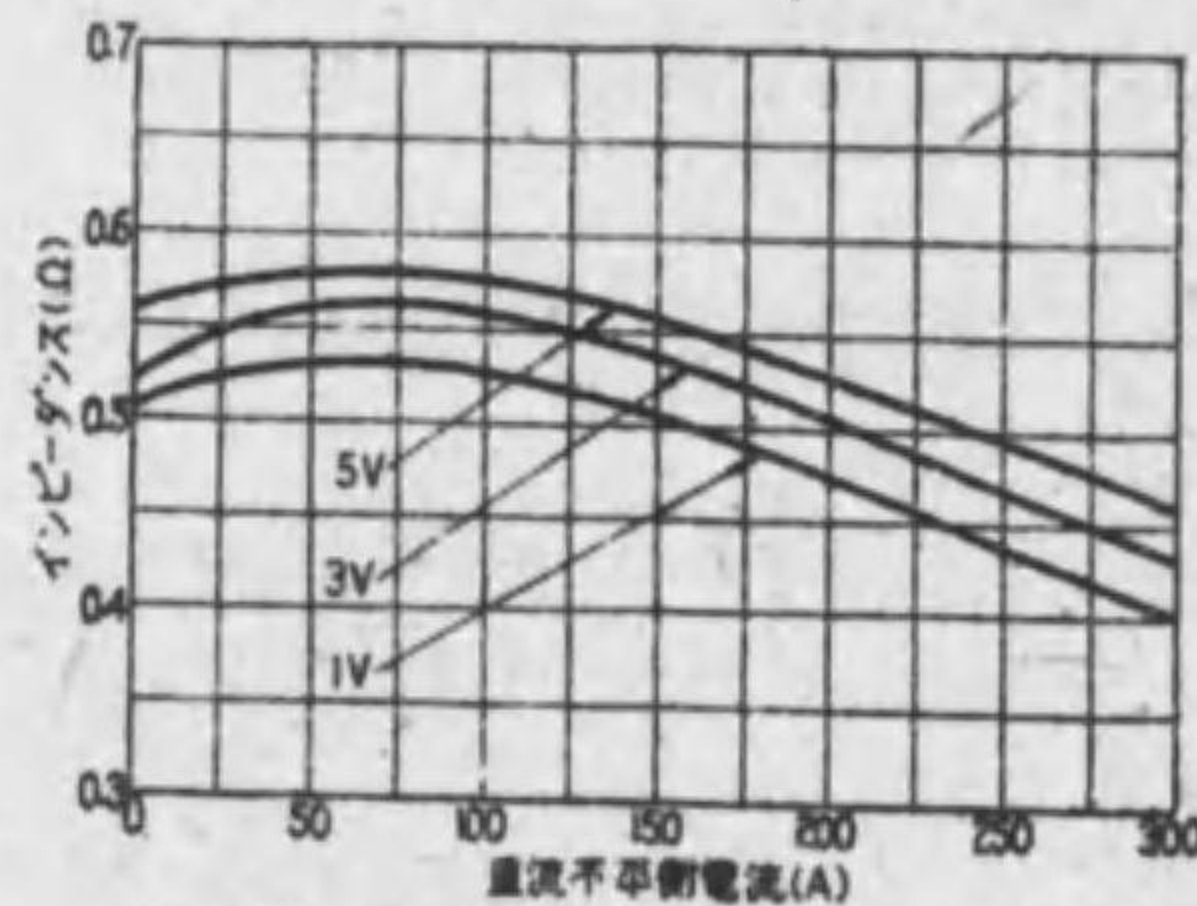
落下, 上昇並に最小動作各電壓 (又は電流) は局部線輪電壓を定格値に俟ち回轉力率 1 の場合に依て表される。

9. インピーダンス・ボンド (第 215 圖及第 44 表参照)

第 44 表 インピーダンス・ボンド特性

型 式	電 流 容 量 (A)			インピーダンス (Ω)	抵 抗 (Ω)	
	一次線輪電流	許容不平衡電流	二次線輪電流		一次線輪	二次線輪
A 型	1000	300	25	0.5	0.0005	0.05
B 型	500	150	"	"	0.00075	"
C 型	250	75	"	"	0.0010	"

10. 軌間漏洩インピーダンス 軌道の砂利, 枕木等に依る軌條間の漏洩抵抗は一般に區間に一樣に分布せられ無誘導であるが, 多少容量リアクタンス X_c は誘導リアクタンスを含



第 215 圖 A 型インピーダンス・ボンド特性曲線

んで居る場合がある。この値は砂利及枕木等の性質, 状態及温度等に依て異なるが, 國有鐵道に於ては軌道の直長 1 km 當り 0.9~10 Ω の範圍である。

11. 軌條インピーダンス 軌條, 軌條ボンド及軌條繼目板等より成るインピーダンスを云ひ, その値は軌條の大きさ, 形状及その一定温度に於ける導電率, 導磁率, 電流, 周波數, 軌條ボンド並に軌條繼目の取付及種類等に依て異なるが, 一の軌道回路に於て軌條及軌條ボンド等一樣なる時は, 軌條インピーダンスは區間に一樣に分布したものと考へられる。米國に於ける試験の結果は 35~65 kg 軌條で 60 Hz の場合, 回路の直長 1 km に付き 0.8~1.8 Ω 位, その相差角は 12~72° であり, 國有鐵道に於けるものは平均 0.8 Ω 位である。

12. 軌條インピーダンス並に軌間漏洩インピーダンス測定及計算 測定に際してはインピーダンス・ボンドを遮断する。

a. 曲線法 米國で考案せられた方法で, 本邦に於て用ひても大なる誤差なく, 軌條の有効リアクタンスは周波數に正比例し, 有效抵抗は軌條ボンドの抵抗に依て變ずるものであると假定した方法である。茲に

E_0 … 軌道繼電器を遮断した場合の變壓器端兩軌條間電壓

I_0 … 同上の場合の軌道變壓器二次線輪電流

E_1 … 繼電器端で兩軌條を短絡した場合の變壓器端兩軌條間電壓

I_1 … 同上の場合の軌道變壓器二次線輪電流

ϕ_0 … E_0 及 I_0 間の相差角

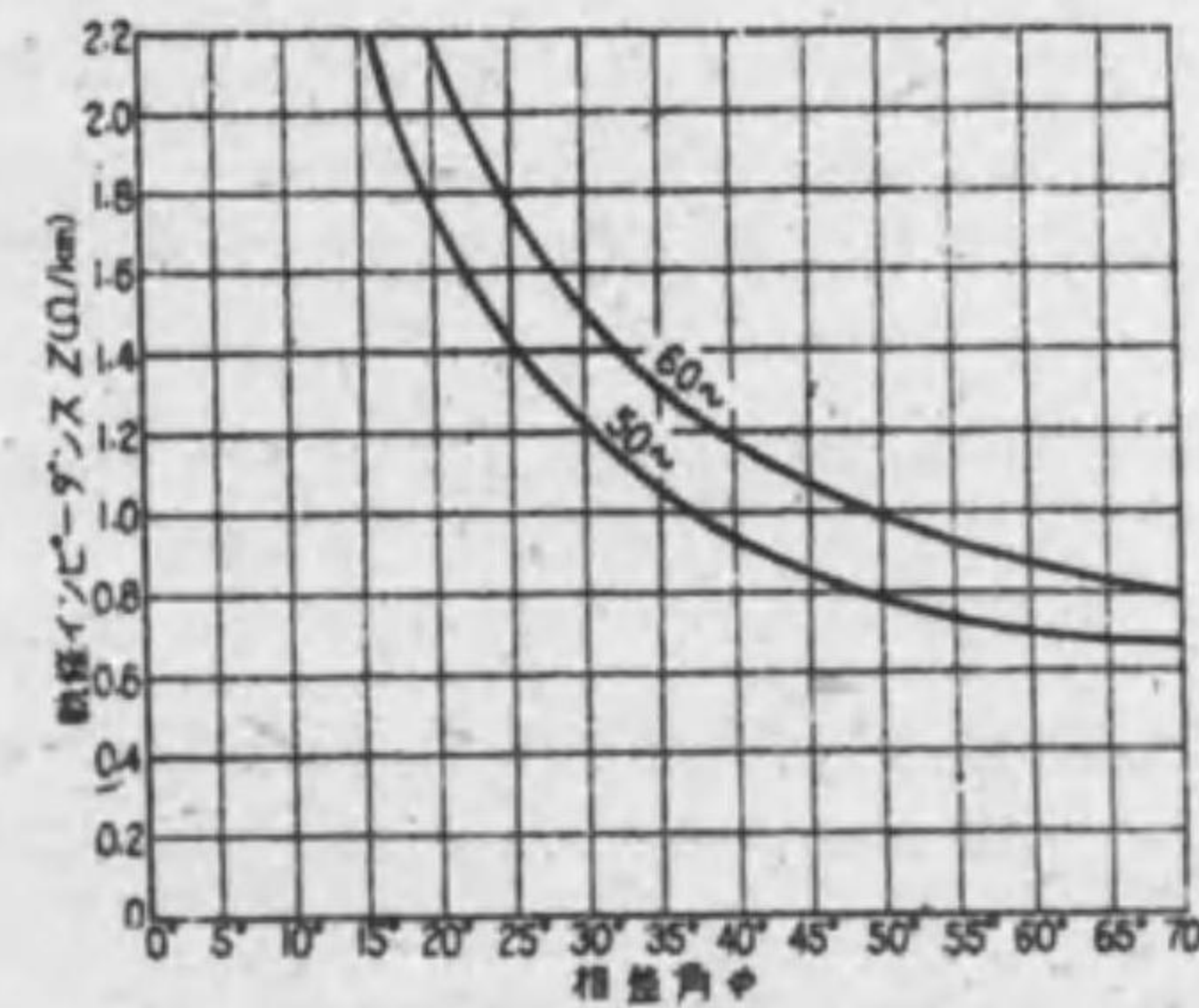
ϕ_1 … E_1 及 I_1 間の相差角

$$Z_0 = E_0 / I_0, \quad Z_1 = E_1 / I_1$$

然る時は軌條インピーダンスの相差角は $\phi = \phi_0 + \phi_1$

軌道 1 km 當りのインピーダンス z は第 51 圖より決定せられ, 同上軌間漏洩抵抗は,

$$r_0 = Z_0 Z_1 / z$$



第 216 圖 軌條インピーダンス對相差角曲線

b. 双曲線函数法 次の如く假定する。

- E_A ... 変圧器端軌條間電圧
- E_B ... 繼電器端軌條間電圧
- $Z_A = E_A / I_A$
- l ... 軌道回路長 (km)
- I_A ... 軌道變壓器二次線輪電流
- I_B ... 軌道繼電器軌道線輪電流
- $Z_B = E_B / I_B$

(i) Z_0 及 Z_1 既知の場合 $z_0 = \sqrt{Z_0 Z_1} \Omega \angle, \alpha = \frac{1}{l} \tanh^{-1} \sqrt{\frac{Z_0}{Z_1}} \text{ hyp } \angle$

(ii) Z_A, Z_B 及 Z_0 既知の場合 $z_0 = \sqrt{Z_A Z_0 + Z_A Z_B - Z_B Z_0} \Omega \angle, \alpha = \frac{1}{l} \tanh^{-1} \frac{z_0}{Z_0} \text{ hyp } \angle$

(iii) Z_A, Z_B 及 Z_1 既知の場合 $z_0 = \sqrt{\frac{Z_A Z_B Z_1}{Z_B + Z_1 - Z_A}} \Omega \angle, \alpha = \frac{1}{l} \tanh^{-1} \frac{Z_1}{z_0} \text{ hyp } \angle$

然る時は $z = \alpha z_0 \Omega \angle$
 軌道長 1 km 當り軌道漏洩インピーダンスは $Z_0 = \frac{z_0}{\alpha} \Omega \angle$

c. 三角函数法 $z = \frac{\sqrt{Z_0 Z_1}}{2l} \left\{ 1.325 \left(\log_{10} \frac{A+B}{A-B} \right)^2 + \left(\tan^{-1} \frac{C}{D} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \Omega \angle$

茲に $A = Z_0 + Z_1, B = 2\sqrt{Z_0 Z_1} \cos \frac{\phi_0 - \phi_1}{2}, C = 2\sqrt{Z_0 Z_1} \sin \frac{\phi_0 - \phi_1}{2}, D = Z_0 - Z_1$

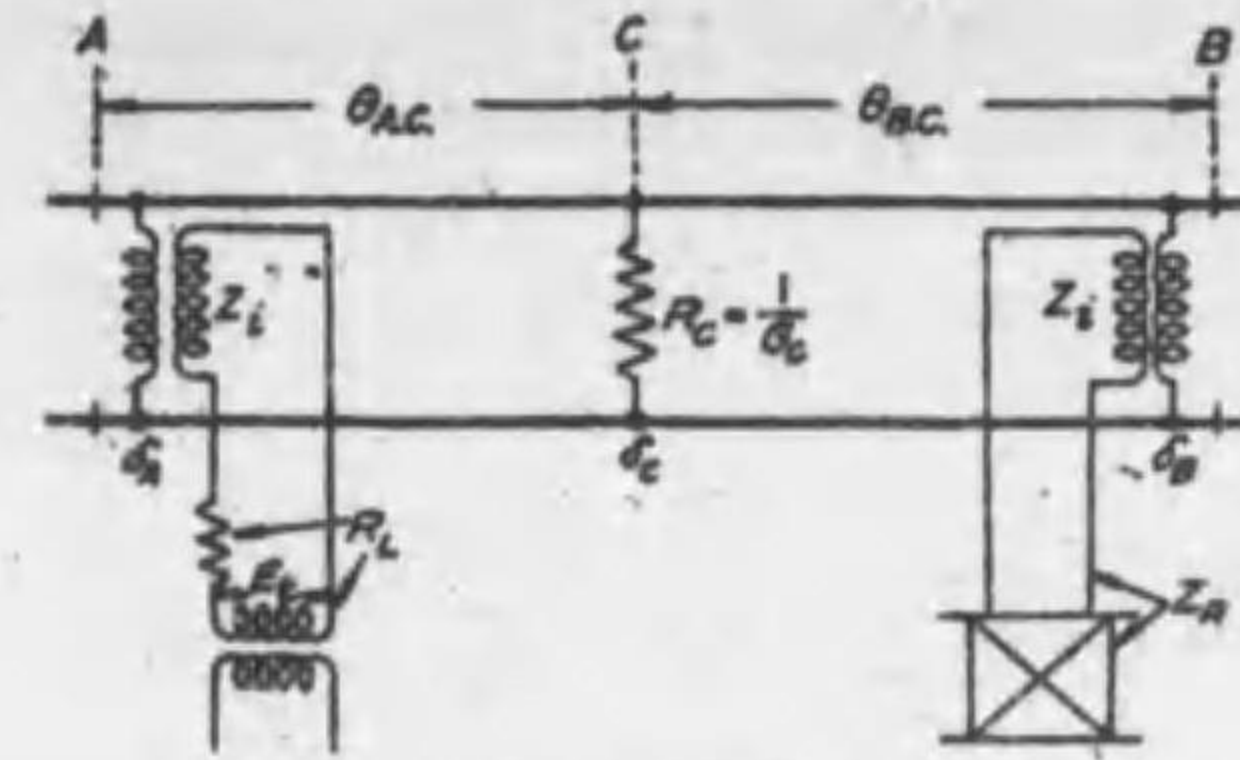
13. 列車短絡抵抗 交流軌道回路に於ては、各車輪と各軌條との間の接觸抵抗及車輪と車軸とより成る回路のインピーダンスより成り、一般に無誘導抵抗と考へられる。その値は軌條及車輪の表面の状況、列車の速度、重量等に依るが兩者共錯の無い時は、60 へで大體 0.001 Ω 以下である。又大氣の狀態等に依て車輪軌條間に薄膜を生じて抵抗大となり、これを破壊して短絡感度を鋭敏にするには軌條間電壓を増加する。又軌條に錆、滲及土砂等ある時も抵抗は増加する。

14. 列車短絡最大抵抗及同最小コンダクタンス 軌道回路の一定點に於て軌條を短絡した場合に軌道繼電器の軌道線輪電壓 (又は電流) が、その場合の回轉力率角に對する落下電壓 (又は電流) の値を占めるやうな無誘導抵抗をその點の列車短絡最大抵抗と云ひ、その逆数を同最小コンダクタンスと云ふ。

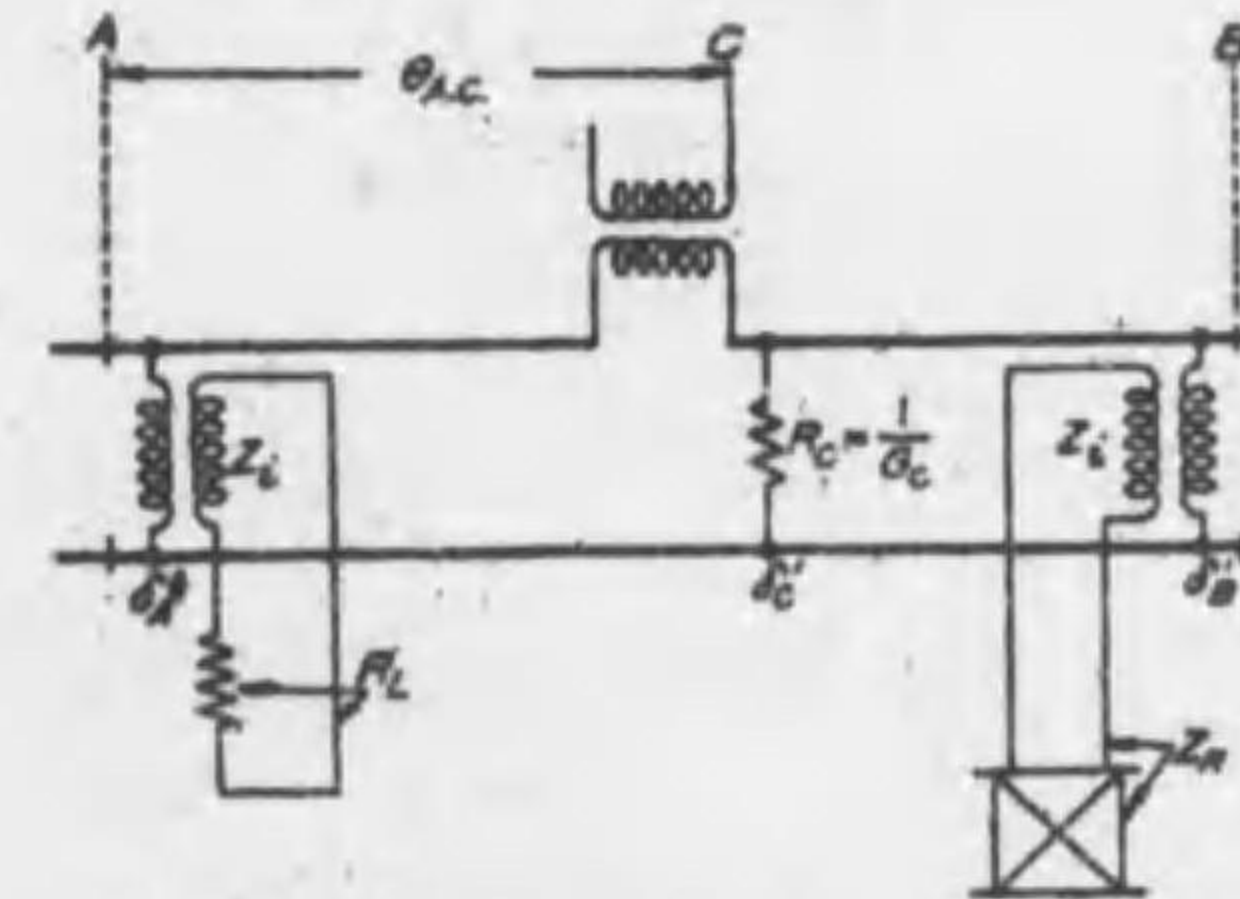
15. 列車短絡電流 軌道回路に列車のある時は、列車の無い時に比し軌道變壓器二次線輪電流が増加するのが常であるが、軌道回路が特に長い場合、漏洩インピーダンスが低い場合、容量リアクタンスを含む場合等には却てこれが減少することがある。

16. 交流軌道回路等式 交流軌道回路の計算はベクトル圖に依る方法はあるが、双曲線函数を用ひた等式は種々の關係を明にし且列車短絡最大抵抗の計算を誘導し得る。先づ次の如く假定する。(第 217 圖参照)

- E_c ... 軌道變壓器二次線輪端子電壓 (標準ベクトル)
- G_c ... 軌道回路上の任意の點 (C) に於ける短絡コンダクタンス



(a) C 點に短絡抵抗ある場合



(b) (a) の回路に於て軌道變壓器を C 點に移した場合

第 217 圖 短絡抵抗を有する交流軌道回路

- I_A ... 軌道繼電器軌道線輪電流
- Z_B ... 軌道繼電器導線並に軌道繼電器軌道線輪合成インピーダンス
- Z_C ... 軌道變壓器導線並に限流抵抗子 (又はリアクトル) 合成インピーダンス
- Z_1 ... インピーダンス・ボンドのインピーダンス
- $Z_B = Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2) \dots Z_1$ と Z_2 との合成値
- $Z_A = Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2) \dots Z_1$ と Z_2 との合成値
- $\delta_B = \tanh^{-1} \frac{Z_B}{z_0} \dots B$ 點に於ける Position angle (第 217 圖 (a))
- $\delta_C = \delta_B + \theta_{BC} \dots C$ 點に於ける Position angle (第 217 圖 (a))
- $\delta'_A = \tanh^{-1} \frac{Z_A}{z_0} \dots A$ 點に於ける Position angle (第 217 圖 (b))
- $\delta'_C = \delta'_A + \theta_{AC} \dots C$ 點に於ける Position angle (第 217 圖 (b))
- θ ... 波衰定數

然るときは $G_c = \frac{E_c \sinh \delta'_A \sinh \delta_B}{I_A Z_C Z_B \sinh \delta_C \sinh \delta'_C} - \frac{\tanh \delta_C + \tanh \delta'_C}{z_0 \tanh \delta_C \tanh \delta'_C}$

又次の如く假定する。 $Y_c = \frac{\sinh \delta'_A \sinh \delta_B}{Z_C Z_B \sinh \delta_C \sinh \delta'_C}, K_c = \frac{\tanh \delta_C + \tanh \delta'_C}{z_0 \tanh \delta_C \tanh \delta'_C}$

- $G_{m.c.}$... 列車短絡最小コンダクタンス
- ϕ_c ... 軌道繼電器軌道線輪電流が落下値に達した時の回轉力率角

γ... 同上の場合の軌道線輪電流 (軌道線輪に蓄電器を有するものは磁束) 及軌道変圧器二次電圧間の相差角

i_a... φ₀=90° に於ける軌道線電器の落下電流

β... 局部線輪電流と E₁ との相差角

I_s = i₀e^m / sin φ₀ Y_c = y ∠ v = yzⁿ

E₁yz^{m-n} / i_a = m + jn -K_s = c + jf

然る時は (i) φ₀>0 の場合

G_{M.C.} = c - n/2 ± √((n/2)² - mf - f²), sin²φ₀ = (n(c - G_{M.C.}) - mf) / (m² + n²)

(ii) φ₀<0 の場合

G_{M.C.} = c + n/2 ± √((n/2)² + mf - f²), sin²φ₀ = (n(G_{M.C.} - c) + mf) / (m² + n²)

[註]

短絡抵抗が A 点にある場合は G_A = (E₁ sinh δ_B / I₁Z₁Z₂ sinh δ_A) * ((Z₁ + Z₂)z₀ tanh δ_A + Z₁Z₂ / (Z₁Z₂z₀ tanh δ_A))

短絡抵抗が B 点にある場合は G_B = (E₁ sinh δ_A / I₁Z₁Z₂ sinh δ_B) * ((Z₁ + Z₂)z₀ tanh δ_B + Z₁Z₂ / (Z₁Z₂z₀ tanh δ_B))

次にインピーダンス・ポンドのない場合は

G_c = (E₁ cosh δ_A cosh δ_B / I₁z₀² sinh δ_c sinh δ_c) * (tanh δ_c + tanh δ_c / (z₀ tanh δ_c tanh δ_c))

G_A = (E₁ cosh δ_B / I₁Z₂z₀ sinh δ_A) * (Z₁ + z₀ tanh δ_A / (Z₂z₀ tanh δ_A))

G_B = (E₁ cosh δ_A / I₁Z₁z₀ sinh δ_B) * (Z₂ + z₀ tanh δ_B / (Z₁z₀ tanh δ_B))

文 献

- (1) McCollum & Logan: B. S. Tech. P. No. 65 (1916) (2) 堀岡: 電試研報 183 號 (大 15) (3) 服部: 電學誌 49, 494 (昭 3) (4) Michalek: Stray Current from Electric Railway (1906) (5) McCollum: B. S. Tech. P. No. 351, No. 355 (1927) (6) Harber & Liese: Z. f. E. Chem. 12, 48 (1906) (7) 堀岡・岩佐: 電試研報 268 號 (昭 5); 岩佐: 電試研報 316 號 (昭 6); 堀岡・岩佐: 電試研報 193 號 (昭 2) (8) 岩佐・佐々木: 電學誌 49, 496 (昭 4) (9) 沼田・戸塚: 電學誌 50, 508 (昭 2) (10) 堀岡・京橋: 電試研報 323 號 (昭 6); 岩佐: 電試研報 361 號 (昭 9) (11) 電機一般 岩佐: 電試研報 61 號 (昭 4)

第 25 編 電 氣 化 學

主任 野口孝重 (理化學研究所)
駒形作次 (逓信省電氣試験所)
齋藤淳蔵 (大日本人造肥料会社)

目 次

第 1 章 化學理論 1405-1410
第 2 章 溶液論及起電力論 1411-1421
第 3 章 溶液電解應用 1421-1433
第 4 章 熔融鹽電解 1433-1434
第 5 章 ガス放電應用 1434-1435
第 6 章 空中窒素固定 1435-1440
第 7 章 電氣滲透 1440-1441
第 8 章 電氣爐に依る製品 1441-1443
附 録 主要電氣化學工業の世界情勢 1443-1444
文 献 1445-1446

第 25 編 電 氣 化 學

第 1 章 化 學 理 論

1. 原子量表及週期律表 元素名、原子量は第 1 表に示す。日本化学會⁽¹⁾採用の高國原子量表に準據したもので、1930 年獨逸が加入して以來原子量値は高國共通に統一されたが、元素名、元素記號は未だ各國で幾分異つて居るから、英米⁽²⁾獨⁽³⁾の相異なる主なものを * 印を附して、表下に示す。元素週期律表は第 2 表に示す。元素を原子番號順に並べ、縦には性質の相似たもの、横には性質が次第に推移するを示す。第 2 表中記入の無い所は未發見元素で、左方の數字は原子番號である。原子番號とは正規原子が核外に有する電子の數、即ち原子核の陽電荷量（電子の電荷を單位として）に等しい。

2. 原子量、分子量、互原子、互分子、當量

a. 原子量 とは酸素の原子量を 16.0000 と假定して、他の原子の比重を云ふのであるが、最近原子物理で、單一原子の原子量は殆ど整数で、多くの元素は數種の同位原子（各が整数原子量を有する）の混合物であることが實證された。

b. 分子量 とは元素又は化合物の 1 分子を構成する全原子の原子量の總和を云ふ。

c. 互原子 とは原子量丈のグラム數の質量を單位としてその元素の質量を測る時の單位名。

d. 互分子 とは分子量丈のグラム數の質量を單位としてその物質の質量を測る時の單位名。

e. 元素の當量 とは原子量/原子價。化合物の當量とは分子量/イオン原子價。(原子價に就ては本編 2 章 3 參照) これを電氣化學當量 (本章 7 b 參照) と區別して化學當量とも云ふ。

f. 互當量 とは 1 當量丈のグラム數の質量を單位としてその物質の質量を測る時の單位名。

3. 一般化學定數 1 編 4 章參照。

4. 化學方程式及熱化學方程式

a. 化學方程式 一つの化學反應に參與する物質變化の模様を元素記號で明示する式で、同時に、反應前後の物質の質量比をも示す。

b. 熱化學方程式 普通化學方程式に熱量を表す數を附記して、その化學反應に伴つて生ずる熱量を示す方程式を云ひ、+ 號は發熱で、- 號は吸熱である。例へば $C + O_2 = CO_2 + 97200$ は炭素 12g が酸素 32g で燃焼して炭酸ガス 44g を生ずる際には、97200 cal の熱を發生するといふ意味である。

5. 定律、法則⁽⁴⁾ 普通電氣化學に關係深いものを略述する。

a. 質量不變の定律 化學變化の前で物質の總質量は不變である。(Lavoisier の發見) 近年理論的には質量變化を認められて居る。

b. 定比例の定律 任意物質一定量中の各成分は量及比が常に一定である。

c. 倍數比例の定律 諸化學反應をする甲乙兩物質の比は簡單な整数比である。

d. 相互比例の定律 甲乙化合物の比と甲丙化合物の比との比は、乙丙化合物の比に等しいか、又はその整数倍である。

e. Gay Lussac 又は Charles の定律 定圧で気体の容積は絶対温度に比例する。

f. Boyle 又は Mariotte の定律 定温で完全気体の容積は壓力に逆比例する。即ち $pv = RT$ 。e 項の定律と組合せて $pv = RT$ 、R...ガス定数 (1編4章参照)。

第 1 表 萬國原子量表 (1934 年用)

Table with 7 columns: 元素名, 元素記号, 原子番号, 原子量, 元素名, 元素記号, 原子番号, 原子量. Lists elements from Hydrogen to Molybdenum.

* Ar=A, Cb (=ランビウム)=Nb, Cp (カネオビウム)=Lu, J=I, Tm=Tu, X=Xe

第 2 表 元素週期表

Periodic table with columns I through VIII and 0, listing elements from H to Lu.

g. エネルギー不滅の原則 この原則は近世の理論でも正確で、これから誘導された法則が導出にある。化合熱に関する Hess の定律もその一例である。

h. 熱力学第一法則 某物質系のエネルギーの増加を U、系外にせした仕事を W、系内に吸収した熱量を Q とし、皆同一単位で表せば $U = Q - W$ となる。熱の仕事當量 1 cal = 4.184 ジュールも亦この法則の一表現である。

i. 熱力学第二法則 Clausius の言ひ方—熱はそれ自身では冷い物體から暖い方に移ることは出来ない。即ち第二種永久運動は不可能である。Planck の言ひ方—摩擦によつて仕事が増えることは、これを完全に逆行させることは不可能である。エントロピを用ひる言ひ方—某系の a 状態でのエントロピを S_a 、b 状態で S_b とすれば、その差を $S_b - S_a = \int_a^b \frac{dQ}{T}$ と定義して (但 Q は熱量) これを用ひて、この第二法則を表せば自然現象はエントロピの小なる方へは起らない、換言すれば、變化が起ればこの宇宙のエントロピは増大こそすれ、決して減少はしない。

j. 熱力学第三法則又は Nernst の熱定理 固體及液體のみが參與する反應では、絶対温度の零度で $dZ/dT = 0, dQ/dT = 0$ である。茲に Z は親和力、Q は發熱量。換言して $\Delta S = 0, \Delta C_p = 0$ である。茲に S はエントロピ、 C_p は恒壓比熱。

k. 氣體分子運動の法則 分子速度の自乗平均平方根を u、壓力を P、比容積を V とすれば $u^2 = 3PV$ 。P...ダイン/cm²、V...1g の容積 (cm³) を用ひれば、u...cm/s である。例 0°C で u の値は水素 1.84 km/s、酸素 0.46、炭酸ガス 0.39、Maxwell の速度分配律により、分子速度の平均値は $(2\sqrt{2}/\sqrt{3\pi})u$ となる。

l. Dalton の定律 數種の氣體が相混じた混合氣體の壓は、これを組成する各氣體が混合氣體と同容積を單獨に占め、同温である場合に呈すべき壓 (分壓) の和に等しい。

m. 質量作用の定律 或る温度で化學反應が平衡になる時は、原系各互分子濃度の積乗積と生成系のそれとの比は一定である。

n. Van der Waals の氣體示性式 實在氣體では $(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$ 。

o. Trouton の則律 諸物質の同壓蒸發熱は、その沸點の絶対温度に比例する。

p. Henry の定律 一定温度では、溶液内の溶質濃度は、その表面氣層内に於けるその溶質の濃度又は分壓に比例する。

6. 擴散, 滲透, 滲透壓⁽¹⁾

a. 擴散 2種の相混じり得る相が境を接する場合には、兩者自然に混じり、その界面は不明瞭となり、遂に全體が混合した均一相となる。これを擴散現象と云ふ。

Fick の定律 單位面積を擴散によつて一物質の通る速度は、その點に於けるその物質の濃度勾配に比例する。即ち $m = -KAtdC/dx$ でその意味は、濃度勾配 dC/dx (モル/cm) の所の面積 A (cm²) を t 日又は秒間に通過する擴散量は m 瓦分子である。 K は擴散係數で温度及濃度によつて變る。擴散係數の例は第 3 表及第 4 表に示す。

第 3 表⁽¹⁾ 氣體相互間及金屬相互間の擴散係數

Table with 2 main sections. Left section shows diffusion coefficients K (cm²/s) for gas pairs like CO2-O2, O2-H2, H2-N2, O2-air at various temperatures. Right section shows diffusion coefficients K (cm²/day) for metals like Cd, K, Na, Zn, Au in water.

第 4 表⁽²⁾ 水中での擴散係數

Table showing diffusion coefficients K (cm²/day) for various substances in water at 18°C. Substances include NH3, NaOH, KOH, HCl, H2SO4, HNO3, NaCl, HgCl, Cl2, H2, CO2, and sugar.

b. 滲透, 滲透壓 容器壁に溶液の成分を透過して他成分を透さない所謂半透膜を用ひれば、恒容恒温恒壓の下で、溶液からその成分を取去ることが出来る。これを滲透現象と云ひ、この際半透膜に或る壓力を呈する。これを滲透壓と云ふ。例へば素焼筒の壁層内にフエロシヤン銅の沈澱膜を形成したものは、水を透すが水中の蔗糖は透さない。今この筒内に 1% 蔗糖水を入れ、外部に純水を置けば、筒内壓は筒外壓よりも第 5 表の値丈高くなり、その壓力は温度によつて異る。電解質の滲透壓に就ては本編 2 章参照。

第 5 表⁽¹⁾ 1% 蔗糖水の滲透壓

Table showing osmotic pressure (大氣壓) for a 1% sucrose solution at different temperatures (6.8°C to 33.0°C).

c. 滲透壓と温度濃度との關係 稀溶液で濃度が相當に高ければ (1/10 規定液以下、25°C 以上位) 完全氣體の式と同じく $PV = RT$ で表される。溶質 1 瓦分子を含む溶液の容積をリットル、ガス定數 R を 0.0821、 T を絕對温度とすれば、滲透壓 P は大氣壓で算出される。半透膜を透り得ない筒内の溶質分子が壁を押すから滲透壓が出来ると考へ

れば、氣體分子が壁を押して出来る壓力と同じ性質になることは當然である。

d. 測定法 は上記直接法の他に蒸氣壓、沸點上昇、氷點降下等からの間接法もある。

7. ファラデーの法則又は電氣化學分解法則 1833~1834 年にファラデーが発見確立した法則で、電氣化學の最重要則である。発見の順で 2 部に分れる。

第一法則 電路内で起る化學變化の量は、その回路を通つた電氣量に比例する。

第二法則 等しい電氣量で電極に析出する種々の物質の量は各物質の當量に比例する。本法則に示す通り、電氣に依る析出量は温度、濃度、電壓、電極形狀その他あらゆる條件に全く無關係で、且水溶液以外の溶液でも、更に熔融鹽でも適用する。電氣量の單位を電子電荷とすれば、電氣を物質として電子を電氣原子と考へ、イオンを物質原子と電氣原子との化合物と看ることが出来るから、ファラデーの法則は一般化學原子間に成立する所の定比例、倍數比例、相互比例の諸定律を、電子にも適用したことになる。

a. 電氣化學當量 ファラデーの法則に依り、すべての物質の 1 瓦當量を析出するに要する電氣量は一定である。その量は 96494 クーロムで、例へば銀の原子量は 107.880、原子價は 1 で、従て銀 1 瓦當量 = 107.880 g を析出する電氣量は 96494 クーロムである。この量が銀の原子量に比例して變化すべきことは國際單位クーロムの定義 (本節 b 及 5 編 1 章 1 参照) により當然で、銅原子量が 107.83 であつた頃の 1908 年高國應用化學會議では 96540 を採用したが、銀が 107.880 と決つた今日では 96494 となる。

この 96494 を電氣化學當量と云ひ、電氣化學理論を扱ふ際、この電氣量が屢出るからこれを電氣化學上の電氣量單位としてファラデーと名付け F の記號で表す。即ち 1 F =

第 6 表 諸元素の電氣化學當量

Table listing electrochemical equivalents for various elements. Columns include element name, atomic weight, electrochemical equivalent (mg), and amount deposited by 1 Ah (g).

第 7 表 諸酸根の電気化学當量

酸 根	原子價	化學當量 (g)	電気化學當量 (mg)	1Ahで析出する量 (g)	酸 根	原子價	化學當量 (g)	電気化學當量 (mg)	1Ahで析出する量 (g)
BrO ₃	1	197.916	1.9956	4.7722	CO ₃	2	80.000	0.3110	1.1196
ClO ₃	1	83.457	0.8949	3.1176	CrO ₄	2	58.005	0.6011	2.1639
IO ₃	1	174.92	1.8128	6.526	PO ₄	3	31.67	0.3283	1.1818
NO ₃	1	62.008	0.6496	2.5134	CN	1	26.008	0.26953	0.9703
SO ₄	2	48.03	0.4978	1.7920	HCO ₃	1	45.008	0.4664	1.6790
SiO ₃	2	38.08	0.3941	1.4168	H ₂ C ₂ O ₄	1	59.024	0.6117	2.2021

(註) 以上の兩表は 1934 年高國原子量 (本編第 1 表参照) と $F=96494$ クーロムとを用いて算出した値である。

96494 クーロムで、これをイオン反応式中に用ひる場合には、元素記號は 1 瓦原子の質量を表すことを留意せねばならぬ。例へば $Cu^{++}=Cu+2F$ は二價の銅イオン 63.57 g が電極で放電して、金屬銅 63.57 g を生ずる際、 $+2F$ 即ち陽電荷、 2×96494 クーロムを放つ事を表す。一價銅イオンの場合は明に $Cu^+=Cu+F$ である。

b. 電気化學當量 1 クーロムの電氣量に依り析出される諸物質の量をその物質の 1 電気化學當量と云ふ。ファラデーの法則で明な通り、1 電気化學當量は 1 化學當量の 96494 分の 1 である。銀の 0.00111800 g を析出するに要する電氣量を 1 クーロムと 1908 年國際單位に決定されて居るから、銀の電気化學當量は不變である。

8. エネルギーの轉換

a. 化學エネルギーと熱 熱化學方程式 (本編 1 章 4 b) では化學的エネルギーを熱の形にして示すもので、 $C+O_2=CO_2+97200$ は炭素 12 g と酸素 32 g とが持つ化學的エネルギーと CO_2 44 g の持つそれとの差が 97200 cal であることを示し、これを CO_2 の成生熱⁽¹⁾と云ふ。この成生熱及比熱、融解潛熱、蒸發潛熱等を組合せると、すべての化學反應が與へ得るエネルギー又は反應に必要なエネルギーを計算することが出来る。

b. 化學エネルギーと仕事 この關係は電気化學では餘り重要でない。只反應に氣體が參與する場合に氣體の膨脹の點で幾分の關係が出来る。恒壓膨脹では壓力 p で容積 v_1 から v_2 になると仕事 $p(v_2-v_1)$ を爲したことになる、恒温膨脹では T 絕對温度で v_1 から v_2 になれば 1 瓦分子につき $RT \log_e(v_2/v_1)$ の仕事となる。要するに $PV=RT$ を基として計算すればよい。この時大氣壓單位で測ることが便利だから立氣壓 (liter-atmosphere) 單位がよく用ひられる。

1 立氣壓 = 10.333 kgm = 24.2 geal = 101.3 W-s = 0.136 馬力秒

c. 化學エネルギーと電気エネルギー 化學エネルギーが電気エネルギーに變る場合は一次電池及放電中の二次電池で、逆に電氣から化學エネルギーに變る場合は大別して三つある。その一は充電中の二次電池及電氣分解等の如くイオンを放電させて或る物質を得る場合。その二は電氣爐の或る種のもの如く、電氣は高温度を作るに利用されると同時にその温度で吸熱反應を起させて、電氣エネルギーの一部は熱の形を通じて化學エネルギーになる。その三は空中窒素固定の電氣法やオゾン製造等の如くガス分子を一時イオン化して後化學反應させる場合。

d. 化學、電氣、熱の三エネルギー間の關係 は本編 2 章 5 参照。

第 2 章 溶液論及起電力論⁽¹⁾

1. 濃 度

a. パーセント濃度 は重量の百分率で即ち溶液 100 g 中に含まれる溶質のグラム數である。稀薄溶液では溶媒に対する溶質の重量の百分率と上記の百分率とは殆ど一致するが、濃厚溶液ではかなり異なるからこの點に注意を要する。

b. モル濃度 (mol) 溶液 1 リットル中に含まれる溶質の瓦分子數である。即ち 1 リットル中に溶質 1 瓦分子を含有する溶液を 1 モル溶液と云ふ。mol は molecule の略。

c. 當量濃度 溶液 1 リットル中に含まれる溶質の瓦當量數である。1 瓦當量/リットルの溶液を 1 規定溶液 (normal) と云ひ、その他 2 規定, 3 規定, 1/10 規定, 1/100 規定等と呼ぶ。定義で明なやうに電解質の價價又は鹽基價を n とすれば M モル = nM 規定。

d. 溶液 1 cc 中に含まれる溶質の瓦分子數又は瓦當量數で濃度を示すこともある。

e. 分子比、混合諸物質の瓦分子數の比で濃度を表したものの。

2. 導 電 率 液體又は電解質固體の電氣抵抗測定法⁽²⁾は 5 編 11 章 5 参照。

a. 固有導電率 電気化學理論では抵抗よりもその逆數なる導電率を多く用ひる。各邊 1 cm の立方體の相對する面間の抵抗逆數を、その液の固有導電率と云ふことは金屬の場合と同じ。但溶液導電率の温度係數は甚大であるから温度を嚴重に考慮する必要がある。その單位も金屬と同様 $1/(\Omega \text{cm})$ 即ち $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ である。今或る液の固有導電率 (第 8 表) を k とすれば、斷面積 $A(\text{cm}^2)$ 、長さ $L(\text{cm})$ なるその液の抵抗は $L/(kA)$ (Ω) である。

第 8 表⁽³⁾ 水溶液の固有導電率と導電率温度係數

パーセント濃度	當量濃度	比重	固有導電率 ($\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$) (18°C)	温度係數 18~20°C 間の平均	パーセント濃度	當量濃度	比重	固有導電率 ($\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$) (18°C)	温度係數 18~20°C 間の平均
KCl 18°C					CaCl ₂ 18°C				
5	0.691	1.0308	0.0690	0.0201	5	0.938	1.0409	0.0643	0.0218
10	1.427	1.0638	1359	188	10	1.957	1.0854	1141	206
15	2.208	1.0972	2020	179	15	3.050	1.1311	1505	202
20	3.039	1.1335	2677	168	20	4.253	1.1794	1728	200
25	3.913	1.1708	3310	166	25	5.545	1.2305	1781	204
NH ₄ Cl 18°C					ZnCl ₂ 15°C				
5	0.948	1.0142	0.0918	0.0196	2.5	0.375	1.024	0.0276	0.0213
10	1.923	1.0289	1776	186	5	0.760	1.048	483	192
15	2.924	1.0430	2586	171	10	1.608	1.094	727	185
20	3.952	1.0571	3365	161	20	3.493	1.190	912	156
25	5.003	1.0710	4025	154	30	5.720	1.290	926	172
NaCl 18°C					CdCl ₂ 18°C				
5	0.884	1.0345	0.0872	0.0217	1	0.110	1.0063	0.00551	0.0222
10	1.830	1.0707	1211	214	5	0.571	1.0436	167	218
15	2.843	1.1087	1642	212					
20	3.924	1.1477	1957	216					
25	5.085	1.1896	2135	217					
28	5.325	1.1982	2151	220					
28.4	5.421	1.2014	2156	223					

パーセント濃度	質量濃度 即ち 規定度	比重	固有導電率 ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) 18°C	温度係数 18~25°C 間の平均	パーセント濃度	質量濃度 即ち 規定度	比重	固有導電率 ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) 18°C	温度係数 18~25°C 間の平均
10	1.194	1.0919	0.0241	0.0217	KNO₃ 18°C				
15	1.877	1.1442	282	218	5	0.509	1.0305	0.0454	0.0208
20	2.626	1.2007	299	228	10	1.051	1.0832	0.639	305
25	3.450	1.2620	298	230	15	1.691	1.0977	1.186	302
30	4.365	1.3305	282	232	20	2.340	1.153	1.605	197
35	5.284	1.4075	255	200	22	2.498	1.148	1.625	194
40	6.508	1.4878	221	290	NH₄NO₃ 15°C				
45	7.783	1.5775	181	319	5	0.637	1.0301	0.0590	0.0203
50	9.185	1.6799	157	358	10	1.301	1.0419	1.117	194
HgCl₂ 18°C					20	2.711	1.0880	2000	179
0.229	0.0170	1.0008	0.000044	0.044	30	4.233	1.1304	2541	168
1.013	0.0754	1.0073	114	372	40	5.892	1.1780	3373	160
6.08	0.392	1.0443	431	349	50	7.664	1.2379	3633	156
KBr 15°C					NaNO₂ 18°C				
5	0.435	1.0357	0.0465	0.0208	5	0.607	1.0327	0.0436	0.0231
10	0.902	1.0741	0.928	194	10	1.255	1.0681	0.782	217
20	1.945	1.1583	1907	177	20	2.688	1.1435	1303	215
30	3.102	1.2563	2923	164	30	4.329	1.2278	1606	220
35	3.920	1.3198	3507	154	PbNO₃ 15°C				
KI 18°C					5	0.316	1.0449	0.0191	0.0238
5	0.312	1.0363	0.0338	0.0205	10	0.661	1.0957	323	251
10	0.648	1.0762	0.680	200	15	1.039	1.1457	489	251
20	1.407	1.1679	1455	184	20	1.455	1.2043	621	250
30	2.301	1.273	2303	168	25	1.916	1.2578	800	252
40	3.326	1.3906	3168	161	30	2.422	1.3258	988	257
50	4.654	1.545	3924	143	KClO₃ 18°C				
55	5.401	1.630	4225	140	5	0.431	1.0816	0.0367	0.0211
NaI 18°C					K₂C₂O₄ 15°C				
5	0.340	1.0374	0.0298	0.0221	4.67	0.486	1.0228	0.0347	0.0223
10	0.731	1.0808	0.581	215	9.33	0.995	1.0466	0.625	219
20	1.566	1.1735	1144	208	18.67	2.064	1.0930	1046	222
30	2.569	1.2836	1668	197	28	3.276	1.1484	1256	231
40	3.778	1.4127	2111	197	37.33	4.576	1.2028	1222	250
KF 18°C					46.67	5.985	1.2590	1122	275
5	0.294	1.041	0.0332	0.0213	56	7.503	1.3152	0.643	223
10	1.392	1.084	1209	216	65.33	9.128	1.3714	0.479	409
20	4.040	1.178	2080	218	Na₂C₂O₄ 18°C				
30	6.554	1.272	2581	237	5	0.634	1.025	0.0225	0.0251
40	9.468	1.378	2922	25	10	1.281	1.051	481	259
KCN 18°C					20	2.690	1.104	651	293
3.25	0.506	1.0154	0.0327	0.0207	30	4.227	1.187	600	350
6.5	1.029	1.0316	1020	193	32	4.592	1.170	599	371
AgNO₃ 18°C					K₂SO₄ 18°C				
5	0.207	1.0422	0.0256	0.0218	5	0.598	1.0395	0.0458	0.0216
10	0.541	1.0893	0.476	217	10	1.240	1.0813	890	203
15	1.006	1.1404	0.683	215	Na₂SO₄ 18°C				
20	1.407	1.1968	0.872	212	5	0.735	1.0460	0.0408	0.0236
25	1.847	1.2555	1038	210	10	1.536	1.0815	687	249
30	2.322	1.318	1239	209	15	2.411	1.1498	886	256
35	2.872	1.3845	1408	207	(NH₄)₂SO₄ 15°C				
40	3.477	1.4773	1595	205	5	0.778	1.0392	0.0552	0.0215
45	4.158	1.5705	1716	204	10	1.601	1.0981	1010	203
50	4.926	1.6745	1876	205	20	3.277	1.1160	1779	193
55	5.791	1.7895	1984	205	30	5.232	1.1750	2392	191
60	6.764	1.9158	2101	200	31	5.598	1.1787	2321	191

パーセント濃度	質量濃度 即ち 規定度	比重	固有導電率 ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) 18°C	温度係数 18~25°C 間の平均	パーセント濃度	質量濃度 即ち 規定度	比重	固有導電率 ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) 18°C	温度係数 18~25°C 間の平均
(NH₄)₂SO₄ 15°C					Na₂CO₃ 18°C				
5	0.778	1.0392	0.0552	0.0215	5	0.991	1.0511	0.0451	0.0252
10	1.601	1.0981	1010	203	10	2.082	1.1044	705	271
20	3.277	1.1160	1779	193	15	3.277	1.1590	836	294
30	5.232	1.1750	2392	191	KHSO₄ 18°C				
31	5.598	1.1787	2321	191	5	0.390	1.0354	0.0321	0.0085
ZnSO₄ 18°C					10	0.787	1.0726	1528	86
5	0.651	1.0500	0.0191	0.0225	15	1.234	1.1116	2178	86
10	1.371	1.1069	321	223	20	1.691	1.1516	2769	88
15	2.199	1.1675	415	226	25	2.188	1.192	3256	91
20	3.053	1.2323	498	241	27	2.400	1.2110	3419	93
25	4.040	1.3045	490	256	KH₂PO₄ 18°C				
30	5.124	1.3788	444	273	5	0.390	1.0341	0.0238	0.0220
CrSO₄ 18°C					10	0.785	1.0691	400	222
2.5	0.221	1.0246	0.0109	0.0213	15	1.223	1.1092	584	227
5	0.600	1.0513	189	216	K₂S 18°C				
10	1.267	1.1073	320	218	3.18	0.605	1.0265	0.0345	0.0193
15	1.944	1.1675	421	231	4.98	0.941	1.0405	1284	191
17.5	2.631	1.2308	459	236	9.99	1.948	1.0829	2343	189
MnSO₄ 18°C					15.08	3.081	1.1285	3334	189
5	0.689	1.0456	0.0190	0.0221	19.98	4.247	1.1738	4020	192
10	1.476	1.0922	315	216	24.84	5.444	1.2186	4401	201
15	2.094	1.1543	372	216	29.97	6.899	1.2672	4563	204
20	2.821	1.2108	435	223	35.08	9.519	1.3501	4106	226
25	3.657	1.2706	495	242	47.26	12.504	1.4596	2579	224
30	4.591	1.3400	553	265	HCl 18°C				
35	5.629	1.4167	500	284	5	1.405	1.0242	0.3948	0.0158
CdSO₄ 18°C					10	2.877	1.0640	6302	156
1	0.097	1.0084	0.00416	0.0210	15	4.420	1.0744	7455	155
5	0.504	1.0298	146	206	20	6.094	1.1001	7615	154
10	1.030	1.0528	247	203	25	7.723	1.1293	6225	153
15	1.674	1.0907	325	208	30	9.482	1.1594	6920	152
20	2.354	1.1345	388	214	35	11.304	1.1775	7910	151
25	3.112	1.1850	480	223	40	13.182	1.2007	5152	—
30	3.958	1.2425	436	236	HBr 18°C				
35	4.902	1.3075	434	251	5	0.637	1.0322	0.1908	0.0152
36	5.102	1.4743	421	265	10	1.318	1.0609	3549	182
FeSO₄ 18°C					15	2.048	1.1042	4040	180
0.5	1.034	0.0154	0.0218	HI 18°C					
1	1.082	258	218	5	0.405	1.0370	0.1332	0.0157	
2	1.175	390	223	HF 19°C					
5	1.301	451	231	0.004	0.0019	—	0.0025		
8.56	1.399	470	243	0.007	0.0028	—	36		
NiSO₄ 18°C					0.015	0.0079	—	50	
0.5	1.0379	0.0153	0.0218	0.030	0.0152	—	80		
1	1.079	254	227	0.060	0.0303	—	123		
2	1.1503	385	241	0.121	0.0606	—	210		
3	1.2319	452	250	0.242	0.121	—	363		
K₂CO₃ 18°C					0.484	0.242	1.003	673	
5	0.756	1.0449	0.0561	0.0221	1.50	0.756	1.065	198	
10	1.579	1.0919	1038	212	2.48	1.25	1.099	315	
20	3.448	1.1920	1806	210	4.80	2.44	1.017	593	
30	5.641	1.3002	2222	219	7.75	4.00	1.028	963	
40	8.198	1.4170	2168	246	15.85	8.40	1.058	1833	
50	11.167	1.5428	1469	318	24.5	13.23	1.087	2623	
					29.8	16.4	1.108	3411	

パーセント濃度	當量濃度規定度	比重	固有導電率 (Ω ⁻¹ cm ⁻¹) (18°C)	温度係数 (18~25°C 間の平均)	パーセント濃度	當量濃度規定度	比重	固有導電率 (Ω ⁻¹ cm ⁻¹) (18°C)	温度係数 (18~25°C 間の平均)
HNO₃ 15°C					H₂PO₄ 15°C				
0.2	1.017	1.0346	0.8123	0.0147	85	35.98	1.8308	0.1025	0.0279
12.4	2.108	1.0717	5415	142	98	35.99	—	0.0944	280
18.6	3.276	1.1105	6901	157	97	36.38	1.8396	0.0900	268
24.8	4.533	1.1525	7826	157	96.4	37.20	1.8354	0.085	400
31.0	5.873	1.1946	7819	139	H₂SO₄ 18°C				
37.2	7.600	1.2372	7545	145	10	3.228	1.0548	0.0666	0.0104
43.4	8.801	1.2786	6998	151	15	4.976	1.0841	0.0550	109
49.6	10.376	1.3190	6341	157	20	6.824	1.1151	0.1129	114
55.8	12.000	1.3590	5652	157	25	8.776	1.1472	0.1402	121
62.0	13.640	1.3971	4964	157	30	10.840	1.1806	0.1654	130
C₂H₄O₂ 18°C					35	13.023	1.2100	0.1856	140
0.3	0.050	—	0.000818	—	40	15.337	1.2330	0.2010	150
1	0.167	—	0.0684	—	45	17.792	1.2621	0.2067	161
5	0.838	1.0058	1225	0.0163	50	20.39	1.2888	0.2073	174
10	1.688	1.0133	1626	169	55	23.15	1.3177	0.1978	189
15	2.547	1.0195	1819	174	60	26.09	1.3498	0.1833	207
20	3.417	1.0257	1905	179	65	29.19	1.3824	0.1650	229
25	4.300	1.0325	1920	182	70	32.46	1.4155	0.1430	252
30	5.194	1.0393	1401	186	75	35.94	1.4490	0.1309	279
35	6.099	1.0445	1251	191	80	39.64	1.4829	0.0979	309
40	6.994	1.0498	1081	196	85	43.60	1.5173	0.0780	350
45	7.908	1.0550	0906	194	87	45.28	1.7001	0.0709	372
50	8.829	1.0600	0740	194	KOH 15°C				
55	9.739	1.0650	0589	200	4.2	0.777	1.0832	0.1464	0.0187
60	10.66	1.0695	0456	206	8.4	1.612	1.0778	0.2723	186
65	11.56	1.0738	0338	209	12.6	2.508	1.1177	0.3763	188
70	12.46	1.0785	0235	210	16.8	3.467	1.1588	0.4568	193
75	13.36	1.0833	0146	210	21.0	4.491	1.2008	0.5106	199
80	14.25	1.0880	0081	210	25.2	5.563	1.2439	0.5408	209
89.7	17.41	1.0935	000004	—	29.4	6.744	1.2880	0.5434	231
H₂SO₄ 18°C					38.6	7.978	1.3332	0.5221	236
5	1.053	1.0331	0.2085	0.0121	37.8	9.292	1.3803	0.4790	257
10	2.176	1.0678	3915	128	42.0	10.695	1.4298	0.4212	283
15	3.376	1.1036	5432	136	NaOH 15°C				
20	4.655	1.1414	6527	145	2.5	0.641	1.0280	0.1087	0.0194
25	6.019	1.1807	7171	154	5	1.319	1.0668	0.1999	201
30	7.468	1.2207	7386	162	10	2.779	1.1131	0.3124	217
35	9.011	1.2625	7943	170	15	4.381	1.1700	0.4653	249
40	10.649	1.3056	6800	178	20	6.122	1.2362	0.3270	290
45	12.396	1.3508	6184	186	25	8.002	1.3223	0.2717	368
50	14.258	1.3984	5405	193	30	10.015	1.3374	0.2022	450
55	16.248	1.4487	4576	201	35	12.150	1.3907	0.1507	551
60	18.375	1.5019	3726	213	40	14.400	1.4421	0.1164	648
65	20.177	1.5577	2905	230	42	15.323	1.4615	0.1065	691
70	23.047	1.6146	2157	256	BaO₂H₂ 18°C				
75	25.592	1.6734	1522	291	1.25	0.148	1.0120	0.0250	0.0187
78	27.18	—	1238	323	2.5	0.299	1.0258	—	185
80	28.25	1.7320	1105	349	NH₃ 15°C				
81	28.78	—	1055	359	0.10	0.059	0.9987	0.000251	0.0246
82	29.31	—	1015	365	0.40	0.234	0.9974	0.0492	—
83	29.84	—	989	369	0.80	0.467	0.9967	0.0667	231
84	30.37	—	979	369	1.00	0.683	0.9924	0.0867	238
85	30.90	1.7827	960	365	4.01	2.307	0.9818	0.1095	250
86	31.41	—	992	357	8.03	4.55	0.9656	0.1088	262
87	31.90	—	1010	342	15.15	8.87	0.9365	0.0632	301
88	32.39	—	1033	339	30.5	16.01	0.8955	0.0193	—
89	32.87	—	1055	330					
90	33.34	1.8167	1076	320					
91	33.80	—	1083	308					
92	34.26	—	1102	295					
93	34.71	—	1096	285					
94	35.15	—	1071	280					

b. 分子導電率 (Molecular conductivity) 或る液をその中の溶質が 1 瓦分子になる寸の容積を探つて、これを間隔 1 cm の平行平面電極間に挟んだと考へた場合の導電率で、理論的に重要な量である。固有導電率 k と分子導電率 K_m との関係は

$$K_m = 1000k/m \quad \text{茲に } m = \text{溶液のモル濃度}$$

c. 當量導電率 或る液をその中の溶質が 1 瓦當量になる寸の容積を探つて、これを間隔 1 cm の平行平面電極間に挟んだと考へた場合の導電率である。これを K_i とし固有導電率 k との関係は $K_i = 1000k/n$ 茲に $n = \text{溶液の規定濃度}$

又分子導電率 K_m との関係は $K_m = vK_i$ 茲に $v = \text{溶質イオン價}$ 茲に溶質イオン價とは、溶質がイオン解離する時の陽又は陰の一方のイオン價を指す。例へば NaCl は $v=1$, Na_2SO_4 は $v=2$ 。(本章 3 a 参照)

注意 工業上には k を用ひ K_m 及 K_i は學術上に重要で、電解質には K_i 、非電解質には K_m を用ひる。又學術上に無機物導電率を用ひることがあるが、これは濃度が次第に少なくなつて遂に零に至る場合の K_i の極限値で本章 3 b の λ_m^∞ がそれである。

3. 電離説 溶液の電氣的性質を説明するための假説は古く十八世紀頃既に Berzelius の Dualistic theory⁽¹⁾ があつて、1805 年 Grothius の溶媒電導説、1857 年 Clausius の振動イオン説を経て、1887 年遂に Arrhenius の自由イオン説が出た。更に二十世紀に入つて強電解質理論が進められ Goussier, Debye & Hückel 等に依り完成された。先づこの節では Arrhenius 説とその關聯理論を記す。

a. イオン 一般に水、アルコール等の溶液中では、溶質は各分子が離れてガス分子のやうに自由獨立して居ることは、滲透壓等の現象で明であるが、電解質は溶液中で更に各分子が 2 箇又はそれ以上の成分に分れ、各成分は夫々に陽又は陰電荷を帯びて存在して居る。斯の如く電荷を帯びた原子又は原子團をイオンと云ふ。金屬及水素は陽電荷を、酸根及水酸基は陰電荷を帯びるのが普通で、陽電荷のイオンを陽イオン (Cation) と云ひ、又は + 符號で表し溶液中で正電流の方向に動く。陰電荷イオンを陰イオン (Anion) と云ひ、又は - 符號で表し、正電流の反對方向に動く。* 符號は印刷不明の處があるから本編では +- 符號を採用する。例 $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$, $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$, $\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ 。

イオンの電荷量は電子電荷に等しいか或はその整数倍である。即ち原子價 1 價の原子又は原子團 1 箇は 1.591×10^{-19} クーロム、2 價のものは 3.182×10^{-19} クーロム云々の電荷を有する。これによつてイオン價を夫々 1, 2, 3 價と云ふ。陽イオンは中性原子又は原子團から電子が夫々 1 箇、2 箇、3 箇と脱離したもので、陰イオンは電子を附加したものであることは、近年發達した電子論で證せられて居る。斯く電子を着脱してゐるためにイオンはその中性状態のものとは全く異なる性質を有する。溶液中ばかりでなくガス中でも、電子を着脱して帯電状態にある原子又は原子團を矢張りイオンと云ふ。

同一元素が數種の原子價で化合し得るものがある。2 種の原子價を持つものが金屬に甚だ多い。この場合に原子價の低いものを第一價 (-ous)、高い方を第二價 (-ic) と呼ぶ。例へば、 CuCl を鹽化第一銅 CuCl_2 を鹽化第二銅、 FeSO_4 を硫酸第一鐵、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ を硫酸第二鐵と云ふ。かやうな元素は溶液中に 2 種のイオン價のイオンを出し得る理である。

b. 電離度 (Degree of electrolytic dissociation) 溶液中の溶質が全部電離して居るものならば、分子導電率、當量導電率は濃度に無關係に一定であるべきである。實際は

當量導電率は濃度で異る。稀薄度が増せば當量導電率も増し、イオン数多くなるを示して居る。無限に稀薄すれば、全部イオンになると考へることが出来、その時のλをλ_∞とする。λ/λ_∞はその濃度での電離分子の割合、即ち電離度を與へる。

c. イオン輸率 (Transport number 又は Transference number), イオン絶對速度 (Mobility 又は Absolute migration velocity) 1cm に付き 1V の電位傾度ある場合のイオンの實際速度をセンチメートル/秒で表し、これをイオン絶對速度と云ふ。直接測定法⁽⁹⁾と間接測定法⁽¹⁰⁾とある。後者は輸率から計算する。

陽イオン絶對速度を U₊, 陰イオンを U₋ とし、溶液内で運ばれた全電氣量の内の n 割を陰イオンが運び、(1-n) 割を陽イオンが運ぶとすれば、 $n = U_- / (U_- + U_+)$, $1-n = U_+ / (U_- + U_+)$ となる。n を陰イオンの輸率と云ふ。その測定方法は三電電解槽で行ふ。⁽¹⁰⁾ 完全電離當量導電率を λ_∞ とすれば λ_∞ = u₋ + u₊, 故に u₋, u₊ は陰陽イオンの當量導電率で單にイオン導電率と云ふ。これは Kohlrausch のイオン獨立移動の法則と云ふもので、電解質の當量導電率は各イオンの導電率の和に等しいことを示す。勿論 $u_- / U_- = u_+ / U_+$ であるから $\frac{n}{1-n} = \frac{U_-}{U_+} = \frac{u_-}{u_+}$, λ_∞ = u₋ + u₊。この二式から n と λ_∞ とを實測して u₋, u₊ を算出し得る。次に $U_- + U_+ = λ_{∞} \times 10^{-3} / 96484$ であるから $U_- = u_- \times 10^{-3} / 96484$, $U_+ = u_+ \times 10^{-3} / 96484$ となる。

第 9 表⁽⁹⁾ イオン導電率及イオン絶對速度 (18°C 水溶液無限稀薄)

	Cl	Br	I	NO ₃	ClO ₃	C ₂ H ₃ O ₂	OH	½CO ₃	½SO ₄	ClO ₄	½CrO ₄			
u ₋	65.5	67.0	66.5	61.7	55.0	35	174	70	68	64	72			
U ₋	67.9(×10 ⁻³)	69.5	68.9	63.9	57.0	36	180	73	70	66	74			
	Na	K	Ag	NH ₄	½Mg	½Zn	H	½Cu	½Ca	½Ba	½Pb	½Ni	½Pb	½Fe
u ₊	43.5	64.6	54.3	64	45	46	315	46	51	55	61	44	45	61
U ₊	45.1(×10 ⁻³)	67.0	56.3	66	46	47	328	48	53	57	63	46	47	63

故に U は 1V/cm の電位傾度ある場合の絶對速度 (cm/s) である。

d. Ostwald の稀薄律 (Dilution law) 溶液の電離部と非電離部との間に平衡が保たれて居るならば、質量作用の定律を適用して

$$\frac{\alpha^2}{(1-\alpha)V} = K \quad \text{但、} \alpha \dots \text{電離度} \quad K \dots \text{平衡定数}$$

V... 溶液 1 瓦分子を含む溶液容積

これは一價陽イオン 1 箇、一價陰イオン 1 箇に電離する場合である。この定律は弱電解質にはよく合致し弱酸液、アンモニア水等その例であるが NH₄Cl, HCl その他無機強電解質には適用されない。即ち K が定数にならない。

e. 電離と溶媒の誘電率 水以外の溶媒に電解質を溶かしても電離して、電解液を作る。その電離度は大體に溶媒の誘電率の大なるものが大きいことは實例(第 10 表)

第 10 表 溶媒誘電率と電離程度

溶媒	ベンゼン	エチルエーテル	酒精	蟻酸	水	HCN
誘電率	23	4.4	26.8	65	81.7	98
電離程度	甚小	小	稍大	大	甚大	甚大

が示して居る。理論的には誘電率が大きであると、陰陽イオン間の電荷引力が小となり、離れて居り易いことで説明される。⁽¹¹⁾

f. 水の電離 水の固有導電率は純水では甚小ではあるが、全く零ではないので、0°C で 0.01×10⁻⁸, 18°C で 0.038×10⁻⁸, 50°C で 0.17×10⁻⁸ の程度で、⁽¹²⁾ この値から計算すると、純水中の H⁺ 濃度は 18°C で凡そ 0.77×10⁻⁷ 規定となる。勿論 OH⁻ も同値。それで簡単な理論には一般溶液中でも H⁺ と OH⁻ との濃度の積は (0.77×10⁻⁷)² = 0.5×10⁻¹⁴ なりと考へてもよいが、厳密にはこの濃度積は條件によつて變る。

4. 強電解質論⁽¹³⁾

a. 活量及活量係數⁽¹⁴⁾ 強電解質に就ては前節の諸則が適用しなくて、鹽濃度、イオン濃度を以て諸現象を定量的に扱ふことが出来ないで、未らく強電解質の異常性として問題になつて居る。この不便を除く爲に、1910 年頃から G. N. Lewis が強電解質液に於てはイオン濃度とイオン活動能力とは比例しないもので、起電力、滲透壓等の諸現象に參與するのは濃度ではなくて活動能力であるを考へ、これを活量 (Activity) と名付け、次の如く定義した。或る溶液で濃度、壓力等を一定にし他の成分を不變にして或る一成分の濃度を變へる時の微分的分子遊離エネルギーを \bar{F} とし、その成分の基準濃度でのそれを \bar{F}_0 とすれば、現濃度でのその成分の活量 a を次式で定義する。 $\bar{F} - \bar{F}_0 = RT \log_e a$, 故に R... ガス定數, T... 絶對温度。この一成分とは溶媒溶質イオン等の凡てを含む。遊離エネルギーから誘導した量であるから、濃度の代りに活量を用ひれば、如何なる場合でも正確にガス法則 $PV = RT$ がイオンに適用出来ることは次節起電力論に述べる。活量と濃度との關係は $a = \gamma m$ (a... 活量, m... 濃度, 但 瓦分子/kg 水) で γ を活量係數 (Activity coefficient) と云ふ。上記 \bar{F}_0 の基準濃度はこの γ が無限稀薄液で 1 になるやうに定める。この基準濃度では上の定義で明に a=1 で普通濃度 1 の所と幾分異る。

b. Debye-Hückel の強電解質論 上記 Lewis は更にイオン速度が濃度によつて異ること等に立脚して強電解質の理論を説明し、Sutherland,⁽¹⁵⁾ Bjerrum,⁽¹⁶⁾ Ghosh⁽¹⁷⁾ 等により強電解質の完全電離説が提出された。更に P. Debye 及 E. Hückel⁽¹⁸⁾ は完全電離説に立脚して、イオン電荷による靜電的引折力を考へてイオン氛の厚さを規定し、純數學的に推論して、イオン活量を誘導し、更に進んで導電現象を扱ひ、イオンが電位傾度の力を受けて動かうとすれば、液の粘度が妨碍するのみならず、他のイオン即ちイオン氛もこれを妨碍する等の點を考へ、純理論的に導電率を算出したが、その數値は實測値に近いが未だ完全には合致しない。その他強電界や高周波交番電界での導電率等を論じ、その推論と實檢とが完全と違は行かないが大體よく合致して着々實驗確證を得て理論に定礎されて來た。⁽¹⁹⁾ 然し實驗的に強電解質溶液中にも不電離分子が實證されたり等して、この理論に満足しない學者もあつて強電解質論は未だ安定したとは云へない。

c. イオンの加水 一般に水中のイオンは單獨には行動せず特に強電解質のイオンは多くの水分子を吸着して行動する。イオン速度の温度係數が水の粘度の温度係數に一致する現象がこれでよく説明される。⁽²⁰⁾ イオン 1 箇に附着する水分子數は次の如くである。

H ⁺	K ⁺	Ag ⁺	½Cd ⁺⁺	Na ⁺	Li ⁺	OH ⁻	½SO ₄ ⁻⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	ClO ₃ ⁻
0	20	35	55	70	150	1	10	20	25	35

5. 起電力論⁽²¹⁾

a. 極濃液電池 兩極同一物質で濃度異なる電池を極濃液電池と云ふ。例へば亞鉛アマ

ルガム電池 (Zn アマルガム 濃度 C_1) | ZnSO₄ 水 | (Zn アマルガム 濃度 C_2) で $C_1 < C_2$ とすれば、起電力は次式で方向は濃度を等しくするやうに Zn が動く即ち C_1 が陽極となる。

$$E = \frac{RT}{2F} \log_e \frac{C_2}{C_1} = 0.00019844 \frac{T}{2} \log_{10} \frac{C_2}{C_1} \quad E \cdots \text{電圧 (V)} \quad R \cdots \text{ガス定数}$$

$$T \cdots \text{絶対温度} \quad F \cdots \text{電気化学定数}$$

この式中の 2 は Zn の原子價で、一般には勿論電極物質のイオン價 n を用ひる。

又 (H₂ 氣壓 P_1) 白金極 | HCl 水 | 白金極 (H₂ 氣壓 P_2) は水素濃度電池

(Cl₂ 氣壓 P_1) 白金極 | HCl 水 | 白金極 (Cl₂ 氣壓 P_2) は鹽素濃度電池

で、共に起電力は

$$E = \frac{RT}{2F} \log_e \frac{P_2}{P_1} = 0.00019844 \frac{T}{2} \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \quad 2 \text{ は水素及鹽素の 1 分子から出}$$

$$\text{来る (イオン数)} \times (\text{イオン價})$$

$P_1 < P_2$ とすれば方向は、水素では P_1 が陽極、鹽素では陰イオンだから P_2 が陽極。

この理論は溶液滲透壓がガス法則に従ふことから Nernst が誘導したもので、活動物質 1 瓦分子が濃度 C_2 から C_1 へ移る時になす仕事は、氣壓 P_2 から 1 瓦分子の氣體が膨脹して P_1 になる時の仕事と同様に $W = RT \log_e (P_2/P_1)$ 及 $W = RT \log_e (C_2/C_1)$ である。これを電気方面から見ると起電力 E で 1 瓦分子が nF クーロム (n はその物質 1 分子から生ずるイオン数とイオン價の積) の電荷を運ぶから $W = EnF$ である。この二つの W は等しい筈だから $EnF = RT \log_e (P_2/P_1)$ 又は $EnF = RT \log_e (C_2/C_1)$ となる。然し以上は完全氣體の論で、實際の氣體や實際のアマルガム等は完全にはこの論に従はない (水素は常温ではかなり良くガス法則に従ふが) から、厳密に論ずるには上式の濃度 C の代りに活量 (本章 4 a) を、氣壓 P の代りに Fugacity²⁰⁾ を用ひねばならぬ。

b. イオン濃度電池 兩極を同種の液中のイオン濃度に差ある電池を云ふ。例へば Ag | AgNO₃ 水 濃度 C_1 | AgNO₃ 水 濃度 C_2 | Ag で $C_1 < C_2$ とすれば、起電力は

$$E = \frac{2u_-}{u_+ + u_-} \frac{RT}{F} \log_e \frac{C_2}{C_1} \quad u_+ \cdots \text{銀イオン比速度} \quad u_- \cdots \text{NO}_3^- \text{の比速度}$$

$$C_1, C_2 \text{ はイオン濃度}$$

方向は本節 a と同様濃度が等しくなるやうに Ag が動くべきで、 C_2 側が陽極となる。これに就て厳密には C の代りに Ag^+ 活量を用ふべきである。

c. 液導電位差 上記の例で省略してあるが、 C_1, C_2 兩液場でも電位差が生ずる。その値は $e = \frac{u_- - u_+}{u_- + u_+} \frac{RT}{F} \log_e \frac{C_2}{C_1}$ で方向は濃度が等しくなるやうに考へればよい。

これもイオン移動と滲透壓仕事とから算出されるのであるが、厳密には本節 a と同様に濃度の代りにイオン活量を用ひねばならぬ。濃度、活量何れとしても $u_- = u_+$ 即ちイオン輸率 0.5 なる溶液では $e = 0$ であるから、學術上液連絡には KCl の如く兩イオン輸率の殆ど相等的な溶液を用ひる。一般に e は甚小なもので、上例でも $C_1 = 0.01, C_2 = 0.1$ として本節 b の E は 0.0574V なるに對し e は 0.0034V である。

d. ダニエル型電池又はヴォルタ型電池 異種電極を單又は複液に浸したもの。例 Cu | CuSO₄ 水 濃度 C_1 | ZnSO₄ 水 濃度 C_2 | Zn で電位差は | 印 3 箇所にある。 C_1 の滲透壓を p_1, C_2 のを p_2 とすれば液場電位差 e は、次の式で表される。

$$e = A \frac{RT}{F} \log_e \frac{p_2}{p_1} = A \frac{RT}{F} \log_e p_1 - A \frac{RT}{F} \log_e p_2$$

兩極面の電位差もこの形に書けば 次の如くである。

$$E_{Cu} = \frac{RT}{2F} \log_e P_{Cu} - \frac{RT}{2F} \log_e p_1 \quad \text{及} \quad E_{Zn} = \frac{RT}{2F} \log_e P_{Zn} - \frac{RT}{2F} \log_e p_2$$

この P_{Cu}, P_{Zn} は夫々銅及亜鉛の固有定数で、丁度滲透壓 p_1, p_2 に相當するから、これをその金屬の電位張 (Electrolytic solution tension) と云ふ。勿論これは假想量であるから實測は出来ない。又實用上にはその絶対値は必要ないので、次式の通り相對値で済む。

$$\text{上例電池電位差} \quad E = E_{Cu} + e + E_{Zn} = \frac{RT}{2F} \log_e \frac{P_2}{p_1} + \frac{RT}{2F} \log_e \frac{P_{Cu}}{P_{Zn}} \quad (e \text{ は小だから省略した。})$$

かくて相對値を規約するために、上記 E_{Cu}, E_{Zn} 式で $p_1 = 1 = p_2$ とすれば $\log_e p_1$ 及 $\log_e p_2$ の項は消えるから、イオン濃度 1 規定液の p を 1 とし (完全電離強電解質論ではイオン活量 1 の液で $p = 1$ とす) $E_{Cu}^0 = \frac{RT}{2F} \log_e P_{Cu}$ 及 $E_{Zn}^0 = \frac{RT}{2F} \log_e P_{Zn}$ となる。それで P を直接さすこの E^0 を次の如く約束する。

イオン濃度 1 規定液 (完全電離でイオン活量 1 の液) 中の電極と標準電極とを組合せた電池のヴォルト数を以てその極物質の E^0 としこれを相對單極電位差と呼ぶ。而して理論的標準電極としては水素電極 (本章 6 参照) を採用する。各種物質に就ての値は、第 11 表 (水素イオン活量 1 の水素電極を標準としたもの) に示す。

第 11 表²⁰⁾ 相對單極電位差 (25°C)

電 極	E_0	電 極	E_0	電 極	E_0
Li, Li ⁺	-2.9578	Tl, Tl ⁺	-0.3364	Hg, Hg ₂ ⁺⁺	+0.7986
Rb, Rb ⁺	-2.9242	Co, Co ⁺⁺	-0.29	Ag, Ag ⁺	+0.799
K, K ⁺	-2.9256	Ni, Ni ⁺⁺	-0.23	Au, Au ⁺	+1.5
Na, Na ⁺	-2.7153	Sn, Sn ⁺⁺	-0.136	S, S ⁻	-0.51
Mg, Mg ⁺⁺	-1.836	Pb, Pb ⁺⁺	-0.1295	O, OH ⁻	+0.3976
Zn, Zn ⁺⁺	-0.7561	H, H ⁺	±0.0000	I, I ⁻	+0.5382
Fe, Fe ⁺⁺	-0.441	Bi, Bi ⁺⁺⁺	+0.236	Br, Br ⁻	+1.0659
Cd, Cd ⁺⁺	-0.3976	Cu, Cu ⁺⁺	+0.3448	Cl, Cl ⁻	+1.3594

この表中 + は電池としてその極が陽極になる意で、例へば上記銅亜鉛電池の起電力は

$$0.3448 - (-0.7561) + \frac{0.00019844}{2} T \log_{10} \frac{C_1}{C_2} \quad (\text{V}) \quad \text{銅が陽極となる。}$$

茲に $T \cdots$ 絶対温度, $2 \cdots$ Cu, Zn のイオン價, $C_1, C_2 \cdots$ 夫々 Cu⁺⁺, Zn⁺⁺ の規定濃度 (活量)。一般に $M_1 | M_1^{n_1} | M_2^{n_2} | M_2$ ならば、起電力は

$$E_{M_1}^0 - E_{M_2}^0 + 0.00019844 T \left(\frac{1}{n_1} \log_{10} C_1 - \frac{1}{n_2} \log_{10} C_2 \right) \quad (\text{V})$$

茲に T は絶対温度, n_1, n_2 は夫々 M_1, M_2 のイオン價で、陽イオンでは正、陰イオンでは負とし、 C_1, C_2 は夫々 M_1, M_2 のイオン規定濃度 (完全電離では活量) である。

酸化還元電位に就ては文献 (23) 参照。

e. 熱力學的起電力論 電池の起電力 E 、電池活動時に起る變化を恒壓で純化學的に反應させた場合、物質 1 瓦當量に就ての發熱量を Q_p とする。W. Thomson は簡単に反應の際の發熱量 Q_p のエネルギーが、電池として働く場合の電気エネルギーになるものと

考へて $FE=Q$ としたが、これでは不十分である。

電池のなす電気的仕事は、反応前後の恒圧遊離エネルギーの差であつて、恒圧反応熱量は全エネルギーの差に、容積変化に因る仕事を加へたものである。この兩者の關係は熱力学第二法則で指示されて居る。それに依て次の Gibbs-Helmholtz の式が得られる。

$$E = \frac{Q_p}{F} + T \frac{dE}{dT} \quad \text{但 } T \cdots \text{絶対温度} \quad F \cdots \text{電気化学定数}$$

$E \cdots$ 電池の T 度に於ける起電力
 $Q_p \cdots$ 活動物質 1 瓦當量の恒圧反応熱量をジュールで表す。

dE/dT が 0.000034V と云ふ小値を有するダニエル電池の如きでは、上式第二項は甚小となり $E=Q_p/F$ となり Thomson の式と略等しくなる。

f. 逆起電力 電流、電氣分解等の時の逆起電力も電池と同様に扱ふ。

6. 標準電極 相對單極電位差を定めるための標準になる電極である。

a. 水素電極 白金黒を付けた白金極で水素イオンが可逆的に働くのを利用したもので、水素イオン 1 規定濃度 (又は活量 1 の) 溶液で 1 氣壓の水素が呈する起電力を 0 なりと規約するのであるが、濃度 1、又は活量 1 に就て論議があり、且實際そんな液を作るのも困難な事情があつて、これは理論的假設物と見るべきで、實際には製作容易で且安定な下記カロメル電極を用ひて測定する。而して幾分の異論もあるが現今では大體次のやうに協定されて居る。25°C で 1 規定カロメル電極は水素標準電極よりも 0.2822V 高い、従て 1/10 規定カロメル極は 0.3351V 丈水素極より高いことになる。故に 1 規定カロメル極で測つた値に代數的に 0.2822 を加へれば第 11 表の値が得られる。現今では水素電極は却て pH (本章 9 参照) 測定用として用ひられることが多く、その製法には甚だ面倒な注意を要する。⁽²⁾

b. カロメル電極 純粋な水銀を極とし、その上に HgCl (甘汞、カロメル) の結晶微粉を置き、これに甘汞をよく飽和した KCl 水溶液を注ぐ。KCl の濃度は飽和、1 規定、1/10 規定等各目的に適したものをを用ひる。製作及使用上細心の注意を要する。⁽²⁾

このカロメル電極自身の絕對電位差が定まれば他の凡ての極電位差の絕對値も亦定まるのだが、未だ確立されず、1 規定カロメル極に 25°C で +0.5648V 又は +0.40±0.02V 等の諸説がある。カロメル極と水素極との關係は本節 a 参照。

7. 電解電壓及過電壓⁽²⁾ 金属とそのイオンとの間には完全可逆性があるが、電解で極成生物がガスである場合にはその關係が複雑になる。白金黒付白金が酸素及水素と可逆電極となるならば、これで 1 規定硫酸を分解すれば理論の要求する通り約 1.22V で水が分解される筈であるが、酸素に對して餘り良い可逆極と云へないので 1.47V を要する。一般に電解の際、成生物の爲に新性質の極が出来ることを成極現象と云ひ、その新極 (極附近のイオン濃度變化も含む) の呈する逆起電力を成極電壓と云ふ。即ち上の例で成極電壓は 1.47V となる。この酸素成極電壓は極材料によつて變り、水素發生極としては白金黒付白金に比して次表のやうな値丈負になる。この値を水素過電壓と云ふ。⁽²⁾

極 種	Au	Fe	Pt(光澤)	Ag	Ni	Cu	Pd	Cd	Sn	Pb	Zn	Hg
水素過電壓	0.02	0.08	0.00	0.15	0.21	0.23	0.46	0.48	0.53	0.64	0.70	0.78

同様に酸素發生極では白金黒付白金に比し次表 (+ 高, - 低) を酸素過電壓と云ふ。

極 種	Ni	Cu	Fe	Pt(黒)	Pd	Pt(光澤)	Au
酸素過電壓	-0.19	-0.13	0.0	0.0	+0.18	+0.20	+0.28

これによつて水電解には Pt (黒) と Ni とを用ひるのが最も有利なことを知る。

又上表 Zn は純 Zn で市場品 Zn は不純物のためこの値を示さぬが、これをアマルガムにすると市場品 Zn でも Hg の過電壓値を示して、稀酸液に浸しても水素を發生しなくなる。これ一次電池陰極にアマルガム Zn を用ひる理である。

8. 不 働 態⁽²⁾ 金属はそのイオンとの間に完全可逆性を有するが、條件に依ては正規電壓を加へても陽極金属が溶けぬ場合がある。その著例は強硝酸液に鐵を陽極として溶かさうとすれば鐵は溶けずして、却て酸素を發生する。かやうな現象を鐵が不働態にあると云ふ。Ni, Co も鐵に似て不働態性を有し、白金, 金, Ir の三者は相似たこの性質を有し、Cr は又獨特のこの性質を有する。不働態は過電壓と共に未だ充分説明され得ない現象である。

9. pH⁽²⁾ 水素イオン濃度を學術上規定濃度で表すと、 $C_H^+ = 10^{-n}$ 規定と記さねばならぬ。これは數學的素養なくては扱ひ難い。H⁺ 絕對濃度 C_H^+ を扱ふよりもこの電位差即ち $\log(1/C_H^+)$ を扱ふ場合が多い。この點に着目しデンマルクの生物化學者 Sorensen が 1909 年に液の酸度強基度を表すに C_H^+ を用ひず $\log(1/C_H^+)$ を用ひる方が便利であると主張して $\log(1/C_H^+)$ を P_H^+ なる記號で表した。P は Potential factor of acidity の意なりと云ふ。水素イオン濃度は、液中反應に甚だ重要な影響を與へるもので、特に中性に近い液で極僅少の酸性又は鹽基性になつて化學反應を營んで居る生活體内では $C = 10^{-7}$ 附近で、指數 -7 を中心に少しの變化でも重大な影響を生ずる。こんな點で生物化學界、醫學界でこの P_H^+ が重寶がられ盛んに用ひられ、近頃は製造工業上にも廣く用ひられて居る。記號は種々に變化したが pH が最も廣く用ひられ、讀み方も上記經歷により獨逸音でペーハーと云ふのが我國の習慣となつた。即ち pH と C 規定濃度との關係は

$$pH = n \text{ は } C = 10^{-n} \text{ の意、即ち } \log_{10}(1/C) = pH$$

pH を測定するに二大別法がある。一は起電力法、他は指藥比色法。

起電力法は水素電極、カロメル電極等と所要液中の白金水素極との間の電壓を測る。所要液が pH < 7 即ち酸性の場合には試料にキンヒドロンを溶かした液に滑面白金極を入れて所謂キンヒドロン電極として、水素又はカロメル極と比較するが便利である。

指藥比色法は從來用ひられたリトマスよりも更に鋭敏な數種の指藥で、その變色點が pH の順に連続した指藥系を選定し置き、これを試料に入れて色で pH を定める。⁽²⁾

水素イオン濃度測定の際最も注意を要する點は試料の緩衝作用⁽²⁾である。

第 3 章 溶 液 電 解 應 用

1. 電解分析法⁽²⁾ 電氣化學的分析定量法には次の四大別がある。

- (1) 起電力法、溶液内のイオン濃度を起電力を測つて計算する。(本編 2 章 5 b 参照)
- (2) 導電率測定により溶液濃度を知る。(本編 2 章 2 参照)
- (3) 檢流計を用ひて、測定法の指藥の代りにする法、これは測定法中で導電率又は起電力が甚だ鋭敏に急變化するやうな場合に利用される。

(4) 電気分解で金属を陰極上に電着させ、その重さを測つて定量する法。

(4) を電解分析法と云ふ。金属を鹽類溶液から電解で陰極に析出させるには第 11 表に示した丈の電圧を要し、それより小さい電圧では決して析出しない。

例へば銀、銅、亜鉛各 1 規定酸性混合溶液を白金兩極で分解すると、電圧凡そ 0.67 V 迄は何等分解が起らず 0.67 V で銀が陰極に酸素が陽極に析出し始める。次第に Ag^+ が減少して所要電圧は次第に高まり、遂に殆ど電流が通らなくなる。こゝで陰極の重さを測ると全銀量が出る。そこで電圧を 1.13 V 位に高めると陰極に銅が析出し始める。 Cu^{++} が次第に減少し電圧を次第に高めても、遂に殆ど電流が通らなくなる。こゝで陰極の重さを測ると銅全量が得られる。更に電圧を高め 1.69 V 位にすると水素が出て Zn は析出しない。Zn を析出させるには陰極を水銀にして、その水素過電圧を利用して 2.23 V 位で Zn がアマルガムになつて析出する。水銀極の重さの増加は Zn 量を示す。而して Ag^+ が 10^{-7} 規定位に少くならなければ Cu^{++} の析出電圧と銀のそれとが等しくならないから、實用上完全に銀、銅の分離が出来るので、同様に Cu^{++} 濃度が 10^{-8} 位になる迄は Zn は析出しない。

實際上、液の攪拌、電流密度等に注意を要する點が多い。

2. 電鍍法 (Galvanoplasty & Electrotyping)⁽²⁴⁾ 電気鍍金法と同様にして、複製しようとする原型の上に銅、ニッケル、金、銀等を厚く電着して剥ぎとり、原型を複製し又は同一型を數多作りに利用する。最も多く用ひるのは銅である。原型が金属ならば電着層が剥げ易いやうに表面に黒鉛を塗布するとか、紙素を極少量電着させて置くとか、パラフィン蒸氣で極微量のパラフィン膜を作つてその上に銅を電着させる。原型が不導電質なら、表面に黒鉛を塗布して導電性を與へる。銅液と電流密度は第 12 表のやうなのが結果が良い。

これと稍趣を異にして、平滑面の金属板面にパラフィンやゼラチン等を塗布して不導電性を與へ、所要像に相當するやうこの膜を削り又は洗ひ去つて、金属面を露出した銀を陽極として電流で溶かすと電気腐蝕法が出来る。

第 12 表 電鍍用銅液と電流密度

硫酸濃度 (%)	硫酸有無	液静上 (A/dm ²)		液攪拌 (A/dm ²)	
		最小	最大	最小	最大
CuSO ₄ 15	硫酸無し	2.0	3.0	3.0	5.2
15	0%	1.5	2.3	2.3	3.0
20	無し	3.4	5.1	5.1	6.8
20	0%	2.0	3.0	3.0	4.0

3. 電気鍍金⁽²⁵⁾ 工業的に電流を使つて鍍金する方法で用途が甚だ廣い。

a. 一般準備法 鍍金するべき物の表面を化學的に清浄にすることが絶対に必要で特に酸化物及脂肪類は十分に除去して置く必要があるから、砂紙、錫、砂吹き、金属刷子等で機械的に研磨し、更に小傷を除く爲に回転バフで磨き、硫酸、硝酸、鹽酸等で洗つて酸化物を除き、苛性苛達、苛性加里等で脂肪類を除き、充分水洗後急ぎ鍍金槽に入れねばならぬ。使用藥品は結晶と無水物とは分量が甚だ違ふから注意を要する。

b. ニッケル、コバルト鍍金 銅、真鍮、砲金等には直接ニッケルを鍍金するが、銀には銅を鍍金して後ニッケル鍍金するが良い。鍍金液は第 13 及第 14 表に掲げる。

c. 銅、真鍮、青銅鍍金

(1) 銅鍍金液 は第 15 表に掲げる。

第 13 表 ニッケル鍍金液

種別	所要藥品		蒸溜水 (cc)	電流密度 (A/dm ²)	電 壓		備 考
	品 名	重量 (g)			極距離 (cm)	(V)	
(1)	Ni(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ ·6H ₂ O	8	100	0.3	10	3.0	藥品名は結晶硫酸アンモニウム
(2)	Ni(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ ·6H ₂ O (NH ₄) ₂ SO ₄	50	1000	0.35	10	2.0	
		50					
(3)	Ni(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ ·6H ₂ O (NH ₄) ₂ SO ₄ 結晶硫酸	72	1000	0.34	10	2.2	
		23					
(4)	Ni(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ ·6H ₂ O NH ₄ Cl 結晶	65	1000	0.65	10	1.5	
		32					
(5)	NiCl ₂ ·6H ₂ O NH ₄ Cl 結晶	50	1000	0.5	10	2.0	この法は亜鉛にニッケル鍍金する時最も適當であつて、その際電圧は 3V を要する
		50					
(6)	Ni(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ ·6H ₂ O NiCO ₃ 結晶 純結晶硫酸	62	1000	0.35	10	2.5	
		5					
(7)	Ni(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ ·6H ₂ O ZnSO ₄ 結晶 (NH ₄) ₂ CO ₃ 結晶 As ₂ O ₃ NaOH NaCN	45	1000				
		4					
		28					
		5					
		5					
(8)	Ni(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ ·6H ₂ O ZnSO ₄ NaCNS	60	1000	0.11 以下		光澤用 1.8 鏡用 0.8	
		7.5					
(9)	Ni(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ ·6H ₂ O MgSO ₄	60	1000	鍍液黒色用 0.2		4	厚鍍金を短時間に行ふには液を 80°C 位に温めて電流密度 1A/dm ²
		30					

(1) 液の製法 700 cc

の湯に Na₂CO₃ を溶かし、次に NaHSO₄ を少し宛溶かす。泡立つから多量を一時的に入れてはいけない。これに硫酸銅を少し宛溶かし濁液を得る。別に 300 cc の冷水に KCN をよく溶解させて、上の液に攪拌しつつ加へると滑澱液を得る。無色でない場合には更に KCN 液を多く加へると無色になる。

第 14 表 コバルト鍍金液

種 別	所 要 薬 品		蒸溜水 (cc)	電流密度 (A/dm ²)
	品 名	重量 (g)		
(1)	Co(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ 結晶 結晶硫酸	65	1000	0.4
		33		
(2)	Co(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₆ 純 結 晶 MgSO ₄ 結晶 (NH ₄) ₂ SO ₄ 結晶	100	1000	
		5		
		50		

第 15 表 銅 鍍 金 液

種 別	所 要 薬 品		水 (cc)	電流密度 (A/dm ²)	電 壓 (V)	備 考
	品 名	重量 (g)				
(1)	NaHSO ₃ , 結晶	20	1000	0.35	3	製法は下記の通り
	Na ₂ CO ₃ , 結晶	25				
	中性硫酸銅	20				
	98% KCN	25				
(2)	CuSO ₄ , 結晶	30	1000	0.35	3	
	Na ₂ CO ₃ , 結晶	30				
	NaHSO ₃ , 無水	20				
	Na ₂ CO ₃ , 結晶	25				
	98% KCN	25				
(3)	99% KCN	25	1000	0.30	3	製法は(1), (2)に準ずる
	アンモニア水	4				
	Cu ₂ SO ₄ ・CuSO ₄ , 結晶	12				
(4)	アンモニア水	10 (cc)	1000	0.3	3	
	KCu(CN) ₂	30				
	無水 Na ₂ SO ₄	20				
	KCN	1				
(5)	Na ₂ SO ₄ , 結晶	5	1000			亜鉛の銅鍍金に通ずる
	硫酸銅結晶	23				
	75% KCN	35				
	アンモニア水	9 (cc)				
(6)	酒石酸加里曹達(ワッセル鹽)	180	1000			
	CuSO ₄ , 結晶	80				
	60% NaOH	80				

(2)液の製法 適量の湯に CuSO₄ 30g, Na₂CO₃ 30g を別々に溶かした後、兩液を混すれば Cu₂O₂ が沈澱するから、充分沈降させて上澄液を傾瀉して捨て、この沈澱に湯 500cc を注ぎ、これに NaHSO₃ 20g と Na₂CO₃ 25g とを順次に溶かす。別に KCN 25g を冷水 500cc に溶かし、この兩液を混すれば澄む。

(ii) 真鍮鍍金液

(1) ZnSO₄ 結晶 16g を 500cc に Na₂CO₃ 結晶 20g を 400cc の水に別々に溶かして混和し、沈澱を採り液を捨てる。次に水 500cc に無水 NaHSO₃ 12g, アンモニア水 15cc, KCN 30g を溶かしこれに Cu₂S, CuS 結晶 9g を少し宛加へて攪拌し清澄溶液を作る。この液に上記 ZnCO₃ 沈澱を加へ 1 リットルに作る。液は無色透明でなくてはならぬ。電流 0.5 A/dm², 電圧 2.8 V。

(2) NaHSO₃ 結晶 27g, 70% KCN 40g を 800cc の水に溶かし、これに硫酸銅 14g と ZnCl₂ 結晶 14g と比重 0.910 のアンモニア水 16cc とを加へ最後に 200cc の水を追加する。これは亜鉛の真鍮鍍金に良い。

(iii) 青銅鍍金液 黄血鹽 30g, CuCl 15g, SnCl₂ 40g, Na₂SO₄ 40g, 水 1 リットル。

d. 銀鍍金

(1) 厚銀鍍金用 AgNO₃ 結晶 40g を水 500cc に溶かし、これに鹽酸又は食鹽水を充分に加へて濾過し、暗室でよく洗滌して Cl⁻ イオン皆無になつた AgCl を、98%

KCN 40g を 500cc 水に溶かした液に少し宛入れて攪拌し清澄液を得る。これに水を加へて 1 リットルにして 1 時間程煮沸し蒸發を補ひ黒色沈澱(銀細粒)を濾過すれば無色透明液を得る。電流 0.3 A/dm², 電圧 0.75 V。

(2) 普通銀鍍金液 AgNO₃ 結晶 15g を水 500cc に、98% KCN 19g を水 500cc に溶かし、兩液を混合する。電流 0.3 A/dm², 電圧 1.25 V。

(3) 98% KCN 4g, KAg(CN)₂ 結晶 20g, 水 1 リットル, 電流, 電圧同上。

e. 金鍍金

(1) 金粉 3.5g を王水(濃硝酸 1, 濃鹽酸 3)中に熱して溶かし蒸發乾固せしめ、これを水 500cc に溶かし、アンモニアを黄褐色沈澱の生ずる迄加へ、濾過洗滌してこの沈澱を 98% KCN 14g の水 1 リットル溶液に溶かす。この液を煮沸してアンモニアの臭が無くなつたら濾過する。電流 0.15 A/dm², 電圧 1.2 V。

(2) 鹽化金 20g, 98% KCN 20g, 水 1 リットル。電流 0.12 A/dm², 電圧 1.5 V。

(3) 黄血鹽 14g, Na₂CO₃ 14g を水 1 リットルに溶かしこれに鹽化金 4g 又は上記(1)のアンモニア金沈澱 2g を溶かし充分煮沸濾過する。電流 0.15 A/dm², 電圧 2 V。

(4) 溫液, アンモニア金沈澱 1g, 98% KCN 5g, 水 1 リットル。溫度 70~80°C, 電流 0.1 A/dm², 電圧 1.0 V。

f. 錫, 亞鉛, 鉛, 鐵鍍金

(1) 錫鍍金液 70% NaOH 100g, アンモニア水 100cc, SnCl₂ 熔融 20g, 水 1 リットル, 70~90°C で用ひ、電流 1.0 A/dm², 電圧 0.8 V。又は 98% KCN 10g, K₂CO₃ 100g, SnCl₂ 2.5g, 水 1 リットル。電圧 4 V。

(2) 亞鉛鍍金液 ZnSO₄ 結晶 200g, Na₂SO₄ 結晶 40g, ZnCl₂ 10g, 硼酸 5g, 水 1 リットル, 電流 18°C で 1 A/dm², 45°C で 2 A/dm²。又は ZnSO₄ 結晶 200g, Al₂(SO₄)₃ 8g, リスリン 2g, 水 1 リットル, 攪拌して、電流 1 A/dm²。又は ZnSO₄ 結晶 200g, 濃硫酸 200g, 水 1 リットル, 攪拌して、電流 2 A/dm²。

(3) 鉛鍍金液 アルカリ液, 苛性加里 50g, 密陀僧 PbO 細粉 5g を水 1 リットルに煮沸溶解させる。又は弱酸化鉛液, 鹽基性炭酸鉛 142g, 50% HF 240cc, 硼酸 116g, 膠 0.2g, 水 1 リットル。製法, 鉛箱内で水 500cc に HF を入れ、徐々に硼酸を加へ攪拌し、更に水 500cc を加へ充分冷却させて後炭酸鉛を加へる。發泡止み沈澱生じて上澄液をアスファルト塗電解槽に入れ、これに膠を溫湯に解いたもの加へる。電流 2 A/dm², 溫度 40°C 以下。

(4) 鐵鍍金液 FeSO₄ 結晶 13g, NH₄Cl 結晶 10g, 水 1 リットル, 電流 0.2 A/dm²。

g. アンチモニー, 磁素鍍金

(1) アンチモニー液 K₂CO₃ 120g, Sb₂S₃ 60g, 水 1 リットル, 90°C で用ひる。

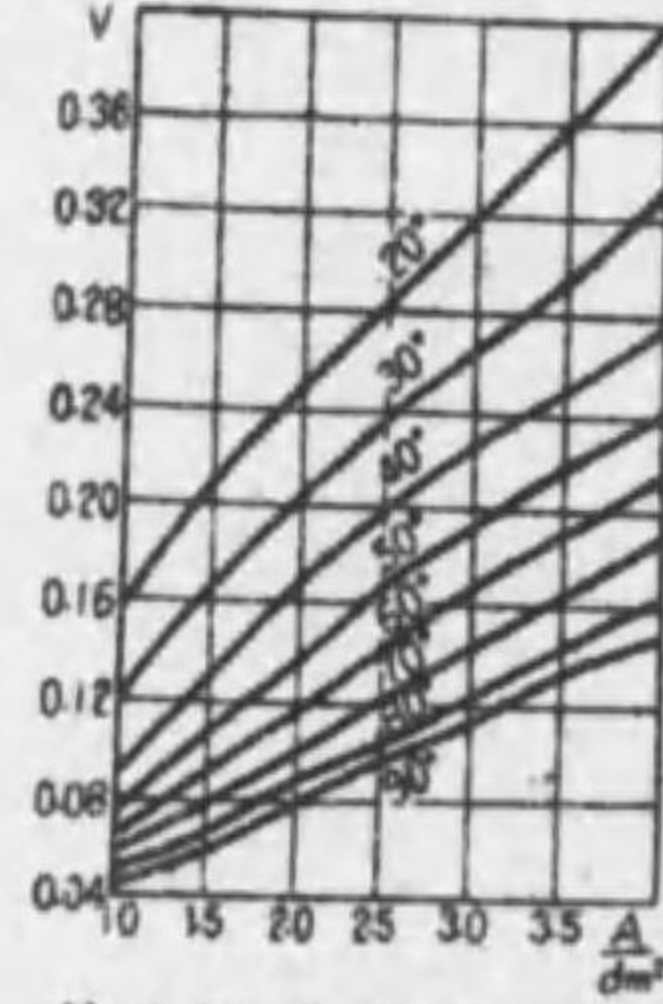
(2) 磁素液 Na₂AsO₄・12H₂O 50g, 98% KCN 23g, 水 1 リットル, 75~80°C で強電流で電着する。又は稀鹽酸 1 リットル, 鐵屑 30g, As₂O₃ 30g 炭素陽極。

h. クロム鍍金⁽²⁾ 1920 年頃から急激に發展して近年盛に實用されるに至つた。液成分に就て多くの特許があり未だ發達の途にあるが、最も簡単な調合は CrO₃ 250g, H₂SO₄ 2.5g, 水 1 リットルで、陽極には鉛を用ひ、溫度なるべく低く、電流 10~30 A/dm², 電壓數ヴォルトで陰極に盛に泡立しながら電着するので、電流能率は 15% 位に過ぎない。CrO₃ を時々補給する必要がある。甚だ有毒なクロム液の水霧が飛散するから充分施設に注意を要する。效用は不錆, 耐腐蝕, 耐磨耗, 美光澤等。上記最簡單調合の他に多くの

特許や研究発表があつて諸種の薬品を添加してあるが、大同小異で特に効果隔絶の良法は未だ発見されて居ない。電着理論は要するに、 $CrO_4^{2-} \rightarrow Cr^{+++}$ 又は $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr^{+++}$ で少量の Cr^{+++} が電極で還元されて Cr^{++} を通り返りに金属 Cr となつて電着するのである。

4. 金属の電解精製及電解抽出⁽²⁷⁾

a. 銅精製⁽²⁷⁾ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 16%, H_2SO_4 6~10%, $NaCl$, $MgCl_2$, HCl 等を加へて Cl^- が 0.04 g/l になるやうにする。砒素の多い場合には $(NH_4)_2SO_4$ を添加すると良い。温度は 35°C (歐式), 40~50°C (米式), 電流密度は液濃度により甚しく異なるが Norddeutsche Affinerie in Hamburg では 0.4~0.5 A/dm², 米國では高いのは 4.3 A/dm², 平均 1~2 A/dm², 英國では 0.5~1 A/dm², 電圧は第 1 圖に示す。液は常に注意してなるべく一定條件に保つやう補正する必要がある。



第 1 圖 銅精製の電壓

並列法では鉛張木槽中に陰陽数多の極を交互に入れて陽は陽母棒、陰は陰母棒に繋がれて並列になる。1槽の電圧 0.3 V 位。直列法ではスレート張木槽に粗銅板の片面を磨いたものを 1~2 cm 位離して入れ両端の板を陽陰として電線を結び、中間板は磨面を陰極、他面を可溶陽極として即ち二重性極となる。1槽に 100~200 枚位入れ従て電圧は 17 V 以上にも達する。

上記法は Cu^{++} を用ひるのだが、變化銅を使つて Cr^{+} から電着すれば、電氣量が半分ですむので甚だ有利である。その方法に就ては諸研究⁽²⁸⁾があり實用になりつゝある。

b. 銅抽出

(1) Carmichael, Lassczynski 法 陽極鉛、陰極銅板、燒銅を 5% H_2SO_4 で溶かした液。

(2) Siemens-Halske 法 不溶陽極、陰極部液は燒銅と $Fe_2(SO_4)_3$ とで作つた $CuSO_4$ と $FeSO_4$ との混液、陽極部液は上記 $FeSO_4$ を含み陽極で酸化され $Fe_2(SO_4)_3$ に復する。故に兩極共發泡しない。

(3) Hoepfner 法 不溶性陽極、燒かない黄銅 Cu_2S 細粉を $CuCl_2$ 液で浸出すると $Cu_2S + 2CuCl_2 \rightarrow 4CuCl + S$ となり、この $CuCl$ から銅を陰極部で電着し、陽極部液では $CuCl$ を酸化して $CuCl_2$ となし原料を再製する。

c. 銀精製

(1) Moebius 法 銅鉛精製の殘泥中から Ag 98%, Au 3%, Cu , Bi , Pb 2% 位の粗銀塊を作り布で包んで陽極とする。液は Ag 1g, Cu 40g, HNO_3 0.12g, 水 1 リットル位。電流 3.5~2.5 A/dm² 電圧 1.4~1.7 V。

(2) Dietzel 法 銅の多い粗銀 (例 Au 5~7%, Ag 22~50%, Cu 40~65%, $SnZn$ Pb 2%) を處理する法。粗銀を可溶陽極とし Ag^+ を含んだ陽極部液を槽外に出し銅屑に注ぎ、銀が附着し銅が溶けた液を陰極部に導き銅を電着して Cu^{++} 濃度を下げ、槽内でこの液が陽極部に移行して再び粗銀陽極を溶かし、これを繰返して銅屑が全部銀と交代したら、その銀泥を溶解して銅の多い粗銀を作り上記 (1) 法で精製する。

d. 金精製

(1) Wohlwill 法 陽極粗金 Au 94%, Ag 5%, Cu , Pt , Pd , Pb 1%, 液 $AuCl_3$

40~62 g, HCl 30~40 g, ゼラチン微量, 水 1 リットル, 温度 50~70°C, Pb^{++} を溶すため H_2SO_4 を時々少量加へる。電流 10~15 A/dm², 電圧 0.6~1.0 V。

(2) 改良 Wohlwill 法 陽極粗金が Ag 0% 以上にれば陽極面を $AgCl$ が被覆するから、直流だと電流密度を 7.5 A/dm² 以下にせねばならぬ。これを矯正するには交流を直流に重畳して、所謂非対稱交流で電解すればよい。10% 銀では交流実効値を直流の 1.1 倍にし直流密度 12.5 A/dm², 20% 銀では 1.7 倍にし直流密度 12.0 A/dm² で實用出来る。

e. 金抽出

Siemens-Halske 法 金礦石又は銅銀電解精製の殘泥中の金を KCN と空氣との作用で溶かす。 $2Au + 4KCN + H_2O + O = 2KAu(CN)_2 + 2KOH$ 。金礦石は 0.1~0.2% KCN 液で數週間、殘泥なら 0.01~0.05% 液で數時間又は數日間で充分 Au を溶解する。電解槽中の液には 3~10 g/m³ の Au を含む。陽極は鐵板、陰極は鉛線。電流は 0.4 A/dm²。

f. 亜鉛、錫、ニッケル、鉛、その他の電解精製及抽出は文献 (35) 参照。

5. 水電解、酸素水素製造⁽²⁹⁾ 純粋な水の電離は極微だから KOH で OH^- を加へるか H_2SO_4 で H^+ を加へると、電離は更に減する。故に KOH 水溶液の電解で H_2 , O_2 ガスを得るのは、水の電離による H^+ と OH^- の放電の結果でなくて、 KOH の電離による K^+ と OH^- の放電によるのである。即ち $4K^+ + 4OH^- + 4H_2O = 4KOH + 2H_2$, $4OH^- + 4H^+ = 2H_2O + O_2$ 。 H_2SO_4 での電解ならば $2SCl_2 + 4H^+ + 2H_2O = 2H_2SO_4 + O_2$, $4H^+ + 4OH^- = 2H_2$ 。孰れも KOH , H_2SO_4 は同量を再生し、水が減るから水が電解されたと同結果になる。

工業上は KOH 又は $NaOH$ の水溶液を電解液とし、電槽體と電極は鐵板で陽極はニッケル鍍金として酸化を防ぎ過電壓の低下 (約 0.1 V) を圖る。 KOH は約 30%, $NaOH$ は約 15%, 溶液で作業温度は 50~70°C である。60°C で前者の固有導電率 1.1, 後者ののは 0.7 で、約 10% の生成ガスの差を生ずる筈である。電槽電壓は理論分解電壓 1.23 V (25°C) と兩極での過電壓とで約 1.5 V となり、更に内部電阻降下があるので工業上では、2.0~2.5 V である。理論上 2400 Ah で H_2 を 1 m³ と O_2 を $\frac{1}{2}$ m³ (0°C, 760 mm) を發生する。即ち 3.6 kWh で H_2 を 1 m³ と O_2 を $\frac{1}{2}$ m³ とを得る。然るに實際上は 5~6 kWh を要するから、電力能率は 60~72% である。必要水量は H_2 1 m³ に約 1.2 リットルである。ガスの純度は H_2 は 99.8%, O_2 は 99.5% 以上を得られ、どんな用

第 16 表 主要水電解槽

名 稱	型	作業電壓 (V)	作業電流 (A)	電解液	作業温度 (°C)	電力量 (kWh/lm ³ H ₂)	寸法 (m) (高さ×幅×長さ)
Knowles	(1)	2.5~2.8	7500~8500	15% NaOH	65	6.0~6.3	1.27×2.4×1.24
I. O. C.	(1)	2.2	600	30% "	55	5.3	1.8×1.05×0.1
Fausser	(1)	2.0~2.5	8000~14000	30% KOH	—	4.8~6.0	—
日立	(1)	2.5	10000	20% NaOH	65	6.0	—
Schuekert	(2)	2.3	1200	"	70	5.5	—
Holmboe	(1)	2.0	1000~1500	"	—	4.8	—
Pechkrantz	(2)	2.0~2.5	2500	25% KOH	80	6.0~6.5	—×2×0.07
Bemag	(2)	2.0~2.5	2000	30% "	—	4.8~6.0	4×2×0.065

途にも精製を必要とせぬ利点がある。

兩極ガスの H₂ と O₂ を混ぜしめぬ爲に用ひる石綿布は耐アルカリ性大で、機械的強度も大なることが必要である。

近年硬化油製造、アンモニア合成兩工業の急展につれて、水電解工業は大規模に行はれ、電解槽の項丈で構造並に取扱の簡単な事、容量大で床面の少い事は電力料金と共に、本工業の生命である。大規模に使用されて居る電槽は、(1) 獨立陰陽兩極板數多並列に容れた電槽を直列にするものと、(2) 1 枚の鐵板の片面が陰極、他面が陽極として働く双極エレクトロードを數多直列にするものとある。主要水電解槽の實例を第 16 表に示す。

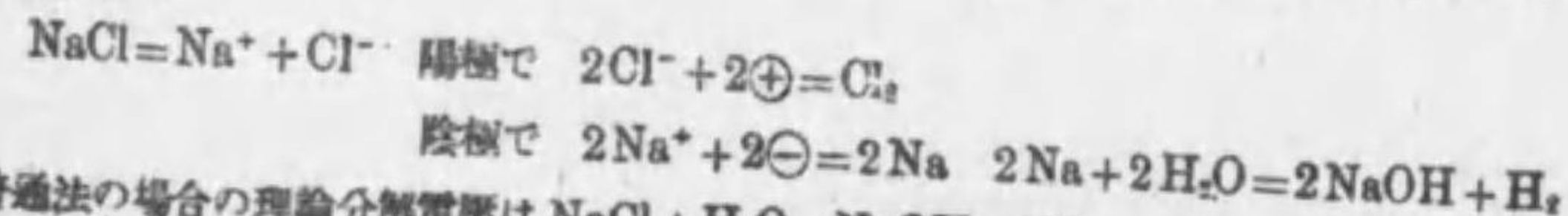
昭和 7 年末朝鮮窒素、日本窒素、大日本人造肥料、昭和肥料各社のアンモニア合成用 H₂ 製造の直流機設備は 310 000 kW に達し、更に矢作工業會社の計畫分をも合するとき 322 000 kW となり、電槽 1 組の容量も 6 600 kW の巨大なものもある。

H₂, O₂ ガスは高壓で使用される事が多いから、電槽から直接高壓の兩ガスを得んとする高壓水電解槽も問題となつて來た。高壓下では理論分解電壓は大きくなるがその程度は、過電壓の減少、電解液中でのガスの占める容積が減じて電流通路の増す事、強電解質の固有抵抗の高壓下で減する事等で相殺されて、却て常壓の時よりも電槽電壓は減少する。

Coehn 及 Jenekel が Ni-Ni 極で 14 A/dm² 電流密度で得た結果の一例。
1 kg/cm² 2.50 V, 1 000 kg/cm² 2.30 V, 2 000 kg/cm² 2.27 V, 3 000 kg/cm² 2.24 V。
即ち所要電力量は常壓の時と大差ない。唯兩極室で壓力差の起つた時に兩ガスの混淆せぬやうな構造とすべきである。小規模で高壓兩ガスを必要とする時經濟上興味あるものと考へる。

6. ハロゲン鹽電解^(*)

a. 苛性苛達及鹽素 食鹽水溶液の電解で、苛性苛達と鹽素を製造するには、陰陽兩極生成物を混淆せしめぬ事が必要である。さもないと次亞鹽素酸苛達を生ずる事となる。陽極では Cl⁻ が放電して遊離鹽素が生じ、陽極液に飽和して電槽外に誘出される。溶解鹽素の一部は次亞鹽素酸を生じ、更に鹽素酸苛達と酸素ガスとの生成を誘起して、陽極黒鉛の消耗を大にし、鹽素ガスの稀薄と不純化を伴ふ。陰極では Na⁺ が放電すると、水銀陰極の時は Na アマルガムを生じ、普通の場合は水と作用して、苛性苛達と H₂ ガスを生ずる。即ち



普通法の場合の理論分解電壓は NaCl + H₂O → NaOH + 1/2 H₂ + 1/2 Cl₂ なる變化の標準遊離エネルギー變化として算出すると、25°C で 2.19 V で、實驗的測定では過電壓が加はつて、2.30 V である。水銀法では NaCl → Na₂アマルガム + 1/2 Cl₂ の遊離エネルギー變化として計算すれば、3.20 V で實測値は 3.10 V である。(Na アマルガムの濃度が小さいので低くなる) 即ち普通法に比べて 0.8 V 高い。

(1) 電解槽 電解槽の種類は、兩極生成物の混淆を防ぐ方法で異る。隔膜法と鐘型法並に Na アマルガムを得る水銀法との 3 種に大別される。

(イ) 隔膜法 食鹽水溶液中に陰陽兩極を挿入しその間に多孔質の隔膜を設けたもので、陽極室から食鹽水を注加し、隔膜を通して陰極室に浸透せしめ、生成苛性苛達液

と共に電槽外に流出せしめる。本法で電流能率を良好ならしめるには、注加食鹽水は濃厚なものを使用し、生成苛性苛達液は稀薄な狀況で作業して、OH⁻ の陽極室に移行するのを防がねばならぬ。隔膜法の多くは直立隔膜を使用するが、ピリタージーマン電槽の如く、水平隔膜のものもある。直立隔膜式中タウンSEND電槽は陰極室に輕油を滿して、兩極室の液の比重の差を大ならしめ、以て壓力を常に陽極室から陰極室に向はしめる。従て OH⁻ の遺逸を減ぜしめ電流能率良好となる。食鹽水が隔膜を通じて陰極室に入れば直に Na が作用し、同時に輕油中に浸入して、陰極室の底に沈む。即ち生成苛性苛達液は、直に電解力の及ぶ範圍から出し得るのである。隔膜は一般に石綿紙又は石綿布であるが、グリースハイム電槽では食鹽結晶を混合して作つたコンクリート函を使用する。水平隔膜電槽では電解液の流通が均一で苛性液の分離の容易である利点があるが床面積の大となる不利がある。

本法の利點 隔膜を使用するので陰陽兩極の距離を小ならしめ得るから電槽寸法の小となる事、並に電流密度を大ならしめ得る事。

本法の缺點 隔膜は電解液の通過に抵抗を生じて、電槽の内部抵抗を大ならしめる事。食鹽水の清淨なものを使用して、膜の孔を閉塞せしめぬやうせねばならぬ事。

(ロ) 鐘型法 陰極生成苛性苛達溶液を陽極に接近させぬため、陰極の内側に不導體の鐘型の器を懸垂し更にその内に陽極を配置してある。即ち陰極で H₂ ガスの攪拌があつても陽極には驅逐せられず、且陰極液の比重は陽極液よりも幾分大であるから、陽極室から靜かに食鹽水を注加して、陰極液を槽外に上部から採取出来る。

本法の缺點 電槽中での食鹽水の流動と電流密度が不同になり易いため苛性苛達液の安定限界を保つ調整が困難な事。電流能率の不良な事。

(ハ) 水銀法 前記 2 法では陰極は鐵材である。鐵の水素ガスに対する過電壓が、他の金屬に於けるよりも小で且價格も亦低廉であるからである。水銀法では陰極として水銀を使用する。即ち Na⁺ が放電して直ちに水銀とアマルガムを作る。このアマルガムを電槽外に取出し水と作用させて苛性苛達液を得る。アマルガムは 0.2% 内外の Na を含むに到れば、これを取出して、新しい水銀と置換するのである。さもないとアマルガムとなつた Na は、漸次分解して苛性苛達を作り、水素ガスを發生して鹽素ガスに混じ、HCl を生成して鹽素の用途に不便を來し、更に H₂ の量が多くなれば、日光で爆發する虞がある。本法では本來陰極で副變化がないのと、食鹽水は常に濃厚に保持されるので、電流能率は理論數となる筈であるが、實際はさうでない。これは陰陽兩極室を離隔する必要がないので、内部抵抗を減する目的から、兩極を極端に接近せしめるため、鹽素ガスは溶解擴散して陰極に附れ Cl₂ + 2⊖ → 2Cl⁻ と還元して電流の輸送を再演するからである。この電流損失は 2~3% ある。

本法の利點 生成苛性苛達液が食鹽を含有せぬ事。普通法よりも濃厚な苛性苛達液を得られるから煮詰費の少い事。陽極鹽素ガスの純粹な事。陽極の壽命の永い事。

本法の缺點 分解電壓が大きいので消費電力の多い事。アマルガムを槽外に取出し、Na を遊離させた水銀を復歸せしめるに動力を要する事。アマルガムは水銀の表面でのみ生じ、且アマルガムの濃度を大に出来ぬから、水銀を多量に必要とし従て固定費の高む事。

(2) 各種電槽の要綱 現在工業に使はれて居る主要電槽の要目を第 17 表に掲げる。

第 17 表 主要食鹽電解槽の要綱

電槽名(種別)	標準電流(A)	作業電圧(V)	作業温度(°C)	電流効率(%)	電力効率(%)	電力消費量 kWh/kg NaOH
Griesheim (直立隔膜法)	2500	3.80	90	80	48	3.40
Nelson (")	1000	3.70	-	90	56	2.60
Allen Moor (")	1200~1500	3.90~3.90	70~80	94	64~63	2.60~2.80
Townsend (")	4000	4.65	80	95	47	3.30
Marsh (")	5000	3.90	-	93	55	2.80
Basle (")	7500~10000	3.50~4.00	50	90	50~52	2.60
Billiter Siemen (水平隔膜法)	3000	3.70	70~80	92	57	2.70
Billiter Leykam(鐘型法)	1950	3.20	80~90	93	67	2.50
Castner (水銀法)	630	4.20	30~40	92	50	3.10
Kellner (")	4000	4.50	55~65	94	48	3.30
Solvay (")	10000~15000	5.00	30~60	95	44	3.50
Wildermann (")	6000	5.00	55	90	41	3.76

電槽名	NaOH 濃度 (g/l)	壽命			電流密度 (A/dm ²)		電槽寸法 (m)		床面積1m ² 當り電流(A)
		隔膜	陽極	陰極	陽極	陰極	長さ×幅	高さ	
Griesheim	45~80	1.5~2.0年	3~4月	水	1~2	1.5	4.8×3.8	1.0	140
Nelson	80~130	6~9月	1年	"	8	5~6	3.0×0.3	0.7	1100
Allen Moor	110~120	8~9月	1年	"	7~8	-	3.4×0.65	1.02	800
Townsend	160	4~5月	1年	"	15	10	5.0×0.5	1.0	1600
Marsh	80~120	5~6月	2年	"	8	4	5.6×0.5	1.1	1800
Basle	110~130	8~10月	2年	"	-	-	12m ²	-	830
Billiter Siemen	140	3~4月	1年	"	5	4~6	8.5m ²	-	350
Billiter Leykam	120~150	用ひず	-	"	5~7	-	-	-	-
Castner	200	-	-	I	12	7	1.2×1.2	0.15	420
Kellner	200~240	"	1年	II	-	-	3.95m ²	-	1000
Solvay	300~350	"	-	III	15~20	-	14.0×0.5	-	1000
Wildermann	220	"	2年	IV	25	30	3.5m ²	-	1700

I 所用水銀 45 kg 年損失 3~4%, II 水銀 800 kg, III 水銀 1500 kg 年損失 3~4%, IV 水銀 600 kg 年損失 3~4%

(3) 陽極材 工業上使用され得る陽極材は、黒鉛、磁鐵礦、白金である。後二者は Cl₂ の放電に対する過電圧が黒鉛の時よりも大で、而も磁鐵礦は脆弱且大きな鑄造物が出来ず、白金は高價なので一般に使用されない。一方黒鉛では氣孔内で Cl⁻ の濃度小さくて、OH⁻ の放電が起り易くて電流効率を悪くする傾向と、次亜鹽素酸並に酸素を発生し、Cl₂ ガス中に酸素及炭酸ガスを含み、更に崩潰黒鉛または隔膜法では隔膜孔の閉塞を、水銀法では水銀面で水素の発生を伴ふ等の缺點はあるが、一般に使用されて居る。黒鉛の崩潰を少くして壽命を永くするため、出来る丈氣孔をビッチ、パラフィン、油脂類で塞ぐ考案が多々ある。電極として黒鉛の有すべき性質は、氣孔の少い事、機械的強度大で加工に耐ふべき事、電氣抵抗の少い事等である。従来廣く使用されたブチン人造黒鉛の諸性質

は次のやうである。

灰分 0.8%, 抵抗 0.008 Ωcm, 氣孔度 22.9%, 耐伸強度 60~70 kg/cm²。

最近は國産人造黒鉛でも、満足し得る製品が出来て来た。

(4) 兩極生成物の處理 陰極液は隔膜法では、NaCl を混じた NaOH の溶液であるから、これを真空蒸發して NaOH を濃厚にし NaCl を析出せしめ、更に鑄鐵製電解槽で蒸發せしめつゝ熔融せしめて鐵板製容器に注入する。水素は水蒸氣を含む外極めて純粋で硬化油等合成アンモニアの原料にする。陽極ガス Cl₂ は多少の H₂ と CO₂ を含む。これを消石灰に吸収せしめて晒粉 (CaOCl₂·H₂O) とするか、壓縮冷却して液體鹽素とし、或は鹽酸を合成する。

(5) 我國の電解食鹽工業 大正 4 年深土谷曹達工場の設立後、歐州大戰中異狀の進展をなした。而も最近曹達の需用は人造絹糸工業の發展と共に急増したけれども、副産物たる晒粉、液體鹽素の需用がこれと併行せぬため 40% の生産制限をなして居る。

昭和 8 年 10 月現在電解曹達工業會社數 13、製造能力年 80000 t (電力 34000 kW 位) に達して居る。13 社 15 工場中、水銀法を採用して居るのは 4 社 5 工場 (能力 NaOH 約 16000 t) で、殘餘は隔膜式である (直立隔膜式 55%, 水平隔膜式 45%)。工場の規模は NaOH 月産 1000 t 以上のもの 2 工場、500~1000 t のもの 4 工場、平均 440 t である。最近設備される變流設備は回轉變流機で、その容量は 1700 kW に達して居る。NaOH 1 t 當り主要原料は次の如くである。

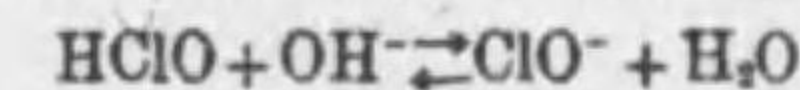
食鹽 1.9 t 電力 3700 kWh 電極 10 kg 石炭 2.0 t

我國に於ける曹達の需給を表示すれば第 18 表の通りである。

第 18 表 苛性曹達及副産品需給 (噸)

年次	NaOH 供給			NaOH 消費	晒粉		合成鹽酸 生産	液體鹽素 能力/年
	電解法	苛性化法	輸入		生産	消費		
昭和 5	24 665	-	45 770	70 435	44 296	40 844	19 500	-
" 6	28 447	8 000	49 713	86 160	36 579	33 035	19 500	-
" 7	35 475	29 000	33 060	97 535	43 778	40 190	24 900	3 000
" 8 (豫想)	50 000	55 000	15 000	120 000	-	-	-	4 000

b. 次亜鹽素酸曹達 (ClONa) 及鹽素酸曹達 (ClO₂Na) 陰陽兩極液が自由に混觸し得る狀況で、食鹽の中性溶液を電氣分解すると、Cl₂ ガスは電解溶液に擴散せられた OH⁻ に作用する。そして Cl₂ 1 瓦分子につき OH⁻ は 2 當量を發生するものであるから、先づ Cl₂ + OH⁻ ⇌ Cl⁻ + HClO で次亜鹽素酸を生じ、更に次の如く進む。



然るに陽極では Cl₂ ガス多く、從て HClO の濃度が大であるから、反應は更に進行して



の如く鹽素酸を生ずるに到る。從て電解液の流動を大にし、その温度を低下せしむれば (a) 式の反應が起ること少くして NaClO を得る。即ち纏めて書けば NaCl + H₂O → NaClO + H₂ とする。陰極では發生期 H₂ での還元作用が起るから (ClO⁻ + 2H⁺ → Cl⁻ + H₂O) 重クロム酸加里 (K₂Cr₂O₇) を加へてこれを防ぐ。尙 NaClO 中性溶液の溶解度は小さいから容易にその飽和溶液を得られる。

食塩水に酸を加へて電解すると、上記 (a) 式反應進み、その生成する H^+ は ClO^- と合して $HClO$ を作り、これが $6HClO + Cl^- \rightarrow ClO_3^- + 6Cl + 3H_2O$ を促進して $NaClO_3$ を生成する。作業温度を高く且陰極での還元作用を弱くすれば能率がよい。

電極は $NaClO$ では両極共黒鉛が實用され、 $NaClO_3$ では陰極には鉄、陽極には白金、酸化鉄、黒鉛等が實用され近年不銹鋼使用が提唱されて居る。所要電力は約 $8.4 \text{ kWh/kg } NaClO_3$ 及 $7.4 \text{ kWh/kg } KClO_3$ 位である。

純 $NaClO_3$ 溶液を鐵陰極白金陽極で電解すると殆ど完全に過塩素酸 $NaClO_4$ となる。 $NaClO_3$ 溶液に NH_4Cl , KCl 等を混じて複分解で NH_4ClO_4 , $KClO_4$ 等の過塩素酸鹽を製する。電流能率 85% 電力能率 13% で $3.1 \text{ kWh/kg } KClO_4$ を消費する。

c. 臭素及沃素 鹽素と同様にして $NaBr$, NaI 等を電解して Br , I を得る。又次亜臭素酸、臭素酸、次亜沃素酸、沃素酸等も本節 b と同様にして製造される。⁽⁴¹⁾

7. 電解による酸化と還元 學術上廣義の酸化は酸素の附着、水素の脱離以外に陽電荷の増加、陰電荷の減少をも含み、その逆が還元であるから、電解では陽極で酸化、陰極で還元作用が行はれるので、工業上に廣く用ひられて居る。

a. 還元 陰極での還元能力は極材料の水素過電壓の大なる程強力である。但陰極材料が觸媒作用をする場合には過電壓に無關係にその特性能力を發揮する。又逆に重クロム酸鹽の如きを液に添加すれば陰極還元作用を妨礙阻止する。この作用は溶質に限らず凝浮遊物にも適用する。例へば方鉛礦粉末を稀硫酸中で陰極還元すると H_2S を生じ電流能率 66% で原料中の鉛の 97% が粉狀鉛として得られる。本章の大部分は金屬の陰極還元的应用である。その他に酸素が水銀陰極で還元されて過酸化水素 H_2O_2 になる等の面白い還元が實驗上には數多あるが、未だ無機物還元で工業的實用になつて居るものはない。

b. 酸化 陽極材料の酸素過電壓の大なる程酸化能力強大であるが、觸媒能力ある場合はそれと無關係である。前節ハロゲン及ハロゲン酸類の製造はこの實用の著例である。その他實用されて居るのは黄血鹽から赤血鹽、マンガン酸加里から過マンガン酸加里、フェロマンガニ又フェロクロムから過マンガン酸鹽又クロム酸鹽、硫酸クロムから重クロム酸(染料工業酸化劑)、過硫酸及過硫酸鹽(過酸化水素の原料)、不溶金屬化合物(例 Luckow 法による鉛白、過酸化鉛)等の製造法があり、更に將來進展の望が多い。

8. 有機物の電解處理 大別してハロゲン置換或は附加、還元、酸化の 3 方法で、有機物には水に不溶のものも多いので乳狀態で行ふとか、水以外の溶剤を用ひるとか種々工夫がある。學術的には興味深い研究が逐次盛に發表されるが、大部分は普通化學的處理法よりも費用が高むので實用になつて居るものは少い。こゝには實用中の重要な分文を掲げる。

a. ハロゲン化合物 ベンゾールからパラニクロール又は六クロルベンゾール、トルオールから三又は五クロルトルオール等の電解製造可能であるが鹽素の直接使用の方が實用されて居る。現在専ら電解法で造られるのはヨードフォルム (CHI_3) とブロムフォルム ($CHBr_3$) である。

CHI_3 は Na_2CO_3 50g, KI 170g, 酒精 100g, 水 1 リットルを白金陽極鉛陰極で $1 \sim 2 \text{ A/dm}^2$, $90 \sim 70^\circ C$, $2 \sim 2.5 \text{ V}$ で電解すれば得られる。電流能率 90%, 所要電力 1.7 kWh/kg 。

$CHBr_3$ は $KHCO_3$ 120g, KBr 100g, K_2CrO_7 2g, アセトン 120g, 水 1 リットルを $10 \sim 13 \text{ A/dm}^2$, $30^\circ C$ 以下で電解、電流能率 90%。

b. 鹽 元 有機物を電解還元すると極還元力の強弱により數種又は數種の生成物を得る。アルデヒド及ケトンからピナコン、第二アルコール、炭化水素、又有機酸からアルデヒド、第一アルコール、ニトロベンゾールから β フェニルヒドロキシラミン、アニリン、アゾキシベンゾール、アゾベンゾール、ヒドラゾベンゾール、ベンチジン等が得られるが、その中電解法の實用されて居るのはパラアミドフェノールの製造(濃硫酸 5: ニトロベンゾール 1, 水 1 の混液、炭素陰極 $8 \sim 9 \text{ A/dm}^2$, 收率約 40%) 位のものである。

c. 酸 化 脂肪酸から炭化水素 (Kolbe 反應)、アルコール、又アルコール、アルデヒド、ケトンから酸、炭化水素、又アンストラセンからアンストラキノン、又ベンゼンからキノン等を得られるが、未だ實用され工業化されて居る程度になつて居ない。

第 4 章 熔 融 鹽 電 解

1. 理 論⁽⁴²⁾ 一般に熔融鹽類の導電率は、最良導電液の導電率の數倍で、温度上昇すると共に導電率も大きくなる、即ち導電率係数は正である。その大要は第 19 表の通りである。かく導電率の良いことから考へて、熔融鹽でその成分が電離して、然のみならず電離度はかなり大であることは明瞭だが、イオン速度や輸率は測ることが出来ないで、詳細な性質は判らない。新しく電離して居るからこれを電解すると全く溶液と同様な具合に分解されて、兩極に分解生成物が出る。これを應用してアルカリ土金屬、アルカリ金屬を電解製造する。

第 19 表 熔融鹽導電率

物質	温度 ($^\circ C$)	導電率 ($\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$)	温度係數
$NaCl$	730	2.87	+0.005
$PbCl_2$	730	2.66	+0.005
$AgNO_3$	310	1.091	+0.0027
KNO_3	500	1.108	—
$NaNO_3$	487	1.684	—
KCl	900	2.800	—
Na_2WO_4	958	1.519	—

2. アルミニウム⁽⁴³⁾ Al の熔融鹽電解冶金法の完成は 1886 年米國の C. M. Hall によつてなされた。同時に佛の Paul Héroult も獨立にこれを發明した。米國の實例によれば、電槽は内面を炭素塗りにした鐵槽で陰極の役を務め、陽極は炭素棒、1 槽電壓 5.5 V, 電流 10000 A, 24 kWh で 1.1 kg の Al を得る。電解物質は水晶石 (Cryolite) $AlF_3 \cdot 3NaF$ を熔劑とし、これに鐵礦土 (Bauxite $Al(OH)_3$ を主成分とす) から作つたアルミナ Al_2O_3 を混合熔融させる。その混合物の熔融點は、水晶石 100% で $1000^\circ C$, 95% で $915^\circ C$ 最低、90% で $980^\circ C$, 80% で $1015^\circ C$ となる。電流はこの熔融作用をさせる熱源ともなり、又同時に電解の役目をもする。Hall 法では純度 99.7% の Al が得られるがこれを Hoopes 法で電解精練すると 99.98% のものが得られる。⁽⁴⁴⁾

鐵礦土以外の原料(主として粘土)から Al を得ようとの努力研究が重ねられて居るが費用不廉のため未だ實用されない。我國には鐵礦土が産しないので、この重要金屬が未だ製産されないが、有望な研究結果が邦人によつて得られ近々大工業として實現する筈。

3. マグネシウム、カルシウム、亜鉛

a. Mg ⁽⁴⁵⁾ 鹽化物法では Carnallite ($KCl \cdot MgCl_2$) に $NaCl$ を加へて 3 成分を等分子比にして熔融し炭素陽極鐵陰極で電解、電流 $27 \sim 30 \text{ A/dm}^2$, 温度 $750 \sim 800^\circ C$ 。消費原料として補充を要する無水 $MgCl_2$ の製造法の困難が缺點である。 MgO 法はこの缺點を避けたもので、 MgF_2 と BaF_2 との等量に NaF 少量を加へ、 $950^\circ C$ で MgO 粉

を溶入して電解、鉛陰極炭素陽極、電力消費大で且炭素極消耗の大なのが缺點である。本邦では財団法人理化学研究所が本邦製鹽副産苦汁から $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ を作り、更に獨特の脱水法で無水 $MgCl_2$ とし、鹽化物法で電解し、昭和 5 年頃から新潟縣新井工場で年 20t 産出して来たが、需用増加に伴ひ昭和 7 年理研マグネシウム會社（直江津工場年産 150t）、更に昭和 8 年日浦マグネシウム會社が設立され上記理研マグネシウム會社を合併し、山口縣宇部市に新工場開設（年 250t）直江津工場と合せて年 400t で Mg 抽出としては大規模なものとなつた。理研式 5000 A 爐での實績は、消費電力量 30 kWh/kg Mg、炭素電極消費 0.1 kg/kg Mg、成品純度 90.87%。原料としては上記苦汁の外に滿洲マグネサイトを鹽化して使う。

b. Ca $CaCl_2$ を 800°C で、又は CaF_2 を加へて今少し低温で熔融電解する。

c. Zn $ZnCl_2$ と NaCl との混合熔融鹽を電解する。

4. ナトリウム、カリウム⁽⁴⁾

a. Na NaCl は融點高く (808°C) 作業困難の爲、NaOH (307°C) が實用される。

(1) Castner 法 原料 NaOH、陽極 Ni、陰極鐵、315~320°C、250 A/dm²、5 V、電流能率 45%。

(2) Becker 法 浴 NaOH に Na_2CO_3 17% を加へる。280°C 位、他は上法と同じ。

(3) Ausug 法、BASF 法 は Castner 法の爐を改良したものである。

(4) Dannel 法 は NaCl 使用の唯一成功法 (NaCl に KCl, KF, NaF を混じり 600°C で作業) であつたが大なる發展を見ない。

以上諸法と目的を異にして NaCl 熔融物を炭素と鉛とで電解し、鹽素と Na 鉛合金とを得、Na 鉛合金に水蒸氣を作用させて純良 NaOH を得る Acker 法が一時ナイアガラで實施されたが未幾中止された。

b. K Na と同様な方法で得られる。

5. ベリリウム、その他⁽⁴⁾

a. Be は近年合金用材料として甚だ優秀な性質あることを發見されて、急に將來を矚目されるに至つた。Siemens & Halske の實用する Goldschmidt & Stogk 法では原礦ベリル ($3BeO, Al_2O_3, 6SiO_2$) から $2BeO, 5BeF_2$ を得、これに等量の BeF_2 を混じり 1400°C で、黒鉛容器を陽、水冷鐵管を陰として電解、電流能率 80% だが 80 V を要する。

b. その他 發火合金用のセリウムは $CeCl_3$ の電解が實施されて居る。 $Na_2B_4O_7$ に Al_2O_3 又は B_2O_3 を加へ 950°C で電解すると B が得られ、 Na_2WO_4 を電解してタングステン粉が得られ、又その酸性鹽を 1000°C で電解すれば鋼陰極上に緻密なタングステンが得られる。

第 5 章 ガス放電應用

放電又は高電位傾度により氣體分子を原子解離し更に原子をイオン化して活性を増し (2 編 9 章参照) 特異の反應を遂行する方法で、應用として空氣のオゾン化及電氣硝酸法 (本編 6 章) 等がある。

1. オゾン⁽⁴⁾ 分子式 O_3 で甚だ分解し易い氣體で酸化力強く、有用な酸化消毒劑で、工業及衛生上の重要品である。これは硫酸水溶液中に白金陽極を入れ 60 A/dm² 以

上の大電流密度で低温電解すると陽極酸液中 20% 程 O_3 が得られるが、⁽⁴⁾ 電力能率が空中放電法に比し甚だ悪いので、實際の O_3 製造は現在この放電法を用ひて居る。

理論は要するに O_2 と O_3 との平衡が無聲放電によつて甚しく O_3 の多い方に移るのを利用したので、 $3O_2 \rightarrow 2O_3 - 68,200 \text{ cal}$ の吸熱反應を電力で遂行させるのである。出來た O_3 の分解が温度が高ければ多くなるので大型發生器は水冷式にする。平衡の理で明瞭な如く O_3 濃度の低い空氣を作る方が O_2 1g を製するに要する電力量は少なくて済む。この反應には水蒸氣は甚 有害である。使用電流は交流がよく、周波数の高い程能率が良い。

2. オゾン發生器 多種あるが構造は大別 3 種で、a 型：電極 | 誘電體 | 空氣 | 電極。b 型：電極 | 誘電體 | 空氣 | 誘電體 | 電極。c 型：電極 | 空氣 | 誘電體 | 空氣 | 電極。電極として銅又は Al、誘電體として硝子、マイカナイト等が用ひられて居る。主要なものを第 20 表に示すが、大型のものは殆ど皆水道消毒用で、水 1000 m³ に付き約 14 kWh の電力量を要する。電力能率は約 10% 位。空氣は必ず豫め $CaCl_2$ で乾燥して用ひる。

第 20 表 主要オゾン發生器

	Siemens-Halske	Howard-Bridge	Vosmaer	Gerard-Westinghouse	Ozonair
構造種別	a	a	a	b	c
O_3 濃度 (g/m ³)	2~3	2	1	3	1~2
能率 (g O_3 /kWh)	50	38	50	80 (?)	100~150
周波数 (サイクル)	小型 50 大型 500	—	—	—	25~100
使用電圧 (V)	7000~12000	—	10000	25000	4000

第 6 章 空 中 窒 素 固 定⁽⁴⁾

1. 總 論 大氣は窒素素及酸素兩ガスの混合物で、窒素は容積で 78%、重量で 75.5% 含まれその量は無限である。(地表 1 m² 上の大氣中には、約 7.5 t の窒素が存在する)

窒素ガスは極めて不活潑なガスでその儘での用途は少いが、一度他の元素と化合して窒素化合物となると、激しい性質を具備し爆發物、藥品又は肥料として頗る重要なものとなる。窒素化合物の原料となる智利硝石 ($NaNO_2$) は天然に多量に産出するが、大氣中の窒素を捕へ硝酸、石灰窒素並にアンモニアを製造する所謂空中窒素固定による自給自足方針は、歐洲大戦後各國の採つた處で、最近その設備能力は既に需用に併加して居るに拘らず更にその發展が企てられて居る。その要領を電氣法、石灰窒素法、合成アンモニア法に就て述べる。

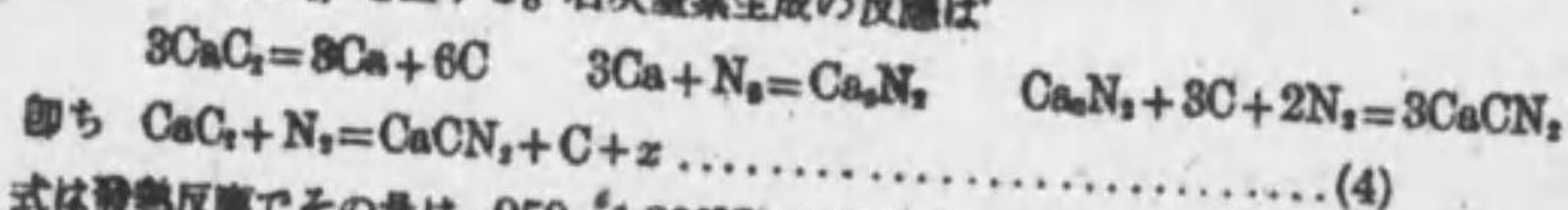
2. 電氣法又は硝酸法 空氣を 3000°C 内外の高温に熱すると、多量の熱の吸收を伴ひ幾分の酸化窒素 (NO) を生ずる。これ等の混合物を 1000°C 近くに冷すと、更に酸素と化合して過酸化窒素となるので、これを水に作用させて硝酸を得る。即ち



本法は電氣の高温を利用するので電氣法と稱へられる。電氣は空氣と出来る丈多く接觸

し、電流大でも安定でなければならぬ。反応(1)は可逆で、生じた NO は直に 1000°C 内外に冷さねばならぬ。本法は 1908 年既に実施されて空中窒素固定の先鞭をつけたもので、Birkeland-Edyde 法(強力な電磁石の両極間に電極を置いて、平板状の電弧を得、この電弧面に沿って空気を送る、5000 V, 4000 kW)、Pauling 法(角型電極間に電弧を発生させ、その下方から空気を送つて、出来た扇状電弧面と接觸させる、5000 V, 600 kW)、Schubert 法(直立鐵管の下方小孔から、空気を螺旋状に上昇するやうに送り、鐵管下部内面と下方電極との間の電弧を螺旋形に帯状に延長せしめる、3500 V, 750 kW)等が生れた。(1)式の示す必要熱量は窒素 1t に対し 1630 kWh であるが、実際には 70000 kWh を必要とする。即ち能率頗る悪く 2~3% に過ぎず、且生成ガスの濃度低く NO₂ は 1.2% に過ぎないから、窒素 1t に対し混合ガス 175t を処理せねばならぬので、設備が膨大となる。電力の頗る安価な Norway の Notodden では 1927 年には 350000 馬力の設備を擴大したけれども、これを純としその電力は合成アンモニア法に轉換せられるに到り、1931/1932 年の能力は窒素 21000t に過ぎず、遂に歴史的存在たらんとしつつある。

3. 石灰窒素法 工業製品炭化石灰の粉末を約 1000°C に加熱して、窒素ガスを通すと石灰窒素(CaCN₂)を生ずる。石灰窒素生成の反応は



(4)式は發熱反應でその量は、950~1200°C で 54800 cal 従て最初 CaC₂ の一部を加熱して、窒素の吸收を行はしめればよい筈である。1906 年 Frank 及 Caro によつて工業化され、その後各國で大規模に行はれたが、合成アンモニア法に押され相対的には後退の状況である。Moissan によると純粋の炭化石灰は、1200°C 迄窒素を吸收せぬと云ふ。然るに CaF や CaCl₂ を數パーセント加へるとこれ等が觸媒となり、800~900°C でも窒素の吸收が進む。工業炭化石灰には CaO が混じて居り、これが觸媒となつて 1000°C 附近で窒素の吸收が行はれるのであらう。80% 前後の純度の工業炭化石灰を原料として、その 1t から約 21% の N₂ を含む石灰窒素を 1.25t 得られる。純粋な CaCN₂ の窒素含有量は 85% に達するが、市販の石灰窒素は窒素 21% 前後即ち CaCN₂ の含有量 60% 内外である。

市販品の分析例を示せば次の如くである。

CaCN ₂	C	CaO	SiO ₂	CaC ₂	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	CaS	MgO	CaP
61.2	12.5	20.0	2.4	1.5	1.8	0.2	0.2	0.04%

我國の石灰窒素爐は圓筒が直立圓筒、頭部が圓錐形で上部から炭化石灰の粉末を装入し、爐内に堆積しその堆積の上層で反應を行はしめる。その際炭素棒に電流を通じて熱を補給する式と、反應熱のみで行ふものとある。製品は爐の下方から取出す。爐の容量は石灰窒素日産 5t のものが普通である。石灰窒素はこれを粉細すればその儘で肥料となし得られ、或はこれに加壓蒸気作用させてアンモニアガスを得る。

本法で N₂ 1t を固定するに必要な原料、電力量を第 21 表に示す。

窒素ガスは Linde 又は Claude 式の空氣液化分留器で 99.9% の純度のものが得られる。分留器の容量は近年大いに増大し、毎時數千立方メートルのものがある。毎時 4000 m³ の空氣處理のものに所要動力は約 900 馬力である。

第 21 表 石灰窒素の窒素 1t 當り原料

原 料	炭化石灰 1t 當り	石灰窒素 1t 當り	純窒素分 1t 當り
石 灰 (t)	0.90~0.95	0.72~0.76	3.6~3.8
コ ー ク ス (°)	0.80~0.85	0.48~0.52	2.4~2.6
電 極 (°)	0.025	0.02	0.1
電 力 (kWh)	3000~3500	2400~2800	12000~14000
窒素分離用電力 (°)	—	60	300
窒素吸着用電力 (°)	—	20	100
全 電 力 (°)	3000~3500	2480~2880	12400~14400

4. 合成アンモニア法 窒素ガスと水素ガスとから、直接アンモニアガスを得んとする方法で、その反應は



で表され可逆反應である。而して原系は 4 容積で生成系は容積を減じて 2 容積である。斯る場合は反應の際の壓力の増加は、平衡定數 K_p を生成系の濃度が增大するやうに偏倚せしめ得る事が理論化學上明である。又反應の際温度を高くすれば、反應速度は大となる理である。然るに窒素水素混合ガスを高壓高温に保つてもアンモニアの生成を得ない。只適當の觸媒の存在の下で、混合ガスに高壓高温を加へて始めてアンモニアの生成が起るのである。

第 22 表 アンモニアの平衡値 (%)

壓力 (kg/cm ²)	100 氣壓	300 氣壓	600 氣壓	1000 氣壓
300	52.04	70.96	84.21	92.55
400	25.12	47.00	65.20	79.82
500	10.61	26.44	42.15	57.47
600	4.62	13.77	23.16	31.40
700	2.15	7.23	12.00	15.87

第 23 表 アンモニア平衡定數の計算要素

壓力 (氣壓)	α	β	γ	δ	C
10	2.0743	-2.4943	×10 ⁻³ 0	×10 ⁻⁷ 1.856	1.903
30	"	"	-0.034	"	2.021
60	"	"	-0.1256	"	2.090
100	"	"	"	"	2.113
300	"	"	"	"	2.206
600	"	"	-1.0656	"	3.050
1000	"	"	-2.6833	"	4.473

第 24 表 アンモニア合成諸法

方法名	作業壓力 (kg/cm ²)	作業温度 (°C)	主な水素源	NH ₃ の状態	1931~1932 年 産力割合 (%)
Uhde	100	350~450	水素ガス	アンモニアガス	7.05
Haber	200	500~600	"	"	47.66
N. E. C.†	300	500	"	"	6.34
Fauger	300	450~600	水電解	"	10.87
Canale	750	500~600	"	液體アンモニア	15.58
Claude	1000	600	コークス窒素ガス	"	9.41

* 1931~1932 年 (肥料年度、5 月より翌年 7 月に至る) 全産力は窒素 2024500t

† N. E. C. ... Nitrogen Engineering Corporation 社

Fritz Haber は色々の觸媒の研究と色々の壓力温度の下での平衡定数 K_p の實測とに、多大の努力をなした。而して K_p は同一温度に於ては壓力の高い程大で、同一壓力では温度の低い程大であるのを發見した。第 22 表に示す平衡定数は A. T. Larson の得た結果であるが、Haber のもこれと大差ない。Larson が實驗式として與へた

$$\log K_p = \frac{\alpha}{T} + \beta \log T + \gamma T + \delta T^2 + C$$

から算出したものである。T は温度でその他の數値は第 23 表に示してある。

(5) 式は發熱反應で $[\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightarrow NH_3 + 11890]$ その熱量は實測的には温度に依ては大差はないが、壓力が増すと急に増大する。アンモニアの生成を多くなさんため、壓力を餘り高くすると、裝置上の困難大となり、且生成熱の處理に困る。又平衡値の大なる低い温度の状況で操業せんとしても、低温で有力な觸媒を得難い。

高壓で混合ガスを觸媒層を通過させて生成するアンモニアを高壓下で分離し、減少した水の混合ガスの補給された未反應ガスを繰返し觸媒層を循環させる事と、混合ガスの觸媒層通過速度を大にして、平衡値以下のアンモニア濃度で満足して、却てアンモニアの生成量を増大せしめ得る事との二操業條件は Haber の創案(1908, 1909年)であるが、何れの方法も皆採用して居る所である。現在實施されて居る諸法では、壓力は 100~1000 氣壓、温度は 400~600°C である。即ち第 24 表に示す通りである。

NH_3 としての窒素 1t につき $H_2 \dots 2400 m^3$ (0°C, 760 mmHg), $N_2 \dots 800 m^3$ を必要とし、従て水素ガスの製造は合成アンモニア工業で頗る重要な役割をなし、現在では水性ガスによるもの、コークス燼廢ガスを利用するもの及水の電氣分解によるものを主

第 26 表 三法の得失比較

	電 氣 法	石 灰 窒 素 法	合 成 アンモニア法
利 點	1. 直接 HNO_3 を製造し得る事 2. 貯蔵すべき原料のない事 3. 人工の必要の少い事 4. 製造裝置の簡単な事 5. 餘熱で HNO_3 の蒸餾の出来る事	1. 所要電力量の少い事 2. 直接製品として圓形肥料を得る事 3. $CaCN_2$ をそのまま肥料として使用すると窒素分の割安な事 4. アルカリ性肥料である事	1. 所要電力量の少い事 2. 人工の必要の少い事 3. 貯蔵すべき原料の少い事 4. 製造費の少い事
缺 點	1. 所要電力量の多い事 2. 生成 HNO_3 の稀薄な事 3. HNO_3 は運輸に不便な事 4. 設備が膨大となる事	1. 貯蔵原料の必要な事 2. 人工の必要程度の多い事 3. 追肥として使用出来ぬ事	1. 作業上熱機の必要多い事 2. 高壓高温を必要とし裝置の複雑な事 3. H_2 及 N_2 の純度の高い必要ある事

第 25 表 水素源による1931~32年度世界窒素固定能力の區分

水 素 源	窒素固定能力 (t)	百分率
水 性 ガ ス	1359 995	51.82
コークス燼廢ガス	786 740	29.98
水 電 解	437 730	16.67
副 産 水 素	28 050	1.07
天 然 ガ ス	12 000	0.46
計	2 624 515	100.00

とする。これ等の場合に於ける電力は、アンモニアとしての窒素 1t 當り、前二者では 5000 kWh 内外、後者では 16000 kWh である。水素源による世界窒素生産能力を第 25 表に示す。

5. 三方法の得失の比較 現行の三方法の比較はこれを第 26 表に要約した。

6. 我國に於ける窒素固定工業 石灰窒素を原料とする硫酸アンモニアの製造が、明治 42 年 (1909年) 日本窒素肥料会社によつて熊本縣水俣で開始されてから、同社工場、電

第 27 表 石灰窒素生産能力並に本邦全生産量、年次統計

會 社 名 (工場名)	能 力 (t)		年 次	本邦全生産量 (t)	
	石灰窒素	窒素分		石灰窒素	窒素分
電氣化學工業會社(青海, 大寺田)	105 000	20 000	大正13年 14年 昭和元年 2年 3年 4年 5年 6年 7年	13 000	2 500
昭和肥料會社(興 隆)	60 000	11 400		21 000	4 000
信越窒素肥料會社(直江津)	60 000	9 500		25 000	4 750
秩父肥料會社(影 森)	8 500	1 600		26 000	5 300
大同肥料會社(武 生)	8 000	1 500		64 000	12 200
日本窒素肥料會社(水 俣)	8 000	1 500		90 000	17 000
北越水力電氣會社(長 岡)	2 000	380		150 000	28 500
中越電氣工業會社(滑 川)	5 000	950	100 000	19 000	
大日本人造肥料會社(盛)	5 000	950	122 000	25 000	
計 (昭和 7 年末現在)	251 500	47 780			

第 28 表 合成アンモニア工場

會 社 名	方 法	操業開始	水素源	能 力 (t)		昭和 7 年度 硫酸アンモ ニア實生産 (t)
				硫酸アン モニア	窒素	
日本窒素肥料會社(福岡, 水俣)	カゼレー	大正10年	水電解	120 000	24 000	99 000
第一窒素工業會社(彦 島)	クロード	" 13年	コークス 燼廢ガス	7 500	1 500	4 700
大日本人造肥料會社(富山)	フッヂー	昭和 3 年	水電解	60 000	12 000	48 000
新野窒素肥料會社(興 隆)	カゼレー	" 5 年	"	480 000	88 000	218 000
昭和肥料會社(川崎)	芝 田	" 6 年	"	150 000	30 000	125 000
住友製肥所(新波)	N. E. C.	" "	水性ガス	35 000	7 000	33 000
三池窒素肥料會社(三池)	クロード	" "	コークス 燼廢ガス	40 000	8 000	30 000
計 (昭和 7 年末)				842 500	168 500	557 700
住友製肥所		増設昭和 8 年	水性ガス	22 000	4 400	
三池窒素肥料會社		" "	コークス 燼廢ガス	30 000	6 000	
昭和肥料會社		" "	水性ガス	30 000	6 000	
矢作工業會社(名古屋)	ウーヂー	指定 "	水電解	25 000	5 000	
宇都宮窒素工業會社(宇都)	フッヂー	" 9 年	石灰 ガス化	50 000	10 000	
高橋化學工業會社(大連)	ウーヂー	" 10 年	水性ガス	180 000	36 000	
東洋高壓工業會社(三池)	クロード	" "	コークス 燼廢ガス	80 000	16 000	
計				417 000	88 400	
合計 (昭和 10 年末)				1 229 500	251 900	

氣化學工業會社青森工場、大牟田工場等大進展をなし、現在も石灰窒素製造としては獨逸に次ぐ生産國である。然し石灰窒素からの硫酸アンモニアの製造が合成アンモニア法の確立の製造に押されたため、石灰窒素法は石灰窒素製造として残存し、昭和 7 年末現在生産能力 250 000 t、同 7 年度生産は 120 000 t で、共販組合の統制下にその生産制限と石灰窒素の單獨使用宣傳に努力して居る。各工場的能力並に生産統計を第 27 表に掲げる。合成アンモニア法に関しては大正 12 年(1923 年)宮崎縣延岡に於ける日本窒素肥料會社の製造開始と前後して彦島に於ける第一窒素工業會社、水俣工場の石灰窒素工場の轉換、大日本人造肥料會社富山工場等相次いで建設され、昭和 7 年末には 7 會社 8 工場に及び、漸く硫酸アンモニアの自給自足の域に達せんとし、更に昭和 8 年には宇都宮窒素工業、矢作工業、滿洲化學の計企成り、これ等完成の上は、硫酸アンモニアの能力 1 200 000 t の巨量に達する程に見る發展をなさんとして居る。この大をなす迄には外國硫酸アンモニアのダンピング、農産物の價格低下に基く市價の暴落に逢合し既に生れ出づるなやみは過ぎ去りしが如くであるが、来るべき供給過多の問題は決して等閑視すべからざる國家の重要問題である。各工場的能力、採用方法、水資源等は第 28 表に示す。

第 7 章 電 氣 滲 透

1. 電 験⁽¹⁾ 液體中に隔膜を設けその兩側に電極を入れ直流電壓を加へると、液は隔膜を通じて一方に移り来る。この現象を電氣滲透 (Electro-endosmosis) と云ふ。この隔膜物質を細分し該液中に分散せしめ電壓を加へると電氣滲透に於ける液の移動方向とは逆の方向に粒子が移動する。これを電氣泳動 (Cataphoresis) と云ふ。又隔膜を通じ液を押し動かせばその兩側に電位差を生ずる。これを流動電位 (Streaming potential) と云ひ、分散粒子を一方に移動せしめれば同様移動方向に電位差を生ずる。これを移動電位 (Migration potential, Dorn's effect) と云ふ。これ等 4 現象はすべて 2 物質界面に存在する電氣二重層に原因するものであつて、その現象の現れ方が外見上異なるに過ぎない。例へば電氣滲透と電氣泳動とは只動くものが液體か固體かの違であり、電氣滲透と流動電位とは互に逆の作用である。尚この外、透析及膜外濾過に電氣を加へた電氣透析 (Electrodialysis) 及電氣膜外濾過 (Electro-ultrafiltration) 並に重金屬等の鹽類溶液中に細孔の隔膜を入れ兩側より直流電壓を加へると膜の陽極に向ふ面に金屬を遊離する電氣電解 (Electrostenolysis) も構造その他の點で前記の現象と密接な關聯ある爲、現今これ等も引きくるめ電氣滲透 (廣義) と總稱して居る。

電氣二重層の電位差は廣く ζ-電位とも稱せられ、電氣滲透に於て極めて重要なもので、これと電氣滲透並に電氣泳動に於ける移動速度 u との間には次の關係が成立する。

$$u = \zeta DE / 4\pi\eta$$

茲に E...電界の強さ、D...液の誘電率、η...液の粘性係數

二重層の構造に關する説は色々あるが現今液體内の電荷は一部固體面より分子の距離に固定され残りは液體中に擴散して居ると考へられて居る。⁽²⁾ ζ-電位は液及固體の種類により異り、又電解質の介在によつて著しく變化する。而してその影響は電荷の大きさ並にその吸着性により、一般に H⁺、OH⁻ の影響著大で、その他のイオンではイオン價大となると共に影響大となり遂に帯電の符號を變じて了ふに至る。電解液の濃度と ζ-電位との關係は澤山實驗されて居る。⁽³⁾ 純水に對する符號、ζ-電位及移動速度の一例を示せば第 29 表及第 30 表の如くである。

第 29 表 電荷の符號

負電荷を帯びるもの (-)	正電荷 (+)
粘土; 長石; 石英; 石礫; 硫黃; 炭化珪素; セレン; 硫粉; 石綿; 銅; 金; 白金; 鹽化銀; 臭化銀; 水酸化鐵; 硫化砒素; 硫化アンチモン; ベレンス; フタレン; アニリン; ニトロ; エオレン; 青藍等	鐵; アルミニウ; ム; クロム; 區船の水體化合物; 及酸化物; 銅; メチレンブルー; -; ヘモグロビン等

第 30 表 ζ-電位

物 質	移動速度 ((cm/s)/(V/cm))	電位 (V)
	×10 ⁻⁵	
三酸化砒素	-22	-0.032
石 英	-30	-0.044
ベレンス	-40	-0.056
金	-40	-0.056
白金	-30	-0.044
水酸化鐵	+30	+0.044

電氣滲透に際しては電氣二重層電荷の移動を伴ふから、電流の増加を生ずる。これを表面電導 (Surface conduction) と云ふ。隔膜の場合電流の増加分を I_s、毛細管中を流れる電流を I₀ とすれば、石英の隔膜に對しニトロベンゼンを用ひる時 I_s は I₀ の 20 倍にも達する事が實驗され、又光學的に磨いた硝子と KCl 液の實驗では 0.001 N 液で表面電場度 4.3×10⁻³ V/cm² を得、0.001 mm 半徑の毛細管では I_s と I₀ とは同じ値となる。⁽⁴⁾

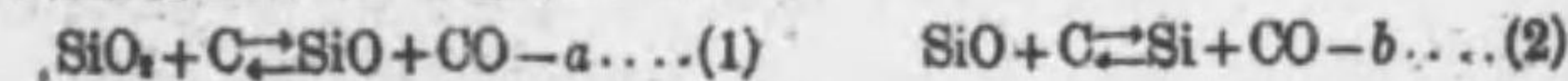
2. 應 用⁽⁵⁾ 先づ 1900 年の初期に獨逸で Schwerin により色々考察された。その後著しい發展を見なかつたが最近に至り廣くその應用の有効なるに着目せられ次第に各方面に廣められんとする状態にある。その代表的の例二三を挙げよう。

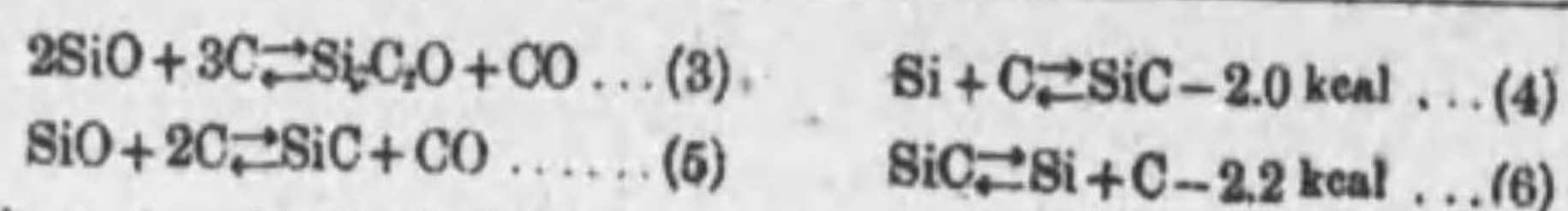
- a. 電氣淨水法 獨逸 Siemens & Halske 社により電氣透析を利用したものを作られた。これは 2 枚の膜で 3 室に區分した所謂三室装置を 10 箇直列にし、淨化すべき水を中空に流し外側電極室は洗水する。これで蒸溜水と同程度のものが得られる。⁽⁶⁾ 又、電氣試驗所で電氣滲透を利用した方法を行ひ良好な結果で目下實用されんとしつつある。⁽⁷⁾
- b. ゴムの電着 ゴム、ラテックスから直接ゴムを所要の型に電着せしめる。これには硫化劑、速進劑、充填劑等を入れその儘の成分の電着品が得られる。
- c. 陶粘土の精選 陶粘土は水中で陰電荷を帯びるから、回轉磁極面筒上に陶粘土粒子を集めんとするもので、泥漿の分散を強大にする爲アルカリ-その他を加へる。⁽⁸⁾
- d. 脫水及乾燥 泥炭の乾燥は Schwerin により最初企てられた有名な應用で、電氣力と機械的との兩者を同時に作用せしめる電氣壓濾機を用ひた。然し現今經濟的に成立して居ない。又化學研究所では交流と機械的壓とを併用し(電氣攪亂現象)、ワンドラの脫水を行ひ、コルク、ベニア合板の代用品を製作して居る。⁽⁹⁾

第 8 章 電氣爐に依る製品

電氣爐の理論、構造、設計に就ては 22 編 6 章参照。電氣爐製品は高温化學作用に依る製品で、電氣はその反應に直接關係することは稀で、只高温を作る爲に便利で、且燃料爐に比して純粋な製品を得易いから電氣爐を用ひるに過ぎないのである。嚴密な意味では電氣化學の範圍外のものであるが、一般の風習に従て電氣熱製品として略述する。

1. カーボラダム、珪素、シリキソン、一酸化珪素⁽¹⁾ SiO₂(石英)と C(コークス)との高温反應は次の 6 可逆式で示される。





この式中 $a+b=129.4 \text{ kcal}$, SiC はカーボランダム, $\text{Si}_2\text{C}_2\text{O}$ はシロキシコン。珪素は純珪素としてよりも珪素酸として多く作る。電弧爐中に白砂と微炭粉とを混じり珪素酸を要する時にはこれに機を混する。カーボランダムは 1891 年 Acheson が炭素結晶を得ようとして、粘土中に炭素を入れて熔融した際発見したもので、彼はそれを Carbon と Corundum (Al_2O_3) との化合物と思つて Carborundum と名附けた。良質無煙炭又は微炭粉と白砂とを $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$ の割合に混じ、少量の無屑と食鹽とを混する。抵抗爐で(一例 230 V, 6000 A で開始し、終りには 75 V, 20000 A となる) 1820~2220°C に熱すればよい。Silundum や Silfrax 等の電熱體は、カーボランダムの一種で Si と C との固溶體である。

2. 黒鉛⁽⁴⁾ Acheson が完成した人工製造法で出来る。純炭素を熱したのみでは黒鉛は出来ない。炭化金属が分解する時に析出する炭素が黒鉛になるのであるから、鋼煉として金属が働くと見てよい。微炭粉に 5% 位の酸化鐵を混じて、中央心型抵抗爐に入れ(一例、開始 210 V, 1400 A, 終 80 V, 9000 A) 2200°C 位に熱すればよい。成品の純度は原料に因り、無煙炭からは 90~95%, コークスからは 99.5~99.9% 純度の黒鉛が得られる。

3. アランダム⁽⁵⁾ は熔融アルミナ (Al_2O_3) に與へた商品名で Diamantin も同じ。原料は鐵礬土 [Bauxite $\text{Al}(\text{OH})_3$] で電弧爐中で熔融し、充分熔融量が出来たら爐を冷して固つたものを取り出して粉碎する。

4. 石英硝子 SiO_2 を熔融し硝子状にしたもの。 SiO_2 の熔融點は 1800~1900°C だから、流れをよくして細工するためには 2000°C 以上に熱する必要がある。

5. 二硫化炭素 燐、亞鉛

a. 二硫化炭素 は炭素塊の抵抗爐の下部の熔融硫黄からの硫黄ガスが微炭素に作用して生じ、爐の出口から蒸氣となつて出る。これを水冷して CS_2 液體を採る。普通爐は 60 V, 4000 A, CS_2 1 kg に付き 1.15 kWh の電力を消費する。

b. 燐 原料は骨灰、天然燐酸石灰、Wavellite (AlPO_4) 等と炭素、砂との混合物を電弧爐で熱すると燐酸を炭素が還元し、燐が氣體となつて出る。これを水冷して採集する。製品の純度 80~90%。燐 1 kg に 11.6 kWh の電力を要する。

c. 亞鉛 普通冶金法、電解抽出、電氣爐法、夫々得失はあるが、將來は電氣爐法が最も有望である。要は $\text{ZnS} + \text{CaO} + \text{C} \rightarrow \text{CaS} + \text{CO} + \text{Zn}$ の反應を電氣爐で行はせ Zn を採るのである。

6. 炭化石灰 $\text{CaO} + 3\text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO} - 97 \text{ kcal}$ なる可逆反應が高温では一に進む性質あるを利用して、良質石灰と良質無煙炭又は木炭との混合物を、電弧爐で熱する。舊式爐は一度熱してカーバイドが出来たら爐を冷した後、填してカーバイドを採つたが、新式では温度を上げて CaC_2 を熔融させ、流出させて採るので、連続仕事出来る。前者では 40~70 V, 1700~2000 A, 85% の CaC_2 1 kg に付き 6~7 kWh を要し、電力効率 40%。後者では Bullier 爐, Alby 爐等三相交流を用ひる大型のもので 18000 kW

を消費し、 CaC_2 1 kg に付き 4~4.2 kWh を要する。電力効率は 69% に達する。

7. その他⁽⁶⁾ 鐵礬土 (Bauxite) と粘土からアルミナセメント、燐酸 ZrO_2 、熔融 MgO , BaCO_3 、又は BaSO_4 (Baryte) から BaO , Na_2SO_4 から Na_2S 等も電氣爐で造る。

8. 金属と電氣爐 古来、金属冶金や精錬には燃料爐が用ひられて来たが、熱源を電氣にすると、製品の純度高く、作業容易で、経済的にも良いので近來この方面に電氣爐の使用が盛になつた。特に製鋼、特殊鋼、諸種合金は電氣爐製品の方が成分が正確であるから、又諸種金属、硝子、陶磁器の燒鈍脱歪等には温度加減の精密を要するので電氣爐の使用が優勢になり、燃料爐の企及し得ざる程の良製品を出す。又高周波誘導電氣爐によりこの特長は更に發揮されて、廿世紀工業工藝高級材料の鉤欄たる事は實に電氣爐の賜である。

附 録 主要電氣化學工業の世界情勢

1. 消費電力量⁽⁷⁾ 第 31 表参照。

第 31 表 世界主要電氣化學工業消費電力量⁽⁸⁾ (1929 年)

種 別	電 力 量 (kWh/kg)	世 界 産 額 (1000 t)	消 費 電 力 量 (10 ⁶ kWh)
カーバイド	3~3.5	700	2200
石灰窒素	2.5~3	1300	3500
合成アンモニア(窒素)	20	203	4000
電氣法硝酸(窒素)	70	3	210
アルミニウム	25	300	7500
マグネシウム	20	3	60
ナトリウム	15	25	375
電解亜鉛(及鹽素)	3	600	1800
錳合金	—	60~100	600
電氣鋼	—	1500	140~1500
カーボランダム	7.5~12	68	80
アランダム	2~4	40	120
黒鉛	5~8.5	25	175
鋼精製	0.3	1700	510
銅抽出	3	200	600
亜鉛抽出	4	400	1600
鉛精製	0.1	220	22
セッケル	—	15	—
			計 3142

2. 各國情勢⁽⁹⁾ 第 32 表参照。

の理論及應用; Zeitschrift für Komprimierte und Flüssige Gase März (1925); Mai, Sept., Okt. (1928); Juni (1931); April (1933); Zeitschrift der Verein Deutscher Ingenieure 79 (1928); Ch. Met. Eng. 35, 421 (1928); 38, 714 (1931) (40) Allmand: The Principle of Applied Electrochemistry; Billiter: Electrolyse de l'eau et des chlorures alcalins; 龜山: 電気化学の理論及應用; Ch. Met. Eng. 31, 334 (1924); Giornale dir chimica industriale de applicata n-12 (1923); Chemical Trade Journal 75, 299 (1924); 曹達晒同業會: 日本曹達工業史; 電気化学 1, 234 (昭 8)

(41) Thompson: Applied Electrochemistry 113 (1914); Allmand: Applied Electrochemistry 467 (1924); 龜山: 電気化学 下, 548 (昭 5) (42) 龜山: 電気化学 下, 730 (昭 5) (43) Thompson: Applied Electrochemistry 27 (1914); Allmand: Applied Electrochemistry 425 (1924); 龜山: 電気化学 下, 755 (昭 5) (44) Allmand: Applied Electrochemistry 506 (1924); 龜山: 電気化学 下, 767 (昭 5); 電気工學年報昭和七年版-128 (昭 7); 昭和八年版 164 (昭 8); 電気化学 1, 191 (昭 8) (45) Allmand: Applied Electrochemistry 498 (1924); 龜山: 電気化学 下, 743 (昭 5) (46) Allmand: Applied Electrochemistry 498 (1924); 龜山: 電気化学 下, 775 (昭 5); 電気工學年報昭和七年版 128 (昭 7); 昭和八年版 164 (昭 8) (47) 龜山: 電気化学 下, 585 (昭 5) (48) Allmand: Applied Electrochemistry 689 (1924); 龜山: 電気化学 下, 803 (昭 5) (49) 龜山: 電気化学 下, 585 (昭 5) (50) Ernst: Fixation of Atmospheric Nitrogen (1928); Ullmann: Enzyklopädie der chemische Technologie 1; Partington: The Nitrogen Industry; Waeer: Die Luftstickstoff-Industrie (1932); Braham: The Air Nitrogen Process; Ch. Met. Eng. 30, 948 (1924); 33, 165 (1926)

(51) 齊藤: 電試研報 24 號 (大 15); 龜山: 電學誌 50, (綜報) 42 (昭 5); 龜山: 電気化学の理論及應用 下, 707 (1930); 駒形: 電気化学とその應用 (1933); 電気工學年報 (昭 7, 8, 9); Grätz: Handbuch der Elektrizität u. des Magnetismus II, 366 (1921); Prausnitz & Reitzel: Elektrophorese Elektroosmose Elektrodialyse in Flüssigkeit (1931) (52) Stern: Z. f. E. Chem. 30, 508 (1924) (53) 古谷: 物理化学の進歩 III, ii, 17 (昭 4); Freundlich & Ettlich: Z. f. phys. Chem. 116, 401 (1935); Hazel & McQueen: J. Phys. Chem. 37, 563, 571 (1933) (54) 金丸: 纖維工業 7, 02 (昭 6); McBain, Peaker & King: J. Am. Chem. Soc. 51, 3294 (1929); J. Phys. Chem. 34, 1033 (1930) (55) 駒形: 電試研報 216 號 (昭 2); 野口・深井: 電學誌 52, 155 (昭 7); Illig: Siemens Z. 8, 349 (1921); Z. Angew. Chem. 39, 1085 (1921); Gerth: Siemens Z. 19, 211, 241 (1932) (56) 奥野・大竹: 電試研報 331 號 (昭 7) (57) 齊藤: 電試研報 220 號 (昭 2); 駒形・岩坂: 電試研報 63 號 (昭 4); Curtis: J. Am. Ceramic Soc. 14, 219 (1931) (58) 志方: 京都化学研究所講演集 I, 38 (昭 5); II, 13, 68 (昭 6) (59) Allmand: Applied Electrochemistry 653 (1924); 龜山: 電気化学 下, 798 (昭 5) (60) Allmand: Applied Electrochemistry 659-670 (1924); 龜山: 電気化学 下, 803-832 (昭 5)

(61) 電気協會: 事業資料 17 (昭 6)

第 26 編 一次電池及二次電池

主任 名 和 武 (横須賀海軍工廠)
 泉 一 多 猛 (横須賀海軍工廠)
 中 村 静 雄 (鐵道大臣官房研究所)
 廣 瀬 敬 一 (芝浦製作所)
 山 岡 景 範 (日本電池會社)
 山 岡 敬 一 (湯淺蓄電池會社)

目 次

第 1 章 一次電池の一般的記述.....	1449-1450
一次電池—電極と電解液—電圧—内部抵抗—成極と減極—局部作用—容量	
第 2 章 通 電 池.....	1450
種類—用途	
第 3 章 乾 電 池.....	1450-1455
理論—種類及構造—特性—試験—規格—市販品の状況	
第 4 章 鉛二次電池に関する一般的記述.....	1455-1468
二次電池—極板の種類—基礎化学反応—起電力—内部抵抗—放電の特性—容量—充電の特性—能率—壽命—自己放電—試験—規格—市販品の状況	
第 5 章 据置用鉛二次電池.....	1468-1470
構造—容量, 重量, 容積及價格—封付の方法—電池室の具備すべき条件—用途	
第 6 章 移動用鉛二次電池.....	1470-1472
構造—容量, 重量, 容積及價格—用途	
第 7 章 隔 離 板.....	1472-1474
種類—隔離板の電気抵抗—エポナイト製多孔隔離板—木製隔離板—エポナイト製微孔隔離板—硝子綿製隔離板	
第 8 章 電 解 液.....	1474-1477
種類—比重, 濃度及配合表—純度—導電率—硫酸の濃さ(比重)と最小所要量—水點及流動度	
第 9 章 鉛二次電池の取扱.....	1477-1480
温度の制限—充電方法—放電方法—電解液の補給—放置の影響—故障—不使用電池の保存	

第 10 章 電池電壓及電流の調整装置	1480-1485
電壓の調整方法—加減壓機の種類—選擇—本邦に於ける主なる調整装置—電池充電用電源	
第 11 章 ニッケル・鎳二次電池	1485-1491
エチソン電池—ユングネル電池—構造及要目—基礎化學反應—放電及充電の特性—容量、能率及壽命—電解液—取扱—ニッケル・鎳二次電池と鉛二次電池との比較—エチソン及ユングネル（ニッフエ）電池以外のニッケル・鎳二次電池	
第 12 章 異種類の電池	1491-1493
金属酸化物及金属を電極とした電池—酸水素ガス電池—ヘロゲンガス電池—ドラム電池—異種新電極の 1kg 當りのアムペア時容量	
文 獻	1493-1494

第 26 編 一次電池及二次電池

第 1 章 一次電池の一般的記述⁽¹⁾

1. 一次電池 自己の有する化學的勢力を、直接に電氣的勢力として、外に出す作用を有する装置で、而もその作用が不可逆的のものである。即ち一次電池では、電氣勢力を外に出す爲に電池の作用物質が一旦化學變化を受けて他の物質になつた後は、遂に外から電氣勢力を與へてもこれを舊の状態に戻すことが出来ない。（二次電池では出来る。）

2. 電極と電解液 一次電池は主に 2 種の極と電解液とより成る。この二つの極を電極と言ひ、高電位の極を陽極、他の極を陰極と言ふ。通例銅或は炭素を陽極とし、亜鉛を陰極とする。電解液としては硫酸、硝酸、鹽化アンモン、苛性ソーダ等を用ひる。

3. 電 壓 同種の電池に於て起電力は、主としてその温度と電解液の濃度とによつて定まる。閉路電壓は、(1) 電池の内部抵抗、(2) 電池の成極等の原因により常に起電力より小である。

4. 内部抵抗 電池の起電力を E 、電流を通じた時の電壓（閉路電壓）を V 、その時の電流及外部抵抗を夫々 I 及 R とすれば、見掛けの内部抵抗 r は

$$r = \frac{E - V}{I} = \frac{E - V}{V} R$$

5. 成極と減極 電池に電流が流れると成極現象が起る。(25 編 2 章 7 参照) 即ち、電極に析出した物質が再びイオンにならうとする傾向の爲、或は電解液の濃度の變化の爲に逆起電力を生じ、端子電壓は低下する。成極を完全に或は部分的に除去する事を減極と言ひ、この目的に使用する物質を減極剤と言ふ。一次電池の成極は主として陽極に析出する水素ガスによる。従て減極剤も水素の除去を主眼としてゐる場合が多い。減極剤の例を挙げれば、(1) 陽極金属と同種の金属のイオンを含む溶液。(電流が流れた時その金属イオンが水素イオンに代つて陽極に析出するので、水素が発生しない。例へばダニエル電池の硫酸銅溶液の如きもので、これを液體減極剤と言ふ。) (2) 酸化性を有する固體、或はそれより生じるイオンによつて、陽極に發生した水素を酸化する。例へばルクランジェ或は乾電池に於ける二酸化マンガンのやうなもので、これを固體減極剤と言ふ。尙固體減極剤は陽極自體としてこれを用ひる場合と、陽極をこれで圍繞して用ひる場合とがある。(3) 酸化性のガス。(酸化性ガスを用ひて水素を酸化する。例へば空氣電池に於ける空氣(酸素)のやうなもので、これをガス減極剤と言ふ。)

6. 局部作用 局部作用とは、電極又は電解液中の不純物、或は電池内の短絡によつて自己放電をすることである。例へば陰極に亜鉛を用ひたものは、鉛、鐵、カドミウムによる局部作用がある。これは水銀鍍金により防ぐことが出来る。

7. 容 量 一次電池の容量の表し方には定抵抗放電容量と定電流放電容量との 2 種がある。何れも容量も連続放電であるか間歇放電であるかによつてその値が異なる。一般に定抵抗連続放電でその容量を定めるが、場合により定電流放電を用ひることもある。容

量を示すには、ある定まつた電圧(これを放電終期電圧と云ふ)までの放電持続時間、或はその時まで放電したアムペア時、又はワット時を用ひる。(第 2 表、第 4 表及第 5 表)

第 2 章 温 電 池

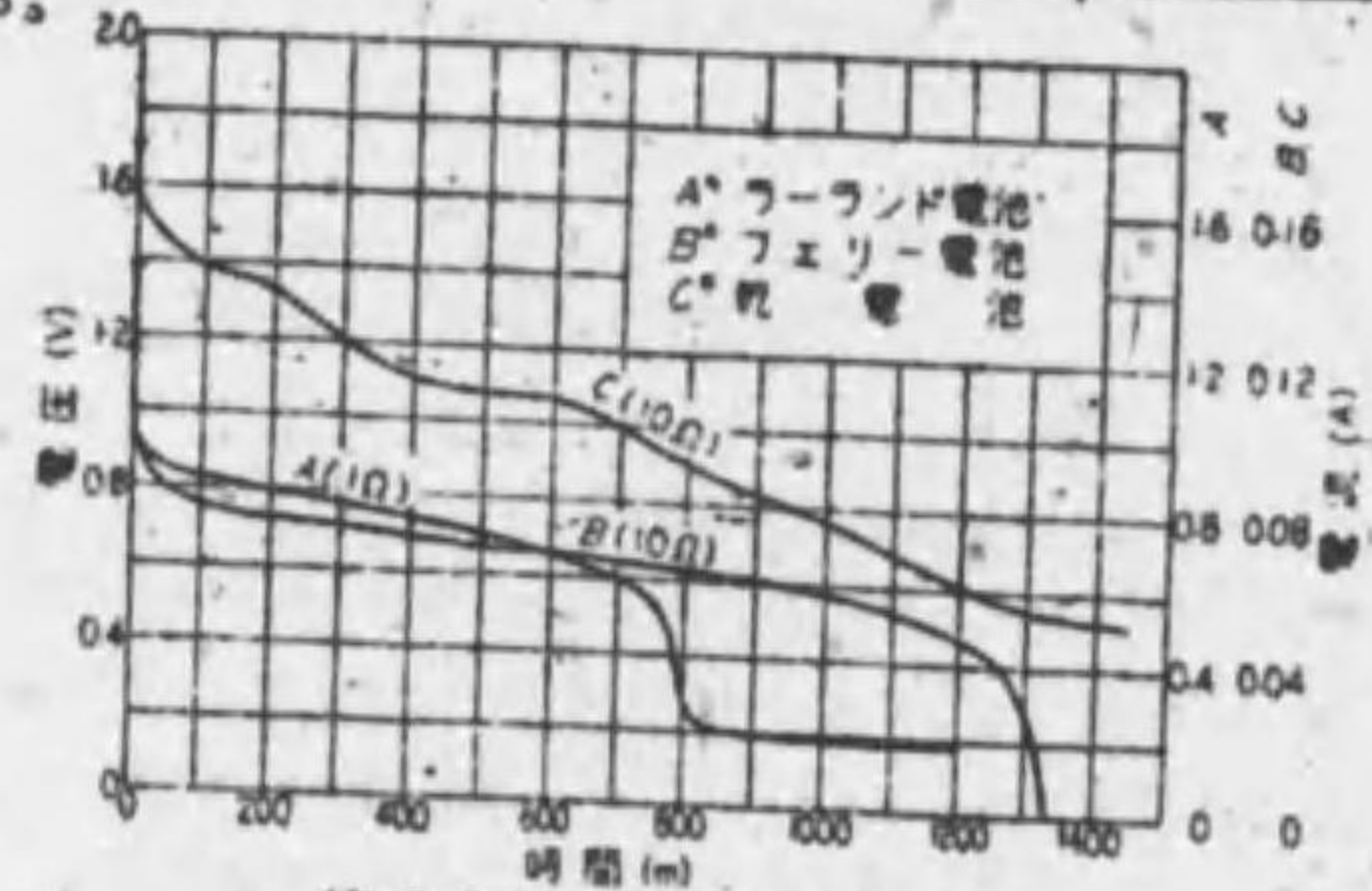
1. 種 類 温電池には古來多種あるが、實用されてゐるものは極く少い。第 1 表にその組合せ、起電力、内部抵抗及放電時の化學反應を表示した。その中で今後とも實用

第 1 表 各種温電池の特性⁽¹⁾

Table with 7 columns: Name, Anode, Cathode, Electrolyte, Oxidant, Voltage (V), Internal Resistance (Ω), and Discharge Reaction. Rows include Daniell, Galvani, Grove, Bichromate, Leclanche, and Air (Zinc) cells.

(備考) (a) は水銀銀を意味する。

性のあるものは、ラーランド、ルクランシェ及空氣電池で、ラーランドは放電・流による容量の變化が少くて重負荷放電に適し、ルクランシェ及空氣はこれに反して軽負荷放電に適する。(第 1 圖)



第 1 圖 定抵抗連続放電特性

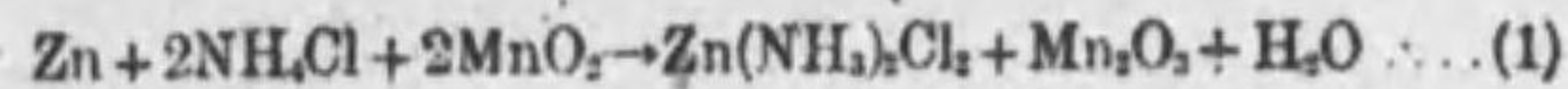
2. 用 途 呼鈴、電

氣時計、その他一般信號用(ルクランシェ、空氣)、電話用(ダニエル、ルクランシェ、空氣)、小型電動機その他重負荷、連続放電用(バイクロメート)、軌道信號回路その他重負荷間歇放電用(ラーランド、大型ルクランシェ)、塞地用(ラーランド)、燈火及ラヂオ用 A 電池(大型ルクランシェ)、ラヂオ用 B 電池(ルクランシェ、空氣)。

第 3 章 乾 電 池

1. 理 論

a. 基礎化學反應 乾電池はルクランシェ電池の變形である。單に電解液を多孔性物質例へば紙、綿等に吸收せしめ、或は澱粉糊に混入せしめたものである。従てその電極の性質並に放電の化學反應はルクランシェ電池と同様である。(1) 式



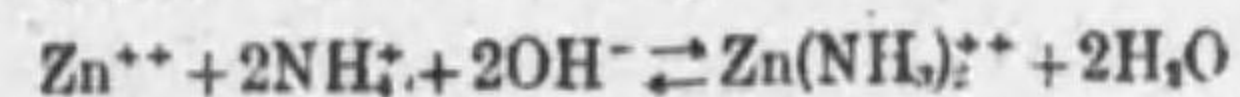
b. 起電力 陽極の變化を、2Zn + 2MnO2 + H2O -> Mn2O3 + 2OH- と看做せば陽極の電位 Ep は、次の式で表される。⁽²⁾

Ep = E_MnO2/Mn2O3 + (RT/2F) log(a_H2O/a_OH-) Ep ... 陽極の單極電位(極->液) R ... ガス定數 T ... 絶對溫度 F ... 電氣化學定數 E_MnO2/Mn2O3 ... a_H2O = a_OH- のときの陽極單極電位 a_H2O, a_OH- ... H2O, OH- の活量(25 編 2 章 4 参照)

R = 8.32 VC/°C (C はクーロム), T = 298°K, F = 96494 C として計算すれば

Ep = E_MnO2/Mn2O3 + (0.059/2) log(a_H2O/a_OH-)

又陰極の變化を、Zn -> Zn++ + 2e- とし、



なる平衡が成立すると看做せば、陰極の電位 En は次の式で表される。

En = E_Zn + (0.059/2) log(a_Zn++) = 定數 + (0.059/2) log(a_Zn(NH4)2++/a_NH4+ a_OH-)

従て電池の起電力 E = (Ep - En) は (2) 式で表される。

E = E° + (0.059/2) log(a_NH4+/a_Zn(NH4)2++ a_OH-)

2. 種類及構造 乾電池は日本電信電話用品標準規格⁽³⁾ では、用途別に分類され一般用、燈火用、ラヂオ用となつてゐる。(第 2 表) 電解液の吸收様式によつて分ければ罐式、糊式及折衷式の 3 種になる。(第 3 表) 尙特殊な型としては使用に際して始めて電解液を注入する所謂注液式がある。乾電池の構造に就ては、第 2 圖に罐式の例を示し、集合様式及寸法の標準を第 2 表中に示してある。又電極、電解液等は下記の通りである。

陽極 C, 陰極 Zn, 電解液 NH4Cl (ZnCl2 を含有す), 減極劑 MnO2 (炭素粒と混和)。



第 2 圖 乾電池の構造

3. 特 性

a. 容 量⁽⁴⁾

(1) 定抵抗放電 定抵抗放電に於ては試験に用ひる抵抗、溫度、終期電壓及放電様式(連続放電なるか又は間歇放電なるか)によつて、そのアムペア時容量は異なる。外に出し得る電氣勢力は I^2RT であるが(I: 平均電流, R: 外部抵抗, T: 放電時間), I の代りに平均電壓 V を入れると I^2RT = (V/R)^2 RT = V^2(T/R) で、その勢力は V による他、(T/R) が大きい程大きい。(T/R) を使用能率⁽⁵⁾ (Service efficiency) と云ふ。使用能率と抵抗との間には第 3 圖及第 4 圖に示す關係がある。即ち第 3 圖は徑約 63 mm, 高さ約 150 mm 丸型電池に就て、終期電壓を色々變へて連続放電した時の使用能率と抵抗との關係を示し、第 4 圖は同型電池に就て終期電壓を 0.8V として間歇放電した時の使用能率と抵抗との關係を示してゐる。但第 4 圖曲線上の數字は 1 時間中に於ける放電時間 (m) である。同

第 2 表 日本電信電話用品標準規格

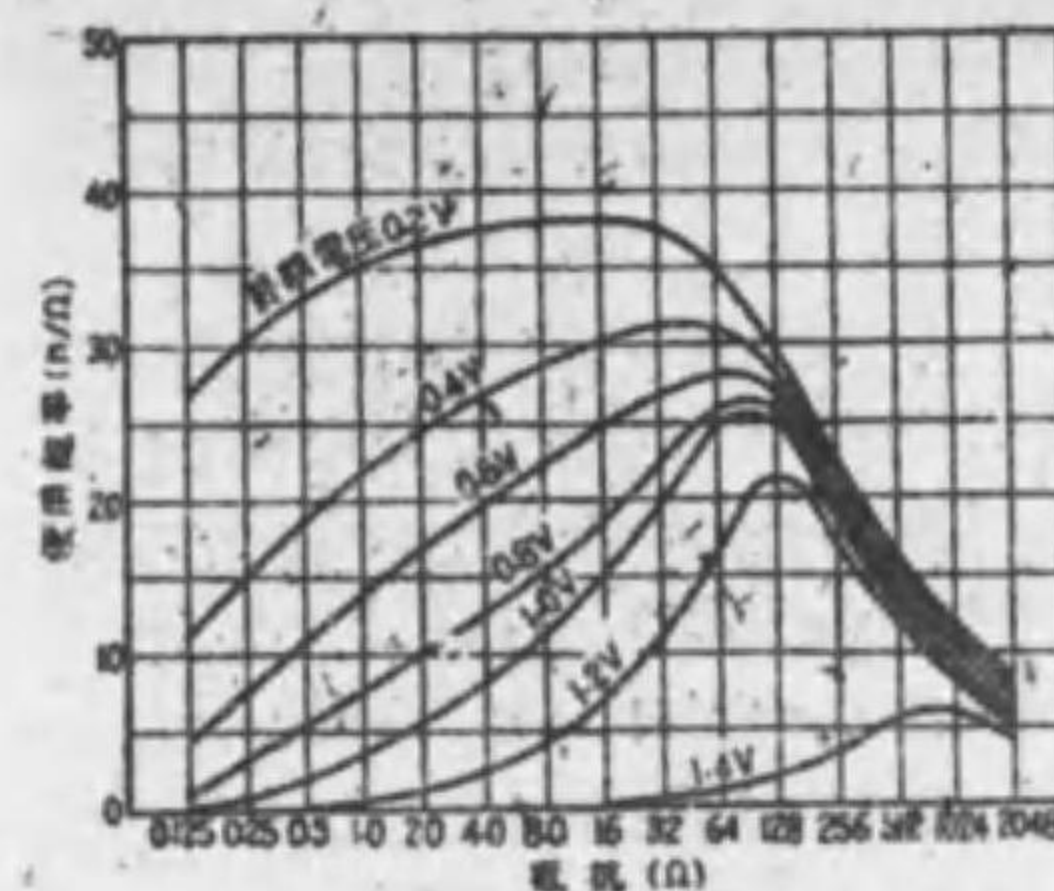
種類	稱呼	寸法 (mm)				端子を含む高さ	起電力 (V)	容量 (Ah)	持続時間 (m)	外部抵抗 (Ω)	放電終期電圧 (V)
		径	幅	長さ	高さ						
一般用乾電池	標準丸型	70	—	—	140	155 以内	1.5	50	—	5	0.75
	標準正角型 1 號	—	70	70	140	155 "	1.5	80	—	5	"
	標準正角型 2 號	—	30	30	80	92 "	1.5	5	—	30	"
	標準平角型 1 號	—	60	120	180	200 "	1.5	100	—	5	"
	標準平角型 2 號	—	30	100	150	165 "	1.5	80	—	5	"
	標準平角型 3 號	—	40	80	120	135 "	1.5	30	—	5	"
標準平角型 4 號	—	30	60	90	102 "	1.5	15	—	10	"	
燈火及ラヂオ用素電池	標準小型 1 號	31	—	—	70	集合様式	1.5	二箇月放置後の起電力 (V)	500	4	"
	標準小型 2 號	31	—	—	57		1.5		350	4	"
	標準小型 3 號	24	—	—	45		1.5		85	4	"
	標準小型 4 號	18	—	—	64		1.5		90	4	"
燈火用乾電池	燈火 1 號	—	35	135	82	No. 1×4	6.0	—	500	16	3.0
	燈火 2 號	—	35	100	82	No. 1×3	4.5	—	500	12	2.25
	燈火 3 號	—	21	58	67	No. 4×3	4.5	—	60	12	2.25
	燈火 4 號	—	21	41	67	No. 4×2	3.0	—	60	8	1.5
ラヂオ用乾電池	ラヂオ B1 號	—	80	210	190	No. 2×30	45	45	700×60	10000	34
	ラヂオ B2 號	—	75	170	115	No. 4×30	45	45	150×60	10000	34
	ラヂオ B3 號	—	80	105	190	No. 2×15	22.5	22.5	700×60	5000	17
	ラヂオ B4 號	—	65	100	70	No. 4×15	22.5	22.5	150×60	5000	17
	ラヂオ C1 號	—	35	130	75	No. 2×4	6.0	6.0	—	—	—
	ラヂオ C2 號	—	35	100	75	No. 2×3	4.5	4.5	—	—	—
ラヂオ C3 號	—	21	64	64	No. 4×3	4.5	4.5	—	—	—	

(備考) 1. 燈火用及ラヂオ用乾電池の如く 2 箇以上の乾電池を結合して 1 箇の高電圧電池を構成した場合、その構成要素たる乾電池 1 箇を素電池と言ふ。
2. 集合様式 No. 2×30 は素電池標準小型 2 號 30 箇を直列に結合した意味である。

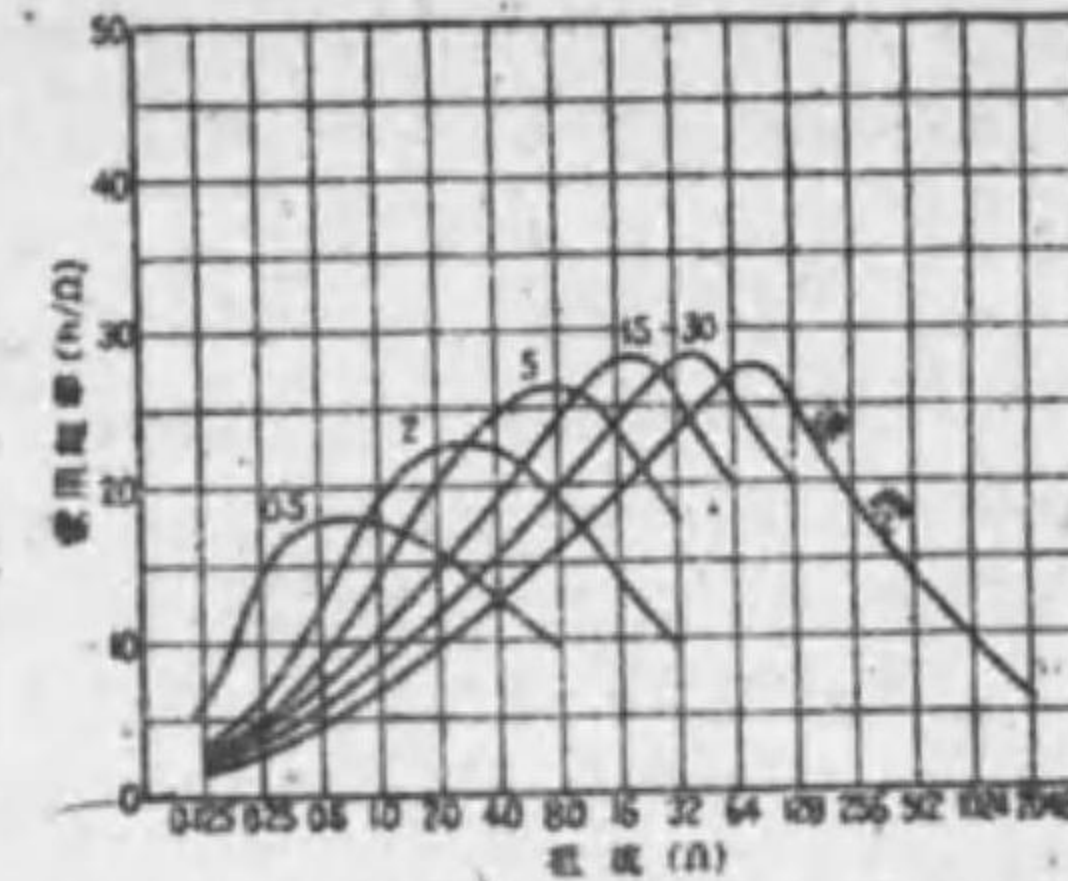
第 3 表 電解液吸収様式による分類

深式	構造	特長	工作
織維式	液を紙又は綿に吸収さす。兩極間隔層及空氣室小。	重負荷の連続又は間歇放電に適する。	大型
糊式	液を濃粘質又は石膏類と混ぜこれを糊状に保つ。兩極間隔層及空氣室大。	重負荷間歇及輕負荷の連続又は間歇放電に適する。	小型
折衷式	兩式を併用し兩極間隔層及空氣室等兩式の中間。	兩式の特長と缺點とを有する。	大型

圖より使用能率の良い抵抗は 64 Ω 附近であることが分る。Zimmerman は終期電壓を 0.75 V とし、放電時間 (T) と抵抗 (R) との間には (3a) 式の、又放電時間 (T) と平均



第 3 圖 乾電池の連続放電に於ける使用能率

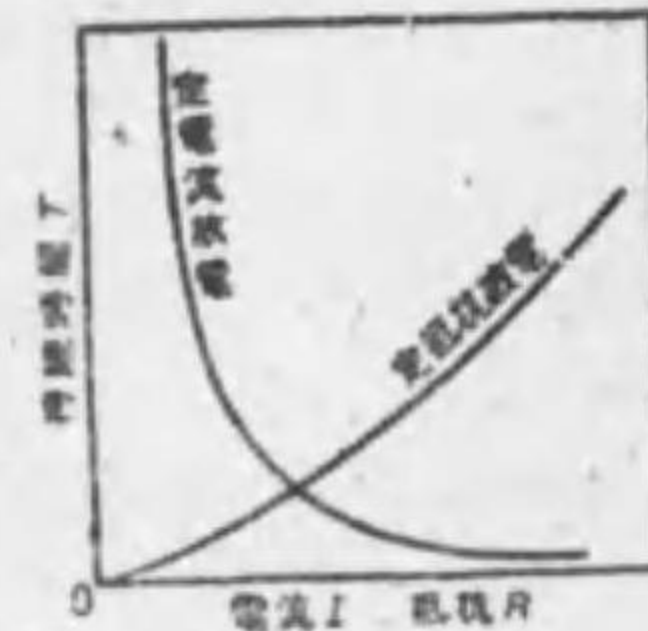


第 4 圖 乾電池の間歇放電に於ける使用能率

電流 (I_{90}) との間には (3b) 式の關係が成立すると述べてゐる。(第 5 圖)

$T/R^{1.5} = \text{定数} \dots (3a); I_{90}^2 \times T = \text{定数} \dots (3b)$

同種同型の電池に就ては、この定数は合劑重量の自乗に比例して増す。合劑重量は全重量の約 50~60% である。尙前掲の日本電信電話用品標準規格による各種乾電池に就て測定した定抵抗連続放電容量の (アムペア時 或は持続時間) は第 4 表の通りで、同表には重量及起電力をも併せ掲げてある。



第 5 圖 乾電池の容量を表すチンメルマンの曲線

(2) 定電流放電 乾電池は電話、電鈴の如く、一般

第 4 表 市販品試験成績

種類	稱呼	重量 (kg)			起電力 (V)			容量 (Ah)			放電持続時間 (h)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
一般用乾電池	標準丸型	1.390	1.290	1.310	1.69	1.57	1.63	61	46	52	302	239	259
	標準正角型 1 號	1.870	1.640	1.760	1.81	1.60	1.65	98	73	87	511	373	428
	標準正角型 2 號	0.206	0.180	0.190	1.71	1.59	1.63	7	5	6	151	104	129
	標準平角型 1 號	3.430	3.080	3.250	1.73	1.58	1.65	206	158	179	1054	776	877
	標準平角型 2 號	1.950	1.760	1.870	1.72	1.60	1.65	107	78	92	547	389	453
	標準平角型 3 號	1.020	0.900	0.970	1.76	1.59	1.66	44	36	40	229	174	198
標準平角型 4 號	0.440	0.390	0.420	1.74	1.59	1.65	19	14	16	202	143	162	
燈火及ラヂオ用素電池	標準小型 1 號	0.119	0.100	0.112	1.70	1.58	1.64	—	—	—	*790	*328	*558
	標準小型 2 號	0.086	0.083	0.091	1.70	1.58	1.63	—	—	—	*542	*192	*360
	標準小型 3 號	0.047	0.040	0.043	1.69	1.57	1.63	—	—	—	*155	*60	*101
	標準小型 4 號	0.033	0.027	0.030	1.63	1.55	1.60	—	—	—	*87	*45	*72
ラヂオ用乾電池	ラヂオ B3 號	2.350	1.690	2.010	25.1	24.1	24.4	—	—	—	1008	620	781
	ラヂオ B4 號	0.707	0.557	0.630	24.6	23.0	23.9	—	—	—	268	111	189

(備考) (1) 本邦主要 7 会社の製品に就て試験した結果で、試験温度は 20°C。
(2) 本試験の抵抗と放電終期電壓とは第 2 表に示した通り。
(3) * 印の放電持続時間の単位は分。

に定抵抗に用ひられたが近來はラヂオの發達と共に定電流放電にも用ひられる。(1)の場合と同様、電流その他によりそのアムペア時容量は異なる。尙この場合には放電時間(T)と電流(I)との間に(4)式の關係が成立する。(第5圖)

I^2 T = 定數 (4)

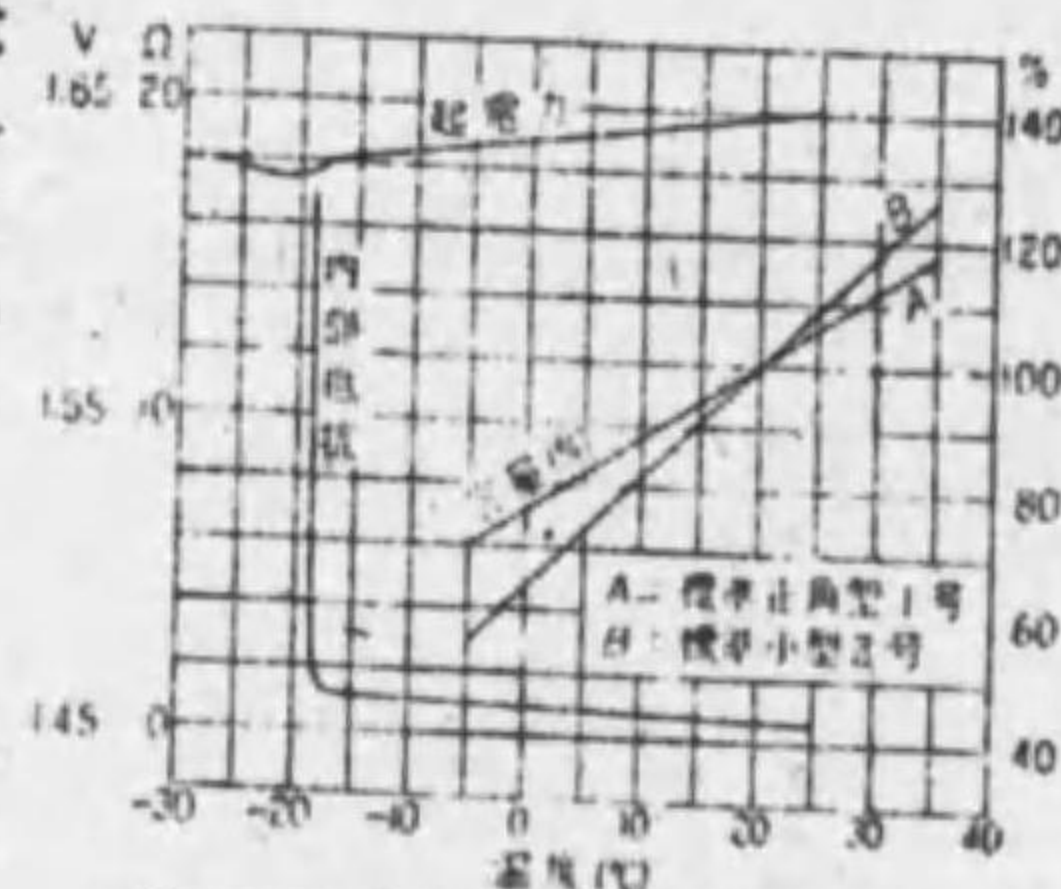
b. 自己放電 乾電池の容量は開路中に於ても減少する、即ち自己放電を免れぬ。但本邦内地では通例 8~12 箇月迄は放置して置いても使用に差支ない。實際の使用は間歇的であるから自己放電量の差異により、その容量は著しく支配される。

c. 温度の影響 温度の上昇に従て容量は増す。その變化の様子は、40°C 迄は直線的で(5)式に據り得るが、それ以上の温度では自己放電の影響が大きく直線的には増さなくなる。

C_t = C_{20} [1 + \alpha(t - 20)] (5)

C_t は t°C に於ける容量(放電持続時間)、C_{20} は 20°C に於ける容量(放電持続時間)、\alpha は容量の温度係數(0.01~0.02)。尙 \alpha は乾電池の型式及放電様式によつて左右され、小型になる程、又高率(大電流)放電になる程大である。

NH_4Cl と水との共融點は約 -16°C で、電解液の水結はこの温度附近で起り、特性に著しい變化が現れる。但實際の電解液は ZnCl_2 を含み、氷結する温度がこれより稍低く(第6圖)、その量を増すと、寒地に於ける乾電池の水結を、成る程度遠避け得る。



第6圖 乾電池の特性に及ぼす温度の影響

4. 試験

a. 試験項目 日本電信電話用品標準規格による各種標準乾電池の試験項目は次の通りである。

一般用乾電池では、起電力及容量。燈火用乾電池では、起電力及持続時間。ラヂオ用 B 電池では、起電力、持続時間及 2 箇月放置後の起電力。ラヂオ用 C 電池では、起電力及 2 箇月放置後の起電力。但各試験を通じ標準温度は 20°C とする。

b. 起電力試験 乾電池はその種別に従ひ下記の抵抗及目盛を備へた電圧計を用ひ、その起電力(開路電壓)を測定する。

- 一般用乾電池の試験には 1V に付抵抗 100 \Omega 以上、1V に付目盛 50 以上のもの
燈火用乾電池(素電池1箇) 100 " " 50 "
燈火用乾電池(素電池2箇以上) 100 " " 10 "
ラヂオ用乾電池(B電池)の試験には抵抗 50 000 " " 1 "
ラヂオ用乾電池(C電池) 5 000 " " 10 "

c. 容量試験及持続時間試験 一般用乾電池は、その種別に従ひ第2表に記載する外部抵抗を通じ、その端子電壓が夫々第2表の値に達する迄連続放電してアムペア時容量を、又燈火用乾電池及ラヂオ用 B 電池は同様にして、その持続時間を決定する。

d. 簡易試験

(1) 定電流放電試験 試験期間を短縮するの必要がある際完全な定抵抗を得難い

場合に用ひる方法である。本試験を大體 4 時間で終了させるやうな放電電流を第5表に示した(終期電壓を 0.75 V として)。

(2) 間歇放電試験 その方法は、一定し難いから、用途に應じ適宜に定める。定抵抗或は定電流放電を間歇的に施行して、アムペア時容量或は持続時間を決定する。

(3) 短絡電流試験 電池 1 箇(4) .01 \Omega の割合(電流計の抵抗を含む)の外部抵抗を通じて短絡したとき流れる電流を測定する。

(4) 放電試験 20°C に近い室に電池を放置し、開路電壓、短絡電流を時々測定し、又一定の期間を置いて容量試験をする。

(5) 耐熱試験 50°C で 1 晝夜以上放置し、液の噴出の有無と變形とを檢する。

(6) 絶縁試験 金屬板上に電池を置き、金屬板と陰極端子との間の絶縁抵抗を 250 V のメーターで測る。

5. 規格 日本電信電話用品標準規格では、標準乾電池(本章2参照)を同規格中の方法(本章4参照)に従て試験した場合、第2表の特性を示すやうに規定されてゐる。

尙上記標準乾電池の 4 時間率定電流放電試験(本章4参照)に於けるアムペア時容量の規格を第5表に示した。

6. 市販品の狀況 乾電池の用途例と本邦での生産高とを第6表に示した。

第5表 標準乾電池の定電流放電に於ける放電電流及規格容量(4時間率)

Table with 4 columns: 種類 (Type), 呼称 (Designation), 放電電流 (A) (Discharge Current), 容量 (Ah) (Capacity). Rows include general use (e.g., 標準丸型, 標準正角型) and lighting/radio use (e.g., 標準小型1號).

第6表 乾電池の用途例及本邦生産高

Table with 5 columns: 種類 (Type), 負荷 (Load), 用途例 (Usage Examples), 生産高 (千圓) (Production High), (%). Rows include general use (e.g., 鐵道プロペラト作動用), lighting use (e.g., 探見燈), and radio use (e.g., B電池, C電池).

(備考) () 内の數字は自轉車用品の値を示す。

第 4 章 鉛二次電池に関する一般的記述

1. 二次電池 2 種の電極を電解液中に浸し、自己の有する化學的勢力を直接に電氣

的勢力として、その電極から外に出す作用を有し、而もその作用が可逆的のものである。即ち二次電池では、電気勢力を外に出す爲に電池の作用物質が化学變化を受けて他の異なる物質になつた後も、逆に外から電気勢力を與へれば、これを舊の状態に戻すことが出来る。(一次電池では出来ぬ。)

電池が電氣的勢力を外に供給するのを放電と言ひ、これを電池が受けるのを充電と言ふ。その特性は別節に譲る。二次電池の中で陽極及陰極の作用物質として夫々過酸化鉛(PbO₂)と、鉛(Pb)とを、又電解液として稀硫酸を用ひたものを鉛二次電池と言ふ。(第7圖)

第 7 表 陽極板の種類と構造の概要

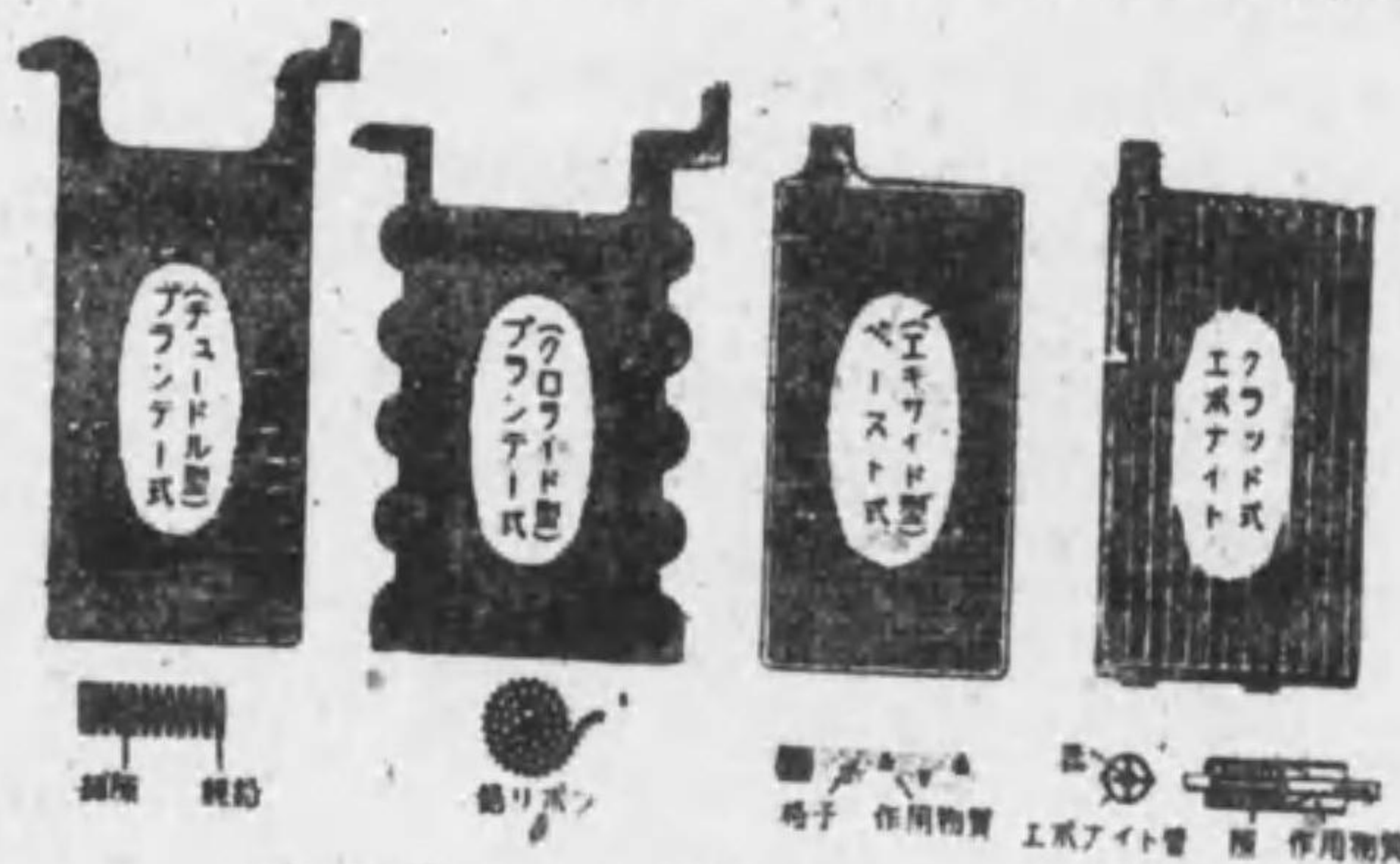


第 7 圖 充放電圖

種類	構造
P式	チ型 純鉛板の内部に多数の細隙を刻み、その表面を電解的に酸化して(化成して) PbO ₂ の薄層を作つたもの
	ク型 鉛-アンチモン合金の板に多数の細かい孔を穿ちその中に満鉄鉛リボンの糊を詰めたるものを装填したもの
ベ-スト式 (フォーム式)	鉛-アンチモン合金の格子に鉛粉又は酸化鉛粉末の「ベ-スト」を填めて乾燥後化成したもの(エキサイド型)
エキサイド式	細隙あるエキサイド管の中心に鉛-アンチモン合金の蓋を通し、前記粉末を填めて化成したもの(化成とは極板製造の際電解的に PbO ₂ , Pb を作ることを)

(備考) P式…アランナー式 チ型…チュードル型
ク型…クロライド型 エキサイド式…エキサイドクラッド式

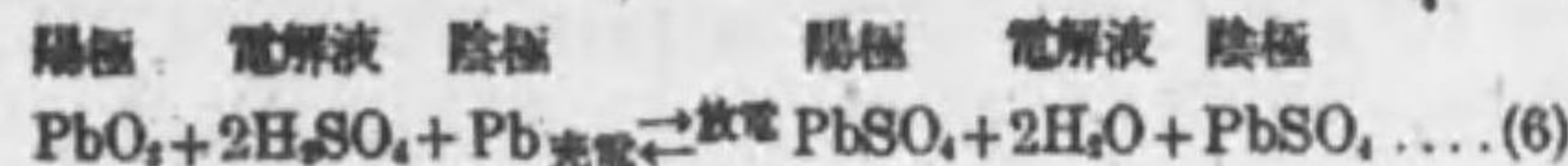
2. 極板の種類 陽極板は第7表に示した3式に大別される。その構造を第8圖に示した。陰極板はベ-スト式のボックス型(ベ-ストを格子に填めて表面に多孔鉛板を張つたもの)とエキサイド型(同型陽極と同じ構造)とあるが現在は後者が主として用ひられる。



第 8 圖 各種陽極板の構造

3. 基礎化学反應 諸説があるが、一般に信じられてゐるのは兩極硫酸鉛説である。
a. 兩極硫酸鉛説 (Gladstone 及 Tribe の説) 放電の際; 2F (96 494 × 2 クーロム = 26.8 × 2 Ah) の電氣量が流れる毎に、陽極では 1 瓦分子 (239 g) の PbO₂ が PbSO₄

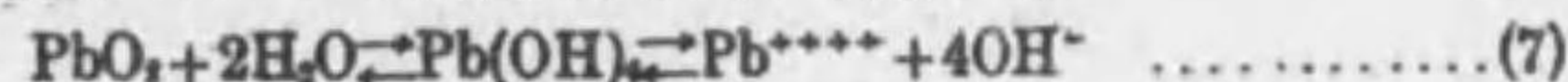
に、陰極では 1 瓦分子 (207 g) の Pb が PbSO₄ に變化し、電解液では 2 瓦分子 (196 g) の H₂SO₄ が消滅して 2 瓦分子 (36 g) の H₂O が生成する。(即ち作用物質内では PbSO₄ が増し、電解液では硫酸分が減つてその比重が低下する。)



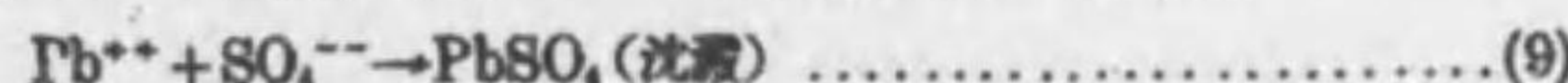
本説が一般に信じられてゐるのは次の理由による。(1) 化学的に製した PbO₂ の硫酸中の単極電位が陽極のものと等しい。(2) 充放電に際し PbO₂, PbSO₄ 及硫酸の生成量が上式に基く計算値と一致する。(3) 前記 (6) 式を基礎として反應熱より計算した起電力の値と實測値とが合致する。(4) 尙兩極に於ける化学反應の機構の説明は Le Blanc 又は Liebenow の假説に依たねばならぬ。

b. イオン説による兩極に於ける化学反應の説明

(1) Le Blanc の假説⁽¹⁾ 陽極-液 の電位差はその周囲を圍繞する Pb⁺⁺⁺⁺ が Pb⁺⁺ にならうとする傾向に起因し、開路では下式で示す平衡が成立してゐると看做す。又下式で明な通り Pb⁺⁺⁺⁺ は陽極自身がこれを供給する。



放電電路が閉ぢられれば、陰極の影響で陽極電位が下り (7), (8) 式の平衡が破れ、反應は右に進む。Pb⁺⁺ の濃度が増し、PbSO₄ の沈澱を生じる。即ち、



陰極-液 の電位差は Pb + 2e⁻ ⇌ Pb⁺⁺ の電位差に起因し、放電電路が閉ぢられれば、陽極の影響で陰極の電位が高まり平衡が破れ、反應が右に進む。以下陽極と同様 (9) 式により PbSO₄ を生成する。充電の際は兩極共この逆である。

(2) Liebenow の假説⁽²⁾ PbO₂⁺⁺ なるイオン存在するものと假定し、陽極-液 の電位差は PbO₂ + 2e⁻ ⇌ PbO₂⁺⁺ の電位差に起因し、放電の際には PbO₂⁺⁺ + 4H⁺ → Pb⁺⁺ + 2H₂O なる變化を先づ起し、次に Pb⁺⁺ + SO₄⁻⁻ → PbSO₄ (沈澱) になると看做す。陰極に就ては Le Blanc の説と同一である。

c. 前説以外の諸説 (1) Darrius,⁽³⁾ (2) Elbs,⁽⁴⁾ (3) Féry,⁽⁵⁾ (4) Riesenfeld 及 Sam⁽⁶⁾ 等は孰れも兩極硫酸鉛説に對し異説を出したが、(1) に對しては Hibbert⁽⁷⁾ 及 Mugdan,⁽⁸⁾ (2) に對しては Nernst,⁽⁹⁾ (3) に對しては Jansau⁽¹⁰⁾ 及龜山,⁽¹¹⁾ (4) に對しては龜山⁽¹²⁾ が夫々その反駁論を出し、反駁論の方を有力と認める者が多い。

4. 起電力 電流が流れてゐない時の兩極間の電位差、即ち開路電壓は電池の起電力に他ならぬ。これは陰極の單極電位と陽極の單極電位との代數的の和である。

a. 起電力を表す式 (1) Le Blanc の説と Nernst の式とより、陽極の單極電位 E_p と陰極の單極電位 E_n と起電力(開路電壓) E とは夫々

$$E_p = E_p^0 + \frac{RT}{2F} \log \frac{[\text{Pb}^{++++}]}{[\text{Pb}^{++}]} \quad (10) \quad R, T, F \text{ に就ては、}$$

$$E_n = E_n^0 + \frac{RT}{2F} \log [\text{Pb}^{++}] \quad (11) \quad \text{本編 3 章 1 b 参照。}$$

[] は濃度を示す。

$$E = E_p - E_n = E_p^0 - E_n^0 + \frac{RT}{2F} \log \frac{[\text{Pb}^{++++}]}{[\text{Pb}^{++}]^2} \quad (12)$$

硫酸の濃度が増せば [OH⁻] が減少し, [Pb⁺⁺⁺⁺] が増加する。又 [SO₄⁻] が増加し, [Pb⁺⁺] が減少する。従て E₁ は高く, E₂ は低くなる。故に E は高くなる。(第 10 圖参照)

Vihal⁽²⁾ は E₁⁰ 及 E₂⁰ に夫々 2.03 V 及 0.16 V を與へてゐる。R=8.32 VC/°C (C はグー-ム A), T=291°K, F=96,484 C として (12) 式に数値を入れると

$$E = 1.87 + 0.029 \log_{10} \frac{[Pb^{++++}]}{[Pb^{++}]}$$

(これ等の式には活量の考へが入つて居ない。)

(2) Liebenow の説を Nernst の式に當て嵌めると

$$E = \frac{RT}{2F} \log_{10} \frac{C_1 \cdot C_2}{[Pb^{++}] \cdot [PbO_2]}$$

C₁... PbO₂ の電解液
C₂... Pb の電解液

(3) 龜山は硫酸の活量 (Activity) で起電力を表した。⁽²⁷⁾

$$E = 2.0176 + 0.05915 \log_{10} \frac{a_{H_2SO_4}}{a_{H_2O}}$$

a_{H₂SO₄}... 電解液中の H₂SO₄ の活量
a_{H₂O}... 電解液中の H₂O の活量

(4) 熱力學第 2 法則から導出した Gibbs-Helmholtz の式

$$E = \frac{Q}{2 \times 23063} + T \frac{dE}{dT}$$

(25 編 2 章 5 参照)

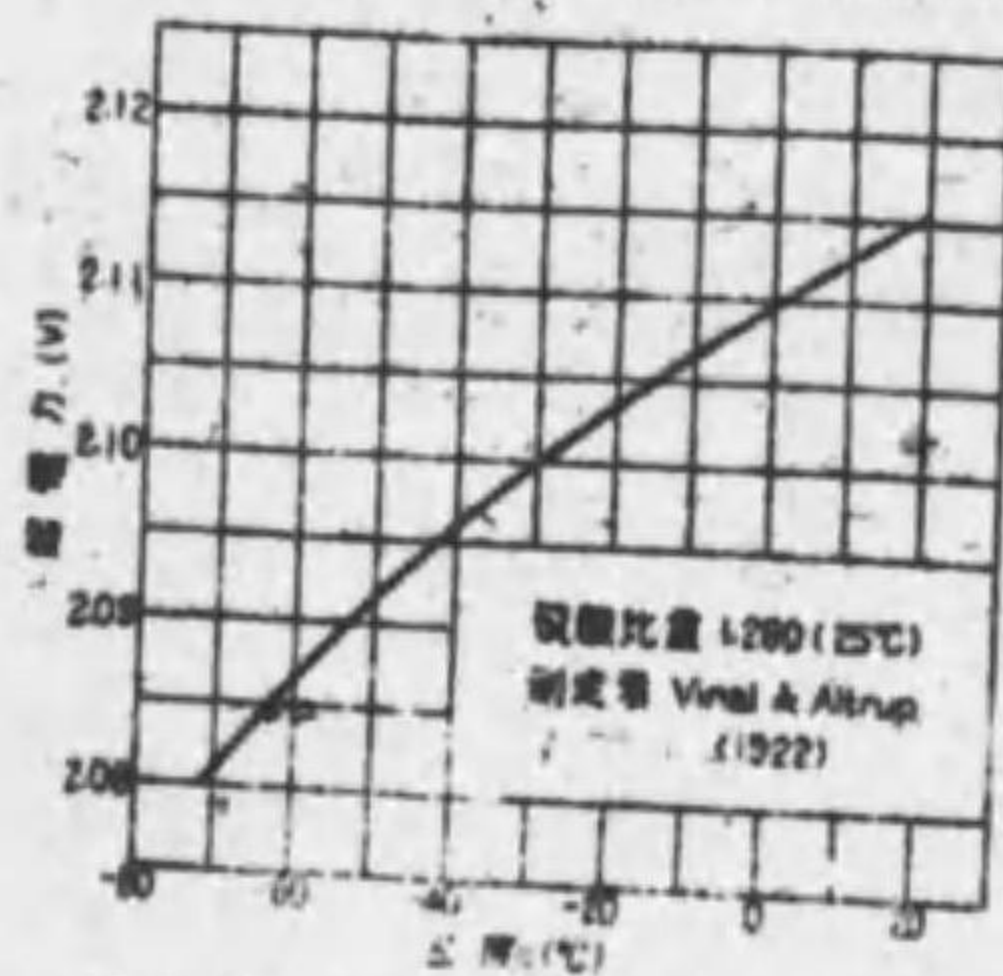
E... 起電力 (V), T... 絕對溫度 (°K), dE/dT... 起電力の溫度係數 (V/°C), Q... (6) 式の変化が不可逆的に起つた時の反應熱 (cal)

で鉛二次電池の起電力を算出する事が出来る。第 8 表に Dolezalek⁽²⁸⁾ 龜山⁽²⁹⁾ によつて

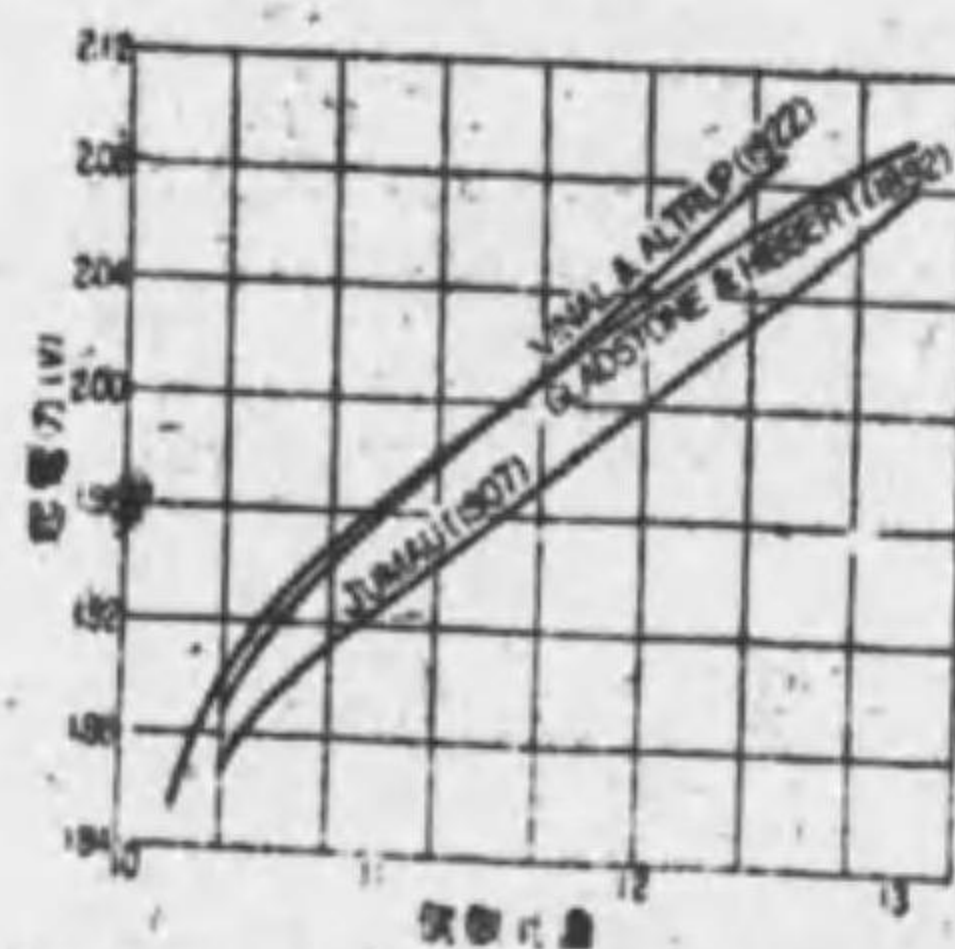
第 8 表 起電力 (E) の計算値と實測値^{(28), (29)}

比 重 (15°/4°)	濃 度 (莫分子/kg 水)	Q(cal)	dE/dT (V/°C)	E (計算値)		差 (mV)
				(V)	(實測値) (V)	
龜 山	1.0380	84542	+1.4	1.8737	↑ 1.8977	-24.0
	1.1150	86553	+2.8	1.9590	1.9465	+12.5
	1.1849	88608	+2.8	2.0046	2.0372	-32.6
	1.2540	92257	+2.8	2.0826	2.0946	-12.6
D ²⁸	1.044	87700	0	1.90	1.89~1.90	10~00
	1.15	87200	+4	2.01	1.99~2.01	20~00

* D... Dolezalek の略 ↑ Thibaut の實測値 ↓ Dolezalek の實測値



第 9 圖 起電力と溫度 (開路電壓)



第 10 圖 起電力と硫酸比重 (開路電壓)

計算された E の値と, その計算に用ひられた Q, dE/dT の値と, それ等の報文に引用された E の實測値とを掲げた。

b. 起電力と溫度, 起電力と硫酸比重 起電力は溫度の上昇に伴ひ又硫酸比重の増加に伴つて高まる。これ等の關係を夫々第 9 圖⁽²⁹⁾と第 10 圖⁽²⁸⁾とに示した。又第 9 表に

第 9 表 起電力と硫酸比重⁽²⁹⁾

比 重 (15°/4°)	1°C に於ける起電力 (V)				
	PbO ₂ -Pb	PbO ₂ -H ₂	Pb-H ₂	PbO ₂ -Cd	Pb-Cd
1.033	1.879	1.610	-0.269	2.110	0.231
1.034	1.890	1.617	-0.282	2.117	0.218
1.141	1.971	1.654	-0.317	2.154	0.183
1.192	2.021	1.682	-0.339	2.182	0.161
1.428	2.227	1.801	-0.426	2.301	0.073

5. 内部抵抗

a. 要素 電池の内部抵抗は主に, (1) 極板, (2) 電解液, (3) 隔離板, の抵抗より成る。第 10 表は充電状態に於ける夫々の相對値の大概を示したもの。

第 10 表 内部抵抗の分布

容 量 (Ah)	極 板		電 解 液		木製隔離板		合 計
	(Ω)	(%)	(Ω)	(%)	(Ω)	(%)	
	× 10 ⁻⁴		× 10 ⁻⁴		× 10 ⁻⁴		× 10 ⁻⁴
80	2.11	17.8	7.37	62.2	3.57	20	11.85
100	2.33	32	3.72	51	1.19	17	7.24
16000	0.08	87	0.04	29	0.02	14	0.14

b. 内部抵抗の變化 本章 6 b の理由により, 放電の進むにつれて内部抵抗は増加し (全放電後は放電前の約 160~220%), 充電の進むにつれて減少する。

c. 内部抵抗の値 極板の厚さ, 電解液の量, 隔離板等によつて違ふが, 強ひて標準を示せばプランター式もペースト式も, その値は大概第 11 表に示す範囲にある。

第 11 表 電池内部抵抗の概略の値

容 量 (Ah)	内部抵抗 (Ω)
1-3	× 10 ⁻² 1~4
10	0.5~1
50	0.25~0.8
100	0.10~0.65
1000	0.02~0.07
5000	0.006~0.02
10000	0.0035~0.008
15000	0.001~0.003

6. 放電の特性

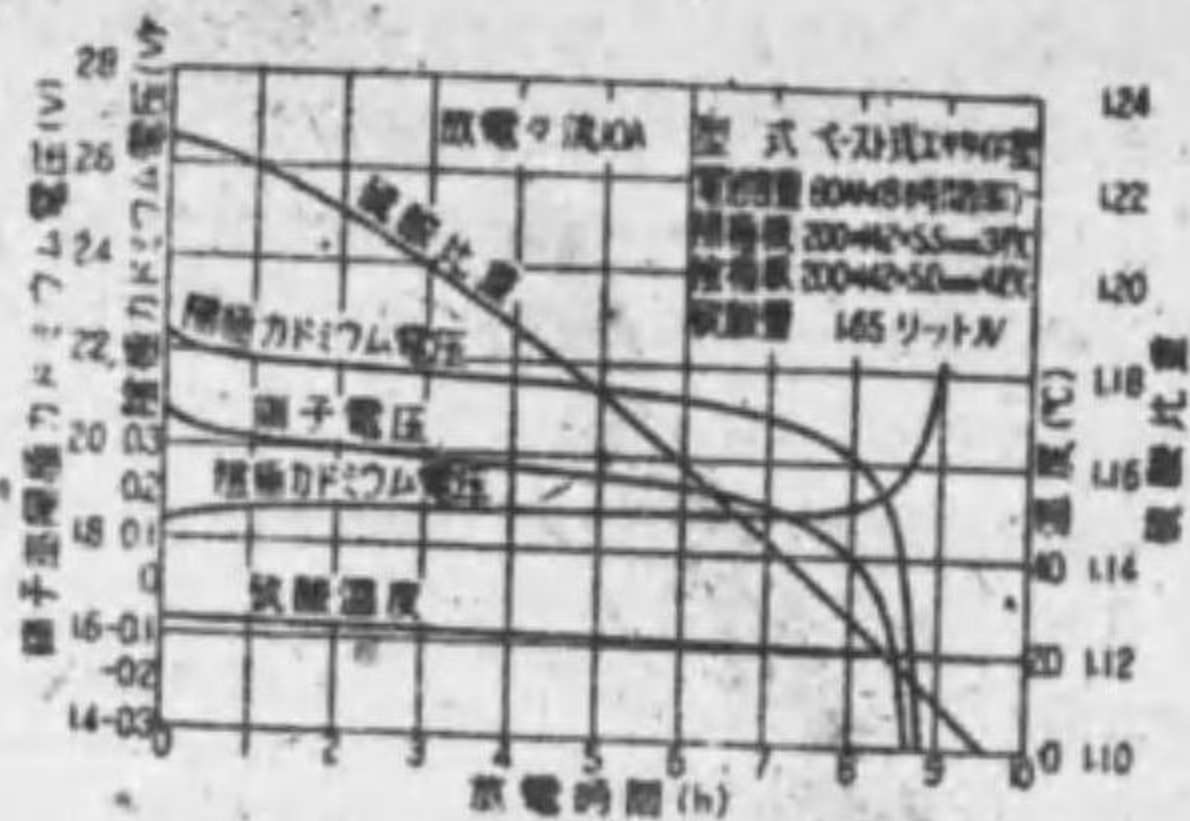
a. 放電率 電流の大小により放電を持続し得る時間に長短を生じる。今 x 時間だけ放電を持続し得るやうな電流で放電する時, その放電を x 時間率放電と言ひ, 放電率 (又は放電時間率) は x 時間率なりと言ふ。又その電流を x 時間率の電流と言ふ。

b. 電壓變化の概況 放電開始後數分間は急激に, その後は徐々になる。現有容量に近い放電が行はれた後は再び急降し終に零となる。(第 11 圖) 電壓降下の原因は, (1) 内部抵抗の増大と (2) 起電力の低下とである。(1) を招來するのは放電と共に次記の (イ), (ロ) が起るに因り, (2) を招來するのは (ハ), (ニ) に因る。

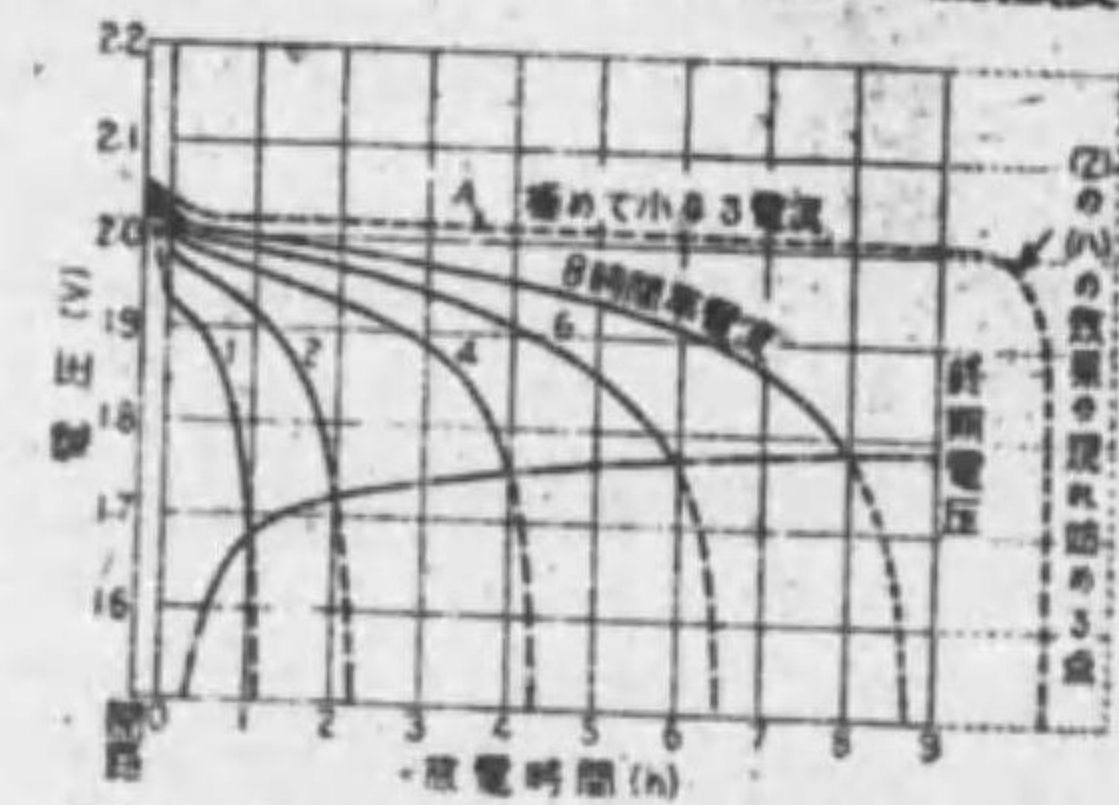
(イ) PbO_2 , Pb が導電性の悪い $PbSO_4$ に變る爲に極板の抵抗が増す。(本章 3 a 参照) (ロ) 硫酸濃度が減じ、電解液抵抗が増す。(本章 3 a 参照) (ハ) $PbSO_4$ の生成に伴ひ、極板の PbO_2 , Pb より成る面は漸次減り、 $PbSO_4$ より成る面は増す。電流は常に PbO_2 , Pb の面から出入するからそれ等より成る面が減ると電流密度は増す(極板電流一定)。その程度が甚しくなると PbO_2 (或は Pb) 硫酸の電位差は小さくなる。(理由省略) (ニ) 極板内部の硫酸濃度が低下する。(本章 3 参照) その爲陽極電位は低まり陰極電位は高まる。(本章 (10) 式, (11) 式) その結果起電力は低くなる。(第 10 圖) 尙放電末期に $PbSO_4$ が極板面の細孔を狭めると、硫酸の擴散を甚しく妨げ、極板内の硫酸濃度低下は一層甚しくなる。

放電特性曲線の形状は放電電流の大小に依て異なる。(第 12 圖) それは主として前記 (ニ) と (ハ) との効果が強弱の度合を異にして現れるからである。即ち、緩放電の場合は硫酸消費の速さが小さいので、(ニ) の効果は餘り現れぬが、(ハ) の効果が放電の終りに急に顯著になつて電圧曲線が急降する。又急放電の場合は硫酸消費の速さが大きいので、(ニ) の効果が初期から漸増的に現れて電圧曲線が漸次的に下り、(ハ) の効果が強く現れぬ以前に放電終期電圧(本節 c 参照)に達する。第 13 圖(ニ)に 3 時間率で放電した時の模様を示した。(3 時間率は緩放電と急放電との中間と看做し得る。) 第 12 圖と第 13 圖との曲線は電池の型(極板の厚さ、電解液量等)が變ればその位置と形とが多少變つて来るがその趨勢は變らない。

c. 放電終期電壓 放電は電池の電圧が或る規定の値迄降下した時止める。その電圧を放電終期電圧と言ふ。終期電圧を定めるには放電末期に電圧が急降し始める點、或は兩極電圧が初期電壓(放電を開始した時示す電圧)の 90% 近く迄降下した點を選ぶ。それ以上放電してもそれ以後に利用し得る電氣量は極めて少いし、又電圧の甚しい低下は負荷の都合上許されぬからである。第 12 表に現今多く用ひられてゐる値を掲げた。併し A ムベア時容量の決定以外にはその



第 11 圖 放電特性曲線



第 12 圖 種々の時間率の放電特性曲線



第 13 圖 放電中の電圧降下の分解

値を厳守する必要はない。(本編 9 章 3 b 参照)

d. 放電初期電壓 初期電壓は主に電流の大きさと内部抵抗とで定まり、開路電圧との差は凡そ 0.02 (10~7 時間率), 0.05 (5 時間率), 0.1 (1 時間率), 0.2 V (15 分間率) で、主として内部抵抗に因る電圧降下である。(本章 12 g 参照)

e. 放電平均電壓 平均電壓は極板の厚さ、内部抵抗の大小、硫酸量の多少等によつて異なる。又終期電圧の定め方によつても異なるが、8 時間率以下の緩放電ではその影響小さく、2 時間率以上の急放電では大きい。第 12 表に終期電圧と共に平均電圧を掲げた。

f. 初期、平均、終期電壓の變動範圍 終期電圧は内部の構造、用途等で異なる。又各製造所の指定も一樣でない。高放電率では特にその範圍が廣い。然し本邦のものは略第 14 圖に示した領域に収まる。初期及平均電圧も亦第 14 圖に示した領域の中にある。初期、平均、終期共ブランテ式では同圖に示した領域の上邊の値に近く、ベネ式では全領域に跨る。第 12 表の平均電圧の値は種々の型に就ての平均である。

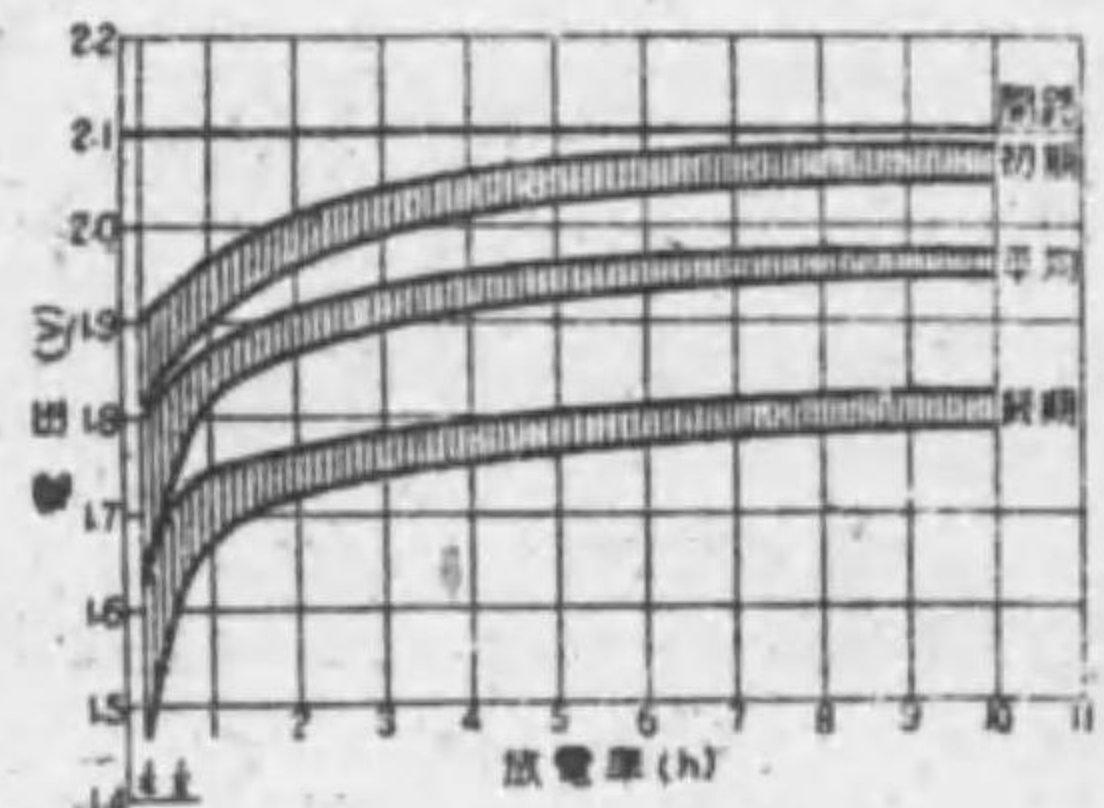
g. 放電の斷續による電壓變化 放電を停止した時、極板内部に硫酸が擴散するに伴ひ電圧は對數曲線的に上昇して一定の値になる。その値はその時の硫酸比重で定まり、極板内の $PbSO_4$ の量とは無關係である。(本編 9 章 2 f と對照) 急放電を中絶した時は回復が一層急激である。電流を急に増減した時にも亦中絶した時と同様な現象がある。第 15 圖に電流(10 時間率)を斷續した場合の電圧變化を示した。第 16 圖に示すやうに放電状態が進むと電圧昇降の度合が甚しくなる。これは極板内部の抵抗が増すのと、作用物質の細孔が狭められるのによる。(本節 b(イ), (ニ) 参照) 第 15 圖、第 16 圖は加減壓機設計の資料として用ひられる。

h. 比重 放電量に比例して直線的に下る。但下り方は電解液量の多寡による。
i. 温度 放電で取り出される電氣量に比例して電池内で熱が消費される。そのみならず温度は下るべきだが、その吸熱と内部抵抗による發熱とで、電池温度の變化が定ま

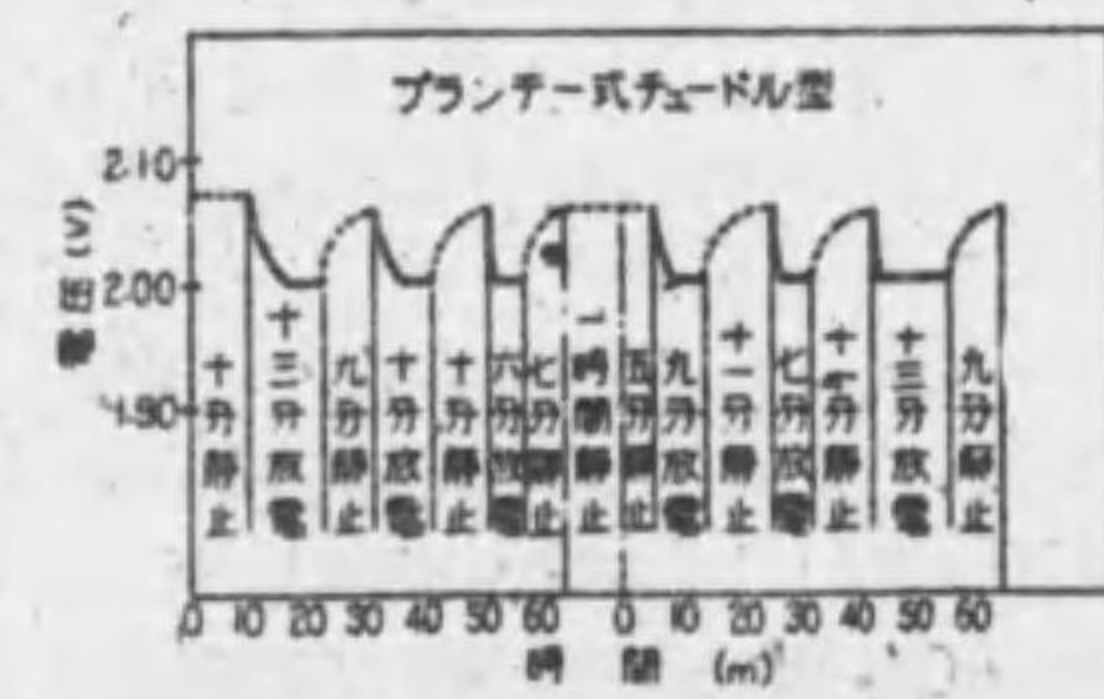
第 12 表 放電電壓

放電率 (時)	放電平均電壓 (V)		放電終期電壓 (V)	
	ブ式	ベ式	ブ式	ベ式
10	1.97	1.97	1.83	1.79
5	1.94	1.95	1.80	1.76
3	1.91	1.96	1.78	1.74
1	1.87	1.84	1.75	1.68
1/2	1.83	1.75	1.70	1.59
1/4	1.80	1.62	1.65	1.47

(備考) ブ式……ブランテ式 ベ式……ベネ式



第 14 圖 放電端子電壓



第 15 圖 放電電流の斷續による端子電壓の變化

る。吸熱量は電流に比例し発熱量はその自乗に比例するから放電電流が大きい程温度が昇る。実際には5時間率以下の緩放電では殆ど温度の變化なく、それ以上の急放電になれば温度が昇る。(通例1時間率では1~3°C)

7. 容量

a. アムペア時及ワット時容量

電池が完全充電状態から、端子電圧が規定の終期電圧に下降する迄、出し得る電氣量(∑i·dt)及電力量(∑e·i·dt)をその容量とす。前者をアムペア時容量、後者をワット時容量とす。

b. 電池の固有容量を定める要素

電池の固有容量は大體下記要素によつて定まる。(1)極板の寸法及形状、(2)作用物質の量及性質、(3)電解液の濃度及量、(4)隔離板の材質、形状、寸法、(5)組立構造。

c. 容量と放電電流 放電電流が大きくなると容量は低下する。(第17圖)兩者の關係を示す爲に次の諸式がある。

Peukert⁽²⁰⁾ の式 $C = m/I^n$
 $I^n T = K$
($\beta = n - 1, n = 1.3 \sim 1.7$)

Schröder⁽²¹⁾ の式 $C = m/I^\beta$

Liebenow⁽²²⁾ の式 $C = m/(1 + aI)$

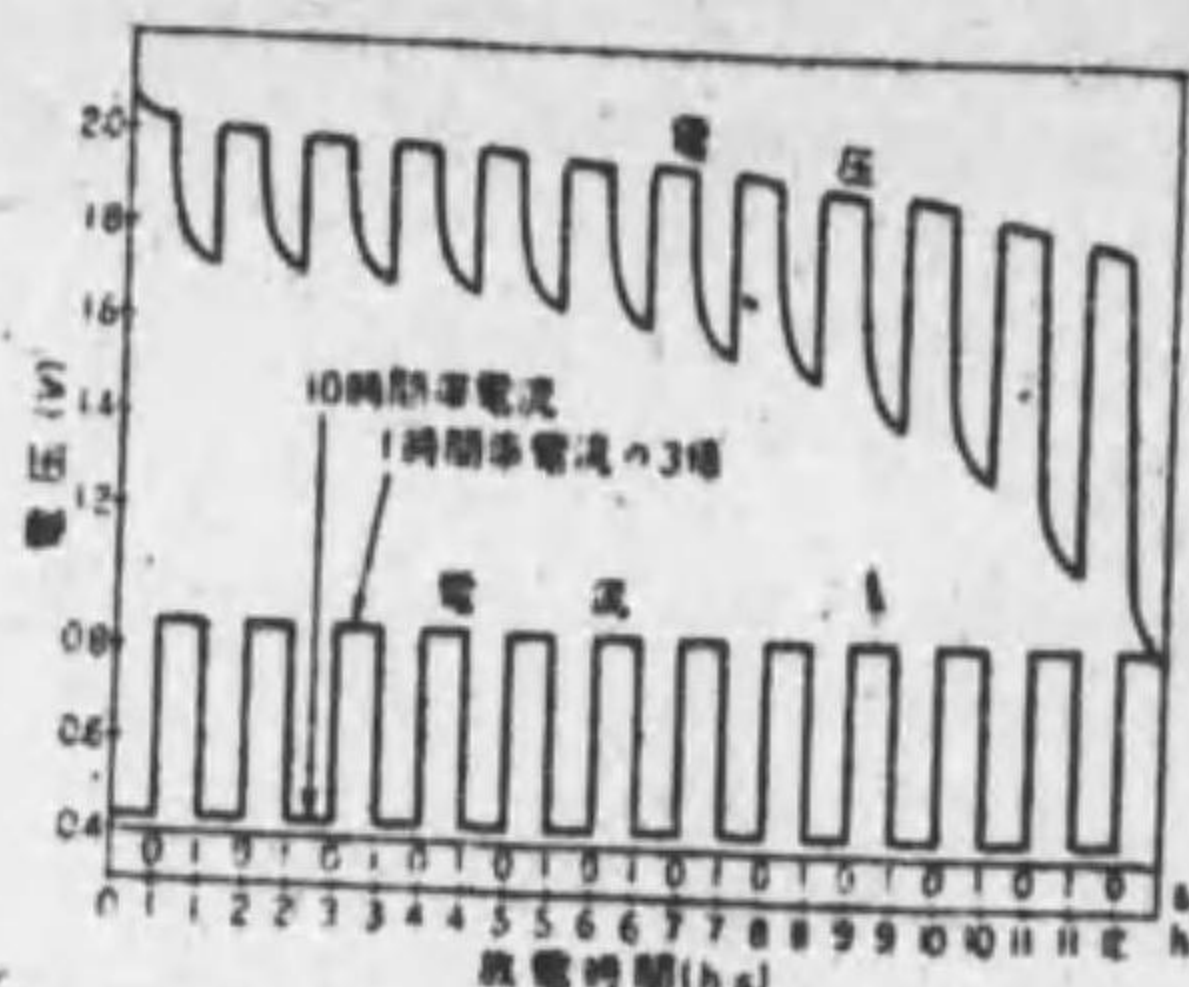
木村⁽²³⁾ の式 $C = Ae^{-aI} + Be^{-bI}$

C...容量(Ah), I...電流(A), T...時間(h)

m, n, K, a, A, B, α, β...定數。

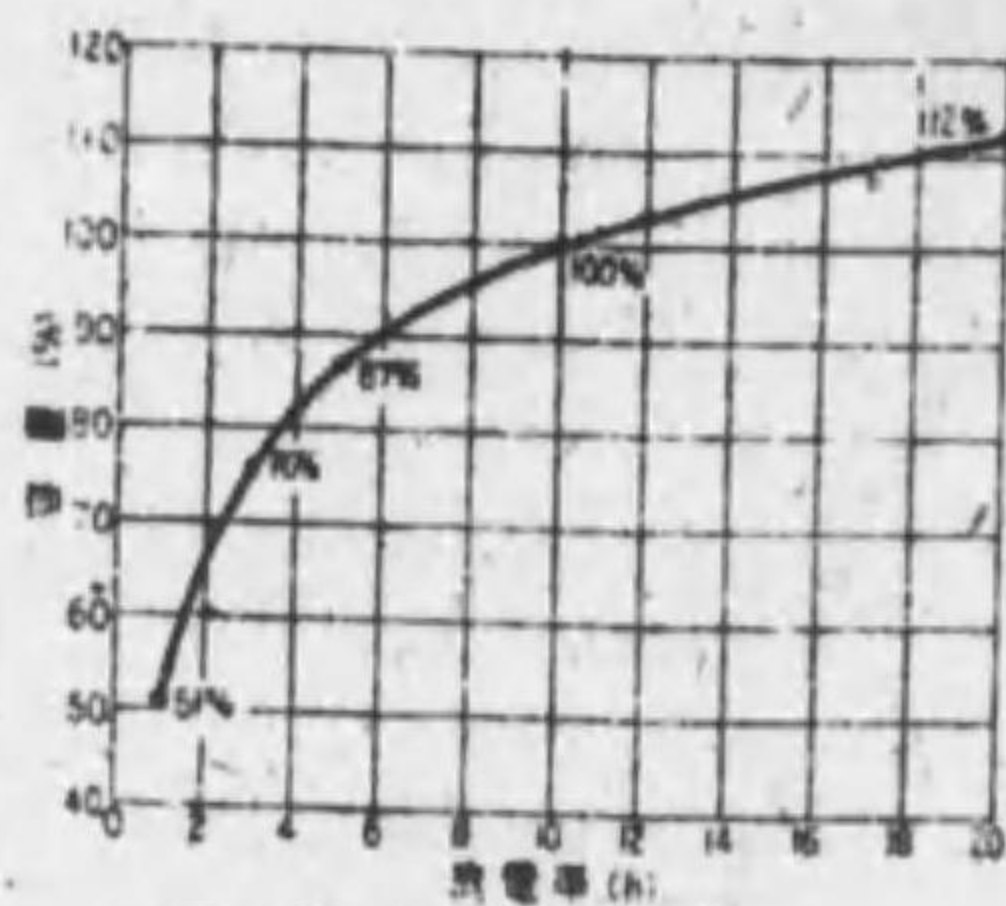
これ等の中で Peukert の式は定數が少く且實驗値と割合によく符合し、適用性が廣い。

d. 餘剰容量 放電の終期に放電電流を下げると更に容量が延びる。即ち比較的大きい電流で放電し遊した電池でも電流を小さくすると更に使用する事が出来る。電流低下後に放電し得る容量を餘剰容量と言ふ。餘剰容量は種々の條件に左右されるのでこれを表す一般式は求め難い。

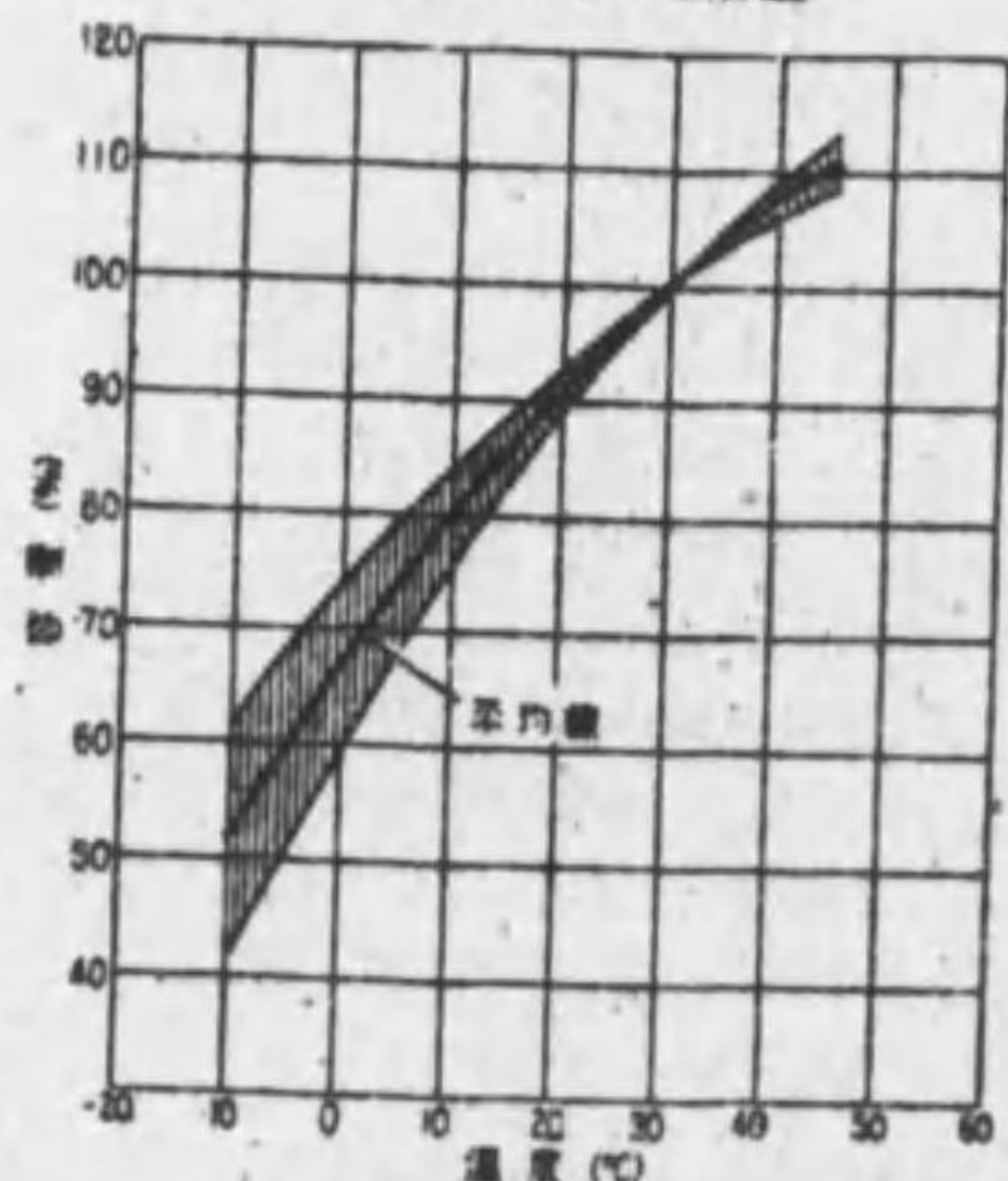


(備考) 10時間率の一定電流にて放電中1時間毎に1時間率の3倍にて1秒間放電。

第16圖 放電電流の増減による端子電圧の變化



第17圖 放電率と容量



第18圖 温度と容量

e. 容量と温度 容量と温度との關係を第18圖に示した。同圖は30°Cの容量を100%としたもの。電池により多少異なるが、通例同圖に示した領域内に収まる。又この關係を與へる實驗式としては下記のものがある。

第13表 Kの値

Liebenow⁽²²⁾ の式 $T = A + Bt$
中村⁽²⁴⁾ の式 $T = A(a - e^{-at})$
花村⁽²⁵⁾ の式 $T = a + bt - ct^n$

T...放電時間
t...温度
A, B, a, b, c,
α, n...定數

放電率(時)	K
20	0.0065
10	0.007
5	0.008
3	0.009
1	0.011

Liebenow の式を用ひて任意温度 t°C の容量 C_t を標準温度 t'^oC の容量 C_{t'} に換算する事が出来る。即ち

$C_t = C_{t'} [1 + K(t - t')] \dots (13)$

温度係數 K は電池によつて異なるが第13表の値を普通用ひて差支ない。

f. 容量と壓力 電池を高氣壓下、又は低氣壓下で放電すると1氣壓の下に於けるよりその容量が大きく、80氣壓では1氣壓より最大44.7%、又10mm(水銀)壓では9.2%増加するとの事⁽²⁶⁾であるが同様な結果を示した文獻の數は未だ少い。

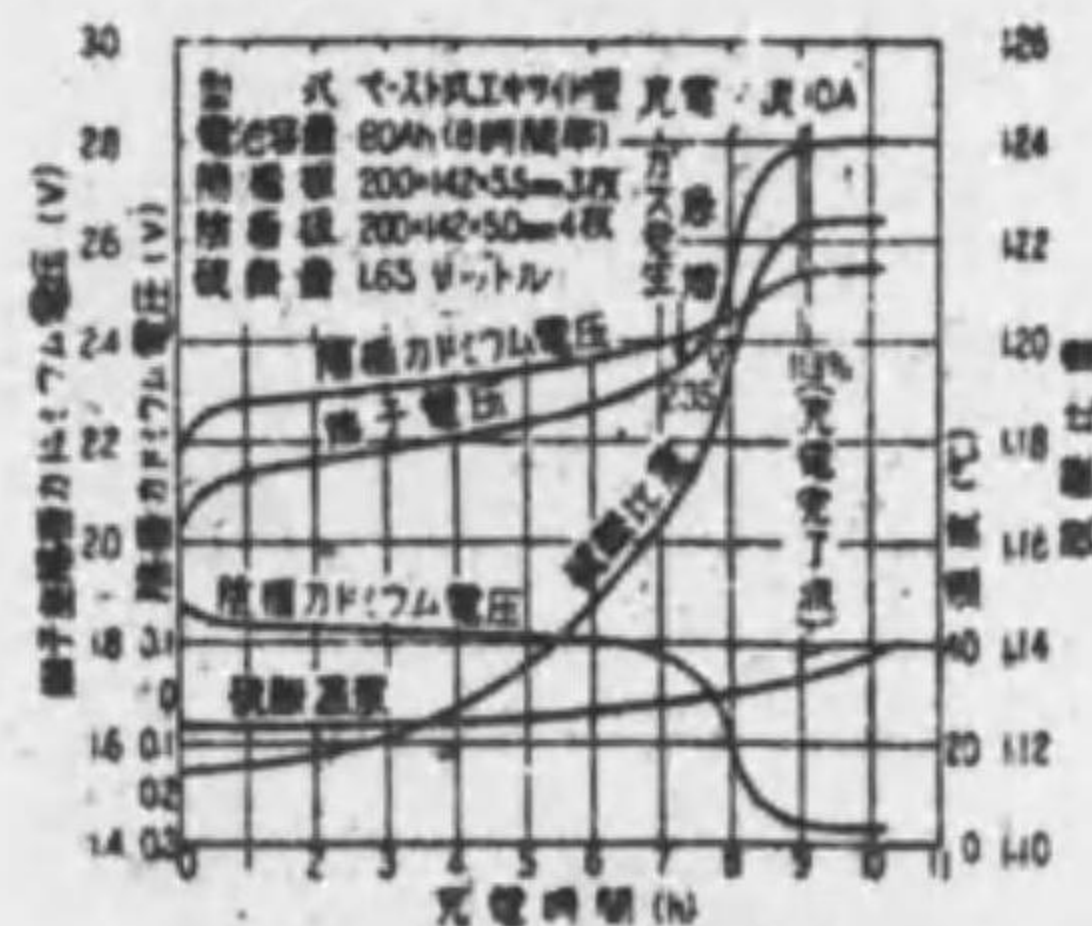
g. 容量と極板の電流分布 極板面に於ける電流分布は一様でない。⁽²⁷⁾ 端子に近い部分の密度が大きい。その偏りは放電初期程甚しい。高さ77.5cmの極板を平均0.6A/dm²の電流密度で放電すると1/4時間目では、底部0.3A/dm² 頂部1.0A/dm²で、4時間目では、底部0.54A/dm² 頂部0.74A/dm²であつた。尙この事實から極板の各部がその容量に寄與する割合は一様でない事が判る。高率放電ではその差が一層甚しい。第30圖及第32圖の數字は各部分の平均値と看做すべきものである。

h. 容量と作用物質の性質(多孔度) 作用物質の多孔度は極板のアムペア時容量を定める主要要素である。ペースト式極板で、ペーストを充填すべき場所の容積をV₀、ペースト自身の容積をV₁とすると、(V₀ - V₁)/V₀ × 100% を以て多孔度を表す。多孔度は陽極板では52~63%、陰極板では57~63%の範圍にある。又たとひ多孔度が同じでも充填される粉の性質、混和物の種類及量等でも容量は異なる。(本編6章2参照)

8. 充電の特性

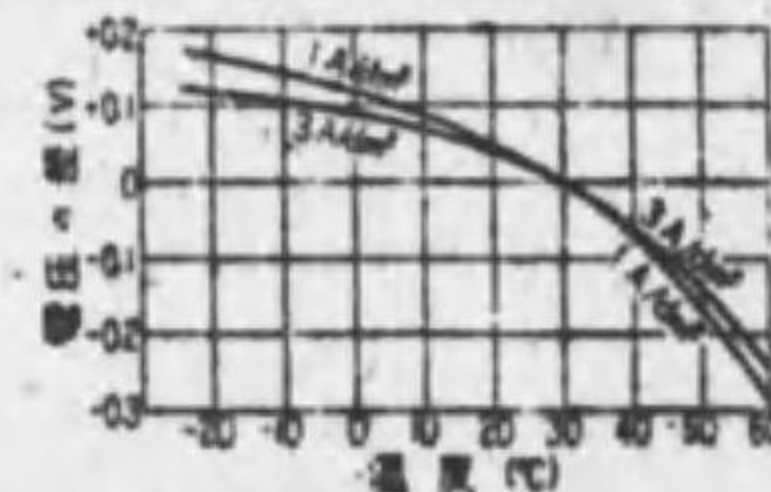
a. 端子電壓 2.4V附近迄は徐々に上昇し、その後は陽極から酸素、陰極から水素を發生しながら急激に上昇して、2.75~2.95Vに達する(充電電流=10時間率放電電流の時)。

その後は略一定し尙充電を続けると稍下降する傾向がある。(第19圖) この最高値は充電電流の大きい程、又温度が低い程高い。(第20圖)これは主に陰極板の水素過電壓が大きくなる



(備考) %は放電量(Ah)との比率

第19圖 充電特性曲線



第20圖 温度と充電終期電壓 (30°Cの場合を標準とする)

に因る。尙陰極作用物質面に Cu, Sb のやうな低水素過電壓の金属があると終期電圧が低くなる。その他極板の多孔度, 細孔の形状等によつても異なる。

b. 比重 理論的には直線的に上昇する筈であるが, 常に電解液の上部で測定するから初めは極めて徐々に, ガスが發生し液が攪拌されると急に上昇する。

c. 温度 放電の時と同一電流でも, 充電の時の方が温度上昇が劇しい。殊に充電終期に酸素及水素ガスが出る頃には發熱量が増加する爲, 更に劇しくなる。

9. 能率 放電電氣量(普通, 放電量と言ふ)に對する充電電氣量(充電量)の比をアムペア時能率と云ふ。又その電力量の比をワット時能率と云ふ。(本章 7 a 参照)

$$\text{アムペア時能率} = \frac{\text{アムペア時(放電)} \times 100}{\text{アムペア時(充電)}} \% \quad \text{ワット時能率} = \frac{\text{ワット時(放電)} \times 100}{\text{ワット時(充電)}} \%$$

能率は電流, 温度, 終期電壓及電池の古さによつて變るが, アムペア時能率は普通 87~93%, 又ワット時能率は 71~79% である。

10. 壽命 電池の壽命は使用状況, 即ち充放電電流の大きさ, 放電程度の深さ, 休止時間の長さ, 温度等によつて著しく長短がある。殊にランタニウム式陽極はこれ等の影響を受け易い。従て壽命を測るに年月を以てするのは適切でない, 併し強ひて標準を示せば内燃機(自動車)起動用のベースト式の薄板極板のものは 0.6~1.5 年, 電氣車動力用のベースト式は 1~2 年, 据置用ランタニウム式は 5~7 年, エポナイトクラッド式は 3~4 年である。その他總放電量(使用開始後容量が規格の 90% 内外に落ちる迄に放電したアムペア時の總計)を以て示す方法もあるが, 積算電流計を具へぬ限り實際には行はれ難い。但年月を言ふよりは遙に合理的である。壽命試験では(本章 12 c 参照)充放電を規則的に繰返し得るから充放電回数(サイクル)を以ても言ひ表せる, 又總放電量も判る。第 14 表の値は本章 12 c の方法によつた試験の結果で, 普通市販のものは同表の範囲にある。試験の際の總放電量と實際の總放電量とは一般に一致せぬが, 試験の温度を實際の場合に似せれば, 實際の耐久年月と試験の總放電量, 又はサイクル数とは略比例する。

11. 自己放電 休止状態にある時でも種々な原因により電池はその作用物質の一部

第 14 表 壽命(容量が規格の 90% に減退する迄の充放電回数)

極 別	型 式 及 用 途	極 板 の 厚 さ (mm)	放 電 率 (h)	壽 命	
				充 放 電 回 数 (サイクル)	1 dm ³ 當りの總 放 電 量 (Ah)
陽 極	ランタニウム式(据置用)	10	5	1000~1500	6000~9000
	エキサイド型厚型	5	5	300~400	1400~2800
	エキサイド型薄型	1.9	5	150~250	415~680
	エポナイトクラッド式	11	5	1000~1500	4500~7000
陰 極	ボックス型(据置用)	8	5	1500~2000	9000~12000
	エキサイド型厚型	5	5	300~1000	1650~5500
	エキサイド型薄型	1.9	5	200~300	600~900

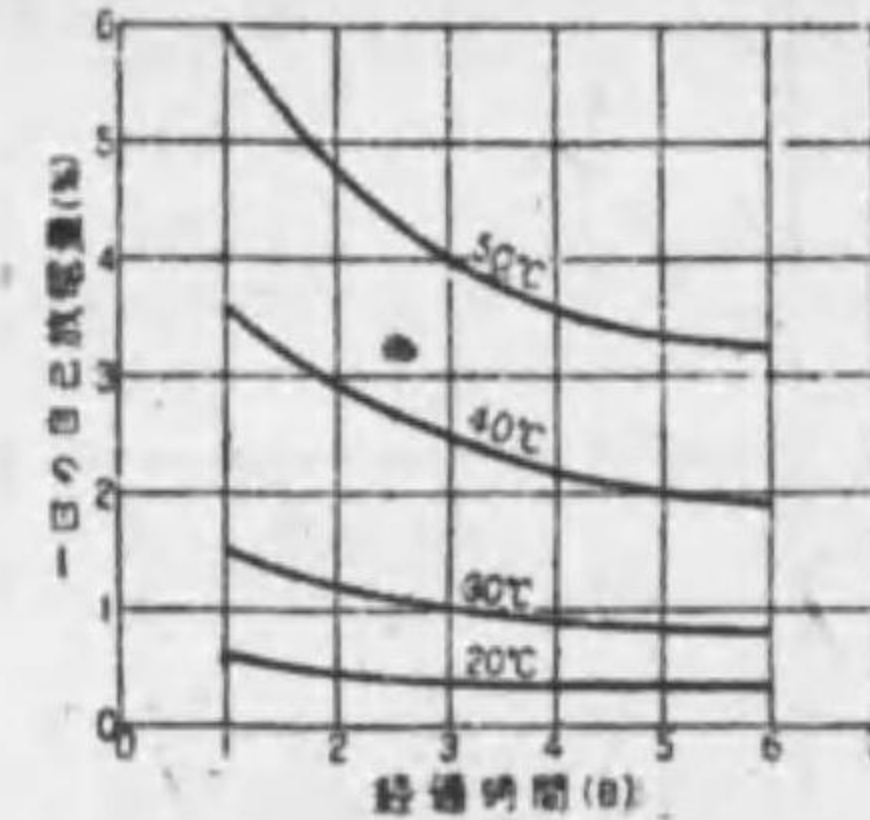
- (備考) 1. エキサイド厚型は電氣車動力用, 同薄型は内燃機起動用のもの。
2. 極板面積 (dm²) の値は兩面をとる。即ち, 高さ(dm)×幅(dm)×2
3. 硝子軸で極板を巻いたものは, 普通のものの 1.5~2.5 倍の壽命がある。

を硫酸鉛に變じる。これを自己放電と言ふ。

a. 自己放電の原因 (1) 鉛以外の金属が陰極に附着して水素を發生し, 同時に作用物質中の鉛が硫酸鉛に變化する。(第 21 圖)(詳細は本節 c 参照) (2) 酸化及還元を受け易い鐵, マンガン等の金属イオンが電解液中に存在すると, これ等は兩極間を往復して陰極では還元され, 陽極では酸化される。その結果陰陽兩極の作用物質は夫々酸化還元され硫酸鉛に變化する。(3) 酸化され易い酸根, 有機物等は陽極作用物質を還元して硫酸鉛とする。



第 21 圖 水素ガス發生機構



第 22 圖 経過日数と自己放電量(比重 1.250 15%/4)

b. 自己放電量 單位時間の自己放電量は電池温度が高いと多い, 又充電後時間が経過すると漸次少くなる。第 22 圖は移動用電池の各種の型に就て測定した結果を平均したものである。硫酸の比重が異ると自己放電量も増減する。第 15 表に比重 1.250 の時を 1.0 として他の比重の時の自己放電量を示した。この値を係数と看做して第 15 表と第 22

第 15 表 自己放電量の比重係数

比 重	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30
係 数	0.59	0.65	0.72	0.82	0.90	1.00	1.10	1.22	1.34	1.46	1.58

圖とを用ひて種々の状態での自己放電量(8 時間率放電容量の百分比で表す)を概算し得る。但, 移動用のベースト式各型及エポナイトクラッド式に就ては第 22 圖の値をその値, ランタニウム式のチュードル型に就てはその 0.6 倍, クロライド型に就てはその 1.3 倍を探る。尙電池が古くなるに従てベースト式の各型とクロライド型とは自己放電量を増し, エポナイトクラッド式は略増減なく, チュードル型は漸次減少する。尙極板の製法, 硫酸の純度等により著しく異なるから, 前述の方法により計算した値も, ±30% 位の差異を生じるものと考へねばならぬ。

c. 陰極自己放電と不純金属 電解液中に他金属の存在する場合, それが陰極に析出して陰極の自己放電を惹起し水素を發生する爲には (1) その金属と液間の電位差が陰極と液間の電位差より小なる(即ち陰極より貴なる)事と (2) その金属上の水素の最小過電壓が陰極の電位(水素電極に對して)より低い事を必要とする。第 16 表の上段のものは (1), (2) の條件を満たして有害のもの, 下段のものは (2) の條件を満たさない爲無害のものである。Sb は Thiel の値によれば有害の筈, Newbery の値によれば無害の筈である。而して實驗の結果では有害である。(4) 古い電池の自己放電量が新しいものに比して大であるのは, 陽極の格子中の Sb が溶出して陰極上に電着するからである。

d. 水素發生量 不純物を含まぬ電池はないから本節 c に記述した原因による水素發生は免れぬ。水素發生量は陰極板によつて變るが, 同一性質の極板では容量に略正比例し, 電解液の比重, 温度と共に増す。一例として普通の市販品の値を第 23 圖に掲げた。

第 16 表 水素過電圧 (V)

硫酸中に於て水素電極に對して計測

測定者	金属	Caspari	Thiel	小野田	Müller	Cöehn	Newbery
有害	Pt-Pt	0.005	0.000	—	0.01	0.00	—
	Fe	*0.08	0.175	—	—	*0.03	0.18
	Ni	0.21	*0.087	—	—	—	—
	Cu	0.23	0.137	0.084	0.03	0.14	0.24
	Sb	—	0.190	0.091	0.03	0.19	0.35
無害	As	—	0.369	—	—	—	—
	Cd	0.48	0.302	—	—	—	—
	Sn	0.53	0.401	—	0.43	—	0.70
	Pb	0.64	0.402	—	0.35	0.53	0.45
	Hg	1.78	0.570	—	0.42	0.44	0.70

【備考】 1. Pt-Pt は白金鍍金白金の意味、* 印は NaOH 溶液中に於て計測。

2. Thiel 及 小野田は 2N-H₂SO₄ (比重=1.063) にて計測。

他の測定者は 1N-H₂SO₄ (比重=1.032) にて計測。

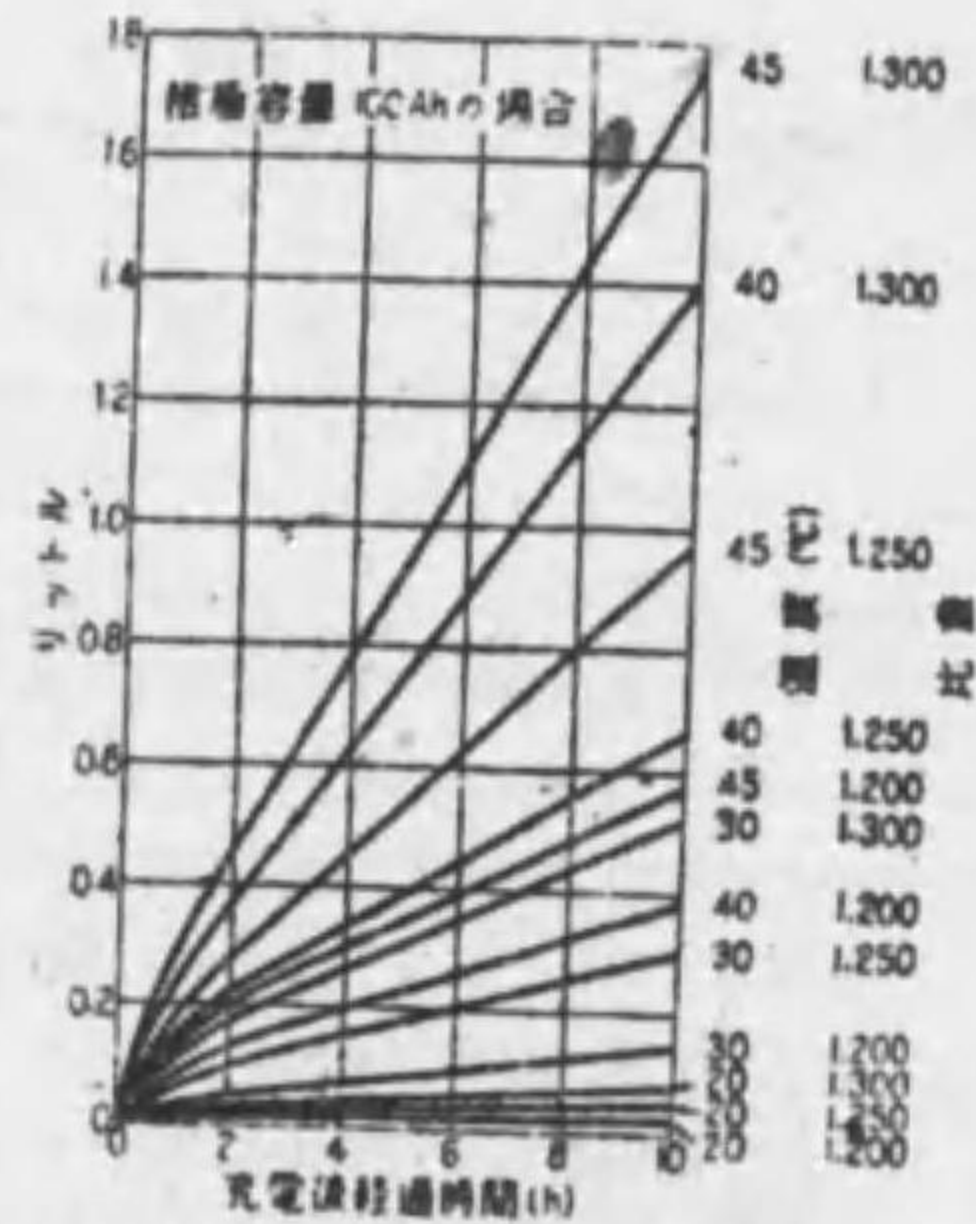
3. Pb-Pb は 2N H₂SO₄ の中には 0.28V、普通使用状態の H₂SO₄ (比重 1.20) の中には 0.34V (これも第 9 表の値を補内したもの)

12. 試験

a. 容量試験 完全に充電した電池を規定の電流、比重、温度でその終期電壓 (第 12 表)迄放電して次の事項を計測する。(1) 充電終了より放電開始に至る時間 (長い時は容量減少)、(2) 端子電圧、(3) 陽極及陰極—カドミウム電圧、(4) 電流、(5) 温度、(6) 比重、(7) 計測時刻。而して電流と時間とよりアムペア時容量を知る。又平均電圧を求め、ワット時容量を知る。これを標準温度 (20°C 又は 30°C) に換算する。(本章 (13) 式)

b. 能率試験 先づ放電を行つてその容量を測定し、次にこれを充電して所要の充電量 (又はワット時) を測定すれば能率が判る。これには充電完了の點を確認するの要があるが電圧上昇の止んだ時完了したと看做すのが普通である。(本章 9 参照)

c. 耐久力 (寿命) 試験 容量が或る程度に下降する迄充放電を繰返す試験である。それには (1) 毎回の端子電圧が規定の値に落ちる迄即ち容量一杯に放電させる方法と、(2) 端子電圧の如何に拘らず規定の時間 (例へば 3 時間率の放電電流の時 3 時間) で放電を打ち切りその時の端子電圧の計測を行ふ方法と二つある。(第 24 圖) 前者ではその容量が規格の 90~50% に低下する迄、又後者ではその放電終期電圧が規定の値 (第 12 表) 以下を示すに至る迄の充放電回数を測る。何れの場合でも充電電流は放電電流と同じ値に、



第 23 圖 水素ガス発生量

又充電量は放電量の 115% 内外に定める。極板の特性を知るには前者に、又手数を省くには後者に依るがよい。

d. 自己放電試験 電池は充放電を繰返すごとに固有容量の増減を來すから (1) 豫備的の充放電により容量を一定させて試験を開始するか、(2) 固有容量の變化を考慮に入れて試験を行ふ。第 25 圖に示す通り、第 1 回放電は充電直後に行ひ、第 2 回は充電後 24 時間放置した後、第 3 回は再び充電直後、と云ふ順で試験を行ふと、1, 3, …, 9 を連ねた線は固有容量を示すことになる。例へば 6 回目の放電を若し充電直後に行つたら (6') の値を示したであらう。従て (6) と (6') との高さの差は 96 時間の自己放電量と看做し得る。

e. ガス試験 電池より發生するガス量は第 26 圖の如き装置で測定する。電池内の壓力を常に一定に保つやうに水の排出口を上下する。日盛圓筒に落ちた水量をガス量と看做す。水の蒸發による誤差は 1% 以内である。排出ガスの 85~95% は H₂、5~10% は O₂、1~2% は CO₂ である。

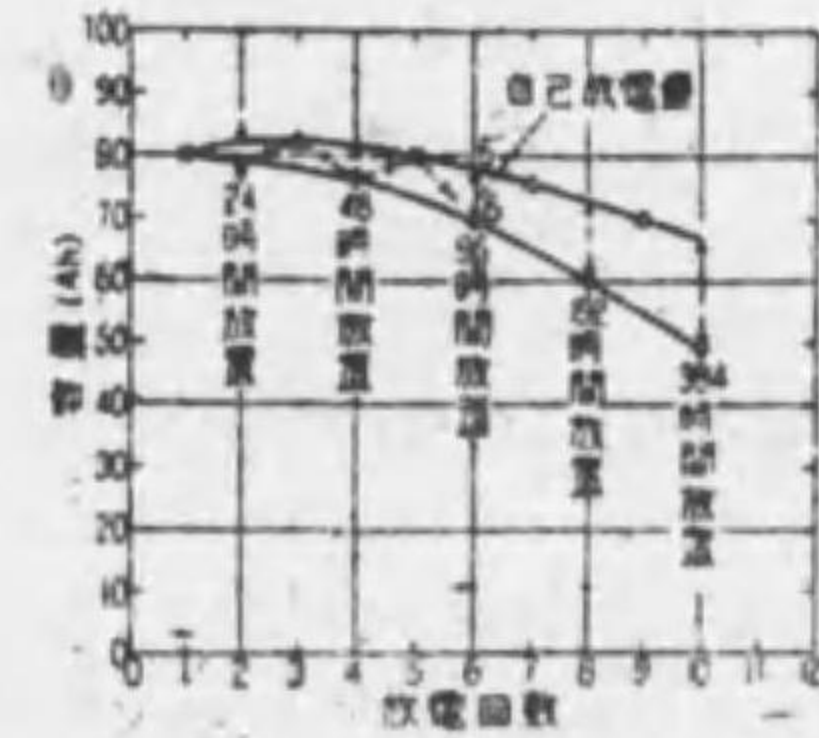
f. 補助電極 陽極及陰極に於ける電壓の變化を各別に知る爲に補助電極として普通カドミウムを用ひる。カドミウム電極は 3V-300Ω の電壓計を用ひた場合に普通 ±0.02V 内外の誤差を示すので、更に正確さを要する時は高抵抗 (5000Ω) の電壓計を用ひるか、又は硫酸第一水銀電極或は水素電極を用ひ零位法により測定する。これ等の電極相互間の電壓關係を第 27 圖に示した。

g. 内部抵抗の測定 多少の誤差が許容される時は開路電壓と閉路電壓との差から直流法によつて測定する。(本編 1 章 4 参照) 更に正確な値を得るには、成極作用その他の影響を除く爲に、交流法による必要がある。交流法に關しては Nernst & Haagen, Dolezalek & Gahl, Grover の報文又は 5 編 11 章 5 を参照のこと。

h. 隔離板電氣抵抗の測定法 隔離板の抵抗の測定には一定の距離に保つた 2 電極の間に 2 枚の中仕切を設けた器を用ひる。中仕切には一定面積の窓があり、互の間隔は隔離板 n 枚 (普通 n=10) の

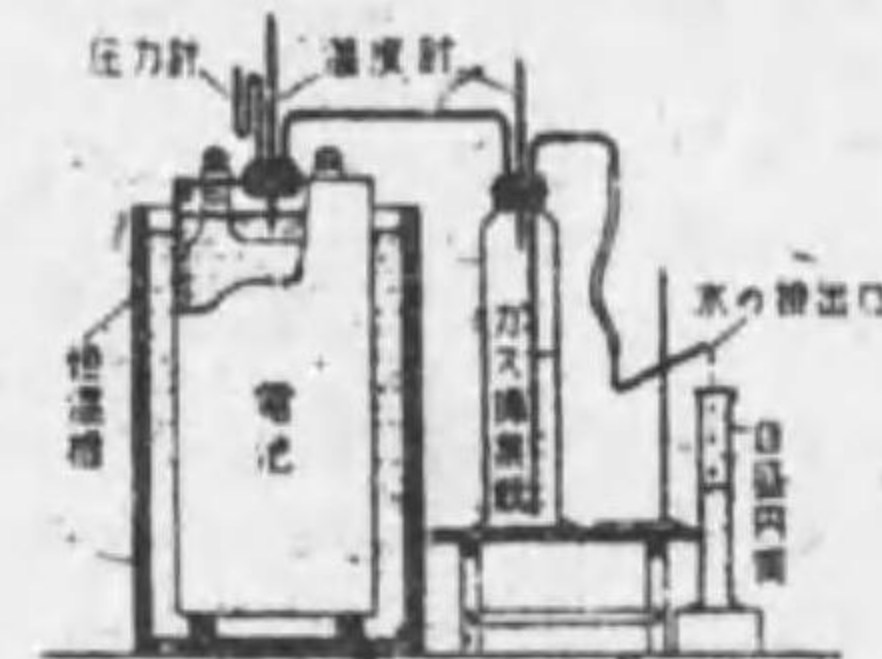


(備考) A は本章 12 c (1) の方法によつたもの B は本章 12 c (2) の方法によつたもの
第 24 圖 耐久力 (壽命) 曲線 (電氣運搬車用電池)

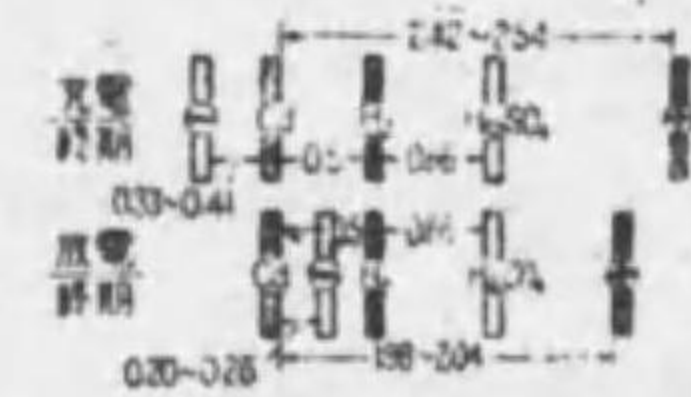


○ 充電完了後直に放電した時の容量
● 充電完了後の経過時間を種々に變じた時の容量

第 25 圖 自己放電試験方法



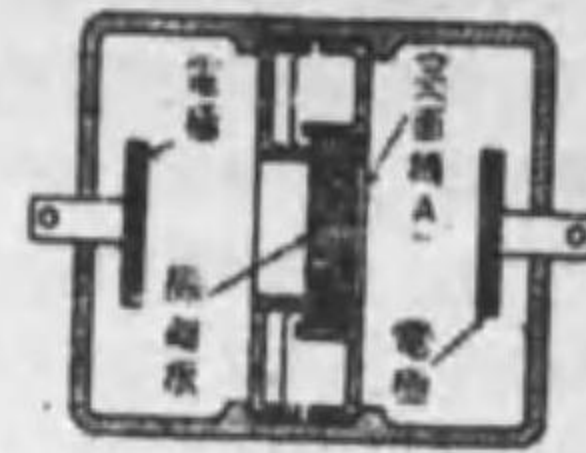
第 26 圖 水素ガス計測装置



(備考) 6 時間率放電電流を以て充放電した場合、數字は電位差 (V) を示す。

第 27 圖 補助電極

厚さに等しくしてある。(第 28 圖)そして隔離板を挿入した時の抵抗 R_1 としない時の抵抗 R_0 とを交流ブリッジで測定する。隔離板の厚さを t 、中仕切の窓の面積を A 、電解液の固有抵抗を ρ とすれば、1 枚の隔離板の抵抗は $R_1 - R_0 + (nt/A)\rho$ の $1/n$ である。これは面積 A の窓と窓との間に電流が均一な密度を以て平行に流れると仮定したもので、不合理ではあるが実際には不都合がない。尙 $(nt/A)\rho$ を考へず單に $(R_1 - R_0)/n$ の値を採る場合もある。



第 28 圖 隔離板電氣抵抗測定装置 (平面圖)

13. 規 格 規格に定むべきものは (1) 放電終期電圧 (通常第 12 表の値を用いる)、(2) 各放電率のアムペア時容量 (特殊用途で充電終期電圧の上昇を特に忌む如き場合、但一般に充電終期電圧の高い電池の自己放電量は少ない)、(4) 能率、(5) 壽命、(6) 重量及容積 (又は外形寸法) 等である。特に寒地で使用する場合は低温度に於ける容量をも指定する。

第 17 表 市販品の状況

型 及 用 途	生産額		
	(萬圓)	(%)	
据置用二次電池	75	19	
移動用二次電池	列車點燈用	50	13
	電気自動車用	45	11
	ラヂオ受信用	50	13
	自動車起動點燈用	125	31
	鐘内安全燈及手提燈用	15	4
	電池燈用	5	1
	その他小型用	35	8
合 計	400	100	

14. 市販品の状況 我國に於ける最近 1 箇年間の鉛二次電池生産額は大約 400 萬圓 (軍用品を除く) で、市販品の状況は第 17 表の通りである。

第 5 章 据置用鉛二次電池

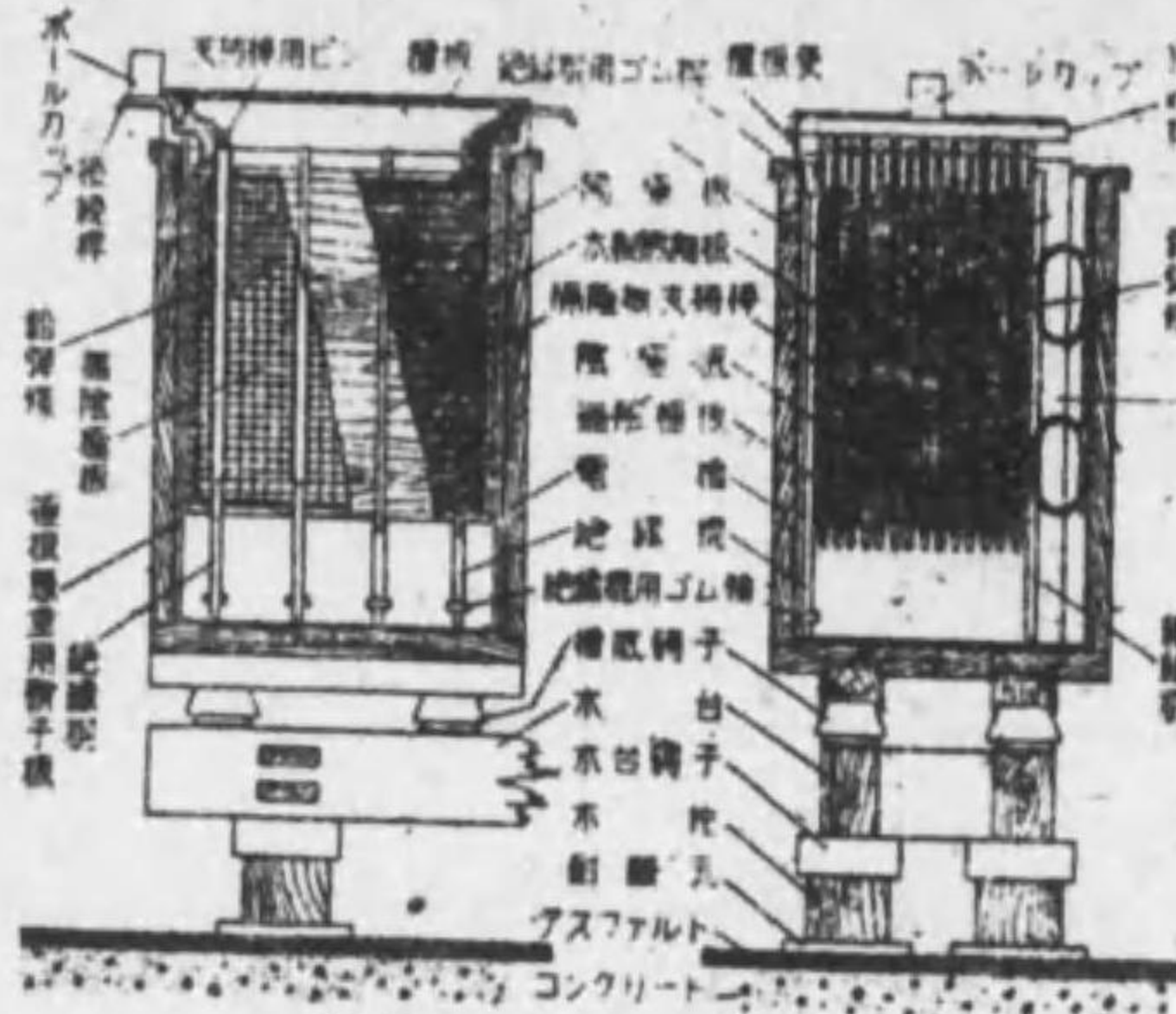
1. 構 造 陽極には主としてブランテ式 (チュードル型又はクロライド型) を、又陰極にはベースト式エキサイド型を用ひる。この種の電池の電解液面には流動パラフィン (規格は日本薬局方参照) 或はホワイトオイルを浮し、充電終期に酸霧の飛散する事を防ぐ。一般に重量及容積がそのアムペア時容量の割に大きいのが耐久力には富む。約 500 Ah 以下のものの電槽は硝子、又それ以上のものは木製鉛箱である。第 29 圖は据置用電池の構造を示したものである。

2. 容量、重量、容積及價格 ブランテ式陽極板 (厚さ約 10 mm) の容量は凡そ第 30 圖に示した通りである。極板の寸法が判ると本曲線によりその容量を算定し得る。零點より放射する直線は $C=It$ に相當するもので、 $t=10, 5, 3, 1$ (時間) に就て描いてある。但 C は單位面積當りの容量 (Ah/dm²)、 I は電流密度 (A/dm²) で、直線 $C=It$ と $C-I$ 曲線との交點は丁度その電池が t 時間で放電し盡すやうな電流密度 (I) を與へる。但面積 (dm²) を計算する場合には總て兩面を考へる (幅×高さ×2)。第 18 表に各種極板を以て組立てた据置用電池の容量、價格等を示した。又各部分の重量分布を第 19 表に示した。

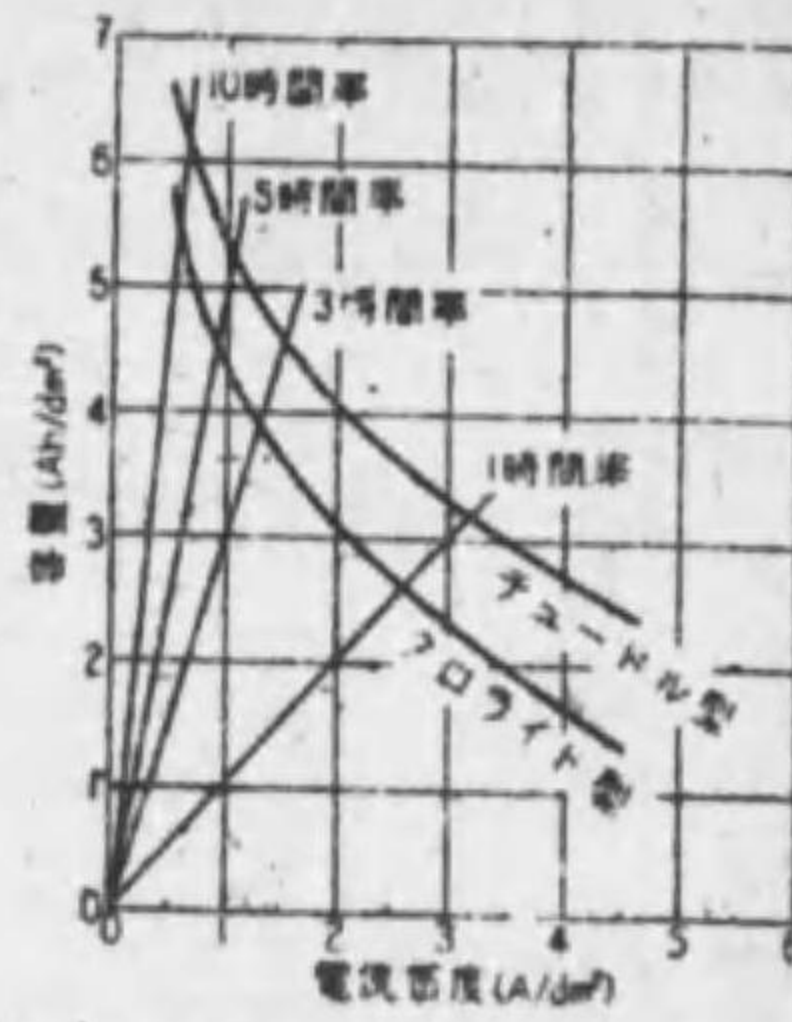
第 18 表 据置用電池の容量 (Ah/l, Ah/kg, Wh/l, Wh/kg) 及價格

項目	時間率	7 アムペア時容量		最大充電電流 (A)	容 積 (l)	重 量 (kg)	單位容量當りのアムペア時容量		單位容量當りのワット時容量		價格 (圓)	價格 (鎊)		
		10 時					5 時		10 時				5 時	
		Ah	Wh/kg				Wh/kg	Wh/kg	Wh/l	Wh/kg			Wh/l	Wh/kg
チュードル型	11 mm	100	100	25	7.3	191	4.5	11.3	10.3	24.0	19	8.45		
		500	500	125	35.2	925	4.4	12.5	26.9	24.3	85	8.70		
		1000	1000	250	70.4	1850	4.0	7.0	18.6	13.7	170	7.77		
		2000	2000	500	140.8	3700	3.7	4.6	18.0	14.7	342	7.36		
		3000	3000	750	211.2	5550	3.5	3.7	21.0	17.2	513	8.10		
		4000	4000	1000	281.6	7400	3.3	3.5	21.7	17.8	684	8.30		
	6 mm	100	100	25	7.3	191	4.5	11.3	10.3	24.0	19	8.45		
		500	500	125	35.2	925	4.4	12.5	26.9	24.3	85	8.70		
		1000	1000	250	70.4	1850	4.0	7.0	18.6	13.7	170	7.77		
		2000	2000	500	140.8	3700	3.7	4.6	18.0	14.7	342	7.36		
		3000	3000	750	211.2	5550	3.5	3.7	21.0	17.2	513	8.10		
		4000	4000	1000	281.6	7400	3.3	3.5	21.7	17.8	684	8.30		
クロライド型	11 mm	100	100	25	7.9	198	4.1	11.0	9.3	27.3	20	8.08		
		500	500	125	35.5	990	4.3	11.9	26.7	23.1	90	8.45		
		1000	1000	250	71.0	1980	3.6	6.9	15.4	13.4	180	7.00		
		2000	2000	500	142.0	3960	3.5	3.5	16.0	13.7	360	7.95		
		3000	3000	750	213.0	5940	4.0	8.4	18.7	16.5	540	7.80		
		4000	4000	1000	284.0	7920	4.1	9.2	20.5	17.8	720	8.00		
	8 mm	100	100	25	7.9	198	4.1	11.0	9.3	27.3	20	8.08		
		500	500	125	35.5	990	4.3	11.9	26.7	23.1	90	8.45		
		1000	1000	250	71.0	1980	3.6	6.9	15.4	13.4	180	7.00		
		2000	2000	500	142.0	3960	3.5	3.5	16.0	13.7	360	7.95		
		3000	3000	750	213.0	5940	4.0	8.4	18.7	16.5	540	7.80		
		4000	4000	1000	284.0	7920	4.1	9.2	20.5	17.8	720	8.00		
ベースト式	6 mm	500	500	125	30.0	822	5.2	14.5	24.6	27.3	90	8.08		
		1000	1000	250	60.0	1644	4.3	8.7	19.6	23.1	180	8.45		
		2000	2000	500	120.0	3288	4.0	10.2	18.0	20.0	360	7.95		
		3000	3000	750	180.0	4932	4.0	11.3	23.2	30.0	540	8.15		
		4000	4000	1000	240.0	6576	4.2	12.9	32.3	40.0	720	8.15		
		5000	5000	1250	300.0	8220	4.2	14.5	41.1	50.0	900	8.15		

(備考) 1. 上表中の容量は製造所蔵のものでは電圧 2.1V の時の値である。實際容量はこの値の ±10% 差異がある。
 2. 平均電圧、10 時間率 1.97 V、5 時間率 1.94 V、1 時間率 1.87 V としてワット時が算出している。
 3. (前) …… 硝子槽、(鉛) …… 鉛槽



第 29 圖 据置用電池の構造



第 30 圖 プランター式陽極板容量

3. 据付の方法 電池列間の通路の幅は電槽の幅よりも大きくする(通例 0.7~0.9m)。電池と壁面とは少くとも 0.2m 以上隔て、且極板を取換へる時の爲に壁の一隅に餘地を設ける。又高圧電池(600V 以上)は酸霧による地縁の低下を防ぐ爲に槽底碍子の表面を容易に拭ひ得るやうに排列する。一般には一段に、場所狭隘な場合に限り二段にする。

第 19 表 据置用電池(陽極チュードル型陰極ペースト式)各部重量の分布(%)

種類	容量(Ah)	部分	各部重量の分布(%)						
			陽極板	陰極板	木製隔離板	端子金物	外筐	電解液(硫酸)	その他
木槽入	1000		33.6	16.4	1.5	1.6	14.0	29.7	3.2
	500		33.4	16.0	1.6	1.5	15.0	30.5	2.0
前子槽入	500		38.9	16.6	1.7	1.5	10.6	30.7	2.0
	100		32.4	16.2	2.0	2.5	11.5	32.0	3.6

4. 電池室の具備すべき条件 (1) 震動少ない場所、(2) 室内温度 5~35°C、(3) 附近にアンモニア、窒素等の有害ガスの発生なく、且塵埃の飛散少ない場所、(4) 通風良好(爆発の危険がない程度に水素ガスが稀釋されるやう)、(5) 採光照明良好、但電池への日光の直射を忌む、(6) 金属類には耐酸塗料を施すこと、(7) 床面は耐酸性にすること。その爲普通耐酸陶器又はアスファルトを使用する。アスファルト塗の仕様は資料の参照のこと。

5. 用途 本邦に於ての現在の主な用途は (1) 負荷調整用(電燈及電力負荷調整、電送用の電力負荷緩衝)、(2) 準備電源(発電所、變電所、ラジオ放送所、病院、劇場、百貨店等)、(3) 主電源用(有線及無線通信、電氣信號、警察、實驗)。

第 6 章 移動用鉛二次電池

1. 構造 第 31 圖は移動用電池の構造を示したものの。この種のは重量と容積とを極限されるから主にペースト式又はエポナイトクラッド式が用ひられる。尤も餘り重量の増加を厭はない列車動用には陽極にプランター式又は厚い純鉛格子に作用物質を

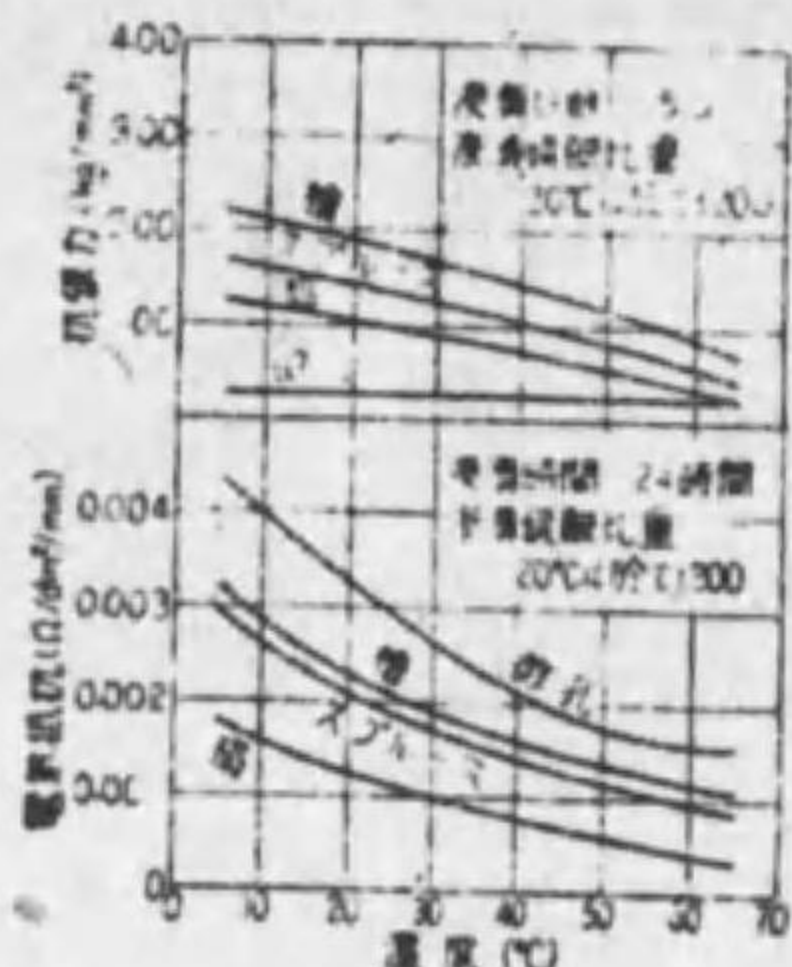
第 20 表 移動用電池の容量(Ah, Ab, kg, Wh, l, Wb/kg)及價格

項目	時間率	10時		6時		2時		電槽	價格	壽命(サイクル)	
		Ab	Wh	Ab	Wh	Ab	Wh				
		kg	Wb/kg	kg	Wb/kg	kg	Wb/kg				
用途	電車動用	ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
	電氣車動用	ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30
		ペースト式	100	1000	100	1000	100	1000	30	30	30

(備考) エポナイトはエポキシ樹脂とポリイソシアネートの縮合生成物である。電解液の濃度は本編 6 章末尾参照。

と温度とで異なる値を示す(第 35 圖 (a) 及 第 35 圖 (b))

木製隔離板は最後の製造工程に於て木材に含まれた腐蝕その他の極板に有害な有機酸類を除く爲に、アルカリ溶液で十数時間煮沸してある。この処理を行つたものを、(1) 稀硫酸(比重 1.02 内外)中に浸漬密閉する(過式隔離板と言ふ)か、(2) 割れ、皺が出来ないやうに注意しつつ乾燥して(乾式隔離板と言ふ)保存する。後者は保存上、又電池の組立上便利であるが、電池に注液した時膨脹する缺點がある。膨脹率は材質によつて違ひ、楯は約 5%、スプルーは約 2% である。



第 35 圖 (b)

隔離板の電気抵抗及抗張力と
浸漬硫酸温度

5. エポナイト製微孔隔離板 厚さ 1mm 内外の海绵状組織をしたエポナイト製薄板である。(1) Latex より直接製造したもの、(2) エポナイト粉末を混合して製造したもの等がある。電気抵抗は木製隔離板より稍大きい。抗張力は木製隔離板の繊維に平行の抗張力に較べると劣るが、直向のものは遙に弱く、實用上木製より強靱である。(第 34 圖及第 35 圖)

6. 硝子綿製隔離板 硝子綿を薄く延ばし、これを重ねて 3~4mm の厚さにしたものである。エポナイト製微孔隔離板を併用する場合が多い。

第 8 章 電 解 液

1. 種 類 鉛電池に用ひられる電解液は濃度 27% (比重 1.20)~30% (比重 1.30) の硫酸水溶液である。Li, Mg 或は Zn の硫酸鹽を加へると、硫酸の活量を増し、電池の起電力を増加する事が出来る。(9) 但未だ一般には用ひられぬ。

2. 比重、濃度及配合表

a. 電池の種類と比重 電解液の量が豊富で緩放電に用ひる電池には低い比重の液を、又これに反する電池には高いものを用ひる。完全に充電された時の各種の電池の電解液比重を第 22 表に示した。

b. 比重表⁽¹⁾及配合表⁽²⁾ 第 23 表に比重表を、第 24 表に配合表を掲げた。配合表の記號の意味は次の通り。

S_{15} 配合の結果得んとする硫酸の比重。第 22 表 各種電池用電解液の比重
但、4°C の水を 1 とし 15°C に於ての値。 g 溶液 100g 中にある硫酸の重量。 G 溶液 1 リットル中にある硫酸の重量。 v S_{15} を得る爲に 1 リットル (15°C) の蒸溜水中に加ふべき濃硫酸 (15°C) の容積。但、濃硫酸は比重 1.84 (95.8%) のものを用ひる。 V 配合後の溶液の容積 (15°C)。 dv 配合による容積の減少、即ち $dv=1000+v-V$ 。 K 温度係數(14)式参照。

型 及 用 途	比 重	
据置用電池	1.200~1.225	
移動用電池	電気自動車用	1.270~1.300
	内燃機起動用	1.270~1.300
	同上(熱帯地にて)	1.200~1.230
	列車點燈用	1.210~1.230
	携帶燈用	1.220~1.230

第 23 表 硫酸水溶液の比重及濃度 (Domke の測定)

但比重は 4°C の水の比重を 1 としたもの

硫酸重量 (%)	温 度 (°C)						
	0	10	15	20	25	30	50
0	0.9999	0.9997	0.9991	0.9982	0.9971	0.9957	0.9881
1	1.0075	1.0069	1.0061	1.0051	1.0038	1.0022	0.9944
2	1.0147	1.0138	1.0129	1.0118	1.0104	1.0087	1.0006
3	1.0219	1.0206	1.0197	1.0184	1.0169	1.0152	1.0067
4	1.0291	1.0275	1.0264	1.0250	1.0234	1.0216	1.0129
5	1.0364	1.0344	1.0332	1.0317	1.0300	1.0281	1.0192
6	1.0437	1.0414	1.0400	1.0384	1.0367	1.0347	1.0256
7	1.0511	1.0485	1.0469	1.0453	1.0434	1.0414	1.0321
8	1.0585	1.0556	1.0539	1.0522	1.0502	1.0482	1.0386
9	1.0660	1.0628	1.0610	1.0591	1.0571	1.0549	1.0451
10	1.0735	1.0700	1.0681	1.0661	1.0640	1.0617	1.0517
11	1.0810	1.0773	1.0753	1.0731	1.0709	1.0686	1.0584
12	1.0885	1.0846	1.0825	1.0803	1.0780	1.0756	1.0651
13	1.0960	1.0920	1.0898	1.0874	1.0851	1.0826	1.0719
14	1.1035	1.0994	1.0971	1.0947	1.0922	1.0897	1.0788
15	1.1110	1.1069	1.1045	1.1020	1.0994	1.0968	1.0857
16	1.1184	1.1145	1.1120	1.1094	1.1067	1.1040	1.0927
17	1.1257	1.1221	1.1195	1.1168	1.1141	1.1113	1.0998
18	1.1331	1.1298	1.1270	1.1243	1.1215	1.1187	1.1070
19	1.1404	1.1375	1.1347	1.1318	1.1290	1.1261	1.1142
20	1.1477	1.1453	1.1424	1.1394	1.1365	1.1335	1.1215
21	1.1550	1.1531	1.1501	1.1471	1.1441	1.1411	1.1288
22	1.1623	1.1609	1.1579	1.1548	1.1517	1.1486	1.1362
23	1.1696	1.1688	1.1657	1.1625	1.1594	1.1563	1.1437
24	1.1769	1.1768	1.1736	1.1704	1.1672	1.1640	1.1512
25	1.1842	1.1848	1.1816	1.1783	1.1751	1.1718	1.1588
26	1.1915	1.1929	1.1896	1.1863	1.1829	1.1796	1.1665
27	1.1988	1.2010	1.1976	1.1942	1.1909	1.1875	1.1742
28	1.2061	1.2091	1.2057	1.2023	1.1989	1.1955	1.1820
29	1.2134	1.2173	1.2139	1.2104	1.2069	1.2035	1.1898
30	1.2207	1.2255	1.2220	1.2185	1.2150	1.2115	1.1978
31	1.2280	1.2338	1.2302	1.2267	1.2232	1.2196	1.2057
32	1.2353	1.2421	1.2385	1.2349	1.2314	1.2278	1.2137
33	1.2426	1.2504	1.2468	1.2432	1.2396	1.2360	1.2219
34	1.2499	1.2586	1.2550	1.2515	1.2479	1.2443	1.2300
35	1.2572	1.2672	1.2633	1.2599	1.2563	1.2527	1.2383
36	1.2645	1.2757	1.2720	1.2684	1.2647	1.2610	1.2466
37	1.2718	1.2843	1.2806	1.2769	1.2732	1.2695	1.2549
38	1.2791	1.2929	1.2891	1.2854	1.2817	1.2780	1.2634
39	1.2864	1.3016	1.2978	1.2941	1.2904	1.2867	1.2719
40	1.2937	1.3103	1.3065	1.3028	1.2991	1.2953	1.2806
41	1.3010	1.3191	1.3153	1.3116	1.3078	1.3041	1.2893
42	1.3083	1.3280	1.3242	1.3204	1.3167	1.3129	1.2981
43	1.3156	1.3370	1.3332	1.3294	1.3256	1.3218	1.3070
44	1.3229	1.3461	1.3423	1.3384	1.3346	1.3308	1.3160
45	1.3302	1.3553	1.3514	1.3476	1.3438	1.3400	1.3250
46	1.3375	1.3646	1.3607	1.3569	1.3530	1.3492	1.3342
47	1.3448	1.3740	1.3701	1.3663	1.3624	1.3586	1.3435
48	1.3521	1.3836	1.3796	1.3757	1.3719	1.3680	1.3528
49	1.3594	1.3932	1.3893	1.3854	1.3815	1.3776	1.3623
50	1.3667	1.4030	1.3990	1.3951	1.3911	1.3872	1.3719

S_{10°C} = S + K(t-15) (14) 但 S は t°C の時の比重。

表の用ひ方 (1) 濃硫酸と蒸溜水とから所要の比重の硫酸水溶液を造る場合。表中の v を見れば直に配合量に分る。(2) 比重 S₁ の硫酸水溶液 Q (cc) に濃硫酸或は蒸溜水を加へて任意の比重 S₂ の硫酸水溶液を造る場合。S₁ に相當する v を v₁ 又 V を V₁ とし、S₂ に相當する v を v₂ とすると

S₂ > S₁ のとき加ふべき濃硫酸の量は (v₂ - v₁) × Q / V₁ (cc)

S₂ < S₁ のとき加ふべき蒸溜水の量は 1000 × (1/v₂ - 1/v₁)v₁ × Q / V₁ (cc)

尙任意の温度の比重を知つて、これを標準温度に換算するには (14) 式を用ひればよい。

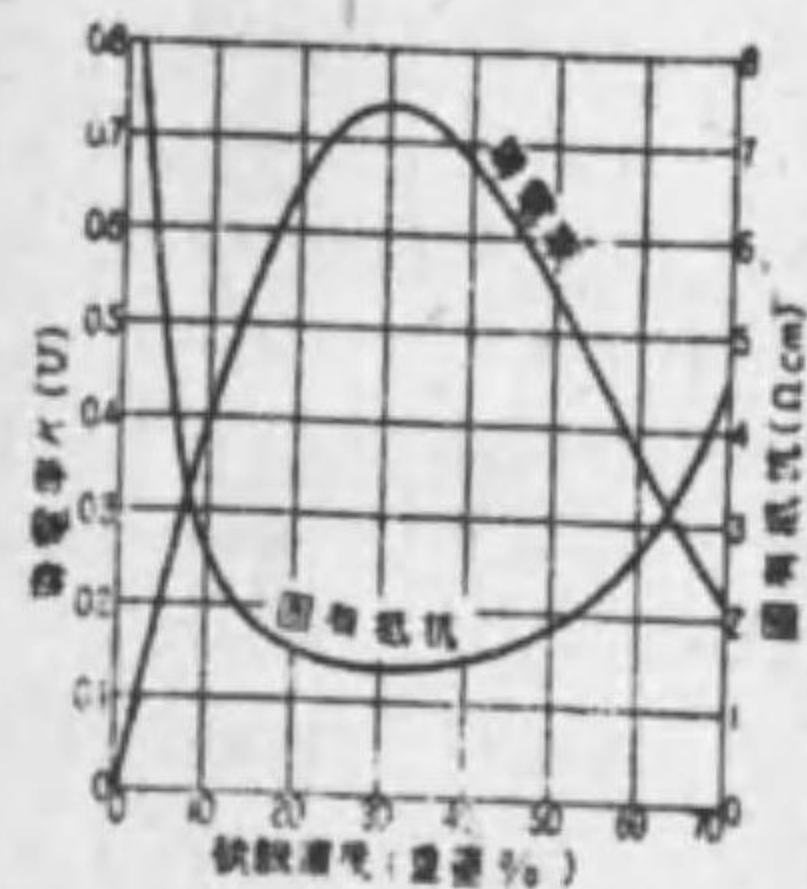
3. 純 度 第 25 表に電解液用としての硫酸の、又第 26 表に電解液補給用としての蒸溜水の許容純度の限度を示した。普通市販硫酸は大略本表の範囲内にある。(注意: 電解質の低い Cu などは常に陰極に電着してゐるから使用中の電解液を分析しても検出出来ない。陰極-Cd 電圧が 0.5V 以上になる迄放電して後試料を採取せねばならぬ。)

4. 導 電 率 硫酸水溶液

の導電率を第 36 圖に又その温度係数を第 27 表に示した。(26) 導電率は比重 1.22 重量組成 30% で最も高い。それ故電解液量豊富な据置用鉛二次電池ではこの比重附近の硫酸水溶液を用ひる。

5. 硫酸の濃さ (比重) と最小所要量

二次電池内に 1Ah の電気が通過する毎に 3.66g の硫酸が消費 (放電の時) 又は生成 (充電の時) される。従て或る濃度の硫酸水溶液 1 リットルの中にある硫酸の量を G (g) とすると、1Ah の電池には少くもこの濃度の液 (3.66/G) リット



第 36 圖 硫酸水溶液の導電率

第 24 表 硫酸水溶液の濃度及配合表(26)

Table with 7 columns: S_{10°C}, g (%), G (g), v (cc), V (cc), dv (cc), K. It lists various concentrations of sulfuric acid and their corresponding properties.

第 25 表 硫酸の規格と分析結果の實例(26)

Table showing specifications and analysis results for sulfuric acid. It includes columns for 'Vinal の提案にかかる所要純度' and '市販の硫酸の分析例' with sub-columns for '注液前', '使用中', '濃硫酸', '稀硫酸', and '濃硫酸'.

第 26 表 蒸溜水規格(26)

Table showing impurity levels in distilled water. Columns: 不純物の種類, %.

(備考) 不純物の含有量は上記%以下であること。補液時に不純物が電着するから所要純度は硫酸より高い。

ルを要する。これを 1/Ah で表して種々の比重の硫酸水溶液に就てその逆数と共に第 28 表に掲げた。實際には同表にある 1/Ah の 2~3 倍 (移動用電池) 又は 5~6 倍 (据置用電池) を用ひてゐる。

第 27 表 硫酸水溶液導電率の温度係数

Table showing temperature coefficients of conductivity for sulfuric acid solutions. Columns: 重量 (%), 比重 (18°C), 温度係数 (1/K).

(備考) 温度係数は (dκ/dT) (1/K) の値で、1°C 昇る毎に導電率が増す割合。本表の値は 18~20°C の範囲で適用されるもの。

第 28 表 1Ah 當り所要硫酸量

Table showing required sulfuric acid quantity per 1Ah. Columns: 比重, Ah/l, 1/Ah.

第 29 表 比重と氷點

Table showing specific gravity and freezing point. Columns: 比重 (15°C), 氷點 (°C).

(備考) 比重 1.30 を用ふれば南洲國及本邦では若凍氷結を免れる。

6. 氷點及流動度 硫酸水溶液の各比重に於ける氷點は第 29 表に示した通りであるが、實際に使用した電解液の氷點は、極く少量溶解して居る硫酸鉛の爲に多少前表と違ふ値を示す。尙流動度に就ては Vinal(26) の報文参照の事。

第 9 章 鉛二次電池の取扱

1. 温度の制限 電解液温度が高いと自己放電が多い(第 22 圖), 又極板の腐蝕と脱出とが起る。但、ペースト式の作用物質は温度が高い程割れぬ(45°C 位迄は)。温度が低い

と極板の格子は久しきに耐へるが作用物質は少し除計に脱落し且容量が小さい。種々な點から見て適良な使用温度の範囲は 20~40°C で、45°C 以上にはせぬ方がよい。

2. 充電方法

a. 電流の制限 充電の初期では 3 時間率放電電流の値を、又終期では 10 時間率の値を超させない方がよい。但チュードル型極板では電流が小さ過ぎても害があり 20 時間率以下の電流を避ける。

b. 充電法の種類

- (1) 定電流充電法 終始一定の電流で行ふ。試験の時以外にあまり用ひない。
- (2) 段別充電法 定電流充電法の一様であつて、初期に於ては 3~5 時間率の電流を用ひ、電圧 2.35~2.45 V に達すると電流を下げ、再び右の電壓に達すると更に下げる。かくして終期には 10~20 時間率の電流を用ひる。過電流充電法とも言ふ。
- (3) 定電圧充電法 電池 1 箇に付約 2.3~2.5 V を加へ終始その電圧を保ちつつ行ふ。本方法は簡単に電池の爲にもよいが、充電用の機器は大容量のものが必要。
- (4) 補正定電圧充電法 (Modified constant voltage charge) 電池と直列に一定抵抗を入れ、1 箇當り 2.5~3.0 V の一定電圧を加へ置く。初期に流れる電流が比較的小さく、充電用の機器も小さくて足り、手数も少い。深夜間充電に廣く利用されてゐる。本法により 1 時間で充電を完了するには、加ふべき電源電圧に應じ初期電流を 0.5I 乃至 0.8I 時間率放電電流とすればよい。(2.5V では 0.5I、2.6V では 0.6I、2.7V では 0.7I、2.8~3.0V では 0.8I。) 挿入すべき抵抗 R は下式によつて算出する。(總て電池 1 器に就ての値) 尚電池保存上 I を 6 以下としない方がよい。(本節 a 参照)

$$R(\Omega) = \frac{(\text{電源電圧} - 2.1)(V)}{\text{初期電流}(A)} - (\text{内部抵抗})(\Omega)$$

内部抵抗の項は第 1 項に較べて小さいから精密を要しない。第 11 表参照。

(5) 小電流充電法 (Trickle charge) 断続的の微量の放電又は自己放電を償ふ爲、8 時間率放電電流の 0.5~2% の小電流を用ひ恒に充電を継続する方法で所要の抵抗と直列にして電源に結んで置く。抵抗値は上式で定める。但、2.1V を 2.5V とすること。

c. 初 充 電 陰極作用物質の一部は、化成後の乾燥中或は保存中に酸化を受け酸化鉛となる。使用に際して稀硫酸中に浸すと酸化鉛は硫酸鉛に變るから再びこれを海綿状鉛に還元する爲に低電流長時間の充電を必要とする。これを初充電と稱し、10~20 時間率放電電流で 40~80 時間の充電を行ふ。但特殊の方法で前記の酸化を防止した陰極板、例へば水蒸氣、水素、酸素の如きガス中或は真空中で乾燥し適宜に保存したもの、又は皮膜を施したものの初充電は短時間で足り、時としては著く事も出来る。

d. 過充電及均等充電 普通の充電のみでは尚若干の硫酸鉛が殘存するのを免れない。この量を減らす爲、毎日全放電を行ふ電池は約 1 週間毎に、然らざるものは約 2~3 週間毎に過充電を行ふ。過充電は畢竟普通充電の延長で 20 時間率放電電流位の電流を用ひる。電圧及比重 (温度換算を行ひたる) の 30 分毎の計測値が、1~1.5 時間上昇を示さない時を以て終りとする。但更に完全に充電する爲、その後 1~2 時間停止して更に充電し、これを 2~3 回反復する場合もある。均等充電 (Equalizing charge) は、電池群の全部の電池を過充電により一様な状態に均整する目的で行ふ。その方法は過充電と異らぬ。ただ本章 6 c の徴候あるものに就ては短絡の有無を検する等の特別の注意を拂ふ。

又この機会に全電池に亘つて充電終期の比重を計測し規定比重に調整する。

e. 急速補充電 (Boosting charge) 1 日 1 回の充電では電池容量が不足する場合、僅かの時間を利用し制限温度を超過しない範囲の大電流を用ひ、急速に放電量の一部を補給する充電で、多くは段別充電法又は定電圧充電法に依る。

f. 充電の時期 容量の 50% 以上放電した時には直ちに (本章 5 参照)、全然放電をしないものでも 1 箇月に 2 回位の充電が必要である。又電解液の氷結する處ある場合は、充電状態に保ち比重を高めて置くがよい。充電の時期を判定する爲放電状態を知るには放電したアムペア時量、又は放電中の端子電圧による事も出来るが、普通硫酸比重によつて知る。放電程度に差がある時は、開路電圧にも差を生じるが最大 0.06~0.08 V (第 10 圖) で甚だ小さくこれによる判定は困難である。(本編 4 章 6 g と参照)

g. 充電完了期の判定 放電量 (アムペア時) が判つて居る時は、普通その 110~115% を充電すれば全充電状態になる。判つてゐない時は、電圧及比重を 15~30 分毎に計測して、2 回以上同一の値を得た時止めればよい。(本編 4 章 8 参照)

3. 放電方法

a. 電流の制限 一般に放電電流が過大な場合には陽極板 (特にチュードル型) の彎曲を誘致し、且作用物質の脱落を促進する。故にプランター式では 1 時間率より、又ベースト式では 30 分間率より大きい電流で放電しない。但 1 分以内の短時間ならば兩式とも 1 時間率の 2~3 倍の電流を流して差支なく、又自動車起動用電池は元來急放電を目的として造られ、5~10 分間率の放電が可能である。

b. 放電終期電圧の制限 本編 4 章 6 に示す値以下に稀には下げては直ちに充電すれば寿命には餘り害がないが、0 V 近く迄度々下けると極板が彎曲する。

c. 放電の必要 硫酸鉛の比重は過酸化鉛又は鉛のそれよりも大きい。従て放電の進むにつれて作用物質は膨脹する。これが充電により再び過酸化鉛又は鉛に戻るると多孔度が増す。10~20 時間率の電流で時々完全に放電すれば、極板の深い部分迄作用に與り極板全體の多孔度を増して容量の維持に効果がある。但度数が過ぎると作用物質の崩壊を來して良くない。3~6 箇月に一度を適當とする。

4. 電解液の補給 電解液面が極板の上縁以下になつた時はこれを補給する。補給には純度の高い蒸留水 (第 27 表) のみを用ひ、その時期は充電の終期を選ぶ。電解液比重が低下した場合には、先づその原因を確め、若し充電不足か極板の硫酸化 (本章 5 参照) かに因る時は硫酸を加へずに充放電操作に依つてのみその回復を圖る。飛沫による減耗、蒸留水の過給に因る事明な時に限り、適當な比重の硫酸を加へる。

5. 放置の影響 放電によつて生成した硫酸鉛は普通極く微細な粒子又は薄い皮層であつて、充電によつて容易に元の状態に復する事が出来る。然るに電池を放電状態で放置すると硫酸鉛は温度が昇れば一部液中に溶解、次で温度が下れば析出する。この際に比較的粒子の大きな結晶體となる。所謂白色硫酸鉛 (不還性硫酸鉛) であつて電流により過酸化鉛又は鉛となり難い。その多量が生ずるを極板の硫酸化 (Sulphation) と稱する。

6. 故 障

a. 極板の腐蝕 原因 液の比重及温度が高過ぎる。鉛を溶解する酸 (稀酸、硝酸、過硫酸等) 又はその鹽類の存在。對策 電池を全放電の状態にして後換液する。

b. 端子腐蝕 原因 腐蝕は陽極に限られる。過酸化鉛は端子の心金（銅合金）より電解液に対して高電位にある為、端子に電解液が附着すると、陽極→銅→電解液→陽極の方向に局部電流が流れ、銅が電解的に溶ける。（第 37 圖）対策 構造を工夫して内部の電解液と端子表面の電解液とを電気的に遮断するか、又はワセリンを塗附して電解液の附着を防ぐ。



第 37 圖 端子を腐蝕させる局部電流

c. 極板の彎曲 原因 充放電電流の過大、過度の放電、白色硫酸鉛の生成、兩面作動の不均衡、45°C 以上の高温での使用。対策 チュードル型では少し熱して木杵で押し、矯正出来る。プランター式の他の型、又はベスト式では不能。

d. 作用物質の脱落 原因 充放電電流の過大、20°C 以下での使用、使用に伴ふ作用物質の粒子集合状態の變化。対策 回復の途はない。

e. 短絡 原因 電池温度の異常上昇、ガス発出現象の遲延及ガス量の過少、電圧及比重の低下。原因 極板の彎曲、隔離板の不良、脱落した作用物質の側面及底面に於ける集積。対策 隔離板を取換へ極板を水洗すると回復する場合が多い。

f. 硫酸化 原因 極板の白變。原因 本章 5 参照。対策 一般に小電流の充放電を繰り返す事を薦めてゐるが、極く輕微のもの以外は回復不能の場合が多い。

7. 不使用電池の保存 休止 1 箇年以内ならば、先づ完全に充電し毎月 2 回自己放電を補充する程度の充電を行ふこと。若し長期に亘り休止する場合は次の策を採る。

a. 乾燥保存 先づ十分に充電して後電解液を蒸溜水と置換し、10 時間率放電電流で電池電圧が 0.1 V 以下になるまで放電し、器中の蒸溜水を二三度取換へて極板を洗ひ、後乾燥する。この際木製隔離板は乾燥して割れるから再使用の時は新品と交換する。

b. 不乾燥保存 十分に充電して後電解液を全部蒸溜水と置換し硫酸分が殆ど皆無となる迄水洗し、これに蒸溜水を注入して置く。

第 10 章 電池電壓及電流の調整装置⁽¹⁾

1. 電壓の調整方法

a. 増電池 電池の電壓は充放電の状態に応じて、1.70~2.95 V の範囲内で變化する。従て端子間の電壓を常に一定に保つには、放電の時には直列に接続した電池の数を漸次増し、充電の時には漸次減らす必要がある。この増減する電池を増電池と言ひ、増電池開閉器によつて切換を行ふ。増電池の内端に近いもの種放電時には後に接続されるから、充電時には早く切斷して過充電にならぬやう注意が必要である。（第 38 圖）



第 38 圖 増電池

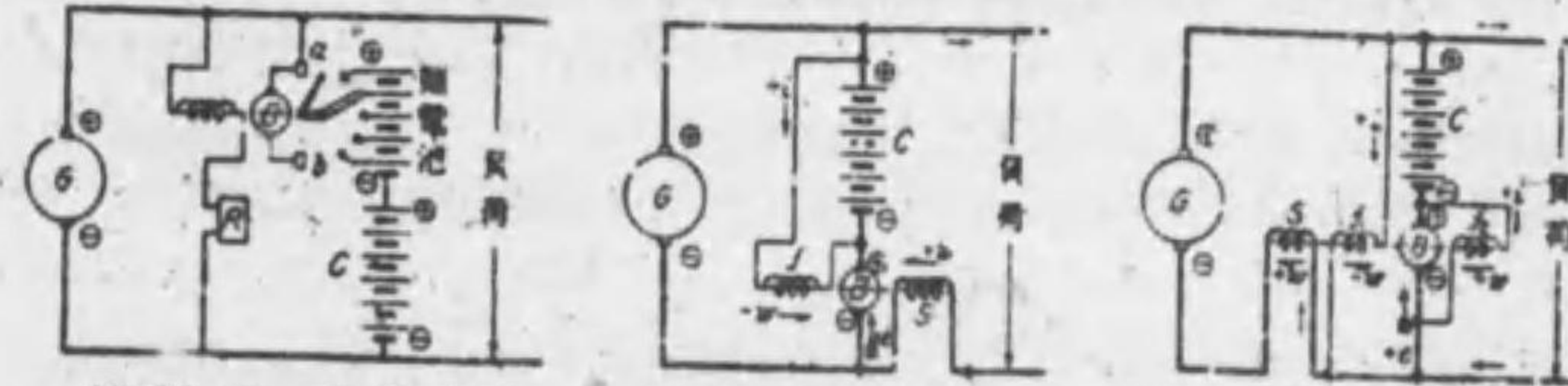
b. 逆起電力電池 増電池に相當する数だけ逆起電力電池を接続しても同様の結果が得られる。この電池は電解液と格子又は鉛板とを使用したもので 1 箇につき 2~3 V の電壓を低下させる。放電の初め主電池の電壓の高い間は全部を電路と直列に接続し、主電池の電壓が低下するにつれて適宜その数を減じ、線路電壓を一定に保つ。この方法では主電池が過て一様に充放電され一部が過充電される虞がない。併し電力損失が多い。

c. 加減抵抗 小容量の電池設備では鐵又は洋銀製の抵抗器を用ひ電壓を加減する。この方法は装置が簡單且低廉なので使用例は多いが、電力損失が大きい。

d. 加減壓機 加減壓機を電池及發電機と直列に接続して、電池の充放電作用を助け、且線路電壓の調整を行ふ。大容量のものは殆どこの方法に依る。

2. 加減壓機の種類 手動式と自動式とに大別され、自動式は更に自勵式、他勵式、外部制御式に小別される。又可逆式と非可逆式とに區別する事も出来る。前者では加減壓機回轉子電流の方向が電池の充電時と放電時とで反對であり、後者では同一である。

a. 手動式 主として電池充電用として用ひる。放電用としては、大電流を流す必要上自然機械が大きくなるのであまり用ひられぬ。第 39 圖は手動式加減壓機結線圖の一例である。充電時には轉換器を β に接続し、昇磁回路の抵抗 R によつて電流を加減し、放電時には轉換器を α に接続し端電池法によつて電池電壓を一定に保つ。



第 39 圖 手動式 第 40 圖 Pirani 式 第 41 圖 Lancashire 式

(備考) 捲線 "+ α " による磁束は、捲線電流 + i の時、 B に + e の起電力を生じる。
捲線 "- α " による磁束は、捲線電流 + i の時、 B に - e の起電力を生じる。
(第 47 圖まで本圖に準じる)

b. 自動式 自動式には下記の數種が主として用ひられる。

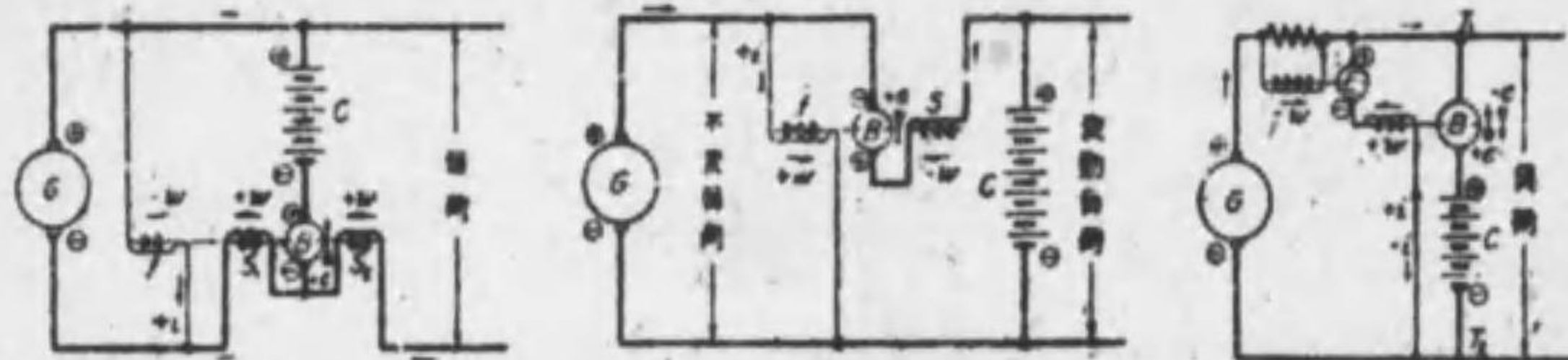
(1) Pirani 式 (第 40 圖) 負荷の變化が頻繁且廣汎な場合に適する。差動加減壓機一種で、換路電流全部が直列昇磁捲線 S を流れる。常規負荷の場合に加減壓機 B の起電力と電池 C の起電力との和が發電機 G の起電力と平衡するやうに B の分捲昇磁電流を調整して置く。負荷が軽くなると、 B の電壓は降り G の電壓が勝つて C を充電する。反對に負荷が重くなると B の電壓は昇り C を放電する。Pirani 式には勵磁機を有し、勵磁機電流の増減で上記の作用を営むものがある。この場合勵磁機の昇磁捲線として上記二つの捲線を用ひる。

(2) Lancashire 式⁽²⁾ (第 41 圖) 負荷の變化の劇しい郊外-は市街の電氣鐵道に適する差動加減壓機一種で、分捲昇磁 f_1 は電池を充電するやうに、又直捲昇磁 S は放電するやうに加減壓機 B に起電力を起させる。この式の特徴は B の電壓によつて勵磁される分捲捲線 f_1 のあることで、 B の電壓を充放電何れの場合にも速に變化させる。Lancashire 式には勵磁機を持つた他勵式のものもある。この場合上記の捲線は勵磁機の昇磁捲線となること Pirani 式と同様である。

(3) Entz 式 (第 42 圖) 差動加減壓機一種で直列昇磁捲線 S_1 及 S_2 を持つて居る。これ等による起磁力と分捲昇磁捲線 f による起磁力とは互に反對の方向である。この式の特徴は發電機 G の負荷を一定に保つにある。先づ常規負荷の場合に f , S_1 及 S_2 の昇磁捲線による起磁力の和が零になるやうに調整して置く。即ちこの場合加減壓機 B の起電力は零である。負荷が増加すれば S_2 の起磁力が $(f - S_1)$ のそれよりも大となり B には電池 C の放電を進める方向に起電力を生じ、負荷が減少すれば充電を進める方向

に起電力を生じる。又 S_1 は G の電流を一定に保つ爲にある。例へば C の電圧が低い場合には B の電圧が餘程高まらぬと C は放電しないから、もし S_1 が無いと、放電させる爲には S_2 の電流が餘程大きくならねばならぬ。従て G には遙に常規を越えた電流が流れる。然るに S_1 があると、 S_1 も B の電圧を高めるから、 S_2 のみの場合より放電が早く起り、 G の負荷が増す程度が少い。又 C の電圧が高い時には C は放電し易く、 G の電流は減少し易い。この場合には、たとひ S_2 の電流は同じでも S_1 の電流が減り、 B は C を充電する方向に勵磁される。従て C の放電が少くなり、 G の電流は常規の値より甚しくは減じない。かくして G の負荷を一定に保つ。

(4) 不變電流或は非可逆加減壓機 (第 43 圖) 一定電圧を必要とする負荷 (例へば電燈) と電圧變動を許容する負荷 (例へば昇降機) とに電力を供給する場合に適する方式であつて、不變負荷は加減壓機 B と發電機 G との間に、又變動負荷は電池 C の端子間に接続する。常規負荷の場合に分挿界磁 f と直挿界磁 S との差に依て B には G と同方向に 10~15V の電圧を生じ、 C には電流が流れぬやうに調整する。即ち不變負荷及變動負荷は總て G が引受ける。變動負荷が増加し、 G の電流が増加した場合には直挿界磁 S の起電力が増し、 B の電圧が減じ、 C は放電を始めて増加した負荷の大部を引受ける。これに反して變動負荷が減じると、 B の電圧が昇つて C は充電される。これ



第 42 圖 Entz 式(自動) 第 43 圖 不變電流式 第 44 圖 Hubbard 式

等の場合の B の發電子電流の變化は數パーセントの範圍である。故に不變電流加減壓機と稱へる。一般に線路間に結合されて線路電圧の増減により充放電するやうに置かれた電池を浮動電池 (Floating battery) と云ふ。線路電壓 (電池端子に加はる電圧) が (開路電壓 $\pm 0.05V$) \times (電池節數) の範圍内にあると實際上電流が殆ど流れぬ。この状態を浮動状態と云ふ。その範圍を越すと充電又は放電が起る。

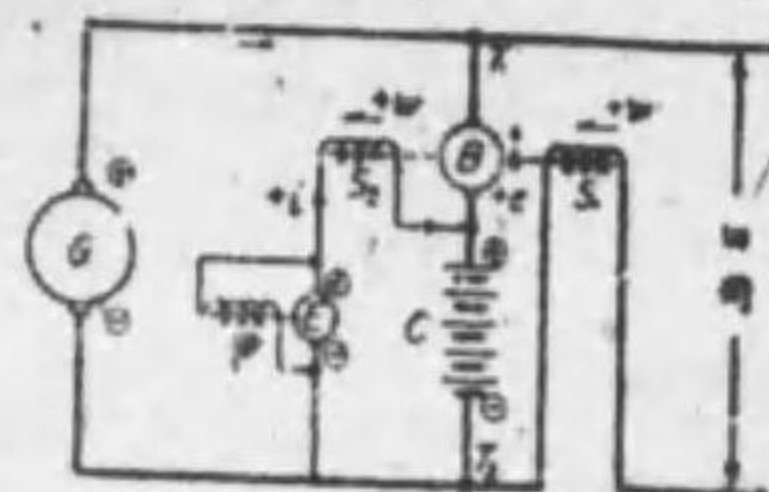
c. 他種式

(1) Hubbard 式 (逆起電力加減壓機) (第 44 圖) 勵磁機 E の電圧が線路電壓よりも大きい小さいかによつて、加減壓機 B の起電力は電池 C の起電力と反對に、或は同方向に生じるやうになつてゐる。 E の電圧は發電機 G の電流によつて變化し、従て E の電圧も亦 G の電流の變化に従て變化する。常規負荷の場合には E の電圧は線路電壓と平衡し、 B の界磁回路には電流が流れず、 B の電圧は零である。この時の C の起電力を線路電壓と等しくして置けば、 C には電流が流れぬ (線路に浮動する)。

負荷が増せば G の電流が増し、従て E の電圧も増し、 B の界磁軸には C と同方向の起電力を生じる方向に電流が流れ、 C の放電が行はれる。これに反して負荷が減れば C と反對の起電力が生じ充電が行はれる。 E が飽和状態に達する迄は、電池の放電電流の大きさと G の電流が常規負荷を超過する部分とは略比例する。 E が飽和状態に達した後は、 G の電流に比例しては E の電圧が昇らず、従て B の電圧も昇らず、放電電流の増加する割合も減じる。かくして C の過放電を防ぐ。負荷電流が G の常規電流と C の許容

最大電流との和を超過する場合に、丁度 E が飽和状態に達するやうに設計する。

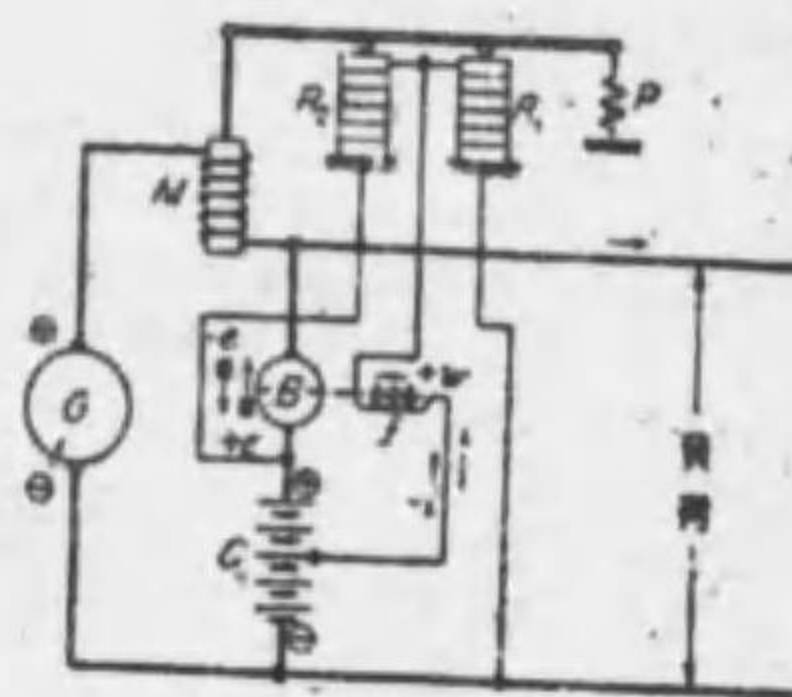
(2) Highfield 式 (第 45 圖) 主發電機 G が垂下特性を有する場合にこれと組合せて使用する方式で、 G の負荷減少 (増加) してその端子電圧上昇 (下降) し、電池 C が充電 (放電) される時は益々その傾向を助長する特性を持つてゐる。勵磁機 E の起電力は恒に一定で、常規負荷の時 C の電圧と平衡するやう調整されてゐる。負荷が減じて G の電圧が昇ると T_1, T_2 間に C を充電する方向の電流が流れ、 C の端子電圧は昇り、 E の電圧が負け、 S_2 に電流が流れる。その際 S_2 によつて加減壓機 B の起電力は C を充電するやうに變じる (+e は小さくなる)。従て C は益々充電される。負荷が増して G の電圧が下降すれば、 E 及 B は丁度上記と反對に動作する。又 B の直挿界磁挿 S_1 は、負荷が増した時 B の放電方向の起電力を強くする爲にある。



第 45 圖 Highfield 式

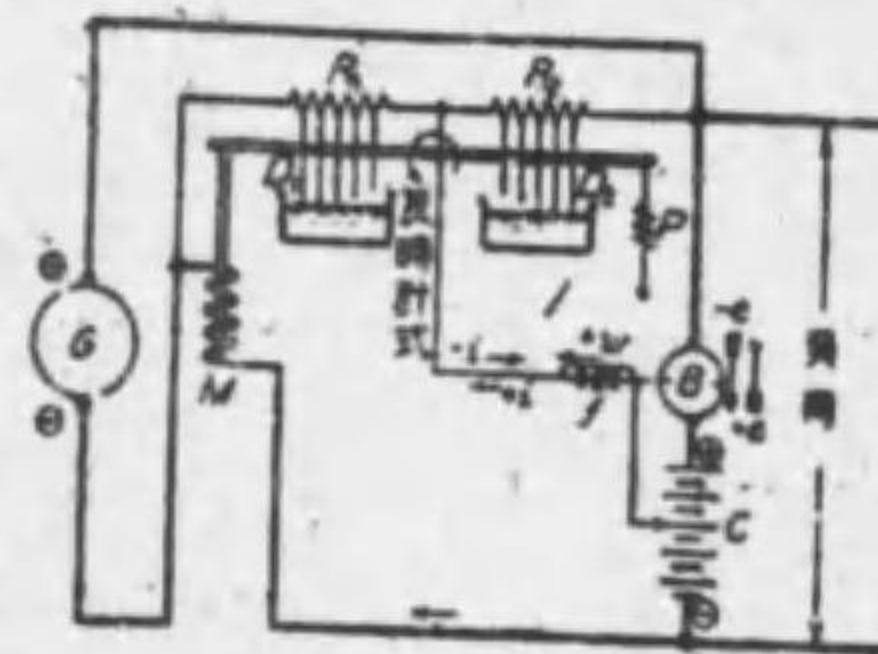
d. 外部制御式

(1) Entz 式 (第 46 圖) 炭素板抵抗器 R_1 及 R_2 と加減壓機とを組合せた方式で、この抵抗器の抵抗は上部横杆の壓力によつて非常に變化する。横杆の一端には彈簧 P 、他端には電磁石 M があり M は發電機 G の電流によつて動作する。 P の力と M の力とが互に釣合ふ時は R_1, R_2 に働く力は等しく R_1, R_2 の抵抗も亦等しい。この場合に加減壓機 B の界磁挿 f の電流は零、従て B の起電力も亦零である。常規負荷の時かくなるやうに調整する。負荷が増すと M の電流が増し、 R_2 にかかる壓力が増してその抵抗を減じ R_1 の抵抗が増す。従て電池 C の陽極より R_2 と f とを通じ、 C の中點に電流 $+i$ が流れ B に C を放電させる方向の起電力 $+e$ を生じる。逆に負荷が減少した場合には P の強さの方が勝つ。従て f の電流の方向も逆になり C を充電させる。 B が大容量の時は炭素板抵抗器で B 用の勵磁機の界磁電流を制御する方式を探る。



第 46 圖 Entz 式

(2) Bijur 式 (第 47 圖) 發電機 G と加減壓機 B との中間に直列に結んで挿入された 2 箇の抵抗 R_1 及 R_2 は、各數組のタップを持つてゐる。これ等のタップは不導體製横杆上に設けられた長さの少しづつ異なる接點列 D_1 及 D_2 に結ばれる。横杆が制磁石 M 或は彈簧 P によつて何れかの方向に傾けられるに従て、 D_1 或は D_2 は水銀槽に順次浸つて行く。常規負荷の場合に制御装置が水平の位置を探るやうに調整する。この場合には B の界磁電流は零で、その起電力も亦零である。負荷が増加した時は M の電流が増え、横杆が反時計式に動いて R_1 を順次短絡する。この爲 f に電流 $+i$ が流れ、電池 C を放電させる方向の起電力が B に生じる。負荷が減少すれば逆に P の方が強くなり界磁電流が逆に ($-i$) 流れて C が充電される。本式の長所は、 G の電流の變化の度合と C の電流の強さとの關係を數量的に



第 47 圖 Bijur 式

第 30 表 本邦に於ける調整装置の使用状況

行社 項目	釜浦電機	京阪電機	多富銀行電機	南海鐵道
式	Pirani (磁石増付)	Pirani (ナリル調整器併用)	原 阿 ⁽¹⁾	Pirani
加減壓機 (B)	他勵式 7.5 kW, 50 V	他勵式 360 kW, 500 V (充電) 199 kW, 130 V (放電)	他勵式 4 種 55/80 kW, 240 V	他勵式 75 kW, 250 V
勵磁機 (E)	差動勵機 0.45 kW, 100 V	他勵直連 3 kW, 100 V	9.65 kW, 110 V	差動勵機 3 kW, 100 V
電機機	分巻 11.2 kW, 600 V	三相誘導 411 kW, 3300 V	三相誘導 93.4 kW, 3300 V	三相誘導 89.5 kW, 3450 V
回轉數	1000 R.P.M.	886 R.P.M.	370 R.P.M.	1150 R.P.M.
電 流	250 Ah (10 時間率)	2220 Ah (1 時間率)	390 Ah (1 時間率)	300 Ah (1 時間率)
電 壓	600 V (線路電壓)	1500 V (線路電壓)	1500 V (線路電壓)	1500 V (線路電壓)
發電機 (G)	150 kW, 600 V 1 臺	3000 kW, 1500 V 1 臺	同轉整流機 2 臺 250 kW, 750 V 他に水銀整流器 610 kW, 1500 V	同轉整流機 2 臺 300 kW, 750 V 他に水銀整流器 500 kW, 1500 V
結 線 圖				
備 考	<p>(1) 京阪の勵磁機 E には 3 種の昇降機がある。1 種は負荷電流によって E を勵磁する。他の 2 種は制御電線によるもので、その内 1 種はナリル調整器を備へ線路電圧を一定に保つ作用を爲し、他の 1 種は常規負荷、常規線路電圧の場合前者の起動力を速度に打ち消す。(2) 多富の勵磁機は特殊の構造で、同性の極が相隣した 2 組の極と 6 種の昇降機とを持つ。2 種の極線の電流は電池電流で、他の 4 組のは負荷電流で定まる。後者の極数は二つ交互に昇るが、前者と相隣つて、常規負荷の時 2 組の極に同大の起動力を興へる。従て回轉子の中點刷子と兩端の刷子との間の電圧が互に等しい。然るに負荷電流又は電池電流が變ると、一方は増し他方は減る。この差によつて加減壓機 B が勵磁される。(B は極線等しく、且差動的に働く 2 種の昇降機を持つ。) S の電圧は常規負荷以上では電池を放電し、それ以下では充電するやうに變る。(3) 南海(高野登山線)のは線路が急勾配で、下降する電車によつて回生制動が行はれ線路電流が逆方向に流れる場合がある。この時勵磁機の直列昇降機の起動力が今一つの極線と同方向になり、電池の充電を促進する。</p>			

定め得る點にある。即ち電磁石線輪に或る定まつた強さの電流が流れた時横杆が適當に傾くやうに M と P とを調整して置けば、丁度所要の電池電流が流れるやうになる。

3. 選 擇 平均負荷が小さく、最大負荷が大きく、且變動が多い場合には非可逆加減壓機が適する。但、最大負荷の場合の電壓降下は免れない。平均負荷が大きく最大負荷が平均負荷よりもあまり大きくない場合には、電池と加減壓機とを直列に接続した方式が適する。一般に他勵式或は外部制御式は値段も安く調整作用も良好である。

4. 本邦に於ける主なる調整装置 本邦の調整装置使用状況の一部を第 30 表に示した。

5. 電池充電用電源 一般に加減壓機を使用して、不變電壓の電源より電池を充電し得る。又特に充電用發電機を設備する場合には、所要の電壓調整範圍は電池 1 箇につき 2.10~2.90 V と看ればよい。充電用發電機としては直捲及和動捲機のは故障の場合に逆流を起して急轉の危険がある故、電壓變動率の多い差動捲機のものか、又は分捲のものがよい。水銀整流器の格子制御式のもの(13 編 2 章参照)も亦適する。

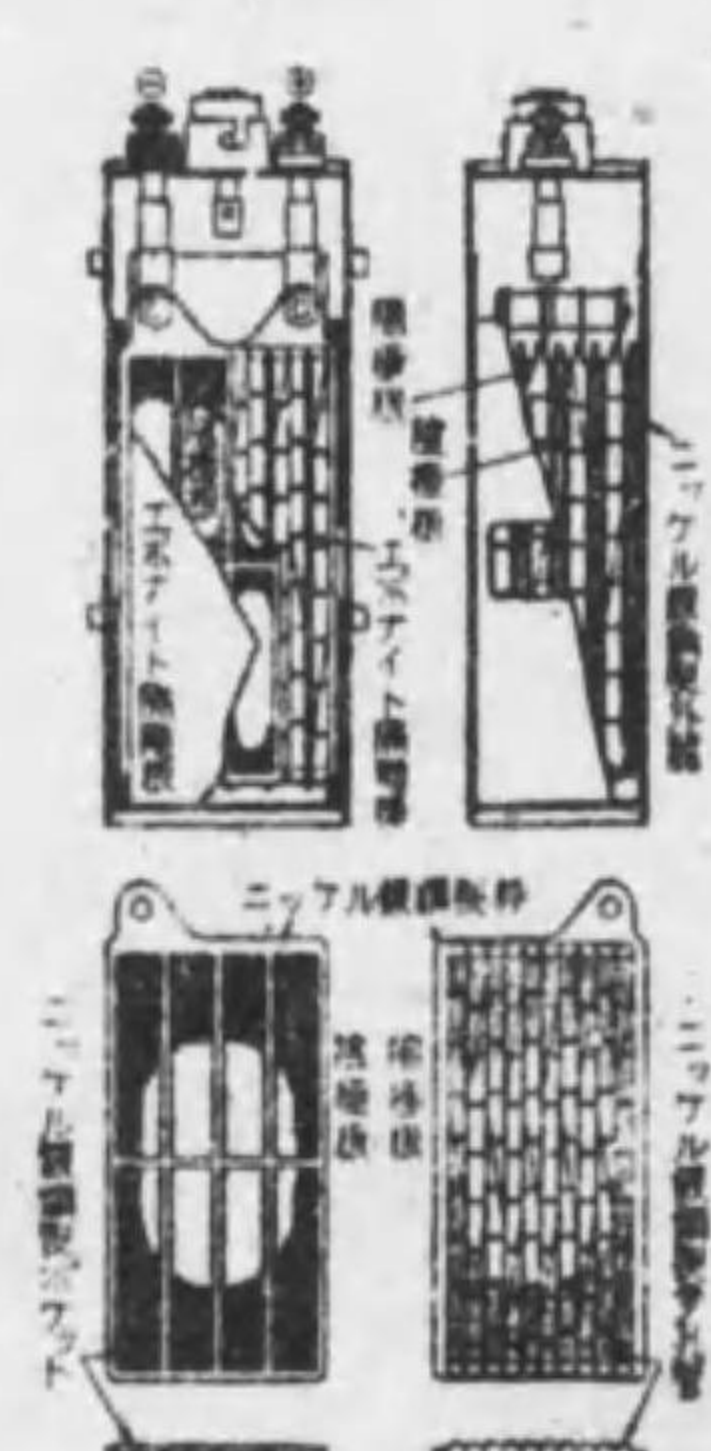
第 11 章 ニッケル・鐵二次電池

1. エチソン電池 米人 Thomas A. Edison 1901 年の發明で、水酸化第二ニッケル(Ni(OH)₂)より成る極板を陽極とし、鐵(Fe)粉より成る極板を陰極とし、少量の水酸化リチウム(LiOH)を含む苛性加里(KOH)溶液を電解液とした二次電池である。

2. ユングネル電池 瑞典人 Valdemar Jungner 1899 年の發明で、水酸化第二ニッケルより成る極板を陽極とし、カドミウム(Cd)粉と鐵粉とより成る極板を陰極とし、苛性加里溶液を電解液とした二次電池で、一名ニツフェ(Nife)電池とも言ふ。

3. 構造及要目

a. エチソン電池 陽極板はニッケル鍍鋼製枠中にニッケル鍍鋼製多孔管を縦に嵌め込んであり(第 48 圖)、管の内部には水酸化第二ニッケル粉と導電性を増す爲のニッケル薄片とを互に積み重ねて裝填してある。陰極板はニッケル鍍鋼製の袋を枠中に縦に排列し、その内部には鐵粉と約 6% の酸化水銀とを混ぜたものを填



第 48 圖 エチソン電池の構造

第 31 表 エチソン電池極板の大きさ

型	陽極管		陰極ポケット			陽極容量 (1 枚當り Ah)		
	数	径 (mm)	長さ (mm)	数	長さ (mm)		幅 (mm)	厚さ (mm)
A	30	6.35	114.3	24	76.2	12.7	3.18	37.50
J	12	6.35	114.3	16	51.8	12.7	3.18	18.75
G	49	4.76	114.3	24	76.2	12.7	2.38	25.00
M	7	6.35	79.4	3	76.2	2.7	3.18	5.22
L	10	4.76	114.3	8	54.8	12.7	2.38	6.25
W	3	6.35	114.3	2	57.2	12.7	3.18	3.12

めてある。水銀を混ぜると放電の時永く高電圧を維持し得る効果がある。(16) かかる陽極板 n 枚と陰極板 n+1 枚とをエボナイト製隔離棒及板と共にニッケル鍍鋼製外器中に収めてある。市販品には A, B, M, L 及 W 型の数種があるが、(17) A, B 型が最も多い。(第 31 表)

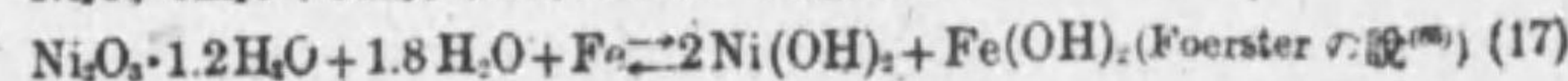
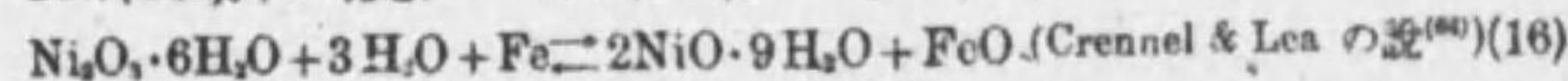
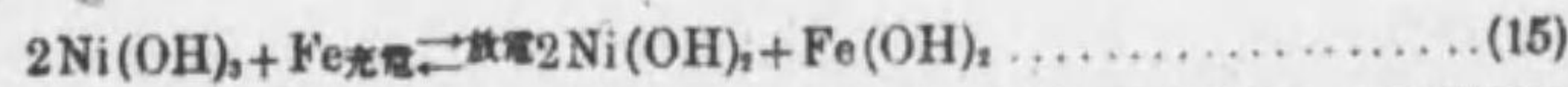
b. ユングネル電池 陽極板はニッケル鍍鋼製ポケットを横に排列したもので、その内部に水酸化第二ニッケル粉と黒鉛粉とを填めてある。陰極板は同様にニッケル鍍鋼製ポケットを排列し、その内部にカドミウム粉と約 15% の鐵粉とを填めてある。かかる陽極板 n+1 枚と陰極板 n 枚とから一器を構成する。市販品は次の 2 種に分けてある。(18)

平内部抵抗型 Si, P 型 (電燈, 電鈴, 信號, 發火, 實驗用で小電流に適する)

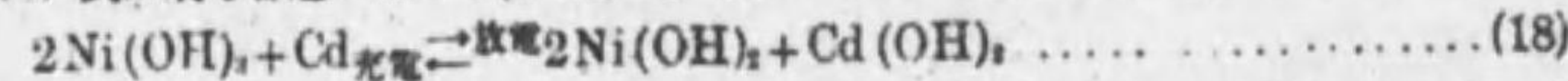
低内部抵抗型 KC, KB 型 (牽引車, 運搬車, 機關車用で大電流に適する)

c. 市販電池要目表 (第 32 表) エヂソン電池の型名の表し方は次の通り。例へば A4 型は A 型の陽極板 4 枚より構成の意。又 A4H 型は A4 型より外器の高さが高く (High), A4HW 型は A4 型よりも外器の高さも高く 幅も廣い (Wide) の意。(その他の型に対しても H 及 HW の意味は同様である。) 表中の容量はエヂソン電池では 5 時間率のもの、ユングネル電池では 8 時間率 (Si, P 型) 又は 4 時間率 (KC, KB 型) のものを表す。又充電電流の大きさは、エヂソン電池では 7 時間で、ユングネル電池では 6 時間 (Si, P 型), 又は 5 時間 (KC, KB 型) で、充電を完了し得る位である。

4. 基礎化學反應 充放電の化學反應に就ては次の如き種々の説 (15), (16), (17) がある。



(15) 式が最も普通に用ひられて居る。尙ユングネル電池では下式が用ひられる。



(16), (17) 式の説によっても電解液比重は放電時に極く僅か高く、充電時に低い理であるが、その程度が小さい爲に現れて来ないと看做されてゐる。

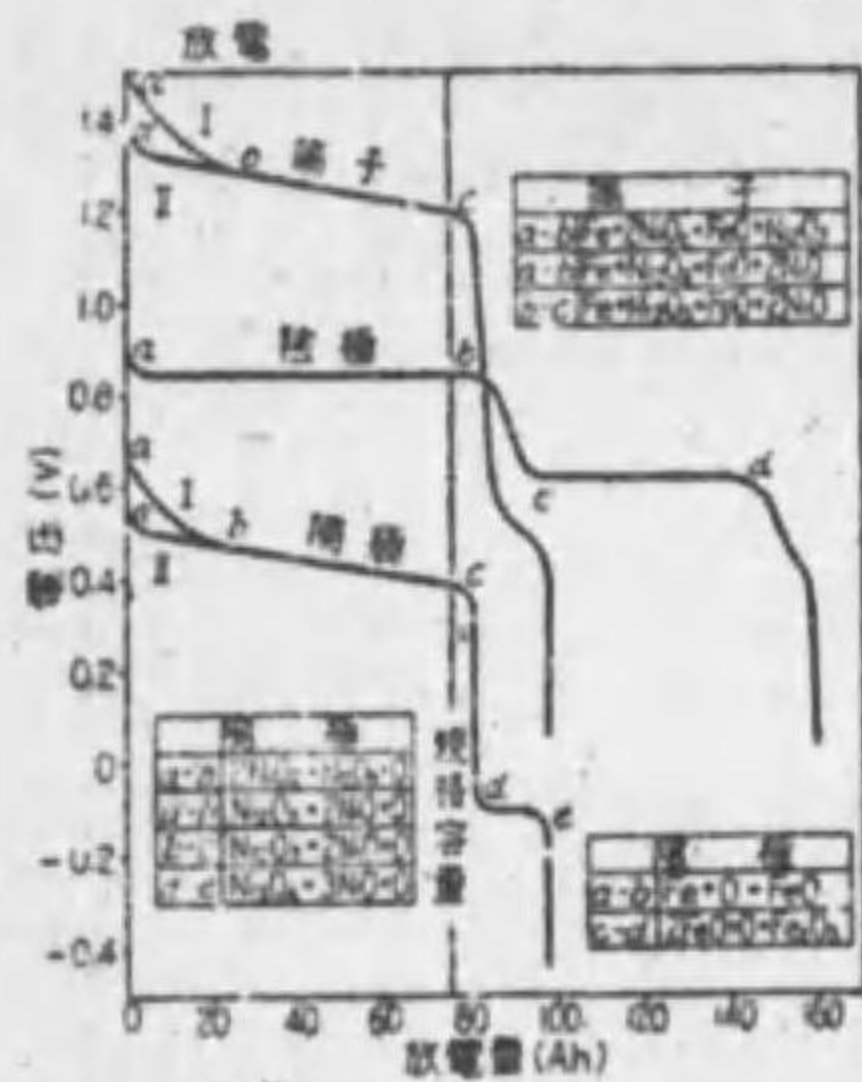
5. 放電及充電の特性 ニッケル・鐵電池の (特にエヂソンと言はぬのは報告者の用いた電池が同社の製品でないから、本章 10 参照) 充放電時の陰陽兩極の電壓變化を第 49 圖に示した。曲線 I は充電直後の、又曲線 II は充電後 12 時間放置せる後の放電曲線で、曲線の各部分に對應する反應式をも同圖内に掲げた。(19) 但、Ni 等の酸化程度を示してゐるのみで、H2O との結合の模様に就ては前記の通り諸説あるため、わざと明にしてゐない。充電により陽極の一部は NiO2 となるがこの化合物は自然に分解して Ni2O3 となる。これが放電曲線に I 及 II を生じる原因である。故に充電直後に放電した場合の放電曲線も、陽極内の NiO2 が分解し盡せば (b 點以後) 充電後放置した場合のものと全く一致する。又充電で陰極及兩極電壓が一時下降するのは温度上昇により内部抵抗が減少する爲である。

カドミウムを含むユングネル電池の充放電曲線はエヂソン電池とは多少異なる。これを第 50 圖と比較した。静止電壓はエヂソン電池が約 0.05~0.15 V 高いが、放電を開始するとユングネルの値以下となる。これは鐵の酸化物がカドミウムの酸化物に比して抵抗が大きいのに因る。併しユングネル電池の電壓の方が放電終期に急激に降る。これはカドミウムの多孔性が減るに因るらしい。(20) 但第 50 圖の交點 M が放電終期に近い實驗例もある。

第 32 表 エヂソン及ユングネル(ニッフェ)電池要目表

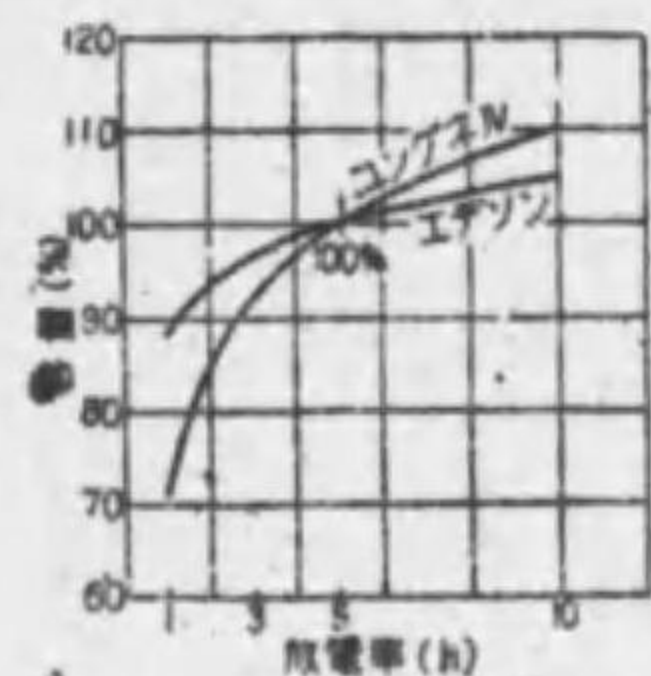
Table with columns for battery type (エヂソン電池, ユングネル(ニッフェ)電池), model name, capacity (Ah), charging current (A), weight (kg), Wh/kg, liquid level height (mm), and price (円). It lists various models like A 3, A 4, B 1, C 4, G 4, L 20, N 2, etc.

(備考) Wh の計算に用いた放電平均電壓はエヂソン電池 1.24 V (8 時間率), 1.20 V (5 時間率), ユングネル(ニッフェ)電池 1.20 V (平内部抵抗型 8 時間率), 1.20 V (低内部抵抗型, 5 時間率)。液面高さとは陽極の上縁から液面迄の高さの意。



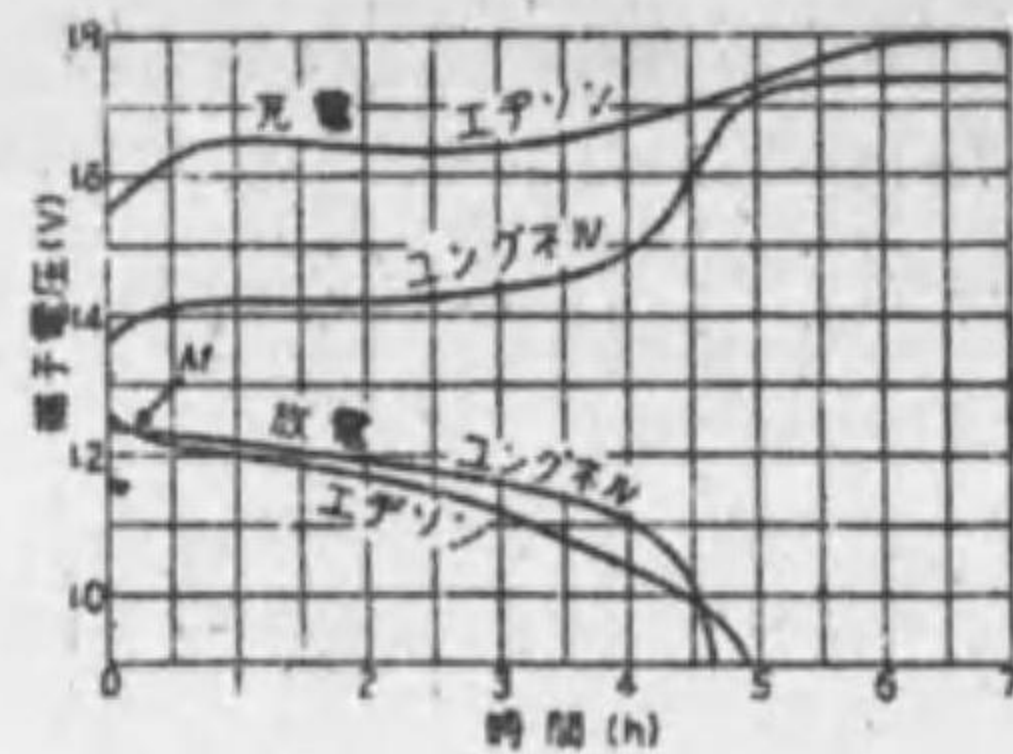
【備考】陰極の目盛は良と看做す。
第 49 圖 放電及充電の特性
(ニッケル・鉄電池, 75 Ah)

試験結果である。前者のアムペア時容量が減らぬのは、放電中に陽極作用物質が収縮して粒子間の間隙を増し電解液の流通を良好ならしむる爲、⁽⁷⁰⁾ 又後者の減るのは急放電に際し、⁽⁷¹⁾ カドミウム粒子が凝縮し多孔性を害する爲である。(本章 5 参照)



第 51 圖 放電率と容量

b. 温度と容量 0°C. 以下になると急激に容量が減り、エチソン電池では -15°C 附近で略零になる(鐵が不動態となるから)。(25 編 2 章 8 参照) ユングネル電池ではこの傾

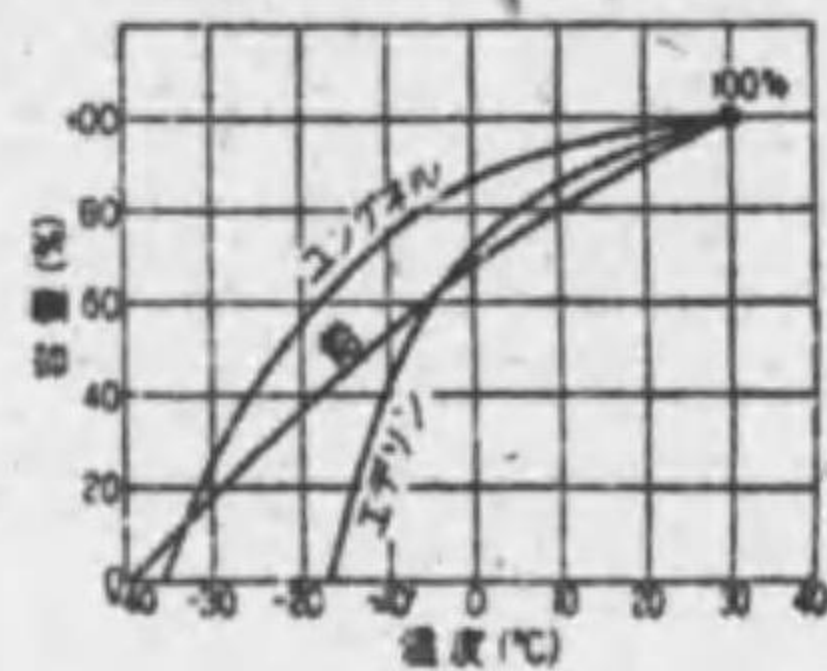


第 50 圖 エチソン、ユングネルの充放電特性の比較

エチソン電池では放電の際生じた水酸化第一鐵を還元するに相當高い電流密度を要する。従てある値以下の弱小電流では充電が出来ぬ(單に水素が発生する)。ユングネル電池にはこの缺點がない。又同じ電流密度で充電すると、前者に比して充電電圧が約 0.15~0.20 V 低い(カドミウムを含むから)。但、充電終期には水酸化カドミウムが還元し盡して水酸化第一鐵の還元が行はれる爲エチソン電池と略同電圧を示す。

6. 容量、能率及壽命

a. 放電率と容量 エチソン電池では放電電流が増してもアムペア時容量は殆ど變らぬが、ユングネル電池では相當に減る。第 51 圖はエチソン電池とユングネル電池とに就て、温度 30°C, 比重 1.22 に於て規定終期電圧(第 34 表)まで放電した時の



第 52 圖 温度と容量

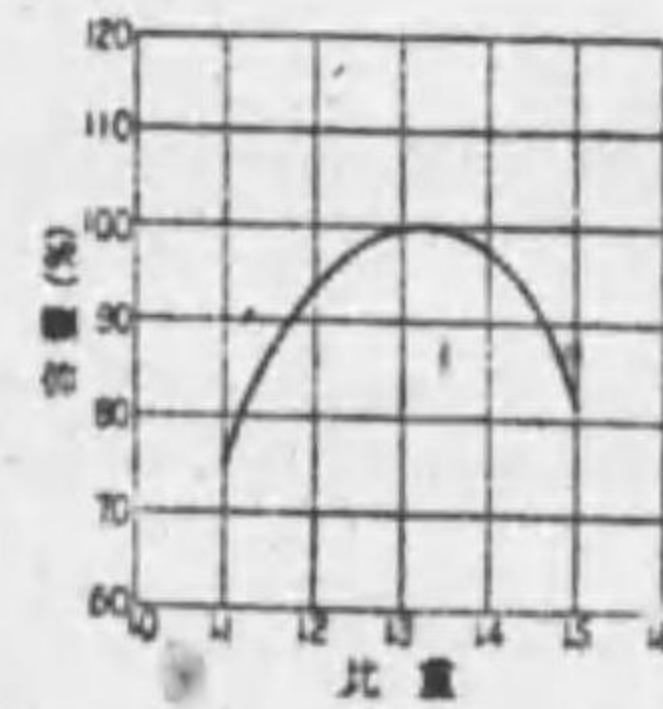
向が少く(カドミウムを含んでゐる爲)、-35°C 附近で始めて零に近くなる。(第 52 圖)(比較の爲に鉛電池のをも併せて掲げた)本圖は單に容量低下の割合を示すのみで、0°C 以上の Wh/kg はエチソンの方が寧ろ大きい。兩電池共温度が高くなると容量は増すが、50°C 以上になるとまた却て低下する。(第 33 表)これは陰極の鐵が一部電解液に溶解し、陽極の酸化ニッケルと作用して不活性ニッケル鐵化合物を作るに因る。⁽⁷²⁾

第 33 表 温度と容量(エチソンの例)

温度(°C)	20	30	40	50	60	70	80	90
充電量(Ah)	60	60	60	60	60	60	60	60
容量(Ah)	29.9	34.4	42.7	46.8	57.6	59.7	30.1	28.1

c. 電解液比重と容量

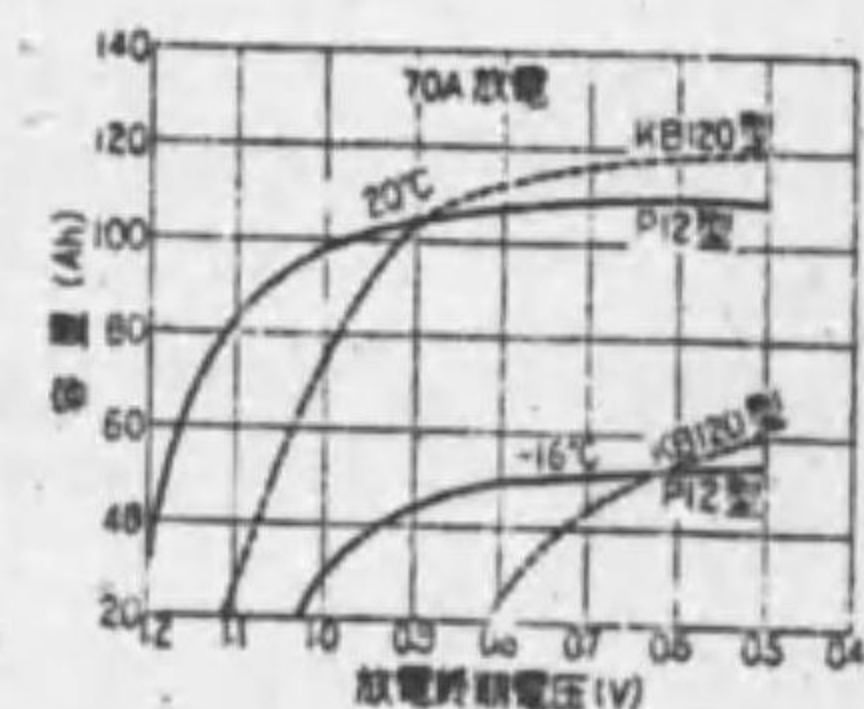
比重 1.30 附近まで容量は次第に増す。それ以上では却て減る。これは苛性加里溶液の電氣抵抗が略その附近で最小値を示すからである。(第 53 圖)



第 53 圖 比重と容量

d. 放電終期電壓と容量

放電終期電壓を制限しないでも破損の虞はないが、それを甚しく下けても放電し得るアムペア時は割合に増加せぬ。この事を考慮して放電終期電圧が定められてゐる。(第 34 表) 第 54 圖は種々な電圧で放電を停止した時、出し得たアムペア時を示すものである。



第 54 圖 放電終期電壓と容量

第 34 表 放電終期電壓(V)

放電率(時)	10	5	3	1
放電終期電壓	1.15	1.10	1.05	0.90

第 35 表 能率

電池	能率	
	Ah (%)	Wh (%)
エチソン	75~80	50~60
ユングネル	75~80	55~65

e. 能率 エチソン電池のアムペア時能率はユングネル電池と略その値が等しいが、ワット時能率は充電電圧が高い爲に稍悪い。(第 35 表) 尚、兩電池共温度が降る程能率は下る。⁽⁷³⁾ 又陽極板は陰極板に比して能率が劣る。⁽⁷⁴⁾

f. 壽命 兩電池とも壽命は長い。2 時間率電流、温度 30°C で連続充放電を繰返すと 1000~1500 回に耐へる。然し稀には 200 回附近で容量が下るものもある。⁽⁷⁵⁾

7. 電解液 苛性加里溶液の比重 1.20~1.25 のものを用ひる。エチソン電池では特に水酸化リチウム約 5% (重量) を添加する。この爲電解液の抵抗は約 21% 増す不利があるが、容量が約 12% 増加するの利益がある。⁽⁷⁶⁾ 苛性加里溶液の諸特性に就ては 25 編 8 表参照。電解液中の不純物として害のあるものは酸基、並に鐵より貴で且水素過電壓の低い金屬である。第 36 表は電池用の固形苛性加里の規格⁽⁷⁷⁾ である。

第 36 表 電池用固形苛性加塩の規格

組 成	KOH	K ₂ CO ₃	KCl	K ₂ SO ₄	K ₂ SiO ₃	H ₂ O
含有量(%)	84 以上	3 以下	無	無	0.075 以下	残部

8. 取 扱

a. 初充電 新しき電池は使用に先立つて比重 1.23 の電解液を注入し、正規充電電流(第 32 表)を以て、常用充電時間の 2 倍の充電を行ふ。

b. 充 電 普通充電に就ては第 32 表参照。急進充電には正規の 5 倍位迄の大電流を許し得る。所要充電量は放電量の 120~135%。正確な充電完了の検知は精困難であるが、エヂソン電池では電氣量の計測により、ユングネル電池では電圧が一定してから経過時間(約 1 時間)による。定電流充電の外所謂減速充電(Taper charge)を行ふこともある。エヂソン電池の減速充電には(1)電源は全部正規充電電流の 200% に堪へるものとし、(2)線路電圧が 1.84V×(電池の数)になるやう直列電池筒数を選び、(3)直列電池 1 筒に付第 37 表の抵抗を入れる。1.0~0.9V 迄放電した電池を本法により充電すると初期電流は正規電流の約 165% に、終期は約 65% になる。⁽⁷⁷⁾

第 37 表 減速充電に用ひる抵抗値(エヂソン電池)

電池の型	A 5	A 4	A 6	A 8	A 10
抵抗(Ω/電池)	0.0067	0.0060	0.0033	0.0025	0.0020

c. 放 電 高率放電に耐へる。放電終期電圧は第 34 表参照。容量の減退を防ぐには 2 箇月に 1 回位 0V 迄放電させた方がよい。放電中は充電中よりも温度が上る。エヂソン電池では 45°C、ユングネル電池では 60°C 以上にならぬやう注意を要する。⁽⁷⁸⁾

d. 補液と換液⁽⁷⁹⁾ 電解液の消耗には蒸留水を補給して、液面の高さをなるべく一定に保つ。(第 32 表) 又比重が 1.16 附近迄下降した場合には新しき電解液と取換へる。普通この時期が来るのは 1 箇年経過後又は 200 回充放電後である。換液の際には(1)エヂソン電池では 0V 迄、ユングネル電池では 0.8V 迄放電する。(2)古い電解液でよく振盪して沈殿物を洗ひ出す。(3)極板を長時間空気に曝さないやう注意する。尙蓋の栓をよく閉ぢぬと空気の炭酸ガスを吸ひ液が早く悪くなる。

e. 貯 蔵 常時電解液を充滿して置き極板を乾燥させぬこと。エヂソン電池では全放電状態、ユングネル電池では半放電状態で貯蔵すること。又外器は錆びるから全面に充分グリーニを塗布すること。

f. その他 外器が陽極と結合してあるものもある。短絡しないやう注意を要する。

9. ニッケル・鐵二次電池と鉛二次電池との比較

a. 鉛電池より優れる點 (1)鉛電池の硫酸化に相當する故障がない。(2)極板及外器が堅牢で酸害に耐へる。(3)作用物質の脱落がなく寿命が長い。(4)高率放電に耐へる。

b. 鉛電池より劣れる點 (1)高價(容量が大となる程高價で約 1.5~5 倍)(第 32 表)。(2)ワット時能率が悪い。(3)1kg 又は 1 リットル當りのワット時が稍小(第 38 表)。(4)内部抵抗が高く、放電電流の變化による電壓變動率が大きい。(5)完全充電の検知精困難。第 38 表⁽⁸⁰⁾はペースト式鉛電池の軽量な物と、エヂソン電池 A 4 型とユング

ネル電池との比較である。第 18 表、第 20 表、第 32 表の値とは多少異なるがその差は型録の値と實驗値との差と看做すべきで、極めて妥當な數字である。⁸¹

第 38 表 ニッケル・鐵電池と鉛電池との比較

種類	性能	容量(Ah)	平均電壓(V)	容量(Wh)	容積(l)	重量(kg)	Wh/l	Wh/kg	價格(%)	價格/Wh(%)
鉛	ブランチー式	180	1.92	346	17.9	49	19.3	7.1	100	100
	ペースト式	200	1.95	390	5.04	13	77.5	30.0	111	99
鐵	エヂソン	150	1.20	180	2.98	6.3	60.6	28.6	157	302
	ユングネル	125	1.20	150	2.80	6.2	53.5	24.2	196	483

[備考] ブランチー式は製鐵用で高透テュードル社製 J.6 型、ペースト式は移動用エキタイト型で同上社製 4 Ky 285/4 型、エヂソンはエヂソン社製 A 4 型、ユングネルは型名不詳、鉛は鉛二次電池の時、鐵はニッケル・鐵二次電池の時。

10. エヂソン及ユングネル(ニツフェ)電池以外のニッケル・鐵二次電池

a. S. A. F. T. 電池 佛國 La Société des Accumulateurs Fixes et de Traction 1920 年の發明。エヂソン電池と同種で、後者と相違する點は陽極作用物質中のニッケル薄片の代りに黒鉛粉末を用ひた點である。陽極の特性がユングネル電池に似て、放電電壓が高い外は凡てエヂソン電池と同様である。

b. Gonin 電池 Gonin 1911 年の試作。エヂソン電池と同種で、陰極作用物質として鐵粉の代りに鐵線條を用ひたもの。實用には供されて居らぬ。

c. Alkum 電池 米國 Worsnop & Co. で製作。ユングネル電池と同種である。

第 12 章 異種類の電池⁽⁸²⁾

1. 金屬酸化物及金屬を電極とした電池 第 39 表はこの種に屬する鉛以外の電池で今迄試みられたものの表である。孰れも實用に供されてゐない。

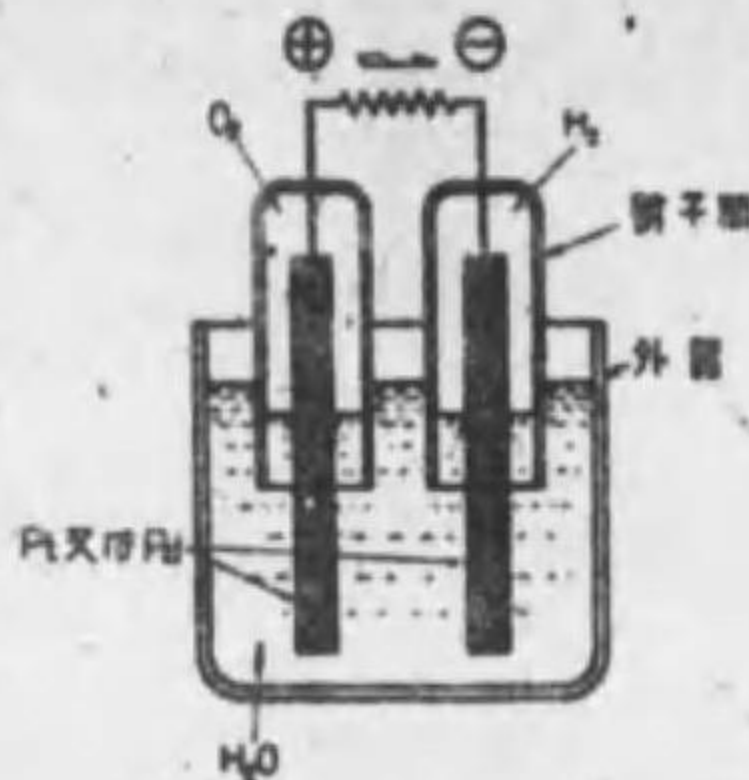
第 39 表 金屬酸化物及金屬を電極とした電池

陽 極	電解液	陰 極	電壓(V)	實用し得ない理由
PbO ₂	H ₂ SO ₄	Zn	2.5	ZnSO ₄ が稀硫酸に可溶性。Zn が稀硫酸に侵される。
PbO ₂	H ₂ SO ₄	Cd	2.3	Cd が稀硫酸に侵される。Cd が高價。
PbO ₂	H ₂ SO ₄	Cu	1.2	Cu が硫酸に侵される。ワット時能率が低い。
CuO	KOH	Zn	0.8	Zn が KOH に侵される。Cu が Zn の上に析出する。
Ni ₂ O ₃	KOH	Zn	1.83	Zn が KOH に侵される。
Ni ₂ O ₃	K ₂ CO ₃	Zn	2.1	Ni ₂ O ₃ が K ₂ CO ₃ と静止状態に於て化合する。

[備考] 利點は孰れも Wh/kg 大なること。

2. 酸水素 氣電池 電極に白金又はパラジウムを使用し、これを適當な電解質を入れた水中に浸して夫々水素及酸素ガ中に置く時は、酸水素に就て可逆的な電池を得る。即ち 2H₂+O₂=2H₂O。この種の電池を氣電池と言ふ。(第 55 圖) Caillet 及 Colardeau

は酸水素ガスを 600 気圧に壓縮し、白金 1kg 使用の場合、平均電圧 1.3V、電流 100A、容量 56Ah を得た。實用し得ない理由は (1) 高氣壓に保つ爲の機械的構造の困難、(2) ワット時能率 50% 以下、(3) 白金及パラジウムの高價等である。



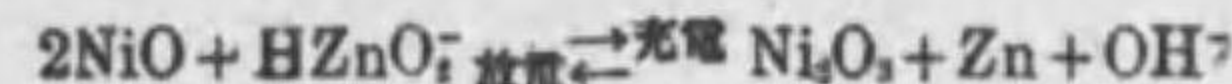
第 55 圖 酸水素ガス電池

3. ハロゲンガス電池 陽極を炭素又は白金とし、これを Cl₂, Br₂ 等の如きハロゲン属のガス中に入れ電解液に金属のハロゲン化合物を用ひ陰極には相應する金属を用ひたものは、Zn (陰極)-ZnCl₂ (電解液)-Cl₂ (陽極) [2.14V], Zn (陰極)-ZnBr₂ (電解液)-Br₂ (陽極) [1.80V] 等であつて、ワット時能率が 90% 以上の高率である利點があるが、Cl₂, Br₂ ガスが直接 Zn を侵すのを適當に防ぐ手段がない爲實用に供し得ぬ。

4. ドラム電池 陽極板は従来のエヂソン電池と殆ど同様なもの。陰極板は金属亜鉛を作用物質としたもの。但、金属亜鉛は充電によつて電解液より陰極格子 (グリッド) の上に電析析出せしめる。尙陰極格子は特殊な處理を施した樹状ニッケル線である。又電解液は比重 1.23 の苛性加里溶液に、酸化亜鉛を加へて比重を 1.275 たらしめたもの。本電池の充放電の化學反應⁽³⁰⁾は次の通りである。

第 40 表 異種類の電極の電氣化學當量

陽 極		陰 極					
物 質	1Ah 放電する爲の所要量 (g)	1kg により放電し得るアムペア時	物 質	1Ah 放電する爲の所要量 (g)	1kg により放電し得るアムペア時		
PbO ₂	PbSO ₄	4.46	224.2	Pb	PbSO ₄	3.86	259.1
Sb ₂ O ₃	Sb ₂ O ₄	2.98	335.1	Zn	ZnSO ₄	1.22	821.6
O	H ₂ O	0.30	3333.3	Cd	CdSO ₄	2.09	477.8
CuO	Cu	1.48	675.2	Cu	CuSO ₄	1.18	846.7
Cu ₂ O	Cu	2.85	351.0	Ag	Ag ₂ SO ₄	4.03	248.4
NiO	NiO	1.68	593.4	Zn	Zn(ONa)	1.22	821.6
Ni ₂ O ₃	Ni ₂ O ₃	3.37	296.7	H	H ₂ O	0.0374	26742.2
Ni ₃ O ₄	NiO	3.07	325.5	Zn	ZnCO ₃	1.22	821.6
Ag ₂ O	Ag ₂ O	4.62	216.2	Cu	Cu ₂ O	2.36	423.2
Ag ₂ O	Ag	4.33	231.5	Fe(OH) ₂	Fe(OH) ₂	3.36	297.5
Mn(OH) ₂	Mn(OH) ₂	4.59	210.7	Fe	FeO	1.04	957.2
Cl	鹽化物	1.33	754.1	Zn	ZnCl ₂	1.22	821.6
Br	臭化物	2.99	334.0	Fe	FeCl ₂	1.04	957.2
Fe ₂ Cl ₆	FeCl ₂	6.03	165.0	Na	NaI	0.86	1162.8
AgCl	Ag	5.35	186.9	Tl	Tl ₂ O	7.63	131.0
Hg ₂ I ₂	Hg	8.47	118.1	CO	CO ₂	1.10	906.4
Tl ₂ O ₃	Tl ₂ O	4.26	234.6				



本電池は 1kg 又は 1リットル當りのワット時容量等は小さいが内部抵抗が僅少で極めて高率な充放電に適し、且機械的に堅牢な特徴があると言はれてゐる。Ireland の Dublin 市附近の鐵道 (電氣機關車) で既に實用に供し、充電は駛走中第三軌條より給電する方策によつてゐるとの事。但、本電池に就ては未だその眞偽を確めるに充分な資料がない。

5. 異種類電極の 1kg 當りのアムペア時容量 第 40 表は現今迄に實用化すべく研究された電極の 1kg 當りのアムペア時容量とその逆數とを示したもの。鉛は決して良い値を示して居らぬが實用上の種々の條件を満してゐるので、最も廣く用ひられてゐる。

文 献

(1) (2) Cooper: Primary Batteries (1911); Allmand & Ellingham: Applied Electrochemistry (1924); Wash. Gov. Print. Off.: Primary Batteries, Pamphlet No. 7 (1922); Fowle: Stand. Handb. f. Elec. Eng. (1922); Pender: Handb. f. Elec. Eng. (1922); Héise & Schumacher: A. E. C. S. 62, 383 (1932); 中村: 業務研究資料 14-17 (大 15); 龜山: 電氣化學の理論及應用 上 (昭 5) (3) 龜山: 電氣化學の理論及應用 上 399 (昭 5) (4) 日本電信電話用品標準規格 (電信電話學會制定), J. T. T. S.-8 (昭 6) (5) Circ. Bur. Stand. No. 79 (1923); Zimmerman: A. E. C. S. 53, 103 (1923) (6) Gillingham: A. E. C. S. 34, 398 (1918); Zimmerman: A. E. C. S. 53, 103 (1923) (7) 牧野・藤原・佐竹: 電試研報 93 號 (昭 8) (8) 中村: 業務研究資料 14-5 (大 15) (9) Gladstone & Tribe: Nature, Jan. 5 (1882); Electn. 9, 612 (1892); E. T. Z 3, 332 (1882) (10) Streints: Wied. Ann 38, 344 (1889)

(11) Ayrton: E. T. Z. 12, 66 (1891) (12) Dolezalek: Theory of the Lead Accumulator 30 (1910) (13) 龜山: 電化 1, 3 (昭 8) (14) Le Blanc: Lehrb. d. Elektrochem. 233 (1895) (15) Liebenow: Z. f. E. Chem. 2, 430, 653 (1896) (16) Darriens: Lumière Electrique 44, 513 (1892) (17) Elbe: Z. f. E. Chem. 3, 70 (1896) (18) Féry: R. G. E. 1, 10 (1917); 19, 296 (1926); Bull. Soc. Chim. France 25, 223 (1919); C. R. 179, 1153 (1924); 181, 606 (1925) (19) Riesenfeld & Sass: Z. f. E. Chem. 39, 219 (1933) (20) Hibbert: Chem. News 66, 309 (1892)

(21) Mugdan: Z. f. E. Chem. 6, 309 (1899) (22) Nernst: Z. f. E. Chem. 2, 78 (1896) (23) Jumasu: R. G. E. 20, 235 (1926); A. E. C. S. 53, 245 (1928) (24) 龜山: 工化誌 31, 341, 639 (昭 3); 32, 112 (昭 4) (25) 龜山: 電化 1, 3 (昭 8) (26) Vinal: Storage Batteries 158-159 (1930) (27) 龜山: 工化誌 31, 341, 639 (昭 3); 32, 112 (昭 4) (28) Dolezalek: Theory of the Lead Accumulator 30 (1910) (29) 龜山: 電化 1, 3 (昭 8) (30) Vinal: Storage Batteries 170 (1930)

(31) Vinal: Storage Batteries 173 (1930) (32) 龜山: 電氣化學の理論及應用 上, 333 (昭 5) (33) Roloff: Der Elektrische Akkumulator 10 (不記) (34) Peukert: E. T. Z. 18, 287 (1897) (35) Schröder: E. T. Z. 12, 587 (1891) (36) Liebenow: Z. f. E. Chem. 3, 71 (1896) (37) 木村: 九工業 2, 126 (1927) (38) Liebenow: Dependence of Capacity on Current Strength, Inaug. Dissert., Göttingen 6 (1905) (39) 中村: 業務研究資料 17-9 (昭 4) (40) 花村: 業務研究資料 13-7 (大 14)

(41) 植尾: 電學誌 50, 1140 (昭 5); A. E. C. S. 59, 499 (1931); Paper No. 34, W. E. C. Tokyo (1929); A. E. C. S. 57, 481 (1930) (42) Crennel & Lea: J. I. E. E. 66, 529 (1927) (43) Crennel & Milligan: Faraday Soc., Trans. 27, 103-112 (1931); Vinal,

Craig & Snyder: B. S. J. Res. 10, 795 (1933) (44) Nernst & Haagen: Z. f. phys. Chem. 14, 623 (1894) (45) Dolesalek & Gahl: Z. f. E. Chem. 7, 429, 437 (1901) (46) Grover: Bull. Bur. Stand. 3, 378 (1907); Sci. Paper, No. 64 (不記) (47) 日本石油: アスファルトの應用 17 (不明) (48) 日本特許: 90413, 90414, 97958. (49) 中村啓: 鐵道省電氣月報 14, 89 (昭 9) (50) 龜山・高麗: 工化誌 33, 533 (1930)

(51) Domke: Abegg, Handb. d. anorg. Chem. IV. I. L. Halbbd., 431 (1927) (52) Domke: The Chemists' Year Book 84-87 (1929) (53) Vinal: Storage Batteries 126 (1930) (54) Navy Dept. Bur. Eng: Storage Batteries 34 (1931) (55) Kohlrausch: Abegg, Handb. d. anorg. Chem. IV. I. L. Halbbd., 448 (1927) (56) Vinal & Craig: B. S. J. Res. 10, 781 (1933) (57) Lyndon: Storage Battery Engineering 329-433 (1911) (58) 電學誌 59, 781 (大 7) (59) 原田: 電學誌 53, 249 (大 8) (60) Crennel & Lea: Alkaline Accumulators 93 (1928)

(61) Vinal: Storage Batteries 75 (1930) (62) 山武商會: マッフ蓄電池取扱法 +117 (昭 8) (63) Edison Storage Battery Co.: Gen. Inform. & Instr. B. 850X, 32-33 (不明); 山武商會: マッフ蓄電池取扱法 +117 (昭 8) (64) Crennel & Lea: Alkaline Accumulators 99 (1928) (65) Foerster: Elektrochemie Wasseriger Lösungen 270 (1928) (66) Herold: Étude théorique et pratique de l'accum. Fer-Nickel 5-6 (1924) (67) Crennel & Lea: Alkaline Accumulators 54 (1928) (68) Crennel & Lea: Alkaline Accumulators 113 (1928) (69) Vinal: Storage Batteries 216 (1930) (70) Crennel & Lea: Alkaline Accumulators 54, 106 (1928)

(71) Crennel & Lea: Alkaline Accumulators 53 (1928) (72) Thompson & Byrne: A. E. C. S. 31, 239 (1917) (73) Thompson & Richardson: Electn. 72, 590 (1914) (74) 伊東: 電學誌 51, 307 (昭 6) (75) Turnock: A. E. C. S. 32, 405 (1917) (76) Crennel & Lea: Alkaline Accumulators 22 (1928) (77) Edison Storage Battery Co. Gen. Inform. & Instr. B. 850X, 12-14 (不明) (78) Crocker, Arendt & Kuns: Storage Batteries 35 (1933) (79) Crennel & Lea: Alkaline Accumulators 69 (1928) (80) Roloff: Der Elektrische Akkumulator 43 (不明)

(81) Juman: Les accumulateurs électriques 119 (1924) (82) Allmand: Nature 129, 396-397 (1932); Chem. Zentralblatt II, 102 (1932); Chem. Abstracts II, 2928 (1932)

第 27 編 有線電信電話

主任 梶井 剛 (電信省工務局)
 上條 清志 (電信省工務局)
 藤原 清忠 (電信省工務局)
 鈴木 壽傳次 (電信省工務局)
 曾根 有 (電信省電氣試験所)
 丹羽 保次郎 (日本電氣會社)
 久次 信一 (東京通信局)
 堀 孝治 (東京通信局)
 道田 貞治 (電信省工務局)
 村田 馨 (東京通信局)
 吉田 正 (電信省工務局)

目 次

第 1 章 電信符號及通信速度	1497-1498
符號の種類—各種符號の單位數—通信速度	
第 2 章 電信方式	1498-1502
各種方式の比較—單信—二重—四重—交直双信—自動二重—振動式通信—自動中繼—印刷電信—視放通信	
第 3 章 高周電信法	1502-1506
原理—各種方式—送信機及其動作—受信機及其動作	
第 4 章 テレビジョン	1506-1509
原理—各種方式—送信機及其動作—受信機及其動作	
第 5 章 音響學	1510-1513
音響及言葉—聴覺—明瞭度及了解度—音の測定及周波數分析	
第 6 章 手動式電話交換方式	1513-1518
電話機—交換方式の種類—交換機の構造—市外交換方式—繼電器及其他附屬裝置	
第 7 章 自動交換方式	1518-1524
電話機—交換方式—中繼方式—ストロジャー式スイッチ—ゲーメンズ・ハルス式各種スイッチ—手動との連絡裝置—試験及監視信號裝置	
第 8 章 電話中繼裝置	1525-1530

方式及回路—利得特性—減衰補償及位相補正回路—利得自動調整装置—有線無線中継装置

第 9 章 搬送式電信及電話 1530-1534

高周波多重電信法—音響周波電信法—搬送式電話法—搬送式電話中継装置—高周波に対する線路特性

第 10 章 電力線に適用する高周波電話 1534-1537

方式及回路—結合方式—通話距離—線路の特性

第 11 章 裸線路 1537-1539

電柱—腕及端子—電線—電線の架渉—電線の弛度及交叉—架空線回線の電気定数

第 12 章 陸上ケーブル線路 1539-1541

ケーブル—管路及マンホール—装荷型式及装荷線輪—長距離ケーブル回路の設計—ケーブルの接続及試験—ケーブル回線の電気定数

第 13 章 海底ケーブル線路 1542

海底ケーブル—ケーブルの布設—海底ケーブルの障害修理及試験

第 14 章 誘導妨害 1543-1548

静電誘導—電磁誘導—誘導妨害の限度及測定—防止方法及規定

第 15 章 電信電話傳送 1548-1554

長距離線路に於ける電気波動の傳播—電信波の傳送—通話標準—擬似回路及濾波器—装荷に関する理論—漏話—長距離ケーブル回路に起る諸現象

文 獻 1554-1555

第 27 編 有 線 電 信 電 話

第 1 章 電信符號及通信速度

1. 符號の種類 電氣に依り遠隔の地に文字で書かれる通信法を電信と云ふ。それ故に文字を代表すべき爲の符號を必要とする。一般に廣く使用せられる電信符號はモールス符號、現波符號、印刷機符號

等である。

a. モールス符號 短點長點から成り、次の規則に依る。(1) 長點は短點の3倍の長さ。(2) 一字を作る點と點との間隔は一點と同じ長さ。(3) 字と字の間隔は3短點、語と語の間隔は5短點。

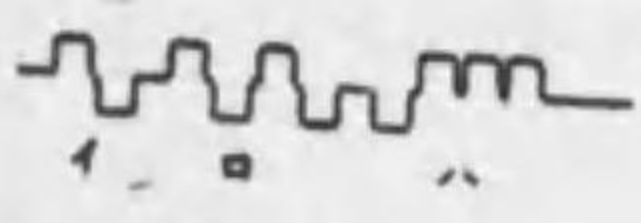
第1圖は邦文のモールス符號を示す。(歐文の符號は略す)

Table showing Morse code symbols for Japanese characters (イ, ロ, ハ, ニ, ホ, ヘ, ト, テ, リ, ス, ル, ラ, フ, カ, ヨ, タ, レ, ソ, ツ, ネ) and their corresponding dot-dash patterns.

第 1 圖

b. 現波符號 主として海底ケーブル通信の場合に用ひられ、モールス符號の短點は上方、長點は下方に波

形を現す。その短點も長點も同じ長さにする。第2圖はその一例として、イ、ロ、ハを示したもので、この波



第 2 圖

形は海底ケーブルの長さが長くなるに従ひ、次第に回みを帯びて来る。

c. 印刷機符號 歐文は一般に5單位符號、本邦假名は6單位符號を用ひる。即ち各文字は皆單位の數を等しくする。第3圖は和文印刷機の6單位符號で、●は記號電流、○は間隔電流を示す。

Table showing teleprinter code symbols for Japanese characters (イ, ロ, ハ, ニ, ホ, ヘ, ト, テ, リ, ス, ル, ラ, フ, カ, ヨ, タ, レ, ソ, ツ, ネ) and their corresponding dot-dash patterns for teleprinter use.

第 3 圖

2. 各種符號の單位數 各種の符號に於て、その構成の最小部分即ち一短點の長さを單位と名づけ、これを基として符號の長さを測る。時としては2單位に等しいものをサイクルと云ふ。第1表は各種符號の單位數を示す。

3. 通信速度 回線の通信能率は完全に通信し得る1分間の速度で云ひ表される。而して通信速度は符號の種類に依て字數を具にするから、最も正しいのは1秒間に傳送し得るサイクル數の2倍に相當するボ- (Baud) で表すべ

きてある。(C. C. I. T. 決議)

或る回線のボアの値を B とし、或る種の符號の單位数を u とし、1 分間の通信速度(字數)を l とすれば、

$$l = \frac{B \times 60}{u}$$

モリス假名の場合には、1 字は 13.2 單位で、字と字の間隔を考へれば $u=162$ であるから $l=3.7B$ で、又和文印刷機の場合には $l=7.5B$ である。故に l を定めて

置けば、逆にこれを許し得る回線の所要ボアを求めることが出来る。

第 1 表

符號の種類	單位數
モリス 本邦の 1 字	13.2
大陸の 1 字	9
米國の 1 字	8
現波 本邦の 1 字	9.6
歐文の 1 字	7.6
スタート・ストップ機(歐文)の 1 字	7
印刷機 和文印刷機の 1 字	8
ボード機の 1 字	6
多重機の 1 字	5

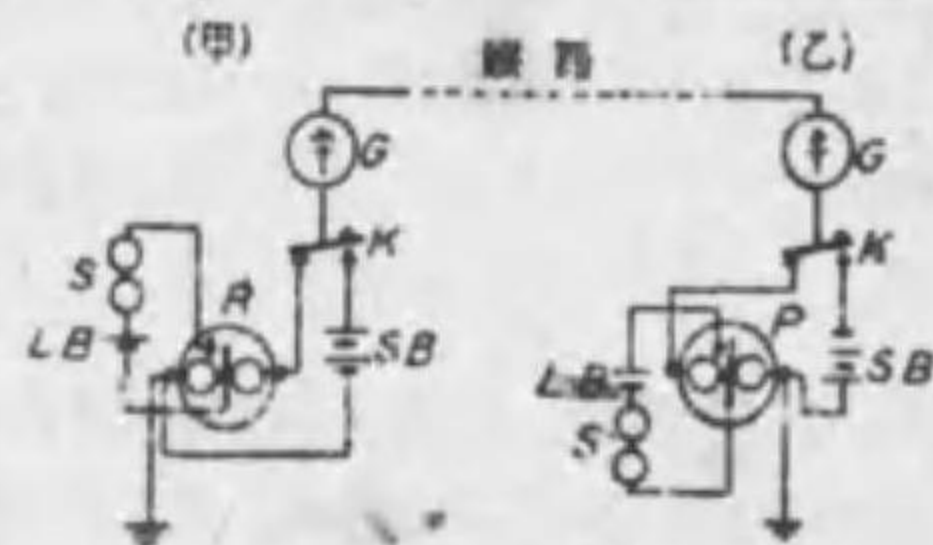
第 2 章 電信方式

1. 各種方式の比較 電信回線は線路及機械より成り、一般に單線式で、歸路には大地を用ひる。通信方式には種々あるが夫々長短があり、第 2 表は比較の概要である。

第 2 表

方式	接続局數	通信路數	回線の電流 (mA)	一日の電報取扱通數
電話機	2~4	1	—	50~80
單信	2~7	1	10~15	310~110
二重	2	2	10	600
結合單信	3	1 又は 2	10	450
三局二重	3	2	10	500
交直四重	2	4	直流 15	1000
交直双信	3 又は 4	4	直流 15	1000
ホイートストン自動二重	2	2	20	1000 以上
振動式自動二重	2	2	—	1000 以上
現波二重	2	2	—	1400 以上
スタート・ストップ印刷二重	2	2	20	800~2000
印刷多重	2	2~8	20	極めて多數
非送式多重	2	多數	—	極めて多數
寫字電信	2	1	—	—

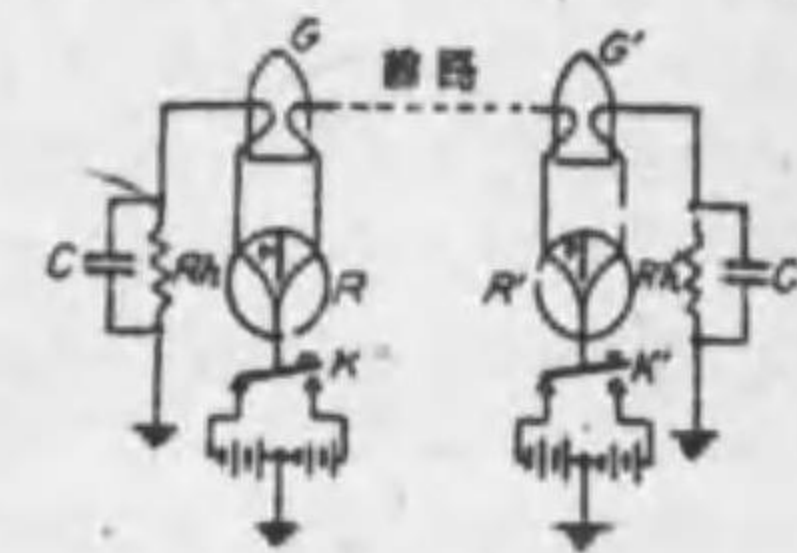
2. 單信 一回線に 2 局又は數局を接続し、交互に通信する方式である。一般に單流式を用ひ、甲部局より上能局(第 4 圖)に陽電流を流し、 G は檢電器、 K は電鍵、 R は有極電器、 S は音響器、中間局も同様に接続する。或る局で電鍵を押せば SB から電流が出て、自局以外の各局の電器を働かし、 LB で音響器 S を働かす。



第 4 圖

この開電式の外開電式がある。これは平常電流が流れ電器の舌片を間隔の方に働かし、電鍵を押へ電流を断てば記號の方に働かす。故に繁忙の線では電池節約の利益がある。

3. 二重 一回線に於て同時に兩方から通信する方式で、差動式とブリッジ式の 2 種あり、主として前者は陸線、後者は海底ケーブルに採用せられる。一般に二重法には複流式を用ひる。これは記號及間隔に夫々異なる方向の電流を用ひるもので、線路の静電容量の充放電作用を或る程度迄打消し、電器の動作を確實ならしめる利益がある。第 5 圖は差動式二重の原理を示す。 R, R' は差動電器で、左右兩線に等しい電流が通すれば動作せず、孰れか一方が他方より異れば動作する。各局とも擬似線 Rh 及 C は線路の抵抗及静電容量に平衡せしめる。これが爲には自局電鍵の上下に依り差示



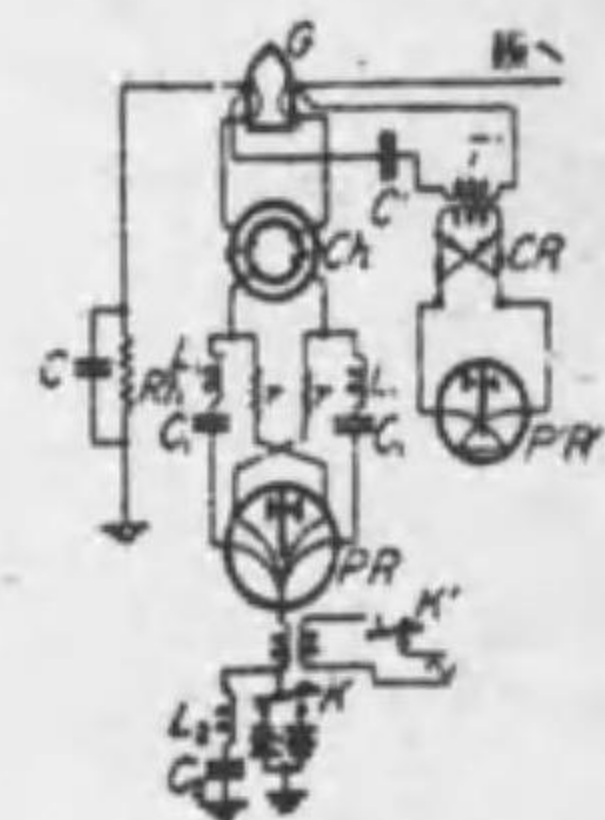
第 5 圖

電流計 G に少しも傾斜又はキックを與へぬやうに調整する。然るときは甲局の K を押へ記號電流を送れば、自局の R は差動式に通じ働かないが、乙局に至る電流は R' の一線輪を経て大地に入るからこれを働かしめる。この時乙局でも K' を押せば兩局の電流は線路に於て相打消し、 R には擬似線を通る電流が舌片を働かす。これは恰も乙局からの送信電流で働く同一結果になる。乙局も同様であり、互に二重通信が出来るのである。

又中央電池式二重、三局二重、結合單信等の變形もあり、使用箇所に依り便利である。ブリッジ式二重はホイートストン・ブリッジの原理で、(1) 電器を差動式にする必要のないこと、(2) 自局よりの大なる電流が電器線輪を通らぬことの二つの利益はあるが、(3) 電池を多く要することの不利はある。

4. 四重 一回線に於て同時に兩方より 4 通信路を有するもので、異なる 2 種類の電流を以て夫々二重法を施せば四重が得られる。但その 2 種類の電流が夫々受信機を區別して働かし、互に干渉せぬことが大切である。

第 6 圖は交直四重の原理を示す。普通の複流二重と交流(50 又は 60 \sim)の二重を重ね合せ、 L_1 と C_1 とは共振せしめ、そのインピーダンスに等しく r なる抵抗を選べば、差動電器 PR は自局の交流に對しても直流に對しても差動機になり少しも働かぬ。而して相手局から直流が来れば働くが、交流が来たとしても(差流線輪 Ch があるので交流は或る程度迄防ぐ) r と L_1, C_1 とを通ずるものは値が等しく、電器二線輪へは反對に入るから PR は働かぬ。然るに C, T' を通る交流の着流は變壓器 T' で變壓せられ、 CR なる酸化銅整流器で整流せられて、有極電器 PR' に直流として入り、これを働かす。又 K の接點が離れて断線になる間でも、交流回路は差支ないやうに L_2, C_2 なる共振回路が作つてある。



第 6 圖

5. 交直双信 交直四重の應用で、一條の線路に於て例へば甲丁兩地間に直流二重をなすと同時に、乙丙間に交流二重を行ふことが出来る。それには直流側と交流側と分離して裝置するのであるが、直流局にも交流が通過するし、交流局にも直流が通過するのであ

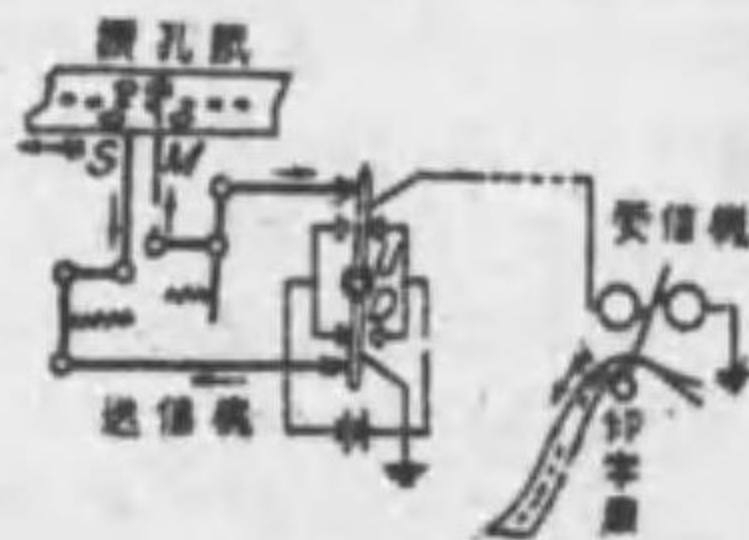
るから、互に妨害を及ぼさぬやう、各部の調整を適當にする必要がある。時としては甲と乙とが一局になつて居ることもある。

6. 自動二重 ホイートストーン自動機は手送通信に比し、高速度高能率に取扱ひ得るので、重要區間に採用せられる。その主要部分は鑽孔機、自動送信機、自動受信機から成る。鑽孔機はモールス符號の短點、長點、間隔に相當する三つの鍵が、左、右及中央に夫々配置され、これを左右の手に持つ杵で叩くと、鋼針板の動作で油に浸した紙テープに鑽孔すること第 7 圖の如くなる。圖の小さい中心孔は線出用に、上方の孔は記號の初め、下方の孔は記號の終りに用ひられる。鑄盤鑽孔機は恰もタイプライターの如く、45 箇の文字鍵の一を指で押せば、縦横にある多數のレバー選出機構に依り、11 列の鋼針は選出され、直に前述の鑽孔を爲す。かくして鑄盤鑽孔機は杵鑽孔に比し、2 倍以上の作業能率を有するのみならず、誤差を著しく減ずることが出来る。



第 7 圖

自動送信機の動作は第 8 圖に於て鑽孔紙が繰出されると、2 本の鋼針の内、上の孔には M が入り、下の孔には S が入り、クランクの働きで UD レバーを右方又は左方に傾かしめ、電池接點を作つて、記號又は間隔電流を送る。M と S とは中心孔間隔の半ピッチだけ位置を異にし、交互に上下するから、上孔から下孔迄を記號の 1 單位とすれば、上孔から次位の下孔まで行くには正に 3 單位となり、1 度長點に相當することとなる。



第 8 圖

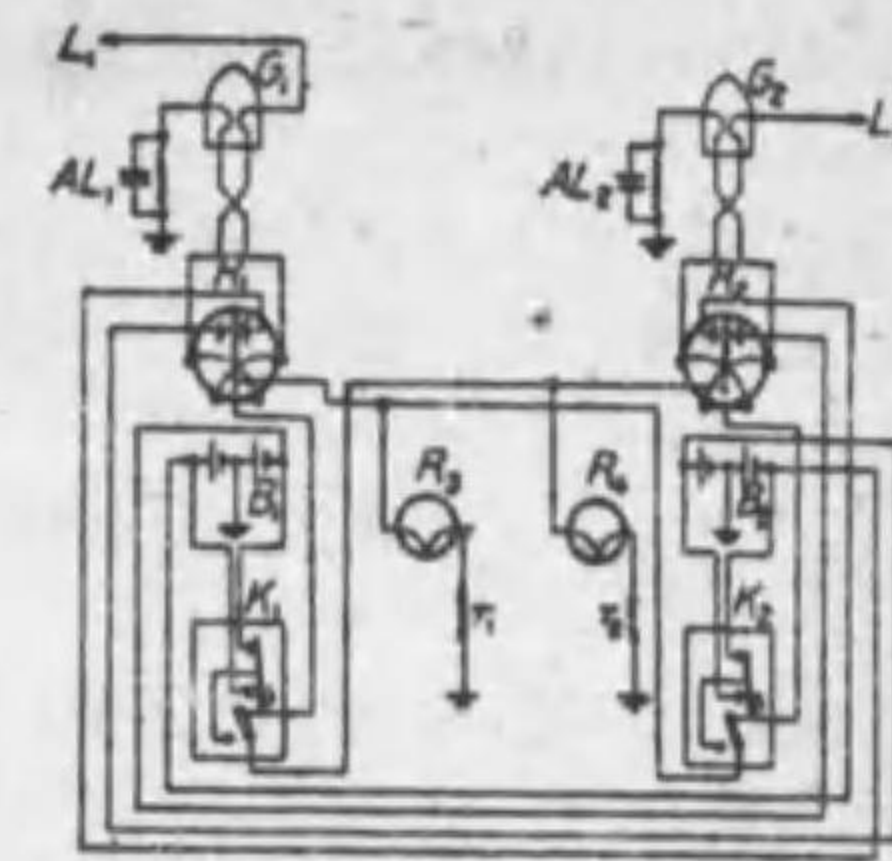
受信部では自動受信機は有極電器と同様に、記號電流に依て印字車を現字紙面に觸れしめ、符號を現出する。通信速度は回線に依て異なるが、1 分間 150~350 字に達する。通信速度は自動送信機の鑽孔紙繰出時間から算出される。

又時としては受信鑽孔機を利用して、受信部で更に送信部と同様の鑽孔紙を作ることがある。

7. 振動式通信 或る長さの地下又は海底ケーブルに於ける自動通信は、静電容量等の爲受信符號の波形に著しく歪を生じ、通信速度を低下する。この場合電器の補助線輪を利用し、平素舌片が振動するやう電氣的回路を作ると、不明瞭な符號は著しく明瞭となり、従て通信速度を増加する。これを振動式と名づける。本方式の通信速度はかなり高められるのであつて、1 分間 150 字位のもが、振動式に依るときは 1 分間 350 字にも達する。

8. 自動中繼 回線が長くなると、着流が微弱になると歪が甚しくなるので、直接通信することは困難となるから、適當の距離毎に自動中繼を行ふ。自動中繼は要するに電器を働かし、その舌片と接點とに由り新に電流を送り出すものである。それ故にこの電器の動作及舌片の接觸は極めて正しく確實なことを必要とする。最も廣く用ひられる複流式二重自動中繼は第 9 圖の如く二組の二重装置を結合したもので、一の電器の舌片を互に他の電器線輪の中點に結び、舌片の左右接點は夫々電池につなぐ。今 L_1 から符

號電流が來たとすれば、 R_1 を働かし、その舌片に依る間隔並に記號の新たな電流は R_2 を差動的に通つて L_2 に出で中繼される。 L_2 から來た符號電流も同様に新たな電流となつて L_1 に送られる。尚この外に中繼局用として電鍵 K_1, K_2 、監視用の電器 R_3, R_4 及受信機等が設備される。



第 9 圖

自動中繼には單信中繼装置、二一式中繼盤、振動式中繼盤及現流中繼装置等の各種がある。

9. 印刷電信 文字を代表する符號電流を送り、活字で印刷受信するものを印刷電信といふ。

a. 種類 ステップ・バイ・ステップ式、モールス符號による式、五單位式、六單位式等があるが、今日では後の二者が盛に使用される。主なる機械を表記すれば第 3 表の如くである。

第 3 表

種 類	通信路数	一字構成の單位	同期回轉の要否
ナ ッ カ -	1	1~28 (ステップ・バイ・ステップ式)	要せず
ク リ - フ 機	2	約 9 (モールス符號)	要せず
キ ヲ - 機	1~12	5 及同期用 1	分配機の回轉を同期用電流で同期に保つ
テ レ グ ラ フ ・ タイ プ ラ イ タ ー	1 又は 2	{ 5 及スタート・ストップ用 2, 合計 7 }	厳密な同期回轉を要せず
テ レ グ ラ フ ・ リ ン タ ー			
W. E. ス タ ー ト ・ ス ト ッ プ 機			
和 文 印 刷 機	2	{ 6 及スタート・ストップ用 2, 合計 8 }	厳密な同期回轉を要せず
W. E. 多 重 機	2~8	5	電氣管又を用ひ電流の方向轉換の程度同期修整を電氣的になす
モ ル ク ラ ム 多 重 機			

一般には簡便の爲スタート・ストップ式が廣く實用せられる。多重機は複雑な爲、通信多數の重要地間に限られる。

b. 印刷機の重要部分 (1) 鍵を押へてその文字に相當の符號を送る装置。(2) 一字送信済む毎に次の字との間隔を表すべき装置。(3) 符號電流に依て選擇動作するレバー。(4) レバーの動作で目的の字を選出し、紙面に印刷する装置。(5) 印刷後 1 字分だけ紙を送り出す装置。(6) 次の字の電流の來る迄に凡ての機械的動作を復舊せしめる装置。(7) 補助装置として改行、復歸の装置又は電鈴。(8) 多重機には各通信路に夫々電流分配の分配機。(9) 兩局の分配機を同期回轉せしむべき装置。

c. 和文印刷機 送信部は手送の場合は文字鍵を押せば送信接點を作り、その字に對する符號電流(第 3 圖)を送り出す。受信部に於ては 1 箇の電磁石が受信符號の記號電流のときのみ働き、タイプバーで紙面に印字する。

送信部と受信部とが大體の同期回轉を保つやう、音叉よりターゲット・ホイールと名づける黑白の柄ある車を製せ、甚しい遅速のないやう、電動機附屬の調速器で加減する。

本機は自動送信機と共に使用することも出来、1 分間 270 字の速度である。

d. 多重機 一の回線で多數の通信路に由り印刷電信を行ふべき多重機は、兩局に分

配機を用ひて線路を各通信路に分配するのである。第 10 圖に於て甲乙兩局が A, B, C, D 四つのアームに沿うて、刷子 E, E' が同期回轉をなせば、四つのアームは夫々二重通信をなし得るから、複四重即ち 8 通信路が得られる。故に多重機の生命は同期回轉にあるものである。アームが二つの場合は複二重即ち 4 通信路得られる。

多重の或る通信路を延長する場合にはこれを延長方式と云ふ。

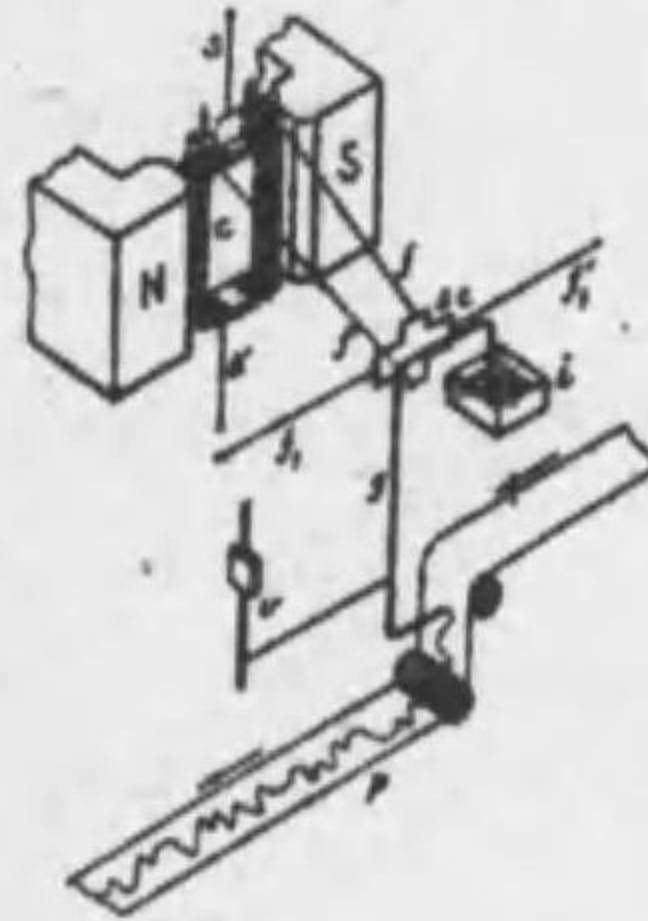


第 10 圖

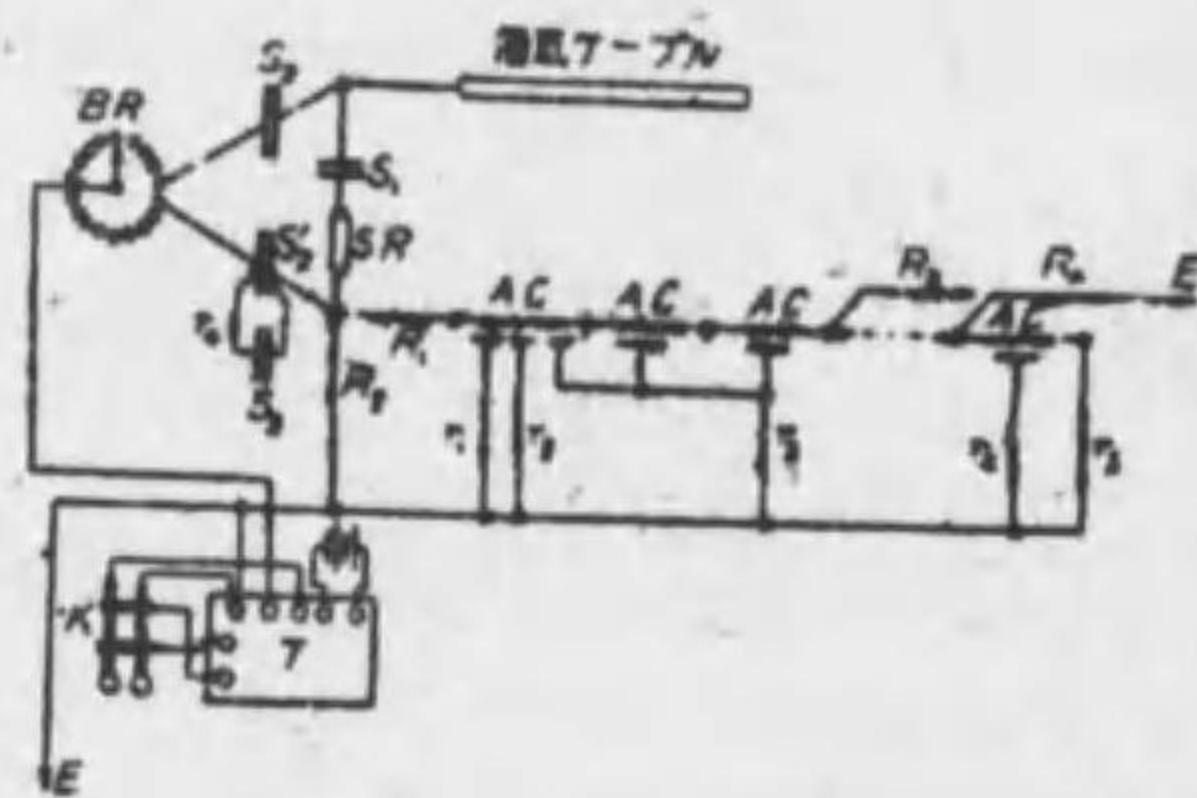
10. 現波通信 長距離の海底ケーブルに於ては、一般に現波符號(第 2 圖)に由る通信を行ふものである。

a. 送信装置 轉極電機又は自動送波機(鑽孔紙と共に)を用ひて現波符號を送る。この場合大切な事は上方下方の波形を送る中間の位置に於ては、必ず線路を大地に接続する事である。

b. 受信装置 一般にサイホン現波機を用ひる。第 11 圖に於て強磁界内の可動線輪に軽く連結せられたクレードルに細いサイホンを有し、線輪の運動に伴ひ紙テープに現波符號を現出する。この際紙面との摩擦を減ずる爲サイホンを軽く振動せしめる。



第 11 圖



第 12 圖

c. 二重装置 ブリッジ式に依るもので、第 12 圖の如くアームに S_1 及 S_2 なる蓄電器を用ひ、受信機 SR に直列に S_1 蓄電器を入れる。T は送信機、BR は平衡加減抵抗器、AC は擬似ケーブルで、海底ケーブルの抵抗並に静電容量に精密に擬似せしめるやう特殊の構造を有する。實際に二重平衡を完全に行ふには、BR, r_1 , S_1 , AC, R_1 , r_2 , r_3 等を精密に調整する必要がある。

第 3 章 寫 眞 電 信 法

1. 原 理 寫眞電送は一般に次の三要部より成る。

a. 送信部 原畫を線に沿つて多數の畫點に分割し、各畫點の濃淡明暗に従ひこれに相應する強弱の電流を發生せしめこれを送り出す部分。

b. 受信部 到着した電流の強弱に應じ、直接にこれを紙面に印出するか又は光線の

強弱に變じた後感光紙に感ぜしめる部分。

c. 同期装置 受信畫を原畫と一致せしめるためには原畫の各畫點に相當する位置にこれと同様の明暗の點を受信紙上に再現する必要がある。このために一般には原畫及受信紙は同時に捲きこれを同一速度及同一位相に回轉せしめると同時に軸の方向に移動せしめる装置を設けなければならぬ。

2. 各種方式

a. 各種方式分類 送信部、受信部及同期方法につき現今の各種寫眞電信方式を分類すれば次の如くである。

(1) 送信部

(イ) 光電管を利用するもので、走査光點を原畫又はフィルムに投げそれより反射又は透過した光を光電管に導き電流に變ずる。現今精密な寫眞の電送に利用せられる多くの電送方式はこれに屬する。

(ロ) 畫面を針で擦り接觸面の抵抗の變化により電流に變化するもので、金屬板上に原畫を絶縁性のインクで描く場合、絶縁性の紙面に原畫を導電性の鉛筆で描く場合等がある。文字、線畫等の電送に使用せられる簡易電送方式に用ひられる。

(2) 受信部

(イ) 受信紙上に直接に記録するもので、沃度加里の濃粉溶液で浸した紙に受信電流を通じ電流の流れた部分のみ變色せしめる化學的方法、受信電流によつてペンを働かして點又は線を描かしめる方法、熱空氣を化學藥品で處理した紙面上に噴射せしめその量を受信電流によつて働く機で調節して受信電流に應ずる變色をなさしめるもの等がある。

(ロ) 受信電流を一度光に變じ後寫眞感光紙に感ぜしめ現像するもので、受信電流を光の變化に轉換するにはオッシュログラフの振動子又は單線檢流計を用ひて光の遮蔽の度を變じて感光紙に投ずる光量を變化するもの、ケルセル及ニコルプリズムを利用し受信電流の變化により感光紙に投ずる光量を變化するもの及ネオンランプ等を用ひ受信電流により光源の明るさを變化して感光せしめるもの等がある。

(3) 同期装置

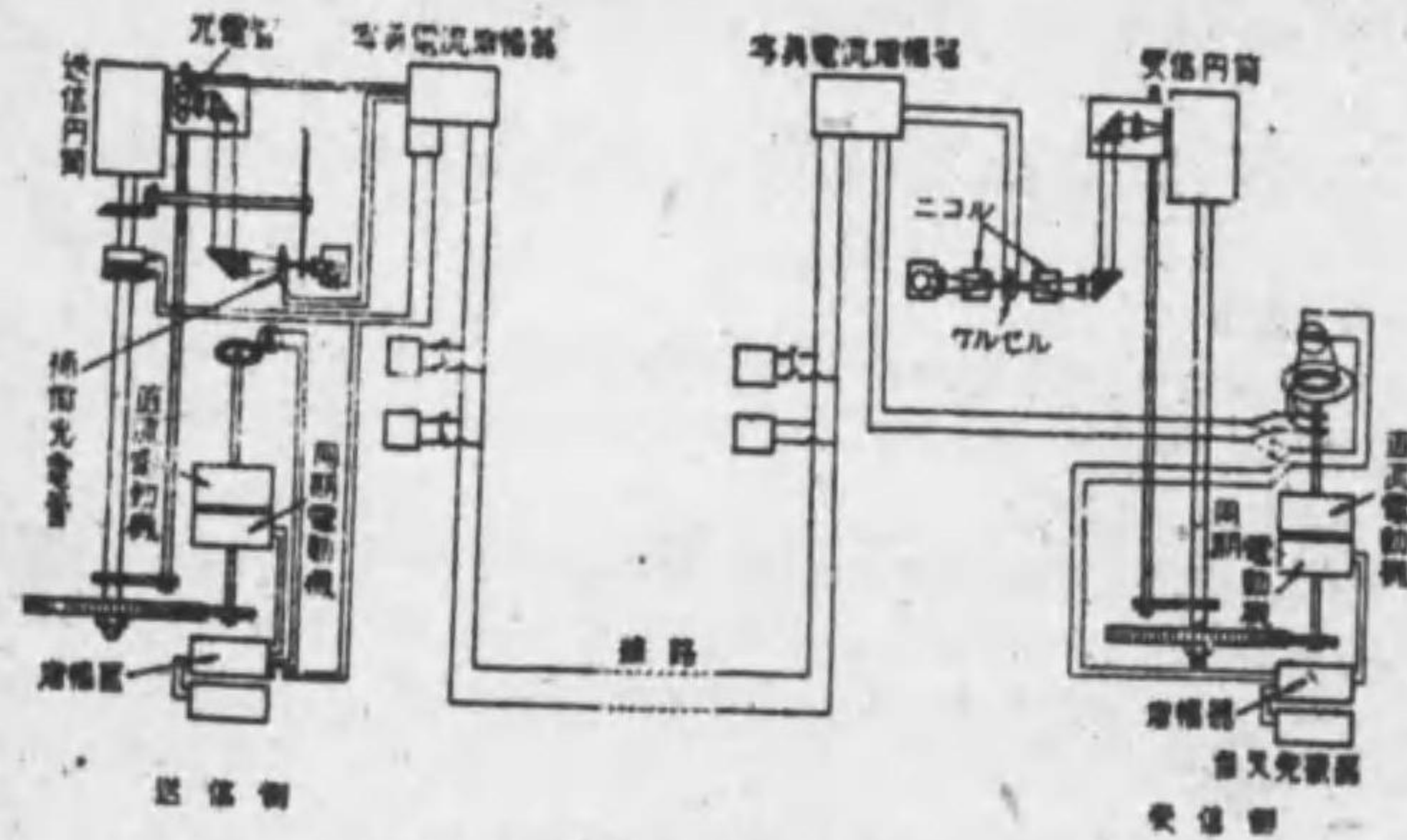
(イ) 送信局より同期電流を送つて同期を保持するものに繪畫電流に重疊してこれと周波數範圍を異にする同期電流を送り、受信局に於て濾波器を用ひて分離して同期電動機を動かすものと、送信回筒の一回轉毎に同期用インパルスを送つてスタート・ストップ式に同期を保持するものとある。

(ロ) 送受兩局に夫々獨立の精密に一致した周波數を發生する安定な同期電流發生用の發振器を備へその電流により同期電動機を回轉させる。電送中は同期電流を送らず時々送信局の同期周波數を受信局に送つて受信局の同期周波數を修正する。

(ハ) 送受兩局に獨立の大體一致する周波數の同期電流發振器を備へると共に電送中同期電流を送信局より受信局に送つて受信局の同期電流の周波數を送信局のそれに全く一致せしめる。

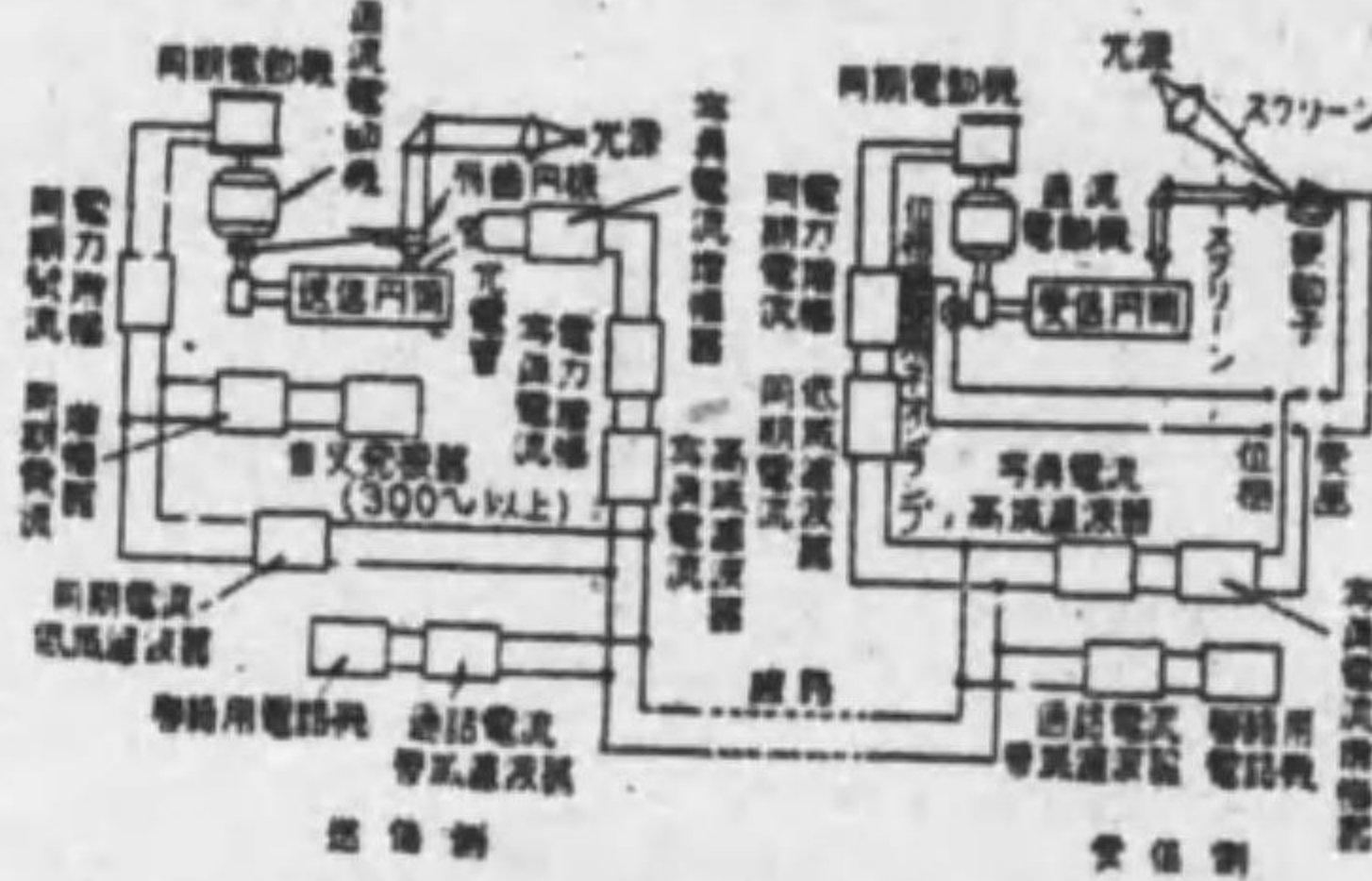
b. 各種方式 現今主なる寫眞電送方式は A. T. T. 式⁽¹⁾ Siemens-Karolus 式⁽²⁾ Loreauz-Korn 式⁽³⁾ Belin 式⁽⁴⁾ Marconi 式⁽⁵⁾ Zworykin 式⁽⁶⁾ N. E. 式⁽⁷⁾ 等である。我國に於て昭和 3 年以來實用せられて居る方式は Siemens-Karolus 式(東京、大阪兩朝日新聞社、日本電報通信社)及 N. E. 式(東京日日、大阪毎日新聞社、逓信省、陸軍省、東京、大阪兩朝日新聞社)であるからこの二式に就てその大略を記述する。

c. Siemens-Karolus 式 (S. K. 式)⁽¹⁾ 本方式の特徴は受信部に Karolus 教授の研究になるケルセルを用ひること、送信部に補助光電管を用ひて陽電受信と陰電受信とを任意に交換し得るやうにしたこと、環状の光電管を用ひて反射光線の集収に便ならしめたこと及獨立同期方法を採用した點等である。(第 13 圖)



第 13 圖 S. K. 式

d. N. E. 式 (日本電氣式)⁽²⁾ 本邦に於て完成せられた獨特の方式で使用目的により種々の型がある。その特徴はオッシュログラフの振動子と光の通路に置かれた二つのスクリーンとの組合せにより陰電受信及陽電受信いづれにも容易に変更し得ること、同期法として有線に於ては繪畫電流と重疊して同期電流を送り又無線に於ては獨立の發振器を送信局よりの同期電流によつて強制同期せしめる強制同期方式 (本章 2a 参照) によつたこと、搬送周波阻止型の搬送電路に使用するものにあつては 2 種の同期電流を送つてそのビート周波の電流により同期電動機を回轉せしめること等である。(第 14 圖)



第 14 圖 N. E. 式

3. 送信機及其動作

a. 送信機の動作 光源よりの光をレンズで絞つて特殊の細隙を有するスクリーンと有齒圓板の回轉によつて送信圓筒に挿かれた原盤に投する光量を搬送周波の正弦波脈動光束に変化させる。その反射光線を光電管に投じて得られる電流を増幅後帯域濾波器を通して線路に送り出す (N. E. 式)。S. K. 式に於ては補助光電管を設けこれには投射光線の一部をあて、これ等二つの光電管の接續を適宜に保ち陰陽兩電の受信を可能ならしめる。

b. 光電管 光電管にはガス入のものと高真空のものがある。通常ガス入を用ひる。感度は周波数のあまり高くない場合 (數千サイクル以下) は高真空のものに比し數倍以上であるが周波数の増すに従ひ漸次低下する。

c. 寫眞電流の基本周波數 寫眞面の濃淡に相應する電流即ち寫眞電流の基本周波數 f_1 は $f_1 = \frac{sln^2}{2T}$ 又は $T = \frac{sln^2}{2f_1}$

で表すことが出来る。式中 s は圓筒の周圍の長さ (mm), l は圓筒の軸の方向の長さ (mm), n は 1mm 毎の畫線の數, T は電送に要する時間 (s) である。

異つた方式相互間に於て寫眞の送受を可能ならしめるため國際電信諮問委員會に於ては圓筒の直徑を 66mm (例外として 88mm を認める) とし畫線の密度 n を $5\frac{1}{2}$ 又は 4 とすることを提案して居る。

d. 電送の速度 送信圓筒に投下する光を回轉圓板により脈動光束となす場合光電管に流れる電流 i は $i = A\varphi(t) + A\varphi(t)\sin 2\pi f_1 t$ で表すことが出来る。式中 A は定數, f_1 は脈動光束の周波數, $\varphi(t)$ は寫眞の濃淡による反射光量の變化の時間函數である。この中 $A\varphi(t)$ は寫眞電流そのものであるから濾波器を以てこれを除去し $A\varphi(t)\sin 2\pi f_1 t$ なる被變調搬送電流のみを傳送する。今若し $\varphi(t)$ が $\sin 2\pi f_2 t$ なる正弦寫眞電流であるとすれば $i = A[\sin 2\pi f_1 t + \frac{1}{2}\cos 2\pi(f_2 - f_1)t - \frac{1}{2}\cos 2\pi(f_2 + f_1)t]$ となり、傳送路の有効に傳送し得る最高の周波數を f_0 とすれば $f_0 \cong f_1 + f_2$ なることを要する。又寫眞電流と被變調搬送電流とを濾波器により有効に分離し得るためには $f_2 - f_1 \cong f_1$ なるを要し、この 2 式より f_2 が與へられた傳送路に對し許し得る最大の寫眞電流の周波數は $f_1 = \frac{1}{2}f_0$, $f_2 = \frac{1}{2}f_0$, $f_0 = 2f_1$ となり、 s, l, n が與へられれば電送速度 T も決定せられる。

上記は周波數範圍より電送速度を決定したのであるが傳播中に於ける位相の遅れを考慮すればこれより變分速度を低下する必要がある。

4. 受信機及其動作

a. 受信機の動作 S. K. 式に於てはケルセルの兩極に受信電壓を増幅して加へ受信フィルム上に畫像を現出する。ケルセルの誘電體としてはニトロベンゾール又は二硫化炭素を用ひ電極間の距離は 0.3~0.5mm である。

N. E. 式に於ては受信電流は濾波器及增幅器を経てオッシュログラフ振動子に導かれる。光源よりの光をスクリーンを経て適宜の形狀にした後レンズを経て振動子鏡に到り、反射光線は更に第二のスクリーンを経てその一部分を遮断せられ、後受信圓筒に挿かれた感光紙に投下する。二つのスクリーンの形によつて陰畫陽畫いづれにも受信し得る。

b. 同期の限界 同期電流は直流電動機に直結せられた同期電動機に給される。回轉勢力の大部分は直流電動機により給せられ同期電動機は回轉速度の整保に役立つ。送信部と受信部との同期が正しくないとき受信畫面は歪を生ずる。今寫眞の大きさを $s \times l$, 畫線の密度を n , 許し得る畫面の歪即ち畫の終りと初めとの進み又は遅れの長さを d とすれば送受兩圓筒の回轉速度の差 δ は $\delta = \frac{d}{sln}$ で表される。1931 年の國際電信諮問委員會に於ては δ が 1/100 000 以下なること及回轉速度の安定度として圓筒の平均位置よりの變動的な最大振幅が畫線間の 1/4 以下なることを提案した。

安定な同期電流發生器としては音叉發振器が最も適して居る。音叉發振器の發生周波數

は温度に關係することが大きいから、音叉は一般に恒溫槽内に保つ。發振周波數の温度係數は鋼で 10^{-4} 、Elinvar (鐵とニッケルとの合金) では 10^{-6} 程度である。

第 4 章 テレ ビ ジ ョ ン

1. 原 理 直接見透しの利かない實景をも、電氣的連絡に依て眼前に速刻寫し出すことをテレビジョンと稱し、先づ實景なりその他送影目的物の光學的實像を、細かく多數の小面積に區分し、これ等各小區分の光を一定の順序に従て、光電變換裝置に導き(かくすることを送影走査と云ふ)、その光量に比例した電流に變換せしめる。この電流を必要に應じて増幅し、主として電波を介して受影所に送る。

受影所ではこの電流を電光變換裝置に依て、電流に比例した光度の變化に直し、その光を送影の走査と同じ順序に従てスクリーン上に投寫排列し(これを受影走査と云ふ)、その排列の速度並に位相と送影所と相等しからしめれば(これを同期同相運轉といふ)、送影所の實景と相似の影像が組み立てられる。以上の操作を高速度で行ひ、毎秒 20 枚位の影像を完了すれば、肉眼の殘像現象に依て動的の景をも見ることが出来る。

走査の際區分する小面積の數が多ければ多い程影像の鮮明度は増す。(第 15 圖)

a. 送受影走査 最も簡単な走査方法として Nipkow's disc に依るものを説明すれば、1 枚の不透明な圓板に、その中心より圓板を n 箇に等分する半徑を引きその半徑上に小孔を一つづつ穿つ。中心より各小孔までの距離を順次に僅づつ縮めて、結局渦巻狀に小孔を n 箇穿つたものが所謂 Nipkow's disc で、この圓板を一定の方向に回轉すると各小孔は順次に相隣接した軌跡を描いて通り、 n 本の線を現す。この小孔がテレビジョン像を表す單位であつて、各小孔が適當な大さの正方形で相互に正しい位置に穿たれて居れば、輪は殆ど目立たなくなるが工作上の困難から、少しく大き目の圓形又は菱形等が用ひられる。

Nipkow's disc の他に鏡車、レンズ圓板等の如く回轉體に依るもの、及振動鏡の如く振動を利用する走査方法もあるが、これ等機械的手段に依らずブラウン管に依る非機械的手段に依ても走査を行ふことが出来る。



素點數 1200



素點數 5000



素點數 30000

第 15 圖

b. 光電變換裝置 テレビジョン用としては専らカリウム又はセシウム等を感光物質とした所謂光電管が使用せられ、セレン・セルや亞酸化銅光電池の如き内部光電効果を利用したものは、目下の處使用せられてゐない。又光電管の感度増進の目的を以て、稀有ガスを封入した所謂ガス入光電管は、光度の緩慢な變化に對しては感度がよいが、敏速な變化に對してはガス封入の效果が見られないからこれも目下あまり使用せられてゐない。現在真空セシウム光電管では、ガス入 100 W 白熱電燈 (2700°K) の光 1 Lm につき 40 pA 程の電流を發生するものが得られてゐる。

c. 増幅器 光電管流はかくの如く微弱であるから必ずこれを増幅する必要がある。普通テレビジョンで取扱ふ光電管流は $10^{-10} \sim 10^{-9}$ A 程度であるから、かなり増幅しなければならぬ。又増幅すべき最低周波數は理想的には 0 へ即ち直流であるが、少くとも毎秒交替する影像の數丈の周波數即ち 20 へ位であり、最高周波數 (f_m) は影像の精細度に依て決定し、大略毎秒交替する影像の數 (p) と走査に於ける影像視界の區分數 (r) との乘積の二分の一と看做し得る。

$$f_m = p \frac{r}{2}$$

即ちこれ以上の周波數に對して増幅度を一層高めれば、幾分受影像の素質を改良することが出来るがあまり顯著な效果は認め難い。

上の如き要求を満足する増幅器は、抵抗結合によるか或は一層高周波數で光又は電流を斷續して高周波増幅を行ふかによつて得られる。

d. 電光變換裝置 白熱電球の如く電流と光度との間に時間的遅れの著しいものでは受影光源とすることが出来ない。ネオンランプ或は水銀、ナトリウム等の金屬蒸氣ランプは受影光源として使用し得る。光源自體の電流に依る光度變化を使用せず、ケルセルの如き光觸媒を使用する場合には、光源は寧ろ光度變化の少い輝度の高いものが望ましい。ブラウン管に於ける螢光も一種の電光變換裝置と見ることが出来る。

e. 同期同相運轉 送影裝置と受影裝置とが同期運轉されてゐても、相互間の位相が合致しないときは、影像は正しくスクリーンの中央に現れない。位相を合致せしめて、正しい位置に受影像を持ち來すことを Framing と云ふ。

一般に同期同相運轉には、送影所より受影所に同期用電流を送るが、第三局より一定の同期用電流を送影所にも受影所にも送つて、兩者を第三局に夫々同期せしめて間接に行ふことも出来る。又送受間に全く連絡なく獨立に相等しい一定速度で運轉せしめて行ふ所謂獨立同期方式も行はれる。これは同期電流に頼るものと異り、電波に依る遠距離テレビジョンに便利である。

2. 各種方式 送影、受影の走査方法に依て各種方式が區別される。

a. 直接送影方式 送影目的物の實像を寫眞レンズに依て、例へば Nipkow's disc 上に結ばしめ、その小孔を通して光を光電管に導く方法であつて、最も自然に近い狀態で送影出来る。

b. Ekström 法式 暗室にある送影目的物に細い光束を投射し、これを目的物上に於て移行せしめ、その反射光を光電管に導き送影する方式で、送影目的物が人物なるときは、Talbot の法則に依て、事實極めて強い光束を以て走査せしめても眩惑を感ずる如きことの少いのが甚だ勝れた點であるが、暗室を必要とする點が不利である。この方式に於て

は透影目的物の近くに光電管を露出するが、この光電管が光源ランプで、移行元車の光源が光電管である如く置き換へて照明の具合、強さその他一切を處理することが出来る。

c. Farnsworth 透影方式 硝子製圓筒の底部に感光物質を塗つて光電管とし、この上に透影目的物の像を結ばせ光電子を放射せしめる。これ等光電子が空間電荷として管内を飛行中に、電磁的にその電子流全體を動搖せしめて、静止した小さい集電子に依て順次光電管上の各部より發した電子を捕捉して走査を行ふ。この方法は機械的部分なくして走査の行ひ得ることが大きい利點である。

d. Iconoscope ブラウン管の底部に獨立した多數の光電物質の粒子を作り、こゝに透影目的物の實像を結ばしめれば、各粒子より影像の各部の明暗に應じた光電子を放出し、各粒子は別の電極との間に静電容量を形成してゐるので、この容量を充電する。かくて光電せられた電氣量を、上下左右に振動する陰極線で中和して行く。中和電流の大小は各部の光の明暗に依るから、この中和電流がテレビジョン電流となるわけである。この方式の特長は機械的部分の無いといふこと他に、各箇の獨立光電粒子は一度陰極線で走査せられてから次回再び走査が繰返されるまでの、従来より遙に長時間（従来に比し走査の際の小區分數倍の時間）の間同一明暗に曝されてゐてその間絶えず電子を蓄積するから、甚だ大なる感度が得られる點である。

又受影の走査方法によりテレビジョンの方式を區別することが出来る。

e. 有孔圓板式受影方式 例へば Nipkow's disc に依て受影するには、Kinolamp と稱する平面電極の一面のみが一様に輝くネオン放電管を圓板の直後に置き、その前を通過する各小孔を通してこの平面電極の輝度の變化を見れば、最も簡単にテレビジョンの受影が出来る。

f. レンズ圓板式受影方式 上記 Nipkow's disc の小孔の代りに夫々レンズをその位置に嵌めて光線の集光力を増し、且光源は略點光源として電流密度を増すことに依て、スクリーンの上に投射して見得る如くすることが出来る。

g. 鏡車式受影方式 多數のレンズを必要とするレンズ圓板の代りに、1箇のレンズに依て點光源の像をスクリーン上に結ばしめ、この光點を移動せしめるのに多數の平面鏡片を周邊に排列した鏡車に依ることが出来る。かゝる鏡車に 2 方式があり、その一つは Weiller's mirror drum と稱し、各鏡片を鏡車の回轉軸に對して次第に少しづゝ傾けて取付けたもので、各鏡片によりスクリーン上の光點の像の移動軌跡線が相隣接するやうにして、一つの鏡車で走査が完全に行はれる。これに對し Rosing's mirror drums と云ふのは、略同様な構造の鏡車二つを互に直角の方向に夫々適當な速度で回轉して前記の鏡車と同様な走査を行はせるもので、前者がその一回轉で一回の走査を完了し、鏡片數が積數と相等しい關係あるに對し、後者はかゝる制限を受けることがない。

h. 螺旋鏡式受影方式 細長い平面鏡片を多數積み重ねて螺旋形に結つたものを軸の周りに回轉すると、上から順次に各鏡片が正面を向き光源よりの光を横に振らせながら上から下に下つて行き、鏡片數丈の綫を以て走査を行ふ。この方式の特長は、回轉部が小さい割合に光學的能率があまり悪くないこと及構造上影像に綫の感じが目立たないことである。

i. ブラウン管式受影方式 全然機械的可動部分なく、電磁的に走査を行ひ光度の變化も陰極線電流により自ら行ひ得る點が甚だ便利であり、これがブラウン管の最大の特長であるが現在の處では或る程度以上影像面を大にすることが困難である。

3. 送信機及其動作 テレビジョン送信機は、透影装置、監視装置、同期装置、無線周波變調器、無線發振器及附屬物として照明装置並に音響装置とより成る。

第 16 圖は直接透影方式に依る透影機部の一例を示すもので、上部前方には對物レンズがあり圓板とドラム・シャフターとで走査を行ひ、シャッター内には光電管が藏めてある。圓板の下後方の覗き口は監視装置であつて、こゝに簡単な受影像を現す。これ等の部分全部が上下左右に向けられるやうになつてゐて、運轉中透影目的物を任意に選定し得る。下の箱の内には増幅器、同期装置等があり、増幅器の出力は無線周波變調器に導かれるが、電話等の場合に比し變調周波數が著しく高いから、設計上特別の注意を要すると共に、發振周波數も從て高い必要があり、尙その他の理由も加はつてテレビジョンの送信には短波長乃至極短波長の電波を使用する必要がある。

透影目的物が暗い場合には別に照明設備を要し、又音響を傳へる爲にマイクロホンを用するが普通である。



第 16 圖 野外用直接透影方式の一例



第 17 圖 家庭用受信機の一例

4. 受信機及其動作 第 17 圖は家庭用簡易受信機の一例で、影像及音響に對する電波受信機、受影装置、音響装置、同期装置、電源装置等より成り、スクリーンの裏面より光線を投射して受影像を見る。

受影するには先づ同期器を閉じて全装置を動作せしめ、走査装置の回轉速度が所定の値に近づくと幾つもの同様な影像が相並んで一つ去つては一つ現れ、順次に一定方向に影像が流れ去る。かくする中に Framing の正しい影像を見得るやうになる。この時同期装置を動作せしめれば、影像の流れ去ることが止まり正しく同期相運轉の下に受影を行ふ事が出来る。影像のコントラストは増幅器の増幅度を加減して自由に調整する事が出来る。

第 5 章 音 響 学

1. 音響及言葉

a. 音響の勢力 音波の壓力變化の實効値を P パール(即ち, P (ダイン/cm²)), 媒質の密度を ρ, 音波の傳播速度を c (cm/s) とすれば音の傳播の方向と直角をなす 1 cm² 當りの勢力 I は $I = \frac{P^2}{\rho c}$ エルグ/s 又は $I = \frac{P^2}{10 \times \rho c}$ (μW) である。

空氣中に於ては $I = \frac{P^2}{410}$ (μW)

b. 音波の傳播速度 温度 t (°C) の空氣中に於ける音波の傳播速度は $331 \times (1 + \frac{t}{273})$ (m/s) である。

温度 t (°C), 鹽分 s (%) の水中に於ける音波の速さ c は次の式で表される。

$c = 1410 + 4.21t - 0.037t^2 + 11.4s$ (m/s)

音波の速さは水中に於ても又空氣中に於ても實驗上音の周波數によつて變化しない。爆音の如く振動の振幅大なる場合は傳播の速さは上記の値より著しく大きい。

c. 音波の減衰 正弦振動をなす音波の振幅が $\frac{1}{c}$ になる迄に傳播する距離 x₀ は $x_0 = \frac{3c^3}{8\pi^2 f^2 \mu} \times \frac{\rho}{\mu}$ で表される。

但 c = 傳播速度 f = 音の周波數
ρ = 媒質の密度 μ = 媒質の粘度 (Viscosity)

空氣に對しては $\frac{\rho}{\mu} = 0.132$, 水に對しては $\frac{\rho}{\mu} = 0.013$ (共に 10°C で)

媒質内に於ける熱傳導を考慮すれば $\frac{\rho}{\mu}$ に 2.5 の係數を乗する必要がある。

d. 樂音と騒音 音樂的效果を生ずる音を樂音と稱し, 然らざる音を騒音と稱する。樂音の多くは規則正しい振動をなす。

e. 音の強さ, 高さ, 音色 周期音の強弱は音波の振動の振幅の大小によつて決定せられ, 音の高低は振動數の大小によつてきまる。又音波を構成する各の正弦振動波の種類の大小によつて音色がきまる。

f. 言葉 人間の發聲機關は肺臟, 氣管, 聲帯, 舌, 唇, 口腔内の空氣より成る。

g. 母音の特性周波數帯域 各母音にはこれを特性づける一定の周波數帯域がある。これを特性周波數帯域と云ふ。⁽¹⁾

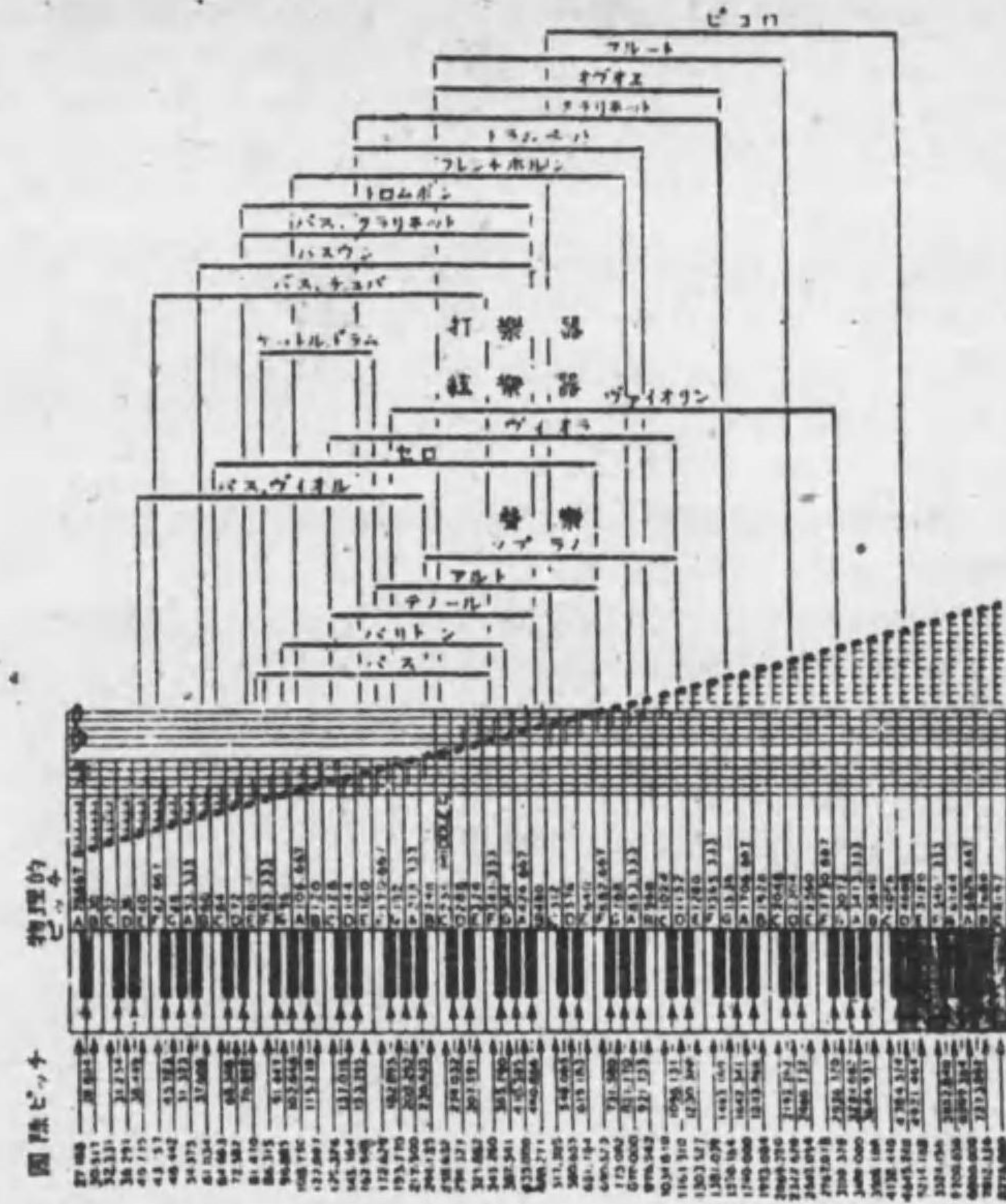
h. 言葉の勢力 會話の平均の勢力は約 10 μW, 又話中休止時間を除いた平均の勢力は約 15 μW である。この時口許に於ける空氣の振動の振幅は約 0.01 mm 位である。又高聲の話の勢力は 1000 μW に迄及び, 低聲の話に於てはこの値は 0.1 μW 位となる。

又各の音につきその平均勢力を見るに一般に母音は子音に比し大きい。子音で最小のものは 0.01 μW, 然るに母音で最大のもの 5000 μW にも及び, その間に實に 50 db の差がある。同一人にあつてはこの差は 36~40 db である。⁽²⁾

i. 樂音と聲の勢力 樂音及聲は勿論樂器の種類, 演奏者又は歌手によつて異なる。聲樂に於ける勢力は約 1000~30000 μW で普通會話に比し著しく大きい。又オーケストラに於て最高勢力と最低勢力との差は 70 db とすればよい。

j. きなる樂器及聲樂の周波數帯域 第 18 圖に主なる樂器及聲樂の周波數帯域を示す。

管 樂 器

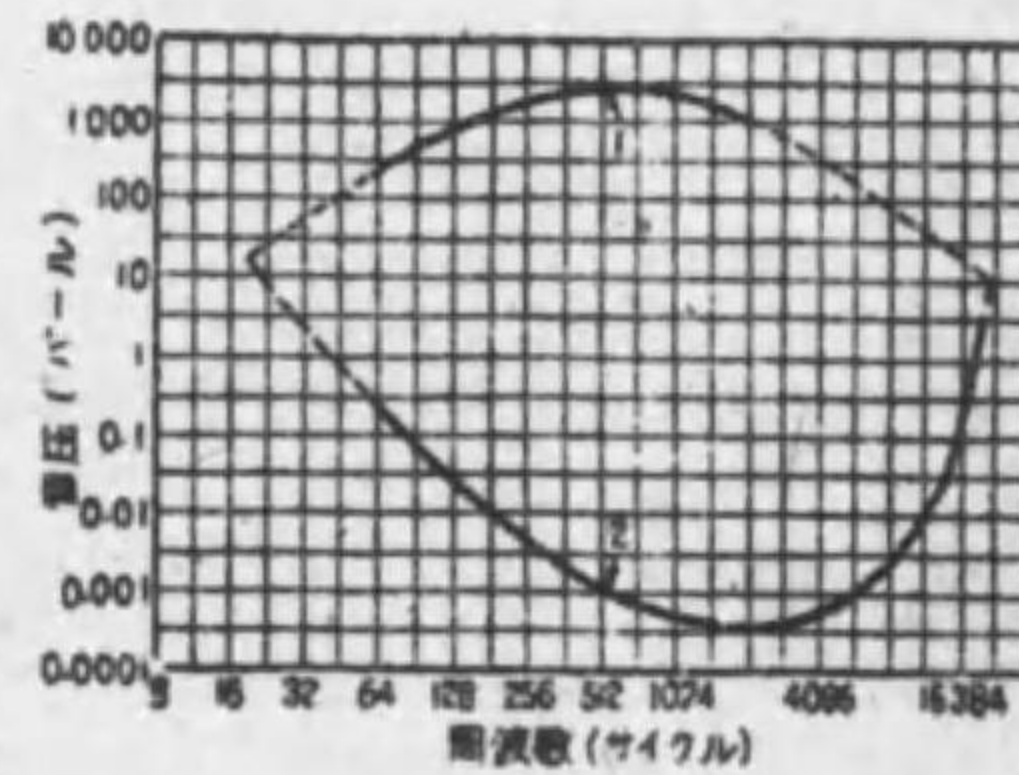


第 18 圖

2. 聽 覺

a. 音の感覺 音の刺激と感覺の間にも Weber-Fechner の法則が大略適用し得られる。即ち S を感覺, I を刺激とすれば $AS = C \frac{dI}{I}$ 或は $S = C \log I$ となる。但 C は定數である。音の高さ及強さの辨別には大部分この式が應用される。

b. 聽覺の範圍⁽¹⁾ 健全な平均の耳の聽感範圍を第 19 圖に示す。圖中 (2) は音として聞き得る壓力變化の最小界限を, (1) は音の感覺はなくなり疼痛の感と與へる界限を示す。



第 19 圖

c. Intensity level 及 Sensation level P₀ なる強さを基準とする P なる強さの音の

Intensity level α は $\alpha(\text{db})=10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$ である。 P_0 を普通 $1 \mu\text{W}$ と採る。
 耳が感じ得る最小音の勢力は大略 $10^{-10} \mu\text{W}$ である。而してこの音の Intensity level は -100 db である。又 $\alpha=10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$ に於て P_0 を耳で聞き得る最小の勢力と採つた場合の α を Sensation level と云ふ。

通常の会話に於て耳に達する音の Intensity level は約 -30 db , 又 Sensation level は 70 db 以下である。

d. 音の強さ及高さの辨別⁽¹¹⁾ 音の強さの辨別力は音の Sensation level (α) 及周波数により異なる。 α が 50 db 以上に於ては認識し得る音の強さの差は $5 \sim 10 \%$ である。 α が小さければこの値は大となり、周波数の低いときもこの値は大となる。

音の高さの辨別力は周波数が $500 \sim 4000 \text{ Hz}$ に於ては 0.3% , これ以外の周波数及 α が約 40 db 以下なる時はこの値は大となる。

e. 聴覚に関する實驗的事實 音の感覚を生ずる最短刺激時間は約 $1/20 \text{ s}$ である。又音の持続時間は $1/40 \sim 1/100 \text{ s}$ である。

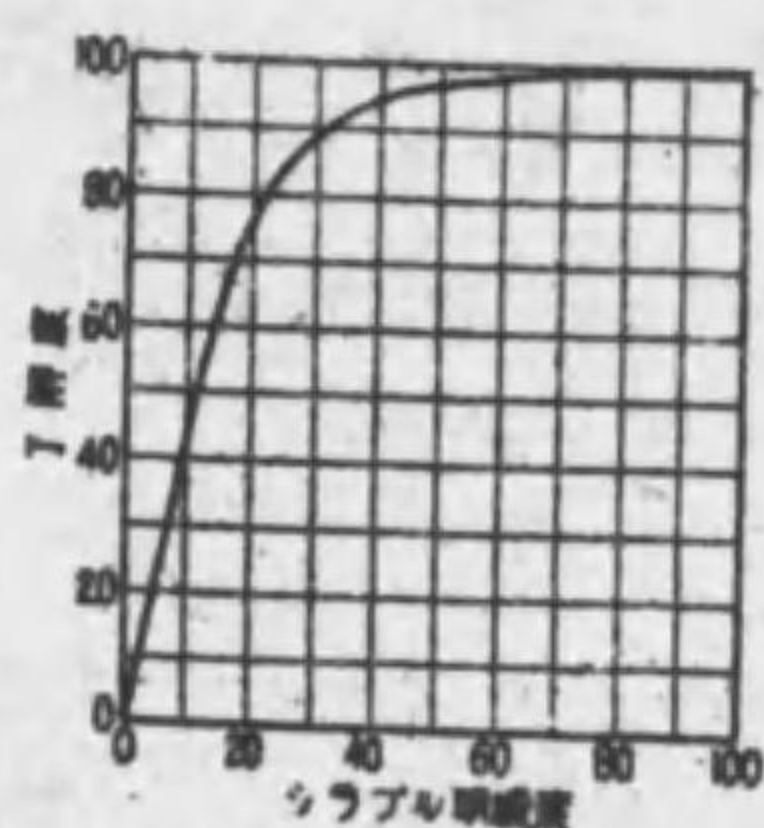
低い周波数の音は高い周波数の音を容易に蔽ひ隠す。又一層低い音でも弱い場合はこれを隠蔽する。この現象を隠蔽作用 (Masking effect)⁽¹²⁾ と云ふ。

兩耳に入り来る音の位相が同じな時は音源は真正面にある如く感じ音像は真後に生ずる。兩耳の音の位相が異なる時は音像は位相の進んでゐる耳の方に移動する。⁽¹³⁾

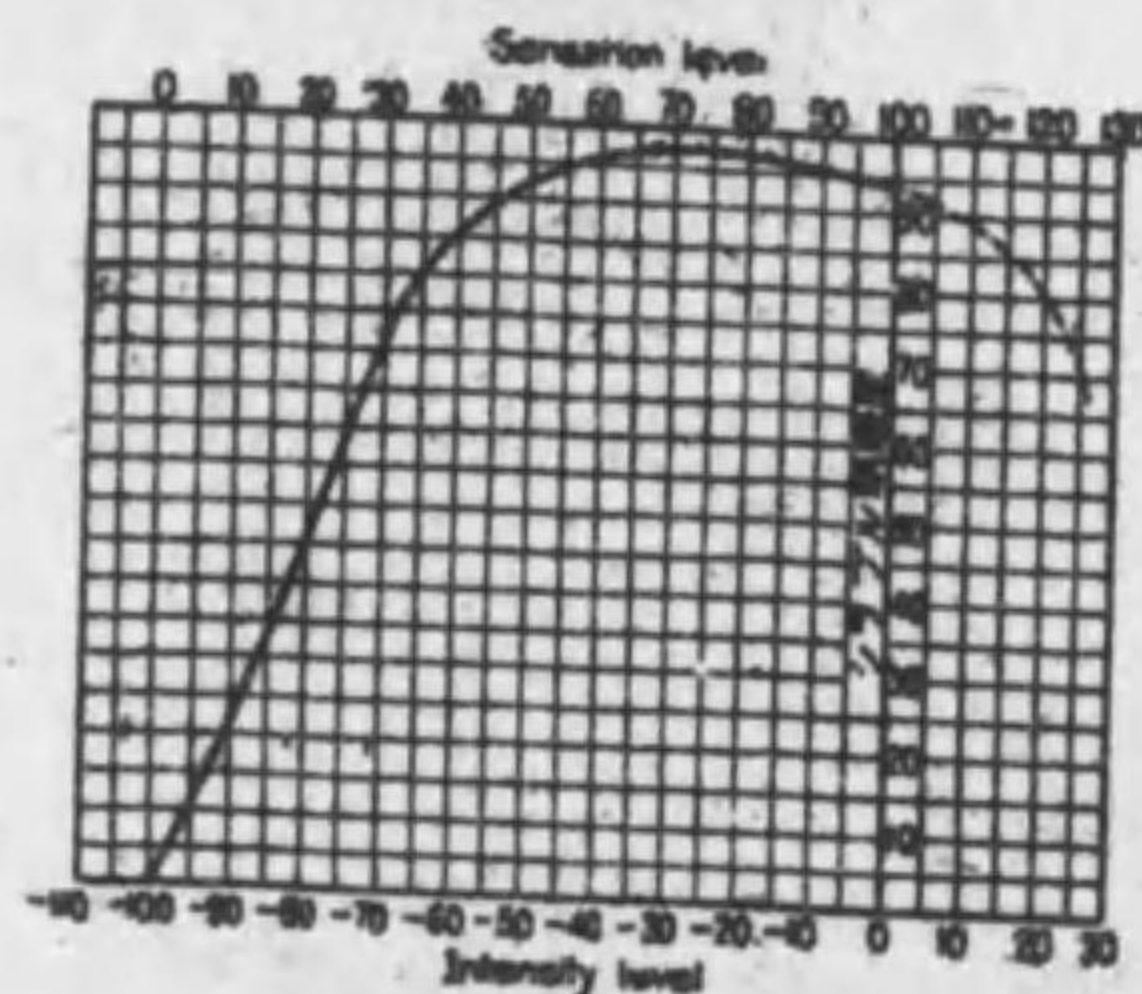
3. 明瞭度 (Articulation) 及了解度 (Intelligibility)

a. 明瞭度と了解度 シラブル明瞭度と了解度との間に第 20 圖の關係がある。

b. 明瞭度と Sensation level
 Sensation level 又は Intensity level と



第 20 圖



第 21 圖

シラブル明瞭度との間に第 21 圖の關係がある。⁽¹⁴⁾

c. 明瞭度と周波数⁽¹⁵⁾ 第 22 圖は周波数と明瞭度との關係及周波数とエネルギーとの關係を示す。明瞭度 (E) は例へば 1000 Hz 以下の周波数を傳達した時シラブル明瞭度 40% なることを示し、又エネルギー (L) はこの場合エネルギーが 84% なることを示す。曲線 (H) はその周波数以上を運じた場合である。



第 22 圖

4. 音の測定及周波数分析

a. 絕對測定 薄板を糸に吊して音場に置けば音壓に相當して振れることを利用した Rayleigh disc により絕對測定が出来る。⁽¹⁶⁾

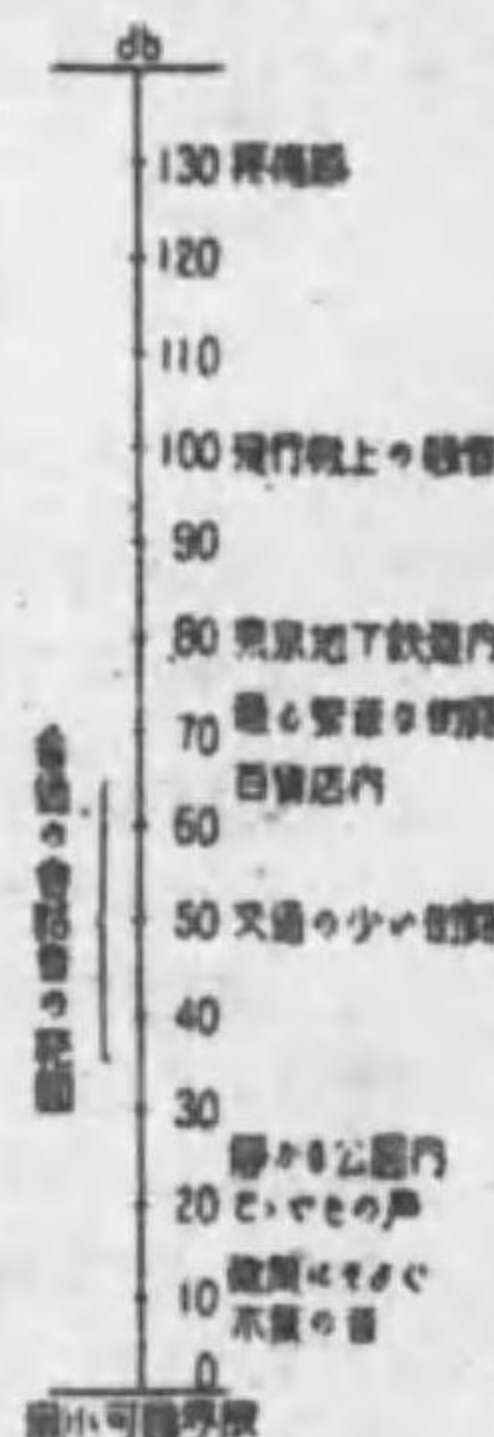
b. 騒音の單位⁽¹⁷⁾ 測定すべき騒音を標準音と比較しその音の Intensity level をデシベルで表し以て騒音の強さを示す。我國に於てはこの標準音として 0.001 ベール , 1000 Hz の單純音を採る。

c. 騒音の測定⁽¹⁸⁾ 騒音計には電氣協會型騒音計, Barkhausen 騒音計, Audiometer 等がある。前二者は測るべき騒音と等しい聽感を生ずる標準音の Intensity level で、又後者は騒音で隠蔽せられる標準音の Intensity level で表す。又マイクロホンによつて騒音を受け増幅整流後計器で讀む方法もある。

d. 騒音の實例⁽¹⁹⁾ 通常遭遇する騒音の強さを表示すると第 23 圖の通りである。

e. 周波数分析 マイクロホン, 増幅器, オッシログラフによつて音の波形を記録しこれを高調波分析器を用ひて分析する方法と、音波を電氣勢力に変換後、共振周波数を順次變化し得る共振回路を用ひてその電流を讀んで周波数を分析する方法とがある。又原理に於ては後者と同一であるが自動的にこれを行ひ短時間に音響スペクトルをも撮影し得る如くした電氣的周波数分析装置 (Electrical frequency analyzer) もある。Grützmacher,⁽²⁰⁾ 小林正次等の方法がこれである。我國に於ては小林式周波数分析装置が廣く用ひられてゐる。

f. 小林式周波数分析器⁽²¹⁾ 7000 Hz より 14000 Hz 迄連続的に變る可變周波数發振器を具へ未知波形電流によつてこれを變調すればこの時生ずる電流には $F, F+f, F-f$ の三つの周波数を生ずる。但 F は可變周波数發振器の生ずる周波数、 f は未知波形に含まれた成分周波数である。これ等の電流は増幅後、 7000 Hz の電氣的共振回路を経てオッシログラフ振動子に加へられる。この共振特性には二つの共振周波数を有するがその一が 7000 Hz になる如くしてあるから $F-f$ が 7000 Hz になる時電流の大きさに比例して振動を始める。 F を順次變化して振動子より反射する光をフィルムに受けて音響スペクトルを得るのである。

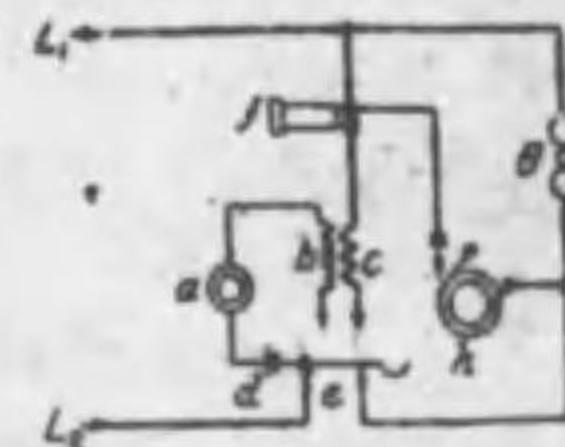


第 23 圖

第 6 章 手動式電話交換方式

1. 電話機 電話機は通話装置の他、先方を呼び出し又先方より呼び出しを受ける信號装置を有し、手動式用として磁石式用と共電式用の 2 種がある。

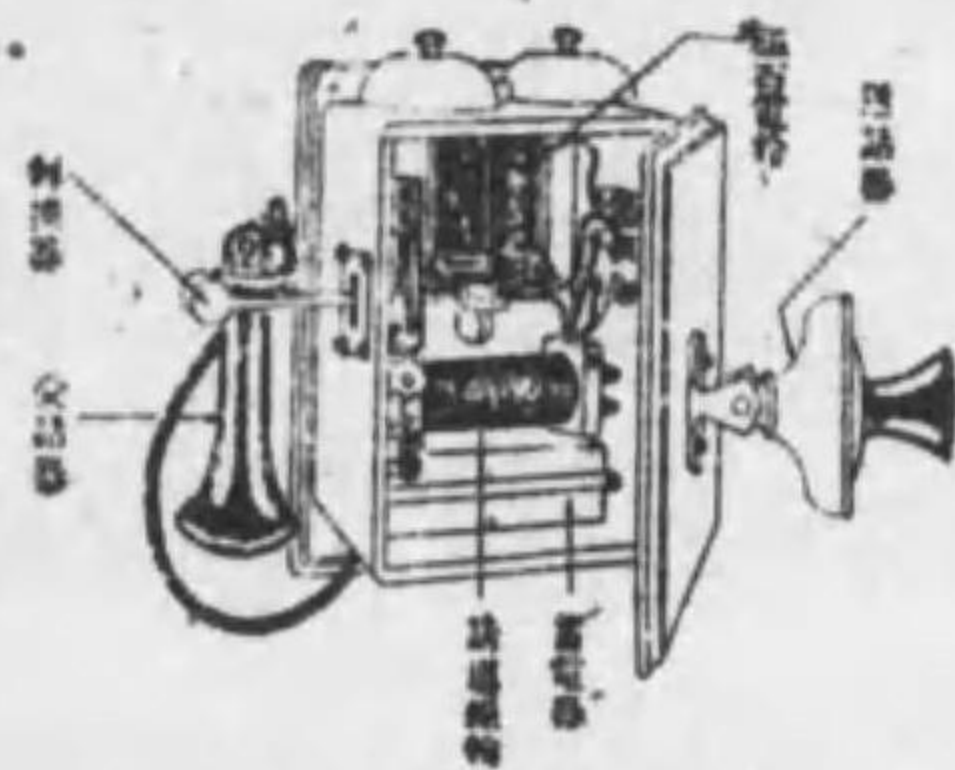
a. 磁石式電話機 呼出信號の送受に夫々磁石發電機と磁石電鈴を用ひ、送話用電池を各電話機に用ひる。單獨線の兩端に於て使用する電話機も亦この式の電話機である。第 24 圖は四線を示すもので、通話装置として送話器 (a), 誘導線 (bc), 受話器 (f), 電池 (d) 及信號装置として磁石發電機 (h), 磁石電鈴 (g) を備へる。受話器掛金物の内部の一端は轉換器 (e) の作



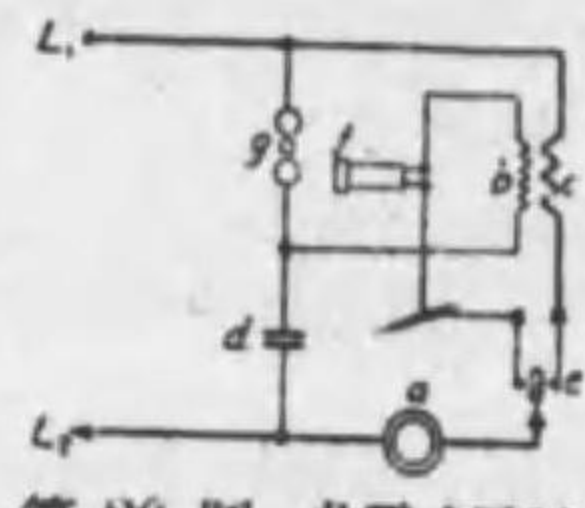
第 24 圖 磁石式電話機回路

用をなし、受話器が掛けられておるとき、取外されてあるときにより信號装置と通話装置とを轉換する。

b. 共電式電話機 送話用の電流は交換局の共同の電源から供給を受けるものである。呼出信號は受話器を取外すことに依り自動的に行はれる。第 25 圖は構造、第 26 圖は回路を示すもので、通話装置として送話器 (a)、誘導線輪 (bc)、受話器 (f) を用ひる。信號を受けるには磁石電鈴 (g) を用ひ、局からの直流を通過せしめないやうに平常は蓄電器 (d) が直列に接続せられ、通話の場合には轉換器 (e) により並列に接続され送話を強勢にする作用をなす。



第 25 圖 共電式電話機



第 26 圖 共電式電話機回路

磁石式、共電式孰れの電話機にも壁掛型と卓上型の 2 種がある。卓上型には更に甲號と乙號の 2 種がある。

2. 交換方式の種別 手動式電話は電話交換の接続を交換手に依り行ふもので、加入者が局に信號する方法及送話電流を供給する方法の差違により 2 方式がある。

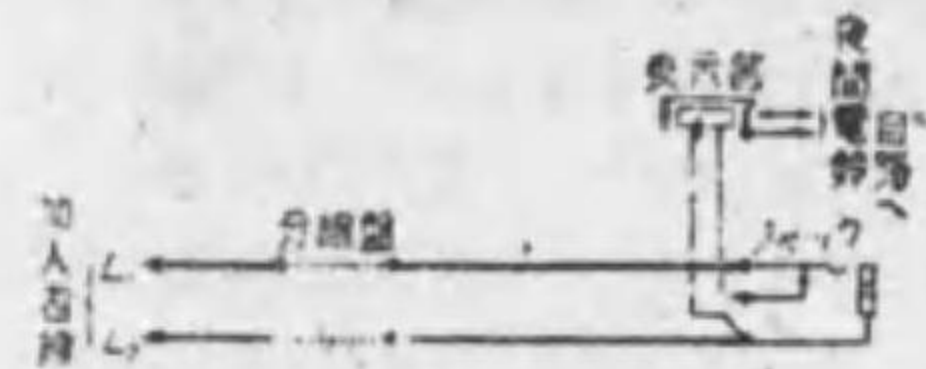
a. 磁石式交換方式 加入者の送話電流は各自の電話機に設備した局部電池で供給し、局を呼び出すとき及通話終了の信號には電話機に附屬する磁石發電機を用ひて局の表示器を動作せしめて交換を行ふ方式である。

b. 共電式交換方式 加入者の送話電流は交換局に設備する共同の電源より供給し、局を呼ぶには單に電話機より受話器を取外し、終話信號のときは受話器を掛けるのみで局の信號ランプを點火せしめて交換を行ふ方式である。

3. 交換機の構造 交換機は電話機から信號を受け、交換手がこれに應答して通話の相手たる他の電話機に接続し、これに信號を與へ通話を交換せしめる装置である。交換機にはこれに接続する電話機毎に表示器又は小ランプとジャックとを備へ、接続を全うするため接続紐回路を備へる。この接続紐回路にはジャックに挿入すべきプラグ、終話表示装置、交換手の通話のため各接続紐回路に共通の交換手電話回路、信號用電鍵及信號用發電機等を有する。交換機には單式及複式の種別がある。前者は電話線にジャック 1 箇のみを有するものであつて、交換手が應答するときも、呼出接続するときも、同一のジャックを用ひるものである。後者は多數の交換機を使用する場合には 1 箇のジャックでは接続不能のため、應答ジャックの他、接続用ジャックを複式に接続して、孰れの交換機からも接続し得るものである。複式に接続するにはジャックを直列に接続するものと、並列に接続するものがある。

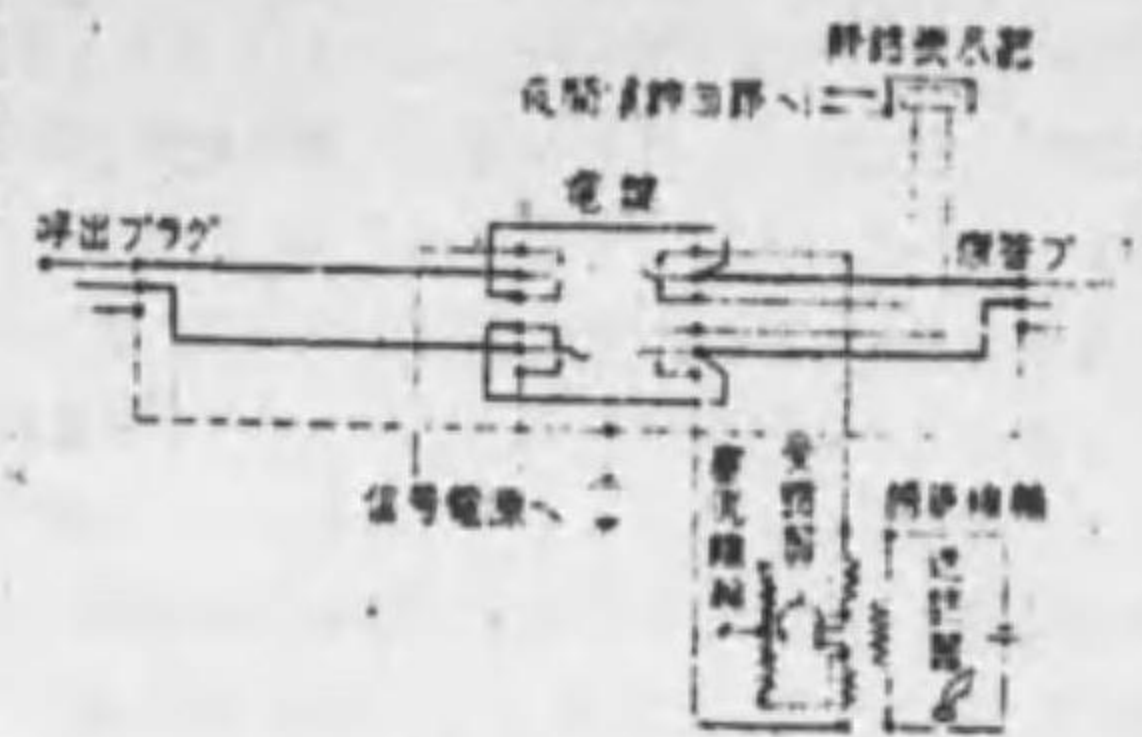
a. 磁石式交換機 これには單式交換機と直列複式交換機の 2 種ある。單式交換機は 1 臺か 1 交換座席であつて、これを數臺設置する場合には、隔臺毎に中繼線を立てて接続する。その加入者線回路及接続紐回路は第 27 圖及第 28 圖に示す通りである。直列複式交換機は 1 臺が 3 座席のもので、應答ジャックの他、第 29 圖に示す如く 1 臺毎に接

着用ジャックを直列複式に接続し、又同圖に示す如く加入者線に対する往復 2 線の他、第三線をジャックに取付け、その

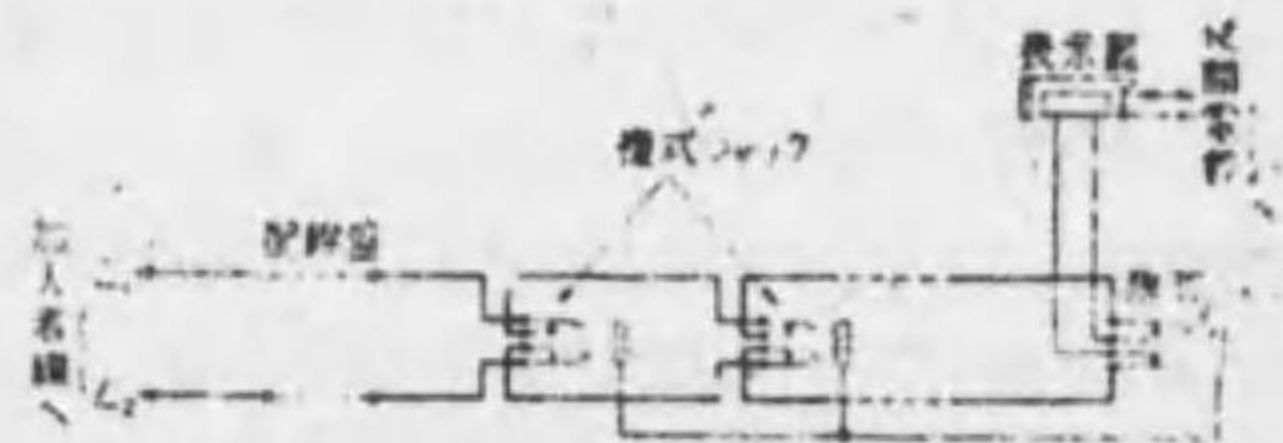


第 27 圖 單式加入者線回路

ジャックの或る一つに於てプラグが挿入されて居る場合、即ち話中の場合には、他のジャックの口金に電壓が與へられ、他の臺に於て接続せんとするときは、交換手は先づプラグの尖端を口金に觸れ、その電壓により交換手の受話器に音を感ぜしめる。その接続紐回路は第 28 圖に示す通りである。單式交換機には數回線 (100 回線迄) の各種あり、100 回線用のもの數臺を連續装置して、約 700 迄の回線を收容することが出来る。直列複式交換機は 1 臺に 300 又は 360 回線を收容し得て、總回線數 2100 迄收容し得る。

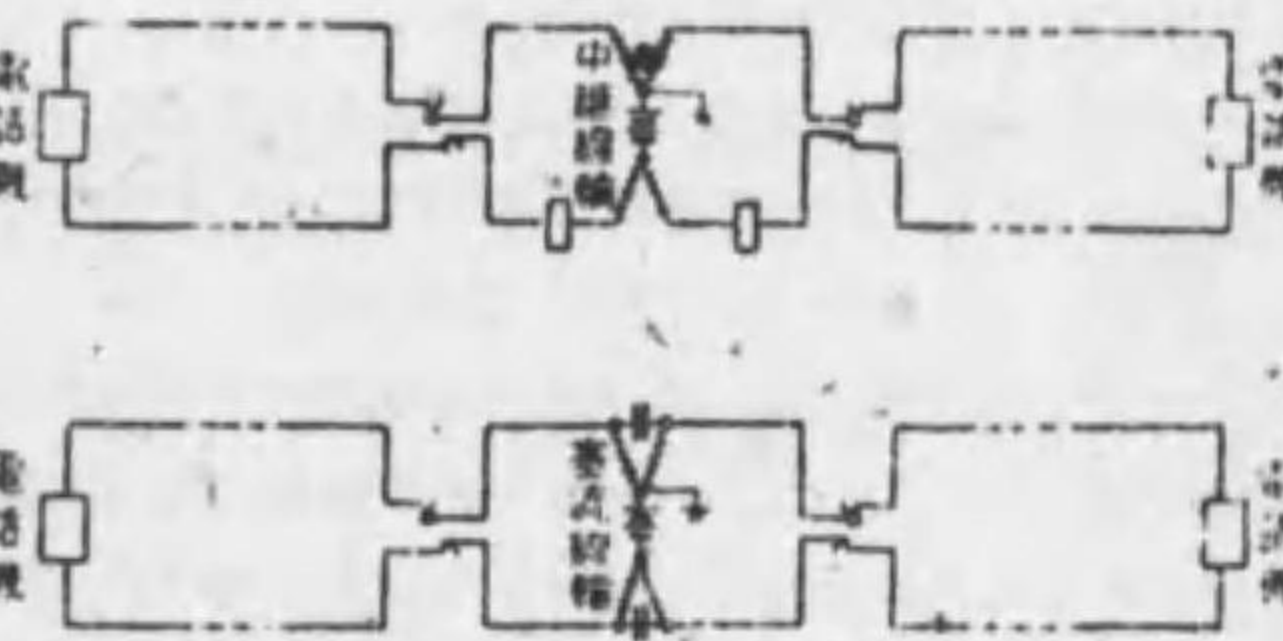


第 28 圖 接続紐回路 (點線は複式の組合)

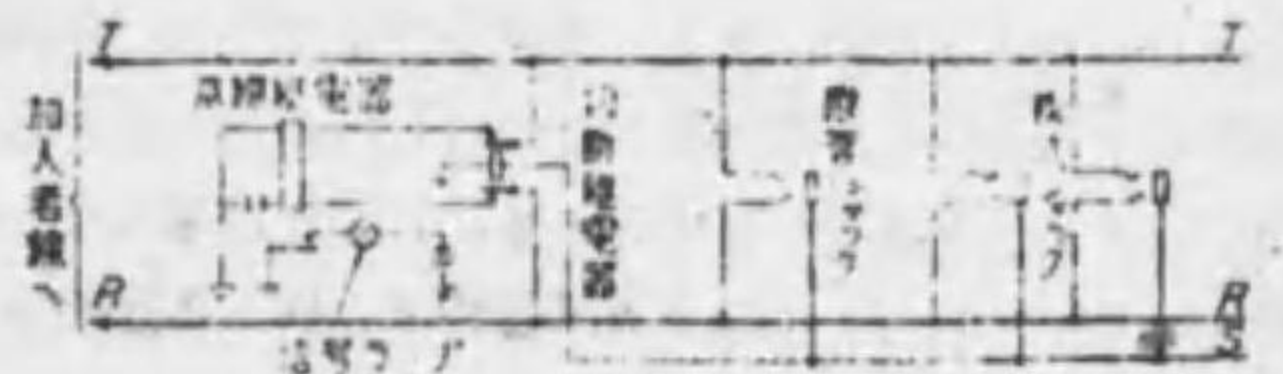


第 29 圖 直列複式加入者線回路

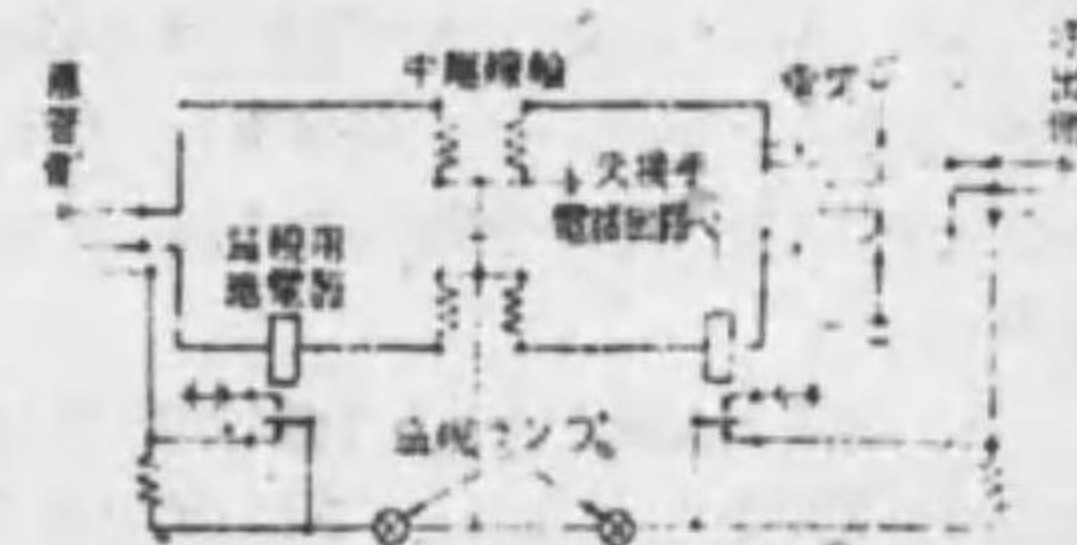
b. 共電式交換機 通話電流の供給方法に 2 種類ある。一つは第 30 圖 (a) に示す如く中繼線輪を通じて電流を供給するもので、大都市に用ひられ、他は同圖 (b) の如く塞流線輪を通じて電流を供給する方式で、小都市に使用せられる。加入者線回路は第 31 圖に示す通りであつて、電話機の受話器を取外すことに依り、本線繼電器動作し、交換機に信號ランプを點する。交換手が接続紐のプラグをジャックに挿入すれば、その第三線より電流を通じて、切斷繼電器を動作せしめランプを減せしめる。第 32 圖は接続紐回路の一例であつて監視信號用電



第 30 圖 共電式通話電流供給方式



第 31 圖 共電式加入者線回路



第 32 圖 共電式交換機接続回路

電器を有し、プラグをジャックに挿入するときは、その局部回路にあるランプの點滅が、電話機の受話機を取外すか否かに依て支配される。即ち接続後そのランプの點滅することは、通話の終つたことを表示するものである。共電式交換機にも單式と複式とあり、後者の場合はジャックの複式は並列複式の型を探るのが普通である。話中試験の方法等は磁石式の場合と大同小異である。複式ジャック容量は 8000 内外のものもあり、大都市の如く各所に電話分局を設けるやうな場合には、各局間に中繼線を設け、中繼交換機を装置して中繼接続を行ふ。この場合には發信側交換機 (A 臺と略稱する) から着信側の中繼交換機 (B 臺と略稱する) に呼線と稱する通知線が設けられてあつて、接続すべき被呼電話番號を通知すると、B 臺交換機は接続に供すべき中繼線の番號を指定し、その中繼線に附屬したプラグを被呼加入者線の複式ジャックに接続するのである。通話終了し A 臺交換機が接続を断つて、B 臺中繼線に附屬した切斷信號ランプを點滅し、B 臺交換機はこの信號に依り接続を断つのである。

4. 市外交換方式 市外交換機にも市内交換機と同様に、磁石式と共電式交換機とがある。而して市外通話の接続取扱と回線数の多少により、接続方式が定められ、市外線の回路構成の方法により、回路方式が定められる。

a. 市外通話接続方式 接続方式によつて類別すれば次の通りである。

(1) 信線方式 回線数の少い場合に用ひられ、必要の都度呼出信號を送つて、相手局を呼び出し打合せをする方式である。

(2) 電信信線方式 市外線を電信電話双信法回線 (本節 b(3)参照) となし、その電信装置に依り、相手局を呼び出し打合せをする方式である。これは通話中の回線を利用して打合せをなし得べく、回線を通話上有効に使用する必要ある長距離回線に用ひられる。

(3) 指定線方式 兩地間に回線数の多い場合には兩地間に呼線を設け、發信局交換機は呼線に依り、接続すべき加入者番號その他の打合事項を着信局交換機に通知し、着信交換機は市外線を加入者に接続する方式であつて、接続が迅速に行はれる。

(4) 即時市外通話方式 指定線方式の一種であるが、兩地間の通話關係が極めて密接であり、遅滞を許さぬやうな場合に用ひられるもので、加入者臺で交換機を作り、直ちにその交換機が呼線に依り、着信交換機を呼び、市外通話の接続を行ふ。この方式は全然遅滞を許さぬため、兩地間には充分の回線数を必要とする。回線が充分でない場合に兩地間に迅速な通話接続を要するときは、全部遅滞のない通話は望むことは出来ないが、その取扱法に於て本方式に準ずる準即時式と稱へる接続方式が近時特別の關係ある地域間に採用されてゐる。

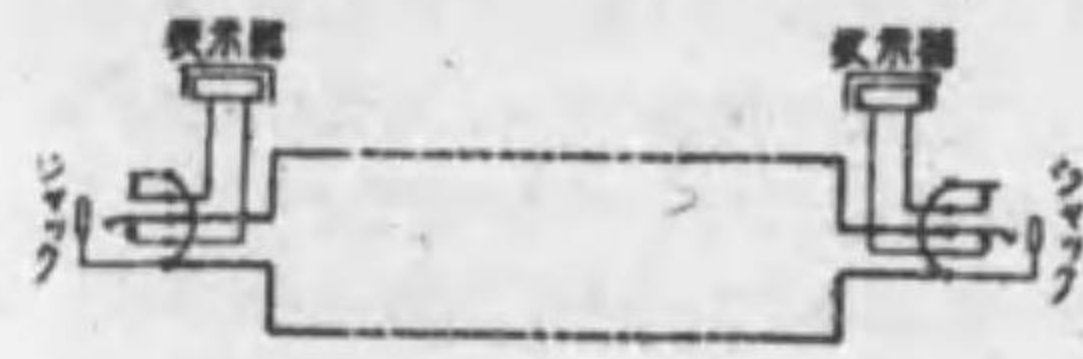
(5) ダイヤル市外通話方式 着信局加入者が自動式であるか、又は着信局にコールインデケーターを使用する中繼臺のある場合には、發信局市外臺にダイヤルを装置して、市外線を通じて着信加入者を呼び出し、市外通話接続を爲すものである。この方式は接続が迅速であるが、回線が特種であるか、又は抵抗が大なる場合にはダイヤリングの施行は困難である。

b. 市外線回路方式 市外線を回路方式によつて類別すれば、單獨回線、重信回線、電信電話双信回線の 3 方式とすることが出来る。

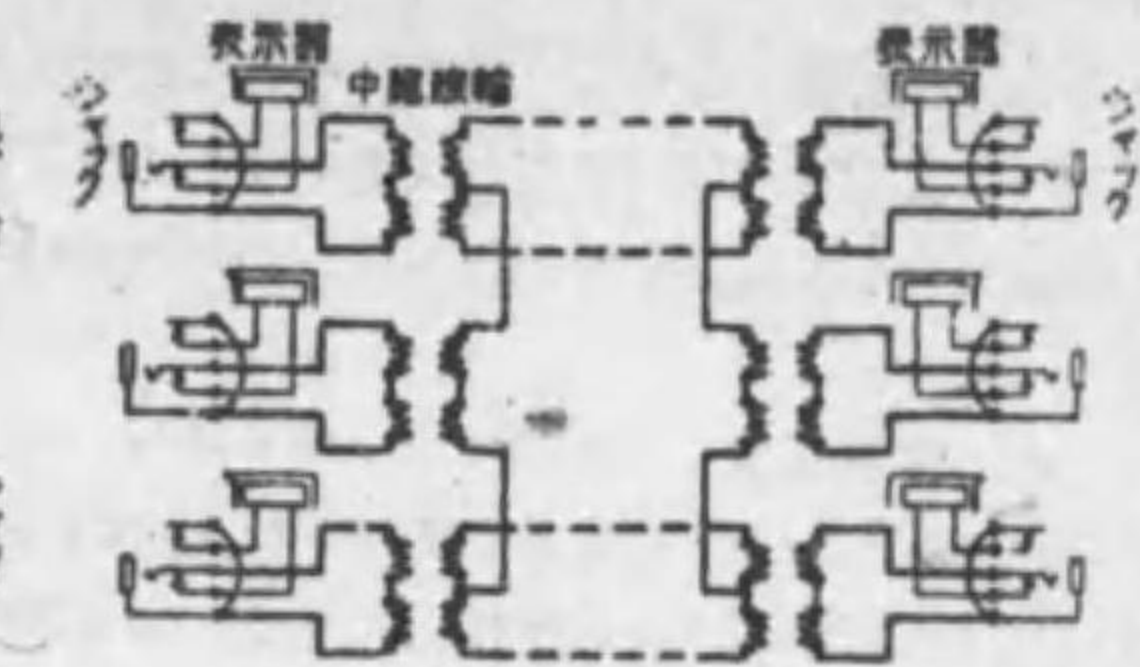
(1) 單獨回線 第 33 圖は單獨回線の一例で、兩端にジャックと表示器とを設備し、相手局を呼び出すには、市外線接続機から呼出信號電流を送り、前節の信號方式として使

用せられる。

(2) 重信回線 重信回線は 2 回線の實回線を利用して、更に 1 回線だけ餘



第 33 圖 市外線單獨回線



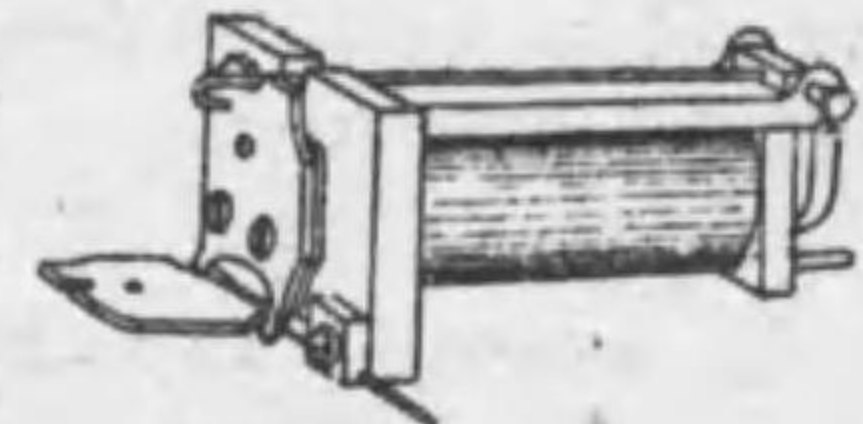
第 34 圖 重信回線

計に作られた回線で第 34 圖の如く中繼線輪を用ひその二次線の中性點から重信回線を作るのであるから、重信回線の基礎をなす實回線 (側回線と稱する) は完全な平衡が必要である。重信回線には中繼線輪を用ひる方法の他に、塞流線輪を用ひる方法もある。

(3) 電信電話双信回線 單双信法、複双信法及複線式双信法がある。單双信法は一つの電話回線に塞流線輪 (又は中繼線輪) を用ひて、その中性點から電信回路一つを作るのである。複双信法は塞流線輪、蓄電器を用ひ二つの電信回線から一つの電話回線を得るのである。これと反對に一つの電話回線から二つの電信回線を作ることも出来る。複線式双信法は電話回線の往復線から、大地を歸路としない一つの電信回線を作成するものである。専らケーブル回線に用ひられる。

5. 繼電器及其他附屬装置 手動式電話機械に使用せられる電機には表示器、ジャック、プラグ、紐、電燈、蓄電器、信號ランプ、中繼線輪、塞流線輪、配線盤、試験装置等がある。この中重要なものに就て記載する。

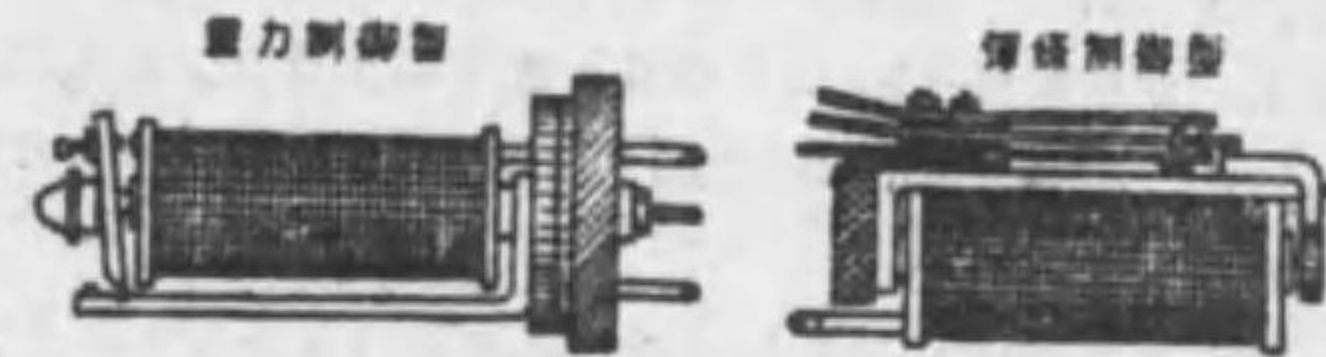
a. 表示器 第 35 圖のやうなもので加入者用、終話用、格子型等の各種あり、主として磁石式交換機に使用せられ、加入者用は加入者線に装置せられ、終話用は通話中に回線に接続せられるから、そのインピーダンスを高く、感度を良くするため捲回数多く、且その周圍に軟鐵管を有す。格子型は話中の信號用として用ひられる。



第 35 圖 表示器

b. 繼電器 第 36 圖はこの例で共電式交換機に最も多く使用せられ、これを磁路の型式より大別すれば、戻り極片型

と管狀型とに區別せられ、又接極子の構造上から重力制御に依るものと、彈簧制御に依るものとに區別せられる。圖は戻り極片型の一種で重力制御のものは感度高く、



第 36 圖 戻り極片型繼電器

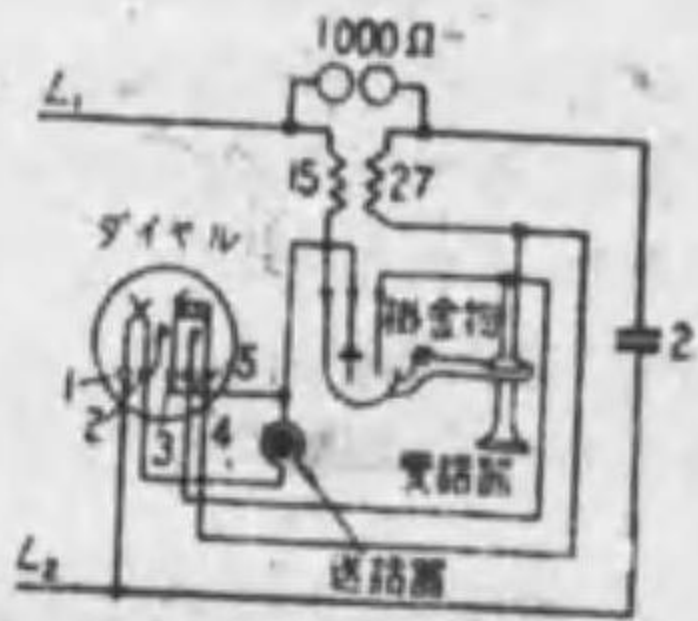
彈簧制御のものは感度低く動作確實で、多くの接點を必要とする場合に用ひられる。管狀型のものは磁路を完結して誘導を防ぎ、高い感度を得ることが可能である。又緩動繼電器と稱し強輪の一端に銅環を附し、その内に生ずる渦流のために動作が遅れを生ずるものがある。又銅環の他に、鐵心に銅管を覆せたものもある。これ等の他、繼電器には交流で確實に動作するもの、一定方向の電流で動作する有極繼電器などがある。

c. 配線盤 局外より局内に引込んだ加入者線等を規則正しく配線し、常にその位置を明にして置き、局内装置を保護するため保安器を設備するものである。回線の障害に際し迅速且容易に試験を行ひ得べく、加入者の移動に對し局外線と局内線との切替へを容易ならしめる。

d. 試験装置 回線の平常試験及断線、地氣、混線等の障害のとき、電氣的試験を爲し、その性質及位置を測定するのである。導體抵抗の測定はブリッジ又は電壓計に依り、絶縁抵抗は直接傾斜法又は電壓計に依り、地氣障害の位置測定は Varley 環線試験法に依り測定する。

第 7 章 自動交換方式

1. 電話機 自動局の加入者電話機は第 37 圖の如くダイヤルを共電式電話機に設置する。ダイヤルの表面には 10 箇の數字孔を有する回轉盤があり、相手加入者を呼出すには最初受話器を外し、回轉盤の數字孔に指を入れて時計式方向に指止め迄回轉して指を放つ。回轉盤を指止め迄回轉するとダイヤルの軸に取付けられた螺旋彈條が捲かれ、指を放した時に彈力で逆回轉し舊位置に復すが、その速度は調速機で一定となる。舊位置に戻る時齒車が數字の數だけ 1、2 接點を開閉し、局に至る直流通路を断続し、局の交換機を動作する。この直流通路の一連續をインパルスといふ。又彈條は及らば逆し始めてから原位置に復する迄動作し、送話器及受話器回路を短絡してインパルス中不快の音を加入者に與へない。



第 37 圖 自動式加入者電話機

2. 交換方式

a. ステップ・バイ・ステップ方式 縦に 10 段、横に 10 箇のバンク接點を積み重ねたバンクを用い、加入者ダイヤルに依りワイパーが上昇しバンク接點上を回轉し選出動作を行ふストロジャ式スイッチを主體とする方式である。ストロジャ式、ジューメンズ・ハルスケ式及ジューメンズ・ブラザース式等がこれに屬する。

b. パワー・ドリブン式 300~100 回線容量のバンクを使用し、加入者のインパルスを一且レヂスターに蓄へ適當に翻譯後送出してスイッチを動作せしめる。スイッチのワイパーは共通の電動機と結合して上昇又は回轉運動を爲す。これに屬する主なものはパネル式、ウェスターン・ロータリー式及エリクソン式等である。

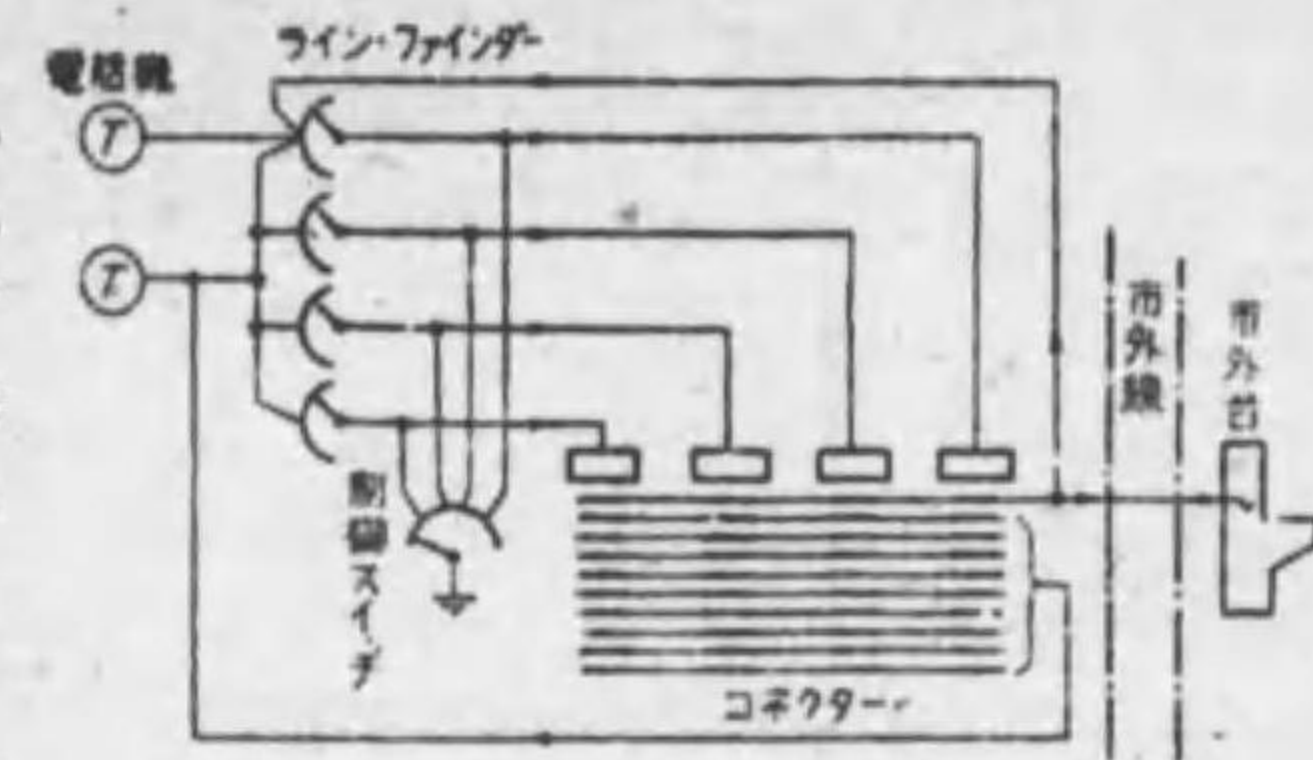
c. 繼電器式 繼電器を組合はせ接続動作を行ふ方式で、主として小規模の私設交換機に用ひる。

こゝには我國で主として用ひられるストロジャ式及ジューメンズ・ハルスケ式につき記述する。

3. 中繼方式 ステップ・バイ・ステップ式は十進法に依り加入者群中の大群を先づ選一び、次に該群内の中群を選び、更に小群を選んで被呼加入者に接続を行ふ。この最小群は加入者 100 名を以て造られ、該群の選出機をコネクターと云ひ、こゝに進む途中の選出機をセレクターと云ふ。その最初のものを一次セレクター、次に二次セレクター（以下これに倣ふ）と云ひ、これ等の段數及接続方法を中繼方式といふ。

a. 二數字式 (第 38 圖)

加入者 100 名以下の場合には加入者番號が二數字となり、發信加入者が受話器を外せばライン・ファイnderが起動して發信加入者線を捕へてコネクターに接続する。通話數が特に多い局では經濟上この代りに加入者毎にライン・スイッチを用ひ、加入者が受話器を外した時に回轉して空きコネクターに接続する。



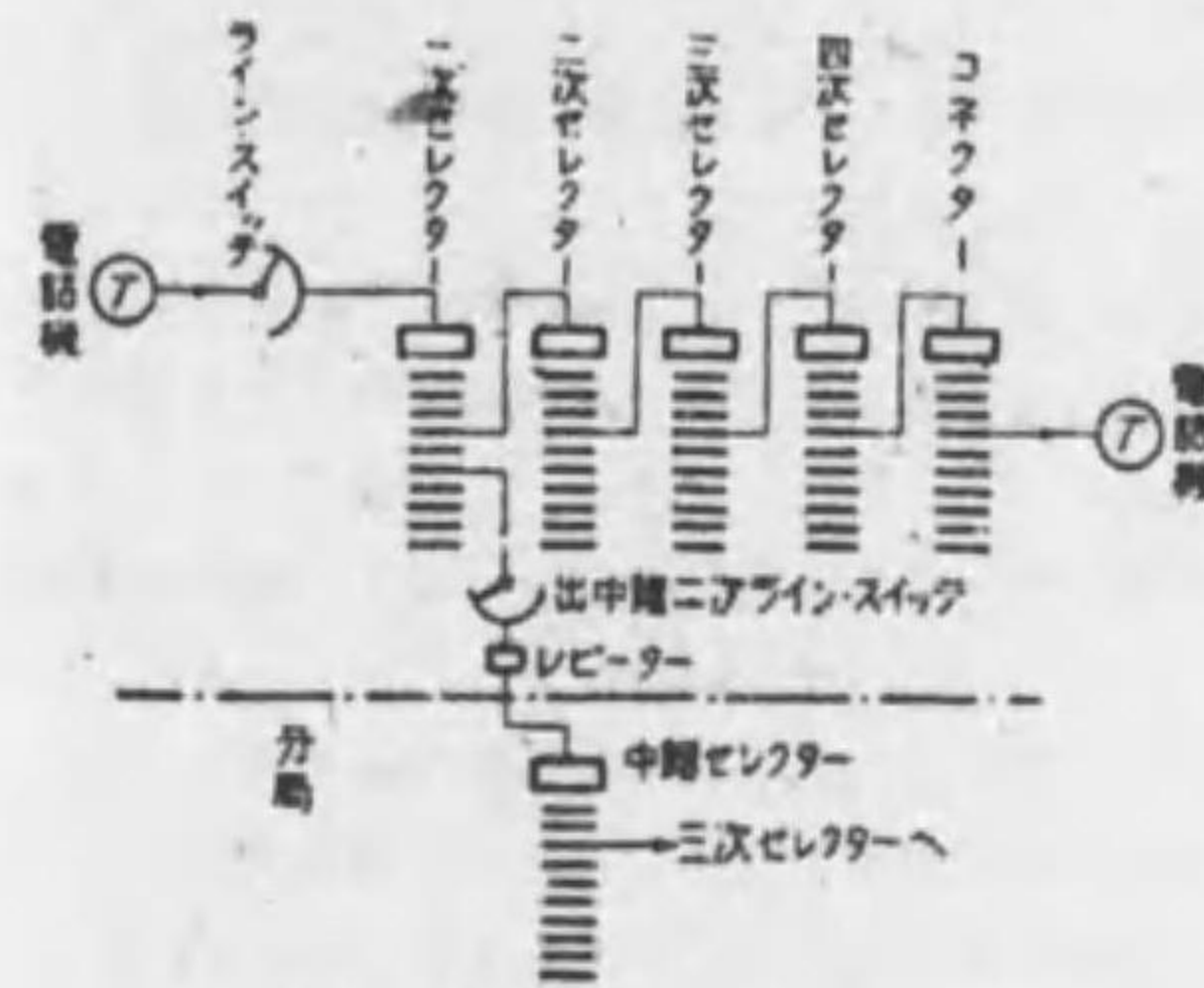
第 38 圖 二數字中繼方式

b. 三數字式 加入者 1,000 名以下の場合には加入者番號が三數字となり二數字式に比し百位選出用セレクターを一段増加する。

c. 四數字式 加入者數 8,000 名以下の場合で千位及百位選出用セレクター及コネクターを用ひる。然し記録通話、案内通話及申告等の局用無料着信通話には四數字式以上の局と雖も二數字又は三數字の特殊番號を用ひ、この選出階段に用ひるものを特殊セレクターといふ。

d. 五數字式 同一市内の分局數が 8 以下の場合では四數字式に比し局選出用セレクターを一段増加する必要がある。

e. 六數字式 (第 39 圖) 加入者數が 100,000 以上の場合は通常都市を 8 以下の區劃に分割し、各區劃に 10 以下の分局を設ける。四數字式に比し區劃及分局選出用のセレクターを増加する必要がある。尙かゝる大都市では適宜中繼局を設け線路を分割又は集中して中繼線數を減少せしめ得る。



第 39 圖 六數字中繼方式



第 40 圖 ディレクター電話機ダイヤル

f. 混合式 加入者數が急激に一定限度以上に増加の見込みのない時は創設當時加入者番號を例へば四數字とし、限度以上に増加した際一部の加入者番號を五數字とする。かく同一都市内に異數字方式を混合したものを混合方式といふ。

g. ディレクター式 加入者ダイヤルに第 40 圖の如く數字の他に文字を記入し、局名を文字で綴つて選擇する。例へば Holborn 局 1858 を呼ぶのに HOL 1858 = (405

1858) とダイヤルする。この数字インパルスが一旦ディレクターに蓄へられ適宜の数字例へば 396 1858 に變更後送出され、任意の中継略略を取らしめる。従て中継方式が自由となり線路及局内費を節約し得られ、加入者は局番號を記憶する必要が無く便利である。

4. ストロッジャー式スイッチ

a. ストロッジャー式回轉スイッチ(第 41 圖) 半圓弧上に 25 バンク接點を配置し更にこれを 3 列又は 4 列重ねたものをバンクと云ふ。この上を滑動するワイバーは中心軸の兩側に取り付けられ、一方のワイバーがバンク最終接點を滑り終ると反対側のワイバーが第一接點上に移るやうになつてゐる。回轉電磁石に電流が流れて接極子を充分吸引すれば回轉彈條接點で回路を開き接極子を復舊する。この時復舊彈條の彈力で接極子の爪が齒車を一齒宛突進めワイバーをしてバンク接點上を一步宛前進せしめる。斯くて一方向のみに自動的に回轉し、その



第 41 圖



第 42 圖

速度は毎秒約 60 歩である。

b. ストロッジャー式上昇回轉スイッチ(第 42 圖) バンク接點は縦 10 段、横 10 接點のもの二組より成り、上部には試験線、下部には通話線を收容する。ワイバーは中心の軸に取り付けられ、上昇電磁石に電流が通ずる毎に接極子を吸引し先端の爪が上昇齒を突き上げ軸を上昇する。次に回轉電磁石に電流が通れば接極子の先端の爪が回轉齒を押して時計式の方に軸を回轉せしめ、ワイバーを目的のバンク接點上に移す。二重鉤は上昇又は回轉運動に際し溝と噛み合ひ軸を動作位置に停止せしめる。軸を原位置に戻すには復舊電磁石が働き二重鉤を溝から外すから、ワイバーは軸頭部の螺旋彈條の力でバンク上を反時計式方向に滑り、バンクを離れた位置に來るときに軸の重力で下方に落ち原位置に戻る。セレクターでは回轉電磁石が接極子を吸引すれば回轉用接點を開き、これと直列に接続した回轉電磁石を復舊せしめるからワイバーは自動的に回轉動作を行ひ、毎秒約 33 接點を滑る。スプリングはワイバーの第 11 回轉位置で動作し、オフノーマル接點は軸の上昇と共に動作する機械的接點である。

c. 各種スイッチ動作機能 各種スイッチはストロッジャー式機構、回轉型スイッチ及電話用電磁器を以て組立てられ動作機能を表示すれば第 4 表の通りである。

5. ジュメンス・ハルスケズ各種スイッチ

a. 回轉型スイッチ(第 43 圖) 10 回線用のスイッチは 11 バンク接點を 120° の

第 4 表 ストロッジャー式スイッチ機能表

名 稱	機 構	電磁器數	動 作 機 能
ライン・スイッチ	25 接點 R. L. S.	2	加入者受話器を外せば空き一次セレクターを選び通話終了後は該位置に停る。(平常位置なし)
W. R. 式ライン・ファイナ ー	10 接點位 バンク付 300 回線 S. S.	6	200 加入者一線とし加入者受話器を外せば上昇及回轉動作を自動的に呼び発信加入者線を通出する。
レギュラー・セレクター	100 回線 S. S.	5	加入者ダイヤルにより上昇し自動的に回轉して空き線を選ぶ。空き線無ければ 11 歩宛回轉して通話を送る。
インカミング・セレクター	同 上	6	局間中継線の入側に設置し、本機の試験中出線を中継状態となす。その他はレギュラー・セレクターと等しい。
レギュラー・コネクター	同 上	8	加入者ダイヤルにより上昇及回轉して被呼者に接続し、直ちに呼出信號又は通話中信號を送出する。通話中は被呼者加入者に通話電流を供給する。
ロータリー・コネクター	同 上	10	一加入者が加入電話を所有するときは代表加入者線と共に本機のバンクに收容する。発信加入者が代表者線をダイヤルする時は本機は自動的に回轉して該回線中の空き線を選ぶ。その他はレギュラー・コネクターと等しい。
トール及レギュラー・コネ クター	同 上	10 (9)	市内及市外通話に兼用し得るもので、市内通話の際はレギュラー・コネクターと同一動作をなし、市外通話の際は市外交換手の制御により呼出信號を送出する。
トール・ローカル・ロータ リー・コネクター	同 上	10	ダイヤル終了後代表加入者線中の空き線を自動的に選出する。他にトール及レギュラー・コネクターと等しい。
トール・トランスミッシ ョン・セレクター	同 上	13	大都市の市外接続に用ひられ、次位空スイッチを自動的に回轉して呼び、以後のインパルスを中継する。選出動作終了後は市外交換手の制御により呼出信號を送る。市内接続用スイッチに比し通話機は少い。
トール・インクメディエ ト・セレクター	同 上	5	トール・トランスミッション・セレクターと結合して用ひられ空市外コネクターを自動的に回轉して選出する。
トール・ロータリー・コネ クター	同 上	8	トール・トランスミッション・セレクターと結合して市外接続に専用され代表加入者線中の空き線を自動的に選出する。
テスト・ディストリビュー ター	200 回線 S. S.	10	試験室からの試験、又は市内新加入者に市外交換手の新込通話を行ふ爲に使用され、千位及百位のインパルスにより上昇及回轉をなす。
テスト・コネクター	100 回線 S. S.	3	テスト・ディストリビューターから接続され十位及百位のダイヤルにより上昇及回轉を爲し試験又は前込線を加入者線に接続する。
レバー・ラング・コールレ イ・グループ	同	5	同一加入者回線に接続されざる共加入相互通話に使用する。
インパルス・レベーター	同	6	局間中継線の出側に設置し局内の 3 線と外線の 2 線を連絡し、発信加入者に通話電流を供給しインパルスを中継する。

(備考) R. L. S. は回轉型スイッチ、S. S. は自動回轉型スイッチを意味す。

第 5 表 ストロージャー式自動交換各種信號音表

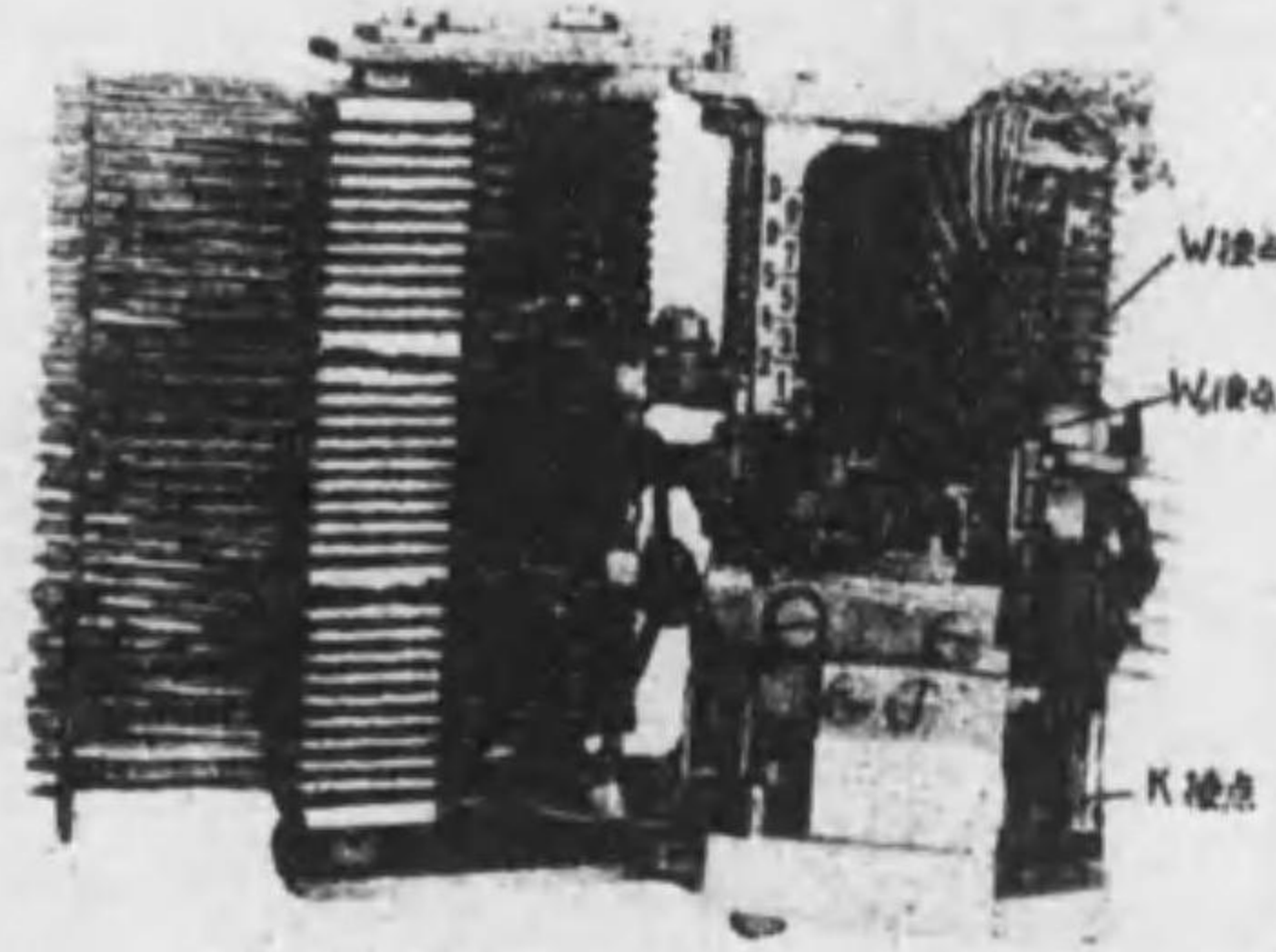
發信音	400 \sim 交流の連続音
話中信號音	183 \sim の交流を 0.5 秒間送り次に 1 秒間無音を反覆する。
呼出信號	75 V, 18 \sim の交流を 1 秒間送り次に 2 秒間無音を反覆する。
呼出信號音	呼出信號の一部分を 0.04 μ F を通して發信側に送る。

圓周上に配置し、3 組のワイパーを 120° の角度毎に軸に取付ける。回轉電磁石が吸引する毎に接極子尖端の爪が齒車を一向宛進めるから軸に取付けられたワイパーは一歩宛パンク接點上を滑動する。15 回線用のバンクは 100° の半圓形を爲しワイパーも軸の兩側に取付けてある。

b. 四角型上昇回轉スイッチ (第 44 圖) バンク接點は縦 10 段、横 10 接點のもの 3 組より成る。上昇電磁石に電流が通れば接極子を吸引して先端の上昇用爪で齒を押し上げ、ワイパーを上昇せしめる。回轉電磁石が動作すれば接極子の爪で回轉齒を横に押し、ワイパーが接點上を時計式方向に滑る。原位置に復舊するには更に回轉電磁石が働いて



第 43 圖 ジーメンス式回轉型スイッチ



第 44 圖 ジーメンス四角型上昇回轉スイッチ

てワイパーを第 12 接點迄進めるとカムが切れ目に達し、軸に取付けられてある螺旋彈條の爲底部迄落ち込み更に逆回轉して原位置に戻る。かくワイパーが四邊形の運動をするから四角型スイッチといふ。回路動作を支配する爲、k 接點はワイパーが上昇後平常位置に戻る迄動作し、w 接點は回轉後平常位置に戻る迄、w₁₁ 接點は第 11 番目の接點に来たと動作する。

c. 各種スイッチの機能 各種スイッチの動作機能を表すれば第 6 表の如くである。

6. 手動との連絡装置

a. 自動局より手動局への接続 自動局から手動局に接続する方法に 2 種ある。その一は自動局加入者が手動局局番のみをダイヤルしその他は交換手に依頼する方法であつて、局番をダイヤルすればセレクターのバンクから手動局に至る空中線に接続され、呼出信號ランプを點火する。手動局中繼交換手はその中繼線に應答して加入者番號を開き、被呼者の複式ジャックにプラグを挿入して接続を完了する。

第 6 表 ジーメンス・ハルスケー式動作機能表

名 稱	機 構	繼電器数	機 能
一次プレセレクター	10 回線用 D. W.	2	加入者發信するとき空き二次プレセレクターを選び通話終了後平常位置に復舊する。
二次プレセレクター	15 回線用 D. W.	2	空き一次セレクターを選び通話終了後該位置に停る。(平常位置なし)
一次セレクター	H. D. W.	7	インパルス数だけ上昇して空き二次セレクターを自動的に回轉して選り抜きのインパルスの中繼する。通話中は發信加入者に通話電流を供給し、復舊の際に加入者度數計を動作せしめる。
三線式セレクター	同上	3	一次セレクターから中繼されたインパルスにより上昇し次位空スイッチを自動的に回轉して選ぶ。全出中繼線が話中のときは第 11 接點で話中音を送る。
コネクター	H. D. W. 及 16 接點 D. W.	11	回轉型スイッチを回路状態の變換に利用する。加入者のインパルスに支配されて上昇及回轉をなし、市内接続の際は加入者のダイヤル終了後直ちに呼出信號又は話中音を送出する。市外線から接続された市外交換機の制御により呼出信號を送出する。代表番號加入者を收容するには接點金物を追加し自動的に選出せしめる。
對自動レビーター	無	3	自動局間中繼線の出側に装置し局内の 3 線と外線の二線式とを連絡するものであつて、通話終了後は先方局の二線式セレクターを復舊せしめる。
二線式セレクター	H. D. W.	6	二線式局間中繼線に接続されインパルスにより上昇して次位空スイッチを自動的に選擇する。
レバーチング・コネクター	同上	10	同一加入者線に接続されてある共同加入相互通話に使用する。

(備考) D. W. は回轉型スイッチを、又 H. D. W. は四角型スイッチを表す。

第 7 表 ジーメンス・ハルスケー式自動交換の各種信號音表

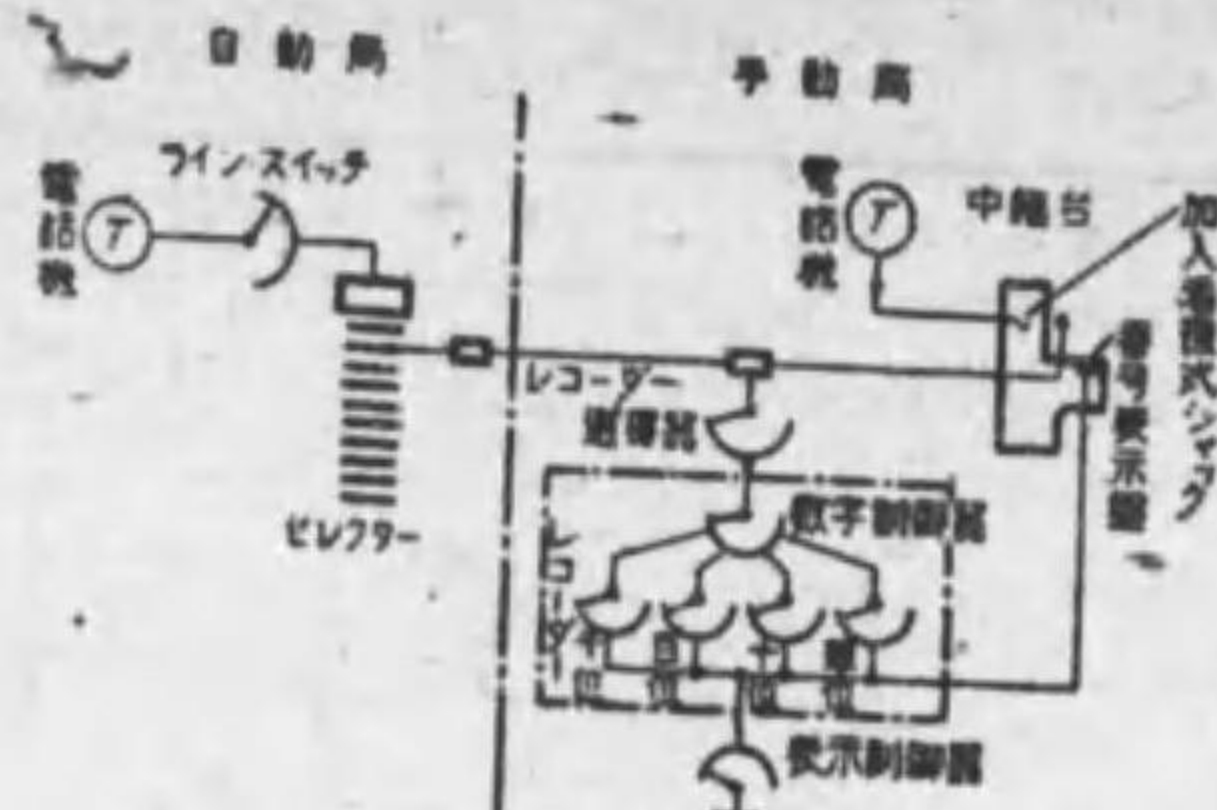
發信音	400 \sim 交流の連続音
話中信號音	150 \sim の交流を 0.5 秒間送り次に 1 秒間無音を反覆する。
呼出信號	70 V, 25 \sim の交流を 1 秒間送り次に 2 秒間無音を反覆する。
呼出信號音	呼出信號の一部分を發信側に誘導したもの。

他はコール・インディケーター (第 45 圖参照) による方法であつて、自動局加入者に局番號及加入者番號をダイヤルせしめる。自動局加入者は手動局の中繼線用繼電器群を経て空きレコーダーに接続され相手加入者番號は順次レコーダーに蓄へられる。中繼臺の電號盤には番號表示盤が設備され、相手番號に相當するランプが點火するから、交換手は被呼者番號を知り中繼線プラグをとつて複式ジャックに挿入し接続を完了する。接続紐のプラグ挿入と共にレコーダーは復舊し、番號表示盤のランプも消えて更に他のレコーダーに蓄へられた番號を表示する。中繼臺には通例中繼線 40、レコーダー 7 箇を装置し最繁時に

約 460 呼を接続し得る。各方式による主な差異を第 8 表に掲げる。

b. 手動局より自動局への接続

(1) A 臺ダイヤル法 手動局加入者臺 (A 臺) の交換手が直接ダイヤルにより接続する方法であつて、手動局交換手が加入者から被呼者の番號を聞き、呼出紐で自動局への中継ジャックの話中試験をし、空き線にプラグを挿しダイヤルをして接続を完了する。被呼者が應答す



第 45 圖 A. E. I. 式コール・インディケーター略圖

第 8 表 コール・インディケーター機能表

方式別 差異	Western Elec. 式	Automatic Elec. In. 式	Siemens & Halske 式	回線の長さ (km)			
				反響阻止装置のない場合		反響阻止装置のある場合	
				二線式	四線式	二線式	四線式
中継臺の番號表示方法	交換手がダイヤルを終了した中継線の番號表示電燈を押へると表示される。	完全に着へ終つたものが順次自動的に表示される。	A. E. I. に同じ。				
交換手間の協同作業	可能	不可能	不可能				
使用電壓	24 V 及 48 V	24 V	24 V 及 60 V				

ると呼出紐の監視ランプが消え、通話が終つて発信及被呼両加入者が受話器をかけると着信側及呼出側の両監視ランプが点火するから出中継ジャックからプラグを抜き、自動局のスイッチを復舊せしめる。

(2) 無紐中継臺 中継臺交換手により接続する方法であつて、A 臺交換手は手動局と同様に命令紐を押へて無紐中継臺交換手に加入者番號を通知する。中継臺には中継線用の監視ランプ、結合電燈及インパルス送出機が設置されて居て、中継臺交換手は空き中継線番號を A 臺に指定して結合電燈を押へ加入者番號に相當する数字紐を押へる。A 臺で出中継ジャックにプラグを挿入すればインパルスが自動局に送られ接続を完了する。中継臺には接続紐 40、インパルス送出機 3 箇を備へ、各席の取扱数は最繁時に約 500 呼である。

7. 試験及監視信號装置

a. 試験 自動局の試験装置は外線の状態を試験するものと局内の機械を試験するものとに大別せられる。前者は手動式と大差はないが加入者ダイヤルを試験するダイヤル速度計を設備する。後者は各種スイッチの平常試験及點檢に使用する装置である。ストロチャー式試験器の主なるものは、ダイヤル速度計、インパルス試験器、コネクター試験器及試験用送受器である。

b. 監視信號装置 交換機可解片の切断、ワイパーの復舊不能等の重要障病が発生すれば直ちに装置架毎に設備せられて居る赤、白、青等の監視ランプを點火し、更に保守者の最も見易い天床のランプが點火して注意を喚起せしめる。

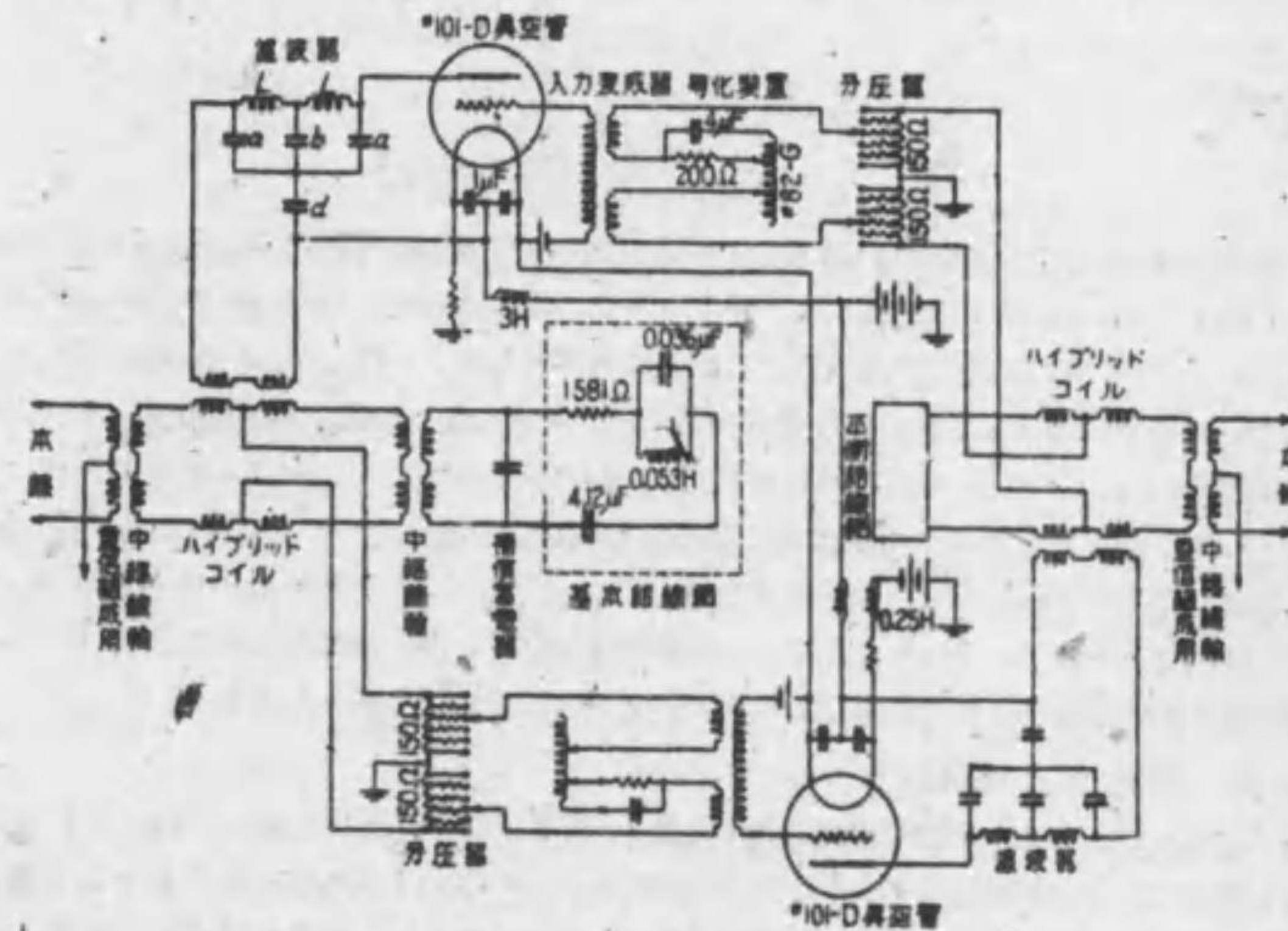
第 8 章 電話中継器装置⁽²¹⁾

1. 方式及回路 電話線路により減衰した通話電流を中継増幅する目的で使用せられる機器には電話中継器及信號装置、自動利得調整装置、反響阻止装置、線端装置、電流供給装置、試験装置等の附帯装置がある。これ等の機器は回線方式が二線式或は四線式なるに従ひその構造、機能を異にし、回線の長短により適當に使用される。(第 9 表参照)

第 9 表 方式と回線の長さとの關係

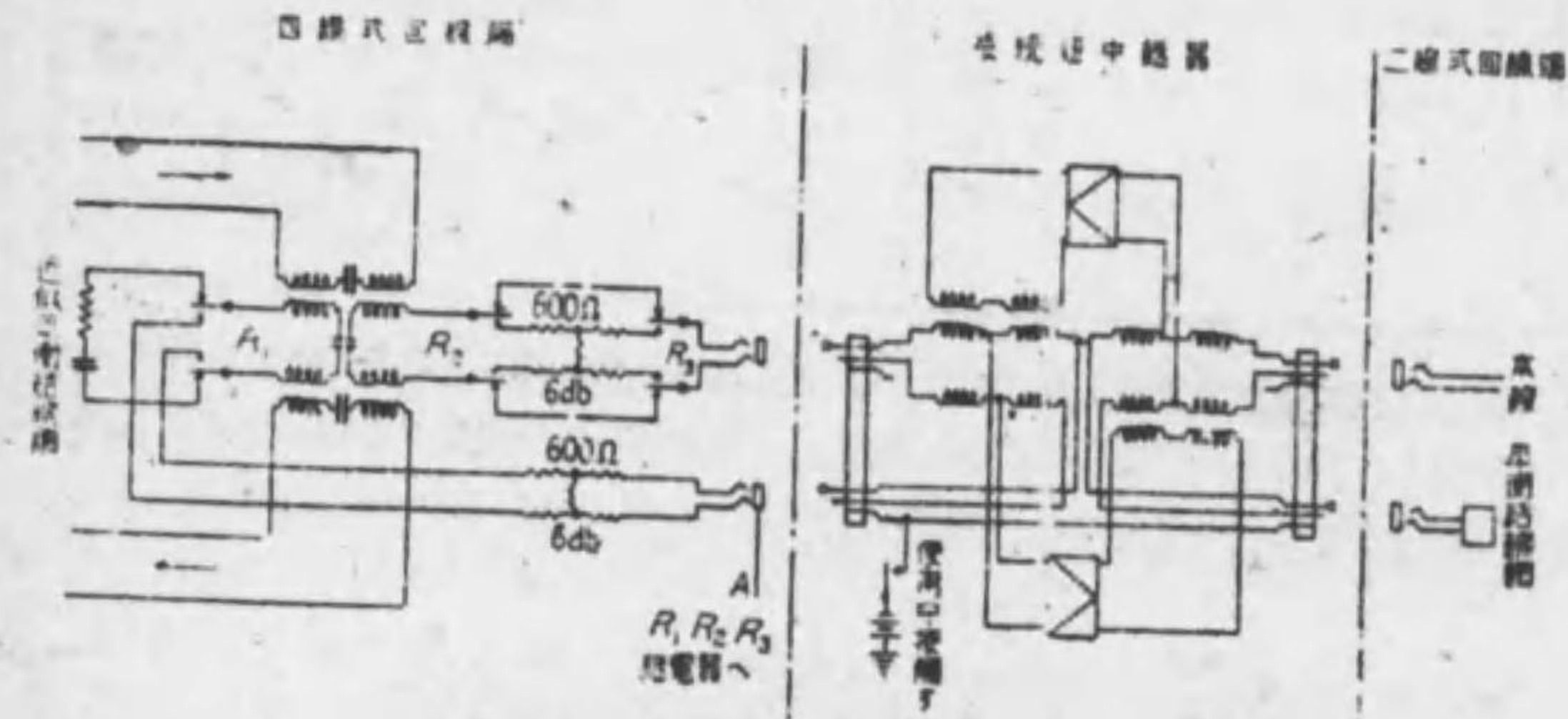
線路型式	導線直徑 (mm)	回路	回線の長さ (km)			
			反響阻止装置のない場合		反響阻止装置のある場合	
			二線式	四線式	二線式	四線式
H-44-25	0.9	例	—	1300 迄	—	6000 迄
"	"	重	—	"	—	8000 "
"	1.3	例	1200 迄	—	6000 迄	—
"	"	重	"	—	8000 "	—
H-174-63	0.9	例	650 迄	750 迄	800 "	800 迄
"	"	重	800 "	900 "	800 "	2400 "
"	1.3	例	650 "	—	800 "	—
"	"	重	800 "	—	800 "	—

a. 二線式電話中継器 使用方法により直通線電話中継器と接続線電話中継器との二つに區別し、前者は電話回線の中間に装置し、後者は市外交換機の接続線回路中に装置する。又製造會社によりウェスタン式、ジューメン・ハルスケー式等と稱する。



第 46 圖 22 型電話中継器回路

(1) ウェスタン式二線式電話中継器 (22 型電話中継器) これは現在最も多く使用せられる二線式電話中継器で、第 46 図はこれを直通線用として H-174 装荷回線の側回路に装置した場合を示す。本器は両方面の線路に對し別箇に平衡結線網を設備し、鳴音點 (本編 16 章 7 参照) の高い場合には同一回線に數箇を挿入し約 19 db の 1000 \sim 利得を得られる。入力インピーダンスは 600 Ω に設計され、これと異つたインピーダンスを有する線路に使用するには不等比の中継線輪を用ひ線路のインピーダンスに適合せしめる。平衡結線網は装荷區間の 1/5 に相當する線路に平衡せしめる基本結線網、3/10 に相當する線路に平衡せしめる補償蓄電器及重信組成用中継線輪に平衡せしめる中継線輪より成る。分壓器は 0 より 19 db 迄 1.9 db 宛 9 段に調整するに用ひられる。入力變成器の低電側にある減衰等化装置は 4 μ F 蓄電器、200 Ω 抵抗及 #82-G 塞流線輪 (端子 1-2 は 6 mH、2-3、3-4、4-5、5-6 は 3 mH) より成り、種々その接続を變へ中継器の周波數-利得特性を變化し、線路の周波數-減衰特性を補償する。濾波器は線路型式により遮断周波數 2200、2600 及 3000 \sim の 3 種の低域濾波器の孰れかを用ひ、高調波を除去し (C. C. I. では 800 \sim 、最高出力に於ける高調波歪を 5% 以下としてゐる)、高周波に於て鳴音の生ずるのを防止する。



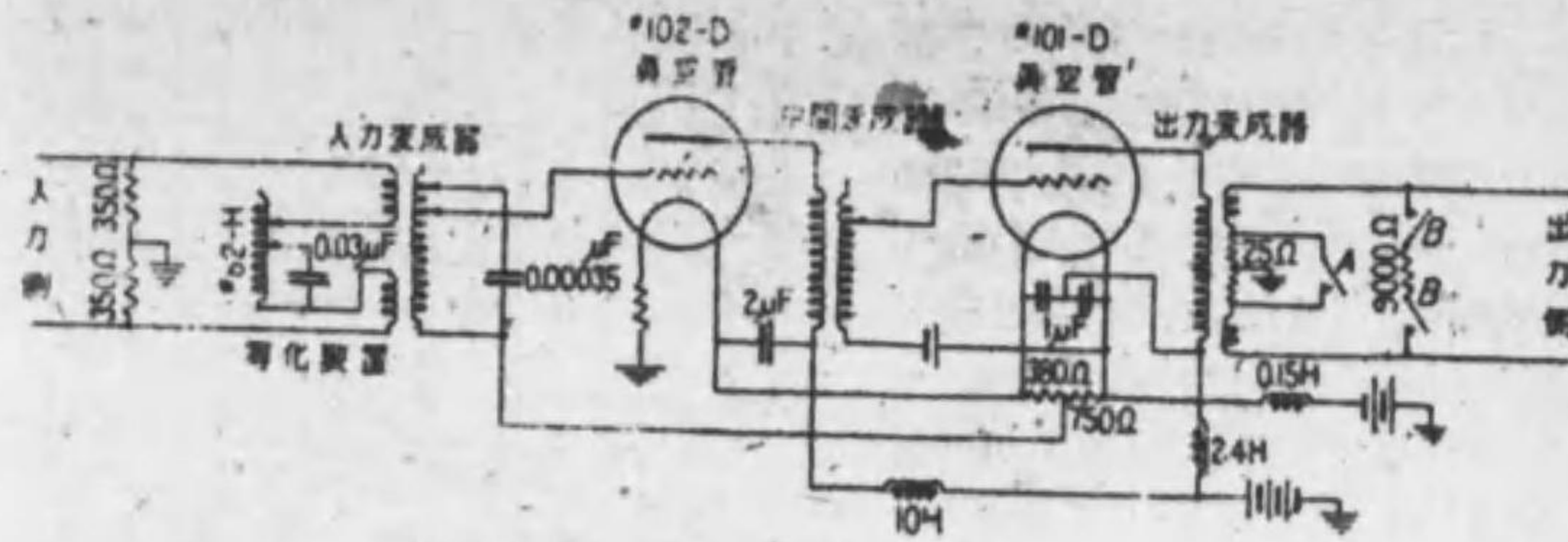
第 47 圖 接続紐中継器接続回路

第 47 圖は本器を接続紐回路用として四線式回線と二線式回線とを接続する場合を示す。利得の調整は接続する回線により變ずるので、入力變成器と分壓器との間に 1.9 db、3.8 db、5.7 db 等の損失を手動式或は自動式に選擇挿入する。圖中の A 線は電容器 R_1 、 R_2 、 R_3 の接線に接続せられ、紐中継器のスリーブ電池により該電容器を動作せしめ 6 db の減衰網 (インピーダンス 600 Ω) を四線式回線の線路側並に平衡網側に挿入する。

(2) ジーメンス・ハルスケ式二線式電話中継器 新型ジーメンス・ハルスケ式二線式電話中継器の原理はウェスタン式と略同様である。本器の入力インピーダンスは 800 Ω に設計せられ、800 \sim に於ける最高利得は約 14 db、分壓器段階は 0.87 db で、濾波器は帯域通過型のものを用ひ、インピーダンス補正回路を挿入してゐる。

b. 四線式電話中継器

(1) ウェスタン式四線式電話中継器 (44 型電話中継器) 第 48 圖は 44 型電話中継器の片方向のみを示すもので反對方向にも同一のものを用ひ併せて一基として装置するのである。本器のインピーダンスは 700 Ω に設計せられ、適當な變成比を有する重



第 48 圖 44 型電話中継器回路 (一方向)

信組成用中継線輪を介して外線に接続すること二線式中継器と同様である。1000 \sim に於ける最高利得は 42 \pm 2 db で、入力變成器のタップにより 1.7 \pm 0.4 db 宛 7 段、中間變成器のタップにより 0.95 \pm 0.2 db 宛 10 段に利得變化を行ふことが出来る。尚出力變成器外線側に於て A、B 兩點を開放すれば 1/3 db の損失を、B 點のみを短絡すれば 2/3 db の損失を、A 點のみを短絡すれば 0 db の損失を與へ、精密な利得調整を行ふことが出来る。減衰等化装置は #82-H 塞流線輪、0.03 μ F 蓄電器及 0.00035 μ F 蓄電器より成る。

(2) ジーメンス・ハルスケ式四線式電話中継器 ジーメンス・ハルスケ式四線式電話中継器は大體ウェスタン式中継器と同様であるが、そのインピーダンスは 800 Ω 、800 \sim に於ける最高利得は約 26 db で、0.87 db 宛 5 段の調整が出来 Ba 真空管 1 箇のみを使用する點は異つてゐる。尙輕裝荷回線用としては 0.44 db 宛 11 段に調整し得るものを用ひる。

c. 附帶装置 電話中継器を動作せしめるために使用する附帶装置の主なものは次の如くである。

(1) 信號装置 電話中継器を挿入した回線に使用する信號方式にはウェスタン式に 20 \sim (又は 16 \sim)、135 \sim 及 1000 \sim 信號方式があり、ジーメンス・ハルスケ式に 25 \sim 及 500 \sim 信號方式がある。これ等の中、16、20、25 及 135 \sim のものは各中間中継所に信號電流を中継する装置を要し、500 及 1000 \sim のものは兩端局に 500 \sim 又は 1000 \sim の電流を夫々 20 或は 25 \sim に斷續變調し (送信部)、且これ等の信號電流を 20 或は 25 \sim の普通信號電流に變換する (受信部) 装置を要する。前者は短距離回線 (主として二線式) に用ひ、後者は長距離回線 (主として四線式) に用ひる。

(2) 利得自動調整装置 (本章 4 参照)

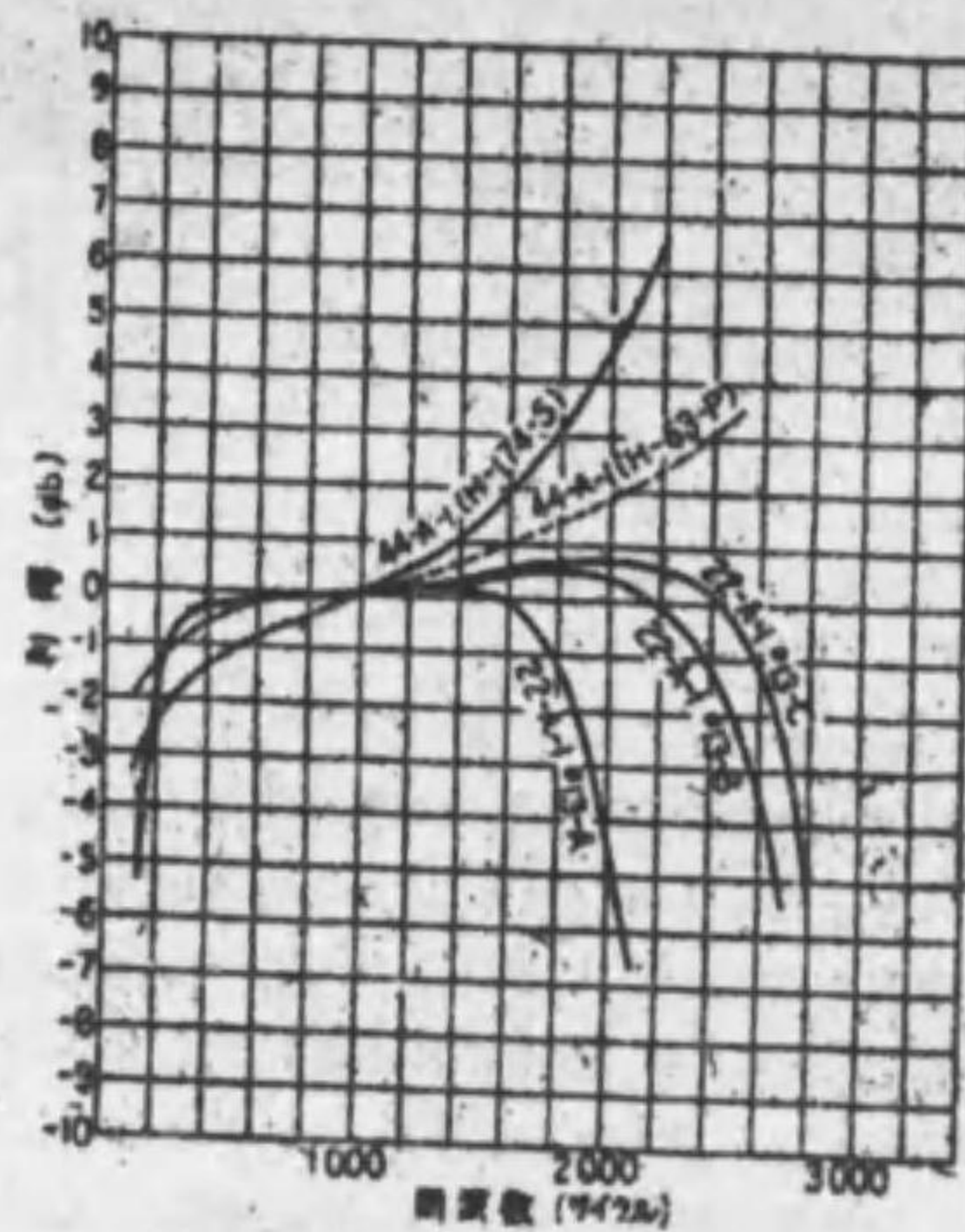
(3) 反響阻止装置 長距離ケーブル回線に起る反響現象 (本編 15 章 7 参照) を阻止するために用ひる装置で、ウェスタン方式では電容器の動作により反響電流の歸路を短絡し、ジーメンス・ハルスケ方式では真空管の特性を利用し反響電流の減衰量を増加せしめる方法をとつてゐる。尙、中継用回線にはこの代りに反結合阻止装置を使用することがある。

(4) 線端装置 重信組成装置、低周波減衰等化装置、電信重疊装置、終端装置等。

(5) 電流供給装置 共同電池より各種機器に電流を供給する装置。

(6) 試験装置 電流、電壓試験、真空管良否試験、利得特性試験、損失特性試験、インピーダンス特性試験、平衡試験、漏話、雜音、鳴音點の檢測等を施行するに要する各種装置。

2. 利得特性 電話中継器の利得特性は真空管、変成器の特性による他に等化装置の接続法及濾波器（二線式中継器の場合）により支配せられる。1000 \sim に於ける値を標準としてその周波数-利得特性の一例を示せば第 49 圖の如くである。但し 1000 \sim 利得は分壓器、変成器等のタップの使用位置によつて定まるのである。（本章 1 参照）



第 49 圖 ウェスタン式電話中継器利得特性

3. 減衰補償及位相補正回路

a. 減衰補償回路 使用する線路型式により適宜な回路を線路に接続して減衰の差による通話の歪を補償する。

(1) 無負荷ケーブル回路 第 50 圖は放送中継用無負荷ケーブル回路に於ける回路の一例を示す。

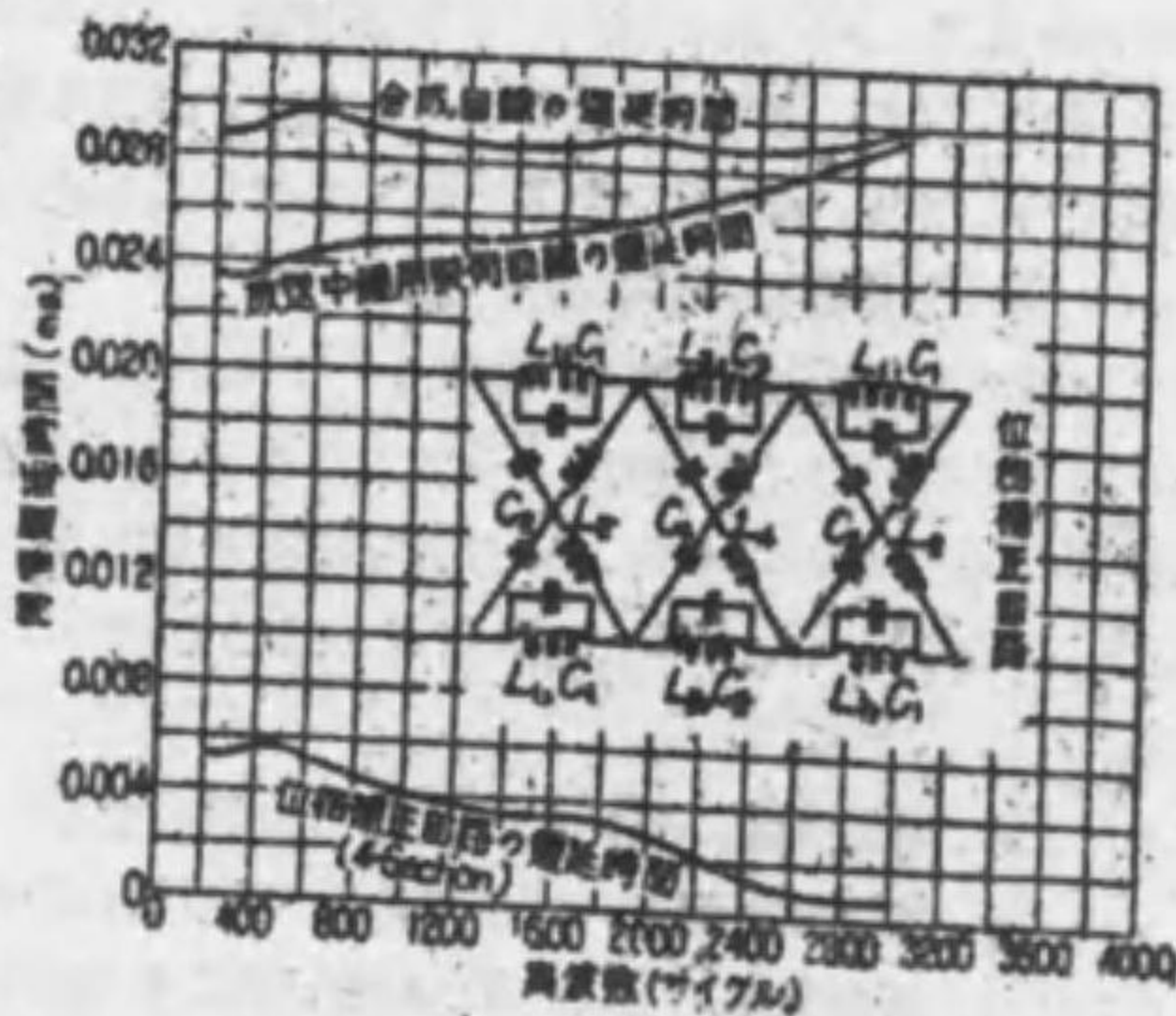
(2) 負荷ケーブル回路 負荷ケーブル回路に於ては中継器中にある等化装置により高周波部に於ける減衰等化を行ふ。無負荷ケーブルにあつては他に低周波等化装置を使用する。

尚、寫真電送用回路、放送中継用回路、海底電話回線等の特殊回線に對しては夫々所期の目的に合致する特殊回路を設計して使用する。



第 50 圖 減衰等化回路 (無負荷ケーブル用)

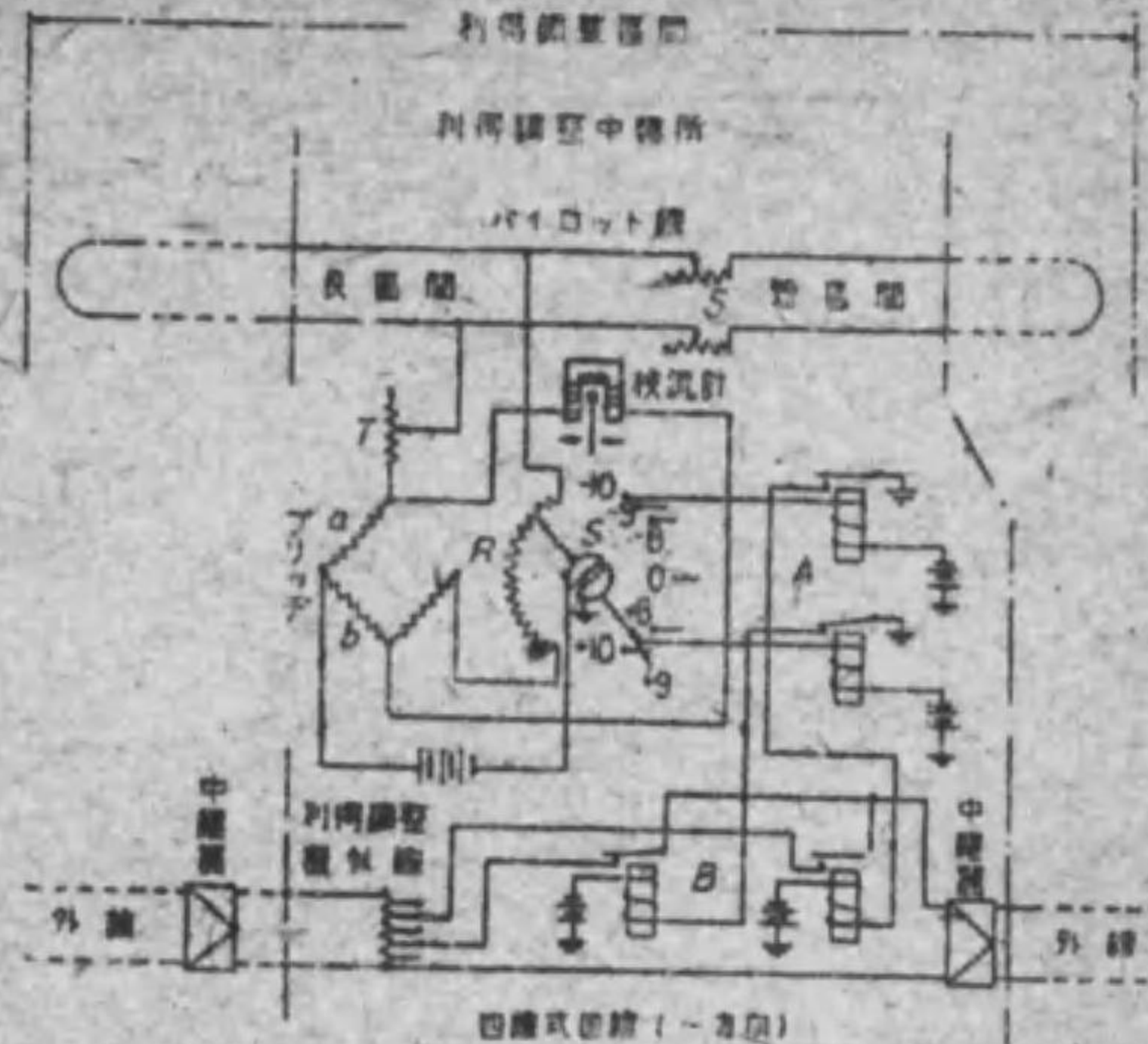
b. 位相補正回路 寫真電送用回路、放送中継用回路等の如く過渡時間の許容量 (10 ms) の多い回路並に長距離な電話回線に於ては位相補正回路により位相歪を減少せしめ或は回線の遮断周波数を高めて過渡時間を短縮せしめる。位相補正回路には回線の位相特性に對し逆の周波数特性を有する回路網を用ひ、傳播遅延時間が傳遞周波帯域内に於て一定となるやうに補償する。第 51 圖は敷荷間隔 917 m、整荷線輪インダクタンス 29 mH の放送中継用特別整荷回線 (全長 800 km) に對する實例を示す。



第 51 圖

4. 利得自動調整装置 長距離電話回線の減衰損失は氣温により著しく變化するから各中継所に於て分壓器により利得調整をなすか、利得自動調整装置により

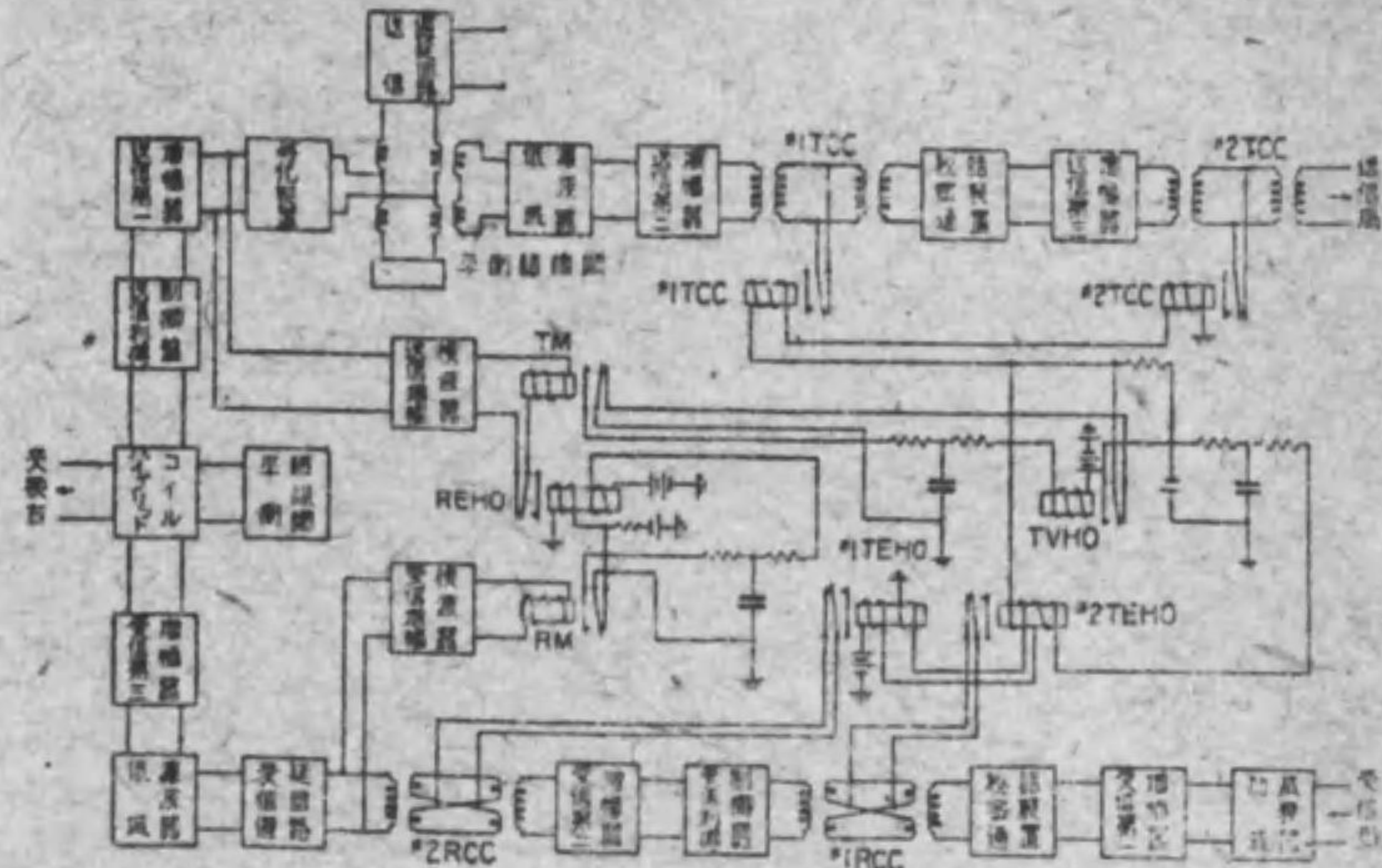
自動的に利得調整をなす。第 52 圖は四線式回線（一方向のみを示す）に利得自動調整装置を使用した場合の原理圖である。圖に示す如く利得調整区間に於て空き線をパイロット線として主調整器のブリッジの一アームとし、その氣温變化による抵抗變化により檢流計を動作せしめ、ブリッジの平衡を得る迄 S 回轉軸を動かして 21 箇の接點の中の一に静止せしめ A 群繼電器を動作せしめる。從て B 群繼電器動作し、利得調整擬似線の損失を加減し、調整区間の通話當量を一定に保つのである。尙圖中の



第 52 圖 利得自動調整装置原理圖

抵抗 S はパイロット線の兩方向の抵抗の平衡に、S' は初調整に使用する。調整区間は各局中継器のレベルが常に許容範囲内（四線式回線に於ては最高 +10 db, 最低 -25 db) にあるやうに選ぶので、東京大阪間整荷ケーブル回線に於ては東京豊川間、豊川大阪間を調整区間としてゐる。

5. 有線無線中継装置 長距離無線電話回線に於て無線送信局及無線受信局に至る市外線を交換臺に收容し、回線を安定ならしめるためには、これ等の接続點に有線無線中継装置



第 53 圖 有線無線中継装置回路

置を設備する。有線無線中継装置に於ては交換室に接続せられた加入者の発話中には受信回路の損失を大とし、受話中には送信回路の損失を大とし、平常は受話し得る状態として置く。損失を大とするには繼電器の接点により回路を短絡し或は増幅真空管のグリッド・バイアスに大なる負電圧を興へる。第 53 圖は前者による方式の平常状態を示すもので繼電器の動作を確實ならしめるために Vodas (Voice operated device antisinging) を使用してゐる。尚、遅延回路により繼電器の動作時間に起因する通話の妨害作用を除去し、秘密通話装置により通話の秘密を確保し、利得制御装置により通話レベルを調整する。

第 9 章 搬送式電信及電話

1. 高周波多重電信法 3000 \sim 以上の高周波電流を搬送電流とし、架空電話回線に重畳して多くの電信通路を得る方式で、主に米國に於て用ひられる。二重通信には平衡結線網と三捲線變成器を用ひ、送受に同一搬送周波数を用ひる方法と、送受に異なる搬送周波数を用ひ、濾波器により選擇分離する方法があるが、主として後者が用ひられる。米國ウェスタン電氣會社の二十通信方式に於て用ひられる搬送周波数は第 10 表の如く、孰れも選擇濾波器により搬送周波とその兩側約 150 \sim を送受する。

端局装置の要は、各送信回路毎に發振器、増幅器及濾波器を、各受信回路毎に濾波器、増幅器及整流器を裝備し、局部直流回路に於ける送信キーが開かれる間は、リレー接点によつて送信増幅器のグリッドが接地せられ、キーが閉ぢられた時接地が開かれるから、電信符號に相應して高周波電流が線路に送附せられる。

送信電流は送信端線路に於て 2 mA、受信電流は増幅器後 5 mA となるを標準とする。長距離線にあつては 300 \sim 400 km 毎に真空管中継器を使用する。

本装置は轉換器により、送受終端局用、搬送通信路中継用、搬送通信路と複線式又は單線式直流電信回線との中継用等孰れにも用ひ得られる。

2. 音響周波電信法 300 \sim 3000 \sim を搬送周波として用ひる方式で、長距離電話ケーブルの普及發達に伴ひ、著しく發達したものである。電話一回線に約 20 電信通路が得られるが、裝荷ケーブル 1 クワッドを四線式に用ひ、送受共同に搬送周波を用ひるのが普通である。通信路數並に搬送周波は各國の方式により多少異り、 n を通信路數、 f を一通信路の搬送周波 (サイクル) とすれば、

(米) $f = 420 + (n - 1) 120$ ($n = 1 \sim 12$)

(獨) $f = 420 + (n - 1) 120$ ($n = 1 \sim 18$)

(英) $f = 425 + (n - 1) 170$ ($n = 1 \sim 12$)

(佛) $f = 285 + (n - 1) 190$ ($n = 1 \sim 13$)

であるが、その搬送周波の統一が問題となつて居る。

搬送周波發振器として以前は三極真空管を各送信路毎に用ひたが、近時は多周波發電機

第 10 表

通信路	送信周波数 (サイクル)	受信周波数 (サイクル)
1	3500	5900
2	6800	5250
3	7110	5010
4	7440	4770
5	7800	4530
6	8180	4290
7	8590	4050
8	9030	3810
9	9500	3570
10	10000	3330

を用ひる傾向があり、殊に多くの搬送電信方式が用ひられる大電信局に於ては發電機による方が有利である。

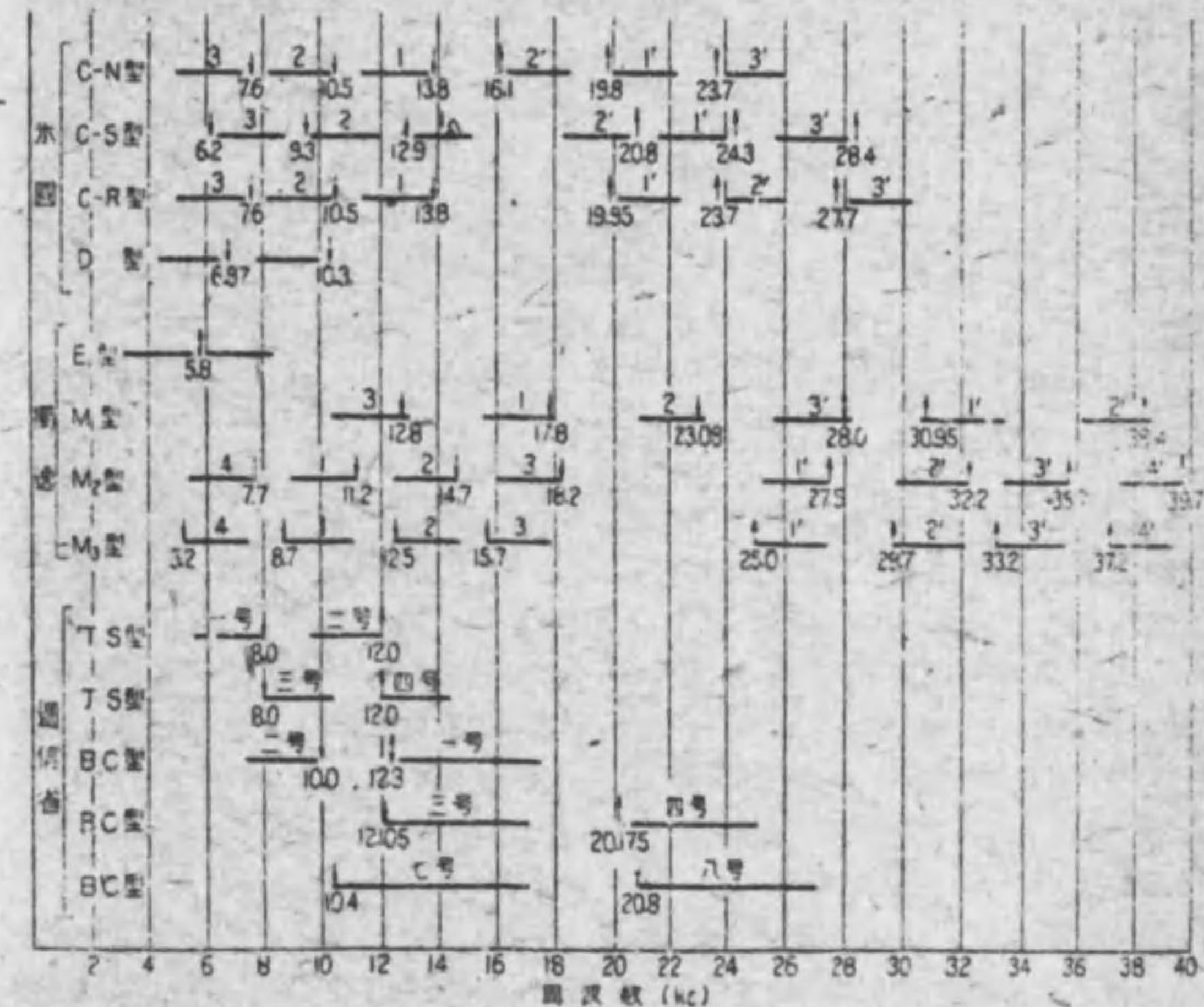
以上の外、電話通話にあまり必要でない 300 \sim 以下、或は裝荷ケーブル回線の遮断周波数に近い周波数を搬送電信に利用し、電話ケーブル回線に重畳する方式も實用されて居る。

3. 搬送式電話法 三極真空管の特性を利用し、音響周波電流を以て高周波電流を變調し、普通電話回線に重畳して多重通話をなす方式である。三極真空管のグリッド又はプレートに高周波 f_1 サイクルと音響周波 f_2 サイクルとを同時に加へれば、變調作用によつて生ずるプレート電流の内には $f_1, f_2, 2f_1, 2f_2, f_1 + f_2, f_1 - f_2$ 等各種の周波数の交流と一定値の直流が含まれるが、濾波器によつて f_1 及 $f_1 + f_2$ 又は $f_1 - f_2$ 或はその兩者を選択送附し、他端に於て三極真空管でこれを受信復調して音響周波を再生せしめる。搬送周波としては 5000 \sim 50000 \sim が普通に用ひられる。

方式には種々あるが、搬送周波とその上部又は下部側帯域周波を傳送する方式を搬送周波傳送式と云ひ、獨逸 Telefunken 式はこれである。下部又は上部側帯域周波のみを傳送し、受信側に發振器を置き、原搬送周波に等しい高周波を供給して音響周波を再生する方式を搬送周波阻止式と稱し、ウェスタン電氣會社のものは本式である。

送受話に異なる搬送周波を用ひ、方向濾波器によつて送受電流を分離する方式を不平衡式と云ひ廣く用ひられる方式である。送受話に同一の搬送周波を用ひ、結線網と三捲線變成器により送受電流を分離する方式を平衡式と稱し、海底電話ケーブルに重畳するやうな特殊の場合に用ひられるに過ぎない。

一回線に重畳する搬送通話路の數は一乃至四通話路である。元來搬送電話は複雑な端局



第 51 圖 搬送電話に使用せられる搬送周波並に傳送用周波帯域