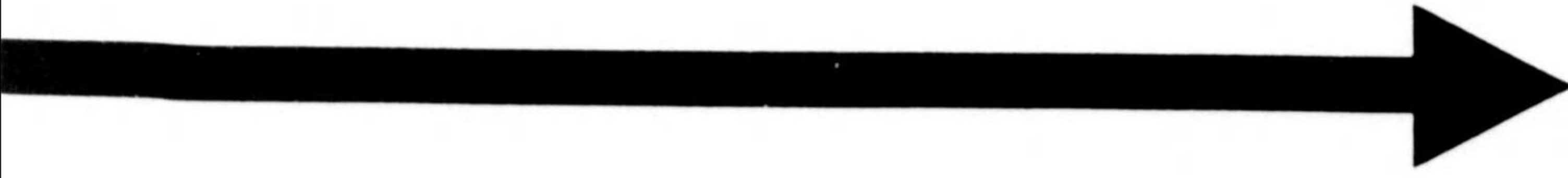


始



KE77-78

標準ラジオ技術講義

上 卷

誠 文 堂 新 光 社

548

H99

①

標準ラジオ技術講義



上巻

東京 誠文堂新光社 發行



997  
199

## 標準ラジオ技術講義録 上卷

### 目 次

#### 第一章 基礎數學

##### 1. 算 術

第一節	分 數	1
第二節	比及び比例	4
第三節	指 數	6
第四節	開 平	7

##### 2. 代 數

第一節	記號及びギリシャ文字	10
第二節	代數及び代數式	10
第三節	積及び商の書き方	11
第四節	正數と負數	11
第五節	既知數, 未知數及び數字係數	12
第六節	絶 對 值	12
第七節	數の四則	12
第八節	代數の四則	13
第九節	方 程 式	15
第十節	聯立方程式	16
第十一節	因數分解	18
第十二節	分 數	20
第十三節	二次方程式	24
第十四節	比 例	25

第十五節	無理式並に指數の法則	27
第十六節	對 數	28
3. 幾 何		
第一節	幾何學とは	31
第二節	點・線・面・體・角等の實例	31
第三節	角の種種の名稱	31
第四節	定義と定理	32
第五節	平 行 線	33
第六節	三 角 形	33
第七節	三角形の内角と外角	34
第八節	二等邊三角形及び等邊三角形(正三角形)	34
第九節	圓	35
第十節	ピタゴラスの定理	35
4. 三 角 法		
第一節	三角法とは	37
第二節	銳角の三角函數	37
第三節	餘角の三角函數	39
第四節	特別なる角の三角函數	39
第五節	直角三角形の角と邊との關係	40
第二章 基礎電氣學		
第一節	直流回路	42
第二節	磁氣及び電氣磁氣	55
第三節	靜 電 氣	65
第四節	交流回路	73
第五節	變 壓 器	95

### 第三章 電波の發生と傳播

第一節	無線通信と電波	106
第二節	電波の發生	106
第三節	周波數と波長	108
第四節	固有周波數及び固有波長	110
	(附) $L, C$ の單位の換算及び固有周波數, 固有波長に關する諸公式	111
第五節	電波の名稱と種類	116
第六節	搬送波と變調波	117
第七節	側 波 帶	119
第八節	側波帶送信方式	120
第九節	電波の傳播	120
第十節	電波傳播に伴ふ諸現象	125
第十一節	放送電力と電界強度	126

### 第四章 受信アンテナとアース

第一節	アンテナの電氣的性質	129
第二節	アンテナの作り方	132
第三節	アンテナ架設上の注意	134
第四節	棒型アンテナ	134
第五節	電燈線アンテナ	135
第六節	アースの電氣的性質	136
第七節	アースの作り方	136
第八節	安全裝置	137

### 第五章 受信真空管

第一節	熱電子電流と空間電荷	138
第二節	真空管の構造と型名	140
第三節	真空管の電極	141
第四節	二極真空管(ダイオード)	144
第五節	三極真空管(トライオード)	146
第六節	四極真空管(テトロード)	161
第七節	五極真空管(ペントード)	166
第八節	可變増幅型真空管	168
第九節	整流用真空管	169
第十節	複機能真空管	172
第十一節	全金屬真空管(オール・メタル・チューブ)	175
第十二節	ビーム型四極真空管	176
第十三節	同調指示用真空管	178

## 第六章 部 分 品

第一節	コイル	180
第二節	變壓器	188
第三節	蓄電器	187
第四節	電解蓄電器	194
第五節	抵抗	196
第六節	受話器	200
第七節	高聲器	202

## 附 錄

周波數 (kc/s) 對波長 (m) 換算精表

## 索 引

## 第一章 基礎數學

### 1. 算 術

#### 第一節 分 數

##### a. 分數の意義及び種類

單位としたる量を若干に等分したるもの、

又は、その部分の倍數を分數といふ。或は、一つの整數を他の整數にて除したる形を分數と見做すことができる。

- (A) 眞分數……  $\frac{1}{3}, \frac{3}{5}$  等の如く分子が分母よりも小なる分數をいふ。  
 (B) 假分數……  $\frac{3}{2}, \frac{5}{3}$  等の如く分子が分母よりも大なる分數をいふ。  
 (C) 帶分數……  $1\frac{1}{2}, 2\frac{4}{5}$  等の如く整數と眞分數とより成る分數をいふ。

##### b. 分數を小數に直す法

分子を分母にて除したる商を小數にて表せばよい。

##### c. 小數を分數に直す法

小數を分子とし、小數位の數だけ 0 を 1 の右に附したる數を分母とすればよい。

たとへば、

$$0.3 = \frac{3}{10}, \quad 0.057 = \frac{57}{1000}$$

##### d. 約分法

分數の分母、分子に同じ數を掛くるも、または、これを同じ數で除するも、分數の値は變らない。

- 例 (1)  $\frac{1}{2} = \frac{2}{4} = \frac{3}{6} = \frac{5}{10}$  ……  
 (2)  $\frac{84}{126} = \frac{42}{63} = \frac{14}{21} = \frac{2}{3}$

例(2)の如く、分數の値を變化せず分數を簡單化することを約分或は單に約すといふ。

分數を約すには、分母、分子を其の公約數にて同時に割ればよい。

### e. 通分法

相異なる分母をもつ種種の分數は、各その値を變ずることなく、同じ分母を持つ分數にて表はすことができる。斯様にするをこれ等の分數を通分するといひ、通分されたときの分母を公分母といふ。

しかして、公分母には與へられたる分數の分母の最小公倍數を可とし、これを最小公分母といふ。

例.  $\frac{2}{3}, \frac{13}{15}, \frac{11}{20}$  を通分せよ。

(運算)

分母の公分母を先づ次の如くにして求める。

3	3	15	20	公分母は、 $3 \times 5 \times 4 = 60$
5	1	5	20	
	1	1	4	

$\frac{2}{3} = \frac{2 \times 20}{3 \times 20} = \frac{40}{60}$	}	..... 答
$\frac{13}{15} = \frac{13 \times 4}{15 \times 4} = \frac{52}{60}$		
$\frac{11}{20} = \frac{11 \times 3}{20 \times 3} = \frac{33}{60}$		

### f. 分數の加法と減法

(A) 分母が同じ場合：分子を加減して分子とし、共通の分母を分母とする分數とすればよい。

例.  $\frac{13}{16} + \frac{8}{16} - \frac{10}{16} = \frac{13+8-10}{16} = \frac{11}{16}$

(B) 分母が異なる場合：この場合は通分した後加減すればよい。

例.  $\frac{5}{6} - \frac{7}{12} + \frac{4}{9}$  の値を求む

分母 6, 12, 9 の最小公倍數は 36 である。

故に、これを共通分母とする分數に直して、次の如く加減すればよい。

(運算)

$$\frac{5}{6} - \frac{7}{12} + \frac{4}{9} = \frac{5 \times 6}{6 \times 6} - \frac{7 \times 3}{12 \times 3} + \frac{4 \times 4}{9 \times 4} = \frac{30-21+16}{36}$$

$$= \frac{25}{36} \dots\dots \text{答}$$

### g. 分數の乗法

(A) 分數に整數を乗ずるときは、整數を分子に乗ずるか、或は整數を以て分母を除せばよい。

例. (a)  $\frac{2}{8} \times 2 = \frac{2 \times 2}{8} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$

(b)  $\frac{13}{18} \times 6 = \frac{13}{\frac{18}{6}} = \frac{13}{3} = 4 \frac{1}{3}$

(c)  $2 \frac{5}{9} \times 6 = \frac{23}{9} \times 6 = \frac{46}{3} = 15 \frac{1}{3}$

(B) 分數に分數を乗ずるには、分子同志の積を分母同志の積にて除する形の分數とすればよい。

例. (a)  $\frac{3}{4} \times \frac{5}{7} = \frac{3 \times 5}{4 \times 7} = \frac{15}{28}$

(b)  $3 \frac{1}{15} \times 4 \frac{1}{8} = \frac{46}{15} \times \frac{33}{8} = \frac{253}{20} = 12 \frac{13}{20}$

### h. 分數の除法

(A) 分數を整數にて除するには、整數を分母に乗ずるか、或は、整數にて分子を除せばよい。

例. (a)  $\frac{5}{6} \div 7 = \frac{5}{6 \times 7} = \frac{5}{42}$

(b)  $33 \frac{1}{5} \div 83 = \frac{166}{5} \div 83 = \frac{166 \div 83}{5} = \frac{2}{5}$

(B) 分数或は整数を分数にて除するには、除数の分母と分子とを交換した分数を被除数に乗すればよい。

例 (a)  $\frac{5}{12} \div \frac{15}{16} = \frac{5}{12} \times \frac{16}{15} = \frac{4}{9}$

(b)  $36 \div 0.49 \times \left(1\frac{3}{4}\right)^2$

$$= 36 \times \frac{100}{49} \times \frac{7}{4} \times \frac{7}{4} = 225$$

## 第二節 比及び比例

### a. 比の意義

甲数が乙数に対する比とは、甲数が乙数の幾倍なるかといふ意味に於ける、甲数と乙数との関係をいふ。しかして、甲数を比の前項、乙数を比の後項といふ。

比を書き表すには、次の如くする。

たとへば、28 が 7 に對する比を

$$28 : 7 \text{ 又は } \frac{28}{7}$$

15人 が 20人 に對する比を

$$15人 : 20人 \text{ 又は } \frac{15人}{20人}$$

【注意】(イ) 比を又割合といふこともある。

(ロ) 名数は同種類のものでなければ、比を有しない。

### か. 比の値

比の値を求むるには、比の前項を後項にて除せばよい。

【注意】(イ) 比と分数と除法とを比較すれば、次の如くなる。

$$5 : 6 = \frac{5}{6} = 5 \div 6$$

(ロ) 比の値は必ず無名数である。

(ハ) 比の値といふ代りに、略して單に比とのみいふこともある。

### c. 反比

或る比の前項と後項とを交換して作れる比を、もとの比の反比といふ。反比に對して、もとの比を正比といふ。

たとへば、8 : 9 の反比は 9 : 8 である。

### d. 比例の意義

二数の比が他の二数の比に等しきときは、この四つの数が比例をなすといひ、四つの数の比が比例をなすことを示す式を比例式といふ。

たとへば、

$$15 : 17 = 45 : 51 \dots\dots \text{比例式}$$

又は、 $14^m : 21^m = 7^m : 1^m \cdot 50^m$  の如し。

比例をなす四つの数を夫々項といひ、しかして、比例式の左より順に第一項、第二項、第三項、第四項といふ。このうち、第一項と第四項を外項といひ、第二項と第三項を内項といふ。

### e. 比例式の性質

たとへば、 $6 : 19 = 18 : 57$  これを分数の形に直せば、 $\frac{6}{19} = \frac{18}{57}$  この式の兩邊に  $19 \times 57$  を乗すれば、 $6 \times 57 = 18 \times 19$  となる。依つて、次の法則が得られる。

比例式の外項の積は、内項の積に等し。

### f. 比例式の解法

比例式をなす四つの数の中にて、その三つの数を知りたるときは、他の一つの数を求むることができる。この場合、求むる数を比例の未知項といひ、未知項を求むる計算を比例を解くといふ。

たとへば、 $18 : 27 = 24 : x$  を解くには、

$$18 \times x = 24 \times 27$$

$$\text{故に } x = \frac{24 \times 27}{18} = 36$$

### g. 正比例



二種の量が常に同じ比に変化するとき、この二種の量は互に比例する、或は正比例するといふ。

たとへば、10貫目の價 35圓の銅線 45貫目の價は、幾許なるか、といふ問題を解くには、次の式が得られる。

$$10^{\text{貫}} : 45^{\text{貫}} = 35^{\text{圓}} : x$$

故に  $10 \times x = 35 \times 45$

$$x = \frac{35 \times 45}{10} = 157.5^{\text{圓}} \dots\dots \text{答}$$

### h. 反比例

二種の量があつて、その一方が常に他方の反比にて変化するとき、この二種の量は互に反比例するといふ。

たとへば、一つの工事をなすのに、これに従事する人員と完成するまでに要する日数とを二種の量とすれば、人員をもとの2倍、3倍とすれば、これに従つて完成までに要する日数は、もとの  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  ……となる。故に従事する人員と所要日数とは反比例する。

たとへば電気工事人 27人にて4日間に完成する工事を6人にてなせば幾日を要するか …… といふ問題を解くには、次のやうな式が成立する。

$$27^{\text{人}} : 6^{\text{人}} = x^{\text{日}} : 4^{\text{日}}$$

$$\therefore x = \frac{27 \times 4}{6} = 18^{\text{日}} \dots\dots \text{答}$$

## 第三節 指数

### a. 指数の意義

$$10 \times 10 = 10^2 = 100$$

$$10 \times 10 \times 10 = 10^3 = 1000$$

$$10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^4 = 10000$$

等の如く 10 の右肩に小さく、表はす数を指数と名づく。10に限らず如何な

る数にても同一の数を連続し乗するとき、指数を用ひて簡単に表すことができる。特に、自乗(二乗)三乗を平方、立方と呼ぶことがある。

### b. 指数に依る計算の法則

- (A)  $10^3 \times 10^2 = 10^{(3+2)} = 10^5$  …… 乗法
- (B)  $10^3 \div 10^2 = 10^{3-2} = 10^1 = 10$  …… 除法
- (C)  $9^{\frac{1}{2}} = \sqrt{9} = 3$  …… 分数の指数
- (D)  $8^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{8} = 2$  …… 分数の指数
- (E)  $(10^2)^3 = 10^{(2 \times 3)} = 10^6$
- (F)  $(10^4)^{\frac{1}{2}} = 10^{(4 \times \frac{1}{2})} = 10^2$

以上の法則は如何なる数に對しても用ゐることができる。

## 第四節 開平

甲数の平方が乙数に等しきときは、甲数を乙数の平方根といふ。

たとへば、7の平方が49であるから、7は49の平方根である。

或る数の平方根を求むることを、この数を平方に開くといひ、その計算法を開平といふ。

或る数の平方根を表すには、その数に  $\sqrt{\quad}$  或は  $\sqrt[3]{\quad}$  なる符號を冠らせてこれを示す。

或る数の平方根を求むるには、次の表に示す平方根の九九を記憶する必要がある。

数	1	4	9	16	25	36	49	64	81
平方根	1	2	3	4	5	6	7	8	9

### a. 平方根の位の求め方

$1^2=1$ ,  $10^2=100$ ,  $100^2=10000$  等であるを以て、一桁或は二桁の数の平方根は一桁の数、三桁或は四桁の数の平方根は二桁の数である。

また、 $0.1^2=0.01$ ,  $0.01^2=0.0001$ ,  $0.001^2=0.000001$  なるを以て、若干位

の小数の平方は、その2倍の位数をもつ小数である。

これに依つて、或る数の平方根の位の定め方は、小数点より左、右に二位づつ区切るときは、その区切りの数は根の数字の数に等しい。

たとへば、702354の平方根は70|23|54となるから、三位の数であることが判る。

ひ. 平方根の求め方

例 (1) 1225の平方根を求めよ。

〔運算〕

12	25	35	..... 答
9	:::		
325	65		
325	5		
	0		

(2) 58824の平方根を求めよ。

〔運算〕

5	38	24	232	..... 答
4	:::	:::	43	
138	:::	:::	3	
129	:::	:::	462	
	924		2	
	924			
	0			

(3)  $\sqrt{364.0464}$  を計算せよ。

〔運算〕

3	64	04	64	19.08	..... 答
1	:::	:::	:::	29	
264	:::	:::	:::	9	
261	:::	:::	:::	3808	
	30464			8	
	30464				
	0				

(4)  $\sqrt{0.004}$  を小数三位まで求めよ。

〔運算〕

0.00	40	00	0.063	..... 答
	36	:::	123	
	400		3	
	369		126	
	400			
	369			
餘り	.....	31		

(5)  $\sqrt{2}$  及び  $\sqrt{3}$  を小数三位まで求めよ。

〔 $\sqrt{2}$  の運算〕

2	00	00	00	1.414	..... 答
1	:::	:::	:::	24	
100	:::	:::	:::	4	
	96	:::	:::	281	
	400	:::	:::	1	
	281	:::	:::	2824	
	11900	:::	:::	4	
	11296	:::	:::	2824	
餘り	.....	604			

〔 $\sqrt{3}$  の運算〕

3	00	00	00	1.732	..... 答
1	:::	:::	:::	27	
200	:::	:::	:::	7	
169	:::	:::	:::	343	
	1100	:::	:::	3	
	1029	:::	:::	3462	
	7100	:::	:::	2	
	6924	:::	:::	3464	
餘り	.....	176			

(6)  $\frac{25}{64}$  の平方根を求めよ。

〔解〕  $\sqrt{\frac{25}{64}} = \frac{\sqrt{25}}{\sqrt{64}} = \frac{5}{8}$  ..... 答

## 2. 代 数

## 第一節 記號及びギリシャ文字

## a. 記 號

- $a = b$  .....  $a$  は  $b$  に等しい。  
 $a \neq b$  .....  $a$  は  $b$  に等しからず。  
 $a \approx b$  .....  $a$  は  $b$  に略等しい。  
 $a > b$  .....  $a$  は  $b$  より大なり。  
 $a < b$  .....  $a$  は  $b$  より小なり。  
 $a \propto b$  .....  $a$  は  $b$  に比例す。  
 $\therefore$  ..... 故に。  
 $\because$  ..... 何となれば。  
 $\infty$  無限大。

## b. ギリシャ文字

$A a$ アルファ	$B \beta$ ビータ
$\Gamma \gamma$ ガンマ	$\Delta \delta$ デルタ
$E \varepsilon$ イプシロン	$\Theta \theta$ シータ
$\Lambda \lambda$ ラムダ	$\Pi \pi$ パイ
$P \rho$ ロ	$\Sigma \sigma$ シグマ
$\Phi \phi$ ファイ	$\Omega \omega$ オメガ

## 第二節 代数及び代数式

- a.** 代数学は、数字及び  $a, b, c, \dots, x, y, z$  その他の文字を用ひ、これ等記號間の數學的關係を研究する學問である。  
**b.** 数字及び文字を演算の符號及び括弧等にて結びつけて、一つの數字的形をなせる式を代数式といふ。

たとへば、 $3a, x+y+z, 3a+6b+3c$  等は、いづれも代数式である。  
 代数式、 $3a+6b+3c$  に於て  $3a, 6b, 3c$  の各各を項と稱す。

## 第三節 積及び商の書き方

## a. 積 の 形

$$a \times b = a b \quad 4 \times a \times x \times y = 4 a x y$$

但し、 $2 \times 3 \times a \times b \times x = 6 a b x$  なる場合  $2 \times 3$  の符號はそのままとして省いてはならない。

**b.** 因数の中に数字で表はしたものと又は既知數を表はすものがあれば、それを先に書き、その右にアルファベットの順序に未知數を表はす文字因数を連ねるやうにする。

$$\text{たとへば、} \quad a \times b \times 4 \times y \times x = 4 a b x y$$

$$b \times 5 \times x \times z = 5 b x z$$

## c. 商 の 形

$$a \div b = \frac{a}{b}$$

$$x \div a \div b = \frac{x}{ab}$$

即ち、割り算は分數の形で表す。

## 第四節 正數と負數

- a.** 正數とは 0 より大なる數をいふ。  
 負數とは 0 より小なる數をいふ。  
**b.** 正數の符號は (+) を、負數の符號は (-) を付ける。たとへば、正數の場合は、+6, +10 等と書く、但し、普通必要な限り正號 (+) はこれを省略する、負數の場合は -6, -8, -10 等と書く、即ち (-) をつけて正數の場合と區別する。  
**c.** 0 は正數でも負數でもない。

d. 正数, 負数, 零を総稱して代数学上の数といふ.

### 第五節 既知数, 未知数及び数字係数

a. 既知数は  $a, b, c, \dots$  等にて表し, 未知数は  $x, y, z, \dots$  等にて表す. また, 数字係数とは,  $7a, 6b, 3c$  等に於て  $7, 6, 3$  等をいふ.

### 第六節 絶対値

- a. 負数の絶対値とは, その符號を取り去つて得た正数である.  
 b. 正数及び零の絶対値は, 夫々自身に同じ.

### 第七節 数の四則

#### a. 加法の法則

$$\begin{aligned} (+a) + (+b) &= a + b & (+a) + (-b) &= a - b \\ (-a) + (-b) &= -(a + b) & (-a) + (+b) &= b - a \end{aligned}$$

#### b. 減法の法則

$$\begin{aligned} (+a) - (+b) &= a - b & (+a) - (-b) &= a + b \\ (-a) - (-b) &= b - a & (-a) - (+b) &= -(a + b) \end{aligned}$$

#### c. 乗法の法則

$$\begin{aligned} (+a) \times (+b) &= ab & (+a) \times (-b) &= -ab \\ (-a) \times (-b) &= ab & (-a) \times (+b) &= -ab \end{aligned}$$

#### d. 除法の法則

$$\begin{aligned} (+a) \div (+b) &= \frac{a}{b} & (+a) \div (-b) &= -\frac{a}{b} \\ (-a) \div (-b) &= \frac{a}{b} & (-a) \div (+b) &= -\frac{a}{b} \end{aligned}$$

#### 練習問題

- $(+x) - (-y) + (-z)$
- $(-m) + (+n)$

- $(+I_1) + (-I_2) - (-I_3) - (+I_4)$
- $W = (-I) \times (-E)$
- $W = (+E) \times (-I)$
- $E = (+W) + (-I)$

### 第八節 代数の四則

#### a. 加法

$3a$  に  $5b$  を加へることは, 代数にては,  $3a + 5b$  より簡単に表せない.  
 $3a + 5b$  と  $6a + 7b$  とを加へるには,

$$\begin{array}{r} 3a + 5b \\ 6a + 7b (+) \\ \hline 9a + 12b \end{array}$$

の如くし, また,  $2a - 9b + 12c, 7c + 6a, 8b - 15c$  の如き三つの代数式を加へるには,

$$\begin{array}{r} 2a - 9b + 12c \\ 6a \quad + 7c \\ 8b - 15c (+) \\ \hline 8a - b + 4c \end{array}$$

の如くすればよい.

#### b. 減法

例.  $3a + 4b + 5c$  から  $-2b + 2a + 3c$  を減ぜよ.

$$\begin{array}{r} 3a + 4b + 5c \\ 2a - 2b + 3c (-) \\ \hline a + 6b + 2c \end{array}$$

例.  $3R + 5R''$  から  $R - 8R' + 2R''$  を減ぜよ.

$$\begin{array}{r} 3R \quad + 5R'' \\ R - 8R' + 2R'' (-) \\ \hline 2R + 8R' + 3R'' \end{array}$$

#### c. 指数

算術に於て  $3 \times 3 = 9$  を  $3^2 = 9$  と書くが, 代数に於ては,  $a \times a = a^2, b \times b \times b = b^3,$

$x \times x \times x \times x = x^4$  と書く。

以上の如く文字の肩に書く数を指数といふ。

d. 指数の法則

$$a^2 \times a^3 = a \cdot a \times a \cdot a \cdot a = a^5 = a^{2+3}$$

同様に  $a^m \times a^n = a^{m+n}$

$$a^4 \div a^3 = \frac{a \cdot a \cdot a \cdot a}{a \cdot a \cdot a} = a = a^{4-3}$$

同様に  $a^m \div a^n = a^{m-n}$

$$(a^5)^3 = a^5 \times a^5 \times a^5 = a^{5+5+5} = a^{5 \times 3}$$

同様に  $(a^m)^n = a^{mn}$

e. 乗法

例.  $3a+2b$  に  $5a$  を乗ぜよ。

解. 
$$\begin{array}{r} 3a+2b \\ 5a \ (\times) \\ \hline 15a^2+10ab \dots\dots \text{答} \end{array}$$

例.  $7a+8b$  に  $3a-9b$  を乗ぜよ。

解. 
$$\begin{array}{r} 7a+8b \\ 3a-9b \ (\times) \\ \hline 21a^2+24ab \\ -63ab-72b^2 \\ \hline 21a^2-39ab-72b^2 \dots\dots \text{答} \end{array}$$

例.  $(3x^2+2x+5)$  に  $(2x-8-4x^2)$  を乗ぜよ。

解. 
$$\begin{array}{r} 3x^2+2x+5 \\ -4x^2+2x-8 \ (\times) \\ \hline -12x^2-8x^3-20x^2 \\ 6x^3+4x^2+10x \\ -24x^2-16x-40 \\ \hline -12x^4-2x^3-40x^2-6x-40 \dots\dots \text{答} \end{array}$$

又は  $-(12x^4+2x^3+40x^2+6x+40) \dots\dots \text{答}$

f. 除法

これも例題によつて説明すれば次の如し。

例.  $8x^2-6x$  を  $x$  で除せ。

解. 
$$\begin{array}{r} 8x-6 \dots\dots \text{(商)} \\ \hline \text{(除数)} x \overline{) 8x^2-6x} \dots\dots \text{(被除数)} \\ 8x^2 \\ \hline -6x \\ -6x \\ \hline 0 \quad \text{答 } \underline{8x-6} \end{array}$$

例.  $a^2-b^2$  を  $a+b$  で除せ。

解. 
$$\begin{array}{r} a-b \\ \hline \text{(除数)} a+b \overline{) a^2-b^2} \\ a^2+ab \\ \hline -ab-b^2 \\ -ab-b^2 \\ \hline 0 \quad \text{答 } \underline{a-b} \end{array}$$

g. 括弧用法

$$\begin{aligned} a+\{b+(c+d)\} &= a+b+c+d \\ a-\{b+(c+d)\} &= a-b-c-d \\ a-\{b-(c+d)\} &= a-b+c+d \\ a-\{b-(c-d)\} &= a-b+c-d \\ \therefore a+b+c+d &= a+\{b+(c+d)\} \\ a-b-c-d &= a-\{b+(c+d)\} \\ a-b+c+d &= a-\{b-(c+d)\} \\ a-b+c-d &= a-\{b-(c-d)\} \end{aligned}$$

第九節 方程式

a. 等式

等式に恒等式と方程式の二種がある。

たとへば、 $a+b=b+a$  の如きはその前者にして、 $x+3=10$  の如きはその後者である。

しかして、等號の左を左邊、右を右邊といふ。

方程式の  $x$  を未知数といひ、 $x$  を求めることを方程式を解くといふ。

b 方程式の種類

- (1) 一元一次方程式 ……例.  $x+5=2x$
- (2) 一元二次方程式 ……例.  $x^2+2+1=0$
- (3) 二元一次方程式 ……例.  $3x+4y=11$
- (4) 三元一次方程式 ……例.  $x+y+z=9$
- (5) 二元二次方程式 ……例.  $x^2+xy+y^2=7$

以下未知数の数及びその式の中で最大の累, 指数の数により夫々何元何次方程式といふ.

c. 一元一次方程式の解き方

例. (1)  $4x-3=18-3x$  を解け.

先づ未知数は左邊に, 既知数は右邊に移項すると,

$$4x+3x=18+3$$

これを簡単にすると,

$$7x=21 \quad \therefore x=3$$

例. (2)  $5(x+1)-3(x+2)+4(x+3)=8x+1$

を計算せよ.

答  $x=5$

例. (3)  $\frac{200+x}{13} = \frac{320+x}{17}$  を解け.

先づ兩邊に兩邊の分母の最小公倍数を乗じて分母を拂ふ.

● 答  $x=1.90$

d. 一元一次方程式の解法の要點

方程中に括弧のある場合はこれを取去り, 分数は分母を拂ひ, 未知数を含む項は左邊に, 既知数を含む項は右邊に移項し, 同類項はこれを纏めて, 未知数の係数で兩邊を割れば, 未知数が求められる.

第十節 連立方程式

a. 連立方程式の意義

唯一つの未知数を含む方程式を一元方程式といふ.

未知数が二つ以上ある場合は, 未知数の數に相當する方程式を立てないと未知数を求めることができない. この場合, 同時に成立する方程式群を聯立方程式といふ.

b. 聯立一次方程式の解き方

聯立方程式の解法に次の三種がある.

(イ) 加減法, (ロ) 置換法, (ハ) 等置法.

(イ) 置換法に依る解き方

例. (1)  $2x+3y=13$  …… (1) } を解け.  
 $y-x=1$  …… (2) }

解. (2) より  $y=1+x$  …… (3)

(3) を (1) に代入すれば,

$$2x+3(1+x)=13 \quad \dots\dots (4)$$

(4) を簡単にすれば,

$$2x+3+3x=13$$

$$5x=10 \quad \therefore x=2$$

これを (3) に代入すれば,

$$y=1+2 \quad \therefore y=3$$

答  $x=2, y=3$

(ロ) 加減法に依る解き方

例. (2)  $4x+3y=22$  …… (1) } を解け.  
 $5x-7y=6$  …… (2) }

解. 先づ  $y$  の項を消去するため (1), (2) に夫々 7 及び 3 を乗じて加へれば,

$$(1) \times 7 \text{ は, } 28x+21y=154 \quad \dots\dots (3)$$

$$(2) \times 3 \text{ は, } 15x-21y=18 \quad \dots\dots (4)$$

$$(3)+(4) \text{ は, } 43x=172 \quad \therefore x=4$$

この  $x=4$  を (1) に代入すれば,

$$16+3y=22$$

移項して,  $3y=6 \therefore y=2$

答  $x=4 \quad y=2$

(ハ) 等置法に依る解き方

例. (3)  $\left. \begin{aligned} 5x+10y &= 20 \dots\dots\dots(1) \\ 7x-3y+23 &= 0 \dots\dots\dots(2) \end{aligned} \right\} \text{を解け.}$

解. (1) より  $x = \frac{20-10y}{5} \dots\dots\dots(3)$

(2) より  $x = \frac{3y-23}{7} \dots\dots\dots(4)$

(3) と (4) を等しいと置けば,

$$\frac{20-10y}{5} = \frac{3y-23}{7}$$

これを解いて  $y=3$

同様に  $x=-2$

答  $\begin{cases} x=-2 \\ y=3 \end{cases}$

第十一節 因数分解

a. 因数分解の意義

一つの多項式が積の形に書き改められたとき, 始めの多項式は因数に分解されたといふ。

たとへば,

(1)  $a^2+2ab+b^2=(a+b)(a+b)$

(2)  $a^2-2ab+b^2=(a-b)(a-b)$

(3)  $a^2-b^2=(a+b)(a-b)$

等の如きものである。

b. 因数分解に必要な三公式

(1)  $(a+b)(a+b)=a^2+2ab+b^2=(a+b)^2$

(2)  $(a-b)(a-b)=(a-b)^2=a^2-2ab+b^2$

(3)  $(a+b)(a-b)=a^2-b^2$

例.

(イ)  $(x+2)^2=x^2+4x+4$

(ロ)  $(a+x)^2=a^2+2ax+x^2$

(ハ)  $(E+IR)^2=E^2+2EIR+I^2R^2$

(ニ)  $(I-i)^2=I^2=I^2-2Ii+i^2$

(ホ)  $(E+e)(E-e)=E^2-e^2$

c. 共通因数及び因数分解の例題

共通因数  $ax+bx+cx=(a+b+c)x$

例. 次の式を因数分解せよ。

(イ)  $144E^2-25I^2R^2$   
 $(12E+5IR)(12E-5IR) \dots\dots\dots$  答

(ロ)  $E^2-18EIR+81I^2R^2$   
 $(E-9IR)^2 \dots\dots\dots$  答

(ハ)  $l^2m^2-n^2P^2$   
 $(lm+nP)(lm-nP) \dots\dots\dots$  答

(ニ)  $\frac{E^2}{R}-EI$   
 $E\left(\frac{E}{R}-I\right) \dots\dots\dots$  答

(ホ)  $x^2+5x+6$   
 $(x+2)(x+3) \dots\dots\dots$  答

(ヘ)  $x^2-4x-12$   
 $(x+2)(x-6) \dots\dots\dots$  答

(ト)  $x^2-3x-18$   
 $(x-6)(x+3) \dots\dots\dots$  答

(チ)  $x^2+12x+35$   
 $(x+5)(x+7) \dots\dots\dots$  答

(リ)  $aI_1+aI_2+bI_1+bI_2$   
 $(a+b)(I_1+I_2) \dots\dots\dots$  答

d. 三乗の公式及び二項定理

三乗の公式：

$$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

$$(a-b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

$$a^3 + b^3 = (a+b)(a^2 - ab + b^2)$$

$$a^3 - b^3 = (a-b)(a^2 + ab + b^2)$$

二項定理：

$$(a+b)^n = a^n + \frac{n}{1}a^{n-1}b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2}a^{n-2}b^2$$

$$+ \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3}a^{n-3}b^3 + \dots + b^n$$

第十二節 分 数

a. 分 数 式

算術の分数は、

$$\frac{1}{2}, \frac{3}{5}, \frac{33}{100}, \dots \text{等}$$

代数に於ては、

$$\frac{a}{b}, \frac{x^2}{y^2}, \frac{m+n}{p+q}$$

等の如く分数の形に書かれた式に於て分母に文字を含む式を分数式といふ。

b. 約 分

分数の分母分子に共通の因数を消去することを約すといひ、その結果の分数を既約分数といふ。

たとへば、

$$(イ) \frac{6a^2b^2}{2a^2b^3} = \frac{2a^2b^2 \times 3a}{2a^2b^2 \times b^3} = \frac{3a}{b^3}$$

$$(ロ) \frac{x^2 - y^2}{x^2 + 2xy + y^2} = \frac{(x+y)(x-y)}{(x+y)(x+y)} = \frac{x-y}{x+y}$$

$$(ハ) \frac{(Q-CE)E}{Et} = \frac{Q-CE}{t}$$

例. 次の分数式を約分せよ。

$$(1) \frac{P_1P_2(E^2 - I^2R^2)}{P_1^2P_2^2(E+IR)} \quad \text{答} \quad \frac{E-IR}{I_1P_2}$$

$$(2) \frac{E_1E_2(E_1^3 + E_2^3)}{(E_1 + E_2)E_1^2E_2^2} \quad \text{答} \quad \frac{E_1^2 - E_1E_2 + E_2^2}{E_1E_2}$$

$$(3) \frac{6E^2 - 5E - 6}{12E^2 + 5E - 2} \quad \text{答} \quad \frac{2E-3}{4E-1}$$

$$(4) \frac{x^2 + 2x - 3}{x^2 + 6x - 7} \quad \text{答} \quad \frac{x+3}{x+7}$$

c. 分数の加法及び減法

たとへば、

$$\frac{c}{a^2b} + \frac{d}{ab^2} - \frac{ef}{a^2b^2}$$

なる加法をなす場合は、算術の場合と同様に先づ通分して後、各分子の総和を求める。即ち

$$\frac{c}{a^2b} + \frac{d}{ab^2} - \frac{ef}{a^2b^2} = \frac{cb}{a^2b^2} + \frac{da}{a^2b^2} - \frac{ef}{a^2b^2} = \frac{cb+da-ef}{a^2b^2}$$

例. 次の分数式を演算せよ。

$$(1) \frac{a}{a+b} + \frac{b}{a-b} \quad \text{答} \quad \frac{a^2+b^2}{a^2-b^2}$$

$$(2) \frac{2I_1}{I_1+I_2} + \frac{2I_2}{I_1-I_2} + \frac{I_1^2+I_2^2}{I_1^2-I_2^2} \quad \text{答} \quad \frac{3(I_1^2+I_2^2)}{I_1^2-I_2^2}$$

$$(3) \frac{1}{E-e} + \frac{e}{E^2-e^2} - \frac{E}{E^2+e^2} \quad \text{答} \quad \frac{2Ee^2}{E^3-e^3}$$

$$(4) \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2R_3}{R_1R_2R_3} + \frac{R_1R_3}{R_1R_2R_3} + \frac{R_1R_2}{R_1R_2R_3}$$

$$\therefore = \frac{R_2R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}{R_1R_2R_3} \quad \text{答} \quad \frac{R_2R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}{R_1R_2R_3}$$

d. 分数の乗法及び除法

代数で分数の乗法と除法とは、算術の場合と同様に、乗法のときは各分数



の分子同士を掛けたものを分子とし、分母同士を掛けたものを分母とする一つの分数が、即ち積である。勿論、分子と分母に約し得る因数があればこれを約して簡単にすべきである。次に、除法の場合は、割る方の式の分母と分子を顛倒して割られる方の式に掛ければよい。

たとへば、

$$(イ) \frac{2a}{3b} \times \frac{5b^2c}{4a^2} = \frac{2a \times 5b^2c}{3b \times 4a^2} = \frac{5bc}{6a}$$

$$(ロ) \frac{56c}{6a^2} \div \frac{2a}{3b} = \frac{56c}{6a^2} \times \frac{3b}{2a} = \frac{56bc}{4a^3}$$

e. 分母子が多項式の場合

次に、分母、分子が多項式の場合の乗法及び除法を示す。

たとへば、

$$(イ) \frac{(a-b)^2}{a+b} \times \frac{b}{x(a-b)} = \frac{b(a-b)^2}{x(a+b)(a-b)} = \frac{b(a-b)}{x(a+b)}$$

$$(ロ) \frac{ax-x^2}{(a+x)^2} \div \frac{x^2}{a^2-x^2} = \frac{x(a-x)}{(a+x)^2} \times \frac{a^2-x^2}{x^2} = \frac{(a-x)^2}{x(a+x)}$$

例. 次の諸式を演算せよ。

$$(1) \frac{a}{b} \times \frac{a^2}{b^2} \times \frac{ab^3}{a^3b} \quad \text{答} \quad \frac{a}{b}$$

$$(2) \frac{E_1E_2}{E_1+E_2} \times \frac{I_1^2-I_2^2}{I_1+I_2} \quad \text{答} \quad \frac{E_1E_2(I_1-I_2)}{E_1+E_2}$$

$$(3) \frac{R(r-R)}{r^2+2rR+R^2} \div \frac{r^2-2rR+R^2}{r(r+R)} \quad \text{答} \quad \frac{rR}{r^2-R^2}$$

f. 分數に関する定理

(イ) 分數式の分母、分子に零でない如何なる數を掛けても、または、如何なる數で除しても、分數式の値は變らない。

(ロ) 數多の分數が相等しい時、それ等の分子の和を分母の和で除したものは、元の分數に等しい。

(證明) (ロ)

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} = \frac{g}{h} = P \text{ であるとすれば,}$$

$$a=bP, \quad c=dP, \quad e=fP, \quad g=hP.$$

$$\frac{a+c+e+g}{b+d+f+h} = \frac{P(b+d+f+h)}{b+d+f+h} = P = \frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} = \frac{g}{h}$$

(ハ)  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$  ならば、

$$1. \frac{a+b}{b} = \frac{c+d}{d}$$

$$2. \frac{a-b}{b} = \frac{c-d}{d}$$

$$3. \frac{a-b}{a+b} = \frac{c-d}{c+d}$$

$$4. \frac{a+b}{a-b} = \frac{c+d}{c-d}$$

である。

g. 一元分數方程式の解き方

例 1.  $\frac{x+1}{x-1} = \frac{x-5}{x-3}$  を解くこと。

解. 兩邊に分母の最小公倍數を乗じて、

$$(x+1)(x-3) = (x-1)(x-5)$$

括弧を取れば、 $x^2-2x-3 = x^2-6x+5$

移項して、 $4x=8$

$$\therefore x=2 \quad (\text{答})$$

例 2.  $\frac{1}{x-10} - \frac{1}{x-7} = \frac{1}{x-9} - \frac{1}{x-6}$  を解け。

$$\text{解} \quad \frac{1}{x-10} - \frac{1}{x-7} = \frac{3}{(x-10)(x-7)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{1}{x-9} - \frac{1}{x-6} = \frac{3}{(x-9)(x-6)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

題意に依り (1) = (2) なる故に兩式の分子をみるにこれが相等しい。故に分母も亦相等しくならなくてはならない。故に、

$$(x-10)(x-7) = (x-9)(x-6)$$

$$x^2 - 17x + 70 = x^2 - 15x + 54$$

$$-2x = -16 \quad \therefore x = 8$$

答  $x = 8$

例. 次の分數方程式を解け.

$$(1) \frac{3x+1}{x+2} = \frac{3x-6}{x-1} \quad \text{答 } x = \frac{11}{2}$$

$$(2) \frac{2}{2E-5} + \frac{1}{E-3} = \frac{6}{3E-1} \quad \text{答 } E = \frac{79}{29}$$

$$(3) Q = C_1 V_1 = C_2 V_2 = C_0 V, \quad V = V_1 + V_2$$

なる二式より  $V, V_1, V_2$  を追出して,  $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  なることを證明せよ.

### 第十三節 二次方程式

#### a. 二次方程式の解法

$ax^2 + b = 0$  これは最も簡單なる形である.

たとへば,  $8x^2 - 12 = 0$  を解くには,

$$8x^2 = 12 \quad x^2 = \frac{12}{8}$$

$$\therefore x = \sqrt{1.5}$$

二次方程式の一般の形である.  $x^2 - 2x + 1 = 0$  を解けば,

$$x^2 - 2x + 1 = (x-1)^2$$

$$(x-1)^2 = 0$$

$$\therefore x = 1$$

例.  $x^2 + x = 2$  を解け,

解.  $x^2 + x = 2$

$$x^2 + x - 2 = 0$$

$$(x-1)(x+2) = 0$$

$$\therefore x = 1 \quad x = -2 \quad \dots \text{答}$$

即ち, 二次方程式は右邊を零になるやうに書き直した處で, 左邊がうまく二つの因數に分解できれば, 容易に方程式が解けるのである.

例. 次の二次方程式を解け.

$$(1) x^2 - 4x + 3 = 0 \quad \text{答 } x = 1, x = 3$$

$$(2) x^2 - 5x + 4 = 0 \quad \text{答 } x = 1, x = 4$$

$$(3) 3x^2 - 7x - 20 = 0 \quad \text{答 } x = 4, x = -\frac{5}{3}$$

$$(4) 6E^2 - 13E + 6 = 0 \quad \text{答 } E = \frac{3}{2}, E = \frac{2}{3}$$

$$(5) 110I^2 - 21I + 1 = 0 \quad \text{答 } I = \frac{1}{10}, I = \frac{1}{11}$$

$$(6) (2R+1)(R+2) = 3R^2 - 4 \quad \text{答 } R = 6, R = -1$$

#### b. 二次方程式の公式

二次方程式が因數に容易に分解できない場合は, 次の公式を用ひることにより容易に答が得られる.

二次方程式の一般の形は,

$$ax^2 + bx + c = 0$$

であり, これを解く式は,

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

例. 上記の公式を用ひる次の二次方程式を解け.

$$(1) 3x^2 - 10x - 25 = 0$$

$$(2) 2x^2 + x - 6 = 0$$

### 第十四節 比例

#### a. 正比例の表し方及び常數の意味

今,  $W$  を裸銅線の重量とし,  $P$  をその値段とすれば,  $W$  は  $P$  に正比例し, また  $P$  は  $W$  に正比例する. 代數でこれを表すには, 次の如くする.

$$W \propto P \quad \text{又は} \quad P \propto W$$

これを書きかへると,

$W =$  一定數 (單位價格の銅の目方)  $\times P$  となる代數に於ては, これを簡略に,

$W=KP$  と書く、

この  $K$  を定数又は比例定数といふ。

また  $P=$  他の一定数 (単位重量の銅の値段)  $\times W=K'W$

なほ、銅線の目方  $W$  は明らかにその容積  $V$  に比例する。

故に  $W \propto V$  即ち  $W=K''V$

**b. 逆比例の表し方**

種類の太さの裸銅線に於て一定量の目方を取れば、その断面積 ( $A$ ) は長さ ( $l$ ) に逆比例する。

これを書き表すには次の如くする。

$A \propto \frac{1}{l}$  又は  $l \propto \frac{1}{A}$

また、正比例の場合と同様に、

$l=K_1 \frac{1}{A}$  ..... (a)

$A=K_1' \frac{1}{l}$  ..... (b)

(a) 又は (b) 式から、

$K_1 = lA$  ..... (c)

$K_1$  は與へられた重量の銅線の容積 (c) をみると二つの量の積が不変のときはその二つの量は互に逆比例をなすことが判る。

**c. 定数と変数**

電線の電気抵抗 ( $R$ ) は長さ ( $l$ ) に正比例し、その断面積 ( $A$ ) に逆比例する、この式は次の如く書き表はされる。

$R \propto \frac{l}{A}$

即ち  $R=K_2 \frac{l}{A}$  ..... (d)

ここに  $K_2=R \frac{A}{l}$  ..... (e)

(e) 式の  $K_2$  は  $R$  が電線全体の抵抗だから、単位、長さ、単位断面積

の抵抗即ち比抵抗である。

(d) 式は次の三段の階梯として考へることができる。

第一段：長さ一定なる一定の金属の電線に於て、

$R \propto \frac{1}{A}$

第二段：断面積一定なる一定の金属の電線に於て

$R \propto l$

第三段：長さ断面積共に變化し得べき一定の金属の電線に於て、

$R \propto \frac{l}{A}$  即ち  $R=K \frac{l}{A}$

第一段の場合に於て、 $l$  は定数で、 $R$  と  $A$  は変数であり、第二段の場合には  $A$  は定数で  $R$  と  $l$  は変数である。即ち変数とは数字上如何やうにでも變化し得られる数をいひ、定数とは變数の如何に關せず一定の数をいふ。

**第十五節 無理式並に指數の法則**

**a. 無理数 (又は無理式) とは、**

$\sqrt{2}=1.414$  .....

$\sqrt{3}=1.732$  .....

$\sqrt{n}$  とか  $\sqrt{(a+b)^2}$  とかは、一般にこれを開き切れぬものと見做して、無理数といふ。

$\sqrt[n]{a}$  は  $a$  を  $n$  回開くことを示し、また換言すれば、 $n$  回掛合せて  $a$  になる数をいふ。

**b. 無理数に関する法則**

(1)  $\sqrt{a} \times \sqrt{b} = \sqrt{ab}$

(2)  $\sqrt{x} \sqrt{y} \sqrt{z} \dots = \sqrt{x \cdot y \cdot z} \dots$

(3)  $(\sqrt{a})^m = \sqrt{a^m}$

(4)  $\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[mn]{a}$

$$(5) \sqrt[n]{a} = \frac{a}{\sqrt[n]{a^{n-1}}}$$

$$(6) \sqrt[m]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[m]{a}}{\sqrt[m]{b}}$$

### c. 指数の法則

$$(1) a^m \times a^n = a^{m+n}$$

$$(2) a^m \div a^n = a^{m-n}$$

$$(3) (a^m)^n = a^{mn}$$

$$(4) a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$(5) a^{\frac{n}{m}} = \sqrt[m]{a^n}$$

$$(6) (a^0) = 1$$

$$(7) a^\infty = \infty \quad \text{但し } a > 1$$

$$(8) a^\infty = 0 \quad \text{但し } a < 1$$

## 第十六節 対 数

### a. 対数の意義

$a^n = x$  なるとき、 $x$  を  $a$  を底とする  $n$  の対数といひ、 $n$  を  $x$  の真数といふ。また、 $a$  を底数といふ。このことを  $x = \log_a x$  と書く。

たとへば、

$10^2 = 100$  の場合、2 は 10 を底とする 100 の対数、100 を 2 の真数、10 を底数といひ、次のやうに書く。

$$\log_{10} 100 = 2$$

### b. 常用対数と自然対数

底数が 10 なる対数を常用対数といひ底数に、

$$e = 2.71828 \dots \left(1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \dots\right)$$

を使用する場合の対数を自然対数といふ。

### c. 簡単な数の対数 (常用対数)

$$\log_{10} 1 = 0 \quad \because 10^0 = 1$$

$$\log_{10} 10 = 1 \quad \because 10^1 = 10$$

$$\log_{10} 100 = 2 \quad \because 10^2 = 100$$

$$\log_{10} 1000 = 3 \quad \because 10^3 = 1000$$

$$\log_{10} 10^n = n \quad \because 10^n = 10^n$$

$$\log_{10} 0.1 = -1 \quad \because 10^{-1} = \frac{1}{10} = 0.1$$

$$\log_{10} 0.01 = -2 \quad \because 10^{-2} = \frac{1}{10^2} = 0.01$$

$$\log_{10} 0.001 = -3 \quad \because 10^{-3} = \frac{1}{10^3} = 0.001$$

$$\log_{10} 0.0 \dots 1 = -n \quad \because 10^{-n} = \frac{1}{10^n} = 0.0 \dots 1$$

$$\log_{10} 0 = -\infty \quad \because 10^{-\infty} = \frac{1}{10^\infty} = 0$$

### d. 対数の法則

$$\log a^n = n \log a$$

$$\log a \cdot b = \log a + \log b$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log \sqrt[n]{a} = \log a^{\frac{1}{n}} = \frac{1}{n} \log a$$

例へば  $\log^2 = 0.3010$

$$\log 20 = \log 2 \times 10 = \log 2 + 1 = 1.3010$$

$$\log 200 = \log 2 \times 100 = \log 2 + 2 = 2.3010$$

$$\log 0.2 = \log \frac{2}{10} = \log 2 - 1 = -1.3010$$

$$\log 0.02 = \log \frac{2}{100} = \log 2 - 2 = 2.3010$$

以上の例により次のやうなことがいへる。

(1) 或る数の対数の整数部分は、その数の最左端の数字が整数一位の時は 0、二位のときは 1、三位のときは 2、一般に  $n$  位のときは  $n-1$  である。ま

た、小数一位のときは  $-1$ 、小数二位のときは  $-2$  ……である。これを指標といふ。

(2) 或る数の對数の小数部分は、その数が整数でも、小数でも、組立られた数字が同じのときは同じである。これを求めるには對數表によるのであつて、この数を假數といふ。

### 3. 幾何

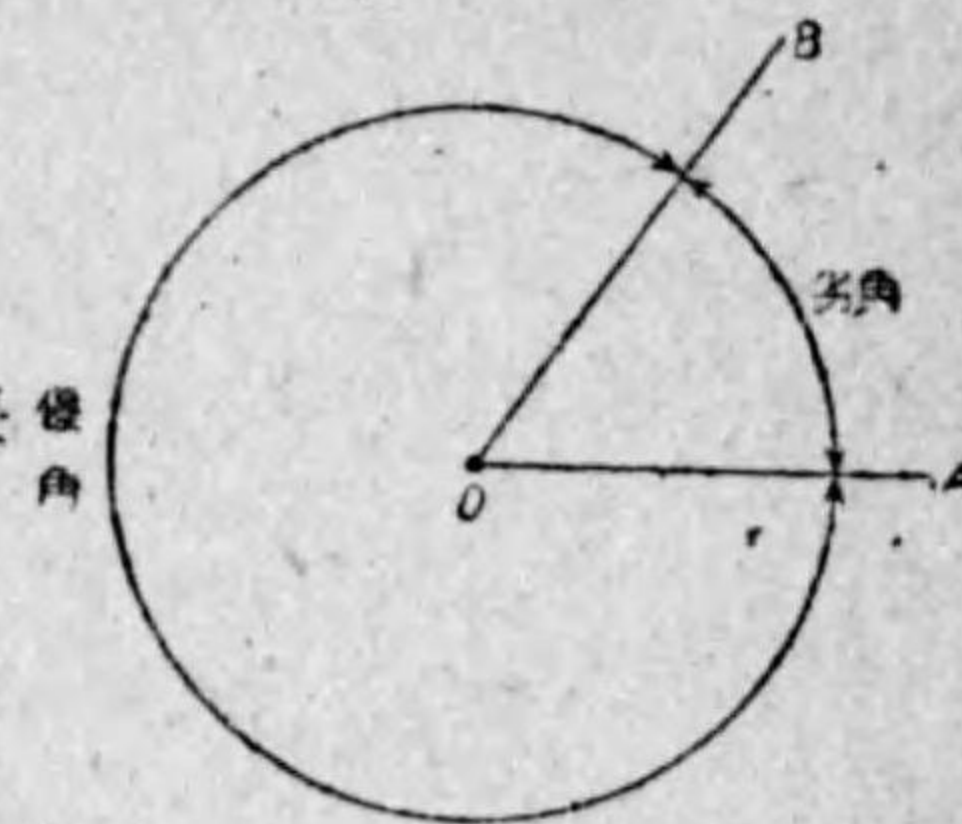
#### 第一節 幾何學とは

幾何學は、算術や代數の如く寄せるとか掛けるとかの計算を主とするものではなく、一口に言へば、圖形の性質を研究する學問である。

故に、幾何學の純理論を研究するのは中中むづかしい事であるが、本講義では初等電氣工學を學ぶために役立つ範圍に於いて、其の概要を述べておくこととする。

#### 第二節 點・線・面・體・角等の實例

- (a) 點……針の尖頭、机の角等。
- (b) 線……重錘を吊下した紐は垂直線、電燈の笠の縁は曲線。
- (c) 面……机の上面は平面。  
玉子の表面は曲面。
- (d) 體……樹は直面體、卵は曲面體。
- (e) 角……コンパスの開き、時計の長針と短針の開きの度合。



〔第 101 圖〕

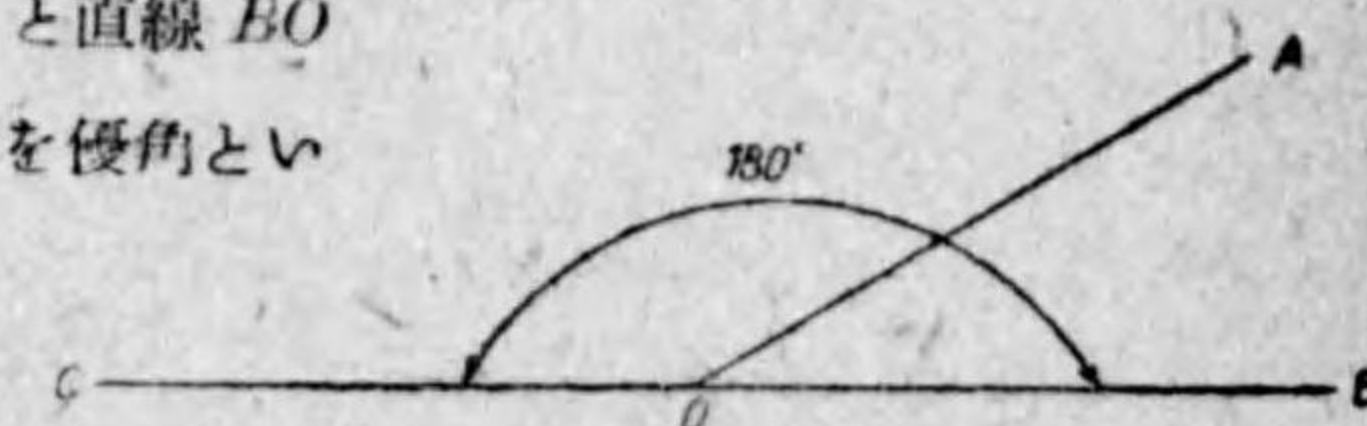
#### 第三節 角の種種の名稱

##### a. 劣角と優角

第 101 圖に於て、直線  $AO$  と直線  $BO$  とで作る三角のうち大なる角を優角といひ、小なる角を劣角といふ。

##### b. 補角及び鋭角と鈍角

第 102 圖に於て  $\angle AOB$  と  $\angle AOC$

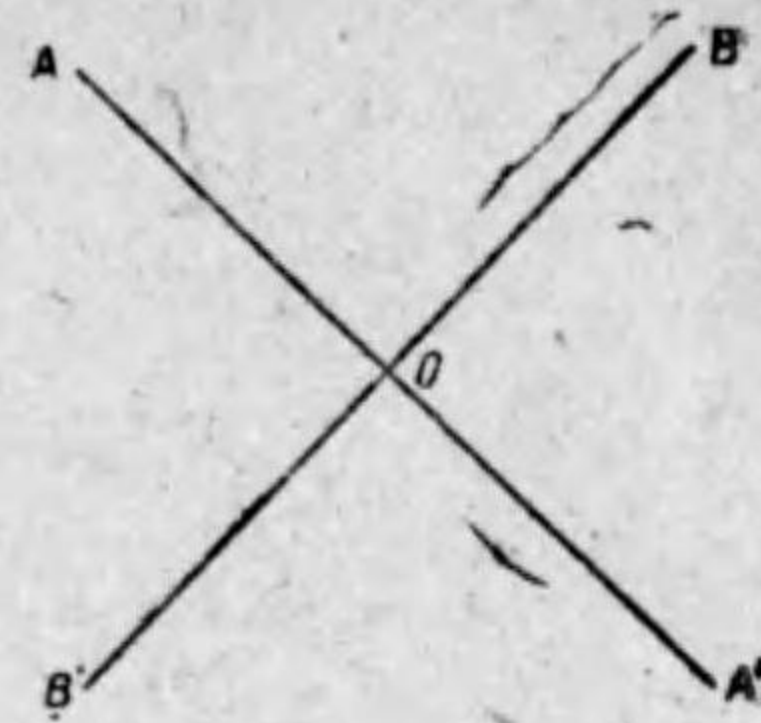


〔第 102 圖〕

の和が二と直角、即ち  $180^\circ$  のとき、 $\angle AOB$  と  $\angle AOC$  とは互に他の補角であるといひ、その内、直角より小なる角を鋭角、直角より大にして二直角より小なる角を鈍角といふ。

c. 對頂角

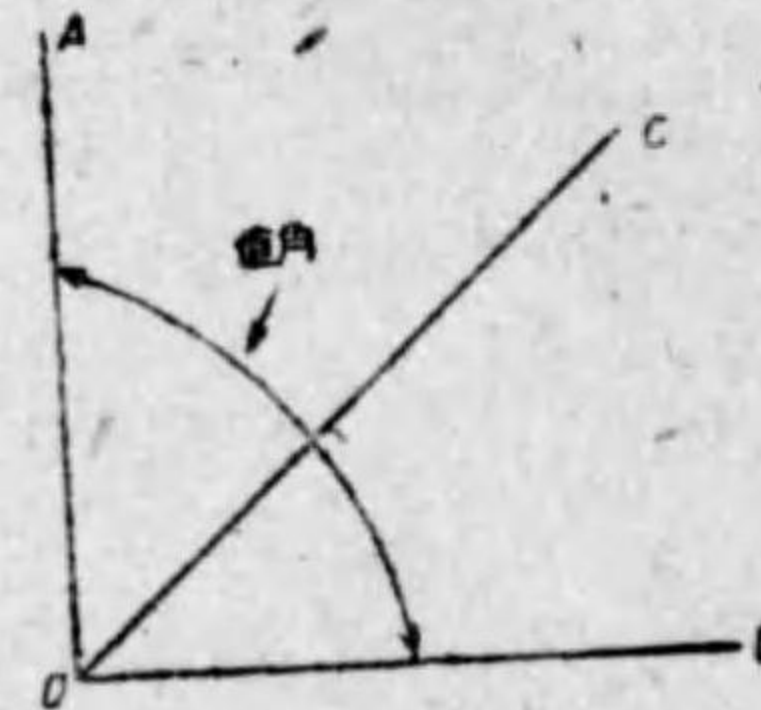
第103圖の如く二つの直線が交はつて四つの角をなすとき  $\angle AOB$  は  $\angle A'OB'$  の對頂角  $\angle A'OB$  は  $\angle AOB'$  の對頂角といふ。



〔第103圖〕

d. 餘角

第104圖に於て、 $\angle AOC$  と  $\angle COB$  との和が直角に等しいとき、これ等の二つの角は互に他の餘角であるといふ。

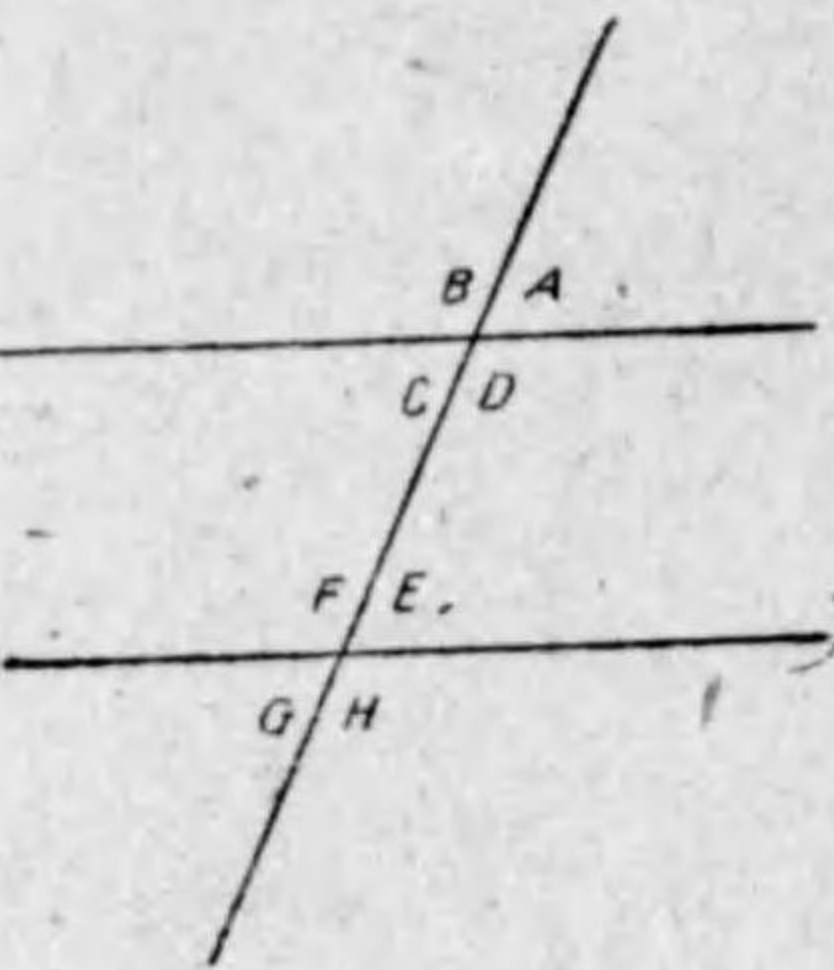


〔第104圖〕

e. 錯角と同位角

第105圖に於て二直線に他の直線が交はるときは圖の如く八つの角ができる。この場合  $\angle A$  と  $\angle E$ 、 $\angle B$  と  $\angle F$ 、 $\angle D$  と  $\angle H$ 、 $\angle C$  と  $\angle G$  は夫夫同位角といふ。

また  $\angle C$  と  $\angle E$ 、 $\angle C$  と  $\angle F$  とを夫夫錯角といふ。



〔第105圖〕

第四節 定義と定理

a. 定義

二つの相隣る角の和が直角に等しいとき、この各々の角は互に他の餘角であるといふやうに、専門語の意味を判然させる文章をその言葉の定義といふ。

b. 定理(1) 對頂角は相等し。

この事柄は正確な證明を経て初めて納得できるものである。斯様な文章を

すべて定理といふ。

〔證明〕

第106圖に於て

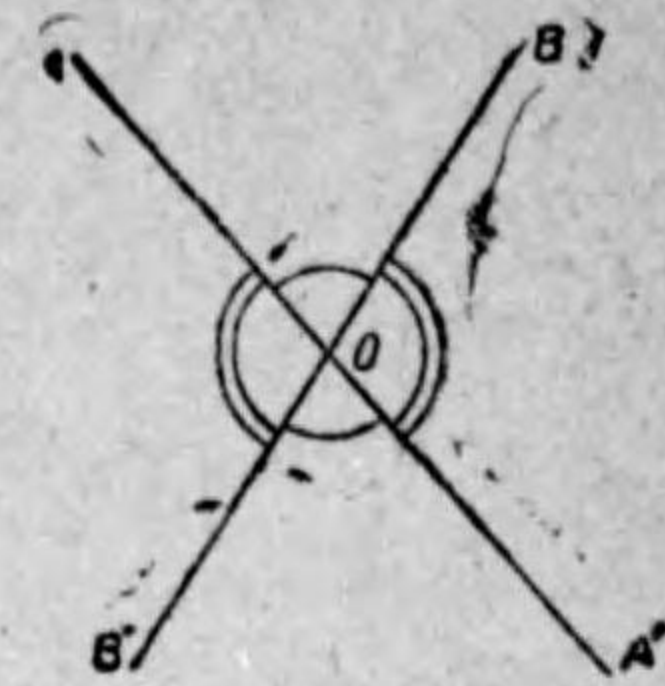
$$\angle AQB + \angle BOA' = \text{二直角}$$

$$\angle B'OA' + \angle BOA' = \text{二直角}$$

故に  $\angle AOB = \angle B'OA'$

又は  $\angle BOA' + \angle AOB = \text{二直角}$

故に  $\angle BOA' = \angle AOB'$



〔第106圖〕

第五節 平行線

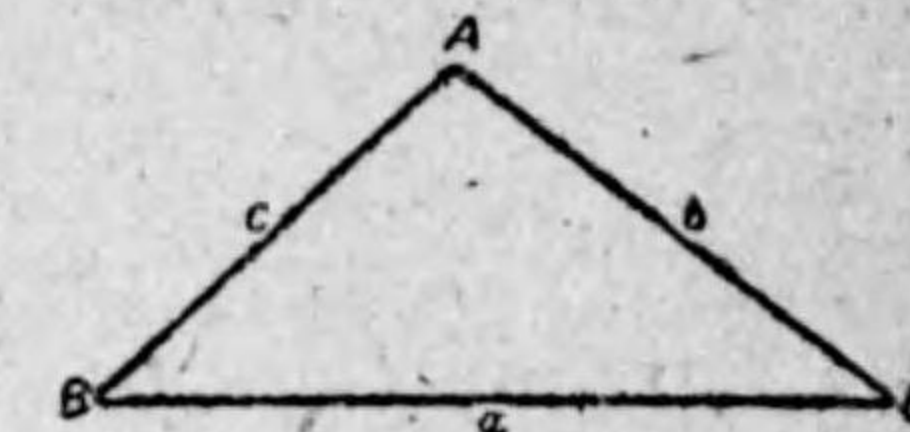
眞直なる線路に於ける二本の軌條は何處まで行つても交はらない。このやうな直線的一方を他方の直線に平行であるといふ。

定理(2) 平行線に一つの直線が交る場合、同位角は相等しい。錯角も相等し。

第六節 三角形

第107圖の如く三本の直線で圍まれた圖形を三角形といひ、 $\triangle ABC$  と書く。そして、 $A, B, C$  なる點を頂點、

$AB, BC, CA$  なる直線を三角形の邊と呼ぶ。そして、 $AB$  を  $C$  邊、 $BC$  を  $a$  邊、 $CA$  を  $b$  邊と呼ぶのが普通である。



〔第107圖〕

a. 三角形の種類

正三角形又は等邊三角形 …… 三邊相等し。

二等邊三角形 …… 二邊相等し。

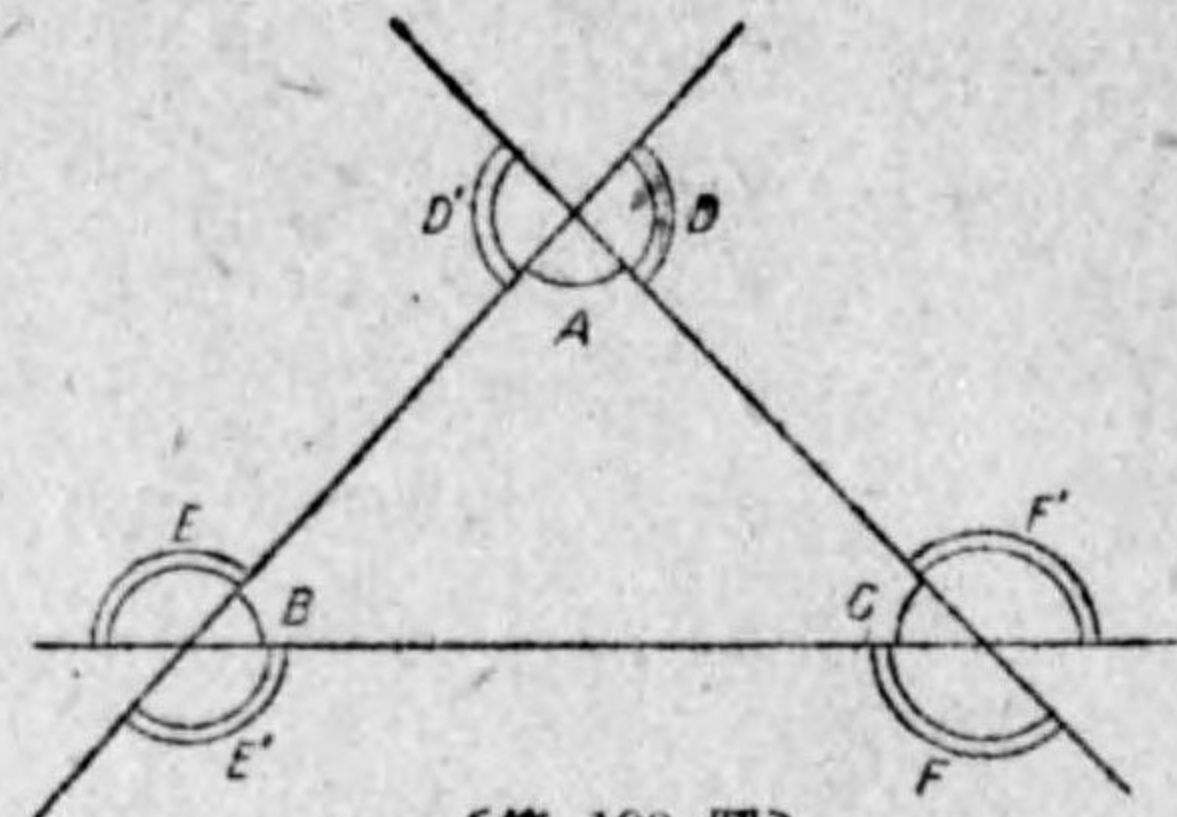
直角三角形 …… 一つの角が直角なるもの。

鋭角三角形 …… 角が悉く鋭角であるもの。

鈍角三角形 …… 一つの角が鈍角であるもの。

第七節 三角形の内角と外角

第108圖に於て  $\angle A, \angle B, \angle C$  を三角形の内角といひ、 $\angle D = \angle D', \angle E = \angle E'$  及び  $\angle F = \angle F'$  なる六つの角を外角といふ。



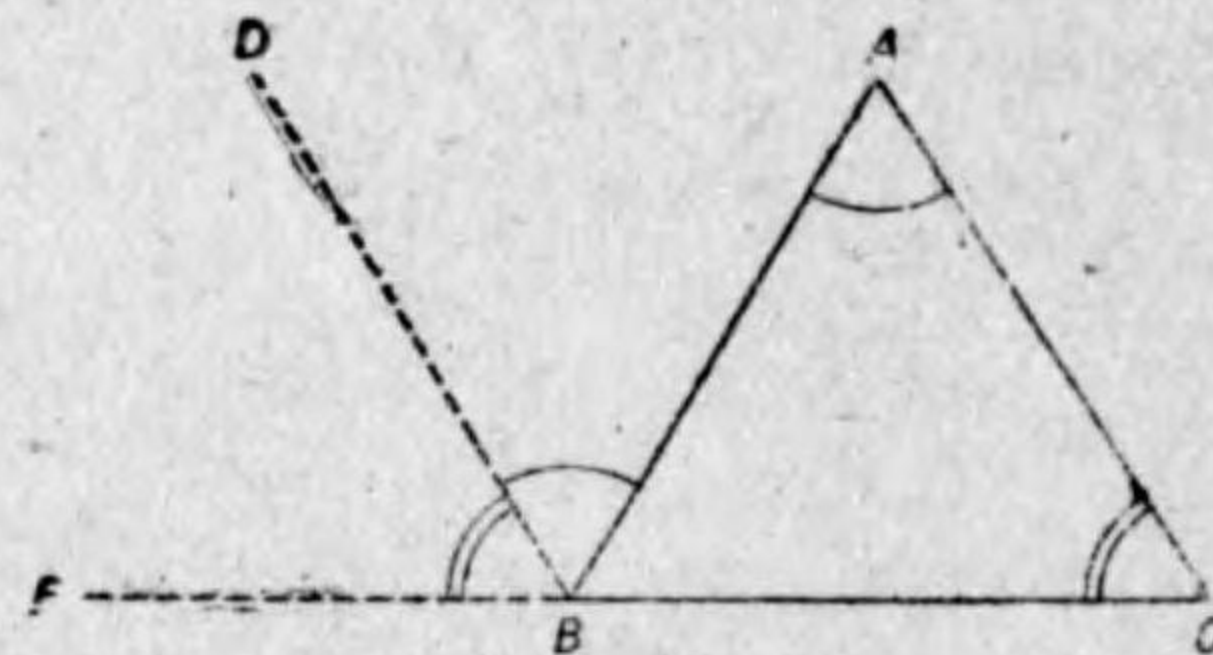
〔第108圖〕

定理(3) 三角形の各の外角は、これに接しない二つの内角の和に等し。

〔證明〕 第109圖の三角形  $ABC$  の一辺  $BC$  を延長し、その一點を  $E$  とし、頂點  $B$  より  $AC$  に平行なる直線  $BD$  を引けば、

$\angle DBA = \angle BAC$  …… 錯角にて相等し。

$\angle EBD = \angle BCA$  …… 同位角にて相等し。



〔第109圖〕

故に  $\angle EBD + \angle DBA = \angle EBA = \angle BAC + \angle BCA$

定理(4) 三角形の三つの内角の和は二直角、即ち  $180^\circ$  である。

〔證明〕 前の定理の證明に依ると、

$\angle ACB + \angle BAC = \angle EBA$

この兩邊に  $\angle CBA$  を加へると、

$\angle ACB + \angle BAC + \angle CBA = \angle ABE + \angle CBA = \angle CBE = \text{二直角}$

第八節 二等邊三角形及び等邊三角形 (正三角形)

定理(5) 二等邊三角形の二つの底角は相等し(第110圖参照)。

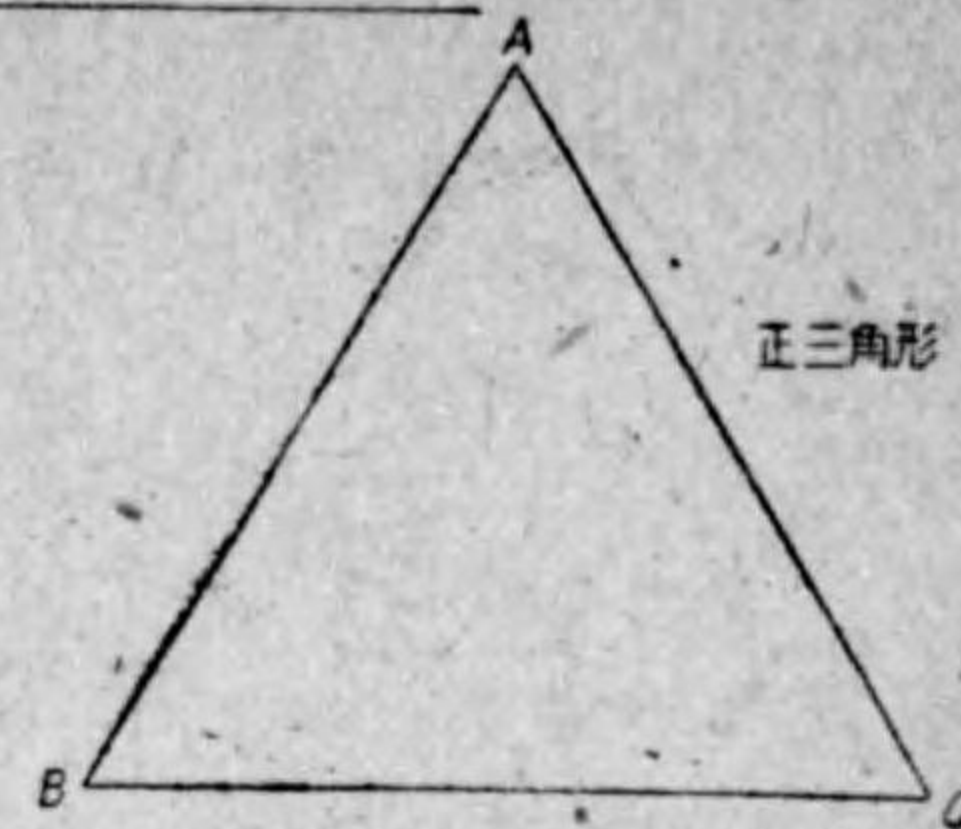
二等邊三角形



〔第110圖〕

定理(6) 二等邊三角形の頂角の二等分線は底邊に直角である。しかして底邊を二等分する(第110圖参照)。

定理(7) 等邊三角形の三つの内角は相等し。即ち  $\angle A = \angle B = \angle C = 60^\circ$  (第111圖参照)。



〔第111圖〕

第九節 圓

第112, 113, 114圖は圓に関する定義の説明圖である。次に圓に對する定理を列記すれば次の如し。

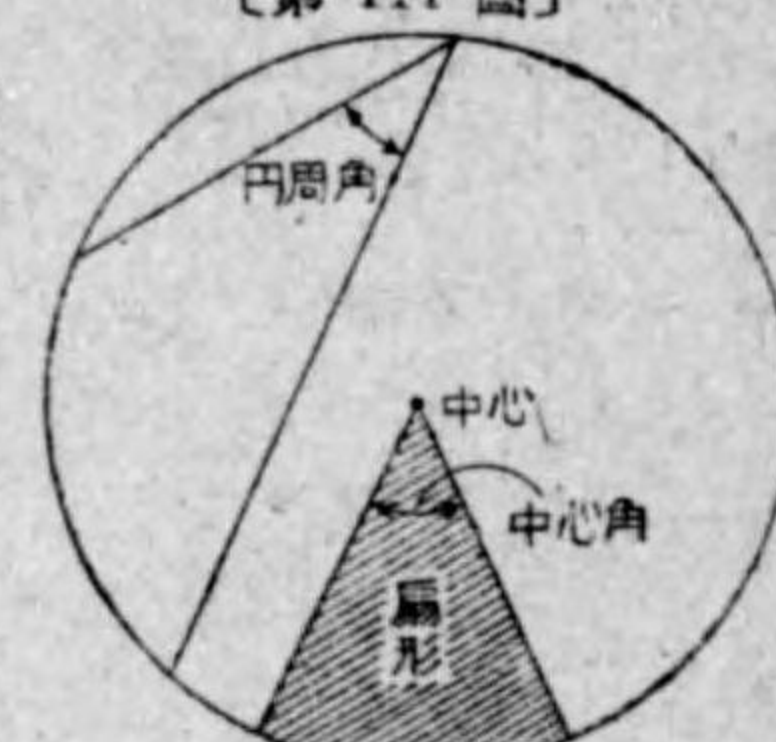
定理(8) 一つの圓で等しい中心角を張る弧は相等し。

定理(9) 等しい弧の上に立つ圓周角は相等し。

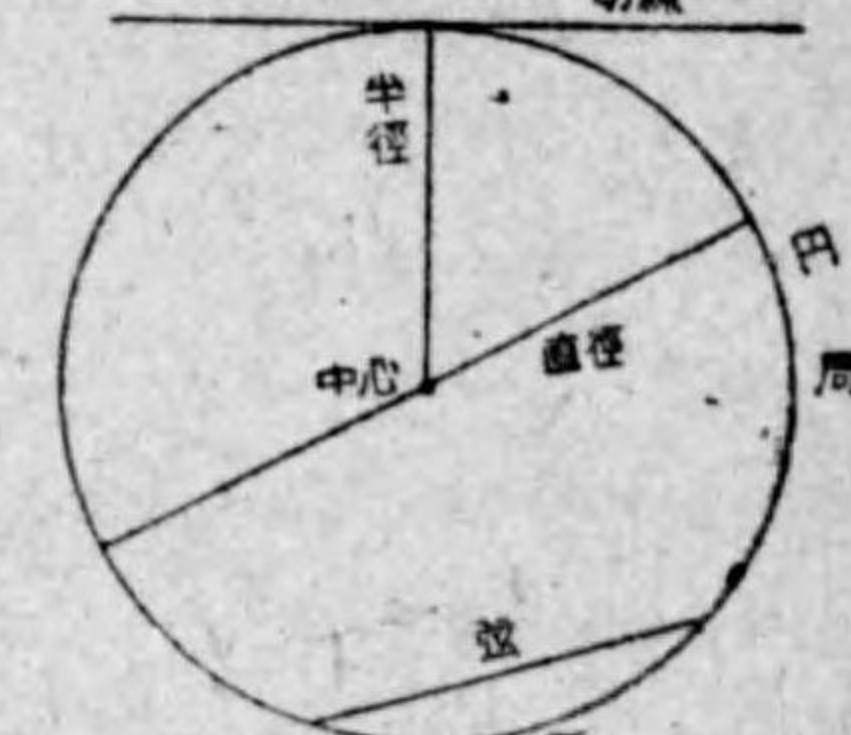
定理(10) 圓周角は中心角の半分に等し。

定理(11) 半圓の上に立つ角は直角である。

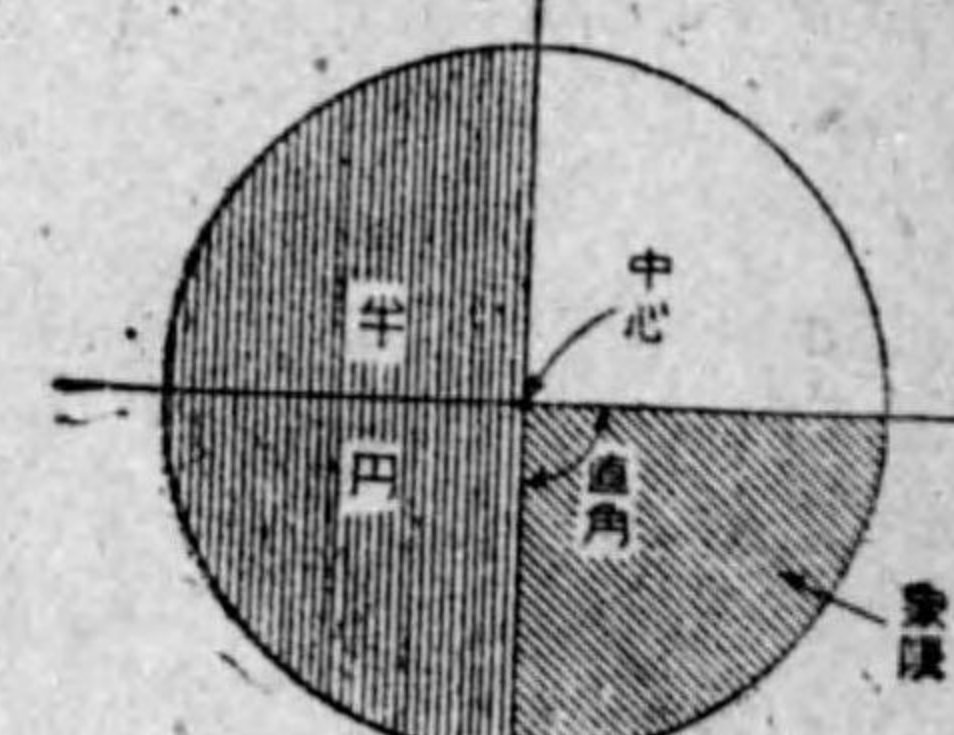
定理(12) 半徑の一端に於てこれに垂直な直線はその圓の切線である。



〔第112圖〕 切線



〔第113圖〕



〔第114圖〕

第十節 ピタゴラスの定理

定理 直角三角形の斜邊の上の正方形は他の二邊の上の正方形の和に等し。

即ち  $(\text{斜邊})^2 = (\text{垂線})^2 + (\text{底邊})^2$

第115圖に於て、 $\angle A$   
=直角 ( $90^\circ$ ),  $a$  は斜邊,  
 $b$  は底邊,  $c$  は垂線とす  
れば, ピタゴラスの定理  
に依り次の式が成立する

$$a^2 = b^2 + c^2$$

今, 兩邊を開平して,

$$a = \sqrt{b^2 + c^2}$$

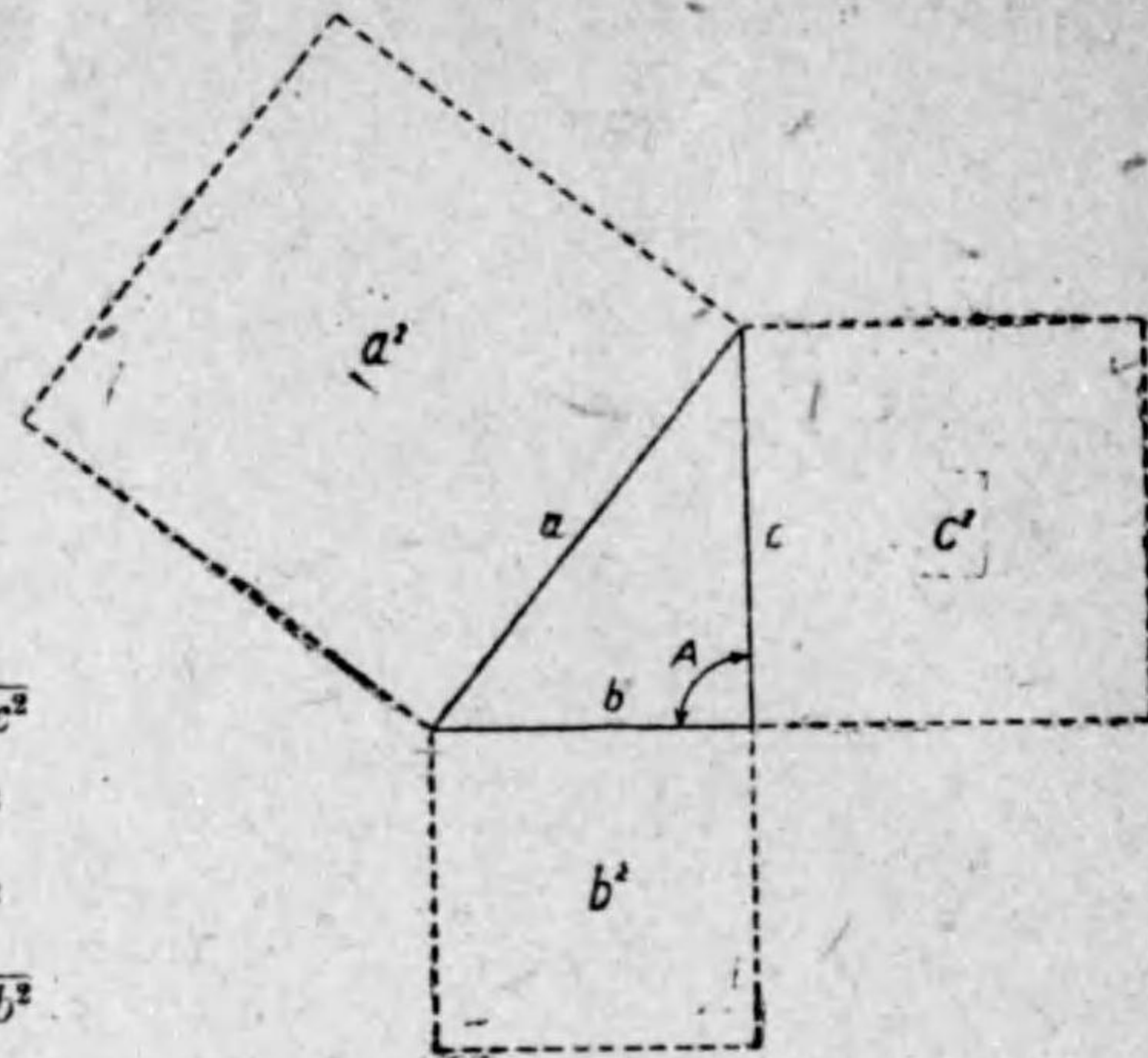
$$a^2 = b^2 + c^2$$

$$a^2 - b^2 = c^2$$

$$\therefore c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

$$a^2 - c^2 = b^2$$

$$\therefore b = \sqrt{a^2 - c^2}$$



【第115圖】

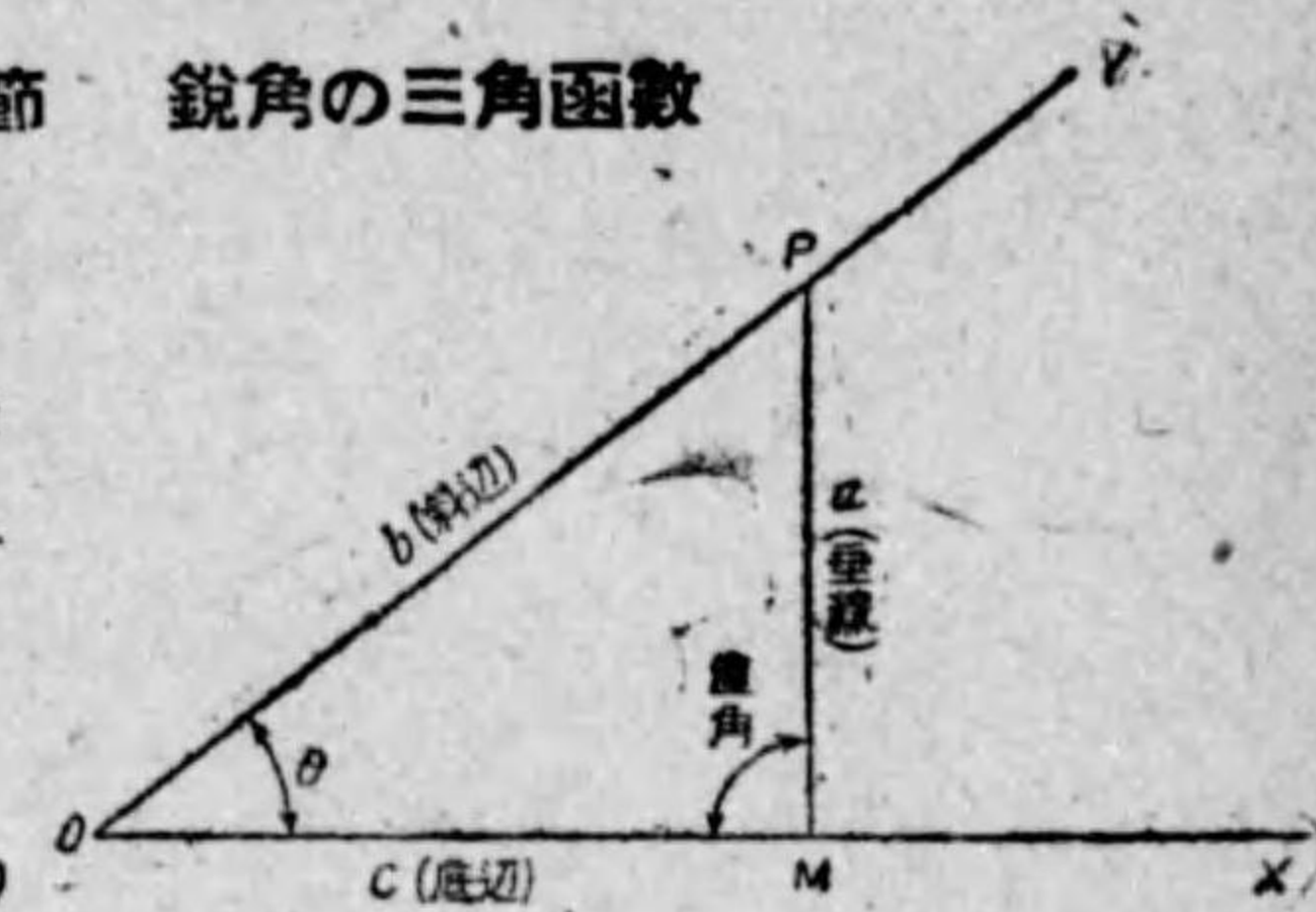
## 4. 三角法

### 第一節 三角法とは

三角法は, 角相互間又は角と線との関係を論ずる學問である。

### 第二節 鋭角の三角函数

(a) 第116圖の如く, 任意の鋭角  $\theta$  の一邊  $OY$  上の任意の點  $P$  よりの他の邊  $OX$  へ下せる垂線を  $PM$  とすれば,  $OPM$  は直角三角形をなす。



この直角三角形に於て角  $\theta$

の三角函数は次の如し。

【第116圖】

$$\frac{PM}{OP} \text{ を角 } \theta \text{ の正弦 (sine)}$$

$$\frac{OM}{OP} \text{ を角 } \theta \text{ の餘弦 (cosine)}$$

$$\frac{PM}{OM} \text{ を角 } \theta \text{ の正切 (tangent)}$$

$$\frac{OM}{PM} \text{ を角 } \theta \text{ の餘切 (cotangent)}$$

$$\frac{OP}{OM} \text{ を角 } \theta \text{ 正割 (Secant)}$$

$$\frac{OP}{PM} \text{ を角 } \theta \text{ の餘割 (cosecant)}$$

といひ, これをそれぞれ次の如き記號を以て表はす。

$$\sin \theta \quad \cos \theta \quad \tan \theta \quad \cot \theta \quad \sec \theta \quad \operatorname{cosec} \theta$$

(b) 同じ角の三角函数相互間の關係は, 第117圖にて。

$$\sin \theta = \frac{a}{b} \quad \cos \theta = \frac{c}{b}$$



$$\tan \theta = \frac{a}{c} \quad \cot \theta = \frac{c}{a}$$

$$\sec \theta = \frac{b}{c} \quad \operatorname{cosec} \theta = \frac{b}{a}$$

である。故に

$$\sin \theta \cdot \operatorname{cosec} \theta = \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{a} = 1$$

従つて

$$\left. \begin{aligned} \sin \theta &= \frac{1}{\operatorname{cosec} \theta}, \quad \operatorname{cosec} \theta = \frac{1}{\sin \theta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$\cos \theta \cdot \sec \theta = \frac{c}{b} \cdot \frac{b}{c} = 1$$

従つて

$$\left. \begin{aligned} \cos \theta &= \frac{1}{\sec \theta}, \quad \sec \theta = \frac{1}{\cos \theta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\tan \theta \cdot \cot \theta = \frac{a}{c} \cdot \frac{c}{a} = 1$$

従つて

$$\left. \begin{aligned} \tan \theta &= \frac{1}{\cot \theta}, \quad \cot \theta = \frac{1}{\tan \theta} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

また、第 117 圖に於て、三角形 POM は直角三角形なるを以て、「ピタゴラス」の定理により次の関係がある。

$$b^2 = a^2 + c^2$$

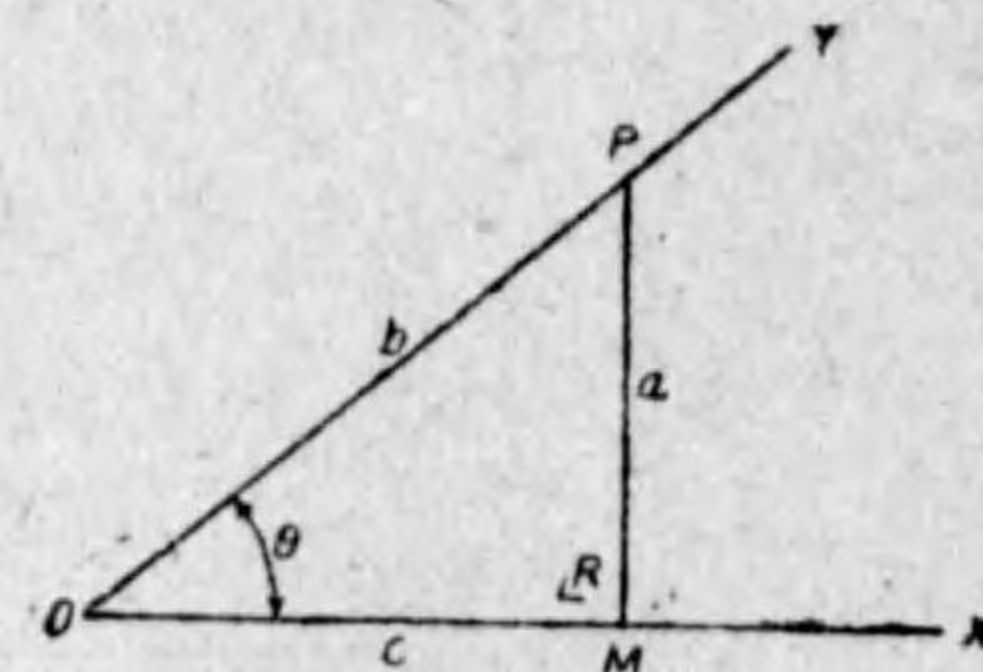
$$\therefore \frac{b^2}{b^2} = 1 = \frac{a^2}{b^2} + \frac{c^2}{b^2}$$

或は

$$\left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{c}{b}\right)^2 = 1$$

即ち

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1 \dots\dots\dots (4)$$



[第 117 圖]

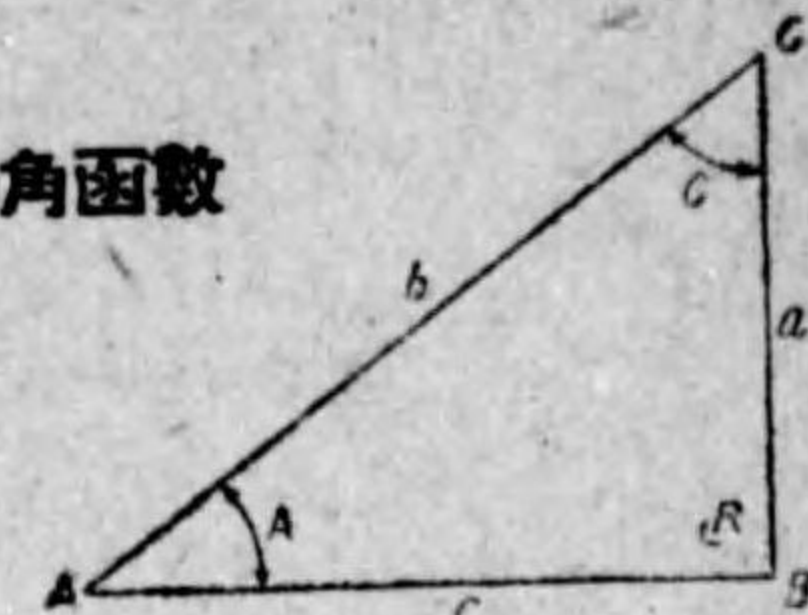
同様にして、

$$1 + \tan^2 \theta = \sec^2 \theta \dots\dots\dots (5)$$

$$1 + \cot^2 \theta = \operatorname{cosec}^2 \theta \dots\dots\dots (6)$$

第三節 餘角の三角函数

第 118 圖に於て、三角形 ABC を直角三角形とすれば、角 A と角 C とは互に餘角である。



[第 118 圖]

$$\sin A = \frac{a}{b} = \cos C, \quad \cos A = \frac{c}{b} = \sin C$$

$$\tan A = \frac{a}{c} = \cot C, \quad \cot A = \frac{c}{a} = \tan C$$

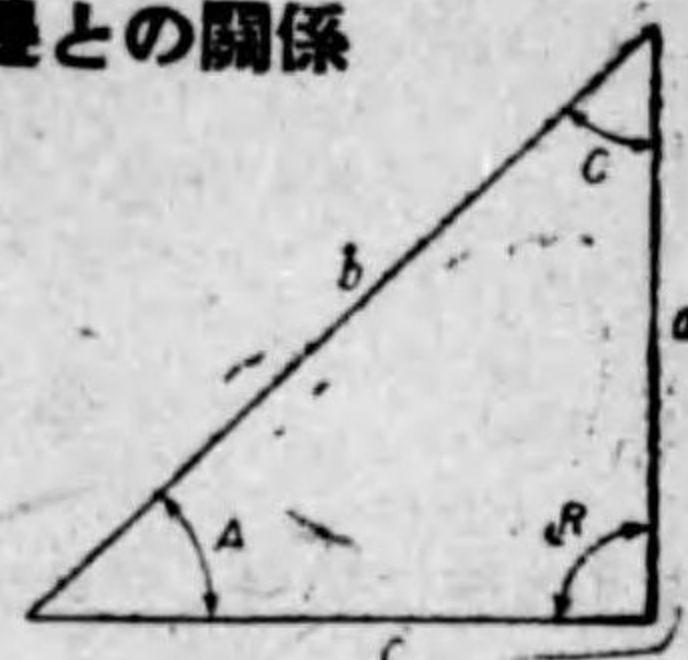
$$\sec A = \frac{b}{c} = \operatorname{cosec} C, \quad \operatorname{cosec} A = \frac{b}{a} = \sec C$$

第四節 特別なる角の三角函数

	0°	30°	45°	60°	90°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
tan	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	$\infty$
cot	$\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0
sec	1	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	2	$\infty$
cosec	$\infty$	2	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	1

第五節 直角三角形の角と邊との關係

第 119 圖が直角三角形であるとすれば、次の關係がある。



〔第 119 圖〕

$$\left. \begin{aligned} \frac{a}{b} &= \sin A \quad \therefore a = b \sin A \\ \frac{c}{b} &= \cos A \quad \therefore c = b \cos A \\ \frac{a}{c} &= \tan A \quad \therefore a = c \tan A \\ \frac{c}{a} &= \cot A \quad \therefore c = a \cot A \\ \frac{b}{c} &= \sec A \quad \therefore b = c \sec A \\ \frac{b}{a} &= \operatorname{cosec} A \quad \therefore b = a \operatorname{cosec} A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

(7) 負角の三角函数

$$\left. \begin{aligned} \sin(-A) &= -\sin A \\ \cos(-A) &= \cos A \\ \tan(-A) &= -\tan A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

(8)  $A+90^\circ$  の三角函数

$$\left. \begin{aligned} \sin(A+90^\circ) &= \cos A \\ \cos(A+90^\circ) &= -\sin A \\ \tan(A+90^\circ) &= -\cot A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

(9) 二つの角の和の正弦及び餘弦

$$\left. \begin{aligned} \sin(A+B) &= \sin A \cos B + \cos A \sin B \\ \cos(A+B) &= \cos A \cos B - \sin A \sin B \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

(10) 二つの角の差の正弦及び餘弦

$$\left. \begin{aligned} \sin(A+B) &= \sin A \cos B + \cos A \sin B \\ \cos(A-B) &= \cos A \cos B + \sin A \sin B \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

(11) 二つの角の和及び差の正切

$$\left. \begin{aligned} \tan(A+B) &= \frac{\tan A + \tan B}{1 - \tan A \tan B} \\ \tan(A-B) &= \frac{\tan A - \tan B}{1 + \tan A \tan B} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

(12) 倍角の三角函数

$$\left. \begin{aligned} \sin 2A &= 2 \sin A \cos A \\ \cos 2A &= \cos^2 A - \sin^2 A \\ &= 1 - 2 \sin^2 A \\ &= 2 \cos^2 A - 1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

(13) 三角函数の和或は差を積の形に変ずること

$$\left. \begin{aligned} \sin C + \sin D &= 2 \sin \frac{C+D}{2} \cos \frac{C-D}{2} \\ \sin C - \sin D &= 2 \cos \frac{C+D}{2} \sin \frac{C-D}{2} \\ \cos C + \cos D &= 2 \cos \frac{C+D}{2} \cos \frac{C-D}{2} \\ \cos C - \cos D &= -2 \sin \frac{C+D}{2} \sin \frac{C-D}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

(14) 三角函数の積を和或は差の形に変ずること

$$\left. \begin{aligned} \sin A \cos B &= \frac{1}{2} \{ \sin(A+B) + \sin(A-B) \} \\ \cos A \sin B &= \frac{1}{2} \{ \sin(A+B) - \sin(A-B) \} \\ \cos A \cos B &= \frac{1}{2} \{ \cos(A+B) + \cos(A-B) \} \\ \sin A \sin B &= \frac{1}{2} \{ \cos(A-B) - \cos(A+B) \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (16)$$

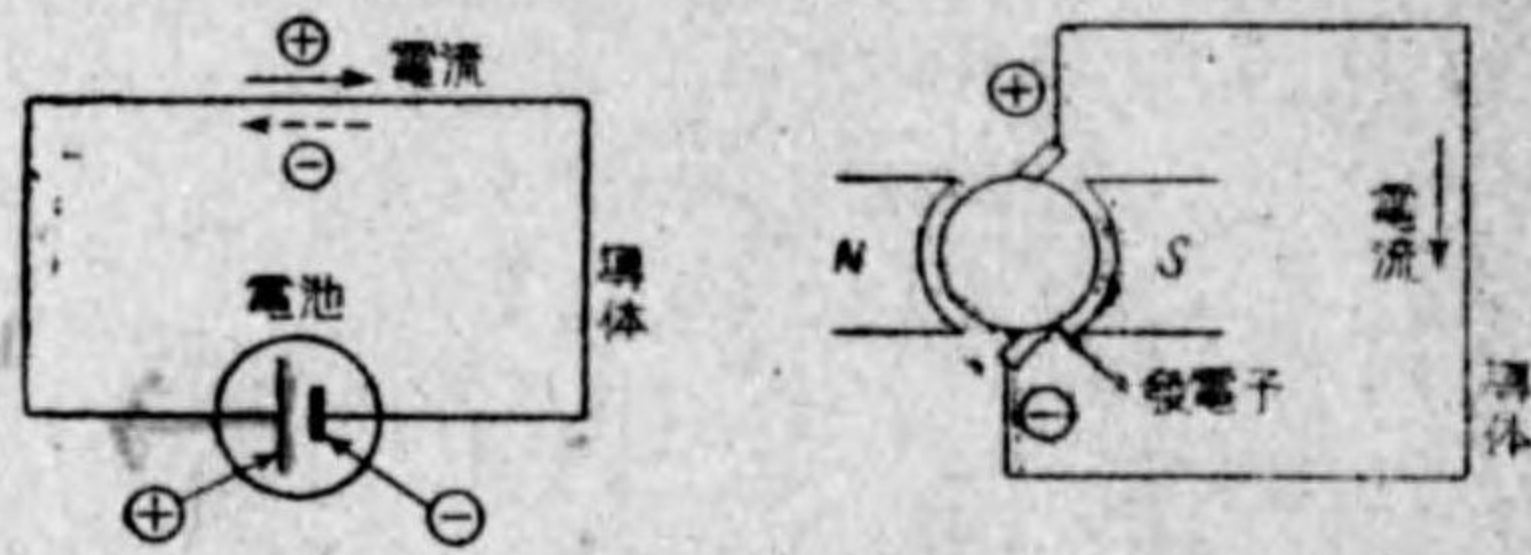
## 第二章 基礎電氣學

### 第一節 直流回路

#### 1) 電流

第201圖の如く電源(直流發電機、電池等)の兩極(陽極と陰極)を導體(電線その他電氣の通じ得るもの)を以て接続すると、導體内に熱が発生する。これは導體に電流が通つたからである。電流は自由電子即ち陰電荷の移動

によるものであると考へられる。しかし電流の方向は陽電荷の移動する方向即ち電源の陽極から陽極に向ふものと定める。



〔第 201 圖〕

#### 2) 電流の作用

電流は導體を通る場合に種種の作用をなす。これ等の作用によつて電流の存在を知ることができるのである。今、その主なるものを挙げると大體下記の通りである。

- **熱作用** 導體に電流が通ると導體内に熱が発生する。この熱は電球、電熱器等に利用される。
- **磁氣作用** 電流が通つてゐる導體の周圍の空間は磁界となる。この磁氣作用は電動機、發電機等に利用される。
- **化學作用** 電解液に直流を通すと化學作用を生ずる。この作用は電氣分解等に利用される。

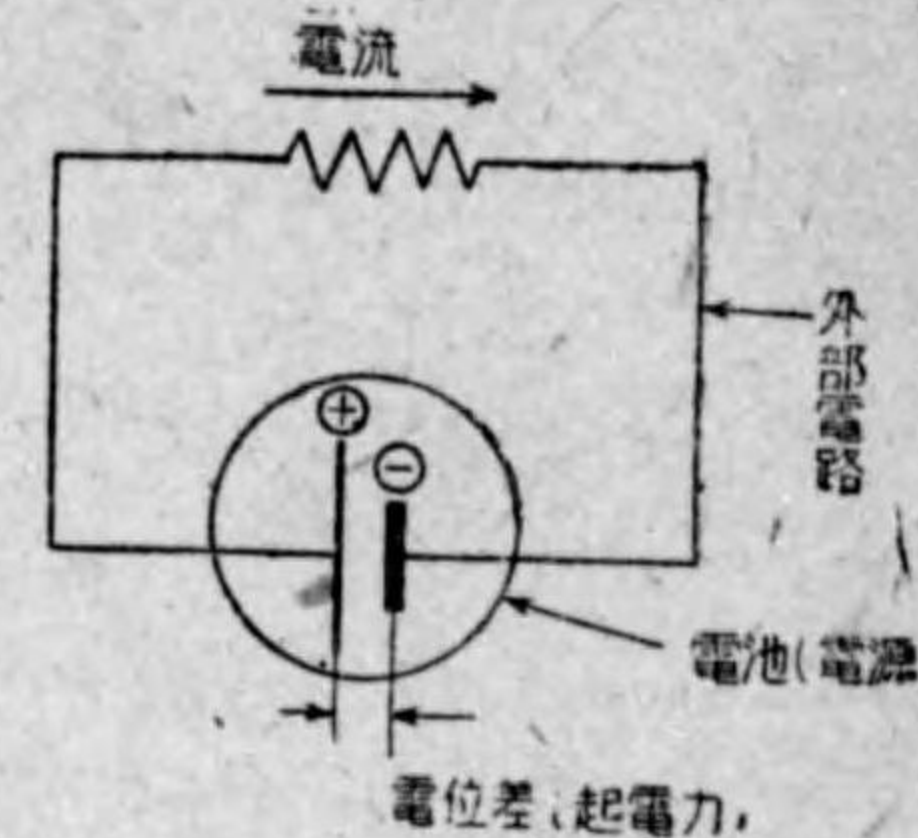
#### 3) 電位差(電壓)

電池の陽極と陰極を導體で接続すると、電荷の移動、即ち電流を生ずる。この場合、陽極は陰極より高電位にありと稱し、その電位の差を電位差といふ。

一般に甲點と乙點とを導體にて結ぶとき、電荷の移動を生ずれば、この二點間に電位差があるといふ。電位差の單位はボルト(記號 V)で、1クーロンの電荷が移動するときなされる仕事は1ジュールなれば、その二點間の電位差を1ボルトと稱す。

#### 4) 電源と起電力

電池又は發電機は、その兩極間に電位差を發生し、電荷の移動、即ち電流を外部電路を通じて流さしめることができる。このやうに電位差を發生せしむる作用を起電力といふ。而して電池、發電機の如く起電力を發生し、電流の根源となるものを電源といふ(第202圖)。起電力の大きさは、これにより發生する電位差、即ち電壓で表はす。



〔第 202 圖〕

電源が電流を流してゐる時は、起電力によつてエネルギーが外部電路に供給されてゐるのである。従つて、このエネルギーに相當するエネルギーを外部から加へなければならぬ。電池は化學的エネルギーにより發電機は機械的エネルギーにより、何れも電氣的エネルギーを發生するものである。

#### 5) 電流の強さ

電線内の或る點を單位時間に通過する電氣量、即ち電荷の量を、その點の電流の強さといふ。即ち毎秒任意の點を1クーロンの電荷が通れば、電流の強さは1アンペア(記號 A)であるといふ。よつて、今、電線内の一點を t 秒間に Q クーロンの電荷が一様な割合で通過するとき、その點に於ける電流の強さは、

$$\text{電流}(I) = \frac{\text{電荷の量}(Q)}{\text{時間}(t)} \text{アンペア} \dots\dots\dots(1)$$

で表はされる。

$$\text{上式より } Q = It \text{ クーロン} \dots\dots\dots(2)$$

これ即ち一定電流  $I$  アンペアの通ずる電線内の任意の一断面を  $t$  秒時間に通過する電氣量である。

大なる電氣量はアンペア時 (記號  $Ah$ ) 及びキロ・アンペア時 (記號  $kAh$ ) なる單位で表はす。

1 アンペア時 =  $60 \times 60 = 3600$  クーロン、これは 1 アンペアの電流が 1 時間通過した電氣量であり、その 1000 倍が 1 キロ・アンペア時である。これ等の單位を用ひると、 $I$  アンペアの電流が通ずる電路内の一断面を  $T$  時間に通過する電氣量は、

$$\begin{aligned} Q &= IT \text{ アンペア時} \dots\dots\dots(3) \\ &= \frac{I}{1000} \times T = \frac{IT}{1000} \text{ キロ・アンペア時} \\ &= I \times 3600 \times T = 3600 IT \text{ クーロン。} \end{aligned}$$

### 6) 電氣抵抗及びオームの法則

物體により電氣を通じ得るものと、得ないものとあり、金屬、鹽、酸、アルカリの水溶液、人體等はその前者であり、乾燥した空氣、硝子、陶器、エポナイト、ゴム、パラフィン等は後者である。金屬等を導體といひ、硝子等を不導體といふ。導體と不導體との區別は電荷の通過を許す程度の差によるのであつて、電荷の通過が非常に困難なるものを不導體又は絶縁體と稱し、導體と區別してゐる。而して導體の内に於ても電荷の通過の程度を異にしてゐる、即ち電流を通し易いものと然らざるものがある。

すべて導體には電流に逆ふ抵抗作用がある。今、導體に  $V$  なる電壓を加へるとき流れる電流  $I$  は一定溫度に於ては常に  $V$  に比例し、従つて  $\frac{V}{I} = R$  なる比は一定な値であるものである。この  $R$  は導體の電流に對する抵抗作用の程度を表はすものであるから、これをその電氣抵抗或は單に抵抗といふ。電氣抵抗の單位をオーム ( $\Omega$ ) といふ。1 オームは電流 1 アンペア通過せしむるに電壓 1 ボルトを要する場合の導體の抵抗値をいふ。よつて、或る導體に  $V$  ボルトの電壓を與へるとき流れる電流を  $I$  アンペアとすれば、その導體の抵抗  $R$  は次式で表はされる。

$$R = \frac{V}{I} \text{ (オーム)} \dots\dots\dots(4)$$

この式を變形すると、

$$I = \frac{V}{R} \text{ (アンペア)}$$

この  $I$  は、抵抗  $R$  オームの導體に  $V$  ボルトの電壓を加へたとき、これを流れる電流である。これからして導體を流れる電流は、その加電壓に比例しその抵抗に逆比例するといへるのである。前式を變形すると、

$$V = IR \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots(5)$$

この  $V$  は抵抗  $R$  オームの導體に  $I$  アンペアの電流を通ずるために加へた電壓を表はす。また、この  $V = IR$  を抵抗  $R$  の電壓降下といふことがある。

上述のやうに電路中の一部分に於ける電壓、電流及び抵抗の間には前式で示すやうな一定の法則が成立つ。これをオームの法則といふ。

金屬體一立方糎の電氣抵抗を比抵抗といひ、金屬體の抵抗を比較したり、また同じ材料の場合はその大きさに對する全抵抗値の算出に用ひられる。

$$[\text{抵抗}] = [\text{比抵抗}] \times \frac{[\text{長さ}]}{[\text{斷面積}]} \dots\dots\dots(6)$$

今、主なる金屬體の比抵抗を小さい順に列べると次のやうである。

銀 → 銅 → 金 → 鐵 → マンガン → ニクロム

電線の抵抗を計算するやうな場合に固有抵抗といふ言葉が用ひられるが、これは電線の單位長さ (1 米) 單位切斷面積 (1 平方糎) の電氣抵抗をいふもので、比抵抗と同じ意味のものである。

### 7) 固有抵抗、導電度及び導電率

固有抵抗は、前述の如く、通常、長さ 1 米斷面積 1 平方糎の抵抗をオームにて表はし、或は 1 立方糎毎の抵抗をマイクロ・オームにて表はす。

固有抵抗の逆數、即ち單位長さ、單位斷面積のコンダクタンスを導電度といふ。

而して、通常導電度を表はすには、純粹の軟銅を標準にとり、その導電度

を 100% とし、これに比較して任意の導体の導電度を百分率にて表はすのである。これを導電率といふ。固有抵抗は温度及び張力等により變り、従つて導電度も變るものである。導電度の標準は下記の如く規定されてゐる。

固有抵抗 20°C に於て長さ 1 米、斷面積 1 平方耗に就き  $\frac{1}{58}$  オーム  
 導電度 20°C に於て長さ 1 米、斷面積 1 平方耗に就き 58 モー  
 さて或る電線の t°C に於ける導電率 p は下式で表はされる。

$$p = \frac{t^\circ\text{C に於ける導電度}}{58} \times 100\%$$

或る長さの電線の抵抗はその長さに比例し、斷面積に逆比例するから、固有抵抗が 1 米 1 平方耗につき  $\rho$  オーム、長さ l 米、斷面積 A 平方耗なる電線の抵抗を R とすれば、

$$R = \rho \frac{l}{A} \text{ オーム} \dots\dots\dots(7)$$

固有抵抗の代りに導電率が與へられれば、その導電率を p% とすれば、前式より、

$$\text{導電度} = 58 \times \frac{p}{100} \text{ (モー)}$$

従つて固有抵抗は

$$\rho = \frac{100}{p} \times \frac{1}{58} \text{ (オーム)}$$

であるから、その抵抗 R は

$$R = \frac{100}{p} \times \frac{1}{58} \times \frac{l}{A} \text{ (オーム)}$$

常用温度に於ける銅線の大約の抵抗を算出する場合には、その固有抵抗を  $\frac{1}{55}$  オームととるのが普通である。

8) コンダクタンス

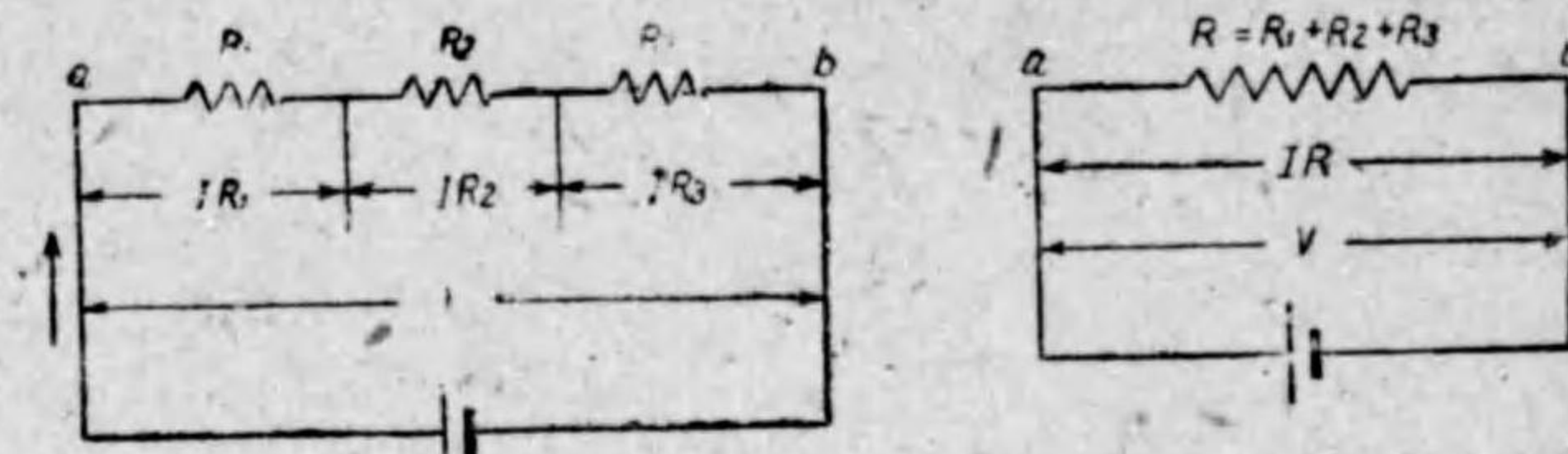
抵抗の逆数をコンダクタンスといひ、單位をモーといふ。即ち抵抗 R オームの導体のコンダクタンスを g モーとすれば、次の關係がある。

$$g = \frac{1}{R} \text{ (モー)} \quad R = \frac{1}{g} \text{ (オーム)} \dots\dots\dots(8)$$

コンダクタンスは導体の電流通過を許す程度を表はすものである。

9) 抵抗の直列接続

第 203 圖に示す如く、數個の抵抗が次に縦列式に接続されて、電流が各抵抗内を順次に流れるやうになつてゐるとき、これ等の抵抗は直列に接続さ



〔第 203 圖〕 抵抗の直列接続

れてゐるといふ。

今、上圖の如く  $R_1, R_2, R_3$  なる 3 個の抵抗を直列に接続したときの合成抵抗 R を求めてみよう。

ab 間に V ボルトの電壓を加へると電流 I は  $R_1, R_2$  及び  $R_3$  を順次に通る。従つて各抵抗を流れる電流の強さは同一である。また、この場合の各抵抗の兩端の電壓を夫々  $V_1, V_2$  及び  $V_3$  ボルトとすれば、オームの法則により

$$V_1 = IR_1, \quad V_2 = IR_2, \quad V_3 = IR_3 \dots\dots\dots(イ)$$

然るに  $V = V_1 + V_2 + V_3$

$$\text{故に} \quad V = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

ab 間の合成抵抗を R オームとすれば、

$$V = IR \dots\dots\dots(ロ)$$

故に  $IR = I(R_1 + R_2 + R_3)$

$$\text{故に} \quad R = R_1 + R_2 + R_3$$

一般に n 個の抵抗  $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  を直列に接続した場合の合成抵抗は各抵抗の總和に等しい。即ち

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

故に  $R = \sum R_0$  .....(9)

上式に於て  $\Sigma$  はシグマと読み、總和の意である。

今、もし  $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n$  ならば、  
 $R = nR_0$ 。但し  $n$  は抵抗の個数。

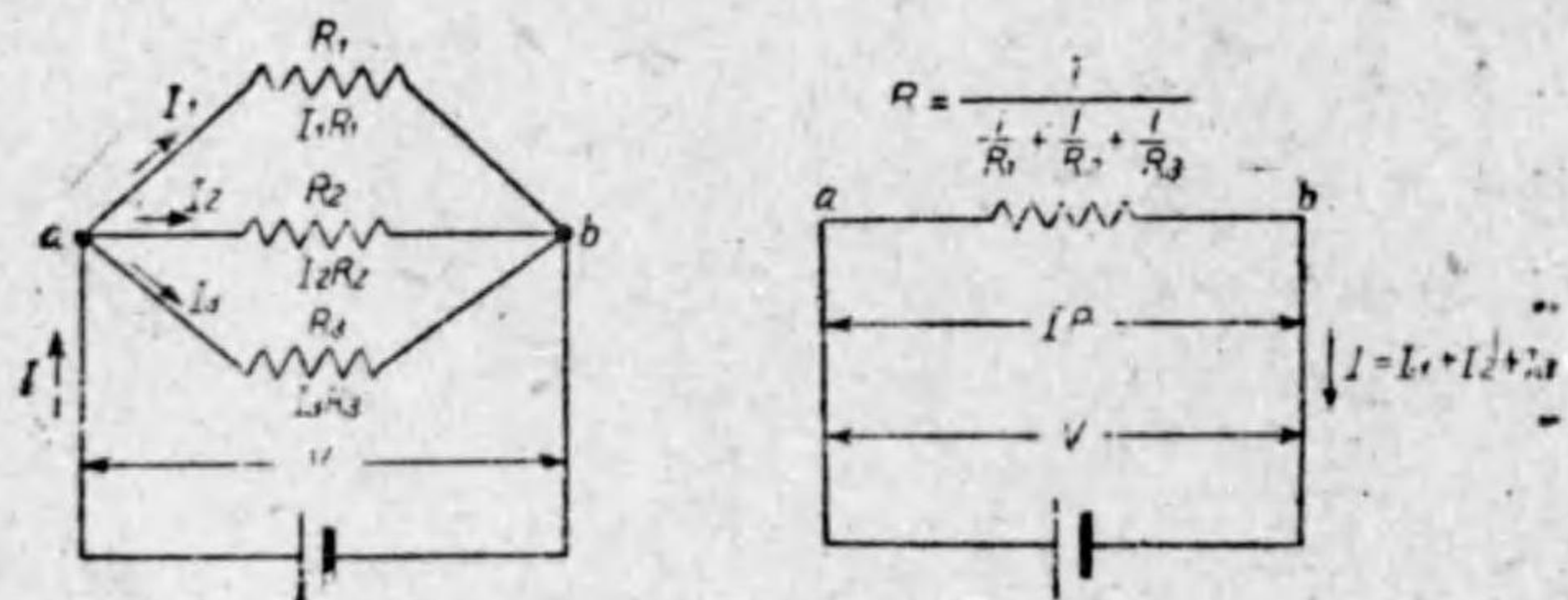
次に直列接続の場合の各抵抗の両端の電圧は、(イ)(ロ) 兩式より

$V_1 : V_2 : V_3 : V = IR_1 : IR_2 : IR_3 : IR$   
 $= R_1 : R_2 : R_3 : R$

故に  $V_1 = \frac{R_1}{R} V, V_2 = \frac{R_2}{R} V, V_3 = \frac{R_3}{R} V$

10) 抵抗の並列接続

第204圖に示す如く、數個の抵抗が横列的に接続され、各抵抗が何れも同電圧を加へられるやうな接続法を並列接続といふ。



〔第204圖〕 抵抗の並列接続

この場合、各抵抗が電流の分れ路をなすものであつて、各抵抗値が異なれば各部を流れる電流は異なるのである。

今、上圖の如く、 $R_1, R_2$  及び  $R_3$  オームの3個の抵抗を並列に接続し、その兩端  $ab$  間に  $V$  ボルトの電圧を與へたとき、 $R_1, R_2, R_3$  を通ずる電流を夫夫  $I_1, I_2, I_3$ 、アンペアとすれば、オームの法則により

$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I_3 = \frac{V}{R_3}$  ..... (イ)

然るに  $a$  に流入する電流を  $i$  アンペアとすれば、 $I$  が  $a$  點で分れて  $I_1,$

$I_2, I_3$  となつて各抵抗を通るから、 $I$  は  $I_1, I_2, I_3$  の和に等しい。即ち

$I = I_1 + I_2 + I_3$

故に  $I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$

今、 $ab$  間の合成抵抗を  $R$  オームとすれば、

$I = \frac{V}{R}$  ..... (ロ)

故に  $\frac{V}{R} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$

故に  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

一般に  $n$  個の抵抗を並列に接続したときの合成抵抗の逆数は各抵抗の逆数の和に等しい。即ち合成抵抗を  $R$  とすれば、

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$

$\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_0}$

従つて合成抵抗は、

$R = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_0}}$  .....(10)

もし等しい抵抗を  $n$  個並列に接続すれば、その合成抵抗は1個の抵抗を  $R_0$  とすれば、

$R = \frac{R_0}{n}$  (オーム)

次に並列接続の場合の各抵抗の電流は、前記(イ),(ロ) 兩式より、

$I_1 : I_2 : I_3 : I = \frac{V}{R_1} : \frac{V}{R_2} : \frac{V}{R_3} : \frac{V}{R}$   
 $= \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \frac{1}{R}$

これより  $I_1 = \frac{R}{R_1} I, I_2 = \frac{R}{R_2} I, I_3 = \frac{R}{R_3} I$

11) キルヒホッフの法則

複雑なる電路，所謂，導線網の各部に起電力が存在して，これに電流が流れてゐるとき，各部の電流はキルヒホッフの法則を用ひて求めることができる。この法則は第一法則と第二法則より成立つてゐる。

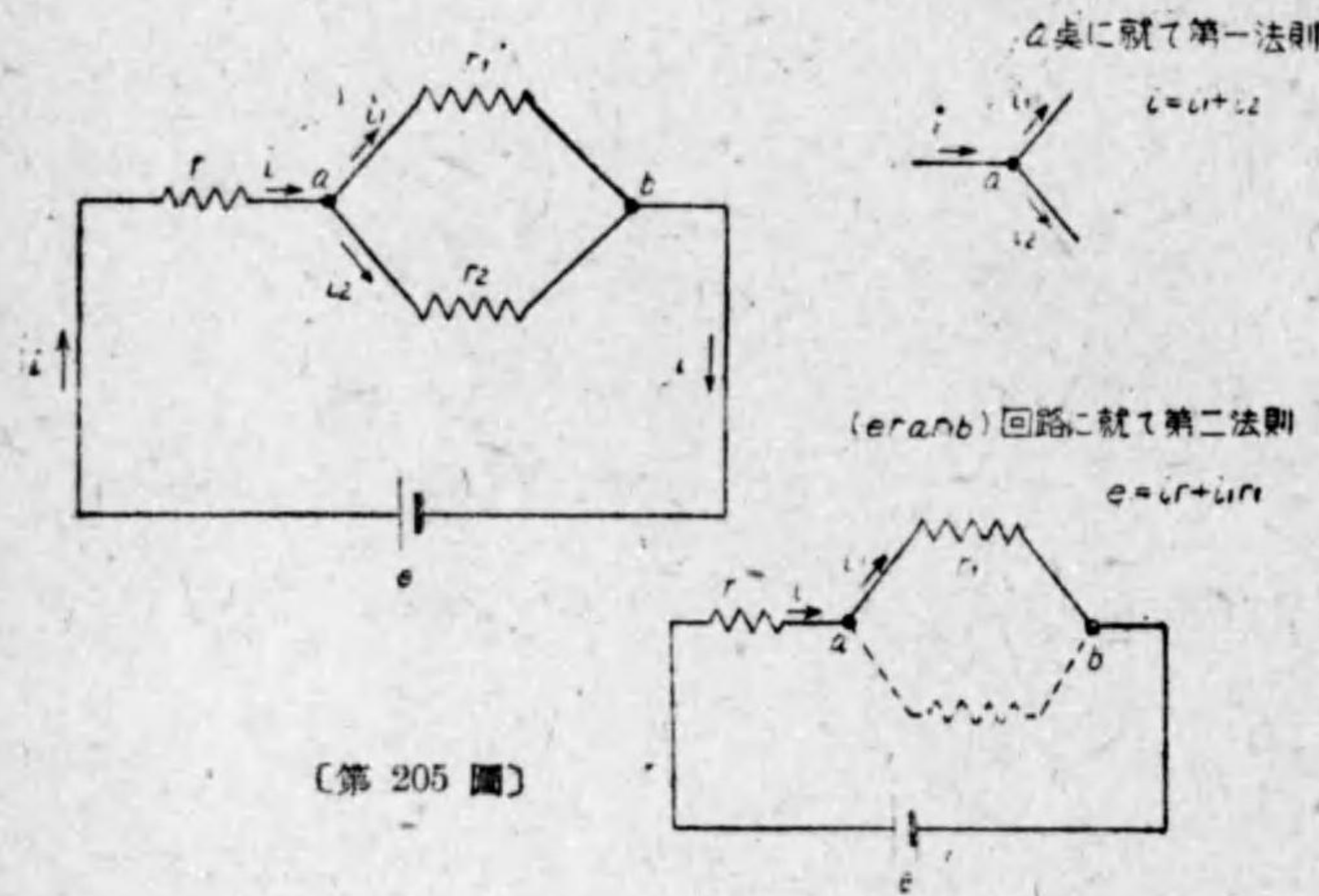
**第一法則** 導線網中の任意一點に流入する電流の和は，この點から流出する電流の和に等し。即ち，これを換言すれば，任意一點に集合する電流の代数式總和は零である。これを式で示せば次の如し。

$$\sum i = 0 \dots\dots\dots(11)$$

今，第 205 圖の a 點に就てこの法則を適用すれば，

$$i_1 + i_2 = i$$

或は  $i_1 + i_2 - i = 0$



〔第 205 圖〕

**第二法則** 導線網中の任意の一回路に就て，その電路中の各部分の電壓降下の代数和は，その電路中に存在する起電力の總代数和に等し。この法則を式にて示せば次の如し。

$$\sum ir = \sum e \dots\dots\dots(12)$$

今，第 205 圖の [e, a, r, b] 閉回路に就てこの法則を適用し，矢印の方向に計算すれば，下記の式が成立つ。

$$ir + i_1r_1 = e$$

また [r, a, r, b] 閉回路に就て第二法則を應用すれば，下式が成立つ。

$$i_2r_2 - i_1r_1 = 0$$

12) 電力及び電力量

電氣がなす仕事の量を電力量といひ，單位時間の電力量，即ち時間に對する電力量の割合を電力といふ。

電力量の單位にはジュールを用ひ，大なる電力量はワット時 (記號 Wh) 又はキロ・ワット時 (記號 kWh) なる單位で表はす。

$$1 \text{ ワット時} = 3600 \text{ ジュール}$$

$$1 \text{ キロ・ワット時} = 1000 \text{ ワット時}$$

1 ボルトの電位差のある二點間を 1 クーロンの電荷が移動するときの電力量は 1 ジュールだから，V ボルトの一定電位差のある二點間を Q クーロンの電荷が移動すれば，この場合の電力量は，

$$W = VQ \text{ (ジュール)} \dots\dots\dots(13)$$

である。また I アンペアの不變電流が V ボルトの一定電位差のある二點間を t 秒又は T 時間通じた場合の電力量は，

$$W = VIt \text{ (ジュール)} \dots\dots\dots(14)$$

$$W = VIT \text{ (ワット時)}$$

$$W = \frac{VIT}{1000} \text{ キロ・ワット時}$$

一方電力の單位はワット (記號 W) が用ひられ，大なる電力の單位にはキロ・ワット (記號 kW) が用ひられる。

今，或る回路に V ボルトの電壓を與へた時，I アンペアの電流が t 秒間流れたときなされる仕事の量，即ち電力量を W ジュールとすれば，その電力は，

$$P = \frac{W}{t} \text{ (ワット)} \dots\dots\dots(15)$$

前式より  $W=VIt$  (ジュール) だから  $P=\frac{W}{t}=VI$  (ワット). 即ち  $V$  ボルトの電圧により  $I$  アンペアの電流が流れたときの電力は,

$$P=VI \text{ (ワット)} \dots\dots\dots(16)$$

[電力]=[電圧]×[電流] で表はされる.

1 キロ・ワットは 1000 ワットであるから,  $P$  ワットは  $\frac{P}{1000}$  キロ・ワット, 即ち  $\frac{VI}{1000}$  キロ・ワットで表はされる.

13) 電流による発熱作用, ジュールの法則

抵抗  $R$  オームの導体に  $V$  ボルトの電圧を加へたとき, この導体に  $I$  アンペアの電流を通じたとすれば, 導体に供給される電力  $P$  は  $VI$  ワットである. この式にオームの法則を表はす関係式を代入して  $P=VI$  式を變形すれば, 次の如くなる.

$$\begin{aligned} P &= VI = I RI \\ &= I^2 R \dots\dots\dots(17) \\ &= \left(\frac{V}{R}\right)^2 R = \frac{V^2}{R} \end{aligned}$$

従つて  $t$  秒間にこの導体に於て發生される熱のエネルギーは,

$$W = I^2 R t \text{ (ジュール)}$$

である. 即ち導体を電流が通る際發生される熱量は, 電流の自乗, 抵抗及びその電流の通じた時間の相乗積に比例する. これを **ジュールの法則** といふ.

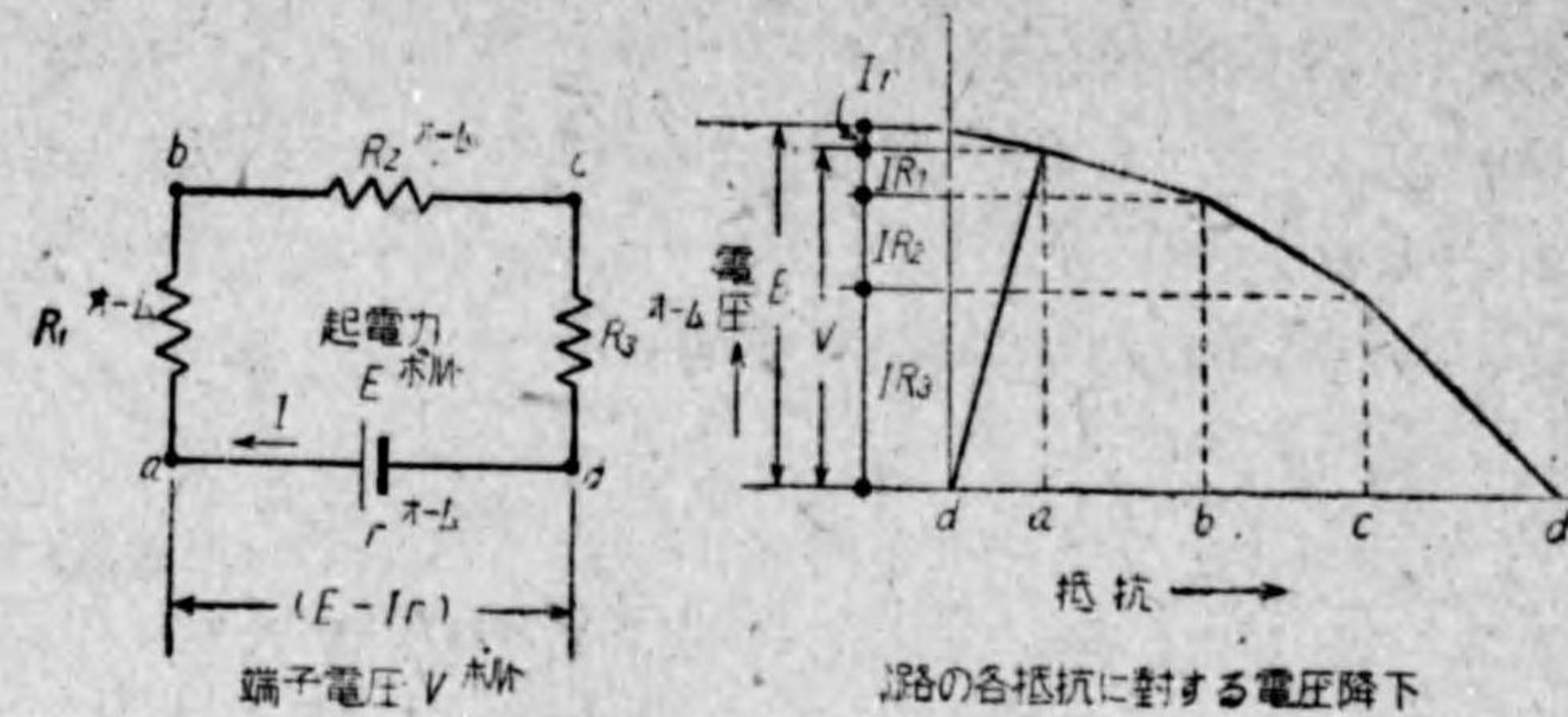
1 カロリの熱量は 4.184 ジュールの仕事に相當するから上記の場合に發生する熱量  $H$  は

$$\begin{aligned} H &= \frac{I^2 R t}{4.184} \\ &\approx 0.24 I^2 R t \text{ (カロリー)} \dots\dots\dots(18) \end{aligned}$$

この熱量をジュール熱といふ.

14) 電源の内部抵抗と端子電圧

第 206 圖に示すやうに電源の陰陽兩端子  $a$  及び  $d$  を合成抵抗オームの抵抗負荷で閉回路を作ると, 同圖に示す電流が流れる. この場合電源も電流に對



[第 206 圖]

して或る抵抗をもつてゐる. この電源自身の抵抗を内部抵抗といふ. 故に, この電路に  $I$  アンペアの電流が通じてゐる時は, この電路に要する全電圧はオームの法則により

$$\text{(全電圧)} = I(r+R) \text{ (ボルト)}$$

でこれだけの電圧が電源によつて發生されてゐる. 即ち電源の起電力はこれだけである. よつて起電力を  $E$  ボルトとすれば,

$$E = I(r+R)$$

故に 
$$I = \frac{E}{r+R}$$

また上式を變形して

$$IR = E - Ir$$

この  $IR$  は負荷の合成抵抗  $R$  の兩端  $ad$  間の電圧である. 然るに  $a$  及び  $d$  は, また電源の兩端子の電圧であるから, これを電源の端子電圧といふ. これを  $V$  とすれば,

$$V = E - Ir \text{ (ボルト)}$$

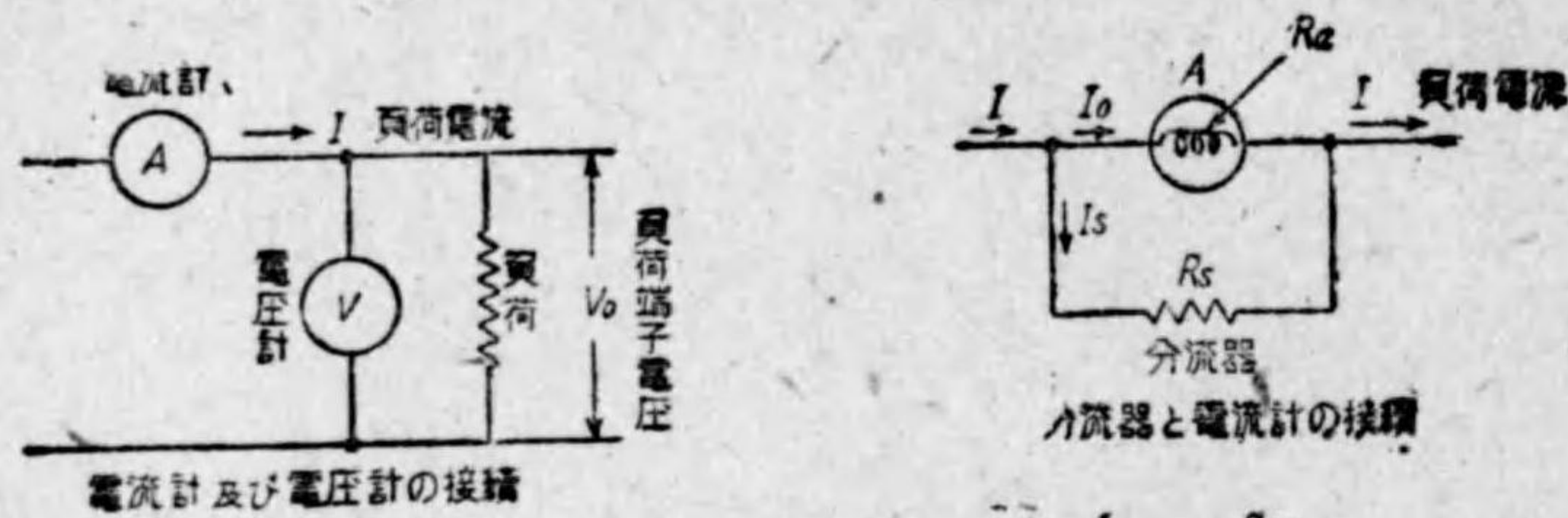
この  $Ir$  ボルトを電源の内部降下といふ.

また負荷抵抗による電圧降下, 即ち負荷の兩端の電圧  $IR = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR_1 + IR_2 + IR_3$  (ボルト) の各項  $IR_1$ ,  $IR_2$ ,  $IR_3$  を各負荷に於ける電圧降下といふ. (第 206 圖).



15) 電圧計、電流計及び倍率

電圧計は電圧を測定する計器で、電圧を測定せんとする電路の二点間に接続する。電流計は電流を測定せんとする計器で、測定せんとする電流が通るやうに接続する。即ち兩計器の接続法は第 207 圖の如く接続するのである。



分流器の倍率 =  $\frac{I}{I_0} = 1 + \frac{R_0}{R_s}$

倍率器の倍率 =  $\frac{V_0}{V_m} = 1 + \frac{R}{R_m}$

〔第 207 圖〕

電圧計及び電流計にはそれ等の計器だけでは直接測定できないやうな大きい電圧又は電流を測定する場合には、電圧計に於て倍率器を用ひ、電流計に於ては分流器を用ひる。而して測定せんとする電圧(又は電流)と電圧計(又は電流計)の最大目盛との比を倍率と稱する(第 207 圖)。

16) 熱電流

種類の異なる 2 本の金属にて作られたる閉回路の二つの接合點に温度の差を生ぜしめた場合、この回路に電流が流れる現象をシーベック効果といふ。この異種金属の組合せを熱電體といひ、その起電力及び電流を夫夫熱起電力及び熱電流といふ。

起電力の方向と大きさは二つの接合點の温度によつて定まるもので、その温

度差のみで定まるものではなく、また接合點以外の部分の温度には無關係である。

熱電對を構成する二金属の接合點に於ける起電力の方向は金属の組合せにより一定せるものであつて、次の如き各種金属の配列にありては、起電力は上位のものより下位のものに向ふものであることが實驗された。

蒼鉛、白金、銅、鉛、錫、金、銀、亞鉛、鐵、アンチモニ。

熱電氣現象は熱電流計等に應用される。

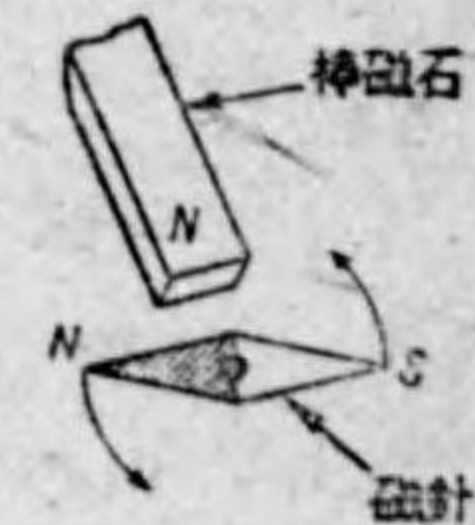
第二節 磁氣及び電氣磁氣

1) 磁石及び磁氣

磁石は鐵粉、小鐵片等の輕き鐵片を吸引し、他の磁石との間に吸引力又は反撥力を發生する性質がある。斯の如き性質の根源を磁氣と稱し、磁氣を有するものを磁石といひ、磁石に原因する各種の作用を磁氣作用と稱す。

2) 磁極相互間の作用及びクーロンの法則

磁石が磁氣作用を發生する部分、即ち棒磁石或は馬蹄形磁石の兩端を磁極と稱し、その磁極の性質は兩端異なるもので、一方を陽極或は北極、他方を陰極或は南極と稱し、この兩者を夫夫 N 及び S 或は + 及び - なる符號を以て表はす。2 個の磁石をとり、兩者の磁極を互ひに接近せしめると、同種の磁極は互ひに相反撥し、異種の磁極は互ひに相吸引する作用を生ずる。この磁極相互間の作用は種種の磁氣作用の根本になる重要な特性である(第 208 圖)。磁極の強さは 2 個の磁極間に作用する力の大小を以て表はす。



〔第 208 圖〕

この力の大きさは、それ等磁極の強さの相乗積に正比例し、相互間の距離の自乗に逆比例するものである。これをクーロンの法則と稱し、次式で表はされる。

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ 或は } F = K \frac{m_1 m_2}{r^2} \dots \dots \dots (19)$$

但し

$F$  = 力の大きさ,

$m_1, m_2$  = 各極の強さ

$r$  = 各磁極間の距離 (cm)

$K$  = 磁極の強さの単位によつて定まる定数.

磁極の強さの単位は空気中に於て距離 1 cm の間隔に置かれた同一の強さの微小磁極の間に作用する力が 1 ダインなるとき、その磁極の強さを C. G. S. 電磁単位の単位磁極と定める.

### 3) 磁界及び磁界の強さ

一磁石の磁気作用を及ぼす空間を磁界と稱する. 磁界の或る點に微小  $N$  極を持ち來つたとき、これに作用する力の方向を以てその點の磁界の方向と定める (第 209 圖). また或る點の磁界の強さは、その點に單位磁極を持ち來つたとき、これの受ける力のダイン數にて定める. 従つて、その力が  $H$  ダインならば、その點の磁界の強さは  $H$  である. 今、強さ  $m$  なる微小磁極が空気中にあるとき、これより  $r$  cm の點の磁界の強さは、クーロンの法則により、

$$H = \frac{m}{r^2} \dots\dots\dots (20)$$

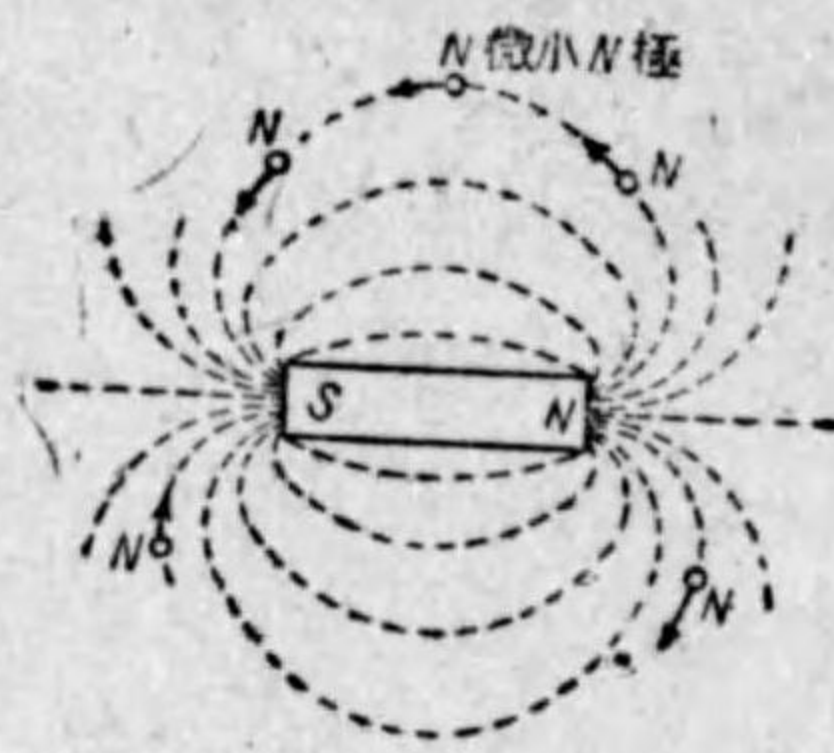
であり、その點に強さ  $m'$  なる他の微小磁極を持ち來るときは、

$$F = m' H \text{ ダイン}$$

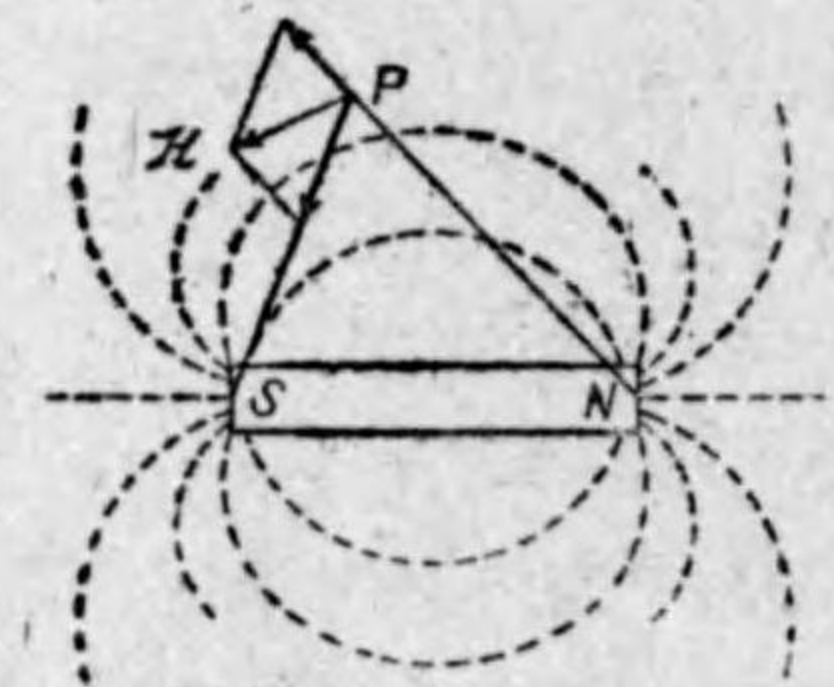
なる力が  $m, m'$  兩極間に作用するのである (第 210 圖).

### 4) 磁極より發する全磁束

各種の磁気作用は、第 211 圖の如く、 $N$  極より發生し、空間を通り  $S$  極及び自己體內を通つて  $N$  極に連續せる磁線を假定し、この磁線の性質が各種の

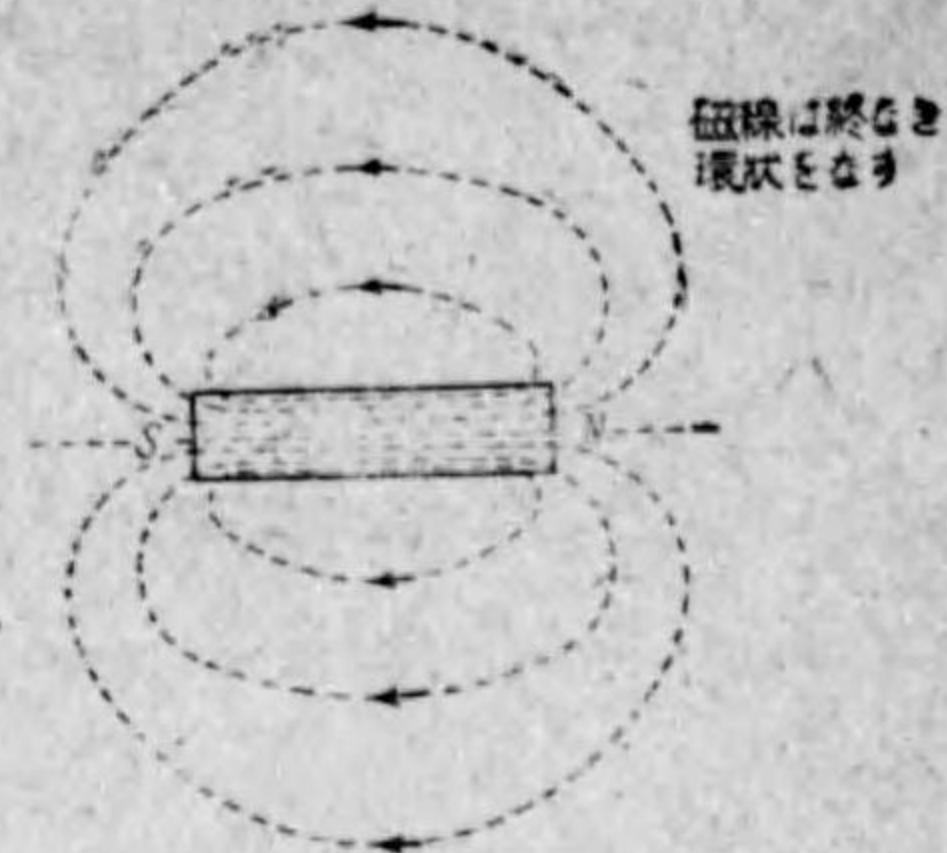


〔第 209 圖〕



〔第 210 圖〕

氣作用を生ずると考へると便利である. 故に磁石からは磁線が發生するものといふことができる. この磁線を束にしたものを磁束と稱す. また磁線は、磁極外に於ては  $N$  極より  $S$  極に至り、磁石内に於ては  $S$  極より  $N$  極に至つて完全なる環状をなせるものと考えられ、これを磁線が磁路をなすと稱する.



〔第 211 圖〕

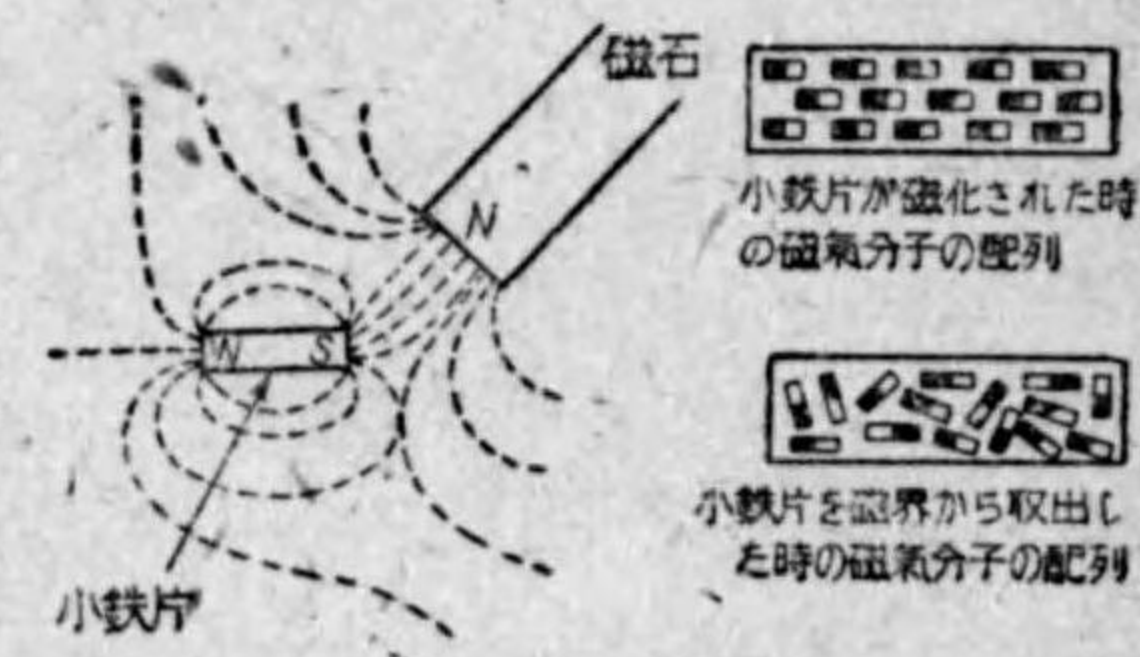
空気中に於ける強さ  $m$  なる微小磁極より發生する總磁束は次式で表はされる. 今、磁極の中心より  $r$  cm の磁界の強さは  $H = \frac{m}{r^2}$  である. 空気中なるにより、これはその點の磁線の密度即ち磁束密度である. 故に總磁束は、

$$4\pi r^2 \times \frac{m}{r^2} = 4\pi m \text{ (マックスウェル)} \dots\dots\dots (21)$$

である. 上式中の  $4\pi r^2$  は半径  $r$  cm の球の表面積を表はす式である. 因に磁束密度 ( $B$ ) は單位面積を通ずる磁線數である. 空気中に於ては  $B = H$  ガウスである.

### 5) 磁氣誘導作用と磁氣分子説

第 212 圖の如く、小鉄片の近くへ或る磁石を持ち來ると、その鉄片は磁石となり、磁石を遠ざけると、その鉄片は磁氣を失ひ、ただの鉄片となる. 斯の如き作用を磁氣誘導作用といひ、鉄片は磁化されたと稱す. 而して接近させた磁極に近き端にその磁極と異種の磁極を生じ、他端には同種の磁極が生ずるのである. 今この作用を磁氣分子説によつて説明しよう.



〔第 212 圖〕

ただの鉄片も磁氣分子により成立つてゐるものと考へられるが、外部に向つて磁氣作用を現はさないのは各分子

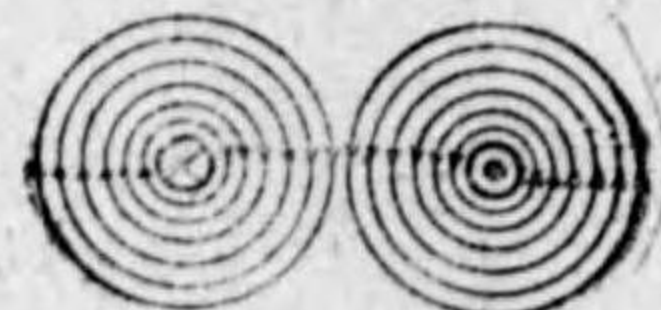
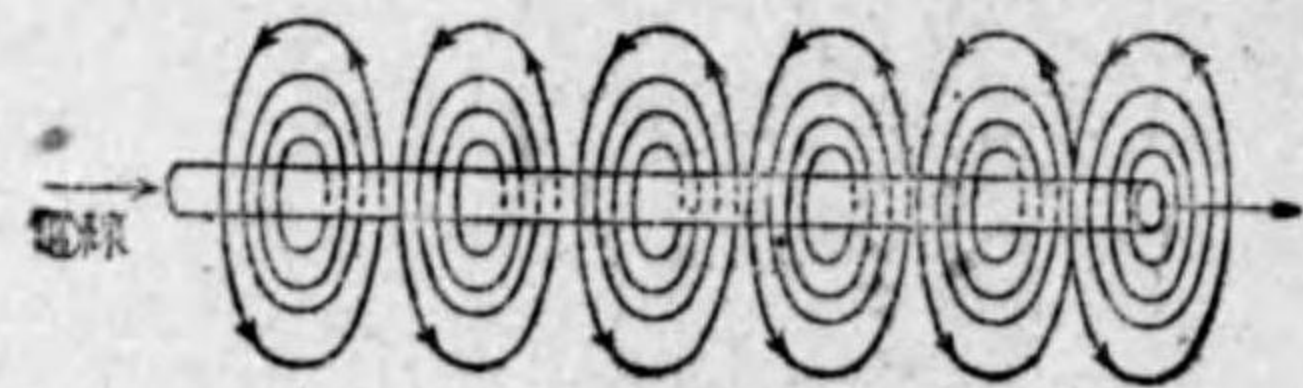
が雑然とした排列になつてゐて互ひに磁氣作用を打消し合ひ、全體として何等その作用を現はさないのである。今、この鐵片を磁界内に置くときは、鐵の内部に磁界が生じ磁線が通するのである。さうすると、鐵の磁氣分子は磁線の方向にN極を向けて排列するのである。従つて、この鐵片は磁石となるのである。然るに、この鐵片を磁界外に取出すと、各磁氣分子を一定方向に排列せんとする強制力、即ち磁化力が消失し、磁氣分子は元のやうな雑然たる排列となり、磁氣を失ふのである。鐵片が磁化力により磁化されて或る強さの磁極となる程度は磁化力の強さによるものであるが、磁化力を或る強さ以上に強めても鐵片が磁化される強さには限度がある。而して最早それ以上強く鐵を磁化し得ざる状態を磁氣飽和と稱する。また磁界内に持ち來れるただの鐵片を、磁界外に取出し、仔細に檢べると、多少の磁氣が残留することが實驗される。斯の如き性質を鐵の保磁性と稱し、後に残れる磁氣を残留磁氣と稱する。この残留磁氣の多少は鐵の質により異なるもので、鑄鐵、鍛鐵、軟鋼は少く、炭素含有量の多い鋼ほど大きいのである。

6) 電磁作用

第213圖の如く南北の方向に静止せる磁針の上部或は下部にこれと平衡に電線を置き、この電線に直流を通すと、磁針は或る方向に振れを生ずる。この振れる方向は電流の方向によつて定まるものである。斯の如く電流が通ると磁氣作用が現れるもので、この作用を電磁作用と稱する。電流により磁氣作用が現れるのは、電流が通じた電線の周圍に磁線が生じたからである。即ち電流により電線



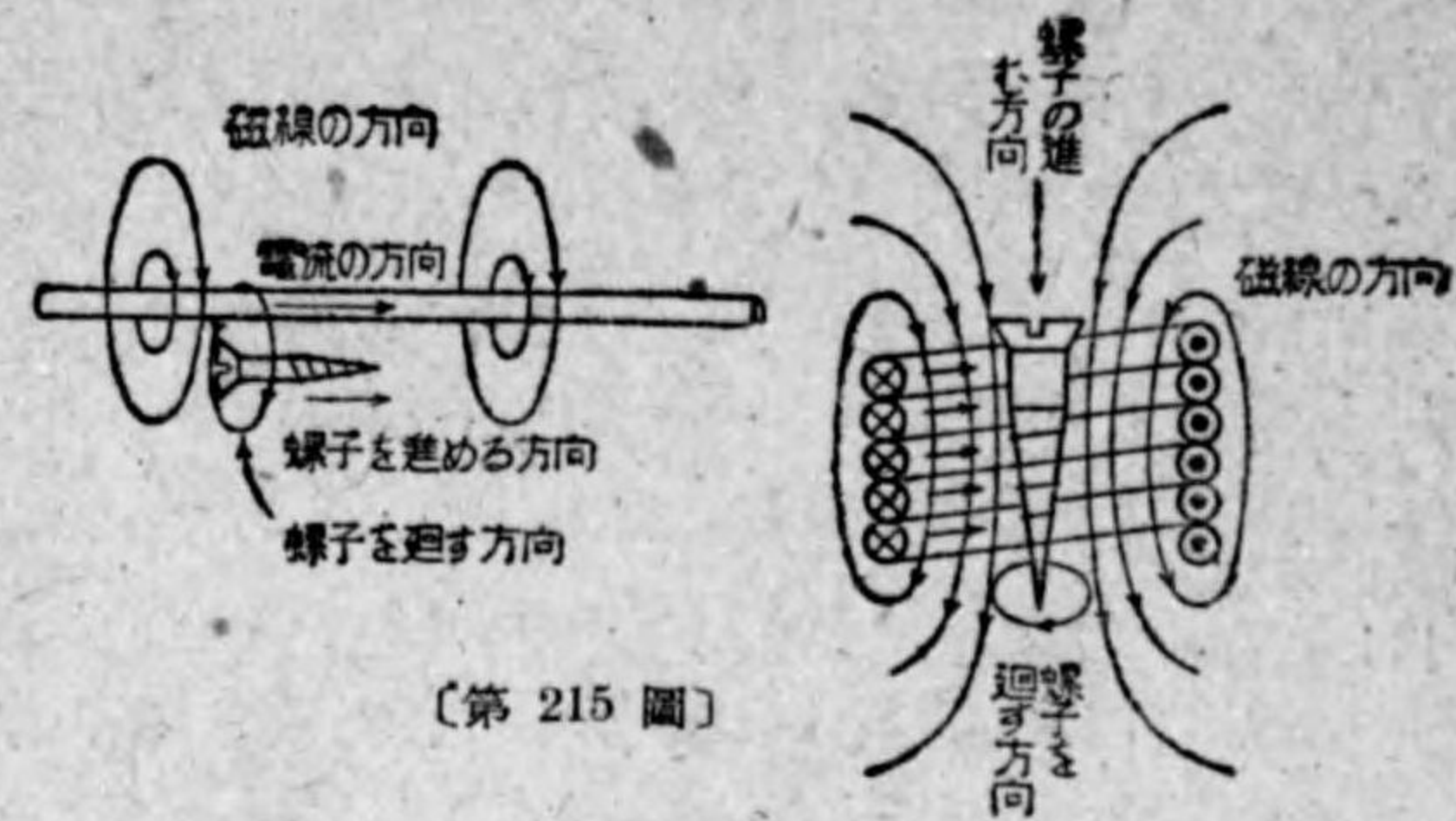
〔第213圖〕



〔第214圖〕

である。即ち電流により電線

の周圍が磁界となりたるためである。この電流が通じた電線の周圍の磁界の状態は、第214圖の如くである。また何れの場合に於ても電流の

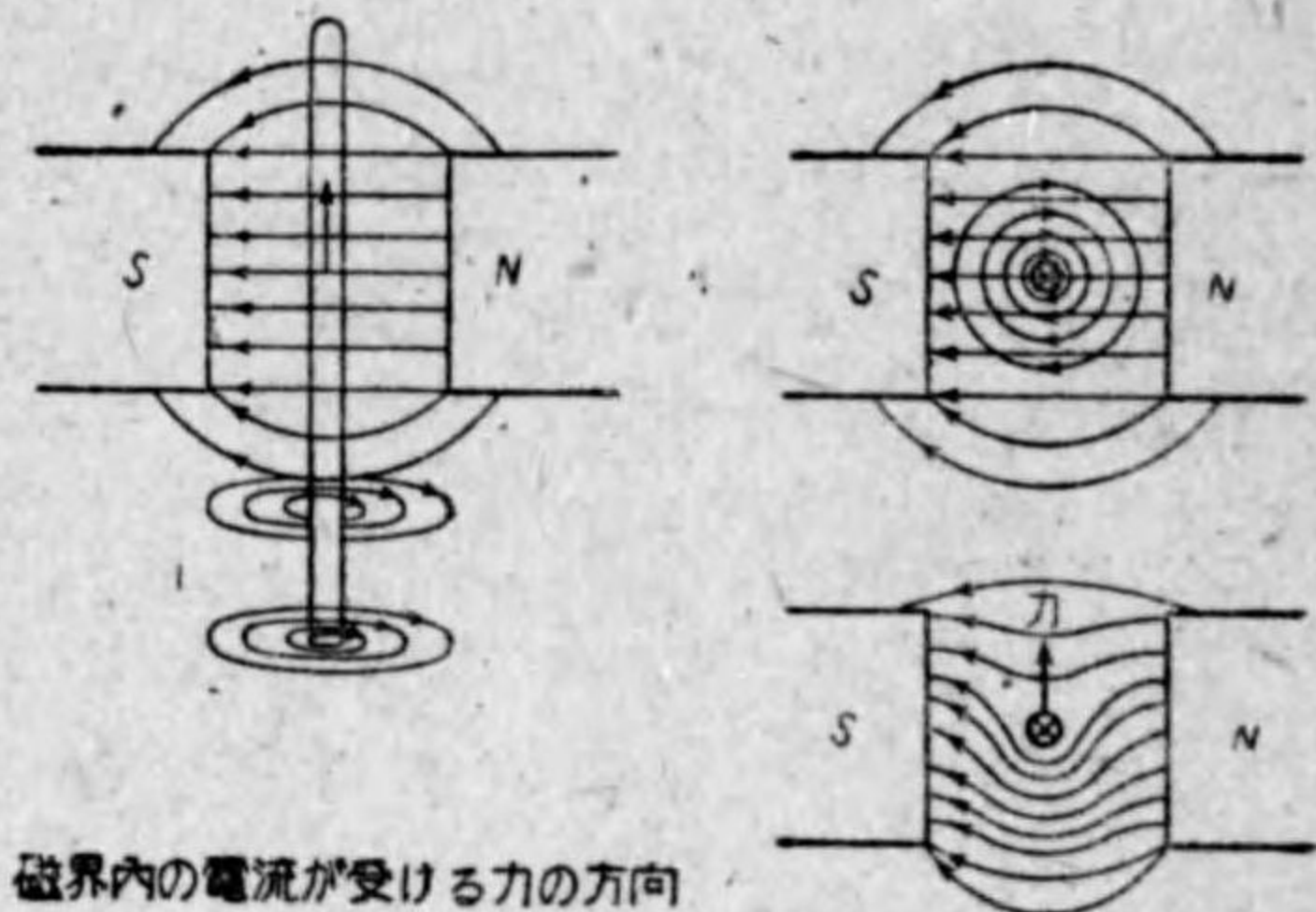


〔第215圖〕

方向と磁界の方向との關係は右螺子の規則に従ふものである(第215圖)。

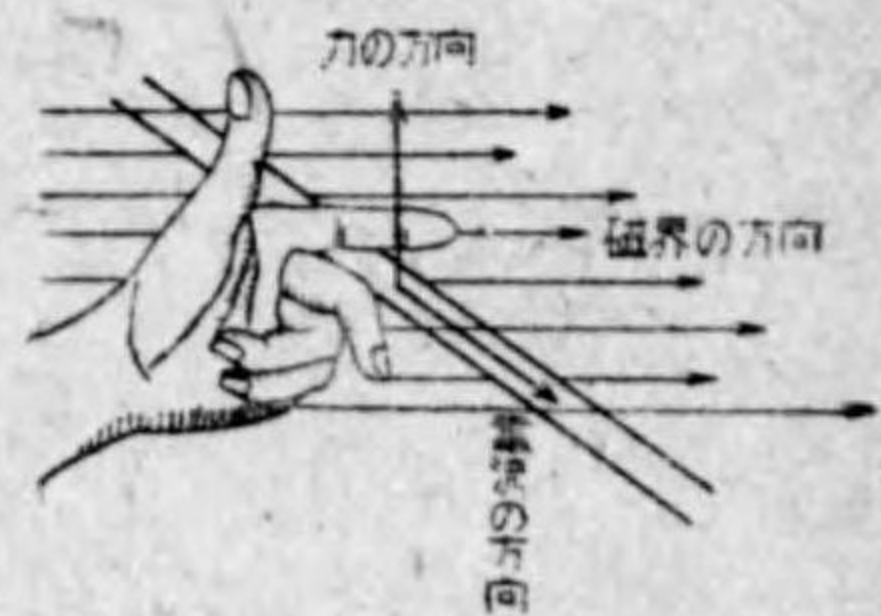
7) 磁線と電流との相互間に作用する力

第216圖の如く、磁石のN、S兩極間に作られた磁界内に真直な電線を置き、これに電流を通すと、磁界は電流による磁線のために同圖の如く電流の通じない場合と異なり、電線の上下兩方に於て疎密を生じ、磁界内の電流が受ける力の方向のために電線は下方に動かされんとする力を生ずるのである。このやうに電流と磁界と力の三者の方向の關係は第217圖のやうな左手三指の規則によつて表はすことができる。これをフレミングの左手三指の法則といひ磁界内に於ける電線の受ける力の方向を定めるのに便利なものである。また電流と電流との間に作用する力の方向もフレミングの左手三指により



〔第216圖〕

ある。このやうに電流と磁界と力の三者の方向の關係は第217圖のやうな左手三指の規則によつて表はすことができる。これをフレミングの左手三指の法則といひ磁界内に於ける電線の受ける力の方向を定めるのに便利なものである。また電流と電流との間に作用する力の方向もフレミングの左手三指により



左手三指の法則

〔第217圖〕

定めることができる。

8) 電流の単位

磁界内にある電流には力が働く。この力の大きさ  $F$  は直線的電流の長さ 1 厘につき次式を以て示される。

$$F = KIH \sin \theta \dots\dots\dots (22)$$

但し

$H$  = 磁界の強さ

$I$  = 電流の強さ

$K$  = 比例常数

$\theta$  = 電流の向と磁界の向との角度

電磁単位に於ては  $H=1$  ギルバート/厘、 $\theta=\frac{\pi}{2}$  なるとき力が 1 ダインなる場合の電流を単位電流と定める。これを電磁アンペアと稱する。電流の實用單位アンペアは電磁アンペアの  $\frac{1}{10}$  に等しい。従つて、これ等の單位を採用すれば、 $K=1$  となり、上式は

電磁單位  $F = IH \sin \theta$  (ダイン/厘)

實用單位  $F = \frac{1}{10} IH \sin \theta$  (ダイン/厘).....(23)

にて表はされる。

9) 起磁力及びその單位

起磁力とは磁線を發生してこれを一定回路に通過せしめ得る能力をいふ。

今、或る線輪があつて、これに電流を通ずると、磁線を生ずる。この場合の起磁力は電流及び線輪の巻數に正比例して増加する、即ち線輪を通じる電流  $I$  と巻數  $n$  との積に正比例する。この  $(I, n)$  を線輪のアンペア・ターンと稱する。前記起磁力及びアンペア・ターンは次式で表はされる。

$$F = \frac{4\pi}{10} In \text{ (ギルバート)}$$

故に  $In = F \frac{10}{4\pi}$  (アンペア・ターン).....(24)

10) 電磁誘導

電線が磁線を切ると起電力を發生する。如何なる原因に於ても導體と切れ合ふ磁線が變化すれば、その導體に起電力を發生する。斯の如き作用を電磁誘導と稱し、またこの時の起電力を誘導起電力と稱し、電氣導體が  $t$  秒間に  $n$  回磁線を切るときの誘導起電力  $E$  は、常に、

$$E = \frac{n}{t} \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots (25)$$

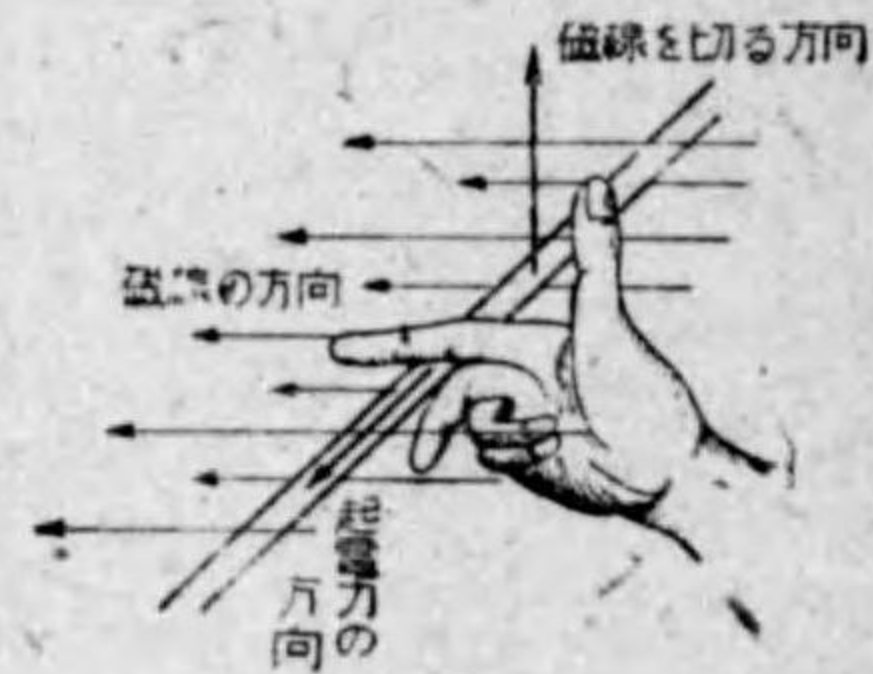
であつて、導體が磁線を切る速さが  $10^8$  回/秒なるときに 1 ボルトの割合で起電力が誘導されるものである。上式により毎秒の磁線を切る割合が一定の場合は次式を以て各瞬間の起電力の値を示すことができる。

(誘導起電力の瞬時値) = (磁線を切る速さの瞬時値)  $\times 10^{-8}$  (ボルト)

11) 誘導起電力の方向

磁界内に於て導體を動かすとき、これに誘導する起電力の方向は第 218 圖の如く右手三指の法則によつて示すことができる。即ち右手の拇指、食指及び中指の三指を互ひに直角になるやうに伸し、

拇指を電線が磁線を切る方向、食指を磁線の方に一致せしめると、中指の方向が必ず誘導起電力と一致するものである。これをフレミングの右手三指の法則といふ。また誘導起電力の方向に關してレンツの法則と稱する法則がある。即ち或る回路の誘導起電力は、その回路に電磁誘導作用を發生せしむるため



右手三指の法則

[第 218 圖]

に加へたる作用を阻止せんとする反作用を生じ得る方向を有するといふのである。

12) 平等磁界内を電線が運動する場合の誘導起電力

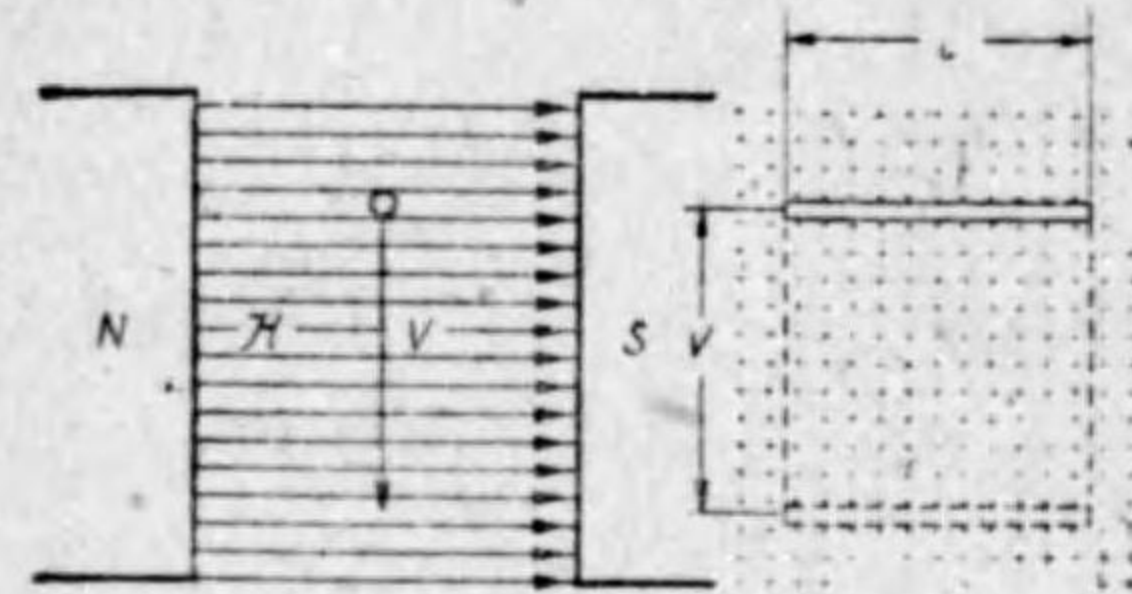
空中に於て強さ  $H$  なる平等磁界内に長さ  $l$  厘の眞直ぐな電線が磁線と垂直にあつて、この電線が電線及び磁線に直角な方向に  $V$  厘/秒の不變速度を以て動いてゐるとすれば、毎秒  $l$  厘の長さの電線に誘導する起電力は、

$$E = HVl \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots (26)$$

或は  $E = BVl \times 10^{-8} \text{ (ボルト)}$

なる式にて表はされる (第 219 圖).

次に電線の動く方向が (第 220 圖) のやうだとすれば, この場合の誘導起電力  $E$  は次式で示し得るのである.



$N = l$  平方厘の磁線数 (平等磁界の強さ)  
 $Vl = l$  秒間に動く面積 (平方厘)

[第 219 圖]

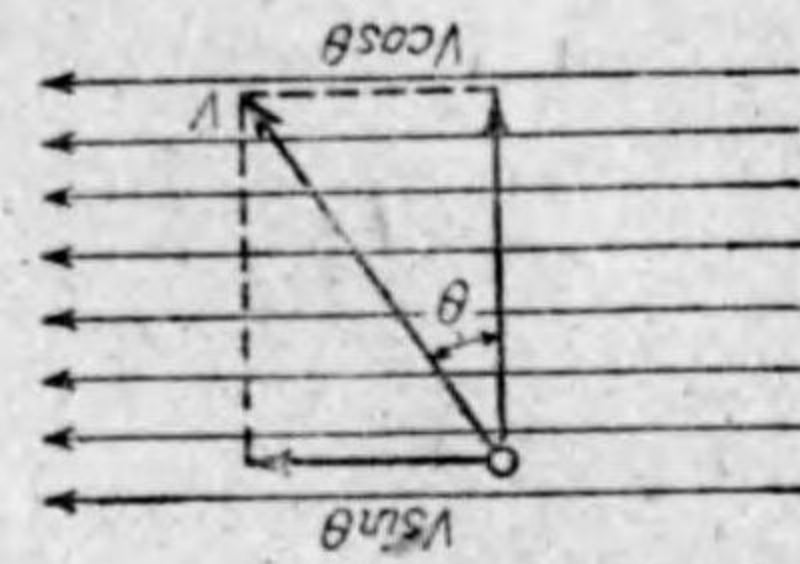
$$\left. \begin{aligned} E &= HVl \cos \theta \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} \\ \text{或は } E &= BVl \cos \theta \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} \end{aligned} \right\} \dots\dots (27)$$

今度は平等磁界内に於て  $l$  厘の長さの電線が  $V$  厘/秒の不変速度圓運動をなせる場合, 所謂發電機の場合の或る瞬間に於ける起電力の大きさは次式を以て示すことができる (第 221 圖).

$$\begin{aligned} e &= HVl \cos \theta \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} \\ &= HVl \sin \alpha \times 10^{-8} \text{ (ボルト)} \dots\dots (28) \end{aligned}$$

13) 相互インダクタンス

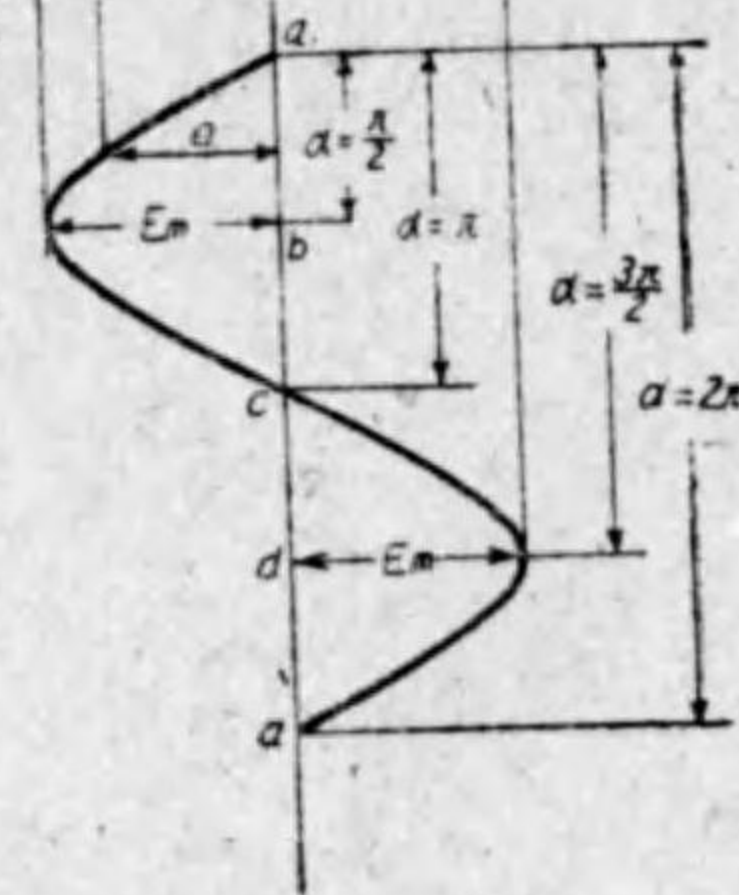
第 222 圖のやうに甲, 乙 2 線輪があつて, 甲線輪の電流の變化により乙線輪に起電力を誘導し, また逆に乙線輪の電流が變化すれば甲線輪に起電力を誘導されることが實驗される. この作用は電磁誘導作用であるが, 2 回路の



[第 220 圖]



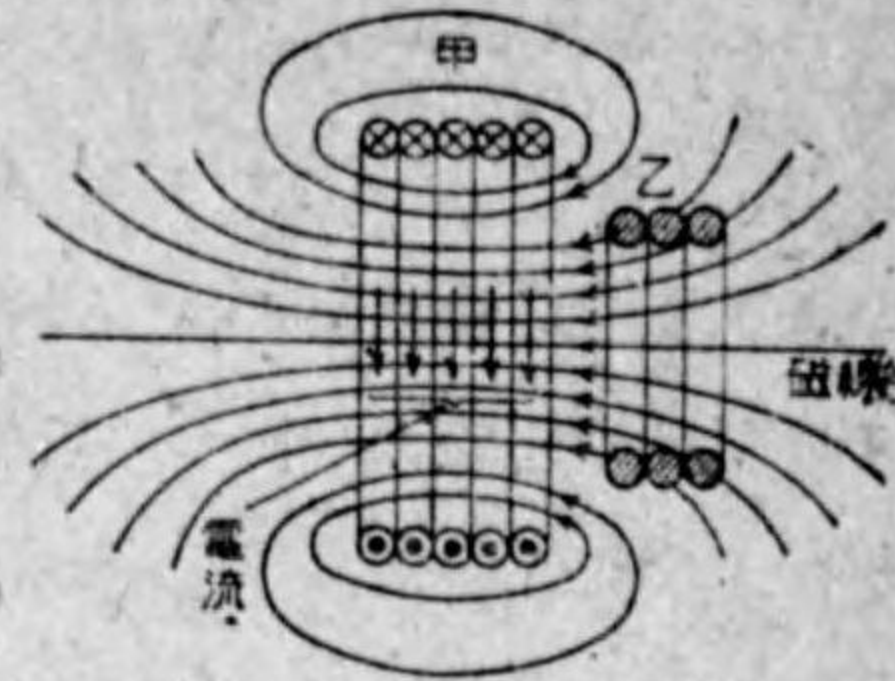
$v = v \cos \theta$   
 $= v \sin \alpha$



[第 221 圖]

相互間にその作用を及ぼすものであるから, 特にこれを相互誘導と稱する.

相互作用により發生される起電力の大きさは兩線輪の形狀巻數及び相互間の距離並に配置等により異なるものである. このやうに 2 線輪間の相互誘導の程度を表はす係数を相互インダクタンスと稱する. 相互インダクタンス



[第 222 圖]

の單位はヘンリと稱し, 毎秒 1 アンペアの割合で一方の線輪の電流が變化したとき, 他方の線輪に 1 ボルトの起電力を誘導する如き 2 線輪間の相互インダクタンスは 1 ヘンリであるといふ. 相互インダクタンスの單位を上如く定めたのであるから,  $M$  ヘンリの 2 線輪の一方の電流の變化により他方に誘導される起電力は, 次式で示される.

$$\left. \begin{aligned} E &= M \times \frac{i_1 - i_2}{t} \text{ (ボルト)} \\ \text{或は (ボルト)} &= (\text{ヘンリ}) \times \frac{\text{變化せるアンペア}}{\text{秒}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (29)$$

但し上式は電流が一樣な割合で變化した場合であるが, 電流の變化が一樣でない場合の誘導起電力の瞬時値の式は, 次に示す如くである.

$$e = M \times \frac{di}{dt} \text{ (ボルト)}$$

次に相互インダクタンスの算出法を述べよう. 甲, 乙 2 線輪の甲線輪に  $I$  アンペアの電流を通じたとき, この電流の作る磁線と乙線輪との切合數即ち鎖交數を  $N$  回とすれば, もし  $I$  アンペアが一樣なる變化率で  $t$  秒間に零となつたものとすれば, 乙線輪の鎖交數も一樣な變化率で  $t$  秒間に零となる. 従つて乙線輪に誘導する起電力は次式により示さる.

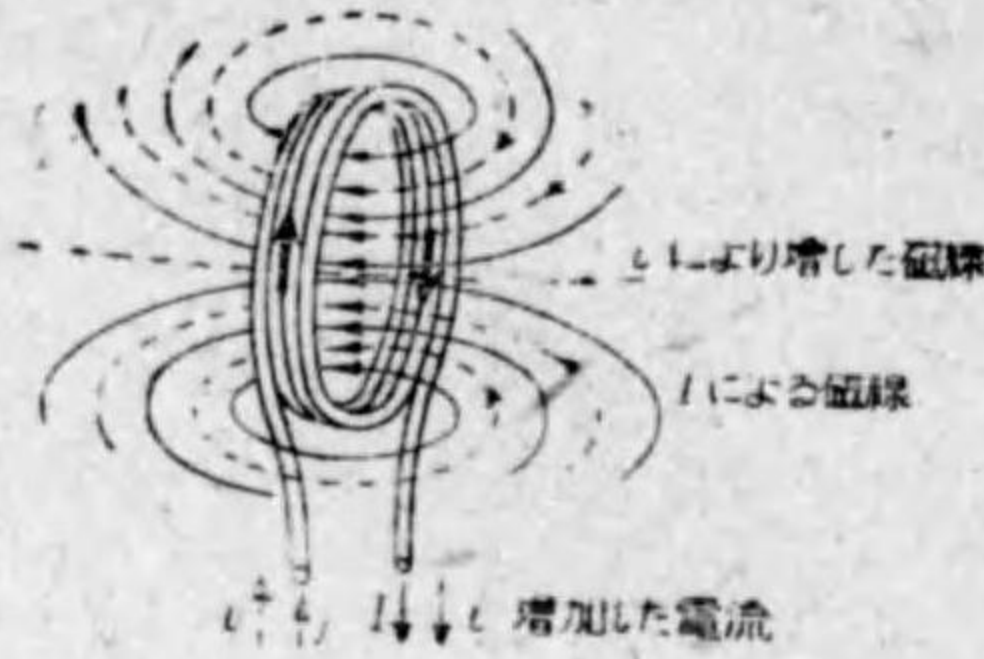
$$E = \frac{N}{t} \times 10^{-8} \text{ (ボルト)}$$

また, 一方  $E = M \frac{I}{t} \text{ (ボルト)}$

従つて  $M = \frac{N}{l} \times 10^{-8}$  (ヘンリ).....(30)

14) 自己インダクタンス

今、第223圖の如く一つの線輪があり、これに通ずる電流が變化すれば、その線輪の起磁力、従つて線輪を貫く磁線が變化する。即ち電流變化すれば線輪と磁線との鎖交數も亦これに伴つて變化し、その結果、その線輪自身にその電流が變化せる瞬間起電力が誘導される。この作用を自己誘導と稱し、この場合の誘導起電力の向はレンツの法則に従ふものである。



〔第223圖〕

自己誘導による起電力の大きさは、その電流の變化率に正比例するは明らかであるが、線輪の構造、卷數等によりて異なるもので、その線輪の自己誘導作用の程度を表はす係數を自己インダクタンスと稱し、電流の變化率が I アンペア/秒なるとき起電力 1 ボルトなる場合を自己インダクタンスヘンリと定める、従つて自己誘導作用による起電力の式は次の如く表すことができる。

$e = L \frac{di}{dt}$  (ボルト).....(31)

$E = L \frac{I}{t}$  (ボルト).....(32)

但し、(31) 式は電流の變化率が一樣ならざる場合の起電力の瞬時値を表はし、(32) 式は t 秒間電流が一樣な變化率で、I アンペア變化したときの t 秒間誘導されてゐる一定起電力を表はすものである。

今、一つの回路の自己インダクタンスを L ヘンリとすれば、

$E = L \frac{I}{t}$  (ボルト).....(イ)

この式の I アンペアによる鎖交數を N とすれば、

$E = \frac{N}{t} \times 10^{-8}$  (ボルト).....(ロ)

(イ)、(ロ) 兩式の値は一致すべきであるから、従つて、

$E = \frac{N}{l} \times 10^{-8}$  (ヘンリ).....(33)

なる式にて示すことができるのである。

第三節 靜電氣

1) 靜電氣とは

靜電氣といふものは動電氣に對する名稱である。従つて靜止せる電荷やその周囲の空間に生ずる諸現象を取扱ふ學問を靜電氣學と稱する。

2) 充電體

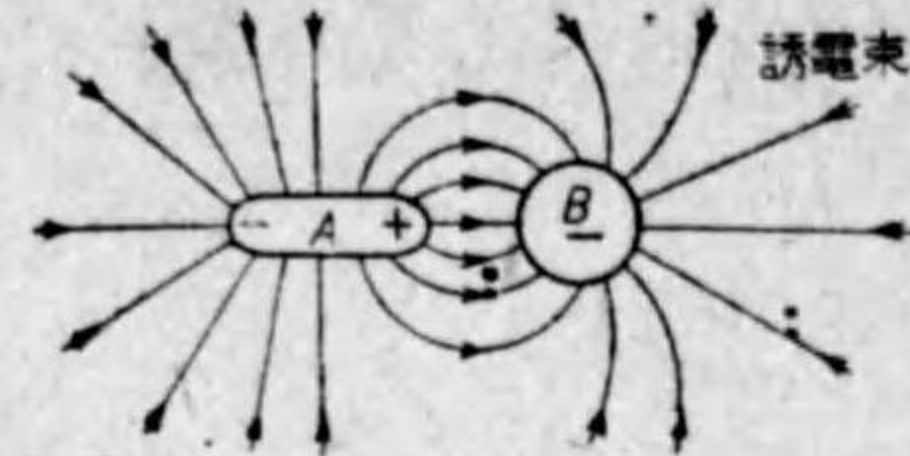
電子は  $1.59 \times 10^{-19}$  クーロンの電氣量を有する。すべての物質は非常に多量の陰、陽兩種の電氣が存在してゐて、もし陰電氣の作用を呈する場合は、これを陰電荷を有すると稱し、陽電氣を有することを陽電荷を有すると稱す。而して上記の如く或る電荷を有せしめることを充電するといひ、その充電された物體即ち電荷を有する物體を充電體と稱す。また充電體よりその電荷即ち餘分量の陰電氣或は陽電氣を消滅せしめ、その物體を再び電氣的中の状態にすることを放電すると稱す。

3) 導體及び不導體

金屬は極めて多數の自由電子を有し、金屬にて作れる線にて電池の兩端を接続すると、その内部に存在する自由電子が移動して所謂電流を生ずる。然るにマイカ、護謨等は自由電子が殆ど存在せず、爲に電流を生ぜぬ。斯の如く、その内部に電流を通じ得るものを導體と稱し、また、その内部に電流を通じ得ぬものを不導體又は絶縁體(誘電體とも稱す)と稱するのである。導體の内部には電流通じ、電氣が流動してゐるときは導體内の各部は等電位であるが、電界の強さは零である。しかし絶縁體は電界を誘發されるものであるから、これを誘電體と稱するのである。

4) 靜電誘導

第224圖の如く、一つの導體  $A$  に、陰電荷を有する充電體  $B$  を接近せしめると、 $A$  導體內の自由電子は充電體  $B$  の陰電荷に反撥され、 $A$  導體の左端に多く集まり、依つて、この端は陰電荷を有するに至る。同



〔第224圖〕

時に右端即ち充電體  $B$  に近き端は陽電荷を有するに至るべきである。斯の如く一導體に充電體を接近するとき、その導體の両端が夫々陰電荷及び陽電荷を以て自ら充電される現象を静電誘導と稱する。

#### 5) クーロンの法則

空中に於て  $r$  の間隔に置かれた  $Q_1, Q_2$  なる量の二つの點電荷の間には次式で示す力が作用する。

$$F = C \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \dots\dots\dots (34)$$

誘電體中に於ては、その力は次式で示される。

$$F = C \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \cdot \frac{1}{K} \dots\dots\dots (35)$$

この上式中の  $K$  は誘電體によつて定まる定數で、これを物質の誘電率と稱する。大氣中に於ては  $K$  は1である。上式より2個の點電荷の間に作用する力の大きさは電荷の量の相乗積に比例し、相互間の距離の自乗に逆比例する。と、いふことができる。これをクーロンの法則と稱する。クーロンの法則により作用する力は、 $Q_1, Q_2$  が夫々同種の電荷なるときは反撥力、また異種電荷なるときは吸引力を生ずるのである。

#### 6) 電氣量の單位

單位はクーロンの法則を利用して定める。即ち同一電氣量を有する點電荷を大氣中で1糎隔てて置いたとき作用する力が1ダインなるべき電荷の量、即ち電氣量を  $C. G. S.$  靜電單位の單位電氣量と定め、これを1靜電クーロンと稱する。

1 クーロン =  $3 \times 10^9$  靜電クーロン

而して電氣量  $Q_1, Q_2$  を靜電クーロンで表はし、距離  $r$  を糎で、また、力  $F$  をダインで表はす時は、前式中の  $C=1$  となり、(35) 式は、

$$F = \frac{1}{K} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} (\text{ダイン}) \dots\dots\dots (36)$$

なる式を以て表はされる。

因に充電體の有する電氣量 ( $Q_1, Q_2$  等) をその電荷 ( $Q_1$  又は  $Q_2$  等) と稱することがある。

#### 7) 電界の強さ

靜電氣力の作用する空間を電界と稱す。今、或る電界があつて、その電界内の一點に陽點電荷を持ち來れるとき、これに作用する力の方向を以て、その電界の向と定め、また、その電界内の一點に單位陽點電荷 (1靜電クーロン) を持ち來つたとき、これに作用する力の (ダイン數) 大きさを以てその點に於ける靜電單位の電界の強さと定める。即ち、その作用する力が1ダインならばその點の電界の強さは1 (靜電單位) であると稱する。大氣中にて  $Q$  靜電クーロンの點電荷より  $r$  糎を距つる點の電界の強さは次式で表はされる。

$$H = \frac{Q}{r^2} (e. s. u.) \dots\dots\dots (37)$$

空間が誘電率  $K$  なる誘電體にて充されてゐるとすれば、電界の強さは次式で表はされる。

$$H = \frac{Q}{K r^2} (e. s. u.) \dots\dots\dots (38)$$

#### 8) 電位差と其の單位

電界内に置かれた陽點電荷は電界の方向に力を受け、電荷はその向に移動すると或る仕事をなす。この仕事の量により電位差を定めるのである。今、 $A$  點から  $B$  點に陽電荷が移動したとすれば、 $A$  點は  $B$  點より電位が高いといふのである。

電位差の靜電單位は、1 靜電クーロンの陽電荷が電氣的力に作用されて或る二點間を自然に移動するとき1エルグの仕事を行なせば、その二點間の電位

差を1静電ボルトと定める。

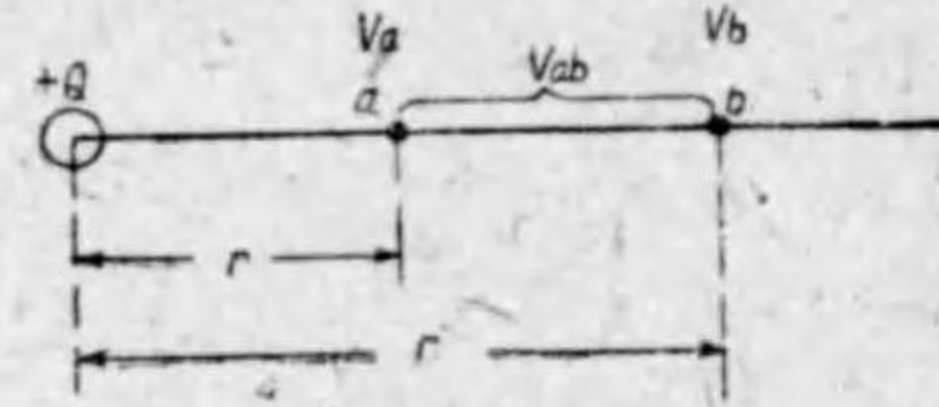
$$1 \text{ ボルト} = \frac{1}{300} \text{ 静電ボルト}$$

1ボルトは1クーロンの電荷が自然に移動するとき10<sup>7</sup>エルグ、即ち1ジュールの仕事をする如き二点間の電位差に相当する。依つてEボルトなる電位差の二点間をQクーロンの電荷が移動するときはEQジュールの電氣の仕事をし、また電路間に於て電圧Eボルトなる部分にIアンペアの電流が通ぜりとすれば、毎秒Iクーロンに相当する電荷がEボルトの電位差ある二点間を移動するのであるから、この部分に於て電氣がなす仕事の割合は毎秒EIジュール、即ちEIワットとなるのである。

9) 電位

電界中の或る一点の電位は単位陽點電荷を無限大の距離よりその點まで持ち來るに要する仕事の量を以て表はす。

今、第225圖に示す如く、或る空間(誘電率K)にQ静電クーロンなる陽點電荷があつて、これよりr距離たるa點の電位V<sub>a</sub>及びr'距離たるb點の電位V<sub>b</sub>



[第225圖]

並にab間の電位差V<sub>ab</sub>等は理論上次式を以て表はされる。

$$V_a = \frac{1}{K} \cdot \frac{Q}{r} \text{ 静電ボルト} \dots\dots\dots (39)$$

$$V_b = \frac{1}{K} \cdot \frac{Q}{r'} \text{ " } \dots\dots\dots (40)$$

$$V_{ab} = \frac{Q}{K} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{r'} \right) \text{ " } \dots\dots\dots (41)$$

今、もし電荷がQクーロンならば、上式は次式にて示さるべきである。

$$V_{ab} = 9 \times 10^{11} \cdot \frac{Q}{K} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{r'} \right) \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots (42)$$

普通は地球の電位は零であると考へ、これよりE<sub>1</sub>ボルト高い電位を+E<sub>1</sub>ボルトなりと稱し、大地との電位差E<sub>1</sub>ボルトなりと稱する。また或る2點

間に電氣が自然に移動せりとすれば、必ずその2點間には幾許かの電位差あるべきものである。而して電氣の移動する方向は陽電荷が高電位より低電位に向つて移動する向を以つて定めるのが普通である。従つて電流の方向も上述の方向と定めるもので、實際の自由電子即ち陰電荷の流れ行く方向と正反對の方向を以て電流の方向と定めるのである。

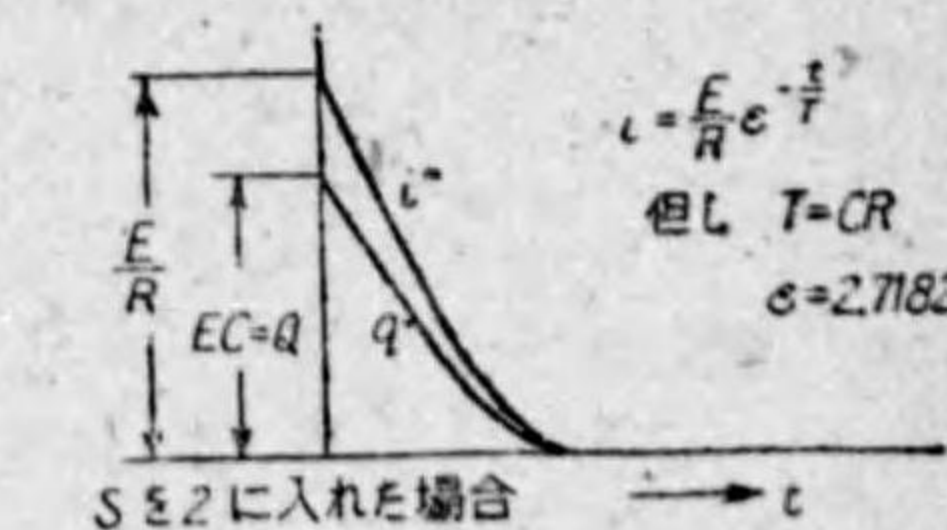
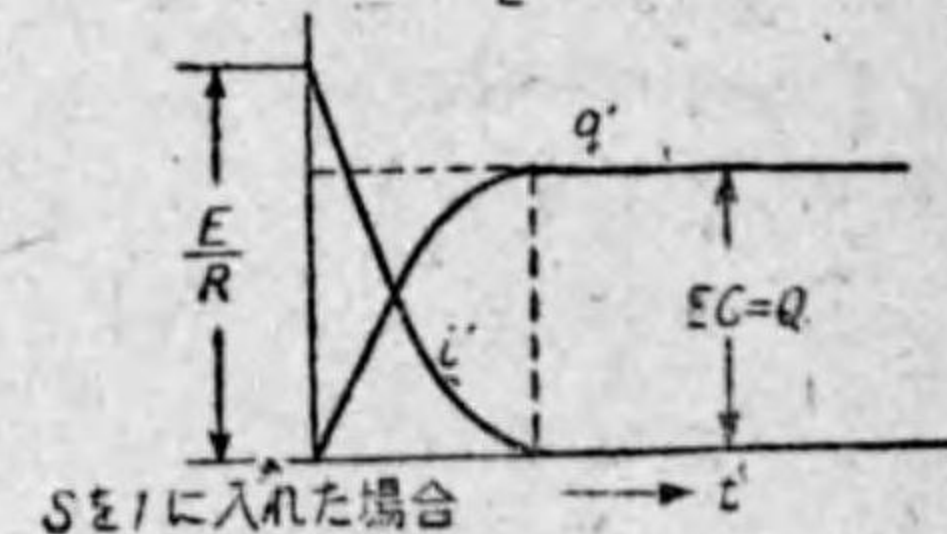
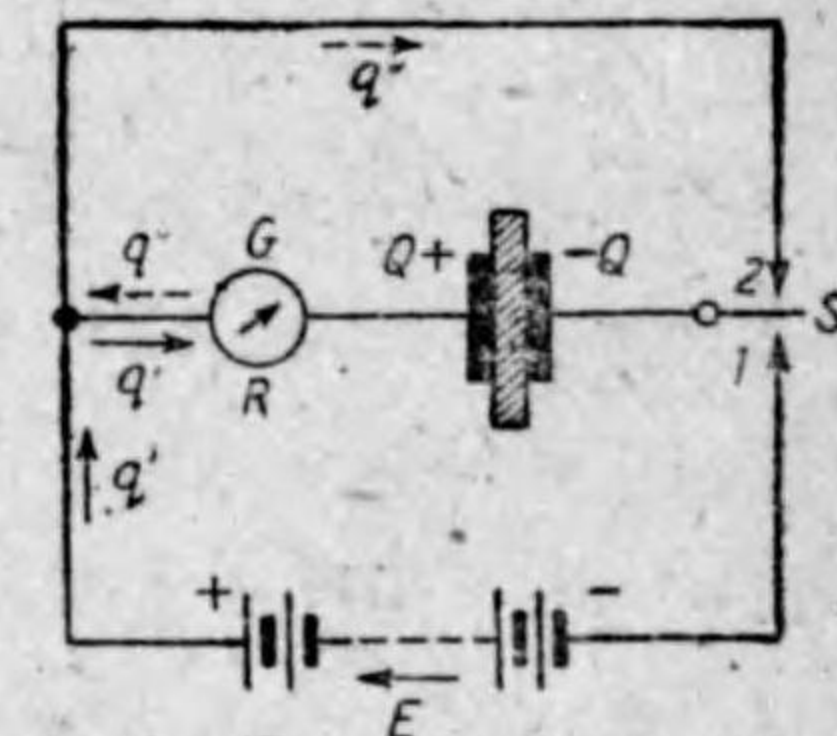
10) 蓄電器の容量

蓄電器は電荷を蓄積するものと考へることが出来る。今、第226圖の如き薄き誘電體を以て相對せる面積の大なる2個の導體を電池にて充電し、次に電池を切り放ち、2個の導體を検流計を以て回路を作ること圖示の如くすれば、その瞬間に検流計の振れをみるのである。

斯の如く2個の導體間には一方に陽電荷を、他方に陰電荷を、蓄積保有することができるものである。この蓄電器が電荷を蓄積し得る能力は蓄電器の構造及び誘電體の種類、厚さ等によつて異なるものである。しかし同一蓄電器に於てもこれに充電される電荷の量は充電の電圧即ち電位差に正比例するものである。一般に單位電位差について蓄積される電荷の量を蓄電器の容量又は靜電容量(キャパシチ)と稱し、これによつて充電量の大小を示すことができるものであるから、その靜電單位には充電量が電位差1静電ボルトにつき1静電クーロンなる容量を單位と定むべきであつて、これを1静電ファラドと稱する。

$$1 \text{ ファラド} = 9 \times 10^{11} \text{ 静電ファラド}$$

容量の實用單位は1クーロンの電荷を蓄積する如き容量を以てする。これ



[第226圖]



をファラドと稱するも、これは非常に大なる容量であるから、 $\frac{1}{10^6}$  ファラドを1マイクロ・ファラド(記號  $\mu F$ )と稱し、これを單位として蓄電器の容量を示すことが多い。

容量  $C$  ファラドの蓄電器は電位差1ボルトにつき電荷は  $C$  クーロンである。而して蓄電器の電荷はその電位差に正比例するものであるから、次の關係が成立する。

$$Q = CE$$

故に  $E = \frac{Q}{C}$ , 又  $C = \frac{Q}{E}$  .....(43)

但し  $C = \text{キャパシチ (ファラド)}$   
 $Q = \text{電荷の量 (クーロン)}$   
 $E = \text{加へた電位差 (ボルト)}$

又は  $Q_{\mu} = C_{\mu F} E$

故に  $E = \frac{Q_{\mu}}{C_{\mu F}}$ ,  $C_{\mu F} = \frac{Q_{\mu}}{E}$  ..... (44)

但し  $C_{\mu F} = \text{キャパシチ (マイクロ・ファラド)}$   
 $Q_{\mu} = \text{電荷の量 (マイクロ・クーロン)}$   
 $E = \text{電位差 (ボルト)}$

11) 蓄電器の合成容量

第227圖は  $C_1, C_2, C_3$  なる容量の蓄電器の並列接続を示し、第228圖はそれ等の直列接続を示すのである。而して何れの接続法に於ても供給電壓を  $E_0$ 、二導體に充電される電荷を  $Q_0$ 、各蓄電器の合成容量を  $C_0$  とすれば、次の關係が成立す、

$$C_0 = \frac{Q_0}{E_0}$$

今、第227圖に於ける合成容量  $C_0$  は如何になるかを求めよう。各蓄電器の兩導體間には何れも  $E_0$  なる電壓が加へられ、従つて各蓄電器の電荷は、 $Q_1 = C_1 E_0$ ,  $Q_2 = C_2 E_0$ ,  $Q_3 = C_3 E_0$  なる陰陽の電荷が夫々各蓄電器に充電され

る。而してこの場合の全電荷は、

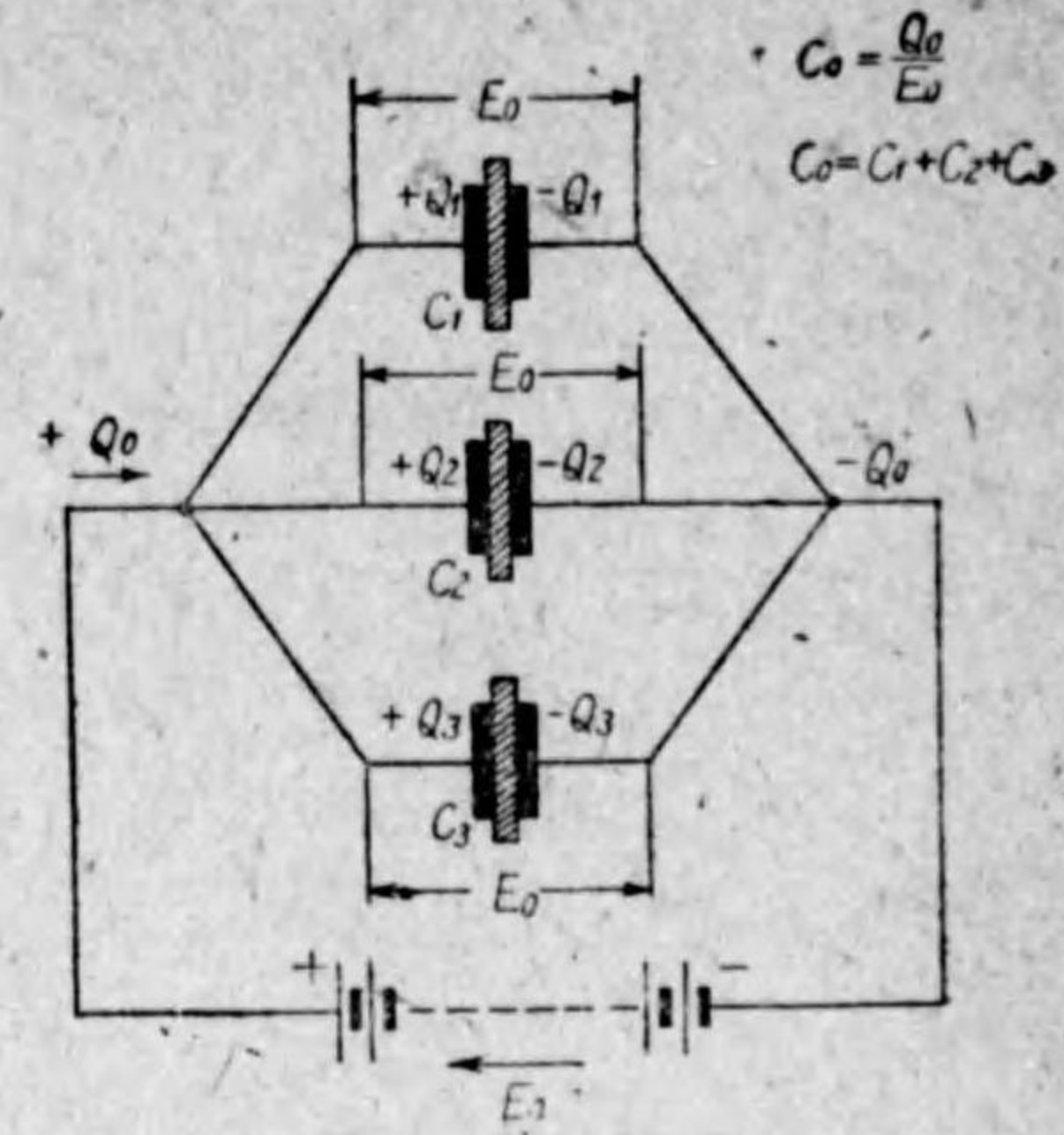
$$\begin{aligned} Q_0 &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ &= C_1 E_0 + C_2 E_0 + C_3 E_0 \\ &= E_0 (C_1 + C_2 + C_3) \end{aligned}$$

故に、この場合の合成容量は、

$$\begin{aligned} C_0 &= \frac{Q_0}{E_0} = \frac{E_0 (C_1 + C_2 + C_3)}{E_0} \\ &= C_1 + C_2 + C_3 \end{aligned}$$

一般に蓄電器の並列接続に於ける合成容量は次式で示される。

$$C_0 = \sum C \text{ ..... (45)}$$



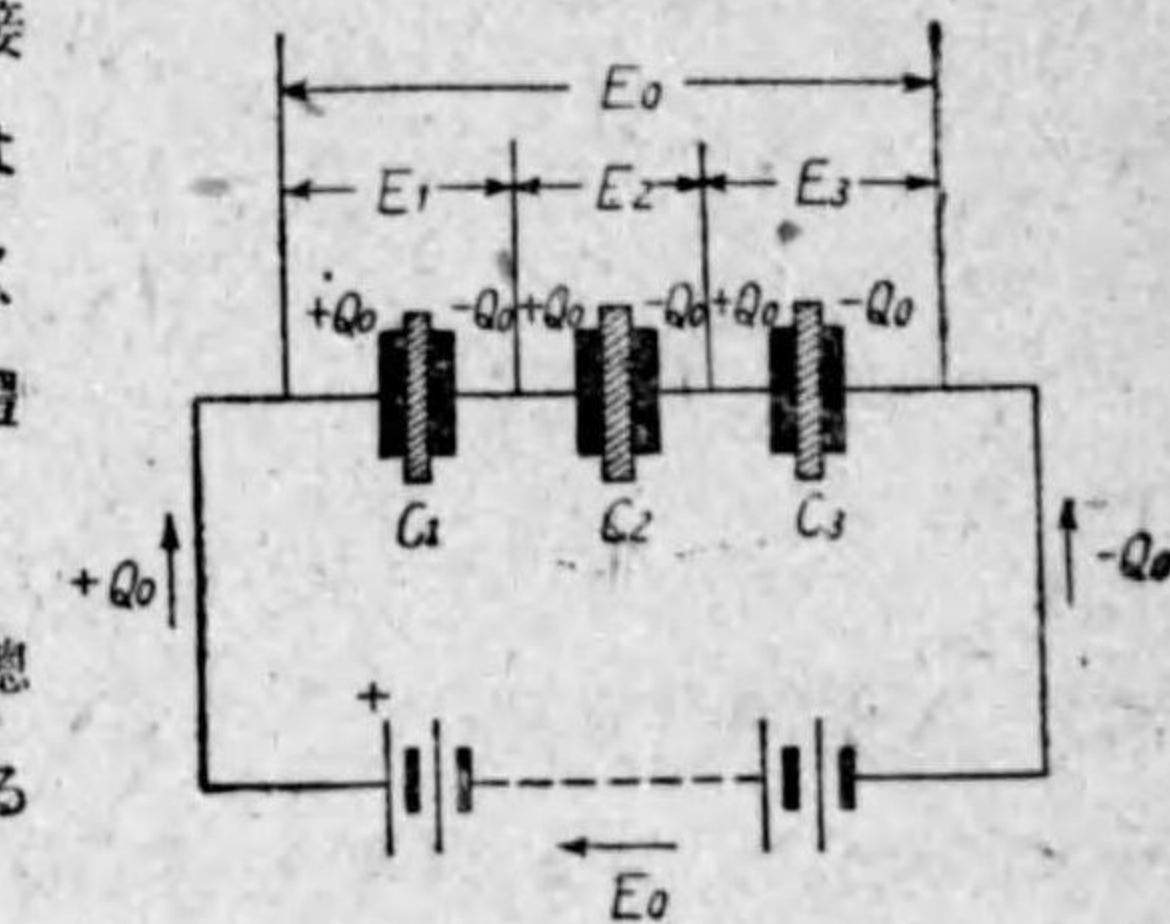
〔第227圖〕

第228圖の場合に於ける合成容量は次式に依つて求められる。直列接続の各導體に充電される電荷の量は靜電誘導作用により何れも等しく  $Q_0$  なるを以て、各蓄電器の二導體間には夫々  $E_1 = \frac{Q_0}{C_1}$ ,  $E_2 = \frac{Q_0}{C_2}$ ,  $E_3 = \frac{Q_0}{C_3}$  なる電位差が生じ、この總和は供給電壓  $E_0$  に等しいのであるから、

$$\begin{aligned} E_0 &= E_1 + E_2 + E_3 \\ &= \frac{Q_0}{C_1} + \frac{Q_0}{C_2} + \frac{Q_0}{C_3} \\ &= Q_0 \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) \end{aligned}$$

である。今、この合成容量を  $C_0$  とすれば、

$$E_0 = \frac{Q_0}{C_0} = Q_0 \frac{1}{C_0}, \text{ 又は } \frac{E_0}{Q_0} = \frac{1}{C_0}$$



〔第228圖〕

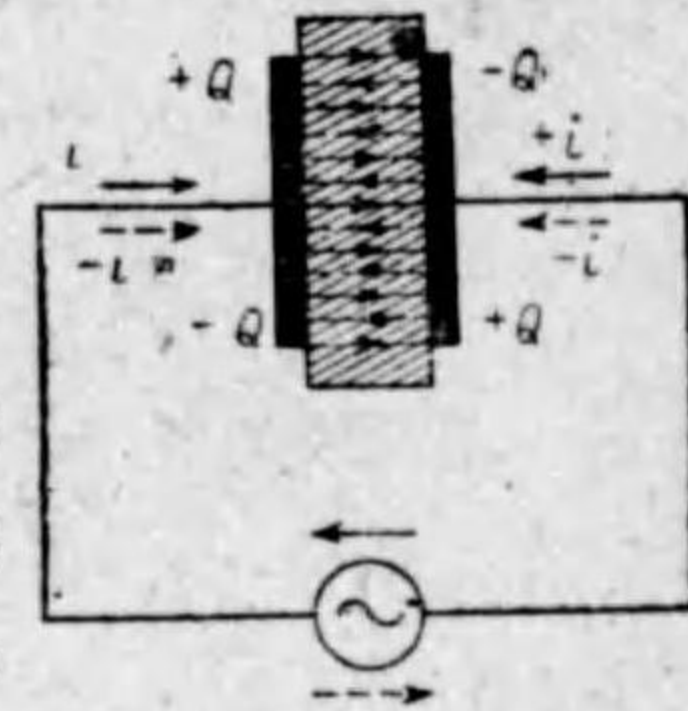
故に  $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

一般に蓄電器の直列接続に於ける合成容量は次式を以て表はされる。

$$\frac{1}{C_0} = \sum \frac{1}{C} \quad \text{又は} \quad C_0 = \frac{1}{\sum \frac{1}{C}} \dots\dots\dots(46)$$

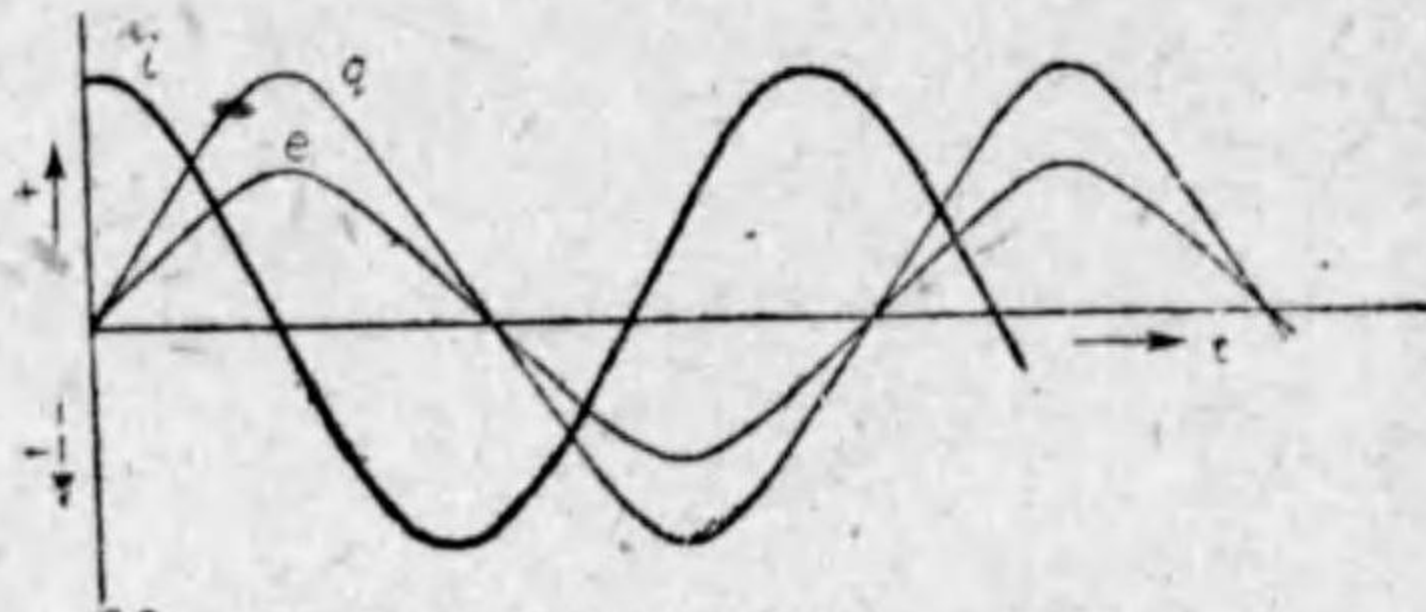
12) 變位電流及び充電電流

第 229 圖の如く蓄電器に交番電圧を給與すると、その充電量が給與電圧に比例して變化する。従つて充電量が變化すれば電線及び電源内には電荷の移動量の變化、即ち交流が通ずる。この關係を示せば第 230 圖の如き波形曲線となる。この場合、蓄電器の誘電体内に於ける電氣の變位を検べると、蓄電器の給與電圧が變化すれば、これに正比例して誘電体内



[第 229 圖]

の電位傾度、即ち誘電内の電氣の變位量が變化する。従つて誘電体内の一局部に就て考へると、蓄電器外の導体内に通ずる交流に類する運動を電氣



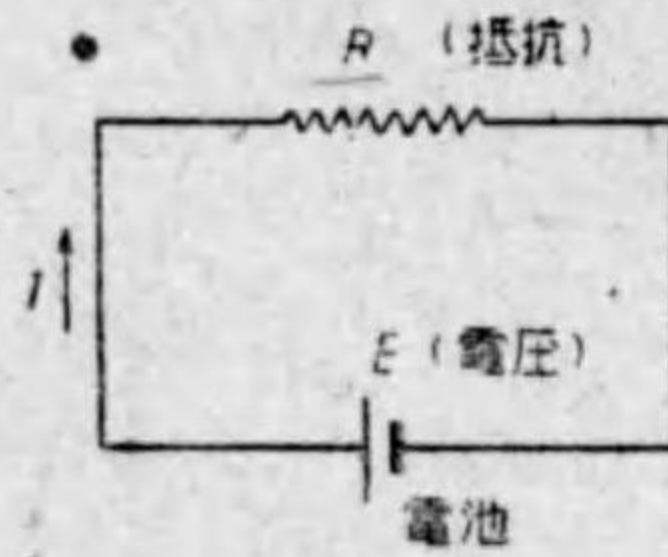
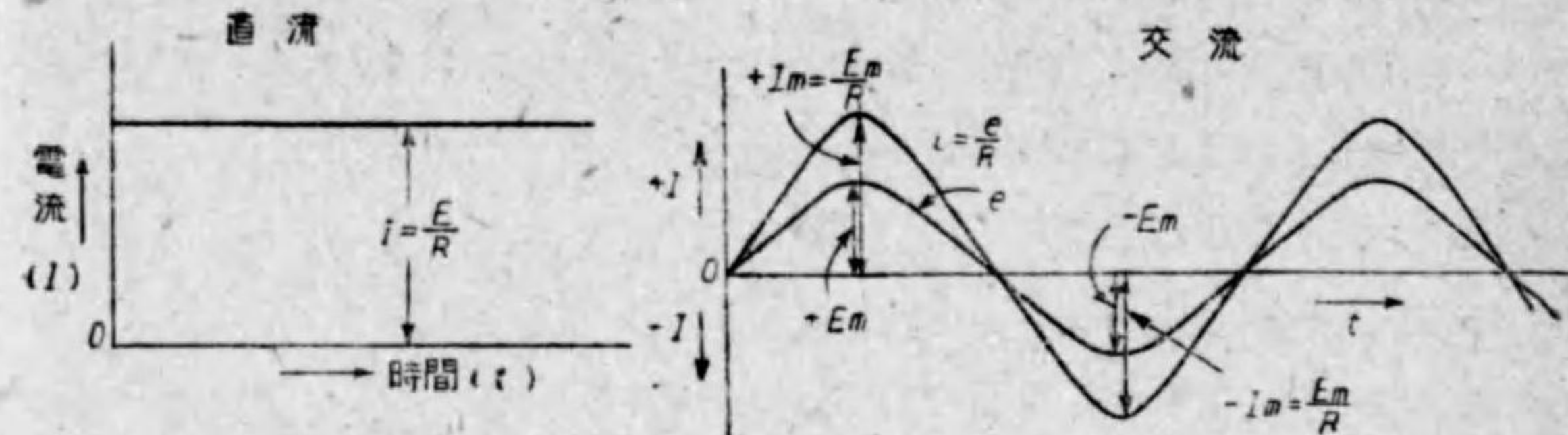
[第 230 圖]

が爲してゐる。斯の如き現象を變位電流と稱する。第 229 圖の回路は蓄電器の誘電體によつて中斷されてゐるが、蓄電器に交番電圧を與へると變位電流及び蓄電器外の電線の電流を同時に考へるときは、この回路は完全なる閉回路と同様に取扱はれるものである。而して斯の如き回路の電流即ち蓄電器外の電流及び蓄電器内の誘電體の變位電流は、共に充電量が給與電圧に比例して變化する爲に生ずるものであるから、一般にこれを蓄電器の充電電流と稱する。

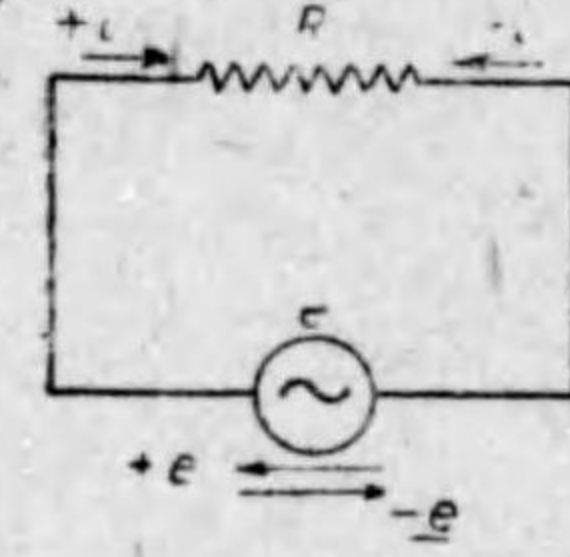
第四節 交流回路

1) 交流とは

直流といふのは方向と大きさが常に一定であるが、交流は方向と大きさが絶えず變化する電流である。直流の一種に脈流と稱して、方向は常に一定であるがその大きさが交流の如く絶えず變化する電流もある。これら三種の電流を圖示すると第 231 圖、第 232 圖及び第 233 圖が直流、交流及び脈流を示すのである。



[第 231 圖]



[第 232 圖]

$i = \frac{e}{R} = \frac{E_m \sin \omega t}{R}$   
但し  $E_m$  = 電圧の最大値  
 $\omega$  = 角速度



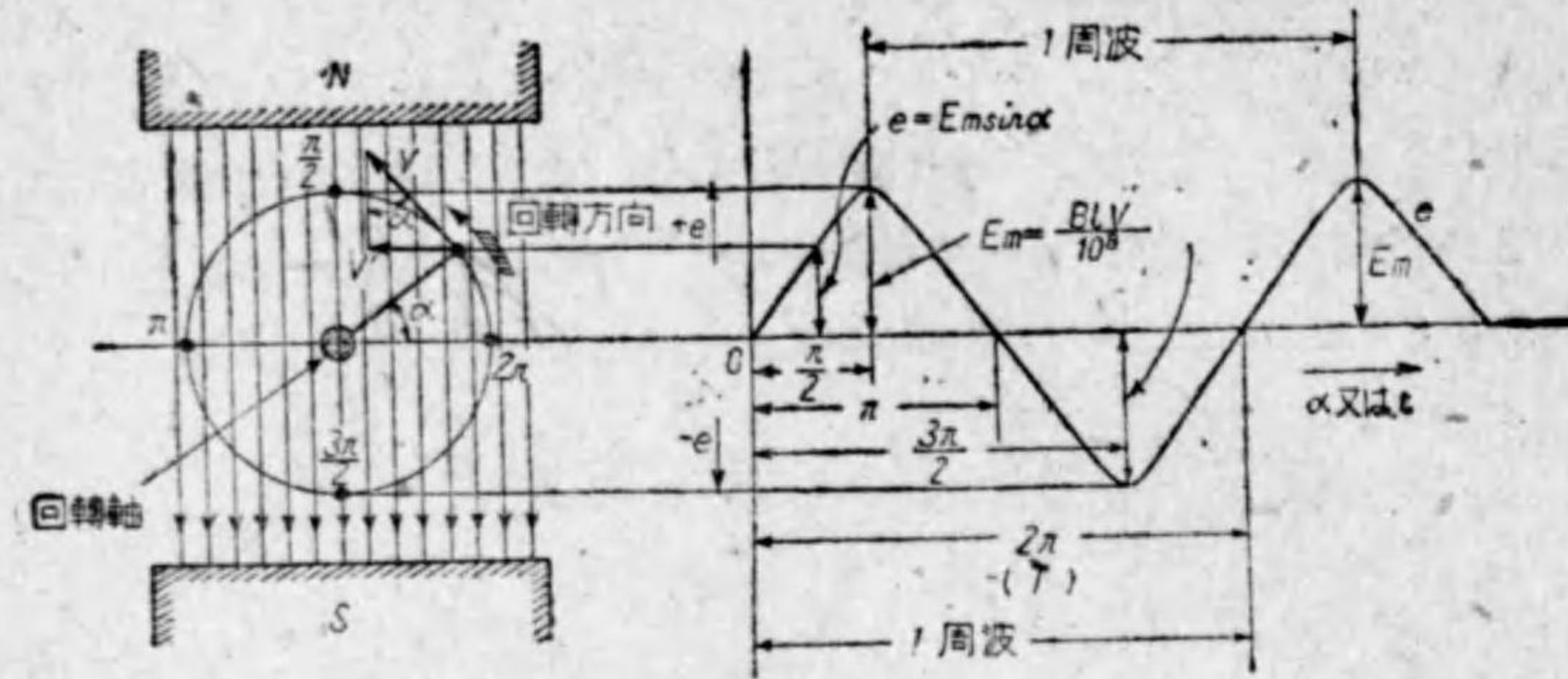
[第 233 圖]

- $i_p$  = 脈流
- $I_p$  = 脈流の最大値
- $I_a$  = 脈流の交流分
- $I_{pa}$  = 脈流の最小値
- $I_d$  = 脈流の直流分
- $I_p = I_d + I_a$
- $I_{pm}$  = 脈流の交流分の最大値
- $t$  = 時間

2) 正弦波交流

第 234 圖の如く平等磁界内に於て磁線と直角に置かれた長さ  $l$  ㎝の眞直な

電線が、電線に平行な軸を中心としてV 轉/毎秒の一定速度を以て回轉運動をなしてゐるとすれば、此電線に誘導される起電力の瞬時値は次式で示される。



但し  $V = V$  の磁線と直角なる分速度 (轉/毎秒)  
 $= V \sin \alpha$   
 $T = 1$  回轉する時間 (秒)  
 $B =$  平等磁界の 1 平方厘米當りの磁線数  
 $2\pi = 360^\circ$

[第 234 圖]

$$e = \frac{BLV}{10^8} \sin \alpha \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots (47)$$

この e の値を圖示すると第 235 圖の如き波形曲線を以て示すことができる。同圖に於て波形の全く同じ状態にある 2 點間を一周波といひ一周波に要する時間を一周期といふ。また 1 秒間の周波の数を毎秒の周波數と稱する。今、T を周期、f を毎秒の周波數にて表はせば、

$$T = \frac{1}{f} \text{ 又は } f = \frac{1}{T}$$

なる關係がある。(46) 式中の  $\frac{BLV}{10^8}$  の値は誘導起電力の最大の値を表はすから、今これを  $E_m$  とすれば、

$$e = E_m \sin \alpha \dots\dots\dots (48)$$

となる。電流も同様にして

$$i = I_m \sin \alpha \dots\dots\dots (49)$$

なる式で表はすことができる。(48) 及び (49) 式の  $\alpha = \omega t$  なるを以て、こ

れを用ひれば、

$$\left. \begin{aligned} e &= E_m \sin \omega t \\ i &= I_m \sin \omega t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (50)$$

となる。上記の  $\omega$  は角速度と稱し、回轉運動に於て毎秒の角度の變化する割合を表はすものである。

$$\text{故に } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \text{ (ラジアン/秒)}$$

従つて t 秒時間に電線の回轉する角度  $\alpha$  は  $\omega t$  にて表はされる。

### 3) 交流の最大値、實効値、平均値

交流が發熱その他の仕事をなす實際の効果は、電流の一周波間に於ける各瞬時値の自乗の平均の平方根に等しい強さの直流の効果と同一である。今、交流の瞬時値を i とすれば、この交流の一周波間の自乗の平均の平方根を I とすれば、

$$I = \sqrt{i^2 \text{ の平均}}$$

なる關係がある。これが抵抗 R 内に熱を發生するときの平均電力は、

$$\begin{aligned} \text{平均電力} &= i^2 R \text{ の平均} = (i^2 \text{ の平均}) \times R \\ &= I^2 R \end{aligned}$$

従つて t 秒間の發熱量は、

$$J = I^2 R t \text{ (ジュール)}$$

であつて、強さ I なる直流が同一抵抗へ同一時間通じたときに發生する熱量と等しいのである。故に一周波間の各瞬時値の自乗の平均の平方根の値 (略して r. m. s. 値) をその交流の實効値と稱する。交番起電力及び電壓に就ても同様である。而して、これ等の實効値は正弦波形の電流を I (實効値)、電壓を E (實効値) にて表はせば

$$\left. \begin{aligned} I &= \sqrt{(I_m \sin \omega t)^2 \text{ の平均}} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \\ E &= \sqrt{(E_m \sin \omega t)^2 \text{ の平均}} = \sqrt{\frac{E_m^2}{2}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (51)$$

なる関係がある。

次に正弦波交流の平均値であるが、正弦波形の電流又は電圧の正波と負波は全く同様であるから、一周波の平均値は零となる故に、電圧又は電流の平均値は正波又は負波のみの平均値、即ち半周波の平均値をいふのである。今  $I_{av}$ ,  $E_{av}$  を夫々電流及び電圧の平均値とすれば、

$$\left. \begin{aligned} I_{av} = i \text{ の平均} &= I_m \sin \omega t \text{ の平均} = \frac{2}{\pi} I_m \\ E_{av} = e \text{ の平均} &= E_m \sin \omega t \text{ の平均} = \frac{2}{\pi} E_m \end{aligned} \right\} \dots\dots (52)$$

なる関係がある。また交流の波高率及び波形率は次式で表はされる。

$$\text{波高率} = \frac{\text{最大値}}{\text{実効値}}, \quad \text{波形率} = \frac{\text{実効値}}{\text{平均値}} \dots\dots (53)$$

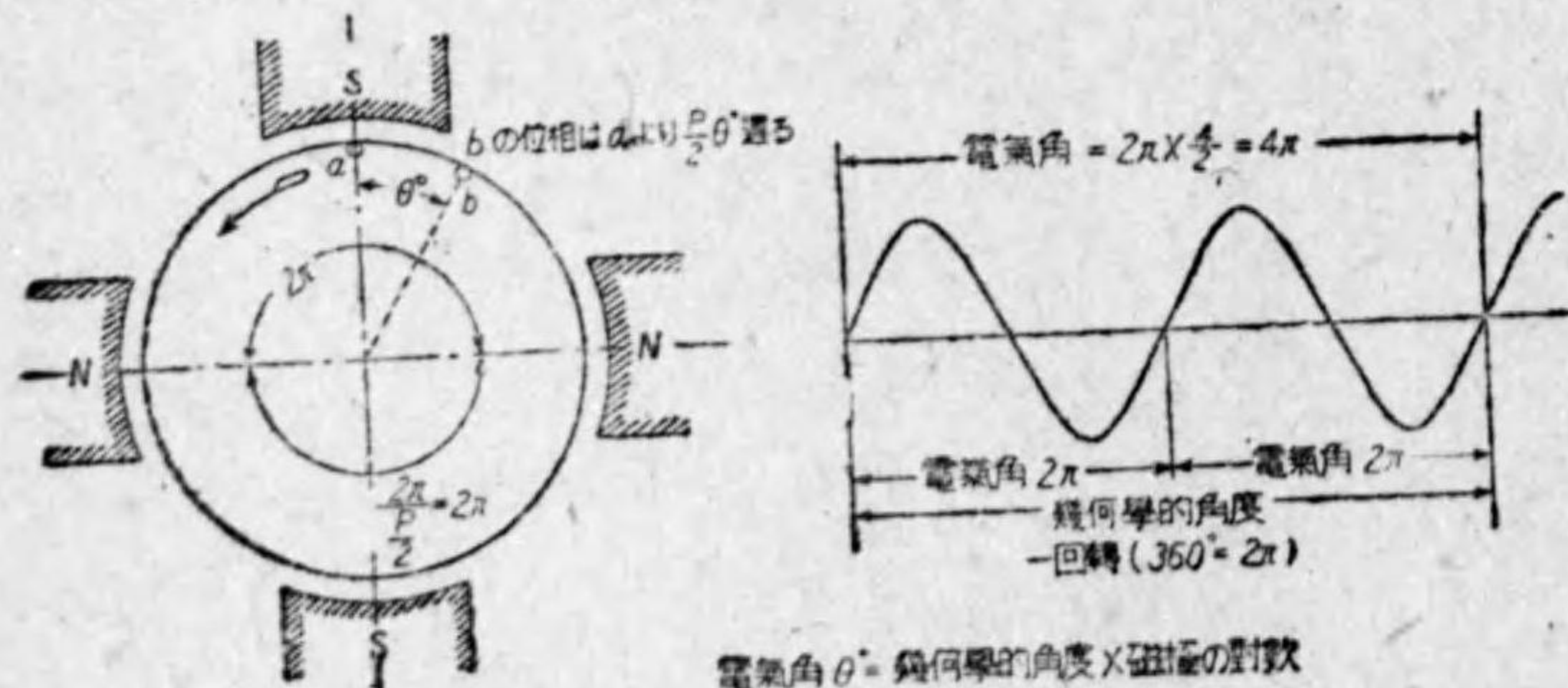
而して正弦波形に於ける波高率は 1.414 であり、波形率は 1.111 である。

#### 4) 電気角及び位相

交流発電機が発生する交番起電力の毎秒の周波数  $f$  と発電機毎秒の回転数  $n$  と発電機の極数  $P$  との間には次式の関係がある。

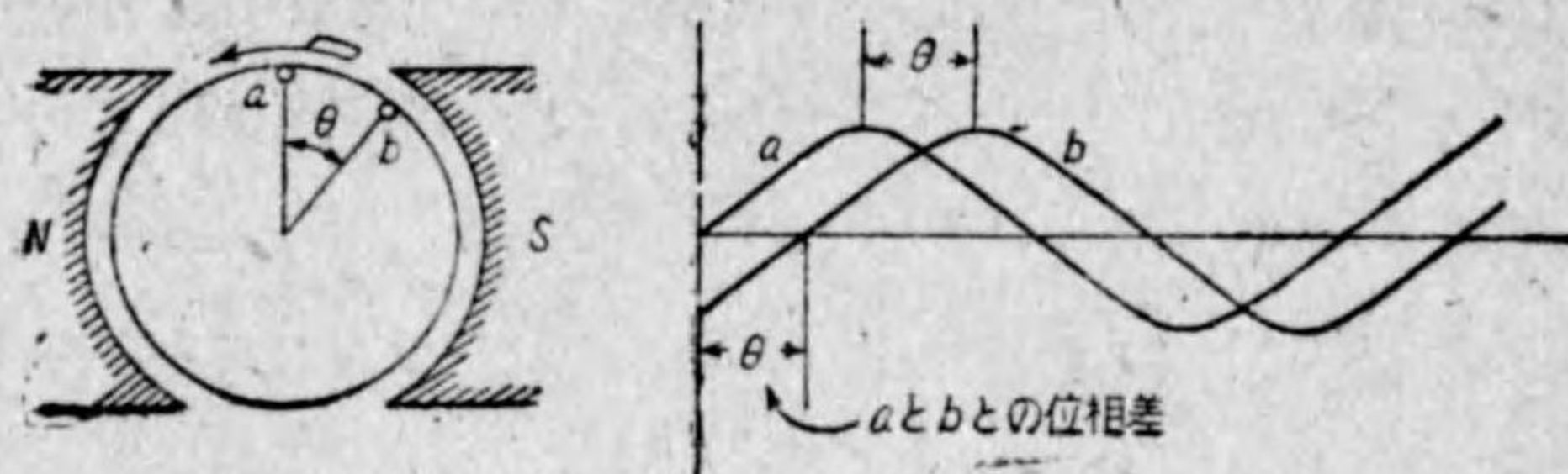
$$f = \frac{P}{2} n \quad \text{又は} \quad n = \frac{2f}{P} \dots\dots (54)$$

上式に於て周波数  $f$  は回転数  $n$  と極の対数  $\frac{P}{2}$  との積に比例することを示すものである。第 235 圖は発電機の磁極数と周波数との関係を示すもので

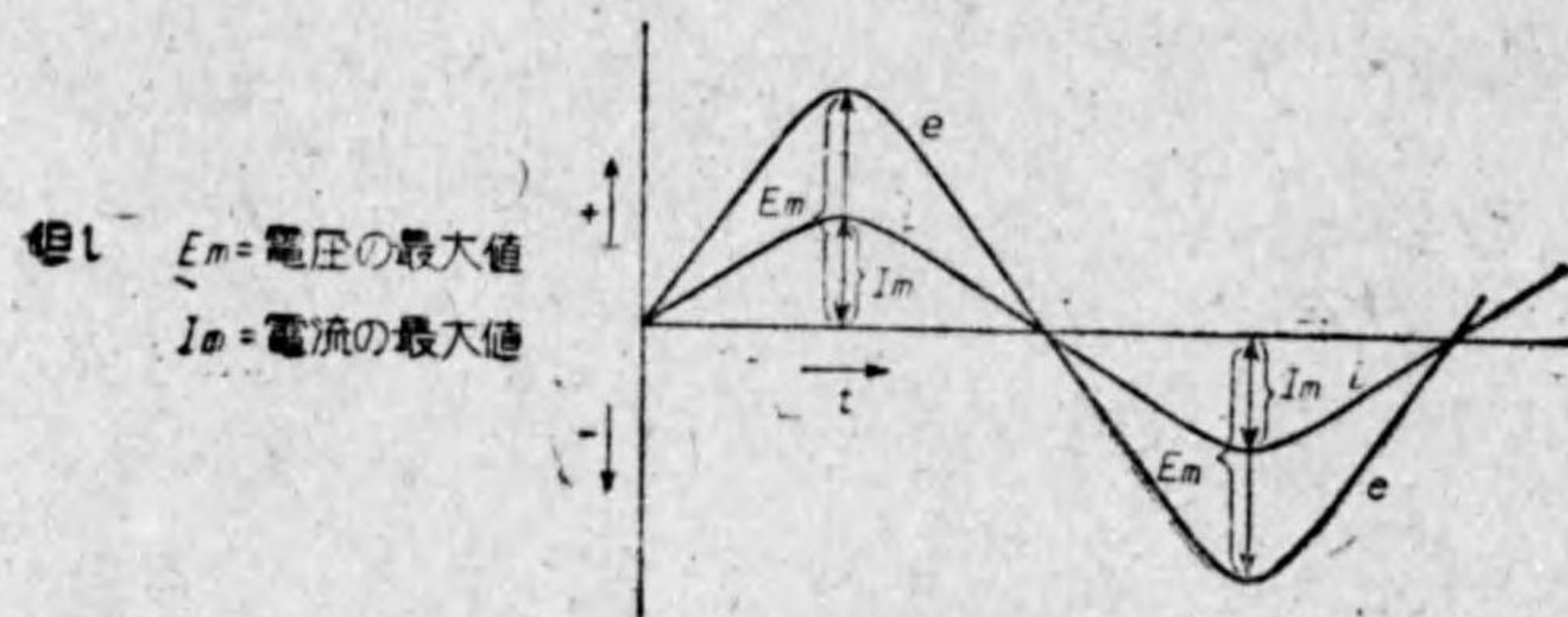


〔第 235 圖〕

ある。次に二極交流発電機があつて、 $a, b$  なる二導體が中心軸にて測り  $\theta$  角異なりたる位置にあるものとすれば、 $a$  導體に誘發する起電力と  $b$  導體に誘發する起電力とは、その波形の位置が  $\theta$  角だけ違つてゐるわけである。この波形の位置の差を位相差と稱し、その角  $\theta$  を相差角と稱する。而して回轉方向に對して先にある導體に生ずる起電力を位相が進んでゐるといひ、回轉方向に對し後にある導體の起電力を位相が遅れてゐると稱する (第 236 圖)。また第 237 圖に示す如く、電壓波形と電流波形とが時間的に各その最大値及び



〔第 236 圖〕



〔第 237 圖〕

零となる瞬間が同時なる場合は、この電圧と電流とは同相なりと稱する。上述の如く正弦波交流を取扱ふ場合に波形或はベクトル圖を用ひる。斯の如く電圧又は電流を波形又はベクトル圖にて表はすとき、時間に對する關係位置を位相と稱する。次に電氣角とは一周波の角度を  $360^\circ$  (又は  $2\pi$  ラジアン) にとりたる角度にして、幾何學的角 (一圓周を  $360^\circ$  又は  $2\pi$  ラジアン)

と電気角との間には次のやうな関係がある。

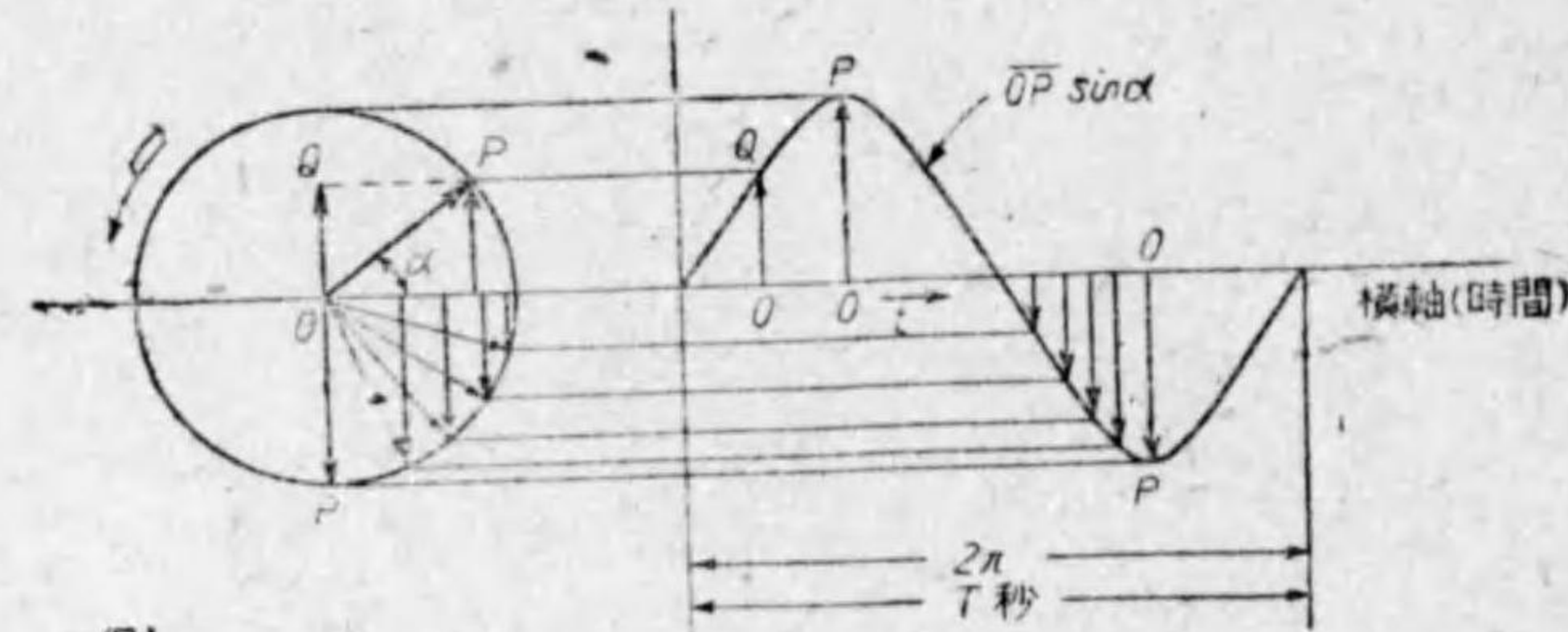
$$\left. \begin{aligned} \text{(電気角の度数)} &= \text{(幾何學的度数)} \times \frac{P}{2} \\ \text{(電気ラジアン數)} &= \text{(幾何學的ラジアン數)} \times \frac{P}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots (55)$$

今、四極交流發電機に就てこの関係は前記第 235 圖の如くである。

5) 正弦波交流のベクトル表示法

交流の電壓及び電流は方向及び大きさを持つ所謂ベクトル量で表はすことができる。第 238 圖に於て  $\overline{OP}$  なる長さを表はすベクトルが  $O$  點を中心として反時計式に一定角速度  $\omega$  を以て回轉するものとすれば、垂直線上に於ける  $\overline{OQ}$  の投影は次式の如く表はされる。

$$\overline{OQ} = \overline{OP} \sin \omega t$$



但し  $\overline{OP}$  = 角速度  $\omega$  を有する回轉ベクトル  
 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$   
 $T$  = 回轉ベクトルが 1 回轉する時間(秒)  
 $\frac{1}{T} = f = 1$  秒間の回轉數  
 $\alpha = \omega t = t$  秒間に回轉した角度

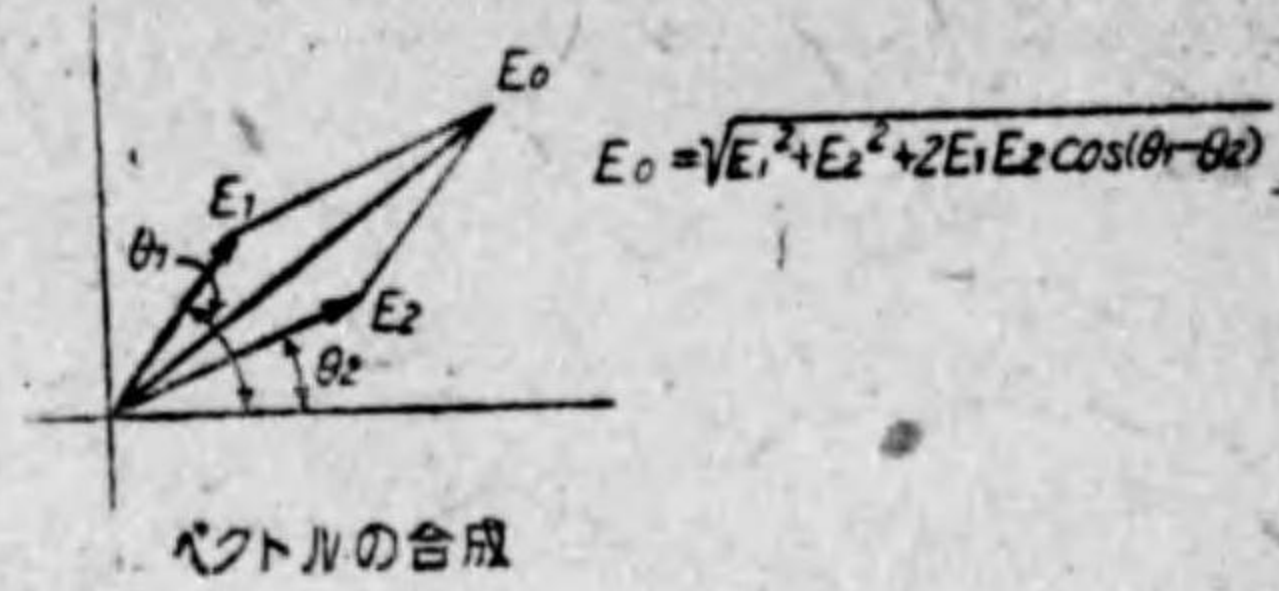
〔第 238 圖〕

今、 $\overline{OQ}$  を時間  $t$  を横軸として展開すれば、第 238 圖の如き正弦波形の曲線となる。従つて電壓及び電流の瞬時値の式

$$i = I_m \sin \omega t \quad e = E_m \sin \omega t$$

なる二式の  $I_m$  及び  $E_m$  は前述の  $OP$  に相當する。即ち  $I_m, E_m$  は回轉ベ

クトルを以て表はされる。同様にして正弦波交流の實効値  $E$  及び  $I$  も回轉ベクトルにて表はすことができるのである。今、電壓及び電流を實効値にて表はし、ベクトルの合成法及び分解法を示せば、第 239 圖の如くである。



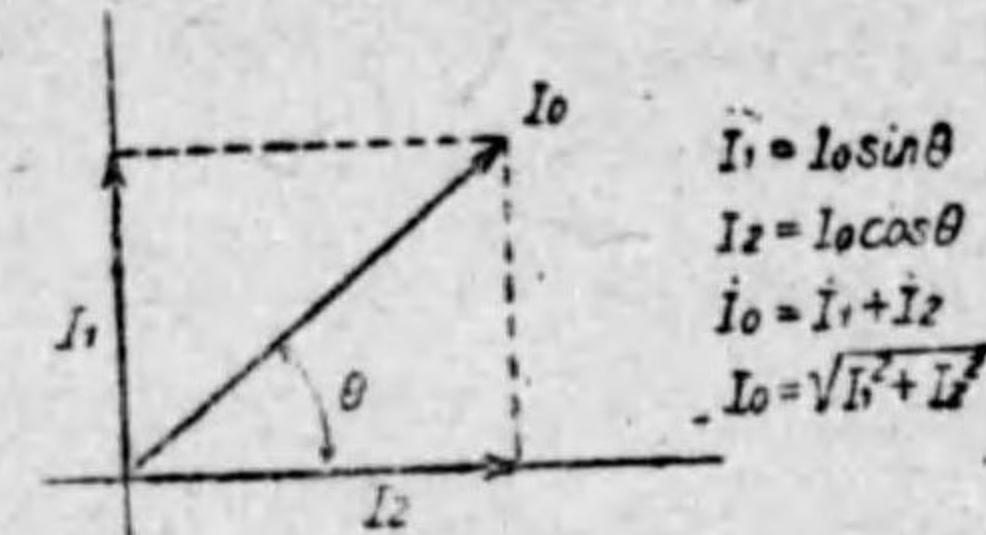
ベクトルの合成

$$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos(\theta - \theta_2)}$$

6) 抵抗のみの回路

第 240 圖の如き抵抗  $R$  に  $i = I_m \sin \omega t$  なる交流が通じてゐるとすれば、 $R$  の電壓降下の瞬時値は、

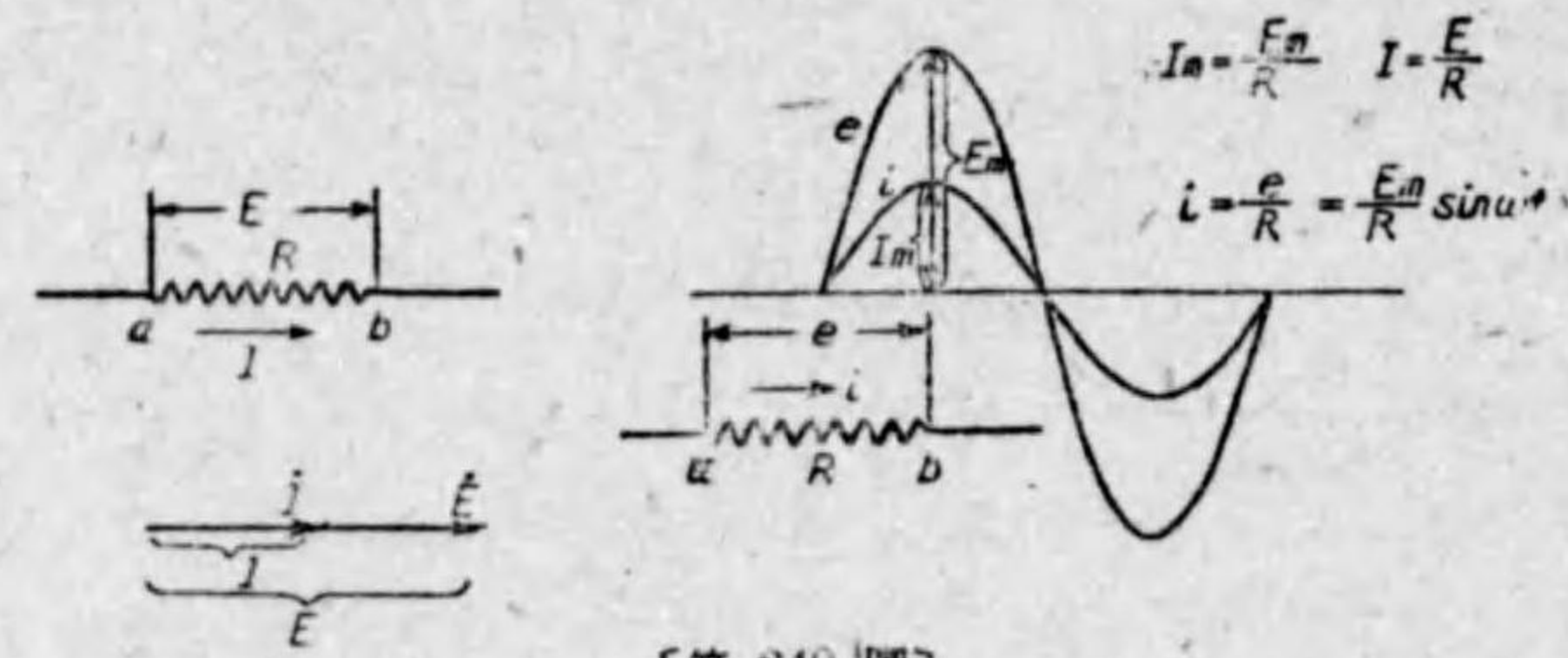
$$e = Ri = R I_m \sin \omega t \text{ である。}$$



ベクトルの分解

$$\begin{aligned} I_1 &= I_0 \sin \theta \\ I_2 &= I_0 \cos \theta \\ I_0 &= \sqrt{I_1^2 + I_2^2} \\ I_0 &= \sqrt{I^2 + I^2} \end{aligned}$$

〔第 239 圖〕



〔第 240 圖〕

上式により抵抗内の電壓降下は電流と同一周波數、同一波形で同相である。而して、その

$$\text{最大値 } (E_m) = I_m R$$

$$\text{實効値 } (E) = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m R}{\sqrt{2}} = I R$$

である。第 240 圖の波形圖はこの關係を表はすものである。

また  $R$  の両端  $ab$  間に  $e = E_m \sin \omega t$  なる電圧を供給した時、 $R$  を通ずる電流は

$$i = \frac{e}{R} = \frac{E_m}{R} \sin \omega t \dots\dots\dots(56)$$

この最大値  $I_m$  及び実効値  $I$  は

$$I_m = \frac{E_m}{R} \quad I = \frac{E}{R} \quad \therefore E = IR$$

で表はされる。なほ上述の  $IR$  なる抵抗に原因する電圧降下を電圧の抵抗降下と稱する。

7) 自己インダクタンスのみの回路

導体に電流が通じ、この電流が変化すれば、電流変化に伴ひ磁束も變化し、從つて、この際、磁束は導体を切つて起電力が誘導される。交流に於ては絶えずその値が變化するため絶えず磁束が導体を切つて導体に起電力を誘導される理である。故に回路の電流は、この起電力の影響を受けるべき理である。

今、第243圖の如く、 $L$  ヘンリの自己インダクタンスを有する線輪に、 $i = I_m \sin \omega t$  なる電流が通じてゐるとすればこの線輪に誘導する起電力の瞬時値は、

$$e = L \frac{di}{dt} = L \frac{d I_m \sin \omega t}{dt} = \omega L I_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \\ = \omega L I_m \sin \left( 2\pi f t + \frac{\pi}{2} \right) \dots\dots\dots(57)$$

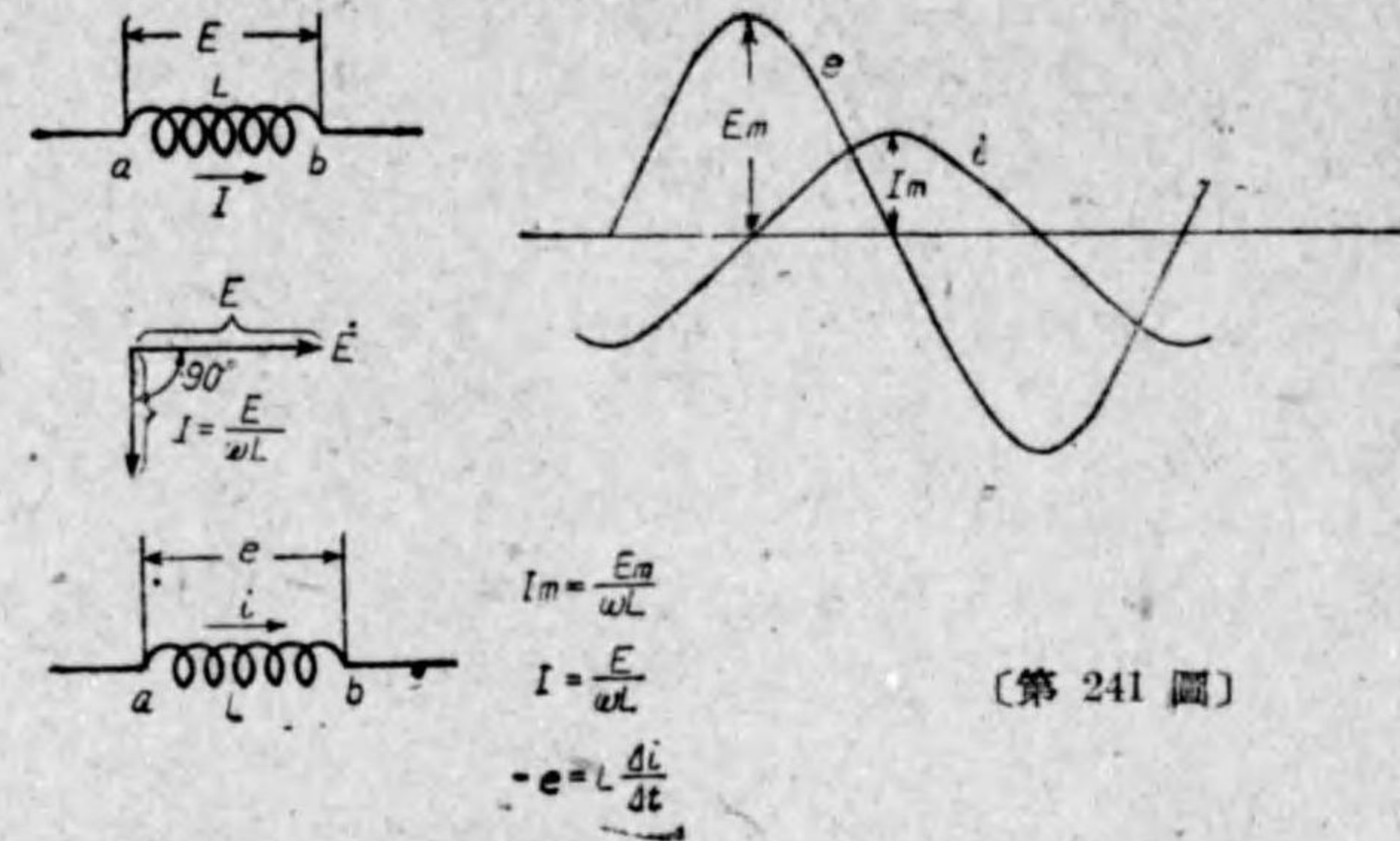
である。この起電力は線輪の自己インダクタンスによるものであるから、電流の變化を妨げんとする所謂逆起電力である。上式より  $L$  ヘンリの線輪に  $f$  サイクル、 $I_m$  アンペアの正弦波交流を通ぜしめるためには

$$E_m = 2\pi f L I_m \quad \text{又は} \quad E = 2\pi f L I$$

なる最大値  $E_m$  (実効値  $= E$ ) の電圧を供給しなければならない。上式を變形すれば

$$I_m = \frac{E_m}{2\pi f L} \quad \text{又は} \quad I = \frac{E}{2\pi f L}$$

となる。以上の理より電波の正の向を供給電圧の正の向に選ぶときは、電流の位相は供給電圧の位相よりも  $\frac{\pi}{2}$  ラジアン即ち  $90^\circ$  遅れる。これ等の關係を表はせば第241圖の如くである。



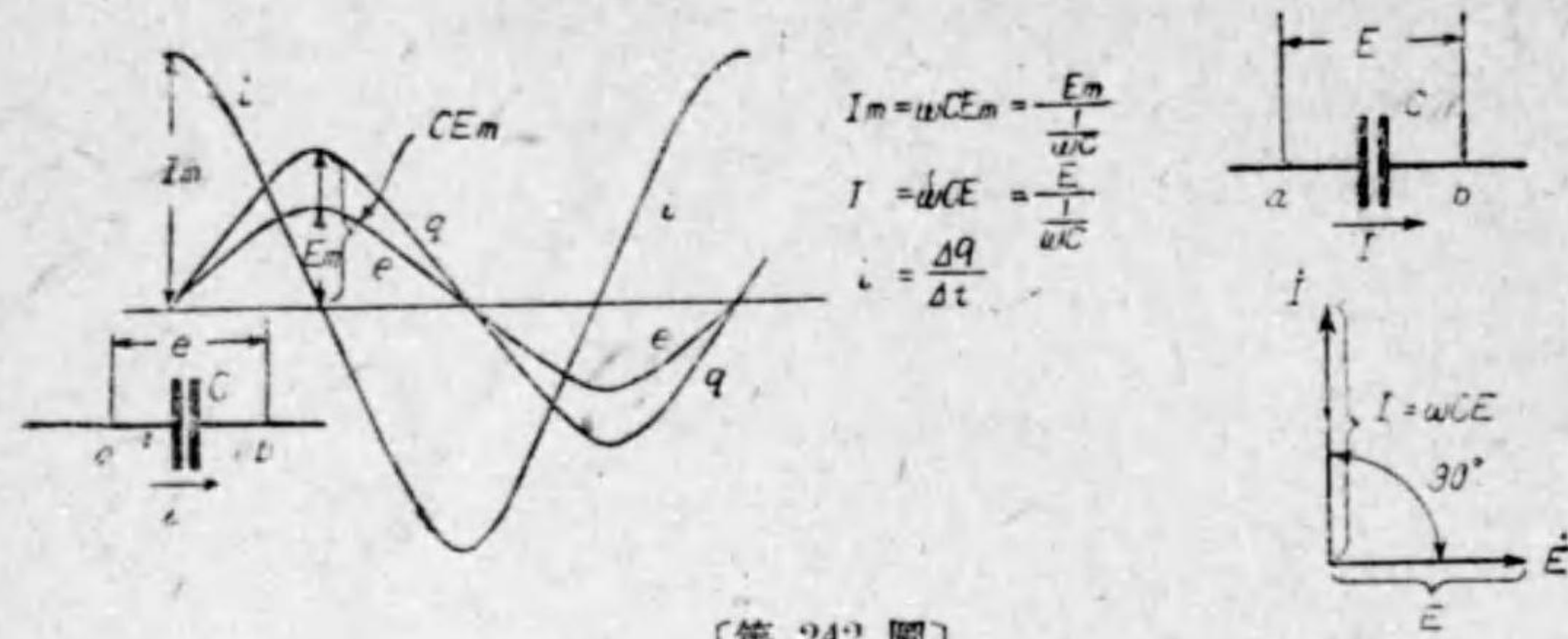
なほ上述の理由により、交流回路に於ては電流の値を制限し電圧降下を決定するものは抵抗のみでなく、もし自己インダクタンスがあると、たとへその回路に抵抗がなくとも電流は  $\frac{E}{\omega L}$  となり、電圧降下は  $\omega L I$  となる。換言すれば、交流回路の電流及び電圧降下は  $2\pi f L$  なる値によつて決定されるものである。この  $2\pi f L$  即ち回路の自己インダクタンス  $L$  に  $2\pi f$  を乗じたるものをその回路の周波数に對するリアクタンスと稱し、 $x$  又は  $X$  なる記號を用ひ、その單位は抵抗と同様オームなる名稱を用ひる。また  $2\pi f L$  なるリアクタンスに原因する電圧降下を電圧のリアクタンス降下と稱する。

8) 静電容量のみの回路

第242圖の如き容量  $C$  フラッドなる蓄電器の兩端子  $ab$  間に  $e = E_m \sin \omega t$  の電圧を給與する場合に、各瞬間に充電される電荷の量は

$$q = C E_m \sin \omega t$$

なる式で表はされる。一般に回路の電流は電荷の變化の時間に對する割合であるから、この回路の電流は



〔第 242 圖〕

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dCE_m \sin \omega t}{dt} = \omega CE_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= \frac{E_m}{\omega C} \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \dots \dots \dots (58)$$

なる式にて表はされる。故に容量  $C$  ファラドの蓄電器に最大値  $E_m$ 、実効値  $E$  ボルト、 $f$  サイクルの正弦波交流を供給すれば電流の最大値及び実効値は

$$I_m = \frac{E_m}{\omega C}, \quad I = \frac{E}{\omega C}$$

なる充電電流が通じる。よつて上式より

$$E_m = \frac{1}{\omega C} I_m, \quad E = \frac{1}{\omega C} I$$

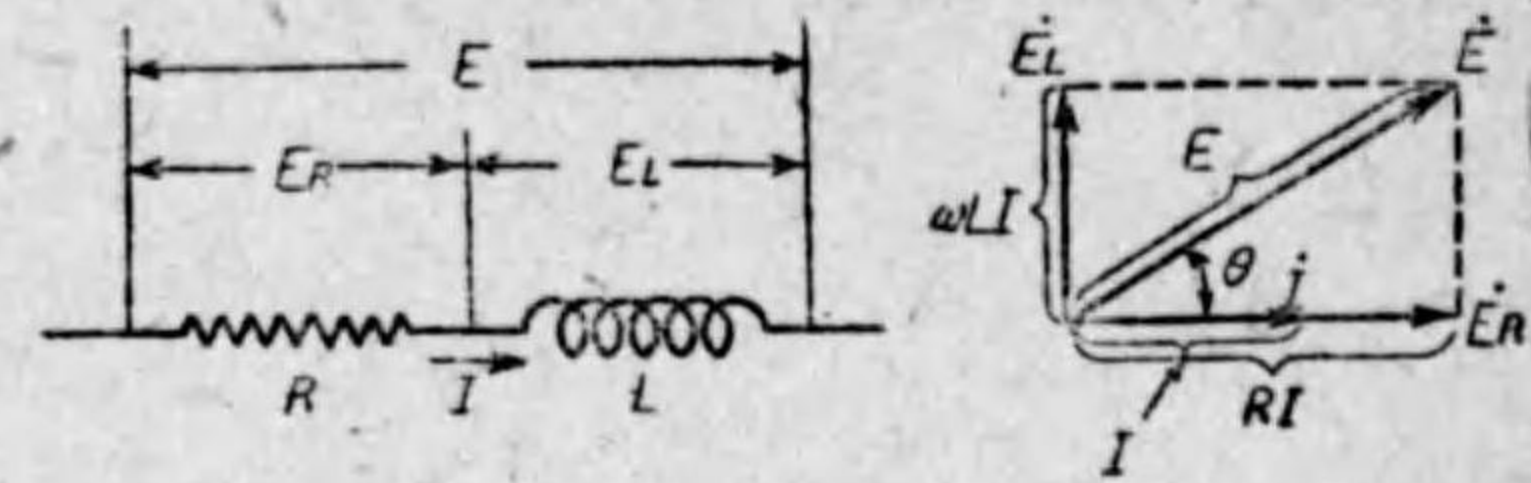
なる関係が成立する。即ち蓄電器の誘電体中には上式と同じ値の電圧降下が生ずる。従つて前述の関係により斯の如き回路の充電電流の位相は、その蓄電器の給與電圧或は電圧降下より  $\frac{\pi}{2}$  ラジアン ( $90^\circ$ ) 進んでゐるのである。而して蓄電器回路の充電電流は  $\frac{1}{\omega C} \left( \frac{1}{2\pi f C} \right)$  によつて制限され、また電圧降下は  $\frac{1}{\omega C}$  によつて決定される。即ち交流回路に於ては  $\frac{1}{\omega C}$  が電流及び電圧降下を決定する一要素となるから、これをもリアクタンスと稱し、単位はオームで表はす。このリアクタンスには前節に述べた自己インダクタンスによるものと、ここに述べた蓄電器の容量によるものがある。故に前者

を誘導リアクタンス、後者を容量リアクタンスと稱する。

9) R, L 直列回路

第 243 圖のやうに  $R$  オームの抵抗と  $L$  ヘンリの自己インダクタンスとが直列な回路に周波数  $f$

サイクル毎秒、実効値  $E$  ボルトの正弦波電圧を供給したとき、この回路に通ずる電流の実効値を  $I$  アンペア実効



〔第 243 圖〕

値とすれば、 $R$  と  $L$  とは直列であるから、電流  $I$  は両者に共通である。故に  $R$  による電圧降下は  $E_R = IR$  ボルトで、電流と同相であり、 $L$  による電圧降下は  $E_L = \omega LI$  ボルトで電流より  $90^\circ$  進んでゐる。而して、この回路の全電圧降下は  $E_R$  及び  $E_L$  を代表するベクトルの和で示される。これにより全電圧降下、即ち供給電圧  $E$  は

$$E = \sqrt{(IR)^2 + (\omega LI)^2} = I \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

故に 
$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \dots \dots \dots (59)$$

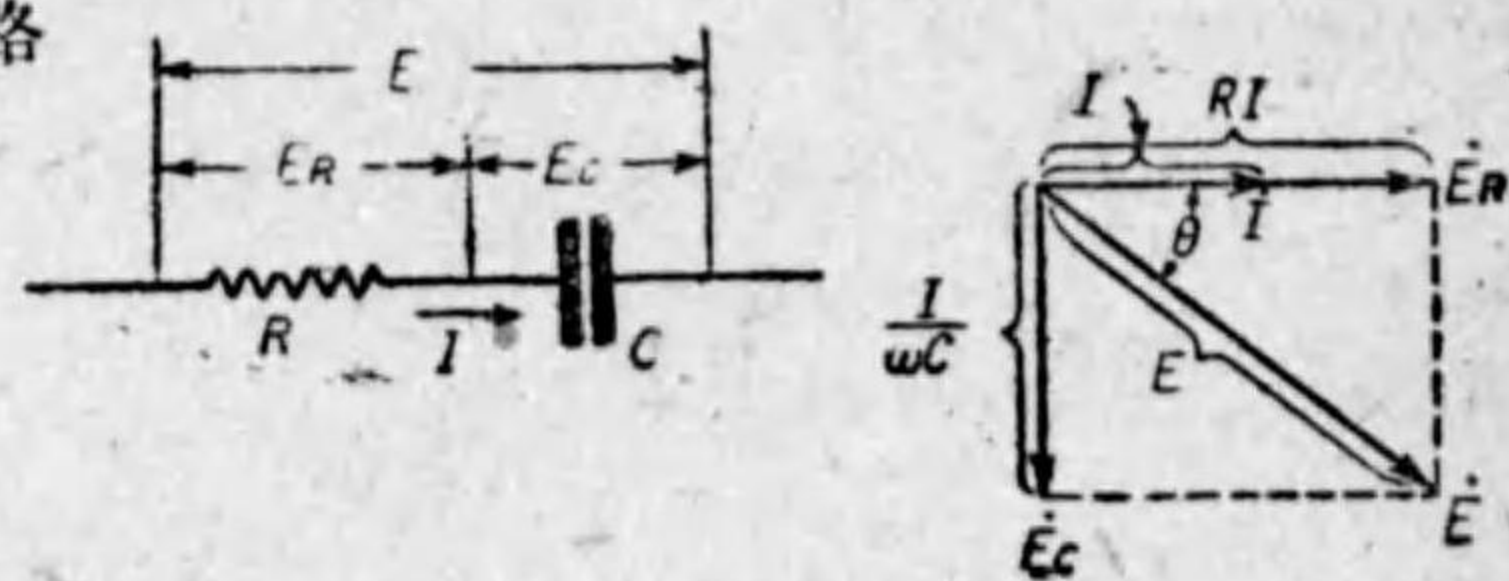
また第 243 圖のベクトル圖より次の関係が生ずる。

$$\theta = \arctan \frac{\omega L}{R} \dots \dots \dots (60)$$

この  $\theta$  角だけ  $I$  は  $E$  より位相が遅れる。

10) R, C 直列回路

抵抗  $R$  オームと容量  $C$  ファラドとが直列な回路に、周波数  $f$  サイクル毎秒、 $E$  ボルトの正弦波形電圧（實効



〔第 244 圖〕

値)を供給したとき、この回路を通ずる電流を  $I$  アンペア (実効値) とすれば、 $R$  による電圧降下は  $E_R = IR$  ボルトで電流と同位相にあり、 $C$  による電圧降下は  $E_C = \frac{I}{\omega C}$  ボルトにして電流より  $90^\circ$  遅れる。従つて、この回路の全電圧降下或は供給電圧  $E$  は第 244 圖のベクトル圖にて示すやうに

$$E = \sqrt{(IR)^2 + \left(\frac{I}{\omega C}\right)^2} = I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

である。故に電流の値は

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \dots\dots\dots(61)$$

而して、この電流は、

$$\theta = \text{arc tan} \frac{1}{\omega C R} \dots\dots\dots(62)$$

だけ電圧  $E$  より位相が進んでゐるのである。

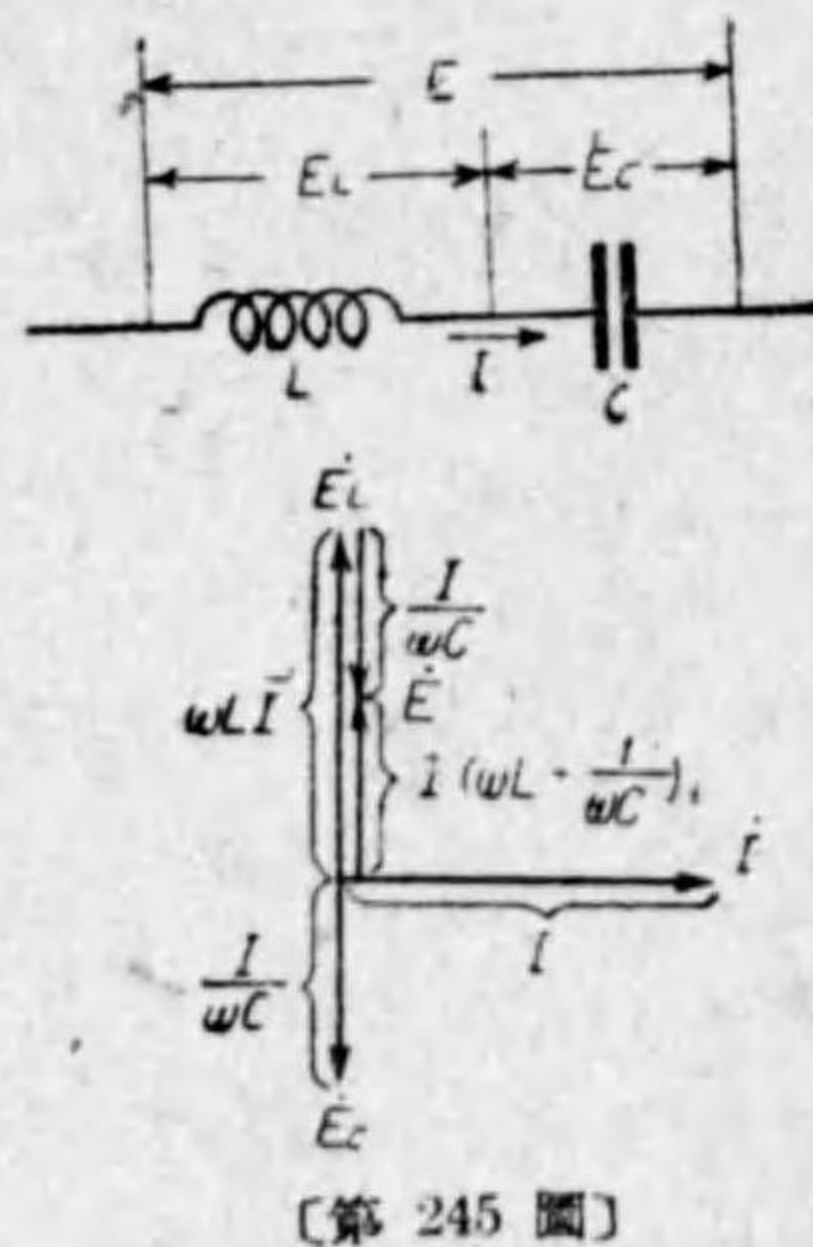
11) L, C 直列回路

第 245 圖は自己インダクタンス  $L$  ヘンリと容量  $C$  ファラドとが直列な回路である。今、周波数  $f$  サイクル毎秒、実効値  $E$  ボルトの交流電圧を供給するとき、流れる電流を  $I$  アンペアとすれば、この回路の全電圧降下或は供給電圧  $E$  と電流  $I$  との関係は、 $\omega L > \frac{1}{\omega C}$  か  $\omega L < \frac{1}{\omega C}$  かにより、同圖に示すやうなベクトル圖となる。このベクトル圖により

(1)  $\omega L > \frac{1}{\omega C}$  の場合には

$$E = \omega LI - \frac{1}{\omega C} I = \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) I$$

故に 
$$I = \frac{E}{\omega L - \frac{1}{\omega C}} \dots\dots\dots(63)$$



[第 245 圖]

なる関係があり、電流は供給電圧より位相が  $90^\circ$  遅れる。

(2)  $\omega L < \frac{1}{\omega C}$  の場合には

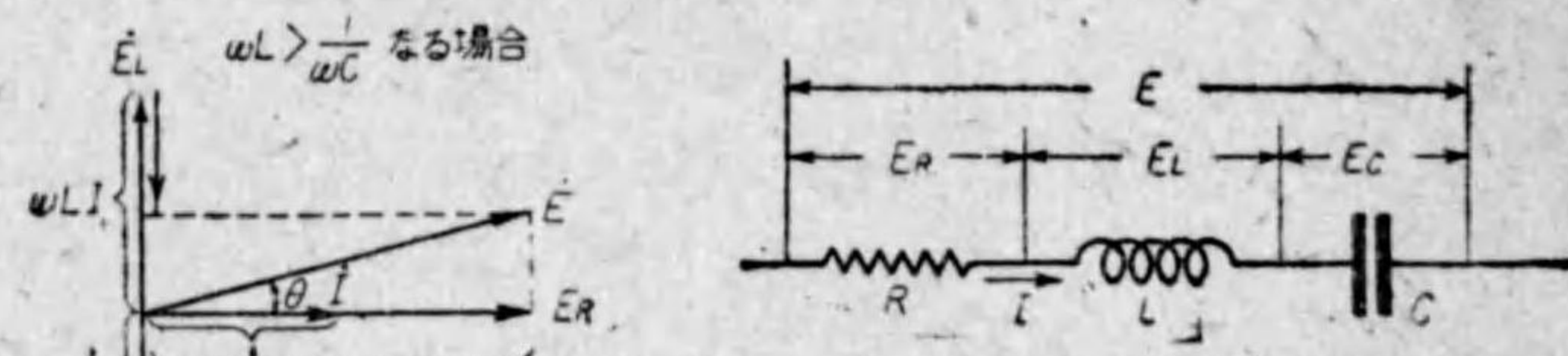
$$E = \frac{I}{\omega C} - \omega LI = \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right) I$$

故に 
$$I = \frac{E}{\frac{1}{\omega C} - \omega L} \dots\dots\dots(64)$$

なる関係があつて、電流は供給電圧より位相が  $90^\circ$  進んでゐる。

12) R, L, C 直列回路

第 246 圖は抵抗  $R$  オーム、自己インダクタンス  $L$  ヘンリ及び静電容量  $C$  ファラドが直列な回路である。今、この回路に周波数  $f$  サイクル毎秒、実効値  $E$  ボルトの正弦波交流電圧を供給した場合、この回路に通ずる電流を  $I$  アンペア (実効値) は  $\omega L > \frac{1}{\omega C}$  或は  $\frac{1}{\omega C} < \omega L$  の二つの場合により第 246 圖のベクトル圖に示すやうな関係がある。よつて



[第 246 圖]

(1)  $\omega L > \frac{1}{\omega C}$  のとき

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \dots\dots\dots(65)$$

また供給電圧に対する電流の位相差は

$$\theta = \text{arc tan} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \dots\dots\dots(66)$$



だけ遅れる。

(2)  $\omega L < \frac{1}{\omega C}$  の場合は

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C} - \omega L)^2}} \dots\dots\dots (67)$$

また供給電圧に対し電流の位相差は

$$\theta = \arctan \frac{\frac{1}{\omega C} - \omega L}{R} \dots\dots\dots (68)$$

だけ進むのである。

13) 共振回路

$R, L, C$  直列回路に於て、もし  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  なるときは、この回路の電流は前節の関係より  $I = \frac{E}{R}$  又は  $\theta = \arctan \frac{0}{R} = 0$  となり、電流は供給電圧と同相になる。それは  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  のとき  $L$  によるリアクタンスと  $C$  によるリアクタンスとの性質相反する二つの作用が等しく互いに打消し合つて合成リアクタンス ( $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ ) を零とし、ただ  $R$  のみの回路と等しくなることを示すのである。一般に或る回路の誘導リアクタンス  $\omega L$  と容量リアクタンス  $\frac{1}{\omega C}$  とが等しくなる状態を共振と稱する。而して上記の場合の共振は  $\omega L$  と  $\frac{1}{\omega C}$  とが直列に存在する場合であるから、これを直列共振と稱する。

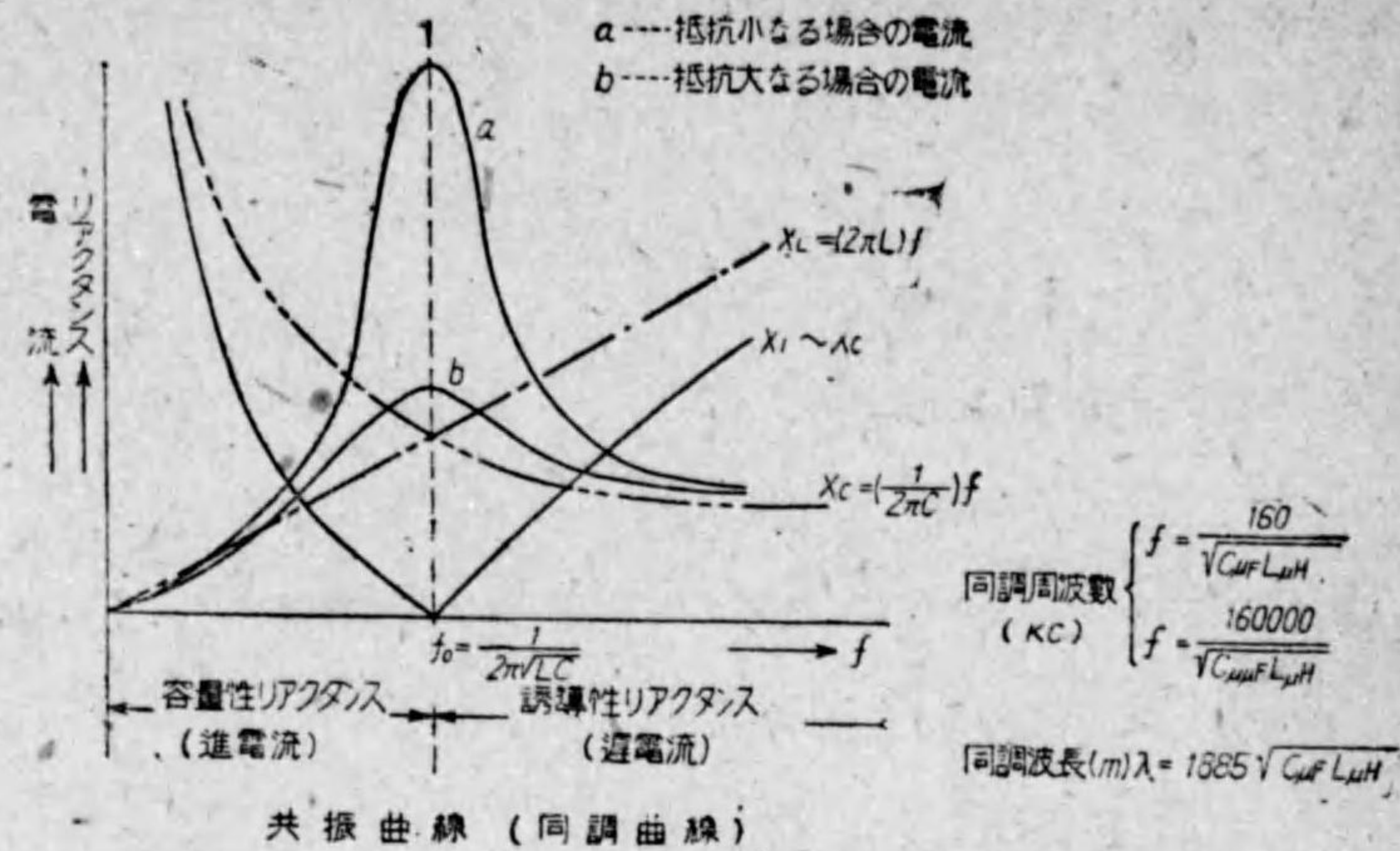
今、この共振状態を生ずべき周波数を  $f_0$  とすれば

$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C} \dots\dots\dots (69)$$

故に  $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \dots\dots\dots (70)$

なる関係がある。

第247圖は  $R, L, C$  直列回路の電流の値が  $f$  によつて如何なる有様に變るかを示すグラフであつて、これを共振曲線と稱する。共振状態にある回路

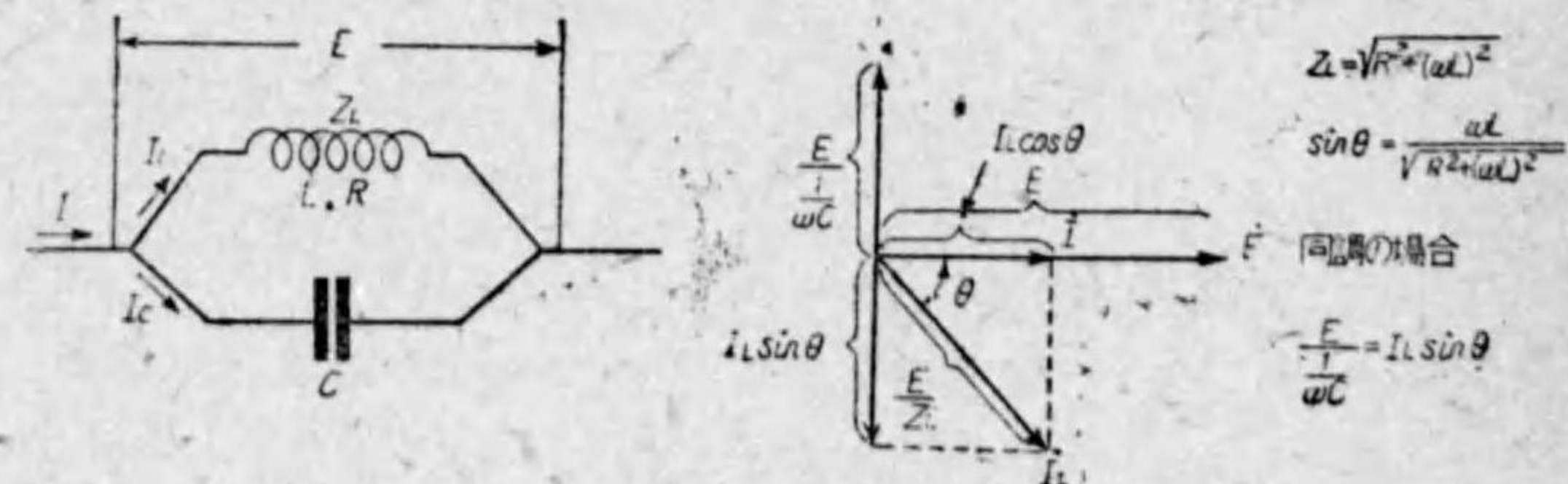


共振曲線 (同調曲線)

(第247圖)

の電流は  $I = \frac{E}{R}$  であるから、もし  $R$  が充分小なれば  $I$  は充分大とすることが出来る。第247圖は電路の周波数  $f$  が變る場合であるが、一定周波数一定電圧でも、 $L$  或は  $C$  を可變のものとし、その値を適當に調節することにより共振状態即ち  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  にすることが出来る。

次に並列共振の場合を述べよう。第248圖は  $C$  と  $L, R$  が並列にある回路で、いま周波数  $f$  サイクル毎秒、 $E$  ボルトの正弦波電圧を供給したとき、この回路に流れる電流を  $I$  アンペアとすれば、第248圖のベクトル圖に示すや



(第248圖)

うな関係がある。今この回路が共振状態、即ち  $E$  と  $L$  とが同相にある場合に於ける周波数  $f_0$  は次の如き関係がある。

$$\frac{E}{\omega C} = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \times \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

故に 
$$\omega C = \frac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}$$

故に 
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} \dots\dots\dots(71)$$

もし、 $L R$  回路の  $R$  が小さく、省略できる場合には共振周波数は、 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  となり、直列共振の場合に於ける共振周波数の式と同様になる。

### 14) 交流回路の性質

交流回路の供給電圧と電流との比をインピーダンスと稱し、一般に  $Z$  なる記號を以つて表はし、またその實用單位にはオームを用ひる。 $R, L, C$  直列回路のインピーダンスは、

$$(\text{インピーダンス}) = \sqrt{(\text{抵抗})^2 + (\text{リアクタンス})^2}$$

この式中の (リアクタンス) = (誘導リアクタンス) - (容量リアクタンス) である。上式を記號にて表はせば

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \dots\dots\dots(72)$$

但し 
$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

である。而して、此の回路の電流  $I$  は

$$I = \frac{E}{Z}$$

であり、また電流と供給電圧との位相差は次の如くである。

$$\theta = \text{arc tan } \frac{X}{R}$$

なほ、この  $\theta$  角の餘弦及び正弦は

$$\left. \begin{aligned} \cos \theta &= \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{X}{R}\right)^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{R}{Z} \\ \sin \theta &= \tan \theta \cos \theta = \frac{X}{R} \cdot \frac{R}{Z} = \frac{X}{Z} = \frac{X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots(73)$$

である。上述の如く  $R, L, C$  直列回路のインピーダンス及び電流の位相角を表はす一般式は、

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}, \quad \theta = \text{arc tan } \frac{X}{R}$$

但し 
$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

であるが、 $R, L, C$  のうち何れか一或は二を缺ける場合もこの一般式の中に含まれるのである。而して交流はその  $R, L, C$  の三要素の組合せにより次の三種に區別される。

#### (1) 無誘導性回路

これは回路に通ずる電流が供給電圧と同相である如き回路である。即ち回路が  $R$  のみの場合或は  $R$  の外に  $L$  と  $C$  とが直列に存するも  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  で、合成リアクタンス零にして結局  $R$  のみの回路と同じ結果を與へる場合はこれに屬するのである。

#### (2) 誘導性回路

これは回路に通ずる電流がその供給電圧より遅れる如き回路である。直列回路に於ては  $R$  と  $L$  とが直列の場合及び  $R, L, C$  が直列に存在するも、 $\omega L > \frac{1}{\omega C}$  なる場合の回路である。

#### (3) 容量回路 (反誘導性回路)

これは回路に通ずる電流がその供給電圧より進む如き回路である。 $R, L, C$  直列回路に於ては  $\omega L < \frac{1}{\omega C}$  なる場合、また  $R$  と  $C$  とが直列の回路の場合である。

### 15) 交流回路の電力

或る回路に通じてゐる交流の電流の瞬時値を  $i$  アンペア、その瞬時に於け

る電圧降下が、 $e$  ボルトなる時は、その瞬時に回路へ入り来る電力、即ち入力  
の瞬時値は

$$p=ei \text{ (ワット)}$$

にて表はされる。

今、電圧及び電流が正弦波であり、その瞬時値を夫夫  $e=E_m \sin \omega t$ ,  
 $i=I_m \sin (\omega t-\theta)$  とすれば、任意の瞬時に於ける電力は

$$p=ei=E_m \sin \omega t \cdot I_m \sin (\omega t-\theta) \\ =\frac{E_m I_m}{2} \{ \cos \theta - \cos (2\omega t-\theta) \} \dots\dots\dots(74)$$

である。この式に於ける  $\omega=2\pi f$  で、 $f$  は電圧及び電流の周波数である。

この電力の平均値は、

$$P=\frac{E_m I_m}{2^2} \cos \theta =\frac{E_m}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cos \theta$$

である。

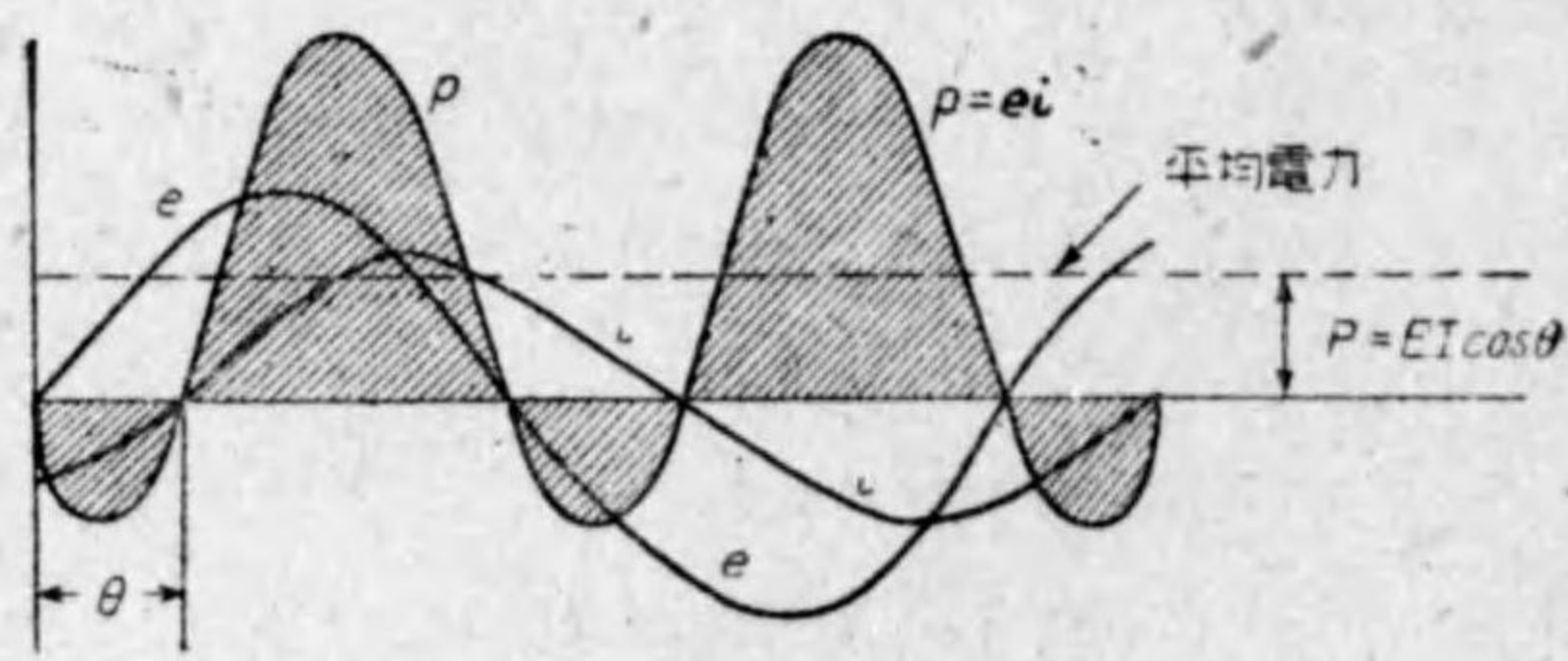
故に  $P=EI \cos \theta \dots\dots\dots(75)$

で表はされる。即ち電力の平均値は電圧及び電流を實効値にて表はした電力  
の平均値である。而して (75) 式は正弦波交流の場合に於てのみ成立すべき  
ものである。そして入力或は出力の何れにも適用できる交流電力の一般式

である。第249圖は

$e, i$  及び  $p$  等を表  
はすグラフである。

次に電圧と電流とが  
同位相の場合の電力  
は、電流の實効値と



〔第249圖〕

電圧の實効値との積

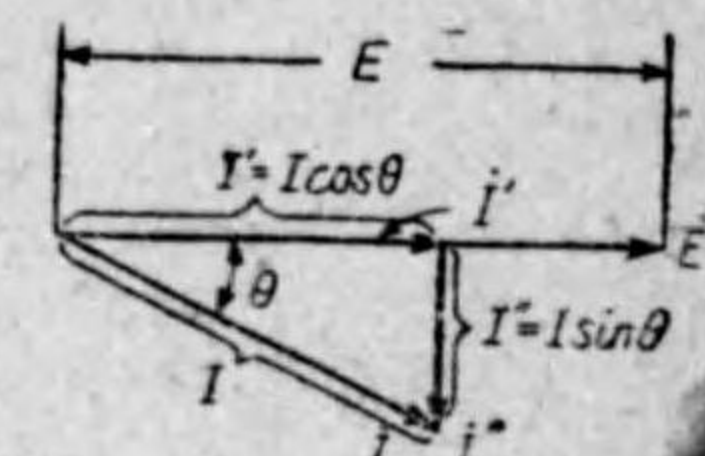
に等しい。然るに一般の場合として電圧と電流との間に位相差があると、電  
圧の實効値電圧計の讀と電流の實効値(電流計の讀)との積は電力に等しくな  
くて、電力は常にその積より小である。前述の  $P=EI \cos \theta$  なる式に於け

る  $\cos \theta$  を力率と稱する。故に

$$\cos \theta =\frac{P}{EI} \dots\dots\dots(76)$$

となる。換言すれば力率は電圧と電流の相差角の餘弦に等しいといふことが  
できる。かかる理により  $\theta$  を電路の力率角と稱する。また上述の電圧の實効  
値との積を皮相電力と稱して眞の電力と區別し、その實用單位をボルト・ア  
ンペアと稱し、記號は  $VA$  にて表はす。  $VA$  の 1000 倍をキロ・ボルト・ア  
ンペア(記號  $kVA$ ) と稱す。

今、或る回路があつて、實効値  $E$  ボルトの正弦波交流を供給し、これに實  
効値  $I$  アンペアの電流が通じ、その位相差が  $\theta$  角であつたとすれば、この電  
路に費やされる電力は  $P=EI \cos \theta$  (ワット) である。而して、この電圧 ( $E$ ) 及  
び電流 ( $I$ ) をベクトル圖にて表はすと、第250圖のやうになる。圖中の  $I'$  は



〔第250圖〕

$I$  を電圧と同相に分けた電流分、また  $I'$  は  $I$  を  
電圧と直角に分けた電流分であつて、この  $I'$  及び  
 $I''$  を電流  $I$  の有效分及び無効分と稱する。即ち

$$I \text{ の有效分} = I \cos \theta = I' \\ I \text{ の無効分} = I \sin \theta = I''$$

なる式にて表はされる。この  $I'$  及び  $I''$  を夫夫  $I$  の有効電流及び無効  
と稱することがある。無効電流と電圧との積

$$P=EI \sin \theta \dots\dots\dots(77)$$

を無効電力と稱する。

次に  $R, L, C$  直列回路に正弦波電圧の實効値  $E$  ボルトを供給したとき、  
この回路に消費される電力は

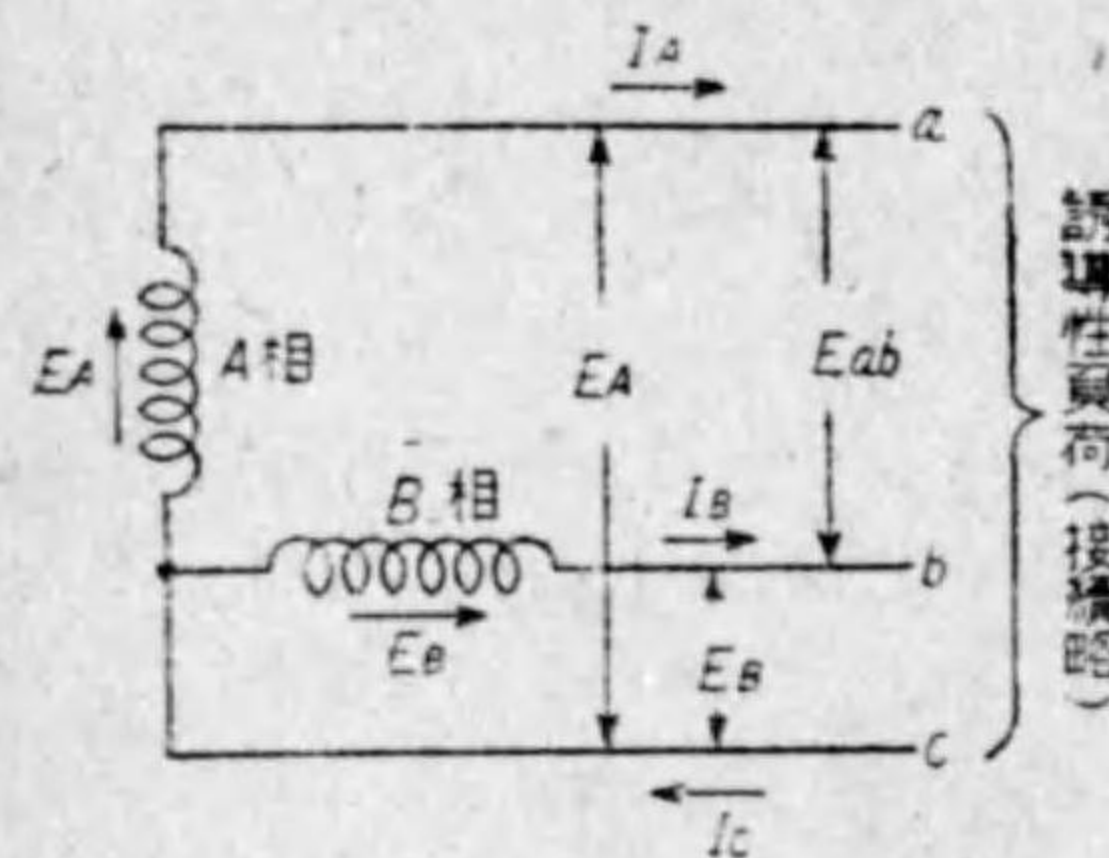
$$P=EI \cos \theta = IZ \times I \times \frac{R}{Z} = I^2 R \dots\dots\dots(78)$$

である。即ち斯の如き回路の消費電力はジュールの法則による熱となつて消  
費される電力である。

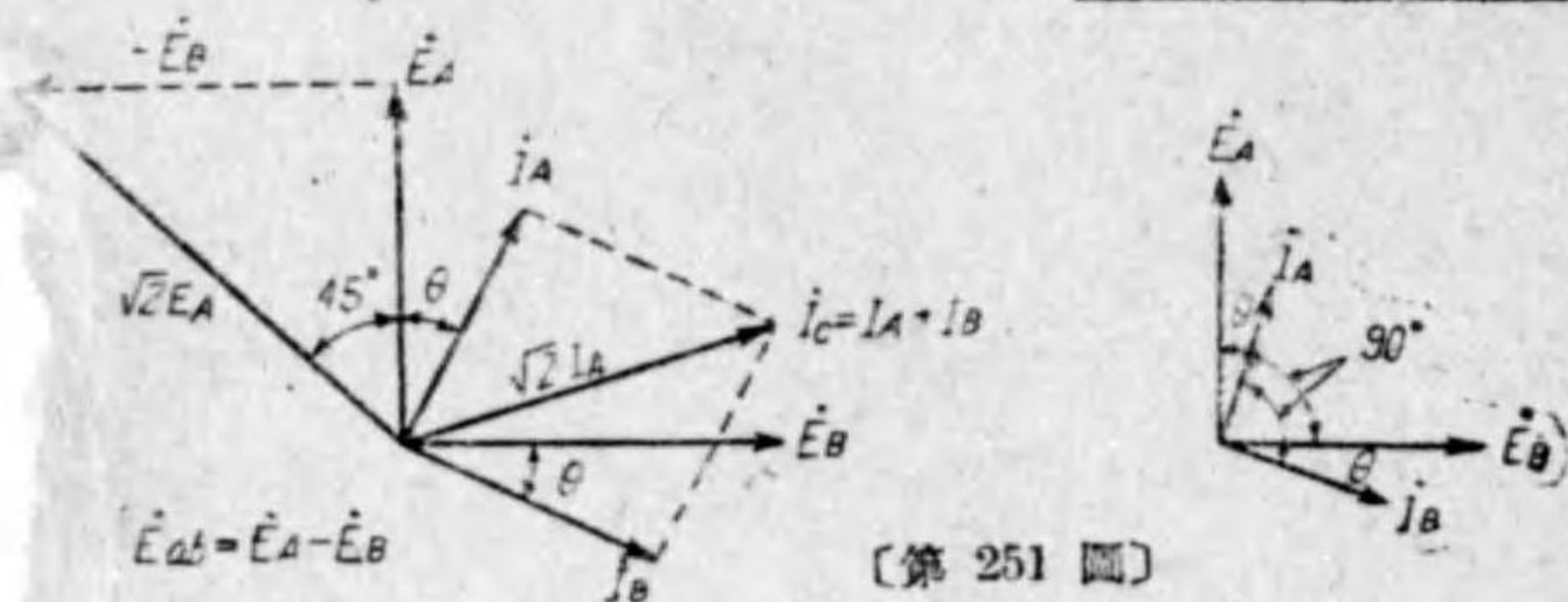
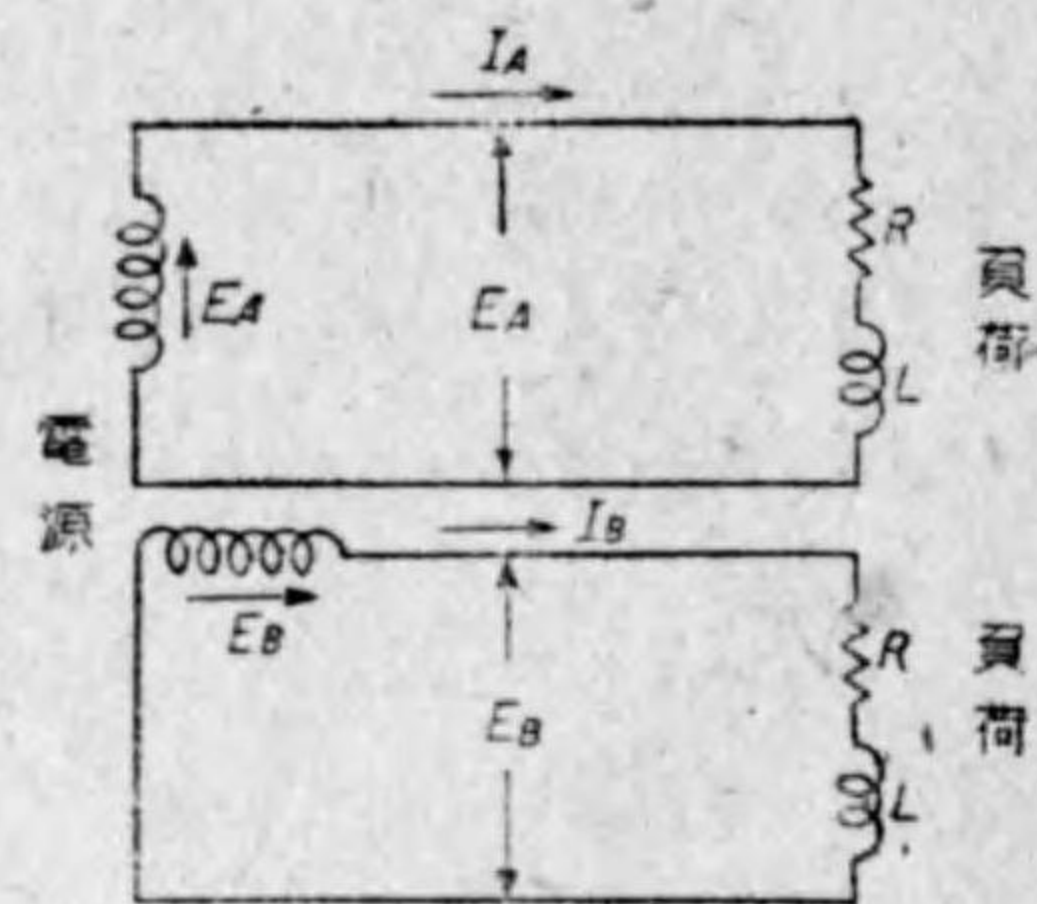
16] 多相式交流回路

今まで述べた回路は単相式の場合であつたが、この外に多相式回路がある。多相式回路は二相式、三相式等を總稱していふ名稱で、二つ以上の交流を一括して用ひるものである。而して二相式は单相を2組、三相は单相を3組、夫夫一括して用ひる、そして二相式には二相三線式と二相四線式とがある。これ等の接続圖及びベクトル圖は第251圖の如くである。また電壓、電流及び電力等は次式にて表はされる。

二相三線式



三相四線式



[第251圖]

(1) 二相三線式の場合

$$I_A = \frac{E_A}{Z}, \quad I_B = \frac{E_B}{Z}, \quad \theta = \arctan \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

$$\left. \begin{aligned} P &= 2 E_A I_A \cos \theta \\ &= 2 E_B I_B \cos \theta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (79)$$

(2) 二相四線式の場合

$$I_A = \frac{E_A}{Z}, \quad I_B = \frac{E_B}{Z}, \quad \theta = \arctan \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

$$P = E_A I_A \cos \theta + E_B I_B \cos \theta$$

$$= 2 E_A I_A \cos \theta$$

$$= 2 E_B I_B \cos \theta \left. \dots \dots \dots (80) \right\}$$

但し (1) 及び (2) の場合

Z = 負荷のインピーダンス (各相共同一とす)

EA, EB = 各相電圧の實効値 (EA = EB)

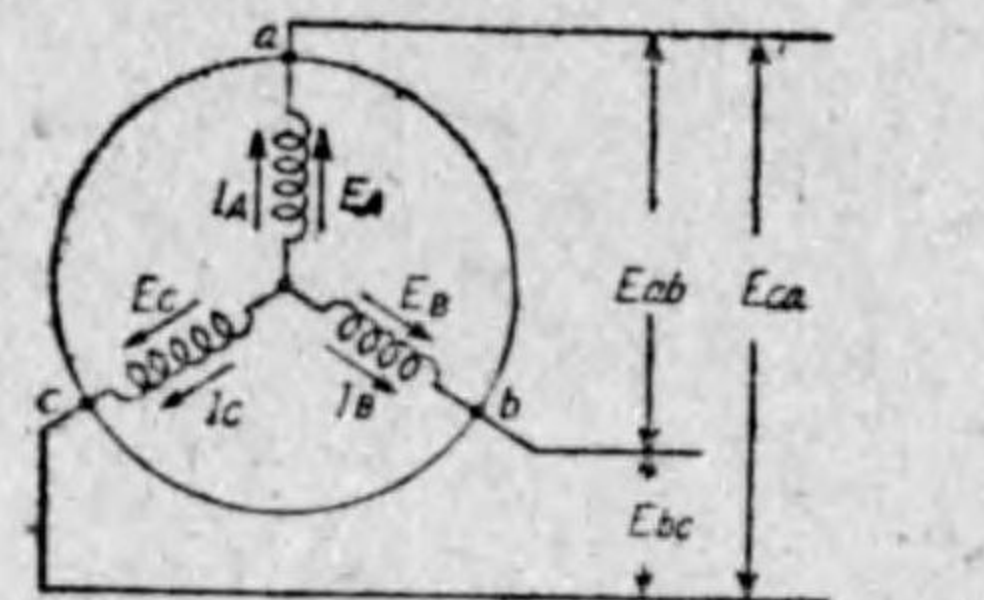
IA, IB = 各相電流の實効値 (IA = IB)

P = 全電力

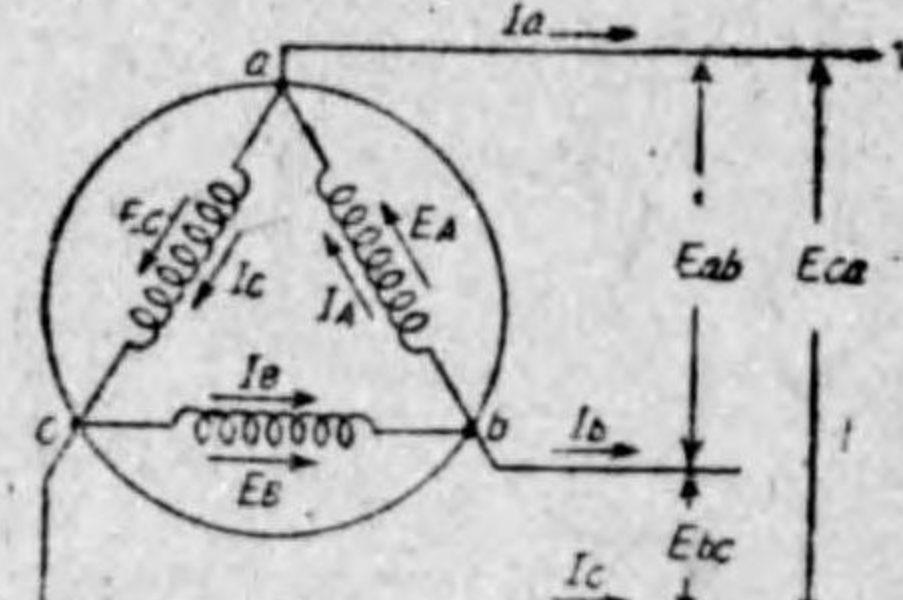
θ = 負荷の力率

次に三相式には三相三線式と三相四線式とがある。今それ等のベクトル圖及び接続圖を示せば第252圖の如くである。

三相三線式星形接続



三相三線式三角形接続



$$E_A = E_B = E_C = E_D = \frac{E}{\sqrt{3}}$$

$$E_{ab} = E_{bc} = E_{ca} = E$$

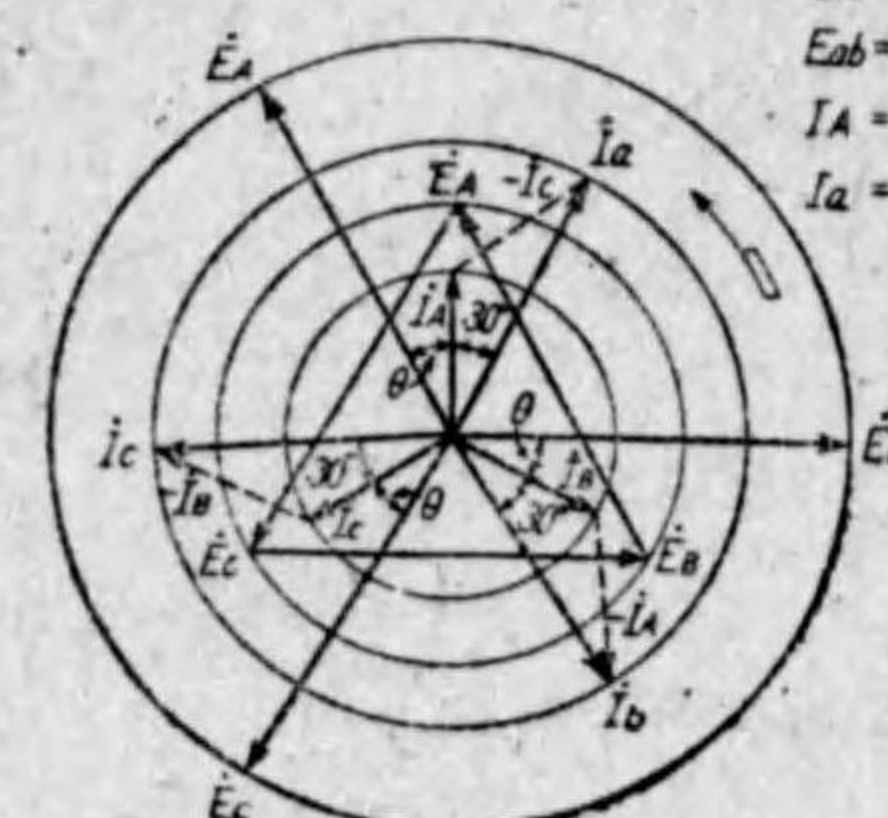
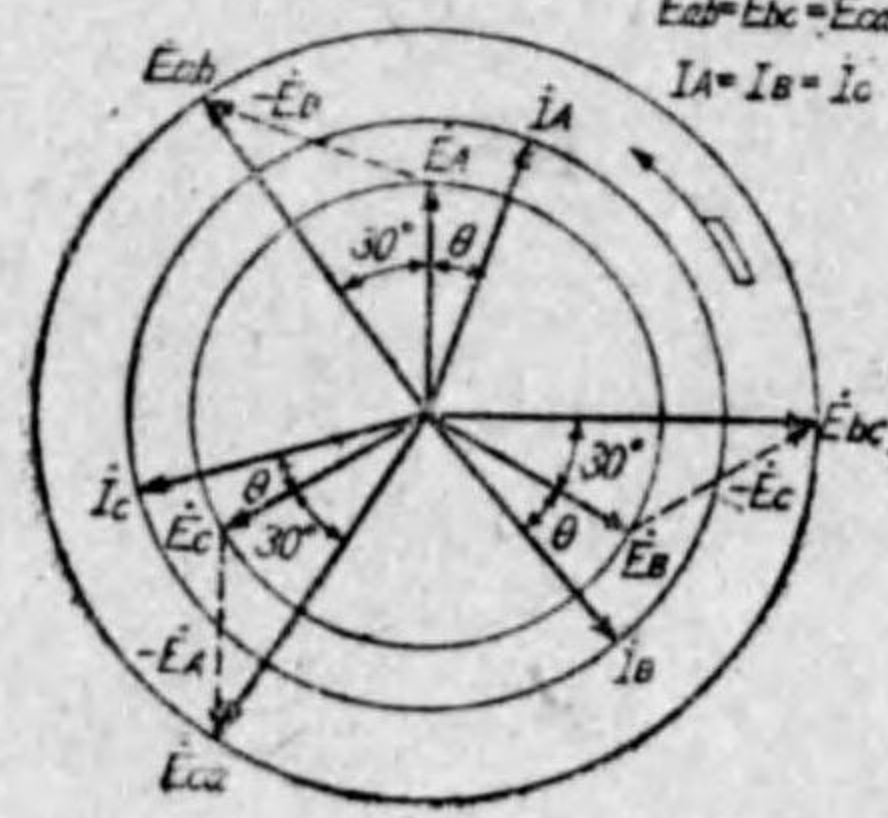
$$I_A = I_B = I_C = I$$

$$E_A = E_B = E_C = E_D = E$$

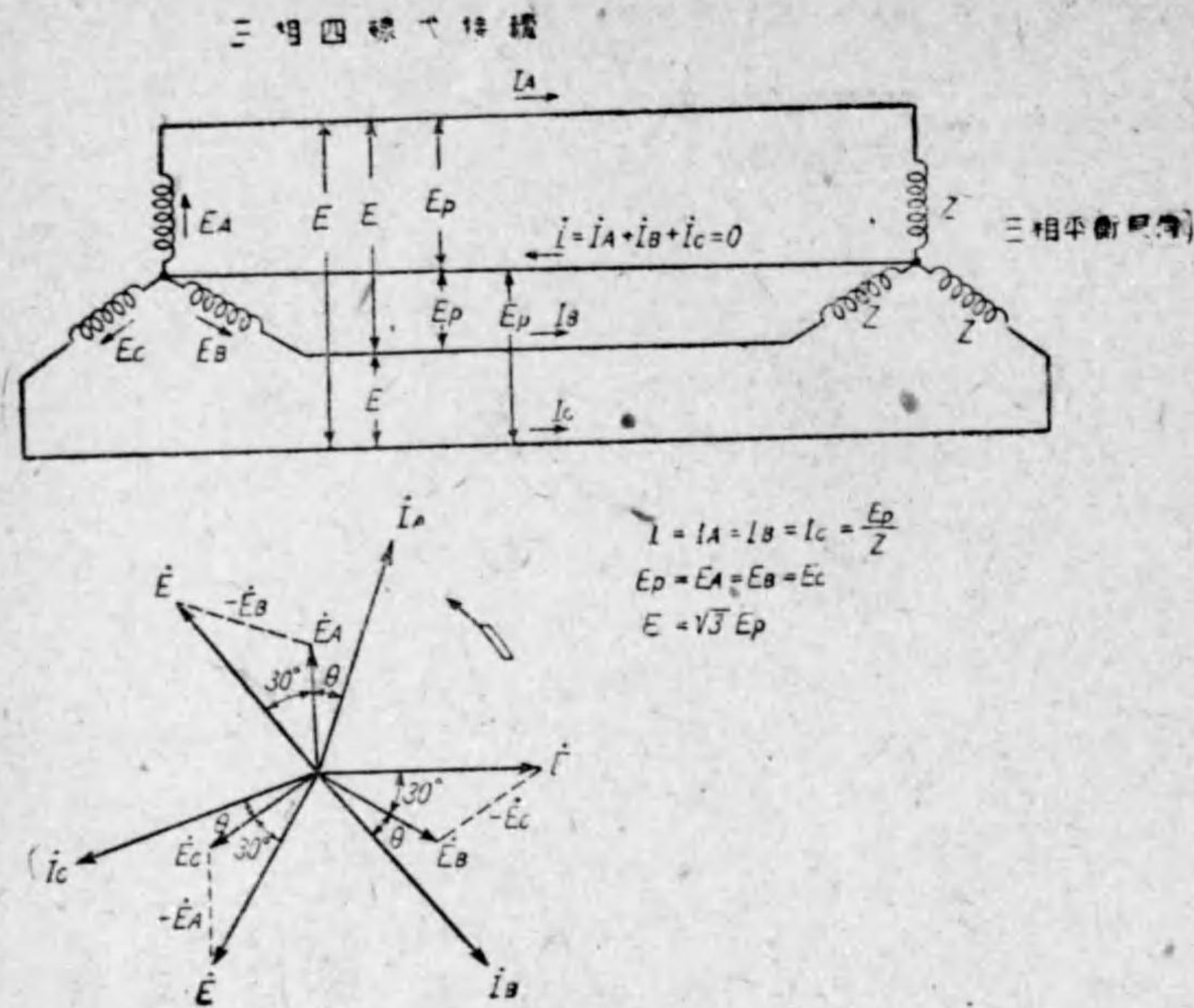
$$E_{ab} = E_{bc} = E_{ca} = E_D$$

$$I_A = I_B = I_C = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

$$I_a = I_b = I_c = I$$



[第252圖]-(A)



〔第 252 圖〕-(B)

そして各場合に於ける電圧、電流及び電力の式を示せば次の如くである。

(1) 三相三線式 (星形接続、三角接続共)

$$\left. \begin{aligned} P &= \sqrt{3} EI \cos \theta \\ &= 3 E_P I_P \cos \theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (81)$$

但し  $E$  = 線路電圧 (實効値)  
 $I$  = 線路電流 (實効値)  
 $E_P, I_P$  = 各相電圧及び電流 (實効値)  
 $\theta$  = 負荷の力率

星形接続の線路電圧及び線路電流は、

$$E = \sqrt{3} E_P, \quad I = I_P$$

三角接続の線路電圧及び線路電流は、

$$E = E_P, \quad I = \sqrt{3} I_P$$

(2) 三相四線式 (星形接続)

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} EI \cos \theta \\ &= 3 E_P I_P \cos \theta \end{aligned}$$

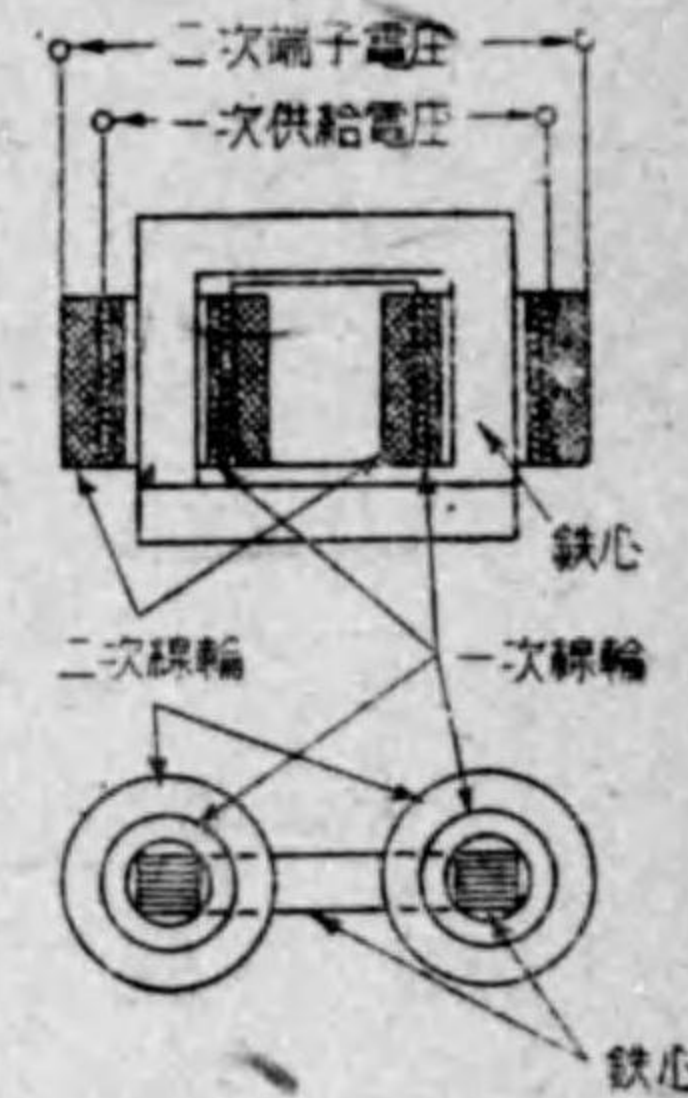
但し記號は (1) の場合と同様とす。

もし負荷が平衡してゐる場合は中性線に電流を流れない。

### 第五節 變壓器

#### 1) 變壓器の構造及び原理

變壓器とは或る電壓の交流を他の電壓の交流に變壓するものである。變壓器を用途の上から分類すれば、電壓を上げる目的のための昇變壓器と、電壓を下げるための降變壓器とに分けられる。また構造上より内鐵型、外鐵型等に分類されるが、その主要部分は大體第 253 圖の如く鐵心、一次線輪及び二次線輪等よりできてゐる。



〔第 253 圖〕

今、一次線輪に交流電圧を供給すれば、相互誘導作用により二次線輪に交流電圧が誘導される。而して一次、二次線輪の巻數比を適當に定むることにより二次誘導電圧を供給電圧より高くも亦低くも自由に變化せしめ得るのである。

#### 2) 二つの電氣回路の結合係數

第 245 圖の如き切れ目なき鐵心があり、 $R$  なる一定磁氣抵抗を有するとすれば、この鐵心上に  $n$  巻の線輪を巻き、これに  $I$  アンペアの電流を通すれば、發生する磁線  $\Phi$  は

$$\Phi = \frac{4\pi}{10R} In \text{ (マックスウェル)}$$

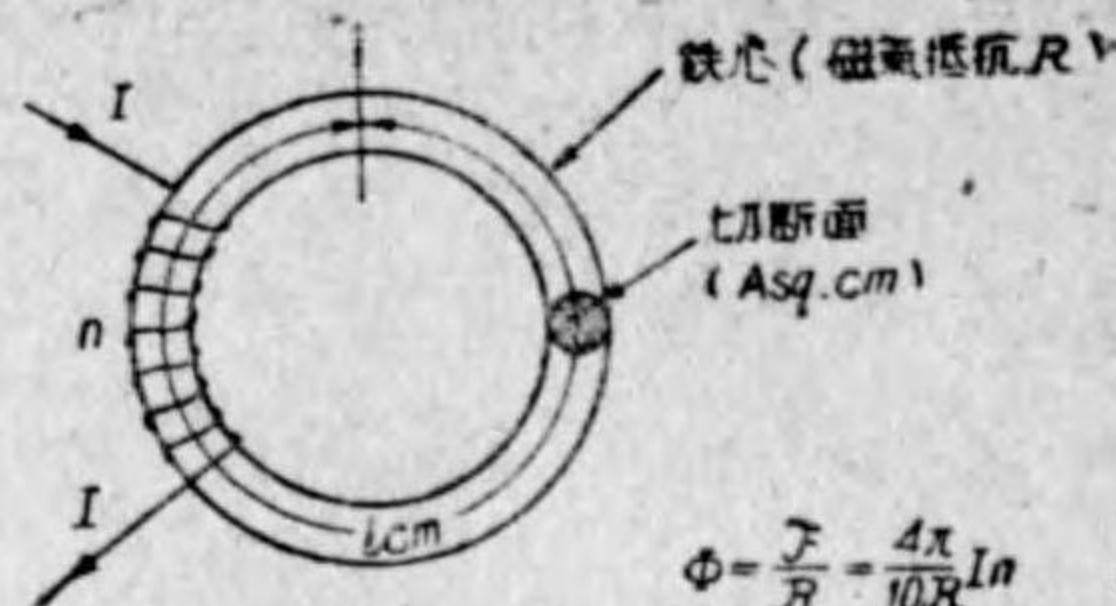
この磁線と線輪との鎖交数  $N$  は

$$N = n\Phi = \frac{4\pi}{10R} In^2$$

従つて、この線輪の自己インダクタンス  $L$  は

$$L = \frac{N}{I} \times 10^{-9}$$

$$= \frac{4\pi}{R} n^2 \times 10^{-9} \text{ (ヘンリ)}$$



$$\Phi = \frac{I}{R} = \frac{4\pi}{10R} In$$

$$R = \frac{l}{\mu A}$$

$\mu$  = 透磁率

〔第 254 圖〕

よつて斯の如き鉄心上に第 255 圖の如き巻数が夫々  $n_1$  及び  $n_2$  なる二線輪ありとすれば、各線輪の自己インダクタンスは夫々下式の如くである。

$$L_1 = \frac{4\pi}{R} n_1^2 \times 10^{-9} \text{ (ヘンリ)}$$

$$L_2 = \frac{4\pi}{R} n_2^2 \times 10^{-9} \text{ (ヘンリ)}$$

また、この二線輪間の相互インダクタンス  $M$  は

$$M = \frac{4\pi}{R} n_1 n_2 \times 10^{-9} \text{ (ヘンリ)}$$

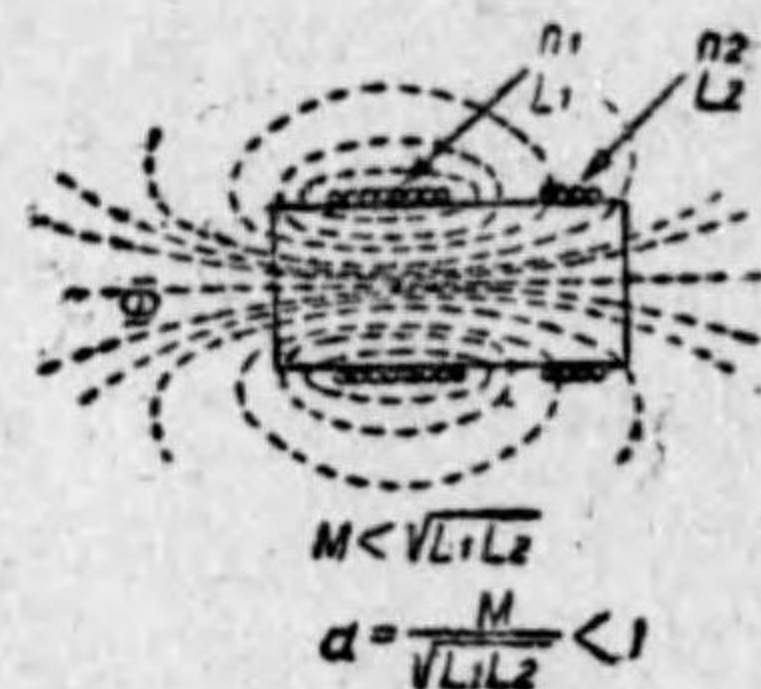
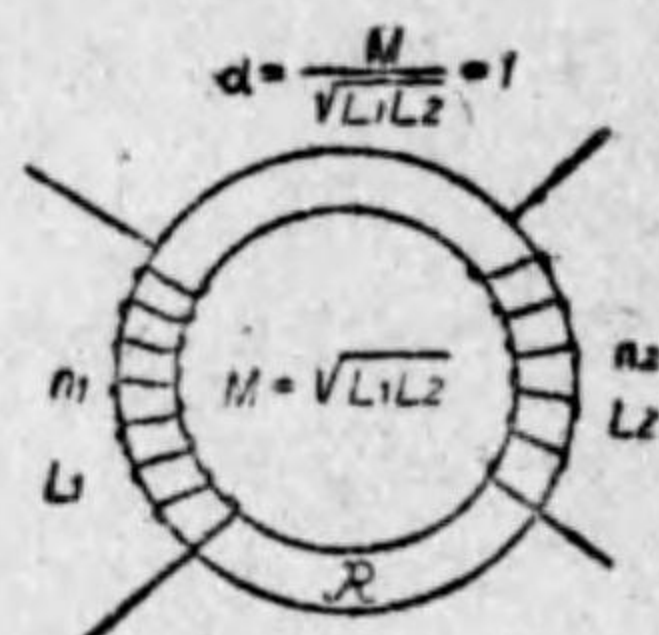
であるから、従つて、この場合には次の関係がある。

$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

一般に斯の如き関係が二線輪に存在する場合には二線輪間の結合が 100% であると稱してゐるが、多くの場合には二線輪を電磁的に結合するものは発生磁線の全部ではなく一部分であつて、斯の如き場合には必ず

$$M < \sqrt{L_1 L_2}$$

なるものである。而して斯る場合に於ける



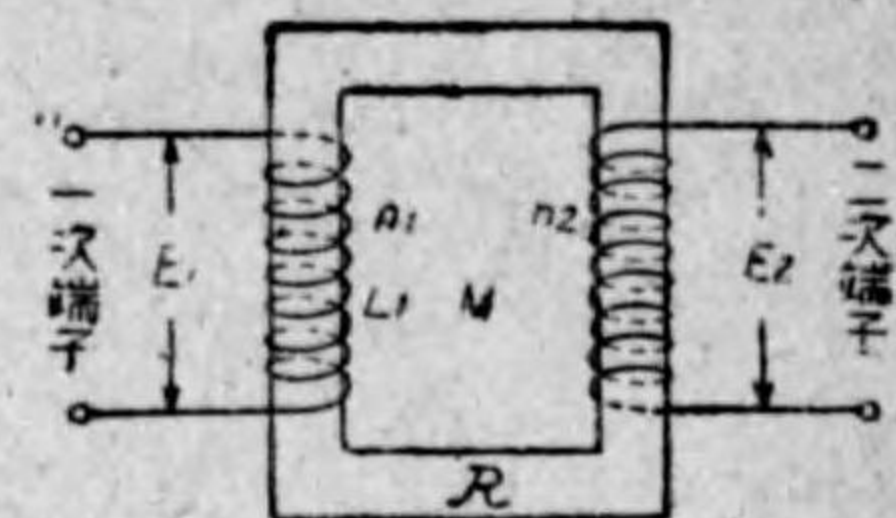
〔第 255 圖〕

$$\alpha = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \dots \dots \dots (82)$$

を二線輪間の結合係数と稱して、二線輪の電磁的結合の程度を示すものである。

3) 變壓比 (巻數比)

第 256 圖は變壓器の原理を示す略圖である。同圖に於ける記號



$n_1$  = 一次線輪の巻數

$n_2$  = 二次線輪の巻數

$L_1$  = 一次線輪の自己インダクタンス

$M$  = 一次、二次兩線輪間の相互インダクタンス

$R$  = 鐵心の磁氣抵抗

〔第 256 圖〕

とし、今  $\alpha$  = 結合係数を 100% とする。即ち漏洩磁束がないものとするれば

$$L_1 = \frac{4\pi}{R} n_1^2 \times 10^{-9} \text{ (ヘンリ)}$$

$$M = \frac{4\pi}{R} n_1 n_2 \times 10^{-9} \text{ (ヘンリ)}$$

である。従つて

$$\frac{L_1}{M} = \frac{n_1}{n_2} \dots \dots \dots (83)$$

なる関係式が成立する。

この變壓器の一次線輪に交流電壓を供給すると、これに供給電壓に類似の波形の電流が通じ、その電流は絶えず値が變化するから、自己誘導及び相互誘導作用により、一次及び二次線輪にそれぞれ交番起電力が誘導される。而してこの起電力は共に一次線輪の電流變化に原因するものであるから、各瞬時に於てその起電力は  $L_1$  及び  $M$  の比をなすは明らかである。然るに前述の通り  $L_1 : M = n_1 : n_2$  であるから、従つて

$$\frac{\text{(一次誘導起電力の瞬時値)}}{\text{(二次誘導起電力の瞬時値)}} = \frac{\text{(一次巻数)}}{\text{(二次巻数)}}$$

なる関係が存在する。

もし一次線輪の抵抗が小なるときは (供給電圧の瞬時値)  $\approx$  (一次誘導起電力の瞬時値) なりと考へられるから、従つて各瞬時に於て

$$\frac{\text{(一次供給電圧の瞬時値)}}{\text{(二次誘導起電力の瞬時値)}} \approx \frac{\text{(一次巻数)}}{\text{(二次巻数)}}$$

而して多少の誤差を閉却すれば

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \dots\dots\dots (84)$$

なる関係式が成立する。上式中の

$E_1$  = 一次供給電圧 (實効値)

$E_2$  = 二次端子電圧 (實効値)

$n_1$  = 一次線輪の巻数

$n_2$  = 二次線輪の巻数

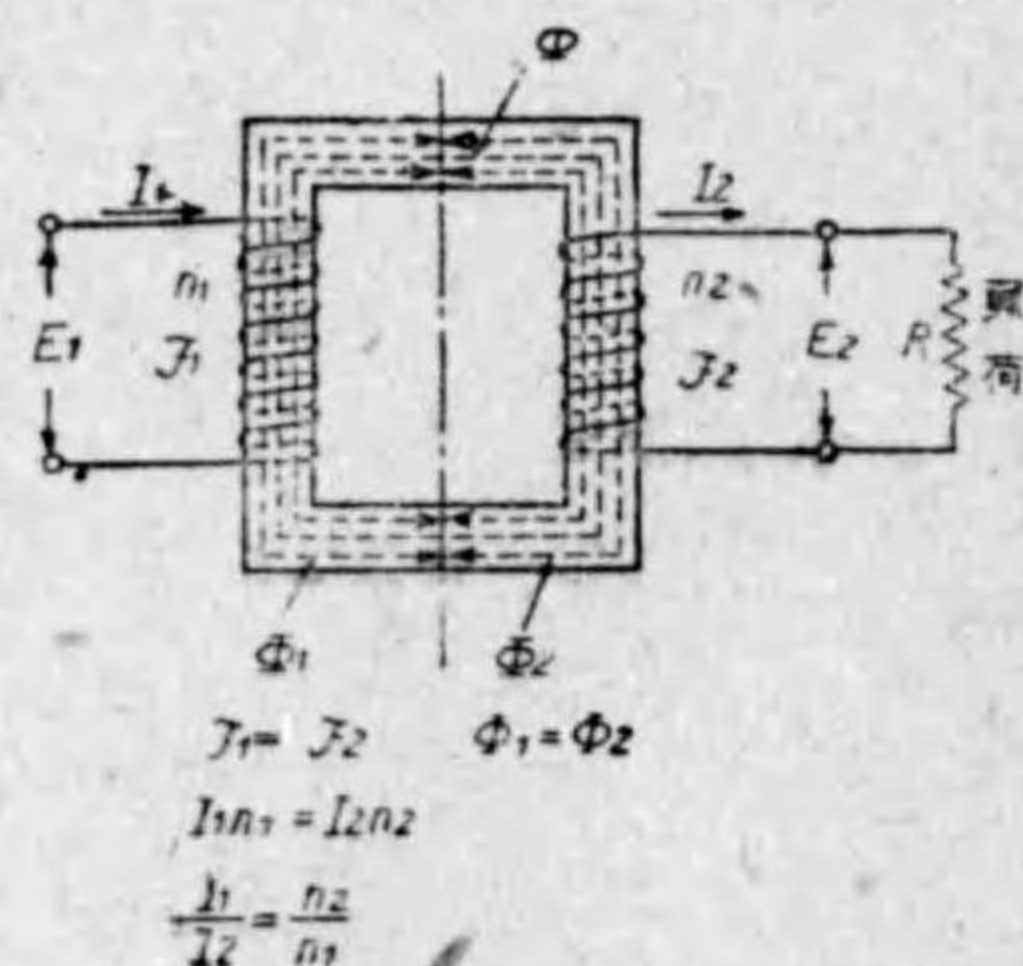
である。上式より電圧比は巻数比に等しいといふことができる。

### 4) 電 流 比

第257圖の如く變壓器の二次側に負荷した場合に於ては、二次線輪には負荷電流  $I_2$  が流れ、従つて一次線輪にも  $I_1$  なる負荷電流が流れる理である。而して兩線輪の負荷電流による起磁力はその値は相等しく相殺しなければならぬ故、今  $F_1, F_2$  を夫々一次線輪の負荷電流及び二次線輪の負荷電流による起磁力とすれば

$$F_1 = \frac{4\pi}{10} I_1 n_1 \text{ (ギルバート)}$$

$$F_2 = \frac{4\pi}{10} I_2 n_2 \text{ (ギルバート)}$$



[第 257 圖]

上述の理により

$$F_1 = F_2$$

故に  $I_1 n_1 = I_2 n_2$

$$\text{よつて } \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots (85)$$

なる関係が成立する。従つて電流比は巻数比の逆数であるといふことができる。

(85) 式は、言葉でいへば

$$\frac{\text{(一次負荷電流)}}{\text{(二次負荷電流)}} = \frac{\text{(二次巻数)}}{\text{(一次巻数)}}$$

であるが、勵磁電流小なる場合これを閉却すれば、次式の如くいひ表はすことができる。

$$\frac{\text{(一次電流)}}{\text{(二次電流)}} = \frac{\text{(二次巻数)}}{\text{(一次巻数)}}$$

### 5) 勵 磁 電 流

二次線輪に負荷しない場合、即ち二次電流のない場合に一次線輪に流れる電流を勵磁電流といひ、變壓器の磁氣回路 (鐵心内) に磁束を通ぜしむるために必要なる起磁力を生ぜしむる電流である。いひ換へれば、二次線輪に起電力を誘導せしむる根源をなす電流である。もし二次側に負荷した場合には、一次線輪を通ずる電流は二次負荷電流に對する一次負荷電流と勵磁電流との合成が一次側に流れるのである。

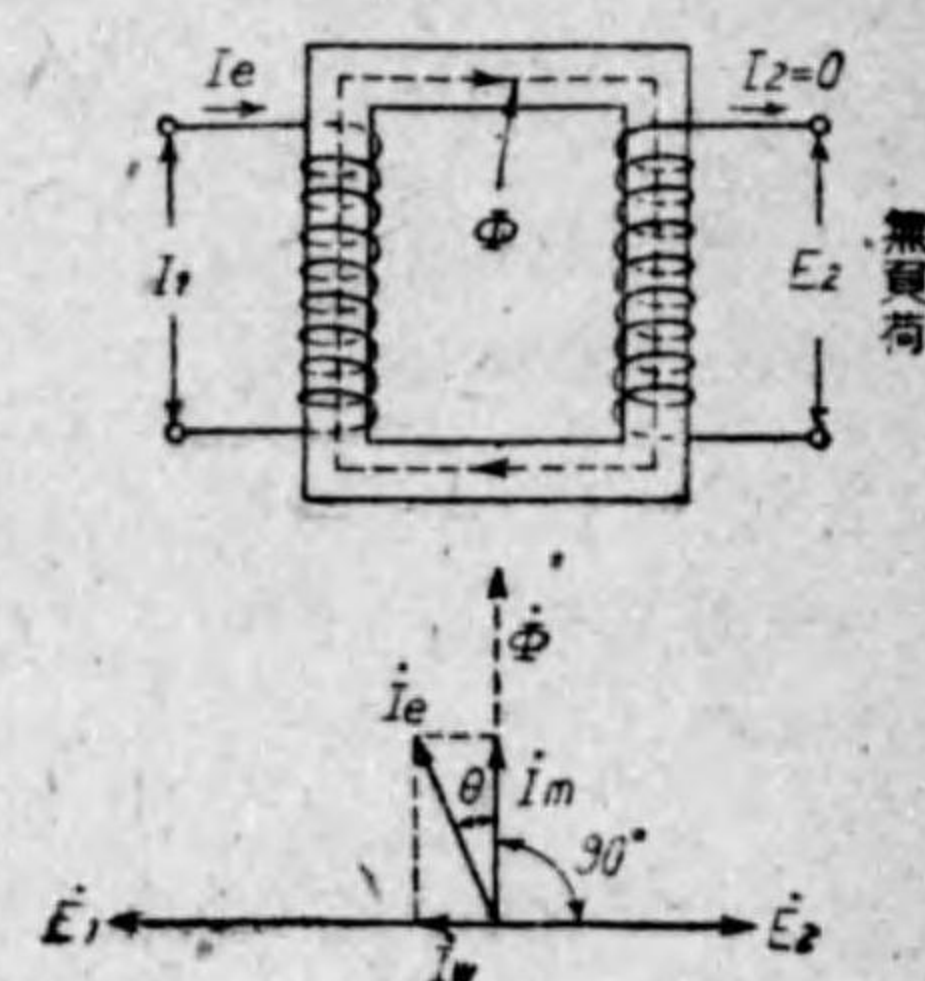
### 6) 變壓器のベクトル圖

第258圖は二次側に負荷しない場合、即ち無負荷 ( $I_2=0$ ) の場合のベクトル圖である。同圖中に於ける記號は

$E_1$  = 一次供給電圧

$\Phi$  = 鐵心内の磁束

$E_2$  = 二次端子電圧



[第 258 圖]

$I_e$  = 勵磁電流

$I_m = I_e$  中の磁化のための電流分

$I_w = I_e$  中のヒステリシス及び渦流損失を生ずる電流分

$\alpha = I_e$  が  $\phi$  より進んでゐる角度

である。また第 259 圖は二次側に無誘導負荷 (抵抗負荷) を接いだ場合に於けるベクトル圖である。同圖中の記號は

$E_0$  = 一次供給電壓

$E_1$  = 一次供給電壓より一次線輪のインピーダンス降下を差引いたる (ベクトル的に) もの

$I_0$  = 一次電流

$I_0 r_1 = I_0$  による一次線輪の抵抗降下

$I_0 x_1 = I_0$  による一次線輪の漏洩リアクタンスによるリアクタンス降下

$I_0 Z_1 = I_0$  により一次線輪のインピーダンス降下

$I_1$  = 一次負荷電流

$I_e$  = 勵磁電流

$E_2$  = 二次誘導起電力

$E_2$  = 二次端子電壓

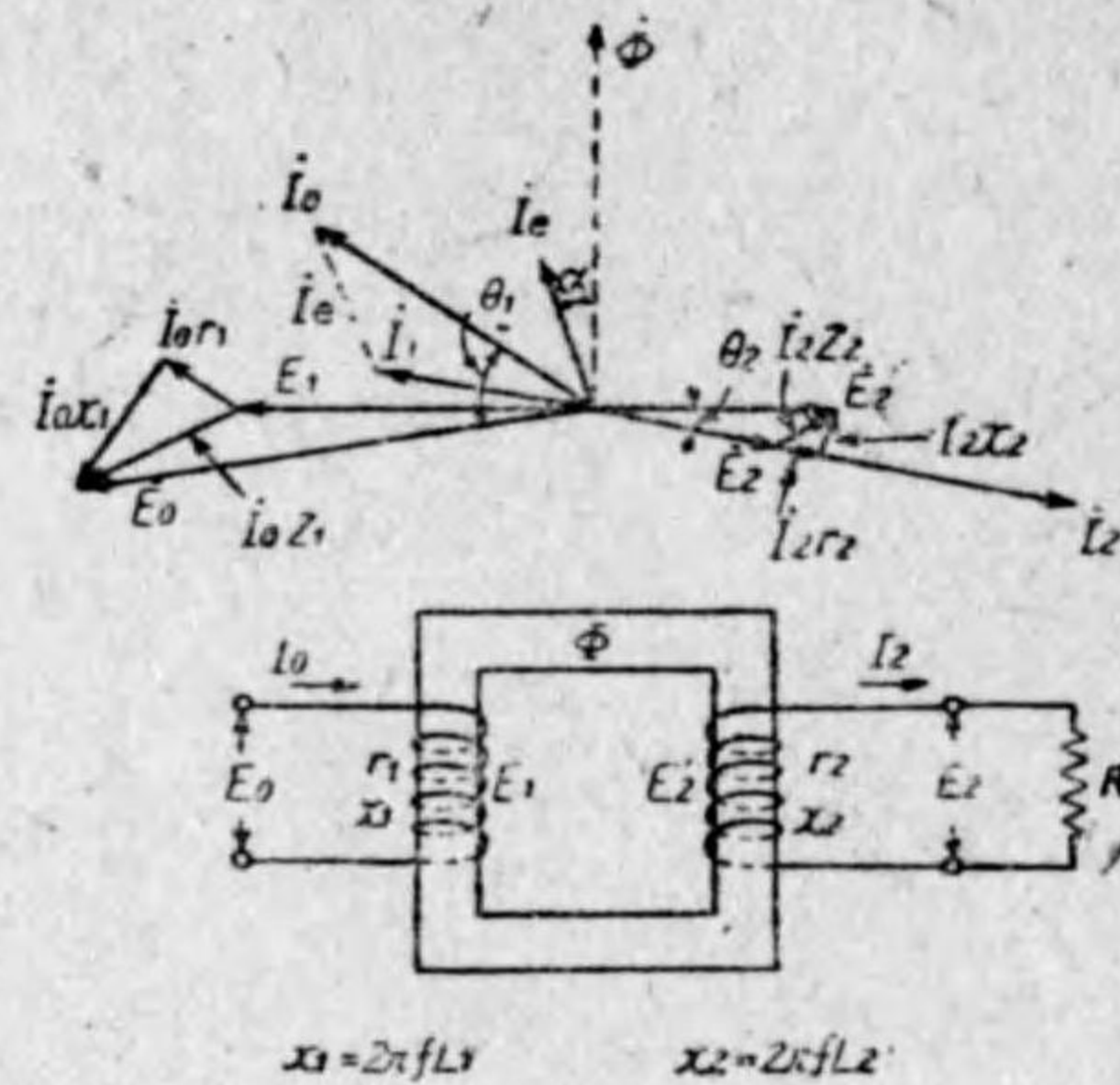
$I_2$  = 二次負荷電流

$I_2 r_2 = I_2$  による二次線輪の抵抗降下

$I_2 x_2 = I_2$  による二次線輪の漏洩リアクタンスによる降下

$I_2 Z_2 = I_2$  による二次線輪のインピーダンス降下

$\phi$  = 磁束



〔第 259 圖〕

$\alpha$  = 磁束と  $I_e$  との相差角

$\theta_1$  = 供給電壓と一次電流との相差角

$\theta_2$  = 二次誘導起電力と二次負荷電壓との相差角

を表はすのである。もし負荷が誘導性負荷である場合は、またベクトル圖も變つて來るのである。

### 7) 電壓變動率

第 259 圖に示す如く變壓器に負荷すれば、一次及び二次線輪には夫々  $I_1$  及び  $I_2$  なる負荷電流が流れ、従つて前述のやうに兩線輪のインピーダンスのために電壓降下を生じる。よつて二次端子電壓  $E_2$  は無負荷に於ける二次端子電壓  $E_2'$  より少なくなるのである。このやうな電壓降下の程度を表はすものを電壓變動率と稱する。そして

$$(\text{電壓變動率}) = \frac{(\text{無負荷二次端子電壓}) - (\text{全負荷二次端子電壓})}{(\text{全負荷二次端子電壓})} \times 100\%$$

$$\text{即ち電壓變動率} = \frac{E_2' - E_2}{E_2} \times 100\% \dots (86)$$

なる式にて示される (第 260 圖)

### 8) 變壓器の能率

變壓器は負荷電流による銅損と鐵心を磁化するために生ずる鐵損とがある。銅損とは一次、二次兩線輪の抵抗による熱損失である。

また鐵損とは鐵心中に通ずる磁束が交番的に變化するためにヒステリシス及び渦流を鐵心

中に生じ、ヒステリシス損失及び渦流損失と稱する電力損失をいふのである。従つて二次側に或る電力を負荷する場合は一次側に供給すべき電力は前記の損失だけ餘分に供給しなければならないことは明らかである。變壓器の一次側供給電力、即ち入力二次側負荷電力、即ち出力に對する比を百分率で表はせるものを變壓器の能率と稱する。この能率を式にて示せば



$I_2$  = 全負荷二次電流  
 $r_2$  = 二次線輪の抵抗  
 $x_2$  = 二次線輪のリアクタンス  
 $Z_2$  = 二次線輪のインピーダンス

〔第 260 圖〕



$$\varepsilon = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} \times 100\% \quad \text{又は} \quad \varepsilon = \frac{\text{出力}}{\text{出力} + \text{損失}} \times 100\% \dots\dots (87)$$

である。而して上式中の損失は前述の如く銅損と鐵損との和であるから

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\text{出力}}{\text{出力} + \text{銅損} + \text{鐵損}} \times 100\% \\ &= \frac{E_2 I_2 \cos \theta}{E_2 I_2 \cos \theta + \omega_c + \omega_i} \times 100\% \dots\dots (88) \end{aligned}$$

となる。式中の各項は下記の如き式でされる。

$$\text{出力} = E_2 I_2 \cos \theta \text{ (ワット)} \dots\dots (89)$$

$$\text{銅損} = \text{一次銅損} + \text{二次銅損} = \omega_c$$

$$W_c = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 \text{ (ワット)}$$

$$\text{鐵損} = \text{ヒステリシス損} + \text{渦流損} = \omega_i$$

$$\omega_i = W_h + W_e$$

$$W_h = \eta f B_m^{1.6} V \times 10^{-7} \text{ (ワット)} \dots\dots (90)$$

$$W_e = 0.35 t f^2 B_m^2 V \times 10^{-11} \text{ (ワット)} \dots\dots (91)$$

而して  $E_2$  = 二次端子電圧

$I_2$  = 二次負荷電流

$\cos \theta$  = 負荷の力率

$I_1$  = 一次電流

$r_1$  = 一次線輪の抵抗

$r_2$  = 二次線輪の抵抗

$\eta$  = ヒステリシス係数

$f$  = 周波数/毎秒

$B_m$  = 最大磁束密度

$V$  = 鐵心の體積 (立方寸)

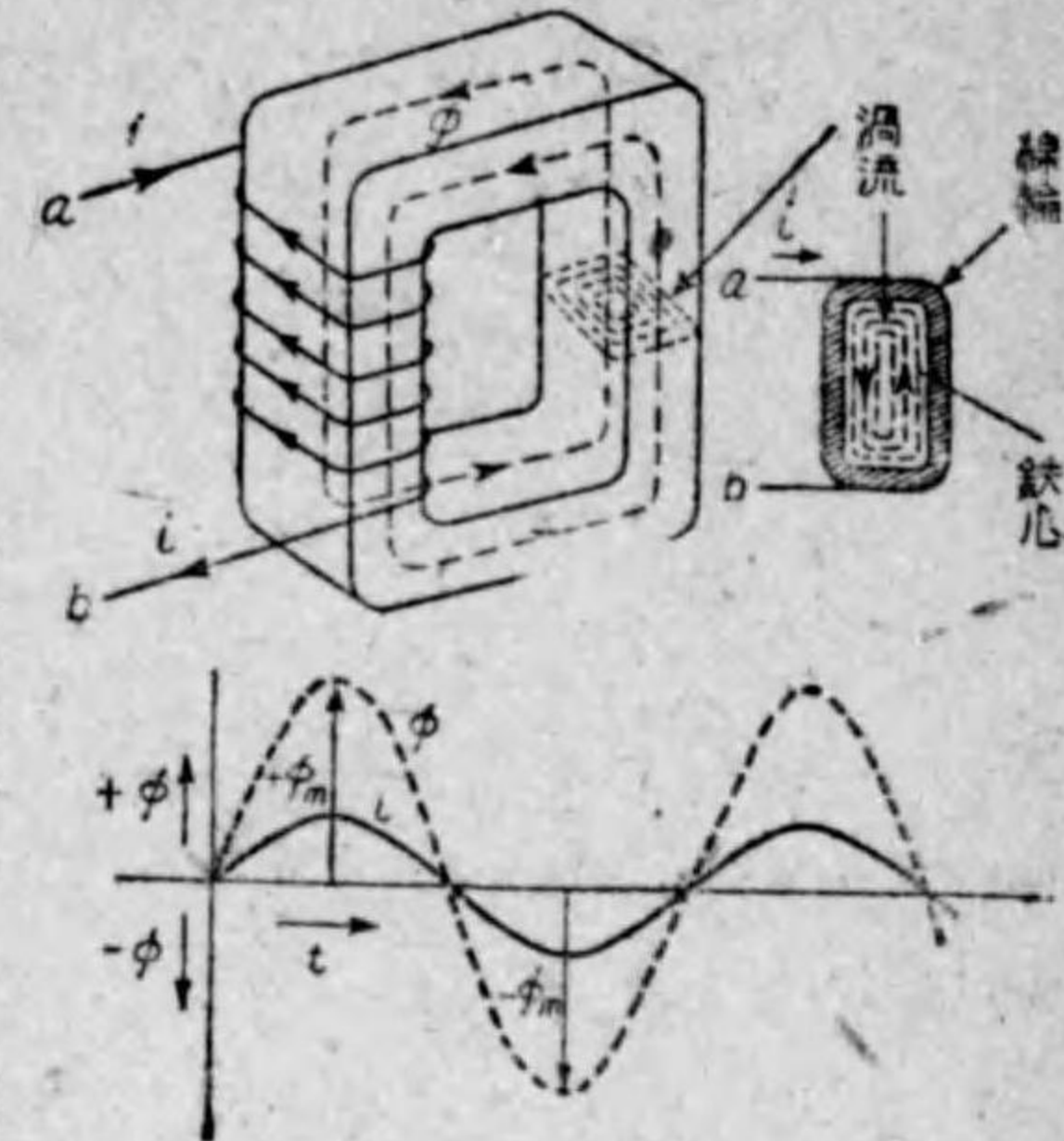
$t$  = 鐵心の厚さ寸

である。

9) ヒステリシス及び渦流

鐵を磁化する場合この鐵の過去に於ける磁氣的經歷の如何により同じ磁化

力に對してもその磁束密度を異にするもので、斯の如き現象を磁氣ヒステリシスと稱し、この現象は鐵の磁氣分子間の摩擦に起因するものと考へられる。今、磁化力が周期的に交流の如く變化すれば、絶えず磁氣分子間に摩擦を生じこれによつて磁化力を變化するために與へられるエネルギーの一部が磁氣分子の摩擦による發熱のために消費されるのである。この發熱電力をヒステリシス損失と稱する。次に第261圖の如き線輪に交流を通じると交番磁束が生じ、従つて鐵心中を通ずる磁束は大きさ及び方向が周期的に變化し、依て相互誘導作用を線輪と鐵心間に生じ、鐵心中には起電力を誘發し同圖の如き渦狀の電流が流れる。この電流を渦流と稱し、これも亦發熱作用を伴ふものである。この渦流による發熱電力を渦流損失と稱する。變壓器鐵心のヒステリシス損失及び渦流損失は前項に記載した通りである。



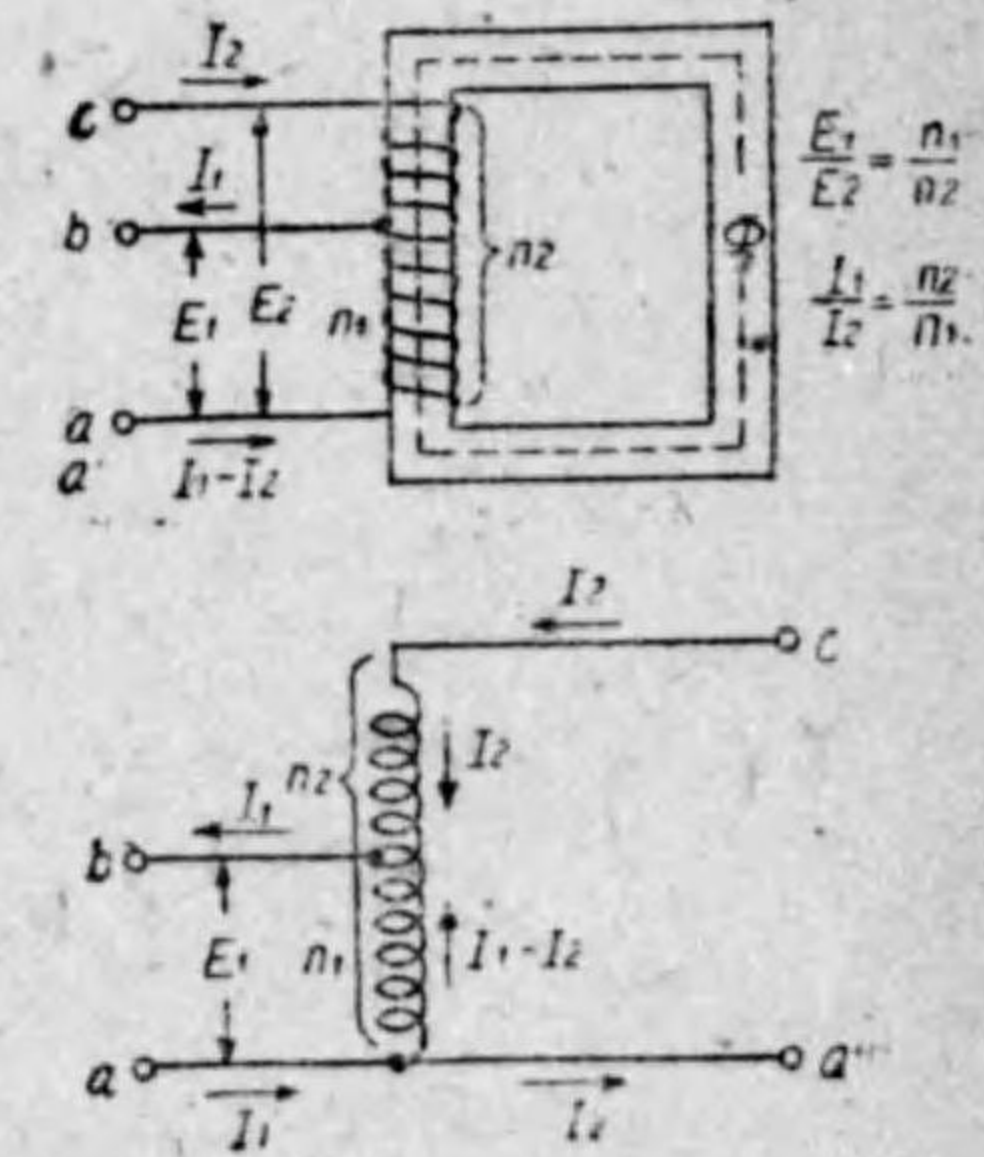
〔第261圖〕

10) 單卷變壓器

普通の變壓器は獨立した2個の線輪を備へてゐるが、卷數比の小なる變壓器でただ1個の線輪を有する變壓器がある。これを單卷變壓器と稱する。第262圖はこの變壓器の結線を示すものである。今この變壓器の卷數比及び電流比を示せば次式の如くである。

$$\text{卷數比} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{E_1}{E_2}, \quad \text{電流比} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

單卷變壓器の特長は、一次及び二次に共

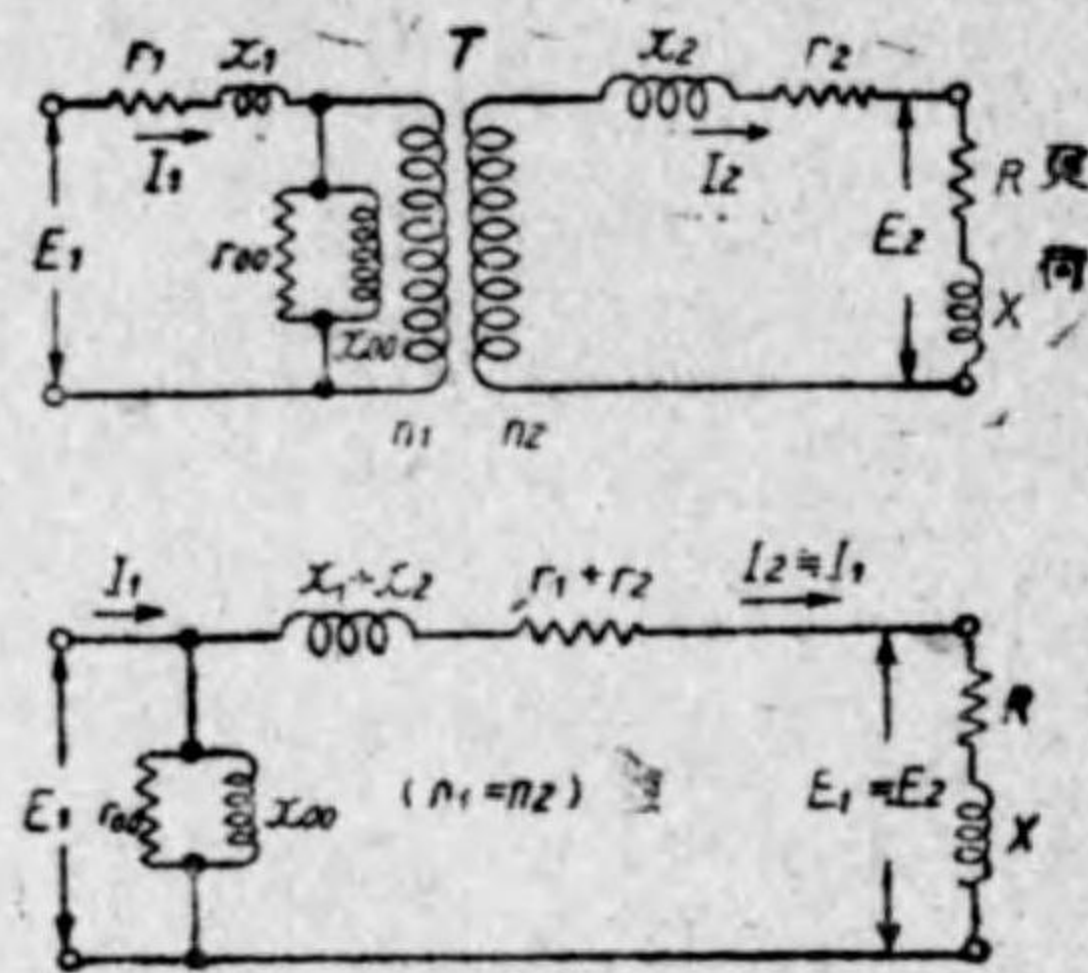


〔第262圖〕

通な巻線部分に通ずる電流は一次電流と二次電流との差であるから、所要銅量の節約ができる。また、爲に磁路の短縮ができ、所要鐵量を節約することができ普通の變壓器より經濟的である。しかし一次電壓と二次電壓との差従つて變壓比の大なる場合には一次、二次の絶縁上からも使用できないし、また、この場合には前記の利益は變壓比の大なるほど減少するのである。

11) 變壓器の等價回路

變壓器の等價回路とは、第263圖の如く。變壓器の一次、二次線輪を省略して單純化され、而も變壓器の特性(電流、電壓出力及び損失等)の取扱上何等相違しない回路をいふのである。今、二次回路を一次回路を換算した等價回路を示せば、前圖の如くである。圖中に於ける記號はそれぞれ



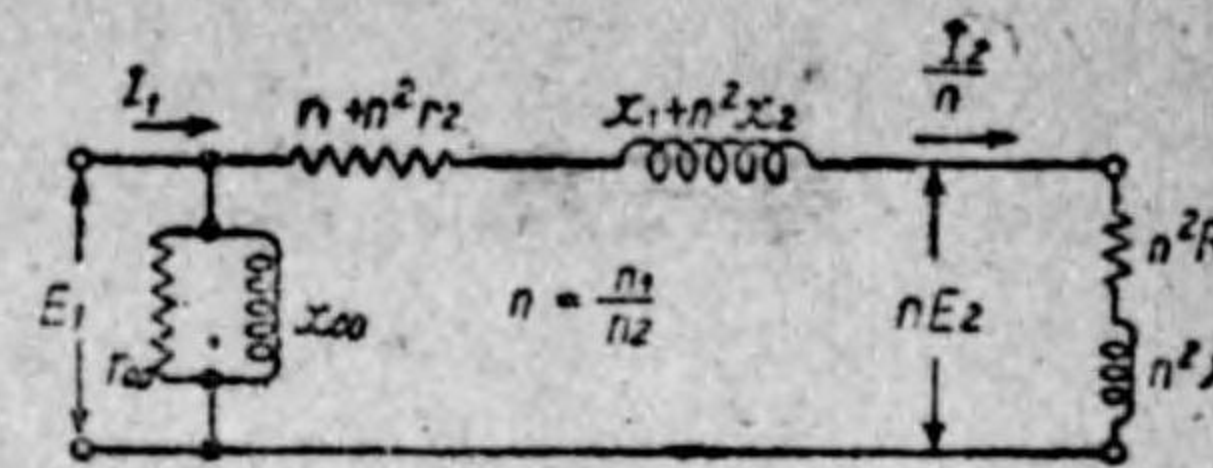
n=1の場合の等價回路

[第263圖]

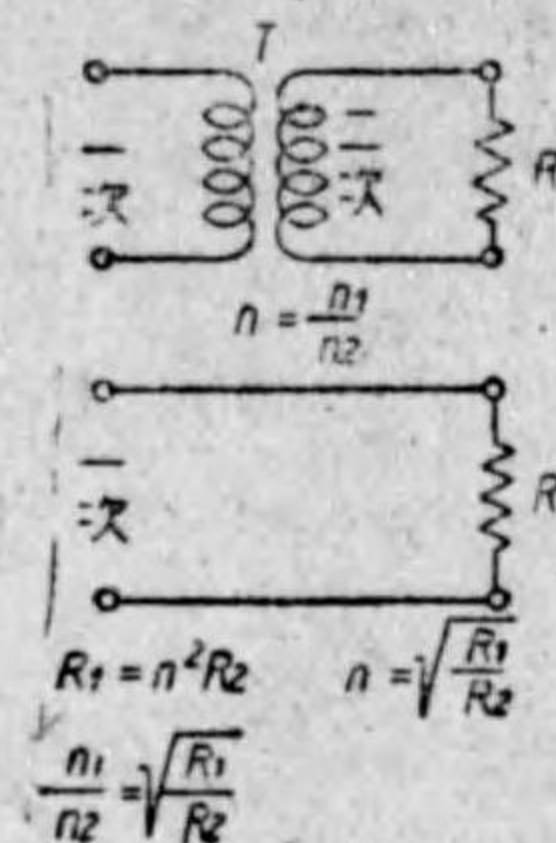
- $E_1$  = 一次供給電壓
- $I_1$  = 一次電流
- $x_1$  = 一次漏洩リアクタンス
- $r_1$  = 一次線輪の抵抗
- $n^2x_2$  = 一次に換算した二次漏洩リアクタンス
- $n^2r_2$  = 一次に換算した二次線輪の抵抗
- $n^2R$  = 一次に換算した負荷の抵抗
- $n^2X$  = 一次に換算した負荷のリアクタンス
- $n^2Z$  = 一次に換算した負荷インピーダンス
- $n$  = 巻数比 ( $\frac{n_1}{n_2} = n$ )
- $x_{00}$  = 勵磁電流のためのリアクタンス (假想)
- $r_{00}$  = 勵磁電流のための抵抗 (假想)

である。今もし一次及び二次線輪の抵抗及びリアクタンスを無視し、二次負

荷インピーダンスのみを一次側に換算する場合は、負荷インピーダンスを  $n^2$  倍すればよいのである。これを圖示すれば第264圖の如くである。今この關係を述べれば、兩線輪のインピーダンスを無視し、一次側電力を損失なく、二次側負荷へ供給し得る理想的變壓器(第264圖)に於ては、次の關係式が成立する。



二次を一次に換算した等價回路



[第264圖]

$$I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2$$

故に  $R_1 = \frac{I_2^2}{I_1^2} R_2$

そして  $\frac{I_2}{I_1} = n$  であるから

$$R_1 = n^2 R_2$$

従つて  $\frac{R_1}{R_2} = n^2$

故に  $n = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \dots \dots \dots (92)$

のやうに變形することができる。上式中の記號は

$R_1$  = 一次に換算した二次負荷抵抗

$R_2$  = 二次負荷抵抗

$n_1, n_2$  = 一次及び二次線輪巻数

$n = \frac{n_1}{n_2}$  = 巻数比

である。即ち(92)式に於ける  $R_1$  を一次側に要する負荷抵抗と考へれば、巻数比 ( $n$ ) は  $R_1$  と  $R_2$  の比の平方根に等しいといふことができる。

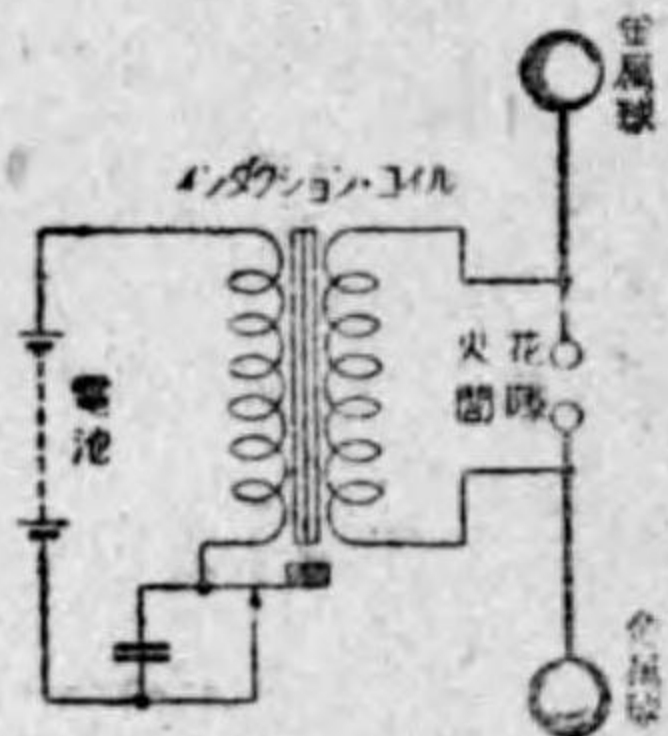
### 第三章 電波の発生と傳播

#### 第一節 無線通信と電波

無線通信<sup>(1)</sup>は、すべて電波<sup>(2)</sup>の授けをかりて行はれる。即ち、電波を利用して凡ゆる意志を遠隔の地へ傳達することができる。電波は、エーテルの波動であると簡単な言葉で言ひ表はし得るが、その発生の方法と、應用の方面に至つては、極めて多種多様に亘つてゐる。音は空氣又は水を媒質とし、水波は水を媒質として傳はるやうに、電波、光或はX線の如きものは、エーテル<sup>(3)</sup>と呼ばれる假想の物質を媒質として傳播する<sup>(4)</sup>。

#### 第二節 電波の發生

現今では、特殊の場合を除き、電波はすべて真空管發振器によつて發生されるが、電波發生の基本的考察は、次に述べるやうに、火花發振器を例にとるのが便利である。火花發振器の代表的なものは、第301圖に示す如く、インダクション・コイルの二次側へ火花間隔を接ぎ、ここで火花放電を起せば、この部分から減幅電波<sup>(5)</sup>が發射される。火花間隔には對向して大きな金屬球の附された2本の金屬棒が取附けられてゐるが、これがアンテナの役目をしてゐる。金屬球は電氣容量を餘分

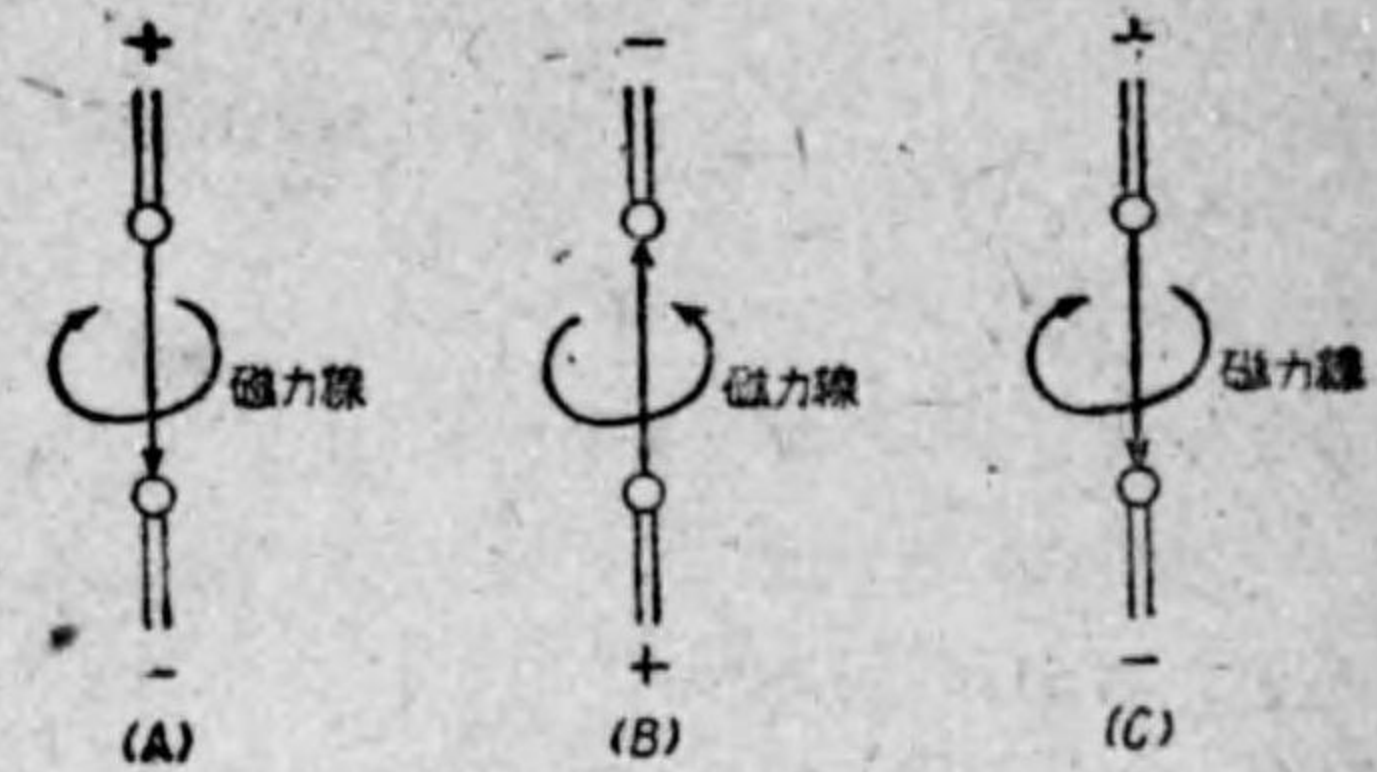


〔第301圖〕

- (1) 放送無線電話(ラジオ)、對海外無線通信、航空通信、無線寫眞電送、テレビジョン等は、一括して無線通信と呼ぶことができる。
- (2) 正式には電磁波といふが、一般には、單に電波と稱してゐる。
- (3) エーテルは獨逸語發音、英語發音ではイーサーである。
- (4) アインシュタインの相對性原理に従へば、エーテルの如き假想の物質を考へないでも、電波の空間を傳はることが證明できる。
- (5) B電波と稱される。

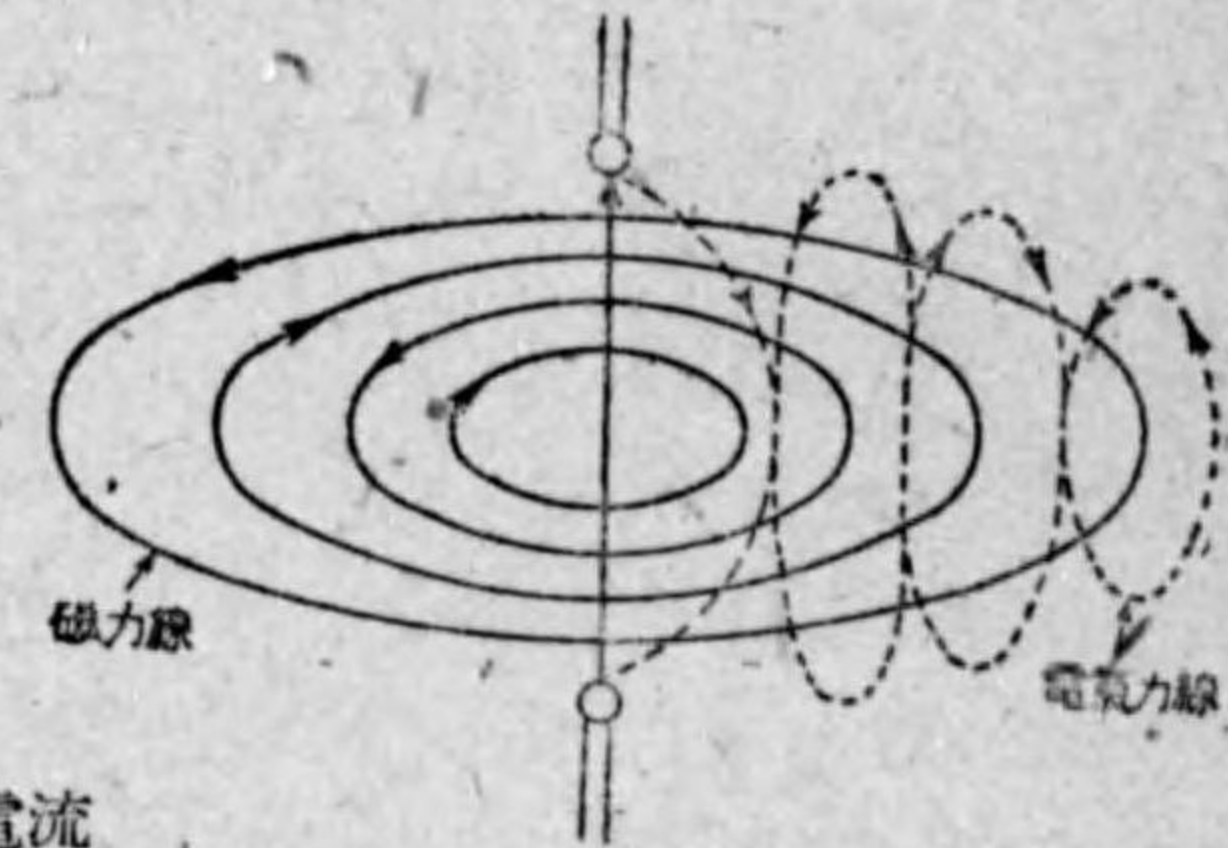
に持たせるために附されてゐるのである。火花間隔間に、交互に正及び負の電氣を興へ、その充電及び放電の回数が極度に大となれば、ここから電波を發射するやうになる。この

やうに、相對應して二つの極のあるところから、双極<sup>(6)</sup>又はダブルレット<sup>(7)</sup>といふ。この種の發振器は、ヘルツが始めて實驗に使用したところから、ヘルツ發振器ともいふ。電波發生の模様を更に詳しく説明すれば次の通りである、第302圖に示す(A)、(B)、(C)の三つの状態は、電氣振動により、火花間隔に電流が通じたときの電流の方向と、この電流と直角な平面上に發生するところの磁力線の有様であつて、電流の方向が逆になれば、磁力線の向きも逆になることを知る。従つて、急速に方向の變換する電氣振動電流の通じ

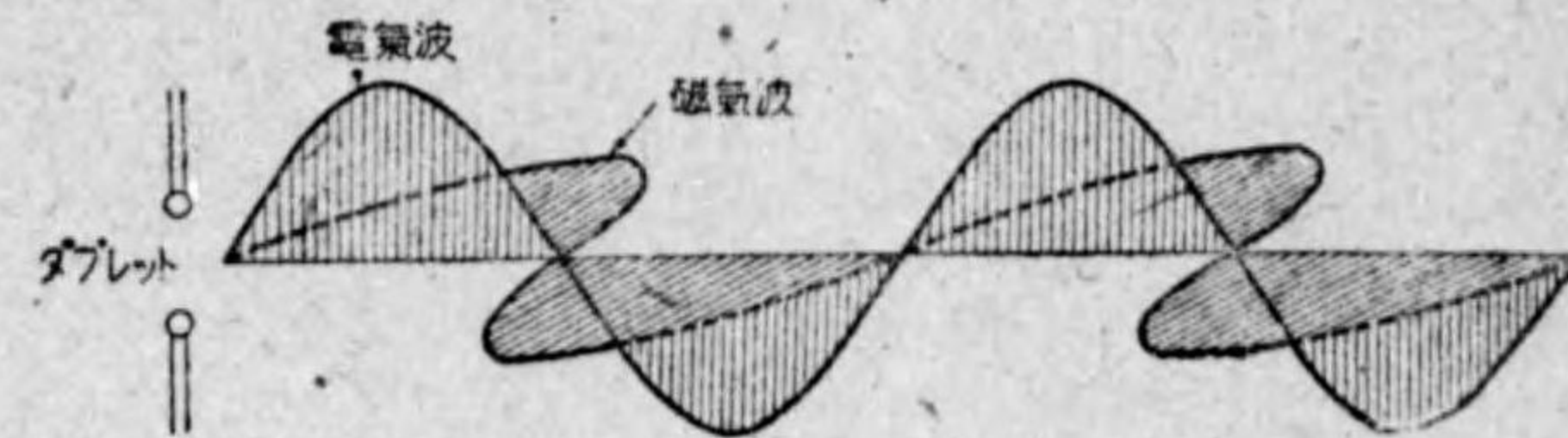


〔第302圖〕

も逆になることを知る。従つて、急速に方向の變換する電氣振動電流の通じ



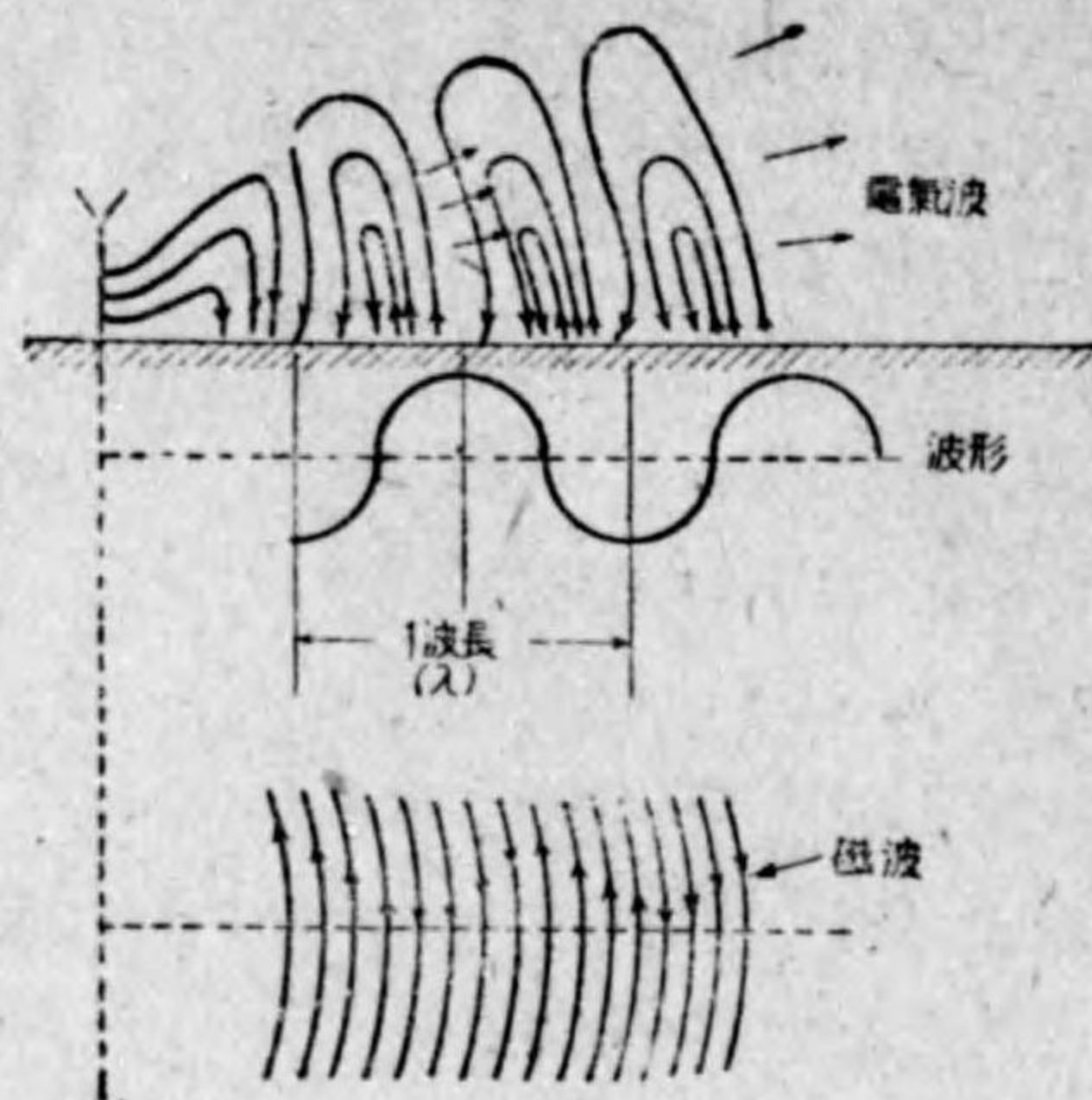
〔第303圖〕



〔第304圖〕

- (6) dipole (ダイポール).
- (7) doublet (ダブルレット)
- (8) Hertz oscillator.

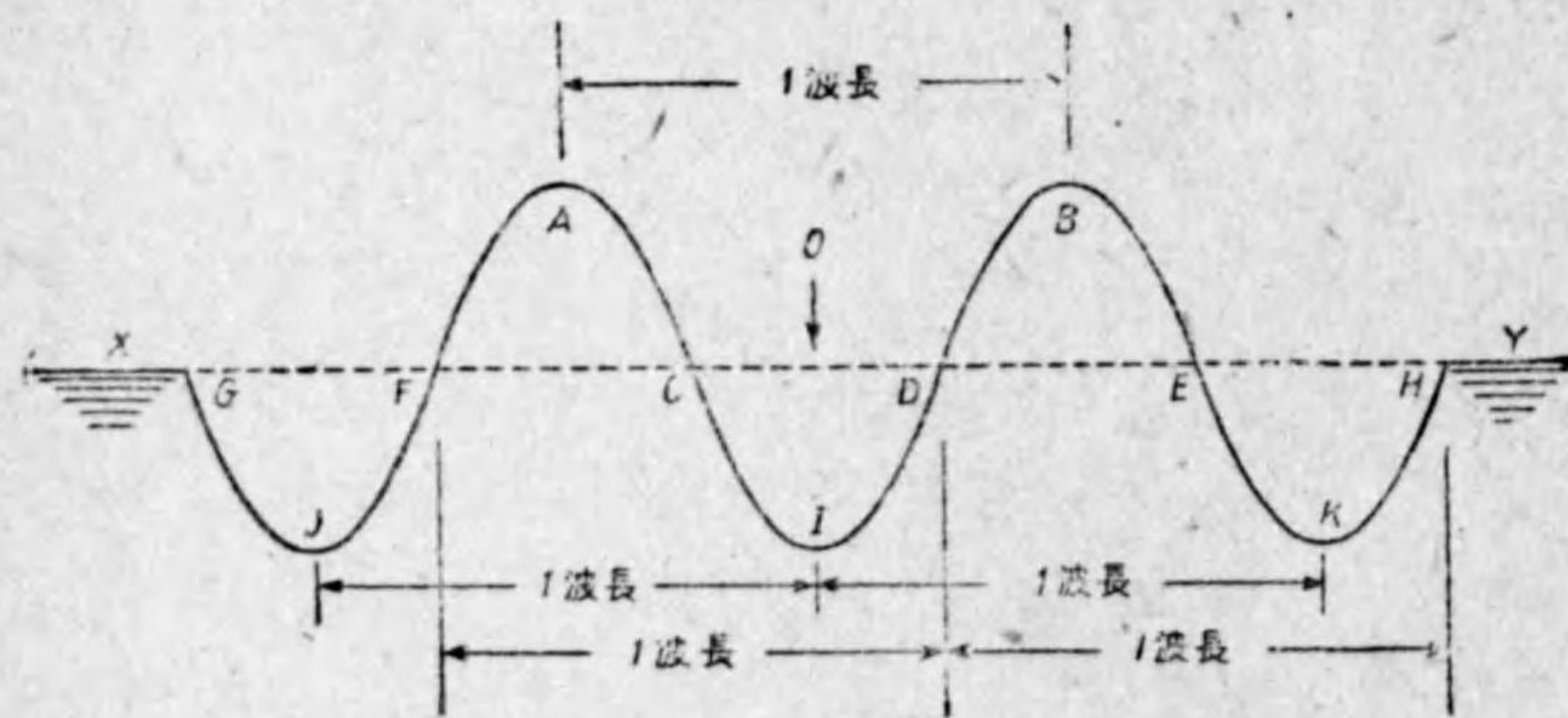
ることにより第303圖に示すやうな磁力線が相次いで空間へ放射されて行く。これは磁波と稱され、この磁波と直角に電場の變化が伴つて生じる。電場の變化は電氣波と稱され、磁波と常に直角な關係に於て發生されるのであつて、ダブルレットから放射される模様は第304圖及び第305圖の通りである。電氣波と磁氣波の二つによつて構成されるところから電磁波と呼ぶが、通例、略して單に電波と呼んでゐる。



〔第305圖〕

第三節 周波數と波長

波靜かな水面へ小石を投げれば、その點を中心として生じた波紋は、次第に四周へ擴がつてゆくことを知る。たとへば第306圖に於て、XYを水面と



〔第306圖〕

し、小石を投じた點をOとれば、先づO點に水の上下運動を生じ、これが傳はつてゆくのであるが、運動の有様を仔細に検してみれば、水はOA又はOBの方向に動くのではなく、O點に於て上下運動が行はれたと同じやうに、A又はB點に於ても、水は上下運動をする。O點へ投げられた石により水面はIの如くに凹みを生じるが、その代りに、A、B點に山を生じる。

この山は水平面より高いのであるから、地球の引力のために水平にならうとするが、慣性のためにXYの水平に止ることができずに、E、Fの點を通り過ぎて、J、Kの如き谷に達する。これ等の運動は、一見するところ、波の山と谷とが四周へ傳播されて行くかの如く觀察されるのである。

このやうに、水波は水を媒質として傳播し、音波は空氣を媒質として傳播する如く、電波はエーテルを媒質として傳播するものであると考へることができる。

波動に於て、波の相隣れる山と山、又は谷と谷との間隔を波長<sup>(1)</sup>といふ。たとへば、AB間又はJI間の長さは一波長であり、この一つの振動に費される時間<sup>(2)</sup>を周期といふ。AからB又はCからE或はJからIまでの如く、1回、正負の値を繰り返して原の値になることを周波又はサイクルといふ。即ち、1サイクルに費す時間が周期である。今、波長をλ<sup>(3)</sup>、周期をT、波の傳播速度をvとすれば

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

また、1秒間の振動數を周波數<sup>(4)</sup>といふが、これをfと書けば次の重要な諸關係を得る：

$$T = \frac{1}{f}$$

従つて  $v = \lambda \cdot f$

(1) wave length. (2) period.  
 (3) ギリシヤ文字で、ラムダと讀む。

$$\text{又は } \lambda = \frac{v}{f}$$

故に、周波数 ( $f$ )、波長 ( $\lambda$ ) 又は傳播速度 ( $v$ ) の中の二つを知ることができれば、他の一つが求められる。

電波の傳播速度は、毎秒  $3 \times 10^{10}$  センチ・メートル、即ち毎秒 300,000,000 メートルであるから、波長の単位をメートル、周波数の単位をサイクル、キロ・サイクル及びメガ・サイクルにとれば、次のやうな關係が得られる：

$$\text{波長(メートル)} = \frac{300,000,000}{\text{周波数(サイクル)}}$$

$$\text{波長(メートル)} = \frac{300,000}{\text{周波数(キロ・サイクル)}}$$

$$\text{波長(メートル)} = \frac{300}{\text{周波数(メガ・サイクル)}}$$

或は次の如くにも書き直せる：

$$\text{周波数(サイクル)} = \frac{300,000,000}{\text{波長(メートル)}}$$

$$\text{周波数(キロ・サイクル)} = \frac{300,000}{\text{波長(メートル)}}$$

$$\text{周波数(メガ・サイクル)} = \frac{300}{\text{波長(メートル)}}$$

たとへば、周波数が 50 サイクルならば、その波長は 6,000,000 メートル、500 キロ・サイクルならば 600 メートル、50 メガ・サイクルならば 6 メートルといふ風に求められる。この換算を迅速に知るには、周波数對波長表<sup>(2)</sup>を使用すればよい。

#### 第四節 固有周波数及び固有波長

(1) 眞の速度は 299,820,000 メートルであるが、これは學術的計算を行ふときのみに使はれる。通常は實用上の便宜のため、300,000,000 メートルが採用されてゐる。

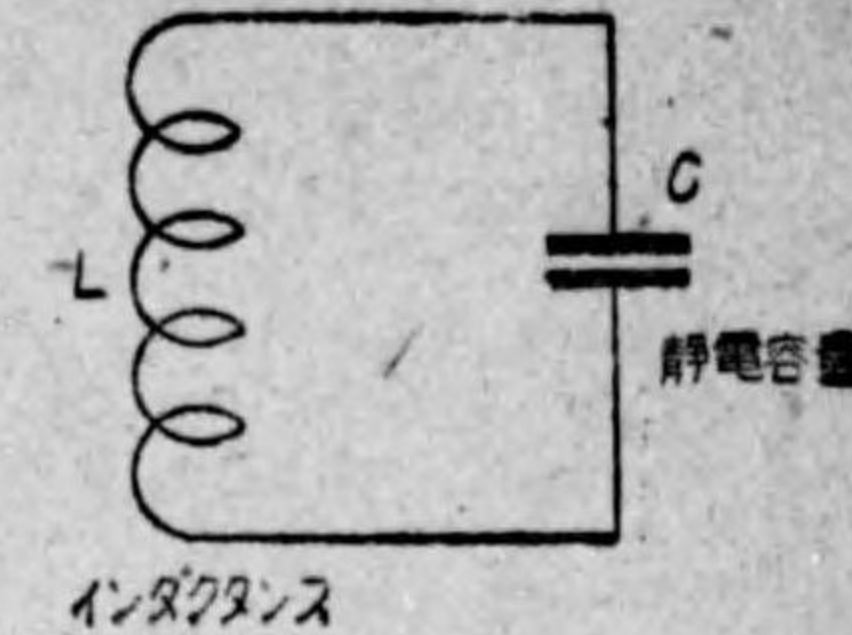
(2) 附表参照のこと。本表は周波数から波長を求めることも、或は(逆に)、波長から周波数を求めることもできる。一般には、300,000 を基準としたものが、採用されてゐる。299,820 を基準とした表もあるが、普通には使用しない。

第 307 圖 A の如くインダクタンス  $L$  と静電容量  $C$  とより成る共振回路<sup>(1)</sup>の固有周波数<sup>(2)</sup>、固有波長<sup>(3)</sup>、及び周期<sup>(4)</sup>は、共振回路の抵抗が小なるとき下式で與へられる：

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots \text{固有周波数の式}$$

$$\lambda = 2\pi\sqrt{LC} \dots\dots \text{固有波長の式}$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \dots\dots \text{周期の式}$$



〔第 307 圖〕

上式に於て

$v$  …… 電波の傳播速度 =  $3 \times 10^{10}$  糎/秒

$\pi$  …… 3.1416.

#### (附) $L, C$ の單位の換算及び固有周波数、固有波長に関する諸公式

**インダクタンス**—— 自己インダクタンスの實用單位はヘンリであるが補助單位としてミリ・ヘンリ及びマイクロ・ヘンリが使はれる：

$$1 \text{ ミリ・ヘンリ (mH)} = 10^{-3} \text{ ヘンリ (H)}$$

$$1 \text{ マイクロ・ヘンリ (\mu H)} = 10^{-6} \text{ ヘンリ (H)}$$

また、インダクタンスの電磁單位(センチ・メートル)と實用單位(ヘンリ)間の關係は次の如くである：

$$1 \text{ ヘンリ} = \frac{1 \text{ ボルト}}{1 \text{ アンペア/秒}} = \frac{\text{起電力の } 10^9 \text{ 電磁單位}}{\text{電流の } \frac{1}{10} \text{ 電磁單位}}$$

$$= 10^9 \times \frac{\text{起電力の } 1 \text{ 電磁單位}}{\text{電流の } 1 \text{ 電磁單位}}$$

$$= 10^9 \text{ センチ・メートル (cm)}$$

(1) resonance circuit.

(2) natural frequency.

(3) natural wave-length.

(4) period.

故に 1 マイクロ・ヘンリ ( $\mu H = 10^3$  センチ・メートル (cm))  
 なほ 1 ミリ・ヘンリ ( $mH = 1000$  マイクロ・ヘンリ ( $\mu H$ ))  
 0.001 ヘンリ ( $H = 1000$  マイクロ・ヘンリ ( $\mu H$ ))

静電容量—— 静電容量の實用單位はファラド ( $F$ ) であるが、補助單位として、マイクロ・ファラド ( $\mu F$ ), ピコ・ファラド ( $pF$ ), ジャー (jar) 等も使はれる:

1 ファラド ( $F = 10^3$  ミリ・ファラド ( $mF$ ))  
 $= 10^6$  マイクロ・ファラド ( $\mu F$ )  
 $= 10^9$  ミリ・マイクロ・ファラド ( $m\mu F$ )  
 $= 10^{12}$  マイクロ・マイクロ・ファラド ( $\mu\mu F$ )  
 $= 10^{12}$  ピコ・ファラド ( $pF$ )  
 $= 9 \times 10^8$  ジャー (jar)  
 $= 9 \times 10^{11}$  センチ・メートル (cm)

即ち 1 センチ・メートル =  $\frac{\text{荷電の 1 静電單位}}{\text{電位差の 1 静電單位}}$

$$= \frac{1}{3 \times 10^9} \text{ クーロン}$$

$$= \frac{1}{300 \text{ ボルト}}$$

$$= \frac{1}{8 \times 10^{11}} \text{ ファラド (F)}$$

また 1 ジャー = 100 センチ・メートル (cm)  
 1 マイクロ・ファラド ( $\mu F = 900$  ジャー (jar))

故に 1 ジャー =  $\frac{1}{9 \times 10^8}$  ファラド ( $F$ )  
 $= 0.00111$  マイクロ・ファラド ( $\mu F$ )

單位を異にする場合の計算用諸式—— 諸計算に便するため、單位を異にした場合の周波數、波長、インダクタンス、容量等に關する公式の變化を一括して示しておく:

記號一覽

たとへば、周波數は  $f$  にて示し、右下の添字は單位を表はす。即ち、 $f_{kc}$  は、キロ・

サイクルを單位としたときの周波數である。同様にして、波長は  $\lambda$ , 容量は  $C$ , インダクタンスは  $L$ , 周期は  $T$ , 光の速度は  $v$  にて示してある。

周波數に關して  $\left\{ \begin{array}{l} f_c \dots\dots \text{サイクル 單位} \\ f_{kc} \dots\dots \text{キロ・サイクル 單位} \\ f_{Mc} \dots\dots \text{メガ・サイクル 單位} \end{array} \right.$

波長に關して  $\left\{ \begin{array}{l} \lambda_{cm} \dots\dots \text{センチ・メートル 單位} \\ \lambda_m \dots\dots \text{メートル 單位} \end{array} \right.$

静電容量に關して  $\left\{ \begin{array}{l} C_{cm} \dots\dots \text{センチ・メートル 單位} \\ C_F \dots\dots \text{ファラド 單位} \\ C_{mF} \dots\dots \text{ミリ・ファラド 單位} \\ C_{\mu F} \dots\dots \text{マイクロ・ファラド 單位} \\ C_{\mu\mu F} \dots\dots \text{マイクロ・マイクロ・ファラド 單位} \\ C_{pF} \dots\dots \text{ピコ・ファラド* 單位} \\ C_J \dots\dots \text{ジャー單位} \end{array} \right.$

\*  $C_{\mu F} = C_{pF}$

インダクタンスに關して  $\left\{ \begin{array}{l} L_{cm} \dots\dots \text{センチ・メートル 單位} \\ L_H \dots\dots \text{ヘンリ 單位} \\ L_{mH} \dots\dots \text{ミリ・ヘンリ 單位} \\ L_{\mu H} \dots\dots \text{マイクロ・ヘンリ 單位} \\ L_{\mu\mu H} \dots\dots \text{マイクロ・マイクロ・ヘンリ 單位} \end{array} \right.$

周期、速度及び  $\pi$  に關して  $\left\{ \begin{array}{l} T_s \dots\dots \text{秒 單位} \\ v \dots\dots 3 \times 10^{10} \text{ cm/s} \\ \pi \dots\dots 3.1416 \end{array} \right.$

周波數對  $L, C$  の式——

$$f_c = \frac{v}{2\pi\sqrt{L_{cm} C_{cm}}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{L_H C_F}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5.033 \times 10^6}{\sqrt{L_{cm} C_{\mu F}}} \\
 &= \frac{5.033 \times 10^3}{\sqrt{L_{mH} C_{\mu F}}} \\
 &= \frac{4.774 \times 10^6}{\sqrt{L_{\mu H} C_j}} \\
 f_{kc} &= \frac{159,155}{\sqrt{L_{\mu H} C_{\mu F}}} \\
 &= \frac{169.155}{\sqrt{L_{\mu H} C_{\mu F}}} \\
 &= \frac{5.033}{\sqrt{L_{mH} C_{\mu F}}} \\
 &= \frac{0.16}{\sqrt{L_H C_{\mu F}}} \\
 &= \frac{4774}{\sqrt{L_{\mu H} C_j}} \\
 f_{Mc} &= \frac{159.2}{\sqrt{L_{\mu H} C_{\mu F}}} \\
 &= \frac{0.159}{\sqrt{L_{\mu H} C_{\mu F}}}
 \end{aligned}$$

波長對 L, C の式 —

$$\begin{aligned}
 \lambda_{cm} &= 6.28 \sqrt{L_{cm} C_{cm}} \\
 &= 5957 \sqrt{L_{cm} C_{\mu F}} \\
 \lambda_m &= 60 \sqrt{L_{cm} C_{\mu F}} \\
 &= 60,000 \sqrt{L_{mH} C_{\mu F}} \\
 &= 62.8 \sqrt{L_{\mu H} C_j} \\
 &= 1885 \sqrt{L_{\mu H} C_{\mu F}} \\
 &= 1.885 \sqrt{L_{\mu H} C_{\mu F}} \\
 &= 59,750 \sqrt{L_{mH} C_{\mu F}} \\
 &= 1,885,000 \sqrt{L_H C_{\mu F}}
 \end{aligned}$$

周期の式 —

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{2\pi}{V} \sqrt{L_{cm} C_{cm}} \\
 &= \frac{\sqrt{L_{cm} C_{\mu F}}}{5.33 \times 10^6} \\
 &= \frac{\sqrt{L_{mH} C_{\mu F}}}{5.633 \times 10^3}
 \end{aligned}$$

周波數對波長の式 —

$$\begin{aligned}
 f_c &= \frac{300,000,000}{\lambda_m} \\
 f_{kc} &= \frac{300,000}{\lambda_m} \\
 f_{Mc} &= \frac{300}{\lambda_m} \\
 \lambda_m &= \frac{300,000,000}{f_c} \\
 &= \frac{300,000}{f_{kc}} \\
 &= \frac{300}{f_{Mc}}
 \end{aligned}$$

インダクタンス及び容量の式 —

$$\begin{aligned}
 L_H &= \frac{0.02533}{C_F f_c^2} \\
 L_{\mu H} &= \frac{25,330}{C_{\mu F} f_{kc}^2} = \frac{25,330}{C_{\mu F} f_{Mc}^2} \\
 C_F &= \frac{0.02533}{L_H f_c^2} \\
 C_{\mu F} &= \frac{25,330}{L_{\mu H} f_{kc}^2} \quad C_{\mu F} = \frac{25,330}{L_{\mu H} f_{Mc}^2}
 \end{aligned}$$

### 第五節 電波の名稱と種類

電波は、その周波数の高低及び使用上の便宜から、その種類を第301表に示す如く、五つに分けてゐる：

第301表 電波の名稱

名 稱	周波数 (kc.)	波 長 (m.)
長 波 (Long wave)	100 以下	3000 以上
中 波 (Medium wave)	100—1500	3000—200
中短波 (Medium short wave)	1500—6000	200—50
短 波 (Short wave)	6000—30,000	50—10
超短波 (Ultra short wave)	30,000 以上	10 以下

長波と呼ばれる電波は、無線通信の初期時代に於て、大電力を使用して行つた遠距離通信用として大いに利用の途もあつたが、現在にあつては、その用途は甚だしく縮小されてゐる。中波は船舶、航空、無線標識、無線羅針、無線放送の如き重要な利用的價値を有する電波である。中短波は、小電力を使用して行ふ短距離通信用電波であつて、この中には素人通信用周波数帯の<sup>(1)</sup>1715 乃至 2000 kc. が含まれてゐる。

短波は、最も興味ある特性を有する電波である。僅かに數ワットの電力を以てしても、數千キロ・メートルにも達する遠距離通信が可能である。この周波数帯は、對外無線通信殊に國際無線電話放送用として極めて重要な地位を占め、素人通信用としては、3550 乃至 4000 kc., 7000 乃至 7300 kc., 14,000 乃至 14,400 kc. 帯が含まれてゐる。<sup>(2)</sup>30 Mc 以上の超短波になると、その性質が光波に似てくるので、用途が全く異つてしまふ。電波の通達範圍は、所謂、見透し得る距離に限られてしまふので、近距離通信のみに使用される。

(1) 本邦の素人實驗局には周波数帯の中央に位する 1775 kc. の一つだけが與へられてゐる。

(2) 本邦の素人實驗局には周波数帯の中央に位する 3550kc. 7100kc. 及び 14,200kc. の三つが與へられてゐる。

殊に近來に於ては、テレビジョン用として新しい分野を有してゐる。

周波数には關係なく、通信の内容を特徴づける電波の波形に就いて電波を分類してみれば次表の通りになる：

第302表 電波の種類

(發射電波は、變調又は電鍵操作が、振幅のみに就いて行はれるものとする)

(イ) 持續電波＝不減衰電波 (現今では、真空管發振器を使用して發生させる)。

型式 A 0 …… 逐次ノ振動ガ永續ノ状態ニ於テ同一ナル電波。

A 1 …… 純粹持續電波ニヨル電信：電信符號ニヨリ操作セラルル持續電波。

A 2 …… 變調電信：1 箇又ハ數箇ノ可聽周波数ニヨリ變調セラレタル搬送波。

A 3 …… 電 話：音聲、音樂又ハ其ノ他ノ音響ニ相當スル周波数ニヨル搬送波ノ變調ヨリ生ズル電波。

A 4 …… 電 寫：永續的ニ複寫スルタメ静止影像ヲ走査スルトキ發生スル周波数ニヨル搬送波ノ變調ヨリ生ズル電波。

A 5 …… テレビジョン：静止又ハ移動スル事物ヲ走査スルトキ發生スル周波数ニヨル搬送波ノ變調ニヨリ生ズル電波。

(ロ) 減幅電波 (火花式送信機のみより發生する電波)。

型式 B …… 振幅ガ最大ニ達シタル後、漸次減衰スル振動ノ逐次ノ列ヨリ成ル電波：電波ノ列ハ、電信符號ニヨリコレヲ操作スルモノトス。

### 第六節 搬送波と變調波

キャリア  
Carrier といふ語は、物を運搬する者を現はす名詞であつて、通信工學上に於ては、音聲又は信號を搬ぶ持續電流或は持續電波のことを搬送電流又は搬送電波<sup>(2)</sup>或は單にキャリアとも呼んでゐる。一般的にいふと、音聲又は信號によつて變調を受けるところの電流又は電波のことを搬送波といふ。即ち搬送波が變調作用を受ければ、變調電流又は變調電波となる。この變調電波のことは單に變調波ともいふ。變調波を得るには、搬送波と變調用電流とを必

(1) Carrier current.

(2) Carrier wave.

(3) Modulation.

(4) Modulated current.

(5) Modulated wave.



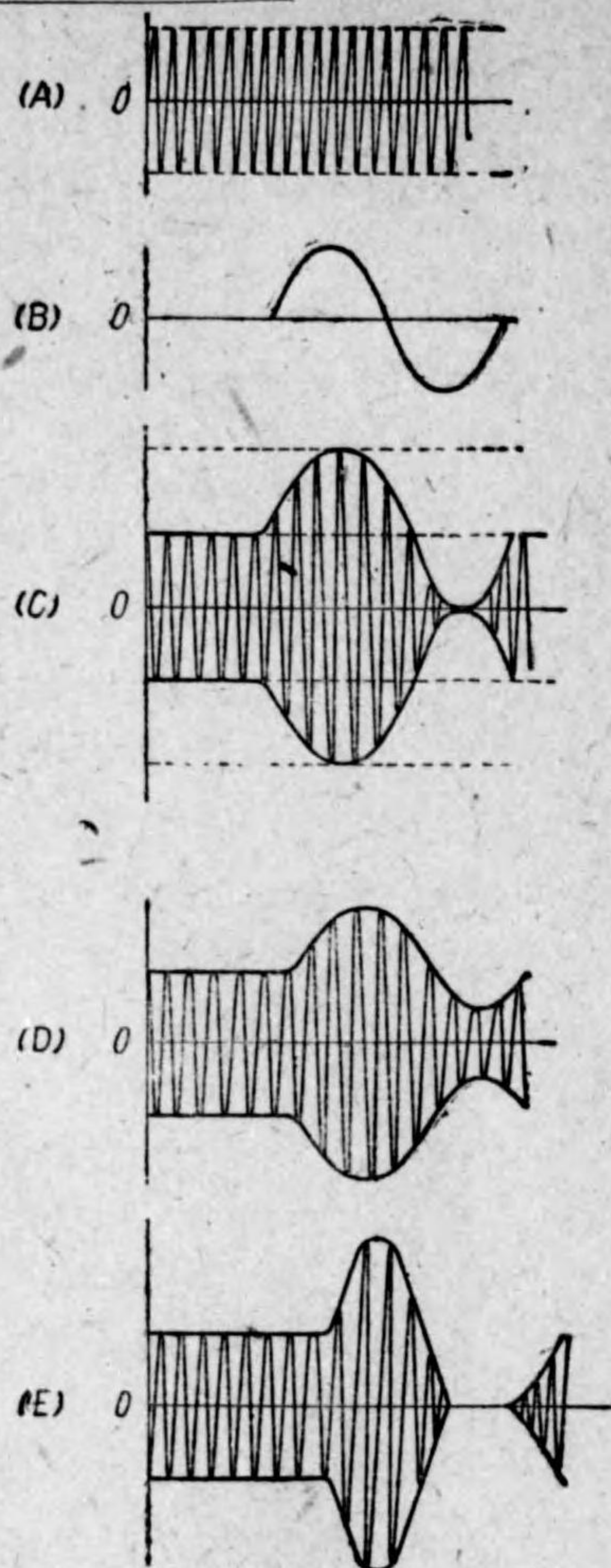
要とする。搬送波の有する周波数<sup>(1)</sup>の事を搬送周波数、変調用電流<sup>(2)</sup>の持つ周波数の事を変調周波数<sup>(3)</sup>といふ。また、振幅変調を行ふときに側波帯<sup>(4)</sup>といふものが生じる。これには、高側波帯<sup>(5)</sup>と低側波帯<sup>(6)</sup>の二つがある。

第308圖(A)は搬送波を示し、今、この搬送波の振幅を、適当な方法により、(B)の如き変調用可聴周波電流によつて変化させてみたとき、(C)、(D)及び(E)に示す如き三つの異なる状態が得られたとする。この(C)、(D)及び(E)は何れも振幅変調を受けた変調波であつて、搬送波の振幅を変化させることを変調<sup>(7)</sup>といふのである。

この(C)、(D)及び(E)を一見すれば変調波形を異にしてゐることが窺はれる。即ち、変調の深さの程度を異にしてゐるのであつて、<sup>(8)</sup>変調度を異にするといひ、実際には、変調率で表はす。

今、第308圖(C)に於て、搬送波

- (1) Carrier frequency.
- (2) Modulation frequency.
- (3) Amplitude modulation.
- (4) Side band.
- (5) Upper side band.
- (6) Lower side band.
- (7) 振幅変調は最も一般的方法であつて、この外に、周波数変調、位相変調があるが、ここでは省略しておく。
- (8) Modulation degree.



〔第308圖〕

の振幅を  $i_{car}$  変調波の最大振幅を  $i_{mod}$  としたとき、

$$\text{変調率 } M(\%) = \frac{i_{mod} - i_{car}}{i_{car}} \times 100$$

ここで、 $i_{mod} = 2i_{car}$  とすれば、上式は

$$M(\%) = 100$$

となり、変調率は100パーセントとなること知り、圖の(C)の場合に相當する。(D)の場合は、変調率は100パーセント以下の場合であつて、實用される状態である。(E)は過変調と呼ばれる状態で、変調波形に歪を來す場合であるから、常に避けなければならない。

達し得る可能変調率は100パーセントであつて、変調信號電流のピークに於て振幅は2倍となり、瞬時ピーク電力は、非変調時の電力の4倍になる。何故かといふと、電力は電流の自乗のに正比例するからである。

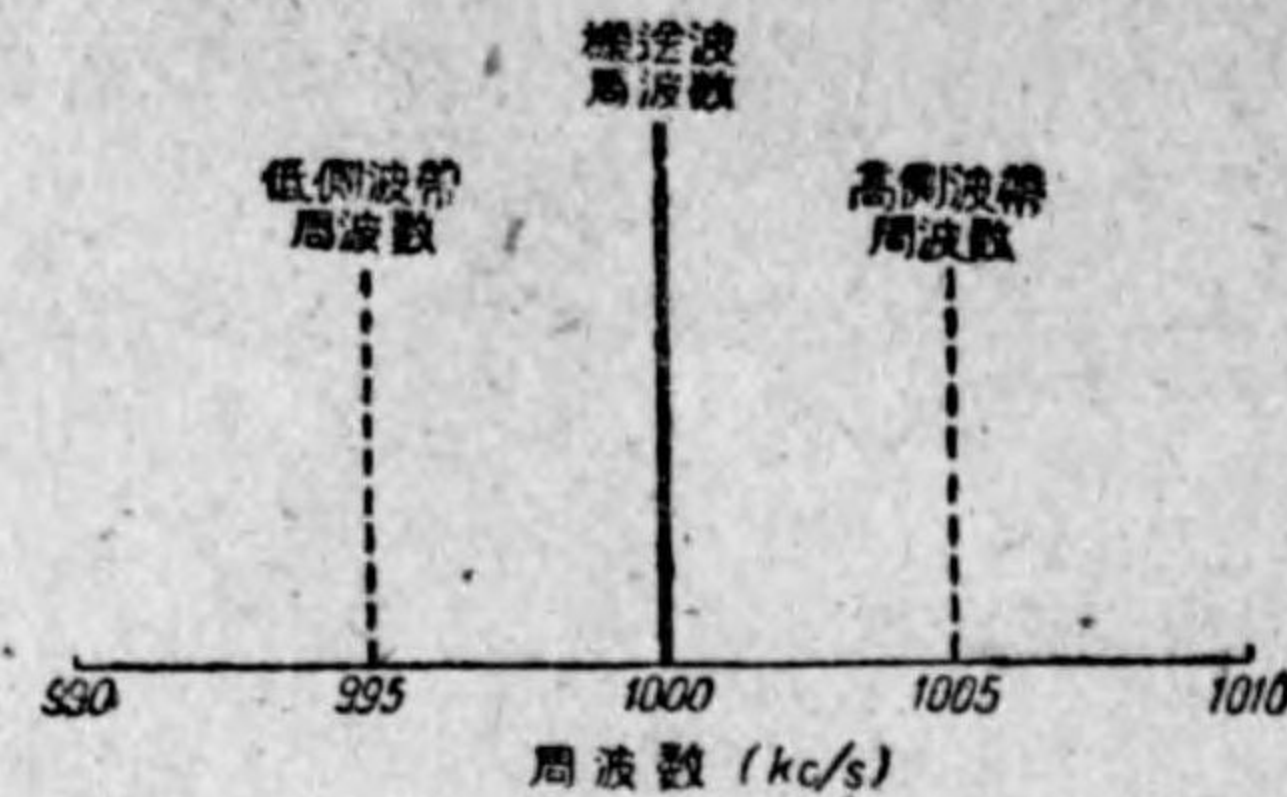
もし、純粹の正弦波を以て100パーセントの変調が行はれば、その時の平均電力は、非変調電力の1.5倍となる。このときの回路電流を、例へばアンテナ電流計によつて測つたとすれば、100パーセント変調に於ては、22.6パーセント増加するのである。何故なれば、電流は電力の自乗平方根に比例するからである。

### 第七節 側波帯

今、周波数  $f_0$  なる搬送波電流を、周波数  $f_1$  なる可聴周波電流を以て振幅変調を行つて得られた被変調電流中には、 $f_0$ 、 $(f_0 + f_1)$  及び  $(f_0 - f_1)$  といふ三つの周波数が含まれてゐるのである。この場合、 $f_1$  が50乃至8000サイクルの周波数帯を持つものとするれば、 $f_0 \pm f_1$  といふものは、 $f_0 \pm 50$  より  $f_0 \pm 8000$  サイクルの幅を持つことになり、この  $(f_0 - 50) \sim (f_0 + 8000)$  までの約8000サイクルの周波数帯を高側波帯<sup>(1)</sup>といひ、 $(f_0 - 50) \sim (f_0 - 8000)$  の約8000サイクルの周波数帯を低側波帯<sup>(2)</sup>といひ、この高側波帯と低側波帯の二つを一緒にして側波帯<sup>(3)</sup>といふ。

- (1) Upper side band.
- (2) Lower side band.
- (3) Side band.

第309圖は、搬送周波数を1000 kc., 變調周波数を5000 サイクルとしたときのもので、高側波帯周波数は1005 kc., 低側波帯周波数は995 kc. であることを示してゐる。



〔第309圖〕

### 第八節 側波帯送信方式

振幅變調に於ては、搬送波電流は不變であつて、側波帯のみが信號電流によつて變化するのであるから、搬送波は除去しても、通信の目的には支障を來さないわけである。このやうに、搬送波を除去し、側波帯のみを送るものを、側波帯送信方式と呼び、特に高側波帯又は低側波帯の中の、何れか一方を送るものを單側波帯送信<sup>(\*)</sup>といふ。單側波帯通信に於ては、著しく電力の節約が行はれるばかりでなく、秘密通信の効果も含まれてゐる。

### 第九節 電波の傳播

電波が地球上を傳播する模様は、電波の周波数によつて著るしく相違するのであつて、一括して述べることは不可能である。大別して、長波、中波、短波及び超短波の四つになる。

**長波及び中波の傳播** — 長波の傳播は比較的穩當であつて、受信電界強度は、海上であつても、陸上であつても、夜間に於ける値は晝間の値より大きく、2倍以上に達することは稀ではないが、逆に小になることは絶対に無い。

この長波は、以前、大電力を使用して長距離の無線通信に使用されつつあつたが、現在では殆んど實用されてゐない。

中波は放送用電波として重要な地位にあり、その性質は長波とは幾分異なる。

(\*) Single side-band transmission.

り、晝間に於ては、30乃至1000 軒の範圍内に於ては空間波の影響が生じ、夜間に於ては、この影響は一層劇しくなる。

長波及び中波の傳播に對する實驗式は下記の通りである：

$$E = \frac{120 \pi h I}{\lambda D} \sqrt{\frac{\theta}{\sin \theta}} \cdot e^{-\frac{\alpha D}{\lambda^\beta}}$$

この式に於て

$E$  …… 受信地點に於ける電界強度 ( $\mu V/m$ ).

$h$  …… 送信空中線の實効高 (m).

$I$  …… 送信空中線基部の電流 (A).

$D$  …… 送信所、受信所間の距離 (km).

$\lambda$  …… 送信 (受信) 電波の波長 (km).

$\theta$  ……  $D$  を含む地球の中心角 (ラジアン).

$\alpha, \beta$  …… 常數.

$e$  …… 自然對數の底.

上式に於ける  $e^{-\frac{\alpha D}{\lambda^\beta}}$  といふ項は重要な意味を有し、傳播途中に於ける電波の吸収を支配する減衰係數である。有名なるオースチン及びコーヘン氏の研究によれば、減衰係數として  $e^{-\frac{0.0015 D}{\sqrt{\lambda}}}$  を得た。

電波傳播の公式はオースチン氏及びコーヘン氏により發達せられたので、一般に、オースチン・コーヘンの式として有名であり、實用單位を以て書き直せば下記の如くなる：

オースチン・コーヘンの式：—

$$E_{(\mu v/m)} = \frac{120 \pi h(m) I_{(amp)}}{\lambda(km) D(km)} \sqrt{\frac{\theta}{\sin \theta}} \cdot e^{-\frac{0.0014 D(km)}{\lambda^{0.5}(km)}}$$

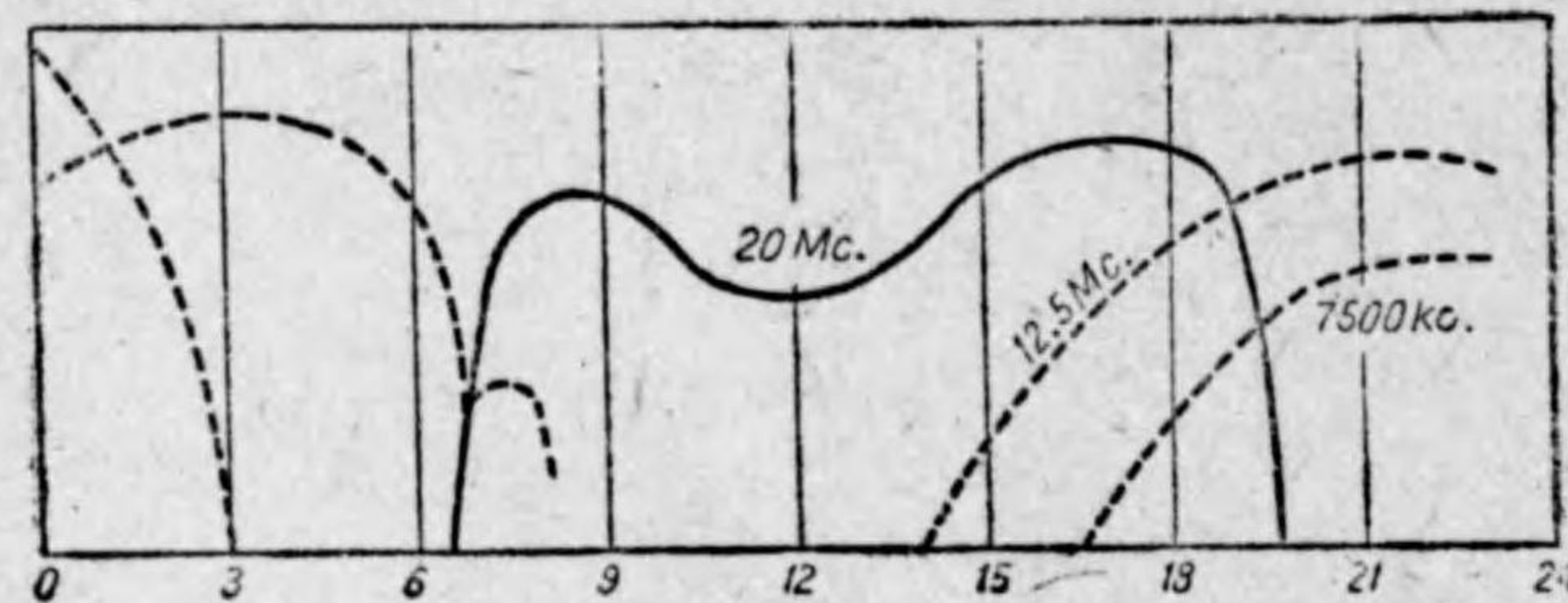
上式に於て、 $\mu v/m$  はマイクロ・ボルト/米、 $m$  は米、 $km$  は軒、 $amp$  はアンペアの略字である。

この外に、長波及び中波の傳播を與へる式としては、エスペンシード氏の式、ゾンマーフェルド氏の式等が有名である。

**中短波及び短波の傳播** — 中短波及び短波の傳播は非常なる變動性に富

み、周波数の選擇は、通達距離、時間等に大なる關係がある。この電波帯の傳播の研究に早くより従事したのは素人實驗家であり、その發達に著しい貢獻をなしたが、電界強度を定量的に測つた最初の人<sup>(1)</sup>はテイラー氏である。

中短波及び短波の傳播は、100 軒以内の近距離地點は地上波であるから、受信電界には變動は餘りないが、それ以外の遠距離になるとすべて空間波によつて傳播するのであるから、電離層の性質に支配されるやうになり、この傳播に適用する公式は見出されてゐない。



〔第 310 圖〕

— 第 310 圖は、20 Mc., 12.5 Mc. 及び 7500 kc の三つの電波に對する平均受信感度曲線であつて、20 Mc. の電波は晝間の通信に適し、12.5 Mc. 及び 7500 kc の電波は薄明時及び夜間に於て大なる受信感度のあることが現はれてゐる。この圖は、勿論、概念を與へたに過ぎないのであつて、實際には、多くの要素が含まれてくる。

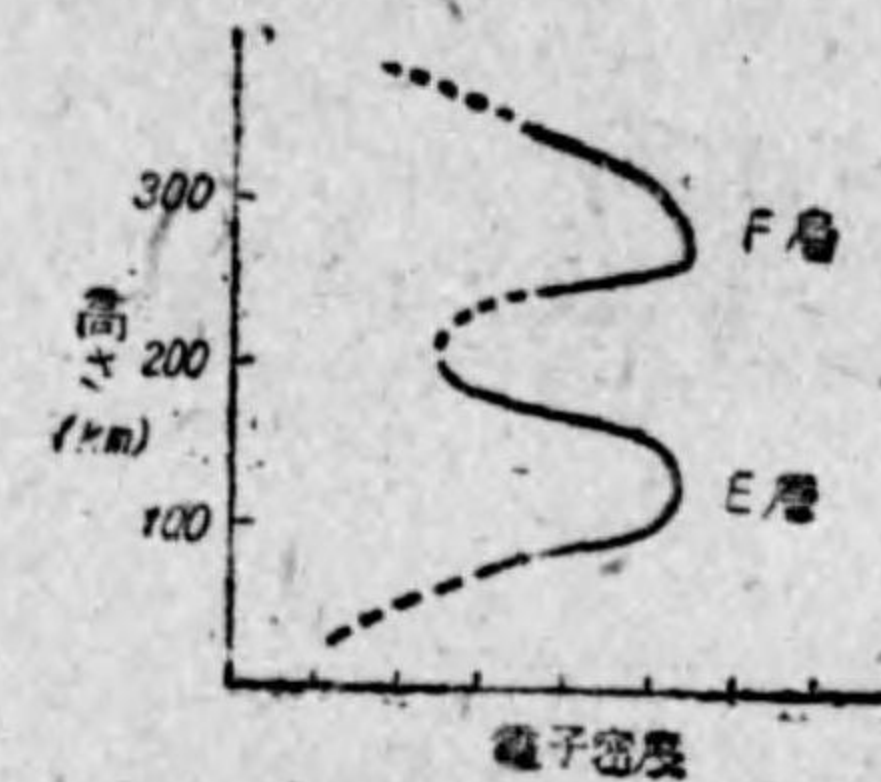
**K-H 層** — 空氣の上層は、太陽の光線によつて著るしく電離され、イオンが密集してゐるから、導電性の極めて良好な導體に考へられるのであつて、短波の如くに遠方へ電波が達するのは、この電離層の存在に依るものであるとされてゐる。この考へ方は英人ヘビサイド氏によつて提案されたので、ヘビサイド<sup>(1)</sup>層と呼ばれ、また、米人ケネリー氏も同様の考へ下の方に電波傳播を研究したので、兩者の名をとり、ケネリー・ヘビサイド<sup>(2)</sup>層或ひは單に、

(1) Heaviside layer.

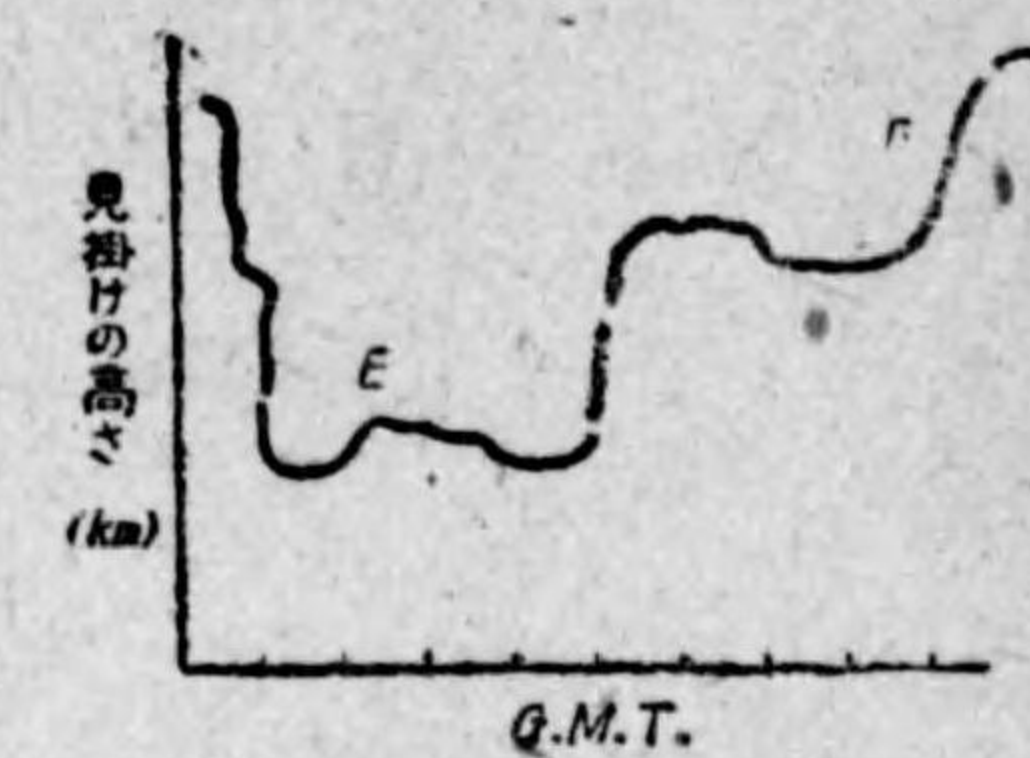
(2) Kennelly Heaviside layer.

層ともいふ。

K-H 層は大別して E 層と F 層の二段から成つてゐる。低い方が E 層、高い方が F 層であつて、その高さは時刻と共に變動する性質のものであるが、E 層は 100 軒内外、F 層は 250 軒内外である。第 311 圖は平均高さを示したものであり、



〔第 311 圖〕



〔第 312 圖〕

第 312 圖の方は、E 層、F 層の存在が如何なるものであるかを示したものである。

**地表波、空間波及び跳躍距離** — 或る地點に於ける受信電波を調査してみると、送信所から大地に沿つて直接に到來した地上波と、K-H 層で反射屈折されて來た空間波<sup>(3)</sup>の二つのあることを知る。長波の傳播はその大部分が地上波によつて構成されてゐるが、中短波、短波になると、その上部分は空間波である。

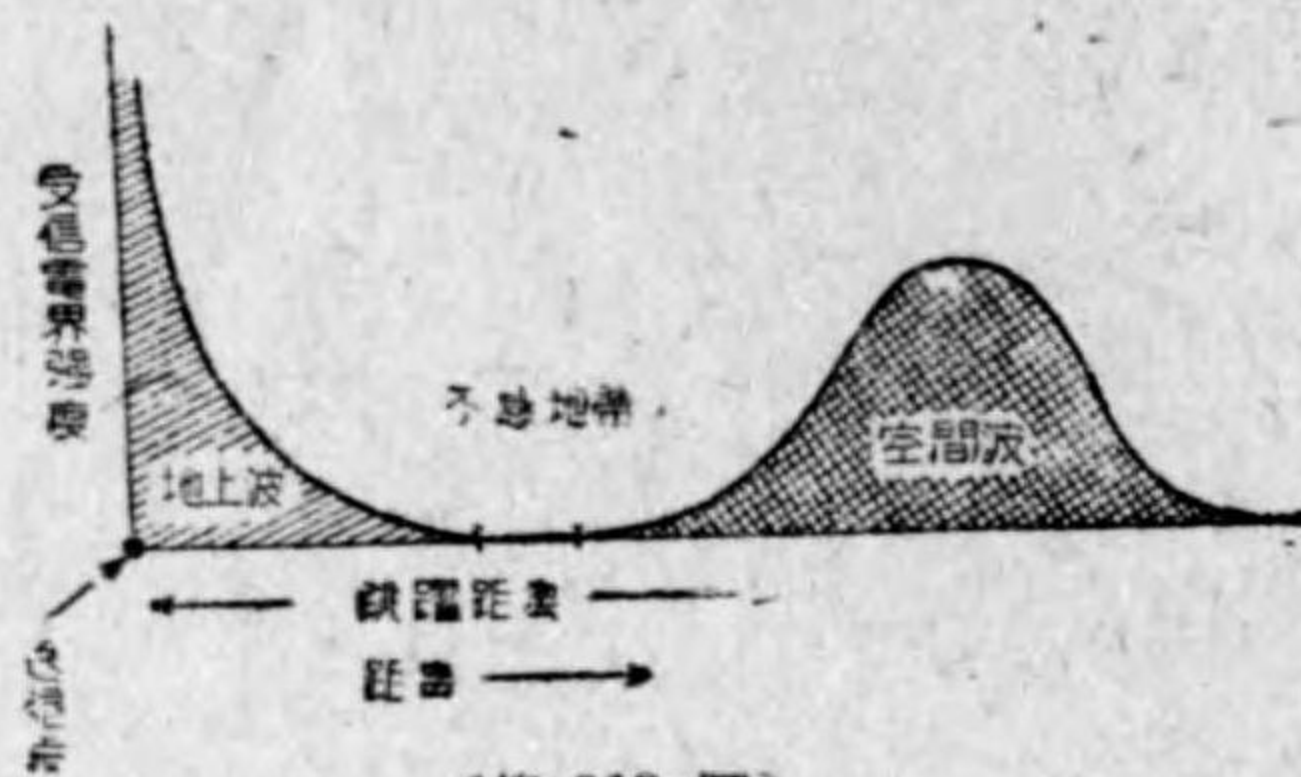
多の實驗的測定の結果により、長波は殆んど地上波として直接に地球上の任意の地點へ達しゆくが、周波数が次第に高くなつてゆくに従ひ、地上波は漸次減衰を受け、地上波の傳播距離は減少し、逆に、空間波の傳播距離が大になつてゆく、中波及び中短波は、長波と短波の中間の傳播特性を有してゐ

(1) K-H layer.

(2) Ground wave. 直接波 (Direct wave) ともいふ。

(3) Space wave. 或は sky wave.

る。ところで、短波の或る場合に於ては、空間波の地表へ下降し始める距離までも地上波の達しないことがある。このときには、不感地帯が生じ、送信地点と、始めて受信感度の生じる点との間隔を跳躍距離<sup>(\*)</sup>と呼ぶ。第312圖は、上述の關係を示したものである。



〔第313圖〕



〔第314圖〕

また第313圖は上述の諸現象を明確に説明してゐる。ここでは、受信地点を三ヶ所有し、低角放射電波は送信地点から空間波として一回の反射で到達してゐるのに反し、高角放射電波だと、一旦、地上に於て反射し、再び  $K-H$  層で反射を受けて受信地点に達するのである。尚、 $K-H$  層を突き抜けてゐるのは、短波でも 30 Mc. に近い電波であり、超短波の傳播特性である。

**超短波の傳播** —— 超短波は準光波と稱される程、光に似た性質を有してゐる。傳播の途中に、山丘、建築物、森林などがあれば、これらのものに遮ぎられて、電波は其の後方へ達しない。短波の如くに、 $K-H$  層で反射、屈折をなして、再び地球上へ戻つてくる性質は持つてゐない。この  $K-H$  層を

(\*) Skip distance.

突き抜ける模様は第313圖にも示してある。

超短波の傳播は、頂度、長波のそれと等しく、その殆んどが地上波を利用してゐる。所謂、見透し得る距離外の通信は、一般に不可能であるが、應用上、この性質は却つて好都合な場合が多い。<sup>(1)</sup>

### 第十節 電波傳播に伴ふ諸現象<sup>(2)</sup>

超短波の傳播には、 $K-H$  層は不要であるため、可視距離以内ならば、不測の現象を伴ふこと無しに、比較的安定した通信を行ふことができるが、その傳播に際しては、反射、屈折及び廻折、吸収等の現象を伴ふことが認められてゐる。

一般に、電波の傳播に關係のあるのは、晝夜の影響殊に、日出及び日没時に於ける受信電界強度の變動であつて、長距離通信の如くに、時差の大きい場合には、周波数の選擇に苦心を要するのである。電離層の電離作用は、季節にも變化するため、電界強度に變動を生じる。この季節的影響が短波の傳播に與へる作用は相當に著しく、このため、夏の電波、冬の電波等の如き區別がある。

興味のあるのは、太陽黒點の影響であつて、從來、太陽の黒點は約 11 年を週期として増減し、黒點の増加は大氣中の微粒子の衝突を増大し、電界強度に變化を與へるものとされてゐる。一般に、黒點数の多い年月ほど電界強度も強勢である。この外、磁氣嵐も電波傳播に影響を及ぼし、電波傳播の通路が晝間であるときには、磁氣嵐は短波の電界を弱め、夜間であれば、餘り影響を受けないことが知られてゐる。

日蝕、極光、流星雨、空電等も電波傳播に關係ある現象であるが、最も顯著なものはフェーディングである。また、短波通信では、受信所に於て同一符號が二回以上現はれるところの、多重信號現象がある。更にルクセンブルグ

(1) 詳細は、第十八章短波及び超短波の概念を参照されたい。

(2) ここでは、各電波に對するものを一括して述べてある。

効果と呼ばれるものも発見されてゐる。

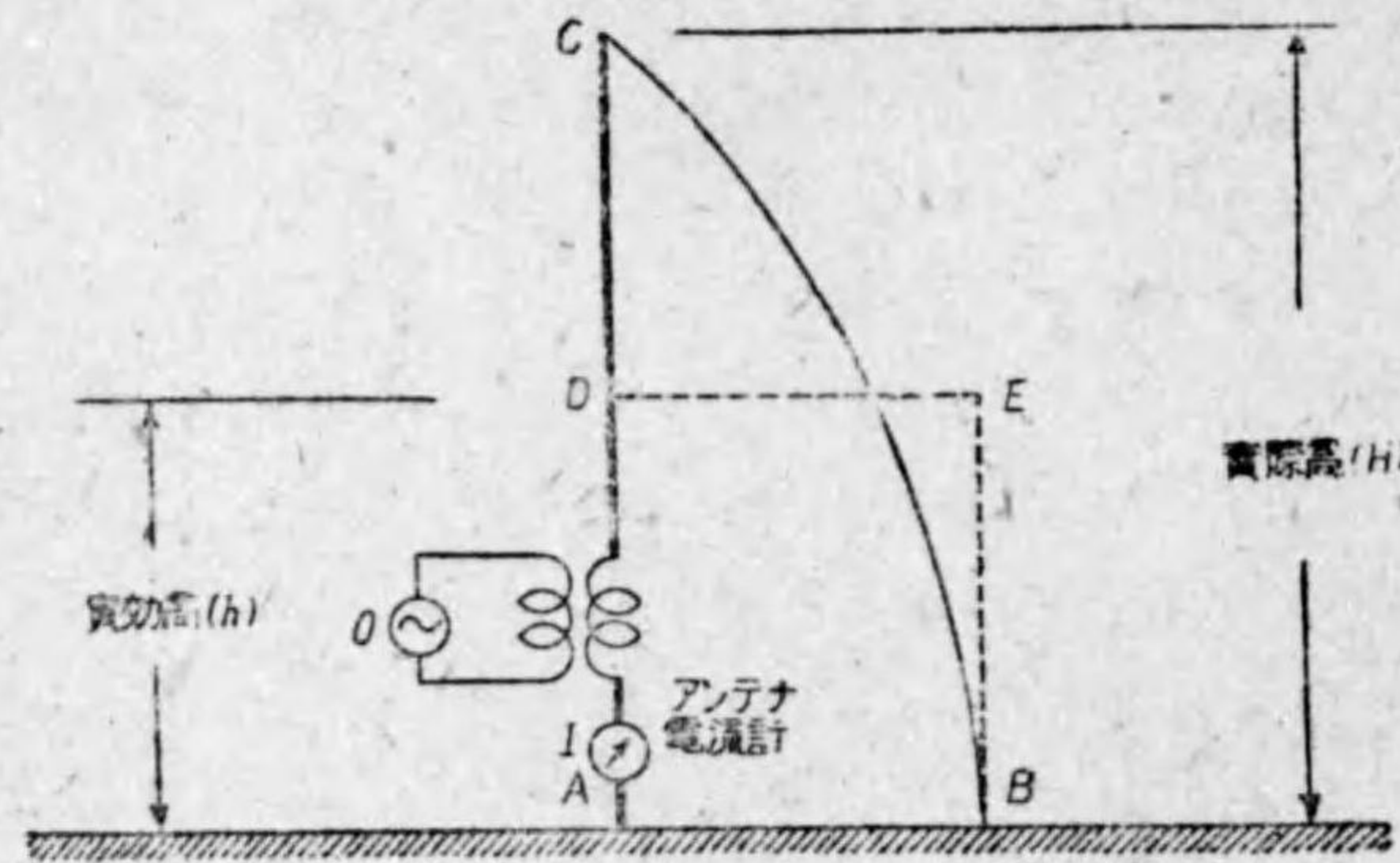
**フェーディング** — このフェーディングは短波通信上、頻繁に附随する現象であつて、受信強度の變動するのが特長である。

一般的に述べると、受信電波の振幅に變化の生ずる現象がフェーディングであつて、勿論、送信電波の周波数は一定振幅である。フェーディングの原因として数へられるのは、地上波と空間波の干渉によるものと、 $K-H$ 層の變動に伴つて生じる空間波相互の干渉によるもの等であつて、前者は、中波及び中短波に多く発見され、後者は、短波の傳に現はれる。

フェーディングが生じると、持続電波のビート受信の際には音色に變動を與へ、無線電話だと、音質が悪くなる、また、無線電話電波の如くに、占有周波数帯の広いものでは、特に或る變調周波数のもののみがフェーディングを起すことがある。これは選擇性フェーディングといひ、その除去は困難とされてゐる。

### 第十一節 放送電力と電界強度

放送電力とは、放送所の送信アンテナから外界に向つて輻射される電力の



〔第 315 圖〕

(\*) Selective fading.

ことであつて、アンテナ電力<sup>(1)</sup>、輻射電力<sup>(2)</sup>、等と呼ばれる。第 314 圖に於て、 $AD$  を實際の高さが  $H$ 、實効高が  $h$  なる  $1/4$  波長以下の接地アンテナとし、このアンテナを波長  $\lambda$  メートルにて勵振し、アンテナ電流計の最大實効値を  $I$  アンペア、輻射電力を  $P$  ワット、このアンテナの輻射抵抗を  $R$  オームとすれば次の如き關係がある；

$$P(\text{ワット}) = 1600 \left( \frac{h}{\lambda} \right)^2 I^2$$

$$P(\text{オーム}) = \frac{P}{I^2} = 1600 \pi^2 \left( \frac{h}{\lambda} \right)^2$$

この式より明らかな如く、アンテナ電力といふものは、實効高とアンテナ電流が大きければ大きいほど大となることを知る。一般に、實効高、波長は一定であるから、アンテナ電流の大小によつてアンテナ電力が左右されるやうになる。しかし、アンテナ電流が同一であつても、アンテナから輻射される電力は決して一定ではないから、廣義に於ては、アンテナへ供給される電力即ち、アンテナ入力なるものを以てアンテナ電力の定義としてゐる。

放送電力は、 $p = 1600 \left( \frac{h}{\lambda} \right)^2 I^2$  が示す値として考へられ、JOAK (東京) 590 kc. 及び 870 kc. の二つは大電力放送と稱され共に 150 キロワット、其の他の局は 10 キロワット、3 キロワット、1 キロワット、500 ワット等になつてゐる。

受信電界強度は、前述の通り、オースチン・コーヘンの公式其の他の式によつて與へられるが、土地の状態、天候、四季の別、時刻によつて吸収係数を異にするので、可成りの相違を來すものであるから、實測に俟つより外、正確なる値を知る方法がない。

**受信機感度地圖**<sup>(3)</sup> — 全國の電界強度の分布狀況を示すものは、受信機感度地圖と稱されるものであつて、日本放送協會から發表されてゐるものを次に掲げる：(受信機感度地圖は巻末にあり。)

(1) Antenna power.

(2) Radiation power.

(3) ラジオ年鑑 (昭和 15 年版)

各感度地図は、各局に於て現在使用してゐる放送周波数に対するものではなく、一般に使用されてゐる受信機の搬送周波数に対する感度を考慮の上、受信機選定に便ならしめるため、放送周波数 800 キロ・サイクルに換算して作成したものである。電界強度線は、内側より夫々、10, 2, 0.5 及び 0.1 ミリ・ボルト毎米の等強度線<sup>(\*)</sup>を示し、電界強度は次表の如き名稱で區別し、實効高 4 メートルの受信アンテナを使つたときの適應受信機の構成も併記してある。

名 稱	電界強度 (mv/m)	適 應 受 信 機 *
強 電 界	10 以上	普通三球
中 電 界	10 ~ 2	ベントード三球又は普通四球
弱 電 界	2 ~ 0.5	多極管檢波四球又は高周波 1 段プレート檢波
微 電 界	0.5 ~ 0.1	高周波 1 段グリッド檢波又は低級スーパー・ヘテロダイン
極微電界	0.1 以下	高級スーパー・ヘテロダイン

\* 普通三球とか、ベントード三球とかいふのは、如何なる内容のものかは筆者には不明であるが、そのまま轉載しておいた。(筆者)

(\*) 東京は 150 キロ・ワットであるため、等強度線は、内側より 50, 2, 1 及び 0.5 ミリ・ボルト毎米になつてゐる。

## 第四章 受信アンテナとアース

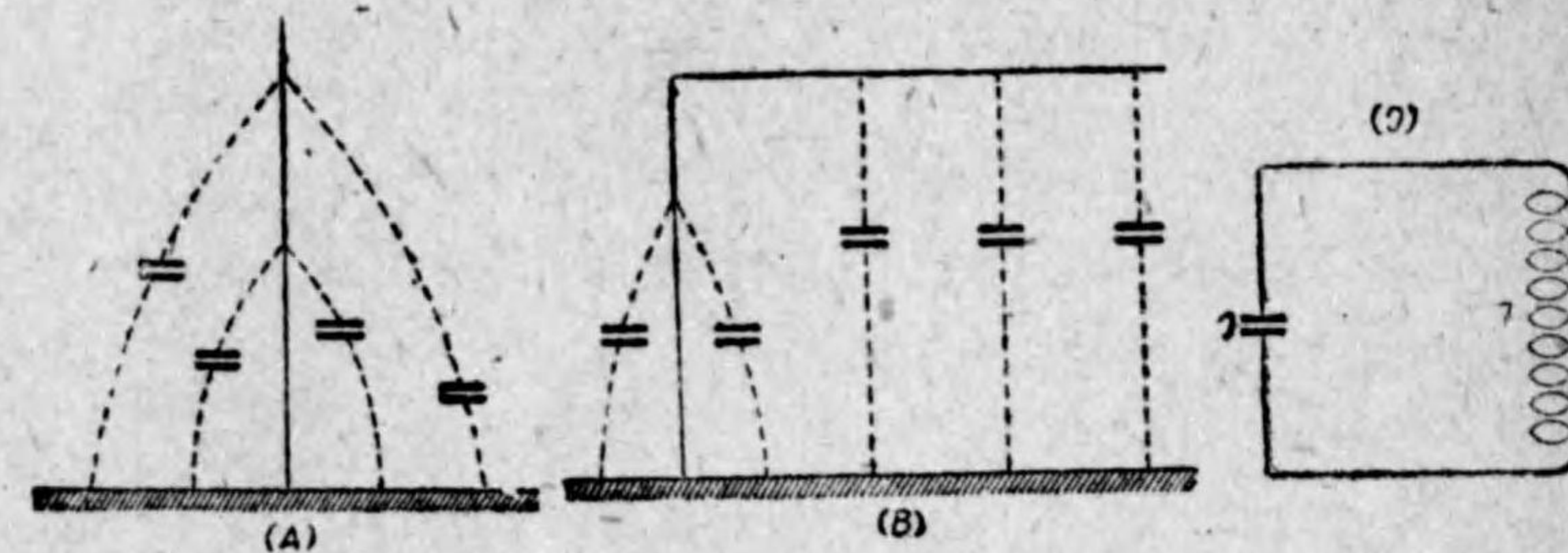
### 第一節 アンテナの電氣的性質

受信アンテナは、放送局の送信アンテナより發射された電波のエネルギーを受け入れて受信機を動作させるために設けるものであつて、アースと共に放送を聴取する上に大切なものである。

受信アンテナの電氣的性質は、送信アンテナと同じであるとして差支へないが次にその大要を述べて見やう。

#### a アンテナのキャパシティとインダクタンス

第 401 圖 (A) は、垂直型アンテナ、また同圖 (B) は逆 L 型アンテナに於けるところのアンテナ・キャパシティを示したものである。次に、アンテナのインダクタンスも、このアンテナ・キャパシティと同様であつて、一部分に集



[第 401 圖]

合してゐるものでなく、アンテナ全線に亘つて分布されてゐるものである。しかして、これ等の合成は同圖 (C) の如き回路と同じであると考へてよい。

#### り アンテナ抵抗

またアンテナにはアンテナ抵抗といふものがある。このアンテナ抵抗は、次の二つに大別することができる。

- (1) 有効に働く抵抗  
 (2) 有害に働く抵抗

このうち(1)の有効に働く抵抗といふのは、アンテナの輻射高に關係する抵抗であるから、一般にこれを輻射抵抗と呼んでゐる。

しかして、この輻射抵抗は、次の式で表される。

$$R_r = 1600 \frac{hr^2}{r^2}$$

但し、 $R_r$  …… 輻射抵抗(オーム)  
 $h$  …… 輻射高(メートル)  
 $r$  …… 受信波長(メートル)

上式で判るやうに、有効に働く輻射抵抗は輻射高の二乗に比例し、使用波長の二乗に反比例して變化する。故にアンテナの輻射高を高くするほど受信能率が良くなる。

次に(2)の有害に働く抵抗の主なるものを挙げれば、アース抵抗、線の抵抗、接続點の不完全による抵抗等であつて、このうち最も大なるはアース抵抗である。一般にアンテナ回路の抵抗と稱するのは、この有害なる抵抗のことであつて、これが大なるほど受信機の見離れ性が悪くなり、感度も低下するものであるから、受信アンテナを架設する場合は、この有害なる抵抗をできるだけ少なくするやうにしなければならない。

### c アンテナの固有波長

前述の如く、アンテナは一種の同調回路であるから、アンテナには固有波長(または固有周波数)といふものがある。

固有波長は、大體に於てアンテナの全長の約4倍と見てよい。これによつて計算してみれば、日本放送協會の標準アンテナ(高さ8メートル、水平12メートル、全長20メートル)の固有波長は約 $20 \times 4 = 80$ (メートル)となる。

また、T型アンテナの固有波長は、次の式で算出することができる。

$$\text{T型アンテナの固有波長} = \left( \frac{\text{水平部の長さ}}{2} + \text{引込線の長さ} + \text{アース線の長さ} \right) \times 4$$

この固有波長が受信しようとする電波の波長に近いほど感度が良いのであるが、実際には非常に大きなアンテナを架設することは困難であるから、一般の受信機に使用されてゐるやうな比較的小型のアンテナでは、そのアンテナ回路にコイルやコンデンサーを入れて、受信しようとする放送電波に同調するやうにしてある。

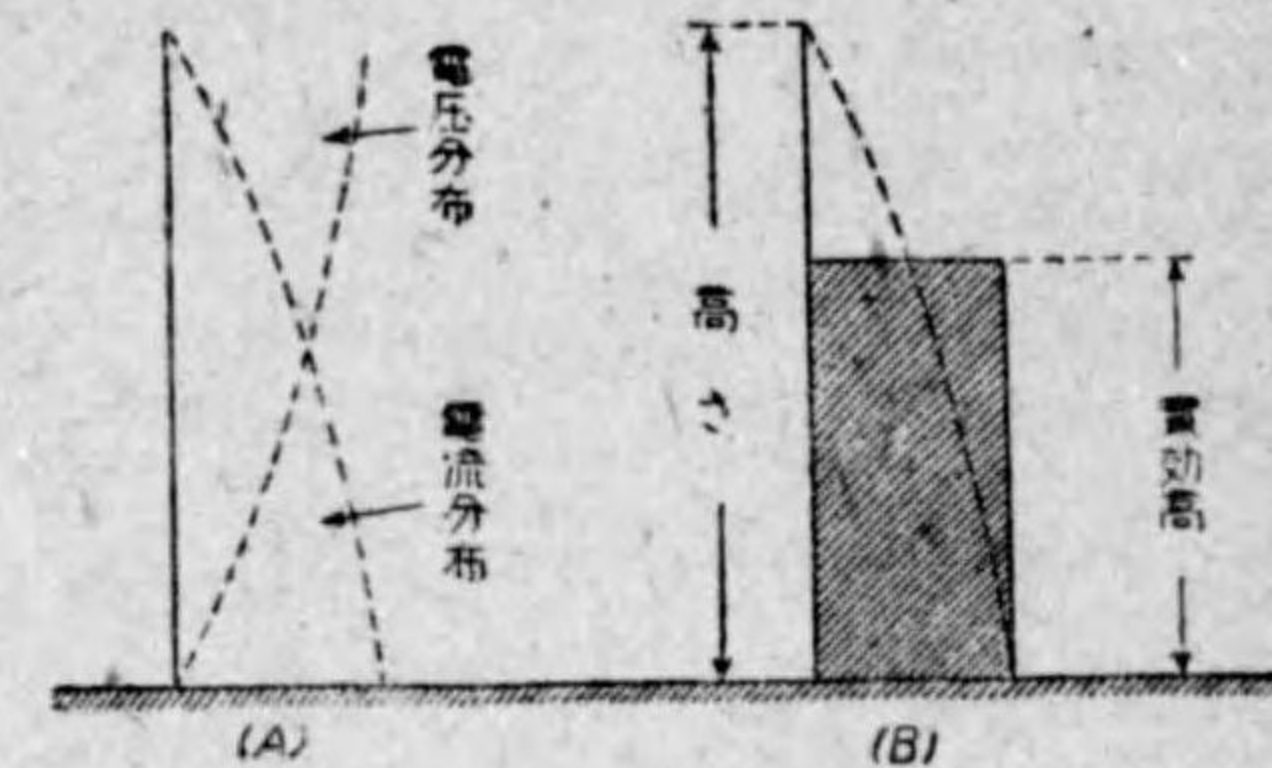
### d アンテナの垂直部と水平部との働き

アンテナに高周波電圧を誘發する部分は主として垂直部分であるから、電波の強さを一定とすれば、高く張られたアンテナほど誘發される高周波電圧が大であるといふことができる。

次に、アンテナの水平部の働きに就いて述べてみよう。

今、接地された垂直アンテナに電波が當つた場合、アンテナに通ずるところの高周波電流の分布状態を

示してみると、第402圖(A)の如く、その尖端は電流が零であつて、地面(アース)に近づくほど、その値が増加してゐることが判る。(電圧の分布はこの反對)。



[第402圖]

故に、この電流の分布状態を、アンテナ全體に亘つて、地上に

於ける値と等しくなるやうにしてみると、同圖(B)のやうになり、この場合の高さは、實際の高さよりも何パーセントか低くなつてゐる。この高さを稱して、實効高(もしくは輻射高)といひ、この實効高の高いほど受信機に入られる電波のエネルギーを餘計にするために役立つものである。

であるから、受信機に通ずる電流を大きくして受信機を有効に働かすには、この實効高を高くすることが必要であつて、アンテナの水平部はこのために設けるのである。

第403圖は、逆L型アンテナに於ける電流の分布状態を示したものであつ

て、この場合は前述の垂直型アンテナと異り、電流が零の点は水平部分の尖端となつてゐる。このために、逆L型アンテナでは、水平部分の長さを或る程度まで長くするほどアンテナ全体の電流の分布状態が良好となり、従つて、垂直アンテナに比べて実効高が増加する。なほ、水平部の長さを適当に長くすれば、アンテナの固有波長を長くすることができるから、波長の長い電波、言ひ換へれば、周波数の低い電波に對して感度を増すことができる。たとへば、JOAKの都市放送(870 kc/s)よりも、全國放送(590 kc/s)の方が感度が悪いといつたやうな場合は、水平部の長さを或る程度まで増してやつた方が好結果が得られるのである。

#### e アンテナの方向性

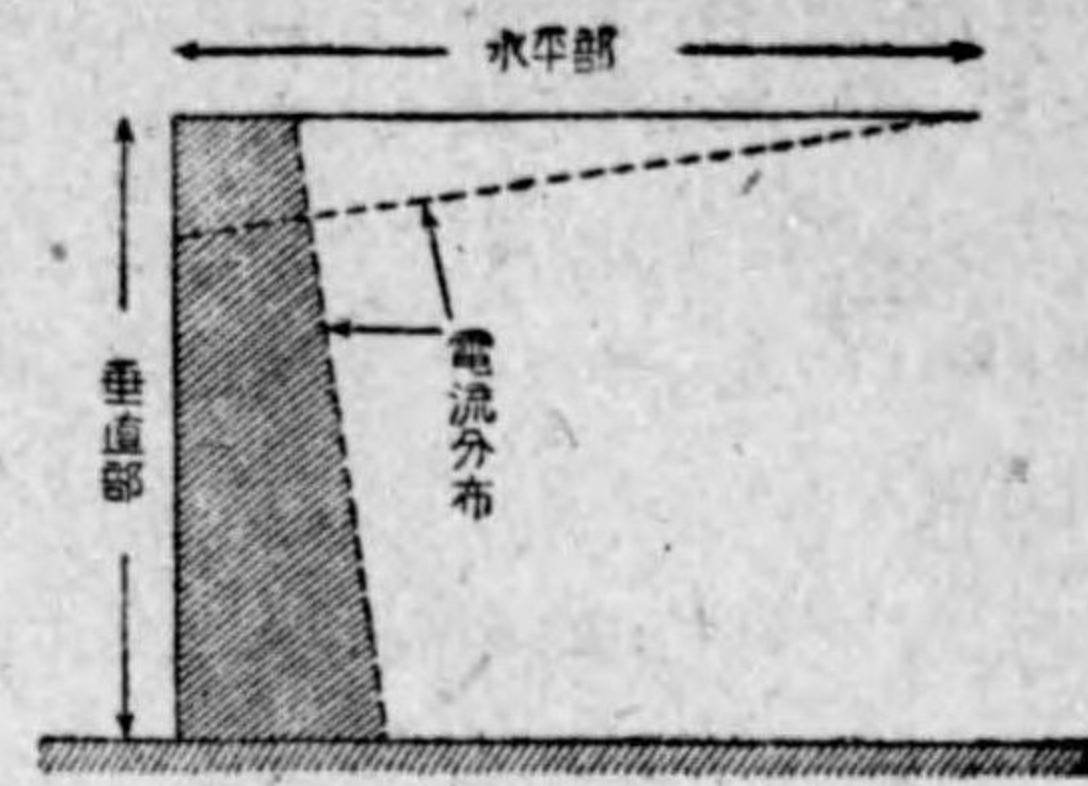
上述の如く、アンテナに電壓を誘發する部分は單にその垂直部分だけであるから、水平部を如何なる方向に張つても受信感度には變りがないと考へてよい。

尤も、土地が乾燥してゐるやうな場合は、電波の傳播は正しく地表面に垂直ではなく、水平部分にも幾分電壓を生ずることがある。このやうなときには、水平部を垂直部に比して著しく長くすれば、水平部の長さに受信感度は支配されて、始めて方向性が現はれる、これをロング・アンテナといつて、その水平部を電波が來る方向に向けるのであるが、一般の放送受信機の場合に斯様な特別のアンテナを使ふことは却つて不利不便である。

### 第二節 アンテナの作り方

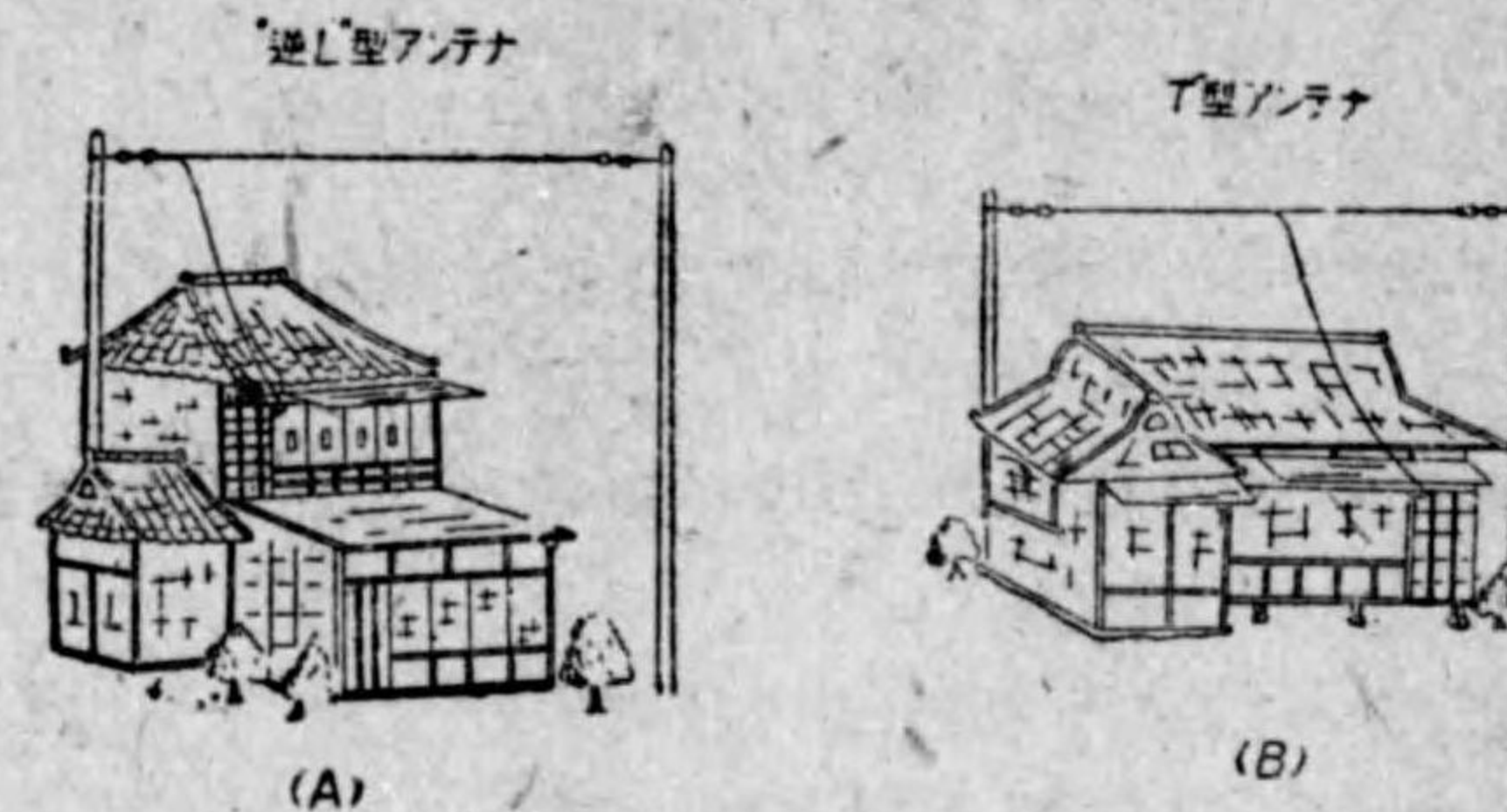
#### a アンテナの形状

受信アンテナは、その地形に応じて種種の張り方がある。従つて、その形



〔第 403 圖〕

状にもV型、傾斜型、逆L型等の種類があるが、このうち最も普通に用ひられてゐるものは、第404圖(A)の逆L型アンテナ及び同圖(B)のT型アンテナである。



〔第 404 圖〕

また、電波の非常に強い場所などでは、必ずしも高いアンテナを必要とせず、適當の長さの電線を軒先や、家の内に張り廻してアンテナを作ることもある。

#### h アンテナの高さ

前述の如くアンテナは、高さを増すほど誘發される電壓が増加して受信感度を増加するのである。しかし、高いアンテナほど、その取付け方法を益益嚴重にしなければならないから、放送受信用としては、高さ7乃至10メートル位、水平部の長さは高さと同じ位か、または2倍位が適當とされてゐる。尤も放送局の近くで受信感度が十分の場合には、これよりも低いアンテナでもよく、また、遠隔の地などで感度の悪いときには、高さ15メートル、全長30メートル位とする場合もある。

#### i アンテナ線

普通アンテナ線として用ひられてゐる電線は、20番乃至22番位の錆止め用の錫鍍金した銅線を1本撚り合せたものであるが、1本の銅線でも、また絶縁被覆した銅線でも少しも差支へない。ただ強風に會つても切斷しないや



う十分な強さを持つてゐることが必要である。

#### d アンテナの方向

これは、第一節に於て記述した通りである。

### 第三節 アンテナ架設上の注意

一般の受信用アンテナを架設する場合の注意事項を述べてみると次の通りである。

(1) 架設場所の地形及びその土地の電界強度、受信機の感度等を考慮して適當なる大きさのものを架設すること。

(2) 附近に電信電話線、電燈動力線、或は鐵筋コンクリートの建物などがある場合は、できるだけ遠ざけることが必要である。餘り接近すると電波が吸収されたり、遮蔽されてしまふばかりでなく、萬一アンテナ線が切斷した場合、電燈線に觸れて危険を生ずる虞れもある。

それ故、電信電話線や低壓線からは 3m 以上、高壓線からは 6m 以上、離し、上下何れでも交叉するやうなことは絶対に避けなければならぬ。

(3) 附近にアンテナの架設してあるやうな場合は、互に干渉しないやうに注意し、なるべくこれに遠ざけるか直角に張るやうにした方がよい。

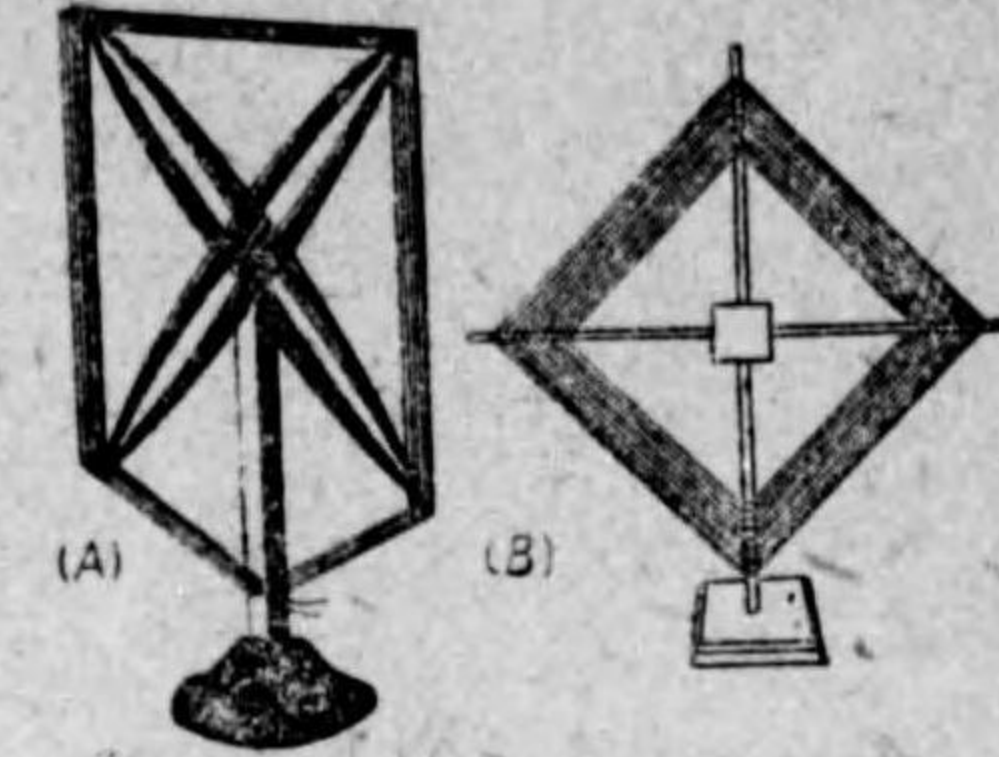
(4) 各部の絶縁を良好にし、その引込線は容易に樹木や建物に觸れぬやう堅く引き止め、受信機までの長さは、成るべく短くなるやうにし、室内を長く引き廻すなどのことは絶対に避けなければならぬ。また、引込線とアース線を燃り合せて長く室内を廻すやうなことは、受信感度を低下させる基となるものであるから注意しなければならない。

### 第四節 棒型アンテナ

第 405 圖 (A) または (B) は、いづれも棒型アンテナの一種である。

棒型アンテナは、電波の來る方向にアンテナの面が一致した場合、その兩方の垂直部に誘發される高周波電壓は最大であり、且つその方向が反對であ

るため、これらの高周波電壓は相加へられて、アンテナを通ずる電流は最大となる。しかし、この電壓は角度が増すにつれて減じてゆき、直角となつた場合は零である、故に棒型アンテナは著しい方向性を有してゐる。



〔第 405 圖〕

棒型アンテナは、この方向性を利用して、混信や空電等の妨害を減ずる目的に用ひられ、また、空中高く架設する必要がないので携帯用受信機等にも用ひられるが、缺點としては普通のアンテナよりも、誘發される高周波電壓が低いので感度が劣ることである。

### 第五節 電燈線アンテナ

交流受信機では、電燈線アンテナが屢屢用ひられてゐる。この電燈線アンテナは、屋外にアンテナを架設する必要がないので、建設費と手数が省けること、及び都會地のやうな人家の稠密なところでアンテナを架設する場所がないやうな場合は便利であるが、次のやうな缺點があるから、なるべく使用しない方がよい。

- (1) 危険であること。
- (2) 分離性に乏しく、混信し易いこと。
- (3) 雑音の混入が多いこと。
- (4) 全周波帯に亘つて感度が一樣でないこと。
- (5) 受信機相互間の干渉が多いこと。

### 第六節 アースの電氣的性質

アースは、アンテナと對向して、コンデンサーの一方の極板を形作り、電波のエネルギーを吸収する働きをするものである。

アンテナ回路に吸収される電波のエネルギーは、電波の強度を一定とすれば、アンテナの大きさとアース抵抗の大小によつて決定される。それ故、アース抵抗は、なるべく小さくするやうに努めねばならぬ。

また、アース抵抗が大きいと受信機の分離性が乏しくなり混信を生ずる虞れがある。

### 第七節 アースの作り方

受信用アースとして最も簡単な方法は水道管を代用することである。しかし、このためにアース線が非常に長くなるやうならば、別に受信機の極く近くにアースを設置する必要がある。しかし、水道管が近くにあつても、別に本當のアースを設けることが安全であつて、特に大きいアンテナを設ける場合は、これが必要である。瓦斯管は引火の虞れもあつて非常に危険であるから、これをアースに代用するが如きは禁物である。

次にアースを設ける方法としては、

#### a 銅板の埋設

約30センチメートル四方位以上の薄い銅板にアンテナ用銅線をハンダづけして地中に埋設する。湿氣の多い土地ならば60センチメートルから1メートル位の深さに、また乾燥した場所では、成るべく深く水分のあるところまで掘り下げてこれを埋める。特に良いアースを望む場合は、このやうなものを2メートル以上の間隔で2箇所或は3箇所以上に埋設して、これを一纏めとして用ひることである。

#### b 銅管の埋設

長さ1メートル、太さ1センチメートル位の銅管の一端にアンテナ用銅線をハンダづけして地中に挿し込む方法もある。地質が柔軟で、湿り氣の多い處では、最も簡便で、しかも、相當良好なアースが得られる。これも、前同様、互に2メートル位以上の間隔で數本を一纏めとすれば一層良いアースとなる。

#### c 銅線の埋設

上述の銅管の代りに、直徑0.3センチメートル以上の硬い銅線を挿し込む方法もある。これは互に2メートル位の間隔で3本位かそれ以上を一纏めとして用ひる事で、地質が柔いほど深く挿し込めば、良いアースが得られる。

#### d カウンターポイズ

特に地質が硬く、また、乾燥してゐて良いアースが取り難いときには、カウンターポイズを使用する一方法がある。

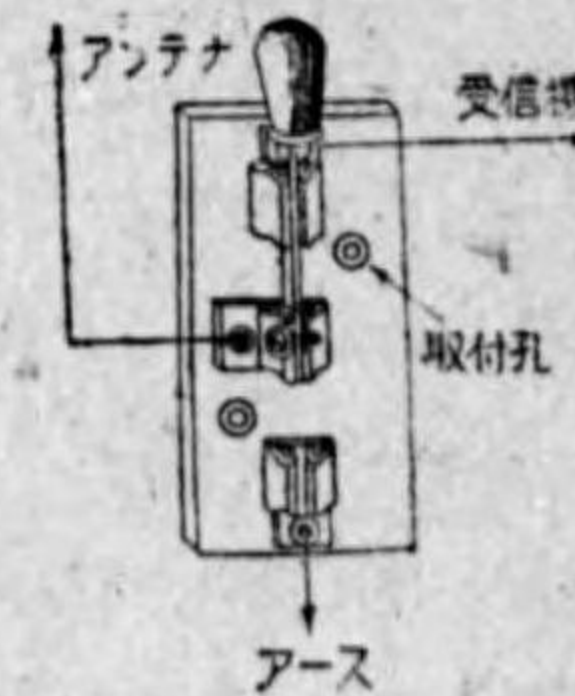
カウンターポイズとは、地上30センチメートル位の高さ、長さ10メートル以上15メートル位の絶縁の良いゴム被覆の16番位の太さの銅線又は電燈用コード線等を展張して、その一方の端をアース線の代りに受信機のアース端子に導き、他端は碍子を付けて適當の物に支へたものである。

このカウンターポイズは、必ずしもアンテナ又はその水平部の直下に置く必要はないので、縁側の下又は塀の附近に張つても良く、また、疊の下に這はせることも一法である。ただ、なるべく直線的に置くことで、餘り曲折させるのは好ましくない。

以上の注意事項の外に、アースは、受信機の成るべく近く、しかも、水氣の多いやうな場所に設けるのが得策である。

### 第八節 安全装置

第406圖のやうな切換スイッチをアンテナ線の引込口の成るべく近くに取り付けて置き、受信機を使用しないとき、アンテナ線を直接にアースに導いておく。殊に、雷鳴には、成るべく早く切換へて、アンテナをアースすることが肝要である。切換スイッチを接続するアース線は、できるだけ短く、且つ太い銅線を角張らぬやう真直ぐに引くことが肝要である。



〔第406圖〕

### 第五章 受信真空管

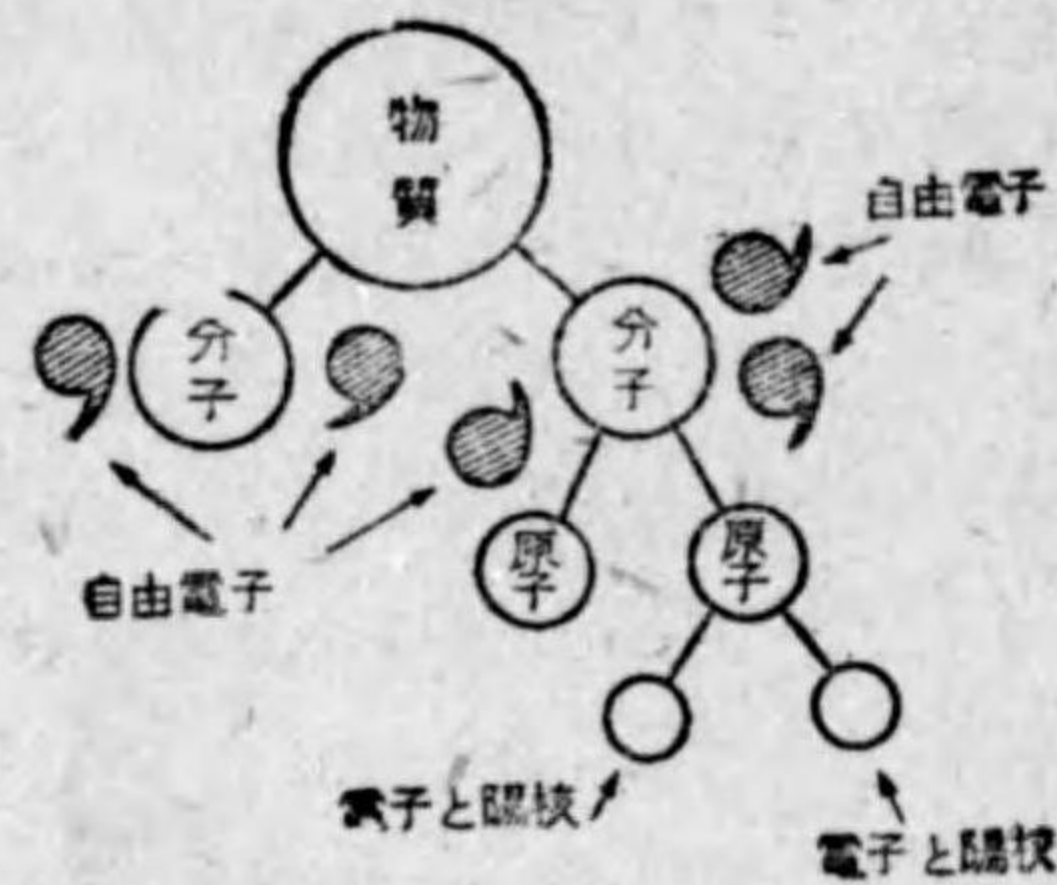
#### 第一節 熱電子電流と空間電荷

##### 1) 熱電子電流

物質の構成は、第501圖の如く、まづ分子の集つたものが物質であり、また原子の集つたものが分子である。更に原子は電子と陽核とから成りたつてゐるのである。

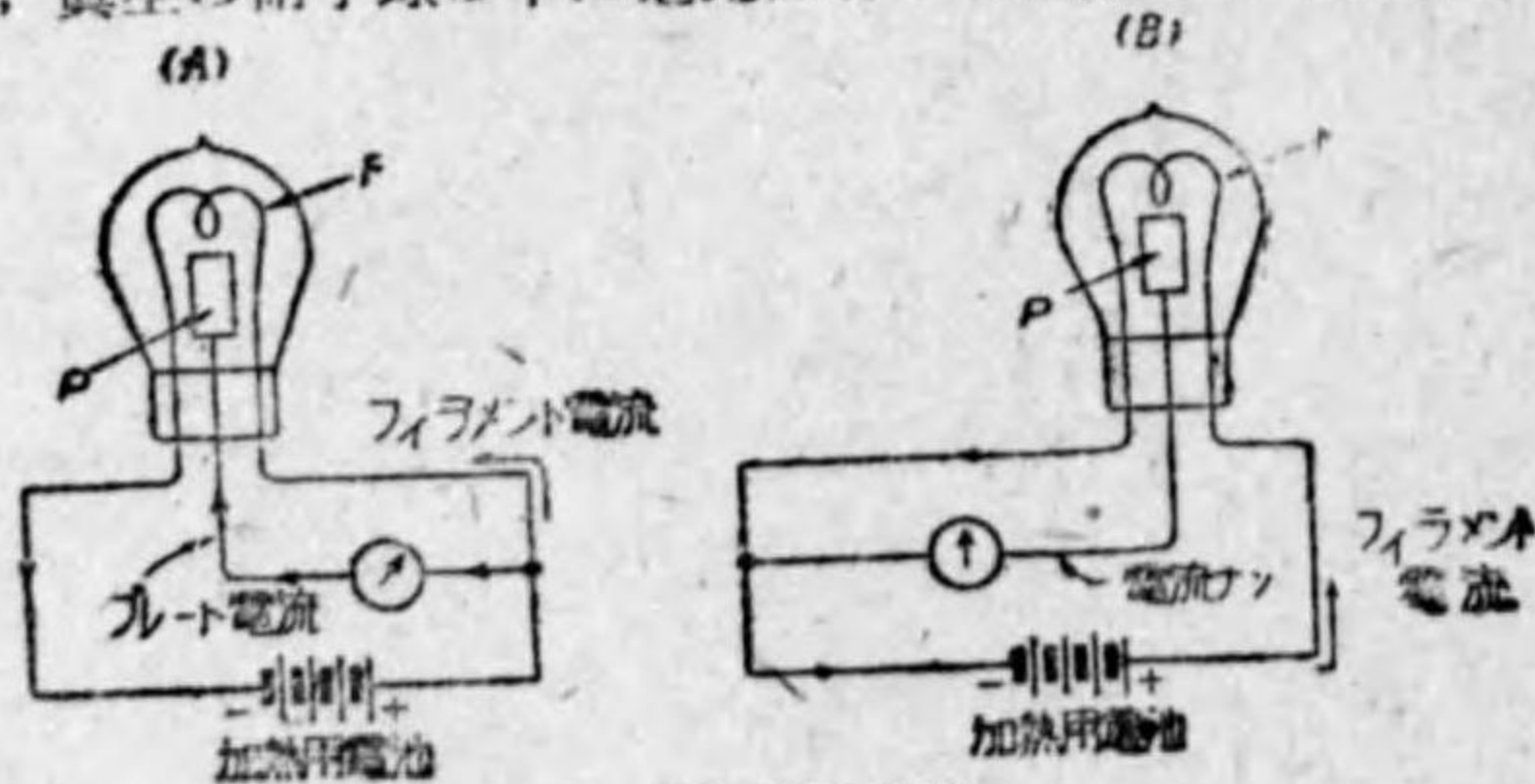
原子の一部を成してゐる電子とは別に自由電子といふものがあり、これは分子の間を自由に運動をしてゐるのである。この自由電子が真空管の働きに重要な役目をしてゐるのである。

自由電子は非常に小さい粒子であつて、物質中でも特に金属體に多く存在してゐる。物質中で盛んに運動をしてゐるが、空氣中には飛出さない。しかし真空中で金属を熱した場合は盛んに電子は蒸發するのである。このやうに加熱した物質から飛出す電子を熱電子といふ。



〔第501圖〕

第502圖(A)の如く、真空の硝子球の中に電流によつて加熱される織條、(フィラメント)Fと金属板(プレート)Pとを對立させ、それに加熱用電池を接続する。なほ金属板Pを電池の正(+に)接ぐ時は、圖示せる如

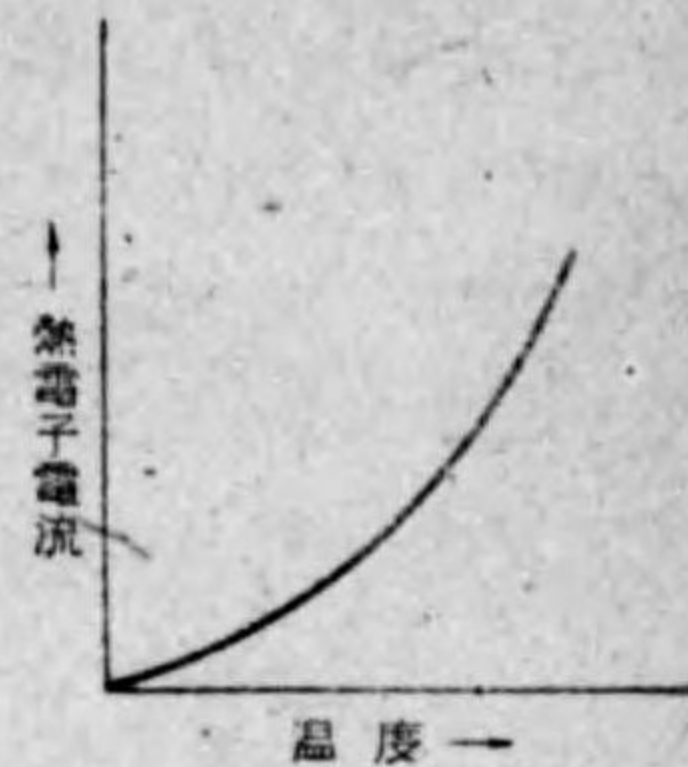


〔第502圖〕

くプレート電流が流れ、メーターが振れるが、(B)圖の如く負(-)へ金属板Pを接いた時には、メーターは振れず、プレート電流が流れないのである。即ちフィラメントから放射される熱電子は陰電荷の性質を有つてゐるため、正電位にある金属板Pに引きつけられ、電子が移動する。従つて金属板PからフィラメントFに電流が流れるのである。この電流を熱電子電流といふ。

この現象はトーマス・エー・エチソンが発見したのでエチソン効果と呼ばれてゐる。

第503圖はフィラメントの温度が上昇すると共に熱電子電流も増加することを示したものである。真空管のフィラメント用の金属としては成るべく低い温度で澤山の熱電子電流が得られるものが良いのであつて、現在主としてタングステン、トリウム入タングステン、酸化物被覆織條が用ひられてゐる。



〔第503圖〕

##### 2) 空間電荷

フィラメント及びプレート間に流れる熱電子電流の大きさはプレート電壓の値によつて大いに異なるのである。

第504圖の如き接続を行つて、まづB電池を零としたなら、第505圖(i)の如く放出された一定量の熱電子は、プレートに吸引されずにあるわけで、次に低いプレート電圧を加へた時は、第505圖(ii)の如く放出された熱電子



〔第504圖〕

〔第505圖〕

の一部がプレートに吸引され、一部はフィラメントの附近に蓄積するのである。この空間に蓄積される電子を空間電荷といひ、これは電子の流れを妨害

するものである。更にプレート電圧を高めると、熱電子のすべてがプレートに吸引されて、第506圖(iii)の如く空間電荷は存在しなくなり、熱電子電流は増加するのである。

なほ、これ以上に電圧を高めても、電流は増加せず、飽和の状態となる。第506圖はプレート電圧と熱電子電流との関係を示すもので、Bの部分即ち飽和状態のところであり、これ以上プレート電圧を高めても、B-Cの如く曲線は平らになつて、熱電子電流は増加しない。

圖のA-B部分に於て空間電荷が存在するわけで、この部分では熱電子電流  $i_p$  とプレート電圧  $E_p$  との関係は次の如くである。

$$i_p = K E_p^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

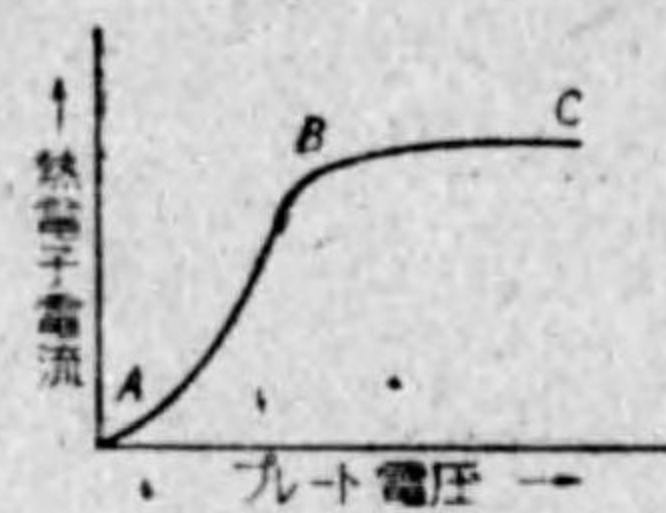
但し  $K$  は真空管の構造及びフィラメントの材料によつて定まる定数である。即ち電流は電圧  $E_p$  の  $\frac{3}{2}$  乗に比例するのである。これを空間電荷の法則或は  $\frac{3}{2}$  乗の法則といふのである。

## 第二節 真空管の構造と型名

真空管は熱電子電流を利用するものであつて、熱電子を放出する陰極(カソード)と熱電子を吸収するプレートとを備へ、なほ他にグリッドと稱へる電極を硝子又は金属の管内に封入し、管内を真空としたものである。

プレートと陰極を有つたものを二極真空管、また、その間にグリッドを1個備へたものが三極真空管といつた具合に、これ等電極の数によつて四極真空管、五極真空管等と稱するのである。

二極真空管はその整流作用が利用され、三極真空管は検波、増幅、發振等と種種の作用をさせることができる。更に1個或は2個のグリッド電極を附加してスペース・チャージ・グリッド、遮蔽グリッド或はサブレッサー・グリッドとし、種種の動作をさせるものがある、これ等も多極真空管と呼ぶ。真空管



(第506圖)

の呼び方を極によつて次のやうにいふこともある。

二極真空管=ダイオード

三極真空管=トライオード

四極真空管=テトロード

五極真空管=ペントード

六極真空管=ヘクソード

七極真空管=ヘプトード

八極真空管=オクトード

真空管の特種なるものには同一真空容器内に同一種類或は異つた種類の組合せ電極を納めた複用途真空管がある。双二極三極真空管、双二極五極真空管、周波數變換用真空管がそれである。

真空管の用途及び型式を示すために頭文字として  $UX$ ,  $UY$ ,  $KX$  等と記すが、最初の文字の  $U$  は三極または多極真空管を意味し、 $K$  は真空整流管、 $H$  は水銀蒸氣整流管を表はすといふやうに、用途を示すのである。後の文字は真空管のベースの型式を示したもので、 $X$  は4本足の  $X$  型ベース、 $Y$  は5本足、 $Z$  は6本足、 $T$  は7本足の  $T$  型ベースを表はす。なほ  $t$  は、足数は7本でも、 $T$  型より小型な  $t$  型ベースを意味するのである。

また新しい真空管の番號で、たとへば  $2B7$  とか  $6C6$  とか  $5Z3$  等があるが最初の數字はフィラメント電圧を示してゐるのである。

金属真空管のベースは、すべて共通で、小型8本足のソケットに適合するのである。ヒーター・カソード、プレートは何れの型も共通な位置のベース・ピンに接続され、その他の極は適當に配置されてゐる。従つて金属真空管に使はれるソケットは一種だけで、名稱も一般真空管の如く頭の  $UX$ ,  $UY$  といふ文字はないのである。

## 第三節 真空管の電極

1) 陰極(カソード或はフィラメント)

陰極は電子を放出する役目をするもので、使用状態では常に加熱してゐるものである。

フィラメントに直接電流を通じてフィラメントの抵抗により加熱し、電子を放出するものを直熱型陰極といひ、カソードの外にヒーターを置いて、これに電流を通じてカソードを加熱するものを傍熱型陰極といつてゐる。

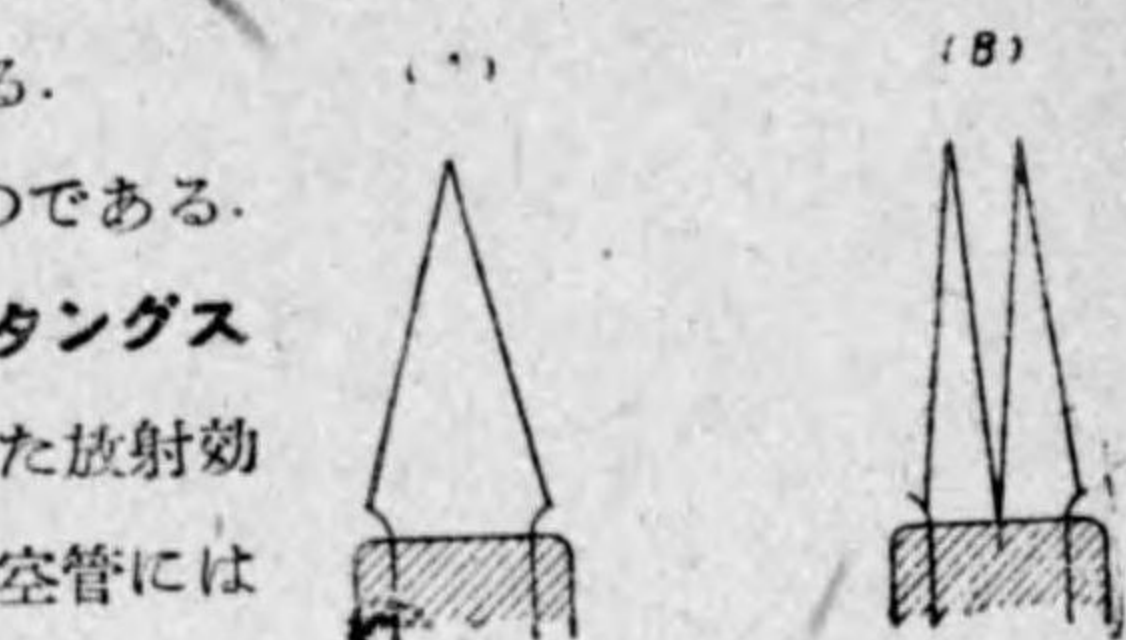
陰極の形は直熱型と傍熱型ではそれぞれ異つてをり、また真空管の用途とか電流の大きさによつても異なるのである。

第507圖は直熱型の構造を示したものである。この材料としては普通の電球の如くタングステンを用ひたが、動作温度が高く、また放射効率が低いといふ缺點から一般受信用真空管には多くトリウム入りタングステンが用ひられる。

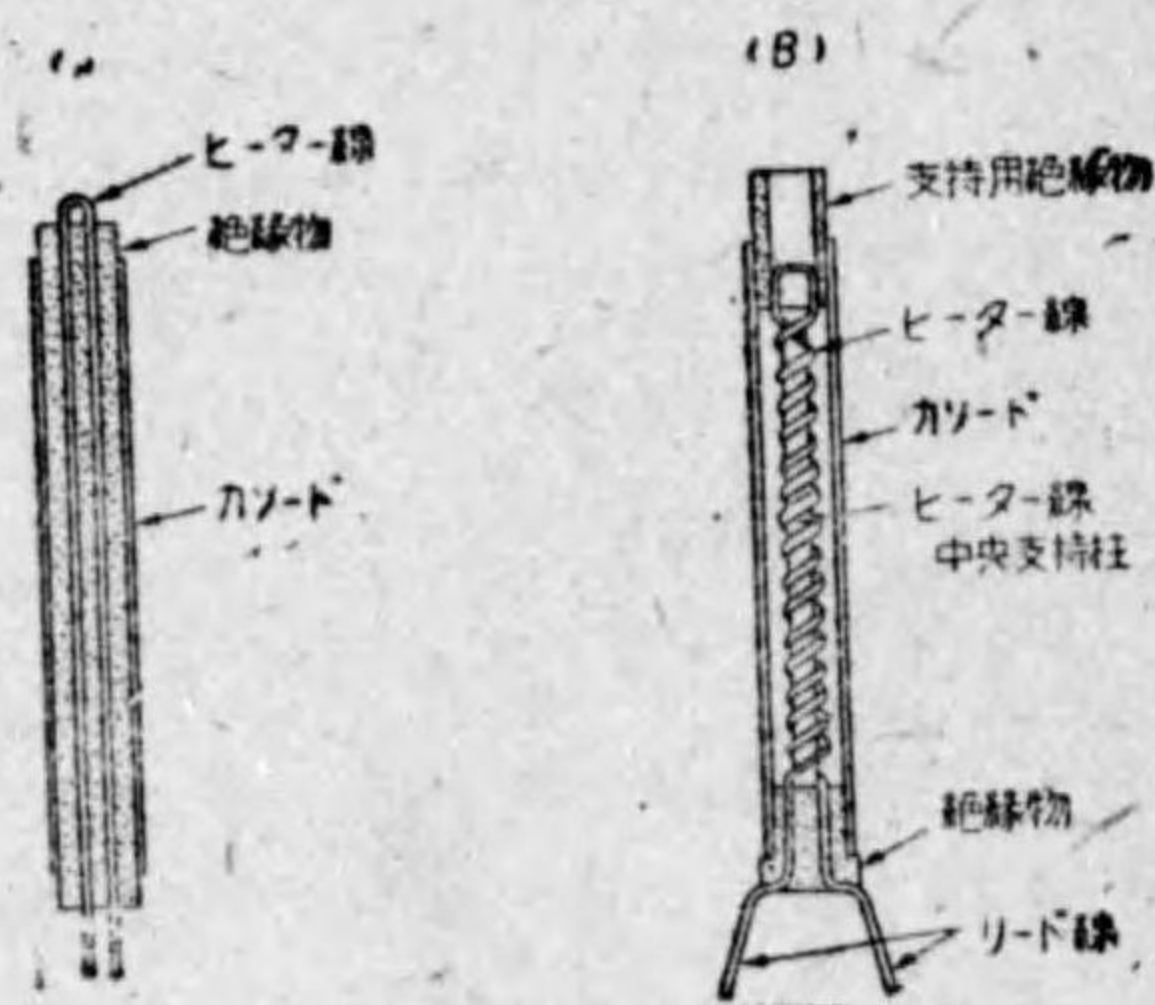
トリウム入りタングステンとはタングステンにトリウムを混ぜたもので、純粹のタングステンで作つたフィラメントより熱電子放射効率は大きく、また低い温度で働くので、多く用ひられてゐるのである。

次に傍熱型陰極とは第508圖に示すやうな構造のもので、加熱電流を通ずるヒーターを中心とし、その周囲にマグネシヤなどの絶縁物を置き、更なる上に熱電子放射の役目をするところの酸化物被覆のカソードを置いたものである。

第508圖の(B)は(A)の改良型で、ヒーターに電流を通じてからカソードが熱せられるまでの時間が非常に早いので、これもクイック・ヒーター型ともいつてをり、最近多く採用されてゐるものである。



〔第507圖〕



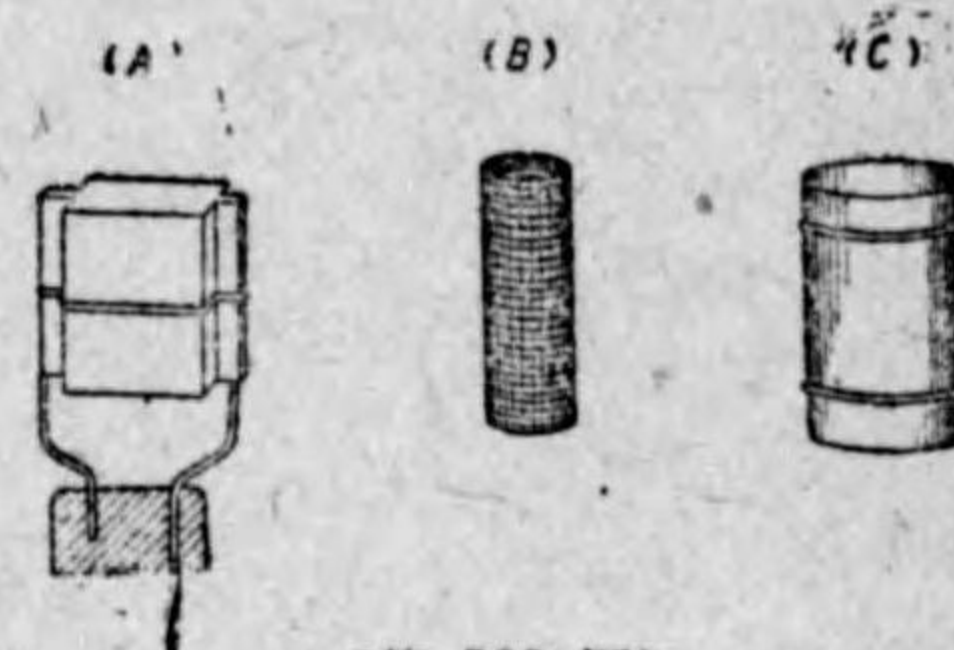
〔第508圖〕

なほカソードに用ひられる酸化物被覆とは白金又はニッケルの薄板にアルカリ土金属(カルシウム、ストロンチウム、バリウム)の酸化物を塗布したものであつて、低い温度で非常に熱電子放射効率がよい最近の受信用真空管の殆どはこれを用ひてをり、また水銀蒸気整流管のフィラメントにも使はれてゐる。

### 2) プレート

プレートは電子を吸収する役目をするものである。プレートに電圧電流が加へられてゐる場所、プレート損失といつてただ熱となつて何等の用をしない損失を生ずる。従つて、プレートはこのプレート損失によつて熱せられるため、その構造はなるべく熱を放射するやうに作られてゐる。材料としても高い温度に耐へるニッケルとかグラファイトとかモリブデン等が用ひられる。第509圖はプレートの種類を示したもので(B)の如く網目のものもある。

(A)及び(C)の如き極には特に熱放射率を大きくするために表面に煤を塗布して黒色とする方法が行はれてゐる。



〔第509圖〕

### 3) グリッド

グリッドは大別してコントロール・グリッド、スペース・チャージ・グリッド、スクリーニング・グリッド、サブレス・グリッドがある。

これ等はいづれも支柱の周りに金属の細い線を巻きつけたもので、第510圖(B)に示す如く圓筒螺旋型とか、(A)の如き平角螺旋型等がある。また特別なものでは網型のものもある。

材料はタングステンとかモリブデンが多く用ひられてゐる。またニッケルに煤を附けたものとかグラファイトで作つたものもある。

#### a コントロール・グリッド

第510圖の(A)(B)は一般多く使はれてゐるコントロール・グリッドであ

る。コントロール・グリッドは、これに或る値の電圧を加へてプレート電流を制御するものである。

コントロール・グリッドへは餘り高い電圧を加へるやうなことはなく、普通負の電位に保つことが多いので、これに流れる電流は殆ど考へなくても良いからであるが、しかし往々プレート

の熱の輻射によつて附近に置かれてゐるグリッドが加熱されることがあり、このやうな状態のときグリッドは正規の働きをしなくなるから注意せねばならぬ。またスペース・チャージ・グリッド及びサブレッサ・グリッドの材料及び構造は、このコントロール・グリッドと同様である。

り スクリーン・グリッド

スクリーン・グリッドは第510圖(C)に示すやうな構造のものである。これはプレートを他の電極から遮蔽する目的に使はれるので、コントロール・グリッドよりは網目が細かく作られてゐる。スクリーン・グリッドは四極管とか五極管に用ひられ、大抵の場合高圧が加へられるから、材料もプレートに似てニッケルとか煤を附けたニッケル又はモリブデン等の金属が用ひられる。

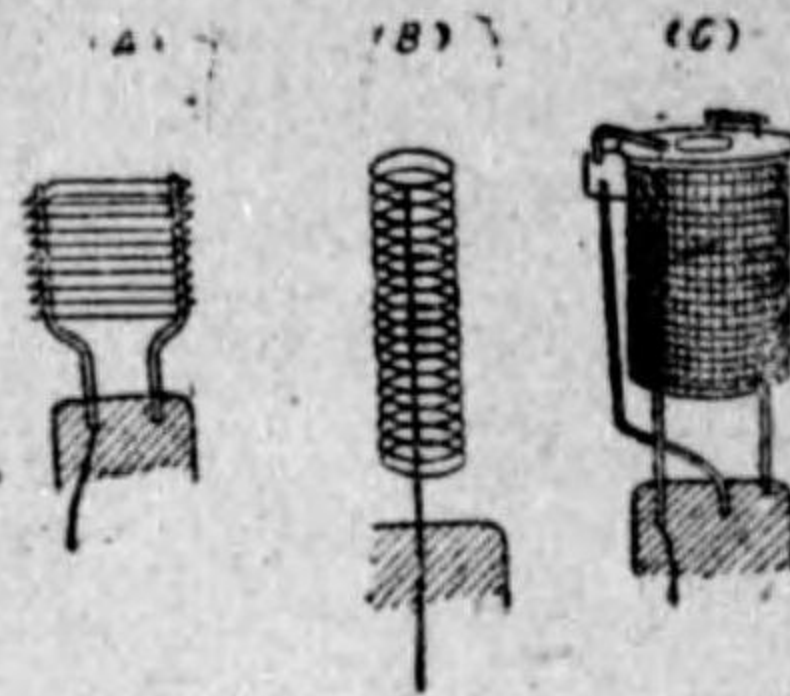
第四節 二極真空管 (ダイオード)

1) 二極真空管の構造

二極真空管は電流によつて加熱されるフィラメントとそれを囲むプレートとの二つの電極を有つた真空管である。代表的なものの構造は第511圖の如くである。

2) 二極真空管の特性

第512圖の如くフィラメントを加熱するために用ひる電源(A電池)と、プレートとフィラメントの間に加へる電源即ちプレート電源(B電池)をそれぞれ接続を行つて、フィラメントを適当な温度に加熱し、プレート電圧を加へた



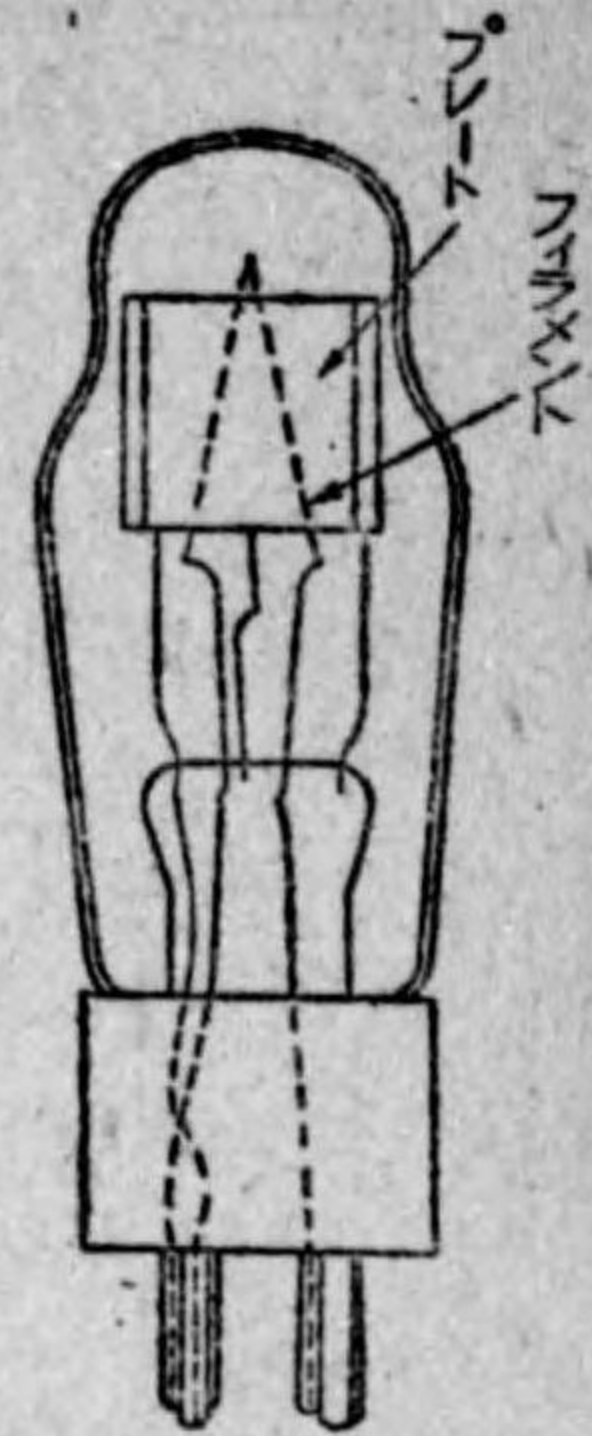
〔第510圖〕

場合、④なる電流計は或る値を示す、即ち矢の方向に電流が流れる。これをプレート電流と稱し、プレートに加へた電源の電圧をプレート電圧といふ。

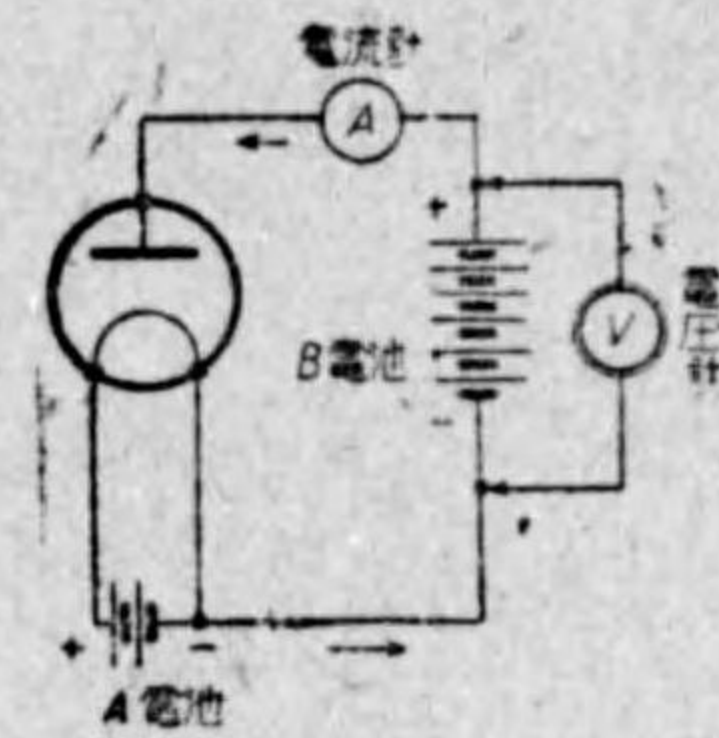
真空管のプレート側へプレート電圧の正電位(+)が加へられた場合、フィラメントから放出された熱電子はプレートに吸引されるが、逆に真空管のプレート側にB電池の負電位(-)を接ぐ時は全くプレート電流は流れないのである。

プレート電圧を少しづつ高めて行つた時はプレート電流も次第と増加してゆく。これを圖式的に畫けば第513圖の如き曲線ができる。

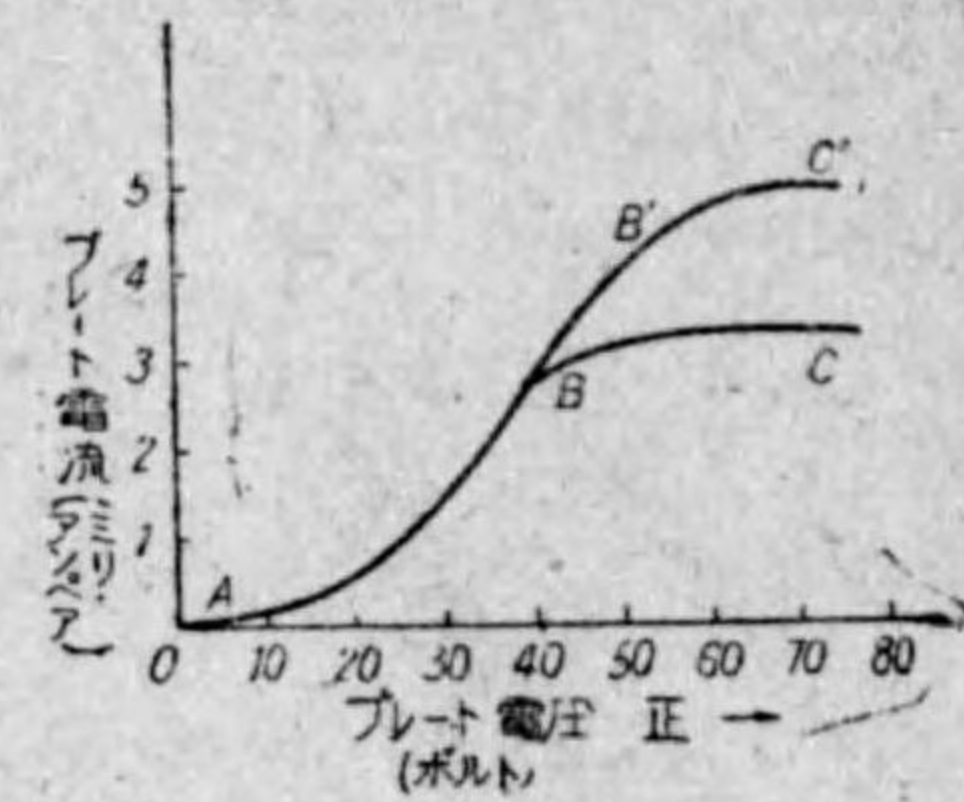
この曲線をプレート電圧對電流の特性曲線といつてゐる。



〔第511圖〕



〔第512圖〕



〔第513圖〕

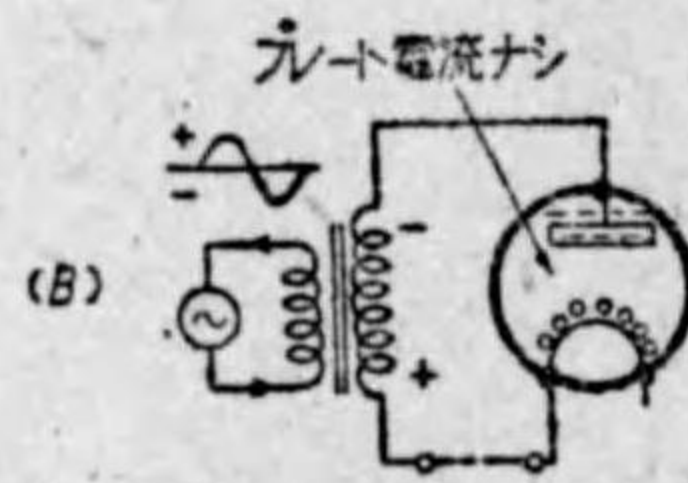
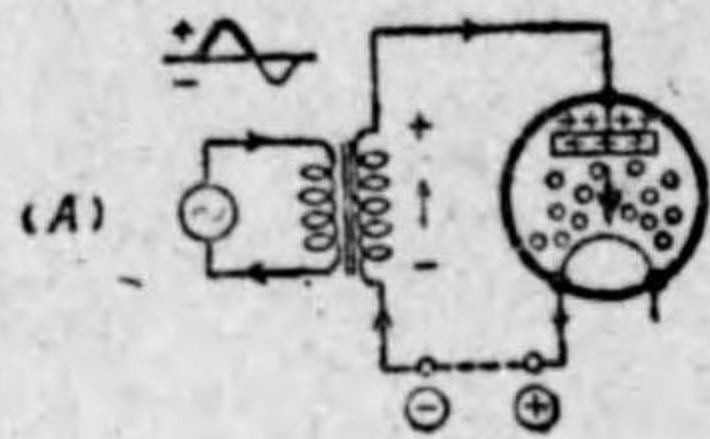
プレート電圧が充分高い時は、フィラメントから放出された熱電子の殆ど全部はプレートに吸収され、プレート電流が流れるが、それ以上電圧を高めてもプレート電流の増加しない點がある。圖に於てBCの部分である。斯様な状態を飽和したといふ。今度は一方フィラメント電流を増加し、それ以上に加熱してやれば、フィラメントからの熱電子放出量は増して、曲線はA'B'C'に変化する。

B 点及び B' 点のプレート電流をフィラメントのその温度に於ける飽和電流といふ。

プレート電流がこの飽和点に達しないところ、即ち特性曲線の AB 又は AB' の間に於ては、フィラメントからの熱電子は盛んに放出されてはゐるが、プレート電圧が低いために全部はプレートに吸引されず、一部が空間電荷として存在する故、電流は電子の  $\frac{3}{2}$  乗に比例するのである。

3) 二極真空管の用途

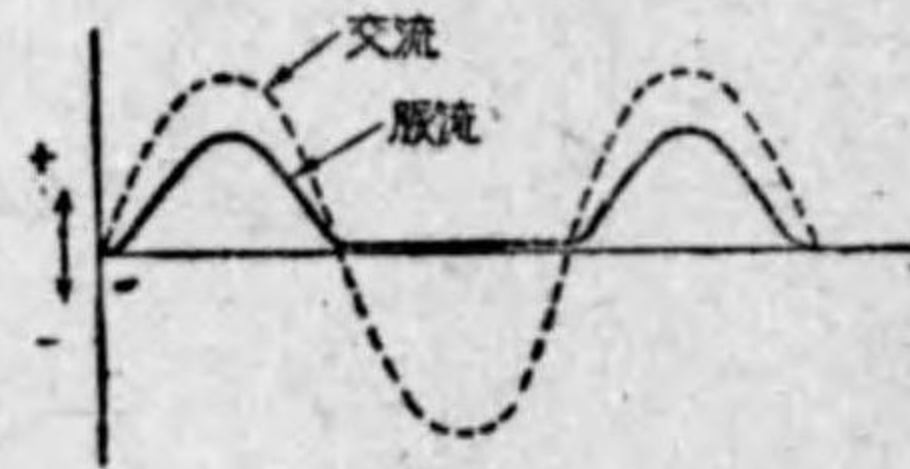
二極真空管は、プレート側に正電圧を接ぎフィラメント側を負とした時のみプレート電流を通ずる故、第 514 圖の如き接続をし、プレートとフィラメントに交流を加へた場合、(A) 圖の如くプレートに正電圧 (+) が加はつたときプレート電流は流れるが、反対に (B) 圖の如く負電圧が加つたときには全くプレート電流は流れないのである。



【第 514 圖】

即ち第 515 圖の点線の如き交流が加へられた場合、二極真空管内を通る電流は實線の如く一方向の電流のみ通じ脈流となる。

斯の如く交流を一方向のみの電流にすることを整流といひ、斯様な作用を行ふ真空管を整流真空管といふ。



【第 515 圖】

二極真空管は現在では殆ど整流に専用されてゐる。

第五節 三極真空管 (トライオード)

1) 三極真空管の構造

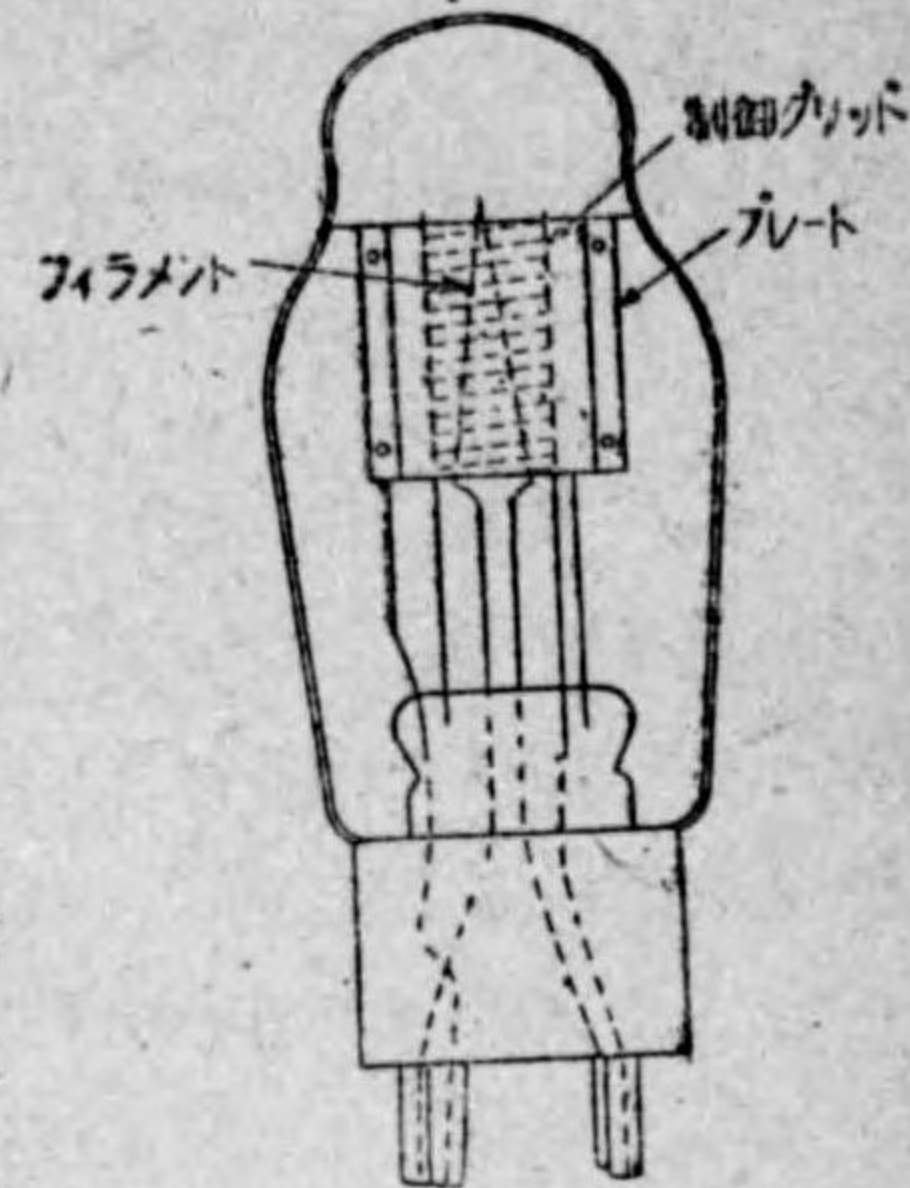
三極真空管はプレート及びフィラメントの電極の他に網状又は螺旋状のグ

ドを有するもので、このグリッド電極はフィラメント電極の近くに置かれてゐるのが普通である。

第 516 圖は三極真空管の構造の一例を示したものである。

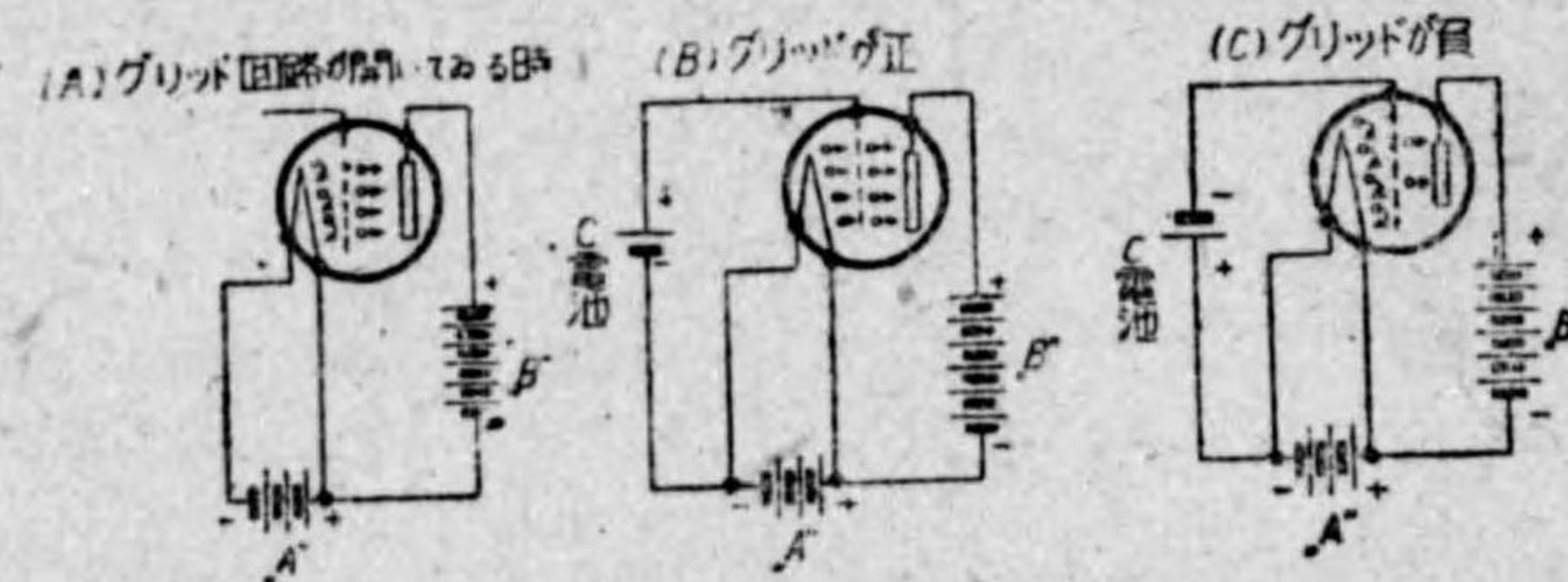
2) グリッド電極の働き

フィラメントの近くにおかれたグリッド電極とフィラメント間に或る電圧を加へれば、プレートと同じやうに熱電子を吸引したり、反撥したりする。換言すればフィラメント附近の空間電荷をこのグリッド電極によつて制御することができるのである。



【第 516 圖】

第 517 圖 (A) はグリッド電極を何處へも接続しない時で、フィラメントから放出された電子はプレートに吸引されてゐるけれども、一部は空間電荷として存在してゐることを



【第 517 圖】

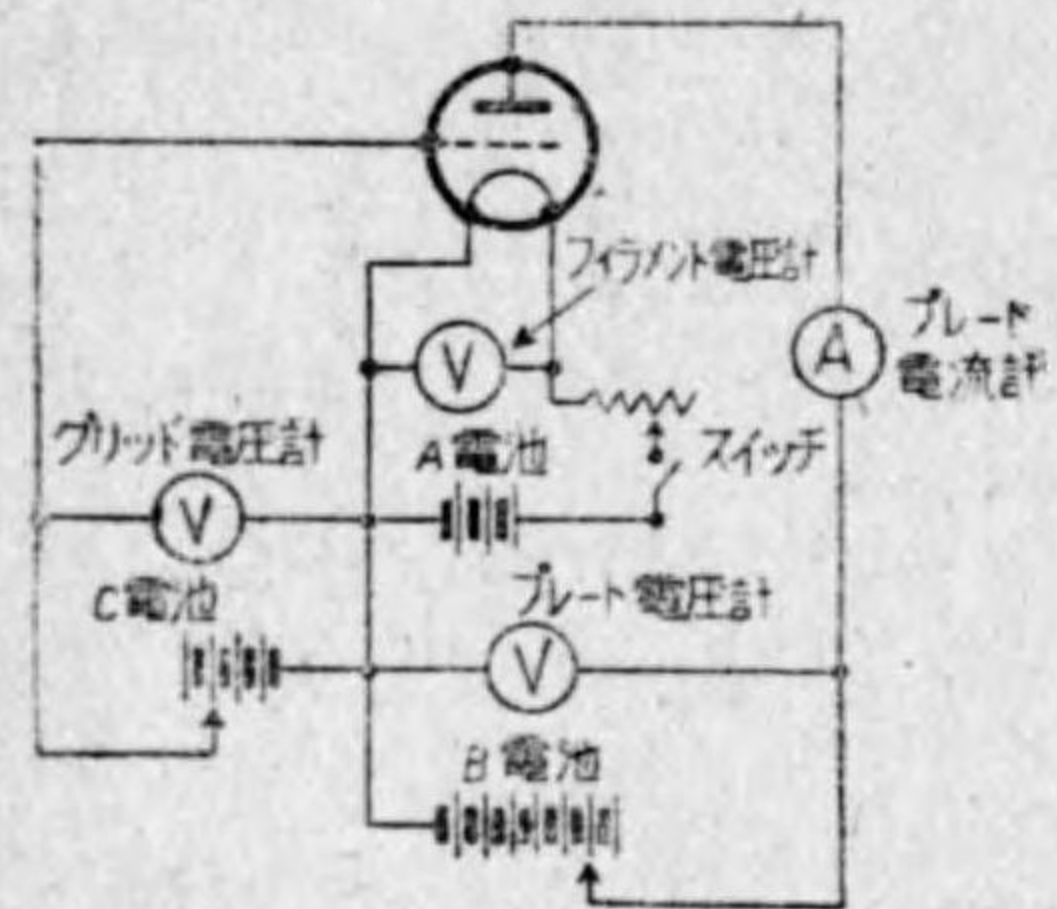
示す。(B) 圖はグリッドへ正電圧を加へた場合で、電子はグリッドの吸引作用で加速され、グリッドの網状を通り抜けてプレートに集り、その電子の数を増加することを示すのである。また (C) 圖はグリッド電極を反対に負電位とした場合で、グリッドの反撥作用でプレートに達する電子の量が減ることが示されてゐる。

斯様にフィラメント電極附近の電子を制御する目的で使はれる、このグリッ

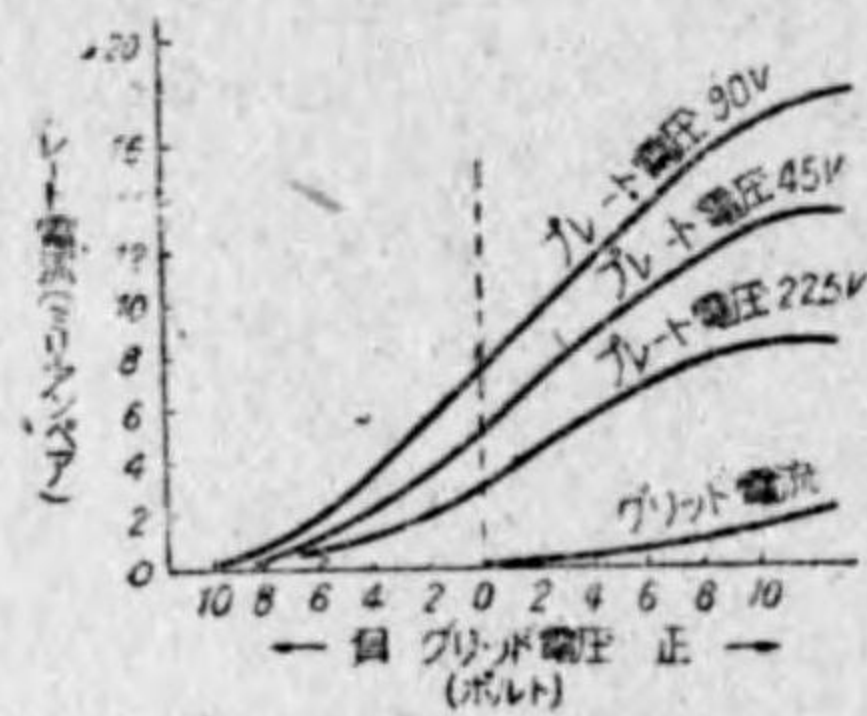
ドを制御グリッド(コントロール・グリッド)と稱へてゐる。

3) 三極真空管の静特性

第518圖のやうな接続で、プレート電圧を一定にしてグリッドに加へる電圧を變へてプレート電流を測つてみると、グリッド電圧、プレート電流の間の關係は第519圖のやうになる。



〔第518圖〕



〔第519圖〕

三極真空管の特性曲線

まづグリッドに負電圧の値を大きくした時はプレート電流は殆ど零である。次第に負電圧を減じてゆけば、プレート電流が流れ始め、グリッド電圧を零から反對の方向に正電圧の方にまで移動させてゆくと、益々プレート電流は増加して、遂には幾ら正電圧を増してもプレート電流は増さない飽和點にまで到達するのである。そしてそれを越えれば却つてプレート電流は減じ始める。即ちグリッドが零電圧から正の方向へ増加すれば、プレートの作用に似て電子を吸引し、そこにグリッド電流を生ずる。然るにフィラメントから放出される電子量は一定であるため、勢ひプレート電流は減ぜられることになるのである。

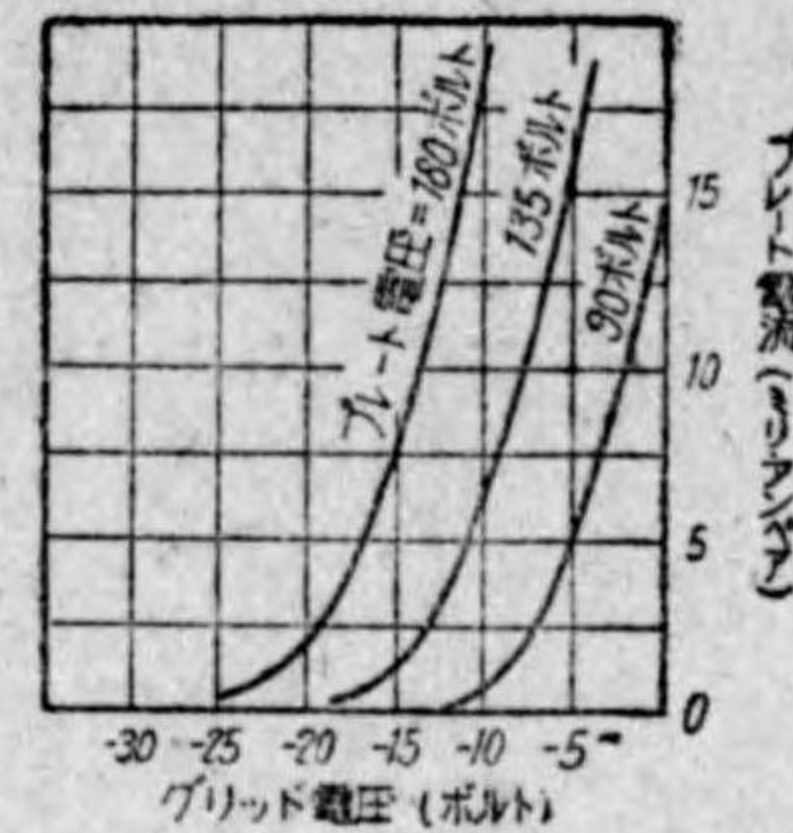
斯様にグリッド電圧 ( $E_g$ ) とプレート電圧 ( $E_p$ ) との關係を一定のプレート電圧の下に求めた曲線を  $E_g-I_p$  静特性曲線といふ。一般に第520圖の如くグリッド電圧の負の範圍のみを示してゐる。

また第521圖の如くプレート電圧 ( $E_p$ ) とプレート電流 ( $I_p$ ) との關係を一

定のグリッド電圧に就て求めたものを  $E_p-I_p$  静特性曲線といふ。

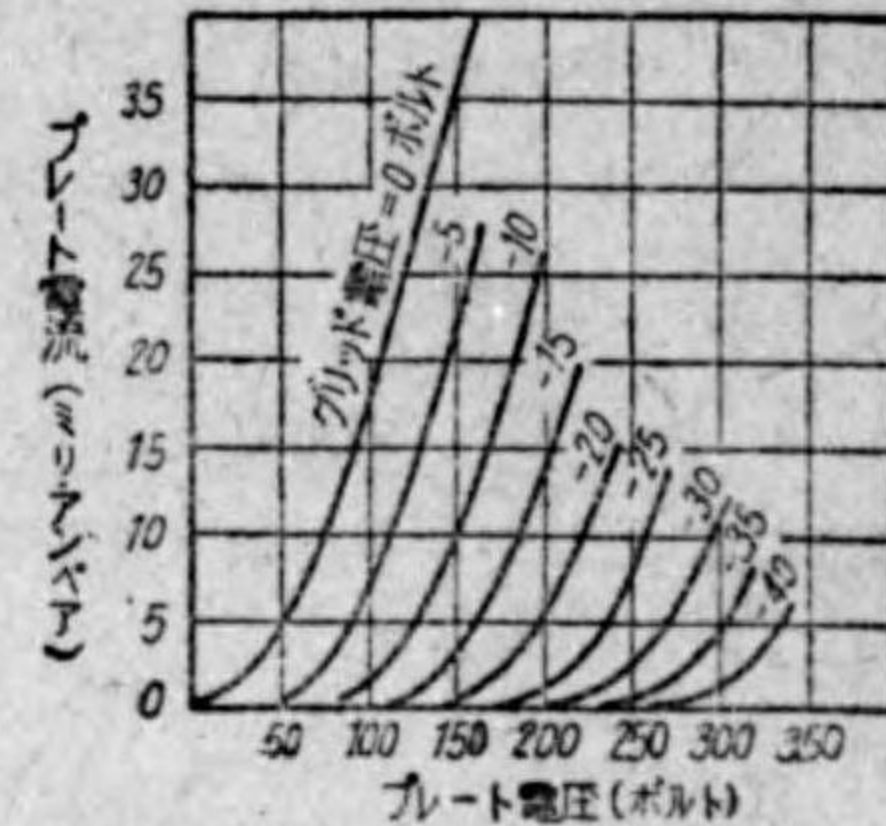
兩圖に於て、特性曲線はいずれも下部に於て彎曲部分をもつてゐるが、殆ど直線的である。

これ等特性曲線は真空管を使用する場合是非とも必要なものである。



〔第520圖〕

三極真空管の  $E_g-I_p$  静特性曲線



〔第521圖〕

三極真空管の  $E_p-I_p$  静特性曲線

4) 三定數

三極真空管の特性は前述の特性曲線によつて知ることができ、この他に大體の特性を知つたり、また數種の真空管を比較する場合等に必要な三定數といふものがある。三定數とは増幅定數、内部抵抗、相互コンダクタンスの三つをいふのである。

a) 増幅定數

真空管のプレート電流を或る一定の値だけ變化させるのに二つの方法がある。即ちプレート電圧を變へる方法と、グリッド電圧を變へる方法とである。

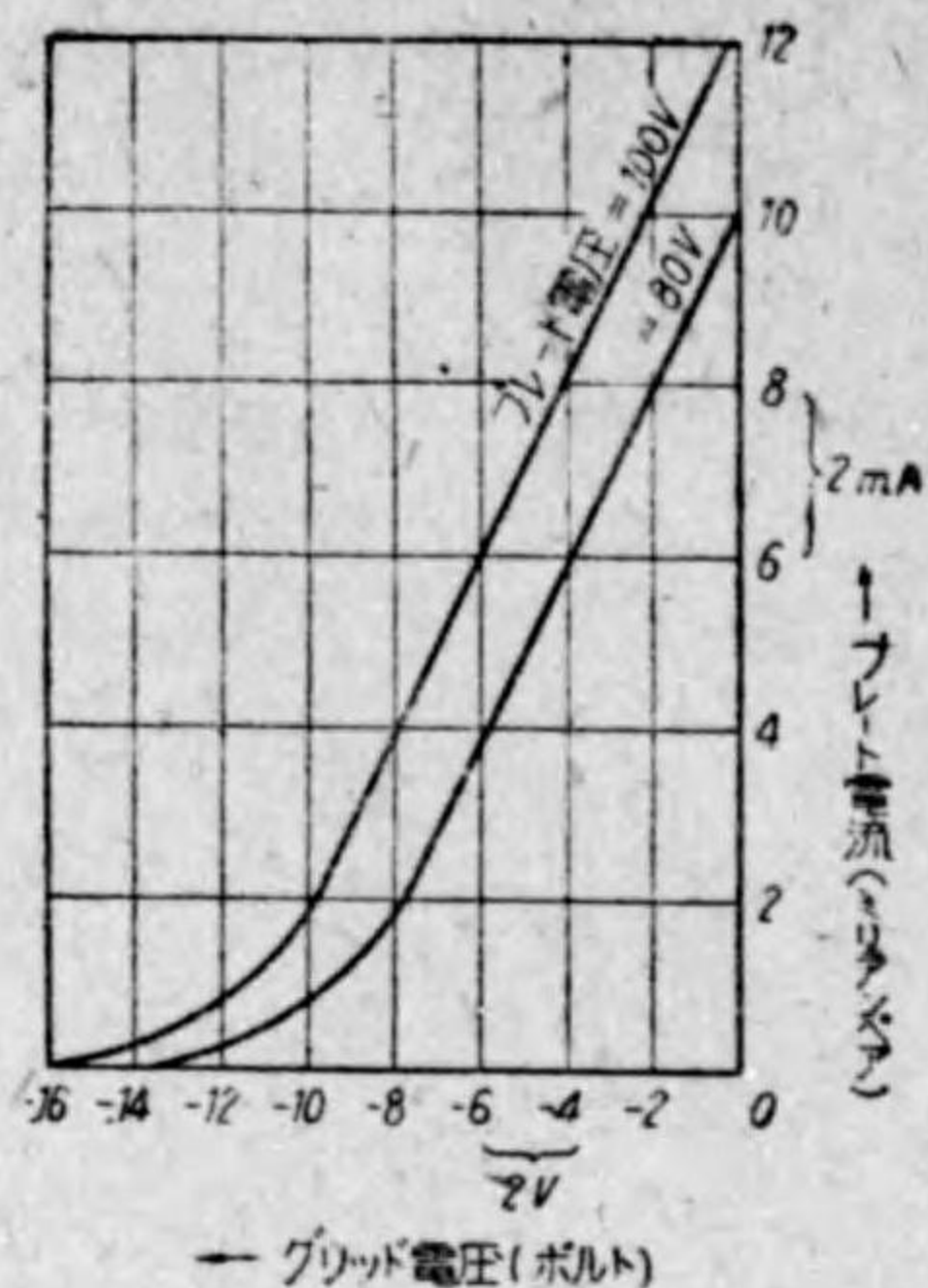
第522圖の  $E_g-I_p$  静特性曲線に就て考へてみる。今、プレート電圧 80 ボルトとして、グリッド電圧を負の 4 ボルトにすれば、プレート電流は 6 ミリ・アンペア流れることは明らかである。

次にグリッド電圧をそのままにしておき、プレート電圧 100 ボルトにしたならば、プレート電流は 8 ミリ・アンペアに増加する。言ひ換へればプレート電圧を 20 ボルト [100 V - 80 V = 20 V] だけ變化せしめることによつて、プ



プレート電流を 2 ミリ・アンペア [8mA - 6mA = 2mA] 変化させることができる。

また他の方法は、プレート電圧を 100 ボルト、グリッド電圧負 4 ボルトなる時、プレート電流は 8 ミリ・アンペアであり、これを 2 ミリ・アンペアだけ減少させるには、グリッド電圧を負 6 ボルトに増加すればよい。即ちグリッド電圧を 2 ボルトだけ移動することにより、前と同じくプレート電流を 2 ミリ・アンペア変化させるのである。



〔第 522 圖〕

プレート電圧の 20 ボルトの変化は、

ちやうどグリッド電圧を 2 ボルト変化させたと同じ結果になるのである。

プレート電圧の変化とグリッド電圧の変化の比を求めれば

$$\frac{20}{2} = 10$$

となり、これが第 522 圖の特性をもつ三極真空管の増幅定数である。

増幅定数は  $\mu$  (ミュー) で表はし、その公式は次の如くである。

$$\mu = \frac{\Delta E_p}{\Delta E_g} \dots \dots \dots (2)$$

但し

$$\Delta E_p = \text{プレート電圧の変化}$$

$$\Delta E_g = \text{グリッド電圧の変化}$$

増幅定数は、一つの真空管に於ては、その値は一定と考へてよい。なほ真空管の構造、即ちプレート、グリッド、フィラメントの形状及び、これ等電極の間隔によつて増幅定数は定まるのである。

h) プレート抵抗

グリッド電圧を一定とした場合に、プレート電圧の変化とこれによるプレ

ート電流の変化の比をプレート抵抗 ( $r_p$ ) といふ。即ち

$$r_p = \frac{\Delta E_p}{\Delta I_p} \dots \dots \dots (3)$$

但し

$$\Delta E_p = \text{プレート電圧の変化}$$

$$\Delta I_p = \text{プレート電流の変化}$$

である。プレート抵抗  $r_p$  はプレートとフィラメント間の交流部分に対する抵抗である。プレート抵抗の単位にはオーム ( $\Omega$ ) を用ひる。

第 522 圖の如き特性の真空管に就て考へれば、グリッド電圧が負 4 ボルトなる時、プレート電圧を 80 ボルトから 100 ボルトに増加させると、プレート電流は 6 ミリ・アンペアから 8 ミリ・アンペアに増加する。

即ちプレート電圧に 20 ボルトの変化を與へれば、プレート電流は 2 ミリ・アンペアの変化を生ずる故、プレート抵抗は次のやうになる。

$$r_p = \frac{20}{0.002} = 10,000 (\Omega)$$

c) 相互コンダクタンス

一定のプレート電圧のもとに、グリッド電圧の変化に対するプレート電流の変化の比を相互コンダクタンスといひ、 $g_m$  で表はされる。即ち

$$g_m = \frac{\Delta I_p}{\Delta E_g} \dots \dots \dots (4)$$

但し

$$\Delta I_p = \text{プレート電流の変化}$$

$$\Delta E_g = \text{グリッド電圧の変化}$$

第 522 圖の如き特性の真空管に就て考へれば、プレート電圧 100 ボルトの時、グリッド電圧を負 4 ボルトから負 6 ボルトに増加すれば、プレート電流は 8 ミリ・アンペアから 6 ミリ・アンペアに減ずる。即ちグリッド電圧の 2 ボルトの変化によつてプレート電流に 2 ミリ・アンペアの変化を來すことになる。従つて、この真空管の相互コンダクタンスは次の値になる。

$$g_m = \frac{0.002}{2} = 0.001 (\sigma)$$

相互コンダクタンスの単位はオーム(Ω)の反対のモー(δ)であらばされ、その  $\frac{1}{1,000}$  をミリ・モー(mδ),  $\frac{1}{1,000,000}$  をマイクロモー(μδ)といふ。即ち前述の 0.001(δ)は

$$0,001 \delta = 1 m\delta = 1,000 \mu\delta$$

といふ関係になるのである。

(d) 三定数間の関係

(2)式, (3)式及び(4)式から増幅定数, プレート抵抗及び相互コンダクタンスの間には次のやうな関係があることが判る。そして何れか二つの定数が判つておれば, 他の一つの定数を求めることができるのである。

$$\frac{\Delta E_p}{\Delta E_g} = \frac{\Delta I_p}{\Delta E_g} \times \frac{\Delta E_p}{\Delta I_p}$$

故に  $\mu = gm \times r_p$  ..... (5)

といふ具合に

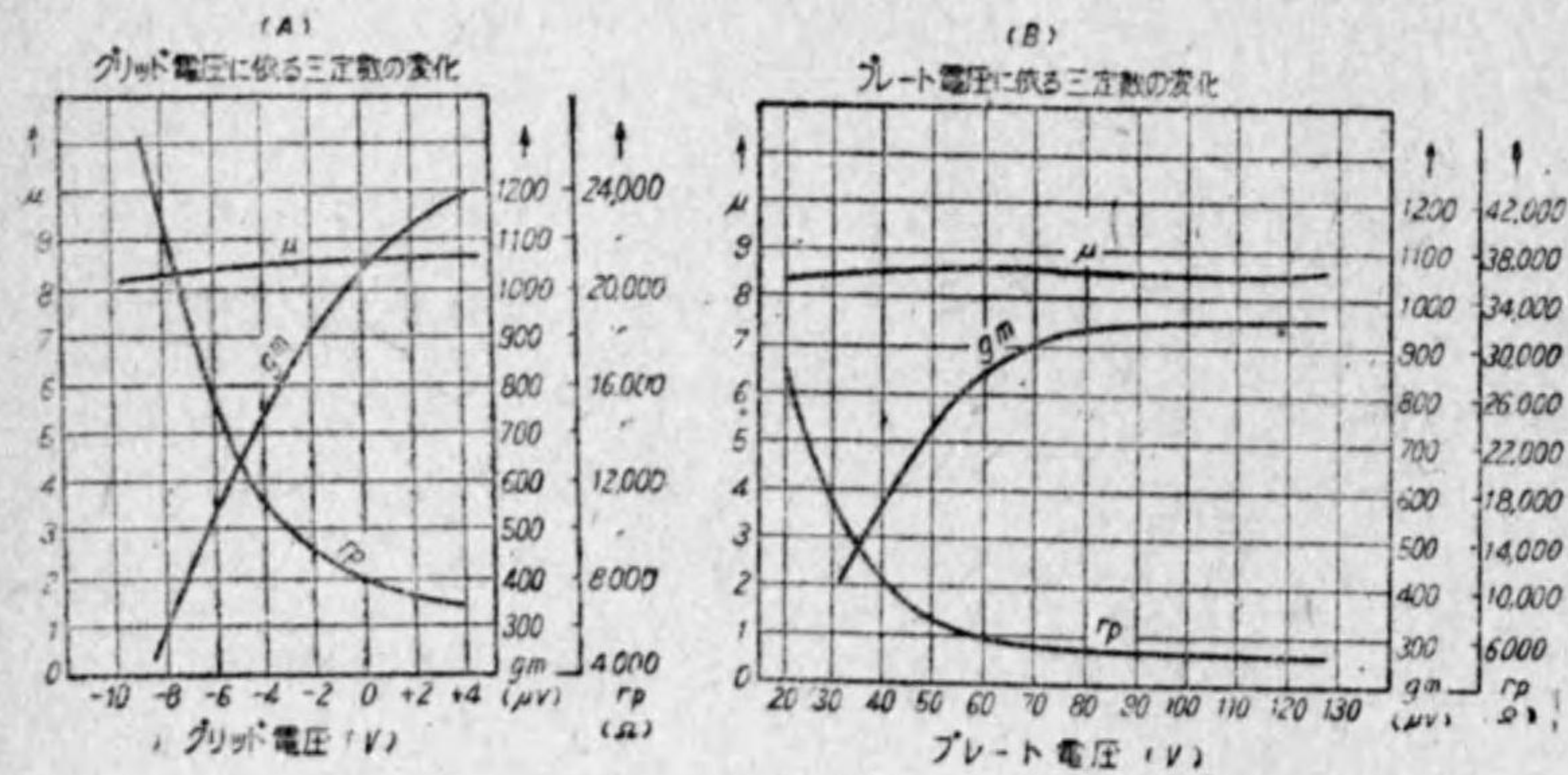
$$r_p = \frac{\mu}{gm}$$
 ..... (6)

であり,

$$gm = \frac{\mu}{r_p}$$
 ..... (7)

である。

三定数中での増幅定数 μ は, 真空管の構造によつて定り, 使用状態の如何

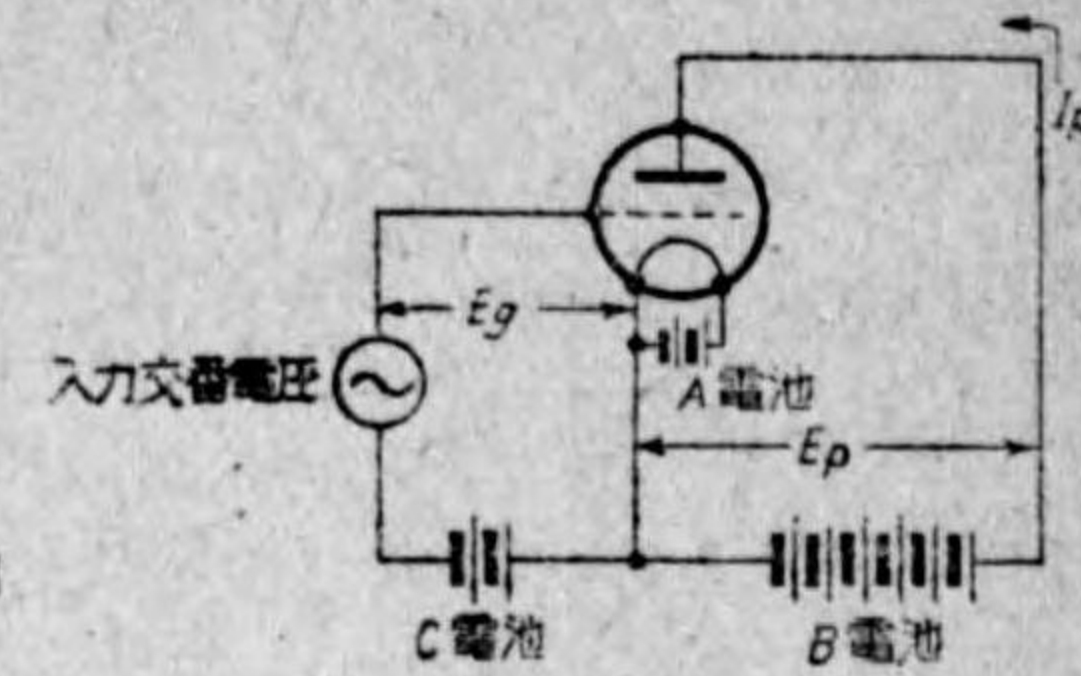


[第 523 圖]

に關係なく略一定であるが, プレート抵抗と相互コンダクタンスは, 第 523 圖 (A), (B) に示す如く, 働く状態によつて變化するのである。

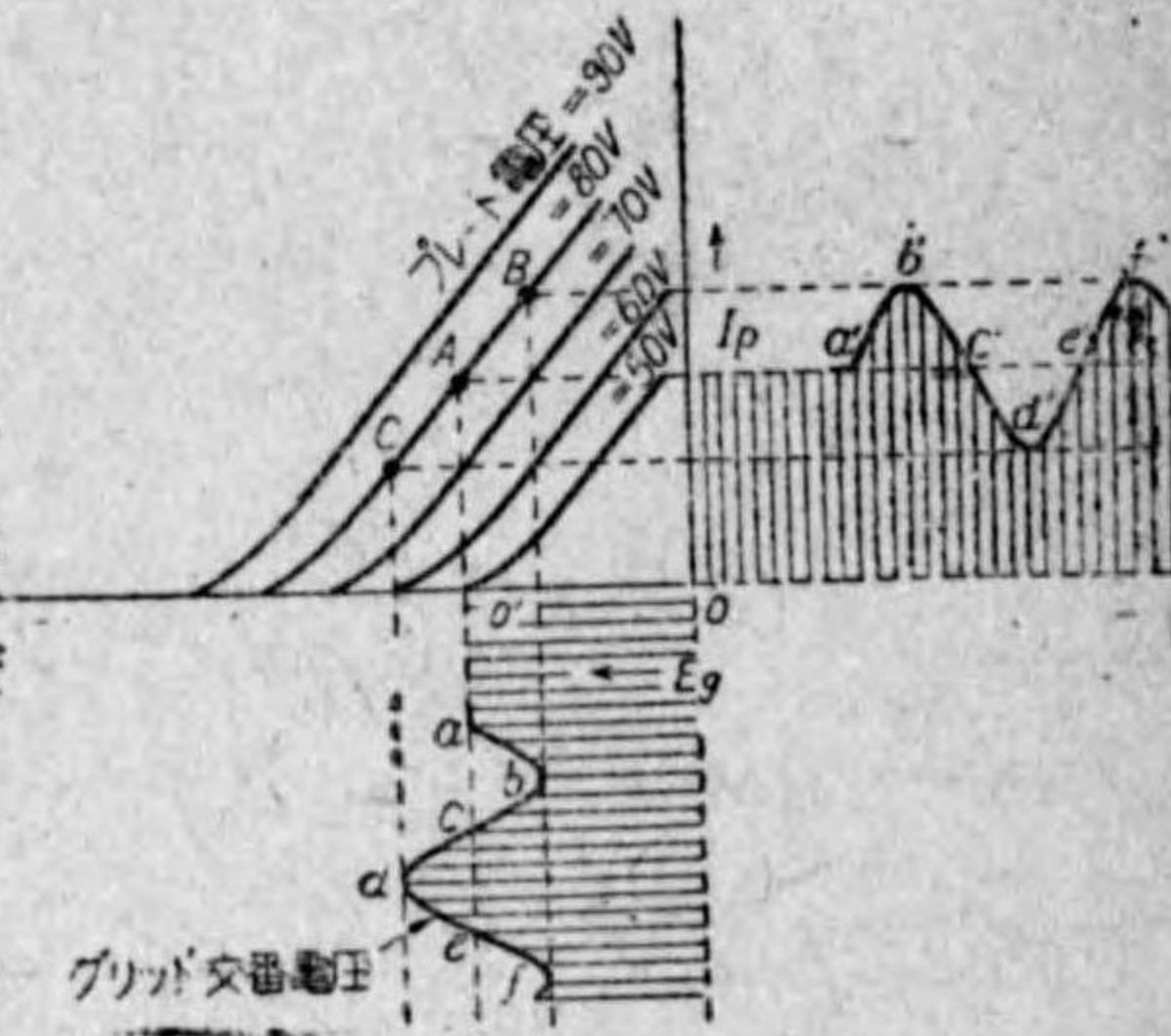
5) 三極真空管の動作特性

第 524 圖の示す如く, 真空管の動作點を適當なる位置に持ち來らすためグリッド電壓を負の方に片寄せる目的に, フィラメントとグリッドの間に電壓を加へる。この電壓をグリッド・バイアスといひ, この電池を C 電池といつてゐる。従つてグリッド・バイアスのことを C バイアスといふ。



[第 524 圖]

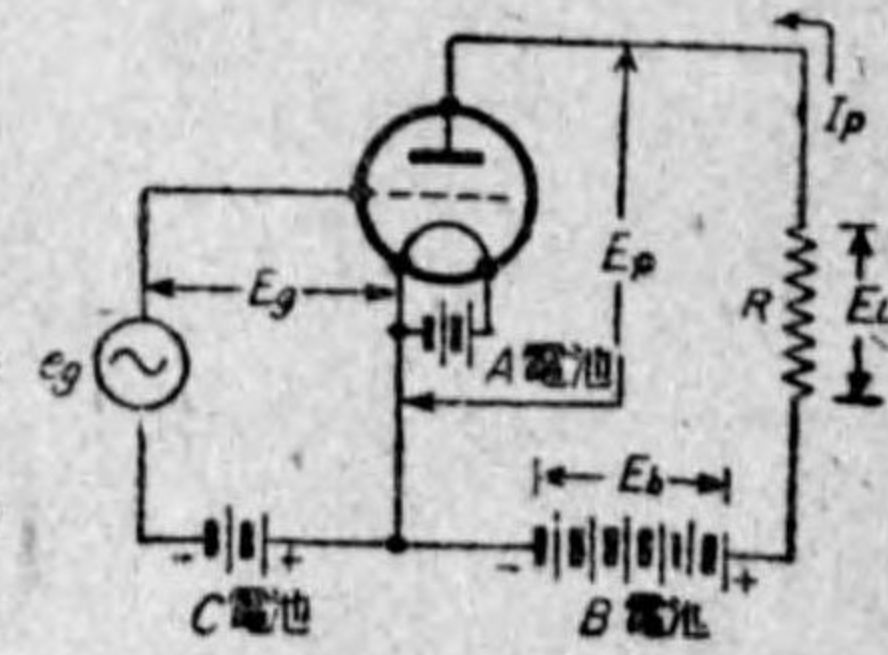
この真空管の  $E_g - I_p$  静特性曲線が第 525 圖のやうなものであるとして, プレート電壓  $E_p$  を 80 ボルト, グリッド・バイアス電壓の値を  $OO'$  と定めれば, この時のプレート電流は  $AO'$  だけの大きさの値となる。



[第 525 圖]

このやうな状態にある時, グリッドに入力交番電壓を加へれば, グリッド電壓  $E_g$  は  $O'$  を中心として正負の方向に變化をする。即ちグリッド・バイアスの値に入力の正負の値を相加へたものとなるのである。

従つてプレート電流も  $A$  を中心として特性曲線の  $CAB$  上を往復し, グリッドの變化の  $abcd$  ..... と同じやうに  $a'b'c'd'$  ..... に増減するのである。



[第 526 圖]

しかし実際の場合には第 526 圖の如くプレート回路に  $R$  なる抵抗を挿入して、この  $R$  の両端に生ずる交流電圧を利用するのであつて、斯様な場合の動作の様子は、第 525 圖とは大分異つて  $E_p - I_p$  静特性曲線には従はないのである。このやうに抵抗等を挿入することを負荷をかけたといひ、第 524 圖の如き状態を無負荷の状態といふ。

第 527 圖の如き特性を有する真空管の負荷抵抗として 5000 オームを挿入し、グリッド・バイアス  $-4V$ 、電源電圧  $E_b$  を 110V とした場合に就て考へてみる。まづ實際のプレート電圧としては

$$E_p = E_b - I_p \cdot R$$

であつて、

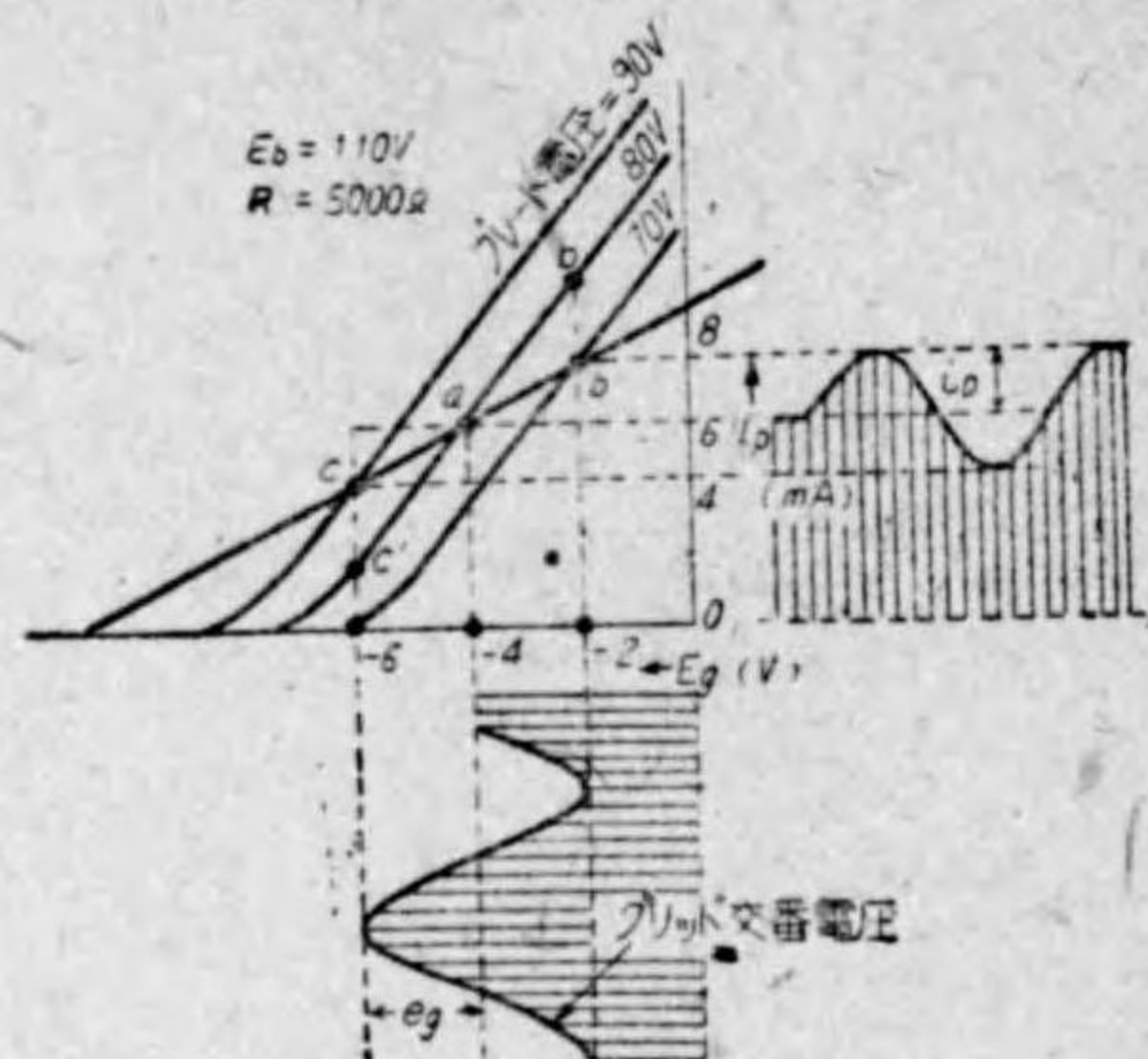
$$0.006(\text{A}) \times 5000(\Omega) = 30(\text{V}) \dots\dots R \text{ に依つて電圧降下}$$

$$110 \text{ V} - 30 \text{ V} = 80 \text{ V} \dots\dots E_p \text{ 電圧}$$

従つて動作点はプレート電圧が 80V の特性曲線上の  $a$  点となる。次に入力電圧  $e_g$  が 2 ボルト加はれば、グリッド電圧は  $-4 + 2V = -2V$  となり、負荷の  $R$  がなければ  $b'$  の点までプレート電流は増加するはずであるが、 $R$  による電圧降下が増加するため逆に  $E_p$  は減少して 70V となり、 $b$  点になるのである。反対に  $e_g$  が負になつてグリッド電圧  $-4 - 2 = -6V$  になれば、 $c'$  の点ではなく、電圧降下が減少し、 $E_p$  は 90V になり、 $c$  点に移るのである。

斯様に負荷  $R$  のため、入力電圧による真空管の動作は  $cab$  線上を變化するのである。

また、之は第 528 圖の如き  $I_p - E_p$  静特性からも同様に考へる事ができる。グリッド電圧が  $-2V$  から  $-6V$  まで變化する事によつて、プレート電流は 8 ミリ・アンペアから 4 ミリ・アンペアに變化し、またプレート電圧は 70 ボル



〔第 527 圖〕

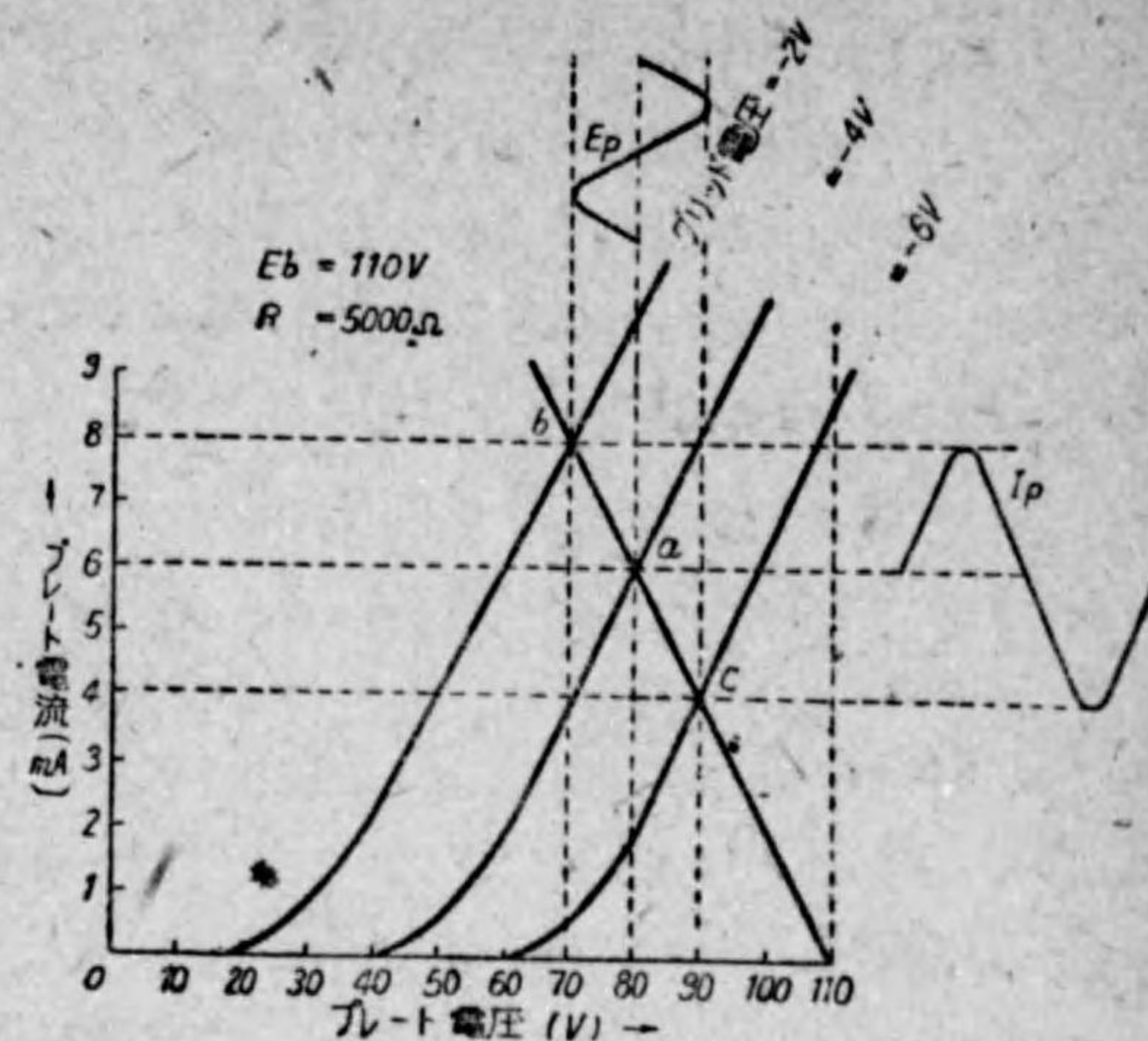
トから 90 ボルトまで變化するのである。

斯のやうにプレート電圧やプレート電流の變化をも考へに入れた實際の動作時に於ける特性を動作特性といひ、第 527 圖、第 528 圖の  $cab$  の線を動作特性曲線といふ。

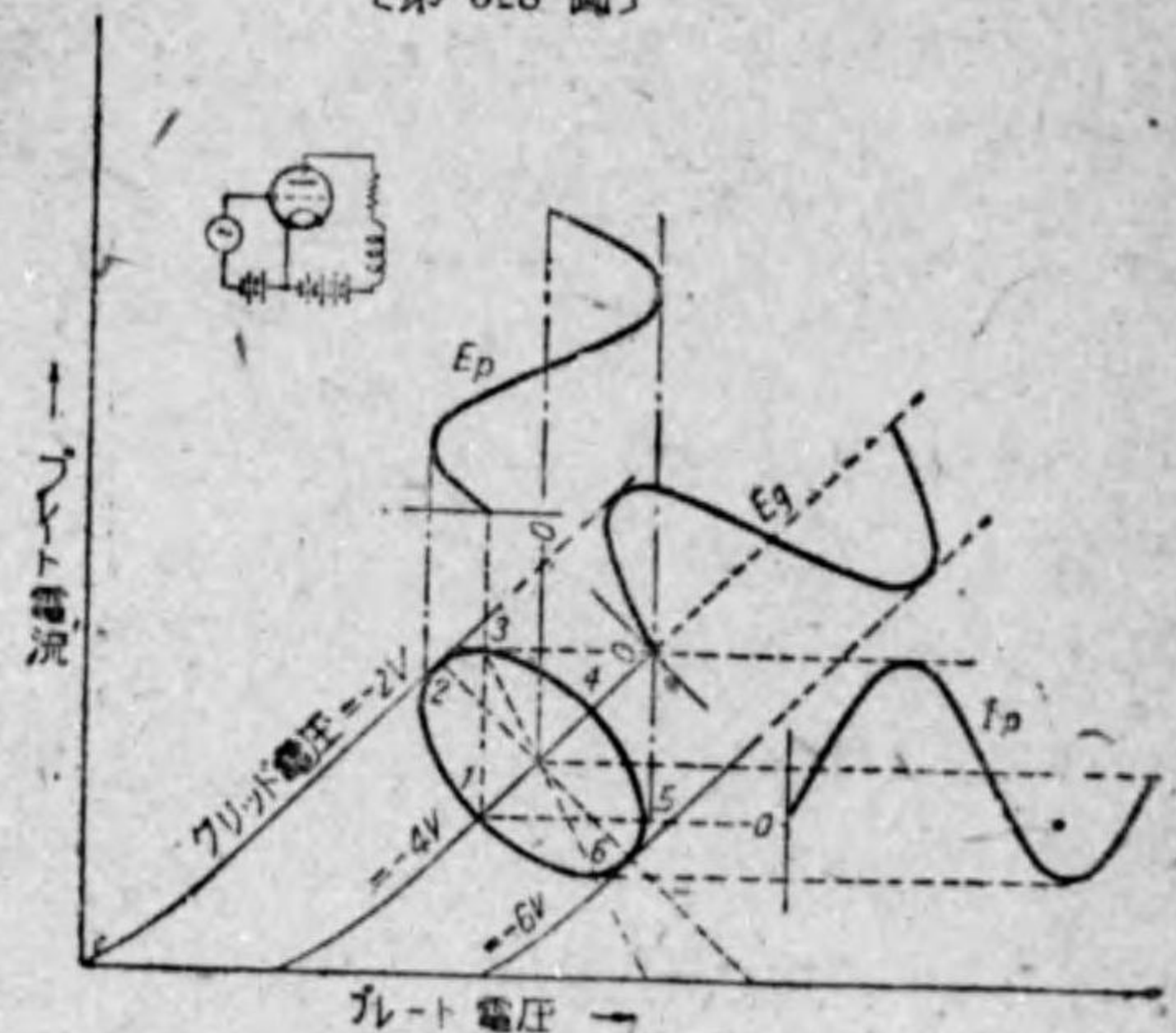
第 529 圖はプレート回路の負荷がリアクタンスを含む場合の動作特性を示すものである。この時はプレート電流の變化はプレート電壓の變化と同位相とならないから動作特性は楕圓になる。而して負荷がインダクタンスの場合は 1234 順の方向に變化し、また負荷が容量の場合は 1654 順の方向に變化するのである。

しかし、大概の場合には、動作特性を楕圓の代りに直線として實用上差支へはないのである。

### 6) 三極真空管の増幅作用



〔第 528 圖〕



〔第 529 圖〕

第526圖の如き接続に於て、実際にはプレート回路に直流と交流とが共に流れてゐる所謂脈流であるが、必要なのは交流なのである。

交流分  $i_p$  が負荷抵抗  $R$  に流れ、この  $R$  によつて電圧降下  $E_L = i_p \times R$  を生ずる。この電圧と入力電圧  $e_g$  との比を電圧増幅度といふ。

即ち次の如き式で表はされる。

$$A_v(\text{電圧増幅度}) = \frac{i_p \cdot R}{e_g} \dots\dots\dots (8)$$

グリッド入力電圧  $e_g$  の最大値を2ボルトとし、プレート電流  $i_p$  の最大値を2ミリ・アンペア、負荷  $R$  を5000オームとすれば

$$\frac{0.002 \times 5000}{2} = 5$$

即ち入力電圧の5倍の交番電圧が負荷  $R$  に発生したことがわかる。このやうに三極真空管は擴大する性能を有し、このことを増幅作用といふ。

$R$  の端子電圧10ボルトは最大値であるから、これを實効値に直せば

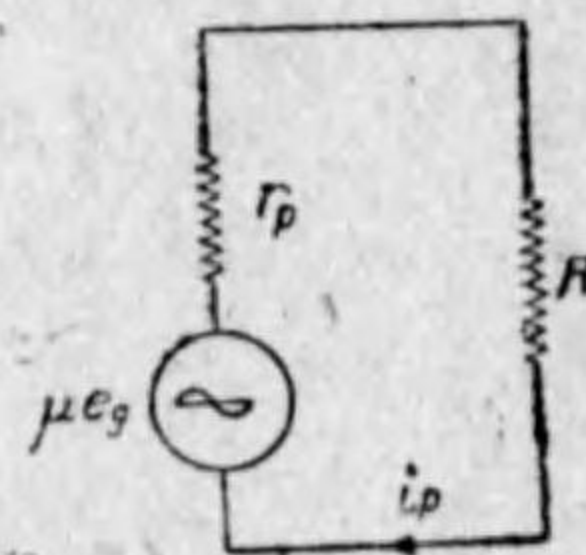
$$\text{實効値} = 10V \times \frac{1}{1.41} = 7.07V$$

となる。これを出力電圧といふ。この場合  $R$  中に消費される交流電力は、

$$\frac{(7.07V)^2}{5000\Omega} = 0.01W = 10mW$$

にして、これを出力電力(略して出力)といふ。

第526圖は第530圖の如く書き代へることができる。即ち  $e_g$  なる入力電圧によつて生ずるプレート交流電圧は、グリッドに加はる  $e_g$  を取去つてプレート回路に交流電圧  $\mu \times e_g$  を加へたと等しく、また動作してゐる真空管のプレートとフィラメント間の抵抗は  $r_p$  であるから、真空管を  $r_p$  と置き換へたものである。斯様な回路を等価回路といひ、これによつて真空管増幅のすべての働きを知ることができる。



〔第530圖〕

プレート交流電流は

$$i_p = \frac{\mu e_g}{r_p + R} \text{ (アンペア)} \dots\dots\dots (9)$$

負荷  $R$  の両端の電圧、即ち出力電圧は

$$E_L = i_p \times R = \frac{\mu \times e_g}{r_p + R} \times R \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots (10)$$

出力は  $(i_p)^2 \times R$  であるから

$$\left( \frac{\mu \times e_g}{r_p + R} \right)^2 \times R \text{ (ワット)} \dots\dots\dots (11)$$

となる。

また出力電圧をグリッドに與へた入力電圧  $e_g$  で割つたものが増幅度で、真空管によつて何倍に増幅されたかを知ることができる。

$$\begin{aligned} \text{増幅度} &= \frac{\text{出力電圧}}{\text{入力電圧}} = \left( \frac{\mu \times e_g}{r_p + R} \times R \right) \div e_g \\ &= \mu \times \frac{R}{r_p + R} \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

負荷  $R$  の代りにインダクタンスを挿入した場合は次の如き式を用ひる。但しインダクタンスを  $L$  (ヘンリー)、周波数を  $f$  (サイクル) とする。

$$\text{プレート交流電流 } i_p = \frac{\mu \times e_g}{\sqrt{(r_p)^2 + (6.28 \times f \times L)^2}} \text{ (アンペア)} \dots (13)$$

$$\begin{aligned} \text{出力電圧 } E_L &= \frac{\mu \times e_g}{\sqrt{(r_p)^2 + (6.28 \times f \times L)^2}} \times 6.28 \times f \\ &\quad \times L \text{ (ボルト)} \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

7) 三極真空管の檢波作用

第531圖(A)の如き音聲周波數で變調された電波を非直線性インピーダンスをもつてゐる真空管で整流すれば(B)の如き振幅の半分を得る。また、その平均電流値は(C)の如き變調音聲と同じ周波數であり、これを受話器等に通じることによつて我々の耳に音聲として聞かれるのである。斯様に電波の如き高周波振幅を検知するための整流作用を真空管の檢波作用といふ。



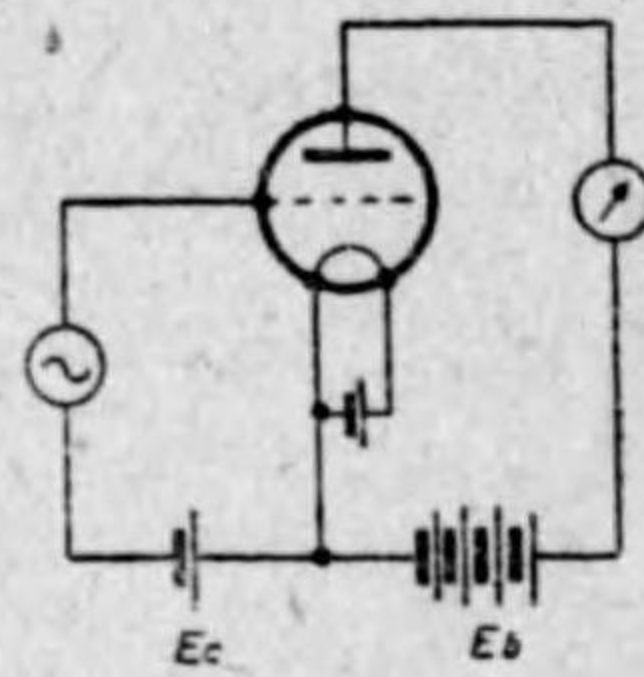
〔第531圖〕

三極真空管でも、二極真空管と同様、そのプレート電流は非直線であるから、検波作用を営ましめることができる。特に三極真空管に於ては検波すべき高周波振動をグリッドに加へることができ、その回路インピーダンスが高いために高周波振動の電流が僅かでも検波できる利点がある。故に検波用としては二極真空管より三極真空管が主として用ひられる理由である。

三極真空管の検波の方法にはプレート検波とグリッド検波の二つがある。

a) プレート検波

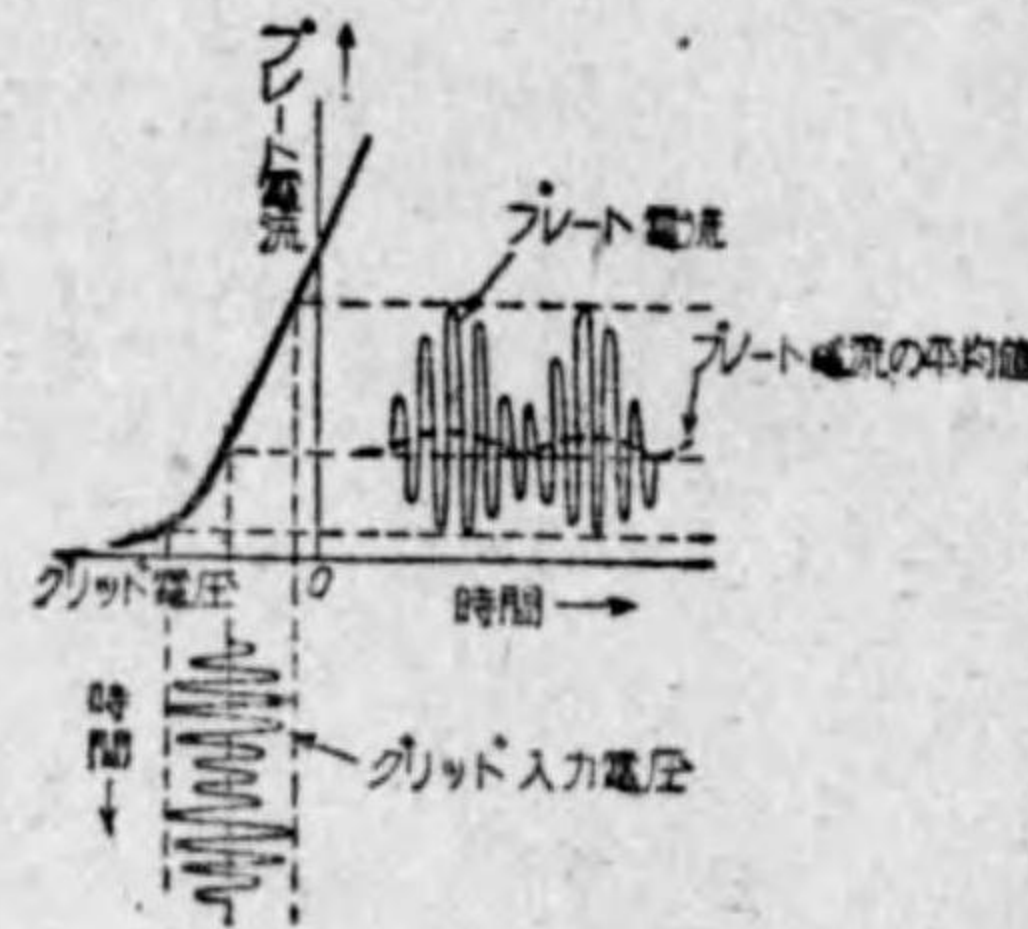
第532圖の如く真空管を接続し、グリッド・バイアス電圧  $E_g$  を真空管の  $E_p-I_p$  特性曲線の曲率の最大なる点にもつてゆく。斯の如き状態の真空管に輸入交番電圧を加へれば、プレート電流は第533圖の如く變化し、正側に於てプレート電流の増加は大きく現はれ、入力交番電圧には異つた波形になる。



〔第532圖〕

従つてプレート電流の平均値は増加し、その變化は變調波と同一の周波数が得られるのである。

プレート検波は入力電圧の大きい場合に至の少い検波を行ふことができる。しかしグリッド検波に比べて感度は劣るのである。



〔第533圖〕

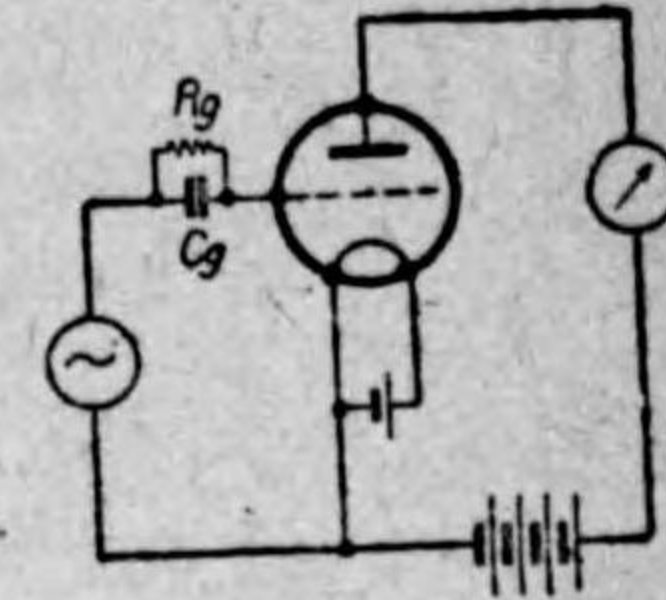
b) グリッド検波

グリッド検波は  $E_g-I_p$  特性曲線の彎曲部を利用して検波を行ひ、その検波した電流を再び  $E_g-I_p$  特性曲線で増幅する方法である。

三極真空管はグリッドが正電位になればグリッド電流が流れる。グリッド検波法はこのグリッド電流を利用するので、第534圖の如くグリッド・バイアスは加へず、グリッド回路に  $R_g$  なるグリッド・リーク及びグリッド・コンデンサー

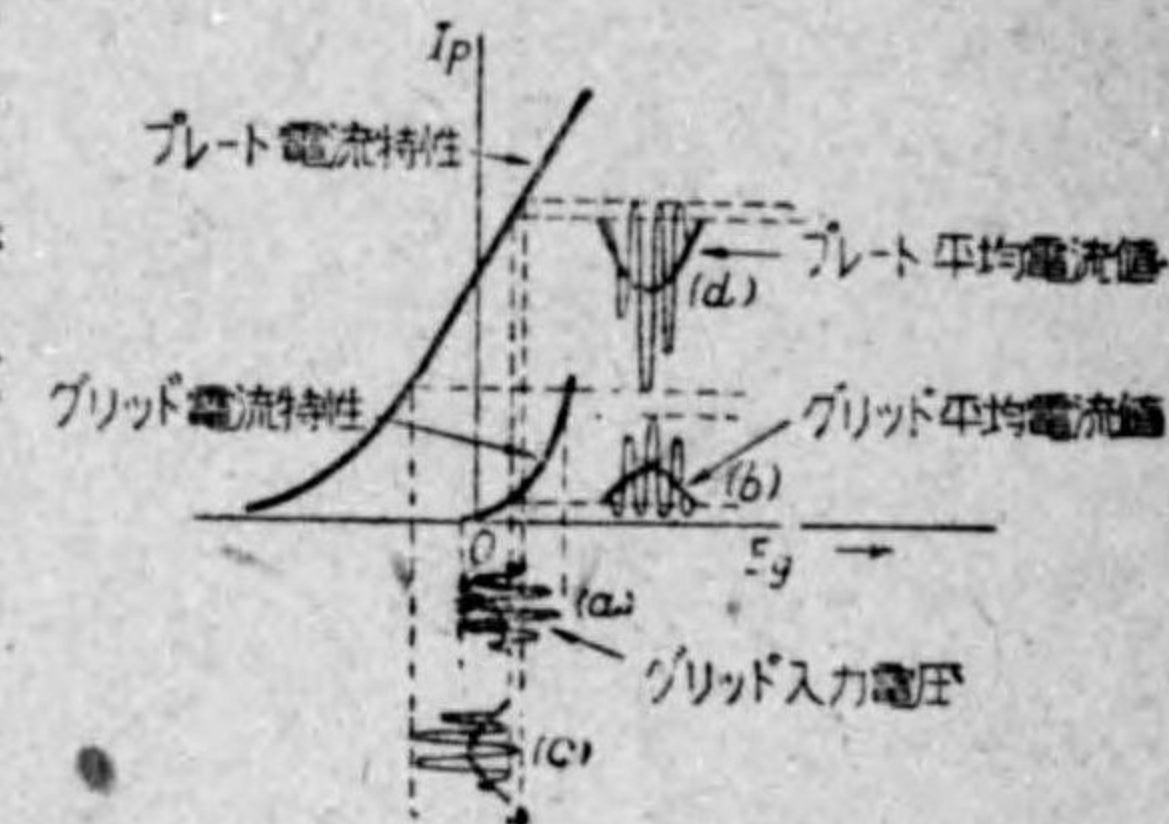
$C_g$  を挿入するのである。

第535圖の(a)の如き變調電波、即ち入力電圧が來た際、グリッド電圧が正の時のみグリッド電流が流れ、脈流となる。そして、この電流(b)はグリッド・リーク  $R_g$  を通るため電壓降下をして、 $R_g$  の両端に電圧を生ずる。なほこの  $R_g$  の両端を絡ぐグリッド・コンデンサー  $C_g$  があるから、 $R_g$  の両端に電圧を生じた時は  $C_g$  は充電され、電圧がなくなつた時に  $C_g$  は充電を始め



〔第534圖〕

従つて、この兩者の交互の作用で  $R_g$  中には變調波の振幅に從つた電壓(c)が現はれる。これが真空管の増幅作用で擴大され、プレート電流は(d)の如く變化し、變調周波数と同じ音聲電流を得られるのである。



〔第535圖〕

なほグリッド・コンデンサー  $C_g$  は高周波に對しては側路として動作するのである。

グリッド検波法は、検波と増幅の二つの作用をするから、プレート検波より感度は良いが、大きな入力電圧に對しては歪を生じ易い。

8) 三極真空管の發振作用

真空管のグリッドに輸入交番電圧を加へ、増幅作用を行はせた場合、プレート回路に出力電圧を生ずる。その電圧の一部を適當な方法で再びグリッドに還してやれば、更に増幅されてプレート回路に現はれることになる。このやうなことを無限に繰返してゆく時は、グリッド電圧及びプレート電圧は一定振幅の持続振動となるのである。但し、この場合、プレート回路からグリッドに還される電圧の位相は、最初グリッドに加へられた入力電圧の位相等しくなければならぬ。斯の如く振動を起すことを發振作用といふ。

発振作用を行ふために都合の良い回路は第536圖の如きものである。L<sub>1</sub>CR<sub>1</sub>の回路と真空管及びL<sub>1</sub>に適當に結合されてゐるL<sub>2</sub>である。斯様なものを**真空管發振器**といふ。

第536圖の真空管發振器の發振作用に就て考へれば、L<sub>1</sub>CR<sub>1</sub>の回路に衝撃が加へられ、コンデンサーCが放電し、電氣振動を起したとする。そうすると、その振動

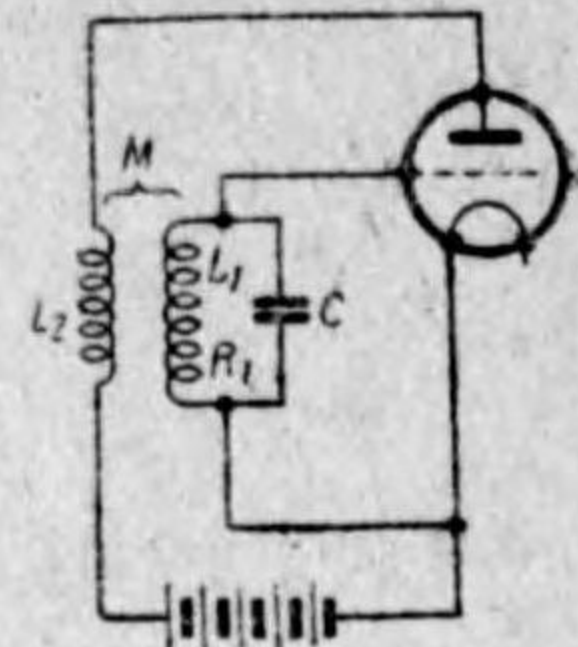
電流はL<sub>1</sub>CR<sub>1</sub>の回路に流れ、インダクタンス・コイルL<sub>1</sub>或はコンデンサーCの端子に振動電壓を生じ、その振動電壓が真空管のグリッドに加へられ、従つて真空管の増幅作用でプレート回路には入力の振動電壓に比例した電流が流れるのである。そのプレート電流はプレート回路のインダクタンス・コイルL<sub>2</sub>を流れる。なほ、このL<sub>2</sub>とグリッド回路のL<sub>1</sub>とは適當に結合されて相互インダクタンスMをもつてゐるから、その勢力は再びグリッドL<sub>1</sub>に還され、L<sub>1</sub>CR<sub>1</sub>の回路に中で消費される電氣振動の勢力を補給し、電氣振動が持続して發振器としての動作をするのである。

真空管發振器を完全に動作させるのに必要な真空管の定數、回路定數、及び結合度の各關係は、適當に保たねばならず、その條件としては次の如きものがある。

- (イ) 真空管は増幅作用の能力を充分もつてゐること。
- (ロ) プレート回路からグリッド回路へ饋還される電壓の位相は、グリッド回路の位相と一致してゐること。
- (ハ) インダクタンス・コイル及びコンデンサー、抵抗で定まる回路の電氣定數、またプレートからグリッドに還すための結合度が適當であること。

第536圖の如き回路は、共振回路がグリッド側にあるから、**グリッド同調發振器**といふ。また、その發振周波數は次の公式から算出できる。

$$\text{發振周波數} = \frac{1}{6.28 \times \sqrt{C \times \left( L_1 + \frac{L_2 \times R_1}{r_p} \right)}} \dots\dots\dots (15)$$



〔第536圖〕

但し  $r_p$  = 真空管のプレート抵抗  
 である。普通  $R_1$  はプレート抵抗に比べて非常に小さいから、これを無視すれば、上式は

$$\text{發振周波數} = \frac{1}{6.28 \times \sqrt{L_1 \times C}}$$

即ち發振周波數はグリッド側に挿入した同調回路の固有周波數に等しくなる。

以上はグリッド回路に共振回路をもつてゐるものに就て述べたが、第537圖の如く、プレート回路に共振回路を挿入しても、同じやうに發振作用を起すことができるのである。

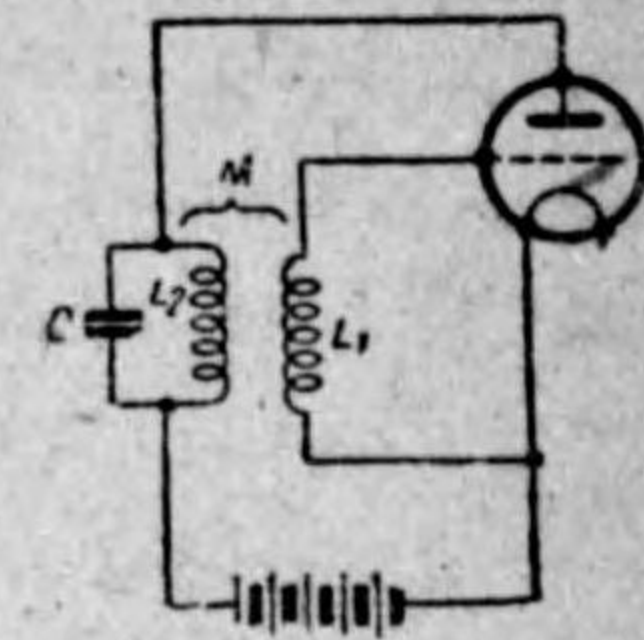
このやうなものを**プレート同調發振器**といふ。その發振周波數は

$$\text{發振周波數} = \frac{1}{6.28} \times \sqrt{\frac{1}{C \times L_2} \times \left( 1 + \frac{R_2}{r_p} \right)} \dots\dots\dots (16)$$

もし回路の抵抗  $R_2$  を無視すれば

$$\text{發振周波數} = \frac{1}{6.28 \times \sqrt{L_2 \times C}}$$

即ち發振周波數は、プレート側に挿入した同調回路の固有周波數に等しくなる。



〔第537圖〕

### 第六節 四極真空管 (テトロード)

四極真空管は、三極真空管に更にグリッド電極を一つ附加し、三極真空管より動作を改良したものである。その構造又は使用方法によつて空間電荷グリッド管及び遮蔽グリッド管の2種に別けることができる。

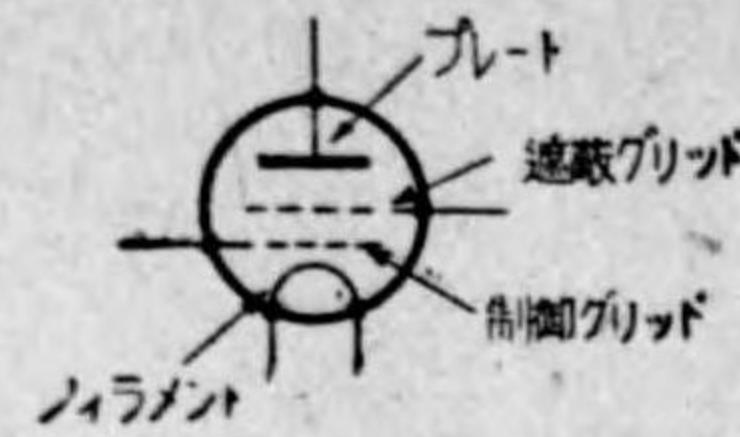
#### 1) 遮蔽グリッド四極真空管

##### α 遮蔽グリッド四極真空管の構造

第538圖の如くプレート電極とフィラメント電極との間に2個のグリッド電極が挿入してある。フィラメントに近いグリッドを**制御グリッド**と稱し、これ

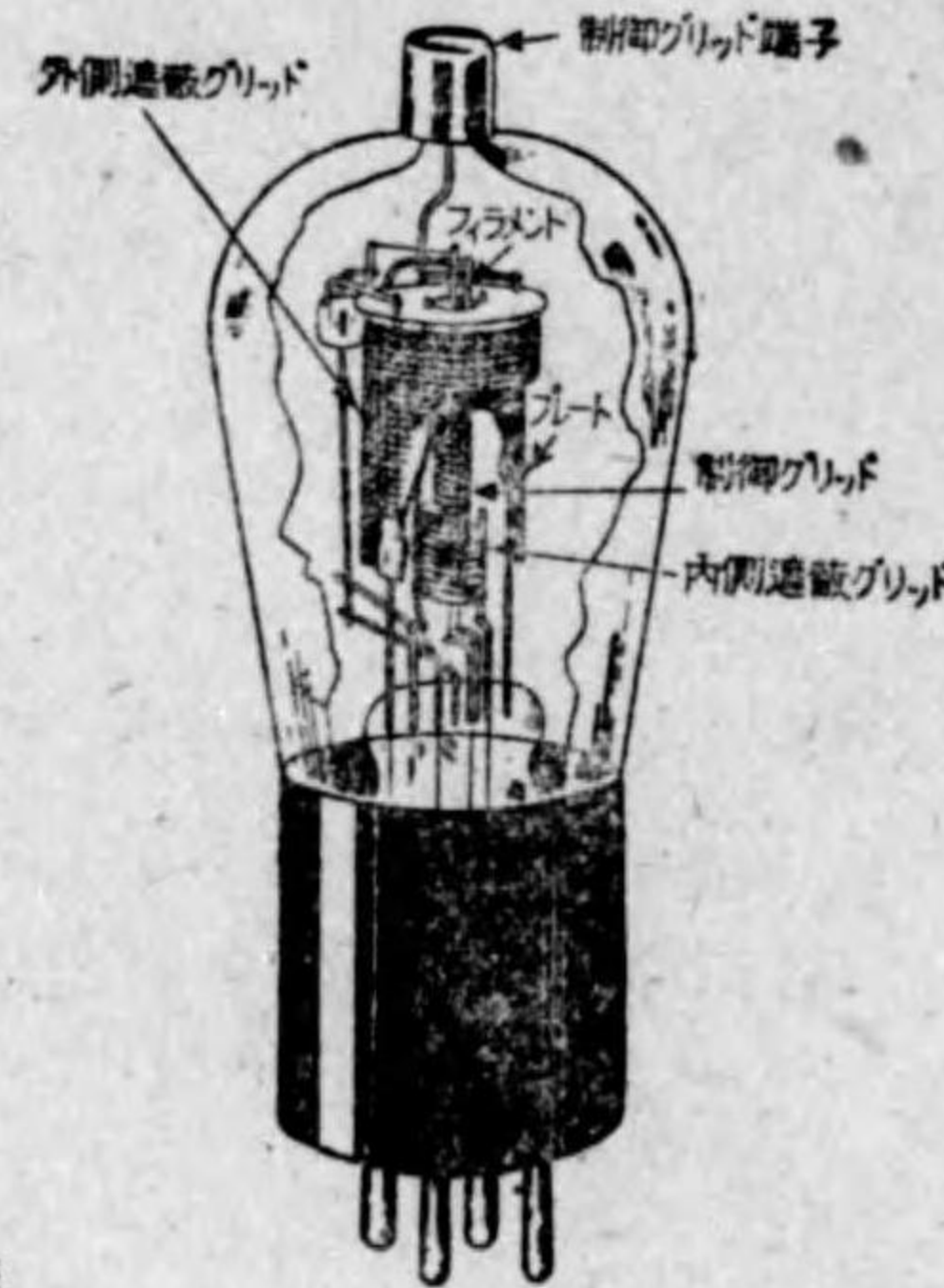


【第 538 圖】



【第 539 圖】

は三極管に於ける制御グリッドと同じ働きをするものである。他方のプレートに近いグリッドは、ちやうどプレートから制御グリッドを遮蔽してゐるやうに置かれてゐるので、これを遮蔽グリッド(スクリーン・グリッド)といふ。実際にはこの遮蔽グリッドは第 539 圖で示されてゐるやうに内側遮蔽グリッドと外側遮蔽グリッドの二つから成つてゐる。そして、これ等のリードは一つに結ばれ、真空管の足に接続されてゐるのである。



【第 540 圖】

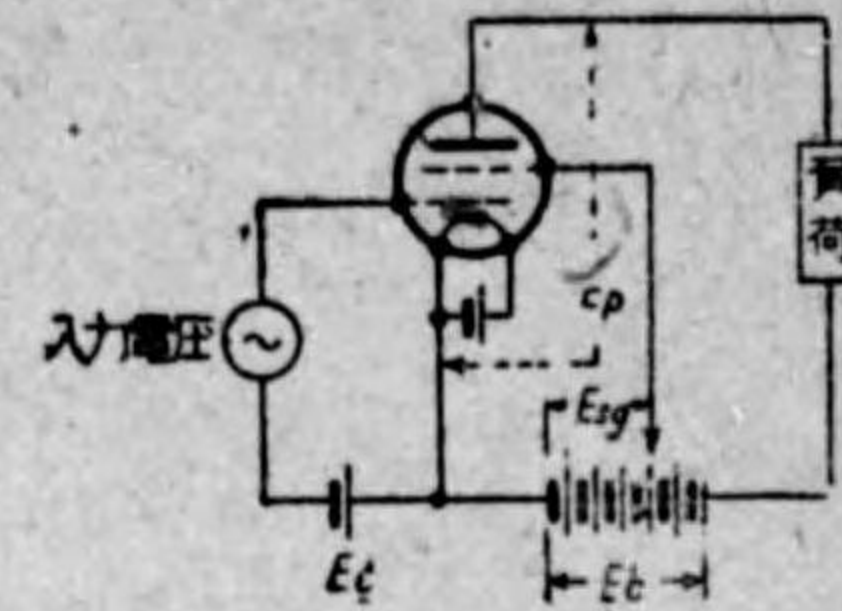
第 540 圖は遮蔽グリッド四極管の内部構造を示した一例である。

### ろ 遮蔽グリッドの働き

三極真空管の増幅作用の大小は、真空管自身のもの増幅定数に左右されるが、遮蔽グリッド四極管にあつてはプレートと制御グリッドの中間の遮蔽グリッドに正電圧を加へるため、フィラメントから放出する電子を吸引し、プレートに電子の達するのを助ける役目をする。従つて真空管の増幅定数を増す条件の一つであるプレートとフィラメントの間隔を離すことができるといふ利点がある。

しかし遮蔽グリッド電圧が餘りに高過ぎる場合には、プレートに達する電子をこの遮蔽グリッドが吸引するやうになり、プレート電流を減じ、反対に

能率を低下させる結果になる。第 541 圖は遮蔽グリッド四極管を使つた一例であつて、遮蔽グリッド電圧  $E_{sg}$  は普通プレート電圧  $E_p$  の  $\frac{1}{4}$  乃至  $\frac{1}{2}$  程度に選んでゐる。



【第 541 圖】

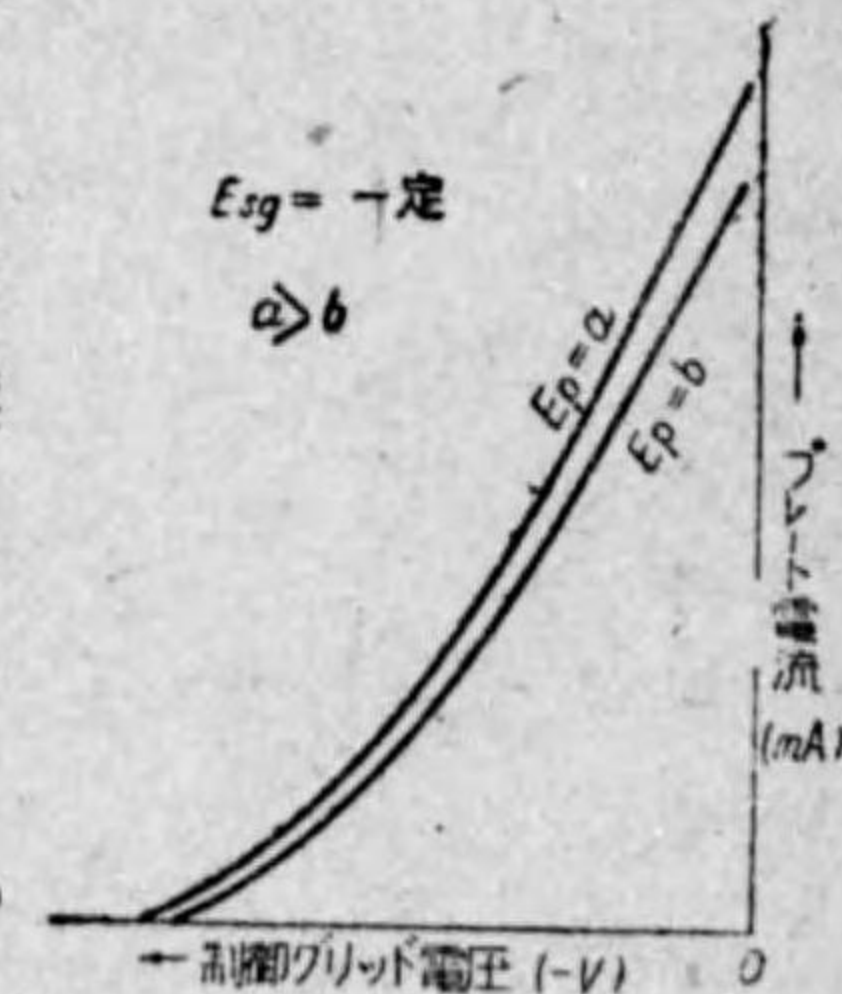
三極真空管を使つて周波数の大きいもの、即ち高周波増幅を行ふ場合、プレートとグリッド

との間の静電容量を通じてプレート回路とグリッド回路が結合され、ちやうど發振器のやうに働いてしまふ。斯様な時はその目的であるところの増幅を不安定にしてしまふのである。遮蔽グリッドは、プレートとグリッドを遮蔽して、この兩者間の静電容量を減じてゐるので、三極真空管の缺點を補ふことができるのである。

### c. 遮蔽グリッド四極真空管の特性と用途

遮蔽グリッド四極真空管の特性は、第 542 圖の  $E_p - I_p$  特性曲線からみられる如く、遮蔽グリッド電圧を一定にして置けば三極真空管と同じやうな動作をする。増幅定数及びプレート抵抗、相互コンダクタンスの関係も同様である。

特に遮蔽グリッド四極真空管が三極真空管と異ふ點は、プレート電圧が遮蔽グリッド電圧より低い状態にある時で、プレート電流と遮蔽グリッド電流の兩者が著しい變化をすることである。



【第 542 圖】

第 543 圖は  $E_p - I_p$  特性曲線を示したもので、プレート電圧の極く低い部分ではプレート電流の上昇に従ひ、プレート電流も増加し

てくる。しかし、それは直ちに減少し、遂には負の値までになる。この現象は、遮蔽グリッド電圧によつて引きつけられた電子がプレートに衝突して二次電子(二次電子とは、フィラメントから出た電子の速度がある値以上になつ

てプレート面に衝突し、物質中の分子を破つて、分子中の電子を外部に放出せしめることをいふ)を放出し、それがプレート電圧より高い電位におかれてゐる遮蔽グリッドに吸引されるので、最初フィラメントから飛来してきた電子(これを二次電子に対して一次電子といふ)の流れを妨げ、プレート電流を減少させるのである。従つて遮蔽グリッドは反対にプレートの二次電子をも含むやうになり、電流は増大するのである。

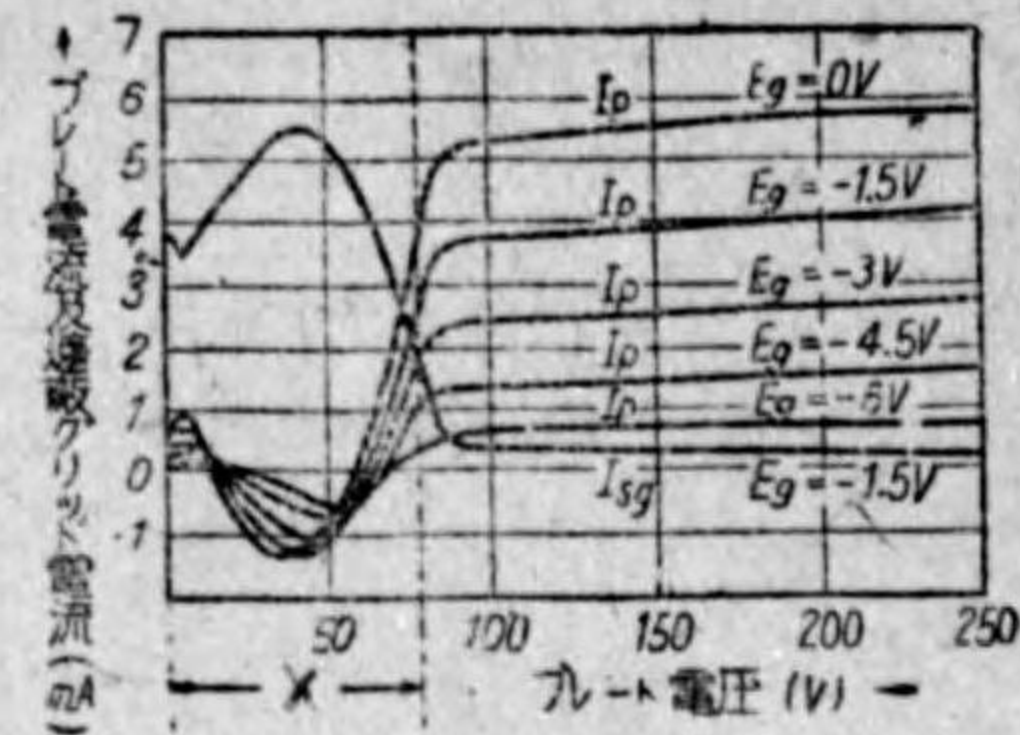
更にプレート電圧を高くして遮蔽グリッド電圧に近づければ、二次電子はプレートに復歸して来る。そしてプレート電圧が遮蔽グリッドより高く置かれた時は、普通の三極管と同様な特性になるのである。

新様に遮蔽グリッド四極真空管には二次電子に大いに左右されるから、第543圖のXで示される範囲に於ては完全な増幅作用を営ませることはできないのである。従つて出力電圧を高めるために負荷の両端の電圧降下を多くすれば、プレート電圧は遮蔽グリッド電圧より低くなり、正規の状態とすることができなくなるのである。

以上のことから考へられるやう、遮蔽グリッド四極真空管の用途としては大なる出力電圧を得るよりも、寧ろ小さい入力電圧を能率よく増得するのに適してゐる。またプレートとグリッド間の静電容量が小さい故發振作用を妨ぐことができるので、高周波の増幅に多く用ひられてゐる。

2) 空間電荷グリッド四極真空管

空間電荷グリッド四極真空管は、第544圖に示す如く、制御グリッドとフィラメントの間に1個のグリッドを挿入し、これに高電圧を與へて空間電荷を除去する目的に使用するものであつて、これを空間電荷グリッドと稱するのである。

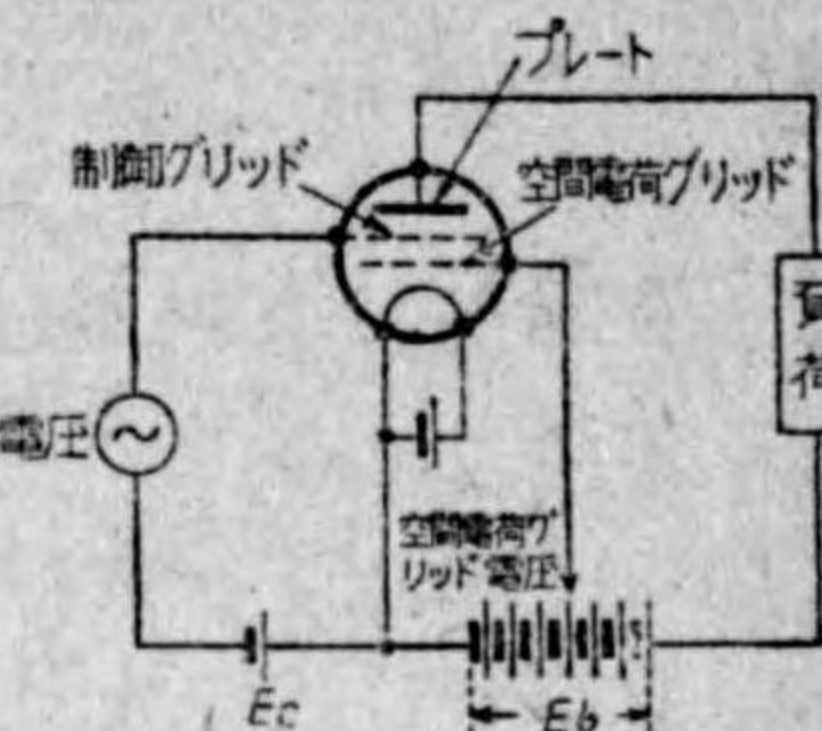


〔第 543 圖〕

フィラメント附近に空間電荷が蓄積すると、このためにプレートに進む電子を妨げるが、空間電荷グリッドを挿入することによつて空間電荷は吸収され、電子の運動は自由となり、低いプレート電圧でも大きなプレート電流を得ることができる。空間電荷グリッド四極真空管は第544圖のやうな接続を行つて使用するのである。

次に空間電荷グリッド四極真空管の動作に就き考へてみよう。

先づ動作を簡単に考へるために、制御グリッドとプレートとを一つにした假想のプレートが普通三極管のグリッドの位置にあるとして、これに加へられる假想のプレート電圧を考へる。またこの電圧は制御グリッド電圧とプレート電圧との合成したものと考へることができる。

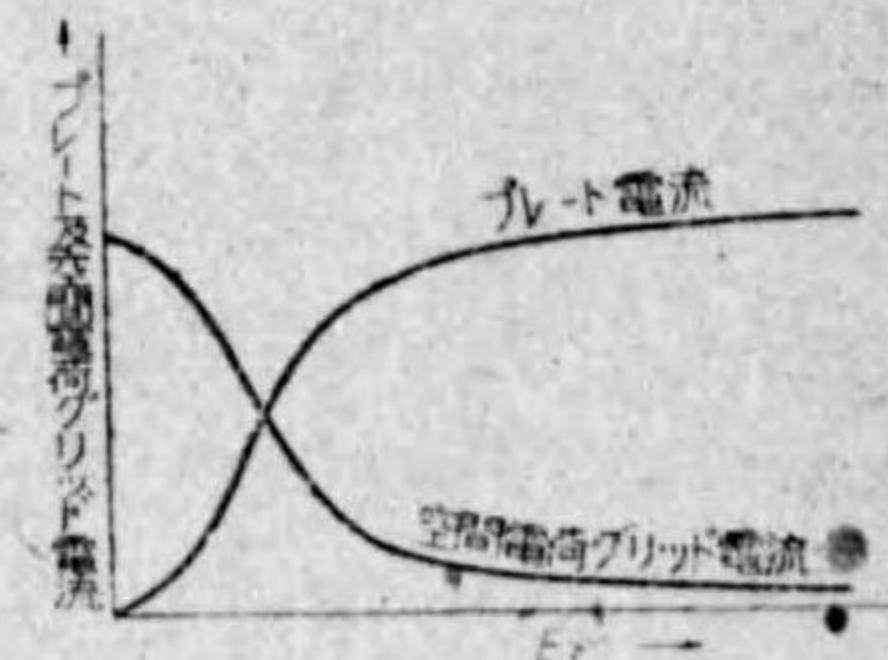


〔第 544 圖〕

合成電圧が十分に高い時は、フィラメントから放出された電子は、空間電荷の正電位に吸引され、加速されて、空間電荷グリッドを通り抜けてプレートに向ふ。もし、この合成電圧が低い時には、電子は空間電荷グリッドに集り、空間電荷グリッドの電流のみとなるのである。

第545圖は合成電圧  $E_r$  によつてプレート電流や空間電荷グリッド電流の變化を示したものである。

合成電圧  $E_r$  はグリッド電圧によつて變へられ、従つてプレート電流も自由に變化できることは三極真空管と同様である。



〔第 545 圖〕

第546圖は制御グリッド電壓對プレート電流の特性曲線である。空間電荷グリッドの働きでプレートに向ふ電子の運動が盛んであるため、曲線の傾斜は三極管の場合より大きいのである。

なほ空間電荷が除かれてゐるので、プレート電流は早く飽和點に達する。



従つて空間電荷グリッド四極真空管は電圧の大きなものの増幅には不適當である。またプレート電圧が低くても動作するから、經濟球として携帯用セット等に使はれてゐる。

### 第七節 五極真空管 (ペントード)

#### 1) 五極真空管の構造

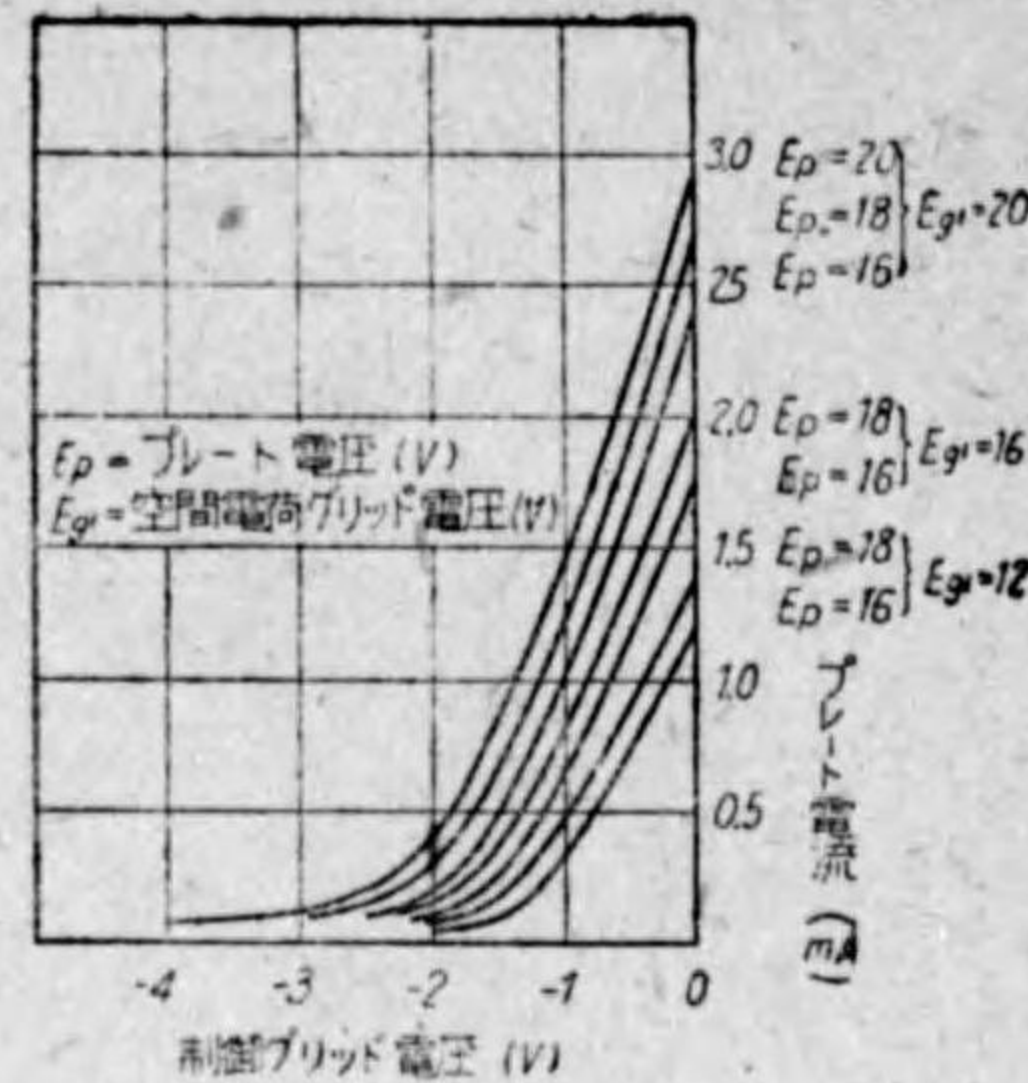
第547圖(A)に示す如く、遮蔽グリッド

四極真空管の遮蔽グリッドとプレートの間に更に一つグリッドを挿入したもので、このグリッドを抑制グリッド(サブレスサグリッド)といひ、斯様な構造のものを五極真空管といふ。

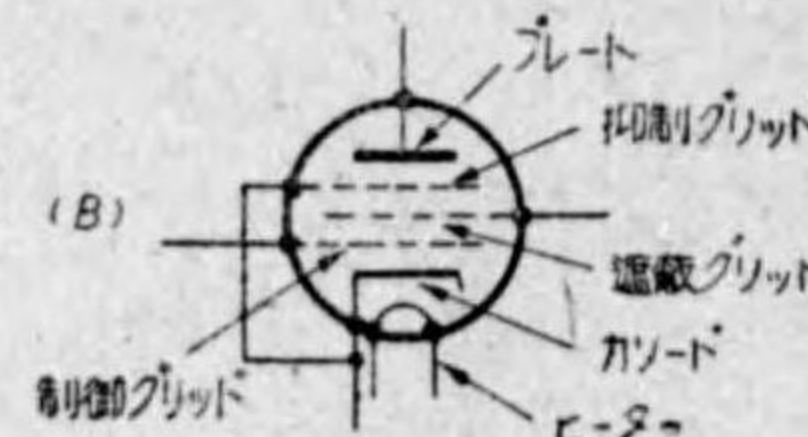
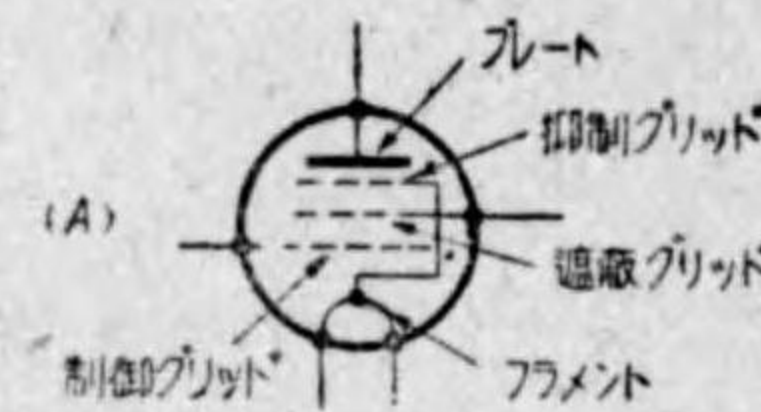
抑制グリッドは、真空管の内部で直接フィラメントに接続されてゐるもの、或は外部でカソードの一端に接続して用ひる第547圖(B)の如きものがある。

#### 2) 抑制グリッドの働き

プレートと遮蔽グリッドとの中間におかれた抑制グリッドは、普通フィラメントなりカソードに接がれ、プレートより遙かに低電位におかれてあるので、プレートから二次電子が起つても、この抑制グリッドの低電位のため、再びプレートに追ひ返されてしまふ。従つてプレート電圧が遮蔽グリッド電圧より低くなつても、プレートから放出する二次電子は遮蔽グリッドには移動せず、その結果プレートから大きな出力電圧を得ることができるのである。



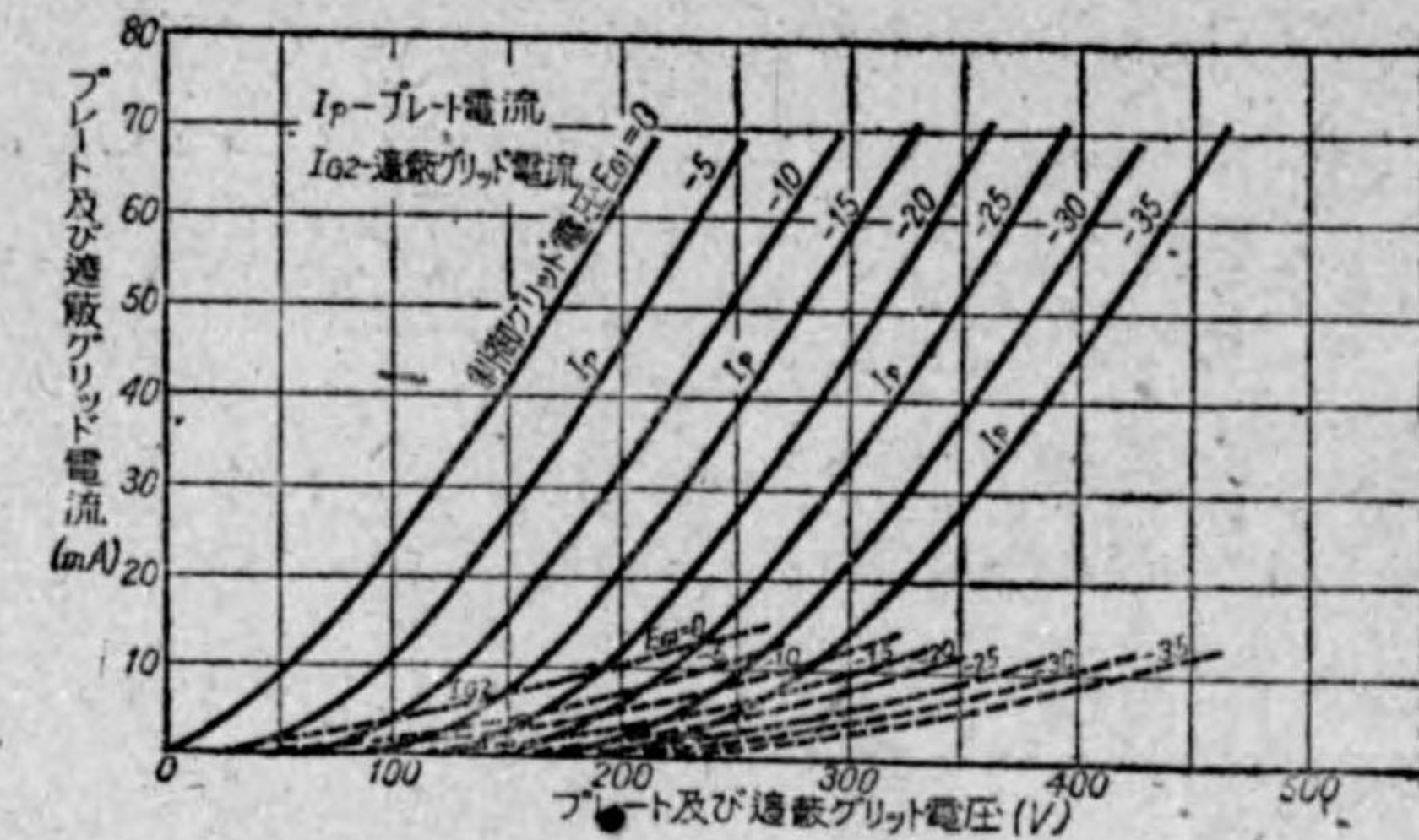
〔第546圖〕



〔第547圖〕

### 3) 五極真空管の特性と用途

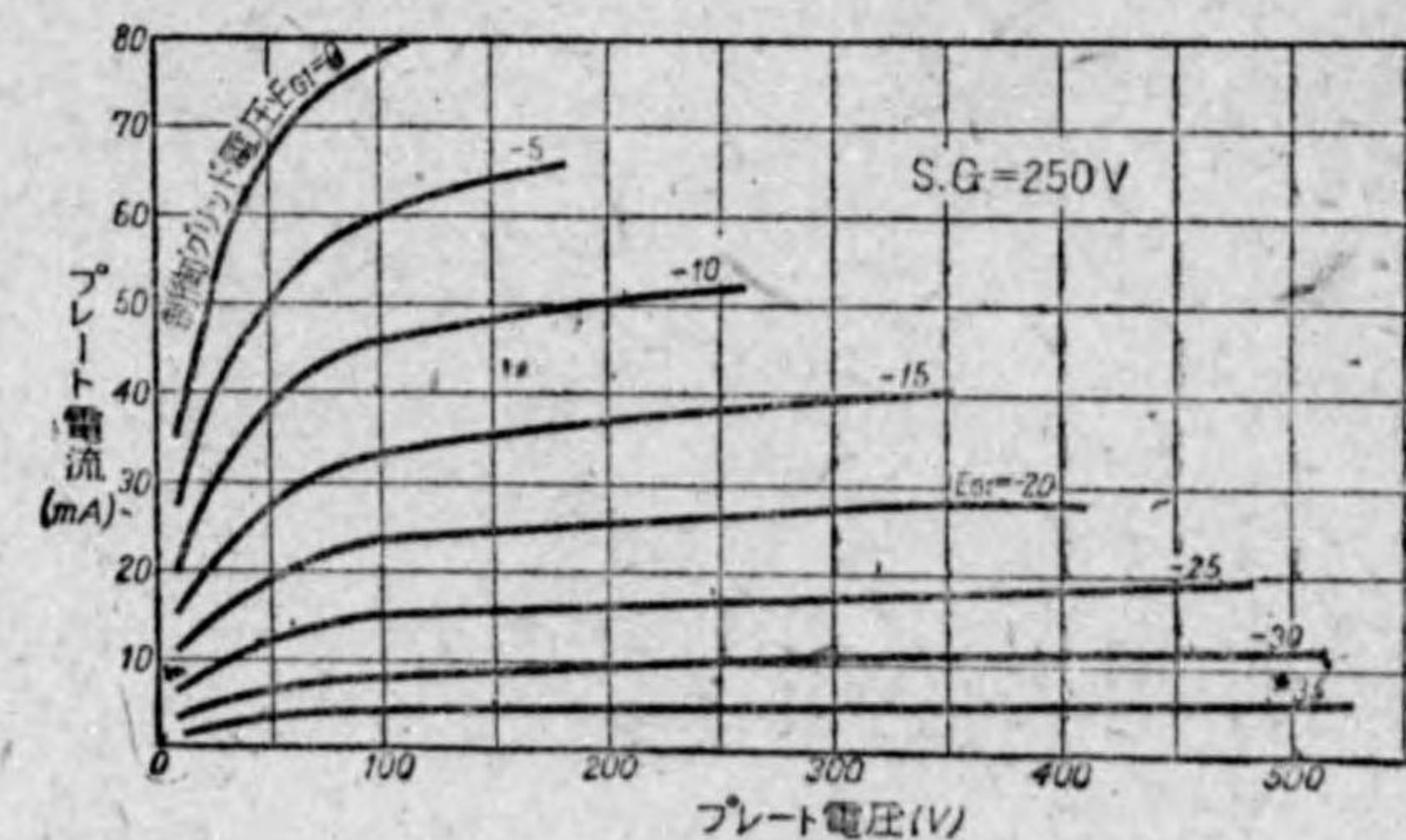
第548圖はプレートと遮蔽グリッドとを同電圧とし、その電圧を變化した場合のプレート電流及び遮蔽グリッド電流の變化を表はしたものであり、第



〔第548圖〕

549圖は遮蔽グリッド電圧を一定に保つてプレート電圧を變化した場合のプレート電流の變化を表はした、所謂  $E_p - I_p$  特性曲線である。二特性からみても、曲線が平坦となつてゐる故、相當に大なる入力電圧を加へても飽和せず増幅作用が行はれ、大なる出力も得られるのである。

五極真空管は増幅定数も出力も大きいので、普通檢波真空管の出力側と直



〔第549圖〕

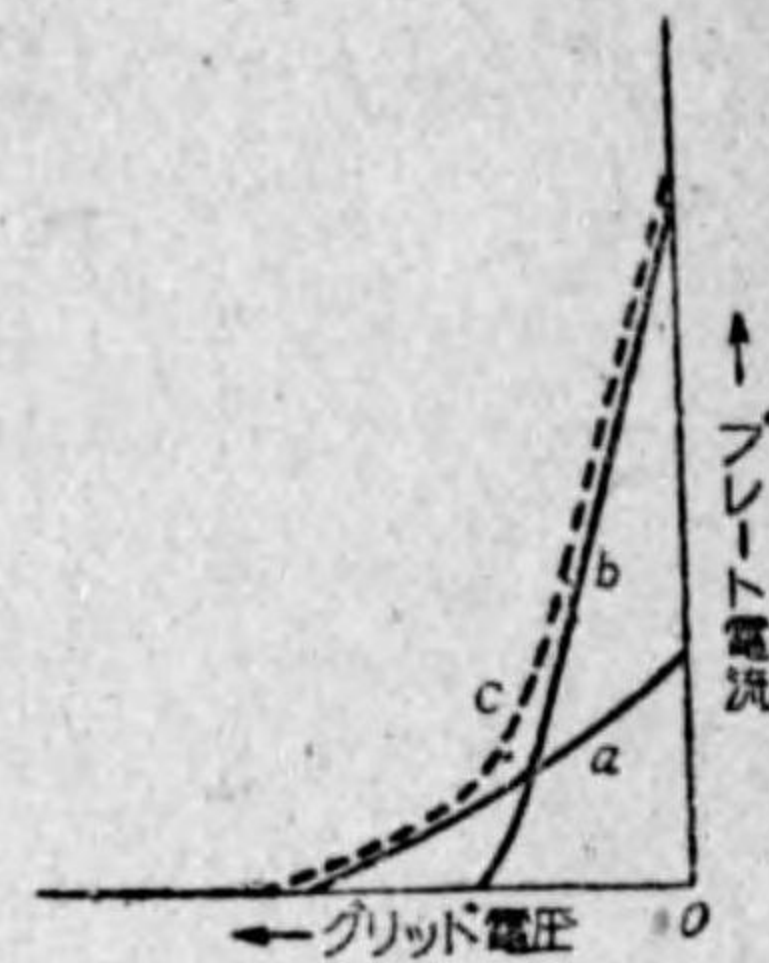
接結合して電力増幅として多く用ひられてゐる。

### 第八節 可變増幅型真空管

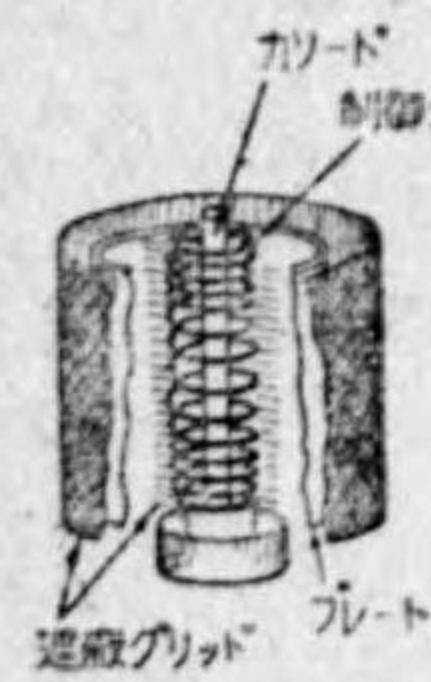
真空管のプレート電流は、一般に第550圖の(a), (b)の曲線で示される如く、グリッド電圧が負になるほど減少して、遂には零となる。このプレート電流の零になる點は、真空管のグリッド電極の網目の大きさに支配される。即ち網目の荒いものを用いた時はグリッド電圧を相當大きく負にした點でプレート電流が零になるが、網目を細かにした場合はそれより負電圧の小さい値でプレート電流は零になるのである。

第550圖の(b)は入力電圧の小さな時の増幅に適當であり、また(a)は大きな入力電圧の時の増幅に適當するのである。従つて(b)の曲線をもつ真空管のグリッドは荒く、(a)の曲線をもつ真空管のグリッドは細くできてゐるのである。

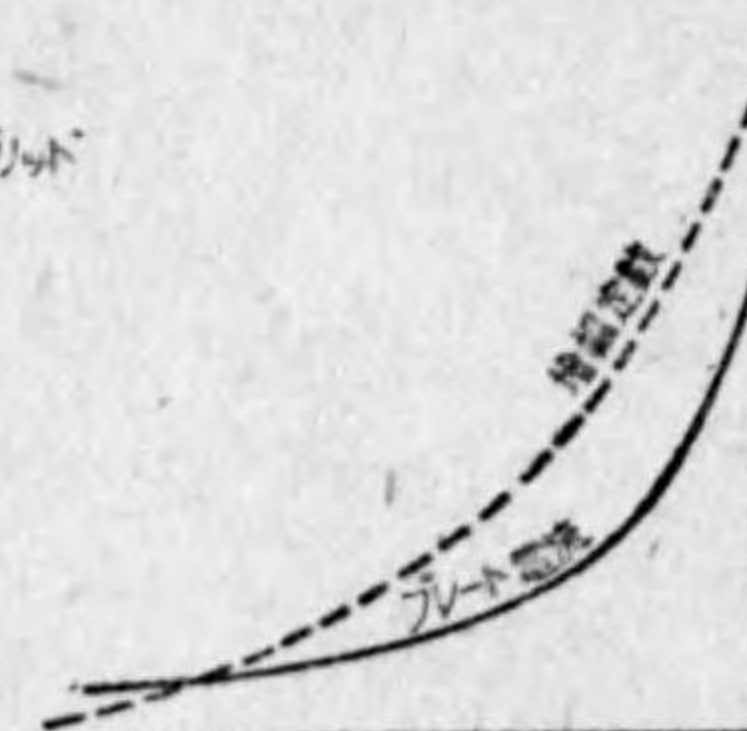
第551圖の如く制御グリッドを疎密に作つた時には、ちやうど第550圖の(a)と(b)の二つの特性をもつた(c)が得られ、プレート電流及び増幅定数は第552圖に示す如く連続的に變化できるのである。斯様なものを可變増幅型真空管(バリアブル・ミュー真空管)といつてゐる。



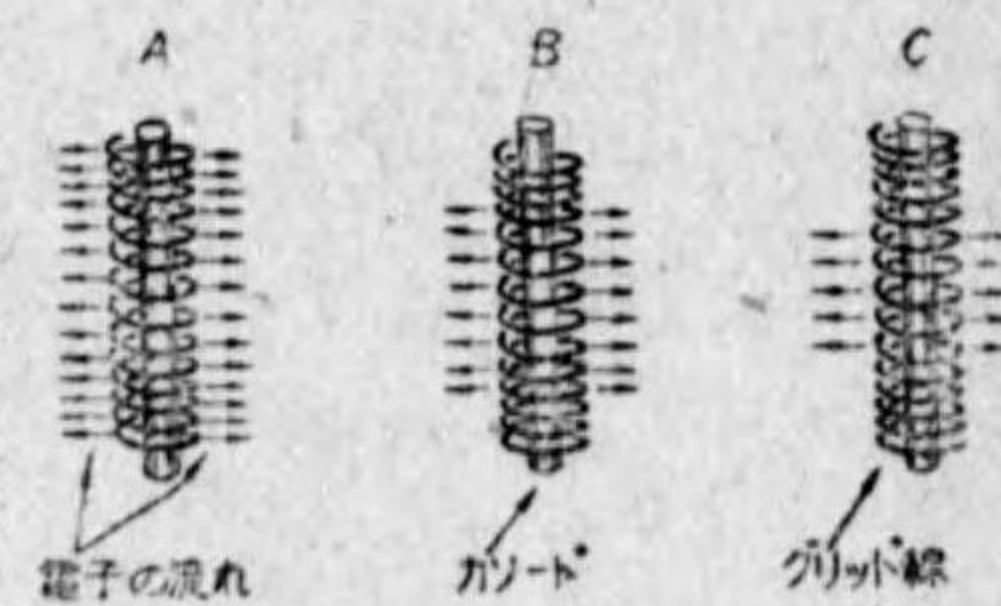
〔第550圖〕



〔第551圖〕



〔第552圖〕



〔第553圖〕

可變増幅型真空管のグリッド・バイアス電圧を變へることによつて、第553圖に示す如く電子の流れを増減することができ、自由に増幅定數を變化させ得るのである。

第553圖の(A), (B), (C)はグリッド・バイアス電壓をその順に増加した時の電子の流出する量及び場所を表はしたものである。

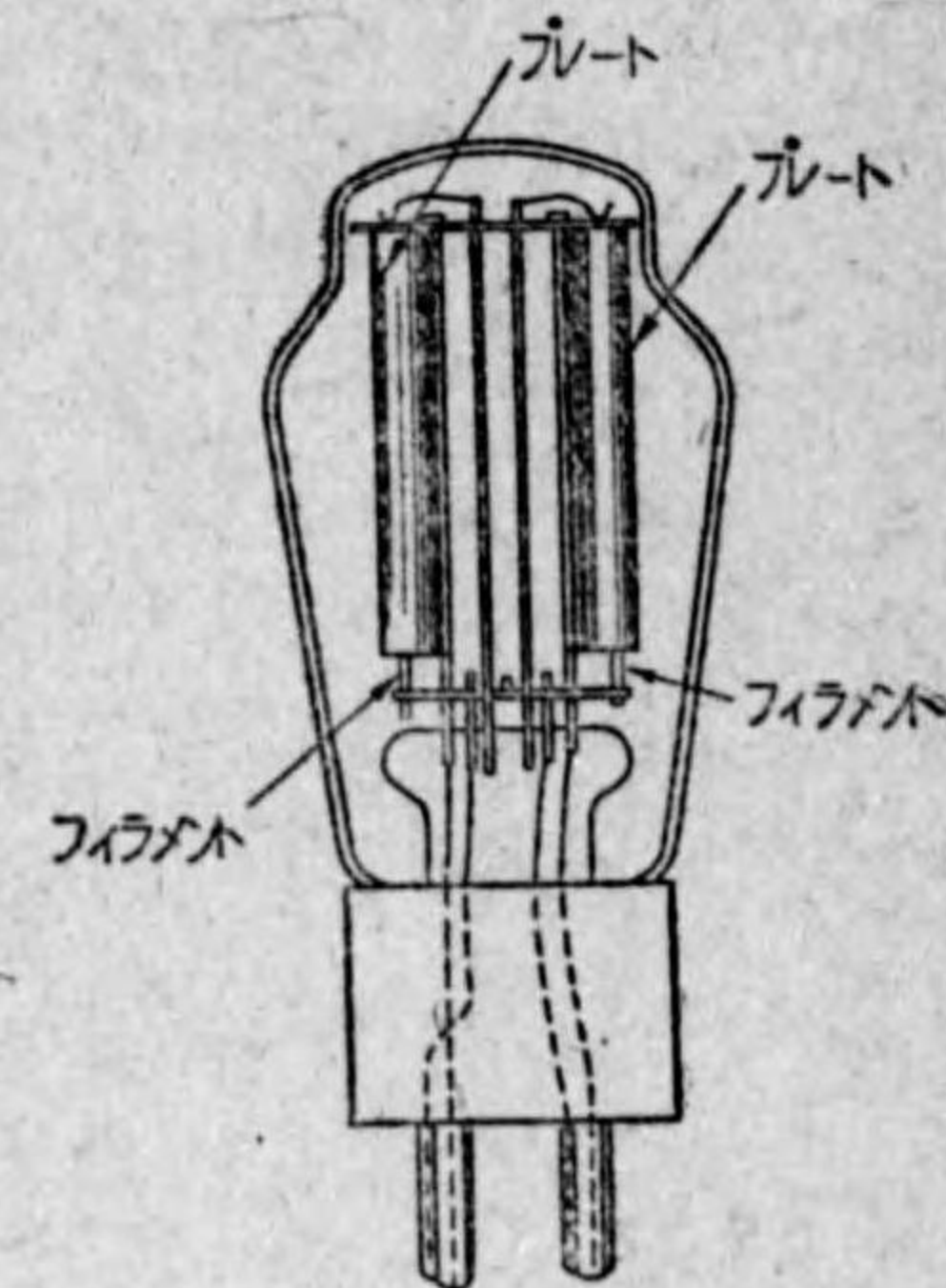
可變増幅型真空管は、特性曲線からも判るやうに、グリッド・バイアスの大きさによつてその増幅定數が變化するから、自動音量制御に用ひられる。

### 第九節 整流用真空管

#### 1) 真空整流管

一般に用ひられてゐる真空整流管の構造は第554圖で示したやうな1個のフィラメントと1個のプレートから成つた二極真空管である。これは入力交流の半分だけを整流するので、半波型整流管といつてゐる。また第554圖の如く一つの真空管の内にプレートを2個入れたものがある。一つの真空管内で入力交流が交互に整流されるから、整流能率は前者の2倍になる。このやうなものを兩波型整流管といふ。

整流管のフィラメントは、三極管と同様、タングステン、トリウム入りタングステン、酸化物被覆が用ひられるが、その中でも能率の良い酸化物被覆が一般に多く用ひられてゐる。またプレートはニッケル、グラファイト等が用ひられるが、熱輻射率を良くするために煤を塗布し黒色としてゐる。プレートの溫度が上昇し過ぎると、プレートからも電子が放出され、整流作用は不完全となる虞れがあるからである。



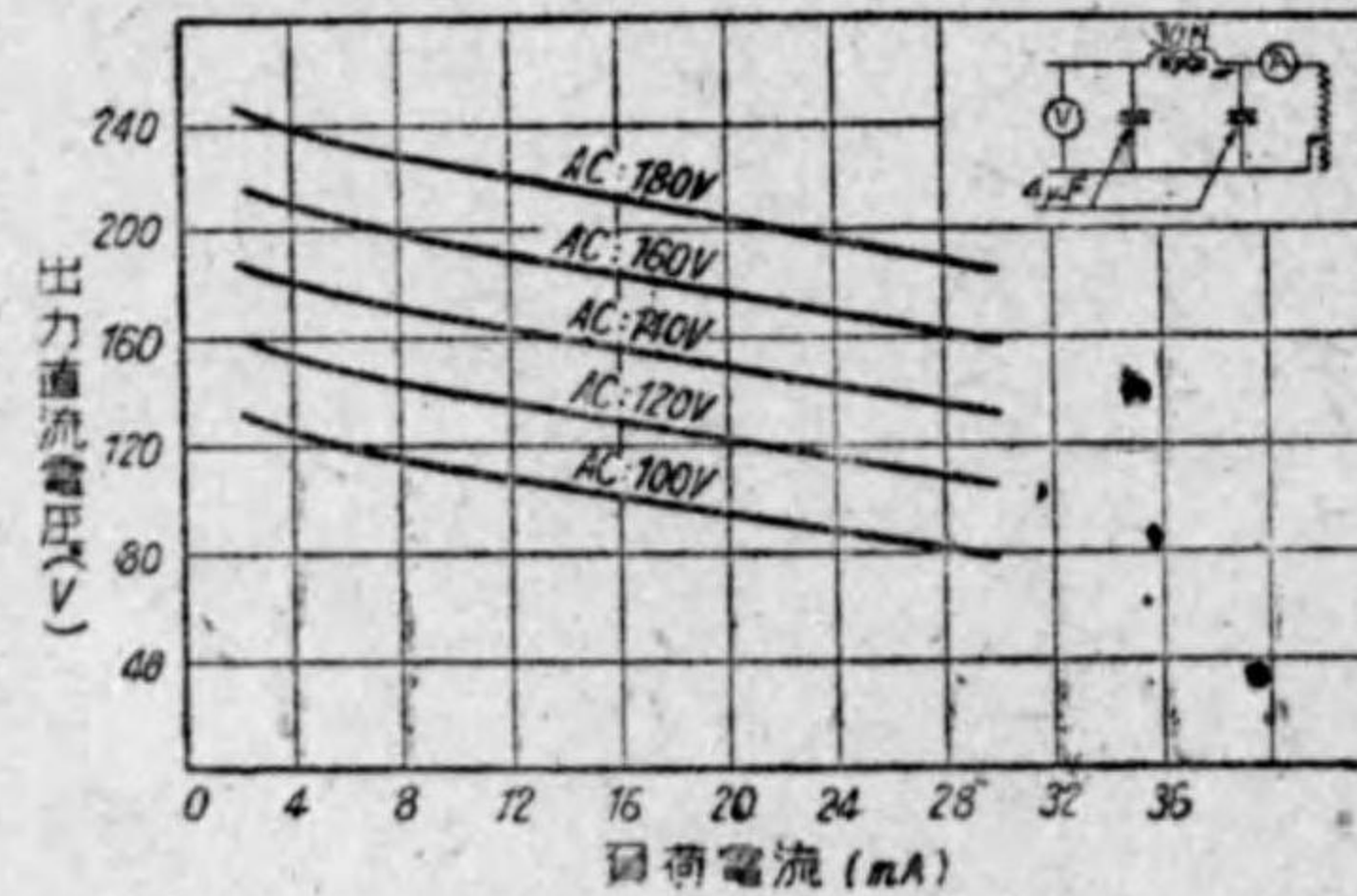
〔第554圖〕

整流管の各部の大きさ、即ちフィラメント電圧、電流値及びプレートの大  
きさは、整流管から取り出す直流出力電流及び最大入力交流電圧によるので  
ある。

〔第 501 表〕 真空整流管

名 稱	外 圍	線 條		最大入力 交流電圧 (V)	最大連続 直流出力電流 (mA)
		電圧 (V)	電流 (A)		
KX-12 F	硝 子	5.0	0.5	300	40 (半 波)
KX-80	硝 子	5.0	2.0	400×2	110 (兩 波)
KX-80 B	硝 子	5.0	1.25	400	70 (半 波)
KX-281	硝 子	7.5	1.25	700	85 (半 波)
KX-25 Z 5	硝 子	25	0.3	125	100 (倍電化)
KX-5 Z 3	硝 子	5.0	3.0	500×2	250 (兩 波)
KX-83 V	硝 子	5.0	2.0	400×2	200 (兩 波)
KY-84	硝 子	6.3	0.6	350×2	50 (兩 波)
5 W 4	金 屬	5.0	1.5	350×2	110 (兩 波)
5 Z 4	金 屬	5.0	2.0	400×2	125 (兩 波)
6 X 5	金 屬	6.3	0.5	350×2	60 (兩 波)
25 Z 5	金 屬	25.0	0.3	125×2	100 (兩 波)

第 501 表は真空整流管  
の種類とその現格を示し  
たものである。また第  
555 圖は入力交流電圧を  
變へた場合の出力直流電  
圧と負荷電流の關係を示  
したものである。



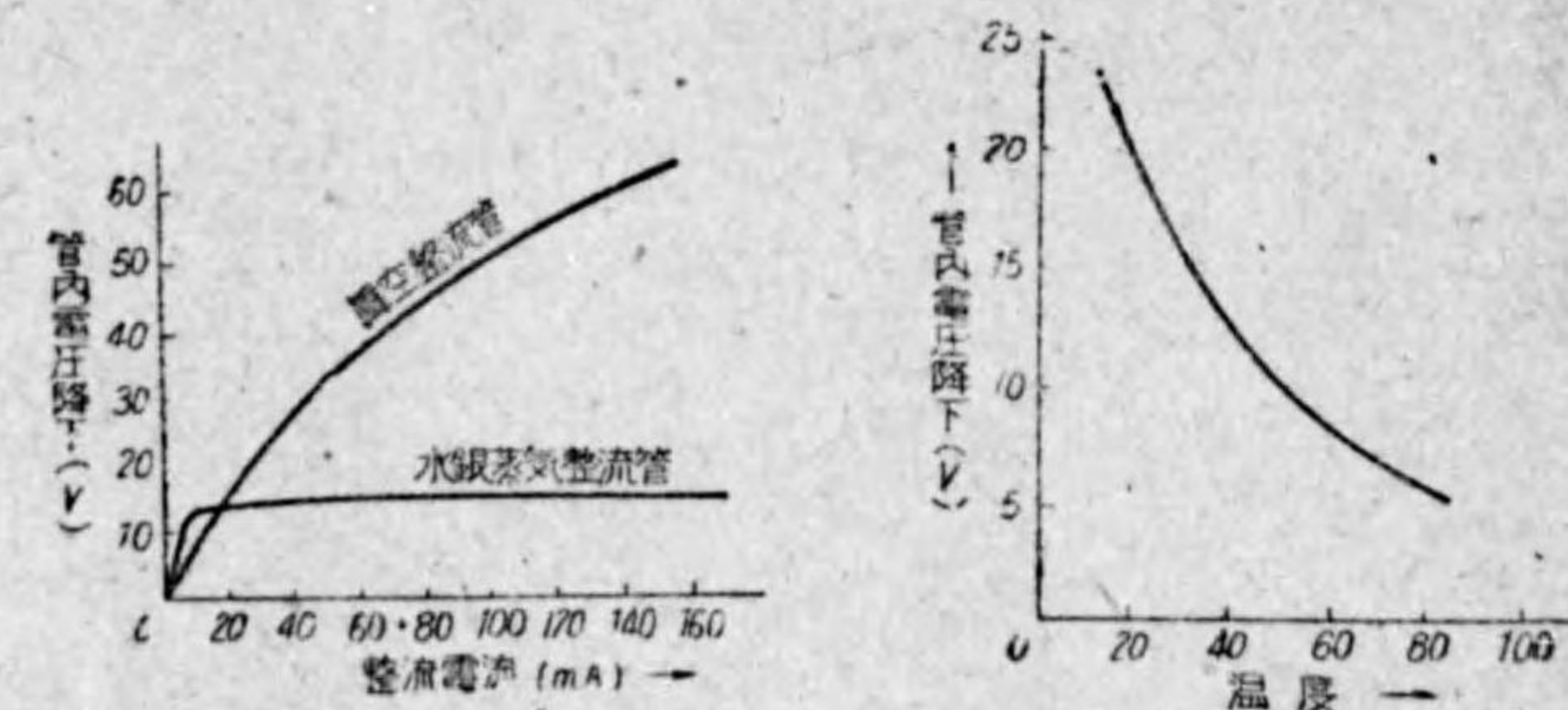
〔第 555 圖〕

2) 熱陰極水銀蒸  
氣整流管

熱陰極水銀蒸氣整流管の構造は、前述の真空管に對して、管内に水銀蒸氣  
を封入した低真空の整流管である。フィラメントとしては主として酸化物被

覆のものが用ひられてゐる。

熱陰極水銀蒸氣整流管の作用を説明すれば次の如くである。まづフィラ  
メントが加熱されると、管内に封入してある水銀は完全な水銀蒸氣となつて充  
滿する。と、同時に、フィラメントからは普通真空管と同様に電子が放出さ  
れ、正電位にあるプレートに向つて突進する。この際、電子は、管内の水銀  
の分子に衝突しこの分子を破壊し、電離させ、そこにイオンを發生する。な  
ほ發生したイオンは正イオンと負のイオンであり、この正イオンはフィラ  
メント附近にある負の電荷を帯びた空間電荷を中和し、これを消滅せしめる。  
従つて空間電荷の無くなつた管内ではフィラメントからプレートに進む電子  
の量が増加し、プレートの電圧が低くとも多くの電流が流れるのである。水  
銀蒸氣の量は管内の温度の上昇に比例し、水銀蒸氣の量が多くなると同時に  
管内電圧降下も少くなる、第 556 圖は温度の上昇と共に管内電圧降下も少く  
なることを示したものである。また真空整流管と水銀蒸氣整流管の管内電圧  
降下の比較は第 557 圖の如くで、如何に水銀蒸氣整流管が能率が良いかが判  
る。



〔第 556 圖〕

〔第 557 圖〕

水銀蒸氣整流管の特長を掲げれば次の如くである。

1. 出力電圧の變動率が非常に少いこと。
2. 管内電圧降下が一定で且低いこと。
3. 管内損失が少く能率の良いこと。

水銀蒸氣整流管の使用方法は大体に於て真空整流管と同様であるが、特に

注意すべきことはフィラメントの電圧、電流を必ず規定の値にして使用することで、それは低い値で動作させてはいけないことである。フィラメントの温度が低い時は、電子放出が少く、プレート電流が小さいため、管内に過大の電圧がかかり、フィラメントを破壊することがある。

第502表は熱陰極水銀蒸気整流管の種類とその規格を示したものである。

第502表 熱陰極水銀蒸気整流管

名 稱	織 條		最大交流電 壓 (V)	最大直流出力電流 (mA)
	電 壓 (V)	電 流 (A)		
HX-82	2.5	3.0	500	125
HX-83	5.0	3.0	500	250

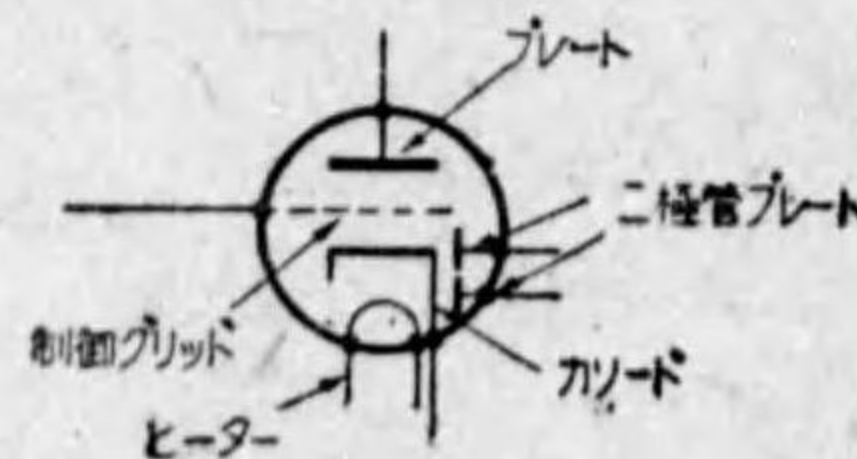
第十節 複機能真空管

最近、真空管の数を少くし、受信機の機能をそれ以上にも高めることが考へられるやうになり、ここに複機能真空管が作られるやうになつた。複機能真空管とは1個の真空管で二つ或は三つの作用を行ひ得るものである。構造的に大別すると、次の如きものがある。

1. 異つた種類の真空管を二つ以上同一管内に納めたもの。
2. 二つの同じ真空管を同一管内に納めたもの。
3. 一つの新しい型のもので、管内で電子結合が行はれるといふ特殊なもの。

1) 複二極三極管

複二極三極管(デュプレックス-ダイオード-トライオード)といふのは、第558圖に示す如く、共通のカソードに検波用二極管部として2箇のプレートが、また三極管部として制御グリッド及びプレートが同一管内に封入されたものである。



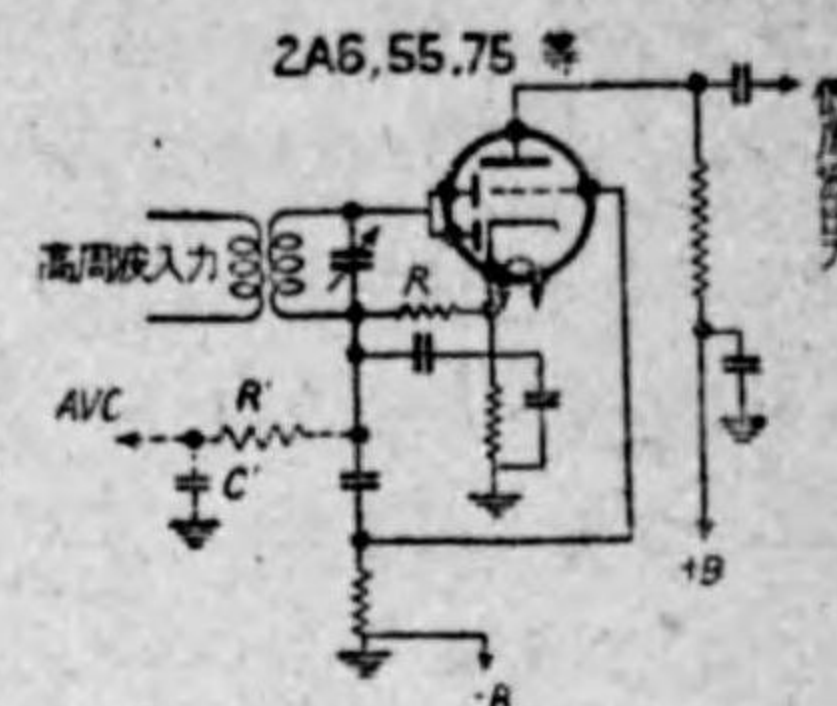
【第558圖】

二極管部は検波に或は自動音量調節装置として使用され、三極管部は二極管部で検波された低周波を増幅するのに使用される。第559圖はその使用法の一例を

示したものである。この型の真空管としては55. 75. 2A6. 85 等がある。

これ等四つの真空管の中で、55 と 85 の三極管部の定数と、2A6 と 75 の三極管部の定数は、下記の如く異つてゐる。

従つて、55, 85 は変圧器結合として、また75, 2A6 は抵抗結合として用ひられる。



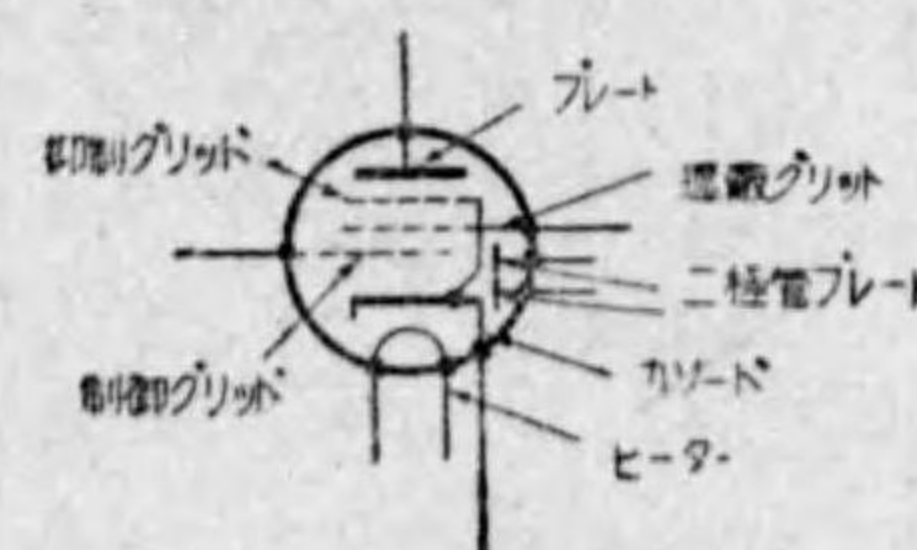
【第559圖】

型 名	増幅定数	内 部 抵 抗	相互コンダクタンス
55 85	8.3	7,500 オーム	1,100 マイクロモー
75 2A6	100	91,000 オーム	1,100 マイクロモー

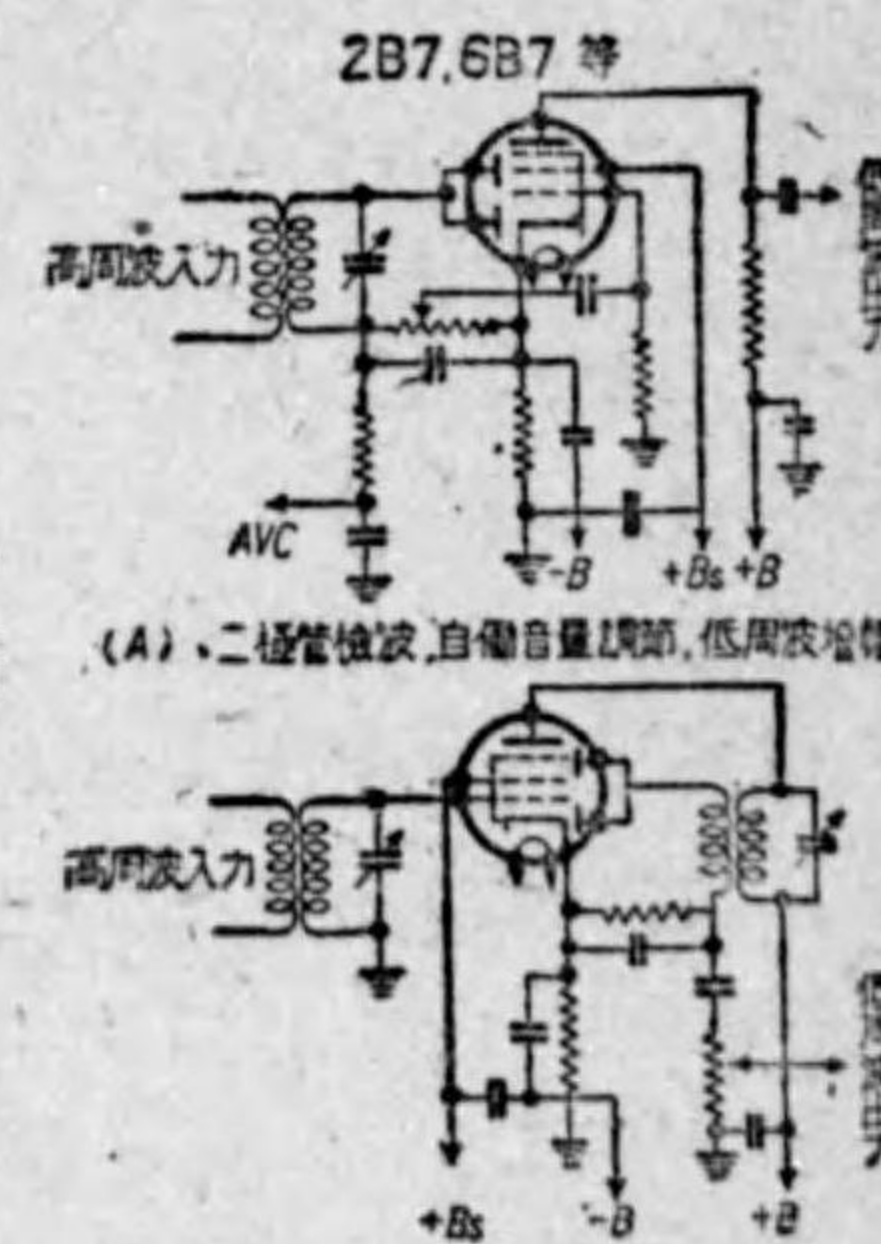
2) 複二極五極管

複二極五極管(デュプレックス-ダイオード-ペントード)は、複二極三極管の三極管部分が五極管となつたもので、構造は第560圖の如きものである。

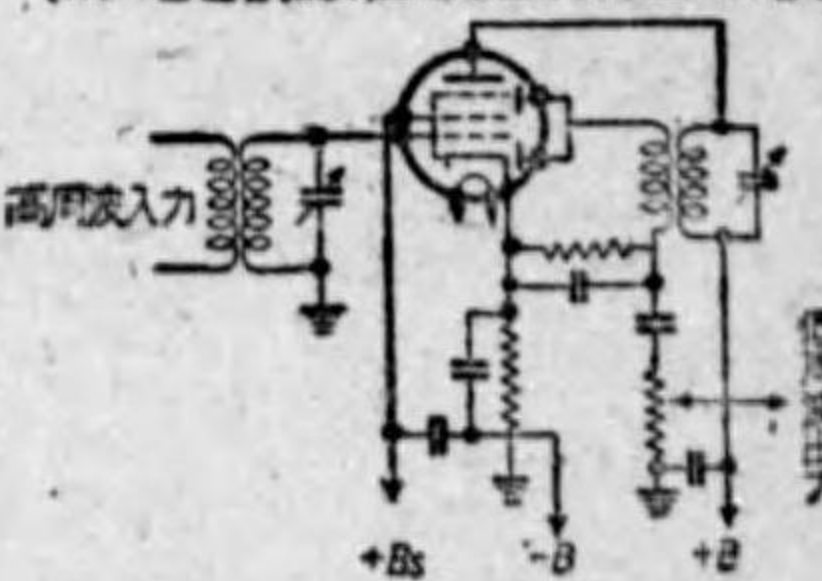
この真空管の二極管部は検波及び自動音量調節用として使用され、五極管部は高周波又は中間周波増幅或は低周波増幅として使用される。その代表的な使用回路の一例を示すと第561圖の如くである。(A)は二極管検波並に自動音量調節及び低周波増幅



【第560圖】



(A) 二極管検波、自動音量調節、低周波増幅



(B) 高周波増幅、二極管検波

【第561圖】

に使つた場合、(B)は五極管部を高周波増幅に二極管部を検波に使用した場合である。

この型の真空管には 2B7, 6B7 等がある。

### 3) 五グリッド七極真空管

五グリッド七極真空管(ペンタ-グリッド-コンバーター)は、第562圖の如き構造で、5箇のグリッドをもつてゐる。各グリッドはカソードの近い方から第一グリッド、第二グリッド、第三グリッドと順に呼ばれる。

従来のスーパー・ヘテロダイン受信機に於ては、局部発振管と第一検波管として別な真空管を使ひ、局部発振管の出力を第一検波管の一部に加へ、入力信号と混合して、そのビートによつて中間周波を作つてゐた。この五グリッド七極真空管はこれ等の作用を1個で行ふもので、このやうな真空管を變換管ともいふ。

従来のスーパー・ヘテロダイン受信機に於ては、局部発振管と第一検波管として別な真空管を使ひ、局部発振管の出力を第一検波管の一部に加へ、入力信号と混合して、そのビートによつて中間周波を作つてゐた。この五グリッド七極真空管はこれ等の作用を1個で行ふもので、このやうな真空管を變換管ともいふ。

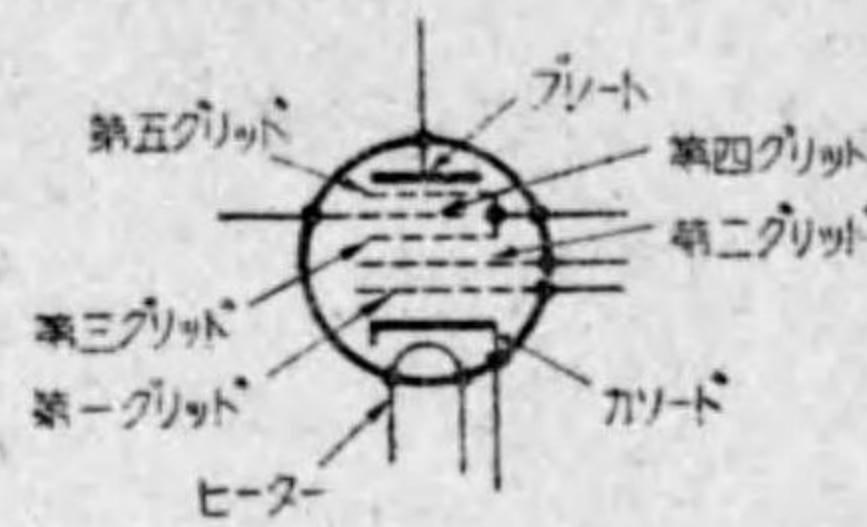
この真空管を使つた一例は第563圖の如きものである。第一グリッドは發振グリッド、第二グリッドは發振プレートとして使はれ、局部發振器として働く。他方、第四グリッドは、第一檢波の制御グリッドとし、第三及び第五グリッドはこれを遮蔽して發振管部分とを隔離せしめる一方、カソードからの電子を加速させる役目をする。

この真空管を使つた一例は第563圖の如きものである。

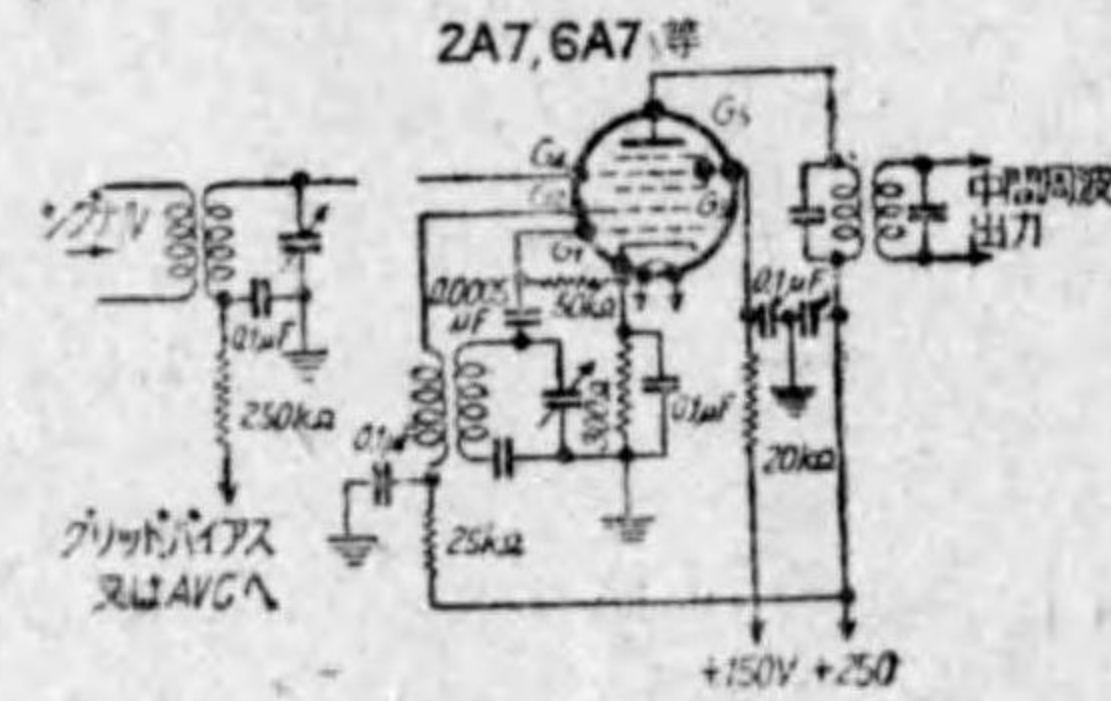
第一グリッドは發振グリッド、第二グリッドは發振プレートとして使はれ、局部發振器として働く。他方、第四グリッドは、第一檢波の制御グリッドとし、第三及び第五グリッドはこれを遮蔽して發振管部分とを隔離せしめる一方、カソードからの電子を加速させる役目をする。

第四グリッドから入つた信号によつてプレート電流が制御されると同時に、發振管部の第二グリッドに生じた局部信号によつて更にプレート電流が制御される。即ち電子結合によつて兩者を混合してビートを作り、中間周波とす

第四グリッドから入つた信号によつてプレート電流が制御されると同時に、發振管部の第二グリッドに生じた局部信号によつて更にプレート電流が制御される。即ち電子結合によつて兩者を混合してビートを作り、中間周波とす



〔第 562 圖〕



〔第 563 圖〕

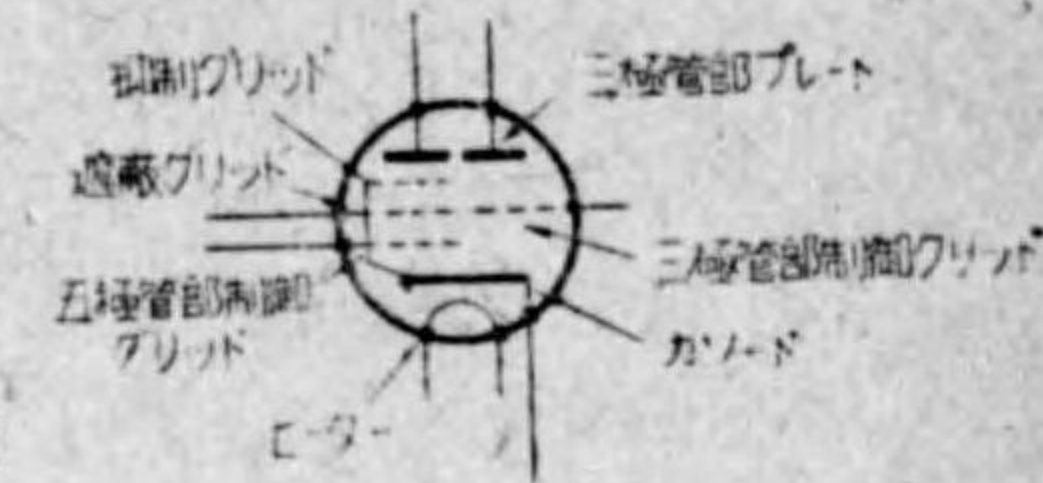
るのである。

五極グリッド七極真空管には 1A6, 2A7, 6A7, 等がある。

### 4) 三極五極真空管

三極五極真空管(トライオード-ペンタード)は、第564圖の如く、三極管と五極管とが同一真空管内に納められたものである。

三極管部、五極管部、共に増幅用として用ひられる、即ち1個で2段増幅ができるのである。スーパー・ヘテロダイン受信機に使用する時は三極管部を局部發振に、また五極管部を第一檢波に使用する。6F7型真空管はこの三極五極真空管である。



〔第 564 圖〕

波に使用する。6F7型真空管はこの三極五極真空管である。

### 5) 全波整流倍壓真空管

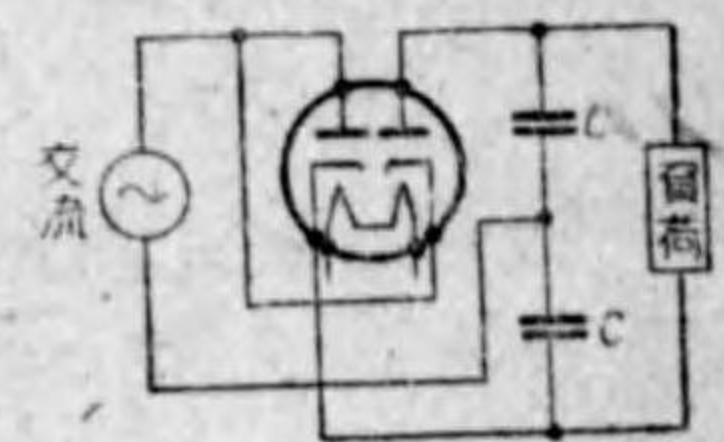
第565圖に示す如く2個の整流管を持つたもので、接続は兩波整流の場合とは異り第566圖の如くである。ちやうど片波の整流管を2個直列にした形で、出力電圧は半波整流の場合の電圧の約2倍になる。

この種の整流管では、カソードを傍熱型とし、一つのヒーターで二つのカソードを加熱するやうにしてゐる。

この倍壓真空管は、主にトランスレス受信機の電源部に用ひられてゐる。この型の真空管には 25Z5 がある。



〔第 565 圖〕



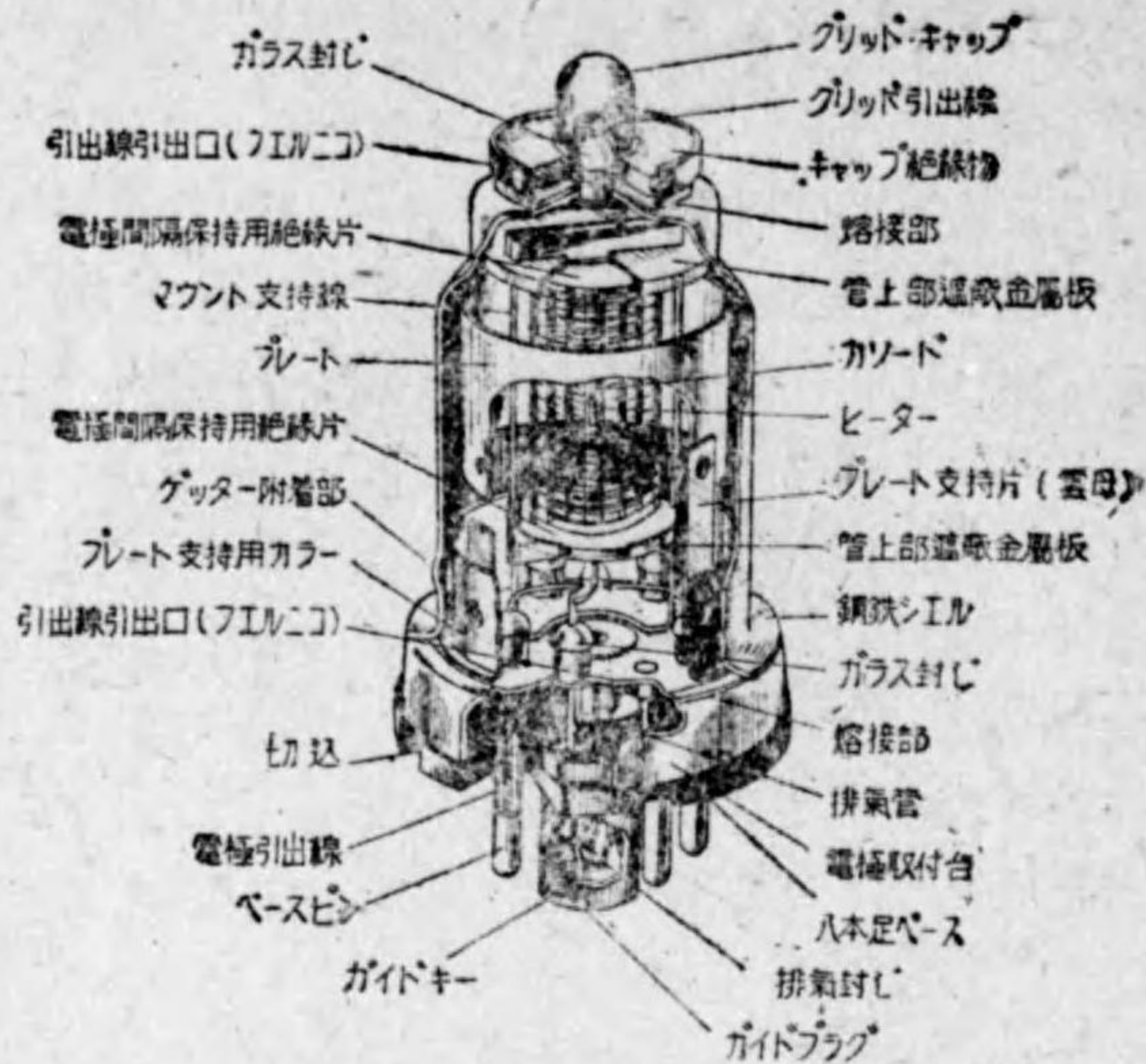
〔第 566 圖〕

## 第十一節 全金屬真空管(オール-メタル-チューブ)

従来の受信用真空管は、その真空の容器として硝子球を用ひてゐるが、この全金屬真空管は硝子球の代りに金屬容器を使用したものである。

各電極の導入線の封入部分にはフルニコと硝子とによつて保支されてゐる。

る。フェルニコと硝子とは同一膨脹係数であるから、完全に密着して、管内の真空を保つことができるのである。第567圖は全金屬真空管の構造を示したものである。全金屬真空管の特長を掲げれば次の如くである。



〔第 567 圖〕

1. 機械的に堅牢で、小形であること。
2. 静電的遮蔽が完全であること、即ち鋼鉄シールドは電極に極めて接近してをり、これを接地して使へばシールド・ケース不用で、なほ且つ効果は一層良好である。
3. 各電極の導入線が短く、また互に離れた位置にあるので、導入線間の静電容量が少い。従つて短波長受信機の如く高い周波数の高周波増幅用としてその効果を發揮する。
4. どの種類の金屬真空管にも皆八本脚口金を使用してゐるので、ソケットが一種類で良いこと。またベース・プラグがあるので真空管の挿入が容易である。

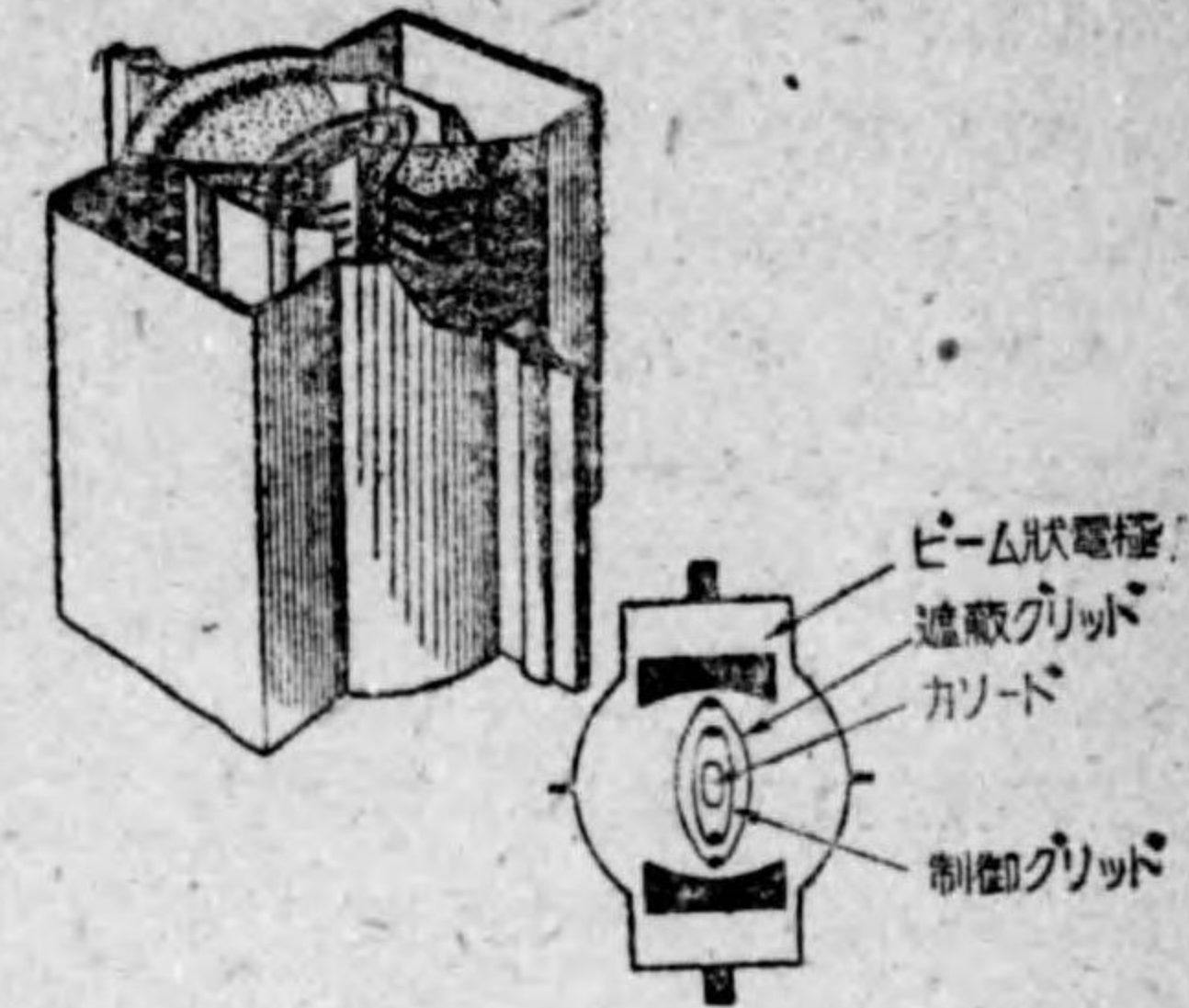
### 第十二節 ビーム型四極真空管

ビーム型四極真空管は電子光學の考へを應用したもので、その電極構造が

特殊に作られてゐる。管内の電子流は、それがためにビーム状をなして流れるのでビーム・パワー管と呼ばれてゐる。

第568圖はその構造を示すもので、電子流の通路も圖示してゐる。

カソードは扁平な断面をしてゐて、その周囲の制御グリッドは橢圓形をし、外側の遮蔽グリッドも亦同じやうに橢圓形をしてゐる。



〔第 568 圖〕

この他に2枚の電、ビーム形成用電極が遮蔽グリッドの外側にあり、これは管内でカソードに接がれてゐるのである。

カソードから放出された電子流は第568圖の如く二つの擴散するビームになつて流れ、それが更に制御グリッドによつて細い多くのビームに分けられる。このやうにカソードからの電子流はビーム状をして流れるから、プレートへの途中に存在する遮蔽グリッドに吸引されることが非常に少いのである。従つて遮蔽グリッド電流が小さく、真空管の能率は増大されるのである。

ビーム型四極真空管は、五極管の如く抑制グリッドはもつてゐないが、これと同様な作用も起るのである。即ち遮蔽グリッドとプレートとの間に於て電子密度の濃い部分を生じ、これによつてプレートからの二次電子を反撥することができ、その上、事實、抑制グリッドはないのであるから、電場も一樣で、且つ電子ビームは全部プレートに達せられる。故にプレート電圧を或る程度低くしてもプレート電流は殆ど一定となる。しかしカソードから出る電子がプレートまで達し難いやうな限界にまでプレート電圧が下つた場合には急激にプレート電流は減少する。第569圖はビーム型四極真空管の特性の一

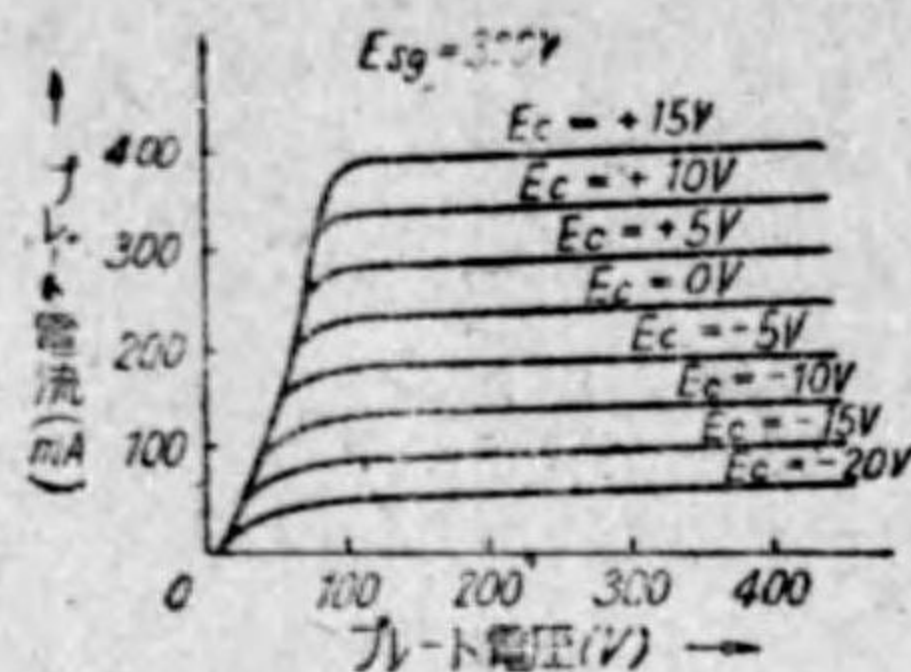
例を示したもので、これによつてもわかるやうに彎曲部は五極真空管に比べて鋭く、理想的な特性曲線を畫いてゐる。

ビーム型四極真空管の特長は非直線歪が少く且つ出力が非常に大きいことである。

この種の真空管に 6L6 型がある。

これを單獨に用ひれば 11.5ワットを得られ、

またプッシュプル接続を行つた時には最大出力が 60 ワットにまで達する。

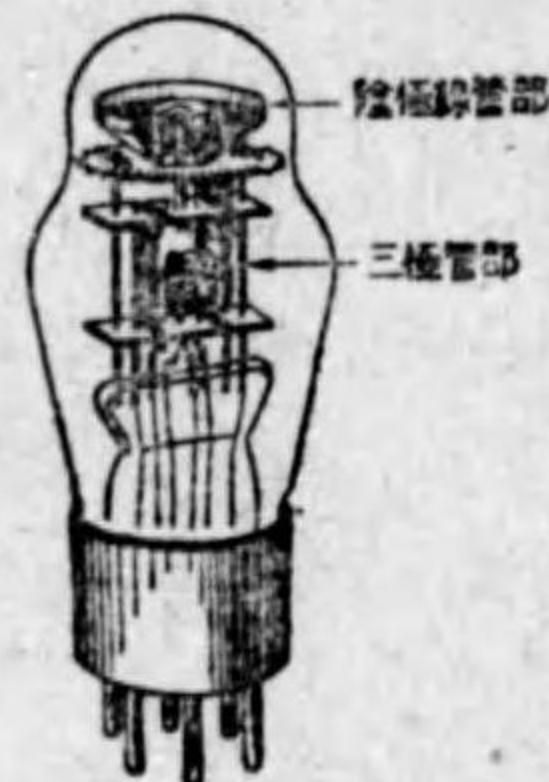


【第 561 圖】

### 第十三節 同調指示用真空管

同調指示用真空管は第 570 圖に示す如き構造を有する特殊真空管である。真空管の上部にある螢光性スクリーン (ターゲット) の上に生ずる螢光によつて受信機が同調してゐるか否かが目で見られるやうにしたもので、一名マヂックアイ (魔法の眼) とも呼ばれてゐる。

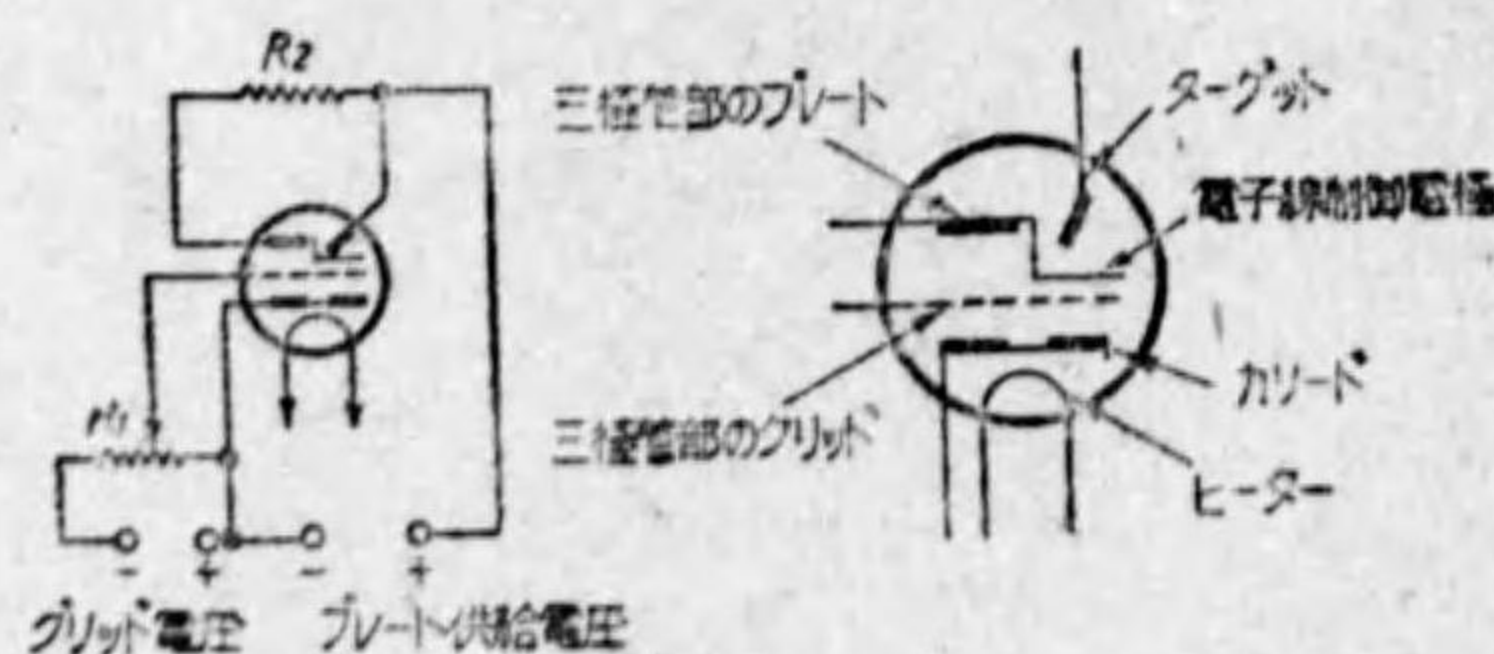
この真空管の構造は第 571 圖 (B) に示す如く二つの部分からなり、その一つは左半分が三極管部分で直流増幅器として働き、他は陰極線管部分で、螢光性スクリーンに螢光を發せしめる。兩者のカソードは共通であり、陰極線管部分の陰極線束を制御する電子線制御電極は三極管部分のプレートに管内で接続されてゐる。



【第 570 圖】

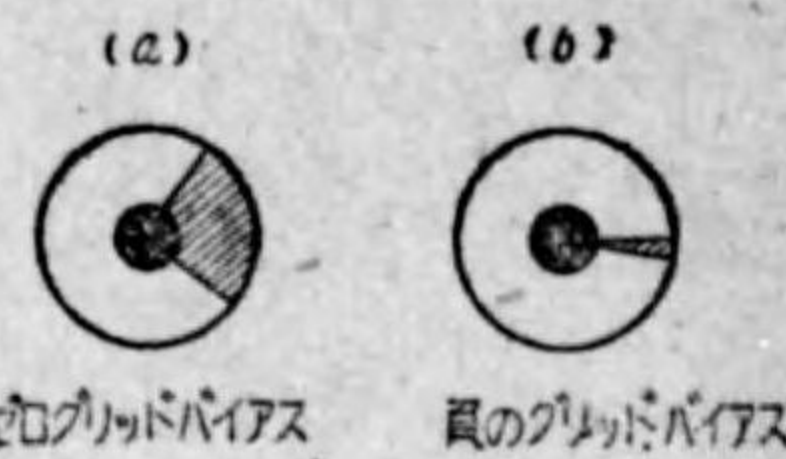
プレートに管内で接続されてゐる。

第 571 圖 (A) は同調指示用真空管の接続圖である。三極管部のプレートと陰極線管部の



【第 571 圖】

ターゲットとの間には  $R_2$  (1 乃至 0.5 メグ・オーム) の抵抗が入れてある。今、三極管部のグリッド・バイアスが零だとすると、三極管部のプレート電流は増加する。従つてプレート電圧は  $R_2$  の電圧降下で低くなり、それに接がれてゐる陰極線管部の電子線制御電極の電圧も低くなるのである。その結果、ターゲットより低い電位にある電子線制御電極は、カソードからターゲットに向ふ電子流の一部分を反撥するやうになる。そしてターゲット面の螢光は第 572 圖 (a) の如く陰影部の解度が擴がるのである。

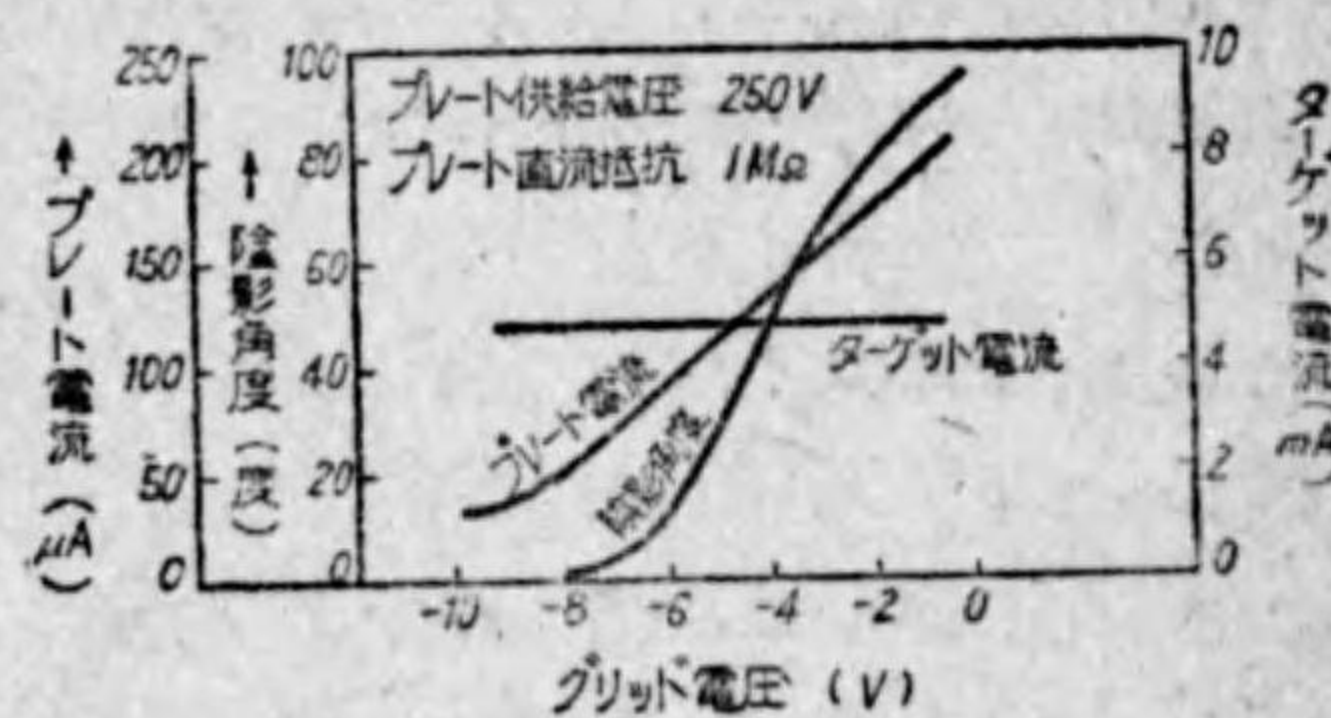


【第 572 圖】

今度は反對にグリッド・バイアスが負になると、三極管部のプレート電流は前より減少するので、三極管部のプレート電圧は高くなり、同時に電子線制御電極の電圧も高まり反撥作用が弱くなつて、第 572 圖

(b) の如く陰影は狭くなるのである。

受信機の自動音量調節回路に同調指示用真空管のグリッドを結べば、同調した時にグリッドは負になり、第 572 圖 (b) の如くになり、同調點をみることができるのである。



【第 573 圖】

第 573 圖は同調指示用真空管の特性の一例を掲げたものである。

## 第六章 部分品

これからラジオの受信機に使はれてゐる部分品について解説するが、あまり古いものは止めにして、現在使はれてゐるものについて説明することにする。ラジオの字引式に説明したのではあまり意味がないから、なるべく詳しく述べることにする。

### 第一節 コイル

コイルは、特に日本語でいふと線輪であるが、コイルといつただけで十分にわかる。尚、線輪といふ言葉も用ひられてはゐるが、今ではコイルといふ言葉も殆んど日本語になりきつたやうな工合である。コイルはラジオの器械ではなくてはならない大切なものの一つで、受信機に用ひられてゐるコイルの種類は、ほんとうに澤山あるが、それを大別すると

1. 空心コイル
2. 鐵心コイル

となる。

**空心コイル**といふのは、コイルの内部が空気だけのものであつて、もともとコイルといふものは、電線をグルグル巻いたものをいふのであるが、この電線をグルグル巻いたものの中に空気だけがある、それが空心コイルである。之に對して、鐵に電線を巻いて作ったコイルが鐵心コイルである。

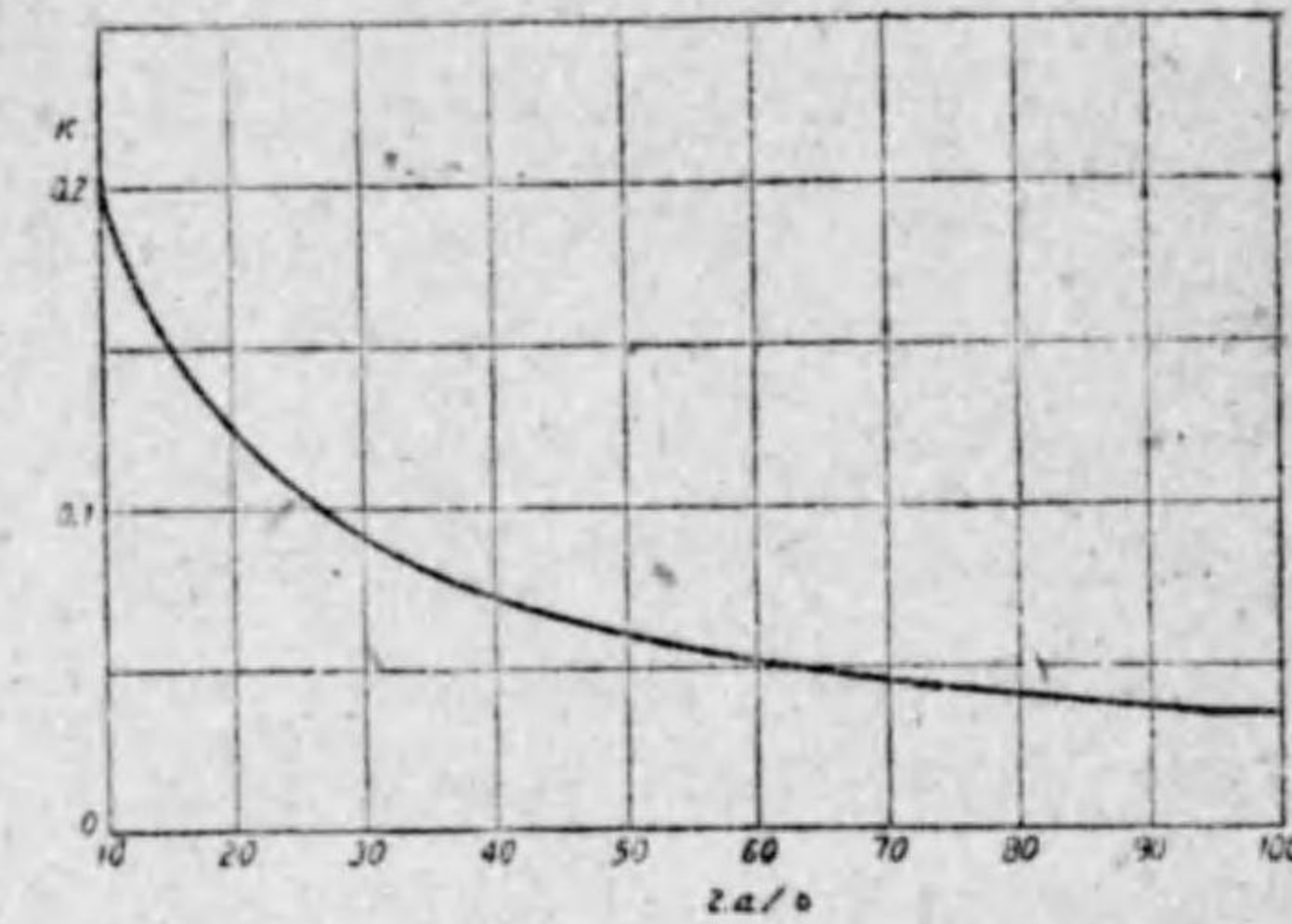
そして空心コイルは高周波用に、鐵心コイルは可聴周波又はそれ以下の周波数用にといふやうに考へられてゐるが、最近では數百キロ・サイクルにも用ひられるやうな鐵心コイルも出来てゐるから、空心コイルと鐵心コイルとの用途に對しては、あまりにはつきりした區別はない。然し大體は、空心コイルは高周波用に、鐵心コイルは可聴周波以下の周波数に用ひられると考へてゐて、あまり大したあやまりはない。

空心コイルは、その構造によつて、様様の名稱があるが、現在ラジオで用ひられてゐるものは、次の三種類である。

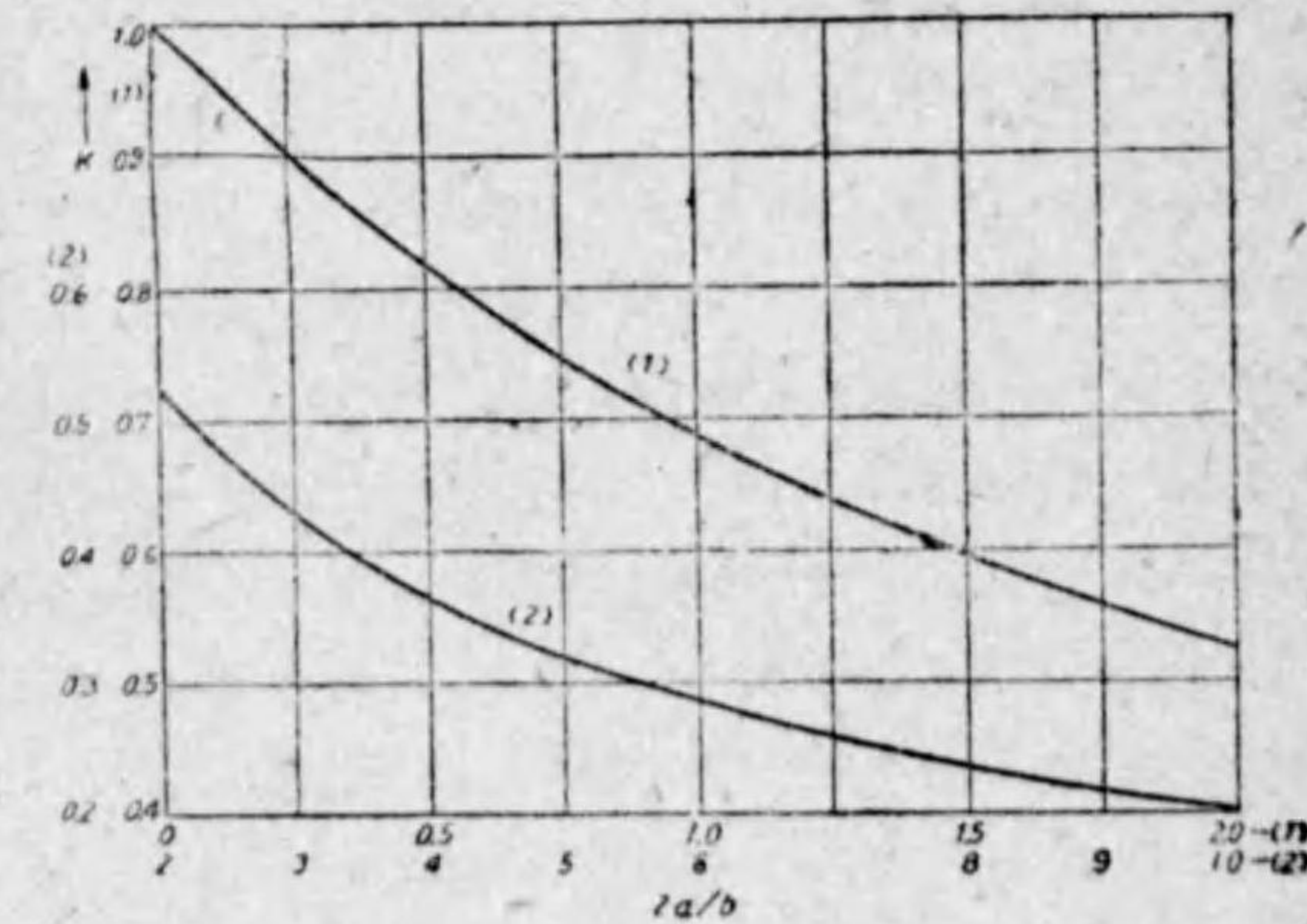
- (イ) 單層ソレノイド・コイル
- (ロ) 蜂の巣コイル(ハネカム・コイル)
- (ハ) クモの巣コイル(スパイダー・コイル)

上記の中でも、(イ)と(ロ)とが最も廣く用ひられてゐる。

(イ) 單層ソレノイドは絶縁物(エポナイト、ベークライト、コンパウンド等が多い)の圓形の筒又は六角形、八角形の筒(之等をコイルのポビンといふ)に、絶縁電線を巻いたもので、この場合巻線同志の間には隙間のないのが普通であつて、用ひる絶縁電



線も最近では殆んど全部エナメル銅線が用ひられ、その直径も0.16耗前後のものが多いやうである。それからポビンの直径にも大小色々あるが、まづ3種前後のものが廣く使はれてゐるやうである。



〔第 601 圖〕

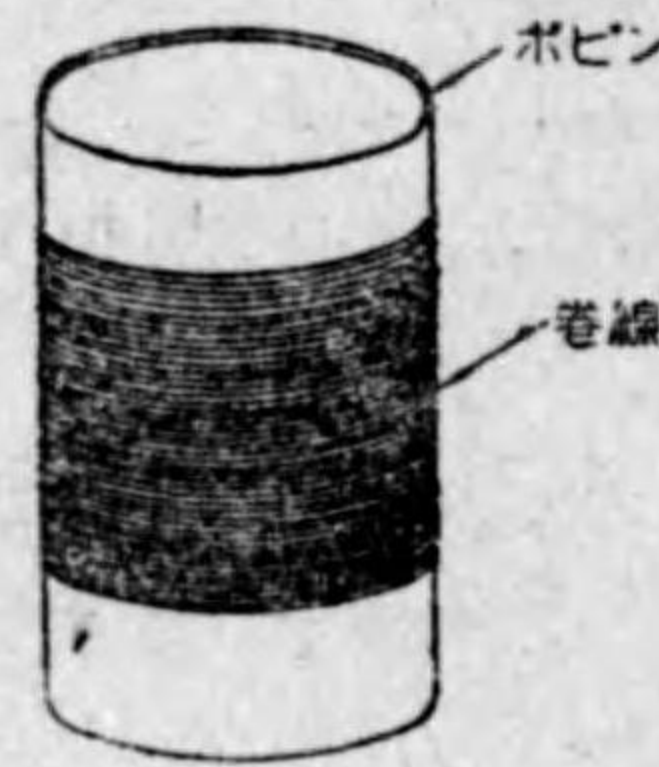


単層ソレノイドのインダクタンスは次の式から計算されるが、この式中の  $K$  という係数は、第 601 圖から求めることが出来る。

$$L = 0.03948 \frac{a^2 n^2}{b} \times K \mu H$$

$a$  = コイルの半径 (cm)  
 $n$  = 全巻の巻数  
 $b$  = コイルの巻幅 (長さ) (cm)

そしてこのようなコイルは、ラジオの器械では殆んど必ず放送電波の同調に用ひられる。即ち単層ソレノイドはいつも同調回路のコイルとして用ひられると考へて差支へない。第 602 圖には空心単層ソレノイドが示してある。



〔第 602 圖〕

(ロ) 蜂の巣コイル(ハネカム・コイル)は、高周波チョーク又は 400 キロ・サイクル位までの高周波電流の同調用に用ひられるもので、その形が小さい割合にインダクタンスが大きいので、重寶がられる。然し分布容量が大きいので同調コイルに用ひて、出来るだけ広い範囲の周波数に同調させるやうな時には工合がわるい。例へば中間周波数の同調用のやうに、ただ一つの周波数、それもあまり高くないものの同調用としては大變工合が宜しい。

このコイルは、蜂の巣コイルを巻くためにわざわざ製作されたコイル巻機を用ひて巻くのが普通であつて、手で巻くといふことは殆んどない。蜂の巣コイルを巻くに用ひる電線は重に絹巻銅線で、木綿巻銅線も稀には用ひられるが、エナメル銅線は全然用ひられない。

ハネカム・コイルのインダクタンスも、コイルの寸法から計算することが出来るが、あまり正確な式もないやうである。ただハネカムコイルのやうなものでも、その巻数が 2 倍になると、インダクタンスは大體 4 倍になるやうで、第 603 圖にはハネカム・コイルが示してある。

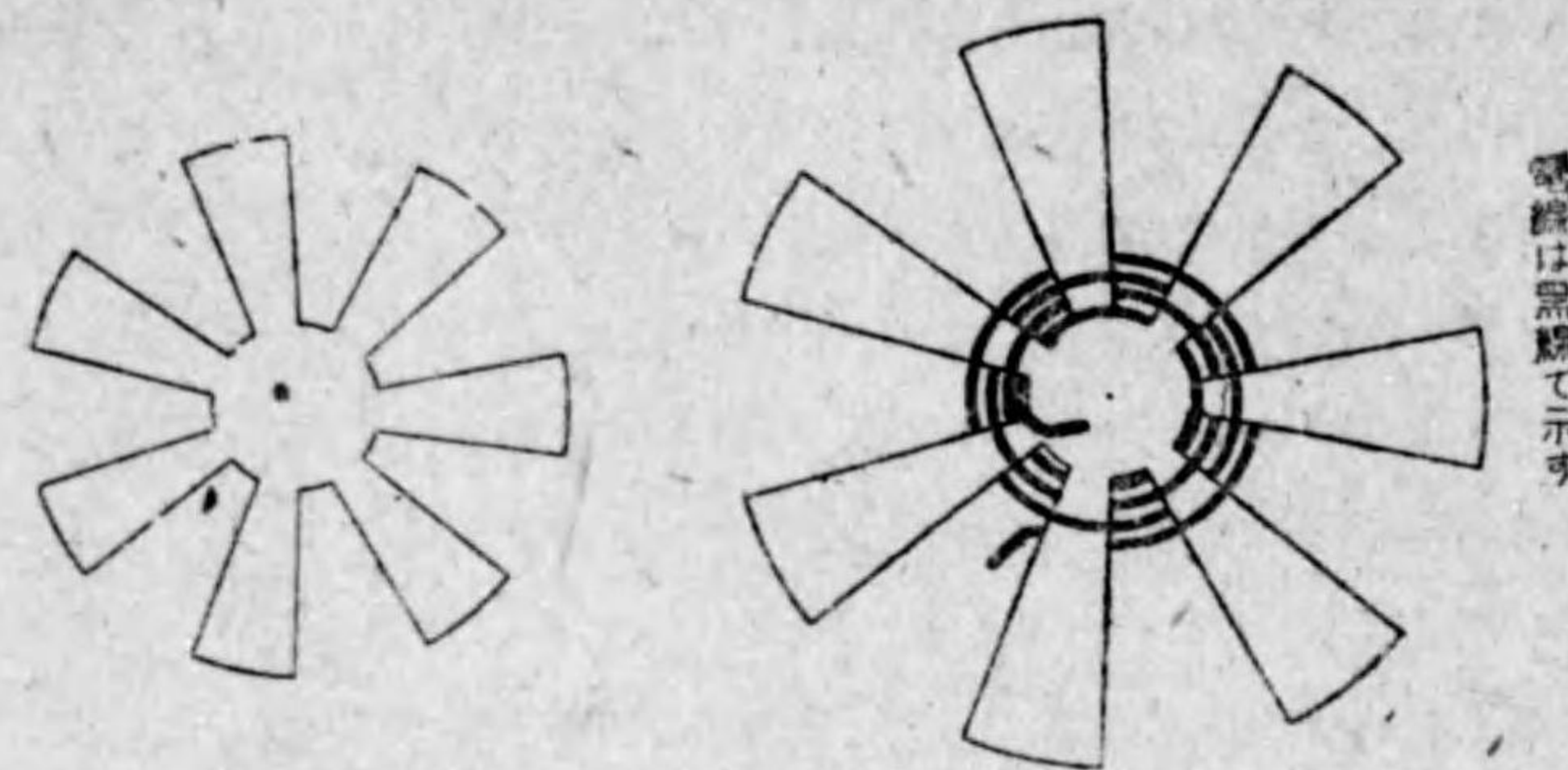


〔第 603 圖〕

もつとも、ハネカム・コイルといふものは、インダクタンスの大きなコイルを出来るだけ小形に、しかも出来るだけ分布容量が小さく

なるやうに作らうと工夫した末に出来たものなのであるが、今一般にあるやうなものでは、決して分布容量が小さいとはいはれない。

(ハ) クモの巣コイルは前の二つに比べると、極く稀にしか用ひられないが、誰にでも作れるといふことで便利なものである。これは第 604 圖のやうな絶縁物の板を作り、之に第 605 圖のやうな工合に、木綿巻銅線又は適當な



〔第 604 圖〕

〔第 605 圖〕

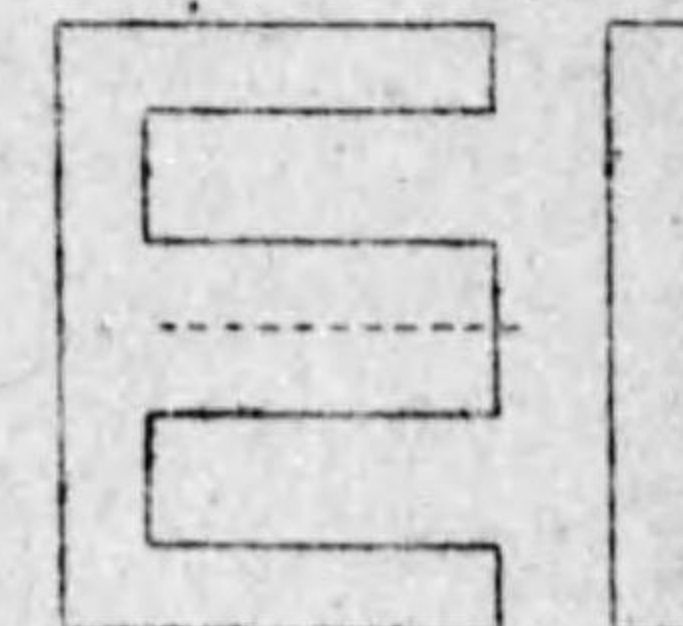
絶縁銅線を巻いて作るのであつて、高周波同調用又は高周波のチョーク・コイルに用ひられる。

鐵心コイルは、コイルそのものの形としては、空心コイルのやうに様様のものはないが、銅線を巻く鐵心の形に色々のもがある。その中でも最も廣く用ひられてゐるのは、次の二種類で

- (イ) 薄鐵板鐵心
- (ロ) 壓粉鐵心

この外に、細い鐵線を束にして、この上にコイルを巻いたものが以前はよく用ひられてゐた。

(イ) 例へば一枚一枚が第 606 圖のやうな形をした薄い鐵板 (大體 0.2 mm から 0.3 mm 位) を集めて、第 607 圖のやうな形の鐵心を作り、これにコイルを巻いて作つたものが鐵心コイルであつて、同じ



2枚で一組と43

〔第 606 圖〕

寸法のコイルとすると空心コイルの数百倍のインダクタンスを持つてゐる。然し乍ら鐵心の寸法及びコイルの巻数や巻線の直徑が一定でも、鐵心として用ひる鐵板の種類によつてインダクタンスが異なるが、特別の目的に使ふものは、別として、普通「電気鐵板」といはれるものが最も廣く鐵心として用ひられてゐる。



【第 607 圖】

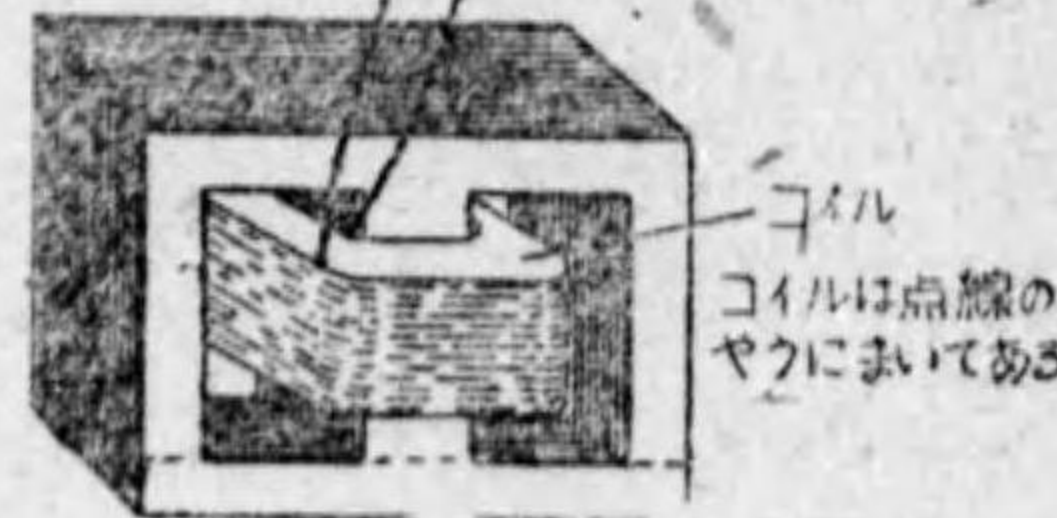
然し乍ら普通いはれてゐる「電気鐵板」は、周波数が 50 サイクル又は 60 サイクル位の交流では廣く用ひられてゐるが、可聴周波數即ち 300 サイクルから數千サイクルに至る周波數に於て、このやうな所謂「電気鐵板」を用ひると、鐵の性質として避けることの出来ない損失、即ち履歴損失（ヒステリシス損）及び渦流損（エッチー・カーレント損）のために、コイルの性質が著しくわるくなるので、可聴周波數では、50 サイクル或は 60 サイクルの周波數に用ひる時よりも、更に鐵板の厚さを薄くするか又は鐵の中にニッケルを入れて鐵とニッケルとの割合が 21.5% : 78.5% 又は 55% : 45% といふ割で作つたパーマロイといはれる薄鐵板を用ひた鐵心を用ひる。

第 608 圖のやうな空心コイルの中に鐵心を入れると、どうしてインダクタンスが數百倍になるかといふと、これは鐵の性質であると説明するより方法がないのであつて、鐵だけが持つ特徴なのである。



【第 608 圖】

第 609 圖は鐵心コイルの圖であるが、どうして作るかといふと、始めに鐵心に入る位の直徑の卷枠を作り、これに銅線（普通はエナメル銅線）で、その直徑は、コイルに流れる電流の強さ

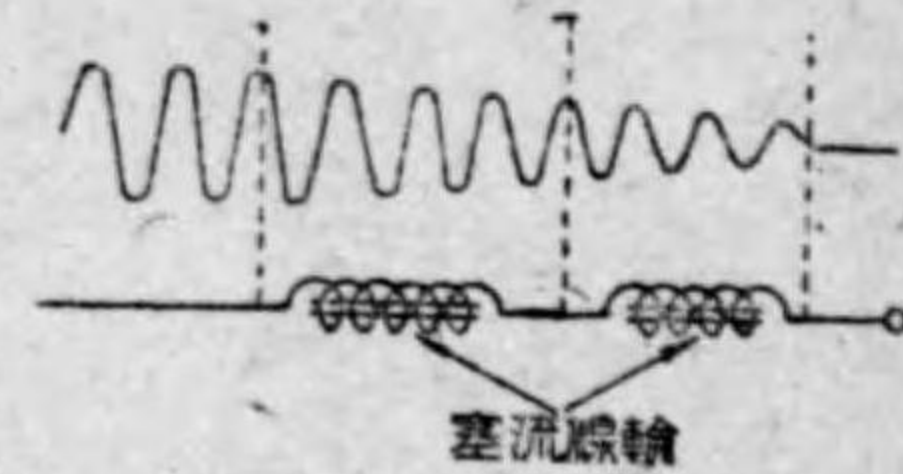


【第 609 圖】

對して適當なもの）を巻いて、まづ空心コイルを作り、之に鐵心をさし込んでから、鐵心全體を組立てるのであつて、この順序は大體第 609 圖に示す。

鐵心を形作る鐵板の薄い程、鐵心の中に起る渦流損は小さくなるから、この事の當然の結論として、鐵板は一枚一枚よく絶縁しなければならないわけだが、實際には鐵板の表面に出来てゐる錆が十分に絶縁の役目を果してくれらるらしいのであつて、鐵板をわざわざ一枚づつ絶縁してゐるものは殆んどないやうである。

薄鐵板鐵心コイルの最も廣い使ひ途は、低周波のチョークコイルであつて、第 610 圖にはチョークコイル（塞流線輪）の理窟を示してゐたが、コイルはその應用として變壓器にも廣く用ひられてゐる。



塞流線輪の中を交流が通るとだんだん小さくなる

【第 610 圖】

(ロ) 現今のラジオ受信機では、壓粉鐵心コイルがそのまま使用されるといふことは殆んどないのであつて、壓粉鐵心を用ひた變壓器として利用されてゐる。では壓粉鐵心とは、どんな鐵心かといふと、非常にこまかい鐵の粉の一つ一つを適當に絶縁して、それ等を固めて圓筒形にしたり、又は 611 圖のやうな



【第 611 圖】

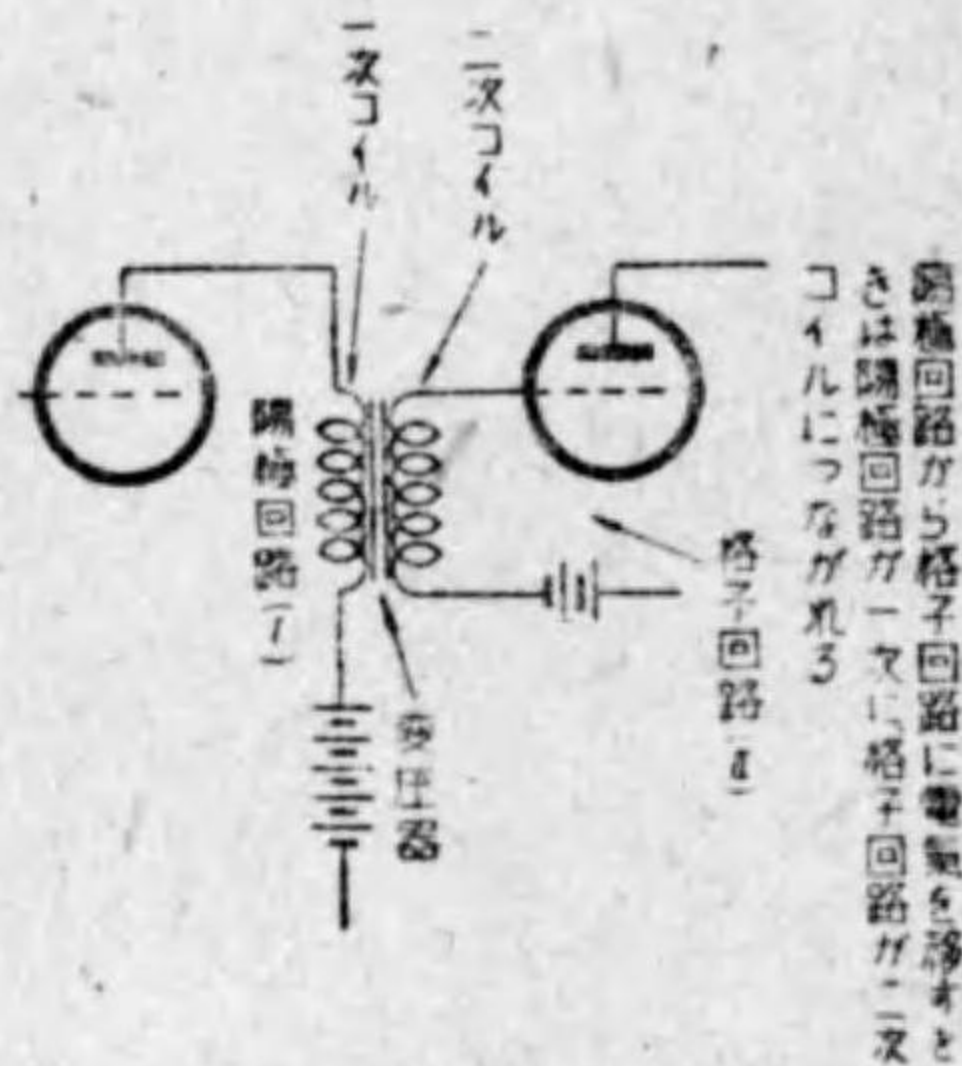
棒形壓粉鐵心にコイルをまいたものも示す

形の鐵心にしたものであつて、一般には棒形の鐵心が多く用ひられてゐる。  
 この鐵心を用ひたコイルを作ることは極めて簡單で、例へば直徑が1種の鐵心があつたとすると、この直徑よりも極く僅かだけ直徑の太いボビンにコイルを巻いて、その中に鐵心をさし込めば宜しいのである。塵粉鐵心は勿論可聴周波数にも用ひることは出来るが、普通は數十キロ・サイクルから數百キロ・サイクル位の間の周波数に最も多く使用されてゐる。そして受信機で特に中間周波数の變壓器を作る時に用ひられる。

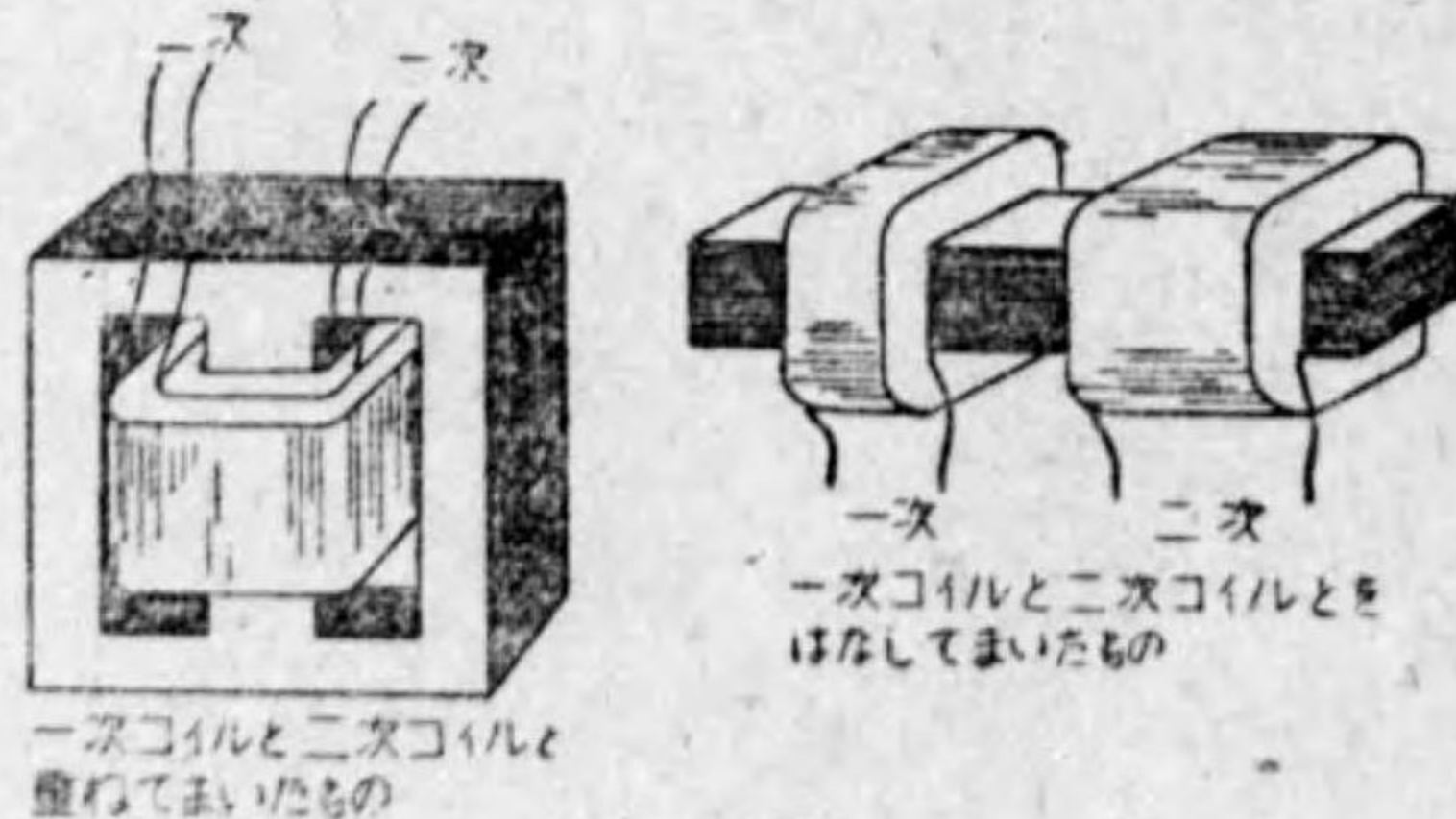
### 第二節 變壓器

變壓器はコイルを用ひて作つたものであることは前にも一寸述べたが、これは全然つながれてゐない一つの回路から、他の回路に電氣を移すときに用ひるものであつて、例へば第 612 圖の回路に於て (I) の回路から (II) の回路に電氣を移さうとする時には、(I) の回路を一次コイル、(II) の回路を二次コイルといふ。

變壓器にも空心變壓器及び鐵心變壓器の別のあることは勿論であつて、一次コイルと二次コイルとのおき方にも、例へば一次コイルと二次コイルとを、絶縁して重ねてしまつたも



〔第 612 圖〕



〔第 613 圖〕

或は一次コイルと二次コイルとを全然離して巻いたもの等があり、これ

らは第 613 圖に示してある。交流式受信機の電源變壓器及び可聴周波變壓器等は何れも一次コイルの上に二次コイルを重ねて巻くのが普通であるが、同調回路に用ひる變壓器(これは勿論空心である)や中間周波變壓器では一次コイルと二次コイルとは通例離して巻いてある。

鐵心變壓器の一次コイルに加へた交流電壓を  $E_1$  ボルトとし、二次コイルの兩端に出來た電壓を  $E_2$  ボルトとすると、大體

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = \text{變壓比}$$

ここに  $N_1$  = 一次コイルの巻數、 $N_2$  = 二次コイルの巻數となる。そして二次コイルの巻數が一次コイルのそれよりも多い變壓器を選昇(ステップ・アップ)變壓器といひ、一次コイルの巻數が二次コイルの巻數よりも多いものを選降(ステップ・ダウン)變壓器といふ。交流受信機の電源變壓器の中で、B 電源用變壓器は選昇で、A は選降である。それから又可聴周波變壓器も大抵は選昇で、1:3 位の變壓比を持つてゐる。

以上述べたやうに一次コイルと二次コイルとが全然別個の二つのコイルから出來てゐる變壓器の外に一次コイルと二次コイルとが一つのコイルから出來てゐる變壓器があり、單卷變壓器(オート・トランスフォーマー)といはれてゐる。そしてこれにも選昇、選降の別があるが、これらのことは第 614 圖に示す。



〔第 614 圖〕

### 第三節 蓄電器

蓄電器は英語ではコンデンサーと呼んで、コイルと同様に無線の方には缺くべからざる重要なものであり、ラジオを車とするとコイルとコンデンサーとは車の兩輪に相當する。而して二つの導體が絶縁物を距ててあると、その

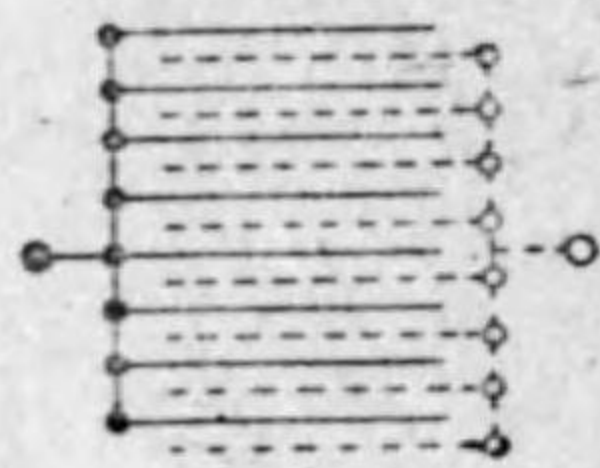
二つの導体は蓄電器を作り、且つこの導体の間には静電容量があるといふ。

そして二つの導体を距ててゐる絶縁物の種類によつて、蓄電器には様々の名稱が與へられてゐる。例へば空氣蓄電器、雲母(マイカ)蓄電器、油(オイル)蓄電器、紙(ペーパー)蓄電器、ガラス蓄電器等であつて、蓄電器を作る二つの導体が、假に平たい板で、その面積を  $A$  平方厘、二枚の金屬板間の距離を  $d$  厘とすると、このやうな二枚の金屬板で出来てゐる蓄電器の静電容量(キャパシター)は、次の式から求められるから蓄電器のキャパシターを

$$C=0.0885 \times \frac{A \times K}{d \text{ (cm)}} \mu\mu F \quad K \text{ は空氣ならば } 1 \text{ で金屬板間の絶縁物で異なる。}$$

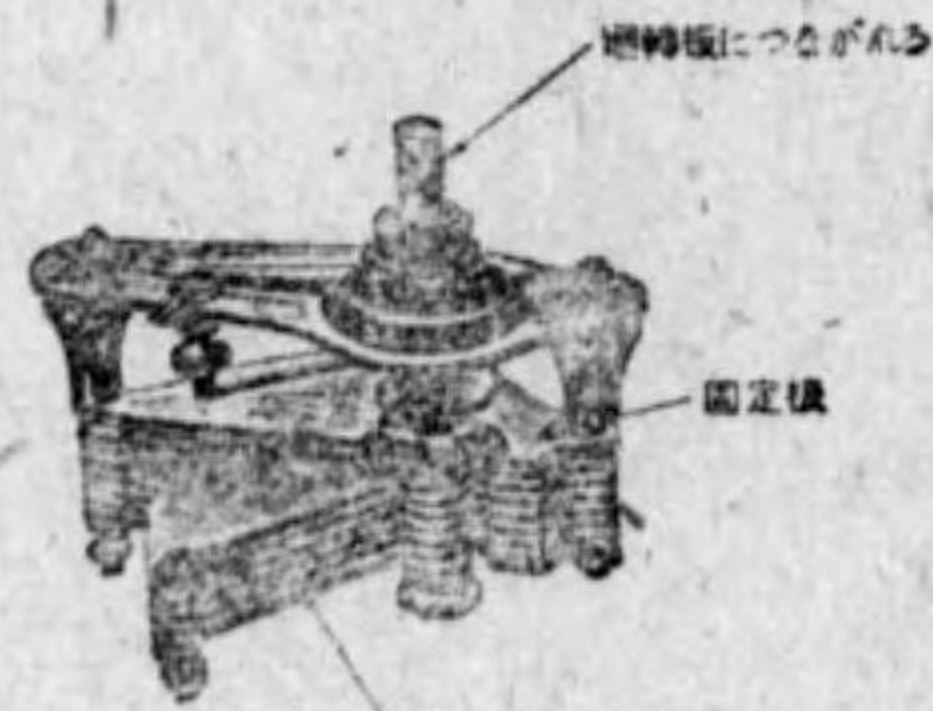
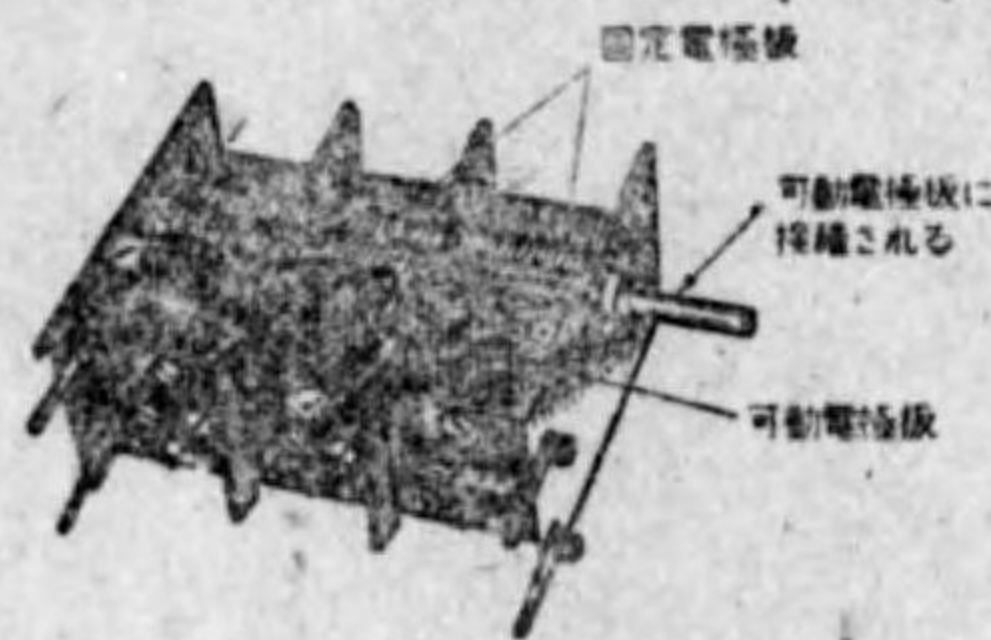
變へるには、蓄電器を形成する金屬板の面積をかへるか又は金屬板間の距離をかへれば宜しいわけであるが、實際には面積をかへる方が容易であるから、キャパシターをかへる蓄電器では、殆んど總てのものが、金屬板(電極板又は略して極板といふ)の面積をかへる方法を用ひてゐる。そして極板の面積をかへるには一方

の極板は固定し  
もう一方の極板  
が回轉するやう  
にし、相對する



〔第 615 圖〕

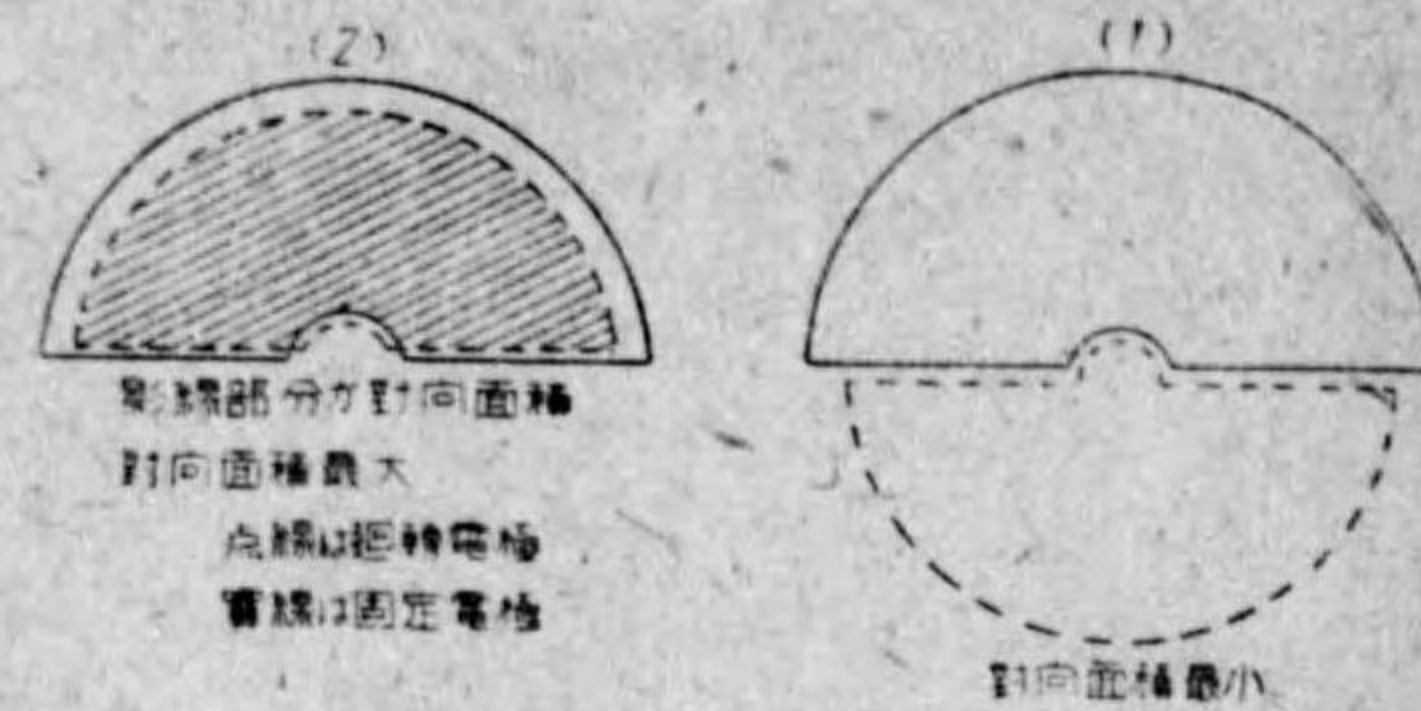
極板の面積をかへるのであつて、極板の數も二枚といふものは殆んどなく、數枚又は十數枚を用ひてゐる。電極板の數を二枚以上にしたときの蓄電器の作り方は第 615 圖のやうに、電極板を一枚おきに接続して二組の極板を作り一方を固定板とすると、もう一方は回轉出来るやうな仕掛とするのであつて(可變蓄電器といふ)、第 616 圖には實



〔第 616 圖〕

際の蓄電器を示す。

それではこのやうに電極板の數が澤山ある時の静電容量はどうして計算するかといふと、これも前の式を應用した次の式によるのであつて、此の式の中の  $d$  厘は相對向してゐる極板間の距離であり  $A$  は相對向してゐる極板の面積、 $N$  は極板の全體の數である。(第 617 圖参照)



〔第 617 圖〕

$$C=0.0885 \times \frac{A \times (N-1) \times K}{d} \mu\mu F$$

なほ、蓄電器の静電容量は電極板の厚さには全く関係ないのであつて、又極板を作つてゐる金屬の種類にも関係がない。

ラジオで最も廣く用ひられてゐるコンデンサーは

- (イ) 空氣可變蓄電器
- (ロ) 雲母固定蓄電器
- (ハ) 紙固定蓄電器

の三種類であるが、此の外に最近では電解蓄電器といふものが用ひられてゐる。然しこれに就ては後で述べる。

(イ) 空氣可變蓄電器は、蓄電器を形成してゐる極板を絶縁してゐる絶縁物が空氣であつて、しかも一組の極板は固定し、他の一組の極板が回轉して、静電容量がかへられるやうな構造をもつてゐる。

二組の電極板が第 617 圖(右)のやうな位置にあるときは、電極板の相對向する面積は最小であるから、このとき蓄電器のキャパシターは最小となり、同圖(左)のやうな位置では、電極板の對向面積は最大となり、従つて静電容量も亦最大となる。そしてラジオの受信機だけではなく、一般に可變蓄電器としては最大静電容量と最小静電容量との比の大きい程工合が宜しい。なぜ