

始



大正六年九月

直流可動線輪型電壓計及電流計に就て

(研究報告
第十號)

電氣試驗所第一部

14.5-5

直流可動線輪型電壓計及電流計に就て

目次

第一緒言

第二計器の構造に關する事項



計器の回轉力と目盛
回轉力と可動部分の重量
計器の「アムペア」回數及内部損失
制動作用
耐久磁石

第三計器の特性

- 一、外部磁界の影響
- 二、自己電流に因る加熱作用

所寄贈本

大正
7. 1. 30
寄贈

第四結 論



直流可動線輪型電壓計及電流計に就て

逓信技手 田 中 貢

第一、緒 言

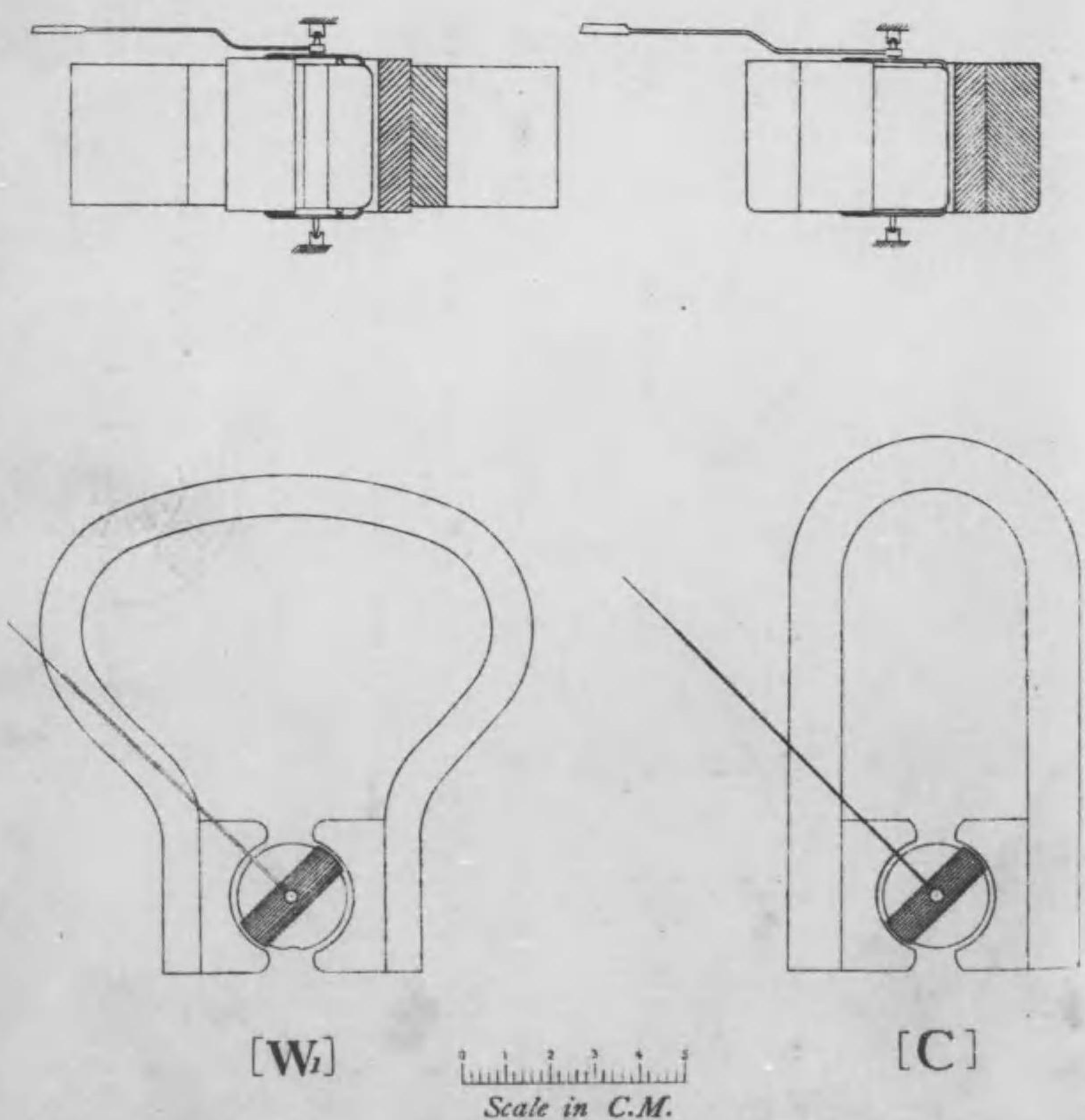
直流電流電壓の測定は電流計型計器、熱線型計器、又は静電型計器に依りて行ひ得れ共、是等は主として交流計器を直流に使用せんとするものにして、電位差計程の確度を要せざる場合には直流計器として専ら可動線輪型計器を使用す。

此の型の計器は多くの製造者によりて廣く製作せられ、其構造も殆同一にして只部分的形状を異にするのみなれ共、現今我國に於て製作せらるゝものは「ウェストン」會社に於けるものと略同様の形状を有するもの多く従て本研究に於ても主として「ウェストン」會社製計器に就て實驗を行ひ又之を二三の内地製計器と比較し本邦に於る計器製造者並に計器使用者の参考の一端に供せんとす。

此の種の計器の特徴とする所は其目盛の整一なる事、適當に設計せられたるものは確度大にして注意して使用すれば精密測定の目的に供し得る事、其構造比較的簡潔にして全形體小く其制動作用最も有效なる

第一圖

(其一)



- (イ) 「ウェストン」携帯用計器
- (ロ) 「ウェストン」實驗所用標準型計器

略號 W₁
略號 W₂

事、長く使用して故障少き事等なりとす。然れ共若し設計不適當なるか、或は材料不良なるか、又は使用法宜しきを得ざる時は意外の誤差を生じて確度は遙に低下する事あるべし。

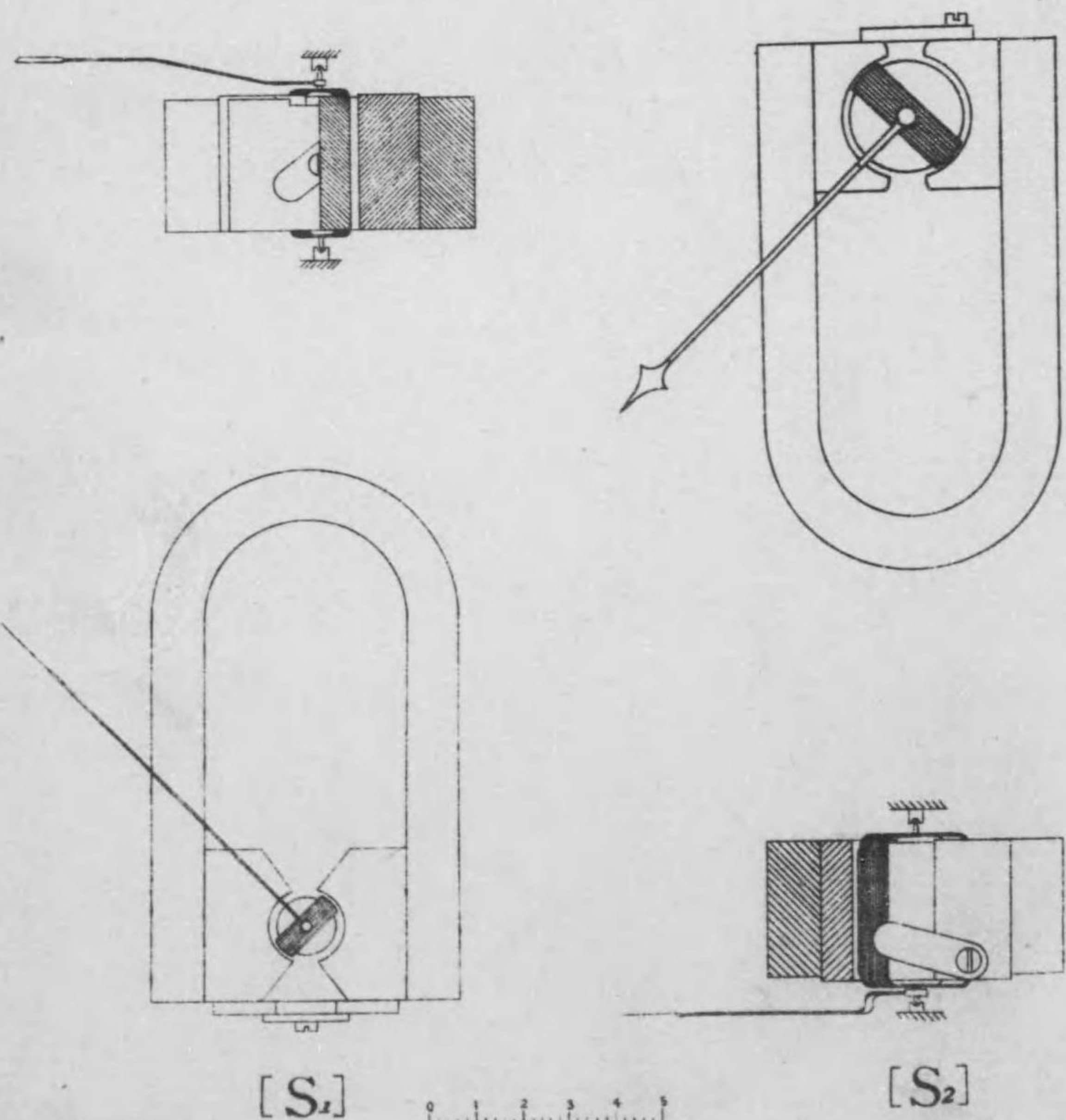
第二、計器の構造に關する事項

可動線輪型計器は耐久磁石と、其の圓形の空隙を自由に動き得る可動線輪とより成るものにして、空隙の磁界の強さを一樣にすれば可動線輪に及ぼす回轉力は電流に比例するを以て、制御回轉力として螺旋の弾力を利用して整一なる目盛を得るを普通とす。此の型の計器の構造は何れも略同様なりと雖も、部分的に異なるものを擧ぐれば第一圖W₁及S₁の三種となし得べし。W₁は「ウェストン」會社製携帯用直流計器W₂は同社製實驗所用標準型S₁は「シーメンズ」精密型の構造を示すものとす。W₂は強力なる耐久磁石を二個相對して置きたるものにして、S₁は可動線輪の形前者に比して甚く別に空隙の磁界を調整すべき軟鐵片を備へ之によりて計器を組立てたる後最大の振れを適當に調整する様にせり。

本研究に於て使用せる主なる計器左の如し。

第一圖

(其二)



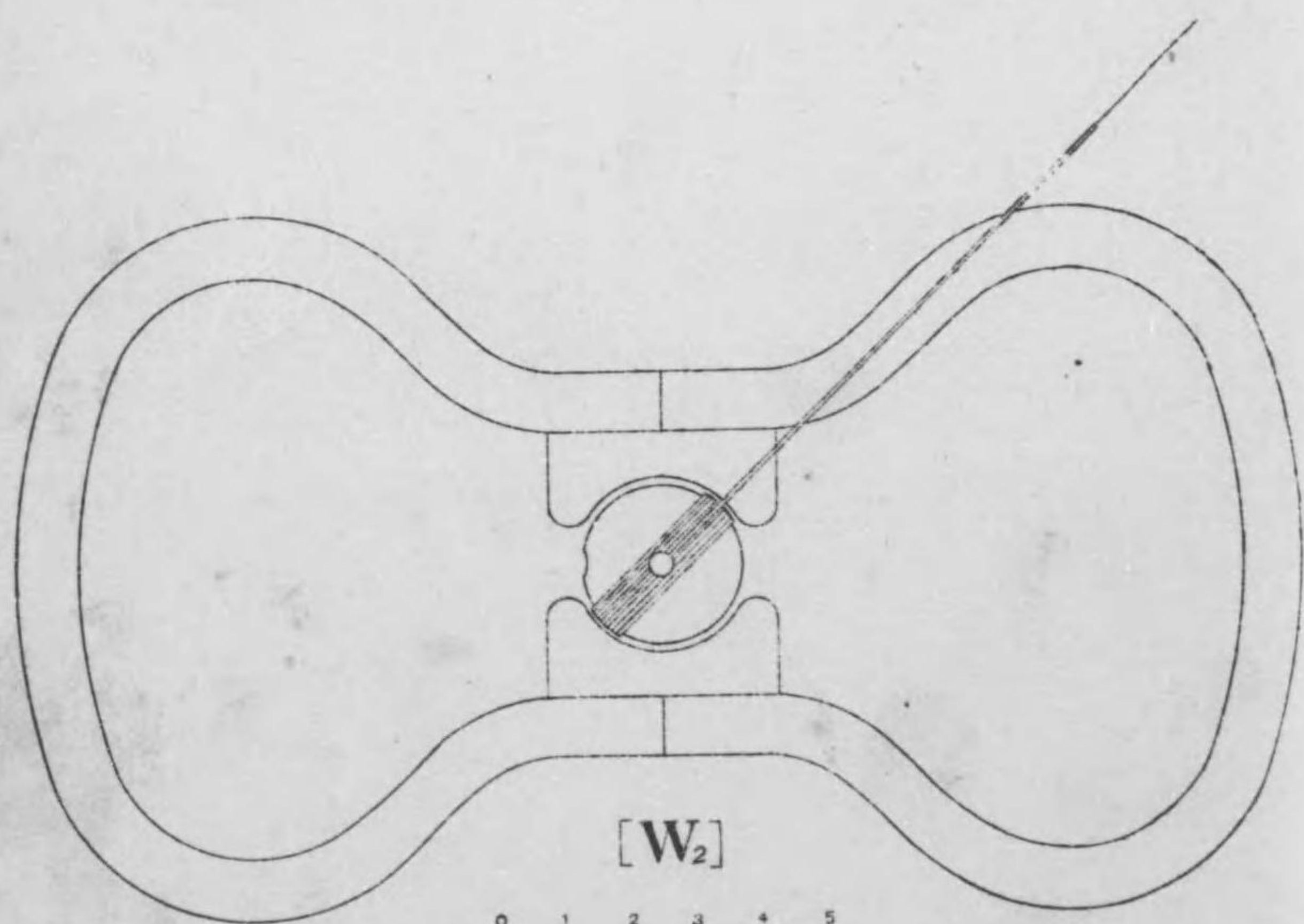
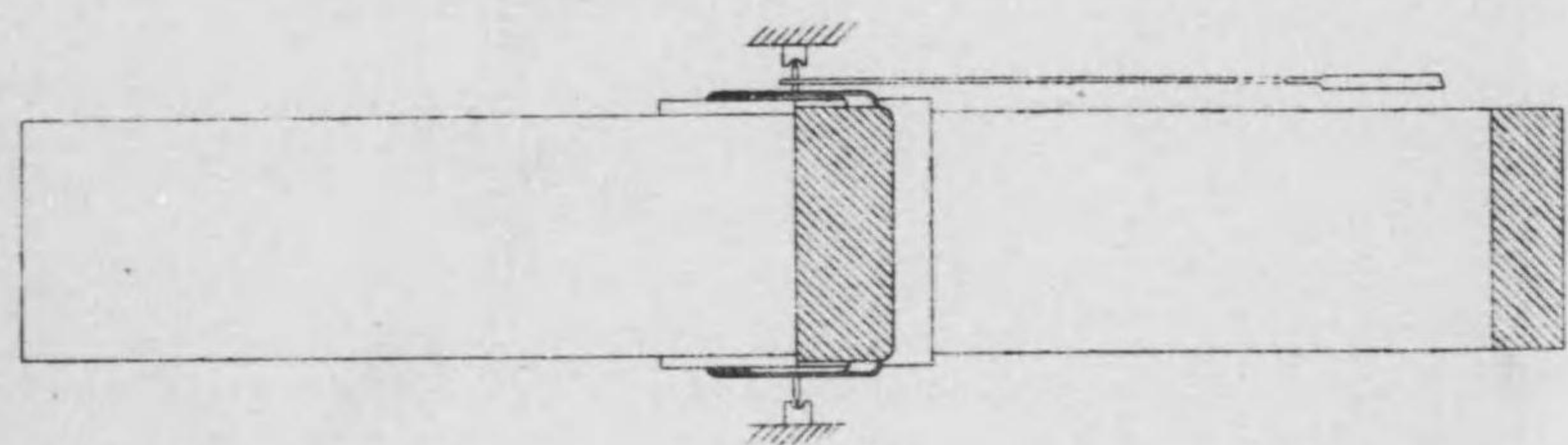
[S₁]

Scale in C.M.

[S₂]

第一圖

(其三)



[W₂]
Scale in C.M.

- (ハ) 「シーメンス」精密型計器
- (ニ) 「シーメンス」配電盤用計器
- (ホ) C 會社製計器(内國製)

略號 S₁
略號 S₂
略號 C

是等の計器の構造は略第一圖に示すが如し。

一、計器の回轉力と目盛

此の型の計器の回轉力Dは、耐久磁石の空隙に於ける磁界の強さH、線輪を流るゝ電流*i*に比例す。即

$$D = KH i$$

但しKは常數なりとす。電壓計に於ては内部抵抗をRとすれば

$$D = K \frac{H}{R} E$$

電流計に於ては容量甚小なる場合を除きては凡て分流器を使用す。此の分流器の抵抗をR可動線輪回路の抵抗をr全電流をIとすれば

$$i = \frac{R}{R+r} I$$

$$D = K \frac{RH}{R+r} \cdot 1$$

然るにHは一定にして且つ空隙は一樣に製作せらるゝを以て各位置に於ける磁界の強さは略一定なり。故にDは單に電流或は電壓に比例し制御力に螺旋の弾力を使用すれば其目盛は整一となる。故に目盛の良否は單に接極子と鐵心との間の空隙の仕上の良否によるものなり。

二、回轉力と可動部分の重量

可動部分の重量は比較的小にして可動鐵片型と略同様なり。又回轉力は一般に大なるを以て回轉力の重量に對する比は大にして動作一般に良好なり。第一表は各計器に於ける是等の値を示す。

第一表 回轉力

計器	最大目盛に於ける回轉力 瓦	可動部分の重量 瓦	回轉力と重量との比
電壓計 W ₁	0.425	1.69	0.254
" W ₁	0.441	1.73	0.255
" W ₂	0.565	2.10	0.269
" S ₂	0.644	4.90	0.131

" C	{ 150 15V }	0.567	2.09	0.272
電流計 W ₁	15a	0.535	2.81	0.190
" W ₁	200a	0.431	2.26	0.191
" S ₁	(45mV)	0.051	1.03	0.0495
" S ₂	1a	0.498	5.63	0.0801
" C	5a	0.179	2.38	0.075

三、計器の「アムペア」回数及内部損失

此の型の計器は其の「アムペア」回数一般に甚少く電壓計に於ては其内部抵抗電流計型及可動鐵片型電壓計に比して甚高として従て内部損失甚小なり。第二表は各電壓計の「アムペア」回数内部抵抗及最大指示に於ける損失を示す。

第二表 電壓計の「アムペア」回数抵抗及内部損失

計器	抵抗「#-A」	最大目盛に於ける電流「ミリアムペア」	最大目盛に於ける内部損失「ワット」	線輪回数	最大目盛に於ける「アムペア」回数	「アムペア」回数毎の回轉力「瓦」
W ₁	86,980	8.6	6.5	41.5	0.358	1.19
W ₁	17,306	8.1	1.29	—	—	—
W ₁	18,575	—	1.21	—	—	—
W ₁	619.1	—	0.04	—	—	—

	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉	W ₁₀
	{ 200mV 20mV }	45mV	0.5V	1.5V	15V	150V	150V	150V	150V	150V
	9.64	11.	4.33	2.065	20.653	11,100.	13,183.	11,100.	1,110.	1,110.
	0.964	11.	4.33	2.065	20.653	11,100.	13,183.	11,100.	1,110.	1,110.
	20.7	27.2	7.3	7.3	7.3	13.5	15.2	15.2	13.5	13.5
	0.0041	0.0082	0.0218	0.109	1.09	2.02	3.04	2.02	0.202	0.202
	12.5	13.	44.5	44.5	44.5	42.5	44.5	44.5	42.5	42.5
	0.259	—	0.21	0.21	0.21	0.574	0.676	0.676	0.574	0.574
	1.00	—	1.82	1.82	1.82	0.99	0.95	0.95	0.99	0.99

第二表中「ミリヴォルト」計の線輪は二本乃至三本の線を並列にせるを以て捲数は其の平均を示すものとす。尙W計器(S₁も同様なり)は可動線輪に並列回路を有するを以て「アマヘア」回数は線輪の電流のみを取りて計算したる事勿論なりとす。

電流計の内部損失は大部分々流器に於て生ずるものにして容量によりて甚しく異り、殆之れと正比例して増大す。之れ計器の特性を適當に保つには分流器兩端の電圧降下は相當に大なる値を要するを以て、容量の甚しく小ならざる限り略一定に作らるゝが故なり。第三表は「ウェストン」携帯用電流計に於ける實例なりとす。但し同社に於ては以前は銅線の分流器を有するものを製作したるも、近年は凡て「マンガニン」分流器を有するものゝみなるが如し。「シーメンス」會社製のもの是一個の「ミリヴォルト」計と多くの分流器とを組合せたるものにして、強電流用に於ても一定の電圧降下とせるを以て其の内部損失は容量に正

比例す。第四表は二三の電流計に於て「アマヘア」回数抵抗及内部損失等を示す。

第三表 「ウェストン」電流計の抵抗及内部損失

「マンガニン」分流器を使用せるもの				銅分流器を使用せるもの			
容量 「アマヘア」	抵抗 「ガーダ」	電圧降下 「ミリヴォルト」	内部損失 「ワット」	容量 「アマヘア」	抵抗 「ガーダ」	電圧降下 「ミリヴォルト」	内部損失 「ワット」
500	0.0000825	41	20.5	400	0.000062	24.8	9.9
250	0.00016	40	10.	250	0.00010	25.	6.25
100	0.00050	50	5.	100	0.00025	25	2.5
50	0.001045	52	2.6	50	0.00050	25	1.25
15	0.0033	50	0.75	25	0.0010	25	0.625
25	0.00352	88	2.2	5	0.0078	39	0.195
15	0.00633	95	1.4	1.5	0.111	166.5	0.185
5	0.0188	94	0.47				
1	0.140	140	0.14				
0.15	0.835	125	0.019				

第四表 電流計の「アムペア」回数抵抗及内部損失

計器	抵抗「オーム」	最大日産に於ける電壓降下「ミリボルト」	最大日産に於ける電力損失「ワット」	可動線輪最大電流「アムペア」	線輪回数	最大日産に於る「アムペア」回数	「アムペア」回数毎の回轉力
W ₁	15a	0.0035	0.79	32	14	0.45	0.98
S ₂	1a	0.059	0.0573	28	44.5	1.24	0.401
C	5a	0.028g	0.705	26.3	42.5	1.12	0.104

四、制動作用

此種の計器の制動装置は比較的簡單にして最も有效なるもの一なり。多くは可動線輪を捲きたる枠を「アルミニウム」にて作り其れに誘發せらるゝ渦流を利用す。但し「シーメンス」精密型に於ては別に枠を使用せず、温度の影響を調整する様之れと並列に接続せられたる回路により可動線輪の誘發電流を利用せり。(第十圖参照)第五表は各計器の制動作用の良否を比較せるものとす。本表に於ては同一種計器が數個ある場合には其の平均を取りたりと雖甚しく異なるものは各別に之を記載せり。

第五表 制動作用

計器	振れの最大角度	試験點の振れの角度 $\frac{2}{3}$ 最大角度	静止する迄の振動數	静止する迄の時間秒
W ₁	85°	"	1	0.5
W ₂	84°	"	2	2.1
S ₁	84°	"	4	1.8
S ₂	88.5°	"	2	1.2
C 5a	85°	"	1	2.5
C { 150V 15V	84°	"	4	1.5

五、耐久磁石

耐久磁石は可動線輪型計器に於て最も主要なる部分にして、其磁化弱きか或は空隙大にして其磁界弱き時は可動部分の回轉力小なるのみならず、後述の如く外部磁界の影響も大となる。又耐久磁石の製作及處理不良にして十分に枯れ居らざる時或は磁路の形状不適當なる時は、外部磁界の減磁作用其他温度の變化又は振動等の爲使用中次第に減磁して誤差を増加する事あり。耐久磁石の形状としては其の長さの切斷面積に對する比及び空隙の面積の其の長さに對する比の可成的大なるを要す。之れを

$$\frac{\text{磁路の長さ}}{\text{磁石の切断面積}} + \frac{\text{空路の長さ}}{\text{空路の面積}}$$

なる形にて表はし減磁に對する安全率と稱せらるゝ事あり。第六表は各計器に於ける磁路各部の大きさ及び此安全率を示すものにして形状の良否を大凡比較し得べし。

第六表 耐久磁石の減磁に對する安全率

計器	磁路の長さ 種	磁石の切断面積 平方種	空路の長さ 種	空路の面積 平方種	減磁に對する 安全率	備考
W ₁ 15a	32.4	2.77	0.26	21.2	950	調整用鐵片を使用せり 同上
S ₁ 45m.v	26.7	3.48	0.33	11.95	280	
S ₂ 1a	27.2	3.39	0.35	20.9	480	
C	28.2	4.55	0.23	22.3	600	

右の表に於てS₁の安全率の甚小なるは空路の磁界を調整する爲使用せる調整用鐵片の部を無視せるに基くものにして、實際に於ては其の値は更に大なるものたるべし。尙S₂に於ても同様なり。

第三、計器の特性

可動線輪型計器は設計及材料等の宜しきを得たるものは特性に基く誤差小なれ其然らざるものに於ては大なる誤差を生ずる事あるものにして次に 一、外部磁界の影響 二、自己電流による加熱作用 三、温度の影響に分つて之れを論述すべし。

一、外部磁界の影響

可動線輪型計器は外部磁界の影響最少きもの、一にして、地球磁界の如き弱き磁界の影響は割合に小なりと雖も、耐久磁石が弱きか又は空隙大にして其の磁界弱き時は稍大なる影響を生ずる事あり。第二圖及び第三圖は「ウェストン」携帯用電圧計及同實驗所用標準電圧計を水平に三百六十度回轉して試験し各位置に於ける地球磁界の影響を圖示したるものにして最大約(±)〇・一八%及び(±)〇・〇六%の變化を生ず。第七表は各計器に於ける最大影響を示す。

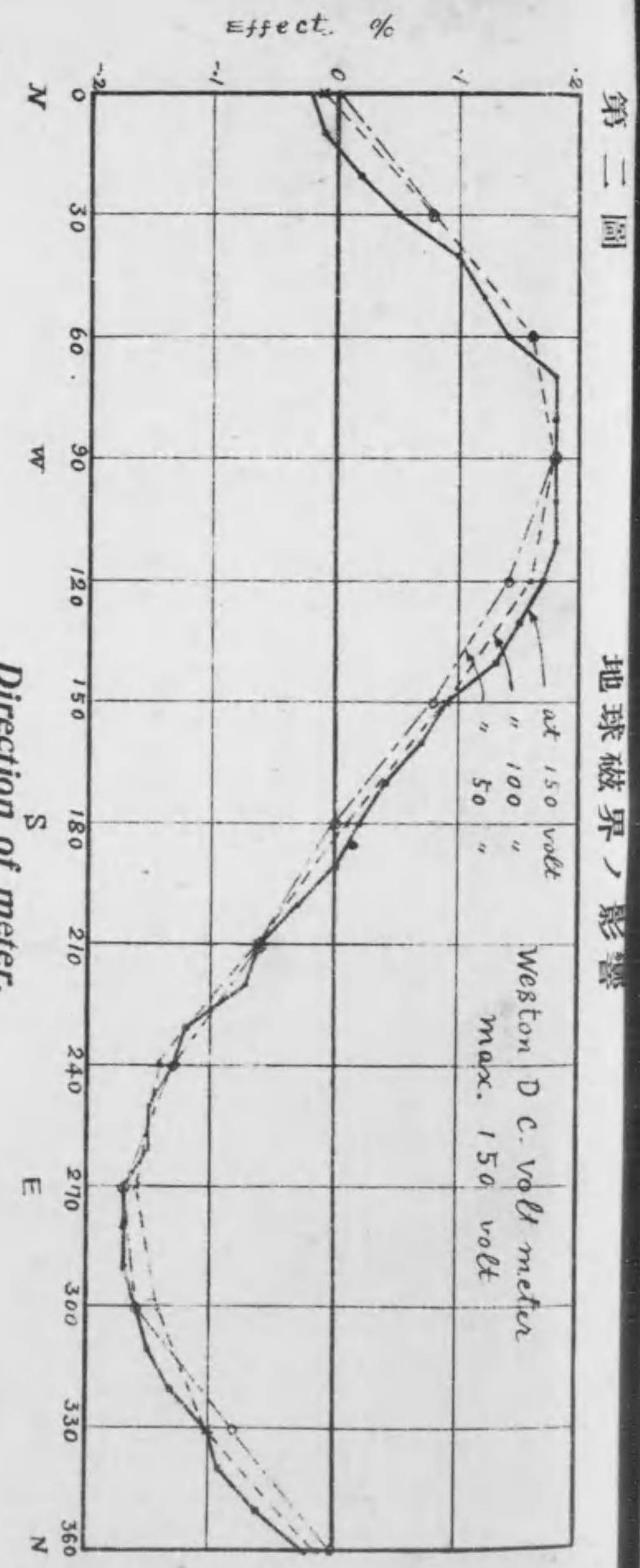
第七表 地球磁界の最大影響

計器	外部磁界の最大影響%	備考
W ₁	± 0.18	耐久磁石二個を相對して置きたるもの 鑄鐵製案内に納められたるもの
W ₂	± 0.06	
W ₃	± 0.05	

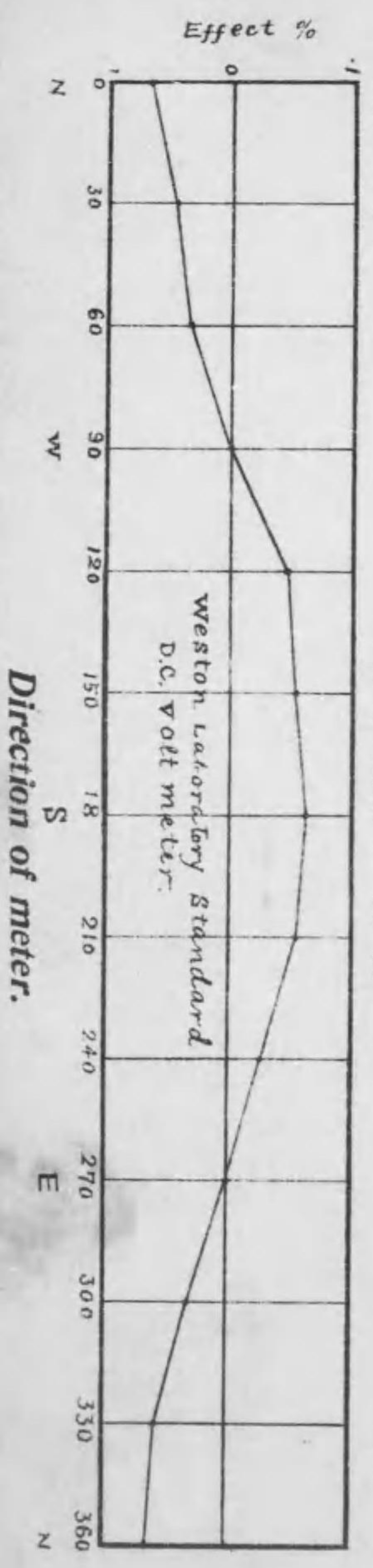
S_1	± 0.17	異象製函を有する配電盤用計器 S_1 と同様の構造を有するもの 携帯用
S_2	± 0.10	
A	± 0.11	
B	± 0.31	
C	± 0.25	
F	± 0.41	
"	± 0.22	"

此の表に於てA B C F等は何れも内國製なりとす。尙W₂計器は空隙の磁界の強く且つ磁路の分布の良好なる爲又W₁計器は外面に鐵を使用せる爲地球磁界の影響最小にして使用方向の爲に起り得べき最大誤差○・一%前後なり。

尙第二圖に於て明かなるが如く外部磁界の影響は指針の位置には殆關係なし。而して空隙に於ける磁界の方向が外部磁界の方向に平行なる附近に於て最大にして直角なる附近に於て零なり。之れ耐久磁石による磁界は一定にして其の方向に於ける外部磁界の分力のみが影響する爲なるべし。故に第一圖W₁S₁Cの如き計器は之を南北に、又W₂の如きは東西に向けて使用すれば外部磁界の影響は消去し得べし。以上は單に地球磁界の影響にして其程度も割合に小なれども計器を鐵類殊に耐久磁石の側、又は直流を

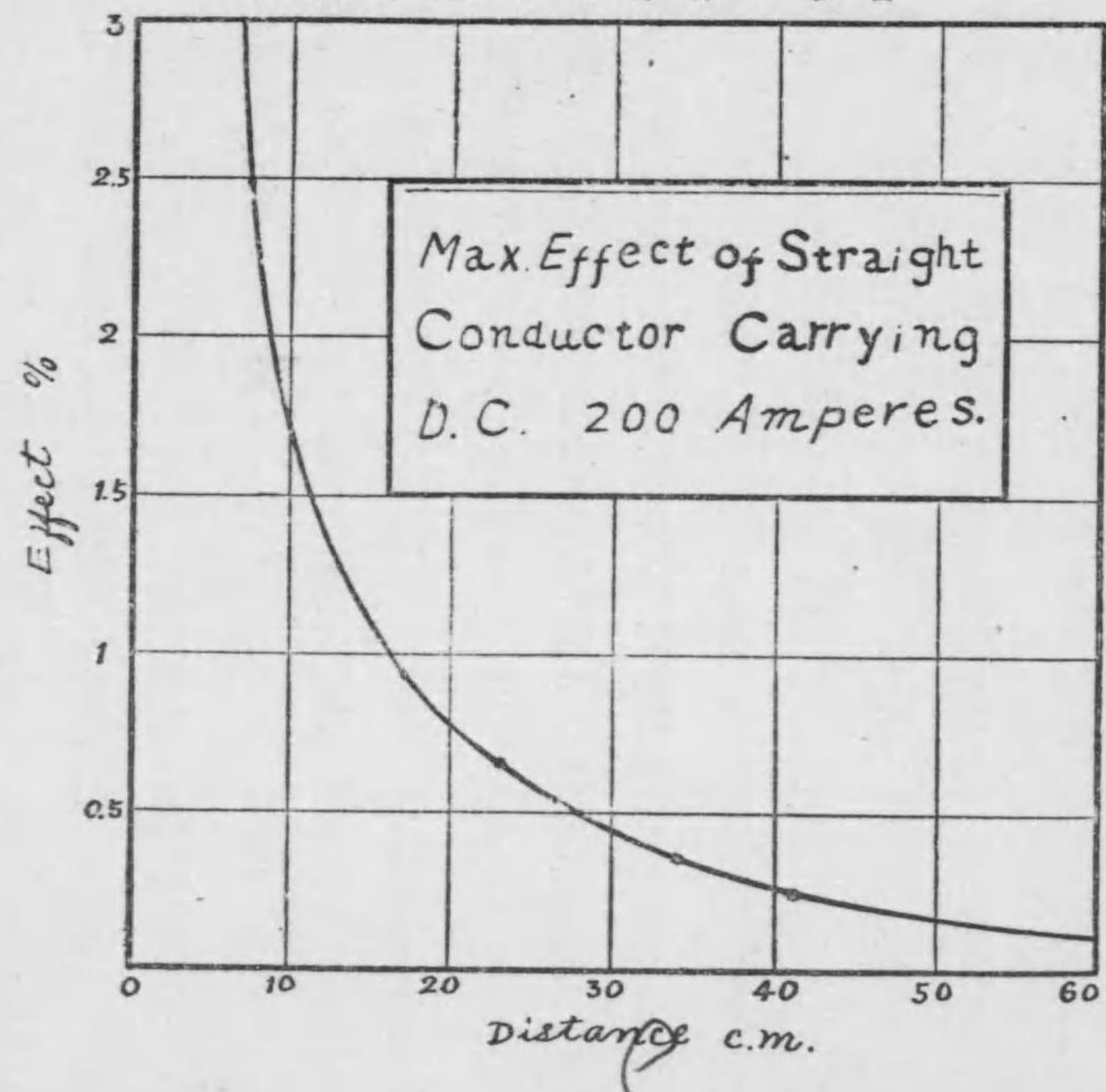


第二圖 地球磁界ノ影響



第三圖 地球磁界ノ影響

第 四 圖
直 流 を 通 ず る 導 線 の 影 響



通ずる導線發電機電動機等の附近に置く時は其磁界に基く誤差大なる事あり。又同型の計器を二個同時に使用する如き場合にも、若し二個を相接して置けば「ウェストン」携帯用計器の如き場合には(±)1%前後の誤差を生じ、(±)0.1%の影響を許すも中心間距離約三十糎即箱間の距離約十五糎を距つるを要す。

強電流を通ずる導線の影響は電流及距離の大小によりて甚大となる事あり。導線が計器と同一水平面上にある場合(配電盤用の場合には同一垂直面上にある場合)又は空隙の磁界の方向と平行せる場合には影響最

小にして殆零なりと雖、導線が計器空隙の直上又は直下(配電盤用計器等に於ては直前又は直後)に於て之れと直角の方向にある場合には影響最大なり。第四圖は直流導線の最大影響を示すものにして横軸は可動線輪の約中心點より直線導線に至る距離にして電流は二百「アムペア」に保ち計器は「ウェストン」携帯用電壓計に就て試験せり。

尙四「ガウス」の外部磁界(直徑六二・八厘四卷の圓形線輪に五〇「アムペア」を通じて得たる事研究報告第九號第三三頁に述べたるものと同様なり)の及ぼす最大影響は前記の計器に於て(±)一・五%にして四「ガウス」の磁界は五〇〇「アムペア」の電流を通ずる直線導線より二五厘の距離に於ける磁界に等し。

以上述べたる所により使用上常に外部磁界の方向と計器空隙の磁界の方向とを直角なる様に置く時は、外部磁界が甚しく大ならざる限り是等の影響は除去し得べし。計器を鐵函中に收むる事は配電盤用計器試験室用計器等大なる磁界を受くる事ある計器に於て最有效にして精密測定用に於ても亦有利なるべき事と思料す。

尙第一圖W₂の如く耐久磁石を相對して置く事は配電盤用計器等には構造上利用し難き事情あらむも精密測定用計器等に於ては適當なるべし。製作上より言へば強力なる耐久磁石を使用すべきは勿論空隙を成る可く少くする事も必要なりとす。

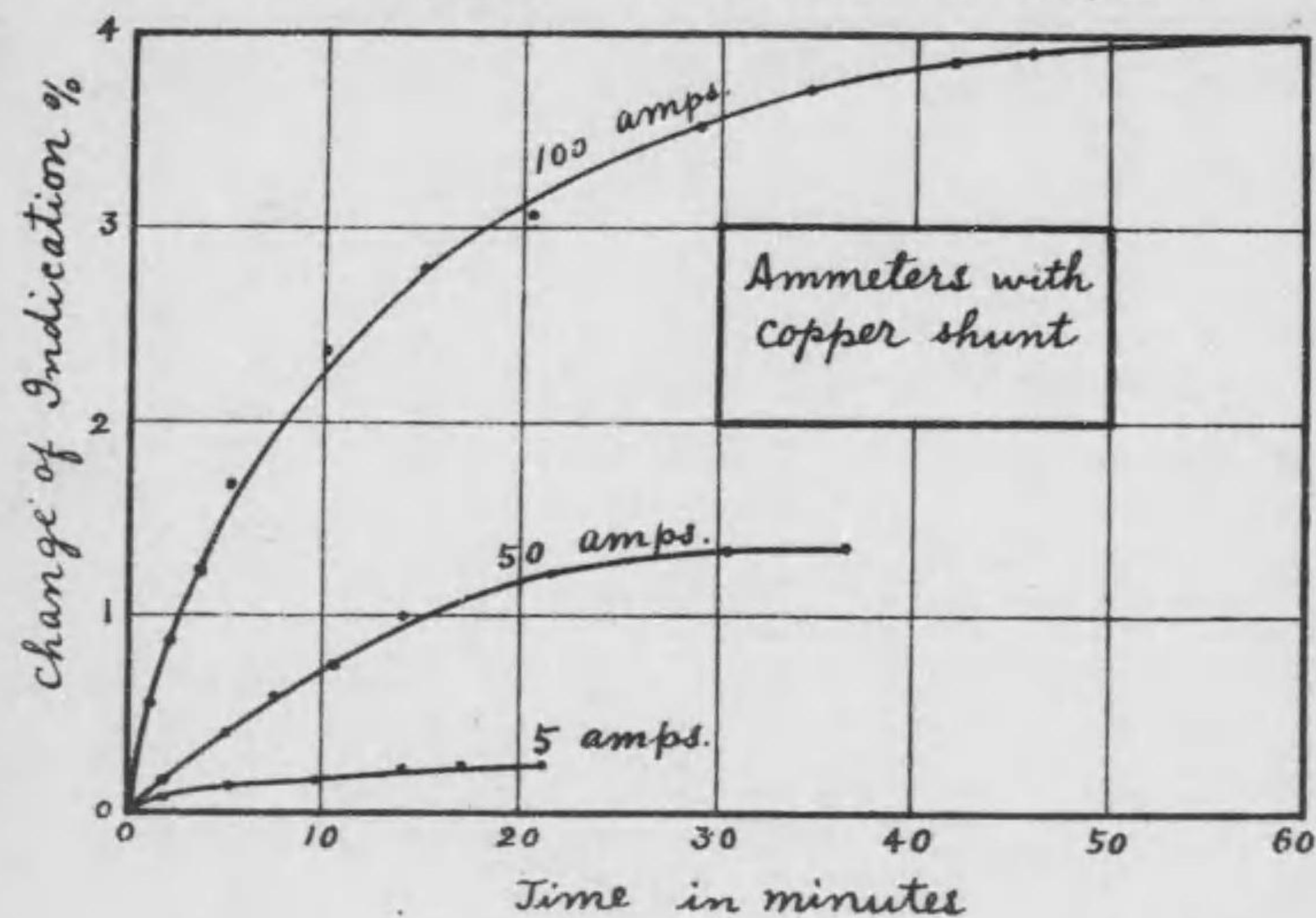
二、自己電流による加熱作用

計器は凡て一定指示を與へて放置する時は時間に對して其指示を變化するものにして、一は制御螺旋の歪による制御回轉力の減少と、一は各部分に於ける加熱作用とに基くものなりとす。然れ共前者は普通の螺旋に於ては其程度甚小にして大部分後者に基くものなるを以て便宜上自己電流による加熱作用と稱す。此の型の計器に於て其の原因は(一)各部の抵抗の變化(二)制御螺旋の回轉力の變化(三)各部分の膨脹(四)耐久磁石の強さの變化(五)熱電流作用(分流器を有する電流計の場合)等なりとす。

(一)各部の抵抗の變化に基くものは電壓計電流計によりて異にして、使用せる材料によりても大なる差違あり。電壓計に於ては加熱作用に基く抵抗の増加は常に指示を減少する様に働き、銅「アルミニウム」等よりなる線輪の抵抗と「マンガニン」其他より成る直列抵抗との割合、即計器の電壓容量によりて自己加熱作用を異にするものなれども適當に設計せられたる計器に於ては其程度甚小なり。電流計の内容量甚小にして分流器を有せざるものは抵抗増加の影響なしと雖、分流器を有するものは材料及設計によりて甚しく異にして一定せず。一般に分流器は可動線輪回路に比し温度上昇甚大にして分流器に銅を使用するもの(「ウェストン」)會社製の計器にあり)に於て其抵抗の増加甚大なり。此場合には分流器抵抗の増加は常に指示を増大するものとす。第五圖及び第六圖は「ウェストン」會社製携帯用電流計に於て夫々分流器に銅及

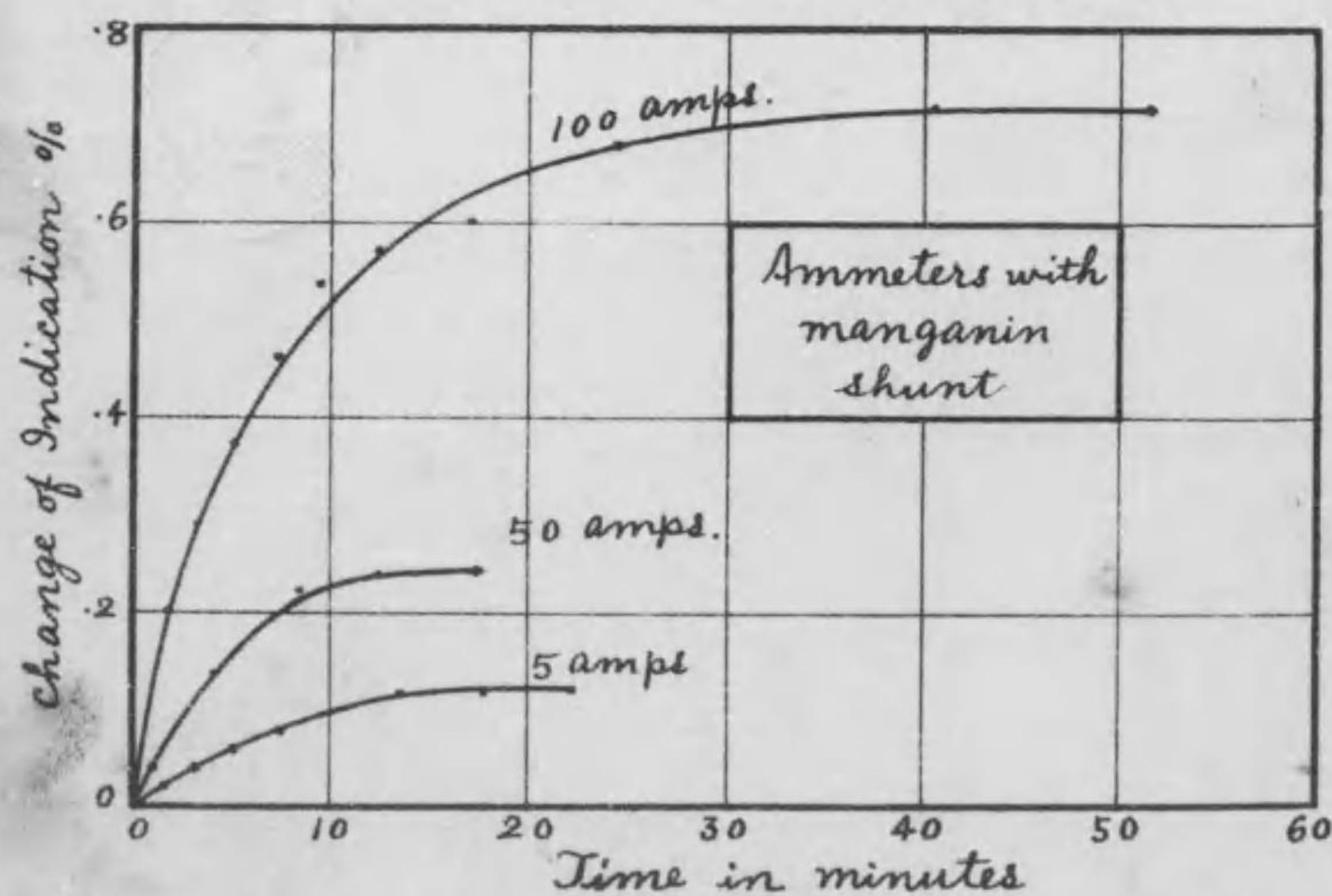
第五圖

自己電流ニヨル加熱作用ノ影響



第六圖

自己電流ニヨル加熱作用ノ影響



「マンガニン」を使用せるもの、二三に就て自己加熱作用の影響を比較したるものとす。

(二) 制御螺旋の回転力の變化は其の中を通ずる電流の發熱作用に基くものにして其回転力は攝氏一度上昇に對し約〇・〇四%宛減少するを以て此の影響は常に制御回転力を減少して指示を増大するものなれども自己電流による温度上昇少く其程度一般に甚小なるが如し。

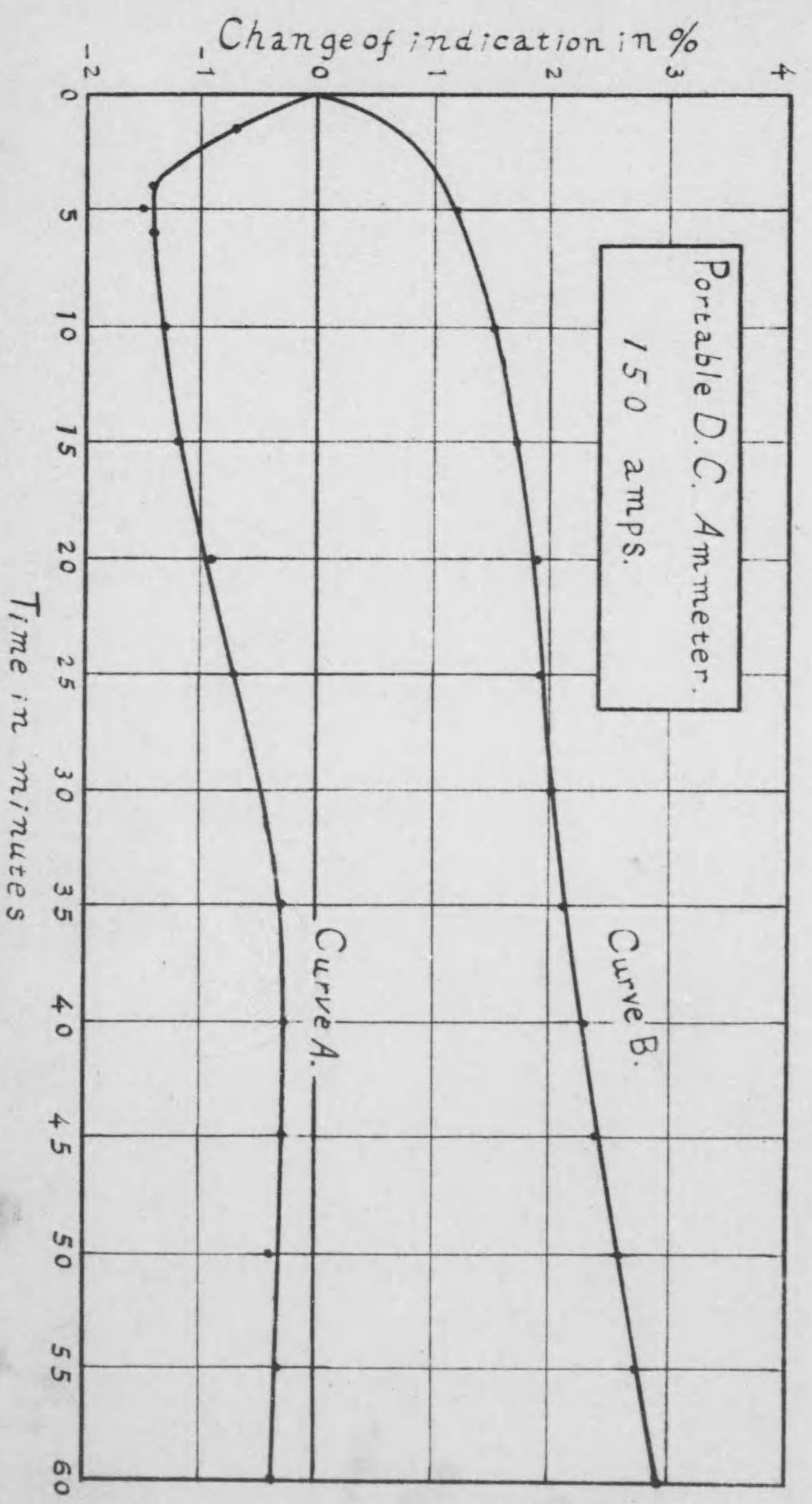
(三) 各部分の膨脹も亦計器の指示に影響すべきも甚小にして考慮するを要せざるべし。

(四) 耐久磁石の強さも亦影響を受くるものなれ共一般に其温度上昇は甚だ小にして影響を生ぜず。但し銅分流器を使用する計器に於て之を磁石の上に無誘導に捲き附けたるものあり。此場合には耐久磁石の温度上昇を生ずるを以て銅分流器の抵抗の増大と共に耐久磁石の磁界をも減少し多少相殺するものと考へ得べし。

(五) 熱電流作用は分流器を有する電流計に於てのみ影響を有するものにして、其原因とする所は一に各部分に於ける不等加熱に外ならずと雖、其因て來る主なる點を擧ぐれば次の如し。

(イ) 「ベルシエ」効果に基き分流器端に於る異金屬の接合點に温度の差違を生じ可動線輪回路を通じて熱電流を發生す。分流器に「コンスタマンタン」「ラツグ」に銅を使用せる場合には影響著しく、稍大なる起電力を生ずる事あり。而して此の熱電流は常に指示を増大する方向に働く。

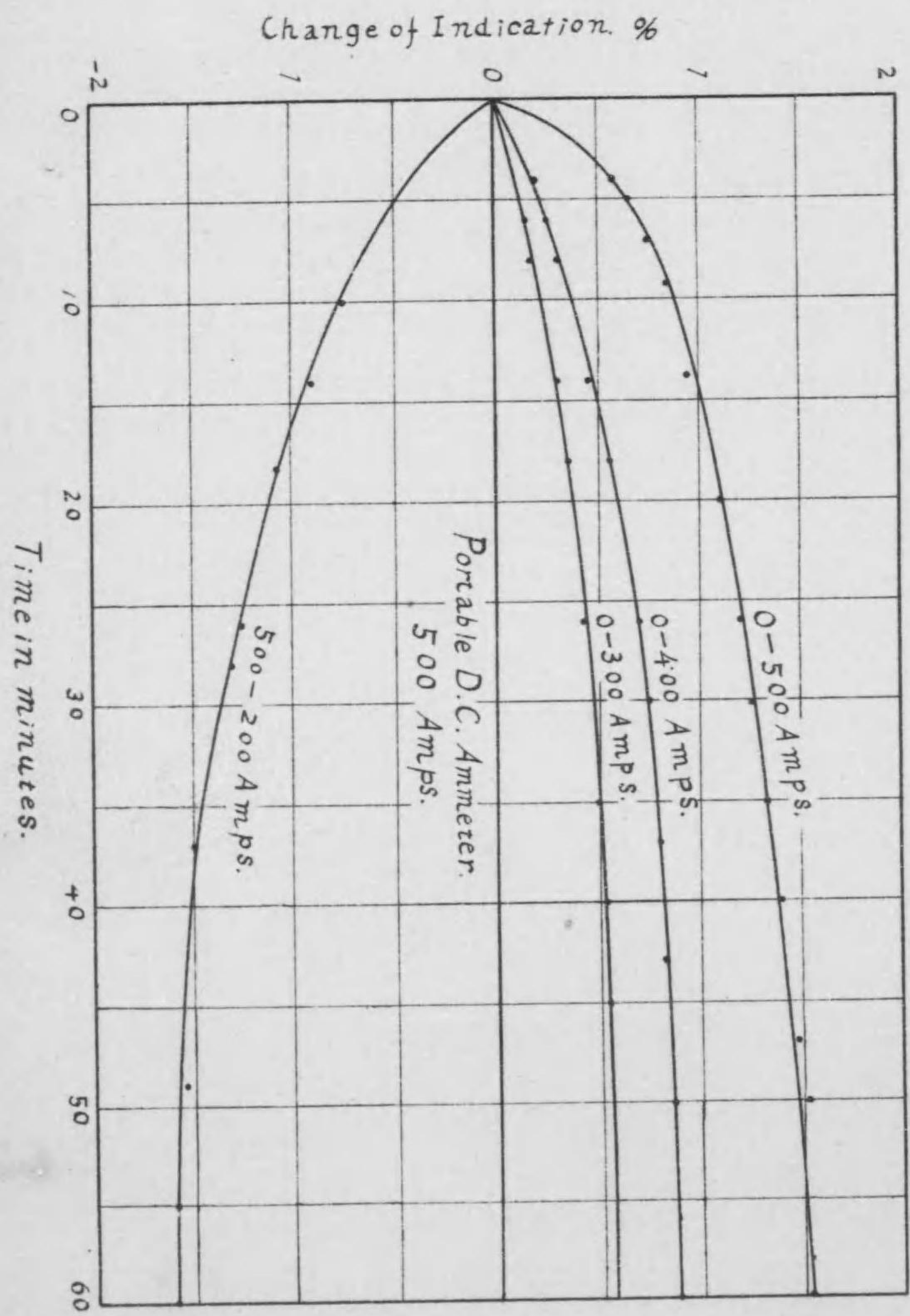
(ロ) 分流器兩端に於ける外部導線の接続一方不完全にして其部分の發熱大なる事。



第七圖
電流計ニ於ケル加熱作用ノ影響

第八圖

電流計ニ於ケル加熱作用ノ影響



(ハ) 分流器兩端の「ラッグ」の構造異にして不等に發熱する事。

(ニ) 可動線回路の材料の組合により、分流器が一の熱電流回路の高溫度接合點を形成する場合には、假令分流器兩端の溫度平等なりとするも熱電流作用を生ず。例へば可動線輪の一端は銅線を以て他端は「コンスタンタン」直列抵抗を以て分流器に直に接続する如き場合にして、分流器を計器の内部に有する電流計に於てのみ起るものと考へ得べし。

電流計に於る熱電流の影響を示す好適なる實例として内地製の或計器に於ける實驗の結果第七圖を擧ぐ。此の計器は種々の測定範圍を有する最大一五〇「アムペア」用の別個の分流器と「ミリヴォルト」計とより成るものにして、「ミリヴォルト」計は自己電流による加熱作用の影響殆ど無し。圖に於て二個の曲線は分流器兩端の導線の接続を其のまゝに保ち、計器端子の接続を反對にし、電流の方向を變へて試験したる二回の結果にして、分流器に於てA曲線の場合の(一)端子即B曲線の場合の(十)端子の「ラッグ」は形小にして其の溫度上昇非常に大なり。A曲線の場合には約二時間の後熱起電力(一・三「ミリヴォルト」)(一は指示を(一)方向に生ぜしむる方向を示す)B曲線の場合には一時間半後の熱起電力(二・三「ミリヴォルト」)なり。之れ明に「ラッグ」の形を異にする爲めの不等發熱以外に「ベルシエ」効果も亦影響せる事を意味するものたるべく、分流器の材料は多分「コンスタンタン」の類なるべしと思料せらる。尙曲線Aの場合には抵抗の増加と熱起電力とは相殺して其の影響遂に甚小となれ共、B曲線の場合には相加はりて大なる影響を生ずるに

至る。此計器は分流器の設計及材料不適當なる場合の一例に過ぎざれ共、設計上並に使用上の注意を喚起するに足らむ。

以上述べたる如く自己加熱の影響は種々の原因によりて生ずるものにして、若し不注意に設計せられたる場合には大なる影響を生じて他の特性の如何に優秀なる場合にも到底精密測定の目的に使用し得ざるべし。

第八圖は分流器を同一函内に有する五〇〇「アマムベア」「ウェストン」携帯用電流計に於て種々の目盛に於ける自己加熱の影響にして、指示一定するに約一時間を要す、又五〇〇「アマムベア」にて使用しつゝありたるものを急に二〇〇「アマムベア」に低下すれば其の指示は漸次減少し其の影響更に大なるを見るべし。斯る電流計によりては到底變動大なる電流を精確に測定する事困難なるべし。第八表及第九表は夫々種々の電圧計及び電流計に於ける自己加熱の影響を示す。

第八表 電圧計に於ける自己加熱の影響

計器	試験せる目盛	指示一定する迄の時間分	一定指示に對する電壓の變化%
W ₁ 150v	145	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \\ 25 \\ 20 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} +0.04 \\ 0.00 \\ -0.2 \end{array} \right.$
G 150v	120		
F 150v	145		

S ₂ 200v	200	10	+0.05
---------------------	-----	----	-------

第九表 電流計に於ける自己加熱の影響

計器	試験せる目盛	指示一定する迄の時間分	一定指示に對する電流の變化%	試験後分流器の抵抗の増加%		分流器の温度上昇 °C	
				抵抗の増加%	抵抗部	「ラック」	
W ₁ 100a	100a	30	-0.7	1.4	60	40	
W ₁ 50a	50a	0	0.0	0.1	42	26	
G 5a	5a	10	-0.1	0.2	5	2	

以上の實驗及推理の結果電圧計は自己電流による加熱作用の影響普通極めて小にして、溫度係數を無視し得べき優良なる直列抵抗を使用し、銅抵抗の割合を小ならしむれば可なりと雖、電流計に於ては「ミソゾエルト」計としての設計に右の注意を要するのみならず、分流器の構造には最注意を要し、殊に容量大なるものに於て然りとす。分流器を有する電流計に於て自己電流による加熱作用の影響の因つて來る所は分流器の溫度上昇なるを以て、之れを成るべく低くする事は設計上の主眼たるべく、之れが爲には分流器の冷却面積を成る可く大にし、函内に納められたるものは其の部の空氣の流通を良好ならしむる爲適當の注意を拂ふべきは勿論、分流器の電壓降下を低下する事も亦有利なるべし。然れども是等は他の方面より自ら

制限せらるゝを以て或程度の温度上昇は之れを許さざるべからざるべく、斯くして其の影響を小ならしむる爲には、分流器の抵抗材料に優良なる「マンガニン」等温度係数小なるものを使用し、尙「ラツグ」は其部分の抵抗及其の變化が可動線輪回路に影響せざる様、又可動線輪直列抵抗、分流器等の材料に適當なるものを使用し熱電流を發生せざる様注意する事は、自己加熱の影響を減少するに有效なる方法たるべし。是等の點より分流器の抵抗部に優良なる「マンガニン」、「ラツグ」に銅を使用し、兩端より出す可動線輪の導線に銅又は「マンガニン」を用ふる事は、抵抗變化の點より考へて、又熱電流の點より考へて最適當なる組合せなるべし。又精密測定のために使用する電流計にありては、分流器として容量充分大なる「マンガニン」標準抵抗器と、設計良好なる「ミリヴォルト」計とを使用するを可とす。但し小容量のものにありては「ミリヴォルト」計の電流を算入する不便を生じ、且つ普通の電流計の構造に依るも一般に分流器の温度上昇甚小なるを以て、此方法は大きな電流の測定に於て最も適當なるべし。尙別個の分流器と「ミリヴォルト」計とを使用する場合には其等の間を接続すべき導線は一定のものを使用せざるべからざるは無論なり。

三、外界温度の影響

可動線輪型計器が受くる外界温度の影響の原因となるものは自己電流による加熱作用の影響に於けるも

のと略同様なり。

(一) 抵抗の變化。普通使用せらるゝ材料は線輪の部分には銅「アルミニウム」等を用ひ、抵抗線としては主として「マンガニン」を用ふ。銅及び「アルミニウム」の温度係数は約 0.42% 、「マンガニン」の温度係数は成分によりて異れ共十萬分の一内外にして普通の室内温度の變化に對しては之を無視し得べし。又螺旋に使用する磷青銅の温度係数は成分によりて異れども大凡 0.1% 前後なり。

(二) 各部の膨脹及收縮。其程度攝氏一度に付十萬分の一内外にして其の影響は考慮する必要なし。

(三) 耐久磁石の強さの變化。其温度係数は約 $1.0 \sim 2.2\%$ 乃至 $1.0 \sim 3.0\%$ の間にあり。

(四) 制御螺旋の制御力の變化。螺旋は普通磷青銅を使用し其の制御力の温度係数は實驗及計算により

約 $1.0 \sim 4.0\%$ なり。

(イ) 電壓計の温度係數

可動線輪と抵抗とが單に直列になり居る最も普通の電壓計に於て

$R =$ 規定温度に於ける全抵抗

$H =$ 規定温度に於ける空際磁界の強さ

$F_0 =$ 規定温度に於て或る指示に對する電壓

$D =$ 規定温度に於て同一指示に對する螺旋の制御力

- α = 全抵抗 R の等価温度係数
- β = 螺旋の制御力の温度係数
- γ = 耐久磁石の強さの温度係数

とすれば

$$D = k \frac{E_0}{R} H$$

$$F_0 = \frac{R D}{k H}$$

今規定温度より攝氏 t 度上昇せる時同一指示を與ふべき電壓を E とすれば、

$$E_t = \frac{R(1+\alpha t) D(1+\beta t)}{k H(1+\gamma t)}$$

$$\therefore F_0 \{1 + (\alpha + \beta - \gamma) t\}$$

電圧計の温度係数を Δ_v とすれば、

$$\Delta_v = \alpha + \beta - \gamma$$

今 R が種々の抵抗 r_1, r_2, r_3, \dots より成り其の各の温度係数を $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ とすれば、

$$R(1+\alpha t) = r_1(1+\alpha_1 t) + r_2(1+\alpha_2 t) + r_3(1+\alpha_3 t) + \dots$$

$$\alpha = \frac{r_1}{R} \alpha_1 + \frac{r_2}{R} \alpha_2 + \frac{r_3}{R} \alpha_3 + \dots$$

可動線輪に銅又は「アルミニウム」直列抵抗に「マンガン」等温度係数の甚小なるものを使用し、又螺旋は燐青銅より成るものとし前記定数を入れるれば、

$$\Delta_v = \frac{r_1}{R} 0.42 + \frac{r_2}{R} 0.1 - 0.02 \%$$

但し r_1 は線輪の抵抗、 r_2 は螺旋の抵抗とし、耐久磁石の強さの温度係数 γ を $(-0.02 \sim -0.01)\%$ とす。第十表は種々の電圧計に於る温度係数を示す。

第十表 電圧計の温度係数

計 器	全 抵 抗 「オーム」	線 輪 の 抵 抗 「オーム」	螺 旋 の 抵 抗 「オーム」	温 度 係 数		
				計算に依るもの	實驗に依るもの	
W_1	7.50V	86980.		-	0.02	-
	1.50V	17396.	10.3	-	0.02	-
W_1	1.50V	18575.		-	0.02	-
	5V	619.1	13.6	-	0.01	-
W_1	2.00 mV	9.64		+	0.005	+
	2.0 mV	0.964	0.51	+	0.24	+
W_2	1.50V	20653.		-	0.02	-
	1.5V	2065.3		-	0.015	-
W_2	3V	413.1	11.0	+	0.00	-

V ₂	200V	12182.	16.6	1.14	0.02	—
	150V	11100.	—	—	0.02	—
C	15V	1110.	11.8	1.19	0.015	0.01
	—	—	—	—	—	—

二四

右の表に於て明かなる如く電圧の稍高きものは其の温度係数凡て(一〇・〇二%にして抵抗の温度係数は少しも影響せず。尙此の表に掲げたるW₂計器は可動線輪に並列に約四〇〇「オーム」の抵抗を接続しあり、其の材料は「マンガン」なるべしと思せらるゝを以て、其の抵抗の温度係数を零として温度係数を計算せり。(後述電流計の場合参照)之れ高温度に於て可動線輪の電流を割合に減少し以て其の負となる温度係数を減少せんが爲ならむも三「ヴォルト」の場合を除き其の影響極めて小なり。

① 電圧が甚しく小ならざる電圧計に於ては螺旋の抵抗は線輪の抵抗に比して小にして温度係数に對する影響甚小なるを以て之れを無視する時は△が零になる爲には銅抵抗は全抵抗の約二十分の一なる事を要す。此の事は「ウエストン」携帯用電圧計に於ては約五「ヴォルト」前後の低電圧の電圧計に於てのみ成立すべきも、一五〇「ヴォルト」等の電圧計に於ては銅抵抗の割合を増加するか、或は温度係数の稍大なる抵抗線を使用するか、又は特殊の接続方法に依るに非れば温度係数を零に調整する事困難なり。然れども是等は自己電流による加熱作用を増加し又は内部損失を増大する虞あり。且つ普通の電圧計に於ては其の温度係数約(一〇・〇二%に過ぎざるを以て、電圧計の設計に於ては銅抵抗を少くし高き「マンガン」直列抵抗を使

用する外特殊の注意を要せざる場合多し。只第十表に掲げたる二〇「ミリヴォルト」等の如き低電圧用計器に於ては其の温度係数増大するを以て特殊の設計を施されたるものあり。是等は主として電流計に利用せらるゝを以て次の電流計の項に於て記述する事とせり。

(ロ) 電流計の温度係数

「ミリアムペア」計等の分流器を有せざるものは單に螺旋及耐久磁石の温度係数の影響を受くるのみにして其の程度も甚小なり。I₀を規定温度に於て或指示を與ふるに要する電流I₁を攝氏t度上昇せる場合同一の指示を與ふるに要する電流其他の符號は電圧計の場合と同様のものを使用すれば、

$$D = k I_0 H$$

$$I_0 = \frac{D}{kH}$$

$$I_1 = \frac{D(1+\beta t)}{kH(1+\gamma t)}$$

$$\therefore I_0 \{1 + (\beta - \gamma)t\}$$

或は温度係数△_{min}は

$$\Delta_{min} = \beta - \gamma$$

$$= -0.02\%$$

故に分流器を有せざる小容量の電流計に於ては螺旋の材料を更へざる限り其の温度係数は一定にして
 (一) 〇・〇二% なり。然れども分流器を有する電流計に於ては各部の抵抗の變化に大なる關係を有す。

R = 規定温度に於ける分流器の抵抗

r = 規定温度に於ける可動線輪回路の抵抗

α_{ii} = 分流器の温度係數

α_r = 可動線輪回路の温度係數

とし其他の符號を前と同様とす。

$$I_0 = \frac{D(R+r)}{kRH}$$

$$I_t = \frac{D(1+\beta t) \{ R(1+\alpha_{ii}t) + r(1+\alpha_r t) \}}{kRH(1+\alpha_{ii}t)H(1+\beta t)}$$

今 $\frac{R+r}{r} = K$ とすれば、

$$I_t = \frac{D(R+r)(1+\beta t) \left(1 + \alpha_{ii}t + \frac{\alpha_r - \alpha_{ii}}{K} t \right)}{kRH(1+\alpha_{ii}t)(1+\beta t)}$$

$$\therefore I_0 \left\{ 1 + (\beta - \gamma + \frac{\alpha_r - \alpha_{ii}}{K}) t \right\}$$

故に温度係數を Δ とすれば、

$$\Delta_n = \beta - \gamma + \frac{\alpha_r - \alpha_{ii}}{K}$$

然るに R は r に比し甚小なるを以て K を一と見る時は (例へば 〇・六「アムペア」「ウェストン」電流計に於ても K は一・〇六に過ぎず)

$$\Delta_n \therefore \beta - \gamma + \alpha_r - \alpha_{ii}$$

制御螺旋に磷青銅を使用せる場合には、

$$\Delta_n = \alpha_r - \alpha_{ii} - 0.02\%$$

尙分流器に温度係數零なる「マンガニン」を使用すれば、

$$\Delta_n = \alpha_r - 0.02\%$$

即分流器の温度係數が零なる電流計の温度係數は可動線輪回路を一の電壓計と見たる場合の温度係數に等しき明白なる事實に歸着す。今 r なる可動線輪回路の抵抗は r_1, r_2, r_3 等より成り其の温度係數を夫々 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 等とすれば、

$$\alpha_r = \frac{r_1}{r} \alpha_1 + \frac{r_2}{r} \alpha_2 + \frac{r_3}{r} \alpha_3 + \dots$$

今 r_1 を線輪の抵抗、 r_2 を螺旋の抵抗、 r_3 を可動線輪の直列抵抗線の抵抗とし線輪に銅又は「アルミニウム」、螺旋に磷青銅、直列抵抗に「マンガニン」を使用するとせば、

$$\Delta_n = \frac{r_1}{r} 0.42 + \frac{r_2}{r} 0.1 - 0.02\%$$

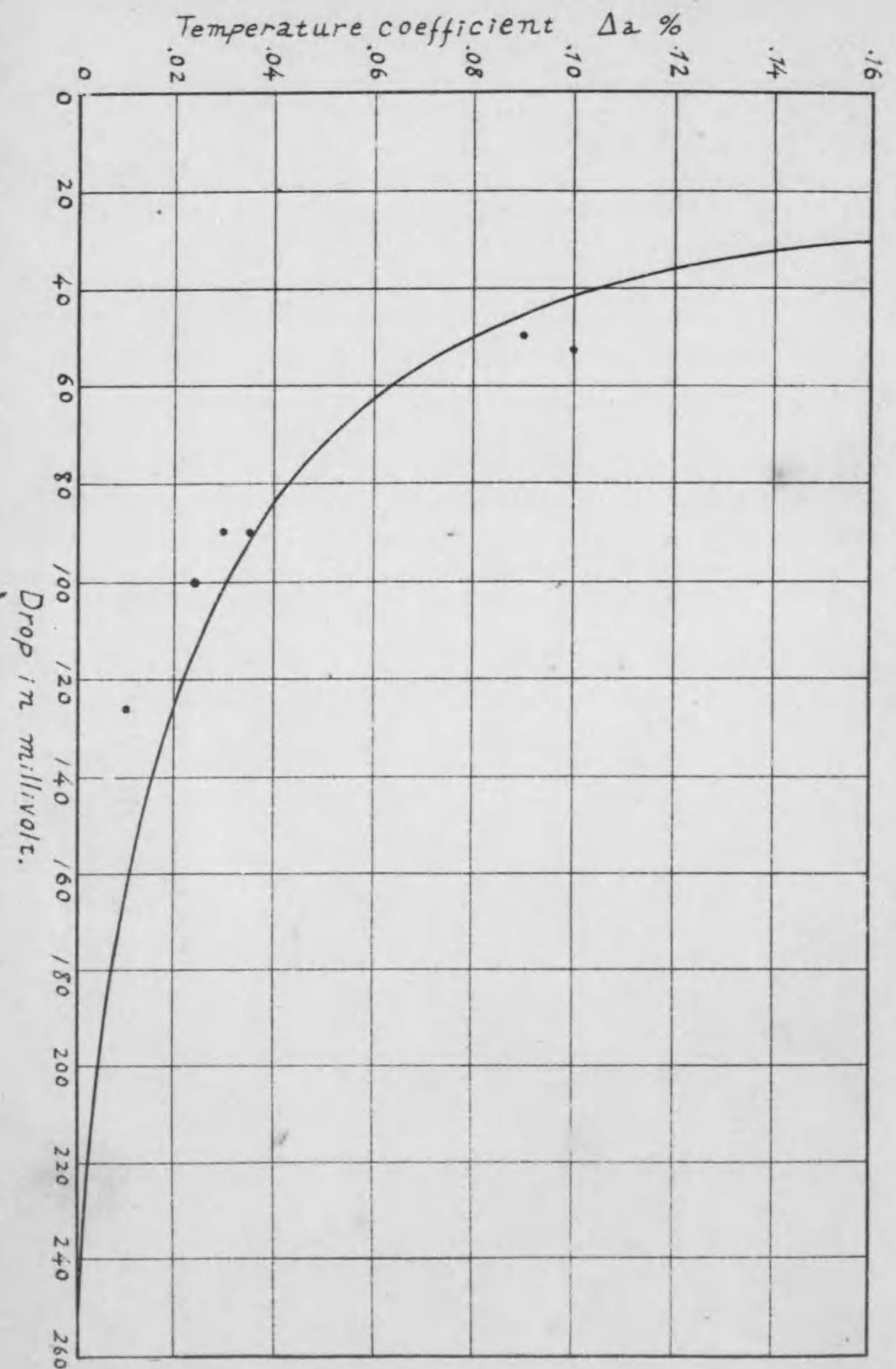
第十一表は種々の電流計に於ける温度係数を計算及實驗より求めたるものにして分流器に銅を使用せるものは可動線輪の直列抵抗にも亦銅を使用せるものとする。又螺旋の抵抗の温度係数は前述の如く材料によりて種々異れ其大體○・一%として計算せり。

第十一表 電流計の温度係数

計器	分流器の抵抗 R「オーム」	可動線輪の抵抗 r1「オーム」	螺旋の抵抗 r2「オーム」	可動線輪の直列抵抗 r3「オーム」	温度係数計算に依るもの	温度係数實驗に依るもの	最大電壓降下 「Volt」	備考			
W1	1.5 a	0.084	0.36	0.25	2.71	+	0.02	+	126	分流器に銅の使用せるもの	
W1	5 a	0.010	0.35	0.24	0.89	+	0.09	+	50		
W1	15 a	0.0035	0.44	0.24	1.01	+	0.10	+	52.5		
W1	25 a	0.0036	0.38	0.32	2.75	+	0.03	+	90		
W1	0.6 a	0.075	0.65	0.34	0.29	-	0.10	-	41		
W1	5 a	0.0071	0.52	0.32	0.18	-	0.12	-	35.5		
W1	50 a	0.00080	0.56	0.35	0.26	-	0.12	-	40		
S2	1 a	0.059	0.61	1.16	0.28	+	0.17	+	54		同
U	5 a	0.0282	0.63	0.58	8.37	+	0.015	+	141		

温度係数を零ならしむる爲には螺旋に磷青銅を使用せる場合に於て

第九圖 電流計ノ電壓降下ト温度係数トノ關係



$$\alpha_1 - \alpha_2 = 0.02 = 0$$

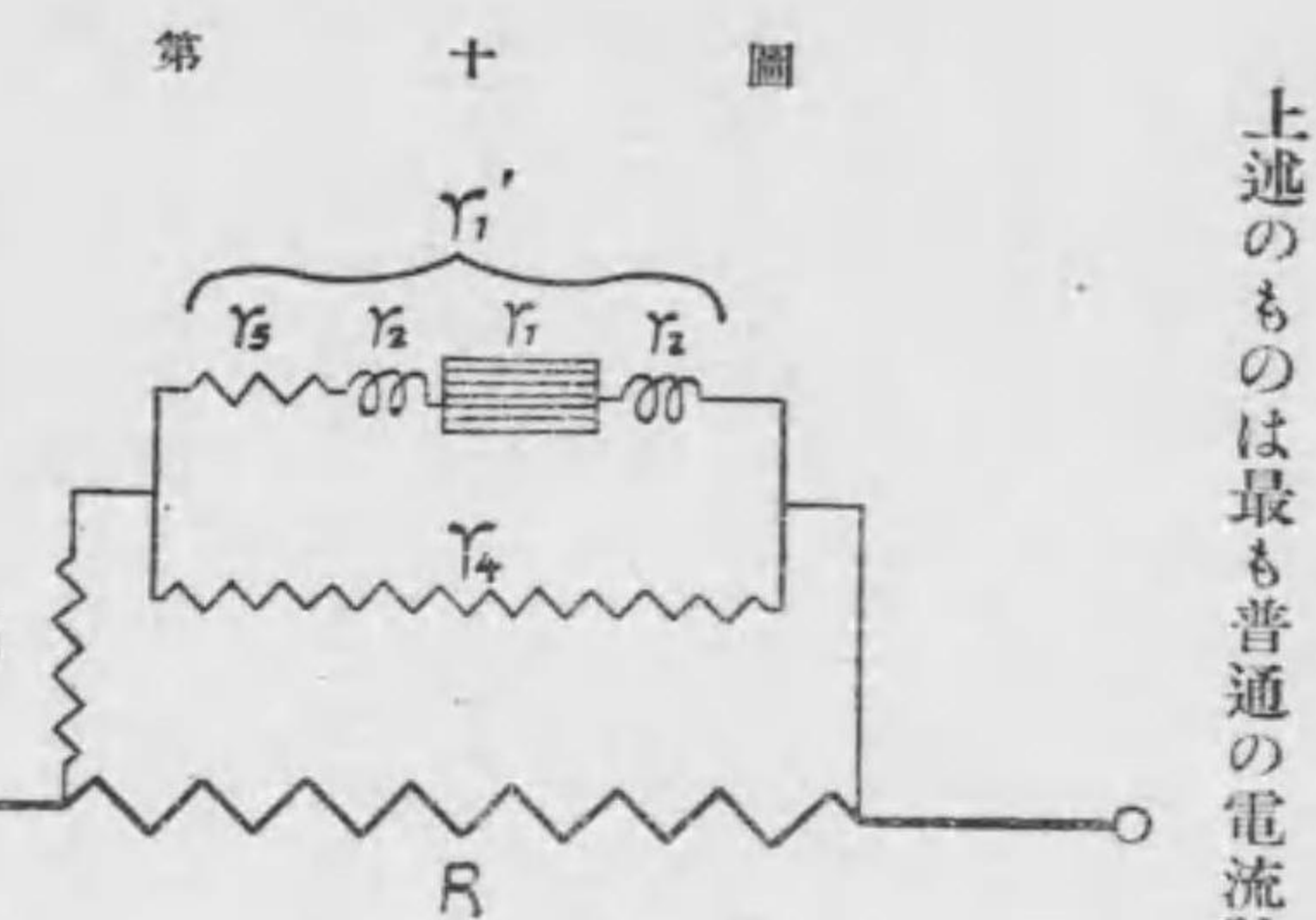
なる事を要す。而して α_1 は常に銅の温度係数より小なるを以て分流器に銅を使用する場合には此の條件の成立する事なく、常に $(1 - 0.02)$ より大なり。且つ銅の分流器を使用する時は自己電流による加熱作用も大となる事前述の如くなるを以て此方法は甚不利にして、分流器としては「マンガニン」を使用するを普通とす。此の場合には温度係数の零となる條件は、

$$\alpha_1 = 0.02\%$$

なり。即電圧計の場合に於ける條件と全く同様にして温度係数零なる「ミリヴォルト」計を使用すべき事實と一致す。然るに α_1 を 0.02% とする事は銅抵抗に對する「マンガニン」抵抗の割合を甚増加する事を要す。従て同一回轉力を得る爲には「マンガニン」直列抵抗を増加し分流器の電壓降下を現今普通用ひらるゝものより著しく増加するか或は太き銅線を以て線輪を作り銅抵抗の割合を減少するを要す。然るに第二の方法に依れば同一回轉力を得る爲には銅の重量を増加する事を意味し、回轉力と可動部務の重量との比を低下せしむるの不利あり。故に回轉力の重量に對する比を一定に保ちて温度係数を小ならしむるには計器の電壓降下を増加するの一法あるのみ。

次に電壓降下と温度係数との關係を求むる爲「ウェストン」電流計の例に於て、線輪及螺旋の抵抗及其の電流を約平均値に取りて計算せる結果は第九圖の如し。尙曲線の附近にある數點は「ウェストン」携帯用電

流計の種々の容量のものに於ける實例なり。



上述のものは最も普通の電流計の接続方法にして、其の温度係数を小ならしむるには電圧降下従つて電力損失を大ならしめ、自己加熱の影響を増大するの不利あり。之れを防ぎ比較的電圧降下を小に保ちて温度係数を減少する目的を以て、特殊の方法の講せられたるもの二三あり。其の最も簡單なる方法は「ウェストン」電流計に於て容量稍大なるもの（五〇「アムペア」以上等）に於て利用せらるゝ設計にして第十圖は其の接続を示す。r₁は可動線輪及螺旋等の兩端に並列に接続せられたる銅抵抗線にして可動線輪回路の温度係数が銅の夫より小なる爲高温度に於て可動線輪の電流を増加し回轉力の減少を防ぐものにして、各部の抵抗を適當に加減する事により其の温度係数を零に保つ事を得べし。

一般に分流器を有する電流計は「ミリヴォルト」計と分流器とを組合せたるものにして、「ミリヴォルト」計の電流が分流器の電流に比し相當に小なる場合には、分流器に「マンガニン」を使用せるものは其の温度係数は「ミリヴォルト」計の温度係數に等しき事前述の如し。仍て第十圖の如き接続を有する「ミリヴォルト」計に就て其の温度係数を計算すべし。

し。r₁ r₂ r₃ r₄を夫々圖に示したる各部の抵抗、又其の温度係数を夫々α₁ α₂ α₃ α₄とし、或指示に對する可動線輪の電流をi、全電壓をEとすれば

$$E = \left(\frac{r_1' r_1}{r_1' + r_1} + r_2 \right) \frac{r_1' + r_1}{r_1} i$$

$$= \left(r_1' + r_2 + \frac{r_1' r_1}{r_1} \right) i$$

は可動線輪に並列回路を有せざる普通の電圧計に對する等價抵抗にして之れをrとすれば

$$E = r i$$

此場合の温度係数は電圧計の場合と同様にして之れをΔ'とすれば、

$$\Delta'_a = \alpha + \beta - r$$

但しαは等價抵抗rに對する等價温度係數にして其の値は次の如し。

$$\alpha = \frac{r_1' \alpha_1' + r_2 \alpha_2 + \frac{r_1' r_1}{r_1} (\alpha_1' + \alpha_2 - \alpha_1)}{r_1}$$

r₃に「マンガニン」、r₄に銅を使用すれば

$$\alpha = \frac{r_1' \alpha_1' + \frac{r_1' r_1}{r_1} (\alpha_1' - 0.42)}{r_1}$$

然るにα₁'は銅又は「アルミニウム」及び是れよりも温度係數の小なる螺旋との合成温度係數にして常に銅の温度係數よりも小なるを以て、上式右邊の第二項は常に負數となる。故に同一の可動線輪を使用し之れ

と並列の抵抗を接続する事なく、「マンガニン」直列抵抗を使用して全電圧を同一に保つ時の温度係數

$$\alpha' = \frac{r_1'}{r} \alpha_1'$$

よりも常に小なり。故に同一の温度係數を得るには後者の場合には其の全電壓降下を齎めざるべからず。

第十二表は「ウェストン」携帯用電流計に於ける一二の實例なり。尙 \$r_1'\$ は可動線輪の抵抗 \$r_1\$、螺旋の抵抗 \$r_2\$、及び僅少なる「マンガニン」抵抗 \$r_3\$ より成るを以て次の表に於ては各別に記載せり。

第十二表 電流計に於ける温度係數

計器	分流器の抵抗 \$R_{分}\$	可動線輪の抵抗 \$r_1\$	螺旋の抵抗 \$r_2\$	可動線輪の直列抵抗 \$r_3\$	直列抵抗 \$r_4\$	可動線輪の並列抵抗 \$r_5\$	温度係數		電壓降下 \$U_{降下}\$
							計算に依るもの	實驗に依るもの	
\$W_1\$ 50a	0.00125	0.42	0.23	0.04	0.39	0.41	+	0.06	62
\$W_1\$ 100a	0.00127	0.34	0.27	0.04	1.625	0.41	-	0.07	127

此の實例は必ずしも調整の良好なるを示すものに非ず。五〇「アムペア」のものは調整の不足を意味し一〇〇「アムペア」のものは調整の過ぎたるを意味す。然れ共之れによりて銅並列抵抗が如何に有效なるかを見るに足らむ。

斯る接続を有する電流計に於て温度係數を零ならしむるには

$$\alpha = \frac{r_1'}{r} \alpha_1' + \frac{r_2}{r} \alpha_2 + \frac{r_3}{r_1 r_3} (\alpha_1' + \alpha_3 - \alpha_4) = \gamma - \beta = 0.02$$

\$r_3\$ に「マンガニン」を使用するものとせば、

$$\alpha = \frac{r_1'}{r} \left\{ \alpha_1' + \frac{r_2}{r_3} (\alpha_1' - \alpha_4) \right\} = 0.02$$

然るに

$$r = r_1' + r_2 + \frac{r_1' r_2}{r_3}$$

なるを以て

$$\alpha = \frac{r_1' r_3 \alpha_1' + r_1' r_2 (\alpha_1' - \alpha_4)}{r_1' r_3 + r_2 r_3 + r_1' r_2} = 0.02$$

或は

$$r_3' = \frac{r_1' r_3 (\alpha_1' - 0.02)}{r_1' (\alpha_1 - \alpha_4') + 0.02 (r_1' + r_2)}$$

故に此式が成立する様適當に各部の抵抗及其材料を選定すれば、其の温度係數を零ならしむる事を得べし。

今一例として「ウェストン」電流計の例を取り、銅線輪の抵抗を〇・四「オーム」磷青銅螺旋の抵抗を〇・三「オーム」とすれば \$\alpha_1 = 0.28\%\$

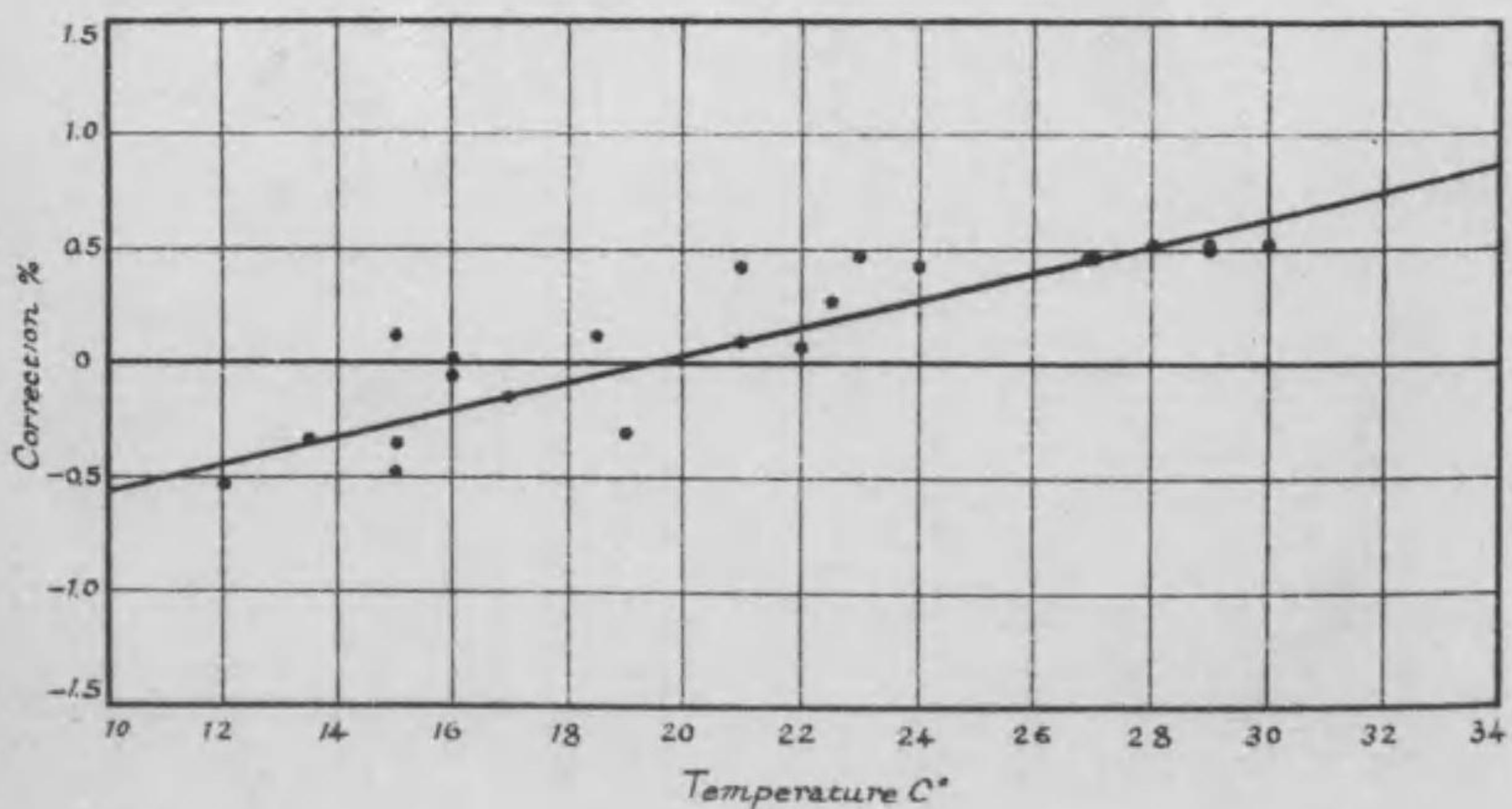
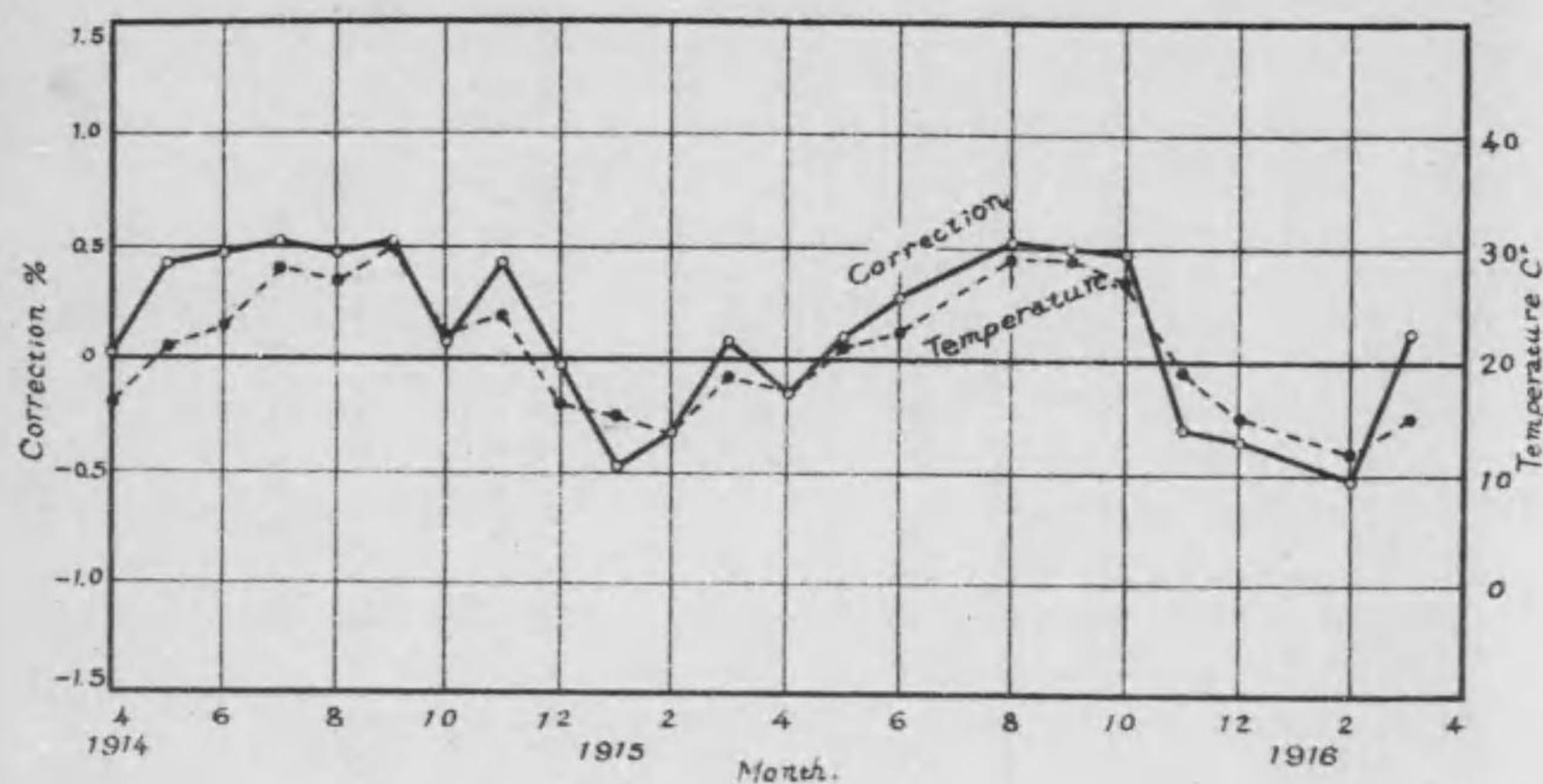
又 \$r_4\$ を \$r_1\$ に等しく即〇・七「オーム」として銅を使用するものとすれば

$$r_3 = \frac{r_1' (\alpha_1' - 0.02)}{\alpha_4 - \alpha_1' + 0.04}$$

第十一圖

電流計ニ於ケル温度ノ影響

W, 50 Amp. (「マンガン」分流器ヲ使用セルモノ)



又「シーメンス」精密型計器に於ても同様の接続法によりて其の温度係数を低下せり。其の一例として四五「ミリヴォルト」、全抵抗一〇「オーム」の電圧計に於ける温度係数僅に(一〇・〇〇七%)に過ぎず。

以上は主として理論的に温度係数を考究せるものなれども、次に實際使用状態に於ける温度の影響に関する實例を擧ぐ。第十一圖上圖は電氣試験所第一部に於て日々使用しつゝある「ウェストン」携帯用電流計を、毎月一回更正試験を行ひ其の更正率の變化を時日に對し曲線的に畫きたるものにして、尙試験せる際の温度をも表はせり。此の圖によれば短時日間に其の更正は稍烈しく變化せりと雖之れを温度に對して曲線的に畫けば同圖下圖の如し。之れによれば更正率の變化は主として温度の影響にして下圖は明かに其の温度係数を示せるものなり。尙第十二圖乃至第十五圖は他の同様の結果なりとす。先に第十一表及第十二表に於て實驗に依る温度係数とせるは主として此の結果によりたるものとす。

にして第九圖の場合に従へば其の電壓降下約七〇「ミリヴォルト」なり。然るに此の電流計と同一の電壓降下にして可動線輪に並列抵抗を有せざる普通の電流計に於ては其の温度係数は

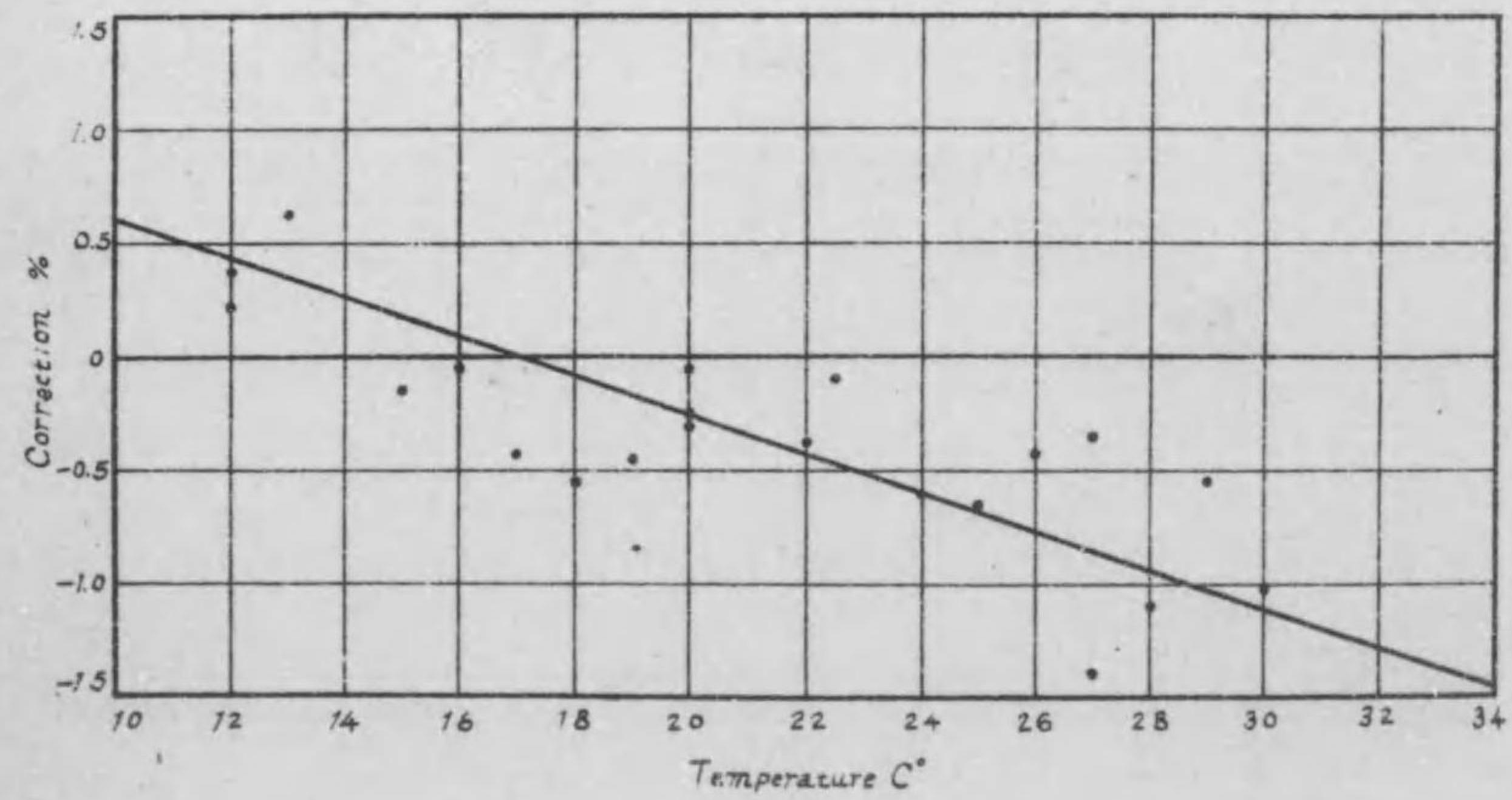
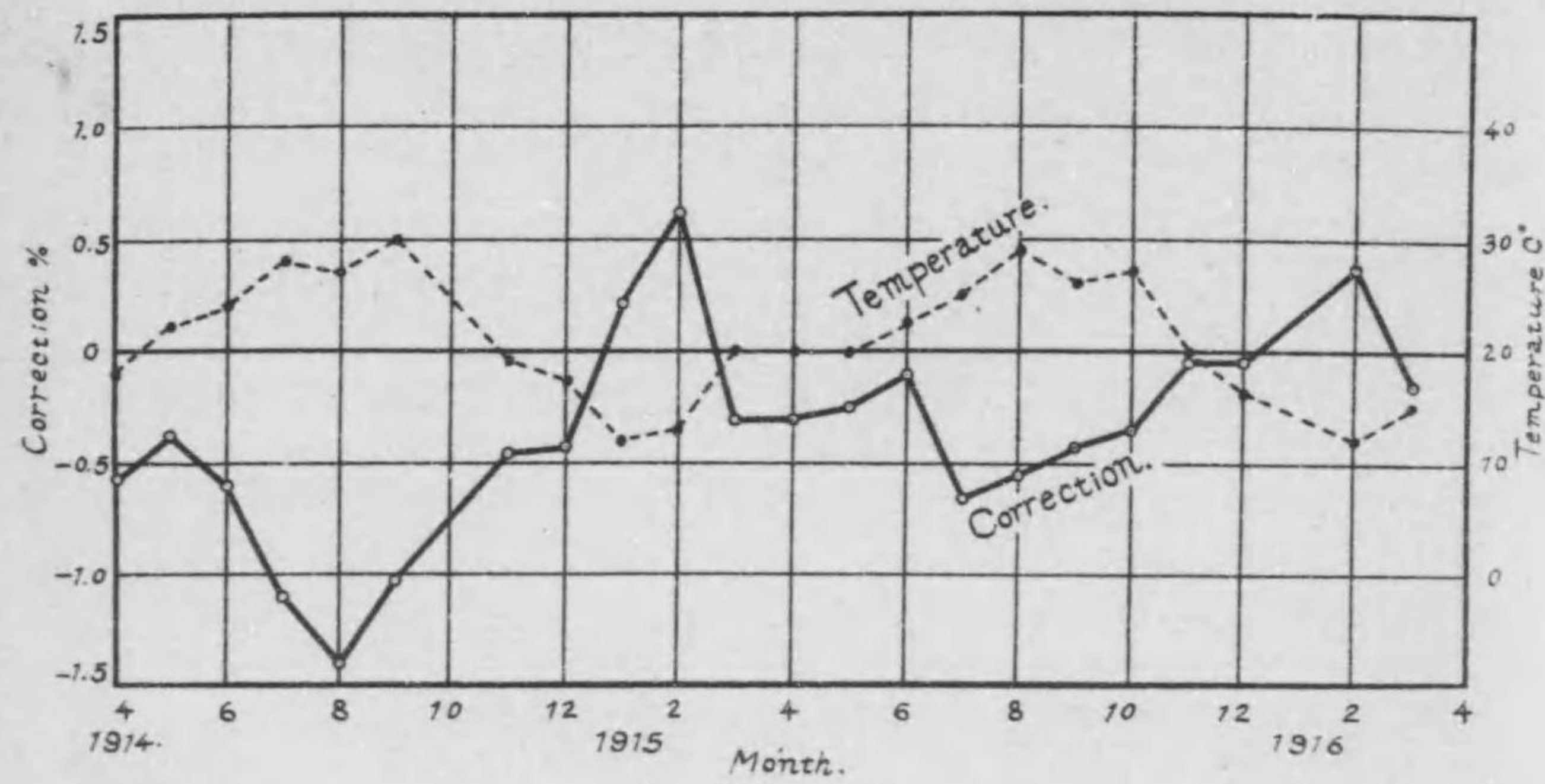
$$\Delta a = \frac{1.7}{r} \alpha - 0.02 = \frac{0.7}{2.72} \times 0.28 - 0.02 = 0.05\%$$

又其の温度係数を零ならしむる爲めには其の電壓降下を二五〇「ミリヴォルト」にする必要ありて約三・六倍に増大す。

第十二圖

電流計ニ於ケル温度ノ影響

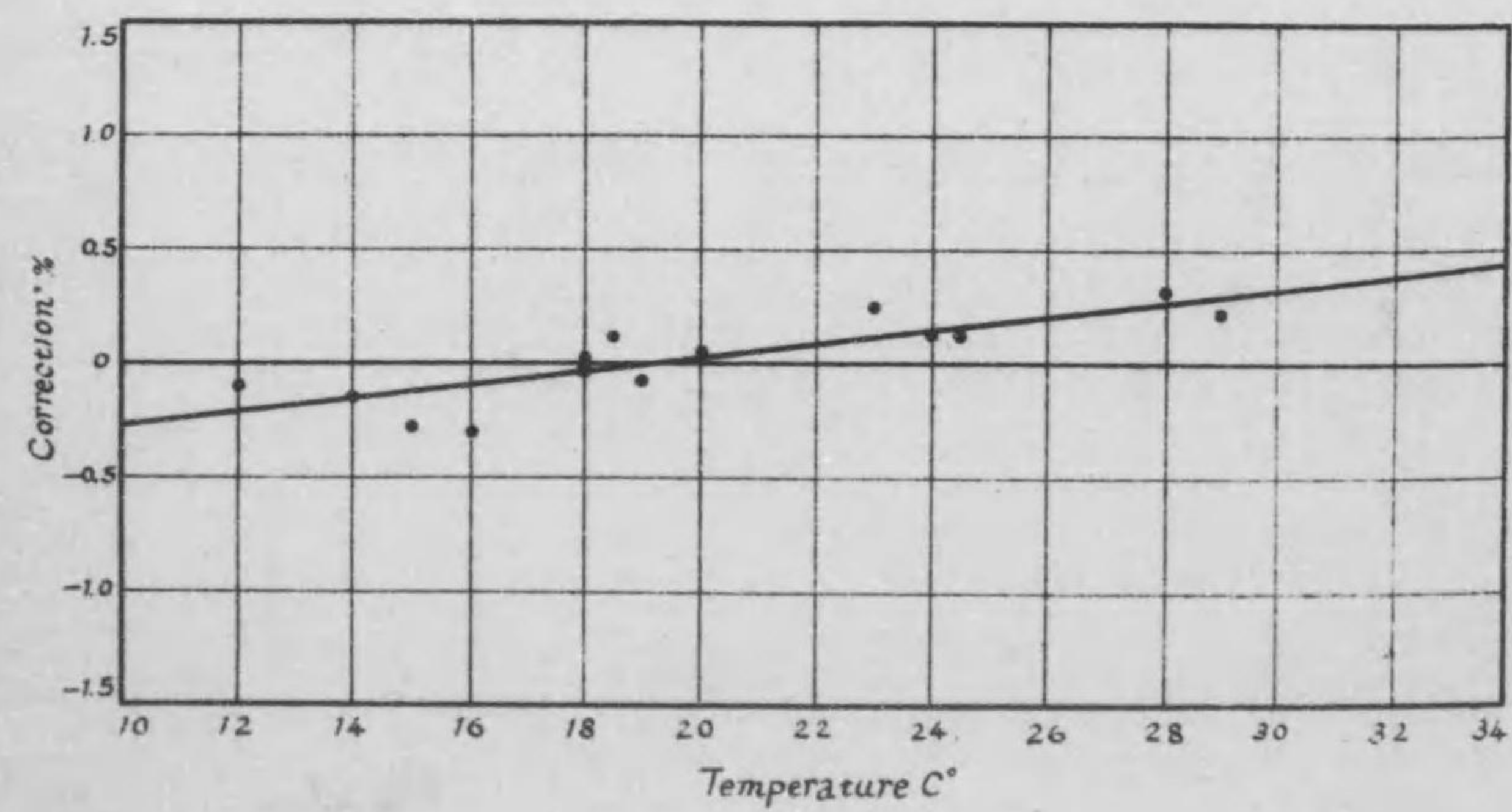
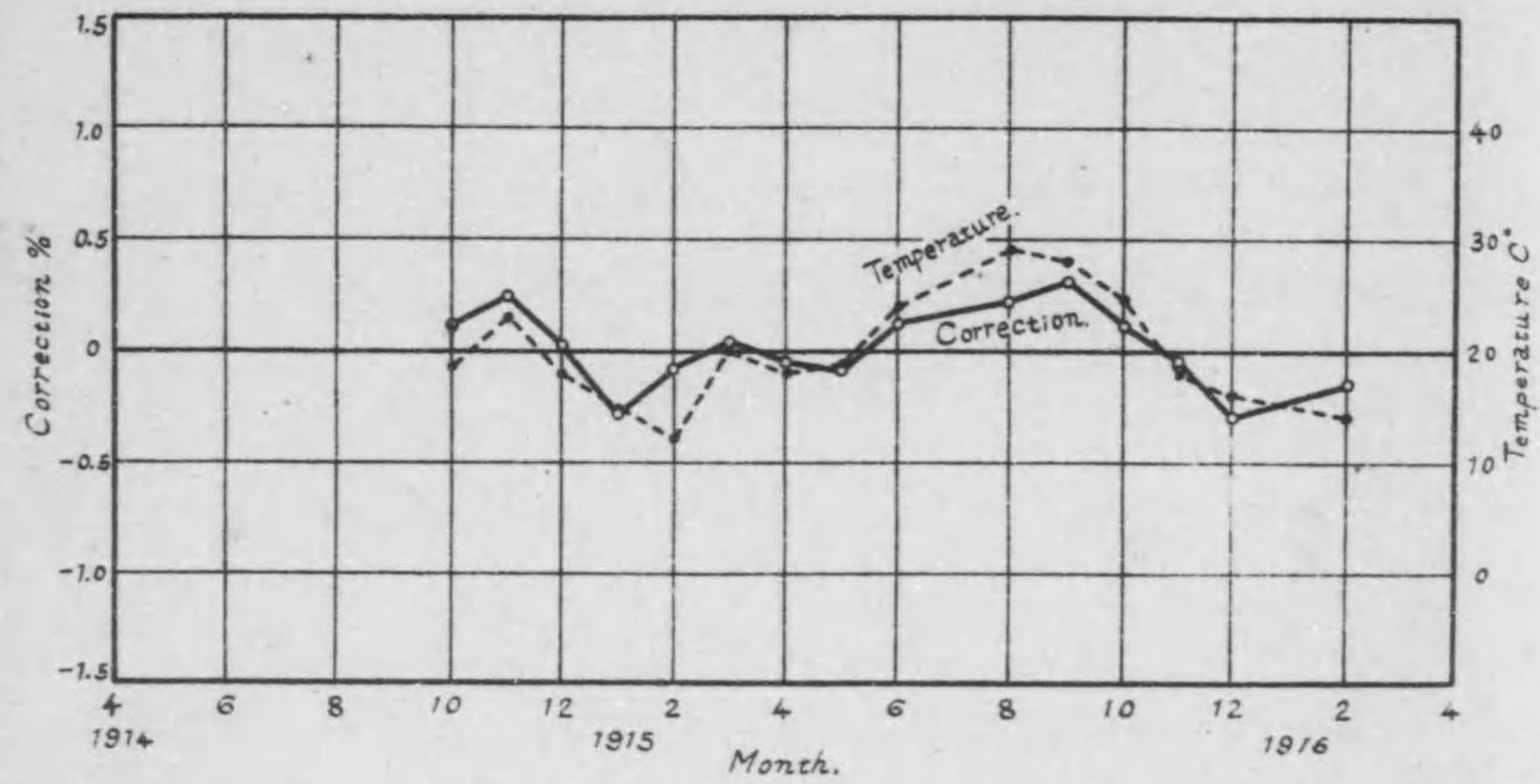
W, 50 Amp. (銅分流器ヲ使用セルモノ)



第十三圖

電流計ニ於ケル温度ノ影響

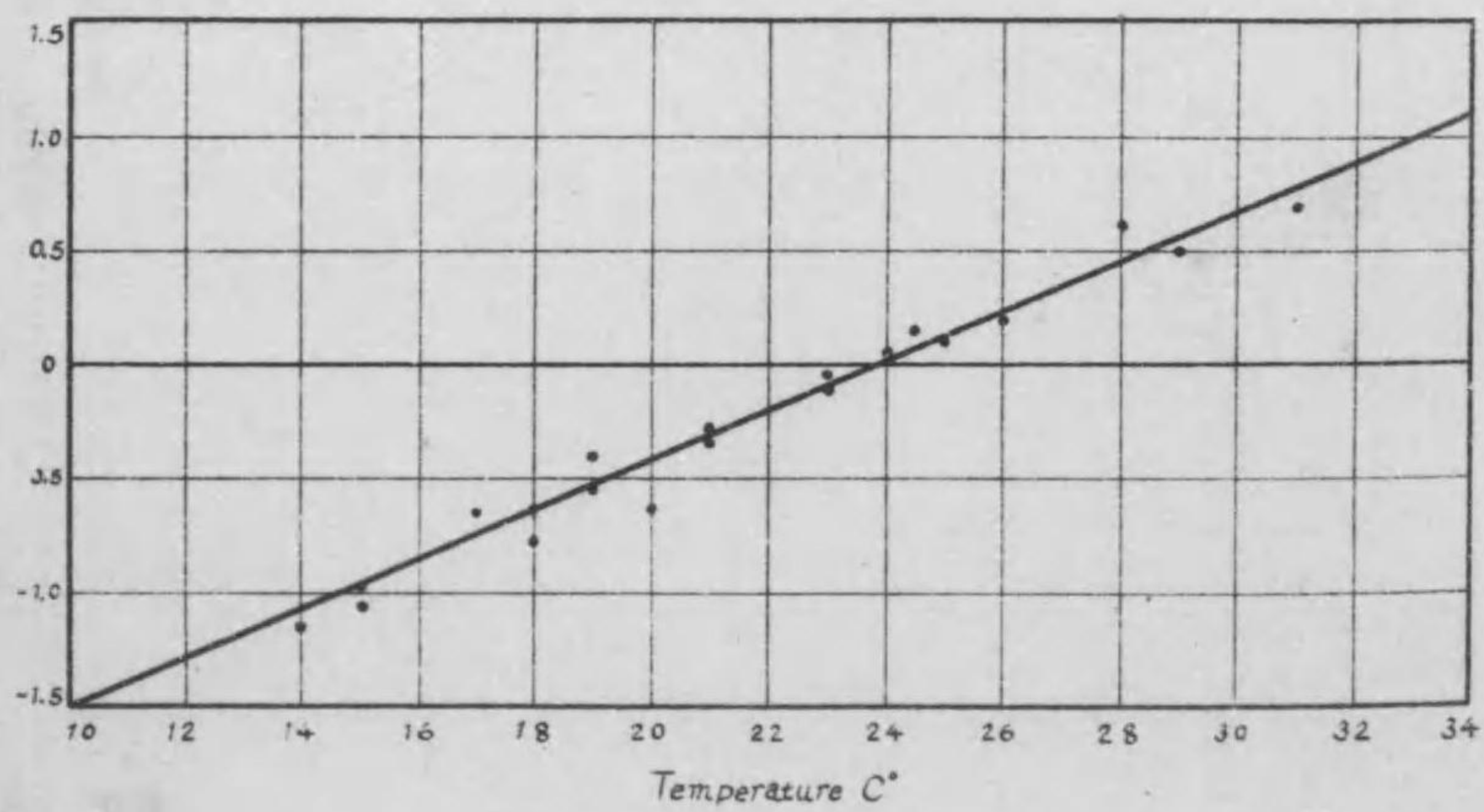
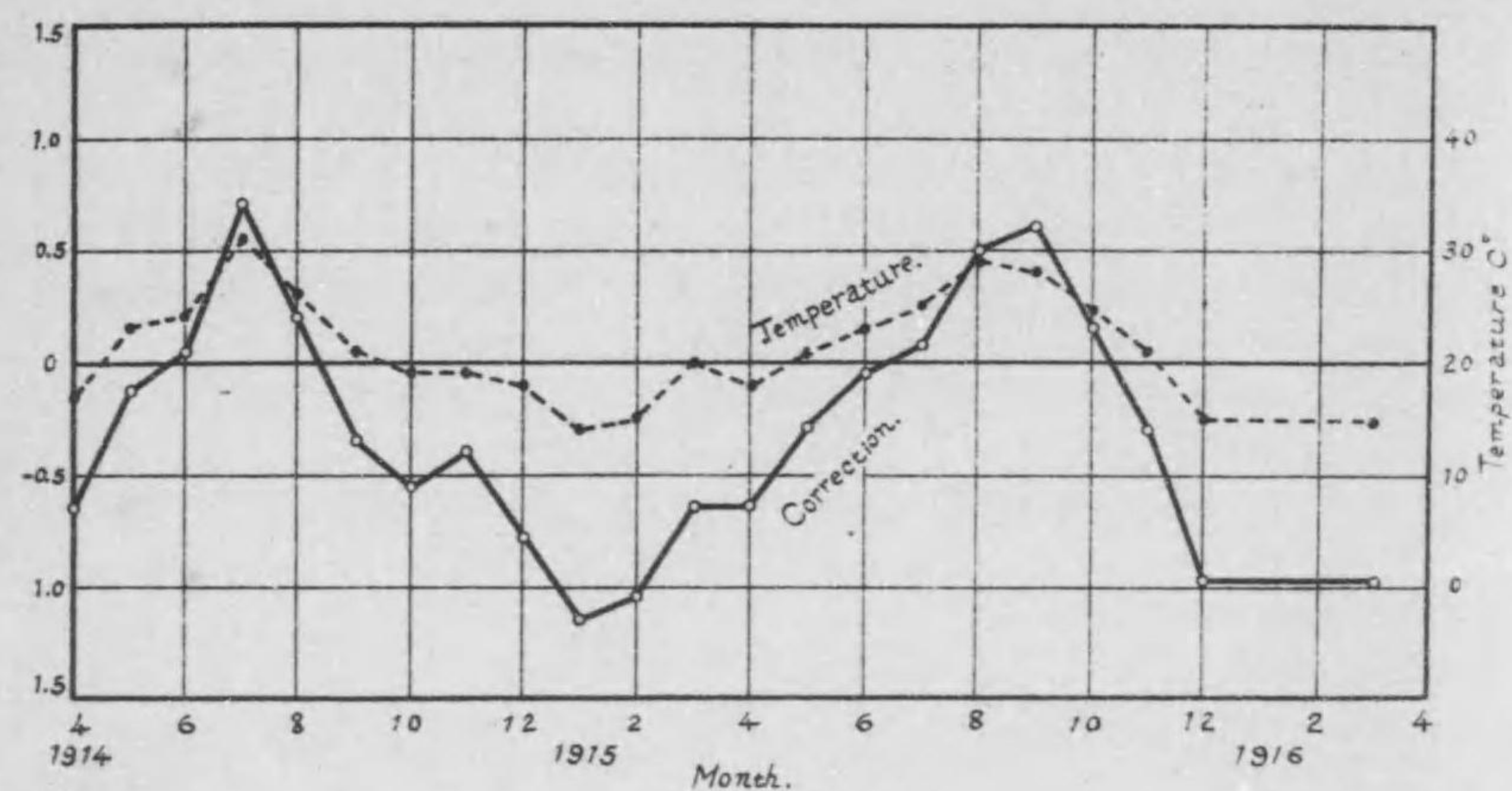
W, 25 Amp. (「マンガニン」分流器ヲ使用セルモノ)



第十四圖

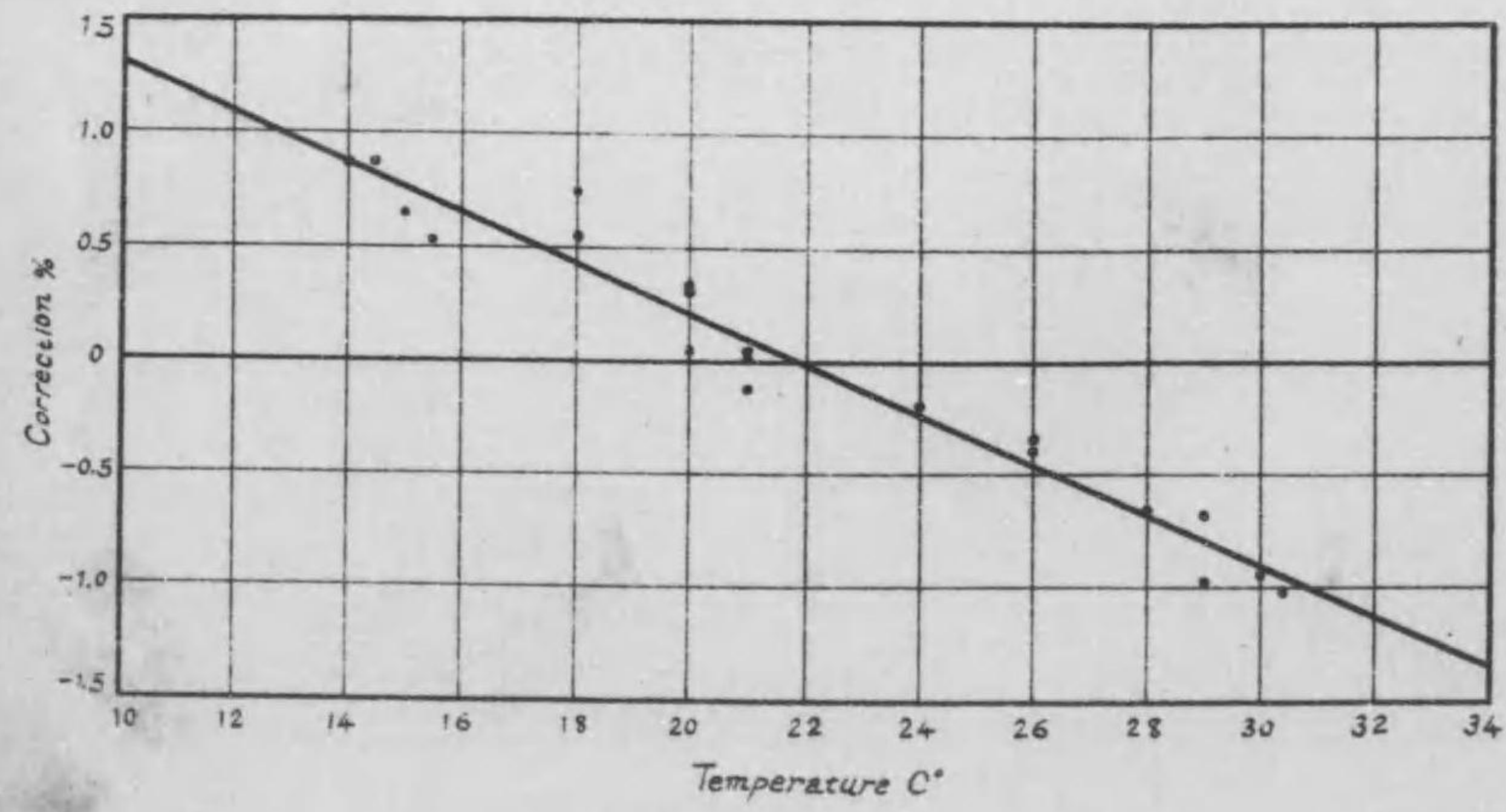
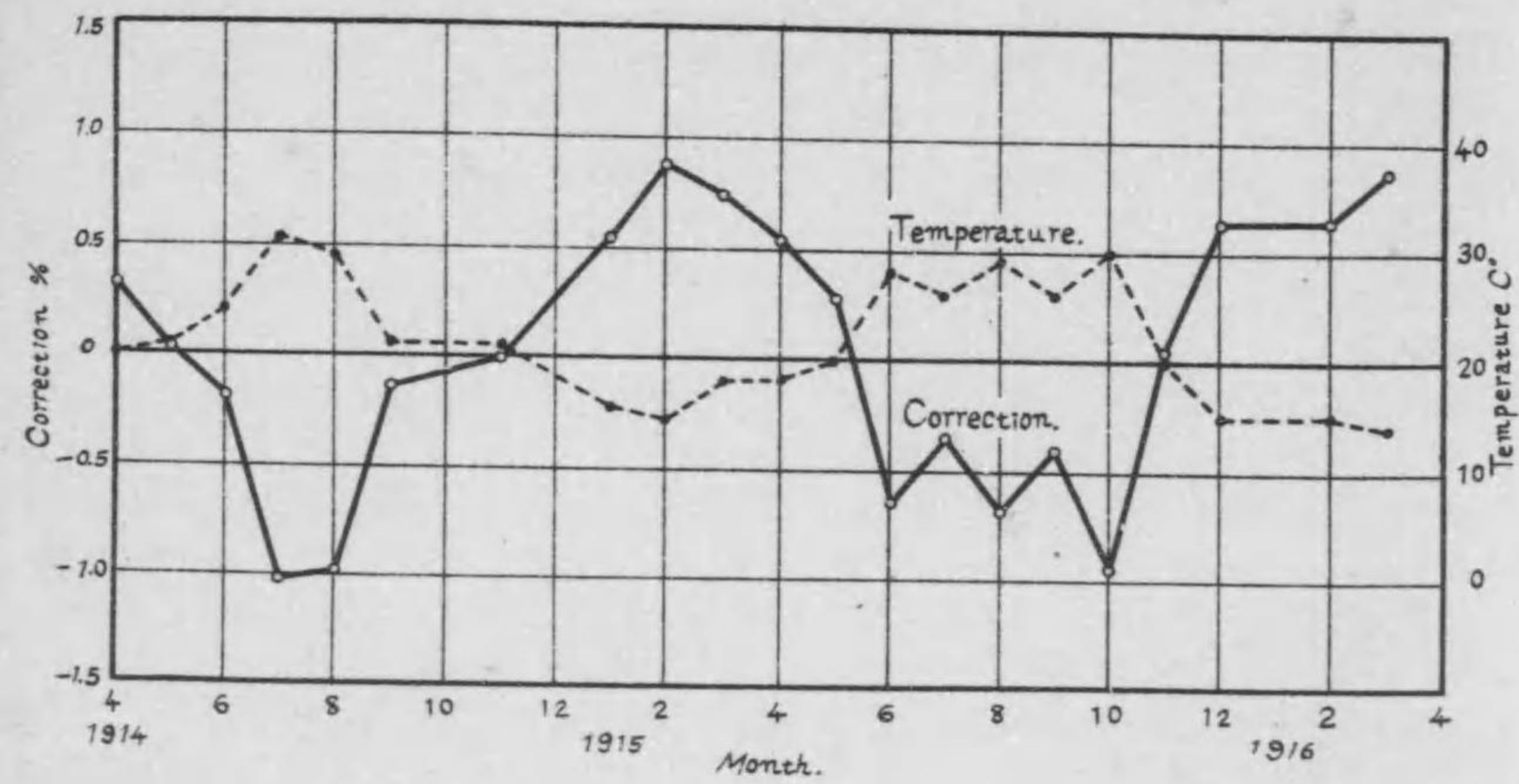
電流計ニ於ケル温度ノ影響

W, 15 Amp. (「マンガニン」分流器ヲ使用セルモノ)



第十五圖

電流計ニ於ケル温度ノ影響
W, 5 Amp. (銅分流器ヲ使用セルモノ)



第四、結 論

可動線輪型計器は直流の測定に於ては最輕便にして其の目盛の整一なる事、可動部分の重量に對し回轉力比較的大なる事、「アムペア」回數小なるを以て内部損失少なく殊に電壓計に於て甚小なる事、制動作用最も有効にして且つ其の裝置簡單なる事、外部磁界の影響小なる事、其の他電壓計に於ては一般に自己電流による加熱作用の影響小なる事等、他の普通の計器に比し特長とする所尠からず。然れ共計器の設計不適當なる場合、又は不注意に使用せる場合には其の確度は意外に低下する事あるべし。次に使用上確度を増進する爲注意すべき條項を擧ぐれば左の如し。

一、外部磁界の影響を避くる爲計器空隙の磁界の方向が外部磁界の方向と直角なる様に計器を置く事。地球磁界のみの場合にありては空隙磁界の方向を東西に向くる事。其他同型の計器を二個或は數個相接して使用する時は少くも約十五糎以上離隔する事。

二、電壓計は一般に自己加熱の影響甚だ小なれ共、電流計に於ては稍大なるものあり。斯る電流計に在りては一定電流を通じ置き指示一定したる後測定するに非れば正確なる結果を得難し。然れ共使用の目的によりては此方法を適用し得ざる場合あり。此時は實際使用状態にて校正するを要す。尙容量大なるものは端子の接續不完全なる爲發熱して影響を増大する事あり。一般に大なる電流の測定に於ては優良なる

「ミリヴォルト」計と容量充分に大なる「マンガニン」標準抵抗とを組合せて使用するを最も適當なりとす。
 三、温度係数は電圧計に於ては一般に小なれ共電流計に於ては〇・一%或は其以上に達するものあり。故に假令月一回又は二回試験して使用するも温度の變化烈しき時期又は場所に於て使用する場合には其の温度係数を決定し置きて之れを算入するを要す。

次に特性良好なる計器を得る爲設計上注意すべき事項を擧ぐれば左の如し。

- 一、回轉力の可動部分の重量に對する比は成るべく大なるを可とするは既記の如く、一定の重量に對して大なる回轉力を得る爲には銅線の電流密度を増加する一法あるのみにして自ら制限あり。又銅の代りに「アルミニウム」線を使用する事は此目的に對し有利なり。
- 二、内部損失は其の少き程可なる事何れの計器に於ても言を俟たざる所にして電圧計に於ては回轉力と可動部分の重量との比を害せざる範圍に於て可動線輪に細線を用ひ回數を多くする事により其の目的を達し得べし。

電流計に於ては單に分流器の電壓降下を減少するの一法あるのみにして温度係数を増大せざる範圍に於て之れを低下するを可とす。然れ共可動線輪及螺旋の構造上自ら制限あり、且つ之れを甚しく低下する事は調製を困難にし且つ接續部等に於て僅少なる抵抗の變化も直に其の指示に影響して永く確度を保つ事能はず。殊に外部に別個の分流器を有するものに於ては導線の接續の良否も其の指示に影響するに到るを以て

極端に低下する事は却て不利なるが如し。普通四〇乃至五〇「ミリヴォルト」に設計せられたるもの多し。

三、耐久磁石は成る可く強力にして十分粘れたるものを使用すべきも尙減磁作用を少からしむる爲其の切斷面積に比して磁路の長さを充分大に取り、且つ空隙の面積に比して其の間隙を小ならしむるを可とす。殊に間隙を小にする事は其の磁界を強くし回轉力を増大し外部磁界の影響を減少する等最も有利なれ共、極端に間隙を小にして一時的に特性を良好ならしむるも製作を困難にし且つ永く使用して故障の原因となり易きを以て自ら制限あり。普通一乃至二耗の間にあり。

四、外部磁界の影響は單に地球磁界のみにも水平分力の影響最大 $\pm 0.2\%$ に達す。是れを減少するには強力なる磁石を使用し空隙を小ならしむる事の外鐵函中に納むる事は最も有利なり。尙第一圖W₁計器の如く磁石を二個相對して使用する事も亦有利なり。

五、自己如熱の影響を減少するには電圧計に於ては單に線輪の銅抵抗に比し「マンガニン」直列抵抗を大にすれば可なり。電流計に於ては分流器の加熱が凡ての原因となるを以て之を低下する事は此の影響を減少する主眼たりと雖も特に注意すべき條項を擧ぐれば、

- (イ) 分流器の温度上昇を小ならしむる爲成る可く容量の大なる分流器を使用し且つ之れが函内に納められたるものは其の部の通氣を完全にする事。
- (ロ) 電壓降下を成る可く小ならしむる事。

J-2144

↑

- (ハ) 分流器及「ラッグ」の材料組合せに注意して熱起電作用及「ヘルシエ」効果の小なるものを選択すべき事。此の點に於て分流器に「マンガニン」「ラッグ」に銅を使用するを有利なりとす。
- (ニ) 分流器を函内に有する電流計に於ては可動線輪及其の直列抵抗と分流器とを接続する導線に注意し分流器が熱電對に於ける一の高溫度接合點を形成せざる様注意する事。此の點に於て可動線輪の直列抵抗に「コンスタンタン」を使用する事は甚だ不可なり。
- (ホ) 「ラッグ」及端子の形狀を兩個共同様にして不等發熱を避くる事。等なりとす。

六、外界溫度の影響に於て電壓計は低電壓用のものを除き一般に良好にして直列抵抗に優良なる「マンガニン」線を使用するの外特殊の注意を要せざる場合多し。電流計に於て普通の簡單なる接続より成るものは其の電壓降下を大とする程溫度係數小となるものなれども容量大なる電流計に於ては電力損失大となり且つ種々の特性上の不利を生ず。之を避けて溫度係數を小にするには銅等の溫度係數大なる線を可動線輪回路に並列に接続する方法最も簡單にして且つ有效なりとす。

145
5

終