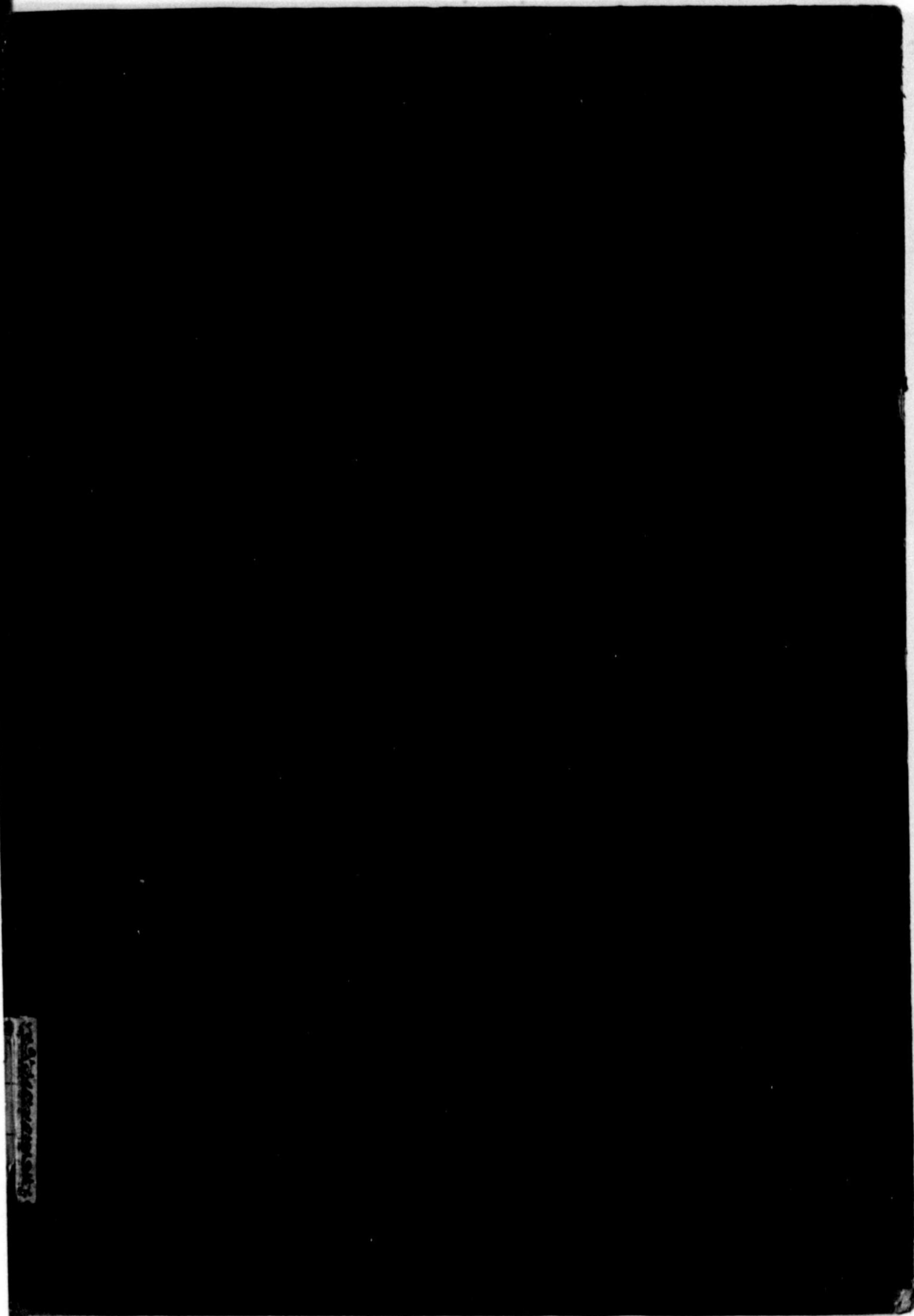




始



546.2

D59

電蝕防止操典

電蝕防止研究委員會

編纂



京都・東京

電氣書院

發行

序

電蝕防止の問題は我國に於ても既に古く電鐵創始の明治 30 年前後より注意を惹いたものであるが、其の重要性が特に認識せられて來たのは比較的近年の事で、電鐵の異常なる發展と地中管路、特に地下通信ケーブル等の著しい増加に由るものである。各方面の文化的施設は其の各々に就ては申す迄もなく夫々大なる文化的意義を有するものであるが、其の副作用として往々にして他の文化施設の目的に干渉する事がある。電蝕防止研究委員會の事業は關係施設の相互干渉を技術的及び經濟的に最も効果的に解決し、各事業の圓滿なる發達に寄與せんとするものであつて、其の使命たるや電氣鐵道、通信、電力、瓦斯、水道其他鐵を用ひる營造物等廣汎な範圍に亘り甚だ大なりと申さねばならない。斯かる使命の達成には關係者が事象の本體を理解し其の對策を機に臨み樹立し得る事が必要であつて、之が爲には出来るだけ多くの人々に本問題に對する認識を得せしめ常識を涵養せしむる事が第一である。

此の意味に於て電蝕防止操典は電蝕防止研究委員會の最も意義ある事業の一つであつて、各關係技術方面に大なる貢獻を爲すものと信ずるものである。

昭和十一年十月

電蝕防止研究委員會委員長 工學博士 密田・良太郎



目次

第一章	緒言	1
第二章	地下埋設金属體の電解腐蝕	4
第一節	電蝕に関する一般概念	4
1.	電蝕を受くる地中埋設金属體	4
2.	電線軌條よりの漏洩電流分布	4
第二節	電解の法則	8
第三節	電蝕と自然腐蝕との別、電蝕判定法	9
第四節	陽極腐蝕と陰極腐蝕	10
第五節	腐蝕能率	11
第六節	電蝕量に影響を與ふる因子	11
1.	電流密度	11
2.	濕度	13
3.	溫度	13
4.	埋設の深さ	13
5.	酸素	13
6.	電解液の性質	13
7.	交流による電蝕	14
8.	埋設金属體表面の成極作用及び薄膜の影響	15
第七節	土壤及び地下水の性質	16
1.	土壤の化學的組成	16
2.	土壤の電氣的性質	16
3.	地下水の性質	18
第八節	ケーブルの電蝕	22
第九節	瓦斯管及び水道管の電蝕	22
銹鐵瓦斯管の電蝕に依る黒鉛化の實例	27	
第十節	鐵筋コンクリート中の鐵の電解腐蝕	28
1.	陽極作用	28

2. 陰極作用	28
第十一節 許容流出電流密度	29
第三章 直流電気鐵道よりの漏洩電流	30
第一節 電気鐵道の方式	30
第二節 計算上より見たる漏洩電流	31
1. 單一負荷の場合の漏洩電流の計算	32
2. 分布負荷の場合の漏洩電流の計算	36
3. 漏洩電流の實例	43
第三節 電鐵歸線の電気抵抗	47
1. 軌 條	47
2. ボ ン ド	49
a. ボンドの選擇に對する條件	49
b. ボンドの型式	50
c. 熔接縫目	55
d. ボンドの特殊接続	55
e. クロスボンド	56
f. 補助線	57
第四節 軌道床の大地に對する漏洩抵抗	57
1. 軌道床の漏洩抵抗と漏洩電流の關係	57
2. 軌道床の構造と其の漏洩抵抗	57
3. 軌道床漏洩抵抗の變化	63
4. 土壤の電気抵抗	64
第五節 饋電方式	66
1. 單 線 式	66
2. 單線式にして絶縁負饋電線を用ふる場合	67
a. 等電位法	67
b. 傾斜電位法	69
c. 負極昇壓機を有する絶縁負饋電法	70
3. 複 線 式	71

4. 三 線 式	71
a. 並列三線式	71
b. 分割三線式	71
第六節 電蝕危険區域	73
第七節 埋設金屬體に流るる漏洩電流	79
第四章 電蝕調査に必要な測定法並に測定器	84
第一節 電気鐵道に關するもの	85
1. 軌條對大地電位差	85
2. 軌條電流	85
3. 歸線電壓降下	87
4. 定電流試験による測定	87
5. 軌道床の漏洩抵抗	91
a. Differential method	91
b. Kennelly 其他の計算式に依る方法	92
6. ボンド抵抗の測定	95
a. ミリヴルト計又は差動電壓計を使用するボンド 試験器	95
b. 摺動ブリッジの原理に依るボンド試験器	96
c. 斷續電流と受話器とを使用するボンド試験器	96
第二節 埋設金屬體に關するもの	96
1. 對地電位差	96
2. 對軌條電位差	97
3. 埋設金屬體電流	98
4. 流出入電流密度	100
5. 電 流 量	103
6. 埋設金屬體の抵抗	104
7. 埋設體の對地漏洩抵抗	105
第五章 電蝕測量	106
第一節 一般的方法	107

1. 調査順序	107
2. 腐蝕生成物の調査	107
3. 人孔内鉛被の要検	108
4. 腐蝕を受け易き箇所	108
5. 地下水の調査	109
6. 軌道状況の調査	109
7. 埋設體の大地に対する電気絶縁抵抗	109
8. 定期検査	109
9. 二つ以上の電線よりの影響ある場合其の最も関係深きものの判別	169
第二節 測定結果の表示方法	110
1. 埋設體電流	110
2. 埋設體—大地間電位差	115
3. 流出入電流密度	115
第三節 測定結果の判断	117
第六章 電線側に於ける漏洩電流の軽減法	118
第一節 軌道床の漏洩抵抗増加	118
1. 軌道床の構造に対する注意	118
2. 排水	118
3. 絶縁道床	118
4. 橋梁の絶縁	127
5. バラストの保守其の他	127
第二節 歸線抵抗の減少	127
1. 軌 條	127
2. ボ ン ド	128
3. クロスボンド	129
4. 補 助 線	130
第三節 變電所饋電區域の縮小	130
1. 饋電區域の縮小	130

2. 自動變電所	130
3. 經濟的なる變電所の數	133
第四節 絶縁負饋電線	139
第五節 減壓機の設備	139
第六節 架空電車線の極性の定時變更	140
第七節 其 の 他	141
第七章 埋設金屬體側に於ける電蝕防止法	142
第一節 地下管路	142
1. ルートの選定	142
2. 管路の種別	143
a. 鑄 鐵 管	143
b. 鋼 管	143
c. 陶管及びコンクリート管	144
3. 管路布設上の注意	144
第二節 排 流 法	145
1. 直接排流法及び選擇排流法	145
2. 選擇排流装置	145
a. 電解式選擇排流装置	146
b. 酸化銅排流器	150
c. 繼電式選擇排流装置	150
3. 排流法の防蝕效果	155
4. 排流法施設上の注意	155
第三節 強制排流法	158
1. 施設方法	163
2. 防蝕效果	163
3. 施設上の注意	163
4. 強制排流法に依る防蝕法の實例	164
第四節 低電位金屬體の接続埋設	164
第五節 絶縁接続	165

第六節	絶縁物による包被	171
1.	電蝕塗装の具備すべき条件	173
2.	絶縁性防蝕塗装例	173
3.	導電性防蝕塗装	174
第七節	絶縁物による遮蔽	174
第八節	電氣的導體による遮蔽	175
第九節	防蝕鉛被ケーブル	176
第八章	電蝕に關係ある諸規程	180
第一節	電氣鐵道に關する規程	180
1.	本邦の規程	180
2.	電蝕防止に關する國際長距離電話通信諮問委員會 (C.C.I.)の意見	183
a.	總論	183
b.	電氣鐵道に施行すべき防止方法	184
第二節	地中埋設體に關する電蝕防止規程	189
1.	逓信省電蝕測定並に防止心得拔萃	189
2.	國際長距離電話通信諮問委員會に於ける防蝕規定 草案拔萃	192
a.	電解腐蝕防止に關するもの	192
b.	化學的腐蝕防止に關するもの	193
第三節	其の他諸外國に於ける規程	193
1.	獨逸 V.D.E. の規程	193
第1項	適用範圍	193
第2項	歸線	194
第3項	軌條電位差	195
第4項	軌條漏洩抵抗	196
第5項	流出電流密度	196
第6項	保守	197
2.	瑞西(瑞西電蝕防止調査協會の意見)	197

a.	經驗に依り定まれる一般的事實	197
b.	豫防の一般的區域	198
c.	電線側施設に對する豫防	199
d.	金屬管及ケーブルの豫防	202
3.	英 國	203
4.	佛 國	205
5.	西 班 牙	205
文 獻		206
附 錄	電蝕防止研究委員會の概況	209
索 引		218

第一章 緒言

地中埋設金屬體即ち電力ケーブル、通信ケーブル、瓦斯鐵管及び水道鐵管等が電鐵の軌條から地中に漏洩して流れる電流に依つて電氣分解作用を受けて孔が明き事故を發生する現象——之を電解腐蝕又は略して普通電蝕と云ふ——は最近に及んで次第に多くなる傾向にある。之は云々迄もなく電氣鐵道の發達と地中金屬體の増加とにある。又從來電車への電力供給に架空線を二本使用した所謂架空複線式であつた市街電車が東京や横濱市内に於ける様に架空單線式となつて軌條を電車電流の歸路として使用するに到つた事も一の原因をなしてゐる。逓信省電氣試験所に於ける最近の統計的調査に依れば第1表の如く電力ケーブル事故の50%以上は電蝕若くは自然腐蝕に因るものなる事が明にせられた。米國に於ける調査の資料に依ると自然腐蝕をも合せると

第1表 電力ケーブルの事故統計 (逓信省電氣試験所調査による)

ケーブル電壓別	年度別 (昭和)	事故 件 数	事故原因別 (百分率)									原因不明
			外的原因						内部原因			
			外傷	腐蝕	作業不良	接合ケーブルの事故	再用ケーブルの外傷	其他	ケーブルの不良	再用ケーブルの内部不良	其他	
二ツ 萬 二 千ト	4	28	17.8	7.2	21.4	3.7	0	0	7.2	17.8	0	25.0
	5	25	40.0	12.0	20.0	0	0	0	8.0	12.0	4.0	4.0
	6	28	17.5	14.3	21.4	3.6	0	10.7	14.4	14.4	0	3.6
	7	26	19.2	19.2	15.4	0	7.7	3.9	11.5	19.2	0	3.9
8	4	25.0	50.0	0	0	0	0	0	0	0	25.0	0
一ツ 萬 一 千ト	4	34	35.3	20.6	2.9	0	5.9	11.8	2.9	8.8	0	11.8
	5	36	25.0	38.9	2.8	8.3	0	2.8	0	13.9	2.8	5.6
	6	26	26.9	30.8	0	3.9	0	0	0	19.3	7.7	11.6
	7	27	29.6	33.3	11.2	0	3.7	7.4	3.7	3.7	0	7.4
8	28	10.7	57.5	0	0	0	17.3	3.8	0	0	10.7	
	計	262	24.8	26.7	9.9	2.3	1.9	6.1	5.3	11.8	1.9	9.1

1931年に於ける水道、瓦斯、油輸送用等の地下埋設鐵管類の總計は大略45萬哩、其の投下資本は57億弗であつて、一年間に腐蝕に依り補充するを要するものが其の3%、即ち金額に見積つて1億7千萬弗と稱せられてゐる。而して米國に於て製造せられる鐵及び鋼の60%は腐蝕の爲に失はるゝものゝ單なる補充に使用せらるゝといふ事である。(1)

電氣鐵道を架空複線式として軌條を電流の歸路として使用する事がなければ電蝕問題は起らない譯であるが、架空單線式即ち軌條を電車電流の歸路として用ひる方式は技術上及び經濟上大なる利便ある爲に電蝕の問題が伴ひ易きに係らず採用せられるのである。例へば某市に於ける市街電車に就ての調査の一例では**架空單線式と複線式との工事費比較**は第2表の様な結果が出てゐる。而して此の外にも架空單線式の大なる利點とする處は架空電車線の故障が約半減すること、電車への供給線中の電壓降下

第2表 架空單線式及び架空複線式に於ける互長1軒當り工事費比較 (單位圓)

	建設費	補修費	維持費	軌道費	ボ ン ド		
					施設費	補修費	維持費
單線式	12,400	520	500	12,500	2,610	390	130
複線式	14,500	360	2,400				

及び電力損が減少すること等である。以上の結果から明なやうに電鐵の側としては**精**架空單線式を採用するといふ事になる。斯様にして軌條を電車電流の歸路として使用する結果幾何かの電流が土地に漏洩し、電車が直流にて運轉せらるゝ以上は地中金屬體に漏洩電流の一部が流出及び流入し、其の流出箇所にて電氣分解作用を起す事は或る程度避け得られない處である。之を避けるには其の基源である地中への漏洩電流を抑減する事と地中埋設金屬體に對し防蝕施設を施す事とであるが、軌條に電流を通ずる限りは前者は或る限度以下とする事は經濟上にも又技術上にも不可能に近い事が多い。従つて地中埋設金屬體の電蝕防止には電鐵と埋設體側と兩者を一體として經濟的見地よりも考へて最も有效なる方法を採らなければならない。而して埋設體の電

蝕限度は電鐵對埋設物の相對的位置、地況其の他に依り相當著しい變化があり時には殆ど電鐵の影響のないやうな遠隔の處迄も被害の發生を見るやうな事があるので、其の防止には箇々の場合々々に應じて臨床的に適切な方法を考究する事が最も必要である。

第二章 地下埋設金属體の電解腐蝕

第一節 電蝕に関する一般概念

1. 電蝕を受くる地中埋設金属體

地中に埋設せられてゐる金属體で相當の長さを有するものは電線軌條から地中に漏洩電流が之を歸路の一部として流入し又其の歸流點即ち變電所の附近で再び地中に流出するが故にかゝる箇所で電蝕の損がある。即ち電力ケーブル、通信ケーブル、水道鐵管及び瓦斯鐵管を電蝕被害物の普通のものとし、其の外に地中部分の鐵筋又は鐵骨コンクリート中の鐵材等例へば地下鐵に於ける周壁及び建營物の基礎等に包藏せられてゐる鐵材等がある。

第1圖乃至第3圖は電蝕被害を受けたものゝ寫眞例である。

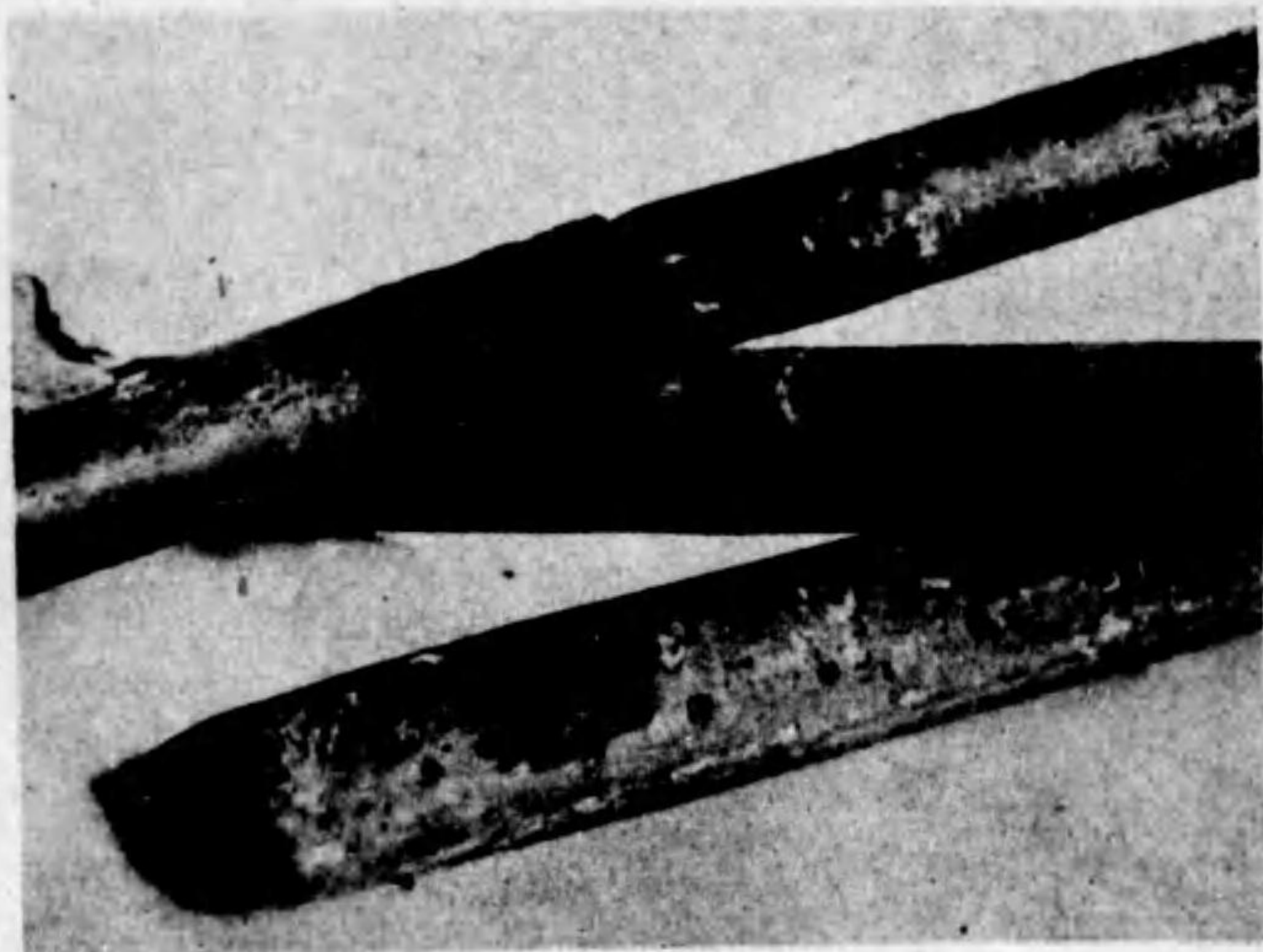
2. 電線軌條よりの漏洩電流分布 (第4圖参照)

架空單線式の直流電氣鐵道では軌條を電車電流の歸路として利用するので大約第4圖の様に地中に漏洩電流が流れるのである。電車が交流により運轉せられるならば電蝕は殆ど發生せぬと考へてよいが、電鐵の運轉特性の爲に本邦では凡て直流運轉である。又變電所で其の負極を軌條に接續するは電蝕の被害を生ずる區間を電車の移動に係らず變電所附近に専ら局限せんとするに在る。(電氣工作物規程本則第165條) 即ち若し正極を軌條に接續する時には電車の位置附近で電蝕が發生して電車が移動するものであるから一面に電蝕發生箇所となる損がある。

架空單線式の直流電氣鐵道軌條から地中に漏洩する電流の大きさ及び流出入地域や、又電蝕被害を受ける地中埋設體への流出入状況を總括的に考へるには、電線軌條、大地、地中埋設體の各々の電位を考へ其の高低を目標にするとよい。大地の電位は軌條の附近では後者の電位に相當著しく影響せられて第4圖甲の様な變化を受ける。埋設金属體への電流の流出入を考へる爲に其の周圍の大地電位を基準に考へると第4圖



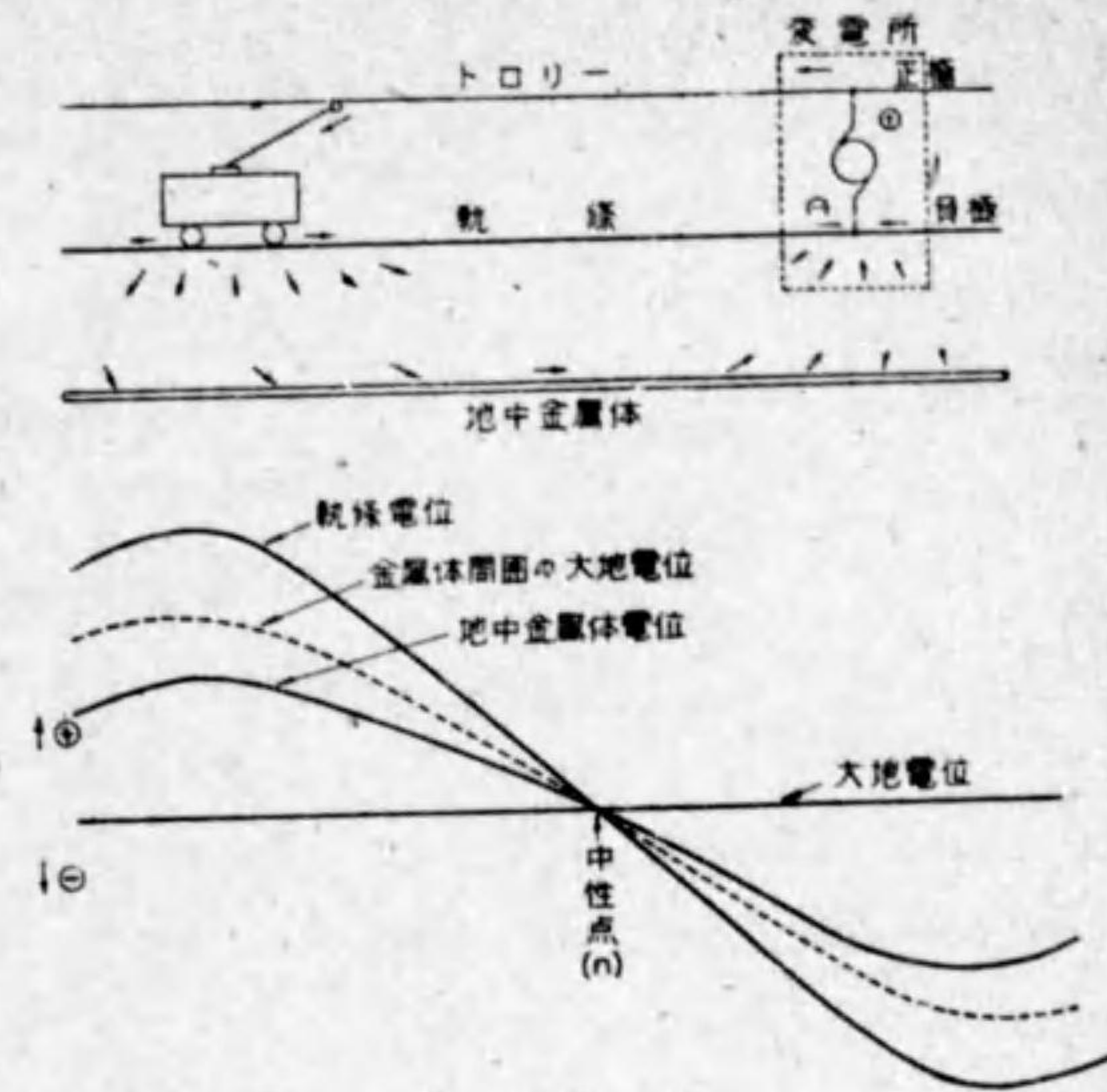
第1圖 水道管の電蝕による穿孔 (實物大)



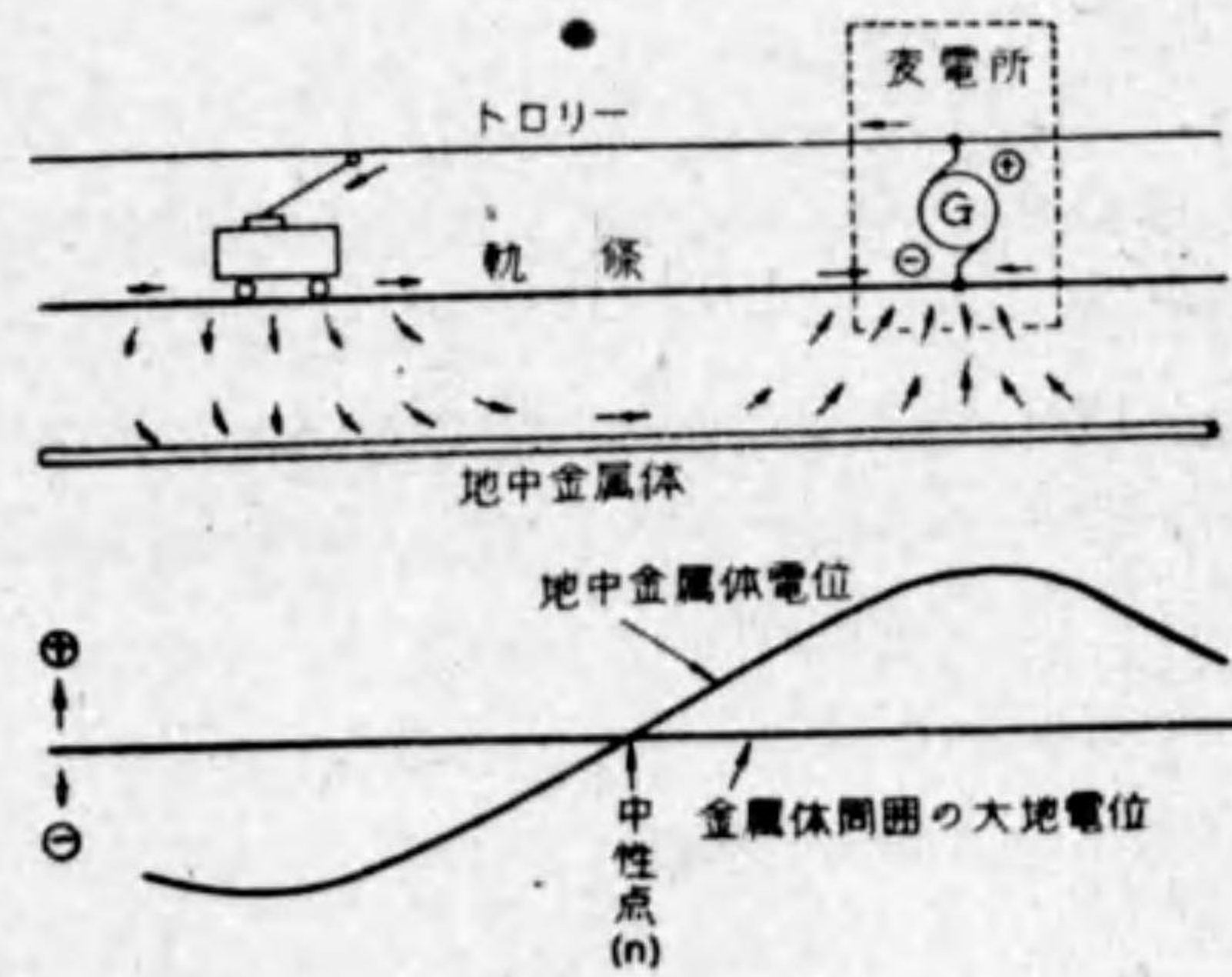
第2圖 ケーブル鉛被の電蝕
(上部の一は電蝕穿孔に基因して電力ケーブルに短絡燒損を生ぜしもの)



第 3 圖 電鐵補助路線の電蝕被害例



第 4 圖 甲



第 4 圖 乙

乙の様な関係と見る事が出来る。

中性點 (Neutral point) とは軌條の電位及び埋設管體電位が共に大地電位と一致

する所であつて略變電所と電車位置との中央點近くに生じ軌條からも又埋設管體からも大地との間に電流の流出入がない所且又埋設管體を通る電流の最大な箇所でもある。中性點を境界として夫より變電所側では埋設管體より大地に電流が出る區域即ち電蝕を惹起する危險區域 (Dangerous zone) を、又其の反對側區域では電流が管に入り込む處で安全區域 (Safety zone) をなす。電蝕防止方法を有効に施行するに當つては危險區域丈を見てみては不十分である。即ち安全區域で埋設管への流入電流を抑減せしむる事をも圖る必要がある。第四節で述べる陽極電蝕は此の危險區域に發生するものであるが、安全區域に於ても埋設體の電位が著しく低い時には往々陰極電蝕 (第四節) を生ずる事がある。

一般に電蝕防止には次の様な三段構への方策を講ずべきである。

- (1) 電鐵軌條より大地へ漏洩する電流の抑減。
- (2) 地中埋設管より大地へ流出する電流の輕減。
- (3) 前項の流出電流あるも電蝕を極微ならしめ得る方法。

第二節 電 解 の 法 則

金屬が電解液の中に於て電氣分解作用を受くる場合に於ては下記の様にファラデーの法則が存在する。

第一法則 電解するイオン量は電解液を通過する電流量に比例す。

第二法則 同量の電流量に依り分解せらるゝイオン量は化學當量に比例す。

即ち此の二者を綜合すれば次の關係を以て示す事が出来る。

$$W = i z t$$

茲に W = 電解量, i = 通過電流 (アムペア), t = 電流通過時間 (秒), z = 電氣化學當量。

我々が當面する電蝕現象の様に電極面に於て、又電極と電解液との間に於て種々複雑な二次的作用の起るやうな場合には電解量は上記の關係で示さるゝものとは餘程相違して來るものである。

第1表は地中に夫自身又は合金として埋設せらるゝ事の豫想せらるゝ各種金屬につき電氣化學當量其の他を表示せるものである。

第1表 電蝕に關係ある諸元素の化學當量表

元 素	化 學 當 量	電氣化學當量	1 アムペア時の電氣量につきファラデー法則により電解さるゝ量 (兀)
アンチモン	40.6	0.4305	1.5120
カドミウム	56.0	0.5795	2.0860
銅 (一價)	63.6	0.6583	2.3700
銅 (二價)	31.8	0.3291	1.1850
鐵 (二價)	28.0	0.2898	1.0430
鐵 (三價)	18.6	0.1449	0.6929
鉛	103.5	1.0710	3.8560
錫 (二價)	59.0	0.6106	2.1990
錫 (四價)	29.5	0.3053	1.0990
亜鉛	32.5	0.3365	1.2110

第三節 電蝕と自然腐蝕との別、電蝕判定方法

地中埋設體に腐蝕の形跡あるを認めた時には之が電蝕であるか又自然腐蝕であるかを先づ判別し得て初めて有効適切なる防蝕對策を樹てる事が出来るのである。自然腐蝕も金屬の表面上に於ける物理的 (機械的歪, 組成の不同等の如き) 及び化學的 (酸化物, 錆等の如き) 不均齊に基いて局部々々毎に電位の差があり爲に之等局部間に電池を形成し其の局部電流に依り腐蝕が發生するものとして説明せられるから之も廣義の電解腐蝕と解し得らるゝものであるが、一般に用ひらるゝ電蝕の定義としては外部に電源があつて之より土地の中に漏洩する電流が地中金屬體に流出入する事に因り發生する電氣分解作用及び之に附隨して起る金屬の減損及び變化を云ふのである。

電蝕の適確なる判定は對象となる被害埋設體よりの流出電流量を種々の方法に依つて直接又は間接に測定するの外はない。電蝕によつて生ずる酸化物は普通には高級のものであると考へられる。之は電氣分解の爲金屬より電流が流出する箇所即ち陽極で

$2\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$ なる反応中の発生期酸素の作用に基くものであると解せられる。換言すると流出電流密度の大なる所程発生期の酸素が多く従つて高級酸化物が生じ易い事になるが、種々他の影響もあつて実際には電蝕の場合に必ずしも高級酸化物を生じない。従つて斯かる酸化物の存否のみに頼つては十分に自然腐蝕と電蝕とを判別する事は出来ない。唯電蝕の発生する場合の一部を知り得るに止まる。

第 2 表 鉛及び鐵の場合に於ける電蝕及び自然腐蝕生成物

	電蝕による生成物(多くの場合)	自然腐蝕による生成物
鉛の場合	過酸化鉛 (PbO_2 —褐色) 等	酸化鉛 (PbO —黄色), 炭酸鉛等
鐵の場合	酸化第二鐵 (Fe_2O_3) 等	四三酸化鐵 ($\text{FeO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$) 等

尙鉛の場合腐蝕生成物が過酸化鉛なるか否かをみるためにベンジチン試験がある。これは過酸化鉛に対しては鋭敏なる深青色反応を呈するによる。従つてこれを用ひて電蝕判別を行ふ事がある。(第五章第一節参照)

第 四 節 陽 極 腐 蝕 と 陰 極 腐 蝕

通常電蝕とは金属が陽極となり之より地中に電流が流出する事により生ずる減損又は變質に関するものであるが、或る場合には金属へ電流が流入する事によつて起る陰極腐蝕なるものがある。此の陰極腐蝕は流入箇所にてアルカリの集積する事に起因するものであつて、鉛の様にアルカリに溶解するものでは場合により陰極腐蝕防止の爲に適當なる方法により周囲土壤に對して餘りに大なる低電位を有せぬやうに工夫する事が必要である。我國ではまだ陰極腐蝕の報ぜられた事は無いが米國では之に對する防止施設をなしてある處がある。次にはコンクリート中に於ける鐵の問題である。此の場合には鐵が陽極となるも又陰極となるも流出入電流密度大なる時には障害を起すものであつて此の現象は第十節に記述されてある通りである。

第 五 節 腐 蝕 能 率

實際に生ずる腐蝕減量をファラデー法則による腐蝕量の百分率で表し之を腐蝕能率 (Corrosion efficiency) と呼ぶ。腐蝕能率は 100 より低く又之より遙に大なる場合もある。之が原因は種々あつて次節記述の諸因子に依り著しく影響せらるゝものであるが今其の主なる原因を列挙すれば次の如きものがある。

- (1) 腐蝕生成物の發生により金属面に生ずる新なる局部電池作用
- (2) 酸素の反成極作用
- (3) 金属面に於ける材質の化學的及び物理的不均齊
- (4) 電解液の移動
- (5) 其他

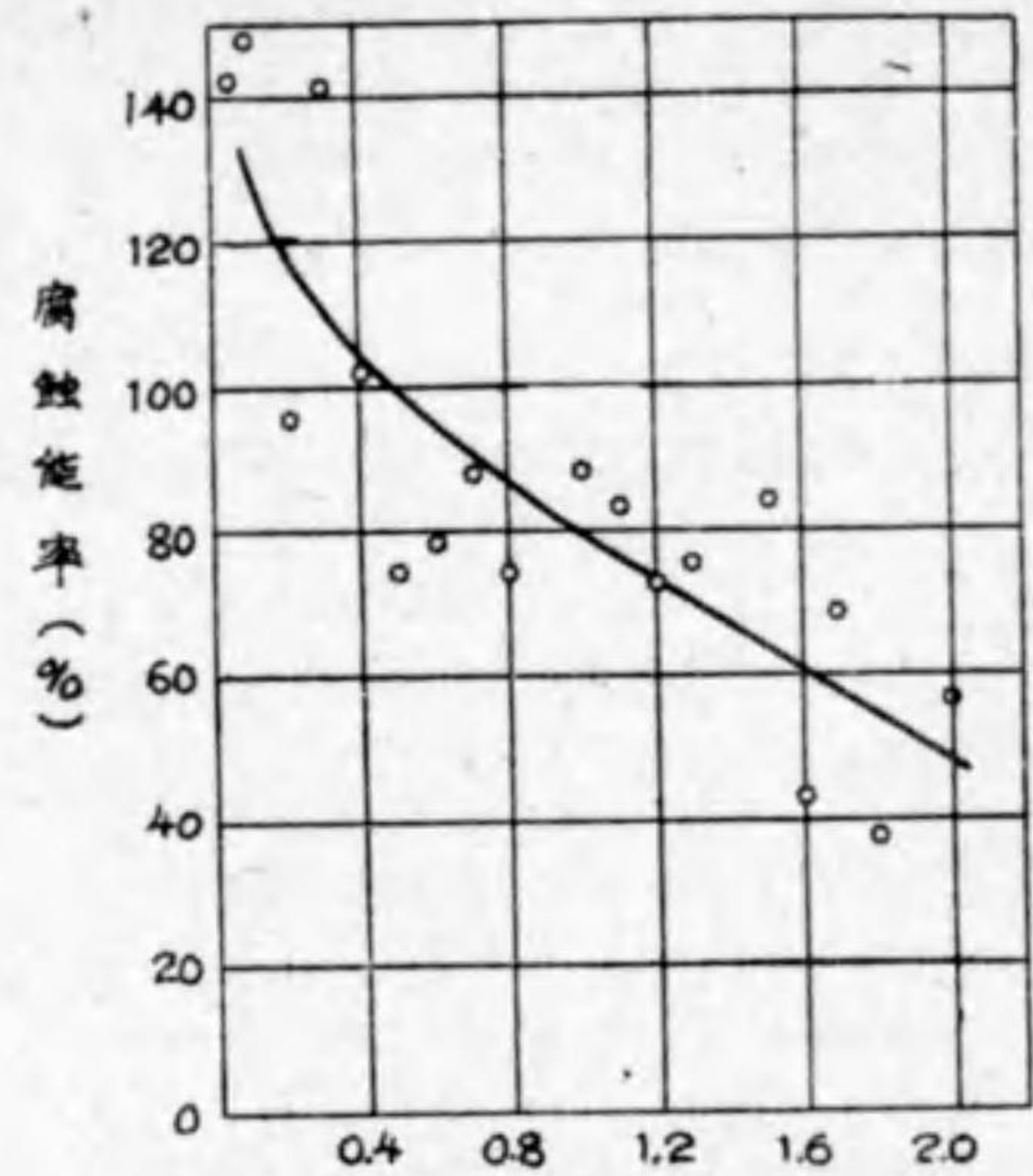
即ち金属面の異なる局部の間に電流を生ずる結果は内部的に電蝕が發生する事となりファラデー法則による腐蝕量以上の腐蝕が發生する傾向となる。酸素の反成極作用や材質の不均齊も亦腐蝕量を増加せしめる。電解液の移動は電解液の種類に依つて相當著しく腐蝕を促進せしめる結果となる。其の他電蝕生成物の種類に依つては電蝕の進行を大に抑制する事があり腐蝕能率は甚しく低下する。

第 六 節 電 蝕 量 に 影 響 を 與 ふ る 因 子

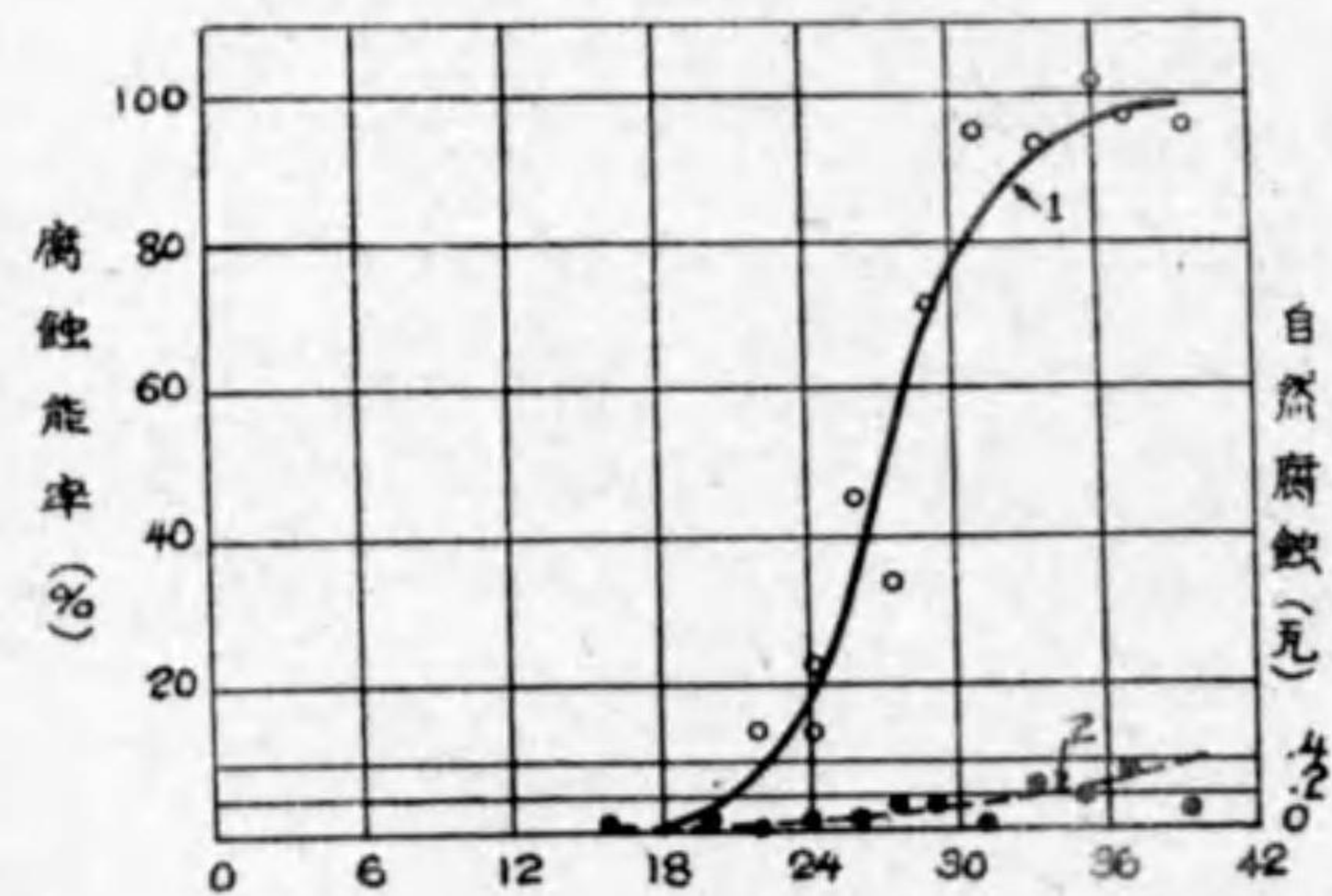
電蝕量に影響を與ふる因子には次のものがある。而して之等は前節に於ける腐蝕能率の増減に何れも大なる關係を有するものである。

1. 電 流 密 度

金属表面よりの流出電流密度大なる時は腐蝕能率小となる。第 5 圖は McCollum 氏の實驗結果を示したものであつて、鐵に對しては流出電流密度大となる時は表面が所謂不働態となる傾向があるため、又鉛に就いては一種の防蝕皮膜を生ずる場合あるため共に腐蝕能率著しく小となる。不働態とは金属が溶解せずに酸素瓦斯を發生する状態を云ふ。



第 5 圖 電流密度と鐵の腐蝕能率



第 6 圖 土壤の濕氣含有量と鐵の腐蝕能率
 濕氣含有量 (%)
 曲線 1: 電蝕腐蝕能率
 曲線 2: 自然腐蝕

2. 濕 度

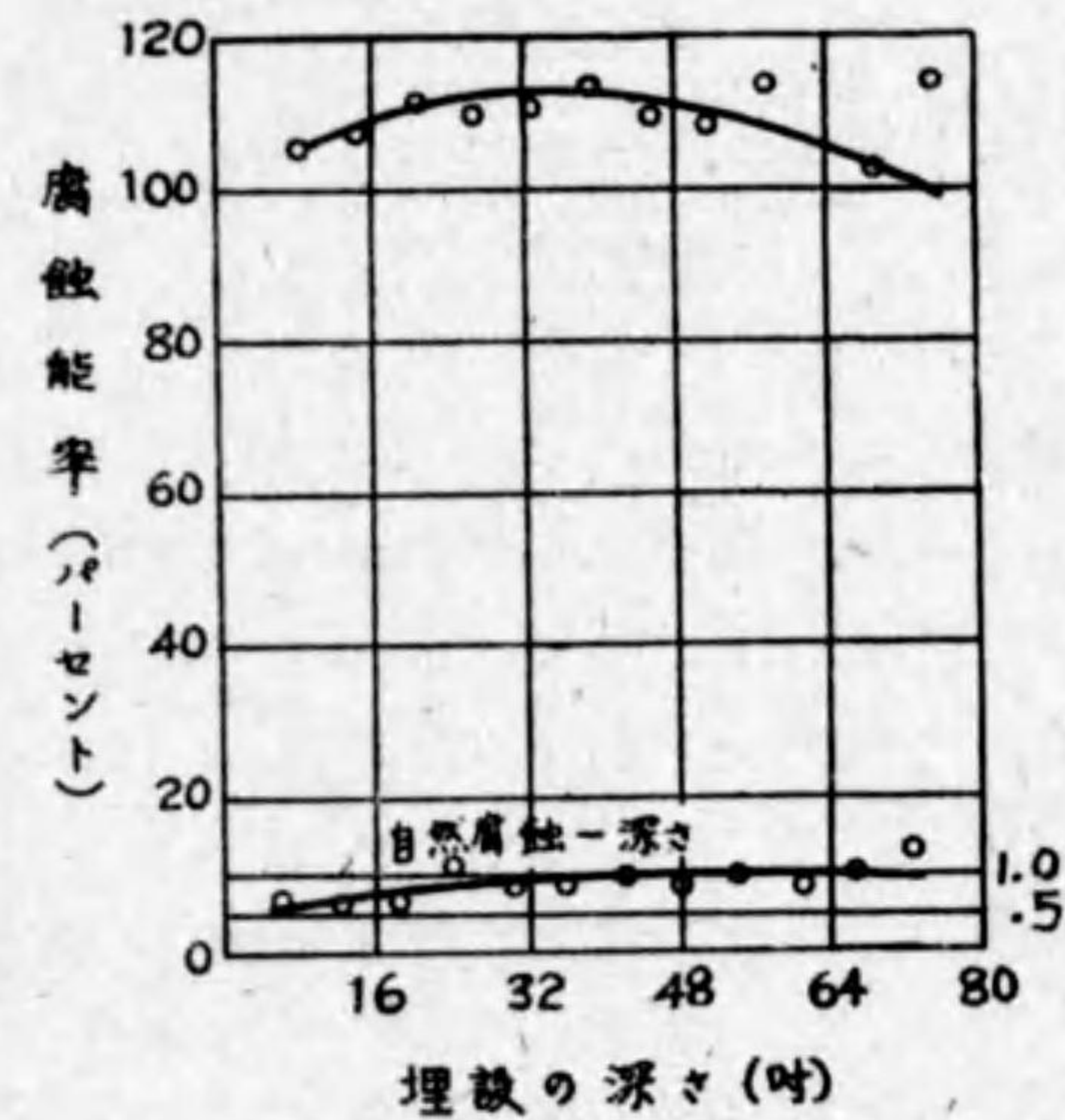
第 6 圖は土壤中含まる濕氣の量と腐蝕能率との關係を示したもので濕氣の含有量小なる時には腐蝕は非常に小さい。

3. 温 度

温度が高くなると共に腐蝕能率は大となる。但しこの影響は餘り大きくはない。

4. 埋設の深さ

金屬體埋設の深さと腐蝕能率との關係は第 7 圖に示す如くである。初め深さを増すと土壤中の濕氣の量を増す故腐蝕能率は増すが或る深さ以上になると酸素の供給が不十分となり能率は小さくなる。



第 7 圖 埋設の深さと鐵の腐蝕能率

5. 酸 素

土壤中の酸素量大なる時は腐蝕能率大となる。

6. 電 解 液 の 性 質

電解液の種類により腐蝕能率に大差を生ずる。例へば鐵に對しクロム化合物は之を

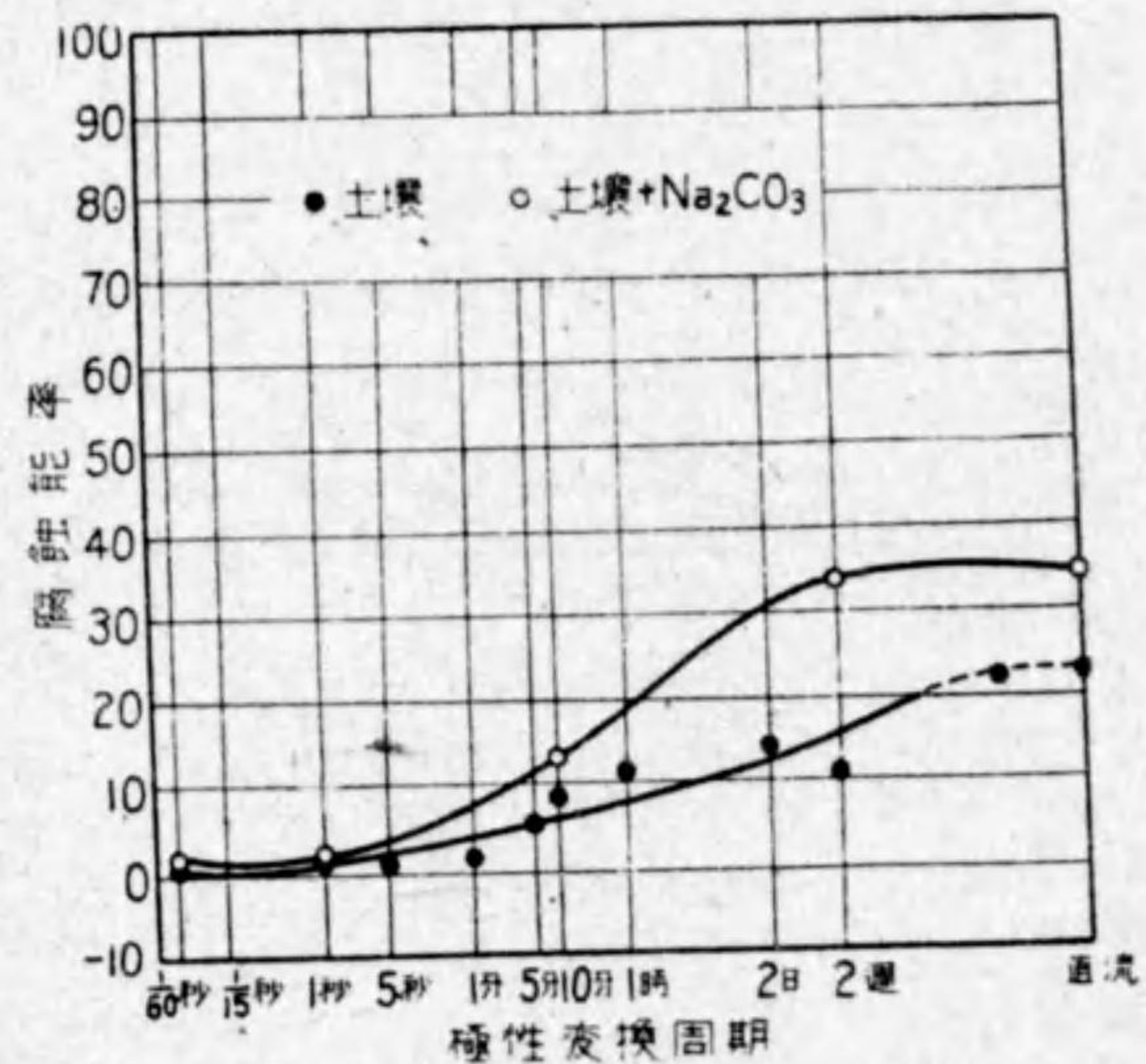
不働態とし*1%以下の腐蝕能率を示すも、硝酸根、鹽酸根、硫酸根、醋酸根等に対しては80%以上を示す。又鉛に就いても醋酸根、鹽酸根を有するものに於て腐蝕能率大なるが如くである。

7. 交流による電蝕

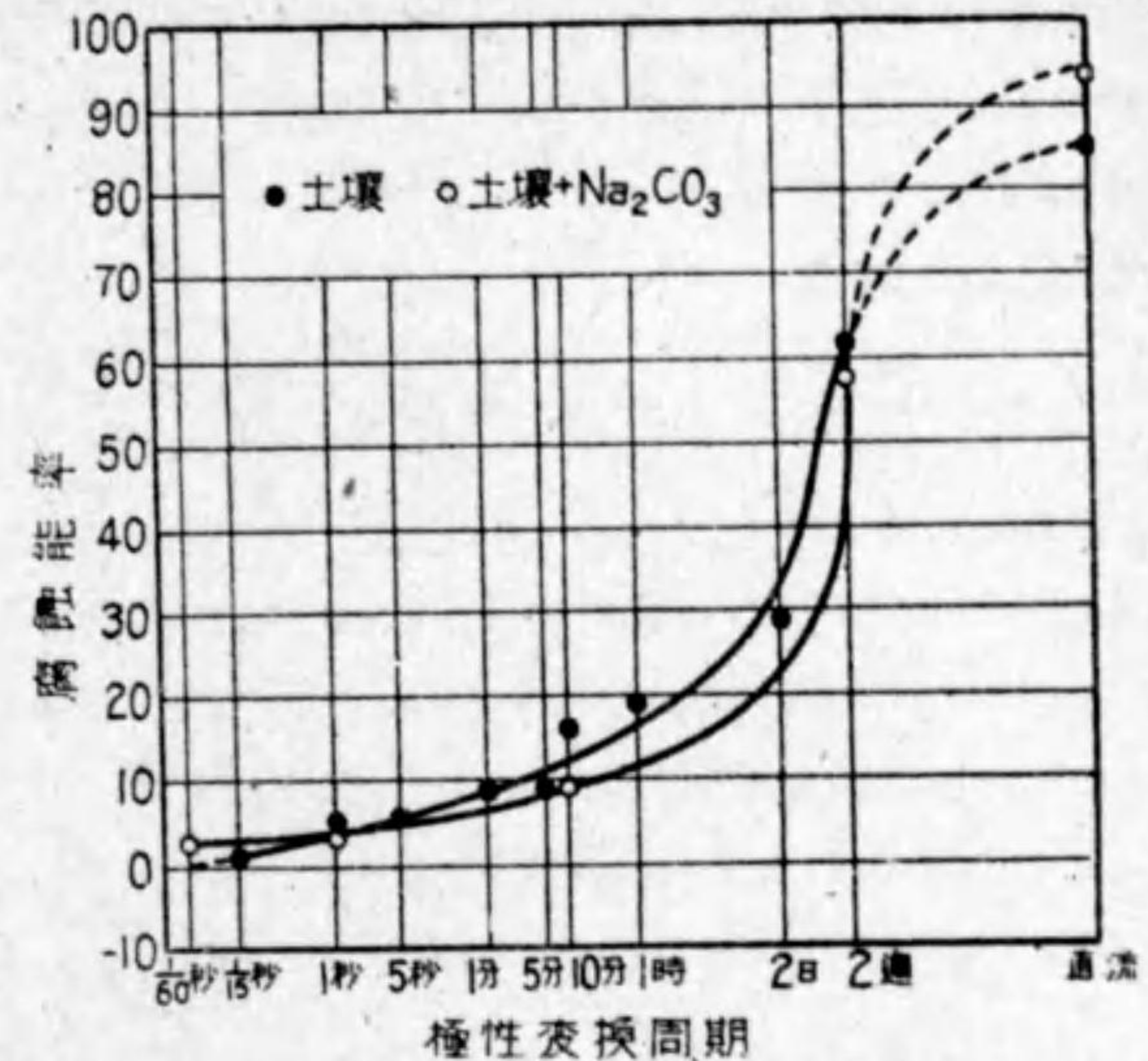
第8圖及び第9圖は夫々 McCollum 及び Ahlborn 兩氏の實驗結果を示したもので周波數最高60サイクル毎秒から最低2週間の周期に到る迄の範圍内に於ける周波數と腐蝕能率との關係を示したものである。これによつて大體次の事が知られる。

(1) 電流の周波數を増加するに連れて鐵及び鉛何れも其の腐蝕量は減少する。(2) 周期が5分以下では何れも其の腐蝕能率は10%以下である。

一般に周期的に電流方向の轉換する時の腐蝕量が減少すると云ふ事は、其の腐蝕が可逆的である事實に基き、初めの半サイクルの間に腐蝕された金屬は、次の半サイクルに於て其の大部分が原の金屬面に再び接着し之は機械的には大して價值は無いが、



第8圖 交流に対する腐蝕能率 (鉛に就て)

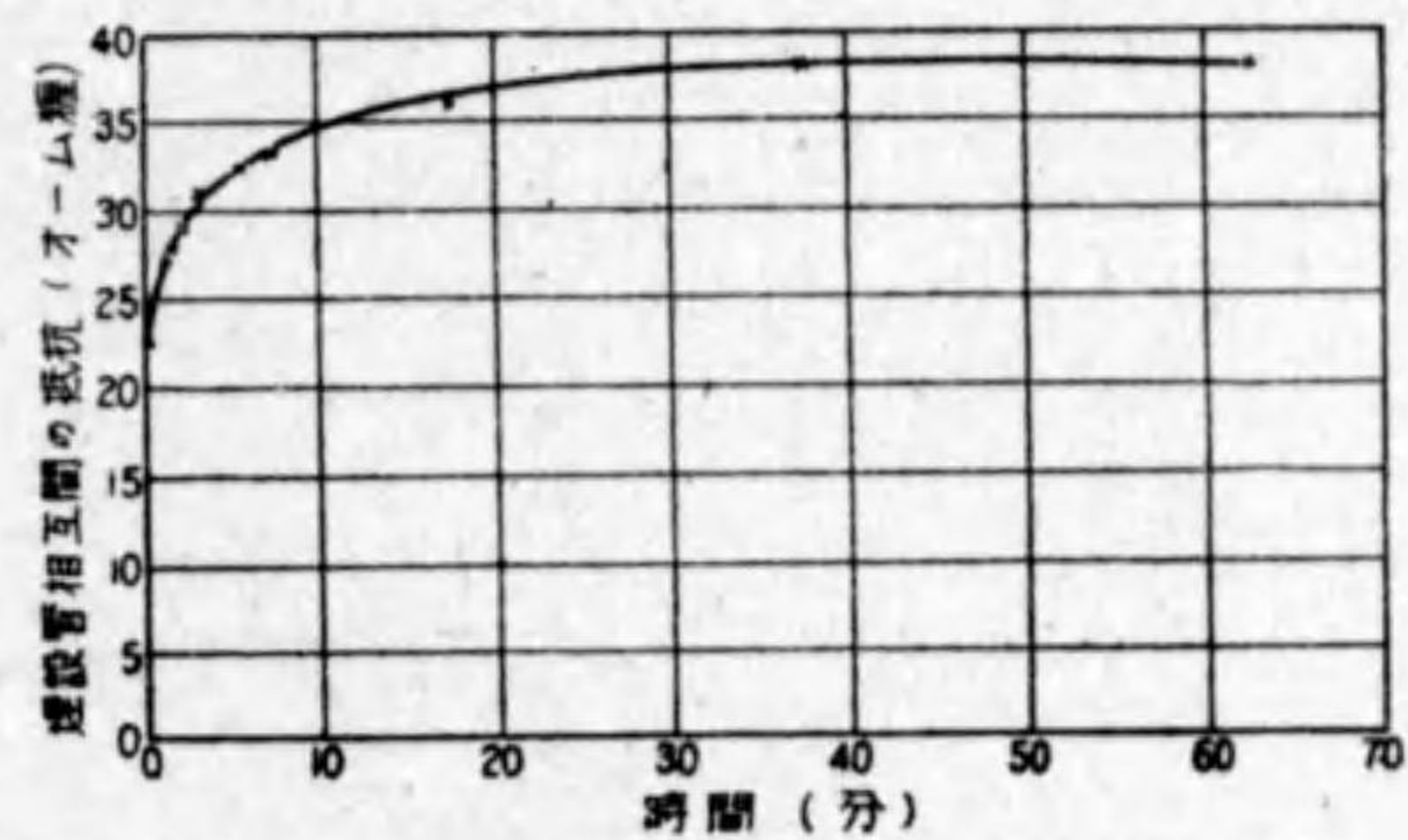


第9圖 交流に対する腐蝕能率 (鐵に就て)

次の半サイクル中は陽極面として働き、その内部の未腐蝕部分を保護するものである。

8. 埋設金屬體表面の成極作用及び薄膜の影響

次に管表面の成極作用及び薄膜も亦電流の出入量を左右する。第10圖は埋設管に電壓を與へた際に時間と共に電流の減少する狀況を示すもので、成極作用の爲に外部



第10圖 鐵管表面の成極作用及び薄膜の抵抗

よりの電流を減少せしむるやうに働く逆起電力や薄膜の爲に生ずる抵抗の爲に斯かる現象を示すものである。今此の兩者を電気抵抗の大ききで綜合して表して見ると之と通電との間に圖の様な傾向が現れる。之は二つの鑄鐵管を約 1m 離し之に約 6V の電圧を加へた場合のものである。

第七節 土壤及び地下水の性質

1. 土壤の化學的組成

土壤の組成を調べて見ると、其の無機成分の主なるものとしては珪酸 (SiO₂)、硫酸 (SO₃)、磷酸 (P₂O₅)、鹽素 (Cl) 等の如き酸基と、加里 (K₂O)、曹達 (Na₂O)、石灰 (CaO)、苦土 (MgO)、酸化鐵 (Fe₂O₃, FeO)、酸化マンガン (Mn₂O₃, MnO)、礐土 (Al₂O₃)、アンモニア (NH₃) 等の鹽基で、之等の酸基と鹽基は互に化合して種種の鹽類を形成し、就中珪酸及び礐土は多量に存在し、酸化鐵これに次ぎ、其の他の物に至つては其の分量少く特にアンモニア、硝酸等の窒素成分、磷酸及び加里の如きは最も少い。次に有機成分の主なるものとしては醋酸、蠟酸、乳酸等の有機酸、腐蝕酸の種々なる化合物である。

2. 土壤の電気的性質

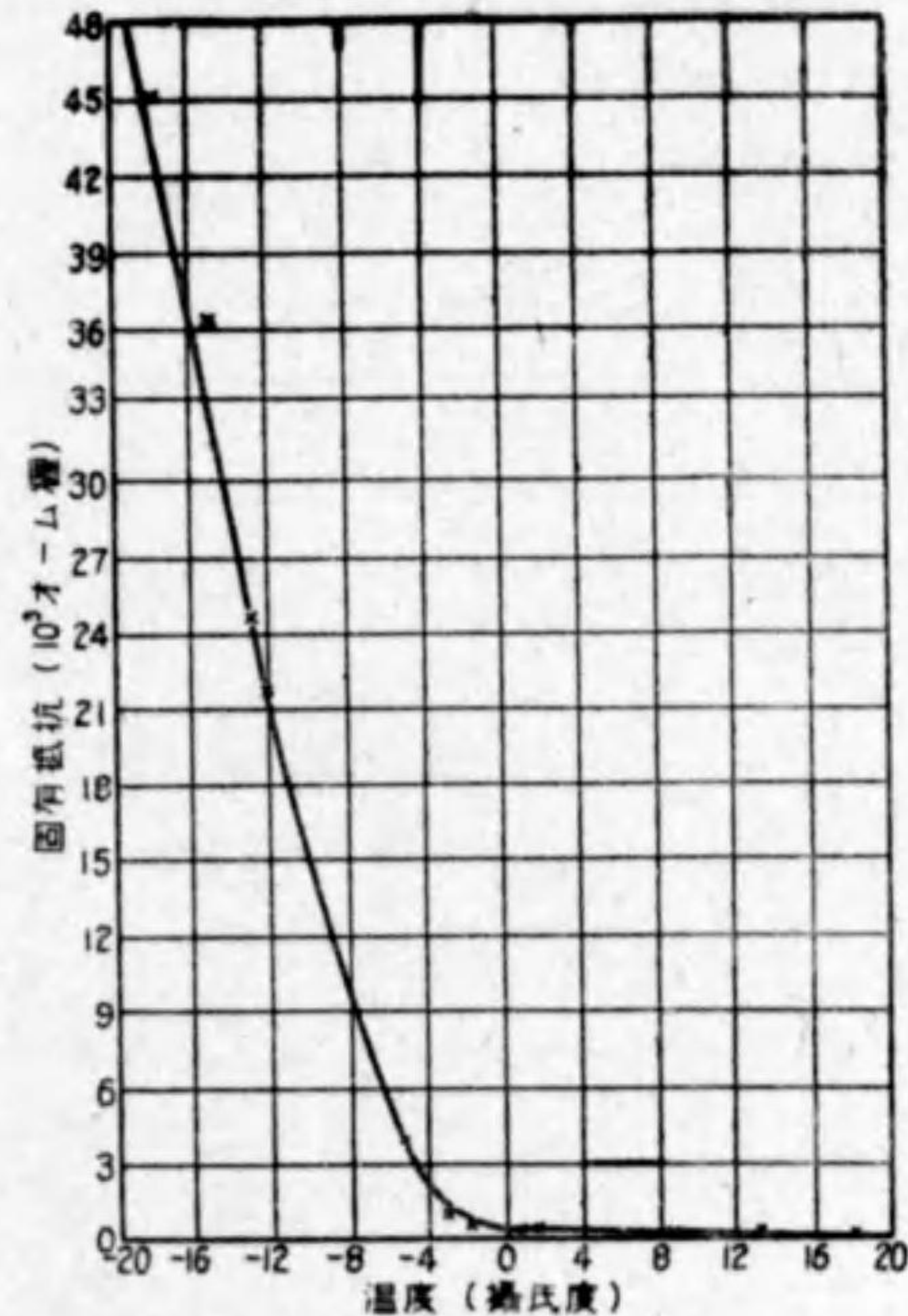
a. 土壤の固有抵抗と含有濕度 土壤の固有抵抗は含有濕度によつて著しく變

第 3 表 土壤の固有抵抗と含有濕度 (赤色粘土質土壤)

含有濕度 (%) (乾燥土壤に對し)	固有抵抗 (オーム)
5.0	2,340,000
11.1	237,000
16.7	13,880
22.2	6,835
33.2	5,400
45.5	4,725
55.6	4,870
56.7	5,197
77.8	5,045

る。第 3 表は赤色粘土質土壤に就いての實驗結果で、此の表によれば 22% 以上の濕氣を有する場合には大略一定に近い値であるが、これ以下の含有率の場合には其の抵抗は濕氣含有率の減少と共に著しく増加し飽和含水量の場合の 400 倍以上にも達する。

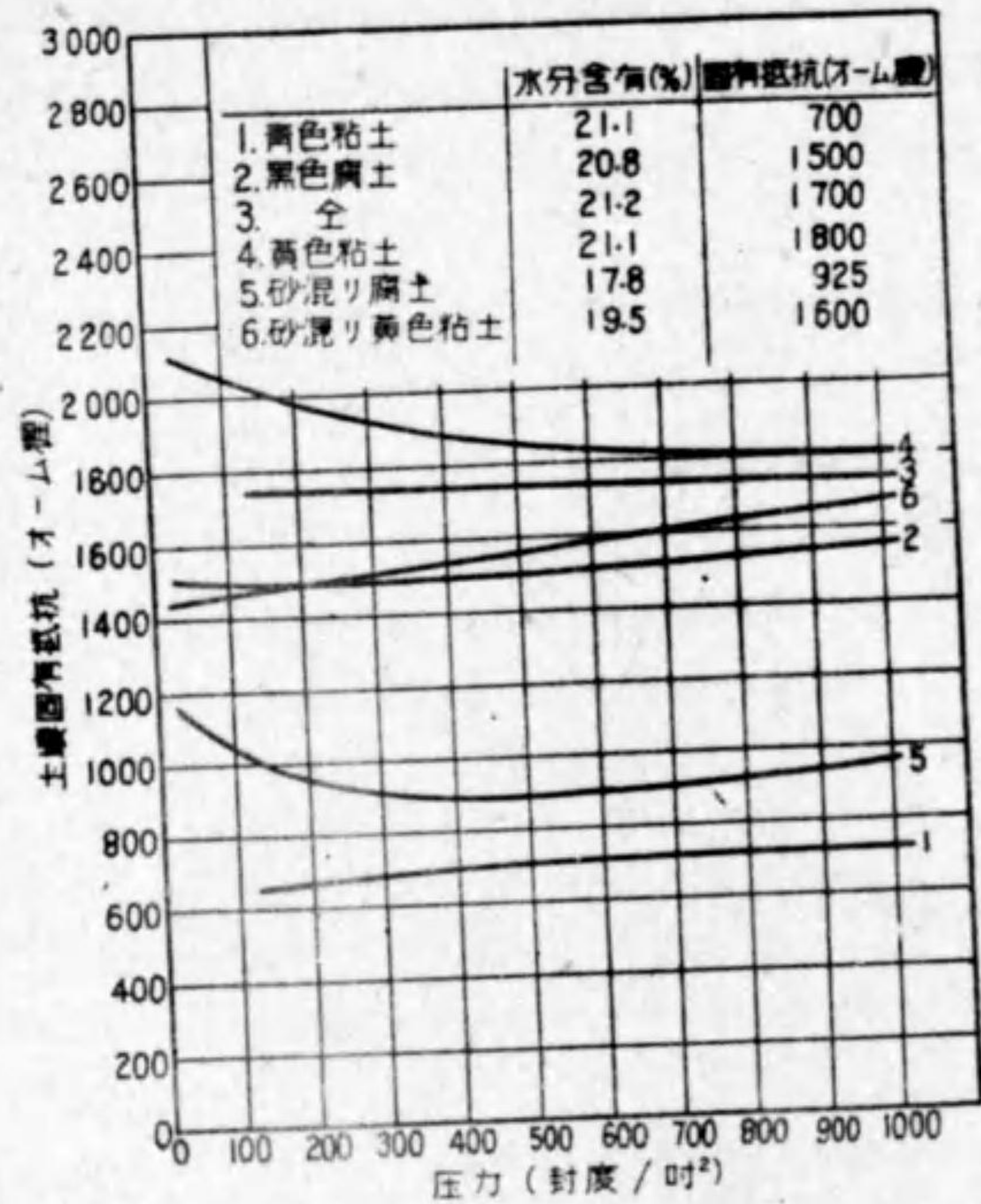
b. 土壤の固有抵抗と溫度 (第 11 圖) 一般に溫度が高くなると抵抗値は小さくなる。しかし大體 0°C 以上ではその變化は大きくないがそれ以下では土壤中の水分が氷結するため抵抗値は著しく増加する。-18°C の時の値は +18°C の時の値の約 200 倍にもなる。



土壤：砂泥りの粘土、水分含有 18.6%

第 11 圖 土壤の固有抵抗と溫度

c. 土壤の固有抵抗と機械的壓力 (第 12 圖) 機械的壓力を増すと抵抗は一



第 12 圖 加へる機械壓と土壤の固有抵抗

般に減少する。しかしその程度はあまり大きなものでない。

d. 土壤の固有抵抗と化学成分 土壤の固有抵抗は含有水分によつて著しく支配されることは前述の通りであるが、其の水の性質は又土壤の化学成分によつて左右される。此の含有水の量とそれ自身の固有抵抗とが土壤の固有抵抗を支配する。水に可溶性の鹽類を多量に含む土壤は、其の含有水の固有抵抗が低いために、概して其の固有抵抗が低い。地下水の固有抵抗が其の化学成分によつて變化する狀況は 3-a に述べる通りである。第 4 表は土壤の固有抵抗値を示す一例である。

3. 地下水の性質

a. 地下水の抵抗と化学成分 水の固有抵抗は溶解せる化学成分に依つて大に

第 4 表 土壤の固有抵抗 (米國費府に於けるもの)

番號	土 壤	水分含有 (%)	固有抵抗 (オーム値)
1	濕りたる灰色粘土	11.7	651
2	同 黄色粘土	14.8	3,850
3	同 青色粘土	16.1	3,036
4	略乾きたる赤色砂	7.6	2,700
5	濕りたる赤色粘土	17.4	8,820
6	略乾きたる雲母片岩	4.7	156,400
7	同 灰色粘土	16.2	5,930
8	同 粘土岩と噴石	17.9	595
9	濕りたる青色粘土と礫	13.1	2,830
10	同 青色粘土	15.3	1,605
11	同 黄色粘土	17.2	5,340
12	同 黄色粘土と砂	13.4	6,280
13	濡れたる礫	11.0	24,550
14	同 腐土と粘土	9.5	2,600
15	濕りたる粘土砂噴石	17.4	2,060
16	濕氣のある粉砕片岩	12.9	12,100
17	濡れたる粘土噴石礫	16.8	5,000
18	濕りたる黄色粘土	19.4	4,825
19	同 上	17.3	3,820
20	濕りたる赤色粘土	19.3	21,200
21	同 黄色粘土	15.6	25,900
22	同 赤色砂と粘土	15.7	13,700
23	同 粘土噴石砂	13.7	1,494
24	同 粘土と砂	20.0	821
25	同 上	18.7	1,774
26	濕氣のある粘土と腐土	16.7	2,490
27	同 上	16.2	2,585
28	略乾きたる粉砕片岩	0.3	610,000
29	濕氣のある黄色粘土	16.8	2,250
30	濕りたる黄色粘土	13.5	2,455
31	水の浸みたる粘土と噴石	23.8	4,410
32	濕りたる粘土と砂	18.6	6,260

異なるものである。今試みに東京附近の地下水を採取し試験せる結果より硫酸 (SO₂)、硝酸 (N₂O₅) 及び鹽酸 (Cl) 等の酸根の含有量と固有抵抗との間の關係に就き之を

第 5 表 自然水の固有抵抗と SO₃, N₂O₅, Cl の量
(東京附近に於けるもの)

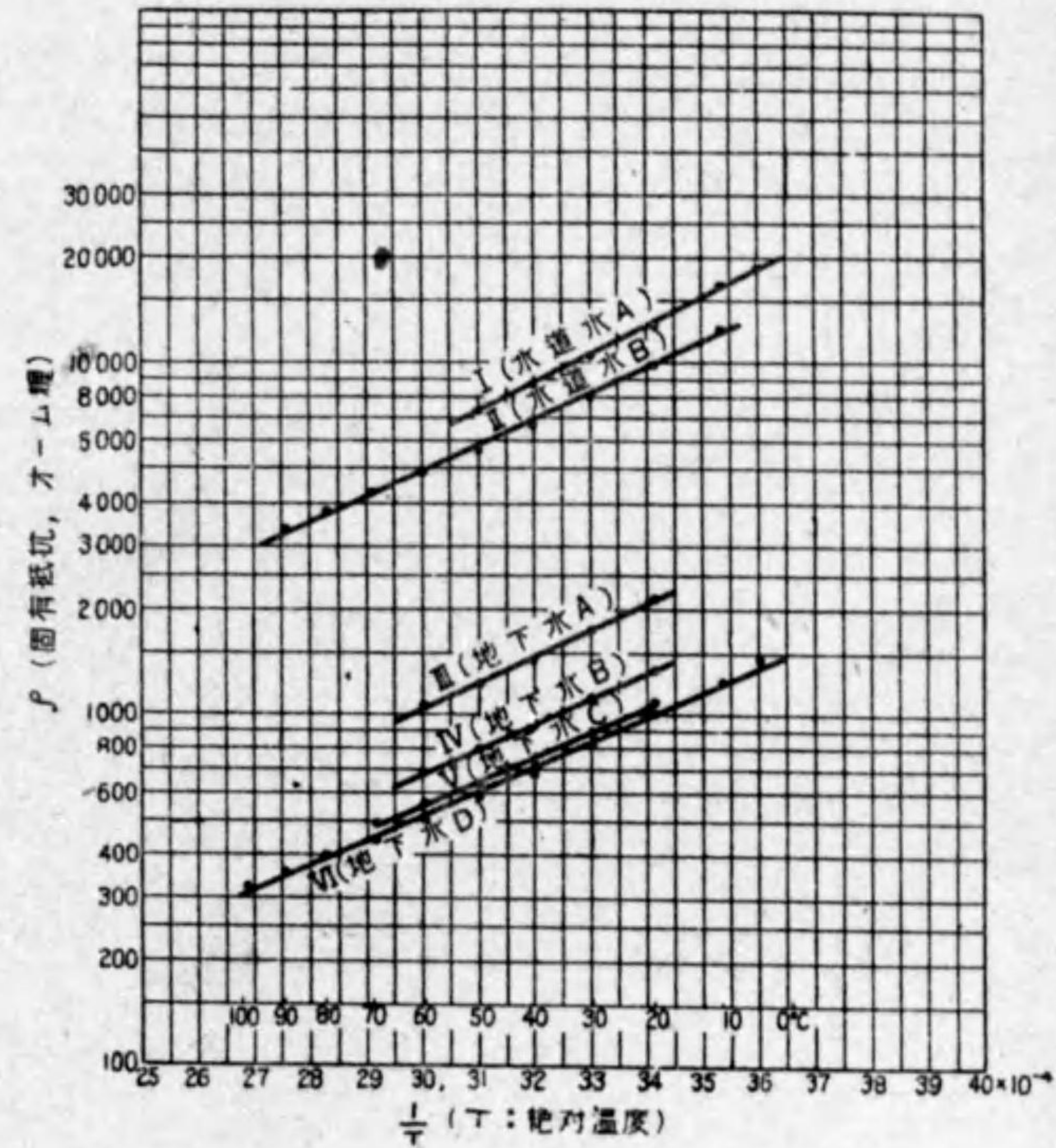
供試品番號	固有抵抗(15°C) (オーム厘)	水 100,000 cm ³ 中 瓦 に て		
		SO ₃	N ₂ O ₅	Cl
1	9,600	0.67	痕跡	—
2	9,500	—	♠	0.74
3	8,250	0.77	♠	0.98
4	7,900	2.69	♠	0.88
5	6,930	1.63	0.63	1.47
6	6,000	0.22	痕跡	1.47
7	5,900	0.49	♠	1.23
8	5,650	—	1.75	0.98
9	4,800	—	1.11	2.45
10	4,600	—	0.57	1.47
11	4,500	4.09	痕跡	1.96
12	4,300	1.73	♠	1.27
13	4,250	0.29	なし	1.67
14	4,100	1.08	痕跡	2.21
15	3,700	7.11	♠	0.61
16	3,600	2.35	♠	2.61
17	3,250	—	♠	1.96
18	2,530	8.59	♠	1.47
19	2,500	7.47	0.39	3.82
20	2,320	3.07	1.35	6.37
21	2,240	7.11	痕跡	5.72
22	1,680	3.72	♠	4.90
23	1,670	6.12	0.68	6.27
24	1,440	—	0.29	11.27
25	565	4.54	痕跡	62.07
26	23	226.68	♠	1,927.33

固有抵抗の大きさの順に配列すれば第 5 表の如くなる。之等の量の多い程固有抵抗は低い。之等の酸根は主に CaSO₄, Na₂SO₄, MgSO₄, NaNO₃, NaCl, MgCl₂ 等として含まれてゐるものであるが、實驗結果によれば SO₃ 及び Cl の量の多い程大體固有抵抗は低くなつてゐる。

6. 地下水の固有抵抗と温度 第 13 圖は地下水の固有抵抗と温度との關係を示す。横軸には温度の逆数を、縦軸には固有抵抗値を示してある。この圖から温度が下ると抵抗は増すこと及び其の間の關係は比較的簡單であつて絶対温度 T と固有抵抗 ρ (オーム厘) との間には大略次の關係が成立する事を知る。

$$\log \rho_2 - \log \rho_1 = \frac{K}{T_2} - \frac{K}{T_1}$$

但し K = 常数



第 13 圖

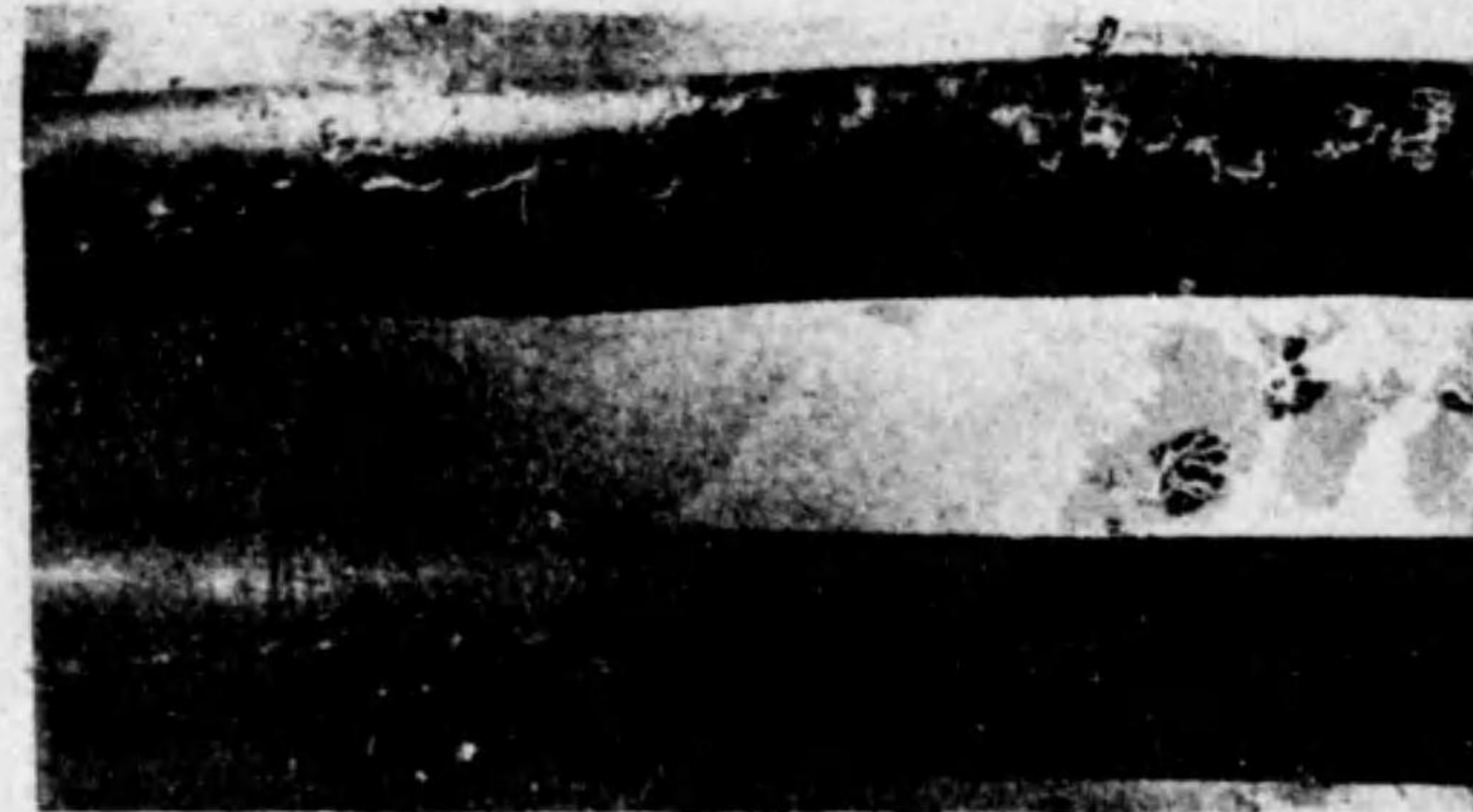
第 八 節 ケーブルの電蝕

第 14 圖は噴火口形の穿孔を多数生じたケーブル電蝕例である。鉛被は 2.7% Sn 合金である。此の場合腐蝕面は鉛金屬體を現し、他の炭酸鉛或は水酸化鉛の如き腐蝕生成物は認められなかつた。これは現場附近の土壌内の地下水の水質が良好であつたためである。測定による鉛被より流出する電流密度は大約 0.1 mA/dm^2 程度であつた。此のケーブルは埋設されたのが大正 15 年秋頃で 3 年を経ずして障害を起したのである。其の他第 15 圖及び第 16 圖に示す如き顯著な實例もある。

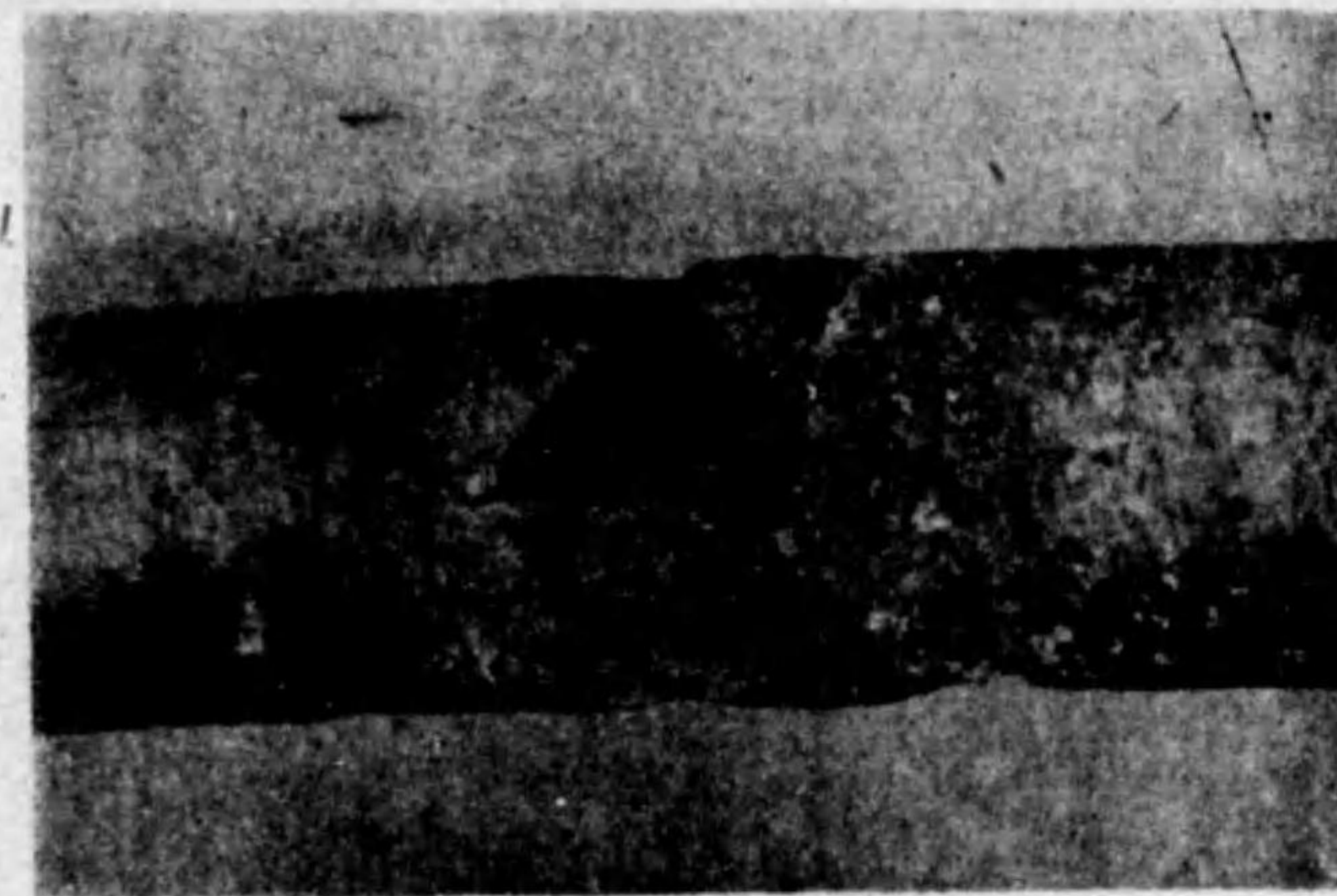
鉛被の腐蝕生成物を観察してそれが電蝕なりや否やの判定方法は單に腐蝕生成物が高級な酸化物即ち PbO_2 よりなるや否やを検出する事のみには頼る事が出来ぬ。實際明白なる電蝕の場合にも拘らず過酸化鉛としての反應がない場合が屢ある。鉛の腐蝕電蝕型は大體三つに分類し得る。⁽²⁾ 即ち (a) 腐蝕生成物が保護被膜を形成し下の金屬面の腐蝕の進行を防止する様なもの、(b) 第 14 圖に示した如き穿孔型のもの、(c) 金屬面が一様に腐蝕せられる場合の三種である。この内 (b) の穿孔型は最も頻繁に經驗せられる所であつて直接土壌中に埋設せられた場合等は特別の場合を除いて殆どこの部類に屬する。鉛被より流出する電流密度の大小が之等の腐蝕型に影響を及ぼす外、又水中にある場合には CO_3^{--} と Cl^- の量の相對値に大なる關係がある。そして一般に含有鹽類の著しく小さい清淨な水、或は Cl^- の量が他のものに比して大なる水では過酸化鉛の發生なく (c) で述べた如く一様に腐蝕せられる。此の場合には過酸化鉛の生成はない。その他の場合は (a) 及び (b) の場合が多く、且このいづれも多少とも過酸化鉛の存在を見るを以て、その量の測定から電蝕か否かの判定を下すことが出来る。

第 九 節 瓦斯管及び水道管の電蝕

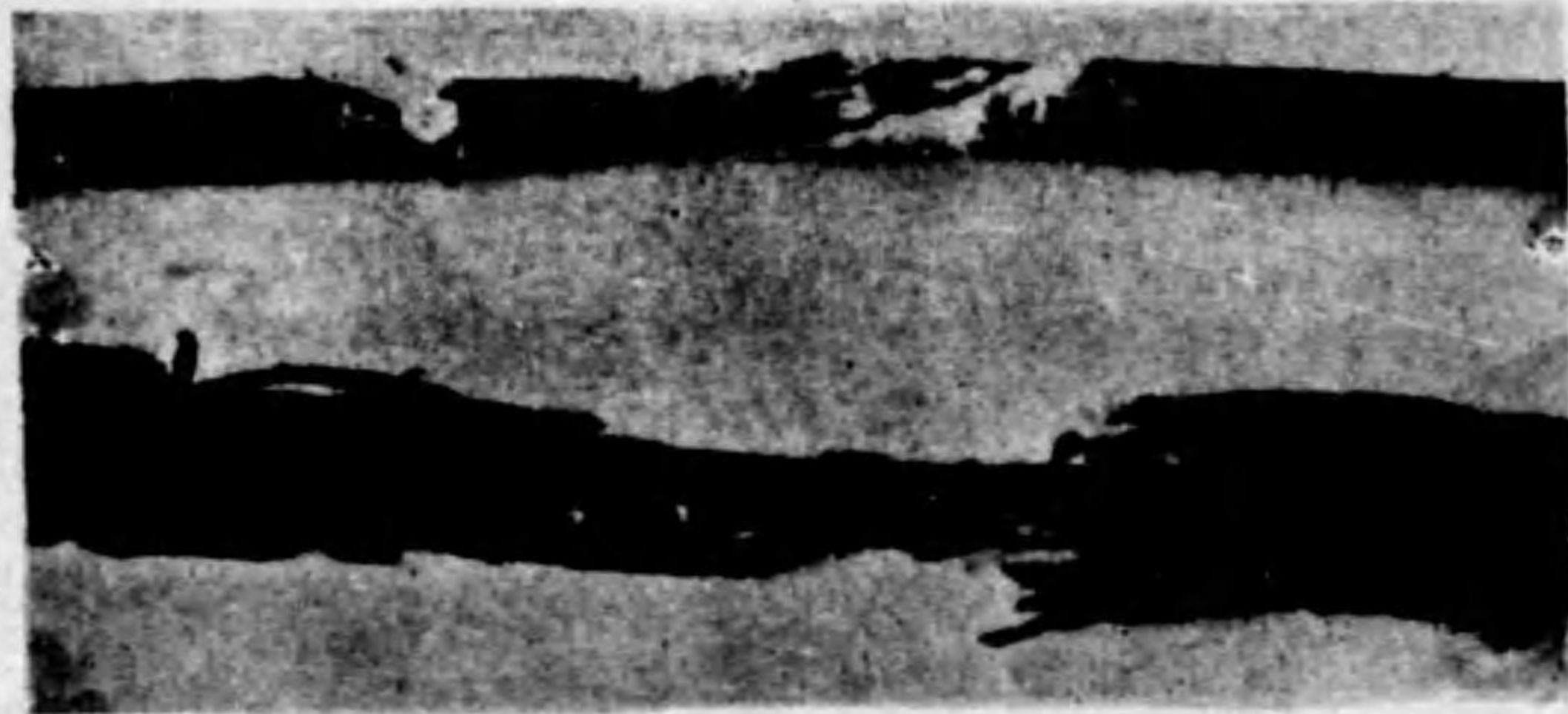
瓦斯管及び水道管が地中に埋設せられある狀況は電氣的に考へてケーブルの場合と異り複雑な網狀聯鎖をなすのが普通である。従つて電線よりの漏洩電流が之等流れ



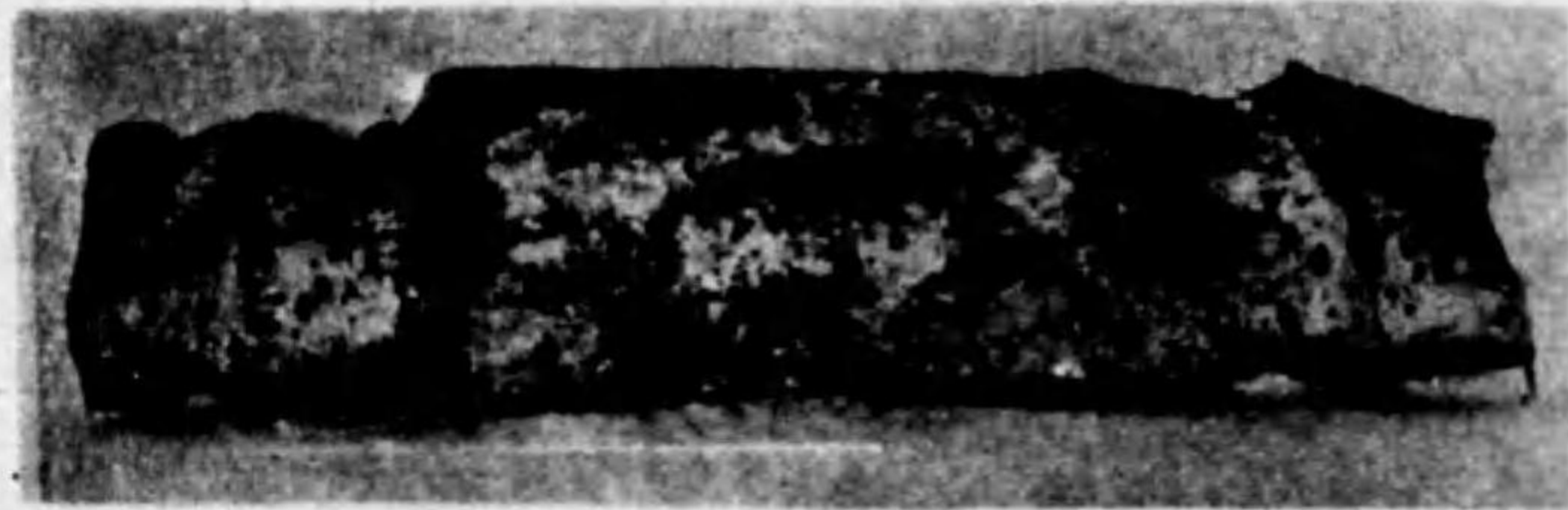
第 14 圖 ケーブル鉛被電蝕例
(昭和 4 年 6 月代々木、新大久保間コンクリートダクト
中埋設の鐵道省電話用ケーブル)



第 15 圖 11,000 V 鐵製電力ケーブル電蝕例
(東京鐵道局大久保變電所構内、昭和 2 年 2 月障害發生、大正 11 年布設)



第 16 圖 鉛装ケーブル電蝕例
〔腐蝕生成物…置基性炭酸鉛及び置化鉛— $(PbCO_3)_2Pb(OH)_2$ 78%, $PbCl_2$ 22%〕



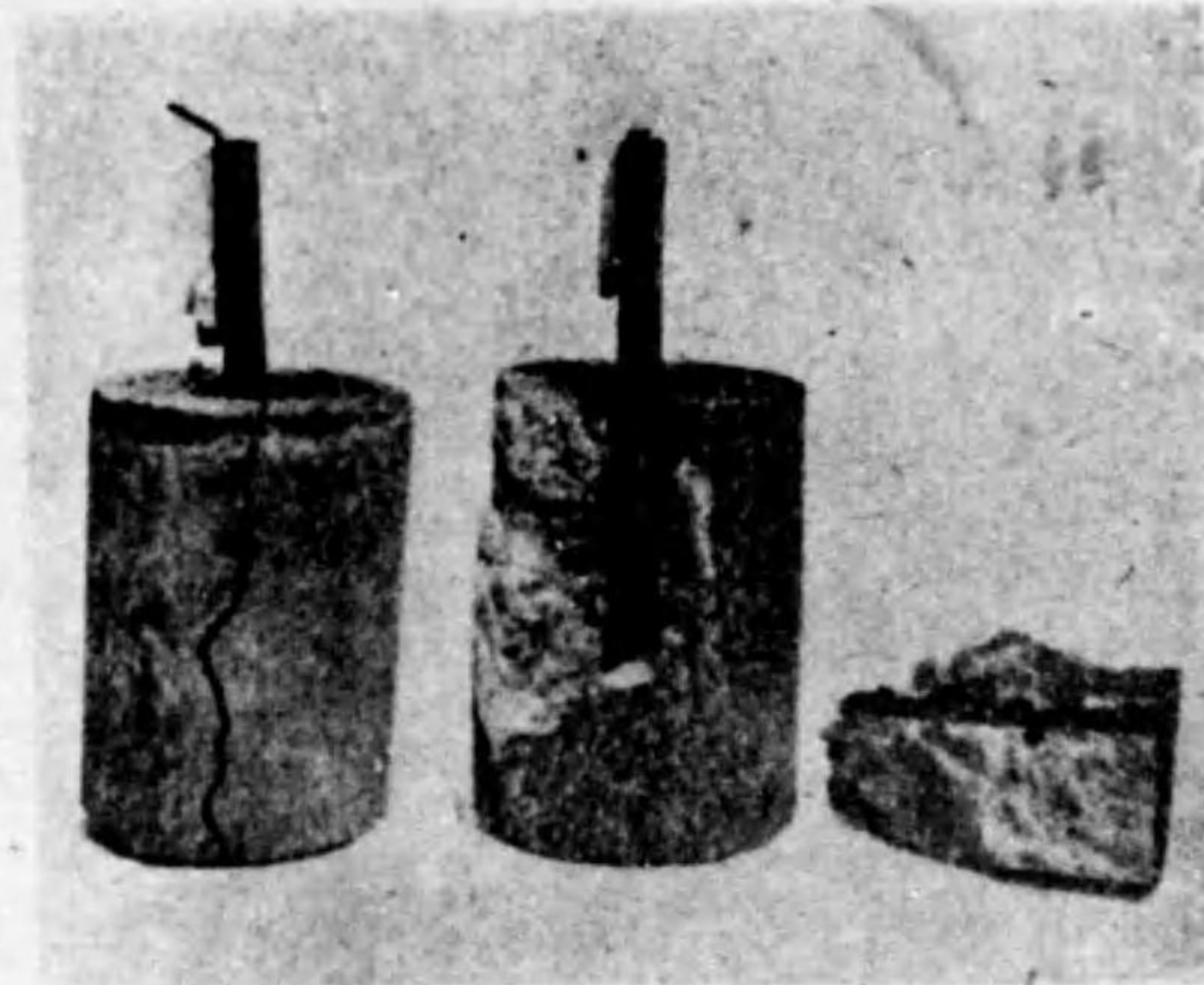
第 17 圖 東京府八王子市内水道鉛管の電蝕例



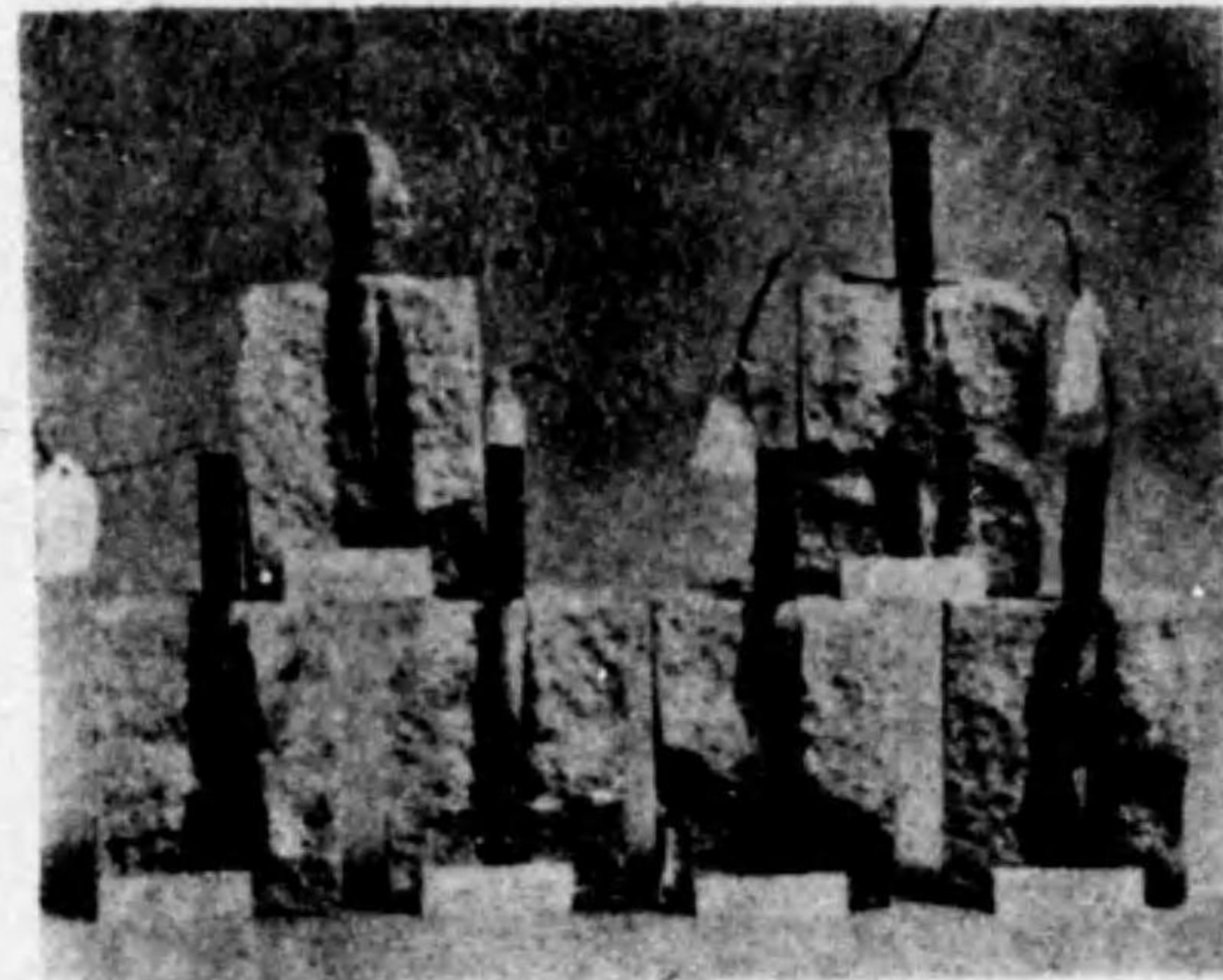
第 18 圖 鑄鐵管黒鉛化例
〔東京市品川区大井鈴ヶ森附近にて昭和9年9月瓦斯鑄鐵管につき發見せらる〕



第 19 圖 鑄鐵管黒鉛化部の顯微鏡寫眞 (100 倍)



第 20 圖 鐵筋コンクリートの陽極腐蝕例 (高電圧の場合)



第 21 圖 鐵筋コンクリートの陰極腐蝕例

る状態は複雑で調査上及び電蝕防止上相當困難を伴ふ場合が多い。第 17 圖は八王子市水道管の鉛の部分に於ける電蝕寫眞で、第一節に示した第 1 圖は東京市内小松川附近に於ける水道鐵管の電蝕による穿孔實例である。

鑄鐵瓦斯管の電蝕に依る黒鉛化の實例

a. 黒鉛化現象

鑄鐵は或る種の土壤中に於ては所謂黒鉛化現象を生ずる。之は鑄鐵中の純鐵の部分に殊に腐蝕し黒鉛、炭化物、珪酸物、鐵の酸化物、其の他のものが残りナイフ等で容易に削る事が出来る程度に軟化する事であるが、黒鉛化した物も外觀上大した異状を認めず低壓力用のものでは水や瓦斯等を吸收する程度であるが、之に衝撃を加へれば直に破壊する。

b. 黒鉛化の原因

此の現象は漏洩電流に基く電蝕に依つて起る事もあり、又漏洩電流が無くても或る種の土壤中で起る事が多く殊に硫酸カルシウム又は類似のものを含んでゐる土壤中に於て起り易い。即ち鑄鐵の組織中の異なる成分が小さな局部電池の極となり土壤水が電解質となつて電氣化學現象が起り純鐵の結晶粒が陽極腐蝕として作用するのである。今鐵の成分中で陽性から陰性の順序に並べて見ると次の様になる。

フェライト (Ferite)、波來土 (Pearlite)、波來土と磷化物との共融品 (Pearlite-phosphide eutectic)、セメントイト (Cementite)、黒鉛 (Graphite)

此の電位列から見ても知れる様にフェライトと黒鉛間に發生する局部的電池作用が一番大で従つてフェライトの腐蝕も大きく、セメントイトと黒鉛との間に起る局部電池作用電流は極めて小さく従つてセメントイトの腐蝕も少い。故にセメントイトや黒鉛が残存するのであつて、之等が鑄鐵の黒鉛化されるものゝ主體となつてゐるのである。

c. 實 例

第 18 圖に示すものは瓦斯漏洩のため発見した電蝕による鑄鐵管の黒鉛化の實例である。土冠平均 70 cm に埋設せられた管は口径 100 mm で表面はコールターを塗布

し接手は熔鉛を填充せるものである。障害発生後測定した管電流は最大 2 アムペアであつた。埋管地盤は海岸にて電線の變電所に近く軌道との距離約 4 m, 土壌は硫酸鹽比較的多く水素イオン濃度 6.7 であつた。腐蝕は鑄鐵管延長約 60 m 及び分岐管口徑 37 mm の鋼管 2 條の殆ど全面に亘り発生したもので外觀上異状を認めないが幾分變色してゐる部分は黒鉛化に依り水の吸収量多く爪跡を印し得る程度に變質してゐる。貫通孔及び隆起を生ぜる部分は管厚全部變質した部分である。

第 19 圖に示す顯微鏡寫眞は比較的爲黒鉛化せる部分と然らざる部分との境界を撮影したもので、大形の黑影は炭素を示す。分析試験に依れば、普通鑄鐵にあつては炭素量 3.7% 内外なるも、黒鉛化部分に於ては 15% 以上を示した。

第十節 鐵筋コンクリート中の鐵の電解腐蝕

鐵筋又は鐵骨コンクリート建造物等の鐵材に電流が流出入し其の密度が大なる時は鐵が陽極となつた場合にも又陰極となつた場合にもコンクリートとの密着力が著はれて障害を發するに至る。(6)(7)

1. 陽極作用

電流が鐵よりコンクリートの方へ向つて流れ出る時には鐵はコンクリート中の酸素と化合して酸化鐵を生ずるが、この容積は母鐵の 2.2 倍の大きさを有するからコンクリートに龜裂を生ずる損がある。然し此の作用は鐵とコンクリートに加はる電壓が實際には餘り存在せぬ程度に高い時であり、一般に電壓が 2 V 乃至 3 V 以下では實際上何等の危険を生ずる事がない。(第 20 圖參照)

2. 陰極作用

コンクリートより鐵筋に電流が流れ込む時は鐵は腐蝕されないが、陰極に於てはアルカリの濃度が多くなるから鐵表面に接着するコンクリートが軟化され、鐵との固着力を失つて遂には鐵筋コンクリートとしての強度を缺くに至る。この作用は陽極作用と異り低電壓にて惹起するものであつて、軟化の割合は加へる電壓に比例するものである。(第 21 圖參照)

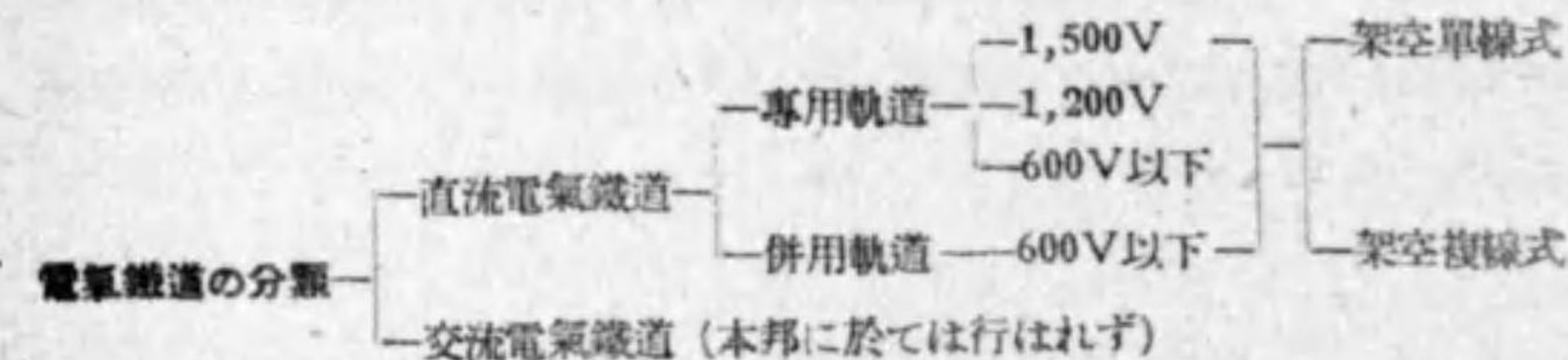
第十一節 許容流出電流密度

附近に直流電氣鐵道があれば埋設金屬體に或る程度の電流 \times 出入ある事は之を避ける事は出来ない。此の場合幾許迄の電流 \times 出密度ならば之を許してもよいかは電蝕防止施設を施す上に於ける先決問題であるが、不幸にして此の決定は今日尙極めて困難である。此の困難とする處は流出電流密度大なるもの必ずしも電蝕大なりと稱する事を得ず或る場合では反つて大なる流出電流の場合に保護皮膜が形成せられて電蝕の進行を抑止するやうな事が少くないからである。然し乍ら概念的には流出電流密度の大なる場合には電蝕被害大なりとするの外はなく第八章記載の獨逸規程即ち鐵に對して 0.75 mA/dm^2 は斯様な見地より定められたものと思はれるのであつて、從來我國に於て通信ケーブルに就て經驗せる處によれば 0.5 mA/dm^2 の程度が鉛被に就き經濟上電蝕防止施設に依り抑減し得る處に近いものと考え得るゝも尙將來の研究に俟つ處が甚だ多いのである。

第三章 直流電氣鐵道よりの漏洩電流

第一節 電氣鐵道の方式

電氣鐵道は一般には交流式のものゝと直流式のものゝとに二大別する事が出来る。交流電氣鐵道は之に隣接する通信線路に誘導障害を及ぼす機会が多く特に軌條を電流の歸線として使用する場合には其の影響が甚しいので我國にては此の方式は許されない事になつて居る。土地狭小なる我國とは異り歐洲諸國では電氣鐵道と通信線路は相當離隔して施設し得る場合が多いから交流式電氣鐵道が可なり行はれて居る。此の場合には出來得る限り誘導作用を減少する爲周波数を低くする事が必要で、商用周波数たる 50 又は 60 サイクルを採用せず概ね數サイクルが用ひられて居る。



又電氣鐵道には路面上に布設せらるゝもの即ち併用軌道と電車の運轉に専用するために作られたる専用敷地を有し素りに公衆の通過を許さない専用軌道とがある。併用軌道では人畜に対する危険の程度が専用軌道に比して大であるから電壓には低壓即ち直流 600V 以下の如く比較的低い値を使用しなければならぬことになつて居る。専用軌道に於ては危険の程度が前者程大でないから 600V を超過する電壓を採用しても差支はない。現今我國に於ける電車線電壓の現状は併用軌道のものは概ね 600V、専用軌道には 600V も相當に使用せられて居るが交通機關の速度昂上が時代と共に要求せらるゝに従つて 1,500V を使用するものが増加して來た。1,200V を使用するものゝ數は極めて少い。電氣鐵道は又正負兩電車線とも架空に架設せる**架空複線式電氣鐵道**と負電車線の代用として軌條を電流の歸線に使用する**架空單線式電氣鐵道**との二種類に分つことが出来る。近來交通機關の運轉に高速度が要求されるが架空複線

式のものゝは集電即ち車輛に電流を集むるに困難を感じるゝので集電装置にパンタグラフを使用し得る架空單線式のものゝが有利となり(第一章第2表参照)、従つて近來の布設に係る電氣鐵道の殆ど全部は架空單線式と稱しても過言ではない。架空單線式の電氣鐵道に於ては軌條は負極に接続せられるのが普通である。(第二章第一節2参照)

漏洩電流に對する關係に於ては架空單線式と全く同一なものゝに**第三軌條式電氣鐵道**がある。之は地下鐵道其他特殊の場合に採用される方式であつて、架空電車線の代りに軌道の一個に施設した軌條が使用される。之を**第三軌條**と稱し導電率の高い軌條を磚子を以て土地と電氣的に絶縁して施設してある。本方式を採用すれば隧道の大きさを小にして工事費の節約を計る事が出来る利益がある。

漏洩電流に依る電氣障害の著しい場合には**三線式饋電法**が採用されることがある。これは其の本質に於ては架空單線式なることに變りはないが、全軌道互長を數區間、複軌道の場合は時として往復兩線に區分し各區間に饋電する電車線電壓の極性を正及び負適當に變へ歸線たる軌道は中性點に接続し以て之に通る全電流を零に近からしむる方式のものである。従つて本方式では軌條が正極に接続さるゝ部分と負極に接続さるゝ部分とを生ずることになる。本方式は其の施設方式に依り夫々**並列三線式**及び**分割三線式**と稱されてゐる。此の方式は嘗て阪神電車の東明變電所の給電區間に採用せられた事もあつたが連結運轉の時代となると前部及び後部の集電子で正極架線及び負極架線を短絡する等の場合も生じ、現在では本邦の何處にも行はれてゐない。(三線式饋電法の詳細に關しては第五節参照)

第二節 計算上より見たる漏洩電流 (第二章第一節2参照)

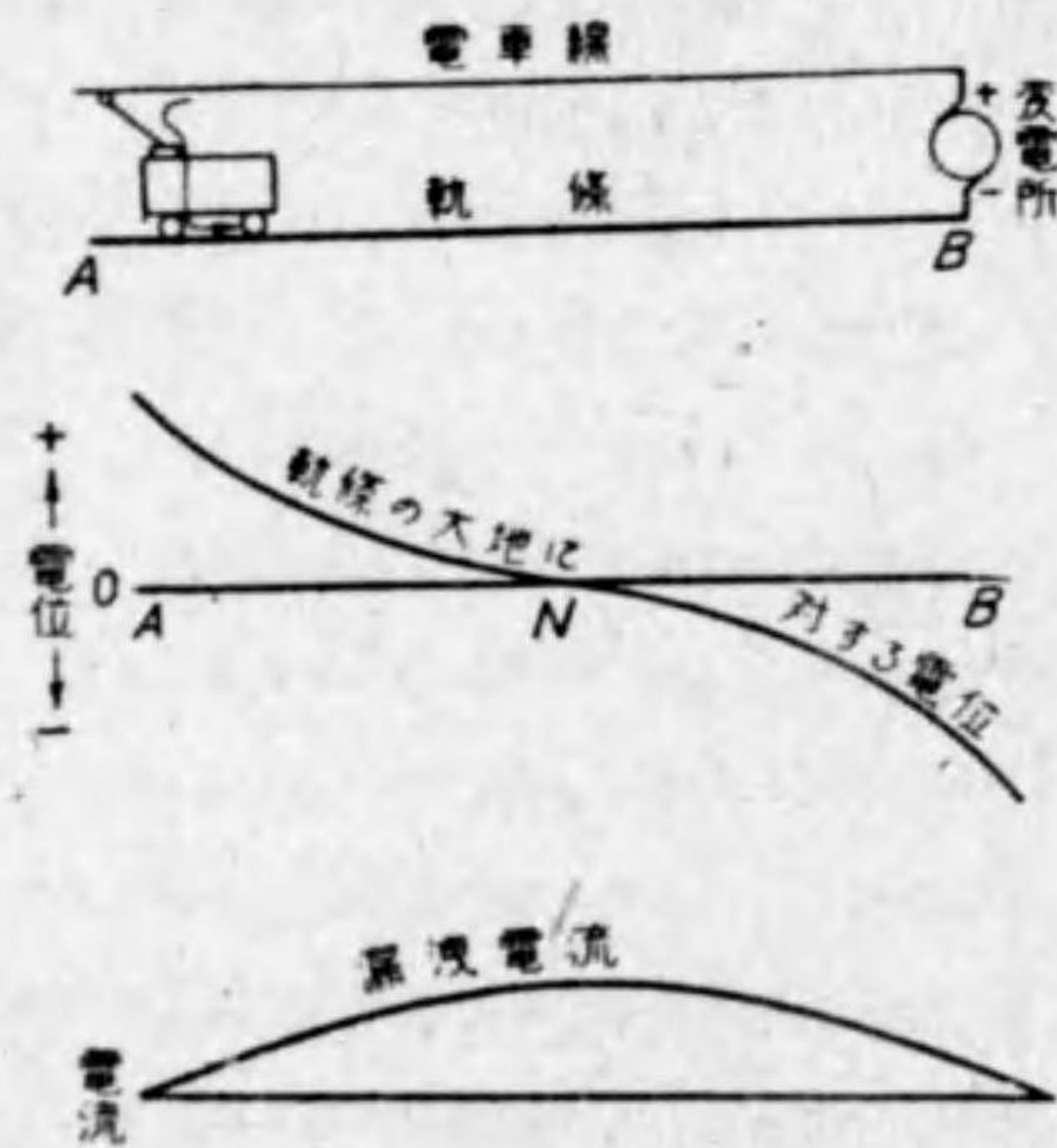
電流が地中を流れて擴つて行く状態を理論的に相當精密に取扱つたものも數多くあるが、電氣鐵道よりの漏洩電流に關する理論的計算方法は現象の基本的闡明に役立つが多少共事柄を簡單にする爲の假定をなすことを要し、この假定が實際に満足されなため計算結果と實際の測定結果は却々一致せぬ事は已むを得ない。

漏洩電流の大きさは變電所より給電する區域の大小、電車電流密度、歸線の電氣抵抗

及び歸線の土地に對する漏洩抵抗等關係する外大地の電氣抵抗の大小に依つて著しく影響される。之等のものが電鐵よりの漏洩電流の大きさに關係する狀況の概念は大地を電氣的に見て等質なるものとし地中金屬體なき場合を考ふれば計算が簡單となる。之には McCollum, K.H. Logan の計算式が代表的のものである。(9)(10)(11)

1. 單一負荷の場合の漏洩電流の計算

第 1 圖に示す如く一變電所の饋電區間に電車一輛が運轉せられて居る場合を考へる。今軌道の終端 A 點を電車が走つてゐるとすれば AB 間には一定電流が通じてゐることになる。軌條に電流が通ずれば軌條の抵抗に依つて電壓降を生ずる。此の電壓降に依つて軌條の電位は或る部分では大地に對し正となり又他の部分では負となる。單線式電氣鐵道では軌條は變電所に於て負極に接続されるから變電所附近では軌條電位は負であつて變電所から遠ざかるに従つて軌條電位は上昇する。而して軌條各點に於ける大地に對する其の電位差に依り軌條と大地間に電流の授受が存在する。軌條より漏洩した電流は必ず何れかの部分で軌條に復歸せねばならぬ。軌條より成る歸線の抵抗及び漏洩に對する軌道の構造が全線均一に出来てゐれば、軌條より電流の流出する部分と軌條へ電流の復歸する部分との互長は略等しい。兩者の間には軌條の電位が大地と等しくなる點即ち中性點 N を生ずる。軌條對大地電位差の關係は前述の如くであるから大地への漏洩電流は第 1 圖上段に示す如く A 點より N 點に進むに従つて漸次増加し之に伴つて軌條中の電流は徐々に減少する。N 點に達すれば電流の流出入なく、N 點より B に進むに従つて前者と全く反



第 1 圖

は上昇する。而して軌條各點に於ける大地に對する其の電位差に依り軌條と大地間に電流の授受が存在する。軌條より漏洩した電流は必ず何れかの部分で軌條に復歸せねばならぬ。軌條より成る歸線の抵抗及び漏洩に對する軌道の構造が全線均一に出来てゐれば、軌條より電流の流出する部分と軌條へ電流の復歸する部分との互長は略等しい。兩者の間には軌條の電位が大地と等しくなる點即ち中性點 N を生ずる。軌條對大地電位差の關係は前述の如くであるから大地への漏洩電流は第 1 圖上段に示す如く A 點より N 點に進むに従つて漸次増加し之に伴つて軌條中の電流は徐々に減少する。N 點に達すれば電流の流出入なく、N 點より B に進むに従つて前者と全く反

對に流出した電流は軌條に復歸して B 點では電流は全く元に戻る。従つて全漏洩電流の最大なるは N 點である。

今變電所 B に依つて饋電さる、軌道 AB 中の任意の一點 C に電車がある場合について漏洩電流の計算方法を與へて見る。



第 2 圖

第 2 圖に於て

- $L_1 = CB$: 第一區間の歸線互長
- $L_2 = AC$: 第二
- $L_3 = BD$: 第三
- i : 任意の點 (B より x の距離) の歸線電流
- e : 任意の點 (同上) の歸線對大地電位差
- r : 單位長の歸線抵抗 ρ : 單位長の歸線漏洩抵抗
- I : 全饋電電流 I_1, I_2 : C 點に於ける歸線分枝電流
- I_3, I_4 : B 點に於ける歸線分枝電流
- $\alpha = \sqrt{\frac{r}{\rho}}$: 單位長漏洩係數

今 B 點を x 軸の原點とすれば任意の點 x に於ける dx 間の電壓降下は

$$de = -ir dx, \quad \frac{de}{dx} = -ir \dots\dots\dots (1)$$

次に dx 中の電流の増加は

$$di = -\frac{e}{\rho} dx \dots\dots\dots (2)$$

(1) 式を (2) 式に代入すれば

$$\frac{d^2 i}{dx^2} - \frac{r}{\rho} i = 0 \dots\dots\dots (3)$$

(3) 式の一般解は

$$i = Ae^{\sqrt{\frac{r}{\rho}}x} + Be^{-\sqrt{\frac{r}{\rho}}x} = Ae^{\alpha x} + Be^{-\alpha x}$$

第一区間では

$$[i]_{x=0} = I_3 = A + B$$

$$[i]_{x=L_1} = I_1 = Ae^{\alpha L_1} + Be^{-\alpha L_1}$$

上式より A, B を求めれば

$$A = \frac{I_1 - I_3 e^{-\alpha L_1}}{2 \sinh \alpha L_1}, \quad B = \frac{I_3 e^{\alpha L_1} - I_1}{2 \sinh \alpha L_1}$$

故に第一区間中の任意の一点に於ける電流を i_x' とすれば

$$i_x' = \frac{1}{\sinh \alpha L_1} \{ I_1 \sinh \alpha x + I_3 \sinh \alpha (L_1 - x) \} \dots\dots\dots (4)$$

第二区間に於ては

$$[i]_{x=L_1+L_2} = 0 \quad \text{即ち} \quad Ae^{\alpha(L_1+L_2)} + Be^{-\alpha(L_1+L_2)} = 0$$

$$[i]_{x=L_1} = -I_2 \quad \text{即ち} \quad Ae^{\alpha L_1} + Be^{-\alpha L_1} = -I_2$$

上式より A, B を求めれば

$$A = \frac{e^{-\alpha(L_1+L_2)}}{1 - e^{-2\alpha L_2}} I_2, \quad B = \frac{e^{\alpha L_1}}{1 - e^{-2\alpha L_2}} I_2$$

故に第二区間中の任意の一点に於ける電流を i_x'' とすれば

$$i_x'' = \frac{I_2}{1 - e^{-2\alpha L_2}} \{ e^{\alpha(x-L_1-2L_2)} - e^{-\alpha(x-L_1)} \} \dots\dots\dots (5)$$

第三区間に於ては

$$[i]_{x=0} = -I_4 \quad \text{即ち} \quad A + B = -I_4$$

$$[i]_{x=L_3} = 0 \quad \text{即ち} \quad Ae^{-\alpha L_3} + Be^{\alpha L_3} = 0$$

上式より A, B を求めれば

$$A = \frac{e^{-\alpha L_3}}{2 \sinh \alpha L_3} I_4, \quad B = \frac{e^{-\alpha L_3}}{2 \sinh \alpha L_3} I_4$$

故に第三区間中の任意の一点に於ける電流を i_x''' とすれば

$$i_x''' = \frac{I_4}{\sinh \alpha L_3} \sinh \alpha (L_3 + x) \dots\dots\dots (6)$$

(4), (5), (6) 式中 I_1, I_2, I_3, I_4 は未知数であるから之を求むるには

$$\left. \begin{aligned} I_1 + I_2 &= I \\ I_3 + I_4 &= I \\ \delta \left(\frac{di_x'}{dx} \right)_{x=L_1} &= \delta \left(\frac{di_x''}{dx} \right)_{x=L_1} \\ &\text{(C 點に於ける對大地電位等しき爲)} \\ \delta \left(\frac{di_x'}{dx} \right)_{x=0} &= \delta \left(\frac{di_x'''}{dx} \right)_{x=0} \\ &\text{(B 點に於ける對大地電位等しき爲)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

(7) 式を満足する如き I_1, I_2, I_3, I_4 を求めれば下の如くである。

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{ac + bd + cd}{1 + bd + bc + dc} \cdot I \\ I_2 &= \frac{1 + bc - ac}{1 + bd + bc + dc} \cdot I \\ I_3 &= \frac{ad + bc + cd}{1 + bd + bc + dc} \cdot I \\ I_4 &= \frac{1 + bd - ad}{1 + bd + bc + dc} \cdot I \end{aligned} \right\} \text{但し} \left\{ \begin{aligned} a &= \frac{1}{\sinh \alpha L_1} \\ b &= \frac{1}{\tanh \alpha L_1} \\ c &= \frac{1}{\tanh \alpha L_3} \\ d &= \frac{1}{\tanh \alpha L_2} \end{aligned} \right.$$

中性點 N の位置 x_n は次式を満足する x の値である。

$$\delta \left(\frac{di_x'}{dx} \right) = 0 \dots\dots\dots (8)$$

(8) 式に (4) 式を代入すれば

$$(I_3 \cosh \alpha L_1 - I_1) \cosh \alpha x = I_3 \sinh \alpha L_1 \sinh \alpha x$$

之より

$$x_n = \frac{1}{\alpha} \tanh^{-1} \left(\frac{I_3 \cosh \alpha L_1 - I_1}{I_3 \sinh \alpha L_1} \right)$$

最小漏洩電流を i_{min} とすれば

$$i_{min} = |i_x'|_{x=x_n} = \frac{1}{\sinh \alpha L_1} \{ I_1 \sinh \alpha x_n + I_2 \sinh \alpha (L_1 - x_n) \}$$

であるから最大漏洩電流 i_{e-max} は

$$i_{e-max} = I - i_{min}$$

電車が終端 A にあり BD 間の軌道なき場合は

$$L_2 = L_3 = 0$$

であつて

$$I_1 = I_3 = I \quad I_2 = I_4 = 0$$

故に

$$i_x' = \frac{1}{\sinh \alpha L_1} (\sinh \alpha x + \sinh \alpha (L_1 - x))$$

$$x_n = \frac{1}{2} L_1$$

$$i_{min} = I \operatorname{sech} \alpha \frac{L_1}{2}$$

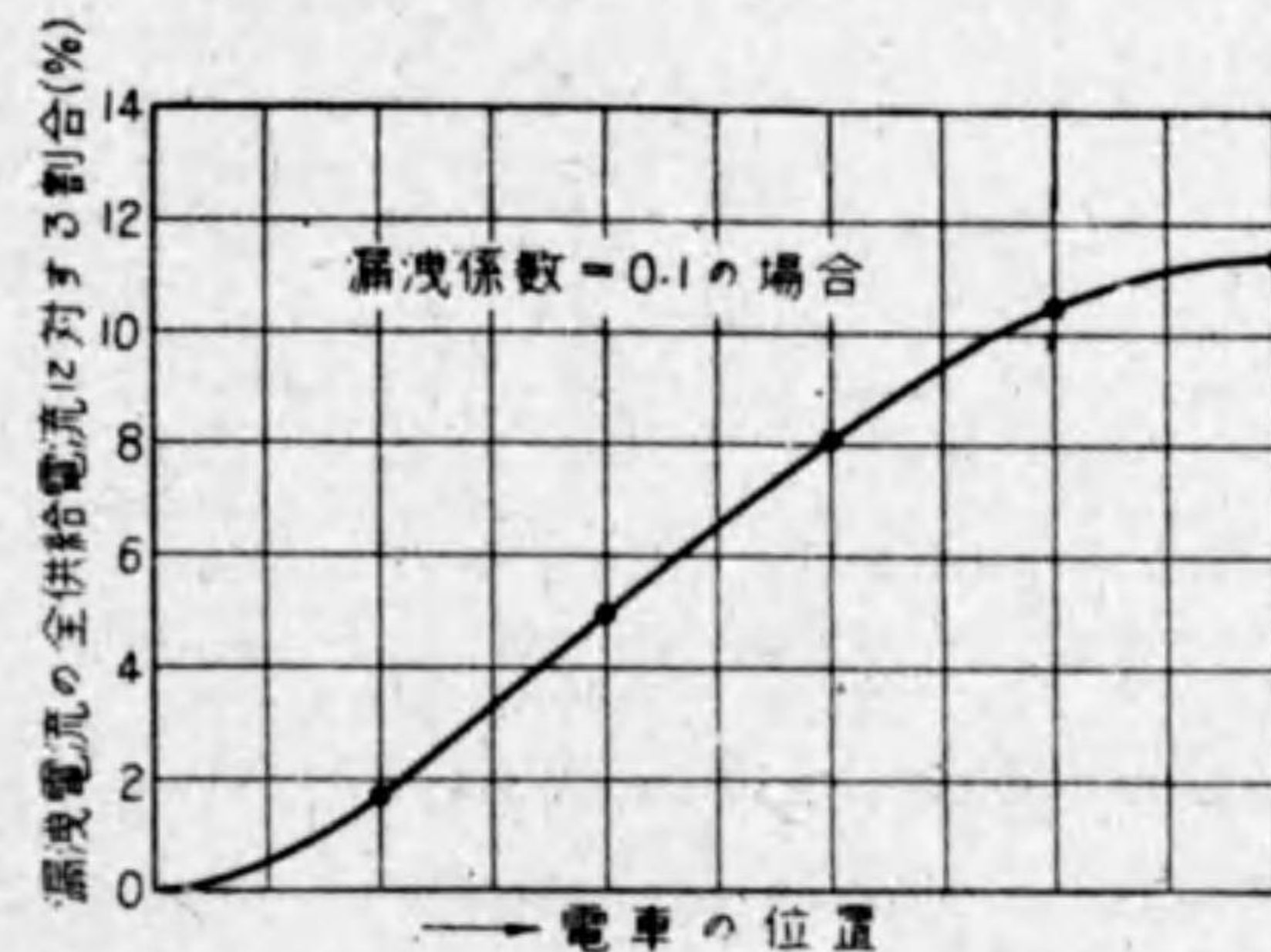
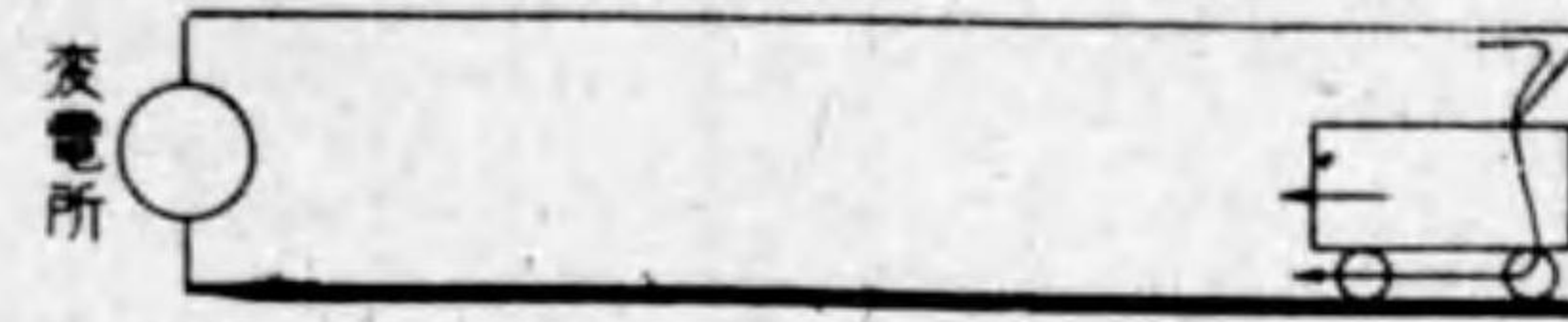
$$i_{e-max} = I \left(1 - \operatorname{sech} \alpha \frac{L_1}{2} \right)$$

以上の計算式に依つて知らる如く電車が終端 A より次第に變電所に進むにつれて漏洩電流は如何なる變化をなすかを示したのが第 3 圖であつて圖は $L_1 = 2 \text{ km}$, $L_2 = 0$ であつて L_2 の互長を 10 km とした場合の變化の一例を示したものである。

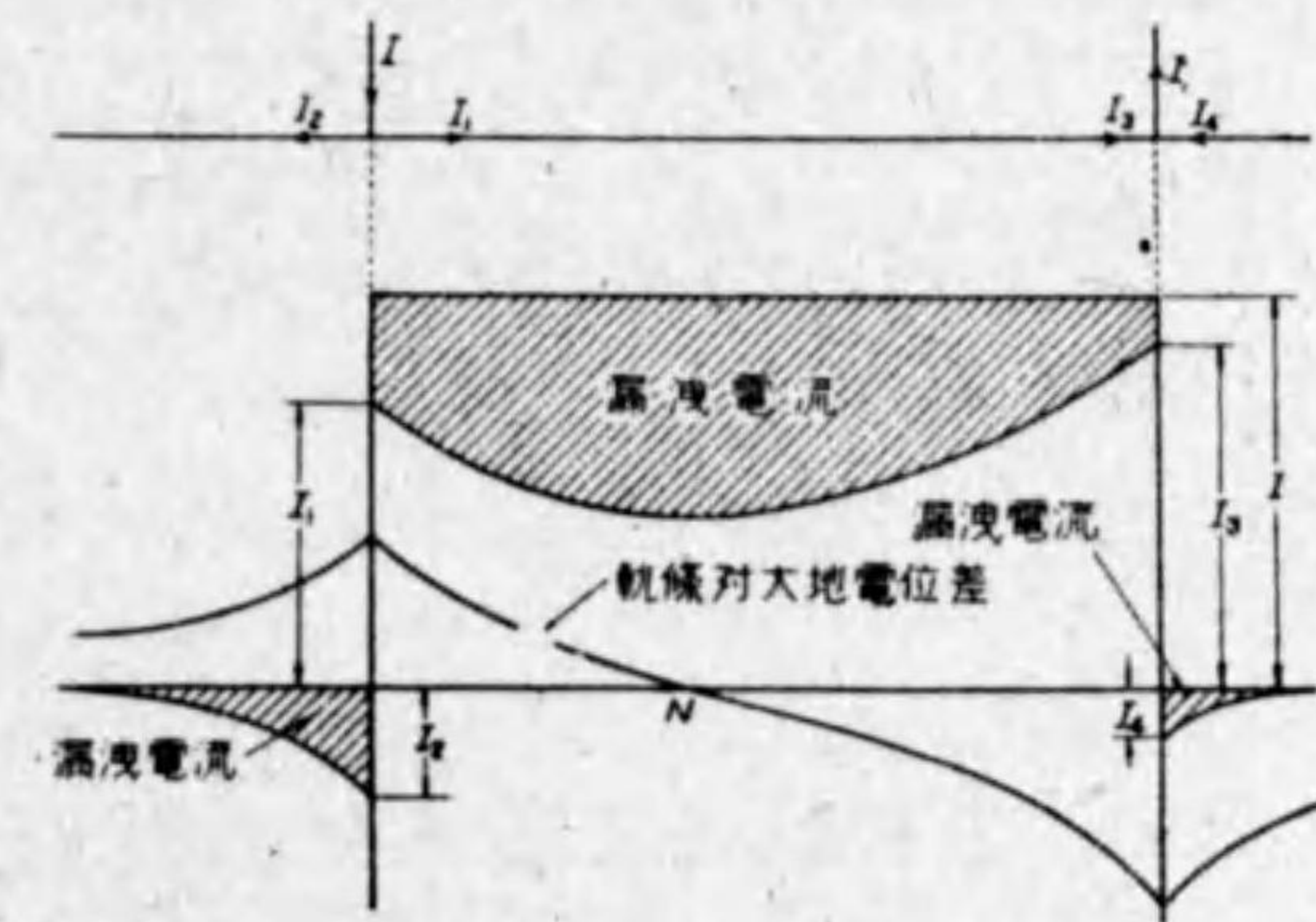
斯くの如く漏洩電流の大きさは電車の進行と共に其の状況並に大きさを變化するものである。又以上の計算結果に基づき漏洩電流の状況を分り易く圖示したが第 4 圖である。

2. 分布負荷の場合の漏洩電流の計算

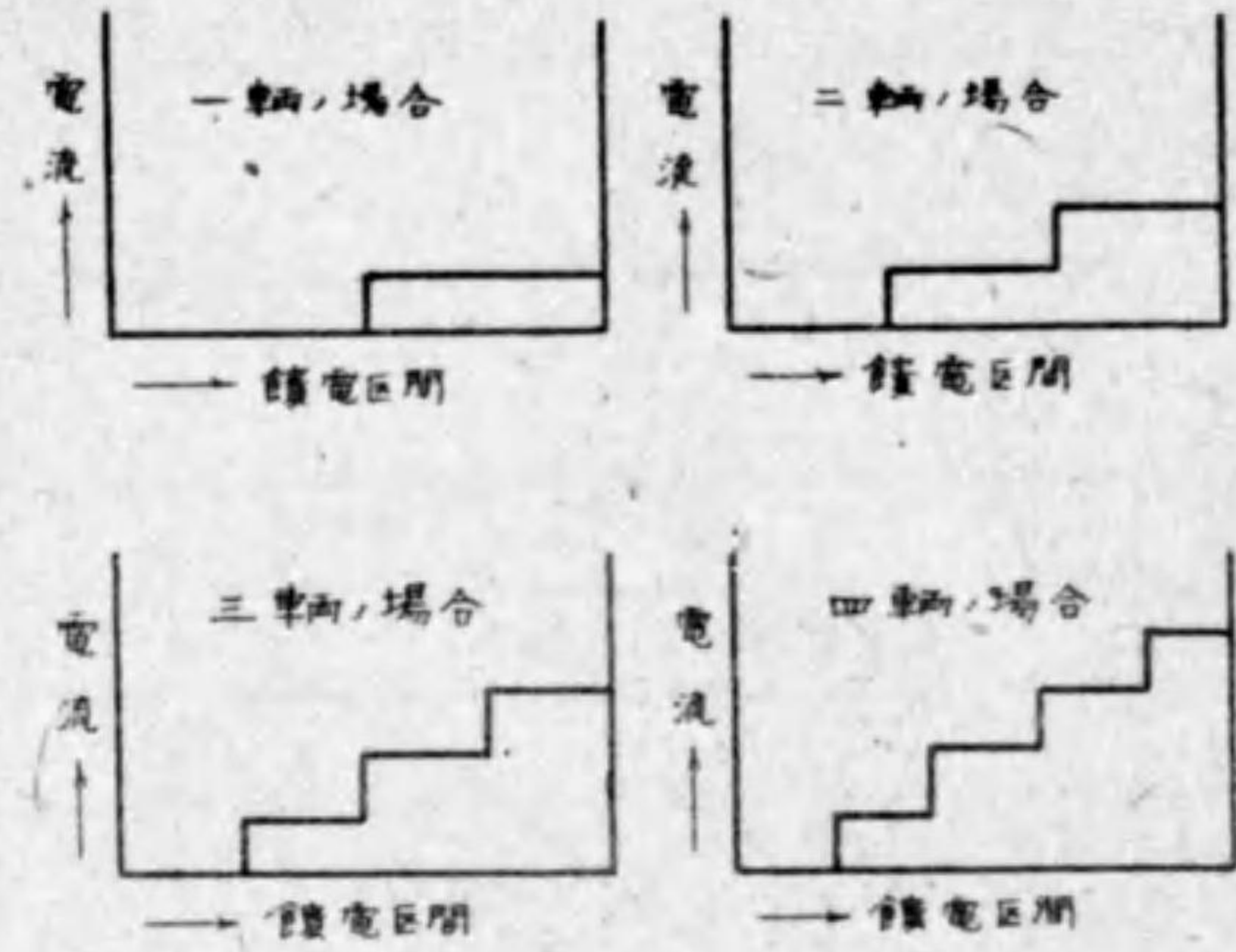
一變電所の饋電區間に運轉する車輛数が唯一輛に止まる場合は稀で通常多數の車輛が同時に運轉せられてゐる。此の場合には軌道に沿うて電車への供給電流が一様に分布せられてゐるものとして計算を行ふのである。實際の電流分布は一車輛の使用電流を I_1 とすれば第 5 圖の如くなるのであつて、圖は區間の中央に一輛ある場合、變



第 3 圖



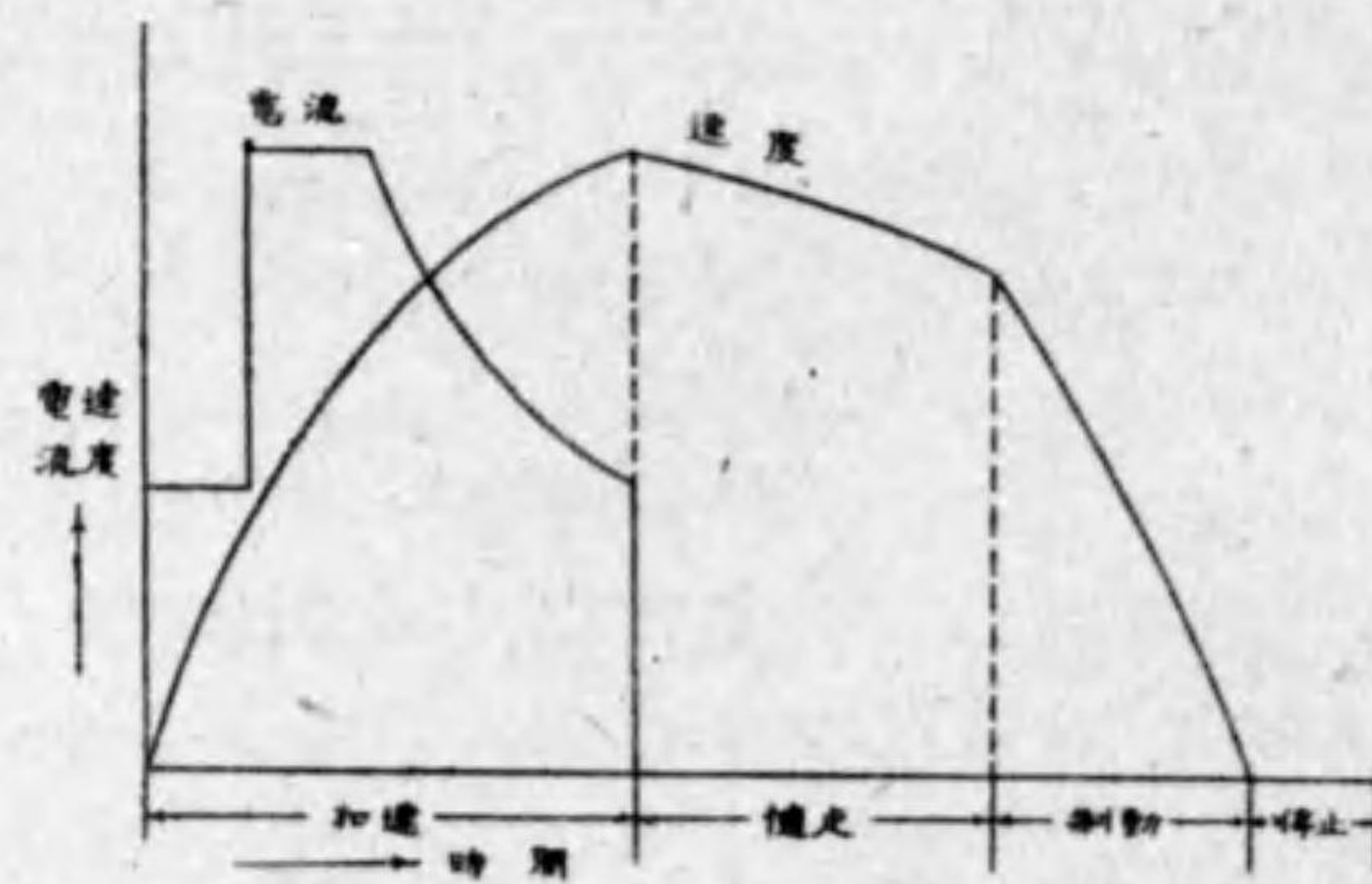
第 4 圖



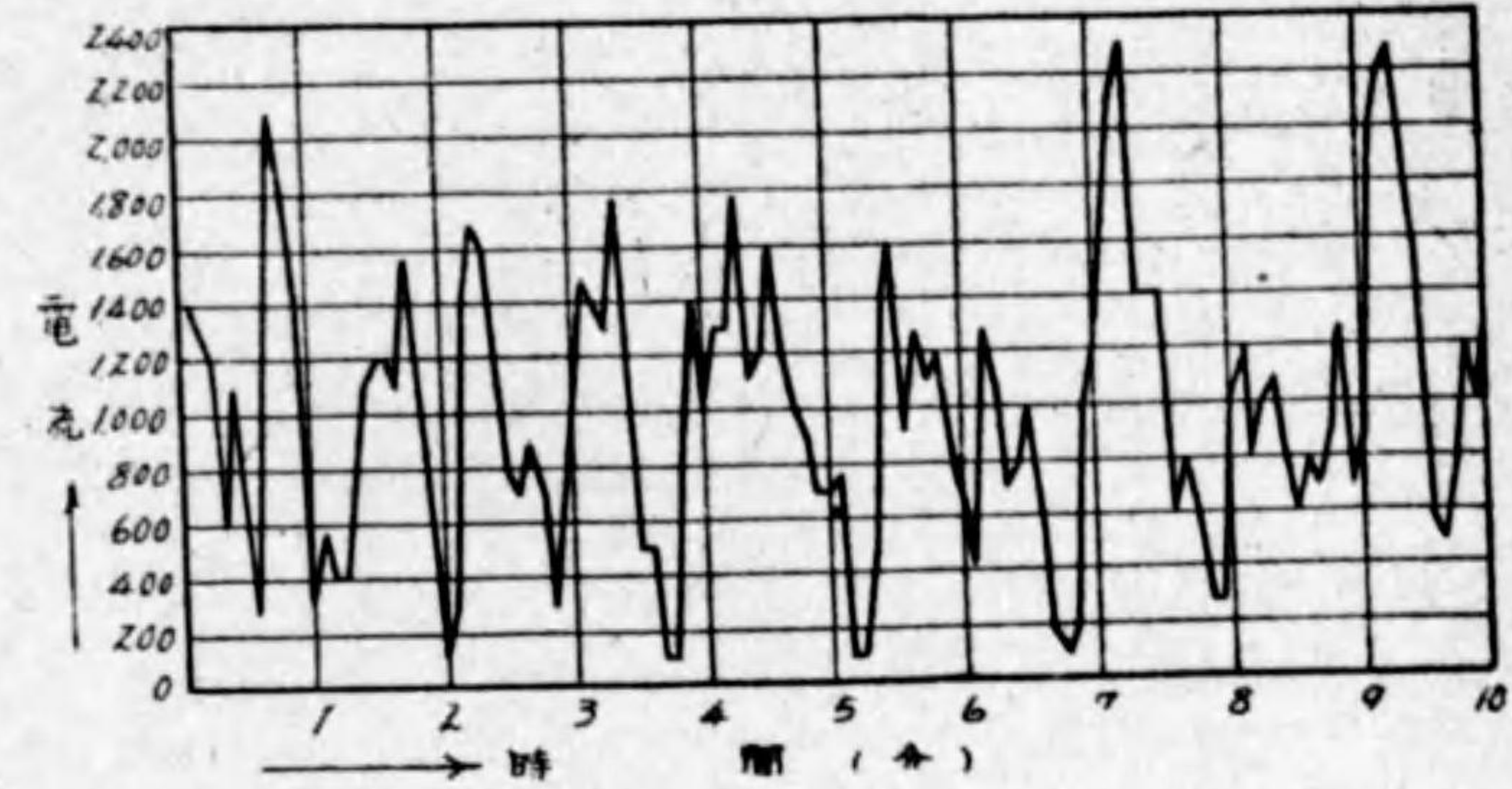
第 5 圖

電所より 1/3 及び 2/3 の距離の點に各一輛，變電所より 1/4, 2/4, 3/4 の距離の點に各一輛，變電所より 1/5, 2/5, 3/5, 4/5 の距離の點に各一輛ある場合等を示すもので，車輛數が増加すれば電流の分布狀況は軌道に沿ひ略均等に増加する事となり終端より變電所に向け直線的に饋電電流が増加すると假定することが出来る。

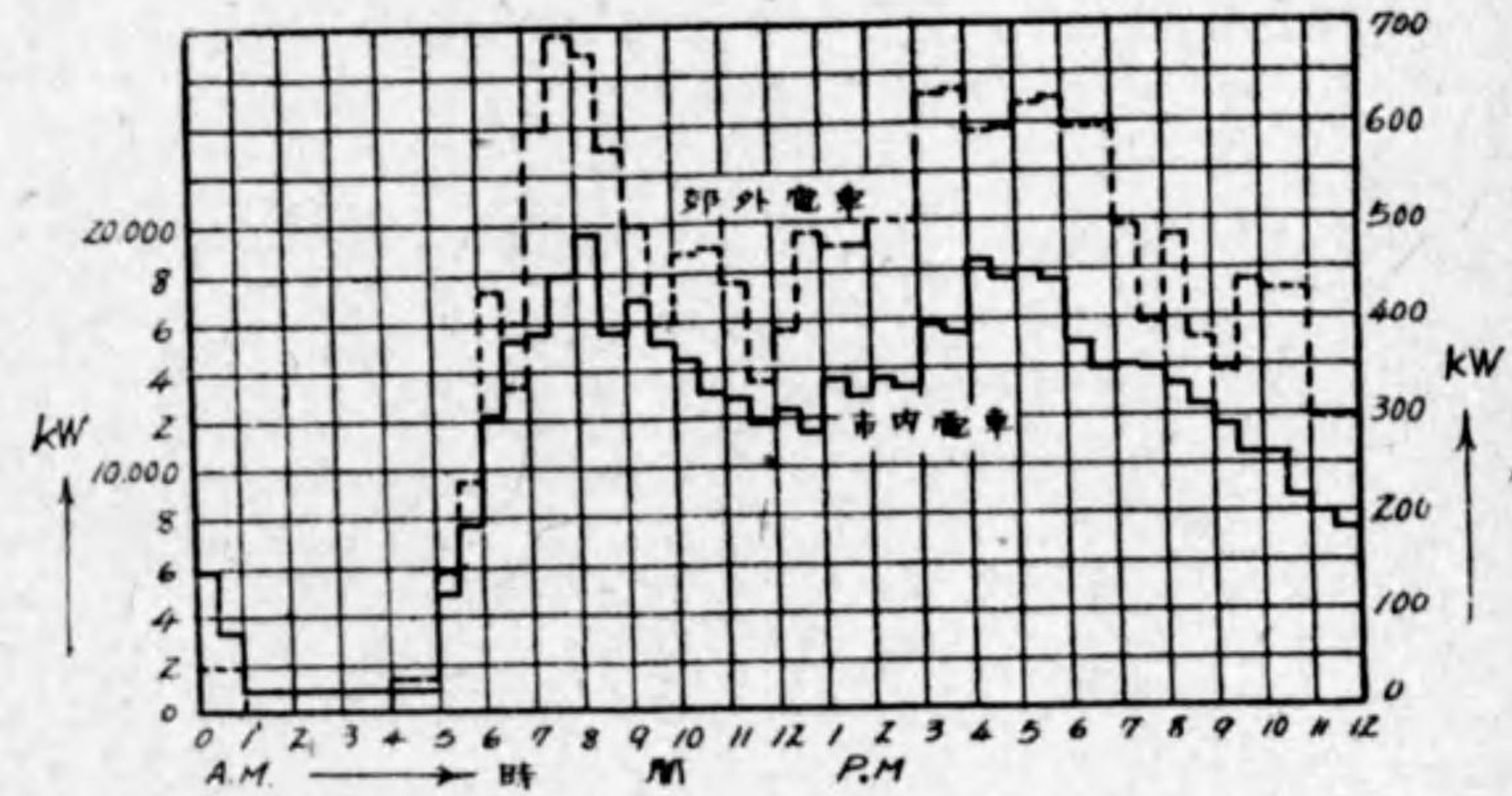
電鐵母線を流れる電流は斯様に車輛數に依る外，一車に於ても第6圖の如く運轉の



第 6 圖



第 7 圖

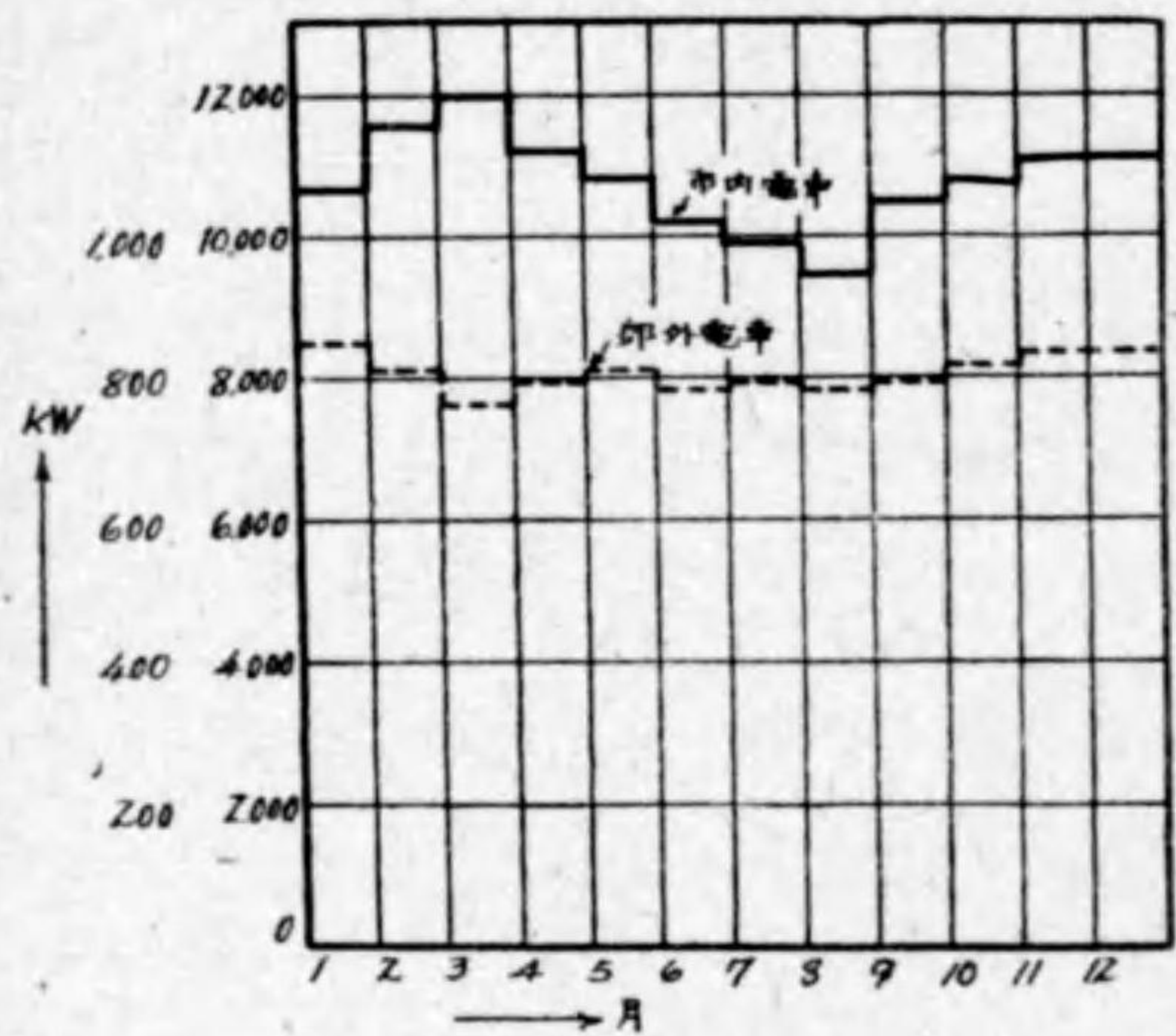


第 8 圖

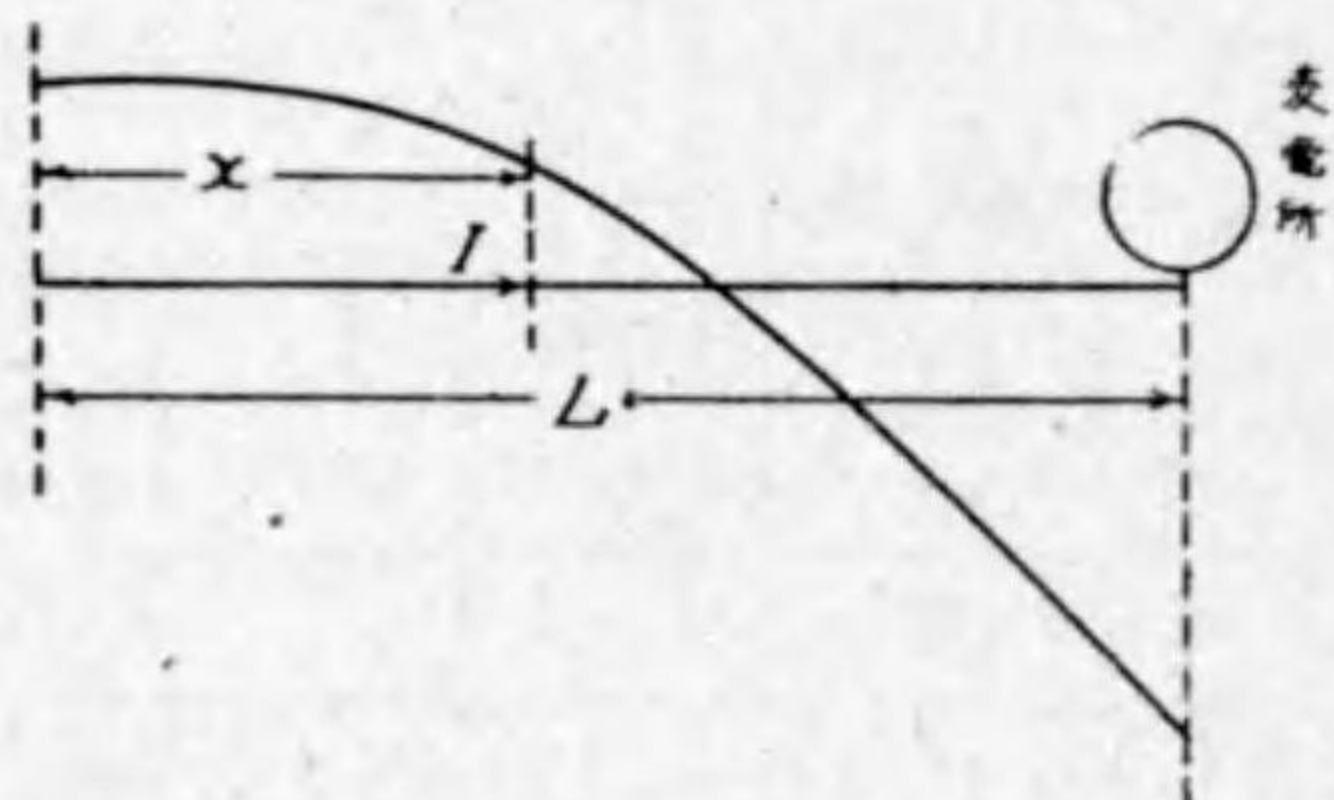
狀況に依り，又一日中でも時刻により第7圖及び第8圖の如く，或は又季節に依り第9圖の様に相當大なる變化がある。

歸線中の電流の計算には短時間中の急激なる電車電流の變動を考慮に入れて之を行ふ事は困難で，又上述の様に單に概念を得るに止まる程度のものであるから夫迄の必要もない。

均一負荷の場合の計算方法は車輛一輛運轉時と全く同一であつて，任意の點xに於



第 9 圖



第 10 圖

ける軌條電流 i は、 $i = Ae^{ax} + Be^{-ax}$ を以て表すことが出来る。(第 10 圖)

此の場合に於ては

$$x=0 \text{ の時は } A+B=0 \text{ 又は } A=-B$$

$$x=L \text{ の時は } Ae^{aL} + Be^{-aL} = i_0 L$$

但し i_0 = 軌道単位長の饋電々流

これより

$$A = \frac{i_0 L}{e^{aL} - e^{-aL}}$$

$$\therefore i = \frac{i_0 L}{e^{aL} - e^{-aL}} (e^{ax} - e^{-ax})$$

又は

$$i = \frac{i_0 L}{\sinh \alpha L} \sinh \alpha x$$

故に x 點に於ける全漏洩電流は

$$i_e = i_0 x - i = i_0 x - \frac{i_0 L}{\sinh \alpha L} \sinh \alpha x$$

最大漏洩電流は $\frac{di_e}{dx} = 0$ の時で

$$\frac{di_e}{dx} = i_0 - \frac{i_0 \alpha L}{\sinh \alpha L} \cosh \alpha x = 0$$

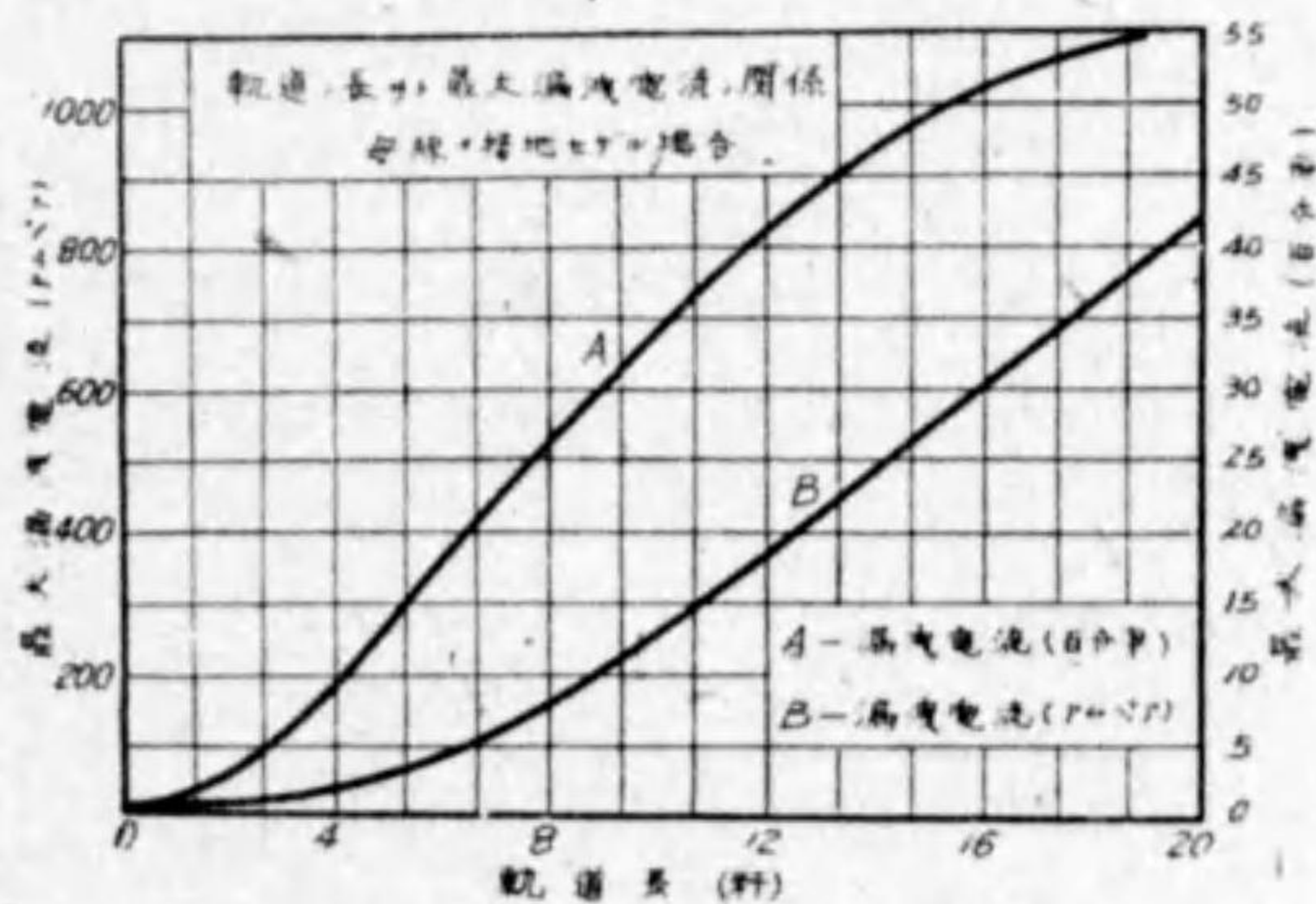
$$\therefore x = \frac{1}{\alpha} \cosh^{-1} \left[\frac{\sinh \alpha L}{\alpha L} \right]$$

であつてこれは中性點の位置を示すことになる。而して最大漏洩電流の大きさは

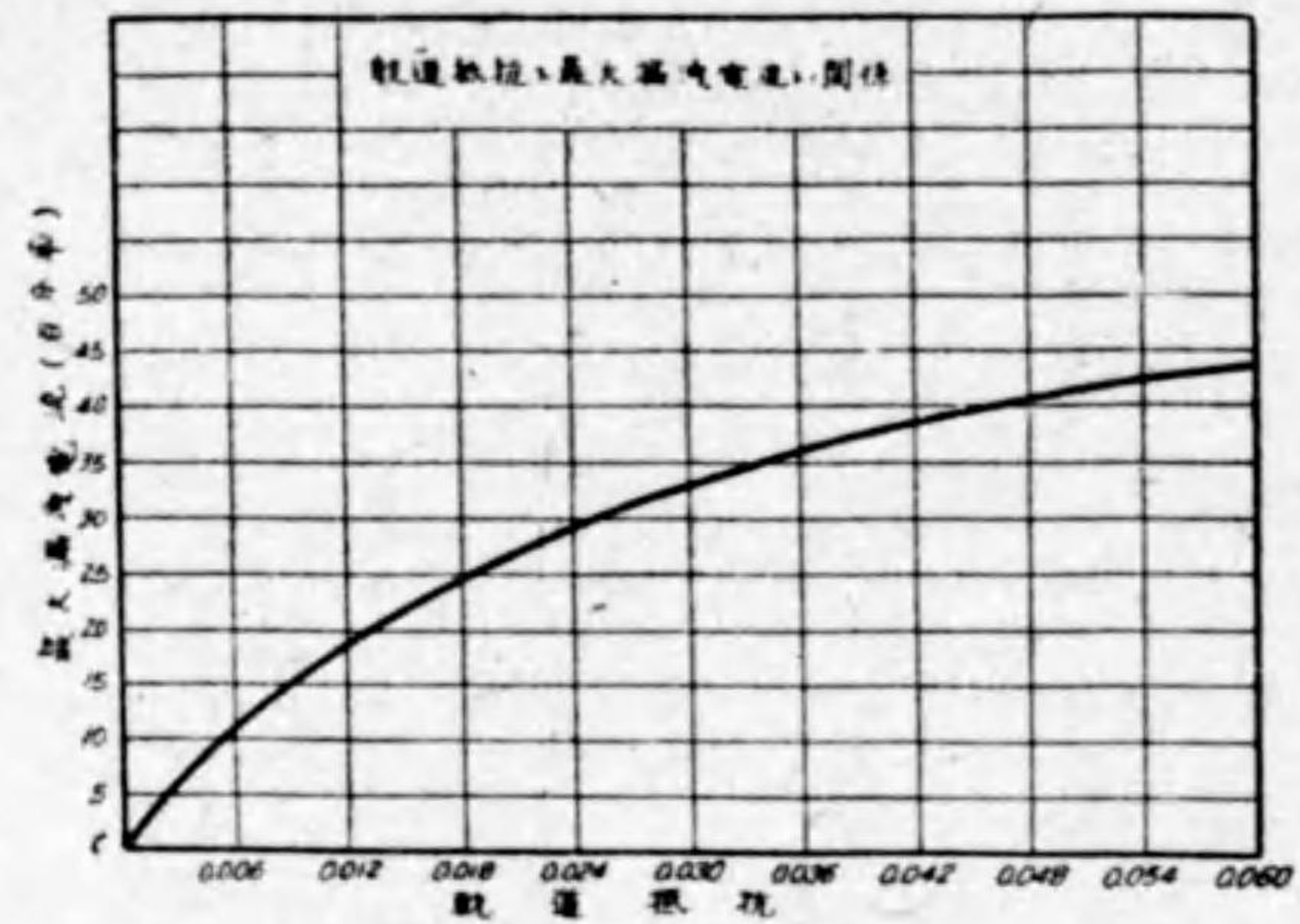
$$i_{e-\max} = i_0 \frac{1}{\alpha} \cosh^{-1} \left[\frac{\sinh \alpha L}{\alpha L} \right] - \frac{i_0 L}{\sinh \alpha L} \sqrt{\frac{\sinh^2(\alpha L) - 1}{\alpha^2 L^2}}$$

を以て表すことが出来る。

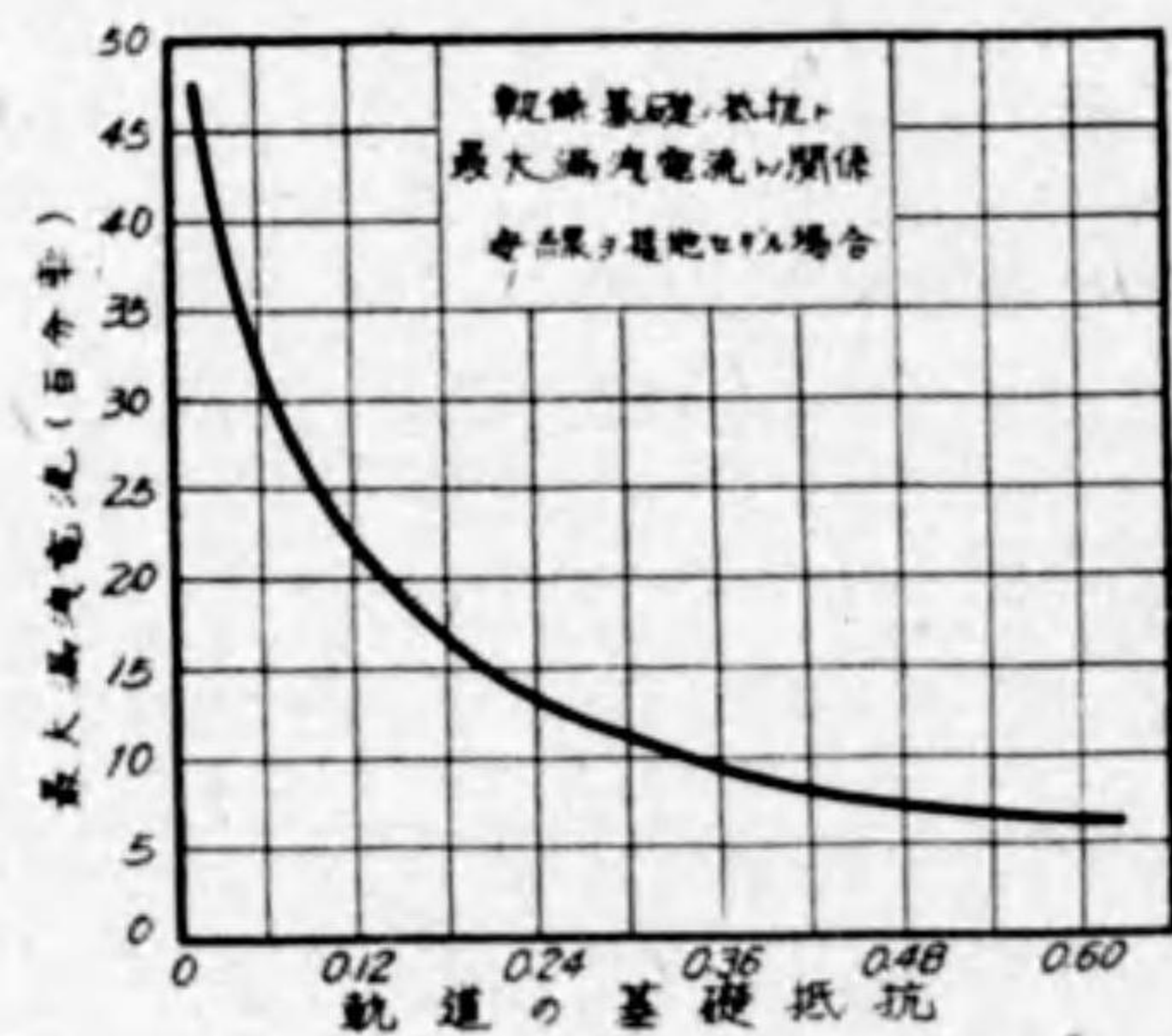
第 11 圖は軌道長の増加に伴ひ漏洩電流の増加する有様を示したものであつて、第



第 11 圖



第 12 圖



第 13 圖

12 圖及び第 13 圖は夫々軌條抵抗及び軌道漏洩抵抗と最大漏洩電流との関係を示したものである。

次に軌條大地間電位差 e は

$$e = \frac{\rho di_e}{dx}$$

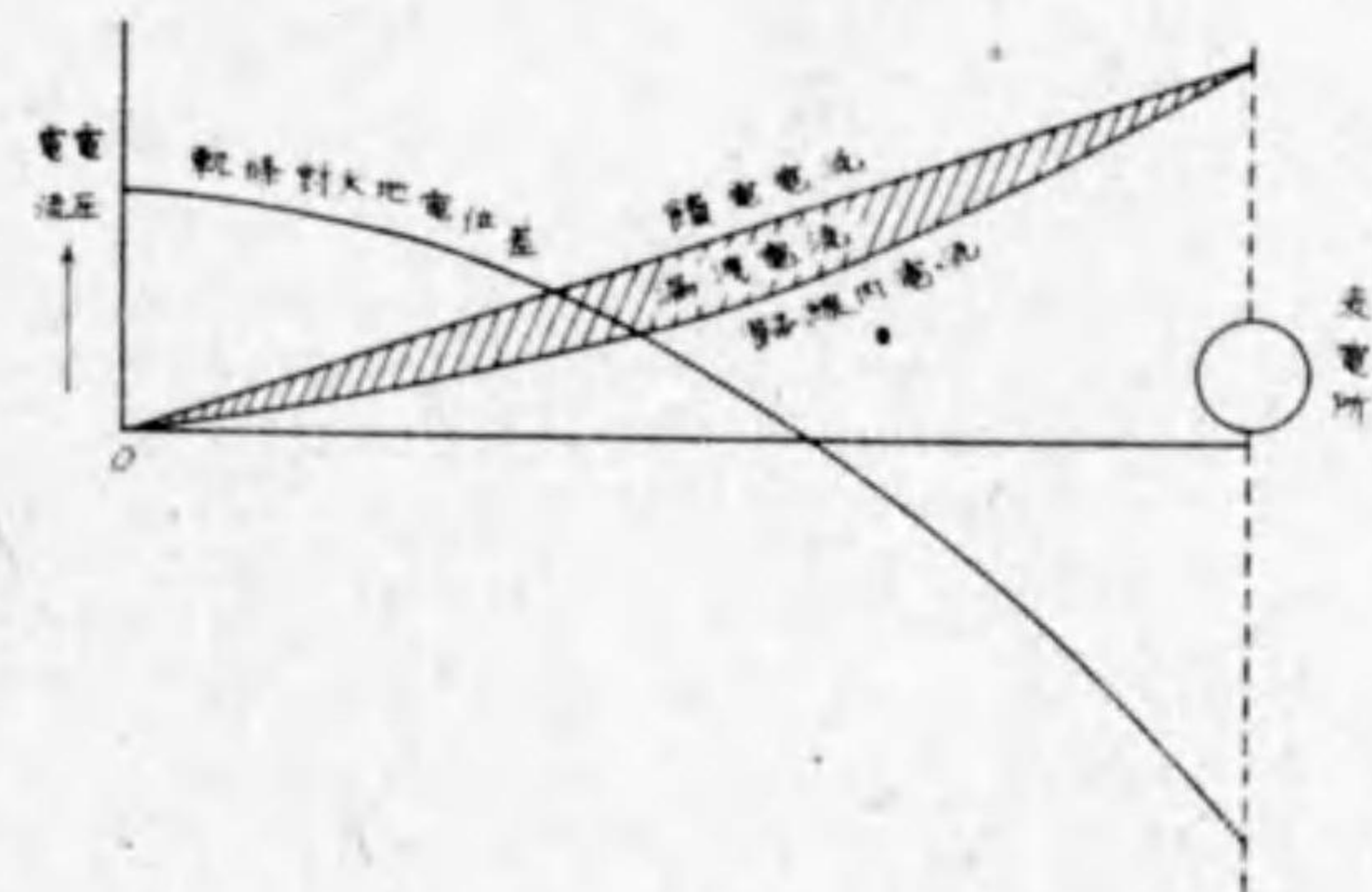
然るに

$$\frac{di_e}{dx} = i_0 \frac{\alpha L \cosh \alpha x}{\sinh \alpha L}$$

$$\therefore e = \frac{\rho di_e}{dx} = i_0 \rho \left[1 - \frac{\alpha L \cosh \alpha x}{\sinh \alpha L} \right]$$

を以て表すことが出来る。

以上計算の結果を圖示し軌條電流、漏洩電流及び軌條對大地間電位差を分り易く示したのが第 14 圖である。

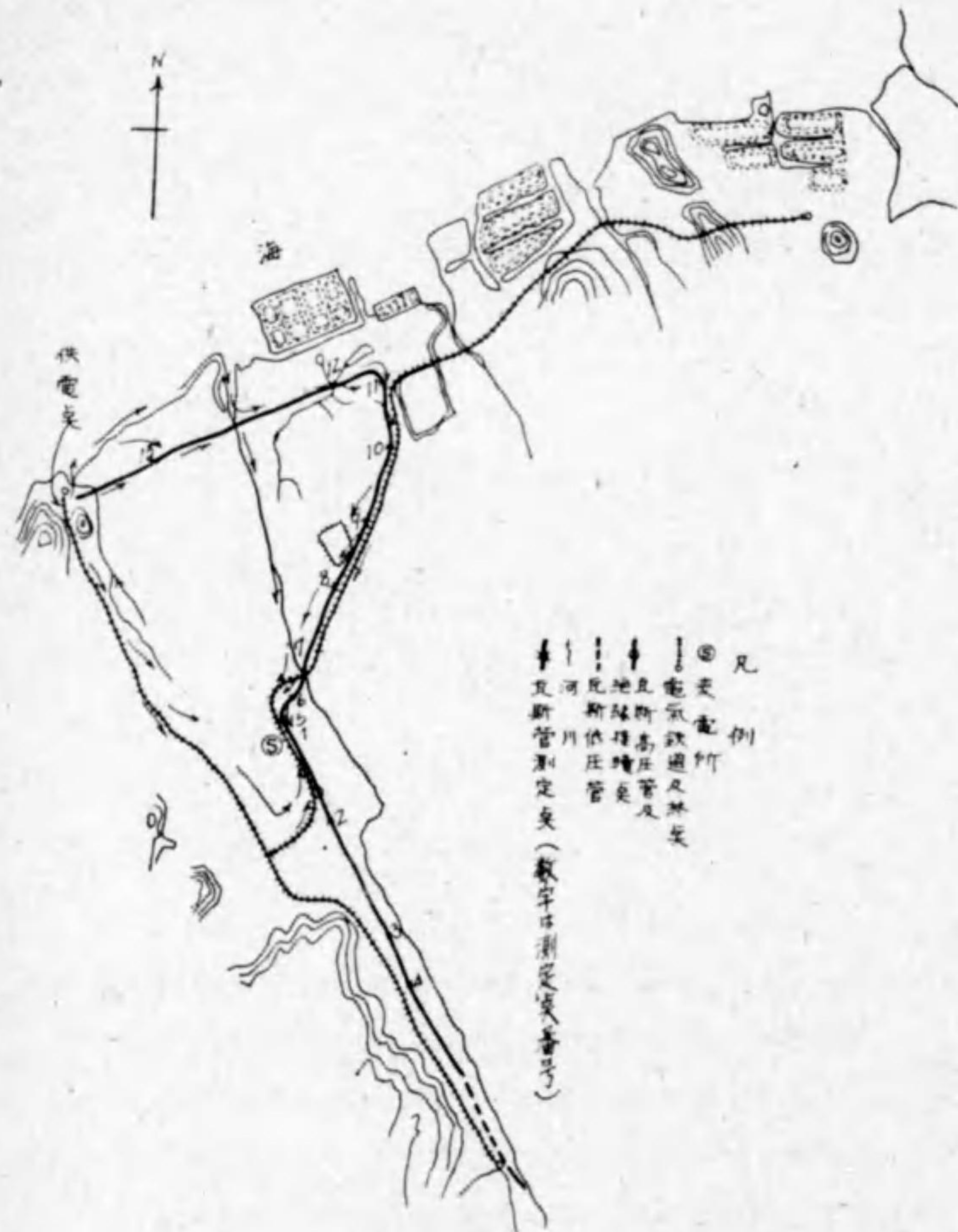


第 14 圖

3. 漏洩電流の實例

漏洩電流の實際の状態は以上の計算に假定した如く各部の状態が均一な場合は到つて少い。即ち大地は所に依り又天候により其の電氣抵抗を異にし、又軌條よりなる歸線抵抗もボンドの良否に依り、又軌道床より大地への漏洩抵抗は保守方法、地況、天候其の他の影響に依つて變化するものである。従つて漏洩電流の狀況も理論的計算の結果とは非常に異つた結果となる場合が多い。次に漏洩電流の狀態を亂すと考へられる主なる事項につき説明することとする。

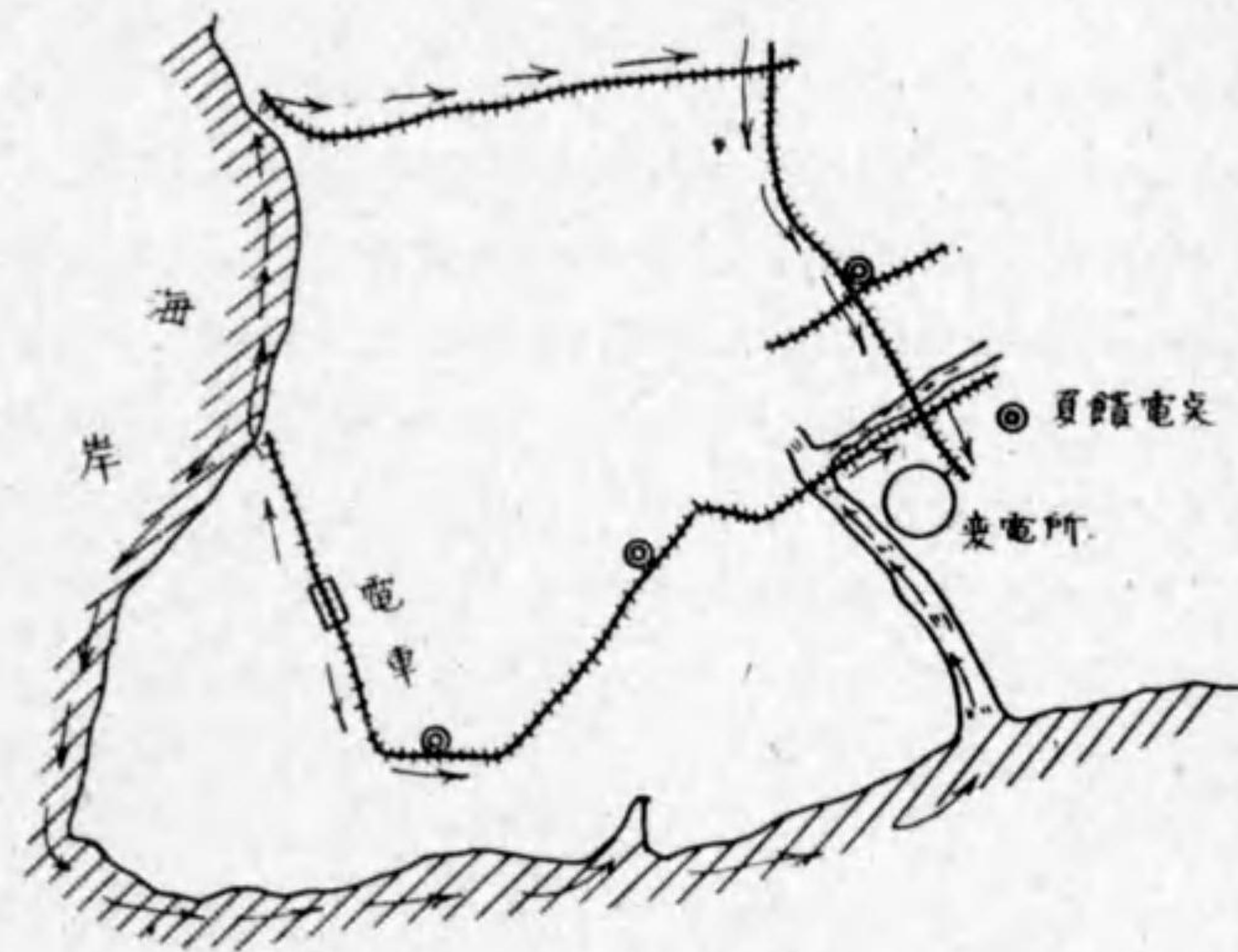
a. 河川の影響 軌道に並行又は交叉する位置に河川のある場合には河川が比較的電氣の良導體なる結果漏洩電流徑路に著しい影響を與へ思はざる結果となる場合が多い。第 15 圖は其の一例を示したものである。圖は變電所 S と供電點間に一定



第 15 圖

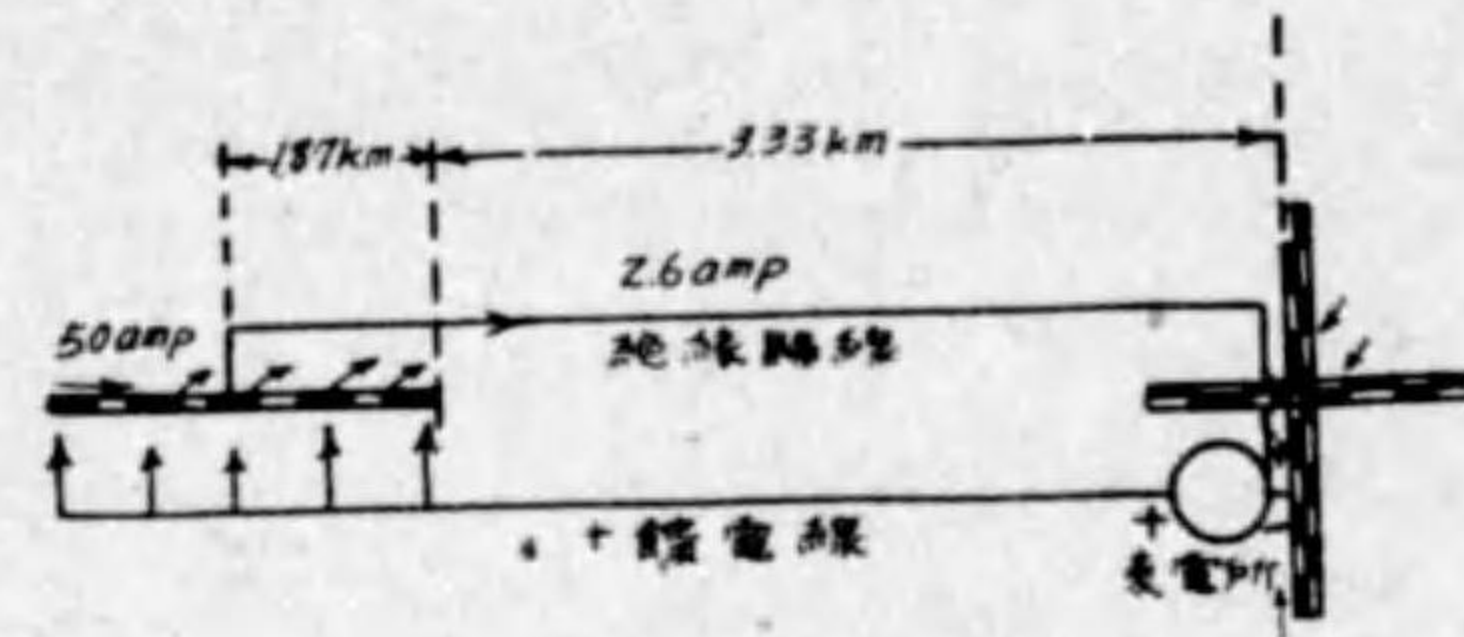
電流を通じたる試験結果を示したものであるから漏洩電流も供电所から S の方向に向ふべき筈なるに、實際は矢に示す如き分布状況となつてゐて河川の影響の大なることが分る。

b. 海岸の影響 軌道が海岸の近くにある場合には海水の導電性の影響を受けて漏洩電流の分布が亂れる場合が多い。第 16 圖は其の一例を示したものであつて、此の場合には軌條電流の一部が附近の海水を通じて變電所に歸る爲漏洩電流は常規の状態と異り變電所の方向に向はず反つて之と反對方向に流れるものがあることが知られる。



第 16 圖

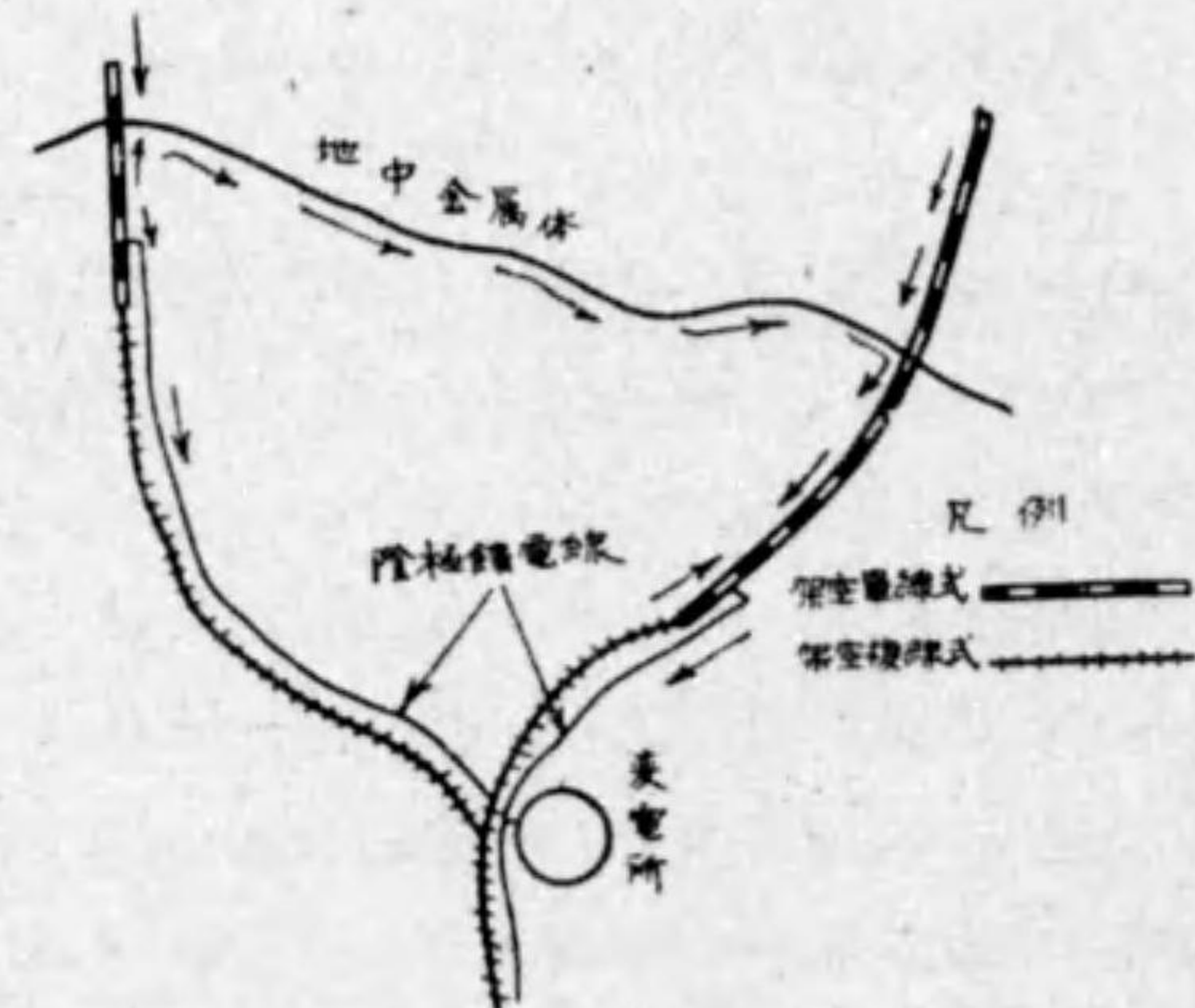
c. 變電所が軌道より相當遠距離にあり變電所の近くにも別の軌道に饋電してゐる場合 軌道に供給する變電所の位置が軌道より相當の距離に離隔されてゐる場合には軌道の歸線電流は別に絶縁歸線に依り變電所に歸すことが必要である。若し此の變電所が上記の軌道に接続してゐない附近の軌道にも饋電して居り且軌道床の漏洩抵抗が相當に小さく、絶縁歸線の抵抗が之に比し大なる場合には軌條電流の漏洩が一般に著しく、殆ど絶縁歸線を通ぜずして大部分が漏洩した例がある。第 17 圖が其の一例であつて 50A の軌條電流中絶縁歸線に通じた電流は僅かに 2.6A に過ぎなかつた。之は最も甚しい例であるが此の場合は附近一帯が海岸に近く大地が比較的良導



第 17 圖

體であつた爲に斯くの如き悪い結果となつたものと思はれる。

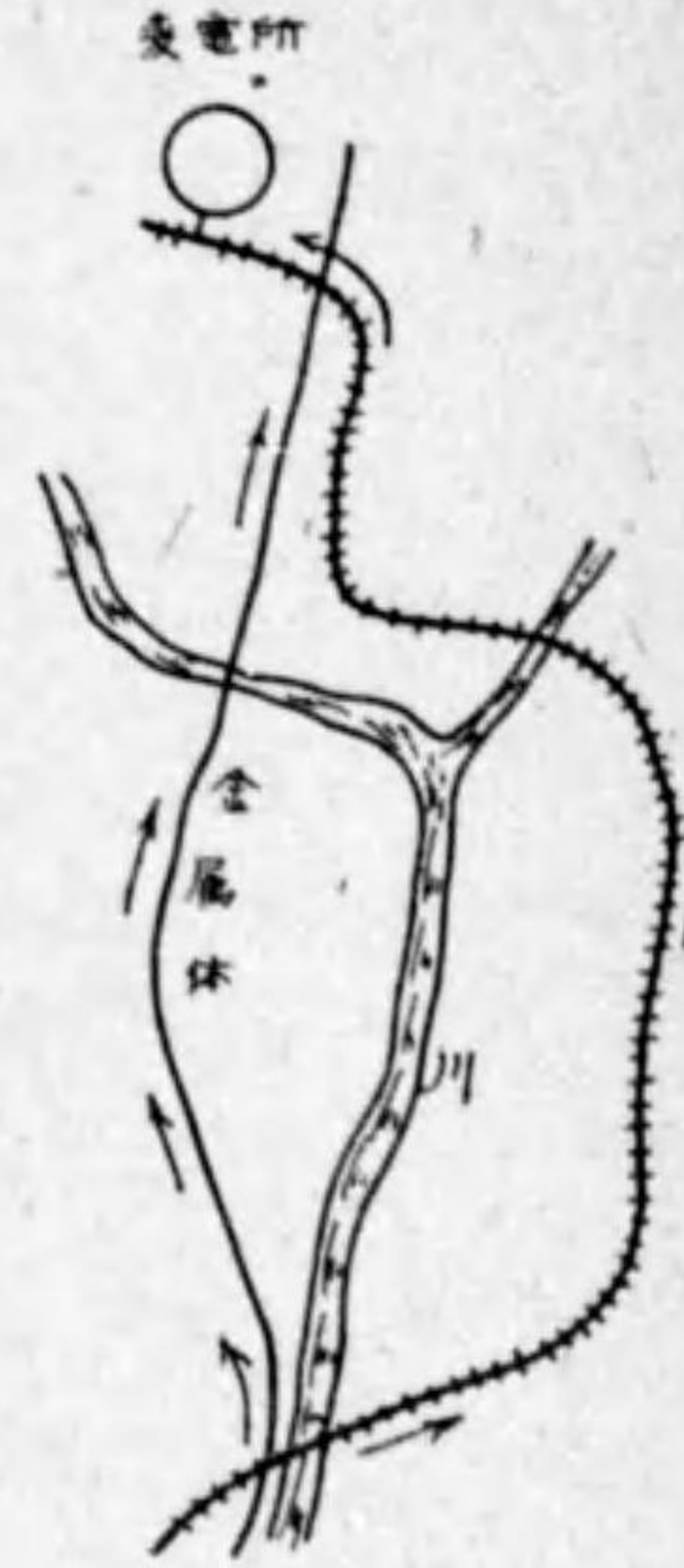
d. 同一變電所より供給する二つ以上の軌道ある場合 同一變電所より饋電せる二つの軌道があり兩軌道間を短絡する位置に地中金屬體が埋設されてゐる場合には此の金屬體中に往々大なる漏洩電流が通ずることがある。之は金屬體に依つて電流の通路を作られた二軌道間に電位差の存することに基因するのであつて、一般に運輸量、歸線抵抗の大小に依つて變電所より兩軌道の任意の點迄の電壓降下には相當の差異を生ずる。特に架空單線式と架空複線式とを併用してゐる軌道に之の例を見ることが多く其の値は大なる時は數十ヴォルトに達することがある。上述の場合に於ては高電位の軌道より低電位の軌道に向け電流が通ずることとなるのであるから兩軌道を横斷し



第 18 圖

て金屬體が埋設されてあれば、其の中に此の漏洩電流の一部が通ずることになる。第 18 圖は其の一例を示したものである。

e. 迂回せる軌道と二點間に於て交叉せる埋設金屬體ある場合 軌道と地中金屬體とは軌道に沿うては著しく接近してゐないが軌道が迂回してゐる爲軌道回路を短絡する如き位置に地中金屬體の存することが往々ある。斯くの如き場合には地中金屬體は全體としては軌道より相當の距離に離隔されてゐても大なる漏洩電流が其の中を通ずることが度々ある。第 19 圖は此の一例を示したものである。



第 19 圖

第 三 節 電 鐵 歸 線 の 電 氣 抵 抗

電鐵軌條よりの漏洩電流は前節に於て説明せる如く電鐵歸線の電氣抵抗に關係すること甚大であるから歸線抵抗は之を出来るだけ小さくしなければならぬ。そのためには軌條は太いものを使用することが望ましい。又軌條繼目のボンドの電氣抵抗を常に小さく保持することが特に必要である。

1. 軌 條

a. 軌條の電氣抵抗 我國の電氣鐵道では普通専用軌道には 37~50 kg/m の I 型軌條を用ひ併用軌道には 45~61 kg/m の高 I 型及び溝軌條を用ひてゐる。

軌條の成分は各電鐵會社によつて多少異なるが日本及び米國標準を擧ぐれば第 1 表及び第 2 表の如くである。

第 1 表 日本標準規格炭素鋼軌條の化學成分

炭 素 %	マンガン %	珪 素 %	磷 %	硫 黄 %
0.45~0.60	0.60~0.90	0.20 以下	0.055 以下	0.050 以下

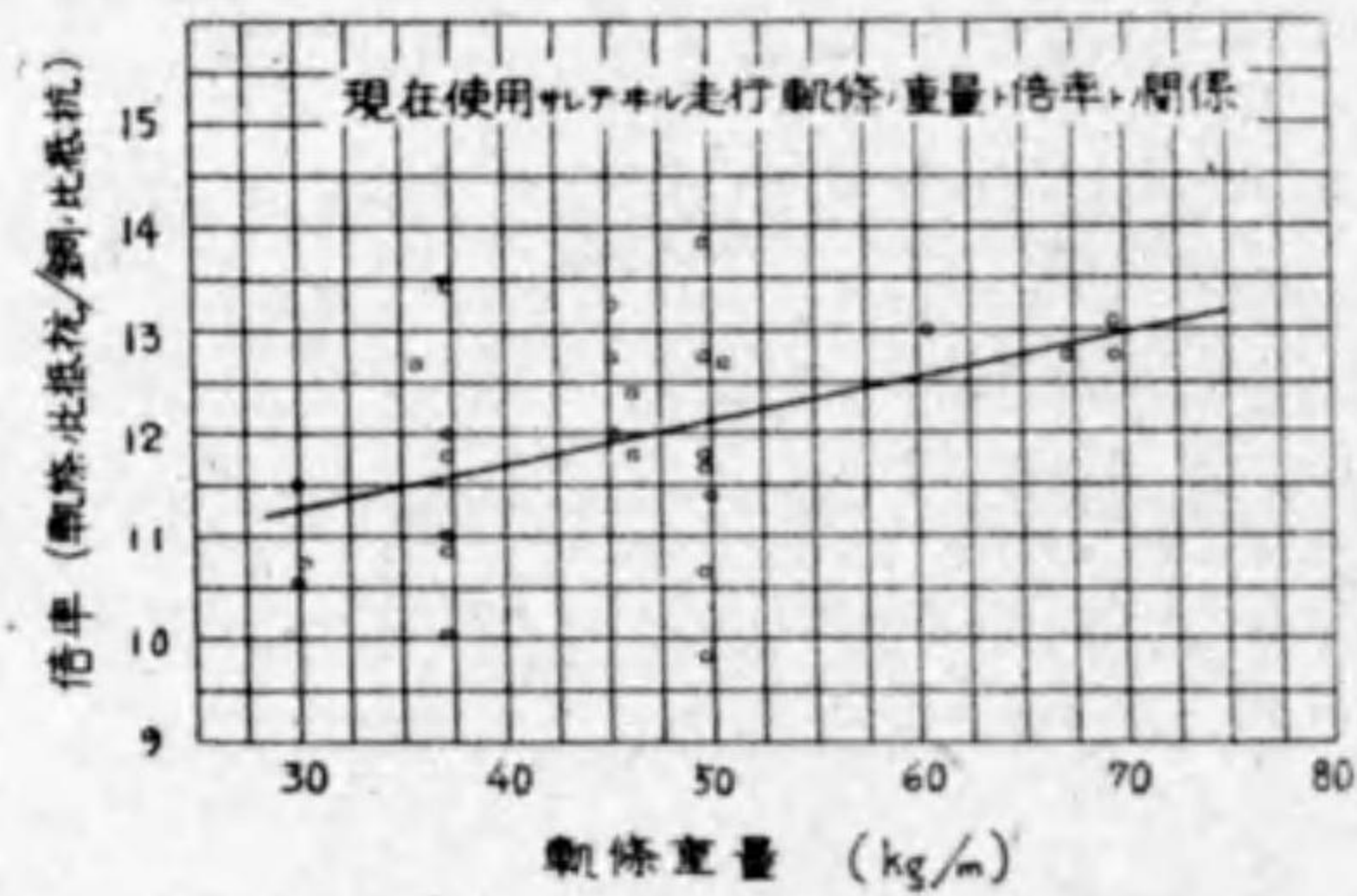
本規格は鐵道用普通の炭素鋼平底軌條 (22~50 kg/m) に適用す。

第 2 表 米 國 電 鐵 協 會 規 格 軌 條 の 化 學 成 分

成分 等級	炭素 %	マンガン %	珪素 %	磷 %	硫黄 %
A	0.60~0.75	0.60~0.90	0.15~0.40	0.04 以下	
B	0.70~0.85	0.60~0.90	0.15~0.40	0.04 以下	
C	0.75~0.90	0.60~0.90	0.15~0.40	0.04 以下	

A, B - 62 kg/m 以下の平底軌條及び溝軌條に適用す。
C - 62 kg/m 以上

① 軌條の電気抵抗は普通其の固有抵抗を銅に比較し其の割合を以て示される。今軌條の重量と其の電気抵抗との關係を圖示すれば第 20 圖の如くなる。これによれば大體倍率が 11~13 の範圍にある軌條が使用されて居るが重量と共に倍率が減少する傾向

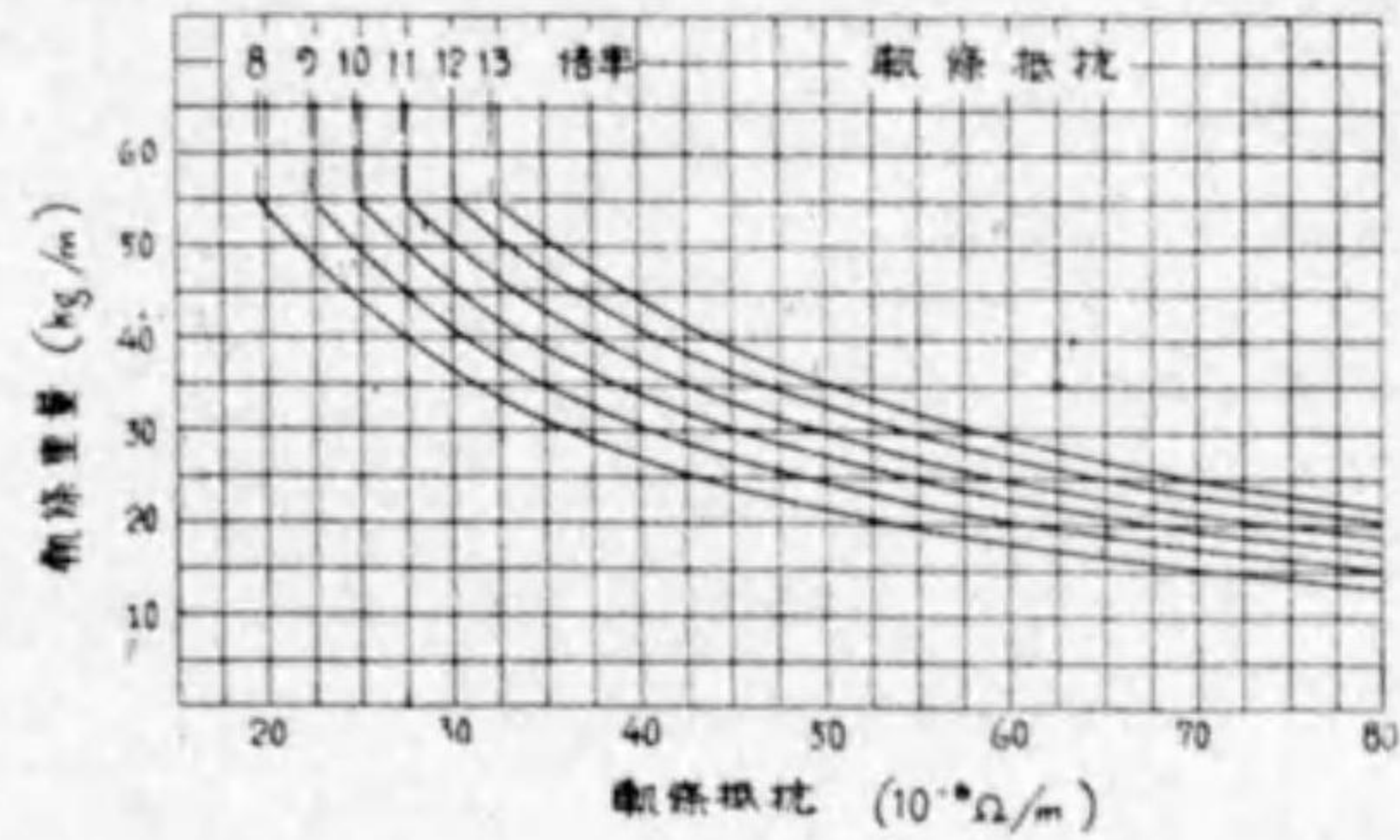


第 20 圖

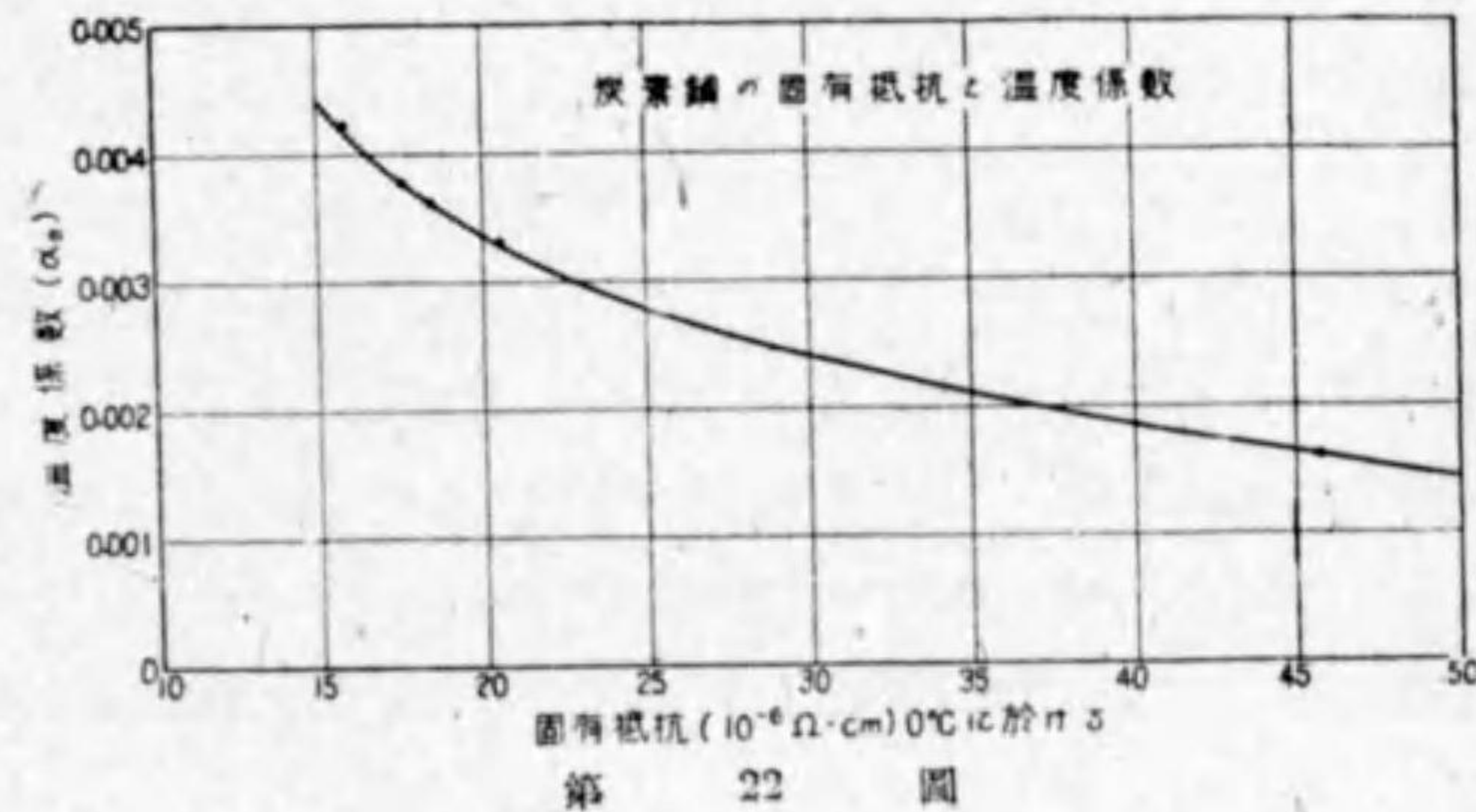
がある。これは重量の小なる軌條では其の製作工程に於て炭素及びマンガンの含有量が次第に減ずる結果と考へられるのであつて分析の結果は明瞭に此の間の關係を立證してゐる。

種々の倍率を有する軌條の電気抵抗は第 21 圖によつて知ることが出来る。

6. 軌條の温度係數 炭素鋼の固有抵抗と温度係數との關係は第 22 圖に示す通りであつて、銅に対する倍率が 11~13 の範圍内にある普通軌條の温度係數は 0.00375~0.00325 の値を有し一般に固有抵抗の低い程温度係數は大である。



第 21 圖



第 22 圖

2. ボ ン ド

軌條の継目は漏洩電流に對して最も考慮すべき點であつて、この部分にはボンドを使用したり又は軌條の熔接、継目板の熔接が行はれてゐる。而して軌條の継目の抵抗の和は當該區間の軌條のみの抵抗の 2 割を超過せしめず且一つの継目の抵抗は軌條の長さ 5 m の抵抗を超過せしめてはならぬ。(電氣工作物規程本則第 165 條) 其の上各軌條間をクロスボンドにて接続し補助線を布設して蹄線の抵抗を軽減する方法が行はれてゐる。

1. ボンドの選擇に對する條件

- (1) 運轉狀況に於て軌條と永久的に密接に接觸すること。

- (2) 耐久力あること。
- (3) 運轉状態に於て容易に取付け得ること。
- (4) 抵抗少きこと。
- (5) 盜難の損なきこと。
- (6) 經濟的なること。

6. ボンドの型式 ボンドには軌條に取付ける方法により種々の型があるが我國で現今用ひられて居るものは壓縮型と熔接型である。

(1) 壓縮型

(i) 壓縮端子型ボンド 軌條の腹面又は底部にあけられた穴にねじ又は壓縮機で圓筒形のボンドの鋼端子を壓縮するものである。(第 23 乃至 25 圖参照)

(ii) ビン端子型ボンド 軌條の腹面又は底部にあけられた穴にボンドの鋼端子を差込み端子の穴に鋼製のピン又はパンチを差込んで端子を擴大して軌條と接觸せしめるものである。(第 26 圖参照)

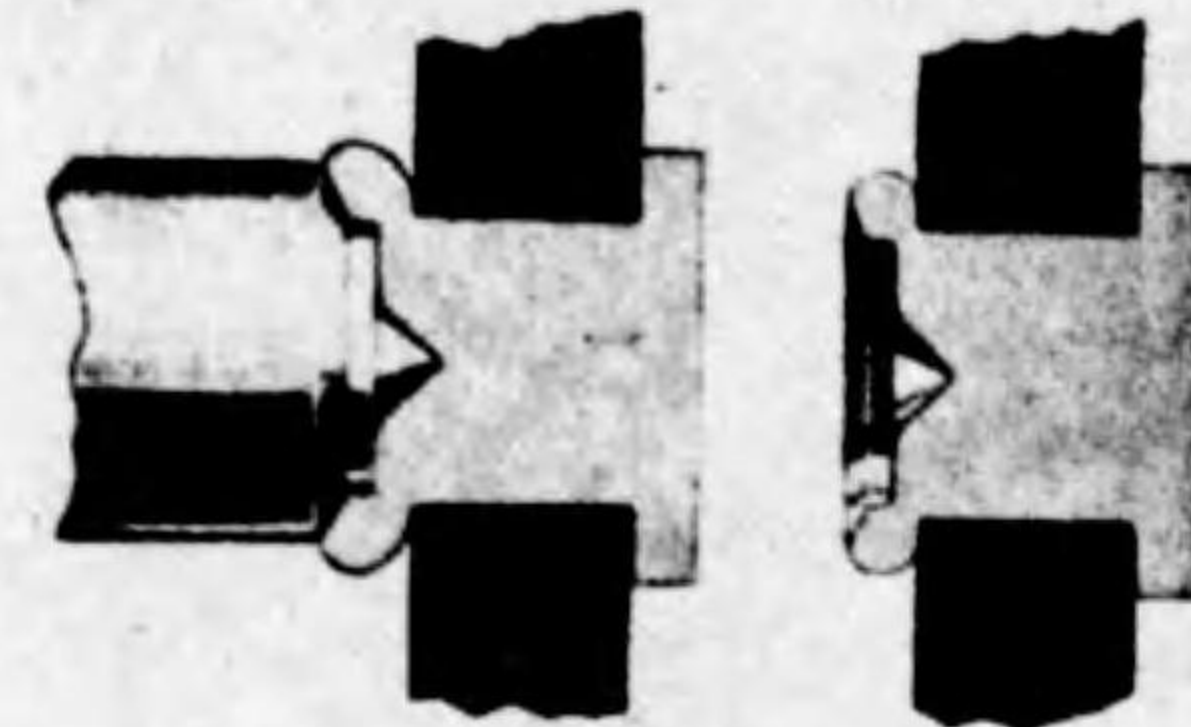
以上壓縮型の長所は取付に特殊の技術を要せぬこと、取付工具簡單にして手輕なること、取付に際し加熱せざるを以て軌條を變質せしめざること等であつて、短所としては接觸抵抗大なること、端子が緩むため不良ボンドの發生比較的大なること等である。

(2) 熔接型

(i) 瓦斯熔接ボンド 酸素アセチレン瓦斯を吹管によつて燃焼せしめて得る高熱を以てボンド端子と軌條との接合部を熔融すると同時に充填材(鐵端子の場合は鐵、鋼端子の場合は鋼)を熔かして接合するものである。(第 27 圖参照)

(ii) 炭素電弧熔接ボンド ボンドの端子と軌條との接合部と炭素電極との間に電弧を發生せしめ別に用意せる充填材を此の電弧中に挿入し之を熔かして接合するものである。此の熔接法の電源は専ら直流であるから炭素極を負極に軌條を正極に接続しなければならぬ。

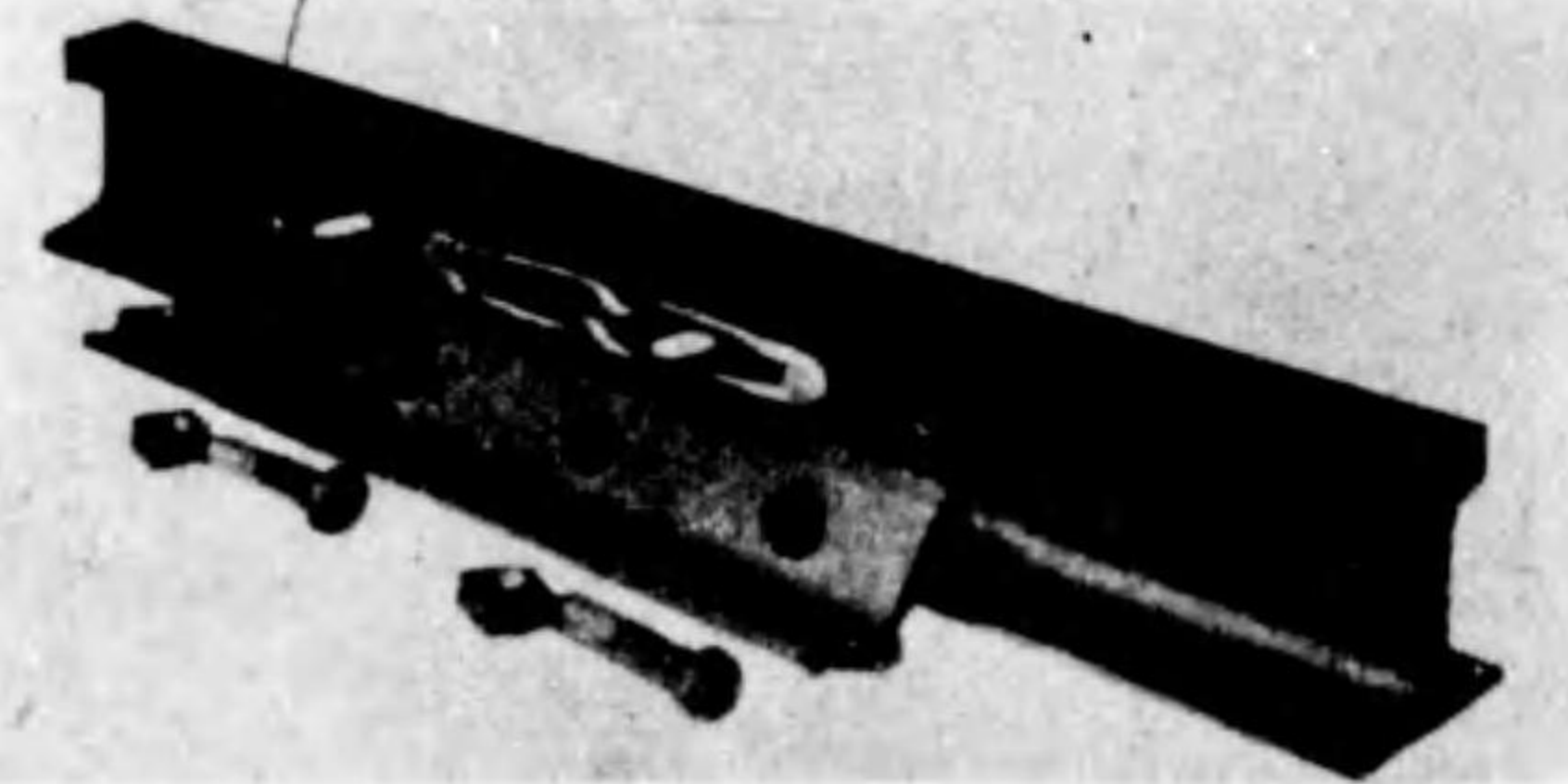
(iii) 金屬電弧熔接ボンド 直接に熔接棒を使用し熔接するものであつて電弧



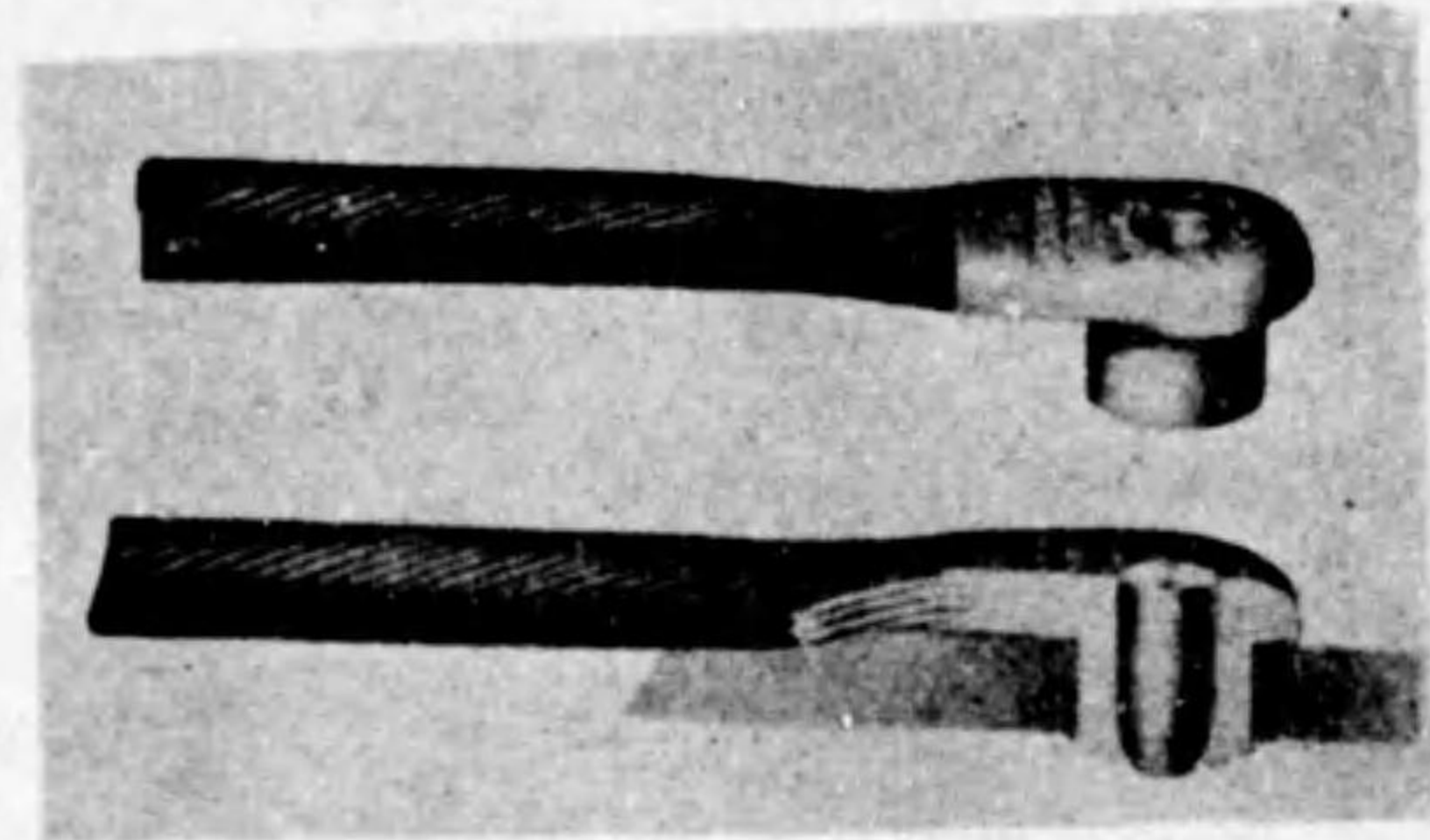
第 23 圖 壓縮端子型ボンド



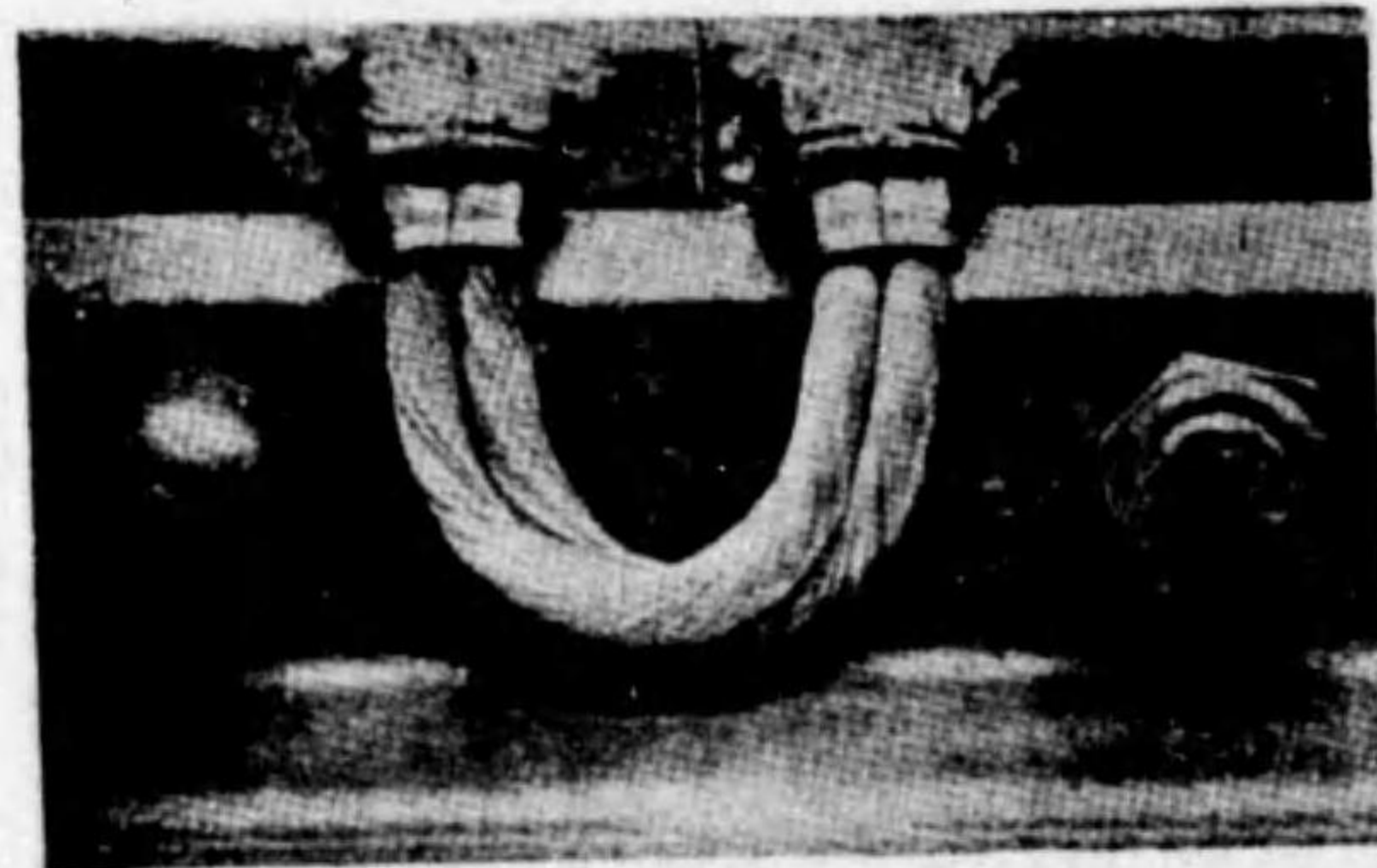
第 24 圖 F-3 壓縮端子型ボンド



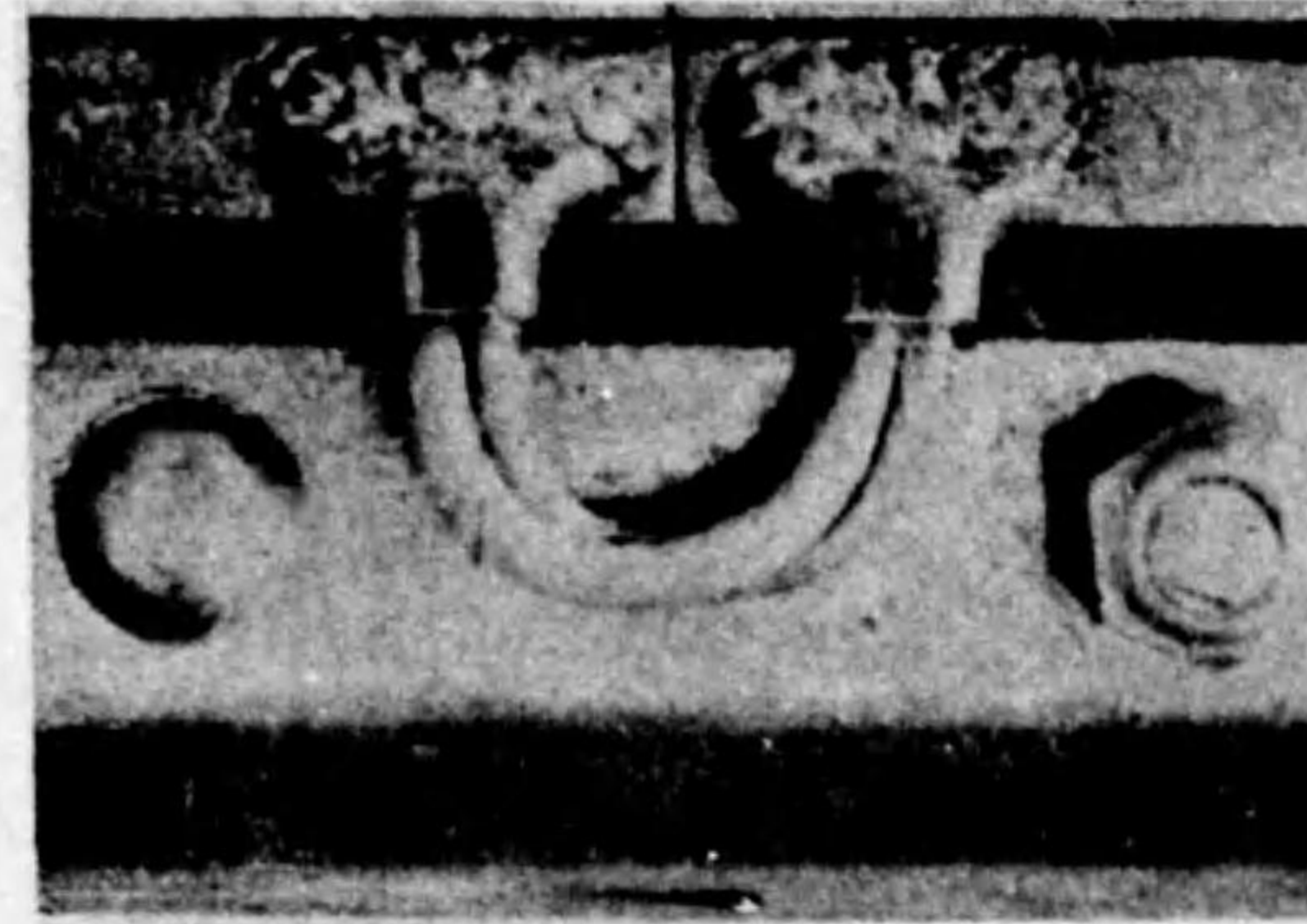
第 25 圖 隠蔽型ボンド



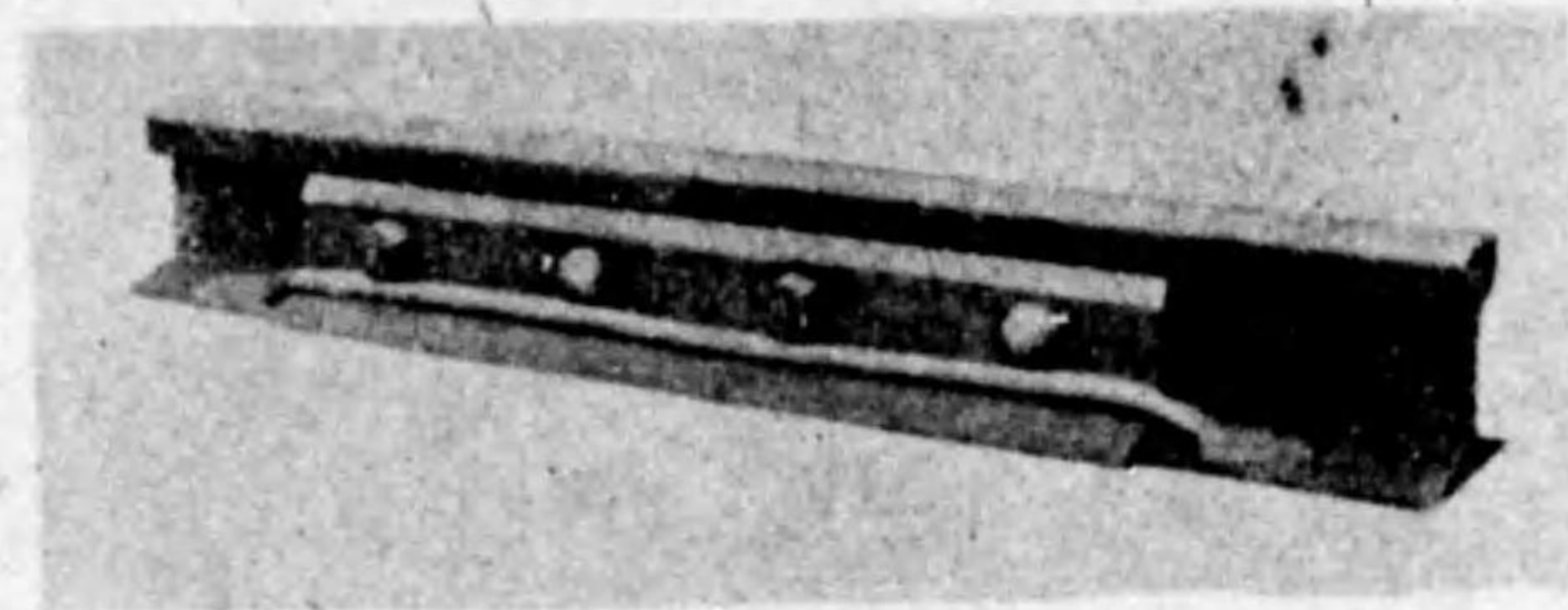
第 26 圖 ・ピン端子型ボンド



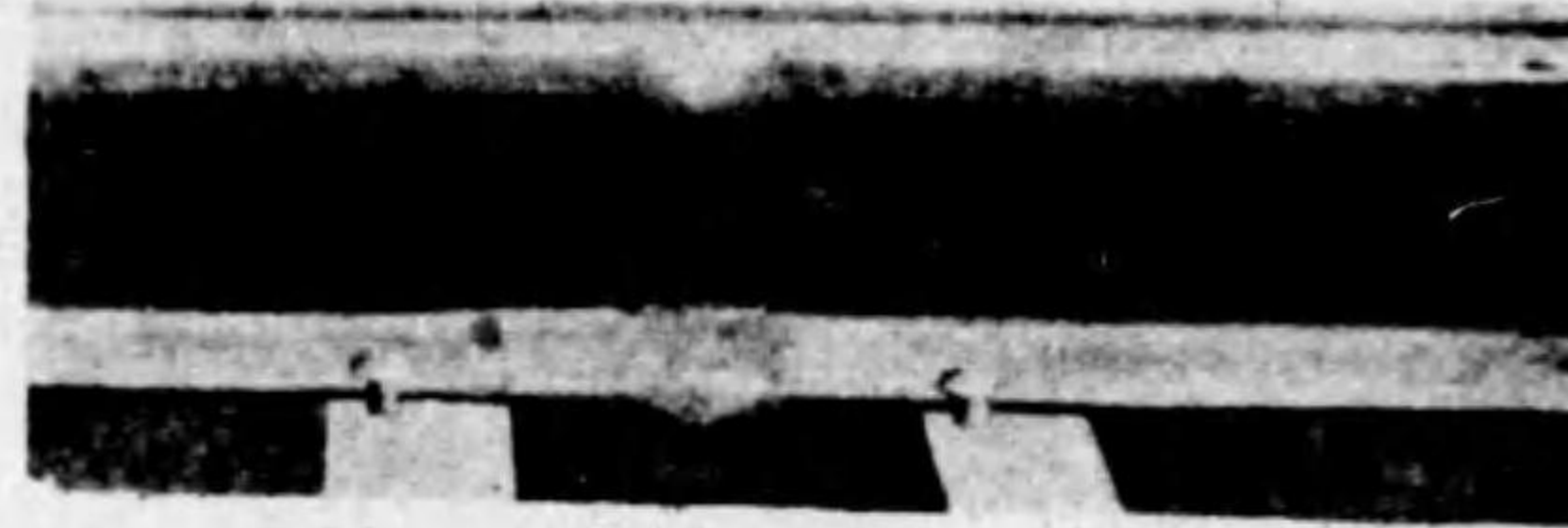
第 27 圖 瓦斯熔接ボンド



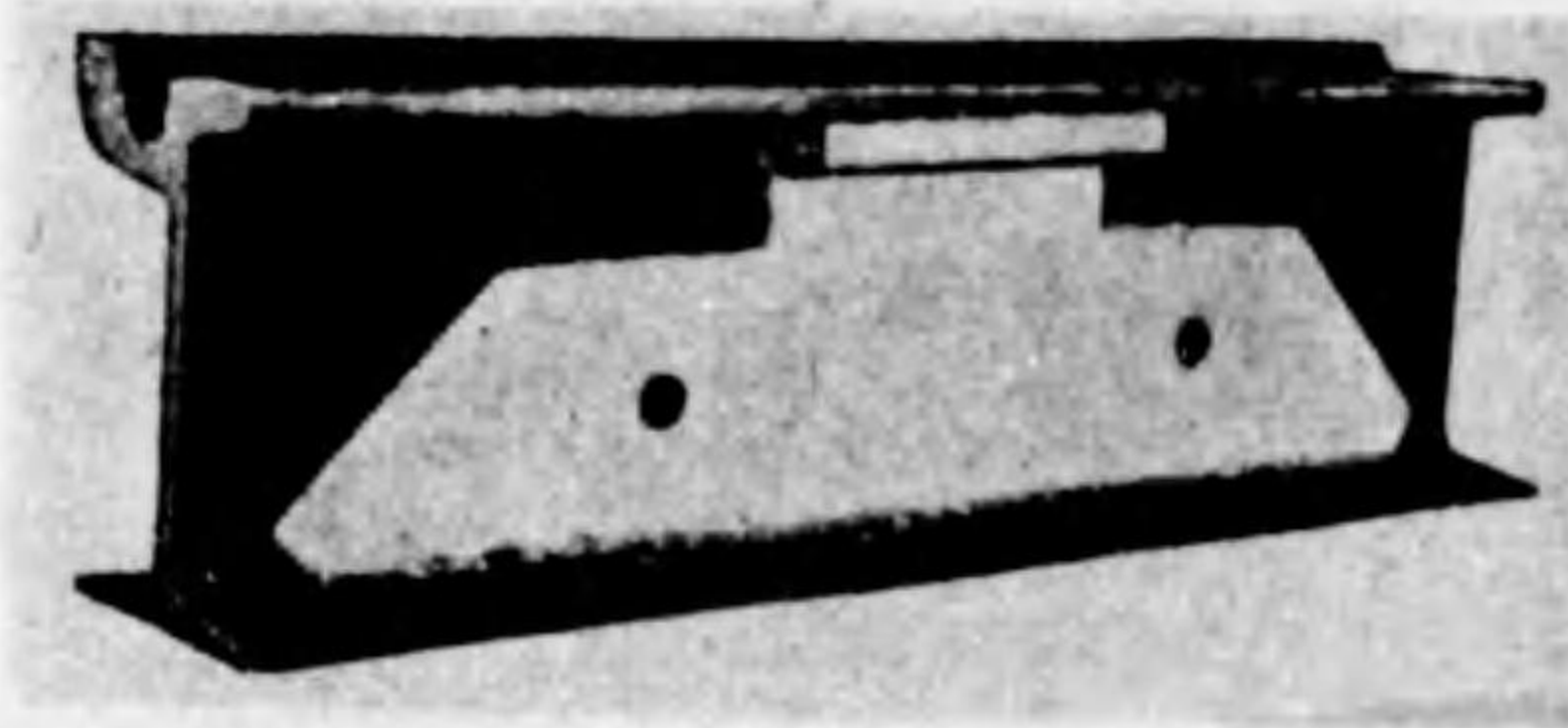
第 28 圖 金屬電氣熔接ボンド



第 29 圖 金屬電氣熔接ボンド



第 30 圖 テルミット 熔接 継目



第 31 圖 電 弧 熔 接 継 目

はこの熔接棒と熔接棒との間に發生し其の爲に生ずる電弧熱によつて熔接棒自身が熔解して充填材となるものである。電源は直流でも交流でもよい。熔接棒は鐵端子には鐵、銅端子には銅合金を用ひ、直流の場合熔接棒を正極に接続する時及び交流を使用する場合は陰極棒を用ひなければならぬ。(第 28 及び 29 圖参照)

以上熔接型の長所は接觸抵抗小なること、機械的強度大なること、電氣抵抗は年を経ても變化せざること等であつて、短所は熔接設備を要し熔接技術の熟練を要すること、取付作業の際軌條を加熱するを以て其の部分の軌條を變質せしめること等である。

c. 熔接継目 軌條継目は軌道保守上の弱點であつて軌條の壽命は軌條継目に依つて制限を受けることが多い。従つて軌條継目を消滅する爲に次の如き熔接継目が行はれて居る。但し之は鋪裝軌道の場合には温度の變化が小さいから採用出来るが露出軌道では温度の變化が烈しく軌條の膨脹收縮が大であるから用ひられぬ。熔接は軌條 6 本位を連続して行ふのが普通であるが場合に依つては數十本に及ぶことがある。

(1) テルミット熔接 酸化鐵の粉末とアルミニウムの粉末の混合物に點火するときは $3,000^{\circ}\text{C}$ 位の白熱状態の熔融鐵を得るを以て之を軌條の接續部に注ぎ込んで熔接するものである。(第 30 圖参照)

長所としては、

- (イ) 継目なき軌條以上の強度を有するを以て運轉上信頼出来る。
- (ロ) テルミット熔接継目の電氣抵抗は非常に小さく軌條自身の抵抗と同じである。良好なる熔接の場合は軌條の抵抗より 1 割位小さい。

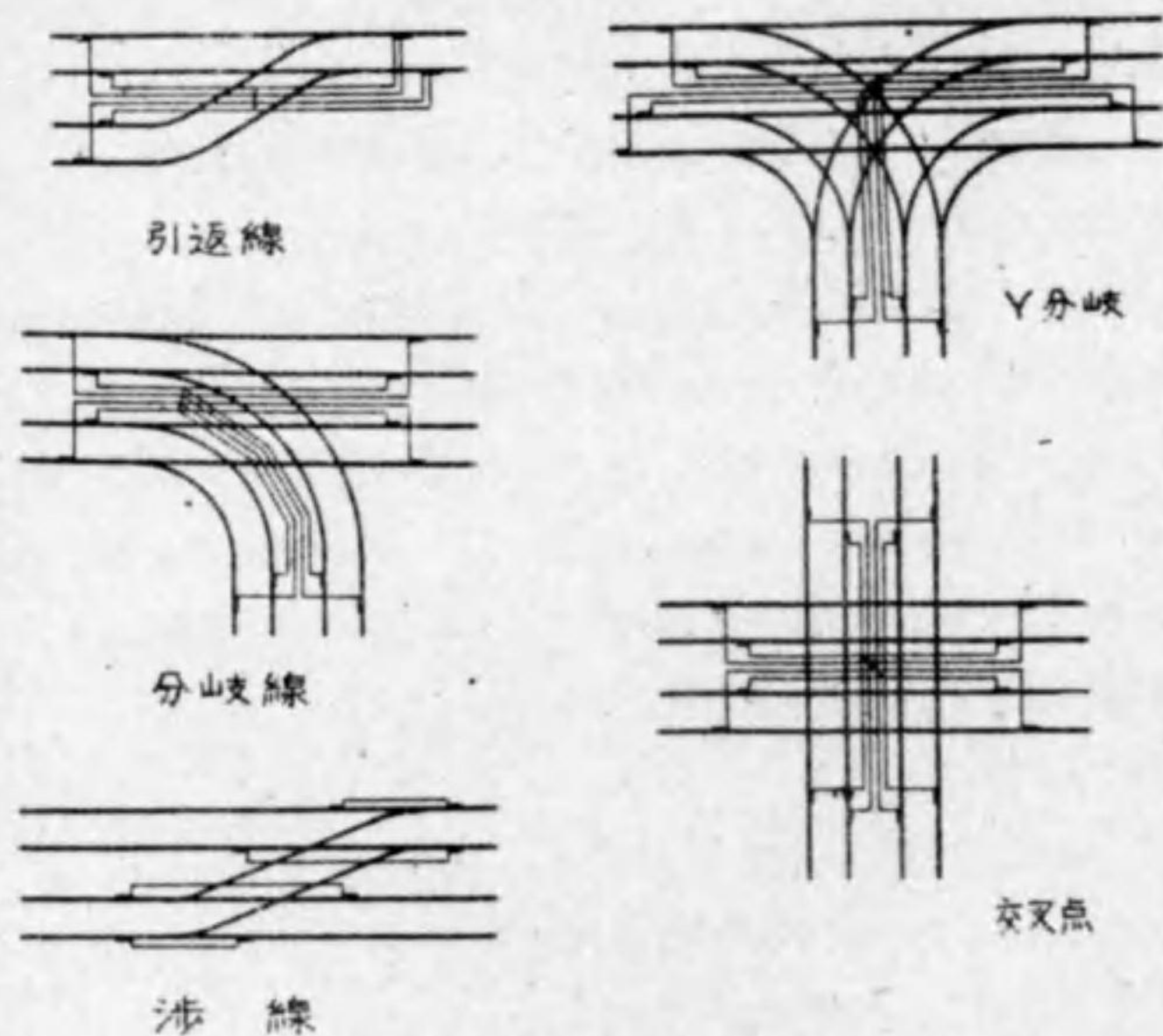
短所としては、

テルミット熔接継目が破損せる場合は修理困難で其の部分に切斷し短軌條を入れて継目板を以て接續する。

(2) 継目板熔接 継目板を電弧によつて熔接する方法で現今では未だ試験時代を脱せず確定した成績が判明せぬ。(第 31 圖参照)

d. ボンドの特殊接續 交叉點、分岐點、渉線及び引返線等に於ては軌條継目が密集してゐるから、かゝる場所にボンドを取付けることは多額の費用を要し、一方

直線部の軌條に比較して寿命が著しく短く又振動も烈しいからボンドの維持も困難である。且此の部分にはマンガン鋼等の特殊軌條が用ひられるからボンドの熔接にも熟練を要する等の理由により、太い鋼のジャンパー線を用ひてこの部分の軌條を短絡し軌條電流をこのジャンパー線にて通しこの部分には小さいボンドを取付けるか又は省略する方法が用ひられてゐる。(第 32 圖参照)



ジャンパー線: 250~500 mm²
第 32 圖 特殊接続の一例

e. クロスボンド クロスボンドは軌條間を導體にて接続して軌條間の電流を均一に流し軌條内の電壓降下を低下せしめ又ボンドの不時の毀損の際に於ける歸路となさしめるものである。

我國の規定では併用軌道にありては軌條をボンドにて接続する場合は 8 mm 以上の鋼線を以て軌條の繼目 2 箇所以下毎に、又専用軌道にありては軌條の繼目 5 箇所

以下毎に軌條間を接続することになつてゐる。但し併用軌道にあつて軌條の接続が大部分熔接に依り其の他の部分にダブルボンドを使用する場合及び専用軌道にあつて熔接又は 150 mm² 以上のボンド及び之と同等以上のダブルボンドを使用する場合はクロスボンドを要しない。(電氣工作物規程本則第 165 條, 166 條)

實状は市内電車では 150 m 以下毎に郊外電氣鐵道では自動信號の關係で 300~600 m 毎にクロスボンドを取付けるのが普通である。そして自動信號を採用せる軌條では普通はリアグダンスボンドの中性點にクロスボンドを取付けてゐる。

f. 補助線 補助線は併用軌道ではボンドの不時の毀損の際に於ける歸路となすために敷設するもので 8 mm 以上の鋼線を以て軌條 2 本目以下毎にクロスボンドと接続することになつてゐる。但し軌條の接続が大部分熔接で其の他の部分にダブルボンドを用ひた場合は補助線を要しない。(電氣工作物規程本則第 165 條)

第 四 節 軌 道 床 の 大 地 に 對 する 漏 洩 抵 抗

1. 軌道床の漏洩抵抗と漏洩電流の關係

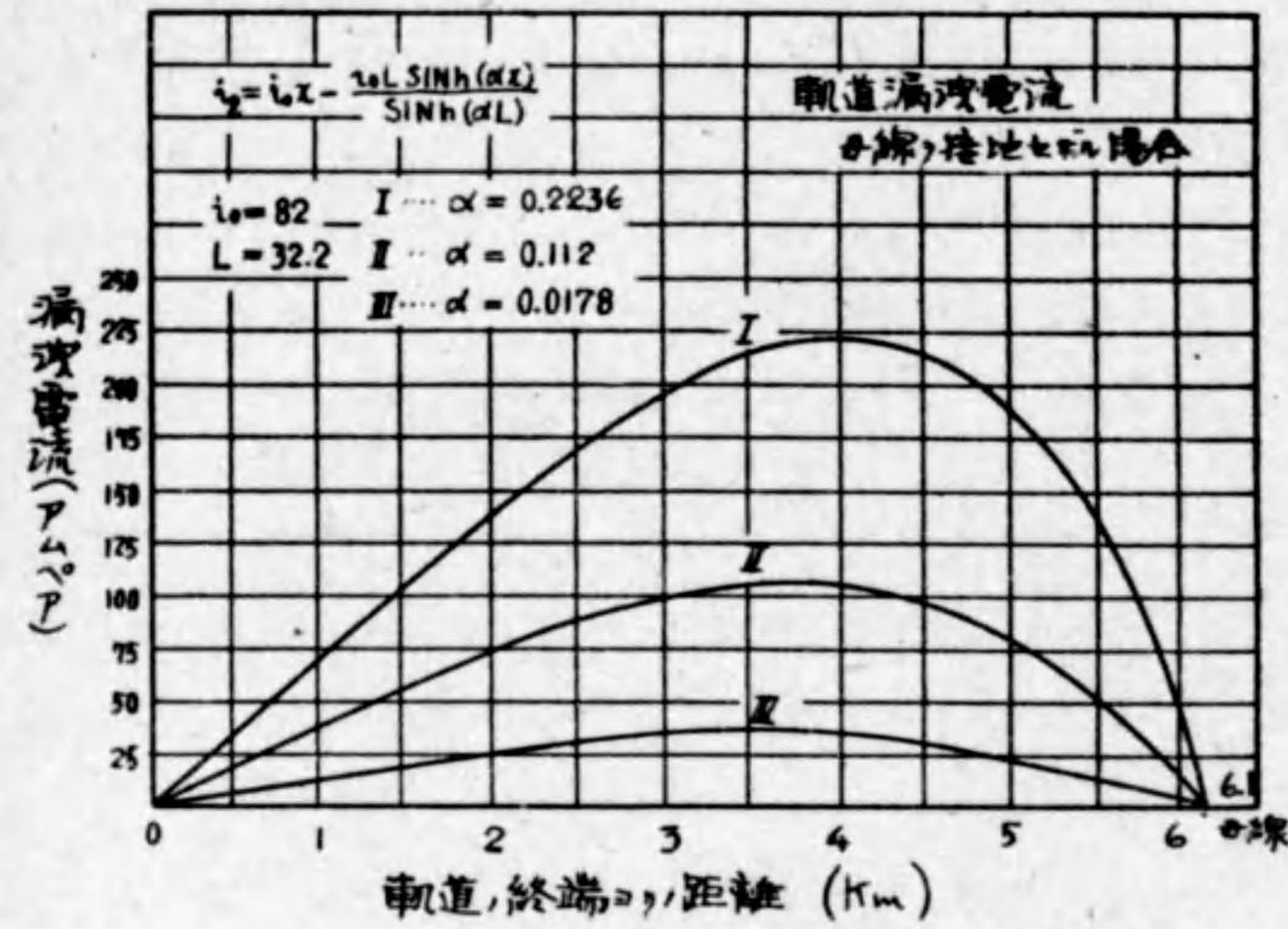
電氣軌條を流れる電流が大地に移行するには軌道床を経る。此の軌道床の電氣抵抗と最大漏洩電流との關係は第二節第 13 圖に示す如く軌道床抵抗の小なる場合には其の僅小なる増減により漏洩電流は著しく増減すること明白であるから、軌道床抵抗が小さいときには之を大きくする様に心懸けることが肝要である。

又軌條電氣抵抗が一定であれば軌道床漏洩抵抗が小さくなるにつれて最大漏洩電流の生ずる位置即ち中性點は變電所の方に移動し且漏洩電流も著しく増加するから、短縮された危險區域に増大せる漏洩電流が軌條に入ることになり金屬埋設管を腐蝕することが大になる。(第 33 圖参照)

2. 軌道床の構造と其の漏洩抵抗

軌道床の構造や状態は其の漏洩抵抗値に關係する處が非常に大きい。此の例は次記の如くである。

(1) コンクリート・バラストとか粉碎狀煉瓦の如き、多孔性に非ざる鋪裝からな



第 33 圖

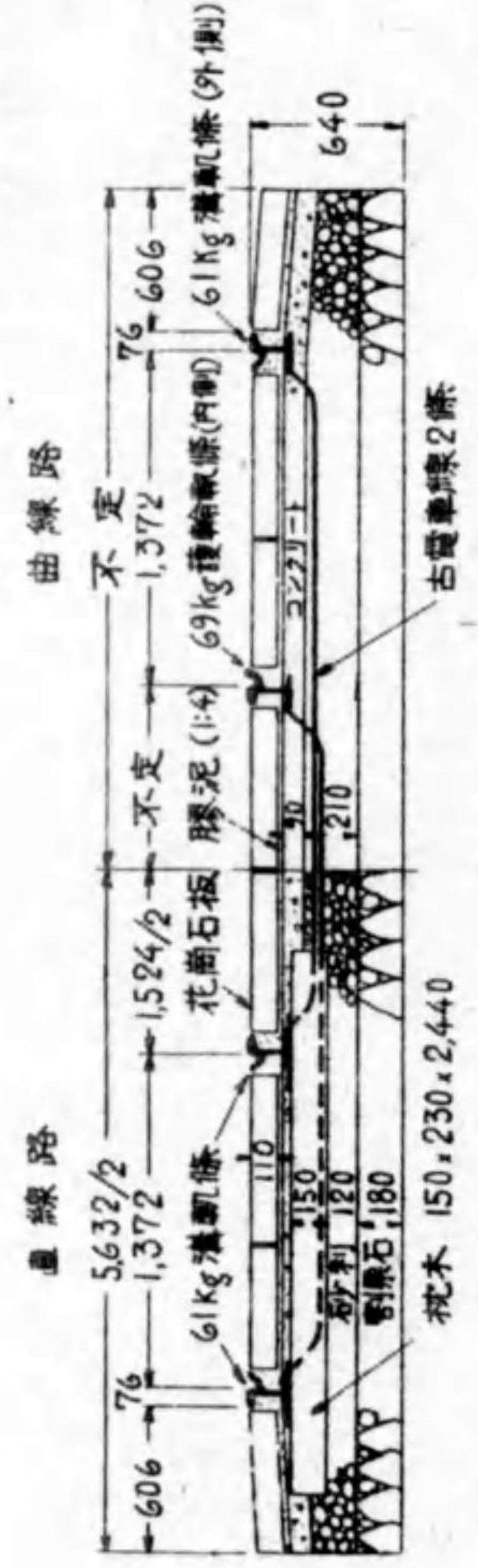
つてゐる基礎は大地に對する漏洩抵抗低く、季節、温度等による變化は餘り著しくない。單軌道の基礎 1 km 毎の漏洩抵抗は普通状態では 0.07~0.17 オームの程度である。然しバラストが深さ 30 cm 以上も氷結する様な低温の場合には漏洩抵抗は増し、此の値の約 2 乃至 3 倍になる。複軌道では單軌道の時の値の約 70% 位である。然しコンクリート基礎の下に清潔な碎岩を有してゐる時は遙に高抵抗となり、實驗の結果に依れば前者の 1 乃至 3 倍である。Steel tie の場合と Wood tie の場合との抵抗の差は餘り甚しくない。此の理由は軌條とコンクリート間の漏洩抵抗がコンクリートと大地間の夫に比して甚だ小である爲である。

(2) 碎岩のバラスト及び Tarvia finish を施したる軌條基礎では其の漏洩抵抗は一般に大である。即ち單軌道の 1 km につき 0.7~1.7 オームで、此の種の型又は一般高抵抗を有する複軌道よりの漏洩電流は單軌道よりの電流よりも 80~100% 大である。

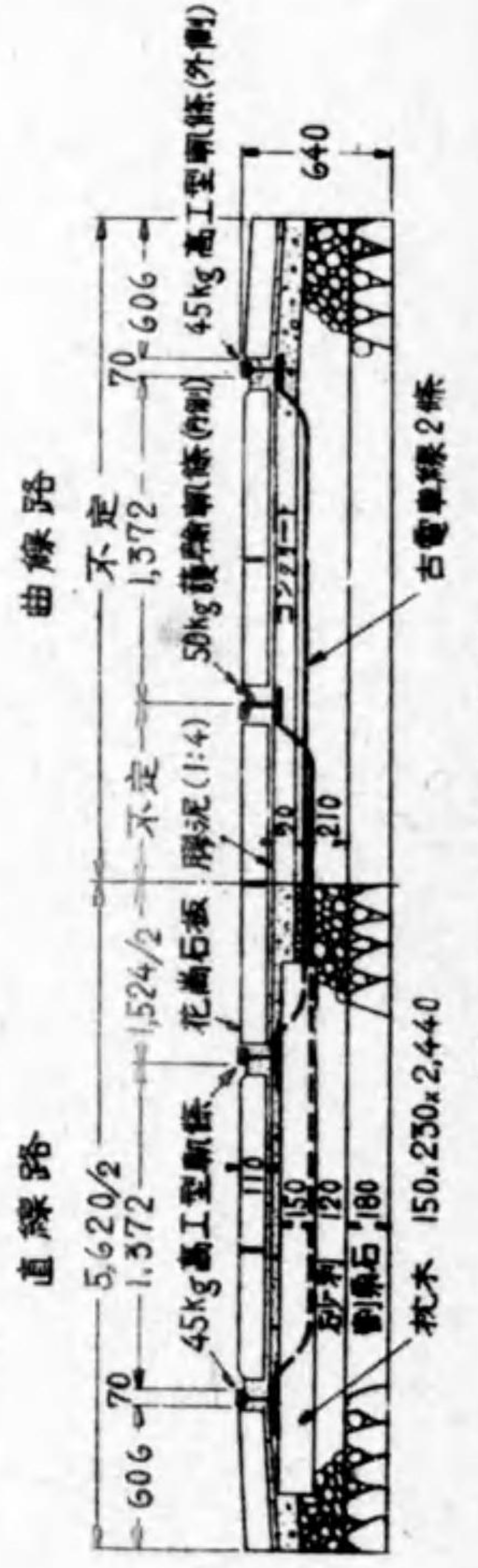
(3) 埋設式枕木を使用せる軌道の漏洩抵抗は開放式 (Open construction) の物



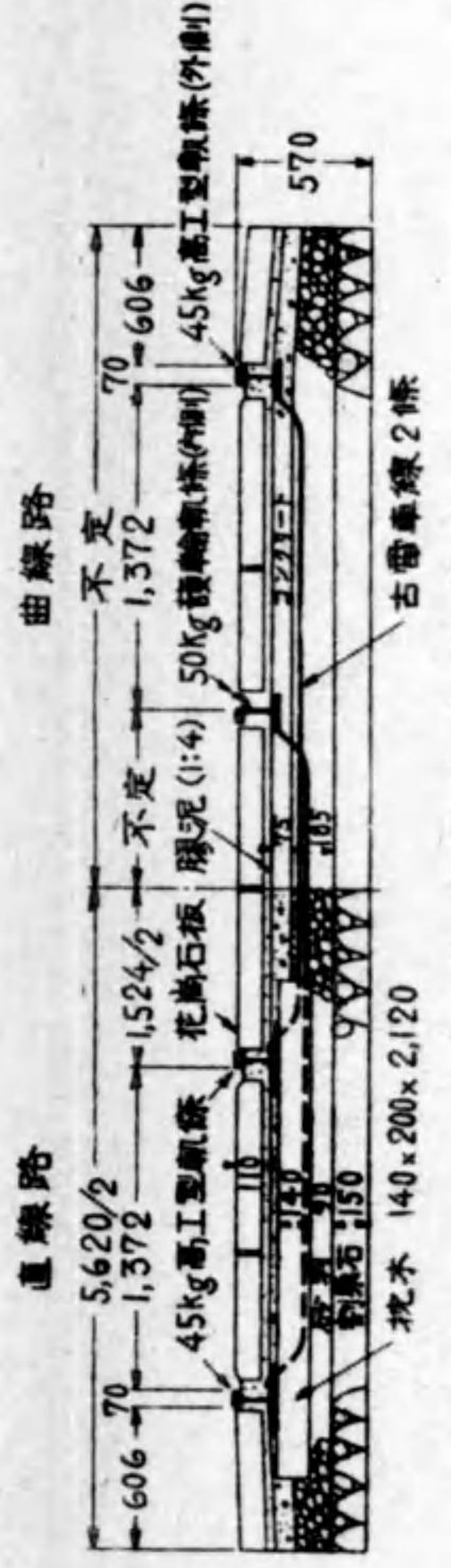
温度等による変化は餘り著しくな
 0.07~0.17 オームの程度であ
 低温の場合には漏洩抵抗は増し、
 の時の値の約 70% 位である。然
 時は適に高抵抗となり、實驗の結
 合と Wood tie の場合との抵抗
 間の漏洩抵抗がコンクリート
 したる軌條基礎では其の漏洩抵抗
 0.7~1.7 オームで、此の種の型又
 よりの電流よりも 80~100% 大
 式 (Open construction) の物



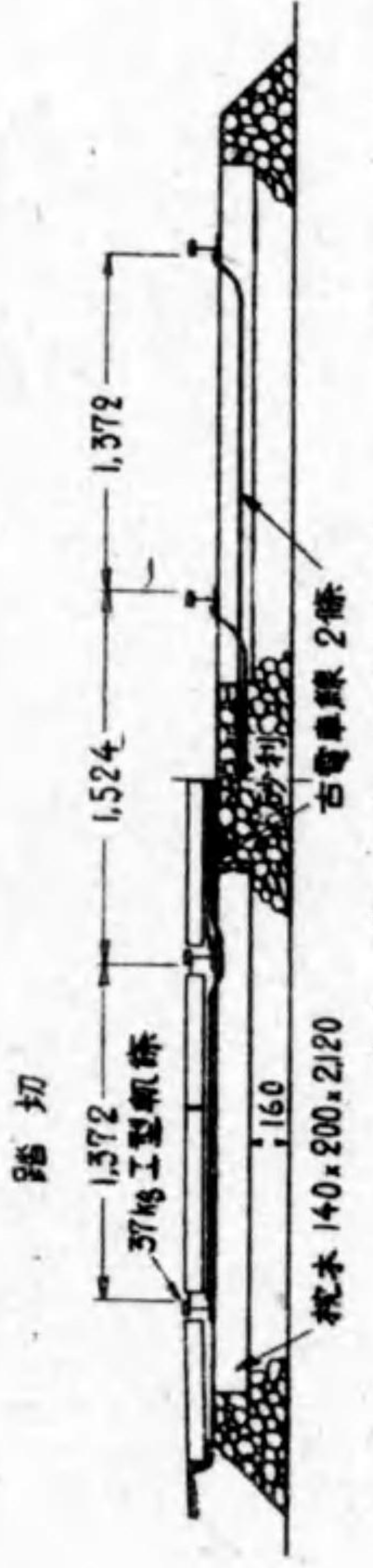
(1) 軌道標準 A 構造圖



(ロ) 軌道標準 B 構造圖



(ハ) 軌道標準 C 構造圖



(ニ) 専用軌道構造圖

第3表 軌道床の漏洩抵抗

区 間	軌道床構造	測定時の天候	漏洩抵抗 (Ω -km)	測定日時	備 考	
東京 市電 (市電電氣局、市電電氣研究所の調査による)	両安橋西詰間 南千住	B	0.0908	昭和 7, 4, 28	両安橋西詰交又, 車庫を除く	
	銀座四丁目間 芝	A	0.1224	7, 8, 9	芝口, 銀座, 本芝分岐を除く	
	神谷町間 神谷町	C	0.114	7, 11, 18	虎の門, 溜池, 赤坂見附の交又分岐を除く	
	茅場町間 茅場町	B	0.0912	7, 12, 17	門前町交又, 永代橋を除く	
	人形町間 人形町	A	0.1041	8, 3, 14	小塚町, 岩本町, 上野原, 三輪分岐を除く	
	中の島間 天照寺	天照寺橋-古川橋 C 古川橋-中の島 B	0.06554	7, 11, 2	古川橋分岐及び古川橋先林間を除く	
	品川間 品川	A	0.182	6, 7, 25		
	三軒山間 三軒山	B	0.1115	7, 3, 26	車庫を含まず	
	春日山間 春日山	B	0.133	8, 6, 6		
	角筈間 角筈	専用軌道 C	0.182 0.1305	7, 2, 24 7, 2, 24	車庫を含まず	
	大塚間 大塚	A	0.172	6, 8, 11	車庫を含まず	
	本所橋間 本所橋	アスファルト舗装層 を有するコンクリート 軌道床	表面の乾燥 普通程度 時々降雨あり 漏洩を停止	0.19 0.14		
	省 線 (鐵道省調査一長其の他による)	湯浅間 湯浅		晴	3.50	6, 8, 20
		湯浅間 湯浅		*	5.75	*
湯浅間 湯浅			*	3.26	*	
湯浅間 湯浅			*	3.58	*	
田町附近		Open track 砂利敷バラストの 厚さ 35 cm	前日降雨あり バラスト漏洩 を停止	0.17		
品川附近		50 kg I型軌條	バラスト著しく 漏れたる場合	0.08 0.07		
大井町附近		複々線		0.26		
横濱附近		単軌道		0.92		
熱海附近		複軌道		0.325		
東京近郊 A		専用軌道 専用軌道	雷雨	0.684 0.294		
會 社 鐵 道	東京市内 B	ソフッド・ベッド アスファルト・ベッド		0.59		
	阪神地方 A		乾燥 乾燥	1.1 0.71		
	阪神地方 B		晴	0.652	8, 5, 28	
	阪神地方 C			1.2		
	阪神地方 D			1.6		
	阪神地方 E			2.81		
阪神地方 F			5.1			
阪神地方 F			0.072			

よりも非常に小で普通単軌道 1 km に対して 0.3~0.5 オーム程度である。

(4) 開放式の漏洩抵抗は枕木とベラストの状態によつて變化甚しく、良好なる状態では単軌道 1 km に対して 3~5 オーム以上であるが濕ると 1~2 オーム以下に降下する。又此の際 Cinder とか Gravel とかの特別の碎石を用ひる時は非常に高抵抗を得られる。

(5) 枕木の防腐用注入材料として鹽化亜鉛其の他の化學鹽類を用ふれば枕木を良導體にするから漏洩電流を増加せしめる。又クレオソート、ガスオイルの混合物は木材の絶縁性を増加し都合が好い。

斯くの如き方法を行ひたる枕木を開放式に用ひる時は、注入せざる枕木を用ひたる同じ軌道基礎よりも其の漏洩抵抗約 2 倍となり、鹽化亜鉛の如きもので處理された枕木を用ひたるものゝ約 4 倍に増加する。

軌道床抵抗値は測定方法によつて可成りの差異はあるが我國の電鐵の數例を第 3 表に示す。

單線、複線、複々線の如き相違に應じて漏洩電流の割合も違ふものと考へるべきである。それは單線より複線、複々線になれば軌道の抵抗 r は $r/2$, $r/4$ に減少するが漏洩抵抗 ρ は $\rho/2$, $\rho/4$ にならないと云ふ考へからである。若し單線より複線、複々線になつた爲に ρ が $\rho/2$, $\rho/4$ になるならば軌道定數 α に變化はなく従つて漏洩電流の値に變化が起らぬわけである。しかし一般に地上に一つの導體 A を置いて大地との間の抵抗を測定した値と A と全く同一の他の導體 B を A に接近して置き、 A 及び B を並列にして大地との間の抵抗を測定した値を比較するならば、後者の抵

第 4 表 軌道床の漏洩抵抗と軌道定數との關係 (10-6-18 測定)

線 路 状 態	漏洩抵抗(オーム/km)	區 間
37 kg 複 線	1.72	總武線 船橋一稻毛間
〃 上り線のみ	2.18	同 上
〃 下り線のみ	3.32	同 上

上下線單獨の測定値より複線としての並列抵抗を計算すれば 1.32 オーム/km となり、實測値は之よりも稍大きい。

抗は前者の抵抗の 1/2 にはならないのでそれより大なる値を有する。而して A と B とを互に遠ざけるにつれて次第に 1/2 に近づく。同様の理由のもとに單線軌道より複線軌道の方が軌道定數 α が小さく漏洩電流は小である。複々線に就ても同様である。第 3 表の鐵道省に於て測定せる結果は此の間の傾向を明に示してある。

3. 軌道床漏洩抵抗の變化

軌道床の漏洩抵抗は軌道基礎の構造に依つて異なるけれども濕氣を含む状態に依つて

第 5 表 軌 道 基 礎 抵 抗

複 軌 道		
軌道基礎種類		軌道 1 km の大地に對する抵抗 (オーム)
(a) 35 kg 軌道の頭部迄 土砂混り砂利道床	濡れたる場合	0.159
	同	0.166
	同	0.169
	表面乾き道床濕りたる場合 濕りたる場合	0.275 0.395
(b) 同	濕りたる場合 (6 日間降雨なし)	0.335
(c) 40 kg 軌道の頭部迄 碎石道床 ターピア舗裝	濡れたる場合	0.244
	同	0.219
	完全に乾きたる場合 (數日間降雨なし)	0.487
(d) 同	完全に乾きたる場合 (數日間降雨なし)	0.353
(e) 露出軌道で 40 kg 軌道の底部迄碎石道床 所々の交叉點は軌道の頭部迄砂利を入れたるもの	乾きたる場合 (數週間降雨なし)	1.540
	表面乾き砂利濡れたる場合	0.925
	同 完全に乾きたる場合 (12 日間降雨なし)	0.660 0.81
單 軌 道		
(f) 露出軌道、枕木の下方 0.1m より 30 kg 軌道底部迄石炭滓軌道	表面濕り道床濡れたる場合	0.25
	乾きたる場合 (20 日間降雨なし)	5.49
(g) 露出軌道、40 kg 軌道の底部迄深き砂利道床	表面乾き道床濕りたる場合	1.63
	乾きたる場合 (22 日間降雨なし)	2.18

第 6 表 軌道床の構造 (第 35, 36, 37 圖附屬)

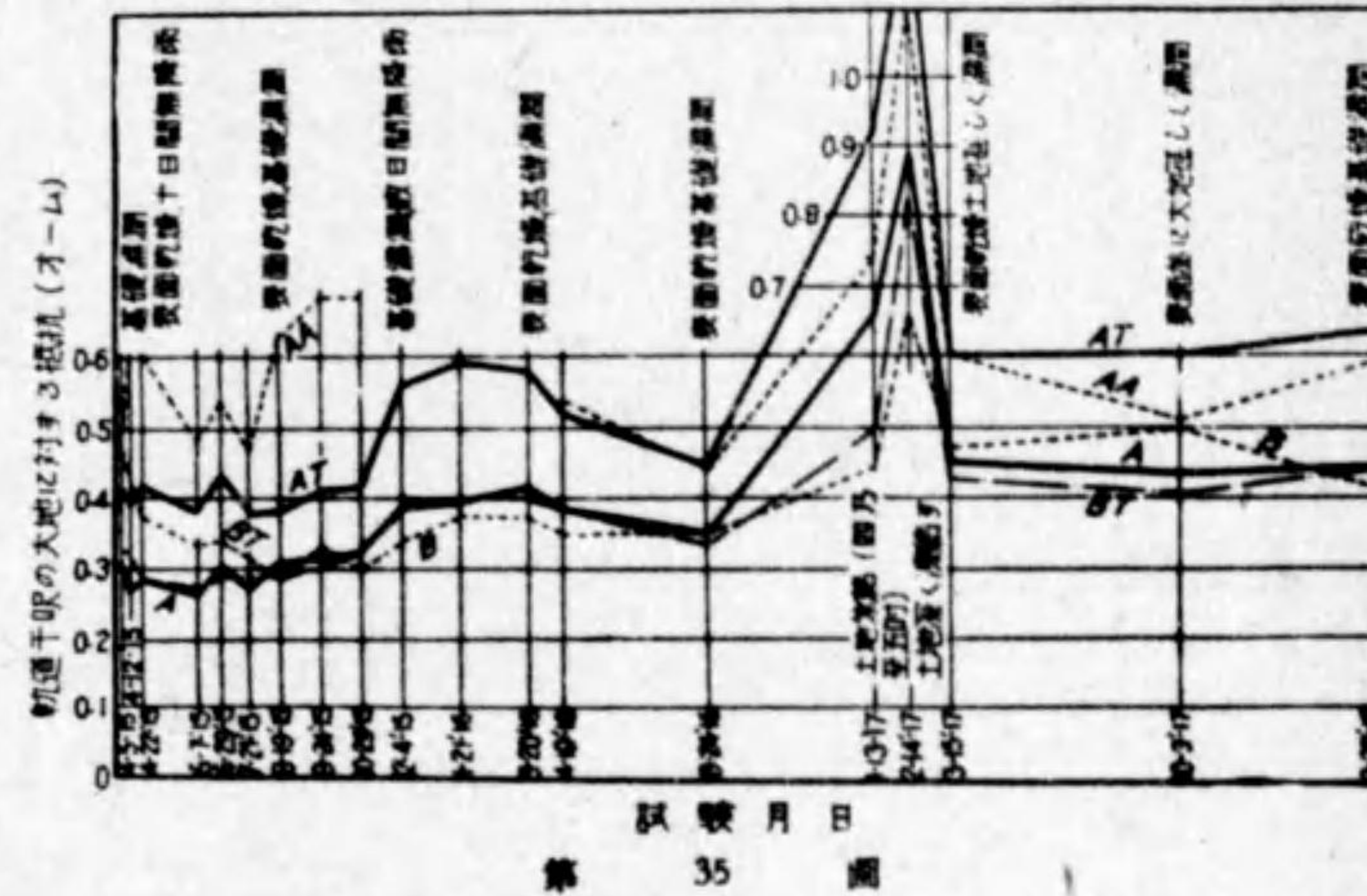
型式	道床	枕 木	軌 條	鋪 裝	備 考
A	コンクリート	178mm×203mm 徑 中心間隔 0.6m	178mm 溝 軌 條	鋪裝煉瓦	—
AT	〃	〃	〃	〃	軌道床をタールペーパー及びビッチにて絶縁せり
AA	〃	〃	〃	〃	軌道床をタールペーパー及びアスファルトにて絶縁せり
B	〃	鐵 中心間隔 0.9m	〃	〃	—
BT	〃	〃	〃	〃	路床をタールペーパー及びビッチにて絶縁せり
C	碎石	178mm×203mm 徑 中心間隔 0.6m	102mm T 軌 條	ターピア	—
D	軌條の頭部迄土	〃	〃	土	—
DT	〃	〃	〃	〃	軌條をビッチにて絶縁せり
E	軌條底部迄土	〃	〃	露出構造	—
EC	〃	〃	〃	〃	160 kg/m ³ のクレオソートを注入せる枕木を使用す
EZ	〃	〃	〃	〃	8 kg/m ³ の強化亜鉛及び 32 kg/m ³ のクレオソートを注入せる枕木を使用す
F	碎石及びコンクリート	〃	178mm 溝 軌 條	鋪裝煉瓦	—
G	軌條の頭部迄碎石	〃	102mm T 軌 條	鋪裝なし	—
H	石/炭滓	〃	〃	露出構造	—

もその抵抗値に大差がある。第 5 表は米國に於て測定した抵抗値で、表中 (a) 及び (b) はワシントン市ウ、スコンシン通りの線で測定したもので (c), (d), (e) はシ、ウ、線で測定した値である。

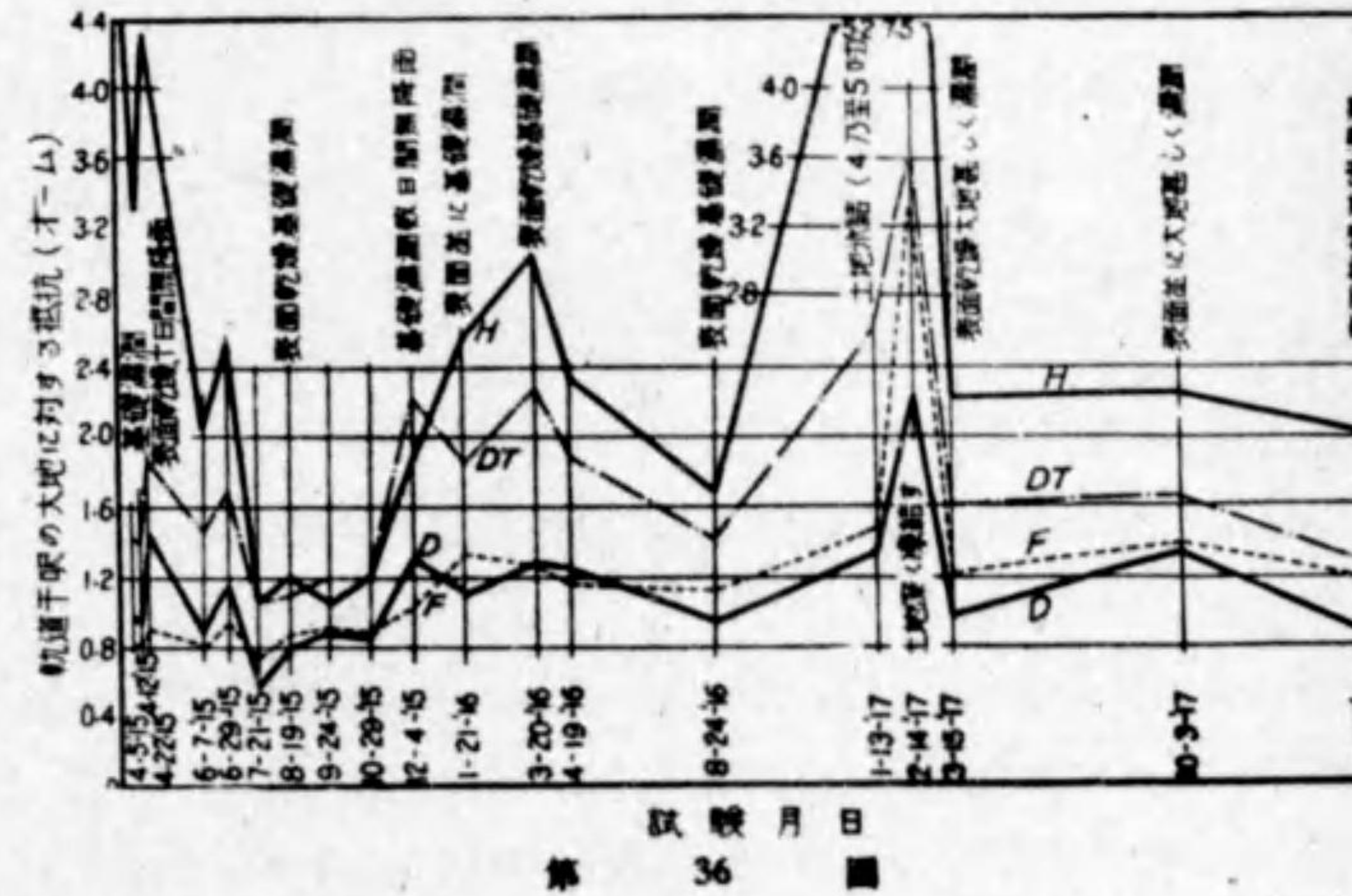
又軌道床漏洩抵抗は温度の差によつても影響を受け軌道床が氷結せる場合は甚しく抵抗を増加する。第 35 圖、第 36 圖及び第 37 圖は第 6 表に示せる如き構造を有する軌道床の漏洩抵抗が季節と共に變化する狀況を示すものである。

4. 土壤の電気抵抗

若し地下埋設管周囲の土壤が無限に大なる電気抵抗を有するものとすれば軌道を通

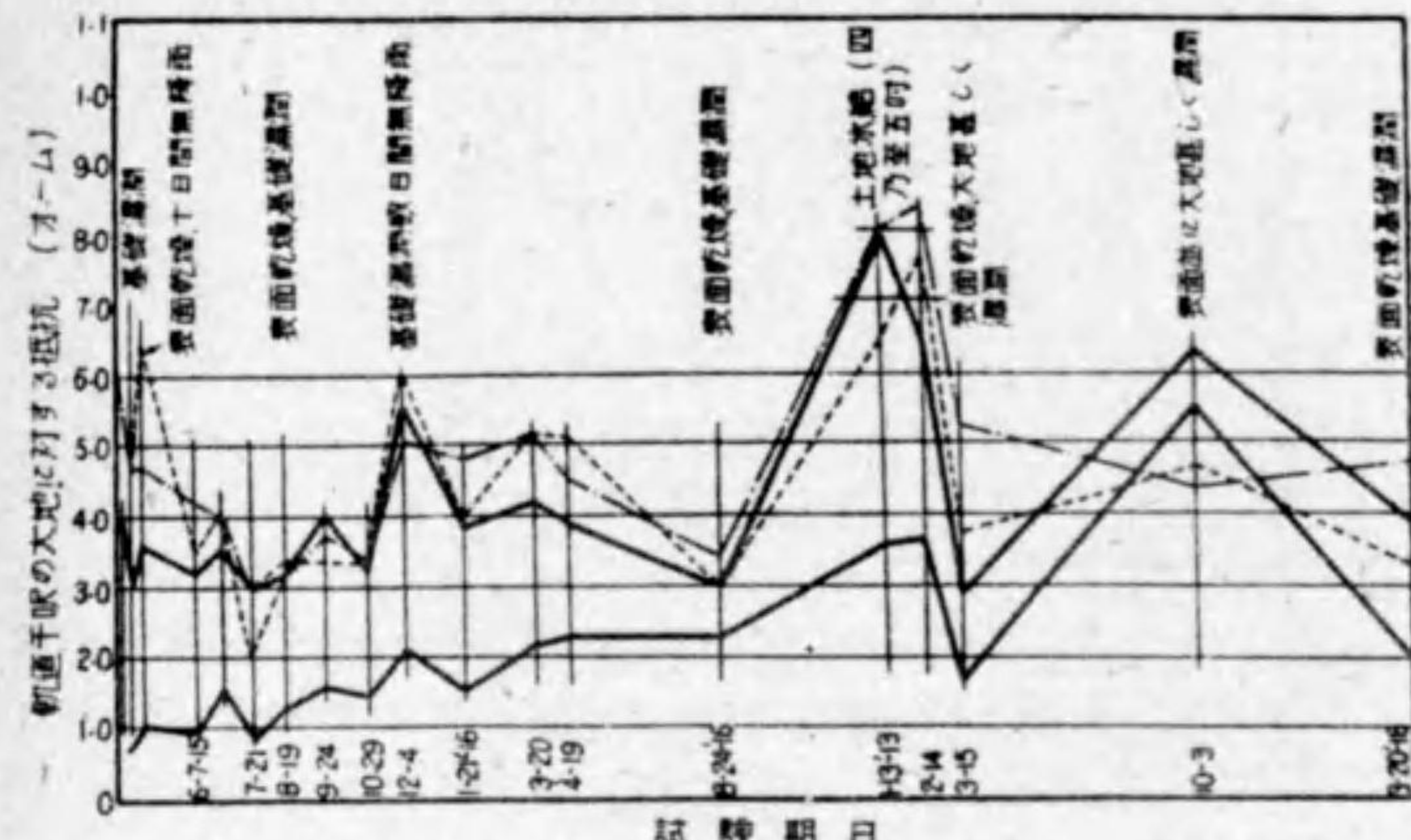


第 35 圖



第 36 圖

じての漏洩電流が無くなるから電蝕の心配は全く無くなるわけである。又逆に土壤の抵抗が零であれば軌道は短絡されたと同様な形となり之亦電蝕の危険はない。即ち此の二つの極限値の中間に最大電蝕を惹起する抵抗値が存在する。



第 37 圖

一般に最大電蝕を惹起せしむる此の抵抗値は埋設管、軌條等の幾何學的形狀、埋設管の大きさ其の他に關係するものであるが、實際上の種々の問題より判断するに最大電蝕を惹起するに必要な抵抗は一般の土壤抵抗値より遙に小であるから、吾人は土壤抵抗が小なればなる程電蝕は大であると判断して差支ない。

之等電蝕に重要な影響を有する土壤の電氣的諸性質に就ては第二章第七節に記載する處である。

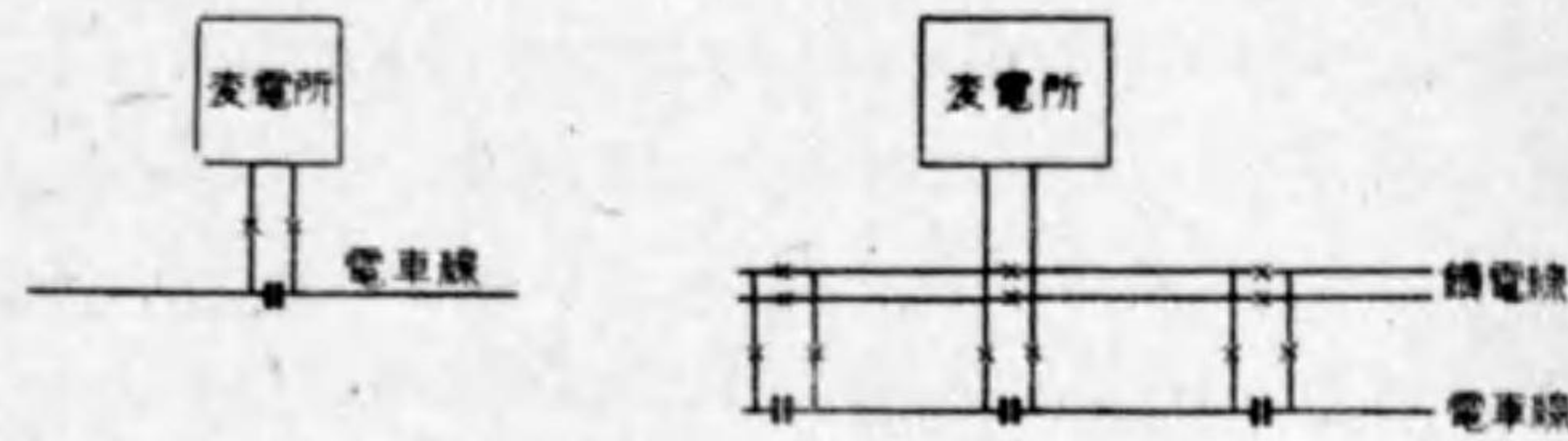
第五節 饋電方式

電鐵の直流饋電の種類に就ては第三章第一節に記載したやうなものがある。此の中電蝕問題に關係あるものは架空單線式、第三軌條式、暗渠架電式である。

饋電方法は極く小負荷のものでは第 38 圖左の如く變電所より饋電線を用ひず直接電車線に配電するものがあるが、多くは同圖右の様に負荷に相應した饋電線を設け適當な箇所で電車線に饋電するものである。

1. 單線式

單線式の場合には軌條を變電所の負極側に接続する事が電氣工作物規程で定められ



第 38 圖

てゐる。これは電蝕方面から見ると電蝕事故を變電所附近に限定し防蝕施設上便宜を得られるからである。

電車負荷の大なる時は變電所の供給互長を短くして漏洩電流の軽減を圖る事が必要である。(本章第二節第 11 圖) 之は又一方より供給互長終端に於ける電壓降下を軽減して電車速度の落ちる事を防止し又電力の損失を少くする結果となる。

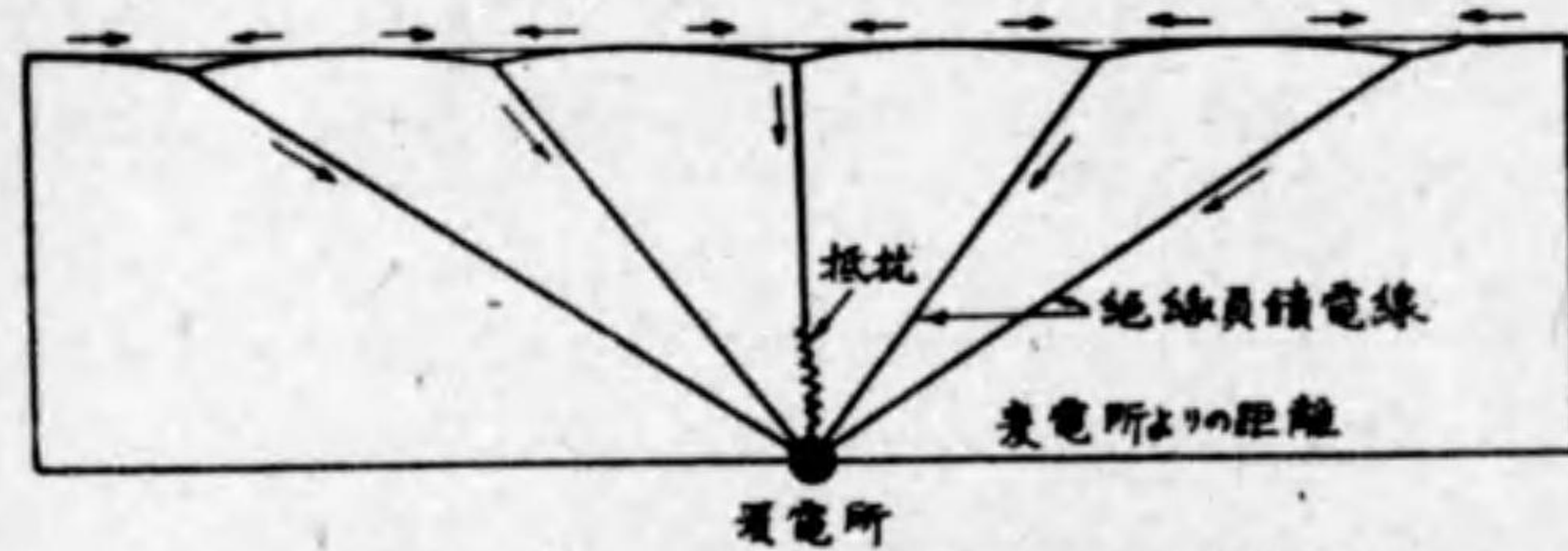
2. 單線式にして絶縁負饋電線を用ふる場合

割合廣く採用されてゐるもので軌條を直接變電所負極へ接続する代りにこれを取り去るか或は高抵抗の導線で接続し、絶縁歸線を變電所の負極から軌條の各點に所々接続するのである。此の絶縁歸線の抵抗を各々につき適當に選ぶ場合には軌條内の電位傾度を減少せしめる事が出来、著しく漏洩電流が減少する。しかし一方絶縁歸線として多大の鋼線を要するが市内電氣鐵道の如く比較的負荷が大で一變電所の受持つ饋電區域の小なる場合にはこれを採用する事が多い。本方式中の主なるものに、(a) 等電位法、(b) 傾斜電位法、(c) 負極昇壓機を使用する方法がある。

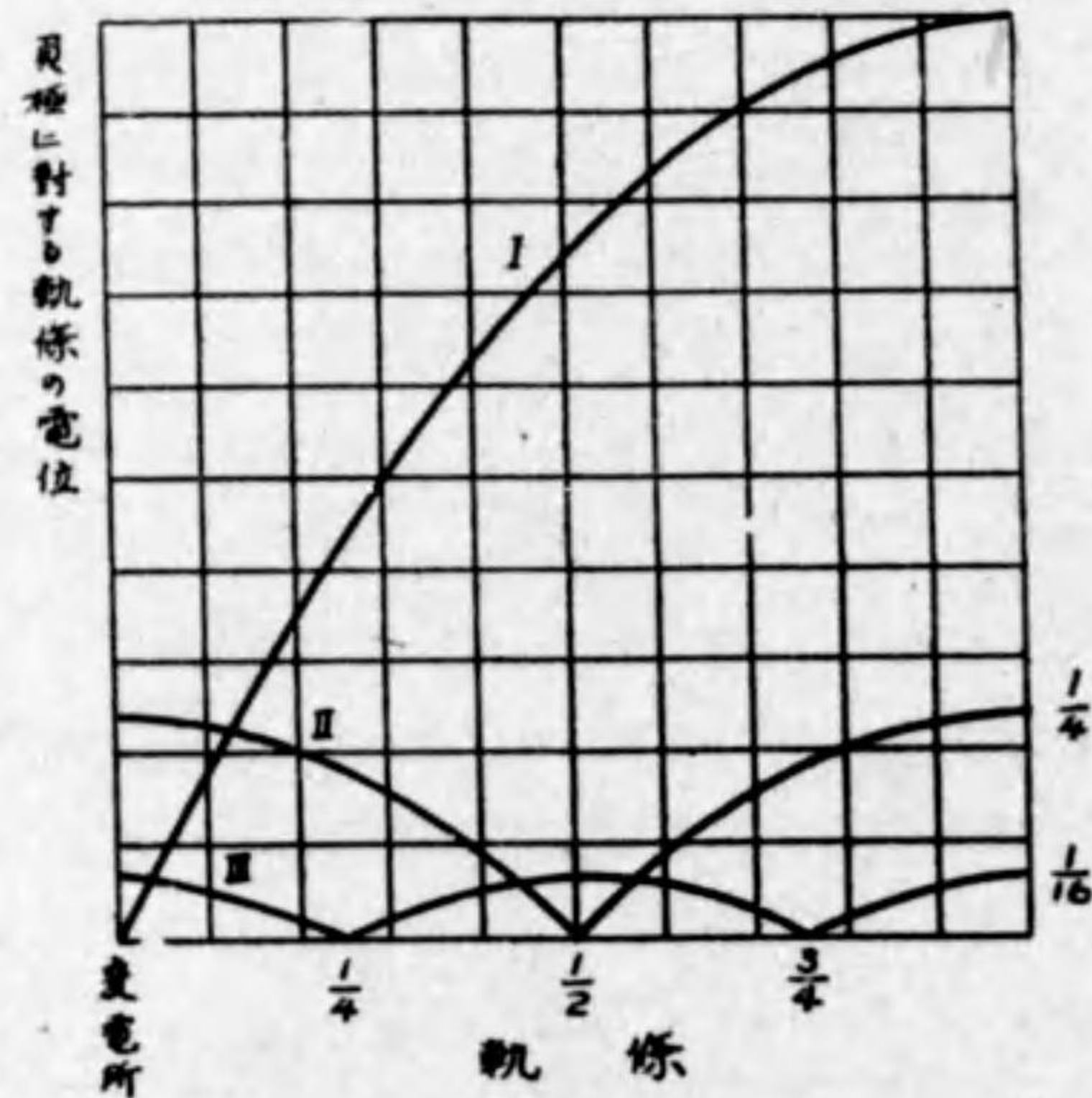
絶縁負饋電方式を採用するに當りては先づ變電所の全供給區域に於ける負荷状態を調査し、最も自然的な負饋電點の位置並に其の負饋電線電流の大きさを定めたる後、饋電線の太さを決定する。之等の計算完了後は、之が經濟的なるか否かを檢せねばならぬ。即ち負饋電線の全費用、減損費、其の他の年費を加算せるものと、負饋電線に於ける電力損失額とが大體等しくなる様な饋電線の太さを選ぶ可きである。

a. 等電位法 絶縁歸線が軌條と接続する各點の電位を平均負荷状態で等しく

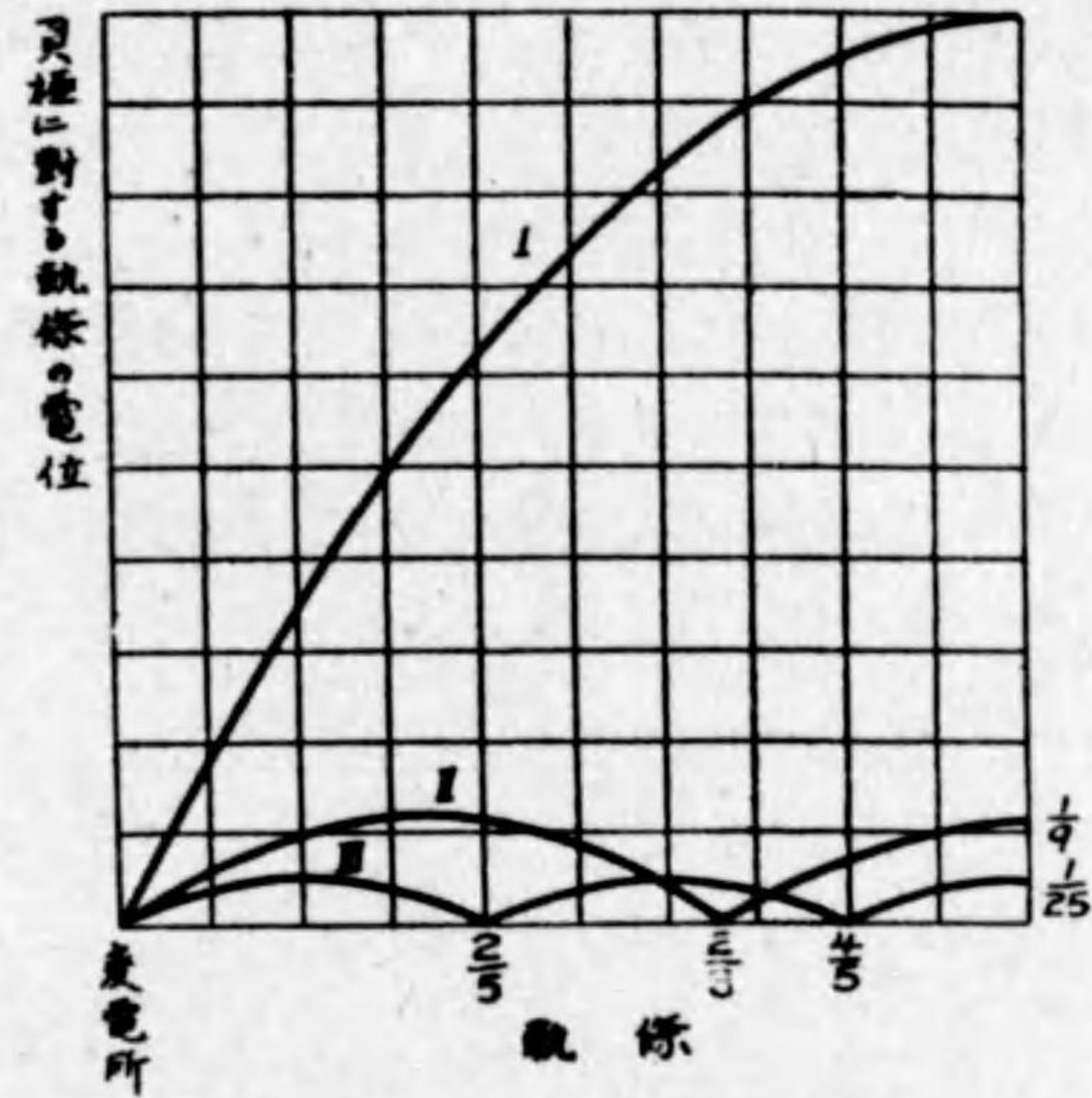
なす方法である。これが爲には變電所に近い軌條の點に接続する絶縁導線には特に抵抗を挿入し、又は遠方よりの導線には負昇壓機を接続する事がある。これにより軌條内電位差は著しく減少せらるるも絶縁導線内の電力損失を生ずる外昇壓機を用ひる時は運轉及び施設費等を要する。第 39 圖は均一負荷の場合の一例である。等電位法の施設に於て軌條との接続点を何處に選ぶ可きかは慎重なる電位調査を要するも、市内電線の如きでは特別の場合を除き交叉點を選ぶ。大體の接続點選擇標準は負極母線と



第 39 圖 等電位絶縁負電方式に於ける軌條電壓降下曲線



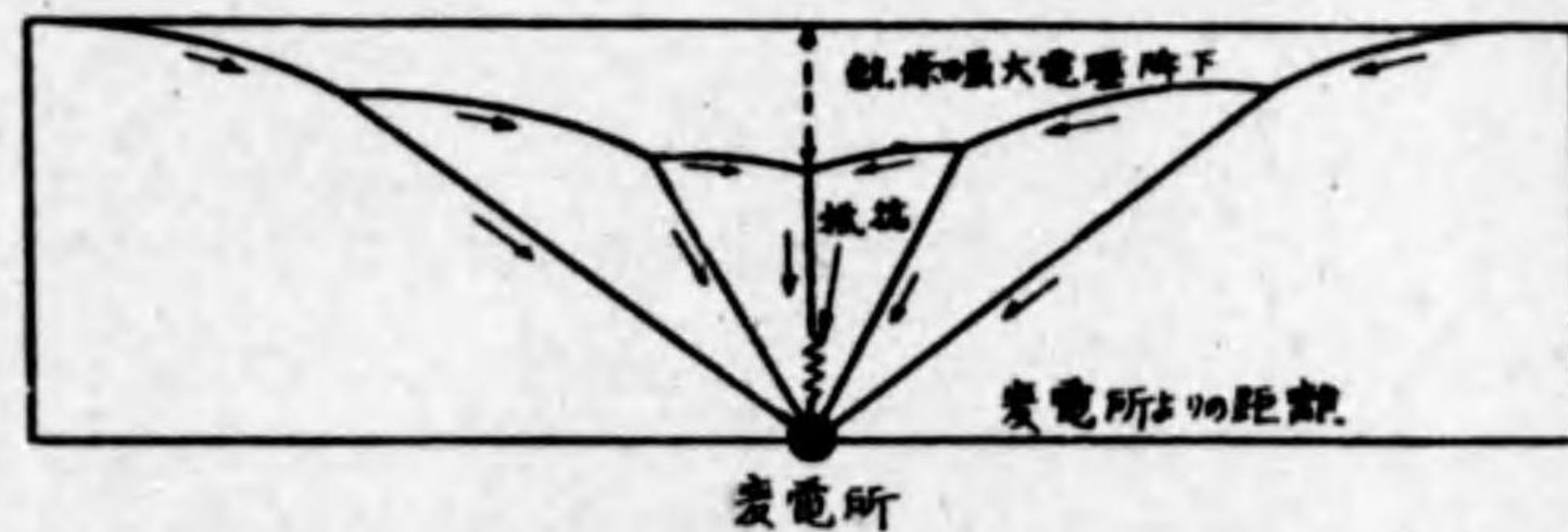
第 40 圖 絶縁導線の數と軌條電位との關係 (變電所負極と軌條とを接続せざる場合)



第 41 圖 絶縁導線の數と軌條電位との關係 (變電所負極と軌條とを接続せる場合)

軌條との接続なき場合には n 本の導線を用ひる場合は軌道全長の $\frac{1}{2n}, \frac{3}{2n}, \dots, \frac{2n-1}{2n}$ の點を、變電所に於て負極母線と軌條とを接続せる場合は軌道全長の $\frac{2}{2n+1}, \frac{4}{2n+1}, \dots, \frac{2n}{2n+1}$ の點を採る。第 40 圖及び第 41 圖はその各々の場合の絶縁導線の數と軌條電位との關係を示したものである。

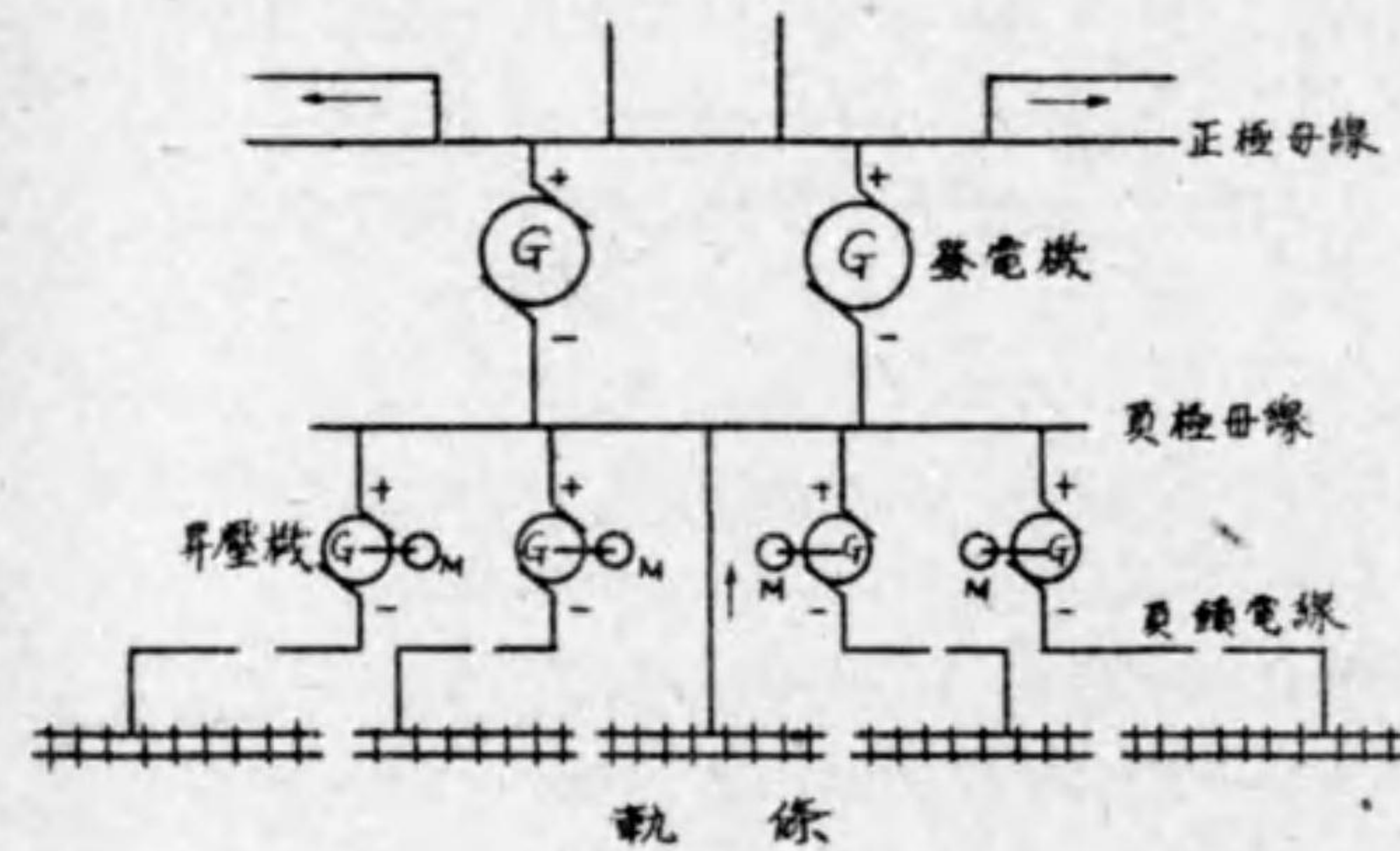
6. 傾斜電位法 各接続點に多少の電位差を持たすもので前法に比し漏洩電流大なるも絶縁導線中の損失を減少せしめ得る利點がある。第 42 圖は此の場合の軌條



第 42 圖 傾斜電位絶縁負電方式に於ける軌條電壓降下曲線

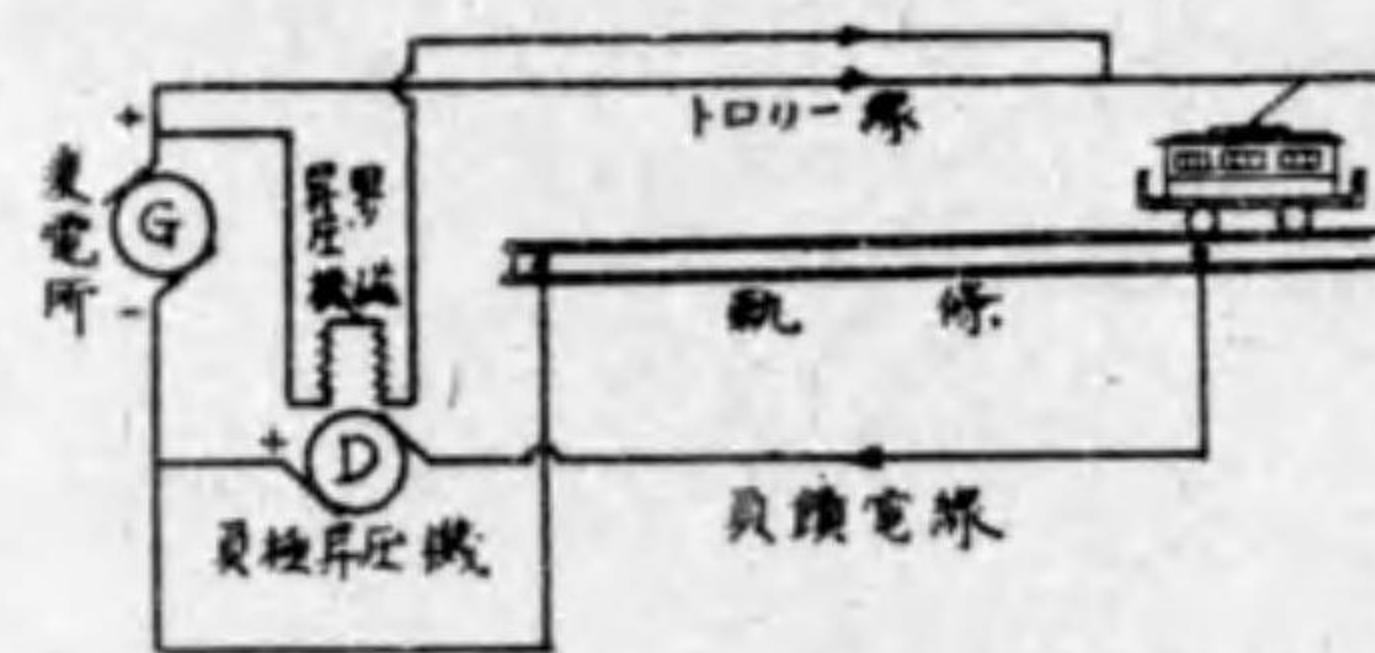
電壓降下曲線の略圖を示す。

c. 負極昇壓機を有する絶縁負電法 負荷の変動に応じて電位を調節し得ない絶縁線路の缺點を救済する爲に、負極昇壓機を絶縁線路中に挿入する事がある。その利點としては勿論昇壓機の電壓を負荷の変動及び任意二點間電位差等に応じて自動的に變化し得る事により、饋電點の電位が常に漏洩電流を軽減し得るやう適當の値に保たれる事であるが、一方設備費、運轉費等を多く要する。第 43 圖は多數の昇壓機



第 43 圖

を有する負電方式の一例を示すもので、尚多くの負電線路を必要とする様な大きな電線網では之等の一つ一つに昇壓機を挿入する事は變電所の操作を複雑にするから幾本かを纏めて一箇の昇壓機に接続する事がある。



第 44 圖

昇壓機は定速度の電動機で運轉される發電機で、其の昇磁線輪は他勵磁されるのが普通で、理想的の勵磁法としては昇壓機に接続した絶縁線路中を通ずる負荷電流に比例する如く勵磁する。然し多くは施設の便宜上第 44 圖に示す如く其の饋電區域間の負荷電流に比例する如くなすものである。

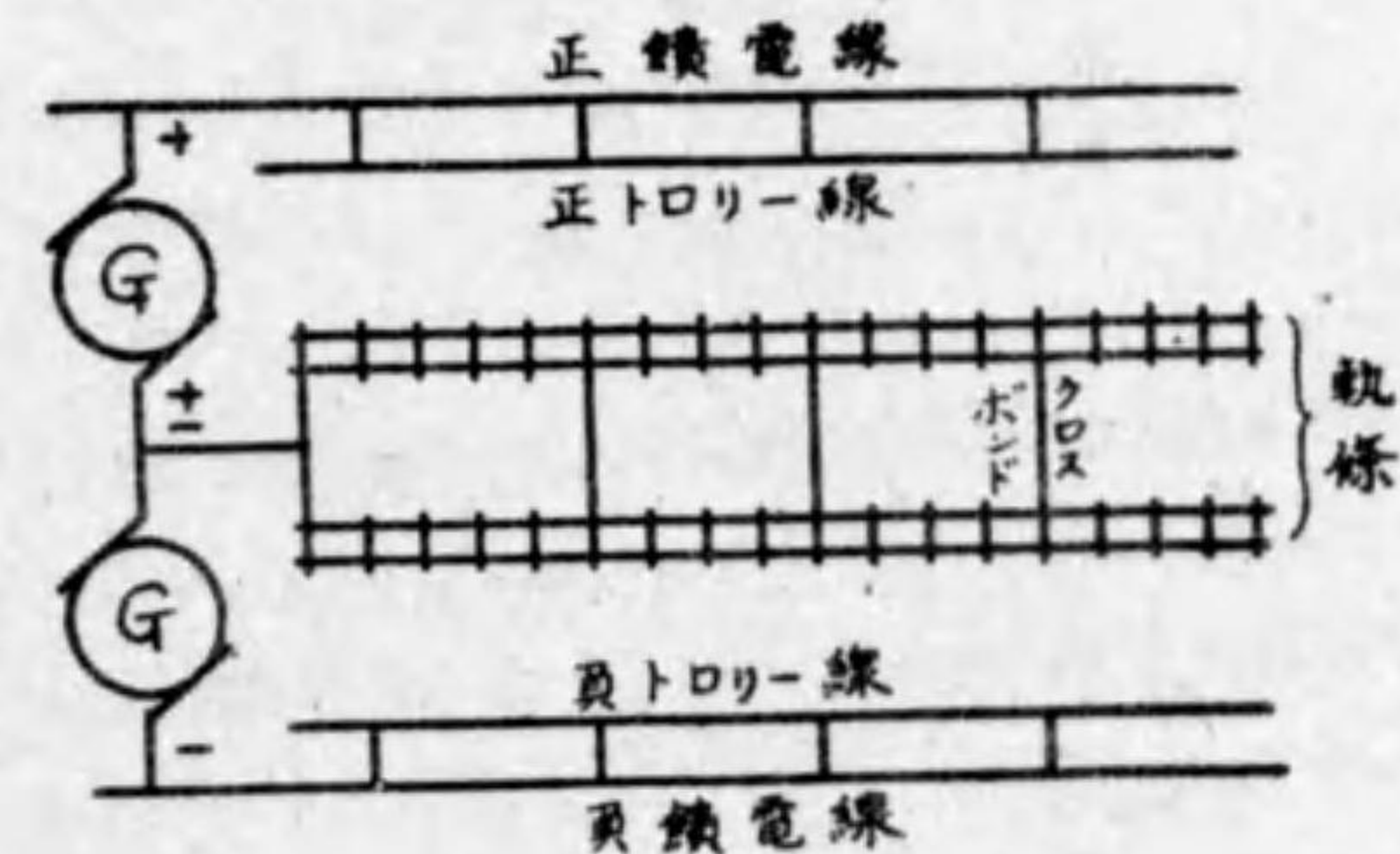
3. 三線式

トロリー線を二條使用し軌條に電流を流さない方式であつて、此の場合は軌條よりの漏洩電流なく、電蝕被害は生ずる事がないので、ここに考へてゐる問題から除外される。

4. 三線式

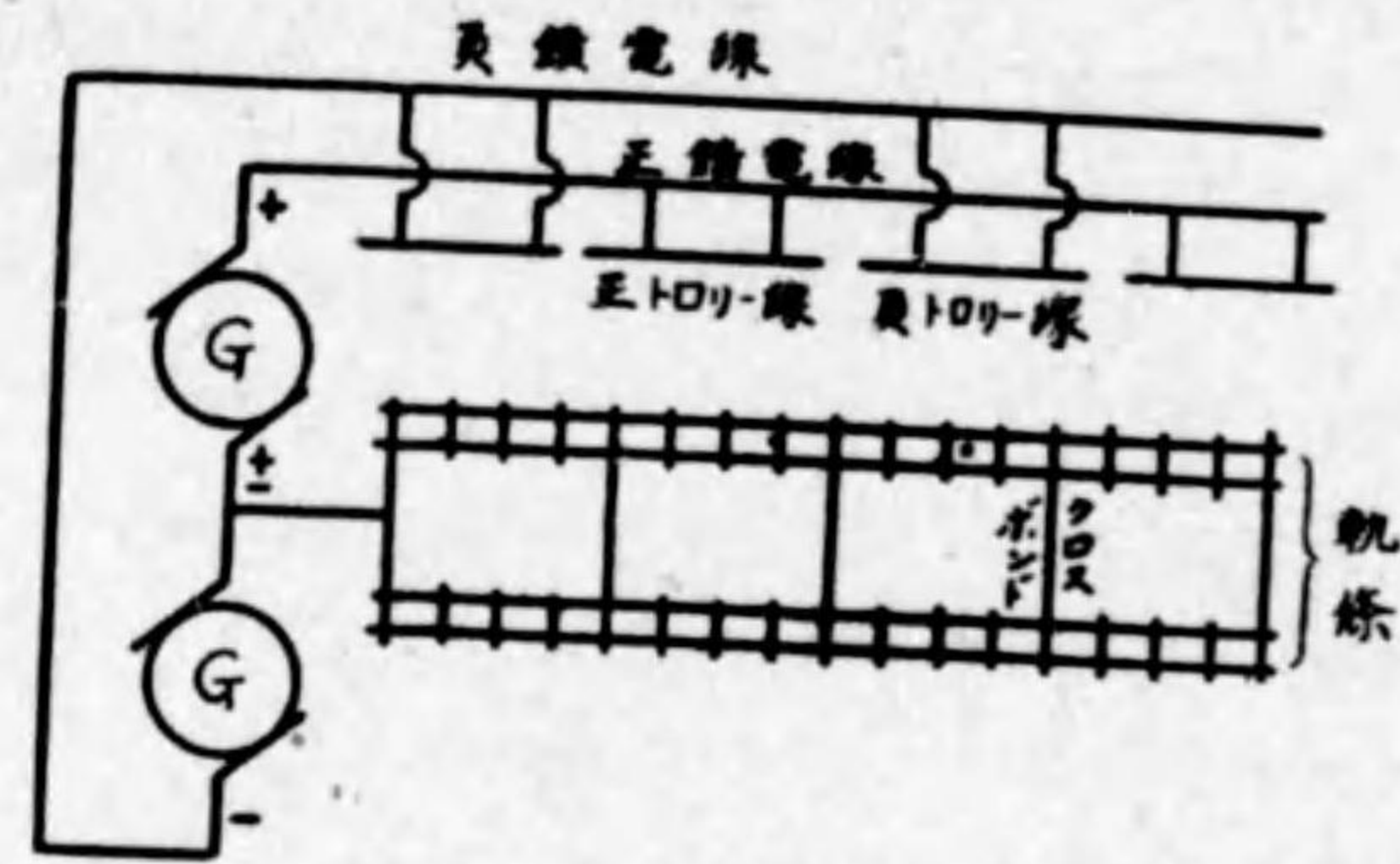
三線式に次の二種類がある。(a) 並列三線式、(b) 分割三線式がそれである。

a. 並列三線式 複軌道に用ひられ、往復の各トロリー線を正負に、軌條を電源中性點に接続する。運轉車臺多く、往復線負荷殆ど平均してゐる場合は軌條電流比較的少く、電蝕の危険も著しく減ずる。但しこの式では交叉點に於けるトロリー線の絶縁に困難を伴ふ。第 45 圖はこれの略圖を示す。



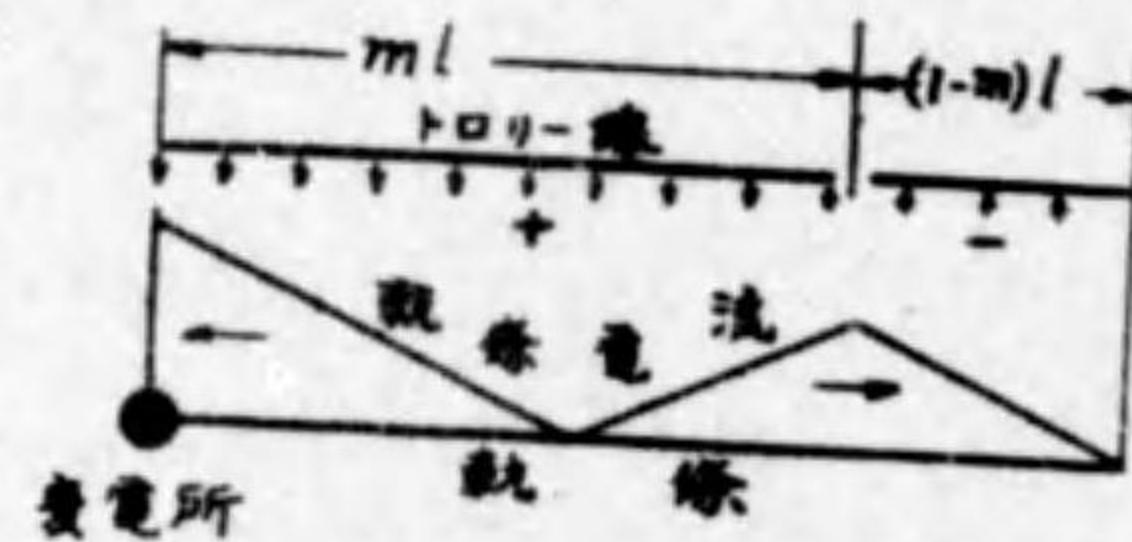
第 45 圖

b. 分割三線式 この式は第 46 圖の如く給電するので並行三線式に於ける困



第 46 圖

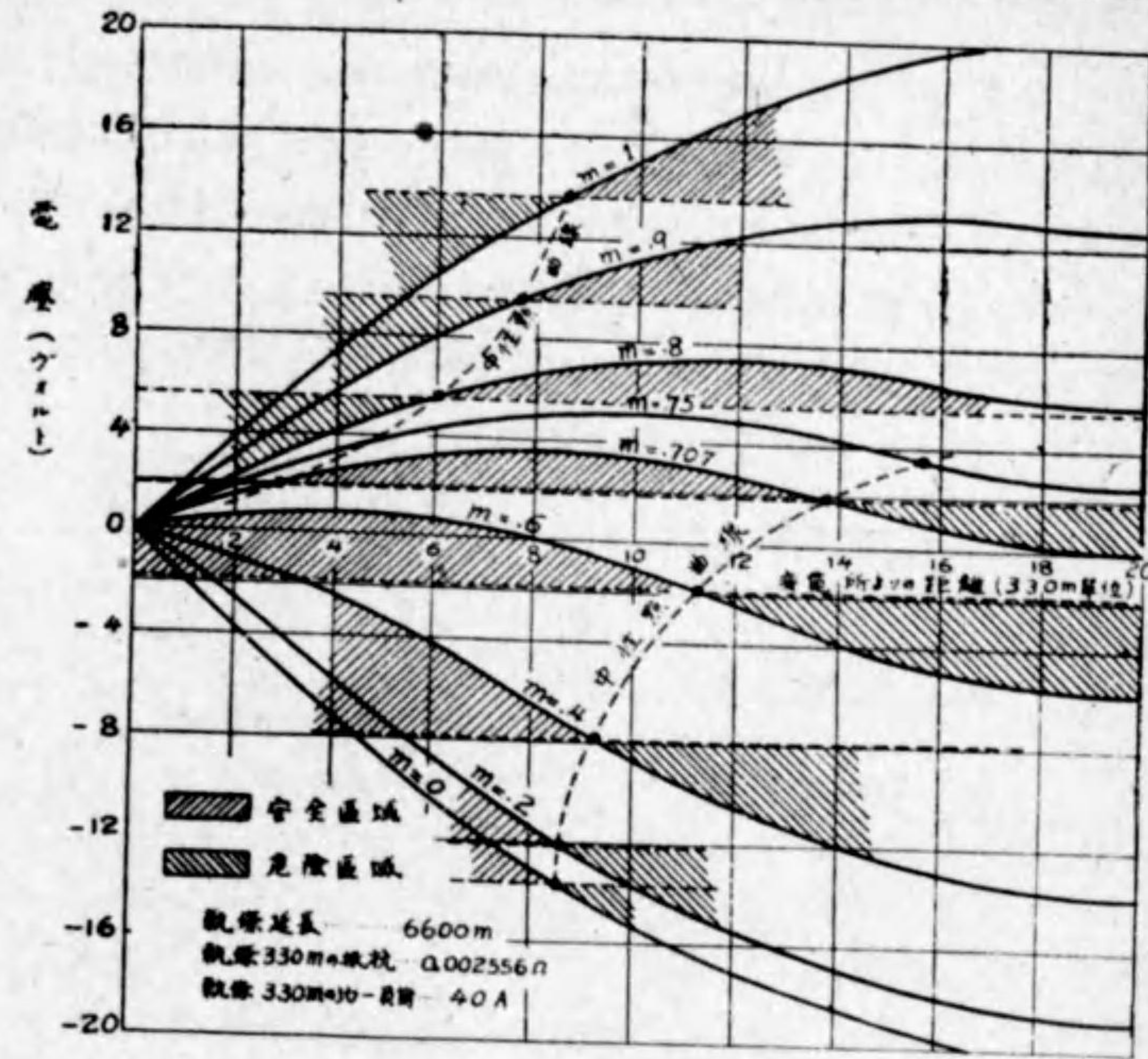
難がない。但し其の分割方法は十分考慮せねばならぬ。第 47 圖に於て ml を正に $(1-m)l$ を負に饋電する場合の漏洩電流を考ふるに、第 48 圖の如く m を 1 より 0



第 47 圖

まで變化した場合の軌條對大地間の電位差曲線と大地電壓直線とに囲まれる面積は藍線で表される。本面積が最小となるには $m=0.707$ なるを要する。即ち變電所より $0.707l$ 區間を正に残りを負に饋電するを最良とする。但し中性點は二箇所に、危險區域は軌條兩端に生ずる。

三線式を採用する利點は軌條内に於ける抵抗損失の減少と漏洩電流の軽減とである。不利とするは特別の施設費を要する點であるが、變電所負荷率の減少もその一つである。例へば市内電車等に於てフラッシュアワー其の場合、往々變電所の全容量



第 48 圖

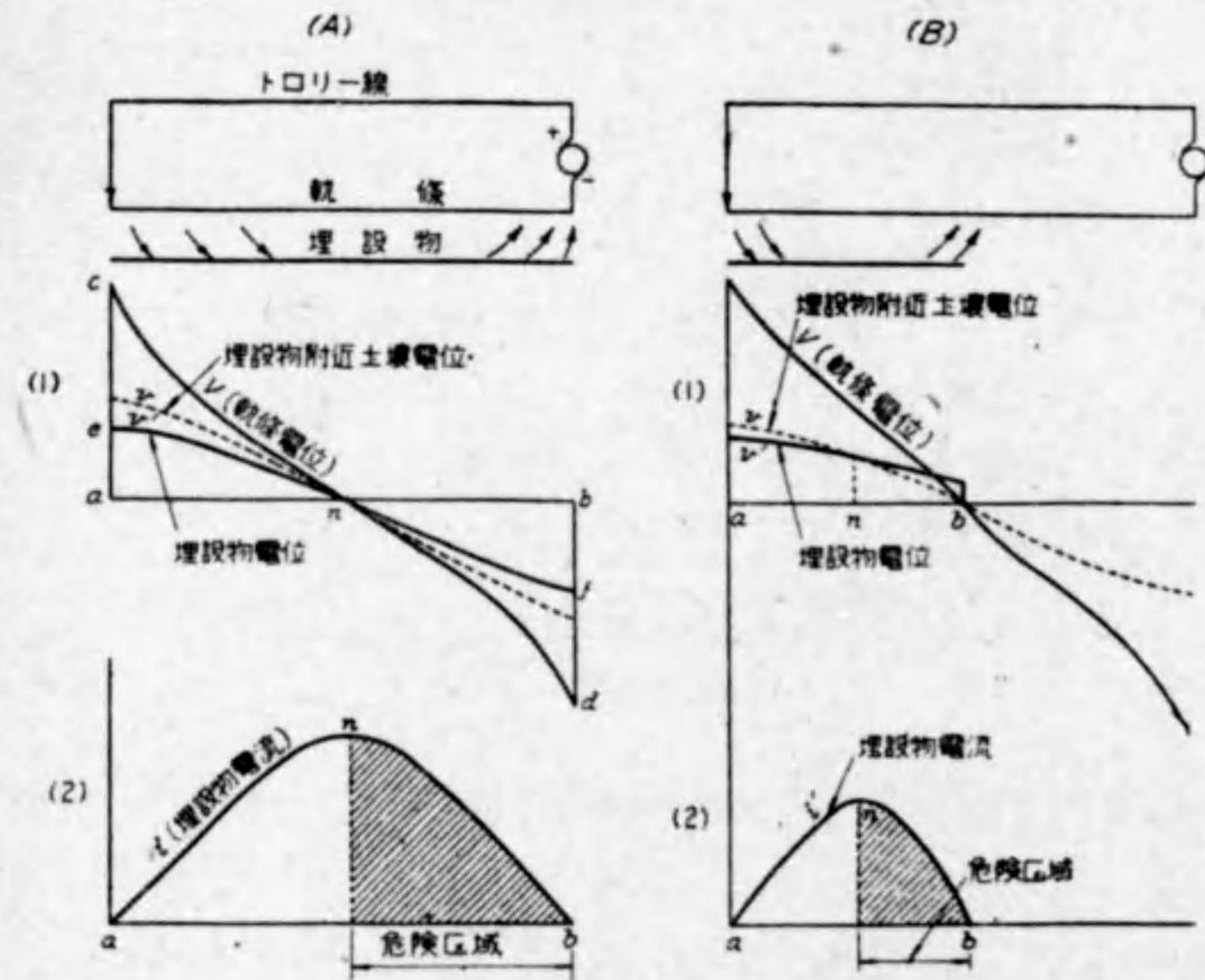
を要求するもので、此の際正極側及び負極側の發電容量が共に饋電區域の最大需要に比較して大なれば困難はないが、片側だけ夫の容量小なる場合には斯くの如き負荷状況では非常に困るであらう。尙架線の絶縁といふ事に對して特別の考慮を拂はねばならぬ不利がある。

第六節 電蝕危險區域 (第二章第一節參照)

電蝕の危險區域の發生は複雑せる地況に依り、又電鐵軌條と埋設物の關係位置に依り其の都度考案せねばならない。次に數箇の場合に就き説明を爲す。

第 49 圖は電車一臺、埋設物と軌條と平行せるときの危險區域を示し、第 50 圖は多數の電車あり負荷均一と認め得る場合、埋設物と軌條と平行せるときの危險區域を

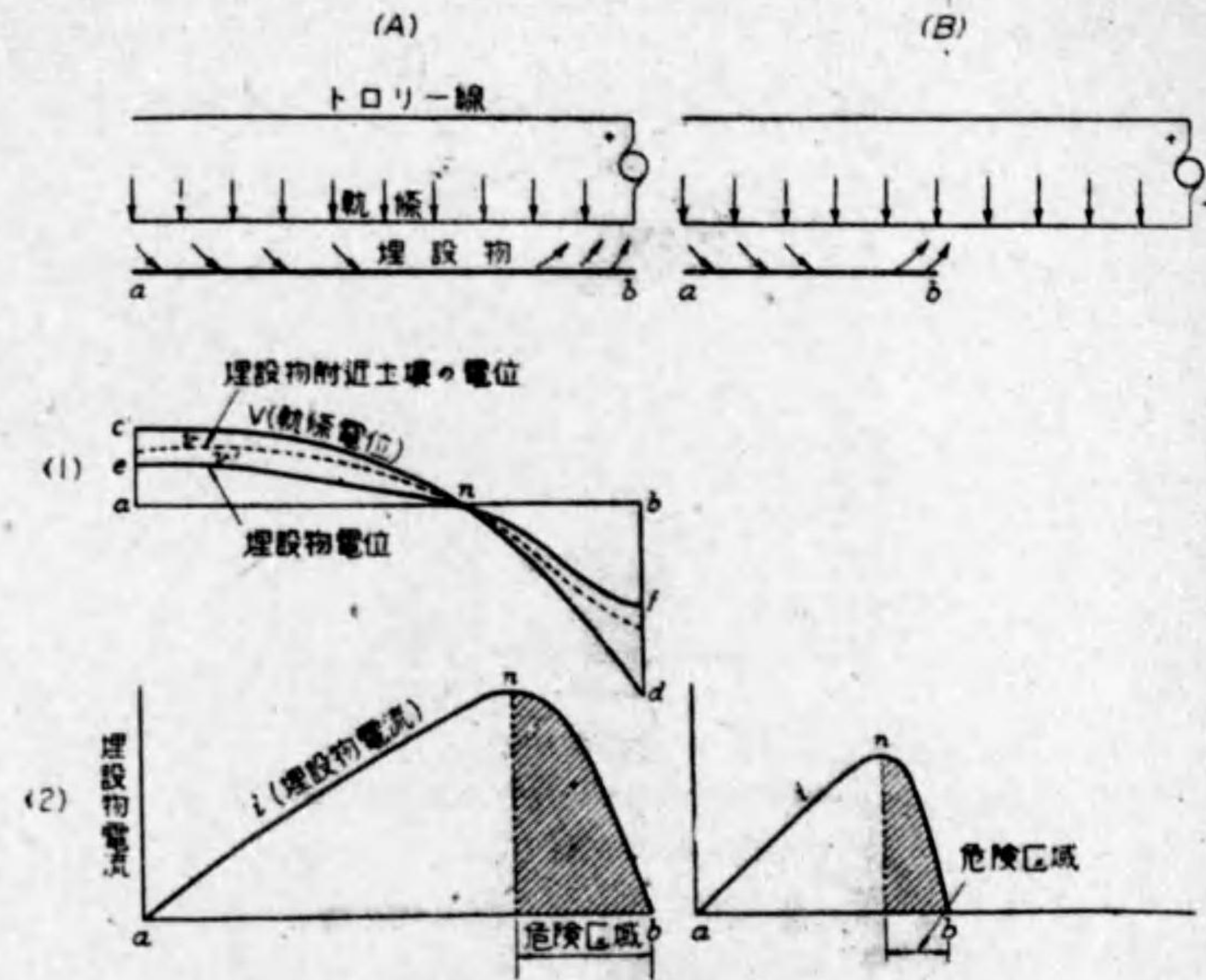
示す。第 51 圖は埋設物が特に軌條と接近する点のある場合の危険區域を示す。局部的に土壤の抵抗の小さい場所があつたとき、埋設物及び軌條の大地に対する漏洩抵抗の小さいところが局部的に存在する場合には之等の箇所で軌條と埋設物とが特に接近又は交叉すると同様の結果となり此の箇所で電蝕の惧を生ずる。第 52 圖は埋設物が軌條に直角にある場合の危険區域を示す。圖中實線は埋設物が變電所附近にあつたと



第 49 圖 電車一臺、埋設物と軌條平行の場合

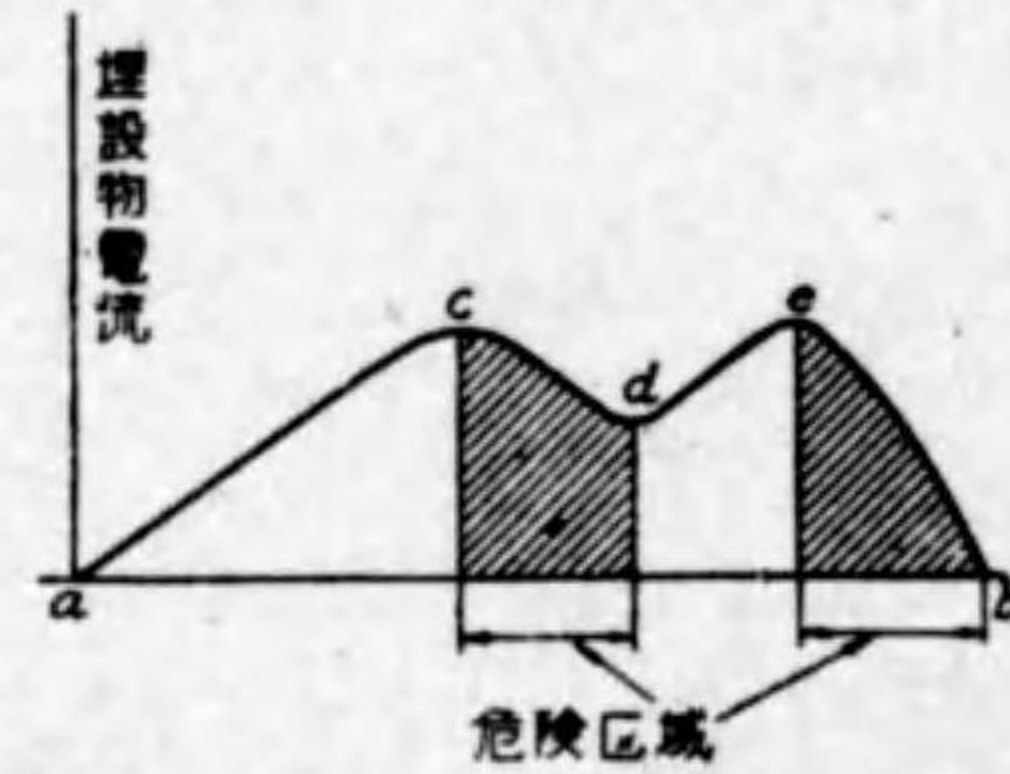
きを、點線は埋設物が負荷點附近にあつたときを示す。

埋設物の構造が網状をなしてある場合に就ては前述の簡單なる場合の組合せと考へて大略判断される。例へば埋設物網が負荷點附近にあつたものとすれば軌道附近で此の網中に電流が流れ込み、その電流の一部は軌道より遠ざかつた地盤より流れ出すため軌道より遠ざかつた部分にある埋設物が危険に曝されてある事になる。

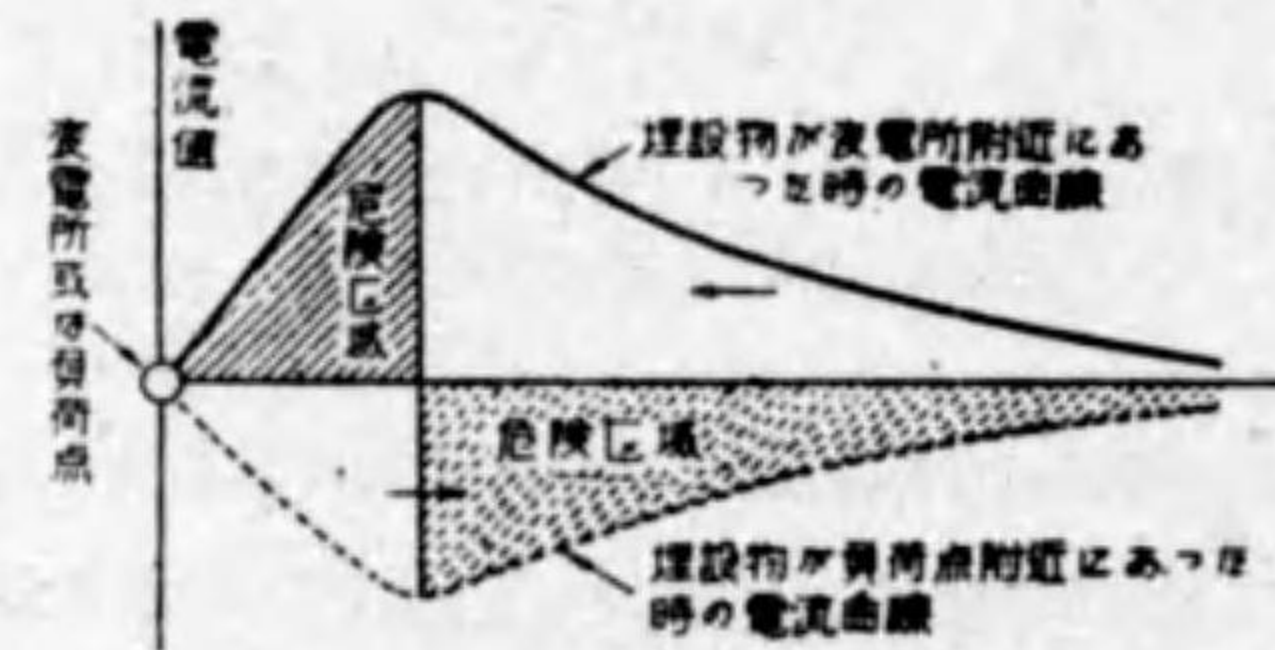


第 50 圖 多数の電車があり負荷均一と認め得る場合
(埋設物と軌條は平行なりとす)

以上は地下埋設物の危険區域に就て述べたのであるが、軌條自身も電蝕障害を受ける。而して軌條と埋設物間の電流授受の関係より電氣軌條の危険區域及び安全區域は埋設物の夫等と全く相反する事明瞭である。即ち變電所より遠ざかつた負荷點附近が軌條に対しては危険地帯となる。軌條より漏洩する電流の通路は直接軌條より枕木及びバラストを経て大地に流れるもの及び軌條より犬釘を経て漏洩するものがある。従つて此の電流による電蝕現象は軌條の底部及び犬釘の部分に發生する。第 53 圖は此の實例で鐵道省總武線船橋驛附近で發生した犬釘の電蝕である。この軌條の腐蝕電流は軌條の電壓及び漏洩抵抗の大きさによつて定まる。この場合の腐蝕電率は道床部分の濕潤状態に關係するが、一般軌道に於ては道床部分は比較的乾燥状態におかれてあるため、この電率は極めて小さい値をとるのが普通である。従つて軌條及び犬釘の電蝕



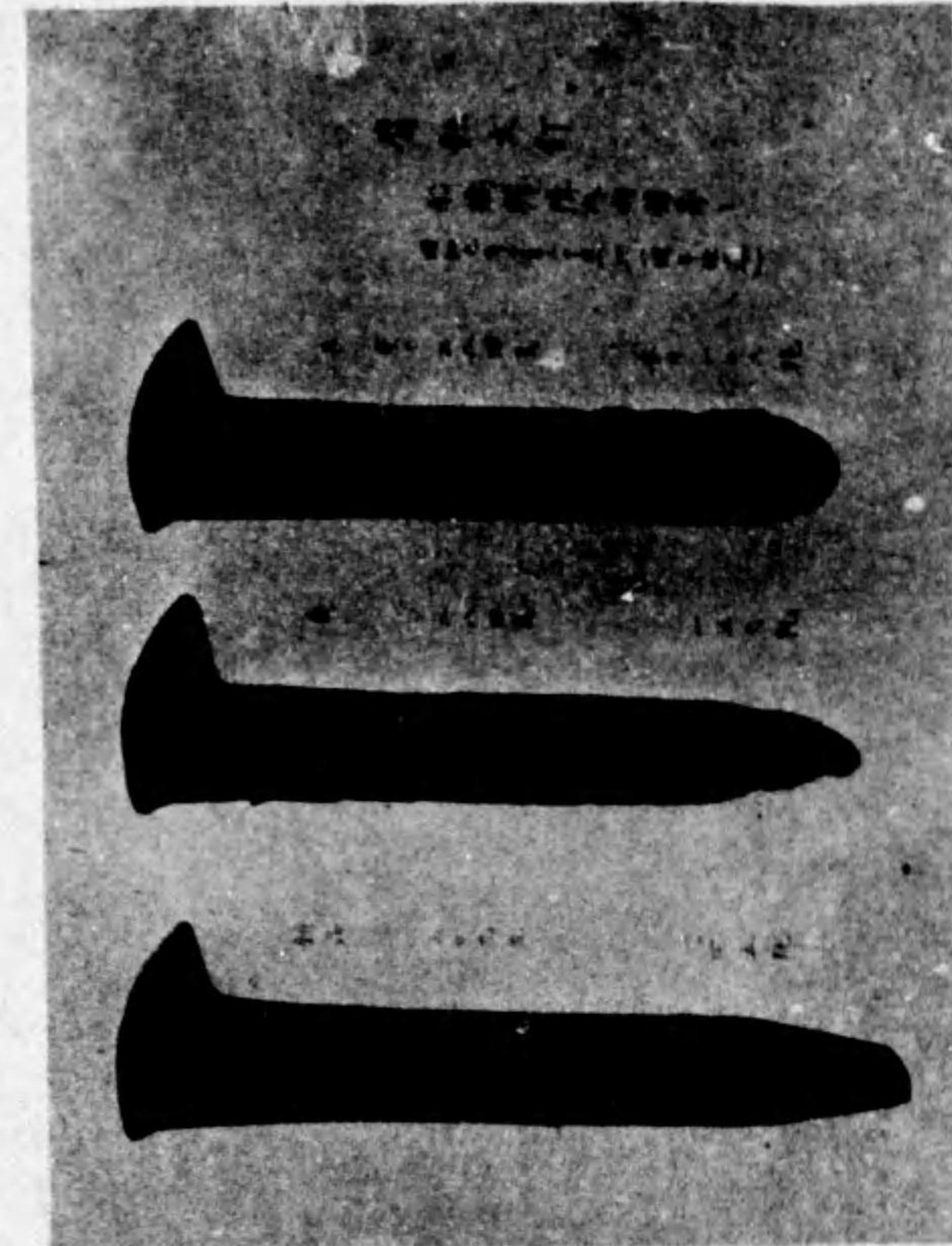
第 51 圖 埋設物が特に軌條と接近する点がある場合
(d 点を此の箇所と考ふ)



第 52 圖 埋設物が軌條に直交する場合の埋設物電流

は軌條漏洩電流より想像するほど大きなものでない。しかし隧道区間の如き特殊の湿润状態の所にて軌條電壓正電位にしてしかも高電位の場所では相當大きな電蝕現象を起す。

電線側で電蝕の被害を蒙るものは軌條及び大釘の外、これに接続されたる金屬體は等しく電蝕障害を受ける。即ち (a) 絶縁踏切部に於けるジャンパー線、(b) 埋設されたる陰極線電線、(c) インピーダンスボンド用リード線等がある。之等のものは裸

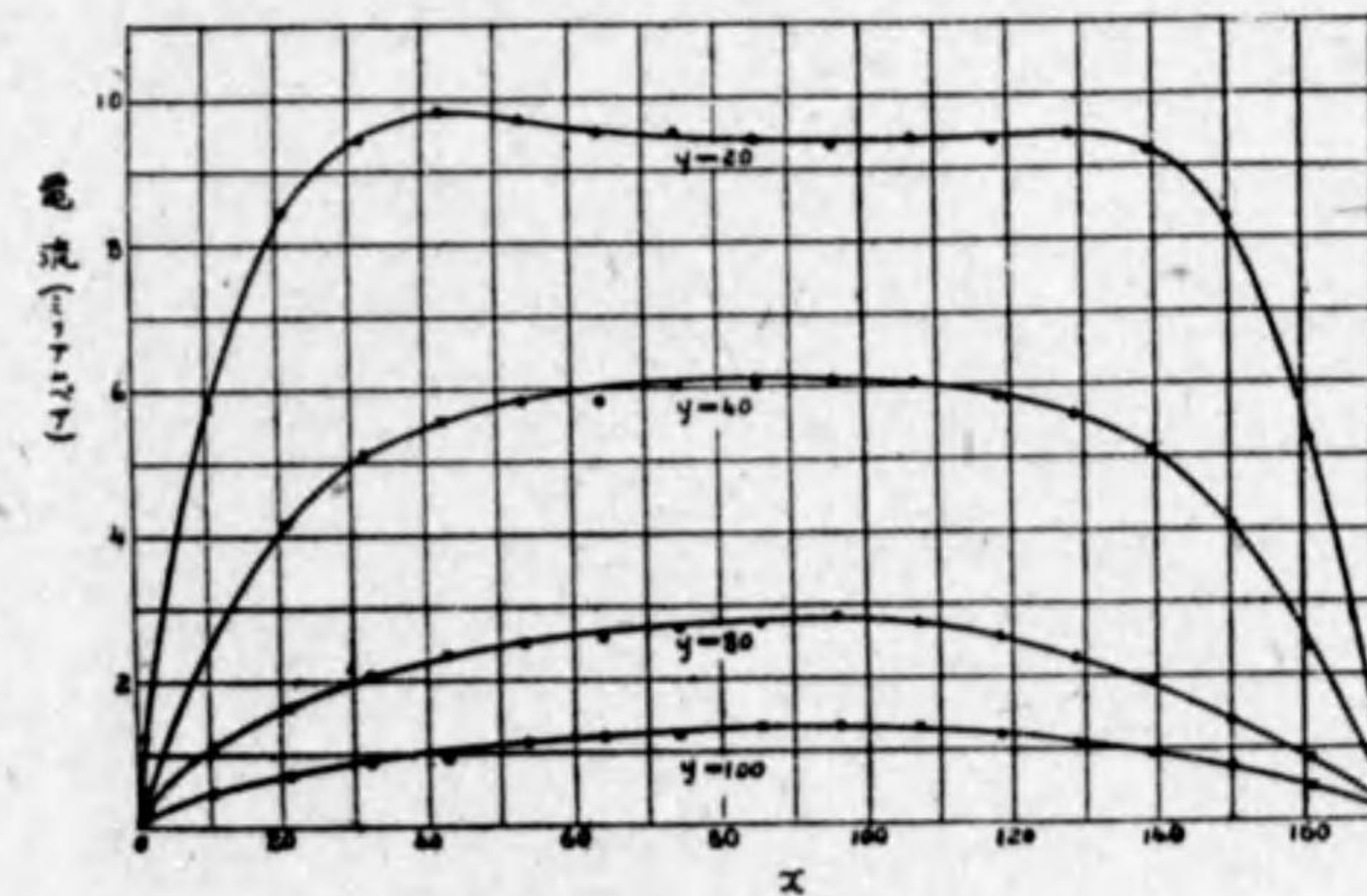


第 53 圖 電線軌條大釘の電蝕例
(鐵道省總武線船橋附近、昭和 9 年 10 月発見、電化前一年、腐蝕重量 25% 腐蝕品 309g)

線直埋せられたる場合腐蝕甚しき事勿論であるが、低濕地では第四種線にても直埋したる時は二三年乃至五年にて腐蝕せる實例あり、之等の腐蝕現象も亦軌條の正電位の場所に發生する事勿論にして、その部分は又之等金屬體に對しては電蝕上危險地帯に當る。

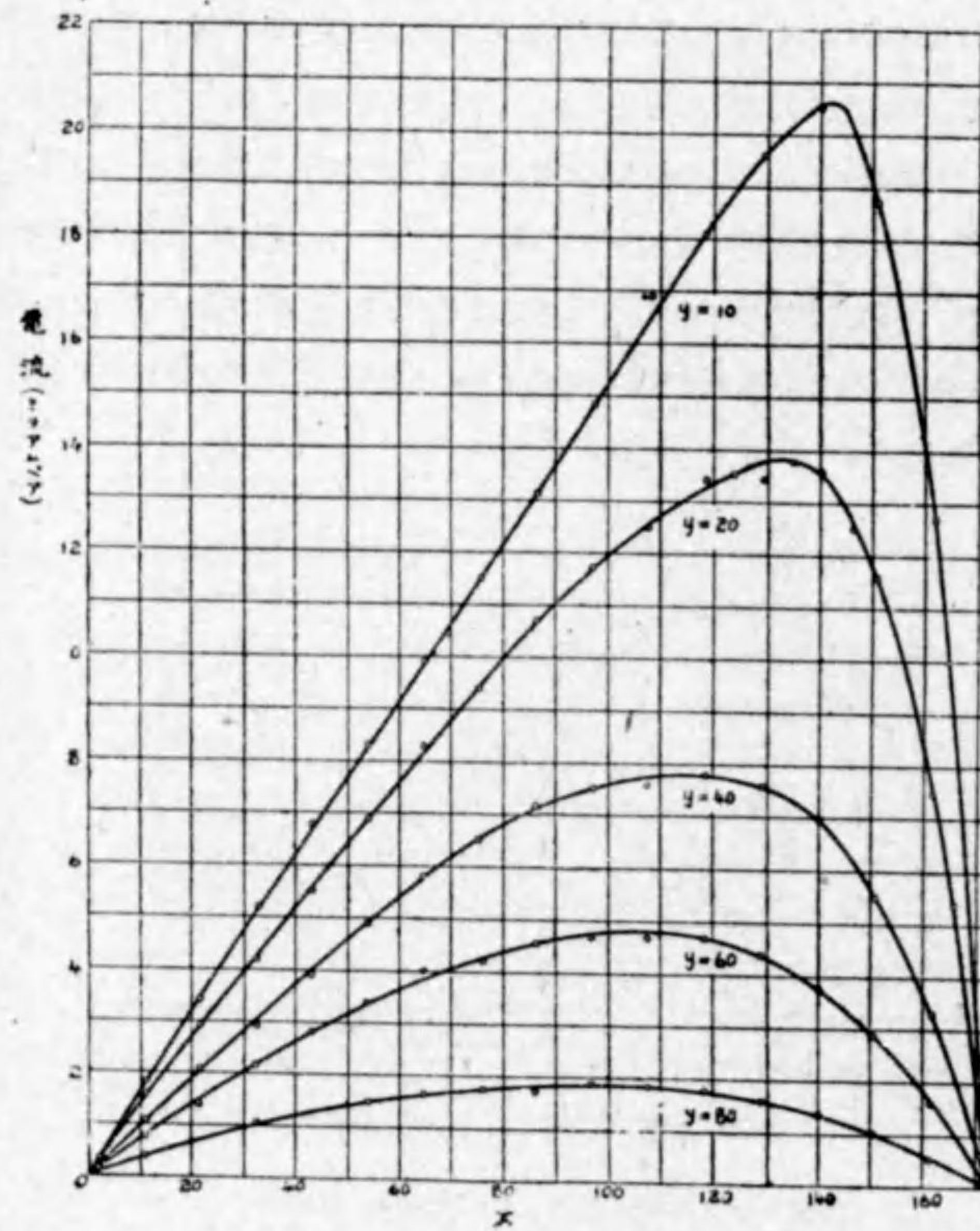
第七節 埋設金屬體に流るる漏洩電流

埋設金屬體に流れる電流は軌條より土壤中に漏洩せる電流の一部分である。依つて軌條側に於ける各種の條件例へば負荷の種類、負荷状態、軌條漏洩係數、軌條接地の有無、其の他一般に漏洩電流の大きさ及び分布状態を左右するものによつて埋設物中を流れる電流は影響を受ける。埋設物電流に影響を與へるものに又埋設物それ自體の各種條件がある。例へば埋設物の長さ、大きさ、構造及び其の電気抵抗の大小、埋設物表面絶縁の有無、絶縁接続又は排流施設の有無等である。尙軌條及び他の埋設金屬體間との相對的位置にも依る。従つて埋設物電流を考へる時は常に之等の諸條件を加味して考へる必要がある。



軌條からの距離と電流 (單一負荷, 實驗値)
第 54 圖 埋設物の電流

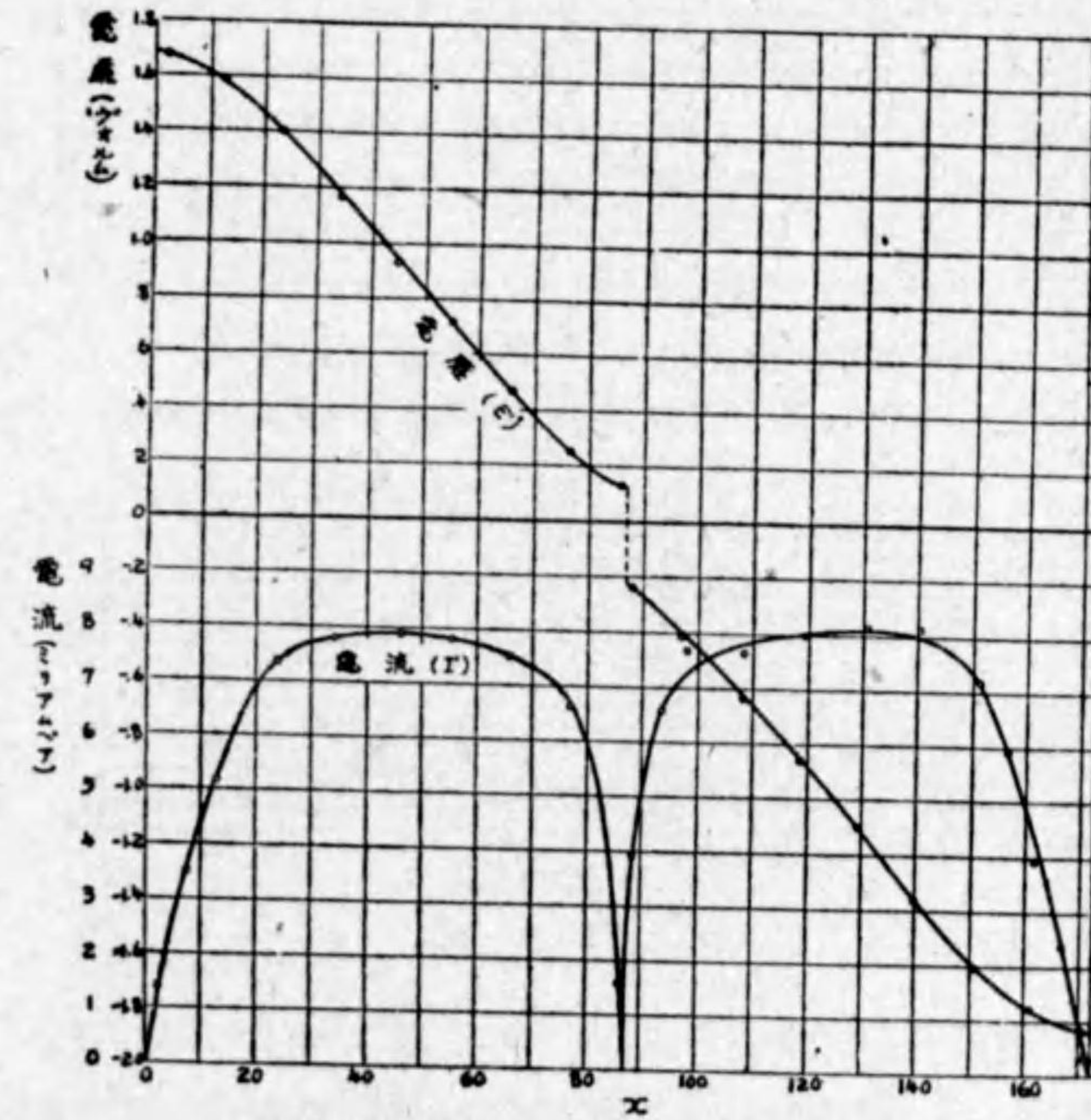
埋設物が軌條に平行にしてその長さが軌條の饋電區間に等しい時の埋設物電流曲線の形状を示す代表的なものを挙げると次の如くである。第 54 圖は單一負荷の場合で軌條の饋電區間の長さ $L=171$ の時軌條との隔りが $y=20, 40, 80, 100$ の夫々についての埋設物電流を示す。第 55 圖は均一負荷の場合で $x=171$ 點が變電所の位置に當る。これ等の曲線から判る事は軌條からの隔りが大きくなると電流の數値を變化するとともにその曲線形状を異にする點特に注意すべきである。ここに示した結果は模



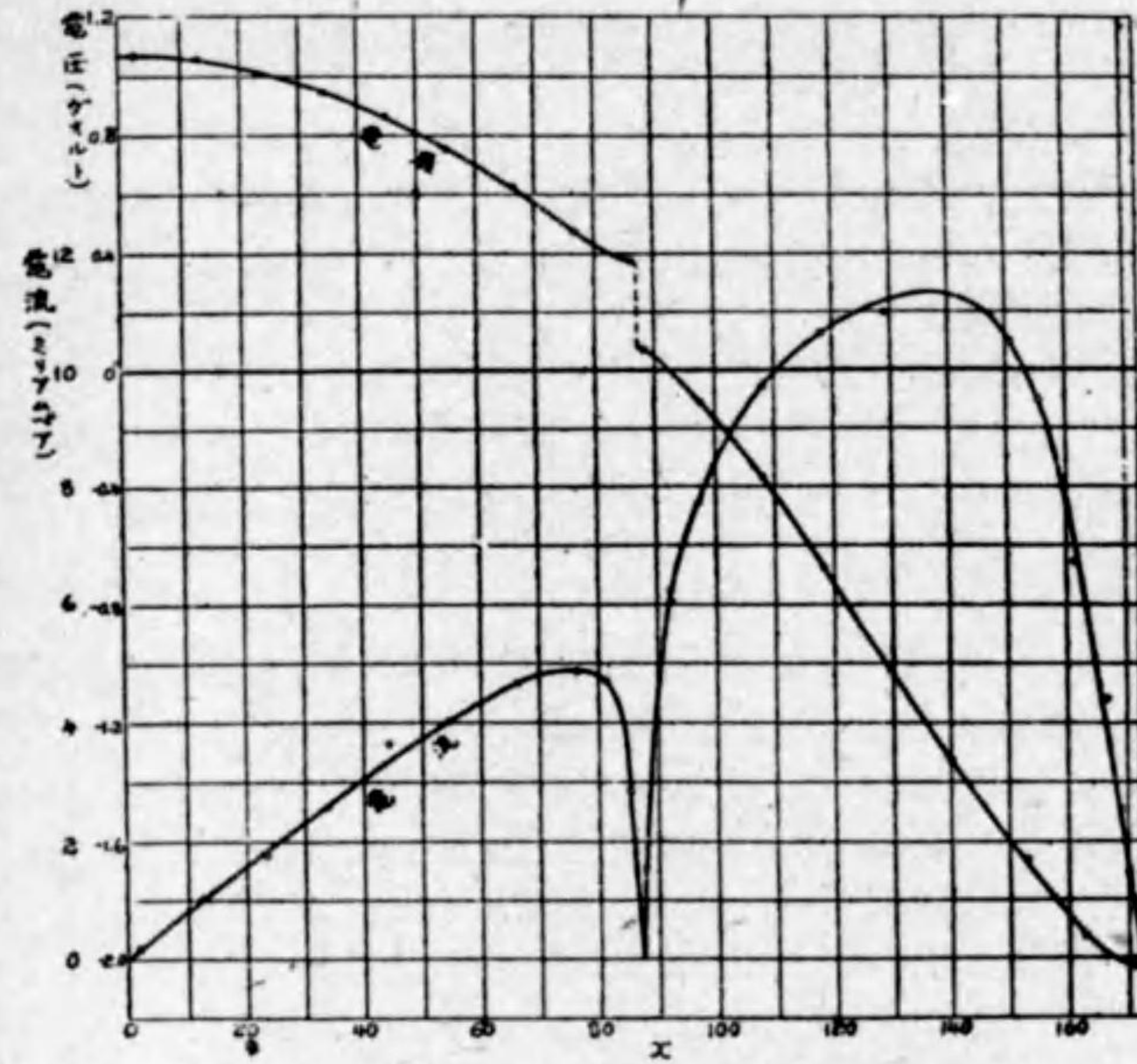
軌條からの離隔と電流 (均一負荷, 實驗値)
第 55 圖 埋設物の電流

型實驗より求めた結果である。第 56 圖及び第 57 圖は埋設物をその中點にて切斷した時の結果を示す。

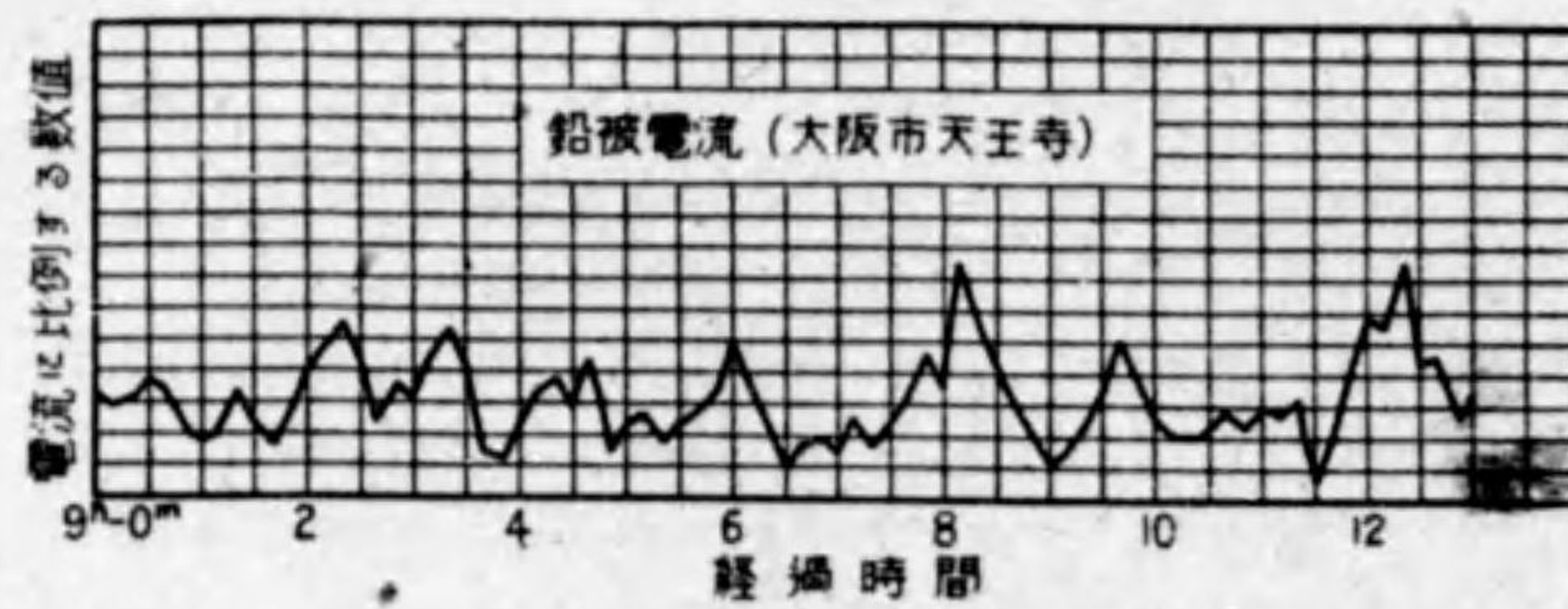
次に實測例を示す。下記のは省線城東線 (大阪市) 電化に伴ひ軌道に殆ど平行せる地下通信ケーブルに就てその電流を實測したもので、第 58 圖は地下埋設金屬體を流れる電流の時間的變化狀態を示したものである。これ等の電流を埋設物の各點で測定し、その平均値を求め曲線に表したのが第 59 圖である。圖は右方向の電流を示したものである。この電流曲線の形状及び大きさをみて埋設物の電蝕に對する危險の有無及びその程度を知る事が出来る。第 59 圖中 1 より 9 に至る各測定では單に電流増加するのみであるが 9 より 11 に至る測定ではこれ等の電流の大部分が流出し



埋設物切斷箇所 $x=86$ (單一負荷, 實驗値)
第 56 圖 埋設物の電壓及び電流



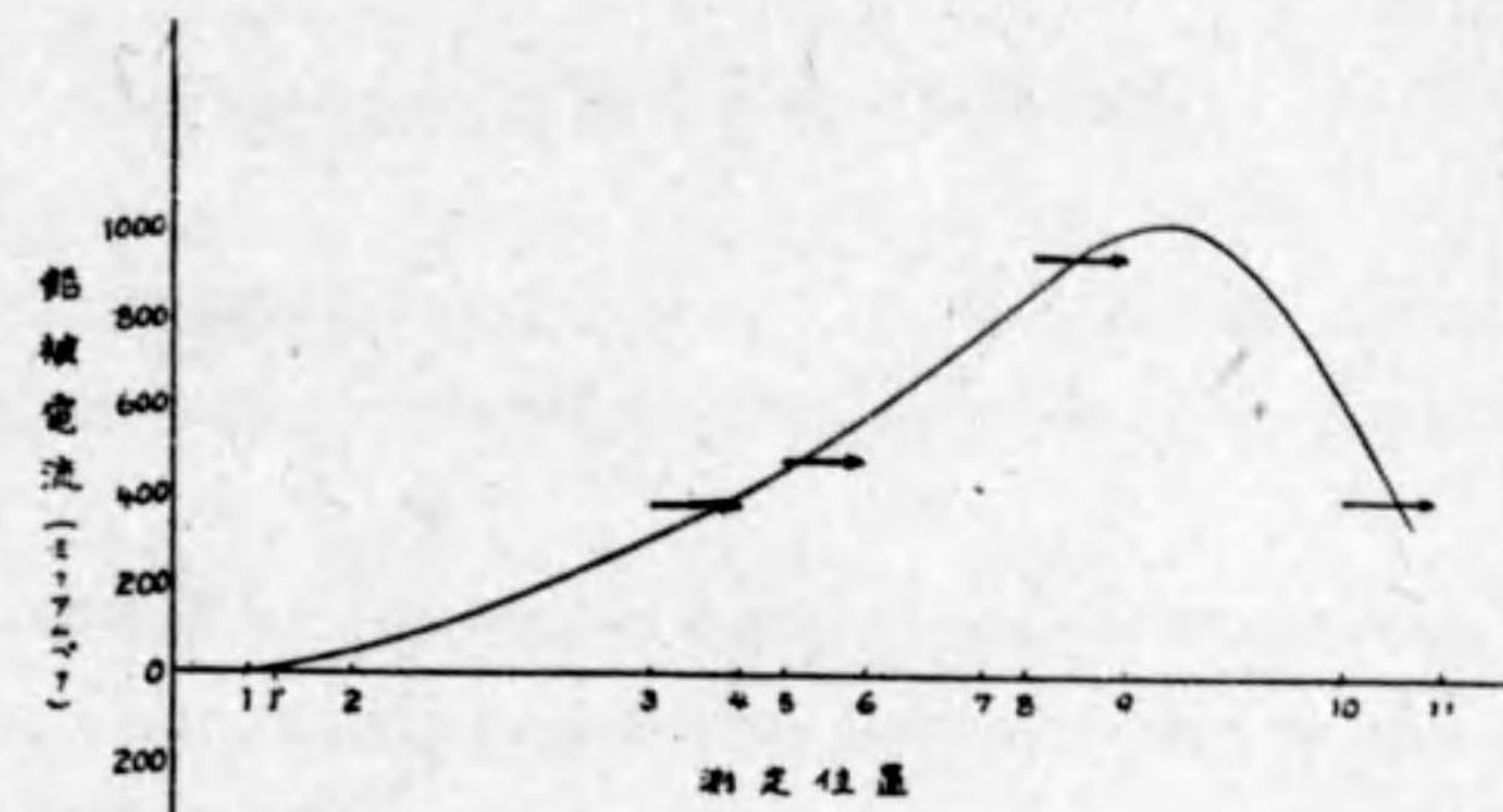
埋設物切断箇所 $x=87$ (均一負荷, 實驗値)
第 57 圖 埋設物の電圧及び電流



第 58 圖

てゐる事が判る。即ち此の測定から 9 より 11 に至る区間は電蝕危険区域である。

此處に示した例は埋設物の或る點では單に周囲の土壤より電流が流れ込む場合又は流れ出す場合といふ様に判然と區別された場合であるが、一般には同一箇所に於て或



第 59 圖 鉛被電流 (大阪市天王寺に於ける實測)

る瞬時には流れ出すが或る瞬時には流れ込む。又一方より流入して他の方向より流出する場合もある。此の場合には流れ込む時は電蝕には関係ないものとして除外し、流れ出すもののみ積算して電蝕電流量として考へるべきである。但し正負になる頻繁度に對しては別にその周期を考へて早い時は腐蝕能率を減少せねばならない。

各種多數の埋設物が同一箇所に埋設された場合は相互間に電流の授受を行ふ場合がある。一般に電線に近い部分に或る埋設物があると遠方にある埋設物を保護するといふ様に働くものである。

第四章 電蝕調査に必要な測定法並に測定器

第三章第二節記載の様に激しい変化をする電車電流に依つて生ずる漏洩電流も亦之と類似の變動をするから之に對する測定方法は相當に複雑であつて充分の研究を必要とする。

變化極りなき電鐵負荷も仔細に吟味すれば或る一定の基準に従つてゐる事が判る。即ち一定の運轉ダイヤに據り電車の發着及び電車の間隔は略規則正しく行はれてゐるのであつて、従つて負荷の變動は瞬間的には甚しくても一定時間毎に略同一状態を繰返すことになる。

漏洩電流に依る電蝕の諸測定には上述の點を考慮して一定時間繼續して一測定を行ふ事が必要である。其の所要時間は電車の運轉ダイヤに依り決定すべきであつて通常運轉回数の多い電鐵に關しては約5分、輸送量少き郊外電車等では20分以上を要する。

漏洩電流に依る障害は電氣分解作用に基くものであるから埋設體の電蝕の程度は之より流出する電流の積算量に依るものである。従つて上記の電蝕測定を爲すに當つては測定時間を記録し、電鐵負荷の1日中並に1ヶ年間の變動状態を調査し1ヶ年間の影響の程度を推定する事が必要である。

今一般的に調査すべき事項を掲記すれば次の如きものがある。

(1) 漏洩電流の分布

埋設體内及び單線式電氣鐵道露線（以下單に軌條とす）内電流

(2) 電位の分布

埋設體及び軌條對大地間電位差、埋設體對軌條間及び埋設體相互間電位差

(3) 附近の地勢

大地の乾濕、周圍土壤及び地下水の固有抵抗並に化學的性質、其の他一般地勢

(4) 埋設體の位置

軌條及び變電所並に他の各種埋設體との相互位置關係

(5) 埋設體の種別及び構造並に大地に對する漏洩抵抗

(6) 電氣鐵道の施設

饋電方式、露線構造、負荷状態、軌條漏洩抵抗其の他露線の保守状況等

第一節 電氣鐵道に関するもの

1. 軌條對大地電位差

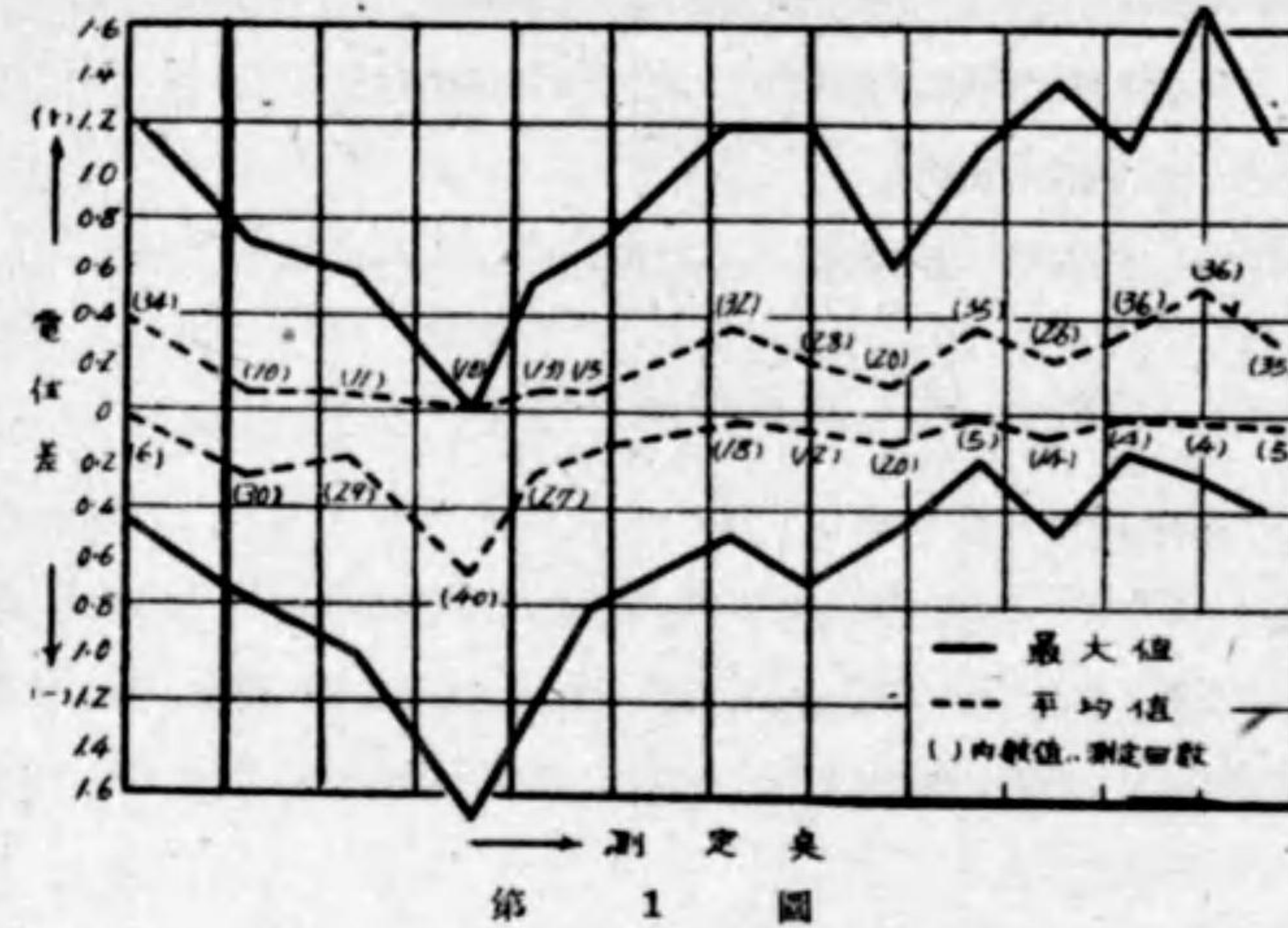
軌條の大地に對する電位差は負荷の分布が軌條に沿うて均一であれば第三章第14圖の如き状態となるべきである。然しながら前述せる如く負荷の變動に伴つて瞬間的には軌條電壓にも相當の變動があるのが普通であるから電位差の測定に當つては測定方法に注意を要する。

一般に採用されてゐる測定方法は記録電壓計又は指示電壓計に依るものである。記録電壓計を使用する場合は測定時間中の電位差を記録せしむれば足るが、指示電壓計を使用する時は數秒毎（普通5~20秒毎）に計器の讀をとる事が必要で従つて一測定事項につき多數の測定記録が得られる事になる。

此の測定記録の整理には十分なる注意を要する。漏洩電流に對し危險區域となるは一般に軌條の大地に對する電位が負となる場所であることは前述せる所であるが、實際に電車の運轉時には此の電位差の變動甚しきは勿論、場所に依つては正負の符號を變へる程度に迄變動する。斯様な時に正負の區別を無視して測定記録を平均したものは電蝕障害の判定資料としては適當でないことは勿論であるが、正負の別を考へ代數的に平均した値も漏洩電流に對する正しい認識を興ふるものではない。最も合理的なる整理方法と考へられるのは正のみの測定値と負のみの測定値とを各々別々に平均する事であつて、其の平均値には夫々正又は負の方向に現れたる測定回数を附記すべきであつて、斯くの如き整理方法に依る一例を示したのが第1圖である。

2. 軌條電流

軌條電流を直接に測定するにはボンド及び欄目板を取除いて其の間に電流計を挿入



すれはよいが此の方法は多くの手数を要し且電車の運轉に對し障害となる。一般には間接法が採用され其の最も普通な方法は軌條の電気抵抗を測定するか又は他の方法で豫め知つて置き軌條數米間の電位差を電壓計に依つて測定し

$$I = \frac{V}{r} \quad (V \dots \text{電位差}, r \dots \text{軌條抵抗})$$

に依つて軌條電流を求めらるるのである。電車の運轉時に電壓計の兩端子を軌條に接続するには相當の困難を伴ふ場合が多いので第2圖に示す如き鋭き尖端を有する鐵棒を軌條の側面に相當の力を以て押し着ける方法が採用されて居る。



第 2 圖

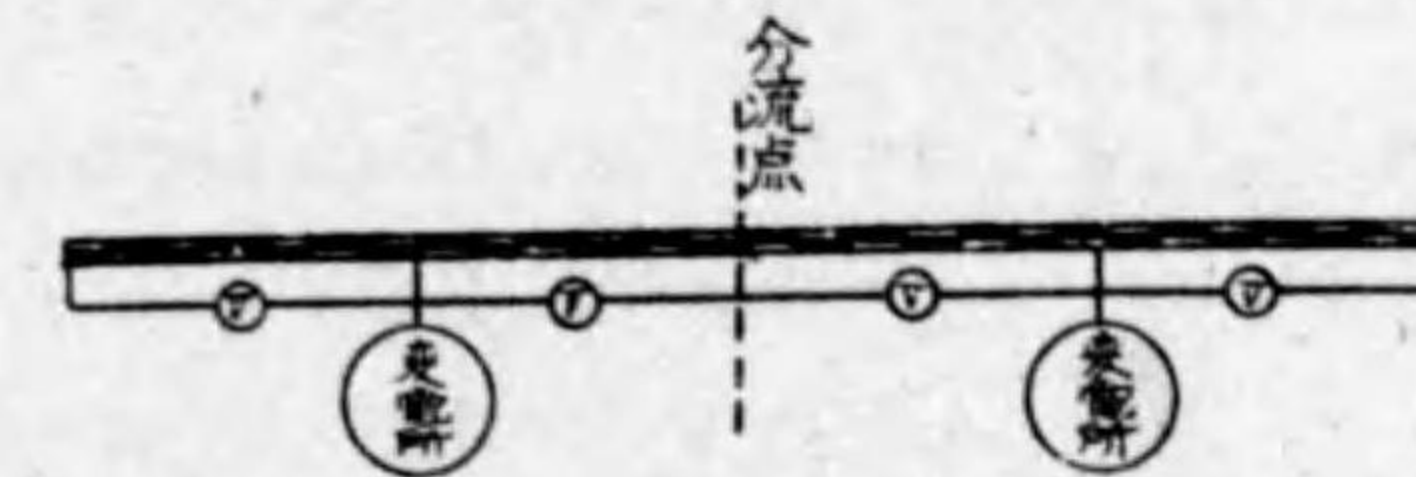
電流の一測定に要する時間並に測定回数、測定結果の整理方法は電位差測定の場合と同一であつて、電流にありては變電所又は負饋電點に向ふものを正の方向と定め置き反對方向に向ふものを負と定めるのが普通である。

歸線の全電流を知るには各軌條の電流の外これと平行に電氣的に接続される絶縁路

線、補助線等を流れる電流をも知ることが必要である。斯様にして全線に沿ふ電氣歸線の電流を測り相隣る二測定點に於ける値の差を採り此の兩點間に於ける漏洩電流の大きとするは各軌條電流が必ずしも平衡して居ないことや其の他の理由に依り相當大きな誤差を生ずるので、各軌條其の他の歸線の電流を残りなく精密に測定せる場合の外は測定電流値から直に漏洩電流の大きさを算出するは十分なる注意を要する。

3. 歸線電壓降下

歸線の施設狀態が漏洩電流を抑減する事に對して良好であるか否かを知るには軌道床の漏洩抵抗の外に歸線内電壓降下を知ることが必要である。電氣工作物規程本則第

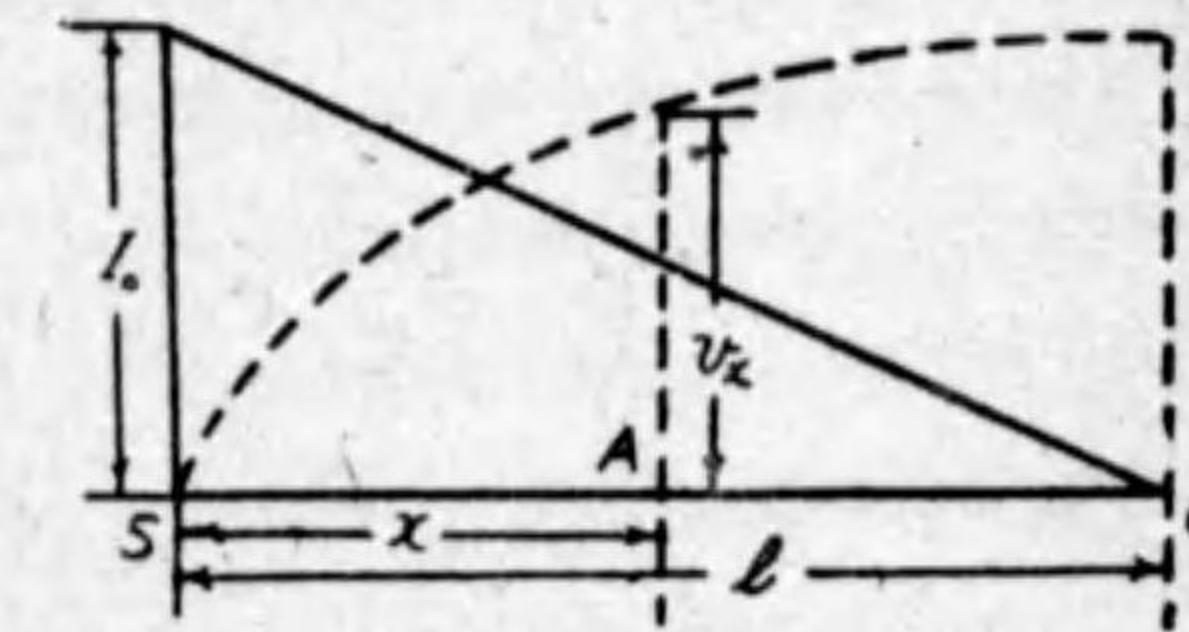


第 3 圖

165 條及び第 166 條に規定せられてゐる記録電壓計に依る測定も此の趣旨に基くものである。此の場合には第3圖に示す如く歸線内

に起る最大電位差を記録するのであつて、同一測定を毎日繰返してゐるから其の記録に依つて電車歸線の電氣的接続狀態が劣化する有様を知ることが出来る。

負饋電線を多數設け抵抗器又は負極昇壓機を以て負饋電線内の電壓降下を補正して軌條負饋電點の電位を夫々相等しからしむる所謂等電位饋電方式に於ては前述と同様の理由に依り二負饋電點間の分流點及び負饋電點間の電位差を測定するは勿論負饋電點相互間の電位差をも測定することが必要である。



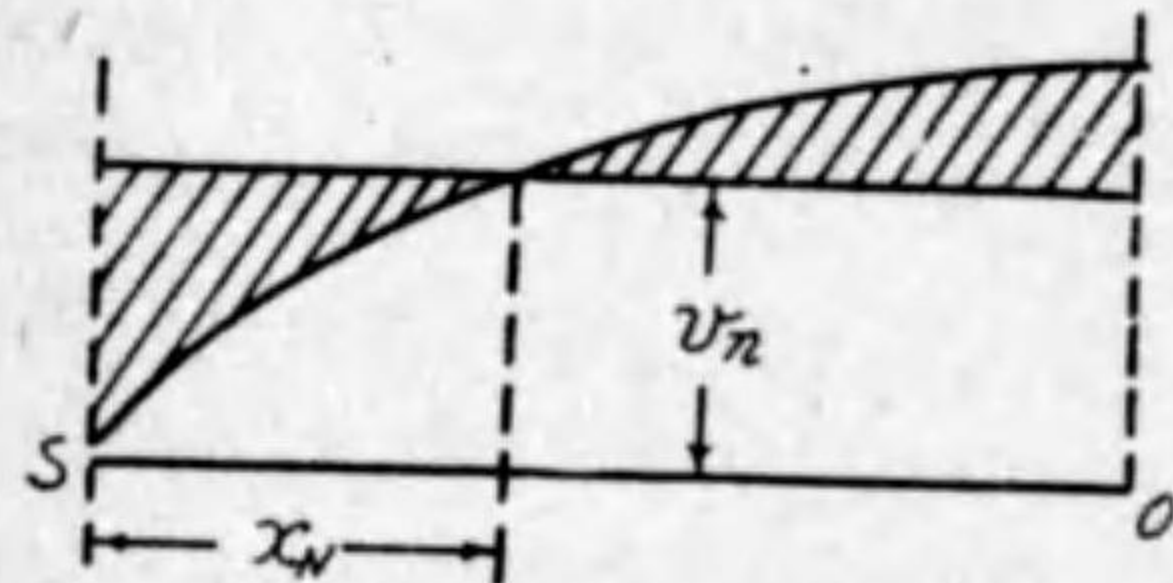
第 4 圖

4. 定電流試験による測定

文化の發達と共に都市及び其の近郊に於ては電氣鐵道と地中金屬體との接近關係は益々複雑化し漏洩電流に依る電蝕障害の問題も之に伴つて複雑となる。殊に電氣鐵道

の経営者が一事業者のみに止らない時は地中金属體中の漏洩電流が主として何れの電氣鐵道よりの影響なるかを判定するに困難を伴ふ場合が多い。又一事業者のみの電氣鐵道であつても其の施設が複雑してゐれば何れの部分からの影響が最も大なるかを知ることが電蝕防止上是非共必要である。之の解決を電氣鐵道の運轉時に於て行ふ爲種種の研究がなされてゐるが未だ完全なものがない。従つて一般には電氣鐵道の運轉終止後の深夜間に特に試験の爲問題の軌條區間に一定電流を通じて測定を行つてゐる。此の定電流試験は運轉時に於けるが如き負荷の変動なく測定を正確に行ふ事が出来る便利がある。測定方法は前述の運轉時に於けるものに倣つて行へば差支がない。

定電流試験に於ては軌條電流を運轉時に於けるものと類似の分布状態にする事は不



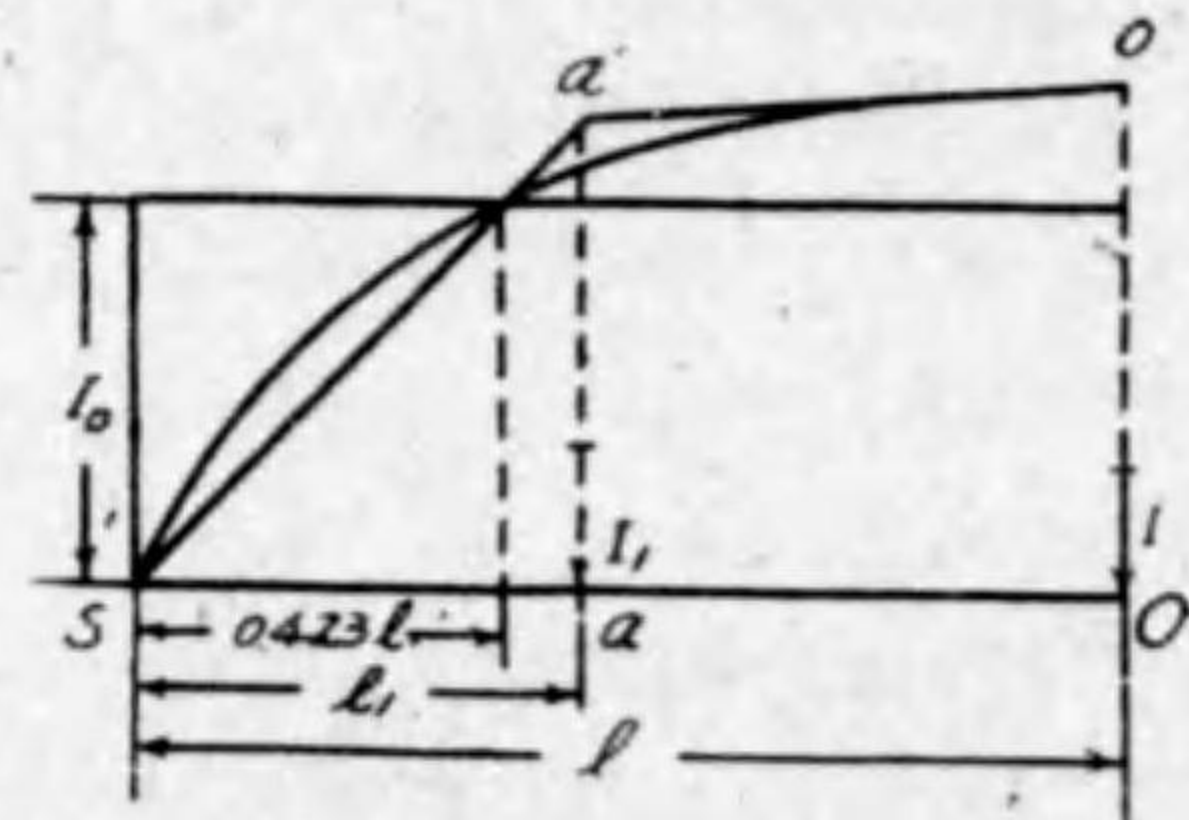
第 5 圖

可能であるから一般に試験區間に單一の電流を通じてゐる。従つて軌條對大地電位差の分布状況も運轉時と異り漏洩電流分布にも變化あることとなる。軌條對大地間の電位差を運轉時のものと類似の分布となせば漏洩電流の状況も亦運轉時と類似の分布となる。然し運轉時に倣ひ軌條に均一に負荷を

與へる事は實際上不可能であるから之に出來得る限り近からしむる爲には負荷點を増加すべきである。第 6 圖は單一負荷の代りに電流負荷點を 2 とせる場合の軌條對大地間の電位差分布を示すものであつ

て、負荷點を一つ増加する事に依つて漏洩電流の狀態は著しく實際に近づけ得ることが明にせられてゐる。

今此の場合の電流算出方法を説明すれば次の如くである。第 4 圖にて S を變電所、O を終端、A を S より距離 x の點とし、軌條は均一に負



第 6 圖

荷せられてゐるものとする。I₀を全饋電流、iを軌條への負荷電流密度、rを歸線の抵抗(オーム/km)とし AS 間の電位差を V_x とすれば次の關係がある。

$$\begin{aligned} V_x &= i \left(l - \frac{x}{2} \right) \times xr = ir \left(l - \frac{x}{2} \right) \\ &= I_0 r \left(x - \frac{1}{2} \frac{x^2}{l} \right) \end{aligned}$$

此の電壓降下を表す曲線の中性點を求むるに先づ V_x に依る SO 上の面積は

$$\begin{aligned} \int_0^l V_x dx &= I_0 r \left[\frac{x^2}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{x^3}{3} \right) \frac{1}{l} \right]_0^l \\ &= I_0 r \left(\frac{l^2}{2} - \frac{l^2}{6} \right) = \frac{1}{3} I_0 r l^2 \end{aligned}$$

従つて平均電位差は

$$V_n = \frac{1}{3} I_0 r l$$

今中性點の位置を S より x の距離とすれば

$$\frac{1}{3} I_0 r l = I_0 r \left(x - \frac{l}{2} \frac{x^2}{l} \right)$$

となり、ついで

$$x^2 - 2lx + \frac{2}{3}l^2 = 0$$

$$x_n = l \pm \sqrt{l^2 - \frac{2}{3}l^2} = l \left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \right) = 0.423l$$

即ち $x = 0.423l$ なる點に中性點を生ずる。

今試験の便宜上軌條の終端と變電所饋電區間の中央の二箇所に於て夫々 I 及び I₁ なる電流を饋電することとし

- (1) 實際の電壓降下曲線に依る面積と等面積なること
- (2) 中性點の位置を變へざること

の 2 條件の下に必要な供給電流を算出すれば次の如くである。

全電壓降下 = (I + I₁)r

軌條中央と S 間電壓降下 = (I₁ + I₁)r

而して SOO'a' の面積は

1/2 l₁(I₁ + I₁)r + 1/2 (l - l₁) × (I + I₁l₁ + I₁ + I₁)r
= r/2 ((I₁l₁² + l² - l₁²) + I₁[l₁² + 2l₁(l - l₁)]
= r/2 [I² + I₁(2ll₁ - l₁²)]

従つて平均電位差は

r/2 [I + I₁(2ll₁ - l₁²)]

依つて上記の條件を満足する爲には

r/2 [I² + I₁(2ll₁ - l₁²)] = 1/3 I₀rl² (1)

r/2 [I + I₁(2ll₁ - l₁²)] = 0.423 lr(I + I₁) (2)

∴ 0.423 l²r(I + I₁) = 1/3 I₀rl²

I + I₁ = 1/3 I₀rl² / 0.423 l²r (3)

又 (1) 式より

I² + I₁(2ll₁ - l₁²) = 2/3 I₀l²

I + I₁(2ll₁/l² - l₁²/l²) = 0.667 I₀

l₁/l = k とすれば

I + I₁(2k - k²) = 0.667 I₀ (4)

(3) - (4) I₁(1 - 2k + k²) = 0.121 I₀

I₁ = 0.121 / (1 - k)² I₀ (5)

今 a を區間の中央とすれば

I₁ = 0.121 / 0.25 I₀ = 0.484 I₀ (6)

但し k > 0.423

又 I = (0.788 - 0.484) I₀ = 0.304 I₀ (7)

即ち軌道の終端及び饋電區間の中央に於て供給すべき電流は

軌條の終端に於て 全電流 × 0.304

區間の中央に於て 全電流 × 0.484

とすればよい。

5. 軌道床の漏洩抵抗

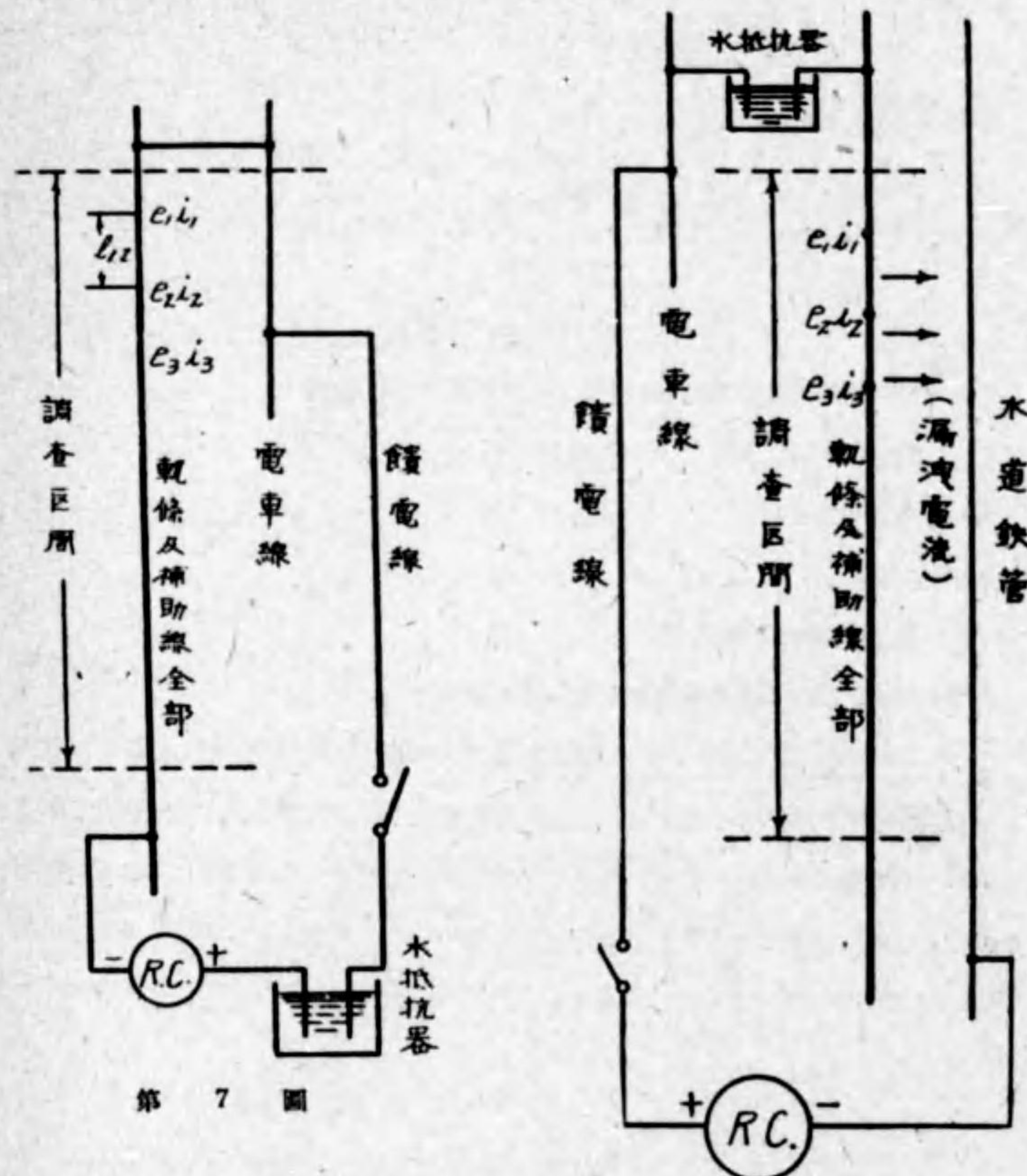
軌條の大地に對する漏洩抵抗の測定法には種々ある。

a. Differential Method 豫め調査區間の終點に於て電車線と軌條とを接続して置き水抵抗器其の他の装置に依り低電壓定電流の直流を第7圖の如く饋電し軌道に沿ひ十數箇所に於て軌條電流、軌條の對地電位差を測定し二測定點に於ける電流の差を知れば之は該區間に於ける漏洩電流であるから此の電流を以て軌條大地間電位差を除すれば漏洩抵抗を知ることが出来る。而して一般に漏洩抵抗算出には次式が用ひられてゐる。

ρ = (e₁ + e₂) / 2 × 1 / (i₁ - i₂)

測定結果の誤差を少からしむるには軌條に通ずる電流を大きくして之に依つて對地電位差を大ならしむることが必要であるが一般には電流値は設備の都合上餘り大に出来ない場合が多い。

軌道と殆ど並行して水道管等が布設せられてある場合には其の管理者の承諾を得て第8圖に示す如き接続に依り測定する事が出来れば電流が大きくなつても測定結果が正確となる利點がある。此の場合に於ける測定方法は上述の場合と全く同一である。

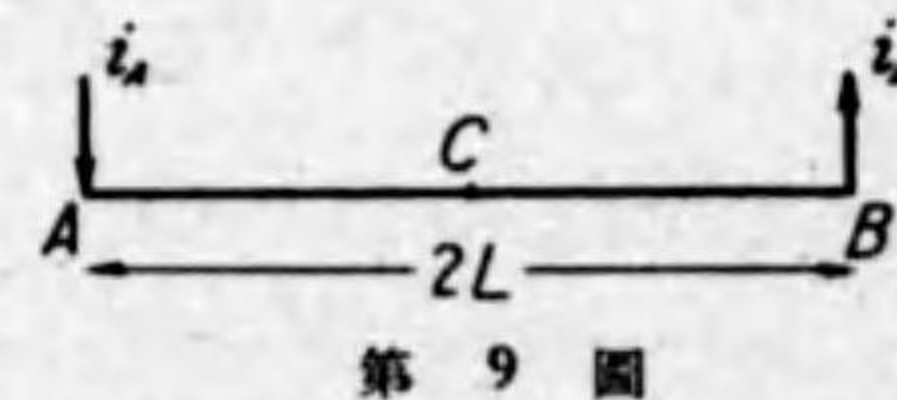


第 7 圖

第 8 圖

b. Kennelly 其の他の計算式に依る方法

(1) Kennelly の方法



第 9 圖

測定區間を AB とし、今

$i_A = A$ 又は B に於ける電流

$E_A = A$ 又は B に於ける大地に對する電位差

$2L =$ 軌道 AB の全長

$1/g =$ 軌道單位長の漏洩抵抗

$r =$ 軌道單位長の抵抗

$i_n =$ 軌道の中央 C に於ける電流

とすれば

$$i_A = \frac{E_A}{r_0} \coth \theta \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{但し } r_0 = \sqrt{r/g} \quad \theta = L \times \sqrt{rg}$$

を以て表すことが出来る。又

$$i_n = \frac{E_A}{r_0 \sinh \theta}$$

従つて

$$\frac{i_A}{i_n} = \cosh \theta = \cosh(L\sqrt{rg}) \dots\dots\dots (2)$$

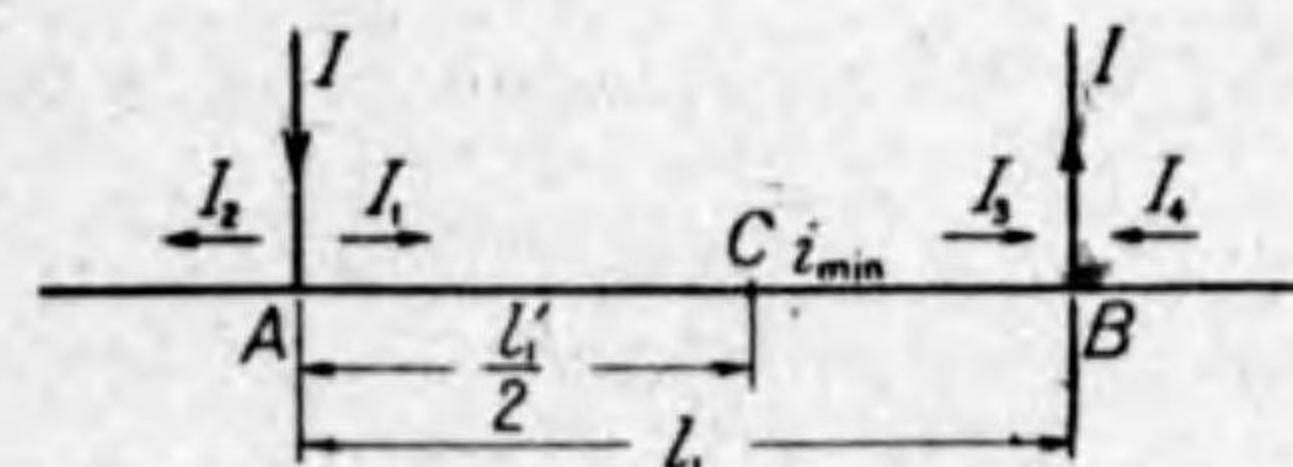
又

$$E_A = i_n \sqrt{\frac{r}{g}} \sinh(L\sqrt{rg}) \dots\dots\dots (3)$$

測定に依つて i_A , i_n 及び E_A を知れば (2) 式から \sqrt{rg} を、又 (3) 式から $\sqrt{r/g}$ を知ることが出来るので兩式から r 及び g を別々に知ることが出来る。

(2) 測定區間が軌道の一部分なる場合

近似値 以上は軌道の全長に一定電流を通じて測定した場合であるが、漏洩電流の測定區間が第 10 圖の如く全互長の一部分であつて測定區間の兩側に延長せる場合には計算が相當に複雑になるが、漏洩係數は次式 (1) 及び (2) に依つて近似的に算出することが出来る。



第 10 圖

$$\alpha = \frac{1}{\left(\frac{l_1}{2}\right)} \cosh^{-1} \left(\frac{I_1 + I_3}{2} / i_{\min} \right) \dots \dots \dots (1)$$

此の場合に於て i_{\min} は測定区間 l_1 中の最小軌條電流である。

次に測定区間中の最小軌條電流 i_{\min} を生ずる位置を C とし A よりの距離を $l_1/2$ とすれば

$$\alpha = \frac{1}{\left(\frac{l_1}{2}\right)} \cosh^{-1} \left(\frac{I_1}{i_{\min}} \right) \dots \dots \dots (2)$$

以上の二式に依り算出せられる漏洩係数の誤差は極めて小であつて實用上支障ない程度である。

簡易法 以上は軌條に沿ひ十數箇の測定をなし電流の最小なる値を求めて算出する方法であるが、測定箇所数を減じ測定に要する手数を省略する方法がある。これは前述せる第三章第二節の(4)式に依つて明なる如く測定区間内の任意の一點の電流は

$$i_x = \frac{1}{\sinh \alpha l_1} \{ I_1 \sinh \alpha x + I_3 \sinh \alpha (l_1 - x) \}$$

今 $x=l_1/2$ の點の電流を求めれば

$$i_{l_1/2} = \frac{I_1 + I_3}{2 \cosh \frac{\alpha l_1}{2}}$$

之より

$$\alpha = \frac{2}{l_1} \cosh^{-1} \frac{I_1 + I_3}{2 i_{l_1/2}}$$

従つて測定区間の中央の電流を知ることにより α を求むること出来る。

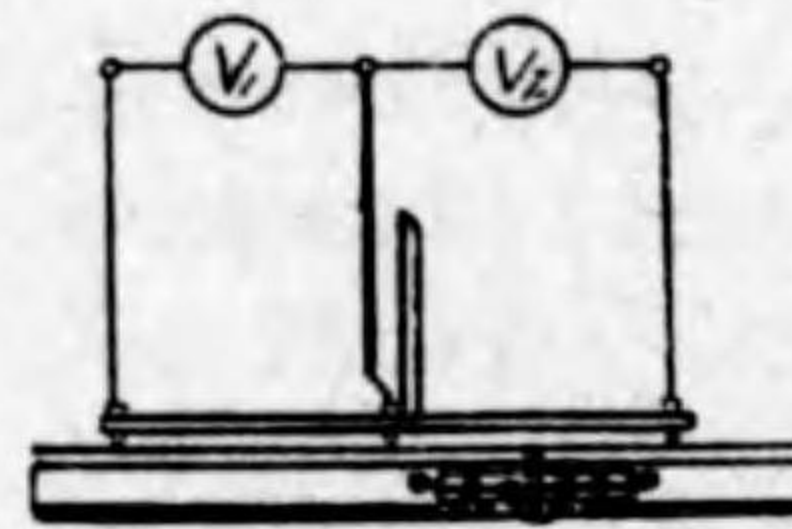
以上の理論的計算法に依つて算出せらるゝ漏洩抵抗は軌條の状態が各部均一なる場合に適用さるべきものであつて、軌條は一般に土地の状況、保守の状態に依つて均一ならざるを普通とするため軌條状態の均一性が乏しいことの豫想さるゝ場合には前述の Differential 法に依り各部の漏洩抵抗を詳細に測定することが望ましい。

6. ボンド抵抗の測定

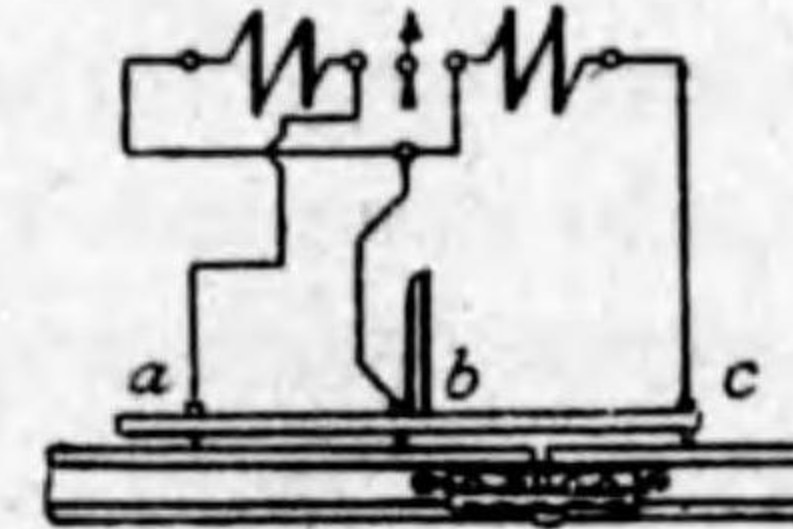
電氣鐵道よりの漏洩電流を減少する爲には軌條の繼目に使用するボンドの抵抗が極めて低いことが必要であるから時々之を試験して抵抗の高くなつたものは不良品として改修しなければならぬ。ボンドの抵抗は之と同一の抵抗を有する軌條の長さを以て表すのが普通である。

ボンド抵抗の測定器として現今使用せられてゐるものに次の數種があるが、摺動ブリッジ式のものゝ最も廣く採用されてゐる。

a. ミリヴォルト計又は差動電壓計を使用するボンド試験器 第 11 圖は二箇のミリヴォルト計 V_1 及び V_2 を使用し電壓降下法を應用した測定法である。端子 b 及び c はボンドを含む軌條の兩端に、端子 a 及び b は之と比較する爲の一定の長さの軌條の兩端に接続し、軌條内を通ずる電流に依つて生ずる V_1 及び V_2 の讀を比較するのである。各端子は一本の木杆に取付け軌條との接觸を良好にする爲其の尖頭は鋸狀となつてゐる。



第 11 圖



第 12 圖

さの軌條の兩端に接続し、軌條内を通ずる電流に依つて生ずる V_1 及び V_2 の讀を比較するのである。各端子は一本の木杆に取付け軌條との接觸を良好にする爲其の尖頭は鋸狀となつてゐる。

二箇のミリヴォルト計を使用する代りに第 12 圖に示す如く差動捲線を有する一箇のミリヴォルト計を用ひ一方の端子 a を動かし ab 間の抵抗を變化して電壓計の偏れを零にする方法もある。



第 13 圖

6. 摺動ブリッジの原理に依るボンド試験器 (第 13 圖) ローラー・ボンド試

験器 (Roller bond tester) は摺動ブリッジの原理に依るものであつて、摺動線 S と直列抵抗 m 及び n とを用ひミルヴォルト計使用の場合と同様に一本の木杆に取り付けられた端子を使用してボンドの抵抗と軌條の一定の長さの抵抗とを比較するのである。摺動線の摺動子を動かして検流計 G の平衡を取り摺動子の位置に依り兩抵抗の比を求むることが出来る。 m 及び n の直列抵抗に依り測定範囲を増大することが出来る。通常摺動線は圓形に配置され其の目盛は直接軌條の長さを表す様に出来てゐる。

7. 断続電流と受話器とを使用するボンド試験器 コナント (Conant) 試験

器に於ては軌條内に通ずる電流をボンド抵抗測定用として用ひず別に時計仕掛により一定の時間毎に断続する電流を軌條内に通じて置き、之を前記と同様に接続したブリッジの測定電流に利用するのであつて、検流器としては電話の受話器を使用するもので断続電流に依つて受話器に通ずる電流が零となるを以て平衡の條件とする。

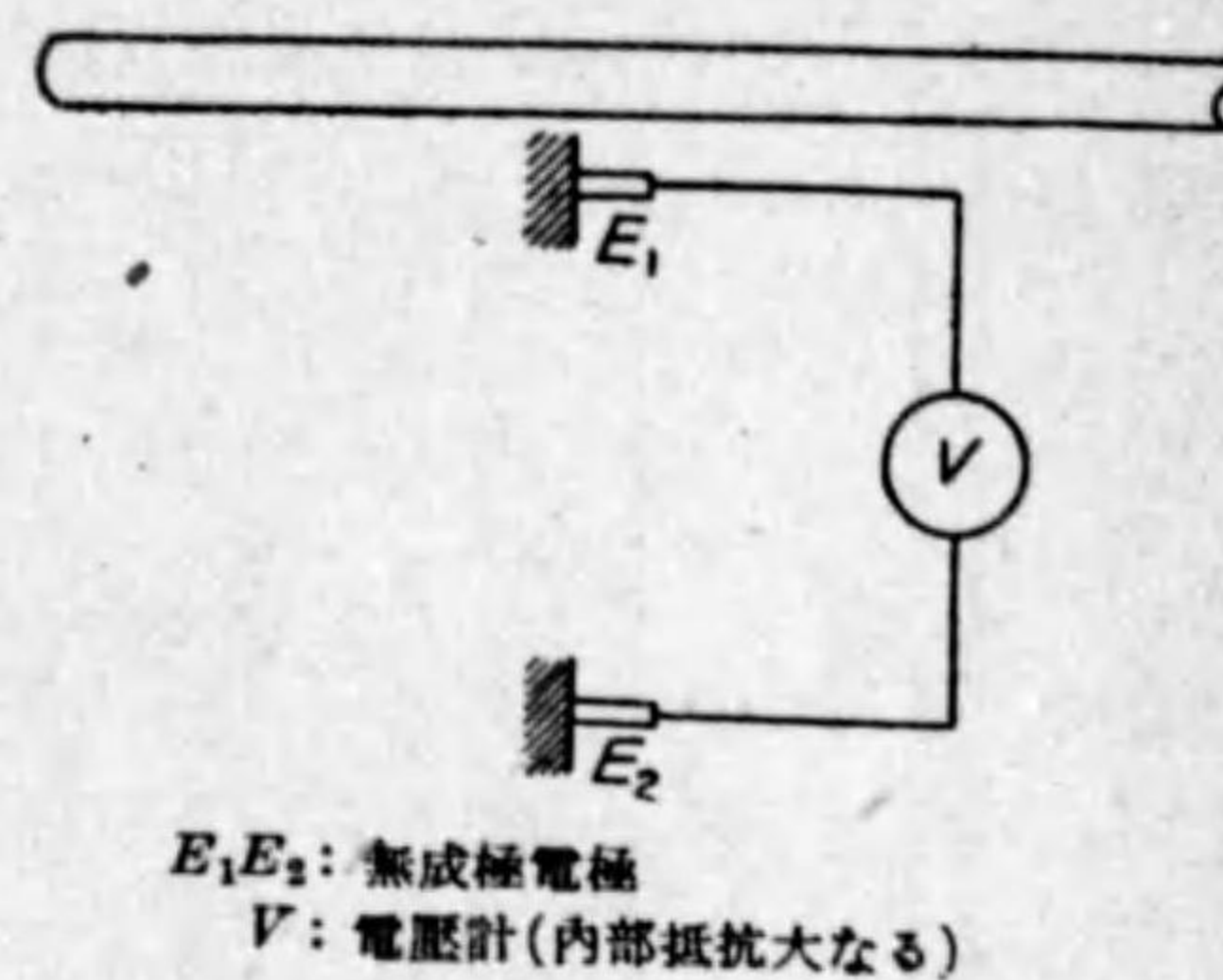
此の方法に依れば軌條内に通ずる電車電流の變化は少しも抵抗測定に影響がないから常に一定の感度が得られる利點がある。

第二節 埋設金屬體に関するもの

1. 對地電位差

埋設金屬體を圍む周圍大地の電位は之に流れる電流の影響に依つて電位が箇所に依つて違ふ。第二章第 4 圖甲は地中埋設體又は電鐵軌條に沿うての此の變化を示すものであるが、之等に直角な方向に就ても矢張り相違がある。依つて埋設體の對地電位を測定し電流の流出入を判定する爲には大地の選定を考へねばならぬ。此の測定により埋設體が大地に比して高い電位を有するか否かによつて埋設體より大地に電流の流出する危険地帯なるや或は反對に流入安全地帯なるやを判定する事が出来、又土地との電位差の大小で以上の程度を推定する事が出来るのである。大地としては精々埋設體に近い周圍を選ぶと流出入状況の判定が的確であるが普通には接地に便利な近くの浸潤地等が選ばれる。又時には接地線に對する電位が測られる。此の場合には接地線は

適當な箇所で完全接地される。此の對地電位差は普通精々數ミリヴォルト程度の低い値であるから測定の方法が適當でない時には過つた結果を生ずる事になる。即ち此の場合には第 14 圖の様に内部抵抗のなるべく大なるミリヴォルト計 (普通 5,000 オーム以上位の程度) を用ひ、又無成極電極を使用



E_1E_2 : 無成極電極
 V : 電圧計 (内部抵抗大なる)

第 14 圖

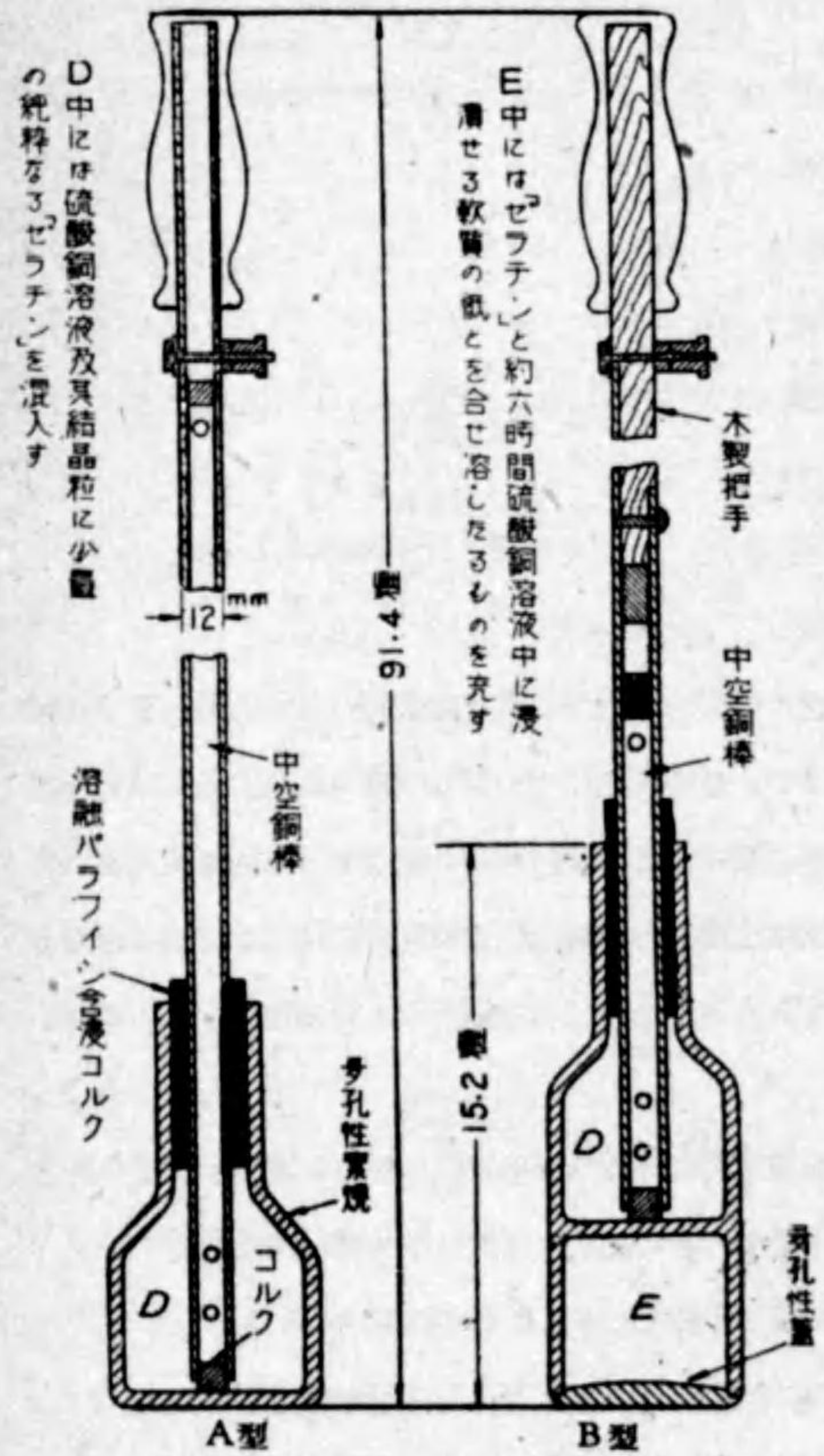
し而も埋設體には直接々續せず之に直角なる線上に於て埋設體に近い大地と數十種離れた大地との二點に接続するがよい。此の理由は次の様な次第である。即ち兩電極が異なる種類のものであつて之が大地に接するとか又同種の金屬よりなる兩電極であつても一方が表面腐蝕してゐる状態又は土壤との接觸面積の相違等に起因して或る程度の電位差が生じ、被測定電位差がもともと少い値である爲可なり誤差を生ずる場合が多いからである。

無成極電極 測定専門委員會推奨に係る無成極電極は第 15 圖に示す様な構造のものである。此の無成極電極を使用するに際しては次に記す様な注意を要する。

- (1) 一對の電極は必ず同一試料より採りたるものにて作製すること。
- (2) 鋼棒と多孔性壺の首の間には絶対に硫黄を含まないものを使用すること。
- (3) 製作せる電極間の残留電圧を測定し 2 mV 位迄のものを使用すること。
- (4) 測定以外の場合には必ず端子を短絡し硫酸銅の飽和溶液中に入れおくこと。

2. 對軌條電位差

地中埋設體と電車軌條との電位差、即ち其の何れが他のものよりも電位が低いか又は高いかと云ふ事は、此の兩者が接近してゐる箇所では埋設體への漏洩電流々出入の何れであるか、又其の程度を推定する事が出来るのである。此の場合は電位差は通常相當多いものであるから對地電位差測定の場合の様な嚴密な注意は餘り重要視する必



A型
A型：シュランベルジャー氏考案のもの
B型：I.G.E.S. の推挙せるもの
第 15 圖

要はなく、唯内部抵抗の餘り
低くない電壓計を軌條の一點
と埋設體の一點との間に接続
すればよい。

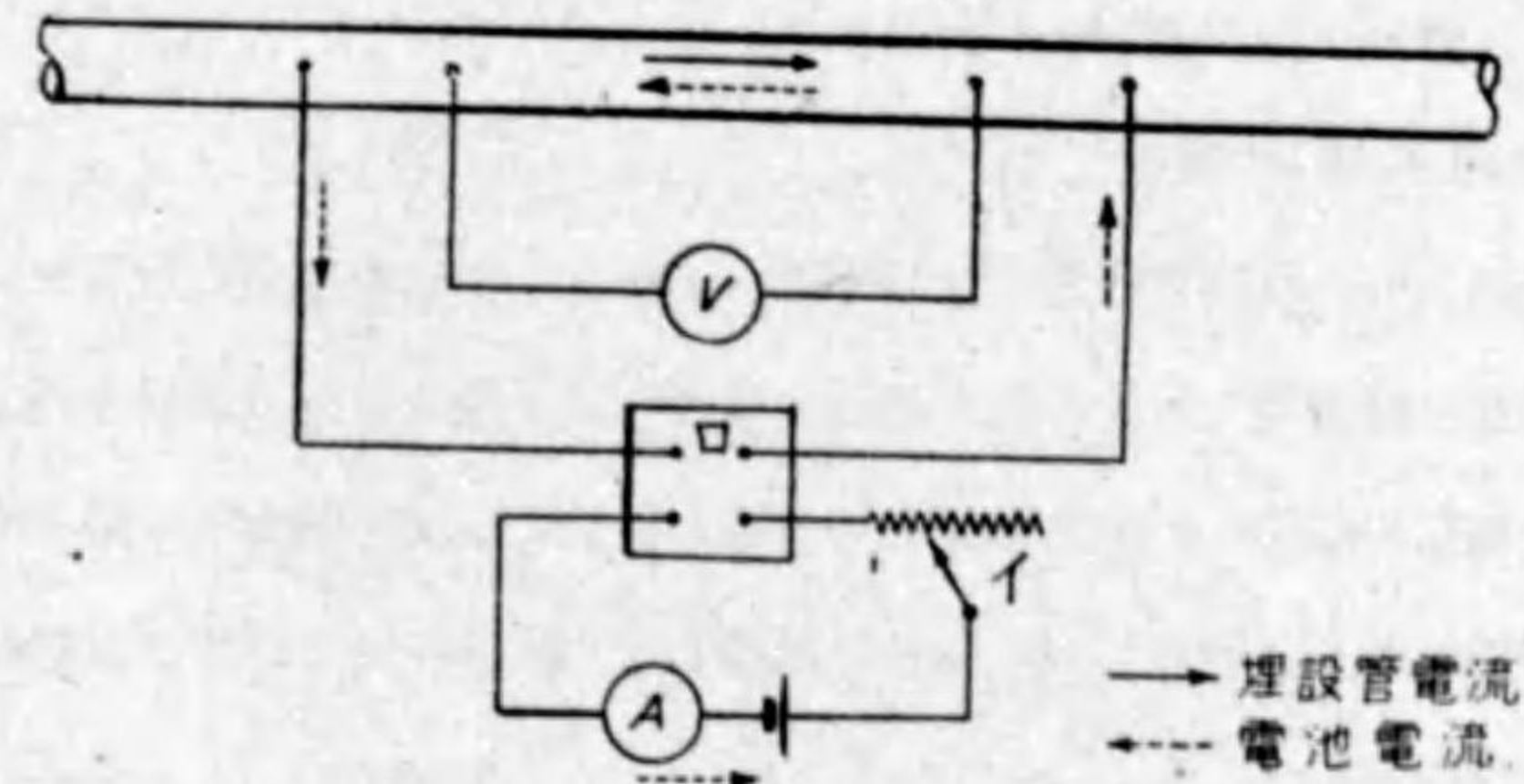
此の電位差は又電蝕防止方
法として後述の排流法を行ふ
場合に際し選擇排流装置の容
量選定上必要な測定である。
此の電位は數ヴォルトから數
十ヴォルトに達するものであ
るから普通市販の記録電壓計
を其の儘で使用する事が出來
る。

3. 埋設金屬體電流

最も簡単な方法は電壓計一
箇をもつて埋設金屬體二點間
の電壓降下 V を測定し、二
點間の抵抗 R にて除し V/R
を以て所要の埋設體電流とす
る方法である。此の場合には
電壓計の内部抵抗は R に比

して少くとも一桁位は大なるものでなくては測定値を其の儘用ひる事は出來ぬ。又 R の値を他の方法で知りおく事が必要である。二點間の間隔は時によつて著しい相違があり短い場合には一人孔内での數米より、長い場合には數百米に及ぶ。後者の場合には電壓計への接続電線の抵抗が大となり電壓計の讀を更正する必要が生ずる。水道管や瓦斯管等では接手が數多く、而も接手に於ける管との接続抵抗が不均一であ

るから上記の R を知る事が困難である。



A: 電流計 50 mA, 0.3 オーム (分流器により 5A 迄使用し得)
V: 電壓計 1.25 mV, 200 オーム (分壓抵抗により 250 mV 迄使用し得)
第 16 圖 ケンブリッジ地電流計接続圖

斯様な場合にはケンブリッジ地電流計 (Cambridge earth current meter) を用
ふるとよい。ケ式地電流計は現在ケーブル鉛皮に流れる漏洩電流の測定に最も廣く用
ひられてゐるものであつて、其の測定原理は第 16 圖に示すやうなものである。即ち
電池により埋設體に流れてゐる電流と方向反對に且同じ大さの電流を通ずるのであつ
て、之には抵抗器 I を加減し電池電流の大さを變へて電壓計 V の讀が丁度零になる
時の電池電流を電流計 A で讀み取るのである。切換開閉器 I は埋設體電流の方向の
變化に應ずる爲のものである。第 17 圖はケ式地電流計の外観を示す寫眞であつて携
帯に便利なやうに出來てゐる。重さ約 8 kg で此の外に通常屋井丸型 3 號乾電池 4
箇 (重さ約 4 kg) を必要とする。斯かる原理による計器の缺點とする處は二つの讀
(此の場合は電壓計と電流計) を同時に取らねばならぬ事で、埋設體電流の變化甚し
い時には不便を感じる。斯かる不便を避ける爲に熟練者の採る手段は埋設體電流の零
なる時を電壓計 V の讀にて知り、此の間に逸早く電池電流 I を流して之による電
壓降下 V を電壓計にて讀み V/I より電壓計端子間の埋設體電氣抵抗を測定しおき、
後は單に埋設體電流による電壓降下を電壓計の讀丈けで採り、上記抵抗にて除し電流
を求めるのである。

此の場合嚴密に考へると測定された電流は ab 間 (第 18 圖) の管電流丈けではな

く之と平行な地中を流れる地電流をも併せたものである。普通後者は管電流に比して無視し得ると考へ上記の測定法が行はれる。

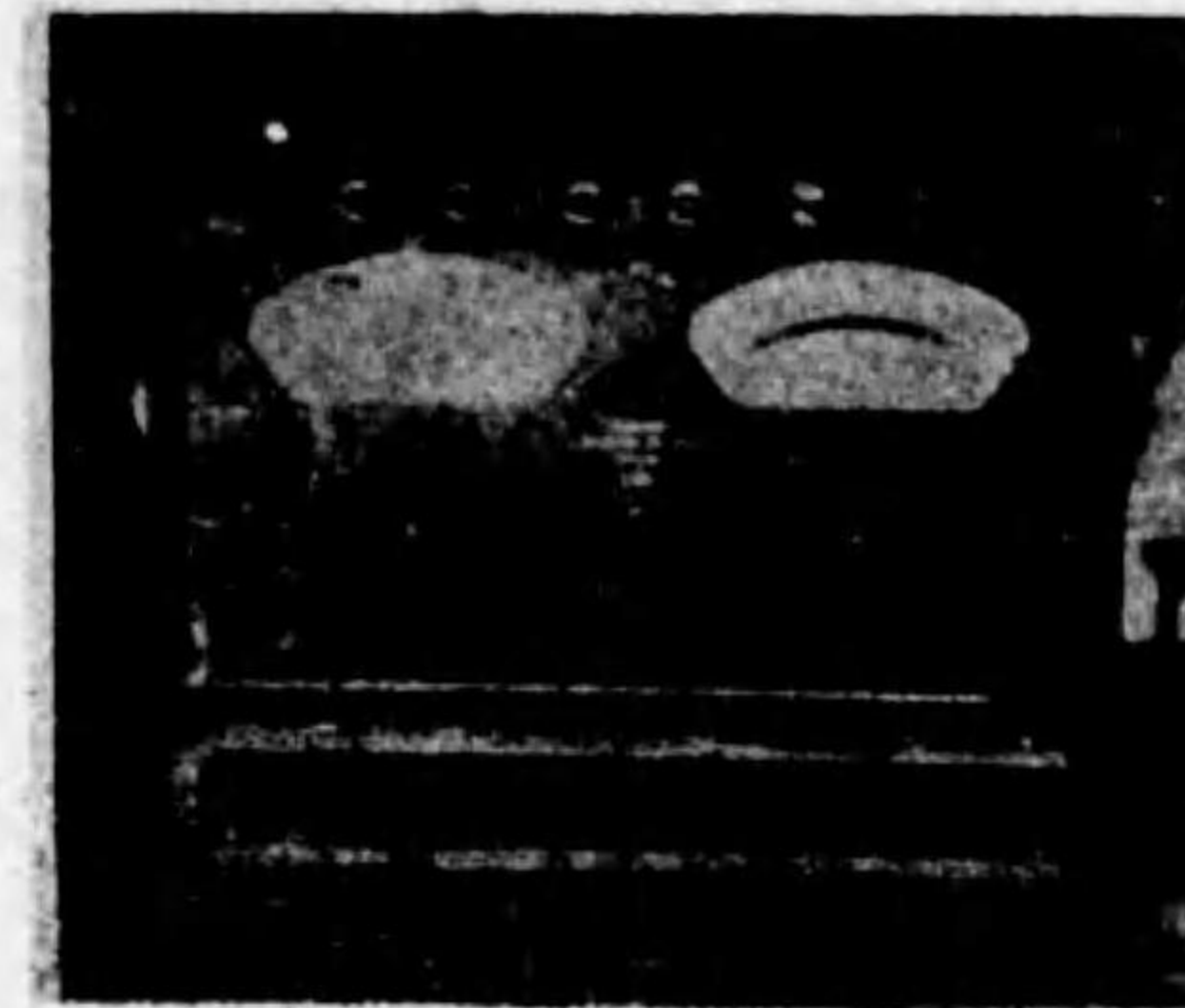
4. 流 出 入 電 流 密 度

埋設體表面よりの流出電流密度を知る事が出来れば直接電蝕量の目安をつける事が出来る。現在の測定器では此の値を見出す事は相當手数を要し且正確を期し難く従つて電蝕防止施設の効果を判定する目的等の場合に於て流出電流密度の減少の度合、出入方向の變轉等を見、即ち二つの場合を比較して相對的の値を検する目的に用ひられる事が大部分である。

マッコルム氏地電流計 (McCollum earth current meter): 本測定器は流出入電流密度の測定に現在迄最も多く用ひられて來たものであるが、最近の觀念では後述の様な理由によつて左程其の必要を感じなくなつて來た。本器の測定原理を略述すれば次の通りである。第 19 圖に於て 3 はエポナイトの様な絶縁棒 (通常長さ 25 cm 位) で之に一對の電壓端子 P_1, P_2 及び一對の電流端子 C_1, C_2 が附いてゐる。此の絶縁棒を普通被測定埋設管に直角に挿入された地壁に端子が壁面に接觸する様に押し當てる。絶縁棒の方向は電流を測定せんとする方向に一致せしめる。管路引入式ケーブルの様な時には特に挿入する等の必要はなく人孔の壁面を代用してよい。最初電池 4 を開き埋設體の流出入電流密度 I に依り生ずる P_1 及び P_2 間の電壓降下 V を電壓計で読み取る。次に電池電流 i を流し之に依る電壓降下 V_i を讀む。後者の場合には埋設體流出入電流に依る影響を避ける爲 i 及び V_i の方向を同時に變換するのであつて、之により i は電壓計に對して直流と同様に働き I は交流として作用し電壓計の讀に影響を及ぼさぬ様にするものである。以上の各測定値から次の關係が得られる。

$$\left. \begin{aligned} I &= K \frac{V}{V_i} \\ \text{土壤固有抵抗 } r &= C \frac{V_i}{i} \end{aligned} \right\} K, C \dots \dots \text{常數}$$

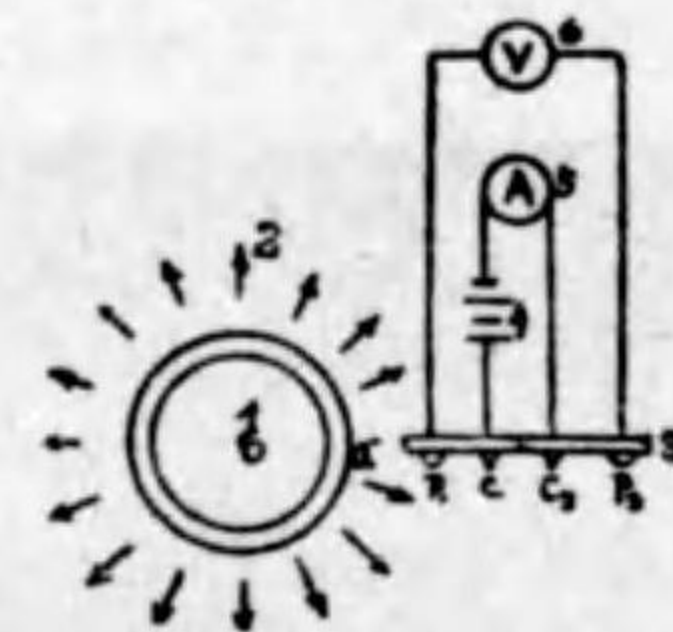
本式中の二常數 K 及び C は電極の配置、埋設體の直徑、數及び其の配置等で一★



第 17 圖

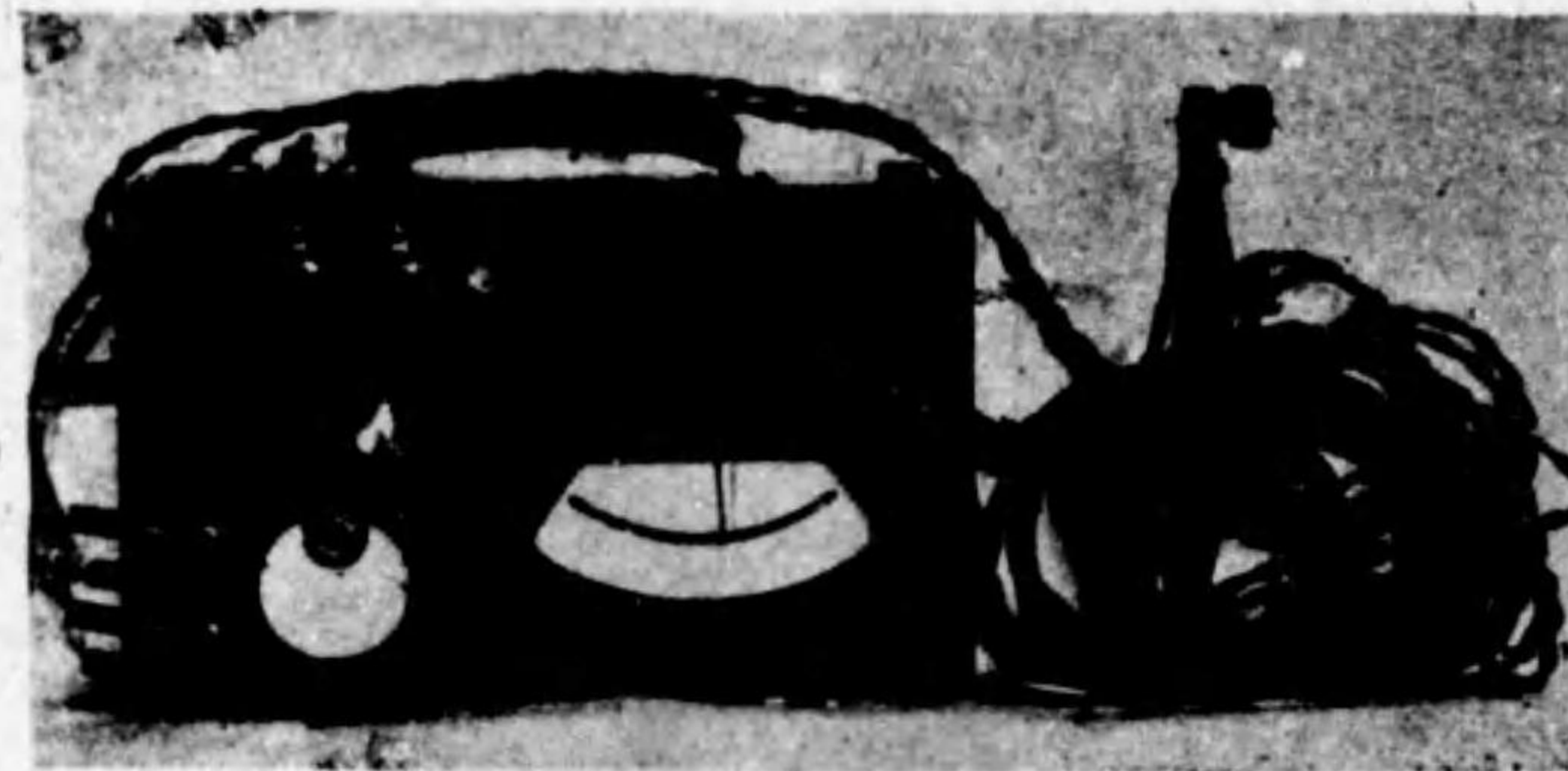


第 18 圖



- 1. 被測定管
- 2. 電流の方向
- 3. 接觸子
- 4. 電池
- 5. 電流計
- 6. 電圧計
- P₁P₂ 電圧計ターミナル
- C₁C₂ 電流計ターミナル

第 19 圖

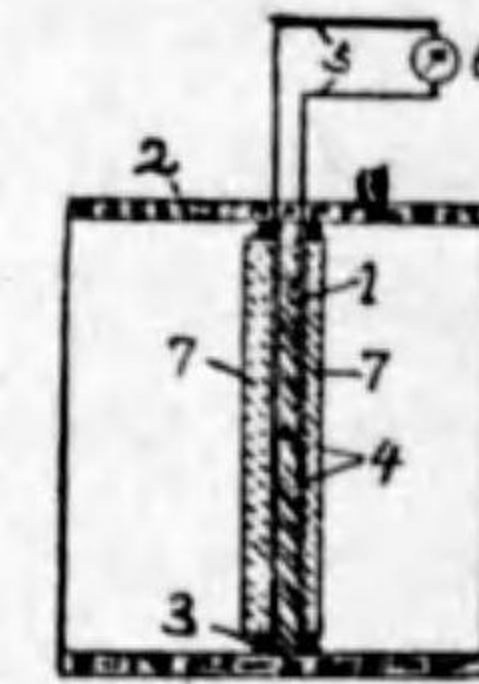


第 20 圖

變るものであるから簡單且特殊の場合を除いては之を求むる事は一々期し難い。第 20 圖はマ氏地電流計の外観を示す寫眞である。

前述の様に大抵の場合は相対的の値を見るのであるから近來での實際方法としては無成極電極の一對を用ひ、其の一つを埋設體群の幾何學的中心位置に近く位せしめ、電壓計を経て本電極の周圍に定半徑の圓周を想定し此の上に他の無成極電極を動かし埋設體流出入電流密度による電壓降下を各方向別に測定するのである。此の方法によれば勿論地電流計の如きものは何等必要としない。

ハーバー地電流計 (Haber earth current meter): 本器は第 21 圖より明瞭な様な測定せんとする電流方向に直角に絶縁物による隔壁を設け之を地上に於ける電流計を以て連絡せるものであつて、之によつて絶縁隔壁部分を通る地電流を電流計に導き読み取らんとするものである。



- 1. 硝子板
- 2. 絶縁管
- 3. 耐水性物質
- 4. 銅板
- 5. 導線
- 6. 電流計

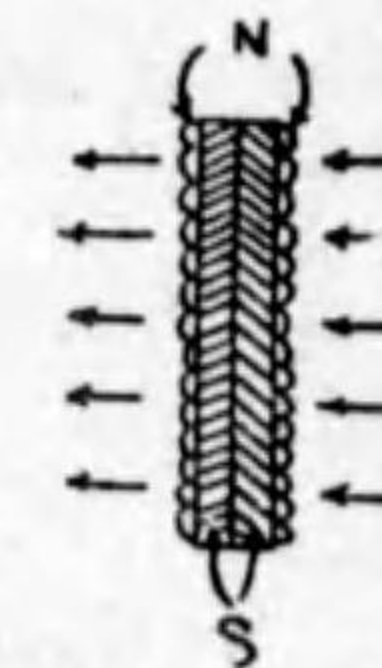
第 21 圖

5. 電 流 量

電蝕量は埋設金屬體より流出する電流量に比例するものと考えてよいから、電流量を簡単に測り得る方法が望ましい。此の測定に於ては確度は左程重要視する必要はない。第二章に記載する様に一方に於て電蝕量を相當左右する多數の因子があるからである。現在迄に簡便に又相當の確度をもつて電蝕電流量を測定し得る計器は先づ見當らないと云つてよい。斯様な計器を作る上に次の様な要求事項があるからである。

- (1) 電壓感度及び電流感度が高いこと。
- (2) 方向性を具へてゐること。即ち流出電流量丈けを示し、流入するものは計量値に影響を與へぬこと。
- (3) 使用簡便で精々安價なものなること。

第一の條件は數ミリヴォルト、數マイクロアムペアで動作する事が要望される。偶々之に近いものが考へられても第二の條件を満足さす事が出来ない。

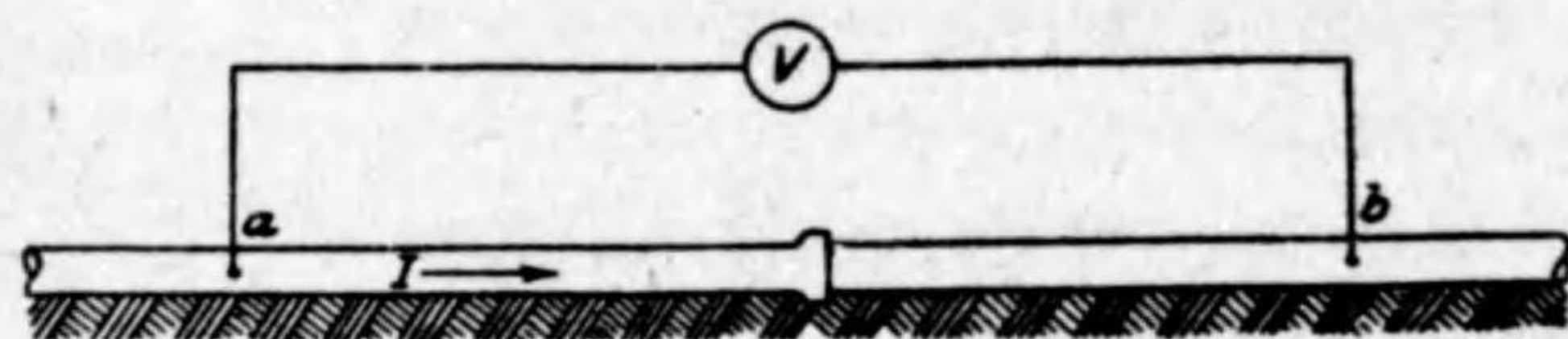


第 22 圖

第 22 圖は銀の沈澱法を利用する電流量計で銀板 S の面上に銀鹽類 N より沈着する銀の量を測るのである。尙此の外に通過電流量により電解による瓦斯を発生せしめ其の量によつて電流量を測るものがある。何れも方向の選擇性がない。

6. 埋設金屬體の抵抗

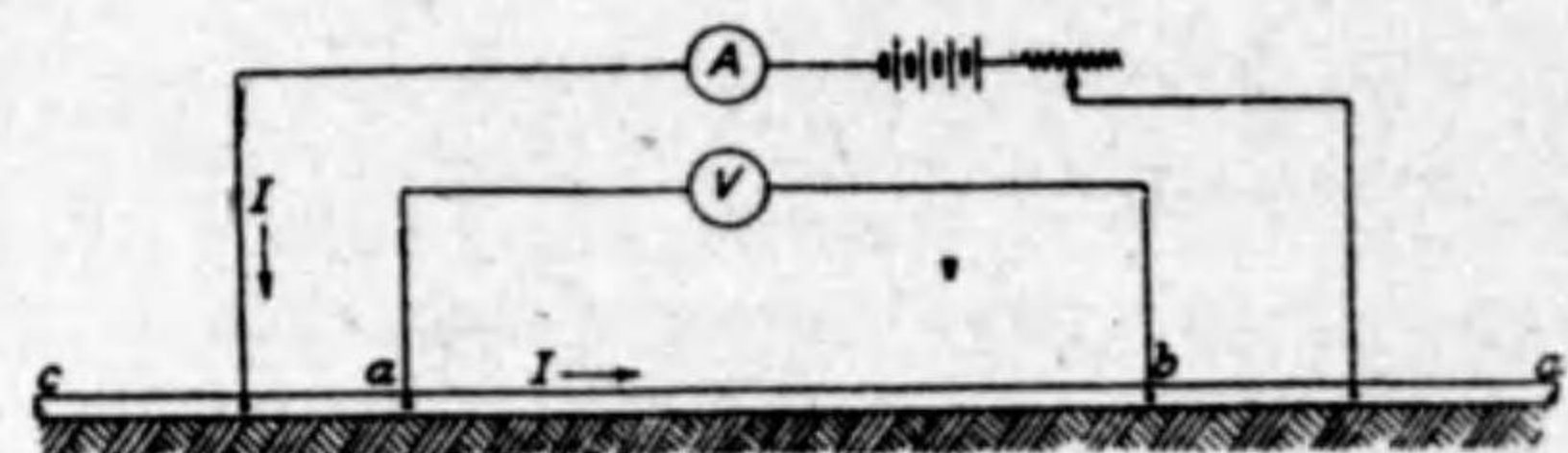
埋設金屬體の抵抗を知る必要は多くの場合に第 23 圖の様に其の二點間の電壓降下 V を測り之を該二點間の抵抗 R で除し埋設體を流れる電流 $I=V/R$ を求むるにある。ケーブルの場合では鉛被又は鍍裝の電氣抵抗は埋設前の既知抵抗を使用し得る事が多い。然し瓦斯管や水道管の様に接手の多いものでは接手の電氣抵抗が箇所によつて相當著しく相違するから是非共埋設状態で a, b 二點間の抵抗を測定せねばならぬ。



第 23 圖

埋設状態の抵抗を測らんとする管體には一般には電線よりの漏洩電流が流れてゐるものと考へねばならぬ。又此の電流は時間的に相當變化するものであるから此の電流の影響を受けないやうな測定方法を探らねばならぬ。且又現場で行ふものであるから實用的な簡単な方法である事を必要とする。次に掲ぐるは何れも現今行はれてゐる實用的方法である。

(1) 電車終車後埋設體に既知電流 I を通じ之に依る電壓降下 V を測り、 V/I を以て求むる二點間 a, b の電氣抵抗とする。(第 24 圖参照)



第 24 圖

(2) 晝間電車の運轉時間中に抵抗を求めんとする埋設體の二點間 a, b に電壓計を接続して漏洩電流による電壓計の讀を見てゐる。之が零になつた時即ち埋設體に流れる漏洩電流が零になつた時を巧に捕へ此の間に第一の方法を適用して R を求めるのである。ケンプリッチ地電流計を用ひて漏洩電流測定の時によく行はれる方法で少し經驗を積めば割合容易に此の方法を探る事が出来る。

(3) マッコルム氏地電流計と同一の原理により電池より流す電流の方向を變換し一種の交流として埋設體に流す。此の際電壓計及び電流計は電流方向轉換器の一部分に接続せられ、上記交流が之等計器に對しては直流として讀み取らるゝやうにするのである。此の方法は漏洩電流の流れてゐると否とに關せず全く之に無關係に測定が出来る。即ち電壓計及び電流計に對しては之が交流の一種として通るから計器が耐久磁石可動線輪型のやうに平均値を讀むやうなものを使用すれば少しも其の讀に關係せず全く第一法と同様に考へてよいのである。

上記の測定方法を少しく検討すると理論上では大きな缺陷が存してゐる。即ち埋設體が地中に埋設せられ ab の外側に於ても電氣回路を形成するのであるから電池電流 I は ab 間に凡て限定されて流れるのではなく其の内の一部分の電流 i は a より c 方向に分れ之が大地に出で、又は先の方で埋設體の複雑なる接続を通つて d より b に流れ此處から電池に歸流する。此の場合には前記 I を用ひる代りに $I-i$ を採用せねばならぬ。多くの場合には i が I に比して著しく少いので上記の方法を採つて實用上差支がないのである。

7. 埋設體の對地漏洩抵抗

埋設金屬體の對地漏洩抵抗は電蝕危險度の間接的目安となり得ると共に防蝕施設、例へば直流電源接続による強制排流法等の防蝕効果を推定する上に就ては必ず必要となる値である。其の測定方法は電線軌條の對地漏洩抵抗測定方法と變りがない。(本章第一節参照)

第五章 電 蝕 測 量

電蝕の測量に當つては先づ被測定値の性質を考慮に取り之に最も適當した效果的なる方法を採用せねばならない。即ち既に第三章第二節に述べられてあるやうに電車運轉時の測量では被測定値の時間的變化が甚しいので出來得れば二つ以上の讀を同時に讀み取る事の必要ある様な方法は之を避けたい。又測定の頻度は電車電流の變化の激しいもの程大となる。例へば最も頻繁に測定する場合は5秒隔位で、通常は10乃至15秒隔に讀を取る。斯様の手数を省くには電流量の積算値を指示し得るやうな測定法を考慮するが望ましい。一測定値は上記の讀を多數取り其の平均を測定時間中に流れた相當常定値とする。此の場合の測定時間は電車負荷電流の變化の一周期即ち電車發車間隔をもつて最小値とせねばならない。

深夜間の電車終電後に一定電流を軌條の一箇所に加へて行ふ場合の測定は運轉時間中の測定とは全く趣を異にして被測定値に變化がない。従つて一測定値を知るに一測定でよく、些少の手数を要しても晝間測定よりも正確な方法を採用してよい。

一般に電蝕測定の場合に被測定量は本質的に變化の激しいものである。例へば土地の濕潤状態、電車負荷の季節的變動其他によつて著しい變化を蒙る。故に或る時季の一回の測定丈けで長時日に互る電蝕を推定する事は相當困難であるから餘りに正確な測定をなしても意味を爲さぬ事が多い。

電蝕測量に對し上記深夜間の値は實際の状況とは相當隔りのあるものであるから一般的には晝間の測定がよい。但し電車歸線の對地漏洩抵抗の低い處即ち電車電流が顯著に其の歸線から流出入するやうな箇所を判定し其の改良を圖る目的等には夜間に行ふ定電流の下の測定が都合がよい。晝間測定は時と努力を要する事却々大であるから測定の目的如何により測定對象の如何なる點に重點を置くべきかを熟慮し、以て測定の際を省き且結果を出来る丈け有効に利用せねばならない。例へば單なる定期測定の場合と例へば排流施設施工を目標とする測定の時とは測定對象に或る程度の相違を生

ずる。

漏洩電流は電車及び調査の對象となる特定の埋設體のみでなく、附近に存在する他の埋設體や河川等によつて其の大きさ、通路等に著しい影響を受ける。従つて常に之等の存在と其の影響を念頭に置き、必要と認むる場合には夫に就ても特に測定を行ふべきである。

第一節 一般的方法

1. 調査順序

電蝕による事故を發生せる場合や電蝕發生の懸念ある箇所の電蝕調査を行ふには先づ電鐵、被害埋設體、隣接埋設體及び地況を審にせねばならぬ。之には地圖の上に之等を書き入れ漏洩電流の通路や對象とする埋設金屬體への流出入状況の推定を行ふのである。電鐵に就ては軌條の位置は元より變電所の位置、軌條歸線へ接続さるゝ負饋電點の位置、負荷電流の大きさ等を、又埋設體に就てはケーブルの種類、條數等、水道管、瓦斯管の太さや、就中之等が埋設せられてゐる路線の土地の濕潤状態を是非とも知らねばならぬ。地況に就ては河川の様子に漏洩電流の都合よい通路となつてゐるものが電鐵の歸線や埋設體と如何なる關係位置にあるか、又電鐵や埋設體の經過地の山地なるや或は田圃なるや等を調査する。之は土地の乾濕を間接的に推定して漏洩電流の大小を豫測するのである。

以上の諸調査から或る程度迄對象埋設體への漏洩電流の流出入地區が推測し得られる。従つて實地調査に當り最も注意して電蝕調査を行ふべき區間の見當がつくのである。

漏洩電流の通路は理論上の推理とは一致しない場合が相當多い。實測の結果から推理をなす場合が寧ろ多いと考へてよい。

2. 電蝕生成物の調査

電蝕の惧ありと考へた場所に就て先づ實地調査を行ふのは電蝕生成物の有無及び生成状態である。腐蝕生成物の調査は埋設體の埋設状態により難易がある。最も好都合

なるは管路引込式ケーブルの場合で通常人孔内の鉛被面を調査するのである。但し此の場合でも管路の内部は点検する事は出来ない。水道管、瓦斯管及び直埋ケーブルの場合では土地を掘鑿せねば腐蝕状態は不明しない事勿論で、斯かる場合には腐蝕生成物のみによつて全般的豫備調査を行ふ事は適當でなく故障發生箇所其他特定箇所に就て調査するに止る。

腐蝕生成物を調査するには現場に於て附着の状態のままで行ふ方が電蝕か自然腐蝕かの成因推定上好都合である。生成物を剝離して他所へ送附する様な時には出来るだけ原形を保存する様に心掛け、又附着状態や生成物除去後の埋設體表面を手寫或は攝影し置くべきである。

3. 人孔内鉛被の點検

管路引込式ケーブルでは人孔内鉛被面の點検は電蝕調査上最も都合よき豫備調査である。腐蝕生成物の色、鉛被面穿孔状態等で電蝕なるや否やを判断する材料とする外一般にはベンジデン試薬反應（第二章第三節参照）によつて電蝕なるや又自然腐蝕なるやを判断する。但し第二章第三節記載の様に之等の調査によつて 100 パーセントの結果を期待する事は難しく的確には流出入電流の測定によるの外はない。

鉛被面には種々の沈着物が附着してゐる。従つて之を拭き去らねば穿孔されてゐるか否かが判然とせぬ事が多い。ケーブル條数が多い場合には其の最上部に在るものを點検しただけでは不十分である。下部に存在するケーブルに就ても是非點検を行はねばならぬ。水に浸漬してゐる場合には之を汲出さねばならぬ。尚鉛被表面は単に見易き部分だけでなく周面全體に互つて調査を行ふべきものなる事は云ふ迄もない。

4. 電蝕を受け易き箇所

電蝕を受け易い箇所は埋設體が電線と著しく接近せる箇所、交叉せる箇所等を第一とし他の埋設物と同様の關係位置に在る所或は漏洩電流の良通路をなしてゐる河川横斷箇所等である。斯様な箇所には電蝕測量を特に嚴重に行ふ必要がある。

管路引込式ケーブルの場合では人孔内及び人孔管口より管路の内方へ 2 乃至 3 m 迄の所に電蝕發生が多い。

5. 地下水の調査

地下水の性状を調査し電蝕に對し其の作用の程度を推定する。(第二章第七節)

6. 軌道状況の調査

電線の歸線電流の漏洩に對して満足すべき状態にあるや否やを考慮する必要がある。之は多く監督官廳たる逓信局電氣課を通じて爲さるゝ例である。

軌道状況の調査の對象となるは第一に軌條ボンドの抵抗である。軌條ボンドは十分なる保守の下に監視さるゝに非ざれば切斷する事もあり又切斷に到らぬも軌條との接觸抵抗を増して規定の抵抗値を超過し歸線電流に對して電氣抵抗を大とし地中へ漏洩する電流量を増加せしめる。第二の對象となるものは軌道床の大地に對する漏洩抵抗の大きさであつて之が小なる時は漏洩電流を大ならしむる譯である。此の兩者が漏洩電流の大きさに對して如何なる關係を持つかは第三章第二節に記する處である。

7. 埋設體の大地に對する電氣絶縁抵抗

埋設體が大地に對して電氣的に何の程度に絶縁されてゐるかは埋設體に流出入する電流の大きさ、ひいては電蝕量に影響する。又排流法、強制排流法（第七章第二節、第三節参照）等の如く特に埋設體へ流入する電流の大きさを改變せしむるやうなものでは埋設體の對地絶縁抵抗は其の防蝕效果に影響の多いものである。

8. 定期検査

電蝕の惧ある埋設體に就ては定期的に電蝕測定を行ふ。普通は調査區間内に於て測定に便利なる或る間隔毎に埋設體を流れる電流及び大地に對する電位差を測定する。又水道の場合には漏水の定期試験を行ふ。

9. 二つ以上の電線よりの影響ある場合其の最も關係深きものの判別

二つ以上の電線よりの漏洩電流が影響してゐる事を埋設體との相互關係位置其他より推測し得る場合には防蝕対策の講究上其の最も關係深きものと然らざるものとを判別せねばならない。之には種々の方法が考へられてゐるが現在は第四章第一節の方法によるのが通常である。

第二節 測定結果の表示方法

測定結果を整理表示するにはなるべく明瞭且完全にし一般の人々にも解り易くする事は他の関係者と協同し電蝕防止を研究する上には是非とも必要な事である。

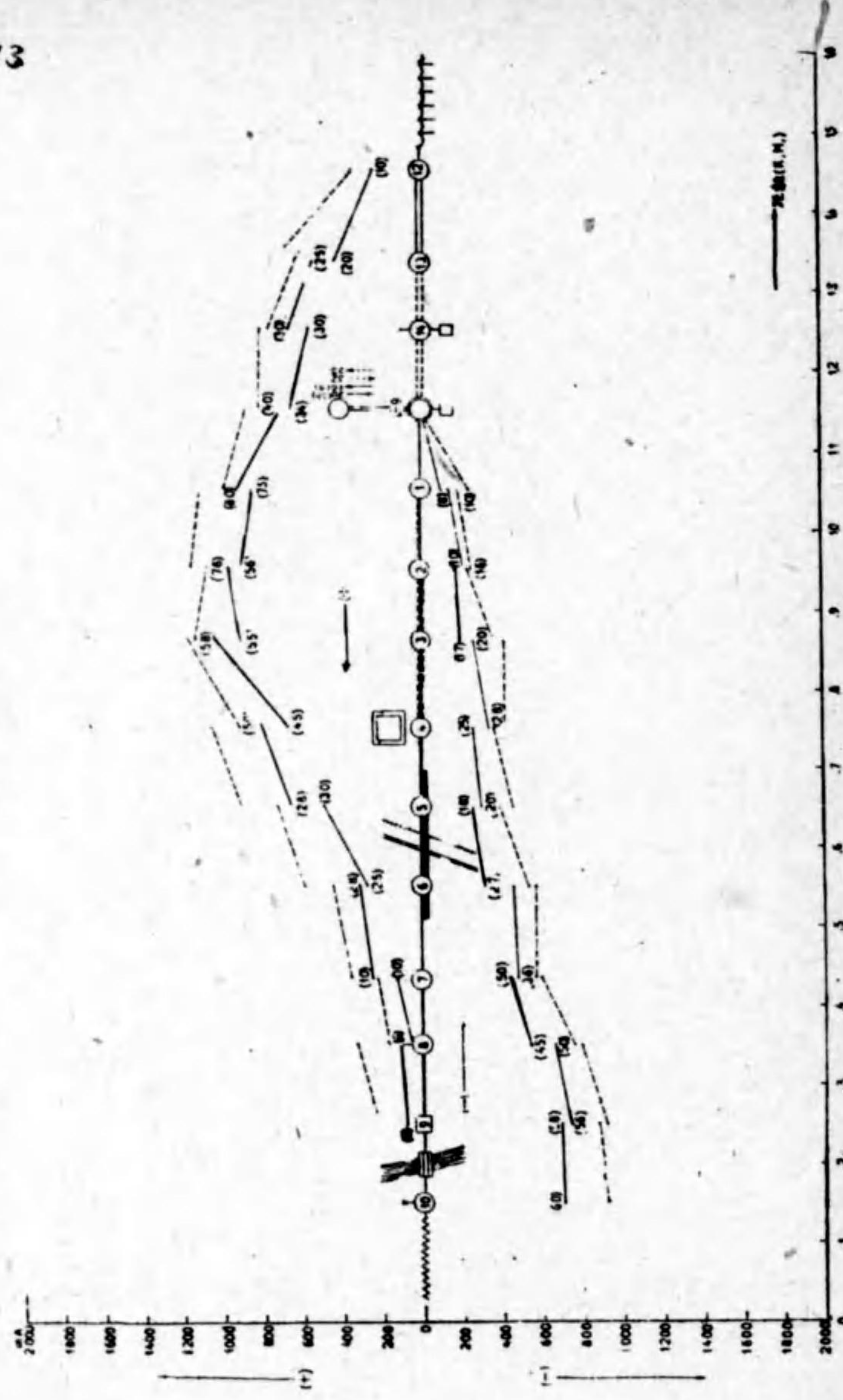
次に埋設體電流、埋設體と大地間電位差及び埋設體流出入電流密度其の他の表示方法の標準を示せば次の通りである。

1. 埋設體電流 (mA)

今一例として鉛被電流の表示方法に就き注意すべき點を示せば次の如くである。

- i. 各測定點に於ける正負方向の平均値は其の測定時間中の正負兩方向の讀 (mA) の總和 $\sum +i, \sum -i$ を夫々別箇に計算し、之等の値を測定の總回数 N にて除したる値、即ち $\sum +i/N, \sum -i/N$ を以て表すこと。尚 N には測定値零なりし回数をも含み、零の回数は正負回数に按分して各々計上するものとす。
- ii. 各測定點に於ける正負方向の最大値は測定値中の最大値を以てすること。
- iii. 測定結果を表示する場合、正負平均値の曲線には各測定値に其の發生回数を附加すること。
- iv. 下記事項に關する相當欄を設けること。
 - (イ) 測定箇所
 - (ロ) 測定日時分、天候
 - (ハ) ケーブル種類及び條數
 - (ニ) 人孔蓄水狀況
 - (ホ) 腐蝕狀況
 - (ヘ) 防蝕施設

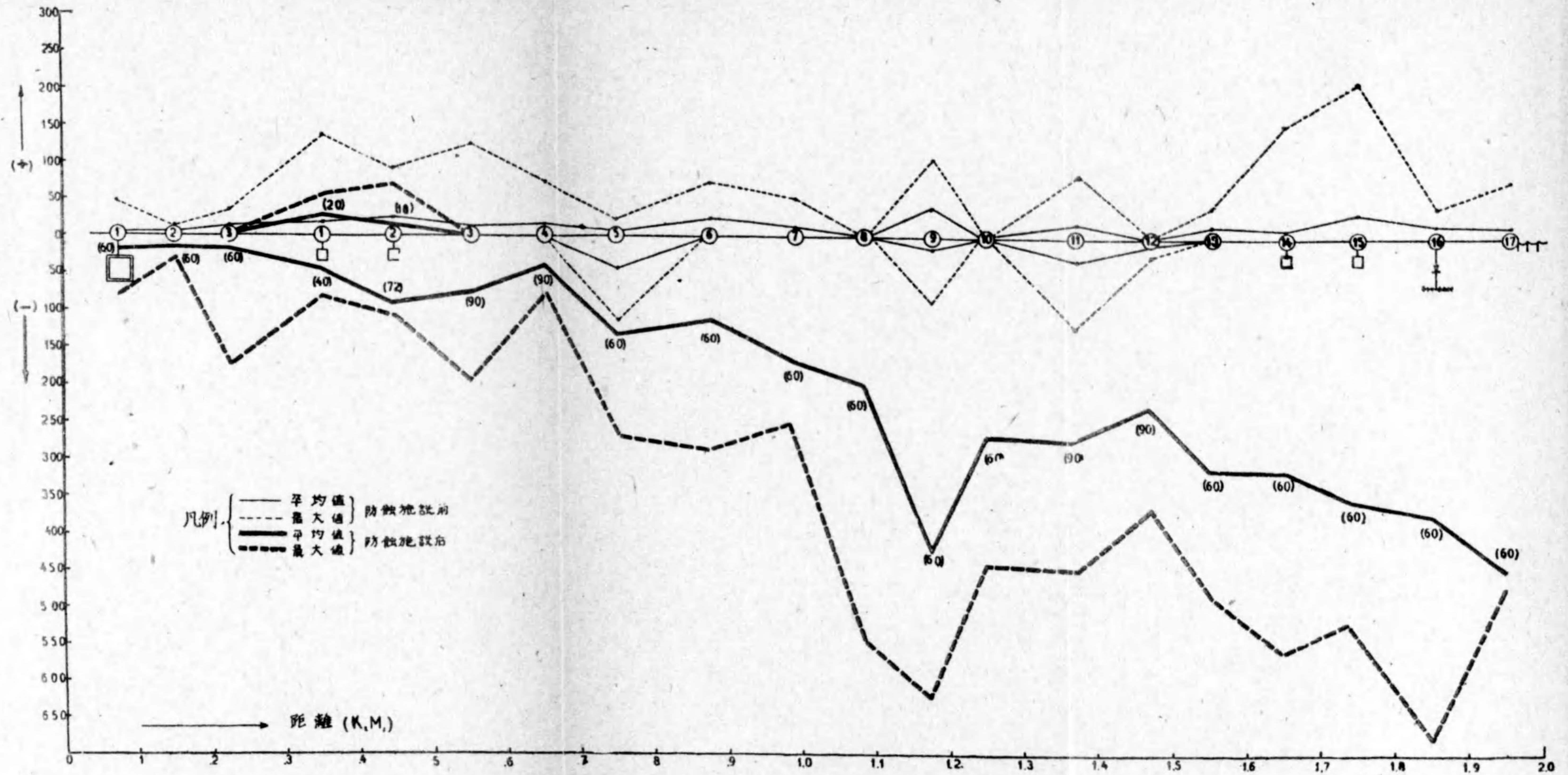
今鉛被電流の表示法を例示すれば第1圖乃至第3圖の如くである。第1圖は各測定點に於て測定せる場合 (ケンプリッチ地電流計による如き) を、第2圖は相隣れる二測定點に於て測定せる場合 (電壓降下法による如き) を、



測定箇所	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
測定時間	8. 6. 26.	8. 6. 26.	8. 6. 26.	8. 6. 26.	8. 6. 26.	8. 6. 26.	8. 6. 26.	8. 6. 26.	8. 6. 26.	8. 6. 26.
測定時間	8. 10 ~ 25 a.m.	8. 10 ~ 3.5 a.m.	8. 10 ~ 3.5 a.m.	8. 10 ~ 4.5 a.m.	8. 10 ~ 2.5 a.m.	8. 10 ~ 11.5 a.m.	8. 10 ~ 11.5 a.m.	8. 10 ~ 11.5 a.m.	8. 10 ~ 11.5 a.m.	8. 10 ~ 2.5 a.m.
ケーブル種別	27KV 200mm (1)	27KV 200mm (2)	27KV 200mm (3)	27KV 200mm (4)	27KV 200mm (5)	27KV 200mm (6)	27KV 200mm (7)	27KV 200mm (8)	27KV 200mm (9)	27KV 200mm (10)
ケーブル径	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
ケーブル種別	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
ケーブル径	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
ケーブル種別	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
ケーブル径	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし

凡	列	注	意
鉄管	④ 人孔	埋設ケーブル	① 埋設ケーブル
同管	⑤ 埋設ケーブル	架空ケーブル	② 架空ケーブル
ケーブル	⑥ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	③ 埋設ケーブル
ケーブル	⑦ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	④ 埋設ケーブル
ケーブル	⑧ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑤ 埋設ケーブル
ケーブル	⑨ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑥ 埋設ケーブル
ケーブル	⑩ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑦ 埋設ケーブル
ケーブル	⑪ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑧ 埋設ケーブル
ケーブル	⑫ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑨ 埋設ケーブル
ケーブル	⑬ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑩ 埋設ケーブル
ケーブル	⑭ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑪ 埋設ケーブル
ケーブル	⑮ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑫ 埋設ケーブル
ケーブル	⑯ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑬ 埋設ケーブル
ケーブル	⑰ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑭ 埋設ケーブル
ケーブル	⑱ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑮ 埋設ケーブル
ケーブル	⑲ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑯ 埋設ケーブル
ケーブル	⑳ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑰ 埋設ケーブル
ケーブル	㉑ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	⑱ 埋設ケーブル
ケーブル	㉒ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉑ 埋設ケーブル
ケーブル	㉓ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉒ 埋設ケーブル
ケーブル	㉔ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉓ 埋設ケーブル
ケーブル	㉕ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉔ 埋設ケーブル
ケーブル	㉖ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉕ 埋設ケーブル
ケーブル	㉗ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉖ 埋設ケーブル
ケーブル	㉘ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉗ 埋設ケーブル
ケーブル	㉙ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉘ 埋設ケーブル
ケーブル	㉚ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉙ 埋設ケーブル
ケーブル	㉛ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉚ 埋設ケーブル
ケーブル	㉜ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉛ 埋設ケーブル
ケーブル	㉝ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉜ 埋設ケーブル
ケーブル	㉞ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉝ 埋設ケーブル
ケーブル	㉟ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉞ 埋設ケーブル
ケーブル	㊱ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㉟ 埋設ケーブル
ケーブル	㊲ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊱ 埋設ケーブル
ケーブル	㊳ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊲ 埋設ケーブル
ケーブル	㊴ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊳ 埋設ケーブル
ケーブル	㊵ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊴ 埋設ケーブル
ケーブル	㊶ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊵ 埋設ケーブル
ケーブル	㊷ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊶ 埋設ケーブル
ケーブル	㊸ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊷ 埋設ケーブル
ケーブル	㊹ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊸ 埋設ケーブル
ケーブル	㊺ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊹ 埋設ケーブル
ケーブル	㊻ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊺ 埋設ケーブル
ケーブル	㊼ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊻ 埋設ケーブル
ケーブル	㊽ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊼ 埋設ケーブル
ケーブル	㊾ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊽ 埋設ケーブル
ケーブル	㊿ 埋設ケーブル	埋設ケーブル	㊾ 埋設ケーブル

測定ケーブル 東京—岡山間 200 對電話ケーブル
 (分岐ケーブルに就ては本例の如く数値により測定値を記入すること)
 第 3 圖 鉛被電流分布圖 (C)



注意：各人孔に於て鉛被電流と同時測定す。記號其の他は第 1 圖乃至第 3 圖参照。

第 4 圖 鉛被對大地間電位差分布圖

第 3 圖は相隣れる二測定點に於て同時測定を行へる場合を示す。

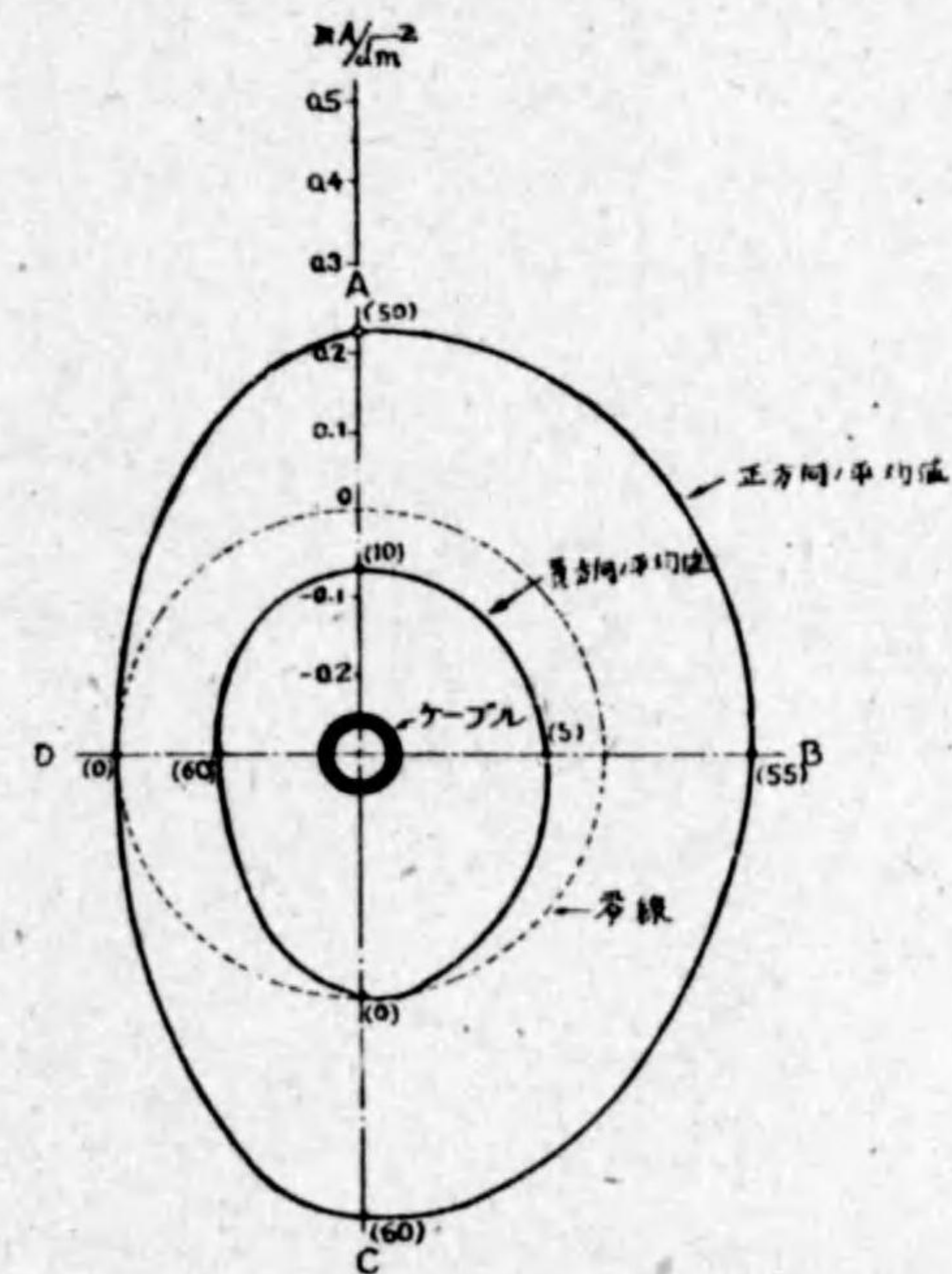
2. 埋設體—大地間電位差 (mV)

前記鉛被電流分布圖に準じ第 4 圖の如く電位差分布圖を作るべきである。

接地の採り方 接地金屬の種類等につき記載すること。(注意: 接地金屬は鉛被ケーブルの場合は鉛, 鐵管の場合は鐵等凡て被測定物と同質のものを使用すべきである)

3. 流出入電流密度 (mA/dm²)

第 5 圖の如く表示する。此の場合には次の事柄につき注意せねばならない。

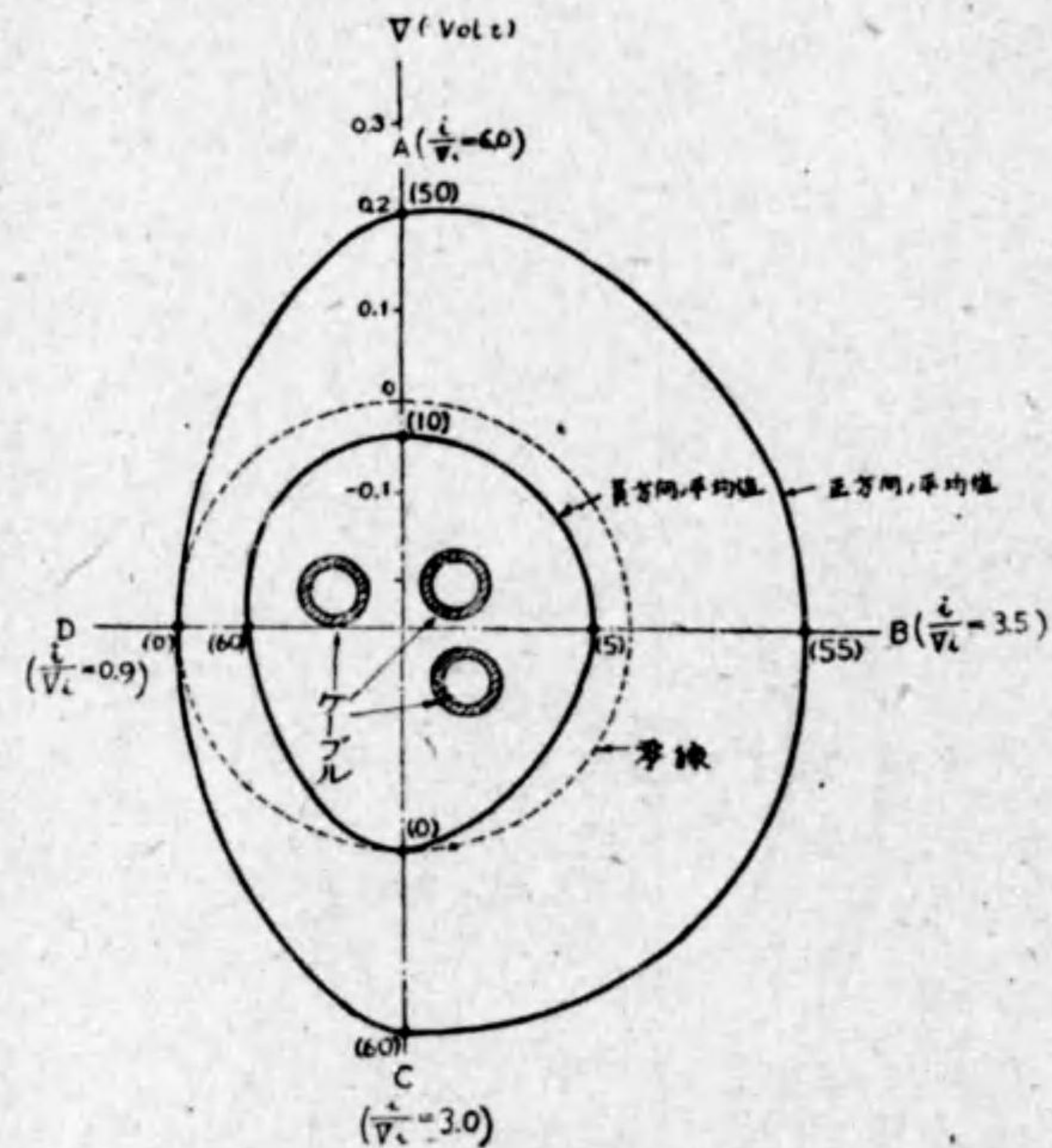


- 注意: 1. 第 1 號測定點に向ひて測定す
 2. () 正, 負發生回数
 3. 測定年月日, 天候

第 5 圖 常數分明なる場合 (流出電流密度を正とす)

- i. マッコルム氏地電流計にて測定した場合には人孔壁にて測定せるや、掘鑿して測定せるや等につき記載のこと。
- ii. 此の際常數分明ならざるか、ケーブル數多くして之を決定するに困難なる場合にはケーブル外徑、其の配置圖、離隔距離、測定方法等を略圖にて示すこと。

尙埋設體と軌條間或は軌條と大地間電位差を測定した場合には上記埋設體と大地間電位差に準じて表示すればよい。



- 注意: 1. 平均値は電圧計の讀 V (ヴォルト) につき表すこと
 2. 測定の各方向に於ける電池電流 i (mA) 及び之に對應する電圧計の讀み V_i (ヴォルト) の比 i/V_i の平均値を記入すること

第6圖 常數分明ならざる場合

第三節 測定結果の判断

前記の様に測定結果を整理せる後は電蝕危険の程度を判断して何れの箇所に對して防蝕施設を施すべきやを定めねばならぬ。又防蝕施設を施した場合には其の効果如何につき測定結果より判定し豫期の結果を得たりや否やを確めねばならない。之等は防蝕施設の種類如何によつても夫々異なる處であつて關係各節に就て参照せられたい。

但し測定結果には常に相當の誤りを導入する性質があるのであつて、例へば大地を相手とする電位差の測定で一方の極として埋設體或は電鐵軌條等を探つた場合には普通の注意の下では數十ミリヴォルト程度の誤りが生ずる。又晝間の電流測定でも前章記述の様に變動の激しい電流を一點又は數點宛位置を推移せしめて測定するのであるから結果が却々正確には行かない。

依つて之等の事情を考慮し一方地況、理論的推理及び經驗をもととして判断をなす譯である。

第六章 電鐵側に於ける漏洩電流の軽減法

電鐵側に於て行ふべき漏洩電流の軽減方法に就ては第三章第二節に於ける漏洩電流の計算から既に分明する處で、本章では之を實益に實現する方法に就て述べる。

第一節 軌道床の漏洩抵抗増加

1. 軌道床の構造に対する注意

- (1) 都市の路面軌道に對しては軌道の周圍及び基礎にソリッド・コンクリート・パラストを打つことは避け清淨な碎石を基礎として枕木の下に置くがよい。
- (2) 上記の碎石は常に適當な路面舗裝に依つて清潔に保つことを要する。
- (3) フロッグやスイッチを氷結せしめない爲に使用する鹽類は軌道の絶縁抵抗を甚しく減少するから使用してはならぬ。
- (4) 枕木の防腐材としては鹽化亞鉛又は同類の防腐藥を避けて、クレオソートとガソリン油の混合したものを使用するがよい。

2. 排水

軌道床の抵抗を良好なる状態にするためには軌道床の排水を良くし常に乾燥せる状態に保守することが必要である。之は軌道の保守上にも重要なことであつて、特に排水溝を設備せる構造を採用せる場所もある。第1圖乃至第3圖は其の一例である。

3. 絶縁道床

- (1) 併用軌道でアスファルト層により軌道を大地より絶縁するは相當效力を有することは確であるが、一方軌道面等に沿うて漏洩する電流が相當に存在し且アスファルト層の爲に軌道床の排水を阻害し枕木等を腐蝕し軌道の維持に困難を來す。其の工事費に多額の費用を要する割合に絶縁の永續性が疑はれる。(第4圖参照)
- (2) 軌道に接近して地中金屬管路がある場合には電氣工作物規程によつて2m以上の間隔に離さねばならない。(電氣工作物規程本則第164條、細第94條)之に

電流の軽減法

第二章第二節に於ける漏洩電流
 する方法に就て述べる。

抵抗増加

にソリッド・コンクリート・パ
 下に置くがよい。

に保つことを要する。

する種類は軌道の絶縁抵抗を

を避けて、クレオソートと

排水を良くし常に乾燥せる状

重要なことであつて、特に排

第3圖は其の一例である。

絶縁するは相當效力を有す

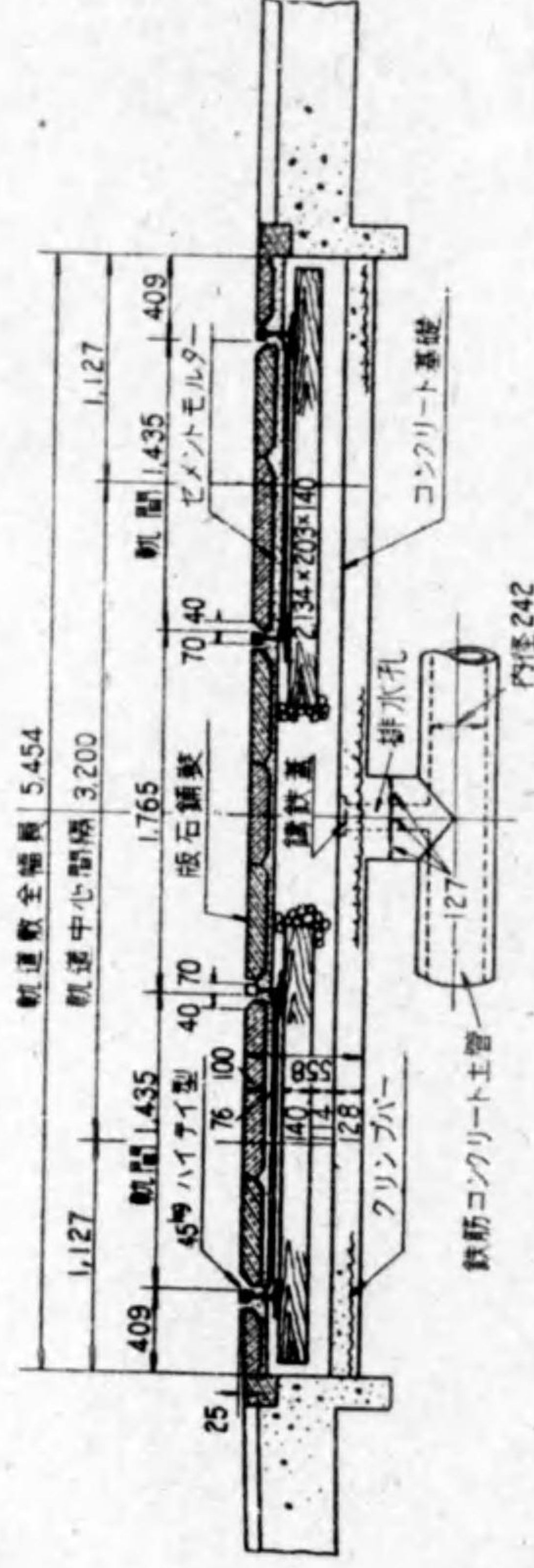
が相當に存在し且アスファ

の維持に困難を來す。其の工

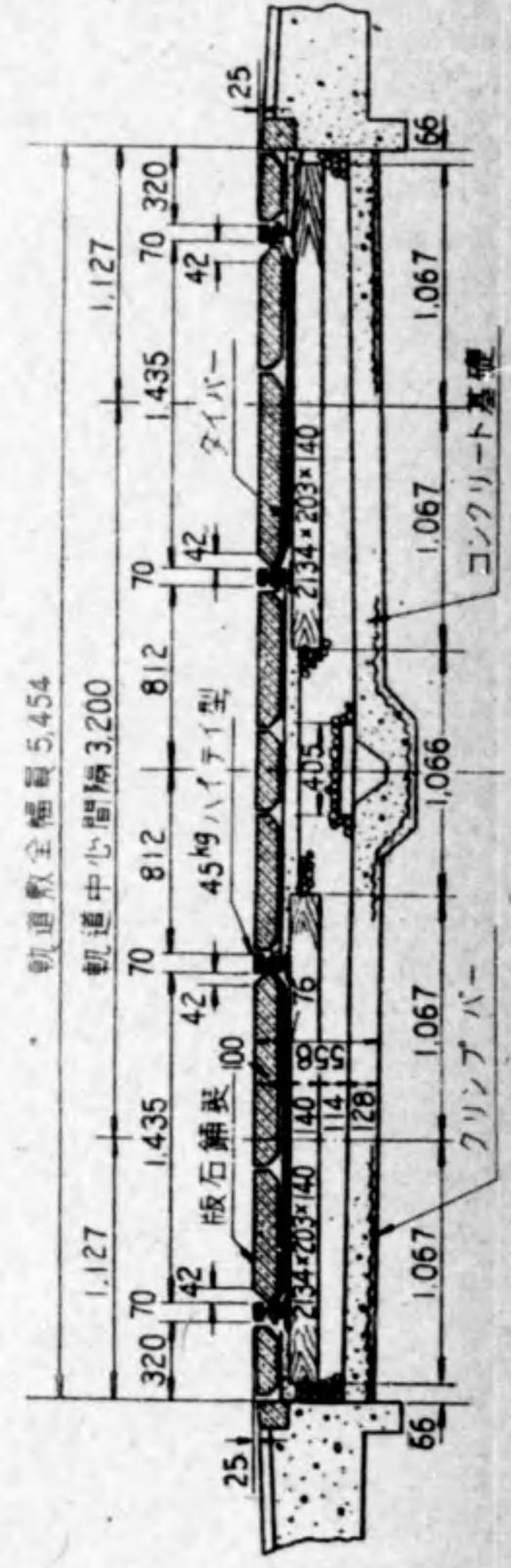
。(第4圖参照)

工作物規程によつて 2 m

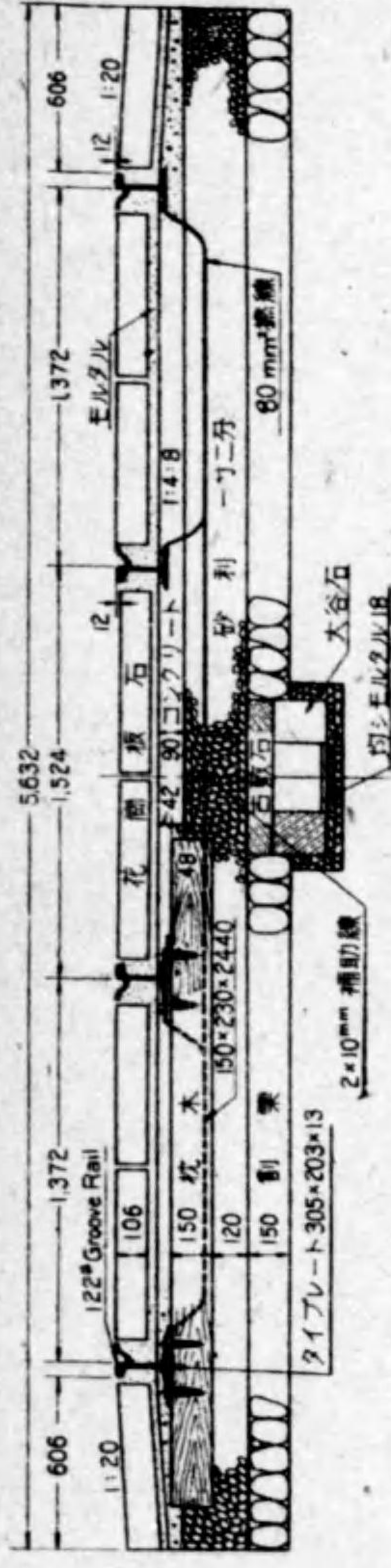
164 條, 細第 94 條) 之に



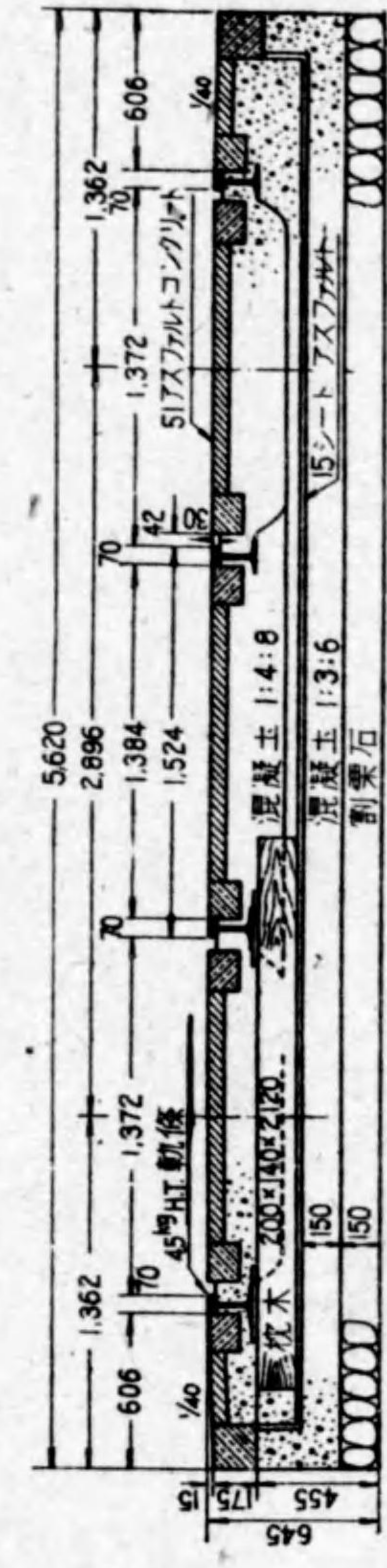
第 1 圖 軌道構造圖 (國道線 野田—東神戸間)



第 2 圖 軌道構造圖 (國道線 野田—東神戸間)

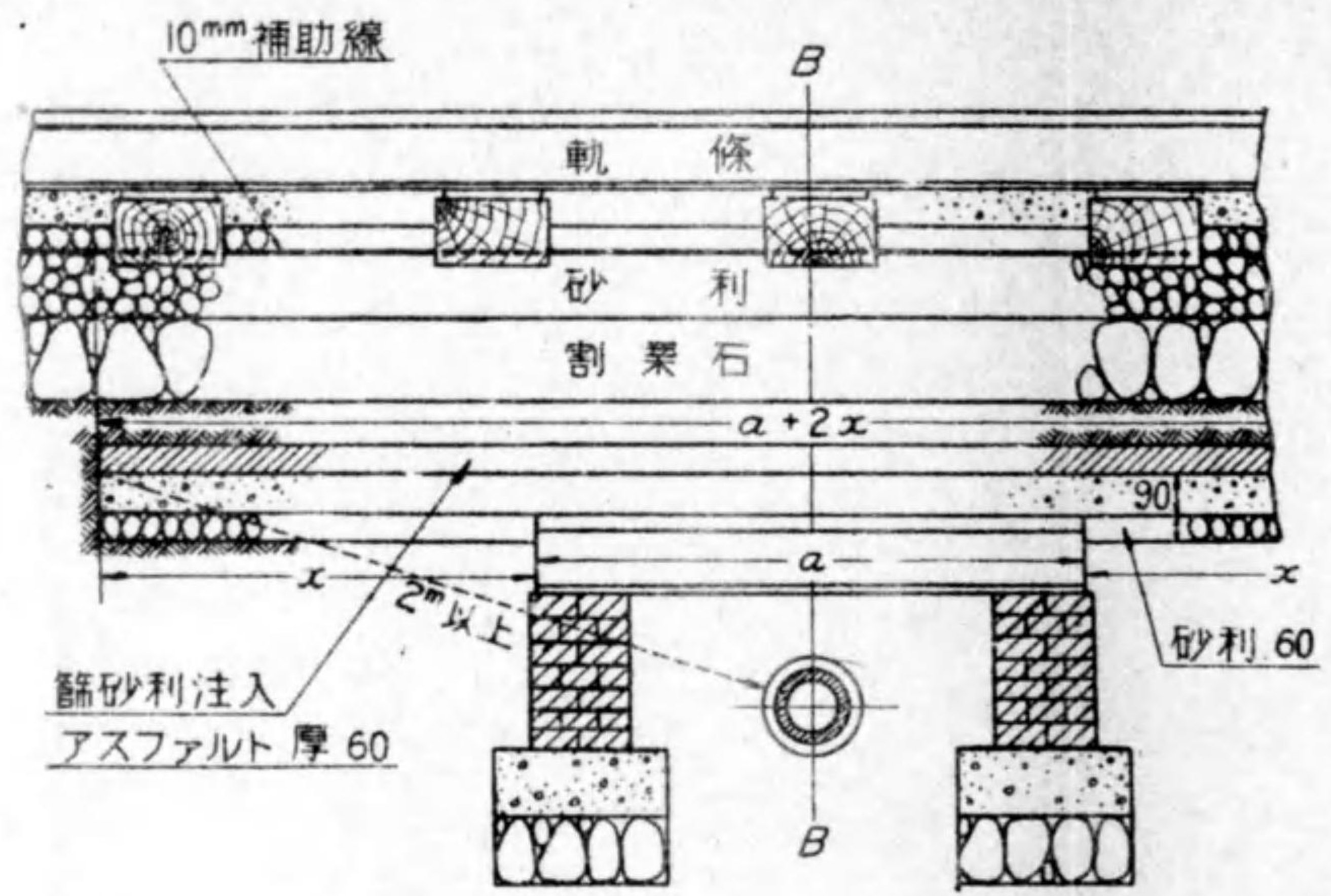


第 3 圖 軌道構造圖

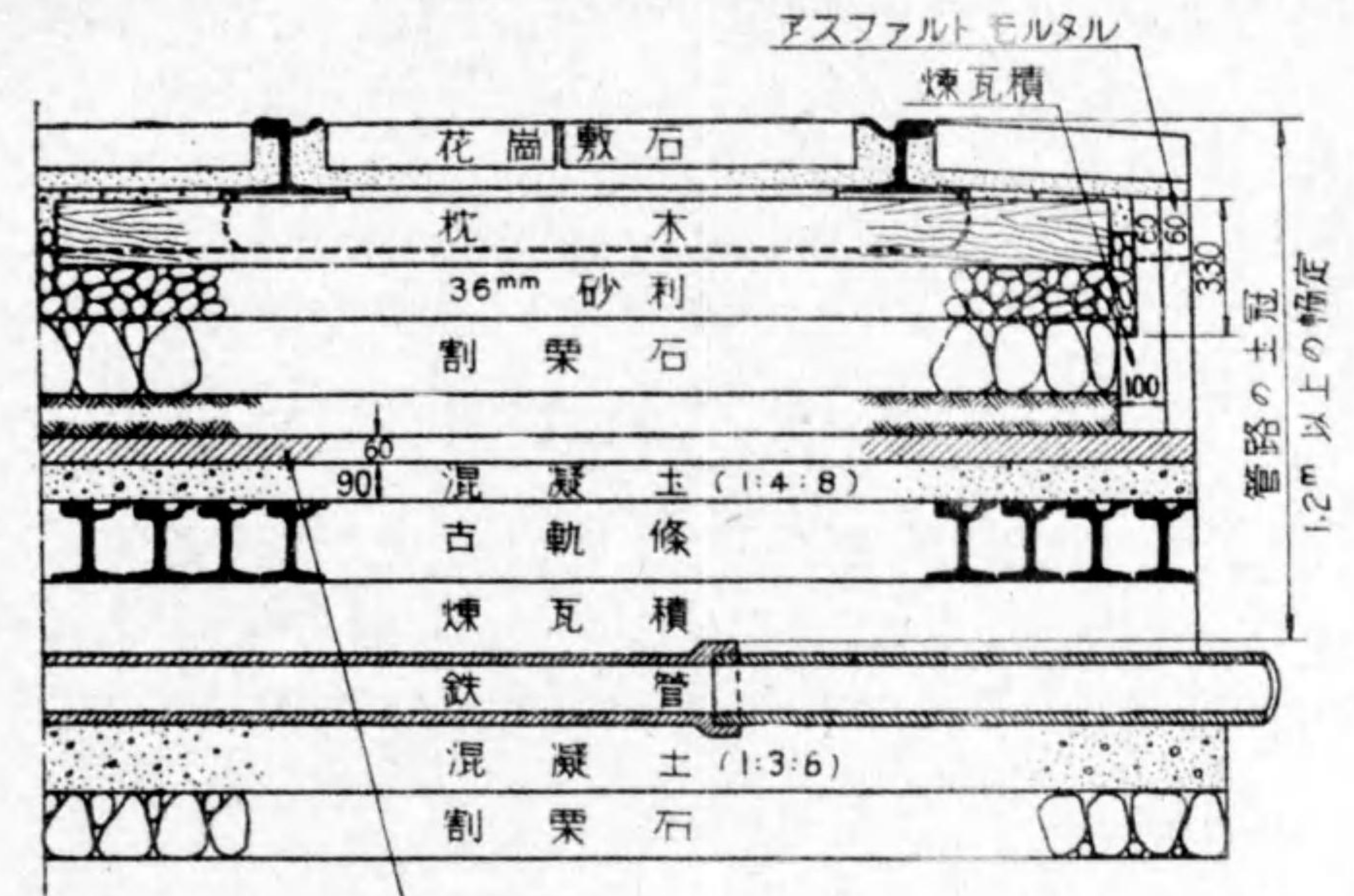


第 4 圖

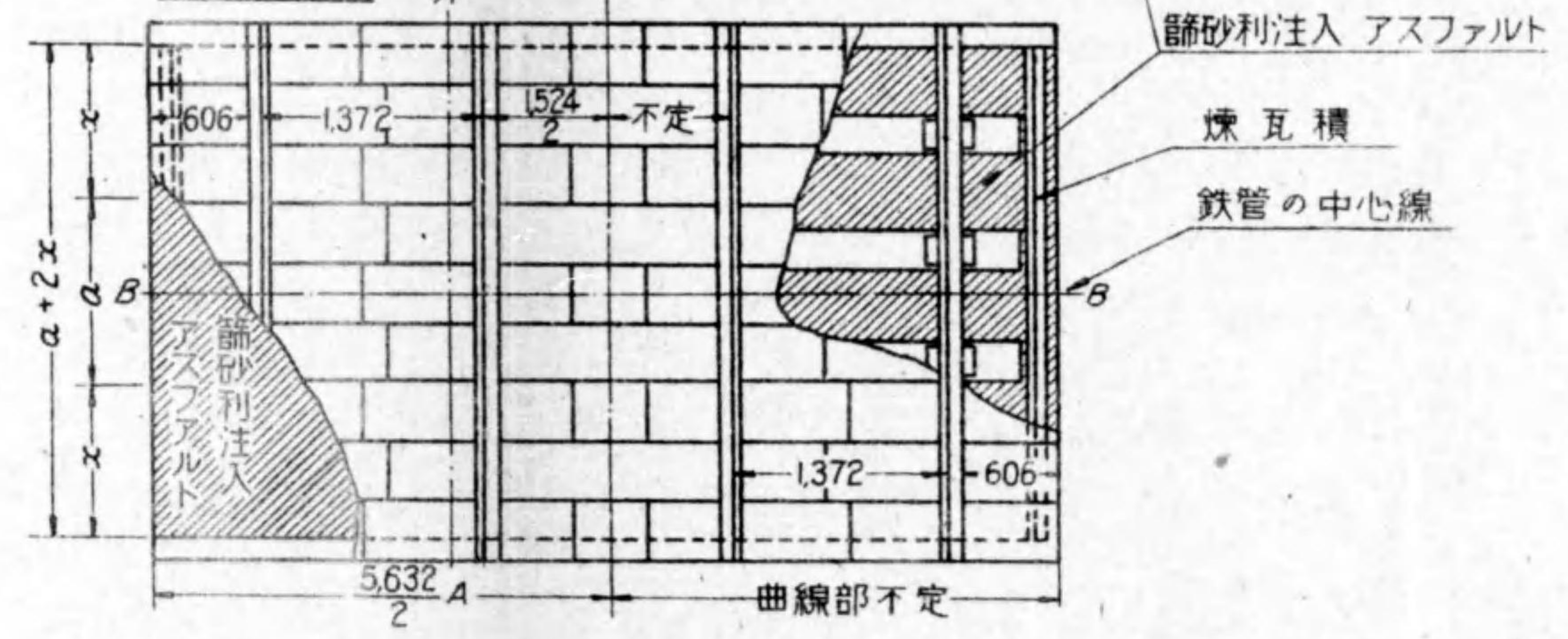
A ~ A 断面圖



B ~ B 断面圖

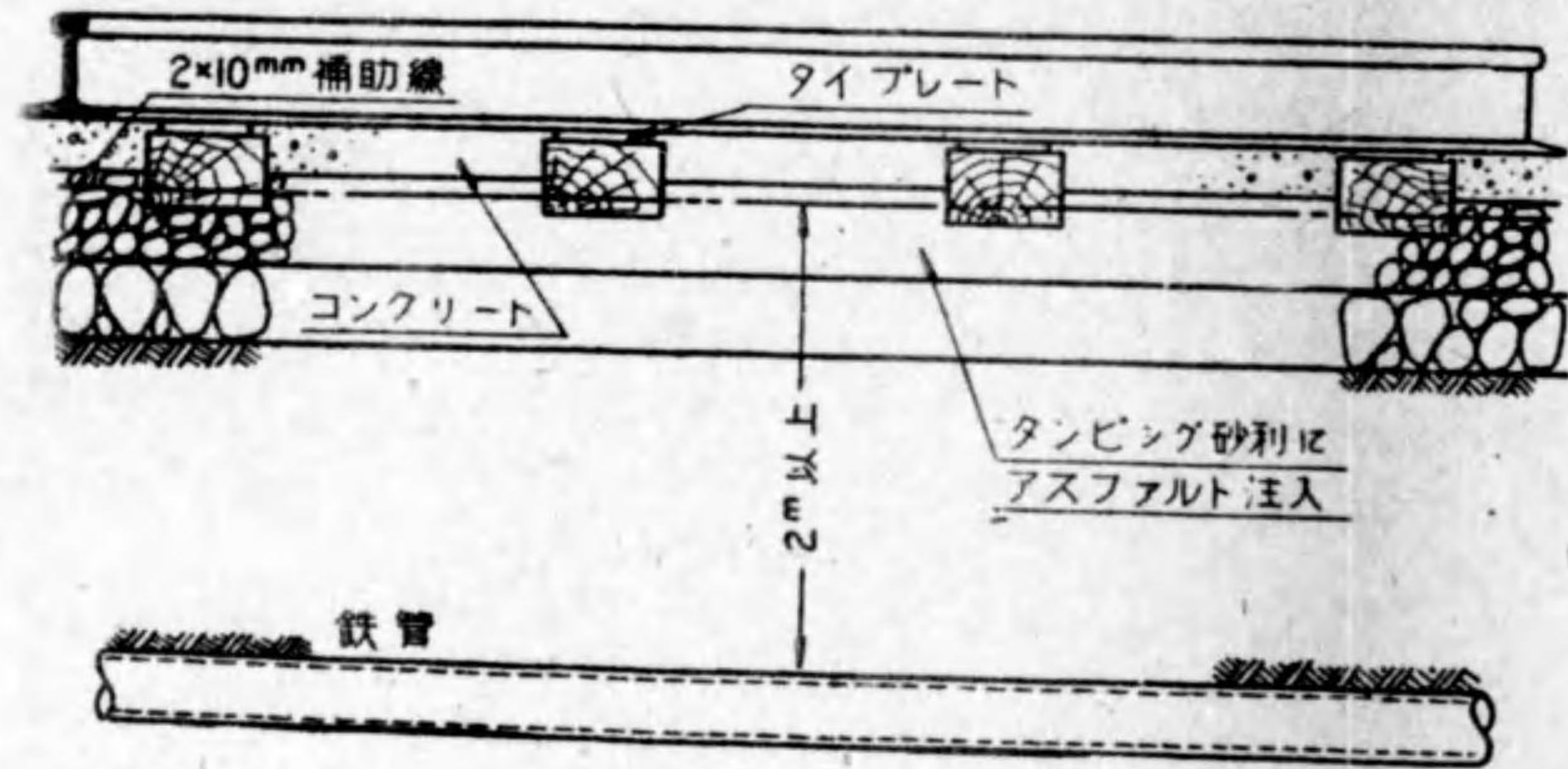


平面圖

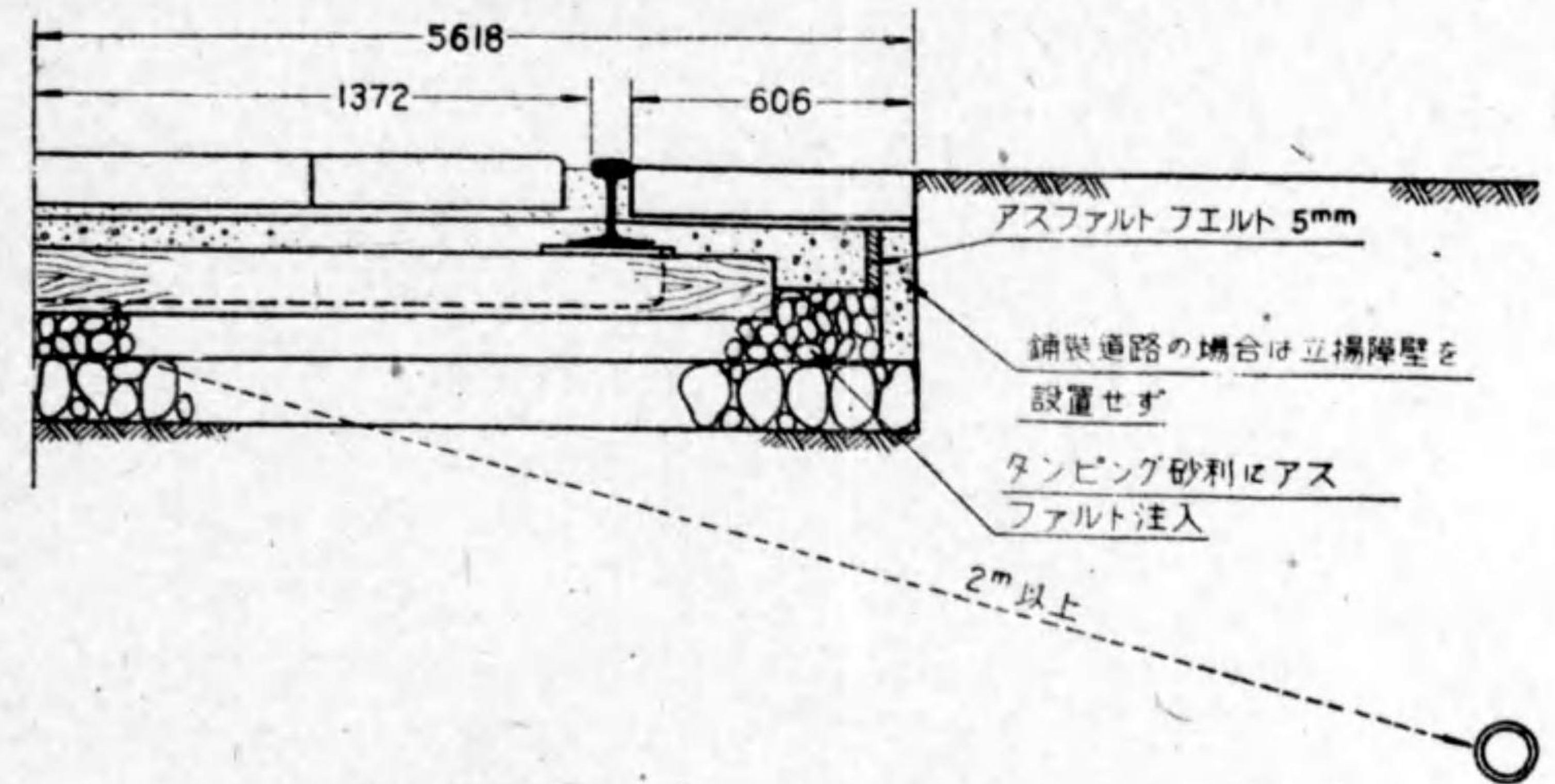


第5圖 横断地中管路に対する絶縁構造圖

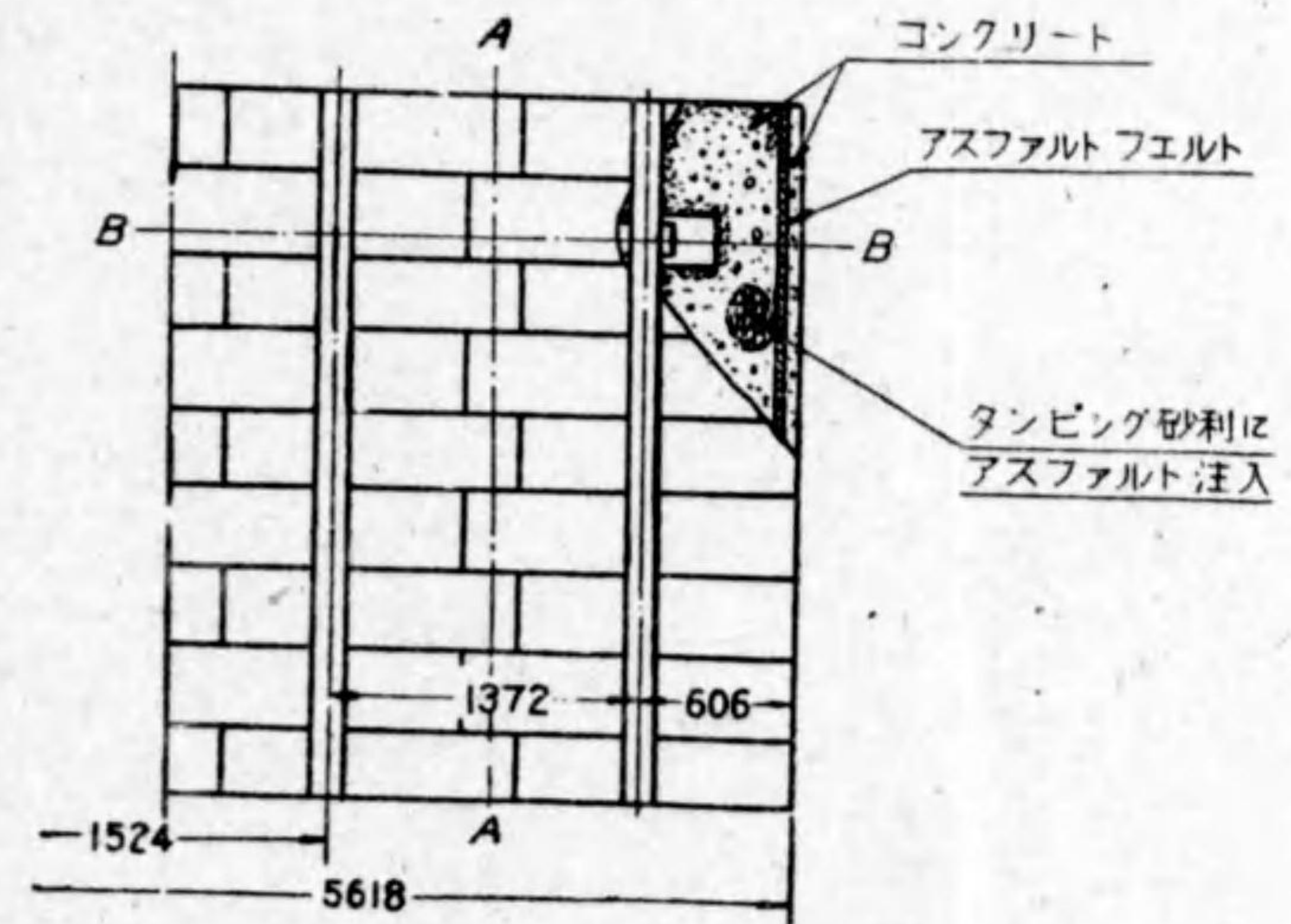
A ~ A 断面圖



B ~ B 断面圖



平面圖



第6圖 並行地中管に対する絶縁構造圖

はアスファルト層を用ひるがよい。第5圖及び第6圖は東京市電で採用せる例である。

4. 橋梁の絶縁

併用軌道の橋梁は普通多くの金屬管を添架するものであつて、漏洩電流は直接橋梁の鐵骨、鐵筋及び金屬管を腐蝕するを以て軌道より電流が漏洩せざる様特に注意して工事すべきである。第7圖は其の一例であるが、アスファルト層で入念に絶縁してある。この場合軌道床は堅固であるし、排水は橋梁の勾配に應じて流れるから、この方法で可成りよい絶縁が保たれる。

5. バラストの保守その他

(1) 砂利や碎石で作られた露出軌道では軌條が大地と接觸しないから一般に大地に對して高抵抗を有するが、然らざるもので殊に土壤が濕氣を帯びて居る場合には著しく大地に對する漏洩抵抗が低い。バラストを用ひるものでも汚水等の侵入、雜草の繁茂又はブレーキシューの鐵粉散布等により著しく大地への絶縁抵抗を低下するから之等不純物を除去する爲に時々篩にかけるか又は入替せねばならない。

(2) 砂利層に生えた草は尙排水を悪くし枕木を腐蝕するから取除かなければならぬ。

(3) 露出軌道では軌條は枕木のみで土壤と接觸し漏洩電流は主として犬釘等より枕木を傳はつて漏洩するから腐蝕せる枕木は速に取替へることが必要である。

(4) 露出軌道にあつて補助線又はクロスボンドの盜難を懼れ、之等を砂利層に深く埋設することは軌道床の抵抗を低下するを以て注意しなければならぬ。

第二節 歸線抵抗の減少

1. 軌條

(1) 軌條は成可く太くて導電率の良いものが望ましい。

(2) 軌條の摩滅又は腐蝕が甚しい場合には、軌條抵抗が増加し、漏洩電流を増加せしめるから、一定の限度を定めて取替へることが必要である。

鐵道省の更換限度を例示すれば次の如くである。

軌條は次の状態に達したる時は之を完全なる軌條と更換する。

- (i) 軌條頭部の最大摩耗高が軌間内側に於て次の程度に達したるもの（摩耗高は摩耗面に垂直に測定するものとす）

線路等級	37 kg 軌條	50 kg 軌條
甲線（幹線）	10 mm	15 mm
乙線（補助幹線）	12 mm	—

- (ii) 軌條の摩耗腐蝕等に因る斷面積の減少が百分率に於て次の程度に達したるもの

線路等級	37 kg 軌條	50 kg 軌條
甲線（幹線）	18	20
乙線（補助幹線）	22	—

(3) 軌條に波狀摩耗を生じたり、ジョイントにカッピングを生じたり、又はジョイントプレートに弛みを生じたりするときは、車輛の通過によりボンドに激動を與へボンドの接觸を劣化するを以て保守に注意を要する。

- (4) 併用軌道では鋪裝を堅牢にするため高 I 型軌條を用ひた方がよい。

2. ボンド

(1) ボンドは成可く太く又軌條との接觸面積が大で振動に耐へるものを用ひること。鐵と鋼の接觸面積は鋼線の切斷面積の 8 倍位が適當である。

(2) ボンドは燃線を用ひ又燃線も同一方向のものが振動に耐へる。

(3) 併用軌道では鋪裝の關係上ボンドの改修が厄介であるから、ジョイントプレートを跨ぎ軌條底に取付ける構造のものがよい。これは振動に耐へ又車馬の通過による損傷を免れるから壽命長く、且軌道の手入の際脱落しない。

(4) 専用軌道では盜難の根あるを以て、隠蔽式（ジョイントプレートの中に入れて軌條底に取付けたりする）のボンドを採用するか、短い U ボンドを取付ける方がよい。但し U ボンドはジョイントの締めなほし等によつて脱落せざる構造のもの

がよい。

- (5) ボンドの安全率を増すためダブルボンドを用ひた方がよい。

(6) 負饋電點の附近は電流が多いからボンドも太いものを取付け電力損失及び電壓降下を軽減すべきである。

(7) 交叉點、分岐點は普通の軌條より壽命短く又ジョイントの数も多く、振動も烈しいからジャンパー線を用ひてボンドを省略した方が經濟的で且耐久的である。

(8) ボンドの取付直後ボンドテスターにて測定し、ボンドの抵抗が軌條 5 m の抵抗以上なるものは直に改修すべきである。併用軌道の如く一度鋪裝が完了せるときは改修に無用の費用をかけなければならぬ。

(9) ボンドの抵抗は毎年一回以上測定し軌條 5 m の抵抗以上のもは直に改修すること。（電氣工作物規程本則第 165 條）

(10) 線路の巡迴を勵行し脱落、盜難、軌道修理、軌道入換の場合は直に改修すること。

(11) 併用軌道ではなるべくテルミット熔接を採用しボンドの箇所を減じた方がよい。

(12) 軌條内に生ずる最大電位差を自動的に記録して歸線状態を注意することが必要である。（電氣工作物規程本則第 165 條）

3. クロスボンド

(1) クロスボンドは成可く太くて、間隔も短い方がよい。

(2) クロスボンドは燃線を用ひ、振動の少い軌條中央部の底部に取付けた方がよい。

(3) クロスボンドをボンドに接續することはボンドの弾性を妨げるからボンドの壽命を短縮する。

(4) 電流の大きさに應じてクロスボンドの大き及び間隔を變へた方が合理的である。又坂路の所は往復軌道の電流が不平均であるから特にクロスボンドの間隔を縮めた方がよい。

(5) 鋪裝軌道にあつてはクロスボンドの劣化は調査困難であるから取付には充分確信が必要である。

(6) 露出軌道にあつては盗難の惧あり、これを避けるため砂利層に入れることは軌床抵抗を劣化するからその必要ある場合には絶縁電線を用いた方がよい。

4. 補助線

(1) 補助線は軌條の振動を直接受けぬから單線でも差支ない。

(2) 餘りに補助線に頼り、之によつて漏洩電流を減少せんとするは、可なり断面積の大きい銅線を要し其の經費が却々大きい。寧ろ變電所を増設して饋電區域を減少する方法が有利な事が少くない。

(3) 露出軌道では盗難にかゝり易い。之を避けるため砂利層中に埋設することは軌床抵抗を劣化し、又補助線を腐蝕するから注意を要する。

(4) 軌道の維持に支障を來し、タンピングの際切断されざる様注意を要する。

(5) 故にボンドをダブルボンドとし補助線を省略した方がよい場合が多い。(電氣工作物規程本則第 165 條)

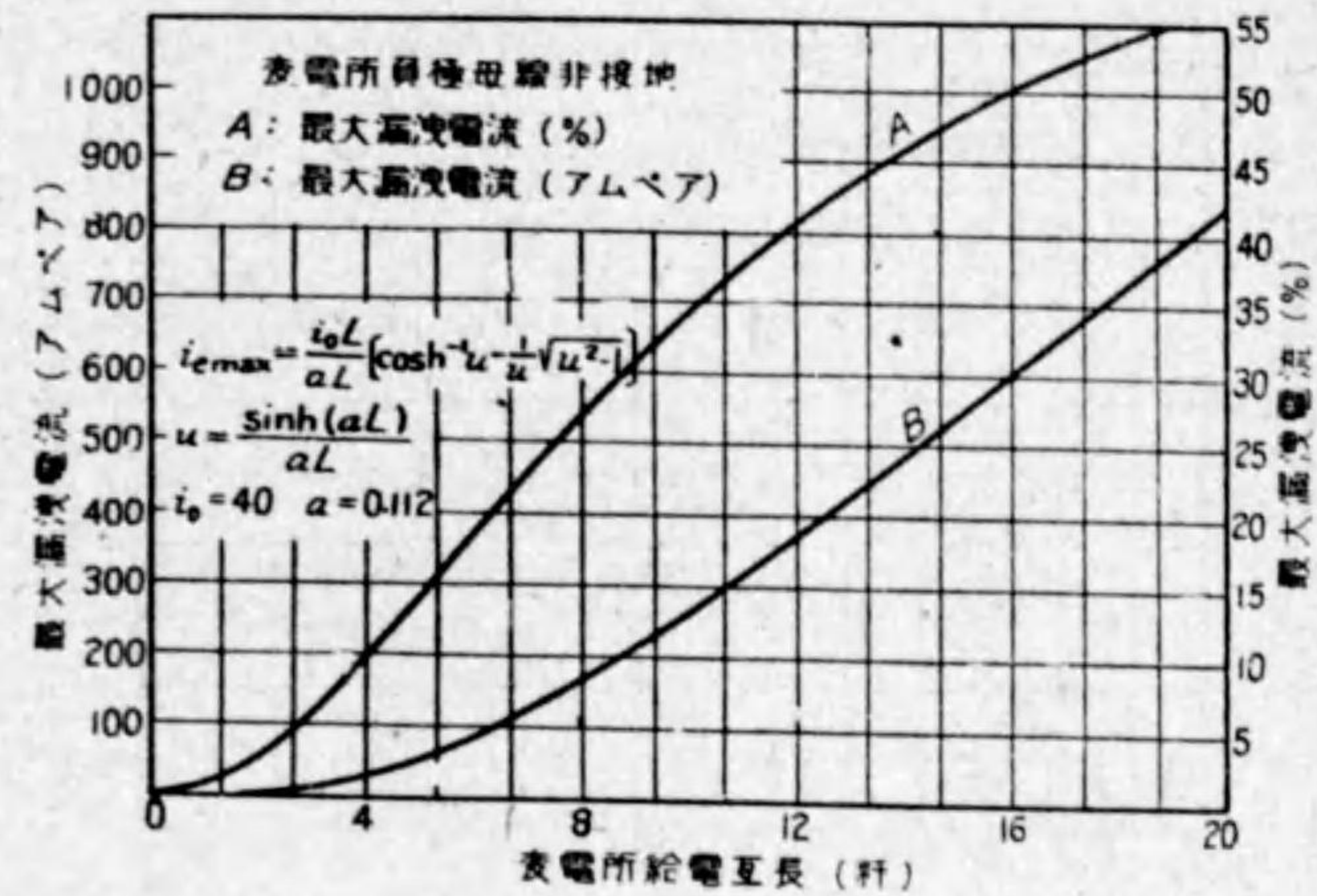
第三節 變電所饋電區域の縮小

1. 饋電區域の縮小

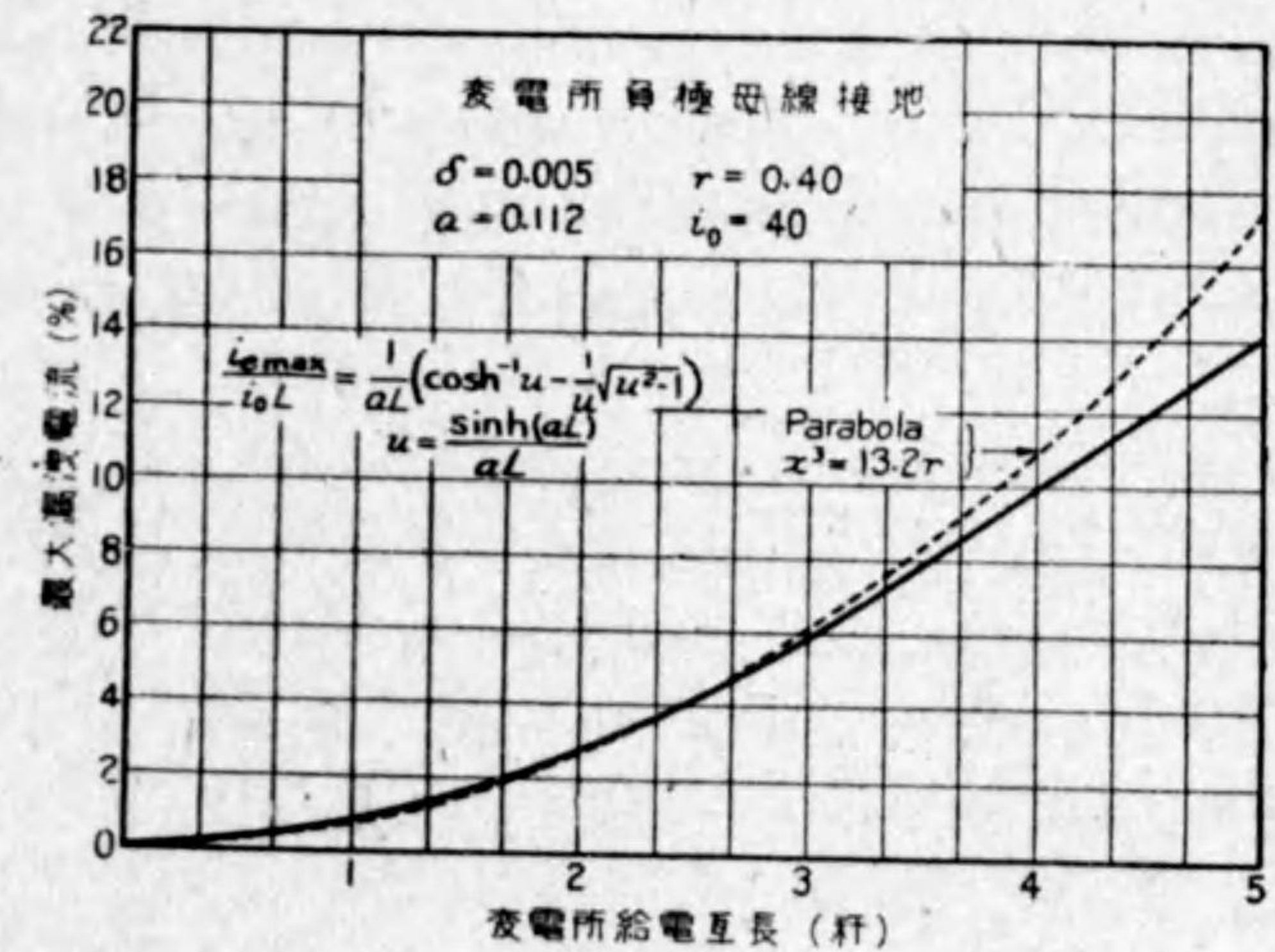
饋電區域を減少するには變電所を増加する外眞饋電線を變電所の負極母線に接続し之を軌條の適當な點に接続し之に變電所に歸るべき電流を平等に分擔せしめるのである。第 8 圖は變電所に於て負極を接地せざる場合の饋電區域と最大漏洩電流の關係を示し、第 9 圖は負極を接地せる場合の關係である。之等の圖より明なる如く、負極を接地せる場合は漏洩電流が負極を接地せざる場合よりも甚しく大にしてあるからこの方法は我國では禁ぜられて居る。大體漏洩電流は饋電區域の二乗に逆比例すると考へてよい。

2. 自動變電所

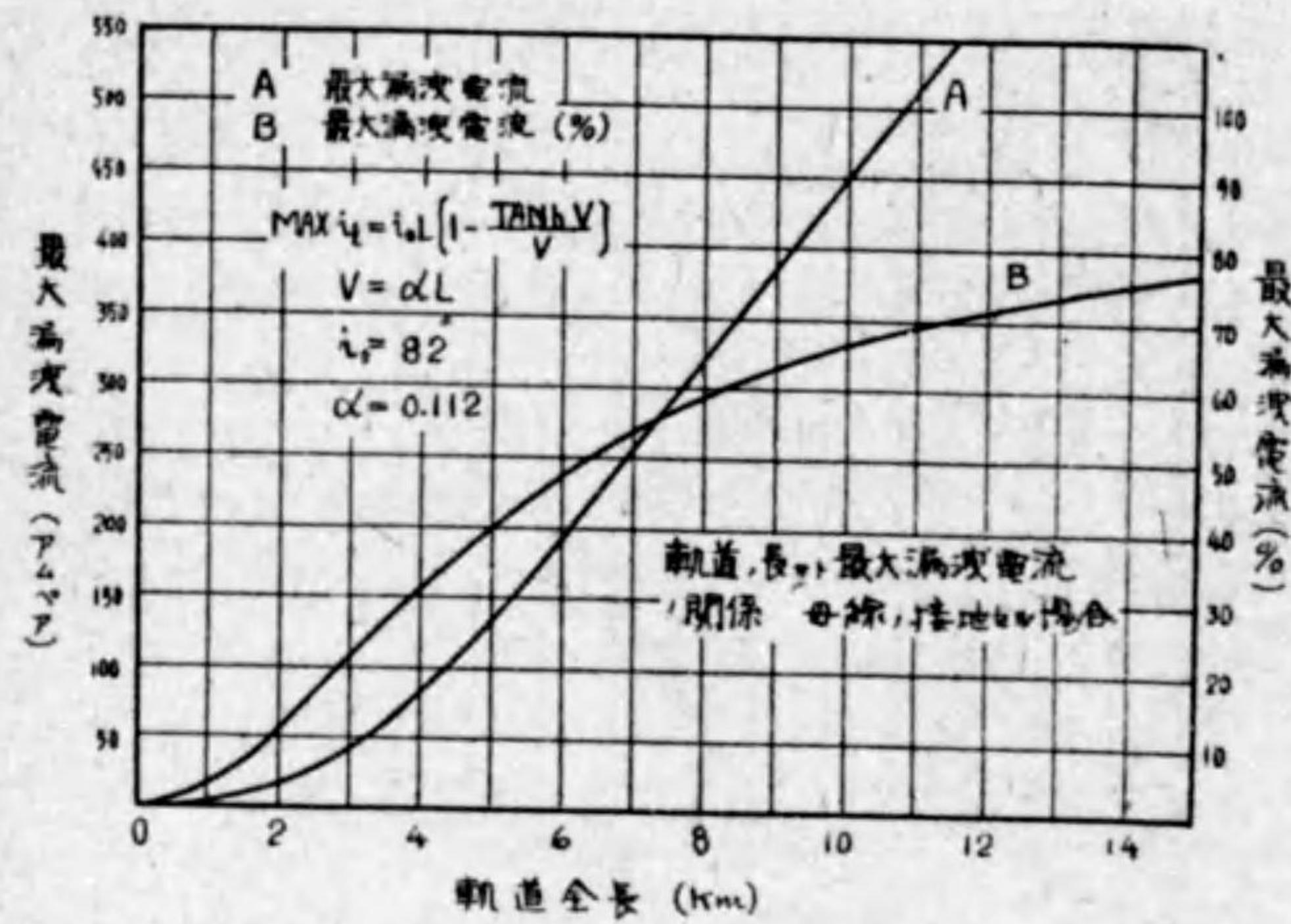
最近電氣鐵道では自動、半自動及び遠方制御の變電所が盛に採用されてゐる。自動



第 8 圖



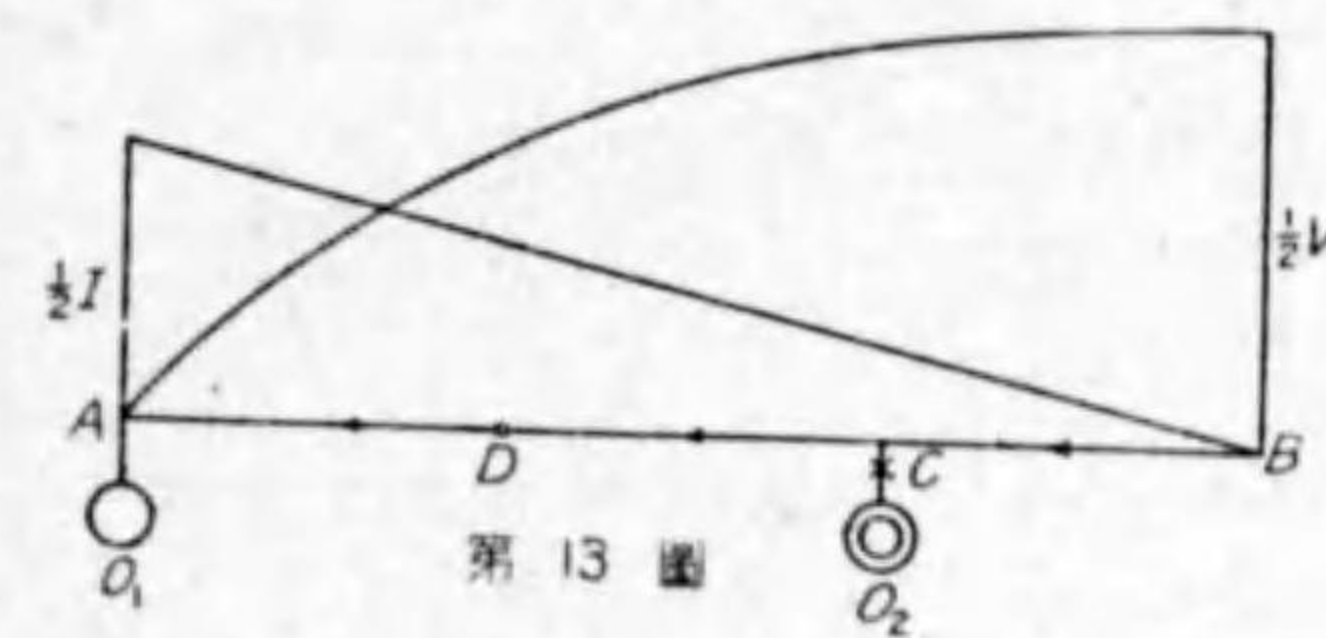
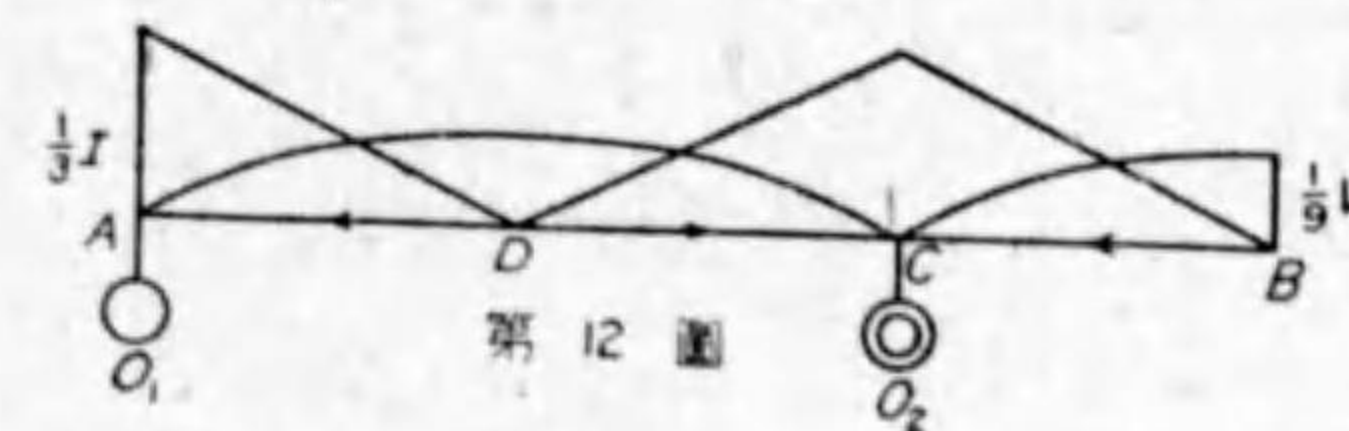
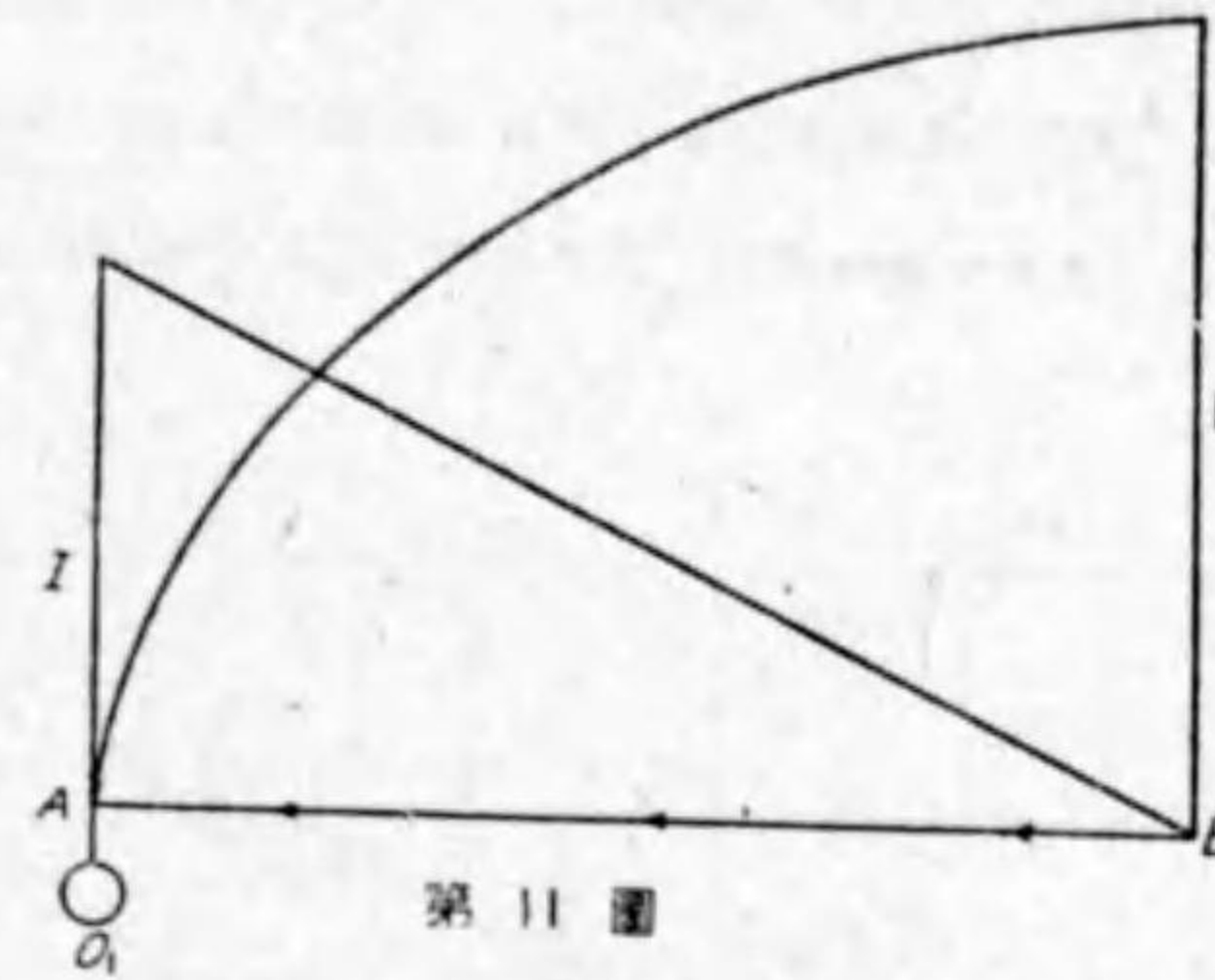
第 9 圖



第 10 圖

變電所は普通 300~500 kW 位の容量で、一般には過負荷電流を自動調節するに使用せられる。即ち朝夕の過負荷の場合に運轉して主變電所を助け、輕負荷のときは停止する。自動變電所の採用により饋電點の數を増して軌條内の電壓降下を少くし、又電流方向を一日中に何回か變ずることにより電蝕に對する状態を良好ならしむることが出来る。

例へば軌道 AB 區間を O_1 なる變電所によつて供給する場合と O_1 の他に O_2 なる自動變電所と並行運轉する場合とを比較して見る。第 11 圖は O_1 なる變電所のみにて運轉せる場合の過負荷時に於ける軌條内電流及び軌條内電差位を示す。此の場合 C 點に O_2 なる自動變電所のある時は第 12 圖の如く最大電流は第 11 圖の場合の $1/3$ 、軌條内の最大電位差は $1/9$ となり、且 DC 間の軌條電流は第 11 圖の場合と逆方向になる。次に負荷が過負荷の $1/2$ になるとき自動變電所 O_2 が停止する様にすれば、第 13 圖の如くこの時の最大電流は第 11 圖の場合の $1/2$ 、軌條の電位差は $1/2$ になる。即ち第 11 圖の場合と第 12 圖及び第 13 圖を綜合して考へた場合とを

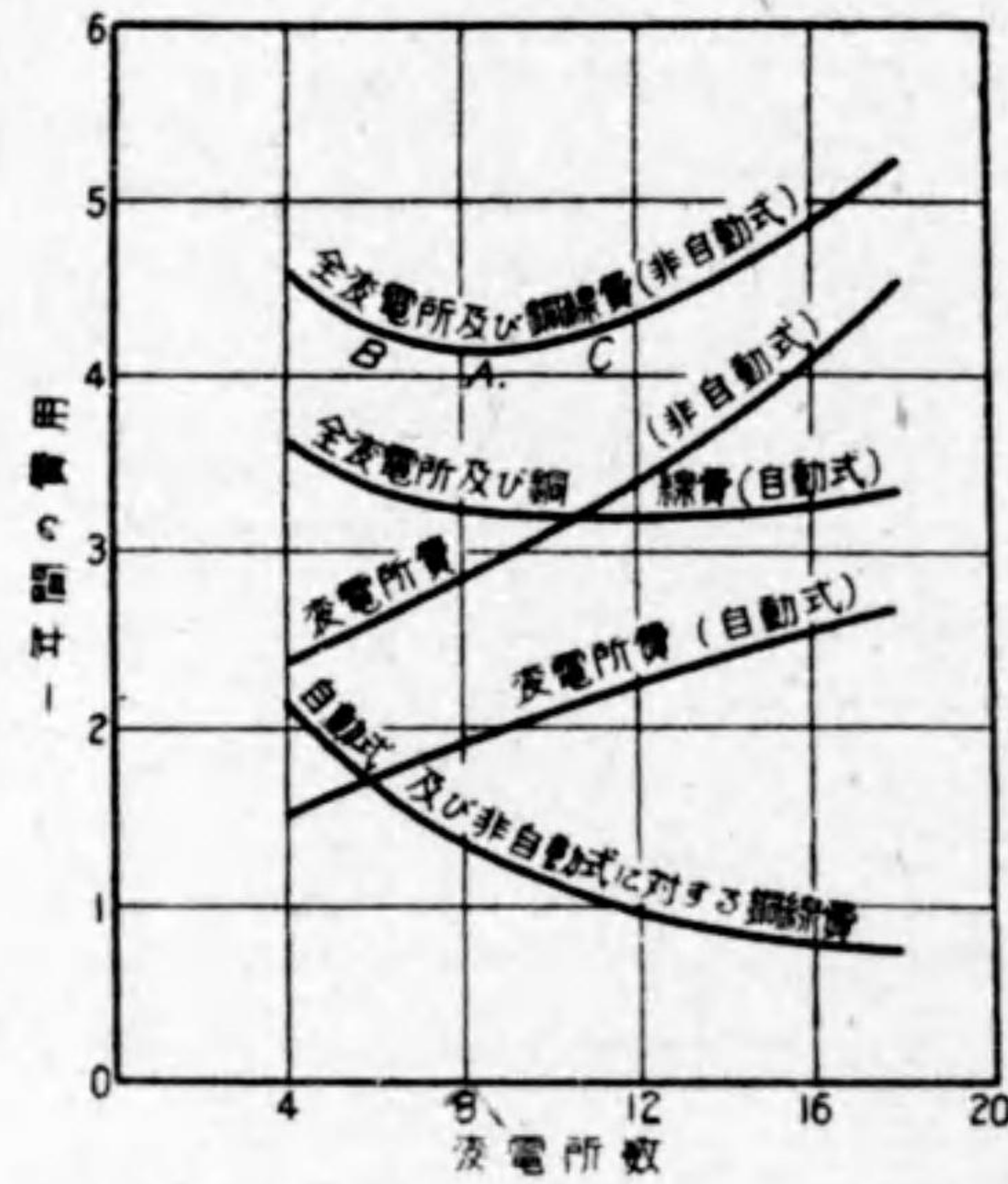


比較するときは自動變電所の設置されたる場合が漏洩電流を輕減する上に非常に役立つことがわかる。

3. 經濟的なる變電所の數

變電所給電區域の實際上の經濟的限度を總ての條件を考慮に入れて表し得る様な一般式を提示することは到底出来ない。變電所の數を増加する事に依り之に對する設備費の増加を來しても、一方で饋電線に對する銅量の節約、線路内に於ける電力損失の輕減、同電壓降下の低減に基く電車速度の増大等により十分補はれる場合も多く、箇箇の例に就き其の特殊條件を考慮に入れて決定せねばならない。

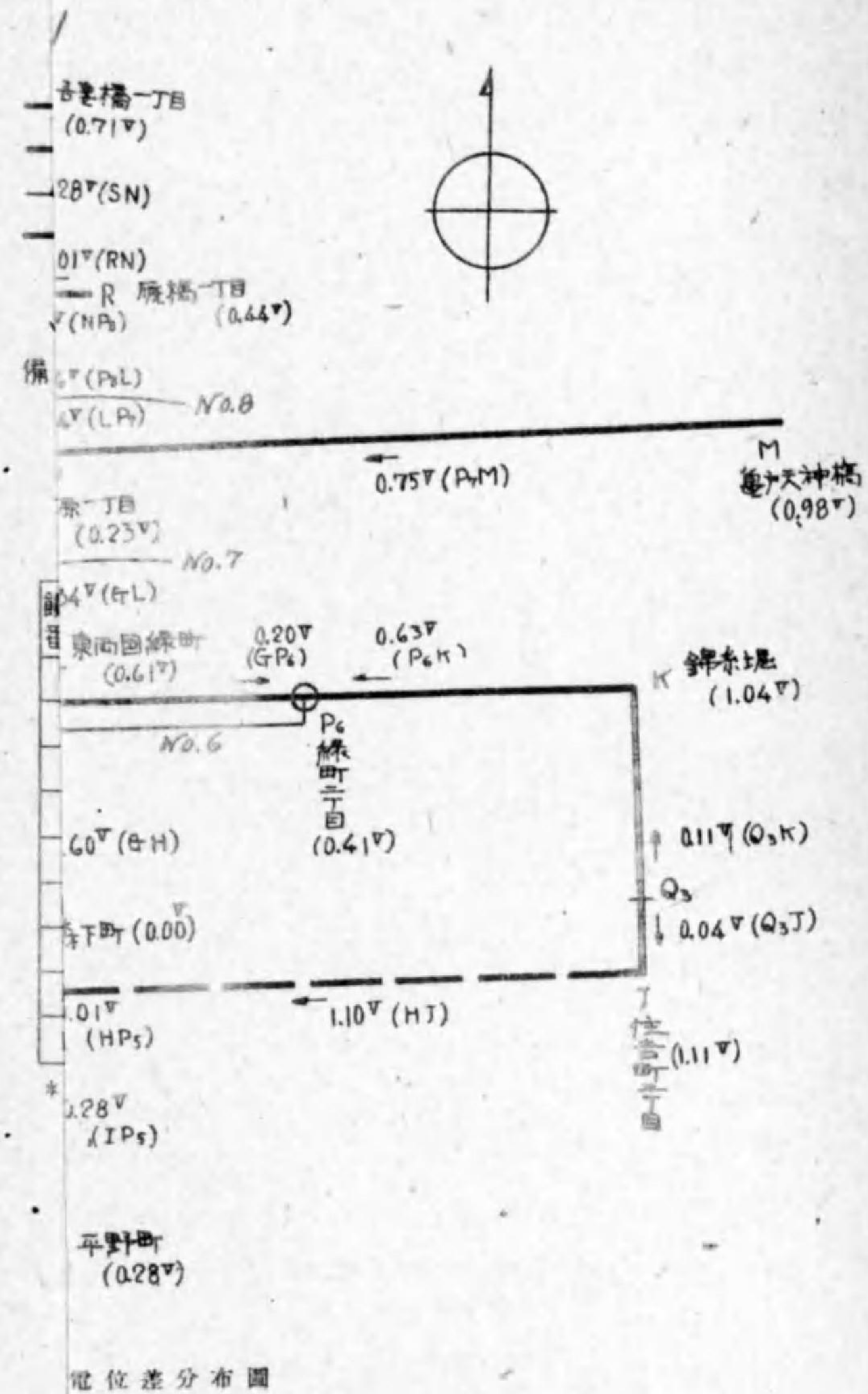
今概念的に代表的の市間電車に對し變電所數と一年間經費との關係を計算せる結果を第 14 圖に示す。(英國の土木會會議誌 199 卷に發表された H.F. Parshall 氏の論文中の値に據る。但し銅及び電氣機械、勞力等は 1921 年當時の價格を以て計算せるものである。)



第 14 圖 市間電鐵に於ける變電所數と一年間經費との關係

本曲線に依つて最低經費の點を得られなければ同一の年經費に對して二つの異なる變電所の數が存する事を知る。即ち初め年經費の最低である A 點に設計せられたものが負荷の増加、線路の延長等の爲に變電所數過少となり、年經費は増加して同曲線上の B 點で示されたのと同じだけ必要とする様になつたと假定する。若し此の際 40% だけ變電所を増加して同曲線上の C 點に於て運轉するとしても、其の年經費は B 點に於ける値と同一である。

茲に於て吾人は經濟的立場より決定されたる最大限度の變電所數を採用する方が、



電位差分布圖

との關係を計算せる結果
た H.F. Parshall 氏の
當時の價格を以て計算せ

式)
20

經費との關係
費に對して二つの異なる變
點に設計せられたものが
費は増加して同曲線上の
する。若し此の際 40%
も、其の年經費は B 點
電所數を採用する方が、

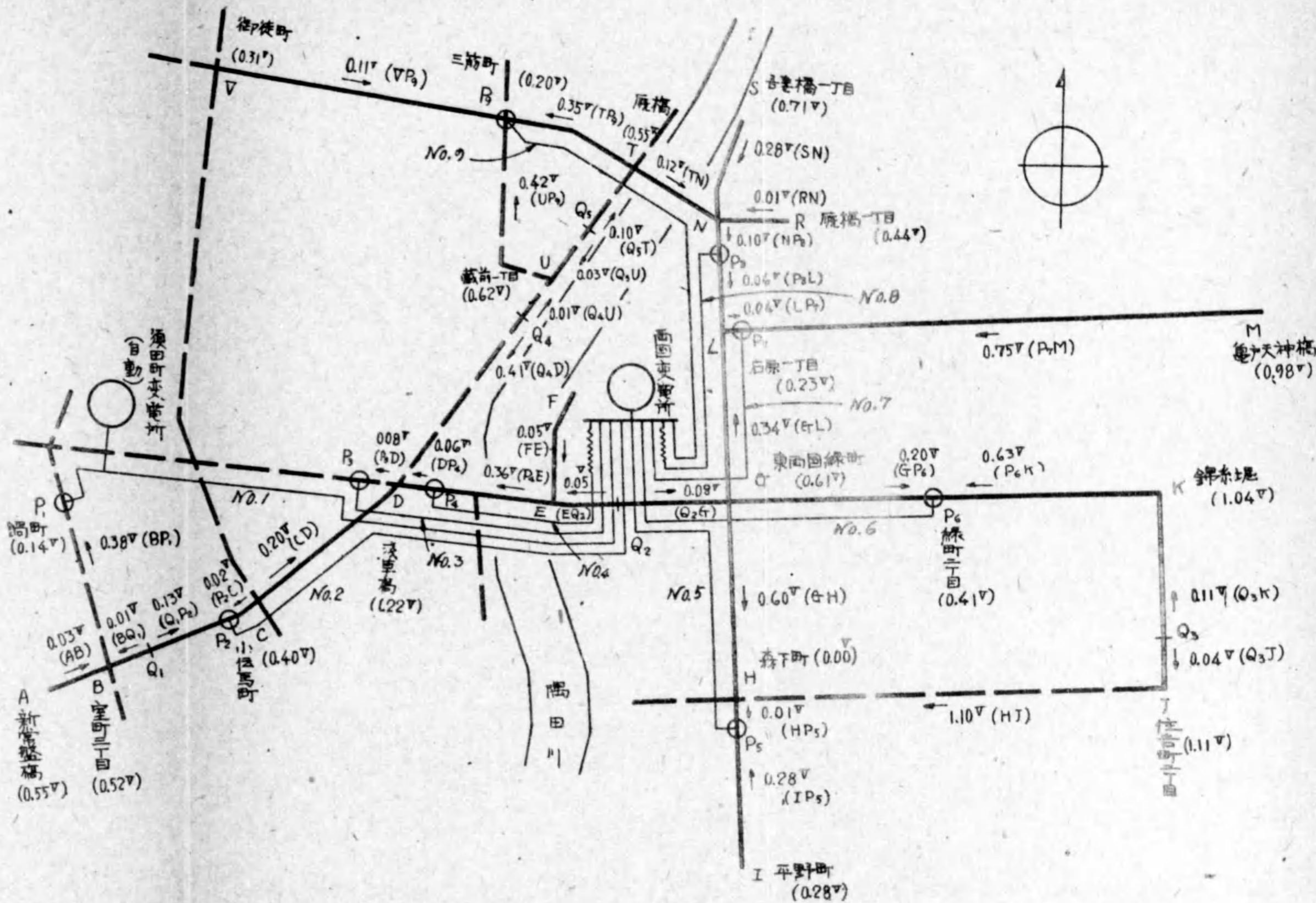
- 兩國変電所送電區間軌道
- 他の変電所
- 負饋電線 (三二五平方耗)
- +— 分流点
- 負饋電点
- ~~~~ 平衡用挿入抵抗

備考

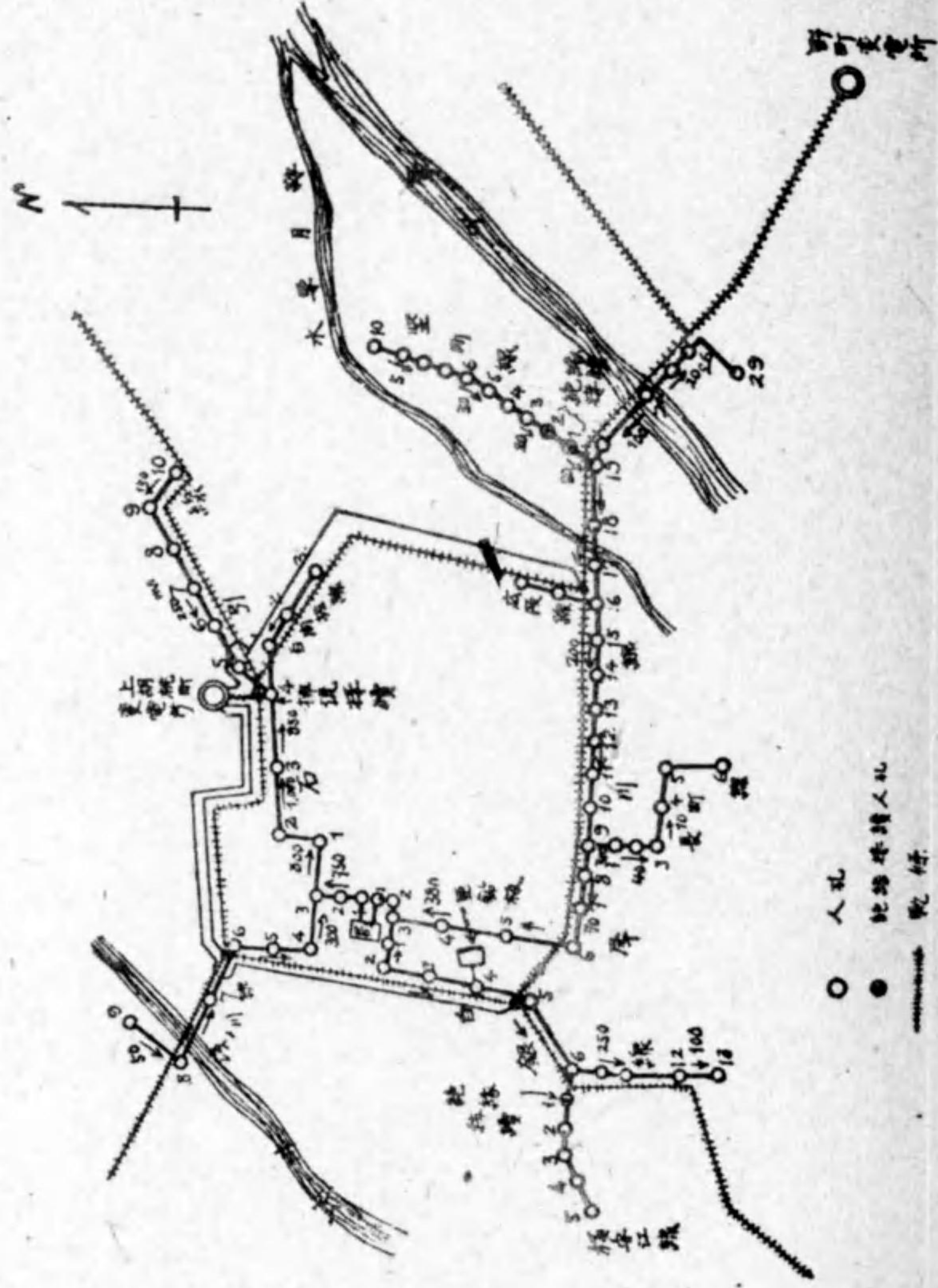
矢印は其の附近の電流の方向、其れに
附記せる数字は其の間の電位差を示す。
括弧内の数字は最低電位点森下町を起
点とせる場合の電位を示す。

饋電線 番号	長さ (m)	抵抗 (Ω)	挿入抵抗 (Ω)	電流 (A)	電圧降下 (V)
No 1	2,789	0.153		43	15.34 *
No 2	1,985	0.109		144	15.60
No 3	1,201	0.066		233	15.34
No 4	1,010	0.055	0.055	141	15.48
No 5	1,167	0.064		239	15.20
No 6	1,062	0.058		296	15.61
No 7	1,020	0.056		277	15.43
No 8	1,352	0.074	0.028	153	15.53
No 9	2,324	0.129		121	15.40

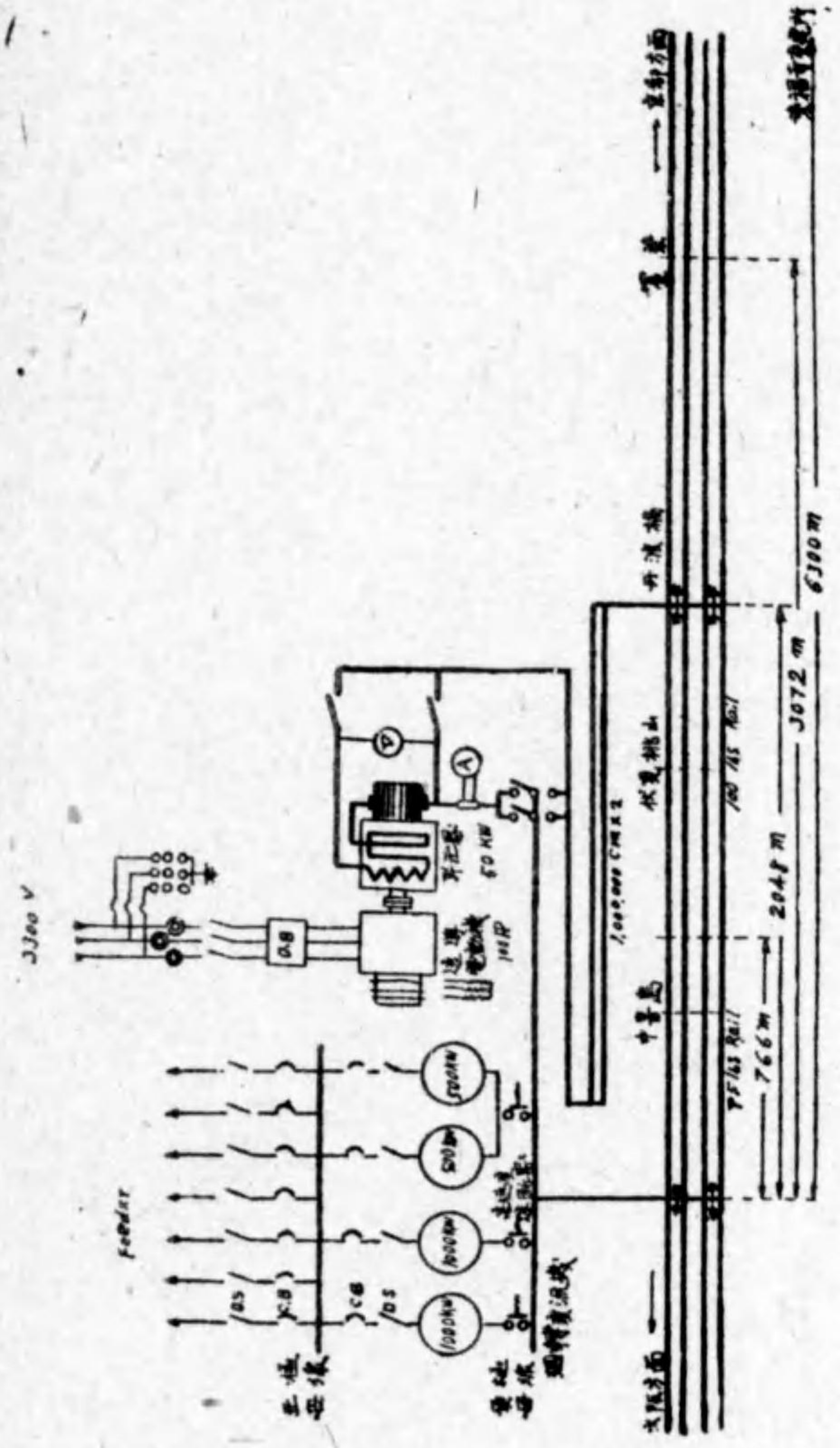
* 須田町変電所電流による電圧降下を
含む。



第 15 圖 東京市電氣局兩國變電所供給區域内の絶緣負饋電線並に軌道内電位差分布圖



第 16 圖 金澤市内電線に於ける絶縁負荷電線の接続と市内電話ケーブル鉛線内電法



第 17 圖 京阪電鐵に於ける負極昇壓機の設定

最小限度の變電所数を採用するよりも、電線の將來の發展性を考慮すれば云ふ迄もなく望ましい事を知る。而して問題とする漏洩電流は又著しく減少されること明瞭である。

第四節 絶縁負饋電線 (第三章第五節参照)

軌條に絶縁負饋電線を用ひる事は歸線の導線を太くしたと同一に考へられ、又第三章に述べた如くこの事によつて饋電區域を縮小したと同一結果となり、共に軌條よりの漏洩電流を減少せしめる事が出来る。その結果は地下埋設物中に流れ込む電流を減少せしめ電蝕防止上効果がある。尙此の場合第三章にて述べた等電位法の採用或はこれに類似の場合は負極饋電線の數によつて其の軌條との接続點附近で腐蝕箇所を生ずる事となるが、しかし電蝕の程度は一般に小さく所謂危険の分散を行ふ事になる。第16圖は金澤市内電線に對して施設せるものゝ例である。第15圖は東京市電氣局兩國變電所供給區域内に於ける絶縁負饋電線並に森下交叉點の電位を零と假定せる場合の軌道内電位差の分布圖である。

第五節 減壓機の設備 (第三章第五節2-c参照)

減壓機を用ひて強制的に軌條の絶縁負饋電線の電位を變電所負極母線の電位或は他の適當なる電位と同一に保たしむる事は第三章記載の様に漏洩電流を軽減し得て且設備費を要するも電力損失を少くして好都合である。現在本邦では京阪電鐵⁽²⁾に採用せられたものが擧げらるのみであるが、將來相當方々で利用せられるものと考へられる。京阪電鐵に於ける例を擧ぐれば第17圖の様で、京阪本線伏見變電所内に於て墨染停留所附近の軌條へ接続する絶縁歸線に對し負極昇壓機を設備した。負極昇壓機としては普通の直流直捲發電機とこれに直結せる誘導電動機とからなり、發電機は變電所内直流負極母線と絶縁歸線との間に直列に挿入され、界磁は絶縁歸線内を流れる電流によつて勵磁されてゐる。伏見變電所變流機容量並に昇壓機定格は次の通りである。

回轉變流機		500 kW	2 臺		
		1,000 kW	2 臺		
負極昇壓機	電 動 機	100 HP	3,300 V		
	發 電 機	50 kW	45 V	1,330 A	

絶縁露線は 500 mm² 裸硬鋼線二條を用ひ一端は負極昇壓機の負極に、他端は伏見變電所饋電區間（即ち伏見墨染間）の三分の二の點（丹波橋驛）に接続した。この理由は負極昇壓機の効果をも最大ならしむる爲である。此の結果は非常に成績良好にして、附近に埋設された地下ケーブルの鉛被電流實測結果より見るも、負極昇壓機を用ひた爲に著しく電流減少し電蝕軽減の目的を達成してゐる。

第六節 架空電車線の極性の定時變更

我國に於ける電氣鐵道は電氣工作物規程本則第 165 條に依り「露線へ隔日＝其ノ極性ヲ轉換シ又ハ負極性ト爲ス」と規定せられてゐる。

我國に於ける電氣鐵道の現状を見るに、其の露線は例外なく負極に接続せられてゐる。従つて電蝕に對する危險區域は負饋電點の附近に限定せらるるを普通とし比較的狭い範圍が電蝕の障害を及ぼすこととなる。

電氣鐵道に於ける露線の極性を轉換すれば電蝕に對する危險區域も之に伴つて轉換することとなり附近に埋設せられてゐる地中金屬體が電蝕に依つて障害を受ける期間も亦延長せらるることとなる。極性を周期的に轉換すれば電蝕障害に如何なる影響があるかに関しては第二章第六節 7 に記載の通り相當電蝕が削減せられる。

極性を一定期間毎に轉換することは電車の運轉に相當不便を感じるを以て電蝕防止上この方式を採用してゐる實例は極めて少く、静岡縣の光明電氣鐵道及び福岡縣の大牟田電氣軌道に僅に其の例を見る。光明電氣鐵道に於ては半ヶ月に一回の割合に、又大牟田電氣軌道に於ては隔日に其の極性を轉換してゐるが、其の他の電鐵に於ては本邦では未だ其の例を聞いてゐない。

第七節 其の他

饋電電壓を高むれば同一大きさの負荷電力に對しては負荷電流を大略それに反比例して減少せしむる事が出来る。例へば電壓を 2 倍に上昇すれば同一電力に對し約 1/2 の電流にてよい。従つて漏洩電流も小さくなり電蝕防止上有效である。

三線式饋電法は同一負荷のものに對し軌條電流を小さくする事が出来る。従つて軌條から漏洩電流を小さくすることが出来るため電蝕防止上有效である。第三章第五節にて述べた如く三線式には利點もあるが他方不利なる點も多々ある。その主なるものを示せば、並行三線式にあつては負荷電流が互に平衡してゐる場合は差支ないが、若し負荷が不平衡状態にしてしかも片側だけ發電容量に對して負荷容量大なる時は忽ち差支を生ずる。此の弊害を避けるためには必要以上に發電容量を増加しておく必要がある。尙三線式は短期間の不時の過負荷に對して困るばかりでなく ⊖ 側と ⊕ 側架線の交叉點に於て絶縁がむづかしい。分調三線式では架線の ⊕ 部分と ⊖ 部分との分岐點に於ける絶縁に困難があるばかりでなく、最近の如く電車が數臺連結運轉される場合には前後のパンタグラフによつて短絡される惧がある。阪神電鐵東明變電所の給電區間ではもと三線式が採用されてゐたが之等の理由によつて廢止せられ今日我國では採用せられてゐる處は一つもない。

第七章 埋設金屬體側に於ける電蝕防止法

第一節 地下管路

既設地下埋設金屬體（以下單に埋設體とす）の一般電蝕防止法に就ては第二節以下に述べることにして、本節には電蝕防止の立場から見て地下管路の新設、改修工事設計上並に施工上留意すべき點に關してケーブル管路の場合を例に採り略記することとする。

1. ルートの選定

一般地中管路殊に地下ケーブル線路の創設費は極めて多額を要するが故に其の使用目的に應じて保守上其の他の所要條件を満足し且最も經濟的なルートと比較決定するものであるが、電蝕的考察を蔑にした地下線路は往々にして其のケーブル使命を覆されることがある。ケーブル布設後數年を出ずして電蝕に起因する障礙を惹起した實例があり、之を直にルート選定の粗漏に歸すことは出來ぬが、周圍の狀況に依つて電蝕被害が如何に速に發生するか、換言すれば電蝕防止上管路のルート選定が如何に重要事であるかを如實に物語るものである。然らば電蝕の見地よりルート選定上考慮すべき點如何と云ふに、ケーブル線路自身の將來の増設延長と之に關係を生ずる電氣鐵道及び他の各種地下工作物の現狀並に將來の發達計畫とを參照して周圍の狀況が電蝕に對する最も少い地帯を選ぶことが肝要であるは勿論であつて、之を具體的に列挙すれば次の通りである。

- (1) 軌條と接近並行區間並に交叉箇所を可及的に避けること。
- (2) 他の各種地下工作物と關係少き地帯を選ぶこと。
- (3) 涌水面低き乾燥地帯を選び河川又は溝渠横斷を可及的に避けること。
- (4) 附近地下水及び土壤の化學的性質が腐蝕に影響少き地帯を選ぶこと。
- (5) 地盤軟弱又は沈下移動の懼ある地域及び化學工場地帯を避けること。
- (6) 道路に埋設する際は車馬交通頻繁ならず且排水施設完備せる道路を選定する

こと。

尙ケーブル線路が經濟上或は使用目的の關係上電蝕危險地帯の通過を免れ得ざるが如き特殊の場合に於て、其の危險地帯の或る區間のみ豫め局部的に絶緣管路の使用又は防蝕ケーブルの布設計畫を樹てるか若しくは、周圍の狀況が例へば排水施設を適切なりと認められる場合にケーブル布設後該防蝕施設をなす前提の下に適當なルートを決して置く等、夫々の狀況に應じて豫め防蝕的對策を講ずるは所期の目的を貫徹する上に必要な事柄である。

2. 管體の種類

ケーブルの電蝕防護上使用管路として具備すべき條件は

- (1) 土壓、路面動荷重其の他機械的振動に對して充分の強度を持つこと。
- (2) 地下水の滲透することなく即ち水密なること。
- (3) 管路内面平滑にしてケーブル引込引抜作業に對して摩擦抵抗少きこと。
- (4) 電氣的絶緣性に富むこと。
- (5) 電蝕並に化學的腐蝕に對する抵抗大なること。
- (6) ケーブル鉛被と化學作用なきこと。

現在ケーブル管路として普通使用されて居るのは鑄鐵管、鋼管、陶管及びコンクリート管等であつて、是等管と前記具備條件との關係其の他に就て次に略述することとする。

a. 鑄鐵管 鑄鐵管は電氣的絶緣性なく電蝕に對する抵抗少く且鐵の特有電位は鉛に對して高いために之に布設するケーブル鉛被に接觸腐蝕を起すこと、此の外創設費比較的多額を要し殊に管路條數増加するにつれて高價となる缺點はあるが、管路として重要な條件を満足せしめる故に其の需要は最も多い。尙管の長さは標準 3m で管相互の接続は普通鉛繼手である。

b. 鋼管 鋼管にはベル型及び螺旋ソケット付引抜鋼管があつて長さは約 5m 標準である。鑄鐵管に比して重量軽く可撓性に富み振動衝擊に對する抵抗力大且廉價の利點はあるが、電蝕に對しては殆ど同様の缺點があり厚さが薄いだけに壽命は鑄

鐵管には及ばない様である。電蝕並に自己腐蝕防護のため通常單層或は二層の瀝青ジユート塗裝を施したベル型ソケット付鋼管が主に使用される。

6. 陶管及びコンクリート管 陶管及びコンクリート管には單孔又は多孔の二種あるが管の製造上何れも長さ約 60cm 程度で長尺のもの得難きためと機械的強度往往小なるため、管路布設に當つては地盤の硬軟、布設管路條數に應じて適當に施された基礎コンクリート上にモルタルを以て管を据付け水密接續をなして其の周圍をコンクリートで防護するのが普通である。従つて鐵管路に比較して築造に時日を要し道路に埋設の場合は之がため交通阻礙を來す惧がある。涌水地帯では上覆コンクリートの外面全部に互つて水密性モルタルを以て鍍塗りを施すが、完全に管路への浸水を阻止することは骨の折れる事であり、且此の浸水はアルカリを溶出するので之がため鉛鍍が化學的に腐蝕される等の缺點がある。然しながら外部動荷重及び振動衝擊少、乾燥地帯に此の種管を使用する時はケーブル電蝕防止上極めて有効である許りでなく創設費低廉な利點がある。コンクリート管ではケーブル鉛鍍と直接接觸による鉛鍍の化學的腐蝕防止のため豫め管内面に瀝青劑を塗布する方法等が講ぜられる事もある。

是等種類の外に遠心力を利用して製造する鐵筋コンクリート又はモルタル管があり、継手部はソケット型のもの或は別に環管を取付けたものとあるが陶管及びコンクリート管に比し相當の強度に耐へる利點がある。管の接續には堅練りモルタルを洩込む。

3. 管路布設上の注意

管路内溜水の主因は地盤の沈下移動、路面の動荷重並に振動衝擊による管接續部の弛緩及び管の折損其他鐵管の電蝕にあるもので、此の溜水の有無はケーブル電蝕の危険度を左右するを以て可及的に浸水阻止に努めねばならぬ事は言ふ迄もない。管路への浸水が布設工法に影響するところ極めて多き故に實際施工に際して特に下記注意事項を念頭に置かねばならぬ。

(1) 動荷重による彈性的歪の固定端となる人孔及び手孔の取出部並に他の地下工作物との交叉箇所等の基礎及び補強工事を嚴重にすること。

(2) 人孔又は手孔間管路には相當の勾配をつけ途中に水留の生ぜざる様にするこ

と。

(3) 陶管及びコンクリート管接續部の水密施工又は鐵管継手の鉛の絞め方及び麻打施工を粗略にせぬこと。

(4) 防蝕塗裝せる管路布設の際は點檢を嚴にし塗裝剝落箇所を修理する外接續部の現場塗裝に綿密なる注意を拂ふこと。

(5) 丁堀及び埋戻しに對して監督を嚴重にすること。

管路土冠の深さは道路法では車道數 1.2 m、歩道數 0.6 m 以上、特別の場合は車道數 0.6 m、歩道數 0.3 m 迄許される事になつてゐる。

第二節 排 流 法

排流法とは埋設體が軌條に對して正電位を示す箇所で埋設體と變電所負極、負饋電線又は軌條とを低抵抗の導線を以て電氣的に接續し、埋設體內電流をして大地に流出するを防ぎ、之を一括して排流回路を通じ直接負電源又は軌條に歸流せしめ、以て埋設體の電蝕を防止する方法である。本方法は施設費比較的低廉で防蝕價值大なれば我國では最も多く廣範圍に使用されて居る。

1. 直接排流法及び選擇排流法

變電所負極母線に排流施設をなす場合、他に該埋設體に影響を及ぼす漏洩電流の電源が存在しない時は排流導線を通じて埋設體内に流入する電流即ち逆流はなく、従つて兩者間を單に排流線を以て接續することによつて所期の目的を達し得るもので普通之を**直接排流法**と云ひ、施設費は最も低廉である。然るに相互の位置によつて軌條或は負饋電點に排流する時は勿論、前述の様に他に關係する電源が存在すれば變電所負極母線に排流する場合にも負荷の變動等によつて相當の逆流があるのが普通である。逆流阻止の必要あるは當然であつて此の正負電流に對し正方向の電流のみ排流する作用即ち選擇抑制の裝置をなせる方法を**選擇排流法**と稱してゐる。

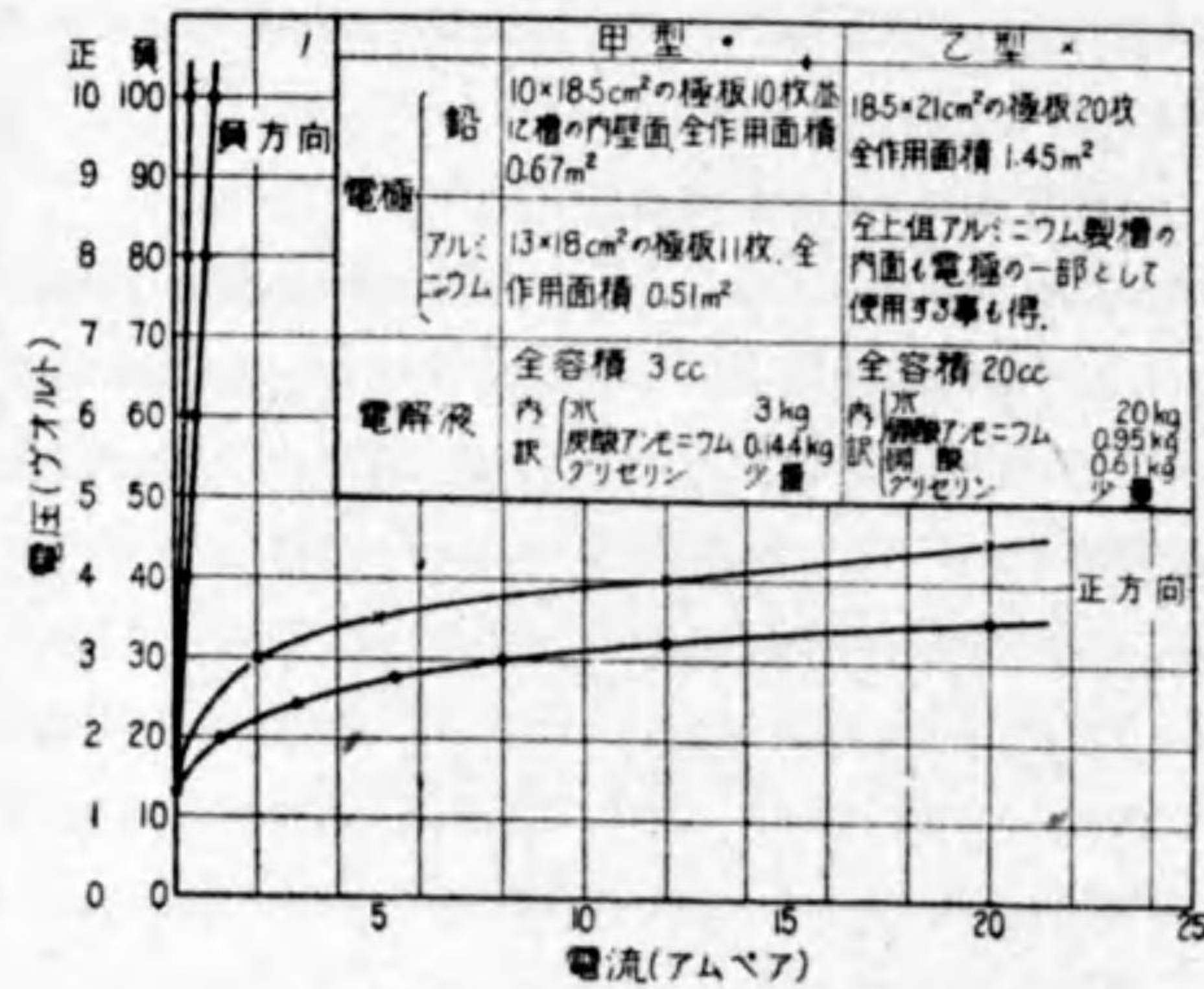
2. 選擇排流裝置

選擇排流裝置として具備すべき條件を掲ぐれば次の如くである。

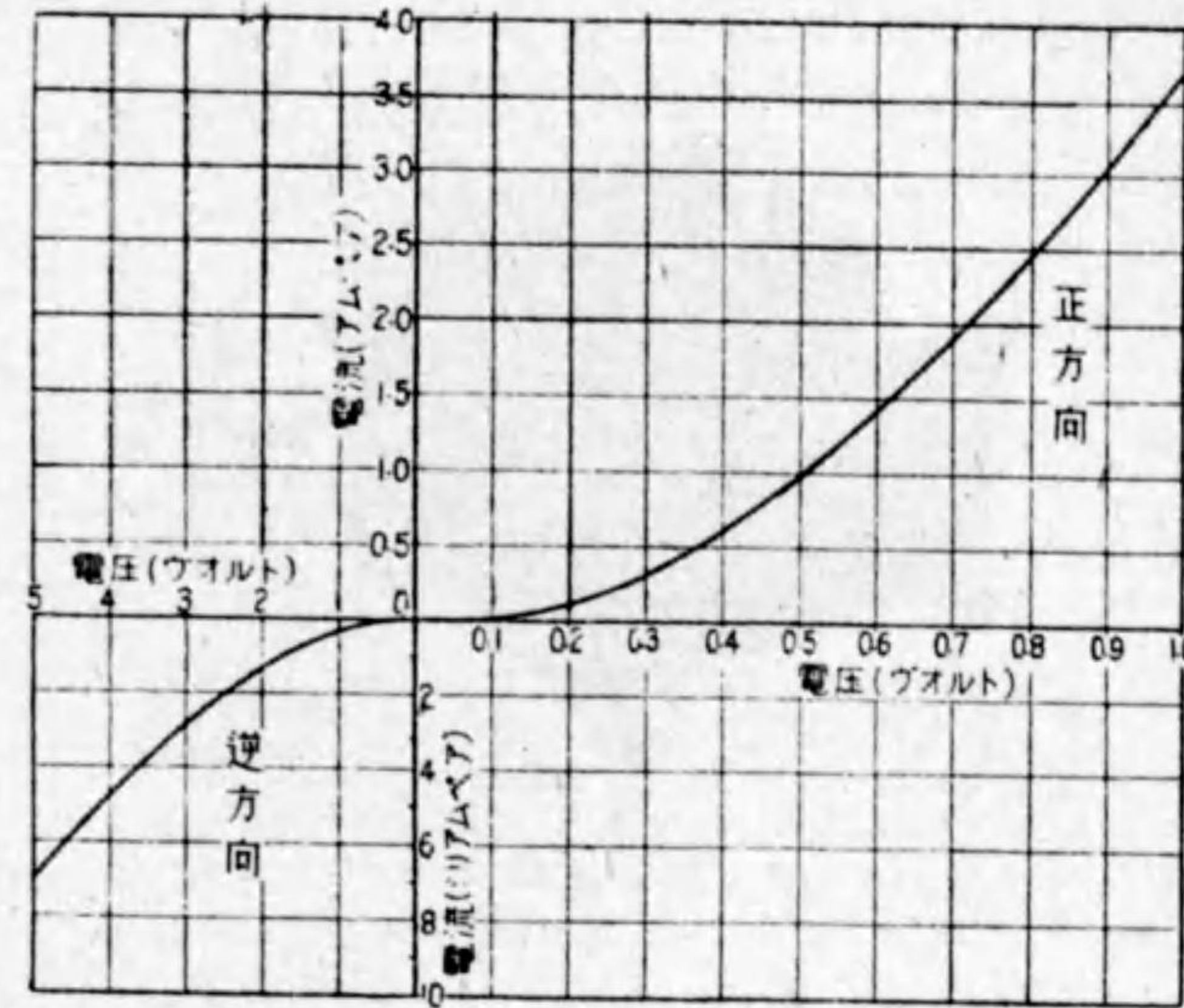
- (1) 加電圧の廣範圍に對し選擇排流動作確實なること。
- (2) 正方向の電気抵抗極小にして逆電圧耐力大なること。
- (3) 溫度上昇其の他により能率低下を來さず且耐久性なること。
- (4) 構造簡單にして屋外に裝置するに適し且機械的振動部分少く保守上並に取扱上容易なること。

選擇排流裝置の主なる數種例を下記する。

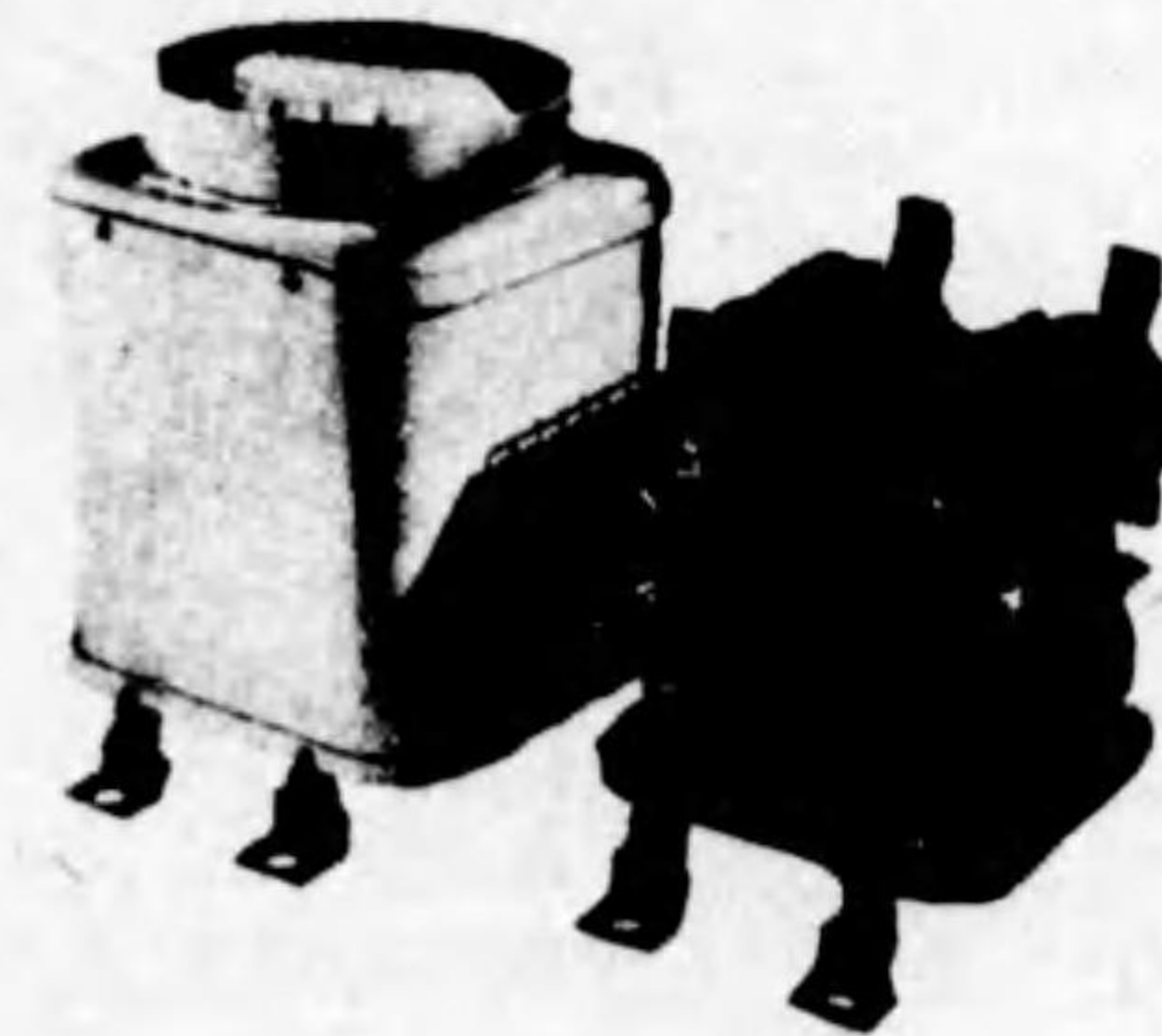
a. 電解式選擇排流裝置 (アルミニウム整流器) アルミニウムと鉛を兩電極とし硼酸又は炭酸アンモニウム等の溶液を電解液とした電解整流器でアルミニウム電極を軌條に、鉛電極を埋設體に接続使用する。本裝置の特性曲線例を示せば第1圖の如く正方向の抵抗相當大なるを以て比較的電位差が大きくて大なる排流電流を必要としない處に使用せられるが、施設中時々内部の點檢をなして電解液の補充及び消耗電極の取替を要する等保守並に取扱上の缺點あり現在ではあまり使用せられない。



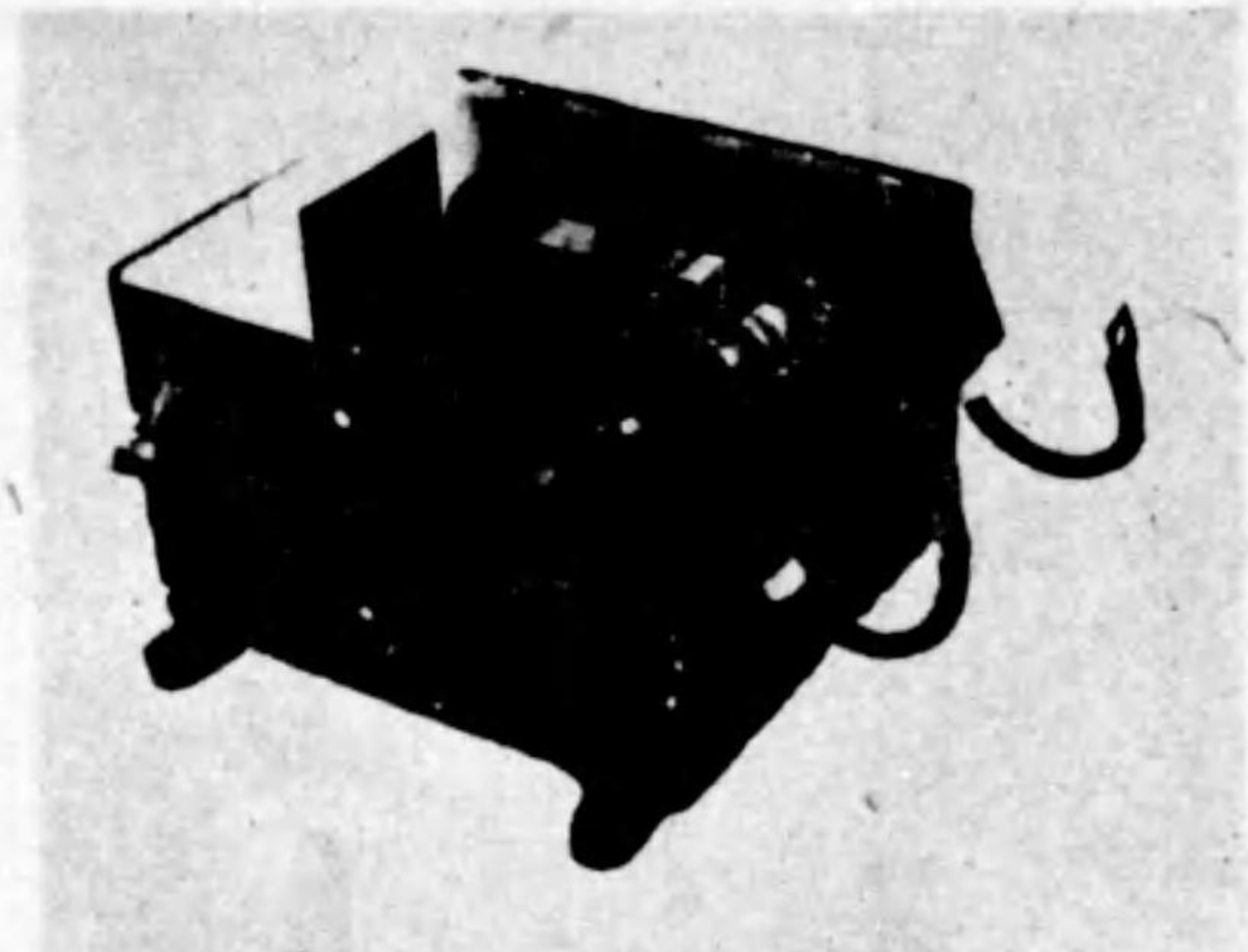
第 1 圖 電解式選擇排流器特性曲線 例



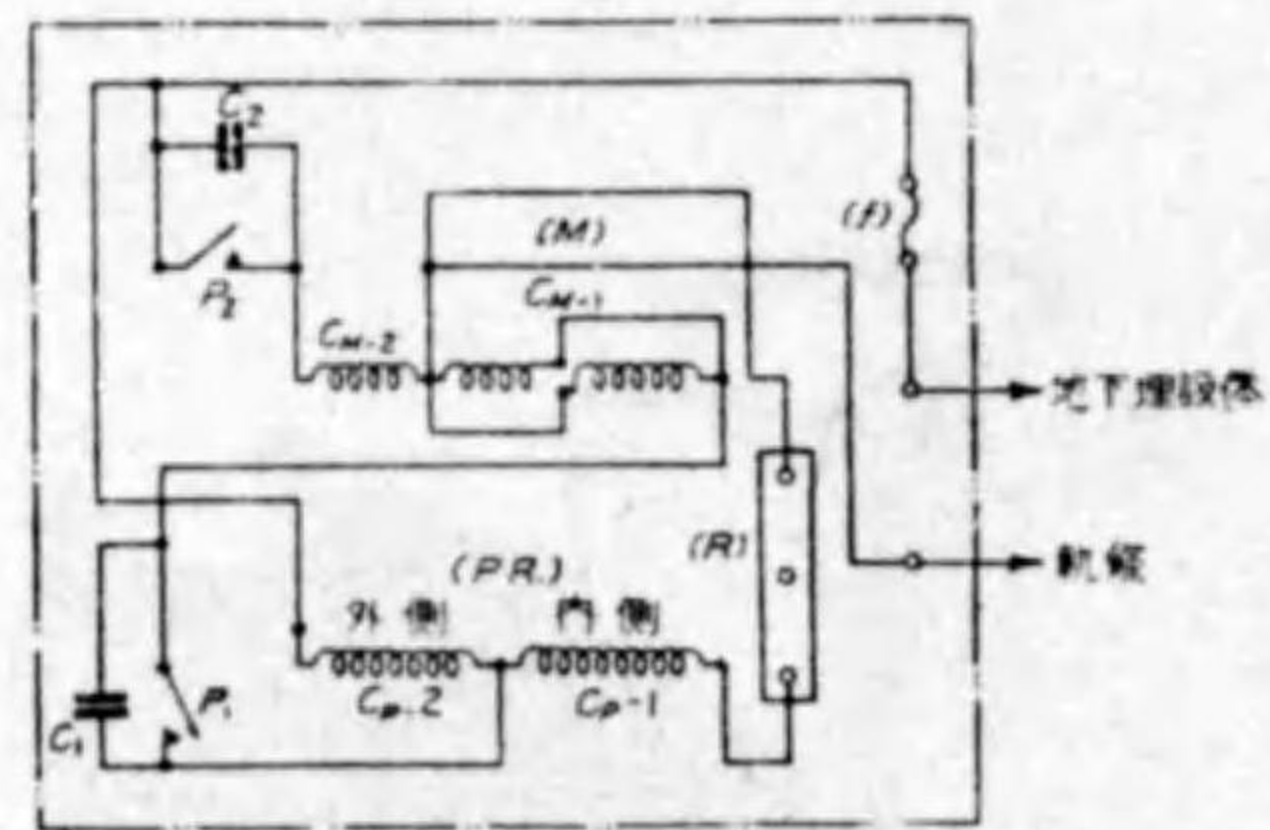
第 2 圖 亞酸化銅板整流特性曲線 例 (直徑 4cm のもの)



第 3 圖 酸化銅排流器 (一機 容量 20 アムペア)

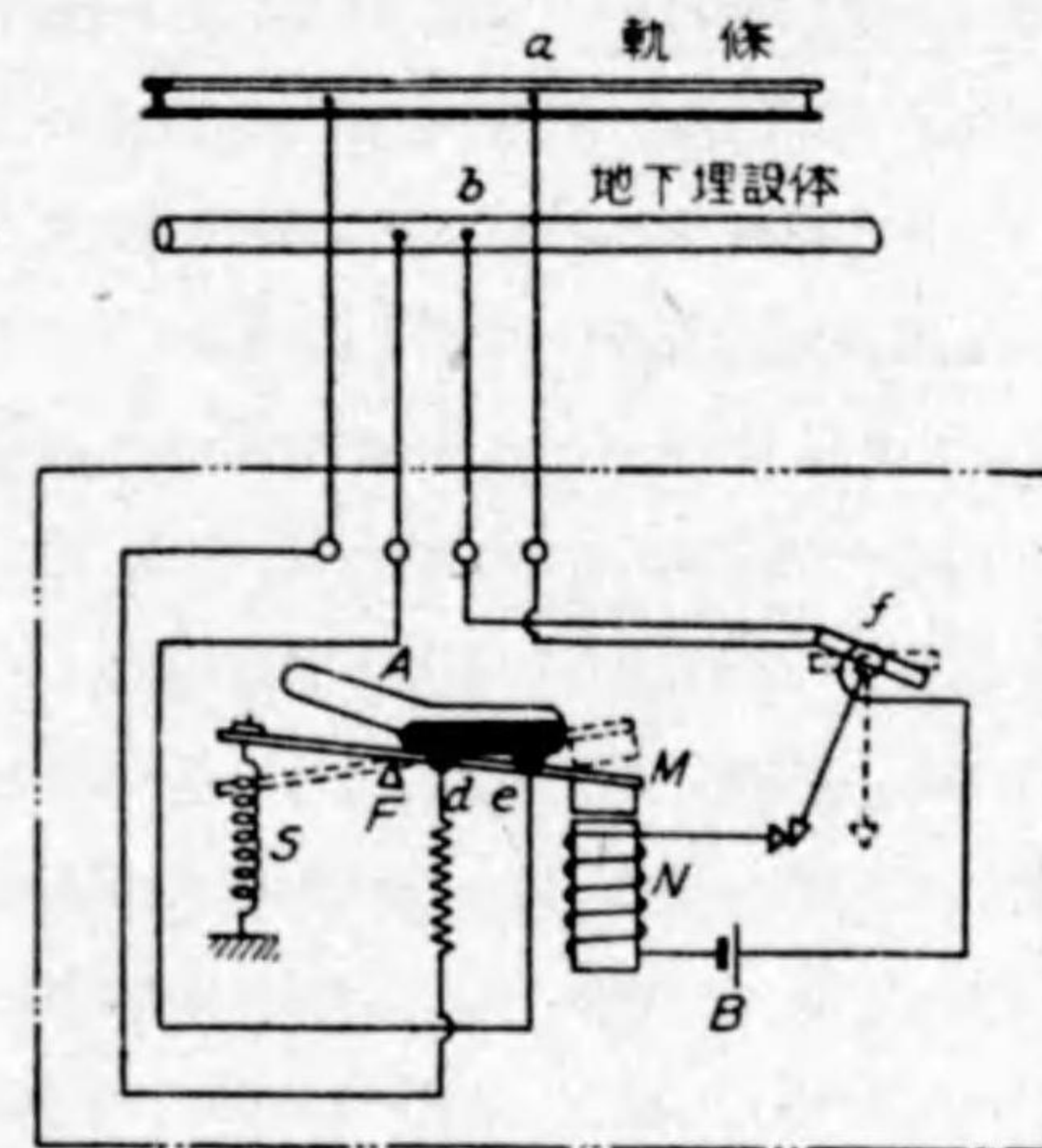


第 4 圖 (A) 繼電式選擇排流裝置 (容量 150 アムペア)



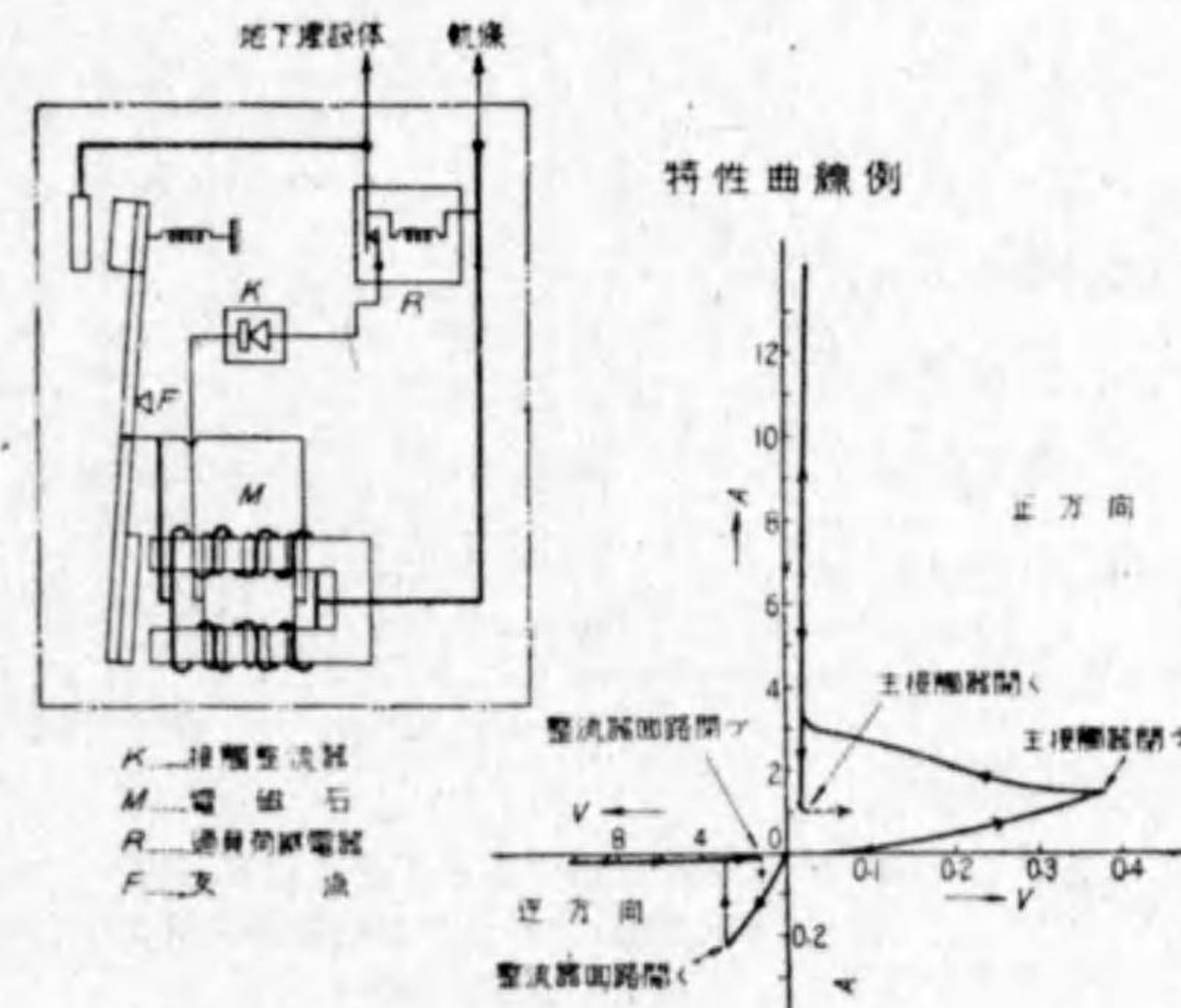
PR...有極繼電器
M...電磁石
R...無誘導抵抗
f...可熔片

第 4 圖 (B) 繼電式選擇排流裝置結線圖 例 1



A...水銀を封入の石英管 F...支 點
B...補助電源 S...彈 條
M...開閉器 f...可動線輪型繼電器
N...電磁石

第 5 圖 繼電式選擇排流裝置圖 例 2

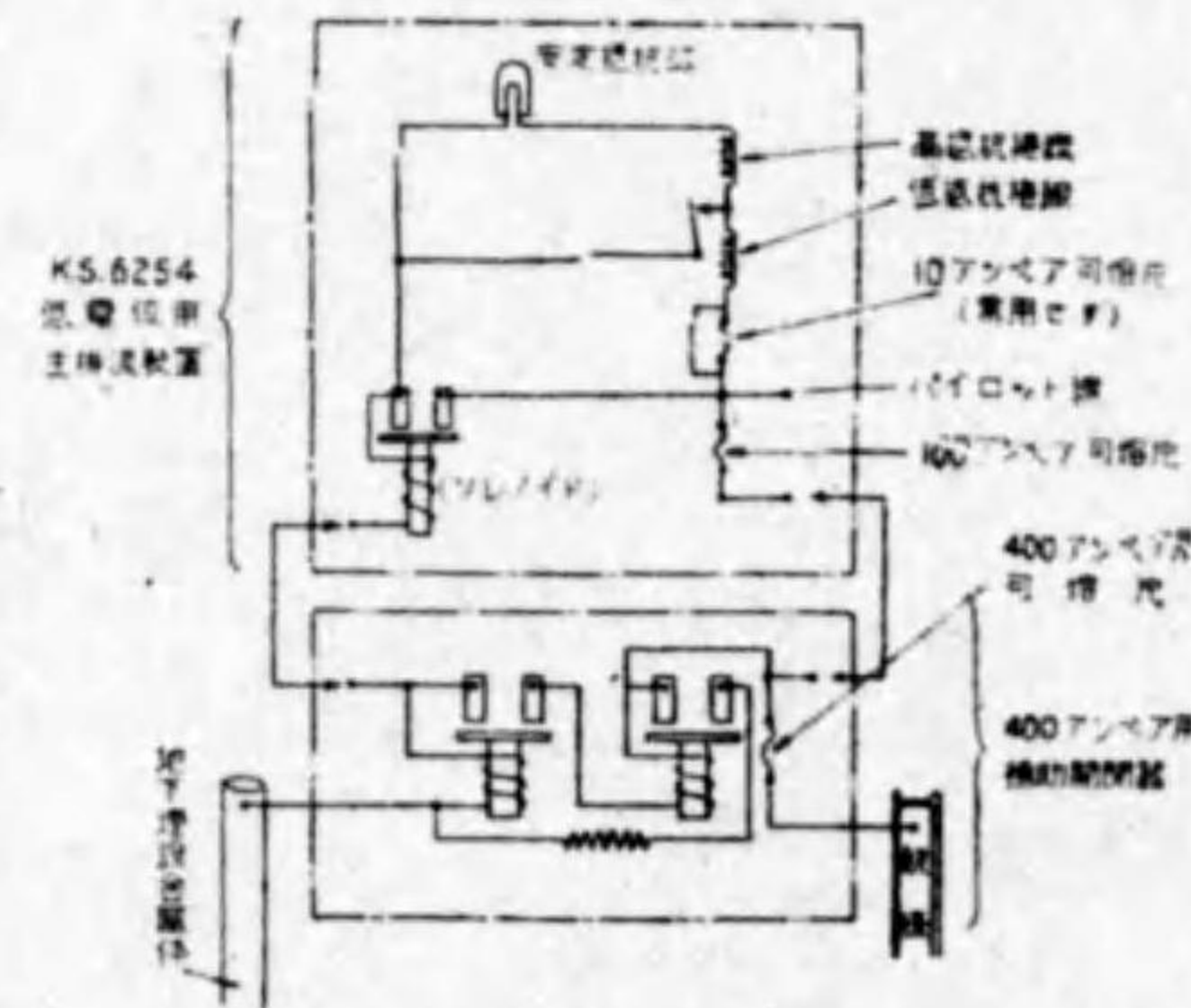


第 6 圖 繼電式選擇排流裝置圖 例 3

6. 酸化銅排流器 (亜酸化銅排流器) 純銅板を空气中又は特種の粉末中で加熱し亜酸化銅皮膜を生ぜしめて得たる整流性亜酸化銅板を使用箇所の埋設體と軌條間の正負電位差と必要とする排流電流の大きさに應じて適當數だけ直並列に組合せたもので亜酸化銅面を埋設體に銅面を軌條に接続して使用する。銅板の大きさは通常直徑 4 cm, 厚さ 1 mm 以下とするもので、此の一エレメントの特性曲線例を示せば第 2 圖の如く逆電壓耐力は 10 V 内外であるが何れも其の製造方法によつて異なる。本装置の特徴とする處は機械的動作部分なく保守容易且使用法及び構造簡単なことであるが、逆電壓耐力比較的小であるため、逆流多く且排流電流大なる場合の装置としては形態大となる許りでなく高價となる缺點がある。従つて逆電壓及び排流電流比較的小なる箇所に使用するを最も適當とする。酸化銅板の整流性は負の溫度係數を持つて居り使用中の溫度が或る値 (約 60~85°C) 以上となれば劣化するを以て注意を要する。第 3 圖の寫眞は直列 2, 並列 30 計 60 枚のエレメントで構成された酸化銅排流器 (容量 20 アムペア) の外觀である。

c. 繼電式選擇排流裝置 有極繼電器を使用したものに第 4 圖例の如き裝置があつて、大容量のものが得られ作用電壓比較的大なる箇所の使用に適する。又極めて低電壓でも動作する第 5 圖例の如き構造を有する裝置も考案されてゐるけれども補助電源を要するために使用並に保守上不便あるを免れぬ。

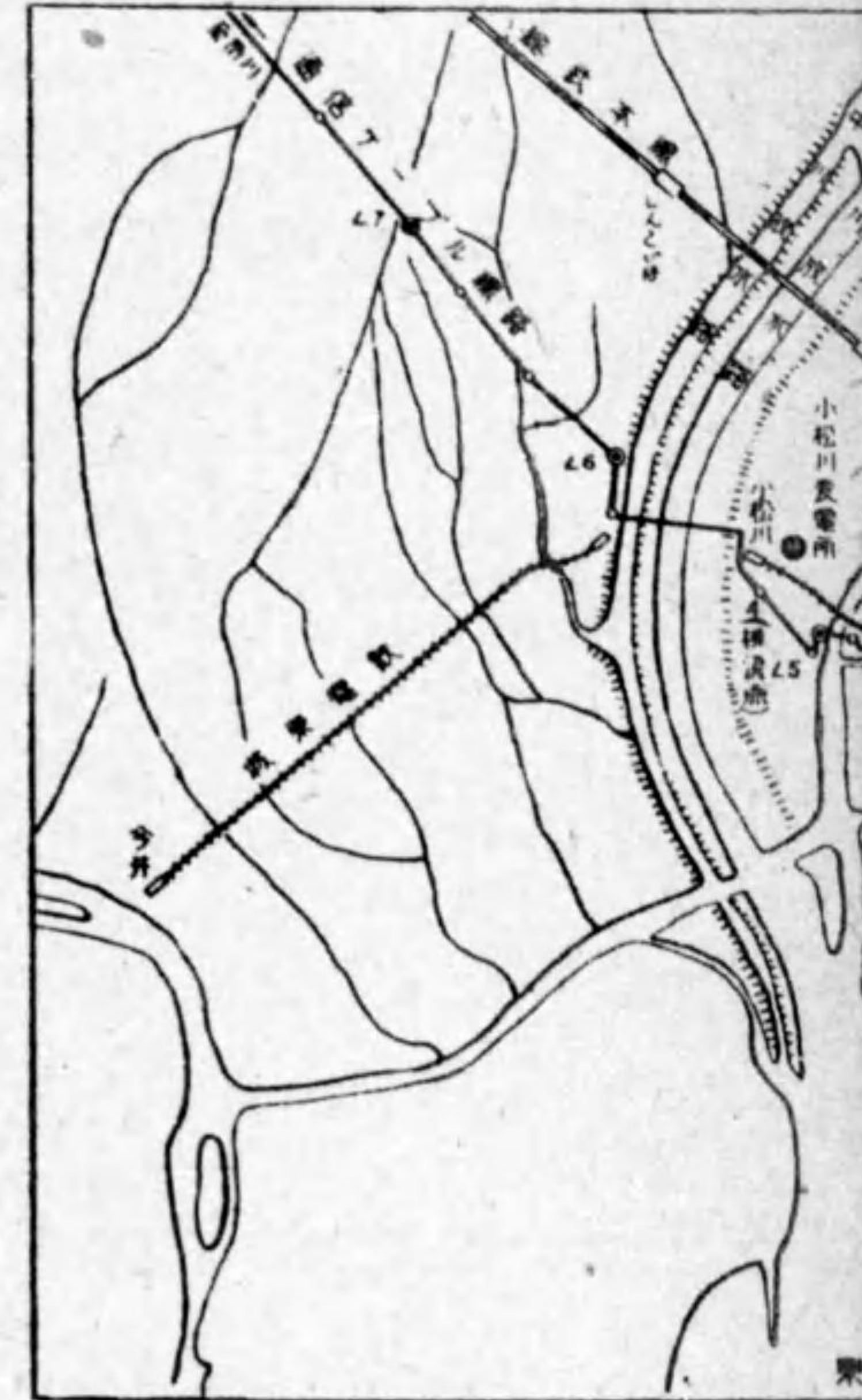
亜酸化銅の如き接觸整流器と電磁繼電器とを組合せた第 6 圖例の如き裝置があり、作用電壓の廣範圍に對して動作

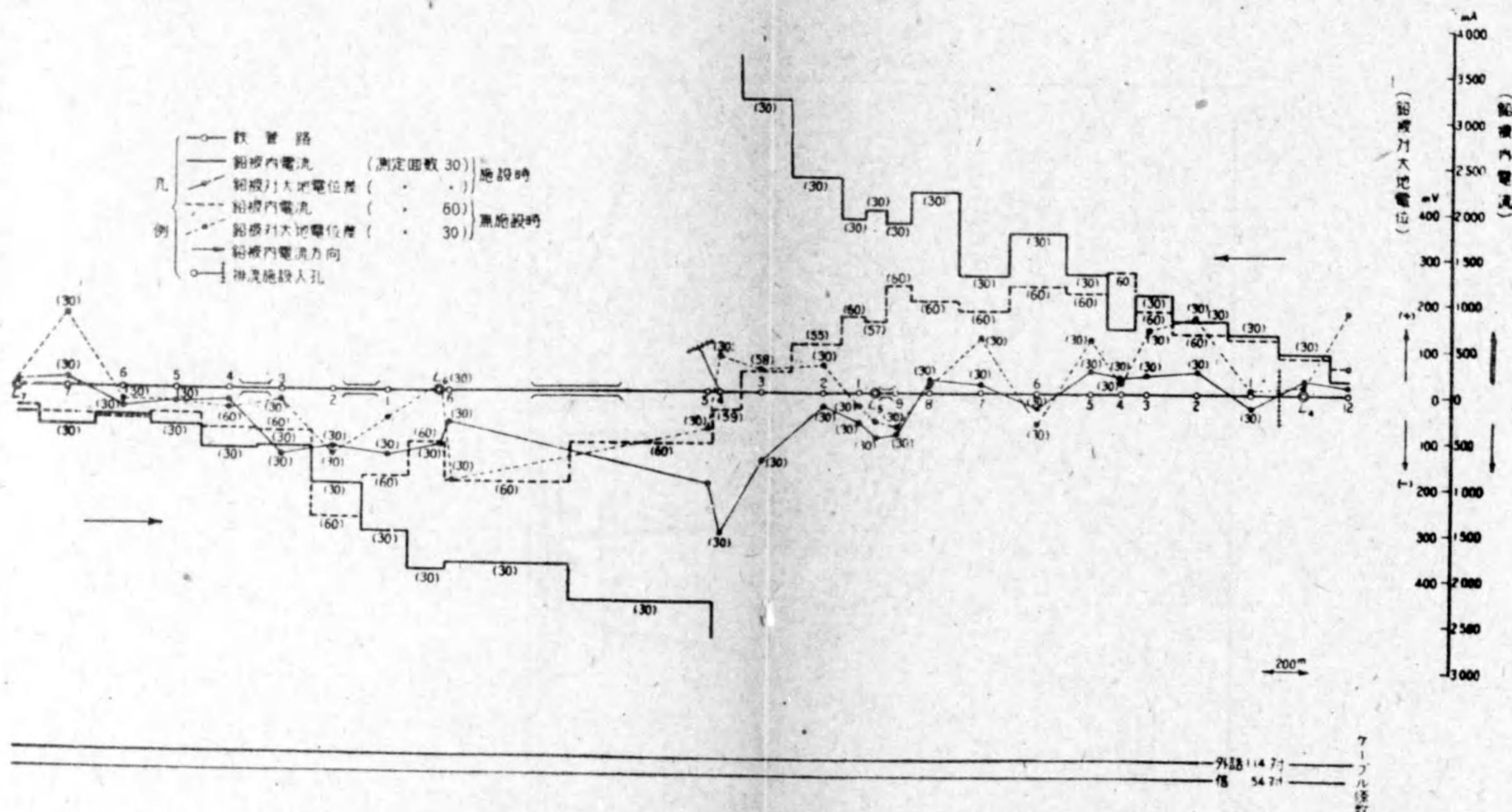


本圖は低電位用主排流裝置 (100 アムペア用) に 400 アムペア用補助開閉器を組合せ裝置する場合の接続を示す。

第 7 圖 K.S. 6254 排流裝置

地形圖

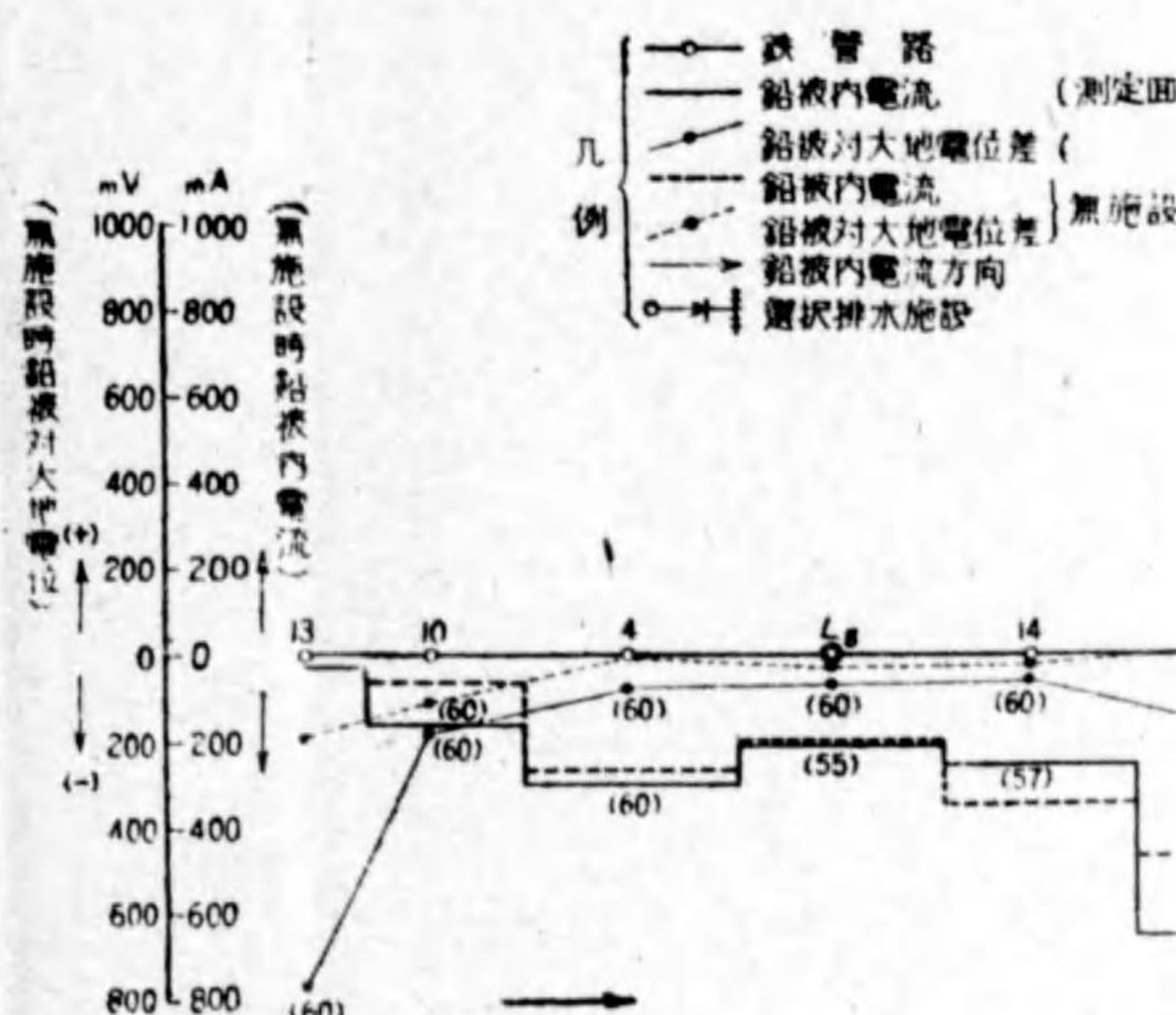
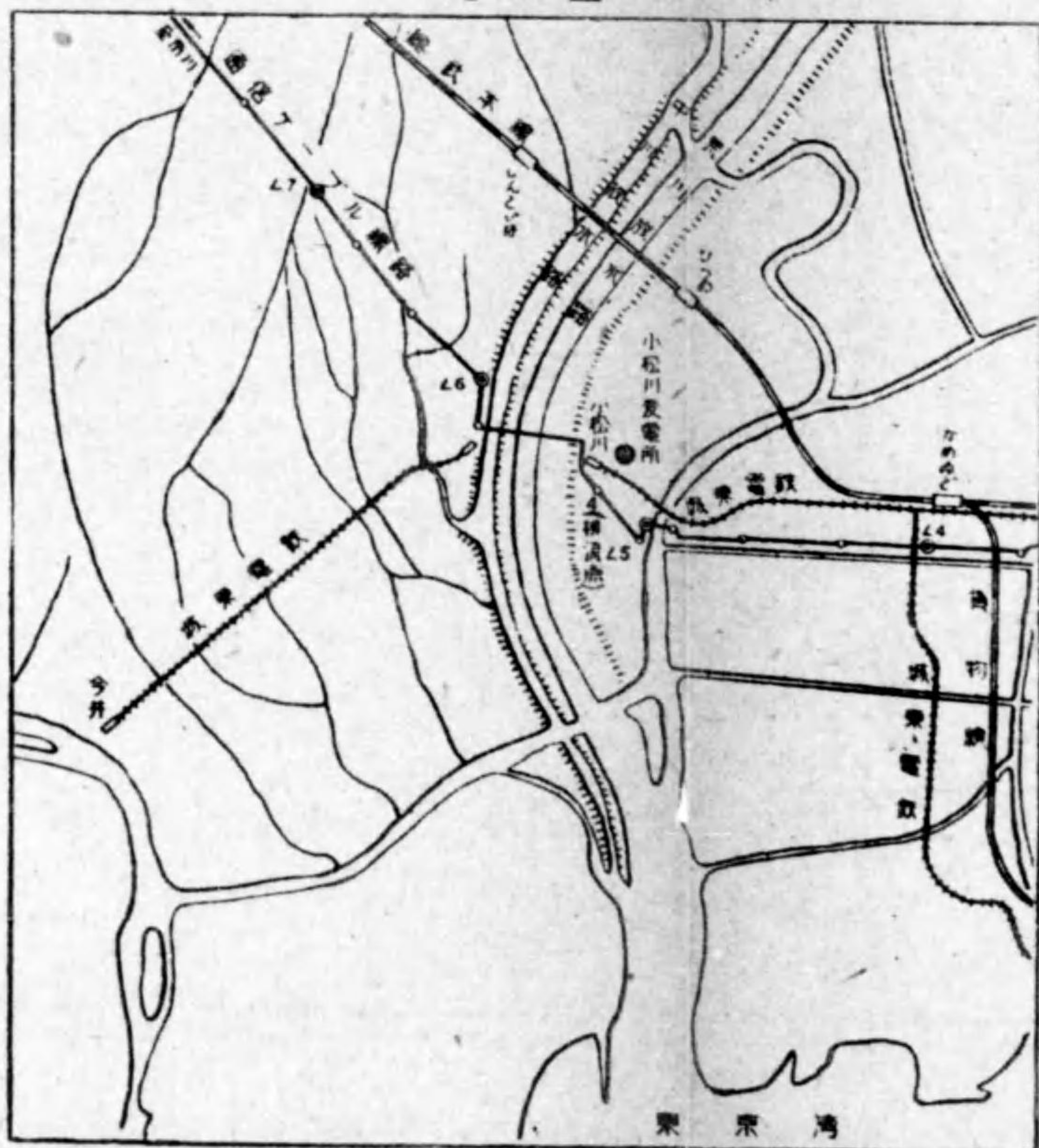


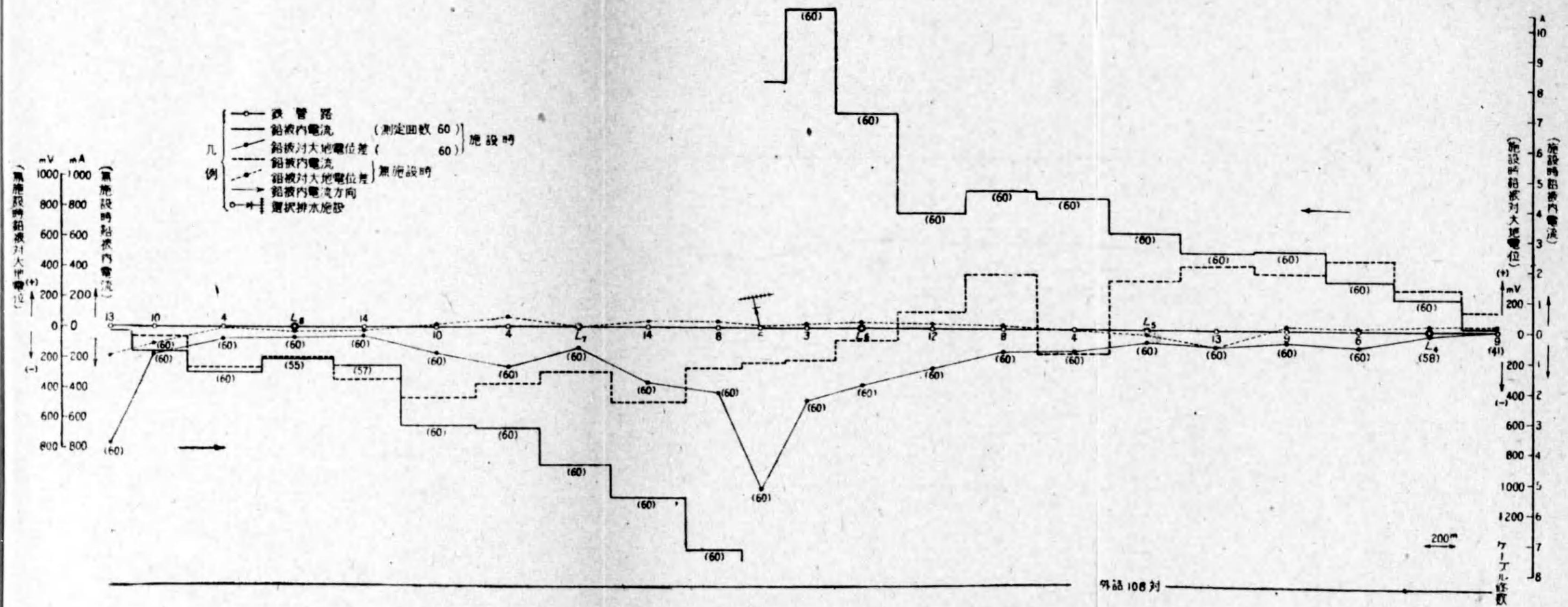


第 8 圖 東京市小松川附近通信ケーブルに直接排流法施設時の鉛被電流、電位平均曲線圖 (昭和 8 年 3 月測定)

(I_{5-4} 號入孔に於て城東電鐵小松川變電所前軌條に排流、排流電流平均 25 アムペア)

地形圖





第9圖 福岡市外通信ケーブル選流排水施設時の鉛被電流、電位平均曲線圖(昭和8年7月測定)
 (L₈-6 號人孔に於て九州鐵道春日原變電所負極母線に選流排水(酸化銅排流器使用), 排流電流平均約 20 アムペア)

確實，能率良好である。

尙米國に於ても米國電話電
流の排流に好成績を示して居

3. 排流法の防蝕効果

排流施設した埋設體は附近
て埋設體内電流は或る區間

電蝕の損はない。排流電流
流回路の電気抵抗等が影響

定とはならぬ。同一の周圍
するものである。此の有効

域を指すのである。埋設體
にしても其の有効範圍は比

有抵抗大なれば排流電流は

第8圖は東京市小松川附
を示すもので，布設ケーブル

距離は4 km 内外である。
流施設の實例で，亞酸化銅

で有効距離は7 km に及

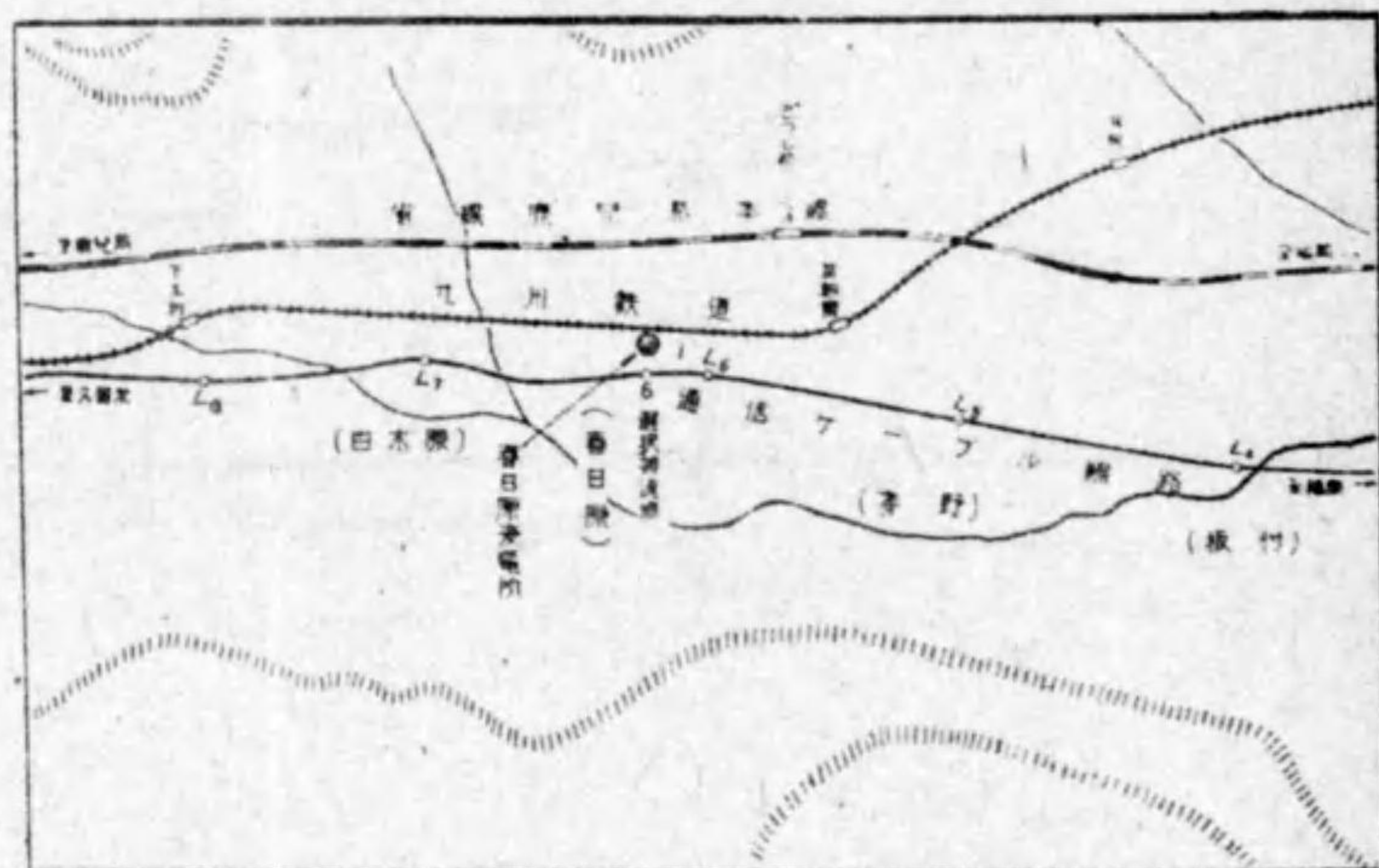
4. 排流法施設上

(1) 埋設體に排流施設
電蝕の危険度は軽減される

は寧ろ危険状態に曝される
起された實例あるを以て其

に，ケーブル管路に於ける
排流點は勿論其の他の區
流授受を防ぐべきである。

地形圖



確實、能率良好である。

尙米國に於ても米國電話電信會社に於て第7圖の如き選擇排流器を使用して、大電流の排流に好成績を示して居る由である。

3. 排流法の防蝕效果

排流施設した埋設體は附近の漏洩電流を吸收することとなるを以て無施設時に比して埋設體内電流は或る區間増大し、排流點に向つて漸増するけれども電流増加に因る電蝕の惧はない。排流電流の大小は軌條及び埋設體の漏洩抵抗、土壤固有抵抗並に排流回路の電氣抵抗等が影響するものであつて、此の値の如何は必ずしも防蝕效果の判定とはならぬ。同一の周圍狀態では排流電流を増せば或る程度迄防蝕效果範圍を擴大するものである。此の有効範圍とは埋設體が周圍の土壤に對して負電位に變化した區域を指すのである。埋設體の漏洩抵抗並に土壤固有抵抗の小なる所では排流電流を大にしても其の有効範圍は比較的小であるが、之に反して埋設體の漏洩抵抗並に土壤固有抵抗大なれば排流電流は比較的小であつても其の有効範圍は相當大となる。

第8圖は東京市小松川附近通信ケーブルの防蝕法として直接排流施設をなした實例を示すもので、布設ケーブル2條、排流電流平均25Aで大體有效範圍と見做し得る距離は4km内外である。第9圖は福岡市外に於ける同じく通信ケーブルの選擇排流施設の實例で、亞酸化銅排流器を使用し布設ケーブル1條、排流電流平均約20Aで有效距離は7kmに及んで居る。

4. 排流法施設上の注意

(1) 埋設體に排流施設をなせば之に近接存在する他の埋設體は遮蔽効果によつて電蝕の危險度は軽減さるる理であるが、軌條及び是等埋設體の相互位置關係によつては寧ろ危險狀態に曝されることとなる。排流點附近に於て他の埋設體が電蝕被害を誘起された實例あるを以て斯くの如き場合は兩埋設體を共に排流する必要があると同様に、ケーブル管路に於けるが如く多數收容しあるケーブルに本施設をなすに際しては排流點は勿論其の他の區間も適當の間隔にてケーブル相互を完全にボンヅし局部的電流授受を防ぐべきである。

(2) 排流施設の有効範囲と見做し得る区域に於て埋設體が絶縁接続されて居る場合其の他電氣的に絶縁状態にある場合は、該絶縁部前後の跳躍電流が増大する結果局部的電蝕を蒙ることあるを以て絶縁部を短絡すべきである。

(3) 軌條に排流施設せる場合に軌條ボンド切斷又は其の他の原因で往々異常な大電流が流れ之がため排流装置の破壊又は埋設體の損傷を來すことあるを以て、排流回路には適當の可熔片を挿入し置くを可とする。

(4) 排流施設效果の低下に對しては其の原因を探究して之に善處すべきは勿論であつて之がため排流電流値及び排流装置の動作状態に就て定期的に検測を勵行するを必要とし、又可熔片動作時は可及的速に對策を講じ得る様監視設備を附し置くを可とする。

(5) 排流電流は必要以上に増加せしめぬ様心掛けねばならぬ。殊に電力ケーブルの鉛被電流は送電容量に影響を與ふるを以て排流電流値を制限する必要が起る。

今電力ケーブルの鉛被内電流による發熱作用と送電容量の關係式を掲ぐれば次の如くである。但し次式は鉛被中に於て消費されるワット數は唯鉛被自身の温度を高むること並に鉛被の固有抵抗は銅の 12 倍とすることの二つの假定の下に於ける算式である。

A... 與へられた導體電流に對して導體が鉛被に對して有する温度上昇

B... Aに於けると同じ導體電流の場合鉛被がケーブル周圍物に對して有する温度上昇

C... A 及び B に於けると同じ導體電流の場合導體がケーブルの周圍物に對して有する温度上昇

D... 鉛被の外徑 (吋)

d... 鉛被の内徑 (吋)

a... 導體の面積 (サーキュラー吋) = $\frac{\text{サーキュラーミルで表した面積}}{1,000,000}$

I_1 ... 鉛被電流 (アムペア)

I_0 ... ケーブルの規定定格電流 (アムペア)

$$X = I_1 / I_0$$

I ... 鉛被電流 $X I_0$ の時の導體電流 (アムペア)

$$I = I_0 \sqrt{1 - \frac{12 a X^2 (C - A)}{(D^2 - d^2) C}} \dots\dots\dots \text{單心ケーブル}$$

$$I = I_0 \sqrt{1 - \frac{4 a X^2 B}{(D^2 - d^2) (A + B)}} \dots\dots\dots \text{三心ケーブル}$$

第 1 及び第 2 表は W.S. Clark 及び G.B. Shanklin 兩氏による紙絶縁電力ケー

第 1 表 鉛被電流が單心 600 V $\frac{1}{2}$ " 紙絶縁ケーブルの許容導體電流に及ぼす影響 (鉛被の厚さは $\frac{1}{8}$ " と假定す)

導體の大きさ (サーキュ ラーミル)	85°C の導體 温度に於ける 規定定格電流 (アムペア)	下の如き鉛被電流を流し得る定格の百分率(%)						
		50A	75A	100A	125A	150A	175A	200A
250,000	510	97.8	96.4	91.0	85.5	78.3	68.7	55.7
500,000	720	98.0	95.7	92.2	87.5	81.5	73.6	63.3
750,000	880	98.3	96.3	93.3	89.4	84.3	77.8	69.7
1,000,000	1,010	98.5	96.7	94.0	90.3	85.7	80.0	72.7
1,500,000	1,250	98.8	97.2	94.5	91.8	88.0	83.3	77.5
2,000,000	1,440	98.8	97.3	95.4	92.7	89.3	85.0	80.0

第 2 表 鉛被電流が三心 13,200 V $\frac{6}{32}$ " \times $\frac{6}{32}$ " 紙絶縁ケーブルの許容導體電流に及ぼす影響 (鉛被の厚さは $\frac{1}{8}$ " と假定す)

導體の大きさ (サーキュ ラーミル)	75°C の導體 温度に於ける 規定定格電流 (アムペア)	下の如き鉛被電流を流し得る定格の百分率(%)						
		50A	75A	100A	125A	150A	175A	200A
1/0	173	99.3	98.4	97.3	95.6	93.5	91.2	88.3
2/0	193	99.3	98.4	97.2	95.6	93.5	91.3	88.4
3/0	218	99.4	98.5	97.3	95.5	94.0	91.8	89.1
4/0	242	99.4	98.5	97.5	95.5	94.0	91.3	89.3
250,000	263	99.4	98.6	97.6	96.2	94.4	92.3	89.8
300,000	290	99.4	98.6	97.8	96.5	95.0	93.0	90.7
350,000	312	99.4	98.7	97.7	96.4	94.8	93.0	90.6

ブルの許容導電電流と鉛被電流の關係を示したものである。

(6) 有效範圍を大ならしむる目的を以て或は排流電流の制限を要する場合に、排流施設點を數箇所に選定し得るは言ふ迄もない。

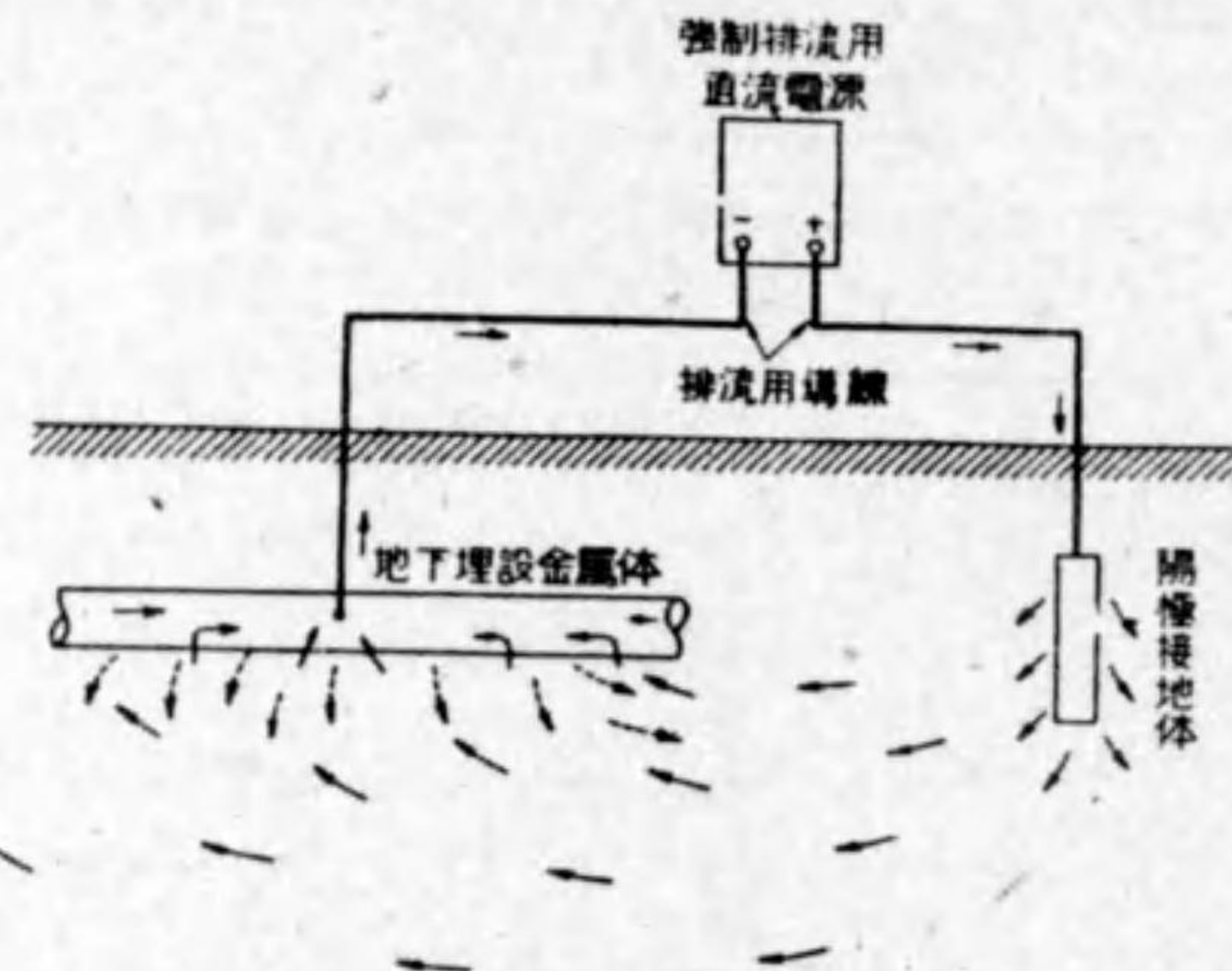
(7) 排流施設に關し其の保守を良好ならしむるため次の規程がある。

電氣工作物規程本則第 168 條

地中管路管理者ノ承諾アリタルトキハ逡信大臣ノ認可ヲ受ケテ歸線ト地中管路トノ電氣的接続ヲ爲スコトヲ得、前項ノ規定ニヨリ電氣的接続ヲ爲シタルトキハ三月毎ニ一回以上其ノ接続點ヲ試験シ其ノ成績ヲ記録スルコトヲ要ス

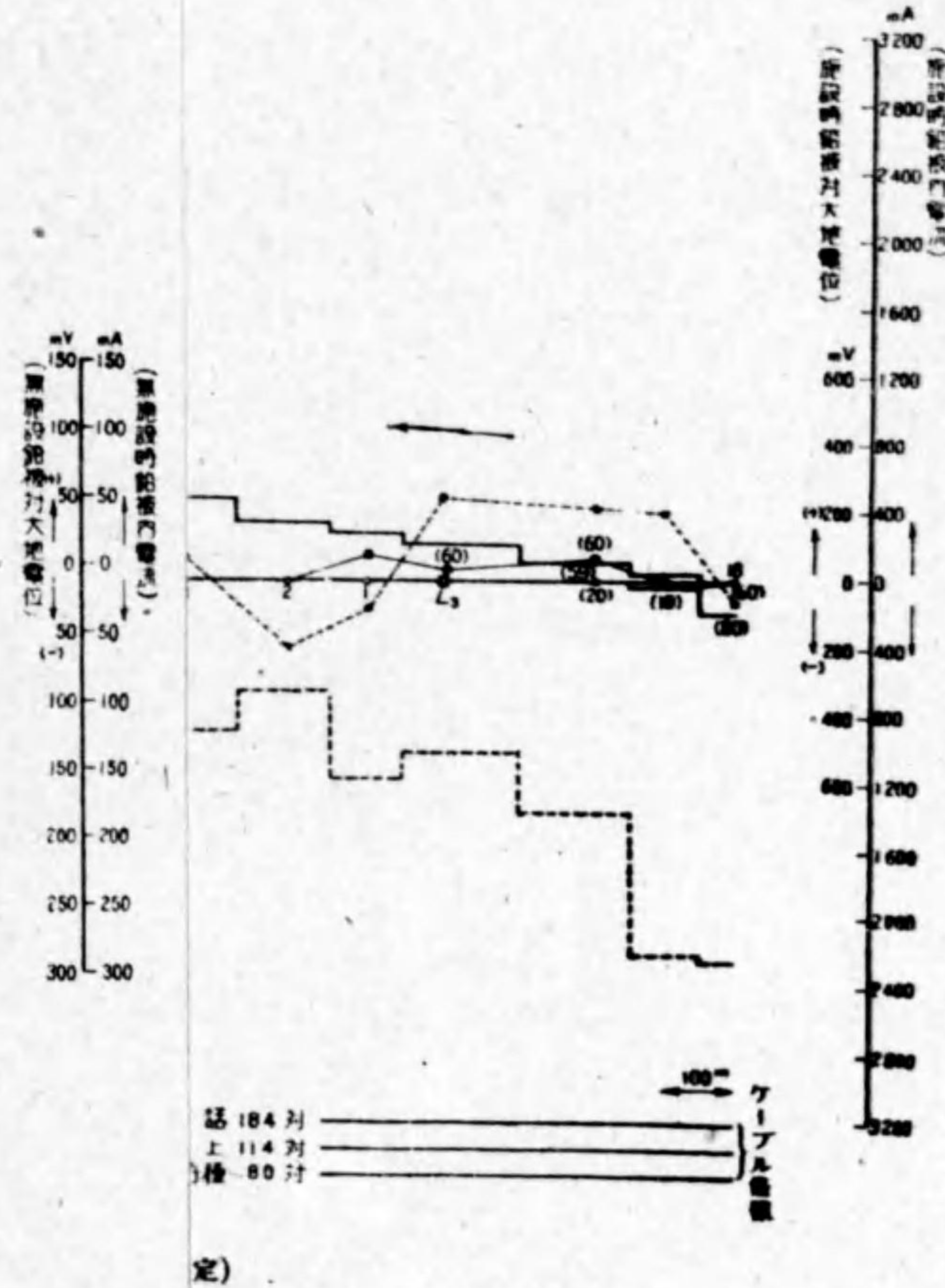
第三節 強制排流法

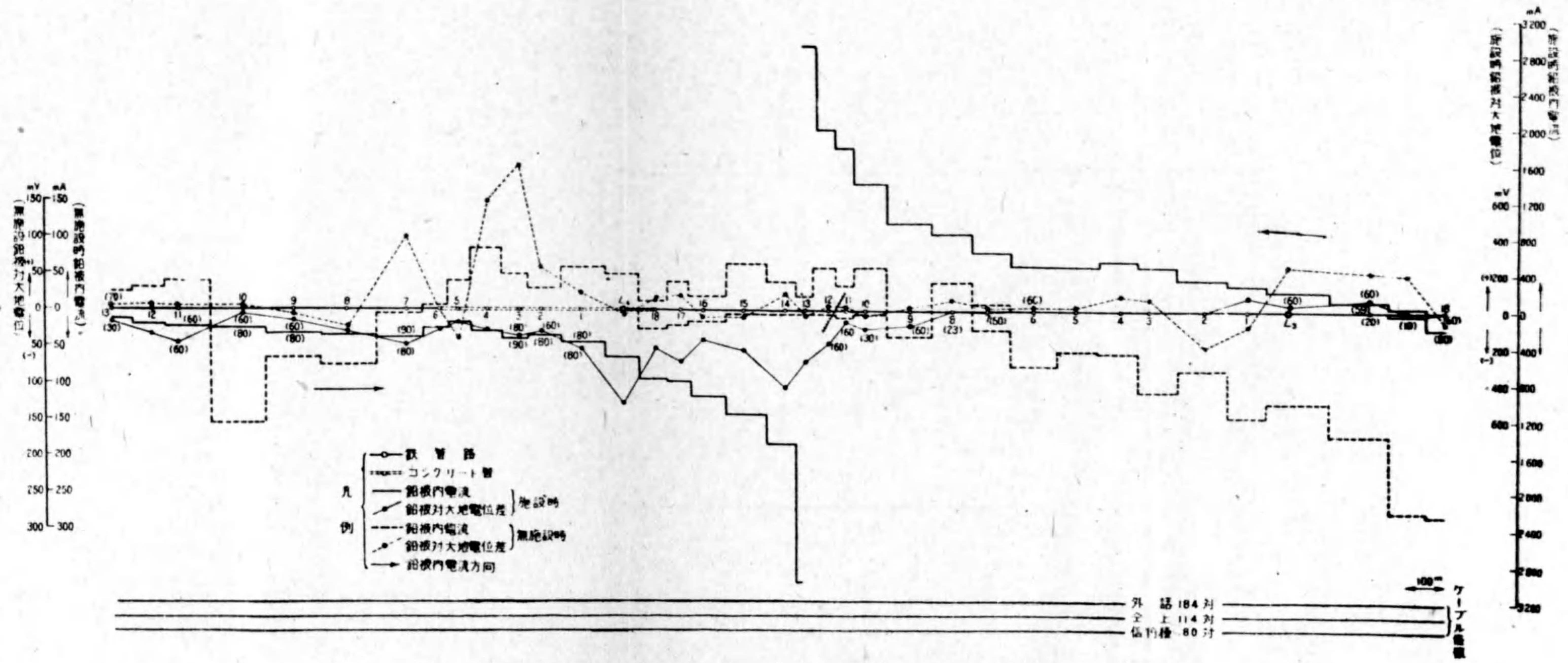
第二節以下述べ來つた防蝕法は夫々得失があり其の適用を誤らねば相當の防蝕効果を期待し得る事は勿論であるけれども、是等防蝕施設上要求する周圍の條件は實際問題として必ずしも相容れられぬ場合が多々あるのは周知の事實であつて防蝕法として何れも隔靴搔痒の憾がある。此の缺點を或る程度迄相補ひ得るものに近來各國で實施



→ 埋設體より流出する漏洩電流
→ 同上を打消すために加へられたる排流電流

第 10 圖





第 11 圖 横浜市弘明寺附近通信ケーブルに強制排流施設時の鉛線電流、電位平均曲線圖 (昭和 10 年 3 月測定)
 (負極接続箇所... L_3 -13 號人孔 正極接地箇所... L_3 -14 號人孔及び L_4 號人孔附近)

の制限を要する場合に、排

の規程がある。

受ケテ歸線ト地中管路ト

的接続ヲ爲シタルトキハ三

ルコトヲ要ス

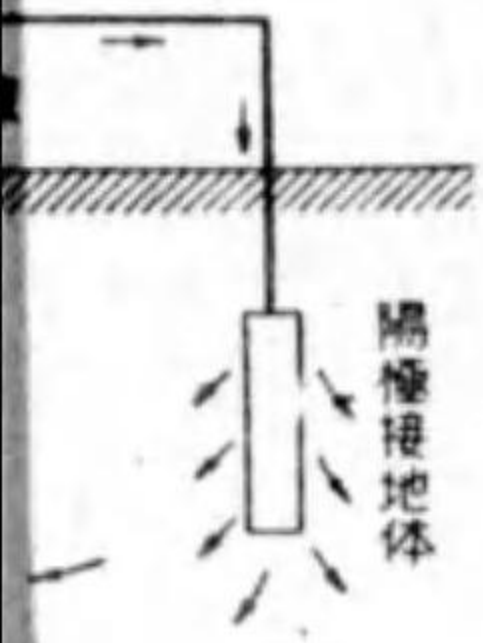
法

用を誤らねば相當の防蝕效果

要求する周圍の條件は實際問

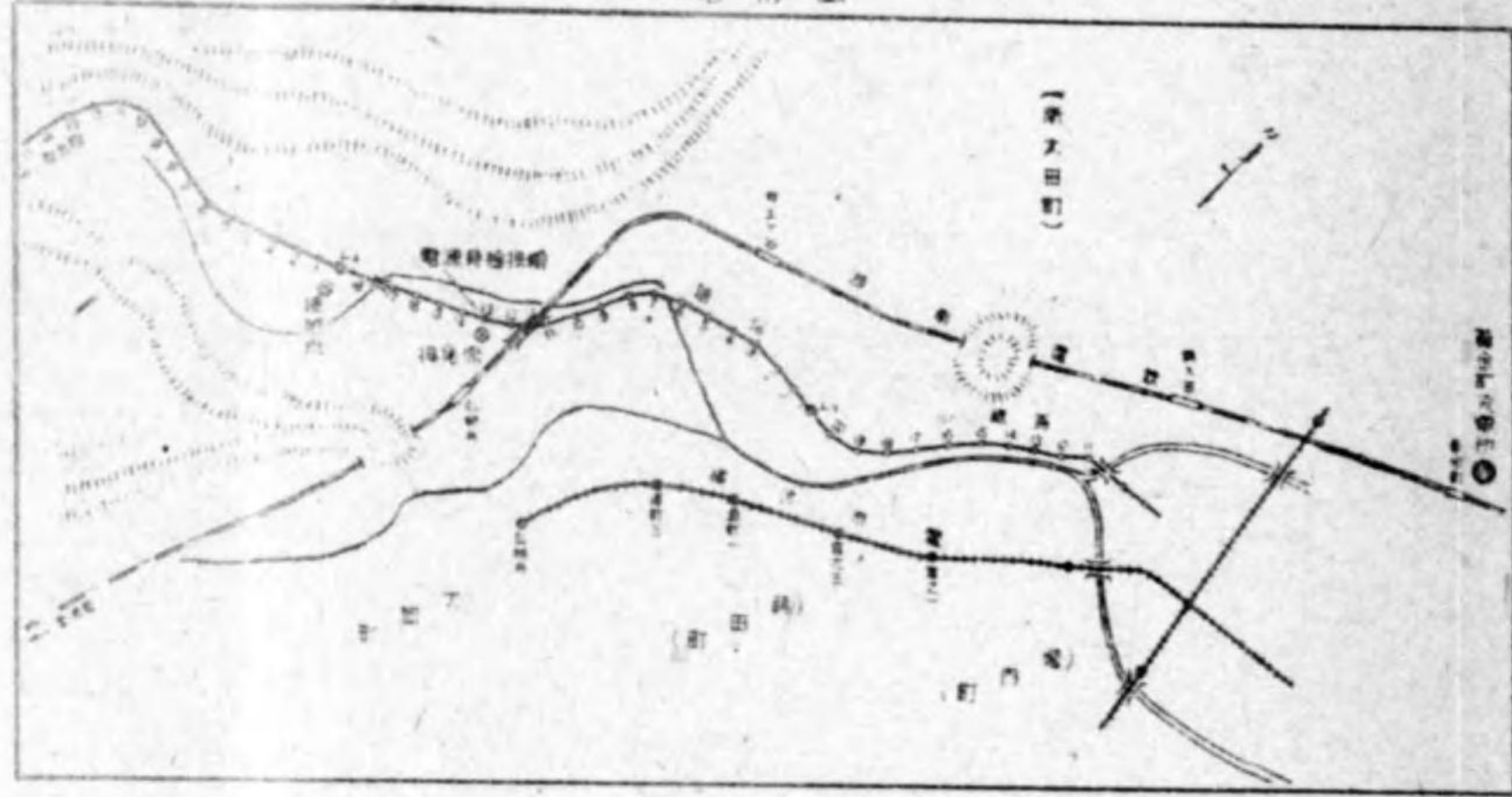
の事實であつて防蝕法として

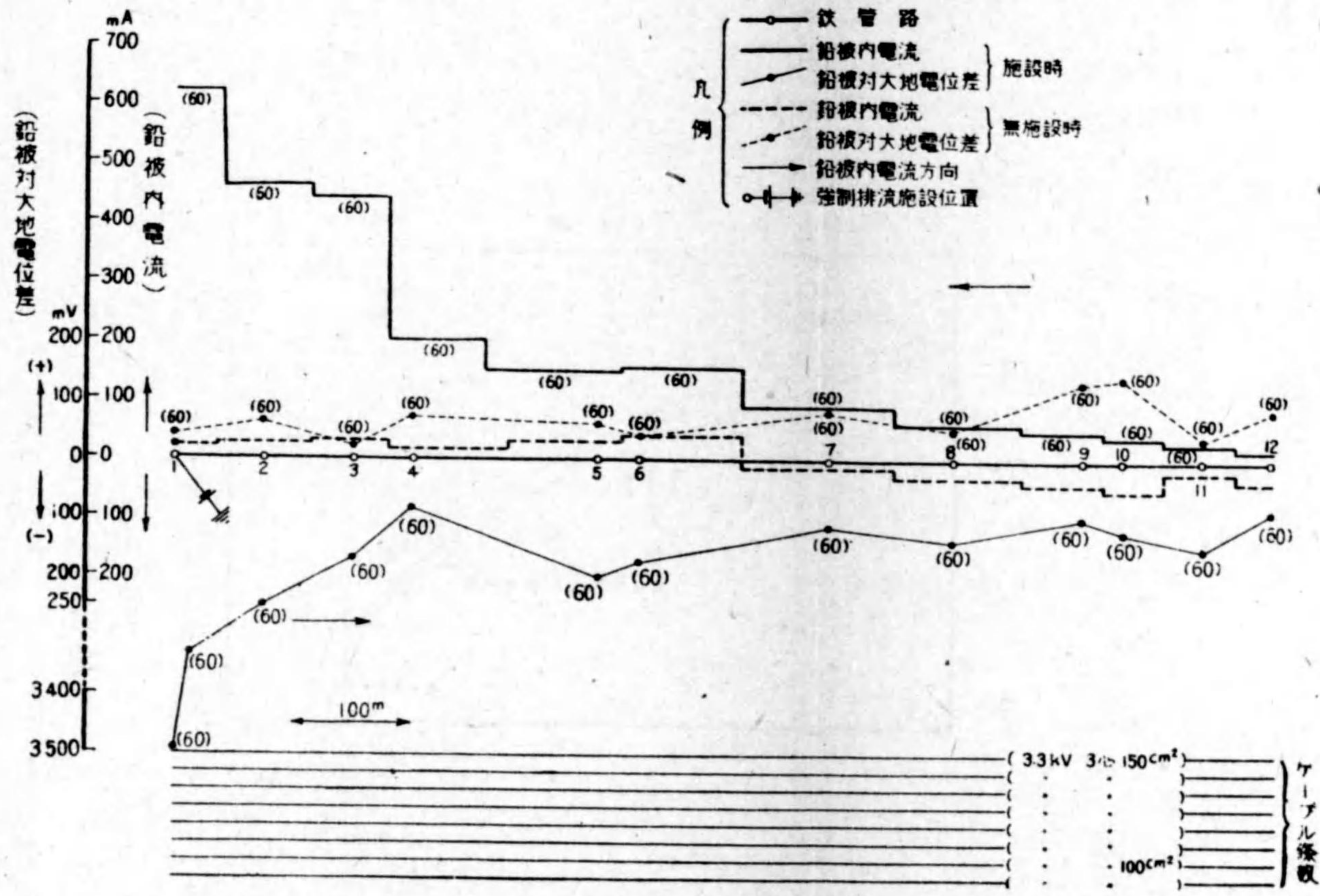
得るものに近來各國で實施



る排流電流

地形圖





第 12 圖 大阪市内電力ケーブルに強制排流施設時の鉛被電流，電位平均曲線圖 (昭和 9 年 4 月測定)

されて居る強制排流法 (Forced drainage method) がある。此の
電は既述の方法に比較して維持の困難あり又多額の設備及び保守費
る。第 10 圖は強制排流法の原理を示す略圖である。

1. 施設方法

本方法は電蝕の惧ある陽地帯の埋設體に直流電源の負極を接続し
に接地するのであつて、電源としては二次電池、交流を一次とする
發電機等を使用し、接地導體としては鐵管、金屬板又はグラフアイ
る。

2. 防蝕效果

埋設體に本施設をなす時は其の施設點を中心として或る範圍内の
の土壤に對して負となる。即ち接地せる正極より大地を通じて埋設
流は埋設體内漏洩流出電流を相殺し或る範圍内の電蝕を消滅せしめ
の有効範圍は電源の容量、埋設體の漏洩抵抗、土壤の固有抵抗、並
並に他の埋設體の關係位置に依つて自ら異なる事は言ふ迄もない。埋
漏洩抵抗並に土壤固有抵抗が小なれば施設點を基點として埋設體
て其の有効範圍は小であるが、之に反して絶緣管路或は鍍裝ケーブ
絶緣層を有する鐵管等の如く周圍の大地に對する漏洩抵抗比較的大
乾燥地帯に埋設されてゐる埋設體に本施設をなす時は其の効果顯
大である。

3. 施設上の注意

本施設は前述の如く保守費主として電力費を多額に要するから
接地回路の抵抗を可及的に僅小ならしめる必要がある外、接地導體
グラフイト等の耐蝕物質を使用する場合の外は適當の防蝕塗料
用せねばならぬ。埋設體に本施設をなせば近接せる他の埋設體は
に依つて電蝕を誘發さるる惧があるから注意せねばならぬと同時
收容しあるケーブルに本施設をなす場合は各人孔、手孔毎に或は

地形圖

