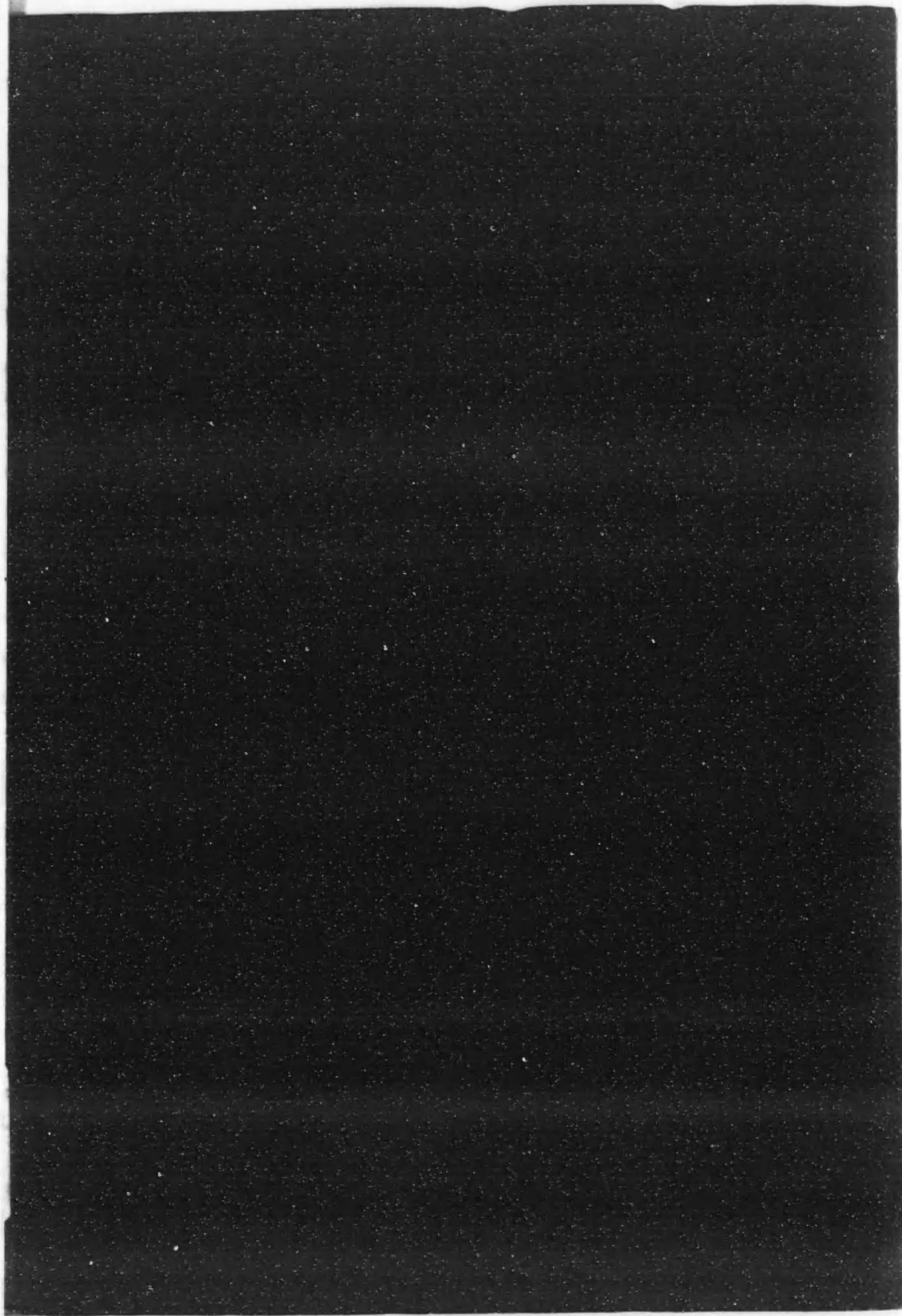
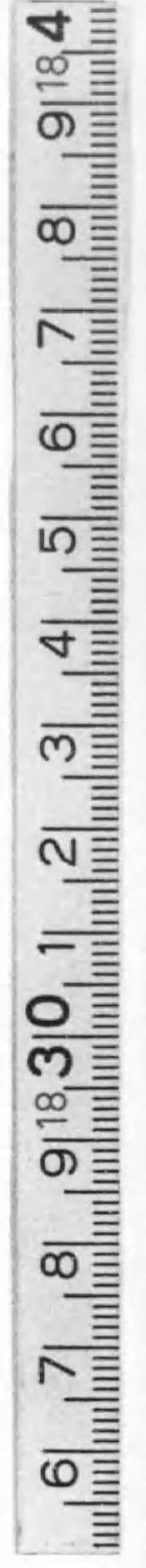




始



433
66

5



新編電氣通論第二編分冊

一次及二次電池

目次

第二十五章 電氣分解

301	電氣分解	304
302	イオン説	305
303	イオンの記號	306
304	ファラデー氏法則	307
305	ヴォルタメーター	311
306	電鍍	311
307	銅電鍍	312
308	ニッケル電鍍	313
309	銀電鍍	314
310	金電鍍	315
311	電型術	315
312	電解精鍊法	316
313	摘要	317
	問題 XXIII	317

第二十六章 一次電池

314	電解液壓とイオンの滲透壓	319
315	電池	319
316	電池内の化學變化	321
317	局部作用	323
318	成極作用	324
319	グレネー重クローム酸電池	325
320	フラー電池	326
321	ブンゼン電池	327
322	ダニエル電池	327



323 ルタランシエ電池 …… 328
 324 乾電池 …… 329
 325 標準電池 …… 330
 326 摘 要 …… 331

第二十七章 蓄電池

327 蓄電池 …… 334
 328 鉛蓄電池 …… 334
 329 ファウル式電極板とプランテ式電極板 …… 336
 330 鉛蓄電池の構造 …… 337
 331 電 槽 …… 338
 332 プランテ式電極板の各種 …… 339
 333 ベースト極板の各種 …… 341
 334 電解液 …… 344
 335 鉛蓄電池の起電力 …… 346
 336 残蓄電流 …… 349
 337 蓄電池の容量 …… 349
 338 蓄電池の能率 …… 351
 339 蓄電池の組立 …… 353
 340 蓄電池室 …… 356
 341 蓄電池の充電 …… 357
 342 鉛蓄電池の故障 …… 360
 343 鉛蓄電池取扱上の注意事項 …… 363
 344 エヂソン蓄電池 …… 367
 345 エヂソン蓄電池の特性 …… 369
 346 エヂソン蓄電池と鉛蓄電池との比較 …… 372
 347 摘 要 …… 373
 問 題 XXIV …… 375

第二十八章 蓄電池の制御

348 蓄電池の用途 …… 378
 349 蓄電池の電圧調整法 …… 380
 350 端電池開閉器 …… 380
 351 端電池開閉器の構造 …… 383

352 端電池数の計算 …… 384
 353 充電用加減壓機 …… 385
 354 緩衝電池の制御法 …… 388
 355 摘 要 …… 388
 問 題 XXV …… 389

第二十九章 熱電気

356 熱電流 …… 392
 357 熱電起電力に関する法則 …… 393
 358 熱電起電力と温度との関係 …… 395
 359 熱電能 …… 398
 360 任意の熱電対の任意温度に於ける起電力 …… 400
 361 熱電堆 …… 402
 362 熱電温度計 …… 402
 363 熱検流計及熱電流計 …… 404
 364 埋込熱電対 …… 405
 365 熱電起電力が分流器に及ぼす誤差 …… 406
 366 摘 要 …… 408
 問 題 XXVI …… 409

215
451

新編電氣通論

第二編 分冊

一次及二次電池

電機學校編

電解並其應用 (附 熱電氣)

第二十五章 電氣分解

301. 電氣分解

稀硫酸、硝酸銀溶液等の酸類及鹽類の水溶液は一般に電氣を良く導くものであつて、之れ等の溶液中に二枚の金属板を電極として挿入し、夫々之れを直流電源の陰陽兩端子に接続して電氣回路を作ると、之れ等の溶液内に電流通ずるものである。然し此場合の電流現象は金属の如き普通の導體内の電流現象とは甚だしく其の趣を異にするものであつて、溶液に電流通ずると同時に溶液内に化學分解が生じ、電流と分解作用とが必ず相伴つて起るものである。

例へば、稀硫酸中に白金電極を用ひて電流を通ずるときには、硫酸が水素と硫酸根とに分解され、カソード (cathode) [或は陰板 (negative plate or negative electrode)] 即ち電源の陰端子の方に接続され電流が溶液内より其外部に流出すべき電極の表面に水素瓦斯が発生し、他の電極アノード (anode) [或は陽板 (positive plate or positive electrode)] に硫酸根 SO_4 を發生する。而して此分解されたる SO_4 は直ちに水に作用し水を水素と酸素とに分解し、水素と結合して再び硫酸を化成し酸素をアノードの表面に遊離する。従つて此場合には溶液内の硫酸の量は變ぜずして其結果は恰も水のみが電流の爲めに水素と酸素とに分解されたる如き感を呈する。又金属鹽の水溶液に電流を通ずると、鹽類は金属と酸根とに分解され、カソードの表面に其金属を遊離し、アノードに酸根を生じ、此酸根は水を分解して酸素をアノードに遊離するか或はアノードの金属に作用して

其鹽を化成するものである。

上の如く酸類、鹽類等の水溶液が電流の爲めに分解される作用を電氣分解或は電解 (electrolysis) と稱し、電解作用を受くる溶液を電解液 (electrolyte) 又電解液となり得る物質を電解質 (electrolytic substance) と稱する。一般に各種無機の酸類、鹽類、鹽基類の水溶液は電解液である。

302. イオン説

電氣分解作用を説明する爲めに出來た學說にイオン説 (ionisation theory) なるものがある。此學說に従へば、電解液中には電解質が單に水に溶解、其の分子が其の儘に水中に存在せるものでなく、一部分の分子は其の組成分たる原子或は原子團たる二つのものに解離し、且つ其の一方は陽電荷を帶び他方は陰電荷を帶びて居る、而して斯の如き電荷を帶びたる原子或は原子團は水溶液中にのみ存在し得るもので、普通の原子、或は原子團とは全く性質の異なるものなりと云はれて居る。斯の様な電荷を帶びて居ると考へられたる原子或は原子團をイオン (ion) と總稱し、陽電荷を帶びたる方をカチオン (cation) [或は陽イオン (positive ion)]、又陰電荷を帶びたる方をアニオン (anion) [或は陰イオン (negative ion)] と稱する。而して電解質の分子が水溶液中に於てカチオンとアニオンとに解離することを電離 (electrolytic dissociation) と稱する。

電解液内に於て、カチオンになるものとアニオンになるものとは原子或は原子團の種類に依つて常に一定するものである。酸類及鹽類が電離するときには必ず酸根がアニオンとなり、水素及金属の原子がカチオンとなる。又鹽基類が電離するときには水酸根がアニオンとなり、残りの原子或

は原子團がカチオンとなるものである。

上述のイオン説に従へば、電解液内の電流即ち電氣の流動はイオンの帯び居る電荷が電極間の電壓に作用されて、カチオンがアノードの方よりカソードに向ひ、又アニオンはカソードの方よりアノードに向つて流動する現象なりと解し得られる。従つて電氣分解の結果電極面に發生するものは

カソード（陰板）に於てカチオン（陽イオン）たる水素、金屬等

アノード（陽板）に於てアニオン（陰イオン）たる酸根及水酸根

なることも亦容易に知られることである。

303. イオンの記號

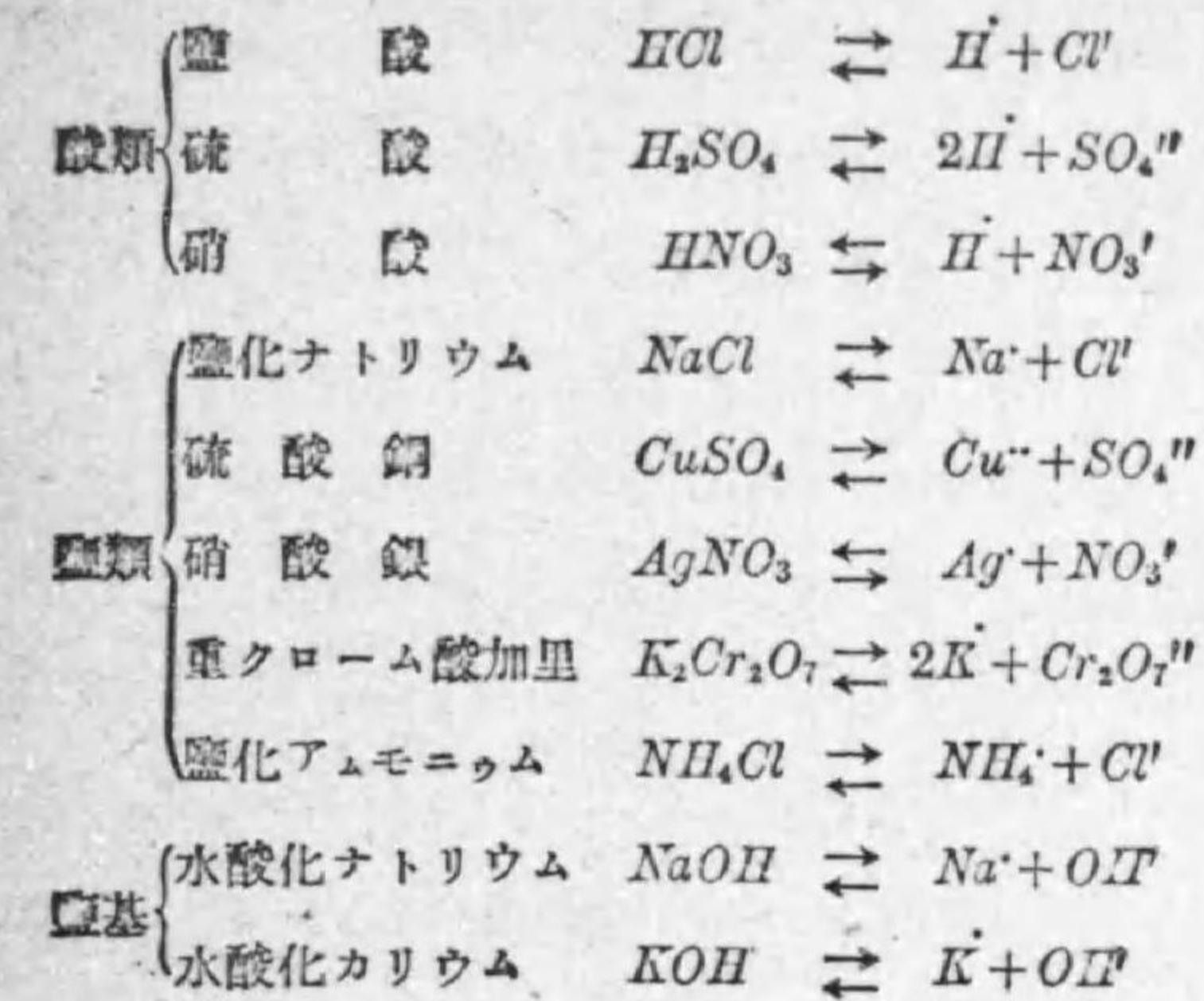
イオンがカチオン（陽イオン）なるときには其のイオンを形成せる原子或は原子團の元素記號の右舷に（ \cdot ）印を附し、又アニオン（陰イオン）なるときには其のイオンを形成せる原子或は原子團の記號の右舷に（ $'$ ）印を附してイオンの記號とする。

各種の原子或は原子團即ち根が他の原子或は根と化合する能力を、水素原子の化合能力を標準として示せる値を原子價（valence）と定め、各原子或は根のグラム原子（gram-atom）を其の原子價を以つて割つた價を其の原子或は根のグラム當量（equivalent weight）と稱することは、已に化學に於て學ばれた事と信ずる。之れと同様の意味にイオン價、グラム・イオン（gram-ion）及イオンのグラム當量なるものが定められて居るが、之れは要するに其のイオンとなれる原子或は根の原子價、グラム原子及グラム當量と同じ値である。

イオンを記號で表はすときイオン價及イオンの當量をも之れに依つて表はす方都合よきは云ふまでもない。そこで一價のイオンに於ては \cdot 或

は $'$ 印を一個、二價のイオンに於ては \cdot 或は $'$ 印を二個、一般に n 價のイオンに於ては \cdot 或は $'$ 印を n 個附し、 \cdot 或は $'$ 印一個に付てイオンの一當量を代表せしめることにするのが一般である。

次に示せる式は數種の電解質が其の水溶液内に於て電離してカチオンとアニオンとに分るゝ状態をイオン記號を以つて示せるものである。



304. ファラデー氏法則

ファラデー氏は實驗の結果電氣分解は次に述べる規則に従つて行はれるものなることを知つた。

電氣分解に於て分解されるイオンの量はイオンの種類の如何に拘らず、電解液内を通過した電氣の量と其イオンの當量との積に正比例するものであつて、今或る電氣分解装置に一定の強さ I アムペアの直流が t 秒間通じ It クロームの電氣が電解液内を通過したときには、其電解液内に於て分解されるイオンの量は其イオンの當量を e とすれば、

$$w = kclt \dots\dots\dots(173)$$

一定のイオンに就て ke は定数であるから、 $ke=z$ と置けば

$$w = zlt \dots\dots\dots(174)$$

なる式を以つて示されるものである。上式に於ける z を電氣化學當量 (electro-chemical equivalent) と稱し通過電氣の量 1 クーロムに於てのイオンの分解量に相當するものである。

ファラデー氏以來多數の人の實驗の結果、現在では銀化合物の溶液より銀イオンの分解する量は通過電氣の量 1 クーロムに付き 0.00111800 グラムと云ふことになつて居る。銀の原子量は 107.88、又銀イオンのイオン價は 1 であるから、銀イオンの當量は $\frac{107.88}{1} = 107.88$ グラムである。依つて (154) 式に於ける定数 k の値は

$$k = \frac{z}{e} = \frac{0.00111800}{107.88} = 0.000010363 \text{ グラム/クーロム}$$

となる。 k の値はイオンの種類に拘らず一定なるべきものであるから、各種のイオンの電氣化學當量 z は

$$z = 0.000010363 \times [\text{イオン當量}] \\ = 0.000010363 \times \frac{[\text{原子量}]}{[\text{イオン價}]} \text{ グラム/クーロム} \dots\dots(180)$$

なる式より、算出することが出来る。第 17 表は本式に従つて計算せる主要なるイオンの電氣化學當量 (グラム/クーロム) 及之れを (グラム/アムペア時) に換算せる値が示してある。

第 18 表 電氣化學當量

イオン名	グラム・イオン	イオン價	記號	電氣化學當量	
				グラム/クーロム	グラム/アムペア時
銀	107.88	1	Ag ⁺	0.00111800	4.0248
アルミニウム	27.1	3	Al ⁺⁺⁺	0.0000936	0.337
金	197.2	1	Au ⁺	0.002044	7.357
		3	Au ⁺⁺⁺	0.000681	2.452
カドミウム	112.40	2	Cd ⁺⁺	0.0005824	2.097
銅	63.57	1	Cu ⁺	0.0006588	2.372
		2	Cu ⁺⁺	0.003294	1.186
鐵	55.84	2	Fe ⁺⁺	0.002893	1.042
		3	Fe ⁺⁺⁺	0.001929	0.6944
水素	1.008	1	H ⁺	0.00001045	0.03761
水銀	200.6	1	Hg ⁺	0.002079	7.484
		2	Hg ⁺⁺	0.001039	3.742
カリウム	39.10	1	K ⁺	0.0004052	1.459
ナトリウム	23.00	1	Na ⁺	0.0002384	0.8581
ニッケル	58.68	2	Ni ⁺⁺	0.0003041	1.095
		3	Ni ⁺⁺⁺	0.0002027	0.7297
鉛	207.2	2	Pb ⁺⁺	0.001074	3.865
錫	118.7	2	Sn ⁺⁺	0.0005745	2.068
		4	Sn ⁺⁺⁺⁺	0.0002872	1.034
亜鉛	65.37	2	Zn ⁺⁺	0.0003387	1.219
アモニウム根	18.04	1	NH ₄ ⁺	0.00018695	0.673
臭素	79.92	1	Br ⁺	0.0008282	2.982
鹽素	35.46	1	Cl ⁺	0.0003675	1.323
沃素	126.92	1	I ⁺	0.0013153	4.735
窒素	14.008	3	N ⁺⁺⁺	0.0004839	0.1742
		5	N ⁺⁺⁺⁺	0.00002903	0.1045
酸素	16.00	2	O ⁺⁺	0.000082908	0.2985
硫酸根	96.07	2	SO ₄ ⁺⁺	0.0004978	1.792
硝酸根	62.008	1	NO ₃ ⁺	0.0006426	2.313

【例 152】水酸根 OH の電氣化學當量を算出せよ。

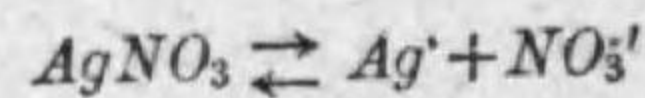
解 水酸根イオンのグラムイオンは $16+1.008=17.008$ である。而して此イオンは一價である。依つて求むる電氣化學當量は

$$z = 0.001010363 \times \frac{17.008}{1}$$

$$= 0.0017625 \text{ グラム/クローム}$$

【例 153】硝酸銀溶液に銀をアノードとし白金をカソードとして直流を通ずる場合の電解作用を説明せよ。

解 硝酸銀は水溶液内に於ては電離して



となつて居る。従つて此溶液内に二枚の電極を挿入し之れを直流電源に接続し其間に電圧を給與すれば、電荷を有するイオンが電圧に作用されてカチオン(陽イオン) Ag^+ はカソード(陰板)面に吸引され茲に電荷を失ふて銀をカソード面に遊離し、同時にアニオン(陰イオン) NO_3^- はアノード(陽板)面に吸引されて茲に電荷を失ふて NO_2 を発生せんとするも之れは單獨の物質となり得ざるものであるからアノードの銀と化合して再び $AgNO_3$ となりて溶解する。従つて此場合には電流の通過に伴つてアノードの銀が溶液中に漸次溶解し、同時に溶液内より銀が分離してカソードたる白金板の表面に附着する。

【例 154】前例に於て電解液内の通過電流が 3 アムペア又電流の通過時間が 10 時間なるときにはカソードに附着すべき銀の重量幾許か。

解 銀の化學當量は $z=0.00111800$ グラム/クローム 故に (179) 式により

$$w = zIt = 0.001118 \times [3 \times (60 \times 60 \times 10)] = 120.7 \text{ グラム}$$

別解 銀の化學當量を [グラム/アムペア時] に換算せる値は 4.0248 である。故に

$$w = 4.0248 \times [3 \times 10] = 120.7 \text{ グラム}$$

305. ヴォルタメーター 第 (179) 式を變形すると、

$$I = \frac{w}{zt} \dots\dots\dots (179)$$

依つて或る電解液に一定の強さの直流を或る時間通過し、其時間内に電極に分離されたる物質の量と其時間とを測定し置けば之れより其の電流の強さを算出することが出来る。此原理に依つて電流の強さ(直流に限る)を検定する装置をヴォルタメーター (voltmeter) と稱する。

ヴォルタメーターには銀化合物を電氣分解し分離せる銀の重量より電流を検定する銀ヴォルタメーター (silver voltameter), 銅化合物を電解して分離せる銅の重量より電流を検定する銅ヴォルタメーター (copper voltameter), 水を分解して分解成生物たる酸素及水素の體積を測り之れより其重量を知つて電流を検定する水ヴォルタメーター等あるが、現今では電流検定の原器には電氣測定第一章第五節に述べたる如き、銀ヴォルタメーターを使用することに定められて居る。

306. 電鍍 電鍍 (electroplating) は電氣分解法に依つ

て析出せる金屬を以つて他種の金屬又は其他の物體の表面を被覆して其の酸化を防ぎ、耐久力を増加し、併せて其の表面の外観を善良ならしめるものである。

電鍍を施さるべきものゝ表面が平滑でない仕上げが悪くなるから、豫め其表面を磨き粉で十分に研磨し表面を平滑ならしめ置くことが肝要である。電鍍を施さるべきものゝ表面に蠟或は油類などの附着せるとき、又は其の表面が酸化され居るときには電鍍が完全に行はれないから、豫め次の處理法に依り其表面を清浄ならしめ置くことが必要である。

被電鍍金属が亜鉛製のものは始め 5% 乃至 10% の苛性加里溶液に浸して表面に附着せる油脂類を除去し、後 10% の硫酸液に暫時浸して表面の酸化物を除去する。被電鍍物が銅、真鍮、洋銀等の如く銅を含むものは苛性加里液に浸したる後酸類に浸漬すること前と同じであるが、酸類に浸す時間はほんの一瞬時でよい。被電鍍金属が鐵及鋼製のものなるときには苛性加里液に浸したる後 10% の硫酸液又は 20% の鹽酸液に浸漬する。表面の酸化程度甚だしきときには約 2% の稀硫酸液中に 3 時間位浸漬し置けば大概の錆は取れてしまふ。

以上の要領で被電鍍物の表面を清浄にしたるときには直ちに多量の水を以つて洗滌し充分酸類を除去しなければならぬ。尙被電鍍物が銅又は真鍮の時には忽ち其表面に錆が生ずるから水洗後直ちに電鍍槽に送る様にしたければならぬ。

電鍍槽は電解液に作用されぬ材料を以つて作るを要するは勿論であつて、小形のものには硝子、磁器を以つて作り大形のものには鉛板の裏張りを施せる木製函の表面に塗料を塗るか或は鐵函の表面に塗料を塗るか又は珉琺引とせるものを使用する。

307. 銅電鍍

銅電鍍の溶液には酸性のものとアルカリ性の

ものがある。酸性溶液の方が電鍍が樂であるが仕上りの結果はアルカリ性溶液の方がよい。酸性溶液には

硫酸銅	13 %
強硫酸	4 %
水	83 %

の成分のものが最も普通に用ひられる。アルカリ性溶液には數種あるが、青化銅と酸性亞硫酸曹達とを水に溶かしたるものは種々の金属に應用することが出来る。

酸性溶液にては電流密度は被電鍍物 1 平方寸に付き 0.01 乃至 0.015 アムペア 電極間の給與電壓は 0.5 乃至 1.5 ヴォルト が適當し、アルカリ性溶液にては 0.003 乃至 0.005 アムペア/平方寸 の電流密度 3 乃至 5 ヴォルト の給與電壓が適當である。

308. ニッケル電鍍

ニッケル電鍍の溶液には種々ある。

硫酸ニッケル・アムモニウム	10
硫酸アムモニウム	1.5
水	250

○成分のものは其内の一つである。

ニッケル電鍍に於ては最初の間は電流を強くし、カソード即ち被電鍍物の全面がニッケルの鍍層を以つて覆はれるようになれば電流を減少するようにならなければならぬ。夫には最初の間は電流密度を 0.015 アムペア/平方寸 給與電壓を 5 ヴォルト 位とし、終りには電流密度を 0.003 アムペア/平方寸 給與電壓を 2 ヴォルト 位にするが適當である。

ニッケルのアノードは硫酸ニッケル・アンモニウムに溶解難きものであるから、若しアノードの面積がカソードの面積よりも小なるときにはアノードの溶解する分量がカソードに析出されるニッケルの量よりも少く溶液が漸次稀薄になる缺點があるから、どうしてもアノードの面積はカソードの面積よりも三四割大とし置かねばならぬ。此爲めには屢々表面をナマコ形にせるニッケル板をアノードに使用する。

鐵の上にニッケル電鍍を施すには一應被電鍍物に薄く銅電鍍を施し置く方が好結果が得られる。

309. 銀電鍍 普通に使われる銀電鍍の溶液は青化加里と青化銀との複鹽の水溶液に稍過剰の青化加里を加へたるものである。然し青化加里が過剰のときにはアノードを溶解することが餘り速かたで溶液の濃度を増しカソード（被電鍍物）上の電鍍層が剝脱し易くなる缺點がある。

硝酸銀	18
青化加里	60
水	1000

を取りて水の一部で硝酸銀を溶かし、残部の水に青化加里を溶かして此二者に混合すれば適當なる成分の溶液が得られる。溶液内の青化加里の量が適當なるときは、液を試験管に取り、之れに二三滴の硝酸銀を滴下すれば沈澱物が生じ之れが直ちに溶解する。

電流密度は 0.001 乃至 0.0045 $\text{アムペア}/\text{平方厘米}$ 位、給與電壓は 0.5 乃至 1 ヴォルト位とするがよい。電流密度が多過ぎれば鍍着面の色が薄黒くて稍もすれば鍍層が剝脱する。

アノードに使用する銀板は純粹なるものでなければならぬ。之れを電槽中に懸垂するには必ず銀線又は白金線を使用しなければならぬ。

銀電鍍の最も適當な被電鍍物は銅、眞鍮、洋銀等で鐵、鋼、亞鉛等のときには一應銅電鍍を行つてから銀電鍍するのがよい。

310. 金電鍍 金電鍍の溶液として用ひられるものには數種

ある。其一つの成分を示すと

青化金	6
青化加里	25
水	1000

である。此溶液は攝氏約 20 度の温度にて使用するがよい。電流密度は $0.001 \text{アムペア}/\text{平方厘米}$ 、給與電壓は 0.5 ヴォルト位が適當である。

金電鍍の最も適當なる被電鍍物は銅である。他物に金電鍍を施すときには一應其上に銅電鍍を行つた後に金電鍍するがよい。

311. 電 鑄 或る物體と同一品を多數に製作せんとする

ときには、原品と反對の型を作り其型の上に電氣分解に依つて金屬を沈澱附着せしめるときには原品と分毫の相違なきものを幾個にても作ることが出来る。之れを電鑄 (electrotyping) と稱する。

電鑄法の原型を作る型材料には黄臘、封臘、石膏、可熔合金、ガッタパールチ、及此等材料の混合物が用ひられる。之れ等のものは多く絶縁物であるから、電解法に依つて其表面に金屬を沈澱附着せしめるには先づ其表面を導體化しなければならぬ。これには上等黒鉛或は金屬の微細なる粉末を

全表面に一樣に摺りつけるか、或は燐を二硫化炭素に溶解し此を以つて型を濕し、次に之れを硝酸銀の溶液中に浸漬して銀を還元して、之れに依つて型の全表面を銀を以つて覆はしめる等の方法が用ひられる。

312. 電解精鍊法

電解作用を利用するときには、各種の金屬を精鍊して純度の極めて高きものを製し得る。之れを電解精鍊法 (electrolytic refining) と稱する。其一例として銅及金の電解精鍊法に就て極く大體の要領を述べよう。

普通の冶金法に依つて得たる粗銅をアノードとし純銅をカソードとして硫酸銅を電解すると、アノードの粗銅が溶解し同時に溶液中の銅がカソードに析出する。而して此際カソードに析出附着するものは殆ど銅のみであつて、アノードに使用せる粗銅中の不純物は漸次粘泥 (slime) となつて電槽内に残留する。換言すれば、之れに依つて不純銅を精鍊して純銅にすることが出来るのである。

含有量の貧弱な金鏝より金を採取するには一般に電解精鍊法が用ひられる。其一方法たる青化法 (cyanide process) に就て次に述べよう。鑛石を粉碎し、之れを青化加里溶液中に約五六日間浸漬し置くときには金は悉く青化加里に溶解して金とカリウムの複鹽 $KAu(CN)_2$ を化生する。上の如くにして得たる複鹽の溶液を電解溶液とし、鉛板をカソードとし黒鉛、過酸化鉛又は鐵板をアノードとして電流を通ずるときにはカソードの鉛板上に金が析出される。斯くして得たるものゝ純度は 85% 乃至 90% に過ぎぬが、之れを再び精鍊すれば純金とすることが出来る。

313. 摘 要

1 酸類、鹽類、鹽基類の水溶液に電流を通ずるときには電氣分解を起す。而して斯の如き溶液を電解液、又電解液となり得る物質を電解質と稱する。

2 電解液内にては電解質の分子がカチオン (或は陽イオン) とアニオン (或は陰イオン) とに電離して居る。各種の原子及原子團がイオンとなるとき、一般に水素及各種の金屬はカチオンとなり、酸根及水酸根はアニオンとなる。

3 電氣分解に依つて分解されるイオンの量は、イオンの種類に拘らず、電解液内を通過した電氣の量と、其イオンの電氣化學當量との積に等しい。各種のイオンの電氣化學當量は

$$z = 0.000010363 \times \frac{[\text{原子量}]}{[\text{イオン價}]} \text{ グラム/クーロム}$$

なる式より算出することが出来る。

4 或る電解液に一定の強さの直流を或る時間通過し、其時間内に電極に分離されたる物質の量と、其時間とを測定すれば、之れより其電流の強さを算出することが出来る。此原理に依つて電流の強さを檢定する装置をヴォルタメーターと稱する。ヴォルタメーターには種々のものがあるが、現今電流檢定の原器として用ひられるものは銀ヴォルタメーターである。

5 電鍍、電鑄、電解精鍊は電氣分解の應用である。

問 題 XXIII

1 水を電氣分解して 1.5 立方米 (溫度 0°C , 氣壓 760 mm) の水素を

斯を得んとす。500 アムペアの電流を使用するとすれば幾時間を要するか。但し温度 0°C , 氣壓 760 mm に於ける水素瓦斯 1 リットルは 0.08988 グラムの重量を有す。 答 約 7.2 時間

2 或る電解精銅装置に於て陰板に 350 グラムの銅が析出するに一夜を要したりと云ふ、電流の強さは幾許なりしか。

答 12.3 アムペア

第二十六章 一次電池

314. 電離溶壓とイオンの滲透壓 イオンとなり

得る單體殊に金屬が水に接するときには或る一定の壓力を以つて其原子がイオンとなつて水中に溶解せんとするものである。此場合の壓力を電離溶壓 (solution pressure of ions) と稱し、金屬の種類に依つて各其値が一定せるものであつて、其一例を示すと、亜鉛は 1.786×10^{10} 氣壓、カドミウムは 3.86×10^{10} 氣壓、鉍は 2.228×10^{10} 氣壓の電離溶壓を有するものである。従來の實驗に徴するに、容易に酸化される金屬即ち亜鉛、カドミウム等は電離溶壓高く、之に反し鉛、銅、水銀、白金等は電離溶壓低きものである。

上の如く金屬が水に接するときには一定の電離溶壓を以つて其原子がイオンとならんとすると同時に、溶液中に存在するイオンは又或一定の壓力を以つて溶液外に滲透せんとする傾向を有するものであつて、此場合の壓力をイオン滲透壓 (osmotic pressure of ions) と稱し、此値は電解液の種類には關係しないが、其濃度に正比例するものであつて、濃度が 1 規定なる電解液即ち水 1 リットルに付き電解質 1 グラム當量の割合の電解液中の金屬イオンは 22.3 氣壓のイオン滲透壓を有するものである。

315. 電池 今或る金屬板が其金屬の鹽類溶液に接する場

合を考へるに、其金屬は一定の電離溶壓を以つてイオンとならんとすると

同時に溶液中の金属イオンは其濃度に依つて一定するイオン滲透壓を以つて溶液外に滲透して金属板上に遊離せんとし、電離溶壓 P とイオン滲透壓 p とが互に反對に作用するから、 P と p と何れが大なるかに依つて次の三つの場合が生ずる。

i $P:p > 1$ なる場合 此場合には金属が溶け此際金属原子が陽イオンとなつて金属板より陽電荷を電解液に持ち去り金属板に陰電荷を残し溶液に陽電荷を與へるから、其結果溶液の電位を金属板の電位よりも高くし兩者の間に電位の差を生ずる。斯の如くして電位差が生ずると、溶液内に出てたる金属イオンには、金属板に残れる陰電荷の吸引力が作用するから、金属が溶解するのは、電位差が或る一定の値に達する迄の極めて短時間に過ぎない。とにかく此場合には金属板の電位が溶液の電位よりも低くなり、 $P:p$ が大なる程高き電位差を生ずる。

ii $P:p < 1$ なる場合 鹽類溶液の濃度が大きでイオン滲透壓 p が電離溶壓 P よりも大なる場合には溶液中のイオンが金属板上に析出する。而して此際析出するイオンが溶液より金属板へ陽電荷を持ち去り溶液に陰電荷を残し金属板に陽電荷を與へるから、其結果は前の場合とは反對に金属板の電位が溶液の電位よりも高くなる。

iii $P:p = 1$ なる場合 此場合には金属が溶けもせず又溶液内の金属イオンが金属板上に析出することもない。従つて此場合には溶液と金属板との間に電位差の生ずることはない。

上述の如く各種の金属板を電解液中に挿入するとき、若し其金属の電離溶壓が溶液中のイオンの滲透壓よりも大なれば其金属板は溶液よりも低電位となり、反對に其金属の電離溶壓が溶液中のイオンの滲透壓よりも小な

れば金属板が溶液よりも高電位となるものである。従つて若し同一電解液中に其溶液中のイオンの滲透壓よりも大なる電離溶壓の金属板甲とイオンの滲透壓よりも小なる電離溶壓の金属板乙とを挿入するときには、溶液の電位に對し甲の電位は陰電位となり乙の電位は陽電位となり乙金属板と甲金属板との間に一定の電位差が得られる理である。

ヴォルタ氏は、稀硫酸溶液中に銅板と亜鉛板とを挿入するときには兩者の間に約 1.1 ヴォルトの電位差が得られることを知つて、始めて電池を作つた。其後多數の人が種々の電池を案出し現今實用に供され居る電池には多くの種類があるが、總て電池は上に述べたる理に依つて電位差が作られるのであるから、其陰極板 (negative-pole plate) 即ち低電壓の方の極板には電離溶壓の高き亜鉛 (特種の電池にはカドミウム) が用ひられ、陽極板 (positive-pole plate) 即ち高電位の方の極板には電離溶壓の低き鉛、銅、水銀、白金 (炭素) が用ひられて居る。

注意 電池或は電解槽に於ては總て陽イオンを溶液内に放出する極板を陽板、他の極板を陰板と稱する。而して一次電池に於ては陽イオンを溶液に放出する方の電極が他の電極よりも低電位となり陰極となるのであるから、電池に於ては

陰極となる方の極板が陽板、陽極となる方の極板が陰板

である。然し後章に述べる蓄電池に於ては習慣上一般に

陽極となる方の極板を陽板、陰極となる方の極板を陰板

と稱し、一次電池の場合と陽板陰板の呼方が正反對になつて居る。本書に於ては此矛盾を避ける爲一次電池に於ても蓄電池に於ても陽板陰板なる名稱は使用せず、

陽極となる方の電極を陽極板、陰極となる方の電極を陰極板

と稱することに定めて置く。

316. 電池内の化學變化

ヴォルタ電池に於ては銅板と

亜鉛板との間に電位差を生ずるのは亜鉛が溶けて陽イオンとして溶液内に出で亜鉛板に陰電荷を残し、已に硫酸中に存在した水素イオンが亜鉛イオンに反撥されて銅板上に遊離し之れに陽電荷を與へる爲めである。然し之れと同時に亜鉛板上の陰電荷は亜鉛イオンに吸引力を及ぼし又銅板上の陽電荷は水素イオンを反撥するから、亜鉛の溶解水素の遊離は一瞬時にして中止し、イオンが永く電池内を流動して電流の現象を生ずることはない。

然るに銅板と亜鉛板とを電池の外部に於て電線其他の導體を以つて連結するときには、亜鉛板上の陰電氣（電子）が外部導體を経て高電位なる銅板の方に流動し亜鉛板も銅板も共に其電荷が減少せんとする。而して之れと同時に亜鉛イオンに作用する吸引力も亦水素イオンに作用する反撥力も共に減少するから、續いて亜鉛が硫酸に溶けて陽イオンとなり、之れに相當する水素イオンが銅板の方に流動して銅板上に水素瓦斯を遊離して、兩極板上の陰陽の電荷を一定に保持する。従つて電池外の導體は勿論、電池内の溶液にもイオンの運動に依つて電氣が流動し、斯の如くして永く回路に電流の現象が生ずる。

ヴォルタ電池のみならず總ての電池の電流は大體上述の如くにして得られるのである。従つて如何なる電池に於ても之れに電流を通ずるときには陰極の金屬が陽イオンとなつて溶液に溶け、同時に溶液内に存在する陽イオンが陽極板上に遊離し、必ず電池内に化學變化が生ずるものである。否奪る電池内に化學變化が起るが爲めに電池内の物質内に保有されし化學的エネルギーが變じて電氣エネルギーとなり電流の現象が発生するのである。

317. 局部作用

前節に於ては電池の陰陽兩極板を導體を以つて接続するとき始めて電流通じ同時に陰極板の金屬（主として亜鉛）が溶解するものであつて、電流通ぜざる間は陰極板の金屬は溶解するものに非ずと述べた。然し普通の亜鉛板を用ひて電池を作るときには電流通ぜざる時に於ても化學變化を生じ忽にして亜鉛が溶解し去るものである。之れは何故であるか。普通の亜鉛は亜鉛よりも電離溶壓の低き不純物を多少含めるものであつて、斯の如き不純物が亜鉛板の表面に存在して電池溶液に接し居るときには、此部が陽極板となり他の純粹なる亜鉛の部分が陰極板となり此兩者が亜鉛板内にて互に接続せるが故局部的の電流を生じ亜鉛が溶解し去るのである。此作用を電池の局部作用 (local action) と稱する。

純粹の亜鉛を使用するときには局部作用の爲めに亜鉛が無益に消耗することなきは云ふまでもない。然し純粹の亜鉛は相當高價であるから、一般には普通の亜鉛を用ひ其表面に數滴の水銀を擦り付けて全表面を水銀アマルガムとせる所謂混汞亜鉛 (amalgamated zinc) を陰極板に使用し局部作用を防止する。元來亜鉛は他の金屬よりも混汞し易き性質を有するから、混汞亜鉛を使用すれば其表面に存在するものは純粹の亜鉛アマルガムであつて他の不純物が表面に現はれて溶液に接觸することがない、而して電流の使用に依つて表面の亜鉛が消耗するときには、水銀は漸次下部の亜鉛と混和し、常に其表面を混汞状態に保持するから、混汞亜鉛を陰極板に用ふるときには殆ど最後まで局部作用の爲めに無益に亜鉛を消費することが防止される。

318. 成極作用

ヴォルタ電池にては電流通するときには水素瓦斯を陽極板即ち銅板の表面に遊離するから暫時の後には銅板の表面が水素瓦斯を以つて覆はれ恰も水素瓦斯を陽極板に用ひたると同一の結果となる。然るに水素の電離溶壓は銅板の電離溶壓よりも高きものであるから、斯の如く陽極板の表面が水素瓦斯を以つて覆はれるに至ると、電池の起電力が幾分減少するに至るものである。斯の如く電流の通過と共に電池の起電力が減少する作用を成極作用 (polarization) と稱し、最初電池の起電力が E_0 なりしものが此作用の爲めに E に減少せるものとすれば、 $e = E_0 - E$ を成極電壓 (e. m. f. of polarization) と稱する。

ヴォルタ電池に於ては上の如く成極作用の爲めに起電力が減少する上陽極板の表面に附着せる水素瓦斯が大なる電気抵抗を與ふるから、電流を通じ始めてから極く短時間の後には電流殆ど零となり、到底實用に供することが出来ない。現今の實用電池にては總て成極作用を防止する所謂減極 (depolarization) の方法が講ぜられて居る。

減極方法には物理的方法と化學的方法とがある。スミ-電池 (Smee cell) は物理的減極法を應用せる一例である。此電池は表面に粉末状の白金を附着せしめたる鉛板或は銀板を陽極板とし亞鉛を陰極板とし、電解液には稀硫酸溶液を用ふる。水素瓦斯が陽極板に發生するとき粉末状白金の尖端に遊離されるから直ちに集合して気泡となりて自ら液面に浮び陽極板の全表面が水素瓦斯を以つて覆はれるこ

第 330 圖



スミ-電池

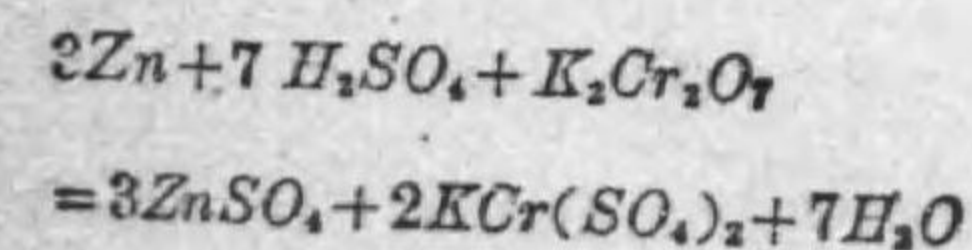
とはない。然し斯の如き物理的減極法は其作用不完全たるを免れない。

化學的減極法には二通りの方法がある。其一つは陽極板附近に陽極板の金屬の鹽類を置きて電流の通するとき、其鹽類中の金屬イオンを陽極板上に析出せしめ水素瓦斯を全然陽極板上に遊離せしめざる方法であつて、後に述べるダニエル電池、ウエストン電池、クラーク電池等には此種の減極法が應用されて居る。他の方法は陽極板の附近に二酸化滿侖、重クローム酸加里等を用ひ陽極板上に發生する水素瓦斯を直ちに酸化して水に變ずるものであつて、後に述べるルクランシェ電池、重クローム酸電池、ブンゼン電池等には此種の減極法が應用されて居る。

319. グレネー重クローム酸電池

第 381 圖はグ

レネー重クローム酸電池 (Grenet bichromate cell) の構造を示せるものである。陽極板には二枚の炭素板を用ひ、陰極板には炭素板の中間に金屬棒を以つて懸垂せる混汞亞鉛板を用ふる。電池溶液には水 1 リットル中に硫酸 0.1 リットル、重クローム酸加里 80 グラムを溶解せしめたるものを使用する。起電力は約 2 ヴォルトであつて内部抵抗少く大なる電流が得られる。次式は使用中電池内に生ずる化學變化を示すものである。



一般に電池内に唯一種の液を使用せる電池を單液

第 381 圖



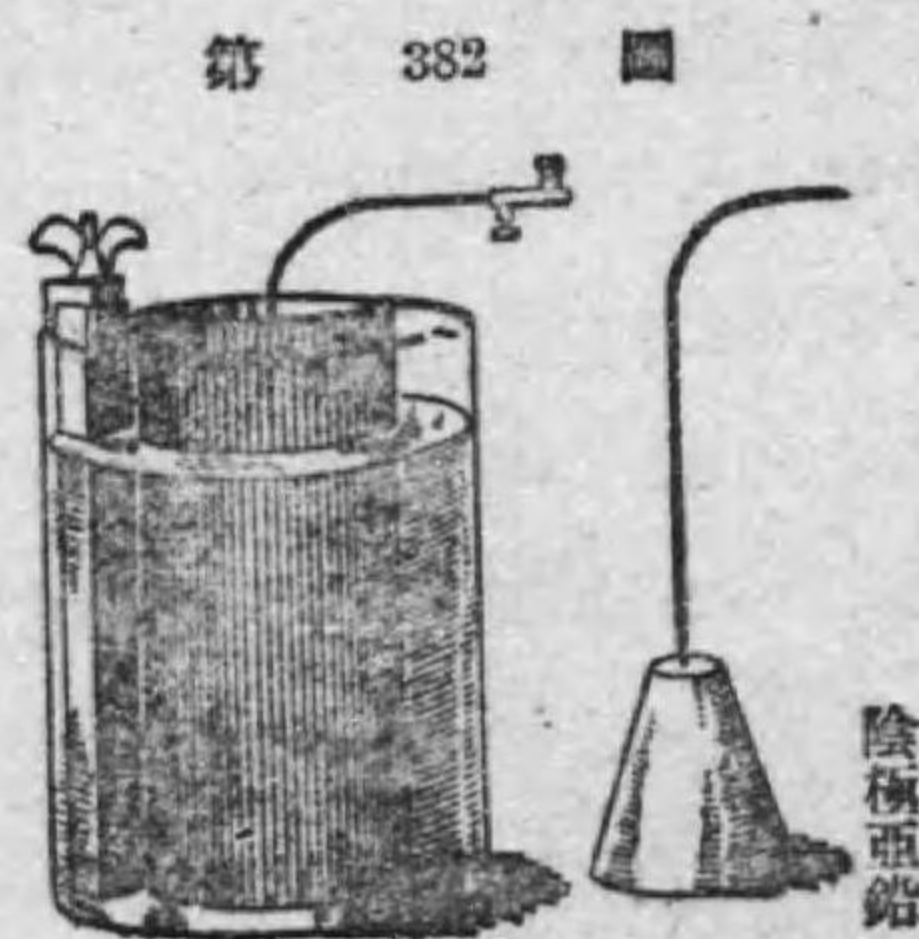
グレネー電池

電池 (single-fluid cell) と稱する。グレネー電池の如き單液重クローム酸電池に於ては亞鉛板と重クローム酸との間に局部作用を生じ、此爲めに亞鉛も重クローム酸加里も共に無益に消費されるから、此電池は短時間の使用には適するが長時間の使用には不適當である。尙此電池は使用せざるときには必ず亞鉛板を溶液外に取り出し置く様になければならぬ。グレネー電池にて亞鉛板を金屬棒を以つて懸垂せるは亞鉛板を溶液外に取り出し易からしめんが爲めである。

320. フラー電池

フラー (Fuller) 氏は素陶容器を以つて電池溶液を二つに分離して所謂複液重クローム酸電池 (double-fluid Lichromate cell) を作り、單液重クローム酸電池に見る亞鉛と重クローム酸との間の局部作用を除くことを案出した。

第 382 圖はフラー電池の普通の構造を示すものである。圓錐形の亞鉛の上部に表面にガッタペルチャを塗布せる金屬棒を取り附けたるものを陰極板とし之れを素陶容器に入れ容器内に稀硫酸を充し尙少許の水銀を注入する。而して此素陶容器を硝子或は陶器製の外器の中央に置



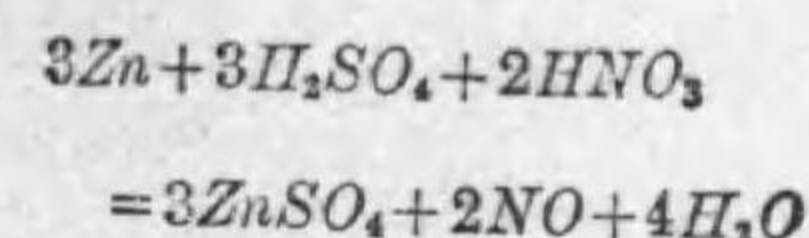
フラー電池

き外器に重クローム酸加里溶液を充し其中に炭素板を挿入する。電池の起電力及電池内の化學變化はグレネー電池と同一である。重クローム酸は素陶を滲透して素陶容器内に入り來るが、内器中にては其濃度が餘り高からず、且つ亞鉛は内器中に於て其底部が水銀と接し、常に完全なる混成状態

に保たれるが爲めに亞鉛と重クローム酸との間の局部作用なく、長時間使用に堪へるのである。

321. ブンゼン電池

ブンゼン電池 (Dunsen cell) も複液電池である。素陶容器内には濃硝酸を充し炭素板を挿入する。外部容器には稀硫酸を充し之れに亞鉛板を略圓筒狀に彎曲せるものを挿入する。起電力は約 1.9 ヴォルト、使用中には次式に示す化學變化を生ずる。



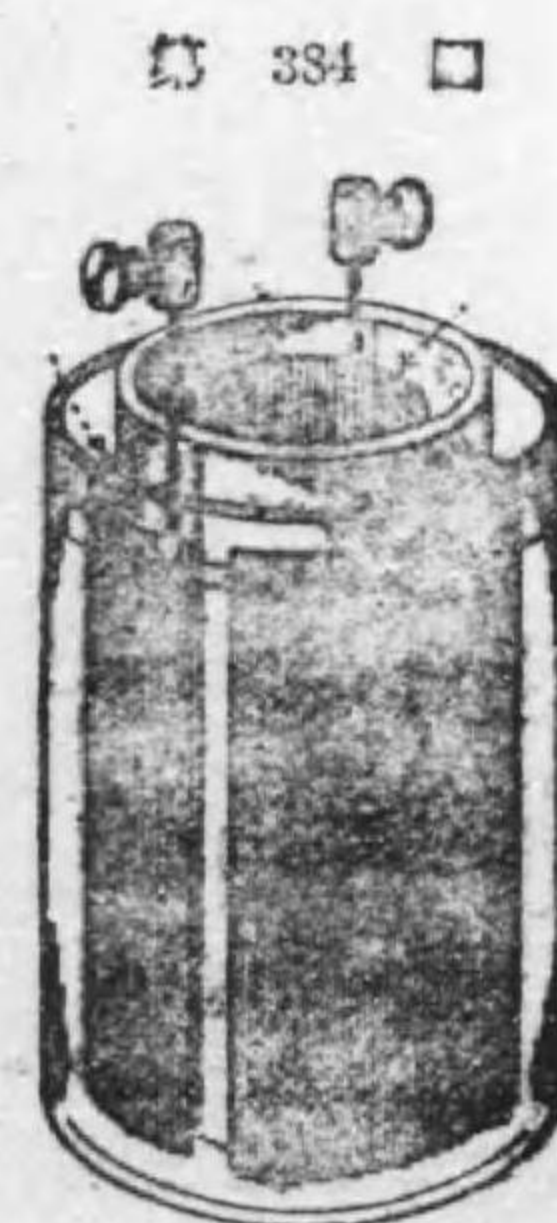
上の化學變化に依つて發生する NO 瓦斯は最初の間は溶液中に溶解するが後には空中に出て、酸素に會して有害なる過酸化窒素瓦斯 NO₂ を發生する。然し硝酸アモニウムを硝酸中に飽和せしめ置くときは過酸化窒素瓦斯の發生をなくすることが得られる。稀硫酸溶液は水 1 リットルに付硫酸約 0.2 リットルの溶液が適當である。



ブンゼン電池

322. ダニエル電池

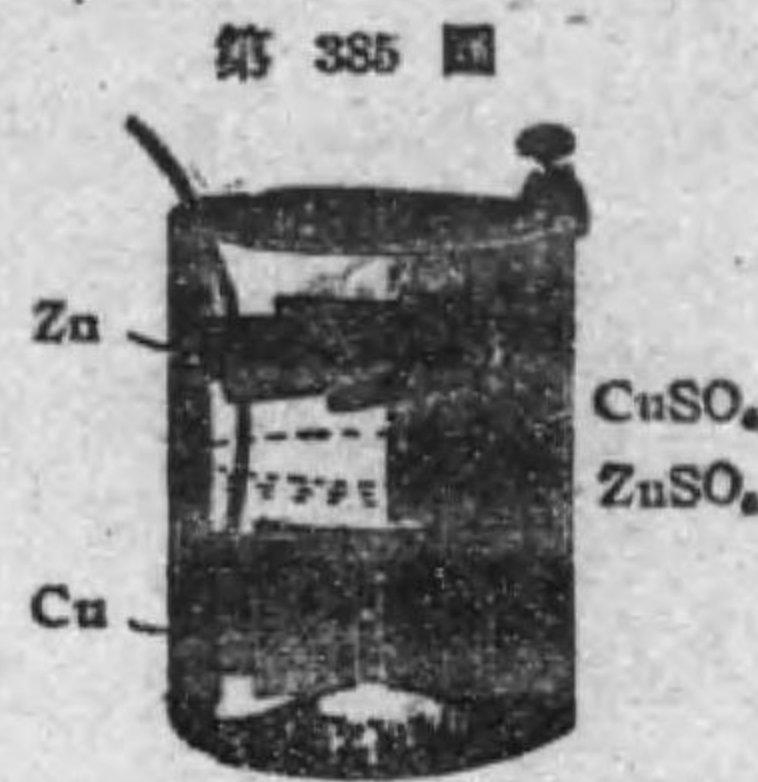
第 384 圖は普通のダニエル電池 (Daniell cell) の構造を示せるものである。素陶容器内には稀硫酸を充し亞鉛板を挿入し、外部容器には硫酸銅 (丹礬) の飽和



ダニエル電池

溶液を充し銅板を挿入する。起電力は約 1.1 ヴォルトである。電池に電流通ずる場合には亜鉛が陽イオンとなつて溶液内に入り、硫酸中の水素イオンが之れに反撥されて素陶外の硫酸銅溶液内に入る。而して水素の方銅よりも硫酸と化合する性能大であるから硫酸銅が分解して銅を陽極板(銅板)上に遊離する。

硫酸と硫酸銅との混合溶液を暫く静置すると硫酸銅は器の底部に集り硫酸と硫酸銅とが重力の爲めに自ら上下二層に分離するものである。此性質を利用して素陶を用ひざるダニエル電池が作られて居る。之れを特に重力型ダニエル電池 (gravity Daniell cell) と稱する。第 314 圖は此電池の構造を示すものである。



重力型ダニエル電池

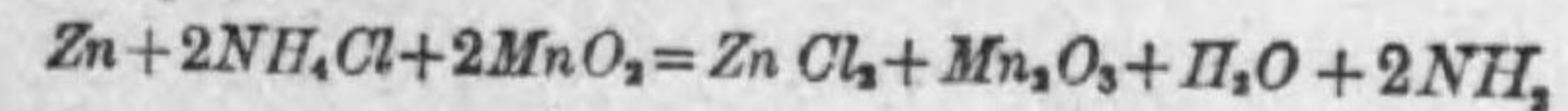
323. ル克蘭シエ電池

ル克蘭シエ電池 (Leclanche cell) は第 386 圖の如き構造を有する。外部容器には鹽化アモニウム (ammonium chloride) の飽和溶液を入れ亜鉛板を挿入し、内部の素陶容器には其中央に炭素板を置き其周圍に炭素粒と過酸化満俺粒とをよく混合せるものを充填してある。溶液は素陶を通過して内部に滲透し來るから、結局鹽化アモニウム溶液に亜鉛板と炭素板とを挿入したのと同じ結果となつて此間に約 1.5 ヴォルトの起電力が発生する。電流通ずるときには亜鉛が溶液に溶け水素瓦斯を陰極板上に析出せんとするが、此水素は過酸化満俺に酸化されて水となる。



ル克蘭シエ電池

式は此場合の化學變化を示すものである。



此電池に於ては過酸化満俺を以つて水素を酸化して成極作用を消滅せんとするのであるが、元來過酸化満俺の如き固體の酸化作用は緩慢たるを免れぬから、陽極板に單なる一枚の炭素板を用ふるときには、直ちに其表面が水素瓦斯を以つて覆はれ成極作用を呈する。過酸化満俺粒中に炭素粒を混するの陽極板の表面積を増さんが爲めであつて、寧ろ炭素粒が眞の陽極であつて炭素板は電流を集める端子の用をなせるものと解する方が眞に近い。斯の如く此電池にては、炭素粒を用ひて陽極板の表面積を非常に廣くしてはあるが、尙他の液體減極劑を使用せる電池に較ぶれば、減極作用不完全であつて連続して使用するときは、多少の成極作用を呈する。然し暫時放置すれば其間に水素瓦斯が除かれて起電力を回復する。

ル克蘭シエ電池の特徴は、他の電池と異り劇藥を使用していないから、安全で且つ取扱の便利なことである。呼鈴、電話等の間歇的用途に適する。

324. 乾電池

電鈴、懐中電燈等に盛に使用され居る乾電池 (dry cell) はル克蘭シエ電池に改良を加へ溶液の溢流せざる様にして取扱並に携帯に便にせるものである。

現今の乾電池にては薄き亜鉛の箱或は圓筒を作り、之を電池の容器とすると同時に電池の陰極板とし、其内部に吸取紙等の水分を吸収し易き紙を以つて裏張りを施し、其内部に炭素板を中央とし、其周圍に炭素粒と過酸化満俺粒との混合物を充填し、鹽化アモニウム溶液を注入し、上部の口

を塞ぎ、亜鉛筒の外部には絶縁の爲め塗料を施し、紙箱に藏めたるものである。又或る乾電池にては紙裏張を用ゐず鹽化アモニウム溶液に酸化亜鉛等を混じて糊状とせるものを充填せるものもある。

乾電池は永く貯藏し置くときには之れを使用せざるも電池容量、即ち之れを使用するとき電池より取出し得る電氣量が非常に減退し、遂には電池としての作用を全然消失するものであるから、乾電池を購入するときには成るべく新品を購入しなければならぬ。

乾電池に依つては此缺點を除く爲め電池を作るとき溶液を用ひず鹽化アモニウムの粉末を用ひ、電池を使用するとき始めて電池内に水を注入する様にせるものもある。

第 387 圖



乾電池

325. 標準電池 電池の起電力或は電壓を比較測定すると

き電壓の標準を必要とすることが屢々ある。此目的に標準電池 (standard cell) なるものが作られて居る。標準電池にはクラーク電池 (Clark cell) とウエストン電池 (Weston cell) との二種がある。

クラーク電池は第 317 圖に示す如く拇指大の小硝子管の底部に水銀を入れて之れを

第 388 圖



クラーク電池

陽極板とし其上に硫酸第一水銀及硫酸亜鉛の飽和溶液を入れ液の上に亜鉛棒を挿入して之れを陰極板とせるものである。硫酸亜鉛は起電力を與ふる爲めの溶液、硫酸第一水銀は減極劑の用をなす。純粹なる材料を用ひ、規定の仕様に従つて作れるものは攝氏 15 度に於て 1.4328 ヴォルトの起電力を有し、又他の任意の溫度に於ける起電力は

$$E = 1.4328 - [0.00119(t-15) + 0.00007(t-15)^2] \text{ ヴォルト... (181)}$$

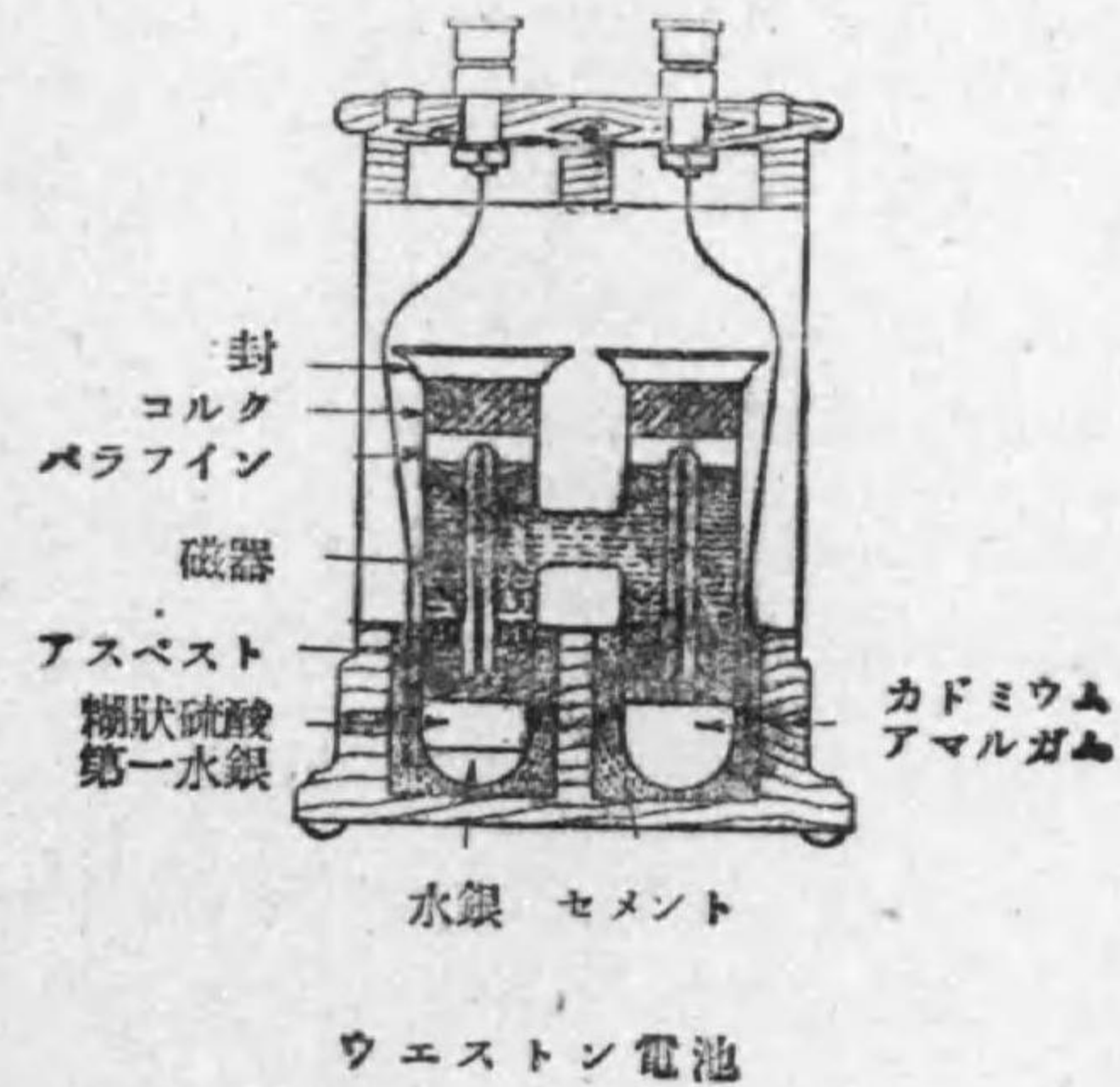
なることが確められて居るから、之れを電壓の標準として使用することが出来る。

ウエストン電池はカドミウム電池 (cadmium cell) とも稱し、第 389 圖の如く H 字形の小硝子管を作り、其一脚に水銀を入れて之れを陽極板とし、他脚にはカドミウ

ム・アマルガムを入れて之れを陰極板とし、電池溶液には硫酸カドミウムの飽和溶液を用ひ、減極劑に硫酸第一水銀を使用する。規定の仕様に従つて作れるものは攝氏 20 度に於て 1.01830 ヴォルトの起電力を有し、他の任意の溫度 t 度に於ては

$$E = 1.01830 - [0.0000406(t-20) + 0.0000095(t-20)^2 - 0.0000001(t-20)^3] \text{ ヴォルト... (182)}$$

第 389 圖



○起電力を有する。

クラーク電池は温度の変化に伴ふ起電力の変化稍大であり、且つ其変化が一定に落付くまでに相當の時間を要する缺點がある。之れに反しウエス
トン電池の温度の変化に依る起電力の変化は、速か且つ其値が極めて少
く、餘り精密を要しない測定に於ては其起電力は一定せるものと見ても差
支へない程度であるから、現今では標準電池にはクラーク電池を用ひず、
ウエストン電池を使用することになつて居る。

標準電池は電源として電氣エネルギーを發生することを目的として作ら
れたるものでなく、單に電壓比較の標準に使用さるべきものであるから、
標準電池を使用するとき之れに電流を通することは禁物である。若し己む
を得ず電流を通ずる場合には其電流は極めて微小に保たなければならぬ。

326. 摘要

1 電解液中に金屬板を挿入するとき、其の金屬の電離溶壓と電解液中
のイオンの滲透壓とが等しからざる場合には溶液と金屬板との間に電位差
が生ずる。而して電離溶壓がイオン滲透壓よりも高きときには金屬板の方
が溶液よりも低電位となり、電離溶壓がイオン滲透壓よりも低きときには
金屬板の方が溶液よりも高電位となる。

2 同一電解液中に電離溶壓の高き金屬板と電離溶壓の低き金屬板とを
挿入すれば、後者の電位が前者の電位よりも高くなり兩者の間に一定の電
位差が生ずる。電池は此理を應用して作れるものである。従つて電池の陰
極板即ち低電位の方の電極板には亞鉛、カドミウム等の電離溶壓高き金屬
が用ひられ、陽極板即ち高電位の方の電極板には銅、水銀、白金(炭素)

等の電離溶壓の低き金屬が用ひられる。

3 電池に電流通ずるときには陰極板の金屬が溶解して電解溶液に陽イ
オンを放出し、溶液中に存在せる陽イオンが之れに反撥されて陽極に至り
致に析出する。即ち電流通ずるときには必ず電池内に化學的變化を生じ、
斷の如くして電池内の物質内に保有され居りしエネルギーが電氣エネルギ
ーに變じ得るのである。

4 陰極板に亞鉛を用ふる時其表面を混汞し置くときには局部作用の
爲めに亞鉛が無益に消耗される事が防がれる。

5 陽極板上に水素瓦斯が析出され、之れが陽極板の表面に集積すると
きは電池の起電力が減少する。此作用を電池の成極作用と稱する。

6 成極作用は物理的に或は化學的に之れを除くことが出来る。化學的
の滅極法には二つの方法がある。其一つは陽極板附近に陽極板の金屬鹽類
の溶液を置き水素イオンを陽極板上に析出せしめる方法であつて、ダニ
エル電池、クラーク電池、ウエストン電池には此方法が用ひられて居る。他
の方法は陽極板の附近に硝酸、重クローム酸加里、過酸化水素等を置き陽
極板上に析出する水素を直ちに酸化して水に變ずる方法であつて、ブンゼ
ン電池、重クローム酸電池、ルクランシエ電池には此方法が用ひられて居
る。物理的滅極法は其作用不完全であるから現今の實用電池には用ひられ
ない。

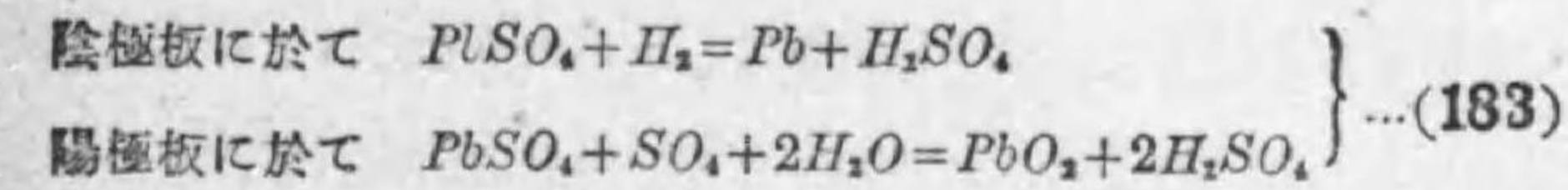
第二十七章 蓄電池

327. 蓄電池 電池は其の内部の物質中に化學的に保有され居りしエネルギーが變じて電氣エネルギーを發生するのである。従つて電池が電氣エネルギーを發生する能力は電池の種類及大小に依り各一定の極限が存在する。前章にて説明した電池にては斯の如き極限に達したときが即ち電池の壽命の終りであつて電解液、減極劑或は陰極板を取り替へ新に電池を作り直さなければならぬ。然し或る特種の電池にては電氣エネルギーを發生する能力を失ふに至つたとき、發電機其他の直流電源より前と反對方向の電流を通じて、電池内に電氣エネルギーを注入して電池内に前と反對の化學變化を起し、外部より注入したエネルギーを電池内の物質中に化學的に保有せしめ、再び之れに電池たるの能力を回復せしめ得るものがある。斯の様な電池は電氣エネルギーを注入して之れに蓄積し置き、他日此の蓄積エネルギーを電池外に取り出し得るから、そこで之れを蓄電池 (storage battery) と稱し、或は前章に説明した電池を一次電池 (primary cell) と總稱するに對し之れを二次電池 (secondary cell) と稱する。而して蓄電池に外部よりエネルギーを注入することを蓄電池を充電する、又蓄電池よりエネルギーを取り出すことを蓄電池を放電すると稱する。

328. 鉛蓄電池 現今最も廣く用ひられ居る蓄電池は鉛蓄電池 (lead storage battery) である。此蓄電池はブランテ (Plante) 氏

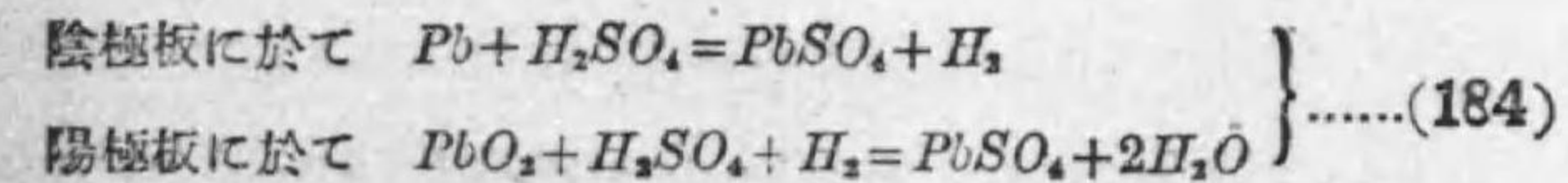
に依つて發明され (1860年) 後ファウル (Faure) 氏其の他の人々に依つて改良されたものである。

ブランテ氏の作つた鉛蓄電池は二枚の鉛板を取り其間を布を以つて隔て、圓筒形木框上に巻き付け之れを稀硫酸中に浸漬せるものである。兩極の鉛板は最初は灰白色を呈し居るが漸次其表面が白色の被覆物を以つて覆はれる、之れは鉛板の表面が硫酸鉛に變じたが爲である。茲に於て一方の鉛板を陽極とし他を陰極として電流を通ずると、



なる反應を生じ、陽極鉛板表面の白色物質は漸次過酸化鉛となつて褐色を呈するに至り、陰極鉛板表面の白色物質は漸次多孔質の海綿狀鉛に變じて灰白色を呈するに至る。而して之れと共に兩電極板の間に起電力が發生し、同時に外部より注入せる電氣エネルギーが化學的エネルギーに變じて漸次電池内に蓄積される。

上の如くにして或る時間電流を通じて充電したる後電源を切り去り、之れを電池として使用するときには電池内に充電の場合と反對方向に電流通じ同時に



なる充電の場合と正反對の反應を生じて電池内に化學的に蓄積されたるエネルギーが電氣エネルギーとなつて電池外に放出される。

329. ファウル式電極板とブランテ式電極板

ブランテの蓄電池に於ては充電及放電のときに化學變化をなして變質する物質は電極として使用せる鉛板の表面の極めて僅かなる層に過ぎない。従つて電池に充電蓄積し得るエネルギーは僅少である。尤も充電放電を屢繰り返す間には漸次内部の鉛が蓄電池作用をなすに有效なる所謂作用物質(active material)に化成(formation)されて漸次多量のエネルギーを蓄積し得るに至るが、然し蓄電量を充分増加せしめんが爲には數月以上も充電放電を反覆し其間に多大の日子と電力とを要し其製作費不廉となる爲到底實用として使用することは出来ない。茲に於て多數の學者が電極板の化成促進に努力し遂にファウル氏が其速成に成功した(1881年)。

ファウル氏の化成速成法に於ては鉛板を其儘に使用せず、鉛を以つて格子(grid)形のものゝ鑄造し鉛丹(red lead; Pb_3O_4)或は密陀僧(litharge; PbO)等の鉛の酸化物を稀硫酸にて練り之れに少許の硫酸バリウム、グリセリン等を混和して糊状とせる所謂ペースト(paste)を格子の間に充填したるものを電極に使用するのである。斯の様な電極板を稀硫酸中に浸漬して弱き電流を通ずるときは陽極板内の充填物は漸次酸化されて過酸化鉛となり又陰極板内の充填物は漸次還元されて海綿狀鉛となり一回の電流通過にて多量の作用物質が作られ、蓄電量の大きな電極板が得られる。斯の方法にて作られたる電極板をペースト極板(paste plate)或はファウル式極板と稱する。

直接鉛板を化成するブランテ式極板に就ても其速成法が多くの學者に依つて研究され、現今に於ては鉛板の表面に微細なる無數の溝を付けて其表

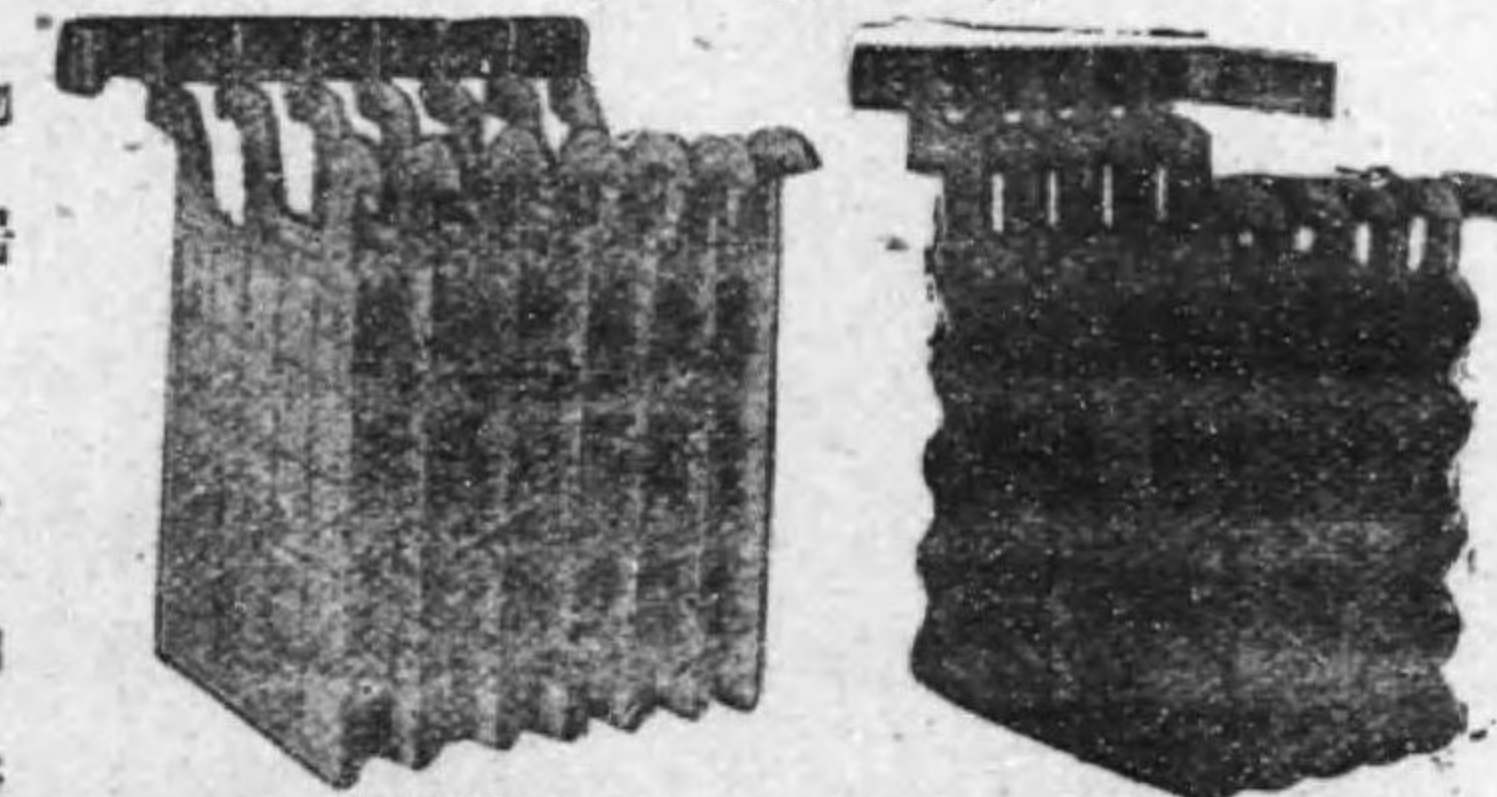
面を増大し種々の藥品中にて電氣化學作用に依つて其表面を腐蝕せしめたものを電極板とし、ペースト極板と殆ど匹敵する短時日にて蓄電量の大きな電極板を化成し得るに至つた。

ブランテ式極板とペースト極板とは其製作法が根本的に相違するから、其特徴も亦相當異つて居る。概して云ふと壽命に於てはブランテ式極板の方が優つて居るが、電極板の單位重量に對する蓄電量はペースト極板の方が大である。斯の如く兩種の電極板は其得失相反するから、現今の多數の蓄電池製造者は陽極板にはブランテ式、陰極板にはペースト式を採用し兩種の電極板を併用せるものが多い。

330. 鉛蓄電池の構造

鉛蓄電池は其用途に依つて多少構造を異にするが、何れも皆陽極板群、陰極板群、隔離子(separator)電解液、電槽(jar or vat) 其他の附屬物より組立てられて居る。

餘り厚き電極板を使用するときには内部の作用物質が實際



陰極板群

陽極板群

に有效でなくなるから其厚さを減じ其面積を廣くしなければならぬ。然し電極板の面積を餘り大とすることも亦不便であるから、茲に於て適當の面積の電極板數枚に分ち一定の距離を隔て、一本の接続棒に並列に其一端を熔接して一群とするのが普通である。之れを電極板群と稱する、第 319 圖

は其寫眞圖である。電池を組み立つる際は陽極板群と陰極板群とを兩者の板が交互に相面する様に組み合せ、兩極板の間には木製或はエポナイト製の隔離子を挿入して一定の間隔を保持し、之れを電槽内に入れ、電槽内には稀硫酸を注入するのである。

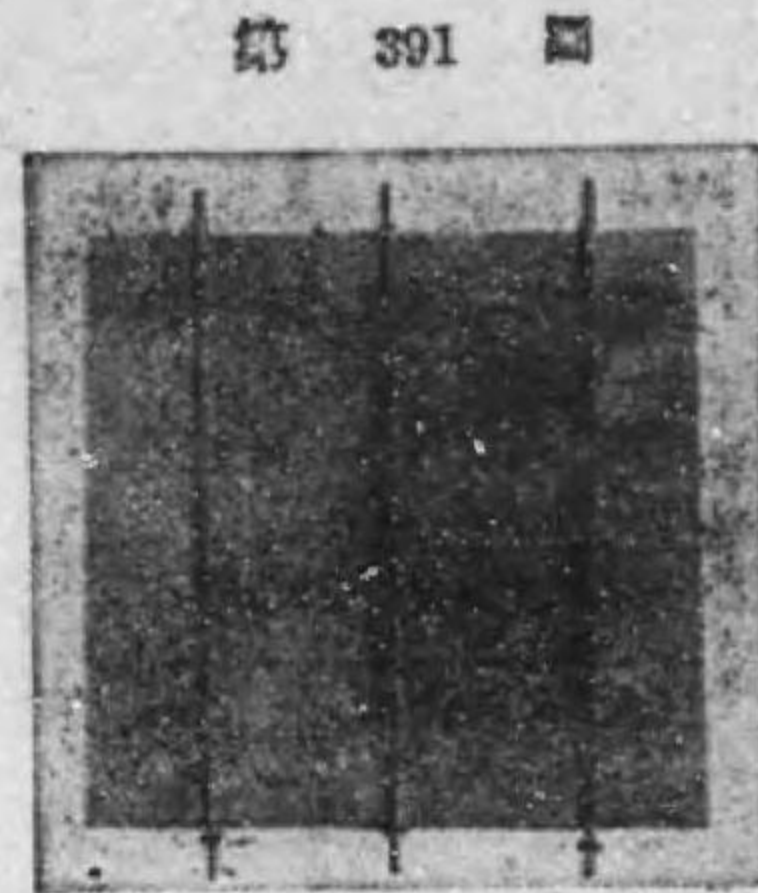
第 320 圖は木製隔離子の一種、又第 321 圖は組み立てられたる電池の寫眞である。

何枚の極板を一群とするかは所要の蓄電池容量に関するは勿論であるが、同一

電池に使用する陽極板群と陰極板群とに於ては後者の方を一枚多くし陽極板は必ず其兩面に於て陰極板と相面する様にするのが一般である。

331. 電槽

電槽にはエポナイト槽、硝子槽、セルロイド槽、鉛張木槽 (lead-lined wooden box) 等がある。エポナイトは重量軽く絶縁完全で且つ硫酸に腐蝕されないから電槽材料としては理想的であるが価格が不廉である爲エポナイト槽は一般には使用されない、潜水艦用、自動車用等の蓄電池の電槽に用ひられるに過ぎない。硝子槽は價格低廉で又内部を透視して故障の有無を點檢し得るから、据置用蓄電池の電槽としては多く之れが使用され



第 320 圖

木製隔離板



第 321 圖

組立圖



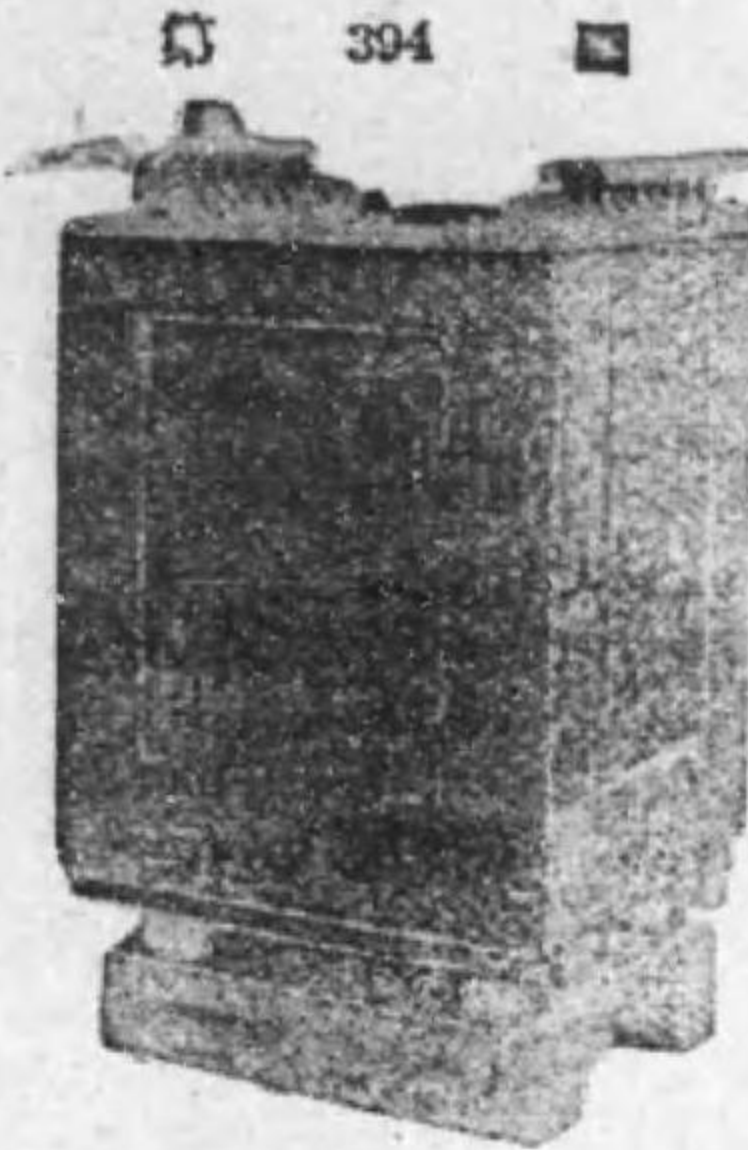
第 323 圖

エポナイト槽

る。然し硝子槽は其製作上及耐重力の關係から高 550 耗位、巾 300 耗位が限度であつて、之れ以上の大きさの電槽には鉛張木槽が用ひられる。セルロイドは其質可燃性で危険であるが重量軽く硝子よりも破損の虞れ少いから小形の重量輕きを望む移動用蓄電池の電槽にはセルロイド槽が多く用ひられる。

据置用蓄電池に於ては電槽の上部は開放され、たゞ其上部に硫酸の飛沫が四散することを防ぎ併せて塵埃等が電槽内に落ち込むことを豫防する爲め硝子の飛沫除板 (spray plate) を置くに過ぎぬが、移動用蓄電池の電槽には移動中に硫酸が滲出することなき様第 322 圖

に見る如く上部の口を封じ中央に小なる氣孔を設たる封口電池とするのが一般である。



第 324 圖

木口

332. ブランテ式電極板の各種

ブランテ式電極板

板は鉛の表面を機械的に増大し、之れを化成するときには鉛を腐蝕する力ある薬品を硫酸に添加せる電解液内に於て、前記の鉛板を陽極として電流を通ずるのである。腐蝕剤としては硝酸、鹽素酸、過鹽素酸等が普通に使用される。ブランテ式電極板の一般製法は前記の通りであるが、表面積を増大する方法に依つて種々の形式のものが存在する。次に其主なるものを説明しよう。

チュールドル型陽極板 (Tudor positive) 第 325 圖は外觀、第 326 圖は其

第 395 圖

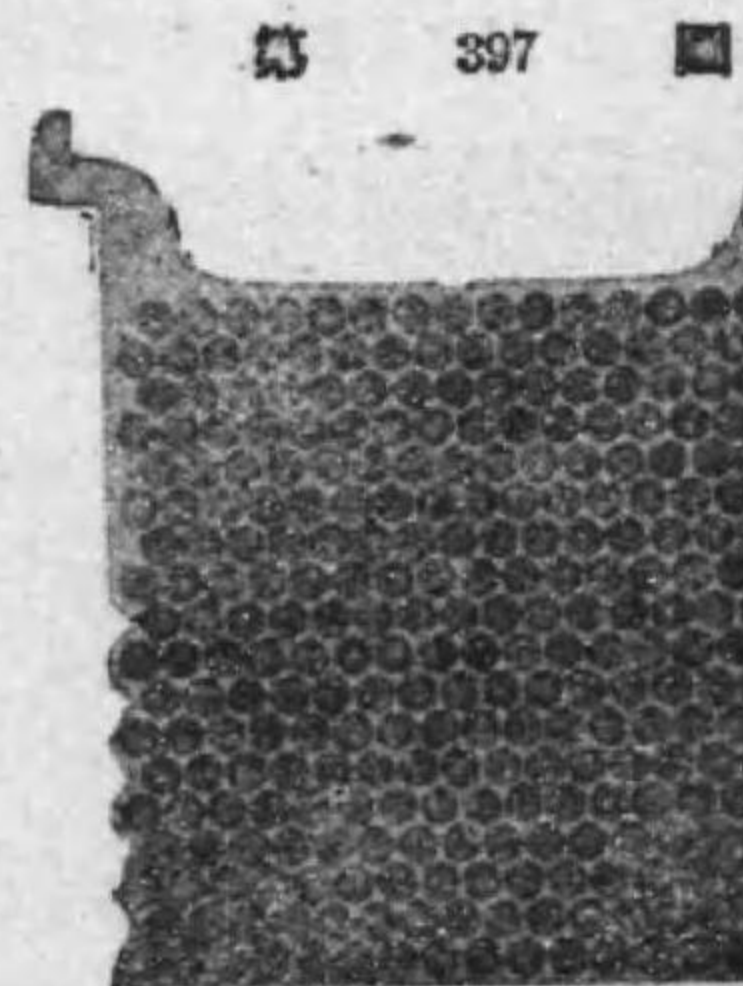


チュードル型陽極板

表面に無数の薄葉が板面に垂直に平行し之れに依つて電極板の表面積が非常に擴大される。

マンチェスター型陽極板 (Manchester positive) 第 327 圖に示せる表面

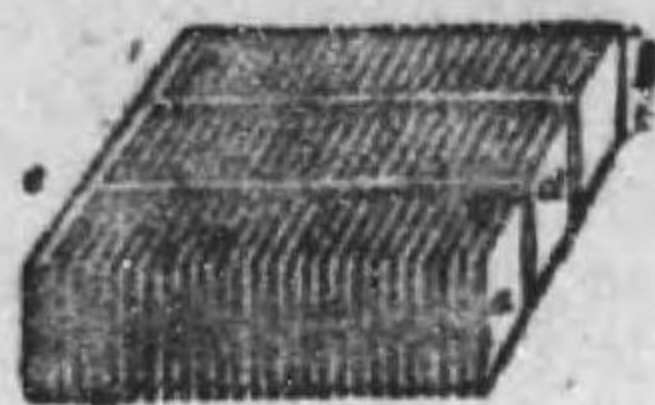
に波状突起を有する純鉛のリボンを捲きたるものを第 326 圖に示せる様に鉛アンチモニー合金を以つて作った骨組板に壓入し之れを化成して作



マンチェスター型陽極板

用物質とせるものである。此型の電極板は耐久力には富んで居るが重量

第 396 圖



チュードル型陽極板断面

一部分の断面圖である。純鉛を以つて鑄造して作る。圖より明かな様に其

率即ち單位重量當りの蓄電容量は稍劣つて居る。従つて移動蓄電池用には不適當であるが据置蓄電池用には適當である。

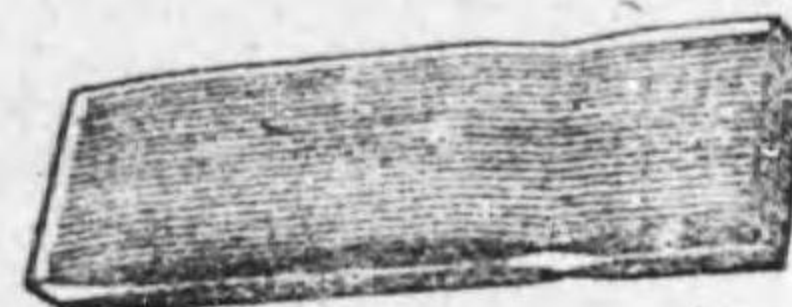
スパン型電極板 (spun plate) 第 328 圖は米國グールド会社のスパン型電極板を示せるものである。數百の鋼鐵齒車を有する二個のローラーの中に純鉛板を挿み數回前進後退させて第 329 圖の断面圖に示す如く鉛板表面を櫛齒状とし表面積を増大し之れを化成して電極板とするのである。

第 399 圖



スパン型電極板

第 400 圖



スパン型電極板断面

333. ペースト極板の各種

普通にペースト極板と

稱すると鉛アンチモニー合金を以つて格子狀の骨組を鑄造し、格子の間にペーストを壓入し之れを化成して作用物質とせる電極板を意味することが多い。作用物質の保持に格子を用ひざるボックス式陰極板、アイアンクラウド式陽極板と稱するものも其作用物質はペーストより化成するのであるからペースト極板の一種である。

ペースト極板の格子 格子骨組の最も簡單なものは電極板の前後兩面にまで達する縦横の骨を以つて格子を作れる單格子式であるが之れは餘り用

ひられない。第330圖はシェルフ型格子 (shelf-type grid) と稱し縦の骨は電極板の両面に達するが横の骨は電極板の一面より電極板の厚さの約半

第 401 図



シェルフ型格子

第 402 図

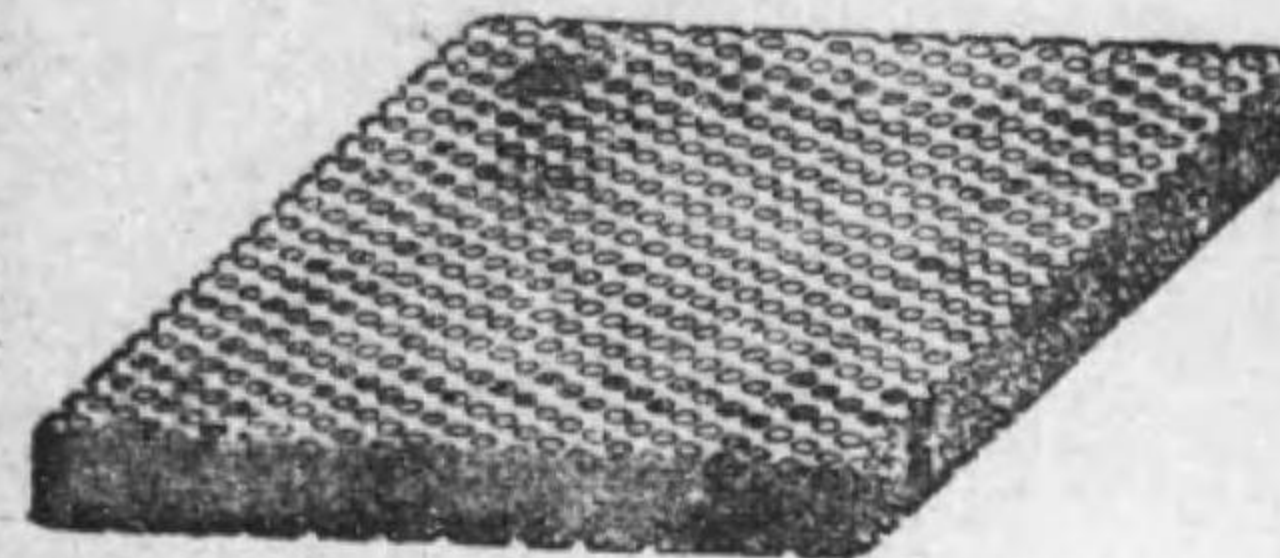


ダイヤモンド型格子

に達するのみであつて且つ前面の横骨と後面の横骨とが相互に存在して前面の格子と後面の格子と二重に格子を作つて居る。第331圖はダイヤモンド型格子 (diamond grid) と稱するものであつて、縦骨と斜の骨とを有し且つ斜の骨は前面と後面と別々に存在して前面後面二重の格子をなして居る。此他ペースト極板の格子には種々型式の異なるものがあるが、茲には其説明を省略する。

ボックス型陰極板 鉛アンチモニー合金にて細孔を穿てる極く薄き板を一面に有する粗目の格子を作り、此格子の中にペーストを充填し斯の如きものを二枚重ね合せて鋳締して一電極板とせるものである。第403圖は其一部分の断面、第333圖は其全部を示すものである。此型の電極板はプラ

第 403 図



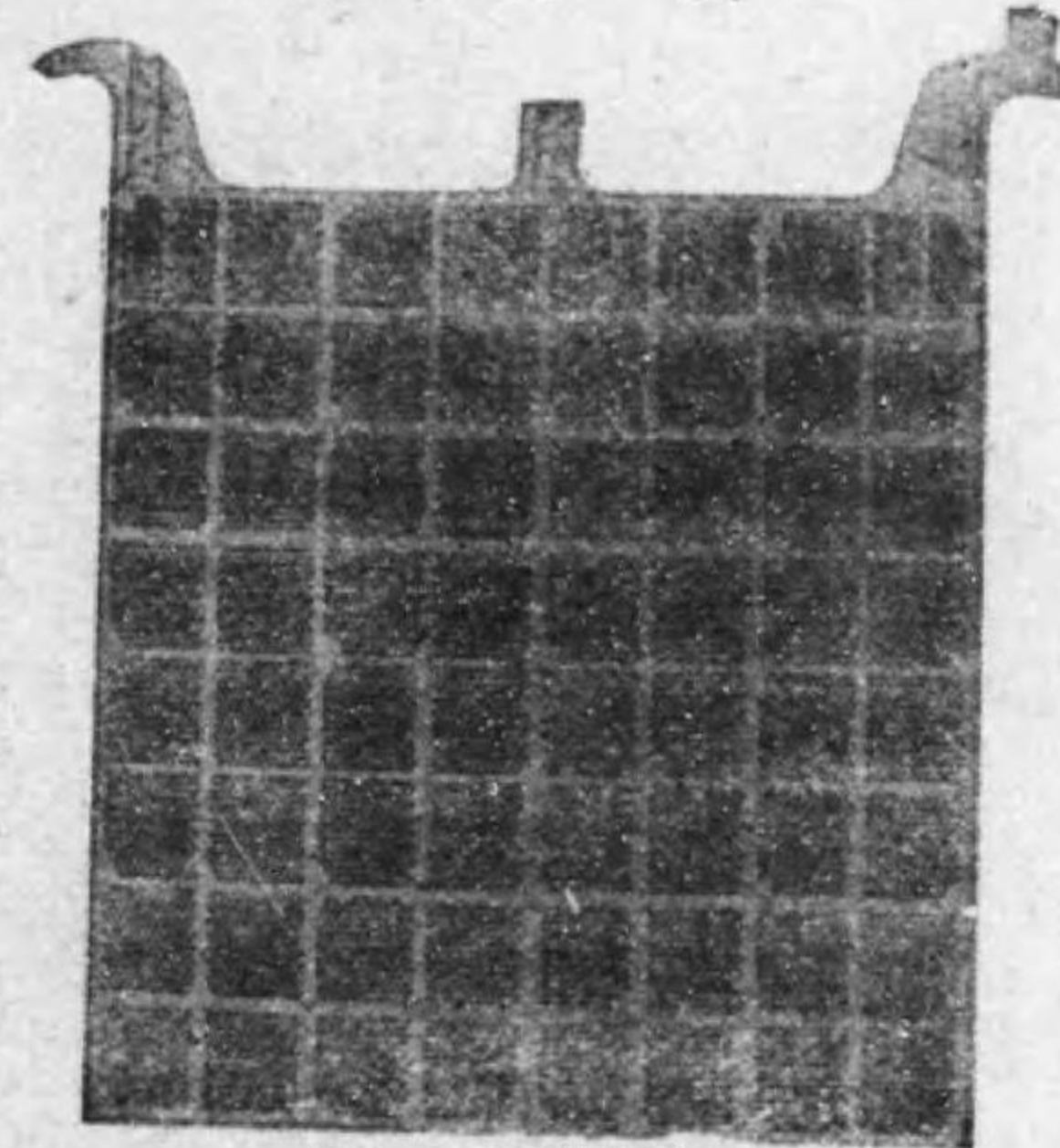
ボックス型陰極板

第 404 図



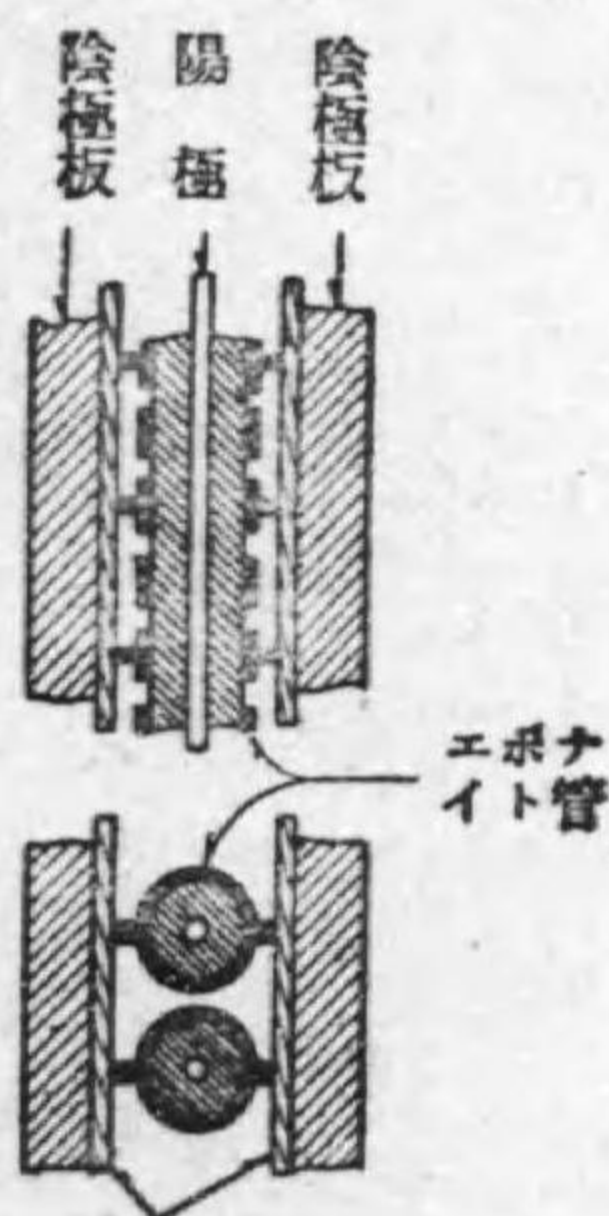
アイアンクラッド型陽極板

第 405 図



ボックス型陰極板

第 406 図



陰極板 陽極板 陰極板

エポナイト管

隔離子

ンチ式陽極板と併用されることが多い。

アイアンクラッド型陽極板 全長に沿ひ多数の鋸目を附したるエポナイト管の中心に鉛アンチモニー合金の心棒を貫通さし此心棒と管との間にペーストを充填せるものを多数一列に排列し各管の心棒を上下の兩端に於て各一本の横棒に鑼付し一枚の板状に組立てペーストを化成して電

極板とせるものである。第334圖は完成せる電極板の外観である。此型の電極板は米國電氣蓄電池會社(Electric Storage Battery Co.)にて創製せるものであつて同社に於ては之れを陽極板とし陰極板には普通のペースト極板を使用して居る。第335圖は電池内に於てペースト陰極板と此式の陽極板とが相互に相對するときの状態を示せるものである。アイアンクラフD型陽極板の耐久力は非常に大であるから、現今潜水艦、自動車等の移動用蓄電池の電極板として賞用されて居る。

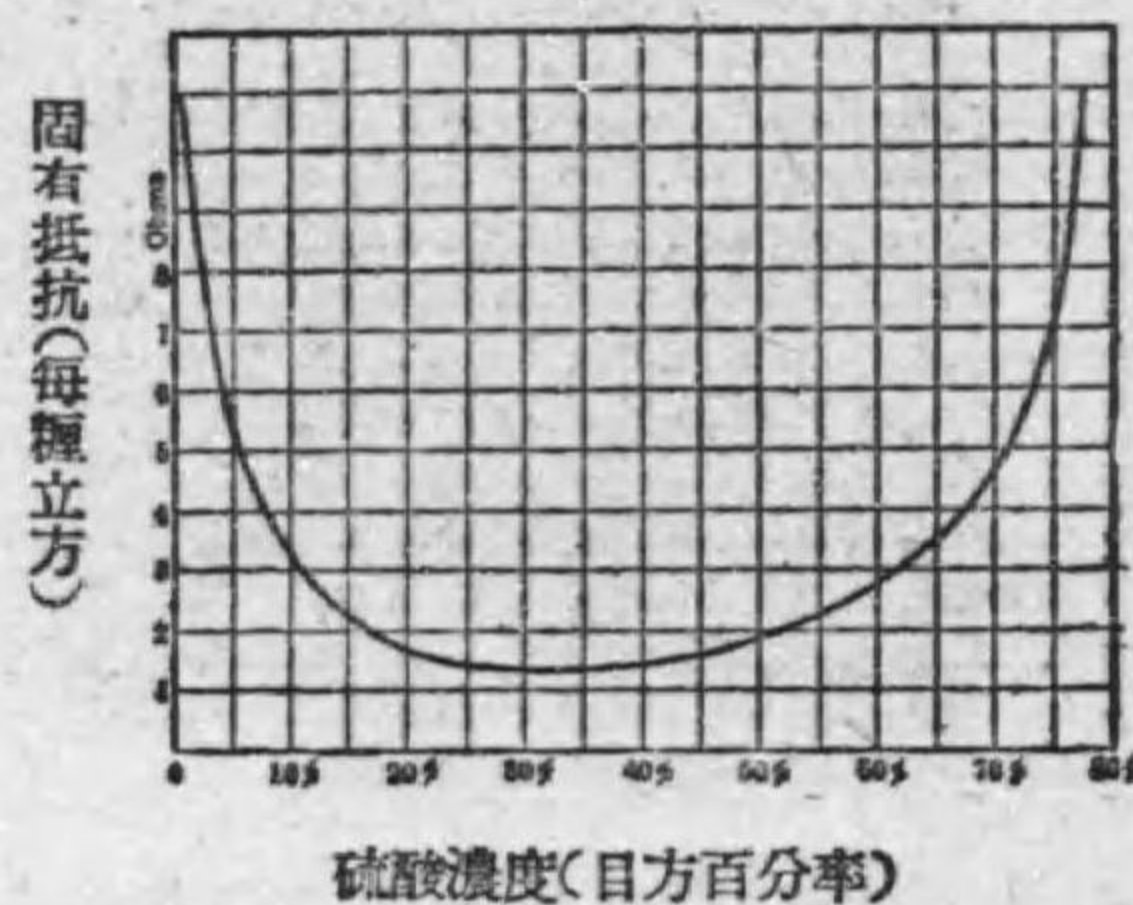
334. 電解液

鉛蓄電池の起電力、内部抵抗並に電極板の耐久力は稀硫酸の濃度に依つて左右される。第336圖は硫酸の濃度と其固有抵抗との關係を示すもので

あつて、此曲線の示す如く重量百分率にて30パーセント(比重1.225)附近にて固有抵抗が最小であるから電氣抵抗より云へば濃度30パーセント前後の稀硫酸が望ましい。第337圖は稀硫酸の濃度に依つ

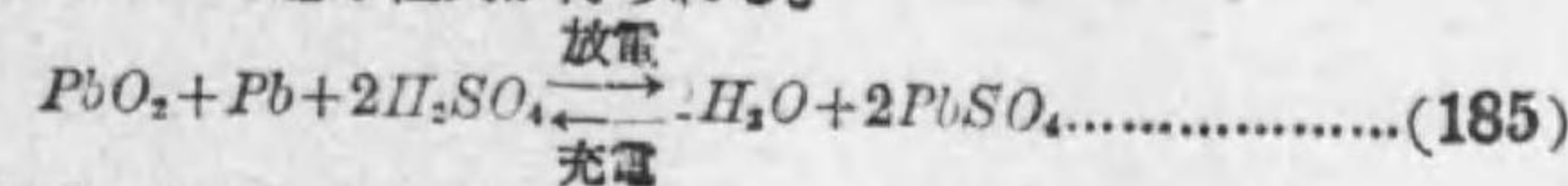
て鉛蓄電池の起電力が變化する有様を示せるものであつて、起電力に関しては濃厚なる硫酸程有利である。然し比重1.3以上の硫酸は充電に當りて極板の格子の損傷腐蝕を大ならしめる缺點を伴ふものである。依つて此等の點を參照して据置用蓄電池にありては標準温度15°Cに於ける比重が充電の終りに於て1.200乃至1.215を限度とする。移動用蓄電池に於ては幾

第 407 圖



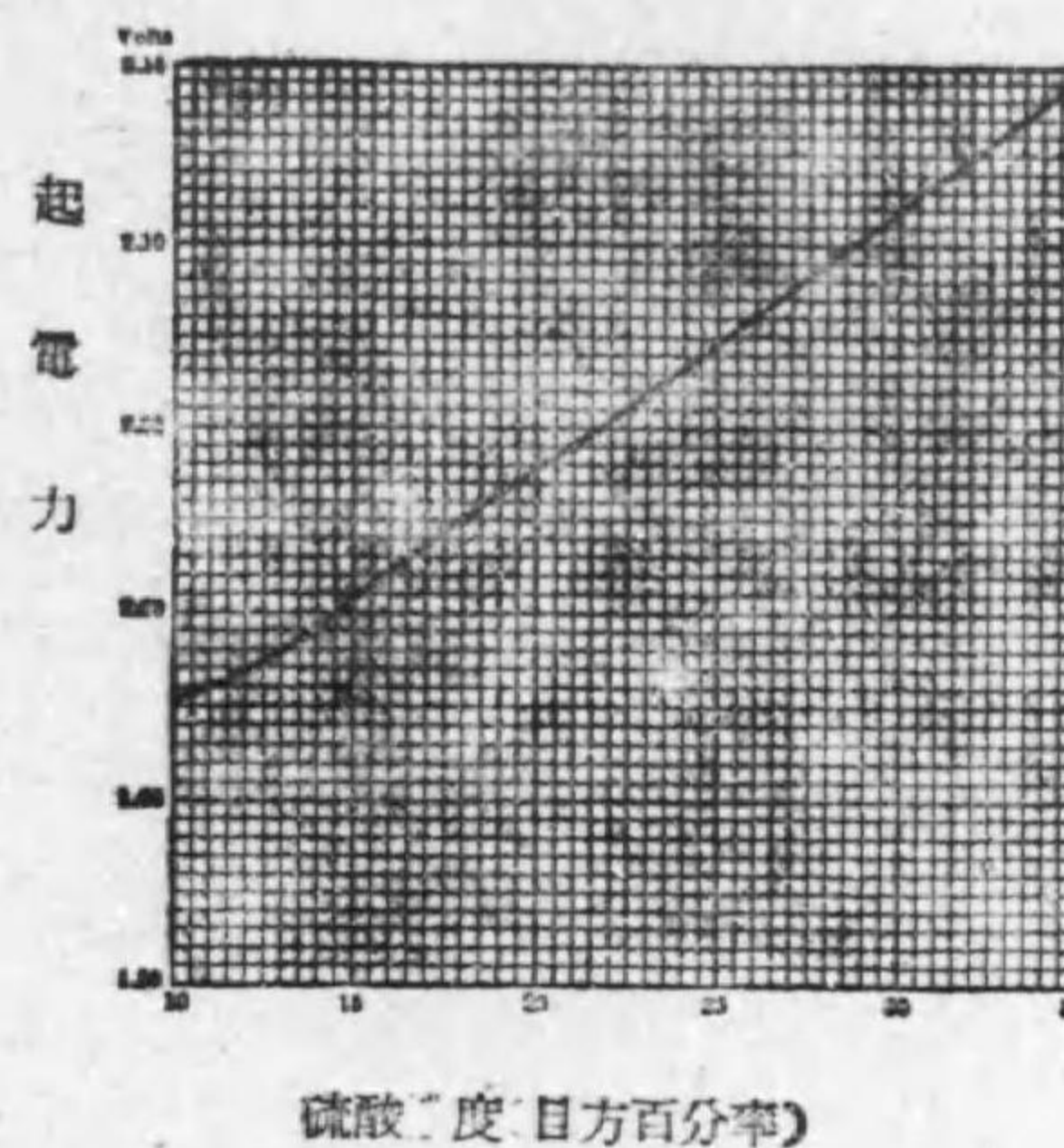
分これより濃度の大きな稀硫酸を使用することがある。

第290節に示した充電及放電に於ける陰極板並に陽極板の化學變化を組み合せると次の可逆方程式が得られる。



而して此式より明らかな通り放電の際には硫酸が分解して水となるから、放電の終りに於ける硫酸の比重は前記の値より減少する。而して此場合の比重が1.160乃至1.150を下らぬ様に充分の量の稀硫酸を使用するのが普通である。

第 408 圖



【例155】或る鉛蓄電池あり、稀硫酸10立を使用

し充電の終りに於ける比重1.2なりとす。今此電池を50アムペアの電流を以つて4時間放電したりとすれば放電の終りに於ては稀硫酸の比重は幾許となるか。但し温度は15°C又蒸發等に依る水の損失はなきものとす。

解(184)式より知らるゝ通り1瓦分子量(2×1.008瓦)の水素イオンが兩極間を運動する間に2瓦分子量(2×98.086瓦)の硫酸が分解され同時に2瓦分子量(2×18.016瓦)の水が生成される。而して水素イオンの電氣化學當量は0.03761瓦/アムペア時であるから、50×4=200アムペア時の放電に對し硫酸は其重量に於て

$$0.03761 \times \frac{2 \times 98.086}{2 \times 1.008} \times 200 = 732 \text{ グラム}$$

其體積に於て

$$\frac{731.9}{1.840} = 398 \text{ 立方糎} \quad (1.84 \text{ は } 15^\circ\text{C} \text{ における硫酸の比重})$$

を失ひ、同時に水は其重量に於て

$$0.03761 \times \frac{2 \times 18.016}{2 \times 1.008} \times 200 = 134 \text{ グラム}$$

其體積に於て

$$\frac{134.4}{0.999} = 134 \text{ 立方糎} \quad (0.999 \text{ は } 15^\circ\text{C} \text{ における水の比重})$$

を増加す。依つて放電前に體積に於て 10 立方糎 10 000 立方糎又重量に

於て $1.20 \times 10\,000 = 12\,000$ グラムありし稀硫酸は放電後に於ては

$$\text{體積} = 10\,000 - 398 + 134 = 9\,736 \text{ 立方糎}$$

$$\text{重量} = 12\,000 - 732 + 134 = 11\,402 \text{ グラム}$$

となる。故に求むる充電後に於ける稀硫酸の比重は

$$\frac{11\,402}{9\,736} = 1.168$$

335. 鉛蓄電池の起電力

鉛蓄電池の起電力は硫酸

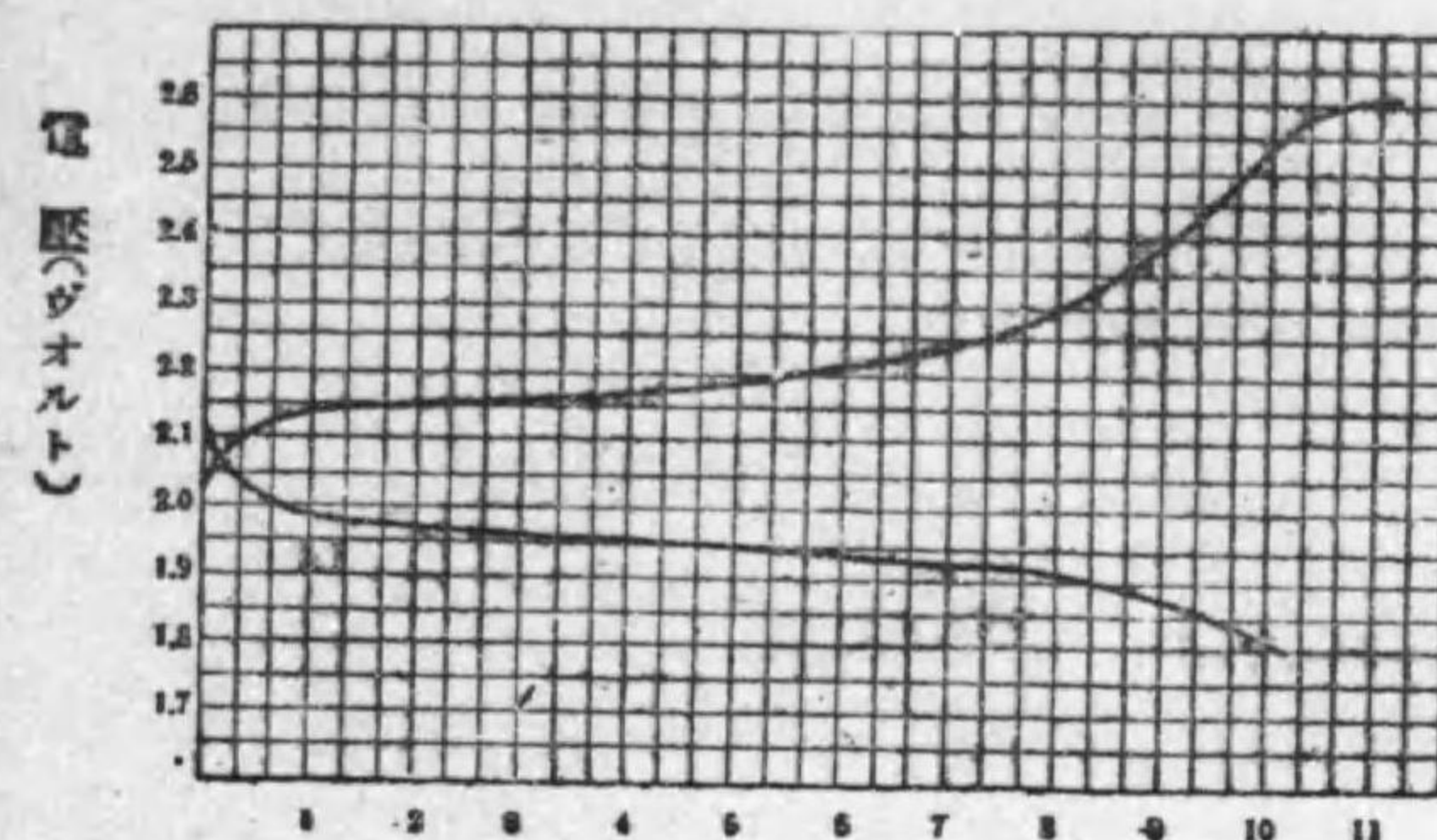
の濃度に關係し又温度に依つても多少相違するが一般の鉛蓄電池に於ては之れを無負荷の儘に放置するときには約 2.1 ヴォルトの起電力を有する。

然し蓄電池を充電或は放電する途中の起電力は之れと異なる値を有し且其値が充電中の時期に依つて相違するものである。

第 338 圖は一定の電流を以つて鉛蓄電池を充電或は放電する場合に於ける途中の電池端子電壓の變化を示せる電壓曲線 (voltage curve) である。充電の場合に電壓が漸次上昇する、これは電極板の硫酸鉛が分解されて硫酸となり電解液の濃度が増すからである。充電の初期に於て電壓が急激に

上昇するのは電極板の附近に於て部分的に硫酸の濃度が急に増すが爲である。電壓が 2.32 位になると電極板の作用物質が化學變化を受けると同時

第 409 圖



充放電時間

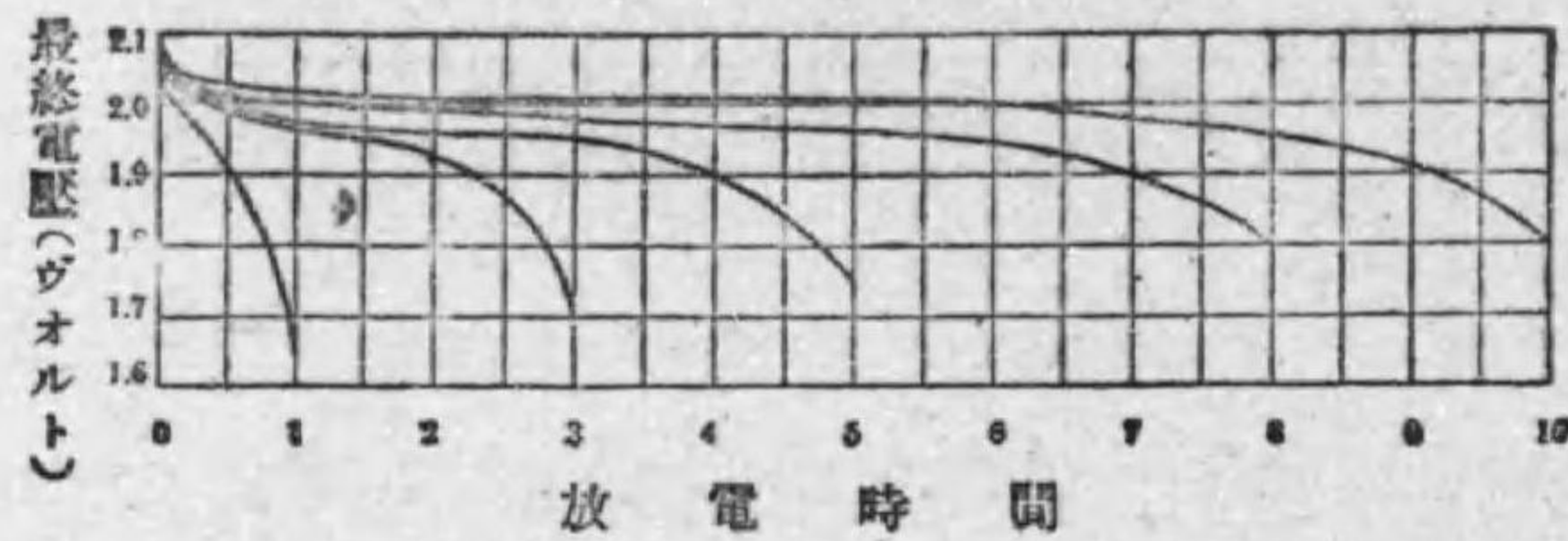
に水分解が伴ふ様になり、此爲に電壓が再び急激に上昇する。充電終期に於ける電壓は蓄電池の使用年齢に依つて多少變動するがペースト極板を使用せるものでは 2.5 乃至 2.7 ヴォルト、プランテ式陽極板とボックス型陰極板とを使用せるものでは 2.65 乃至 2.8 ヴォルトまで電壓上昇して一定電壓に達するのが普通である。而して此時期に至れば電解液内の水分解が甚だしく瓦斯發生盛にして氣泡の爲に電解液は白濁せる様に見える。

上の如く一定電壓に達する迄充分に充電されたる鉛蓄電池も暫時之れを放置するときには其起電力が 2.1 ヴォルト位に減少する。而して斯の如き蓄電池を放電するときには硫酸が分解され其濃度小となるに従ひ其電壓が降下する。而して其初期に於て電壓の降下が急激なるは、電極板の附近に於て部分的に硫酸濃度が急に減するが爲である。放電の中頃に於ては電壓

の降下が極く緩漫となり可なり時間 2.0 ヴォルト位の電圧が保たれるが放電の終りに近づくとも電圧が再び急激に降下し始める、而して放電が此の程度に進めば鉛蓄電池の性質として有害なる白色の硫酸鉛の生ずる割合も可なり多くなるので、之れが電圧降下を速ならしめる原因となるのである。従つて之れを長く継続すると再び充電しても之の如く充分にエネルギーを蓄へしめる事が不可能になるから相當の程度で放電を中止しなければならぬ。

放電をどの程度で中止するかはプランテ式極板とペースト極板とで多少

第 410 圖



相違し又小電流を以つて長時間で放電するか、大電流を以つて急放電するかによつて相違する。次の表は普通に採用される放電極限電圧を示すものである。又第 339 圖は放電率と放電極限電圧との關係を放電電圧曲線を以つて示せるものである。

第 19 表 放電極限電圧

放電率	プランテ式電極板	ペースト極板
10時間	1.83ヴォルト	1.80ヴォルト
5時間	1.80 "	1.75 "
3時間	1.78 "	1.70 "
1時間	1.75 "	1.65 "

表中放電率とあるは、放電電流の大小を放電の継続時間を以つて示せるものであつて、例へば十分に充電せる蓄電池を一定の強さの電流を以つて放電を継続し5時間にして放電の極限に達するときには之れを5時間放電率を以つて放電せりと稱するのである。

336. 残留電流 前節に示した極限まで放電したる蓄電池も放電を中止すれば其起電力は2ヴォルト以上に回復し、暫時の休止の後再び放電を行ふときには、電圧が再び前記の限度に低下するまでに尙多少の電流を發生する。此電流を残留電流 (residual current) と稱する。

初度の放電に於て電極板の作用物質は其表面より漸次硫酸鉛に變じ、膨脹して其の氣孔を狭めるから内部の作用物質は化學變化を起すに必要な硫酸の供給を遮られ電流を發生することが出来なかつたが、暫時放電を中止せる間に酸の擴散力に依りて硫酸の供給を受け電流發生の能力を回復するのである。而して大なる電流を以つて放電する程表面の硫酸鉛が酸の滲透を妨ぐる程度が大であるから、初度の放電が急放電なるときには相當の残留電流を得るものであるが、電池の保守上残留電流は成るべく使用せぬがよい。

337. 蓄電池の容量 蓄電池の大小は十分に充電せる電池を第 19 表に示したる限度まで放電する間に電池が發生し其外部に放出するエネルギーの量を以つて表はすのが理論上正當であるが、普通は電池を放電する間に電池内を通過した電氣の量を以つて電池の大きさを表はして居る。假りに或る電池あり、之れを充分充電せる後 50 アムペアの一定

電流を以つて放電するとき8時間にして放電の限度に達するものとするならば、此電池は $50 \times 8 = 400$ ア・ペア時の容量を有すると稱する。

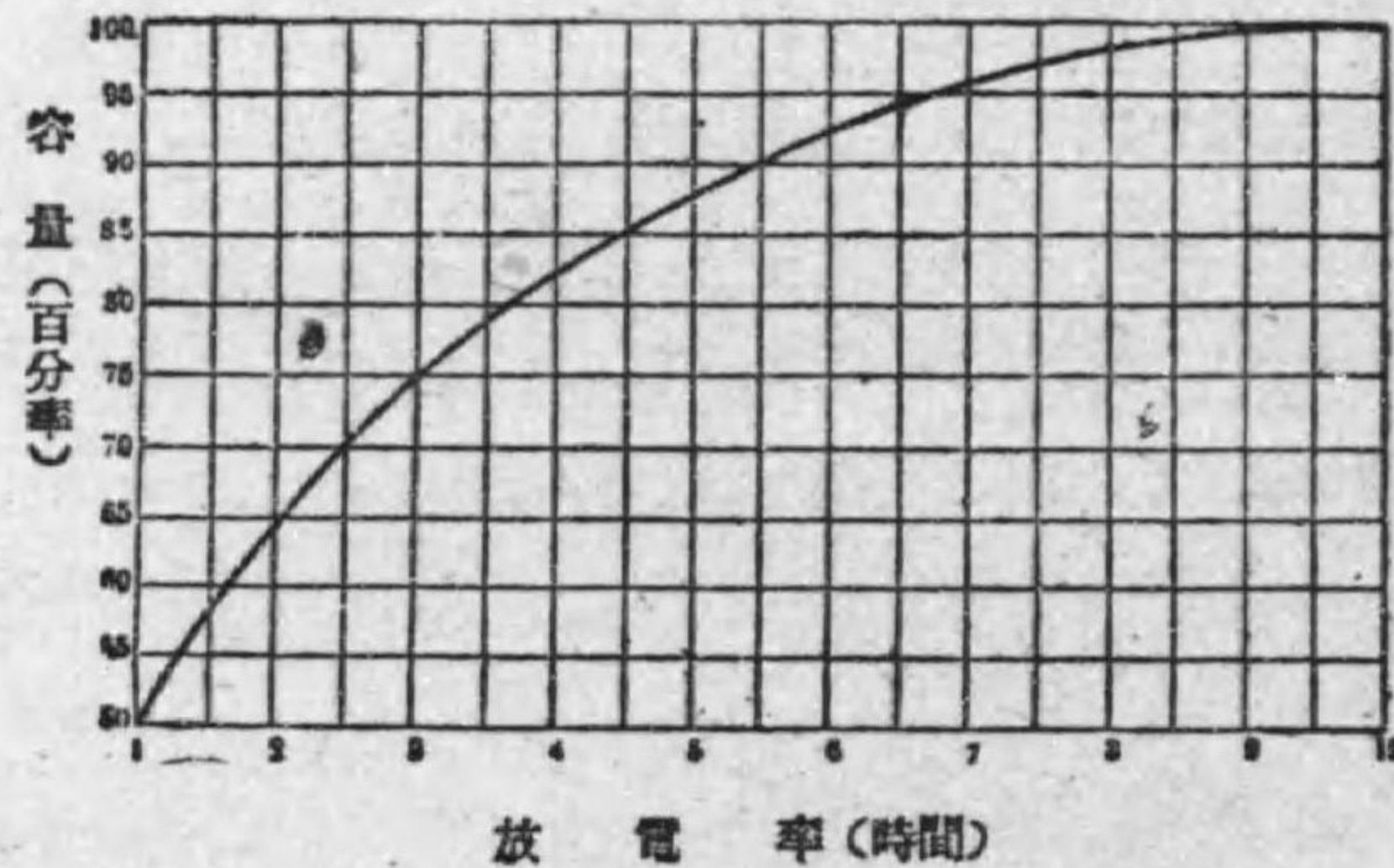
鉛蓄電池の容量は放電率の如何に依つて非常に影響されるものである。

第 20 表 鉛蓄電池の放電率と容量

放電率(時間)	1	2	3	5	8	10
容量 (%)	50	64	75	87.5	98	100

第 20 表は種々の放電率に於ける容量を 10 時間放電率に於ける容量に対する百分率を以つて示せるものであり、又第 340 圖は同じ関係を曲線を以つて示せるものである。之れより分る通り同じ蓄電池にても放電率に依つ

第 411 圖



て其容量が甚だしく相違するから、電池購入の際に電池容量を指定するときには必ず放電率をも同時に指定し、幾時間放電率にて容量幾許ア・ペア時と指定しなければならぬ。

鉛蓄電池の容量は温度に依つても可なりに相違するものであつて、同一

電池を同一電流を以つて放電する場合にも低温に於ては著しく其容量が減るものであつて、 $15^{\circ}C$ に於ける容量を 100 パーセントとすれば温度の低下 $1^{\circ}C$ 毎に其容量は第 21 表に示す割合にて減退することが實驗されて居る。従つて特に低温の場所に蓄電池を使用する場合には此點を考慮して使用蓄電池の所要容量を決定しなければならぬ。

第 21 表 温度低下 $1^{\circ}C$ に對する容量減退率

放電率(時間)	6	3	2
容量減退率	1.5%	2.5%	3.2%

338. 蓄電池の能率

蓄電池の能率にはア・ペア時能率

(ampere-hour efficiency) とワット時能率 (watt-hour efficiency) とがある。ア・ペア時能率とは、蓄電池の放電中に電池内を通過する電氣量ア・ペア時と此蓄電池を充電するときに電池内を通過せる電氣量ア・ペア時との比であつて、一定電流を以つて充電放電を行ふときには、

$$\text{ア・ペア時能率} = \frac{\text{放電電流} \times \text{放電時間}}{\text{充電電流} \times \text{充電時間}} \dots\dots (186)$$

ワット時能率は蓄電池の放電中に蓄電池が外部に放出するエネルギーの量(ワット時)と此蓄電池を充電するときに電池に送入せるエネルギーの量との比である。一定電流を以つて電池を充電放電するときには

$$\text{放電ワット時} = \text{放電平均電壓} \times \text{放電電流} \times \text{放電時間}$$

$$\text{充電ワット時} = \text{充電平均電壓} \times \text{充電電流} \times \text{充電時間}$$

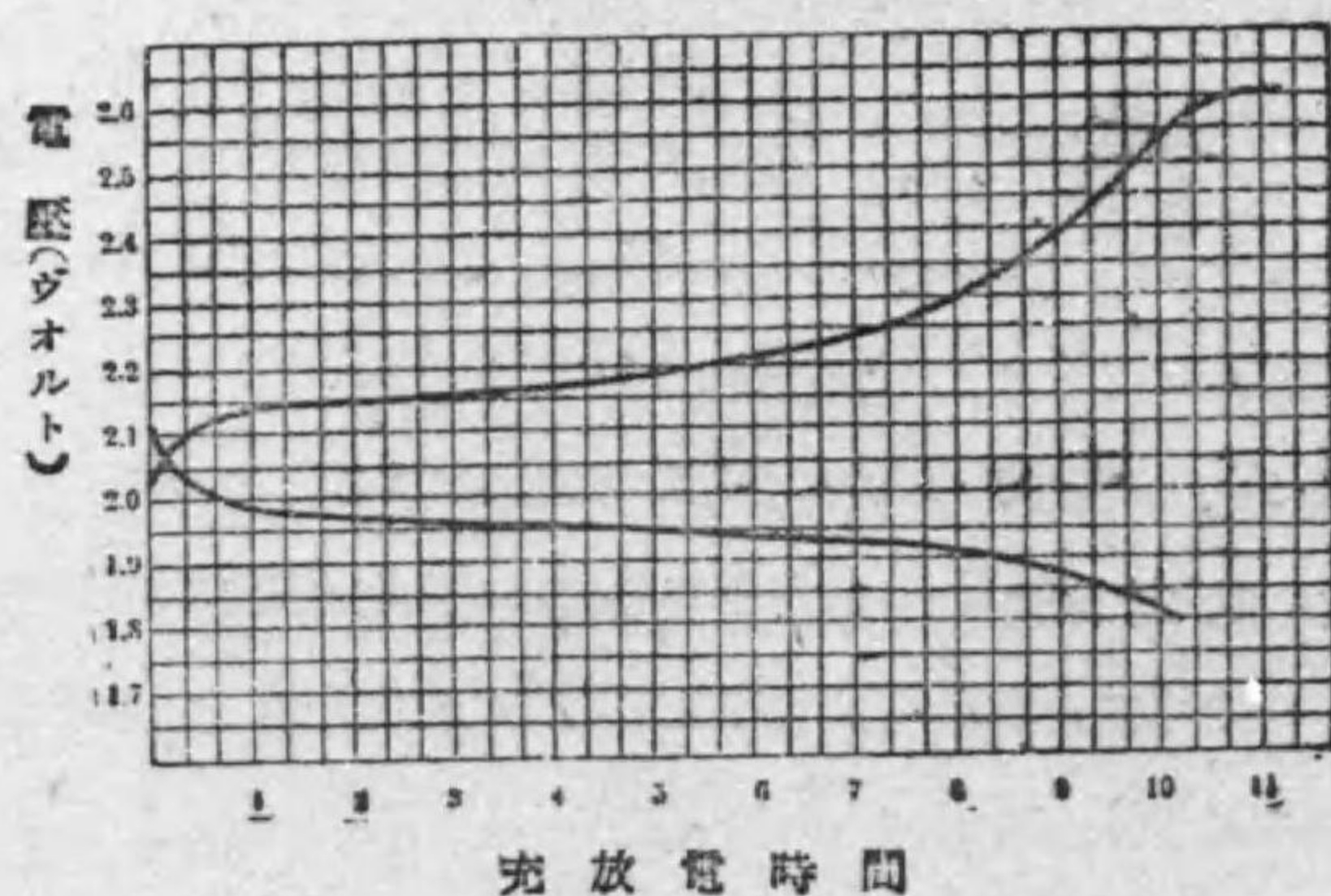
$$\therefore \text{ワット時能率} = \frac{\text{放電平均電壓} \times \text{放電電流} \times \text{放電時間}}{\text{充電平均電壓} \times \text{充電電流} \times \text{充電時間}}$$

$$= \frac{[\text{放電平均電壓}]}{[\text{充電平均電壓}]} \times [\text{アムペア時能率}] \dots (187)$$

總て能率は利用エネルギーと與へたるエネルギーとの比を以つて表はすのが正しい。然るに蓄電池の場合には一定電流を以つて充放電を行ふときにはワット時能率とアムペア時能率との間には第163式の如き関係があり且つ又蓄電池の充放電の電流が夫々一定すれば放電平均電壓と充電平均電壓との比も一定するから、アムペア時能率の良好なる電池は眞の能率即ちワット時能率も良好であるは云ふまでもない、従つて蓄電池の場合には便宜上アムペア時能率を以つて其能率の良否を表はすことが多い。

鉛蓄電池のアムペア時能率は充電放電の際の電流の強さに餘り甚だしき影響がないが、ワット時能率は電流の強さに影響さるゝ事が多い。何となれば電池の内部抵抗に依る電壓降下は電流に比例するから大電流の場合は小電流の場合に比較し、放電平均電壓は低く充電平均電壓は高い、従つて〔放電平均電壓〕：〔充電平均電壓〕は電流大なる程即ち短時間率充放電の場合程小であり、假令アムペア時能率は充放電率に拘らず略一定であつても

第 412 圖



ワット時能率は大電流即ち短時間率で充放電する程不良となるべき理である。

良好なる鉛蓄電池を充電後直ちに放電するときには其アムペア時能率は90%以上、ワット時能率は充放電率に依つて70乃至75%が普通である。

〔例 156〕 第341圖は或る鉛蓄電池を同一の一定電流を以つて充放電するときの放電電壓曲線及充電電壓曲線である。此電池のアムペア時能率及ワット時能率を求めよ。

解 曲線に依るときには、充電時間は11時間10分、放電時間は10時間10分である。故に此場合の充電及放電の電流の強さを I アムペアとすれば、

$$\text{アムペア時能率} = \frac{I \times 10 \frac{1}{6}}{I \times 11 \frac{1}{6}} = \frac{61}{67} = 0.91 = 91\%$$

又此場合の放電平均電壓は1.94ヴォルト、充電平均電壓は2.26ヴォルトである。依つて

$$\text{ワット時能率} = \frac{1.94}{2.26} \times 91\% = 78\%$$

339. 蓄電池の組立

鉛蓄電池を組立てるときには板敷かアスファルト敷の清潔なる室内で作業し、電極板に雨露を當てたり、日光を直射せしめたりせぬ事が必要である。尙汗ばんだ汚れた手を以つて直接に電極板を取扱ふ事は宜しくないから、新しき酒木綿の類を以つて間接に取扱い、表面を損傷せしめぬ様に又異種の電極板を接觸せしめぬ様に注意しなければならぬ。

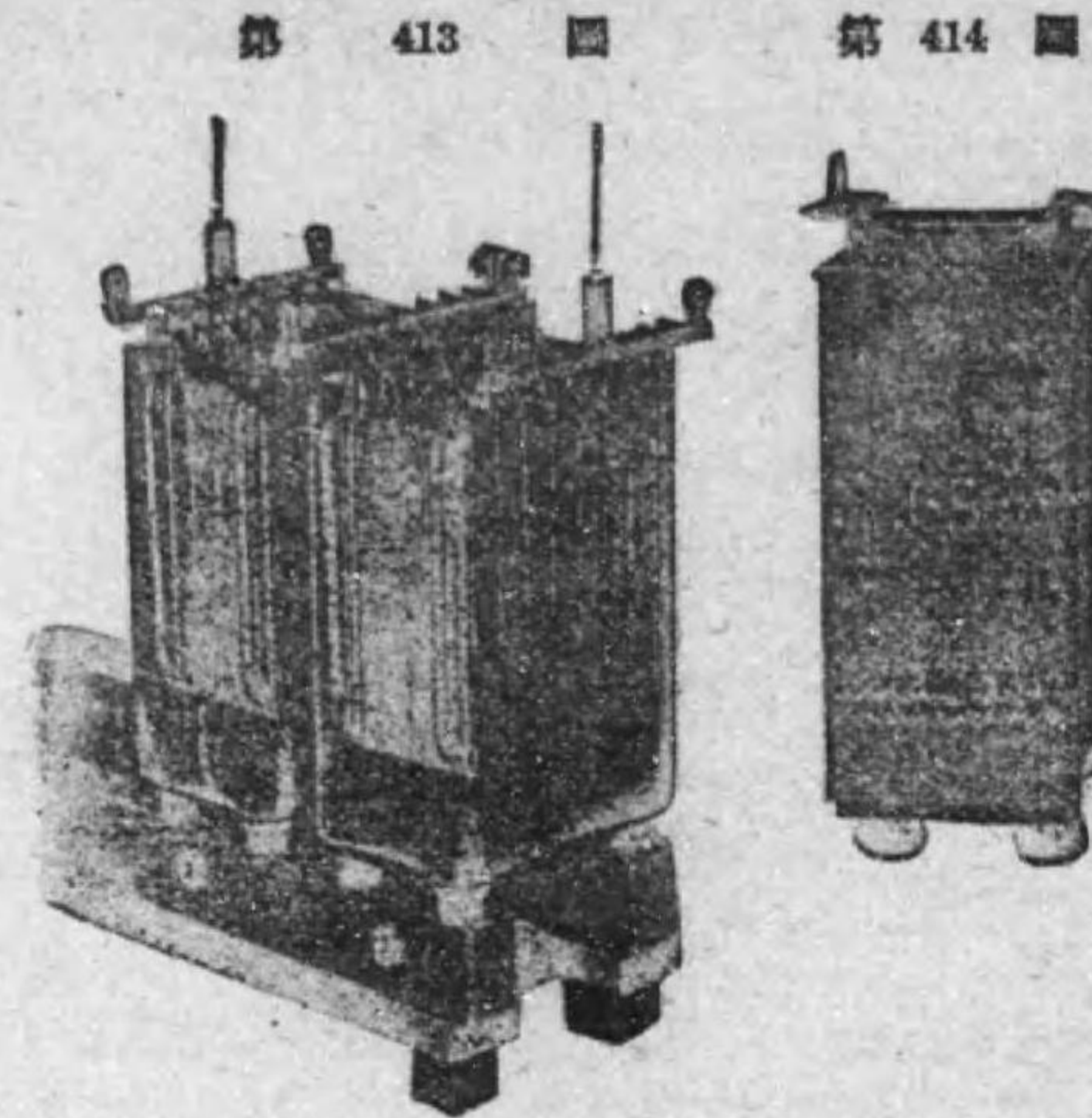
据置用電池を組み立てるときには先づ電槽を蒸溜水を以つて洗滌し、絶

縁木臺の上に適當の間隔を置いて既製碍子上に据付け(第 413 圖), 電槽内に陰陽の電極板を交互に排列し其間には隔離子を挿入する。硝子電槽の場合には電極板は直接電槽の上端に懸垂して支持するが鉛張木槽の場合には第 343 圖に見る如く適當なる硝子板を電槽の兩壁に立て掛け之れに電極板を懸垂する。

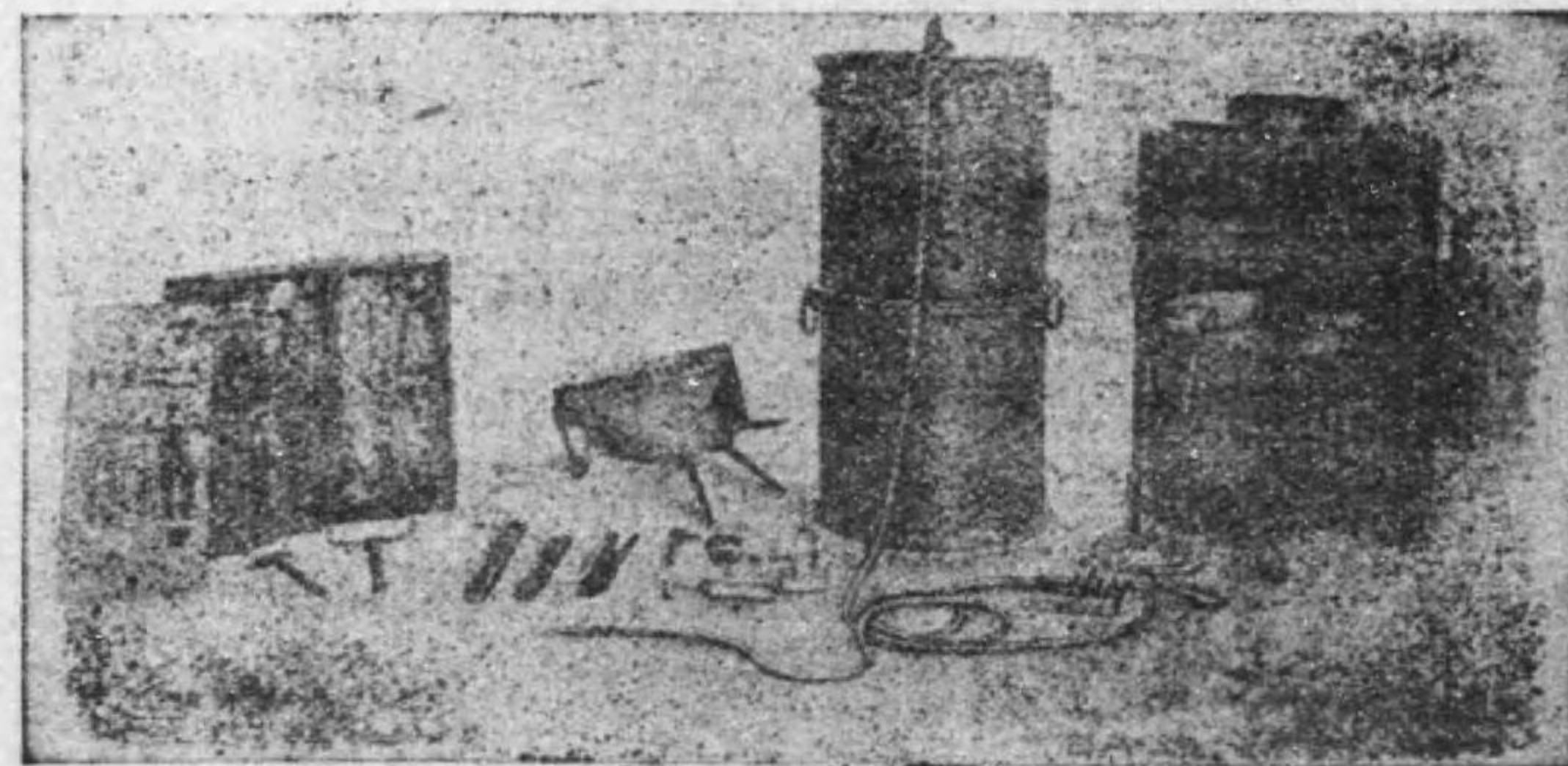
電池製造者は製造所に於て電極板を鉛の接續桿に熔接して電極群となせるものを既熔接電池 (ready-burnt

電池製造者は製造所に於て電極板

を鉛の接續桿に熔接して電極群となせるものを既熔接電池 (ready-burnt



第 415 圖

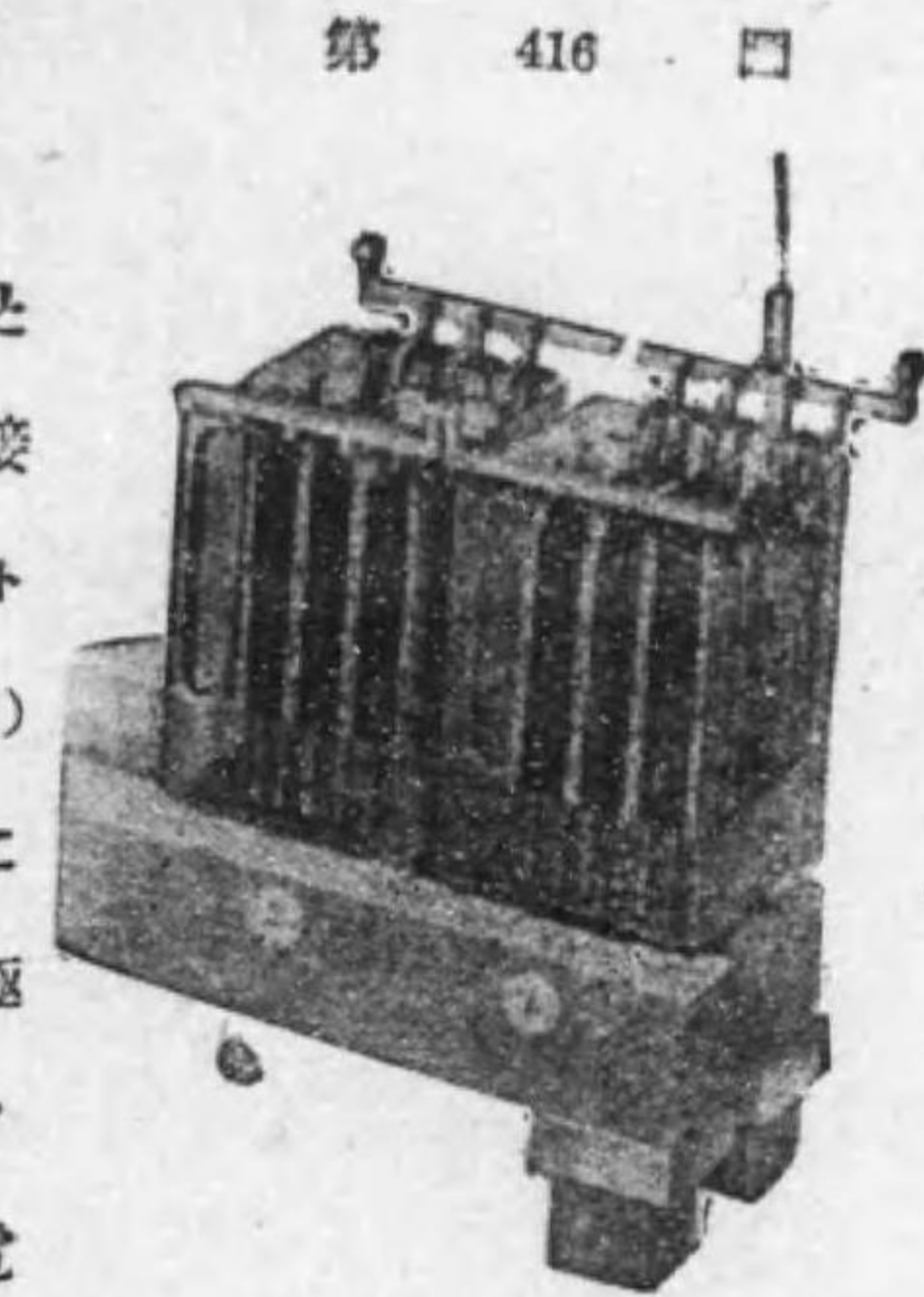


鉛熔接用具

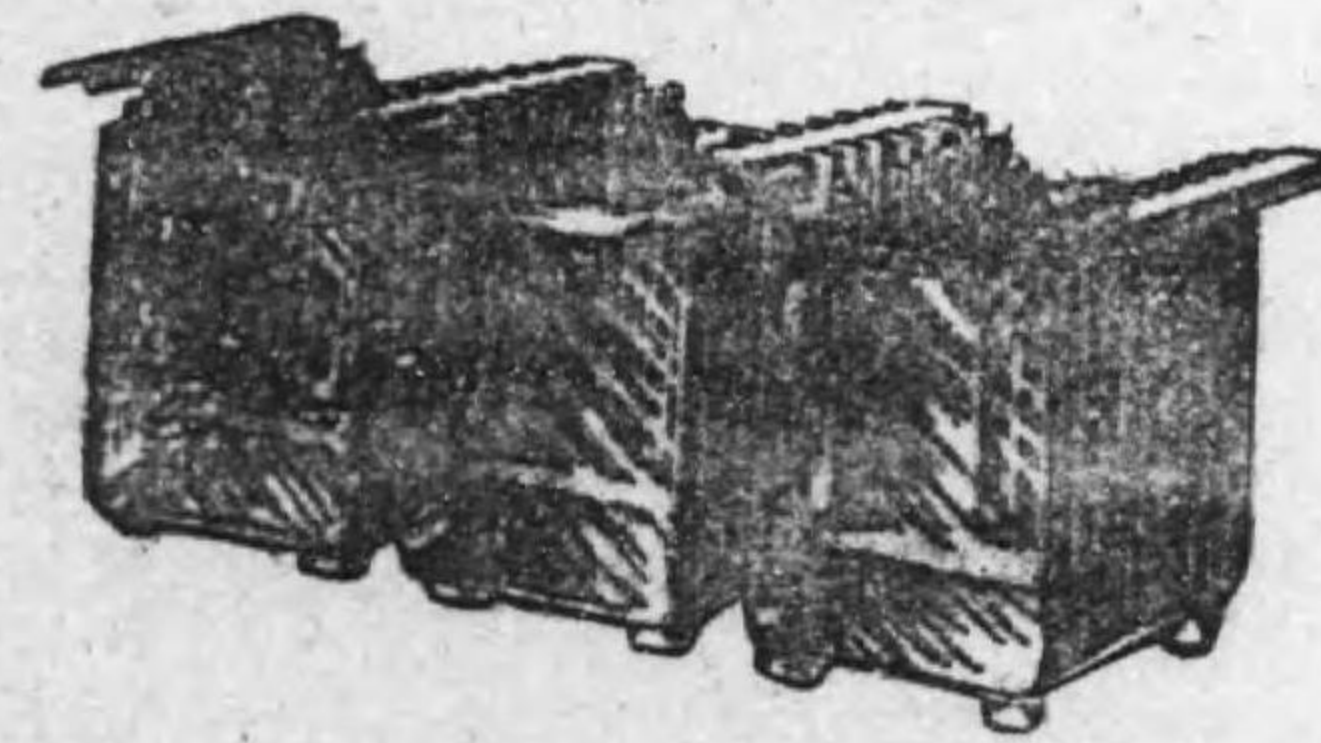
cell) と稱し, 然らざるものを未熔接電池 (unburnt cell) と稱して居る。小容量の電池は既熔接となつて居るが, 大容量のものは未熔接のことが多い。未熔接電池の電極板を接續桿に熔接するには酸水素焰を用ふるのが普通である。第 344 圖は酸水素焰装置及其他の鉛熔接用具 (lead-burning apparatus) を示せるものであつて, 水素瓦斯發生器, 空氣貯藏槽, 吹管, 分氣管, 鉛付用當金, 電極板間隔保整板, 電極板及桿矯正板其他の用具である。

多數の電池をバッテリーに接續するときには既熔接電池の場合には一電池の接續桿と次の電池の接續桿とを被鉛ボルト及ナットを以つて締め付ける(第 345 圖)のが普通であるが, 未熔接電池の場合には, 同一の接續桿の一侧に一電池の陽極板を熔接し他の側に次の電池の陰極板を熔接する(第 417 圖)。電槽の据付け, 電極の組立, 電池間の接續並に外部の電線接續が終つたならば規定濃度の稀硫酸を作り之れを電槽内に注入し即時に充電を開始する。

強硫酸の重さは 15°C に於て 1840 瓦/立(比重 1.840), 又蒸溜水の重さ



第 416 圖



強硫酸の重さは 15°C に於て 1840 瓦/立(比重 1.840), 又蒸溜水の重さ

は 15°C に於て 999 瓦/立(比重0.999)であるから、

$$\frac{1000S-999}{841} \text{ 立の強硫酸を } \frac{1810-1000S}{841} \text{ 立の蒸溜水を以つて稀釋す}$$

れば 15°C に於ける比重 S なる稀硫酸 1 立が得られる。而して此場合には、先づ適量の蒸溜水を硫酸槽中に入れ置き、此中へ徐々に且つ絶えず液を攪拌しながら強硫酸を注入しなければならぬ。一時に多量の強硫酸を注入したり或は反對に強硫酸中に水を注入したりすれば液が沸騰して強硫酸が四散し非常に危険である。強硫酸を稀釋する際には多量の熱が発生し稀硫酸は可なりの高温度となるのが常であるから、之れを直ちに電槽内に注入すれば電極板が害せられる。必ず十分に冷却せる後に注入しなければならぬ。如何なる場合にも鉛蓄電池の電解液の温度を 40°C 以上の高温とすることは絶対禁物である。

硫酸の比重は温度上昇 1°C 毎に 0.00065 宛減少するものであるから、稀硫酸の比重の適不適を比重計を以つて測定するときには同時に稀硫酸の温度を測定し此温度が t なる場合には測定比重より $0.00065(t-15)$ を減じたものを以つて標準温度 15°C に於ける比重としなければならぬ。

340. 蓄電池室

多くの据置用蓄電池を使用するときには特別の一室を設ける。蓄電池室の位置はなるべく配電盤に近接したる場所を選び、振動多き場所、濕潤なる場所、温度高きに過ぎ若しくは低きに過ぎる場所はなるべく避けなければならぬ。尙有害瓦斯、塵埃等の室内に侵入する虞れある場所は絶対に避けなければならぬ。

蓄電池室の構造は室内の温度を適當に保ち空氣を常に乾燥状態に保ち得る様にし、且つ充電により發生する水素瓦斯が室内に蓄積し爆發すること

を防ぐ爲め又硫酸の煙霧が室内に蓄積することを防ぐ爲め特に通風に注意し天井或は屋根に適當なる排氣孔を設け床通りに之れより二倍大の換氣孔を備へるがよい。場合に依つては扇風機を用ひて強制通風を行ふことがある。

採光及照明は晝夜に關せず蓄電池の各部を容易に點檢し得る程度とし、光線の入るべき窓は總て摺硝子とし日光の直射を避けなければならぬ。木製及金屬製の部分は硫酸の飛沫及煙霧に依つて漸次腐蝕する虞れがあるから總て耐酸塗料を施さねばならぬ。蓄電池室の床は電池の重量に耐へ得る様充分堅牢とし、床面は耐酸アスファルト又は耐酸瓦等を以つて被ひ酸に依つて床の腐蝕することを防がなければならぬ。室の大きさは各個の電池を容易に且つ完全に點檢し得る程度の間隔を以つて排列するに充分なる廣さとしなければならぬ。

341. 蓄電池の充電

同一容量の蓄電池多數を充電するとき充電用の電源が充分なる電壓を有するならば全部の電池を直列に接続して所謂直列充電法を行ふ。此方法に於ては各蓄電池の電流は同一であるから充電に不均一を來す虞れがない。然し、若し電源が電流容量は大であるが電壓が低きものなるときには全體の蓄電池を數群に分ち各群を並列に接続して充電を行ふ。此並列充電法に於ては並列電池回路の電氣抵抗が多少相違する爲、電流の不均一を來し各群の充電が同時に終らぬ不便がある。

蓄電池の充電は充電電流の調整法の如何に依つて不變電流充電法 (constant-current charging method) と不變電壓充電法 (constant-voltage

charging method) とに分けることが出来る。据置用蓄電池の充電は不変電流充電が普通であつて、此方法では充電が進み蓄電池の起電力が増加するに従つて電源の電壓を高めて電流を 3 時間率乃至 7 時間率の不変の値に保持して充電する。但し此方法に於ても充電終期に至り電池内に瓦斯が発生するに至れば電流の強さを $\frac{1}{2}$ 或は $\frac{1}{3}$ に弱めるのが宜しい。不変電壓充電に於ては、豫め電源の電壓を電池の充電が終期に近づき電池内に瓦斯が発生し始める時の電池電壓に相當する値即ち直列に接続されたる電池数を 2.3 乃至 2.35 倍したるヴォルト數に調整し置き此一定の電壓を以つて充電する。然し此方法に依れば充電は瓦斯發生迄であつて之れでは未だ完全に充電されたのでないから、其れ以後は不変電流充電法に依つて各電池の電壓が 2.6 乃至 2.75 ヴォルトに一定する迄尙充電を續くるを要する。不変電壓充電は充電の初期に一時大電流が通過し蓄電池の保守上餘り望ましくないが、不変電流充電よりも取扱が簡單であるから、大なる自動車庫等に於て深夜短時間に多數の電池を充電する如き場合には屢々此充電法が採用される。

蓄電池の組立が畢り電槽内に稀硫酸を注入したる後直ちに行はれる最初の充電を初充電 (initial charge) と稱する。蓄電池の容量及其耐久力は實に此充電と之れに續く二三回の充電とに依つて決定されるものであるから初充電は最慎重に行はなければならぬ。初充電に使用する電流の強さは各製造者の指定に従ふべきものであるが、若し其指定なきときには十時間率位の不変電流を以つて初充電を行ふが宜しい。充電中は各電槽に付きて時々其起電力、溫度及比重を測定し之れを記録する、而して其電壓及比重が 10 時間一定不変の状態となり總ての電池が一様に活潑に瓦斯を發生する

に至るまでは充電を中絶してはならない。初充電に要する時間は電流の強さに依つて相違するは云ふまでもないが、普通 50 時間以上、時には 100 時間位に及ぶものである。初充電作業中特に注意すべきは電解液溫度を 40°C 以上に達せしめない事である、若し斯る傾向あるときには一時電流を減少することを要する。

上の如くにして初充電を終れば蓄電池は何時にも之れを放電して蓄積エネルギーを使用することが出来る。蓄電池を第 297 節に述べた限度まで放電した場合には直ちに充電を行はねばならぬ。放電が間歇的に行はれる場合には其の放電アムペア時が蓄電池の全容量の半分以下なる場合にも毎週一回必ず完全なる充電を行ふを要する。此場合の充電率は製造者に於て充電率と最大充電率とを指定するのが普通であつて、此範圍内なれば任意の電流を以つて充電を行つて差支ない。然し電極板の保健上電壓が約 2.35 ヴォルト以上となり瓦斯が発生し始めたならば電流を半減するを可とする。充電中は一時間毎に其電壓、硫酸の比重及其溫度を測定記録し瓦斯の發生旺盛となりたる時は凡そ 15 分毎に之を測定するがよい。充電の終結は其電壓が充電の終末電壓に達し 15 分間電壓の變化なく一定電壓を保持するに至りたる時を標準とするのが普通である。

蓄電池使用中極限電壓以下迄放電を繼續したる場合、放電が過大なりし場合、放電後適當の時間内に充電を行はざりし場合、蓄電池を久しく休止せしめたる場合等には前述の方法に従ふ普通充電 (ordinary charge) を完了したる後更に各一時間宛の休止及充電を數回繰返し電流通過の開始と同時に電極板より盛に瓦斯を發生するに至らしめなければならぬ。斯の如き充電を過充電 (over charge) と稱する。蓄電池が規則正しく使用され

る場合にも毎月二回又蓄電池が全く使用されざる場合にも内部放電量を補ふ爲め毎月一回は過充電を行ふが宜しい。

342. 鉛蓄電池の故障

鉛蓄電池に起る故障は(1)サルフェーション、(2)電極板の彎曲、(3)電極作用物質の剝落、(4)内部放電の四が其主なるものである。以下順次之れに就て説明しよう。

サルフェーション (sulphation) 鉛蓄電池の放電直後に於ては電極板に生成せる硫酸鉛は未だ微細なる状態にて海綿状鉛或は過酸化鉛中に混在して居る。然し斯る状態に永く放置するときには生成せる硫酸鉛は温度變化の影響を受け温度の上昇したときに液中に溶解込み温度の下降するときには再び析出して電極板の表面に附着する。斯の如き作用が反覆されるときには電極板の表面には鉛及酸化鉛を含有せざる大粒の硫酸鉛が集まつて白色を呈するに至る、而して此結果は電極板表面の氣孔を塞ぎ電極内部の作用物質の活動を妨げ又硫酸鉛は電氣不導體であるから電池の内部抵抗を増し斯くて電池の容量を減じ能率を不良とする。此作用をサルフェーションと稱し、蓄電池を極限電壓以下に過放電するとき、過放電はせざるも放電後永く放置し置くとき、放電後直ちに充電を行ふも其充電電流が小に過ぐるとき、蓄電池を永く休止し其間充電を行はざりしとき、電解液の温度高きに過ぐるとき、電解液の濃度高きに過ぐるとき等に發生する故障である。

サルフェーションを生じたる時には其程度を調査し其程度甚だしきときには電極板を取換ふる方得策である。サルフェーションの程度低き場合には先づ充分注意して竹筥を以つて白色硫酸鉛を除去し次に大なる電流密度を以つて充分に充電し少しく放電して又之れを充電して數回充電放電を繰り

返すときには逐次白色硫酸鉛は除かれる。白色硫酸鉛の發生量極めて少量なるときには充放電を繰返すのみで充分である。又電解液内に硫酸曹達或は炭酸曹達を加へて充電し硫酸鉛を分解せしめて之れを沈澱せしむることが出来る、但し此場合には電槽内の稀硫酸を取り換へ再び充電する事を要する。

電極板の彎曲 (buckling) 此故障は主として陽電極板に起る故障である。放電率餘り急速なるときには電流の分布一様を缺き、又電極表面に白色鉛が生ぜるときにも電流の分布不均一となり、電極板の作用物質が場所に依つて不平均なる膨脹をなす爲めに電極板に龜裂が生じ或は彎曲するのである。電極板が彎曲するときには他の電極板と接觸して内部短絡を生ずる虞れがあるから新しき電極板と取り換ふるか或は彎曲せる電極板を取り出し逐次重量を加へて徐々に矯正扁平にしなければならぬ。

作用物質の剝落 電極板に龜裂、彎曲を生ぜるときは作用物質の剝落は免れない。又充電の際終期まで大電流を通じ瓦斯發生を熾烈ならしめたる場合又過度の放電をなしたる場合には作用物質が多少剝落する。作用物質の剝落は蓄電池容量の減少に直接影響するは勿論、剝落せる作用物質が電槽内に沈澱 (sediment) となり其蓄積甚だしく遂に電極板の下端にまで達する如き場合には内部短絡を生ずる。

内部放電 (internal discharge) 鉛蓄電池の陰極作用物質たる海綿状鉛は硫酸に作用されて硫酸鉛に變じ又陽極作用物質たる酸化鉛は充電中に幾分生成さるゝ過酸化水素 (H_2O_2) 或は過硫酸 ($H_2S_2O_8$) に作用されて水酸化鉛或は硫酸鉛となる傾向がある。斯の如き作用に依つて電極板の作用物質が自ら化學變化をなして蓄電池が漸次其蓄積エネルギーを消失する作用

を蓄電池の内部放電或は自己放電 (self discharge) と稱する。

前述の内部放電の原因は純化學的であつて、鉛蓄電池の性質上之れを皆無たらしめることは不可能であるが幸其程度は甚だしくない。然し電極作用物質及電解液中に金、鐵、白金、銀、ニッケル、銅等の金屬不純物及鹽酸、硝酸、アムモニウム、砒素等の不純物が存在するときには電池内に局部的電氣化學反應を生じ強烈なる内部放電が行はれる。一例を挙げれば0.5%の鐵が電解液中に存在するときには完全に充電されたる蓄電池も十數日にして全く放電し盡すものである。蓄電池を休止せる際、陰極板の表面より絶えず瓦斯を放散せるものは不純物の存在の爲に内部放電の盛なることを意味する。

上の如く不純物が内部放電に及ぼす影響は極めて大であるから、電極板の材料は勿論、電解液たる硫酸及之れを稀釋するに用ふる蒸溜水は極めて純粹なるものを使用しなければならぬ。第22表は電解液中に存在することを許し得る不純物の極量を示せるものである。

第 22 表 電解液中不純物の極量

色	無色透明
浮遊物	絶無
白金	僅に痕跡を認め得る程度
アンチモン	
砒素	
有機物	0.002%
窒素 (硫酸の形でも) アムモニアの形でも)	
鹽素	0.005%
滿電	0.01%
鐵	0.005%
銅	

343. 鉛蓄電池取扱上の注意事項

鉛蓄電池の

取扱上の注意事項に就き、今迄に述べたところと重複する點もあるが項を分ちて次に説明しよう。

放電 電池の保健上には四五時間率を以つて放電するのが最も適當である。一時間率以上の大電流を以つて放電することは避けなければならぬ。極限電壓以下に過放電すること及剩餘電流を使用すること、餘り小なる電流を以つて極限電壓まで放電することはサルフェーションの原因となるから避けなければならぬ。

充電 蓄電池の充電に関しては已に第303節に於て詳述した。放電したる蓄電池は必ず二時間以内に充電することを忘れてはならぬ。放電後充電開始までに數時間以上を経過すれば電極板は漸次サルフェーションを受け次回の充電を困難ならしめる。又斯の如き充電開始の遅延が數回重なるか或は一晝夜以上も充電せずして放置するときには電極板の龜裂彎曲を惹起し其の耐久力を減ずる。

電解液 液量過少にして電極板が液面上に露出するときには其露出部分がサルフェーションを受け、又液量過多なれば瓦斯發生の際液が溢出し漏電の因をなす。液面の高さは電極板の肩上一二極に保持するがよい。

充電の際には水が分解されて瓦斯となりて發散し、蒸發に依つて水分が失はれ、又發生瓦斯の爲めに飛沫となつて液が四散するから、電解液は漸次濃度を増し又液量の減少を來す、依つて硫酸殊に蒸溜水を常に貯藏し置き隨時液量及其濃度の調整を行はなければならぬ。電解液の濃度不足するときには液の一部を取り出し次に比重1.4位の稀硫酸を加へ、若し又濃度

大に過ぎるときには液の一部を取り出し蒸溜水を加へて濃度を調整する。補液をなしたるときには充分に混和せしめるを要するが之れを行ふは困難であるから普通充電開始前に補液を器底に注入し充電の際發生する瓦斯に依つて液を攪拌せしめる方法を取る。サルフェーションの起れる電池の硫酸の比重は充電の終りに於ても低いのが常であるから硫酸の比重が低き故を以つて無暗に濃厚なる硫酸を補ふことは宜しくない、斯の如き事をすれば益々サルフェーションを助長する。

第 347 圖はエポナイト製吸液器 (syringe) であつて電槽内より電解液を取出す場合及補液する場合に用ひられる。第 348 圖は電槽内の電解液の比重を測るに用ひられる比重計であつて

右方の三本は普通の平型比重計左方のものは吸込比重計 (syringe hydrometer) と稱するもので中央の硝子管内

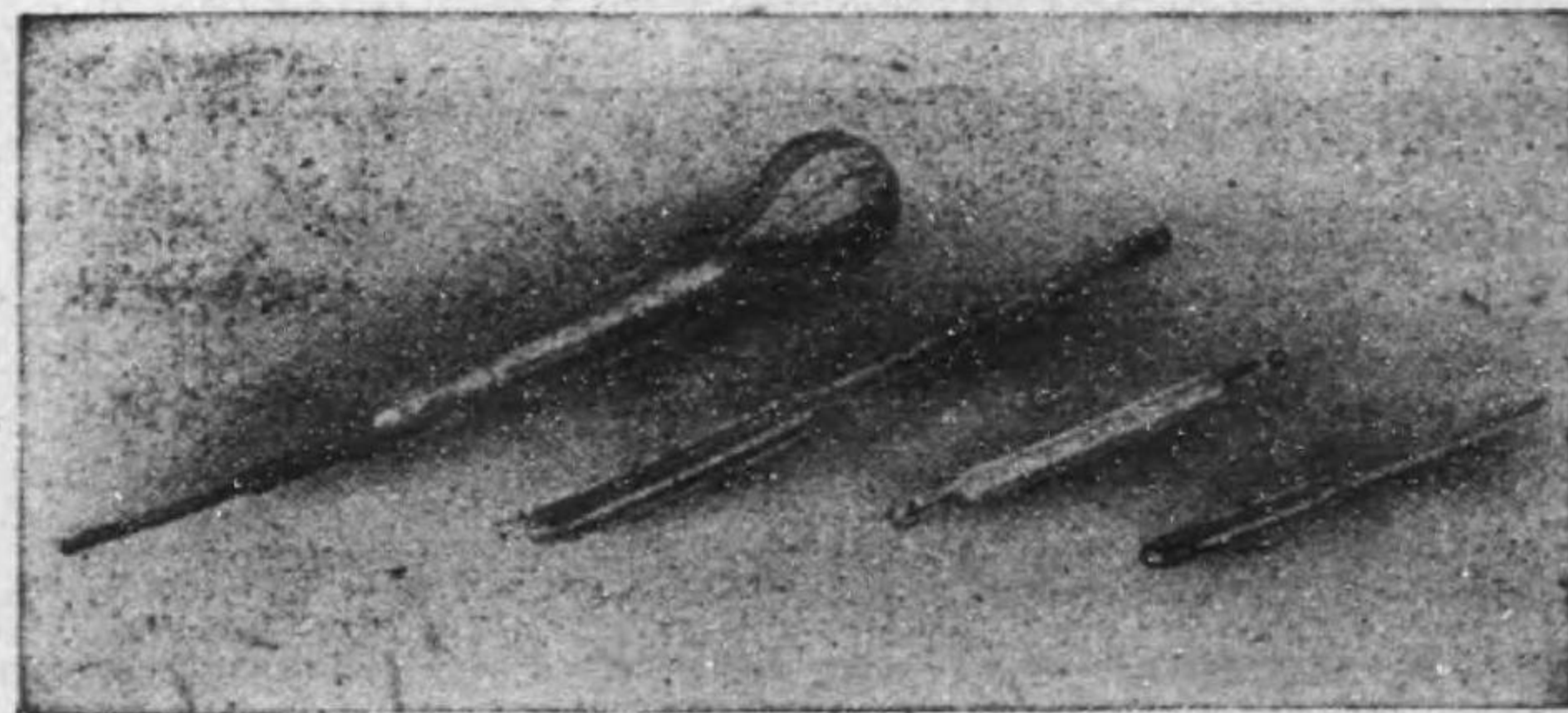
に小比重計を置けるものであつて、之れを用ふるときには電槽内の深淺任意の部分より電解液を吸込み其比重を測ることが出来る。

第 418 圖



吸液器

第 419 圖



吸込比重計

沈渣 剥落せる作用物質の沈渣が餘りに堆積するときには内部短絡を生ずる。沈渣の蓄積甚だしく電解液の更新を要するときには先づ電池を放電したる後液を攪拌し其濁りたる液を吸液器にて全部吸出し、蒸溜水を數回注入吸出して電極板及電槽を洗滌するか、若し之れにて尙不充分なるときには電極板を引き上げ陰陽兩電極群を分離して蒸溜水を以つて能く洗滌し然る後新しき隔離子を用ひて電池を組立て規定濃度の新しき稀硫酸を注入し直ちに充電を行ふ。

電池温度 充電中は常に電池の温度に注意するを要する。充電に最も適當なる温度は 25°C 乃至 30°C である。 40°C 以上の高温はサルフェーションを起し電極板を彎曲せしめる原因になるから絶対に避けなければならぬ。若し斯の如き高温となる傾向あるときには電流を減少するか一時充電を中止しなければならぬ。

瓦斯發生及硫酸飛沫 封口電池にありては充電開始前に其の蓋を開放するか又は瓦斯栓を開くことを忘れてはならぬ。蓄電池室に強制通風を行ふときには先づ通風装置を運轉し然る後充電を始めるのがよい。充電中殊に充電終期に於ては裸火を電池に近づけることは絶対禁物である。

比重及温度を測定する際に或は硫酸飛沫の爲めに電池の上部其他の附屬金物に硫酸が附着して之れを腐蝕し又之れに塵埃が附着して絶縁を害するから、充電が終つたときには必ず普通液或はアムモニウム水に浸したる布片を以つて電池及附屬物を清潔に拭ひ又附屬金物には時々ワセリンを塗布し置かねばならぬ。

パイロット電池 (pilot cell) 數十或は數百個の電池をバッテリーとして使用するときには之れ等の電池の總てに就て一々起電力、比重、温度等

を監視することは困難である。斯の如き場合には蓄電池室の入口に近く監視の容易なる場所に二三のパイロット電池なるものを選定し平常の充放電に際しては此パイロット電池に就て起電力、比重、温度等を測定記録し、他の電池に就ては時を定めて點検するのが普通である。

蓄電池の休止 或る期間電池を休止せんとするときには電池を十分に充電し置き其後も毎月一回は過充電を行はねばならぬ。電池の休止久しきに涉り其間充電を行ひ難きときは電池を十分に充電したる後、硫酸を抽出し迅速に比重 1.03 位の極く稀薄なる稀硫酸を電槽内に注入し再び電極板より盛に瓦斯が発生する迄充電を行ひ置けば永き期間其儘に保存することが出来る。斯の様な電池を再び使用せんとするには瓦斯發生の盛んとなるまで其儘にて充電し然る後規定濃度の稀硫酸と迅速に取替へ更に充電を行はねばならぬ。

蓄電池の休止甚だ永きか或は遠方に輸送する場合には電極板を乾燥状態にて保存するを有利とすることがある。此場合には一應十分に充電を行ひたる後電解液を比重 1.10 位に稀釋し然る後 10 時間率位の電流を以つて電壓 1.75 ヴォルト位迄放電し次に電解液を抽出して電極板を乾燥するのが普通である。

上述の乾燥法に依るときには電極板は放電状態に於て乾燥されたのであるから、再び電池を使用するときには再び初充電を行はねばならぬ。若し充電状態の儘にて電極板の乾燥が行はれるならば、再び之れを使用するときには初充電の必要なく甚だ便利である。然し充電せる陰極板の作用物質は海綿状鉛であつて、之が空氣に觸れると空氣中の酸素と結合して非常に高熱を發して酸化鉛となるから充電状態に於ける電極板を空中にて乾燥するこ

とは絶對不可である。從來電極板の乾燥は必ず放電状態に於て行はれなくては全く此爲めである。然るに我運信省電氣試験所に於ては炭酸瓦斯中に於て充電のまま電極板を乾燥する實驗を行ひ好成績を収めた。將來此方法が完成するときには蓄電池使用者に取つて非常に便利なことであらう。

344. エチソン蓄電池

据置用蓄電池にありては其の重量は敢て問題とするに足らぬが、自動車、運搬車、潜水艦等の動力に使用する移動用蓄電池にありては其重量の大小は直ちに所要電力量に影響し且つ陸上用のものは絶えず激動を受けるから機械的強度の大なることが必要である。現時の据置用鉛蓄電池は其重量 1 疋に對する蓄積電力量 10 ワット時以下が普通である。尤も最近の移動用鉛蓄電池は重量 1 疋に對する蓄積電力量 30 ワット時に及ぶものがある。然し元來鉛蓄電池の電極板は柔軟なる鉛を材料とする故斯の如く強ひて重量を軽減せんとすれば其耐久力は重量の軽減に逆比例するを免れぬ。斯の如く鉛蓄電池は移動用蓄電池としては遺憾な點が多いから、茲に於て鉛よりも強靱なる金屬を使用して激動に耐へ得る輕き蓄電池を得んとする研究が多くの學者に依つて企てられ、遂にトーマス・エチソン (Thomas Edison) 氏に依つて其目的が達せられた。

エチソン蓄電池 (Edison's storage battery) は過酸化ニッケルを陽極板鐵粉を陰極板の作用物質とし電解液には 21% の苛性加里溶液に少許の水酸化リシウムを加へたものを使用する。従つて此電池はアルカリ蓄電池 (alkaline storage battery) とも稱する。

陽極板は第 349 圖の如く作用物質を填充せる細管にニッケル鍍金を施し

て鋼鐵製格子の中に嵌め込んで作られる。作用物質を保持する細管は無数の細孔を穿つた鋼鐵の薄き帯に厚くニッケル鍍金を施し之を螺旋状に巻いて作られ其中へ水酸化ニッケルと金屬ニッケルの薄き層とを交互に積み重ねて填充する。而して此管

を丈夫にする爲めに處々に於てニッケル鍍金を施せる鋼鐵帯で締め付けてある。

陰極板は第 350 圖の如くニッケル鍍金を施せる粗眼の鋼鐵格子を作り、無数の細溝を有する薄き鋼鐵板にて作りニッケル鍍金を施せる小函の内に粉末にした酸化鐵に少量の酸化水銀を加へたものを填充して之を格子内に壓力を加へて嵌入して作られる。

第 420 圖



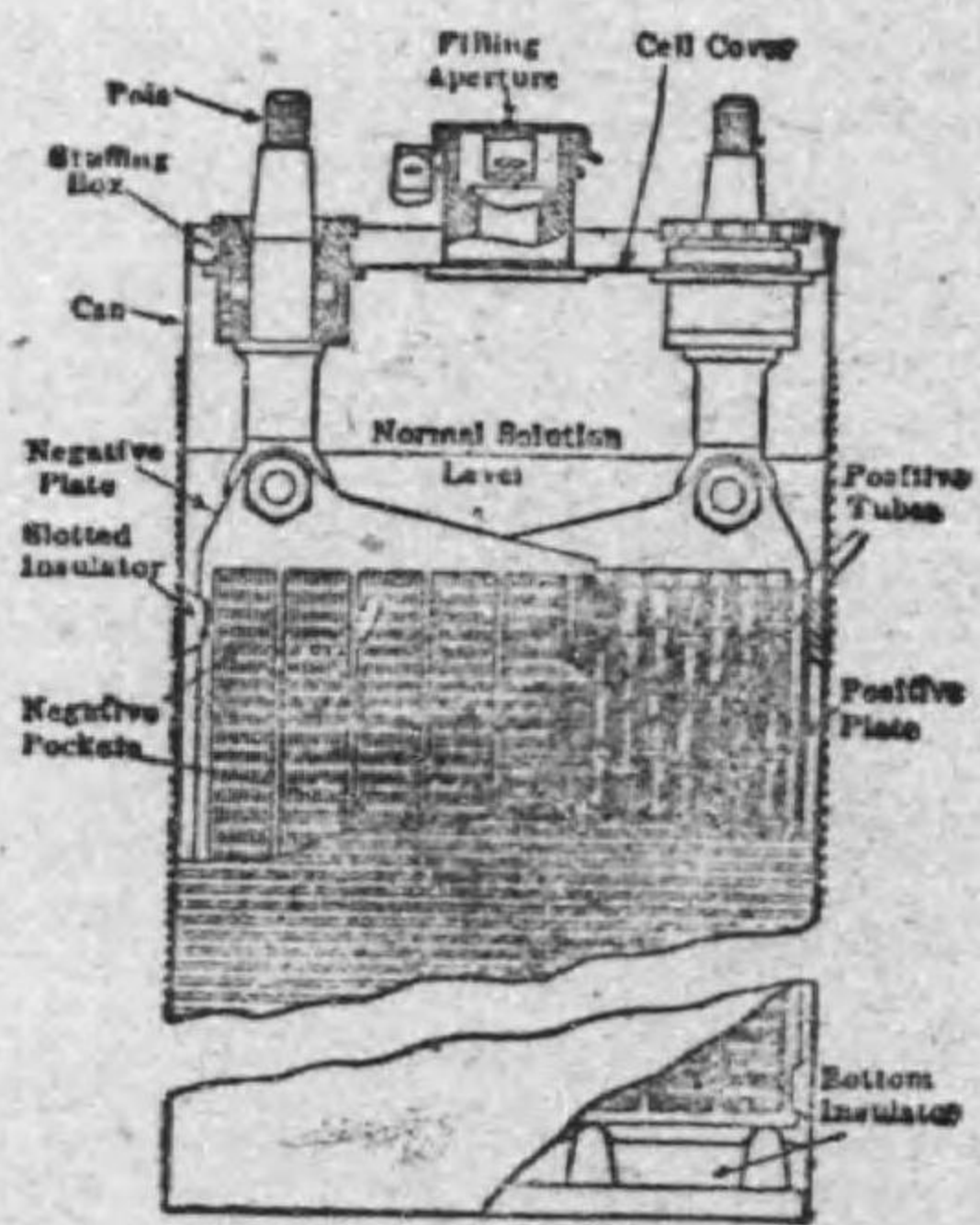
エヂソン蓄電池陽電極板

第 421 圖



陰電極板

第 422 圖



エヂソン蓄電池の組立

電極群を形作るには同種の電極板數枚を坐金を以つて等距離に並べ、電極板上部の耳に穿てる孔にニッケル鍍金を施せる鋼鐵ボルトを押し通し鋼鐵ナットを以つて締め付ける。

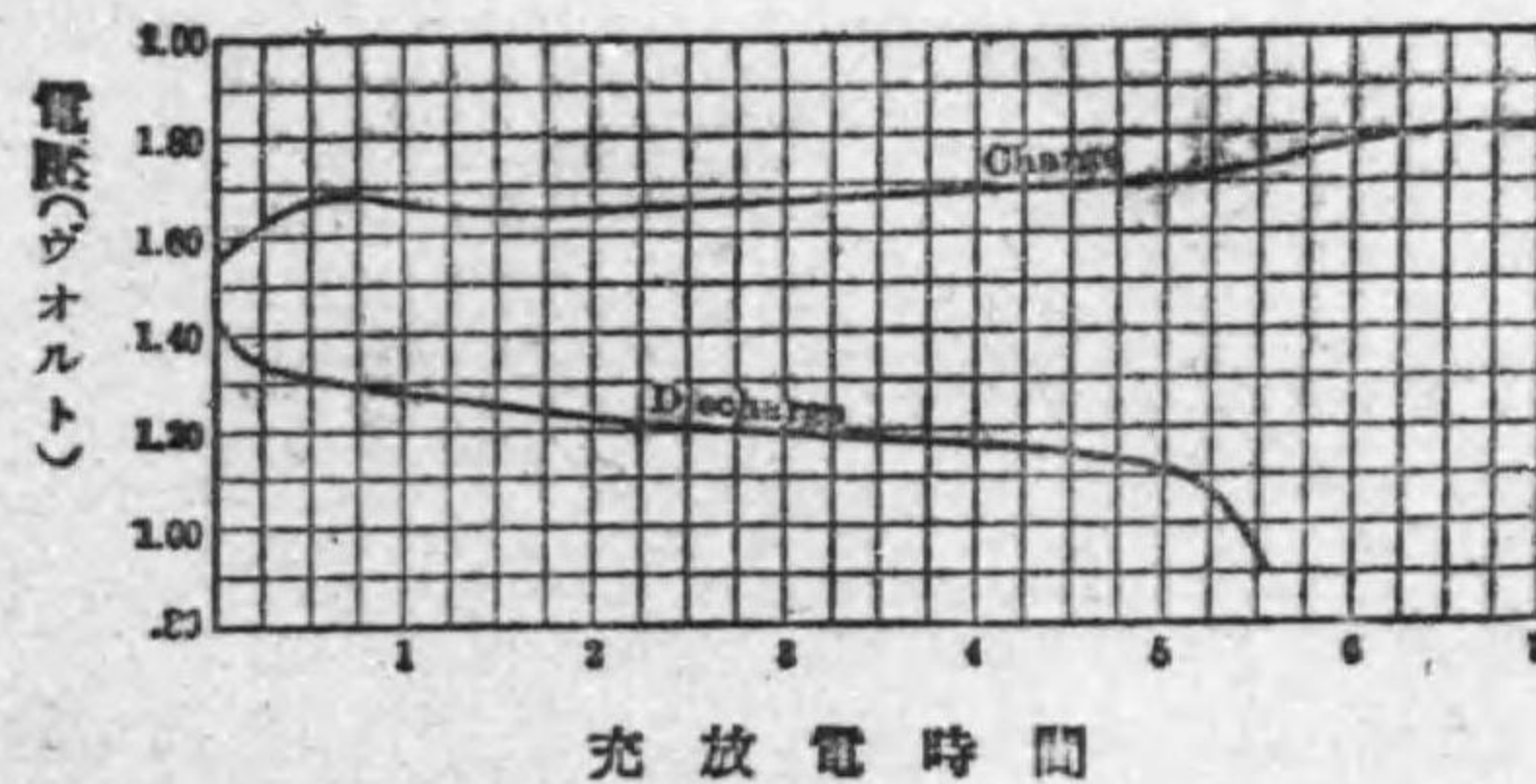
電槽にはニッケル鍍金を施せる薄き鋼鐵ナマコ板を以つて作れる筈を用ふる。電槽上部の蓋もニッケル鍍金を施せる鋼板を以つて作り、其中央に電解液の注入及發生瓦斯放散用の口が設けられてある。第 351 圖はエヂソン蓄電池の組立方を示せるものである。

345. エヂソン蓄電池の特性

第 423 圖はエヂソン

蓄電池を規定電流で放電するときの電壓曲線である。此曲線に依れば平均

第 423 圖



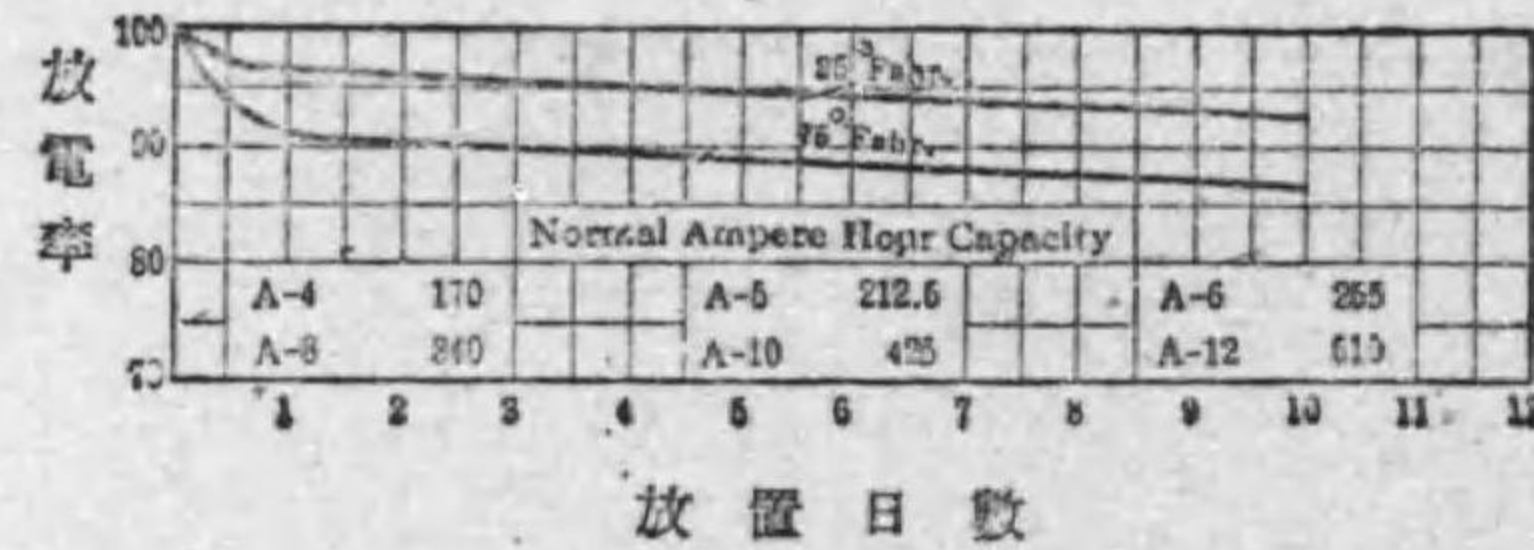
放電電壓約 1.2 ヴォルト、最初の開路電壓は 1.5 ヴォルト、放電終期の電壓は約 1 ヴォルトであつて、其電壓は鉛蓄電池の電壓よりも低く且つ放電中の電壓變化の割合が鉛蓄電池の場合よりも大なる缺點がある。充電に際しては其初期と終期とに於て電壓が稍急激に上昇すること鉛蓄電池の場合と同様であるが、充電終期に於ける電壓上昇は鉛蓄電池の場合程著しくなく充電の完了を確認するに稍困難である。

放電率に依つて蓄電池容量が變化することは鉛蓄電池の場合と同様であるが、其度は極めて僅少である。1時間率放電の場合の容量は5時間率放電の場合の規定容量に比し僅に15%減少するに過ぎない。

エヂソン蓄電池は内部抵抗が大で又内部放電が比較的大であるが爲め其能率は鉛蓄電池のそれに比較し甚だ劣つて居る。規定電流を以つて充放電する場合其アムペア時能率は75%乃至80%又ワット時能率は50%乃至60%である。

エヂソン蓄電池は之を放電の儘にて數日間も放置するも有害なる結果は殆ど來さない。此點は本電池の長所の一つである。但し放電の儘に放置するときには第353圖に示す如く放置日數に伴つて容量の減少を來す。然し

第 424 圖



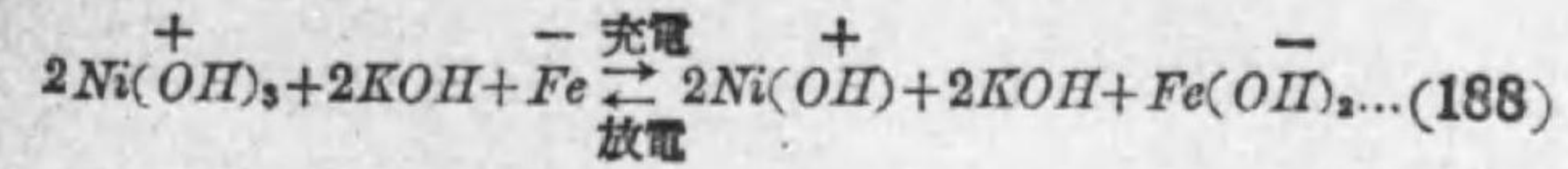
斯の如くして一度容量の減少せる蓄電池も一度充電を行へば再び其容量を回復せしめることが出来る。

溫度を40°C以上に上昇せしめざる限りは過充電に依つて害を被ることはないのみならず過充電の次に行はるべき放電に於ては規定容量以上三割位も放電を行ひ得られる。但し此場合電池の能率は甚だしく不良となるは勿論である。

エヂソン蓄電池は溫度の影響を受けることが大である。溫度が或る限度以下となるときには急激に其容量を減少し、殊に急放電に於て其程度が甚

だしい。高溫も亦大なる影響を與へ40°C以上の高溫は陰極板の容量及壽命を害することが甚だしい。

次式はエヂソン蓄電池の充電及放電に於ける主なる化學反應を示すものである。



本式を見れば電解液の濃度は充放電に依つて變化なき筈であるが、實際には充電中は其初期より水分解を伴ひ又充電中高溫となり易く水分の蒸發する量が大であるから、鉛蓄電池の場合よりも遙に多量の水を常に補給しなければならぬ。苛性可里溶液は空中の酸化炭素を吸収して漸次炭酸加里に變ずるものであるから、エヂソン蓄電池の電解液は約250回の充放電の後には新しき液と取替へなければならぬ。

第 23 表 エヂソン蓄電池と鉛蓄電池との比較

	エヂソン蓄電池 A-4型	鉛蓄電池	
		獨國アックムラトール 會社製 Ky 124 型	獨國チュードル・イン・ ゴットフリード・ハー ゲン會社製 L 110 型
放電時間	5	5	5
容量 アムペア時	150	195	180
平均放電電壓 ヴォルト	1.3	2.0	1.96
重量 1 瓦 ワット時	29.7	30.0	32.4
體積 1 立に付 ワット時	67.7	77	91.6

346. エチソン蓄電池と鉛蓄電池との比較

エチソン蓄電池は其重量の輕きことを其特長とするが、最近移動用輕重量鉛蓄電池の進歩大に見るべきものあり、重量の點に於ては寧ろエチソン蓄電池を凌駕するに至つた。第 23 表は最近に於ける兩者の状態を比較せるものである。

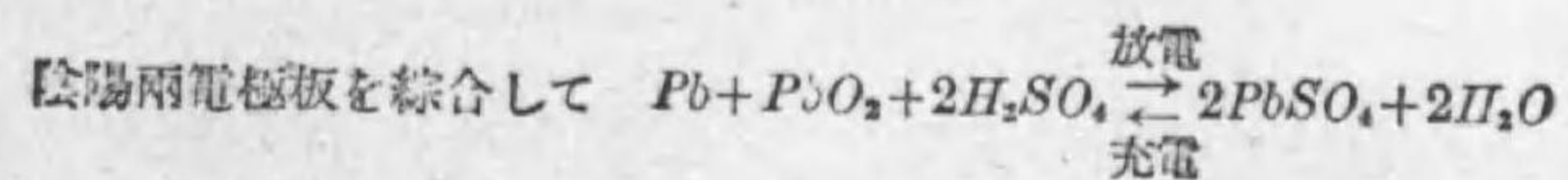
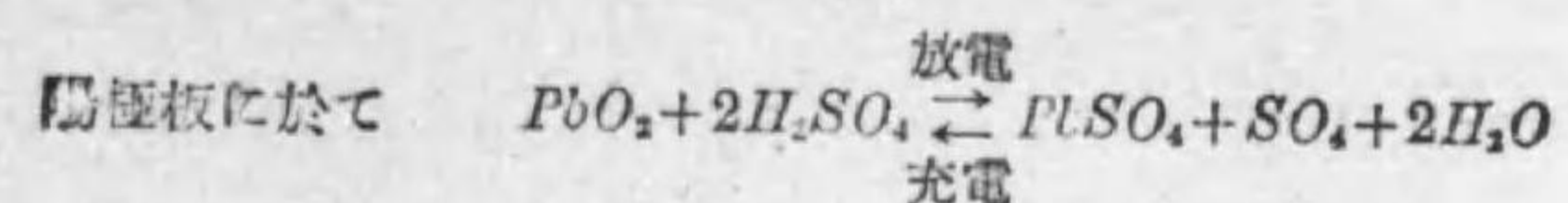
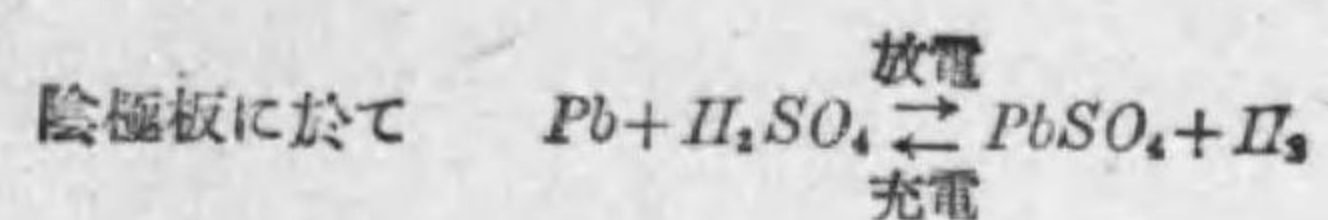
然し耐久力の點では鉛蓄電池は到底エチソン蓄電池の敵ではない。元來エチソン蓄電池は機械的強度が大で激しき衝動に耐へ又放電のまゝ放置するも格別大なる害を受けざる等亂暴なる取扱に耐へ得るから、陸上運搬車用に於て 600 回の充放電をなすも其容量僅に 15% を減するに過ぎない。然し鉛蓄電池の運搬車用のものは細心の注意を以つて取扱ふも尙陽極板は 200 回乃至 250 回、陰極板は 400 回乃至 500 回の充放電にて全く使用に耐へなくなる。

エチソン蓄電池は其製造費鉛蓄電池よりも高價であり、且つ其起電力の低き大なる缺點を有するから同一電壓を得るには鉛蓄電池の場合よりも多數の電池を直列に接続しなければならぬ。従つてエチソン蓄電池を用ふるときには多額の設備費を要し且つワット時能率甚だ不良なる爲め日常の經費を増加するから、經濟上結局何れが優れるかは輕々しく判定することが出来ない。

347. 摘要

1 鉛蓄電池は海綿狀鉛を陰極板作用物質、過酸化鉛を陽極板作用物質とし、電解液には稀硫酸を使用する。

2 次式は鉛蓄電池の充電及放電に於ける電池内の化學變化を示すものである。



3 鉛蓄電池の電極板にはブランテ式電極板とファウル式電極板(或はペースト極板)とがある。ブランテ式電極板にはチュードル型、マンチェスクー型、スパン型等型式の異なるものが數種ある。ファウル式電極板にも格子型、ボックス型、アイアンクラッド型があり、又格子型ペースト極板の格子には單格子、シェルフ型格子、ダイヤモンド型等型式の異なるものが數種ある。

4 鉛蓄電池に用ふる稀硫酸は極純粹なるものを用ひなければならぬ。其濃度は据置用蓄電池にありては充電の終りに於て比重 1.200 乃至 1.215 (攝氏 15 度に於て)を限度とし、又其量は放電の終りに於ても比重が 1.160 乃至 1.15 を下らぬ丈の量を使用しなければならぬ。

5 鉛蓄電池の起電力は充電及放電中共の時期に依つて相違する。充電終期の電壓は蓄電池の使用年齢に依つて多少變動するが、ペースト極板を使用せるものでは 2.5 乃至 2.7 ヴォルト、ブランテ式陽極板とボックス型陰極板とを併用せるものでは 2.65 乃至 2.8 ヴォルトまで電壓が上昇して一定電壓となるのが普通である。放電の終期は電池の電壓が次の値に達せるを以つて限度とし其れ以上の放電は絶対に避けなければならぬ。

放電率	ブランテ式電極板	ベスト極板
10時間	1.83 ヴォルト	1.80 ヴォルト
5時間	1.80 ヴォルト	1.75 ヴォルト
3時間	1.78 ヴォルト	1.70 ヴォルト
1時間	1.75 ヴォルト	1.65 ヴォルト

6 鉛蓄電池の容量は其放電率に依つて甚だしく相違するものである。

7 蓄電池の能率にはアムペア時能率とワット時能率とがある。良好なる鉛蓄電池を充電後直ちに放電する場合には其アムペア時能率は90%以上、ワット時能率は充放電率に依つて70%乃至75%が普通である。

8 蓄電池の充電法は其接続に依り直列充電法と並列充電法とに區別され、充電中の電流調整の方法に依り不變電流充電法と不變電壓充電法とに區別することが出来る。

蓄電池の組立後最初に行はれる初充電は特に注意して行はなければならぬ。又蓄電池使用中は普通充電の他に時々過充電を行はなければならぬ。

9 鉛蓄電池に起る故障はサルフェーション、電極板の彎曲或は龜裂、作用物質の剥落、内部放電が其主なるものである。

10 鉛蓄電池を使用する場合一時間率以上の急放電を行ふこと、極限以上の放電を行ふこと、残留電流を使用すること、放電後其儘に永く放置することは絶対に避けなければならぬ。尙使用中は常に稀硫酸の比重、温度及其量の過不足、沈渣の堆積量、サルフェーションの有無等を點檢し適當の處置を取らなければならぬ。

11 エチソン蓄電池は一名アルカリ蓄電池とも稱し、過酸化ニッケル

を陽極板作用物質、鐵粉を陰極板作用物質とし、電解液には21%の苛性加里溶液に少許の水酸化リシウムを加へたるものを使用する。此電池は容量の割に重量軽く激しき衝動に耐へ又放電の儘放置するも格別大なる害を受けぬ等亂暴なる取扱に耐へ得るから陸上運搬車用等に適する。然し此電池は高價なること、鉛蓄電池よりも起電力低く放電の初期と終期とに於ける起電力の差大なる等の缺點を有する。

問題 XXIV

1 鉛蓄電池の充電又は放電は蓄電池一個の電壓約何ヴォルトに達する迄繼續するを適當とするか。(選試明治四十四年度第四級)

2 鉛蓄電池に於て充電並に放電の爲めに電池内に起る化學變化の結果を化學式にて示せ。(大正四年度三級)

3 鉛蓄電池を充電又は放電するに従ひ如何なる現象を認め得るや。(選試明治四十四年度第二級)

手引 充電並に放電に於ける電壓の變化及比重の變化、充電終期に於ける瓦斯發生、及電極板の色の變化に就て答ふるを要す。

電池が充分充電されたるときには陰極板は海綿狀鉛となり灰色を呈し、陽極板は過酸化鉛となり茶褐色を呈し、充分放電するときには兩極板共硫酸鉛となり灰白色を呈するに至るものである。

4 鉛蓄電池が充電又は放電せられたるやを電壓計によらずして知る方法を記載し且つ其原理を説明せよ。(選試明治四十四年度第三級)

手引 比重、電極板の色及瓦斯發生の程度に依つて知らるゝ、尙原理に就ては化學式に就て説明するが最も簡單で且つ完全なる解答である。

5 鉛蓄電池は放電するに従つて其抵抗を増加す。其理由如何。

(選試明治四十四年度二級)

手引 硫酸の比重が減少すること、電極板の作用物質が硫酸鉛になることが抵抗増加の原因である。之に反して示せばよい。

6 蓄電池の容量の意義を説明し且つ放電電流が容量に及ぼす影響を述べよ。

(選試大正元年第四級)

7 120 アムペア時の容量を有するチュードル型鉛蓄電池 100 個あり、之を 5 時間にて充電を結了すべき発電機の常用電流及最高電壓を求む。

(選試大正六年度第四級) 答 26 アムペア, 275 ヴォルト

手引 アムペア時能率を 92% とすれば充電すべきアムペア時は約 130 故に 5 時間にて充電すべき電流は $\frac{130}{5} = 26$ アムペア、又チュードル型蓄電池の充電終末電圧は一個に就き約 2.75 ヴォルトなる 100 個直列にては 275 ヴォルトの電壓を要す。

8 鉛蓄電池の彎曲は如何なる場合に生ずるや。

(選試明治四十四年度第四級)

9 鉛蓄電池に起る各種の故障を列記して其原因並に救済法を述べよ。

(選試明治四十四年第一級)

10 使用中の鉛蓄電池あり數年使用を廢止せんとす。電極板の保存を全からしむる爲に採るべき方法如何。

(選試大正二年度第四級)

11 鉛蓄電池の保守上注意すべき諸點を略述せよ。

(選試大正十二年度三種)

12 下記諸性質に就きて鉛蓄電池とアルカリ電池(エチソン電池)との優劣を比較せよ。

(イ) 單位重量當り蓄電量 (ロ) ワット時能率 (ハ) 起電力

(ニ) 機械的強度 (ホ) 壽命 (選試大正五年度第一級)

13 不變電壓法に依りて鉛蓄電池を充電せんとす。充電用電源の電壓 100 ヴォルトなりとすれば直列に接続すべき電池數を幾許とすべきか。

答 43 個

14 比重 1.180 なる稀硫酸 500 立を得る爲めには幾立の純硫酸と幾立の蒸溜水とを要するか。但し溫度は 150°C とす。

答 純硫酸 108 立, 蒸溜水 392 立

15 15°C に於て比重 1.20 なる稀硫酸の濃度は體積に於て幾パーセント又目方に於て幾パーセントなるか。

答 體積百分率 23.9, 目方百分率 38.3

第二十八章 蓄電池の制御

348. 蓄電池の用途 蓄電池は其使用状態より移動用と据置用とに大別することが出来る。自動車電燈用、蒸汽列車電燈用、自動車動力用、手荷物運搬車動力用、潜水中に於ける潜水艇動力用等が移動用蓄電池の主なる用途である。据置用蓄電池の用途は極めて多様であるが、電燈電力事業に關係ある主なるものを列挙すれば次の如くである。

尖頭負荷電池 (peak-load battery) 負荷の大部分が電燈負荷にして晝夜の負荷に大差ある場合に蓄電池を設備し、輕負荷に於て蓄電池を充電し尖頭負荷に蓄電池を放電せしめるときには、恰も水力發電所に於ける調整池の如く、發電機の負荷率を改善し設備發電機の容量を減じ且つ常に高効率の状態に於て發電機を運轉せしめることが出来る。

應急豫備電池 (stand-by battery) 電源の故障に依り電力の供給中絶せる場合の豫備電源としては蓄電池が最も好適である。繁華な大都市の商業地域に於ては直流三線式を以つて配電し、蓄電池を用ひて中性線兩側の電壓の平衡を得ることが多いが、此場合の蓄電池は電壓の平衡用としてのみならず應急豫備として有効である。此他連続的作業を要する工業に於ては直流式を採用し、應急豫備の目的に電池を常に電源と並列に接続し置くがよい。又大發電所に於ては勵磁機の豫備として蓄電池を設備することが屢々ある。

自家用蓄電所 病院、劇場、ホテル等の電燈用には蓄電池を設備し晝間

之れに充電せる電力を夜間の點燈に利用することが多い。電源の故障に依る停電を皆無となし得る許りでなく、他より電力を購入する場合には晝間の安價なる電力を利用し得る利益がある。

配電盤器具制御用蓄電池 大發電所に於ては油入開閉器、發電機界磁調整器等を電氣的遠方制御 (electric remote control) とするのが普通である。此場合の電源としては何時にても即時に大電流を發生し得るものたるを必要とする、而して此要求を満すものは蓄電池を除いては他には無い。

電話交換用蓄電池 現時の電話交換の方式は共電式 (common-battery system) と稱し、蓄電池を用ひ各加入者用電話機共通の電源とするのが普通である。

緩衝電池 (buffer battery) 負荷が絶えず急激に變動する電氣鐵道用發電所或は變電所、昇降機、起重機等を有する自家用直流發電所或は變電所に於て、蓄電池と適當なる自働調整装置とを併用するときには、負荷の激變が發電機並に原動機に及ぼす衝擊を緩和し、併せて其電力並に電壓を一定に保持することが出来る。

線路電池 (line battery) 運輸状態比較的閑散にして且つ長き電車線路を有する郊外電氣鐵道に於て、電車線路の終端に近く蓄電池を設備し電車線電壓が規定の平均値なる場合に蓄電池が充電も放電も行はざる所謂浮動状態 (floating state) にある様に電池數を調整し置くときには、終點附近に於て電車が起動し急に大なる電流を取れば電車線電壓が降下し、蓄電池は自ら放電して負荷電流の一部を負擔し、饋電線の電流の増加を少くして電車線電壓の變動を減ずることが出来、従つて饋電線に細き電線を用ひ得るの利益がある。

349. 蓄電池の電圧調整法

蓄電池の電圧は充電に於ても亦放電に於ても其初期と終期とに於ては可なりに相違するから、蓄電池に依つて不變電圧配電を行はんとするには何等か電圧調整の方法を講じなければならぬ。此場合適當なる電流量を有する可變抵抗を電池と直列に接続し、此抵抗内の電圧降下を加減して線路電圧を一定に保持するも其一方法である。然し此方法は抵抗内に於て無益に電力を損失するから極めて小規模の場合の外には採用し難い。

現今一般に採用される電圧調整法は端電池開閉器 (end-cell switch) と稱する特種の開閉器を使用して直列に接続する電池数を充放電の時期に応じて變化する方法と、加減壓機 (booster) と稱し電圧を零から數十ヴォルトの範囲内に於て自由に加減し得る直流發電機を電池と直列に接続し、其電圧を調整して一定の電圧を得る方法と、端電池開閉器と加減壓機とを併用する方法との三種である。

350. 端電池開閉器

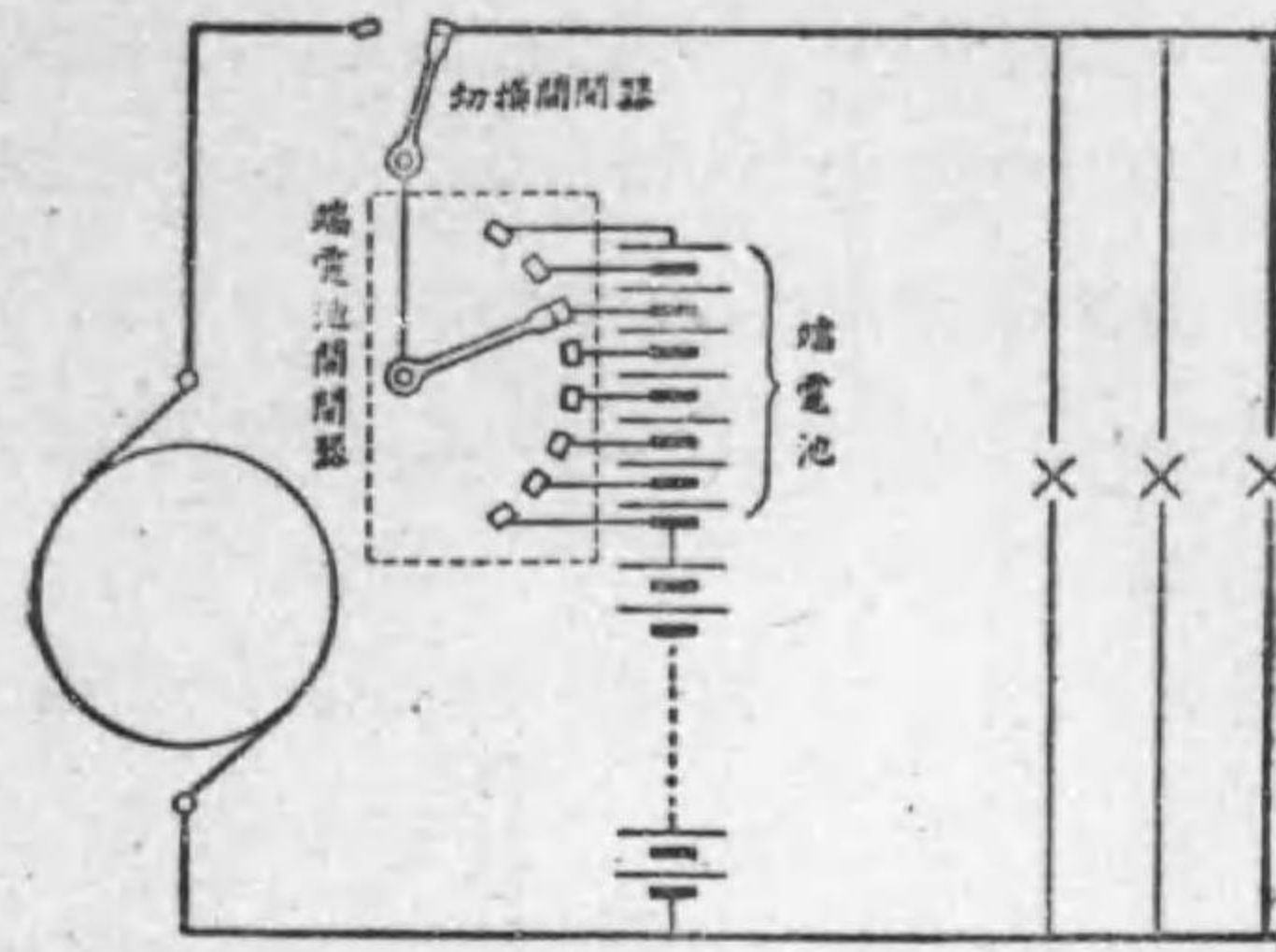
端電池開閉器には

單式端電池開閉器 (single end-cell switch)

複式端電池開閉器 (double end-cell switch)

とがある。第 354 圖は單式端電池開閉器を用ふる場合の回路の接続略圖である。圖に見る如く單式端電池開閉器は端電池 (end cell) 即ち全電池列の一端にありて回路に接続し或は回路外に切断さるべき電池の數よりも一個多き固定接觸片 (contact piece) と一個の可動接觸腕 (contact arm) とより成り接觸腕の位置によりて電池數を増減するのである。

第 425 圖



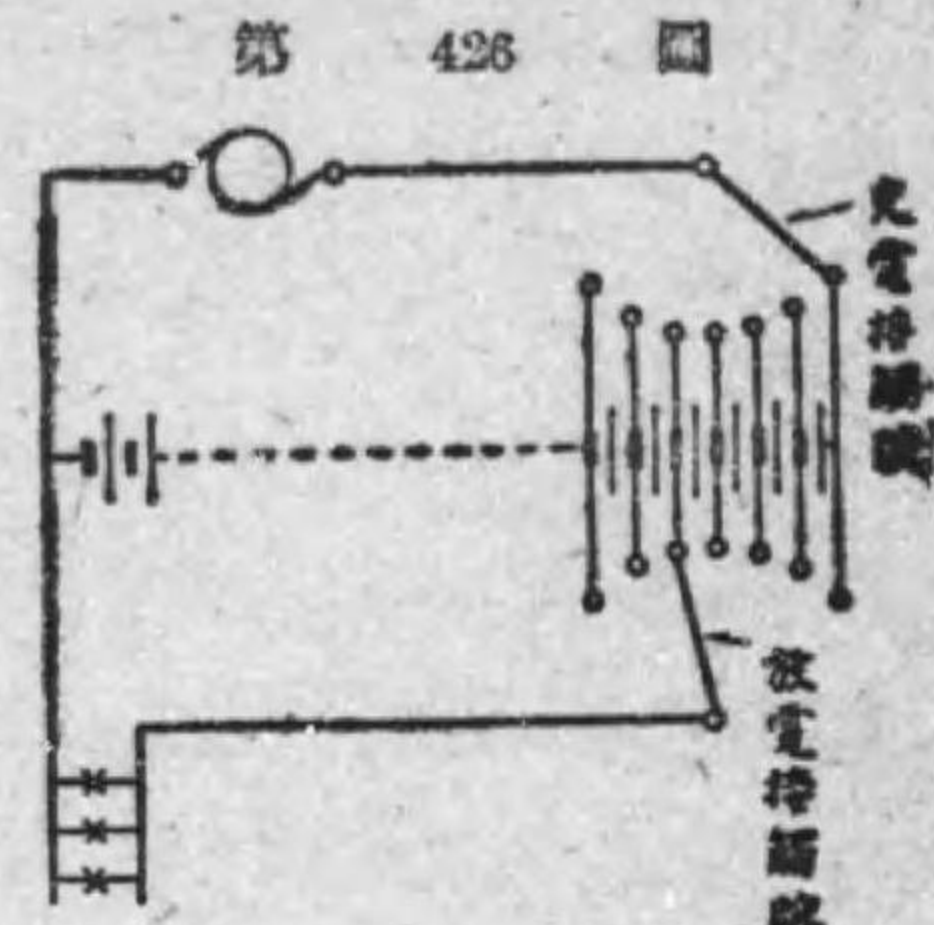
單式端電池開閉器の接続

負荷に電流を供給するには切換開閉器を放電側に閉ぢ、最初蓄電池の電圧高き間は端電池の接觸腕を下方の接觸片に接觸せしめ、放電が進みて漸次電池の電圧が減するに従つて接觸腕を上方に廻して電池數を増加するのである。接觸腕の動作は手働にて行ふ場合と、繼電用電圧計 (contact making voltmeter) を用ひ電路の電圧が下降或は上昇するとき接觸腕の軸に聯結せる小電動機に電流を通じて自動的に接觸腕の位置を調整する場合とがある。

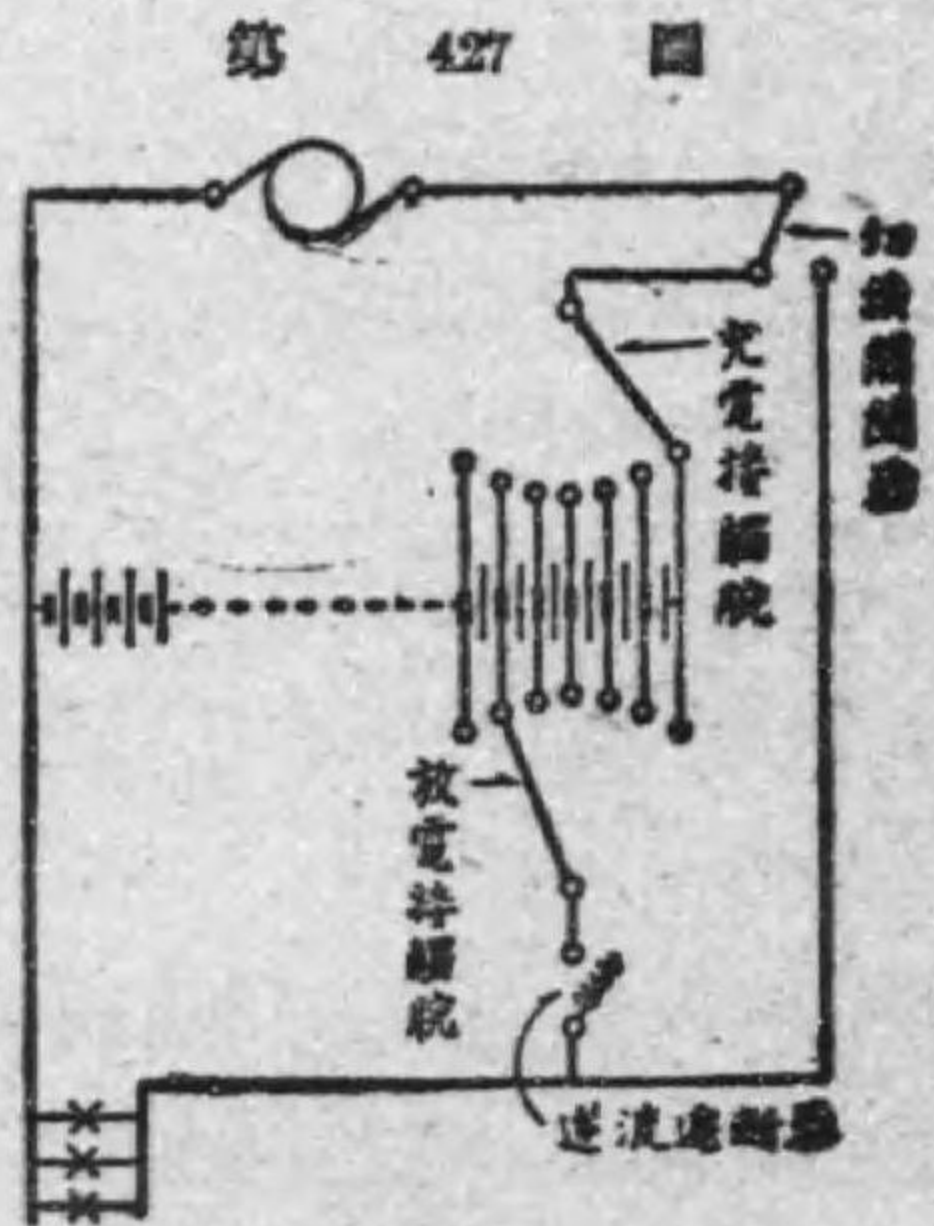
單式端電池開閉器を使用する場合に、切換開閉器を使用せずして蓄電池と發電機とを並列に負荷に接続して電路の電圧を一定に保持しながら蓄電池を充電せんとするときには、放電に於ては電池の電圧低きを以つて使用端電池數を増し、充電に於ては電池の電圧高きを以つて使用端電池の數を減少する必要があるから、端に近く位する端電池は多く放電されて少く充電されることになる。従つて端電池開閉器を用ふるときには第 425 圖の接

續圖に示せる如く必ず切換開閉器 (change-over switch) を使用して、負荷には蓄電池のみより電流を供給し、蓄電池の充電は負荷の休止中に行ひ此場合の電圧の調整は發電機に於て行はねばならぬ。然るに第 355 圖及第 356 圖に示す如く端電池開閉器を二重に使用するときには、發電機と蓄電池とを並列に電路に接続して重負荷に於ては發電機と蓄電池との兩者より負荷に電流を供給し、輕負荷に於ては發電機の餘力を以つて蓄電池を充電することが出来る。

第 355 圖の接続に於て發電機の電壓を所要の電路電壓に調整し、充電側並に放電側の接觸腕を共に蓄電池の無負荷端子電壓が電路電壓に等しき接觸片上に置くときは蓄電池は充電も亦放電もせず、負荷電流は發電機のみにより供給される。然るに此際端電池開閉器の接觸腕を高位の接觸片の方へ移動して蓄電池數を増して其の起電力を發電機電壓より高めると、蓄電池が放電を始め負荷電流は發電機と蓄電池との兩者より供給される。又發電機の電壓を高め同時に放電側に於ける電池數を充電側に於ける電池數よりも減すると發電機は蓄電池を充電しながら負荷に



第 426 圖 複式端電池開閉器の接続



第 427 圖 複式端電池開閉器の接続

も電流を供給する、而して此場合發電機の電壓を充分高くし、充電側接觸腕を最高位の接觸片上に置くときは發電機をして全部の蓄電池を充電しながら所要の電路電壓を以つて負荷に電流を供給せしめることが出来る。

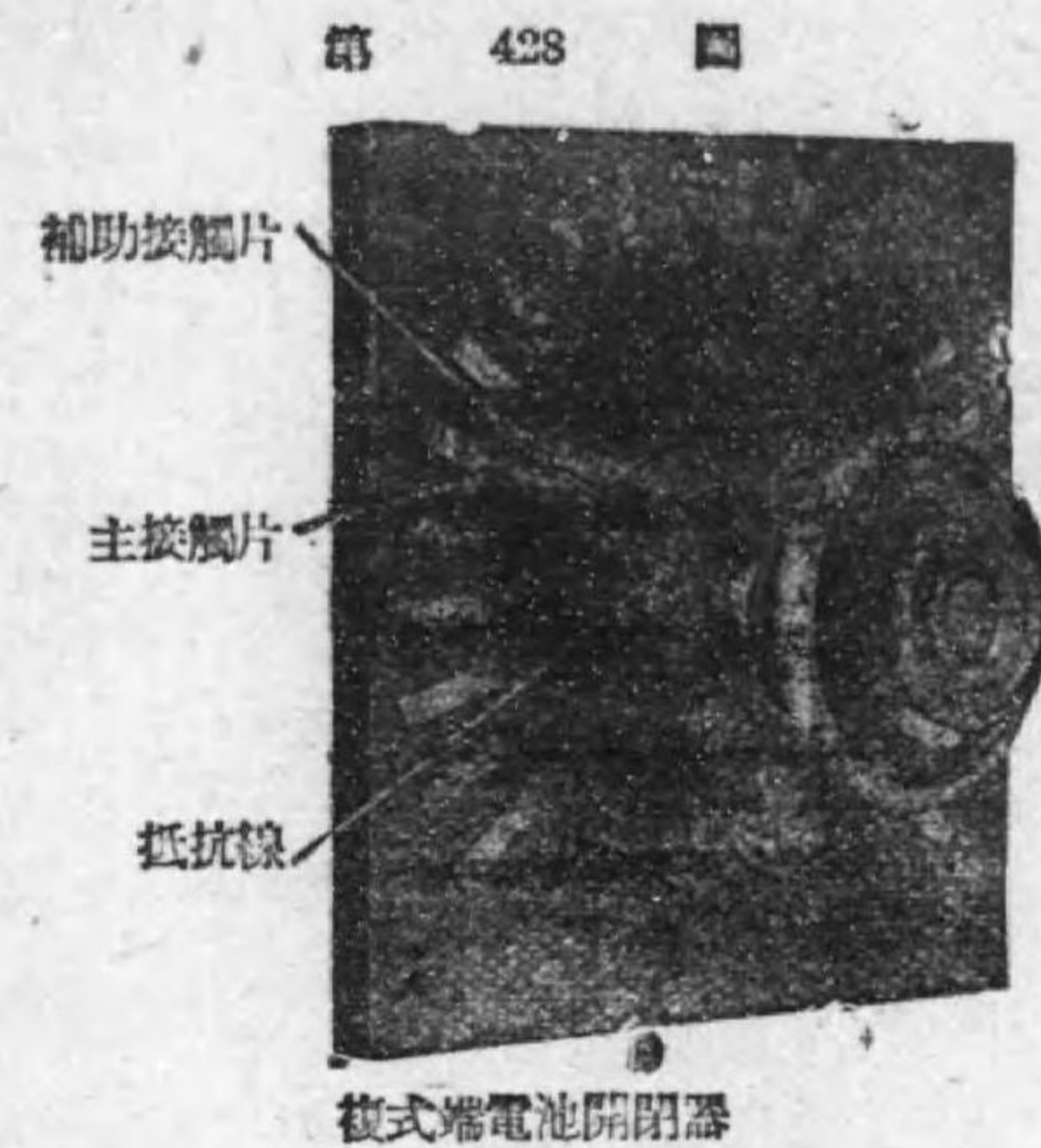
第 356 圖の接続は第 355 圖の接続と大體同じであるが、切換開閉器を用ひ發電機を蓄電池と直接に並列にして電路に接続し得る點が相違して居る。但し此場合若し切換開閉器を並列に閉ぢたるときに放電側端電池開閉器を経て蓄電池を充電すれば、已に述べたる如く端に位する端電池は多く放電して少く充電さるゝ事となるから、此誤りを避くる爲めに逆流遮断器

(reverse-current circuit breaker) を放電側端電池接觸腕と直列に使用しなければならぬ。

以上第 355 圖及第 356 圖の接続に於ては單式端電池開閉器を二重に使用する様に説明したが、實際には第 357 圖に示す如く一組の固定接觸片と、別々に動き得る二個の可動接觸腕とを有する複式端電池開閉器が使用される。

第 357 圖の接続は第 355 圖の接続と大體同じであるが、切換開閉器を用ひ發電機を蓄電池と直接に並列にして電路に接続し得る點が相違して居る。但し此場合若し切換開閉器を並列に閉ぢたるときに放電側端電池開閉器を経て蓄電池を充電すれば、已に述べたる如く端に位する端電池は多く放電して少く充電さるゝ事となるから、此誤りを避くる爲めに逆流遮断器 (reverse-current circuit breaker) を放電側端電池接觸腕と直列に使用しなければならぬ。

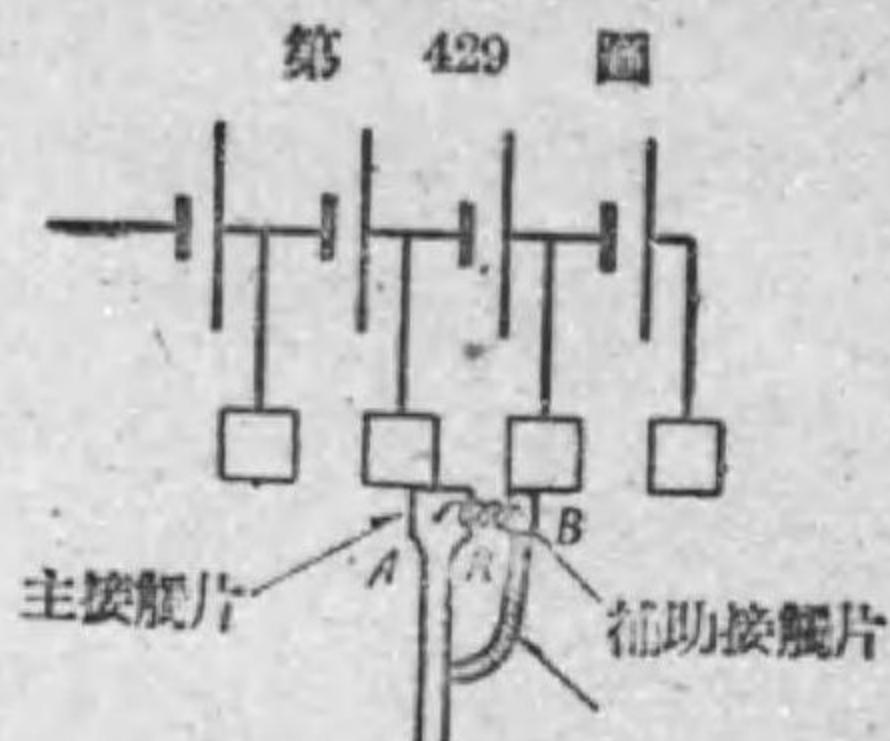
351. 端電池開閉器の構造 接觸腕が一つの接觸片から次の接觸片に移るときに電路を一時遮断することも防止しなければな



第 428 圖 複式端電池開閉器

らぬが、之れと共に接觸腕に同時に接觸する隣接せる二接觸片の間に接続された電池に短絡を起すことも防止しなければならぬ。

第358圖は此の目的に對して普通に採用される方法であつて、接觸腕の先端には主接觸片 A と補助接觸片 B とを設け其間を適當なる抵抗 R を以つて接続し置く、而して主接觸片及補助接觸片各の幅は二つの固定接觸間の間隙より狭くしてあるが、 A と B とを合せたる幅は二つの接觸片間の間隙



よりも幾分大に作つて置く、さうすると接觸腕を移動するとき之れが固定接觸片より全く離れて電路を遮断することなきと共に、接觸腕に同時に接觸する二個の固定接觸片間には必ず抵抗 R が挿入されるから短絡電池に大なる電流が通することもない。短絡電流は R の大なる程少くすることが出来る。然し R が餘り大であると接觸腕の主接觸片が一固定接觸片を離れ次の固定接觸片に接觸する迄の間は電路の電流は抵抗 R を經て通することになるから此際に大なる電壓降下が R 内に生じ電路電壓を一時甚だしく降下する。抵抗 R の値は短絡電流を規定の全負荷電流位に制限し得るものとするのが適當である。

352. 端電池數の計算

第354圖の單式端電池開閉器を使用する場合には放電に於ては端電池のみに依つて電壓調整を行ひ、充電に於ける電壓調整は發電機の電壓を加減することに依つて行ふのである。依つて此場合の端電池數は放電初期の電池電壓と放電終期の電池電壓

との差に依つて決定される。例へば所要の電路電壓が110ヴォルト又鉛蓄電池を使用し8時間放電を行ふものとして放電の終末電壓を1.8ヴォルトなりとすれば、

$$\text{所要最大個數} = \frac{110}{1.8} = 61$$

$$\text{所要最小個數} = \frac{110}{2.1} = 52$$

依つて此場合には61個の電池を使用し其内 $61 - 52 = 9$ 個を端電池とするを要する。

複式端電池開閉器を用ひ、發電機と蓄電池とを並列に使用する場合には發電機より蓄電池に充電しながら負荷にも電流を供給するのであるから、使用電池の最小數は充電終期に於ける電池の最高電壓に依つて決定される。例へば前例と同じ假定の下に於ては

$$\text{所要の最大個數} = \frac{110}{1.8} = 61$$

$$\text{所要の最小個數} = \frac{110}{2.7} = 41$$

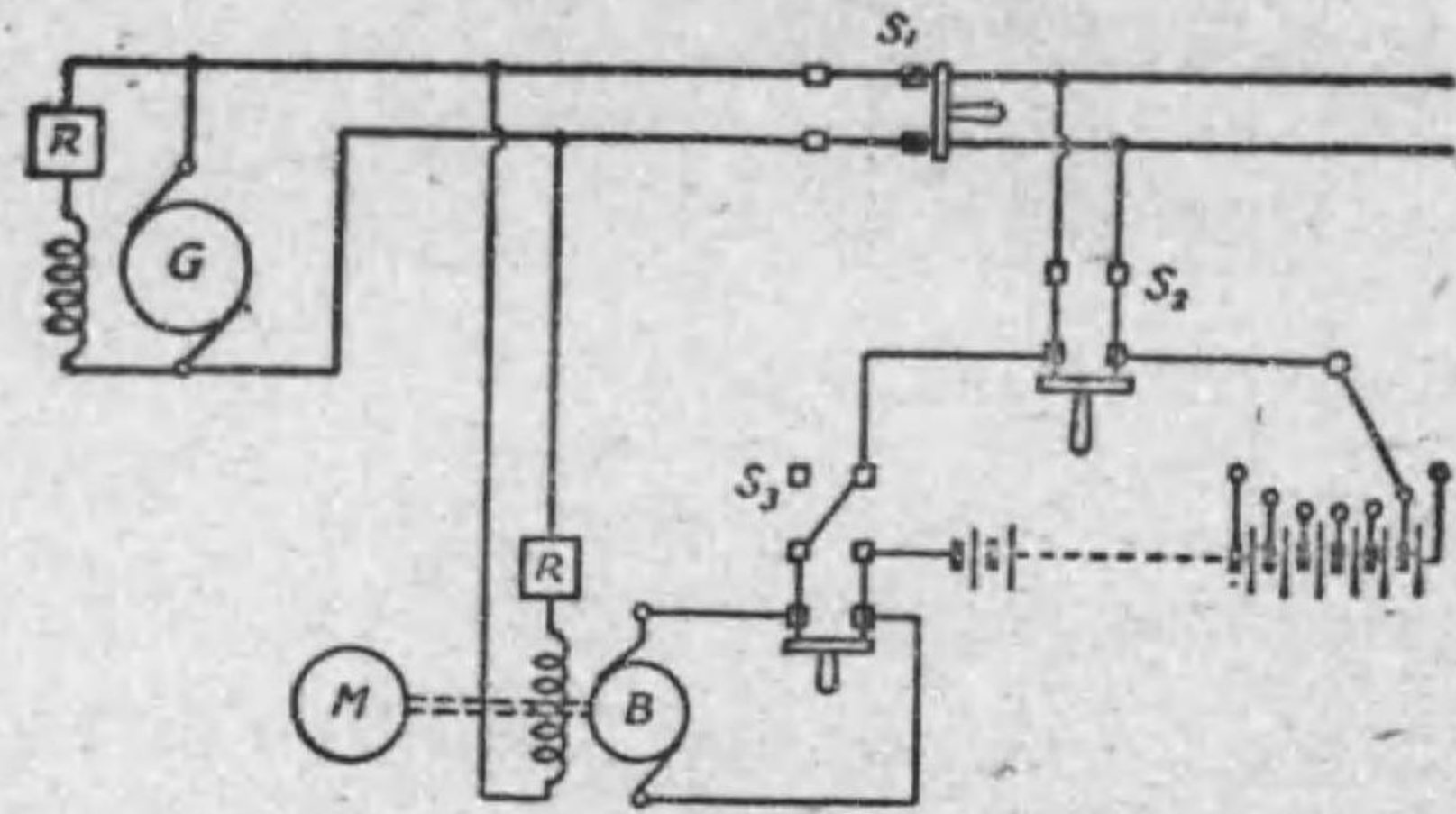
即ち全數61個の電池を用ひ其内の $61 - 41 = 20$ 個を端電池とするを要する。

353. 充電用加減壓機

前節の例に於て全部の電池を十分に充電せんとするには發電機の最高電壓は $2.7 \times 61 = 165$ ヴォルトとなり、従つて非常に廣範圍に其電壓を調整し得る發電機を要する。然るに發電機と直列に加減壓機を用ひ之れに依つて充電に於ける電壓の調整を行ふときには發電機の電壓は110ヴォルトにて充分である。

第 359 圖は充電用加減壓機を使用する場合の接続略圖である。G は發電機、B は加減壓機で其界磁線輪は母線間に分路に接続してある。加減壓

第 359 圖



充電用加減壓機の接続

機には直流電動機が直結してあり、之れに依つて一定速度に運轉される。但し電動機の接続は圖には示して無い。

開閉器 S_1, S_2 を閉ち双投開閉器 S_3 を下方に閉ち加減壓機 B を發電機 G に直列にして之れを發電すれば兩者の電壓の和が蓄電池に給與されるから、發電機の電壓は一定に保持するも加減壓機の電壓を高むれば全電池を充電することが出来る。蓄電池を放電せしむるときには双投開閉器 S_3 を上方に閉ちて電池を發電機と並列に接続し、此場合の電壓調整は端電池開閉器に依つて行ふのである。

加減壓機を使用するとき其界磁回路に二極双投開閉器を使用し界磁の極性従つて加減壓機の起電力の方向を可逆的にするときには端電池を使用することなく加減壓機のみで充電並に放電に於ける電壓調整を行ふことが出来るが、此方法は端電池を併用するとき比し容量の大なる加減壓機を要

するから殆ど用ひることがない。

354. 緩衝電池の制御法

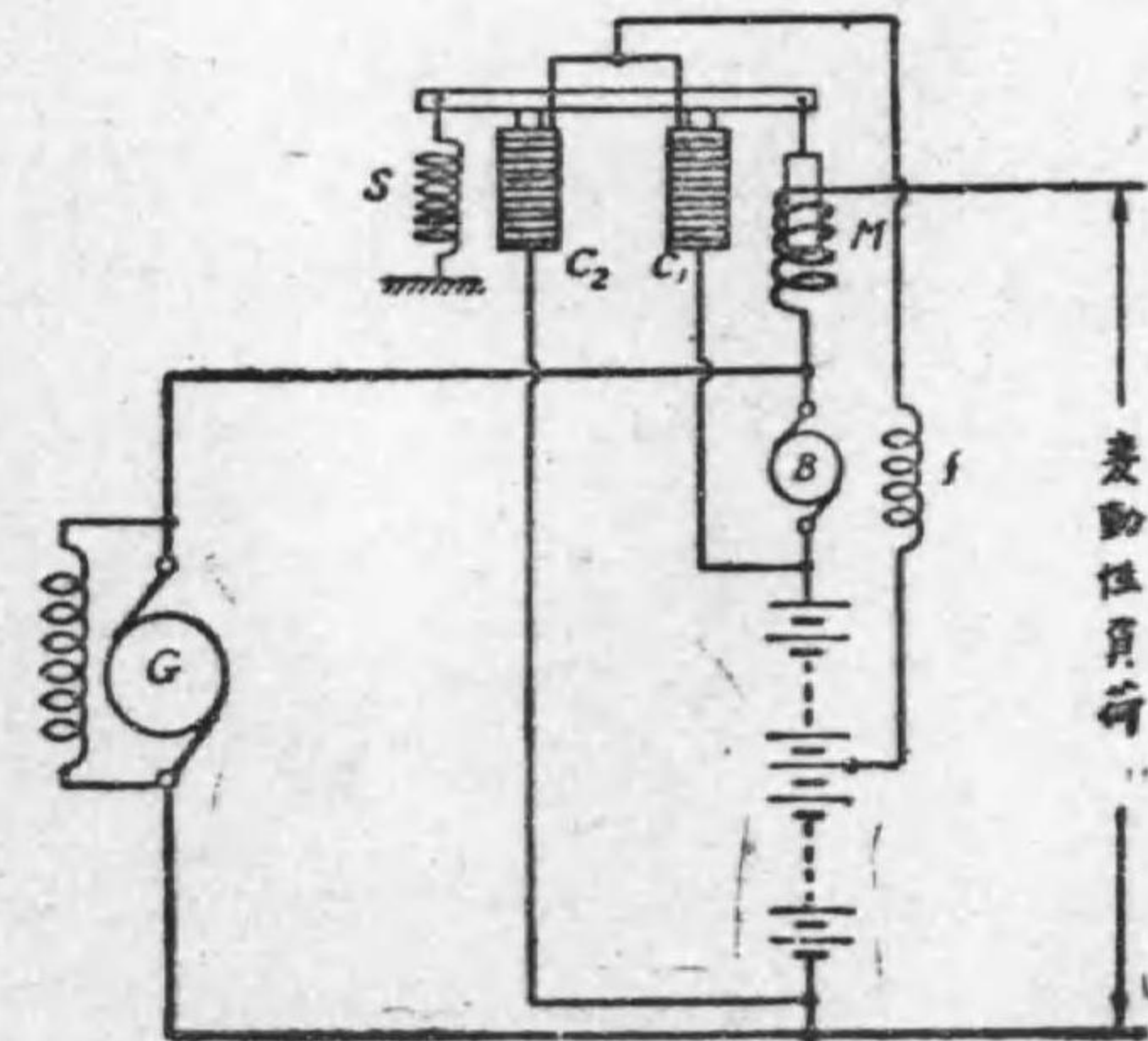
緩衝電池に於ては負荷の急激なる變動に即時に順應して蓄電池を充放電せしむることを要するから、蓄電池の充電放電の制御は自動的でなければならぬ。此爲めには負荷電流或は發電機電流の増減に應じて自動的に其電壓を變化する自動加減壓機 (automatic booster) を使用しなければならぬ。

自動加減壓機には其電壓を自動的に變化するのみならず其極性をも自動的に轉換する可逆性自動加減壓機 (reversible automatic booster) と電壓を自動的に變化するのみにて其極性を轉換することなき非可逆性自動加減壓機 (non-reversible automatic booster) とがあるが、緩衝電池には主として可逆性自動加減壓機が用ひられる。次に可逆性自動加減壓機の一例としてエンツ式加減壓

機 (Entz booster) の動作原理を述べよう。

第 360 圖はエンツ式加減壓機の接続略圖である。圖中 C_1 及 C_2 は炭素圓板を堆み重ねたる炭素堆抵抗器 (carbon-pile rheostat) B は彈條、 M は吸鐵線輪である。負荷電流が

第 360 圖



エンツ式加減壓機の接続

規定の値なるときに吸鐵線輪の吸引力が彈條 S の力と平衡し槓杆は水平の位置を取り兩炭素堆 C_1 及 C_2 に加はる壓力等しく其抵抗が互に等しき様に調整される。炭素堆 C_1 の一端は蓄電池の陽極端子に又炭素堆 C_2 の一端は蓄電池の陰極端子に接続し加減壓機の界磁線輪 f は兩炭素堆 C_1 と C_2 との共通接続點と蓄電池の中點との間に接続してあるから、負荷電流が規定の値であつて C_1 の抵抗と C_2 の抵抗とが等しきときには界磁線輪 f には電流通ぜず加減壓機の起電力は零である、而して此時に蓄電池は浮動の状態にある様にされて居る。負荷電流が規定の値より増加するときには吸鐵線輪の吸引力が増し槓杆の右端が下り左端が上り C_1 の壓力が増して其抵抗が減少し C_2 の壓力が減じて其抵抗が増し、其結果界磁線輪には上方より下方に向つて電流通じ加減壓機を勵磁して之れに蓄電池と同方向の起電力を與へて蓄電池を放電せしめる。然るに負荷電流が規定の値より減少するときには吸鐵線輪の吸引力が減少するから槓杆の右端が上り左端が下り C_2 の抵抗が C_1 の抵抗よりも小となり界磁線輪 f には前と反對の方向に電流通じ加減壓機の起電力の方向反對となり蓄電池は充電される。斯の如くして負荷が變動するも發電機の電流は略一定に保持され緩衝作用が得られるのである。

355. 摘要

1 蓄電池は其使用状態に依り移動用と据置用とに區別される。尖頭負荷電池、應急豫備電池、緩衝電池、線路電池、其他自家用蓄電所用、配電盤器具制御用、電話交換用等は据置用蓄電池の主なる用途である。

2 蓄電池の電壓及充放電の調整には端電池開閉器及加減壓機を用ふ

のが普通である。

3 端電池開閉器には單式端電池開閉器と複式端電池開閉器とがある。單式端電池開閉器のみに依つて電壓の調整を行ふ場合には發電機より負荷に電流を供給しながら蓄電池を充電することは出来ぬ。複式端電池開閉器を用ふれば發電機と蓄電池とを並列にし負荷に電流を供給しながら蓄電池を充電し又發電機と蓄電池の兩者より負荷に電流を供給することが出来る。

4 蓄電池を不變電壓の電路に用ふる場合の使用電池の最大個數は電路電壓と放電終期に於ける電池の極限電壓とに依つて決定される。電池の使用最小個數は單式端電池開閉器を用ふるとき（但し充電用加減壓機を用ひざるとき）には放電初期に於ける電池電壓に依り又複式端電池開閉器を用ふるときには充電終期に於ける最大電壓に依つて決定される。最大個數と最小個數との差が端電池數である。

5 端電池開閉器のみに依つて蓄電池の充電電壓を調整せんとすれば廣範圍に電壓を調整し得る發電機を要する。充電用加減壓機を使用すれば此不便を除くことが出来る。

6 緩衝用電池の制御には自働加減壓機を要する。

問題 XXV

1 複式端電池開閉器を使用し鉛蓄電池と發電機とを並列にして 100 ヴルトの電燈に電流を供給せんとす、電池の總個數及端電池數幾許を要するか。

答 56 個, 19 個

2 第 359 圖の接続にて全部の蓄電池を充分に充電せんとするには充電

用加減壓機は最高幾ヴォルトの電壓を要するか。但し電路の電壓は110ヴォルトに保持するものとす。

答 55 ヴォルト

3 53 個の鉛蓄電池を直列に接続せるものを電圧110ヴォルトの發電機と常に並列に接続し、其の充放電に於ける電壓の調整を加減壓機のみを以つて行はんとす、加減壓機の最大電壓及此加減壓機を運轉するには幾馬力の電動機を必要とするか。但し蓄電池の充電は50アムペアの一定電流を以つてし、蓄電池の放電電流は最大180アムペアにして此れに相當する放電終期の電池の端子電壓は電池一個に付き1.8ヴォルトにして、又加減壓機の能率は75%なりと假定す。

答 33 ヴォルト 5馬力

手引 充電の終期か或は放電の終期かの何れかに於て加減壓機の電壓は最大となり、従つて又其の出力も最大となる。

4 次の如き負荷を有する自家用發電所を設計せんとす、發電機は午前6時より午後11時まで一定電流を以つて運轉し、發電機の運轉休止中の負荷及尖頭負荷は蓄電池に依つて補給するものとすれば發電機及蓄電池は容量幾許のものを要するか。

午前 6 時より午前 7 時まで	150 アムペア
午前 7 時より午後 4 時まで	40 アムペア
午後 4 時より午後 5 時まで	240 アムペア
午後 5 時より午後 10 時まで	800 アムペア
午後 10 時より午後 11 時まで	400 アムペア
午後 11 時より午前 4 時まで	80 アムペア
午前 4 時より午前 6 時まで	120 アムペア

發電機は110ヴォルトの一定電壓を以つて運轉するものとす。

解 負荷が一晝夜間に要求する電氣量は

$$150 \times 1 + 40 \times 9 + 240 \times 1 + 800 \times 5 + 400 \times 1 + 80 \times 5 + 120 \times 2 \\ = 5790 \text{ アムペア時}$$

之れを發電機運轉中の17時間を以つて平均すれば平均電流は

$$5790 \div 17 = 340 \text{ アムペア}$$

負荷電流が此値以上の尖頭負荷時に於ける超過電流及發電機運轉休止中の負荷電流は蓄電池より供給しなければならぬから、蓄電池の一晝夜間の全放電量即ち蓄電池の所要容量は

$$(800 - 340) \times 5 + (400 - 340) \times 1 + 80 \times 5 + 120 \times 2 = 3000 \text{ アムペア時}$$

蓄電池のアムペア時能率を90%とすれば、充放電中に蓄電池内にて損失する電氣量は300アムペア時である。而して發電機は其の運轉時間の17時間の内に負荷の要求する全電氣量及蓄電池内の損失電氣量を供給しなければならぬのであるから、發電機の電流は

$$\frac{5790 + 300}{17} = 360 \text{ アムペア}$$

故に發電機の所要容量は

$$\frac{360 \times 110}{1000} = 40 \text{ キロワット}$$

第二十九章 熱電氣

356. 熱電流

第 361 圖の裝置は着鉛とアンチモニーとを其兩端に於て接合して一捲の矩形線輪とし其中央に磁針を支持せるものであつて、其の一端の接合點を熱するときには直ちに磁針が偏り回路に電流が発生せることを示すものである。

一般に異種の二金屬の接合點に於ては、其二金屬の種類と接合點の溫度とに依つて一定する起電力が発生せるものである。然し二金屬を其兩端に於て夫々互に接合して一回路を形作るとき、其兩端の溫度が同一なるときには兩接合點に於て大さの等しき起電力が反對方向に生じ此兩起

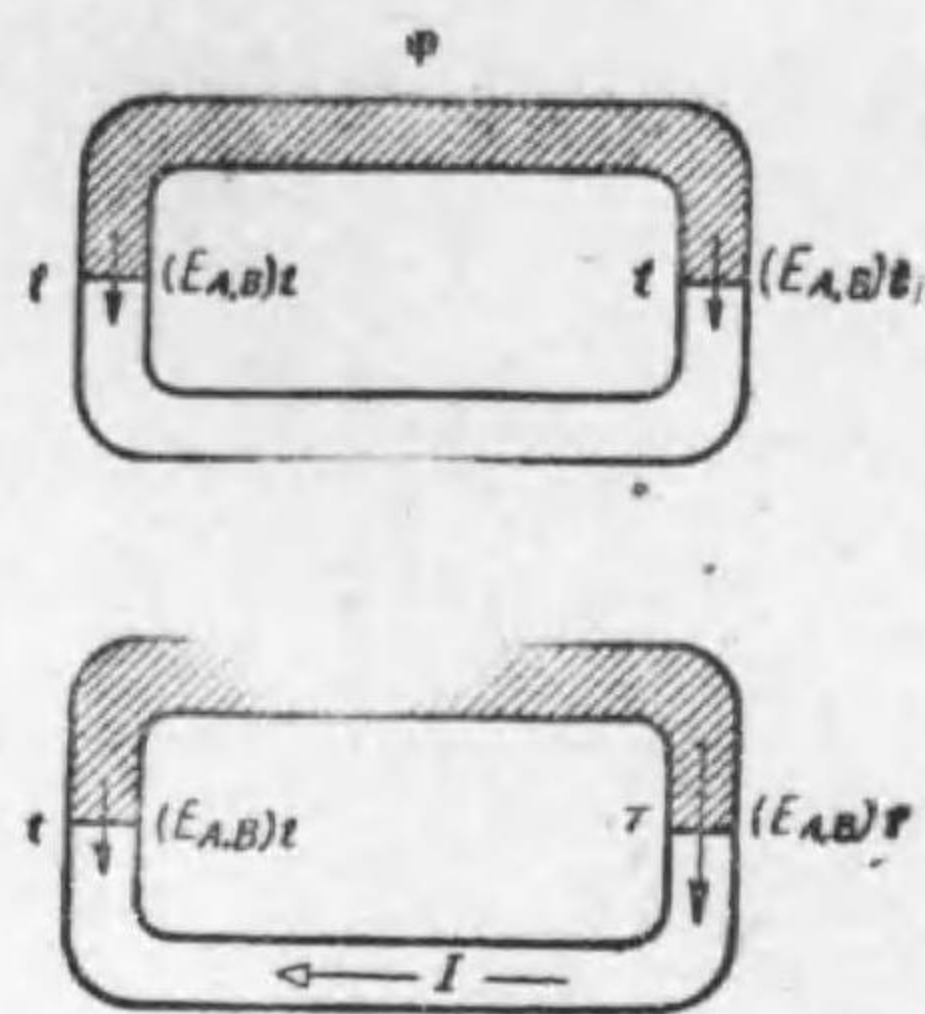


熱電流の發生

電力が互に平衡するから回路全體の起電力は零となり電流は發生しない、(第 362 圖甲)。然るに一方の接合點を熱して他の接合點よりも高溫にすると兩接合點に於ける起電力に差異が生じ起電力の平衡が破れて回路に電流が発生するに至る。(第 433 圖乙)之れが前述の裝置の一端を加熱するとき回路に電流が発生して磁針が偏る理由である。

上述の現象は一般に異種の數金屬を順次に接合して一回路を作るとき其接合點の溫度に不同ある場合に起る現象であつて、之れを熱電氣現象

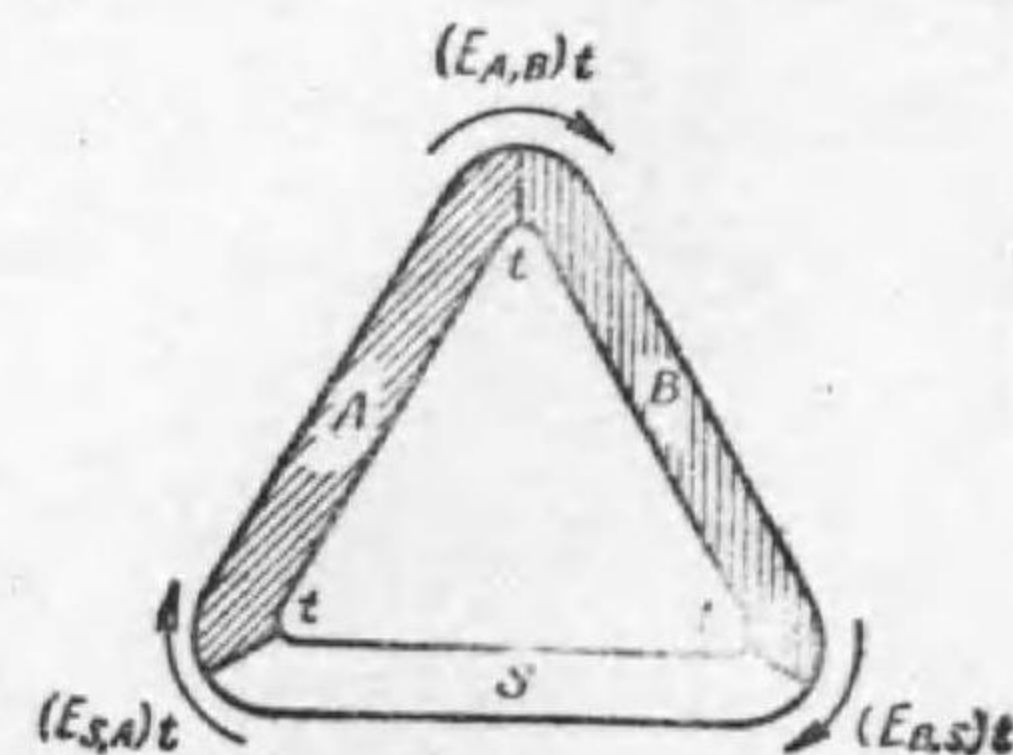
第 433 圖



$$I = \frac{(E_{A,B})_T - (E_{A,B})_t}{R}$$

熱電起電力の説明

第 434 圖



熱電流回路

(thermo-electric phenomena), 又此場合の回路の起電力及電流を熱電起電力 (thermo-electric E.M.F.) 及熱電流 (thermo-electric current) と稱し、熱電氣現象を生じ得る異種の金屬の組み合わせを熱電對 (thermo-electric couple) と稱する。

357. 熱電起電力に関する法則

第 363 圖の如く三金屬 A, B, S を順次に接合して一回路を作るとき各接合點の溫度が同一ならば熱電流は全く發生しない。之れより考ふるときには任意の溫度 t に於ける各接合點の起電力を ABS A の方向を正方向として示せるものを夫々 $(E_{A,B})_t, (E_{B,S})_t, (E_{S,A})_t$ とすれば、之れ等の起電力の間には

$$(E_{A,B})_t + (E_{B,S})_t + (E_{S,A})_t = 0$$

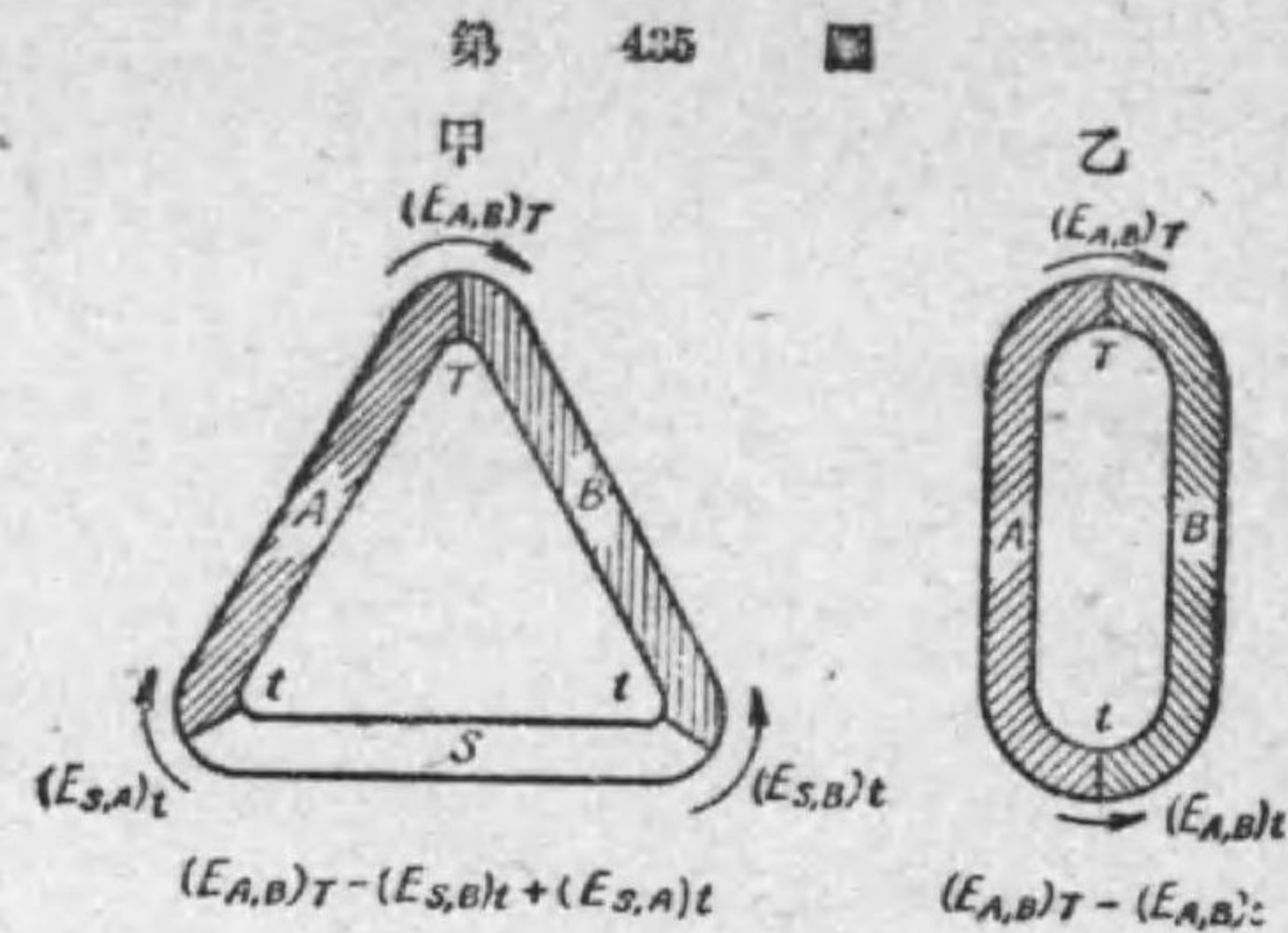
B-S 接合點に於ける起電力を S から B に向ふ方向を正方向として示せるものを $(E_{S,B})_t$ とすれば $(E_{S,B})_t = -(E_{B,S})_t$

$$\therefore (E_{A,B})_t = (E_{S,B})_t - (E_{S,A})_t \dots\dots\dots(189)$$

なる關係が存在するものと云はなければならぬ。従つて第 364 圖甲に示す

如く A, B 間の接合點の溫度を T とし他の接合點の溫度は同一の溫度 t とする場合の回路の熱電起電力は

$$(E_{A,B})_T - (E_{S,B})_t + (E_{S,A})_t = (E_{A,B})_T - (E_{A,D})_t$$



熱電流回路

となり、恰も乙圖の如く A, B の二金屬丈の熱電回路に於て其接合點の溫度を T 及 t とせる場合と同一の熱電起電力が回路に發生するものである。

A, B 二金屬より成れる熱電回路に於て其接合點の溫度を T, t とせる場合の回路の熱電起電力を $(E_{A,B})_{T,t}$ とすれば

$$(E_{A,B})_{T,t} = (E_{A,B})_T - (E_{A,B})_t$$

然るに(165)式に依り

$$(E_{A,B})_T = (E_{S,B})_T - (E_{S,A})_T$$

$$(E_{A,B})_t = (E_{S,B})_t - (E_{S,A})_t$$

$$\begin{aligned} \therefore (E_{A,B})_{T,t} &= [(E_{S,B})_T - (E_{S,A})_T] - [(E_{S,B})_t - (E_{S,A})_t] \\ &= [(E_{S,B})_T - (E_{S,B})_t] - [(E_{S,A})_T - (E_{S,A})_t] \end{aligned}$$

$$\therefore (E_{A,B})_{T,t} = (E_{S,B})_{T,t} - (E_{S,A})_{T,t}$$

即ち $[A-B$ 熱電對の起電力] $_{T,t}$

$$= [S-B$$
 熱電對の起電力] $_{T,t} - [S-A$ 熱電對の起電力] $_{T,t}$

従つて或る一定の金屬(普通鉛)を標準とし之れと他の種々の金屬 A, B, C, D 等の何れか一とを組み合せたる熱電對の起電力を實驗し置けば他の任意の二金屬例へば A と B とを組み合せたる熱電對の起電力は

$$\begin{aligned} [A-B \text{ 熱電對の起電力}]_{T,t} &= [\text{鉛}-B \text{ 熱電對の起電力}]_{T,t} \\ &\quad - [\text{鉛}-A \text{ 熱電對の起電力}]_{T,t} \dots\dots\dots (190) \end{aligned}$$

なる式より直ちに之れを知り得るものである。

〔例 157〕 鉛-蒼鉛の熱電對に於て接合點の溫度を $100^\circ C$ 及 $0^\circ C$ とするときには $-7690 \mu V$ ($100^\circ C$ の接合點に於て鉛より蒼鉛に向ふ方向を起電力の正方向とするときに $-7690 \mu V$ 依つて實際の起電力の方向は $100^\circ C$ の接合點に於て蒼鉛より鉛に向つて居る) 又鉛-アンチモニーの熱電對に於て接合點の溫度を $100^\circ C$ 及 $0^\circ C$ とするときには $320 \mu V$ の熱電起電力が發生する。然らば蒼鉛-アンチモニーの熱電對に於て其接合點の溫度を $100^\circ C$ 及 $0^\circ C$ とする場合の熱電起電力は幾許か。

$$\text{解} \cdot (E_{Bi,Sb})_{100,0} = (E_{Pb,Sb})_{100,0} - (E_{Pb,Bi})_{100,0}$$

$$= 320 - (-7690) = 8010 \mu V = 0.00801 V$$

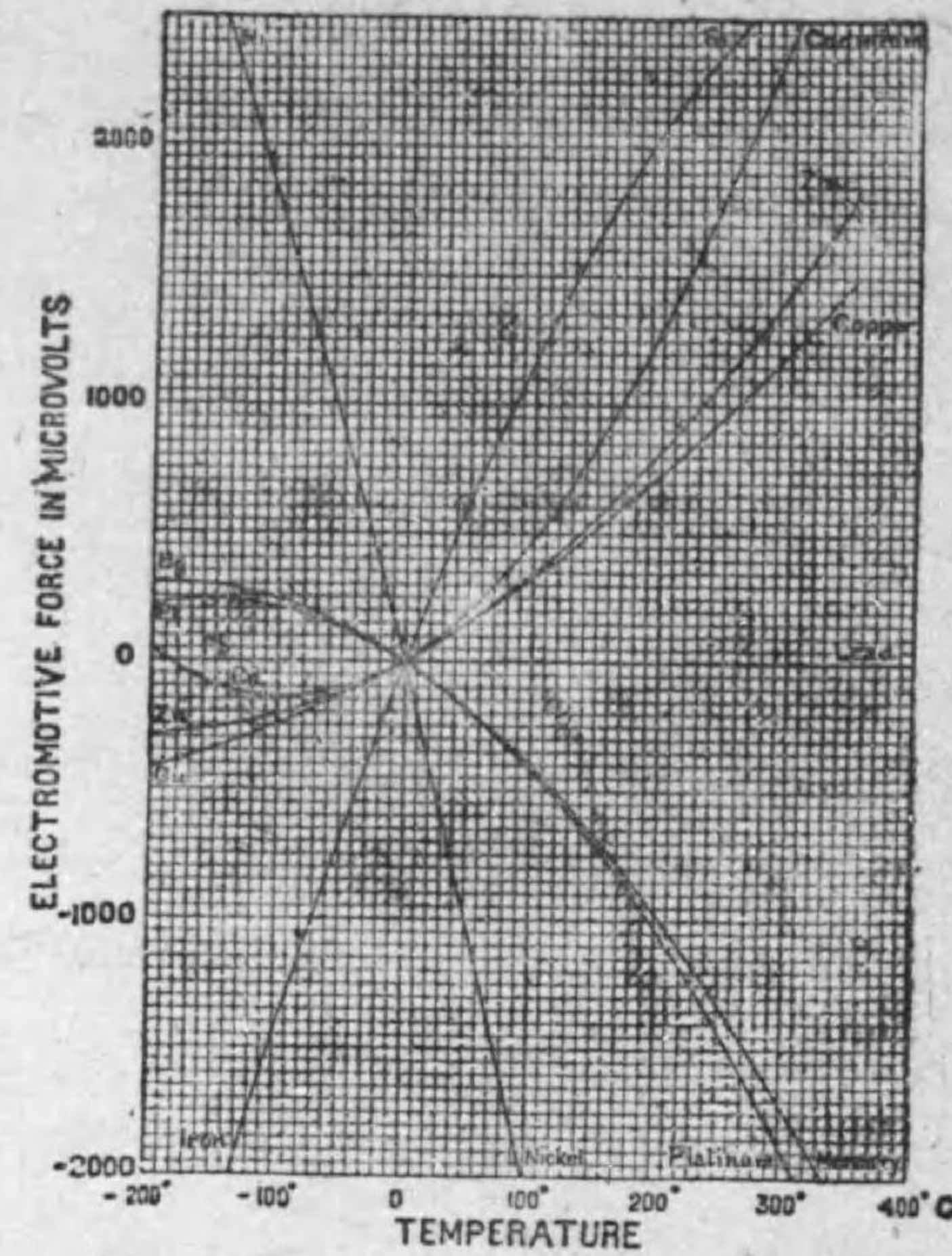
而して此起電力の値が正であるから、起電力の方向は $100^\circ C$ 即ち高温の接合點に於て蒼鉛からアンチモニーに向ふ方向である。

358. 熱電起電力と溫度との關係 第 436 圖の曲

線は標準金屬鉛と他の種々の金屬とを組み合せて熱電對とし、一方の接合

第 436 圖

點の溫度を零度に保ち他の接合點の溫度を種々に變化せる場合の、各溫度に於ける熱電起電力を可變溫度の接合點に於て鉛より他の金屬に向ふ方向を起電力の正方向として示せるものである。例へば鉛-カドミウムの熱電對に於て其接合點の溫度を 100°C 及 0°C とするときには溫度 100°C なる接合點に於て鉛よりカドミウ



鉛に對する熱電起電力と溫度との關係

ムに向ふ方向に 470μV の熱電起電力が発生し、又接合點の溫度を -100°C 及 0°C とするときには 溫度 -100°C なる接合點に於て鉛よりカドミウムに向ふ方向に -140μV (即ちカドミウムより鉛に向ふ方向に 140μV) の熱電起電力が発生することを示せるものである。

上述の熱電起電力の曲線は總て拋物線をなせるものであるから、從つて鉛と他の任意金屬 A との熱電對に於て其接合點の溫度を t°C 及 0°C とするときの起電力は

$$(E_{Pb,A})_{t,0} = at + \frac{b}{2} t^2 \mu V \dots\dots\dots (191)$$

なる式を以つて示し得るものである。式中 a 及 b は金屬 A の種類に依つて一定する定數であつて、第 24 表は主なる金屬に就て此値を示せるものである。

第 24 表 熱電起電力の定數

金屬の種類	a	b
鋅	-72.63	-0.0848
ニッケル	-19.16	-0.0290
コパルト	-15.51	-0.0760
水銀	-3.21	-0.0168
白金	-3.10	-0.0206
アンチモニウム	1.80	0.0282
銅	2.86	0.0080
亜鉛	2.73	0.0138
カドミウム	3.11	0.0334
白金イリヂウム (白金90% イリヂウム10%)	5.9	-0.0133
鐵	13.20	-0.0286

【例 142】ニッケル-鐵の熱電對に於て其接合點の溫度を 100°C 及 0°C とする場合の熱電起電力を求む。

解 (191) 式及第 24 表より

$$(E_{Pb,Fe})_{100,0} = 13.20 \times 100 + \frac{-0.0286}{2} \times 100^2 = 1177$$

$$(E_{Pb,Ni})_{100,0} = -19.16 \times 100 + \frac{-0.0290}{2} \times 100^2 = -2061$$

故に (190) 式より

$$(E_{Ni,Fe})_{100,0} = (E_{Pb,Fe})_{100,0} - (E_{Pb,Ni})_{100,0}$$

$$= 1177 - (-2061) = 3238 \mu V$$

而して此起電力の値が正であるから、起電力の方向は 100°C の接合點に於てニッケルより鐵に向ふ方向である。

359. 熱電能 鉛と他の金屬との熱電對に於て一方の接合點の溫度を零度に保ち他の接合點の溫度を t とせるときの熱電起電力を E とし、又其接合點の溫度を僅か上昇して $(t + \Delta t)$ とせるときに起電力も僅か上昇して $(E + \Delta E)$ になれるものとすれば、(166)式より

$$E + \Delta E = a(t + \Delta t) + \frac{b}{2}(t + \Delta t)^2$$

$$= at + \frac{b}{2}t^2 + (a + bt)\Delta t + \frac{b}{2}(\Delta t)^2$$

又 $E = at + \frac{b}{2}t^2$

$\therefore \Delta E = (a + bt)\Delta t + \frac{b}{2}(\Delta t)^2$

$\therefore \frac{\Delta E}{\Delta t} = (a + bt) + \frac{b}{2} \cdot \Delta t$

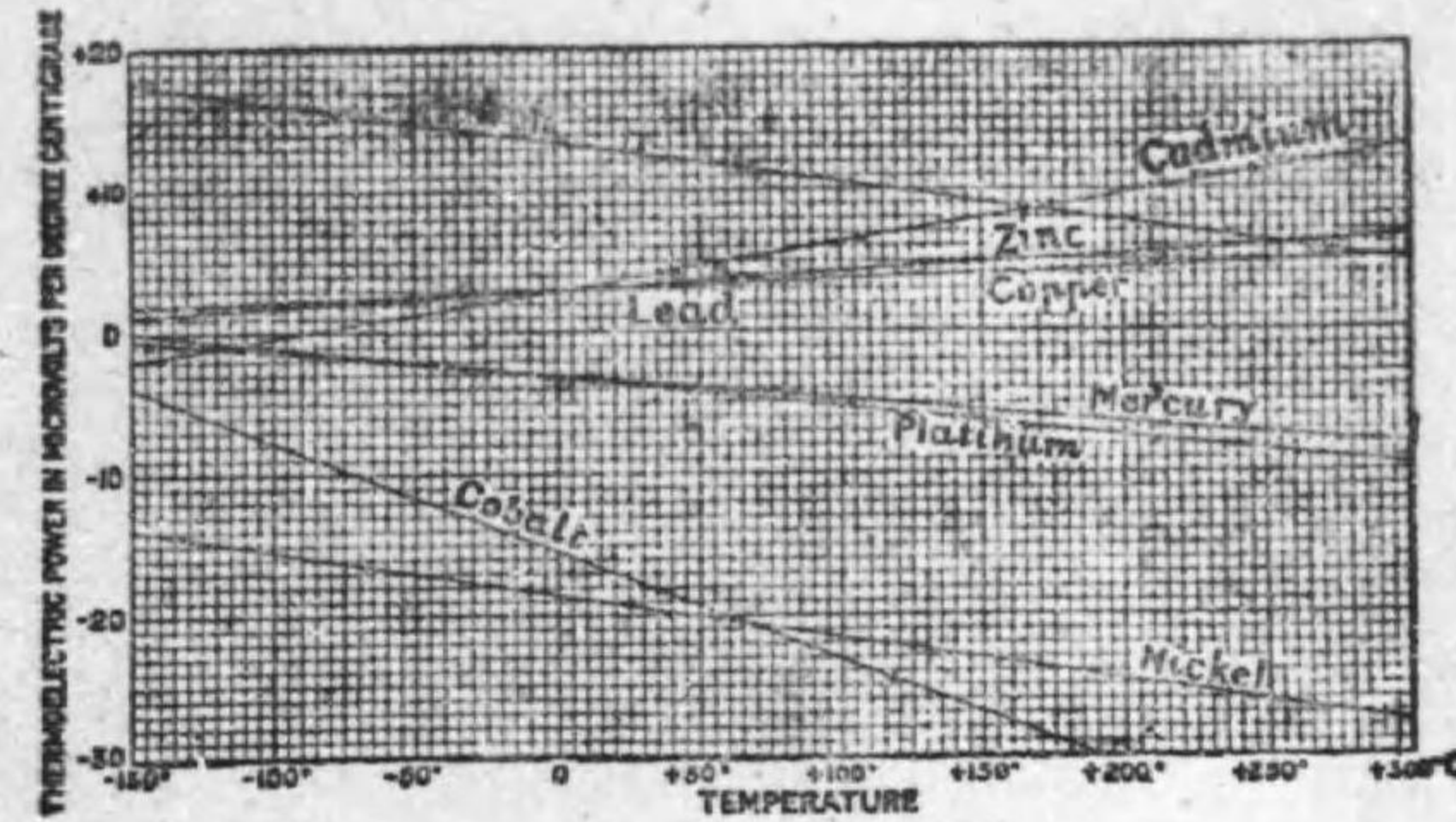
Δt が極めて微小にして遂に零となれる極限に於ては $\frac{b}{2} \cdot \Delta t$ は零であるから、此場合の $\frac{\Delta E}{\Delta t}$ の値を Q とすれば

$$Q = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta E}{\Delta t} = a + bt \dots \dots \dots (192)$$

となる。此値は熱電回路の起電力が各溫度に於て如何なる割合を以つて増加すべきかを示す率である。而して此場合他端の接合點の溫度は一定に保持されて居り其接合點に於ける起電力は一定であるから、回路の熱電起電力の増加は要するに溫度を變化せる接合點即ち溫度 t なる接合點に於ける

起電力の増加に外ならない。換言すれば(192)式の Q は鉛を他の金屬に接合するとき其接合點に於て發生する起電力が各溫度に於て如何なる割合で増加するかを示す率であつて、此値を鉛が他の金屬に對する熱電能 (thermo-electric power) と稱する。第 306 圖は鉛が他の種々の金屬に對

第 437 圖



鉛に對する熱電能と溫度との關係

する熱電能と溫度との關係を示せるものであつて、(192)式よりも判る通り熱電能は溫度に伴つて直線的に變化するものである。

(165)式によれば任意の二金屬 $A-B$ の接合點に生ずる起電力は、鉛 $-B$ の接合點に發生する起電力と鉛 $-A$ 接合點に發生する起電力との差即ち

$$(E_{A,B})_t = (E_{Pb,B})_t - (E_{Pb,A})_t$$

である。従つて熱電能に於ても之れと同様の關係があり、或る溫度 t に於ける A 金屬が B 金屬に對する熱電能は同じ溫度に於ける鉛が B 金屬に對する熱電能と鉛が A 金屬に對する熱電能との差に等しい。即ち

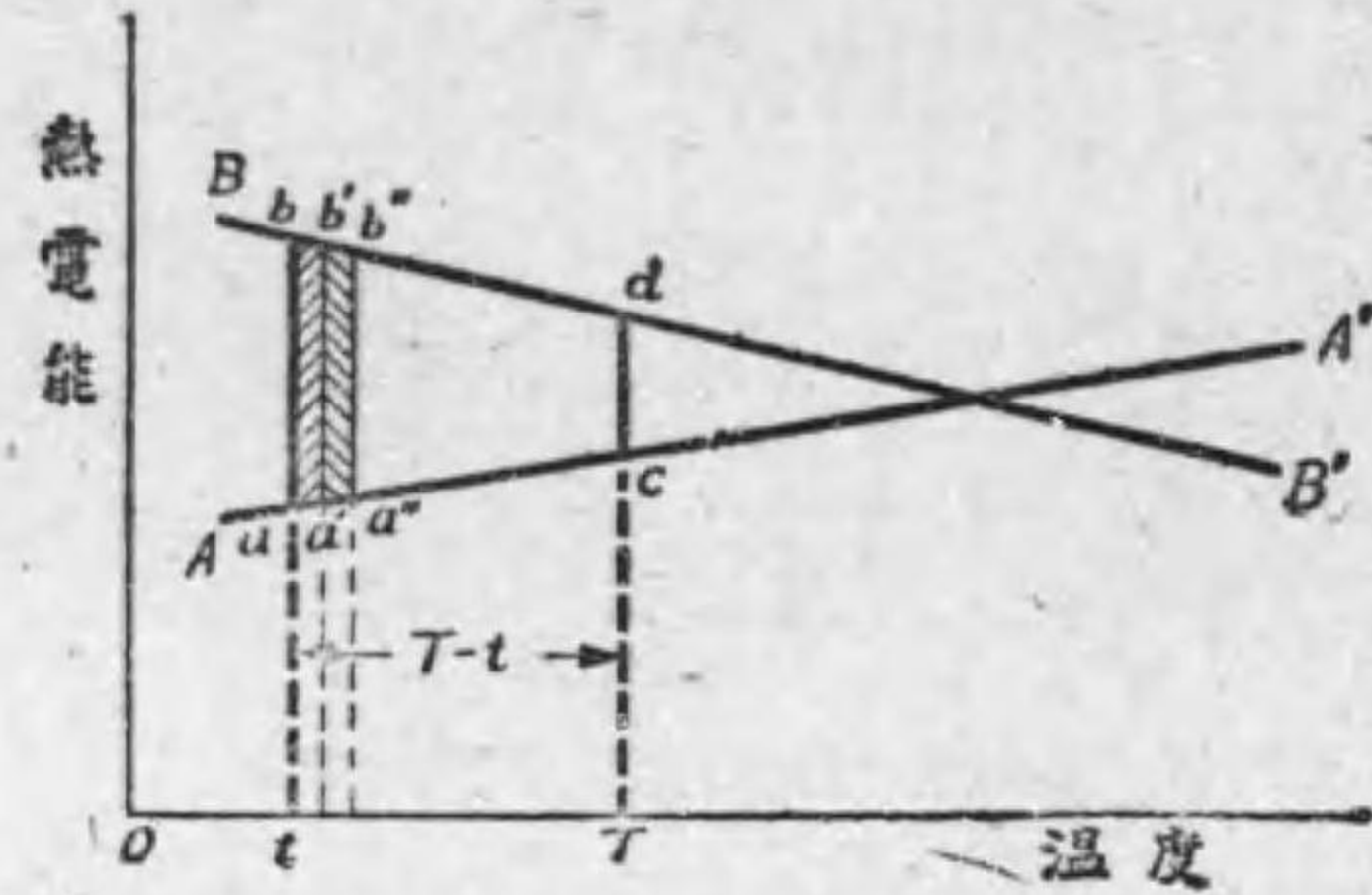
$$(Q_{A,B})_t = (Q_{Pb,B})_t - (Q_{Pb,A})_t \dots \dots \dots (193)$$

なる關係が存在する。

360. 任意の熱電對の任意溫度に於ける起電力

第367圖に於て AA' を鉛が A 金屬に對する熱電能直線、又 BB' を鉛が B 金屬に對する熱電能直線とすれば、任意の溫度 t に於ける A 金屬の B 金屬に對する熱電能は

第 438 圖



$$(Q_{A,B})_t = (Q_{Pb,B})_t - (Q_{Pb,A})_t = \overline{tb} - \overline{ta} = \overline{ab}$$

である。

扱て今 A, B 二金屬の熱電對に於て其兩端の接合點が同一溫度 t なるときには回路の熱電起電力は零なるは勿論である。然るに一端の接合點の溫度は t に保ち、他の接合點の溫度を極く僅か Δt 丈上昇せしめたと假定すれば、其接合點に發生する起電力が

$$\Delta E = (Q_{A,B})_t \cdot \Delta t = \overline{ab} \Delta t$$

丈増し、其結果回路全體の熱電起電力も ΔE 丈増加す。而して此 $\overline{ab} \cdot \Delta t$

は丁度第 367 圖の $aa'b'b'$ の面積に相當して居る。茲で又其接合點の溫度を Δt 丈増加せりとすれば回路の熱電起電力が更に面積 $a'a''b''b'$ に相當する丈増加する。斯の様にして其接合點の溫度を順次 Δt 宛増加して遂に T まで増加するときには回路の熱電起電力は面積 $acdb$ に相當する値を有するに至るべき筈である。然るに

$$\text{面積 } acdb = \frac{\overline{ab} + \overline{cd}}{2} (T-t)$$

而して、 $\overline{ab} = (Q_{A,B})_t$ $\overline{cd} = (Q_{A,B})_T$

であるから、 $A-B$ 熱電對の接合點の溫度を T 及 t とするときの回路の熱電起電力は

$$(E_{A,B})_{T,t} = \frac{1}{2} [(Q_{A,B})_t + (Q_{A,B})_T] (T-t) \dots \dots (194)$$

〔例 159〕ニッケル-鐵熱電對の接合點の溫度を夫々 $200^\circ C$ 及 $50^\circ C$ とする場合の回路の熱電起電力を求む。

解 (168)式及第 24 表より

$$(Q_{Pb, Ni})_{50} = -19.16 - 0.0290 \times 50 = -20.61$$

$$(Q_{Pb, Ni})_{200} = -19.16 - 0.0290 \times 200 = -24.96$$

$$(Q_{Pb, Fe})_{50} = 13.20 - 0.0236 \times 50 = 11.77$$

$$(Q_{Pb, Fe})_{200} = 13.20 - 0.0286 \times 200 = 7.43$$

故に(193)式より

$$(Q_{Ni, Fe})_{50} = (Q_{Pb, Fe})_{50} - (Q_{Pb, Ni})_{50} = 11.77 - (-20.61) = 32.33$$

$$(Q_{Ni, Fe})_{200} = (Q_{Pb, Fe})_{200} - (Q_{Pb, Ni})_{200} = 7.43 - (-24.96) = 32.44$$

故に求むる起電力は(170)式より

$$(E_{Ni, Fe})_{200, 50} = \frac{1}{2}(32.38 + 32.44)(200 - 50)$$

$$\approx 4800 \mu V$$

361. 熱電堆 異種の金属の一対より成る熱電回路の起電力

は非常に小なるものであつて、熱電能の大なる蒼鉛-アンチモニーの熱電對に於てさへ其接合點の温度が100°C

及0°Cのとき僅に0.008ヴォルトである

(例141参照)。然るに第368圖の如くに

A, B 二金属 n 對を交互に平行せしめ其

兩端を順次に接合し左方の接合點の温度

を T, 右方の接合點の温度を t とすると

きには、回路の全熱電起電力は

$$E = (E_{A,B})_T - (E_{A,B})_t + (E_{A,B})_T - (E_{A,B})_t + \dots$$

$$= n[(E_{A,B})_T - (E_{A,B})_t] = n(E_{A,B})_{T,t}$$

となり、A, B の一対よりなる熱電對に比し n 倍の起電力が得られる。斯

の様な構造のものを熱電堆 (thermo-electric pile) と稱し、蒼鉛-アンチ

モニーの如き熱電能の大なるもの數十對の熱電堆を作れば極めて僅かなる

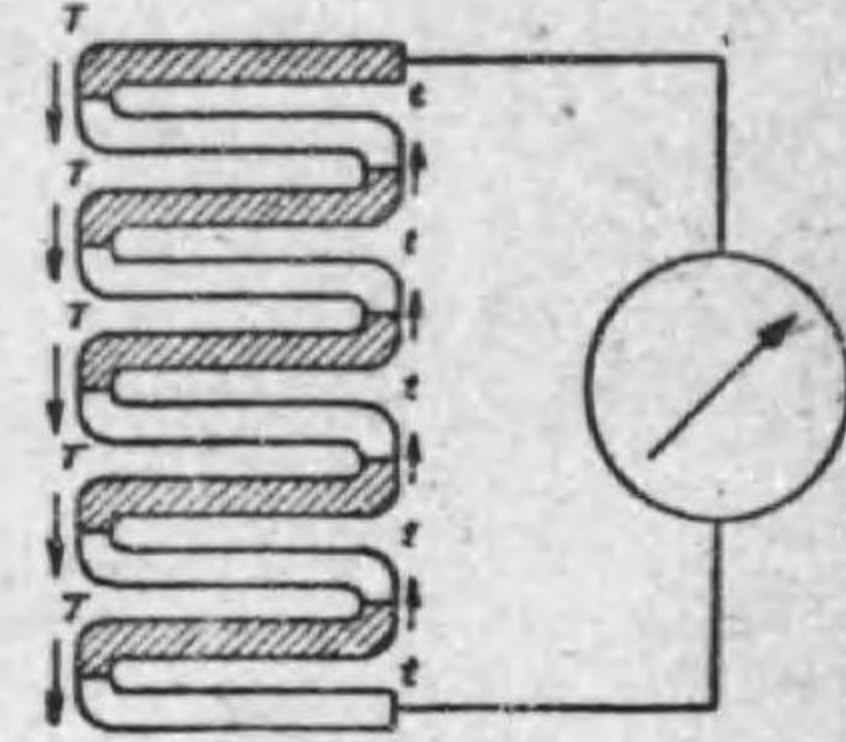
温度差に依つて相當の起電力を發生する頗る鋭敏なるものが得られ、輻射

熱の測定に之れを應用することが出来る。

362. 熱電温度計 熱電温度計 (thermo-electric thermometer)

は一定の熱電對の熱電起電力は其接合點の温度に依つて一定す

第 439 圖



熱電堆

ることを應用して未知

温度を測定する計器で

ゐる。第369圖の装置

は爐内の温度等を測定

する場合の熱電高温計

(thermo-electric pyro-

-meter) を示すもので

あつて、適當なる異種の二金

屬線を接合せるものを長さ 1

米位の陶器其他の耐熱保護管

内に藏め接合點を保護管の先

端に置き電線の他の端は保護

管の手元に設けたる端子に接

續してある。端子に熱電對と

同一の金属線を接続し其温度

を一定(例へば零度)に保持し、

管の先端を例へば温度を測定

せんとする爐の内に挿し込め

ば接合點が熱せられて、其温

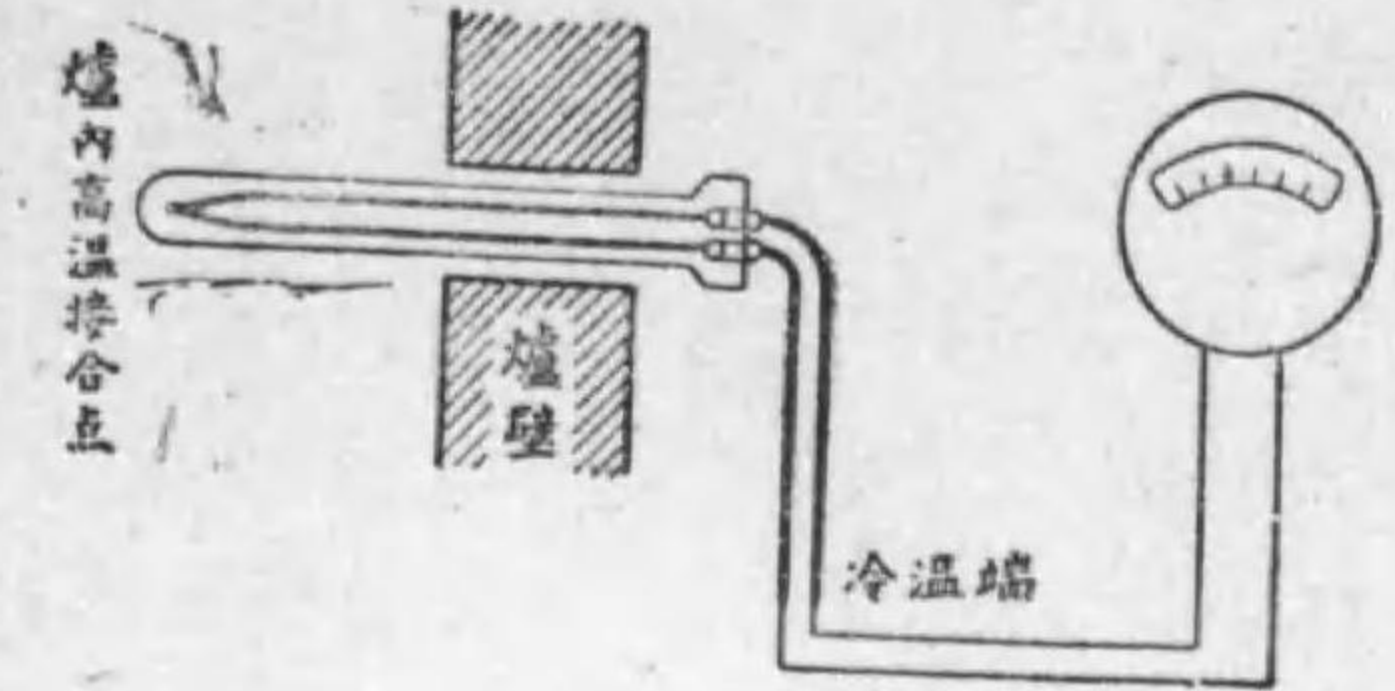
度と他端の温度とに依つて一

定する起電力が發生して端子

間に電位差が生ずる。依つて

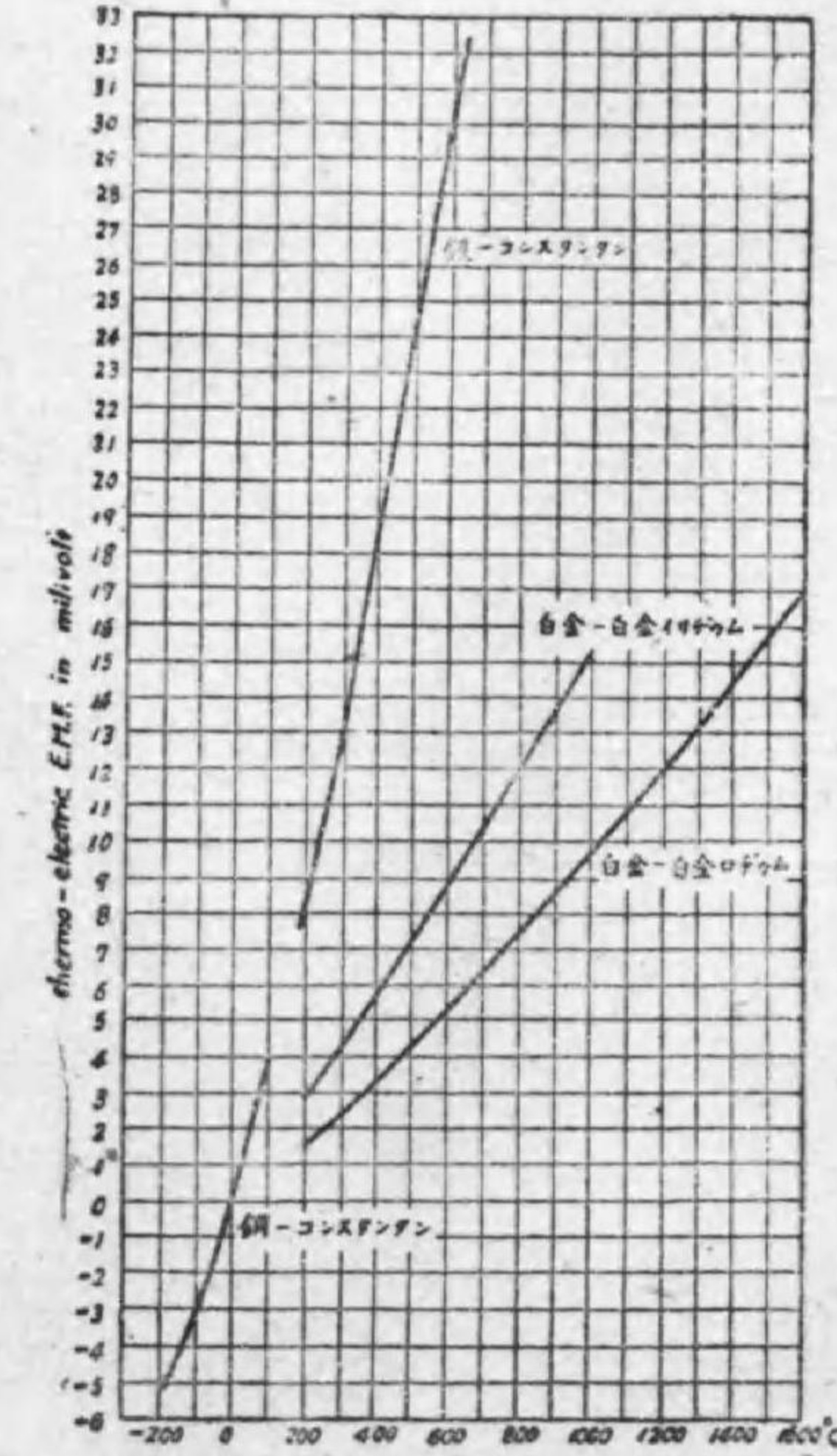
之れを精密を要する場合には

第 440 圖



熱電高温計

第 441 圖



熱電温度計の起電力と温度との關係

電位差計を以て測り、直讀高溫計の場には高抵抗のミリヴォルト計を以つて測りて温度を知るのである。

熱電溫度計に用ふる金屬は機械的並に化學的に變質せぬもので熱電能が相當に大きく且つ長く變化せぬものなることを要する。普通に熱電溫度計用熱電對として用ひられる金屬の種類及其温度の測定範圍は第 25 表の如くである。又第 370 圖は之れ等の熱電對の端子温度を零度に保持せる場合の起電力と温度との關係を示すものである。

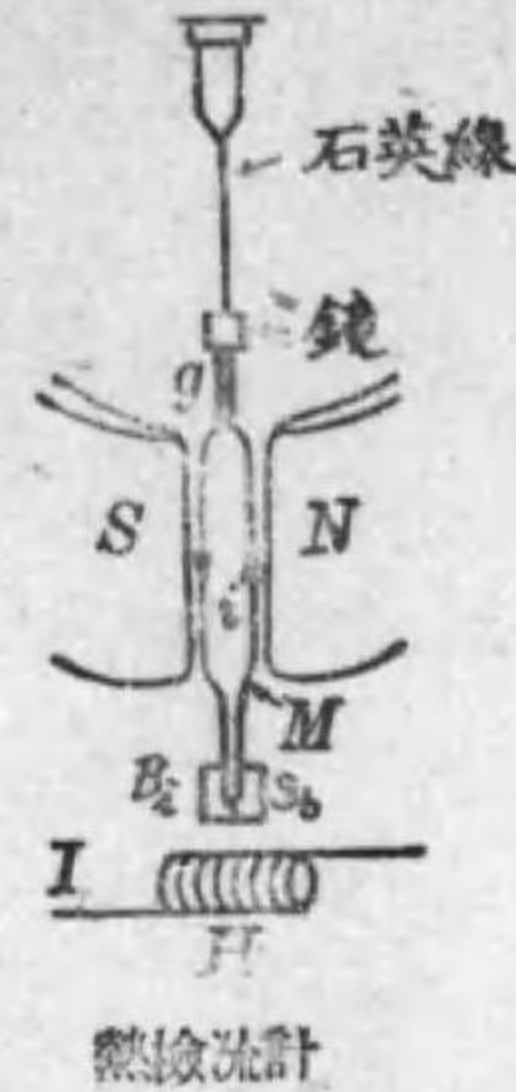
第 25 表

熱電對の種類	測定範圍
白金-白金ロヂウム(白金 90% ロヂウム 10%)	1000°C迄
白金-白金イリヂウム(白金 90% イリヂウム 10%)	1400°C迄
銀 - コンスタンタン	650°C迄
銅 - コンスタンタン	自-190°C至150°C

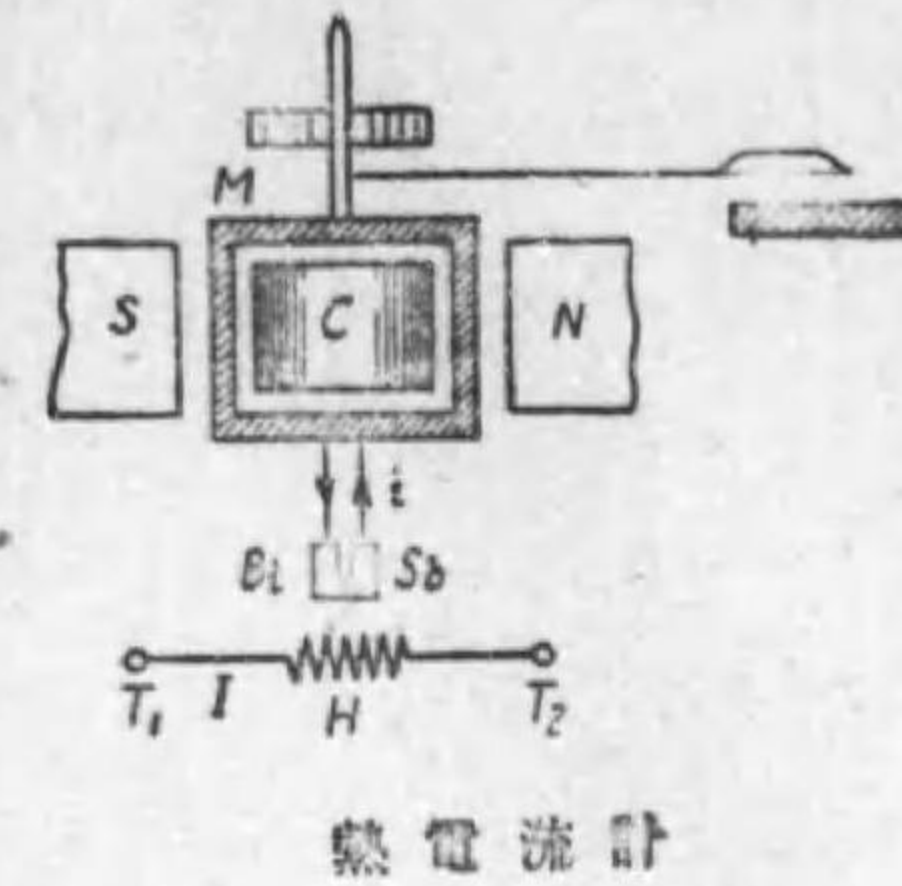
363. 熱檢流計及熱電流計

熱檢流計 (thermo-galvanometer) 及熱電流計 (thermo-ammeter) は共に熱電流を應用せるものである。第 371 圖は熱檢流計、第 372 圖は熱電流計の構造及其原理を示せる略圖であつて、ピヴォット或は懸垂線に依つて耐久磁石の極の中間に支持されたる可動線輪の電線の兩端を蒼鉛-アンチモニーの一對よりなれる熱電對に接続し、此熱電對に相面して適當なる加熱抵抗を置き、此加熱抵抗に測定せんとする電流を通ずるのである。加熱抵抗器は測定電流の二乗に正比例する熱を發生し之れに依つて熱電對が熱せられて熱電流が線輪に通

第 412 圖



第 413 圖



じ、線輪は此電流に比例して傾斜する。而して熱檢流計では反射鏡を以つて又熱電流計では指針を以つて傾斜角を測定し、之れに依つて電流の有無大小を知るのである。

364. 埋込熱電對

交流同期機械の發電子捲線温度の測定に熱電對を應用することがある。適當なる二金屬線を接合せる熱電對の接合點を發電子の溝の中央に於て上捲線輪と下捲線輪との間に充分之れと密接して置き、電線他端は發電機の温度の影響なき點まで引き出し置き此間に高抵抗の檢流計を接続し或は電位差計法に依つて熱電起電力を測定し、此起電力の値と外部温度とより發電子内の高溫接合點の温度を算出する。而して此れに 5°C 乃至 10°C を加へたるものを以つて發電子捲線の最高温度とするのである。(電氣機械第一編第 78 節参照)

365. 熱電起電力が分流器に及ぼす誤差 抵抗

R なる電流計に抵抗 R_s なる分流器を使用するときには回路の全電流 I_0 と電流計電流 I との比は一定し

$$I_0 = \left(1 + \frac{R}{R_s}\right) I$$

なる事は已に第三章 40 節(55頁)に於て説明した。然し之れは電流計と分流器とに依つて形作られたる閉電路に起電力の存在せざることを前提として求められたる結果であつて、若し起電力が存在するときには當然 I_0 と I との比も亦異つて来る。

分流器、電流計及兩者の間の導線は同一金属でないのが一般であるから、若し之れ等の接合點 a, b, c 及 d の温度に差異があると此爲めに閉電路 $abcd$ に多少の熱電起電力が存在する。今假に第 373 圖中矢を以つて示す方向に e なる熱電起電力が存在するものとせばキルヒホッフの第一及第二法則に依り次の聯立方程式が得られる。

$$I_s + I = I_0$$

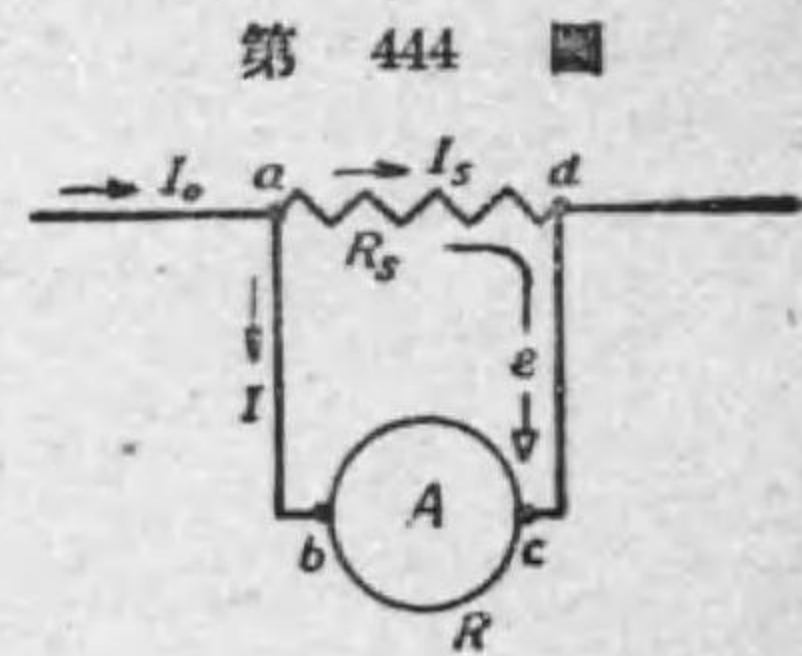
$$I_s R_s - I R = e$$

此二方程式より I_s を消去すると

$$I_0 = \left(1 + \frac{R}{R_s}\right) I + \frac{e}{R_s}$$

となる。従つて回路の熱電起電力を無視して全電流を

$$I_0' = \left(1 + \frac{R}{R_s}\right) I$$



第 444 圖 分流器による熱電起電力

なりとするときには

$$I_0 - I_0' = \frac{e}{R_s}$$

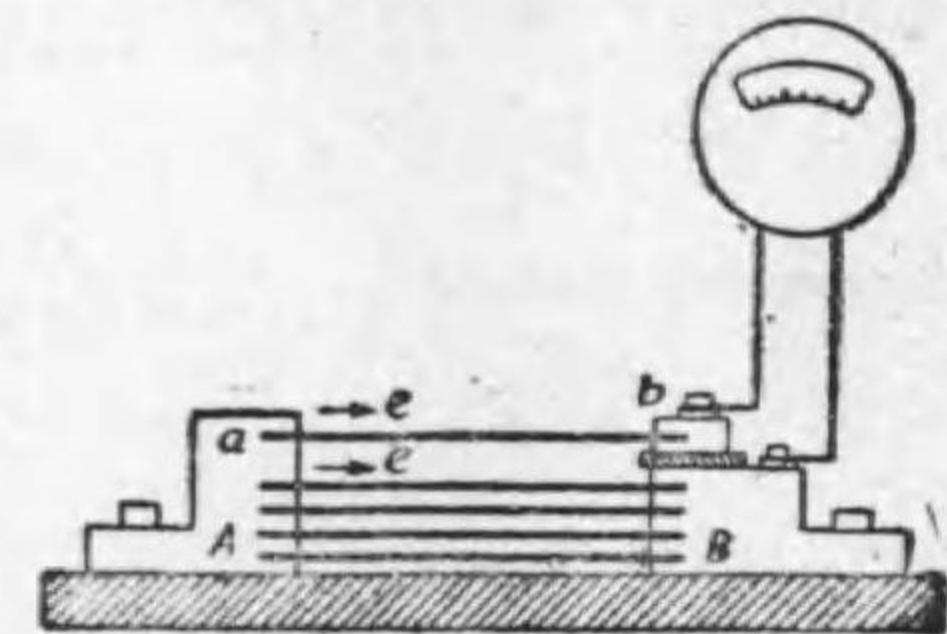
丈の誤差が生ずる。

熱電起電力に依る誤差は普通は極めて僅かであるが、分流比が大であつて R_s が非常に小なるときには此誤差が相當の値になるから、精密を要する測定には此點を考慮するを要する。

分流器の構造を第 374 圖に示せる如くすれば熱電起電力の影響を除外することが出来る。 AB が分流器抵抗、 ab は熱電起電力の影響を除く用をなすもので分流器抵抗と同一金属を使用し、其左端 a は分流器抵抗の左端 A と同一の端子金物に接合し、右端 b は別個の端子金物に接合され電氣的には分流器抵抗の右端 B と絶縁され居るが、其温度は分流器抵抗の右端 B と同一なる様に之れに密接して置かれて居る。而して電流計を A との間に接続する代りに b と B との間に接続する。若し左右の接合點の温度に不同が生じたりとし假に A 端に於て A より B に向け e なる熱電起電力が発生せりとすれば a に於ても a より b に向け同一起電力 e が発生し、此兩起電力は電流計の回路に對しては方向相反するから互に打ち消して熱電起電力の全く存在せざる場合と同様に

$$I_0 = \left(1 + \frac{R}{R_s}\right) I$$

第 445 圖



熱電起電力の影響を除外せる分流器

となり、熱電起電力の影響は全く除外される。但し此場合 R は ab の抵抗をも加算せる電流計回路の抵抗なること勿論である。

分流器の他にも各種の電氣測定に於て熱電起電力が多少の誤差を生ずる場合が相當に存在するから、精密を要する測定に於ては必ず此點を考慮して誤差を除く方法を講じなければならぬ。

366. 摘要

1 異種の二金屬の接合點に於ては其二金屬の種類と接合點の溫度とに依つて一定する起電力が発生せるものである。従つて異種の數金屬を順次に接合して一回路を形成するとき、若し其接合點の溫度が同一ならざる場合には各接合點に於ける起電力の平衡が破れ回路に電流が発生する。此現象を熱電氣現象と稱する。

2 鉛と他の金屬 A とを組み合わせたる熱電對に於て一方の接合點の溫度を零度に保持し他の接合點の溫度を t とする場合の回路の熱電起電力は次の式にて示される。

$$(E_{Pb,A})_{t,0} = at + \frac{b}{2} t^2$$

a 及 b は金屬 A の種類に依つて示される定數であつて、第 24 表に此値が示してある。

3 鉛と他の金屬 A との接合點に發生する起電力が溫度の増加に對して如何なる割合で増加するかを率を鉛の A に對する熱電能と稱し、此値は次の式を以つて示される。

$$(Q_{Pb,A})_t = a + bt$$

4 任意の金屬 A が他の任意の金屬 B に對する熱電能は鉛が B に對

する熱電能と鉛が A に對する熱電能との差に等しい。即ち

$$(Q_{A,B})_t = (Q_{Pb,B})_t - (Q_{Pb,A})_t$$

5 任意の二金屬の一對より成る熱電回路の起電力は次の式に依つて求められる。

$$(E_{A,B})_{T,t} = \frac{1}{2} [(Q_{A,B})_t + (Q_{A,B})_T] (T-t)$$

6 異種の二金屬數對を交互に順次接合して熱電堆とするときには僅かの溫度差に依つて相當の熱電起電力を發生せしむることが得られる。

7 熱電溫度計、熱檢流計、熱電流計等は熱電氣現象を應用せる計器である。

8 交流同期機械の發電子捲線溫度の測定には埋込熱電對を用ふことがある。

9 精密を要する電氣測定には熱電起電力の影響を考慮するを要する。

問題 XXVI

1 熱電能の零なる溫度を熱電中性點 (thermo-electric neutral point) と稱する。鉛-カドミウムの接合に於ける熱電中性點を求めよ。

答 $-93^\circ C$

手引 $Q = a + bt = 0$ なる式に鉛-カドミウムの定數 a 及 b (第 24 表) を代入して t を求めよ。

2 若鉛-アンチモン一對の熱電對に於て其接合點の溫度を $150^\circ C$ 及 $50^\circ C$ とするときの熱電起電力を求めよ。 答 0.0086 ヴォルト

3 白金-白金ロヂウム熱電對を使用せる熱電高溫計を以つて汽罐の爐の溫度を測定せるとき熱電對は 12.5 ミリヴォルトの起電力の發生せるこ

とを示せりと云ふ、爐の温度は幾度か。但し熱電對の他の接合點の温度は $0^{\circ}C$ に保持されたるものとす。 答 $1250^{\circ}C$

季引 起電力と温度との關係は第370圖の曲線より見出せ。

4 蒼鉛、アンチモニー、鉛の三金屬を順次に接合せる熱電回路に於て、

蒼鉛とアンチモニーとの接合點の温度を $0^{\circ}C$ 、

アンチモニーと鉛との接合點の温度を $100^{\circ}C$ 、

鉛と蒼鉛との接合點の温度を $50^{\circ}C$

とするとときには回路に幾許の熱電起電力が発生するか。

答 0.004 ヴォルト(約)

解 此場合三つの接合點の温度が總て零るときには回路の起電力は零である。然るにアンチモニーと鉛との接合點の温度を 100° に高むるときには鉛からアンチモニーに向ふ方向に

$$(E_{Pb,Sb})_{100} - (E_{Pb,Sb})_0 = (E_{Pb,Sb})_{100,0}$$

丈の起電力が増し、又鉛と蒼鉛との接合點の温度を $50^{\circ}C$ に高むるときには鉛から蒼鉛の方向に

$$(E_{Pb,Bi})_{50} - (E_{Pb,Bi})_0 = (E_{Pb,Bi})_{50,0}$$

丈の起電力が増して、其結果回路には鉛、アンチモニー、蒼鉛、鉛の方向に

$$\begin{aligned} E &= (E_{Pb,Sb})_{100,0} - (E_{Pb,Bi})_{50,0} \\ &= \left(1.80 \times 100 + \frac{0.0782}{2} \times 100^2 \right) \\ &\quad - \left(-72.63 \times 50 - \frac{0.0848}{2} \times 50^2 \right) \mu V \end{aligned}$$

丈の熱電起電力が発生する。

日本出版文化協會
承認番號ア 1274

昭和三年六月廿八日 第一版發行
昭和十八年二月二十日 第八版發行
發行部數 2,000 部

◆◆◆◆◆

一次二次電池

正價金一圓三十錢

送料 内地二十五錢
外地三十五錢



◆◆◆◆◆

編輯兼 電機學校
發行者 服部 碩彦
代表者 吉原 良三
印刷者 株式會社 康文社印刷所
印刷所(東京第七號) 東京市牛込區早稻田町一〇七番地

發行所 電機學校
(日本出版文化協會) 東京市神田區錦町二丁目二番地
電話神田(25)局 1121-1123番
振替口座東京 13184 番

◆◆◆◆◆

配給元

日本出版配給株式會社
東京市神田區淡路町二丁目九番地

433
56

終