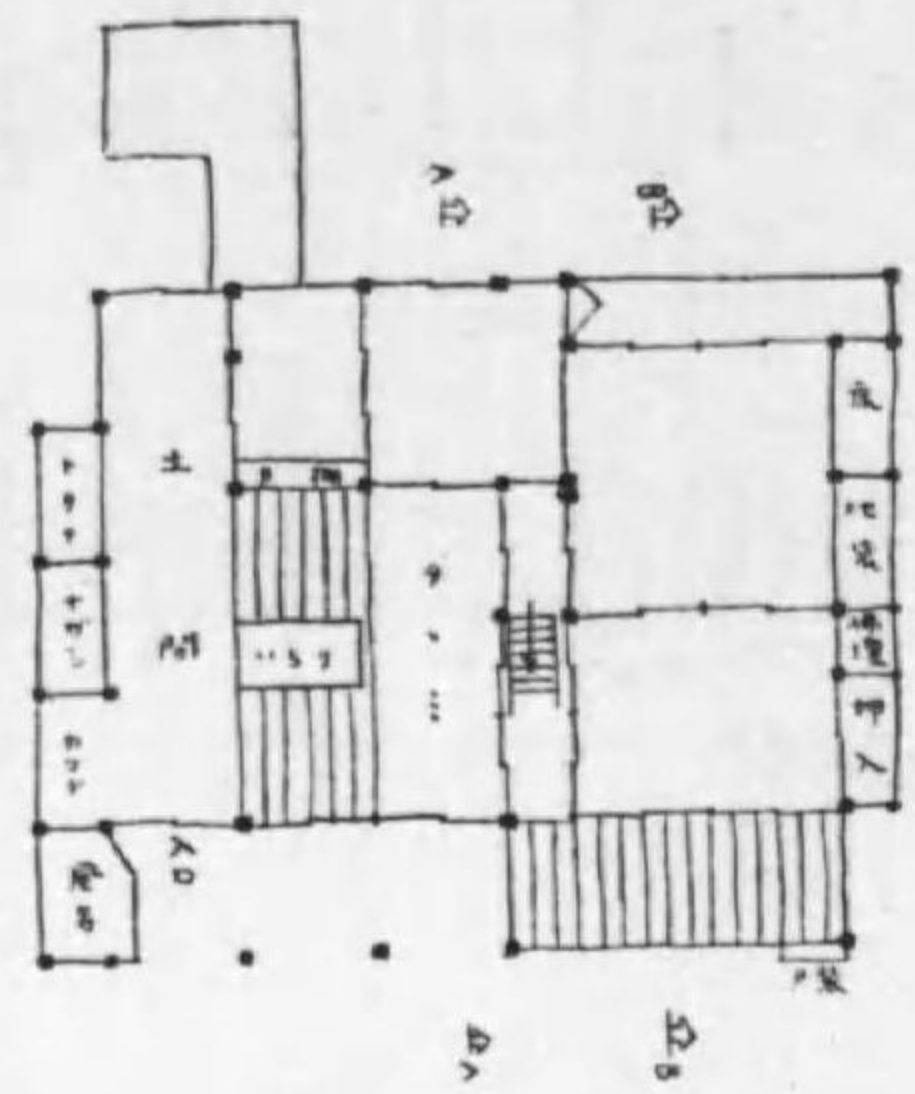
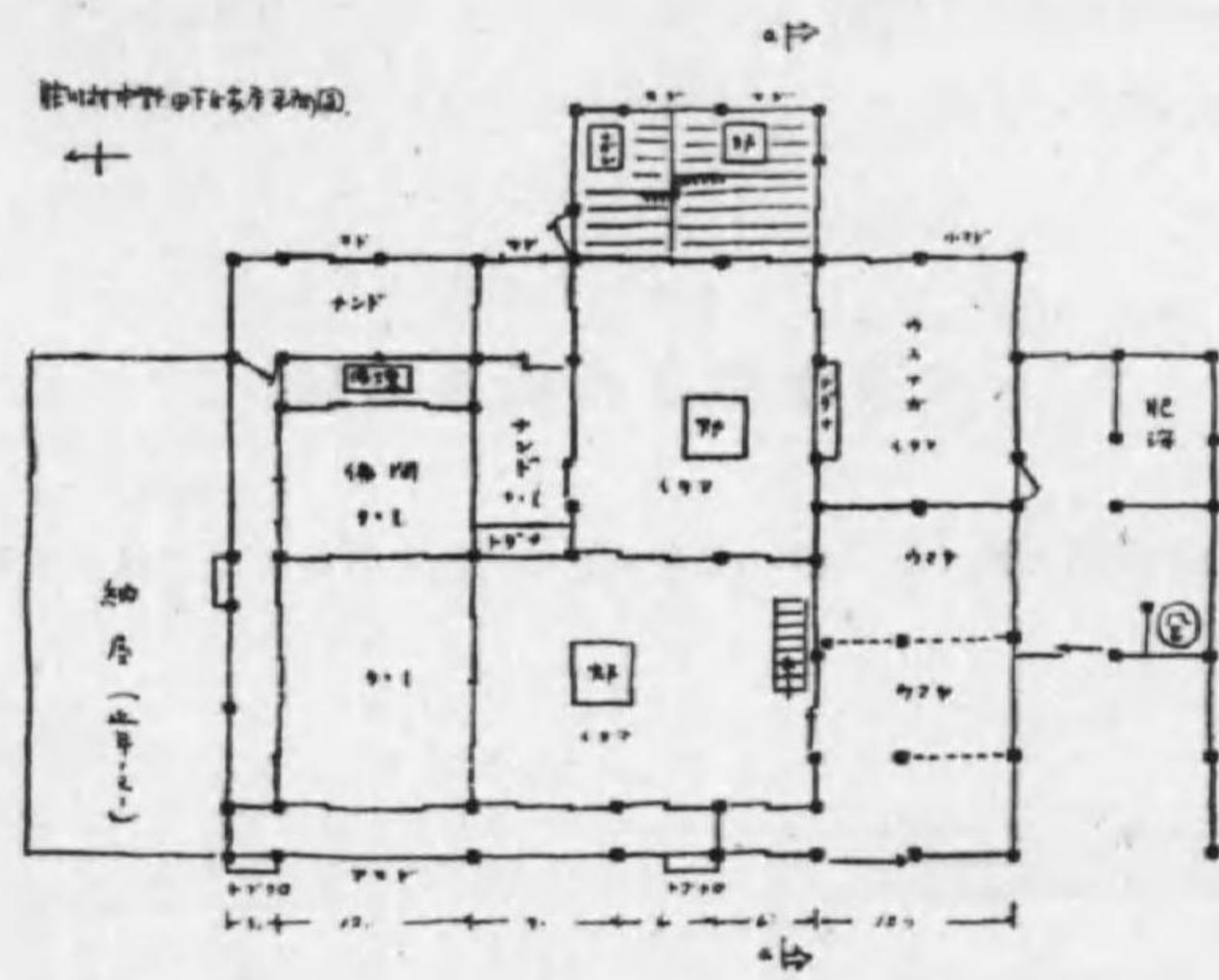
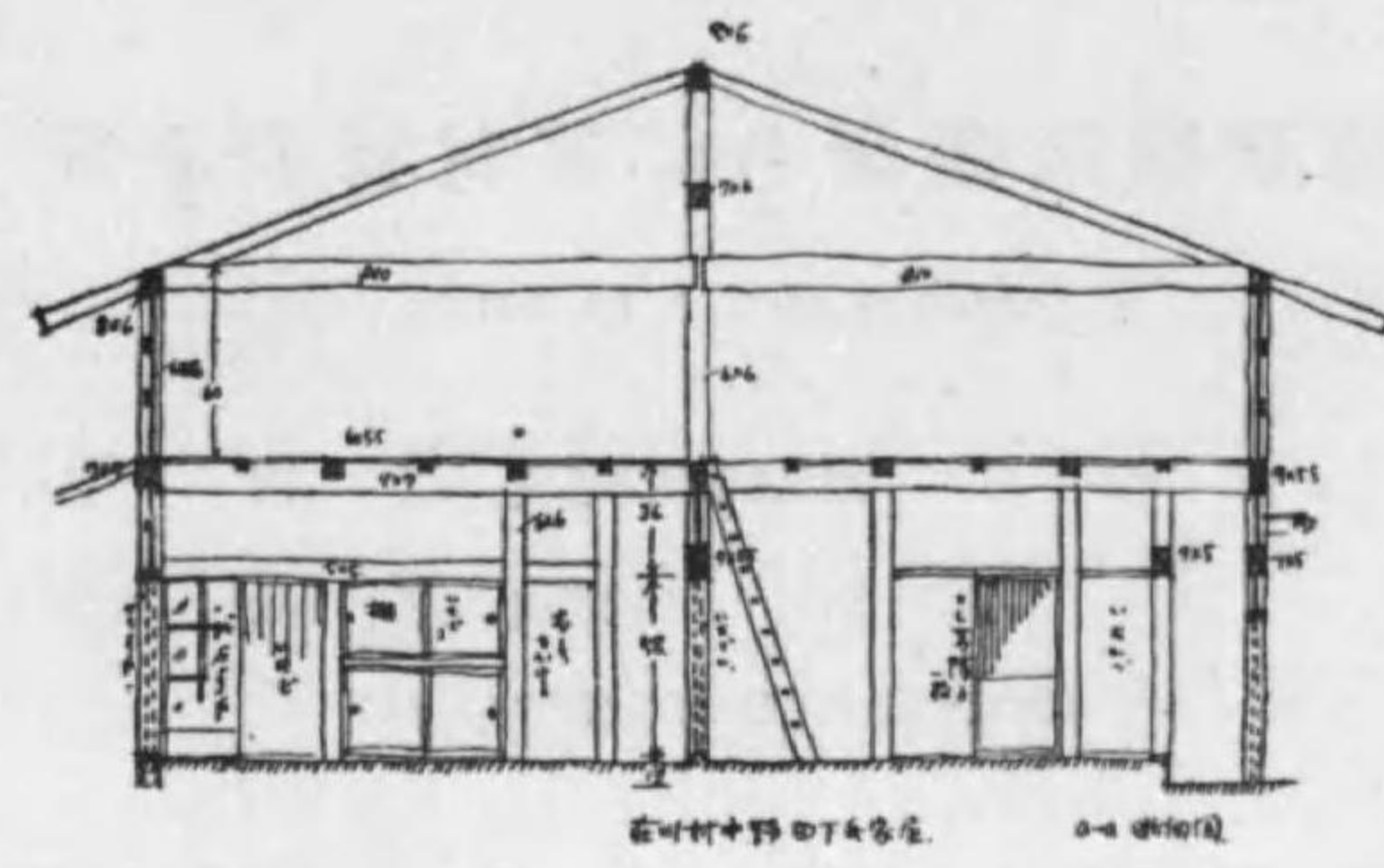
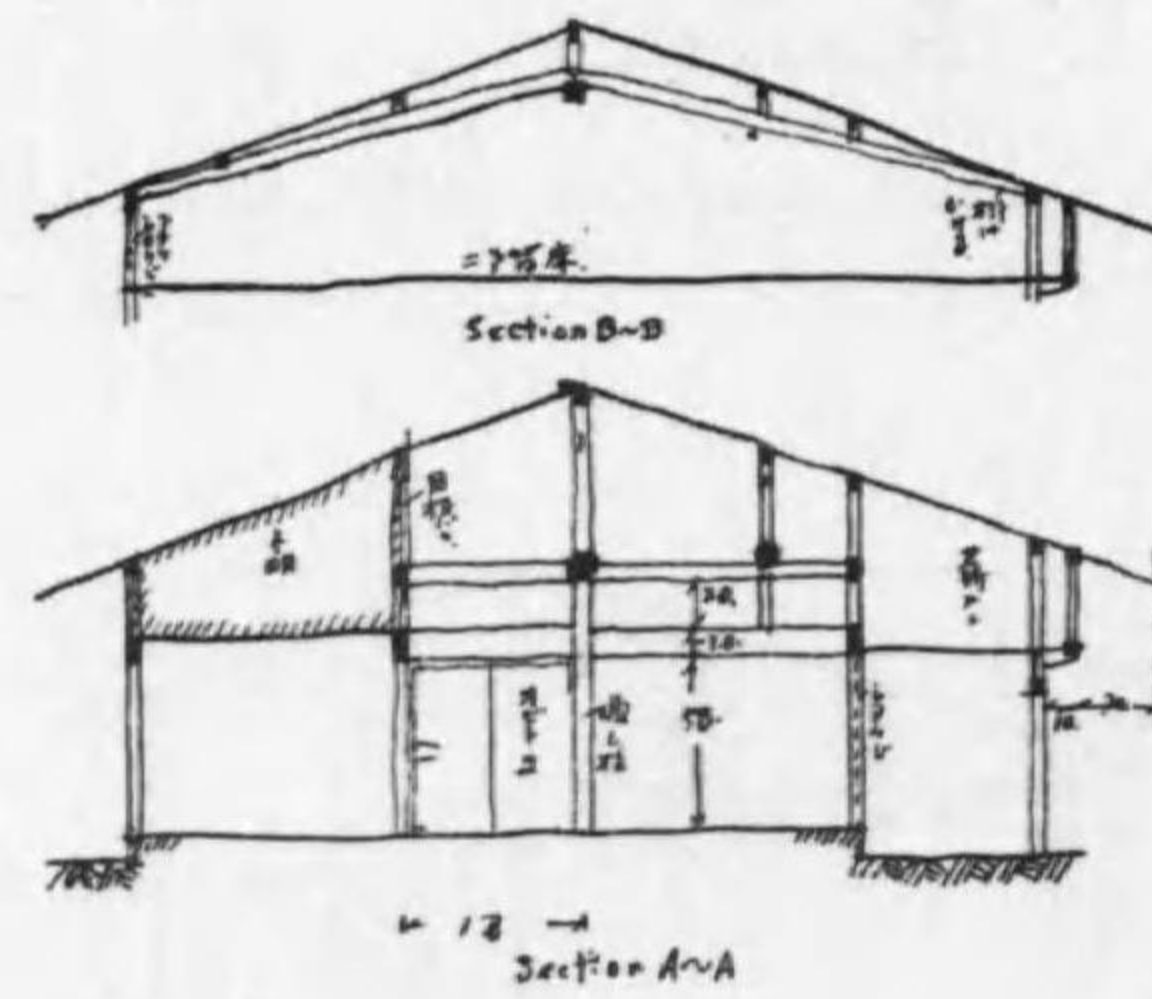


實測圖(4) A 野尻 下垣外徳藏宅



實測圖(4) B C



磁歪振動装置並に其材料の研究

(昭和 14 年 10 月 31 日受理)

東北帝國大學教授 拔 山 平 一

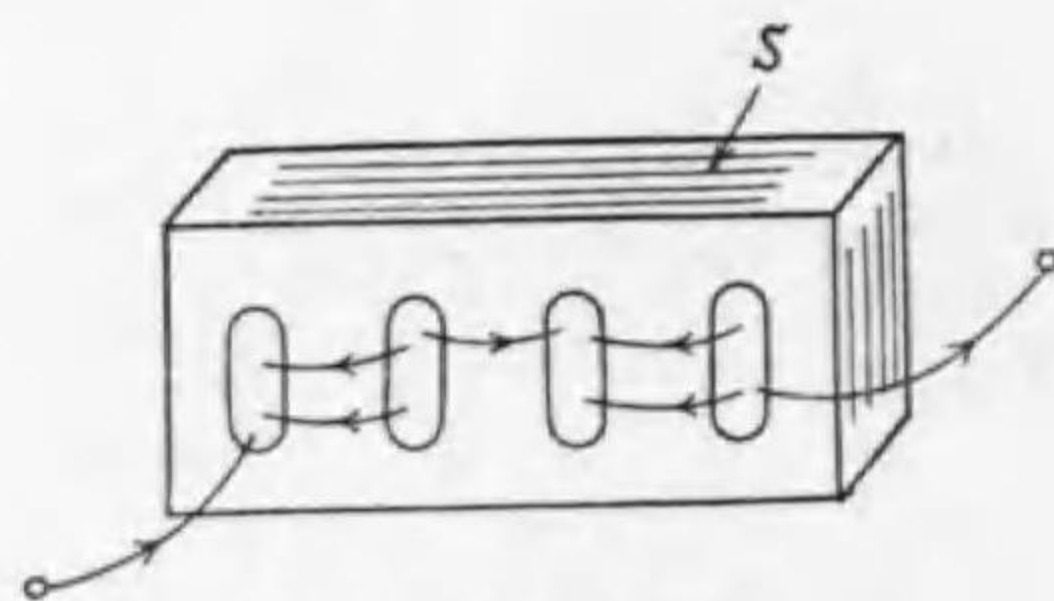
同 助教授 福 島 弘 毅

(東北帝國大學附屬電氣通信研究所)

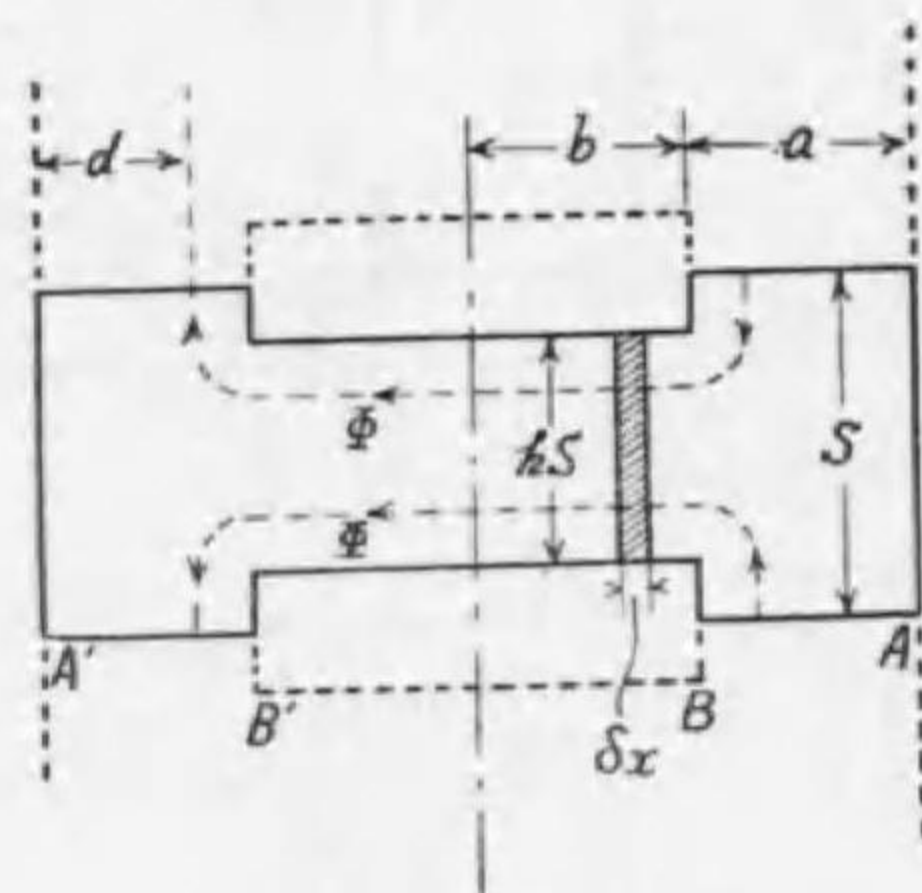
本研究は水中無線通信, 測深機, 魚群探知装置等に於ける超音波發射装置並に感受装置として使用せらるる磁歪振動子に就き, その動作の特性を明かにしてその設計製作法を定めると共に, 振動子用金屬材料を研究してその性能を向上せしめんと目的を以てなされたものである。

磁歪振動子の動作理論

NA 型磁歪振動子は第 1 圖に示す如く磁歪金屬の薄板を打抜いてこれを成層膠着し更に捲線を施したもので, 磁氣回路が閉じて居り捲線に電流を通すれば脚の部分伸縮して S 面から超音波を發生する。斯る振動子は第 2 圖のやうな素振動子の集合と考へる事が出来るが, このやうな Composit bar の縦振動を電氣工學に於ける複合電線路と同じ類推によつて解くことが出来た。即ち一端から見た内部機械インピーダンスは



第 1 圖 NA 型磁歪振動子



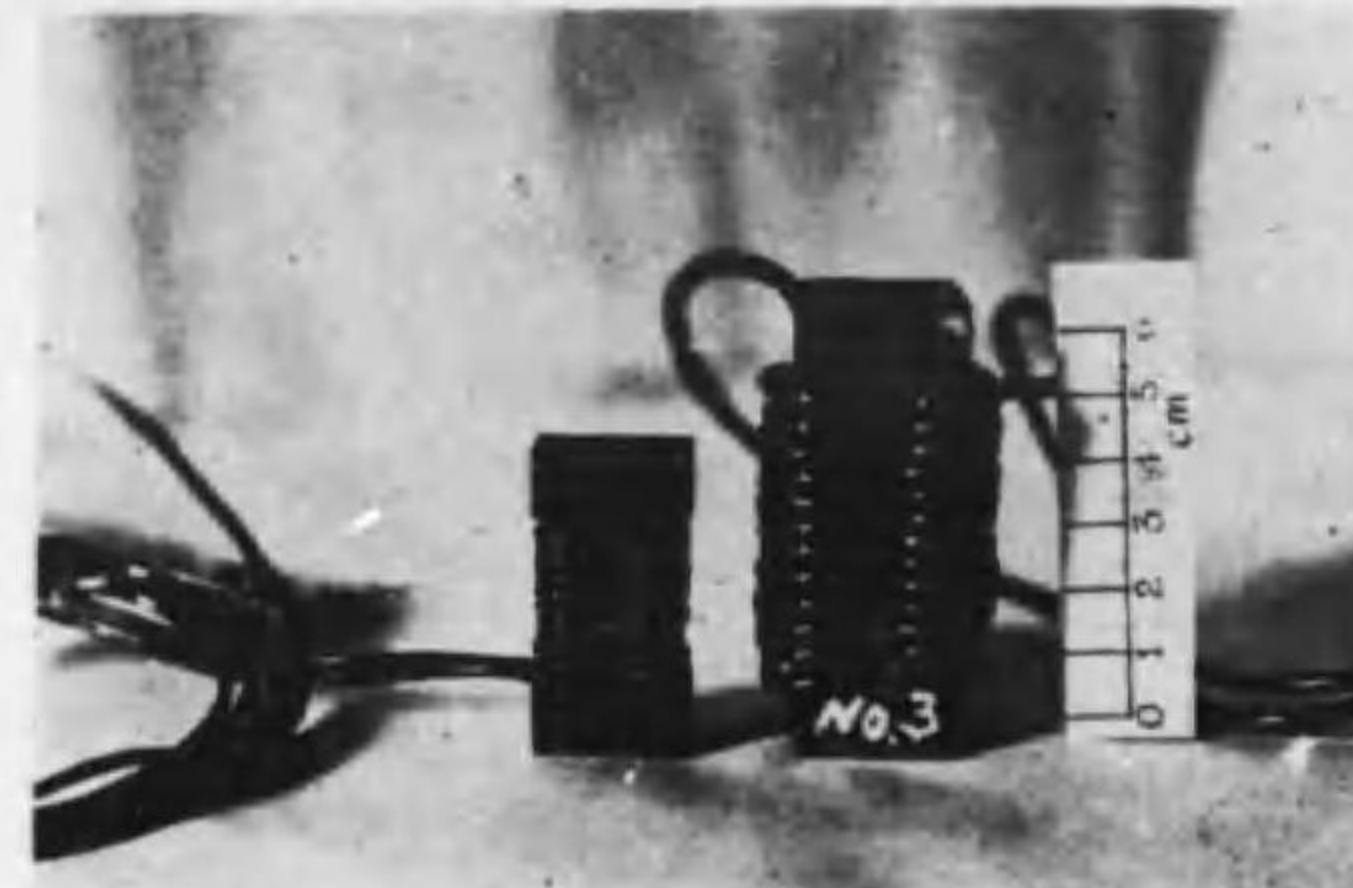
第 2 圖 素振動子

線を施したもので, 磁氣回路が閉じて居り捲線に電流を通すれば脚の部分伸縮して S 面から超音波を發生する。斯る振動子は第 2 圖のやうな素振動子の集合と考へる事が出来るが, このやうな Composit bar の縦振動を電氣工學に於ける複合電線路と同じ類推によつて解くことが出来た。即ち一端から見た内部機械インピーダンスは

$$z_1 = S\sqrt{E\rho} \frac{2(k + \tanh\psi a \cdot \tanh\psi b)(\tanh\psi a + k \tanh\psi b)}{(1 + k \tanh\psi a \cdot \tanh\psi b)(k + \tanh\psi a \cdot \tanh\psi b) + (\tanh\psi a + k \tanh\psi b)(k \tanh\psi a + \tanh\psi b)}$$

但し $\psi = j\omega\sqrt{\frac{\rho}{E}}$, S は端面積, ρ は密度, E は弾性率で内部粘性も考慮に入れてある。

ω は振動の角周波数である。共振周波数は $k + \tanh\psi a \cdot \tanh\psi b = 0$



第 3 圖 振 動 子
(左方) 寸法ヲ小さク設計シタルモノ
(右方) 普通ノ振動子

の根として與へられる。これから逆に共振周波数を與へて振動子の寸法を算出設計する事が出来、實驗とよく一致する。而して断面比 k を適當に選ぶことによつて一定の共振周波数でも著しく寸法を小さくし材料の節約並に容積重量の輕減を圖ることが出来る。第 3 圖はこの實例で、右方は普通的设计のもので左方はこの方法により特に寸法を小さく設計したものであつて、共振は何れも 3 萬サイクルである。

また振動子の力係数は

$$A = \frac{4\pi K_c k S N}{l_R} \frac{2(\tanh\psi a + k \tanh\psi b)\{\cosh\psi d(k \tanh\psi a + \tanh\psi b) - \sinh\psi d(k + \tanh\psi a \tanh\psi b)\}}{(\tanh\psi a + k \tanh\psi b)(k \tanh\psi a + \tanh\psi b) + (1 - k \tanh\psi a \tanh\psi b)(k + \tanh\psi a \tanh\psi b)}$$

であらはされる。こゝで K は材料の磁歪定数, N は捲線の捲数, l_R は磁氣回路の長さで d は磁束が窓のまはりを廻るときの廣がりであつて K_c は磁歪心の占積率である。

従つて電氣的勢力が超音波の勢力に變換される能率は次式により算出することが出来る。

$$\eta = \frac{A^2}{R_f} \frac{v_a}{|z_1 + \dot{z}_a|^2}$$

但し R_f は自由インピーダンスの抵抗分で z_a, v_a は夫々輻射音響インピーダンス及び輻射音響抵抗である。之等の値も理論的に導き出すことが出来る。以上の理論式は實驗値と比較的よく一致することが確かめられ、振動子設計の基礎とし得るに到つた。

寸法を小さくする目的で断面比 k を小さくとると能率の低下が危ぶまれるが、以上の考察の結果として磁歪金屬を充分薄く成層して鐵損さへ小さくすれば能率の低下は無視出来る事

が明瞭となつた。空中に超音波を出すやうな場合には却つて δ を小さくつて材料を節約した方が能率もよくなる場合さへ起る。



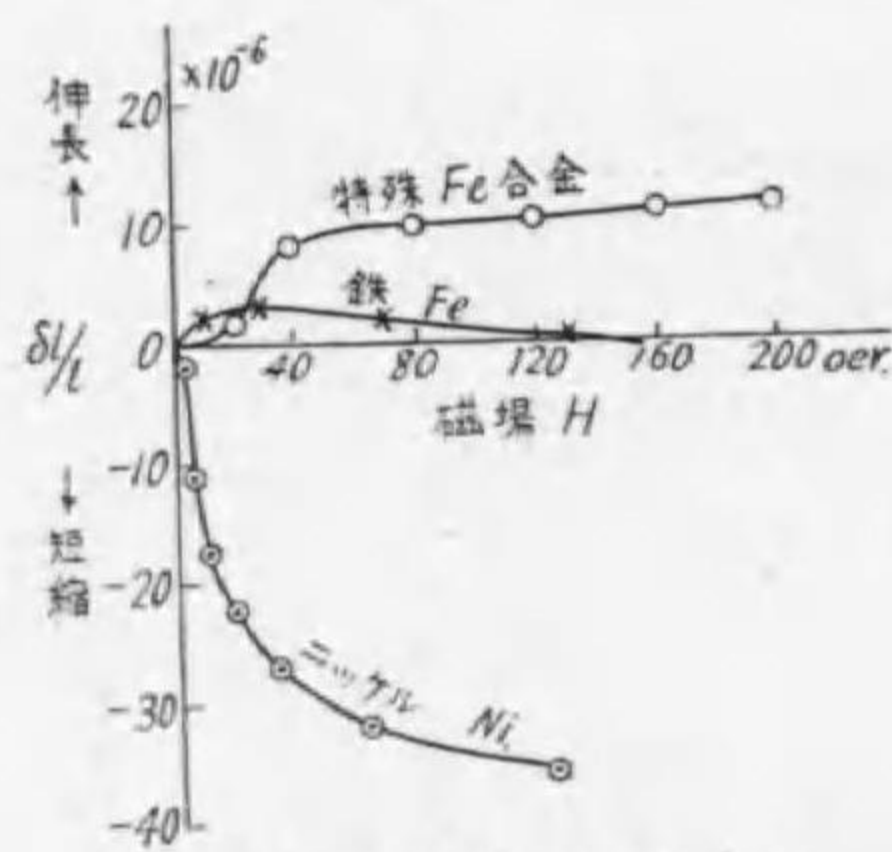
第4圖 磁歪定数測定装置

磁歪定数の測定装置

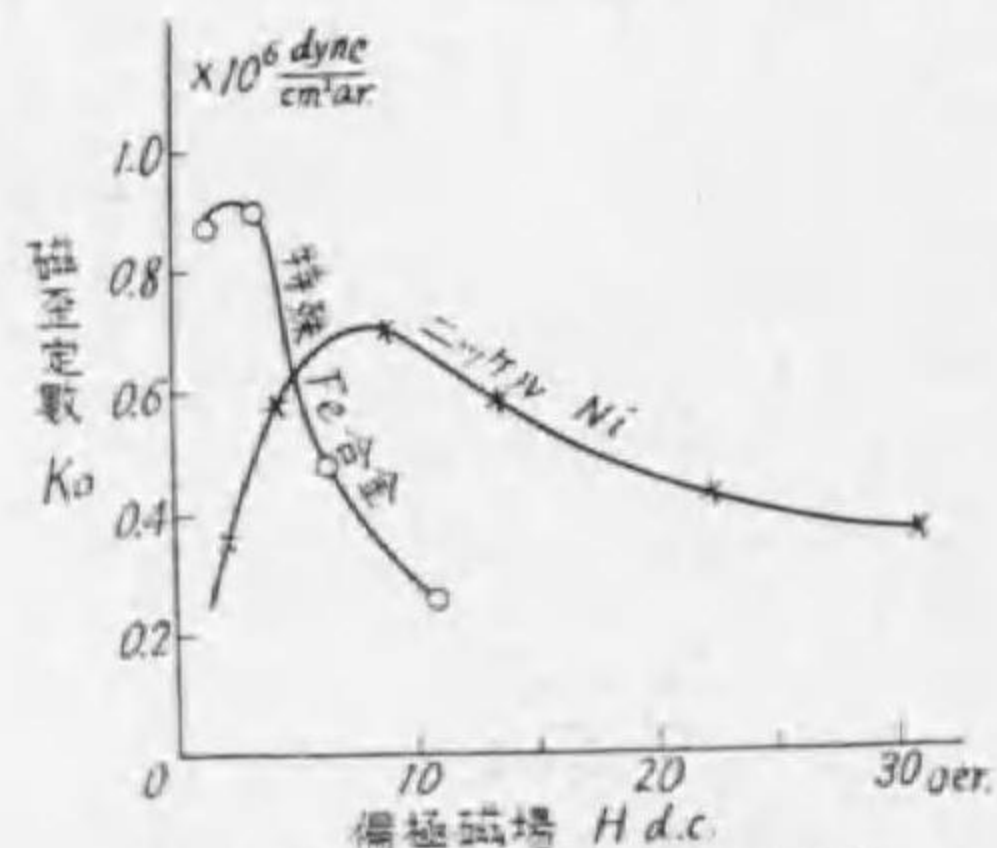
磁歪振動に於て單位交番磁場によつて動振したる場合に發生する驅動壓を磁歪定数と名づけるのであるが、この定数の測定には従來動インピーダンス法が用ひられて來たのであるが、手数がかなり試料も多量を要する缺點があつた。そこで第4圖の如き装置により試験片の中央を銅板の厚いもので遮蔽し相互動インピーダンスのみを取出して測定する装置を製作した。之によれば迅速簡易に測定を行ふことが出来る。

磁歪代用合金の研究

現在使用せられて居る磁歪金属はニッケル及びこれを主成分とする合金のみに限られて居るが、ニッケルは我國にては殆ど産出しないので、水中通信用の如く軍事に使用する場合に於てはその供給杜絶したる場合の對策も必要である。またニッケルの如き高價な材料を用



第5圖 特殊鐵合金の靜磁歪鐵及ニッケルとの比較



第6圖 特殊鐵合金の磁歪定数ニッケルとの比較

ひないで安價な金属で間に合せたい場合も起る。斯様な目的に對し種々な合金を調査したる結果、鐵を主成分とする合金の一種に於て相當著しき磁歪の存在することを見出した。第5圖はこの新合金の靜磁歪特性で、第6圖はこの合金の高周波に於ける磁歪定数を示したもので、現在使用せられて居るニッケルに略匹敵する性能を有して居る。(以上)

鋼の電弧熔接に関する冶金學的研究 (第1報)

(昭和14年11月11日受理)

東北帝國大學教授 理學博士 村上武次郎

同 助教授 工學士 關口春次郎

電弧熔接に関する冶金學的研究は従來多くは手熔接によつて行はれてゐるが、手熔接では熔接操作が巧妙に行はれても其操作を數量的に表現し難く、從て全く同一條件の操作を繰返すことは不可能である。市販の自動電弧熔接機を用ふれば自動的に操作し得るが、其装置は高價にして而も實驗用に供するには猶特殊の工作を加ふる必要あるのみならず、電弧の長さの動搖は必ずしも小ではない。そこで著者等は電弧長及びビードの進行速度を任意の一定値に保持しつゝ熔接を爲し得る半自動電弧熔接試験装置を考案し、之に交流又は直流の熔接機を連結して鋼の電弧熔接に関する冶金學的研究を行ふこととした。

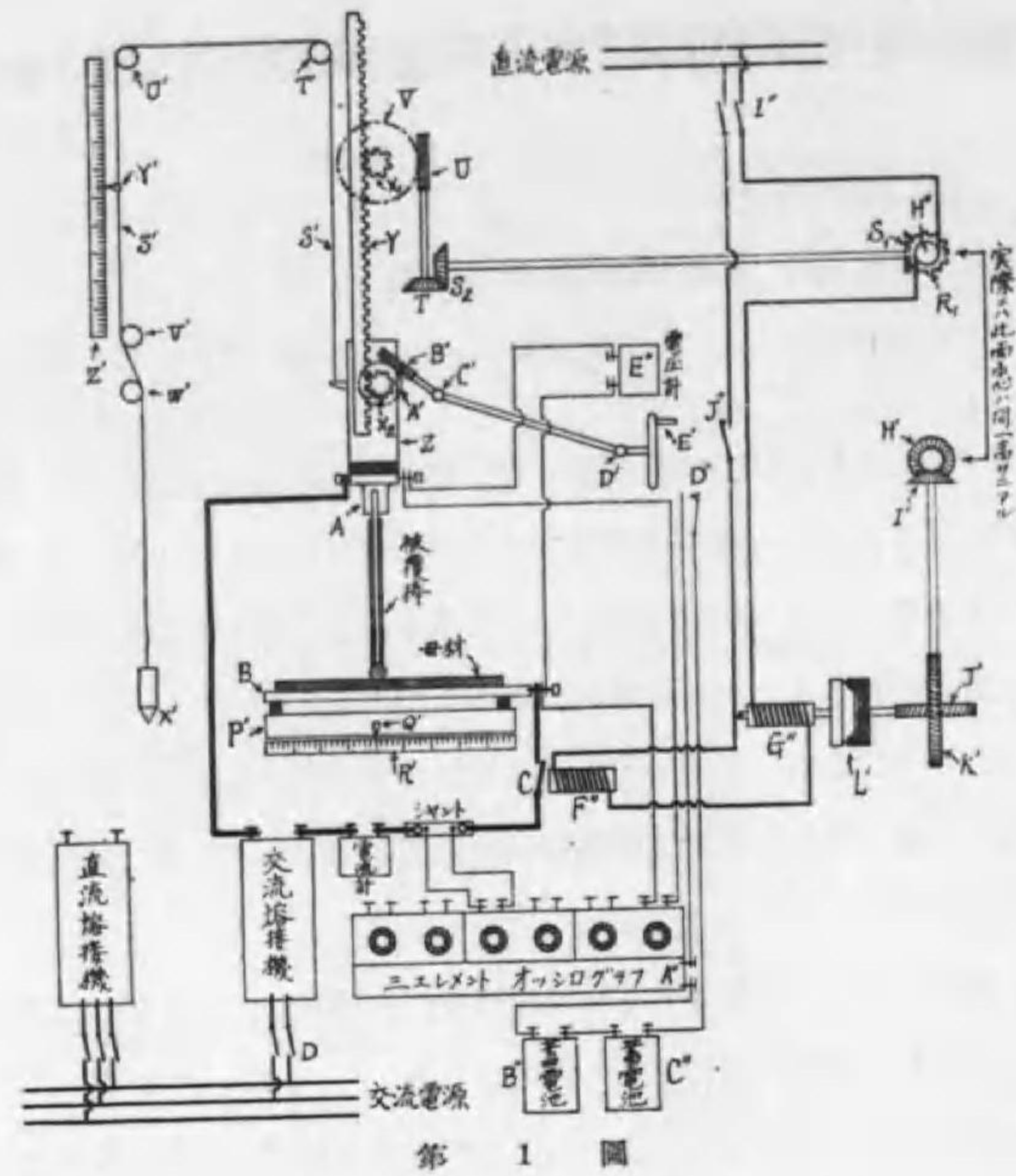
先づ心線及び被覆を異にする種々の手熔接用被覆棒を調製し、之を用ひて諸種の鋼板上にシングルビードを置き、基礎的研究を行ふ豫定である。

研究は未だ豫備試験の域を脱してゐないが、茲には半自動電弧熔接試験装置の概要及び今日までに得られた試験結果の一部を報告する。

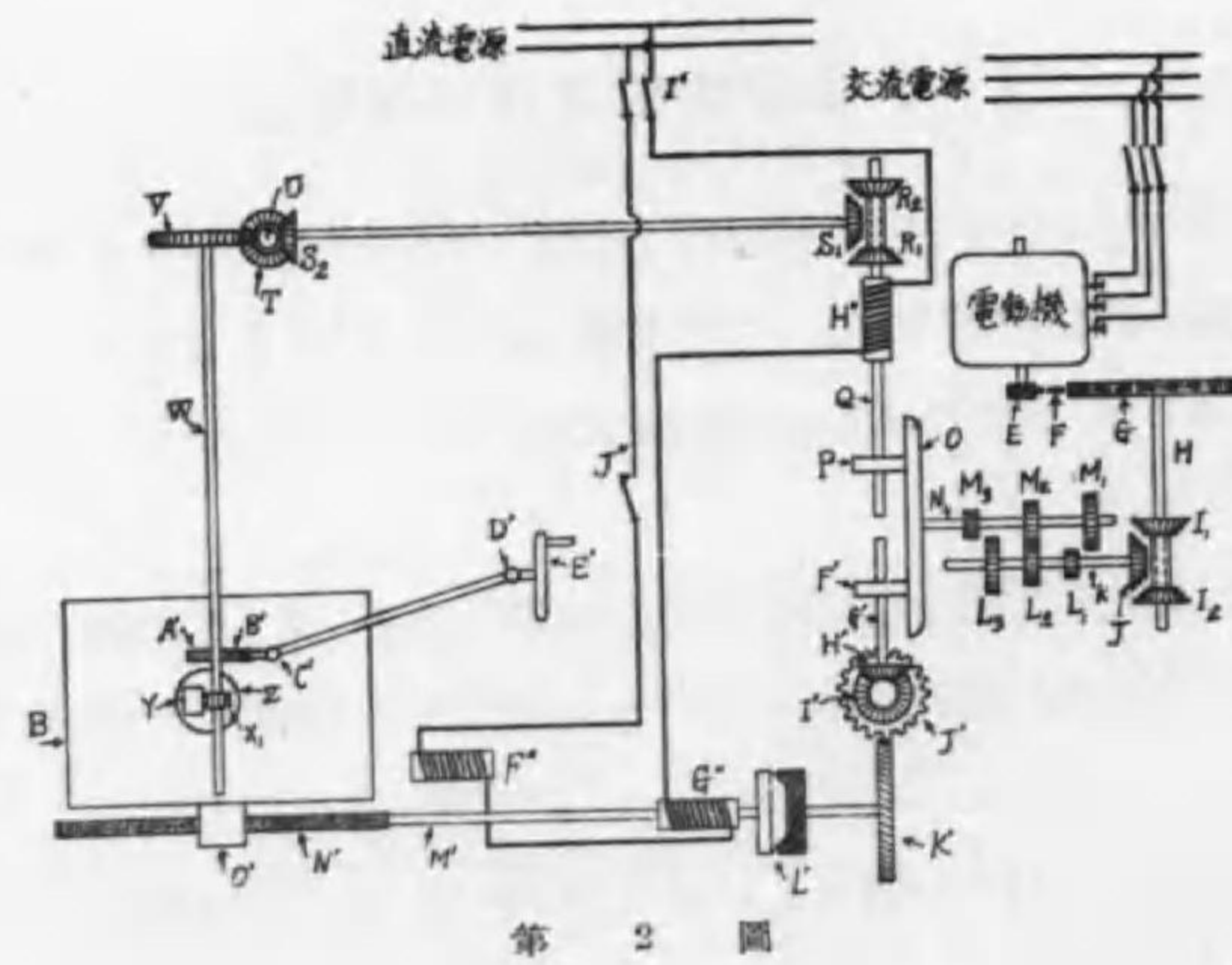
I. 半自動電弧熔接試験装置

手動熔接に於ける手の作用を殆ど自動的に行ひ得るやうな特殊の装置を考案し、之に普通の熔接機及び諸種の測定装置を連結し、電弧熔接の試験に便なる装置を組立てた。装置全體は極めて複雑であるが、茲には其主なる機能を説明するに足る略圖を示し、装置の概要を簡単に述べることとする。

第1圖及び第2圖は半自動電弧熔接試験装置の略圖である。第1圖中央には垂直に保持せる被覆棒があり、電氣的に絶縁せるチャック A に固定し、又母材は水平に位置し電氣的に絶縁せる移動臺 B 上に固定してある。チャック A は後に述ぶる機構により上方又は下方に移行し、又移動臺 B は別の機構により水平に移動する。而して被覆棒と母材とは次の如く電氣的に連結してある。



第 1 圖



第 2 圖

被覆棒—チャック A—溶接機の端子—溶接機の他の端子—電流計—シャント—
スイッチ C—移動臺 B—母材

從てスイッチ D を閉ぢて溶接機を交流電源に接続し、又スイッチ C を閉ぢ後に述ぶる方法により被覆棒の下端を母材の上面に接觸せしめ直に引き離せば電弧が発生し、棒端は溶けて母材上に熔着する。而してチャック A の下降速度を調整し置けば、此際生ずる電弧の長さは略一定となる。又移動臺 B の移行速度を適當に調整し置けば、略一樣にして直線的なビードが得られる。圖に於ては交流溶接機が接続してあるが、之を直流溶接機と取換へることも容易である。從て斯る装置により、交流或は直流を使用して殆ど自動的に電弧溶接を行ふことができる。

第 2 圖は被覆棒固定用チャック A 及び母材固定用移動臺 B を運動せしめる機構の平面圖を示す。又第 1 圖中には此機構の立面圖の一部が現はれてゐる。第 2 圖に於ける電動機は變速し得る大馬力のものである。電動機の廻轉は正齒車 E、鎖ベルト F、正齒車 G を經て H 軸に傳はる。次にベベル齒車 I₁ 又は I₂ とベベル齒車 J との嚙合により運動は K 軸に傳はる。I₁ と J とを組合せるか、又は I₂ と J とを組合せるかによつて、K 軸の廻轉は反對となる。即ち I₁、I₂ 及び J は逆轉装置である。K 軸上には正齒車 L₁、L₂ 及び L₃ があり、N 軸上には正齒車 M₁、M₂ 及び M₃ がある。組合せを L₁ と M₁、L₂ と M₂、又は L₃ と M₃ に變化させることにより、N 軸の廻轉速度は變る。即ち此等は段階的に變速せしめる装置である。又 N 軸端には摩擦盤 O がある。此廻轉は摩擦車 P を經て Q 軸に傳はる。Q 軸上に於て P を移動せしむれば Q 軸の廻轉は連続的に變化する。即ち O 及び P は連續的變速装置である。次で運動はベベル齒車 R₁ (又は R₂)、S₁、S₂、T、ウォーム U、ウォーム車 V を經て W 軸に傳はる。W 軸にはピニオン X₁ が在り、此廻轉によつてラック Y は下方 (又は上方) に運動する。又ラック Y には別にピニオン X₂ が嚙合ひ X₂ の軸には圓筒 Z が懸つてゐる。而して此 Z には電氣的絶縁物を経てチャック A が固定してある。今ピニオン X₂ の廻轉を止めて置けば、X₂ はラック Y に対し固定するから、圓筒 Z、チャック A 及び被覆棒はラック Y と共に下方 (又は上方) に動くのである。即ち變速電動機、段階的變速装置及び連續的變速装置の三つを夫々適當に調整し置けば任意の一定速度を以て、被覆棒を下降 (又は上昇) せしめ得るのである。

次にピニオン X₂ にはウォーム車 A' が固定し A' にはウォーム B' が嚙合ひ、之は—

ニバーサルジョイント C' 及び D' を経て、ハンドル E' によつて廻轉し得るのである。ウォームによつてウォーム車を廻すことはできるが、其逆は機構學上不可能である。従てハンドル E' を廻はさなければウォーム A' 従てピニオン X₂ は廻轉せずラック Y 上に固定されるが、ハンドル E' を廻せばピニオン X₂ は廻轉し、ラック Y に沿ふて移動するから、電動機による運動とは関係なく獨立に被覆棒を上下し得る。即ち電動機によつて自動的に等速度を以て下降（又は上昇）しつゝある被覆棒を、吾々はハンドル E' を廻すことによつて更に下降若くは上昇せしめることができ、被覆棒の運動を手動的にも調整し得るのである。

電弧を發生せしめるには、適當なる等速度を以て被覆棒を自動的に下降せしめ更にハンドル E' によつて手動的に下降せしめ、棒端が母材に接觸するや直に手動的に上昇せしむればよい。斯くすると電弧は容易に發生し、ハンドル E' により電弧長は自由に調整できる。而して一定の被覆棒及び一定の電弧長に對し適當なる下降速度を諸變速装置によつて調整し置けば、殆どハンドル E' を使用せずして適當なる熔着現象が続くのである。電弧發生を手動的に行ふこと及び熔着進行中手動的にも被覆棒の下降速度を調整し得ることの二點から、此装置を半自動電弧熔接試験装置と呼ぶこととした。

次に移動臺を運動せしめる機構に就て述べよう。摩擦盤 O の廻轉運動は摩擦車 F' を経て G' 軸に傳はる。G' 軸上に於て F' を移動せしむれば G' 軸の廻轉速度は變ずる。即ち此等は又連續的變速装置である。而して G' 軸と Q' 軸とは全く別であるから、兩軸を無關係に變速し得る。G' 軸の廻轉はベベル齒車 H', I', 螺絲齒車 J', K' を経て摩擦クラッチ L' に移る。摩擦クラッチを閉ちて置けば、M' 軸從てをねぢ N' が廻り之に嚙合つてゐるめねぢ O' は左方又は右方に移動する。而して O' は移動し得る臺 P' に固定し、又其 P' 上には電氣的に絶縁せられた状態で鐵板 B が固定してある。従て O' が動けば B も亦同一運動を爲す。即ち鐵板は移動臺である。

上述せる所により明な如く、被覆棒及び母材は同一電動機によつて運動する。今 2 個の逆轉装置を夫々何れか一方に嚙合せ置き電動機用スイッチを閉ちれば棒と母材とは同時に運動をはじめ。又逆轉装置 I₁, J, I₂ により兩者の運動を停止又は逆行せしめ得る。又逆轉装置 R₁, S₁, R₂ を用ふれば、被覆棒のみを停止又は逆轉せしめ得る。上述せる諸部分の全體を唯運轉するのみならば 0.4 馬力程度の電動機を用ふればよいのであるが、始動又は逆

轉に際し被覆棒及び母材の運動が直に定常の速度に達するやう、特に 5 馬力の電動機を用ひたのである。

移動臺の變位は其臺に固定せる指針 Q' と装置全部の基礎に取付けたる目盛尺 R' により知られる。圓筒 Z の一點に繋げる綿絲 S' は滑車 T', U', V' 及び W' に懸り、錘 X' を吊つてゐる。綿絲 S' には滑車 U' と V' との間に於て指針 Y' が取付けてあり、此部分の絲に沿ふて目盛尺 Z' が装置全體の基礎に固定してある。而して被覆棒先端の變位は指針 Y' の變位に等しく、之は目盛尺 Z' によつて測られる。

本装置より距たれる所に三エレメントオッシュログラフを靜置し、熔接電流の回路にはシャントを挿入して置き、1Amp. 以下の小電流をオッシュログラフの一つのパネルの電流端子に接続する。又被覆棒を固定せるチャック A 及び移動臺 B を電氣的に他のパネルの電壓端子に接続して置く。次にオッシュログラフの遠隔制御用栓 A'', 蓄電池 B'', C'' 及び押ボタン式スイッチ D'' を行に繋ぎ置けば本装置のハンドル E' を以て熔着現象を調整し且觀察しつゝ、任意の時刻にスイッチ D'' を押して、電弧現象即ち電弧電流並に電弧電壓の變化を寫眞に撮影し得るのである。

又電壓計 E'' をハンドル E' の近傍に置き之をチャック A 及び移動臺 B に接続して置く。豫め被覆棒の下降速度を調整し、更にハンドル E' によつて被覆棒の送りの速さを精密に調整すれば、此電壓計の指針の位置を殆ど一定に保つことは極めて容易である。

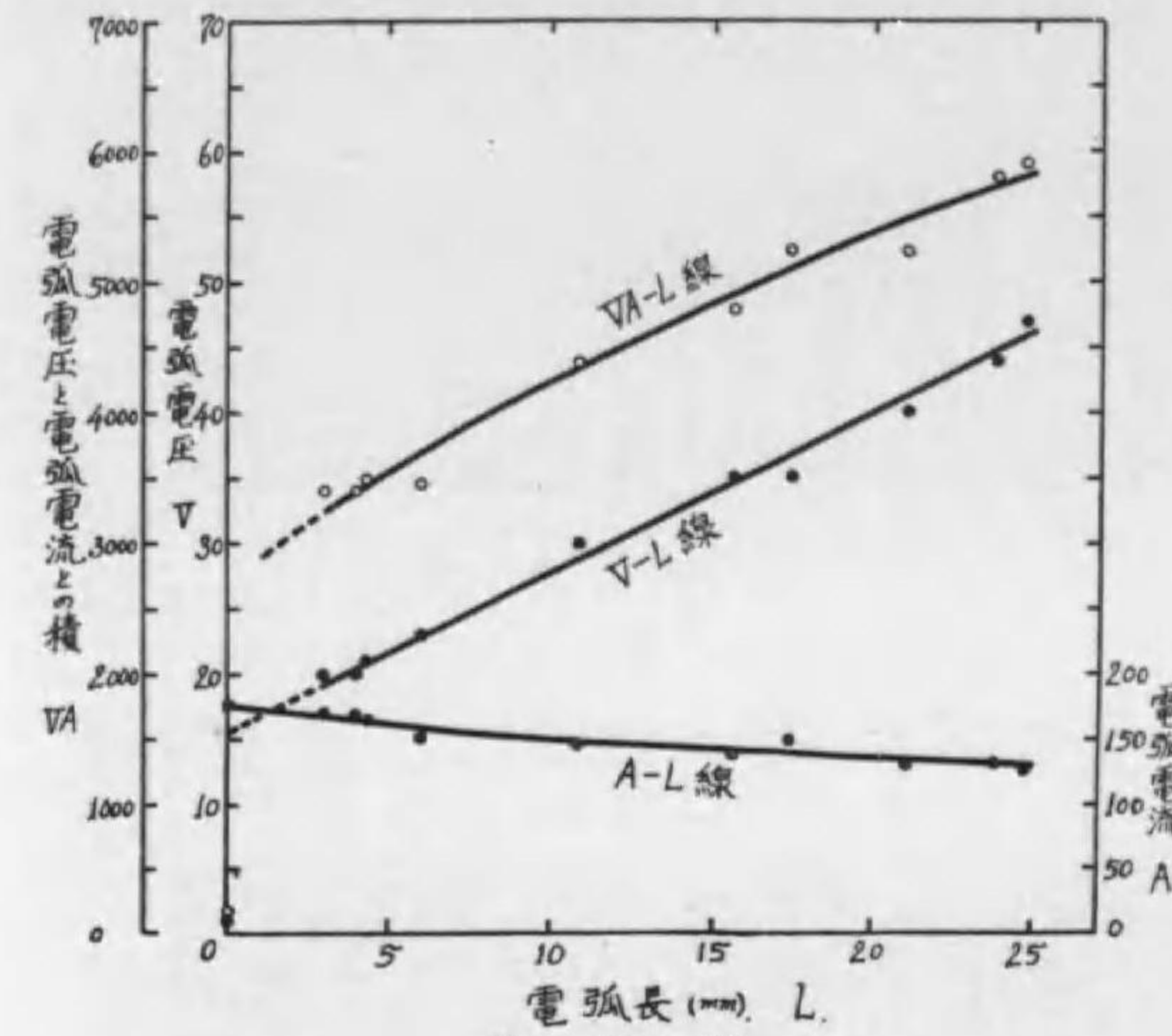
II. 電弧長と電弧現象

前項に述べたる半自動電弧熔接試験装置に交流熔接機を電氣的に接続し、一種の被覆棒を選び、厚さ 10mm 軟鋼板との間に電弧を發生せしめ、電弧長と電弧電壓及び電弧電流等の關係を調べた。熔接機としては日立製 300 A 交流熔接機 (WP 型) を用ひ、被覆棒先端を移動臺上の母材上面に接觸せしめて短絡電流 177 A となる如く熔接機二次側を調整した後、種々の電弧長を以て熔着試験を行つた。熔接機の一次側電壓即ち交流電源は實驗中動揺してゐたため、二次側開路電壓は 92~100 Volt であつた。被覆棒としては、0.11% C, 108% Mn, 0.61% Si, 0.01% Al, 0.017% P, 0.010% S, 0.22% Cu を含有する特殊の軟鋼心線 (直徑 4mm) に、磁鐵礦 26%, 二酸化滿俺 16%, 長石 32%, 酸化チタン 21%, 石灰 5% より成る被覆劑を、心線の長さ 32 cm に亘り 6g の割合に被覆した。

先づ第1圖及び第2圖の示す如く被覆棒及び母材を固定し、スイッチ D を閉ち、諸變速装置を調整し、更にハンドル E' を以て手動調整を行ひ、電壓計 E'' の指針の位置を一定に保ち、電弧現象を定常状態に達せしめた。次で或時間の後ベベル齒車 J を他のベベル齒車より切離し、同時にスイッチ D を開いて熔接機の一次側電流を遮断した、即ち被覆棒及び母材の運動を停止せしめ、更に熔接電流を遮断したのである。然る後滑車に懸れる絲 S' に附せる指針 Y' と目盛尺 Z' とによつて、被覆棒端に相應する指針の位置 (x mm) を記録し置き、次に被覆棒の先端に形成せる被覆保護筒を除去して金屬端を露出せしめ、又母材に熔着せるビードの壺 (Crater) の部より鏽滓を除去し、ハンドル E' を廻して被覆棒を徐々に下降せしめ、其露出金屬端を母材上に生ぜる壺内の凝固凹面に接觸せしめる。而して此場合の指針 Y' の位置を目盛尺 Z' によつて讀みとる (y mm)、然るときは (y-x)mm は此場合の變位で、換言すれば棒端と壺内凹面との間の距離である。此値は熔着が定常状態にある場合の被覆棒金屬端と壺内金屬表面との間の距離と全く同一ではないから、此装置による誤差を求め補正する必要がある。此装置に於ては、ベベル齒車 J と他のベベル齒車との嚙合を離しても、猶多數の廻轉體は慣性によつて暫時廻轉を續け、從て棒端と母材との運動は直には停止せない。從てベベル齒車 J を離した後被覆棒端が移動する距離 a mm を測定し (y-x+a) mm を求めた。又熔着の定常状態に於ては、被覆棒の金屬端及び母材の壺内面は熔融してゐる。此際熔接電流を遮断すれば熱の發生は停止し、兩者は冷却するが故に凝固し、其形狀及び容積は多少異なる筈である。猶本實驗に於ては上述の如く熔接機の一次側電流を遮断して間接に二次側の熔接電流を遮断したのであるから、遮断法が直接でないために生ずる特殊の誤差があるかも知れない。從て熔着の定常状態に於ける兩者間の距離と遮断停止後、上述の如くして求めた値 (y-x+a) mm とは精密には一致せないのであらう。熔着現象が定常状態にあるとき、寫眞機を用ひ側方より電弧附近を撮影し、電弧長を測定する方法も考へられるが、棒端には被覆保護筒が發達し、又母材の壺は凹状を呈してゐるから、此方法によるも精確なる測定は期待できない。そこで著者等は上述の如くして求め得たる値 (y-x+a) を以て熔着の定常状態に於ける電弧長 (被覆棒の金屬端と母材壺内の金屬面との間の距離) の大小を判断することとした。

又熔着現象が定常状態にあるとき第1圖に示せる電壓計 E'' を以て電弧電壓 (Volt) を測定し、熔接電流の回路に挿入せる電流計によつて電弧電流 (Amp.) を求めた。斯くして得た

る結果を圖示すれば第3圖が得られる。



第3圖

之によれば電弧長の増すにつれ電弧電壓も増し、兩者は略直線的關係にあることが知られる。炭素電極による電弧に就ては、電弧長 (L) と電弧電壓 (V) との間には次の如き直線的關係がある。⁽¹⁾

$$V = a + bL$$

茲に a 及び b は恒數である。

直流熔接機及び軟鋼用裸熔接棒を用ひたる場合の鐵電弧に就ては、岡本博士等の研究がある。即ち裸棒を常溫又は 800°C に保持せる母材より一定速度を以て引離し、棒と母材との幾何學的移動距離を電弧長と假定し、オッシュログラフを用ひ電弧長と電弧電壓との關係を調べられた。然し之は熔着が定常状態に長く持續せる場合の測定結果ではない。而して被覆熔接棒を用ひ、而も熔着の定常状態に於ける電弧電壓及び電弧電流の關係を研究した結果は未だ見當らない。然るに著者等の豫備的試驗結果によれば、上述の如く交流熔接機及び被覆棒を用ひ定常状態に於ける實際熔着の鐵電弧に就ても、電弧電壓と電弧電流とは炭素電弧の場合と同様略直線的關係にあることがわかつた。此試驗に供せる既述の被覆棒に就ては前式に於て a=15.5, b=1.23 である。但し此等の値は被覆棒の種類により異なるものと思はれる。今後種々の被覆棒に就て研究する豫定である。

又第3圖により明なる如く、電弧長の増すにつれ電弧電流は僅に減少するが、電弧電流と電弧電壓との積は電弧長と共に大となる。從て電弧長大となるにつれ電弧に於て消費せられ

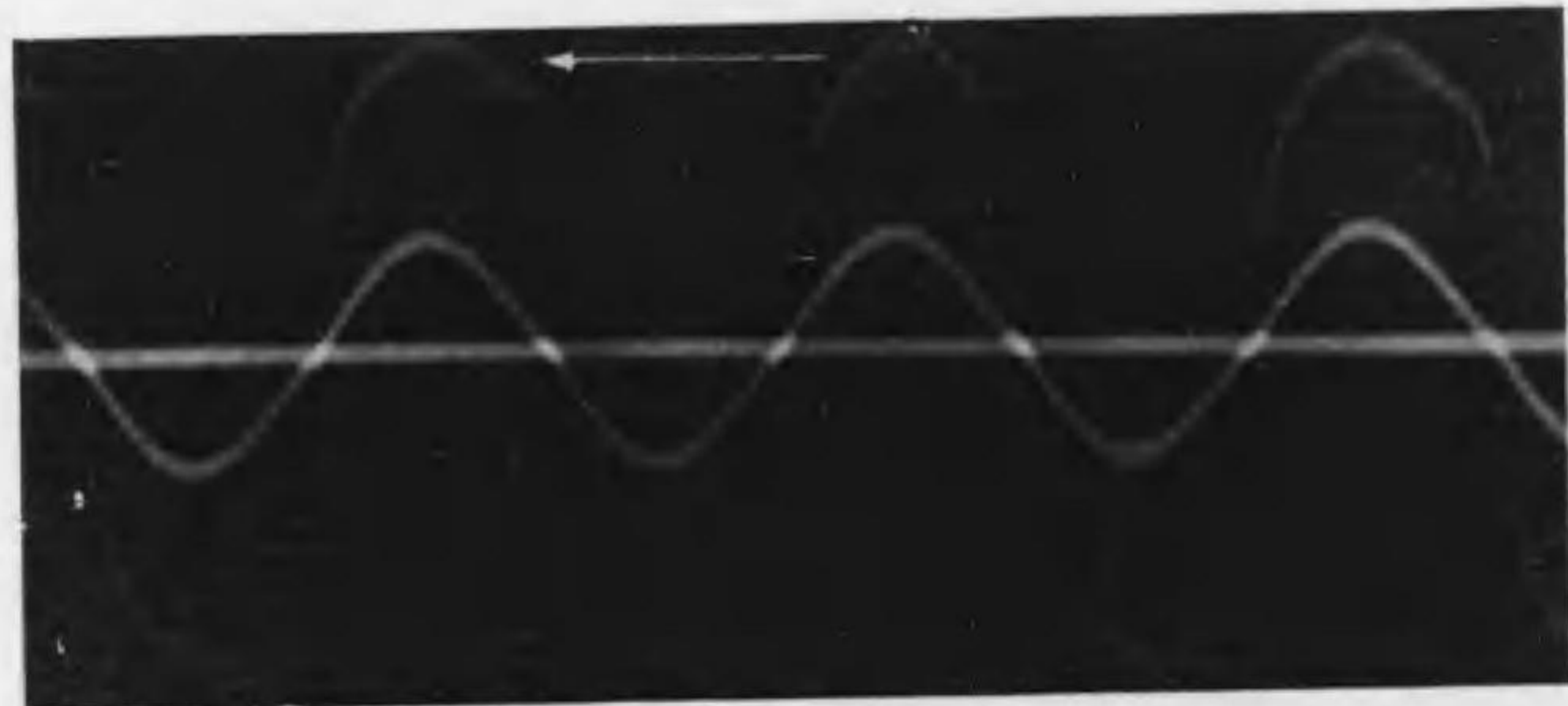
(1) Harris 著, Metallic arc welding (1935), 3

(2) 岡本起, 安藤公平, 小松原政治, 電氣評論, 第22卷(1934), 第8號
第23卷(1935), 第6號

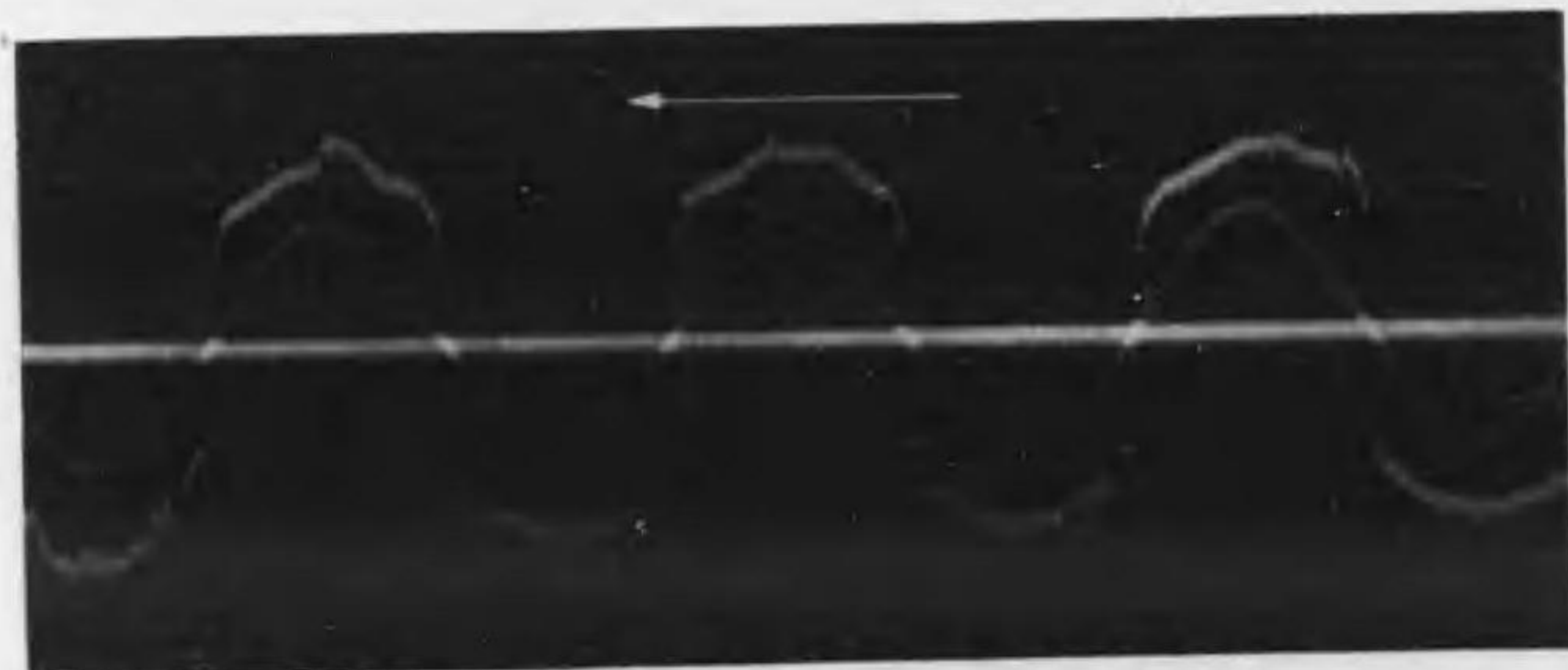
る電力は増すのである。

次に熔着の定常状態に於ける電弧電圧及び電弧電流の時間に対する變化をオッシログラフにて撮影した結果は寫眞 No.1—No.3 の如くである。即ち各寫眞に於けるサイン曲線は電流の變化を示し、動搖多き波形曲線は電壓の變化を示す。而して何れの曲線に就ても一波長は1/50 秒に相當してゐる。又寫眞 No.1 及び No.3 には第1圖に示せる電流計及び電壓計 E' にて測定せる電流及び電壓並に前述の方法によつて求めた電弧長を附記した。電弧長の増すにつれ電弧電圧の大となることは此等の寫眞に於ける電壓曲線の振幅を比較するも明に認められる。電弧長更に短きときは寫眞 No.3 の示す如く短絡現象が起り易い。

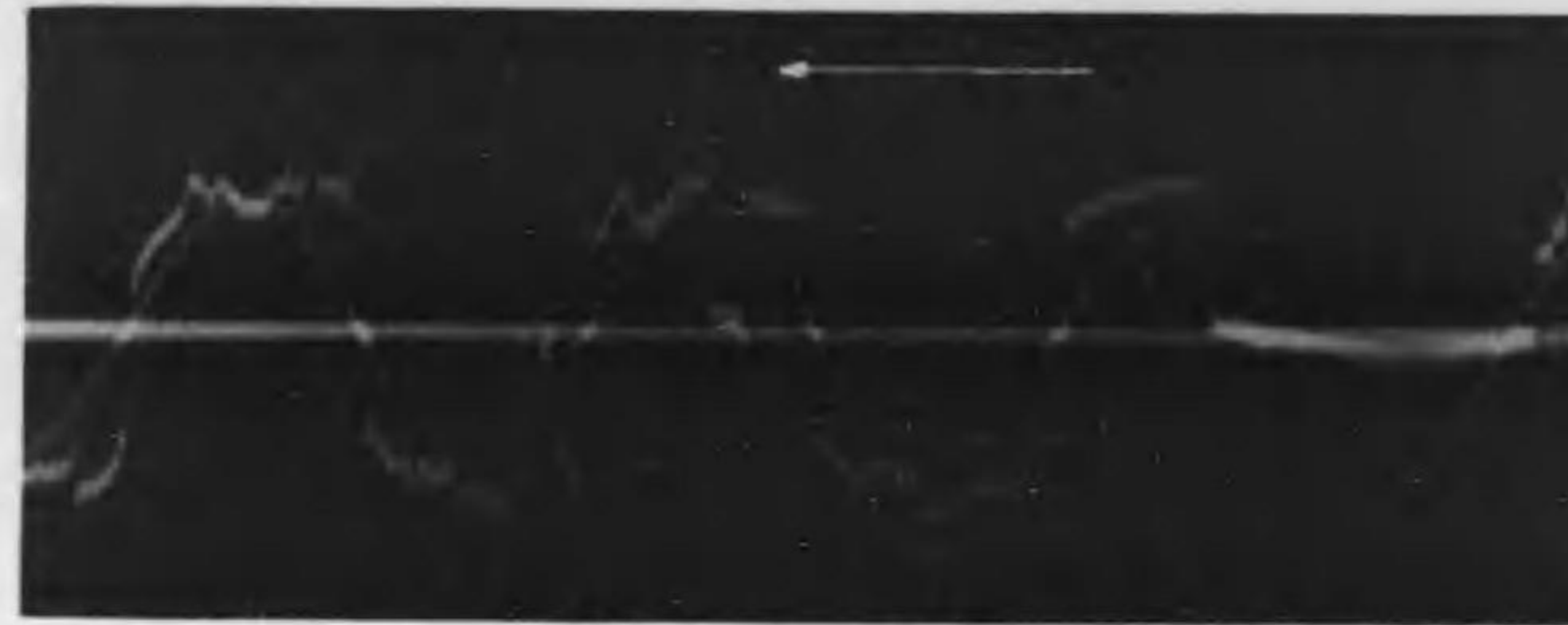
既述の如く第1圖に於ける指針 Y' と目盛尺 Z' によつて被覆棒の變位を知り得るのであるから、更にストップウォッチを併用すれば被覆棒の熔解速度が測られる。又同様に指針



No. 1 電弧電圧 35 V. 電弧電流 150 A. 電弧長 17.3 mm. 被覆棒の下降速度 204 mm/min. 母材の移行速度 121 mm/min



No. 2 電弧電圧 21 V. 電弧電流 166 A. 電弧長 4.3 mm. 被覆棒の下降速度 244 mm/min. 母材の移行速度 144 mm/min



No. 3 電弧電圧 19 V. 電弧電流 170 A.

Q, 目盛尺 R' 及びストップウォッチを用ひ母材の移動速度が求められる。斯くして求めた値をも夫々寫眞に附記した。即ち此等の結果によれば電弧長大なる場合の方が單位時間に熔融する被覆棒の長さ小である。然し母材上に熔着せるビードを見るに電弧長大なる場合は扁平にして母材の熔込は良好である。即ち電弧長が大となれば、電弧によつて消費せられる電力は増し、一定長の被覆棒を熔着せしむるに要する時間も増すのであるから、結局一定長の被覆棒を熔着する電氣エネルギー從て熱エネルギーは多く、母材の熔込みはよくなるのである。而して電弧長の増すにつれ消費電力が大となるにも拘はらず、被覆棒の熔解速度が却て減少することに就ては、今後更に研究を進める豫定である。

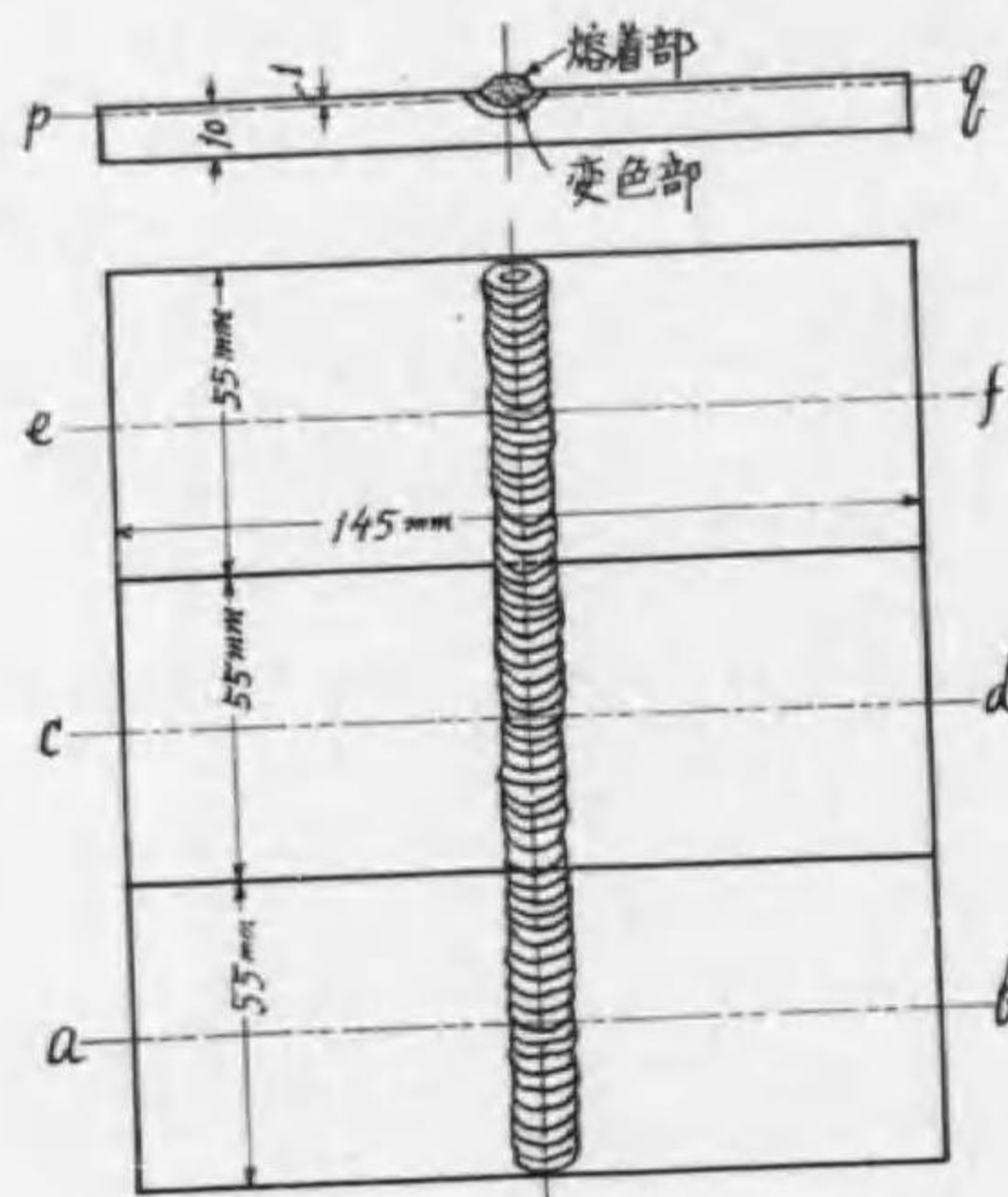
以上の豫備的試験に於ては被覆棒及び母材の運動を停止せしめるに、第2圖に示せるベベル齒車 J を他のベベル齒車より切離したのであるが、斯くすれば既述の如く多數の廻轉體の慣性により兩者の停止に遅れを生ずる。又熔接機の一次側電流を遮斷することは望ましくない。そこで熔接の定常状態より突然遮斷停止を行ふに當り、次の如く電氣的方法を採用することがよいと考へられ、目下設計製作中である。即ち熔接機の二次側回路にあるスイッチ C に對し電磁尺 F', 摩擦クラッチ L' に對し電磁石 G', ベベル車 R₁ (及び R₂) に對し電磁石 H' を設け、此等三個の電磁石及び押ボタン式スイッチ J' を行に連結しスイッチ I' によつて直流電源に接続する。而してハンドル E' 及び電壓計 E' によつて熔着を定常状態に保持し、適當の時にスイッチ J' を押して熔接電流の直接遮斷、被覆棒及び母材の運動の停止を同時に行ひ、電弧長の測定誤差を少くする豫定である。

III. 母材鋼板の種類と母材の硬度に及ぼす熔接熱の影響

熔着熱によつて、母材に於ける熔着部附近は變質し、硬度は變化する。而して熔着の條件を一定とするも、此硬度變化の度合は母材鋼板の種類によつて異なる。茲には數種の鋼板に就ての例を擧げる。何れの鋼板に就ても熔着は次の條件の下に行つた。

- 熔接機：日立交流 300A 熔接機 (WP型) 二次側開路電壓 94V
- 被覆棒：帝國酸業株式會社製熔接棒 No.120 心線徑 4mm のもの
- 電弧電壓：30Volt
- 電弧電流：135Amp.
- 被覆棒の溶解速度：288mm/min
- 母材の移行速度：198mm/min

即ち前記半自動電弧熔接試験装置の移動臺上に厚さ 10mm, 長さ 145mm, 幅 55mm の各種鋼板を第 4 圖の如く並べ一本の被覆棒を以て續けて此等鋼板上に直線ビードを置き、

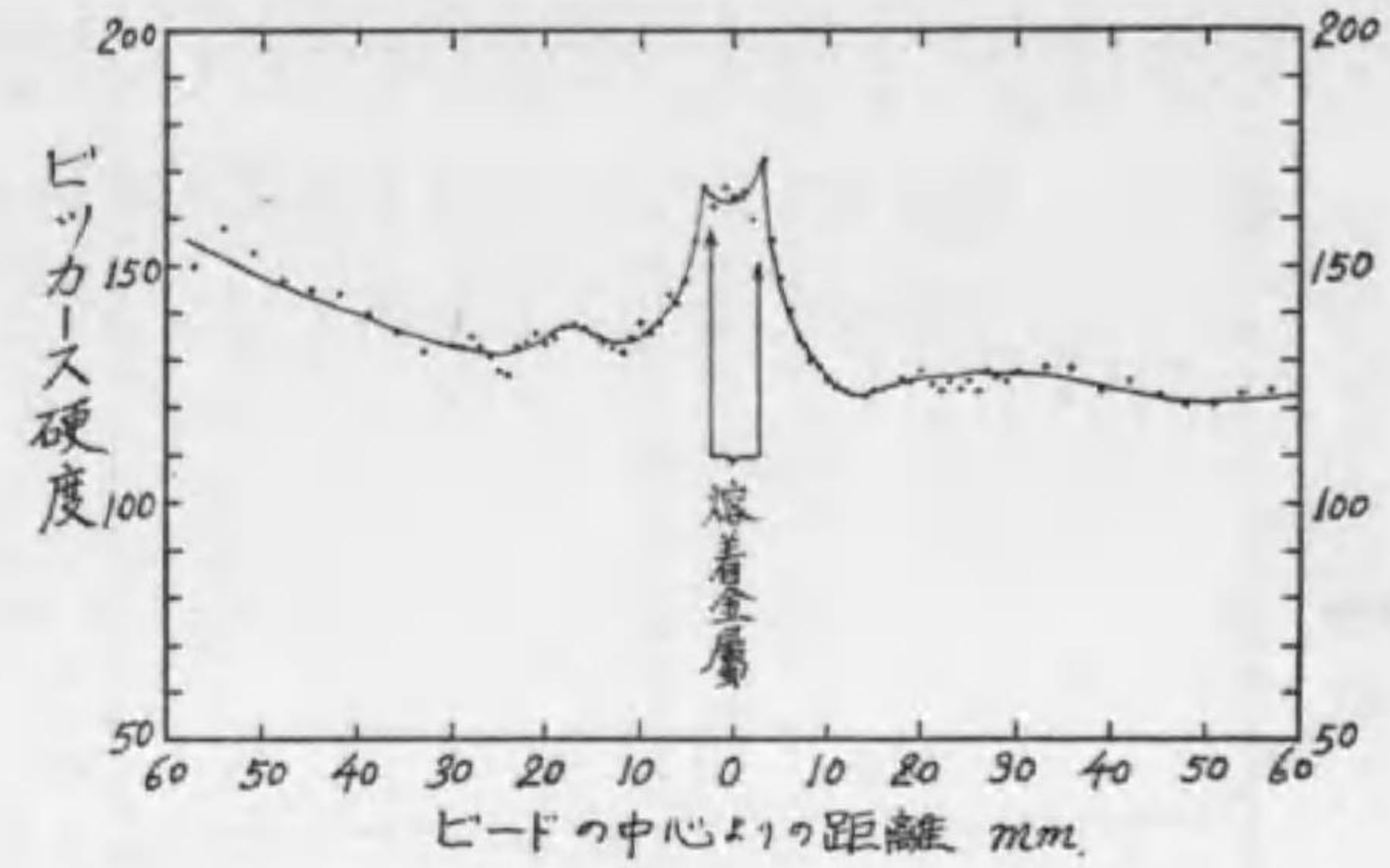


第 4 圖

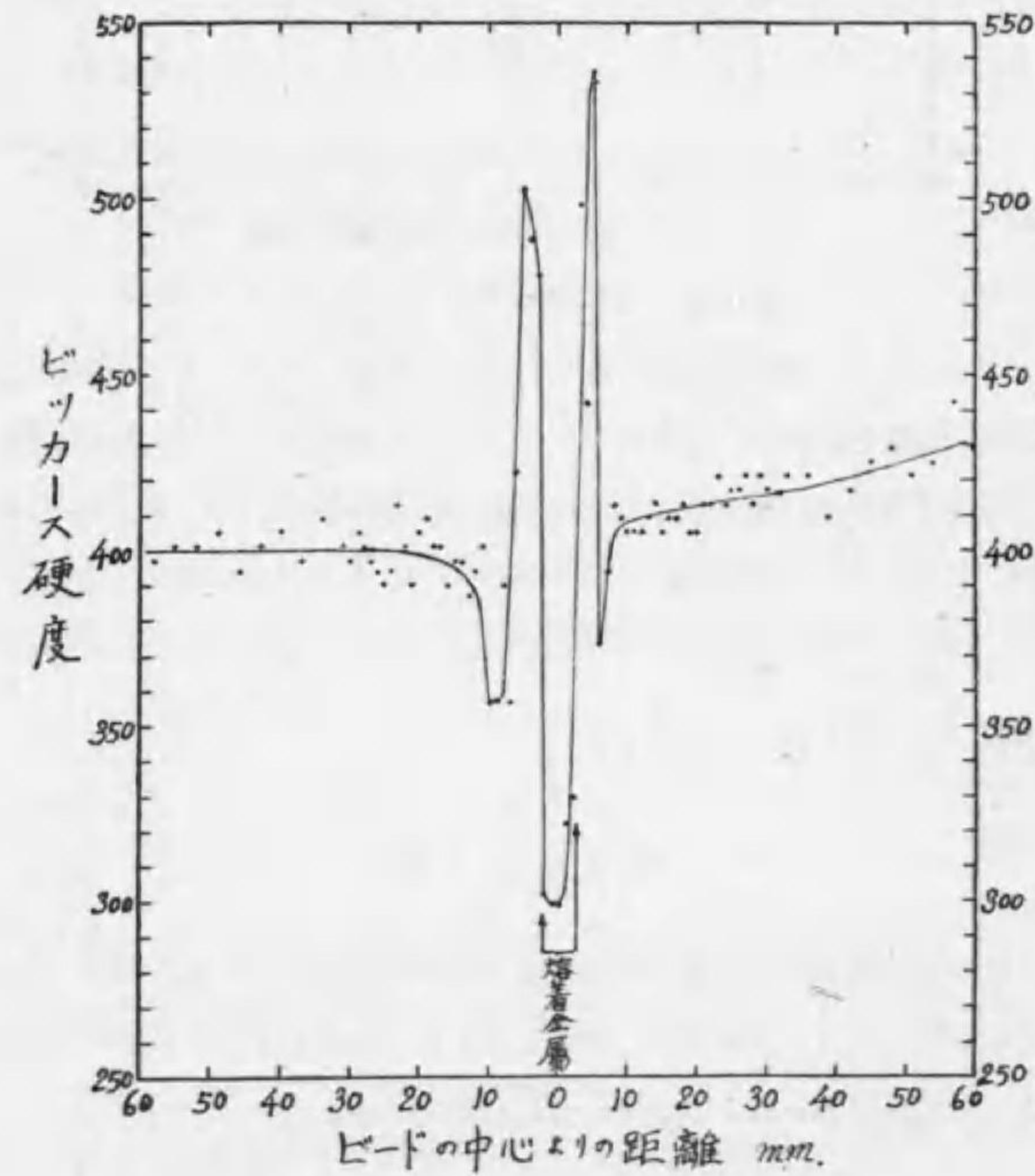
て續けて此等鋼板上に直線ビードを置き、ab, ed 及び ef の如くビードに直角なる方向に夫々を切斷した後其断面を研磨腐蝕した。而して此断面が水平となる如く特殊の試片固定臺に取付けビッカース硬度を測定した。即ち第 4 圖の断面に示す如く、熔着せる板面に平行なる直線に沿ふて、熔着部附近に於ては 1mm 毎に、又熔着部より稍と遠き部分は 3mm 毎に硬度を測定した。第 5~7 圖は軟鋼板、Ducol 鋼板及びニッケルクロム鋼板 (燒入後 650°C に燒戻せるもの) に就ての結果を示す。

既述の如く使用被覆棒は同一であるが、中央の熔着部の硬度は圖にて明な如く軟鋼板に就ては約 165, Ducol 鋼板に就ては約 200, ニッケルクロム鋼板に就ては、約 300 で次第に増してゐる。之は母材の一部溶解により Ducol 鋼板の場合には主として Mn, ニッケルクロム鋼板の場合には主として Ni 及び Cr が、熔着金屬中に擴散し來るからである。

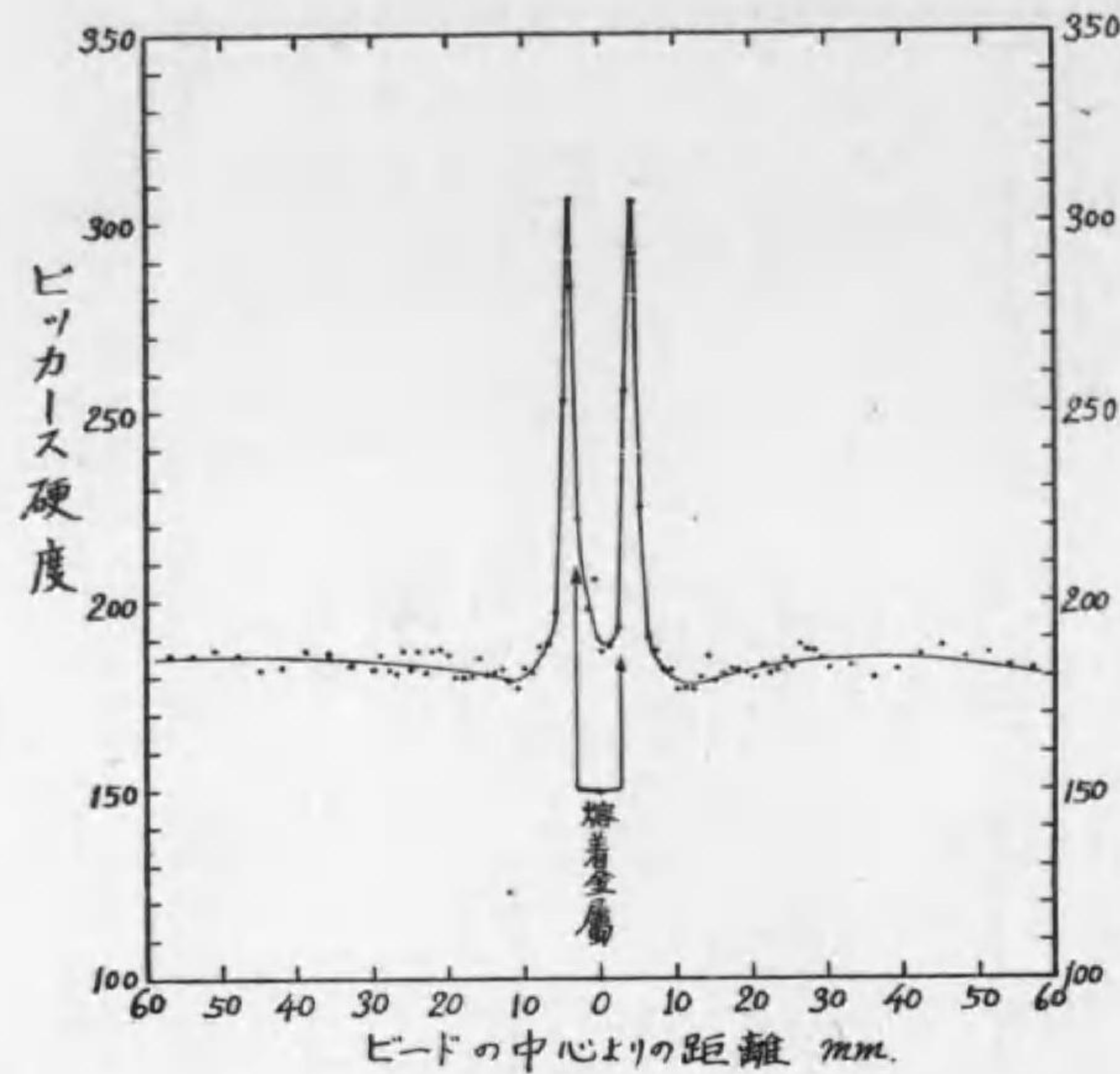
試片腐蝕面を觀察すれば、熔着部に隣れる母材部は變色著しく、他の部より區別できる。之は熱影響によること明である。而して第 5~7 圖に依れば、此部分には母材の他の部に比し硬度極めて高き部分がある。而して此傾向は軟鋼, Ducol 鋼, ニッケルクロム鋼の順序に



第 5 圖 軟鋼板の場合



第 7 圖 ニッケルクロム鋼板の場合



第6圖 Ducol 鋼板の場合

次第に顯著となつてゐる。即ち自硬性の著しい鋼ほど此傾向が著しい。変色部の最高硬度附近に就て、顕微鏡組織を観察すれば次の通りで、Ducol 鋼及びニッケルクロム鋼に於ては、熔着部に隣れる母材変質部に硬き麻留田組織が現はれるのである。

軟鋼の場合：フェライト及び粗粒粒

Ducol 鋼の場合：フェライト吐留田及び麻留田

ニッケルクロム鋼の場合：麻留田

而して此硬化部に於て往々割れが発生する。

結 言

本報に於ては半自動電弧熔接試験装置の概要と豫備試験結果の一部を略記したに過ぎない。今後は更に装置を改良し豫備試験の結果を参照し、鋼の電弧熔接に於ける基礎的諸現象に就て、主として冶金學的見地より研究を進める豫定である。

鉄筋コンクリート構造物に於ける『現場打コンクリート強度試験法』の改良に関する研究 (第1報)

(昭和14年11月1日受理)

警視廳技師 栗 山 寛

(参照) 建築學會：大會論文集 第13號(昭和14年4月)

I. 緒 論

最近、鉄筋コンクリート構造の理論並に施工方面の研究發達は本構造の優秀性を益々高め、耐震・耐火・耐風はもとより防空の見地からも現在のところ之に優る構造法は考へられない。従つて本構造法の研究と併行して之を構成する材料——鋼材及コンクリート——も亦夫々材料學的並に構造學的方面から研究せらるべきである。

鋼材は古くから工業材料として各方面から高度の研究が行はれ且又すべて工場製品であり、日本標準規格に詳細な規格があつて、建築物構造材料としては十分に品質の確保がなされてゐる。之に反しコンクリートは比較的新興材料に拘らず鉄筋コンクリート構造の進歩と併行して研究が行はれ、其強度理論に於ては今日一應の完結の域に達したと稱しても過言ではないが、何分にもコンクリートは工事施工者が工事場に於てセメントと砂及び砂利の天然産材料を自由に混合して製作し得るから、其の計畫を充分に立て施工にあつては、其工事監督を嚴重にし且施工設備を整備してかゝらなければその品質は確保され難い。

鉄筋コンクリート造建築物に使用されるコンクリートは主として軟練のものであるから、其強度はAbrams氏の水セメント比説——コンクリートの強度は材料品質一定且軟練の場合水セメント比によつて決定する——によつて計畫通りの強度が得られるのである。併しながら此理論の實行は小さい研究室或は実験室内に於ては正確に實行可能であるが、實際工事場で應用するには、(1) 使用材料の不均一、(2) 水量計量の不正確、(3) 骨材含水量の不同、(4) 材料の分離、(5) 種々の施工上の諸缺陷等の理由によつて幾多の困難を伴ひ、打上りコンクリートが施工前に設計した強度を確實に有するや否やの問題が考へられる。従つて理論的には優秀な設計であつても一步施工を誤ると寒心すべき状態に立到る場合も起りうる。従つ

て上述の如く品質確保の困難なコンクリートに於ては打上りコンクリートの強度について適切有效なる強度試験方法を樹立し建築物構造體の安全性を期すべきであらう。

現今、我國の建築物のコンクリート強度試験法として広く用ひられつゝあるのは建築學會制定の標準試験方法である（土木學會に於ても略同様な方法を採用してゐる）。本法は大正15年採用されてから建築工事場を初め實驗室等に於て広くコンクリート強度試験方法として採用せられてゐる唯一の方法である。今此試験方法を検討して見ると、

(1) 本標準試験方法は、大正15年「コンクリートに関する協議會」に於て決定した案を建築學會に於ても採用したもので、その骨子は米國法に倣つたものである。コンクリートに對する強度判定を一定の試験體、製作方法、養生條件の下に行はんとする一つの標準方法を示せるものであつて、本法の樹立によつて各種コンクリートの強度の比較が出来る様になつたのである。併し本法による試験結果はどこまでも比較試験であつて、

(2) 現實に建築工事場で混和せられたコンクリートを以て構成せられたコンクリート構造物のコンクリート強度の絶対値を示すものではないのである。即ち工事場で本標準試験法を実施する場合を考へると一つの混合機内で製造せられたコンクリートは、一方構造體に打込まれたものは打込直後から材料の分離、外界の氣温、湿度の變化或は風雨雪等或は思はざる外力の影響を受けるに反し、他方標準試験用の鐵製型枠に填充せられたコンクリートは水密性の型枠中で殆んど材料の分離も起らず、成型後は殆んど一定温度で水中又は濕砂中に養生せられる。換言すれば兩者は型枠填充後の取扱の経路を全く異にするにかゝらず後者の強度を以て前者の強度を表はすものとは一般に考へられ勝である。又現場打コンクリートは上述の様な理由によつて頗る不均一質のものであり又冬季と夏季によつても強度に差のあるものである。

(3) 従つて標準試験法に依る結果と現場打コンクリートの強度との間には如何なる關係にあるやを検討する必要がある。即ち現場打コンクリート強度を求めるために標準試験法に依る結果に乗すべき或係數を必要とするのである。

(4) 標準試験法に於てコンクリート強度を得べき材齡は4週間に以て規準とし短期強度推定方法が講ぜられてない。しかしセメント品質の向上、工事期間の短縮を必要とする場合等に於て、一律にコンクリート強度を材齡4週間に以て判定するのは不合理且不便であり、必然的に短期強度推定を要求する。

5) 其他、本標準試験法に規定する型枠は容積大、重量大且相當價格のため大小すべての建築工事場に必ず之を備付けること不可能の場合が多い。

次に市街地に於ける建築物の建築の際は市街地建築物法令の適用あり、コンクリート構造物のコンクリート強度についても市街地建築物法施行規則に詳細なる規定がある。即ちその第102條には

第102條 強度計算ニ於テ建築物ノ各部分ニ生ズベキ應力度ハ各種材料ニ付左ノ限度ヲ超過スベカラズ

材 料	應 壓 力 度 (1 平方 糎 = 付 瓦)	應 張 力 度 (1 平方 糎 = 付 瓦)	應 剪 力 度 (1 平方 糎 = 付 瓦)	應 曲 力 度 (1 平方 糎 = 付 瓦)
コンクリート 「セメント」 1 砂 3 砂 利 6	30.0	3.0	3.0	3.0

(他 材 料 ハ 省 略)

前表ニ於ケル「コンクリート」ノ割合ハ容積ヲ以テシ「セメント」ハ 1500 キログラムヲ以テ 1 立方メートルトス

品質特ニ劣等ナリト認ムルモノニ對シテハ地方長官ハ第1項ノ限度ヲ低下セシムルコトヲ得。

第102條ノ2 強度計算ニ於テ鐵筋「コンクリート」構造ノ各部分ニ生ズベキ「コンクリート」ノ應力度ハ左ノ限度ヲ超過スベカラズ。

應 壓 力 度 (1 平方 糎 = 付 瓦)	應 張 力 度 (1 平方 糎 = 付 瓦)	應 剪 力 度 (1 平方 糎 = 付 瓦)
應壓強度 3分ノ1且 70.0	應張強度ノ 30分ノ1且 7.0	應剪強度ノ 30分ノ1且 7.0

鐵筋「コンクリート」ニ使用スル「コンクリート」ハ1平方センチメートルニ付 90 キログラム以上ノ應壓強度ヲ有スルモノタルベシ。

第1項ノ應壓強度ハ式ニ依リ算定セルモノヲ超過スベカラズ但シ適當ナル試験方法ニ依リ「コンクリート」ノ強度ヲ試験シタルモノニ付テハ此ノ限ニ非ラズ。

$$F = \frac{2K}{20^e} P$$

「コンクリート」ノ應壓強度。

K 商工省告示日本標準規格第28號又ハ第29號ノ試験方法ニ依リ試験セル砂入「セメント」ノ4週間後ノ應壓強度。

e 水ト「セメント」ノ重量比。

寒冷ノ季節ニ施工スル「コンクリート」ニ付テハ地方長官ノ定ムル所ニ從ヒ前項ノ應壓強度ヲ減ズルモノトス。

地方長官ハ第3項ノ適用ニ關シ「コンクリート」ノ割合ニ付必要ナル規定ヲ設ケ又ハ措置ヲ命ズルコトヲ得。

この條文に示すが如くコンクリート構造體のコンクリート強度のとりべき數値が明瞭に規定されてゐるが、さて之を如何にして判定するか即ち如何なる試験方法を用ひるかは明記されてない。又材齡についても何等の定めもない。しかし上記條文中の第102條の2の第2項

には『第一項ノ應壓強度ハ左式ニ依リ算定セルモノヲ超過スベカラズ但シ適當ナル試験方法ニ依リ「コンクリート」ノ強度ヲ試験シタルモノニ付テハ此ノ限ニ在ラズ』とあつて適當なる試験方法を認めてはゐる。しかし法規上適當と認めるからには理論的にも實際にも普遍妥當性のあるものでなければならないが、現在に於ては建築學會の標準試験方法以外に適當なる試験方法は認められない。従つて建築技術者が本條文の強度判定には、何等の疑義なく建築學會の標準試験方法に準據し、之に伴ひ材齡も4週間を以て基準とするのが常識となつて居り、又上記法文中に掲げられた算式もこの標準法によつたものであるから法規の精神には殆んど標準試験方法が根底になつてゐる様であるが、法文の表向きの解釋上からは試験方法や材齡につき何等の規定がないと見なければならない。この點は法規の不備な點とも考へられ、場合によつては融通性のあるものとも考へられる。

こゝに於て『現場打コンクリート強度試験法』について今後考ふべき事柄は、

1) 現行標準試験方法の改善 現行の標準試験方法を今後もコンクリート強度試験法として保存するものとすれば前述の諸點につき改善する必要あるものと思はれる。しかし現行試験方法に固執するよりも次に述べる方法が望ましい。

2) 短期強度推定方法 現行建築學會の標準試験方法による時は試験體製作後約1ヶ月後でなければその強度が判明しない。従つてコンクリートの強度判明をまつて工事にとりかかるといふことは現代の迅速を貴ぶ工事には合致しない。こゝにコンクリート強度の短期推定の必要がおこる。この方法には(イ)短期強度により長期強度の推定、(ロ)セメント水和作用の促進、等が考へられ内外に多くの研究發表があるが未だ完全の域に達してゐない。

3) コンクリートの組成分析法 之は出来上つたコンクリート中より一定量を分析してそのコンクリートのセメント、砂、砂利及び水の各量を求め、水セメント理論に基づいて強度を判定せんとする方法で、硬化せざるコンクリートの分析については現に二三の提案がある。然し理論に於て簡単に出来ないのが缺點であり、更に硬化せるコンクリートの分析は外國に於て實施せられた例があるが操作が甚だ煩雜な缺點があつて、到底工事場で簡單に行ふわけに行かない。従つて本法については工事場で簡單に行ふ方法を案出することが望ましい。

4) 其他コンクリート強度の鑑別法 試験體製作、短期強度推定、分析等の方法に依らずして練上り直後或は硬化したコンクリート強度を何等かの物理的或は化學的方法により直ちに判定する方法を最も必要とするところであるが、未だ何等の確定的の方法は提案されてゐ

ない。

本研究に於ては以上の強度試験法の改良に関する點について検討せんとするものである。

II. 第一實驗

1. 實驗の目的

緒論に於て述べた如く標準試験法による試験結果は現場打コンクリートの實質上の程度を現はすものでない。この原因は(1)養生の相違、(2)材料の分離、(3)材料の不均一、(4)季節の影響、等の理由に基づくものと思はれる。

本實驗に於ては材料の分離の内、特に水の分離につき考察を進めんとしその一部の實驗を行つたものである。

現場打コンクリートに於ては、(1)假枠材の吸収、(2)假枠の隙間よりの漏水、(3)セメント及び骨材の沈降、(4)表面よりの蒸發等によつて必然的に混和水の分離を生ずる。コンクリートの強度は水セメント比によつて決定するから水量の如何は強度決定上重要である。従つてコンクリートより水の分離する現象は一見コンクリート強度増進に役立つものとも考へられるが、水の分離現象につき精密なる検討を経た後でなければ輕々斷ずる譯にはゆかない。一方現在建築物に使用するコンクリートの強度判定は建築學會試験標準方法によつてゐるがこの方法によつたコンクリートの強度は試験體製作後の取扱に於て全然現場に於けるものと別個のものとなりこの間の關係が不明瞭である。又屢々この標準試験方法によつて試験體を製作する際にも型枠にコンクリート填充後水の分離現象が見られるのである。

要するに種々の條件によつて複雑化されたコンクリート構造物に於けるコンクリートの壓縮強度と標準試験方法による壓縮強度との關係が明瞭にされる必要があり、混和水の分離現象もその一部分をなすものと思はれる。

本實驗は筆者が先に行つた豫備實驗⁽¹⁾を再検討せるもので、實驗室内に於て型枠によつて水の分離現象と壓縮強度との關係を求めるのを目的とした。

2. 實驗の方針

上述の目的を遂行する爲に本實驗に於ては從來の建築學會試験標準方法により試験體を製作するにあたり、混和水の分離の有無を普通實驗に用ひられる範圍の數種の水セメント比につき嚴密に調査し、併て之と同一形状の型枠に多數の小孔を穿ち自由に混和水の一部を排出

せしめて製作せる試験體を同一水セメント比につき水の分離量を測定し、兩者の壓縮強度を求め兩者の關係を明らかにし、一般現場打コンクリートに於ける何等かのヒントを求めんとした。

3. 使用材料, 調合, 試験體製作及び實驗方法

(1) 材 料

(i) セメント 淺野セメント株式會社東京工場製のポルトランドセメントを使用した。工場にて製造直後送付を受け、實驗室に到着後鐵製貯藏箱中に密閉し置きたるものにして試験成績は第 1 表の如くである。

第 1 表 セメント試験成績

粉末程度 4900 孔%	凝 結		耐壓力 (kg/cm ²)			抗張力 (kg/cm ²)			強度試驗溫度 C°				
	室温	湿度	1:3 モタル		1:3 モタル			IS (成型日室温, 濕氣箱, 浸水池, 乾燥箱)					
	C°	%	時分	時分	水比 %	3日	7日			28日	水比 %	3日	7日
2.0	18.0	93.6	26.0	3-05	4-13	7.5	354	476	591	7.3	28.9	30.8	37.9

(ii) 砂 多摩川産 28 番以下 f.m. 1.89

第 2 表 砂の篩分析

篩番號	各篩より大なる量 (%)								粗粒率 (f.m)	單位容積重量 (kg/L)
	100	48	28	14	8	4	3/8"	3/4"		
試驗回数										
1	99.0	78.2	15.0	2.2	0.4	0	0	0	1.95	1.52
2	99.4	71.4	14.0	2.0	0.4	0	0	0	1.87	1.52
3	98.8	73.0	12.6	2.4	0.6	0	0	0	1.87	1.51
平均									1.89	1.52

(iii) 砂利 多摩川産 後述の如く小型型枠(徑 10 cm. 高 20 cm 圓筒)を用いた關係上 3/4" 篩を通過して 4 番篩に止るもののみを用いた. (f.m. 6.62)

第 3 表 砂利の篩分析

篩番號	各篩より大なる量 (%)								粗粒率 (f.m.)	單位容積重量 (kg/L)
	100	48	28	14	8	4	3/8"	3/4"		
試驗回数										
1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	56.0	0	6.56	1.72
2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	76.2	0	6.76	1.70
3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	54.8	0	8.55	1.74
平均									6.62	1.72

(iv) 水. 東京市上水道水.

(2) 調 合

水セメント比 (W/C) 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, の 7 種に就き建築學會標準仕様書により上の如き材料を用ひた場合 slump 22 cm (小粒砂利を使用したため實際は slump 23 cm となつた) と假定せるときの標準調合によつた。

試験體製作にあつては調合比の正確を期するため骨材を十分に乾燥せしめて重量調合比によつた。従つて標準調合比を重量調合比に換算して第 4 表の如き調合比を決定した、かかる調合比を用ひた場合各水セメント比に於ける軟度 (slump にて) は第 5 表に示すが如くである。

第 4 表 調 合 表

水セメン ト比 (%)	調 合 比 (重 量 比)	
	軟度を一定 にした場合	調合比を一定 にした場合
50	1:1.01:2.19	1:1.61:3.81
55	1:1.21:2.65	1:1.61:3.81
60	1:1.31:3.11	1:1.61:3.81
65	1:1.51:3.46	1:1.61:3.81
70	1:1.61:3.81	1:1.61:3.81
75	1:1.71:4.15	1:1.71:3.81
80	1:1.81:4.50	1:1.61:3.81

第 5 表 各水セメント比に
於ける實測 slump

水セメン ト比 (%)	slump (cm)	
	軟度一定 の場合	調合比一定 の場合
50	23.5	1.0
55	23.0	3.0
60	23.0	17.5
65	23.0	20.5
70	23.0	23.0
75	23.5	24.5
80	23.0	26.0

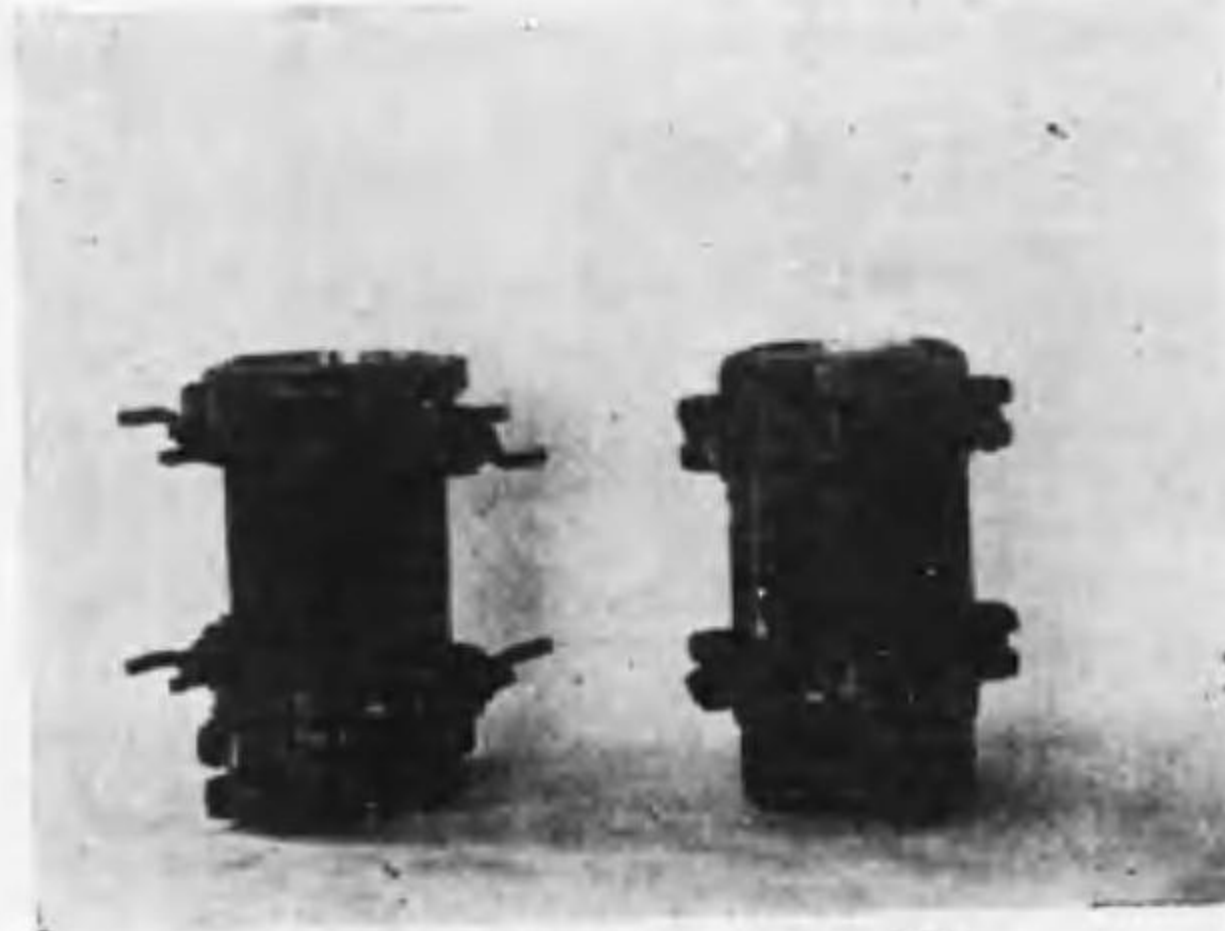
(3) 試験體製作

前述の目的に供する試験體は豫備實驗に於ては建築學會標準試験方法に規定する型枠(徑 15 cm 高 30 cm 圓筒)を用ひたが、本實驗に於ては第 1 圖に示すが如き之と相似の鐵製型枠(徑 10 cm × 高 20 cm) と、之と同型にして周圍及び底面に多數の小孔を有する鐵製型枠(徑 10 cm × 高 20 cm) の二種を用ひて製作し、前者を A, 後者を B と名づけ、又軟度一定の場合を第 I 類, 調合比一定の場合を第 II 類と名づけた。

B 試験體は豫備實驗に於けると同様、骨材及びセメントの流出を防ぐため型枠の内面及び底面に木綿布を張つてコンクリートを填充した。A 及び B 試験體ともその製作方法は建築學會標準方法の規定に従つた(但し、搗棒は徑 12 mm のものを使用)。尙試験體は製作にあたり型枠の漏水を絶対に防止するため繼目はすべて油土を塗り、コンクリート填充後は水分

の蒸発を防止するため硝子板を以て密閉した。

試験體は 11 月より翌年 1 月にわたり第 I 類及第 II 類とも各水セメント比につき A 試験體及 B 試験體夫々 6 ケ宛、合計 168 ケを製作した。即ち第 I 類 84 ケ (A. 42 ケ, B 42 ケ), 第 II 類 84 ケ (A 42 ケ, B 42 ケ)。兩類の試験體とも各水セメント比につき 3 ケを一週試験に, 残りの 3 ケを 4 週試験に供した。コンクリートを型枠に填充後兩類の各試験體は翌日上面の Capping をなし, 翌日脱型し, 直ちに水槽に入れ壓縮試験直前迄水中養生を行った。(室温 3°C~15°C, 水温 5°C~10°C)



第 1 圖 試験體製作用型枠
左, B 試験體用 右, A 試験體用

(4) 試験方法

A 試験體は製作に際し, 型枠にコンクリート填充後直ちに型枠のまま秤量し, 翌日 24 時間後に Capping を行ふに先立ち若し分離水あれば完全に除去せる後秤量して分離せる水量を算出し, 且正確を期する爲, 一旦型枠より取出してコンクリートのみの重量を求めた。

B 試験體も流出せる水量を厳密に測定

すると共にコンクリートの重量を求めると A 試験體と同様の操作を施した。

A 及び B 試験體各 3 ケ宛につき材齢 1 週及び 4 週の壓縮強度を求めた。試験機にかけ直前に Capping せる面を金剛砂にて擦合せ温潤のまま試験を行った。

試験體はアムスラー型 100 噸萬能材料試験機を 25ton の目盛として用ひ, 加壓速度は大體 0.25 ton/sec. を標準とした。

4. 實驗結果及びその考察

(1) 混和水の分離

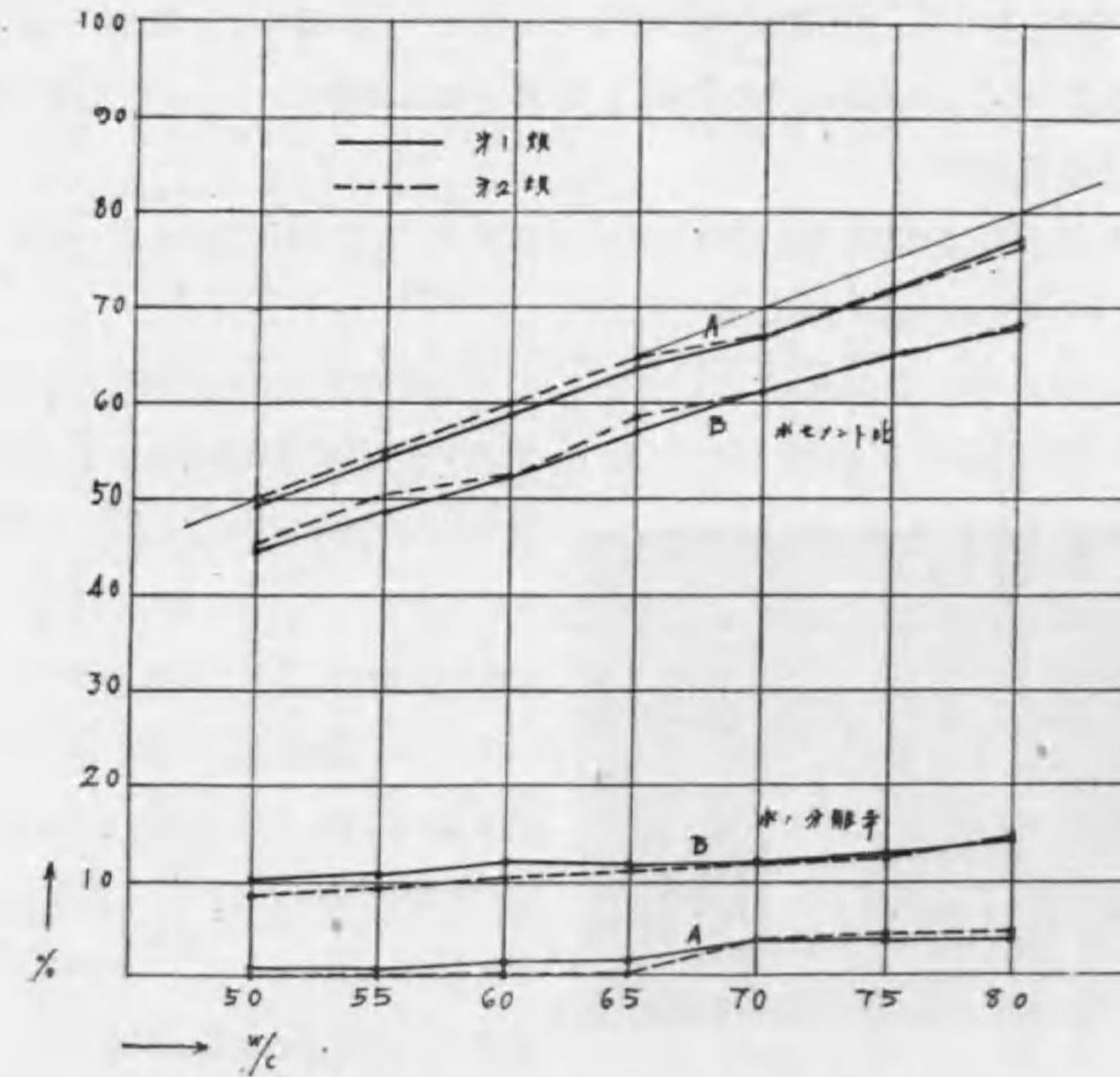
兩類試験體の水の排出状態は A 試験體に於ては型枠より漏水。蒸發不能のためコンクリートの上面に溜り, B 試験體に於ては周圍及び底面より水の排出をなし, 上面には出なかつた。従つて前者は材料の濾降の結果生じた水の分離であり, 後者は濾過状の水の分離であつて兩者その趣を異にする, 現場打コンクリートに於てはこの二つの分離状態が同時に起ると考へられる。

(i) 第 I 類

A 試験體 何れの W/C に於ても少量ながら水の分離が見られるが, W/C の減少するに従つて分離の見られぬものもあり一般に減少する傾向にある。試験體一個中に使用する水量

第 6 表 水セメント比と水の分離率

W/C	第 I 類				第 II 類			
	水の分離率(%)		脱水後の見掛の W/C		水の分離率(%)		脱水後の見掛の W/C	
	試験體 A	試験體 B	試験體 A	試験體 B	試験體 A	試験體 B	試験體 A	試験體 B
50	1.0	10.3	49.4	44.8	0	8.9	50.0	45.5
55	1.1	11.2	54.4	48.8	0	9.8	55.0	49.6
60	1.6	12.6	59.0	52.5	0	10.5	60.0	53.5
65	1.8	12.2	63.7	57.2	1.2	12.3	64.1	56.9
70	3.9	12.4	67.0	61.3	3.3	12.4	67.4	61.4
75	3.9	13.0	72.0	65.2	3.3	14.0	72.5	65.7
80	3.4	14.6	77.2	68.1	3.3	14.8	77.5	68.2



第 2 圖 水セメント比の低下及水の分離率

は W/C が大となるに従ひ減少するが、逆に水の分離量は増大する、分離水は Capping に先立ち之を放棄した、最初の加水量に對するその分離量（之を分離率と名づける）の割合を第 6 表及第 2 圖に示した。之によると最大約 4% 程度の水の分離を來してゐる。

この水量の減少によつて見掛の水セメント比を求め第 6 表及第 2 圖に示しておいた。A 試験體は最大 3% の水セメント比の低下を來してゐる。

B. 試験體 混和水を自由に排出せしめる場合は A 試験體に比し遙かに多くの水の分離を來した。各試験體一個中の水量は W/C が増大するに従ひ減少するが、逆に水の分離は増大すること A 試験と同様である。

(ii) 第 II 類

小型々枠を用ひたが、結果は殆んど前實驗に於けると同様の結果を得た。第 6 表に示すが如く、

A 試験體は W/C 60% 迄は水の分離は起らなかつたが、W/C 65% よりは第 2 圖に示すが如く水の分離を來した。豫備實驗に於ける場合は W/C 65% 迄水の分離が起らなかつた。W/C が増大するに従ひ分離量を増大することは第 I 類と同様であるが、第 I 類の場合に比し幾分分離水量は少い。

B 試験體 之は豫備實驗における場合と殆んど同様な結果を得た。型枠の大小にかゝらず水の分離する割合は殆んど同様と考へられる。

以上二つの場合の水の分離状況を比較すると、A 試験體及び B 試験體共殆んど同一傾向となつたが、W/C 65% 以上の水セメント比の小さい部分で幾分偏差が大となり、第 I 類の



第 3 圖 A 及 B 試験體破壊状況 (第 I 類 W/C 65% の場合)

方が水の分離量も従つて W/C の低下も大きい。水セメント比の大きい部分の水の分離率は兩類とも殆んど同じと考へてよい。

しかしこの現象は第 II 類の調合比は第 I 類の W/C 70% 場合の調合比により又第 I 類の軟度は slump 23 cm を基準とした結果とも考へられるから、更に調合比及軟度を變化して検討する必要がある。

(2) 壓縮強度

兩類とも 1 週及 4 週の材齡にて A 及び B 試験體各 3 個宛壓縮強度試験を行つた。破壊状況は第 3 圖に示すが如く軟度一定の場合及び調合比一定の場合 A 及 B 試験體とも大差がなかつた。壓縮強度は W/C に反比例することは豫備實驗の場合と同様である。試験結果は第 7 表乃至第 10 表に示すが如く、何れの場合も B 試験體の強度は最初の水セメント比を基準として考へれば A 試験體の強度に比して大である。

第 7 表 第 I 類 一週壓縮試験結果 (kg/cm²)

		A 試験體						
		W/C						
試験體	W/C	50	55	60	65	70	75	80
A 1		69.8	60.3	50.5	43.3	39.9	35.1	18.5
A 2		86.6	72.4	59.3	56.3	39.3	38.2	21.7
A 3		86.6	60.3	52.3	48.2	36.9	31.6	18.5
平 均		81.1	64.3	54.0	49.2	38.7	34.9	19.5

B 試験體

		B 試験體						
		W/C						
試験體	W/C	50	55	60	65	70	75	80
B 1		106.3	77.7	70.7	67.2	64.3	54.2	34.5
B 2		90.4	78.8	72.0	71.4	54.8	44.6	31.1
B 3		93.0	87.3	82.2	71.6	56.7	52.2	36.4
平 均		96.5	81.2	74.9	70.1	58.6	50.3	34.0

第 8 表 第 II 類 一週強度試験結果 (kg/cm²)

		A 試験體						
		W/C						
試験體	W/C	50	55	60	65	70	75	80
A 1		94.8	79.3	59.5	57.3	39.5	34.2	15.9
A 2		95.6	84.5	62.4	50.9	40.3	25.5	19.1
A 3		100.0	78.3	66.6	47.8	38.9	32.5	17.8
平 均		96.8	80.7	62.8	52.0	39.6	30.7	17.6

B 試験體

		B 試験體						
		W/C						
試験體	W/C	50	55	60	65	70	75	80
B 1		117.2	100.6	76.2	68.2	54.3	41.4	30.3
B 2		112.0	100.2	77.2	60.3	54.8	41.4	27.4
B 3		102.4	98.3	82.2	68.2	56.7	49.7	34.4
平 均		110.5	99.7	78.5	65.6	55.3	44.2	30.7

第9表 第I類, 四週壓縮試驗結果 (kg/cm²)

A 試驗體

試驗體 \ W/C	50	55	60	65	70	75	80
A 4	234.5	188.0	166.0	126.7	108.2	86.9	56.9
A 5	280.6	184.8	178.8	138.7	112.7	108.8	78.9
A 6	226.8	213.5	160.9	148.5	129.9	94.3	74.3
平均	247.3	195.4	168.6	137.9	116.9	96.6	66.1

第10表 第II類 四週壓縮試驗結果 (kg/cm²)

A 試驗體

試驗體 \ W/C	50	55	60	65	70	75	80
B 4	300.8	239.0	198.6	164.4	126.1	131.3	93.2
B 5	277.2	242.2	176.0	176.7	143.7	99.3	86.7
B 6	312.0	243.3	193.2	168.4	142.2	122.4	94.2
平均	296.7	241.5	189.2	169.8	137.2	117.8	91.3

B 試驗體

試驗體 \ W/C	50	55	60	65	70	75	80
A 4	246.2	206.7	161.8	132.2	127.3	88.4	48.8
A 5	239.7	200.8	184.2	145.3	114.2	92.3	73.2
A 6	267.0	231.2	200.0	139.9	125.7	96.7	72.3
平均	250.9	212.9	181.8	139.1	122.4	92.6	64.8

B 試驗體

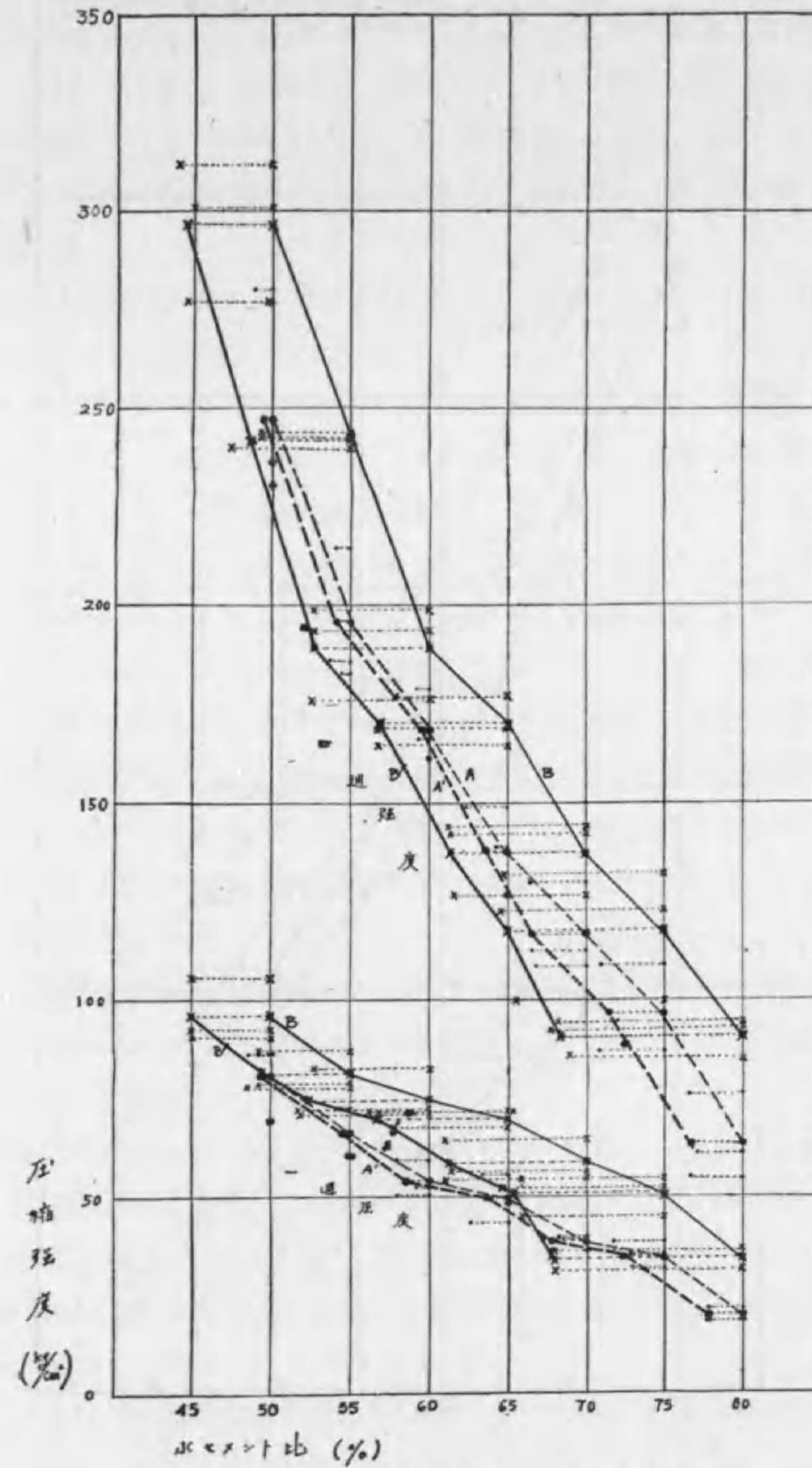
試驗體 \ W/C	50	55	60	65	70	75	80
B 4	288.8	258.2	210.8	165.1	147.1	126.0	102.2
B 5	265.0	240.6	213.3	178.2	152.8	115.8	98.2
B 6	293.0	253.3	201.5	175.6	142.5	125.0	117.3
平均	282.3	250.7	208.5	173.0	147.5	122.3	105.9

(3) 水セメント比と壓縮強度との關係

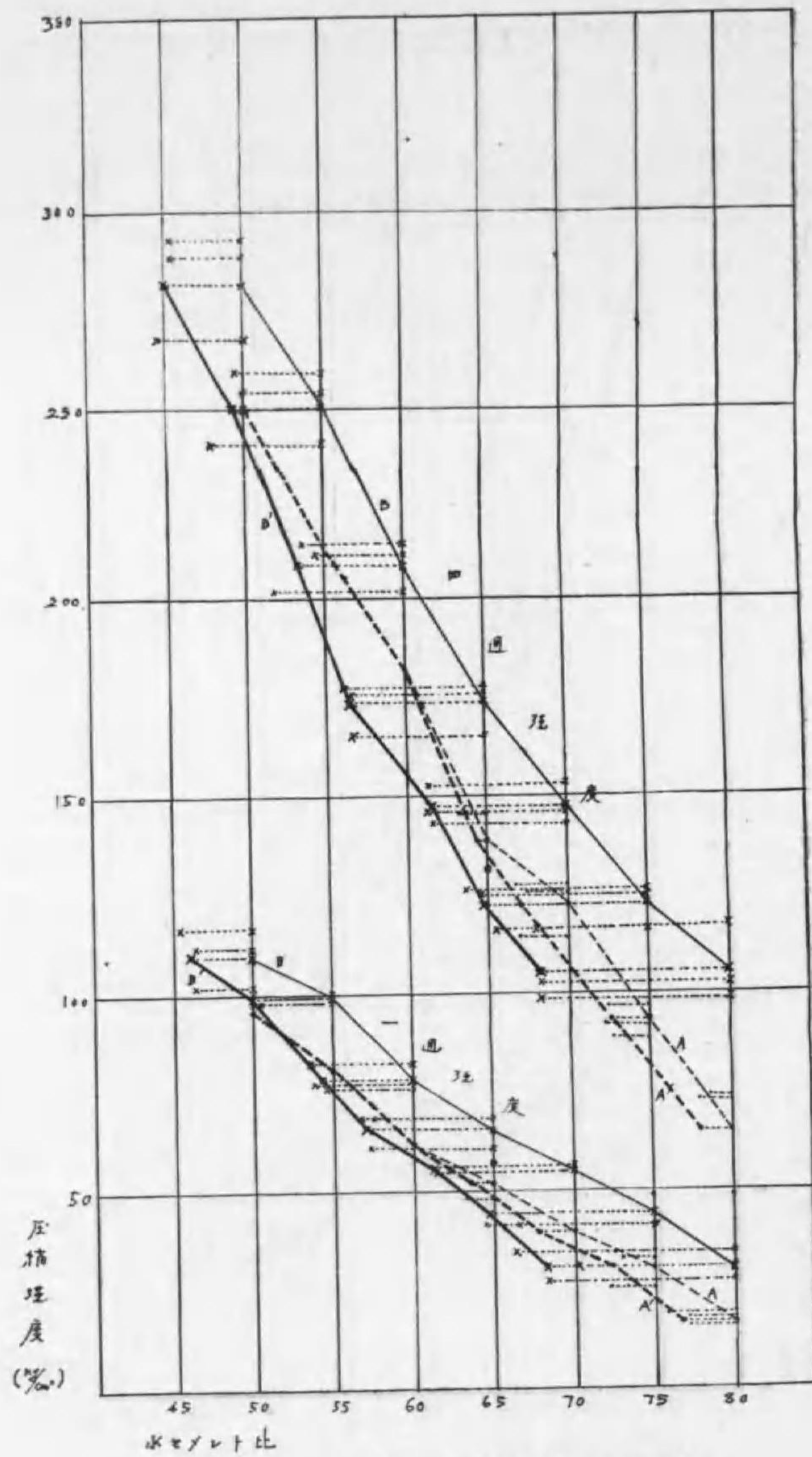
(i) 第I類

A 試驗體

壓縮強度と水セメント比との關係を表示すべき圖表を作成するにあたり、横軸に水セメン



第4圖 水セメント比と壓縮強度との關係 (第I類)



第5圖 水セメント比と壓縮強度との關係 (第II類)

ト比、縦軸に壓縮強度をとり最初の水セメント比を以て表示すれば第4圖の細い波線の如くなる。然るに本實驗及び前實驗によつて知り得たるが如く實際は水の分離があるから水セメント比の低下を來してゐるわけである。この圖表をかゝる見地から修正すると同圖表の太い波線で示した様な關係となり。曲線はすべて左方に移動する。同様にして、

B 試驗體

に於ても此の操作を施すと第4圖に實線を以て示した様な關係となり、A 試驗體の場合に比し相當大きい曲線の移動が行はれる。

第4圖より知られる事柄は豫備實驗に於ける場合に比し A 試驗體群の結果と B 試驗體群の結果とが、水の分離による水セメント比の低下を考へるときは割合に一線上に重なる傾向を有してきた、特に一週試験の結果は相當によくこの間の關係を示してゐる。之は試験體が小型となり水が割合に均一に出た結果とも考へられるが、之は更に多くの實驗により決定せらるべき事柄であらう、4週試験に於ても大體この現象が見られる。

この二つの場合を比較して考ふるに、豫備實驗に於て問題とせる如く水の分離が均一性のもなりやが再び検討せらるべき事である。水セメント比の低下を考慮して圖表を作成すると二つの試験體の強度が完全に同一線上に來らず相當の偏差があるのは水の分離が不均一なる理由によるものとも考へられるが、この點は更に實驗を待たねばならない。

又水の分離は材料の如何、季候、施工軟度にも影響があることと思はれる。

(ii) 第II類

第5圖に示すが如く、この場合水セメント比と壓縮強度との關係は第I類に於ける結果と殆んど大差がない。之は豫備實驗に於ける實驗を小型々枠に依り同一方法で再検討したものであるが、その結果と少しく趣を異にしてゐる。

豫備實驗の場合は水の分離に依つて生じた水セメント比の低下を考慮に入れ、水セメント比—壓縮強度曲線の移動を行つた際、A 試驗體と B 試驗體の結果とが水セメント比の大きい部分で相當の偏差を生じてゐたが、本試験體に於てはこの二つの曲線が殆んど相接してゐる。この理由を考へるに、豫備實驗に於ては徑15cm、高30cmの型枠、本實驗に於ては徑10cm、高20cmの型枠に依つたため、型枠が大きい場合は水が周圍のみから分離し、型枠が小さくなると割合水が内部からも均一分離してくる結果ではないかと思はれる。

5. 結 び

以上の事柄を總括すれば、著者は現場打コンクリート強度試験方法の改良に関する研究の一部——水の分離現象によるコンクリート強度の變化と標準試験體の強度との關係を知らんがための第一歩として、標準試験方法に規定する型枠と、之と同型にして混和水を自由に排出せしめる様にした型枠とによつて軟度を一定にして調合比を種々變化せしめた場合及調合比を一定にして水量を變化せしめたる場合のコンクリートを數種の水セメント比について水の分離と強度の關係を求め次の如き結論に達した。

- (1) 軟度を一定（本實驗にては slump 23cm）とした場合、標準試験體に於ても建築物に使用するが如き範圍の軟練コンクリート（本實驗にては slump 23cm）とした場合、標準試験體に於ても建築物に使用するが如き範圍の軟練コンクリート（本實驗にては W/C 50~80）にては 1% 乃至 4% 位の混和水の分離を來す。（之は豫備實驗に於て調合比を一定にして水セメント比を種々變化した場合 W/C 65% 以上に混和水が分離したのに比し異なる現象である。）
- (2) 自由に混和水を排除せしめた場合は 10%~15% 位の混和水の分離を來す、之は試験體の大きさには無關係の様である。
- (3) 何れの場合に於ても水セメント比、壓縮強度曲線圖表作成にあつては水の分離を考慮する必要がある。
- (4) 標準試験方法に用ひる水密なる型枠内に於て、コンクリートは水セメント比が小さくてもスランプが大となるとセメント及び骨材の沈澱現象を起す。之に反し、自由に水を排出せしめる型枠内のコンクリートは殆んど材料の沈澱現象が起らず濾過現象のみである。
- (5) 本實驗の結果を兩試験體につき混和水を分離せしめた後の計算上の水セメント比と強度との關係を圖上にプロットすると一つの線に一致する傾向にある、之は小型々枠のため水の分離が割合均一のためと思はれる。
- (6) 以上の實驗と、豫備實驗の結果から現場打コンクリートの場合を考へると、床のコンクリートは水セメント比が小さいとき及び軟度が大きいときは濾過状態の水の分離が起り、水セメント比と軟度が大なるときは濾過状態及び沈澱状態の水の分離が同時に起り、柱及壁體のコンクリートは常に濾過状態のみの水の分離を生ずると考へられる。
- (7) 水の分離のみを考へると實際に構造物に打込んだコンクリートの強度と標準試験方

法によるコンクリート強度との間には相當の偏差があるが、この關係は他に支配される條件が多いから簡單には斷定出來ない。

(8) 實際構造物に打込んだコンクリートは部分々々により相當の相異を生じ居り、從つて其の強度にも相異があらう。（以上）

- (1) 現場打コンクリートの研究（現場打コンクリートの強度試験方法並に混和水の分離に関する部分）
栗山寛 幸田太一（建築學會論文集 第9號 昭和13年4月）
- (2) 本試驗成績は淺野セメント株式會社東京工場に於て行つたもので、化學分析試驗結果は記載省略。

附表第1 第I類 A 試験體試驗結果一覽表

Table with 15 columns: 製作時水セメント比(%), 試験體記號, スラブ厚さ(cm), 縦光直徑コンクリート重量(kg), セメント量(kg), 砂量(kg), 砂利量(kg), 水量(kg), 水分離後コンクリート重量(kg), 分離水量(kg), コンクリート内=残水量(kg), 水分離率(%), 水分離率ノ計算上ノw/c(%), 試験強度(kg/cm²) 1週, 4週. Rows include groups 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 with sub-rows A1-A6 and averages.

附表第2 第I類 B 試験體試驗結果一覽表

Table with 15 columns: 製作時水セメント比(%), 試験體記號, スラブ厚さ(cm), 縦光直徑コンクリート重量(kg), セメント量(kg), 砂量(kg), 砂利量(kg), 水量(kg), 水分離後コンクリート重量(kg), 分離水量(kg), コンクリート内=残水量(kg), 水分離率(%), 水分離率ノ計算上ノw/c(%), 試験強度(kg/cm²) 1週, 4週. Rows include groups 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 with sub-rows B1-B6 and averages.

附表第3 第II類 A 試験體試驗結果一覽表

製作時水セメント比 (%)	試験體記號	スラブ (cm)	填充直後コンクリート重量 (kg)	セメント量 (kg)	砂量 (kg)	砂利量 (kg)	水量 (kg)	水分離後コンクリート重量 (kg)	水分離水量 (kg)	コンクリート内水分率 (%)	水分離後ノ計算上ノw/c (%)	壓縮強度 (kg/cm ²)	
												1 週	4 週
50	A1	1.0	3.785	.548	.883	2.080	.274	3.785	.000	.274	.00	50.0	94.8
	A2	"	3.780	.547	.882	2.075	.273	3.780	.000	.273	.00	50.0	95.6
	A3	"	3.770	.546	.878	2.072	.274	3.770	.000	.274	.00	50.0	100.0
	平均	1.0	3.778	.547	.881	2.076	.274	3.778	.000	.274	.00	50.0	96.8
	A4	1.0	3.805	.550	.887	2.030	.275	3.805	.000	.275	.00	50.0	246.2
	A5	"	3.770	.545	.878	2.072	.274	3.770	.000	.274	.00	50.0	237.0
	A6	"	3.760	.542	.874	2.061	.271	3.750	.000	.271	.00	50.0	250.9
平均	1.0	3.741	.546	.880	2.074	.273	3.741	.000	.273	.00	50.0	246.2	
55	A1	3.0	3.735	.536	.863	2.042	.294	3.735	.000	.294	.00	55.0	79.3
	A2	"	3.740	.537	.863	2.045	.295	3.740	.000	.295	.00	55.0	84.5
	A3	"	3.740	.537	.863	2.045	.295	3.740	.000	.295	.00	55.0	78.3
	平均	3.0	3.738	.537	.863	2.044	.295	3.738	.000	.295	.00	55.0	80.7
	A4	3.0	3.740	.537	.863	2.045	.295	3.740	.000	.295	.00	55.0	206.7
	A5	"	3.740	.537	.863	2.045	.295	3.740	.000	.295	.00	55.0	200.8
	A6	"	3.735	.535	.860	2.035	.294	3.725	.000	.294	.00	55.0	231.2
平均	3.0	3.735	.536	.862	2.042	.295	3.735	.000	.295	.00	55.0	212.9	
60	A1	17.5	3.750	.533	.860	2.035	.322	3.750	.000	.322	.00	60.0	59.5
	A2	"	3.725	.531	.856	2.020	.319	3.725	.000	.319	.00	60.0	62.4
	A3	"	3.750	.533	.860	2.035	.322	3.750	.000	.322	.00	60.0	66.6
	平均	17.5	3.742	.532	.859	2.030	.321	3.742	.000	.321	.00	60.0	62.8
	A4	17.5	3.745	.532	.859	2.033	.321	3.745	.000	.321	.00	60.0	161.8
	A5	"	3.720	.530	.854	2.018	.318	3.720	.000	.318	.00	60.0	182.4
	A6	"	3.700	.527	.849	2.008	.316	3.700	.000	.316	.00	60.0	200.0
平均	17.5	3.722	.530	.854	2.019	.318	3.722	.000	.318	.00	60.0	181.8	
65	A1	20.5	3.715	.525	.846	2.002	.342	3.715	.000	.342	.00	65.0	57.3
	A2	"	3.710	.525	.845	2.000	.340	3.705	.005	.335	1.47	63.0	50.9
	A3	"	3.710	.525	.845	2.000	.340	3.700	.010	.330	2.94	62.9	47.8
	平均	20.5	3.712	.525	.845	2.001	.341	3.707	.005	.336	1.47	63.9	52.0
	A4	20.5	3.715	.525	.846	2.002	.342	3.715	.000	.342	.00	65.0	132.2
	A5	"	3.725	.527	.848	2.008	.342	3.715	.010	.332	2.93	63.2	145.3
	A6	"	3.715	.525	.846	2.002	.342	3.715	.000	.342	.00	65.0	139.9
平均	20.5	3.718	.526	.847	2.004	.342	3.715	.003	.339	.98	64.4	130.1	
70	A1	23.0	3.725	.523	.843	1.993	.366	3.715	.010	.356	2.73	68.1	39.5
	A2	"	3.725	.523	.843	1.993	.366	3.710	.015	.351	4.10	67.2	40.3
	A3	"	3.730	.523	.844	1.996	.367	3.720	.010	.357	2.72	68.2	38.9
	平均	23.0	3.727	.523	.843	1.994	.366	3.715	.012	.355	3.18	67.8	39.0
	A4	23.0	3.720	.522	.840	1.990	.363	3.705	.015	.348	4.13	66.7	127.2
	A5	"	3.715	.522	.840	1.988	.365	3.700	.015	.350	4.12	66.9	114.2
	A6	"	3.710	.521	.839	1.985	.365	3.695	.015	.350	4.12	67.2	125.7
平均	23.0	3.715	.522	.840	1.988	.364	3.700	.015	.349	4.12	66.9	122.4	
75	A1	24.5	3.650	.509	.822	1.940	.381	3.640	.010	.371	2.63	72.8	34.2
	A2	"	3.675	.513	.823	1.954	.385	3.660	.015	.370	3.90	72.2	25.5
	A3	"	3.665	.512	.825	1.945	.383	3.655	.010	.373	2.61	72.9	32.5
	平均	24.5	3.663	.511	.823	1.946	.383	3.652	.012	.371	3.06	72.6	30.7
	A4	24.5	3.650	.509	.820	1.940	.381	3.640	.010	.371	2.63	72.8	88.8
	A5	"	3.685	.513	.828	1.958	.386	3.670	.015	.371	3.89	72.3	92.3
	A6	"	3.720	.518	.836	1.976	.390	3.705	.015	.375	3.85	72.4	96.7
平均	24.5	3.685	.511	.835	1.968	.386	3.672	.013	.372	3.46	72.5	92.6	
80	A1	26.0	3.650	.509	.813	1.926	.405	3.635	.015	.390	3.70	77.2	15.9
	A2	"	3.645	.505	.812	1.924	.404	3.625	.020	.384	4.94	76.1	19.1
	A3	"	3.655	.507	.814	1.928	.406	3.640	.015	.391	3.69	77.2	17.8
	平均	26.0	3.650	.506	.813	1.926	.405	3.633	.017	.388	4.11	76.8	17.6
	A4	26.0	3.695	.508	.812	1.896	.399	3.585	.010	.389	2.51	78.2	48.8
	A5	"	3.680	.509	.809	1.944	.408	3.670	.010	.398	2.45	78.2	73.2
	A6	"	3.660	.507	.814	1.932	.407	3.650	.010	.397	2.46	78.3	72.3
平均	26.0	3.645	.505	.812	1.924	.405	3.635	.010	.385	2.47	78.2	64.8	

附表第4 第II類 B 試験體試驗結果一覽表

製作時水セメント比 (%)	試験體記號	スラブ (cm)	填充直後コンクリート重量 (kg)	セメント量 (kg)	砂量 (kg)	砂利量 (kg)	水量 (kg)	水分離後コンクリート重量 (kg)	水分離水量 (kg)	コンクリート内水分率 (%)	水分離後ノ計算上ノw/c (%)	壓縮強度 (kg/cm ²)	
												1 週	4 週
50	B1	1.0	3.750	.542	.872	2.065	.271	3.725	.025	.246	9.2	45.4	117.2
	B2	"	3.735	.540	.870	2.055	.270	3.715	.020	.250	7.4	46.3	112.0
	B3	"	3.740	.541	.871	2.058	.270	3.720	.020	.250	7.4	46.2	102.4
	平均	1.0	3.742	.541	.871	2.059	.270	3.720	.022	.248	8.0	46.0	110.5
	B4	1.0	3.750	.542	.872	2.065	.271	3.725	.025	.246	9.2	45.4	288.8
	B5	"	3.770	.545	.877	2.076	.272	3.740	.030	.242	11.0	44.4	265.0
	B6	"	3.770	.545	.877	2.076	.272	3.745	.025	.247	9.2	45.3	293.0
平均	1.0	3.763	.544	.875	2.072	.272	3.735	.027	.245	9.8	45.0	282.3	
55	B1	3.0	3.678	.528	.850	2.010	.290	3.650	.028	.262	9.6	49.6	100.6
	B2	"	3.718	.533	.859	2.032	.294	3.690	.028	.262	9.5	49.9	100.2
	B3	"	3.690	.529	.852	2.017	.292	3.665	.025	.267	8.6	50.4	98.3
	平均	3.0	3.695	.530	.854	2.020	.292	3.668	.027	.265	9.2	50.0	99.9
	B4	3.0	3.690	.529	.852	2.017	.292	3.660	.030	.262	10.3	49.5	258.2
	B5	"	3.680	.514	.827	1.957	.282	3.545	.035	.247	12.4	48.0	240.6
	B6	"	3.575	.513	.826	1.954	.282	3.550	.025	.257	8.9	50.0	253.3
平均	3.0	3.616	.519	.835	1.976	.285	3.585	.030	.255	10.5	49.2	250.7	
60	B1	17.5	3.735	.532	.856	2.028	.319	3.705	.030	.289	9.1	54.4	76.2
	B2	"	3.733	.532	.856	2.028	.316	3.700	.033	.286	8.9	53.8	77.2
	B3	"	3.782	.539	.868	2.051	.324	3.745	.037	.287	11.4	53.2	82.2
	平均	17.5	3.750	.534	.860	2.036	.321	3.717	.033	.287	9.8	53.8	78.5
	B4	17.5	3.730	.532	.856	2.028	.319	3.700	.030	.289	9.4	54.4	210.8
	B5	"	3.740	.533	.858	2.029	.320	3.705	.035	.285	10.9	53.4	213.3
	B6	"	3.745	.534	.860	2.039	.321	3.700	.045	.276	14.0	51.7	201.6
平均	17.5	3.738	.533	.858	2.029	.320	3.702	.035	.283	11.1	53.2	208.6	
65	B1	20.5	3.705	.524	.844	1.996	.341	3.665	.040	.301	11.7	57.4	68.2
	B2	"	3.717	.526	.846	2.003	.342	3.675	.042	.300	12.2	57.2	60.3
	B3	"	3.730	.528	.850	2.010	.344	3.685	.045	.299	13.1	56.7	68.2
	平均	20.5	3.717	.526	.847	2.003	.342	3.675	.042	.300	12.4	57.1	65.6
	B4	20.5	3.715	.525	.846	2.002	.342	3.670	.045	.297	13.1	56.7	165.1
	B5	"	3.705	.524	.840	1.996	.341	3.660	.045	.296	13.2	56.4	178.2
	B6	"	3.730	.528	.854	2.010	.344	3.685	.045	.299	12.1	56.7	178.6
平均	20.5	3.717	.526	.846	2.003	.342	3.672	.045	.297	13.1	56.6	173.0	
70	B1	23.0	3.675	.516	.831	1.996	.362	3.630	.045	.317	12.4	61.5	54.3
	B2	"	3.675	.516	.831	1.996	.362	3.630	.045	.317	12.4	61.5	54.8
	B3	"	3.735	.525	.843	2.000	.367	3.690	.045	.322	12.2	61.3	56.7
	平均	23.0	3.675	.519	.835	1.977	.364	3.650	.045	.319	12.4	61.4	55.3
	B4	23.0	3.700	.520	.836	1.980	.364	3.655	.045	.319	12.4	61.3	147.1
	B5	"	3.670	.515	.830	1.960	.361	3.650	.045	.316	12.5	61.2	152.5
	B6	"	3.690	.518	.834	1.974	.364	3.645	.045	.319	12.4	61.6	142.5
平均	23.0	3.690	.518	.833	1.971	.363	3.650	.045	.318	12.4	61.4	147.5	
75	B1	24.5	3.710	.517	.833	1.981	.389	3.665	.045	.344	11.6	66.5	41.4
	B2	"	3.670	.512	.823	1.950	.385	3.615	.065	.330	14.3	64.4	41.4
	B3	"	3.680	.515	.828	1.962	.385	3.630	.060	.325	15.6	63.2	49.7
	平均	24.5	3.690	.515	.828	1.964	.						

金屬單結晶面の所謂電溶壓の測定 (第2報)

亞鉛單結晶の製作

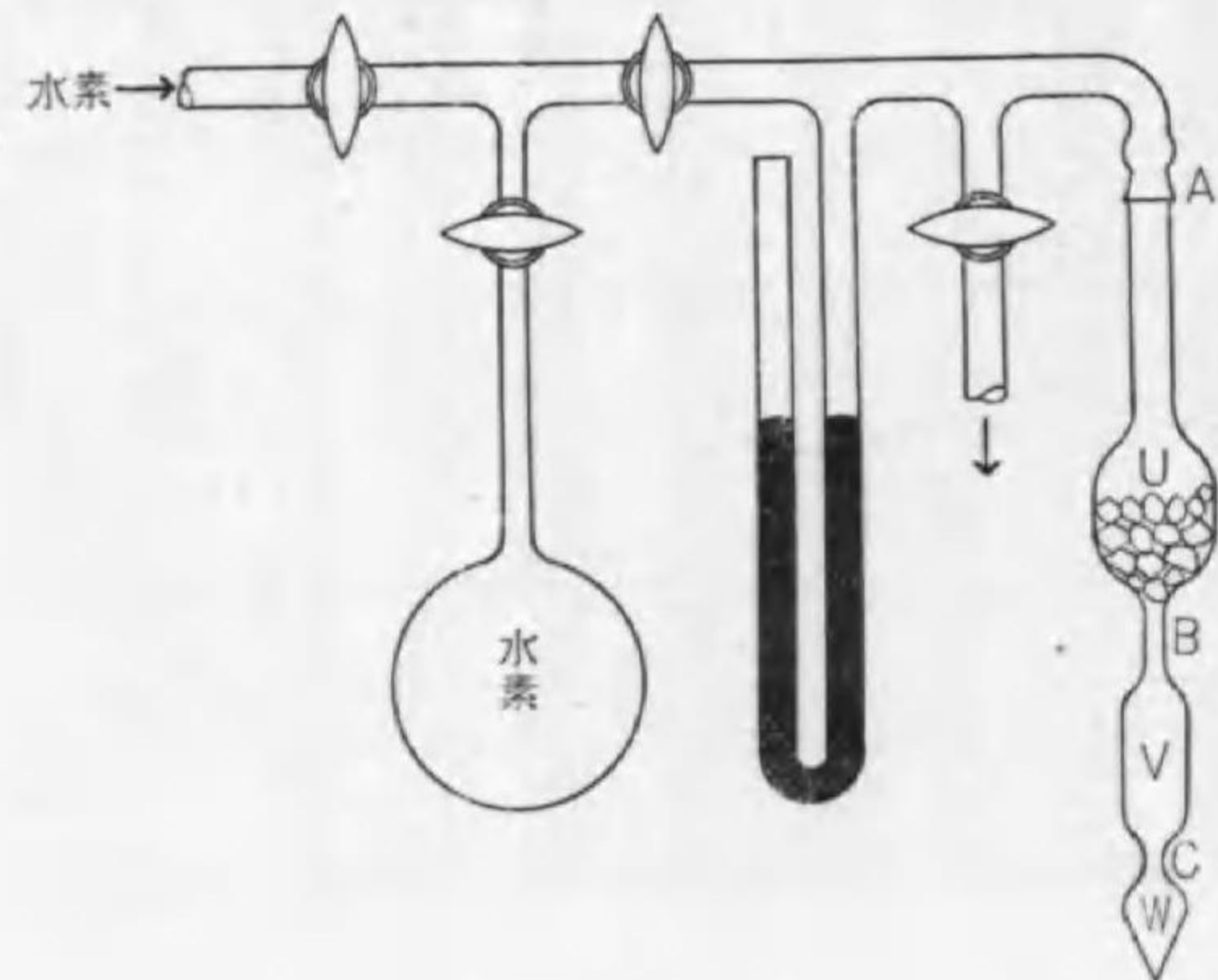
(昭和14年11月24日)

金屬材料研究所 理學博士 佐藤 充
理學士 内山 謙次

亞鉛の單結晶製作の資料として非常に純粹なる亞鉛を得る爲めに、Kahlbaumの亞鉛を眞空中に於て蒸發し、硝子の面に微細粒として附着せしめ、その中の最も純粹と思はるゝ部分を選び取り、これを水素中に於て融解して單結晶を作らんとしたが、上述の操作により却つてその中に多くの酸化物を混入した爲め、それが結晶成長の障害を成し、所期の目的を達することが出来なかつた。

そこで上記の亞鉛の細粒或はこれを熔融したるものを高温に保ち、水素によつて還元せんとしたけれども、これもまた成功せず、遂に次の如き方法を採用して漸く目的を達することが

出来た。



第 1 圖

出来た。左の圖はその装置を模型的に示すものであつて、磨り合はせAより下の部分は硬質硝子を以て作り、その下端に至る途中にB及びCの縊れた所を作つてある。そのUの部分に上述の亞鉛細粒を入れて圖のやうに連結し、水素を通してよく洗ひ、電氣爐によつてU中の亞鉛を融解する。但しこのときV及びWは水素によつて満されて居るから、融解亞鉛は細管Bを流下することはない。次に一旦U、V及びW中の水素を排氣し、再びこれを入れてU中の融解亞鉛の上面に壓力を加へる。さうすると融解亞鉛はBを流下し更にCを流下する。但しこのとき酸化物は滓として

U中に残る。かくの如き操作を數回繰り返して所要量の融解亞鉛をV及びWに入れ、且つ十分に注意してその中に水素の氣泡が残らないやうにする。そこで電氣爐を取り去り、冷却した後Bの部分融かして封じ切り、Vの上端に鉤を作り、再び電氣爐中に吊して中の亞鉛を融解し、これを徐々に卸して爐の外に出す。さうするとWの下底から凝固し初める。普通このとき二つ或は三つ位の結晶の種が出来、何れも上に向つて成長して行く。併しそれが細管Cに達するとその中の一つがCを通りぬけ、それが種となつてV中には唯一つの結晶が成長する。かくの如くして所要の亞鉛單結晶を作ることが出来た。

三角堰の研究(抄録)

(昭和14年11月28日受理)

東北帝國大學教授 工學博士 沼知福三郎

1. 實 驗

前年度の殘部即ち

水路深さ $W=46.0\text{cm}$ に対し $B=74.0\text{cm}$, 118cm に於て同 $W=65.7\text{cm}$ に対し(第1圖乃至第3圖参照) $B=44, 54, 64, 74, 118\text{cm}$ に於て實驗せり.

尙從來の實驗結果を種々なる圖面例へば横軸に B 或は W を採りたるもの等を作成して吟味を行ひ必要に應じて各々再實驗を行ひたり。即ち前年度の實驗結果と極めて稀に異なるものあるはその故である。

2. 流 量 公 式

以上により直角三角堰の流量係數 C は、水路の幅 B 、深さ W 並に落差 H の函數として次の如く表す事が出来る。

$$C=1.350+\frac{0.4}{H}+\left(0.14+\frac{2}{\sqrt{W}}\right)\left(\frac{H}{B}-0.09\right)^2$$

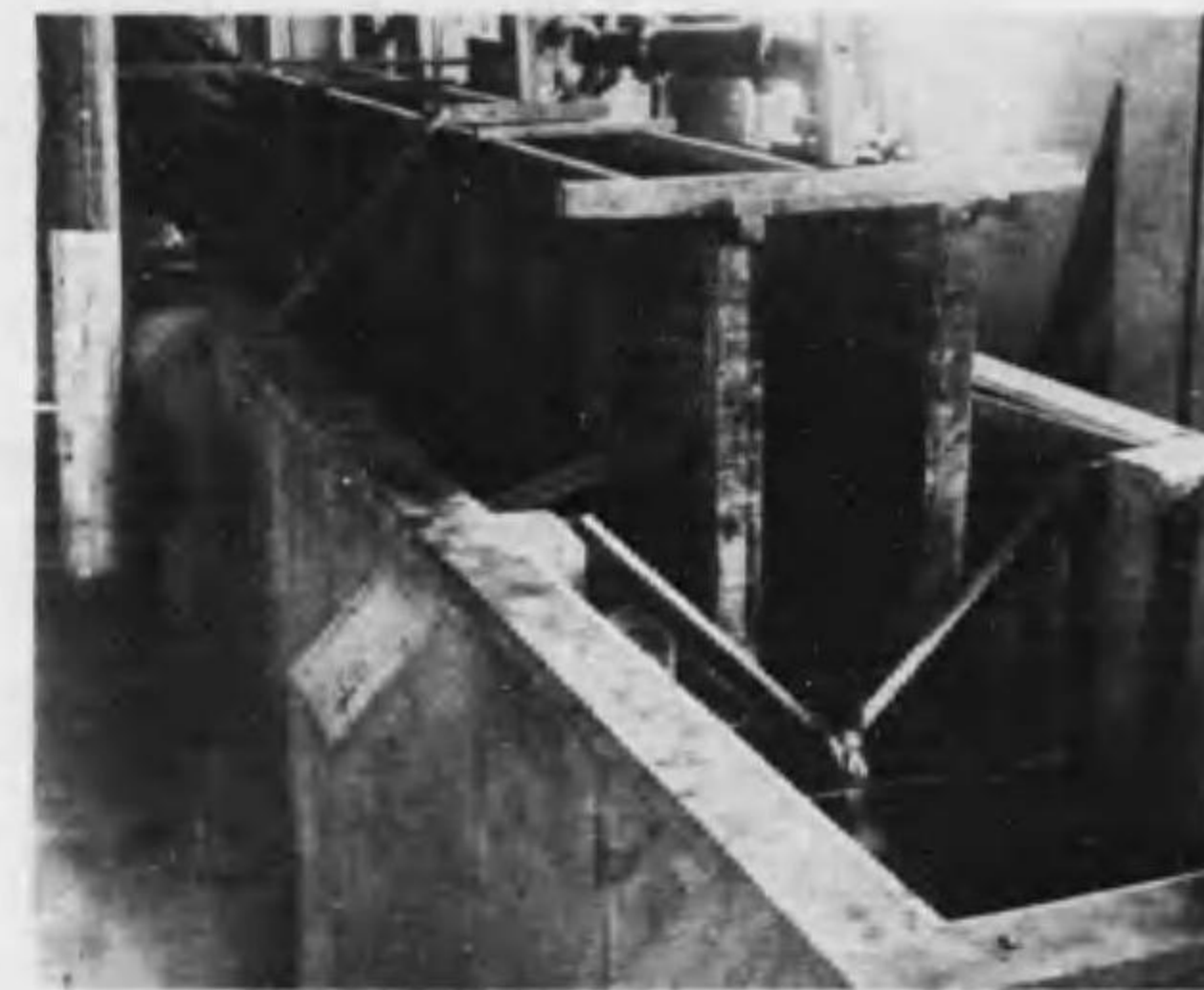
第1圖 下流側より ($W=65.7\text{cm}$, $B=74\text{cm}$)

但し H , W 及 B は cm 、流量は m^3/sec である。この式によつて算出せる結果は、吾々の實驗と最大誤差 0.5% にて一致する。

尙 Yarnell, Pardoe 等の實驗結果は、 B 及 W が更に大なるものがあるが、夫等の實驗結果とも亦誤差 0.5% 以内にて一致する。



第2圖 同前(水なし)

第3圖 $W=0.3\text{cm}$, $B=30\text{cm}$

3. 詳 細

詳細は次の拙稿論文に明である。

Ueber den Ueberfallbeiwert eines rechtwinkligdreieckigen Messwehrs.

4. 簡易零點の決定法

零點の値が、三角堰による流量測定の誤差に重大なる役割を有つ事は、前年度に於ても述べた通りであるから、吾々實驗室に於ては上記論文第3節に述べた如き方法を採用して周到を期した。然し夫は實驗室の方法であり一般工場向きのものではないので、尙簡易で而も同様の精度を期待し得る方法を考案した。その方法を試用して充分の精度なる事を確めた。

詳細は拙稿「三角堰ノ零點簡易測定法」参照

暗視の研究 (抄録)

(昭和14年11月30日受理)

京都帝國大學教授 工学博士 加藤 信義

暗視の目的は即不可視光線(赤外線)を利用し、之を電氣的方法に依つて可視光線に變換する事であり、其研究方法は論文(一)より明な如く次の四方面に分類する事が出来る。

- [I] 感光陰極……不可視光線(赤外線)の像を電子像に變換する研究
- [II] 電子レンズ……[I]によつて生じた電子像を電子レンズに依つて螢光物質上に結ばせる電子レンズの研究
- [III] 螢光物質……電子像を可視光線像に變換するスクリーン即螢光物質の研究
- [IV] 二次電子増幅法……[I]によつて生じた電子像の電子密度を二次電子により増大して、装置の感度を増す研究

[I] 感光陰極

赤外線像を電子像に變換する装置、即ち赤外線に対して良く感ずる光電管の製作の研究である。此の光電管は現在最も高感度のものとしては(Ag-C₂O-Cs-Ag-Cs)の様なものである。然し一般に製作されてゐる光電管は不透明感光陰極を有するものであるが、本装置に於ては像の歪を少なくする爲と、構造の簡單なる爲に、半透明の感光陰極を有するものを製作した。

此の光電管を製作研究するには最初よりCsを使用すればよいのであるが、Csが高價である爲先づナトリウム光電管、カリウム光電管に就て感光陰極の性質及び銀の酸化の程度と共に其上に塗布するナトリウム、カリウム薄膜の感度増進に関する研究を行ひ、最後にCsを使用して光電管及び暗視管を試作した。此の場合特に感光陰極の感度増進に就ては熱処理が大切である事を痛感した。〔論文(一)参照〕

[II] 電子レンズ

暗視管の試作を行ふ場合に主として環状或は圓筒狀の電子レンズを使用した。又一方に於て詳細な理論的考察をも行つた。其概要は次の通りである。

電界の強さ E 、磁界の強さ H とする時、此の界内に於ける電子の運動方程式は即ロー

レンツの運動方程式と言はれるものであつて

$$m \frac{dv}{dt} = -e[E + [vH]] \dots\dots\dots(1)$$

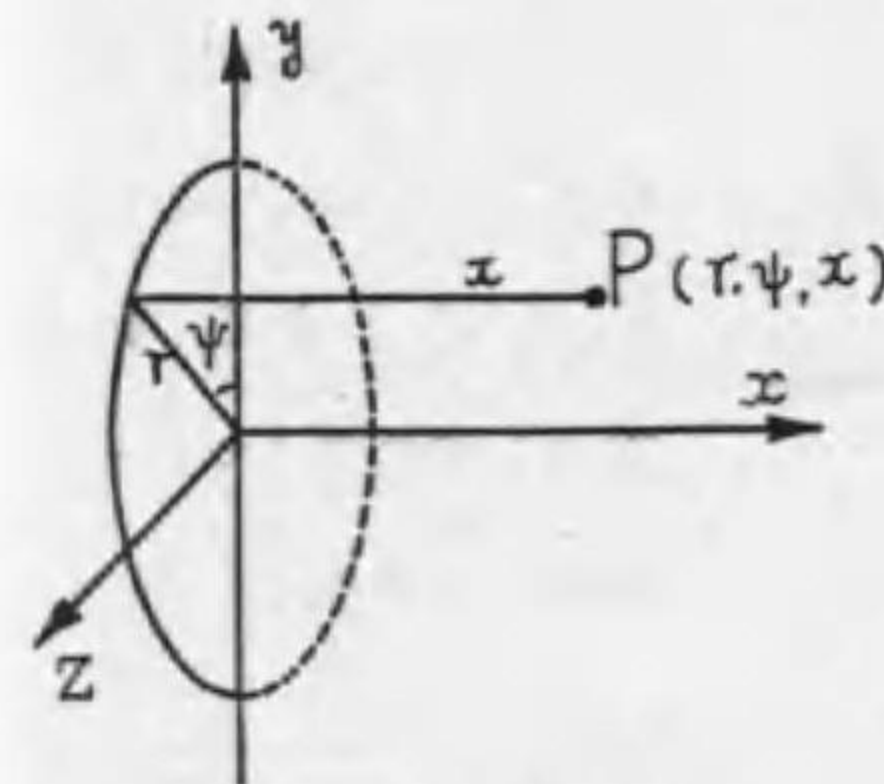
によつて表される。此の式を變形して變分の形で表せば

$$\left. \begin{aligned} \delta \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \frac{m}{2} v^2 + e\varphi - e(Av) \right\} dt = 0 \\ E = -\text{grad}\varphi, H = \text{rot}A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

となる。此の(2)式を Fermat の法則の形に書變へる。其結果は

$$\delta \int_{r_0}^{r_1} \left\{ \sqrt{2m(e\varphi + C)} - e(As) \right\} ds = 0 \dots\dots\dots(3)$$

である。但し $s = dr/ds$ は電子線の経路の方向に於ける單位ベクトルを表す。(3)式に於て



第1圖

$C=0$ と置いて全體を $\sqrt{2me}$ で割つたものを n と置けば

$$n = \sqrt{\varphi} - \sqrt{\frac{e}{2m}}(As)$$

となる。電子幾何光學系が常に對稱軸を有し、電磁界も又其軸に対して對稱であるとして此の軸を x 軸に選び座標軸の關係を第1圖の如く選ぶ事とする、此の時 n の値は

$$n = \sqrt{\varphi} - \eta A_\psi r \frac{d\psi}{ds}, \quad \eta = \sqrt{\frac{e}{2m}} \dots\dots\dots(4)$$

となる。そこで

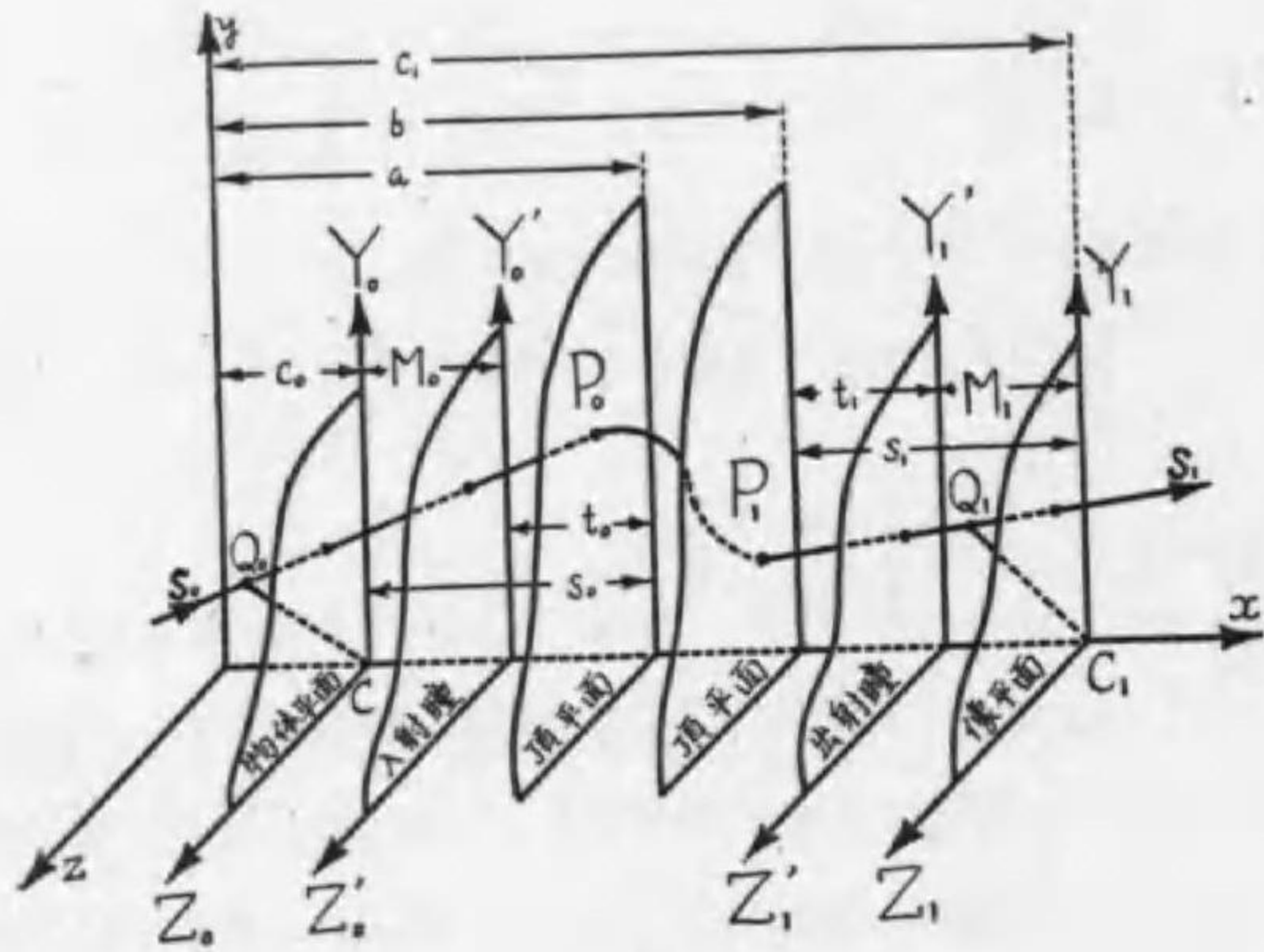
$$E = \int_{x_0}^{x_1} F dx, \quad F = \sqrt{\varphi(1+r'^2+r^2\psi'^2)} - \eta A_\psi \cdot r\psi' \dots\dots\dots(5)$$

と書いて

$$\left. \begin{aligned} \varphi(r, x) &= \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(-1)^\nu}{(\nu!)^2} \Phi^{(2\nu)}(x) \left(\frac{r}{2}\right)^{2\nu} \\ A_\psi(r, x) &= \frac{r}{2} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(-1)^\nu}{\nu!(\nu+1)!} H^{(2\nu)}(x) \left(\frac{r}{2}\right)^{2\nu} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

の値を代入して無限級數に展開すれば

$$\begin{aligned}
 F &= J_0 + \frac{1}{2}J_2 + \frac{1}{4}J_4 + \dots \\
 J_0 &= \sqrt{\Phi} \\
 J_2 &= -\frac{\Phi''}{4\sqrt{\Phi}}r^2 + \sqrt{\Phi}(r'^2 + r^2\psi'^2) - \eta\psi'Hr^2 \\
 J_4 &= \frac{1}{32\sqrt{\Phi}}\left(\Phi^{(IV)}\frac{\Phi''^2}{\Phi}r^4 - \frac{\Phi'''}{4\sqrt{\Phi}}r^2(r'^2 + r^2\psi'^2)\right. \\
 &\quad \left. - \frac{\sqrt{\Phi}}{2}(r'^2 + r^2\psi'^2)^2 + \eta\frac{\eta H''}{4}r^4\right)
 \end{aligned} \tag{7}$$



第2圖

$$\begin{aligned}
 W &= W_0 + W_2 + W_4 + \dots \\
 W_0 &= \mu_0 s_0 - \mu_1 s_1 + \int_{x_0}^{x_1} J_0 dx \\
 W_2 &= \mu_0(m_0 y_0 + n_0 z_0) - \frac{\mu_0 s_0}{2}(m_0^2 + n_0^2) - \mu_0(m_1 y_1 + n_1 z_1) + \frac{\mu_1 s_1}{2}(m_1^2 + n_1^2) + \frac{1}{2} \int_{x_0}^{x_1} J_2 dx \\
 W_4 &= -\frac{\mu_0 s_0}{8}(m_0^2 + n_0^2)^2 + \frac{1}{4} \int_{x_0}^{x_1} J_4 dx + \frac{\mu_0 s_0}{8}(m_1^2 + n_1^2)^2
 \end{aligned} \tag{8}$$

となる。又近軸電子線に対する電子の経路の方程式は

$$\begin{aligned}
 \sqrt{\Phi} \frac{d}{dx} \left(\sqrt{\Phi} \frac{dr}{dx} \right) &= -\left(\frac{\Phi''}{4} + \frac{e}{8m} H^2 \right) r + \frac{e}{8m} \frac{C^2}{r^3} \\
 \frac{d\psi}{dx} &= \sqrt{\frac{e}{8m\Phi}} \left(H + \frac{C}{r^2} \right)
 \end{aligned} \tag{9}$$

となるから

$$\psi = \sqrt{\frac{e}{8m}} \int_{x_0}^{x_1} \frac{H}{\sqrt{\Phi}} dx + x, \quad u = re^{i\psi} \tag{10}$$

を得る。第2圖に示す如く電磁界の存在する範囲を $x=x_0$ 及 $x=x_1$ の間即頂平面の間に限定し電子線が此の二平面を貫く點を $P_0(x_0, y_0, z_0)$, $P_1(x_1, y_1, z_1)$ とする。此の様に角アイコナル W のを求めると

と置いて(9)式に代入して變形すれば

$$\sqrt{\Phi} \frac{d}{dx} \left(\sqrt{\Phi} \frac{du}{dx} \right) = -\left(\frac{\Phi''}{4} + \frac{e}{8m} H^2 \right) u \tag{11}$$

を得る。 r_α, r_β を此の方程式の解として之等は

$$\begin{aligned}
 r_\alpha(x_0) &= 1, \quad r_\beta(x_0) = 0 \\
 r'_\alpha(x_0) &= 0, \quad r'_\beta(x_0) = 1
 \end{aligned} \tag{12}$$

なる條件を満足するものとして

$$u = c_\alpha r_\alpha + c_\beta r_\beta \tag{13}$$

と置く。

$r^2, r^2\psi', r'^2 + r^2\psi'^2$, 等を u, u' の函数として表し(7)式に代入すれば

$$\begin{aligned}
 J_4 &= L_1(u\bar{u})^2 + L_2(u\bar{u})(u'\bar{u}') + L_3(u'\bar{u}')^2 + L_4(u\bar{u}) \left(\frac{\bar{u}u' - u\bar{u}'}{2i} \right) \\
 &\quad + L_5(u'\bar{u}') \left(\frac{\bar{u}u' - u\bar{u}'}{2i} \right) + L_6 \left(\frac{\bar{u}u' - u\bar{u}'}{2i} \right)^2
 \end{aligned} \tag{14}$$

となる。(13)式をサイデルの換算座標を使用して變形すれば

$$\begin{aligned}
 u &= h(\eta_1 + i\zeta_1) - g(y_0 + iz_0) \\
 h(x) &= \frac{1}{s_0 - t_0} (s_0 r_\alpha + r_\beta) \\
 g(x) &= \frac{1}{\mu_0} (t_0 r_\alpha + r_\beta)
 \end{aligned} \tag{15}$$

(15)式で與へられる u の値を(14)式に代入すれば J_4 が (η_1, ζ_1) 及 (y_0, z_0) の函数として

與へられる事になる。此の様な形になほした J_4 の値を(8)式の J_4 の中へ代入し又

$$\begin{aligned}
 m_0^2 + n_0^2 &= g_0'^2 R - 2g_0' h_0' \kappa + h_0'^2 \rho \\
 m_1^2 + n_1^2 &= g_1'^2 R - 2g_1' h_1' \kappa + h_1'^2 \rho \\
 R &= y_0^2 + z_0^2, \quad \rho = \eta_1^2 + \zeta_1^2, \quad \kappa = y_0 \eta_1 + z_0 \zeta_1, \quad \sigma = y_0 \zeta_1 - z_0 \eta_1
 \end{aligned} \tag{16}$$

なる関係をも(8)式に代入すれば W_4 の値は完全に (η_1, ζ_1) 及 (y_0, z_0) の函数として表されるわけで之を S_4 で表せば

$$\begin{aligned}
 S_4 &= -\frac{A}{4} R^2 - \frac{B}{4} \rho^2 - C \kappa^2 - \frac{D}{2} R \rho + E R \kappa + F \rho \kappa \\
 &\quad + G_0 R \sigma - G_0 \kappa \sigma + G_{11} \rho \sigma
 \end{aligned} \tag{17}$$

の形となる。此の S_4 は第四次のザイデルのアイコナルであつて之には

$$-\frac{\partial S_4}{\partial \eta_1} = y_1 - y_0, \quad -\frac{\partial S_4}{\partial \xi_1} = z_1 - z_0 \dots \dots \dots (18)$$

なる性質が有るから収差の値を容易に計算する事が出来る。考察の結果収差係数 $B, C, D \dots$ は

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| $B \dots \dots$ 球面収差 | $C \dots \dots$ 像の彎曲 |
| $D \dots \dots$ 非点収差 | $E \dots \dots$ 歪像収差 |
| $F \dots \dots$ コマ収差 | $G_{00} \dots \dots$ 異方的歪像収差 |
| $G_{01} \dots \dots$ 異方的非点収差 | $G_{11} \dots \dots$ 異方的コマ収差 |

を表す事が明となつたのである。そこで問題は之等収差を極小にするにはどの様な電磁界を選定すればよいか、又其様な電磁界を実現する爲にはどの様な電極構造にすればよいかと言ふ事に歸着するのである。斯様な問題に就いて色々の計算を行つた。

(論文(五), (六), (七), (八), (九), (十), (十一), (十二), (十三), (十四) 参照)

[III] 螢光物質

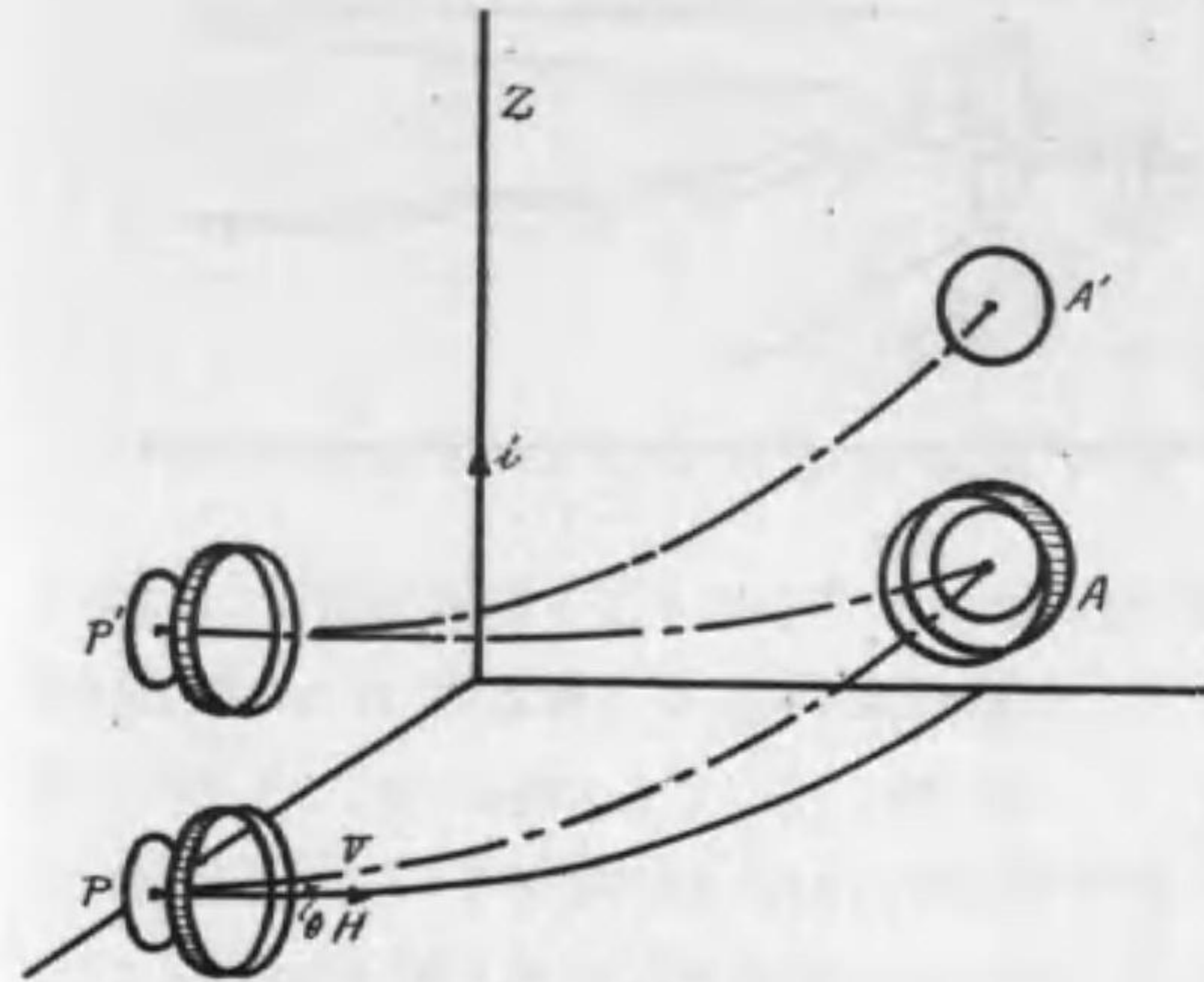
文献に依れば螢光物質の良否は其の純粋度に支配される事大であるとの事であつたが、實驗の結果も同様の事實を認めた。研究に際しては藥品は總て獨逸メルク製又はカールバウムの製品を使用した。硫化亜鉛は感應コイルで電壓をかけた所、黄綠色を帯びた明るい白色螢光を發した。Phosphorogen としてカドミウム鹽類を使つた時は黄褐色を帯び、前者よりも稍暗い螢光を發した。斯様にして暗視管の試作に充分使用に堪へる感度と壽命とを有する螢光物質を試作する事が出来た。

[IV] 二次電子増幅法

金屬電極に電子を衝突せしめると二次電子を發生する。此の場合衝突した一次電子よりも二次電子の方が多い時は電子流の増幅が出来る譯であり、斯様な考への下に作られた真空管が二次電子増幅管である。最近では一次電子の約 10 倍の二次電子を放出する衝擊板が得られる様になり、之を多段式に組立てて 10^6 倍以上の増幅度を與へるものが得られる様になつた。

二次電子放出現象は雑音の發生が少く時間的の遅れが殆ど無く、各段の間に結合装置を必要とせず且つ増幅器の大きさを著しく減ずる事が出来る等の長所を持つて居る。二次電子を最

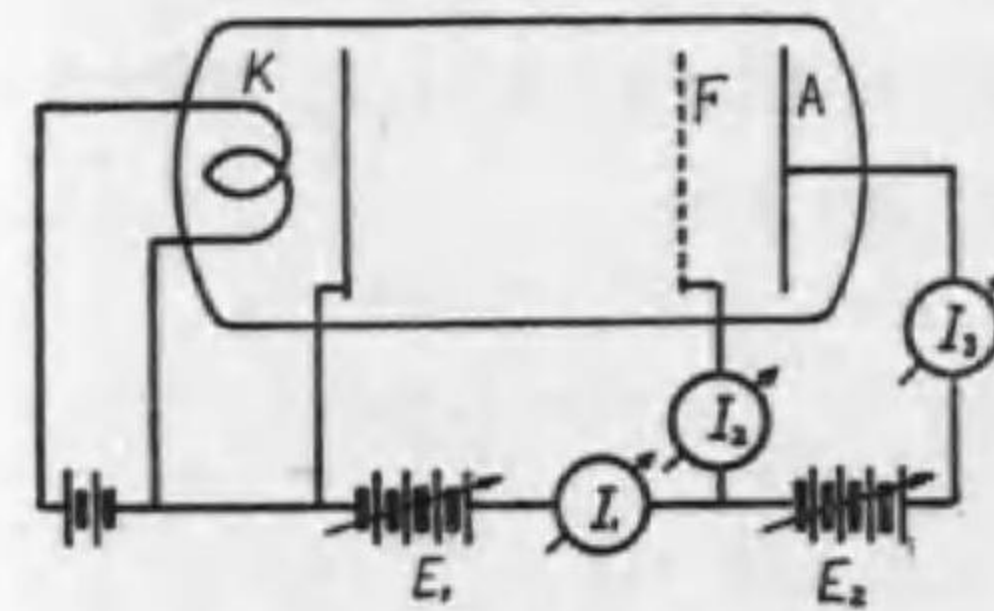
もよく放出する衝擊板は $[Ag]-Cs_2O, Ag, Cs-Cs$ なる複合層で蔽はれて居るものである。



第 3 圖

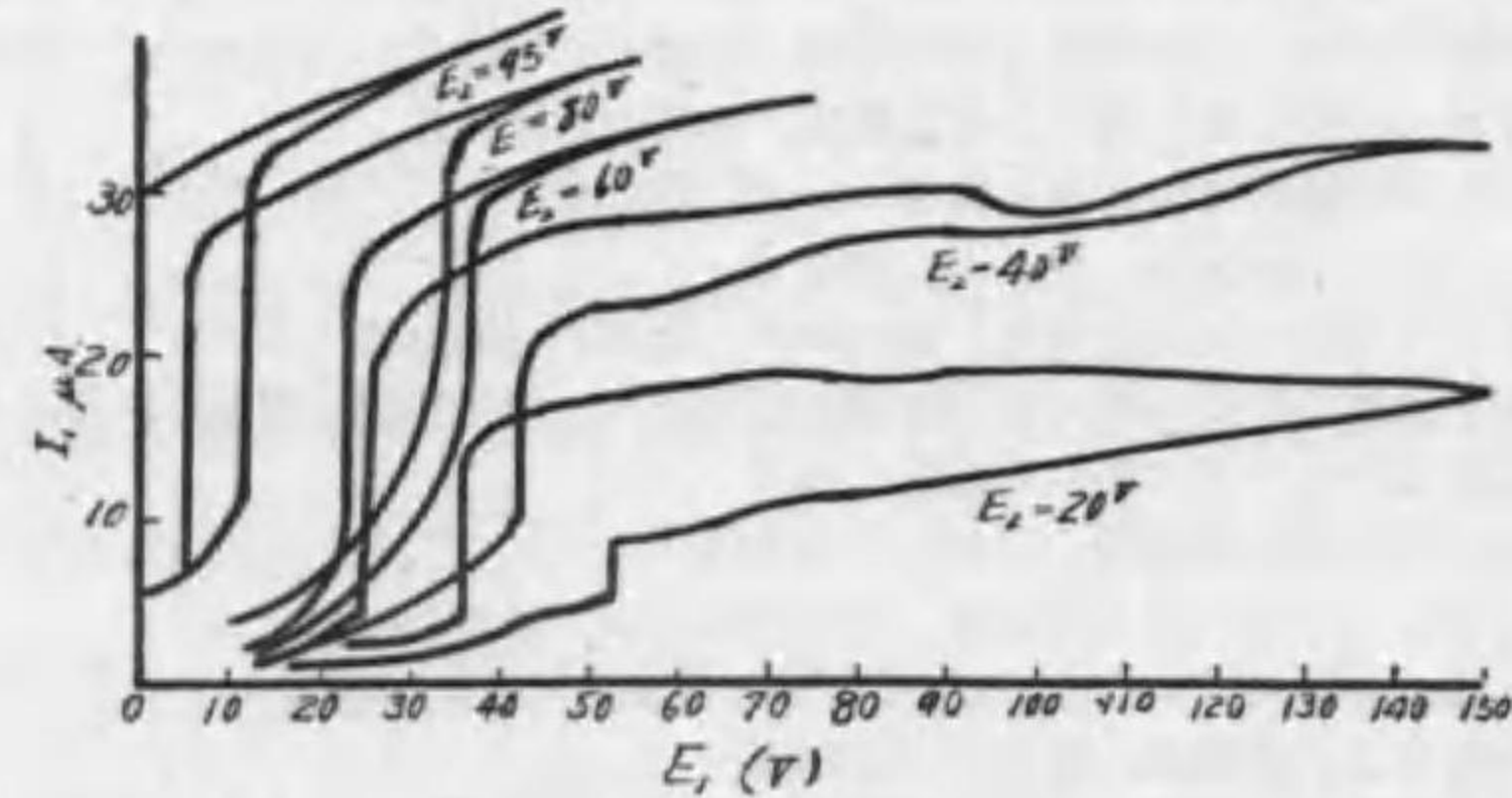
二次電子を利用して電子像の増幅を行ふには種々な方法が考へられるが、第 3 圖は F. Coetrier, M. C. Teves が考案した方法であつて Z 軸方向に電流を流して其軸の周りに磁界を作り、陰極 P より出た電子像は磁界及電界の作用によつて A に達し、茲で二次電子増幅を行つて後更に

P' に達し茲で再び二次電子増幅が行はれて遂に A' に於て可視化される。

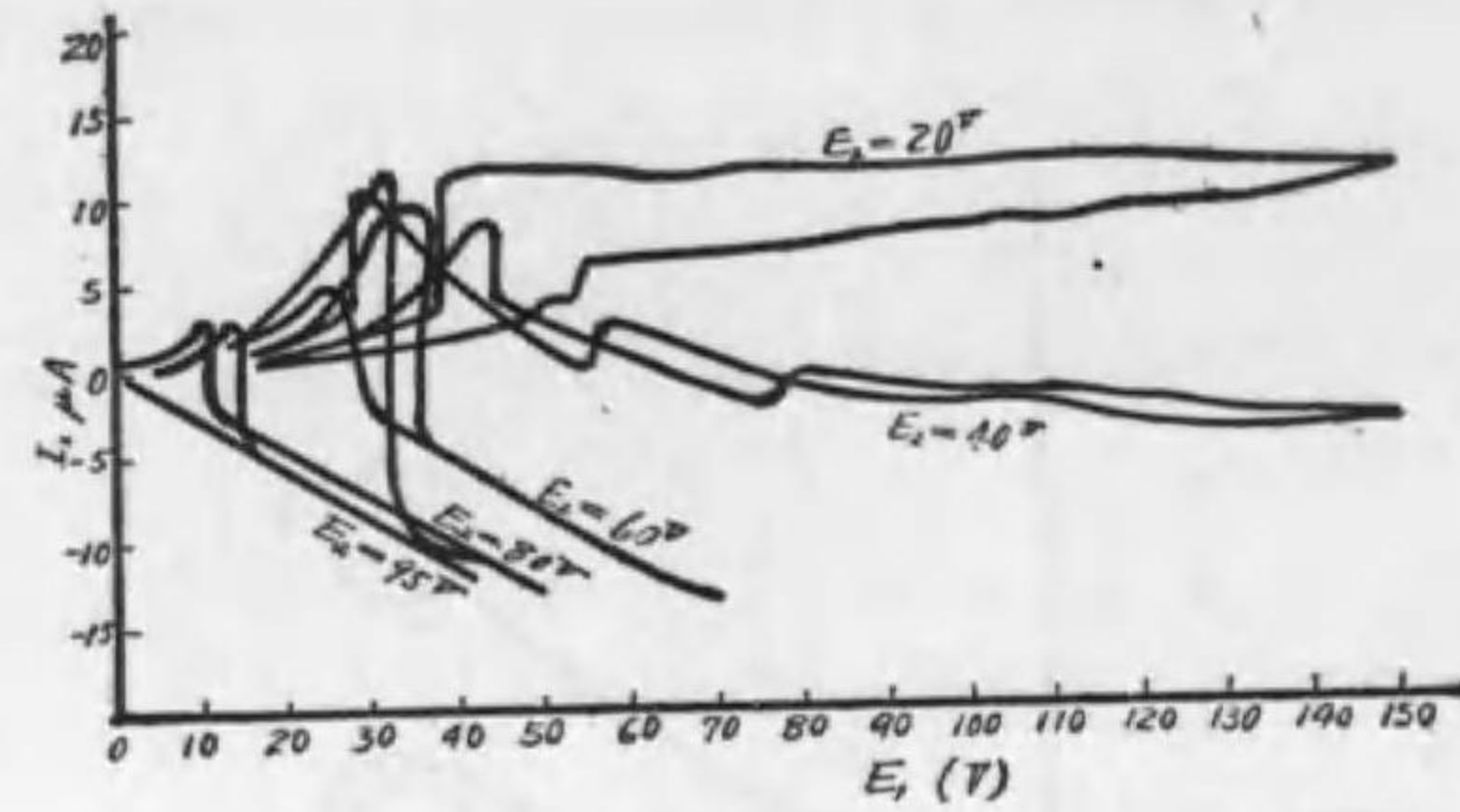


第 4 圖

斯様な衝擊板を使用せず二次電子を放射し易い薄膜を電子像が透過する際に生ずる二次電子を利用して像の増幅が可能であると考へ、第 4 圖の接続で基礎實驗を行つた。F はマイカの薄膜で A に相對する側は銀の Base metal の上にセシウムを蒸發させた二次電子を放出し易い複合層で蔽は

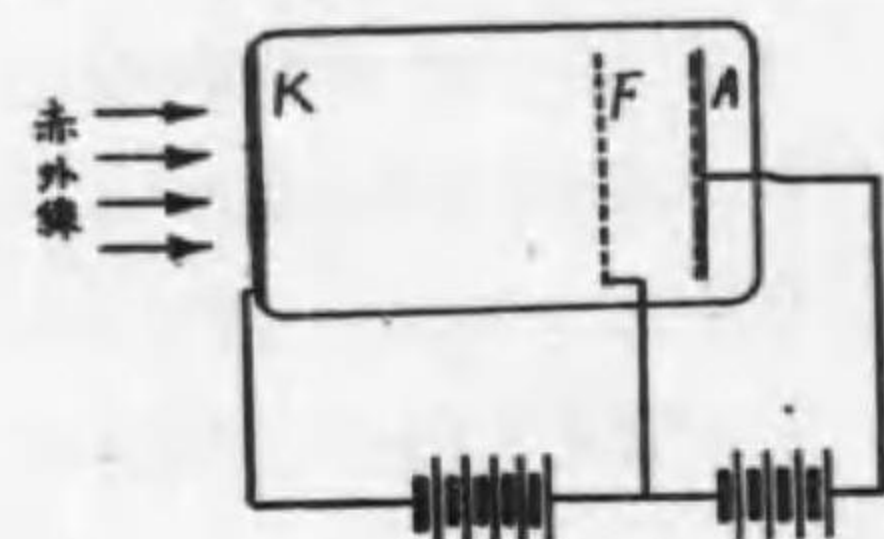


第 5 圖 (a)



第5圖 (b)

れ、 F の K 側の面は唯のマイカ其の儘である。熱陰極 K より電子を放射して集電極 A



第6圖

に集めた場合電圧 E_1 と電流 I_1, I_2 の間の関係は第5圖の如くであつて I_2 の変化の様子より明に二次電子放出が行はれて居る事が解る。それで之を以つて像の二次電子増幅を行ふには第6圖の如き構造にすればよいのである。即陰極 K より出た電子像は F のマイカ電極で増幅され之が A と言ふ陽極に達するので

ある。 A の陽極の表面には螢光物質が塗つてあり電子像が可視像に變る筈である。斯様な各種の増幅法に就いて實驗を行つた。(論文(二),(三),(四)参照)

論文

- (一) 暗視感光陰極に就いて, 電氣評論, 昭和十三年六月
- (二) 二次電子放射概論, 電氣評論, 昭和十三年九月
- (三) 二次電子増幅管, 機械及電氣, 昭和十三年一月, 二月, 三月, 四月
- (四) 低速電子の雲母薄膜透過, 電氣學會雜誌, 昭和十三年八月
- (五) 環狀靜電電子レンズの理論的考察, 電氣通信學會創立二十週年記念大會豫稿, 昭和十二年十月
- (六) 環狀靜電電子レンズの研究, 電氣評論, 昭和十三年二月
- (七) 圓孔電極の電位分布に就て, 電氣評論, 昭和十三年三月
- (八) 電子レンズの研究(第二報)(圓孔レンズに就て) 第十三回聯合大會豫稿, 昭和十三年四月
- (九) 電子レンズとしての圓孔電極, 電氣評論, 昭和十三年四月
- (十) 幾何光學及電子幾何光學に於ける收差論に就て, 電氣評論, 昭和十三年八月, 九月
- (十一) 磁氣的電子レンズに於ける收差に就て 第四回秋季大會講演豫稿, 昭和十三年十月
- (十二) 電子幾何光學第五次の收差論, 電氣學會雜誌, 昭和十四年二月
- (十三) "Bahnmethode" に依る電子幾何光學第五次の收差の計算 第十四回聯合大會豫稿, 昭和十四年四月
- (十四) 電子幾何光學に於ける收差論, 機械及電氣, 昭和十四年十二月, 昭和十五年一月, 二月, 三月, 四月, 五月

金属材料の疲勞による破壊に就て

(昭和14年12月26日受理)

大阪帝國大學教授 中原益次郎

同 助教授故小野正敏

同 助教授 高林順三

大阪帝大工學部材料實驗室設備のウェーラー型片持梁式回轉曲げ疲勞試驗機3臺に剪斷力除去装置を施し, 均一曲げモーメントで實驗し得る様に改造及び擴張したことは既に報告せる所である。⁽¹⁾

その後これを既設の小野式均一曲げモーメント疲勞試驗機と同一寸法の試験片にて實驗し得るやう試験片握部を改良し, 尙このウェーラー改良型が小野式と同様充分に剪斷力の影響を除去し得るや否やを二三の實驗に依つて確かめた。その1例を挙げれば, 第一表は90kgのNi-Cr鋼に就て行つた兩者の比較試驗結果を示す。

第1表

應力 kg/cm ²	ウェーラー改良型		小野式	
	繰返速度 r.p.m.	破斷に至るまでの繰返數 ×10 ⁶	繰返速度 r.p.m.	破斷に至るまでの繰返數 ×10 ⁶
5000	2800	0.905	2800	0.889
4600	2600	7.137	2800	6.502
4500	2300	10.188 (破斷せず)	3000	10.128 (破斷せず)

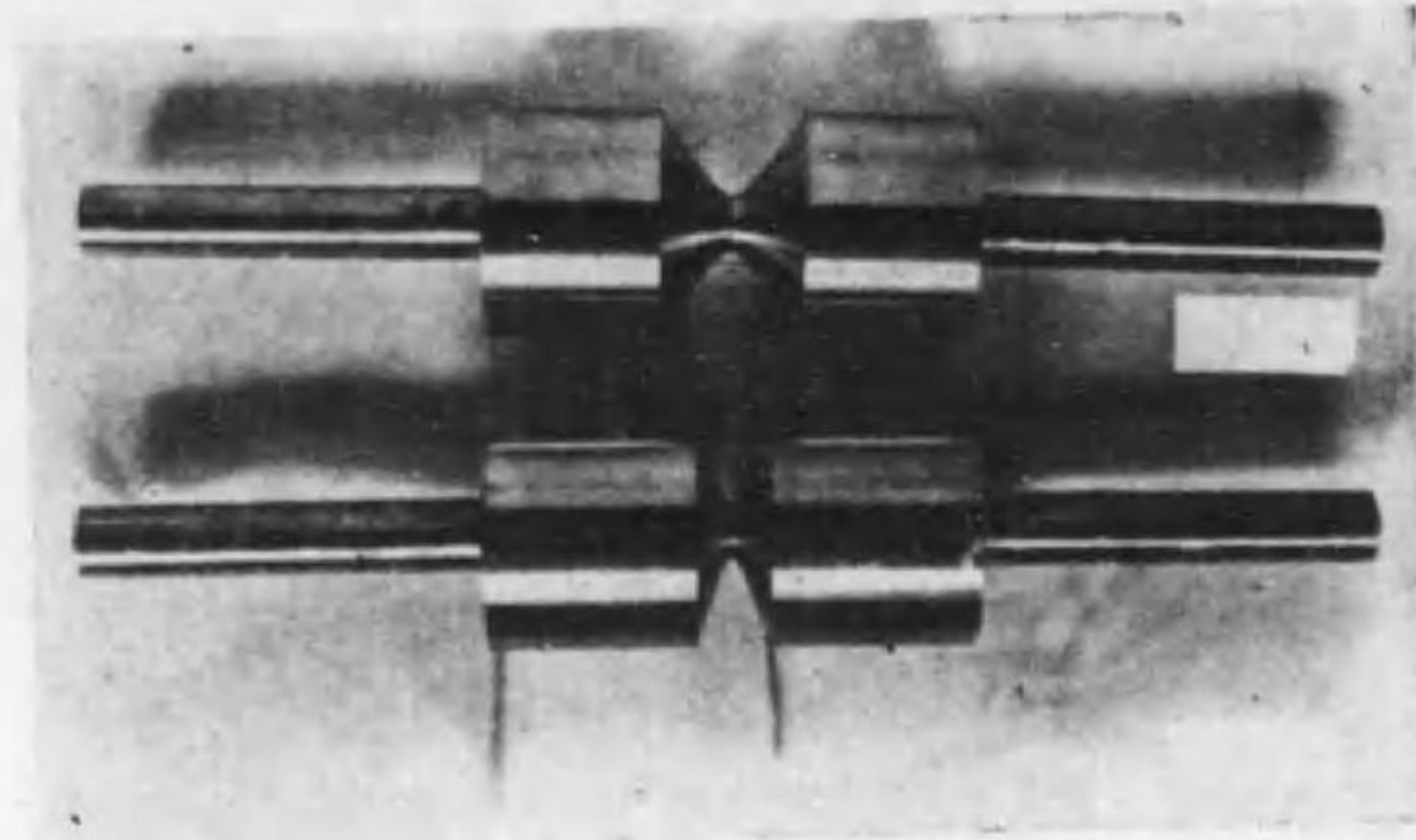
以上の外, 他の二三の試驗結果によつてもウェーラー改良型と小野式とを同一實驗に併用しても差支へないことを知つたので, その後は主としてこれらの試驗機を用ひて回轉曲げ疲勞破壊における切缺の影響に就て實驗を進めた。この研究に関する詳細は本研究者の一人が既に機械學會誌に發表せるところであり, 茲にはその實驗結果の概要を述べることにする。⁽²⁾

この研究の目的は材料の疲勞破壊に於て, 切缺底部に生ずる集中應力が切缺の無い場合に對し或は切缺の種類によつて, 如何なる程度の影響を與へるかを考察するにある。實驗には

(1) 服部報公會研究抄録第5輯

(2) 日本機械學會論文集(昭和14年5月)

A (0.21%C), B (0.25%C) なる二種類の炭素鋼で第1圖の如き双曲線型及び 60°V 型切欠



第 1 圖

を有する試験片を作り、その
 兩切欠における最小半徑 a と
 切欠底部の曲率半徑 ρ との比
 を $a/\rho=0, 2.5, 5, 10, 20, 40$
 の 6 種類にとつた。而してこ
 の a/ρ によつて疲労限が如何
 に變るかを檢べたもので、
 第 2 及び第 3 表はその實驗結

果を示す。

第 2 表 A 類

a/ρ	疲 勞 限 $p=4M/\pi a^3$ kg/cm ²			
	双 曲 線 型 切 欠		10°V 型 切 欠	
	焼 鈍	焼 準	焼 鈍	焼 準
0	2000	2200	2000	2200
2.5	1400	1400	—	—
5	1100	1150	1000	—
10	—	1000	1000	1100
20	1150	1150	1200	1100
40	1100	1050	1100	1200

焼鈍： 下降伏點 21kg/mm², 抗張力 43kg/mm².
 焼準： 下降伏點 26kg/mm², 抗張力 45kg/mm².

第 3 表 B 類

a/ρ	疲 勞 限 $p=4M/\pi a^3$ Kg/cm ²			
	双 曲 線 型 切 欠		60°V 型 切 欠	
	焼 鈍	焼 準	焼 鈍	焼 準
0	2100	2300	2100	2300
2.5	1400	1400	1450	—
5	—	1200	—	—
10	1100	1150	1150	1050
20	850	850	800	900
40	900	900	900	900

焼鈍： 下降伏點 23kg/mm², 抗張力 44kg/mm².
 焼準： 下降伏點 27kg/mm², 抗張力 44kg/mm².

これらの表から直ちに判ることは、 a/ρ が一定ならば切欠の外廓が双曲線型としても 60°V 型としても疲労限 p の値は殆んど同一である。又 a/ρ が 0 (即ち切欠のない場合) から 2.5 及び 5 附邊に至るまでは疲労限の減少は相當著しくなるが、10 以上に至ればその開きは左程大きくない。

船舶用軸馬力測定器の研究

(昭和14年12月28日受理)

逓信省管船局船舶試験所

逓信技師 研 野 作 一

本研究は先づ特許 116781 號により直視し得る振計を試作すべく施行せられたるものなり。研究試作の結果、直視振計及中間軸用振れ歪計を得たり。よつて之れが報告をなし以て表題に關する一應の研究を終る次第なり。

1 直視振計

緒 言

船舶の推進器軸馬力を直接に求めるには、中間軸の回轉中に於ける平均トルクを測定する振計によらなければならない。本振計は光學的方法によつて、一回轉中の各々の角位置に於けるトルクを直視して平均トルクを見出す式のものである。トルク變動は、原動機の種類によつて夫々特有な週期をもつ波状をなすものであるから、この波状を知れば平均トルクが求められる。例へば2衝程ディーゼル機関なれば、軸の1回轉の變動を、4衝程ディーゼル機関なれば軸の2回轉の變動を知ればよい。かゝる變動を完全に知るには、著者による光學振計の如き連続的に記録する様なものによらなければならない。然し實際各種機關についてのトルク變動記録から見ると、全範圍の變動を知らなくても、其一部分の變動を知れば實用的範圍の精度に於て平均トルクを求めることができる。本振計は上述の事實に立脚するものである。

原 理 及 構 造

本器の原理は著者の光學振計一對を對向させ、軸の彎曲による影響即ち横効果を除いたもので、其詳細なる原理的説明は、中間軸用振れ歪計³に關する報告を参照されたい。

本器は横効果なき振計であるから、之れを靜的振試験に用ひトルクと振計讀みの關係から直に正確なる振計常數を決定することができる。尙必要ならば、振れ歪計として中間軸の剛性率を算出することもできる特徴がある。

構造は第1, 2, 3及7圖によつて了解されたい。之迄のものとは違つてゐる點は次の通りで

ある。

光源としての單線電球(織條の兩端に於ける熔接部の内部歪のため電流の強さによつて線の位置が變る缺點がある)の代りに、銀鍍硝子に細線を引いた細隙を用ひたこと。擴大鏡を共通にしたこと。前後の反射像を區別するために、フキルターを用ひて色別けしたこと。反射凹面鏡を支持するに、自動調心の球軸承を用ひて鏡軸の調整を容易ならしめたこと。光源としての細隙の位置に既知尺度(0.1mm 刻み)の硝子板を置換へて、光學系の倍率を容易に求められるやうにしたこと等である。

振れの量を讀む讀取尺度は、0.1mm 刻みのものを用ひ、其支持棒により任意の角位置にもつて行つて固定することができる。前後兩鏡によつて生ずる反射實像は擴大(約4, 5倍)され、其最後の實像を此尺度上に結ぶ。振れのための兩像の關係的變位は、8倍のルーペで耗目盛尺を讀む容易さで知ることができる。

調 整 及 使 用 法

讀取尺度を所定の位置(例へば軸の直上)に置き、前後光源像が尺度上に生ずる様に調整する。次に軸に振れがないときの讀み、即ち零點を決定する。それには軸の回轉装置によつて靜かに右回轉を行ひ、兩像の關係的變位を讀み、次に左回轉を行つて再び兩像の關係的變位を讀む。此兩者の値の平均値は、求むる零點の値である。今此値を Δ_0 とする。

此値は讀取尺度を他の任意の角位置に置いて求めても等しいはずである。その理由は、軸の彎曲による横効果を除いてあるからである。第1表及第8, 9圖は其實例であつて、横軸は角位置(第7圖参照) θ を表す、圖で見ると關係的變位は、 θ の如何に拘らず大差ない。各像の讀みが全體として波状を呈してゐるのは横効果であつて、一回轉を週期とする正弦曲線の一部であることは、著者のすでに證明したところのものである。而かも圖の形から、 $\theta = 65^\circ$ の線と、軸線とを含む面内で、軸が右舷側に圓弧狀に曲つて居ることが判定される。

斯の如く、各像は夫々讀む角位置 θ によつて變つてゐるが、關係的變位は軸に振れが加はらない以上、變化することはない。又軸の運轉中に於ける曲りが、前記の靜的曲りと變つても、其の曲り方が中央環に對して對稱的である限り、零點の値には變化はないのである。故に運轉中の兩像の相對的變位の値を Δ' とすれば、トルクによる振計の讀み Δ は次式で與へられる。

$$\Delta = \Delta' - \Delta_0 \dots\dots\dots(1)$$

Δ_0 は最高回轉速度の場合に於ける Δ の約 1/2 位に且つ負に選ぶ方がよい。即ちかくすれば關係的變位の絶對値は、回轉速度の増加と共に初めは減小し、中間的回轉速度で零となり再び増す。かく選ぶことは、光學系視界の中央を使用し、レンズの収差の影響を避けるためである。

以上の説明により實際の測定にあつては、次の順序によればよいことがわかる。

- (1) 軸の右及左回轉を施行し、出来るだけ広い範圍に於て、各角位置に於ける兩像の關係的變位を読みとり、之等の平均値から Δ_0 を求める。
- (2) 次に或回轉速度に於ける平均値を求めるために、各角位置 (15° 乃至 20° 間隔) に於ける關係的變位 Δ' を求め、之れを曲線に畫くこと第 8 及 9 圖の如くし、之れから平均値 Δ_m' を求める。然るときは此回轉速度に於ける振計の読みは次式となる。

$$\Delta_m = \Delta_m' - \Delta_0 \dots\dots\dots(2)$$

- (3) 次に軸馬力を次式により計算する。

$$\text{S.H.P.} = \frac{2\pi^2}{32 \times 7500 \times 60} \frac{GD^4}{lmr} \Delta_m N = k \Delta_m N \dots\dots\dots(3)$$

但し

l = 兩端環間の軸の長さ (cm)

m = 光學系の倍率

r = 光源の中心と軸線との距離 (cm)

D = 軸の直徑 (cm)

G = 軸材の剛性率 (kg/cm²)

k = 振計常数

G の値は陸上での振試験の結果として得られるものであるが、特種材料ならざる限り、

$$G = 8.3 \times 10^9 \text{ kg/cm}^2$$

を用ひて差支ない。

k の値は上式によつて計算から得られるが、直接振試験からでも得られることは本器の特徴としてすでに述べた通りである。即ち 1cm の相對的變位に對するトルクの値を q kgm とすれば、

$$k = \frac{2\pi}{75 \times 60} q \dots\dots\dots(4)$$

で計算される。尚 m の値は、前後光學系に於て多少の差がある場合には、其の平均値を採用する。

豫備試験

此試験の目的は本器の不備な點を出見し、之れを改良して實船に使用できるやうにすることであつた。装置は第 2 及 3 圖に示す。原動機として 1 馬力の電動機を用ひ、中間軸に對應して 1 吋の磨鋼棒を傳達軸とし、之れに振計を取付け、回流水槽中で作動する模型推進器を回轉して傳達馬力を測定する様にした。

先づ軸端に半径 50cm のレバーを固定し、それに 0.5kg 宛の重錘を順次加へ、次に順次減じてトルクに對する像の關係的變位を読んだ。第 4 圖は此結果である。此圖から 1 目盛の變位に對するトルクは、2.37kgcm であることを知る。即ちかやうにして靜的振試験によつて振計常數は算出される。

次に V ロープを掛け、推進器を着けなくて回轉速度を變化した場合と、推進器を着けた場合の振計の読みから第 5 圖の結果を得た。各測定點を通る二つの平均曲線を引き、その差から傳達馬力を計算すると、第 6 圖中 A 曲線となる。此馬力は何を表すかと云ふと、若し摩擦トルクが推進器を着けない場合と着けない場合とで同じであると假定すれば、推進器の吸収する馬力を表すのである。然し實際推進器が作動して居る場合は、V ロープの張力も變る又推力も作用する等のために摩擦トルクの増加することを考へると、此の値は推進器の吸収する馬力以上でなければならぬ。そこで推進器の吸収する馬力を測定するために、同じ水槽で著者の推進器動力計を用ひた。同圖中 B 曲線は此結果を示す。兩曲線の差は摩擦のための馬力であつて、明かに豫想と矛盾しない。

此豫備試験臺は木製で間に合せたために、可成り振動が起り、読みとりはあまり正確ではなかつた。従つて測定點も可成りばらついてゐる。又読みとりの角位置は一定とした。それは原動機も推進器も一樣なトルクで廻轉してゐると考へられるからである。

正確な測定は振動なきコンクリート臺の如きものの上に装置しなければならないことがわかるが、之れによつて本器の實船への適用に對し、二三の改良すべき點が明かとなつたので初めの目的を果すことはできた。

實地試験と其結果

振計環は最初東京灣汽船株式会社所有の橋丸の中間軸に取付けられる様に製作したのであつたが、同船の都合により菱丸用として改造した。實地試験は同船の昭和 14 年 11 月 11、12 日の兩日大島への往復航中東京灣航行中に施行した。往航は追風、復航は向ひ風であつた。風速は 8m/sec 位はあつたと思はれる。

振計は第 2 中間軸に第 7 圖の如く配置した。試験成績は第 1, 2, 3, 4 表及第 8, 9, 10 圖に示す通りである。又光學系の取附は、第 6 氣筒クランクピンの位置と一致させた。

試験方法は回轉速度を順次増し、回轉速度馬力の關係を求めたのである。又零點の値は出港前及歸港後の夫々の値 -1.065 及 -1.345 の平均値 -1.21mm を採用した。即ち

$$\Delta_0 = -1.21\text{mm}$$

角位置 θ に對する前後の像の讀みから Δ' を計算して曲線を書き、夫々の平均値 Δ_m' を求め、各回轉速度に對する軸馬力を計算すると第 4 表の如くなる。第 10 圖は最後の結果であつて、尙之れに本船竣工當時の試運轉成績を記入して置いた。試運轉状態は此試験状態に比して、排水量に於て小さいこと、船底も理想に近く滑かであること等を考へて見ると、此結果は信頼するに足る。勿論正確さの程度はトルク變動を連續的に記録する振計を併用して確めなければならないが、之れは他の機會に於て行ふ積りである。

又讀取りは場所の關係上 165° 範圍以上に行ふことは不可能であつたが、トルク變動がクランク角 120° に對應して居ることが明かに看取される。又回轉速度と變動の振幅及位相の關係から、約 165r.p.m に於て一節 3 次の共振振動が存在することが知られる。又 233r.p.m 附近に於ても高次の振動がある様である。

本試験に於ては何等の故障もなく樂に讀取りもでき、其他總て豫想通りで、本器の實用性を確認することができた。

尙原動機は三菱ビツカース無氣噴油式 900 馬力 4 衝程單動ディーゼル機關で、振計に關する諸常數は次の通りである。

$$l=156.6\text{cm}, m=10, r=16.5\text{cm}, D=18.0\text{cm},$$

$$G=8.3\text{kg/cm}^2 \text{ (假定)}$$

$$\text{S.H.P.}=4.62\Delta_m N$$

結 言

本器の特徴を要約すれば次の通りである。

- (1) 本器は原動機の如何に拘らず其軸馬力を測定することを得。
- (2) 本器は構造簡單で機械的運動部分なく、従つて慣性なく又場所を要しない。
- (3) 本器は靜的振計によつて振計常數の正しいものが得られる。従つて振れ歪計として軸材の剛性率をも測定するに用ひられる。

本振計の試作は服部報公會の援助によるもので同會に對し謝意を表し、湊、生島前所長並に重光、眞島及山縣諸博士の御援助御激勵に對し厚く御禮申上げる。尙製作測定等は本橋、佐藤、篠原及森諸氏を煩した。又再三の實地試験に多大の御便宜を與へられた東京灣汽船株式會社に對し共に深謝する次第である。

2 中間軸用振れ歪計

本文は昭和 14 年 6 月刊行第 64 號造船協會々報に掲載せられたものの抄録である

振計で實船の軸馬力を實測するには、豫め振計常數を決定して置かなければならない。振計常數は、陸上で中間軸に振計を取附け、靜的方法で回轉力率と讀みとの關係を計測して直接求めるのを理想とする。現在行はれて居る振り装置では、其の固定論を理想的に實施することは不可能である。従つて荷重をかけると、軸線の移動並に彎曲を生ずるのである。故に振計がか様なものに影響されない原理でできて居なければ、たとへそれが振計として申分ないものであつても、振計常數を決定する装置としては不完全である。從來の振計は何れも此の横效果の影響を受けるので、正確なる振計常數は、むしろ信頼し得る振り歪計を用ひて剛性率を測定した上、計算による方が確かである。當試験所の之れまで實施して居つた剛性率測定法は正確な結果をもたらす方法であるが、軸の左右に 4.5m の場所を必要とし、且つ四ヶ所に於て讀み取りをしなければならぬ缺點がある。そこで之れに代るべき歪計が切望されて居つた。幸ひに横效果を省けない直視振計の試作をする機會を得たので、ついでに本器を試作したのである。現在は之れによつて多大の便宜を得て居る。

本文中に述べて居る原理は直視振計の原理と全く同様で、只構造に於て讀取装置が變つてゐるだけである。

本器の主な特徴は、取附取外しは簡單であり場所を要せず、讀取りは 1 箇所 1 名で足ると云ふ點にある。

文 献

1. 著者 研野式振計 造船協会々報 No.54 昭 9.10
同 研野式光学振計 精密機械 No.6 昭 11.6
同 Togino's optical Torsion-meter
Congrès International des Directeurs de Bassins. Paris, Octobre, 1935
2. 同 中間軸に出現するトルク変動に就て 昭 14. 11 月 12 日造船協会講演會
3. 同 中間軸振れ歪計 造船協会々報 No.64 昭 14.6
4. 同 中間軸の剛性率測定法と其結果 造船協会々報 No.59 昭 11.12
5. 同 自航試験用推進器動力計 造船協会々報 No.64 昭 14.6

第1表 零點の測定

θ°	前進廻轉			θ°	後進廻轉			出 港 前
	前	後	Δ_0		前	後	Δ_0	
0	82.7	83.6	-0.9	0	82.4	83.7	-1.2	
10	83.0	83.8	-0.8	350	82.5	83.7	-1.3	
20	83.3	84.2	-0.9					
30	83.6	84.6	-1.0					
40	84.0	84.9	-0.9					
50	84.6	85.6	-1.0					
60	85.2	86.2	-1.0					
70	85.9	86.6	-0.7					
80	86.5	87.2	-0.7					
			-0.88				-1.25	
$\Delta_0 = -1.065$								
285	83.7	84.8	-1.1	75	85.5	87.3	-1.8	出 港 後
316	83.1	84.2	-1.1	47	84.2	85.9	-1.7	
356	82.7	83.6	-0.9	15	82.8	84.5	-1.7	
40.3	84.2	85.2	-1.0	345	82.6	84.25	-1.65	
70.3	85.7	86.9	-1.2	315	82.4	84.0	-1.6	
			-1.06	287	83.25	84.6	-1.35	
$\Delta_0 = -1.345$								
mean $\Delta_0 = -1.21mm$								

第2表 往航の際の振計の読み

θ°	140R.P.M.			170R.P.M.			195R.P.M.					
	前	後	Δ'	前	後	Δ'	前	後	Δ'			
75	86.5	86.3	0.2	80.1	83.2	5.9	88.7	83.5	5.2			
60	86.9	84.0	2.9	88.8	82.2	6.6	87.3	83.2	4.1			
45	86.9	83.0	3.9	87.1	83.0	4.1	85.8	83.2	2.6			
30	85.8	82.5	2.3	84.2	84.0	0.2	84.4	83.2	1.2			
15	83.8	83.1	0.7	82.2	84.5	-2.3	83.7	82.5	1.2			
0	82.5	83.4	-0.9	81.9	83.1	-1.2	83.9	81.5	2.4			
345	81.7	83.5	-1.8	82.2	82.0	0.2	84.7	80.4	4.3			
330	82.4	83.2	-0.8	84.1	80.5	3.6	85.2	80.0	5.2			
315	83.0	82.7	0.3	85.9	79.6	6.3	85.3	80.5	5.2			
300	83.2	82.2	1.0	86.2	80.0	6.2	85.2	81.4	3.8			
285	85.2	82.8	2.4	86.2	82.2	4.0	84.7	82.6	2.1			
				215R.P.M			233R.P.M			243R.P.M		
75	89.0	83.6	5.4	89.2	83.4	5.9	89.1	83.0	6.1			
60	87.6	83.2	4.4	88.2	82.8	5.4	88.5	82.7	5.8			
45	86.4	82.8	3.6	87.0	82.1	4.9	87.4	82.0	5.4			
30	85.3	82.4	2.9	86.0	81.5	4.5	86.3	81.4	4.9			
15	84.6	81.6	3.0	85.4	80.9	4.5	85.8	80.6	5.2			
0	84.9	80.5	4.4	85.5	80.0	5.5	85.9	79.9	6.0			
345	85.2	80.0	5.2	85.0	79.5	5.5	85.8	79.3	6.5			
330	85.3	80.0	5.3	85.6	79.5	6.1	85.8	79.4	6.4			
315	85.2	80.3	4.9	85.5	79.7	5.8	85.9	79.7	6.2			
300	85.5	81.2	4.3	85.7	80.0	5.7	86.0	80.3	5.7			
285	85.7	81.8	3.9	86.2	81.2	5.0	86.4	80.9	5.5			

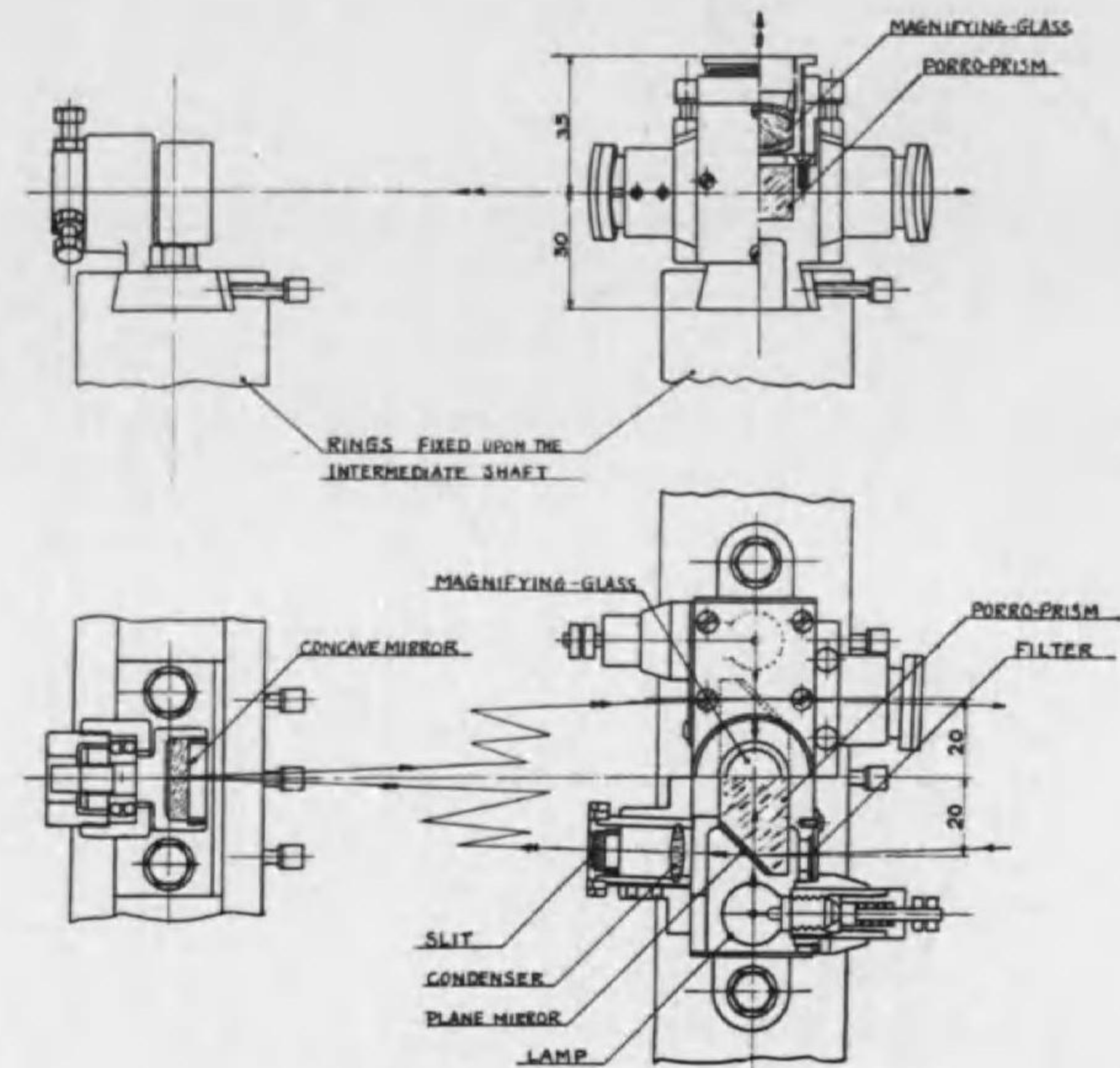
第3表 復航の際の振計の読み

θ°	221.5R.P.M			146.3R.P.M			185R.P.M		
	前	後	Δ'	前	後	Δ'	前	後	Δ'
75	88.5	83.2	5.3	86.6	85.2	1.4	88.8	83.2	5.6
60	87.6	82.7	4.9	87.2	83.3	3.9	87.7	83.0	4.7
45	86.4	82.3	4.1	87.1	82.1	5.0	84.8	83.4	1.4
30	85.4	81.8	3.6	85.8	82.2	3.6	85.9	83.8	0.1
15	84.7	81.1	3.6	83.8	83.2	0.6	82.8	83.2	-0.4
0	84.8	80.3	4.5	82.6	83.8	-1.2	83.2	81.8	1.4
345	85.1	79.7	5.4	81.8	83.4	-1.6	84.1	80.5	3.6
330	85.1	79.4	5.9	82.2	82.7	-0.5	85.2	79.7	5.5
315	85.1	80.1	5.0	83.5	81.8	1.7	85.4	79.9	5.5
300	85.1	80.8	4.3	84.8	81.2	3.6	85.2	80.9	4.3
285	85.4	81.4	4.0	85.5	81.2	4.3	84.5	82.4	2.1

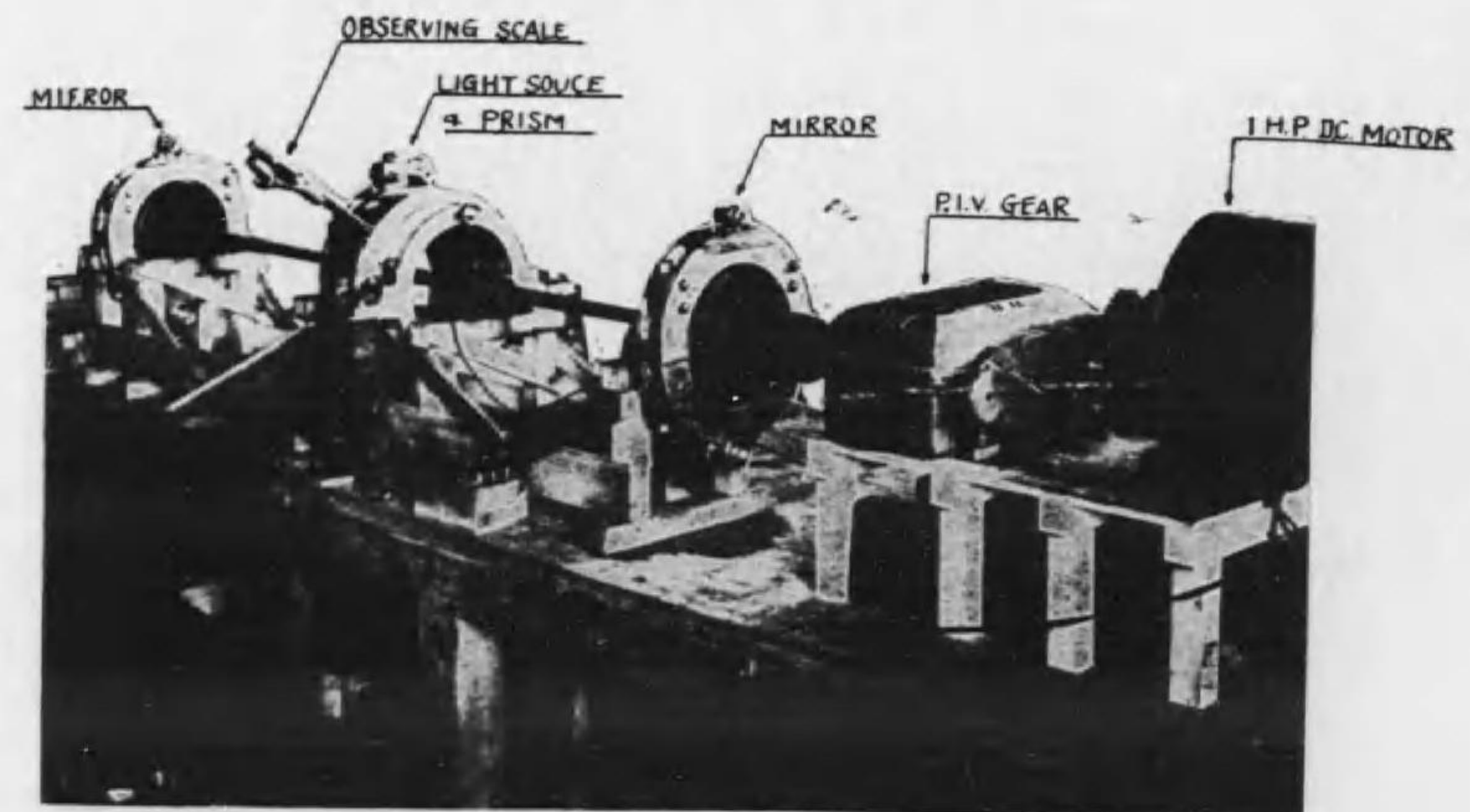
	201.5R.P.M			226R.P.M			240R.P.M		
75	88.6	83.6	5.0	28.8	83.2	5.6	89.1	83.0	6.1
60	87.4	83.3	4.1	87.8	82.8	5.0	88.1	82.2	5.9
45	86.0	83.0	3.0	86.7	82.3	4.4	87.2	81.7	5.5
30	84.8	82.8	2.0	85.7	81.8	3.9	86.1	81.1	5.0
15	84.2	82.0	2.2	84.9	81.0	3.9	85.7	80.3	5.4
0	84.3	80.8	3.5	85.0	80.2	4.8	85.7	79.7	6.0
345	84.9	80.2	4.7	85.3	79.7	5.6	85.8	79.3	6.5
330	85.2	80.0	5.2	85.2	79.1	6.1	85.7	79.2	6.5
315	85.2	80.2	5.0	85.5	80.0	5.5	85.8	79.7	6.1
300	84.9	81.1	3.8	85.4	80.6	4.8	85.8	80.2	5.6
285	85.0	82.0	3.0	85.7	81.2	4.5	86.2	80.7	5.5

第4表

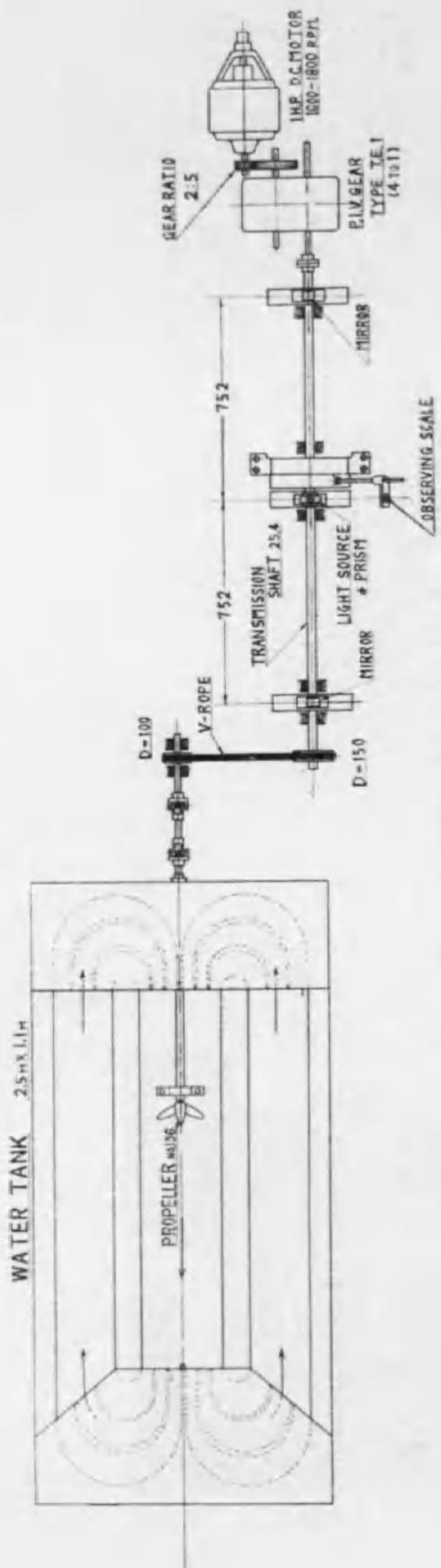
R.P.M	往 航			復 航			
	Δ_m'	Δ_m	S.H.P	R.P.M	Δ_m'	Δ_m	S.H.P
140	^{mm} 1.0	^{mm} 2.21	144	221.5	^{mm} 4.6	^{mm} 5.81	595
170	2.15	3.36	265	146.3	1.5	2.71	183
195	3.2	4.41	398	185.0	2.9	4.11	352
215	4.2	5.31	529	201.5	3.65	4.86	453
233	5.2	6.41	691	226	4.95	6.16	644
243	5.75	6.96	782	240	5.8	7.01	778



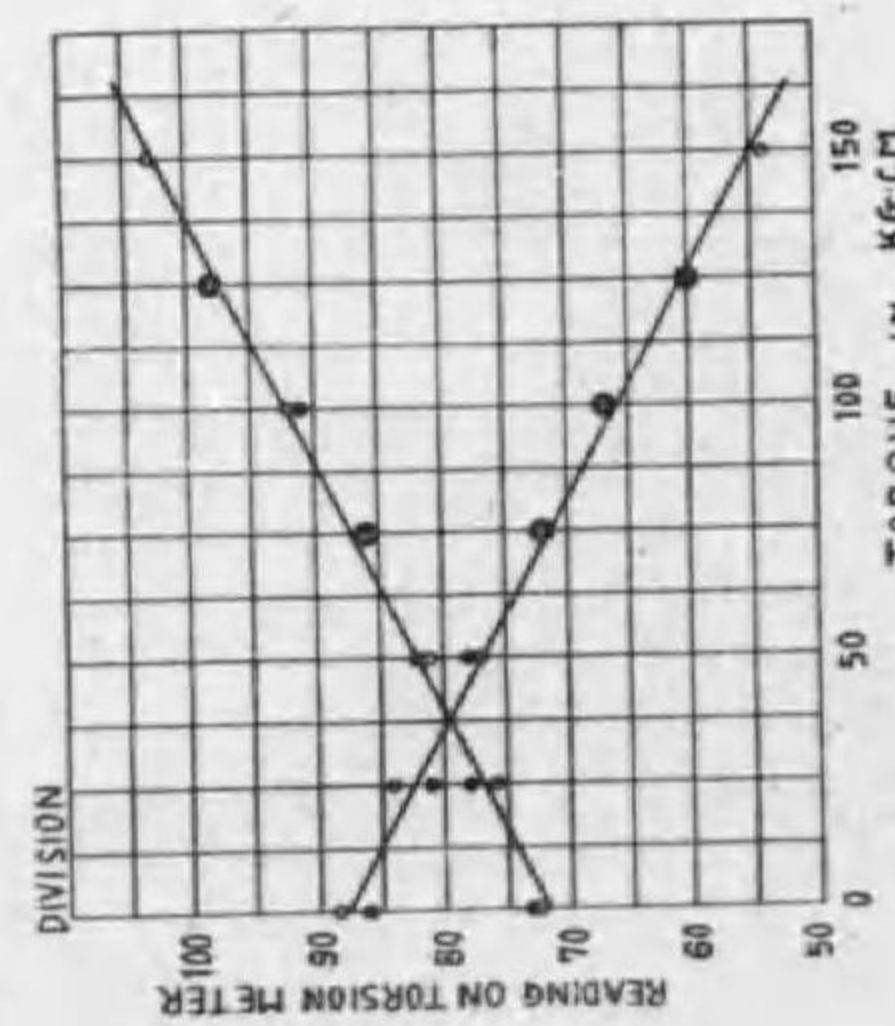
第1圖 概計主要部



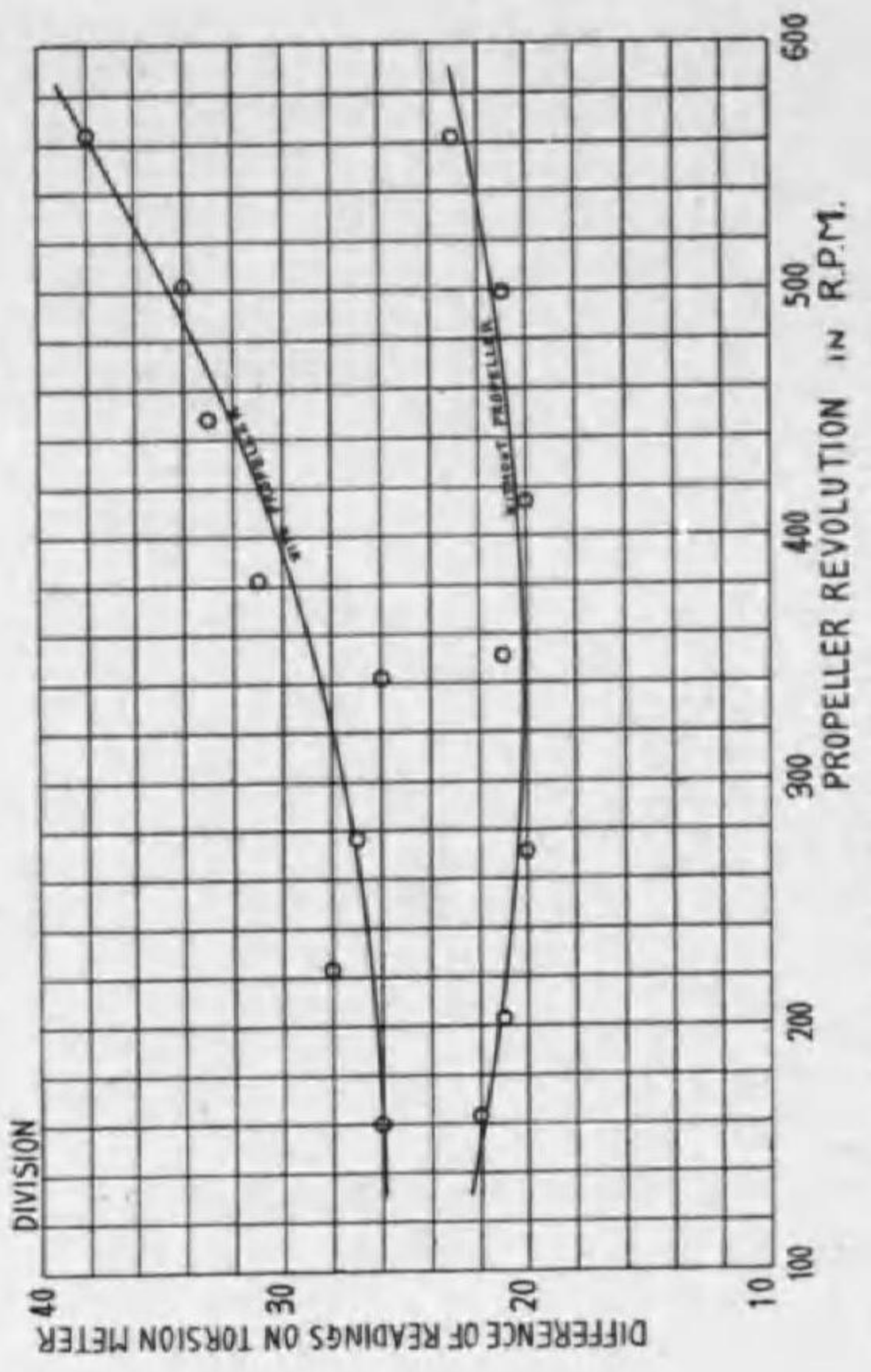
第3圖 豫備試験装置の概観



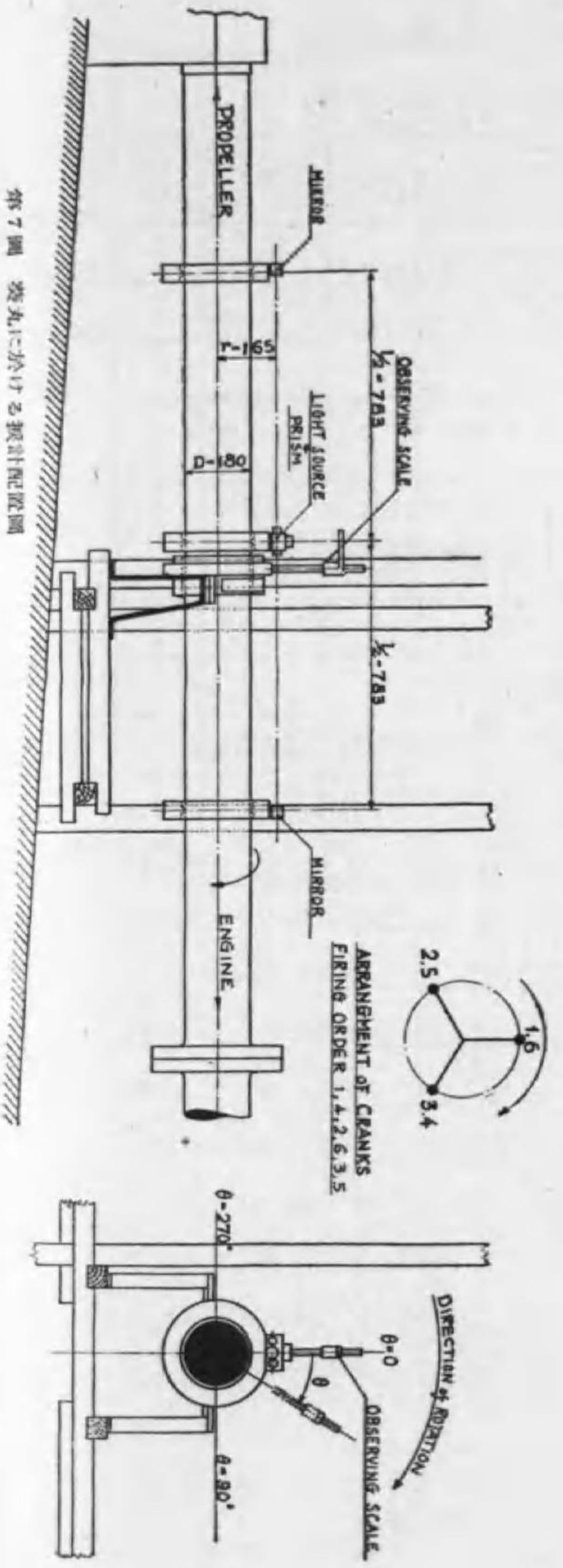
第2圖 豫備試驗裝置



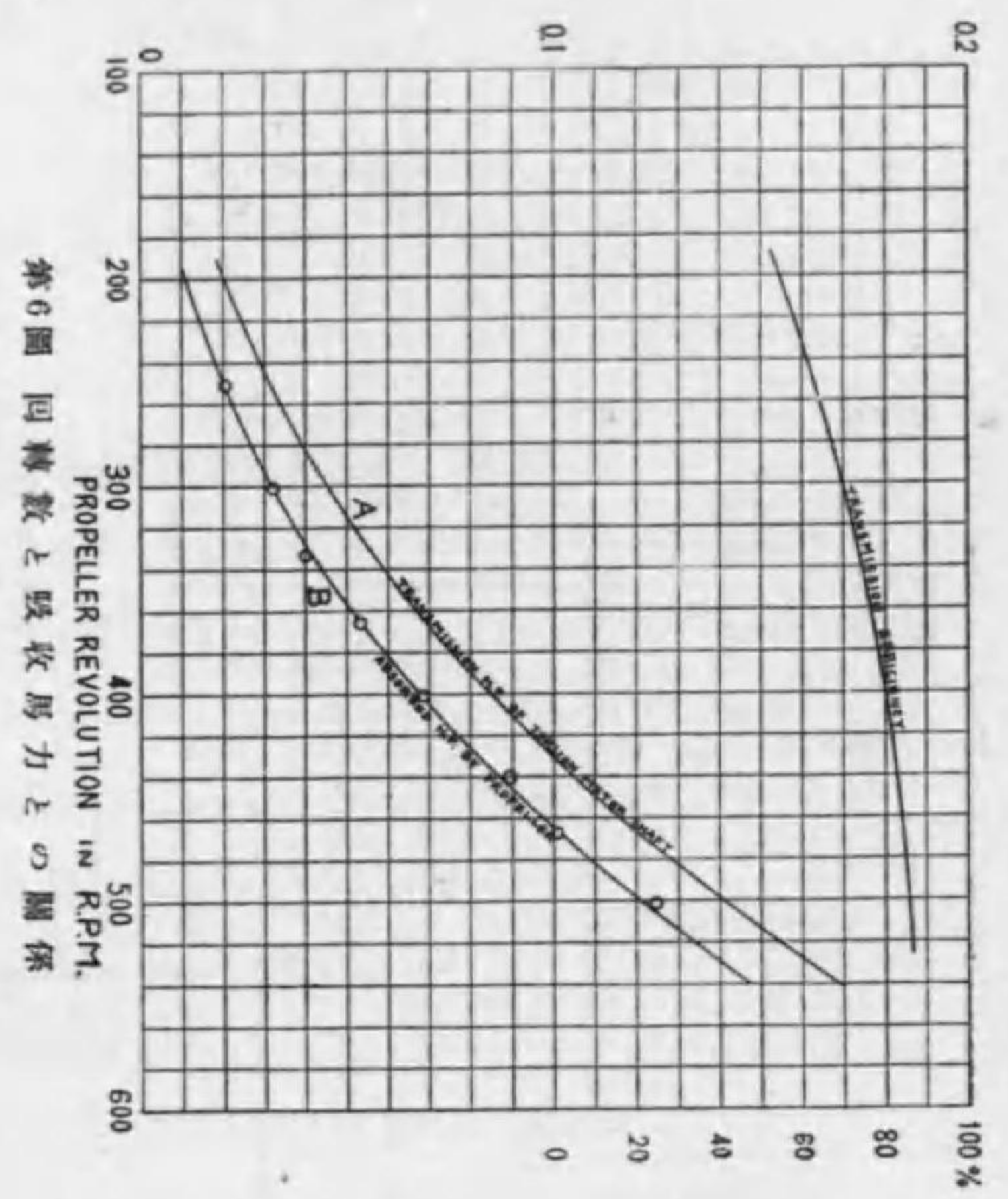
第4圖 靜的振試驗により得たるトルクと振計讀みとの關係



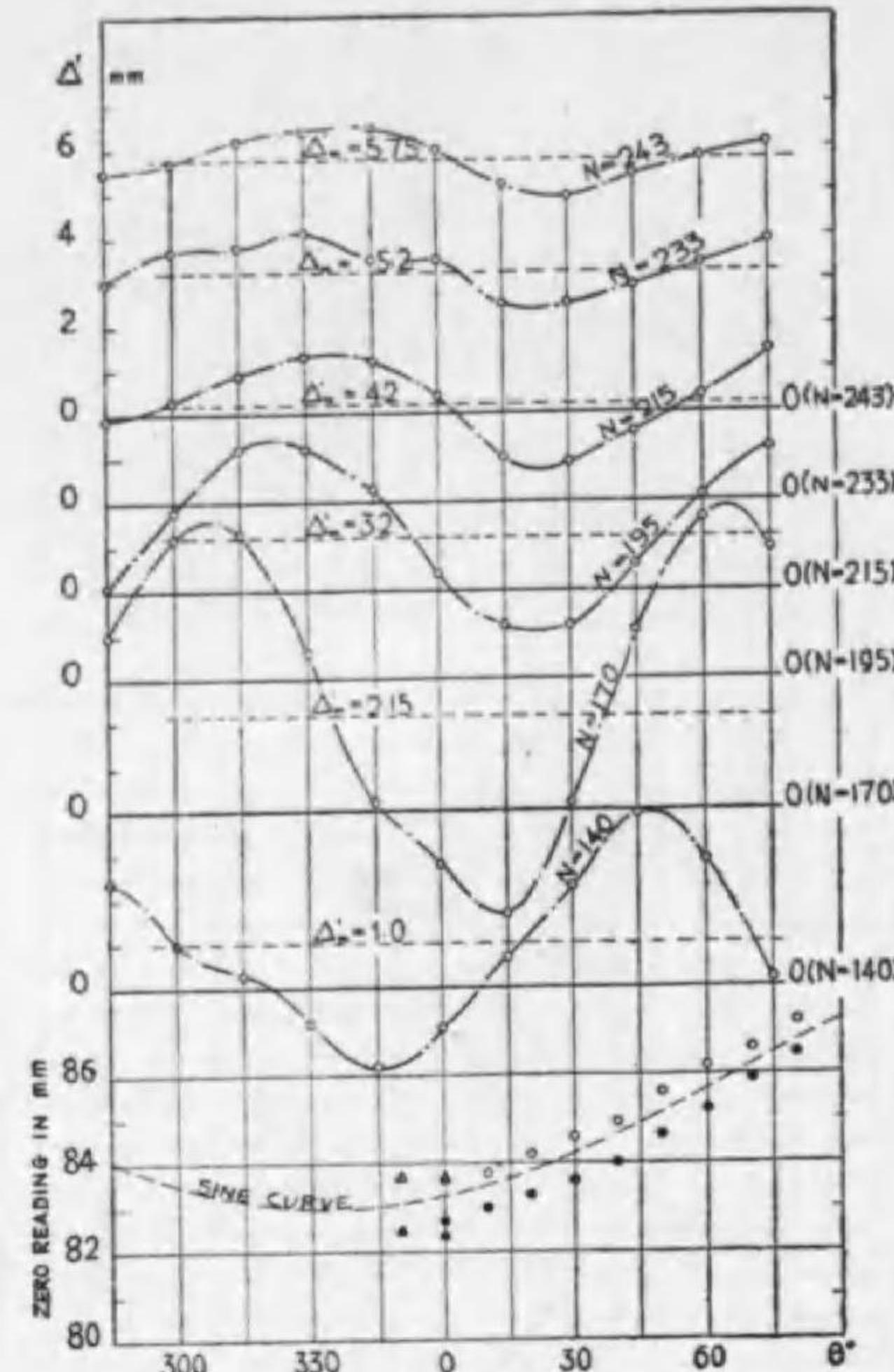
第5圖 推進器を着けた場合と着けない場合に於ける回轉數と振計讀みとの關係



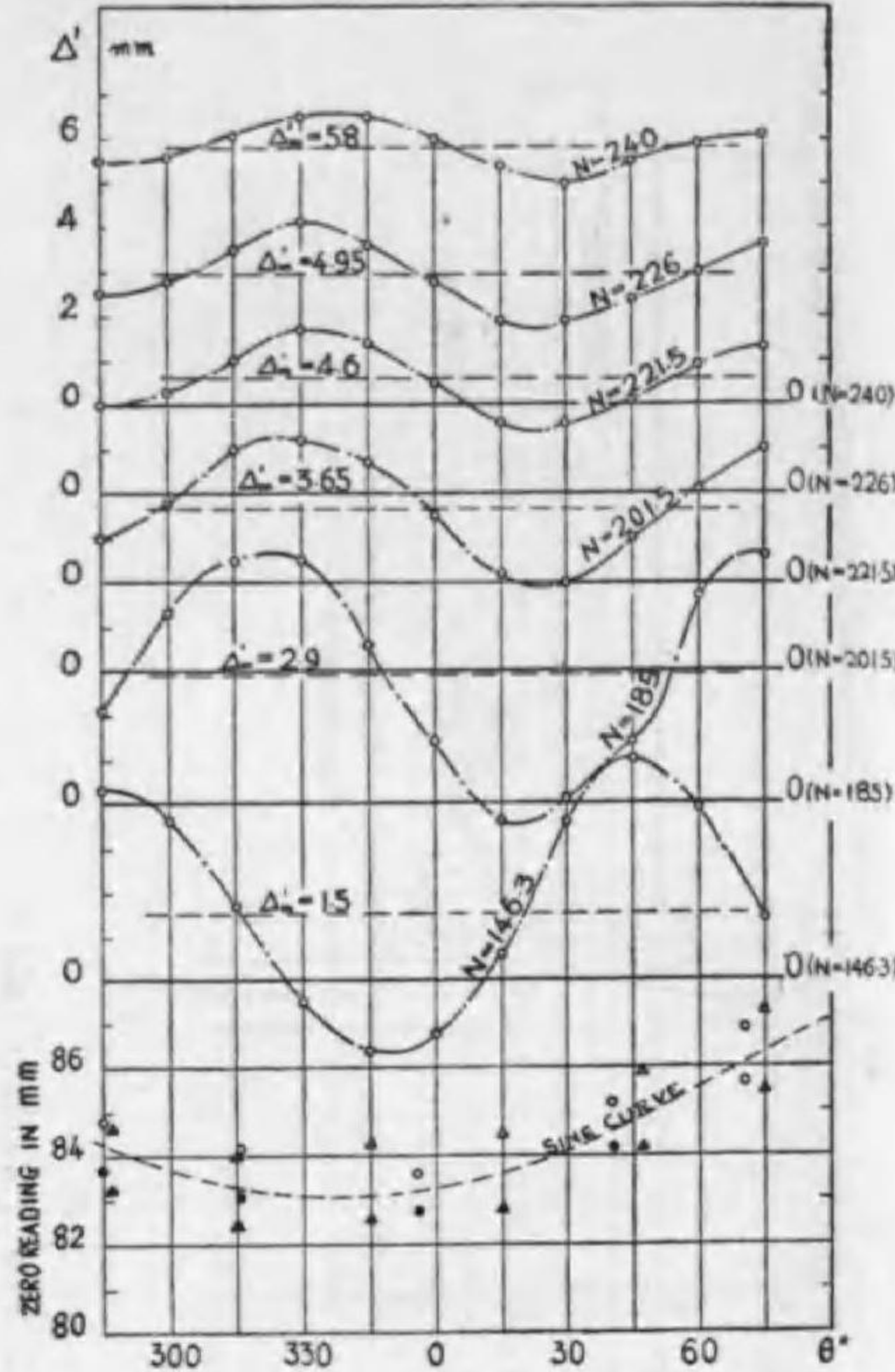
第7圖 差丸に於ける振計配置圖



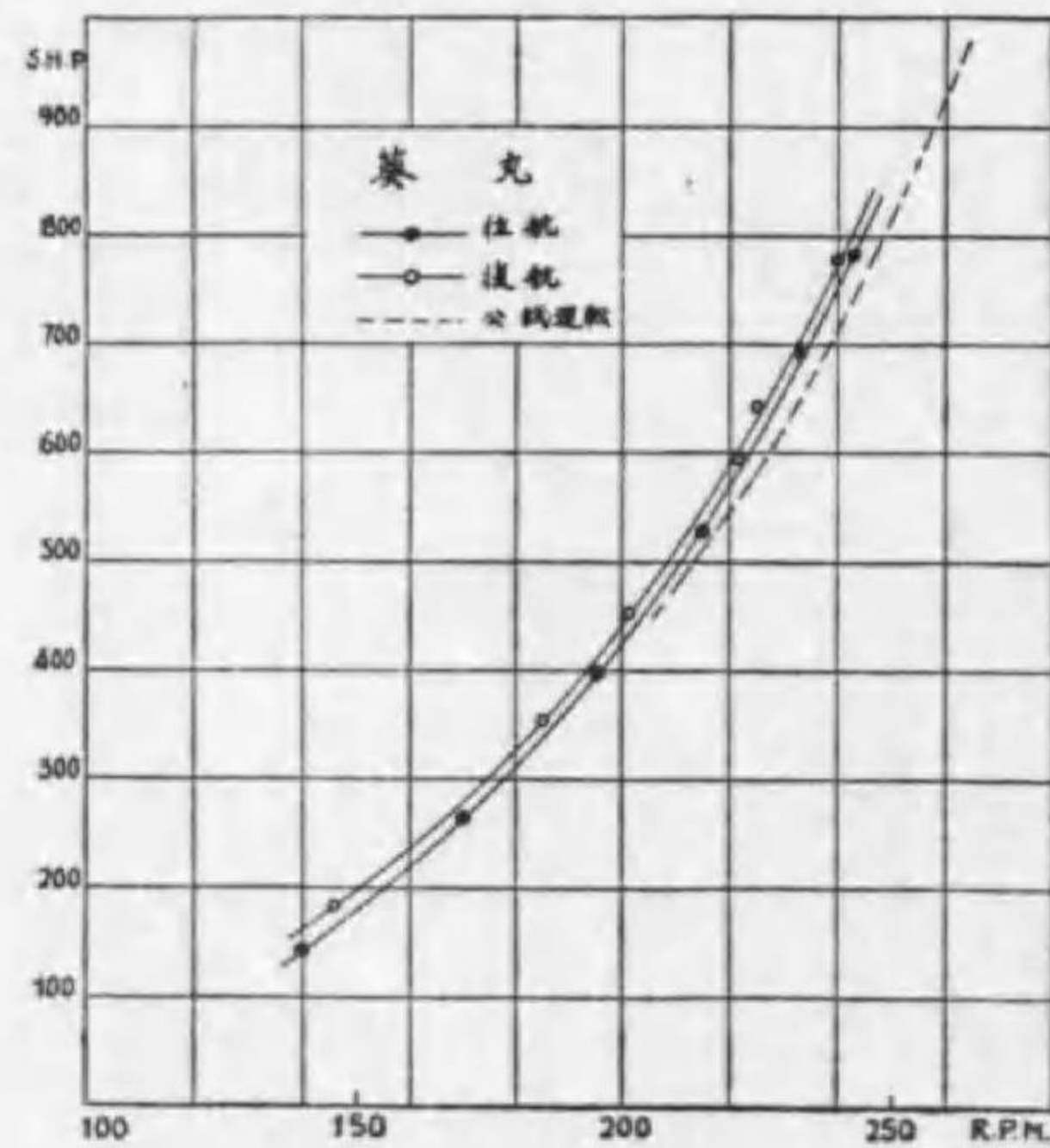
第6圖 回轉數と吸収馬力との關係



第8圖 往航の際の振計の読み即ちトルク變動



第9圖 復航の際の振計の読み即ちトルク變動



第10圖 回轉數と軸馬力

無氣噴射ディーゼル機関における 燃料噴射率の研究(第3報)

(昭和15年3月12日受理)

京都帝國大學助教授 工學博士 長尾不二夫

内 容

1. 研究の目的
2. 實驗裝置 } 第5輯(昭和13年3月)169頁—177頁
3. 實驗結果
4. 弁運動及び噴射壓力測定方法
5. 各種噴射弁の弁運動及び噴射壓力 } 第7輯(昭和14年6月)74頁—82頁
6. 燃料噴射率と燃焼及び機關性能 } 本輯
7. 結 論

6 燃料噴射率と燃焼及び機關性能

a. 實驗用機關 前報告の如くして燃料噴射率を求めた各種の燃料弁を實際の機關に用ひて、燃焼及び機關性能が如何に變化するかを研究した。實際の機關では背壓の影響があり、又流量係數も變化するため、大氣中に噴射した場合は多少の相違があるのは免かれぬ。實驗に使用した機關は四サイクル豫燃焼室式機關であつて、その主要目は次の通りである。

シリンダ内徑 105mm, 回轉速度 1800rev/mn. (最大 2000rev/mn.)

行 程 140mm, 壓 縮 比 17:1 (設計)

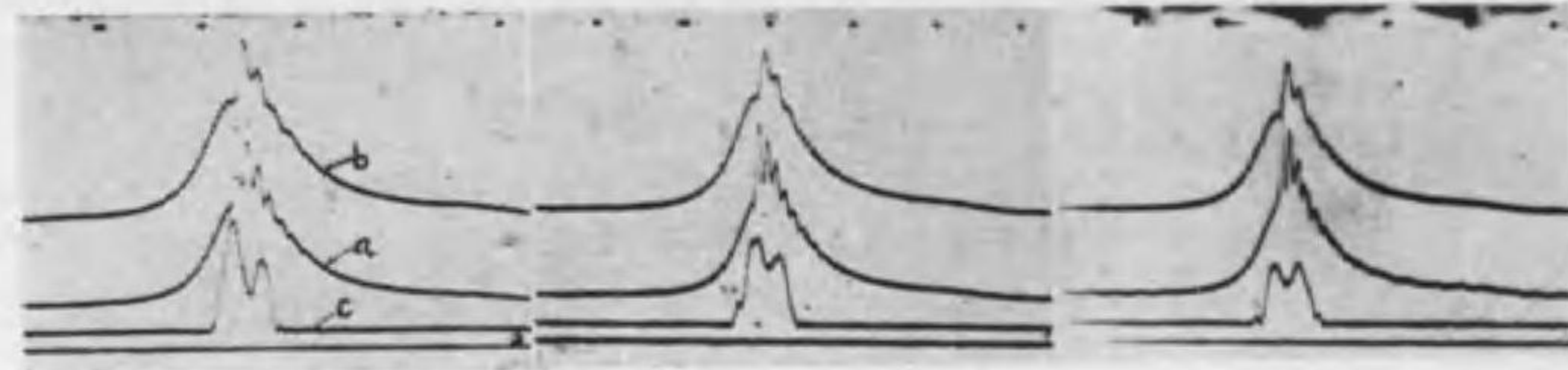
出 力 10HP. シリンダ數 1

從來豫燃焼室式機關の性能は燃料の種類或は燃料噴射によりあまり影響されないと考へられてゐるので、本研究の目的から云へば適當な機關ではない。然し豫燃焼室内の燃焼に就いて考へれば、燃料噴射の影響をかなり受けるものと思ふ。主燃焼室内の燃焼は豫燃焼室内の燃焼に影響されるから間接に噴油率の影響を受ける。

發火の遅れ、燃焼壓力を測定するには凡て光電管指壓計を使用し、壓力は豫燃焼室及び主燃焼で測定した。

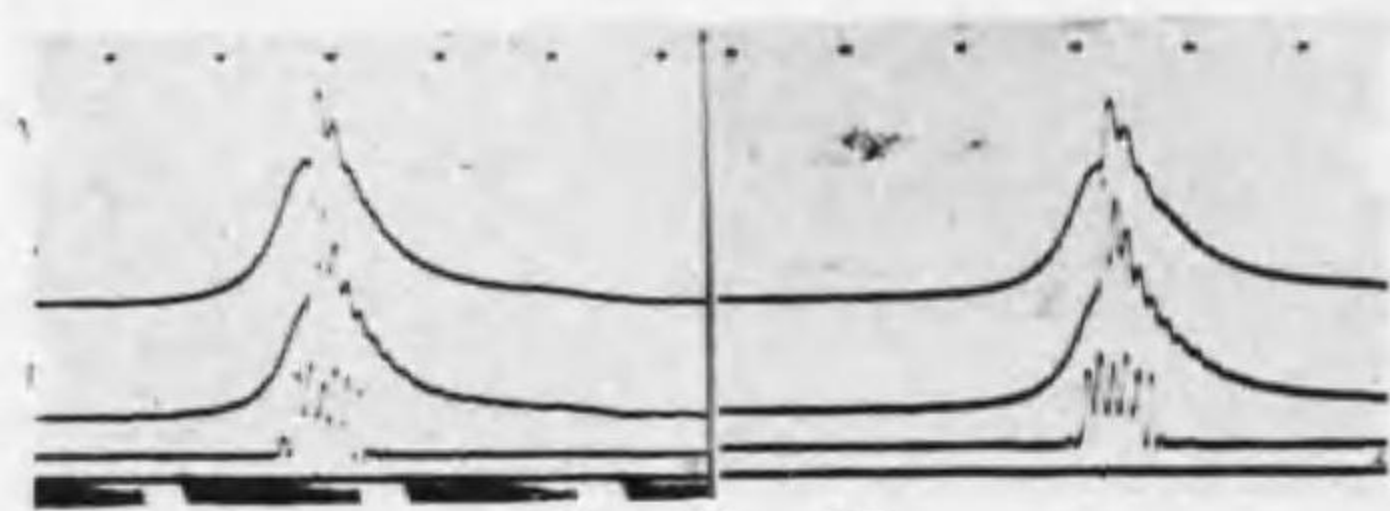
b. 指壓圖 毎サイクルの噴油量約 70mm³ 及び 45mm³ の場合に就いて前記の各噴射弁を用ひて種々の回轉速度に於て指壓圖、出力、燃料消費率等を測定した。第25圖乃至第29

圖は毎サイクルの噴油量 70mm³, 回転速度 1425rev/mn の場合の指壓圖を示す。



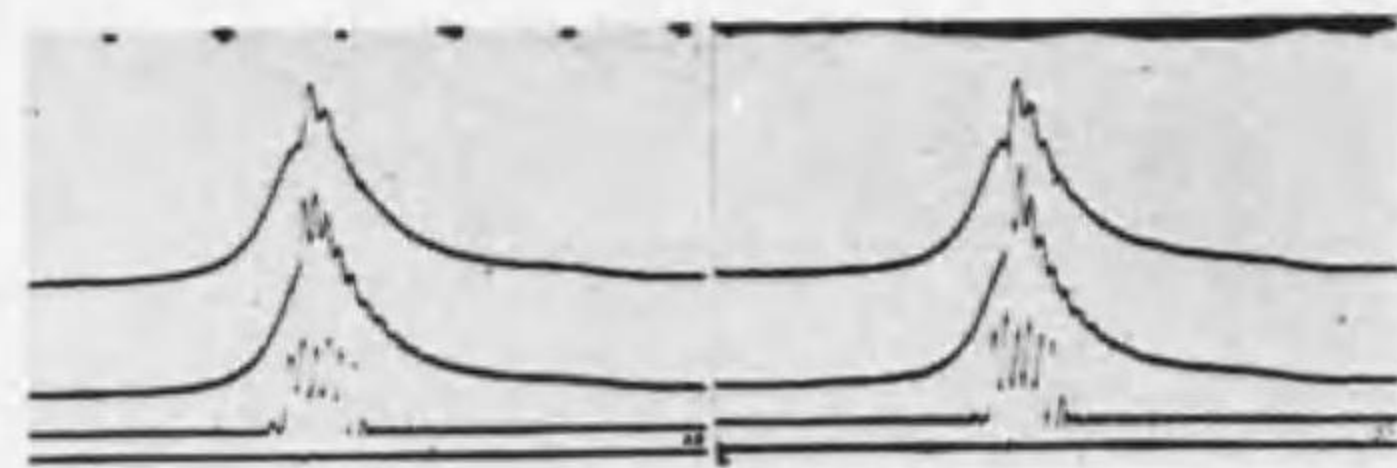
第 25 圖

第 25 圖はノズル A を用いた場合であつて、曲線 a は豫燃燒室内の壓力、b はシリンダ内の壓力、c は弁の揚りを示す。大氣中に噴射して噴油率を測定した場合とは弁揚程には多少の相違があるが噴油率の性質には變りはない。シリンダ内の燃焼には大差ないが豫燃燒室内の發火遅れ及び壓力變化には相當の差異が認められる。



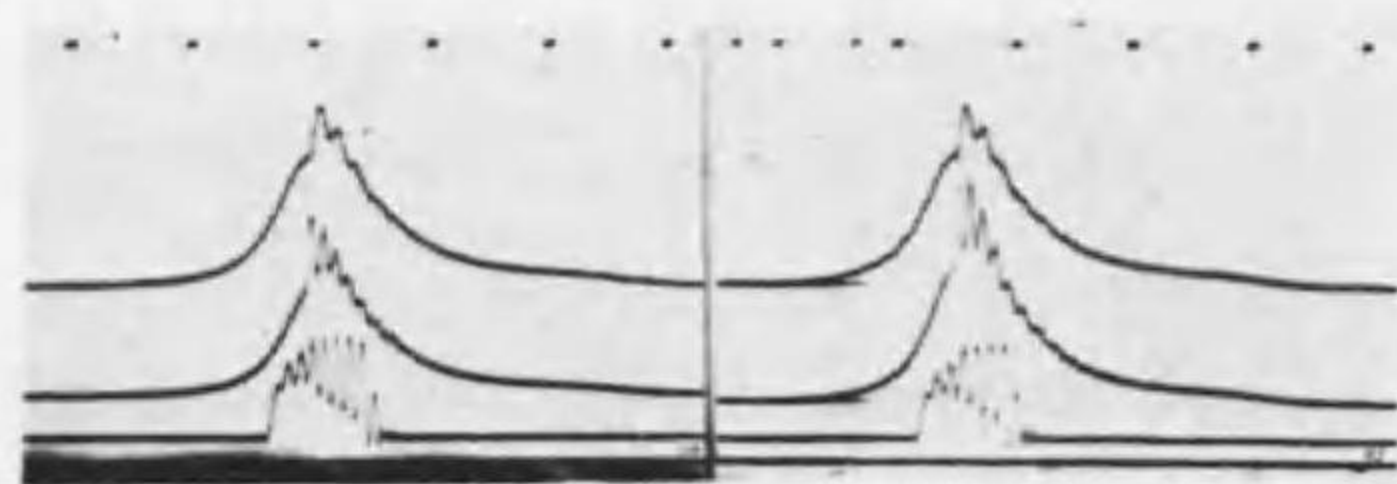
第 26 圖

第 26 圖はノズル B を用いた場合であつて、噴口の面積が大なるために弁揚程は甚だ小さく、針弁は弁座の附近で甚だしく振動して居る。豫燃燒室内の壓力が甚だしき振動を作つてゐるのは、指壓計の通路が長いために氣柱内の壓力波の影響を受けたのである。



第 27 圖

前記の場合に比して著しく緩和されて居る。



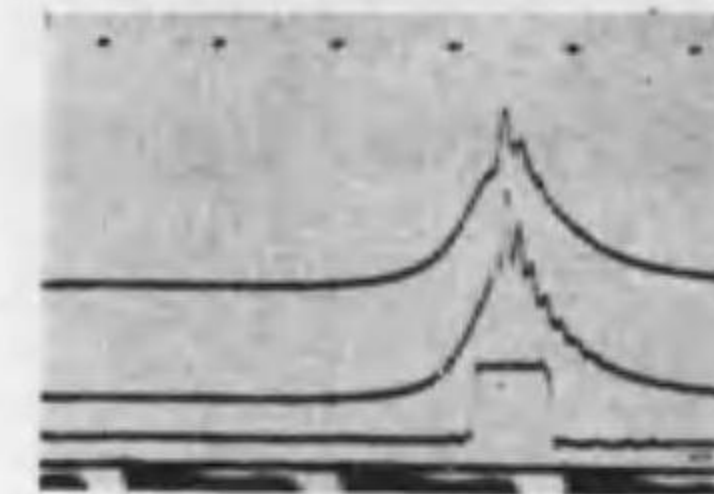
第 28 圖

第 27 圖はノズル C を用いた場合であつて、噴口の大きさは B と變りないが、尖端角が大きくなつたもので噴射始めの噴油が絞られたために壓力上昇は

第 28 圖はノズル D 即ち絞り弁を用いた場合であつて、噴射始めに噴油率が少いために壓力上昇及び最高壓力は前の何れの場合よりも低くなつてゐる。

第 28 圖はノズル D 即ち絞り弁を用いた場合であつて、噴射始めに噴油率が少いために壓力上昇及び最高壓力は前の何れの場合よりも低くなつてゐる。

然し弁の閉りに就て噴油量が急に減少せず針弁は甚だしく振動し、而もその振動は次第に振幅が増加し甚だ不安定な状態である。弁ばね針弁の運動質量は B, C の場合と同一であるため振動の周期は何れも同じである。



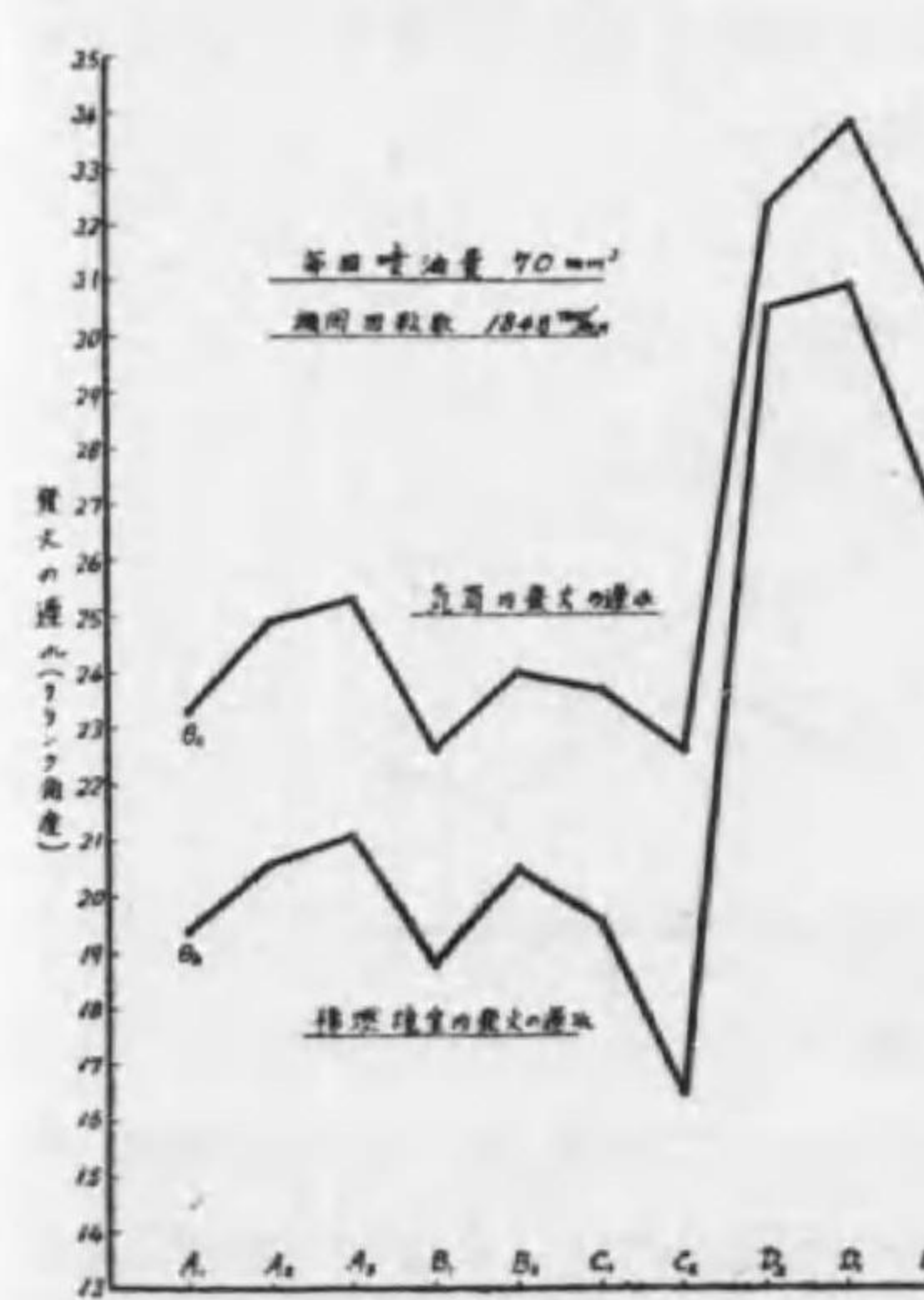
第 29 圖

第 29 圖はノズル E 即ち單孔弁を用いた場合であつて、弁面積が小さいために噴射壓力は高く弁は一度に弁止めまで上り、噴き始めの噴油量が大なるために壓力上昇及び最高壓力は甚だ大きい。

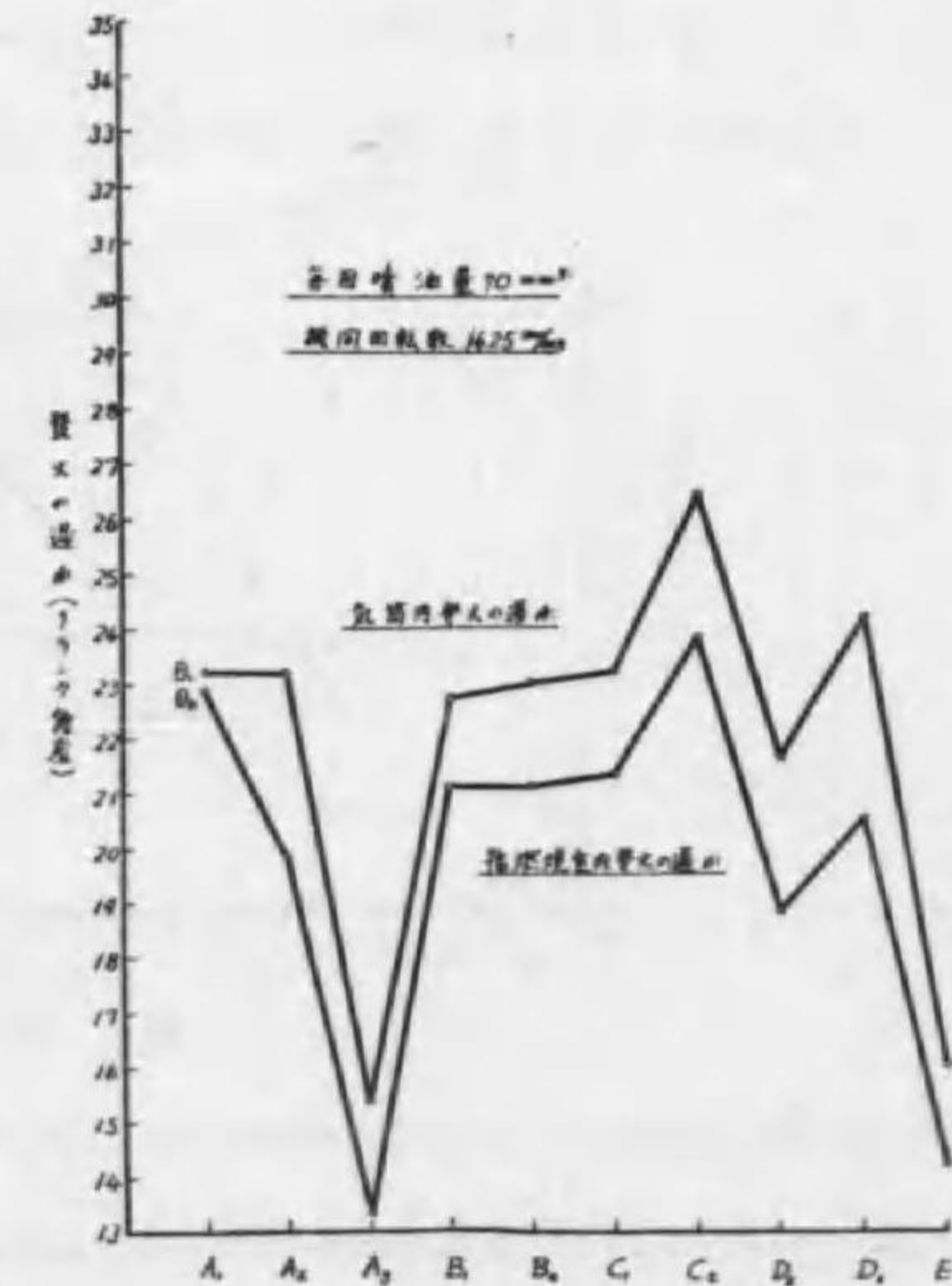
第 29 圖はノズル E 即ち單孔弁を用いた場合であつて、弁面積が小さいために噴射壓力は高く弁は一度に弁止めまで上り、噴き始めの噴油量が大なるために壓力上昇及び最高壓力は甚だ大きい。

以上の各弁に就いて異なつた回転速度及び異なつた噴油量に於ても比較したが大體の傾向に於ては大差ない。

C 發火の遅れ 第 30 圖は回転速度 1348rev/mn, 毎サイクルの噴油量約 70mm³ の場合における各弁の豫燃燒室及びシリンダ内の發火遅れを比較したものである。兩者の發火遅れはどの弁でも殆ど並行してゐる。即ち豫燃燒室内の發火遅れは弁により變はるが主燃燒室内に噴射されてから壓力上昇までの時間は常に一定である。絞り弁及び單孔弁の發火遅れは他のピントル型ノズルに比して甚だしく大きい。



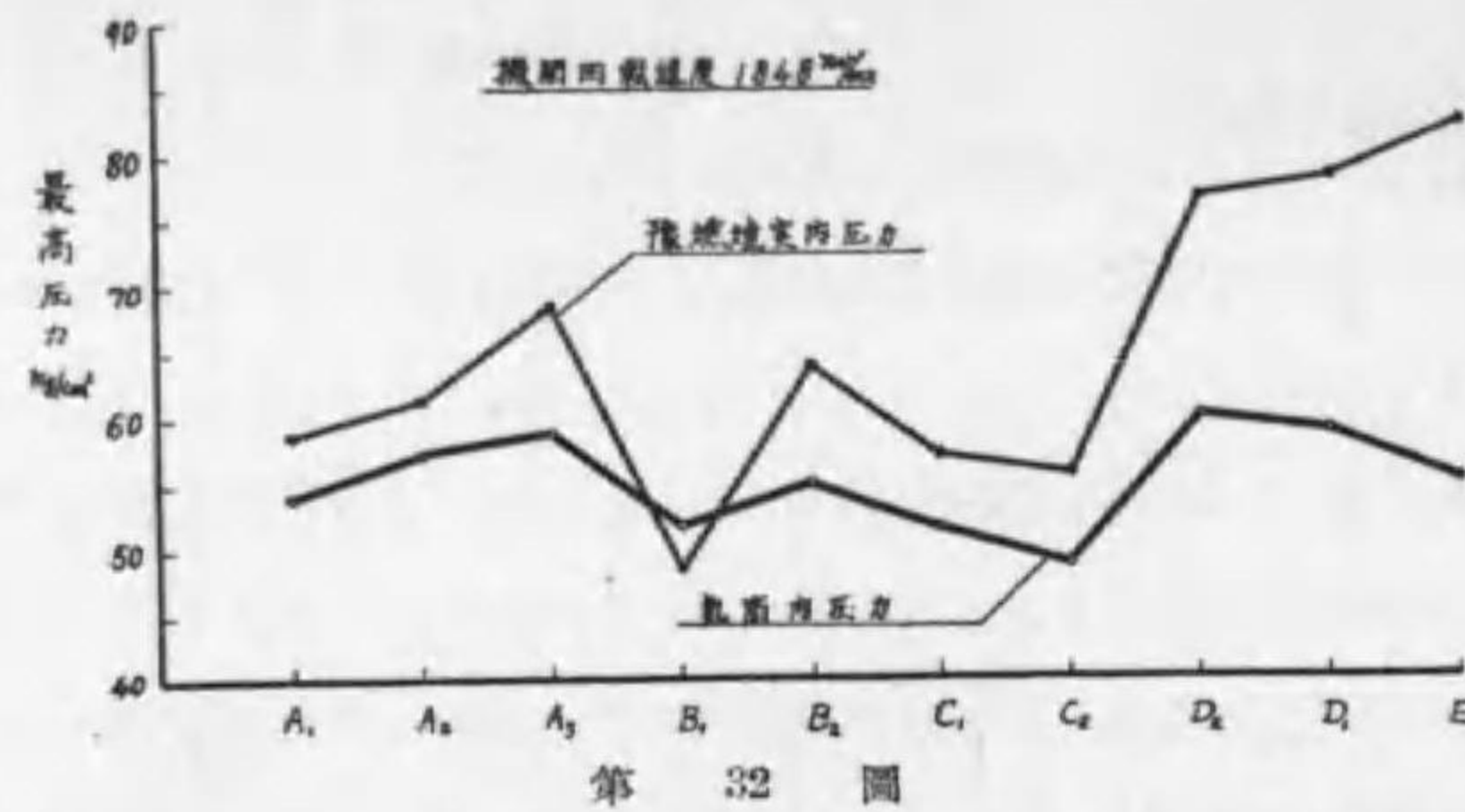
第 30 圖



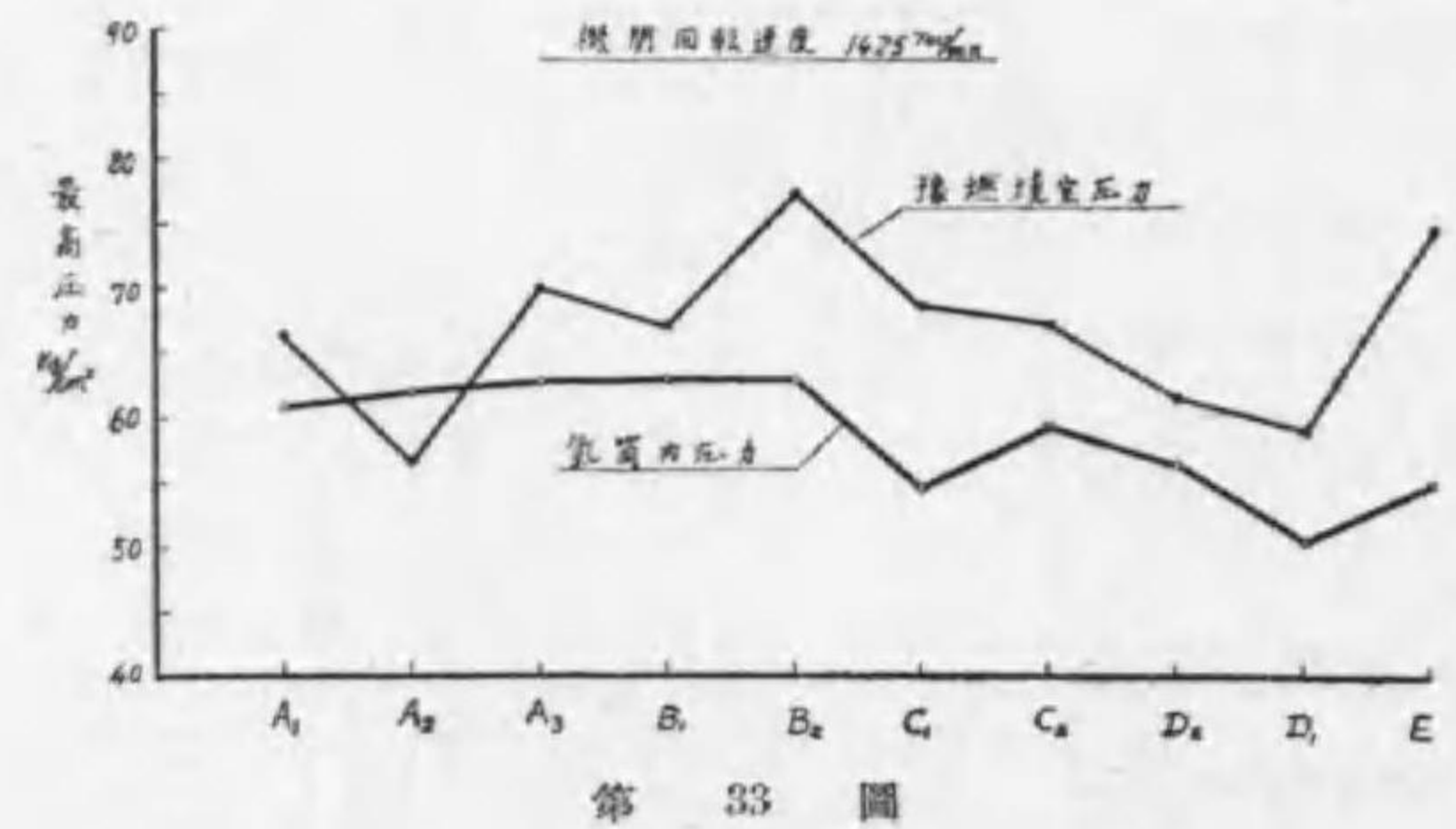
第 31 圖

第 31 圖は回転速度 1425rev/mn. の場合であつてクランク角度で表はすと B, C の弁に於ては發火遅れは多少増加して居るが, スロットル弁 D 及び單孔弁 E では甚しく減じて居る. 更に回転速度を低くするとこの兩者の發火遅れは他の弁に比して一層短くなる.

d 最高壓力 第 32 圖は回転速度 1848rev/mn. 毎サイクル噴油量約 70mm³ に於て各種

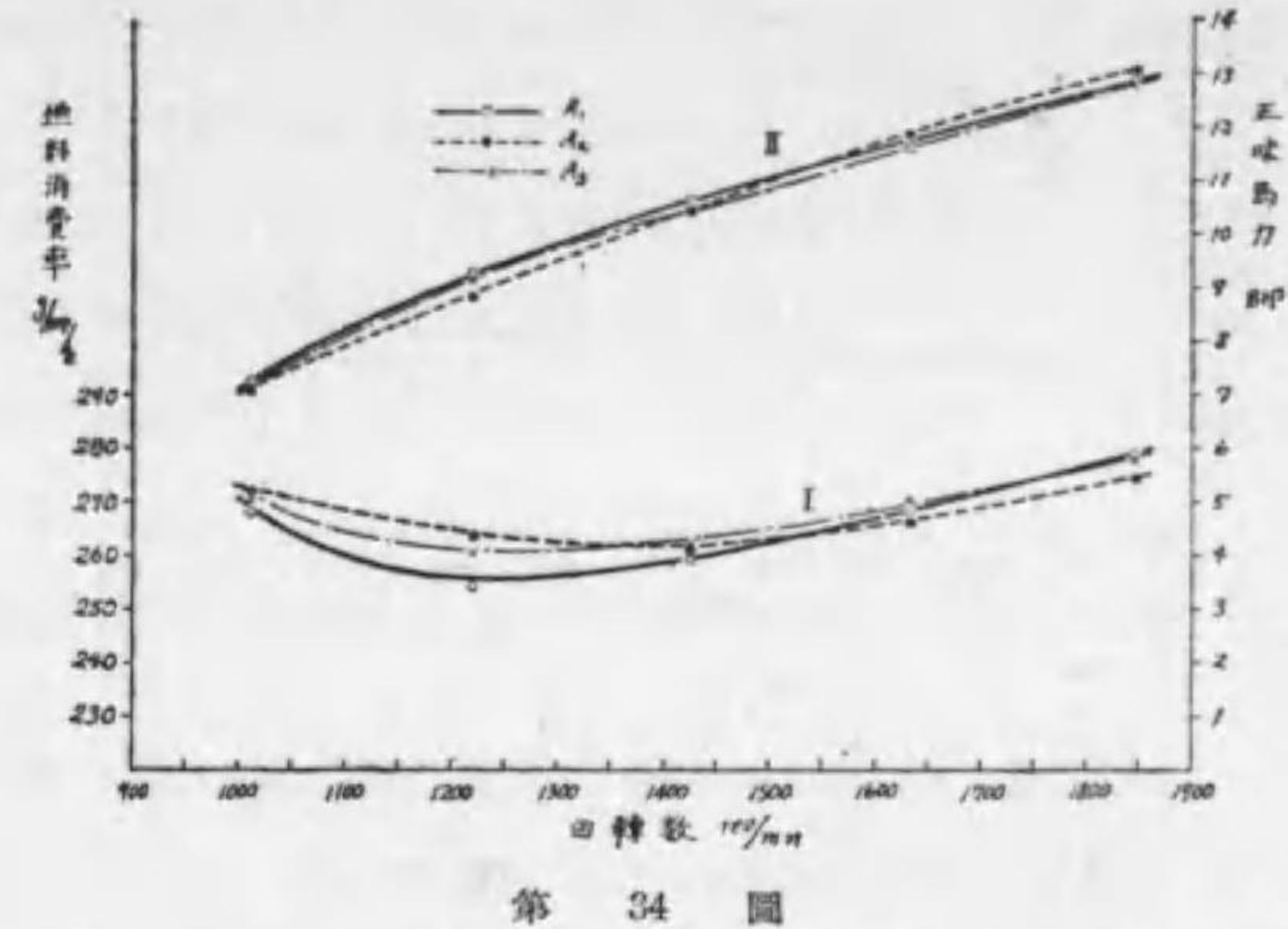


噴射弁を用いた場合のシリンダ内及び豫燃室室内の最高壓力を比較したものである. 同じ型の弁では豫燃室室内の最高壓力が高いもの程シリンダ内の壓力も高くなつてゐる. B₁ の弁ではシリンダ内の最高壓力の方が高くなつてゐるから兩者の最高壓力は同時には起らないにしても豫燃室室内へガスが逆流する時期があるに相違ない.

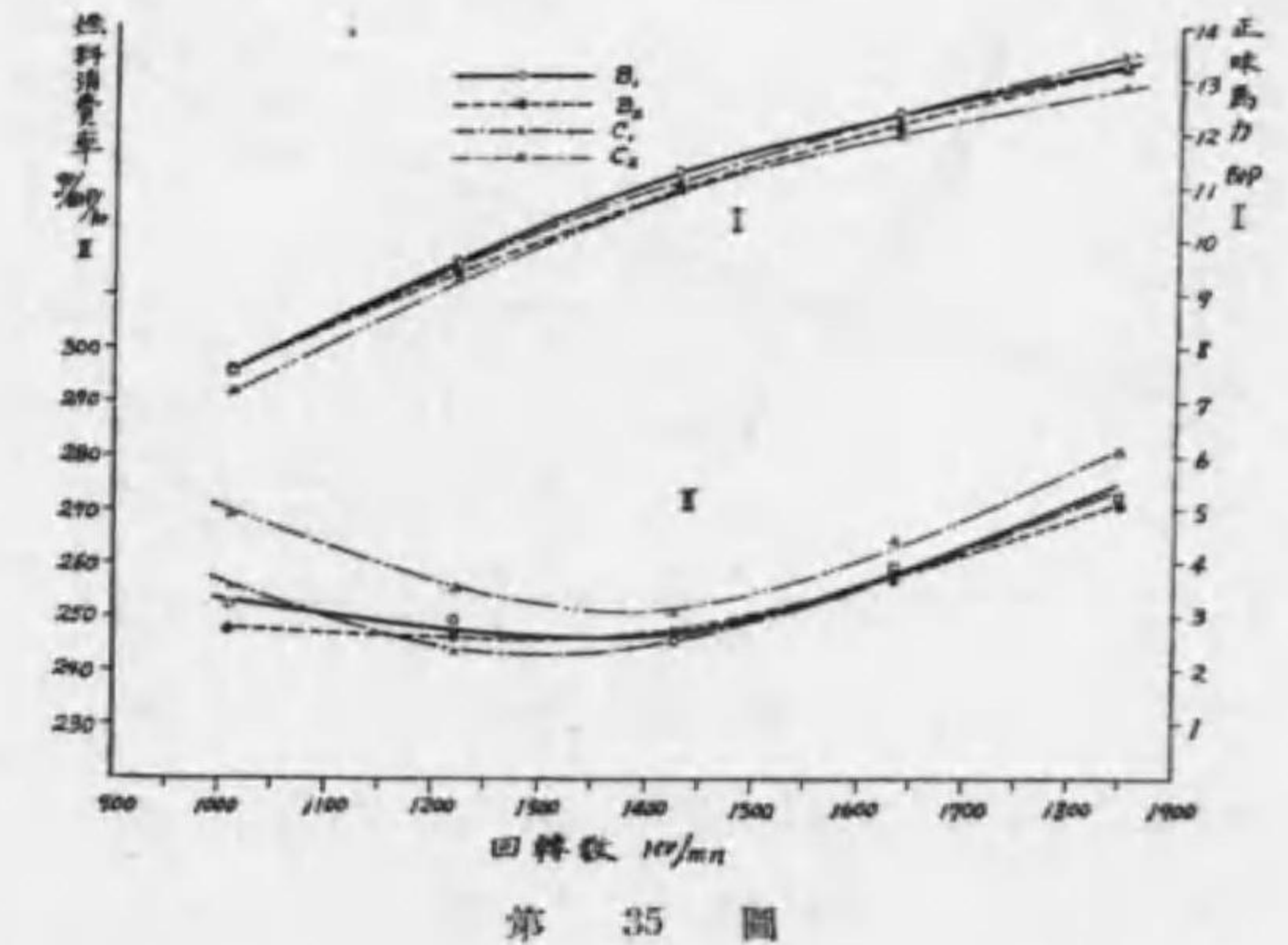


第 33 圖は回転速度を 1425rev/mn に下げた場合であつて, 大部分のノズルは最高壓力が高くなつて居るけれども絞り弁のみは低くなりノックも減少する. この傾向は發火遅れと同じであつて回転速度が低くなると更にスロットル, ノズルの効果が顯著になるであらう.

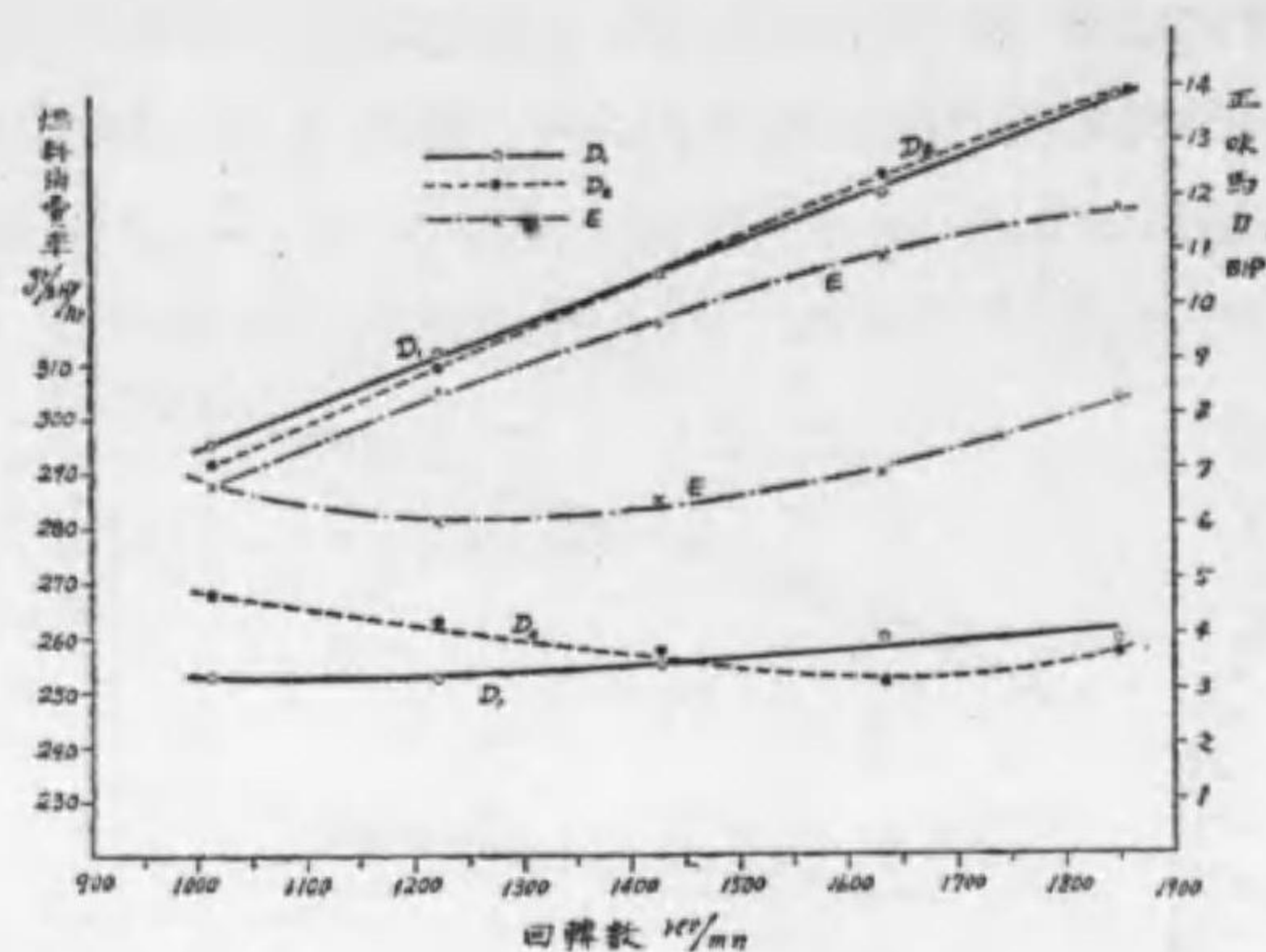
e 燃料消費量及び出力 第 34 圖は毎サイクルの噴油量を約 70 mm³ としてノズル A を使用した場合の燃料消費率及び出力を示すもので, 殆ど大差ないが噴霧の擴りの割合に少い A₁ が比較的良好である.



第 35 圖はノズル B 及び C を使用した場合の噴油率を示す. 最も擴りの大きい C₂ が多い以外他は大體同じである.

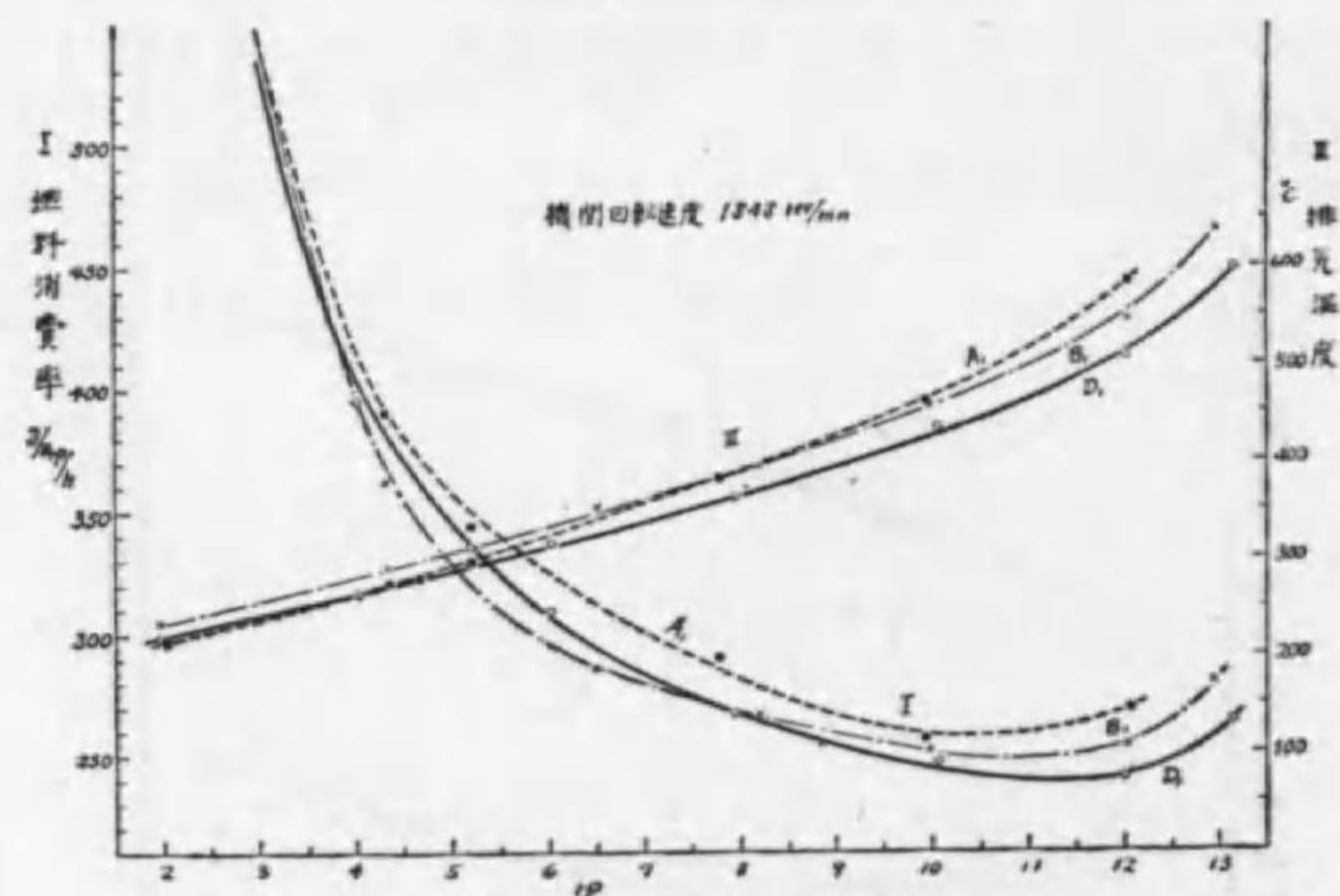


第 36 圖はノズル D 及び E の場合であつてスロットル, ノズル D は上記の B, C に比し最小燃料消費率は多いが, 回転速度の變化により影響されることが少い. 單孔弁は問題にならぬ程悪い.



第 36 圖

その他毎サイクルの噴油量を變へると多少變つて來るが順番が狂ふ程の變化はない A₁, B₁ D₁ 即ち同じ型のノズルでは噴射角の小さいものが割合によい。これらのノズルを用ひて



第 37 圖

回転速度 1842rev/min とし各出力に對して燃料消費率を示すと第 37 圖のやうになる。

7 結 言

以上は各種噴射弁の燃料噴射率を測定しそれを實際の機關に用ひて運轉した場合、機關性能・發火・燃焼が如何に變はるかを実験したものであるが、噴霧状態を一定にして燃料噴射率を變へることは不可能であるから、この結果は兩者の影響である。然し次の事柄は大なる

誤りなしに斷定出來ると思ふ。

1. 燃料噴射率が燃焼に及ぼす影響は發火の遅れと關連するものである。即ちノックに關係するのは發火遅れ中の噴油率であるから、發火性によりその及ぼす影響が違ふ。
2. 普通のピン型ノズル或は單孔ノズルでは機關速度が低くなる程最高壓力は高くなる。
3. スロットル弁では噴射始めの噴油率が少いために低回転に於てはノックは少い。然し高速度になると發火遅れがスロットルされた部分より長くなるためにその効果がなくなり、發火遅れは大きく最高壓力は高くなる。
4. 豫燃焼室内の燃焼はノズルの種類により影響されるが、シリンダ内の燃焼は大した變化は認められない。
5. 豫燃焼室機關では噴射角の小さいノズルが比較的よい性能を示す。

[終]

直讀型測深機の研究

(昭和15年3月14日受理)

東北帝國大學工學部 松 尾 貞 郭

内容梗概

在來の『音響イムパルス法』に換ふるに『周波數變調法』なる新原理を用ひ、港灣内に於て種々測深の實地研究を行つた所、各種の底質、海底の狀況、水質に對し其の深度表示器指度は常に深度に直線的に正比例し、且一定の深度に對しては常に一定の深度表示器指度を得た。是等の結果からこの新原理を利用すれば、艦船の河川遡航及港灣出入用として充分實用に適する水先案内用、その他の直讀型測深機を造り得る事と思はれる。

内容目次

1. 緒 論
2. 從來實用せられてゐる音響測深機の缺點.
3. 原 理.
4. 搬送周波數の決定.
5. 測深研究用モーターボートの設計製作.
6. 鹽釜灣内にて測深研究船静止状態に於る測深研究.
7. 結 論.

1 緒 論

日支事變始つて以來、皇軍は連戦連勝を重ね上海・南京及漢口を陥入れ今重慶を攻撃中である。遠く四川に其の源を發し重慶・漢口及南京を経て上海に注ぐのが揚子江である。此の揚子江を航行する艦船にとつて非常に不便且危険な事がある。それは此のやうな河川を航行する艦船は其の水深に比べ相當大きな吃水を有し、而も其の水深は年々季節等に依るは勿論、日々及時々刻々大きな變化をなす爲である。例へば漢口では夏季と冬季では40尺以上も水の増減があつて12月、1月、2月は吃水8尺の日清汽船3000噸級の船が行くのが最大限度であるが、6,7,8月は優に10,000噸級の軍艦が遡航出来る。即ち年々歳々及季節等に依つて其の水流の有様が甚しく變化する許りでなく、一方このやうな大河になると潮汐の干満の影響を受ける事が甚しく、其の影響は河口から數百軒以上の上流に及ぶものである。即ち

其の水深は時々刻々に大きな變化をなすのである。このやうな急激な變化は如何に熟練した水先案内人と雖も是を正確に測知することが出来ないで、只レッド測深法による外はない。このレッド測深法といふのはレッド(Lead, 鉛の重錘の意)と稱するロープの先端に鉛の重錘をつけたものを、レッドマン(Lead man)と稱するそれを投げ入れる事に熟練した人が、數拾秒毎に一回づつ投げ入れて水深を測定しながら進む測深法である。即ちこのレッド測深法は、上記のやうに甚だ不便不正確なものであるから航行の速度も4ノットを出てず、その困難は察するに餘りある。以上と全く同様な事が艦船の港灣出入に際しても言へるのである。即ち是等艦船の河川遡航及港灣出入に際し最も必要なのは船底から水底までの深度を常時連続して正確に知ることである。而して是等の場合に船底が水底に近づいた時はその間隔は1m以下數拾cmとなり、極端な場合は殆んど水底に接することもある。而して斯様の場合に最も正確にその深度を必要とする。然るに此の目的に對しては從來實用せられてゐる音響測深機は全くその用を辨じ得ない。次に其の理由を詳述しよう。

2 從來實用せられてゐる音響測深機の缺點

從來世界に於て實用せられてゐる音響測深機についての全部の文獻は、⁽¹⁾下記の通りであるが、その殆んど總べてが原理として『音響イムパルス法』を用ひてゐる。是は數秒毎に一回の音響イムパルス(不可聽音を含む)を送出し、その反響音との時間差を利用して測深するのである。この音響イムパルスの長さは甚だ短く最近のものは約1/1000 sec. (佛國 Langevin-Chilowsky System) であるから、理論的には相當淺い深度まで測れる譯であるが、實際には數拾米以下の深度を測る事は甚だ困難である。而して數秒毎に只一回の測深をする丈であるから、嚴密な意味で常時連続してその測度を直讀する事が出来ない。故に從來の音響測深機は主に海圖製作用、漁業用として利用せられ、河川遡航及港灣出入用としては上記のやうに唯『レッド測深法』を用ひ、甚だ不便不確實を忍びつゝある現状である。

(1) 是等世界に於る全部の文獻は1923年より現在まで International Hydrographic Bureau より發行せられてゐる雑誌 Hydrographic Review (佛語. Revue Hydrographique) の Echo Sounding の項に總べて集録してあるから、特に詳細を欲せられる方は、参照せられたい。その内下記のものが比較的良く纏つてゐる。Harvey C. Hayes: Journal of the Franklin Institute, Vol. 197, No. 3, March, 1924. International Hydrographic Bureau 發行 Echo Sounding (Special Publication No. 4) March (1925).

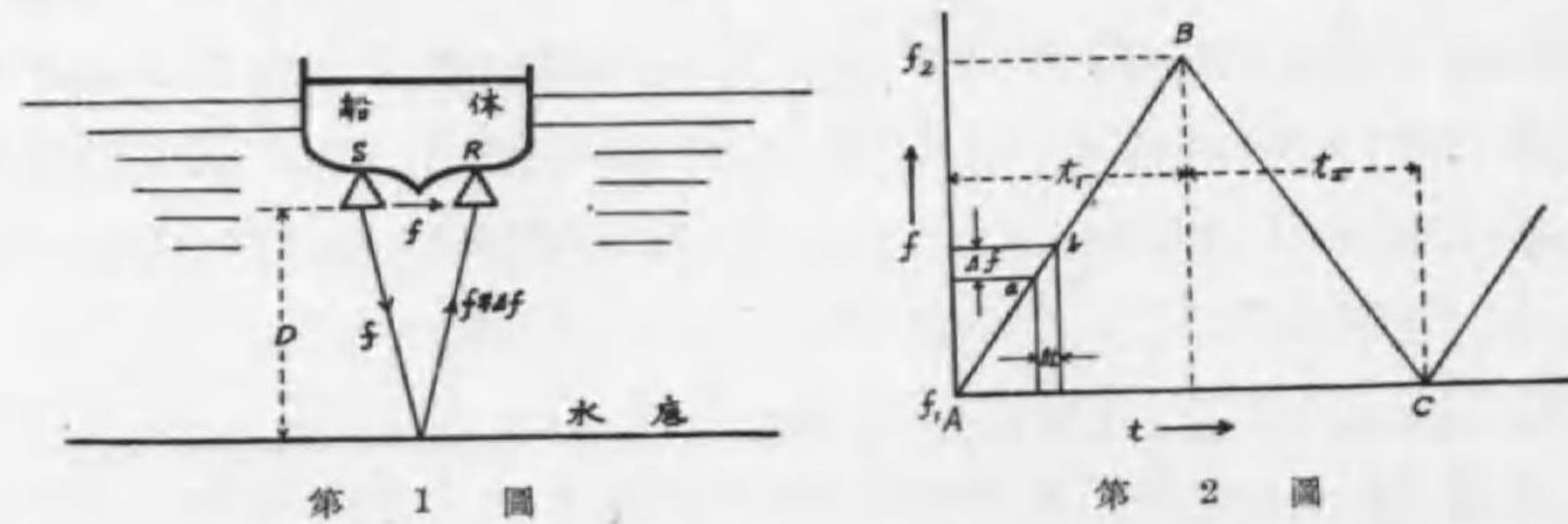
此の問題につき、私は數年前から前述の『音響イムパルス法』の換はりに、後述するやうな『周波數變調法』を用ひれば、是等の問題を解決し得、即ち水先案内用測深機を得るだらうとの考へを抱いてゐたが、此の目的を以て、水槽及河川に於て實地研究を行つた所、大體豫期のやうな成績を得た。其の詳細は下記拙著の各文獻に在るから是を参照せられたい。

- 松尾貞郎：水先案内用直讀型測深機の研究。電氣學會雜誌。第 54 卷，第 11 册，第 556 號，昭和 9 年，11 月。
- 松尾貞郎：水先案内用直讀型測深機の河川に於ける實地研究。電氣學會雜誌。第 58 卷，第 4 册，第 597 號，昭和 13 年 4 月。
- 松尾貞郎：Investigation of a Direct Reading Depth Meter for "Pilotage" using a New Ultrasonic Sounding Principle (Quasi "Modulated Frequency" Principle). Hydrographic Review Vol. 15, No. 1, May, 1938
- 松尾貞郎：Etude d'un Sondeur a Lecture Directe Modèle pour Pilotage Utilisant un Nouveau Principe pour le Sondage Ultrasonore (A Fréquence modulée). Revue Hydrographique. Vol. 15, No. 15, No. 1, Mai, 1938.
- 松尾貞郎：水先案内用直讀型測深機の研究。應用物理。第 7 卷，第 12 號，昭和 13 年 12 月。

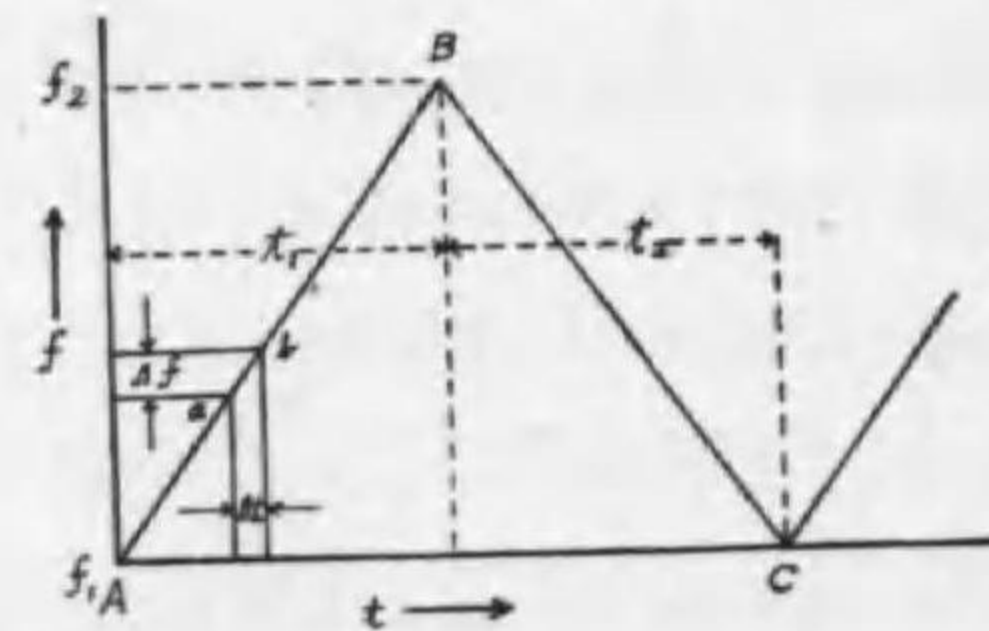
3 原 理

本機の原理は『周波數變調』をした送音器を用ひ、其の送波及水底よりの反射波との間に生ずる喰り周波をして深度の函數たらしめ、此の喰り周波を真空管周波計を用ひて指示せしめ、以て深度を連続直讀するものである。

是を具體的に説明すれば次の如くである。(以下第 1 圖、第 2 圖参照) 即ち船底に取付けられた送音器 S より『周波數變調』をした音波を水底に向け送出し、其の周波數特性を第 2 圖



第 1 圖



第 2 圖

に示すやうに時間に對し直線的に増減せしめる。但し第 2 圖に於て横軸には時間 t を、縦軸には周波數 f を表してある。即ち AB 間では周波數は f_1 から f_2 まで増し、 BC 間では f_2 より f_1 に減する。然らば受音器 R には送波及水底よりの反射波とを同時に感受し、是

等兩波間には Δf 丈の周波數差を生ずるであらう。何となれば是等兩波間には深度 D の 2 倍丈に相當する時間差 Δt があるからである。但し第 2 圖に於て b 點は現在發射しつゝある音波を、 a 點は是と Δt 丈時間差ある音波を示す。

而して

$$\Delta t \propto 2D$$

又第 2 圖から

$$\Delta f \propto \Delta t$$

$$\therefore \Delta f \propto 2D$$

即ち Δf は深度 D に正比例する事になる。

而して此の Δf は是等兩波の喰りとして感ずるから、是を檢波し適當の値まで増幅して真空管周波計を用ひミリアムメーターで指示せしむれば、直に深度を直讀し得られる譯である。

而して此の方法では絶えず音波を出しながら又受けるのであるから、純粹の意味での連續指示で、前記の『音響イムパルス法』のやうに間歇指示ではない。

又 $f_1, f_2, \frac{df}{dt}$ を適當に選べば 1m 以下位の極く浅い深度に對しても充分真空管周波計を働かせる様に出来るから、實用的の水先案内用測深機を作る事が出来る譯である。(是等の場合一般に $t_1 = t_2$ 即ち $\frac{df}{dt}$ を AB 及 BC の各部に對し常に一定となる様設計する事が便利である)。

尙搬送周波數は理論上可聽音、不可聽音何れをも使用し得る譯であるが、指向特性、雜音の防止等の關係から不可聽音を用ひる方が利益の様に思はれる。

此の方法の利點はイムパルスを用ひないから、イムパルスの長短による誤差等は全くない事で、即ち理論的誤差は零となる事である。

4 搬送周波數の決定

搬送周波數は前述したやうに理論上は可聽音・不可聽音何れをも採用し得る譯であるが、指向特性、雜音の除去等の條件の爲私は不可聽音を用ひ其の周波數を大體 10,000 サイクルとし、是に ± 2500 サイクルの周波數變調を行ふことにした。

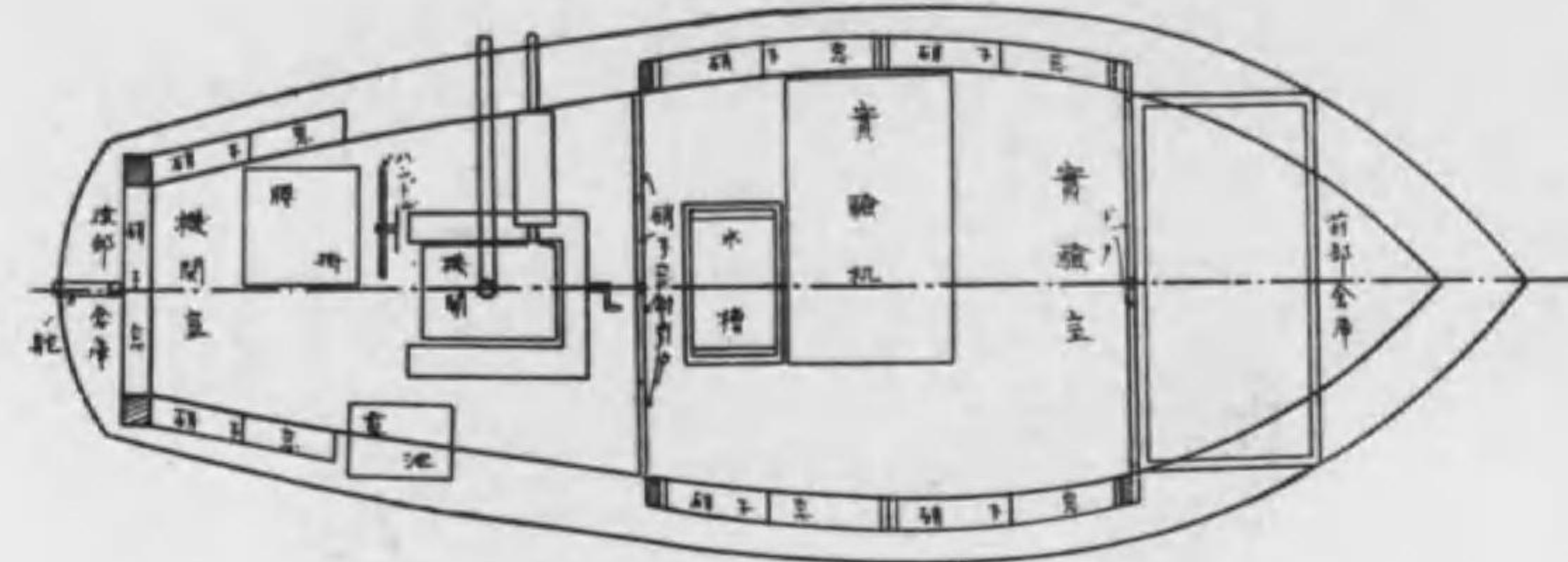
5 測深研究用モーターボートの設計製作

上記の『周波數變調法』に依る測深法を實際港灣に於て種々研究實驗をなす目的で、是に使用するのに適當な特殊の構造を有する測深研究用モーターボートを製作する爲其の設計をした。

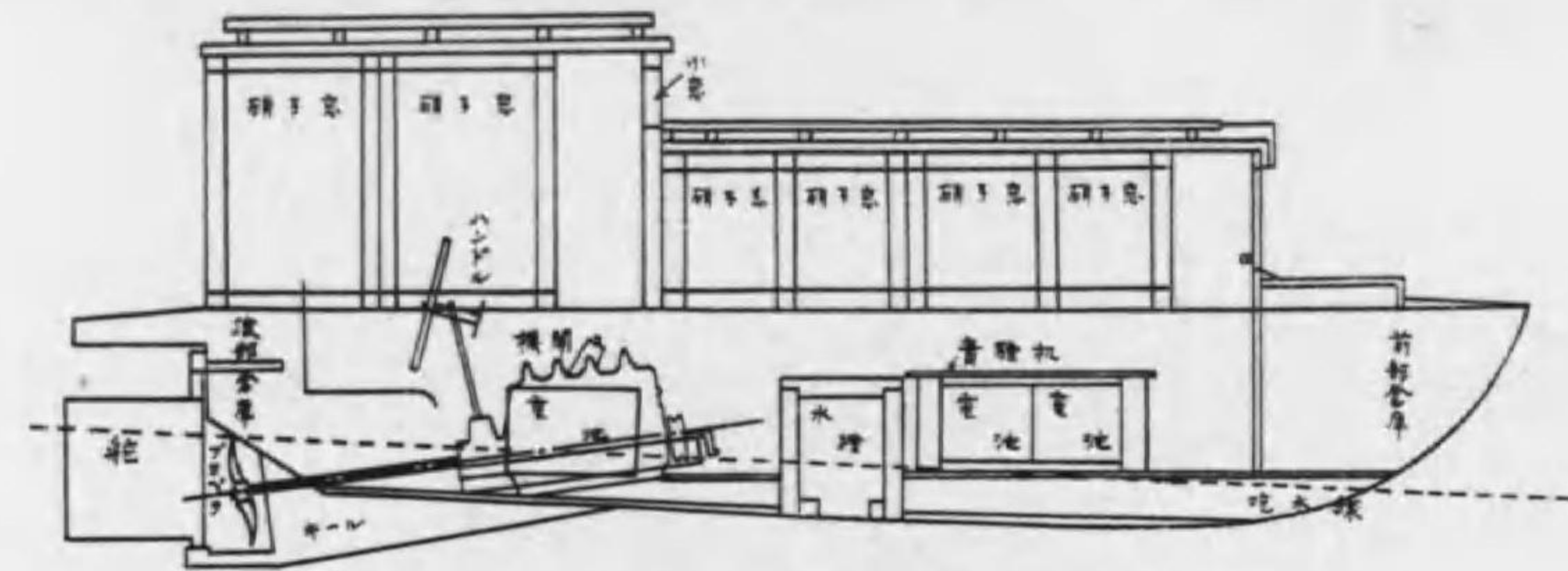
其の設計の大體の要綱は次の通りである。

- (1) 實驗場所は當大學に最も近距離であつて、然も其の深度が相當深い鹽釜灣に選定した。同所は其の深度も適當に變化し、且其の底質も、泥土、砂利、岩石等種々變化し、本測深研究には甚だ適切な場所である。
- (2) 前記の場所に使用しても出來得る限り動搖の少いやうな形狀とした。
- (3) 船は其の前半部を實驗室に、其の後半部を機關室とし、是等兩室は硝子戸で隔絶して、測深研究船進行中も機關の音響や振動が實驗室に傳播するのを防いだ。
- (4) 實驗室機關室共に木板、亜鉛引鐵板二重張の屋根と充分廣い硝子窓を付け、是等は完全な防水、防雨、防風構造とし、採光、通風を充分にした許りでなく、防寒、防暑とし且相當波浪の激しい場合にも海水の濕氣が實驗装置に及ばないやうにした。
- (5) 船の最前部と最後部は倉庫として錨、索具類、燃料油、潤滑油等を格納するやうにした。
- (6) 實驗室の一隅には送音器及受音器を裝置出来るやうな底無し水槽を設けた。而して其の位置を船の前後左右動搖の中心として、以てローリング、ピッチングの影響を最小とした。
- (7) 實驗室の中央には實驗に必要な送信器、受信器、増幅器、深度表示器、電池及種々の測定計器を裝置出来るやうな實驗機を設けた。
- (8) 船の吃水は出来る限り小とし（實測 67cm (2 尺 2 寸)）甚だ浅い個所にも容易に航行する事の出来るやうにした。
- (9) 舵の面積は普通の設計式に依つて算出した値より遙に大きくして、測深船が極めて低速度で航行する場合にも其の行動が便利なやうにした。

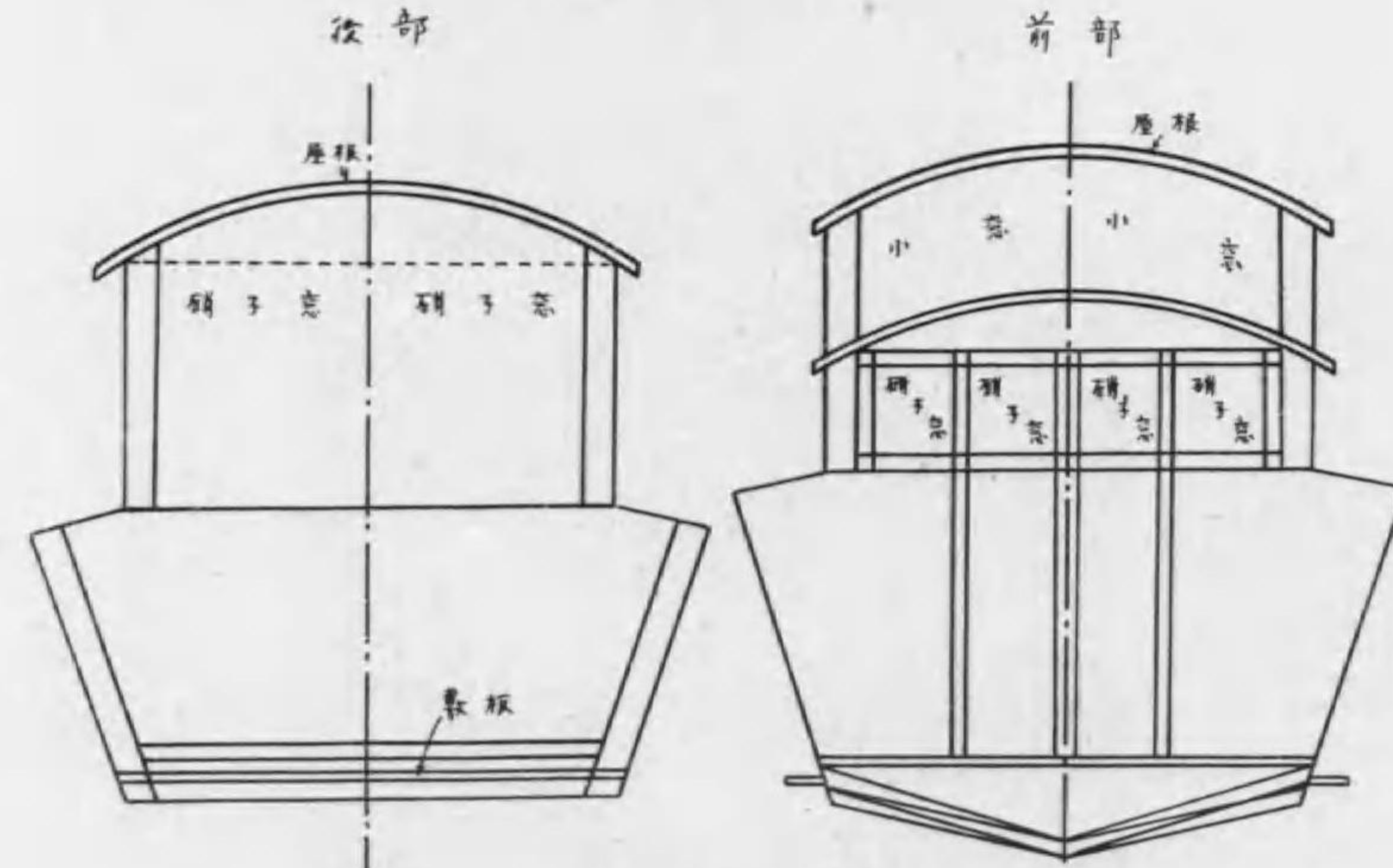
前述のやうな方針に依つて設計製圖したものは第3圖、第4圖、第5圖に示すやうで、第3圖は其の平面、第4圖は其の側面、第5圖は其の斷面を示す。



第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖

而して是を造船所に注文し其の製作を完了した。其の外観は第6圖、第7圖、第8圖に示すやうなもので、第6圖は其の側面を、第7圖は其の後面を、第8圖は其の舵及プロペラの詳細を示す。

6 鹽釜灣内にて測深研究船静止状態に於ける測深研究

以上述べたやうに測深研究用モーターボートの設計製作が終了したので、是を利用し實際鹽釜灣内で種々測深の實地研究を行つた。

而して送信器の適當出力、受信器の構造、増幅器の適當増幅度、深度表示器の構造等は種種考究實驗の結果次のやうにした。

其の内容の概略を述べると

イ. 送信器

是は U×112A 2 本をプッシュプルに接続した發振器で、其の最大プレート入力は 100V, 20ma 即ち 2Watt である。

今回の實驗では磁歪振動を利用した送音器及受音器を用ひたので、其の送受音能率は水晶を用ひた場合の凡そ百倍程度となるから、前記のやうな小出力の送信器を使つても尙充分其の用を辨する事が出来た。

ロ. 受信器

是は 37 管 1 本を使用した同調型檢波器である。

ハ. 増幅器

是は 39 管 (高周波ペントード) 2 本を使用した抵抗容量結合増幅器で、其の電壓増幅度は凡そ 4 萬倍である。

ニ. 深度表示器

是は 37 管 1 本を使用したリミッターと 37 管 2 本を使用した真空管周波計とから成つてゐる。

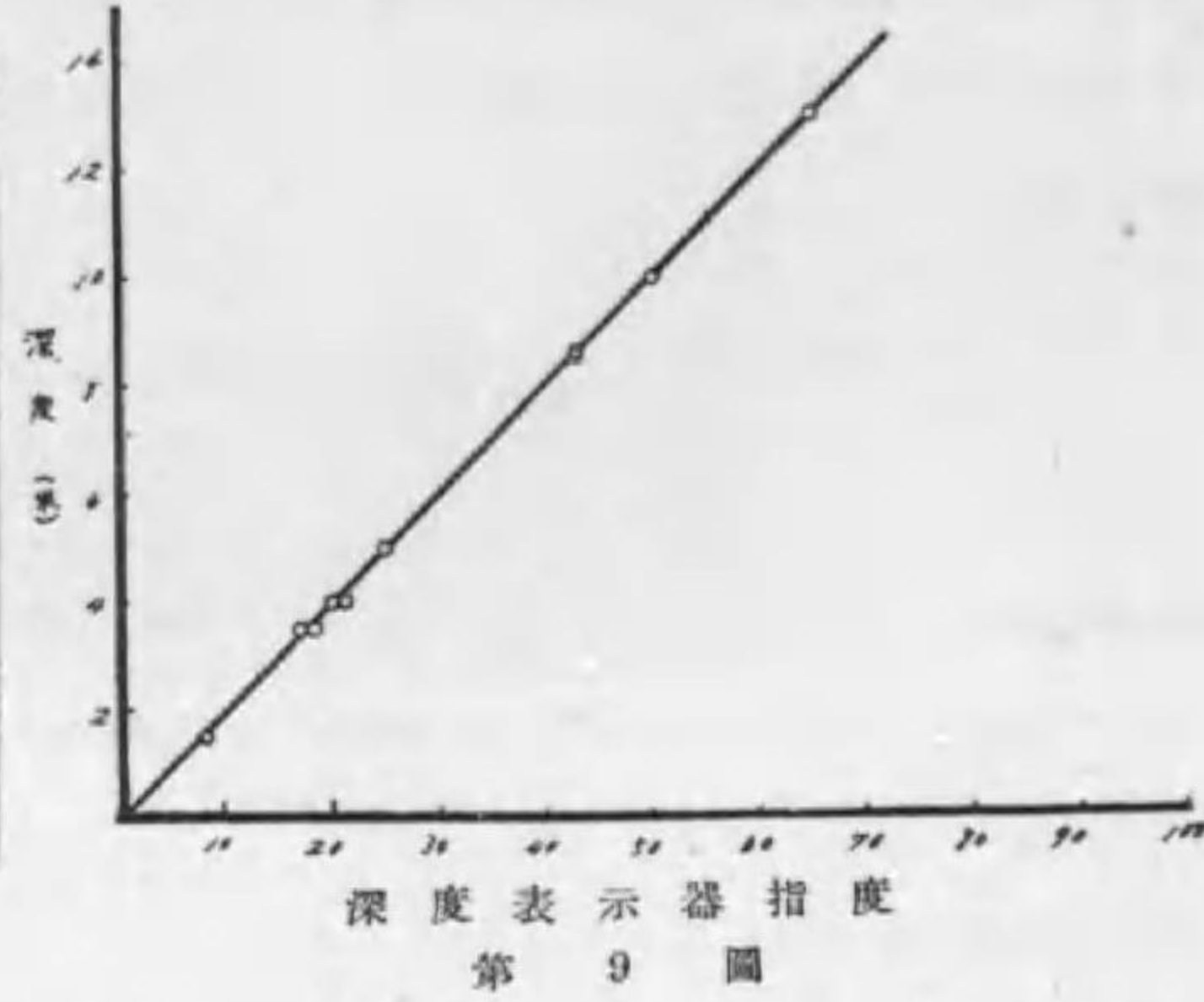
是等は總べて電氣的に外部に對しては勿論、其の各部分も互に完全に遮蔽をした。而して充分氣密な設計として海上で實驗する際濕氣等が浸入しないやうにした。

以上のやうな諸機器を用ひて鹽釜灣及貞山堀等の各所で、測深研究船静止状態に於て、種種な測深實驗を行つた。其の結果の一例を挙げれば第1表の通りである。

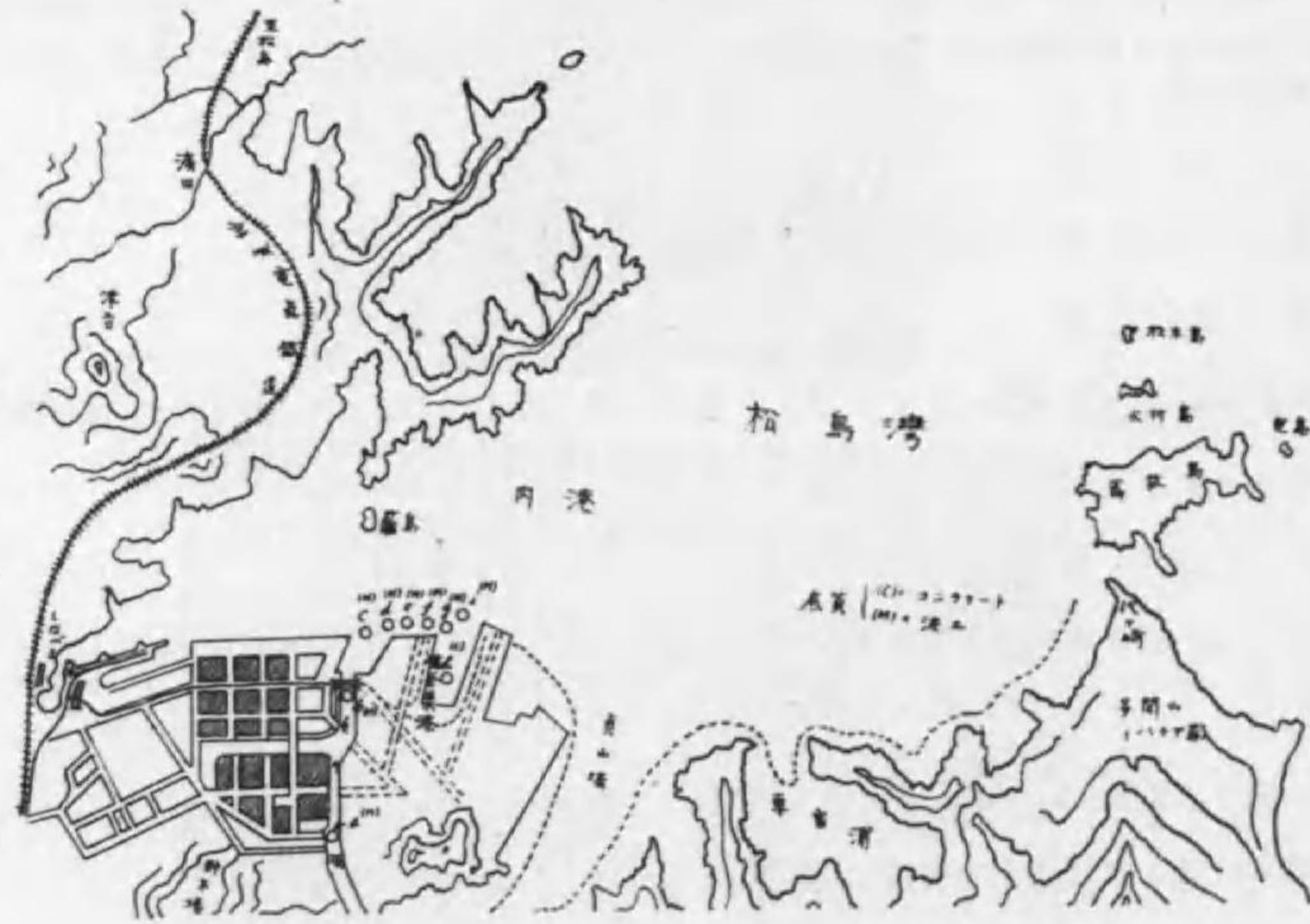
又是を線圖に表せば第9圖のやうである。

第1表 測深結果

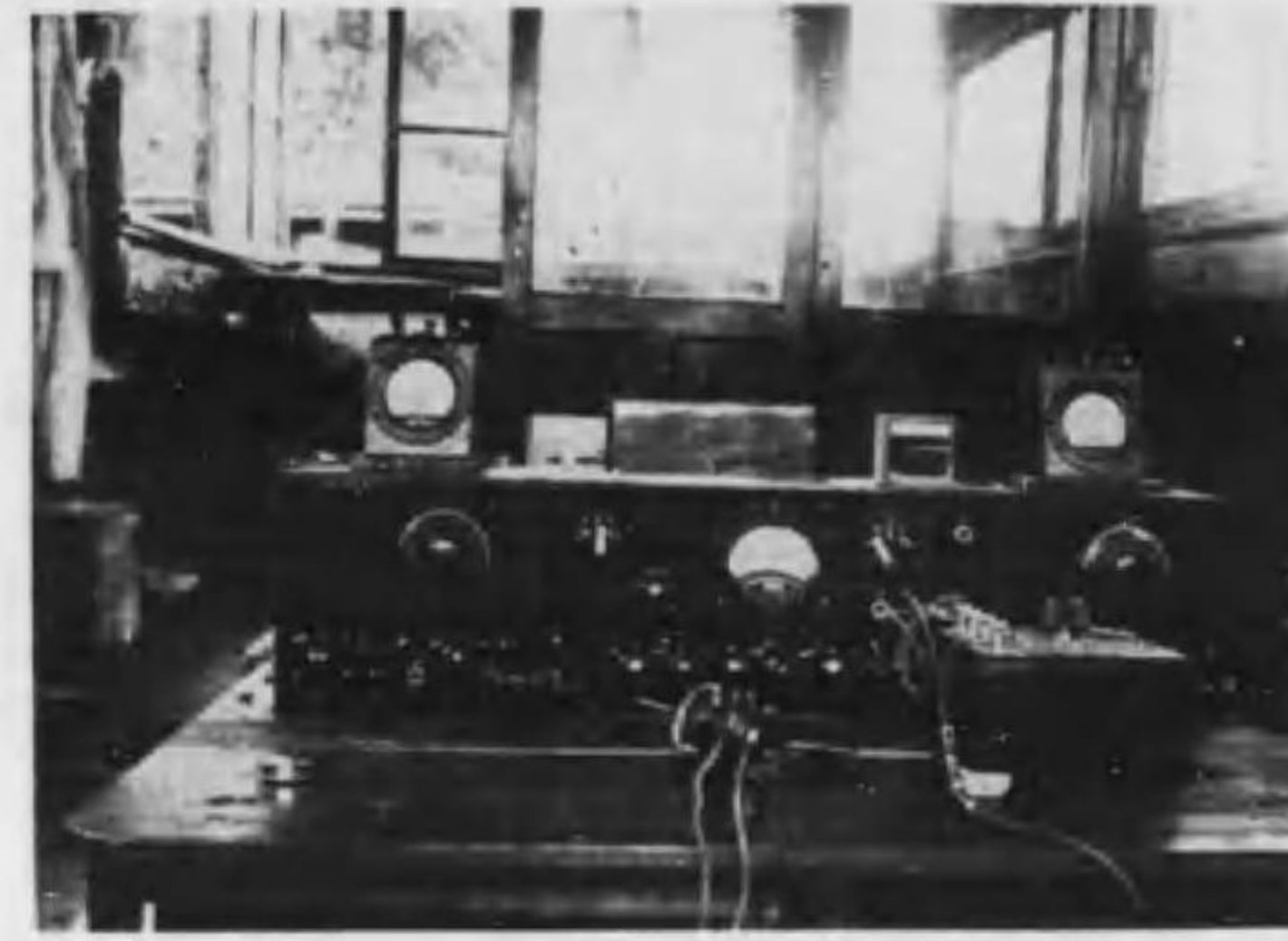
第10圖測定點	底質	深度米	深度表示器指度
a	泥土	1.5	8
b	泥土	3.5	17
e	泥土	5	25
d	泥土	4	21
e	泥土	4	20
f	泥土	3.6	18
g	泥土	6	30
h	コンクリート	8.5	43
i	泥土	8.6	43



而して是等の測深實驗は第10圖に示すやうな海上で行つたもので、第1表中のa, b, c等の成績は第10圖中のa, b, c等の諸點で測定したものである。



而して是等諸點の底質は第1表及第10圖に示すやうに、岩・砂利・コンクリート・泥土等から成つてゐる。



第11圖



第12圖



第13圖

又其の水質は第10圖に示す貞山堀附近では、其の沿岸に存在する肥料製造工場から排出する廢液の爲甚しく混濁し、築港に到る間に段々清澄となり代ヶ崎から外では全く清澄となる。是等水質の違ふ場所での測定は甚しく混濁した場所の時は若干反射勢力の減少を見たが、一定の深度に對しては常に一定の深度表示器指度を得た。

第11圖、第12圖、第13圖は是等の研究實驗をした場合の寫眞である。第11圖は是等諸機器の前面を示すもので、圖中左から受信器、増幅器、深度表示器、送信器等を示し、圖中の計器は左から檢波電流、深度、送信器プレート電流等を指示する。第12圖は是等機器の背面を示すもので、最も近くに見えるのが實驗用底無し水槽である。第13圖は此の水槽を上から俯瞰したもので、圖中右は受信器、左は送信器である。

7 結 論

在來の『音響イムパルス法』

の換はりに『周波數變調法』に依つて、港灣内で測深船静止状態に於て種々の測深研究を行つた所次のやうな結果を得た。

- (a) プレート入力2ワットの發振器を用ひ鹽釜灣内で確實に測深し得た。
- (b) 其の深度表示器指度は常に深度に直線的に正比例し、而も嚴密な意味での連續指示である。
- (c) 其の水質が甚しく混濁した場合は、その清澄な時に比較し若干反射勢力が減少するが、一定の深度に對しては常に一定の深度表示器指度を得た。
- (d) 其の底質が泥土、コンクリート等音波反射率の甚しく違ふ場合も常に同一結果を得た。

以上の結果より此の原理を利用すれば、艦船の河川遡航及港灣出入用として、充分實用に適する水先案内用、其の他の直讀型測深機を造り得ることゝ思はれる。

謝 辭

本研究は服部報公會より學術研究奨助金を、電氣學會より大井美學資金及故岸敬二郎記念資金を、又商工省より發明奨助費を受け東北帝國大學で行つたもので、本學總長本多先生、逕信省電氣試驗所長密田博士等の有力な御指導及御授助を蒙らした。又實驗其の他は小野寺良三、石森喬兩君の助力に依る。茲に記して厚く感謝の意を表する。

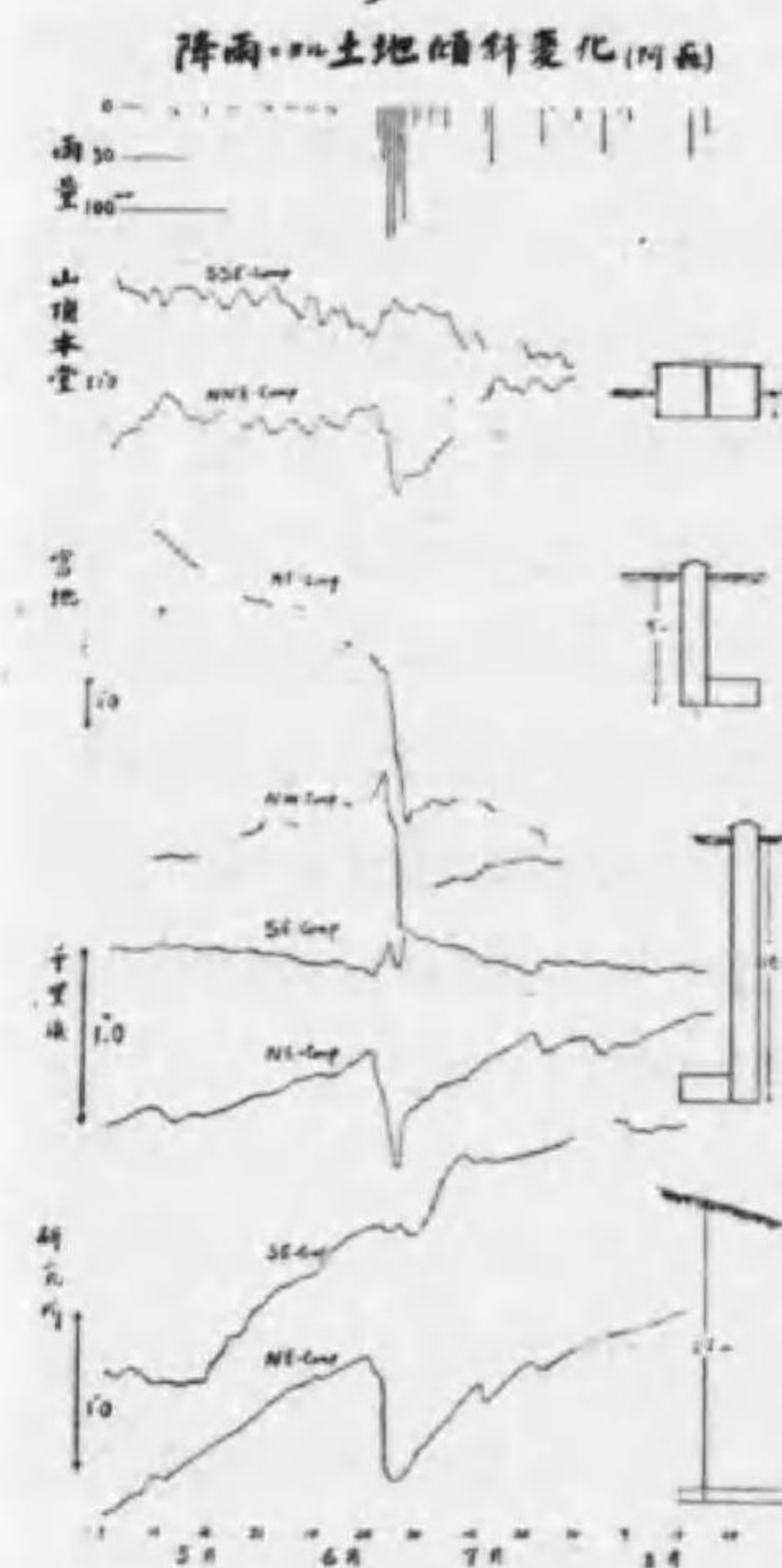
氣象諸變化による土地昇降變化に就て

(學術研究會議地球物理學部々會講演抄録の一部抜粹)

(昭和15年4月24日)

京都帝國大學助教授 理學博士 佐々憲三

昭和11年以降土地の傾斜變化を水平振子型傾斜計によつて地下種々の深さの觀測室16ヶ所で觀測した結果の氣象諸變化中、氣温氣壓の變化は觀測室の深さを10米以上にすれば、殆んど大した影響はなくなるが、降雨による變化は著大で、其の上廣い地域に涉つて同一方向に傾斜するものである。



第1圖

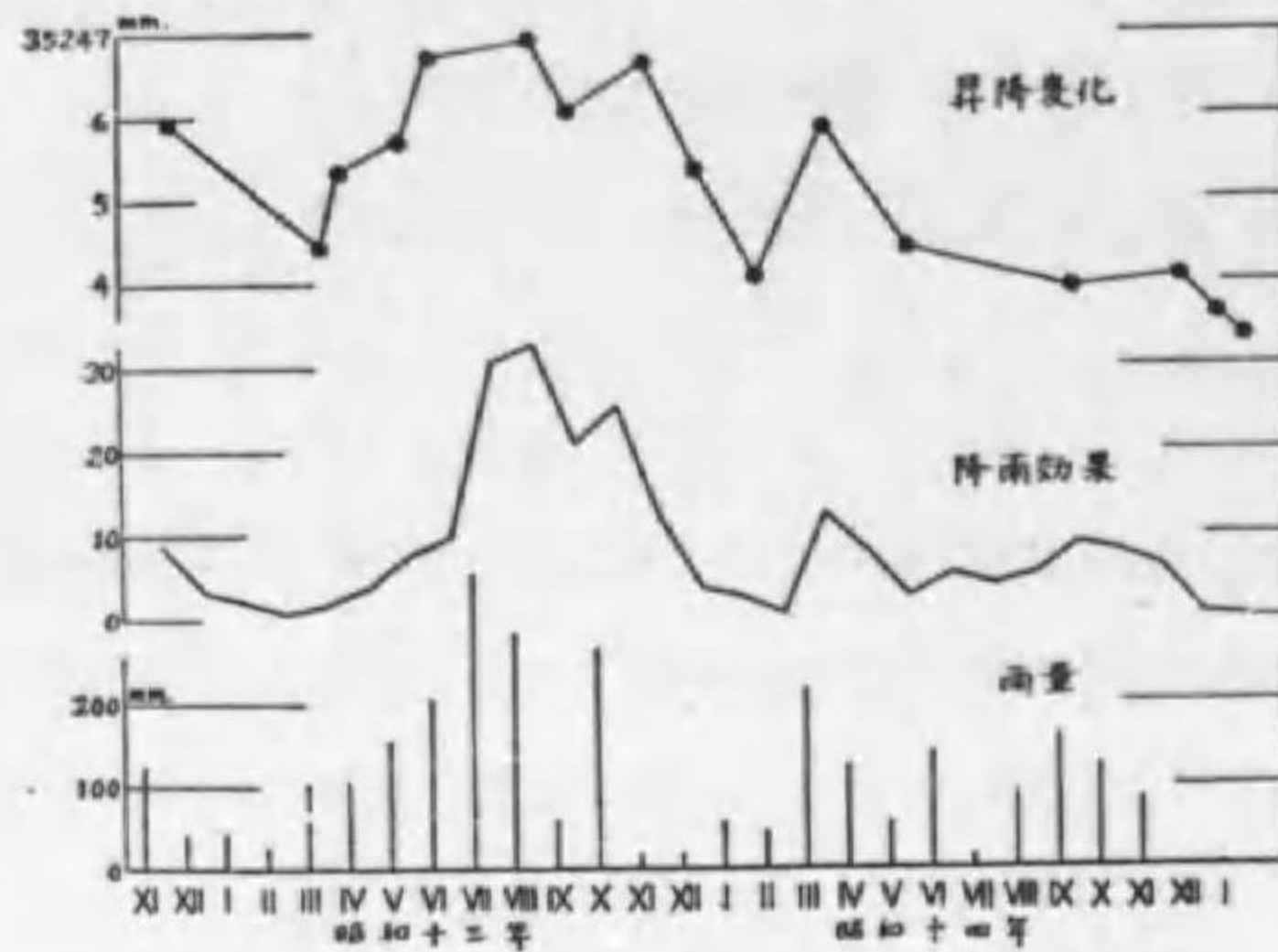
第1圖に阿蘇地方火山研究所(22米深さ)、千里濱(10米)、宮地(5米)、山頂本堂(1米)、14ヶ所に於て觀測し得たる昨年六月の降雨時の傾斜變化を示した。圖に明かな様に觀測室が深くなるに従つて變化量も減少するが10米以上では減少しなくなる。

其の傾斜方向は研究所と千里濱と相互に3軒離れてゐるのに全く同一方向西南西であり、宮地と本堂とは相互に7軒離れてゐるのに殆んど何れも南々西になつてゐる。

是如く廣地域に涉つて同一方向の傾斜變化が降雨のみによつて起り、然かも其影響が長く後に残るとすれば、相當著大な土地垂直變動が起る筈であり、自然水準測量値を吟味する場合にはこの効果について考へねばならない筈である。

此問題を解決する爲に、昭和12年以來京大阿武山地震觀測所構内に高低差約35米、延長約500米の兩水準原點間に、一つは車道に沿

ひ、他の一つは山間の小徑に沿ひて、各々 18 個の標石を埋設したる水準路につき、大體



第 2 圖 水準測量により得られた土地昇降変化と降水量との関係

斜変化観測によつて降雨が土地垂直變動に及ぼす効果(第一圖参照)を推察することが出来るから、降雨量から降雨効果を算出して第二段の曲線を得る。著しい相似を示すから土地垂直變化の殆んど大部分が降雨量に原因すると見てよい。其の量は高低差に比例して大きくなり全地域が一様な傾斜變化の形で起ることが解り傾斜計観測結果とよく一致する。

變動量は高低差僅かに 35 米で約 3 耗なれば、若し同様な関係が高低差 200 米、300 米の地域にも存在するとすると、この降雨効果だけでも 20 耗、30 耗の垂直變動が起るのである。之は水準測量の繰返しの値を使つて地殻の垂直變動を議論する場合には無視出来ない重大な補正と考へられる。併しこの降雨効果の補正は各地に於ける補正常數さへ解れば、測量時及び夫以前の降雨量から算出することが出来る筈である。此の點に關し昨年来服部報公會の援助を得て、常數決定に必要な土壤の物理的性質の測定観測を開始してゐるから、次の機会にはこの點に關し尙ほ突き進んだ議論が出来ると考へる。

毎月一回精密水準測量を繰返した。其の結果水準路地域が一様に降雨多き季節には斜面勾配が急になり少なき時には緩かになることが明かになつた。第 2 圖に兩端點間の高低差の變化を示し、其最下段に降雨量毎月總量を示してあるのと對比して極めて密接な相關が見られる。更に進んで同一地域に於ける土地傾

地殻を構成する諸岩石の磁氣的性質の研究 (第 2 報)¹⁾

(昭和 15 年 4 月 30 日受理)

第一編 岩石の帯磁率の測定 (其の二)²⁾

東北帝國大學 助教授 加藤 愛 雄

同 助手 齋藤 良 一

- 1) 緒 言
- 2) 箱根火山の諸岩石の帯磁率
- 3) 伊豆地方の各火成岩の帯磁率
- 4) 火成岩の帯磁率に關する一考察
- 5) 結 論

1) 緒 言

地球磁場の局部異常を知つて地下構造を研究する事は、所謂應用地球物理學の重要な一部門であるのみならず、又地質學に於ても地質構造を知る上に於て重要なものである。然してこの場合帯磁率の大きさが如何なる値を有するかと云ふ事は地下構造を決定する上に於て最も重要な事となる。然してこれ等の帯磁率を測定するに當つて注意すべき事は、地球磁場のごとき弱い磁場で測定する必要がある。

一般に岩石の帯磁率は非常に小さいので、従來はかゝるものを測定する方法は所謂 Faraday の方法を用ひるもので、これは Faraday-weiss type の電磁石の heterogenous な磁場の部分に其の Sample を吊るし、それに作用する force を torsion-balance を以て測定し、それより帯磁率を出すものである。

然るにこの方法に於ては非常に高い磁場となるので、地球磁場のごとき弱い磁場に於ては斯くして得た値を用ひる事は何等意味のない事である。

著者等は一昨年より服部報公會の援助を得て初めて地球磁場のごとき弱い磁場で岩石の帯磁率を測定する事に成功した。

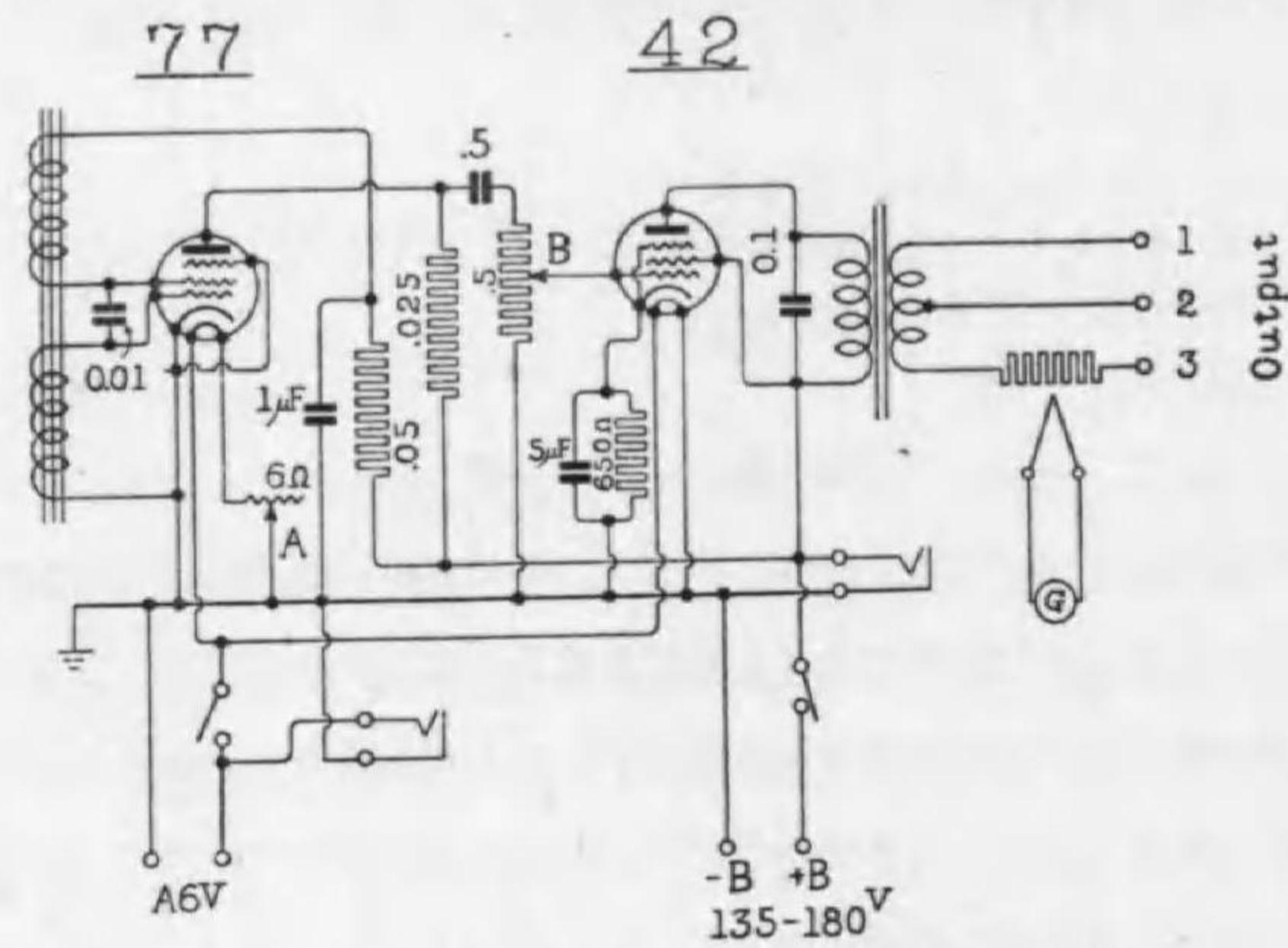
而して其の結果の一部は既に服部報公會研究報告第 8 輯に報告した。その測定方法は前報

1) 地殻を構成する諸岩石の磁氣的性質の研究 (第 1 報) 服部報公會研究報告第 8 輯 (昭和 14 年)。
2) 昭和 15 年 4 月、日本數學物理學會にて講演。

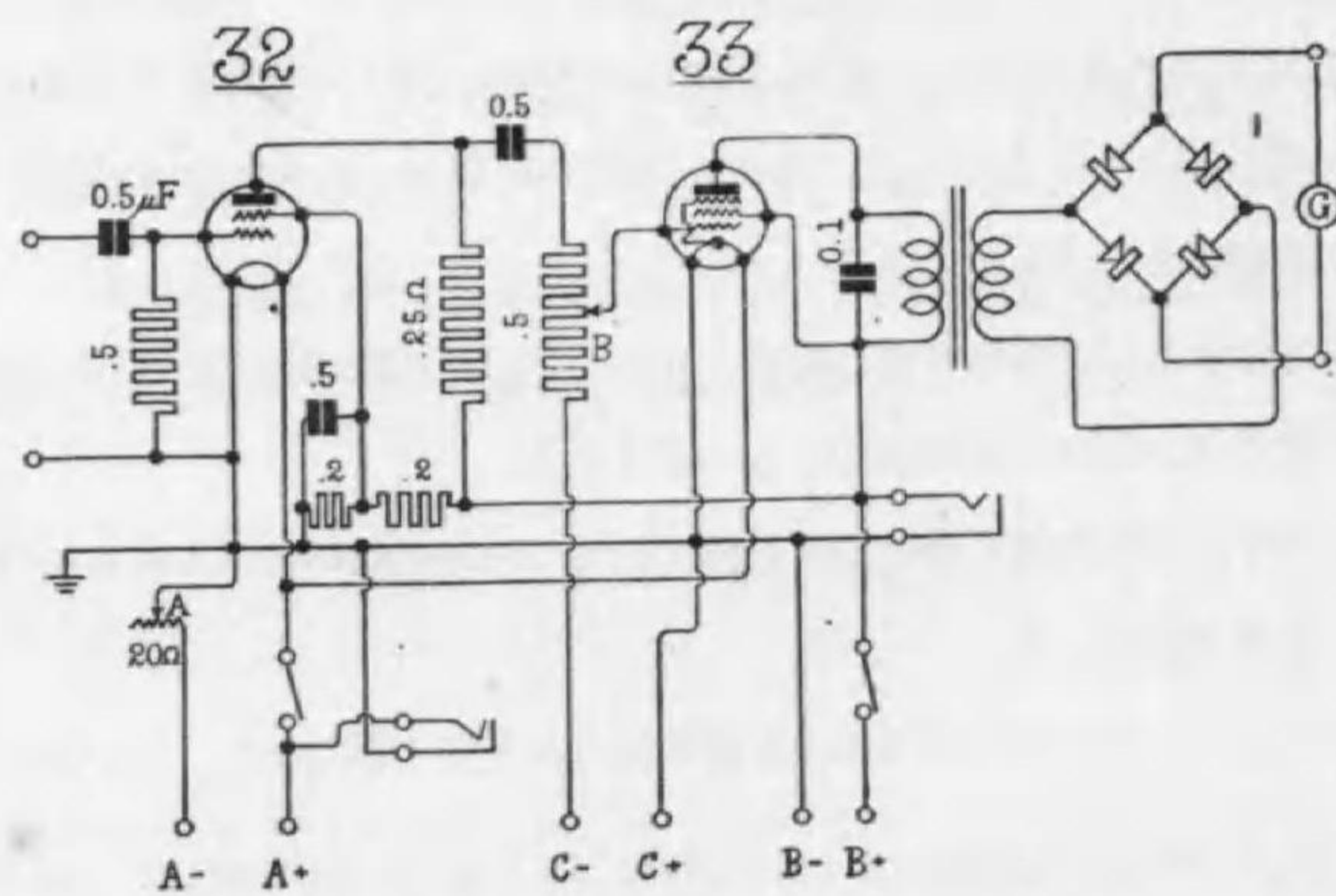
告に詳細に記して置いたので、こゝには大略を述べるにとゞめる。

即ち約 50 サイクルの交流を長さ 26.5cm, 直径 2.09cm なる第一次コイルに通じ, 其の coil の中に Sample を入れて第一次コイルの外側に巻いた第二次 coil の中に induce される電流を増幅器を以て増幅し, 最後に整流して直流ガルバノメーターを以て読むのである。

即ち Sample を入れた場合と入れない場合の Mutual inductance (相互率) の變化を直接求めて, それより μ (透磁率) 又は K なる帯磁率を求めるのである。



第 1 圖 低 周 波 發 振 器



第 2 圖 増 幅 器

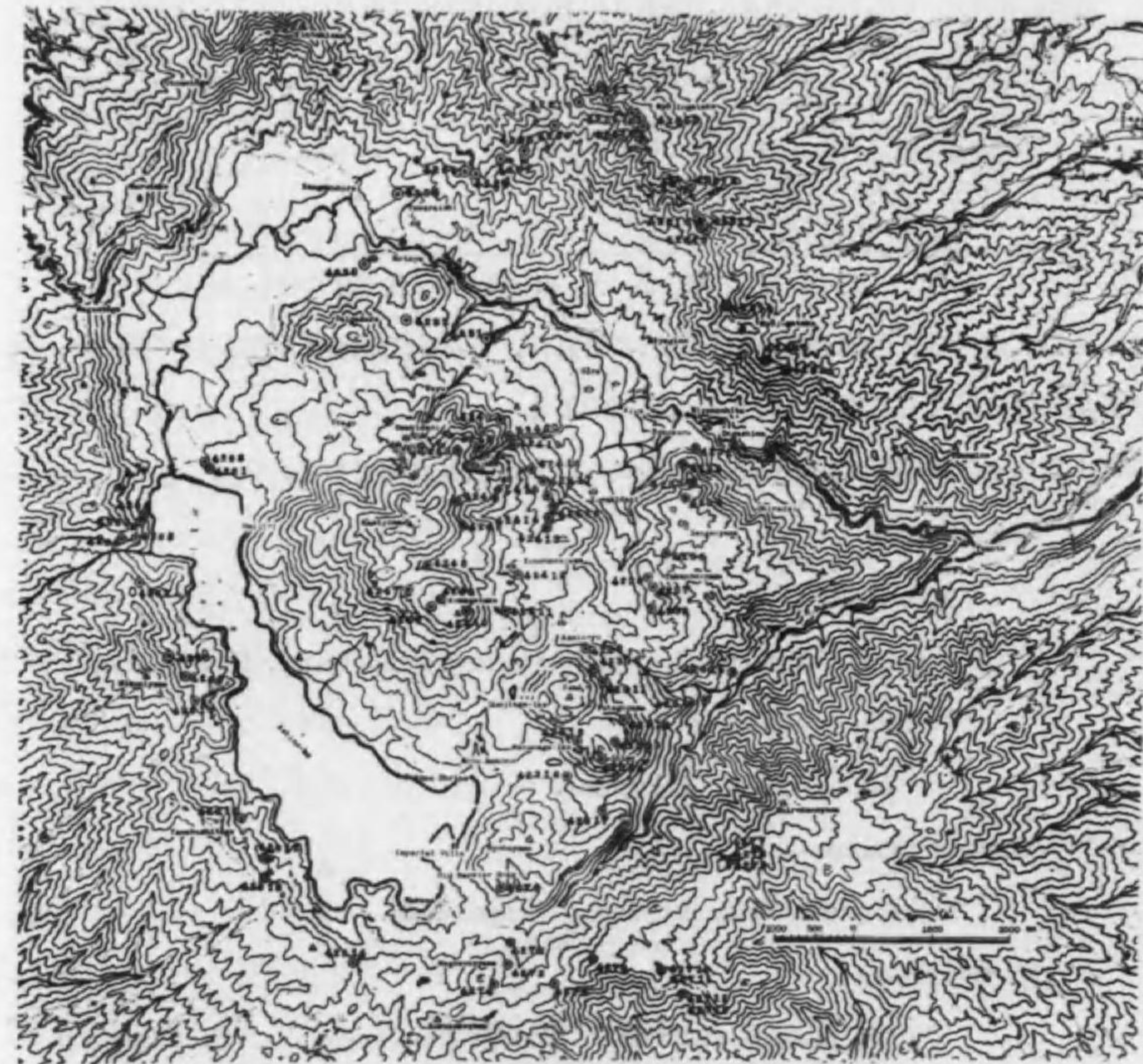
第 1 圖は低周波發振器で, 第 2 圖は増幅器である。

こゝに交流磁場を用ひたのであるが 50 cycle 位の低周波の磁場であるから, その影響は殆んど全くない, 即ち測定すべき岩石を粉末にしてあるので交流磁場を用ひた影響, 即ち Eddy current による Loss は全く無視してよいので, かゝる方法を以て測定した値も直流磁場による測定結果と一致する筈である。

2) 箱根火山の諸岩石の帯磁率

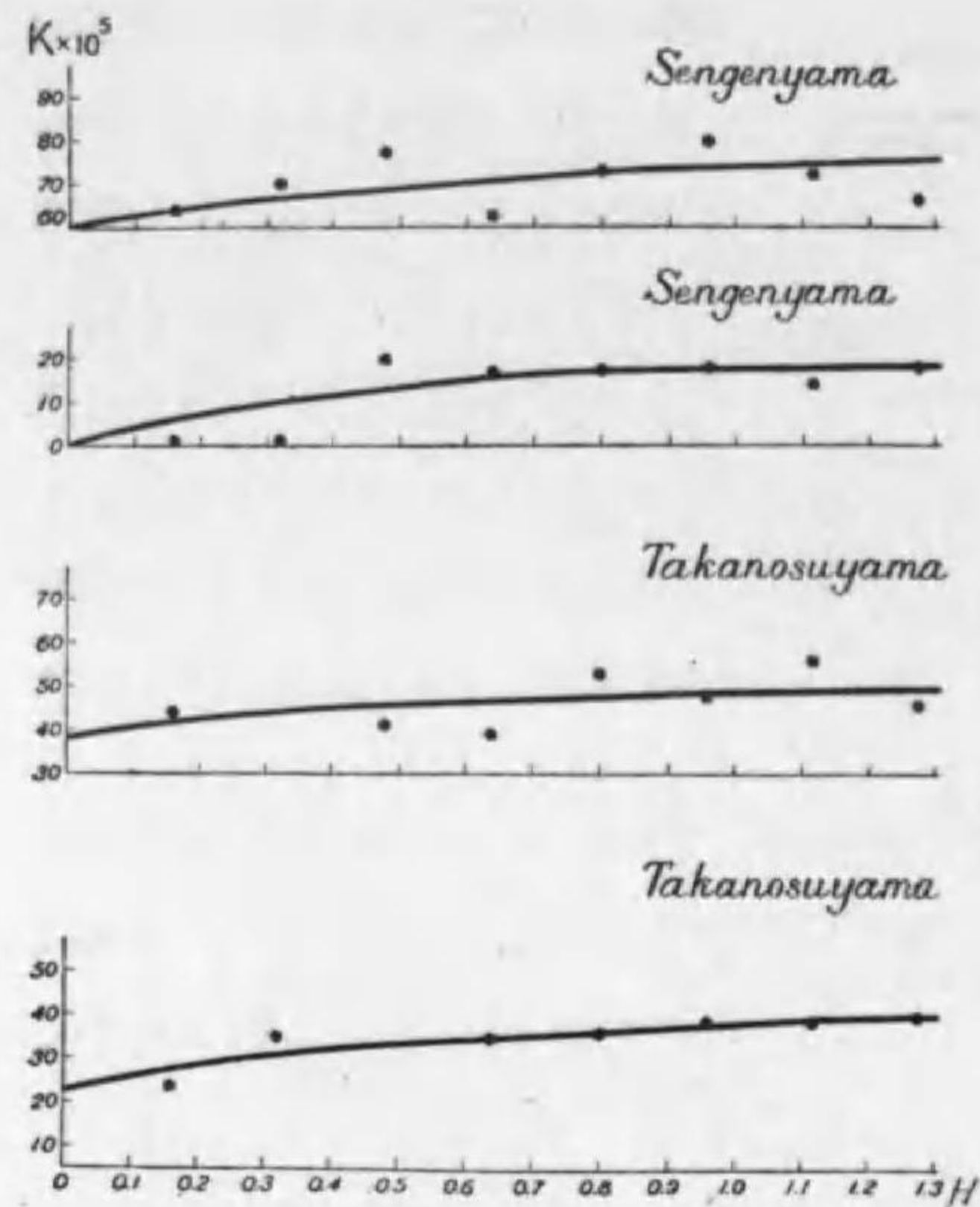
箱根火山の諸岩石について帯磁率を測定した。

第 3 圖は測定せる岩石の採集せる場所を圖示したものである。第 4 圖は小林氏の地質圖で



第 3 圖 箱根火山の地形圖 番號は岩石の採集場所

1) Y. Oinouye, G. Kobayashi. Geological Guide to the Hakone District.



第 7 圖 横軸は磁場、縦軸は帯磁率

なれば、それよりその岩石の生成された状態をも推論する事が出来る筈である。

尙この議論についてはこの報告の第 4 節に於て再説するつもりである。

第 1 表 Specific Susceptibility of Rocks from Hakone Volcano.

	Rock Number in Fig.3	Volume	Weight	Density	Specific Susceptibility (H=0.45 gauss)	
Older Somma					$\times 10^{-5}$	
Togamine	42521	c.c.	gr	1.6094	74.6	} Myozindake type lava mean 123.1
Myozindake	42520	36.14	63.03	1.7441	69.1	
"	42519	36.48	65.14	1.7856	66.1	
"	42516	34.09	56.55	1.6588	53.1	
"	42517	39.72	68.75	1.7309	75.4	
Myozindake	42510	36.48	62.32	1.7083	120.3	} Myozindake type lava mean 123.1
"	42511	38.45	68.44	1.7800	106.1	
"	42512	39.58	72.93	1.8426	100.9	
"	42513	39.12	60.22	1.5394	109.0	
"	42514	38.31	66.96	1.7478	196.5	
"	42515	37.36	65.22	1.7457	114.6	
"	42518	39.01	66.24	1.6980	114.0	

値を取ると云ふ事である。

元來岩石の帯磁率は含まれて居る磁鐵礦の量に depend する。たゞその磁鐵礦が pure な形として存在するか、又は他のものとの Solid Solution の形をして居るかによつて異なつて来る。

然してこの事はその生成される際の條件に左右されるものである。即ち magma より生成されるときの状態によつてそれ等の差異が生じて来る。逆に其間の關係が明らかになれば、この帯磁率の測定より其の含まれて居る磁鐵礦の状態が明らかに

Kintokiyama	4256	37.36	68.04	1.8212	96.5	} Kintokiyama type lave mean 96.6
"	4257	34.09	53.77	1.5773	96.7	
Mikuniyama	4268	36.48	57.40	1.5735	94.7	} Yamabusiyama type lave mean 96.7
Yamabusiyama	42611	39.58	68.72	1.7362	99.4	
"	42612	39.12	69.86	1.7858	91.6	
"	42613	38.31	67.38	1.7562	101.1	} Hakuginzan type lava 88.5
Hakuginzan	4278	38.31	64.85	1.6928	88.5	
"	4279	37.36	57.62	1.5423	(38.5)	
Younger Somma						} Byobuyama type lave mean 67.8
Byobuyama	4271a	34.09	55.42	1.6257	69.2	
"	4271b	39.72	71.22	1.7931	66.4	
Takanosuyama	4238	38.31	45.04	1.1757	37.8	} Takanosuyama type lava mean 44.3
"	4236	39.12	58.40	1.4928	59.0	
"	4237	41.36	41.36	1.2133	26.4	
Sengeniyama	4231	39.01	58.59	1.5019	45.9	
"	4232	36.48	57.88	1.5866	52.2	
Central Cone						} Hutagoyama mean 140.5
Hutagoyama	42312	36.48	57.91	1.5874	130.1	
"	42313	36.14	55.24	1.5285	156.4	
"	42311	39.01	61.76	1.5832	134.9	} Daigadake mean 119.2
Daigadake	4252	36.14	64.83	1.7939	119.6	
"	4253	38.45	62.51	1.6257	118.8	
Kamiyama	4243	36.14	62.91	1.7407	106.9	} Kamiyama mean 107.0
"	4245	39.58	70.83	1.7895	107.3	
Maruyama	42413	38.45	67.14	1.7462	105.4	
"	42414	39.58	57.55	1.4540	123.0	
"	42415	39.12	68.62	1.7541	90.6	} Komagadake mean 76.4
"	42416	38.31	69.43	1.8123	108.8	
Komagadake	4244	38.45	58.41	1.5191	68.8	
"	4246	39.12	66.79	1.7073	78.0	
"	4247	38.31	56.83	1.4834	66.1	
"	4248a	37.36	64.71	1.7321	94.0	
"	4248b	34.09	57.89	1.6982	50.3	
"	4249	39.72	63.46	1.5977	49.8	
"	42410	39.01	69.94	1.7929	127.7	

3) 伊豆地方の火成岩の帯磁率

伊豆地方の第三紀及第四紀の火山の地質學的又は岩石學的研究も數多あるが、特に津屋氏の論文は岩石的發に詳細に研究されて居る。

1) H. Tsuya, On the Volcanism of Huzi Volcanic Zone. Bull. of Earth. Research. Inst. XV (1937).

著者は津屋氏の論文に依つて、津屋氏の採集せる場所と全く同一の場所に於て試料を採集した。その中で不確實な材料ははぶき、津屋氏の採集せるものと確實に同じ場所であるもののみを取り扱つた。

第8圖は其の採集せる場所である。



第8圖 岩石の採集場所

津屋氏によればこれ等の岩石は次の如く時代的に區別される。

1) Tertiary Volcanism

Pliocene effusives

宇佐美 (No. 7) 白田 (No. 14)

Minor Tertiary intrusives 加殿 (No. 24) 天城峠 (No. 18)
濱 (No. 17) 加殿 (No. 25)

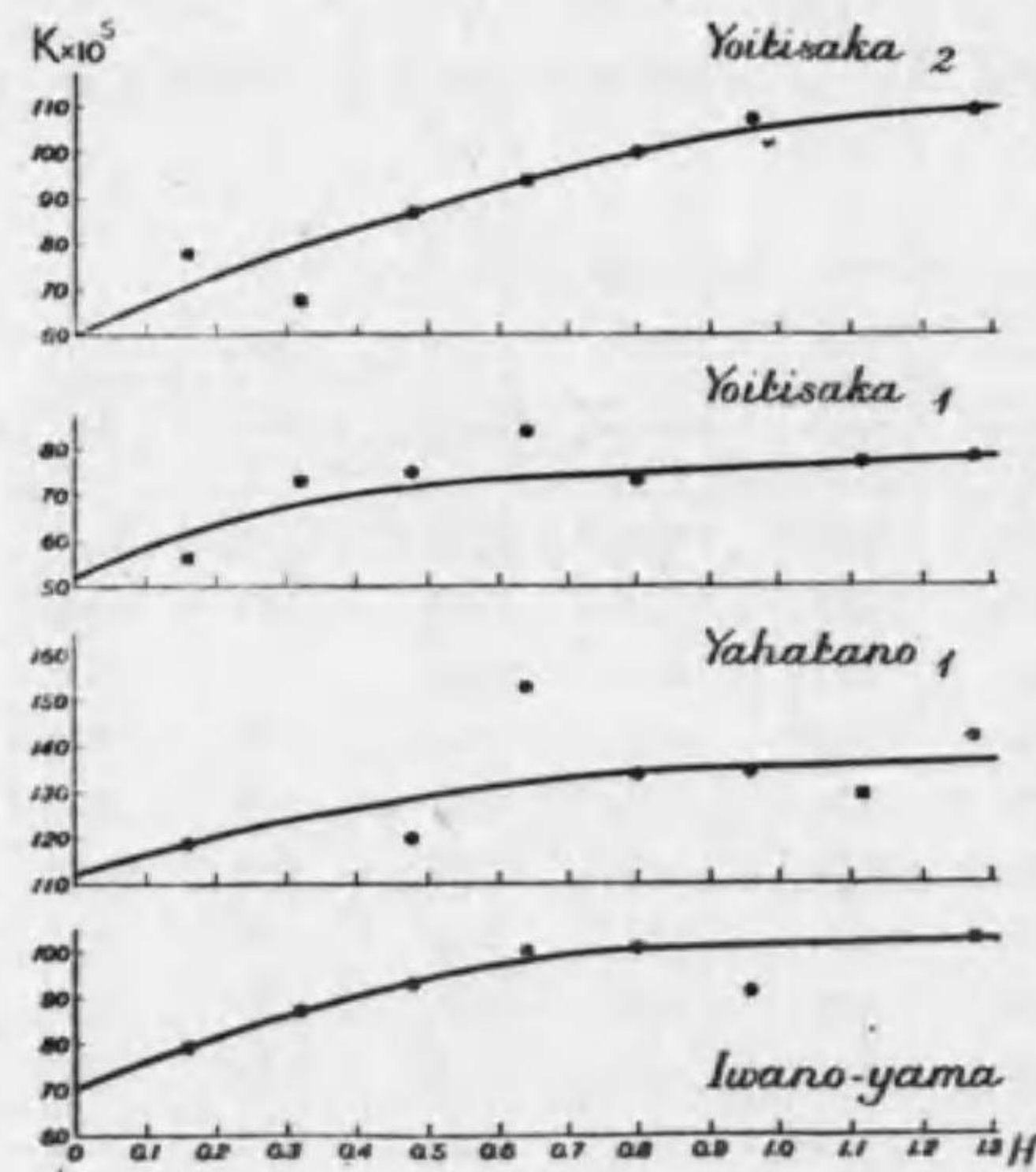
2) Quaternary Volcanoes

A. Complex Volcanoes

1. Amagisan 與市坂 (No. 19) 八幡野 (No. 11)
八幡野 (No. 12) 稻取 (No. 15)
八幡 (No. 22) 岩山 (No. 13)
2. Hakoneyama 双子山 (No. 32)

B. Basaltic and andesitic Volcano

1. Usami Volcano 長者原 (No. 31) 長者原 (No. 30)
2. Taya Volcano 魚見崎 (No. 2) ニラヤマ (No. 28)
上和田 (No. 29)
3. Omuroyama Volcano 八代田 (No. 9) 川奈 (No. 10)



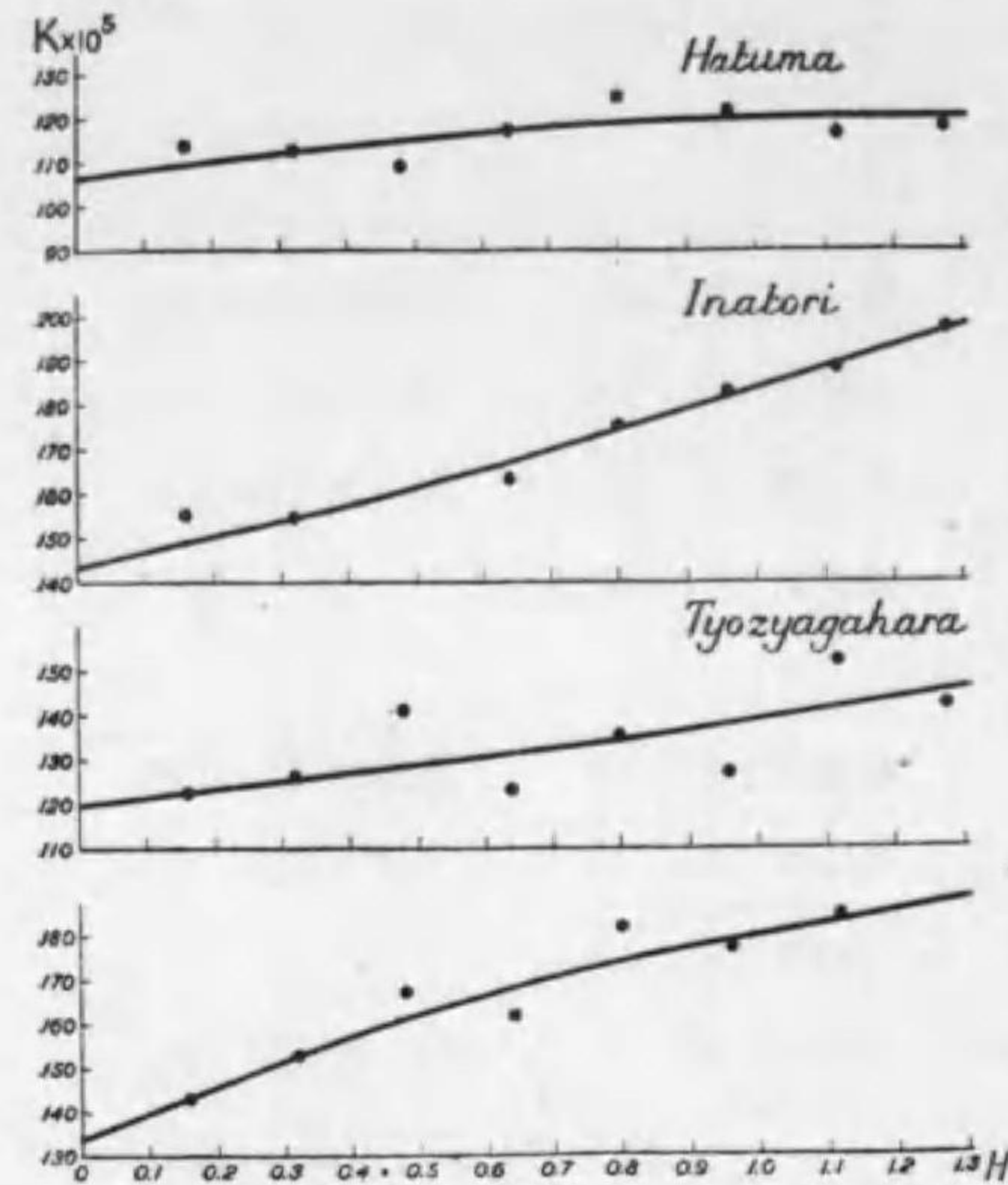
第9圖 横軸は磁場、縦軸は帯磁率

第9圖、第10圖は、實驗結果の一例を示すものである。例へば同じ天城山系に屬するものでも、其の各各の間には磁化曲線とか比帯磁率とかが一様でない。即ちこれ等の岩石は各々異なつた條件と状態の下に生成されたと考へていゝ。この事は勿論同じ天城山系に屬するとは云へ、例へば Hatikubo-yama Lava とか或は Inatori Lava とか Iwanoyama Lava dome と云ふ様に岩石の成分も各々異なつて居るので當然の事である。

さて前と同様に 0.45 gauss に於け

る比帯磁率を求めると第2表(次頁以降)に示す様になる。

4) 火成岩の帯磁率に関する一考察



第10圖 横軸は磁場、縦軸は帯磁率

るか、問題である。

第2表 Analysis of volcanic Rocks from Idu I)

	Pliocene Effusive Rocks		Minor Tertiary Intrusive Rocks			Quaternary Lower-pleistocene		
	Usami (No. 7)	Sirata (No.14)	Kadono (No. 25)	Amagi (No. 18)	Kadono (No. 24)	Hama (No. 17)	Aziro (No. 5)	Aziro (No. 6)
SiO ₂	57.19	70.00	49.30	50.23	60.76	61.61	56.62	51.10
Al ₂ O ₃	16.85	14.89	14.69	17.59	16.70	15.81	15.49	18.90
Fe ₂ O ₃	3.91	2.03	5.27	2.44	2.76	2.84	4.58	3.56
FeO	3.97	1.32	7.70	6.69	3.31	3.75	7.09	6.52
MgO	4.28	0.73	5.75	5.84	3.71	2.67	3.00	5.03
CaO	7.74	3.05	7.58	10.28	4.18	5.88	7.33	10.80
Na ₂ O	2.46	4.14	1.89	2.13	2.98	3.53	2.95	2.14
K ₂ O	0.41	2.09	0.24	0.27	1.38	1.04	0.55	0.32
H ₂ O+	1.16	0.50	1.89	2.13	2.98	3.53	0.35	0.50
H ₂ O-	0.64	0.54	3.57	1.25	1.20	1.23	0.72	0.28
TiO ₂	0.68	0.45	1.08	0.93	0.58	0.70	0.96	0.83
P ₂ O ₅	0.09	0.13	0.06	0.06	0.05	0.08	0.08	0.13
MnO	0.19	0.09	0.13	0.27	0.08	0.17	0.22	0.13

さて以上の伊豆地方の火成岩及箱根山の火成岩の化学成分は津屋氏の論文に全て明らかに述べてある。これを再録すると第3表に示す様になる。この表から磁鉄礦の Normative amount が分つて居るので、用ひた Sample の中に含まれて居るべき磁鉄礦の量が分る。それを第3表の最後の行に書いて置いた。さて岩石の帯磁率は含まれて居る強磁性體物質即ち主として磁鉄礦の量にのみ depend するものである。但しこの場合磁鉄礦が pure なものとして存在して居るか、又は他のものと Solid Solution を作つて居るものであ

Total	99.57	99.96	99.50	100.10	100.01	100.35	99.94	100.24
Q	18.08	30.75	10.33	4.80	22.16	20.18	15.50	6.01
Or	2.23	12.24	1.67	1.67	8.35	6.12	3.34	1.67
Ab	20.97	35.13	15.73	17.83	25.17	29.89	25.17	18.35
An	33.66	14.19	30.88	37.83	20.86	24.20	27.26	40.89
Wo	1.63	C = 0.61	2.79	5.46	C = 2.65	1.74	3.48	4.99
En	10.64	1.81	14.36	14.55	9.23	6.02	7.43	12.55
Fs	3.30	—	8.17	9.23	3.03	3.52	8.05	8.05
Mt	5.56	3.01	7.64	3.47	3.94	4.17	6.71	5.09
Il	1.37	0.91	2.12	1.82	1.06	1.37	1.82	1.52
Ap	0.33	0.33	tr	tr	tr	0.33	0.33	0.33

1) H. Tsuya, On the Volcanism of the Huzi Volcanic Zone, Bulletin of Earthq. Research, Inst. XV (1937)

第2表 續き

	Quaternary Amagi Volcano					Quaternary Hakone	
	Yoitisaaka (No. 19)	Yahatano (No. 11)	Yahatano (No. 12)	Inatori (No. 15)	Hatuma (No. 22)	Iwanoyama (No.13)	Hutagoyama (No.32)
SiO ₂	51.48	54.81	59.11	60.09	62.60	68.87	57.07
Al ₂ O ₃	18.25	18.09	16.31	16.64	15.98	14.78	17.53
Fe ₂ O ₃	1.92	1.54	3.94	3.03	2.66	1.25	2.59
FeO	6.77	7.00	2.86	3.30	3.40	2.32	5.44
MgO	5.93	4.50	3.49	3.27	2.84	1.62	3.87
CaO	10.32	9.03	6.02	6.59	5.84	4.10	8.77
Na ₂ O	3.21	2.92	2.97	3.60	3.00	3.74	2.80
K ₂ O	0.34	0.57	1.47	1.40	1.66	2.00	0.52
H ₂ O+	0.43	0.50	1.48	0.68	0.45	0.68	0.27
H ₂ O-	0.25	0.50	1.00	0.70	0.24	0.10	0.12
TiO ₂	1.03	0.79	0.76	0.80	0.65	0.40	0.77
P ₂ O ₅	0.12	0.13	0.17	0.19	0.17	0.08	0.08
MnO	0.27	0.14	0.13	0.11	0.11	0.13	0.14
Total	100.32	100.18	99.71	100.40	99.60	100.07	99.97
Q	—	7.33	18.38	15.44	21.62	27.99	13.33
Or	2.23	3.34	8.90	8.35	10.02	11.69	3.34
Ab	27.26	24.64	25.17	30.41	25.17	31.46	23.59
An	34.21	34.49	26.70	25.03	25.31	17.80	33.66
Wo	6.74	3.95	0.93	2.91	1.16	0.70	3.72
En	14.30	11.24	8.73	8.13	7.02	4.01	9.64

Fs	9.30	10.42	0.92	2.51	3.17	2.77	6.86
Fe	0.39	—	—	—	—	—	—
Fa	0.25	—	—	—	—	—	—
Mt	2.55	2.32	5.79	4.40	3.94	1.85	3.70
Il	1.97	1.52	1.52	1.52	1.21	0.76	1.52
Ap	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

第 2 報 續 き

	Quaternary Usami Volcano		Quaternary Taga Volcano			Quaternary Omuroyama	
	Tyozyahara (No. 31)	(No. 30)	Uomisaki (No. 2)	Nirayama (No. 28)	Kamiwada (No. 29)	Yasirota (No. 9)	Kawana (No. 10)
SiO ₂	51.67	59.00	50.94	52.13	52.85	50.17	56.03
Al ₂ O ₃	19.88	15.26	19.32	15.68	18.37	19.30	17.90
Fe ₂ O ₃	3.25	4.60	4.14	4.36	3.48	2.60	1.69
FeO	6.97	5.90	5.52	9.81	7.83	8.52	6.16
MgO	3.30	2.14	4.20	4.08	2.96	5.60	4.33
CaO	9.46	6.36	10.62	8.87	10.12	10.30	8.40
Na ₂ O	2.18	2.83	2.15	2.44	2.07	1.72	2.83
K ₂ O	0.40	0.58	0.32	0.32	0.36	0.15	0.83
H ₂ O+	1.26	0.90	0.73	0.67	0.39	0.87	0.60
H ₂ O-	1.00	0.69	1.04	0.50	0.16	0.42	0.27
TiO ₂	0.92	1.04	0.78	0.74	0.93	0.73	0.74
P ₂ O ₅	0.10	0.11	0.07	tr.	tr.	0.06	0.22
MnO	0.16	0.18	0.18	0.32	0.17	0.16	0.11
Total	100.55	99.59	100.01	99.92	99.69	100.60	100.11
Q	9.31	21.98	7.87	8.35	11.11	4.62	9.85
Or	2.23	3.34	1.67	1.67	2.23	1.11	5.01
Ab	18.35	24.12	18.35	20.45	17.30	14.68	24.12
An	43.39	27.26	42.28	31.15	39.78	44.23	33.66
Wo	1.16	1.39	4.30	5.34	4.30	2.91	2.55
En	8.23	5.32	10.44	10.14	7.33	13.96	10.74
Fs	8.83	6.67	5.80	13.98	10.16	12.66	8.97
Mt	4.63	6.71	6.02	6.25	5.09	3.70	2.55
Il	1.82	1.97	1.52	1.37	1.82	1.37	1.37
Ap	0.33	0.33	0.33	tr.	tr.	tr.	0.65

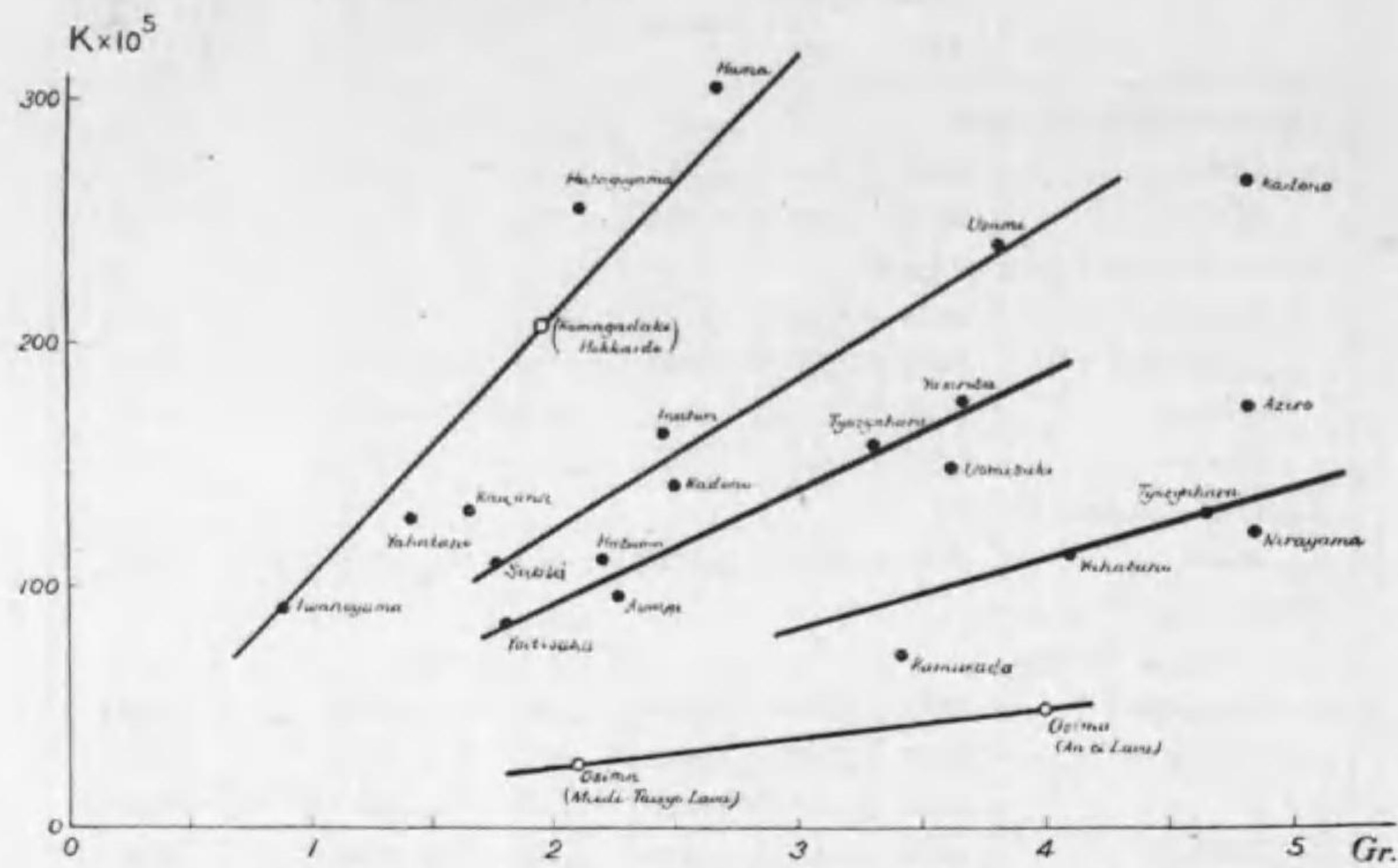
若し磁鐵礦が pure な形で入つて居るならば、磁鐵礦其れ自身の Susceptibility が分つて居るから、その量が分れば岩石の全體の Susceptibility が計算出来る。

第 3 表 Specific Susceptibility of Rock from Idu.

	Volume c.c.	Weight gr.	Density	Specific Susceptibility (H=0.45) × 10 ⁻⁵	Valk Susceptibility (H=0.45) × 10 ⁻⁵	Amount of normative Magnetite in the Sample gr.
Pliocene Effusive Rocks						
Usami	38.31	68.82	1.7964	133.0	239.0	3.82
Sirata	39.58	58.85	1.4823	71.3	110.6	1.76
Minor Tertiary Intrusive Rocks						
Kadono	39.58	62.97	1.5910	166.2	264.5	4.80
Amagi-toge	39.58	65.37	1.6516	58.1	96.0	2.27
Kadono	38.45	63.21	1.6449	86.1	141.5	2.50
Hama	37.36	64.20	1.7184	177.5	305.0	2.67
Lower-Pleistocene Rocks						
Azuro	39.01	73.02	1.8718	91.8	171.8	4.81
Quaternary Rocks						
1) Amagi Volcano						
Yoitisaka	38.31	70.50	1.8403	38.2	84.5	1.80
Yahatano	38.45	70.87	1.8432	61.0	112.5	4.10
"	36.14	61.02	1.6884	75.8	128.0	1.42
Inatori	34.09	55.97	1.6418	99.3	163.0	2.45
Hatuma	34.09	56.15	1.6471	67.6	111.4	2.21
Iwanoyama	39.72	58.64	1.4763	61.9	91.4	0.88
2) Hakone Volcano						
Hutagoyama	36.14	55.24	1.5285	157.0	240.0	2.10
3) Usami Volcano						
Tyozyahara	39.72	71.72	1.8056	85.1	157.5	3.32
"	37.36	69.12	1.8501	70.9	128.0	4.65
4) Taga Volcano						
Uomisaki	36.48	60.17	1.6494	89.4	147.5	3.63
Nirayama	39.12	77.44	1.9796	60.9	120.9	4.85
Kamiwada	37.36	67.31	1.8016	39.7	71.5	3.42
5) Omuroyama Volcano						
Yasirota	—	72.33	—	94.4	174.5	3.67
Kawana	39.72	64.54	1.6249	81.5	132.5	1.65

この場合、含まれて居る磁鐵礦が、全て Sphere の形をして Uniform に岩石の中に含まれて居ると云ふ假定はしてあるが、先づ大體に於てこの假定は差支へない。(第一報参照) 所で上述のごとく、各 Sample の中に含まれて居るべき筈の磁鐵礦の量が分つて居るので(但しノルムの値)、その量と其の Sample の帯磁率との關係を調べて見る。

第 11 圖は縦軸に帯磁率、横軸に磁鐵礦の量を取つた。



第 11 圖 岩石に含まれて居る磁鐵礦の量とその帯磁率との關係
 横軸 含まれて居る磁鐵礦の量
 縦軸 岩石の帯磁率

圖を見ると、一見するとこの兩者の間には無關係の様に見えるが、よく見ると圖に引いた様に數個の直線の上に大體乗る様に見える。これは誠に意味のある重要な事なのである。

即ち圖に於て最上部の直線に乗るものは、双子山、岩ノ山、濱等であるが、参考のために前論文に出して置いた北海道駒ヶ岳の産の熔岩も出して置いたが、これもこの直線の上に乗る。

所でこれ等の Sample の帯磁率は含まれて居るこの磁鐵礦を全く純粹なものとして計算すると、その計算値と全然一致するものである。云ひかへれば、含まれて居る磁鐵礦が pure なる形を有して居れば全てこの直線の上に乗ると云ふ事である。

然るに他の Sample は、この直線の上に乗らず他の直線に乗つて居る。この事は、これ等の Sample では含まれて居る磁鐵礦が pure な形でなく、他のもの例へば Fe_2O_3 とか TiO_2 とかと Solid Solution を作つて居るそのものの量に depend して居ると云ふ事である。

一般に強磁性體と他の反磁性體又は弱磁性體と Solid Solution を作るときは、その帯磁率はもとの値よりも小さくなるのが普通で、且つ Solid Solution を作る他の物の含まれる量が

多くなればなる程帯磁率は小さくなる。即ち圖の次ぎ次ぎの直線は、磁鐵礦が他のものと Solid Solution を作り且つその量に depend して居ると云ふ事を示して居る。

所で pure な磁鐵礦が、如何なるものと Solid Solution を作るかと云ふと、例へば一つの例は

$2Fe_3O_4 + O \rightleftharpoons Fe_2O_3$ の様な化學變化で Fe_2O_3 になるが、それがもとの磁鐵礦と Solid Solution をなして存在する。所でこの變化は温度が $1200^\circ C$ の如き高温では全然起らない。温度が 1100° 位の低い場合は、僅かの酸素の分壓があるとこの變化は容易に起り得る。

勿論地球内部に遊離酸素があるとは思へないので、この變化だけでは説明出来ないが、少くとも純粹な形で磁鐵礦を含む岩石は一般に温度が高い、即ち溶融温度が高温であると考へられる。現に Iwanoyama, Hutagoyama, Hama 等では SiO_2 の量が多い事も、この邊の事情を説明して居る。

逆に圖の最下の直線に乗るものは、大島産の熔岩の中、明治大正熔岩や安永熔岩等である。これ等は、含まれて居る磁鐵礦が可成多量の他のものと固溶體を作つて居ると考へられる。

一體、化學分析で直接出て来るものは Fe_2O_3 と FeO であつて磁鐵礦の量は、その量をもととしてそれから出したノルムの値である。磁鐵礦が果して Fe_3O_4 の形をして居るのか、或は Solid Solution を作つて居るのかは全然分らない。我々の實驗によつてこの事が明らかにされた事は注目すべき事と思ふ。

5) 結 論

第一報には大島三原山の熔岩、北海道駒ヶ岳の熔岩、仙臺附近の熔岩について測定を行なつたが、今回は引きつゞき箱根火山・伊豆地方火山について測定を行なつた。

重要な結論としては、帯磁率の大きさが、含まれて居る磁鐵礦の量、若くは磁鐵礦が他のものと作つて居る Solid Solution のその量に depend すると云ふ事が分つた。これによつて岩石をこの方面から分類研究する事も重要な事であると思ふ。

最後に援助を賜つた服部報公會に深甚の謝意を表し、又終始御指導を賜つた中村左衛門太郎先生に厚く感謝の意を表する次第である。

又種々助力を惜しまなかつた嶺永治君・飯柴淑子嬢・堀籠さと子嬢に感謝の意を表する。

(東北帝大 向山觀象所)

地殻を構成する諸岩石の磁氣的性質の研究 (第3報)

第2編 岩石の永久磁性について (其の一)

(昭和15年4月30日受理)

東北帝國大學助教授 加藤愛雄

- 1) 緒言
- 2) 測定方法
- 3) 伊豆第三紀及第四紀火成岩の永久磁性
- 4) 結論

1) 緒言

火成岩の或るものは、明瞭な磁性を有して居ると云ふ事は既に以前から知られて居た所であるが、特に本邦に於ては中村清二先生が大島の三原山産の火山弾が實に明瞭なる磁極を有して居る事を発見された事は非常に有名な事である。その後京都の松山基範先生もこの問題を研究され Basalt の永久磁性を測定せられた。即ち松山博士は各地の Basalt について實驗をされたのであるが、其の結果 Minocene と Quaternary の間に於て産出せる岩石には磁極が今の極と反對の方向に向いて居る事を発見された。

然してこれ等岩石の永久磁性は Magma より析出せられて地球の上で冷却して固まる時に其の時の地球磁場の方向に磁化されると考へられるので、上記の事實はその時代の地球の極が現在のと反對の方向に近かつたと云ふ頗る重要な結論になる。

さて著者も最近服部報公會の援助を得て岩石の磁性について研究中であつたので、この岩石の永久磁性の問題にも研究を進める事になつた。

先づ伊豆地方の火成岩について測定を行なつた。勿論未だ研究の緒にいたばかりで、今後數多くの岩石について測定してこの問題の解決に當るつもりである。

2) 測定方法

- 1) 昭和15年4月 日本數學物理學會年會にて講演
- 2) S. Nakamura Permanent mag. of volcanic Bombs. Tokyo Sugaku Butsugakkwai Kizi Vol. 6
- 3) M. Matnyama. Direction of North magnetic Pole of Basalt. 帝國學士院記事 第5卷昭和4年

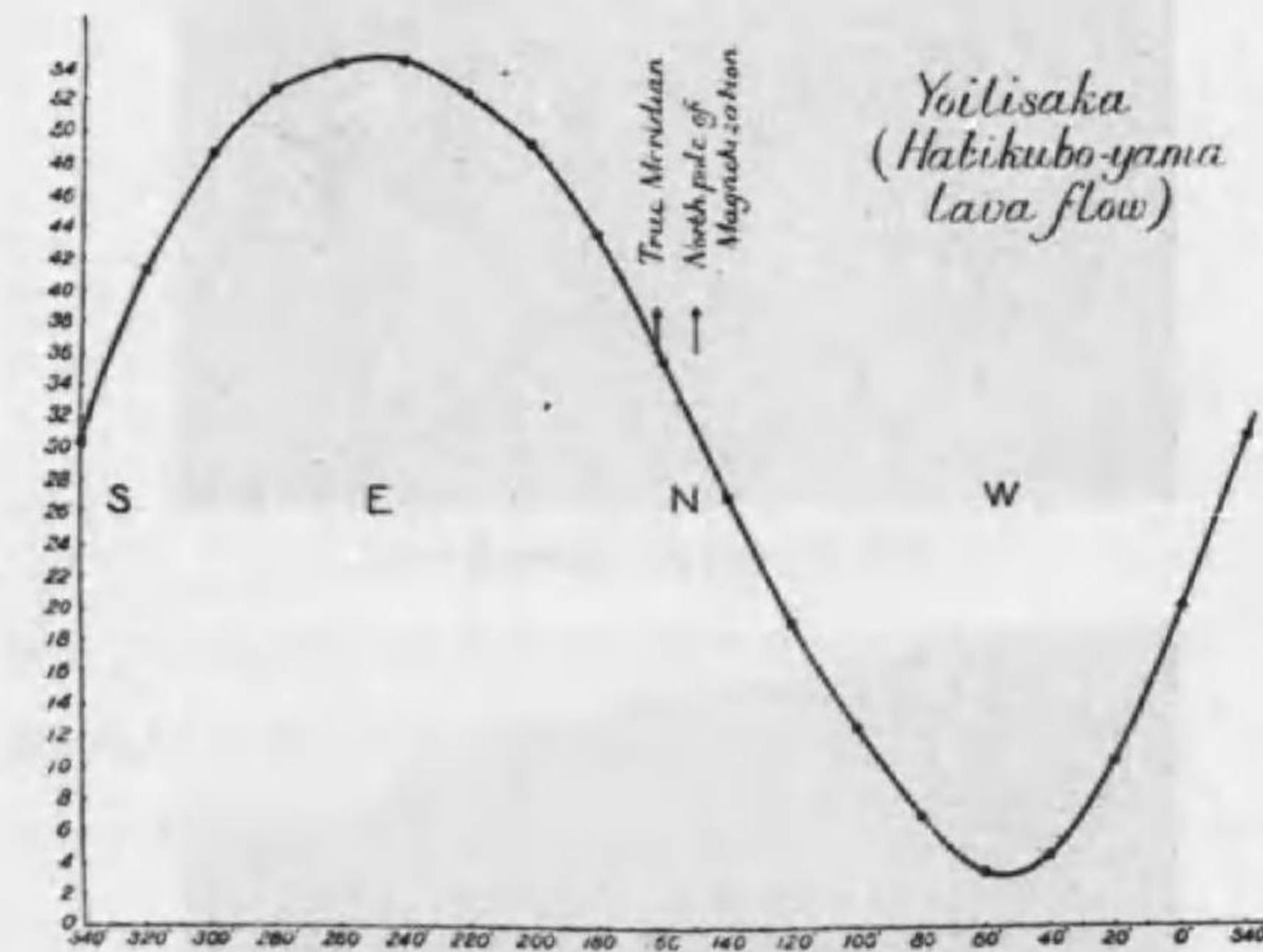
測定の方法は無定位磁力計を用ひた。全く同一の寸法の二個の K. S. 磁石を約30 厘離して丁度磁極が反對になる様に固定したものである。これを非常に細い Quartz fiber で吊した。これによつて地球磁場の影響を全く取りのぞく事が出来た。

この下の磁石に接近して Sample を置き、その Sample を廻轉してその Magnetmetre の振れを觀測した。その振れの曲線よりその最大の振幅の中心になる場所を求めて、其の Sample の Magnetization の方向を求めた。Sensibility を非常によくする事が出来たのであるが、そのために温度の變化による上下の Magnet の Moment が異なつて來るために balance が破れて Opt が異なつて來る事が實驗上非常に困難なる所である。

この困難が無ければ更に感度を増加する事が出来る。目下装置を改良中である。

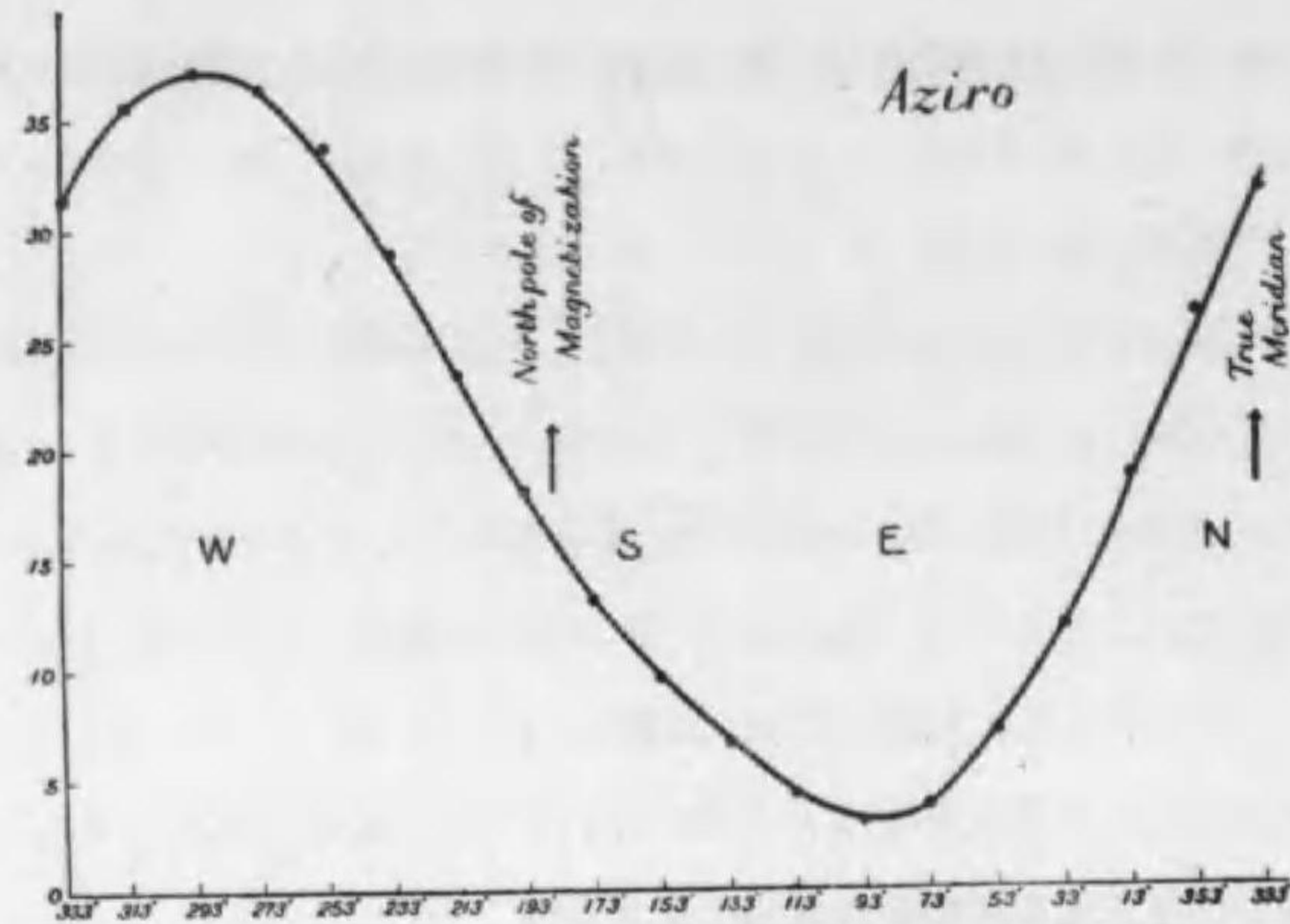
3) 伊豆地方の第三紀及第四紀火成岩の永久磁性

測定せる岩石は津屋氏の論文にある岩石について、明らかに同一であると思はれるものについて實驗を行なつた。取り扱つた Sample は全て第3圖や第4圖に示した如く、しつかりした Lava-flow の一部であるので、岩石だけが動いたと云ふ事はない。さてこの



第1圖 與市坂の Lava-flow より取つた Sample を廻轉せるときの Magnetmeter の振れ。横軸は廻轉せる角度、縦軸は Magnetmeter の振れ

- 1) H. Tsuya, On the volcanism of the Huzi volcanic Zone. Bull. of Earthq. Research, Inst. vol. XV. 1937.



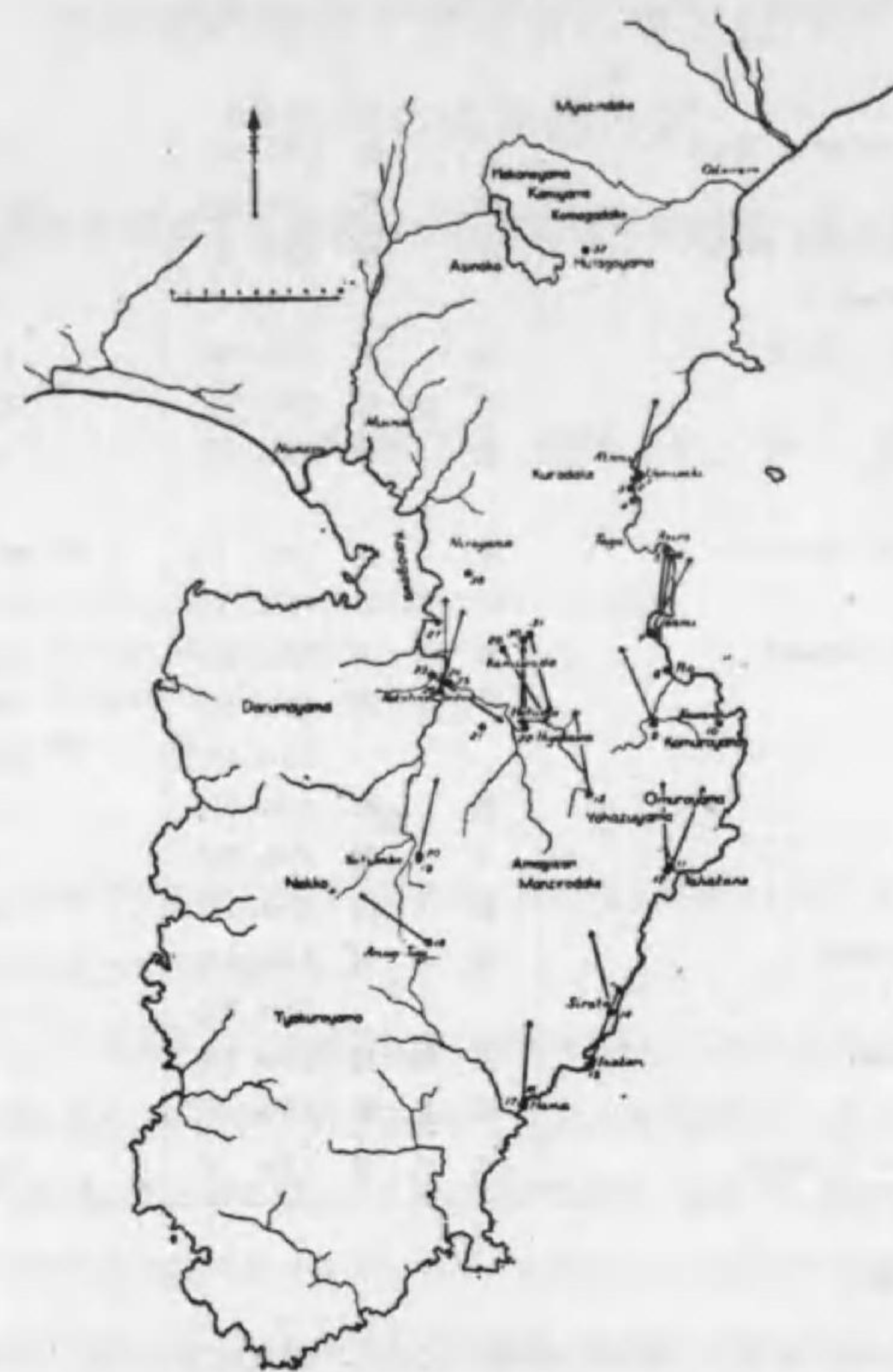
第2圖 網代の Lava-flow より取つた Sample を廻轉せるときの Magnetmeter の振れ。
横軸は廻轉せる角度, 縦軸は Magnetmeter の振れ



第3圖 奥市坂の Lava-flow



第4圖 八代田の Lava-flow



第5圖 岩石の磁北極の方向を示す

Sample を廻轉して Magnetmeter の振れを求めたのであるが第1圖, 第2圖はその例である。第5圖は斯くして得た岩石の磁北極を矢印で示したものである。

第1表は岩石の時代別につき其の岩石の磁北極の方向を今の眞北極よりの角度を示す。

圖又は表によつて明らかな様に, 大部分の岩石の磁北極の指す方向は今の北の方向と大體同様であるが, 一部のもの即ち網代から横瀬に至る線の上の5個の Sample のみが今と殆んど反對の方向を向いて居る。たゞこれだけの事實から未だ結論を出すのは早計である。果してこれ等の Sample の生成された時代の地球の磁北極が今と反對の方向を有して居つたものか, 或は又大規模の地形變動が行はれた結果であるか, 未だこの實驗のみからは斷定出来ない。

更に廣く各地の岩石について測定の後議論を進めたいと思ふ。

第 1 表

1) Miocene Effusive Rock	小立野 (No. 26)	15° 5' E
	横瀬 (No. 23)	123° E
2) Pliocene Effusive Rock	白田 (No. 14)	14° 4' W
3) Minor Tertiary Intrusive Rock	加殿 (No. 24)	1° 0' E
	天城峠 (No. 18)	53° 8' W
	濱 (No. 17)	5° 0' E
4) Quaternary.		
Lower-Pleistocene	初代 (No. 5)	163.5 W
	" (No. 6)	161° 5' W
Amagi Volcano	興市坂 (No. 20)	13° 0' W
	八幡野 (No. 11)	1° 2' E
	" (No. 12)	23° 5' W
	稻取 (No. 15)	20° 7' W
	八幡 (No. 22)	1° 5' W
	岩ノ山 (No. 13)	9° 3' E
Usami Volcano	長者原 (No. 31)	176° 5' E
	" (No. 30)	179° 7' W
Taga Volcano	上和田 (No. 29)	149° 0' E
	魚見崎 (No. 2)	15° 5' E
Omuroyama Volcano	八代田 (No. 9)	22° 7' W

4) 結 論

Astatic Magnetmeter を用ひて岩石の磁極を求めた。伊豆地方の岩石について実験を行なつたが、その結果、一部のものはその岩石の磁北極の方向は今の地球の北極の方向と殆んど反對に近いものがある。

これ等の結果に対する結論は更に廣範圍に涉つて岩石を採集して実験を行なつた後でなければ輕々には断定出来ない。

目下更に装置を改良して実験を續行中である。尙偏角のみでなく伏角についても実験を進めて居る。最後に御援助を賜つた服部報公會に對して深甚の謝意を表する次第である。

又種々御注意を賜つた中村左衛門太郎先生に厚く謝意を表し、又種々御助力下さつた齋藤良一君初め嶺永治君、飯柴淑子嬢、堀籠さと子嬢、後藤文子嬢の諸氏に謝意を表する。

(東北帝大 向山觀象所)

三宅島の爆發と地磁氣の變化並びに 噴出岩の磁氣的性質

(地殻を構成する諸岩石の磁氣的性質の研究 第4報¹⁾)

(昭和16年4月30日受理)

東北帝國大學 助教授 加藤 愛 雄

- 1) 緒 言
- 2) 三宅島の爆發機構と地球磁場の變化との關係
- 3) 噴出岩の帶磁率の測定
- 4) 噴出岩の冷却と其の磁化の過程
- 5) 結 論

1) 緒 言

地殻を構成する諸岩石の磁氣的性質の研究中、たまたま昭和15年7月12日伊豆七島中の三宅島爆發し、多量の熔岩を噴出した。

丁度10年前この三宅島に於て地磁氣伏角の觀測を施行してあつたので、爆發後直ちに同一地點に於て觀測をなし、其の間に於ける變化を求むる事を得たが、其の變化が今回の爆發の機構と重要な關係のある事を明らかにする事が出来た。而して、更に新噴出岩の帶磁率を測定し、各種熔岩の間の關係を知る事を得た。又熔岩が其の冷却するに従つて其の時の地球磁場の方向に磁化されて行くであらうと云ふ事は、既に古くから考へられて居たが、丁度今回の爆發によつて高温の熔岩流が噴出された(觀測の初めに於ける温度は約900°C前後)ので、その熔岩流のそばに於て自記磁力計により水平磁力及び偏角の變化を、更にアースインダクターにて伏角の變化を觀測し、以て熔岩が冷却するに従つて其の熔岩流が次第に磁化され、其の方向は全く現在の地球磁場の方向と一致する事及びそれが非常に大なる熱残留磁氣の強さを有するに到る事が明らかになつた。

2) 三宅島の爆發機構と地球磁場の變化との關係

さて、地震活動或は火山の爆發に伴つて地球磁場が顯著なる變化をすると云ふ事は既に我

- 1) 昭和16年4月5日、日本數學物理學會年會にて講演。
第1報—服部報公會研究報告第8輯。
第2報、第3報—同上本輯(第9輯)に掲載。

我の古くから唱へて居た事で、今更説く程でもない事である。¹⁾

現今漸くこの問題が本邦地球物理學者の間に注意を引く様になり、今回の三宅島の爆發に際しても、著者の他に高橋博士及び永田武君、水上武君の三個の論文が發表された。

その中でも高橋龍太郎博士の垂直磁力の觀測結果は最も興味あるものである。²⁾

さて、地震の豫知若くは火山の爆發の豫知は地震學に於ける最も重要な問題である。而してこの地震の豫知又は火山の爆發の豫知の問題に關して、地球の磁場の變化を觀測しようと云ふ事は、實は日本では非常に以前に於て、即ち 1891 (明治 24 年) 濃尾大地震の後に開設された震災豫防調査會の一つの研究題目として取り上げられたのである。當時、仙臺、東京、名古屋等に地磁氣觀測所を設立してこの研究をつゞけて來たのであるが、當時は地震の起つた其の時に於ける地磁氣の變化に主として注意を拂つたのであるが、地震の場合は磁力計の磁針が地震波のために振動するので、この變化を見出す事は可成り困難な事であつた。よつて當時は豫期せる如き成果を得ず。この重要な問題は其の後一般の學者より殆んど省みられなかつたのである。其の後近年になつて中央氣象臺島山久尙博士が那須火山に於て地磁氣の異常分布を觀測したのが、この方面に又新しい興味をもたらすに到つたのである。

斯くて昭和 4 年 6 月北海道駒ヶ岳の爆發の直後中村左衛門太郎博士がこの火山に於て地磁氣伏角の觀測をなし、極めて著しい磁氣異常をなして居る事を明らかにしたのが、火山活動に結びつけて地磁氣の觀測をなした最初の論文である。この火山に於ては其の後毎年この地の磁氣伏角の觀測が繰り返へされ、この火山活動の消長と其の伏角の變化との間に密接なる關係がある事が著者によつて發見されたのである。³⁾

更に地震活動によつても地球磁場が著しく變化される事が著者によつて明らかにされたのである。⁴⁾

しかも、この地震或は火山の活動に伴ふ地球磁場の變化は、その地震の發生或は火山の爆

- 1) 加藤愛雄、地震及火山活動に伴ふ地球磁場の變化に關する研究、東北帝大理科報告第 27 卷 1 號
 " 同 上 (第 2 報) " 第 29 卷 3 號
 " 同 上 (第 3 報) " 第 29 卷 3 號
 中村左衛門太郎、加藤愛雄、近畿、東海地方に於ける地磁氣變化の研究、服部報公會研究抄録第 4 輯、昭和 12 年。
 2) 高橋龍太郎、平能金太郎、三宅島の噴火に伴つた垂直磁力の變化 地震第 12 卷 11 號昭和 15 年。
 3) 島山久尙、那須山及び柿岡附近に於ける地球磁氣垂直分力の異常分布 氣象集誌 8 卷 5 號昭和 5 年。
 4) 加藤愛雄、前出、東北帝大理科報告第 27 卷 1 號。
 5) " " " " "

發のその時に起るのではなく、既に地震の起る前、或は火山の爆發する前に既に起つて居るものである。

即ち地震又は火山の爆發は、**地震活動又は火山活動**の最後の現はれであつて、既にその時までには地殻の内部ではその活動に附隨して壓力とか温度の變化による物理、化學的の變化が起つて、其のために地磁氣の變化が生ずるものである。

即ち、地震又は火山の爆發の豫知の重要な資料を與へるものである。實際日本のごとく地殻變動の著しい所では、歐米大陸に於けるごとく地球磁場の變化が各地とも共通である事はむしろ稀れで、各地で異つた積年變化をなすものと考へられるのである。

何れにしても地殻内部に於ける物質の異常分布を知るには、重力による方法、地磁氣による方法、地電氣による方法が考へられる。實際坪井忠二博士により重力の分布と地下構造に關する重要な論文が數多發表されて居り、更に地震の起り易い地帯を重力の分布から推論されて居る。

これは誠に興味ある事であるが、然し現に地殻内部に於て、何等かの物理的又は化學的の變化が進行しつゝあるか否かと云ふ事、云ひかへれば、地震又は火山の活動が現に今地殻内部に於て起りつゝあるか否かと云ふ事については恐らく知る事は出来ない。

然るに磁氣的又は電氣的の方法、云ひかへれば地磁氣又は地電氣は、かゝる地殻内の物理的又は化學的の變化によつて著しく其の値を變化するであらう事が期待される。

即ち地震又は火山の活動が magma (岩漿) の運動に起因するものと考へるならば、其の magma の上昇による地殻内の温度又は壓力の著しき變化が考へられる筈である。

然るに地殻を構成する諸岩石の磁氣的性質は、既に著者の研究により、温度により著しく變化する事が明らかにされた。⁵⁾

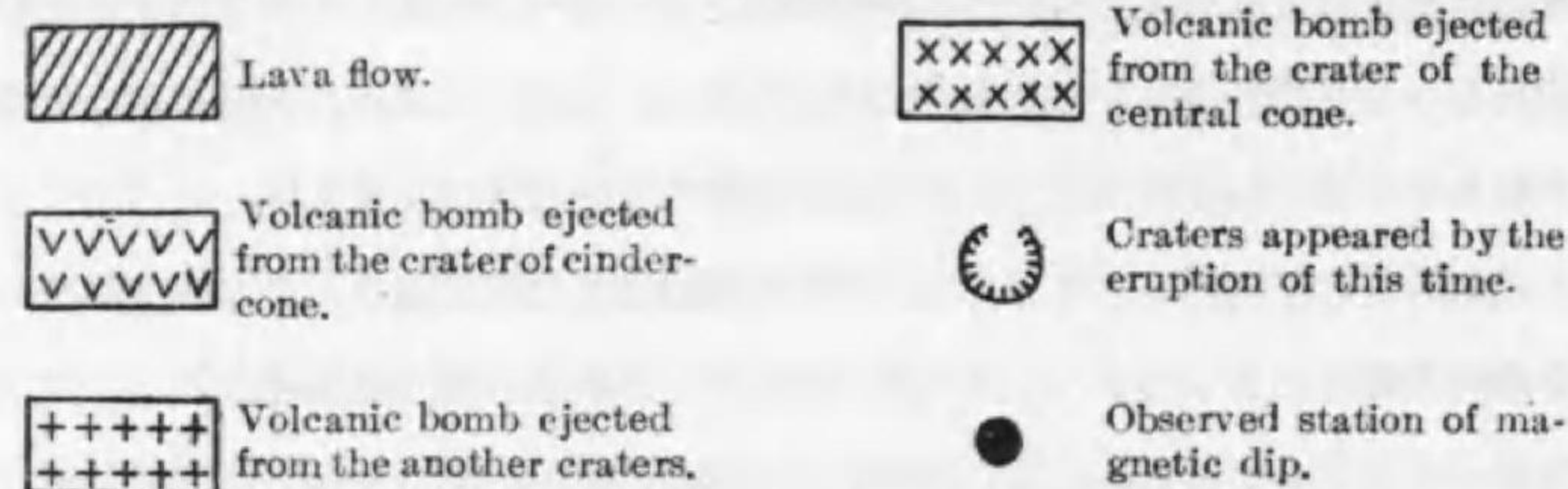
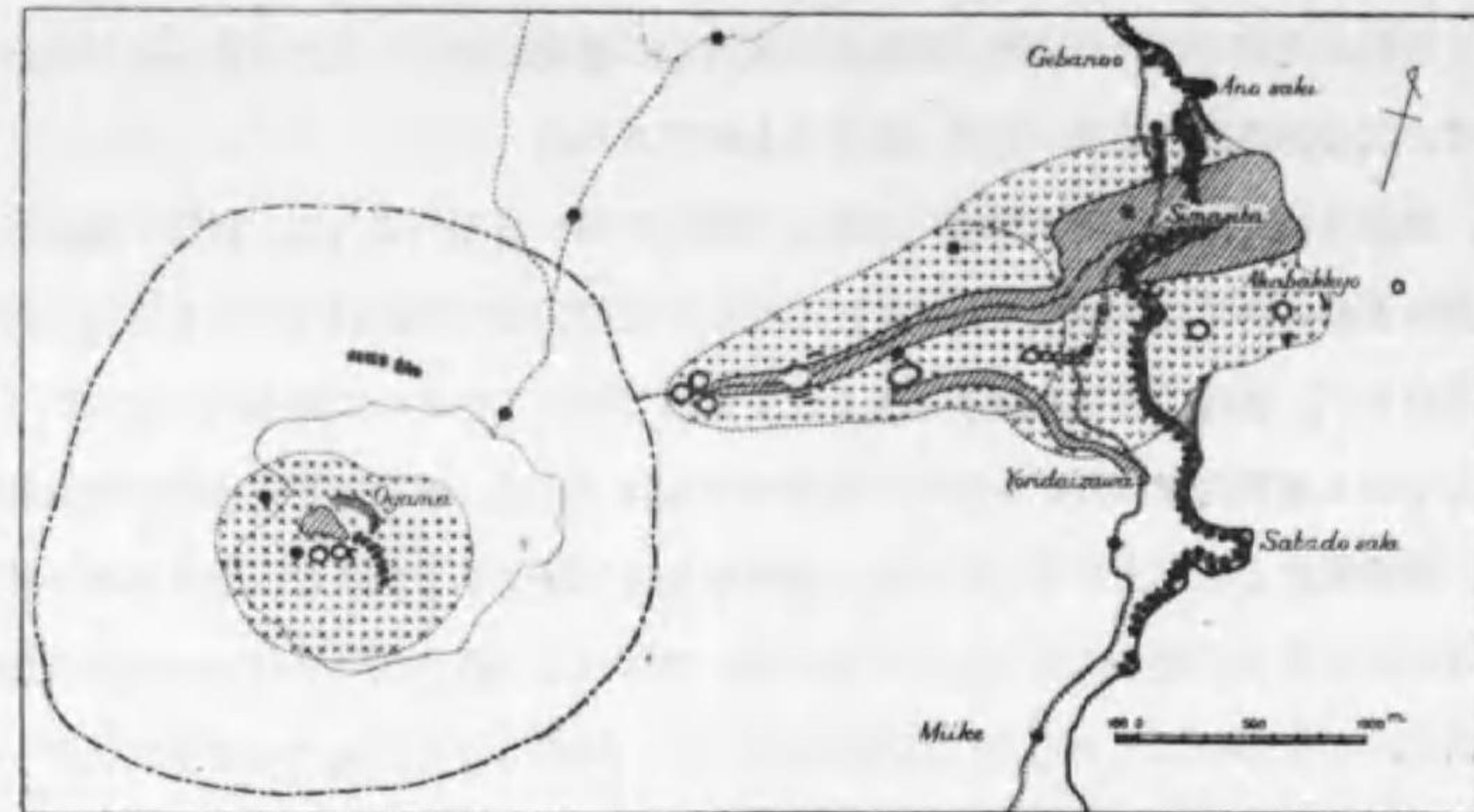
壓力による岩石の磁氣的性質の變化については未だ不明であるが、これも相當大なる變化をするであらう事が期待される。

斯くのごとく地震又は火山活動によつて地磁氣が變化をする事は當然期待される事で現に著者の數多の例によつても明らかな事である。

地電氣も同様に地震又は火山活動によつて變化する事が期待されるのであるが、唯地磁氣

- 1) 坪井忠二、重力異常と地下構造の關係、地震研究所彙報 15 號、16 號、17 號、18 號、19 號。
 2) 加藤愛雄、地殻を構成する岩石の磁氣的性質の研究 (第 1 報) 東北帝大、理科報告、第 27 卷 1 號

の測定に反してこの場合測定するに當つて電極を直接に地殻に接觸させる事が必要である。この接觸のために生ずる種々の誤差が本質的の變化を邪魔する事が往々あるので其の變化を分析する事が可成り困難な事になる。



第1圖 噴火現場の見取圖

斯くのごとく地震又は火山の活動の豫知に關しては地磁氣による方法が最も有力なものと考へられるのである。

さて今回の三宅島の爆發に際しても地磁氣の著しい異常變化を明らかにする事が出来たのであるが、更にその變化が今回の爆發機構に密接なる關係がある事を明らかにしたのである。

しかして現地に於て觀測中既にこの關係を明らかにする事が出来たので、現地に於て早急に發表して人心を安定せしむる事に役立つたのである。¹⁾

1) 7月20日頃より三宅島の山頂噴火が漸く盛んとなり、島民人心不安となりたる爲、當方の觀測結果により今回の火山活動の主活動地帯は7月20日噴火せる赤場曉並びに山腹噴火にあり、この方は最早沈靜に歸し、現今の山頂噴火はこれに附隨せる活動にすぎざる事を通報して人心安定の一助をたらしめた。

以下三宅島の爆發の経過と觀測せる地磁氣の變化について述べる事にする。

さて三宅島は伊豆七島中の一の火山で、有史以來 11 回の噴火の歴史がある。¹⁾ 其の最近の噴火は明治7年(1874)に起つたもので、外輪山北西麓の新火口より多量の熔岩を噴出し、現在燒場と稱して當時の面影を残して居る。

今回の三宅島の爆發は昭和 15 年 7 月 12 日午後 7 時半頃三宅島の東側の赤場曉灣の西方、神着村と坪田村の村境の山腹より噴火し、續いてこの地點より赤場曉灣に到る線上に於て次ぎ次ぎに噴火をなし、かゝる裂罅に沿ふて噴火が行なはれたのである。

第1圖は其の模様を示す圖である。而してこの裂罅に沿ふて生ぜる火口群より多量の熔岩を噴出し其の熔岩流は赤場曉灣にのぞめる島下部落の大半を埋め更に赤場曉灣をも埋めてしまつたのである。熔岩流はこの外坪田村、ヨリダイ澤に流下したものがあつたが、この方は海岸まで達せず終つて居る。

更に島下部落を埋めた熔岩流の下端附近の海中噴火のために多量の火山彈及火山礫を噴出し、其のために新たに岩滓丘(飄草山寄生火山)を生じた。

さてかゝる赤場曉並びにこの西方神着及坪田村界の山腹に起つたこの噴火は翌 7 月 13 日午後 6 時頃までに連續的に起つたもので 14 日午前には全く沈靜に歸したものである。

然るにこの三宅島の活動はこれを以て終止せず、この頃より山頂の雄山の舊火口より噴火を始めたのである。前述の 7 月 12、3 日の山腹噴火の節にはこの山頂の噴火は全然認められず、14 日に到つて初めて噴煙を認められる様になつたのである。斯くてこの山頂の噴火は次第に勢力を大にし多量の火山灰を其の風下に當る前記の山腹噴火の現場より少しく南に當る部分に降らしたのである。次いで 7 月 22 日中村先生阿古より登山、雄山頂上に到りたる時は、熔岩の破片を噴き上げて居た由であるが、この頃まではこれら火山灰及熔岩の破片は舊火口底を構成して居る舊熔岩及舊岩屑を噴出して居たものである。斯くて 23 日頃より三池の上方に數 em のスコリアを降らすに到り、新熔岩が火口底まで上昇せることを示して居た。次いで 25 日に到りこの山頂噴火の活動は最大となり爆音及鳴動は猛烈にして盛んに火山彈を噴出するに到つたのである。

斯くて山頂噴火はこの日を以て其の活動最大となり、以後漸次活動力は衰へ、8月上旬全く沈靜に歸したのである。

1) 大森房吉、震災豫防調査會報告、86 大正 7 年。

この山頂噴火のために舊火口中其の中央の舊大穴火口と其の西方の一段高くなつて居た火口の中に3個の新しい火口丘を作り其等の上に數個の火口を生じた。更に熔岩流が舊火口の北西方の口に流出し熔岩臺地を作つた。3個の火口丘の中、西方のものは最も高く舊火口の南西の壁の上縁をはるかに越えて、ハヨノ平より數10米の高さの新山を作つたのである。

何れにしても最近の本邦の火山活動の中でも其の規模の大なる事及裂罅噴火であると云ふ事に於て注目すべきものであつた。

この火山活動による地形的變化或は噴火の経過に関する地方の人々の談話等は、津屋博士の報告に詳細に述べられて餘すところがないので、こゝには省略することにする。¹⁾

次に今回の活動に於て注目すべき事の一つは非常に明瞭なる爆發の前兆を伴つたと云ふ事である。即ち、山腹噴火地帯の赤場曉の近くの西の山の東麓に當る火の山と稱する舊寄生火口に於て昭和14年12月頃湯氣の昇るのを見たもの、或は昭和15年5月頃即ち噴火の1個月位以前に赤場曉の舊海岸にのぞんで居る斷崖の下に同様、白い湯氣の様なものが上がつた事實を地方の人々が認めて居る。斯くのごとく既に噴火の數ヶ月前に今回の噴火の活動の中心地帯と思はれる赤場曉附近に於て前兆を認められたのである。

而して噴火の一週間程以前にてはこの赤場曉地帯に於ては益々明瞭なる噴火の前兆である諸種の現象を認めて居る。即ち山腹噴火の現場附近に居た人或は赤場曉の人々は岩漿の上昇に伴ふ火山性脈動、鳴動或は地温の上昇による水蒸氣等を明らかに認めて居た。殊に鳴動は噴火の數日前に於ては殊に著しかつた様である。

しかもかゝる明らかなる前兆を伴つたに拘らず地方の人々が噴火するに到るまでこれ等の現象を噴火の前兆であると氣の付いた人が少しもなかつたと云ふ事は誠に残念至極の事であつた。

三宅島は明治7年に大爆發をなしたのであるが其の後66年を経過して居るが當時の経験者にして現在の生存者である老人の言によると、明治7年にもほぼ同様なる前兆を認めた由であるが、上記の赤場曉の島下部落は最近に發達せる部落で明治7年の経験者は一人もなく従つてかゝる明瞭なる前兆を呈せるにも拘らず前以て噴火の前兆である事を全然知らず遂に9名の行方不明者を出すに到つた。

この事實は昭和8年3月の三陸地方大津浪の際にも、明治29年の同じく三陸大津浪を

1) 津屋弘達、昭和15年7月三宅島噴火調査報告。(第1部)地震 第12巻、10號、昭和15年。

經驗せる老人の生存せる部落にてはいち早く避難し又は既に部落を高所に移し以て津浪による被害を小ならしめたが、新しく移住せる部落にてはかゝる知識なく全て大なる被害を被つたと同様な現象で、今後の対策として考慮すべき事であらうと思ふ。

さて噴火の経過については上述を以て終り、次にこの噴火の機構と地磁氣の伏角の變化について述べたいと思ふ。

10年前の昭和5年7月13日~16日に涉りこの三宅島に於て活動停止中の火山の伏角の分布を知る目的を以て伏角を測定した。觀測は伏角計を用ひたのであるが、其の時用ひた磁針はケンブリッジ製のもので新しく購入し最初にこの三宅島に於て用ひたものである。

伏角計に於て最も注意して用ふべきは磁針にして、殊にその磁針の軸である。これが少しでも不良となりたる場合は觀測値は意外なる値を生じ全く信用價值がなくなる。著者のこの三宅島の最初の觀測に於ては其の磁針の最も良好なる状態に於て用ひたもので其の觀測値は十分に信用し得るものである。次にこの同一地點に於て伏角の觀測を繰り返へしたのであるが、今回の觀測に於てはこの伏角計の磁針は不良となりたるためこれを用ひず海軍水路部型の磁氣感應儀(アースインダクター)を用ひた。

實際、今回の噴火現場に於ける如く、火山灰の尙降下しつゝある場合にはこの磁氣感應儀による觀測がはるかに有利である。勿論この場合も無磁性の天幕を使用せる事は断るまでもない。

従つてこの兩者の觀測による伏角の値は何れも同じ價值を以て比較して差支へない。

次に問題となるのは火山地帯であるので局部的の磁氣異常が多い事は勿論である。

然るに10年前の觀測點に於て全く同一の地點で觀測を繰り返へす事は可成り難儀をした。勿論其の中二、三の點では目標になる物よりの距離を入れてあつたので確實に同一點に於て觀測する事が出来た。然して他の點では道路家屋などの目標物の移轉により以前の觀測せる場所のスケッチより其の觀測點をさがすに當り1~2米の相違は止むを得なかつた。それで今回の再測に當つては同一觀測點に於て1米から3米位まで離れた點で數回觀測をなし其のために著しい値の變化がなかつた場合にのみ即ち其の觀測點が局部的の磁氣異常のある場所でなかつた場合にのみ其の値を採用した。事實坪田村の御岳神社の觀測點以外では2~3分以内の誤差の範囲内でこの兩者の伏角の積年變化を信用してゐる。

斯くのごとく火山活動又は地震活動に伴ふ地磁氣の變化を觀測するに當つては觀測點に杭

第 1 表

番號	場 所	觀測年月日 I'	伏 角	觀測年月日 I	伏 角	I-I'
1	神 着(杉山旅館前)	1930 July 16. 18 ^{h m}	47° 58.3	1940 July 20.11 06 ^{h m}	48° 04.0	+ 5.7
				July 21. 9 03.5	48° 03.6	
				July 22. 9 23.0	48° 03.8	
2	箕 輪	1930 July 16. 14 54	48° 00.8	1940 July 20.13 18	47° 50.6	- 10.2
3	砲 臺					
4	西 ア ノ ウ 崎			1940 July 21.11 43.5	49° 43.7	
5	ア ノ ウ 崎(製鹽所前)			1940 July 21.16 37.5	48° 40.0	
6	推 取 社			1940 July 21.11 42	45° 51.4	
7	社			1940 July 21.15 34	47° 18.5	
8	社					
9	社					
10	ネ プ シ 様 前					
11	赤 場 曉					
12	山					
13	丸 山					
14	ヨ モ ギ 澤 塔					
15	ヨ リ ダ イ 供養					
16	池			1940 July 23.11 15.5	46° 13.9	
17	池	1930 July 16. 11 48	45° 25.0	1940 July 23. 9 52.5	44° 56.4	- 28.6
				23.14 11.0	44° 57.0	
18	金 會 入 口			1940 July 23.15 25.5	47° 35.0	
19	御 岳 小 社	1930 July 15. 17 14	49° 01.6	1940 July 24.12 02	49° 03.1	+ 1.5
20	坪 田 小 社			1940 July 24.14 21	47° 33.7	
21	二 宮 神 社	1930 July 15. 13 51	46° 32.6	1940 July 26.12 26.5	46° 43.2	+ 10.6
				1940 July 26.11 57	46° 54.0	
22	富 賀 神 社	1930 July 15. 9 26	47° 40.4	1940 July 26.15 39	47° 37.6	- 2.8
				新 July 26.16 29.5	47° 45.6	
23	河 古 小 學 校	1930 July 14. 18 30	46° 57.1	1940 July 26.18 13.5	47° 00.9	+ 3.8
24	伊 賀 谷 小 學 校			1940 July 27.12 06.5	46° 49.8	
25	伊 豆 小 學 校			1940 July 27.16 56.5	47° 02.1	
26	土 佐 入 口					
27	三 角 點 下 穴					
28	大 外 輪 山 前					
29	内 輪 山 前					
30	新 山 上					
31	新 山 上	(1930 July 13. 13 16)	53° 02.3			

第 1 表 續 き

番號	場 所	觀測年月日 II	伏 角	II-I	觀測年月日 III	伏 角
1	神 着(杉山旅館前)	1940 July 28. 9 25.5	48° 04.9	+ 0.9	1940 Sep. 26. 8 39.3	48° 09.5
		1940 July 29.14 55.0	48° 02.7		1940 Oct. 2. 9 08	48° 10.5
2	箕 輪	1940 July 28.11 01.5	47° 50.2	- 0.5	1940 Sep. 26. 9 52	47° 55.4
3	砲 臺	1940 July 28.11 29.5	46° 43.1		1940 Sep. 26.10 28.8	46° 49.1
4	西 ア ノ ウ 崎	1940 July 28.11 59.5	49° 40.4	- 3.3	1940 Sep. 26.11 13.3	49° 40.6
5	ア ノ ウ 崎(製鹽所前)	1940 July 28.12 28.0	48° 37.5	- 2.5	1940 Sep. 26.11 44.8	48° 39.8
6	推 取 社	1940 July 28.12 53	45° 46.3	- 5.1	1940 Sep. 26.12 12.5	45° 51.8
7	社	2 1940 July 28.13 14.5	47° 10.8	- 7.7	1940 Sep. 26.12 43.0	47° 11.9
8	社				1940 Oct. 1.11 07.8	48° 19.9
9	社	4 1940 July 29.11 11	46° 15.3		1940 Sep. 26.13 10.8	45° 53.5
10	ネ プ シ 様 前				1940 Oct. 1.12 47.0	50° 54.3
11	赤 場 曉				1940 Oct. 1.16 06.8	48° 27.6
12	山				1940 Oct. 1.13 39.5	48° 41.8
13	丸 山				1940 Oct. 2.14 33.5	45° 29.1
14	ヨ モ ギ 澤 塔				1940 Oct. 1.14 14	48° 19.3

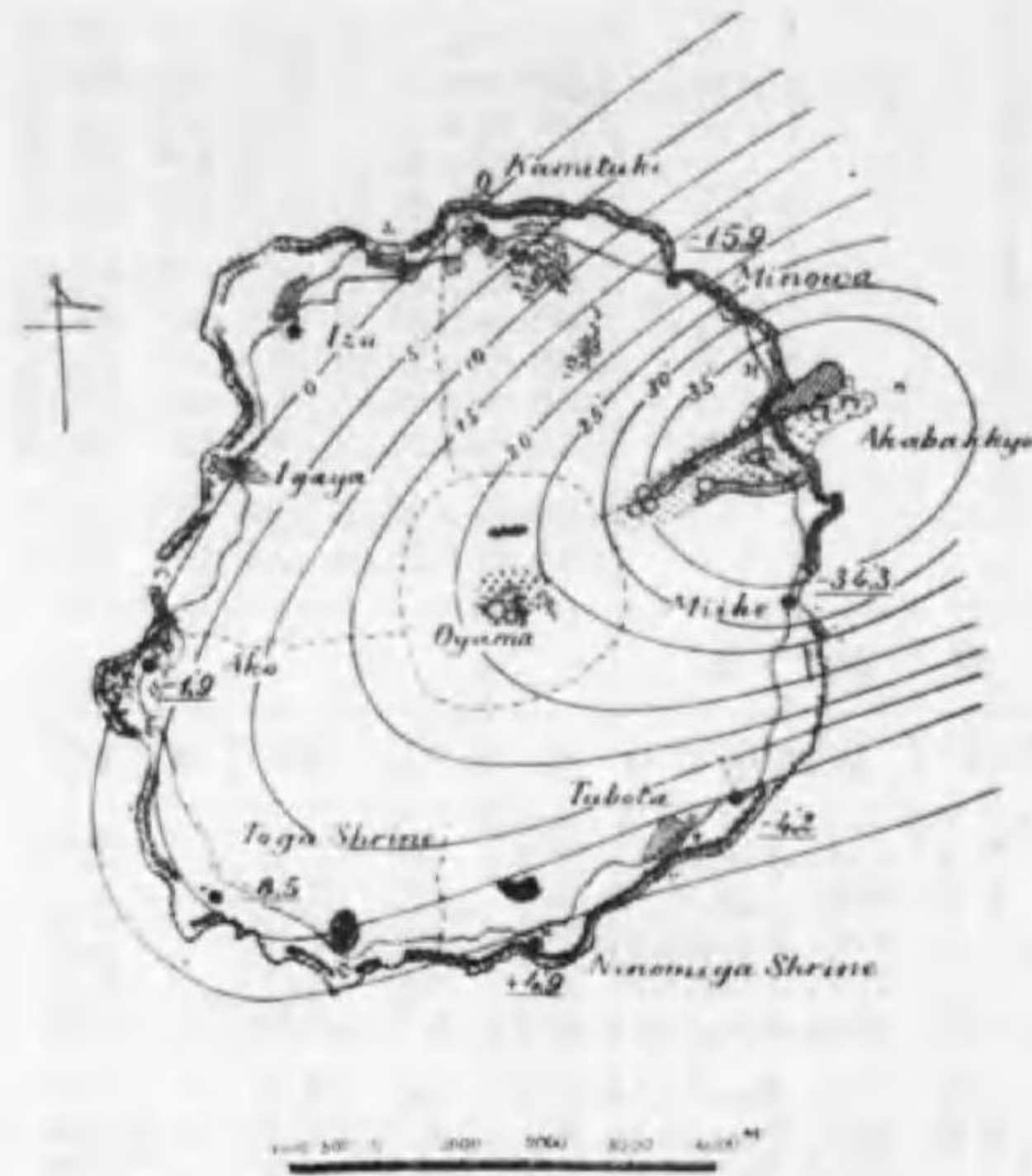
15	ヨ モ ギ 澤 塔					1940 Oct. 1.15 16.8	47° 55.0
16	ヨ リ ダ イ 澤 池					1940 Sep. 26.15 35.8	46° 18.8
17	三 會 入 口					1940 Sep. 26.16 29.5	44° 59.3
18	金 御 岳 小 社					1940 Sep. 26.17 28.8	47° 38.4
19	坪 田 小 社					1940 Sep. 27. 6 47.0	49° 09.8
20	二 宮 神 社					1940 Sep. 27. 8 25.8	47° 37.6
21	富 賀 小 社					1940 Sep. 27. 9 32	47° 00.4
22	河 古 小 社					1940 Sep. 27.11 05.5	47° 50.4
23	伊 賀 谷 小 社					1940 Sep. 27.13 33.8	47° 06.1
24	伊 豆 小 校					1940 Sep. 27.15 46.5	46° 57.2
25	土 佐 入 口					1940 Sep. 27.16 52.8	47° 06.5
26	三 角 點 下 穴					1940 Sep. 28. 9 17.0	46° 40.2
27	大 外 輪 山 前					1940 Sep. 28.10 10	47° 39.2
28	内 輪 山 前					1940 Sep. 28.11 31	50° 39.9
29	新 山 上					1940 Sep. 28.12 34.3	51° 28.6
30	新 山 上					1940 Sep. 28.15 36.0	49° 42.7
31	新 山 上					1940 Sep. 28.14 57.5	51° 29.3

第 1 表 續 き

番號	場 所	III-II	III-I	觀測年月日 IV	伏 角	IV-III
1	神 着(杉山旅館前)	+ 4.6	+ 5.5	1941 Jan. 21.11 30.5	48° 06.2	- 3.3
2	箕 輪	+ 5.2	+ 4.7	1941 Jan. 21.12 39.5	47° 53.5	- 1.9
3	砲 臺	+ 6.0		1941 Jan. 21.13 08.5	46° 47.4	- 1.7
4	西 ア ノ ウ 崎	+ 0.2	- 3.1	1941 Jan. 21.13 37	49° 34.5	- 6.1
5	ア ノ ウ 崎(製鹽所前)	+ 2.3	- 0.2	1941 Jan. 21.14 04.5	48° 39.0	- 0.8
6	推 取 社	+ 5.5	+ 0.4	1941 Jan. 21.14 27.8	45° 46.1	- 5.7
7	社	+ 1.1	- 6.6	1941 Jan. 21.14 46	47° 09.5	- 2.4
8	社			1941 Jan. 21.15 12.5	48° 06.3	- 13.6
9	社	- 21.8		1941 Jan. 21.15 33.0	45° 31.3	- 22.2
10	ネ プ シ 様 前			1941 Jan. 23.13 48.3	51° 17.5	+ 23.2
11	赤 場 曉			1941 Jan. 23.14 35.8	47° 23.0	- 1°04.6
12	山			1941 Jan. 23.15 13.5	48° 41.0	- 0.8
13	丸 山			1941 Jan. 23.12 46.5	45° 19.0	- 10.1
14	ヨ モ ギ 澤 塔					
15	ヨ リ ダ イ 供養			1941 Jan. 23.15 53	47° 56.3	+ 1.3
16	池	+ 6.2	+ 4.9	1941 Jan. 23.16 52	46° 18.3	- 0.5
17	池	+ 3.1	+ 2.9	1941 Jan. 23.17 45.5	44° 57.5	- 1.8
18	金 會 入 口					
19	御 岳 小 社					
20	坪 田 小 社			1941 Jan. 24. 8 49.5	47° 35.2	- 2.4
21	二 宮 神 社			1941 Jan. 24.10 16	46° 55.3	- 5.1
22	富 賀 小 社			1941 Jan. 24.12 06.5	47° 41.3	- 9.1
23	河 古 小 社			1941 Jan. 24.13 41.5	47° 03.5	- 2.6
24	伊 賀 谷 小 校			1941 Jan. 24.16 32.5	46° 53.3	- 3.9
25	伊 豆 小 校					
26	土 佐 入 口			1941 Jan. 22.10 34.5	46° 32.2	- 8.0
27	三 角 點 下 穴			1941 Jan. 22.11 35.3	47° 26.1	- 13.1
28	大 外 輪 山 前			1941 Jan. 22.12 50.3	50° 22.5	- 8.4
29	内 輪 山 前			1941 Jan. 22.14 19.5	51° 19.6	- 9.0
30	新 山 上			1941 Jan. 22.15 08.3	49° 34.7	- 8.0
31	新 山 上			1941 Jan. 22.15 49.5	51° 19.3	- 10.0

を立て、其の位置を明らかにし更に機械の高さをも同一にしようと云ふ事は誠に結構な事であるが、然し 1~2 米位の位置の相異では其の値に殆んど影響しないと云ふ様な観測點をさがすと云ふ事の方が更に結構な事であると思ふ。

さて昭和5年7月と今回の爆發の直後の15年7月の丁度10ヶ年間の伏角の變化は第2圖並びに第1表に示すごとくである。



第2圖 火山活動に伴つた伏角の異狀變化

にも觀測點があつたのであるが、今回の7月の觀測に當つては丁度山頂噴火の活動の最も盛んな時であつて全く觀測不可能の爲に7月の觀測をなし得ず9月の觀測の際に新たに觀測したのであるが前述のごとくこの舊觀測點の所に新たに中央火口丘が生じ、舊觀測點はこの爲に3~5米程この中央火口丘の地下に埋れたのである。従つてこの點で觀測せる値と以前の値とは全然比較出來ないのであるが、その差が $-1.33'$ なのであるので先づ負の値である事、即ち以前の伏角よりも減少したであらうと云ふ事は餘り不當な想像ではない。

この考へとこれ以外の伏角の變化の値とより等伏角變化の線をかくと第2圖の様になるのである。箕輪に於ける $15'$ 、三池に於ける

圖に明らかなごとく丁度赤場曉附近に伏角の變化の中心がある。この圖は神着村の値を不變とした場合の圖である。

云ひかへれば神着村の昭和5年7月の値は $47^{\circ}58.3'$ にして、今回の觀測の昭和15年7月の値は $47^{\circ}04.0'$ にして、其の差は $+5.7'$ である。この値はこの三宅島一帯に共通なる積年變化の項で今回の活動には無關係なものと云ふ假定のもとに全體の各値より差引いてあるのである。

尙三宅島の中心の舊火口北西壁の上



第3圖 昭和15年7月より9月までの伏角の變化

$35'$ の伏角の變化は誠に著しい變化である。



第4圖 昭和15年9月より昭和16年1月までの伏角の變化

而してその變化の中心が丁度赤場曉の附近にある。これは今回の火山活動の中心が三宅島の中央にあるのではなく、むしろ最初に活動をなせるこの赤場曉附近の山腹噴火の地帯にあるものと考へられるのである。其の裂隙の一端が西にのびて最後に中央の山頂噴火になつたものであると考へられる。

時間的に山頂噴火の後れたのは中央の舊火口底の火口柱の破壊に要したものと考へてい

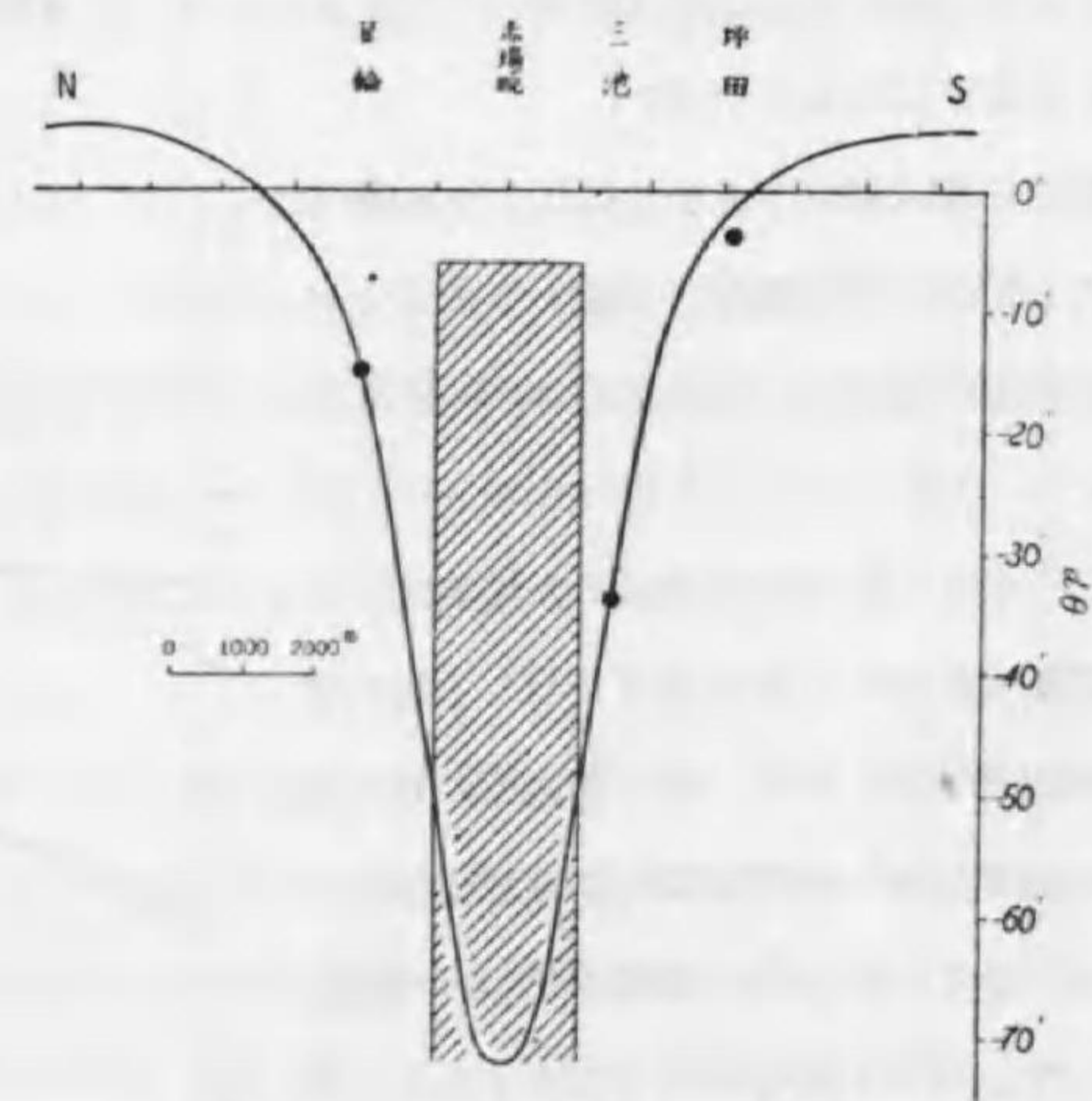
い。さて第1圖に示せるごとく、裂隙噴火が山

腹の火口より赤場曉に到るほど東西の線の上にあるので、この地帯の地殻内に於て地下より岩漿が或る幅で東西の方には極めて長くのびて居る柱狀の形で地表附近まで上昇して來たと

する。今計算を簡單にするために東西には無限にのびて居る柱狀物質による伏角の値の南北の方の一つの profile を計算して見る。この場合この伏角の計算値の曲線の形は其の幅と其の物質までの深さによつて定まり、其の絶対値はそれ等の量と更にその帯磁率の大きさによつて如何様にも定める事が出来る。

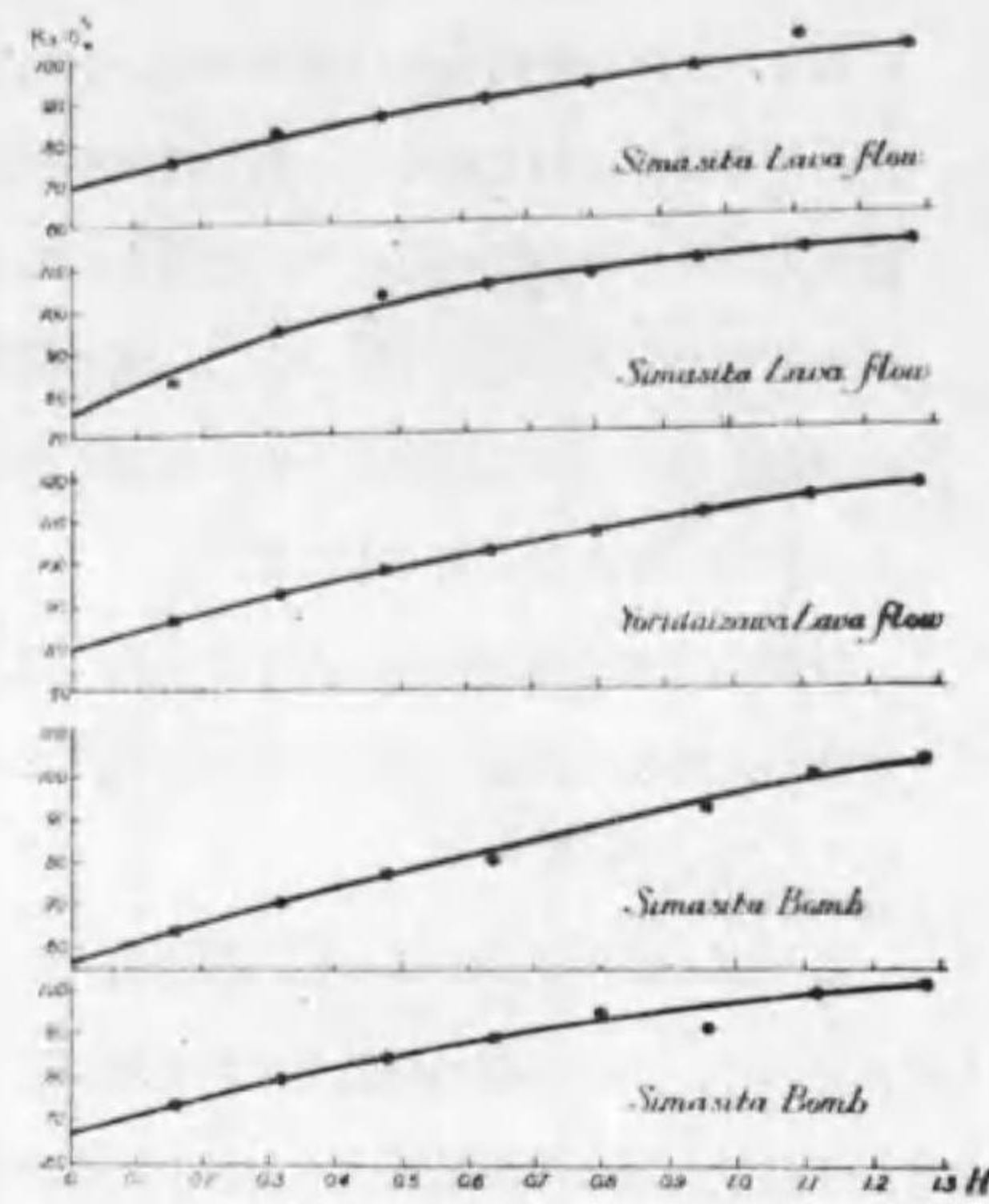
今この地方の正常の水平磁力、垂直磁力は、水路部の以前の觀測によれば、大略何れも 0.3

ガウスとして大體差支へない。そこで正常の水平磁力、垂直磁力を 0.3 ガウスとし、正常の



第5圖 伏角變化の計算値(●印は觀測値)

伏角を 45° とする。さて三池の -34' 箕輪の -15' を曲線の上に乗る様に都合のよい形と帯



第 6 圖の 1 噴出岩の帯磁率

e.m.u 位ではるかに小さい。

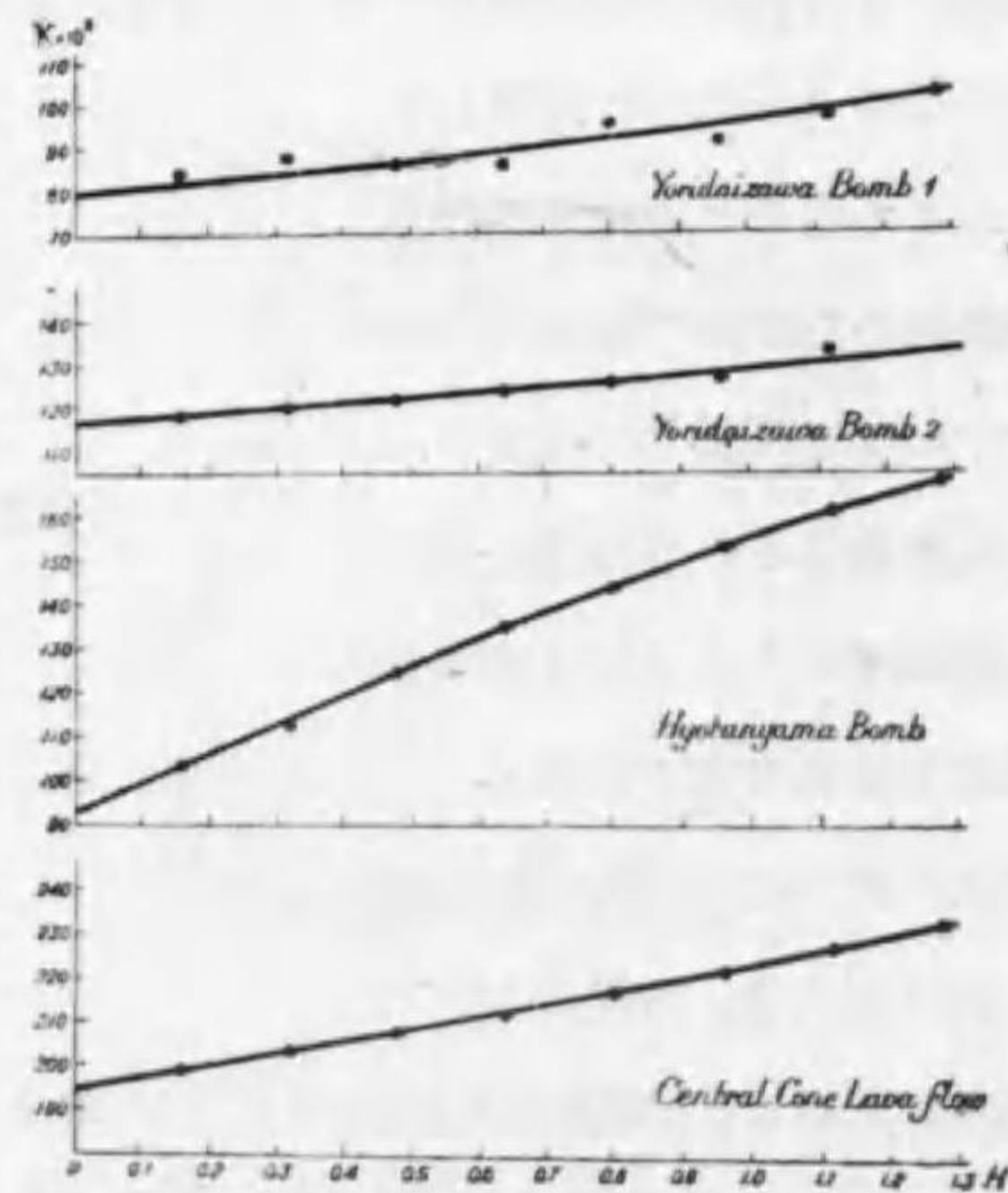
然るに第 4 節に示したごとく、この地方の古い熔岩の残留磁氣を測定して見ると、其の磁氣の強さは $I=0.033$ e.m.u. 位である。

即ち若しこの地表に現はれた熔岩だけから判断すればこの柱状物質の有して居た帯磁の強さ I は KH , (K =帯磁率, H =磁場の強さ) 即ち地球磁場による感應磁氣の強さでなく M/v , (M =磁氣能率, v =體積) 即ち其の有する残留磁氣の強さであると考へると計算とよく適合することになる。

然し地殻内部の深所の岩石の帯磁率も地

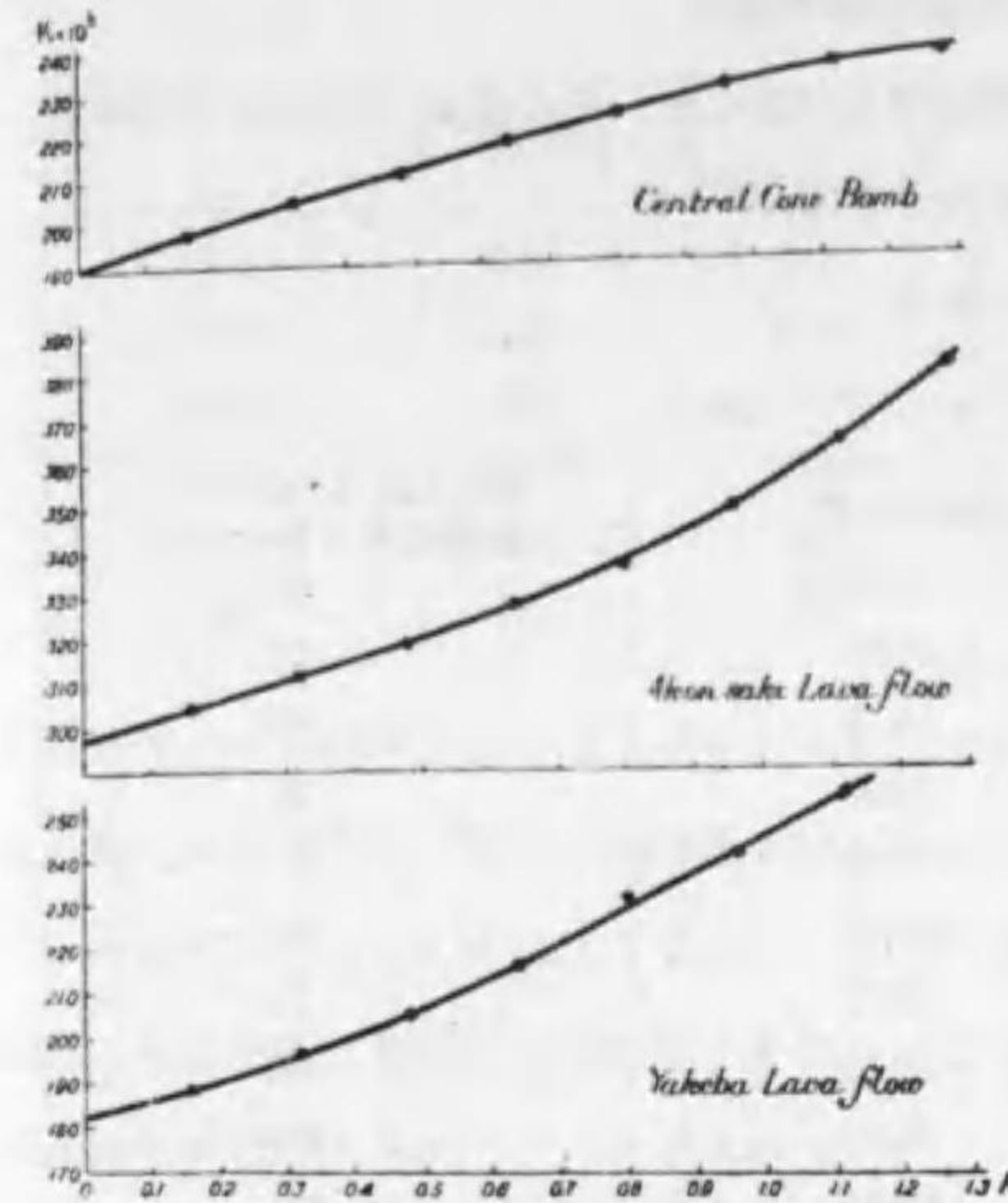
磁率を定めると、幅 2km で其の上面までの深さが 1km である柱状物質を考へ、帯磁率が周囲のものより 0.011 e.m.u. だけ小さいと假定すると丁度よい。第 5 圖はこの計算した値を示す。即ち岩漿の上昇のために、この部分が高温となり、其の帯磁率が 0 となり、其の周囲の物質の帯磁率よりも 0.011 e.m.u. 小さくなつたと考へれば、上述の磁氣變化を説明する事が出来るのである。

さて、帯磁率を 0.011 e.m.u. としたこれがこれはこの附近の岩石の帯磁率は測定の結果第三節に示した如く 0.003



第 6 圖の 2 噴出岩の帯磁率

表と同じ位であるか否か全く不明であるし、著者の第 3 節にも述べた如く或は第 2 報にも述べた如く、噴出岩の生成に當り、岩漿の



第 6 圖の 3 噴出岩の帯磁率

浅所より生成されたものより深部に於て生成されたものがより大なる帯磁率を有することが明らかである。且つ又古い熔岩の残留磁氣の帯磁の方向は必ずしも現在の磁場の方向と一致して居ないので上述の議論は決して断定は出来ない。

たゞ柱状物質が岩漿の上昇によつて其の帯磁の強さを變へたと考へれば説明がつく。

この事は著者の以前の論文に於ても、地殻内に於て岩漿又は岩石の磁氣的性質が變化したためであると述べて置くにと

どめた所以である。勿論この問題については目下更に研究中で詳細の議論は其の後に述べたいと思ふ。

何れにしても岩漿の地殻への貫入作用(其の一部が地表に熔岩流として表はれたのであるが)、即ち云ひかへれば火山作用によつて、地磁氣の變化が生じたものである。

斯くの如く爆發の機構と地磁氣の變化とに極めて密接な關係がある事が分つたのである。

しかも三角點の再測量の結果、この山腹噴火の地帯を中心に其の北側の地帯が北方へ、南側の地帯が南方へ、各 1.5 米動き更に赤場曉附近が若干上昇した事が明らかになつたが、これもこの爆發機構の一端を示して居る。

さて次に其後の 3 回の觀測の再測によると第 4 圖に示すごとく 9 月と 1 月との間の變化に於て、今回の山腹變化の少しく北に當る場所で東北より西南に走る細い地帯の伏角が約 10 分程變化して居る。丁度この附近に山腹噴火の際外輪山の最高點の附近及其のスワウ穴火口の南西の壁に裂隙を生じたのであるが丁度この線に沿ふてこの期間に伏角の變化が生じた。

これ等の事實によると三宅島の今回の活動は赤場曉附近より山頂を通り更に南西にのびる

1) 表俊一郎. 新寄生火山と熔岩流の地形測量. 地震. 13 卷 2 號. 昭和 16 年.

細長い地帯の地殻内部の弱線に沿ふ岩漿の貫入によるものと考へられる。

3) 噴出岩の帯磁率の測定

次に新しく噴出せる各種熔岩及火山彈の帯磁率を測定した。その測定せる方法は既に第1報に詳細に述べたと全く同様の方法によるものである。

其の結果は第6圖及第2表に示すごとくである。

第 2 表

	試料の重量	H=0.45 に於ける 比帯磁率 × 10 ⁻⁵
島下熔岩流	53.44 gr	60
"	54.25	71
ヨリダイ澤熔岩流	58.10	69
推取神社火山彈	53.05	53
島下火山彈	41.82	69
ヨリダイ澤火山彈	53.42	60
推取神社火山彈(結晶を含む)	61.87	79
ヨリダイ澤火山彈(結晶を含む)	54.19	89
中央火口丘熔岩流	73.03	109
" 火山彈	63.44	131

第2表に示すごとく島下熔岩流、ヨリダイ澤熔岩流の比帯磁率は全く一致して居る。即ち溶岩の性質が全く同一であること、云ひかへれば、岩漿より析出されるに當り同一の状態の下に生成された事を示して居る。

又推取神社の大山彈、島下或はヨリダイ澤の上流の火山彈は又同一の帯磁率を有し、且つ前記の島下若くはヨリダイ澤の熔岩流とほぼ同じである事は矢張りこの火山彈も前記熔岩流と同一條件の下に生成されたものと見てよい。事實これ等の火山彈は全て前記と同一の山腹の諸火口より噴出されたもので、第1圖に示した様に海中噴火によつて生ぜる火山彈と其の分布が明らかに區別出来る。

これに反して海中噴火によりて生ぜる火山彈は第2表に示したごとく其の帯磁率が大きい。しかもこの海中噴火によりて生ぜる火山彈は全て灰長石の大なる結晶を有し肉眼的にも前者の山腹噴火によりて生ぜる火山彈又は熔岩と區別が出来る。

次に山頂噴火によりて生ぜる熔岩流、或は火山彈は又何れも其の帯磁率が極めて大である。

これ等は全て岩石が岩漿より析出される時の物理的又は化學的の條件に支配される結果である。

さてこの熔岩の化學分析は前記津屋博士の論文中にある。第3表に示すごとくである。

第 3 表

	島下熔岩流	海中噴火による 火山彈 (瓢箪山火山彈)		島下熔岩流	海中噴火による 火山彈 (瓢箪山火山彈)
SiO ₂	56.07	53.01	Na ₂ O	2.45	1.76
Al ₂ O ₃	15.27	14.83	K ₂ O	0.34	0.46
Fe ₂ O ₃	4.48	5.35	TiO ₂	0.36	0.61
FeO	10.05	9.98	P ₂ O ₅	0.03	0.32
MgO	2.57	3.82	MnO	tr	tr
CaO	8.34	9.97	total	99.93	100.13

依つて、今帯磁率を測定せる試料の中に含まれて居ると考へられる磁鐵礦(Fe₃O₄)の量を求めることが出来る。今この磁鐵礦が純粹なものであると假定し、且つ球狀で一様に岩石の中に含まれて居るものと假定するとこの試料の帯磁率を計算から出す事が出来る。斯くして計算から出た値と觀測から得た値とを出して見ると次表のごとくなる。計算の方法は第1報に詳細に述べてあるのでこゝには省略する。

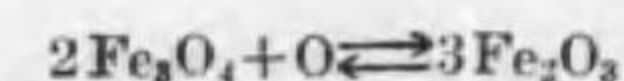
第 4 表

	用ひた試料の體積	化學分析より得た試料中の Fe ₃ O ₄ の量	計算より得た試料の帯磁率	觀測より得た帯磁率 (H=0.45 ガウス)
島下熔岩流	36.48cm ³	3.46gr (6.50gr/99.93gr)	0.00386	0.00086
海中噴火による火山彈	39.72	4.72gr (7.66gr/100.13gr)	0.00468	0.00123

即ち若し分析より得られた磁鐵礦が純粹なものであると假定すると試料全體の帯磁率は實測値よりもはるかに大きくなる筈である。全く實測値と一致しない。この事は第1報、第2報にても述べた如く含まれて居る磁鐵礦が決して純粹な形で含まれて居るものでなくて他のものと固溶體 (solid solution) を作つて居ると云ふ事を示して居るのである。一般に磁鐵礦の様な強磁性體のものが反磁性體又は弱磁性體の他のものと Solid Solution を作る様な場合には其の帯磁率は減少する。即ちかゝる純粹でない磁鐵礦が含まれて居ると云ふ事である。

然して島下熔岩流の方が海中噴火の瓢箪山火山彈よりも計算値より餘計に偏だたつて居ると云ふ事は、島下熔岩流に含まれて居る磁鐵礦の方が後者よりももつと不純なる固溶體をなすと云ふ事になる。

この事は熔岩の生成の過程に關係する事であつて第二報にも述べた如く、



なる化學變化で Fe_3O_4 より Fe_2O_3 が生成されるが、しかもこの Fe_2O_3 はもとの Fe_3O_4 の中に固溶體の形として存在すると考へられて居る。しかもかかる化學變化は $1200^{\circ}C$ 以上の温度では決して起らないが、 $1100^{\circ}C$ 以下では盛んにこの化學變化が行はれると云ふ事である。

勿論地殻内の岩漿中に於てかかる化學變化が行はれて居るか否かといふ事は何等断定する材料がないが若しかゝる變化が行はれるとすると、かかる變化は岩漿中の温度の低い部分に於てのみ行はれると云ふ事になる。即ち岩漿の地表に近い部分の比較的溫度の低い部分から析出された熔岩の中では其の磁鐵礦は非常に不純な固溶體として存在すると云ふ事になる。

斯く考へれば、山腹噴火の火口より噴出した熔岩流や火山彈の岩石は岩漿の上部より析出され、海中噴火により噴出された前記の結晶を含む熔岩や火山彈は岩漿の下部より析出されたと云ふ事になる。

この考は津屋博士が岩石學の立場から後者が灰長石の結晶を含むと云ふ事は岩漿中で重力による分離が行なはれ結晶を含む部分が岩漿の下部に集まつたと云ふ事で説明されると論じて居るが、筆者の上述の磁氣分析より得た考へと全く一致する事は甚だ興味ある事と思ふ。

更に筆者の前記の實驗により山頂噴火に於て山頂火口より噴出した火山彈や熔岩が更に大なる帯磁率を有すると云ふ事は、この山頂噴火に於て噴出された熔岩が更に岩漿の深部より析出されたものであると考へられる。

まだこの山頂噴火の熔岩の化學分析の結果が發表されて居ないので、この間の關係を断定出来ないが、肉眼的にも更に結晶質な構造を有して居る事からもこの模様的一端を知る事が出来る。

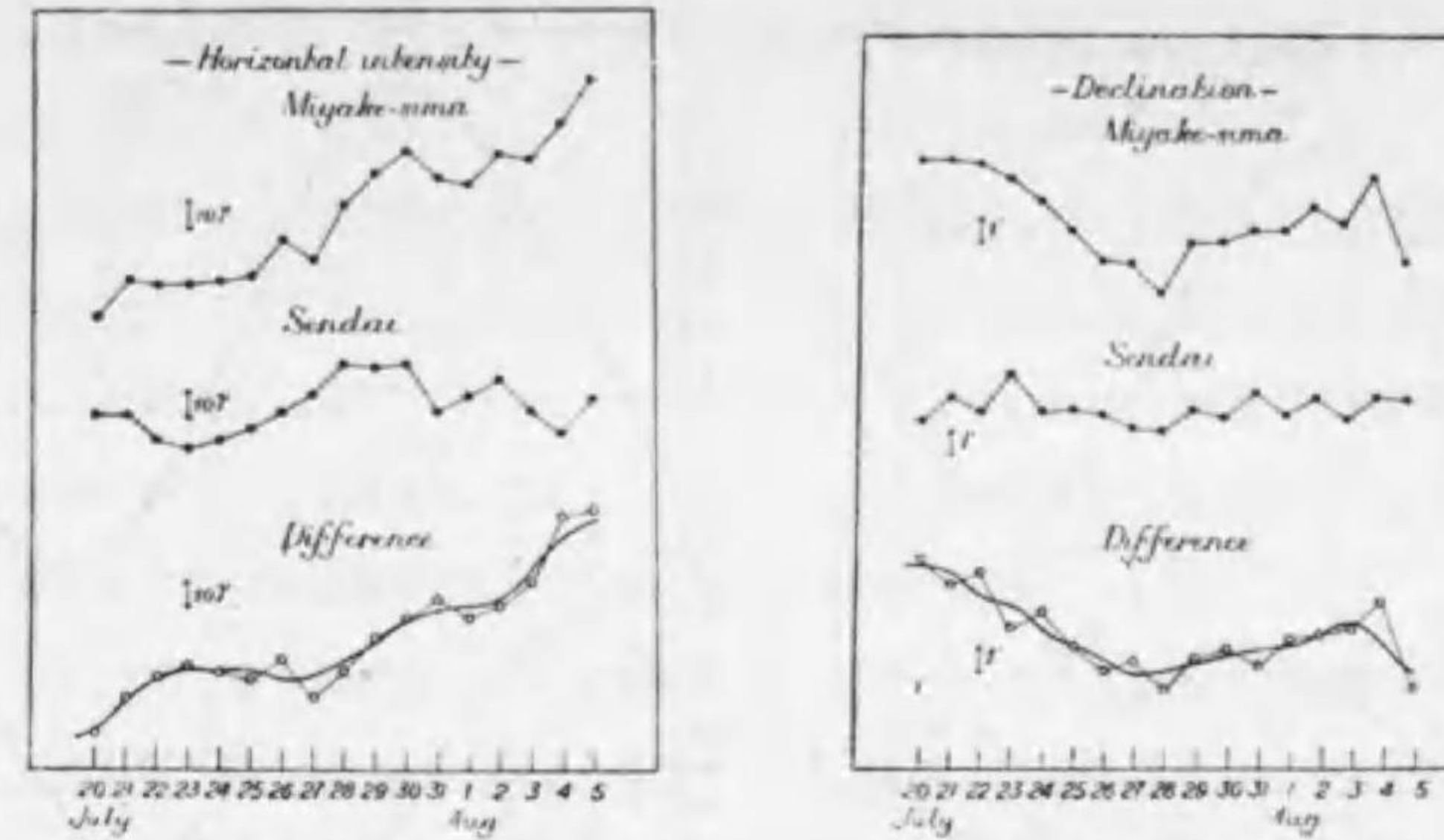
斯くのごとく帯磁率の測定の結果からも可成り重大な事がいへると思ふのである。

4) 噴出熔岩の冷却と其の磁化過程

さて熔岩が其の冷却するに當つて其の時の地球磁場の方向に磁化されて残留磁氣を有するに到ると云ふ事は古くから知られて居る事で逆に岩石の残留磁氣を測定して其の生成當時の地球磁場の方向を出さうと云ふ試みは第3報に詳述した如く中村清二先生や松山基範先生や著者によりて行なはれ、或は最近になつて地震研究所の永田武君によつてもこの問題が取り扱はれて居る。

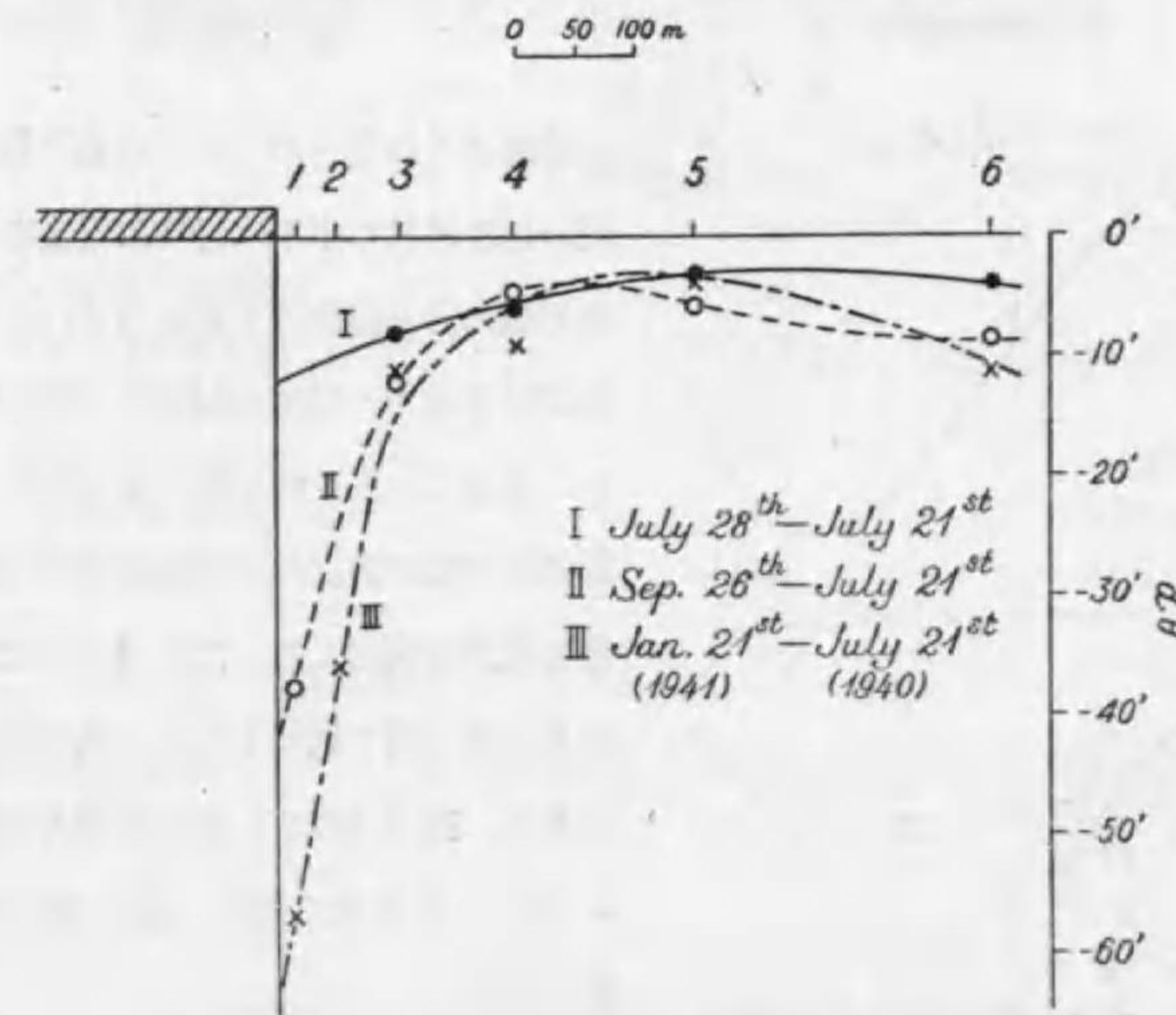
さて、この三宅島の前記の島下熔岩流について7月20日白金及白金ロジウム熱電對を以

て測定した結果表面より少しく下の割目の部分では $930^{\circ}C$ の高温を示して居た。即ちこの當時この熔岩流は極く表面を除いては少くとも $900^{\circ}C$ 前後の高温にあつたものと考へられる。熔岩のキューリー點よりはるかに高温でかかる高温では帯磁率は0である事は勿論である。



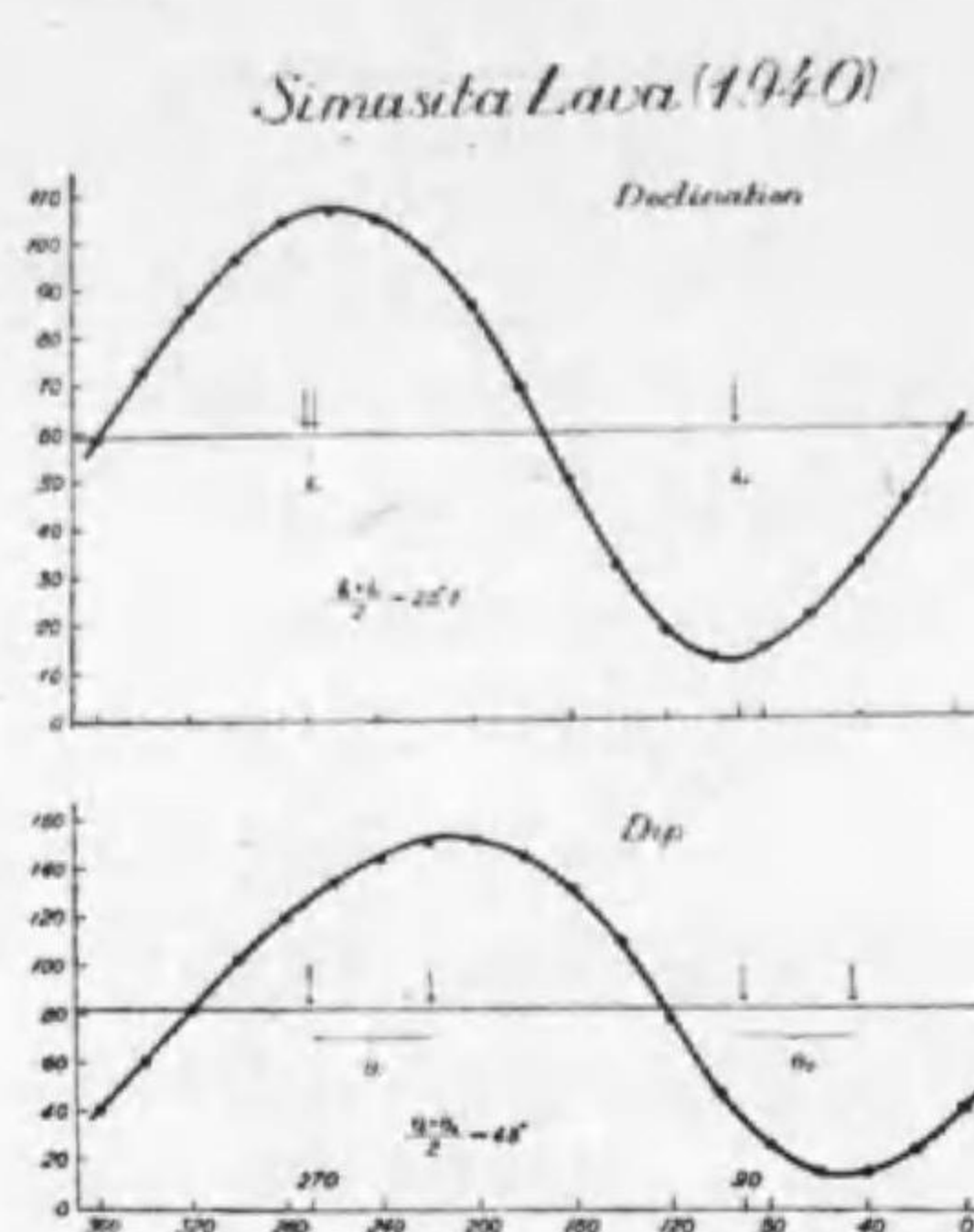
第7圖の1 熔岩流の冷却による水平磁力の變化

第7圖の2 熔岩流の冷却による偏角の變化

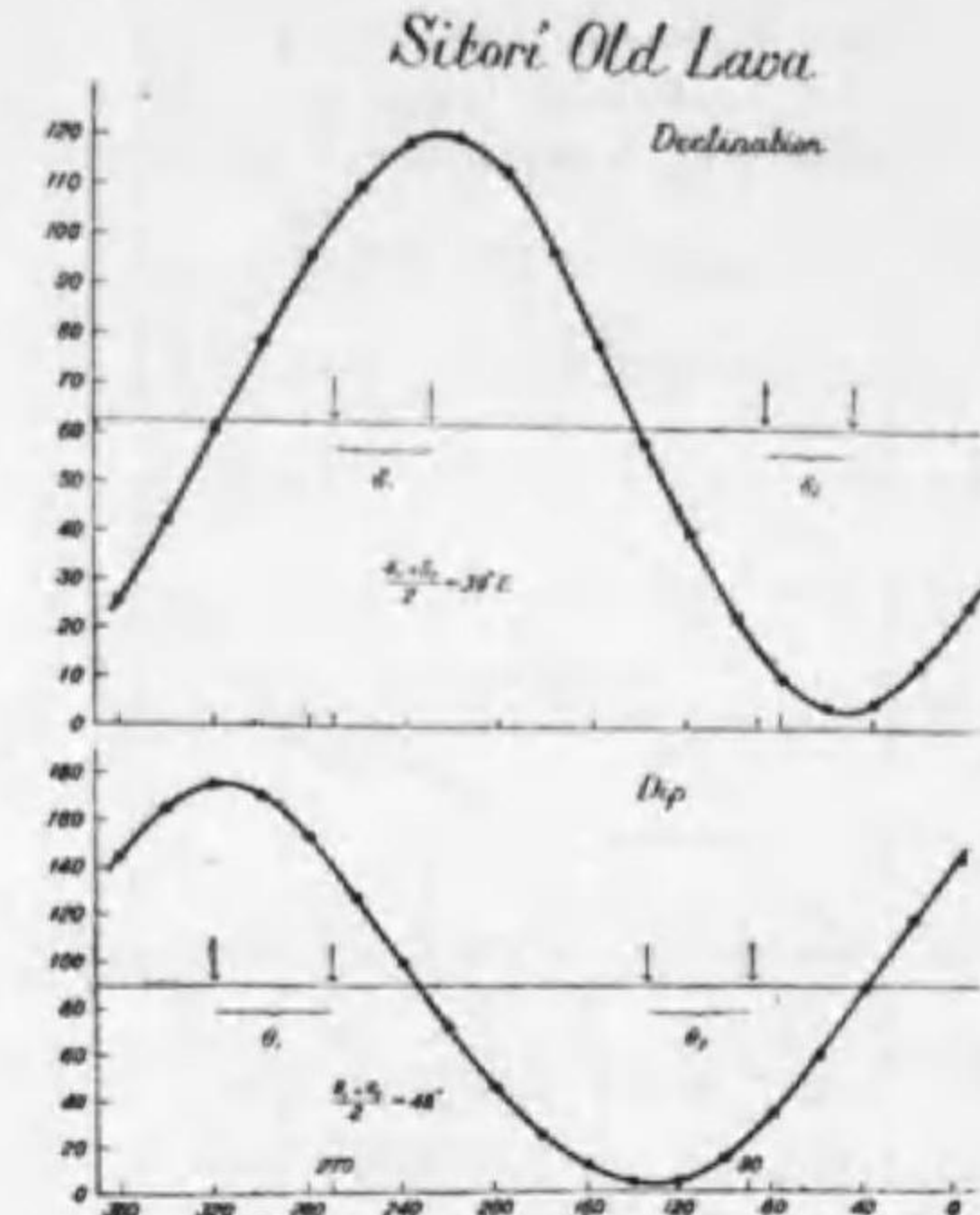


第8圖 熔岩流の冷却による伏角の變化

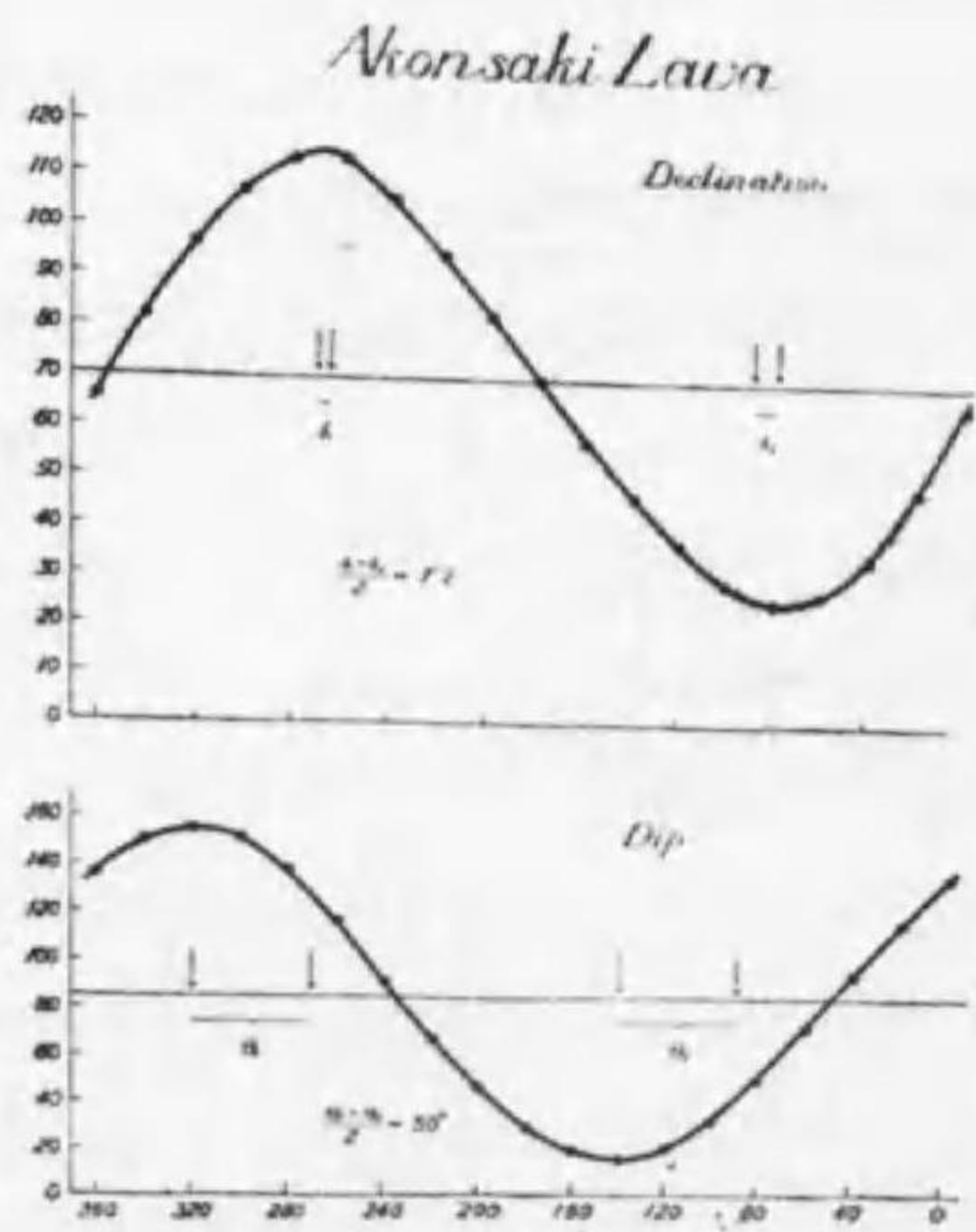
従つてかゝる高温にある熔岩流が冷却するに従つて如何に帯磁率を變化するか、或は更に冷却して如何なる大きさの残留磁氣を有するに到るか云ふ事を測定する事は丁度、實驗室内の實驗をそのまま自然の状態で實驗する事になり、この上もなき絶好の機會である。



第9圖の1 熔岩の残留磁氣の磁極の測定 (島下新熔岩流の一部)



第9圖の2 熔岩の残留磁氣の磁極の測定 (島下古熔岩流の一部)



第9圖の3 熔岩の残留磁氣の磁極の測定 (アコン崎熔岩流の一部)

筆者はこの考への下にこの島下熔岩流の北側の推取神社の床下に野外用暗室を急造し、水平磁力計及偏角計を据え付け、この熔岩の冷却によるこの場所の磁場の變化を測定した。更にこの島下熔岩流のすぐ側から北方へ數個所の點で前記の海軍水路部型の磁氣感應儀で伏角を測定した。然してこの伏角の測定は其の後4回の觀測をなし、其の間の變化を求めた。第7圖の1は水平磁力の變化、第7圖の2は偏角の變化、第8圖は伏角の變化である。

水平磁力が増加し、偏角が減少し、伏角の

値が減少すると云ふ事は熔岩流が次第に磁化されて行く事を示して居る。

しかも伏角の變化に於て見るごとく、實に熔岩流のそばでは60分以上に及んで居る。

如何に顯著なる變化であるかを知る事が出来る。

しかして尙これだけの變化ではまだ熔岩流全體が單に地球磁場の感應磁氣で磁化されて生ずるに到る變化にほぼ等しい。

若し、熔岩流が更に残留磁氣を有するに到るとすれば、もつと大なる伏角の變化が期待される筈である。

これはまだ熔岩流が冷却し切らないと云ふ事であると思はれる。尙觀測を續行中であるから遠からずこの關係を明らかにする事が出来る筈である。然るに一方實際にこの熔岩流の一部を採集して其の残留磁氣の方向及強さを測定したのである。

測定した方法は第3報に述べた様に無定位磁力計によつた。其の測定の結果は第9圖に示すごとくで其の方向は現在のこの地の磁北の方向より東へ2度伏角は48度にして全くこの附近の現在の偏角及伏角と殆んど一致して居る事を示して居る。

とりもなほさず正しく現在の地球磁場の方向に磁化されて居る事を示して居るのである。さて然らばその残留磁氣の強さを出して見ると次の表に示すごとくなる。

第5表

	残留磁氣 (M/gr)	残留磁氣 (M/V)=I
島下熔岩流(新噴出岩)	0.00825	0.01741
{島下の海岸の古い熔岩}	0.01720	—
ヨリダイ澤熔岩流	0.00575	—
中央火口丘熔岩流	0.01000	—
推取神社火山彈	0.01010	0.01879
々 火山彈(蘆草山火山彈)	0.02110	0.05296
中央火口丘火山彈	0.00883	0.02128

即ち非常に大なる残留磁氣の強さを有する事になる。

さて然らば如何にしてかゝる大なる残留磁氣を有するに到るか云ふ事が次に問題となる。

さてこの問題について考へられる事はかゝる大なる残留磁氣は主として熱残留磁氣に原因する量である事である。即ちかゝる熔岩が冷却するに當りて問題となるべき磁場は常に地球磁場即ち平均 0.45gauss の小さい磁場だけである。

かゝる小さい磁場に於て普通の自然残留磁氣は殆んど考慮する必要のない程小さいものである事は勿論である。

然らばかゝる大なる強さの残留磁氣は何に起因するかと云ふと、これは熱残留磁氣、云ひかへれば、磁場を興へながら(この場合は勿論地球磁場)高温から冷却するに當りキューリー點のすぐ下の温度に於て熔岩中の磁鐵礦の結晶が其の磁化され易い方向に向くためである。即ち熔岩が析出されるに當り、中の磁鐵礦の結晶は、任意の方向を向いて居る筈であるが、これに地球磁場が作用し、更に高温のためにこの結晶が其の最も磁化され易い方向即ち〔111〕の方向に全て向き直りそのまま冷却するためである。金屬學ではこれを磁氣處理(磁場内冷却)と云つて居るが、この磁氣處理の現象が自然界に於て自然に行はれて居る事を示して居るのである。一般にはこの熱残留磁氣は非常に大であるが、然し目下實驗中の或る熔岩は、帯磁率は極めて大なるに拘らず其の残留磁氣が極めて小さいものもあるのでこの間の關係が尙複雑なものである事を示して居る。目下實驗中であるので結論は其の後に述べる事とし、少くとも三宅島の新噴出岩について上述の如き非常に大なる強さの熱残留磁氣を有することを述べて置く次第である。

5) 結 論

三宅島の昭和 15 年 7 月 12 日の爆發の機構と地球磁場の伏角の間の變化に密接なる關係のある事を示した。然してこの地球磁場の伏角の顯著なる變化は爆發直前の値がないので不明であるが、爆發の既に以前に於て即ち約半年前に今回の活動の中心地帯である赤場曉で前兆を認めた頃に於て起つたものと考へられる。この時既に地殻の内部に於て、岩漿の運動が行なはれて居たものと考へられるのである。

次に帯磁率の測定によつて新噴出岩の性質並びに其の岩漿より析出された時の状態を推論する事が出来た。

又熔岩が冷却するに當り、磁化されて行く過程を現場に於て測定する事が出来、残留磁氣の生成の過程を推論する事が出来た。

以上の如き今回の三宅島の爆發に伴ひ地球磁場の顯著なる變化が經驗され、漸く各方面がこの方面の研究に注意を向けられる様に到つたと云ふ事は著者の喜びとする所である。

最後にこれ等の研究は服部報公會の 3 ヶ年に渉る御援助によつて行つた研究の一つであつて、同會の援助なくしてはかゝる研究は行はれなかつたもので、こゝに厚く謝意を表する次

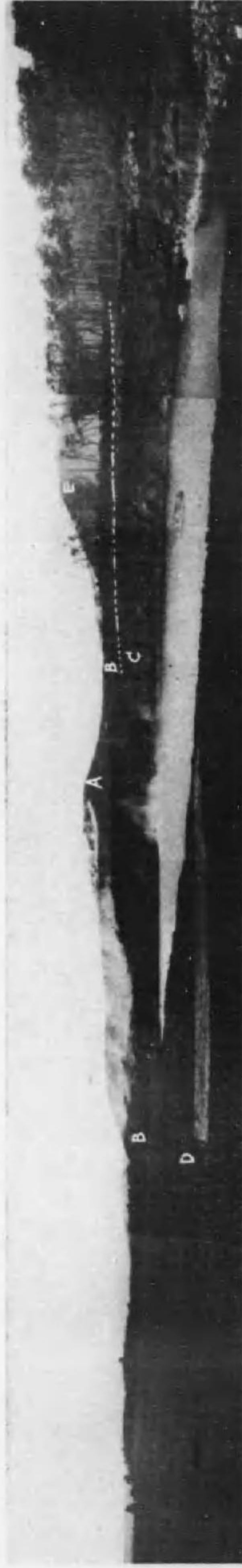
第である。

又、伏角の觀測費は文部省科學研究費の補助によるもので、これ又厚く謝意を表するものである。

又中村左衛門太郎先生より終始御指導を賜り衷心感謝に堪へない。又實驗は全て助手齋藤良一君の周到なる注意により行はれたものでこゝに心から謝意を表するものである。この他助手嶺永治君或は河野清治君、飯柴淑子嬢、堀籠さと嬢、後藤文子嬢よりも種々の助力を得た。上述の研究はむしろかゝる諸氏の研究の成果であつて、決して一人筆者のよく成し得た所のものではない。

又最後に三宅島神着村、伊豆村、伊賀ヶ谷村、阿古村、坪田村の各村長殿初め村役場の人人、又神着村淺沼悅太郎氏及び坪田村松浦鶴之助氏を始め警防團の人々に特に御厄介になつた。特に松浦團長以下の坪田村警防團の各位には一方ならぬ御厄介になつた。こゝに厚く謝意を表する次第である。

(昭和 16 年 4 月 於東北帝國大學向山觀象所)



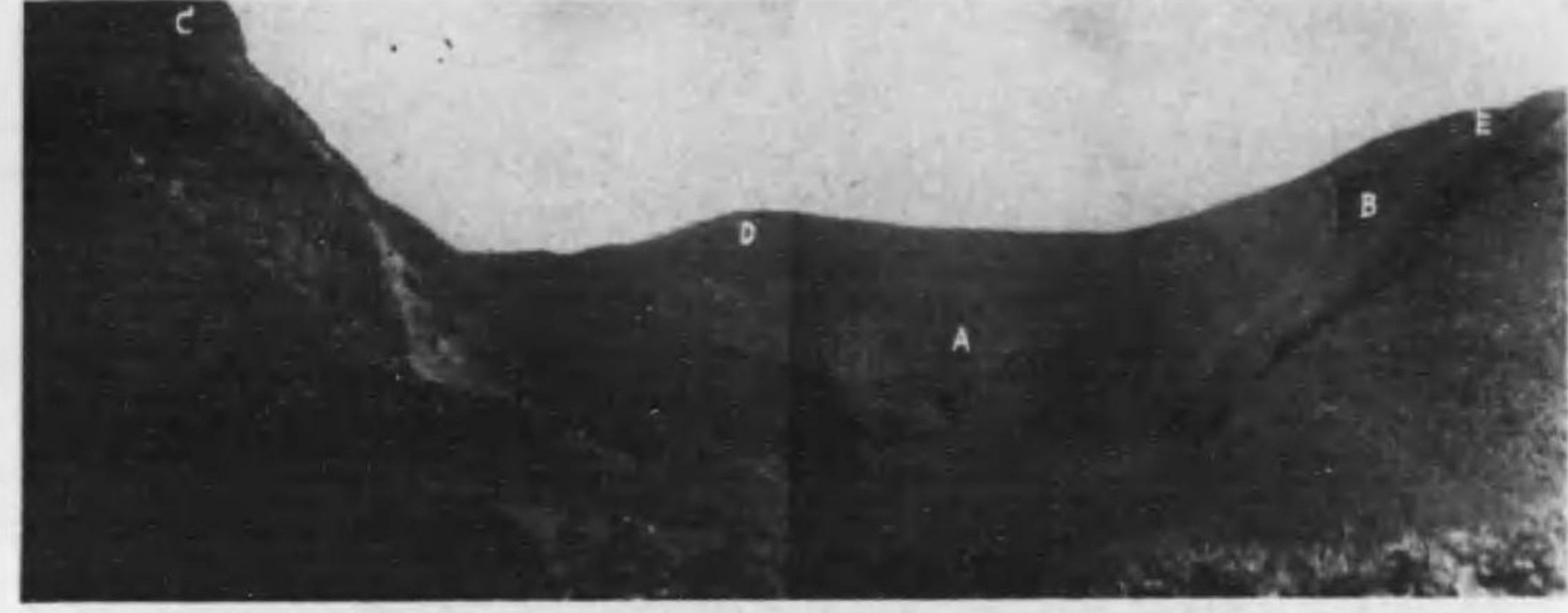
第 10 圖 赤場嶼噴火地帯 E: もとの赤場嶼の海岸の斷崖
 A: 海中に生じた新寄生火山 B: 島下熔岩流 C: 古い熔岩 D: 新しく出来た砂濱



第 11 圖 山頂の熔岩流及び新火口丘
 A: 新しく出来た火口丘 B: 新熔岩流



第 12 圖 山頂の新火口及び新火口丘
 A: 舊火口壁 B: 同じく舊火口壁 C: 堆山 D: 坪田畑の内輪火口丘 E: 三角點 1: 新火口丘 2: 新火口丘 矢印は火口の一つ



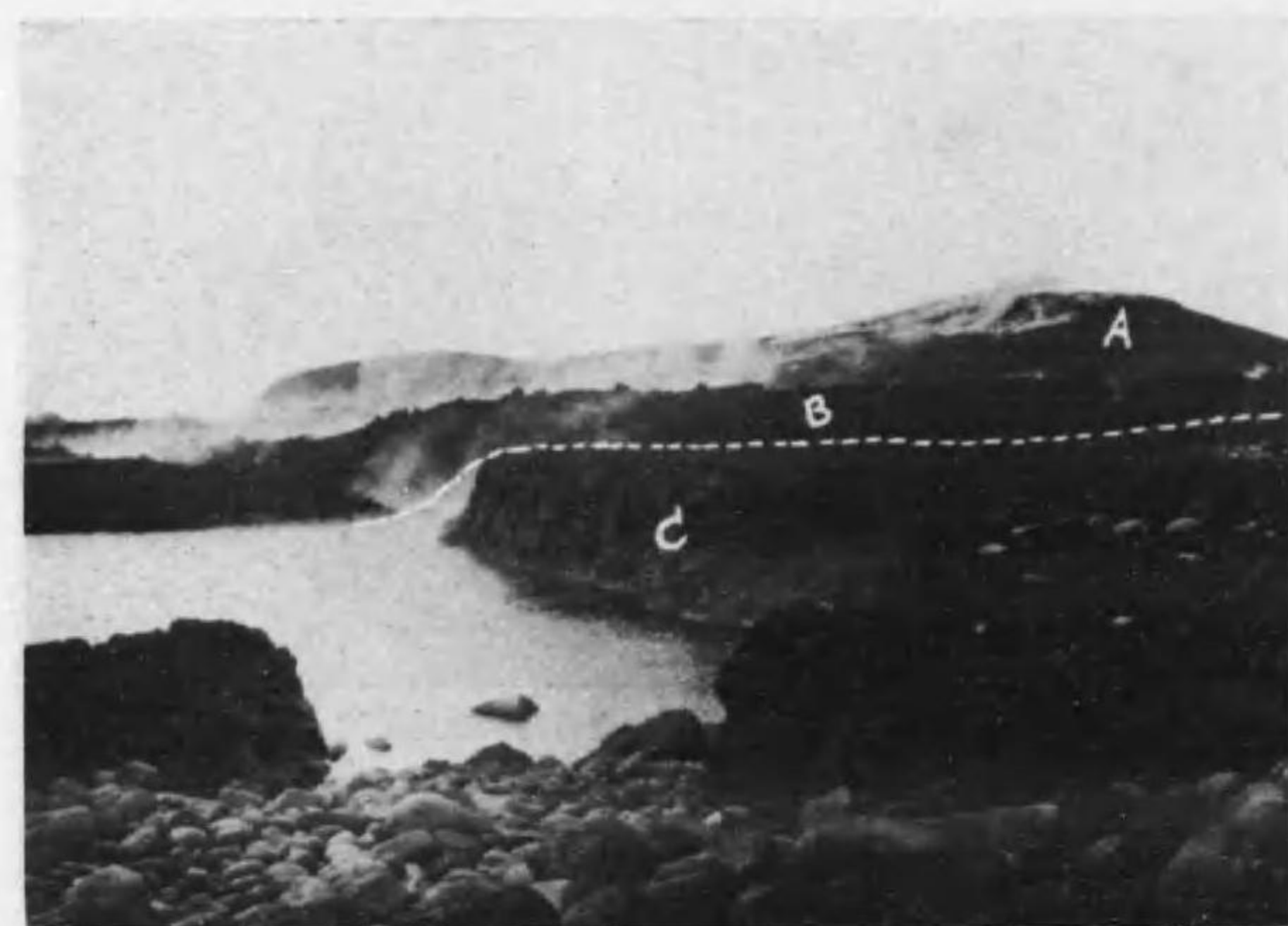
第 13 圖 昭和 5 年 7 月撮影の山頂火口 (中村教授撮影)
 A, B, C, D, E, は第 12 圖の新しく撮影せる火口の寫眞と全く對照する事を得



第 14 圖 山腹噴火の火口群及び熔岩流
 1, 2, 3, は何れも新火口丘で其の下に火口がある 點線は熔岩流



第 15 圖 ヨモギ澤火口群 (矢印にて示す)



第 16 圖 赤場 曉 新 岩 層 丘
A: 新しく海中に出来た寄生火山 B: 赤場 曉 灣 を 埋 め た 島 下 熔 岩 流 C: 古 い 熔 岩



第 17 圖 火 山 彈



第 18 圖 熔岩流の側の磁氣觀測室 A: 熔岩流



第 19 圖 熔岩流の側の伏角測定(水路部型磁氣感應儀)
A: 熔岩流

宇宙線寫眞の研究

(昭和 15 年 3 月 20 日 受理)

東京工業大學助教授 理學博士 竹内時男

特殊乾板により宇宙線を研究することは、研究者が國內に於て創始したところなり、しかも外國の同問題研究者のその後常に引照するところにして、外國の研究に優るもの多し。

イルフォードの R 板なる特殊乾板は、super-coat して乳劑粒子の摩擦を防ぎ、sub-coat して硝子板よりの放射線を防げり。尙 Al, Zn 等の金屬を混入せるものあり。研究者は夙に藤澤信と協力して、反摩擦のための被膜を施せるものを使用したり。乾板には殆ど放射能物質の混入する機會無きものなり。

以下、この乾板により研究したる事項に関する論文の目録を示す。

- (1) Tokio Takeuti and Takanosuke Sugita: Photographic Demonstration of Electronpair Generation, Proc. Phys.-Math. Soc. Japan, **19** (1937), 555.
- (2) Tokio Takeuti, Takesi Inai, Takanosuke Sugita and Sin Huzisawa: Direct Photographic Tracks of Cosmic-Ray, Proc. Phys.-Math. Soc. Japan, **19** (1937), 88.
- (3) Tokio Takeuti and Takanosuke Sugita: Direct Photographic Impression of Cosmic-Ray in Magnetic Field, Proc. Phys.-Math. Soc. Japan, **20** (1938) 221.
- (4) 竹内時男, 内田泰: 高層大氣中に於ける宇宙線寫眞, 東京工業大學々報, 7 (昭 13), 324.
- (5) 竹内時男, 藤澤信, 岩崎善一: 高層大氣中に於ける宇宙線寫眞の研究, 東京工業大學々報, 8 (昭 14), 458.
- (6) 竹内時男, 杉田隆之助, 稻井猛: 宇宙線霰雨の寫眞的檢出, 東京工業大學々報, 6 (昭 12), 250.
- (7) 竹内時男: 宇宙線寫眞, 日本寫眞學會會誌, 3 (昭 12), 327.
- (8) 竹内時男: 放射線と寫眞乾板, 日本學術協會報告, 12 (昭 12), 24.

磁歪定数の簡易なる測定法

(昭和15年4月4日受理)

(昭和14年11月電氣學會聯合大會に發表)

東北帝國大學助教授 福 島 弘 毅

本論文は『磁歪振動装置並にその材料の研究(抜山, 福島)』の一部であつて, 磁歪振動子用材料の特性を決定する方法を述べたものである。

磁歪振動子を水中無線通信等に於ける如く超音波發射装置として用ふる場合には, どれだけの強さの超音波が發生するかが問題となる。磁歪材料に一定の交番磁場を作用した場合に發生する起振内力の割合を磁歪定数と稱する。この定数の測定には従來動インピーダンス測定による方法が用ひられて居たが, 測定が煩雜な缺點があつた。筆者はそこでパイロメーターの原理により相互動インピーダンスを利用しこの測定を簡易にする事を企てた。

第一圖(原文参照)のやうに磁歪棒に二つの捲線を施しその間を銅板で遮蔽して置く。今一次側に高周波電流を流して一定の磁場を加へると棒が共振したときだけ二次側に電壓が發生する。この電壓は磁歪定数の二乗に比例するから, この電壓を測つて材料の磁歪定数を求める事が出来る。

この方法によれば従來の方法に比し頗る簡便で迅速に測定出来る上に試料が少なくて足りる。しかもその結果は相當の信頼度がある。

磁歪履歴の直示装置

(昭和15年11月28日受理)

福 島 弘 毅

磁歪を利用して強力な超音波を發射せしめる場合等には, 磁歪の飽和が問題になる。この様な磁歪特性をブラウン管に手つとり早く直示せしめんと試みた。従來磁歪の測定は熱膨脹の影響があつて, これを除去するのに困難があつたのであるが, この方法では熱膨脹の暇なき内に測定をして了解事となるからこの困難が除去された。磁歪材料の工業的試験等に便利であらうと思ふ。(以上)

電氣熔接用交流電源の研究

(昭和15年5月6日受理)

北海道帝國大學助教授 俣 野 麻 太 郎

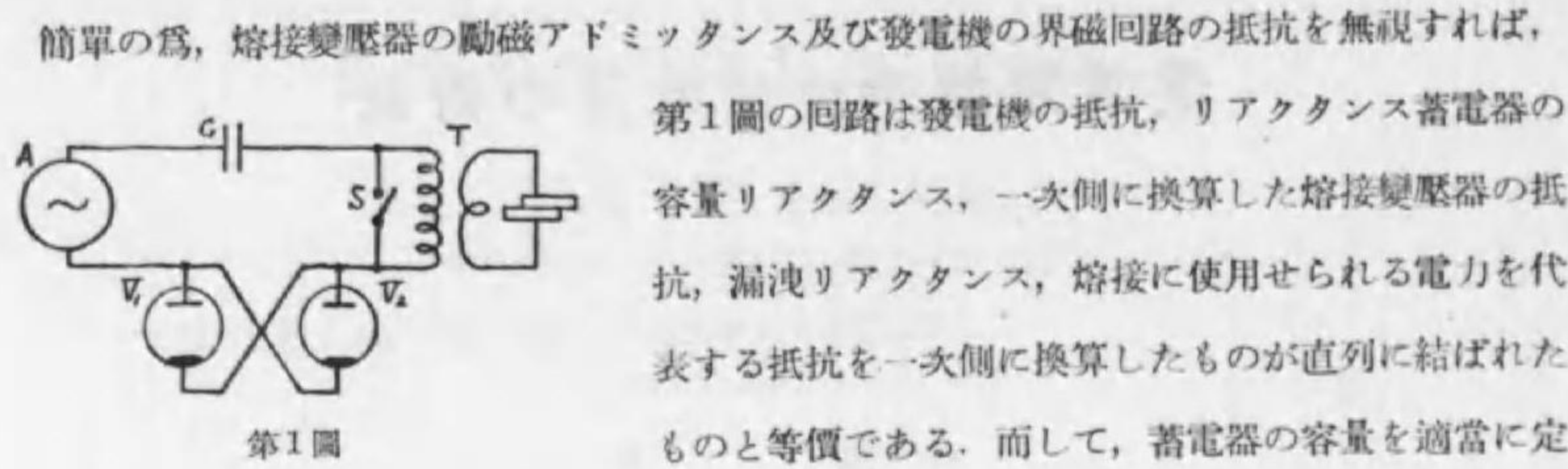
(1) 緒 言

最近放電管による電流通過時間の制御により, 特殊合金・輕金屬等の抵抗熔接が可能となり, 大なる熔接機が多數使用せられんとするが, 單相の間歇的尖頭負荷で力率悪く, 三相の交流電源に對し電壓の變動を生ずる事が著しい。特殊合金・輕金屬等の信頼し得べき齊一なる熔接を得る事は, 現在要求せられる事極めて大であるが, 其目的を達するには先づ熔接中熔接部分に加へられる電力が安定齊一なるを要する。現在普通に行はれる如く熔接變壓器を他の負荷と共に直接に線路に接続する時は, 他の負荷の變動及び他の熔接機の負荷に伴ひ, 熔接變壓器に加はる電壓の變動があつて信頼し得べき齊一なる熔接を得難い場合がある。熔接變壓器に電力を供給する爲に獨立の單相交流發電機を用ひ, 之を三相交流電動機を用ひて運轉し, 軸に適當の慣性を有するはずみ車を附する時は他の負荷の影響を受けざる熔接用電源が得られ, 而も線路に對しては平衡せる三相負荷となる。而して抵抗熔接に於ても電流の波形は正弦波が都合よき故, 單相にても正弦波形の電流を得る爲, 互に直角をなす二つの界磁巻線を備へた圓筒形界磁を有する正弦波交流發電機⁽¹⁾⁽²⁾を用ひればよい。然るに, この交流發電機に數臺の熔接機が接続せられる時, 互の負荷の爲に熔接機に加はる電壓の變動なからしめる事を要するが, 放電管により制御せられる抵抗熔接の場合, 負荷は數サイクルの尖頭瞬時の場合多く, 電壓はこの尖頭瞬時負荷に速應して調整せられる事を要する。次の方法により負荷と同時に, 最初のサイクルより電壓を一定ならしめる事ができた。

(2) 理論的考察

第1圖は其の主要部分の接続圖である。A は正弦波交流發電機, T は熔接變壓器, V_1, V_2 は格子制御又は點弧制御をなし得る放電管, C は蓄電器, S は開閉器である。

電流の起動點は放電管により任意に調節出来るが, 不連続電流を流すより熔接機の全能力を有効に使用する爲, 定常電流と等しい電流を連続正弦波として必要なサイクル數だけ流す事が望ましい。今かくの如く制御をした場合を考へる。



第1圖

簡單の爲、熔接變壓器の勵磁アドミッタンス及び發電機の界磁回路の抵抗を無視すれば、第1圖の回路は發電機の抵抗、リアクタンス蓄電器の容量リアクタンス、一次側に換算した熔接變壓器の抵抗、漏洩リアクタンス、熔接に使用せられる電力を代表する抵抗を一次側に換算したものが直列に結ばれたものと等價である。而して、蓄電器の容量を適當に定めれば、發電機端子電壓は負荷にかかはらず常に無負荷電壓に等しくなる。

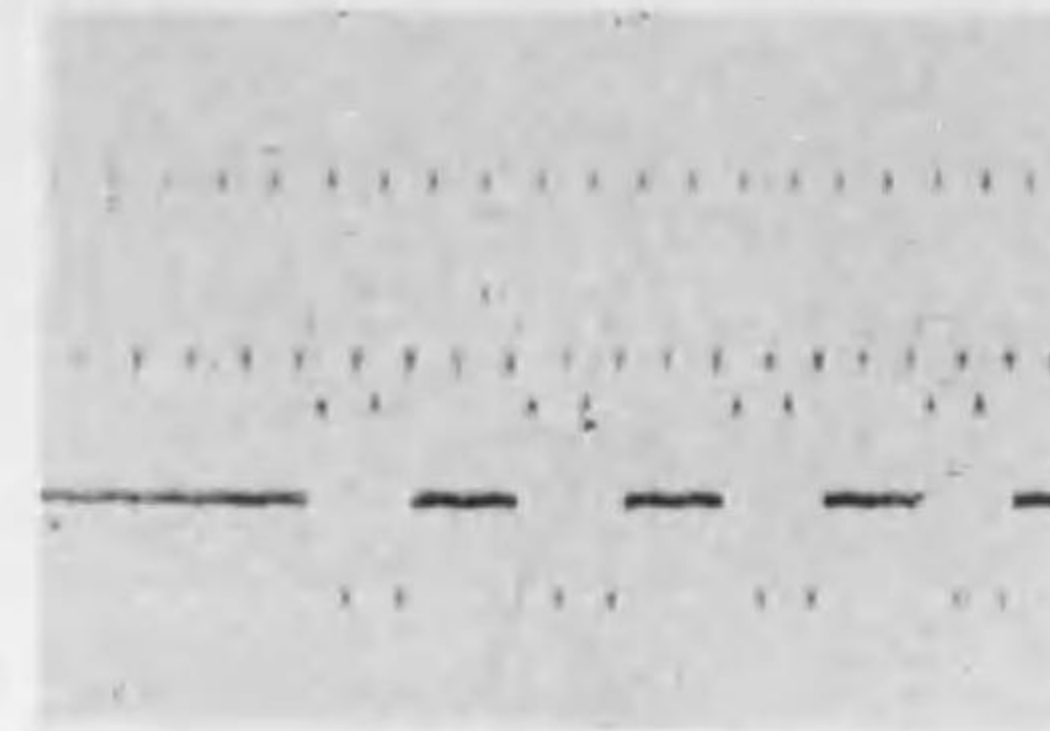
今任意の瞬時に回路を閉ぢれば、定常電流の外に過渡電流電壓を生ずるけれども、若し回路を閉ぢる瞬時の電流及び蓄電器の端子電壓が定常状態の關係より得るものに適へりとするれば、その瞬時より定常状態は直に成立し過渡電流電壓は生じない。回路を閉ぢる瞬時に於ては電流は零なる故、回路を閉ぢる瞬時より直に定常状態に入る爲には其瞬時に蓄電器の端子電壓は、定常電流零に相當する定常時の値に等しきを要する。故に熔接電流を通ずるに先だち蓄電器をこの電壓まで充電して置けばよい。これを實行する爲に熔接變壓器を S なる開閉器にて短絡し、蓄電器に加へる電壓を適當に調整し、放電管一個のみ働き他は働かさるやうに制御して蓄電器を充電する。蓄電器の充電終れば開閉器 S を開き、電流の零の瞬時より熔接變壓器に電流を通ずる如く放電管を制御すれば、最初より直に定常状態の熔接電流を通じ、豫定したサイクル数だけ交流を通ずる事が出来る。このサイクル数は半サイクルの任意倍數に定め得る。

(3) 縫合熔接及び點熔接に對する實驗

此の實驗に於て、抵抗熔接に於ける放電管制御方式として、京都帝國大學岡本教授及び藤原氏が發表せられたものによつた。電源には正弦波交流發電機を用ひ、直列變壓器の高壓側に放電管と蓄電器とを直列に接続した。直列變壓器の勵磁アドミッタンスの影響は大でないから、直列變壓器を使用する場合も前の理論的考察の結果は成立する。熔接を始めるに先だち蓄電器を充電するために加へる電壓を調整するため直列變壓器にタップを有せしめた。

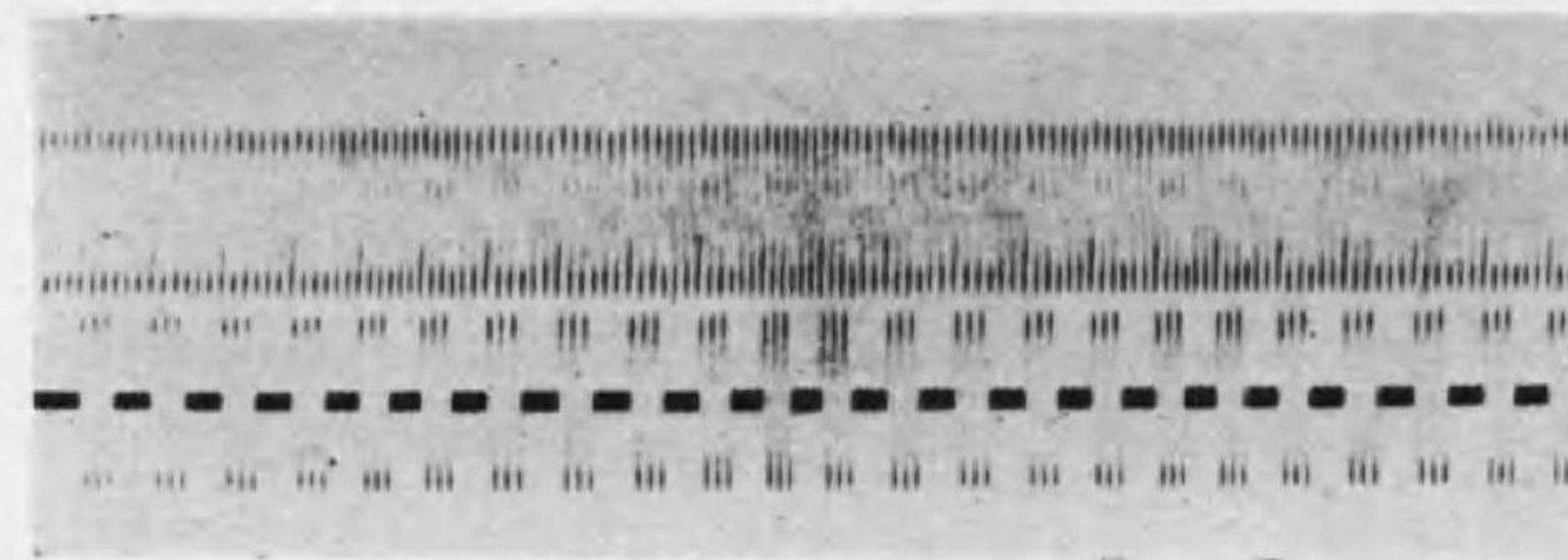
熔接時間、休止時間を繰返し連続的に縫合し熔接を行ふ場合、先づ蓄電器を充電して後熔接電流を通ずれば、過渡電流を生ぜず直に定常電流となり、電流が消滅するのは定常電流が零の時であるから、その時蓄電器は定常電流零に相當する定常時の端子電壓にまで充電せられ、その時放電管の放電が抑止せられるので蓄電器は其の儘の端子電壓に保たれ、休止時間

後次の熔接時間に再び電流は直に定常状態となり過渡電流は現れない。熔接時間、休止時間を繰返し連続的に熔接電流を通じて縫合熔接を行ふ場合、最初一度蓄電器を充電して置けば



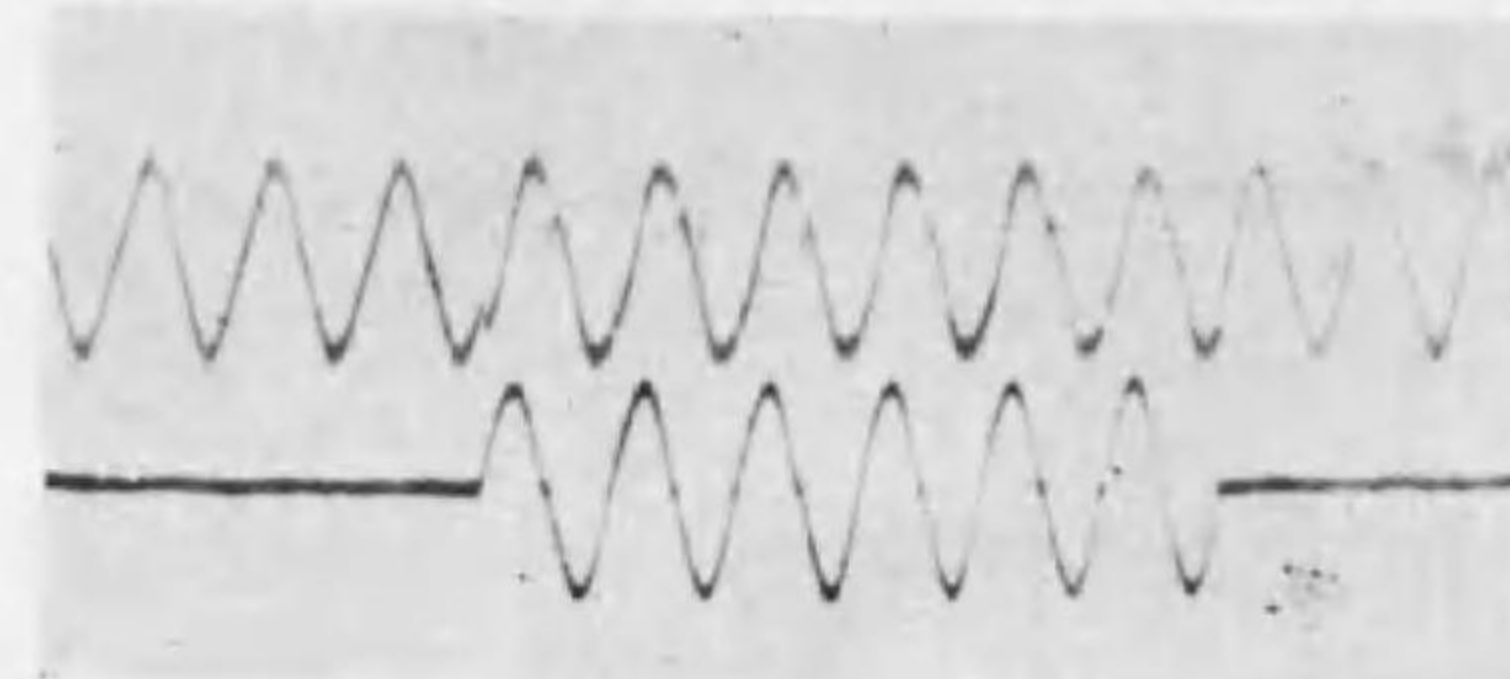
第2圖

休止時間があつても次の熔接電流は常に最初のものと同じになり、休止時間中に開閉器を操作して蓄電器の放電充電を行ふ必要はない。第2圖は縫合熔接の場合の發電機の端子電壓と負荷電流とを示し、先づ蓄電器を充電して後、熔接時間2サイクル、休止時間2サイクルで連続的に熔接電流を通じた場合である。第3圖は同様にして熔接時間3サイクル、休止時間3サイクルで連続的に熔接電流を通じた場合である。



第3圖

點熔接に於ては各々の熔接の間に相當時間があり、一回毎に開閉器を操作して蓄電器の放電充電を行つて熔接を行つてもよいが、同様の熔接を繰返す場合、一回毎に開閉器を操作して放電充電を行ふ事は必要でない。最初一回蓄電器を充電し熔接を始めれば、一の熔接をなして休止し次の準備をなし同様の熔接を始めれば、蓄電器の端子電壓は其の儘に保たれ第二

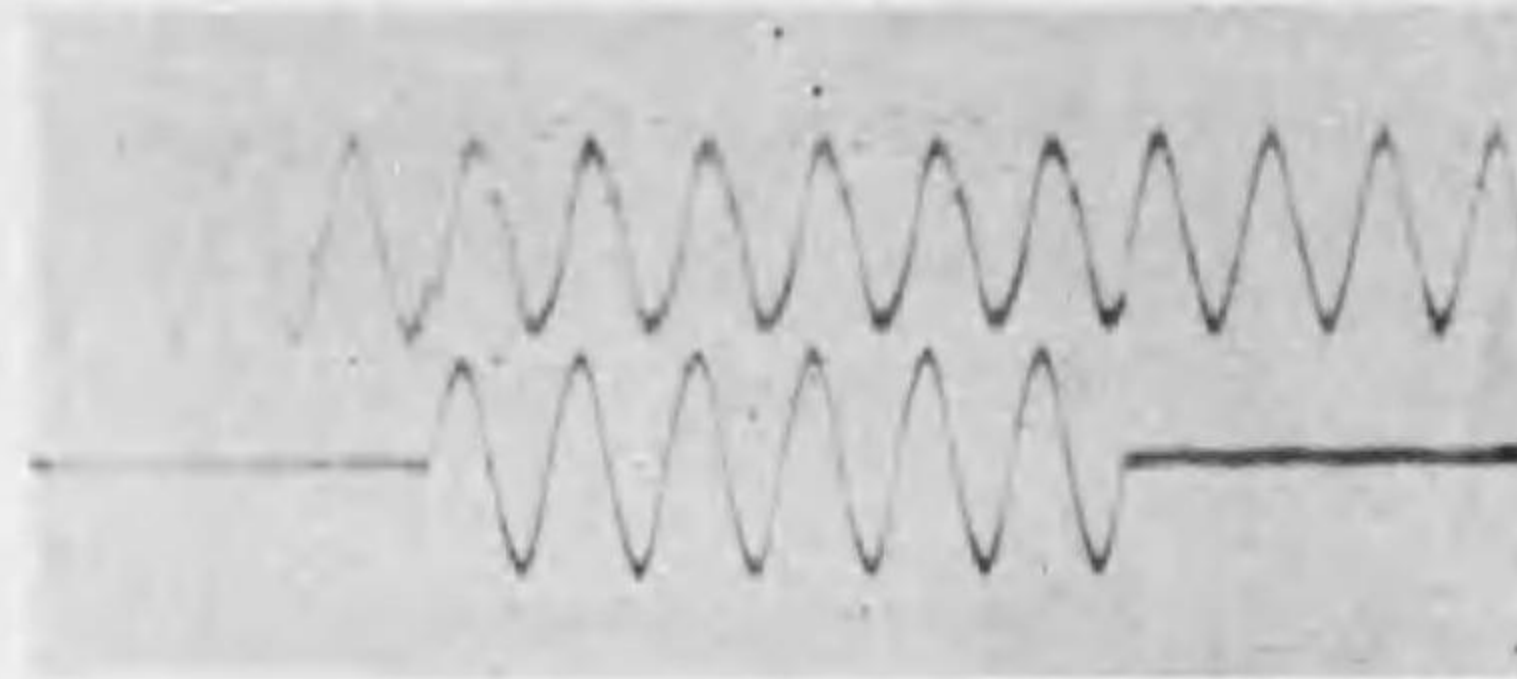


第4圖

回以後は始めから定常電流が得られる。

第4圖は先づ蓄電器を充電して6サイクルの熔接電流を通じた場合で、蓄電器電壓は其の儘として約1分間の後熔

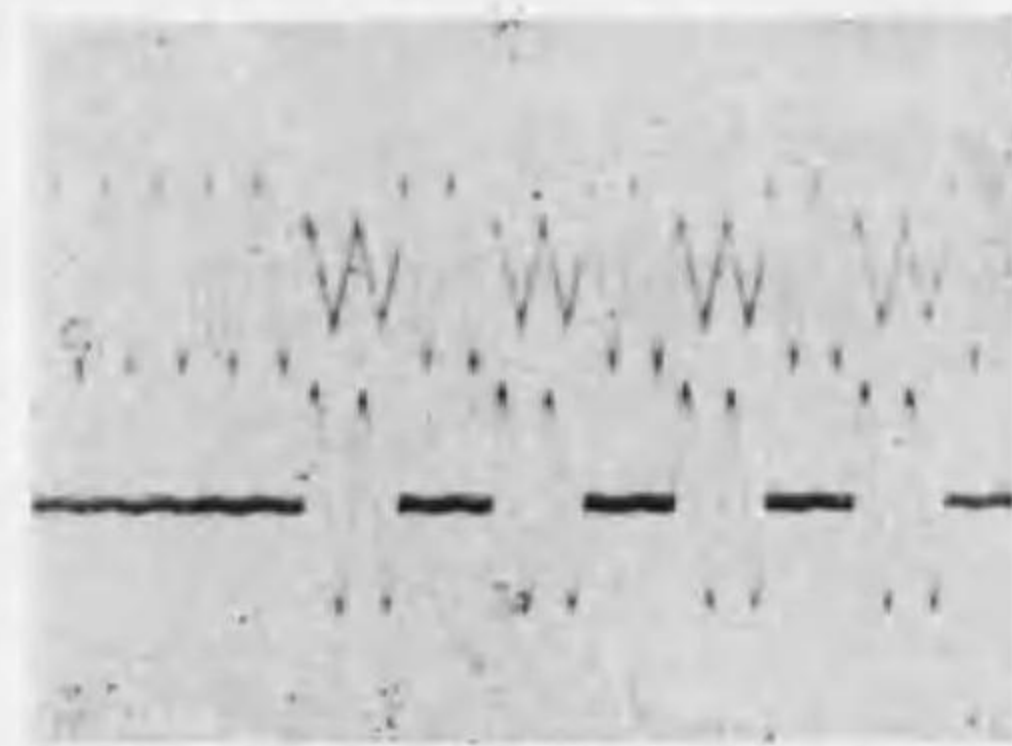
接電流を通じたものを第5圖に示す。第5圖は最初より定常電流が得られてゐる。抵抗値の



第5圖

異なる熔接をなす場合には
熔接休止中一旦蓄電器を放
電し、次に開閉器を操作し
て次の熔接に相當する電壓
値に蓄電器を充電して後熔
接を行へば、最初より定常
電流が得られる。

第6圖は熔接變壓器の一次電流及び力率が第2圖の場合と同一で蓄電器を用ひなかつた場



第6圖

合の發電機の端子電壓と負荷電流とを示す。

第2圖より第6圖までは何れも發電機の同期リアクタンス 50%, 熔接負荷の力率 50% の場合である。第6圖に於て發電機電壓の變動は甚だ大であるが、第2圖より第5圖まで蓄電器を用ひた時は、發電機電壓は負荷電流の有無により變動して居らないのである。

(4) 結 言

格子制御又は點弧制御放電管を逆並列に接続し、熔接電流通過時間を制御して抵抗熔接を行ふ場合、ここに述べた方法によれば、電源電壓は負荷電流の有無にかゝらず一定にして、熔接中熔接電力を安定齊一ならしめる事が出来る。この方法に於ては直列蓄電器を要するが、普通熔接負荷の力率は悪く發電機は大なる無効電流を供給する必要があるが、蓄電器でこの無効電流を打消し、發電機は有効電流のみを供給すればよい事となり、發電機の容量はそれだけ小で足りる。

(本研究の詳細は、昭和十五年二月二十日發行電氣學會論文第1卷第2號に掲載してある。)

文 獻

- (1) 清水義一, 電氣學會雜誌 第42卷, 第2冊, 第403號 (大正十一年二月)
- (2) 供野麻太郎, 電氣學會雜誌, 第59卷, 第1冊, 第606號 (昭和十四年一月)
- (3) 岡本起, 藤原泰彦, 電氣評論, 第26卷, 第12號 (昭和十三年十二月)

超デュラルミンの時効と其の改善に関する研究

(昭和15年5月13日受理)

京都帝國大學教授 工學博士 西村 秀雄

序 言

先に Al を主成分とする Al-Mg-Cu 系合金の時効硬化の現象について報告した⁽¹⁾。その報告結果から時効硬化の生ずべき Cu 及 Mg を含む Al 合金の成分の範圍が大體に於て決定せられたるを以て、之を土臺にして超デュラルミンとして使用すべき合金の成分を如何に選定すべきかを知る爲に、本研究を行つたものである。

研 究 方 針

Al-Mg-Cu 系状態圖並に此の合金系の時効硬化の研究よりして 24S 型デュラルミンの如き常時時効を著しく示す合金は其の Cu 及 Mg の含有量が 4:1.5 附近であることを知つた。而して著者はかかる合金の時効が著者が S と名付けたる三元化合物のアルミニウム固溶體よりの析出過程として生じるものなることを明にした。

本研究に於て S-化合物の Al-固溶體からの析出範圍の合金を選び之に他の金屬を加へたる場合の時効に對する影響を調べることにした。主として壓延機について其の性質を調べることにしたが、時には大體の傾向を知る爲に鑄造材に就ても實驗を行ふつもりである。本研究は可なり幅広い範圍に實驗を行ふつもりであるのみならず、理論的な方面をも攻究して合理的に優秀なるアルミニウム合金を求めんとして居るものである。

研究方法としては焼入並に焼戻に伴ふ時効硬化をブリネル硬度の測定によつて調べ、壓延材については硬度測定と平行して電氣抵抗の變化を測定して、時効の進行程度の判定に供した。

使用材料並に試料 使用せしアルミニウムは純度 99.7% のものを用ひ、銅は三菱大阪製煉所製電解銅を、マグネシウムは日滿マグネシウム會社の製品を用ひた。壓延材は 10×5×

1) 日本金屬學會誌 1 (昭和12年), 8.

120mm の金型鑄造せしものを 500° にて加熱焼入したるものを常温にて小型壓延機にて壓延して厚さ約 0.8mm として適當の長さに切りて實驗に供した。

Al-Cu-Mg 系合金の時効

Al を主成分とせる Al-Cu-Mg 系合金の時効に就ては、先づ鑄造試片に就て實驗を行ひ、その時効硬化の範圍を決定したが、チユラルミン及超チユラルミンの如きは壓延又は壓出材として用ひらるべきものなるを以て、他の金屬の影響を調べるには壓延材として性質の變化を調べてその標準とする必要があるので、本實驗を行つたのである。試料としては第1表に示す如き合金を用ひた。

常温時効 上記の如く壓延し作りたる試片を 500° に 30 分加熱し水に焼入したる後、常

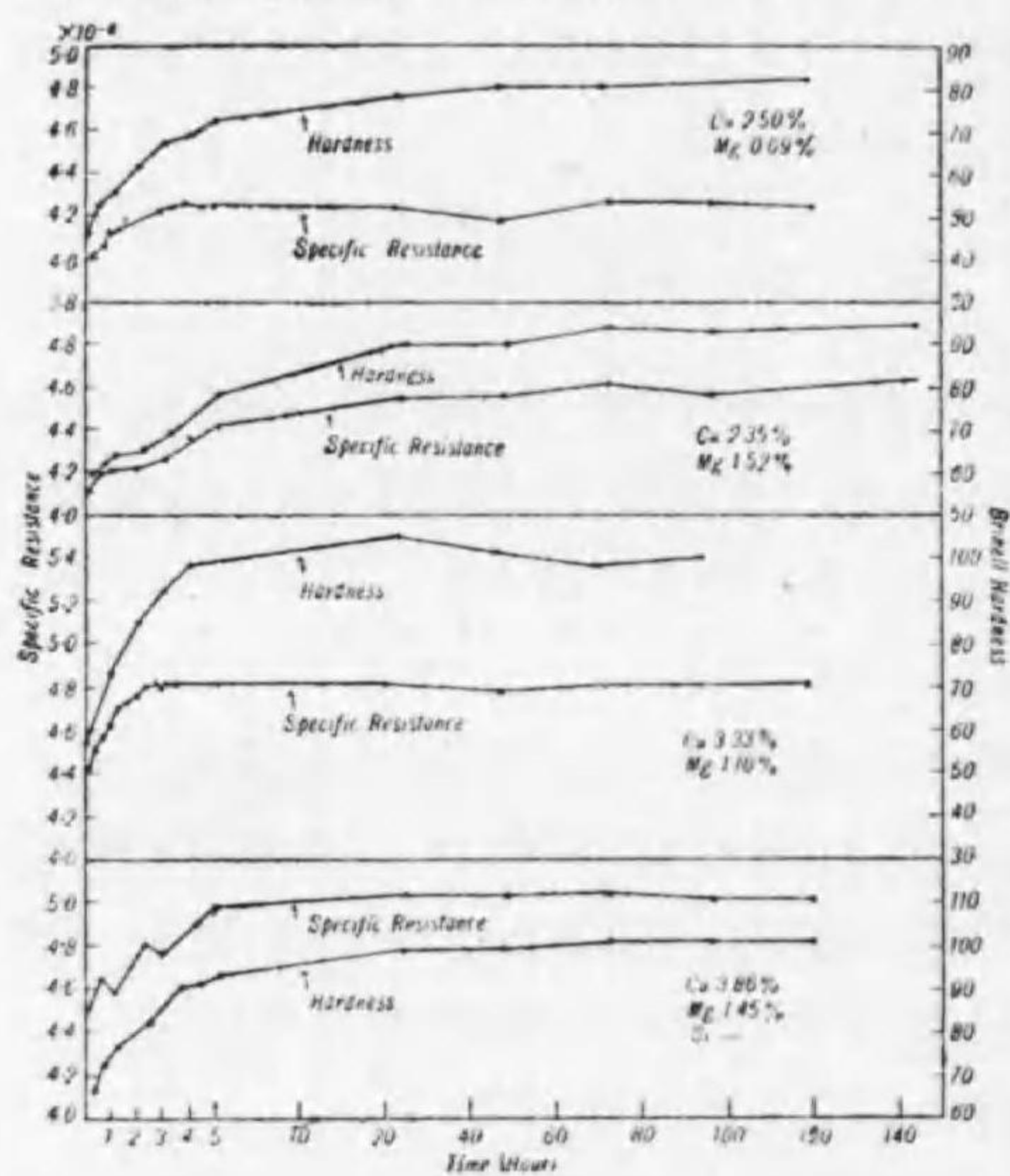


Fig. 1

Mg が 4:1.3 及 4:1.5 の合金で常温時効によつて 78% 及 56% の硬化を示して居る。

鑄造材の場合と同様にて硬化の割合は Cu:Mg が 4:1.5 よりは Mg の含有量が優かに少い合金に於て最も著しい。

電氣抵抗の時効につれて變化する有様は Fig.1 に硬度の變化に對照して示してあるが、何れも時効の経過につれて増して来るが、その最高値に達する時間が硬化に比して早いことを

常温に放置したる場合の時間の経過に伴ふ硬度並に電氣抵抗の變化を測定した。電氣抵抗は試片を 30° の恒温槽に入れてポテンションメーターを以て測定した。其の測定結果は Fig.1 に示して居る。圖に於て Al の合金は Cu:Mg が 4:1 に近きもので Cu の含有量が割合に少いに拘らず常温時効による硬度の増加著しく 76% を示して居る。併し A2 の合金であると Cu:Mg が 4:2.7 であるので硬度自身は高いが、其の増加の割合は 40% である。A3 及 A4 はそれぞれ Cu:

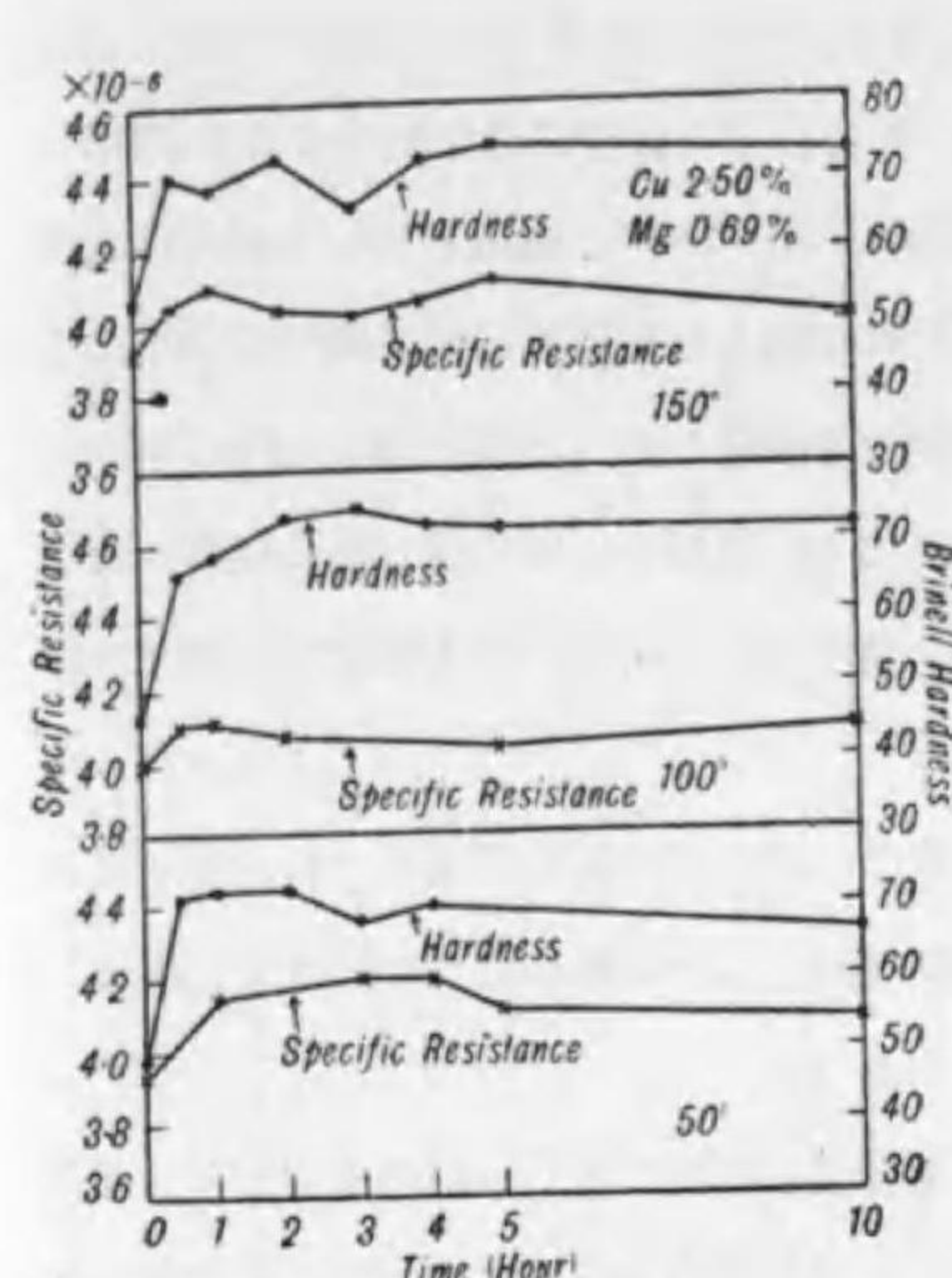


Fig. 2 (a)

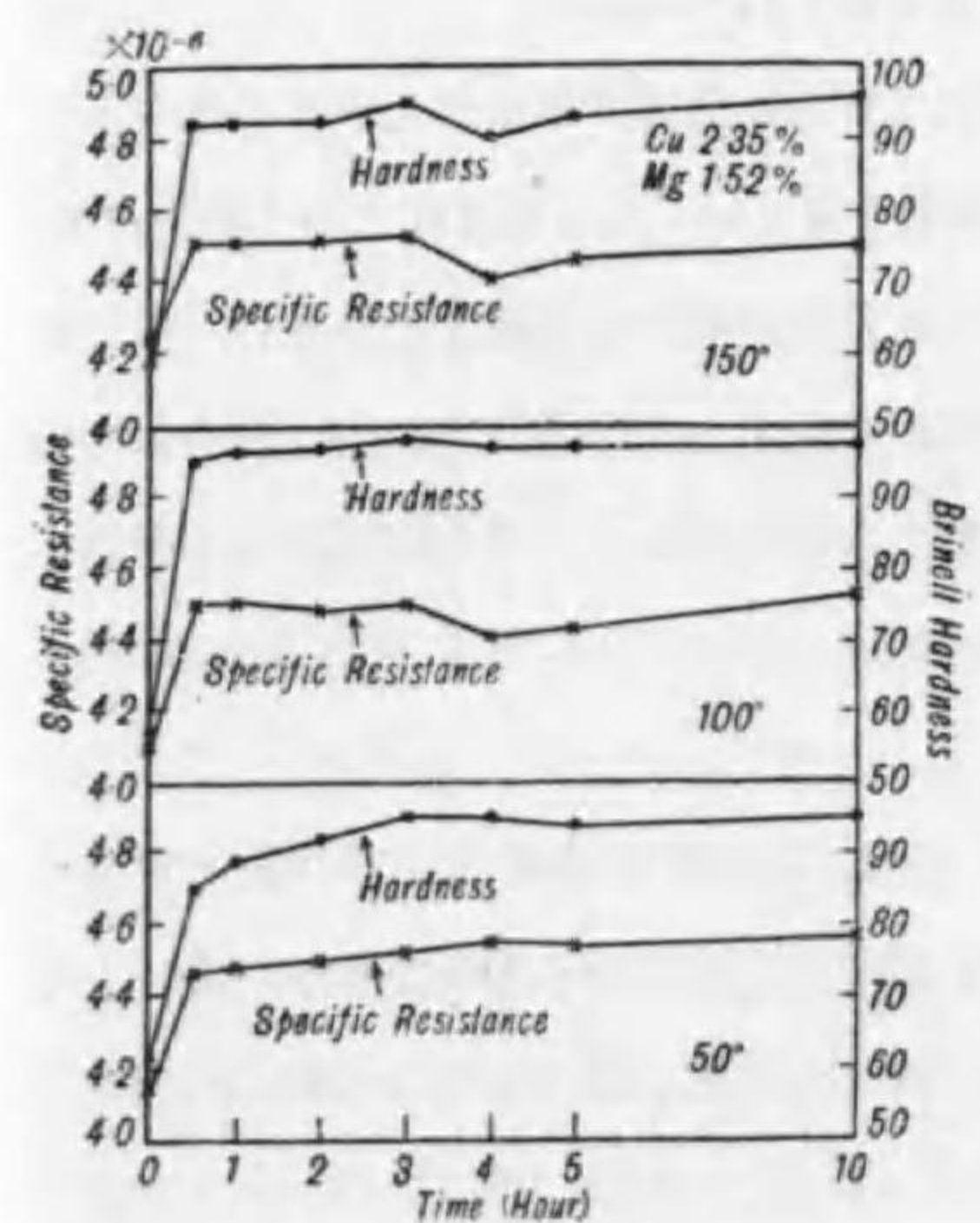


Fig. 2 (b)

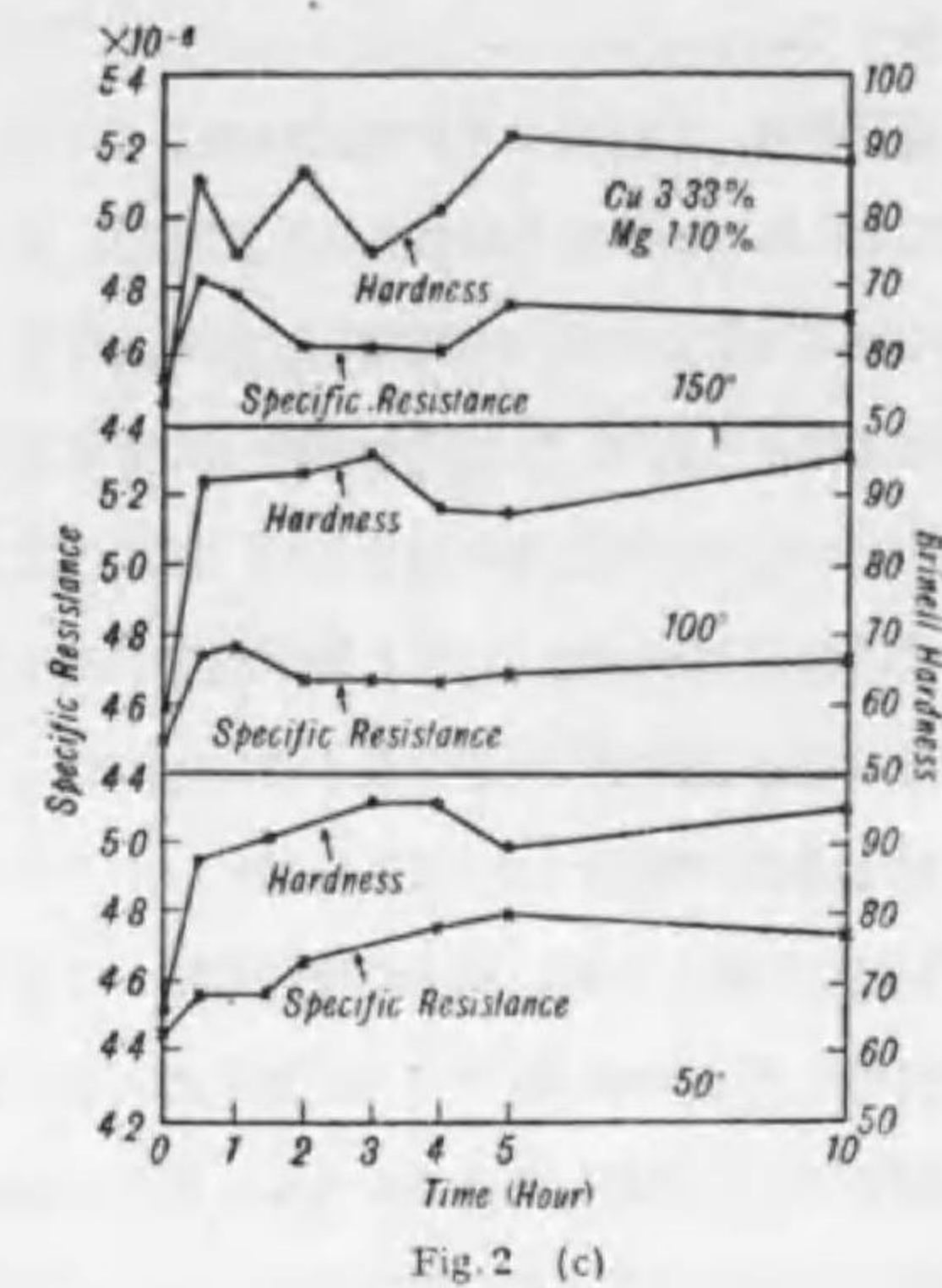


Fig. 2 (c)

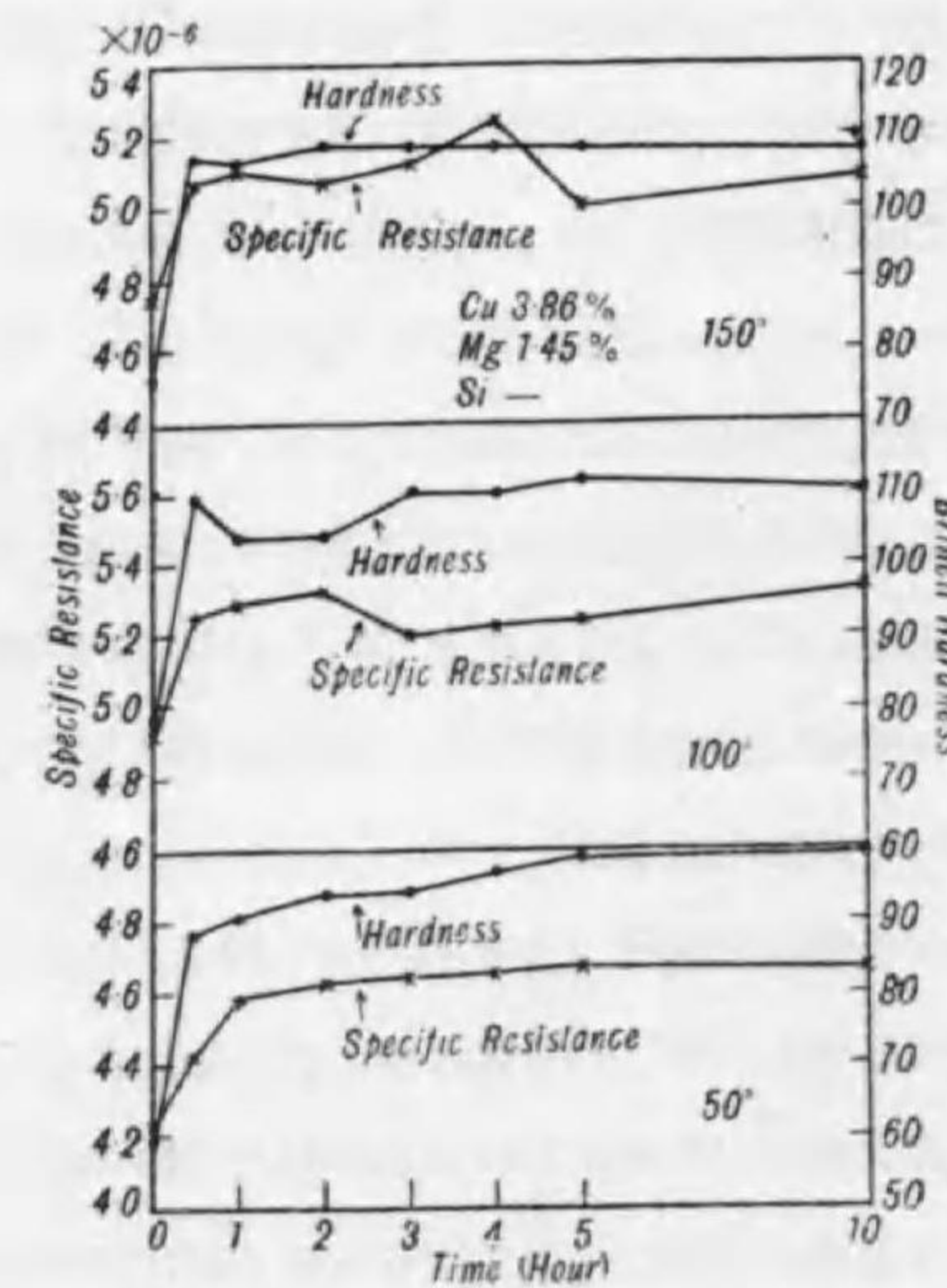


Fig. 2 (d)

知るのである。

焼戻時効 鑄造材にては上記の如く Cu 及 Mg を含む Al 合金は之を焼戻するも硬化が促進せられないことを知つたが、壓延材にても同様に $50^{\circ}\sim 150^{\circ}$ の焼戻を施して硬化が促進せられるや否やを調べる爲に、上記の試片を 500° にて焼入して直に $50^{\circ}, 100^{\circ}, 150^{\circ}$ の空恒温槽に入れ 10 時間迄の硬度並に電気抵抗の變化を測定した。その結果は Fig.2(a)-(P) に示して居る。圖より明であるが、何れの試片に於ても、焼戻によつて達し得る硬度は常温時効の場合よりは低く、然も焼戻温度が高い程低い値を示して居る。即ち壓延材に就ても鑄造材の場合と同様の現象を呈することが知られる。

電気抵抗の變化についても同様にいふことが出来る。而して時間の経過につれて硬度並に電気抵抗が増し、次に減少の傾向を示してから再び増加して一定値に近づく如き變化を示して居る。之は何れの試片についても認められる所であつた。

要するに上記の如き成分の合金に於ける時効は常温附近に於て著しい硬化を示して、温度が高くなると専ら硬化の程度が少いことを知つた。之は既報の如く Cu と Mg を含む Al 合金に於ては常温時効が S-化合物の析出に原因して、それが析出過程として硬化が生じると考へたが、之を一層確かに證明する爲に次の如き實驗を行つた。

加熱膨脹變化 Cu のみを含む Al 合金は焼入して常温に放置するも硬化すること少く、Cu と Mg とが同時に含有せる合金になると常温時効が著しい。然も前者は之を $150^{\circ}\sim 170^{\circ}$ にて焼戻すれば著しく硬化するが、後者は焼戻するも常温時効ほど硬化を示さない。その差異を焼入せし試料を徐々に加熱して、加熱に伴ふ膨脹變化から求めるために第2表の如き金型鑄造の試片を造り、之を 500° にて 16 時間加熱して焼入直後より示差膨脹計にて加熱に伴ふ膨脹の變化を測定した。加熱時間は出来るだけ徐々に進んで 300° 迄の加熱に約 12 時間を費した。

この測定結果は Fig.3 に示して居る。圖に於て (1) は Cu 4% のみを含みて Mg を含有せざる合金を 500° から焼入し、直に加熱して其の膨脹變化を測りたるものなるが、既に小久保次郎氏⁽²⁾が發表せられて居る如く、約 200° 迄は著しい變化が認められないが、約 210° から急激に膨脹して来て 280° から再び收縮が生じて来ることを見るが、之は CuAl_2 の析出に基くべき變化と考へられる。小久保氏の實驗と異常變化の生じる温度が幾分異つて居る

2) 金屬の研究, 7 (1930) 343.

のは、著者の實驗にては極めて徐々に加熱した爲である。

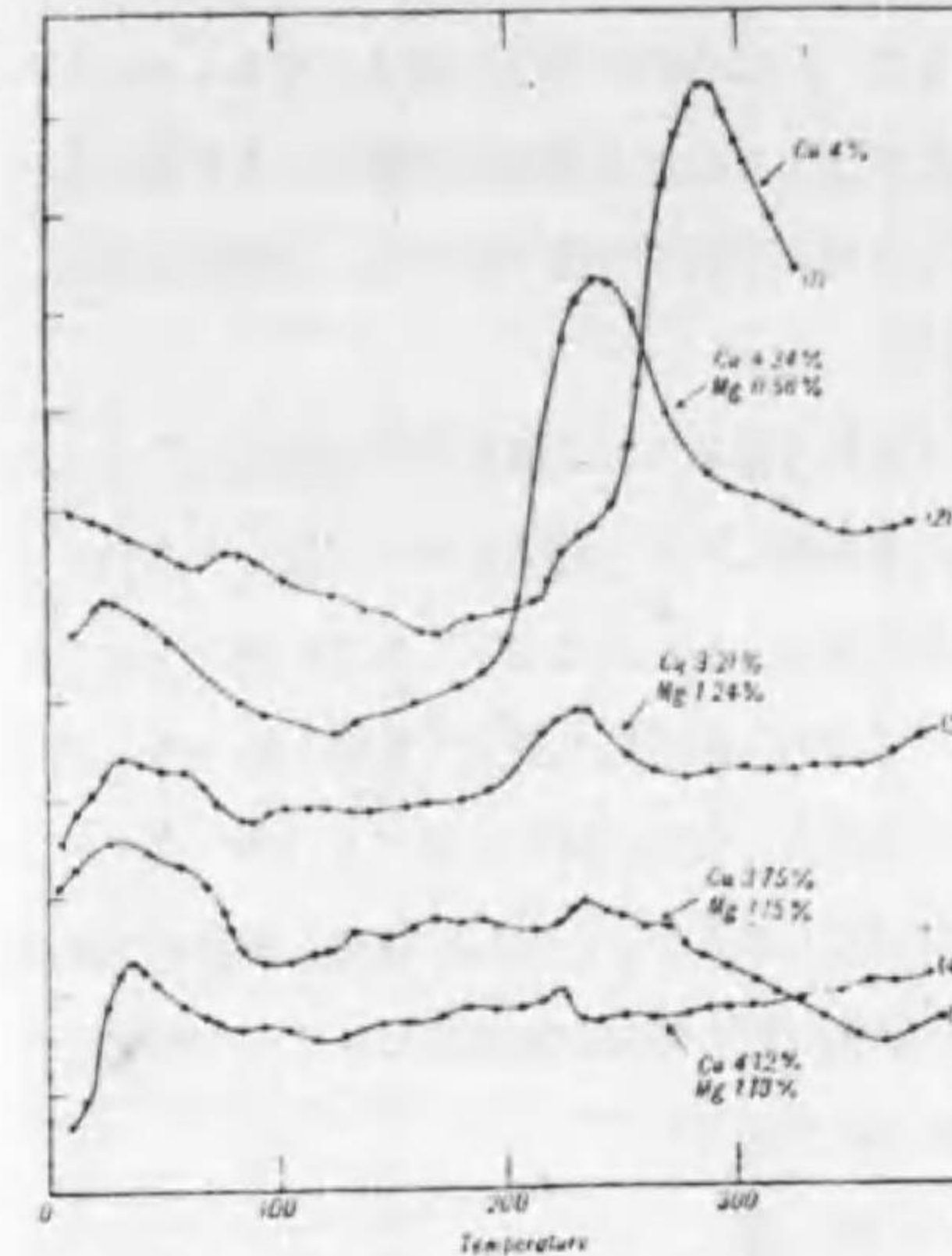


Fig. 3

とを知つた。

(1) と (2) の加熱膨脹曲線を比較して見ると、(2) に於ては (1) に見られない 100° 以下の温度にて生じる膨脹收縮變化がある。(1) と (2) に於ては何れも $250^{\circ}\sim 280^{\circ}$ 附近の著しい膨脹收縮が生じて居る。この變化は CuAl_2 の析出に關聯するものであると考へられるから、(2) に認められる 100° 以下の變化は Mg が含有せられたることによつて始めて生じるものであつて、常温時効による硬化の著しいことに關聯したる現象と考へて差支へない。即ち著者が Al-Cu-Mg 系合金の状態圖から判定して S-化合物の析出に關係したものと断定してよい。而して (2) の場合には Mg が少く Cu が多いから CuAl_2 の析出も Cu のみの場合より幾分低温度から生じて判然と認められたるものと考へられる。

次に Fig.3 の (3)-(5) の曲線は何れも Mg の含有量が一層多い合金であつて何れを見るも 100° 以下の膨脹收縮の變化が判然として居る。然し 250° 附近に於ける CuAl_2 の析出

3) 金屬の研究, 8 (1931), 238.

に基くと考へられる膨脹収縮は認められない。唯 230° 附近に小さい山が常に認められたが、之は S-化合物の析出に關係せるものである。即ち焼入試料の加熱に伴ふ膨脹變化が異なる形を以て生じて來ることは明であり、之が主として S-化合物の析出に關係したるものと云ふことは間違ないと云ふてよからう。若し Si 或は Fe の如き不純物の影響があるを懼れて曲線 (4) の試料 A8 は特に 99.992% の純アルミニウムを用ひて造つたから、不純物の影響と考へられないので、斯く考へてよい次第である。

次に焼入直後から加熱した場合の 100° 以下に於て認められる膨脹収縮の變化が、常溫時効の後にも生じるか否かを確める爲に、500° に加熱焼入の後一週常溫に放置したる試片を同様に示差膨脹計を以て加熱に伴ふ膨脹の變化を測定した。之は 100° 以下の變化を主として調べる爲であるので出来るだけ徐々に加熱して 150° 附近迄の測定で實驗を終つた。同一試片を焼入後直に加熱したる場合とを比較して見ると、何れの試片に於ても 100° 迄に於ける膨脹収縮の變化が焼入直後加熱せし試片には認められるが、一週常溫時効せし試片には殆ど認められない。之より考へると 100° 以下の膨脹収縮の變化が常溫時効によつて硬化と相關して生じる變化であることが確かに證明せられて居る。

珪素の影響

24S 型超デュラルミンの壓延材に對する珪素の影響に就ては、既に鳥羽安行氏の研究があつて珪素が常溫時効を阻止することを云つて居られる。壓延材に於ける珪素の影響をも調

第 3 表

番 號	成 分 (分析)			
	Cu	Mg	Si	Al
SR1	3.84	1.57	0.53	殘 分
SR2	3.86	1.24	0.59	"
SR3	3.96	1.63	0.62	"
SR4	4.41	1.50	0.67	"
SR5	3.88	1.52	0.82	"
SR6	3.80	1.39	0.83	"

べて如何程度の珪素が超デュラルミンの如き合金に許さるべきかを明かにする爲に本實驗を行つた。第 3 表の如き試片を

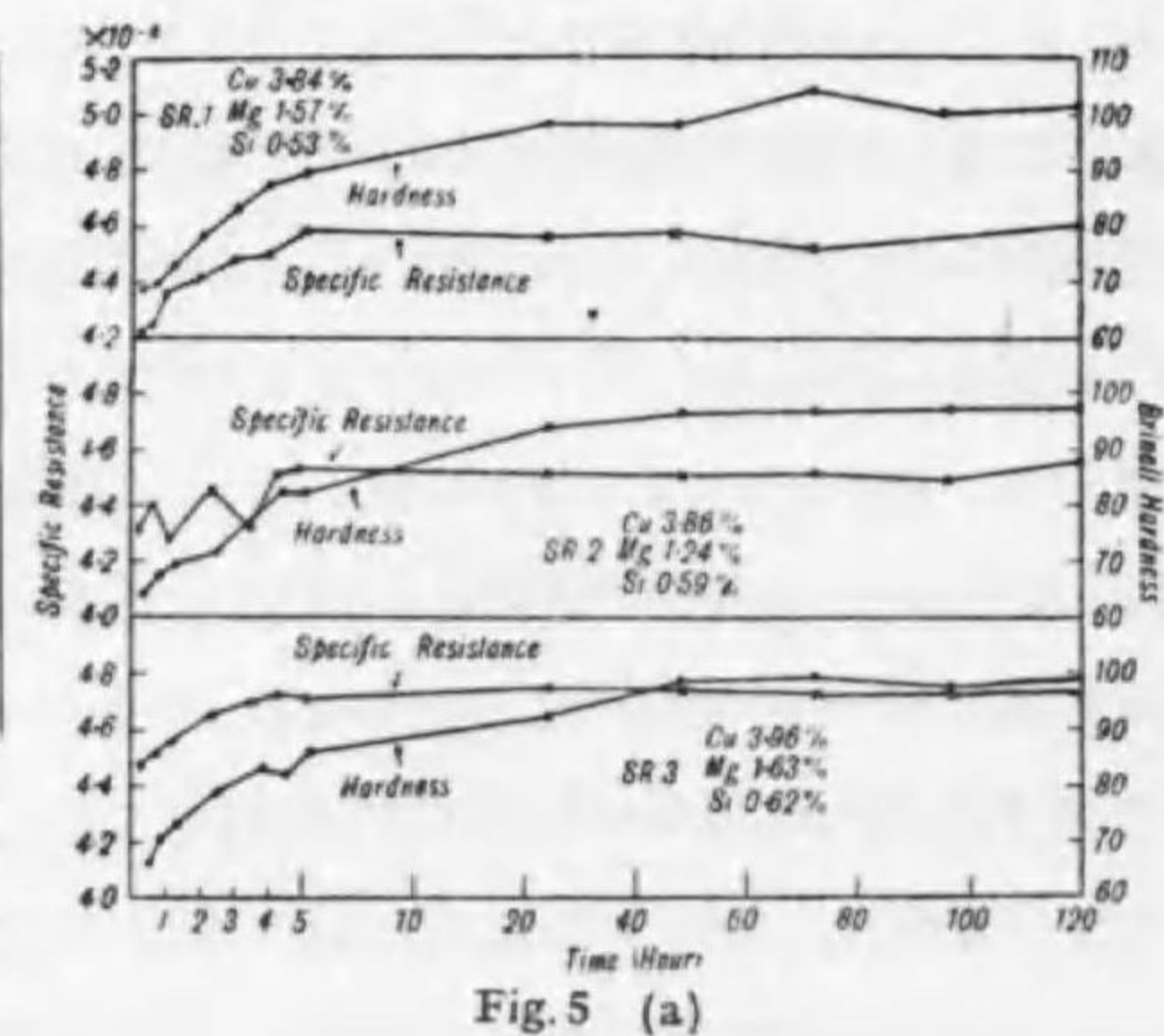


Fig. 5 (a)

4) 古河電工, (1936). (2) 水曜會誌, 發表の豫定

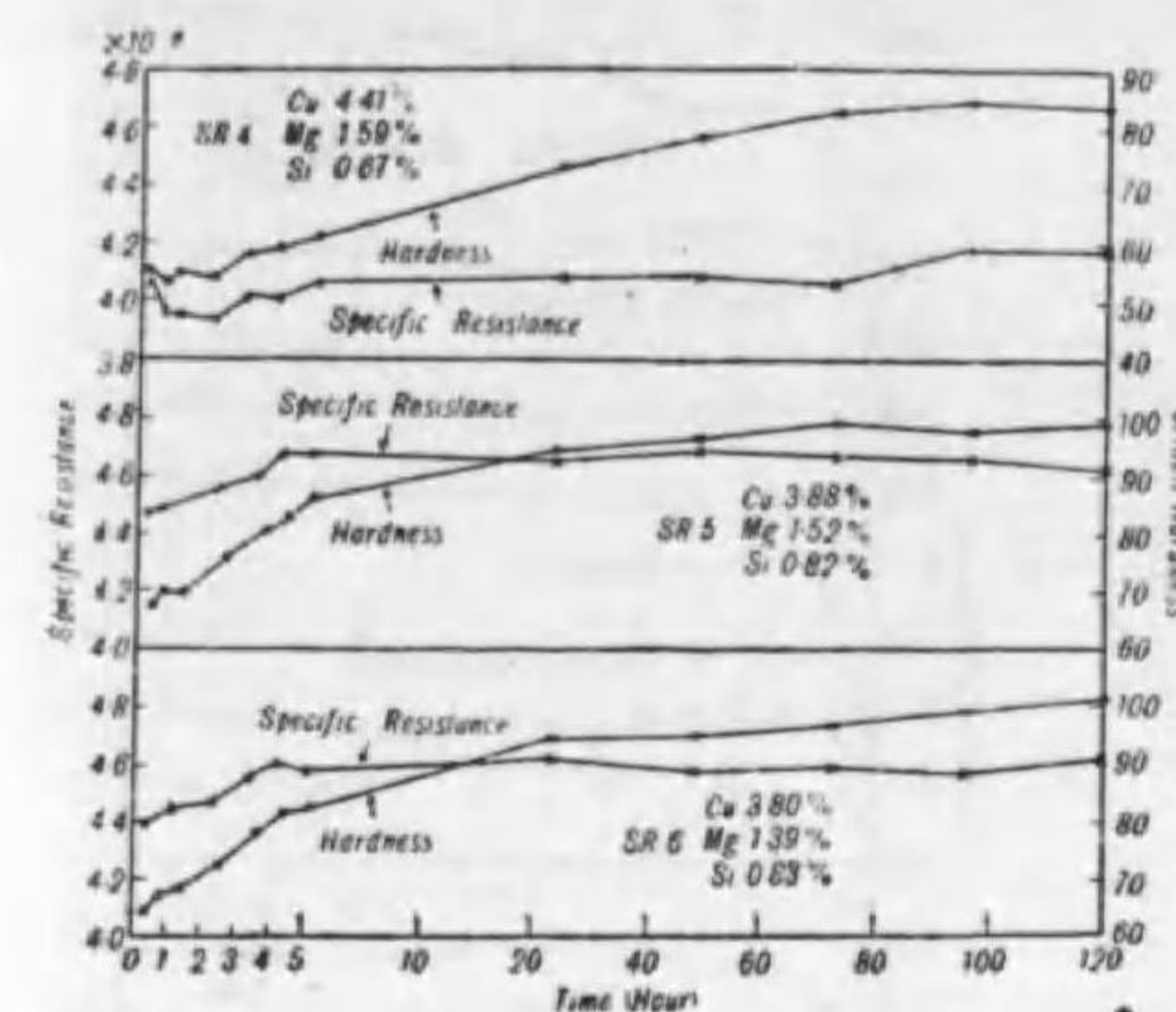


Fig. 5 (b)

壓延して之を 500° に加熱し焼入した。焼入の後、時間の経過と共に硬度並に電氣抵抗の變化を測定したが、其の測定結果は Fig.5(a)-(b) に示す様である。何れの試片も常溫時効の程度に餘り差異がないが、Fig.1 に示す特に珪素を加へざりし試片の場合に比して幾分硬化の割合は低い様である。併し電氣抵抗の變化から考へると特に珪素を含有せしめざりし試片の方が時効の進行して居ることが窺知せられる。

それで上記の試片を 50°, 100°, 150° に焼戻したる場合の硬度並に電氣抵抗の變化を測

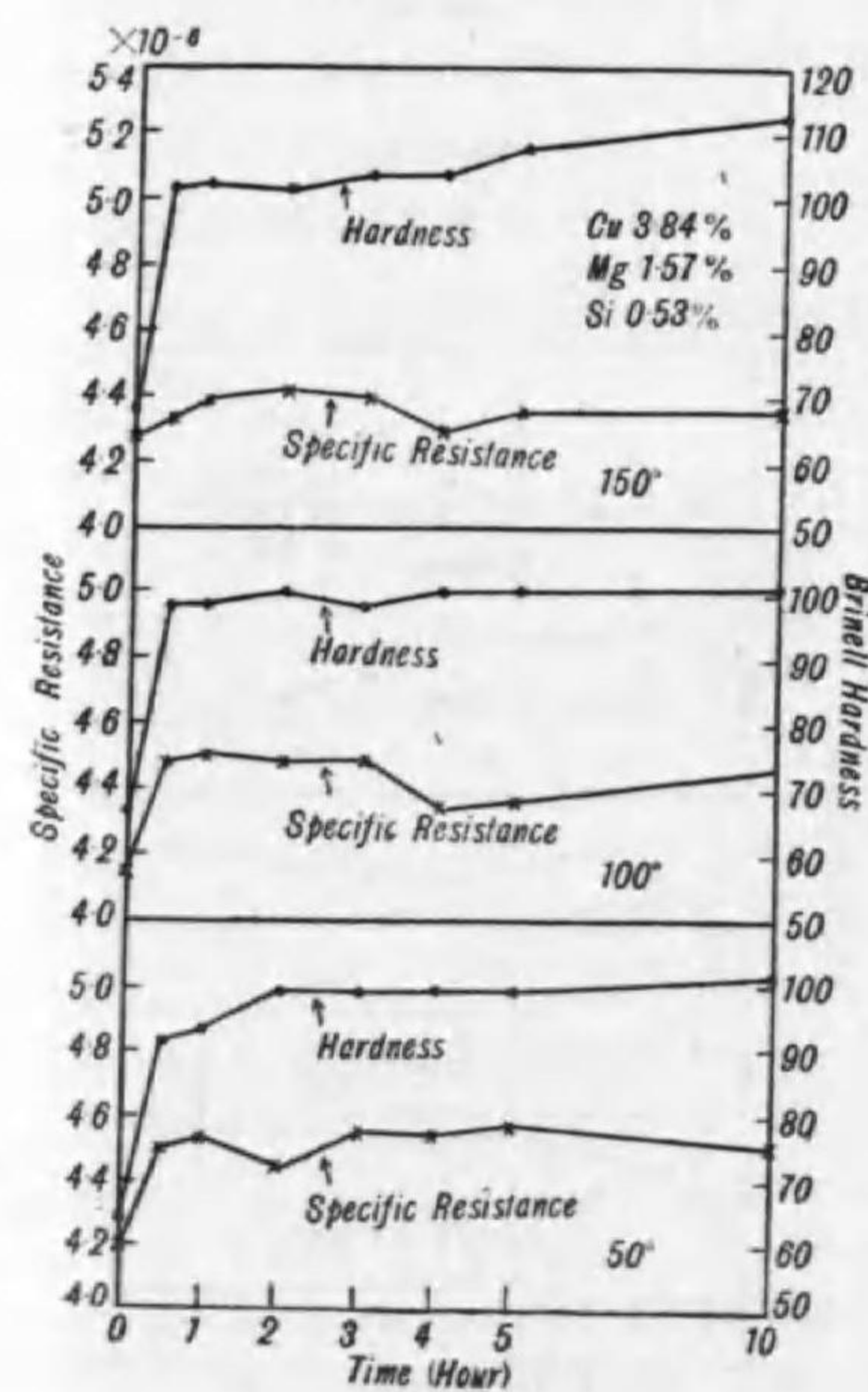


Fig. 6 (a)

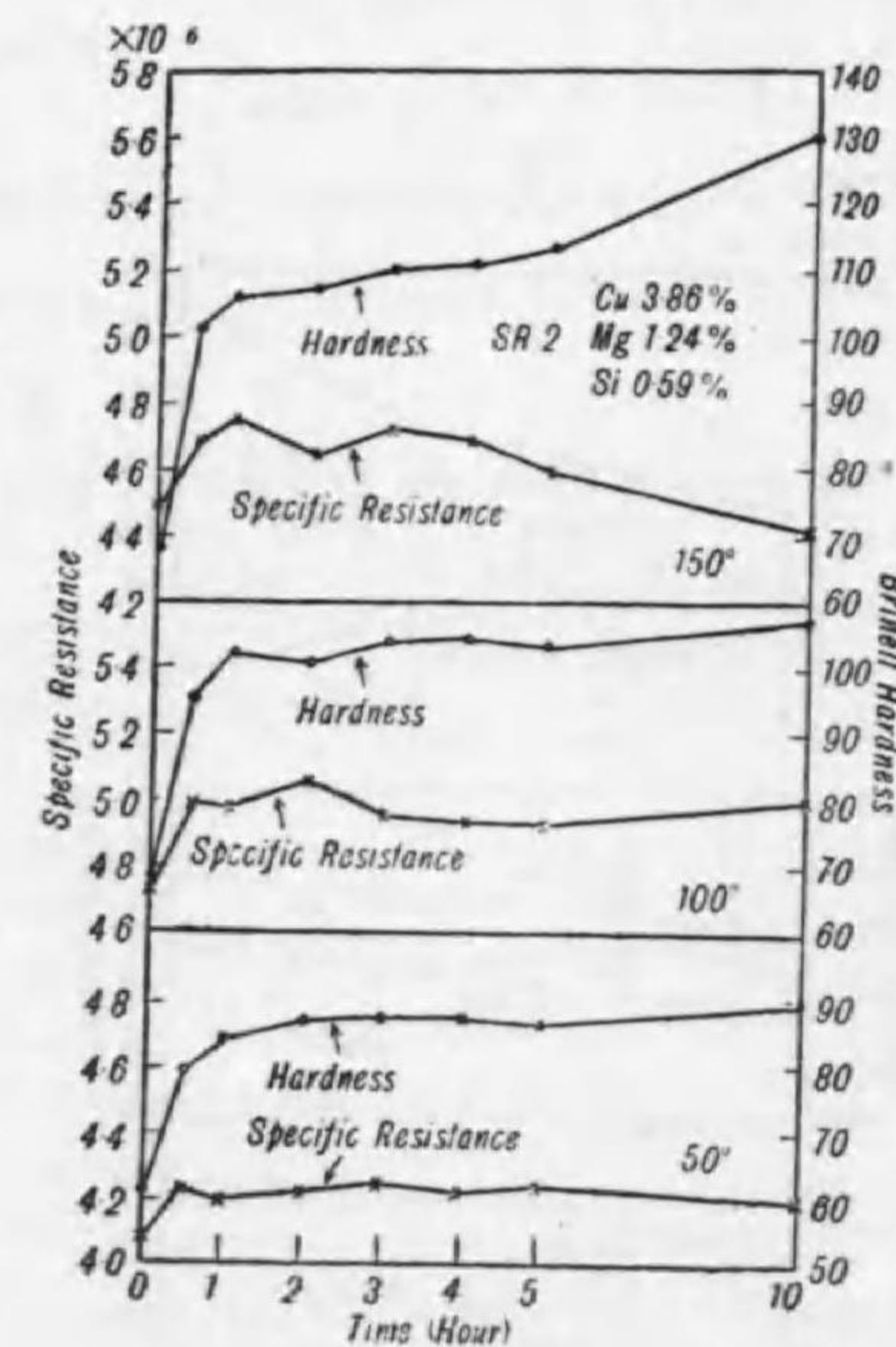


Fig. 6 (b)

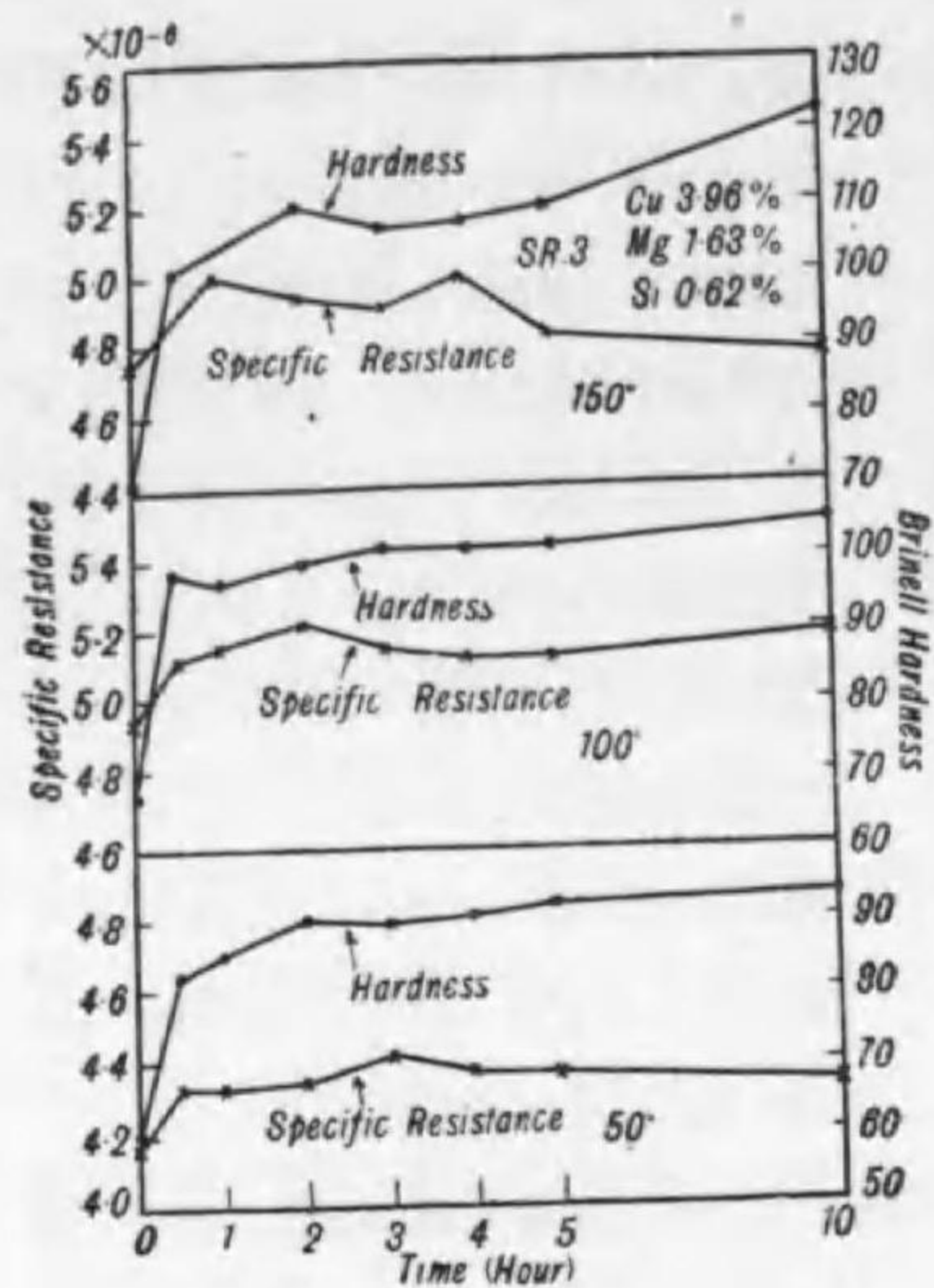


Fig. 6 (c)

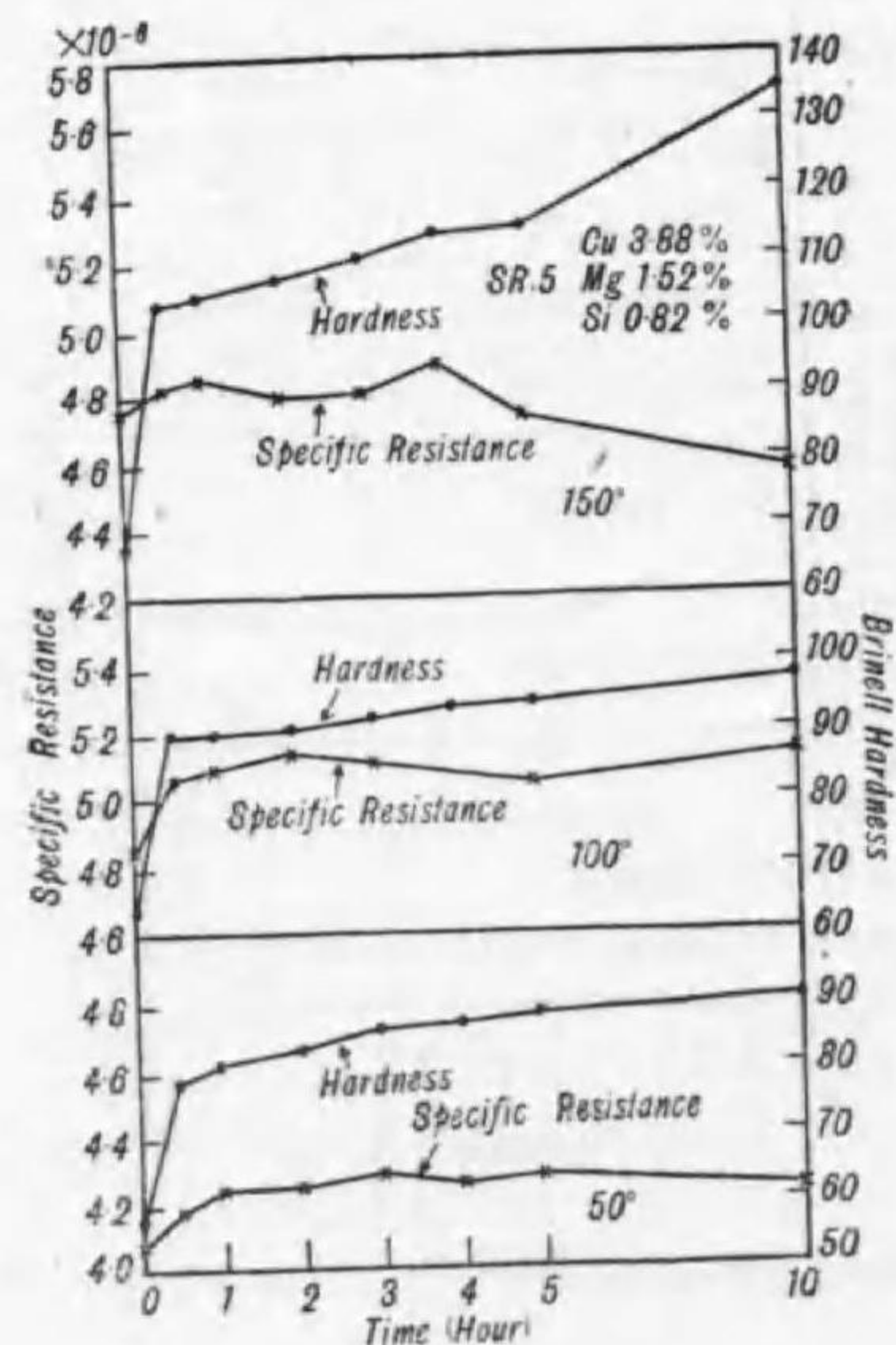


Fig. 6 (e)

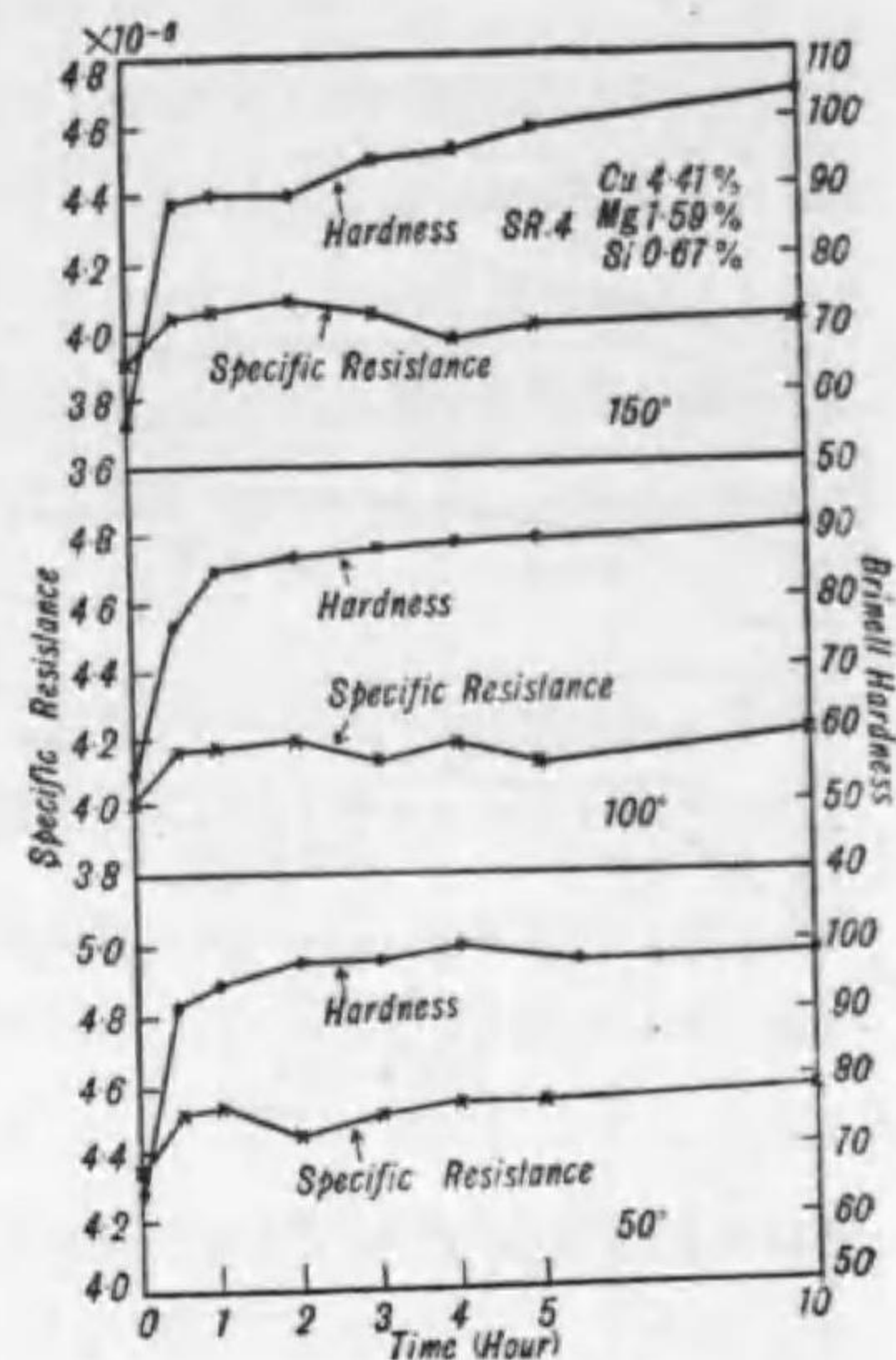


Fig. 6 (d)

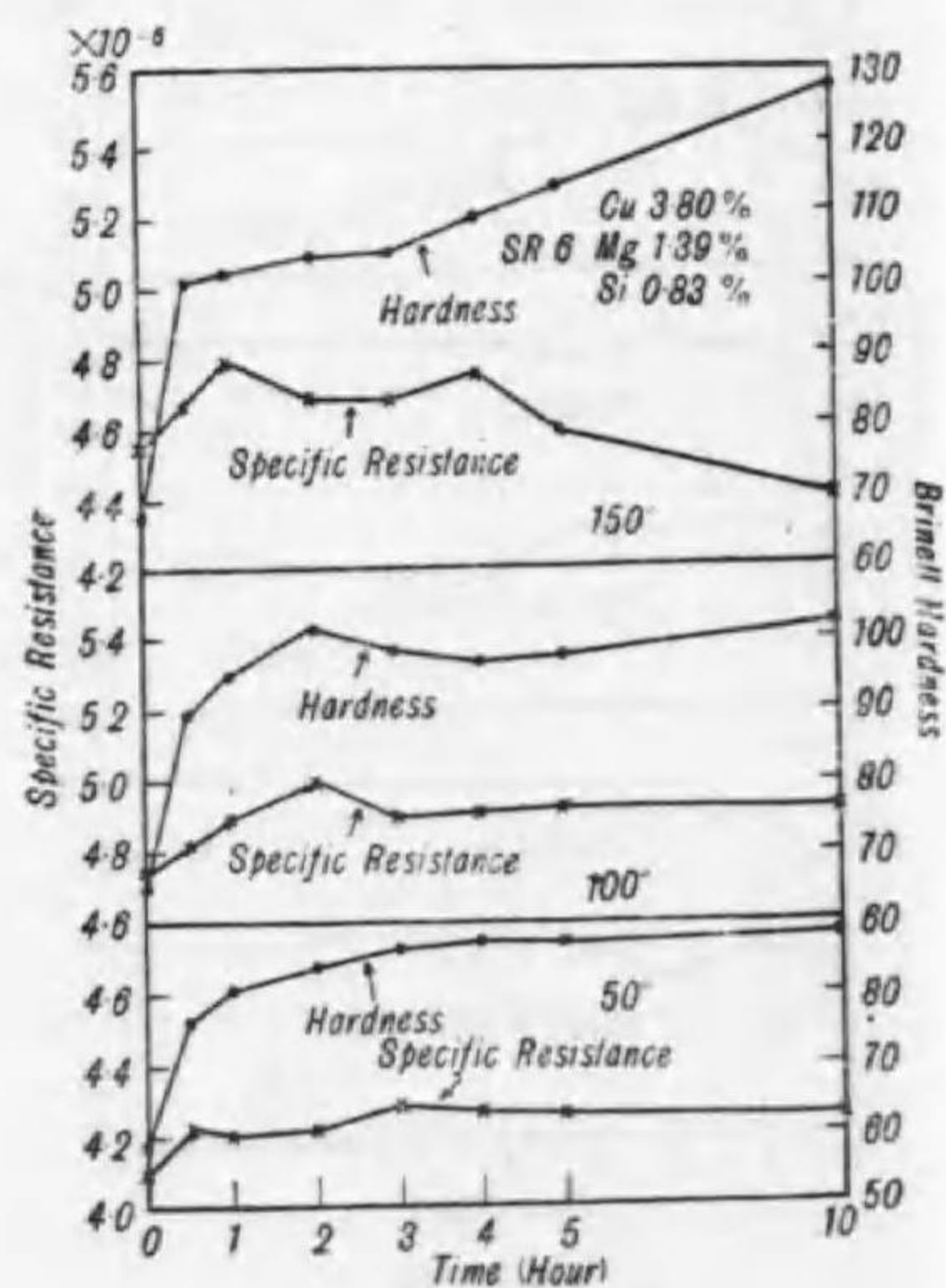


Fig. 6 (1)

定した. Fig.6 (a)-(f) はその結果を示したものである. この結果を Fig.2 の場合と比較して

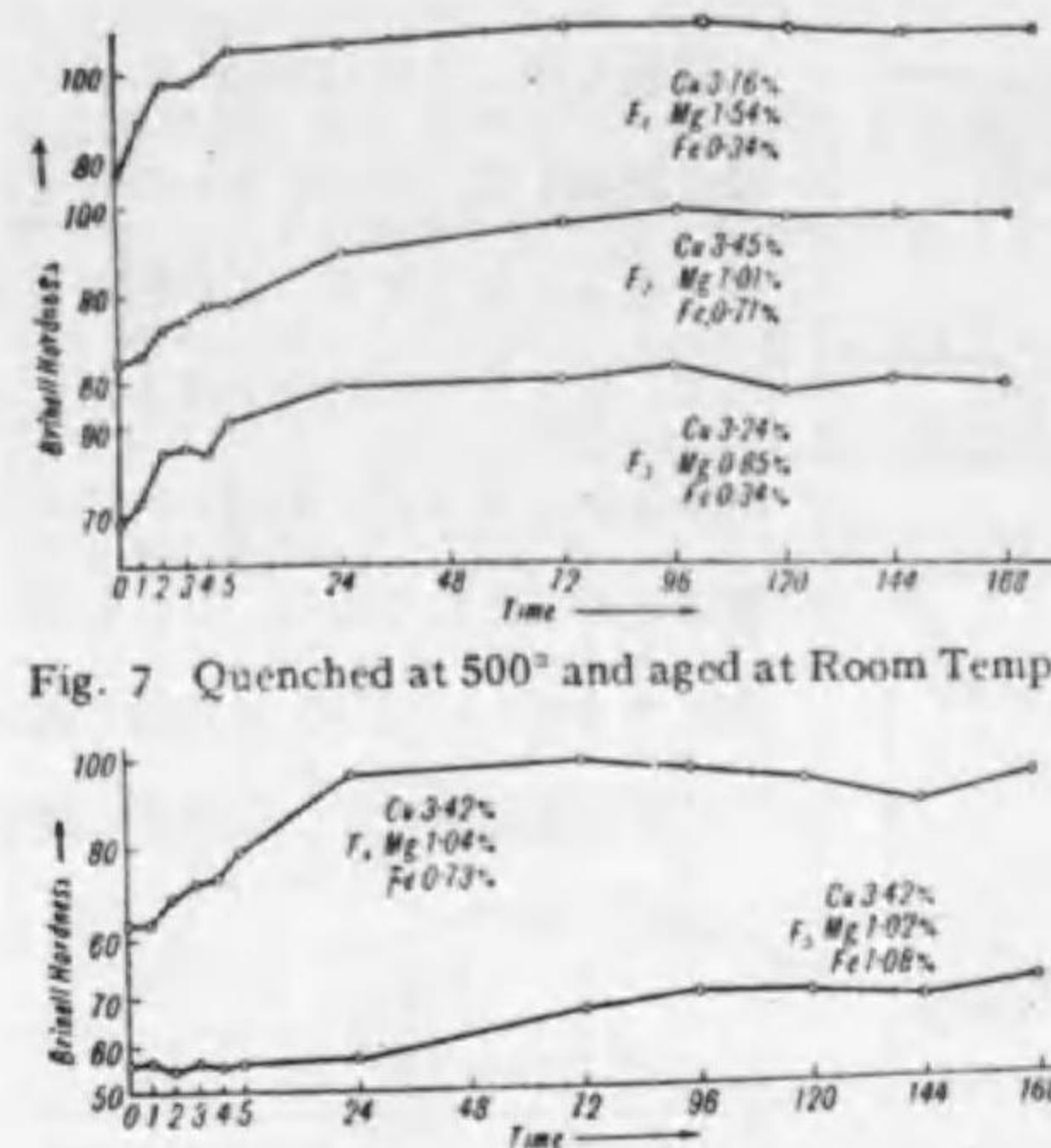


Fig. 7 Quenched at 500° and aged at Room Temp.

Fig. 7 Quenched at 500° and aged at Room Temp.

見ると 50° 及 100° に於ける焼戻には顕著なる差異を認められないが、

150° の焼戻となると特に珪素を加へざりし試料にては硬化の程度が常温時効の時より低い珪素 0.6 乃至 0.8% 程度を含む試料にては 10 時間後のブリネル硬度が 130° 前後になつて焼戻効果が著しく認められた.

之は珪素の影響であると考へられる. Fig.7 に特に珪素を加へざりしものと、珪素を加へたるものとの硬化の有様を比較する爲に焼戻温度と 10 時間後の硬度との関係を圖示した. 此の圖よりして珪素を 0.6~0.8% 程度加へることによつて常温時効による硬化は幾分阻止せられる傾向がある

も 150° にて焼戻すると著しく硬化せられることを一層判然と見ることが出来る.

も 150° にて焼戻すると著しく硬化せられることを一層判然と見ることが出来る.

硬度測定

Cu と Mg の割合が 4:1.5 或は 4:1 に近き合金に鐵を約 1% 程度追加したる合金を造

第 1 表					第 2 表			
番 號	成 分 (分析)			Cu:Mg	番 號	成 分 (分析)		
	Cu	Mg	Al			Cu	Mg	Al
A1	2.50	0.69	殘 分	4:1	A5	4	—	殘 分
A2	2.35	1.50	"	4:2.7	A6	4.24	0.56	"
A3	3.30	1.10	"	4:1.3	A7	3.21	1.24	"
A4	3.86	1.45	"	4:1.5	A8	3.75	1.15	"
					A9	4.12	1.13	"

- 1) Gayler. J. Inex. Metals, 60 (1937), 75; Petrov. J. Inst. Metals, 62 (1938), 63
- 2) Adoef Fry は最近 Al-Cu-Mg 合金の壓出材に Fe 0.5-11% を加へて常温にて索伸して、熱處理し、その機械的性質を調べて Fe の影響少きを論じて居るが實際の数値に可なり影響あることを示して居る. Metallk, 31 (1939), 3.

り、これを壓延して厚さ 1mm の板としたものを試料とした。Table.1 にその分析成分を示して居る。

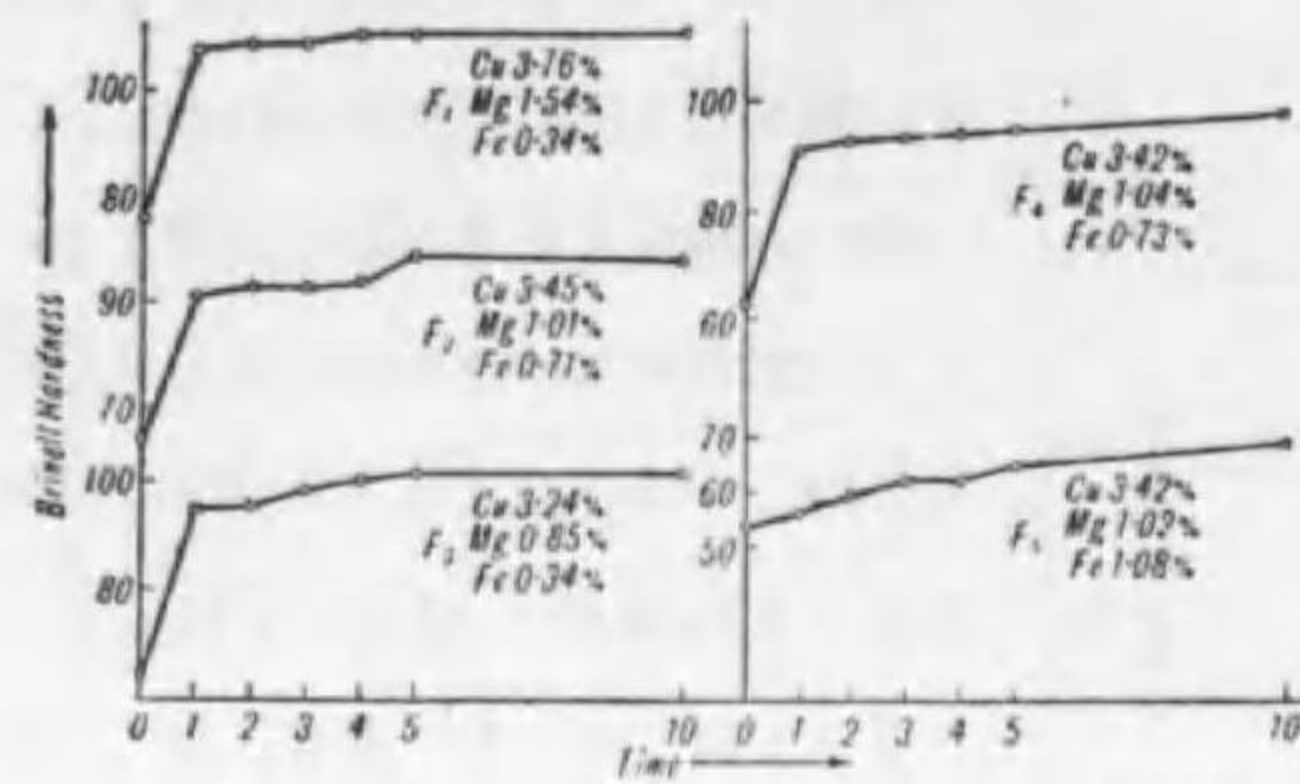


Fig. 8 a Quenched at 500° and Tempered at 50°

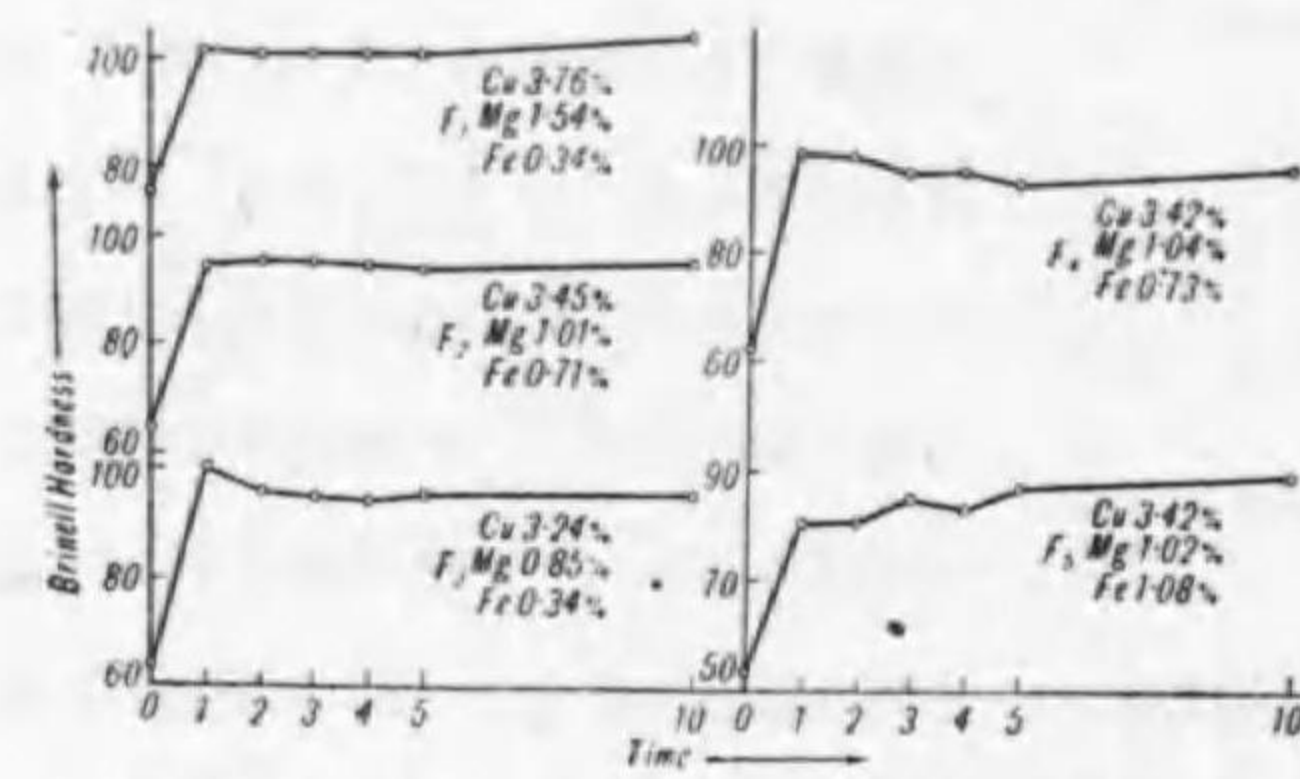


Fig. 8 b. Quenched at 500° and tempered at 100°

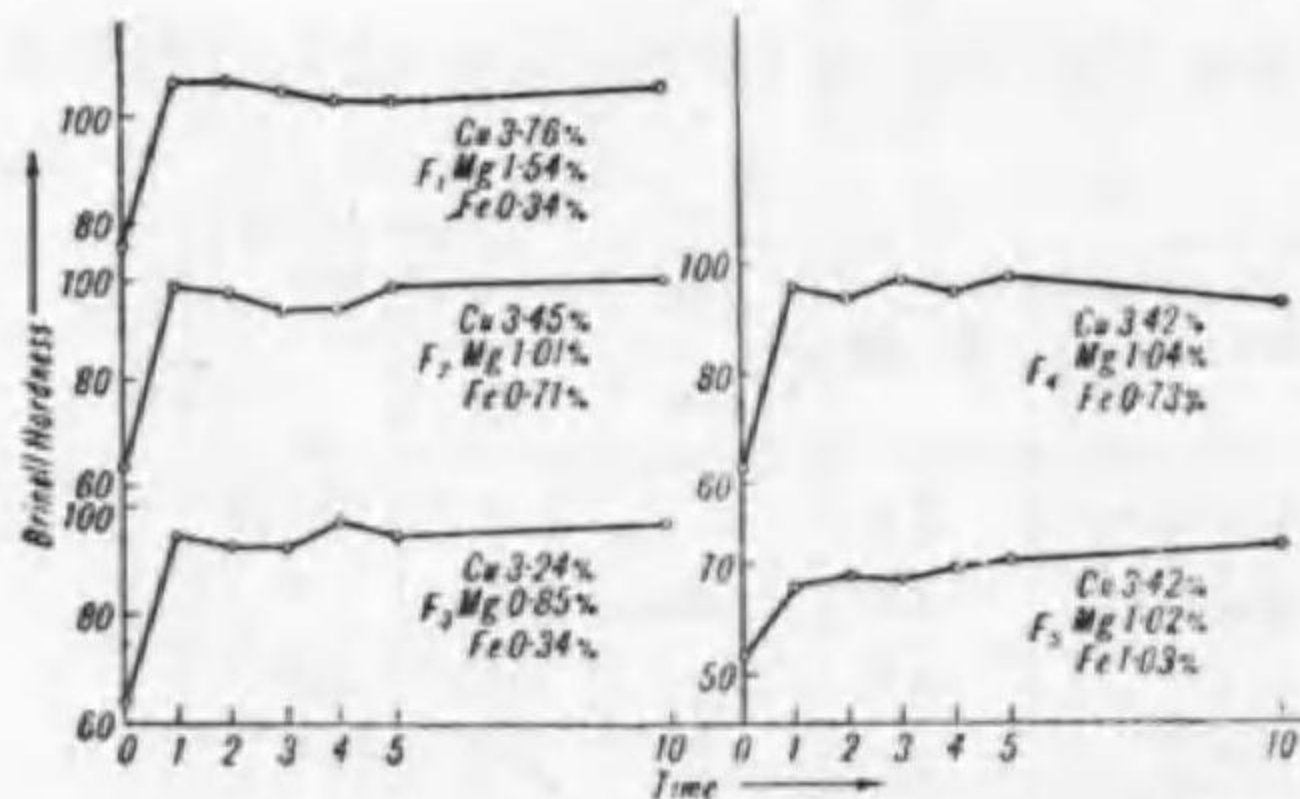


Fig. 8 c Quenched at 500° and tempered at 150°

様である。尙試料の Cu 量が幾分少なかったことも原因して居るが、焼入直後の硬度が Fe の含有が多いもの程低い値を示して居ることも注意すべき点である。

次に同様の試料を 500° にて焼入後 50°, 100° 及 150° にて焼戻したときの硬度の變

示して居る。

實驗に際しては Table1 に示す以外に試料を造つたが、Fe の含有が多くなると板とすることが困難となつて、板としての試料を得ることが出来なかつたから Table 4 に示す種類を用いたのである。これを硝石槽にて 500° にて 30 分加熱し焼入してから常温時効による硬度の變化を測定した。

Table 4

No.	Al	Composition%		
		Cu	Mg	Fe
F1	Remainder	3.76	1.54	0.34
F2	"	3.15	1.01	0.71
F3	"	3.24	0.85	0.34
F4	"	3.42	1.04	0.73
F5	"	3.42	1.02	1.08

Fig.7 にその測定結果が示されて居るがこれを見ると Fe の含有が多くなると常温時効で硬度が悪くなる様になつて来る。殊に 1% も Fe が含まれると時効硬化が著しく生じないことが判明する。これはチユラルミンに於て今迄認められた事實も同

化は Fig.8a-c に示して居るが、焼戻しても Fe の含有の多い合金は同様に硬化し悪いことを知るのである。

以上の實驗に依り超チユラルミンにてもチユラルミン同様に Fe の含有が多くなると時効し難くなることが判明したから、超チユラルミンを造るべき地金に Fe の含有の多いものはこれを使用することを避けなければならないといふことになる。

超チユラルミンを焼入直後加熱してその膨脹變化を測定すると成分に依つて異なるが膨脹收縮の異狀變化が先づ生じる。これは Al-Cu-Mg 系の S 化合物の析出過程によつて起る

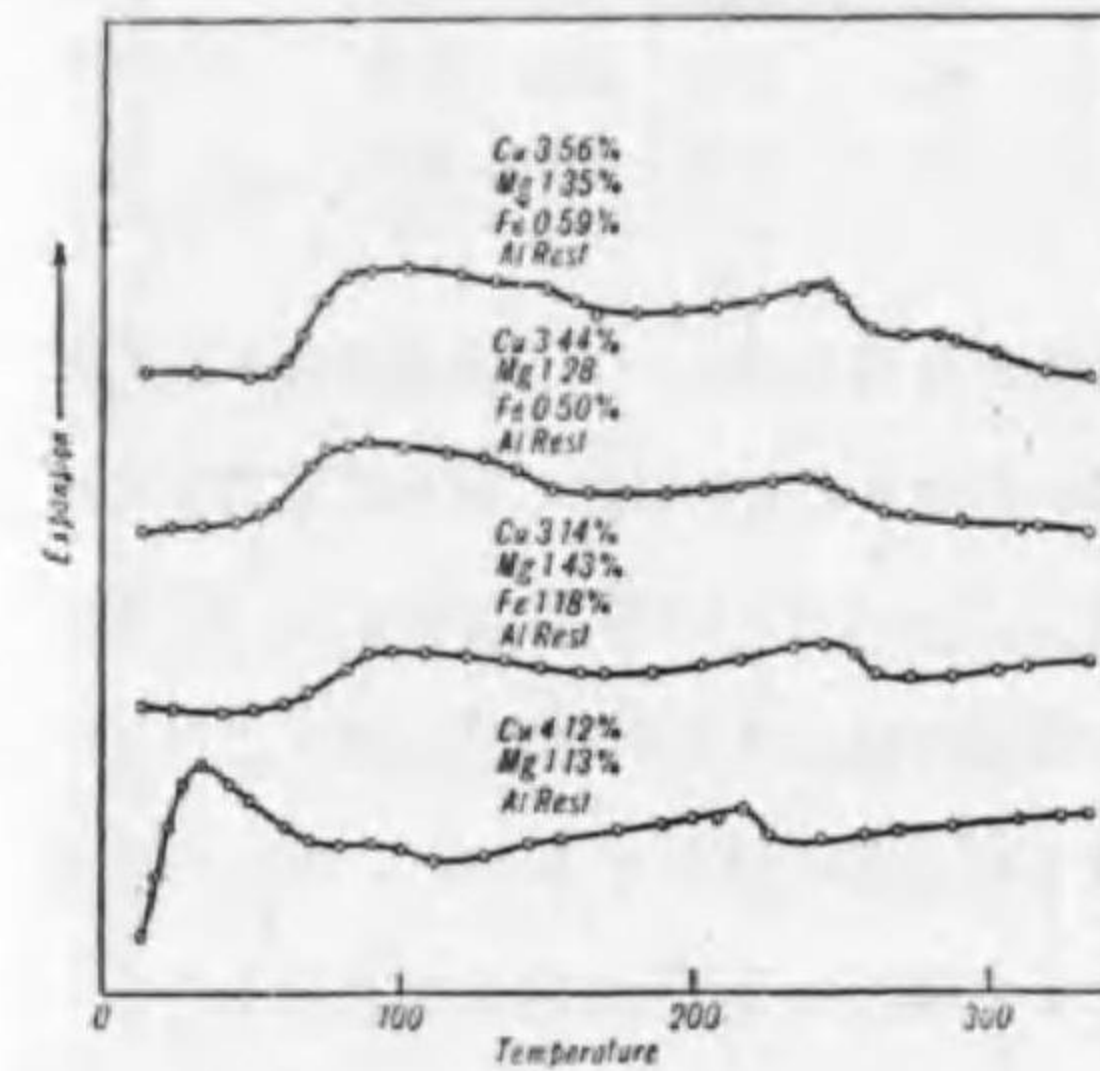


Fig. 9

と考へた。この變化に對する Mn, Si 等の含有の影響に就ては既に報告したが、同様に Fe が上記の如く超チユラルミンの時効を阻害するから、この膨脹變化にも影響を與へるであらうと想像せられる。それで Fe 0.5~1.0 % 程度を含める試料を造り、示差膨脹計で焼入直後の試料を加熱しつゝ膨脹變化を測つた。Fig.9 はその結果を示したものであるが、Fe を含まないものに就ての測定結果をも比較の爲に示して居る。これを見ると Fe が

0.5~1.0% 程度含まれた試料の膨脹變化の狀況は、Fe を含まないものと異り、低温で生じる膨脹收縮の變化が幾分高温に於て生じて来る様になり、且つ異狀膨脹變化の程度も少くなる。これより超チユラルミンも Fe の含有によつて常温時効を生じ難くなるのは S 化合物の析出が阻止せられる様になるか、或は何か平衡關係に於て斯る原因をなすものが出来るかにあると想像せられる。

Mn の 影 響

試料としては第 1 表に示す如き Cu:Mg が 4:1 及び 4:1.5 を用ひて之に Mn を加へたる各種の合金を造つた。

分析の結果は Cu:Mg が 4:1.5 より Mg が幾分少いものが出来たが、其の儘用ゐることにした。之を壓延して板としてその性質を試験することにしたのである。

Table 5 に示す各試料を 500° にて 30 分間加熱し水に焼入して常温にて時効せしめその

時効に伴ふ硬度の變化を測定した. 其の結果は Fig. 10 に示す如く Cu:Mg が 4:1 の割

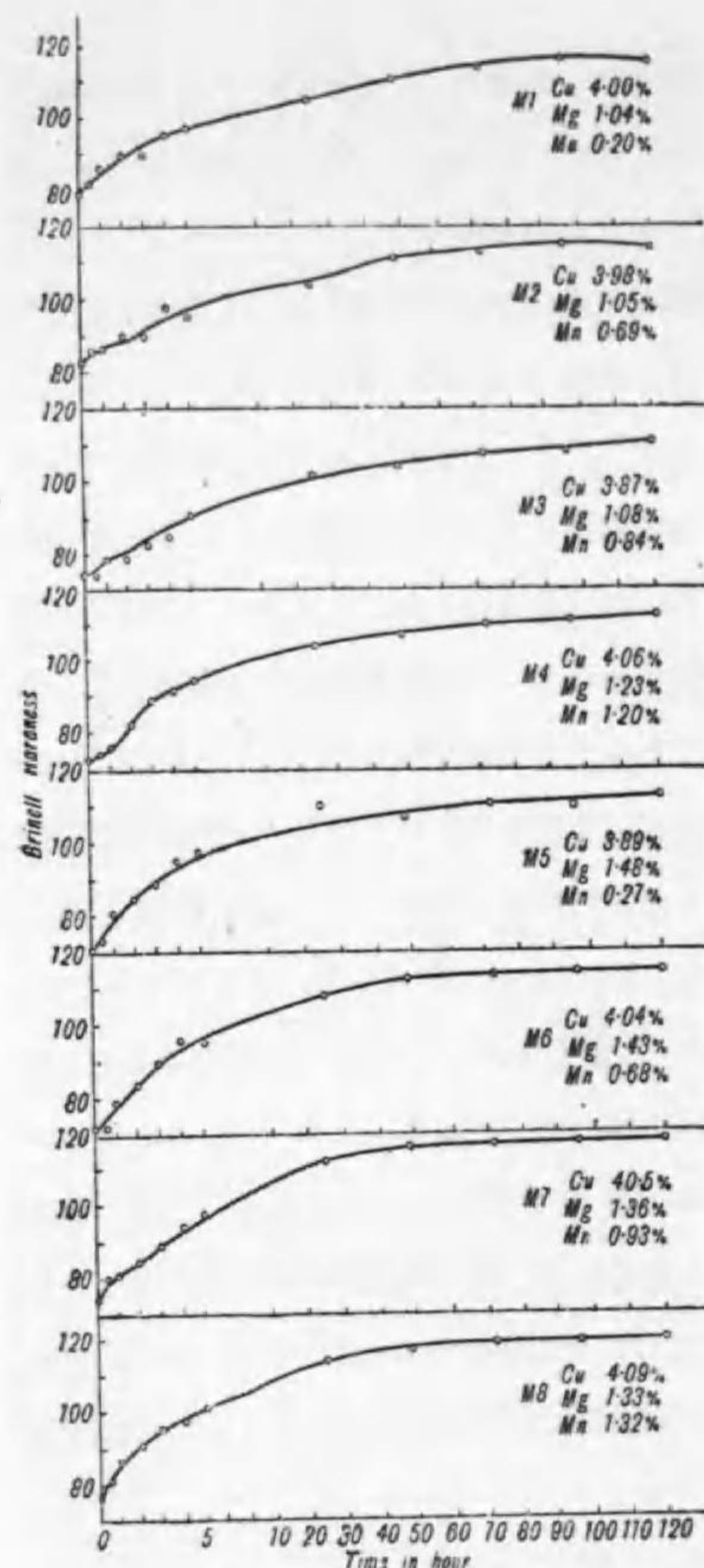


Fig. 10

Table 5 Composition(Analysis)

Specimen No.	Cu	Mg	Mn	Al
M ₁	4.00	1.04	0.20	balance
M ₂	3.98	1.05	0.69	"
M ₃	3.87	1.08	0.84	"
M ₄	4.06	1.23	1.20	"
M ₅	3.89	1.48	0.27	"
M ₆	4.04	1.43	0.68	"
M ₇	4.05	1.36	0.93	"
M ₈	4.19	1.33	1.32	"

合の合金即ち M₁-M₄ は常時時効が既報の Mn を含まぬものに比し徐々に進行する. 併し Mg を約 1.5% に含有する M₅-M₈ の合金の硬化は幾分大きい. 而して M₁-M₄ よりは急速に硬化する. 併し Mn の含有による著しい影響は認められなかつた. Fig.11 は上記の試片を 50°, 100°, 150° に於て 10 時間迄焼戻したる場合の硬化の變化を測定せし結果を示したるものである. 焼戻硬度の結果を M₁-M₄ の合金に就いて見ると Mn の含有量が影響は殆ど認められない. 單に Mn 1.20% を含む Mn₄ になると 150° の焼戻によつて幾分硬度が M₁-M₃ の合金よりは高くなつて居る. 即ち Mn も

著しくはないが焼戻による硬化をたすけるものであらうと考へられる.

次に M₅-M₈ の合金に就て比較して見ると, 50° 及び 150° の焼戻にては餘り硬化が著しくないが, 150° にて 10 時間の焼戻には 135 程度の硬化を示して居る. 之は Mn が全く含まれない合金に比して焼戻が出来る事は明に認められるが併しその影響は餘り大きいもので

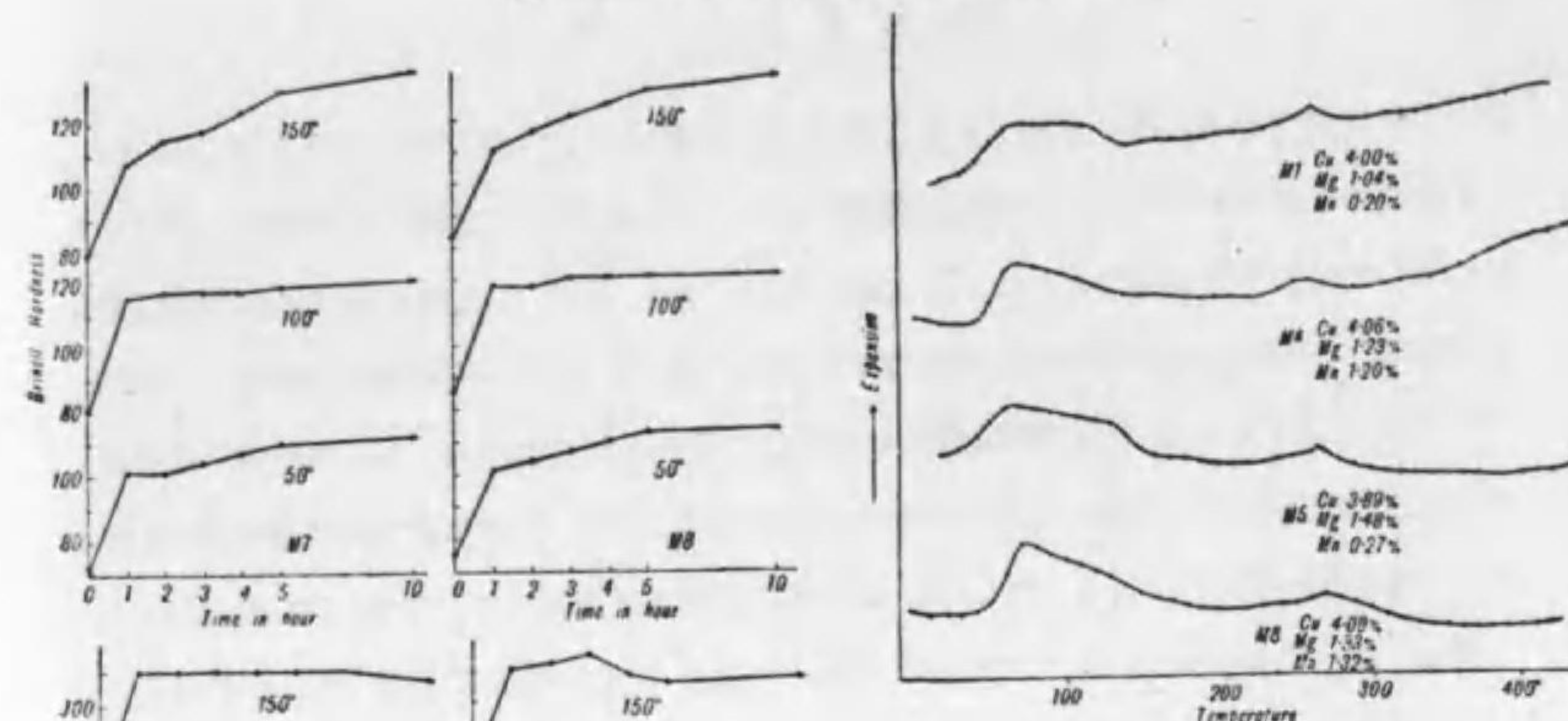


Fig. 11.

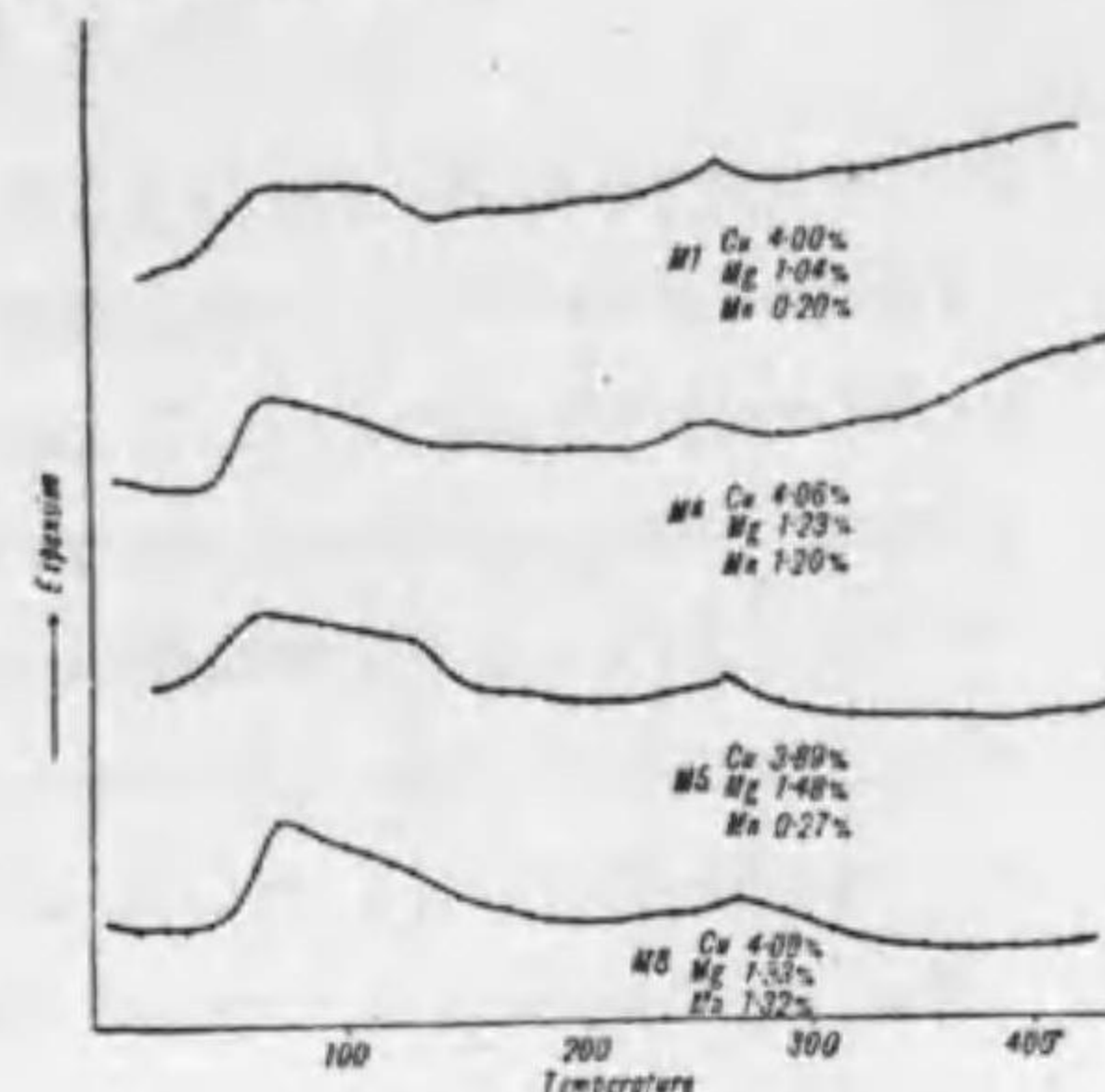


Fig. 12

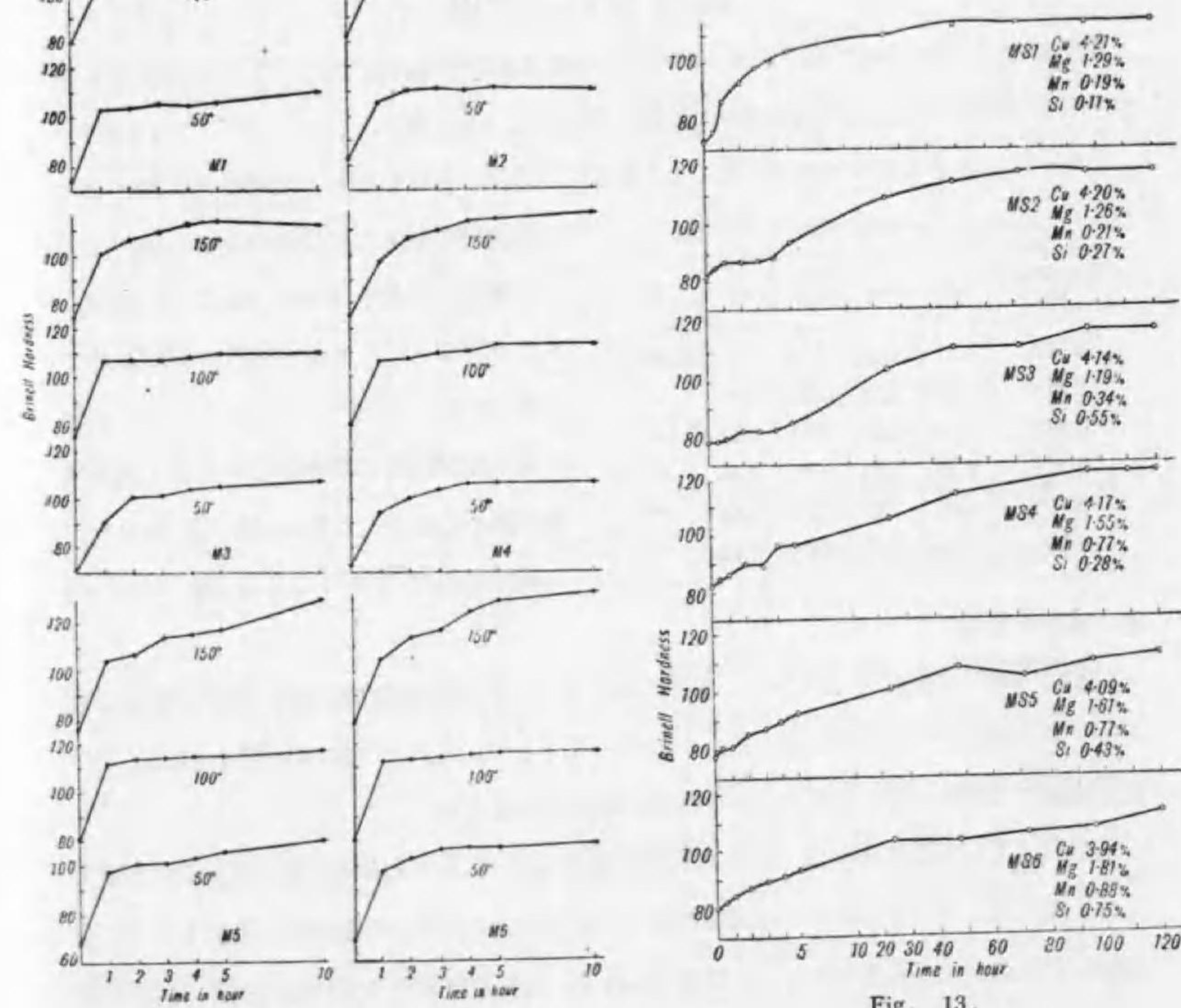


Fig. 13.

ないことは明である。Mnを加へるならば0.8%程度迄でよいのではないかと考えらるへ。

上記の如く超デュラルミンの時効の現象を試片の焼入直後之を加熱して熱膨脹を測定する事に依つて説明すると明になつたから上記の各試片をも500°にて焼入後直に加熱膨脹變化を測定した。何れも同様の結果を得たのであつて、Fig.12は其の例を示したものである。

今M₁とM₄の合金の示差膨脹曲線を比較して見ると明であるが、M₁の合金では常温より異常膨脹が生じ再び収縮して来る。即ちAl-Cu-Mg系のS化合物の析出變化の現象がM₁では直後から生じて居る。併しM₄では其の温度が幾分高くなつて約50°から始まつて来る。而して再び収縮が生じて約13°で終る、即ちS化合物の析出はMnの含有量が多くなると阻止せられると云ふ事が明になつた。之がM₅-M₈の合金に於ても認められたのである。圖に於ては之を示して居る。

Mn及びSiの影響

上記の如くMnは超デュラルミンの時効に及ぼす影響が明になつたから、次にはMn及びSiが同時に含有せられたる場合の影響を調べることにした。

Table 6にはその試料の成分を示した。前記と同様に、壓延し板として用ひた。500°にて

Table 6. Composition (Analysis).

Specimen No.	Cu	Mg	Mn	Si	Al
2 MS ₁	4.21	1.29	0.19	0.11	balance
3 MS ₂	4.20	1.26	0.21	0.27	"
4 MS ₃	4.14	1.19	0.34	0.55	"
5 MS ₄	4.17	1.55	0.77	0.28	"
6 MS ₅	4.09	1.61	0.77	0.43	"
8 MS ₈	3.94	1.81	0.88	0.75	"

30分加熱し焼入して常温時効せしめたるときの硬度の變化を同様にFig.13に示した。これを見ると明であるが何れの試片に於ても硬化が徐々に進行してMn及びSiが加はると常温時効が幾分阻止せられて来る傾向が認められる。これはMn及びSiがAlに固溶する爲であることはMnのみの場

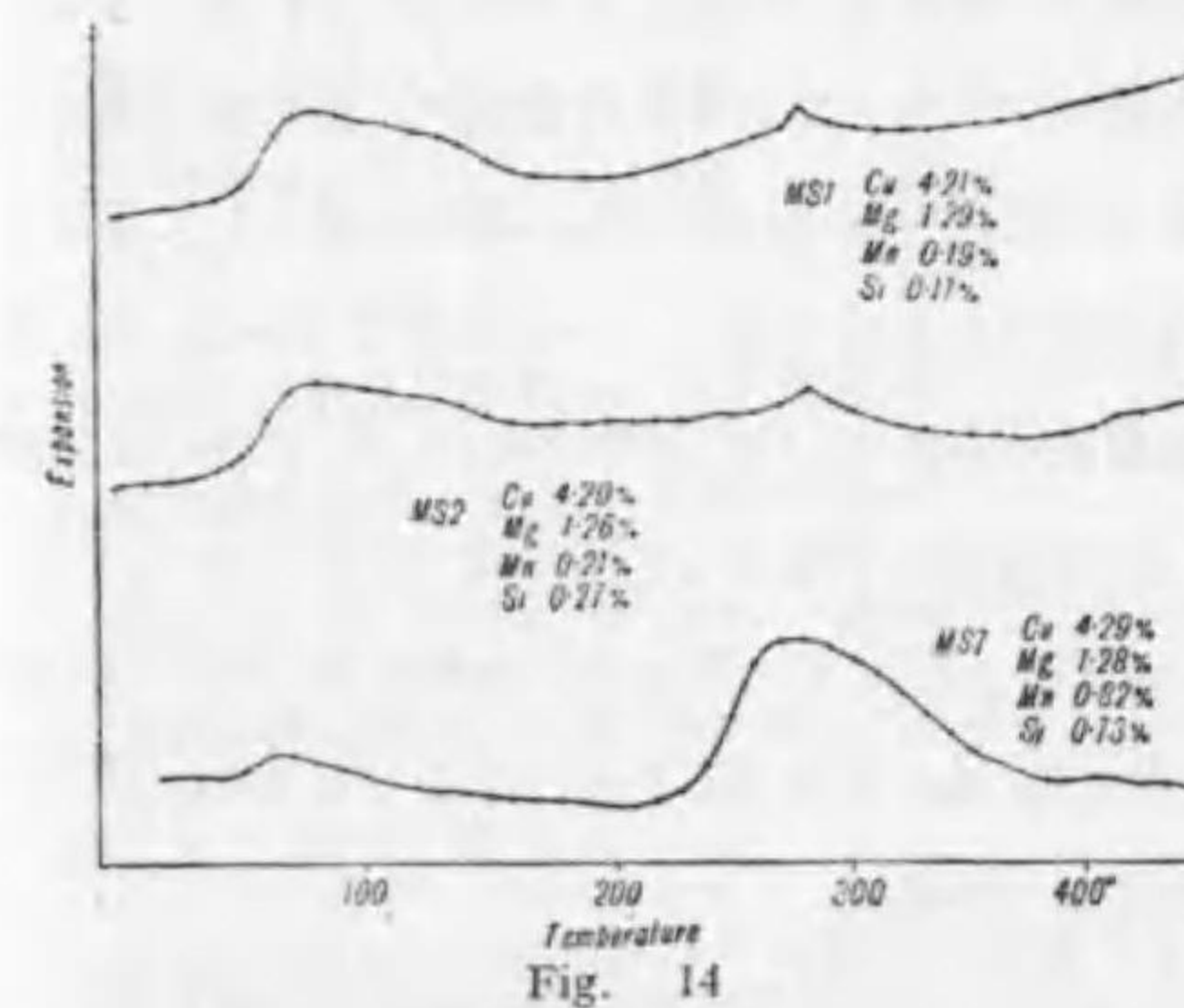
合同同様であらう。

同様に500°に焼入し50°,100°,及び150°にて10時間迄焼戻をせし硬度の變化を調べた。その結果をTable 7に示した。これから見てもMn及びSiが何れも含有せる爲に150°迄の焼戻にては餘り著しい硬化が示されない事が明になつた。

上記の結果から見てMn及びSiが同時に含まれて来ると常温時効並に焼戻硬化が著しくない事が明になつたが、これは既報の如くSiが加へられると平衡關係が移動してS化合物の析出が少くなる爲であらうと想像せられる。これを證明する爲に焼入試片の熱膨脹變

Table 7.

Temper- ing Hour	Specimen No.	MS ₁	MS ₂	MS ₃	MS ₄	MS ₅	MS ₈
	Temper 50°	Immediately after quench	72	70	69	72	69
1		101	91	99	106	101	92
2		110	106	101	114	103	99
3		112	104	102	113	107	101
4		114	107	104	113	107	104
5		114	107	104	113	107	106
10		117	107	107	114	107	107
Temper 100°	Immediately after quench	75	72	69	73	63	69
	1	113	101	101	95	89	90
	2	114	101	103	104	87	93
	3	113	101	104	101	89	93
	4	114	102	105	104	89	95
	5	114	104	106	104	92	95
	10	115	107	108	114	101	107
Temper 150°	Immediately after quench	73	72	69	69	65	65
	1	107	103	106	92	88	93
	2	110	103	107	94	89	96
	3	108	104	107	95	90	94
	4	113	105	108	95	90	98
	5	112	107	110	95	90	101
	10	113	107	114	104	99	114



化を測定した。Fig. 14はその例として示したものである。MS₁及びMS₂はMn及びSiも少い合金であるから、S化合物の析出に関する膨脹収縮變化は明に示されてCuAl₂の析出と考へられる280°の變化が極めて僅かである。然るにMS₇になると圖示されたる如くSiが0.73%含まれ來たる爲に、280°に於ける膨脹収縮が可なり大きく示されて来る。之は既報の如くSiの含有

の爲に平衡關係が S の析出範圍から移動する爲である。

Fe の 影 響 に 就 て

デュラルミンに Fe の含有が多いとその時効が生じなくなることは既に研究もあつてよく知られたる所である。

併し超デュラルミンに關しても同様な現象が生じるかは、明かになつて居らない。又デュラルミンに鐵の含有せられると時効の阻止せられる原因に就ては、Cu を含む Al 合金の時効が Fe の含有によつて著しく異つて來ることからこれを單に Al-Cu-Fe 系の 3 元化合物 N が出来る爲として居るが、何故この N-化合物が生成すると時効が阻止せられて來るかは未だ明かにして居らない。兎に角デュラルミン或は超デュラルミンを造る場合に鐵の含有を出来るだけ少くすることは、機械的性質を充分發揮せしめる上に必要であるが、その純度を何處に求めてよいか、本研究はこれ等の諸點を闡明する爲に行つたものである。尙不充分の點もあつて、尙本研究をつゞけて居るが、現在迄明かになつた點を此處に發表することにしたものである。

實 驗 方 法

使用材料並に實驗方法は上記の研究と同様である。

亞鉛の影 響 に 就 て

亞鉛はデュラルミンの如き合金に加へられて使用せられて居らない。之は其の性質に好影響を與へないものと考へられた爲である。又亞鉛を多く含むマグネシウムを同時に含む合金は時期割の現象が生じて、信頼性に乏しい材料であることから、之も使用せられずして居つたものである。然るに最近我が國に於て亞鉛及マグネシウムを含む合金が、優秀なる機械的性質を示すものなることが提唱せられて世人の注目を惹くに到つた。著者は既にかゝる合金の信頼性に缺くことを實驗的に知つて、既に發表をなして居る。一方に於て Al-Mg-Zn 系状態圖の研究は我が國及海外に於ても最近發表せられて、Mg 及び Zn の Al に於ける固溶度の大きいことは明かにせられて居るが、Al 固溶體と平衡すべき相に就ては研究者によつて一致して居らない。何れにしても Mg 及び Zn と之に Cu その他の金屬を加へたる Al 合金の研究が發表せられたるものもあつて、兎に角 Mg 及び Zn を加へたる Al 合金には注目すべき必要があると考へて本研究を行つたものである。

併し著者の研究は Al-Cu-Mg 系合金系の研究を土臺にして此の合金系の常時時効が S と

稱したる 3 元化合物の析出に關聯したるものと云ふことを發見したるを以て、之を土臺に矢張り S-化合物が析出すべき範圍と考へらるべき合金を選びて本實驗を進めた。かゝる合金に就ては既に五十嵐勇氏並に鳥羽安行氏の研究發表があるが、何れも機械的性質を調べるを目的とせられて居るが、本研究はかゝる合金の時効現象を主として攻究するを目標としたるものである。

試 料

Table 8.

No.	Composition			
	Al	Cu	Kg	Zn
Z A1	bl.	4.02	1.69	1.52
Z A2	"	4.07	1.70	2.70
Z A3	"	4.25	1.68	4.25
Z B1	bl.	3.97	1.18	1.45
Z B2	"	4.15	1.20	2.74
Z B3	"	4.18	1.02	4.42
Z C1	bl.	2.97	1.22	4.63
Z C2	"	2.93	1.31	5.74
Z D1	bl.	2.01	1.66	2.14
Z D2	"	2.11	1.70	3.70
Z D3	"	2.20	1.65	6.59
Z E1	bl.	2.00	1.90	2.14
Z E2	"	1.93	2.11	4.19
Z E3	"	2.12	2.13	7.01

試料は Table 8 に示す如き成分のものを造つたのであるが、之は Cu と Mg の割合が大體に於て 4:1.5, 4:1, 3:1, 2:1.5 及 2:2 としたるものであつたが分析の結果は幾分の差異が生じて居ることを知つたが、それに近いものであるから、是等の試料について實驗を行つた。

鑄造材の時効

常時時効 先づ金型鑄造材に就て其の時効現象を調べることにした。即ち Table 8 に示す如き試料の金型鑄造材を造りて焼鈍の後試料によりて 450° 又

は 500° に於て之を焼入して常溫に於ける時効に伴ふ硬度の變化を調べた。Fig. 15 (a)~(e) は其の實驗結果を示したるものである。

圖の (a) は Cu:Mg が 4:1.5 の割合の合金であるが、Cu 及び Mg のみを含む Al 合金と同様に常溫にてよく時効を示して、Z A 3 の合金の如きは 5 日の時効にてブリネル硬度が 130 を越えて來る。

圖の (b) は Cu:Mg が 4:1 の割合の合金であるが、この割合に Cu と Mg を含みて Zn を含まざる合金が常時時効をよく示すものであるが、之に Zn を加へたる合金も同様に常溫

時効による硬化は著しい。併し ZA の各合金に比して本来の硬度自身が低いから、5 日の常

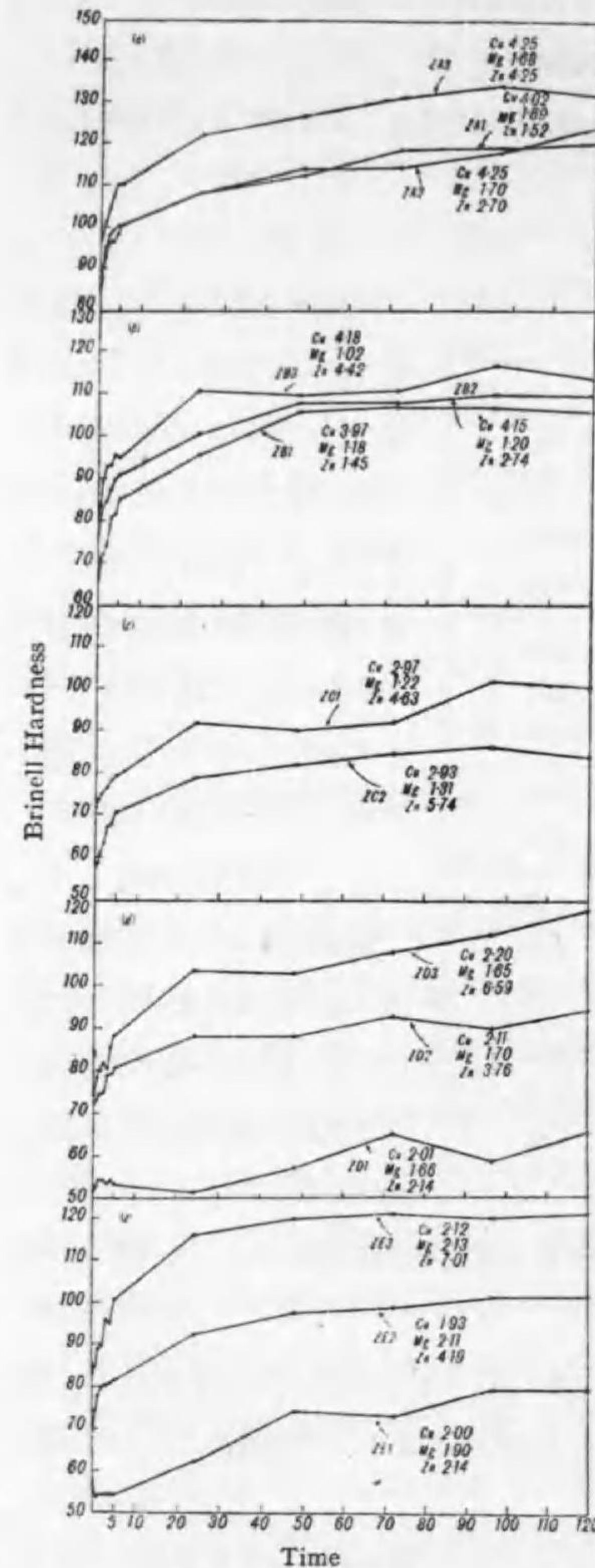


Fig. 15 (a)~(e).

温時効にて ZB 3 の硬度が 114 となつたに過ぎないが、硬化の割合は大きいことが見られる。

例へば ZA 1 の合金が 41.5% の硬化率を示して居るが、ZB 1 の合金は 60% の硬化率であり、ZA 3 が 35.5% の硬化率であるのが ZB 3 では 42.5% を示して其の硬化の割合が多い。

次に Fig. 1 (c) (d) (e) は Cu:Mg がそれぞれ 3:1, 2:1.5 及び 2:2 の割合に含有せる Zn 合金の常温時効の有様を示したるものであつて、Zn の含有量が少い場合には Zn を含まざる合金に於て認めたる如く、其の時効による硬化の程度が少く、且つ停滞期のある事が認められる。併し Zn が 4% 程度となると常温時効も亦著しく認められて来る。而して時効 5 日後の硬度も可なり高い。

焼戻硬化 次に同様の試料に就て 500° にて焼入の後に 50°, 100°, 及 150° に焼戻を 5 時間迄施し、各 1 時間毎に其の硬度の變化を測定して焼戻に伴ふ硬化の現象を調べた。Table 9 は其の測定結果を示したるものである。尤も 2~3 の試片に就ては 50° の試験は之を省略したるものもあつた。ZA の合金は Cu:Mg が 4:15 の割合の合金であるが、Zn の影響として見るべきは、Zn

が ZA 3 の如く 4% も含まれて来ると焼戻温度が高い程硬化著しく、150° の焼戻にて著しく硬化して最高ブリネル 155 に達して来る。併し ZA の含有が低い場合には寧ろ 150° の

Table 9.

No.	Quenching Temp.	Tempering Temp.	Immediately after Quenching	Brinell No.				
				Tempering Time				
				1	2	3	4	5
Z A 1	500	50	83	108	112	113	112	113
	"	100	80	112	114	114	114	114
	"	150	83	113	113	114	114	113
Z A 2	500	50	82	114	118	119	123	123
	"	100	83	117	120	120	124	124
	"	150	81	114	115	115	115	116
Z A 3	500	50	91	123	125	124	126	126
	"	100	85	127	134	138	140	138
	"	150	103	147	153	152	153	152
Z B 1	500	50	79	104	107	108	112	112
	"	100	74	104	105	107	109	110
	"	150	76	104	104	105	106	106
Z B 2	500	50	79	101	105	107	108	112
	"	100	78	106	107	108	110	110
	"	150	80	105	106	107	112	116
Z B 3	500	50	88	113	114	114	116	116
	"	100	85	107	112	112	114	114
	"	150	84	113	119	127	134	137
Z C 1	500	100	71	107	107	110	107	106
	"	150	71	96	107	107	111	110
Z C 2	500	50		85	87	88	90	93
	"	100	61	93	110	118	118	121
Z D 1	"	150	56	118	107	117	107	107
	500	50	52	57	62	62	67	66
Z D 2	"	100	52	70	71	79	79	79
	"	150	53	80	84	82	79	80
Z D 2	500	100	68	109	111	112	119	126
	"	150	65	101	106	106	102	106

ZD3	500	100	80	139	138	141	140	148
	#	150	73	137	138	147	143	142
ZE1	500	50	56	56	62	67	69	75
	#	100	54	77	74	76	79	81
ZE2	500	100	69	112	120	124	125	126
	#	150	70	123	126	130	128	137
ZES	500	100	85	137	137	145	154	158
	#	150	80	150	147	147	143	145

焼戻にて餘り硬化著しくなく、寧ろ幾分硬度が低くなる傾向を示して居る。次に ZB の合金は Cu:Mg が 4:1 の割合の合金であるが、是等の合金に於ても同様に Zn が 4.4% 含まれたる ZB3 が 150° の焼戻にて硬化著しく、5 時間にて 135 に達してゐる。ZC, ZD 及 ZE の各合金に就ての實驗にては、何れも 100° 及 150° に焼戻を行ひて、50° の焼戻は之を行はざりしものもあるが、焼戻による硬化著しくして Zn の含有量の多き程、その程度も顯著に認められて来る。是等の合金は Zn を含まざる場合と同様に常時時効による硬化は少く、寧ろ 150° 程度の温度にて焼戻を施すと、硬化が著しいと同様の現象を呈するものであると考へられる。

壓延材の時効

本研究の合金は實際使用に供するとすれば加工材であつて鑄造材として用ひない。従つて壓延材としての性質を調べて、其の時効現象を明にすることが大切である。

それで Table 8 に示したると同じ成分の合金を壓延して、板として其の時効に関する性質を攻究した。併し Table 8 の合金中に於て板となし難いものがあつたが、之は實驗を省略した。

常時時効

Fig. 16 (a)~(e) は Table 8 に示す如き各種の合金を、450° に 30 分加熱し水に焼入したるものを、常温に放置して其の硬度を測定し、同時に、比抵抗の變化を測りたるものである。

Fig. 16 (a) は Cu:Mg が 4:1.5 の割合で含めるものであるが、ZA 1 及 ZA 2 何れも鑄造材の場合と比較して見ると、其の 5 日間の硬度は常に低い。ブリネル硬度 110 附近であ

つて Zn がこの程度含まれても餘り増さないと考へられる。ZA 3 の合金は板に出来なかつたので省略した。

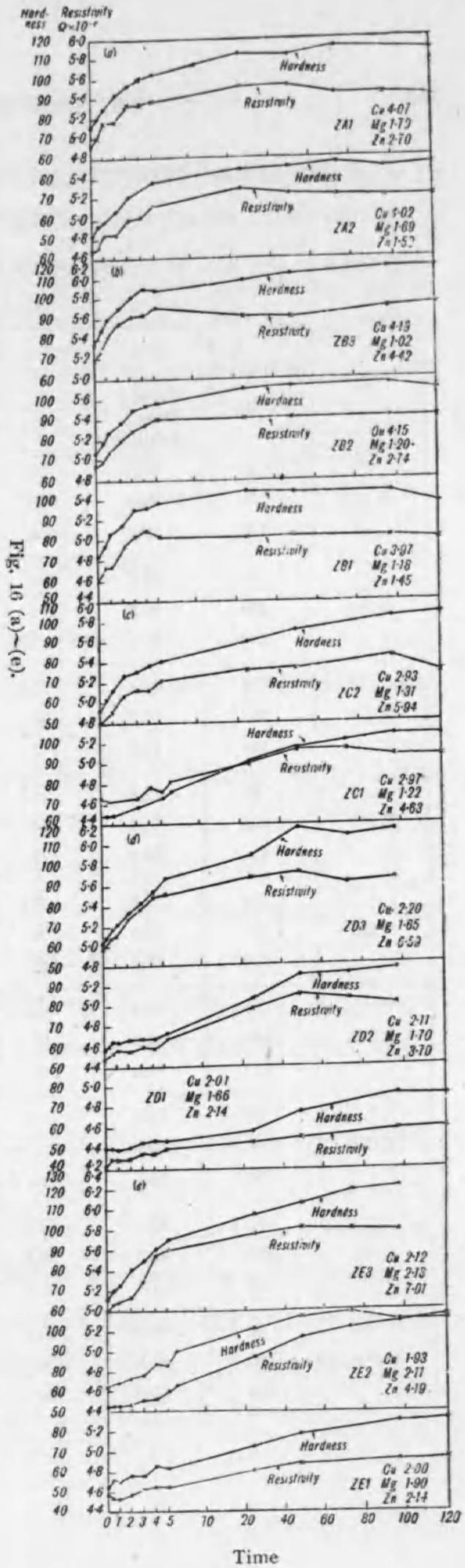
Fig. 16 (b) は Cu:Mg が 4:1 の割合で含まれる合金であるが、常時時効をよく示すが、ZA の各合金と比較して 5 日後の硬度は稍々低い事は鑄造材の場合と同様である。併し Zn が含まれることが多い程硬くなることは見られるが、ZB3 の合金で 110 程度の硬度に過ぎない。

Fig. 16 (c) は Cu:Mg が 2:1.5 に近い合金であるが、Zn が 4.7% 及び 5.7% を含めるも Cu 及び Mg の量が少いが爲に、常時時効は可なりに示すも 5 日間の硬度は何れも 105 程度で高くない。併し尚時効によつて硬くなるべき傾向が硬度曲線から想像せられる。硬化の状態も鑄造材と大差がない。

Fig. 16 (d) 及 (e) はそれぞれ Cu:Mg が 2:1.5 及 2:2 の割合に含む合金である。鑄造材に於ける時効に伴ふ硬度曲線と比較して稍々趣を異にし、始め 2~3 日は徐々に硬化が進行するのである。Zn の含有量が多くなるにつれて硬度が高くなる。尤も鑄造材と比較して加工材にしても其の硬度に餘り差がない。

焼戻硬化

上記の如く是等の合金は加熱焼入する



と、其の程度に差はあるが常温にて時効を示すものなることは明かであるが、之が 50°, 100° 及 150° に於て焼戻したる場合に如何なる現象が生じるかを、鑄造材同様に調べた。

實驗は試片を 450° にて 30 分加熱し水に焼入したる後、直に 50°, 100° 及 150° に加熱し

Table 10

No.	Quenching Temp.	Immediately after Quenching	Brinell No.						
			Tempering Time						
			1	2	3	4	5	10	
Z A 1	50	69.2	97.7	104	106	105	105	107	
	100	72.1	108	110	107	104	106	110	
	150	72.4	108	108	107	107	107	114	
Z A 2	50	72.1	100	104	104	105	104	108	
	100	76.2	116	118	117	114	114	119	
	150	77.9	114	118	118	119	119	137	
Z B 1	50	66.8	95.5	98.3	95.5	102	101	102	
	100	70.6	105	107	105	106	106	106	
	150	76.2	107	110	111	111	112	114	
Z B 2	50	72.8	97.7	101	100	106	104	107	
	100	76.2	114	114	112	111	115	111	
	150	80.0	113	113	114	114	117	129	
Z B 3	50	72.1	96.0	98.3	104	107	107	107	
	100	75.0	118	126	124	121	124	125	
	150	87.2	128	131	133	144	144	147	
Z C 1	50	63.0	87.2	97.7	98.9	100	100	102	
	100	64.2	116	117	117		115	119	
	150	64.2	107	111	110	112	114	114	
Z C 2	50	54.0	74.7	77.0	83.5	92.8	93.3	98.9	
	100	59.8	110	113	116	115	119	133	
	150	55.7	127	131	135	139	137	134	
Z D 1	50	49.4	53.3	55.7	59.8	68.5	69.5	77.0	
	100	49.8	81.3	84.4	87.7	89.2	91.7	94.4	
	150	47.7	80.4	82.6	81.3	83.5	83.5	90.2	
Z D 2	50	61.2	81.3	90.7	97.7	98.9	102	105	
	100	61.2	120	124	124		133	135	
	150	59.8	129	135	134	134	133	127	

Z D 3	50	66.2	104	114	117	118	121	123
	100	65.8	138	145	148	152	153	154
	150	66.2	170	171	168	164	164	154
Z E 1	50	54.2	59.5	63.0	69.5	76.2	79.1	82.6
	100	54.2	90.7	94.9	94.9	98.9	100	103
	150	55.5	82.6	87.2	87.2	87.7	92.8	98.3
Z E 2	50	63.9	85.8	96.0	98.9	102	105	110
	100	62.1	116	121	123		129	134
	150	62.7	137	143	143	147	144	145
Z E 3	50	67.5	108	115	121	121	124	127
	100	68.5	143	153	154	156	158	160
	150	67.5	171	178	178	173	177	171

て、10 時間迄の焼戻による硬度並に比抵抗の變化を測定した。

Table 10 は硬度測定結果を示して居るが、之より見ると焼入直後から常温時効並に焼戻によつて如何に硬化するかを一見して知ることが出来る。

總括して考へて見ると、鑄造材の場合と同様の結果を示して、Cu 及 Mg を含む Al 合金に Zn が加へられると、焼入直後の硬度は Zn の含有が多くなるにつれて幾分硬くなる。尤も鑄造材の場合と同様 ZC 2 の合金の如く逆の結果が與へられて居るものもある。

而して ZA 及 ZB の如く Cu:Mg が 4:1.5 及 4:1.0 の割合の各合金は常温時効より焼戻温度が高い程よく硬化するが、それも Zn の含有量が多い程著しい。

ZC, ZD 及 ZE の各合金は焼入直後の硬度は割合に低く、70 に達しない。併し 100° 及 150° の焼戻を施すと著しく硬くなつて、ZE 3 の如きは最高 170 以上に達して来る。鑄造材に就て實驗したる場合と同様の結果となつて居る。

電氣抵抗の測定結果を見るに、50° 及 100° に於て焼入せしものより焼戻するにつれて抵抗が増加して居るが、併し 150° で焼戻すると何れの合金も抵抗が低下して來ることが知られた。各測定結果を圖示することは煩に過ぎるから一例として Fig. 17 に ZD 3 の合金に就て硬度の變化と共に比抵抗の變化を示した。要するに 150° の焼戻となると析出相の析出が進行して來るものでないかと考へられる。それは圖に於て見る如く硬度も 2 時間の焼戻に於て最高の硬度となり、それ以上の焼戻では幾分低くなつて來て居ることからも想像出来ることである。

以上の結果を土臺にして ZE 3 の如く極めて硬度高き合金の板を造りて、之が實用化し得

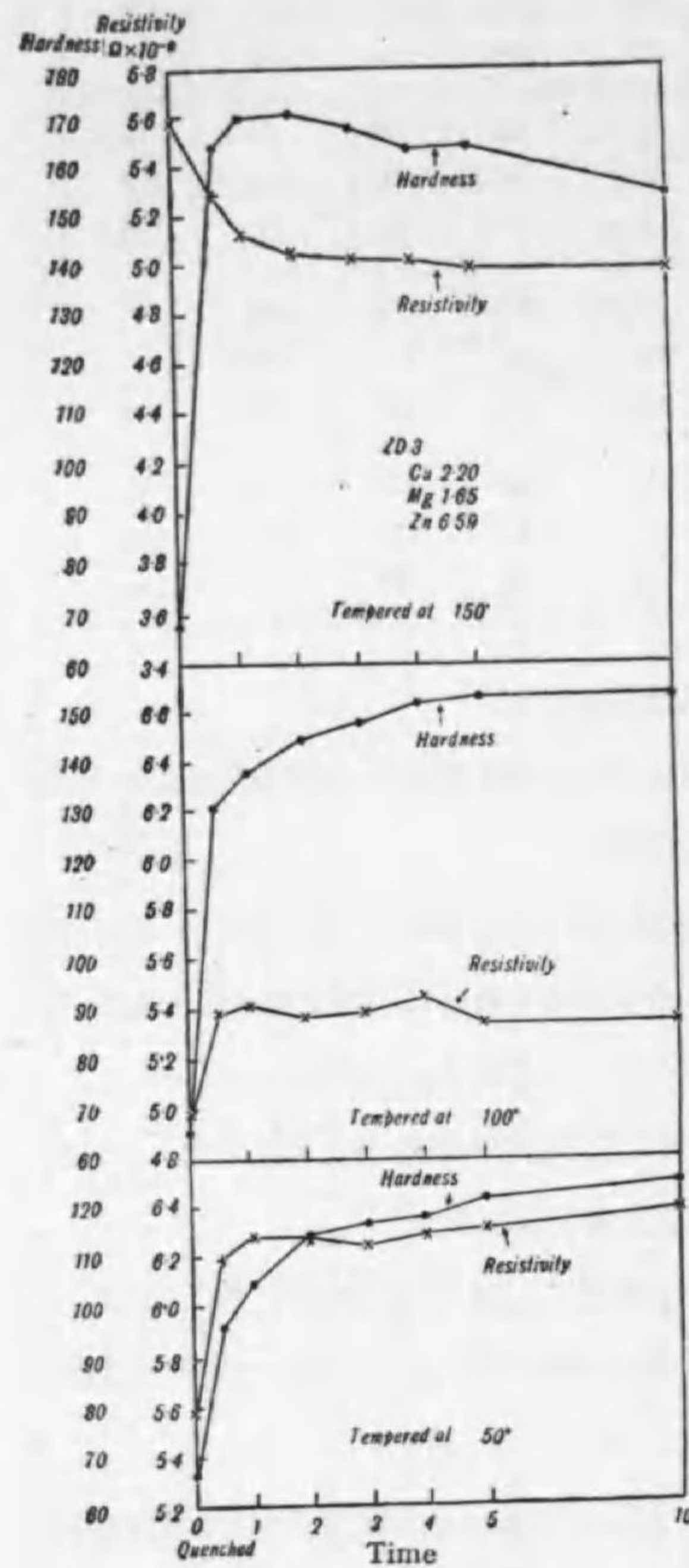


Fig.17 (a)~(c) Heated at 450° and Quenched

認められることを知った。之は Cu のみを含む Al 合金では認められない現象であつて、之を S-化合物の析出に關聯する變化であつて之が常温時効の進行する原因をなすものと考へた。この現象 Zn の含有によつて如何に變化するかを調べることにした。即ち上記の 2,3 合金に

1) 西村, 日本金屬學會誌, 1 (1937), 262.

るや否やは問題外にして、既述の如くこの材料の安全性を研究して始めて論じ得るものであるから、現在の研究にては此の程度の結論より與へられない。

膨脹の測定

デュラルミン及 24S 型超デュラルミンは、焼入直後に加熱して膨脹の變化を調べて見ると、100° 以下に於て膨脹、收縮の異常變化が

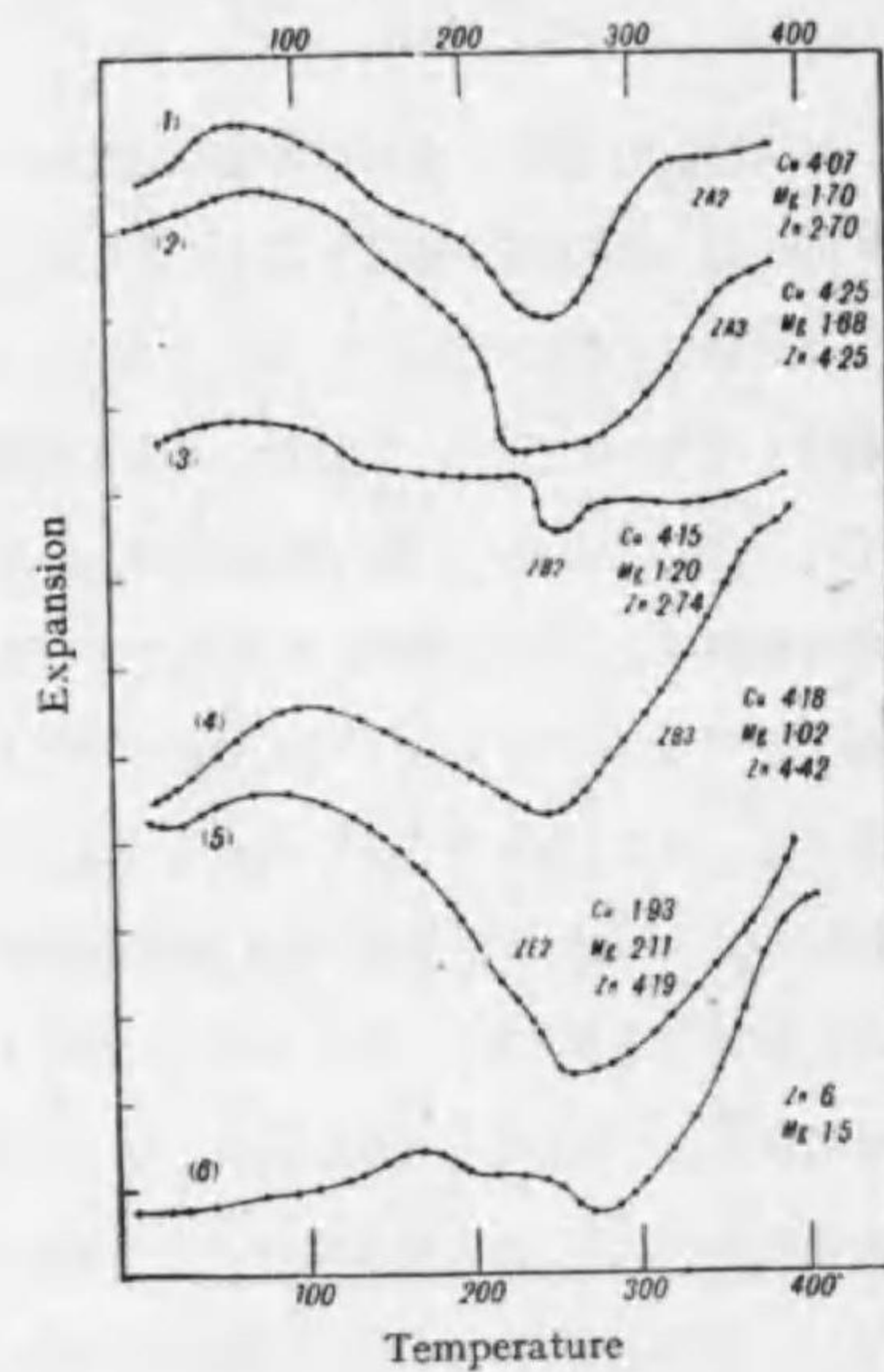


Fig. 18

ついで、之を 450° にて 16 時間加熱の後水に焼入し、直後之を示差膨脹計にて加熱による膨脹の變化を調べた。其の結果が Fig. 6 に示す様である。

Fig. 18 に於て ZA 2 の合金は Cu 4.07%, Mg 1.70% を含み、之に Zn を 2.70% 加へたるものなるが、焼入直後より加熱による膨脹を測定せし結果は (1) の曲線の如く、常温より加熱につれて膨脹を続け 70° 附近より收縮して来る。而して 250° 附近に於て最低點に達し再び膨脹が始まる。此の 100° 以下に於る膨脹收縮は Zn を含まざる合金に於て見たる現象と考へられるが、100° 以上に於て著しく收縮が生じて来ることは Zn の影響と考へられる。

(2) の曲線は Zn 3 の合金にして Zn が ZA 2 より多く含まれたものであつて、同様の現象が一層著しく現はれて居る。併し示差熱膨脹曲線に 250° 附近に於て谷が出来ることの原因は何によるかと云ふことは、Zn の影響と云ふことのみ明にして状態圖を明かにせざる限り断言は出来ないから之は次に之を論じることにした。

(3) の曲線は ZB 2 の合金にして Cu:Mg の割合が 4:1 に近きものであるが、Zn が 2.74% を含める爲に 250° 附近に收縮が急に生じて来て居る。或は實驗の誤りかとも考へて繰返して見たるが、全く同様の結果となつて別段に誤りでもないことを確めた。要するに Zn の量が比較的少いから其の影響が僅かに生じたものと考へられる。

次に (4) 及 (5) の曲線はそれぞれ ZB 3 及 ZE 2 の合金であつて、何れも Zn が 4% 餘り含まれて居るが、加熱膨脹曲線の形は全く (2) と同様にして常温より少しく膨脹するが、120° 附近から著しい收縮を生じて 250° 附近で最低點に達してから再び膨脹が生じる。

上記の如き Zn の影響が何によつて生じるかを知る爲に Mg 1.5% 及 Zn 6% を含む Al 合金を同様に熱處理して焼入直後から加熱し、膨脹の變化を調べた。(6) の曲線が之を示して居つて之には上記の試片に見る如く、常温より 100° 附近に及ぶ膨脹と收縮の現象は認められないで 180° 附近迄膨脹が幾分多くそれより收縮して約 200° の屈曲點を経て約 270° から再び著しく膨脹に移る。この合金の Mg と Zn の割合を見るに Mg Zn₂ を造る場合よりは Zn の量が少いから、此の加熱膨脹曲線の變化を Mg Zn₂ の析出によるもののみとは断じ得ない。併し小久保定次郎氏の研究によつて Mg Zn₂ の割合のものに就ては既に發表され明かになつて居るから之を再び調べる必要もないが大體に於て (6) の曲線と殆ど同様のものであるから、之も Mg Zn₂ の析出に大體似る變化が示されると考へて差支へないであらう。

4) 小久保, 金屬の研究, 14 (1937), 1.

結 論

1) Cu 及 Mg を含む Al-合金の壓延材に就て之を 500° から焼入して常時時効並に 50°, 100°, 150° に於ける焼戻時効に伴ふ硬度並に電氣抵抗の變化を測定して, 常時時効によつて著しく硬化が生じて焼戻時効にては専ら硬化の程度が少いことを知つた。

2) Cu のみを含む Al-合金と Cu 及 Mg を含む合金の 500° 焼入直後加熱して膨脹變化を測定して Cu 4% を含む Al-合金は約 210° から急激なる膨脹を來たし約 280° から再び收縮が生ずる。

然るに Mg が Cu と共に合金せるものは Mg の量が 0.5% 程度であると 100° 迄に膨脹收縮の變化があり, 又 200° 附近から生ずる著しい膨脹收縮の變化も認められた。而して Mg の含有量が多くなりて 1.5% 程度の合金となると, 100° 以下に於ける膨脹收縮が著しくして最早 200° から生じる著しい膨脹收縮が生じないことを認めた。是等の測定結果から約 280° 附近に認められる著しい膨脹收縮は CuAl_2 の析出に伴ふて生ずる變化であつて, 100° 以下に於ける膨脹收縮の變化は S-化合物の析出に伴ふ變化であると云ひ得るものである。これより Cu のみを含む Al-合金が常時時効すること少く, Mg が含まれて始めて常時時効著しい理由が主として S-化合物の析出過程の現象であると云ふ事を一層明に證明した。

3) Si が Cu と Mg を含む Al-合金に及ぼす影響を壓延材に就て調べた。其の結果 Si が 0.6—0.8% 含まれると 500° にて焼入れて常時時効せしめると, Si を加へざりし場合より時効による硬化の程度が幾分少い。併し之を焼戻すると Si の影響が著しくあらはれて 150° にて 10 時間の焼戻にて著しく硬くなることを認めた。

4) 約 0.8% Si を含む合金を 500° にて焼入して直に加熱して其の膨脹變化も調べたが, 其の加熱に伴ふ變化は恰度 Cu のみを含む合金と類似して 100° 以下の膨脹收縮の變化を認めなかつた。

5) 以上の如き Si が含まれて來ると 150° にて焼戻して著しく硬化を示し又焼入直後之を加熱したる時の膨脹變化が Si を含まざる場合と異つて來る原因を Al-Cu-Mg-Si 系の平衡關係から論じて S-化合物の析出範圍から異なる平衡關係に移る爲であるとした。

6) Cu:Mg が 4:1.5 及び 4:1 の割合のアルミニウム合金に少量の Mn を加へたる場合の Mn と Si を同時に加へたる時時効に及ぼす影響を研究した。その結果として Mn が加へ

られると常時時効が幾分阻止せられて 150° の焼戻によつて硬化が著しくなる傾向がある。之は Mn が固溶して來る爲である。これは焼入試片を直に加熱し膨脹變化を調べると Mn が加はると Al-Cu-Mg 系の S-化合物の析出に基く異常膨脹收縮が幾分高い温度で生じることによつて説明せられた。又二, 三の熱分析並に顯微鏡組織の調査により Al-Cu-Mg-Mn 系の Al 側の状態圖を假定して, S-化合物の平衡關係を論じ時効の原因を明にして, 又 Mn 及び Si が同時に加へられたる場合の時効に對する影響を調べたが, Mn 及び Si が同時に加へられると一層常時時効を阻止すること並に 150° にて 10 時間焼戻すると硬度が著しくなないことを知つた。これは主として Si が加はつたる爲に平衡關係が移動して S-化合物の析出範圍から, はづれて來ることによつて熱膨脹曲線から説明した。

7) 超デュラルミンの常時時効並に焼戻時効に對して Fe の含有が如何に影響するかを調べ, Fe が著しく時効を阻害することを明かにした。

8) この Fe の含有の時効阻害現象を 500° で焼入したる試料の焼戻による膨脹變化で調べた。その結果, Fe の含有が異常膨脹の程度が少くなり温度も高くなることも知つた。

9) 上記の原因を調べる爲に Al-Cu-Fe 系の Al 側の状態圖より Fe が含まれると Al に於ける Cu の固溶液が少くなるのみならず, S-化合物が Al に全く固溶しない爲に或る限度以上 Fe を含まれると Al が殆ど固溶體を造らなくなることを知つた。これを 500° より焼入れし試料の焼戻による 280° に於ける異常膨脹變化が Fe の含有の増すにつれて少くなつて來ることより明にした。

10) Cu:Mg の割合が 4:1 より 2:2 の範圍の Al 合金に Zn を加へるときの焼入時効並に焼戻硬化の現象を鑄造材並に壓延材に就て實驗した。其の結果として Cu:Mg が 4:1 及び 4:1.5 を含む合金にては Zn を含むも常時時効による硬化は著しい。併し Cu:Mg が 2:1.5 或は 2:2 の割合で含むものは Zn を含むも常時時効に於て停滯現象を示して硬化の進行が徐徐であるが, 併し 150° で焼戻すると著しく硬化する。

11) 上記の合金の焼入直後から加熱して示差熱膨脹曲線を求め, その曲線の示す異常變化を Al-Cu-Mg-Zn 系状態から論じて Al-Cu-Mg 系の S-化合物並に Mg-Zn 系の MgZn_2 の析出に關聯するものとして説明した。

終に臨みて本研究に對して服部報公會より多大の御援助を受けたることを感謝する。

液體微粒化の實驗的研究

(特に發動機氣化器への應用に就て)

(昭和15年5月15日受理)

東北帝國大學助教授 工學博士 棚 澤 泰

昭和14年5月以降に行つた液體微粒化の基本的研究及び氣化装置への應用の研究の大様を述べる。

(1) 直交氣流による微粒化

氣流を液流に直角にあて、微粒化する場合は液孔の位置及び形によつて微粒化状態に非常な違ひがある。液孔の位置、大きさを系統的に變へ微粒化状態を撮影し、顯微寫眞によつて平均粒徑を測つた。その結果液孔は抵抗の最も少ない流線形とし、背後の空氣渦流を消し、液孔先端は同じく流線形に丸めて氣速が最大になるような位置に置けば良いことを知つた。⁽¹⁾

(2) 廻轉板による微粒化

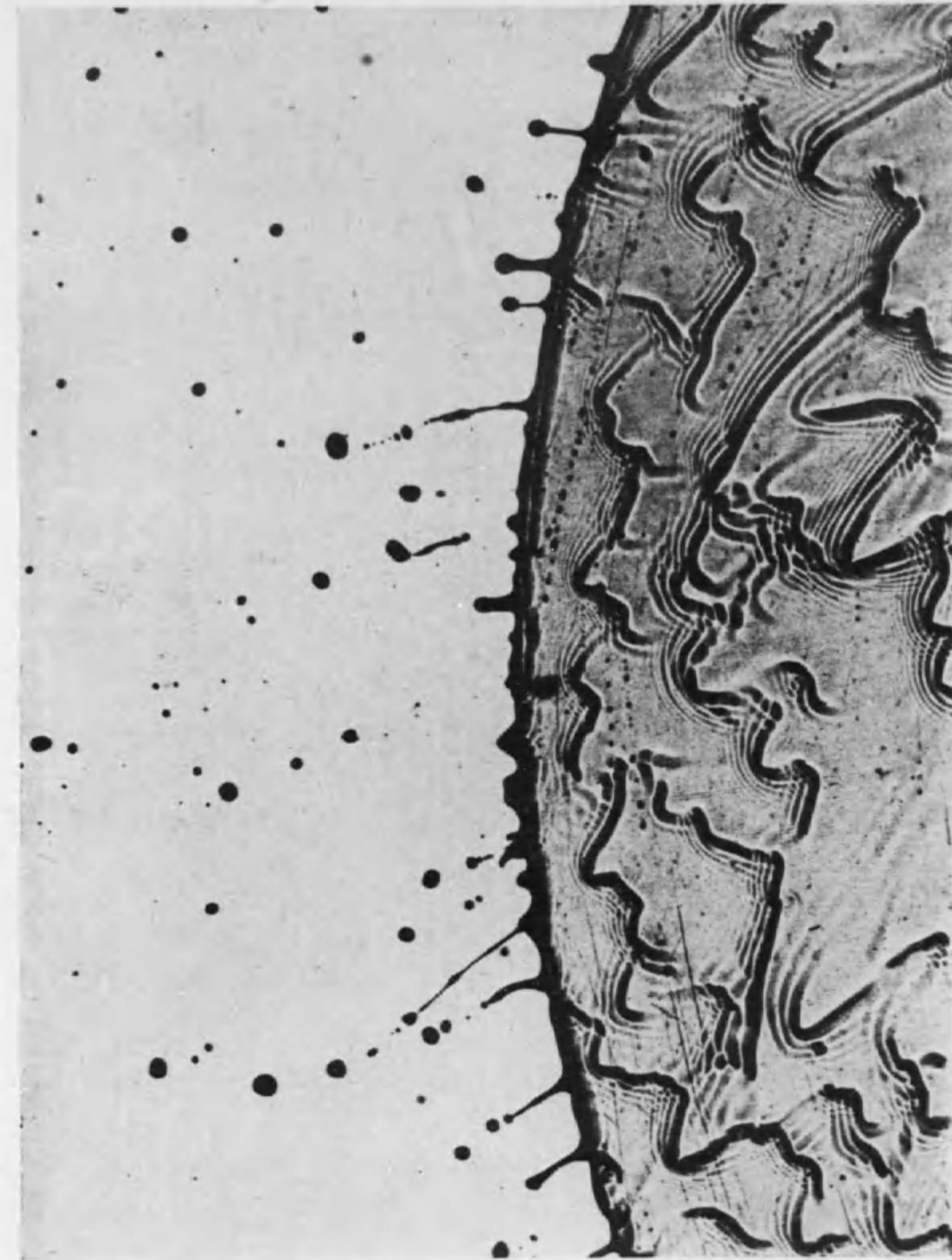
廻轉板上に注がれた液體は遠心力により板の内面に沿つて薄膜となり周邊で微粒化される。數年前から板の大きさ、形、廻轉數によつて平均粒徑がどのやうに變るかを測定中であつたが、最近では硝子又はセルロイド等で任意の板を作り、板内の薄膜又は流れの状態も撮影又は測定出来るようになった。尙液體の性質の變化と共に液は微粒化し又は纖維化することを確め、これ等の一般の場合に適用出来る實驗式を作つた。⁽²⁾ この種の結果は氣化装置への應用としては單に豫壓器に直接噴射する場合に利用出来る許りと考へられるが、各種の纖維製造の基となると思はれる。第1圖及第2圖は板内の流れ及び微粒化状態を示す。

(3) 衝突による微粒化

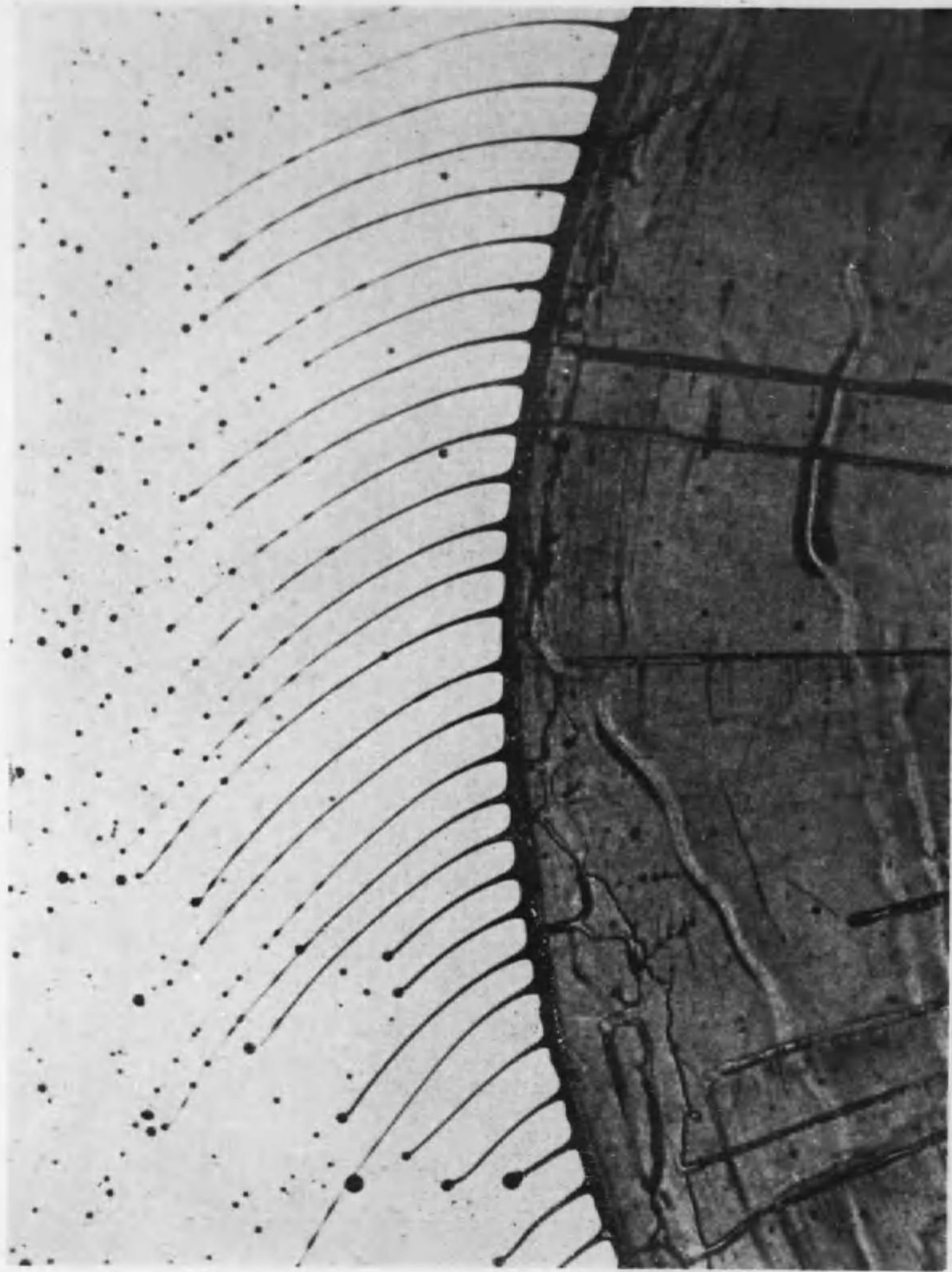
この微粒化方法は往時採用されたこともあつたが衝突による損失多く失敗となつた。然し多少の工夫によりこの損失を避け又は回復することが出来る。目下系統的に實驗中である。⁽³⁾ 第3圖はその一例である。

(4) 渦流による微粒化

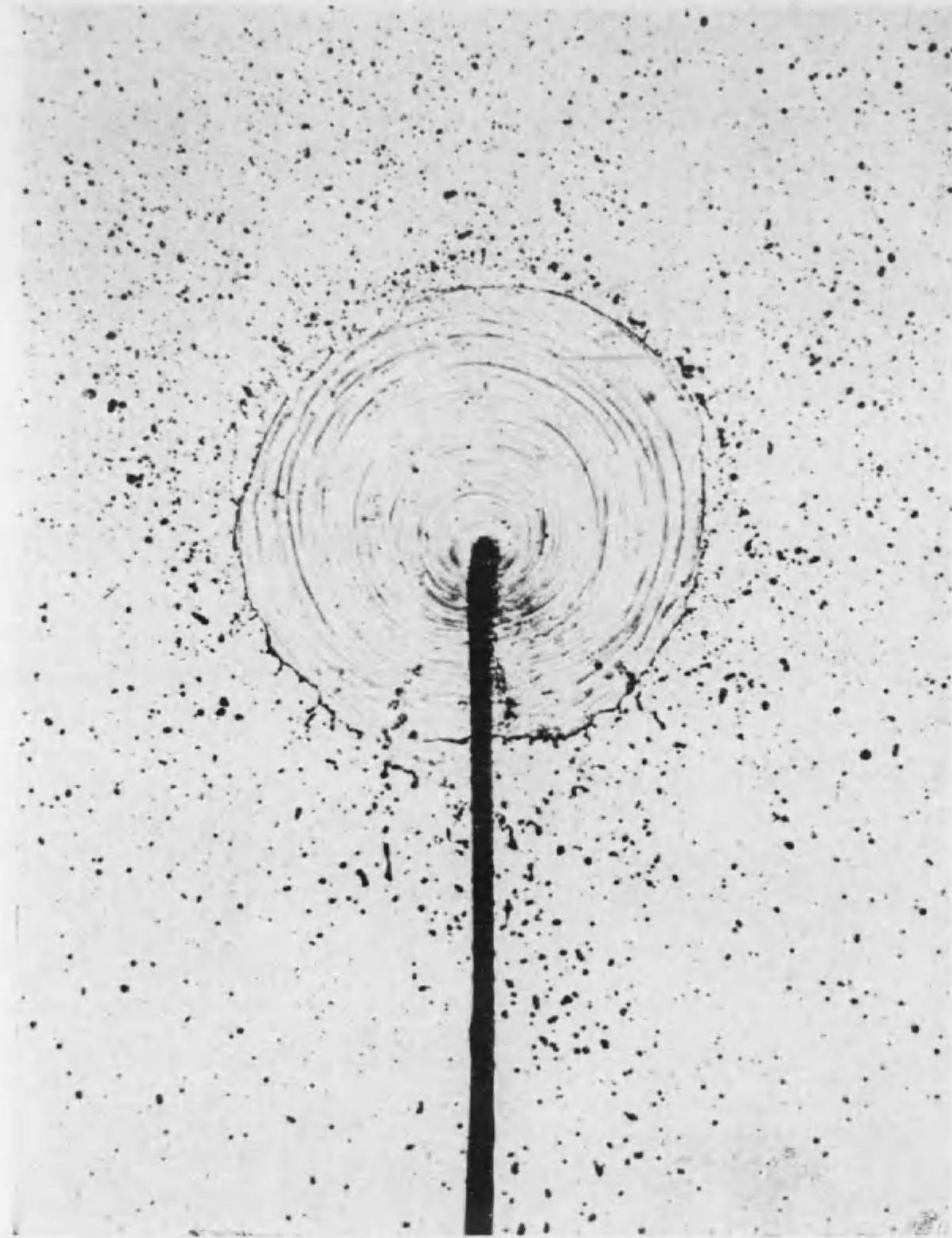
液體の自然又は強制渦流による微粒化は渦流室の形によつて良否が分かれる。⁽⁴⁾ 第4圖はその一例である。



第1圖 廻轉板による液體微粒化状態の顯微寫眞



第 2 圖 90 度轉回板による水溶液の微粒化状態



第 3 圖 液流の正面衝突による微粒化状態



第4圖 渦流による微粒化状態



第5圖 試作氣化器第2號

(5) 外國産氣化器の性能

カーター、ソレックス等の氣化器の寄貯を受け發動機に取付け定常態、不定常態での各種性能を試験し又は試験中である。

(6) 氣孔器の試作

可動ベンチュリと多孔液孔が連動する下向通風氣化器を試作し定常時の性能を試験した。⁽⁷⁾ この氣化器は絞り、塞氣弁等がなく構造が簡單で、微粒化が著しく良いため燃料粒の慣性による種々の悪影響がない。第5圖は試作第2號である。

(1) 日本機械學會論文集 6,23 (昭 15-5) II-18.

(2) 應用物理 8,5 (昭 14-5) 217.

(3) 第1報・日本機械學會論文集 7,26 (昭 16-2) II-5.

(4) (5) 未發表.

(6) (7) 第1-4報・機械及電氣 5,8 (昭 15-8) 1143, 5,9 (昭 15-9) 1287, 5,10 (昭 15-10) 1427, 5,11 (昭 15-11) 1559.

(8) 特許.

ウィンウィリアムス型増幅器付素粒子計數器 に依る放射性物質含有礦石の研究方法

(昭和 15 年 5 月 28 日 受理)

京都帝國大學理學部 理學博士 木村 毅 一

本研究の概略は既に報公會研究抄録第4輯に於て報告した。以來計數器並に記録器の改良進歩に意を注ぎ、去る昭和13年12月改めて臺灣北投溪に赴き、北投石沈積状況の再調査と新資料の蒐集を行つた。これらの資料でなした研究結果と、前の記録とを併せ、全く新しい立場よりこれを整理し、茲に詳報二篇を京大紀要に發表した。その一は比例増幅器付素粒子計數装置の組立てと、その機能の實績、他は上記装置に依る北投石の α -放射能研究の結果に關するものである。その内容は従來の諸方法によつては到底知り得ない知識を明にしたのであつて、次の諸項目より成る。

(I) 緒論, (II) 北投石研究の歴史, (III) 北投石の探査, (IV) 北投石の自然面並に内断面の α -放射能, (V) 自然面より内部への深さによる放射能の強さの變移, (VI) 放射性元素の決定方法, (VII) R_{α} 及び P_0 の含有量の推定, (VIII) P_0 の化學的分離, (IX) 沈積機構に對する推論, (X) 結論.

結論の内容

(1) 若い北投石の α -放射能は自然面の方が内断面より遙に強く、10倍に及ぶものがある。

(2) 自然面の放射能には各々非常な差異があるが、内部では一定である。この事實は資料の化學成分の差異に依るのでは無く、次の諸事項の示す如く、沈積後の経過時日の違ひを示すのである。

(3) 自然面の α -放射能は主として P_0 (3.8×10^{-12} 瓦/1瓦) に、内部のは R_{α} (1.3×10^{-9} 瓦/1瓦) に起因する。 P_0 の含有量は R_{α} と平衡すべき量の約15倍である。

(4) (2) より、内部と自然面とは長年月日の経過を窺ひ得べく、従つてこの礦石の沈積は永い間徐々に、然も氣象條件の好い時にのみ間歇的に行はるゝものと思はれるのである。

1) 木村毅一, 植村吉明, 比例増幅器付素粒子計數装置, 京都帝大理學部紀要第23卷, 1 (1940)

2) 木村毅一, 比例増幅器付素粒子計數装置に依る臺灣北投石の放射能研究, 京都帝大理學部紀要第23卷, 7 (1940)

(5) 要するに北投石は Ra を母體として、夫れと平衡せる生成元素の一系と、湯中に溶け込める $Ra E_m$ より短期間に變遷せる $Ra D$ を中繼母體とする元素の一系より成ると考へられる。従つて自然面は $Ra D$ の半減期を以て減衰し、残りは Ra の半減期を有するが故に、内部に於ては放射能の一定なるに反し、自然面にては區々なることを簡単に了解し得るのである。

尙ほ本論文に於ては述べてないが、何故北投石沈積が安山岩及び砂岩のみに限られ、他の岩石には附かないかに就て一考した。

筆者の考へは、兩者は氣泡性なるため、結晶的の核が物理的に付き易いのであつて、化學的特種親和力に依るとは考へられない。

残された問題

(i) 北投石を人為的に育てることの研究。

(ii) 臺灣北投石と遊黒北投石との比較研究 これは目下實驗中であるが、後者の場合自然面の内断面より強いこと、數種の深さまでゆるやかな移り方を示すことから見て沈積が臺灣のより速かなることがわかる。この場合も P_0 による放射能が強いことを附言する。

終りに、本研究に對して與へられた服部報公會の御援助並に京大教授荒勝文策博士の御指導と御鞭撻に對し深く感謝の意を表する。

水晶時計の研究 (中間報告)

(昭和15年7月5日受理)

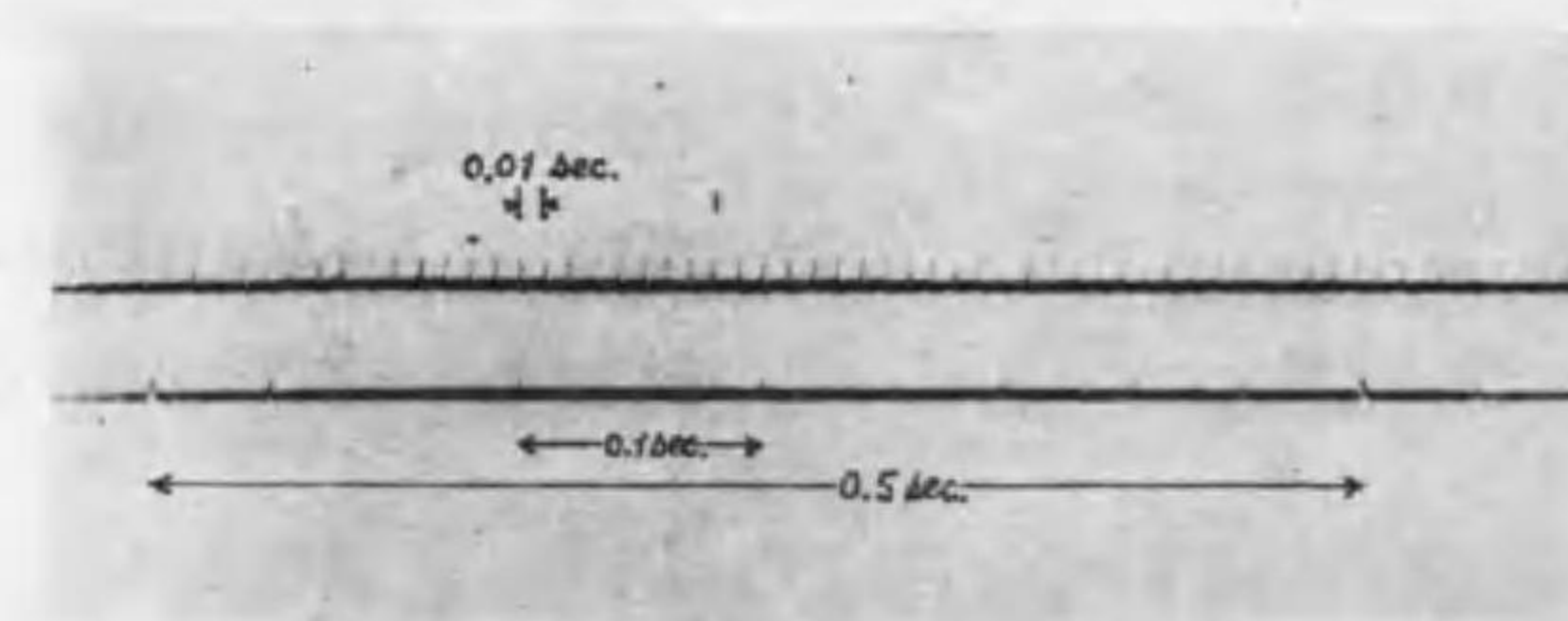
東京工業大學助教授 工學博士 古賀逸策

本研究は水晶時計の各部にわたる問題を検討し、時計の部品として必要なものを一部は試作し、残部は購入蒐集して實際に時計を組立て、其成績を試験して始めて結論に達し得る性質のものであるとの考で、鋭意組立製作に當る一方、その要部につき部分的研究を進めて居るが、その重なる點は次の通りである。

1. フォニックモートルのない水晶時計

水晶時計は水晶發振器で發生した振動電流を周波數遞降回路に加へて約 1000 サイクルの脈流を得、これでフォニックモートルを運轉し、機械的減速機構により秒信號を發生するのが普通であるが、從來のフォニックモートルは天文臺等で要求して居る様な、數年間に互る無停止運轉に對しては少からず問題がある事を知つた。即ち運轉時間の経過に伴ひ、各部の潤滑作用に支障を生じ、次第に摩擦の増加を來して遂に停止するに至る。この事實は水晶にとつては全く致命的の打撃であるから製造会社とも屢々折衝協議を重ね、種々設計上にも考案を施して見たが、未だ必ずしも確信を得る迄に至らない。

そこで本年初頃から別途に、全く電氣回路だけで靜的に周波數を數サイクルの程度迄遞降し、フォニックモートルを除き去る事が出来るか否かにつき研究を進めた結果、昨今に至り略その見込がついて來た。即ち從來フォニックモートルの電源として用ひられて居た 1000 サイクルの交流を、更に 100 サイクル、10 サイクル、2 サイクルの順序に遞降し、回路の安



第 1 圖

定度を觀察した結果、高周波に於けると同程度である事を知つた。殊にこの方法で都合のよい事は、例へば 0.1 秒毎に發生する衝擊波形電流の位相は、全く

0.01 秒毎に發生する電流の位相と一致して居る事で、その爲周波數の遅降は單に衝擊波形電流の發生する時刻の間隔を大きくするだけで、その發生する時刻の正確度は少しも低下しない。加之天體觀測等による校正の爲必要であれば、0.1 秒の電流でも 0.5 秒毎の電流でも容易に取出し得る便利がある。そこで試に 0.1 秒毎の電流と 0.5 秒毎の電流とを重疊し、時計の歩度を決定するのに便ならしめる事とした。第 1 圖はそのオッシログラムである。

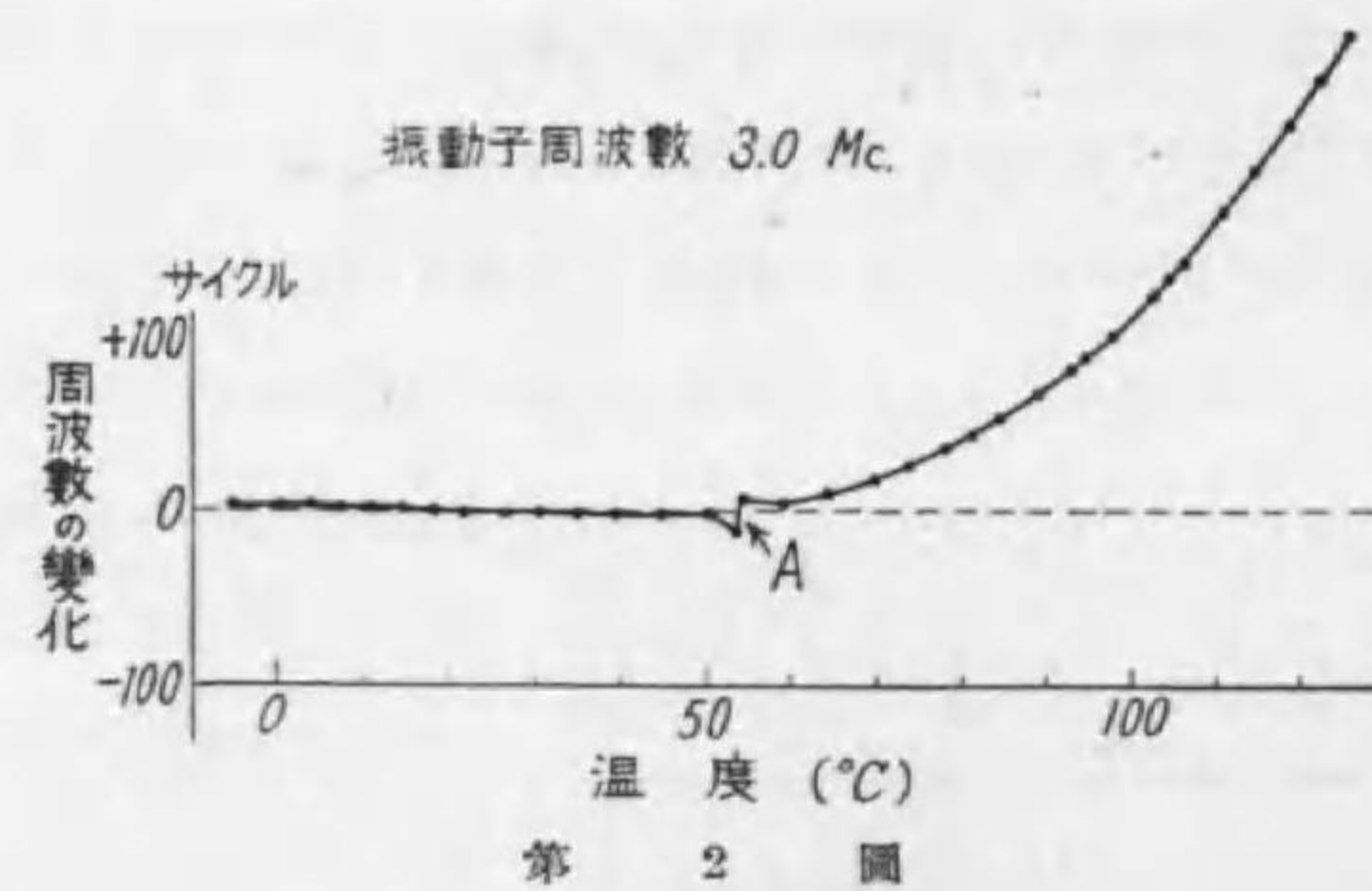
若しこの方法を實際に採用して時計を纏める事になれば、全装置を通じ全然可動部分のない全電氣的なもので、從來に例のない時計になる譯である。

2. 周波數遅降回路の機構

前記のフォニックモートル除去に関する研究に於ては、取扱つて居る所の周波數遅降装置が必然的に極めて低い周波數であつた關係上、オッシログラフ其他により回路各部の現象を十分觀測する事が出来たのは、高周波部分に於ける周波數遅降回路に對しても非常に参考になる點があつた。殊に入力周波數と出力周波數との同期作用に必要な條件、回路の動作を不安定ならしめる原因等については非常に教へられる所があつた。

3. 水晶振動子の周波數溫度特性

水晶振動子はその周波數溫度特性の極めて良好なものを試作すべく努力した結果、殆ど理想に近いものを得るに至つたが、溫度變化に伴ふ周波數變化を仔細に觀察すると屢々第 2 圖の A の部分の如く、或る溫度に於て複雑な變化を示し、その原因については少からず解



釋に苦んだが、最近に至り此の現象は振動子の輪廓の寸法と密接な關係がある事を發見し、引續きこの關係を理論的に解析し、振動子の動作溫度範圍内に前述の如き不規則な現象が現れない様な設計及び製作が出来る様研究を進めて

居る。

水晶發振器の周波數特性を極めて良好ならしめる上には、振動子保持器に對しても、振動子に對すると殆ど同程度の考慮を拂はなければならない事を覺つた。それは保持器の熱膨脹

を考慮に入れて發振周波數の溫度による變化を計算した結果では、保持器の溫度による膨脹收縮は無視し得る程度であつたので、從來は左程注意を拂つて居なかつたが、實測した結果では決して無視し得ない程度の影響を與へて居ると思はれる節があつたので、詳細検討した結果、從來の構造による保持器に於ては各部の伸縮に不同を生ずる爲であつた事を知り、目下その構造に根本的改善を加へ試作中である。

以上の諸點に關しては何れも近く適當な發表機關に詳細報告する豫定で、目下取纏中である。

熱処理せるアルミニウム軽合金の 鹽酸に対する舉動 (第1報)

(昭和15年10月1日受理)

京都帝國大學理學部金相學研究室 川 合 照

緒 論

アルミニウム軽合金の酸に対する腐蝕性が、熱処理に依つて變化するであらう事は想像に難くないが、之れに関する基礎的研究は極めて尠い様である。Tammann 及び Boehme は¹⁾ Cu 4% を含有する Cu-Al 合金を試料とし、其の焼入後種々の温度に1時間宛焼戻したる合金を、濃度 0.9 規定の鹽酸に浸漬し、其の腐蝕速度を測定して之れを Göler 及び Sachs²⁾ に依る X 線的研究結果と比較して居る。Göler 及び Sachs は Cu 5% 含有の Cu-Al 合金(不純物として 0.26% Si, 0.27% Fe を含有)を 520°C より焼入し、夫々各種の温度に30分及び24時間焼戻した後、各格子常数を測定して居る。それに依ると格子常数は 200°C 以上より増加し、300°C に於て極大を生ずる。即ち極大値を示す時は Cu₂Al₃ の析出の完了に相當し、而して 300°C 以上にては Cu₂Al₃ の溶解のために漸次減少する。次に24時間焼戻す時は、200°C にて極大を生じ、析出の完了せる事を述べて居る。Tammann 及び Boehme は、Palmaer³⁾ の腐蝕理論を基礎として腐蝕速度を説明して居るが、それに依ると、其の増減はよく上述の格子常数の變化と一致すると稱して居る。

然し今日更に高純度の Al が實驗に供されたる結果、X 線的にも又顯微鏡的にも種々の新事實が発見せられ、Cu-Al 合金の焼戻による諸性質の變化に就ても、其の説明が從來と異つて來て居る。従つて本研究に於ても亦、顯微鏡的研究に意を注ぎ、腐蝕實驗結果との比較研究を試みる事とした。

尙ほ本研究にて取扱つた試料は、所謂チスラリミン型合金の根幹をなす 4% 内外の Cu を含む Cu-Al 合金を主とした。

I 研究の方法

i) 試料の調製

本實驗には 99.998% の高純度の Al 及び電解銅を用ひ試料の熔製を行つた。又鑄造には鐵型を使用し、鑄造型の温度を約 80°C、鑄込温度を約 800°C として直径 2cm の棒狀鑄物とした。斯る鑄造棒を 1cm の厚さに切斷し、試料を作つた。之れに所要の熱處理を施したる後、一面のみを研磨紙〇〇〇迄順次に研磨し、最後に羅紗により磨き上げた。研究後はベンチンを以つて極めて清淨に拭ひ、研磨面のみを残し、他は酸液との接觸を防ぎ、以つて腐蝕面をして常に一定面積を保たしむる様パラフィンを塗布し、然る後實驗に供した。

焼鈍には鹽類槽を用ひ、特殊の場合の外は、總て 520°C に2時間焼鈍し、0°C の水中に焼入したる後種々適當なる焼戻を施した。

ii) 装置と實驗法

大體の装置は第1圖に示す。攪拌器の上部 A に於てモーターに接続し、B の部の水銀によつて外氣と遮斷し、C に試料を置き、試料自身が腐蝕液中を回轉する様にした。反應瓶 D

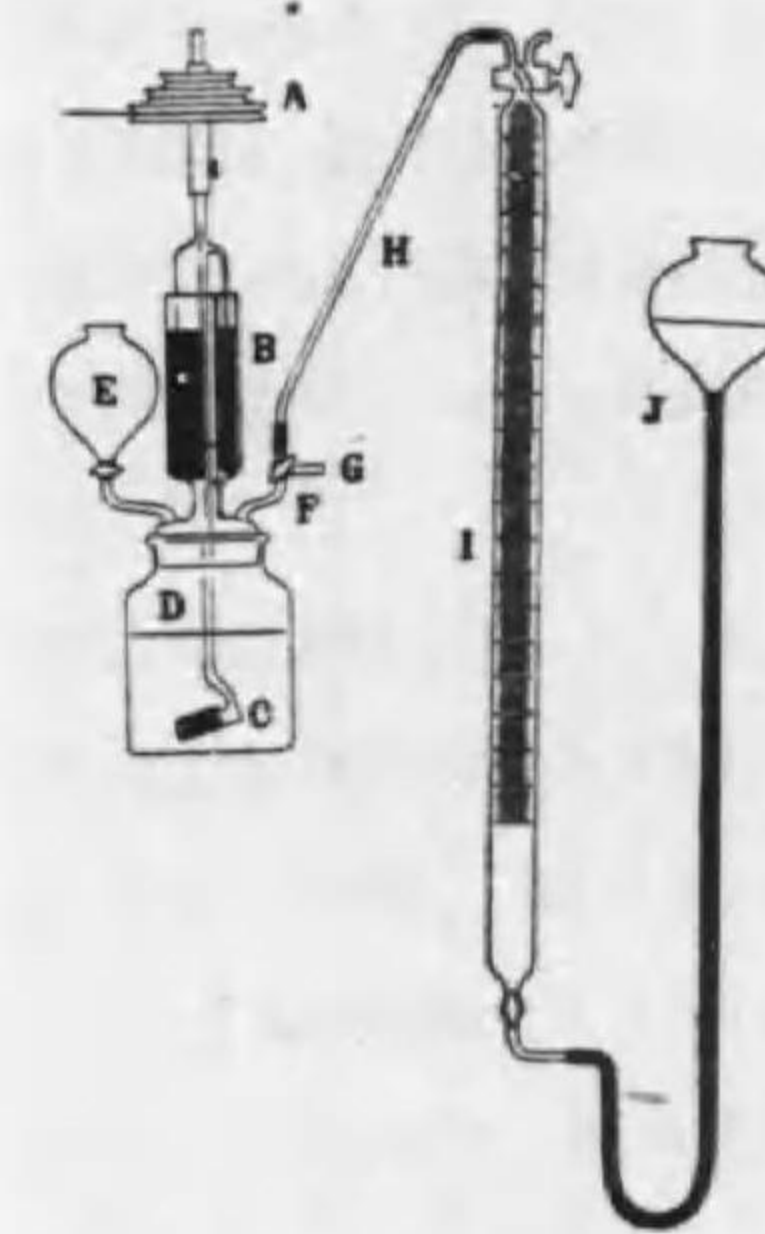


Fig. 1 Arrangement for Measurement of the Corrosion-Velocity.

は容量約 300cc にして恒温槽中に浸し、鹽酸は E より注入する。實驗を行ふに當り、先づ三口栓 F を回轉して H を通じて D とビューレット I とが相通づる様にす。ビューレットは 200cc 迄の目盛を施したものに於て、豫め水素を飽和した水を満して置く。恒温槽の温度を 25°C とし、1.5 規定の鹽酸 200cc を用ひ、攪拌器の回轉速度を毎分約 70 回として實驗を行つた。鹽酸の注入が終つた時を以つて測定を開始するものとし、5 分乃至 10 分毎にビューレット中に捕集されたる水素の容積の讀みを取り、之れを試料面の 1cm² に就ての標準状態に於ける容積に換算し、之れより平均腐蝕速度を算出した。

今發生せる水素の容積を v' cc, 氣壓を水銀柱の高さにて b mm, 氣温を θ , 此の温度に於ける水蒸氣壓を e mm, 而して標準状態に於ける容積を v_0 cc とすれば

$$v_0 = \frac{273}{760} \cdot \frac{b-e}{273+\theta} \cdot v'$$

又試料面の直徑を D_{em} とし, 1cm^2 に就て發生する水素の標準状態に於ける容積を v cc とすれば

$$v = \frac{4v_0}{\pi D^2} \quad \text{或は} \quad v = \frac{0.4574}{D^2} \cdot \frac{b-e}{273+\theta} \cdot v'$$

又反應開始以後の時間を t 分とすれば, dt は任意の 2 回の讀みの間の時間にして, dv は其の間試料面の 1cm^2 に於て發生する水素の標準状態に於ける容積である. 従つて $\frac{dv}{dt}$ は試料面の 1cm^2 に於て, 1 分間に發生する水素の標準状態に於ける容積, 即ち平均腐蝕速度を表はすものである.

II 腐蝕速度測定結果

i) 種々の温度に 1 時間焼戻したる場合

ガス發生型の腐蝕に於ては, 實驗的すれは殆んど必然的と言つてもよい程に生じ, 而してガス發生量が大なる場合は更に著しい. 此の現象は既に Evans, Mears 及び Dahiels に依り指摘されて居る所であるが, 之れには種々の原因はあらうが, 試料の結晶状態, 研磨面に於ける損傷及び針孔等に依るものではないかと考へる. されば幾回もの實驗的 data を綜合しないと, 信用し得る結果が得られず, 少なくとも 3 回以上の實驗的 data の平均値を以つて實驗結果とした.

第 2 圖は焼入直後の, 又第 3 圖より 9 圖迄は, 焼入後夫々 $100^\circ, 150^\circ, 200^\circ, 250^\circ, 300^\circ, 350^\circ$ 及び 400°C にて 1 時間焼戻したる試料より得た結果を示すものであるが, 實驗的すれを示すため, 3 回實驗の data を其の儘示した. 但し焼入直後 (第 2 圖), 100°C (第 3 圖) 及び 150°C (第 4 圖) にて焼戻したものは, 水素發生量は僅小にして, 腐蝕速度を示す事が困難なるため, 單に水素發生量を以つて示した. 又 200°C (第 5 圖) にて焼戻したものに就ては, 腐蝕速度及び水素發生量の兩者を示した.

焼入直後にては水素發生量は, 150 分後にて約 2cc, 焼戻温度の上昇と共に漸次増加して, 150°C にては約 15cc となる. 200°C 以上にて腐蝕速度も漸く圖示され得る様になり, 300°C に到つて最大に達するが, 350°C 以上にては減少する傾向を示す.

茲に注意される事は, 腐蝕速度の比較的大なる時は, 曲線に極大を生ずる事であつて, 腐蝕速度の大なる程, 短時間に現はれ, 速度の減少と共に時間を要する. 然しすれが相當ある

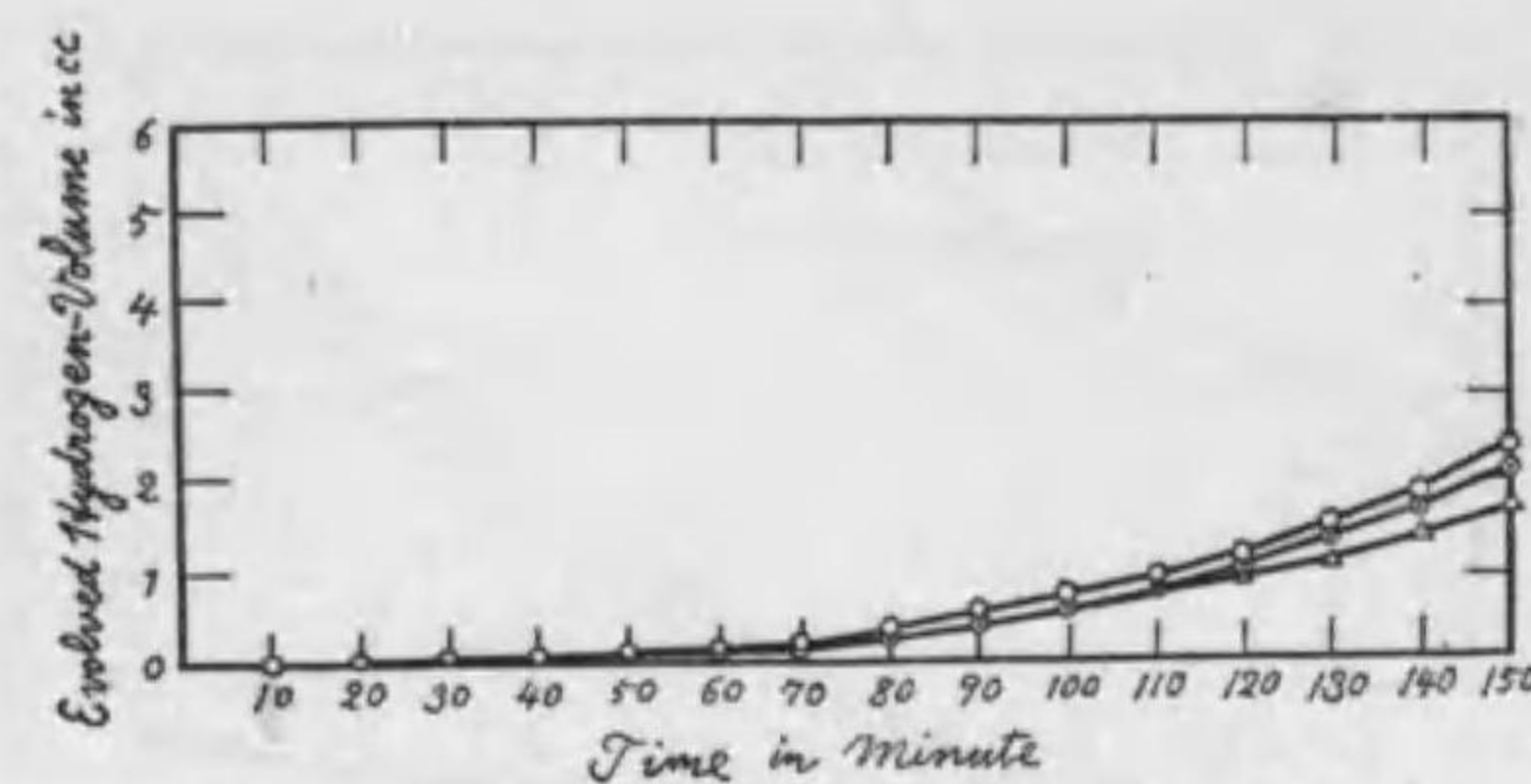


Fig. 2 Corrosion-Rate of the Specimens quenched in Iced Water.

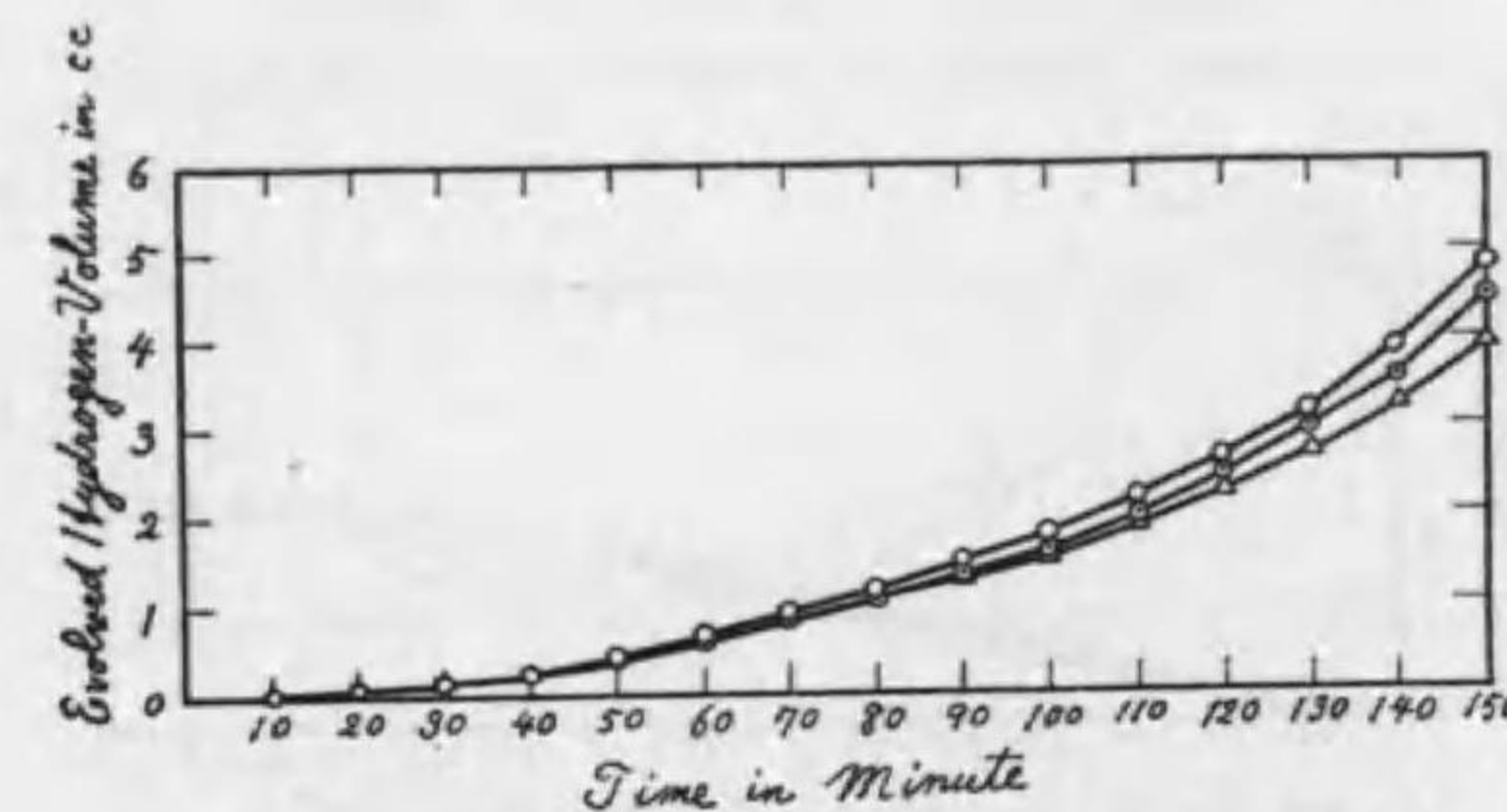


Fig. 3 Corrosion-Rate of the Specimens tempered for 1 Hr. at 100°C . after Quenching in Iced Water.

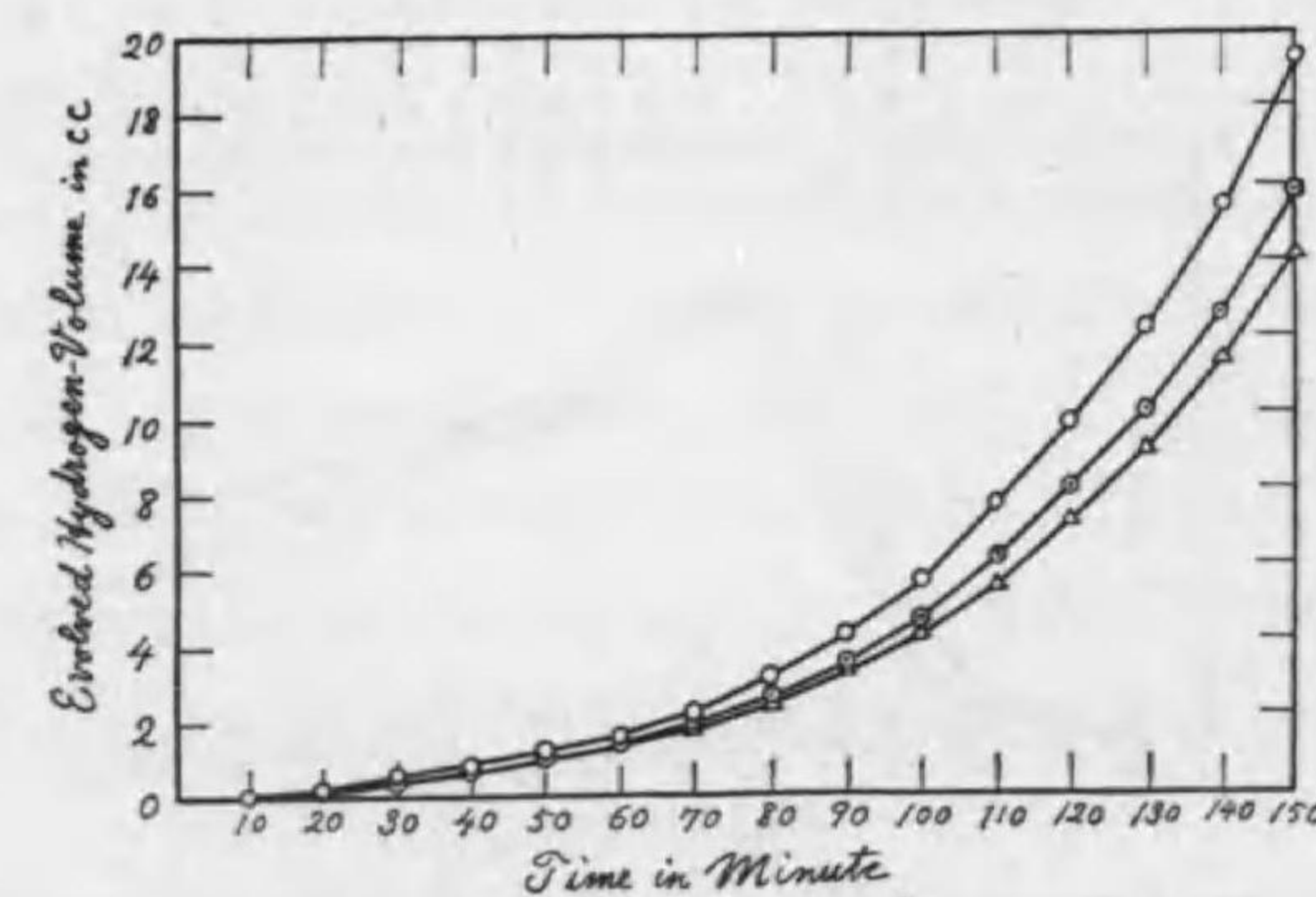


Fig. 4 Corrosion-Rate of the Specimens tempered for 1 Hr. at 150°C . after Quenching in Iced Water.

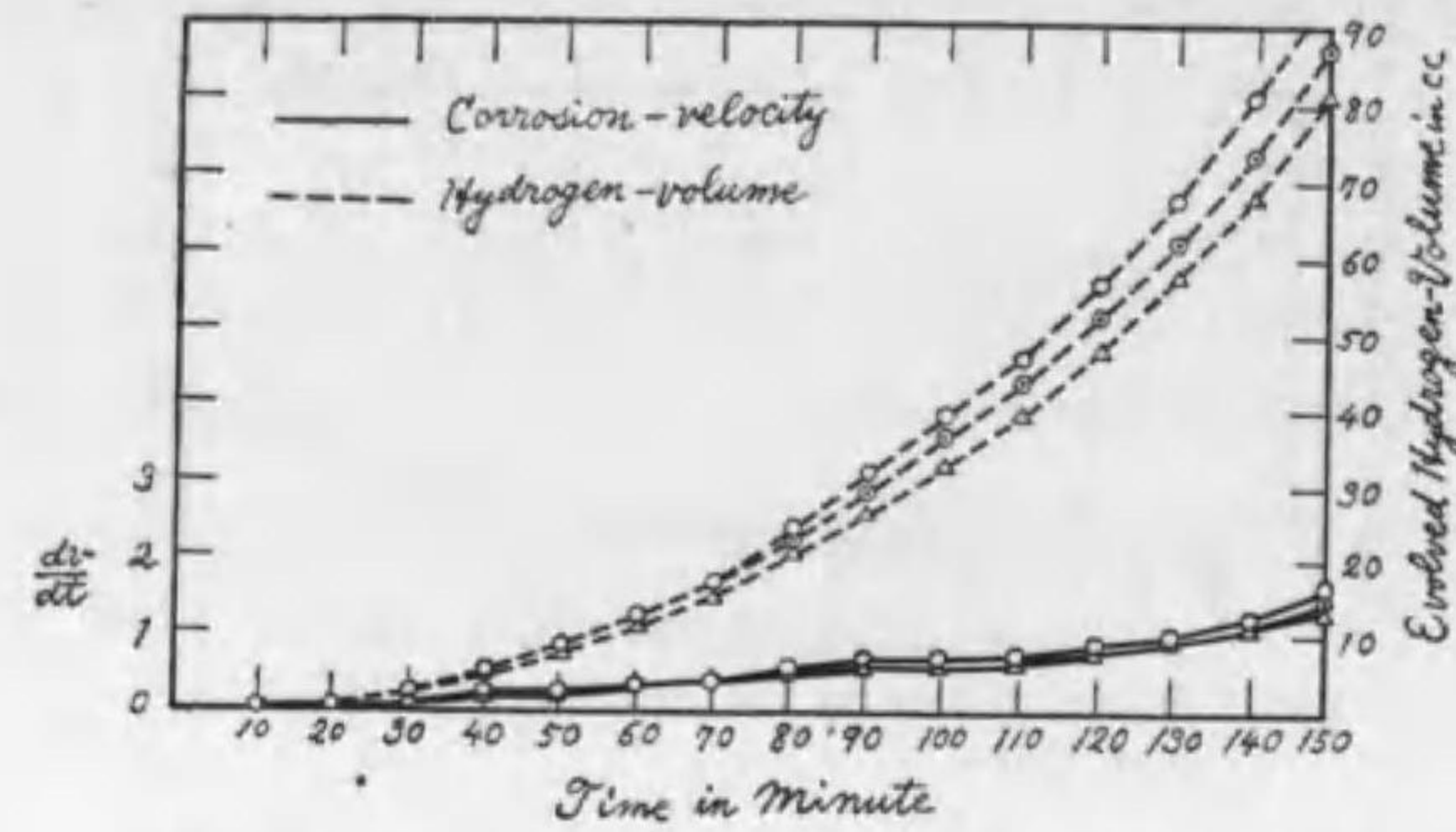


Fig. 5 Corrosion-Rate of the Specimens tempered for 1 Hr. at 200°C. after Quenching in Iced Water.

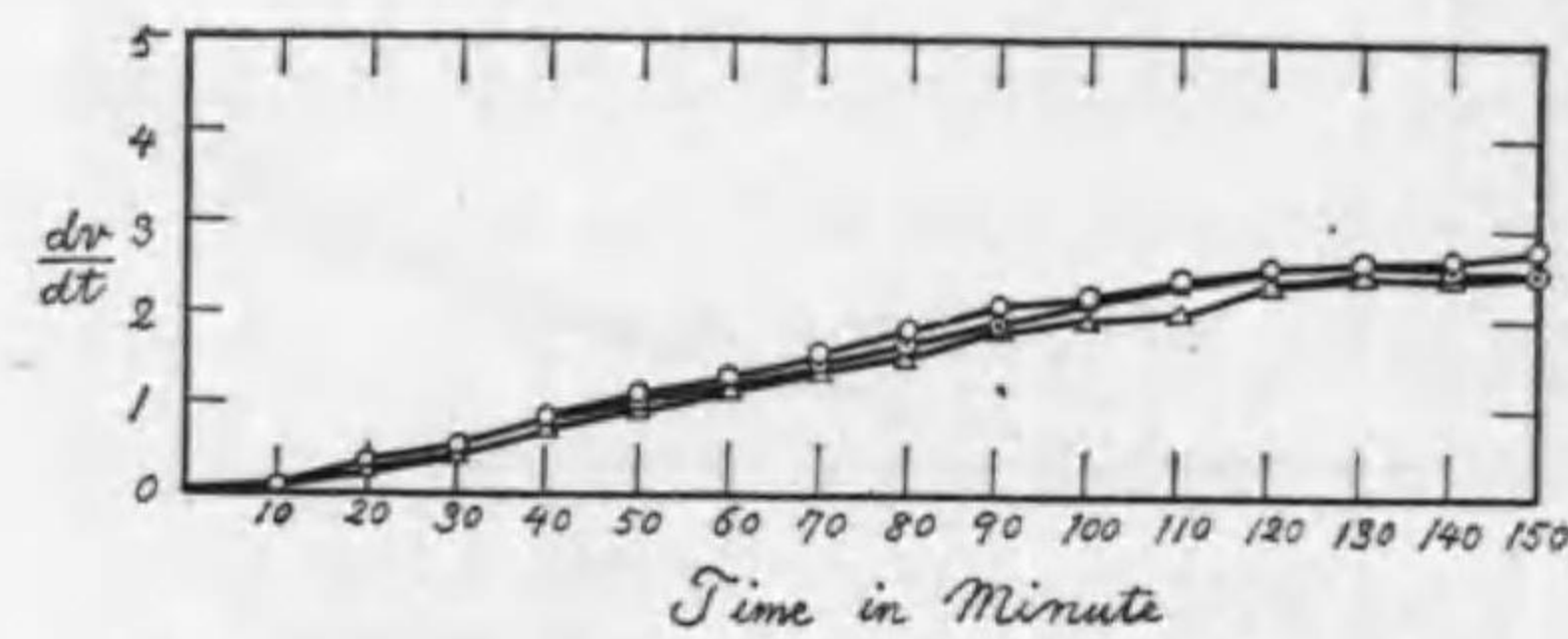


Fig. 6 Average Corrosion-Velocity of the Specimens tempered for 1 Hr. at 250°C. after Quenching in Iced Water.

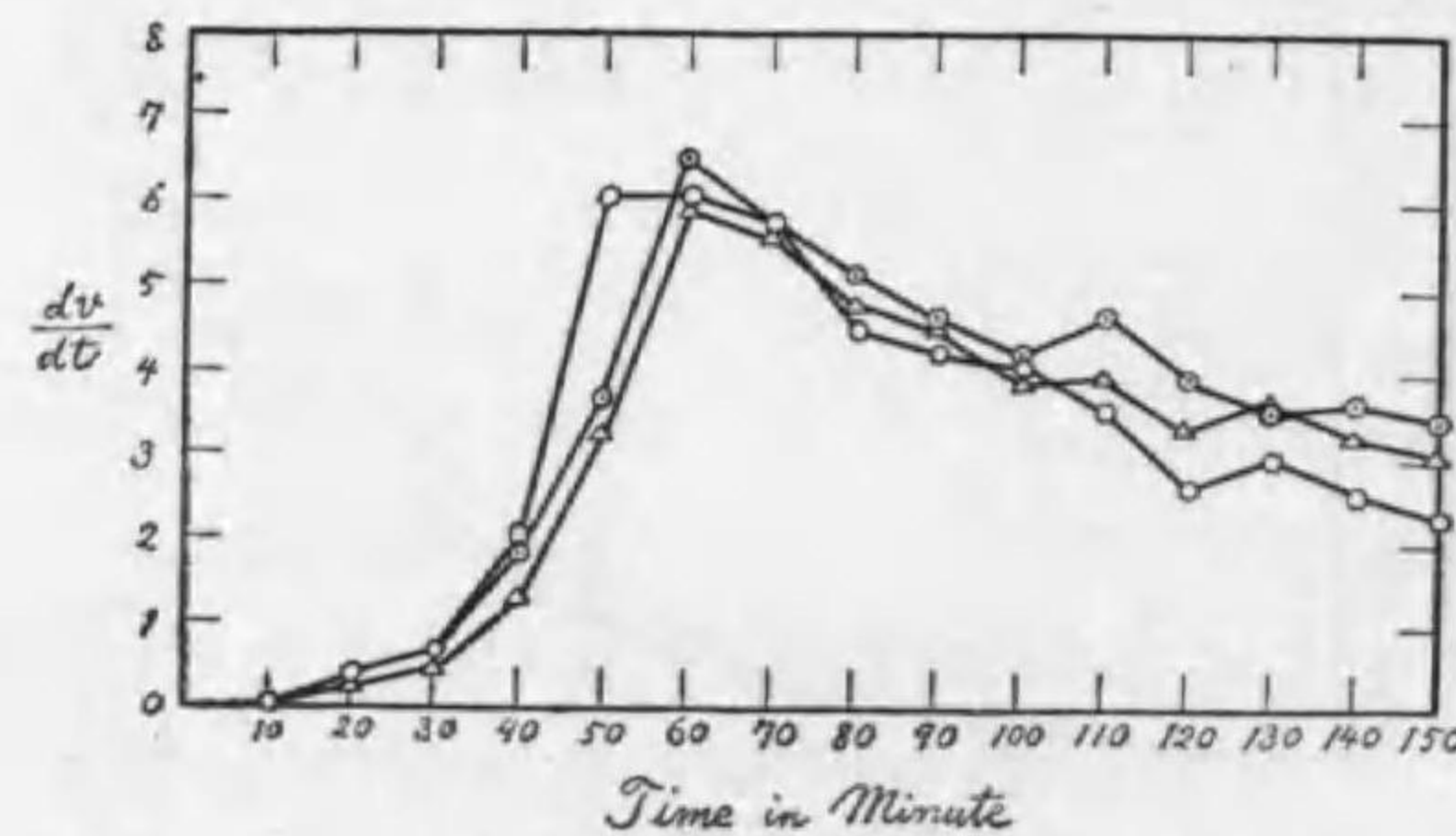


Fig. 7 Average Corrosion-Velocity of the Specimens tempered for 1 Hr. at 300°C. after Quenching in Iced Water.

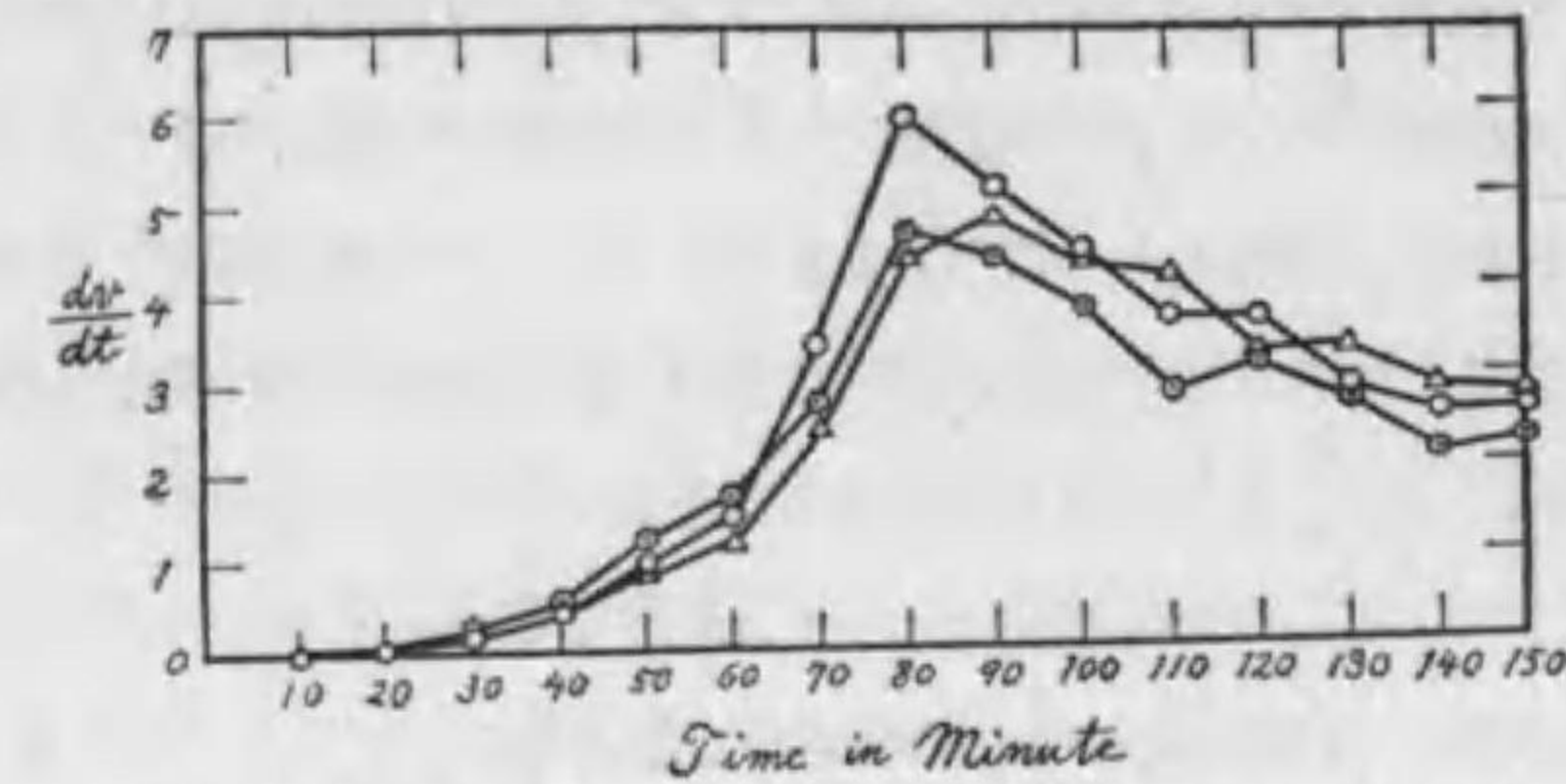


Fig. 8 Average Corrosion-Velocity of the Specimens tempered for 1 Hr. at 350°C. after Quenching in Iced Water.

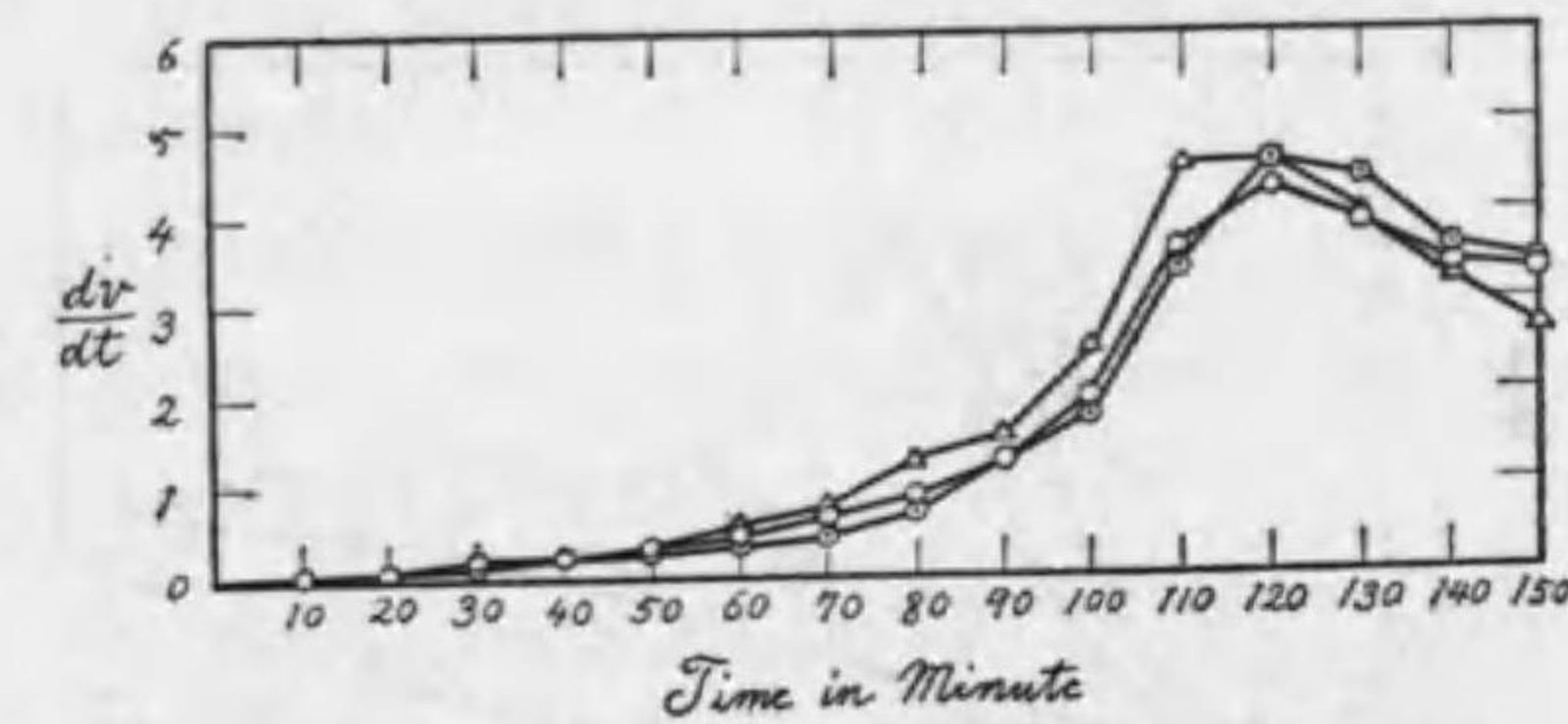


Fig. 9 Average Corrosion-Velocity of the Specimens tempered for 1 Hr. at 400°C. after Quenching in Iced Water.

に拘はらず、極大の生ずる時間は大體一致して居る。即ち 300°C にては 60 分、350°C にては 80 分、又 400°C にては 120 分附近である。

此の極大の生ずる原因に就て考ふるに、Al は陰極反應に依り溶解し去り、Cu は溶解せずして黑色薄膜狀から、反應が進むに連れて海綿狀となつて腐蝕面に残留する。

Cu が或る分量、腐蝕面を掩ふ様になれば、腐蝕液と試料面との接觸を妨害する様になる事は容易に考へられる。又熱處理の如何を問はず、大體 1cm² に就き 140cc 前後の水素を發生すれば、極大に達する事によつても、或る分量の Cu 沈積により、反應速度が減退する事が知られる。従つて水素發生量の大きなる程、即ち腐蝕速度の大きなる程、短時間にして極大を生ずる事になり、實驗結果は如實に此の事を證明して居る。200°C 及び 250°C の場合と雖も、更に實驗を繼續すれば、極大の出現が見られるであらうし、又幾時間後に生ずるかも豫想出来る。

海綿状の Cu が沈積する様になれば、回轉のため、又は水素ガス泡出のため、機械的に一部が剥落して、大小様々の Cu 粉の塊が液中に浮遊する事は、實驗中よく見られる事であるが、剥落する際試料面と腐蝕液との新たなる接觸を生じ、一時的に速度を増加する事は考へられる。實際に於て、極大以後の速度には特にずれの大なる事は、斯様な原因に基くものである事は推察に難くない。極大は特に重要な意義を有するものではないが、極大を生ずる迄の時間を比較して、容易に腐蝕速度の大小を比較する事が出来る。

ii) 種々の温度に 5 時間温び 20 時間焼戻したる場合

焼入後種々の温度に 5 時間及び 20 時間焼戻した試料に就き實驗を行ひ、夫々第 10 圖及び 11 圖に示す様な結果を得た。

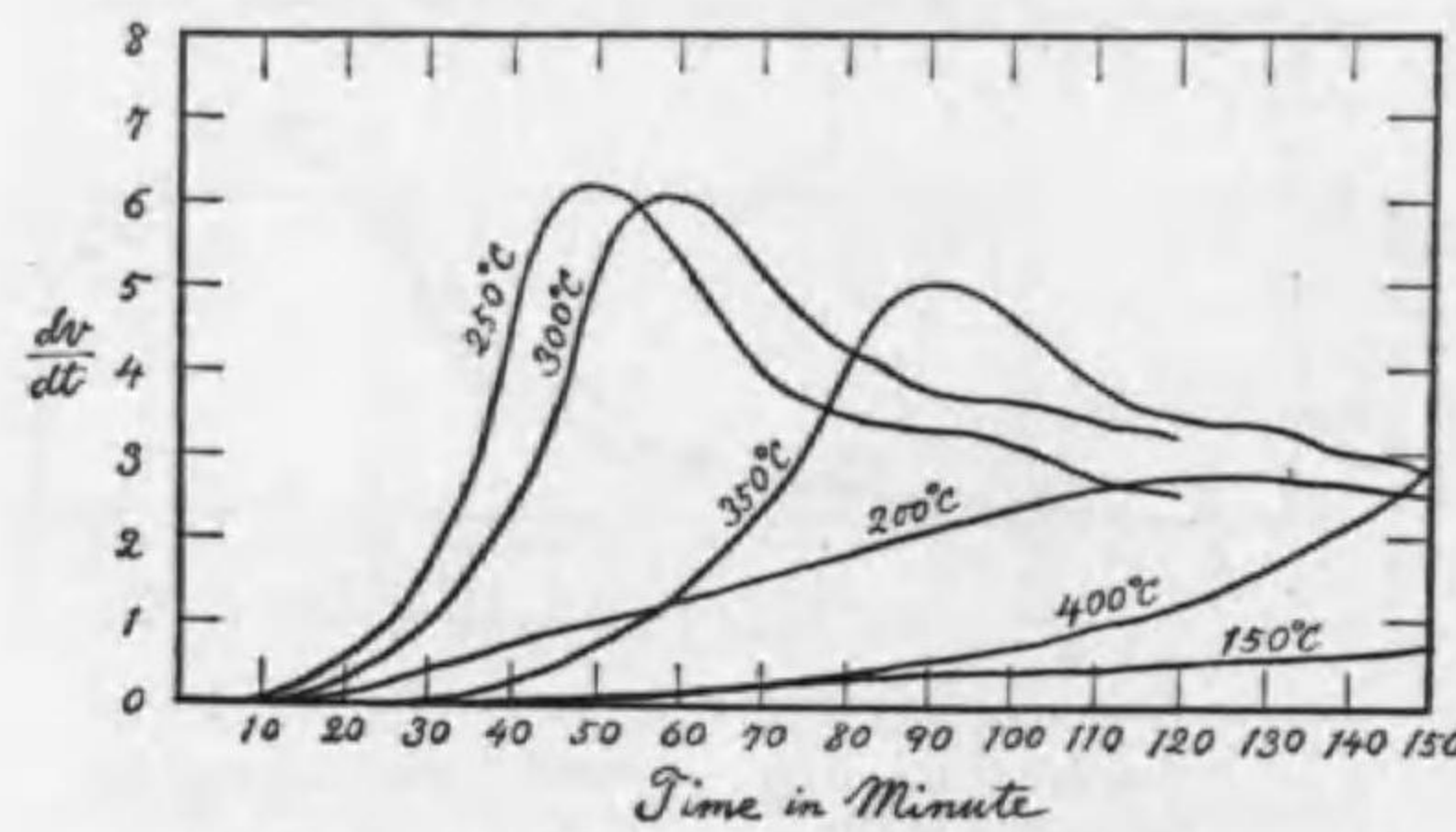


Fig. 10 Average Corrosion-Velocity of the Specimens tempered for 5 Hrs. at Various Temperatures after Quenching in Iced Water.

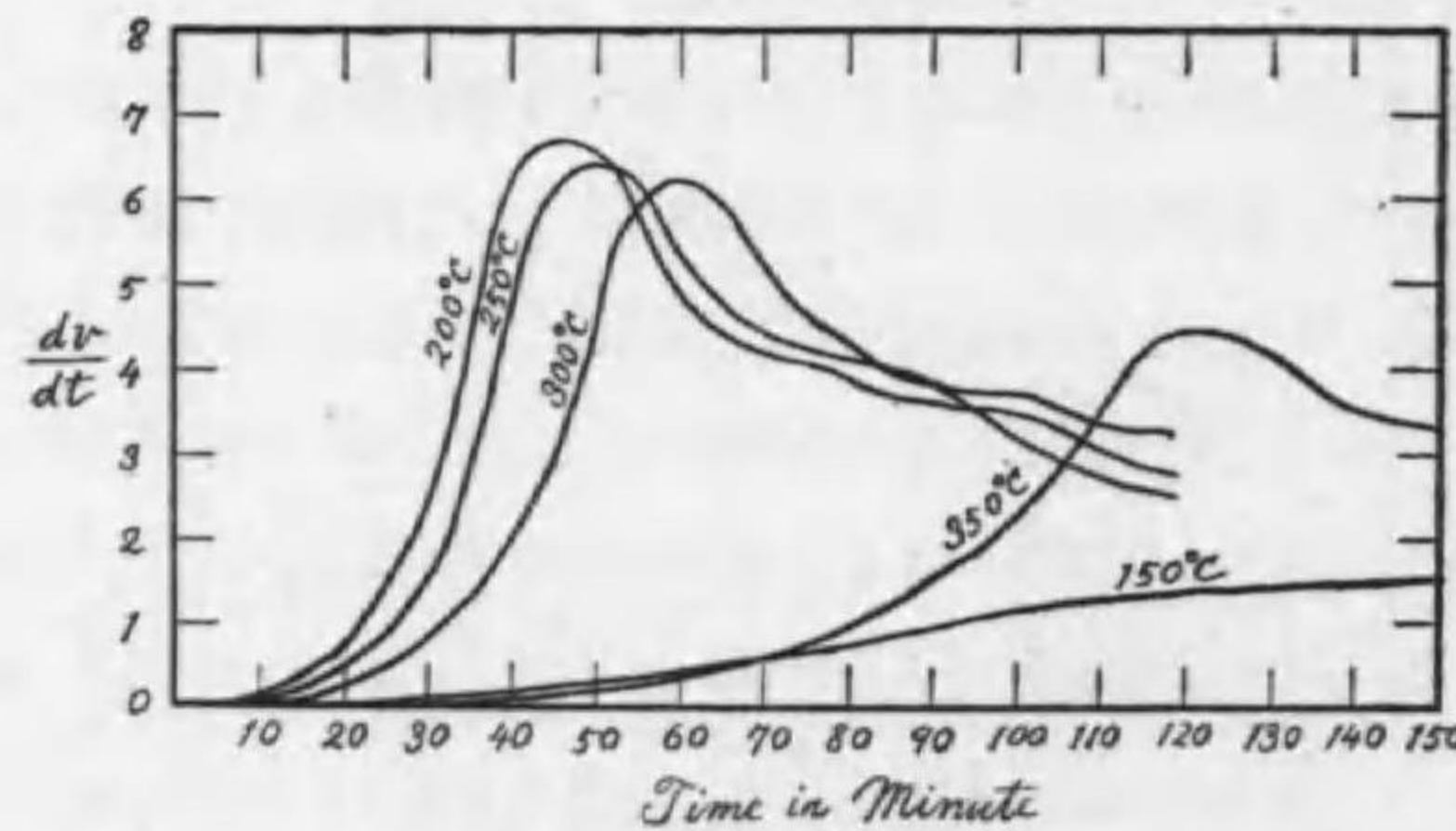


Fig. 11 Average Corrosion-Velocity of the Specimens tempered for 20 Hrs. at Various Temperatures after Quenching in Iced Water.

100°C の場合は 150 分後にて、水素發生量は 5 時間焼戻にては約 10 cc, 又 20 時間焼戻にては約 20 cc にして、未だ腐蝕速度を圖示し難いが、150°C に到つて可なり増加し、兩者共漸く圖示され得る様になる。

5 時間焼戻の場合は、200°C にて腐蝕速度は相當大となり、120—130 分附近に極大を生ずるが、250°C に到つて急激に増加し、50 分附近に極大を生ずる。300°C にては 1 時間焼戻の場合とは大差はないが、350°C にては稍と減少し、400°C に到つて著しく減少する。

20 時間焼戻の場合は、200°C にて急激に速度が増加し、極大は 40—50 分附近に生ずる。250°C 及び 300°C にては、5 時間焼戻の場合とは大差はないが、350°C 以上にては著しき減少を來し、350°C の場合、極大の出現は 120—130 分附近となる。200°C, 250°C 及び 300°C の場合を比較するに、低温なる程速度は稍大となるが、是等の温度にては可なり長時間焼戻しても速度には大なる變化を來さないものと考へられる。

iii) 70°C の水及び沸騰水中に焼入後焼戻したる場合

第 12 圖及び 13 圖は、夫々 70°C の水及び沸騰水中に焼入後、種々の温度に 1 時間焼戻した試料より得たる結果を示すものである。

兩者共、0°C の水中に焼入したものに比して、350°C 以上にては大差はないが、300°C 以下にては著しく腐蝕速度を減ずる。300°C 以下の場合に就て見るに、70°C の水中に焼入したものは、沸騰水中に焼入したものより速度は大である。200°C の場合、前者に於ては 170 分後にて約 40 cc の水素を發生し、辛うじて腐蝕速度を圖示出来るが、後者に於ては約 20 cc にして、未だ腐蝕速度を圖示出来る程度には達しない。250°C にて速度も稍と大となるが、300°C にては 0°C の水中に焼入したる試料に見る様な、急激なる増加は見られない。然し兩者共、120 分附近に極大を生ずる。

III 顯微鏡組織的研究

腐蝕は 70°C に加熱されたる 25% の硝酸溶液及び Keller 氏試薬に依つて行つた。腐蝕時間は熱處理の度合により異なるが、硝酸溶液にては 10 秒乃至 30 秒、又 Keller 氏試薬にては 20 秒乃至 1 分が適當と認められる。

先づ 0°C の水中に焼入したる後、種々の温度に 1 時間焼戻した試料に就て、組織の變化を見るに、150°C 以下の温度にて焼戻したるものは、總て固溶體組織であるが、温度の上昇

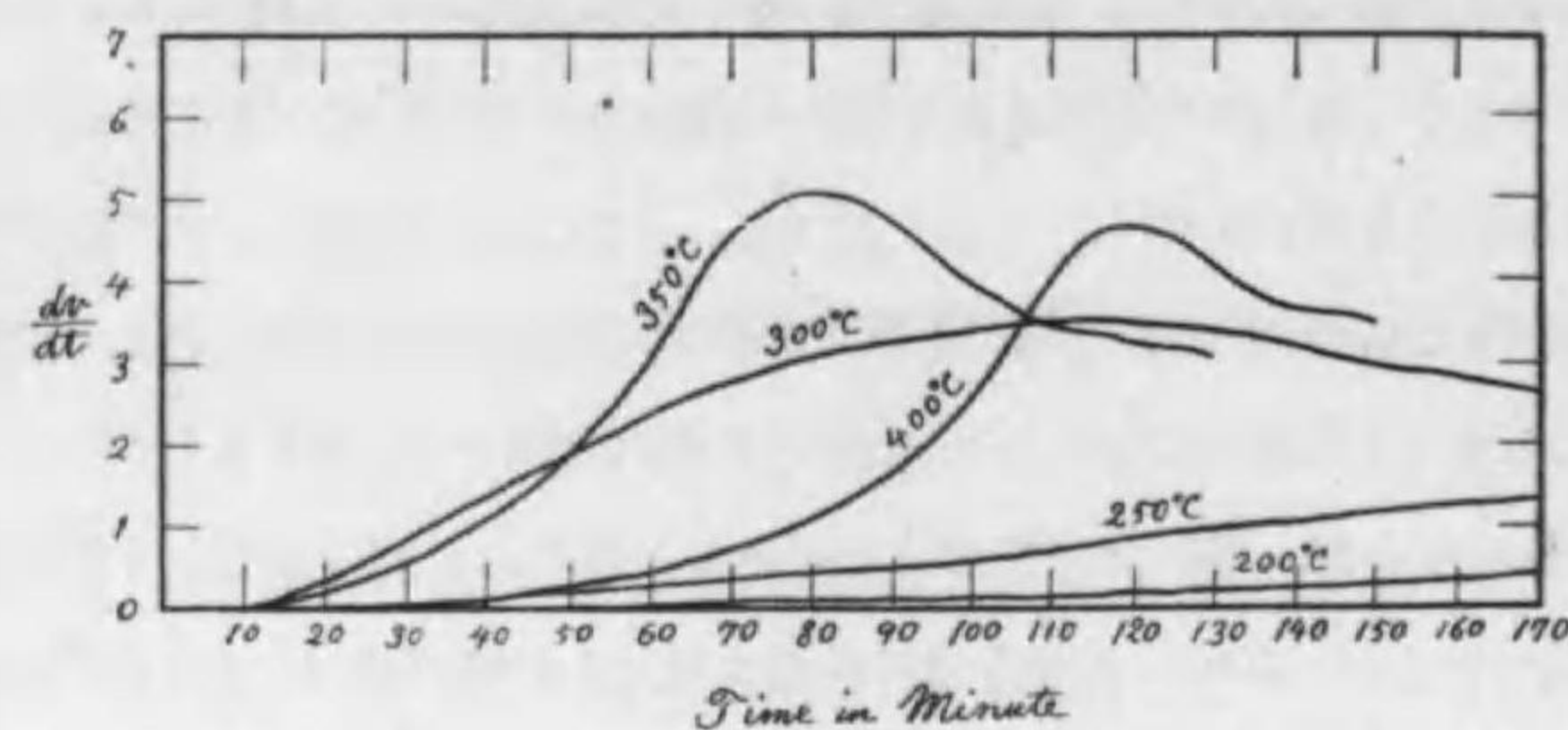


Fig. 12 Average Corrosion-Velocity of the Specimens tempered for 1 Hr. at Various Temperatures after Quenching in Water at 70°C.

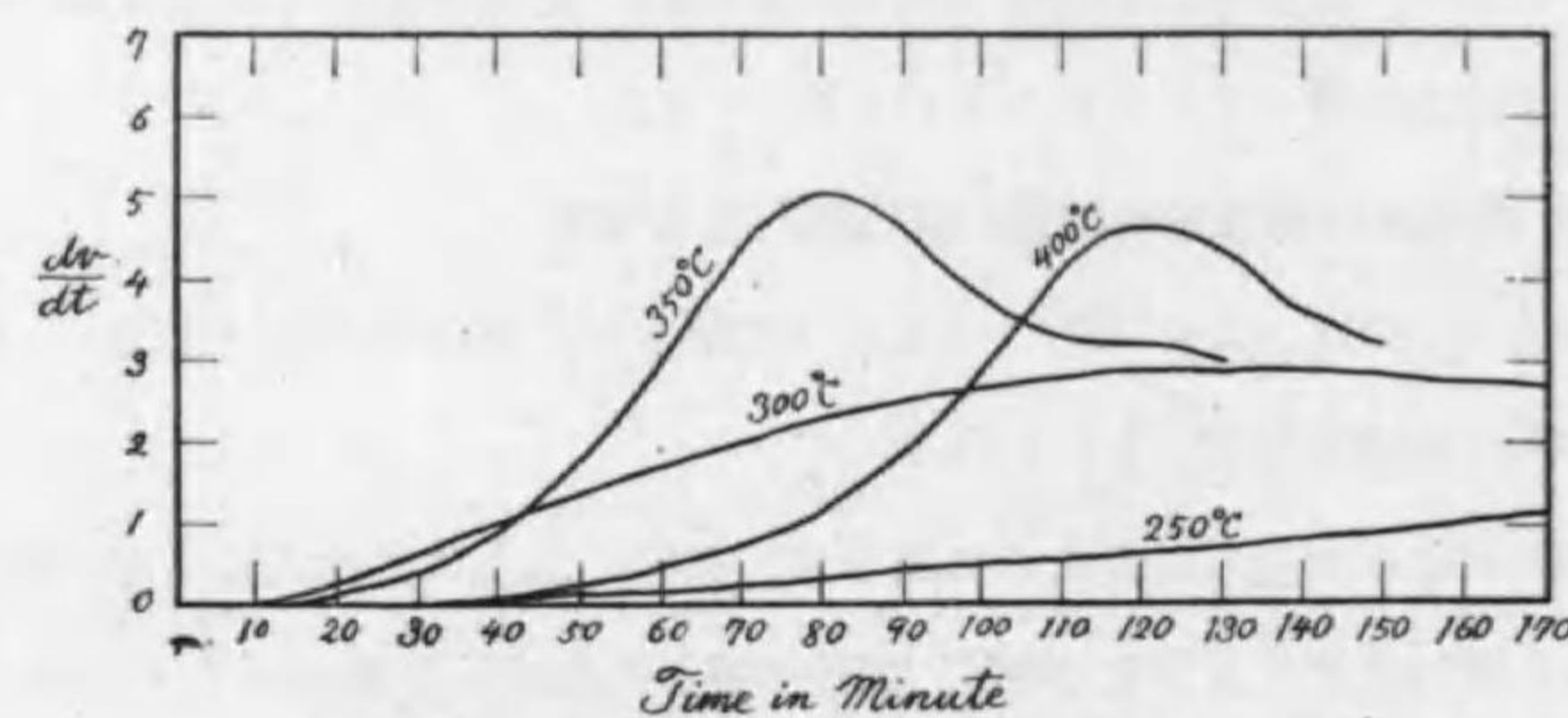


Fig. 13 Average Corrosion-Velocity of the Specimens tempered for 1 Hr. at Various Temperatures after Quenching in Boiling Water.

と共に同じ固溶体組織にしても腐蝕され易くなる。写真 1 は 150°C にて焼戻したものの組織にして、結晶内には何等の變化も見出されないが、水素發生量が焼入直後のものに比して、増加する所を見れば超顯微鏡的變化が、或る程度進行した状態と考へられる。200°C にて焼戻したものは、写真 2 に示す如く網状組織と共に、幽かながら線組織が現はれる。焼戻の進行と共に、線組織は次第に濃密となり、其のため網状組織は判別し難くなる。写真 3 は 250°C にて焼戻したものの組織を示したものであるが、線組織に沿ふて、化合物の析出が相當進捗した状態となると共に、又結晶により内部的變化の進行に、かなりの相違のある事が明瞭に見られる。然し 300°C にて焼戻せば、写真 4 に見る如く、線組織を中心として全面的に析出した状態となる。而して此の状態に於て、腐蝕速度は最大となるものである。350°C にては線組織は漠然として來るが、尙微細粒子の析出状態である事は、写真 5 に見る如くで

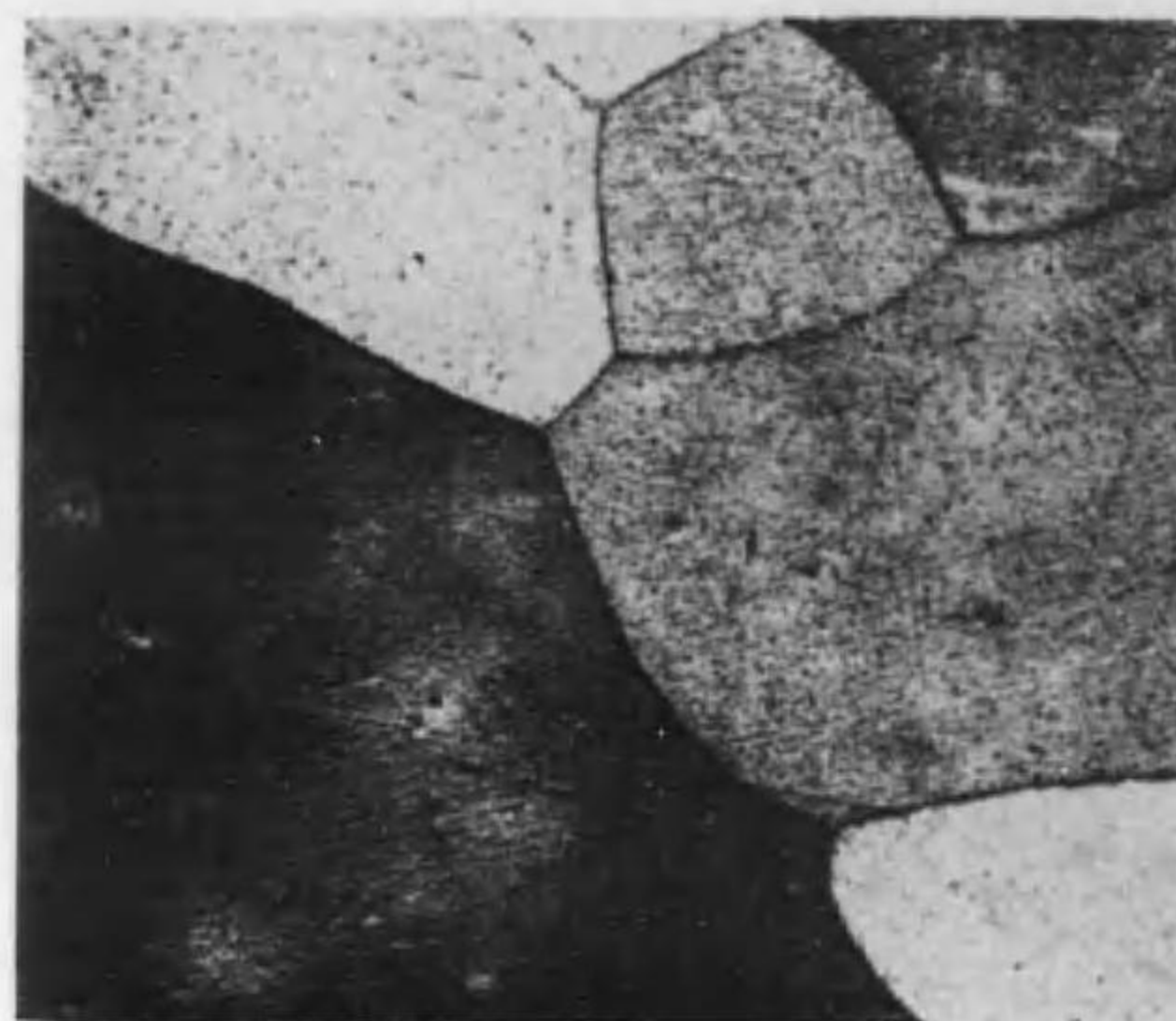


Photo. 1
4% Cu: tempered for 1 hr. at 150°C. after quenching in iced water. Etched with Keller's reagent. $\times 100$

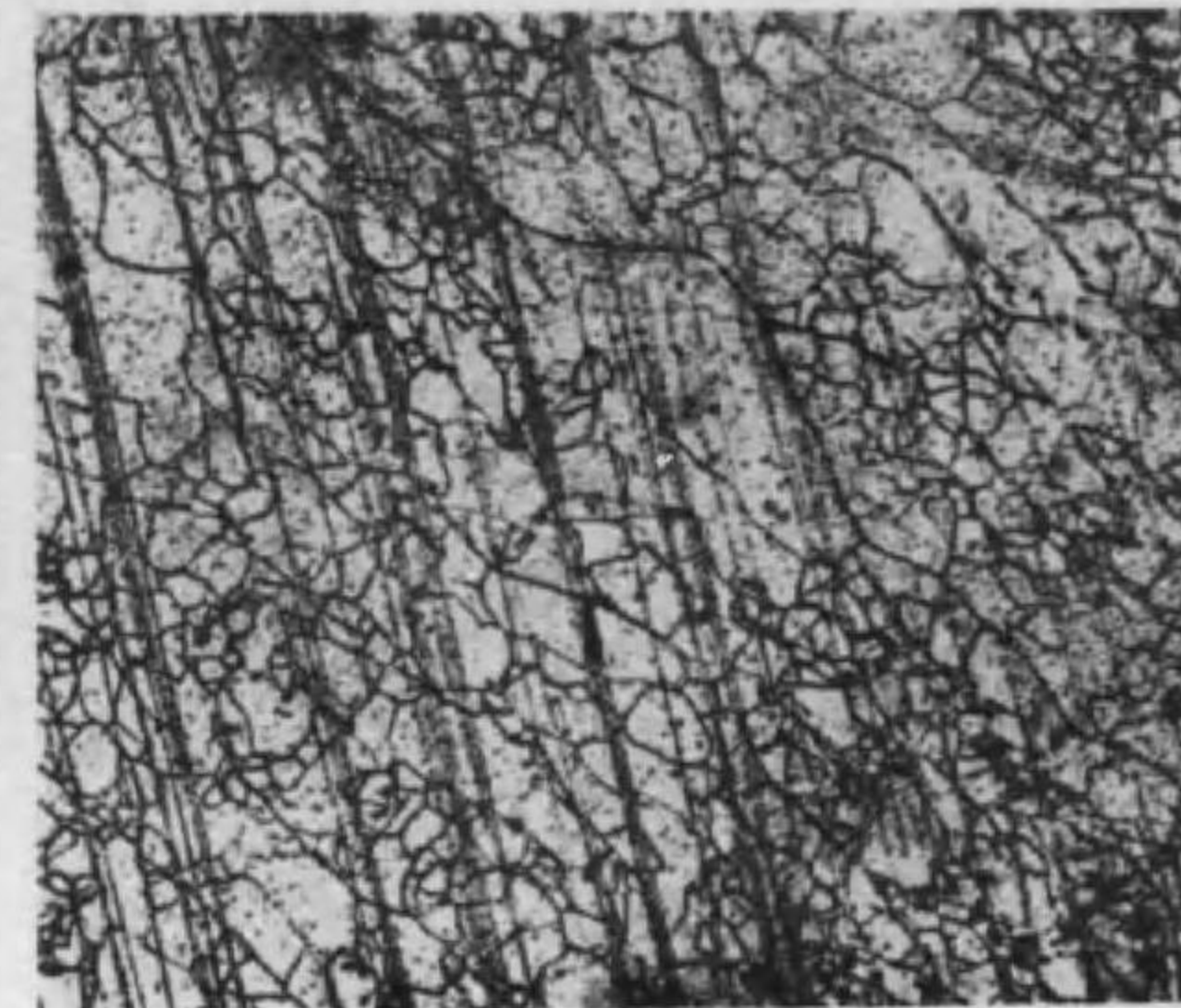


Photo. 2
4% Cu: tempered for 1 hr. at 200°C. after quenching in iced water. Etched with Keller's reagent. $\times 100$



Photo. 3
4% Cu: tempered for 1 hr. at 250°C. after quenching in iced water. Etched with Keller's reagent. $\times 100$

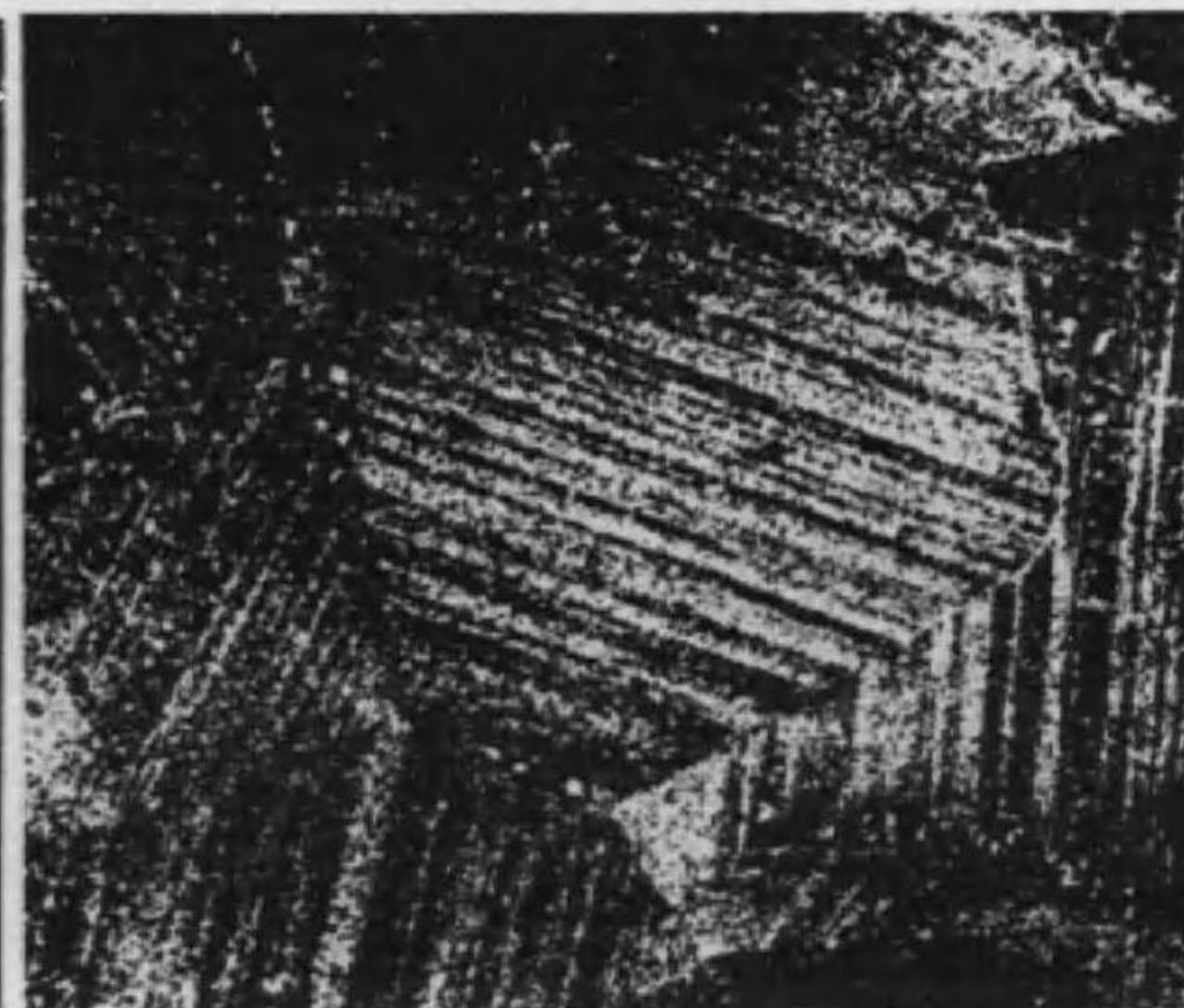


Photo. 4
4% Cu: tempered for 1 hr. at 300°C. after quenching in iced water. Etched with Keller's reagent. $\times 100$

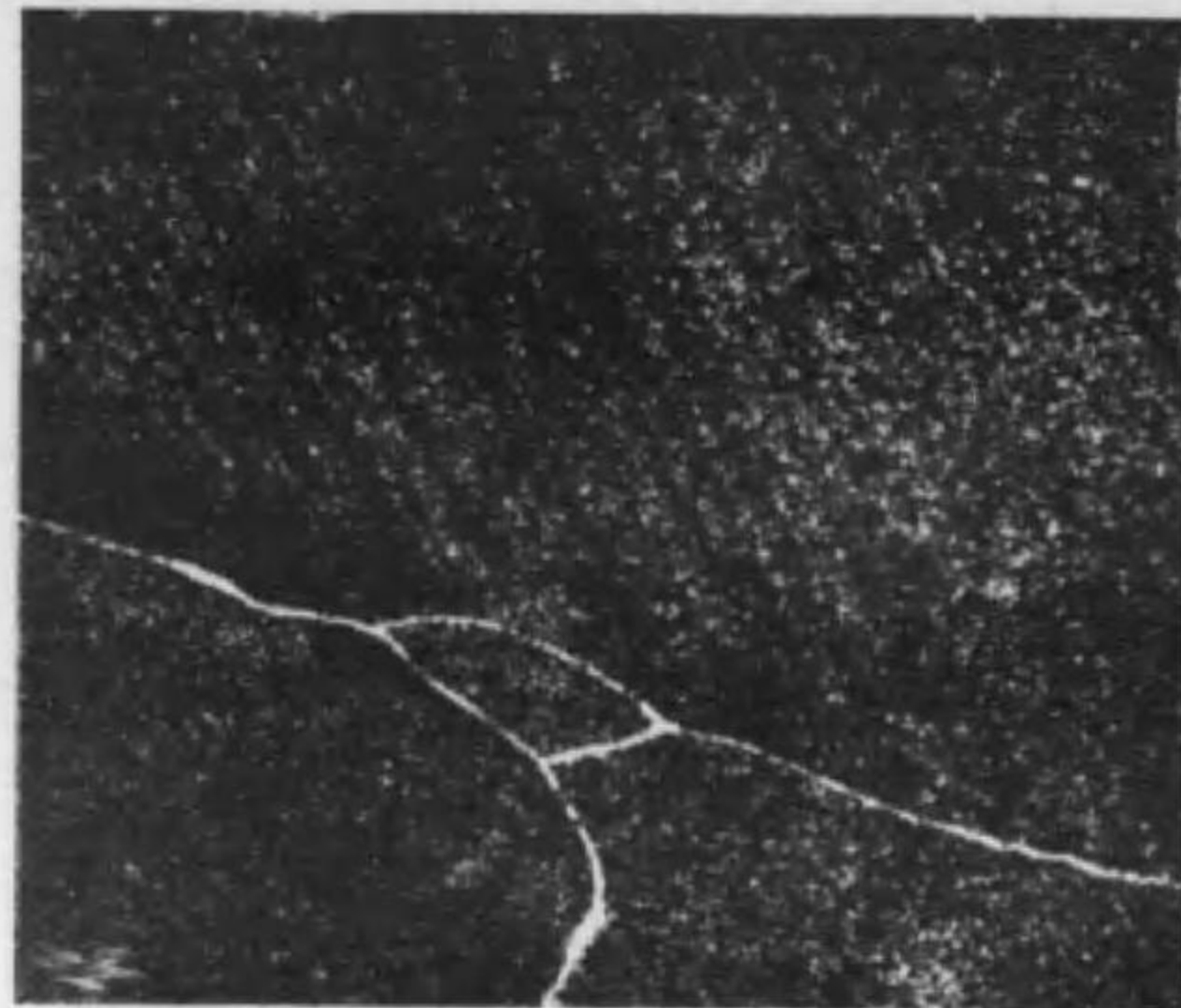


Photo. 5
4% Cu: tempered for 1 hr. at 350°C.
after quenching in iced water. Etched
with Keller's reagent. $\times 100$

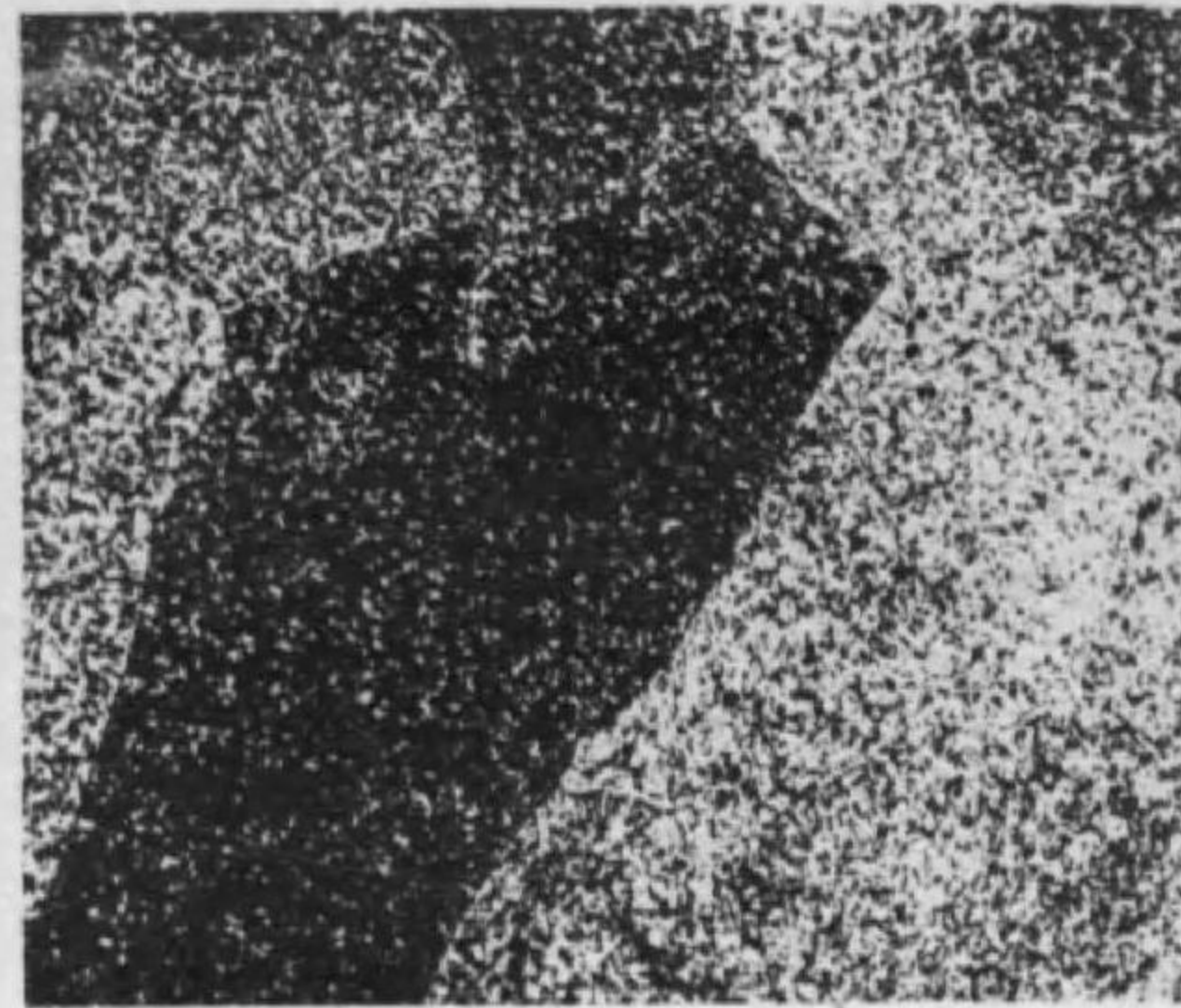


Photo. 6
4% Cu: tempered for 1 hr. at 400°C.
after quenching in iced water. Etched
with Keller's reagent. $\times 100$

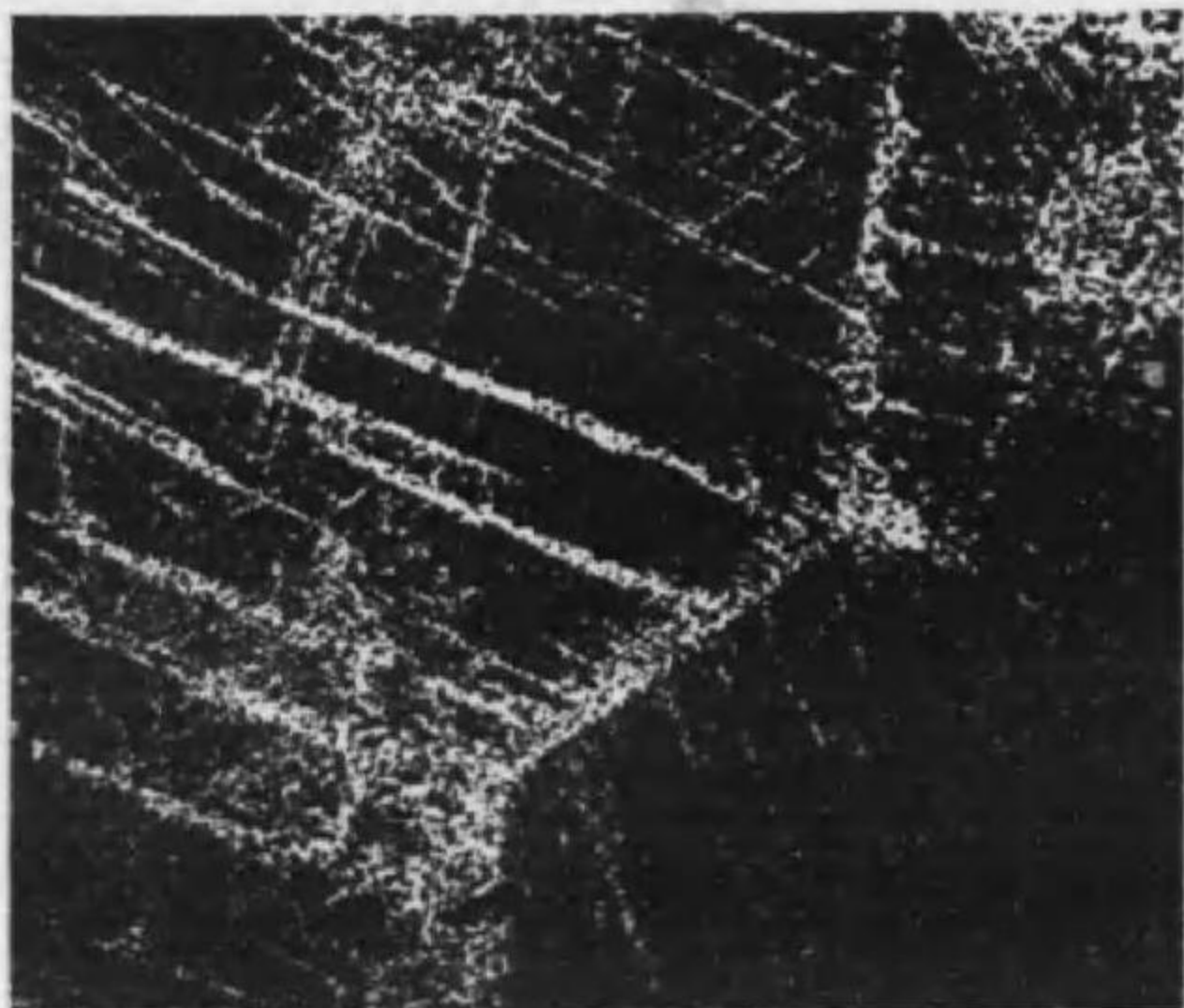


Photo. 7
4% Cu: tempered for 20 hrs. at 200°C.
after quenching in iced water. Etched
with Keller's reagent. $\times 100$

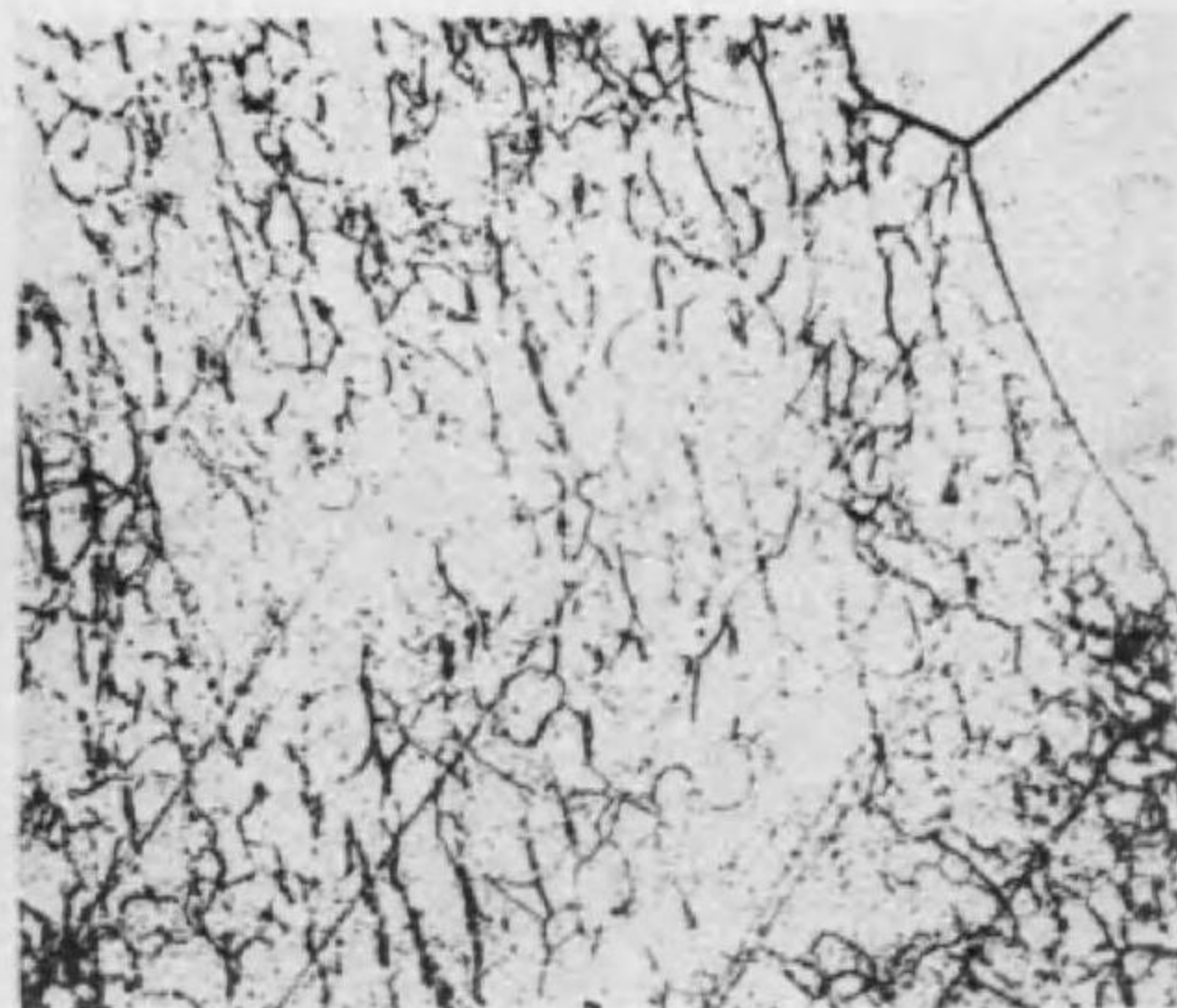


Photo. 8
4% Cu: tempered for 1 hr. at 200°C.
after quenching in water at 70°C. Etched
with Keller's reagent. $\times 100$

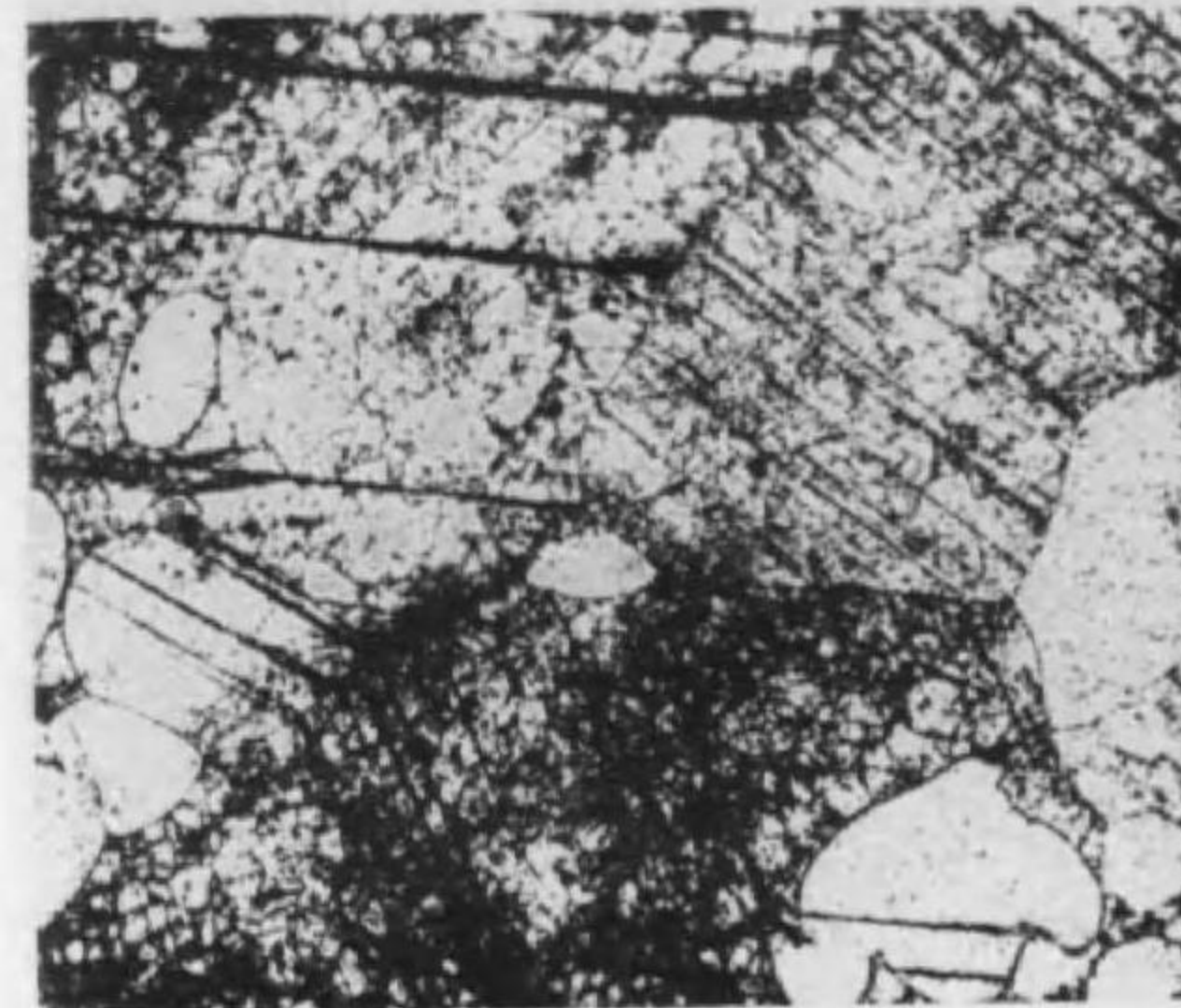


Photo. 9
4% Cu: tempered for 1 hr. at 256°C.
after quenching in water at 70°C. Et-
ched with Keller's reagent. $\times 110$

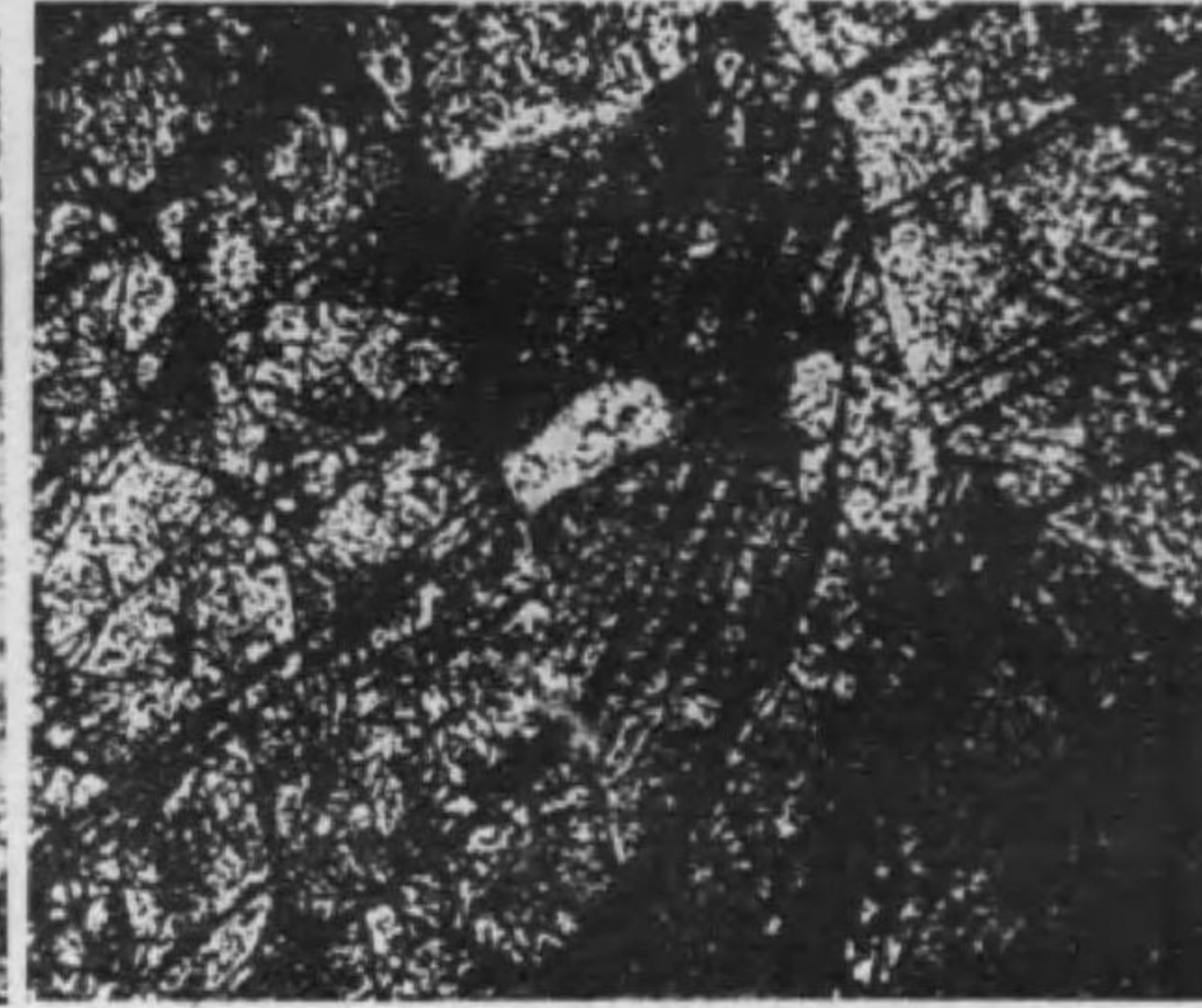


Photo. 10
4% Cu: tempered for 1 hr. at 300°C.
after quenching in water at 70°C. Et-
ched with Keller's reagent. $\times 100$

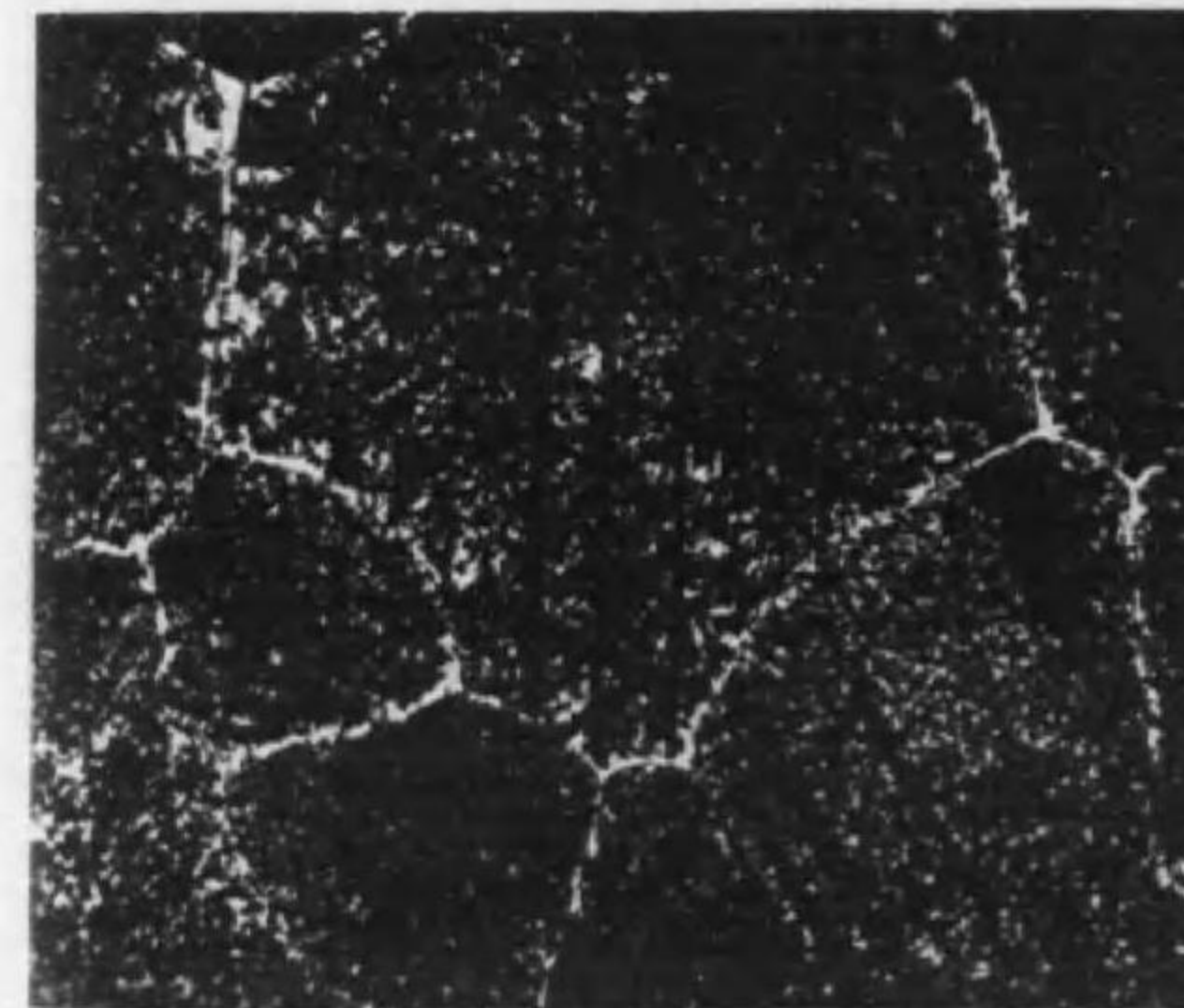


Photo. 11
4% Cu: tempered for 1 hr. at 350°C.
after quenching in water at 70°C. Et-
ched with Keller's reagent. $\times 100$

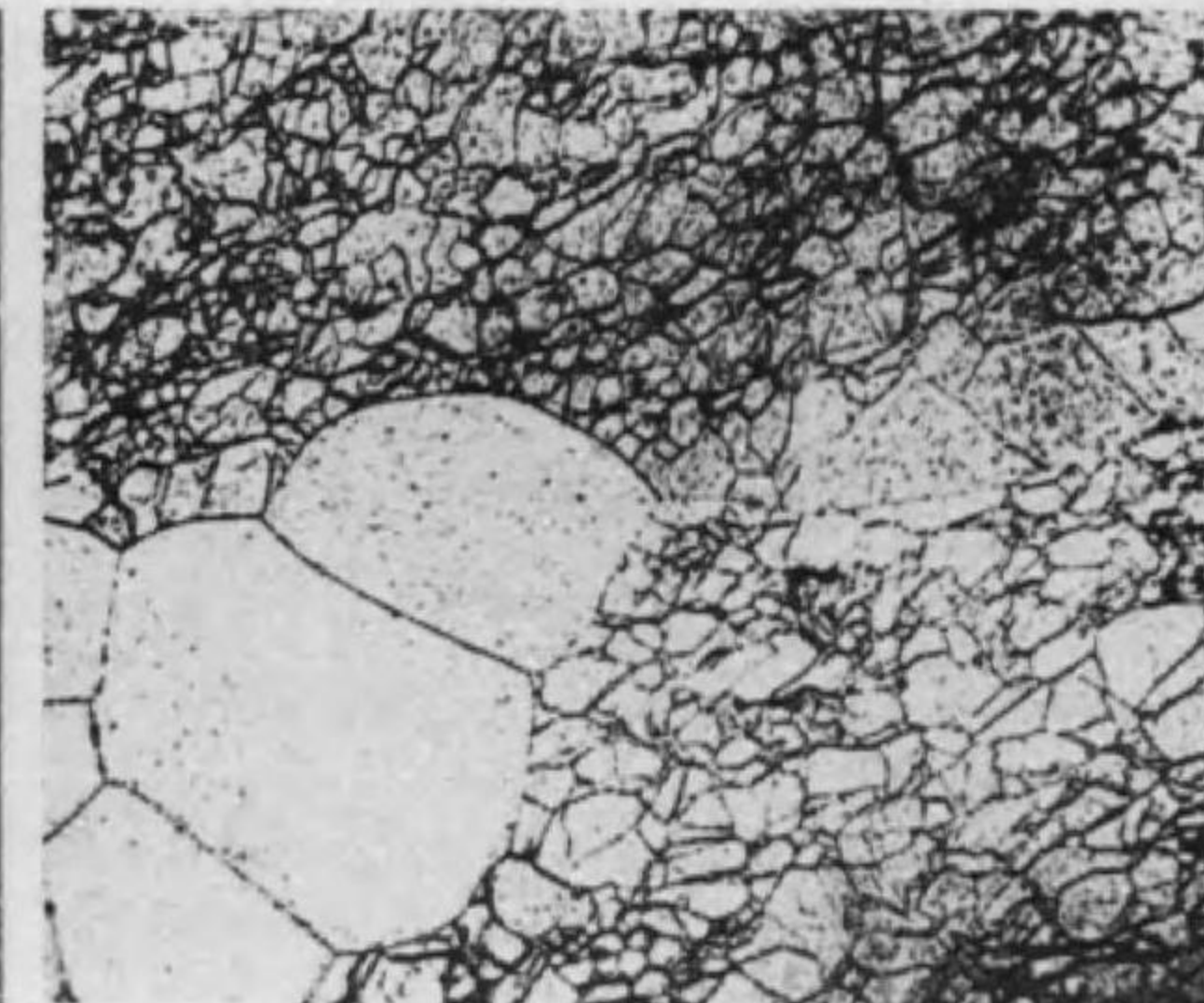


Photo. 12
4% Cu: tempered for 1 hr. at 200°C.
after quenching in boiling water. Et-
ched with Keller's reagent. $\times 100$

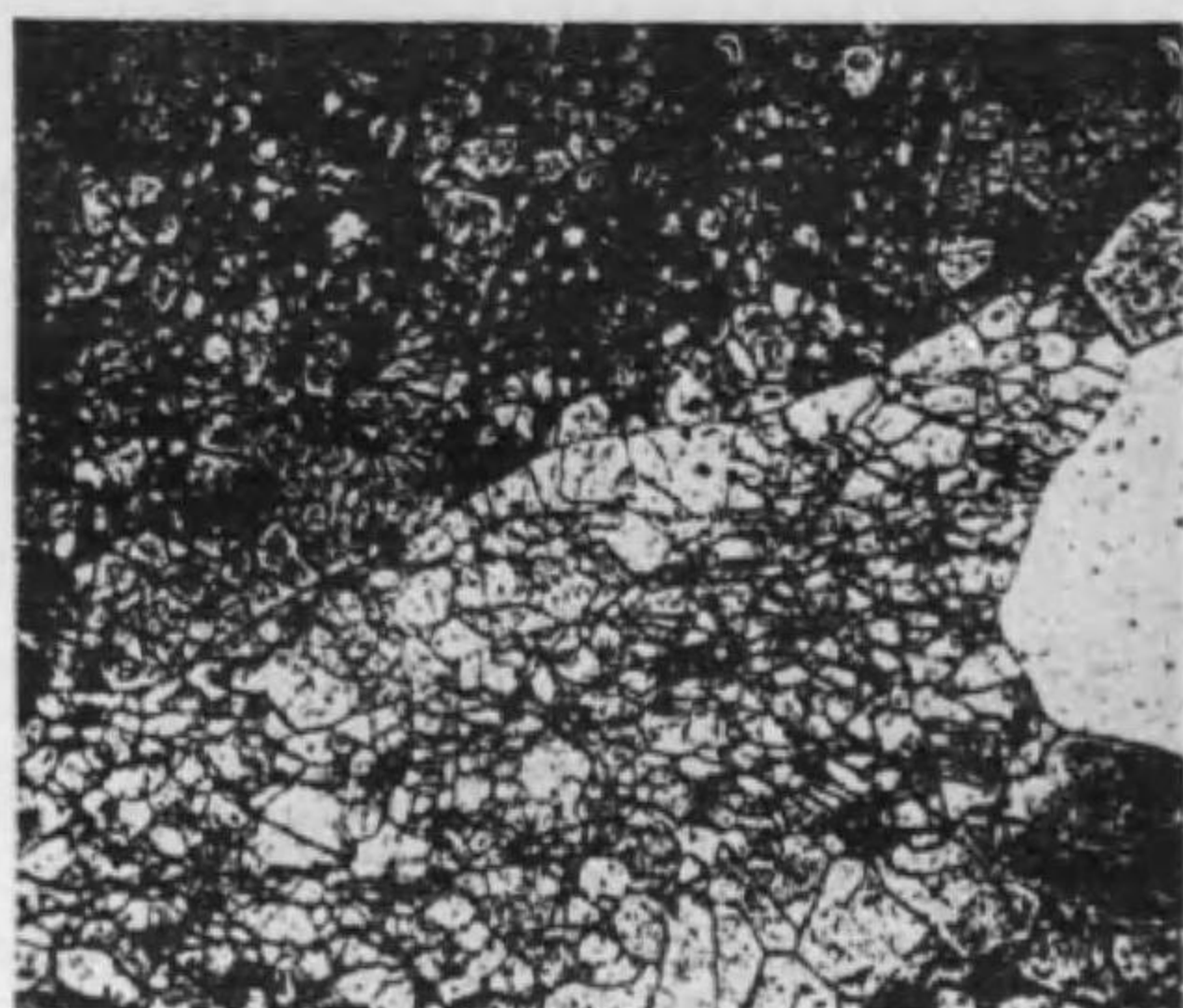


Photo. 13
4% Cu: tempered for 1 hr. at 250°C.
after quenching in boiling water.
Etched with Keller's reagent. $\times 100$

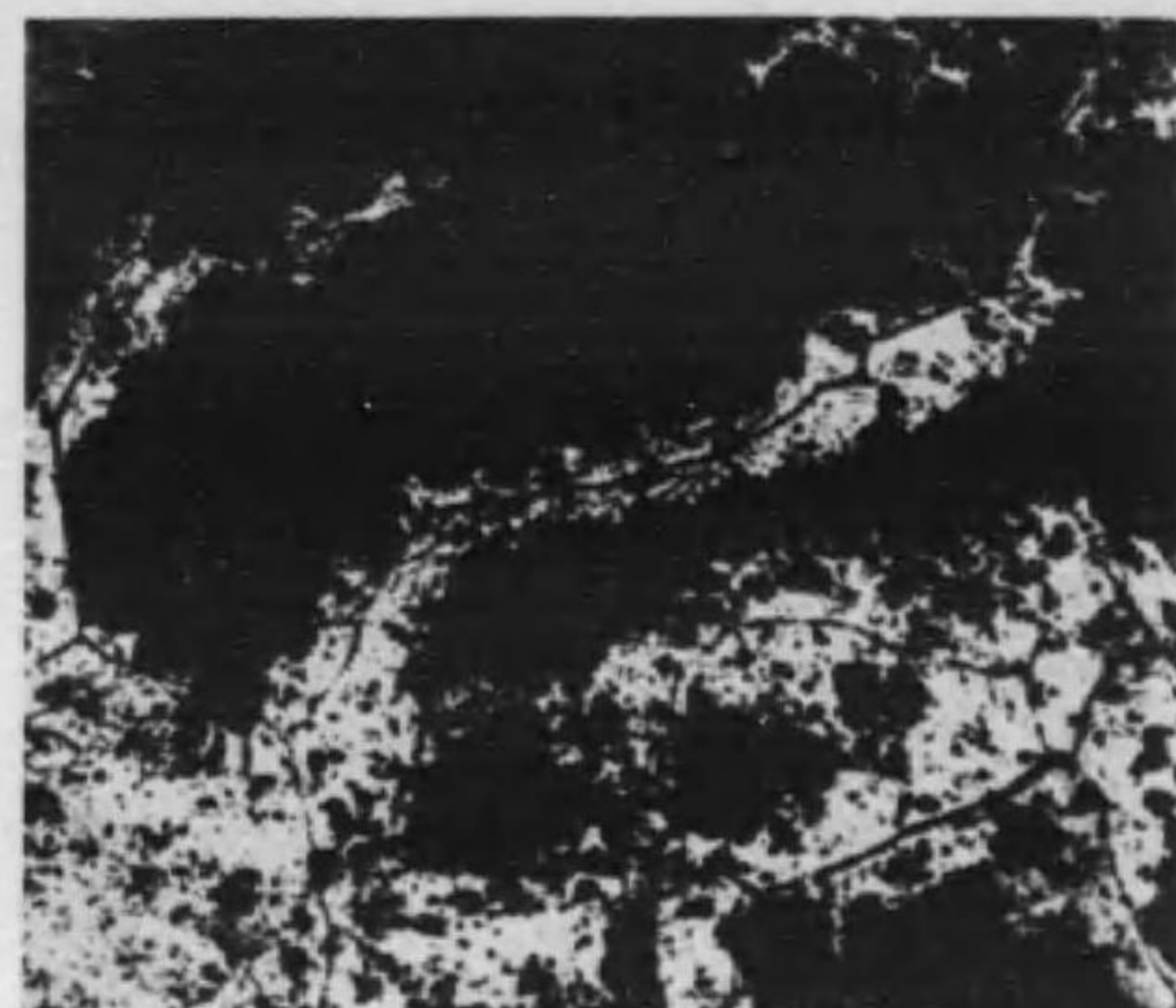


Photo. 14
1% Cu: tempered for 1 hr. at 150°C.
after quenching in iced water. Immersed
in 1.5 normal HCl solution for 150
min. at 25°C. under stirring. $\times 50$

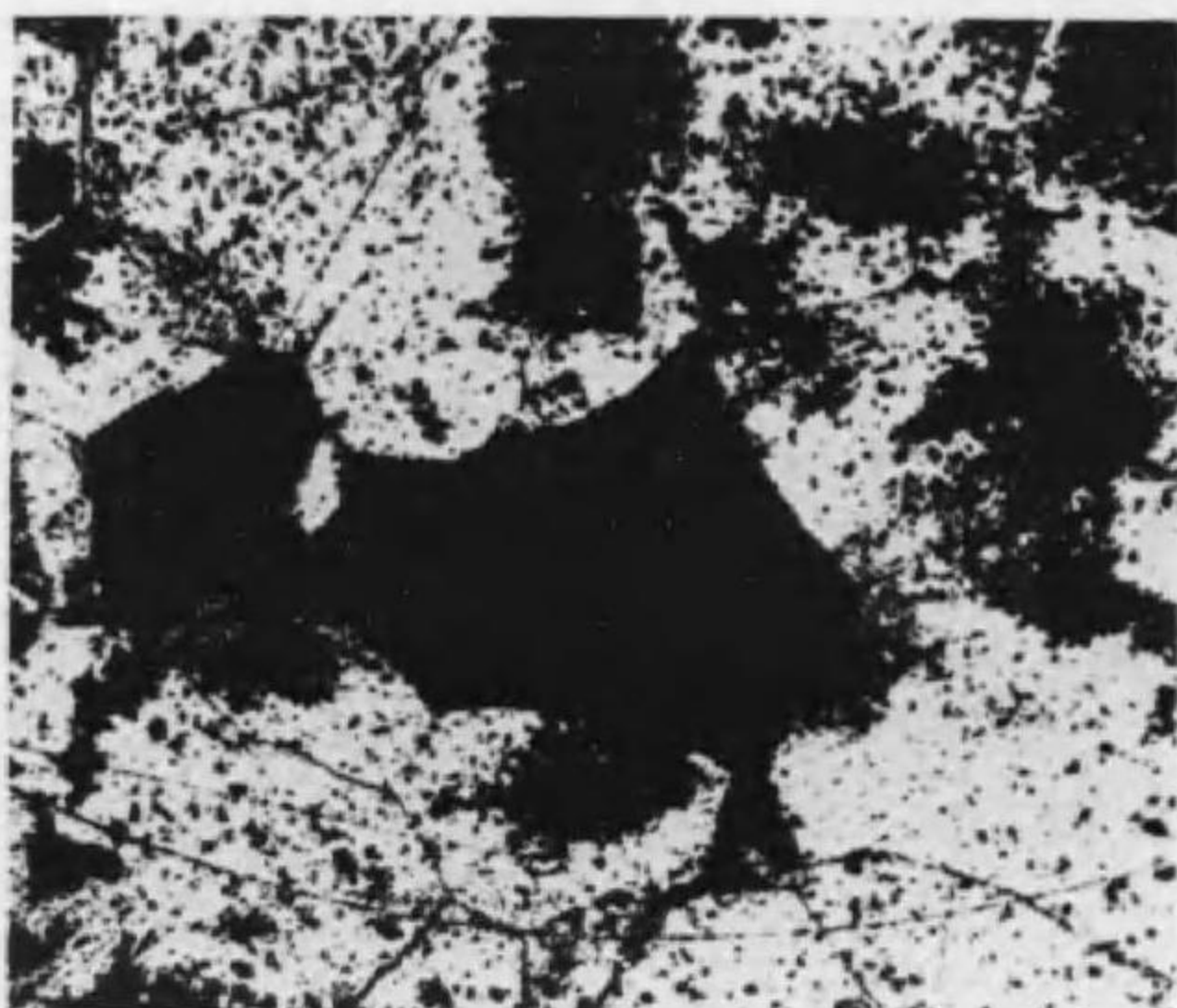


Photo. 15
4% Cu: tempered for 1 hr. at 200°C.
after quenching in iced water. Immersed
in 1.5 normal HCl solution for 90 min.
at 25°C. under stirring. $\times 50$

ある。400°C に到れば析出粒子の溶解が起り、又粒子が可なり粗大化する事は、写真 6 に見られる如くにして、腐蝕速度の著しく減少する事が了解される。

今 Palmaer³⁾の腐蝕理論に依り説明すれば、本実験に於て試料の熱処理が異なるのみにして、他の條件が同様と看做し得る故、腐蝕速度に影響するものは組織の変化であり、若し此の変化を来すものが化合物微粒子の析出に基くものとすれば、析出粒子の数の増加と共に局部電池の数を増加し、従つて腐蝕速度を増加すべく、最大散布状態に於ては最大速度を示し、結晶子の発達又は溶解の起る時は局部電池の数を減じ、従つて速度を減するであらう。Al と CuAl₂ との間の電位差に関し Akimow⁷⁾及び Oleschko⁸⁾、又 Schönchen⁸⁾の 3% NaCl 溶液中にて (17°—18°C) 水素標準電極を用ひて、Al 及び CuAl₂ の電圧を測定した結果を見れば、Al は -0.553 ボル

ト、又 CuAl₂ は -0.371 ボルトにして、兩者の間に電池を構成すれば Al は陰極となつて溶解が促進される。最近 Weerts, Wassermann,^{9) 10)} 又 Caivet, Jacquet 及び Guinier¹¹⁾ の外 Gayler^{12) 13)} 等の研究に依れば、Cu Al₂ の析出前に中間相の存在する事が X 線的にも、又顯微鏡的にも確認されたが、兩者の相違は原子配列の相違に依るものなれば、Al に対しては孰れも陽極性を帯び、Al の溶解を促進せしむる事には相違はない。

150°C・5 時間の焼戻にては、未だ組織の変化を認めないが、150°C・20 時間の焼戻にては強く腐蝕すれば、幸うじて線及び網組織を認むる事が出来る。250°C・5 時間及び 200°C・20 時間焼戻せば写真 7 に見る如く、全面的析出状態となり、而して腐蝕速度に於ては急激な増加を来すものである。300°C にて 5 時間或は 20 時間焼戻しても、腐蝕速度に殆んど變化のない事は、析出状態は容易に變化しないものと考へられる。同様な事は 250°C の場合に就ても言ひ得る事である。200°C に於ても餘程長時間焼戻せなければ、析出状態は變化を来さないであらう。然し 200°—300°C の長時間の焼戻に於て、高温なる程、腐蝕速度の減少するのは結晶子の發達が幾分大なるためであらう。之れに反して、350°C 以上にては容易に腐蝕速度の減ずるのは、結晶子の發達が促進され、¹⁴⁾ 更に溶解が起るためと考へられる。

写真 8, 9, 10 及び 11 は 70°C の水中に焼入したる後、夫々 200°, 250°, 300° 及び 350°C に 1 時間焼戻した試料の組織を示したものである。是等を 0°C の水中に焼入したものに比較すれば、線組織が著しく減少する事に注意される。300°C 迄は腐蝕速度が非常に減少する事と照合して、線組織が腐蝕速度に大なる影響を及ぼす事が知られる。

又写真 12 及び 13 は沸騰水中に焼入して 200°C 及び 250°C に、夫々 1 時間焼戻したる試料の組織であるが、殆んど線組織を認めず、網状組織のみより成り、而して腐蝕速度は更に減少するものである。之れは線組織の減少と共に、化合物の析出が緩慢となる事を示すものであつて、析出は主として線組織に沿ふて起る事が知られる。然し写真 13 に見る如く、線組織の欠如した場合は、析出は網状組織の中間部に起るが、線組織の存在する場合に比して、析出量の小なる事は腐蝕速度の減少する事に依つて、容易に知られる所である。350°C にては 0°C の水中に焼入した場合のものとは、腐蝕速度に大なる相違は認められないが、組織に於ても大體に於て大差なく、線組織に左右せられることはなく、全面的に析出する状態となる事は写真 11 に見られる如くである。されば 350°C にては、線組織の影響はなくなり、即ち焼入剤の温度には影響されぬものである。

更に腐蝕の状況を観察するため、 0°C の水中に焼入したる後、種々の温度に 1 時間焼戻した試料を腐蝕実験と同様な状況のもとに適當の時間、鹽酸中に浸漬して腐蝕面の顯微鏡的検査を行つた。寫眞 14 は 150°C にて焼戻したものを 150 分浸漬した腐蝕面を示すものであるが、腐蝕は先づ結晶の中央部より起る事が知られる。之れは Cu の擴散が不充分にして、中央部に於ては Cu に富む固溶體として存在するため、此の部が陰極性を帯びて腐蝕され易くなるためである。されば鑄造試料よりも寧ろ加工試料を長時間焼鈍した場合には、耐蝕性を増加するものと考へられる。 200°C にて焼戻したものを、90 分浸漬した腐蝕面は寫眞 15 に示す如く、特殊の結晶に腐蝕が集中する事が見られ、結晶により腐蝕度の相違の著しい事が認められる。同様な事は 250°C にて焼戻し、60 分浸漬したもの（寫眞 16）にも見られるが、腐蝕の集中する結晶は線及び網狀組織の先づ現はれるものである事は、寫眞 3 と比較して容易に了解される所である。 300°C にて焼戻したものを 35 分浸漬したものは寫眞 17 に見る如く、結晶の選擇的腐蝕が減じ、殆んど一様に腐蝕され、之れに依つて腐蝕速度の急激な増加を來す事が知られる。然し 350°C にて焼戻し 35 分浸漬したものは寫眞 18 に示す如く線狀腐蝕は認められずして、點蝕の如き觀を呈するに到る。斯様な現象は析出粒子の粗大化に依るものと考へられるが、腐蝕速度の減少は之れに依るものであらう。又寫眞 19 は 400°C にて焼戻し 50 分浸漬したものの腐蝕面を示すものであるが、粒子の粗大化と共に粗

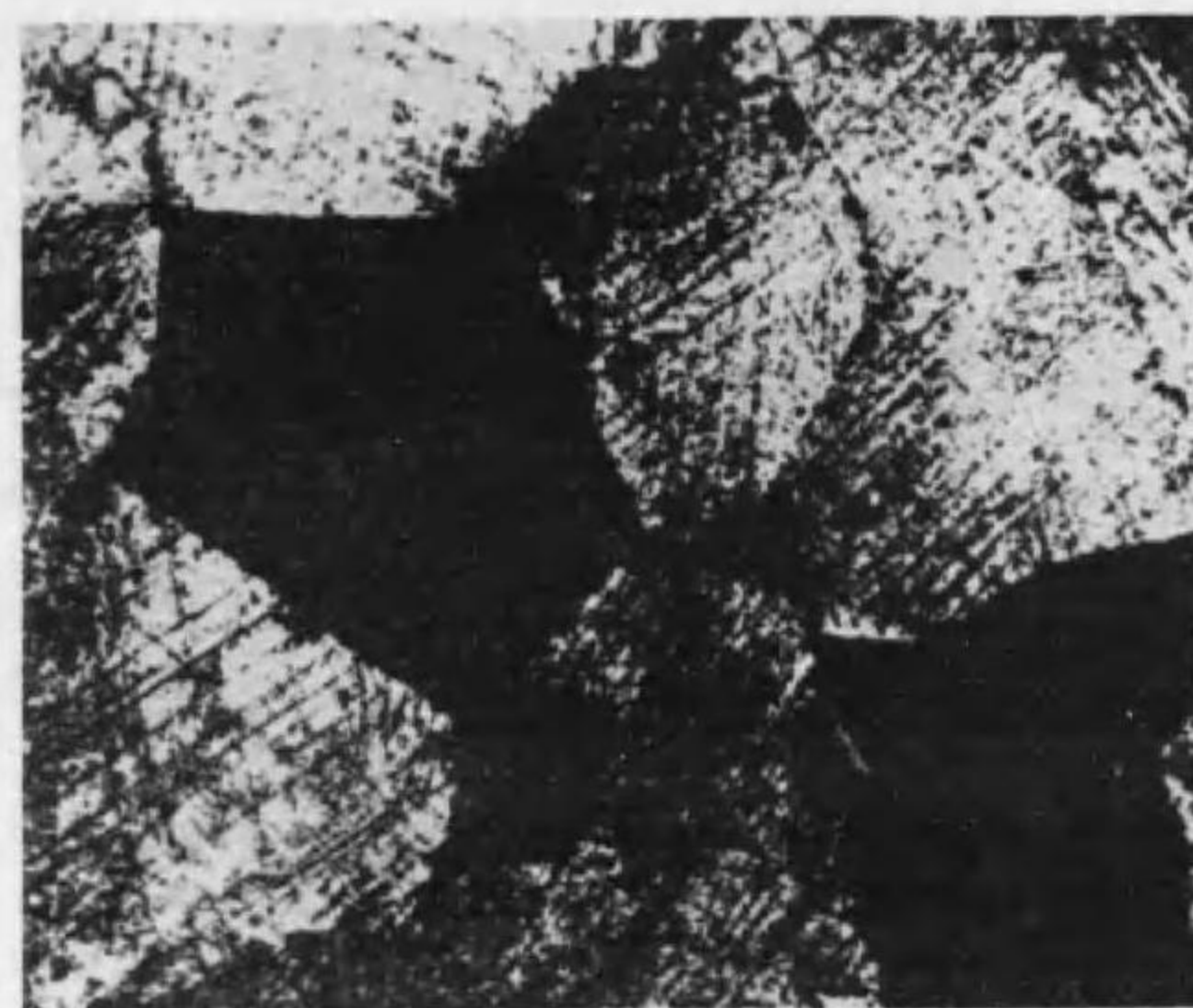


Photo 16
4%Cu: tempered for 1 hr. at 250°C . after quenching in iced water. Immersed in 1.5 normal HCl solution for 60 min. at 25°C . under stirring. $\times 50$

散状態になり、誘發期間の長くなる事、及び腐蝕速度の著しく減少する事はよく窺はれる。 200°C にて 20 時間焼戻したものは、腐蝕速度が極めて大である事は既に知つた所であるが、同様な熱處理を施したものを、20 分浸漬した場合は寫眞 20 に示す如く、先づ線狀腐蝕が起り、次いで線組織の交叉する點に腐蝕が集中する。此の現象は線組織は極めて緻密に現はれ、且つ析出粒子が極めて微細な

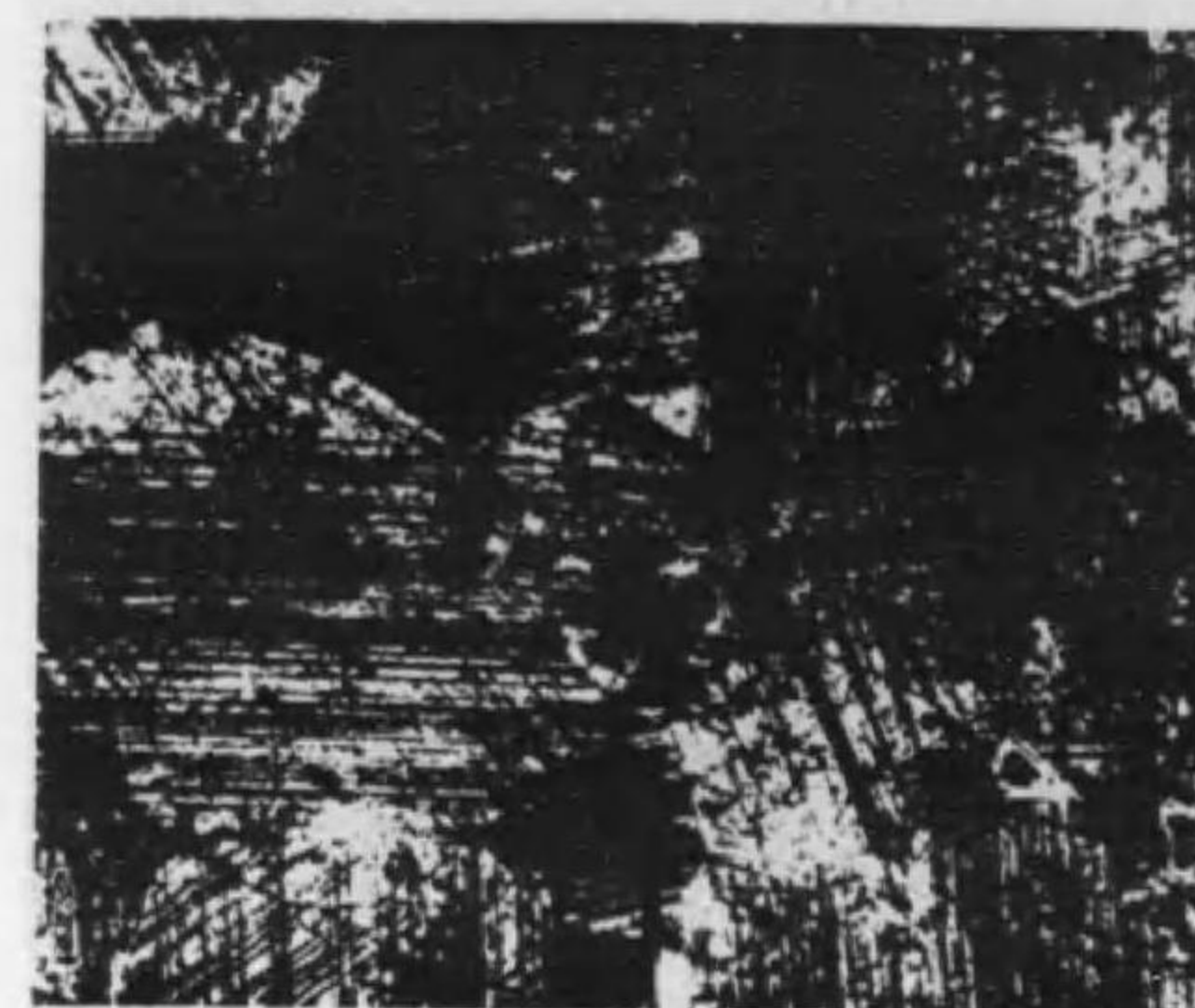


Photo. 17
4% Cu: tempered for 1 hr. at 300°C . after quenching in iced water. Immersed in 1.5 normal HCl solution for 35 min. at 25°C . under stirring. $\times 50$

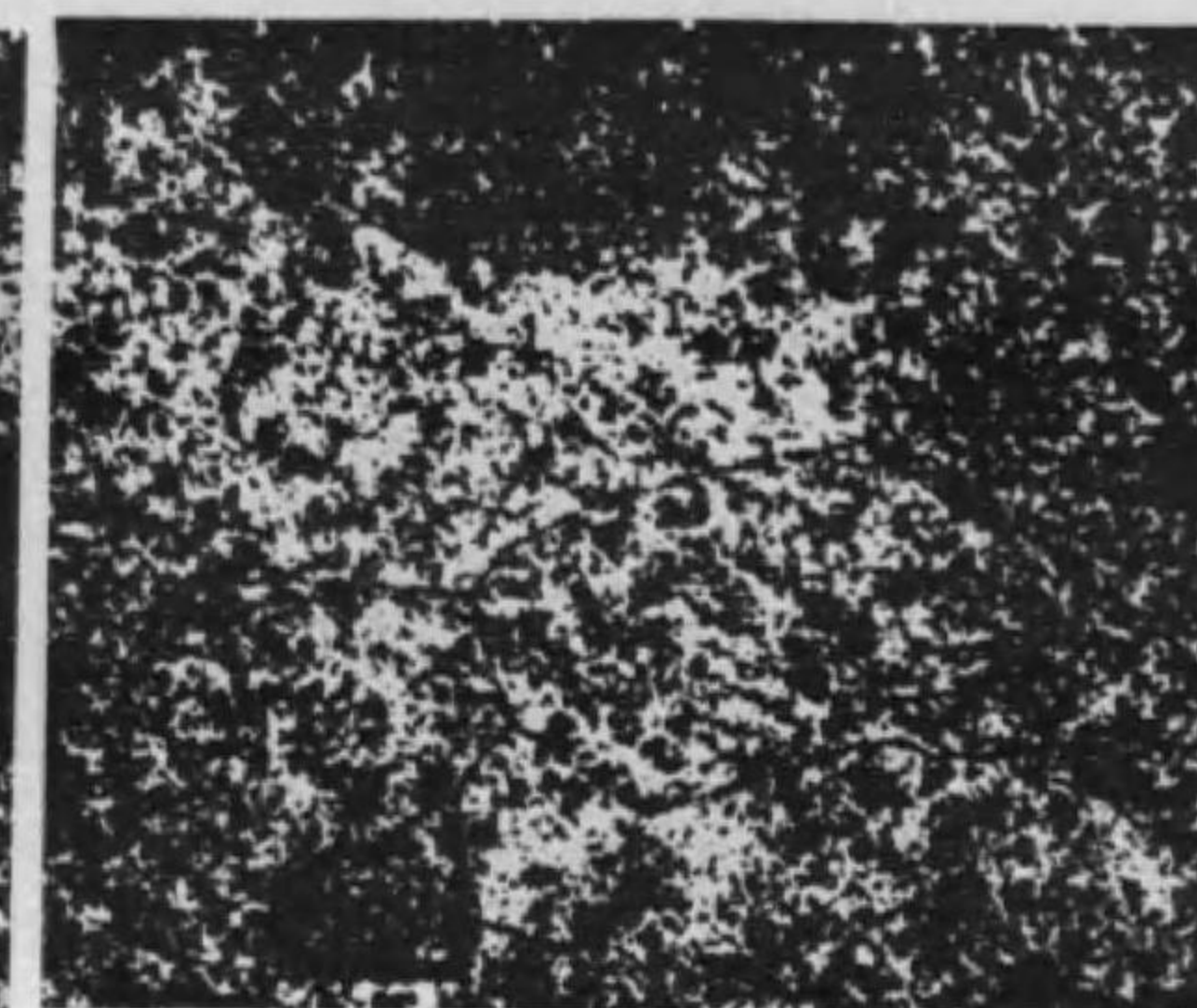


Photo. 18
4% Cu: tempered for 1 hr. at 350°C . after quenching in iced water. Immersed in 1.5 normal HCl solution for 35 min. at 25°C . under stirring. $\times 50$

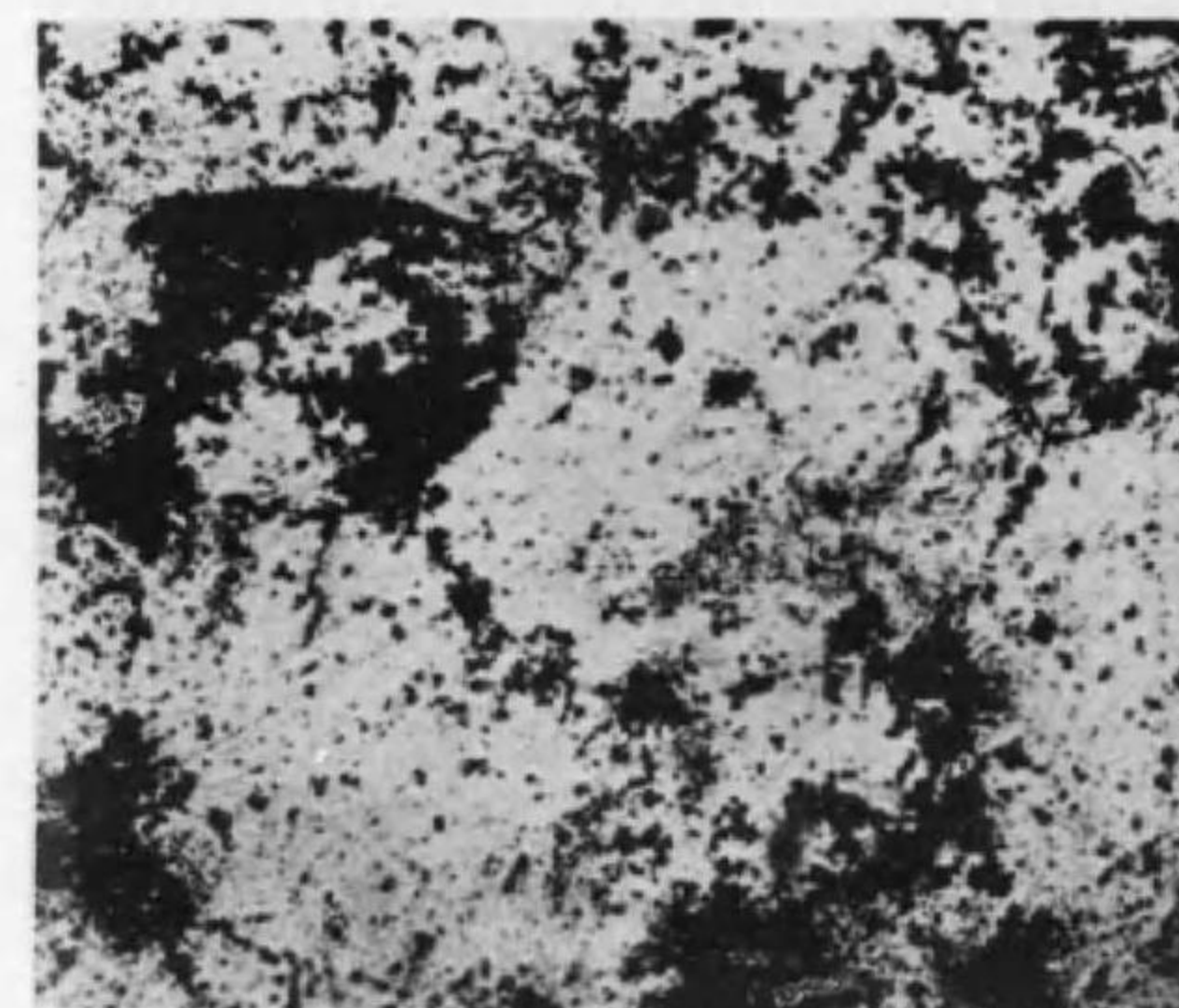


Photo. 19
4% Cu: tempered for 1 hr. at 400°C . after quenching in iced water. Immersed in 1.5 normal HCl solution for 50 min. at 25°C . under stirring. $\times 50$



Photo. 20
4% Cu: tempered for 20 hrs. at 200°C . after quenching in iced water. Immersed in 1.5 normal HCl solution for 20 min. at 25°C . under stirring. $\times 100$

る場合に現はれるものであらう。

前述の如く中間相の存在する事は既に確認されて居る所であるが、Polymorphic Change に関する温度及び時間に就ては、未だ一致した見解には達して居ない。然し従來の研究結果に徴するに、300°C 以下の焼戻には析出物は總て中間相であらうが、孰れにしても、Al に對する電位差は大差なく、腐蝕速度に及ぼす影響は無視してよいであらう。

IV 腐蝕速度に及ぼす各種條件の影響

i) 鑄造温度

鑄型の温度を約 80°C とし、鑄込温度を 1000°C 及び 700°C として鑄造したる試料を、焼入後 300°C 及び 350°C にて 1 時間焼戻して實驗に供した。得た結果は第 14 圖に示すが、圖中實線は 700°C より、又點線は 1000°C より鑄造した場合のものである。高温より鑄造したものは、結晶は粗大にして、低温となるに連れて微細になるが、此の影響は多少あるものの如く、腐蝕速度は低温鑄造のものに於ては稍々大である。

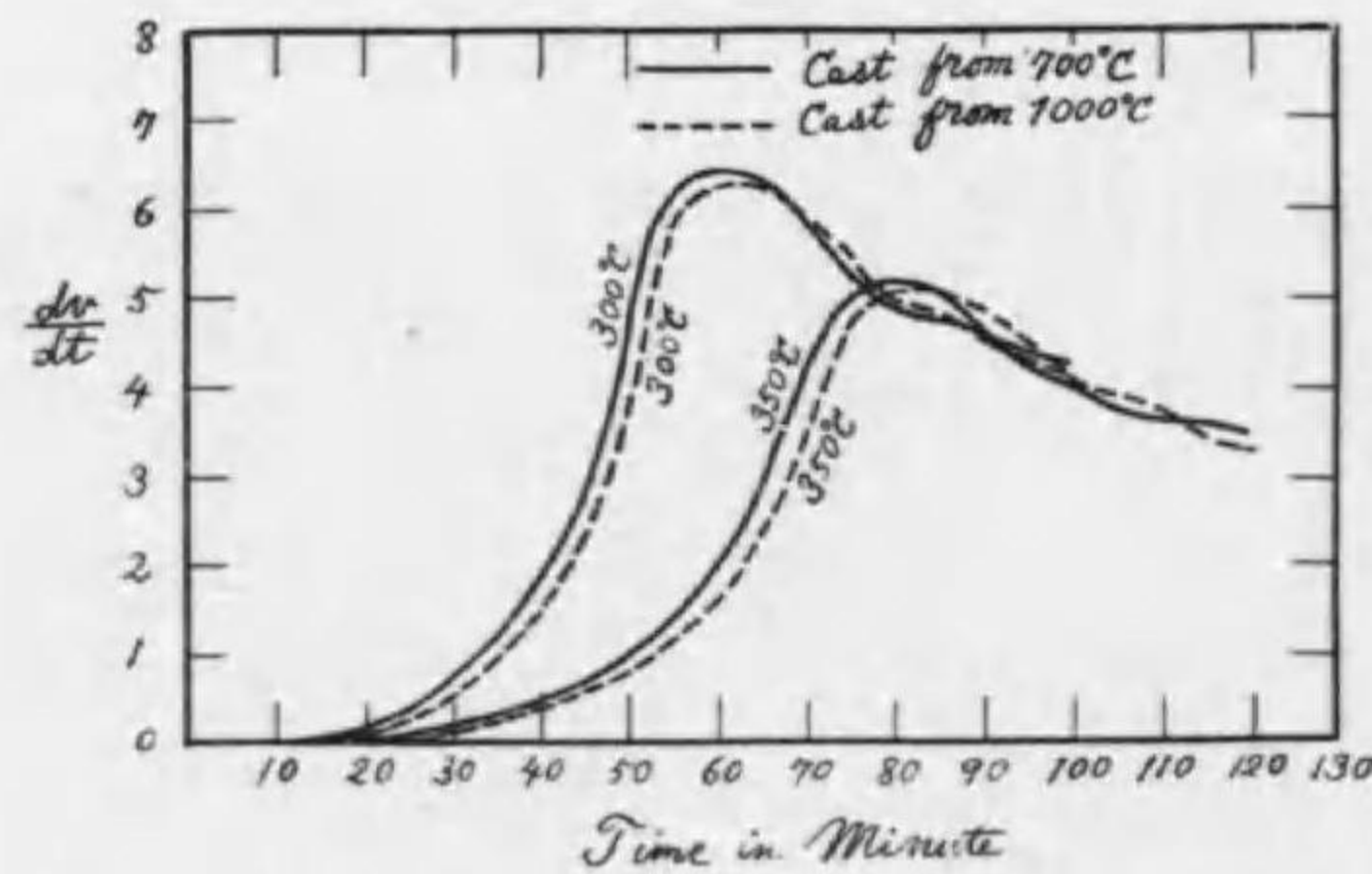


Fig. 14 Effect of the Casting Temperatures on the Average Corrosion-Velocity.

ii) 鹽類の濃度

焼入後 300°C 及び 350°C にて 1 時間焼戻した試料に就き、1.75, 1.25 及び 1 規定の鹽酸により實驗を行ひ、第 15 圖に示す如き結果を得た。圖中實線は 1.75 規定、點線は 1.25 規定又鎖線は 1 規定の鹽酸に依るものである。是等の結果を見るに鹽酸濃度の影響は極めて大であり、300°C の場合に就て見れば、1.75 規定にては極大は 45 分、1.25 規定にては 95 分、1 規定にては 130 分附近である。又 350°C に於ける極大との間隔は稀薄になる程大とな

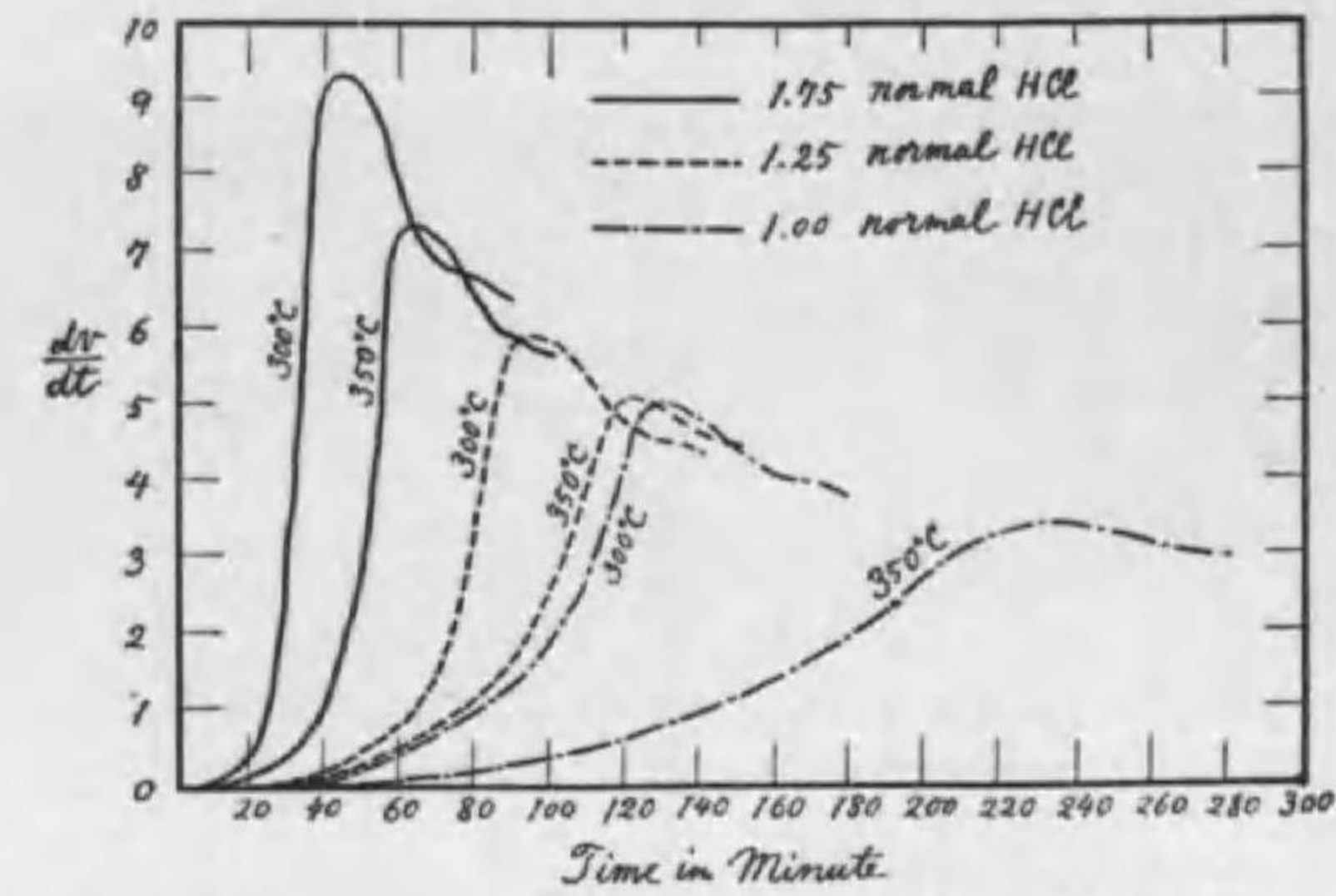


Fig. 15 Effect of the Concentration of Hydrochloric Acid on the Average Corrosion-Velocity.

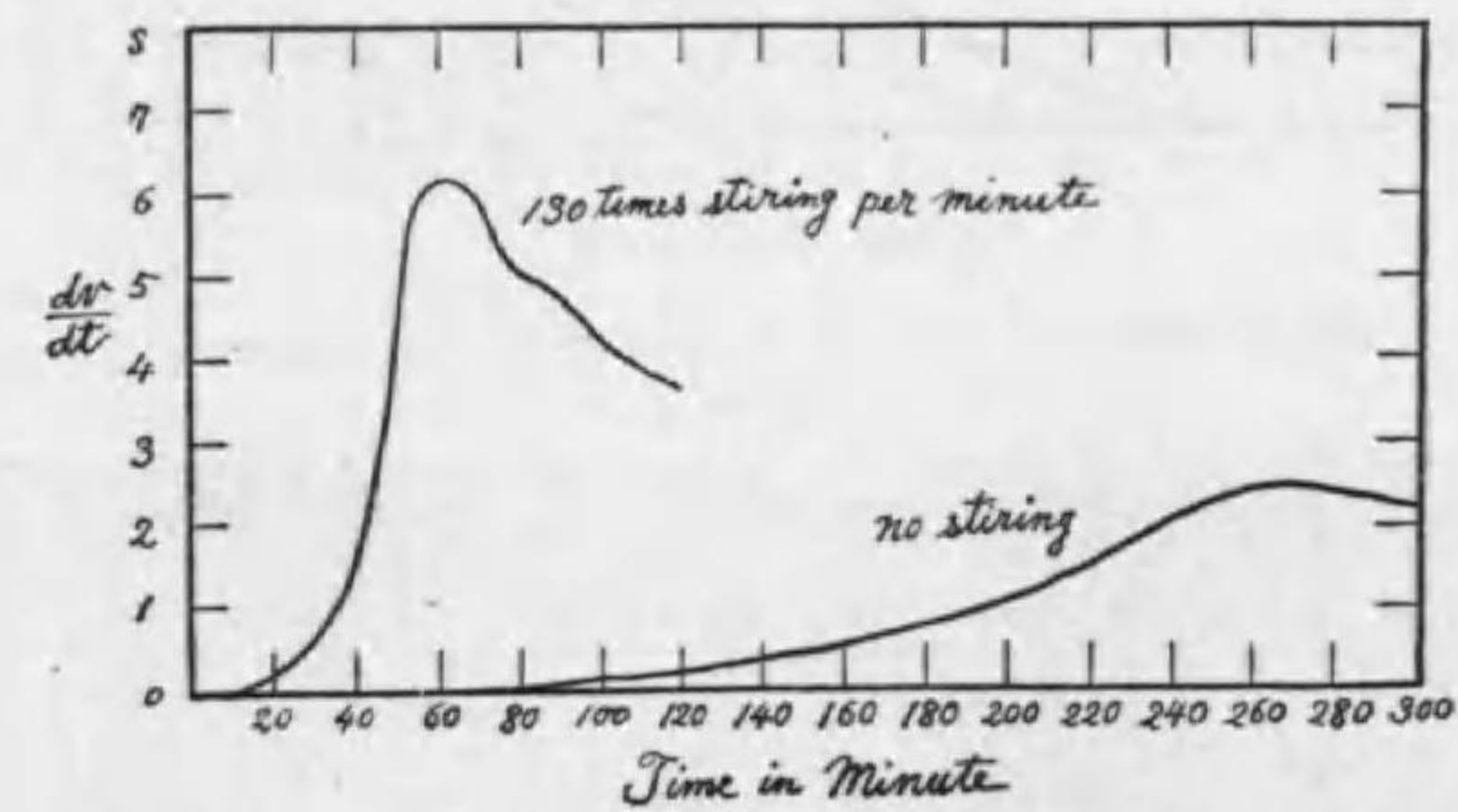


Fig. 16 Effect of the Stiring on the Average Corrosion-Velocity.

り、1 規定の場合は約 100 分の開きを生ずる。1.25 規定以上にては未だ僅小であるが、1 規定以下になれば、其の開きは益々増大するものと考へられる。

iii) 攪拌

CuI, 2 及び 6% を含有する試料を調製し、焼入後種々の温度に 1 時間焼戻して實驗に供し、夫々第 17, 18 及び 19 圖に示す如き結果を得た。1% にては 100 分附近より漸く腐蝕速度を示し得る程度であるが、其の後は稍々急激に増加する。之れは誘發期間は非常に長く、腐蝕の通例として、一度腐蝕されたる個所が出来るや、其處に腐蝕が集中するためである。然し 4% 場合と同様、300°C に於て腐蝕速度は最大となり、又各温度に於ける極大の現はれる

順序にも異動はない。

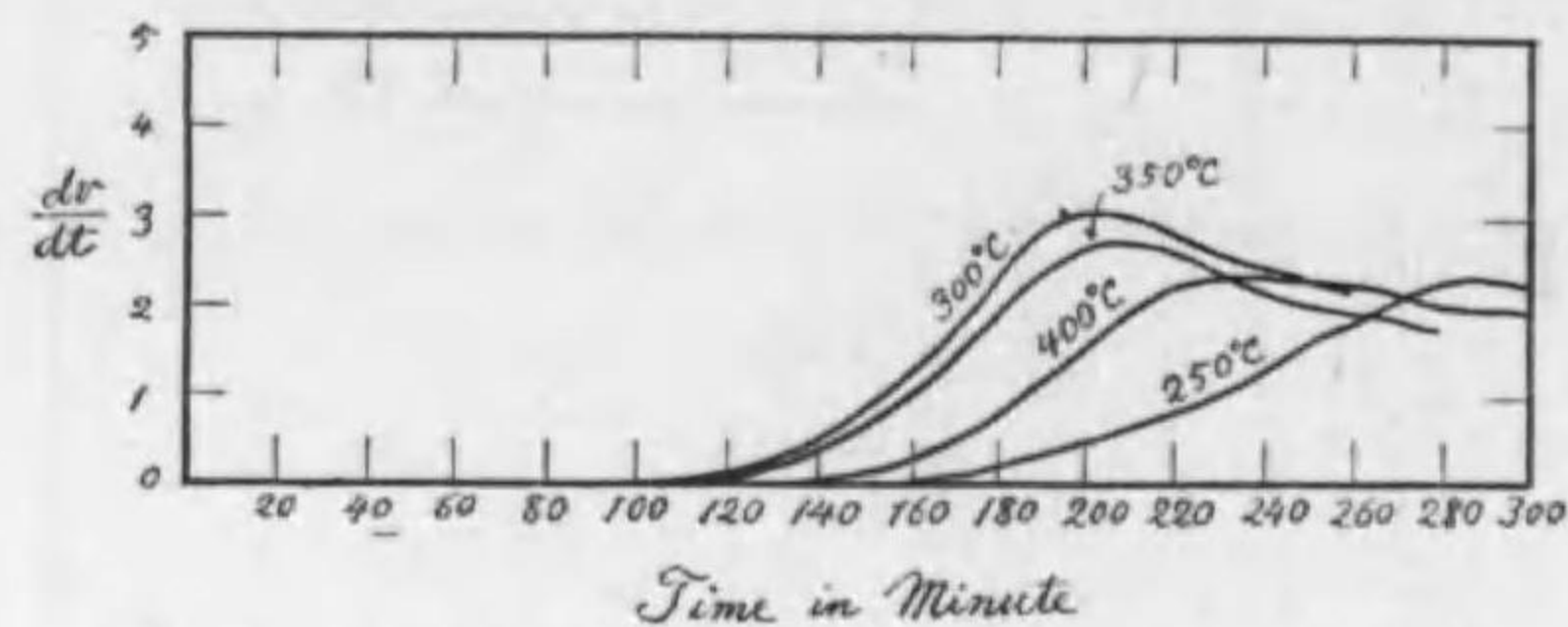


Fig. 17 Average Corrosion-Velocity of the Tempered Specimens containing 1% of Cu

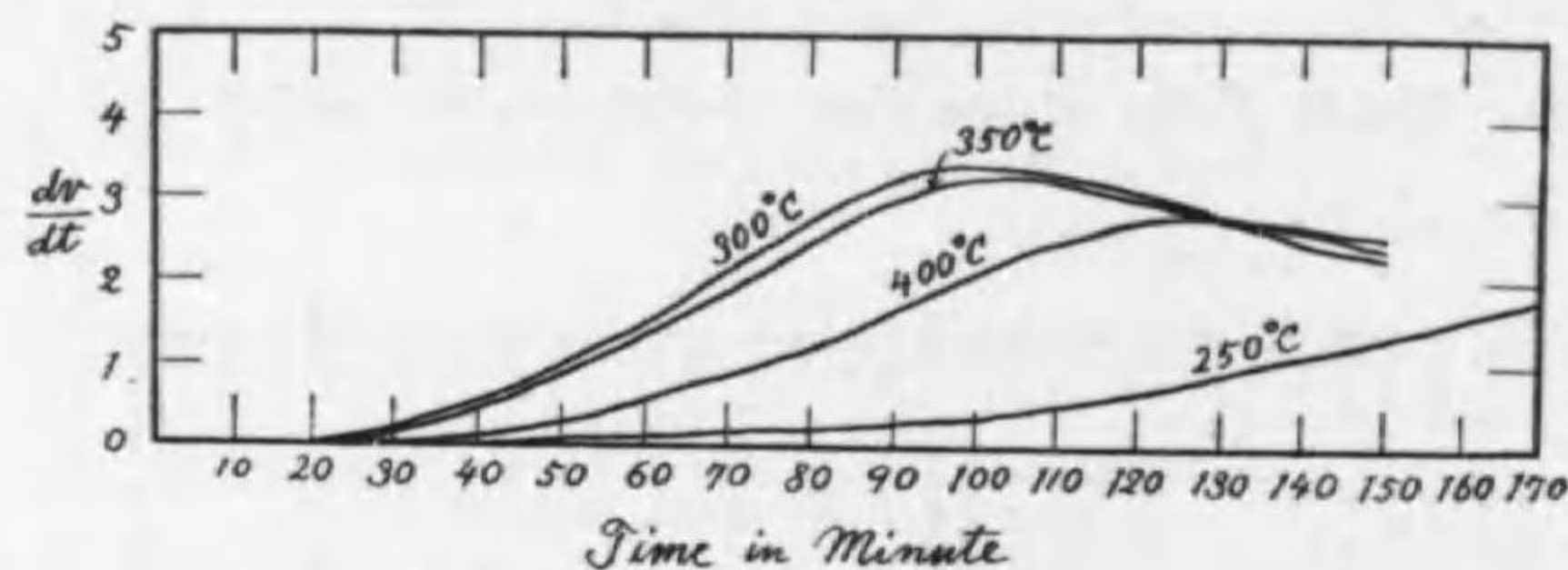


Fig. 18 Average Corrosion-Velocity of the Tempered Specimens containing 2% of Cu.

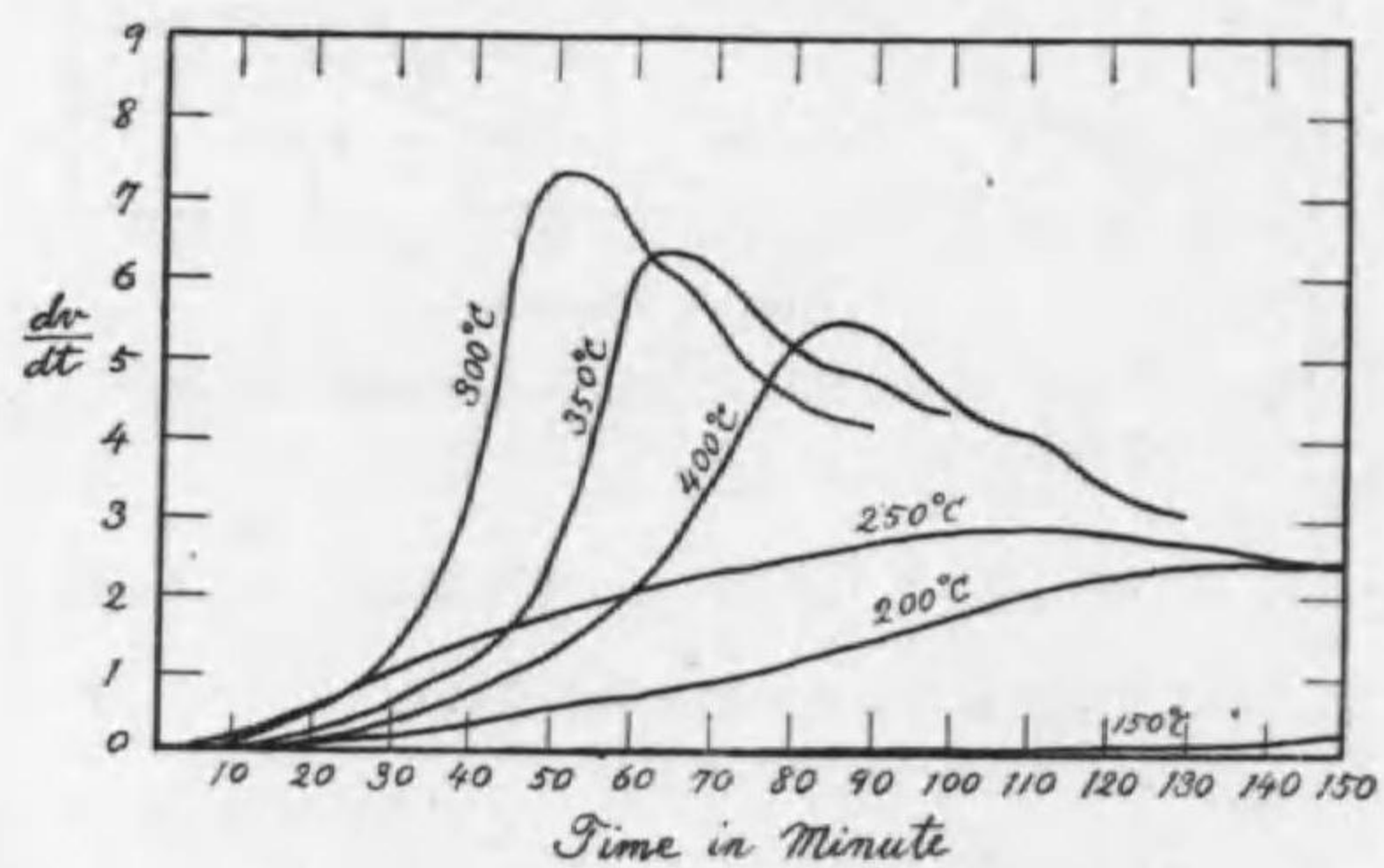


Fig. 19 Average Corrosion-Velocity of the Tempered Specimens containing 6% of Cu.

Cu 含有量の増加と共に、腐蝕速度の増加する事は圖に依つて明かであるが、組織の變化と比較するに、よく一致して居る事が窺はれる。寫眞 21 及び 22 は Cu 1% 含有試料を焼入後、夫々 250°C 及び 300°C にて 1 時間焼戻したものゝ組織で、全然線組織も網狀組織



Photo. 21
1% Cu: tempered for 1 hr. at 250°C. after quenching in iced water. Etched with Keller's reagent. ×100



Photo. 22
1% Cu: tempered for 1 hr. at 300°C. after quenching in iced water. Etched with Keller's reagent. ×100



Photo. 23
1.5% Cu: tempered for 1 hr. at 250°C. after quenching in iced water. Etched with Keller's reagent. ×100

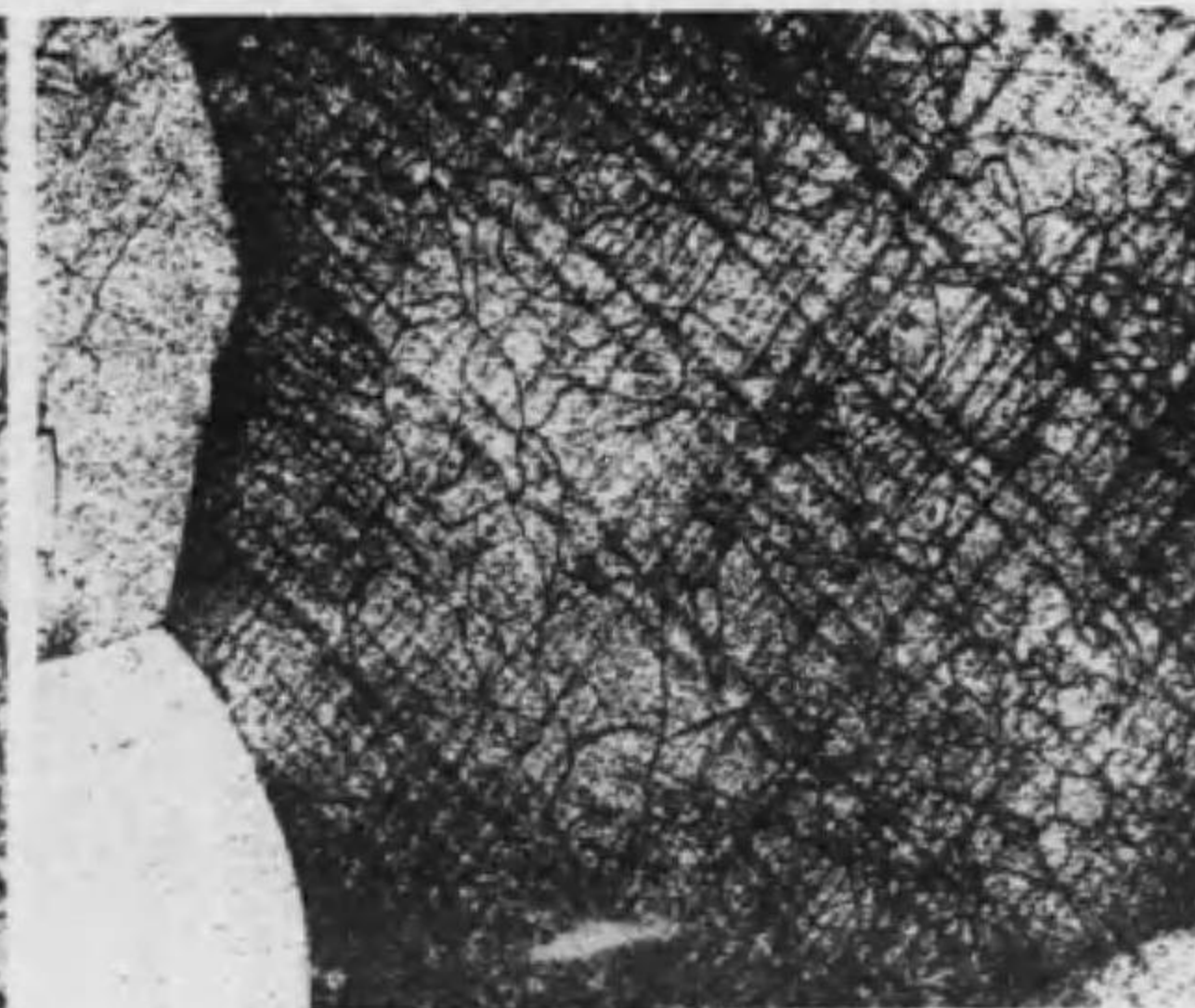


Photo. 24
2% Cu: tempered for 1 hr. at 250°C. after quenching in iced water. Etched with Keller's reagent. ×100

も現はれないが、 300°C には腐蝕度は最も大であり、析出粒子の最も多数なる事を示して居る。Cu 2% 含有試料を焼入後、 250°C にて1時間焼戻して組織を見るに、写真 24 に示す如く、兩組織共、明瞭に現はれて来る。是等の組織は 1.5% 附近より現はれるもので、写真 23 は Cu 1.5% 含有試料を、前同様に熱処理して得た組織を示すものであるが、兩組織共、僅小乍ら現はれて来る。今各%の腐蝕速度を 300°C に於ける極大の出現時間を以つて比較するならば、6% にて 50 分、4% にて 60 分、2% にて 100 分、又 1% にては 200 分にして、1% にては其の減少率は非常に大である。之れも線組織の欠如に影響される所があるものと考へられる。

V 考 察

焼戻試料に於ては線組織の外に網状組織が現はれ、此の組織は今日迄一般には注意されなかつたもので、如何なる熱処理を施しても必ず現はれる事を知つた。然し腐蝕に重大な影響を及ぼすものは線組織であつて、其の成因に就ては、種々の説が行はれて居る。^{10) 11) 13) 15)} 今是等に就ての詮議は行はないが、此の線組織は焼入直後に於ても見出されるものである。写真 25 は研磨したる後、焼鈍焼入し腐蝕せずして其の儘の組織を示したものであるが、¹⁾ 此の種の研究

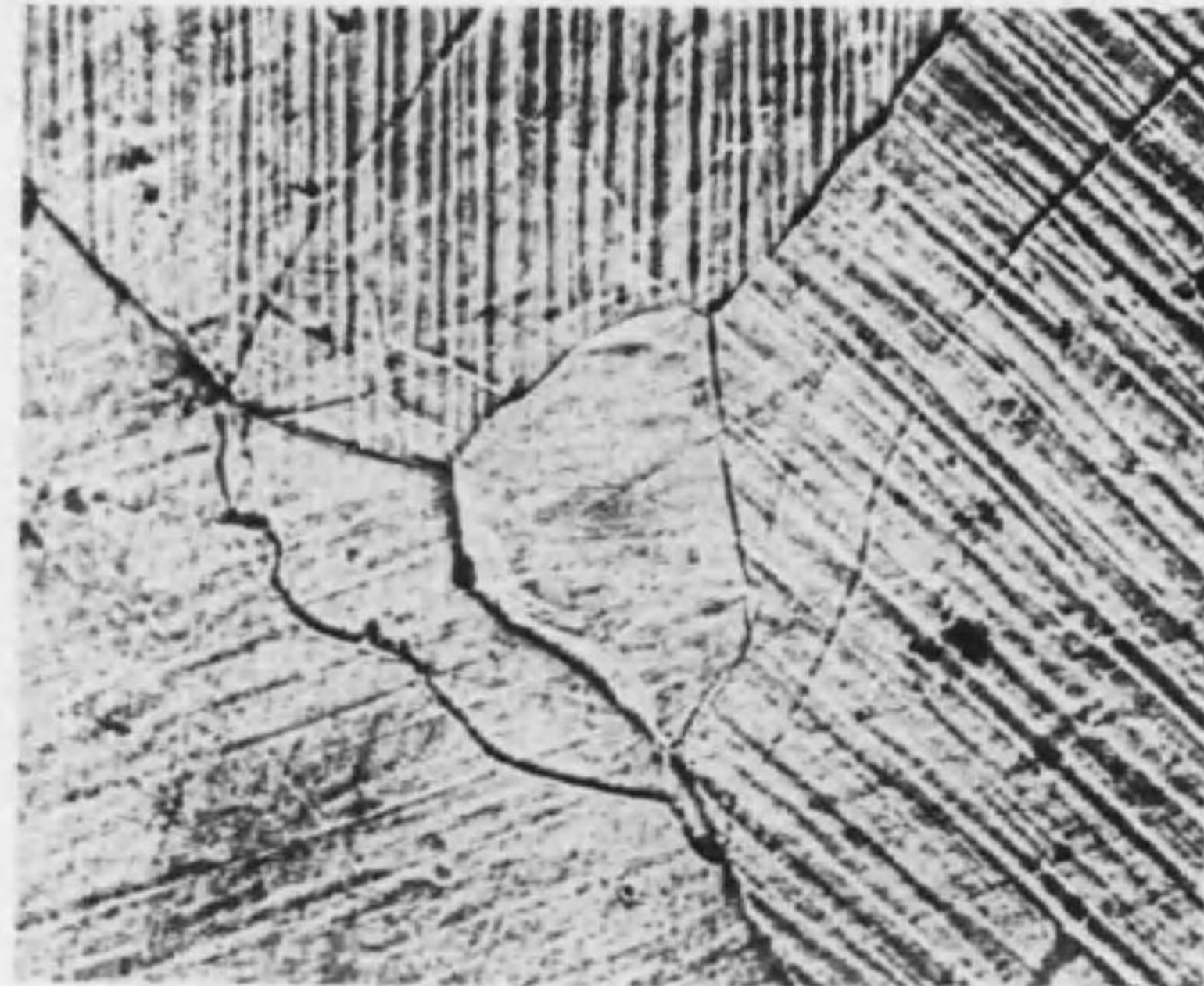


Photo. 25
4% Cu: polished, annealed and then quenched
in iced water. Un-etched. $\times 120$



Photo. 26
The same portion as Photo. 25 after tempering
for 1 hr. at 240°C . Etched with Keller's
reagent. $\times 120$

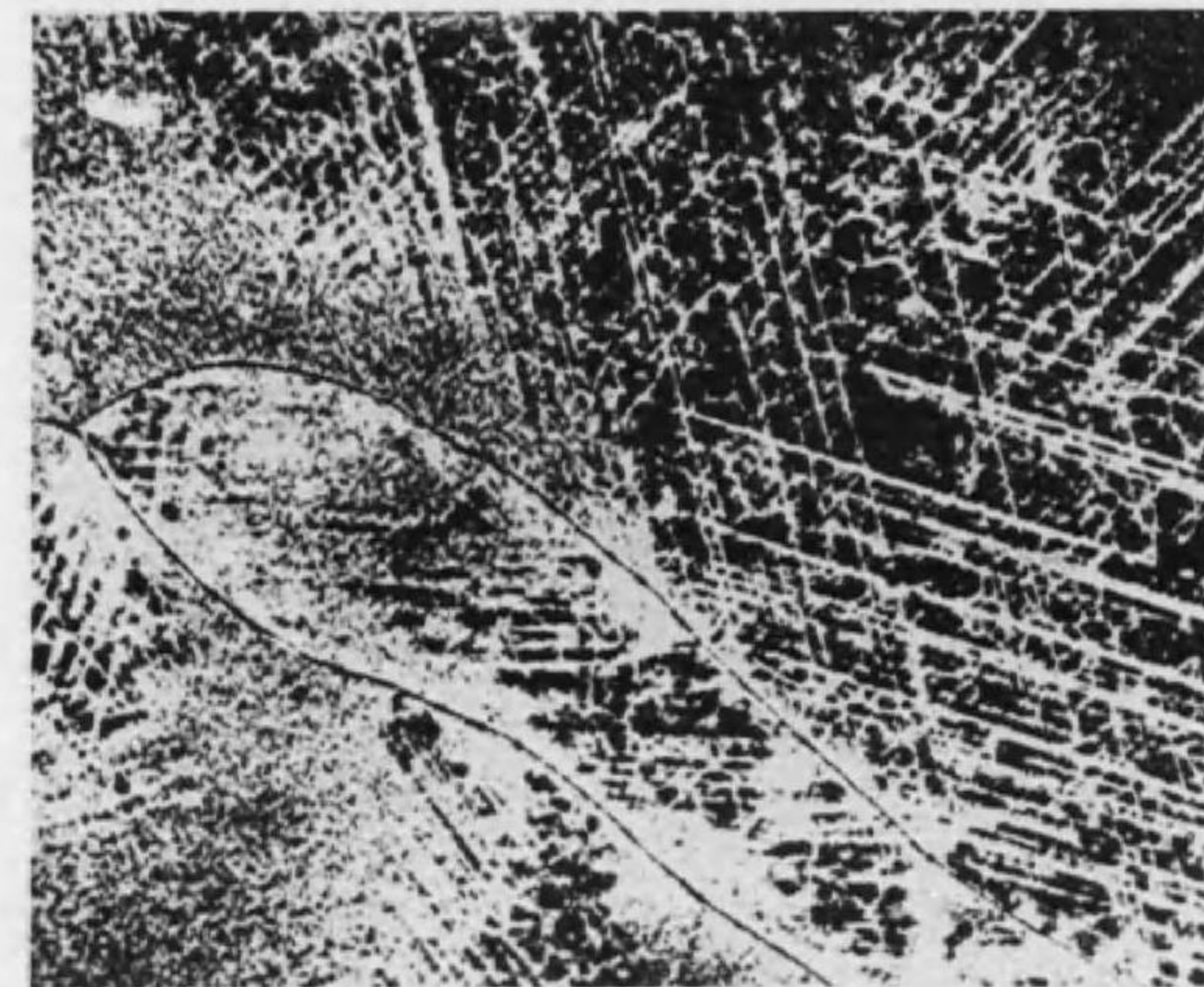


Photo. 27
4% Cu: quenched in iced water. Deeply etched
with 1.5 normal HCl solution for 4 hrs. $\times 120$

は Fink 及び Smith 其の他 Gayler 等に依り既に行はれて居る。然し焼戻後に見る線組織が、焼入試料に於ても存在するものなりや否やに就き、詳細な研究はない。之れは従來の腐蝕薬に依つては、固溶體の内部的組織を現はす事が出来ぬ事による。Fink 及び Smith は

slip band (線組織) の現はれるのは化合物析出のためと云ひ、又 Gayler は焼入の歪にして、焼戻後の線組織とは必ずしも同一のものでないと考へて居る。筆者は仔細に此の組織を観察

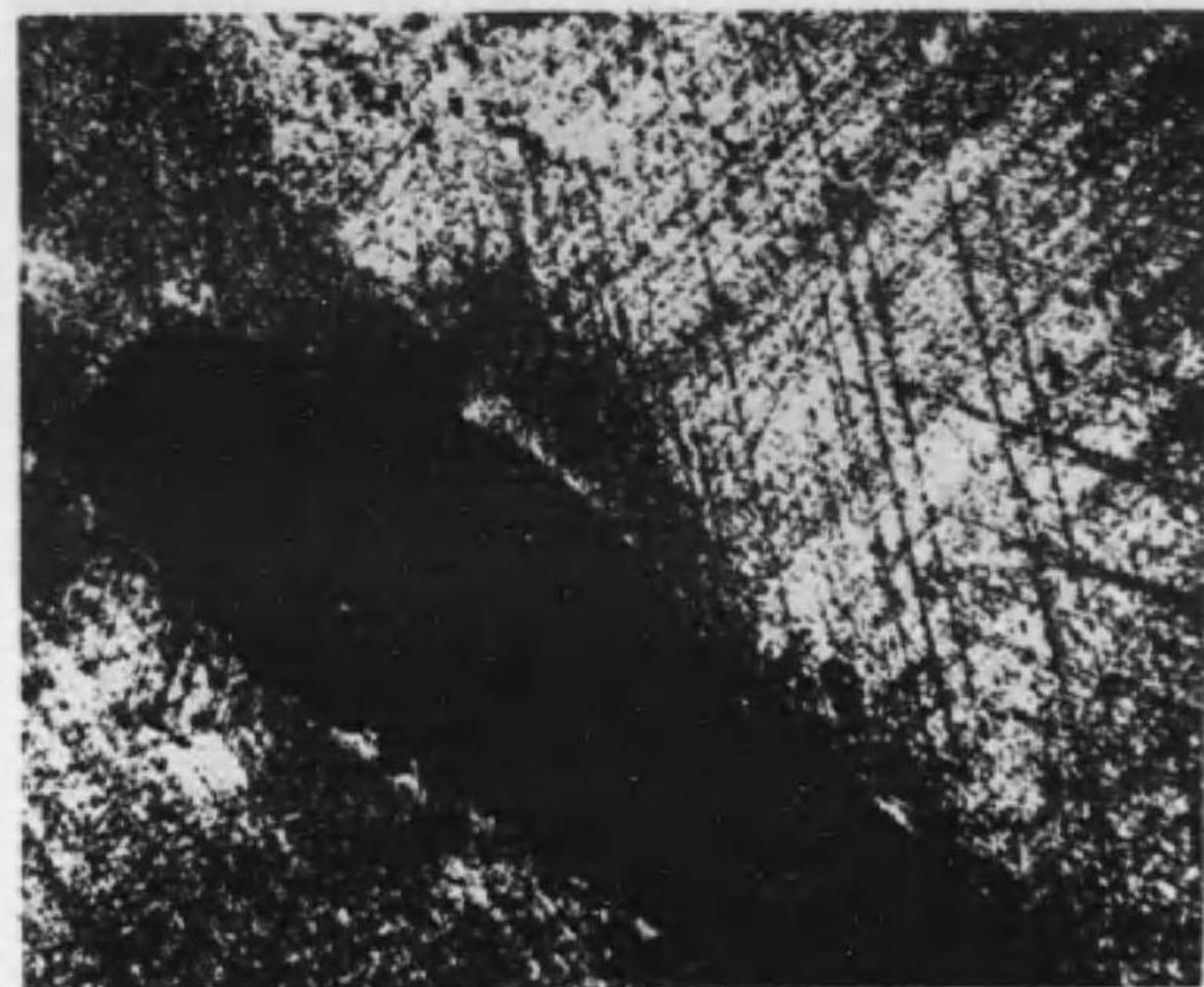


Photo. 28
The same portion as Photo. 27 after tempering for 1 hr. at 240°C. Etched with Keller's reagent. $\times 120$



Photo. 29
4% Cu: quenched in iced water. Deeply etched with 1.5 normal HCl solution for 4 hrs. $\times 120$

して、研究面に凹凸が現はれ、黒き線は凸部の蔭影である事を知つた。同一試料を 240°C に 1 時間焼戻して、Keller 氏試薬により腐蝕すれば、寫眞 26 に見るが如き組織となり、凸部

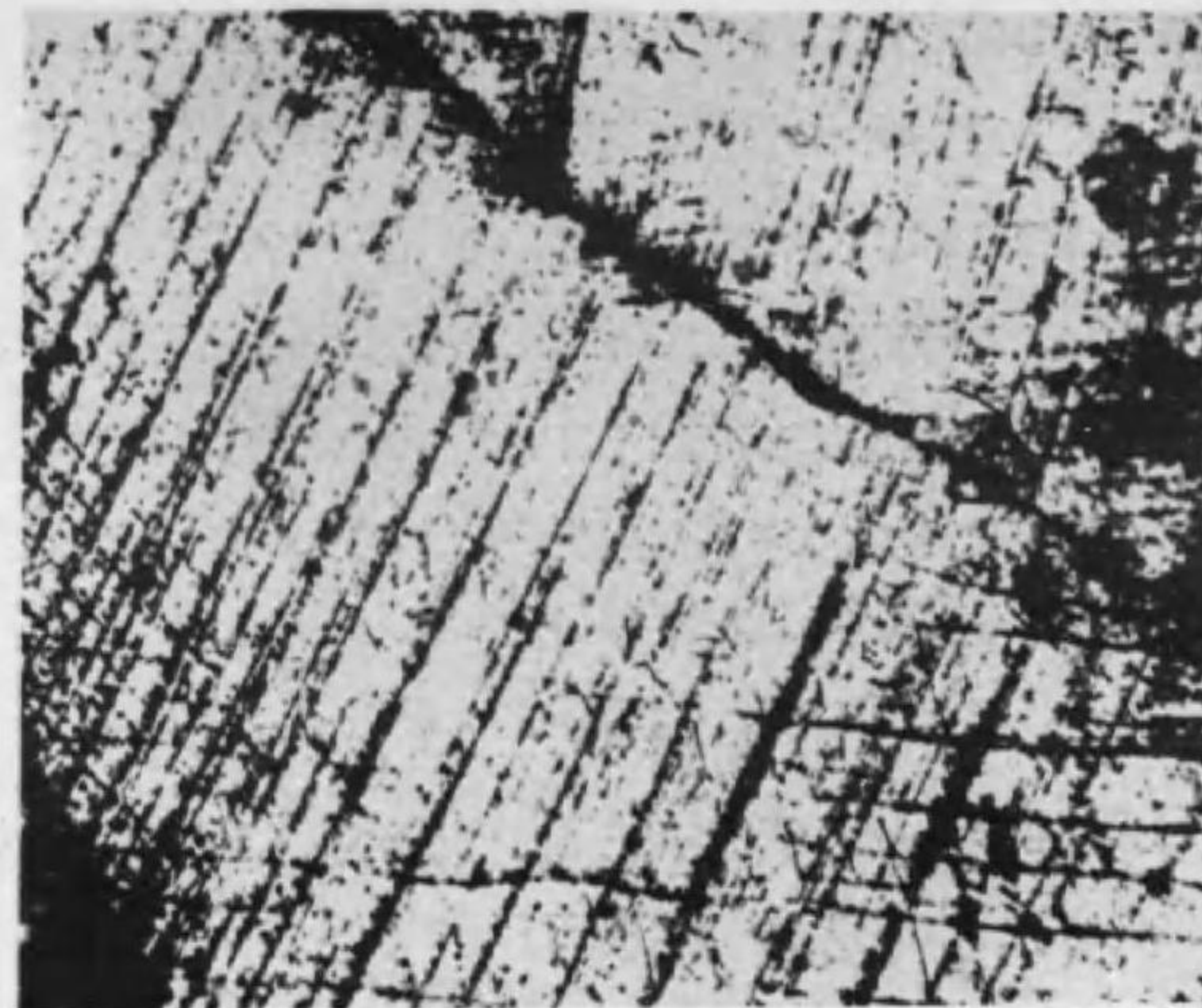


Photo. 30
The same portion as Photo 29 after tempering for 1 hr. at 240°C. Deeply etched with 1.5 normal HCl solution for 30 min. $\times 120$

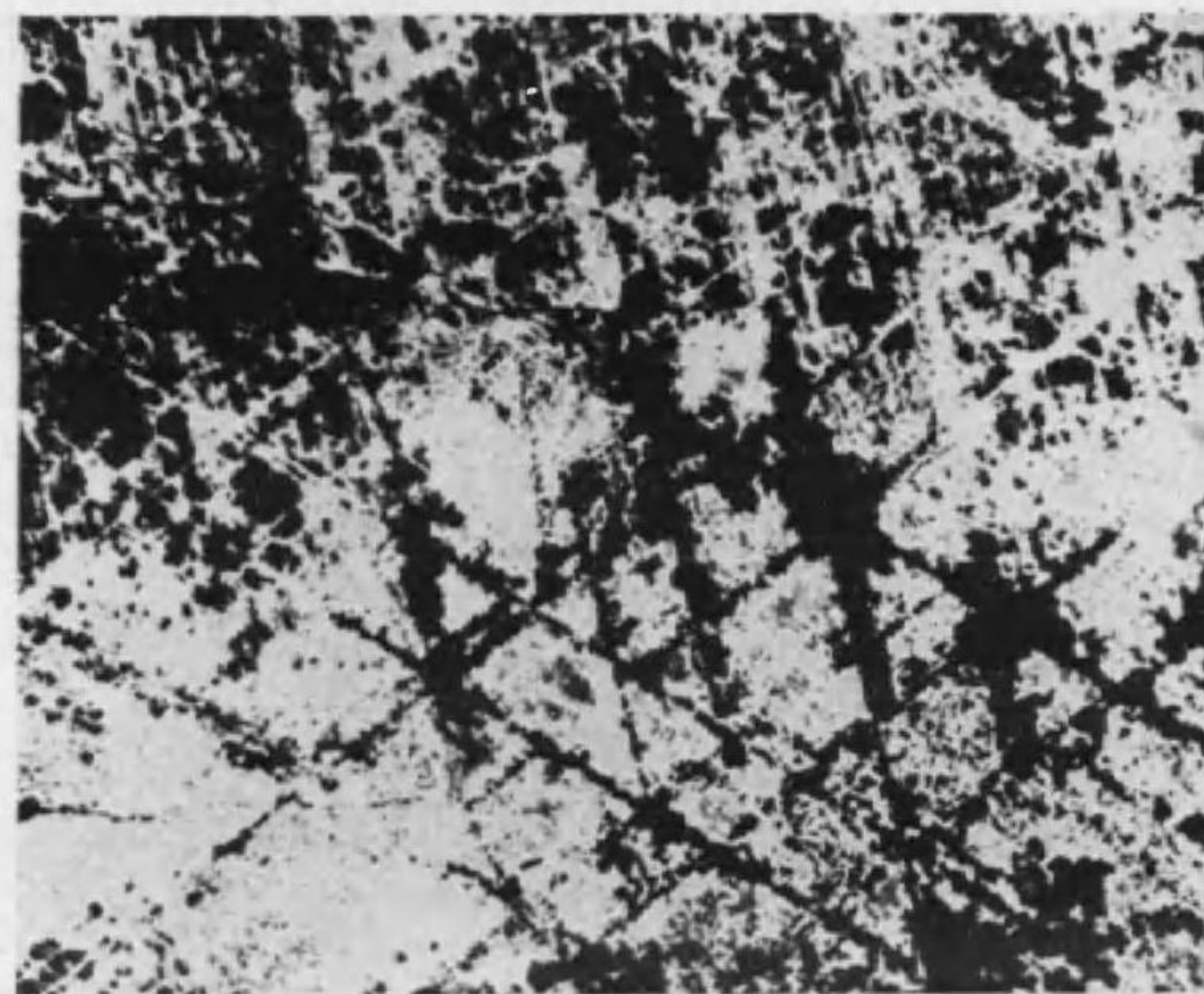


Photo. 31
4% Cu: tempered for 5 hrs. at 150°C. after quenching in iced water. Deeply etched with 1.5 normal HCl solution for 2 hrs. $\times 120$

の線が焼戻後の線組織に変化する事が大體知られる。Gayler の場合は未だ焼戻が不充分の場合に見られる現象と思ふ。

更に筆者は、焼戻試料を稀鹽酸により適當に腐蝕して、寫眞 27 に示すが如き組織を現はす事が出来た。之れにより焼戻のため線及び網狀組織の生ずる事、又は等の組織が腐蝕液に對して安定にして腐蝕され難い事を知るが、一見して化合物の析出状態でない事は明瞭である。同一試料を 240°C に 1 時間焼戻して Keller 氏試薬により腐蝕すれば、寫眞 28 に示す如き組織となり、焼戻後の白色組織が明暗相反する組織となり、析出の起りたる状態となる事は充分窺はれる。焼戻試料に於ては、稀鹽酸の腐蝕によつても、之れと相似た組織となる事は寫眞 30 に見る如くである。

即ち寫眞 29 は焼戻後、寫眞 30 は同一試料を 240°C に 1 時間焼戻した後、稀鹽酸により腐蝕した組織を示したもので、焼戻により線組織は極めて不安定となり、腐蝕され易くなるものであるが、之れは化合物の析出による事は明かである。

稀鹽酸による腐蝕法は、時間を要する缺點はあるが、焼戻試料の内部的腐蝕組織を明かにする事が出来、又之れにより計らずも本研究に於ける腐蝕機構を審かにする事が出来た。即ち焼戻試料の腐蝕機構に就ては Tammann, Neubert¹⁶⁾ 及び Bochme¹⁷⁾ は固溶體に於ては Cu と Al とは金屬的接觸をしないため、局部電池を構成しないと考へて居る。筆者は最初、Cu と



Photo. 32
4% Cu: tempered for 1hr. at 250°C. after quenching in alcohol at -20°C. Etched with Keller's reagent. $\times 100$

Al とは原子的に結合はして居るが、Cu 原子の局部的濃度差により、局部電池を構成するものと考へたのであるが、上述の稀鹽酸の腐蝕による顯微鏡組織の研究結果、線及び網狀組織が陽極性を帶び、素地との間に電位差を生じ、Al の溶解の起る事を確める事が出来た。然し局部的濃度差の影響も存在する事は、寫眞 14 に依つても知る事が出来る。

焼戻後常溫時効したものは、水

素發生量に於て、焼戻直後のものと大差はないが、焼戻の進むに従ひ、漸次増加する所を見れば、焼戻後の線組織に沿ふて、Cu 原子が逐次集合し來る事は推察に難くない。然し 150°C

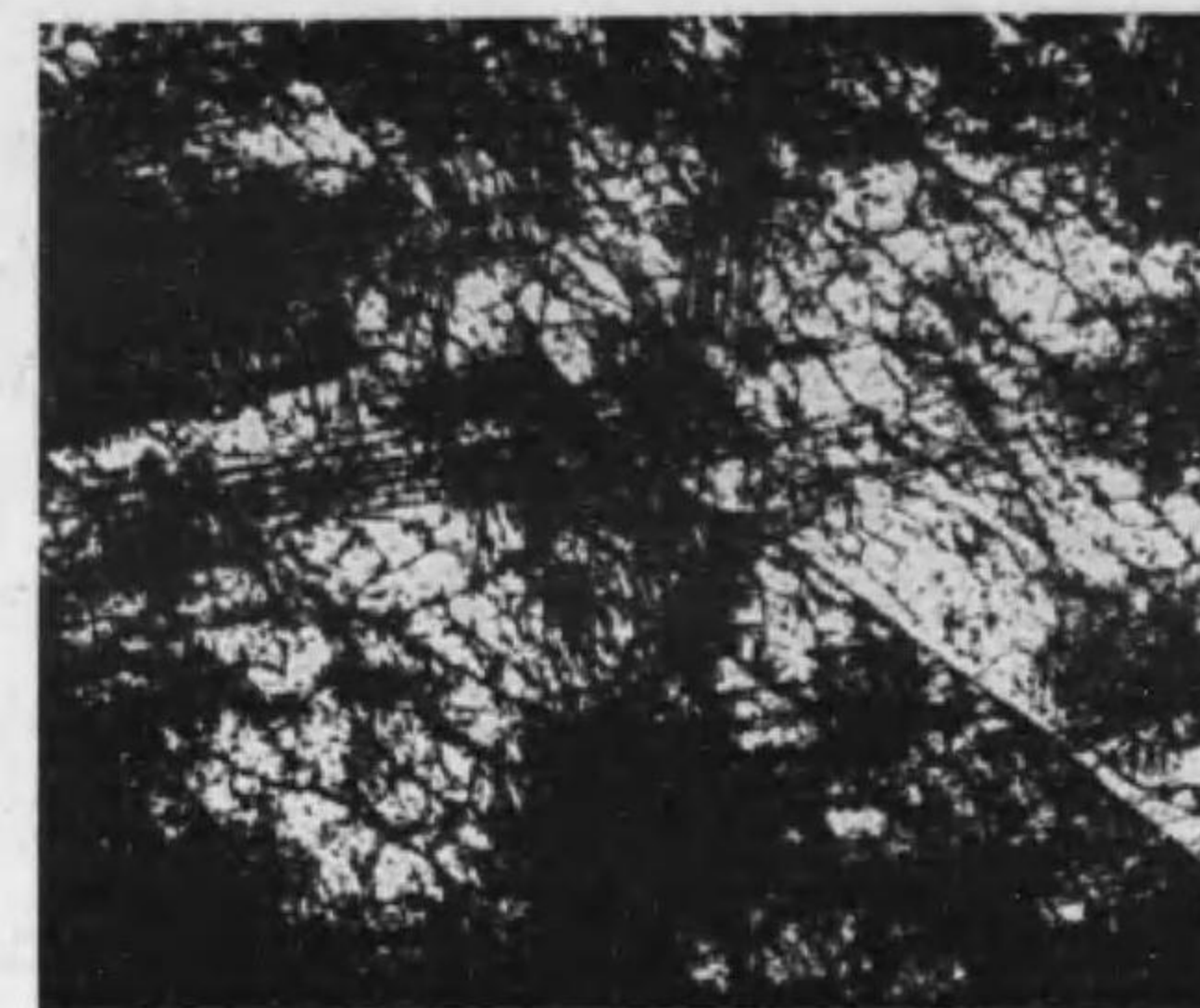


Photo. 33
4% Cu: tempered for 1 hr. at 250°C. after quenching in alcohol at -25°C. Etched with Keller's reagent. $\times 100$

1 時間焼戻したものは鹽酸による腐蝕法を用ひても、未だ組織に変化は認められず、5 時間焼戻せば寫眞 31 に見る如く、一部の白色組織が黒色に変化する。之れは化合物の析出によるものなりや否やは、今俄かに断定出來ないが、Keller 氏試薬にては未だ内部的變化を認め得ず、従つて此の現象は一部の線組織に沿ふて、Cu 原子の集合が相當進捗した状態のものであらう。此の状態は更に進行し

て化合物の析出となり、腐蝕速度を一段と増進するものなれば、低温焼戻に於て顯微鏡的に内部的變化は見られなくとも、腐蝕度の増加は原子の集合に歸する事が出来るであらう。

既に述べたる如く、析出は主として線組織に沿ふて起るものなれば、線組織を減少せしむれば化合物の析出を抑制し、腐蝕速度を減少せしむる事が出来る。此の事は析出後のみならず、析出前の低温焼戻の場合に就ても云ひ得る事にして、若し析出が促進されるならば、其の準備工作も促進され、従

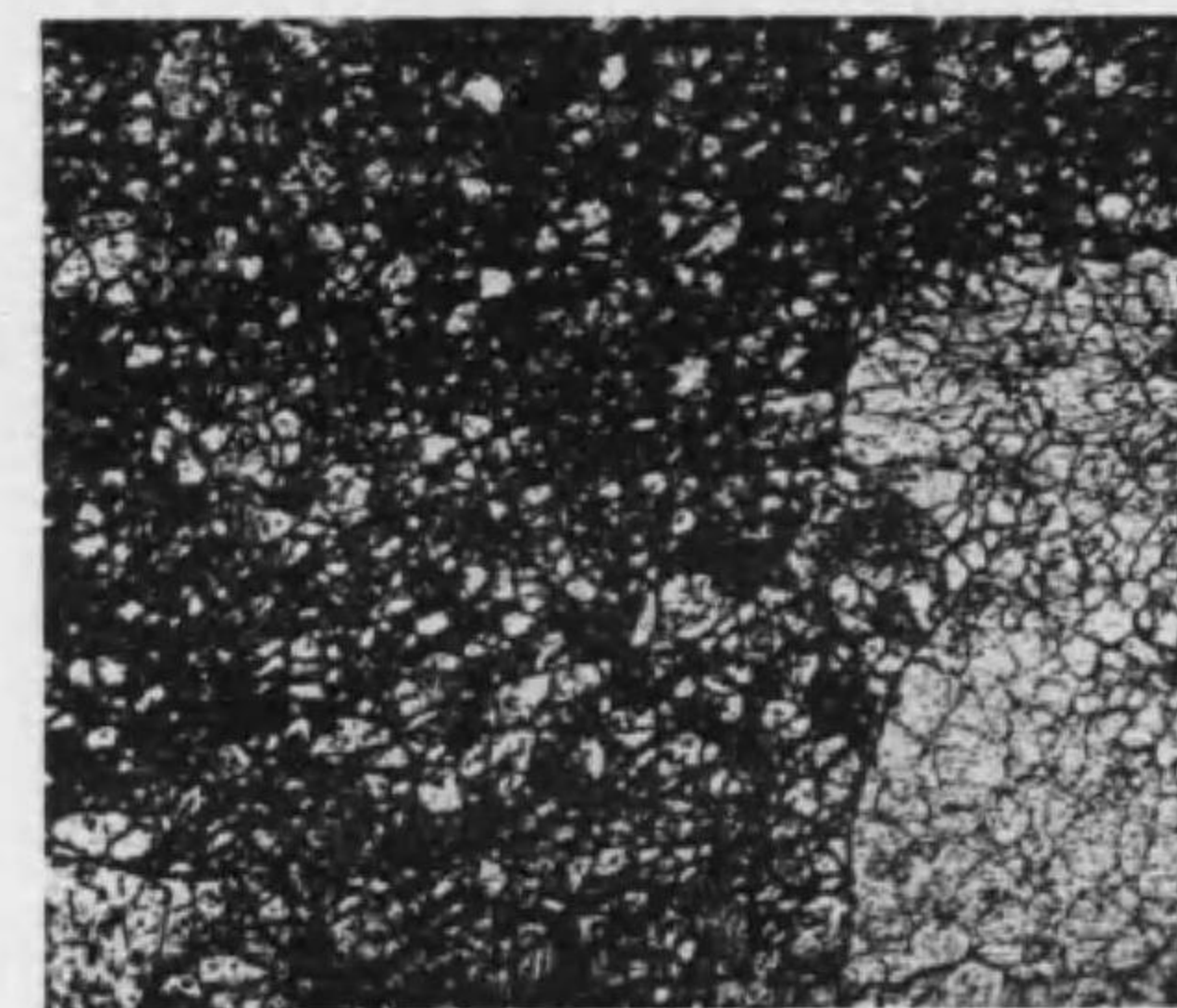


Photo. 34
4% Cu: tempered for 1 hr. at 250°C. after quenching in alcohol at -30°C. Etched with Keller's reagent. $\times 100$

つて腐蝕速度にも影響を及ぼす事となる。即ち焼戻直後に於て線組織が存在する様な合金に