

535-A53㊦



1200500745736

535  
53



始



535  
A53



工學博士 青木保著

# 戦争と精密工業

科學主義工業社





929  
113

## 序

機械は進歩する。しかし何といつても、最後に物を言ふのは、吾人の判断である。考へてみるが宜い。いかほど眼を見張つても、物を見分ける吾人の能力には限りがある。眼の構造上止むを得ない。相接近して存在する二物を、肉眼で、それが二つのものであると判断し得るのは、百分の七ミリメートルよりも以上に離れてゐなければならぬのである。然るに現在吾人に要求せられてゐる工業品の精度は、一千分の一は愚か、一萬分の一ミリメートルでも狂つてゐてはならないといふものがある。眼にも見えなまいふのはこのことである。それにも拘らず、今では事實それほどのものが要求せられてゐるのだから仕方がない。そのために精密機械が必要となり、又一面適切なる判断が大切なのだ。

ハワイ海戦（昭和十六年十二月八日）に於て我海軍は實に有史以來の戦史を飾る燦然たる大戦果を擧げた。當時の事情を語つた空の指揮官〇〇中佐の談を新聞（昭和十七年一月二〇日附）で見て感慨盡きぬものがある。「一弾も無駄をしてはならない、一度、二度、三度、敵弾幕の上を飛び廻りながら照準を仕直して、之なら大丈夫と思つて落した」とある。その豪勇沉着は實に驚くべきである。著者は先づ讀み違ひではないかと自分の眼を疑



ひ、次に記事を疑つた、しかもどの新聞も同じことが書いてある。読み返へして泣き、泣いては感謝した。何といふ豪い勇士達だ。我海軍では豫ねてから「御安心下さい大丈夫です」、「百發百中でなく一發一中だ」といつてゐられたのは實にこのことだなど、今更ながら感謝せざるを得なかつた。

勇士達のあとき信じ切つてゐたのは、照準機詳しくいへば爆撃照準機なんだ、之れさへちやんと合はせたら命中疑なしと信じてゐたのである。

著者は今から約二十年前に、光學機械の必要を述べたことがある。そのとき「眼鏡なんてなんだ。それが兵器と何の關係があるか」といつた人がある。そのとき「現在の兵器學は龍を畫いて未だ睛を點せざるに等し」といつた記憶がある。東京帝國大學造兵學科に光學兵器の講義が始つたのは、そのころである。

精巧正確な爆撃照準機がなかつたら、ハワイ攻撃の勇士達はあの危険を冒して二度も三度もやり直さなかつたであらう。又恐らく爆弾は命中しなかつたであらう。「精密機械と國防」の意義も、今や此の事實を前にして、弘く認識されたことと思ふ。

本書は過去十數年來、精密機械に關し、或は口にし或は筆にしたものの集録である。他人様に讀んで貰ふといふよりも、その時々々の周囲の狀況を思出すすがにもと思つて、既に公表したものの中で特に自分に印象の深かつたものだけを集めたものである。

思へば時代の變遷ほど、恐ろしいものはない。昨日と今日とは不連続の感がある。吾々に課せられた重大なる

任務は、この不連続性を、豫想して誤らざる方向を定めることだ、それが所謂具眼の士、愛國の士又は學者のなすべき主要な任務だ。

今日の青年は明日の老人である。希くは此の不連続性な世界に住みながら、二千六百年の連続性を維持した皇國の歴史を永遠に汚すことなき様努力されんことを、青年諸君に祈願して止まない。

人類は物質のために左右さるべきものでない。精神的に生きてこそ、生き甲斐があるのである。今や大東亞戰爭の砲聲、爆音は物質文明の弔鐘として、狭しとばかり、世界の隅々までも鳴り轟いてゐるのである。

ハワイ海戦の大戦果を聞いて、ドイツのゲッペルス宣傳相はいつた(昭和十七年一月二日新聞)「愛國心がそのまま敬虔な信仰となつてゐる日本獨特の國體こそは、やがてそのまま如何なる外敵にも打勝つ絶對の力となつてゐるのだ」と

いかにも、さうに違ひない。併しまだ言ひ足らない。彼には、吾等日本國民が愛國的である所以を充分に述べてゐない。吾等は一夫萬乘の皇室を仰ぎ、忠孝無二の國に生れたことを知らないかに見える。

青年よ、諸君には明日、二千六百年來のバトンが渡されるのだ、諸君はそれを永遠に子孫に渡さねばならぬ。勝つて誇るなかれ、而して未來永劫に敗ける勿れ、一にも努力二にも努力だ、而して國體を明視することだ。

終りに一言する。本書は前述の如く主に講演の記録であり、主として精密機械の國防上一日も忽にすべからざるを述べたのである。従つて數度同じ事が繰返へされてゐる點もあるが、それを取去ると所論の明瞭を缺く處が



あつたので、そのままとして置いたから、この點は諒承して貰ひたい。

皇紀二六〇二年（昭和十七年）一月三日マニラ陥落のラジオを聴きつゝ

熱海宿舎に於て

著者識

目次

造兵學上の三大問題

造兵學上の三大問題 ..... 三

緒 ..... 三

媒體の抵抗と摩擦 ..... 四

金屬の可塑性及び彈性 ..... 七

測器類 ..... 八

精密工學と産業合理化

精密工學と産業合理化 ..... 一

目次



精密機械學欄を設けることに就て

精密機械學欄を設けることに就て.....三五

精密工學の過去現在及び將來

精密工學の過去現在及び將來.....三一

第一緒論.....三一

精密工學とは.....三一

(A) 定義.....三一

(B) ゼネポアーズ社の機械分類.....三一

(C) 精度と製造費.....三一

(D) 我國と精密工業.....三一

(E) 精密機械の主體.....三一

(F) 他の科學との關係.....三一

二 理科學機械と其の機能精度.....三六

三 精密工業が何故現今工業界の中心問題であるか.....三七

(A) 能率増進.....三七

(B) スピート時代の反映.....三七

(C) 軍備制限の影響.....三七

四 國防と精密工業.....四〇

(A) 軍備制限の影響.....四一

(B) 航空機の發達.....四一

(C) 大量生産の準備.....四二

五 精密工業の基本問題.....四四

(A) 人材.....四四

(B) 經營.....四七

(C) 能率技師.....四九

第二 最新計器の實例.....五〇

一 實周波電氣を測定する計器.....五〇



(A) ダツデル式オシログラフ.....五〇

(B) アイントペン電流計.....五一

(C) 纖維電位計.....五二

(D) 陰極線オシログラフ.....五三

二 ピエゾ電氣の應用.....五五

(A) 双物切削試験機.....五六

(B) 針金引拔型試験機.....五七

(C) 加速度計.....五八

(D) 水晶電氣振動發生器.....五九

(E) 短波測深機.....六〇

(F) 小銃検査機.....六一

三 超高速活動寫眞.....六二

四 地下埋藏物の發見裝置.....六三

五 不可視光線の應用.....六四

(A) 紫外線.....六五

(B) 赤外線.....六九

六 光電管と其の應用.....七〇

(A) 電送寫眞.....七一

(B) テレビジョン.....七二

(C) 盜難警報裝置.....七三

(D) 其の他の應用.....七四

七 ネオン管とその應用.....七五

八 孔壁検査機.....七六

九 仕上程度試験機.....七七

十 双具試験機.....七八

十一 遠距離操縦裝置.....七九

十二 自動操縦.....八〇

(A) 深度機.....八一

(B) 縦舵機.....八二

第三 結論.....八四

目次.....八五



一 過去 ..... 八四

二 現在 ..... 八五

三 将来 ..... 八五

晩近に於ける兵器の進歩

晩近に於ける兵器の進歩 ..... 九一

機械工業技術の現状

機械工業技術の現状

一 緒 ..... 一三三

二 機械工業 ..... 一三六

三 素材の選擇及び特殊加工 ..... 一三七

    (一) ダイカスト ..... 一三七

    (二) ドロップ・フォーjing ..... 一三九

(三) 熔接 ..... 一三八

(四) 酸素焰の利用 ..... 一三八

(五) 吹掛金屬 ..... 一三八

(六) クローム・メッキ ..... 一三九

(七) 窒化鋼 ..... 一四〇

(八) 低温嵌装 ..... 一四〇

四 刃具材料の進歩と工作機械 ..... 一四〇

五 時間の節約、疲労の減少、精度向上 ..... 一四一

六 精度向上の必要 ..... 一四一

七 精度向上の手段 ..... 一四一

一 測定技術 ..... 一四二

二 工作技術 ..... 一四二

    (A) 切削工作機械 ..... 一四二

    (B) 研削工作機械 ..... 一四三

八 結論 ..... 一四四



精機協會の成立並將來

精機協會の成立並將來……………一四九

工業と人材教育附歐米の狀況

工業と人材教育附歐米の狀況……………一五五

模倣工業……………一五五

創造……………一五七

研究所の必要……………一五八

研究者の養成……………一六〇

我國の工業教育……………一六三

卒業後の教育……………一六六

職工教育……………一六七

戦争と精密工業

戦争と精密工業……………一七五

一 緒……………一七五

二 兵器の進歩……………一七四

(一) 材料の進歩……………一七五

(二) 内燃機關の發達……………一七五

(三) 精密機械の發達……………一七五

三 兵器の精度……………一七六

(一) 光學兵器……………一七七

(二) 計算機類……………一七八

(三) 砲彈……………一七八

(四) 砲身……………一八〇

四 戦時に大量を要する精密機械……………一八一



- (一) ゲージ類 ..... 121
- (二) 工具と治具、取付具 ..... 122
- (三) 工作機械 ..... 123
- 五 兵器彈藥の供給 ..... 124

### 機械工業に於ける技術の向上

機械工業に於ける技術の向上 ..... 125

- 一 測定技術の進歩とその應用 ..... 126
- 二 研究室と工場との連絡 ..... 127
- 三 設計と工作 ..... 128
- 四 試作と工作機械 ..... 129
- 五 試作工場の管理 ..... 130
- 六 工具の整理 ..... 131
- 七 結 ..... 132

### 防禦戦に勝味なし

防禦戦に勝味なし ..... 101

- 一 緒 ..... 101
- 二 教育 ..... 102
- 三 事業 ..... 104
- 四 償却 ..... 105
- 五 工人 ..... 109
- 六 結 ..... 110

### 潜水艦の攻防兵器

潜水艦の攻防兵器 ..... 111

- 一 緒 ..... 111
- (A) 潜水艦の概要 ..... 111



(B) 潜水艦の世界戦役に於ける活躍…………… 113

(C) 水中爆發…………… 114

二 潜水艦の武装…………… 115

(A) 潜望鏡…………… 115

(B) 測距儀…………… 115

(C) 水中聴音機…………… 116

(D) 砲…………… 116

(E) 魚雷…………… 117

(F) 機雷…………… 117

三 對潜水艦武器…………… 117

(A) 機雷…………… 117

(B) 防潜網…………… 118

(C) 爆雷…………… 118

(D) 迷彩…………… 118

(E) 發煙兵器…………… 118

(F) ジグザグ針路…………… 118

技術漫談

技術漫談…………… 119

一 技術とは何ぞや…………… 119

二 兵器工學と科學及び技術…………… 120

三 兵器技術…………… 120

四 人間は思想的にはもう發達しないか…………… 120

五 兵器の五官…………… 121

六 工人教育の徹底…………… 121

七 指導者の養成…………… 121

八 技術者の再教育…………… 121

九 設計技術者の養成…………… 121

十 注文者への注文…………… 121



精密測定の現状

精密測定の現状

- 一 緒言 ..... 二四三
- (一) 精密測定 ..... 二四三
- (二) 精密工作の必要 ..... 二四四
- (三) 表面測定の必要 ..... 二四五
- 二 長さの測定 ..... 二四五
- (一) 長さの単位 ..... 二四六
- (二) 工場用長さの基準 ..... 二四六
- (三) 長さの測定法 ..... 二四八
- (a) 物差を標準とするもの ..... 二五〇
- (b) 光波干渉による長さの測定 ..... 二五〇
- (c) 光學的方法 ..... 二五四
- (d) 電氣的方法 ..... 二五五

(e) 空氣マイクロメータ

三 電子顯微鏡

- (A) 緒言 ..... 二五七
- (B) 陰極線の本質 ..... 二五八
- (C) 電子顯微鏡の要部 ..... 二五八
- (D) 像を結ぶ理由 ..... 二五九
- (E) 像に濃淡を生ずる理由 ..... 二六〇



造兵學上の三大問題



## 造兵學上の三大問題



緒

造兵學は國防に必要な機械器具の構造及び理論を取扱ふ學問である、此の専門は主として物理學に其の基礎を置き機械學、冶金學等を應用する學問である。所謂兵器は其の直接の對象物であるが兵器は科學の進歩と共に益精巧を加へ、従つて其の使用法からも、研究上からも、乃至は製造上からも、極めて精巧なる測器を要する。

造兵學を其の内容から見ると大部分は運動を取扱ふ學問である。今造兵學の各分派を通觀すると研究すべき問題は多々あるが、中にも運動に對する媒體の抵抗並に固體間の摩擦と、金屬の可塑性並に弾性と、各種の測器類とは造兵學上目下の三大問題であると思ふ。

他の工學に於ても之と同一の問題が取扱はれて居るが、造兵學に於ては、他の工學に於て取扱ふものものに比して、度外に大きいか又は法外に精密を要するために特種の研究を要する次第である。



以下實際問題と關聯して、此等の三問題を考へてみたいと思ふ。

### 媒體の抵抗と摩擦

彈丸は、筒の中で火薬ガスの作用を受けて、静止の状態から毎秒數百米乃至一、五〇〇米にも及ぶ速度に達し、空中に出でては空氣の抵抗を受けて飛行し、目標に達して其處に再び抵抗を受けながら、目標を貫徹又は破壊をする。

筒の中の彈丸の運動を取扱ふ學問を砲内彈道學と云ひ、此の専門中の難點は壓力及び時間の測定に關する點である。

彈丸の空中を飛行する運動は、所謂砲外彈道學で取扱ふのであるが、此の學問は、彈丸が筒を去るときの速さ、方向及び彈丸の重さと寸法とが判れば、後は全く數學的に解くつとが出来る。

此の運動を與へる數式が、所謂彈道微分方程式である。此の方程式の解き方が古來色々に試みられた、夫等は何れも或假定又は制限を與へて解いたのである。例へば空氣の抵抗は速度の自乗に比例するとか或は彈道は曲率半徑が極めて大きいものであると云ふが如き假定が這入つて居るのである。然るに世界大戰の結果、例の長距離砲の如きものが現れ、夫等の假定的解法では間に合はなくなつた。此の必要に迫られて彈道微分方程式の解法に著しい進歩をなし、今では任意の正確さを以て解き得るに至つたのである。然るに此の解法の進歩が有義に利用され

るには、方程式中に入り來る空氣抵抗力に關する知識が同一の正確さを以て知られることが必要である。

空氣抵抗力に關する知識は、航空學の進歩によりて近年著しく擴められたが、彈丸の如く空中に於ける音波以上の速度を以て運動するものに對しては、夫等の研究は有力なる資料とはならぬのである。彈丸の空氣抵抗力に關しては古來二三の有力なる研究があるが更に研究する必要がある。

彈丸は、目標に達すると金屬又はコンクリートの如き強靱なものを打ち貫き、又は破壊せねばならぬ。此等のものの抵抗に關する知識が又甚だ薄弱である。

裝甲板と彈丸との競争は、久しい間繰返へされて居る。彈丸の方からは、夫自身が壊されさへしなければ勝ち、裝甲板から云へば自己の破れる前に彈丸を破壊すれば勝つのである。併し彈丸と裝甲板とが、各其の目的を達するには、果して如何なる物理的性質が必要なりやの問題につきてはなほ不明の點が多いのである。

此等の諸問題は、所謂侵徹彈道學で取扱はれるべきではあるが、危險から來る實驗上の困難のために不明の點が多いのである。

魚雷は水中を駛る武器であるが、其の運動は全く自動的であり、殊に近時非常の進歩をなし日露戰爭當時二一三、〇〇〇米であつた有効距離は今や將に其の十倍にも達せんとして居る。

序ながら魚雷の此の進歩は壓縮空氣を其の儘用ひることをやめて、空氣は、小さいボイラを用ひ蒸汽を作るに利用され、その蒸汽でエンジンを運轉することにした爲である。ボイラは大きさが僅かに十立内外であるが、克



く三——四〇〇馬力を出すのである。

魚雷の運動に關する研究は近時多大の進歩をなしたが、水の抵抗に不明の點が多い爲に、理論上並に魚雷の實用上尠からぬ障害を來たして居る。

砲は、發射すると、彈丸と反對方向に退がる、之を止めるために水壓で作用するブレーキをかける。之は液體が小さい孔からピストンの他側に流入するとき抵抗を生ずる仕掛であるが、此の抵抗は孔からの流出係數を決定すれば定まるのであるが、數百氣壓の下に於ける流出係數につきては、これまで少しく研究されたものがある外にはない。併し此の問題は近く解決するつもりである。

機關銃には、發射の時に起る銃身退却の力を用ふるものと、銃身の中のガスの一部を利用して、自動動作をやらせるものとの二種あるが、其の發射速度は世界大戰當時には毎分六〇〇發であつたものが、今では九〇〇發まで發射し得る。何れにしても、各部分の速度特に加速度が大きいために摩擦に不明の點が多い。

砲又は銃の中に於ける彈丸の摩擦につきては直接之を測る方法がない。併し大砲の場合の砲内彈道學は實用上差支なき程度まで進んで居るが、小銃に於ては此の摩擦が運動上に多大の影響を有するために、小銃の砲内彈道學は全く不明である。

戰車は大戰中に出來た新しい武器であるが、此ものに關する學問上不明の點は其の裝軌と地面との間の摩擦である。

### 金屬の可塑性及び彈性

砲身には單肉砲と、裝籐砲と、鋼線砲と自己緊縮砲との四種がある。單一な管で砲を作ると其の厚みを何程厚くしても一定量以上の壓力には耐へ得ないことは理論的に證明が出来る。

夫故籐を嵌めて強くする所謂裝籐砲がある。籐を嵌めた砲の強い理由は籐が内の管をしめつけて居るから、破れるまでには先づ内管の初めから受けて居る壓縮力がなくなるまでの内壓力と、更に張力を受けて夫れが切れるまでの力に耐へるからである。

鋼線砲も全く同じ理由から作られるのである。此の種の砲の理論につきては大河内博士の有力なる研究がある。所が此等の砲を作るのに手數がかゝるから近頃自己緊縮砲といふのが出來た。

之は砲を作る材料を先づ筒に仕立て、其の内面から例へば六、〇〇〇氣壓と云ふ様な非常な高壓をかける。すると材料は永久變形をするまで膨らみ内壓を去つても決して元の寸法には歸らない、そこで此の材料を所要の寸法に仕上げて砲を作るのである。従つて此の砲は單肉砲ではあるが、丁度裝籐砲又は鋼線砲と同一の性質を持つて居る。其の理由は先きに内壓を受けて脹らむときに、内層の方が外層よりも多く變形して居るから、内層は外層のために緊めつけられた状態にあるからである。

此の砲の理論につきては谷村博士の研究があるが、なほ實驗的方面に不明の點が残つて居る。夫は一度彈性界



を越した材料は以前の弾性界よりも高い弾性界を有する弾性体であるが、併し之は同じ方向に對してのみであつて、反對の方向即ち壓縮に對しても同一であるや否やはなほ疑問である。之が自己緊縮砲に對する重要問題であつて、從來の砲の強さは弾性學のみで論じ得たのであるが、自己緊縮砲では可塑性と弾性とを同時に考へねばならぬことになり現在の造砲學上の重大なる問題である。

### 測 器 類

精密測器は兵器の使用上にも其の製造上にも又は學術的研究の上にも極めて大切なるものである。兵器の利用上缺くべからざるものは測距儀である。その他にも多くの精密測器を要するが今學術方面につきて考へると、造兵學では時間の測定は一大要素であつて、彈丸の速度を正確に知るには、少なくとも一秒の百萬分の一まで正確に測定せねばならぬ。

彈丸が筒の中を動く時間は大砲では一秒の百分の四乃至百分の八、小銃では千分の二秒である。而して筒の中の壓力は此の時間に一氣壓から四、〇〇〇氣壓にも達し、速度は一、五〇〇米にも達するから、時間と壓力との測定に非常な困難を感じる。つまり秒速一、五〇〇米のピストンスピードを有するエンジンの指壓圖を得ようとするのであるから、其の困難の程度は想像に難くないと思ふ。

此のために古來色々の方法が試みられたが、壓力測定の方法としては或はニュートン・リングを用ひ或はオツ

シログラフを試み、近來ではビエゾエレキを陰極線オツシログラフと併用して測らんとして居る。

時間の測定につきては、近時我東京帝國大學造兵學教室で優良なる装置が完成されたから、今後の造兵學上に有利に應用され多大の發見を得ることゝ豫想される。

要之、造兵學は極めて精密を要する工學であつて、其の多くの部門は理論に長じて寧ろ實驗的方面に遅れて居る感がある。特に以上の媒體抵抗と摩擦、金屬の可塑性と弾性、並に測器に關する問題は現今の造兵學上に於ける三大問題であると思ふ。

本稿は昭和二年十一月三日工學大會に於て、火兵學會代表として、「造兵學の現況」と題して、講演したものである。



精密工學と産業合理化



## 精密工學と産業合理化

吾々人類は眼、鼻、耳等の機械即ち五官の作用によつて周囲の事情を知ることが出来る。眼は物の存在を認識すること以外に、距離を知るにも役立つ。又耳は音を聴く以外に、音の方向、即ち音源の方向をも知ることが出来る様になつて居る。併しこれ等五官の機能だけでは、吾々が文化生活を営む上に充分ではない。もつと遠方の物體が見え、又よりよく聞えるならば甚だ都合である。又場合によつては是非遠方を見なければならぬことがある、彼の日露戦争當時の公報に「敵艦見ゆとの情報に接す、この日天氣晴朗なれども波高し」という有名な文句があるが、斯様な場合には少しでも早く敵を発見することが必要であり、又その距離を正確に知らなければ、貴重な砲彈を發射することが出来ないのである。そこで精巧な望遠鏡や、距離を測る測距儀の類が必要になつて来る。

又この頃の戦争で云ふと、敵の飛行機の襲來を迅速に知つて、これを防空本部又は高射砲部隊等に知らせる必要があるが、飛行機は周知の如く速いものであるから、一秒でも早く探知する必要があるが、それは吾人の肉耳で直接聞くのでは充分ではない。そこで空中聽音機の様な精巧なものが必要となる、又吾々の五官のみで判断す



ると、所謂錯覺のために誤りに陥ることがある。例へば山の端に懸つた明月は、中天したときよりも大きく見えたり、又非常に暑いと思はれる夏の日にも、寒暖計を見ると、存外温度の低いことがあつたりする。

又五官の力では直接感知することの出来ないものが多々ある。ラヂオの電波の如きものが、その一例である。斯様な譯で、吾々の生活上に複雑精巧な機械類が色々必要になつて来る。特に自然科学は古來精巧精密な機械類の助けによつて、發達して來た爲に、所謂科學計器は精巧精密の粹を集めたものである。

今それ等精巧なる科學計器の力によつて、どれ位精密なことが成し遂げられてゐるかといふことを少しばかり數字的に述べたい。

茲に一疋の二つの分銅があると考へる、一疋と云つても丁度一疋にするといふことは困難であつて、多少兩方の間に差異がある。そこでその二つを比較してその差を見判けることにすると、兩方の分銅がその重さの一億分の一異つてゐても區別がつく位に正確な測定が出来る。

又は、長さの方で云ふと、一米の物指を互に比較する場合には、百萬分の一つ差を明瞭に發見することが出来る。

次に時間の方はどうかと云ふと、クロメータと云ふ上等の時計は、十年間の平均から割出して一日の間に百分の二秒より狂はないものがある。だからこの時計の示す一秒の中には僅か一千萬分の二秒だけの誤差があるに過ぎないのである。

さて斯様な精密な科學計器を作るには、特別な注意を拂はなければならぬことは勿論であるが、一方精密な製造用の機械が必要である。そのために工業上では色々精密な物指や衡器の類を用ひる、それ等を一括して計器類と云つて置く。多くの計器類の中でも長さを度る物指は最も大切な一つである。

今、普通の鉛筆位な大きさの棒を作るものと考へると、この棒が希望の寸法から百分の一耗以上違つてゐると、もう役に立たない様な場合が多々ある。鉛筆の心は凡そ直径が二耗あるから、その二百分の一違つてゐても役に立たないといふのである。

斯様な次第であるから、製作に使ふ物指、即ちゲージは餘程正確に出来て居なければならぬのである。

ゲージも大小によつて精密の度合が違ふが、今述べた鉛筆位な大きさのものを作るときに使ふゲージは千分の二耗より以上の狂ひはない様に出来て居る。

それで今述べた鉛筆の大きさ位の棒が百分の一耗より多くの狂ひをもたない程度の精密さに出来てゐる機械器具の類は今では多々ある。ゲージ類は勿論、科學計器類、壓力計や「はかり」類の様な計器類、材料試験機、飛行機のエンジン、その外大砲、小銃、水雷等の兵器及び、望遠鏡、双眼鏡類の、所謂光學機械類は何れも極めて精密に出来てゐるのである。

斯様な精密なる機械器具類の理論と、構造と、製造の方法等を研究する學問を精密工業といふ。

この工業は機械類を取扱ふが、從來の機械工学と異つた點がある。その第一は精密の程度が異なる。又第二に



は、この工学は電氣學を多分に應用することである。

この精密工業を他の方面から見ると、物理學や化學の様な所謂純正科學と、從來ある各種工業との共通點を結付けて、一つの學問にした様な形態を備へるべきものと考へる。

この精密工業は外國に於ても未だまよつた形態をもつて居ないが、現在に於ても研究すべき充分の範圍と内容があるし、將來は、工業は勿論、一般産業にも重大なる影響を與へる専門であると思ふ。次にそのことを少しばかり述べる。

世界戦争は工業並に一般産業界に多大の刺戟と教訓とを與へた。今工業方面に與へた影響の一、二を挙げると多量生産といふことがその一つであると思ふ。

戦争には所謂軍需品として色々なものが要するが、中にも兵器と彈藥とは主要なものである。所がその多量に要する兵器彈藥は、政府の兵器工廠や、平時兵器を作つてゐる民間工場のみでは製造が間に合はない。そこで、平時は全く兵器彈藥の製造に慣れてゐない工場に注文しなければならぬのである。

然るに兵器は勿論であるが、彈丸の様な比較的簡單なものでも幾個かの部分品から出来て居り、これを迅速に作るには、それぞれ専門の工場を利用することが得策である。例へば「ねぢ」を切る部分は、それに堪能な工場に送つた方がよいといふ譯であるから、勢ひ部分品が方々の工場で作られることになるが、その方々の工場で作られた部分品を中央に集めて、其處に完全な製品に組立てることにしたいのである。

さて、さうなると各部分の寸法がキチンと正しく出来てゐないと組立が出来なくなる。そこで、その心配のない様に各部分品を作るのに必要な物指、即ちゲージを與へて、それを使つて作らせねばならぬ、かうして作つて置くと、各工場から來た部分品はどれも勝手に組合はせることが出来るのである。

斯様に部分品を勝手に組合はせることが出来る性質を互換性と云つて、多量生産には大切な事柄である。

互換性を持つてゐると、製造のときに便利であるばかりでなく、機械を使用する方でも、便利なことがある。

それは機械の一部が破損したときは、その部分だけ既製品で取換へることが出来るからである。

互換性を與へて而も容易且つ迅速に工作するためには、限界・ゲージといふ特殊なゲージを用ひるのであるが、そのことに就ては略する。

斯様にして多量生産にはゲージが最も必要なものであるから、若しゲージに狂ひを生ずると互換性は全く失はれて組立てが出来なくなる。世界戦争末期に、ドイツではゲージの磨滅したことに氣附かずに部分品を作つて、それが組立てられなくなつた爲、彈藥補給上に大きな支障を起し、戦局に多大の影響を與へたと云はれてゐる。

次に世界大戦中に軍部が民間工場を動員するのに、指導の宜しきを得た實例を述べたい。それは筆者が實地に見學したアメリカの或る大砲製造工場のことである。

一體大砲製造は甚だ面倒なもので、経験を積まないと兎角失敗するものであるが、筆者の見たその工場は全く新設工場で、技術者にも特別経験のあるものは居なかつたのであるが、仕事を始めてから一度も失敗をしなかつ



たと言つてゐた。

その工場では砲身材料になる鋼を政府から支給されて、それに焼き入れをして、次に焼嵌めといつて筒を重ねて砲身を仕上げる作業をしてゐるのであるが、この作業は品物が大きいだけに随分困難な仕事である。

所がその工場では特別な電気爐を作つて、その中で砲身を作る鋼の管を入れて熱める様にして、電流を自動的に調整する様にしてあつた。一方、その鋼材料はそれを何百何十度に熱して、幾時間の後に油の中につければ宜いといふことが、鋼を作つた工場で充分に研究してあつて、鋼材料をこの工場に送るときに報告されてゐるから、その通りに爐の温度を調整して行けばよいことになるからさういふ温度調整装置が設けてある。

それから又、爐の中に入れられてゐる鋼材の各部の温度が技師長の室で自動的に記録されて行く仕掛が設けてあつた。

これだけの設備と用意がしてゐるから、失敗は決してない筈で、又事實しなかつたのである。

右の様な自動装置は現在では廣く用ひられてゐるから、別に珍らしくはないが、當時は今から十數年前であるし、又戦争多忙なときにあれだけのものを短日月の間に仕上げて民間工場を指導していつた軍部の努力には感心の外ないと思ふ。

大砲ばかりでなく彈藥の製造も随分面倒であるが、右の要領で巧に計器類を應用して、不慣な工場に失敗なく作らせたのである。以上の様な次第で、多量出產の方法が世界戦争のお蔭で非常な進歩をした。

さて、斯様にして軍需品製造のために多くの工場が出来たが、それ等の工場は戦役後その需要が減つた爲に急に經濟上の困難に陥つて了つた。殊にドイツは巨額の賠償金を聯合國に支拂ふ義務を生じたし、又一方には爲替相場が極度に低下したことなどが手傳つて、折角工場をもちながら資金の不足で運轉することが出来なくなつたのである。

そこで各種の同業組合を作つて値段と市場の協定をし、又生産制限などをしたのであるが、一向にきゝめがなかつた、そこで所謂合理化運動が起つたのである。

合理化は右の様な次第で始つたのであるから、經濟的救済と共存共榮といふ意味が多分に含まれてゐるのであるが、その後色々研究して、初めに専ら工業方面のみに行つてゐたのであつたが、更にこれを一般産業に押し擴めて、今では産業組織の改善、協同提携、科學的經營といふ様な、組織と經營に關する方面と、一つは生産方式と工程の改善、即ち純技術上の改善といふ、二方面に互つてゐるものと考へられる。

併し合理化を全體的に、他の方面から見れば、要するに無駄を省くといふ一事に盡きる。例へば製品の種類を減じて無駄な手数を省き、又同業者は互に提携して無用な競争を避けて、自他共榮の方法手段を圖るといふが如く、總て無駄排除をやつてゐるのである。適用の範圍に大小はあるが、所謂能率増進と合理化とは大體同意義と考へられる。

斯様な譯で、合理化には組織經營といふ方面と方法工程といふ方面との二方面があるが、その内第二の方面、



即ち技術的方面の改善には先づ無駄を發見してそれを除く方法を考案することが眼目である。然るに技術上の事は純學術に立脚してゐる爲に正確な研究を要するのである。従つて前に述べた科學計器は勿論、その他精巧な計器類を必要とする。

精密機械類は學術の研究のみでなく、實際に品物を製造する上に甚だ必要である。適當な設備をすると前に述べた大砲工場の例の様に、困難な精密工業も失敗なしに成し遂げることが出来るのである。若し斯様な場合に、吾人の五官の作用だけに倚賴して居たならば、錯覺のため、又は従業員の怠慢などのために往々失敗をする。従つて人の勤によつて行つてゐる工業では、經驗といふものが重大視されてゐるのであるが、精密計器を巧に利用すると、經驗もいらす又現業員の怠慢による失敗もなくなるのである。

組織を改善して産業を合理化することは國內産業の救済にはなるが、一面に技術上の合理化、即ち方法工程の改善を伴はなければ外國との競争には勝てないものと思ふ。

これを人の體に譬へると、組織による合理化は藥の如きものであつて、技術上の合理化は榮養素の如きものであると思ふ。

フレデリック・テイラーといふ人は、合理化は一つの方法に數へられてゐる科學的經營法を今から二十年も前に考へ出して、大に能率を論じた人であるが、この人の詞の中に工業的方法是「最良の一途」を辿るべきであると言つてゐる。

この最良の一途といふことを説明するのに適切な例は機械工業にもあるが、化學工業方面には特に多いかと思へる。

例へば世界戦争以來八ヶ間敷なつた高温高壓工業——その一例は空中窒素固定法の如きであるが——斯の如き高温高壓工業では温度と壓力とが能率に重大な關係をもつ、温度や壓力が少し變つても能率が甚しく下るし、又或る場合には製品が全く出来なくなることもある。斯様な場合に最大の能率を與へる温度と壓力とがテイラーの所謂最良の一途を定める目安である。

精密な計器は斯様な最良の一途を發見するのに甚だ必要であるが、最良の一途を辿りながら工業的に品物を製造する上にも必要缺くべからざるものである。

諺に、缺乏は發明の母と云ふが、以上述べた如く、工學並に工業を支配するものが、計器類を始め各種の精密機械類であるために、世界戦争以後は此の方面の發明が年々著しく増加してゐる。この事實が最も雄辯に以上述べた事柄を物語るものだと思ふ。

最近アメリカの或人が、現今は計器時代であると言つてゐるが、全くその通りである。

又「パスカル」といふ學者は、今から約三〇〇年前にフランスに生れた人であるが、この人は「測ることが節約である」と云つてゐる。

この名言は三〇〇年を経た今日、益々その光を發してゐると思ふ。



以上で精密工学と産業合理化との關係を大體述べたつもりであるが、若し合理化を單に組織の改善や管理の改良といふことにのみ止めて、方法工程の改善に立入らないならば、それは未だ合理化の眞の核心に觸れたものとは考へられないと思ふ。

即ち精密工学、延いては精密工業は産業合理化の基本であつて、これを奨勵し盛ならしめることが産業根本の培養であり、眞の合理化を圖る所以であると信ずる。(昭和五年一月二〇日JOAKにて放送)

精密機械學欄を設くる、ここに就て



### 精密機械學欄を設けることに就て

(火兵學會誌第二十二卷)

昭和二年十一月三日明治節の佳展にあたりて開かれた工學會主催の工學大會に於て、恩師大河内先生は基本工業論として我國工業の進歩發達を圖る方法としては、機械工學方面には精密機械工業を、又化學工業方面には染料工業を奨励して進歩せしむることが最も適切であると述べられた。當時不肖も亦「造兵學の現狀」と題しその三大問題について愚論を述べた。此の三大問題の内の一は各種觀測機類の如き精密機械が兵器の使用上並に製作上甚だ必要であることの概要を述べたのである。

造兵工藝が一般工藝に比して格段の精密を要することは、會員諸君の夙に認知せられる所であるが、世界大戰以來特に兵器の純科學化と戰時に於ける兵器供給問題とに關聯して、精密機械類の益々必要なる所以が明かになつたのである。先年吳海軍工廠に於て、他に先んじて伍堂中將及其の部下の努力によりて挾範工作法の實施せらるるに到つたのも實に故ありといはねばならぬ。

精密機械といへば、以前はその殆んど全部が實驗室内に用ひられるもののみであつたが、近時一般工業品の精度は著しく高まり、その製作上に各種の測器類が必要になつて來たのである。而して工場にて用ひられる精密測



器は全く製造工程に加はる一種の工具の作用をなすのであつて、此等は何れも實驗室用のものから誘導され、簡單化されたものである。だから精密機械はその進歩の道程として必ず科學機械から出發するのである。従つて精密工藝の進歩は科學の進歩を助成するに與つて力あるものである。又反對に科學の進歩發達に待たなければ精密機械工藝は發達し得ないのである。乃ち科學と精密機械工藝とは互に因果關係をもつものである。我國獨特の精密機械工藝は我國独自の科學に俟たねばならぬ、又我國が進歩した科學をもつには他國に勝りたる科學機械をもたねばならぬのである。

茲數年間に、精密機械類が非常の進歩をなしたことは、少しく此の方面に注意を拂へる人は必ず感知したに相違なし。

世界大戰中多量の測器類が要求せられ、此の戦争に参加した國々には多くの精密工場が出來、戦後その經營に苦しみ盛に輸出を企てたのであつたが、此の方面に多くの需要を有つのは米國であつたから、之を目標とするのは自然であるが、一方米國では、自國に於ける精密工業の保護政策として、從來學校用科學機械には無税であつたのに、俄に二割の關稅を課することにしたのである。

斯の如き保護の下に米國精密機械製作者は米國一流の方法を以て努力を始めた。その一例を述べれば、新しい科學機械類を發明すると、之を一ダス作つて使用者に賣込み、使用者から其の機械に對する批評を聴き、不便の點を改良して更に製作し、先きに賣込んだ機械は無償で新計器と取換へることにしてゐるのである。誠に行届いた

遣り方である。

精密機械學に最も早くから着目して努力して來たのはドイツである。光學硝子と共に光學機械類は、大戰前までは同國の獨占であつたことでも判り、又此の方面の學術雜誌として、その國のインスツルメンテンクンデが既に刊齡四十八に達してゐるのを見ても判る。

序に精密機械學に關する専門雜誌の一、二を紹介してみると、

獨 Instrumenterkunde 1881 創刊 (此の外多數ある)

英 Journal of Scientific Instruments 1924 創刊

米 The Journal of the Optical Society of America & Review of Scientific Instruments 1920 創刊

佛 Revue D'optique 1922 創刊

世界の五大強國と呼ばれるものは四ヶ國まで専門雜誌をもつて眞面目にその進歩發達のために努力してゐる。五大強國の一なりと自負する國にて、斯學専門の雜誌もなく又學會もないのは我國ばかりである。

近時能率増進といふ聲を聞くが、能率増進とは冗費を省き無駄を減することである。冗費や無駄は測定の結果でなければ判るものでない。測定には測器は附きものである、能率を云々するものは先づ測定法や測器の事に氣附かねばならぬ、測器を忘れて能率を論ずるのは木に寄りて魚を求めんとするに等しい。

不肖は約十年ほど前から精密機械學の必要は感じてゐたが、時未だ到らず、荏苒日を過ごし漸く今から三年前

精密機械學欄を設けることに就て



測器観測器と名づけて講義を始め、今年から精密機械學と改めて時間を増加して講義することにしたのである。従つてその内容もまだ不十分ではあるが、各種の實驗室及工場用測器類に互るつもりである。

余は又茲二、三年來幾度か此の専門の學會を創設する計畫を試みたが、維持の困難を思ひ又我火兵學會は、その専門の性質からしても前に述べた様に、精密機械學の一部門を既に取扱つてゐる事などを考へ、遂に思ひ止つたのである。

専門の學會がないからといつて精密機械學は之を一日も放棄する譯には行かぬ。だから今後は本誌の末尾餘白をかりて、新たに現れ来る各種測器類の原理構造及使用法等は勿論、精密機械に関する古來の有名なる論文の輯集紹介に務めたいと思ふのである。(昭和三年四月三〇日誌)

## 精密工業の過去現在及び將來



## 精密工學の過去現在及び將來

### 第一緒論

#### 精密工學とは

##### (A) 定義

精密工學は、未だ外國の大學では組織立つて講義をして居ない様だし、従つて其の領域を明らかにするだけの定義も考へられて居ない。私は不充分ではあるが、公差 (tolerance) から定めては如何かと考へて居る、公差といふのは、例へば直徑一〇耗の丸棒を作る場合を考へてみると、事實出来るものは決して丁度一〇耗あるものではなく、大多數は何がしかの狂ひをもつて居る。例へば九・九〇と出來たり、或は一〇・一五となつたりする。併しそれ等は、其の使用目的によつては十分に役立つ場合がある。だから、別に苦しんで丁度一〇耗にし



なくとも佳いのである。斯様に目的目的に應じて希望寸法からの大小の狂ひ、然も其の狂ひがあつても十分に目的に適ふ様な狂ひが即ち公差である。

公差はもともと経験から定められたものである。公差の小さい製品は寸法が揃つて居り、公差の大きいものは大小不同である。公差の小さいものは製造困難であり、公差の大きいものは製作容易である。

先年吳海軍工廠で、挾製製作法を研究されたときに、列國の有名な工場で取調べた公差を一圖に纏めて、更にそれを分類したことがあるが、参考のためにそれを複製して第一圖に掲げる、此圖のA以下Cの各線は、各社が採用して居る公差を適宜に分類する分界線であつて、A線に應ずる公差をもつ製品は最も精なものである。従つて、之を極精品と名づけることが出来る。A'も亦精であるが、併しAに比べると製作が樂である。假りにA以下の公差をもつて製作された機械類を精密機械といつて置いてはどうかと思ふ。精密機械類の製作法は日に月に進んで居るから、數年の後には容易にA級の製品が得られることになつて來ることと思ふが、今の處では先づ相當

第一表 ゼネボアーズ社の分類

極精品 (又は高級品)	理化學機械類、計測器類、特殊工作機械、砲類(水雷)、マグネット、飛行機用エンジン
中級品	工作機械、裁縫機械、自動車
下級品	電動機、エンジン、ポンプ、タービン、壓縮機關等

困難な仕事である。

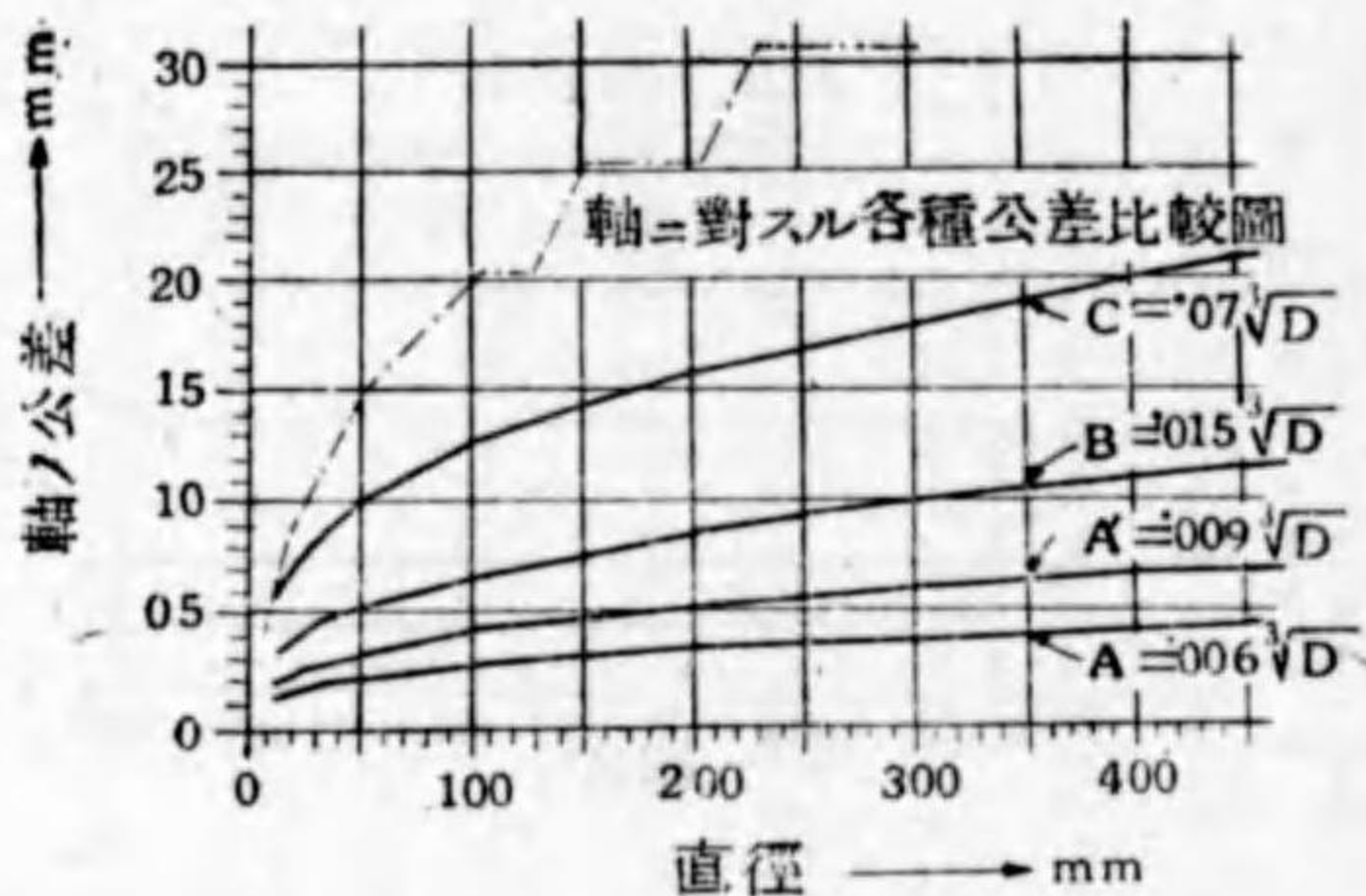
精密工業は精密機械を對象として研究する工学の一分派である。

(B) ゼネボアーズ社の機械分類

嘗て瑞西のゼネボアーズ社が、各種の製品を其の公差の大小即ち精度によつて分類した事がある。それによると第一表の様である。

此の表からみると、極精品中、我國で現在完全に出来るものは砲類水雷の類のみであり、理化學機械類の一部と飛行機用エンジンとは近年長足の進歩をしたが、まだ充分とはいへない。特殊工作機械とマグネットに到つては、私の知る範圍では全く出来ないと云つても佳い位である。

極精品のみでなく、中級品中の裁縫機械類即ちミシンは全くなく、自動車も心細い有様である。



第一圖

即ち吾國現在の工業は、その殆ど全部が下級品製造である。

精密機械といふと、細かひ懐中時計の様なもの、聯想するのが常であるが、實の處精密不精密は物の大小には

精密工業の過去現在及び將來



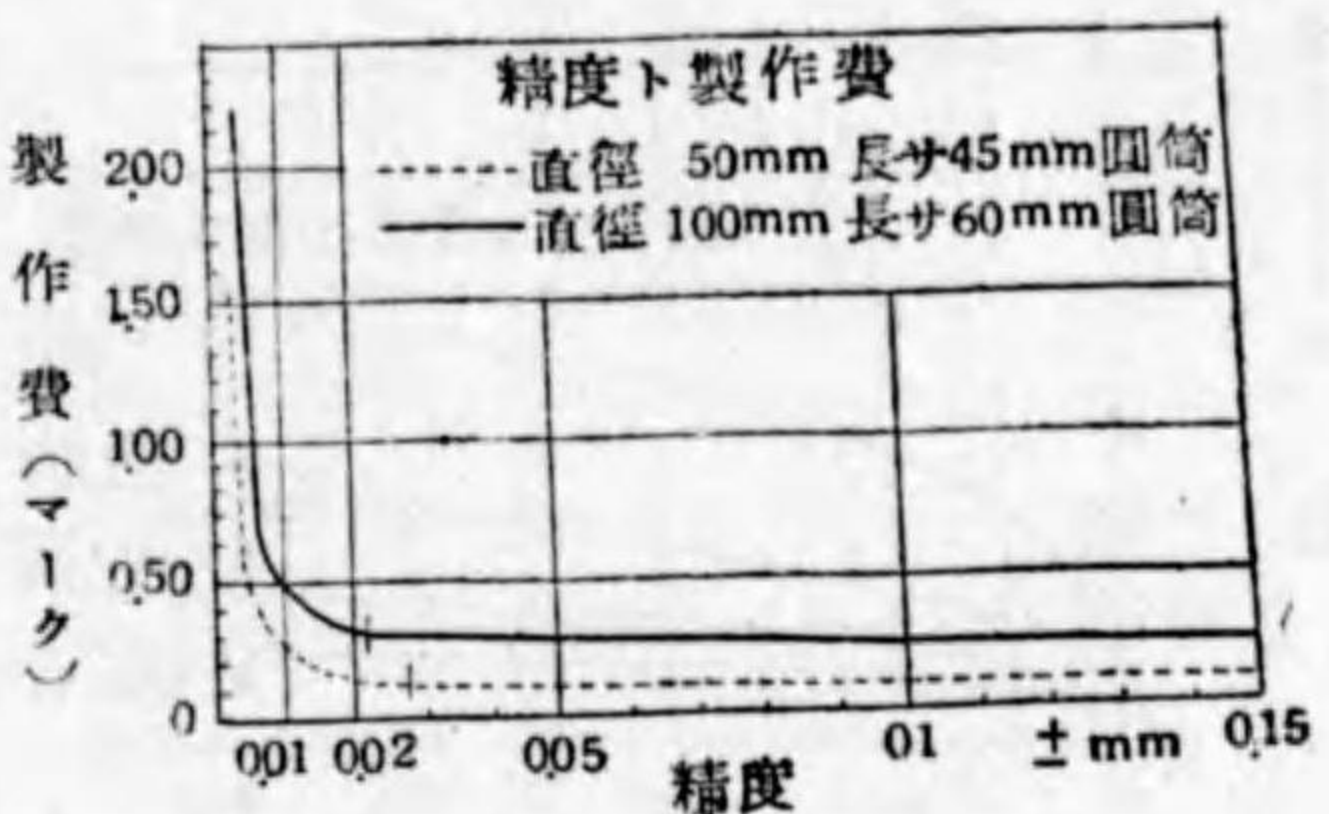
関係しないことは、前表中に大砲の様なものが入つて居ることからでも判るし、又普通の時計は必ずしも精密機械に入らない場合がある。だから、精密なりや否やは物の大小とは無関係であることは特に注意すべきことである。

(C) 精度と製造費

次に公差の大小によつて製品価格が如何に變化するかを、第二圖が示して居る。此の圖の横線が精度即ち公差を示し、縦線が製作費を示して居る、横線の○・○二と○・○三との間に一致する所に、曲線と交叉する短い縦線が描いてあるが之が第一圖のA線に一致する公差を示すものである。即ち、此の公差から少しく精密に作るに製作費は急に増加することが判る。然るに、右の方は精度に反比例して製造費が少しづつ遞減して居ることが判る。

此の事實から、工作品は精なほど価格が高く、又同一価格のものならば精なものほど材料費が少く、加工費を多く含んで居る譯である。

物によつては其の重さを純金として計算しても、なほそれより高いものが往々ある。理化學興業株式會社製のピストン・リングは、世界に誇るべき優良品であるが、其の材料費は僅かに四厘であり、其の値段は八十錢である。



第二圖

あるから、實に二〇〇倍になつて居る。此の如き例は、精密製作品には決して珍しくないことである。

(D) 我國と精密工業

吾國は天然の資源に乏しく、材料の少いことは諸君の知られる通りであるが、併し、人口は多いから、加工に多くを費やしても高價品が得られればそれでやつて行ける譯になる。然るに我國の現状は、前に述べた様に、全く反對に材料費が大部分を占むる様な下級品製造のみであることは全く遺憾である。併しこれは過去の歴史から來たことで、今更何を云つても追付かないことであるし、將來の問題を考へれば足るのである。

精密工業が我國に適する他の一事は、職工が器用なことである。併し精密工業界の一般趨勢は、次第に手作業を減じて漸次機械作業に移さうとして居るから、我國に精密工業を起すのは實に目下の急務である。若し一年遅るれば一〇年の損失を招き、遂には臍を噬むの悔を遺すことになるのである。

(E) 精密機械の主體

前出第一表即ちゼネボアーズ社の各種製品分類表にある様に、精密機械にも種々あるが、其の主體は何といつても理化學機械類である。昔は理化學機械といふと學者が實驗室内で研究に用ひ、又は教授用として利用したに過ぎなかつたのであるが、今では、此等の實驗室及び教室用以外に、工場用として廣く用ひられることになつて來たのである。つまり一部の精密理化學機械は、工場に入つて工具(tool)として大に活躍して居るのである。實驗室用の理化學機械が工具となるには、多少の變形改造を要する。其の第一は堅牢化であり、第二は簡單化であ



る。第三は読み取りを容易ならしめることである。工場は實驗室と異り、精密精巧な機械の使用には条件が極めて不利であるから、其處で完全に動作するには、少なくとも衝動に對して安全でなければならぬ事は想像に難くないと思ふ。

(F) 他の科學との關係

精密工業の主體が理化學機械である事は昔も今も同様であり、尙將來も亦然りであると想像されるから、此の工業は他の科學と密接不離の關係にあると思ふ。純正科學を始めとして他の工業、醫學、農學等、苟しくも自然科學に屬する諸學と直接交渉するのであるが詳しいことは略する。

二 理科學機械と其の機能精度

精密機械の主體が、理化學機械類であることは今述べた通りであるが、古來多くの學者は、それ等を利用して精密な測定を成し遂げて居る、今参考のために主な單位の測定精度を掲げてみると第二表の如くである。

10<sup>-8</sup>といへば實に一億分の一である。日本國民は六、五〇〇萬人といふから、その一倍半の内から唯一人の不在が判別出来ることになるのである。如何に精密なるかは想像に難くないと思ふ。

表の中の最後の速度の測定は、實際上彈丸の初速を測る場合で、五米の平均値を求めるときの精度であるが、理想條件で測定すれば之よりも精度を高めることが出来る。

第二表 測定精度

1 kg. 質量の比較	10 <sup>-8</sup>
1 m. 尺度の比較	10 <sup>-7</sup>
天文時計	1日に0.03秒 (3.48×10 <sup>-7</sup> )
壓力(約1氣壓測定)	$\frac{1}{3,000,000}$ lb./in. <sup>2</sup> = 2.34×10 <sup>-8</sup> kg./cm. <sup>2</sup>
比 重	10 <sup>-5</sup> ~10 <sup>-4</sup>
速 度 (1,000米/秒)	±3米/秒

三 精密工業が何故現今工業界の中心問題であるか

精密工業(といふよりも精密工業)が、現在工業界の中心問題であることは争はれないことである。その事を證明する幾多の事實があるが、今私は其の内の一、二を述べてみようと思ふ。

世界戦争後に現はれた世相の最大なるものは失業問題であり、不景氣問題である。列國とも皆之に苦しんで居るが、獨り佛蘭西のみは其災を免れて居る。其の説明は種々試みられて居るが、同國は他國の追従を許さない特殊精密工業が盛んであるからだとも言はれて居る。又何れの國でも、精密工業者は最も此の不景氣風に吹き荒まされて居ないのは事實である。



尙他の一事實は、近年精密工業に關する出版物の著しく多いことである。雜誌類でも、此一、二年の間に數種新刊されて居り、其の或るものは毎號一萬部の讀著があるといつて居ることも判る。

然らば何故精密工業が斯くも世の注意を惹き、精密工業のみが旺盛であるか、その理由を少しばかり考究してみよう。其の理由は種々あるが大別すると

(一) 能率増進

(二) スピード時代の反映

(三) 軍備制限の影響

の三つとすることが出来ると思ふ。

(A) 能率増進

能率増進は工業界年來の問題であつたが、其の主力は専ら動力界に向けられてゐた。然るに今や動力界の多くの問題は殆ど九八%まで行きとまつた。ツイーゼルエンジンと高壓蒸氣とは現在動力界の中心問題ではあるが、それとても殆ど行き止まりと見るべきである。此の時に於て活路を見出すは、現存する工業方式中の無駄排除である。無駄排除は先づ無駄の発見から出發せねばならない。無駄の発見は測定以外絶対にない。其處に計測器の必要が生ずる。

次は新方法的発見が工業界最大の急務である。方法的變化ほど重大な影響を持つものはない。機械工業方面にも、方法的變化が舊工業を根本から覆した例は多々あるが、化學工業には特に其の例が多い。斯様な新方法は偶然に発見されることもあるが、偶然是に期待すべきものでない。飽くまで學者の研究に俟たねばならない。研究から計測器を取離すことの出来ないものであることは、今更言ふまでもない。特殊の計器の發明が、總て新方法的発見發明を産むのである。

次に理化學機械や計測器類は、理論と實驗、實驗と實際との合致を行はせる仲介者であることである。學者が實驗室内で行ふ實驗の目的は、最良條件の発見以外何物でもない、實驗室内で発見された最良の條件は、工場で其の儘實施されなければ、折角の研究も實用することが出来ない。實驗室内では立派に工業化し得る程度の能率を擧げながら、實際上面白からぬ結果を出した例はこれまで度々經驗されたことであつたが、それは大仕掛で實施する狀況が實驗室内と異つて居るからである。若し同一條件を工場内で實現することが出来たならば、實際と實際、實驗室と工場とはピッタリ合致せねばならぬ。つまり兩者の不一致は工場に於て最上の條件を作り上げ得ないことに歸着するのである。その最良條件の再生者が計測器である。

現在の工場用理化學機械類は、猶計測器として使用するものが多いが、將來は工場の支配者管理者となるべき運命にあるのである。

(B) スピード時代の反映

スピード時代は能率増進問題からの結果として現はれたものであるが、其の結果が因をなして精密工業の必要



を益々増大したのである。例へば粗雑に削られた齒車でも、スピードの低かつた時代には兎に角役に立つたのであるが、廻轉が高くなつては騒音のみでなく齒がもたないから、勢ひ精密に仕上げねばならない、又能率からしても精密に越したことはない。

一面スピード時代の結果として各種の危険を生ずる、特に交通機關に於て然りである。それ等の危険は精密機械類の助けによつて之を防止することが出来る。又防止せねばならない。

#### (C) 軍備制限の影響

軍備制限の結果は各種精密機械類の必要を生じて來たが、そのことは次節に譲つて、茲では述べないことにする。

以上能率増進、スピード時代、軍備制限の三つは或は因となり、或は結果となつて精密工業及び精密工業をして、現今世界工業界の中心問題たらしめたのである。

### 四 國防と精密工業

國防と精密工業とは極めて密接な關係にある。前にも述べた様に、大砲や水雷はそれ自身精密機械であるばかりでなく、軍の食糧たる彈藥は、精密品であると同時に多量を要するものであるから、精密工業の發達は國防上極めて重大である。以下其の事について考へてみるが、私は之を軍備制限の影響と、航空機の發達と、大量生産の

準備の三項に分けて述べてみたいと思ふ。

#### (A) 軍備制限の影響

戦争の根絶は人類至上の理想である、此の理想に到達するための方便として、軍備縮少條約なるものが近來屢々締結される。天下何人も此の理想に向つて反對し得べくもない。實に天の道であるからだ。併し地上に棲息する人類は多くの小障りをもつ、曰く食糧問題、曰く人口問題、曰く人種問題、曰く何と、従つて之等の問題が完全に解決されるまでは、戦争根絶の理想は行はれそうもない。併し條約は守るべきである。そこで合法的に、軍備縮少に歸因する危険を免れ様とする手段を講ぜねばならない。即ち量の減少を質の向上で補はんとする方法がそれである。

限られた口径の大砲の威力を益々向上させることは重要なことに相違ないが、大砲自體は恰も動力界と等しく行きとまりの實情にある、だから凡そ對等の大砲で勝利を目ざすには、其の用法を改善するより外にない。曰く敵艦距離測定をより迅速に、より精確にすること、曰く艦内外通信の迅速敏活化、曰く何と計測器類の利用並に其の改善は愈々益々必要である。

#### (B) 航空機の發達

航空機の發達は時代の趨勢であるには相違ないが、一面からは軍備縮少の結果であると見られないこともない。軍備縮少條約は、航空母艦の外何等觸れてゐない。合法的軍備縮少條約對策としては航空機の充實に限るとい



ふ譚から、益々航空機は發達する。昔の航空機は所謂勘によつて飛ばせたのであるが、それでは危険が多い。のみならず、能率が悪い、といふのは、飛行時間に較べると地圖上で測つた飛行距離は甚だ小い。それは濃霧に包まれて方向を誤るからである。そこで是非精密な計器を以て之を操縦し、又は遠距離の地上から誘導する必要がある。是等の理由から、航空用計器工業は最も重要視されて來たのである。

一方、航空機を防禦するための所謂防空設備は、國防上重大なる問題である、特に高射砲は最も必要なるもの一つである。

航空機は其の速度が大きいために、地上から之を射撃することは甚だ困難である。

射撃に必要なのは目標の距離と方向と速度とであるが、飛行機は大空を立體的に飛ぶために、距離と方向とは時間的に變化する、そのために、二つ以上の地點で同時觀測を行つて、其の觀測値を中央で集めて、所要の計算を行ひ其の答を高射砲に傳へ、砲は所要の方向に向けられることにせねばならない。此のために複雑な計算機が必要になつて來る、迅速なることを必須とするために、總ての計算は自動的であらねばならないから、機構は精巧である、防空と精密計算機とは切つても切れない關係にあるのである。

#### (C) 大量生産の準備

戦時には各種の物資を要するが、中にも彈藥は最も多くを要するものである。限界ゲージを用ひて製作することは、現在の處大量生産に最も適する方式である。此の方法は、世界大戰前に其の發達の兆を示して居たが、大

戦中彈藥供給の急に迫まれて躍進的に發達したのである。ことを以てしても、大量生産と戦争とが密接不離の關係にあることが判る。

兵器が一般科學の進歩に刺戟されて、日に月に進むことは云ふまでもないが、其の進歩につれて一々之を多量に製造して居ては、幾程の資を投ずるとも追附くものでない。そこでアメリカでは次の様な方法によつて進歩改良の途を講じて居る。即ち軍の要求に應じて特殊な兵器を設計する、而して之を例へば、三門だけ試作して各種の性能試験を行ひ、不良の個所は之を改造して十分使用に耐へる様になれば、其の製造圖を作り上げる。勿論大量生産に適する方式の製圖である。次に其の製作に必要な限界ゲージを作るに必要な圖面を作成する、尙それ等の製作に必要な特殊製作機械類の圖面までも作り上げて、それ等の圖面を金庫に仕舞ひ込み、之が終つて次の新兵器の考案試作に着手するのである。

特に注意すべきは、アメリカでは、總ての部分を基準化することに務め、若し基準化し得ないものはなるべく之を部分品として採用しないことにして居る。それは大量生産に適しないからである。

勿論國情に相違があつて、直ちに之を我國に適用することは難かしいが、又以て他山の石となすに足るものではないか、アメリカの方法は最小限の軍備費を以て有事の際に最新式の兵器を使用することが出来るといふ點が有利である。



### 五 精密工業の基本問題

上來精密工業及び精密工業を各種の方面から論じてみたが、以下精密工業は如何にすれば發達するかの実質問題について少し述べてみたいと思ふ。私は之を人材、經營及び能率技師の三項に分けて論ずることとする。

#### (A) 人材

工業に限らず、何れの事業でも人材の力を藉らなければ出来るものでない。失業問題や就職難に世は騒然として居るが、眞の人材が溢れて居るのであらうか。世を窮地から救ふのが人材の力である、特に工業は發明の力によるべき多くのものがある、發明は偶然的のものもあるがそれは期待すべきものでない。研究に俟つべきであることは前にも述べたが、他の工業と異なり、精密工業は全然頭腦の工業であるだけに、多くの發明を要し、従つて多くの人材を要する譯である。模倣は精密工業には大敵である、常に新を競ひ創造を主とせねばならない。模倣に慣れた技術者は此の工業に従事する資格はない。

然らば、精密工業技師の資質如何といふことになるが、私は之を以て七項に歸すると思ふ。

(一) 物理學的概念の豊かなること——現在でも左様であるが、將來の精密工業は、特に物理學の直接適用であり、又逆に其の對象物たる理化學機械が物理學を補助するものであるから、物理學的素養は最も大切である。

(二) 機械的頭腦の確實なること——何れの専門を問はない、苟くも技術者は、機械學の素養は必ずなければならぬが、精密工業技術は、純科學を工學化する役目を務めるのであるから、機械學上の知識は十分になければならぬ。特に製圖に巧みで機械學に精通することが最も大切である。

(三) 實驗の巧妙なること——各種の計測器に精通すべきは、勿論であるが、之を利用して、實驗を上手に行なひ得る能力が甚だ必要である、それには、所謂器用が必要であるが、單に手先の器用なばかりでなく、頭腦の克く働く人であることが必要である。

(四) 工作法に熟達すること——從來の機械學は、工作法について兎角看過して居る氣味はなかつたか、無用の數理にのみ走つた傾向はなかつたか、製品の検査を忘れて品質の向上が求められるか、些か疑問ではなからうか。

精密工業技師は製品検査用の計測器については精通して居る人であるが、各種工作法を十分に知悉して、その各々の利害得失を明らかに知ることが、精密品製作上極めて大切なことである。

特に將來は、如何にせば精密なるものを迅速に製作し得られるかの問題が、此の學に與へられた重大問題なるに於てをやである。

(五) 材料の知識豊富なること——多くの物理又は化學的現象を利用して具體化する場合に、材料が重大問題となることが多い。例へばパーマロイの發明によつて電信の通信速度は舊に十倍したと稱へられて居る。其の外



摩擦の多い材料、磨耗の少ない材料等、各種各様の材料が往々必要になつて来るから、材料學の變遷に對して常に注意を怠つてはならない。

K・S鋼が電氣計器界に投げた波紋の大きいことを考へれば、精密技師に材料の知識の大切なことは直に領けることと思ふ。

(六) 電氣磁氣の知識——電氣磁氣の知識は、機械學と同様、何れの部門の技術者にも必要であるが、特に將來の計測器は電氣磁氣の助けを藉るものが多いから、精密技師には別けて必要である。遠距離操縦や自動操縦は將來精密機械の中心問題であり、それ等には電氣磁氣の應用が最も旺盛であるものと想像されるから、その知識は甚だ必要である。

(七) 工業の一般知識——精密機械の應用される範圍は廣大無邊であるから、出来るだけ常識的に一般工業的の事情を知ることが必要である。特に化學工業は將來精密機械の應用される廣い分野であるから、化學工業方面の知識は甚だ必要である。

先年來、我東京帝國大學工學部造兵學教室で精密工學の専門家を養成することを始めてから、以上の諸點に最も注意して居るのであるが、幸ひ卒業生については非難の聲を聞かないのみか、大いに讃辭を贈られる向もあり、大に意を強ふして居る次第である。

序ながら茲に一言するのは、化學機械技師の養成の必要である、化學工業の根本が化學であることは申すまで

もないが、足を一度化學工場に入れば、そこで働いて居るものは機械であつて、何處で化學反應が行はれて居るかを疑ふ様な場合が多い。

日本の化學工業不振の原因は、化學機械の不良からであるとは工業化學者の説である。

従來は機械に興味をもたざる化學者と、化學に興味をもたないのみか、更に之を憎惡するが如き機械學者とが化學工業に携つて居たのである。それでは到底充分の成績が得られないのが當然だと言はねばならない。特に將來の化學工業は計器によつて自動化される傾向をもつて居るから、精密工學の知識を充分にもつて居なくてはならない。此の意味から、我造兵學教室では、化學機械學専門家の養成をもして居る。今年始めて少數の卒業生を出し明年からは數名の専門家を社會に送り出すことになつて居る。

以上多少餘談に互つたが、更に本論に立戻つて經營の話に入ることゝする。

### (B) 經營

精密工業の營經上最も必要なのは研究室の完備である。此の工業は、純正科學を直接工業化する使命をもつて居るのであるから、研究實驗を行ひつゝ新機軸の發見に努力しなければ、到底發展させることは出来ないのである。此の研究室と併立又は合同して試験室をもたなければならぬ。試験室は製品の試験検査の任務を遂行するのであるから、研究室がなくとも、試験室は是非欠くべからざるものである。

次は製圖室の問題であるが、製圖室は従來我國の工場に於て動もすれば輕視された傾がある。けれどもそれは



模倣のみをして居た一つの證據であつて、機械工業の創造は製圖室から生まれるのであるから、特に精密工業では、製圖に勢力を集中して新規設計に努力すべきである。私は工場の將來は、製圖室の狀況を一見すれば直に判断することが出来ると思つて居る。

次に精密工業に於て忘れてならないのは、調査課を設置して、絶えず科學界並に發明界の趨勢を凝視し、大勢に順應する様に適宜目先を轉換すべきことである。

我製品に對して世評を聞くことは大に必要である、アメリカでは、新規の機械は之を一ダース製作して、販賣者使用者に其の批評を乞ひ、其の批判を基礎として改造し出來たものを初めの購入者に對しては無償で交換することにして居る工場があることは前にも述べたが、之は非常に賢明なやり方である。使用者は各種の實用試験をするのであるから、其の結果は到底工場附屬の實驗室等では行ひ得ない程度のものである。

最後に精密工業の經營に特に必要な人は人を知ることである。適材適所は世の通則ではあるが、精密工業では殊に注意すべき事柄である。腕の足りない職工に、過ぎた機械をもたせても、決して所期の結果は得られない。精密を要しない部分品製造に、精密工を配属する位不經濟なものはない。精に適するもの粗に適するものも、要は各人の個性であつて、互換性はないのであるから、各人の個性を尊重して適所に適材を配置することが最も必要である。

### (C) 能率技師

我國にはまだ能率技師を採用した話を聞かないが、之は大工場には是非招聘すべきであると思ふ。其の技師の資質は、前に述べた精密技師と同一で佳いのである。彼は絶えず工場を巡視して總ての無駄損失の發見及び其の救助に務むるのであるが、其の齎らす利益は決して尠なくないものと考へられる。若し特に精密を要しない工場ならば、精密工業會社から技師を派遣して、無駄の發見や其の救済の方法を講ずべき途を考慮させても、精密工業主の方では新たなる問題を得て、新規の事業發展の途を得ることになるから、決して採算のつかないことではないと思ふ。要は人である。

繰返して云ふ、精密工業は人材を得なければ決して發展するものでないことを。



## 第二 最新計器の實例

### 一 高周波電氣を測定する計器

多くの電氣現象を測定することは、單に電氣學上のみに必要な譯でない。一般に物理學的又は機械的現象は、之を電氣に變じて測定することが便利であり、又そうでないと測定の出來ないことがあるから、結局高周波を巧に測定することが出来れば、それで問題の解ける場合が甚だ多い。此の意味からして、電氣學者は勿論、物理學者も機械學者も、高周波測定用の電氣計器の發達には大なる努力を拂つて居り、興味を有するのである。

以下斯様な目的に考案された計器の二、三を紹介する。それ等の内、陰極線オシログラフが最も新しいのであるが、他のものも利用される範圍は今なほ多いから、序に説明することにする。

#### (A) タツデル式オシログラフ

第三圖は其の要領を示す。N・Sなる強い磁場があつて、其の中に縦に細い燐青銅の導線b・cの一端が、磁場の外の點aに固定され、磁場を通過して上方に伸び小さい滑車Pにかゝつて、再び下方に伸びて、下端がd點で固定されて居る。B・Bは三味線や琴のコマと同様な作用をして居る。磁場の中央で、導線bとcに小さい鏡が取附

けてある。

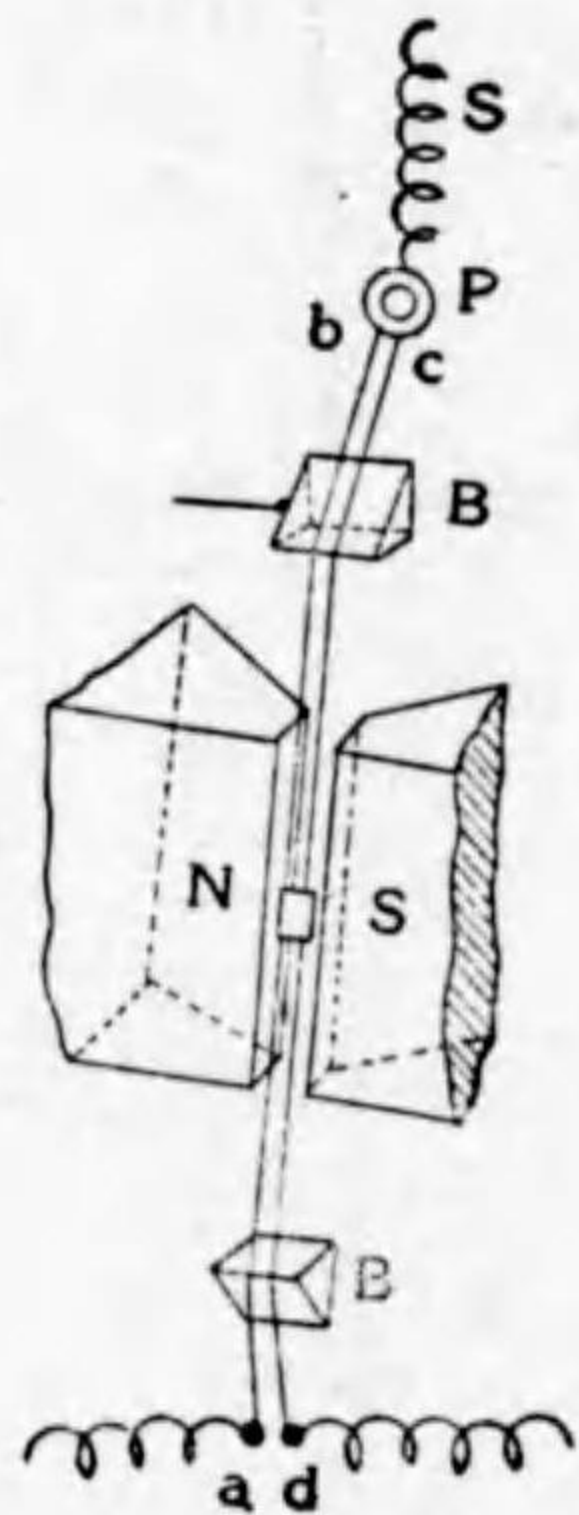
今、測らうとする電氣をaから入れてbから流出させる、導線の部分bに沿つて流れる電氣は、導線bを紙面に直角に(紙の背後に向つて)動かすし、同じ電氣は導線cに沿つて流れ下るから、今度はbと反対方向に動かす、そこでb・cに取附けた鏡は、紙面に平行な軸の周りを廻ることになる。鏡に光線をあて、置けば、廻轉につれて反射光線の方が變化するから、その光を寫真にとればよいことになる。と云ふのは、鏡の偏れる度合が、丁度導線を通る電氣の強さと比例するからである。

導線に流入する電氣の周波數が非常に大きいと、鏡の偏れが伴なひ得ないことになる。その譯は、電氣の効果は鏡を強制的に

動かすのであるから、鏡の自己振動の週期が餘り大きいと、到底鏡は振動を受け入れきれないからである。自己振動數を高めるには導線の張力を大きくし、鏡を小さくすることなど、種々あるが、今の所毎秒三、〇〇〇位な周波性の變化ならば十分受け入れることが出来る。

#### (B) アイントーベン電流計

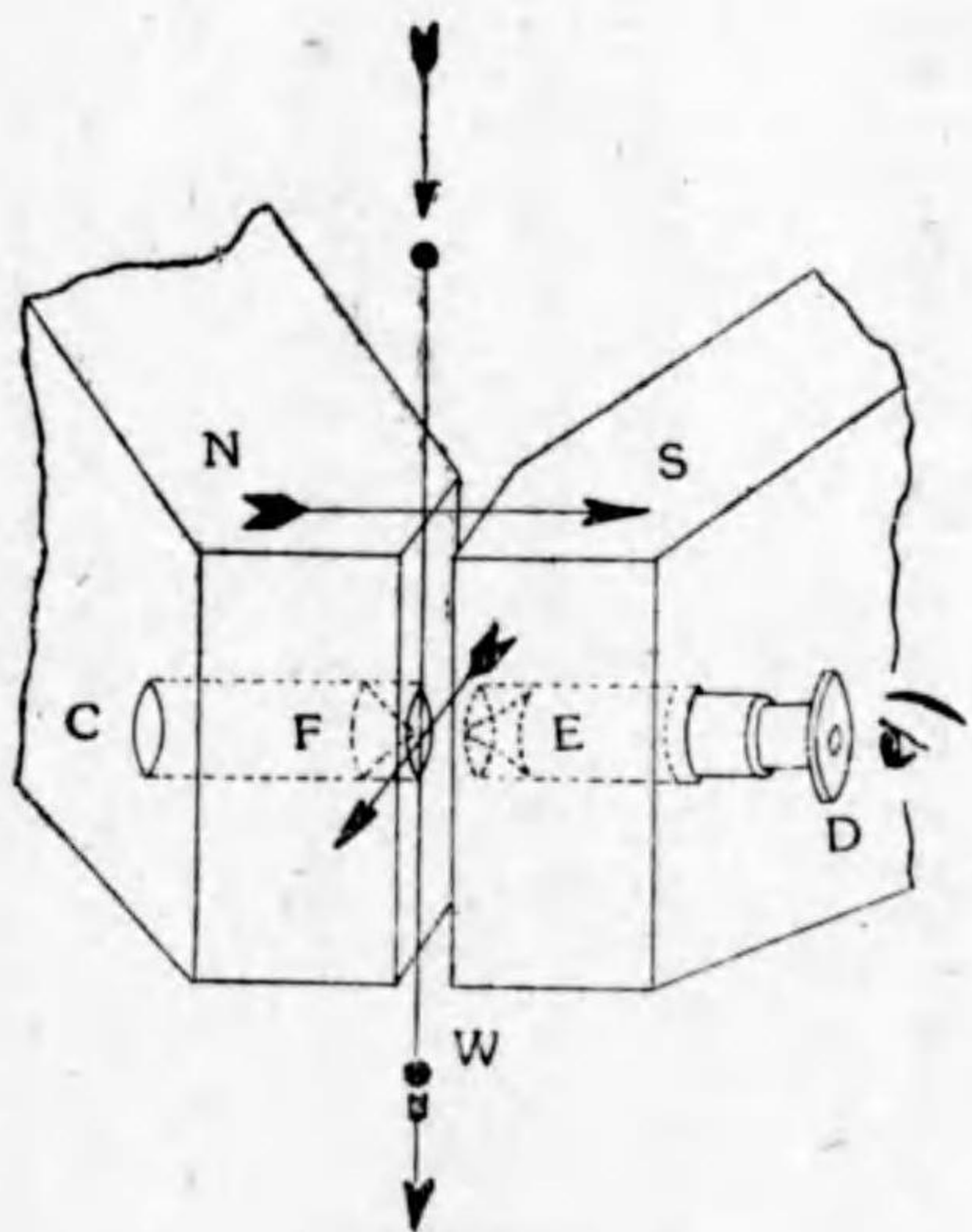
精密工業の過去現在及び將來



第三圖



第四圖 にその要領が示してある。これでは磁場の中央を通じて一本の導線が張つてある。この導線の上の方から電流を送ると、線は圖に示す矢の様に紙面に直角に紙面から離れる方向に動くことになる。磁極には覗孔があつて、それに顕微鏡 E が仕かけてあるから、D から覗くと導線は見る事が出来る。D の所に上下に動くフィルムを置いて寫眞をとると、導線の動き具合がとれる。導線には白金又はタングステン細線の細線も使はれるが、又熔融シリカの細線に鍍金をしたのも使用される。



第四圖

(C) 纖維電位計

纖維電位計はアイントーベン電流計の磁極の代りに電極を用いたものと考へればよい。

第五圖は纖維電位計要部の縦断面圖である。

a が熔融シリカの細線に銀鍍金をした線即ち纖維である。その張力は調整ねじ c・f で加減が出来る。纖維の兩側には、g・h なる板があつて、之に高壓例へば二〇〇ボルトの電池を繋ぐのである。測らうとする電氣を纖維の下端から送ると、纖維は電極 g・h の作用で右

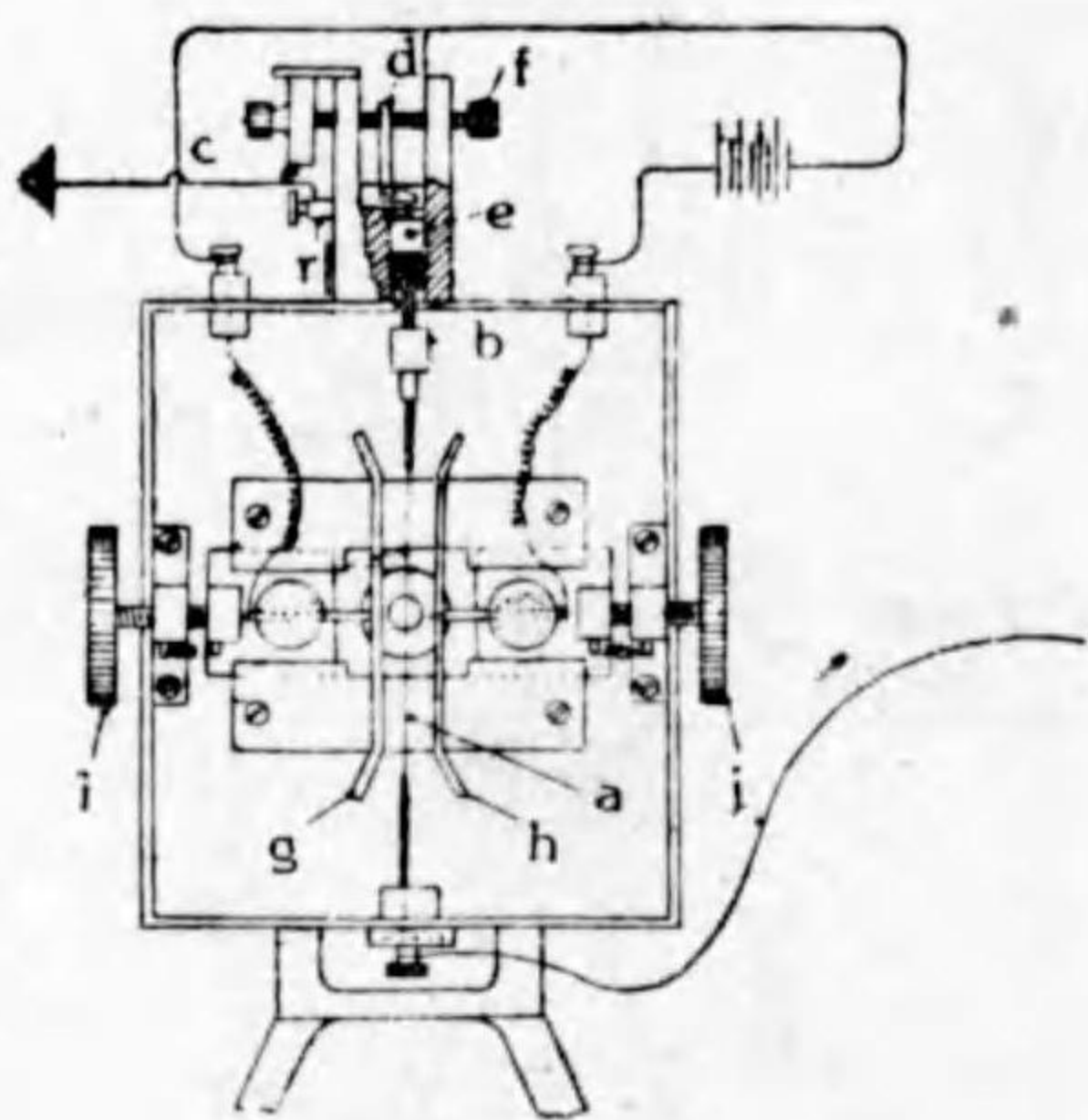
又は左に偏れる、それを顕微鏡で擴大して寫眞に撮るのである。

此の電位計は余り急速な變化には應じ得ないが、使ひ易いために廣く利用されて居る。理化學研究所で製造し

ゐる。

(D) 陰極線オシログラフ

陰極線オシログラフは、現在に於ては急激な變化に應ずることの出来る最良の装置である。其の要領は高度の眞空管を作つてその端に陰陽兩極板を置き、之に高壓の直流電氣を通ずると、陰極板から所謂陰極線が放射される。此の陰極線微粒子は、その質量が  $10^{-17}$  又は  $10^{-18}$  グラムといふ程度の極めて軽いものであると同時に、負の電氣をもつて居るから、電氣にも磁氣にも感じて動くのである。又此の微粒子は寫眞の種板に反應する性質をもつて居るから、其の運動を寫眞に撮ることが出来る。



第五圖

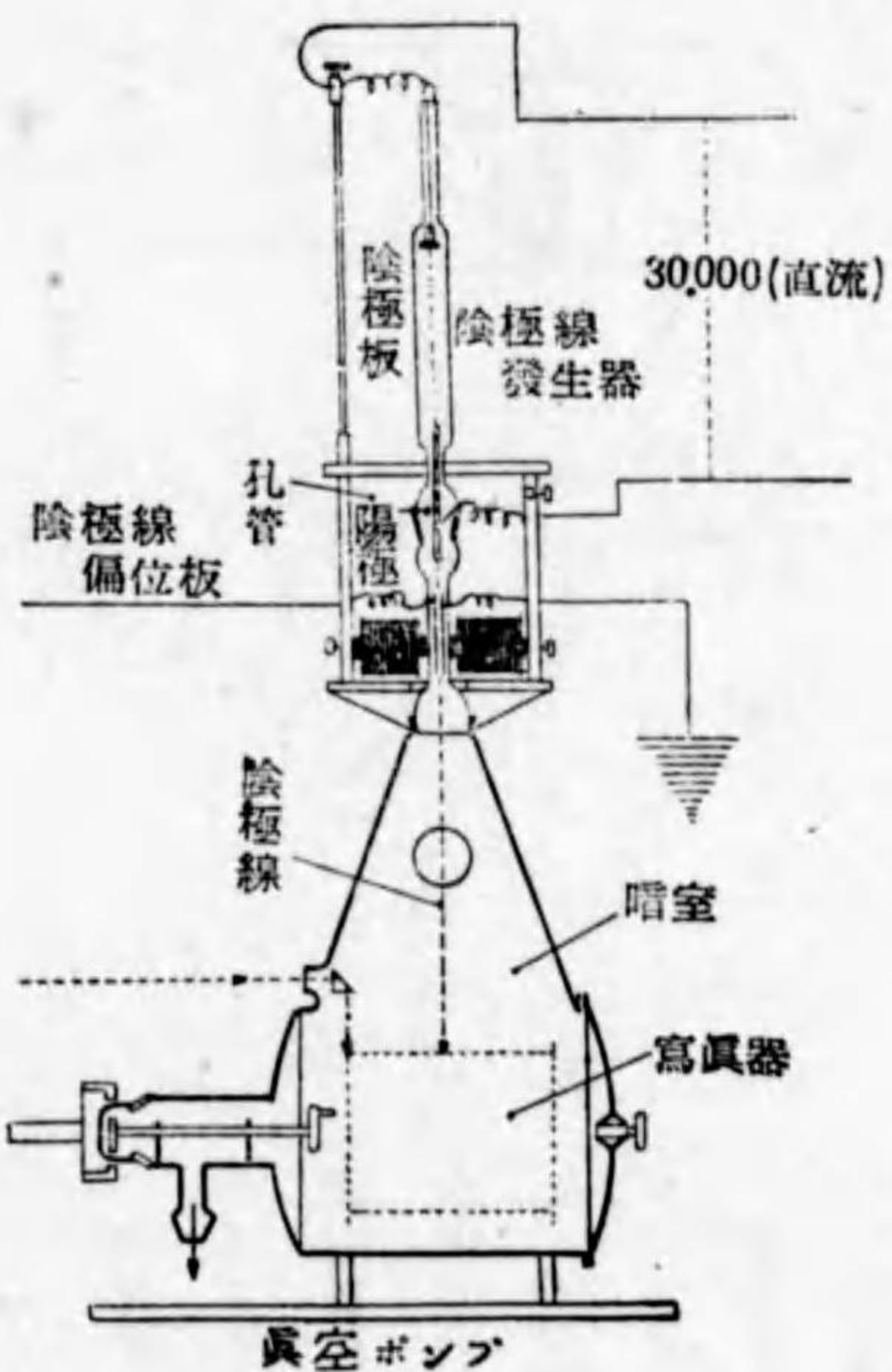
第六圖はチウフル式陰極線オシログラを示す。

陰極線發生管には三〇、〇〇〇乃至五〇、〇〇〇ボルトの直流を送る。此の管は、下部の金屬性暗室の上部に嵌

精密工業の過去現在及び將來



めた硝子管で、其の上端に陰極板（アルミニウム製の一錢銅貨大圓板）を置き、下端に陽極板があるが、之は硝子管の外圍に嵌めたものである。此の陽極の部硝子管の中心に針孔管がある、陰極線は此の針孔管の孔を通つて暗室内に這入るのである。



第六圖

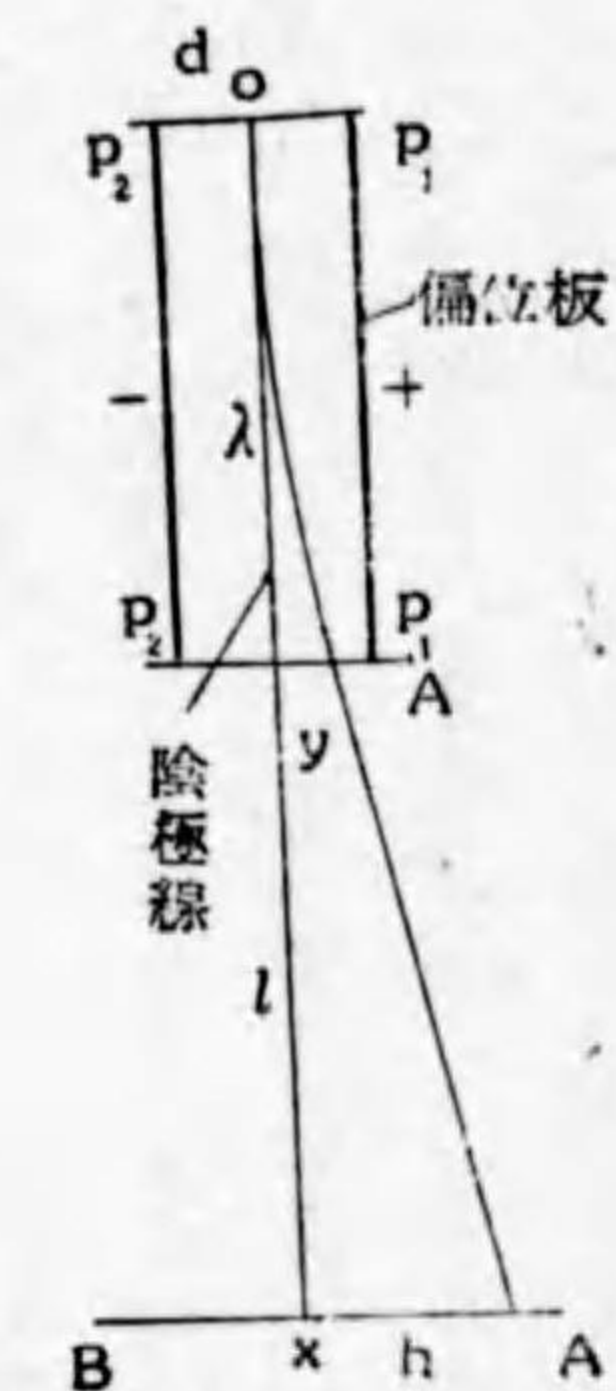
針孔管の下方に二枚の平行な板即ち偏位板があつて、陰極線は此の中央を通過するのであるが、今此の板に、例へば測らうとする電圧を加へると陰極線粒子が前に述べた様に負の電荷をもつて居るから、正電板の方に引かれる、そのために陰極線は次第に通路が彎曲して、偏位板の効果外に出れば直線進路を取る、そこで、種板A B上には（第七圖）だけ

の偏位を生ずる、此の偏位量hは次式

$$h = \frac{e}{m} \cdot \frac{E_d}{v^2 d} \left(1 + \frac{1}{2} \lambda\right)$$

が示す様に、偏位板の長さλ、其の間隔d、電圧E等に比例するのであるから、他のものが同一であるなら、結局電圧に比例することになる。だから、寫眞上の偏位量を測定すれば、偏位板に加へた電圧が決定されることになるのである。

此の装置を用ふると、陰極線の描き出す曲線は、完全とは言へないまでも、偏位板に與へられた電位變化を正確に表して居るものと考へて差支へなからうと思ふ。そのために、現今の電氣關係者は勿論、急激な變化を取扱ふ物理學者機械學者の寵兒である。之によつて多くの未知の現象が闡明されつゝあるのである。



第七圖

一科學機械の發明進歩が、科學全般に投ずる波紋の大きいことは之を以ても明らかである。

## 二 ピエゾ電氣の應用

ピエゾ電氣といふのは、水晶、電氣石の様な物質に壓力を加へるとき發生する電氣のことであるが、此のことは、ラヂウムの發見を以て有名なフランスのキュリーが一八八〇年に發見したのである。壓力を加へると電氣を

精密工業の過去現在及び將來



発生する物質は、其の後多くの研究者によつて発見されて、今では三〇余種もある、斯様な物質は、壓力を加へると電氣を發し、又逆に電氣を加へると機械的の歪を生ずるといふ、丁度可逆の性質をもつて居る、この事が非常に面白い應用をもつて居るのである、その事は後で述べる。

多くのピエゾ電氣物質の内、広く利用されて居るのは水晶である、水晶も二股になつて居ないで、單結晶のものでなくてはならないが、それも切り様があつて、一定の法則に従つて切斷せねばならないのである。その詳しいことは今は略するが、茲に附け加へて置かねばならないことは、水晶は壓迫すると電氣を發するが、其の力を加へたために、壓縮されることは甚だ小さいので、殆どないと云つて佳いのである。之に加ふるに、發生する電氣量は加つた力に比例するから、電氣量を測定すれば加へた力が判り、然も力を加へた點が少しも動かない(壓縮がないから)から非常に好都合である、そのことは、次に説明する双物切削試験機で判る。

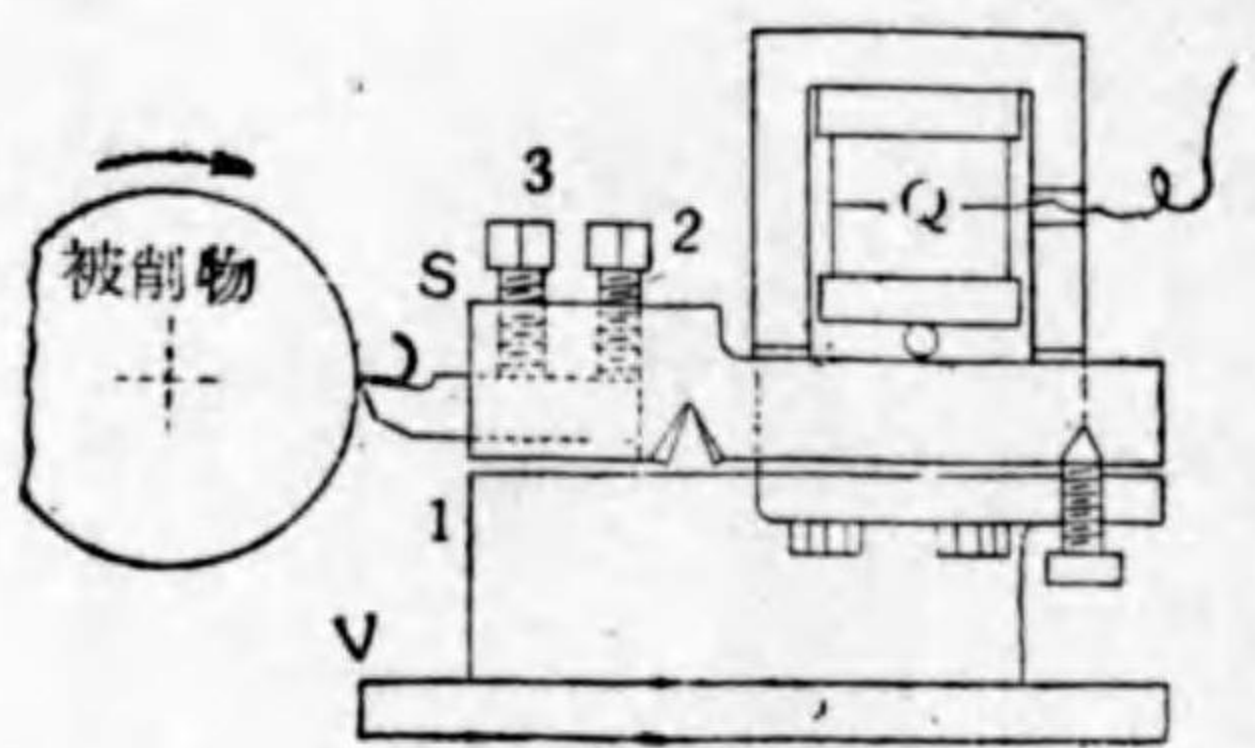
ピエゾ電氣を測定するには、前節に説明した各種電氣計器が最も便利に使用される。

(A) 双物切削試験機

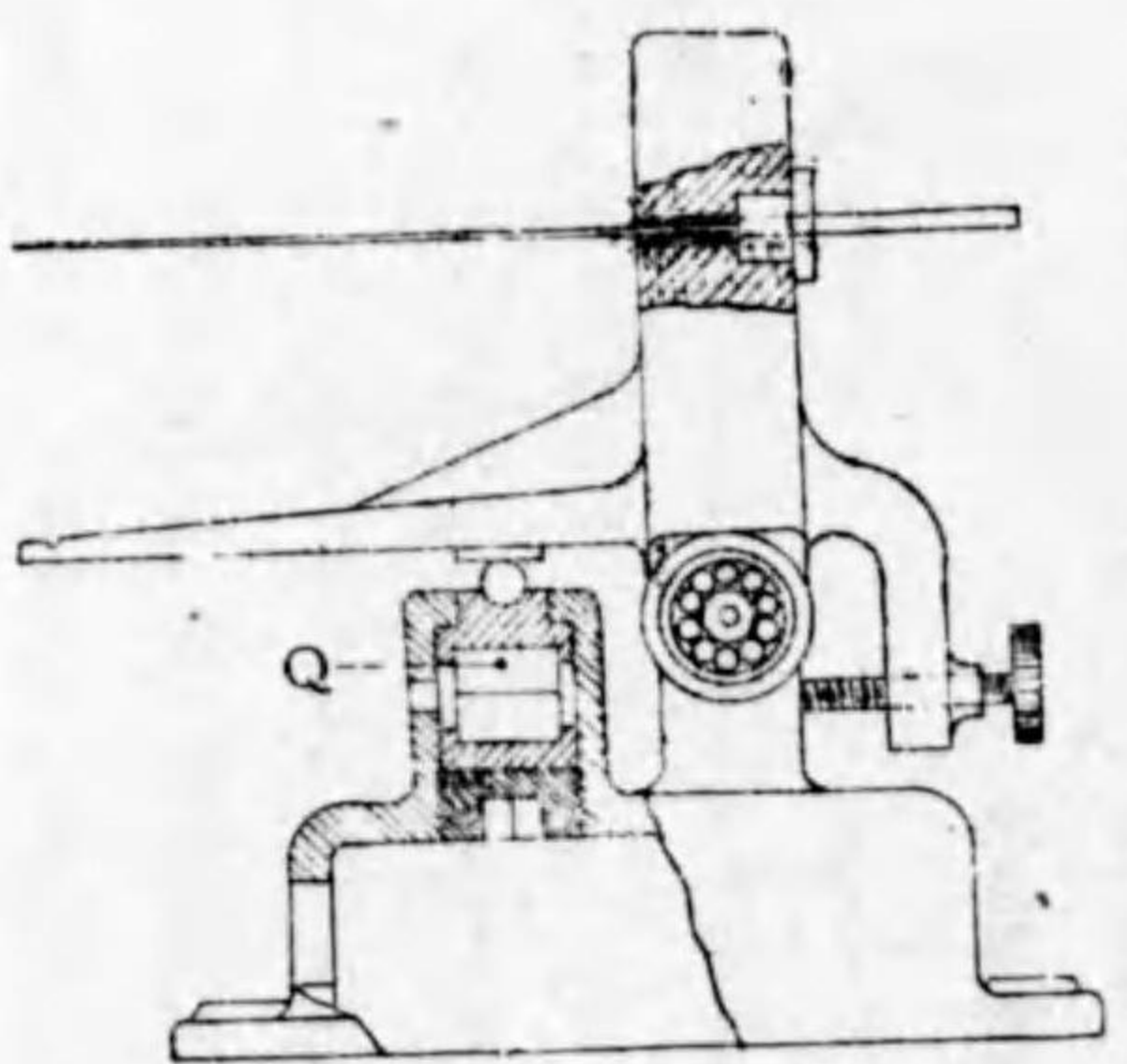
東京帝國大學講師、(現教授)理化學研究所員工學博士大越諄氏は、水晶を應用して各種工具の切削試験機を考案し、それを利用して前人未踏の新天地を開拓した。今其の原理を説明するために、最も簡單な説明的圖が第八圖に示してある。双具Sは、摩擦なく支へられたホルダに取附けられ、双先に作用する垂直の力がホルダを傾けようとする、球を介して水晶Gを壓迫する、此の水晶は固定の匣の中に入れてあるから動かない、此の水晶

二枚重ねて、間に銅板が挿んである。此の銅板に集つた電氣を測れば双先に作用する垂直の力が判る。

前に云つた様に水晶は殆どで壓縮することはないから、双先に力が作用しても、それが下の方に押下げられる



第八圖



第九圖

様なことはない、従つて實際に削るときと全く同一の狀況で双物の試験が出来るこれが有利な點である。(後に述べる双具試験機の項参照)

(B) 針金引拔型試験機

銅金を引延ばすとき用ふる型は、製

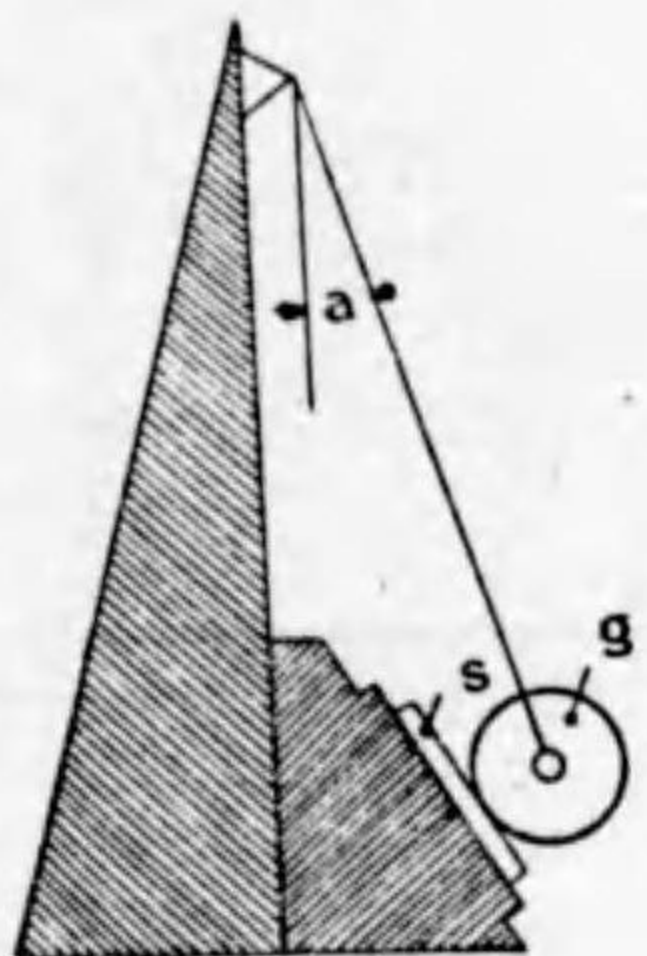
釘工場や電線工場では大切な要具である。此の型は、針金にする金属材料に絞りをかける作用をするので、斯様な場合に、何程の抵抗が作用するか、又は型は如何なる形狀にして置けばよろしいか等は、針金を引く場合の力



を測定すれば自然決定される事である。

第九圖は東京帝國大學佐々木六郎助教授の考案したものである。

(C) 加速度計



第十圖はギアリチン氏の考案になれるが速度計である、sは水晶で、その面に紐で吊された球状の錘gが倚りかかつて居る、此の装置全體が例へば汽車の上のせられて右の方に走るとすれば、其の加速度に比例するだけの力が、水晶板sの上に加はる譯であるからsに發生する電氣を測定すれば足るのである。  
此の様な加速度計は、又地震の水平動を測るのにも使へる譯である。

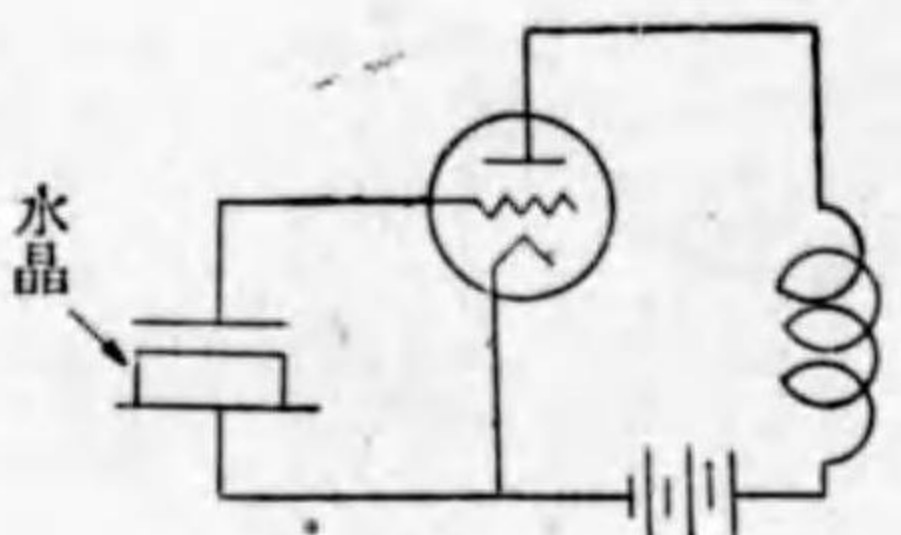
(D) 水晶電氣振動發生器

第十一圖に示す様に三極真空管のグリッドとフィラメントとの間に、水晶板Qを繋なぎ、プレート電路に、インダクタンスを連結し、又或時は、インダクタンスと平行に可變コンデンサを連結すると、連続的の振動電流が發生する、その振動数は、使用した水晶板の固有振動で決定されるのである。  
水晶板の固有振動の周波數fは、振動方向の長さ即ち板の場合には、其の厚さをl種とすると

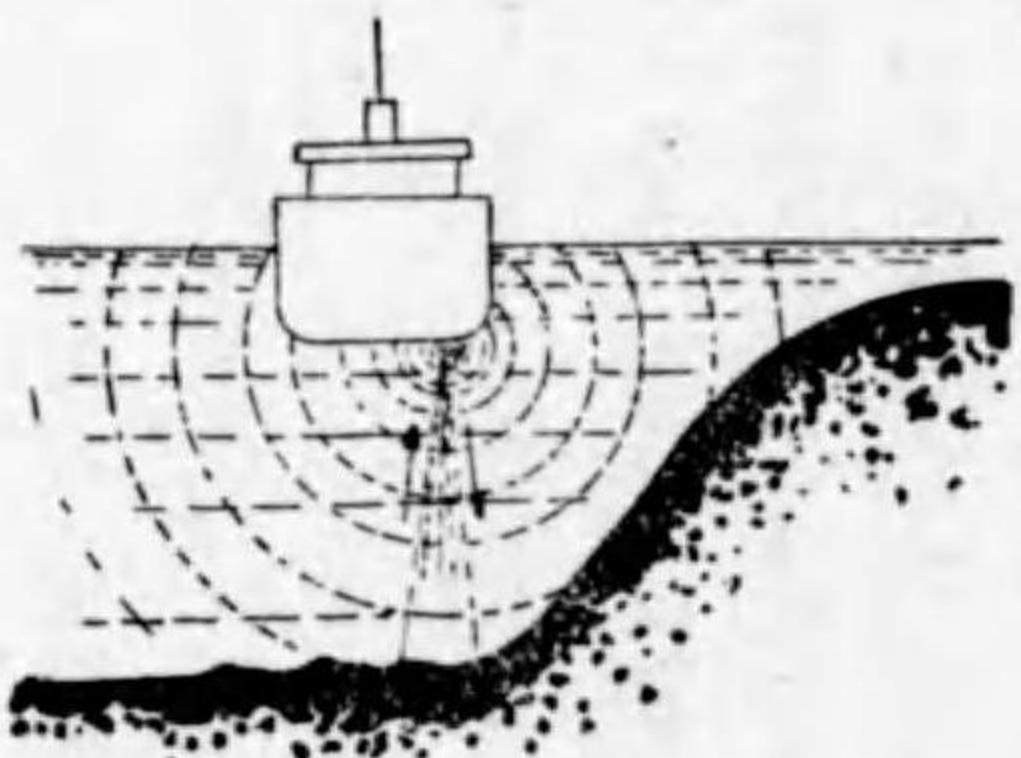
$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} = 2.7 \times 10^5 \frac{1}{l}$$

E = 7.85 × 10<sup>11</sup> dynes/cm<sup>2</sup>, ρ = 2.7 であるから、lを小さくすると幾十萬といふ振動でも得られることになるのである。

(E) 短波測深機



第十一圖



第十二圖

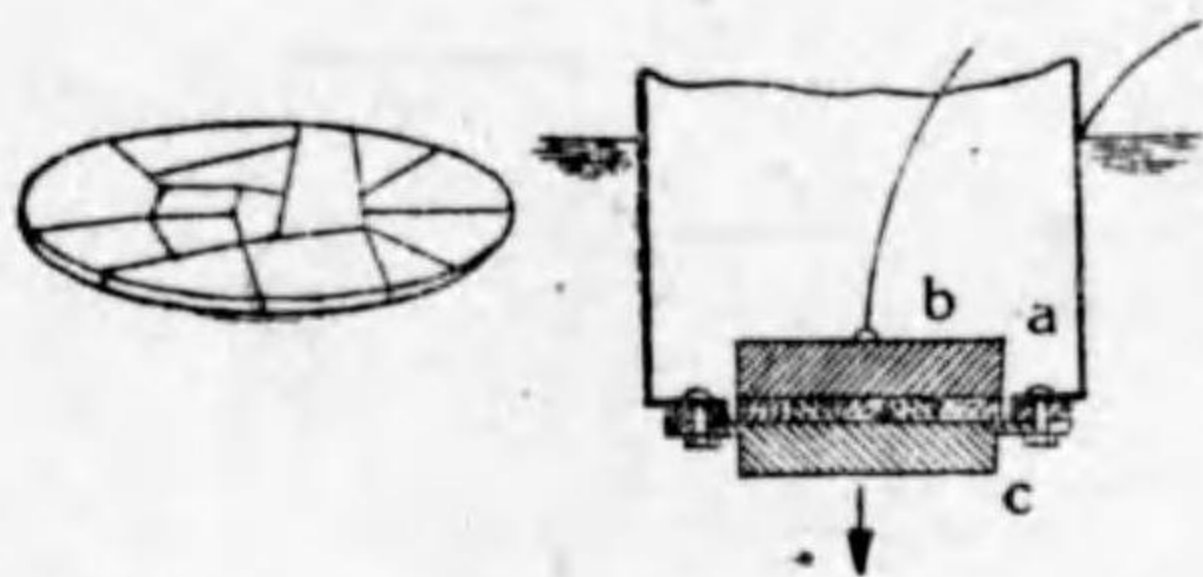
海の深さを測る方法には種々あるが、古來行はれた普通の方法は、錘に綱をつけてその沈む長さで測るのである。斯様な方法では、船を停めて仕ないと正確に測れないのみか、時間がかかるし、又非常に深い所は測れないといふ欠點がある。

音波を用ひて其の反射して來るまでの時間を測ると、音の海中の速さが判つて居るから、自然深さが判ることになる、所が普通の音を水中で發すると第十二圖に示す様に球面になつて擴がるから、果して海底から反射して來たのか、又は横の方から反射して來たのか判らなくなる。又普通の音波は反射性が少なくて、海底が泥であると十分に反射して來ないこともある。



然るに短波長の振動を水中に起すと、其の波動は方向性をもつて居て、球面で擴がらないで圓壱形に擴がる、例へは四〇、〇〇〇サイクルの振動を起すと、第十二圖の様に束蕈狀に傳はる、而して其の圓壱角は波長によるが十二度位である、だから短波長を用ふれば充分に其の目的を達する事になる、フランスのランジュバン教授は水晶を利用して巧に成功したのである。

前に水晶は壓迫すると電氣を發生し、又電氣を與へると機械的振動を起す性質がある事を述べて置いた、ランジュバン教授の測深機は之等の兩性質を巧に利用したのである。



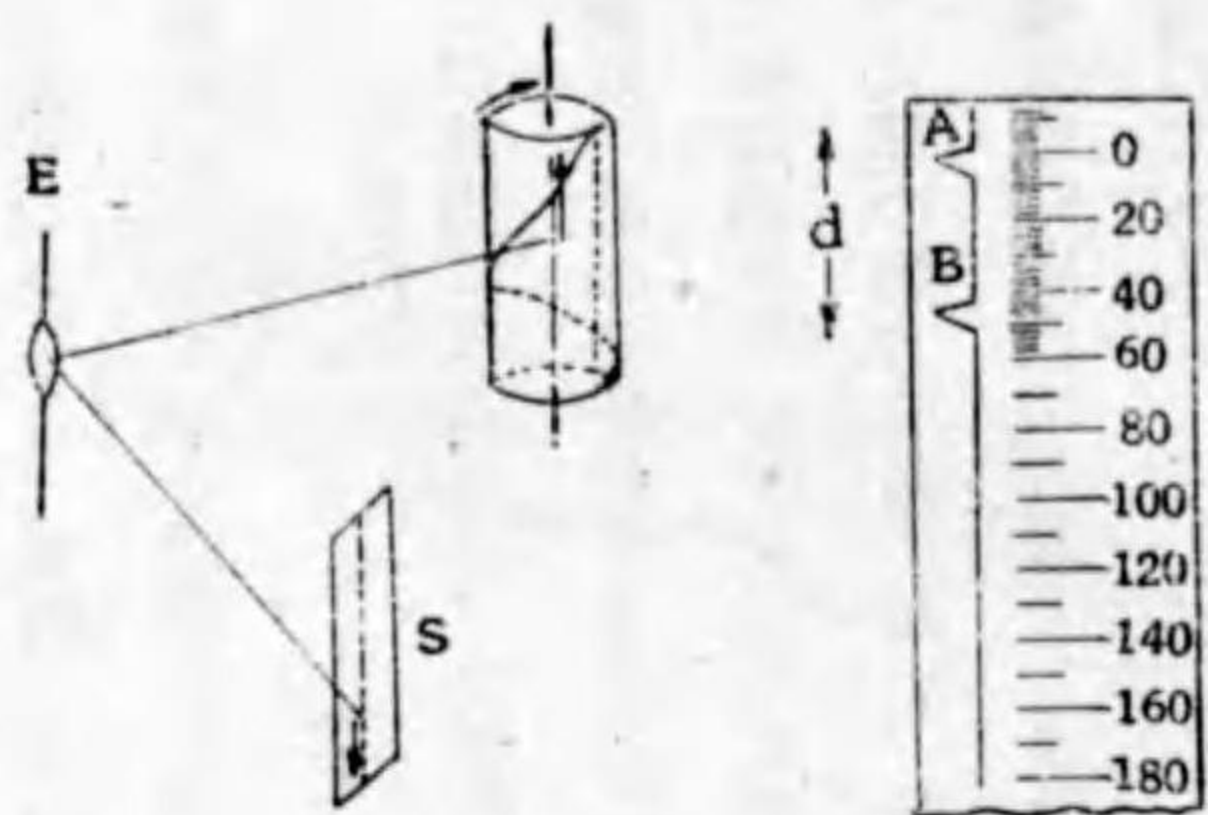
第十三圖

第十三圖は其の要領を示す、即ち厚い鐵板bcの間に水晶板をサンドウィッチの様にして挟んである、兩鐵板に電壓を加へると、水晶板は其の自己振動數に一致する振動を鐵板に與へる。水晶はもともと小さいものであるから、鐵板一面に擴げるだけのものは得られない。だから上圖の左方に示す様に同じ厚さの板をつぎ合せて作るのである。

今板b、cに電壓を一瞬間與へると、振動が海中に傳へられる、此の振動は海底から反射して再び板に衝突する。此の時にはb、cには電壓は加へてないのだから、反射波は板を壓迫する、其の壓迫は水晶に傳はつて電氣を起す、そこで此の電氣を測れば、波が反射して來た時期を知ることが出来る譯

である、即ち水晶は發信器であり、又受信器にも役立つのである。

原理は以上で盡きて居るが、實際問題としては、時間を測つて深さを計算する如き面倒なことはよくない、そこで工夫がしてある、その要領は第十四圖に示してある、其の左圖に見る様に、中空圓筒の周りに蔓卷線狀の孔が切つてあり、其の中心軸に沿ふて長いランプがつけてある。今此の圓筒を廻して縦の細隙から覗くと、光は圓筒に沿ふて上下することになる。其の光を鏡Eにあて、摺り硝子sの上に反射させると、光點はs上を上下することになる。



第十四圖

Eは前に述べたダツテル型オシログラフの鏡である、今鐵板b・cに電流を送つたとき、同時にオシログラフに電流を送れば、Eが偏れる、そうすると上下に動いてゐる光點は、一方にふれて、第十四圖の右に示すAの様になる。次に反射波が鐵板cに觸れたとき、水晶の電氣がオシログラフに通ずる様にしてあるから、其の瞬間に、又Bの様な具合に光がふれる、AからBまでの距離dは、圓筒の速さが一定であれば、音波が發せられてから歸着するまでの時間に一致する。つまり深度の二倍だけ音波が傳はつた時間に一致する。然るに海中を傳はる音波



の速さは判つて居るから、時間の代りに距離即ち深さを目盛つて置くことと直接に深さが判ることになる。海中を音波の傳はる速さは毎秒約一、五〇〇米であるから、七五〇米の深さでも音は發信してから歸るまでに唯一秒を要するに過ぎない。だから、船は走りながら測量が出来る。

此の装置があると、昔數ヶ月かかつて測量して作り上げた海圖でも數日で出来て仕舞ふといはれて居る。又商船に裝備すると暗礁をも探知することが出来る。

(F) 小銃檢壓機

これの説明に入る前に、小銃の發射時に腔内に起る壓力變化の大略を述べて置かねばならぬ。

小銃は、其の銃身長が凡そ七〇〇耗ばかりであるが、その間で、彈丸は靜止の状から出發して、銃口を出るときには秒速約八〇〇米をもつて居るのである。而して其の銃身を動く時間は、一萬分の十二秒位なものであるから、火藥の壓力は實に高い、例へば五、〇〇〇氣壓にも達するのである。

斯様に短時間内に火藥ガスは最大壓に達して、それから膨脹して次第に壓を減じ銃口近くでは五〇〇氣壓までに下るのである。

内燃機が出来てから其の指壓圖を撮るのに苦心して居るが、其のピストン・スピードが今猶秒速一〇〇米位であることを思ひ合はせるならば、如何に小銃内の正確な壓力曲線を得ることが困難であるかと判ると思ふ。

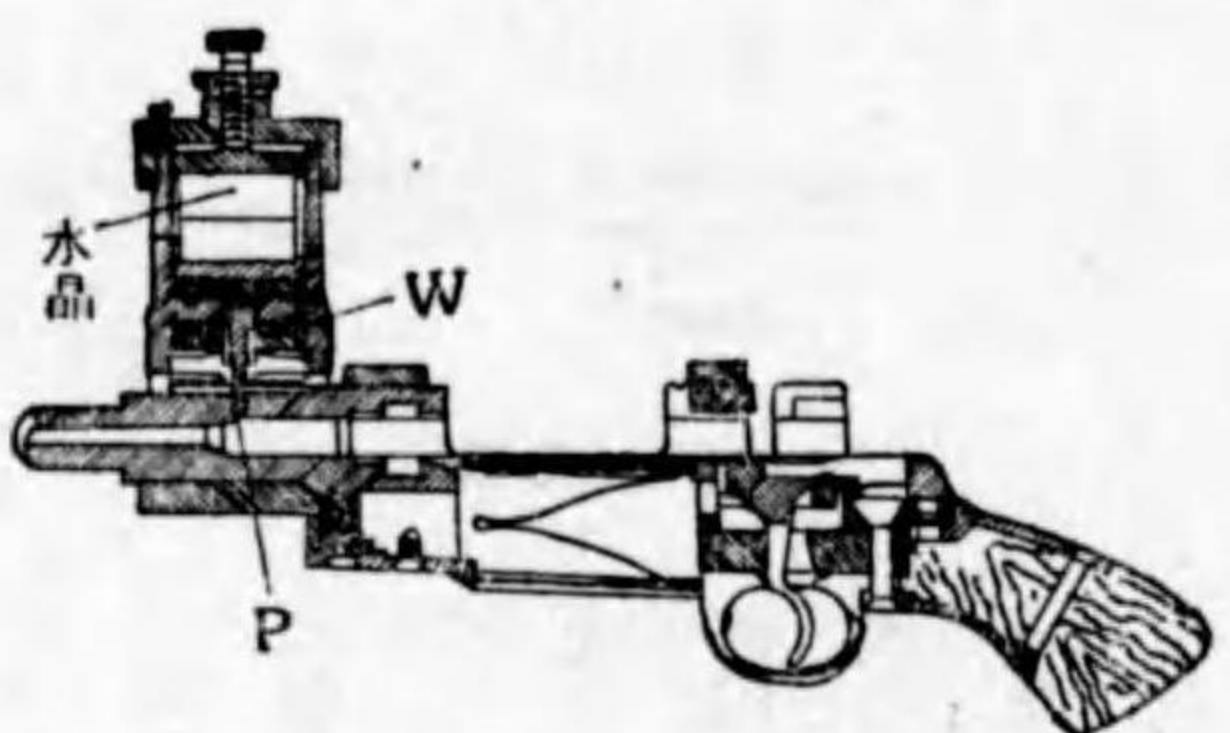
第十五圖は筆者の設計した檢壓銃である。Pは腔壓を受けるプランジャで、銃身壁の孔と十分に摺り合せてあ

る、所謂ラッピングの方法で仕上げたので、摩擦は殆どなく、然も十分氣密性をもつて居る。併し高壓が作用すると多少膨らみ、摩擦を増して、壓力がなくなつた時に原に歸り難い事があるから、その欠點を除くために、プランジャに滑車をフェザキーで取りつけ、發射時に廻す様にしてあ

る、此の方法で、完全にプランジャは零に歸る事を確めた。

水晶に發生する電氣は、前述の陰極線を用ひたのであるから、完全な壓力曲線が得られた、其の詳細は發表の自由をもたぬから茲に詳記することは出来ないが、從來考へられてゐたよりも遙かに壓力が高い事だけを述べて置くに止める。

第十五圖

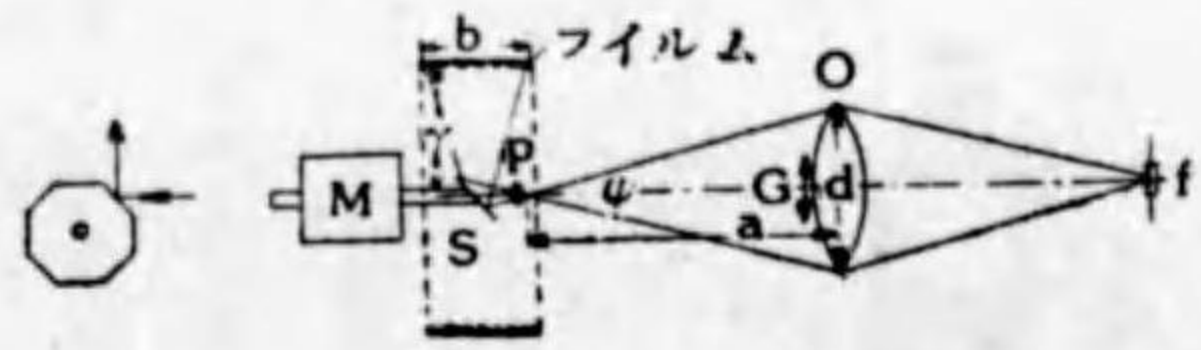


三 超高速活動寫眞

ドイツのクラントツ教授が、今から二〇年前に、電氣火花を用ひて毎秒五、〇〇〇の割合で寫眞を撮つたのが始まりで、其の三年後に他の研究者と協同して毎秒一〇〇、〇〇〇回の寫眞を撮つた、之等の方法は、電動機で廻はされるドラムに捲き付けたフィルム又はプロマイド紙上に撮影したのである、所がフィルムの機械的強さには限りがあるから、周長一六〇〇種のドラムを用ひて毎分六、〇〇〇回以上に高めることは出来ない。だから



斯様な装置で毎秒一〇〇、〇〇〇回の撮影をし、各線が重なり合はない様にするには、個々の像の高さは一・六耗になるフィルムをドラムの内側に貼れば回轉數を高めることが出来るが、同じ撮影回數に對して一八耗の高さを得るにはドラムの回轉數を毎分六七、〇〇〇まで高めねばならない。斯様な回轉數を得ることは到底出来ない。



第十六圖

|| 377,000となる、即ち毎秒約三八萬が撮影數の極大値となる譯である。

尙第十六圖の左に示す様な多角形の鏡を用ふると、撮影回數を殖やすことが出来る。クラントは附け加へて居

同じ目的に對して、次の様な装置も考へられる、之は矢張りクラントが或一寸した實驗に利用したのである。其の要領は第十六圖に示してある。之では高速電動機の端に直角プリズムSが取り付けてある、照明用火花fによつて照らされた対象物Gの像は、電動機から等距離の所に輪形に置かれたフィルムの上に結ばれる、此の装置でも撮影回數を極端に多くすることは實際上不可能である、といふのはレンズOの直径をdとし、電動機の回轉數を毎秒nとすれば、隣同志の像が丁度接するときの撮影回數fは  $f = 2\pi na/d$  となるが、電動機軸からフィルムに到る距離rには無關係である此の式で最大撮影回數を計算してみる。nは六〇〇までは高められる、dは少くとも二〇米なければ佳けない、aは場所の關係と火花の明るさの關係から二〇米以上には出来難いから、結局  $f_{max}$

るが詳細は判らない。

所が、最近クラント教授は、竿頭更に一步を進めた方法を案出した、それが第十七圖に示してある。之では  $f_1$  から  $f_8$  まで八個の火花路を設け、互に連絡しない様に硝子の毛細管中に閉ぢ込めである、Oは直径二〇糎焦點距離二七〇糎の寫真用レンズ、Gは撮らうとする對象、 $P_1$ 乃至 $P_8$ は焦點距離五九糎の八個のプロタールレンズである。 $F_1$ 以下 $f_8$ は種板である。

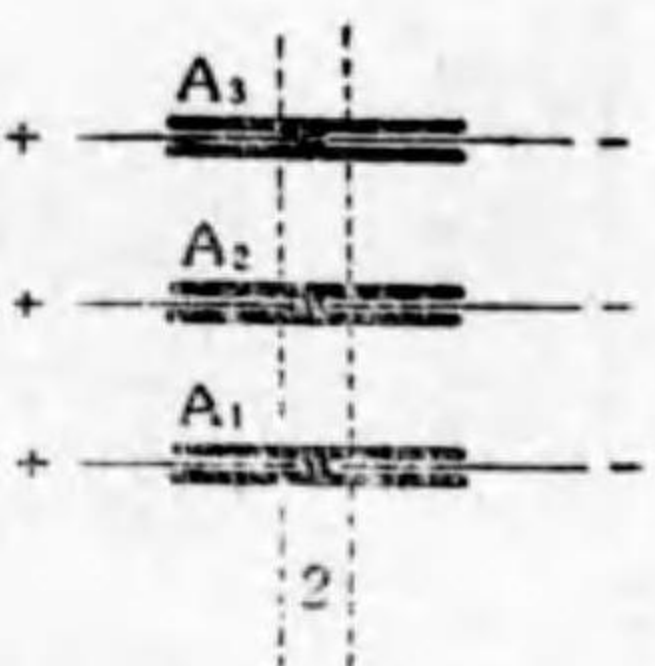
第十七圖

今  $f_1$  以下  $f_8$  までの火花が順次に飛べば、Gの像が  $F_1$  以下  $F_8$  に順次に寫されるといふのである。

問題は火花  $f_1$  以下  $f_8$  も順序よく迅速に作ることであるから、つまり、其の火花が次から次に出来る速さが毎秒撮れる寫眞の數になる譯であるから迅速にやらねばならぬ。それには色々な方法があるが、最も速い一つの方法は、導火線を利用することである即ち第十八圖の導火線2に中央が盲になつた硝子管を挿入して各硝子管には両方から導線を挿込む、雷管を使つて此の導火線に點火すると、爆轟は秒速五、五〇〇米の等速で進んで行くから、硝子管を等間隔に挿入して置けば、之等の硝子管で絶縁されて居た回路は、一定時間隔で順次完成されて行く。硝子管の挿入間隔を五糎とすれば毎秒一〇、〇〇〇個撮影する



ことになる、しかし、導火線の利用は周囲に及ぼす作用や強い爆音のために速くで行ふか、又は安全な密閉容器内で行はねばならぬ。此の方法で毎秒十二萬の割合で撮つた弾丸運動の寫眞を發表して居るが、極めて闡明に撮れてゐる。



第十八圖

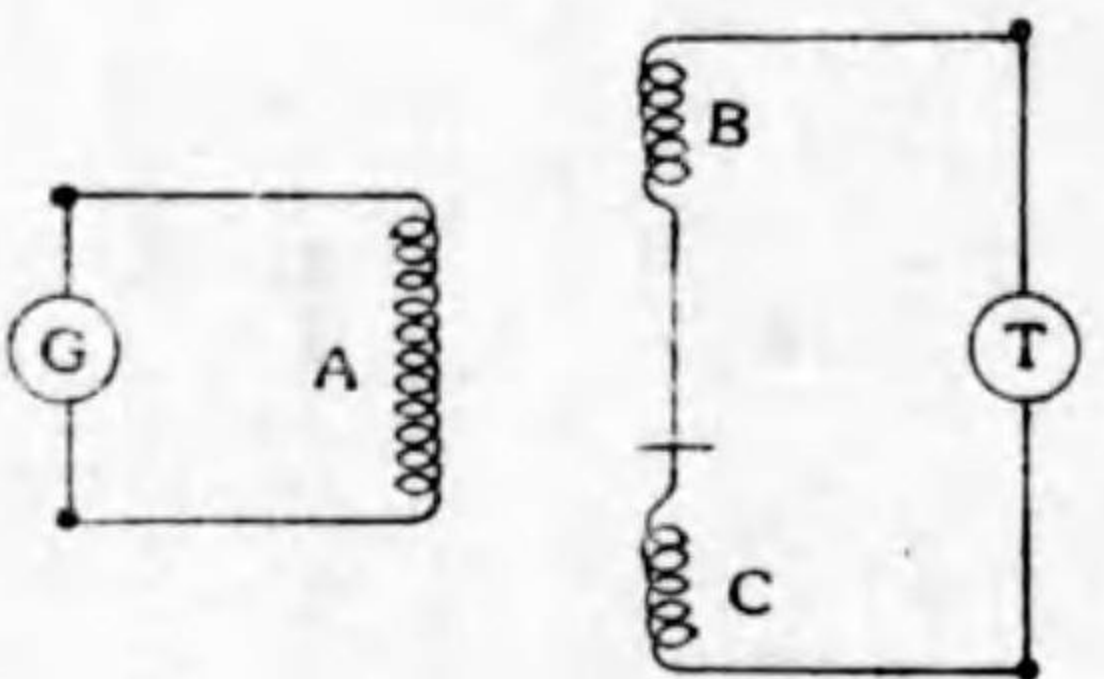
此の方法は物の影を撮るのであることは自然了解が出来ると思ふ。栖原豊太郎博士は、前出第十六圖の左に示してある多角形の鏡(但し角錐形)を用ふると類似した方法で、現在まで約毎秒六萬個の寫眞を撮つて居る。之は普通の寫眞の通りに撮れるから大に具合が佳し、又同博士は進んで一〇萬又はそれ以上の方法を考へてゐると聞く。

#### 四 地下埋藏物の發見裝置

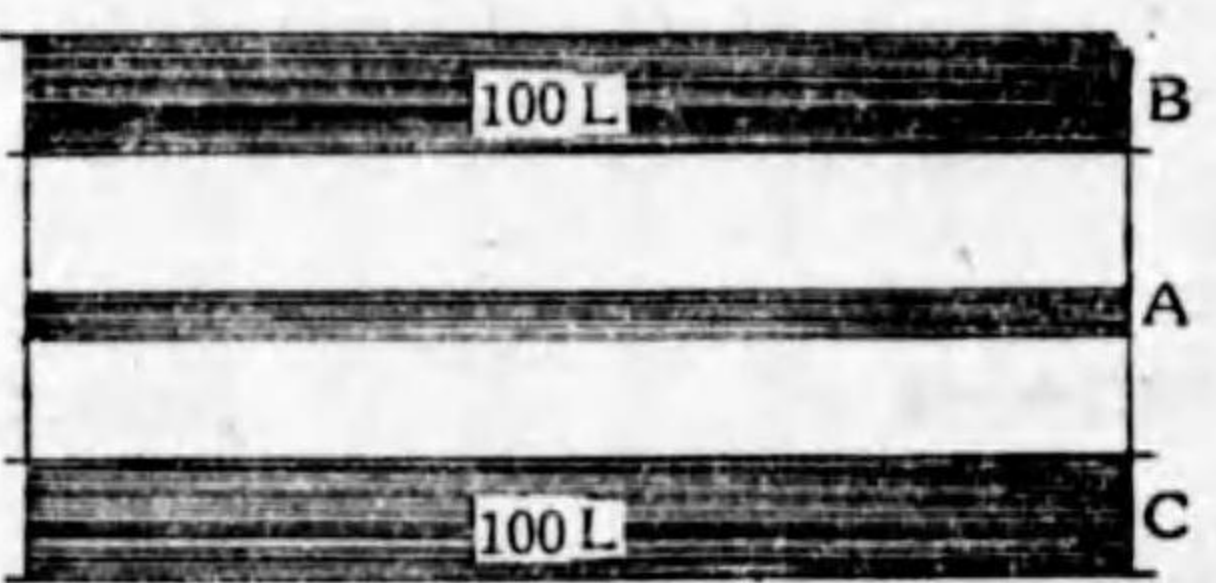
地下に埋藏されて居る礦物の發見、又は地質の調査等をするための裝置は從來種々の方法が提案せられて居る、例へば爆薬を爆發させて地面の振動の狀況を測定する如き方法もあるが、未だ充分に効果を擧げて居ない。今茲に説明するのは、アメリカで實施した方法である。

アメリカのバージニア州のラングレー飛行場に實驗用水槽を新設するため、地面を掘返へさねばならぬいつた

が、其の地は嘗つて空中爆彈を投下して不發彈が地下に埋没して居るから、それを先づ掘り出して置かないと危険であるといふので、以下説明する裝置を考案利用したのである。



第十九圖

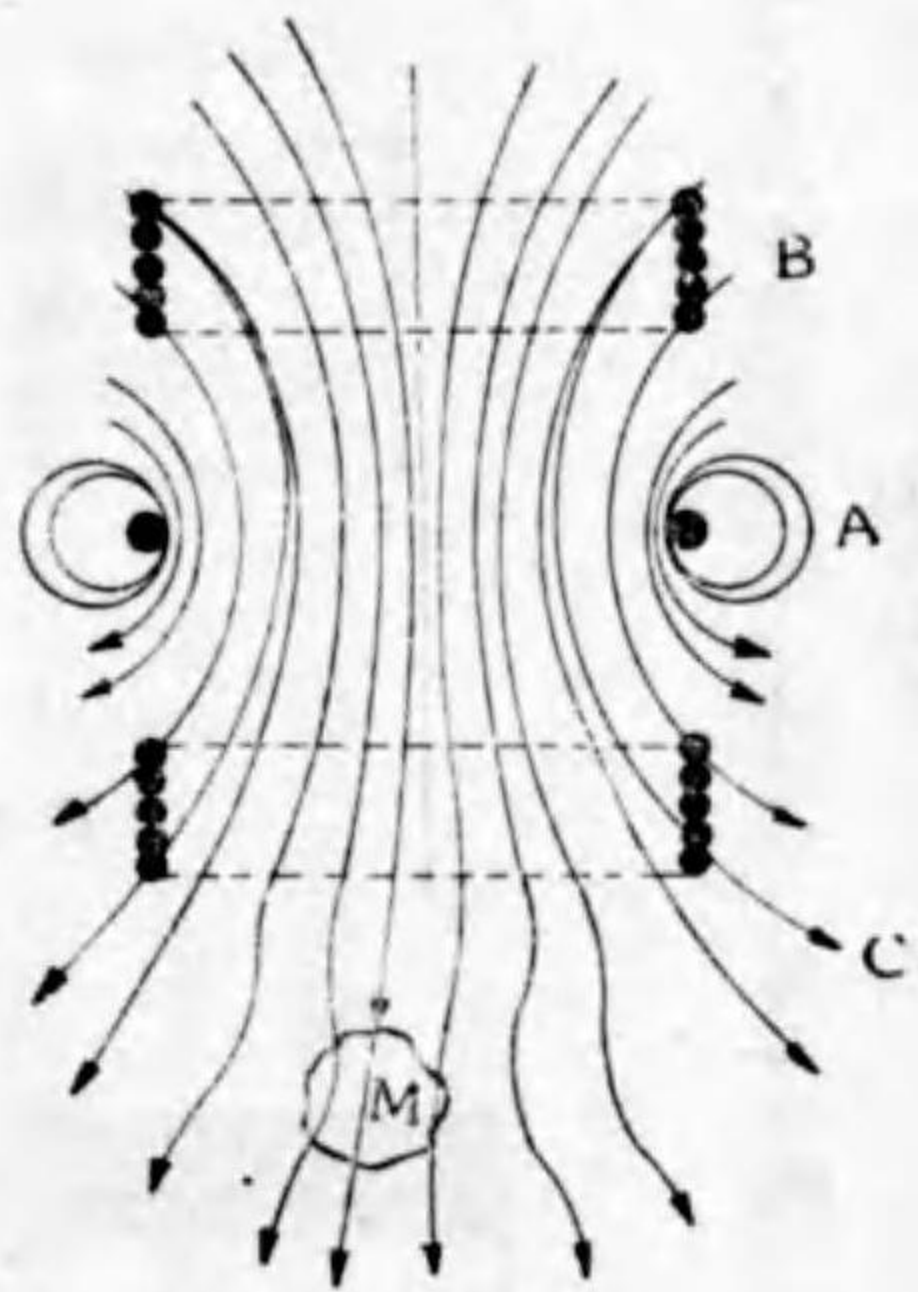


第二十圖

其の要領は、第十九圖に示す様に、コイルAに高周波の電氣振動を作ると磁力線がコイルB・Cに電流を誘起する筈である。併し之等の作用は丁度互に相殺する様になつて居るから、磁場が均等であれば、コイルB・Cの電路に入れた受話器Tには、何の音も聞えないが、若しB・C何れかの附近に磁場の不均等を起すものがあるならば、B・Cの平衡がなくなるから、受話器に音を聴くことが出来る。此の裝置の

要部はコイルであるが、其の構造は、第二十圖の様に木框の中央に前述のAコイルを、又上下にB・Cを捲いてある、B・Cは一つの輪道を作つてゐる。之を操作してAに高周波を送ると、磁場が均等ならば磁力線は第二十





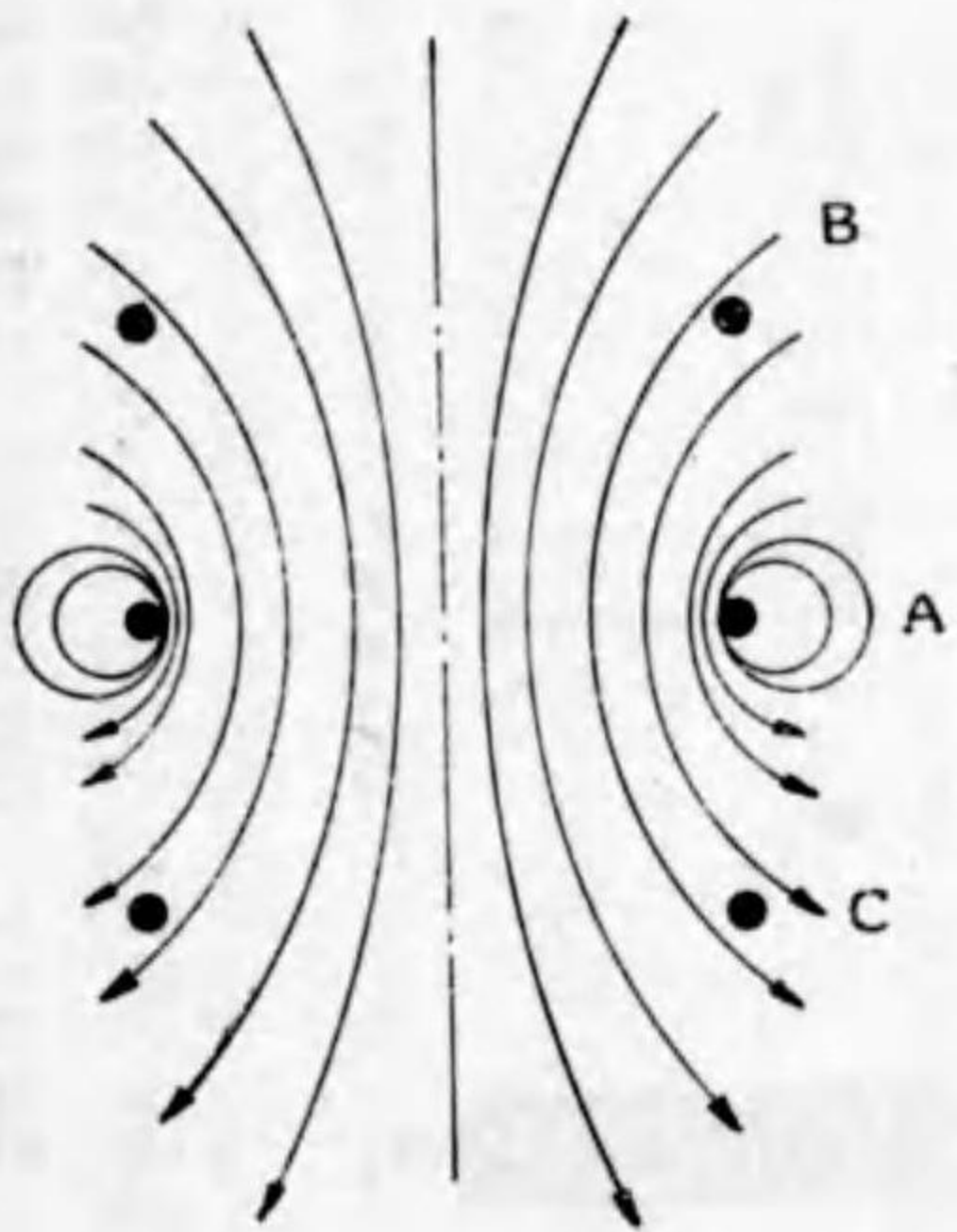
第二十二圖

圖の様になつて来るが、若し第二十圖の如く、金属片Mがあると、磁場が不均等になつて其の効果が輪道B・Cに感應して、聽音器Tに音を聴くことが出来る。

此の方法で一日に數個の彈丸を發見することが出来たといふ。尤も其の深さは一〇呎以内であつたといふ。

### 五 不可視光線の應用

吾々の肉眼に見ることの出来る光線は、其の波長が凡そ〇・四—〇・八ミクロン（ミクロンは千分の一耗）の間にある。不可視光線といふのは、波長が此の極限外にあるものゝことである。X光線も亦不可視光線の一つであるが、其の波長は實に驚く程小さく、 $10^{-7}$ 乃至 $10^{-10}$ 程程度である。



第二十一圖

X線が醫學上及び理化學上に廣く用ひられてゐることは、今茲で更めて述べるまでもないことと思ふが、吾々に特に興味を惹く應用は、結晶性物質の原子構造の探究や其他金属材料の内部の瑕を發見するに使用されることである。

以上の外の不可視光線は所謂紫外線と赤外線とである。紫外線の波長は肉眼に感ずる光線よりも短く、赤外線は長いのである。

### (A) 紫外線の應用

紫外線は太陽光線中にも含まれてゐるが其の多量を發生させるには水銀燈を用ふる。醫療用としては所謂太陽燈の名で知られてゐるものである。紫外線が醫者によつて近年著しく弘く用ひられてきたことは周知のことであるが、それ以外に面白い應用がある。それは、強い紫外線で照らすと、物質の差異を頗る明瞭に見分けることが出来ることである。例へば綿入りの毛布を此の光線に當てゝ見ると、綿と毛とは色を異にして見えるから、一目して馬脚を露はすことになる。又防腐劑を入れた清酒は直ちに判別が出来るし、眞珠の眞擬の區別も出来る等、應用の範圍は極めて廣いのである。

### (B) 赤外線

赤外線は肉眼に見える光線よりも波長が長く、紫外線よりも遠距離に達する。暗夜に寫眞を寫したり、又は遠距離と祕密信號をしたりするのに利用される。そのことは次節で説明するから今茲には略する。



## 六 光電管と其の應用

光電管は普通の電球の如き硝子球の内面に、ソチウム、ホツタシウム、ルビヂウム、カルシウムの様な、所謂アルカリ金属又はカルシウムの如き金属の薄層を附着したもので更に管の中央には金属の環G(第二十三圖)を入れ、之を管外に導きて陽極Aとし、又前記金属層からは陰極導線Cが取出してある。又球の内面には唯僅かの明り窓を残す外は銀メッキがしてある。

今此の明り窓から光が入ると、AとCとに連結してある電池の電流は流れ、光を止めると電流は通らなくなる。此のために、俗に**電氣の眼**と稱へて各種の應用がある。

吾人の眼でも各種波長の光に對して同一の感度を有するものではない、それと同様に、光電管でも、其の内面に用ひてある金属によつて、感ずる光の種類に相違がある。併し吾人の眼よりも佳いことは、赤外線や紫外線の様な吾人の見る事の出来ない線にも感ずることである。此の事が光電管の應用を益々廣からしめるのである。

電送寫眞やテレビジョンは、此の光電管發達のお蔭である。

### (A) 電送寫眞

例へば電送し様と思ふ寫眞の種板又はフィルムに、細に光線を送り、反對側に光電管を置き、種板を動かすと、其の黒い部では光を通さないで、白い所では光を通す。だから、光電管の方では黒い部では電流を流さずに、白い

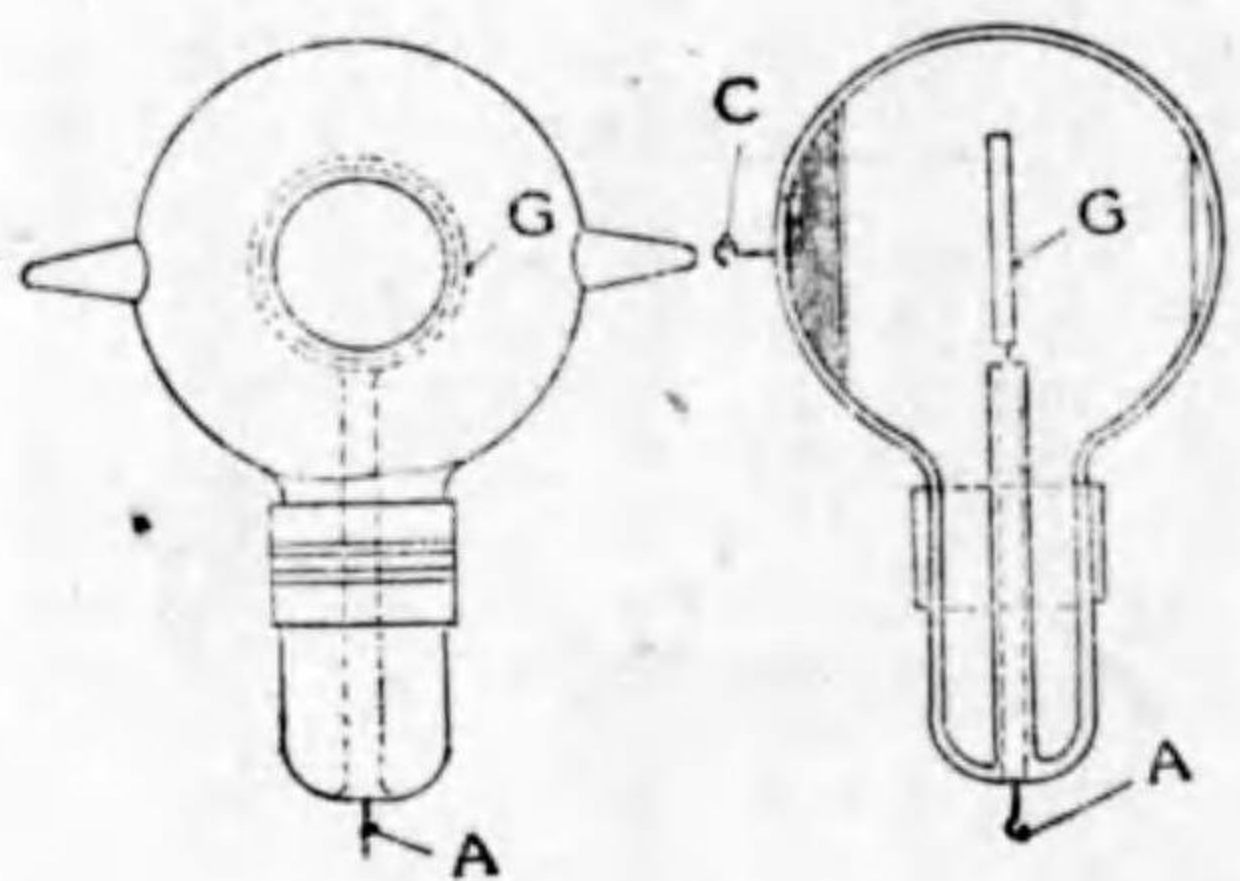
部で電流を通すことになる。此の電流の量は濃淡の度に比例するから、光電管中の電流の強さを測れば其の強弱が濃淡を表すことになる。だから残る問題は此の強弱の電流を如何にして再び光に變じ寫眞にするかである。

何れにしても、光電管を流れる電流は弱いものであり、更に迅速に動作するには惰性のない計器を應用しなければならぬ。それには前述のオシログラフが便利である。日本電氣株式會社の丹羽博士の考案された電送寫眞装置は、矢張りオシログラフを用ひて、その鏡の偏れの程度が光の強弱に比例する様にした所に新規な點があるのである。

### (B) テレビジョン

テレビジョンは、要するに電送寫眞を迅速にして、時々刻々の狀況を寫眞に撮る代りに、肉眼で直接見える様にしようといふのである。つまり電送寫眞とテレビジョンとは、幻燈と活動寫眞との相異と同じ相異がある。吾人の眼に寫つた印象は十六分の一秒間は残つてゐるのだから、

次の狀況を此の十六分の一秒以内に眼に映せしめると、前の事象と次の事象との相異を眼に感ぜしめることが出来るといふのが、普通の活動寫眞の原理であるが、テレビジョンも同様に、此の十六分の一秒といふ時間は動か



第二十三圖



せない極限の値である。それ故、一つの状況を完全に送つて了つてから、次のを送るまでの時間は少くも此の十六分の一秒以内でなければならぬ。つまり極めて短時間内に一つの場面の状況を送つて仕舞はねばならないから、送る方にも受取る方にも餘程惰性のない計器を用ひなければならぬ。そのために、前述の陰極線オシログラフの類が最も廣く利用されんとしてゐるのである。

(C) 盗難警報装置

光電管は肉眼には見えない光線にも感ずるから、其の性質を應用すると、盗難豫防装置が出来る。

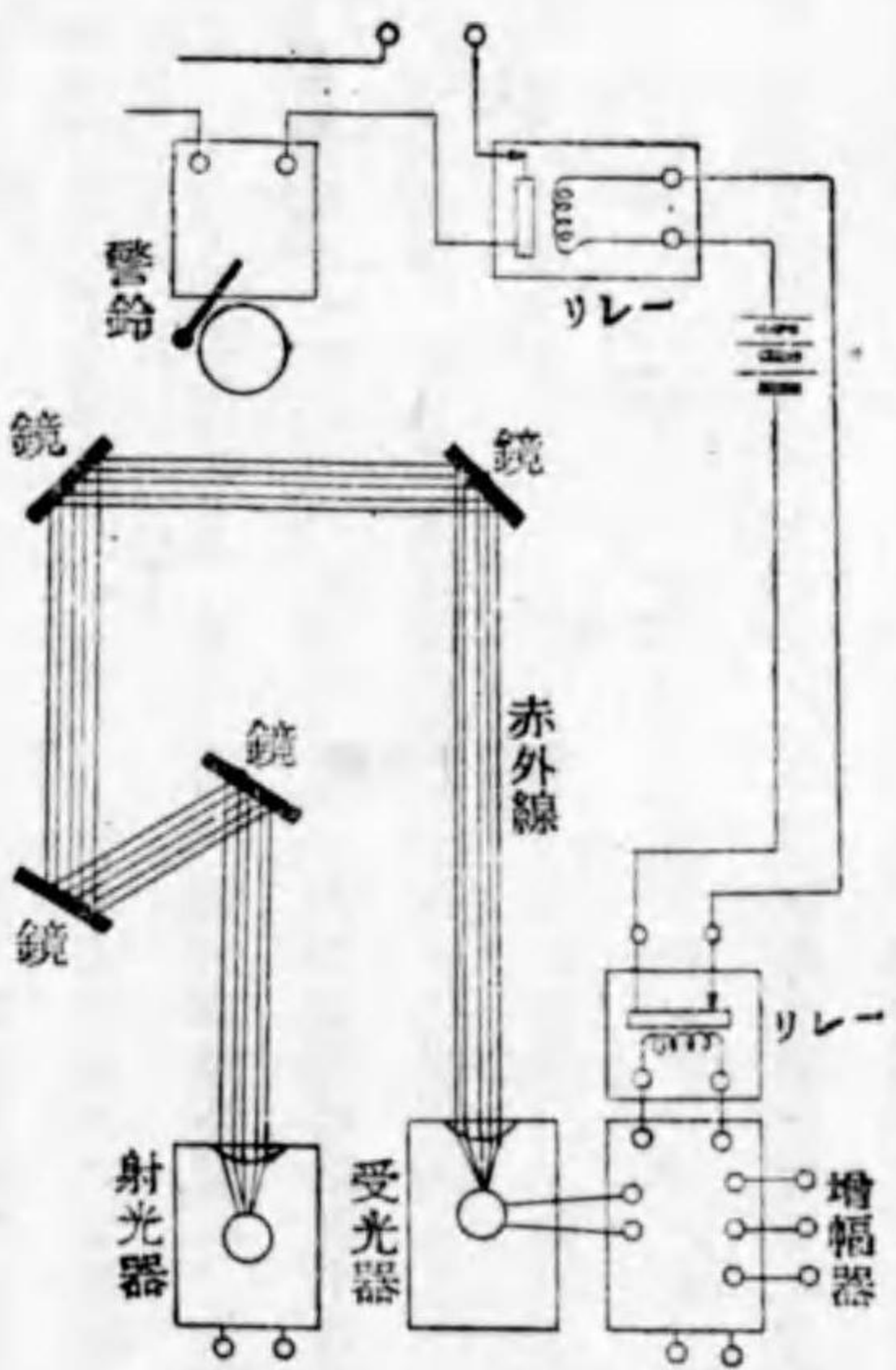
第二十四圖は其の構造の一例である。

射光器は赤外線を發する装置で、之れから出る光は全く眼に見ることは出来な

い。此の光も、普通の光と同様に反射の法則に従ふから、其の通路に、必要に応じて幾個かの鏡を置き、結局受

光器に達する様にしてある。此の受光器が前述の光電管である。

今何物かが赤外線の通路を横切ると、其の瞬間に光電管に入る赤外線がなくなるから、今迄光電管を流れてゐ



第二十四圖

た電流は急に止まる、それを利用して警鈴を鳴らすのである。だから、赤外線を家屋の入口、金庫の前等を通過させて置き、警鈴を枕元に仕掛けて置けば、家人は安心して眠れる譯である。

(D) 其の他の應用

光電管は光を電氣に變へる装置であるとも考へられるから、光の強さを電氣で測ることに應用される理である。此の方面の光電管の應用は、將來工業上にも大いに發達するものと考へられる。現にドイツではビスケットを焼くのに應用して焼き損ひがない様にしてゐると傳へられる。

又アメリカでは、光を切ると電流が止まることを利用して、カフェーの女給が料理をもつて戸の前までくると、戸は自然に開き、通り去れば自動的に戸が締る様になつた仕掛けが今盛に用ひられてゐるといふ。

七 ネオン管とその應用

眞空硝子管の中に低壓のネオン瓦斯を封じ込み、之れに眞空放電をすると、電壓と瓦斯とによつて各種の色の光を發する。之れは今ネオンサインとして知られ、廣告用に廣く用ひられてゐることは周知の事柄である。此のネオン中の放電には、所要の電力が少なくて足りること、今一つは、電力を去ると瞬間的に光が消滅するといふ利點がある。此の第二の利點には面白い應用がある、それは「ストロボスコープ」と稱える計器である。これは廻轉状況を見るのに用ふるものである。速く回轉してゐるものは其の儘肉眼で見ることが出来ないが、若し一回轉



に丁度一度づゝ之れを照らしてみると、廻轉體の同一點が同一の箇處にきたときのみを照らすことになるから、其の物體は恰も静止した如く見える。此の時用ふる光は瞬間的に明滅しないと明瞭に見えない。それにはネオン放電は極めて都合が良い、斯様な目的にネオンランプと稱えるランプがある。それは、平行に（普通螺旋に）引いた細い針金の間に放電させる様にしたものであるから、電壓も低くて間に合ふし、甚だ便利であるが、併し電流の斷續を普通の音叉の如きものでやせさせたのでは、光の強さも矢張り正弦曲線的になるから、變壓器の構造を特殊なものにして、ランプに送る電流を瞬間的に斷續させる様にする必要がある。送る電流さへ瞬間的ならばランプの方は少しの惰性なく明滅するのである。

此の原理を應用すると、回轉數を測る計器が出来る。

### 八 孔壁検査機

工作品の外面を検査することは、比較的容易なことであるが、孔の内面検査は容易でない。大砲、小銃は其の機能から云へば、外面の仕上げはどうでも佳いので、大切なのは内面である、そのために大砲の場合には昔から腔内検査機と稱へて、プリズムを利用し、腔壁の像が砲身の端外から見える様にしたものが用ひられて居たが、小銃の場合には、内径が六耗位よりないのであるから、多少困難があつた。然るに、十數年前、我國では理學博士中村精二氏が特殊な検査機を考案され、我陸軍で之を使用し、甚だ優秀な成績であつた。其の後アメリカの標

準局で之と類似なものを考案して、更に改良を加へて活動寫眞式に連續的に内部の狀況を寫眞に撮る装置を作つて居る。



第二十五圖 孔壁検査機

第二十五圖はドイツのホルモルゲンが考案して賣り出して居るものである。つまり一端に豆ランプを點じ其の光で腔壁を照らさせ、其の反射光線をレンズで絞り、腔端に像を結ばせて見るのである。

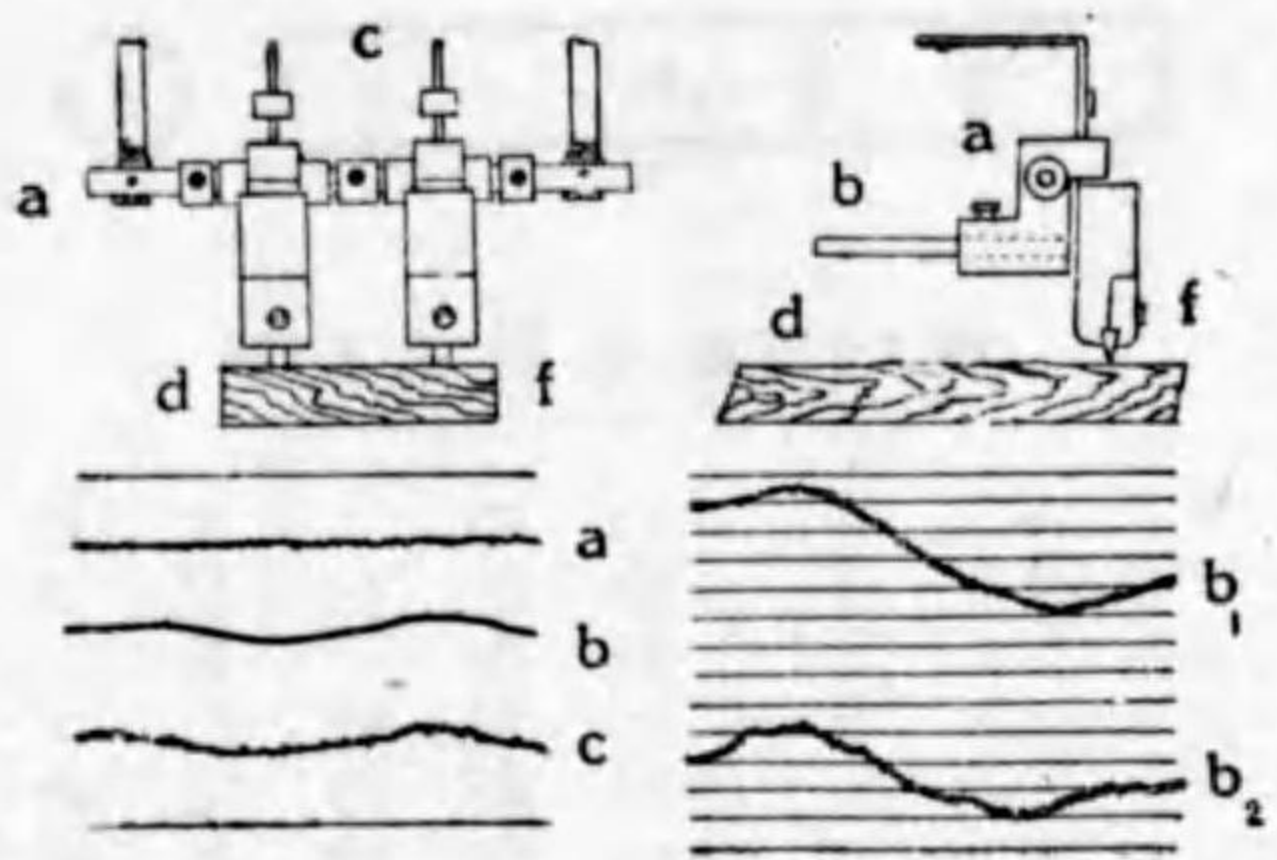
此の種の検査機は、一般に孔製品の検査は勿論、水管式汽罐用管の腐蝕程度等を取調べるのに甚だ便利で、圖に示す様なものが我國にも多數輸入された、此の種のもは醫者も内腔の診察に用ひて居り、又更に胃の内壁狀を寫眞に撮る機械もある。

### 九 仕上程度試験機

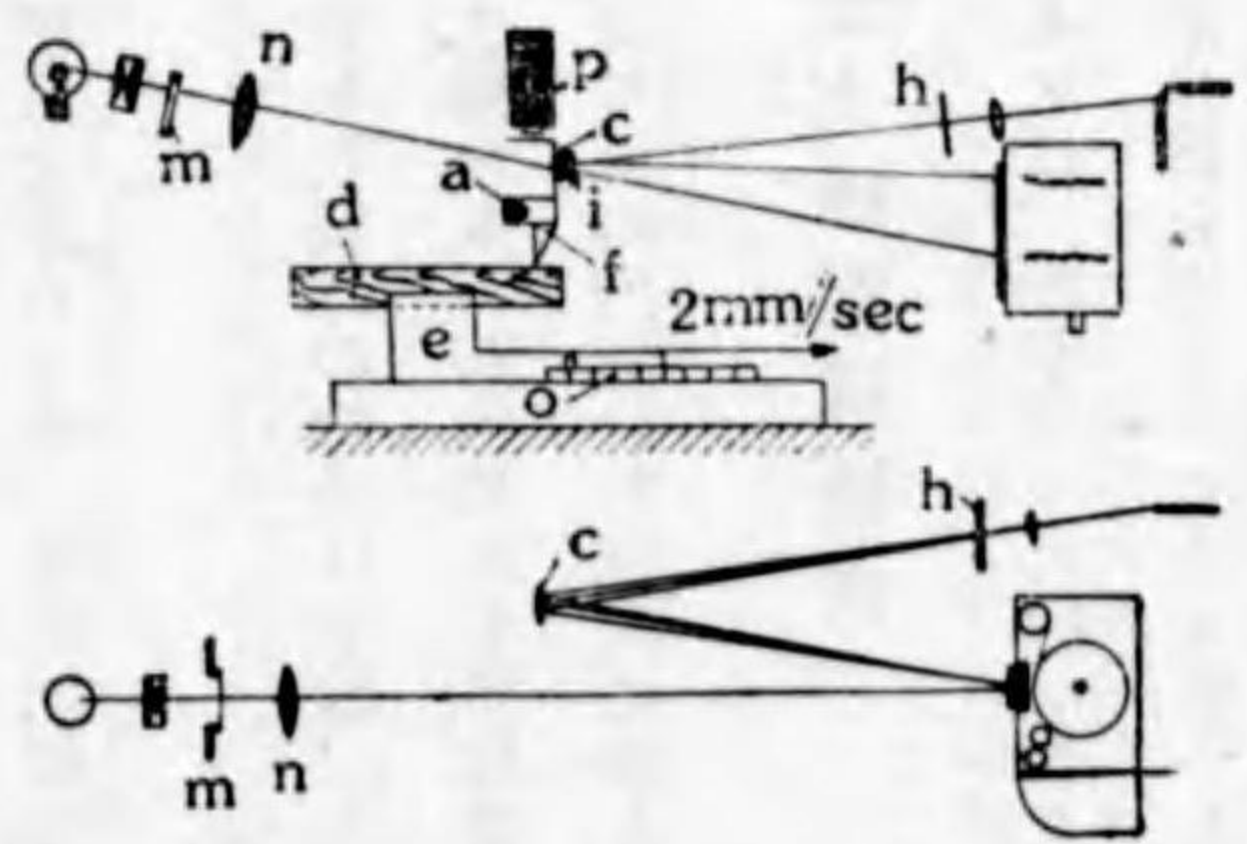
面の仕上程度を検査するには、肉眼でも大體は判り、又顯微鏡を用ふるものも一法である。それには、直接立體顯微鏡を用ふることも考へられたのであるが、例へば鑪仕上の目の深さの如きは、断面にして見ないと充分判明しない。併しジェラチンで表面上に鑷物を作りそれを剥がして断面を作つて顯微鏡にかけると、よく面の平滑さが判る。此の方法で各種の仕上法、例へば鑪仕上、研磨法砥上法等の仕上具合が極めて明瞭に區別出来る。之は一つの方法であるが、此の種の検査を嚴重にす



ることは技術の向上進歩の上に重大な関係があるから、近頃特に注目されて来た。最近ドイツで考案されたものに第二十六圖及び第二十七圖に示した如きものがある。第二十六圖は其の動作の要領と試験結果の一二を示すものである。同圖左下に示すは、各種面の仕上げ程度を示すもので、aは面全體としては平坦ではあるが粗であり、bは平滑なれども不平坦、又cは粗にして、不平坦な面を示すのである。又同圖の上は此の検査機の構造要領を示して居る、dは其面を検査するための試料である。之は極めて徐々（秒速二耗）に水平



第二十六圖



第二十七圖

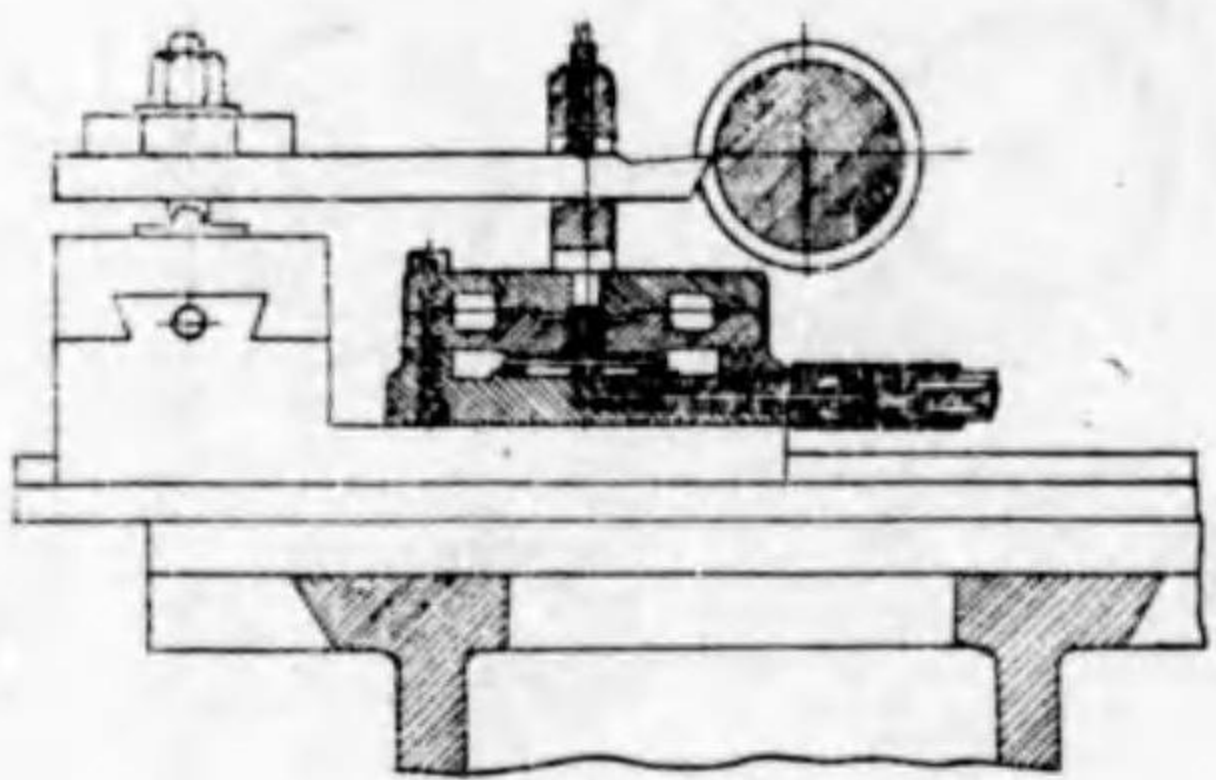
方向に動かされる。以下第二十七圖につきて記録装置の要領を説明する。fは接觸針で、之が面に觸れて其の粗鬆平滑の度合に應じて上下する。其の動作がaに軸止になつた挺子を動か

かし、鏡cの傾斜を變へる。光源からの光は細孔hから鏡cに送られて反射し、記録用廻轉フィルム上に投射す

る。又寫眞記録上に尺度を入れる必要から、物差mの目盛をフィルム上に透寫させる様にしてある。得られた記録の例は第二十六圖の右下にある。之は鍍仕上した鐵板の表面を示して居る。

### 十 刃具試験機

刃具の切味如何は刃具自身の進歩改良上にも必要であり、又製品の材料の組成や物理的性質が工作に難易を生ずるから適切な材料を得る研究上にも甚だ必要である。そのみでなく、精密工作法には是非切味の佳い刃具を得なければならぬ。是等の理由からして、近年此の問題は大に研究されることになつて來たし、我國に於ても、前述の如く水晶を應用して試験する優良なる試験機が考案されて、甚だ面白い結果が得られて居る。



第二十八圖 工具試験機

其の後外國で考案されたものゝ内一種を紹介することにする。

第二十八圖は、普通旋造用刃具の試験機である。刃具は前後二點で支へられ、其の内前方のものは發條性を有

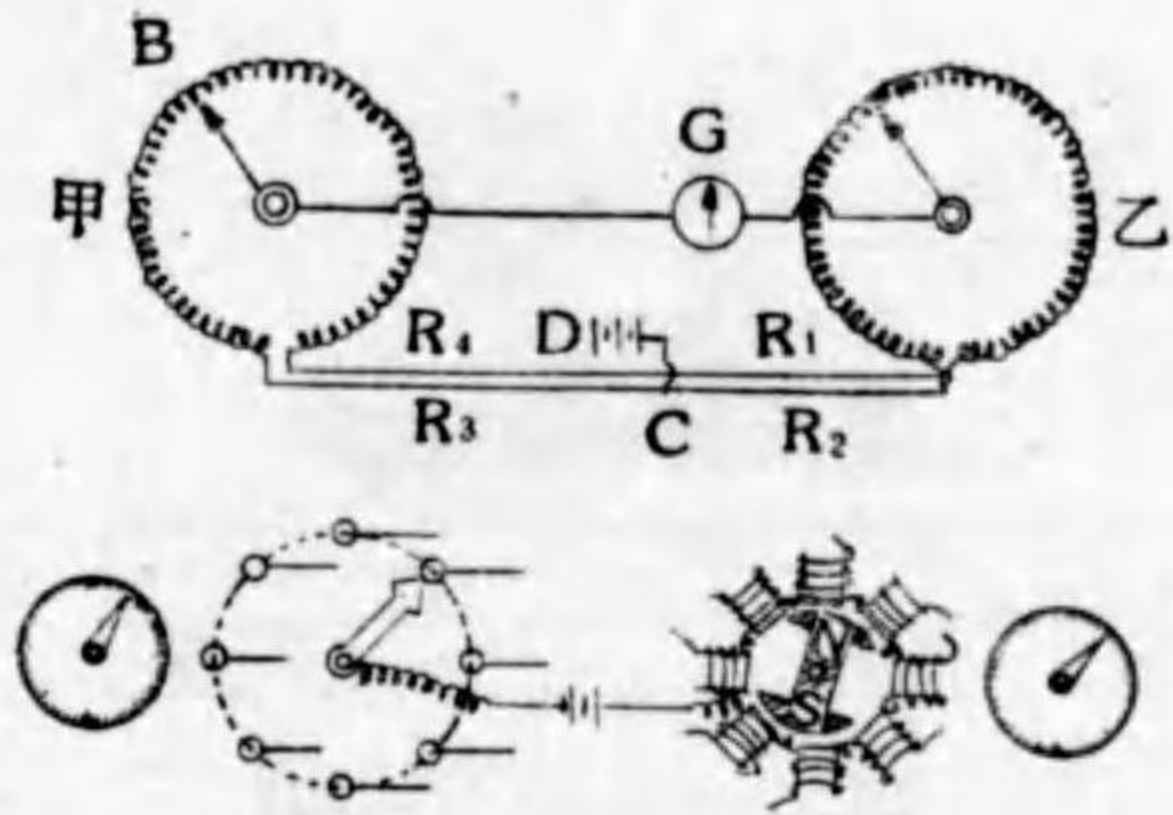


する二枚の板で支へ、下の板の下面と、臺に取附けた板との間を空氣蓄電器としてある。双先に力が作用すれば發條板は撓み、蓄電器の容量が増すから、其の電氣容量を測定して双先に作用する力の決定をするのである。

### 十一 遠距離操縱裝置

遠距離操縱裝置は、從來軍事上に特に必要であつた。殊に高射砲に關して然りである。其の目的は甲地から乙地へ思ふ儘の數値並に運動を傳達するにある。従つて、此の種の裝置は近時工場内で各種の操作を、中央で操縱することに利用されるに到つた。例へば、化學工業に於て之を適宜に裝置すると、技師長は其の室に居て適當に操作を行ふことが出來従つて熟練職工を減じ、又祕密も充分に保てるから、合理化上甚だ有利である。

第二十九圖は其の要領の二種を示す。上圖は甲地の指針の運動を乙地の指針と同調させるためにホキートストーン・ブリッジを利用したものであり、下圖はステップバイ・ステップと稱えるもので、多くの極を有する電動機と考へればよろしい。即ち甲地の指針の位置に對應する極に電流を送つて電磁石を作り、廻轉子はそれに引かれて位置をかへる。此の裝置では



第二十九圖 遠距離操縱機二種

極の數を多數にしないと運動を小刻みに傳へることが出來ない。此の方法は古くからイギリスで研究されて軍艦内で廣く使用し、司令塔から艦砲に所要の仰角を傳へる等に利用されて居たもので、今では随分細かに運動を傳へることが出來る様になつてゐる。

### 十二 自動操縱

工業機械化の叫びは、今工業界の中心問題の一つである。其の關はる所が大きいから、資本家も労働者側も熱心に其の趨向を研究して居るが、要は生産費を下げることに存する。機械化の極地は自動である。昔ポーランドの發明家は、機械機の考案をして貧民壓迫であるといふ理由で政府當局から絞殺されたこともあつたが、それも拘はらず、機械法はズンズン發達して現在に及んでゐる。

工業機械化は既に昔からある事で、決して今新しく述べるまでもないことであるが、それが工業全般的に行はれんとする傾向と従つて起る失業者の問題と纏綿するために複雑化して考へられるのである。併し、時代の趨勢は一局部的又は人爲的に如何とも出來ない事である。現在では、主として機械化そのものを考へて居るが、次は機械の自動化時代であると思はれる。

現在でも自動機械類に幾多あることは周知のことであるから、それ等につきて一々之を述べる必要もないし、又紙面も之を許さないから、今は比較的知られて居ない魚雷の自動操縱裝置について述べてみたいと思ふ。



魚雷は自己の体内に有する原動力によつて水面下一定の深さを保ちながら一定方向に走る武器である。其の体内には多くの自動装置を持つて居るが、今茲では深さと方向とを自動的に操縦して行く機構の主脳部について述べることにする。

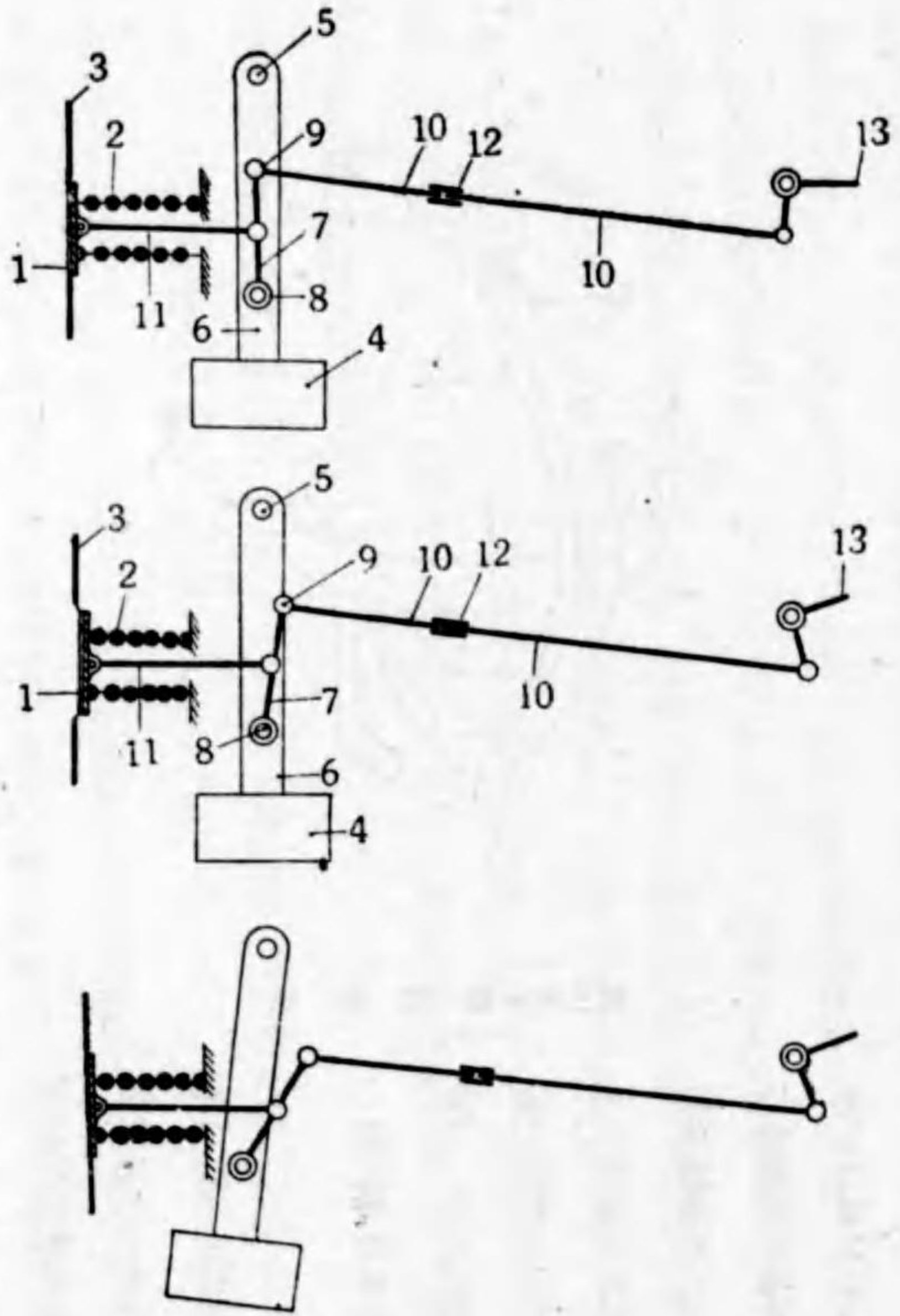
(A) 深度機

深度機の主脳部は第三十圖に示す様に振子4と水壓板1とから出来て居る。此の圖の左方が魚雷頭部、右方が尾部に相當するものと記憶して貰いたい。

上の圖では魚雷は水平に在り、且つ深度も豫定通りであるから、舵13は水平にある、今何等かの原因で深さが増したとすれば、水壓板1は内方に押込まれ、杆11は揺挺7を後方に押しやり、其の結果舵13は上方に操つられるから、魚雷は頭部を上方に向け、次第に深度を浅くする。若し反對に浅くなれば水壓板1は外方に押し出されるから、舵は下方に操つられ、頭を下方に直して次第に深くなる。

若し深度が正しくて、魚雷軸が傾斜したとすると今度は振子が動作する。第三十圖の下圖は其の場合の要領を示す。即ち此の圖は深度は正しくて頭を下げたときの状を示すのであるが、舵は上に操られてゐる。これは頭が下向になつて居れば次の瞬間には深くなるに定まつて居るから、其の過深になることを豫防するために舵を上向に操る様にしてある。若し又反對に豫定深度に居ながら頭を上げたとすれば、舵を下に操つて過淺にならぬ様に豫防するのである。

斯様にして深度板と振子とは、それぞれ單獨にも動作し、又それ等が組合はされて動作するのである。例へば



第三十圖 魚雷の深度機

深過ぎて頭を下げて居れば中の圖と下の圖との組合せになるから、舵は極度に上方に操られ、又深過ぎて頭を上げた瞬間には、水壓板は中の圖の様に動作するが、振子は下の圖と反對に作用するから舵は餘程少く操られることになる。而して全く舵は操つられない状況も、此の場合にあり

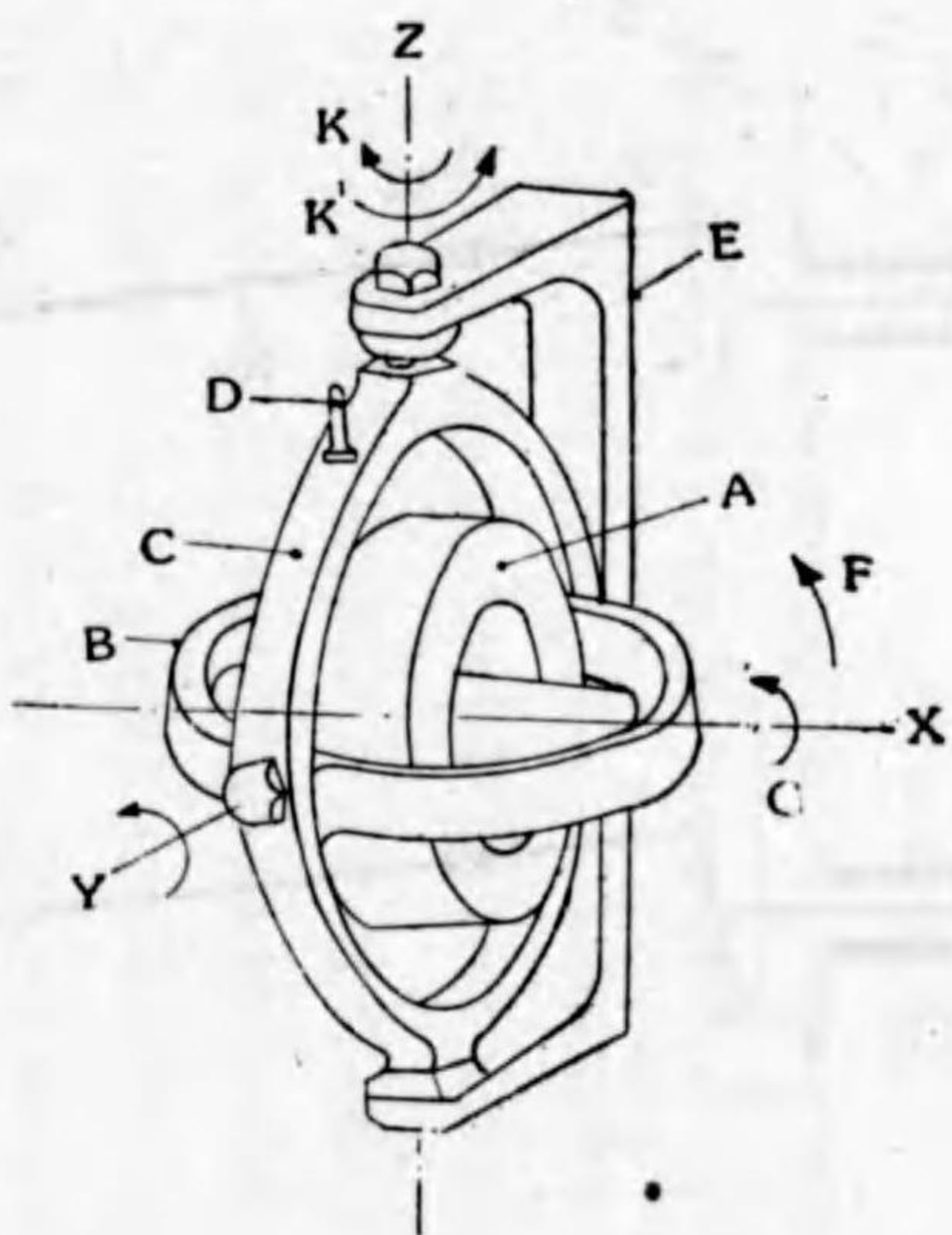
得るのである。同様に頭を下げて淺過ぎる時にも舵の操つられない瞬間があり得る。



深度機に於ける振子は全く豫防的の動作をするのである。これがあつたために、魚雷の深度は甚だ良好に保たれて行くのである。普通のエンジンのガバナーは調速作用をするのであるが、その動作の原動力は、廻轉に遅速を生じた事から導かれて居るのであるために、

如何にしても時期の遅れを生ずる、深度機に於て振子を併用した事は確かに一美點である。

深度機の成功が魚雷成功の第一歩であつたから、此の装置が所謂秘密室内に收められて永く極秘の裡に保たれたのであつた。而して今の魚雷は普通水面下五米乃至一〇米の深さを任意指定して走らせるのであるが、それは水壓板に作用して居るばねの強さを加減するのである。而して、實際魚雷はその指定



第三十一圖 操舵機

深度から上下合して半米位より、以上の狂ひなく航走するのである。

(B) 縦舵機

魚雷は前述の深度機の作用で豫定の水平面内を走ると同時に、左右の方向も亦直線(又は指定の曲線)を描いて走る、それを利用してあるのが獨樂の原理を應用したジャイロスコープである。單にジャイロとも稱へる。

第三十一圖はその原理を示す略圖である。獨樂Aは水平環Bに支へられ、此の水平環が更に垂直環Cで支へられCは又環Eに垂直錐で支へられて居る、此のために、獨樂はXYZなる三軸で支持され、任意の方向を取る事が出来る。獨樂が廻つて居なければ、其軸は容易に何れの方向にでも向けられるが、高速度の廻轉を與へられて居ると、抵抗力を生ずる。此の抵抗力は廻轉方向によつて變る、今X軸に沿ひ左から見て左廻り即ちGの様によつて居るものと假定する、此の時垂直環Cを軸Zの周りに矢Kで示す様に廻はさうとすると、此の力に對しては抵抗して動かないで、反つて獨樂の軸は矢Fの方向に動く、即ち垂直環Cの面は不動に保たれる。此の性質が操舵作用に利用されるのである。

垂直環には垂直のDが固定してある。此の錐が操舵機の弁を操つるのである、操舵機は環Eに取り附けられて居るから、結局魚雷體に固定される譯である。

今魚雷が外力のために方向をかへると、垂直環は今述べた様に一定の方向を保つ性質があるから、結局錐Dが框に固定の操舵機弁を操つて、操舵機に送る空氣を適宜に供給し、魚雷の尾部にある垂直舵を操つるのである。弁を動かすには錐Dに多少の抵抗力があるが、それは獨樂軸Xが上下して力を外らすことになるから、結局垂直環Cは一定の方向を持続することになり、魚雷は垂直環の面と直角方向に走るのである。



以上説明したジャイロは魚雷を真直に走らせる作用をするから、直進機と稱へる、併し魚雷は時として特に曲路を畫かせることが有利な場合がある。それには錐Dを直接垂直環に植え込む代りに、垂直環Cに對し廻すことの出来る水平な板を取付け、それに錐Dを取付けて置いて、此の板を右又は左に廻すと魚雷は右又は左に向つて圓弧を描いて走り、後直線に走る様になるのである。斯様に出来たジャイロを斜進機と稱へる。

ジャイロは其の廻轉が生命であるから、衰へない様に絶えずエネルギーを與へねばならない。又高速度で廻す必要があるために、今では小さいタービンを用ひて毎分一〇、〇〇〇廻轉以上の高速度を與へ、減衰を防ぐために獨樂の周りに浅い羽根を刻んで之に空氣を絶えず吹きつける様にして居る。

### 第三 結 論

以上精密工業がどんなものであるかを説明したが、茲に之を一括して結論としたいと思ふ。

#### 一 過 去

過去の精密工業の目標は、理化學精機類特に實驗室用や教授用機械類に限られて居た。當時は單に理學者が其の必要上之を考案し、且つ、其の製作方面にまでも力を致したのであつて、事實其の設計等については別に特

殊の専門家があつた譯ではなかつた。併し、物理學の大家ヘルムホルツなどは其の考案には特に堪能であつたし、又我國でも長岡半太郎先生や、本多光太郎先生、寺田寅彦先生の如き多くの研究をされた人々は、此の方面に非常に興味をもたれ又新に考案された珍しい研究用の機械をもつて居られる。

#### 二 現 在

所謂理化學機械が科學者の専用物であつたのは既に過去のことである、今では、理化學機械は實驗室用のみでなく、更に工場用としても廣く用ひられるやうになつて來た。事實今日の實驗室用計器は、明日の工場用工具と變つて居る現状である。その工場用計器は工場内で能率増進のために利用され或は無駄の發見者となり、其の救済者となつて居るのである。

#### 三 將 來

然らば將來は如何。從來科學者が實驗室内で研究した事柄を工業化する場合往々實施困難なことがあつた。それには種々の原因も伏在するが、その主な一つは、實驗室内に於けると同一の條件を工場内で再生し得ないことによるのである。例へば温度や湿度や壓力の如きは、化學工業には重大な要素であるが、それ等は實驗室内では理想的に出来ても、大仕掛けになると出来難い、然るに計器を適宜に應用すると左程困難もなく、之を作り上げ



ることが出来る、つまり、工業の管理者として計器が利用されることが益々旺盛となるものと想像される。現在の精密工業は特に製作法の研究に多くの餘地を残して居る。精密に工作することは單に機械の機能を充分に發揮するに必要なのみでなく、機械の壽命を長くするためにも大切である。例へば、普通の機械に用ひて居る軸受用のメタルの内面と軸頸とを適度に平滑に仕上げて置くと兩者の磨滅が非常に少なく、従つて壽命が著しく長いといふことが明瞭になつて來た。この爲に種々の新しい精密工作法が考案されて、近き將來には、從來其の機能上からは、左程重要視されて居なかつた機械類が、新に精密機械の仲間入りを餘儀なくされることになる傾向にある。

一方又、能率増進のために工業の機械化が益々盛んとなるべき將來に於て、特殊工作機械類の發達は必須の状況にあるものと思はれる、それには、先づ各種の計測器の結合を利用して正確に動作するものが現はれ、次にはそれ等が全く自動的に作用する所謂自動機械、即ち自動操縦式機械類の發達をなすものと考へられる。

化學工業方面では、遠距離操縦は特に必要であるから、遠距離指示装置が先づ發達し、續いて自動管制又は自動装置が充分の發達をなすものと思はれる。

一般的に云へば、總べての機械類は自動的に動作するものが發達して、危険と、失敗と、人的誤差とを減少し多くの製品は益々廉く、益々大量的に生産されるに到るものと考へられる。産業機械化の極致は自動機械類である。自動機械の發達は益々勞力の必要を減ずるから、勞働者は益々街上に投げ出されるが、併し最後には全人類

が衣食するに充分なる物質が容易に得られることになるのではなからうか、前にも述べた様に、十八世紀に起つた産業革命以前にポーランドの或發明家は、機械の發明をして政府當局者ににらまれ、遂に絞罪に處せられた。併しそんなことで大勢は如何ともすることは出来なかつた、大勢に抗するものは衰え、時代に先んずるものは榮ゆる、精密工業は工業といはんより、寧ろ一般産業の指導者であり、羅針盤である、羅針盤なくして茫漠たる大洋を渡らんとすることの無謀なるはいふまでもない。

我國は天然資源に乏しく、國力も亦豊かでない、大に力を此の精密工業に致して、其の足らざるを補ふことに努めねばならないと思ふ。

終りに、長きに亙り讀者を煩はしたことを多謝して茲に筆を擱く。(昭和六年五月十二日)

(本稿は昭和六年二月七日大阪工業獎勵館に於て開かれた大阪工業獎勵館及大阪挾範協會共同主催講演會にて約三時間講話したるもの、原稿である)。



輓近に於ける兵器の進歩



## 戦近に於ける兵器の進歩

最近の兵器について語るに當つて困ることは、新兵器があまりに多過ぎることである。そこで大體世界戦争以後どんな具合に進歩してゐるか、どんな物が改良の焦點になつてゐるかといふやうなことに限定してみたい。

世界戦争は周知のとほり一九一四年から一九一八年にかけて五十餘箇月の間であつたが、嘗てない大仕掛の戦争であつて、戦争中に新しい兵器が續出したのである。その主なものを列記してみると、長距離砲、列車砲、輕機關銃、高射砲、戦車、装甲自動車、毒瓦斯、それに關聯して煙幕、それに飛行機の利用が盛んであつたこと、海軍方面では潜水艦から布設する機械水雷が全く新しい利用方法として出て來たのである。そして戦後これらの兵器は更に進歩を遂げたのであるが、一々それらに就いて言及しないで、それらの主な物がどんな具合に進歩してゐるかを語つてみたい。

その前に一言戦死者數に就いて申し述べよう。大體、四〇〇萬人と計算されてもをり、又は九〇〇萬人と計算をする人もあるが、戦死者の戦死原因はどうであつたかといふと、小銃弾で斃れた者が一五%、砲弾に依る者五五%、毒瓦斯一〇%、この毒瓦斯は戦争の途中から始まつたので死亡率が割合に少なく、その残りは手榴弾二〇



%となつてゐる。所が日露戦争の時には小銃が最も盛んに使用され又效力の最大であつた時と考へられるが、小銃に依る戦死者は八〇%となつてをり、砲弾は僅か一〇%、手榴弾五%といふやうに、戦死原因から見ても世界戦争と日露戦争とは武器の使用法に大分差異がある。即ち世界戦争では砲弾が大量に使用されたのである、然らば将来の戦争に於ては如何かといふと、それは、想像し難いことであるが、毒瓦斯が相當使用されることにならう。大體毒瓦斯といふのは、割合に死亡率が少ないのであつて、病院に擔ぎ込まれると割合によく治るといふのが統計に表れてゐるから、アメリカなどでは之を人道的の武器であると云つてゐる。従つて将来毒瓦斯が使用され、又それだけ負傷者も出る譯であるが、死亡率は少ないのではないかといふことを一般に想像してゐるやうである。それから最近では速戦速決といふことが第一の主義になつてゐるやうである。詰り出合ひがしらに決着をつけるといふ主義の下に進んでゐるのである。海軍は昔からその主義であるが、陸戦でもやはりさういふ主義が益々明らかになつて來た。そのため陸軍では機械化といふことを非常に問題にしてゐるのである。その目的とする所は従來馬を使つてゐたのを機械に代へる、又人力を利用してゐたのを機械力に變えるといふやうな譯であるが、その最も簡単な手段としては先づ自動車を利用し、戦車、装甲自動車も盛んに利用する、又出來るならば列車も使ふといふ様に機械化が旺盛になつて來たやうである。それがどういふ風に發達したかをいふことを極く概略的に云ふと、戦車は世界戦争中イギリスの發明したものである。世界戦争當時の戦車は時速十四軒位、哩にする九哩位なものであつたが、その後發達して、現今では時速四十五軒位即ち二八哩位である。即ち當時に

較べると、約三倍の増加である、一方装甲自動車、つまり普通の自動車に装甲したものはどうかといふと、これはすつと速く、九六軒即ち六〇哩位であるが、作動半径も著しく殖え、最近のものでは二〇〇哩の往復能力を持つてゐる。それから更に、戦車と装甲自動車を兼ねたものがある。戦車は云ふ迄もなく無限軌道で走るの道がよいところになると、それを外つして、普通の車輪で走つて行くやうに出來たものである。その最も速いものは、時速一九六軒約一二二哩ぐらゐで、東海道の急行列車平均速度の約三倍位である。要するに車の一トン當りの馬力を非常に大きくしたに過ぎないのであるが、如何に速さを重んじてゐるかといふことはこの例でも分ると思はれる。

次に飛行機は世界戦争の末期に於ては八〇〇軒の爆弾を積んで五〇〇軒の所を飛んで來るといふ程度であつたが、今では一〇〇〇軒の爆弾を積んで、二五〇〇軒位を往復するから、五倍以上の能力増加といふことが出来る。

大砲に就いて云へば、射距離を増すこと、精度即ち命中率を良くすること、更に即戦即決の主義から移動性を殖やし、迅速に運搬をして迅速に射撃の姿勢を執るやうにすることなどの手段が非常に發達したのである。陸軍で最も餘計使用する砲は口径七五耗、つまり三インチの野砲が最も廣く使はれてゐる。之は普通馬六頭で牽引してゐる。馬であるため時速十哩ぐらゐであるが、最近では牽引車を以てする故六〇哩位になつてゐる。即ち六倍の増加である。それから重野戦榴弾砲といふのを使ふ。口径一五〇耗即ち六吋位であるが、全重量が十五トン位



ある。大戦當時はそれを牽くのに漸く時速五哩であつたが、最新式は三〇哩位である故之も約六倍の増加と見て差支へないと思ふ。次は高射砲である。是は申すまでもなく飛行機を射撃する大砲であるが、世界戦争の初めの頃は飛行機を一機墜するにどうしても弾を一萬發撃たなければ命中しなかつたが、戦争の末期になると三千三百發位で一臺墜す程度になつたのである。然るに最近はそのものがもつと進んで二千發で大抵命中するといふ所まで進んで居る。その射撃の要領等は後に申述べるとして、兎に角それ位精度の方も進んだのである。

それから戦闘距離と云ふか、弾の届く距離の増加したことは目覚ましいものがある。陸軍でいふと先程の野砲が世界戦争の時には七千米、八千米といふのが最大距離であつたが、今では一萬四千米、稀に一萬九千米まで届くがある。従つて是も約二倍以上の増加になつて居る。之は要するに大砲の仰角即ち上を向く角を増したのが重なる原因である。世界戦争當時は二十度位であつたが、今では四十五度にも達する。勿論弾の速さを増す手段も講じて居るが、主として仰角増加によるのである。海軍ではワシントン會議の結果十四インチが最大の砲になつて居るが、世界戦争當時では二萬米、又仰角は二十度位であつたが、今では四萬米に届き、仰角は四十五度近くまで上げて居る。之は列國が隠してやつて居ることであつて、所謂軍艦の改装に依つてその目的を達したので、内容はよく判らぬが、大體四十五度位のものだと思ふ。従つて四萬米以上にも達する筈である。それからもう一つ陸軍の方での非常な進歩は砲を射撃する時に砲架といふ臺の上で砲の向を左右どれだけか變へることが出来る仕掛があるが、その角度（それを方向射界といふ）が世界戦争當時では左右合せて五度であつた、それがこの頃

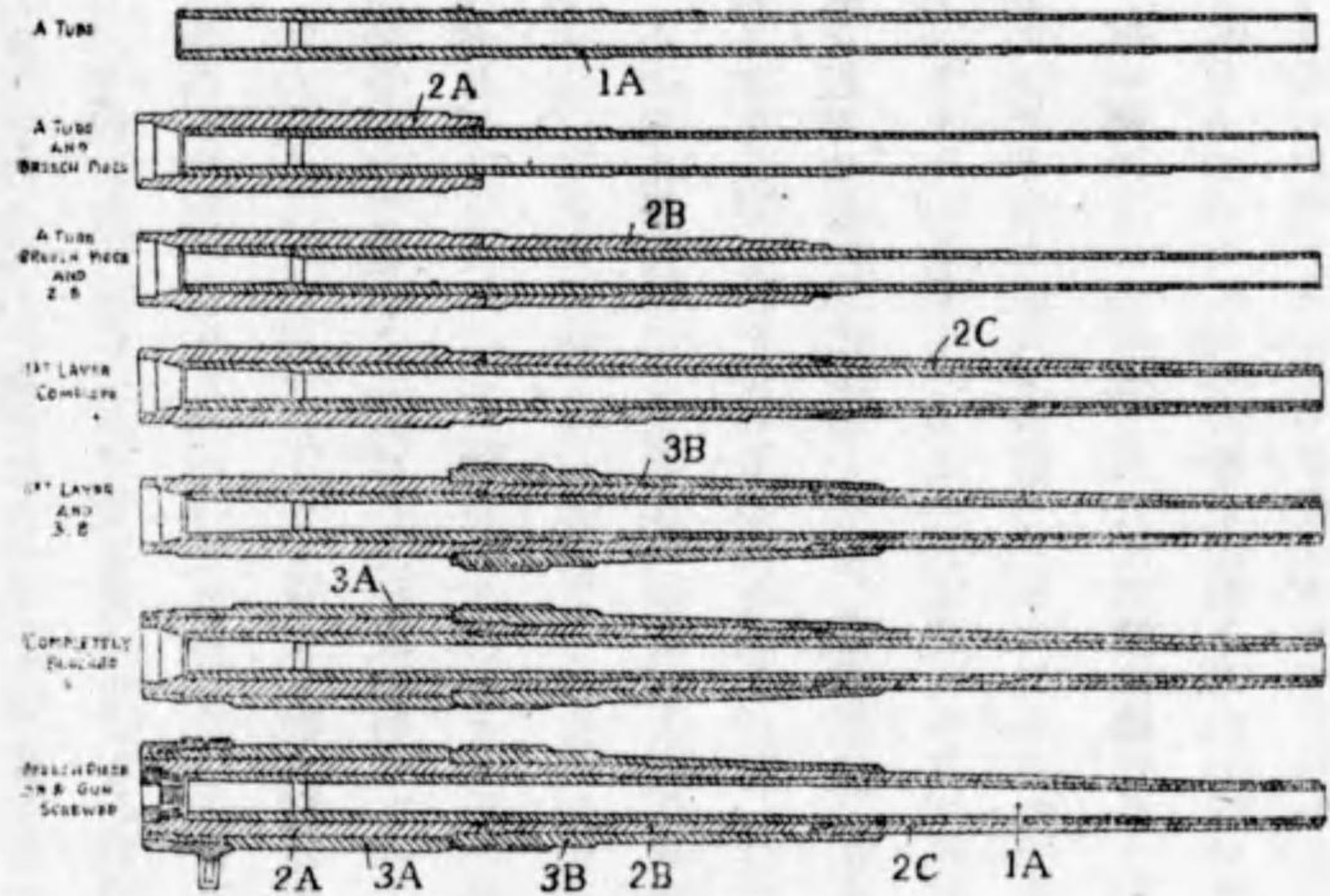
は非常に殖えて六十度位になつて居る。その爲に一つの砲で敵を撃つことの出来る面積が非常に増加したのである。先程の射距離が二倍に殖えたのと、この方向射界が十倍以上も殖えた爲に同じ砲で敵を掃射することの出来る面積が約四十倍になつたのである。之は恐らく増加の最も大なるものだと思ふ。

その他色々機械を使ふが、中にも観測機械が非常に多く使はれるやうになつて、この頃では小銃にまでも望遠鏡を付けて覗ふといふやうな手段が講ぜられてゐる。それだけでも兵器に對して光學機械類が重要性を持つて多量に要するといふことは御想像が付くと思ふ。望遠鏡は昔から海軍砲やその他の大きな砲には附けて居つたのであるが、それが小銃にまで及ぶことになつたので、益々光學機械類の重要性が殖えて來る譯である。

その他化學兵器、即ち毒瓦斯、煙幕、焼夷彈、火焰放射器、が戦後に次第に發達して居るのであつて、特に煙幕は戦術上非常に重要性を持つものだと思ふ。詰り自分に都合が悪ければ、海軍にしても陸軍にしても直ぐ煙幕を籠つて敵を近寄せない様にする。このため演習の時でも艦が衝突することがある位で、敵の位置が全く判らない。そこで何とかして煙を透して見る手段も考へられては居るが、まだ成功しない。煙幕は何れにしても戦術上並に使ふ兵器の上に非常に重大な影響を持つて居るものであると云ふことを云つて置く。以下簡単に圖を使つて説明する。

第一圖の下のが出来上つた所謂裝填砲であるが、中に起る壓力が高い故幾重にも籠を重ねる必要があり製造が相當厄介である。先づ一番中の管1Aから造つて、次に2A、2B、2Cといふのを嵌める、是は焼嵌めであつて外管の内徑が内の管の外徑よりも小さいから、外管を熱し膨らませて嵌めて冷やし、互に密着させる所謂燒嵌



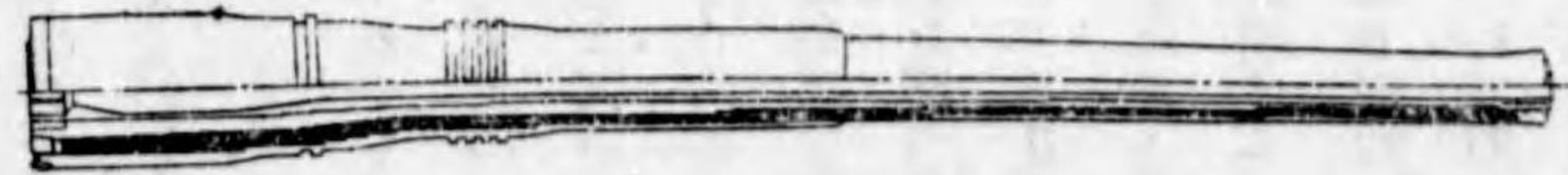


第一圖

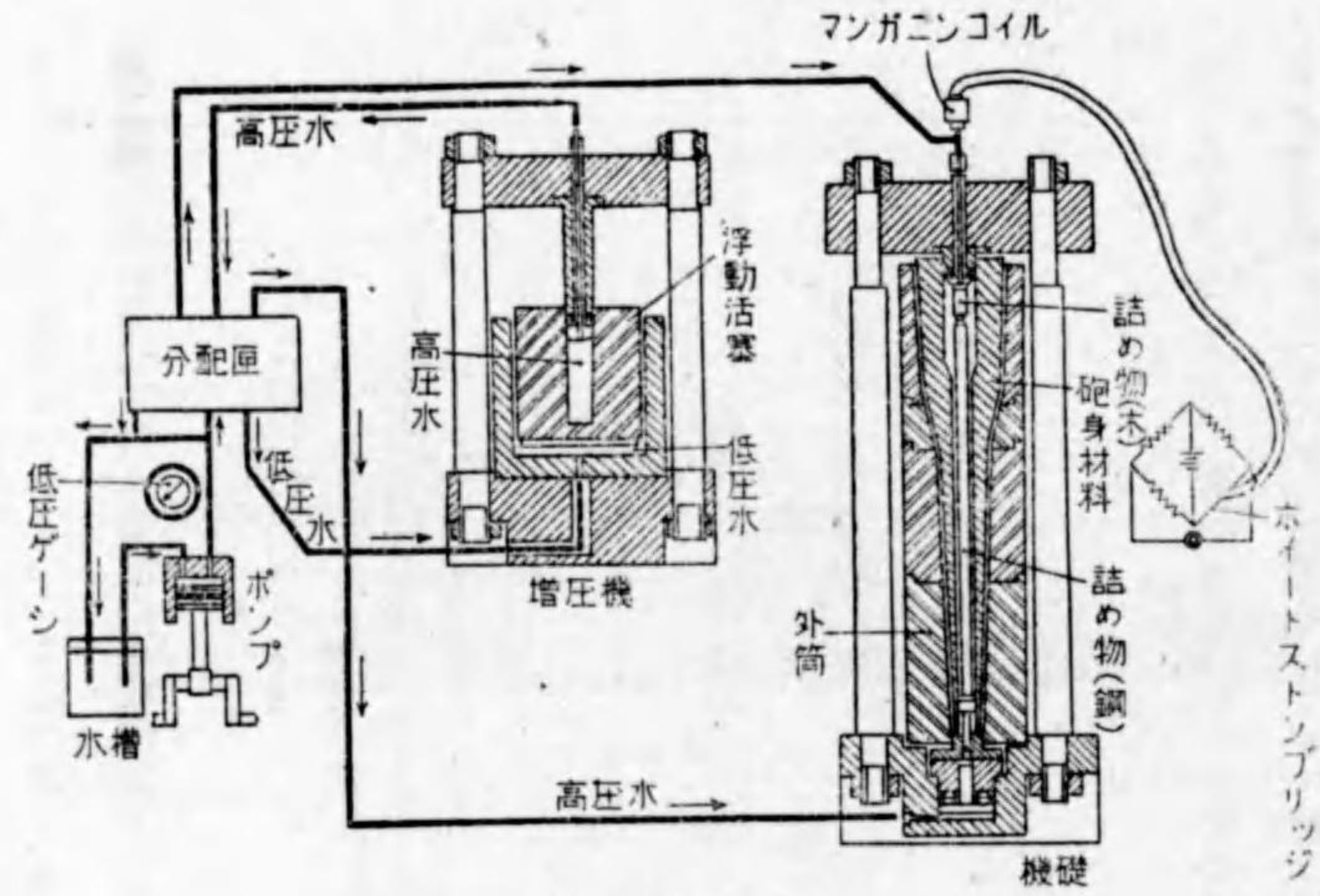
法で嵌め、さういふことを繰返して仕上げるのであるから、非常に手数が掛かる。十四インチ砲だと十二、三箇月位かかる。晝夜兼行でやつても八箇月位はどうしてもかかる。

今のやうに管を重ねて強めることの代りに針金を巻くことも出来る。第二圖の黒い部分には針金が巻いてある。この針金の断面は四角で幅が十耗、厚さ三、四耗位のリボンであるが、巻き終つてから外層が解けない様に外には筒が焼嵌めてある。

この前のにしても、これにしても十四インチ砲だと造るのに、矢張り十箇月もかかる。そして造つたものは弾を撃つて居る間に直ぐ使へなくなる。十四インチ砲だと大



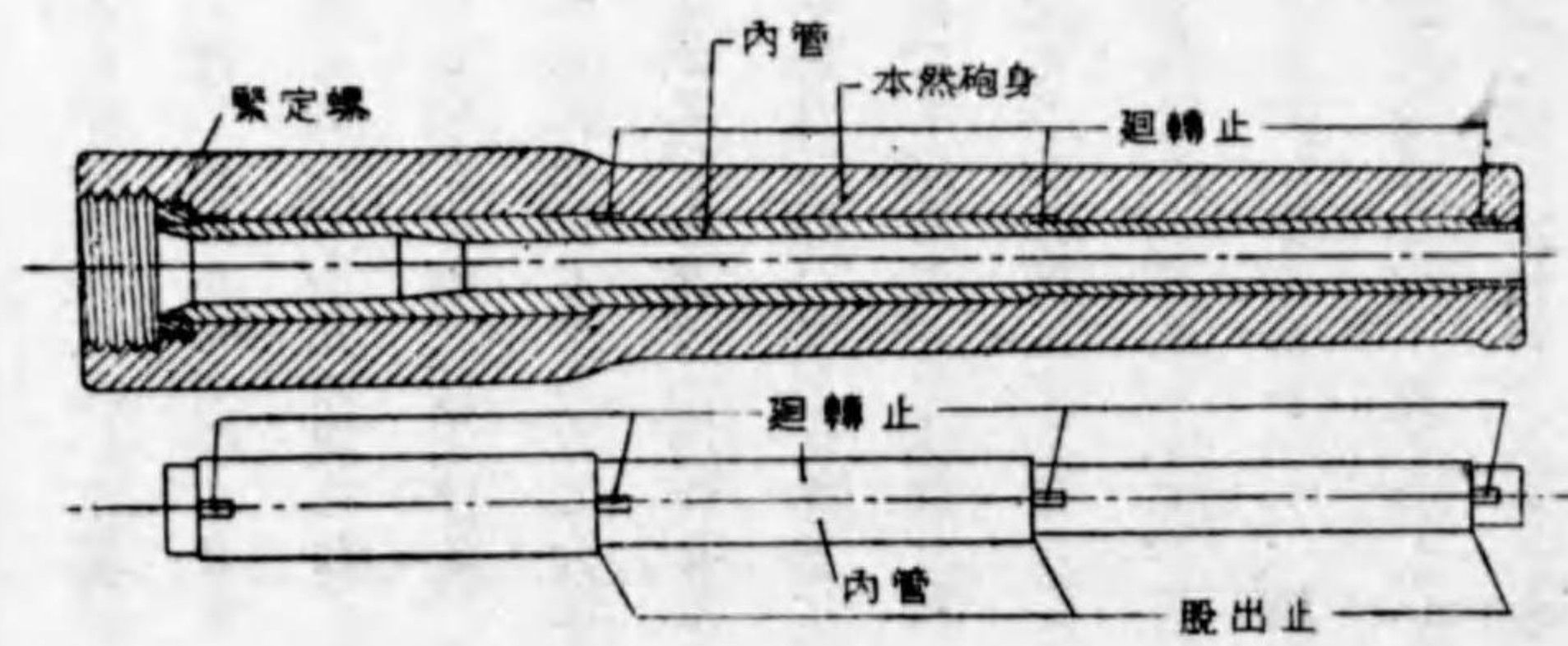
第二圖



第三圖

抵百發位で使へなくなるとそれは發射してゐると腔の内面がすっかりザラザラになるからである。その原因は、火薬瓦斯は温度が二千度もあつて、壓力は三五〇氣壓位あるから、その高温高压の瓦斯に作用されるため腔面が侵蝕され、その結果ガスが漏れて弾の速度が減つて命中が悪くなり、砲を廢棄しなければならぬのである。

そこで、もう少し砲を

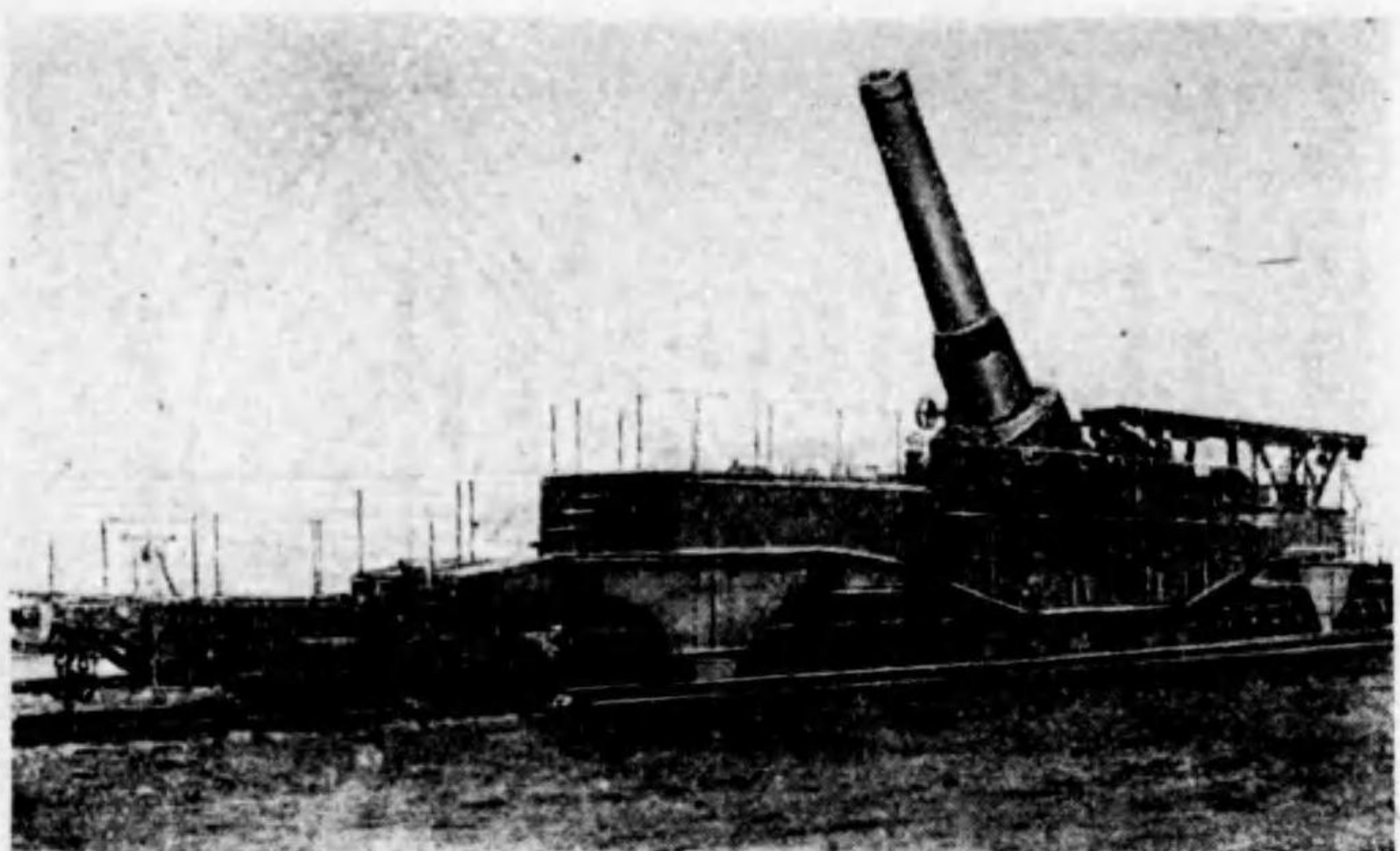


第四圖







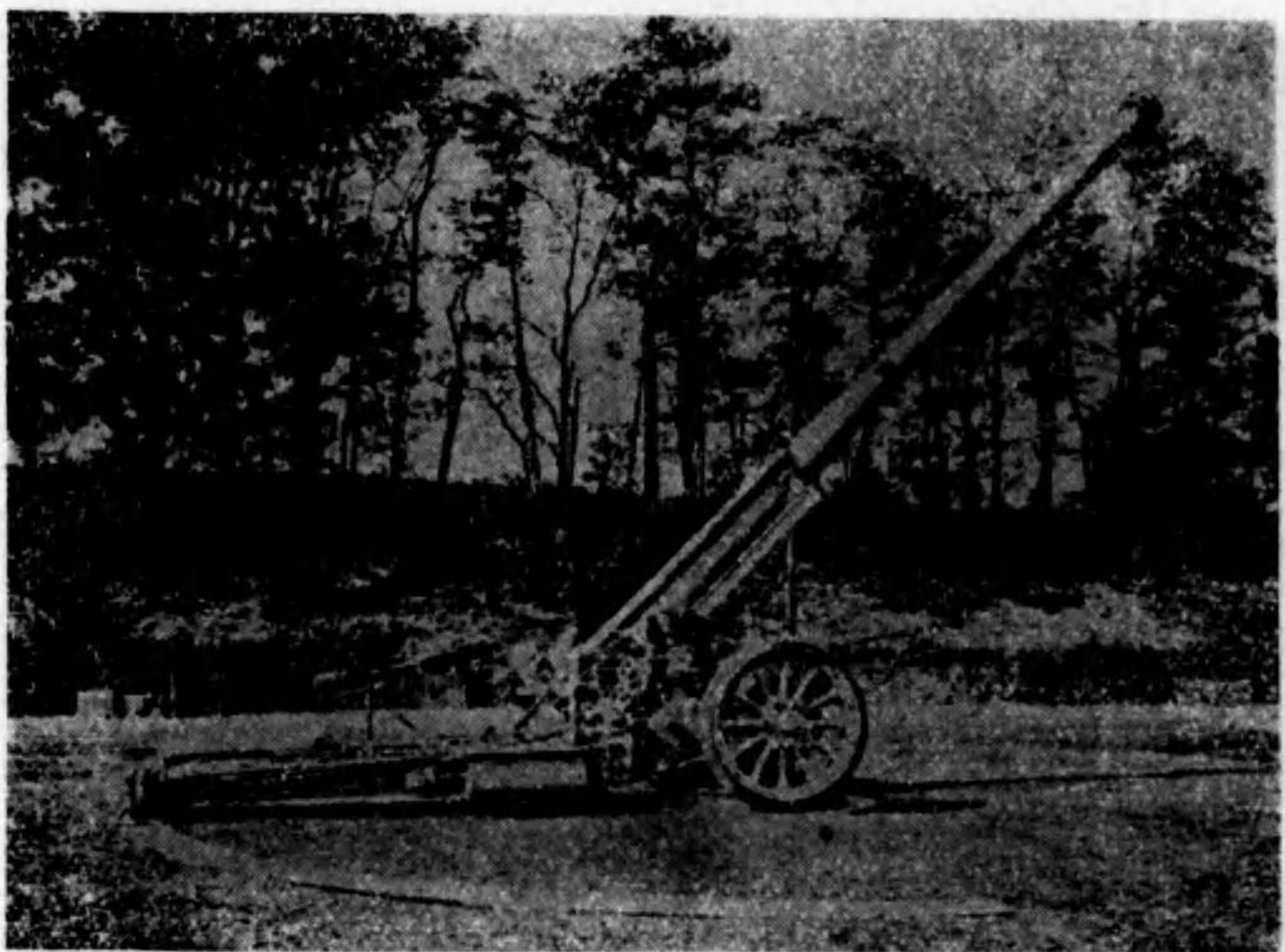


第七圖

ふと非常に古いのであるが、一時忘れられて世界戦争で又復活したものである。之は普通のボギー車で一つの軸が十五トン、全部で三二〇トンある。墜道を通る時は、下の點線の位置まで下げ、射撃の時に上げる様になつてゐる。左の方に弾丸を砲に装填する装置がある。之は世界戦争後アメリカが東の大西洋岸から西の大平洋岸まで運んで来て試験済みである。

第七圖は佛蘭西の列車砲であつて、最新式のものである。砲身は短いのであるが、口径が二十一インチ(五三糎)で、現在ある砲の中で一番大きいものである。射距離は約二萬米位であるが、弾の重さが一トン半位であるから、陸軍には嘗てない偉力の強い砲である。

第八圖は野戦に使ふ大砲で加農といはれるものである。加農といふのは砲身の長さを口径で割つた値が二十倍以上の砲のことであるが、此の砲はそれよりも遙に長いのである。之は弾口径が十五糎半である。野戦では從來斯様なものは餘り要らなかつたので



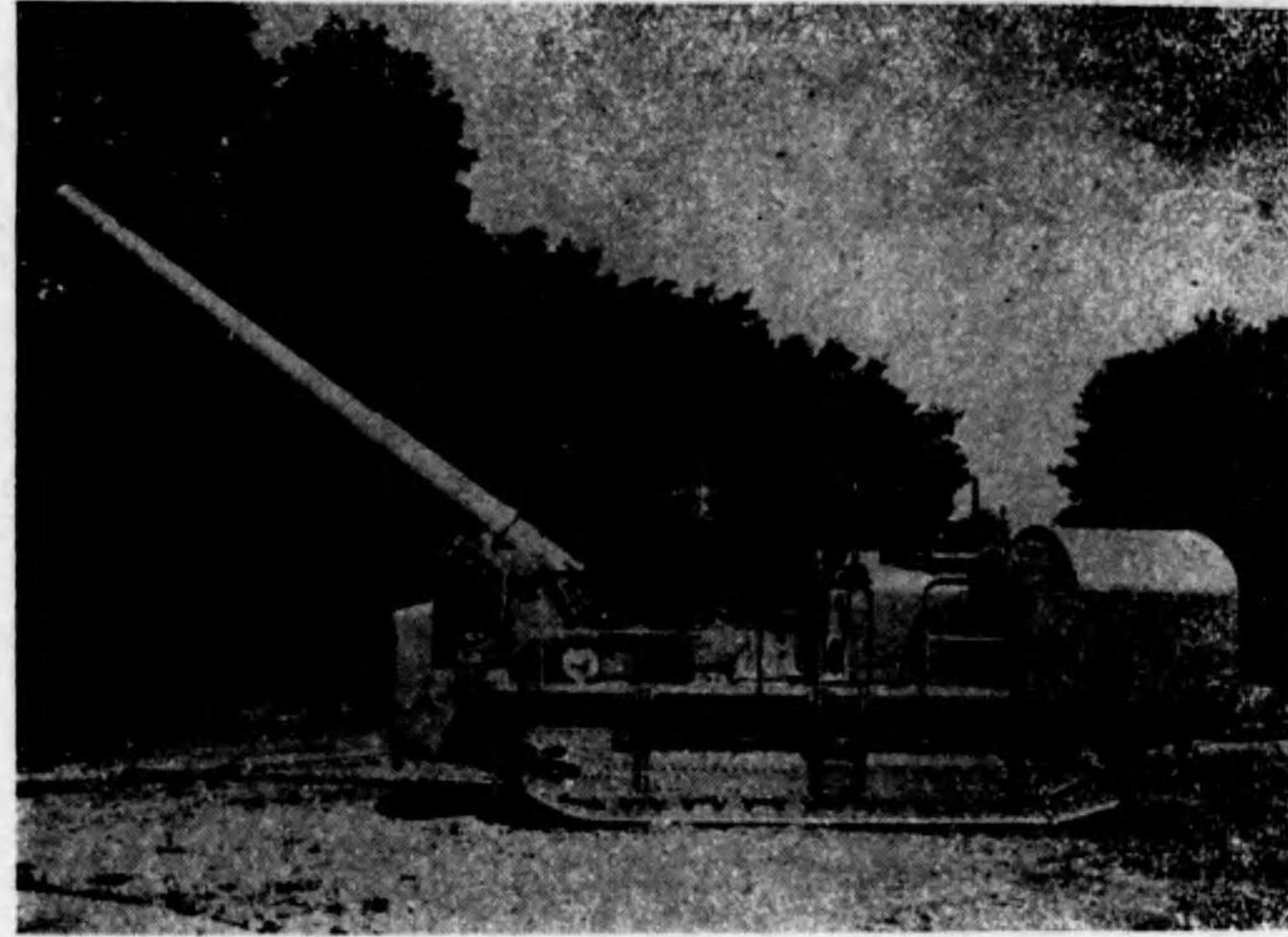
第八圖

あるが、この頃は急硬セメントのお蔭で直ぐに相當丈夫な昔の城のやうな物を造り上げるので、偉力の大きい大砲が要求されて來た爲、簡単に運搬が出来、且偉力の強い、斯ういふものが出來たのである。精度も割合に良い方向を變へるにはレールに添ひ必要に應じて半圓だけ廻すことが出来る。運搬にはトラクタで牽引する。

第九圖は世界戦争の末期に使つたものである。トラクタを利用して一つの例で、トラクタは、一種の無限軌道になつて居るから、山野を運搬することが出来、砲架と運搬車が一緒になつてゐてから戦場に持つて行つて直ぐ射撃が出来、非常に便利なものである。之は所謂機械化の好い例であると思ふ。砲の口径は相當大きく昔ならば城を改めるのに使つたのであるが、今申上げた理由で、野戦にも使つて居る。

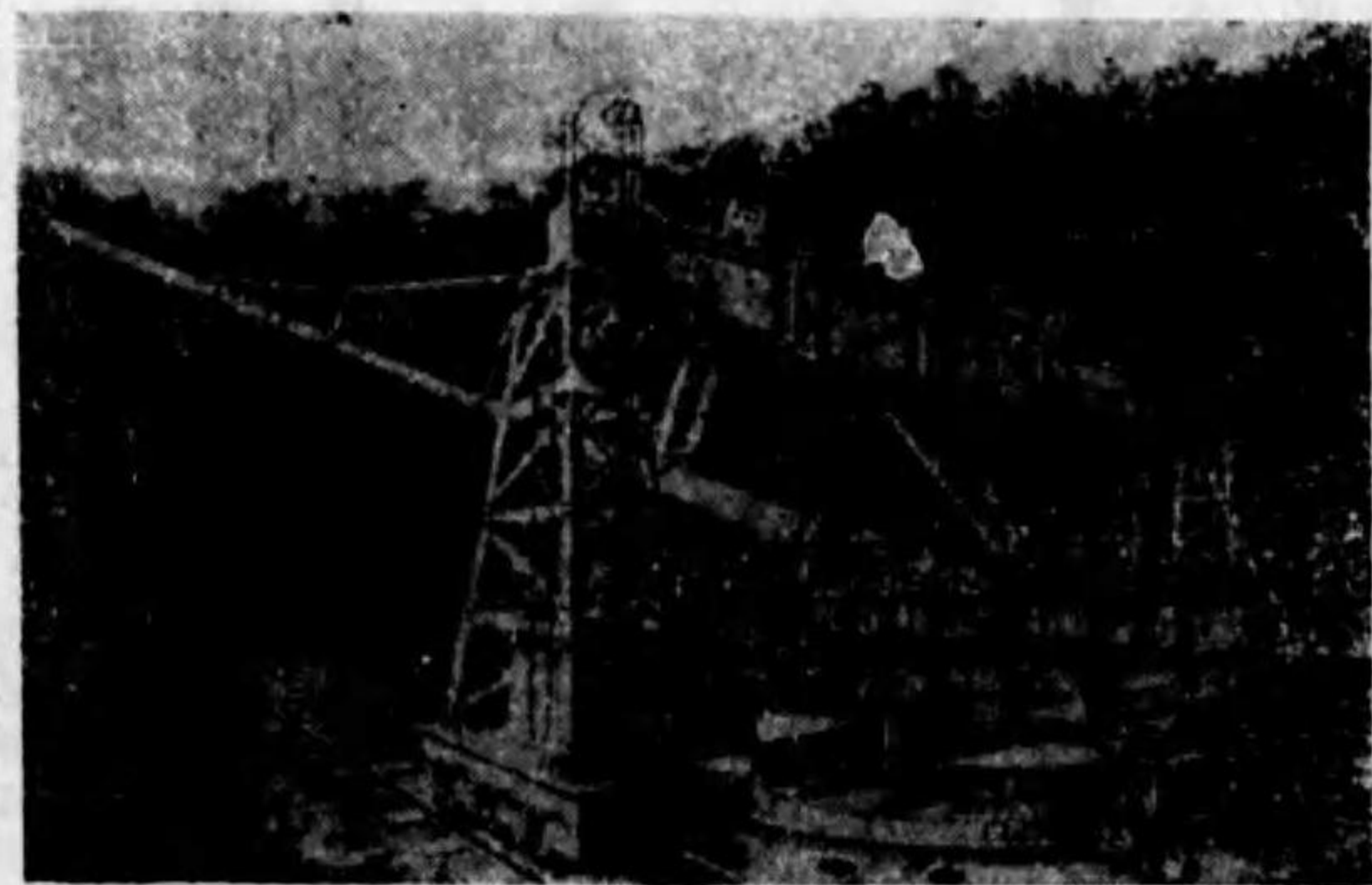
第十圖が御承知の獨逸の長距離砲である。この長距離



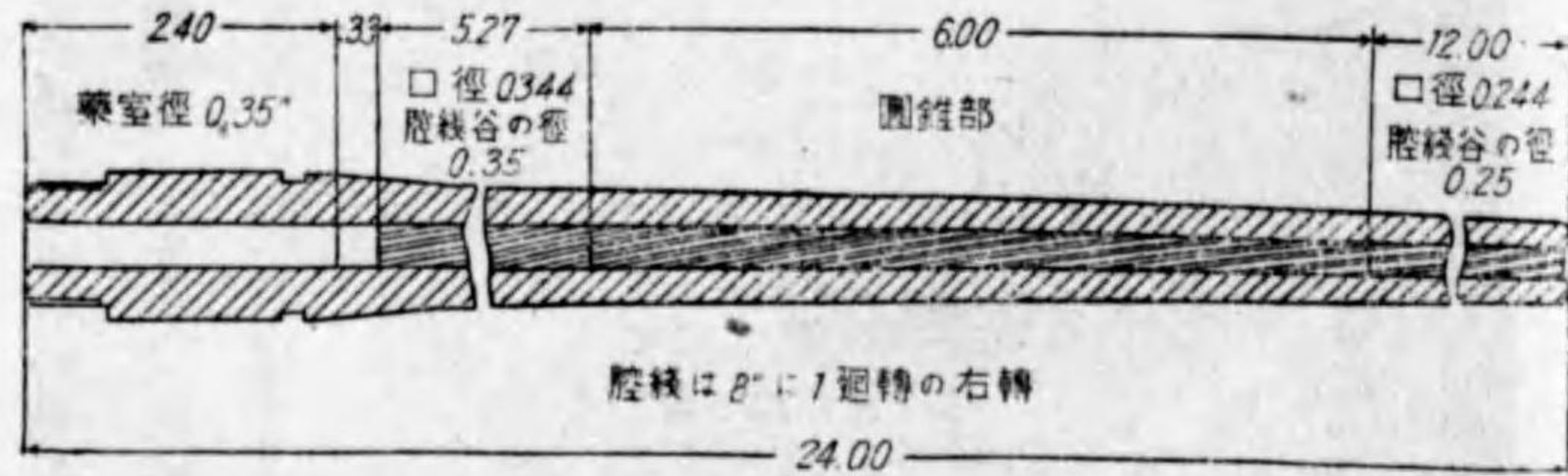


第九圖

砲は射距離七十五哩、即ち百二十一杆で嘗てない遠距離に届く砲であつて、世界戦争の時には獨逸が五門持つて居たとはいふのであるが休戦になると大部分を叩き壊して殆ど分らなくなつてゐたが、その内一つ残つてゐたものを一番先に乗込んで行つた人がスケッチしたものだと言はれる



第十圖



第十一圖

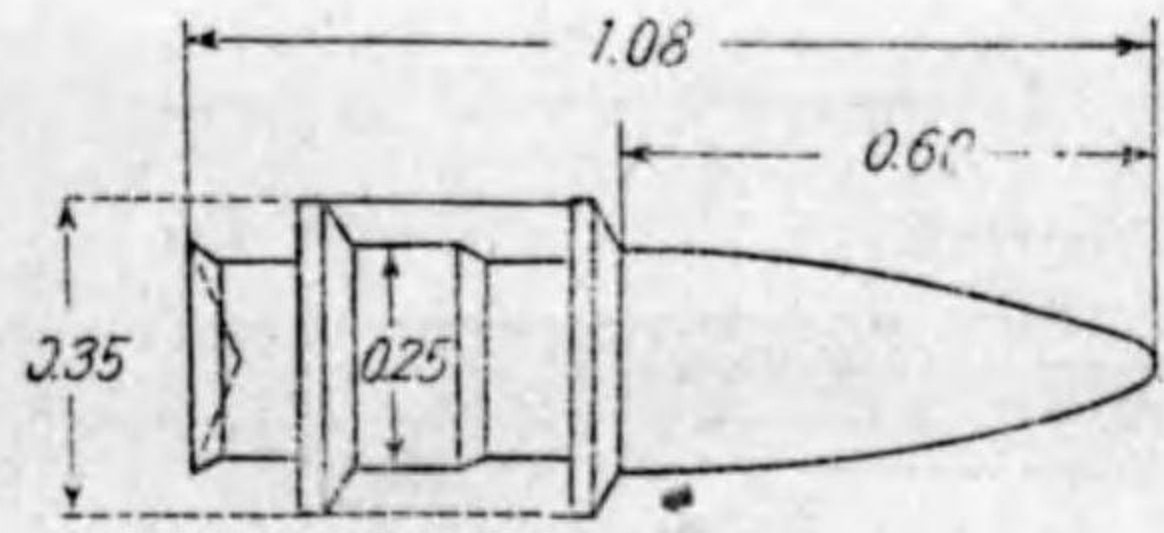
てゐる。何しろ砲身の長さが長い。從來ある一番長いものは海軍の加農で五〇口径であるが、此の長距離砲では一七一口徑もある。一體弾丸の速さは普通の海軍砲の速いので現在あるものでは毎秒九〇〇米位だが、長距離砲では一五〇〇—一六〇〇米位も出る。そして弾丸は上空四五杆の、空氣の稀薄な所を飛んで行くから、飛行中に受ける空氣抵抗が少ない譯である。

**弾丸の速さを増す新しい手段** 第十一圖に就て説明すると、薬室に入れる火薬は燃え乍ら壓力を作つて弾丸をグイグイ押しに行く、それに依つて弾は速度を貰ふ譯で、それは普通の砲も同じことである。ところがこの砲では孔が圓錐形になつてゐるから初めの間はガス壓の働く面積が大きいから弾丸に與へる力が大きい、従つて加速度が大きく、結局初速が大きくなるといふのである。獨逸の長距離砲は前に述べた様に毎秒一五〇〇米から一六〇〇米位であつたが、この新式の方法によると一八〇〇米を出すことが出来るといふ。併し實際の問題としては相當厄介で弾がしまひになつて細くなるといふ所に何か手段を講ぜなければならぬ。

第十二圖は今の砲に使ふ弾丸の一例で、空中を飛ぶときには突出部がなくなつて空氣抗力が少なくなるのである。

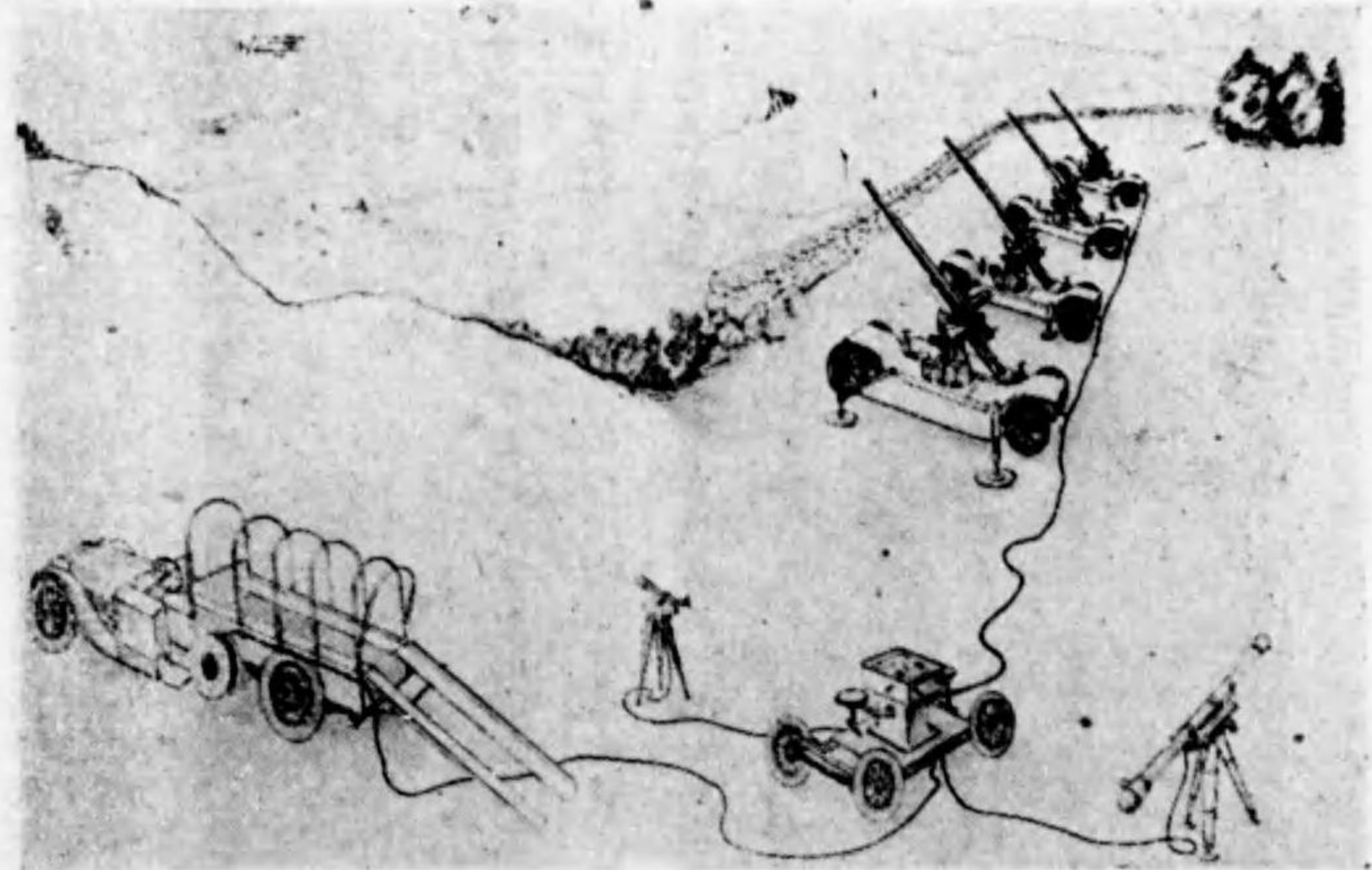


次に飛行機を射つ高射砲のことを述べると、先づ高射砲の射撃要領であるが、それは全く飛ぶ鳥を撃つ要領であつて、平たく云へば、飛行機と弾丸とが出合ふやうにするので、つま



第十二圖

り飛行機の先を覗つて射つのであるが、それに必要な観測事項は、飛行機が何れの方向に飛びつゝありやといふこと、現在の飛行機の地上の高さ、それから真直ぐに測つた距離と敵機の速さがどれだけであるかといふこと、部分四つになるが、速さの方は方向を決める時に、自ら決まつて来るが兎に角三つ乃至四つを決め

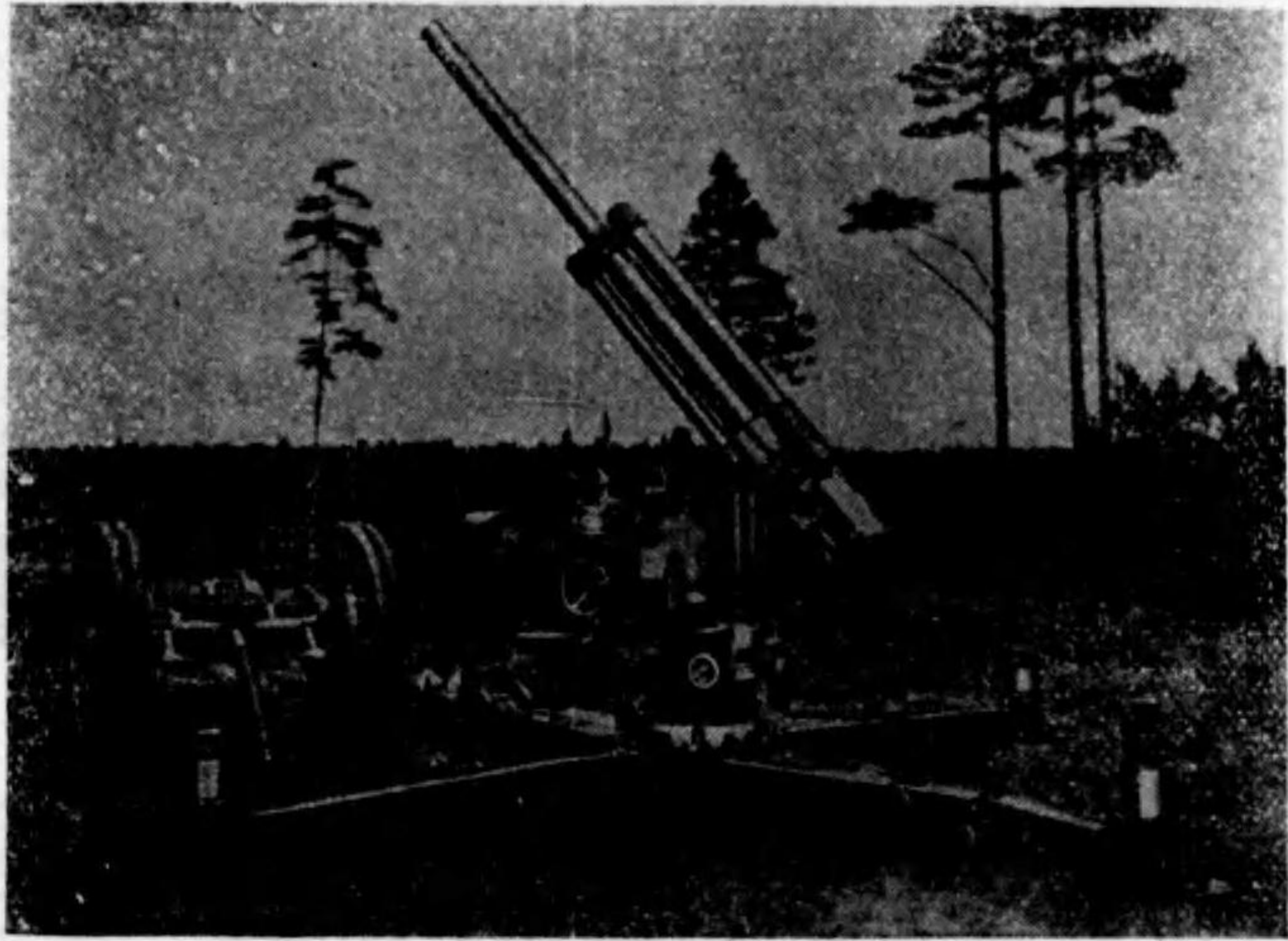


第十三圖

うになつて居る。今の計算の結果、弾丸が何秒飛んで後に爆發すれば佳いかが判るから、それによつて弾丸の信管を調節しなければならぬ。

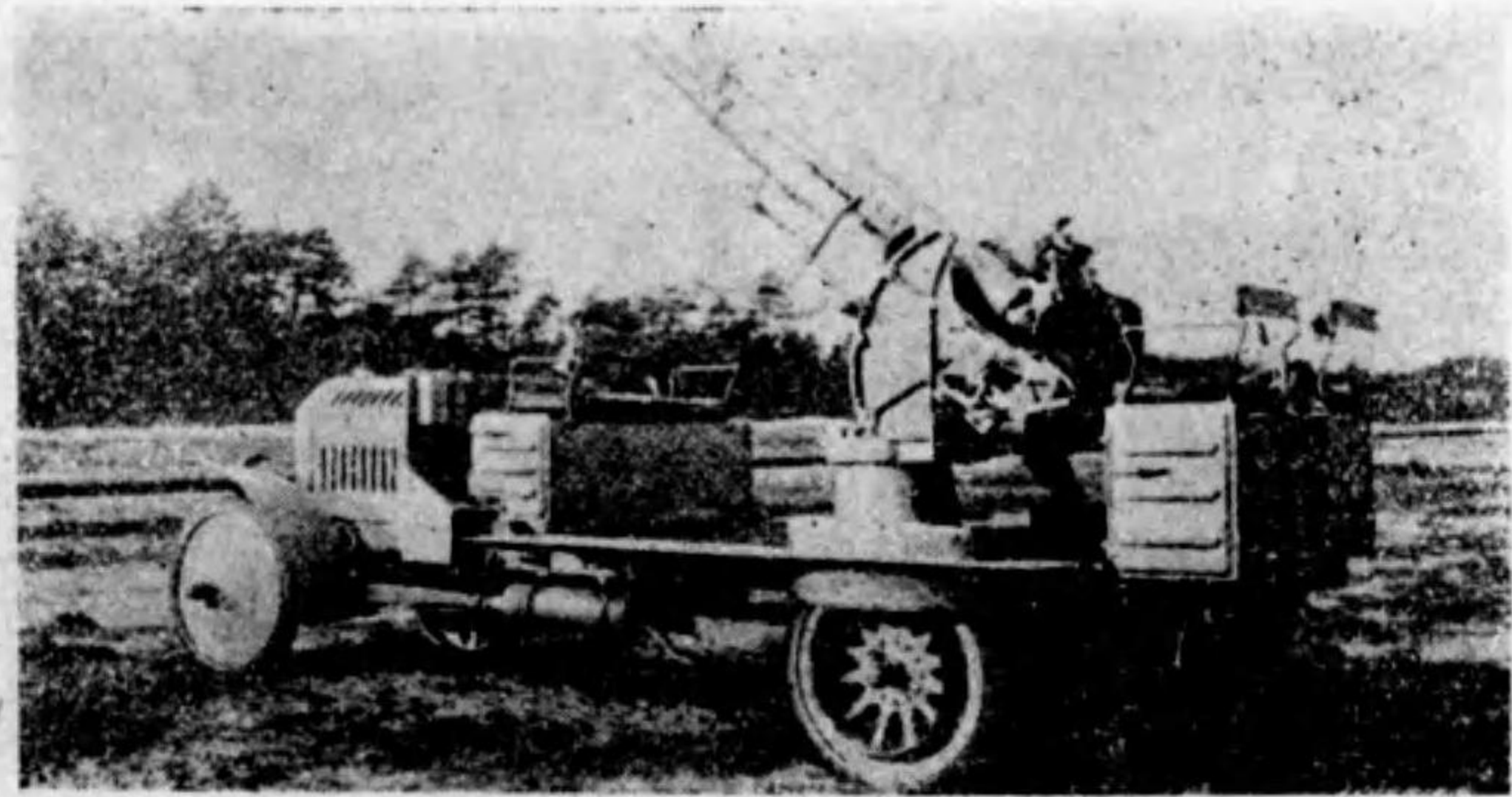
以上のことを迅速にしなければならぬから観測機と計算機が非常に面倒な構造になるのである。

第十三圖は、敵の飛行機を観測する全體の配置圖である。多くの眼鏡で、同じ時刻に各種の観測を行ひその答を計算機に入れると、計算機の與へる仰角何度、向きどれだけといふ數となつて砲に傳へられるから、砲手はそれに依つて射つのである。飛行機は御承知の通り秒速一〇〇米以上であるし、弾は初速八〇〇〇米の速さで飛んで行つたとして、終り頃は四〇〇—五〇〇米に落ちるから殆ど飛行機と弾丸とは同じ程度の速さになつて、マゴマゴして居ると益々命中しない。従つて観測機と計算機とが發達しないとうまく行かない。



第十四圖





第十五圖

野戦で飛行機を撃つには軍艦のデッキのやうな具合にしつかりした臺がないから、何かでキチンと支へて置かないといけない。第十四圖は野戦用高射砲で、運搬の時には左方に見える車輪を用ひる。



第十六圖

第一六圖はイギリスの小さい戦車で、高射砲を付けて居る。

飛行機を射つのに發射速度が速い程好いことは誰が考へても想像出来ることである。従つて高射用として普通の砲でなしに機關砲を使ふといふ考へは當然起るべきで、それが近來段々發達して來たのである。機關砲は昔からある。



第十七圖

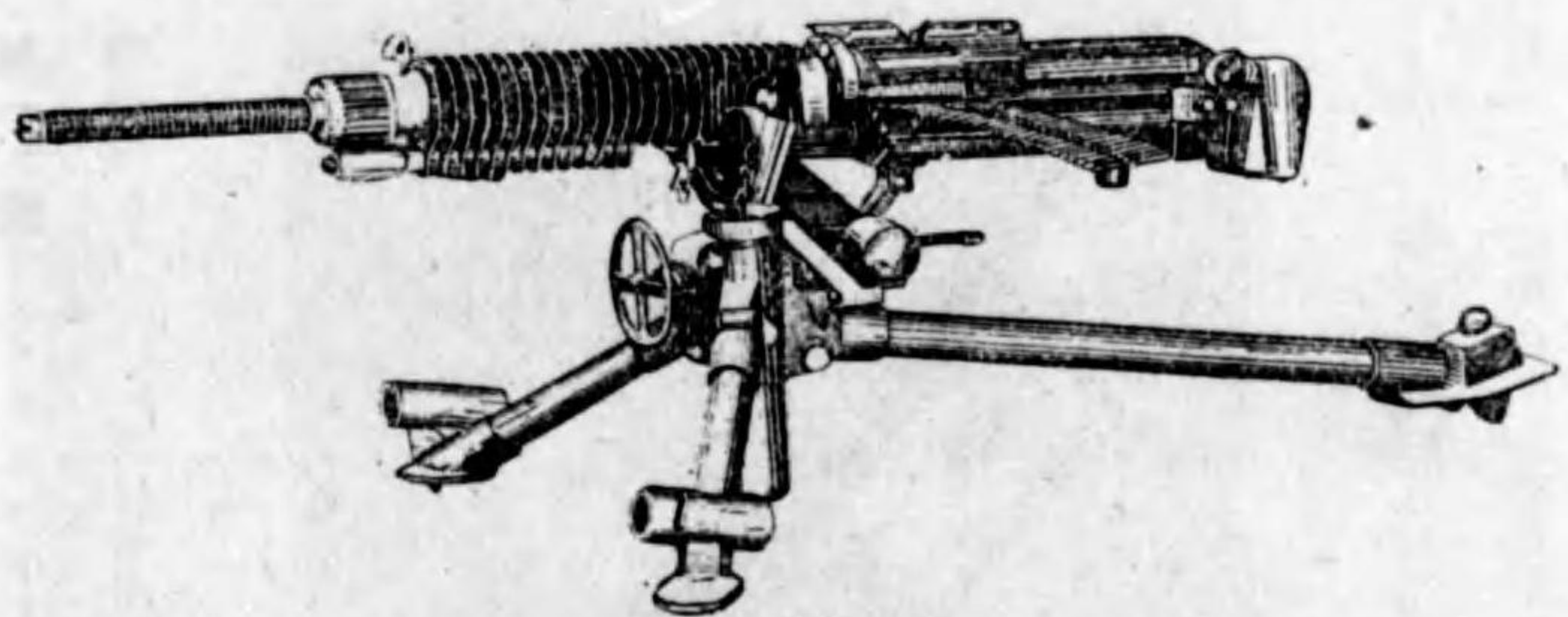
砲と銃は口径一ミリを境として、それよりも大きいのを砲と云ひ、小さいのを銃と云ふのであるが、第十七圖は四〇ミリで毎分二〇〇發位射ち、高射砲としては優秀なものである。

第十八圖は歩兵の使ふ機關銃で、日本の重機關銃、重と輕とは重さに依つて區別するので、重の方は脚がしつかりして別するので、重の方は脚がしつかりして

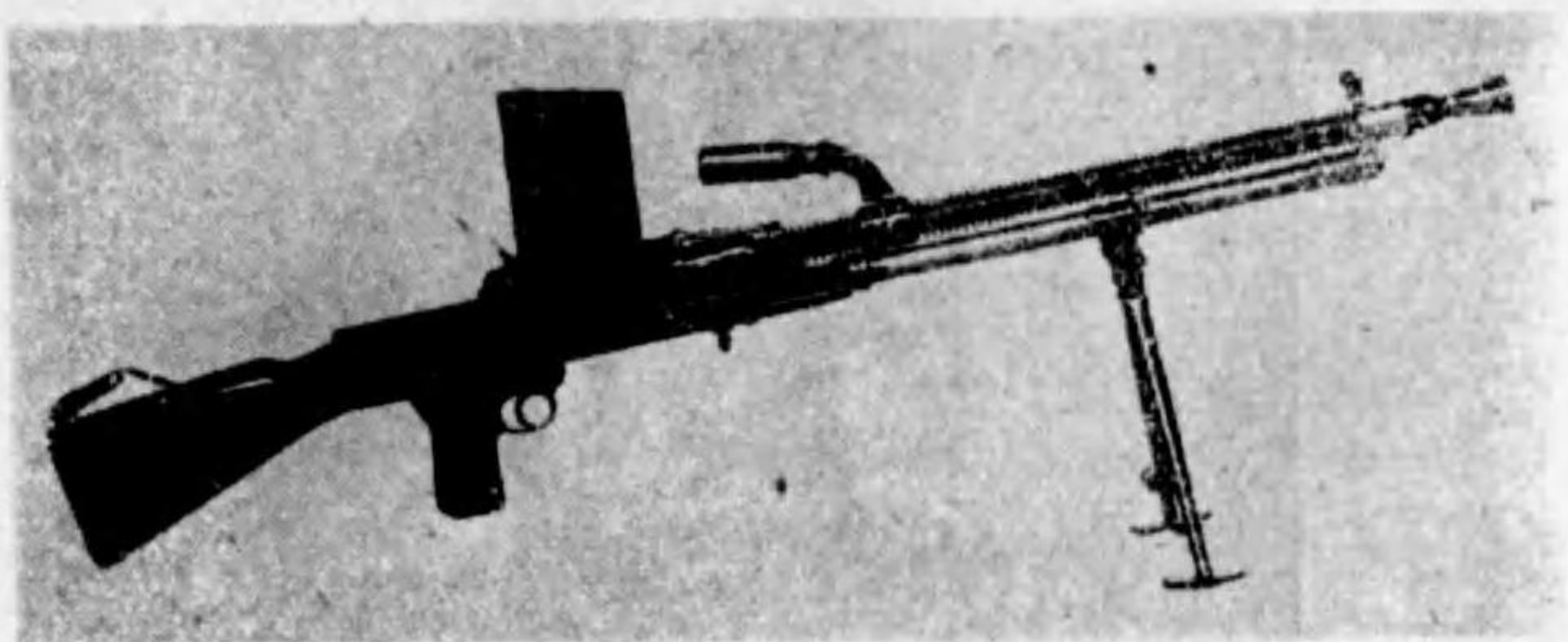
あるから、發射の時に動かない、従つて命中精度も良好であるが、唯重いので近距離ならば、二人で運べるが、遠距離ならば馬に積む必要がある。

、輓近に於ける兵器の進歩





第十八圖



第十九圖

第十九圖はチエッコの設計である。之は運搬の時に邪魔になるものが外部に出てゐない。運ぶ時にはハンドルでぶら下げる。そして塹壕の中を行くにも差支へない、又脚も運ぶ時にはピツタリ銃身下に喰付いて障害にならない。非常に携帯便利に出来てゐる。

それから機關銃は發射速度が速い爲銃身が焼けて来る、焼けたまま發射すると、銃身が傷んで早く使へなくなる。そこで、この銃では豫備の銃身と取換へて射つやうになつてゐる。それには唯ハンドルを押すと、銃身が外れて直ぐ取換へることが出来るのである。

次は自動小銃である。從來の歩兵銃は一分間に五發位しか射てぬ。それでは間に合はぬのから少しそれよりも發射速度の速いものといふ

ので、自動小銃が此の頃問題になつて、既に正式に採用した國もあるが、多くの國は今研究中である。見た所普

通の小銃と變つた所はない、彈子薬を一〇發位彈倉に入れて引鐵を引きさへすれば連續に發射が出来るから、覗ひながら使へる。大體毎分二〇發乃至四〇發射てるから、狙撃の時など最も好い、斥候に行く騎兵などには特に必要である。列國皆良いものを工夫してゐるから、現在の所列國の裝備としては之が重大な問題であると思ふ。

第二十圖は所謂短銃であるが、短銃の目的は普通のピストルでは短くて命中が悪いから、肩に宛てて照準が出来、重さも小銃より少し軽いもので、初速もそんなに大きくなくて足りるといふやうな要求から出来たものである。従つてその動作は拳銃と同じであるが、短銃の方がもう少し命中が確實なのである。上海事變の時に支那兵がこれを使つて居た。市街戦の狙撃には具合の好いものである。

第二十一圖は戦車の一つの例で、イギリスのものである。無限軌道が傷み易いので、この頃のは斯様に小形になつて居る、そして砲は上の砲塔に入れてぐるぐる廻して撃つ、これは新しい形である。

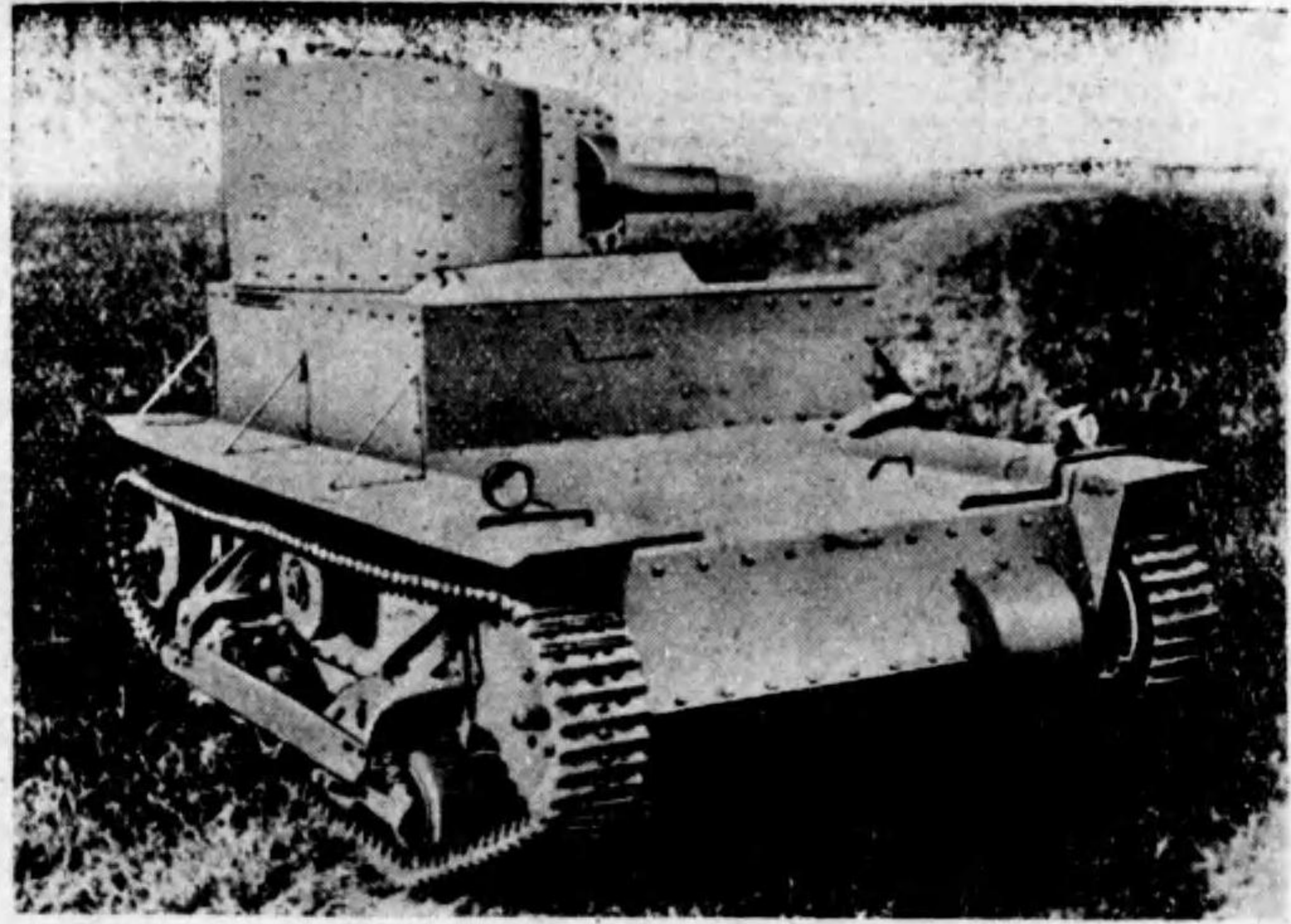
第二十二圖が先程述べた戦車と装甲自動車とを兼ねて居るものである。これはアメリカのものであつて、無限軌道を外つすと車輪で走れる、その速さは先程いつた様に時速一九六軒である。重さ



第二十圖

軌近に於ける兵器の進歩



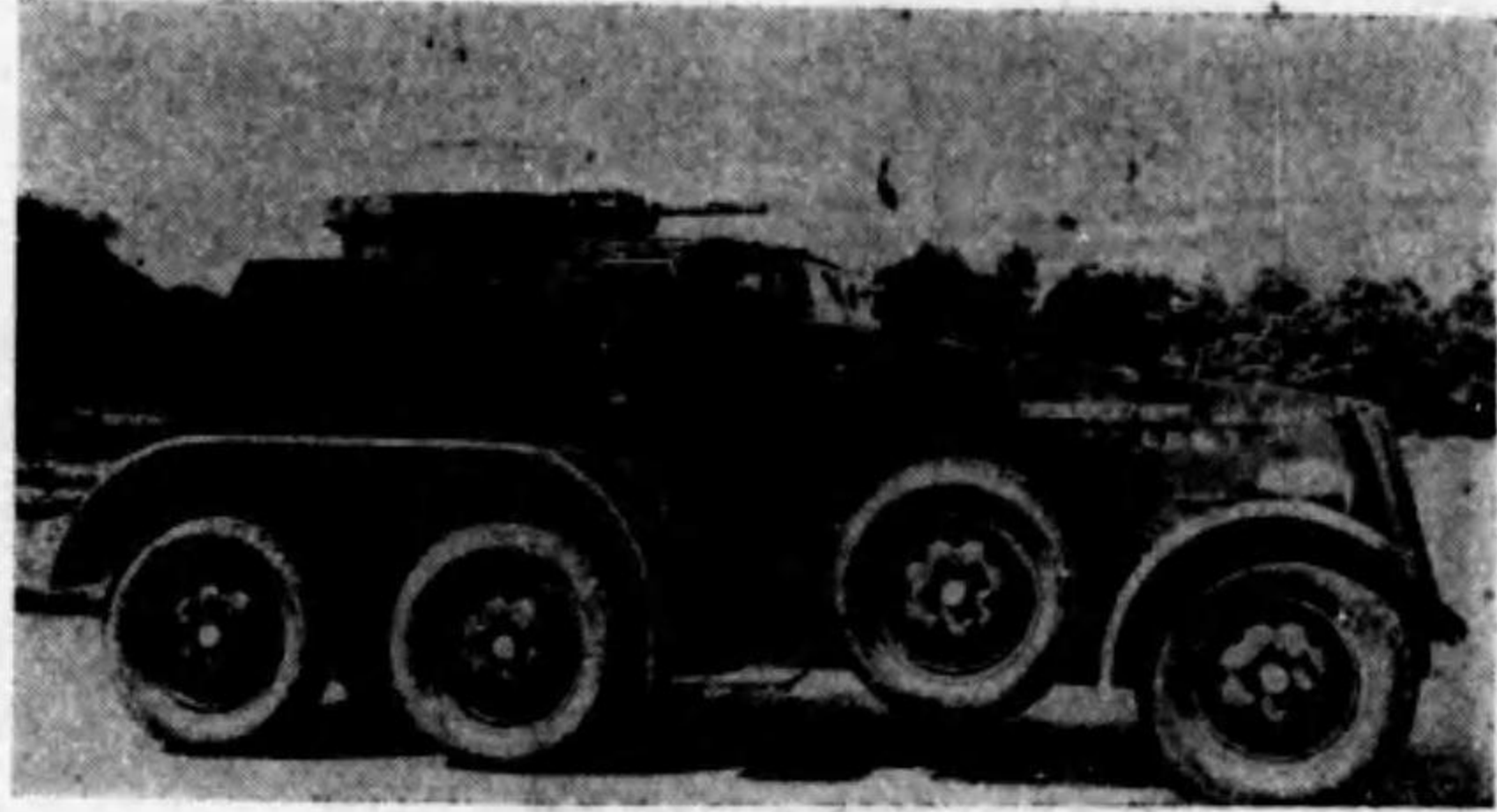


第二十一圖

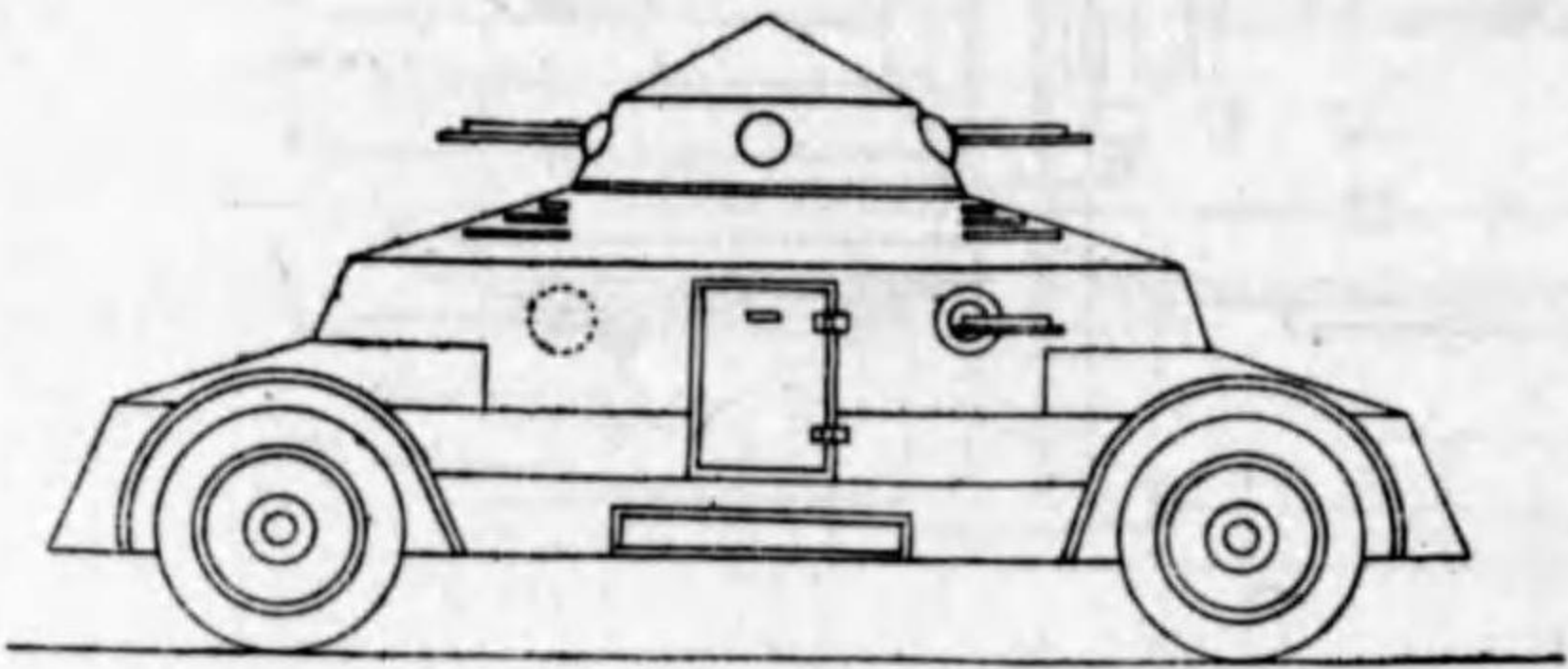


第二十二圖

ははつきり分らぬがエンジンの馬力は三〇〇馬力位といふ。



第二十三圖



第二十四圖

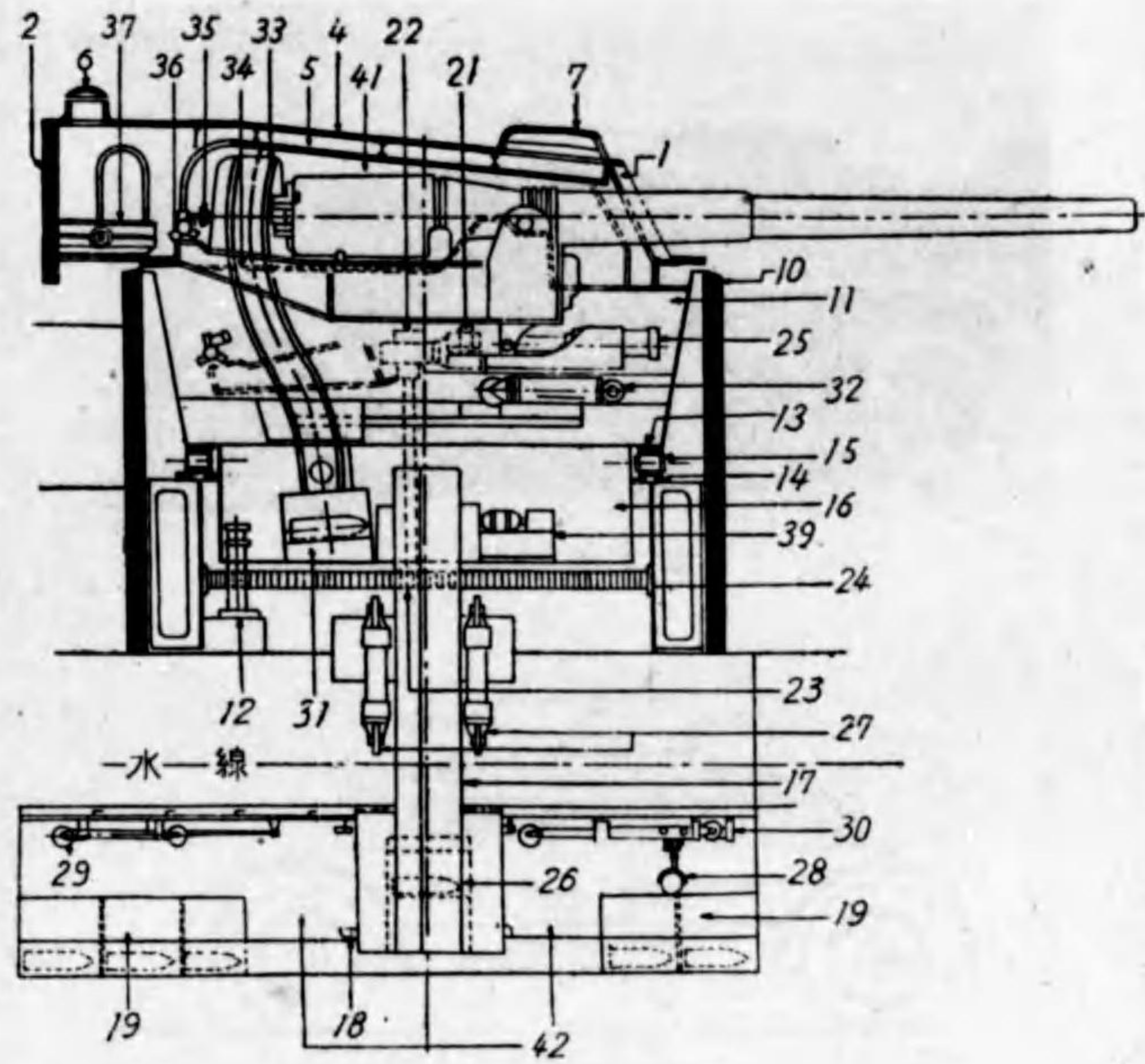
第二十三圖は車輪の改良であるが、この頃は六輪車を餘計に使ふ。従來のものは四輪であつたが、この頃は六輪乃至八輪位のものもある。傾斜地とか沼地に入つた時に動く能力を増す爲にさうしたので、これは満洲のやうな所で必要である。

装甲自動車の型は色々あつて、丁度軍艦に戦艦があり駆逐艦があり、巡洋艦があるやうに、装甲自動車も戦車も段々専門化されつゝある傾向で愈々陸の軍艦といふことになる譯である。第二十四圖は全く前後對稱に出來て居り前に行くにも後ろに行くにも同じスタートが出来る。何の爲かといふ

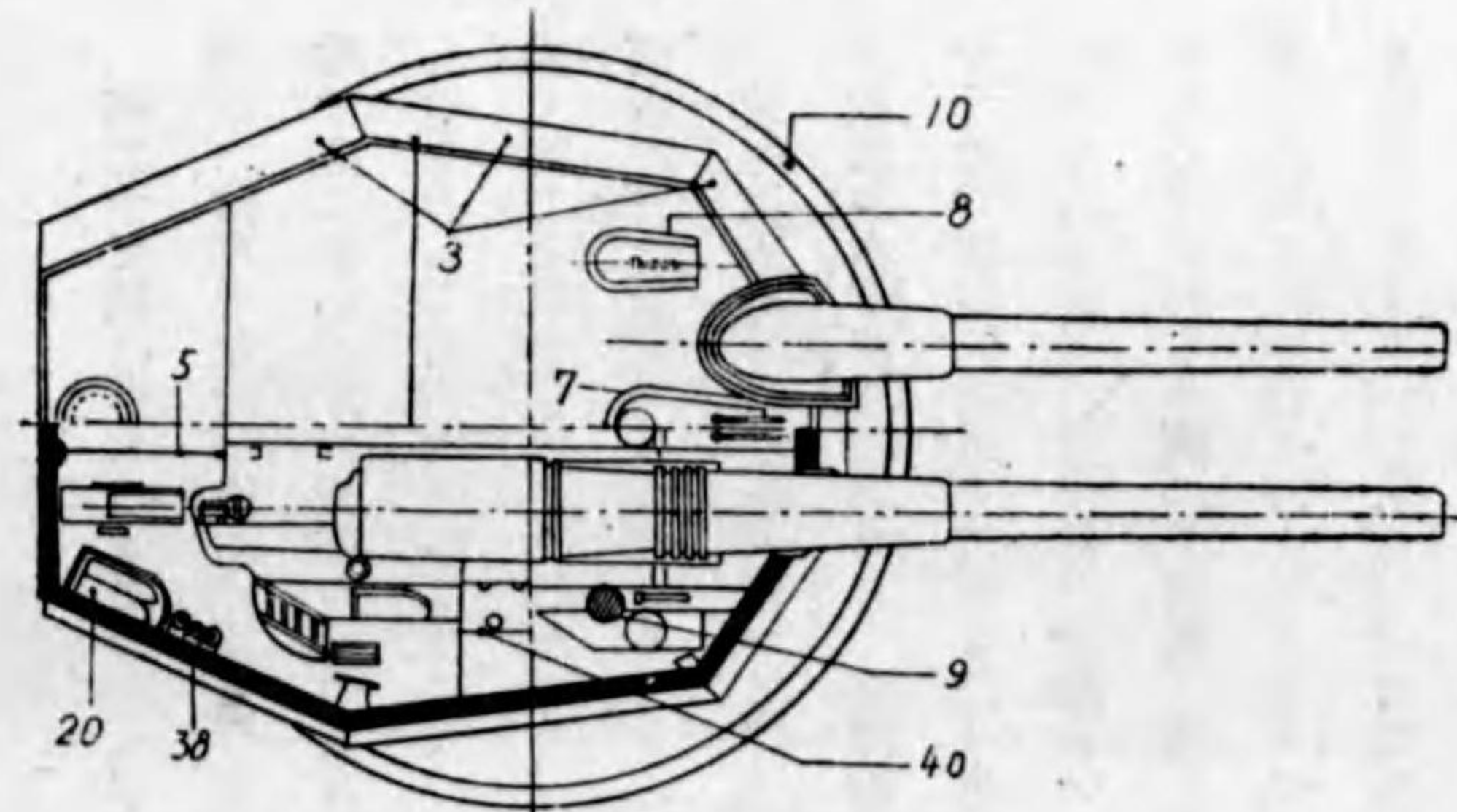
と狭い道に入つて敵に出會つた時に直ぐ引返せるし、左に行く時には右の方で觀測をやり、左に逃げる時には左で

・ 輓近に於ける兵器の進歩





第二十五圖

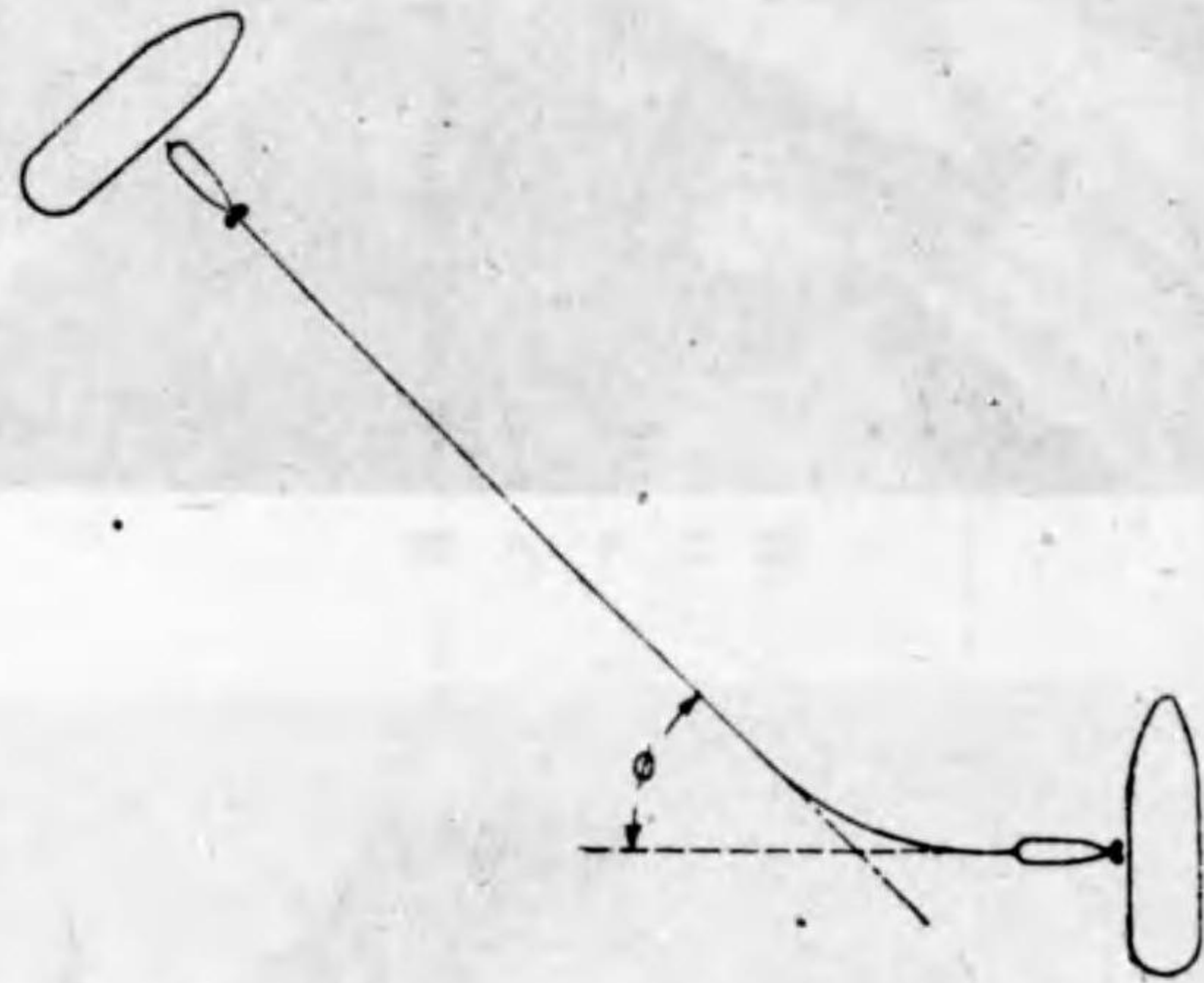


轉して右で觀測することが出来る。將來之は偵察用に使はれるのではないかと思ふ。

以上で陸軍兵器は終つて、次は海軍兵器のことを述べるが、第二五圖は海軍の砲塔である。大砲は二門並んでゐる。

三聯砲といふものもあが、日本の軍艦は二聯砲ばかりである。火薬や弾丸はすつと下の方の安全な所にある。それを眞中の筒に添つて上げて来て、筒31は填め代へて砲尾まで上げる。大砲は齒車24に依つて左右に向を變へる。昔の大砲であると仰角二〇度位にしかならなかつたが、ワシントン會議の結果砲の威力を増すために今では仰角は四十五度位までも殖したといはれる。その改装には非常な

第二十六圖



第二十七圖

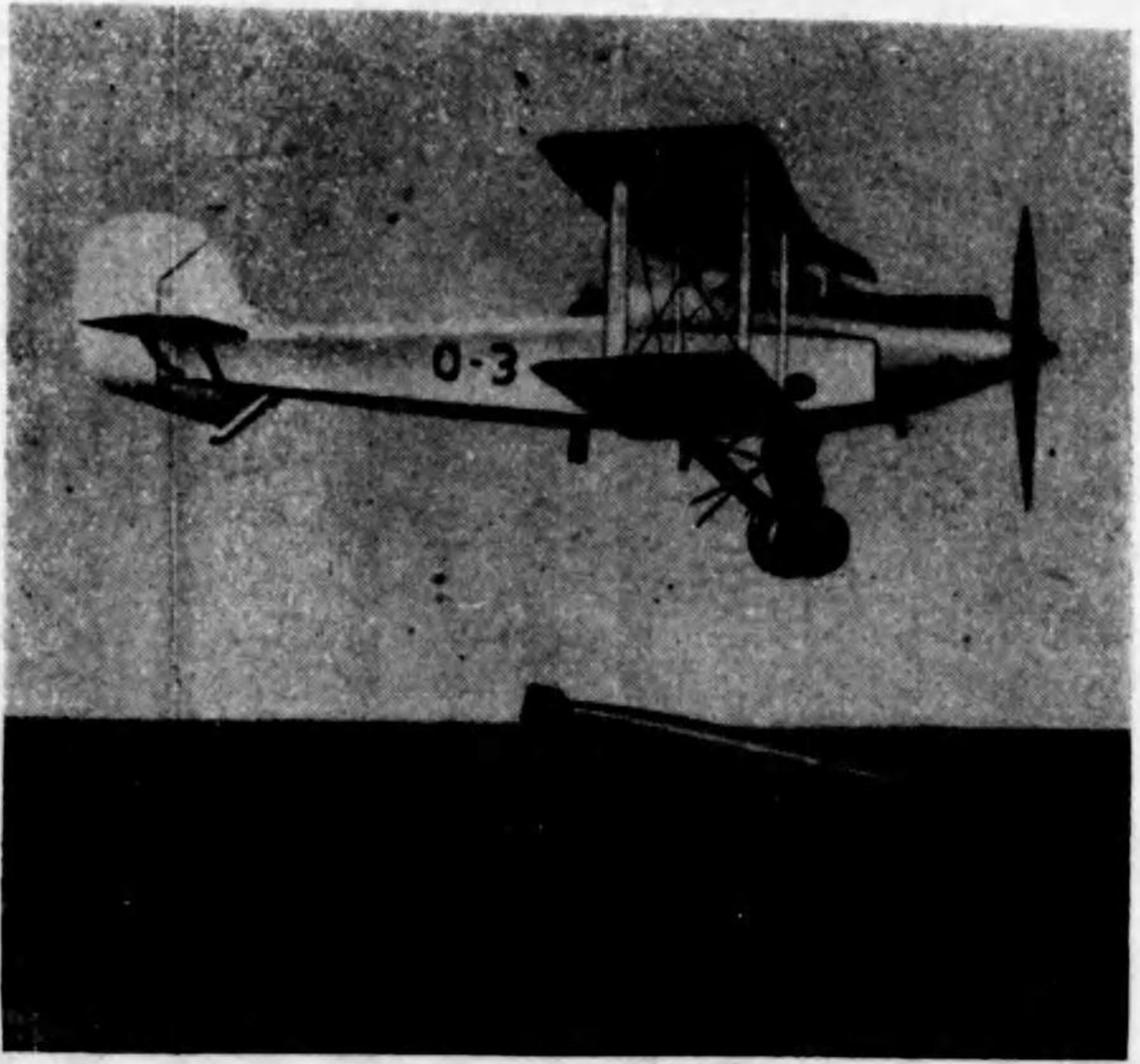
轉近に於ける兵器の進歩

金が要るので、新しい軍艦を造る方が安く出来るといはれる位である。

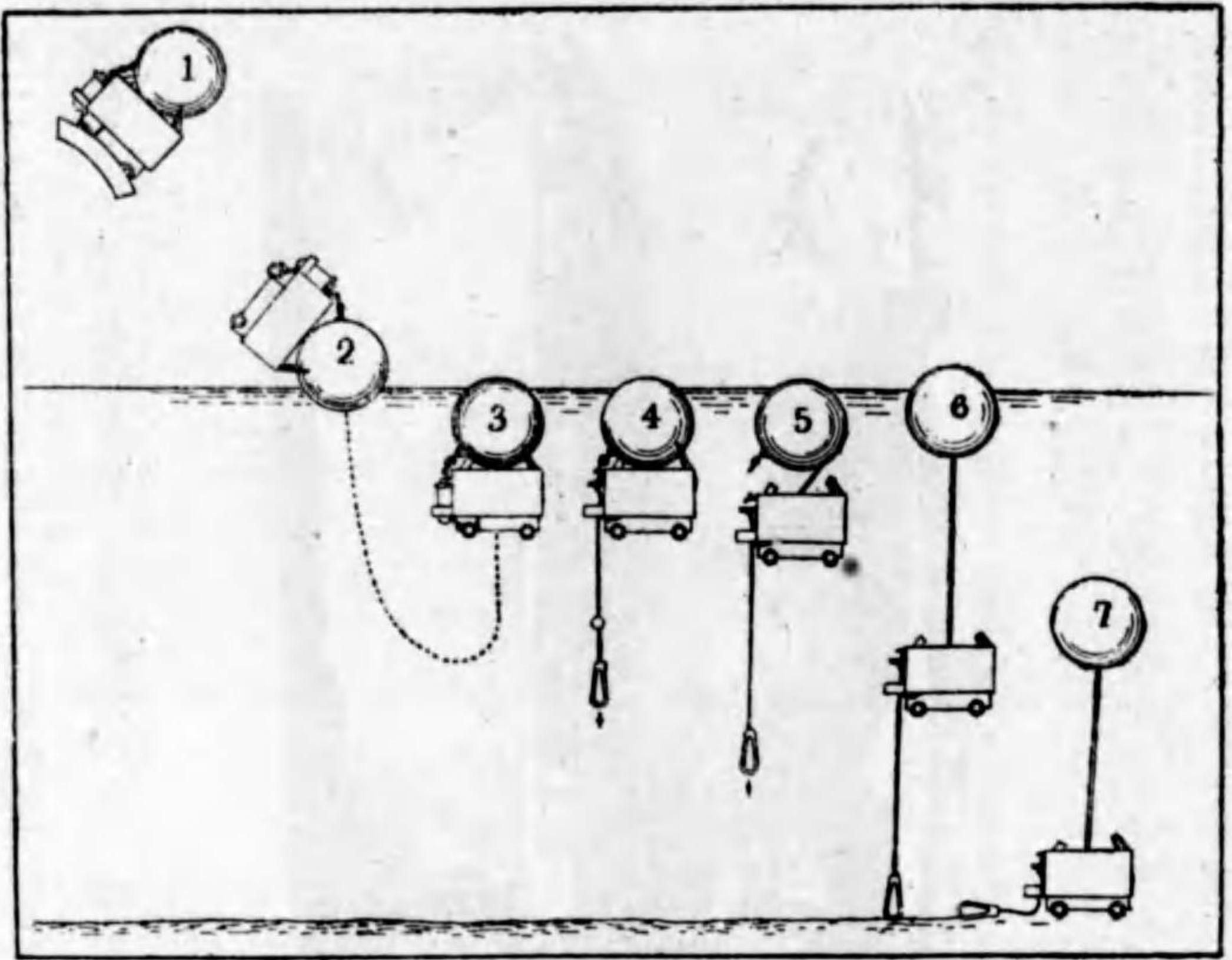




第二十八圖



第二十九圖



輓近に於ける兵器の進歩

第三十圖

第二十六圖は魚形水雷である。Bの所に爆薬を入れ、Cは壓搾空気を入れる室である。それでエンジン廻すのであるが、此の頃はD<sub>1</sub>の中の油をGの中で燃し、そのGにDの中の水を吹込み蒸気を作り蒸気でエンジンHを廻して居る。

此頃の魚雷は二萬米位走るから軍艦にとつては非常な脅威である。

魚雷は眞直に走るばかりでなく、斜に走ることもある。即ち第二十七圖の様に曲路を走ることが出来る。之は方向を操つるコマを調整すると斯様になる。艦隊で走つて居る時本艦が敵に丁度面してゐなければ射てないといふのでは工合が悪いからである。

第二十八圖は軍艦のデッキから魚雷を發射した瞬間の圖である。



第二十九圖は飛行機に魚雷を積んで行き低空飛行をして魚雷を落射するのであるが、これは中々有効である。飛行機のスPEEDは魚雷に較べると遙に速いから、敵艦の近くに降りて来て落して置いて逃げるといふのである。



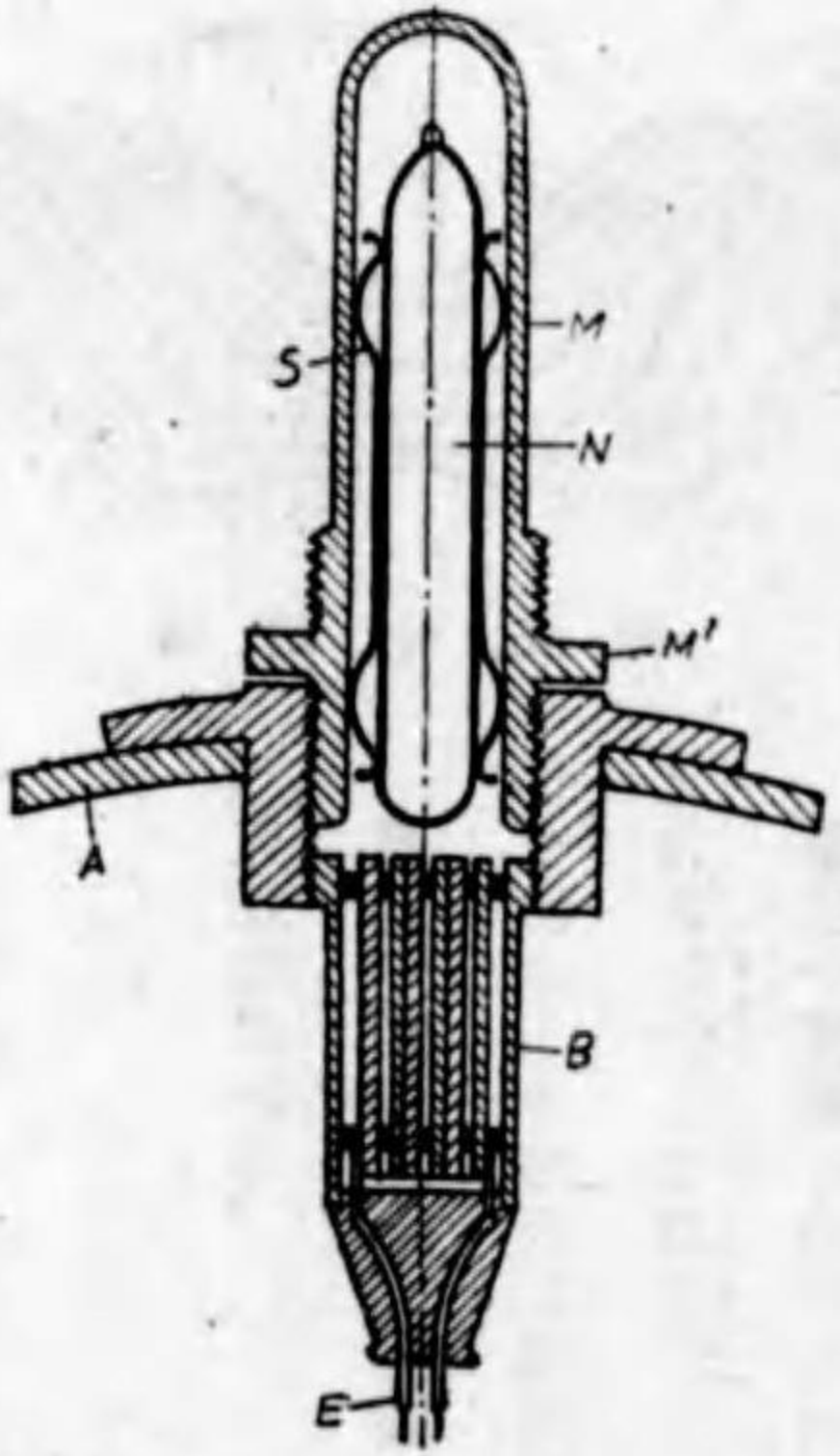
第三十圖

世界戦争ではこれで二艘沈めて居る。是も將來益々使へさうである。

第三十圖は機械水雷で海の中に、右端の様な具合に錨を以てつり止めて置く。海の深さは初めから分つてゐないが、水雷の水面下の深さは敵艦の吃水に依つて決まるものであるから、一定の深さに置かなければならぬ。そのための装置の要領を此圖が示して居る。此の装置は日露戦争の時には日本にはなくて、ロシアはこれを持って居た。世界大戦の時には皆之を使つた。世界

大戦では機械水雷は五〇一六〇萬個使はれたといふことである。

潜水艦から機雷を敷設することは世界戦争中ドイツの發明で第三十一圖がそのドイツの機雷である潜水艦は之をその腹にもつて居て、愈々敷設しやうと

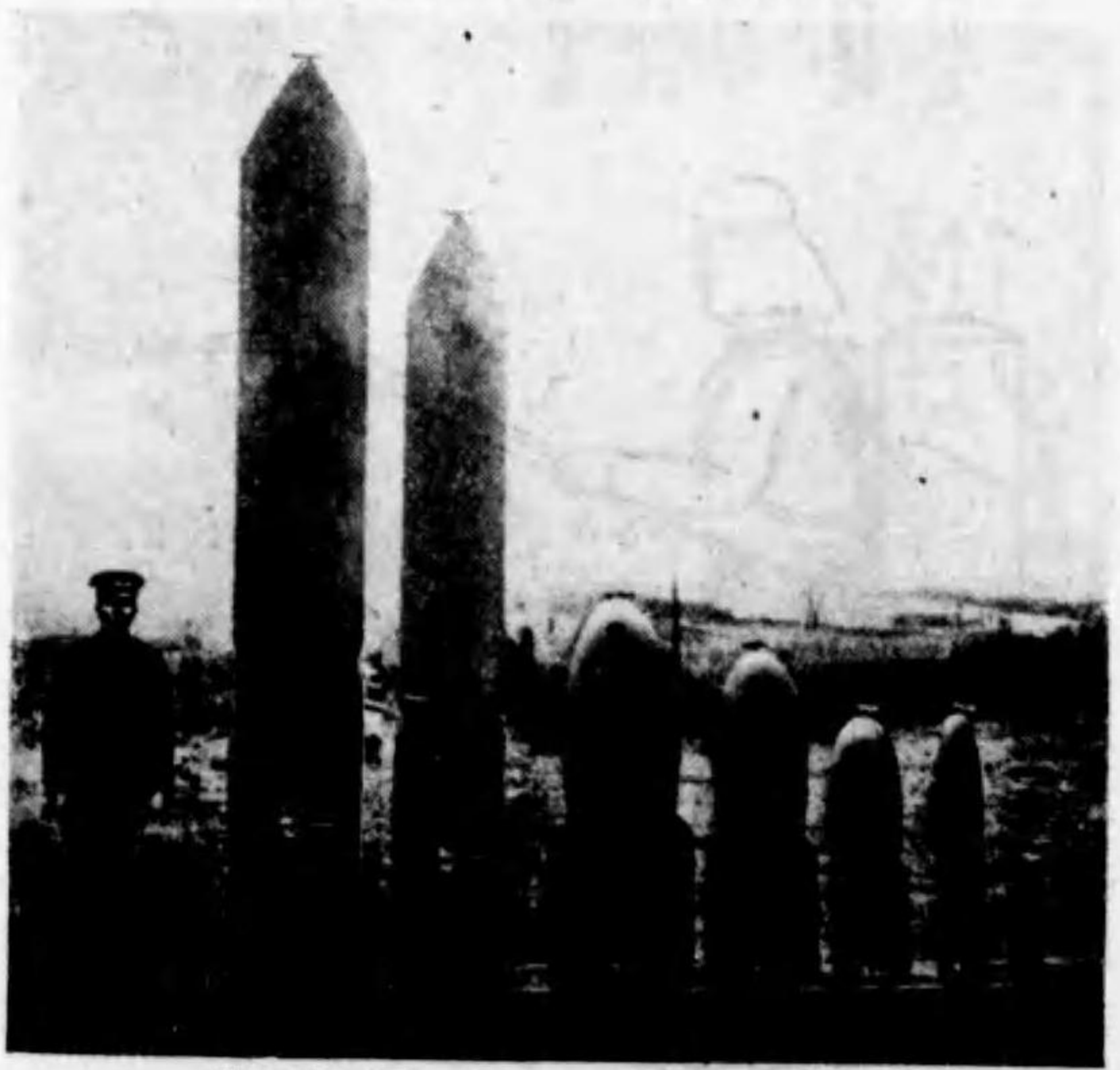


第三十二圖 釀成電池式發火裝置

する所まで行けば、艦内から下の止めを外つして落すのである。

第三十二圖が機雷の角である。角の中の硝子Nに重クロム酸と硫酸と水の混合が入れてあるが、この硝子が壊れて下の電池箱の中に流れ込むと電氣が出來、そ

輓近に於ける兵器の進歩



第三十三圖 米國の飛行機用破壊爆彈 (左より 4000, 2000, 160, 300 及び 100 ポンド)

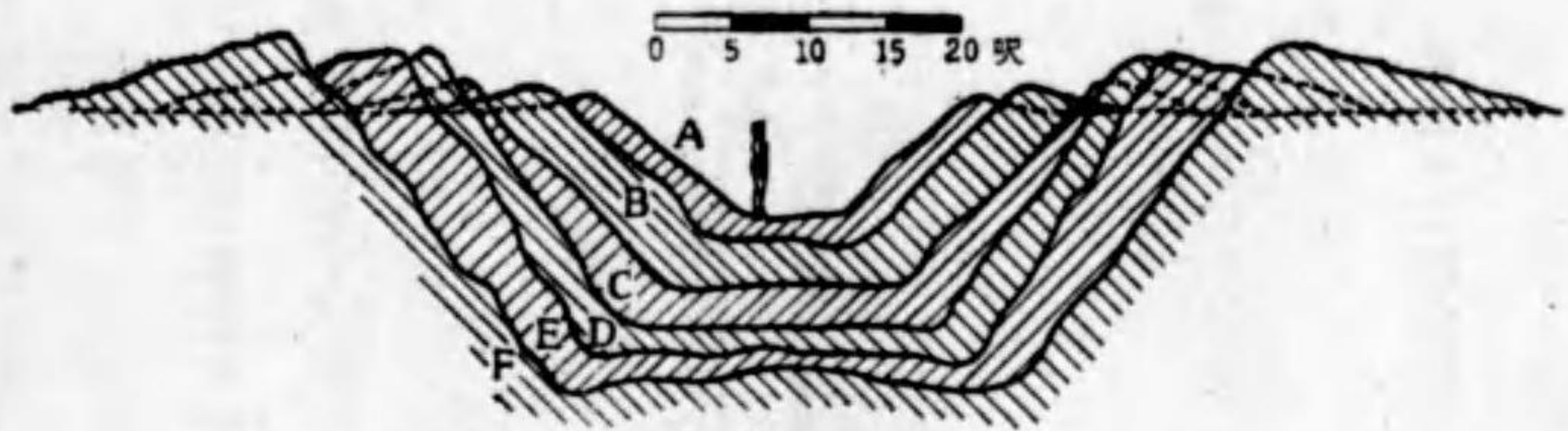


の熱の作用で爆發する仕掛になつてゐる。

第三十三圖は既に多くの雜誌にも出た圖であるが、アメリカの爆彈の圖である。一番大きいのが一八〇〇疋、次が九〇〇疋、次が五〇〇疋、二七〇疋、一三〇疋、四五疋等である。

第三十四圖は第三三圖の如き爆彈を使ふとき地面に出来る穴の形と大きを示してゐる。

第三十五圖は先程述べた火煙放射機の一例で、タンク中の燃料をパイプから吹き出し、それに火を付けると長さ二〇米位の炎が出来る。その軒壕内に居る敵を焼いたり、村落の放火などに用ひられる。これは個人の携



第三十四圖



第三十五圖

帯用のもので、農家で使ふ殺蟲器がその儘これに使へる様に、ドイツでは殺蟲器を標準化して有事の際には直ぐ徴發して戦場に使ふやうにして居る。(昭和九年九月一八日土木學會第六五回講演會にて)



機械工業技術の現状



## 機械工業技術の現状

### 一、緒

發明が人類福祉増進のため、又國家隆盛のため、甚だ必要であることは今更申すまでもないことである。特許局に於ては、發明獎勵の目的のために、毎年發明展覽會を開いて、一面には隠れたる發明家を世に紹介し、又一面には發明品の利用を推奨することになつてゐることは誠に喜ばしいことである。

發明は世の進歩と共に、その行はるべき範圍が益々弘くなつて來る。實に百般の方向に向つて新たな發明を要求してゐるのである。昔は發明は人の職業を奪ひ、特殊な人だけに利益を與へるものと考へられたこともあつた十八世紀に起つた産業革命以前にポーランドの某發明家が、機械の發明をして、政府當局に睨まれ、遂に絞罪に處せられたことがあつた。その理由は、機械で布を織ると、毛織職工が職を失ふから宜しくないといふのであつたが、大勢の推移は如何とも出來ず、産業革命となり、その結果は如何かと云へば結局、從來木綿の着物を身に纏ふことの出來なかつた農民までも恩恵に浴するに到つたのであつて、決して發明は一個人の利益に止まるものでないことを明かにしたのである。



發明には前述の如く、各種各様のものがある。機械もあれば、電気もあり、化学もあるといった如く、多種多様である。最近の外國某雜誌に、世界の五大發明家は誰かといふ題の論文を掲げてゐた。それによれば、五大發明家として

綿繰機械の發明家	ウィットネー
電燈の發明家	エヂソン
自動車王	フォード
電話機の發明家	ベル
電信機の發明家	モールス

を擧げるのが普通であるが、此の論者は、此等の人の内エヂソン、フォード、ベル、モールス等は大したものではない。寧ろ

ボール盤の發明家	ウイルクソン
双物臺、平削盤、堅削盤の發明家	ブラマー及びモーズレー
互換式製作法の發明家で同時に綿繰機の發明家	ウィットネー
小銃を一作業で仕上げ銃床を仕上げる機械の發明者	ブランチャード

の五人を最も有力な大發明家として推賞するといふのである。此等の人々は旋盤、双物臺、ボール盤、平削盤

を發明した人で現在の工作機械の基礎を作つた人である。假りに此等の發明がなかつたならば恐らくエヂソンのランプも、ワットの蒸氣機關も、ベルの電話も、モールスの電信も出来なかつたであらう。事實ワットの蒸氣機關は直徑六吋、長さ一一吋の圓筒の内面が仕上げられなかつた爲に、實用されたのが一〇年間も遅れたのである。ワットの發明を助けたのがウイルクソンのボール盤である。換言すればウイルクソンがゐなかつたならば、ワットの蒸氣機關は遂に世に出なかつたかも知れない。

双物臺がなければ決して今の金屬切削の技術はないであらう。平削盤や堅削盤がなければ、大きな機械類は作り得ないに相違ない。従つて吾人の現在もつ文明は得られなかつたであらう。それ程、重大な發明をした人々を、世人が兎角忘れてゐるのは何の故か。それは此等の發明が單にそれ自體の目的を達したものであると考へ、此等の發明が他の發明を補助する手段として重大な役目を果してゐることを忘れたからである。

此等の機械の御蔭で吾人の日常生活を楽しく、便利にさせるところの、機械類は勿論、藥品類も亦安く、得られることになつたのである。斯様に考へると、エヂソンもフォードもベルもモールスもその成し遂げた發明は實に小局であつて世界を改造したとは云へない。然るに以上のウイルクソン、ブラマー、モーズレー、ウィットネー、ブランチャードは世界を改造したといつて差支へない。大發明と推す所以は實に此の點にあるのだと結んでゐるのである。



之を要約すれば、特殊な品物を考案した人よりもそれを作る手段即ち工作機械を考へたの方が遙に大なる貢獻をするのであるといふ論旨である。

此の考へ方は決して間違つてゐないと思ふ。現在の機械工業の成否は全く工作法如何にあり、又若し機械工業に秘密ありとせば工作法でなければならぬ、

## 二、機械工業

機械工業は材料を他から供給されて、それに加工して各種の目的に適する機械器具の類を製造する工業である。従つて原料工業と密接な關係を持つてゐる。良い製品を機械工業で作するには、良い原料を用ひなければならぬ。

最近、イギリスで、傳導齒車を各種の方法で作つてみたが、良い齒車は材料の精選、取扱等に十分注意しなければ得られない。機械工場で何程注意しても、出來の悪い材料を不注意に鍛鍊したものでは正しい齒車は出來ない。齒車の良否は、鋼の熔解爐の中にあるときから定まつて來るのだといふ報告がある。即ち機械工業と材料工業とは、相並んで進まなければ進歩はしないのである。

其の最も顯著な事實は切削材料即ち刃物に使ふ材料の變遷が常に工作法を變化させてゐることである。

次は機械工場に送られる素材が如何なる形状であるかと重大な關係をもつのである。例へば鑄物であるか、丸棒であるか、火造りであるか等が生産能率上重大な關係をもつてゐる。以下其等の事に就て少しく述べる。

## 三、素材の選擇及特殊加工

### (一) ダイカスト

ダイカストは機械的加工を極度に減らす手段として最良のものである。之は今の處、熔融温度の比較的低いものでないといひ難い、従つて輕合金、眞鍮程度までであるが、丈夫な密度の高い鑄物が得られる利點を伴つてゐる。此の方法の缺點は今のところ製造數量が多くなると鑄型代が高いために行ひ得ないことである。その數量は製品の複雑程度によるが、先づ一、〇〇〇個以上とされてゐる。要は機械加工費と原料代との節約と鑄型代とが釣合へば良い譯である。

熔融金屬を壓力で押込む方法が弘く行はれ、鑄型は大抵二〇、〇〇〇個以上の製造に耐へる。製品の寸法精度は形状によるが正頁〇・〇五耗といはれてゐる。

### (二) ドロップ・フォーミング

餘り大きくない機械部分は素材をドロップ・フォーミングによつて作る。工作法としては古いのであるが、利用範圍は益々増加する傾向がある。之にも型を要するが、ダイカストの如く複雑なものが作れないから型は簡單である併し此の鍛鍊法は近時非常に進歩し加機械工代を少なくしてゐる、我國は此の點甚しく遅れてゐる。



## (三) 熔接

電気熔接の利用は近年著しく弘まった。小さい部品の中、従来單一體で作つたものを、別々に作つて、スポット熔接法で熔接するが如きもその一例である。又大きなものを従来火造り法で造り、機械作業で仕上げてもたもでも熔接法の進歩によつて、板をつぎ合せて作り上げるやうになつてゐる。此の方法による利益は非常なものである。その一つは必要な所に性質の異つた材料をつぎ合せて作り上げることが出来る點である。

## (四) 酸素焰の利用

電気熔接の一種と考へられるものに盛金バイト製造法がある、之は高速鋼の薄片を臺金に電弧法で熔かしながらつけるので、酸化を防ぐために水素氣中で行ふのである。従来板に窓を開けるには、ドリルで孔を連続的に穿つて、切破るより外に方法はなかつたが、今では酸素でアセチレンガス、又は水素をもやして強い焰を作つて熔かしながら切破るのである。前述の熔接法と組合せて、複雑な機械部分を丈夫に且つ迅速に作る事が出来る。

## (五) 吹掛金屬

昔から我國では鑄掛といふ方法があつて鑄物製鍋の「われ」又は孔をふさぐのに利用してゐた。あれと同じ様なことが現在の工業にも屢々必要である。例へば鑄物に巢が出来たとき、又削り「きず」を作つた時等である。それ等の場合従来はテルミット、即ち酸化鐵とアルミニウムとの混合に點火して所謂ゴールドシュミット反應を起させたのである。今ではレールの熔接に用ひられる。電気熔接が發達してからは、鑄物の修理には多く、それが用ひられる様になつた。所が此の電気熔接法は小さい面積に厚く金屬を盛り上げるには良いが、廣い面積に薄く施すことは出来難い。

金屬吹掛は我國では「メタリコン」と稱して大分以前から知られてゐる方法であるが、之を數年前から色々な利用する様になつた。これの要領は、酸素アセチレン焰で針金をとかして、熔融分子を吹きつけて、金屬の層を作り上げるのである。被覆される金屬と被覆する金屬とは熔接の場合の様に、熔接してゐるのではないから、裂けてとれる心配がある。併し臺の表面を適當にすると附着力は平方吋當り五〇〇ポンドに達し、更に熱處理をすると、一六〇〇ポンドにもなる。

吹付する金屬は鉛、錫、亜鉛、アルミニウム、ニッケル、銀、銅、眞鍮、青銅、モネル、不銹鋼、炭素鋼等である。此等は針金にして使ふのであるが、粉末にすると、熔融點華氏五二五〇度のタンタラムも吹付けることが出来る。

利用範圍は軸受の軸頸、受金等の修理、腐蝕防止のための鑄物で、ボルト、ナット等は大量的に輾轉函に入れて、廻しながら吹付けると一時に一〇〇ポンドも取扱ふことが出来る。

## (六) クローム・メッキ

クロームをメッキすると、硬くて、腐蝕がなく、又磨滅に強い、そのために機械部品には之を應用することが非常に盛んになつて來た。ゲージの測定面をクローム、メッキして、研磨するのもこのためである。又双具とし



てはリーマの溝にクローム、メッキをすると、切刃よりも、切屑の逃げをよくする點に有效である。

(七) 窒化鋼

特殊な配合の鋼にアンモニア蒸氣を働かせると、窒素と鐵の化合物が出来て、非常に硬くなる。そのために、磨滅する様な部分には之を施すと非常に機械のもちが良い。ゲージや工具にも施されてゐる。今の處此の方法の缺點は操作に長時間例へば九〇時間もかゝるから、實施し難い場合がある。表面だけ硬くなるのである。も一つの缺點は窒素が鋼の中に這入り込むのであるから、容積が増すことになるため、形が全く對稱のものでないと歪んで形が狂つて來ることである。

(八) 低温嵌装

燒嵌は外の輪を熱して、膨脹させて軸に、嵌めるのであるが、此の方法では輪が酸化されたり、熱してから操作するとき動かす場合歪むことがある。

低温嵌装では、逆に軸を冷し、收縮させて嵌めるから、以上の缺點なく、完全に取扱へる利益がある。ドライコールド法といつて最近の方法である。

四、刃具材料の進歩と工作機械

今から三〇年程前に所謂、高速度鋼(タンダステン鋼)が出来てから、切削速度が非常に増したのであるが、

此の數年前に炭化タンダステン、炭化チタニウム、炭化タンタラム、炭化ボロン、高コバルト高速度鋼の如き超高速刃具が出来たために、工作上に更に大きな變化を來たしてゐる。アメリカで此等を燒結炭化物といつてゐる。日本では住友電線製造所のキゲタロイ、三菱重工業のトリヂア東京電氣のタンガロイなどがある。アメリカの機械學會で一九三五年に調査した結果によると、

之は送りと切込みの深さによるから大略より判らないが			
鑄鐵	粗削	16.5~150 m/毎分	平均 53 m/毎分
	仕上削	21~176	
眞鍮, 砲金		45~680	156
軟鋼		29~120	60
硬鋼		12~90	41

燒結炭化物を用ひたための生産増加		
鑄鐵	10~200%	平均 60%
鋼	10~80	35
眞鍮, 砲金, アルミ等 15~500		

鑄鐵	5~7%	平均 28%
鋼	5~20	22
他の材料	20~75	20~40



鋼に對して増加率の低いのは、工作機械の動力が足りないために、速度が出せないからであらうと想像されてゐる。

此の調査は七五〇會社に調査書を送つて九〇社から役立つ返事をもつたものの綜合である。

(一)「どんな工具を用ひてゐるか」といふ問に對しては

七二會社が焼結炭化双具を用ひ、中には一〇〇%即ち全部焼結炭化物にしてゐるといふ會社もあり、平均すると、數量に於て八・三%であつた。

五二會社がコバルト高速度鋼を用ひ、その中最も多く使つてゐるのが八九%であつた。

五九會社がステライトを用ひ、最大使用率は四〇%である。之を一九三一年の調査に比べると、焼結炭化物とコバルト高速度鋼とが増加し、ステライトは減少してゐる。

焼結炭化物は、旋盤、ボール盤、フライスに用ひられ、鐵合金や鑄鐵用として廣まり、又非切削工具に多く用ひられる。

(二)「焼結炭化物を使へるに十分な機械を使つてゐるか」に對しては

鑄鐵に對しては約五〇%は現存する機械で間に合ふが、鋼に對しては僅かな%より使へないらしい。

即ち現存する機械では焼結炭化物双具は十分に使へない、少なくとも改造して、動力及剛性を増さないと鋼には使へないことになるのである。

ダイヤモンドバイトを使ふと磨滅が少なく、摩擦が少ないから仕上りが綺麗である。

切 削 速 度	毎分二〇〇—一〇〇米
切 込	約〇、〇一耗

但し切込は〇・一—〇・二耗位までは出来る見込がある。

そこで工作機械はどうかすれば此の切削速度に耐へる様になるかといふ問題がある。

それについて前述のアメリカの調査報告書は次の様にいつてゐる。

一、切削双具の許すだけ高速度重切削の出来る様に動力を増すこと、機床、原軸、スピンドル、心押臺等を剛直にして撓み歪を少なくすること。

二、豫荷重球(又はローラ)軸受を用ふること、球軸受をライプセンタを用ふること。

三、電流計又は直接馬力を示すメータ及び主軸速度を示させるための廻轉計を取付けること。

四、電動機の過大荷重のとき、自動的に送りを外づして、バイトが切込んだまゝ機械が止まることのない様にしたい。

五、消費動力の大小に應じて送りを自動的に調整する様にし、旋盤は速度又は切込の深さに關係なく、最大能力で働く様にしたい。

六、送りは別の電動機で運轉したい。



七、刃物の先きを研いだとき、敷金もかへず、又切削角をかへることなく、刃先は中心線に向つて取付けられる様に、刃物臺を改良したい。

以上のことを述べてゐるが、高速重切削にすると、磨滅が大きくなるから、此の點は特に注意を要する。そのために機械の材料をよくすること、即ち鑄鐵ならば、ニッケルクロムを入れた所謂セミスチールにするとか又は滑路に鋼を貼付ける方法等が講ぜられてゐる。そこで思ひ當ることは型直をした工作機械である。

型直した工作機械は、例へば軸受に轉がり軸受をつけ、迅速摺及びその他の時間節約機構をつけたものであるが、此等の機械では磨滅部分は改められてゐないから機械の設計當時よりも數倍の荷重で運轉されると、磨耗は前よりも數倍速い。即ち生産が三倍になれば磨耗も三倍多いから、修理を三倍しなければならぬ。即ち償却を早くしなければならぬことになる。

我國には非常時以來大量的に此の種の型直した機械が輸入されてゐるが、その始末はどうなるかと思ふ。尤も我國では切削速度が遙かに低いから別に目立つた損失にもならないかも知れない。

### 五 時間の節約、疲労の減少、精度向上

工作機械の向上は、時間の節約と、疲労の減少及び精度向上の三つを目標として進められてゐるのである。

時間の節約は、前述の如く切削速度を高めることによつて、一部分は達せられるが、機械は連續的に運轉出來

るものではない、工作物を取付け、又仕上げたときに、外づし、又寸法測定等をしなければならないから、それ等の動作が、簡單迅速に行はなければならない、切削時間が減つても、生産はそれだけ上らないことになる。即ち遊休時間を少なくする必要がある。そのために、工作物を掴む装置即ちチャックの類が、空氣式、水壓式、又は電磁式となつて迅速に行はれる様になつたのである。一方又機械の發動、停止も押しボタンで疲労なく行はれる様に改良されて來た。

又切屑が長く續くと高速では特にその處置に困り、犠牲を出すこともあるから、切屑をばらばらにする方法、即ちチップ・ブリーカや切屑を一定の所に運ぶ手段等が考案されて、機械の能力は益々高まつて居るのである。機械を止めることなしに測定する手段が考へられて、自動測定又は半自動測定といふ方法で、希望寸法になれば、更に他方では寸法を、機械は自ら止まるものもある。

### 六 精度向上の必要

機械を精密に作る必要には二つの理由がある。

第一は、機能上精密でなければならないこと、例へば、測定機械の如きものは精密に出來てゐないと、その目的を達しない。

第二は、精密に出來てゐないと壽命が短い、つまり壽命を延ばす手段として、精密に作るのである。例へば軸受



に嵌めた軸頭が、粗仕上の儘では、始めシツクリ嵌つてゐても、互に接觸する面が少ないから直ぐ磨滅してガタガタになるが如きである。此の意味から、將來の機械工業では面の仕上げが重大性をもつことになるのである。或會社でピストンピンを研磨盤で仕上げたものと、ラップしたものと比較したことがある。研磨したばかりのものは數時間運轉の後 $0.0075$ ミクロン即ち $7.5$ ミクロン直径が減つたが、ラップしたものは、少しも減らなかつたと云つてゐる。

同じ様なことが、他の機械部についても云へるのである。従つて、近き將來には普通の機械即ち現在では餘り精密ならざる機械類も所謂精密機械の仲間入りをするようになるのである。

## 七 精度向上の手段

### 一 測定技術

精度向上には測定技術が先づ進歩しなければならない、事實現代の工作技術は、全くこの測定技術に引きずられて發達したのである。

然らば今の測定はどの程度まで進んでゐるか、先づそのことから述べる必要がある。

機械工業で最も必要な測定は長さ即ち寸法の測定であるが、長さは測るものの大小によつて測定精度が異なるが $100$ ミ以下ならば正負 $0.005$ ミクロン即ち $100$ 万分の五以上の誤差なしに測れるのである。而して鐵

の分子間の距離は推定上 $0.0003$ ミクロン即ち $1000$ 万分の三耗であるから、約鐵の分子距離の $20$ 倍の處まで測れるのである。而して工場で廣く利用される彼のヨハンソン・ブロクの高級なものは $20$ ミ以下ならば寸法に正負 $0.0045$ ミクロン即ち $100$ 万分の四五耗以上の誤差なく出來てゐるのである。これを割合から言へば一耗のゲージは $10000$ 万分の一まで精密に測ることが出來るのである。これは測定技術の最高峰であるが、工作に實用する處のゲージの改良、特に限界ゲージの工作進歩と、その利用は互換工作法を容易ならしめ、大量生産の基礎を作つたものである。特に最近は前に述べたやうに、工作機械の運轉をとめることなしに測定を行ふ手段が發達の緒についたから、將來は益々精度の高いものを能率よく作ることが出來る。

### 二 工作技術

工作技術の進歩は主には工作機械の進歩によつたのであるから、結局精密工作用機械の話になる、先づ

#### (A) 切削工作機械

即ち旋盤、ボール盤、平削盤、形削盤等について述べれば、送り即ち旋盤で言へば、工作物が一回轉して双物を軸方向に送る量を極めて小さくすれば、削られたものの面は凸凹が少なく平らになる。所が僅かづゝ送つてゐたのでは能率が上らないから、回轉を速くしなければならぬ。つまり送りを小さくして、回轉を速くするといふ二つの問題に出會ふ。早く廻すと振動が出るから、双物が破損し易く、又破損しないでも削られた面が平らでなくなる。そこで振動のない機械を作つて、送りを小さくする必要がある。



振動をなくするには従来のように歯車を介して廻すのではいけない。どうしてもベルトで廻さなければならぬといふので、高速機械には出来るだけ歯車を避けてゐる。止むを得ず歯車を用ふるならば、主軸から遠い所に置くことになつてゐる。

廻轉が速くなると、軸受が問題になるから餘程工夫を要する。ボールや、ローラ・ベヤリシクは佳いが、どうしても半径方向と軸方向に僅かながら遊びがあつて、精密なものには使ひ難い。處が豫荷重といふ方法が案出されて、やつと使へるやうになつた。斯様にして毎分三〇〇〇以上の高速廻轉は得られるが、さて送りを小さくする工夫はどうか。

双物臺の送りは、従来ぬちによるより外に方法はなかつた。處が水圧を使つてピストン又はプランジヤを動かすなどんなにでも細かく、又無階段的に送りを變へることが出来る。例へば送りは一廻轉に付〇・〇一—〇・〇〇五耗といふ風に小さくすることが出来る。然らば従来は旋盤の送りは如何かといへば〇・一—〇・五耗が最小とされてゐるから、十分の一に細かくなつたのである。斯様に送りを小さくすると、一つのを削り上げるのに双先が被切削材料を摩る長さが著しく長いから磨滅が多い。そこで、ダイヤモンド・バイトが利用される。ダイヤモンドは他の金屬双物と異つた切削作用をもつてゐると見えて、輕金屬又は銅を削つても全く異つた光澤を與へる。それは主に摩擦が小さいのと高速切削によるものと考へられてゐる。双先が磨滅すると圓錐を削つても、後に削つた部分が直径が大きくなるから、結局、圓錐形になる。

ダイヤモンドを使ふと殆んど減らないから眞の圓錐體に近いものが削れる。ダイヤモンドを使ふ旋盤は特に振動があつてはならない。

**ファイン・ポーリング** 孔の内面を仕上げるのに單双バイトを使つて、高速回轉で送りを細かくするボール盤がある。精密ボール盤と稱へられ、數年以來のことである。この場合バイトは軸の先きに取附けられるから、機械自體の振動は勿論、主軸の振動もないやうにしなければならぬ。毎分五〇〇〇以上の回轉を持つ孔くり軸では〇・〇〇二耗以上振れてはいけない。

切削速度は鑄鐵では毎分一四〇米、黃銅では四五〇米であり、送りは〇・〇五—〇・一七五耗である。仕上り精度はリーマ又はブローチよりも佳い、送りは水壓式である。この方法のよいことは一つの孔と他の孔とを正しく平行に仕上げることが出来るのと、孔の粗削の状況によらないことである。自動車工場では、公差一〇・〇〇七五耗のピストンピン孔は之で仕上げてゐる。

最近ではシリンダの内面も之で仕上げてゐる。數年前まではシリンダの丸味と眞直度とを得るために研磨して居つたが、その後ファイナボール盤が發達したために、之によつてゐる處が多い。而して

仕上法	公差(耗)	丸味(耗)
リーマ	〇・〇五	〇・〇二五
ファイナボール盤	〇・〇一二五	〇・〇〇五



又相隣るシリンダ孔の平行度も孔の長さに対して、〇・〇五耗であつたが、ファインボール盤では〇・〇〇五耗となつて来た。

工作精度は更に〇・〇〇二耗—〇・〇〇五耗までに高めることが出来る (Amer. Mach. Sep. 25, 1935, p.

730. 参照)

(B) 研削工作機械

この部類に加はる工作機械の主なるものは研磨盤、砥上盤及びラップ盤である。

此等の機械は何れも他の機械的工作法によつて出来たものを仕上げる機械である。即ち面を滑かにする機械と思へば大體に於て間違ひない。尤も研磨盤の中にはねちを「むく」から切出すものもあるが、それは今のところ全く例外である。その外に平削盤の代りをする研磨盤もあるが之も寧ろ特別なものである。この研削工作機械の進歩が近年の工作技術を極度に高めたものと云つて差支へないと思ふ。

**研磨盤** 研磨盤は圓形の砥石車を高速度に回轉して、その圓周又は端面の切削作用を利用するのである。研磨砥石はアラシダム・カーボラシダム等の粉末を焼結し又は他の結合劑を以て固めたものである。

研磨盤を生産に用ふるには、操作が容易で、且迅速でなければならぬから、前の切削工作機械と同様な順序を以て發達してゐる。その階段は

- (一)自動送り。(二)自動迅速近接。(三)迅速に接近して自動的に精密送りに轉換すること。(四)研磨砥石が磨

耗するから、それを自動的に補正すること。(五)仕上研削に自動的に轉換して、正しい寸法になれば自動的に停止すること、これまで進んで来た。砥石の回轉は電動機によるが、送りは水壓式が多い。以前の砥磨盤と今の最新式とは、孔を仕上げるのに、舊式で一四・二分間かゝつたものは、今では二・〇三分間即ち約七分の一の時間で出来る。これは機械自體の改良にもよるが、自動研磨盤に用ひてあるチャックの改良による處が多い。而してチャックには機械的電氣的空氣式の三種がある。

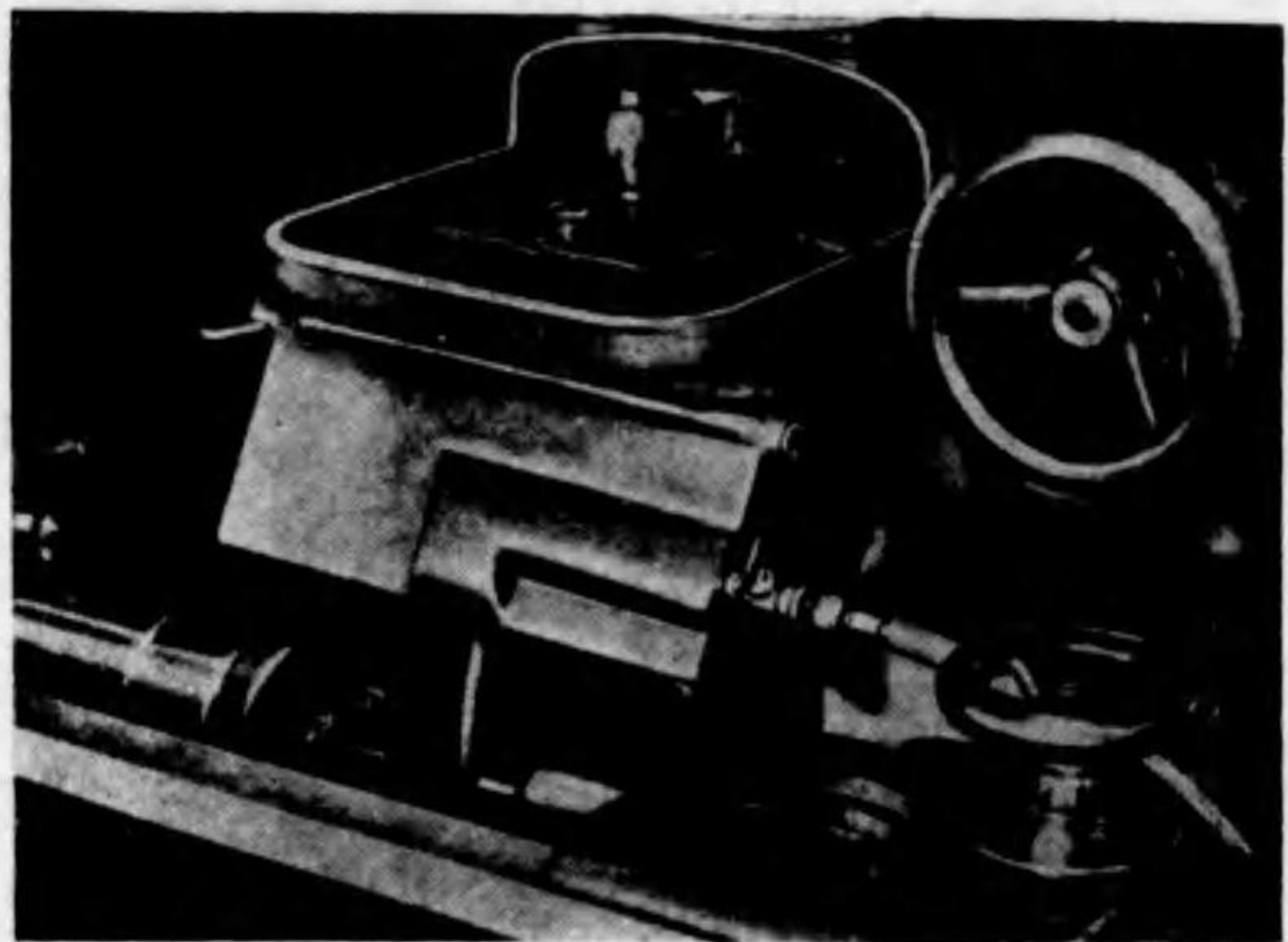
主軸の軸受は強制給油法で、潤滑した油は冷やされ、清淨にして再び軸受に歸へされる。軸受の遊隙を少なくすることが出来たのは全く此の強制給油法の御蔭である。

軸受にボールベアリングの使はれてゐることは勿論である。研磨砥石軸の回轉數は

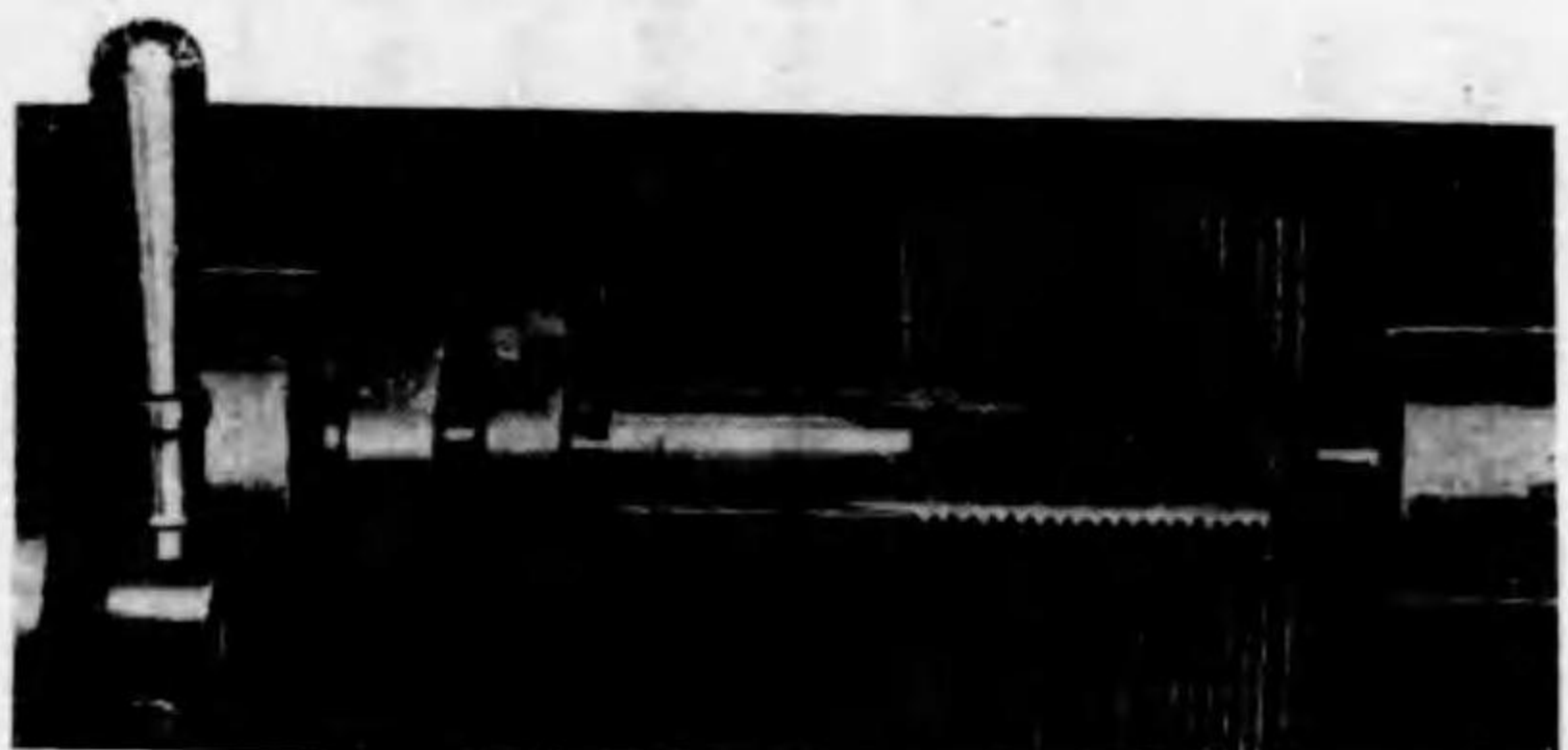
直 (徑)内徑	1 1/2"	1"	3/32 ~ 3/16"
回 轉	10,000	31,000	65,000 (空氣迴轉)
エキセロ球軸受			
軸方向遊隙(吋)	0.0005	0.0003	0.0002
軸方向遊隙(吋)	0.0005	0.0003	0.0002
毎分迴轉數	65,000	18,000	12,500
半徑方向遊隙	殆どなし		
球の眞球性	0.000025 (0.000625 mm)		



研磨盤の種類は澤山あるが、その主なるものを少し述べてみる。



第一圖



第二圖

**圓筒研磨盤** 丸いものの外面を

研磨するもので用途は最も廣い、その中にも種々ある。クランク軸研磨盤はクランクピンを研磨し、楕圓研磨盤は飛行機のエンジンのピストンを楕圓形に仕上げる。ロール研磨盤は壓延作業に使ふロールの研磨に使ふ。

**内面研磨盤** この研磨盤は孔の

研磨に用ひられるものである。

**ねぢ研磨盤** ねぢは普通一枚の

砥石で研磨する。精度は製品の種類によるが、直径七〇耗迄のものならば、ねぢの長さ一〇〇耗に對してピッチの誤差が正負〇・〇〇四耗位まで出来る。親ねぢは直径三七耗、ねぢの

長さ四五〇耗、ピッチ七・五耗のもので、全長に對して正負〇・〇一五耗まで出来る。又ねぢ研磨盤には砥石の面に數條の溝を與へて數山を一時に研磨するものもある。

**表面研磨盤** 平面を研磨するものである。

双具研磨盤 パイト、ホブ、フライス、錐等の研磨に用ひ

られる。

**齒車研磨盤** 名前の示す通り齒車を研磨するものである。

特殊研磨盤 工作機械の滑り面の研磨盤、連桿を研磨する

もの等がある。

**輪廓研磨盤** 輪廓ゲージとの研磨をするに使ふ。

心無研磨盤 圓筒研磨盤はで工作物をセンタの間に挿んで

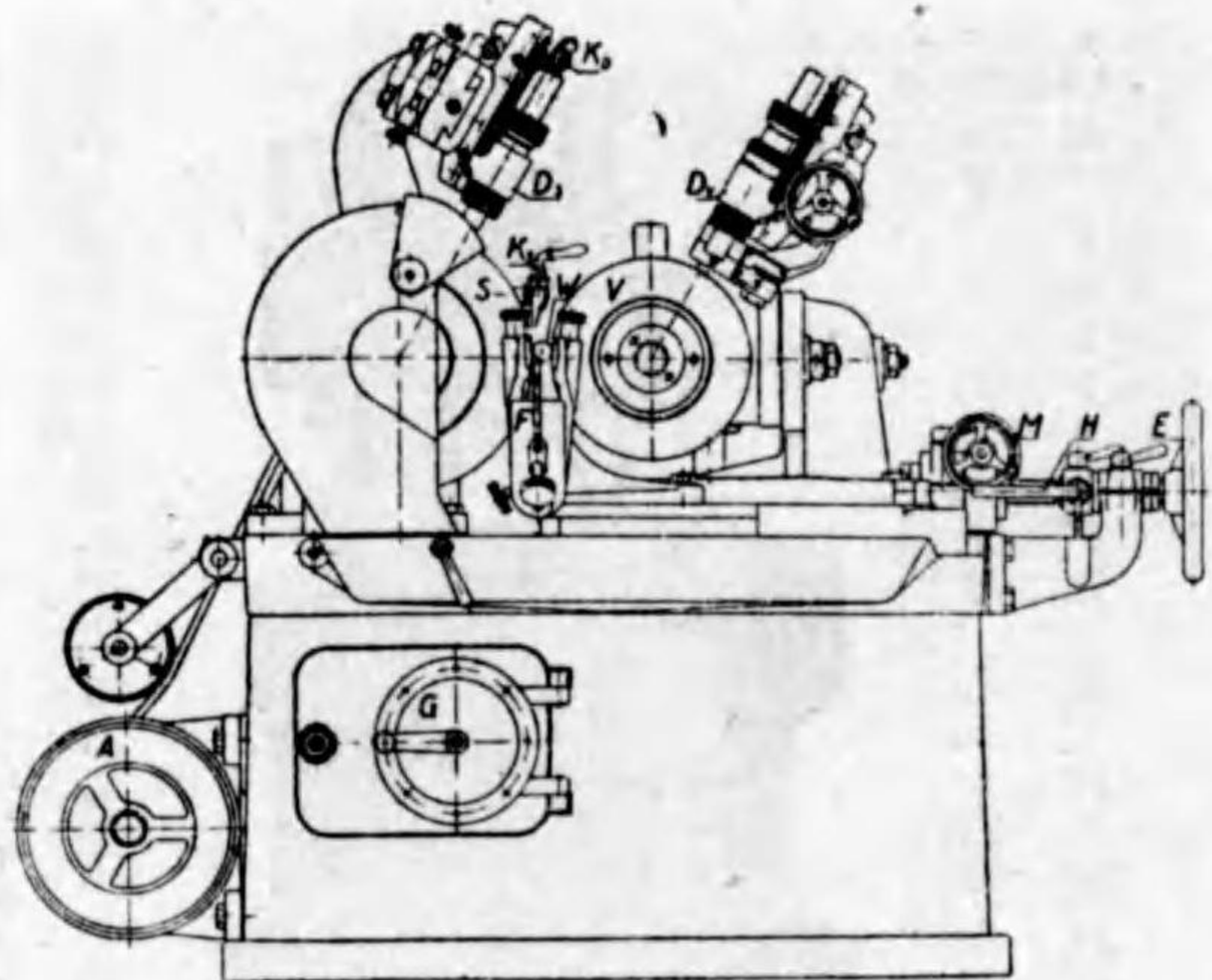
研磨するのであるが、此の研磨盤は心を抑へないで研磨する。

工作の迅速なことが特質で、ピストンピン、ローラベヤリング

のローラなどの仕上に用ひられる。又平らな圓筒體でなしに萬

年筆の軸の如く曲面をしたのも之で研磨する。

**砥上盤** 之は普通の研削盤と異つて、砥石が全圓周面に互つて居ないで、棒狀の砥石を圓周面上に四本又は



第三圖

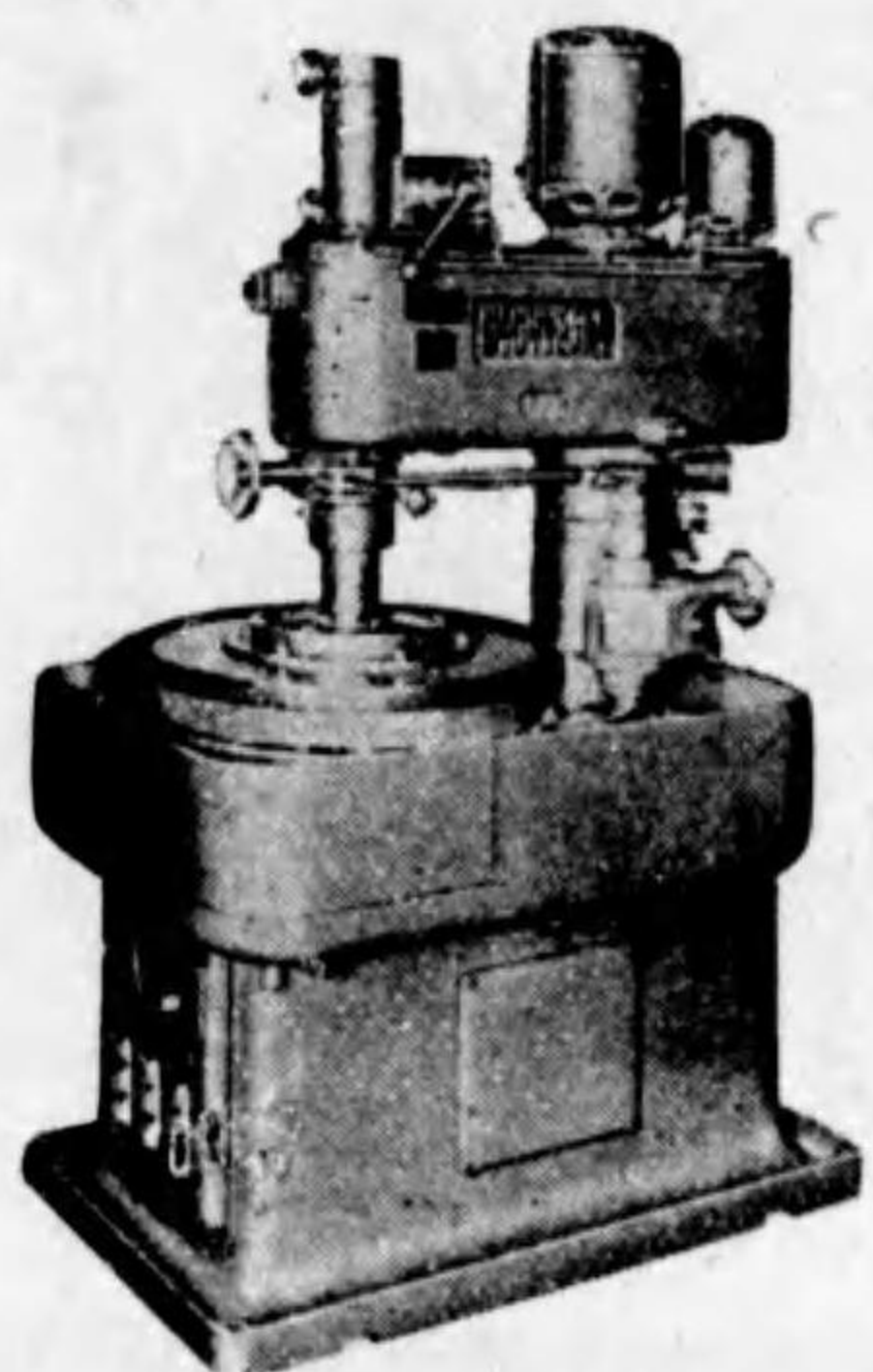


六本位列べたものである。エンジンのシリンダの内面を仕上げるのに用ひられ、操作迅速である。

**ラップ盤** ラッピング（琢磨）といふのは、鑄鐵の如き軟かい材料に研磨劑を吸着埋没させて置いて、その粉末の金屬表面から僅かに出てゐる頭で、切削作用をさせて仕上げる方法で、丸棒でも、平面でも仕上げるこ

が出来ゐる。ピストンピンや、ブロックゲージなども此の方法で仕上げる事が出来る。

■ 此の操作を機械化したものが、ラップ盤である。



■ ラッピング法で圓筒とピストンを仕上げると、パッキン

グなしに數百氣壓の流體でも漏れなしに止めることが出来る。壓力計試験機はこの方法で作つてある。又材料試験機の圓筒は前述の砥上即ちホーニングで仕上げ、ピス

トンとラッピングで仕上げ、しかも圓筒もピストンも鋼で作り、數年間晝夜間斷なく使つて、少しの故障もないといふ。ピストンリングは不良工作の尻拭ひをしてゐるものともいへる。

## 八 結 論

結論として所感を述べる。

一、我國の機械工業は近年大に進歩したと世人は云ふが、技術的に見て歐米の一流國以上に進んだとはどうしても考へられない。特に工作機械に於ては到底問題にならない。以上述べたもの内僅かに極普通の研磨盤と高連旋盤とが最近少し出来だした程度である。それもその筈で、工作機械に関する發明は殆んどないと云つてもよい。即ち我國の機械は母體を持たない工業、母體を外に述べた工業であるから、我國の機械製品は庶子である。

二、我國の工場では切削速度が著しく遅い、職工の勉強も足りない。タイム・スタツイの如きは全然出来てゐないから、ヨタヨタの機械でも間に合つてゐるが如く見えるのである。タイムスタツイをやると職工が嫌ふ。之は教育によつて直すより外にないが、技術者も亦反省すべきである。

三、タイム・スタツイによつて機械の能率を十分に調査し、その結果によつて技術の進歩を圖ることが根本問題である。

四、工作機械業者も亦更に考へてもらひたい。自國のみを市場と考へてゐるのは自殺するに等しい。現在では模倣以外に何等の能はない。模倣品を本家に賣りに行く譯にはいかなう。

五、最後に國家も亦大いに考ふべきだ。工業試験所はあるが、それは皆化學試験所に等しい。大學の實驗室の



工場は、皆舊式機械の陳列所に過ぎない。

六、目下商工省方面に於て機械研究所又は試験所設置の計畫があるといふが、遅蒔ながら誠に結構な次第で、一日もその實現の早からんことを希望する次第である。その内容については多分の注文と希望があるがこゝでは略する。(昭和十一年一月一日第四回發明展覽會に於ける講演、精機協會誌「精密機械」第四卷第一號第二號)

## 精機協會の成立並將來



## 精機協會の成立並將來

本會成立に到る經過を語る前に、精密機械は何時頃から發達したか、どんな刺戟を受けて發達したかといふことに一言言及してみたい。精密機械の進歩は云ふ迄もなく、工作法の改良に待たなければならぬのである。勿論多數の學者、研究家、實際家がこれに寄與して居るが、その最も大なる功勞者は英國のサー・ジョセフ・ウキットウォース (Ser Joseph Whitworth) だと思はれる。彼は一八〇三—一八八七年に到る八四年の永い生涯の間に工作法及び精密機械の基礎となるべき四つの仕事をなし遂げた。

第一は一八四〇年にグラスゴウの British Association で完全なる平面の必要を論じ、その製作法に関する論文を發表した。それは現在もなほ行はれてゐるキサゲによる方法である。

第二は正しいピッチをもつねちを使はなければならぬことを主張し、一八四一年に Institute of Civil Engineers に論文を發表し、當時行はれてゐた各種のねちを調査整理して所謂ウキットウォース式ねちを作り上げたのである。

第三は標準ゲージ方式を考案して精密工作を容易にしたことである。

第四は一八五一年に測長機を作つて工業用端面ゲージの測定を精密ならしめたのである。



以上の四つは現代の精密工作の基本をなしたもので、その功績は實に偉大であると思ふ。彼の業績は直ちに兵器製造の方面に其の効果を現し、更に一般工業に及んだのである。即ち、一八七〇年の普佛戦争、一八九三年の日清戦争一九〇三年の日露戦争の時に使つた武器はこのウィットウォースの基本によつて精密を漸次増加したのである。

一方一九世紀の後半には科學が急速な進歩を遂げた爲に、その方面の需要も亦精密機械の發達を促したと思はれる。否寧ろ精密機械の發達が科學を進歩させたと言つた方が當を得てゐるかもしれぬ。一九一四——一九一八年に互る世界戦争は實に嘗てなく精密機械類の需要の盛なときであつたが、製造業者は尠なからぬ困難に遭遇したのである。中にも兵器關係中ねちについて最も苦しい經驗をなめたのである。記録によると、仰角を測るために使ふ傾斜計の數千箇が必要となつたのであるが、それは長さ五吋に互る、ピッチ〇・一吋の二重ねちをもつてをり、製造が著しく困難で、しかも數ヶ月で使へなくなつたといふ事實があつた。それから急にねちに關する研究が盛にたつたのであるが、時恰かも一九一四年の一二月ごろのことであり、以來ねちに關する知識は急激に増加したのである。

限界ゲージを用ふる大量生産法は全く此の大戦中に發達したのだといへる。一定の機能を有する機械類を廉く作る方法としては限界ゲージ製作法に勝るものは現代では外にないのである。此の製作法は必ずしも精密なものを作ることが目的ではなく、一定精度のものをやすく作る方法である。併しゲージは最高精密のものであるから、

精密機械の工作が此の世界戦争中に急に進歩したのは當然である。

又世界戦争後には軍備縮少條約が兵器の精密を要求して、各種の新しい計器類の設計製作となつて來た譯で、之がために精密機械は發達して來たのである。

一方一般工業界には産業合理化の呼び聲があつて精密機械の要求を益々多からしめる。

産業合理化は冗を去り、能率の増進を眼目とするのであるから、測定と、自動管制即ち自動制御の必要を生じて各種計測器を要求したのである。

米國では新兵器を設計すると、それを二三箇試作して實用試験に合格すればその圖面と、製作に必要なゲージやジグ類の圖面を整へて、之を嚴重に保管し次の設計や研究にかゝると傳へられてゐる。將來の兵器は勿論のこと、一般工業に計器や測器が基本であることは之を以て十分了解が出來ると思ふ。

翻つて我國の此方面の工業は如何といふと、遺憾ながら、決して進歩してゐるとは云はれない。而も、天然資源に乏しく人口過剰であるから此の工業は特に適してゐるといふことは普く認められてゐる。

斯る意味から火兵學會では昔から精密機械の方面に力を致し、特に此の數年來特別欄を設けて會誌の半分以上は之に利用して來たのである。その關係から我國の精密機械の實情をよく知り、且つその進歩を圖る意味で一昨年三、四月の交に第一回の展覽會を開き、豫想以上の成績を挙げ、昨年大阪で第二回展覽會を開いた處、是亦好成績を得た。



第一回展覧會の時から同業者の二、三の人から、之を機會に同業者組合でも作りたいたいが、斡旋の勞をとつて呉れないかといふ話があつたので、それを實現するために犬馬の勞をとるつもりであつたのに、同業組合は兎角面白く行かないといふ説も聞いたものであるから、協會にしたらといふことになつた。そこで、昨年七月に有力な方の御會合を願つたところ、大河内本會長外諸賢の御助力によつて、漸く今日此の發會の式を擧げることになつた。

さて本會の目的は定款第二條にあるやうに「精密機械工業ニ關スル學理技術經濟其ノ他一切ノ問題ヲ研究及調査シ本邦ニ於ケル斯業ノ進歩發達ヲ圖ルヲ以テ目的トス」とあつて第三條にある手段方法で目的を達したい。即ち研究の連絡統一、調査及獎勵、輸出の助成獎勵、講演會、展覽會等の開催、見學及視察、會誌其他ノ刊行物の發行その他とある。

定款には藥の能書のやうなことが並べてあるが、特に力を入れたいと思ふ點は我國同業の實情、輸出入の趨勢等を調査して、將來我國の同業者が如何なる方向に向ふべきか等の指針となり、又その他一般的指導機關となるのが主な目的であり、更に進んでは特殊な工作機械や計器類を集めて、その用法の指導者となるといふ如き方面にまで進みたいと思つてゐるのである。今や我國は非常時に直面して恰も英國が一九一四年に嘗めたと同一の困難を民間工業界が經驗してゐるのではなからうか。本會は一面國防に重大な關係をもち、機械工業及化學工業に重大な關係をもつてゐるから、諸賢の御賛成御助力を得て十分に目的を達したい所存である。(昭和八年八月十日

精機協會發會式に於て、精密機械第一號)

## 工業と人材教育 附 歐米の狀況



## 工業と人材教育附歐米の状況

### 模倣工業

近時我國の工業は大に進歩して、世界第一位又は第二位に位する工業も少なくないが、その多くは、輕工業に屬するもので、重工業方面は未だ振はないと云つても差支ない。多くの機械類は出来る事は出来るが、その九パーセントは模倣であつて創造されたものは甚だ少ないと思ふ。模倣は創造の第一歩であるから、之れからが大切である。實際多くの工業品が外國に賣出されてゐるが、それは技術的進歩も預つて力があるけれども、大部分は爲替相場の變調の結果に過ぎない、所謂非常時になつてから輸入された工作機械類其の他の重工業品は恐らく幾億圓に達するであらう。爲替相場から如何にも不利な立場にあつて多くの高價な機械を輸入し、それで加工しなければならぬ我が國の機械工業が世界的に發展するの餘地は、唯僅かに工賃の低い事に望みをかけるより外はない。工賃は今の處ドイツ、フランス等が我國の五倍、アメリカ、スイスは一〇倍である。

然るに我國で従來備へつけてゐる機械類の許す切削速度は、外國の機械に比べて遙かに低い。そのみでなく



職工の能力が低いため、又は工場内の組織が不十分なために、機械を十分に使用し得ない點もあつて、恐らく機械作業の能率は外國一流會社の三分の一、又は五分の一位かも知れない。してみると工賃は決して安い事にならないのみならず、機械を十分に使はないと機械の償却が遅れるから、勢ひ新しい機械の購入が出来なくなる。能率を上げ得ないから従つて益々不利な状況になる。日本の職工は機械を非常に大切に扱つかふ事は美點であるが、機械をその能力以下に使ふ事は、決して有利ではない、機械は全能力に使つて早く償却するほど得である、一體機械工業ほど資金をねかすものはないが、それが永く償却されないと經營は決して樂でないことになる。化學工業では装置を五年以内位に償却しないと、新しい方法が發明されるから成算がとれなくなると云ふ。舊式の方法では何程やつても、競争に打勝てないことは事實上證明されてゐる。化學工業では人を多く用ひないで装置自體が働くのであるから特に新舊の成績が著しく明かになるのである。

勞銀の高い國では、機械工業でも同一で、舊式の機械を處分して新式に取換へることを盛んにやらないと、採算がとれなくなる。

勞銀の最も高い米國が新陳代謝を最も盛んにやつてゐることが良い證據である。米國で舊式な機械も、日本に來ると丁度良い程度のもので、又は餘り高生産的なのに困る場合もある。工作機械と云はず、化學工業装置と云はず、何れもが多くの熟練を要せずして使へる様に作られんとしてゐる事は同一である。近時精密機械の中で計測器と稱へる部門が發達した様に、その應用によつて熟練を少なくして、良品を製造することが出来る様になりつ

つある事は事實であるけれども、まだまだ熟練又は經驗なしに精密な機械類を作り得る様になるには、尙幾多の歳月を要する事と思ふ。機械工業の將來の祕密は製作方法及びそれに必要な機械類であつて、特殊な方法を以て迅速に工作する方法の案出が最も大切である。市場にある機械を買入れて普通の方法を以て工作してゐるのは模倣の域を脱しないのである。化學工業も亦装置に負ふ所が多く、方法の考案が重大性を持つてゐるから同じ事が云へると思ふ。

### 創 造

模倣の工業には獨立はあり得ない。手本が得られなくなれば仕事がなくなるからである。即ち工業の獨立は創造を措いて外にない、創造された工業は少なくとも當分市場を獨占することが出来る。此の意味から一流の工場には必ず研究所又は研究部を持ち、研究によつて出來たものを工業化するために Development Department 又は Engineering Department を持つてゐる所が多い。此等の部に働く人の數は職工の一〇パーセント以上に相當する處もある。有名なジューメンズではシュッケルトの方は、職工八人に一人の技術者、ハルスケでは三人に一人の割の技術者を持つてゐると云ふ。つまり工作方面は自動機械類の利用によつて職工を減じ、その代り創造方面の技術者を多く用ふる事にしてゐるのである。



## 研究所の必要

昔はエチソンの如き思ひつきによつて新たな発明をする人所謂發明家があつて、多くの發明をして人生に貢獻したこともあつたが、單なる思附きによつて新たなものを作り上げると云ふ機會は漸次少なくなつて來た。將來は漸次研究によつて未知のものを發明するより外に方法がなくなつてきた。新たな發明發見は、或は失業者を生じ、少數の人に利益を與へ、多くの人に寧ろ不利を與へると考へられた時代もあつた。けれどもそれは全く間違ひである事がわかつて來た。一つの新産業は派生的に他の産業を起させるのが普通である、産業に従事する人は往々に自己の産業の將來を考へずに、そのものが永久性を持つものと考へる癖がある、けれども今日やつてゐる製造方法や又は使つてゐる機械は完全なものでなく、又製品そのものが新たな製品に壓迫されて全く壓倒される恐れがある。天然藍が合成藍によつて全く壓倒され、天然絹糸が人造絹糸によつて壓されんとしてゐる如きは餘りに明瞭なる例であると言はねばならぬ。

化學工業には斯くの如き顯著なる實例が多くあるが、機械方面にはそれほど明かな例が乏しいけれども、時々刻々に變化しつゝあることは事實である。蒸氣機關がディーゼルに變り、又手近な例では機械時計が電氣時計に變じて來た如きである。即ち産業に於いては研究によつて常に新たな方面の開発に従事しなければ、事業そのものが永續しないのである。米國の銀行家は事業家に金を貸す場合、研究機關の狀況を見てその會社を評價し、

又金を貸してある會社に研究機關の擴張を勧告してゐると云ふ事である。

米國の會社ではどんな小規模の研究機關でも、必ずそれだけの利益は上げてゐると云ふ。従つて會社はみな利益の一部分をさいて研究機關の充實に充てるべきで、研究が産業の保險であると云はれる理由も茲にある。

研究は之れを大別すると大學の研究又は基本研究、所謂 Academic research と産業的研究又は應用研究、所謂 industrial research とする事が出来る。Academic research は知識の總量を増すために行ふ、研究で、實際産業とは往々縁の遠い場合が多い。Industrial research は産業に直接する問題についての研究で、研究的産物が直ちに産業となつて現れて來るものである。工場で附屬の研究所を設けるならば、當然 industrial research から始めるべきで、日常起きてくる手近な問題から研究して、製品の向上に資することを第一義的に行ひ、研究者の手腕が増し、資力の向上するにつれて漸次擴張して、遂には Academic research を行ふ所まで發展すべきである。Academic research は新智識の發見が目的であるから、之が新發明の根幹であることは云ふまでもない。けれどもそれは規模が大きくなつてからの事で、始めからそれをやつたのでは幾ら金があつても追付かないし、又研究者にその人を得る事が困難であるから、多くは失敗する、全く Academic research から出發して industrial research まで一貫して仕事をしてゐるものには米國の G・E 及ベル研究所、ドイツの I・G 染料會社、ジーマンス等がある。此等は立派な學術的研究を工業化することに成功して、收支が相償ふのみでなく、會社の事業はそれによつて擴張されてゐる。昔は研究室は工場に引ずられたが、今では研究室が工場を引ずつてゐるの



である。この事はG・E、ベル・ジーマースの如き大工場の研究所のみでなく、小工場の研究所も同一の成績である。米國では同業者が集つて共同の研究所を設けてゐる。そこでは業者間に起る共同問題を研究してゐるので、その結果は同業者に均等に報告されるが更に利用するには、各工場で實驗室又は研究室を持つてゐる必要がある。序でに列國が持つてゐる實驗室の數を見るに、獨國八四〇、米國一六〇〇、日本一一四(その内官公立九〇、私立は僅かに二四)である。

何れにしても工場には必ず研究室を持つべきで、持てばそれだけの利益は必ず上るのである。工場の研究室は決して智識の總量を増す事を目的とするのではなく、製品の向上、新製品の製造を目的とし、會社を利する事を目標として行はねばならない。それには決して大規模に出發してはならない。小規模から始めて順次擴張すべきものである。その主なる理由は研究者が得られないことが第一で、次は金の無駄使ひを防止するためである。研究機關の設置は單なる道樂でなく一種の投資であり、又適切に之を行へば米國の實例の様に必ず金錢上の利益を會社に與へるものであるから、無用の投資は大に警戒すべきである。此處に人材養成の必要があるのである。

### 研究者の養成

優秀な研究者を持つ事は研究所にとつて最も大切な點である。近時我國でも研究熱は甚だ旺盛で、此の方面を希望する人は甚だ多い。併し希望するもの必ずしも適任者でない。不適任者が研究所に入つて、成績が少しも上

らず、一生を過つた例も決して少なくない。米國の如き國でも研究者を得る事については各研究所とも、少なからず困つてゐるが、多くの人の意見は、大學の古參教授に依頼して探すのが最上の策であるといつて居る。併し出來上つた研究者即ち誰が見ても立派な研究者は仲々得られるものでないから、矢張り研究者の卵を發見してその人を育て上げるより外に道はない。米國では研究所又は大學等で二個年間研究すると、少なくとも五割多きは五倍に収入が増して榮轉するといふ事である。此の意味から私は大學の卒業生を直ちに實業界に送り出す事は好ましくない。少なくとも二年以上大學院に入れて研究させてから社會に出したいと思ふのである。

近年賢明なる會社は、卒業後大學で研究した人を採用したがる傾向になつた事は喜ぶべき傾向であると思ふ。米國の如く二年間研究して五割以上五倍までも俸給が上れば、我國の學生は現に良い就職口があつても先づ研究するに相違ない。米國人は一體學問が好きでない。金が好きであるから小供の多くは學問なりも金を目あてにするから、學者が比較的少ないのと、一方會社方面で研究熱が盛んな爲めに、學者が特に優遇されるのであるが、又一方研究がそれだけ物質的に貢獻してゐることも大きいから、研究者が優遇されるのである。我國と雖も米國と同等の成績が上らぬ筈はない。要は人を得る事にある。

新に得た研究者には、研究所で適切なる指導と刺戟と鼓舞とを與へて、氣を腐らさぬ様に勉強させるのが第一である。丁寧に指導しても一人前の研究者になるには、優秀な人でも三年位はどうしても掛る。十年やつても物にならない人もある。研究者の得難い所以又優秀な研究者を優遇しなければならぬ所以もそこにあると思ふ。



學問上のみでなく、新しい事柄に對して好奇心を持たないものは、決して研究者にはなられない。研究心は好奇心の洗練されたものだからである。又人の知識を吸収し得ると同時に、大局が見える人でないと研究は成し遂げられない。研究者に必要なのはその人が現在持つてゐる知識でなくして知能である。若き人々に對する指導の必要は出發點を與へることも一つであるが、又障礙に出會した時打開の策を與へることであり、横道に入つた時に引直してやる事である。我國にある多くの研究所の中には指導者がなかつた爲に、成績不良で閉鎖したものもある。研究所が孤立し、適切なる指導者がないと、學者が基本研究のみに耽つて、遂に實用的研究をやらなくなる。従つて會社附屬の研究は工場と同居にする事が最も安全であると同時に、指導者たるべき中心人物を得る事が最も大切である。既に中心人物が出来れば、その人の指導によつて新に採用した研究者は順次に教育されて發育する事になる。此の意味からも前に述べた様に研究所は始めから大きくすべきでない。研究者を養成しつゝ大きくすべきである。

研究所が成績を上げて之を工業化するには始めは分派的に小さく分けて研究し、終りにはチームワークで同時に一つの仕事を研究する必要も出来るから、人の和が最も大切である。従つて研究者は人間的によく出来てゐなければならぬ事になる。研究者及技術者養成の手段としては、單に學校教育のみ依頼する譯には行かないのであるが、併しそれも方法によつては少しは補ふ事が出来る。一體學校は多くの學生生徒と一緒に教育してゐるから、特定の人の面倒を見てやる事が出来ないのである。けれども大學では各専門に分けると割合に教授一人當

りの學生が少ないから、少し教授が骨折れば、特殊な要求と合する様に指導する事が出来ない事もない。私の教室は一學年十七人の學生であるから、割合に丁寧に指導することが出来る。その爲に、何年かかつても佳いから適任者があつたら、こういう専門家を作つて貰ひたいといふ依頼を受けて、學生を指導した例がある。既に六、七年前から二、三あつて、三年後になつてから専らその特定の問題について研究させ卒業後非常に優秀な成績を上げてゐるものがある。大量生産式の教育では出来難い事であるが、少數學生を教へてゐる處ならばそれが出来る。従來の如くに、卒業生の中から任意採用してゐるのでは、到底思はしい人は得られないと思ふ。出来合ひの洋服が體に合はないのと等しく、技術者も出来合ひでなく注文で作る可きではないかと思ふ。會社が今年の卒業生が欲しいといつて、卒業前に申込むのでは到底適任者は得られない。矢張り先を見、方針を定め、その方向に進む爲には、特殊な工夫が必要である。

私の處には現在も今の様な註文が三、四あつて適當な學生の來るのを待つてゐるのである。

### 我國の工業教育

我國の工業教育は大學、高等工業學校、工業學校等で行はれてゐる。

大學は學術の蘊奥を極め國家に必要な人物の養成を目的としてゐるもので、所謂職業教育とは本質に於いて差異があるべきであるが、併し不幸にも事實は他の學校と同様に卒業生の總てが就職を希望し、經濟的にも財力



的にも十分の条件を備へてゐるものまでが、就職を希望して蘊奥を極めんとするものは極めて少ない。前に述べた様に研究者の養成は此の大學に於いてするのが適當であるから、將來は卒業後數年間研究を續けて社會に出る人が多くなると思ふ。吾人はそれを大に希望してゐる。

高等工業學校は工業上必要な學術技藝を教授する目的で作られた學校で、中學校卒業生を收容して三年の教育を施してゐる。唯明治専門學校が四年間教育してゐる。現在十五校あつて生徒の總數は六〇〇〇人であるから、年々約二〇〇〇人宛卒業する譯である。

工業學校は工業に従事するものを教育する爲に出來た學校で、職工學校、徒弟學校等と稱へている學校も同一である。之を修業年限によつて二種に分ける事が出来る。

一、尋常小學校卒業後 二年——五年

二、高等小學校卒業後 二年——三年

である、多くは官公立で私立もある、前者は一〇六校、後者が一三校で全生徒は三四、六〇〇人である、此等の學校では學科目教授が毎週二四時間で、實習時間は一個年に二個月以内となつてゐる。

工業學校は文部省の規定によつて制限されない特殊學校であるが、中學校卒業生を入学させるものもあれば、小學校卒業生を收容するものもある。以上四種の學校の内、工業學校を別とすると、大學高等工業及工業學校は、我國に於て工業社會に、人材を供給する三つの主なる教育機關である。而し夫々異つた所を目標として作られたも

のである。

大學は事實上技術の最高幹部を、高等工業は實地工作の指導者を、又工業學校は工場に於て實地工作をする人乃至所謂フォアマンとなつて工人の指導者たるべき人を養成するのである、然るに、事實は些か異つてゐる。高等工業は大學を眞似、工業學校は高等工業を眞似て、上から下まで程度の差異こそあれ、全く同一の事をやつてゐる。

高等工業と工業學校とは實地に明るい人を養成する事が、その性質上肝要であるにも拘らず、學科偏重で實習の時間は甚だ少ない。僅かに型を教へるに過ぎないで、學科教授に多大の犠牲を拂つてゐる。つまり腕の人を作るべきが頭の人の養成に變らんとしてゐるのである。一方工場では實地工作に明るい人を盛んに要求してゐる。それは後に述べる様に我國には職工教育が行届いてゐないから、特に必要なのである。

實地教育を主眼とする工業學校や高等工業が、斯く大學の縮圖であるには多くの理由がある。第一は高等工業の先生は大學出身者であり、工業學校の先生は高等工業の卒業生であるから、自然同じ流を汲む事である。工業學校の校長に職工から上つた人でも置かない限り到底改革は出來ない。

第二は資格問題である。工業學校は高等工業に入学したり、又電気技術者の資格等があつて徒らに學科が殖える。上級學校に入学せんとするものは少數であらうが、それ等のために、學校の主な目的から外れる様な課程を施すのはどんなものかと考へられる。又資格を得んがための教育は考へものである。二兎を得んとしてその總て



を失ふのである。凡そ「資格」ほど人を迷はすものはない。

第三は高等工業の所謂「昇格」である。既に東京と大阪の高等工業が大學となつた爲に、生徒も先生も昇格を夢みてゐる向が少なくない。名義上昇格が出来ないならば、實值的にでもと、講義の内容を大學と同一にしようとしてゐる。そのために講義に多くの時間を費やして、實習の時間が足りない。高等工業が大學を眞似れば眞似る程、その特質を失ひ、學業に於ては到底、準備教育の多い大學には及ばない。是亦二兎を追ふものである。私は大學に於ても何とかして實習を課して本當の技術者を作つてみたいと思つてゐる。それは大學卒業生でも將來現場で働くものは勿論、設計者も工作法を十分會得してゐないと完全な設計が出来なくなつたからである。

此意味から外國では大學に入學する前に一年以上徒弟をやつたものでないと入れない様にしたいといふ意見もある。これが出来れば大學の教育は大いに成績が上ると思ふが、我國では夏休みに僅に一、二ヶ月の實習にも工場で面倒がつて心よく引受てくれない實情があるので却々實行難である。米國では二ヶ月毎に工場に出て實習しては大學で教育を受けると云ふ所もある。假りに我國の大學教育に斯様な方法が採用されたとすれば、今の高等工業や工業學校は卒業生を何處にやらうとするのであらうか。各自の特質を捨てて人のことを眞似るのは全く自殺せんとするに等しいので、孔子の所謂測隱の情に耐へないのである。

### 卒業後の教育

學校の教育は、何といつても道筋を教へるに止まつてゐるから、學校卒業生が直ちに役に立つといふ事は望めない場合が多い。そこで卒業生を採用した會社研究所等で多少教育する必要がある。

第一會社ならば、その組織や系統を教へることも一つの要件であり、事務員であれば同じ型の數字を書かせる様に字を習はせて置く必要があると同様に、技術家も教育してから使ふ事にしたいと思ふ。

我國では海軍がその制をとつて大學を卒業して行つた人にも、半年乃至一年間實習させて學校教育の不足を補つてゐる。外國では學校教育の高低に拘らず、入社したものは必ず教育の程度に應じて一定期間教育をしてゐる所もある。そうでないと十分の成績が上らないのである。

### 職工教育

職工は實地製作にあたる人であるから、製品の等級は一に此等の人々の手腕によつて定まる事になり、その能率の如何が生産費に最も重大な關係をもつから、その教育は甚だ大切である。然るに學校教育は兎角形式に流れ特に我國でも近時大分職工養成の機關を備へた工場が殖えた。自分の所に養成機關を置くと、思ふ様に希望の教育が出来る。それは前述の様に、資格問題もなければ、他からの餘計な干渉もなくてやれるからである。

外國の状況を見ると、小學校卒業生で三年乃至五年教育してゐる。ドイツは四年教育してゐる所が多く、五年は私の見聞した範圍ではスイスのジエネボイス社ばかりである。



教育のやり方は、學科をも自分の處で教へると、町の學校を利用すると二種あるが、實習が主である。實習には始めから實用になるものをやらせると、實用を目的とせずには暫くの間稽古させるのである。

實習には教師が最も大切で、生徒五、六人に對して一人の先生をつけてゐるが、理想としてはもつと先生が多くないと成績が上らぬと云つて居る位、行届いた教育をしてゐるから、三年乃至四年の教育は十分に徹底する。

「やすり」仕上の製品を見ても、日本の工業學校生徒の製品に比べると比較にならぬ程よく出来てゐる。一々先生がついてゐるからである。

ツァイスイコンでは二年級の製品は四〇%利用が出来、三年級以上は一〇〇%利用が出来るといふ。而して四年級は工場に出て、職工と同様に製作に従事し、四年級の終りに養成所にかへつて卒業製作として何か一つの機械をまとめるのである。入學試験は極めて嚴格で、又學校内の試験も甚だ嚴格に採點してゐる。入學、卒業試験には養成所以外の人に立合つて貰つてゐる。面白い事は、人の容貌は性質を最もよく現はすものだとして、寫眞をとつて、それを大切なる参考資料としてゐるが、永い間の経験でその方法は甚だ佳い結果を與へてゐるといふ。

而して養成する生徒の数は、何處も必要數の約二倍である。二〇年職工が勤続するとすれば年に全職工の二〇分の一、即ち五%は新に補給しなければならないが、年々卒業する生徒はその二倍の一〇%である。即ち養成したものの内から半數だけ採用して、残りは他の工場に出すのである。その理由は優秀なものばかり採用しようといふのである。

佛國のホチキス會社では三年の教育をしてゐるが、その生徒の作つた機關砲のモデルは實によく出来てゐた。之を我國の工業學校の教育狀況と比べると、大變な相違がある。我國の多くの工業學校は約三〇人位の生徒が實習し得る設備を有つてゐるが、それを多數の生徒に對して利用する必要から、殆ど毎時間それを用ひ、而も先生は唯一人朝から晩まで教へてゐる所も少なくない。それでは先生の手が届かないのみか、第一、先生が疲勞して充分の事は出来ないと思ふ。そうでなくとも少しの時間より實習をやらせないから、成績の上り難いのに、先生が少ない事は益々結果を不良ならしめてゐるのではないかと思はれる。

従つて我國でも外國と等しく、工場でもつと職工教育機關をもつ事にしたいと思ふ。

生徒時代にやかましく教育されたためか、外國では工場に於て職工がサボツテゐるのは見受けられない。職工は機械を能力一杯に使つてゐる。私は昨年の後半歐米を旅行して八〇ばかり工場を見たがサボツテゐる職工は一人も見なかつた。歸つて二、三の工場を見たが、機械速度の遅い事と、職工のサボツテゐる事は著しく眼についた。之では日本の職工賃銀の安いのは名義上で實際上では外國と餘り相違がないといふ氣がした。(昭和二年二月一八日東京府立商工獎勵館に於て、同館、東京能率研究會、工場事務研究會聯合主催講演會に於ける講演)



戦争と精密工業



## 戦争と精密工業

### 一、緒

戦争に使ふ總ての物資即ち軍需品を兵器といふことがある。即ち英語のミューニション (Munition) である。併し第一線に使ふ軍需品だけを兵器といふこともある。

第一の定義に従ふと、甚しく廣義で、工業は勿論總ての産業に互ることになるから、茲には狹義に解した兵器について述べるのである。

何れの定義に従ふ兵器も、常に最新の科學的研究の産物を利用してゐる。例へば携帯食糧の如きものでも、我國では味噌や醬油の固形體を必要とするが如きである。

馬はどうか、之も大切な兵器である。何程自動車が発達しても馬なしには、戦は出来ない。世界戦争の例によつても馬は出征兵士一〇〇〇人に對して、三〇五頭の割合で、全馬數の二四%を動員してゐる。併し馬の増産には少なくとも數年を要する。加之馬を民間から徵發することは農産品の減少を來たす重大原因となるから、出來



るだけ自動車で置きかへることが必要であるが、併し山地には馬でないと間に合はないことが多分にあつて、恐らく馬は永久に兵器であらうと想像される。

斯様な譯で、吾々の工業方面のみが、兵器を作るのではない。國家總動員が、國防上必要な所以である。之について、世界戦役のときに、面白い挿話があつた。當時工業品が多量に入用であり、又斬新なる工夫、發明を要求することが多大であつた爲に、技術者戦といふ詞が流行した。それについて兵隊や一般國民から異論が出た。何程技術者が良いものを作つたからとて、それを使ふ人がなければ、戦に勝てるものではないといふのが、戦闘員側の説であり、又原料がなければ、工業もないのだといふのが一般産業界の意見といつた具合で、一部の人がかりが國のために盡してゐるのだといふ顔は出來ない。皆んなで戦勝を目指して働かねばならないのである。

併し、實戦にたつた人の話に、彈藥の缺乏位嫌なものはないといふことであるから、戦地には不足しないだけの彈藥と、充分自信をもつて使へる兵器とを供給することが何よりも重大な銃後の義務である。

## 二、兵器の進歩

世界戦争が終つてから彼是二〇年の歳月が流れた。該戦役で受けた傷手は餘りに大きかつた爲めに、その後數回の軍縮會議で表面上恒久平和の空氣が旺盛であつたが、今はもとの空阿彌で、又軍擴時代となつて來た。

この二〇年間に於ける工業の進歩は實に目覺ましいものがある。その進歩が悉く兵器に反映してゐるのであるが、それは凡そ三つの項目に分けることが出来る。

### (一) 材料の進歩

金屬材料の進歩は勿論、重大な貢獻をしてゐるが、その他の材料例へばセメントの進歩は兵器の進歩を少なからず刺戟してゐる。トーチカが適例である。所謂高級セメント又は急硬セメントは世界戦争中の發明であるが、そのために堅固な堡壘が數日内に築かれ、到るところに思ひがけない鐵壁を發見するに到つたために、それに對應するための兵器が必要となつて來たのである。これがために火器は彌が上にも威力を増さねばならなくなつたのである。

### (二) 内燃機關の發達

飛行機や戦車の如き自走兵器は全く内燃機關の發達によるものである。神速部隊や渡洋爆撃隊の活動は全く内燃機關のお蔭である。

### (三) 精密機械の發達

世界戦争以來兵器の發達は勿論多方面であるが、精密機械類の發達は最も顯著なる役割をしてゐる。例へば世界戦争末期に於て飛行機一臺を打ち落すに使つた高射砲の發射彈は最も優良なる場合に於て七〇〇〇發であつたが、今では直距離の自乗を三倍した彈數で命中する。例へば三〇〇〇米ならば、 $3 \times 3 = 9$ 發で足るし、