

524.94-N87ウ



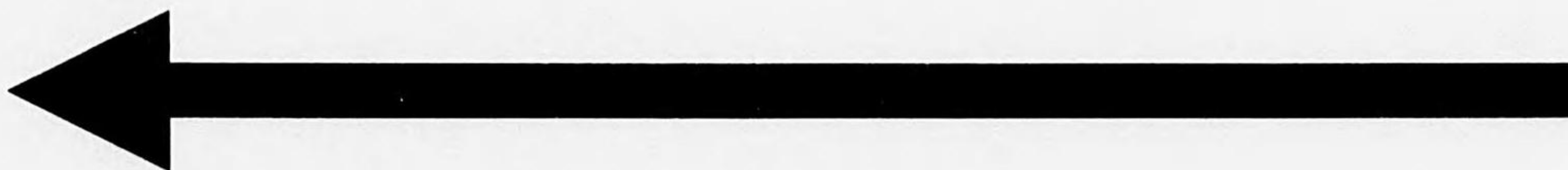
1200500745313

1.94

87



始



納
本

200

火



524.94
N87

火

西澤勇志智著

白水社



緒 序

火 目 次

緒 序	一五
地 獄	一七
四 萬 度	一七
地 獄	一八
ヒ ッ ト ラ ー	二一
第 一 章 火 と 火 の 學 說	二五
ア リ ス ト ー ト ル の 說	二六
ニ ト ロ ・ エ リ ア ル 、 ス ピ リ ッ ト	三〇
フ ロ ゼ ス ト ン 說	三五
フ ロ ゼ ス ト ン 說 の 蹟	三九
燃 料 と 熱	四一
光 と 熱 へ の 溯 源	四四
第 二 章 燃 料	四九
燃 料 の 第 一 義	四九
目 次	五

燃燒溫度……………五二
 酸素と燃燒……………五三
 燃料の形質……………五四
 燃燒速度……………五六
 粉炭爆發速度……………五八
 燃燒熱の測定……………五九
 燃料ガス燃燒熱……………六〇
 炭酸ガス及び水蒸氣の吸収スペクトル……………六二
 焰に依つて起る様々の色と溫度……………六四
 焰に着色を現はす元素……………六五
 硼砂熔融……………六七
 補色驗溫計……………六九
 溫度の道標……………七〇
 光學溫度計……………七〇
 サーマカップル(熱電計)……………七一
 熱電流表……………七一
 カップル……………七二
 燃燒と窯爐……………七五
 燧突の數學……………七五

製鋼爐用天然ガス……………七八

第三章 焰(I)……………七九

焰の成因……………七九
 燃燒用空氣量……………八〇
 焰の諸性質……………八〇
 (1) 光……………八〇
 (2) 荷電性……………八二
 (3) 焰の溫度……………八三
 定常焰……………八四
 燃燒速度の測定……………八六
 焰の形……………九〇

第四章 焰(II)……………九五

焰の進行……………九五
 一、水分……………一〇六
 二、Fe(CO)₅……………一〇六
 三、空氣と諸可燃ガスの燃燒速度……………一〇七
 四、酸素、窒素の割合を變化せし場合……………一〇九
 爆發限度と混和物……………一〇九

閉管内の爆發焰……………一〇九

蠟燭の火……………一一八

火花と閃光……………一二五

火花……………一二五

内燃機關内の焰……………一二八

火花爆發……………一二九

第五章 冷光

ポロニアの石……………一三二

冷光の語義……………一三五

冷光の色……………一三七

螢光……………一三九

燐光……………一四三

陰極線燐光……………一四五

生物の燐光……………一四七

光線と配偶子の接合……………一五一

燐火……………一五三

光と眼……………一五四

第六章 砲火・爆焰

火薬……………一五九

砲火……………一六四

爆焰……………一六七

放焰具・爆弾・焼夷弾……………一七一

航空機よりの爆弾……………一七三

航空機から投下される破壊弾の種類と性能……………一七六

焼夷弾の種類と性能……………一七六

第七章 花火

花火の趣味……………一七九

河上に花火揚りて……………一七九

ヴェルサイユの花火……………一七九

隋の陽帝……………一八〇

天正から明治……………一八一

鍵屋と玉屋……………一八二

ネオンと花火……………一八三

花火の見方……………一八四

花火を見るには……………一八四

花火を見せるまでに……………一八五

花火哲學……………一八六

打揚げ花火の話……………一八七

玩具花火……………一九〇

ねずみ花火……………一九一

線香花火……………一九二

電氣花火……………一九四

花火組立……………一九五

藥品と焰の色……………一九八

花火の色……………一九九

金屬の色……………二〇一

花火用藥……………二〇二

 A 黑色火藥……………二〇二

 B 異種火藥……………二〇三

花火の色……………二〇四

閃光劑……………二〇八

導火線及び雜用藥……………二一〇

 口火、道火……………二一三

花火藥の試験……………二一四

第八章 夜光(冷光)塗料……………二一五

第九章 點火具……………二一九

火附木……………二一九

マッチ……………二三〇

 マッチの成分……………二三三

 完全マッチの成分……………二三四

 マッチの検査……………二三五

ランプ及び蠟燭……………二三七

第十章 火事……………二三八

火災の研究……………二三八

 世界に於ける古い火災……………二三八

 我が國火災の變遷概略……………二四〇

 「火の元」御用心……………二四一

 藥品の發火……………二四二

 化學藥品と火の元……………二四五

 燈火……………二四七

 木材の乾燥……………二五〇

旋風と焰……………二五七

火災の温度……………二五八

火災と空気成分……………二五九

一、酸素……………二五九

二、炭酸瓦斯……………二六一

三、一酸化炭素……………二六一

レンズと火災……………二六三

關東大震災と風向……………二六五

第十一章 消火及び耐火剤……………二七〇

消火及び耐火の研究……………二七〇

防火……………二七〇

耐火材料……………二七〇

消火……………二七二

消火と氣象……………二八一

繩の由來……………二八六

消火及び耐火剤使用法……………二九〇

耐火性の検査……………二九〇

織布紙等の試験……………二九〇

木材の検査……………二九一

耐火剤の種類……………二九四

(一) 鹽類……………二九四

(二) 鹽類配合耐火剤……………二九七

木材浸潤剤……………二九八

水硝子……………二九九

その他の無機物……………二九九

膠着剤……………二九九

着色糊……………三〇〇

炭酸アンモン……………三〇一

サルハイト廢液……………三〇一

有機物によるもの……………三〇二

織布類の耐火……………三〇二

特殊物質の耐火……………三〇四

第十二章 日本火災史……………三〇五

序

一通り食膳の上を綺麗にした後で、すぐ菓子をつまみ、お茶を一杯といふのが、已むを得ぬ事情の無き限りは、これを幾年か實行して來た。

食後に菓子をやる理由は、間食は胃を損ふから、むしろ食後にしたがるしいといふ友の忠言から、何時となく始められ今は習性のやうになつてゐる。然し間食の方が著しく減退したとは信じられない。

「火」に對しては、この間食の方の氣持を以つて書いてみようとかゝつたが、時世が緊急な問題へと引きづつて行つてしまつた。間食の種子に認められたものは、一時片寄せられてしまつた。反つてこれが讀者への務めかと思ひ直して小休みなく、コツコツと纏めたのが此の小冊子である。

燈火親しみを覺ゆる頃

著

者

緒言

四萬度

今火薬のある事を調べてゐる。

$$V_1 = V_0 \sqrt{1 + t \div 273}$$

といふ式にぶつかつた。この式は雷汞のやうに猛爆發の場合にみるべき爆發によつて生ずる温度を計算する公式である。この式から計算すると特に爆轟と呼ばれてゐる起爆薬の爆發現象に伴ふ温度を算するに四萬度といふ答が出る。四萬度と文字では左まで驚異の感を起さないが、吾々の入浴の温度は四十度から五十度以内である。熱湯と感じてをつたときでも測れば五十度を示す例は少い。

蟻が富士山を眼の前にしても、その高さを感じ得るものではない。或る程度以上の温度に對して私等は蟻である。太陽の温度は想像する最高温度と誰しも考へる。然しその表面温度は六千度である。それでも鐵も或は岩も熔けてゐるのである。

それが火薬の爆發に四萬度の溫度が現れると話せば、合點のゆかぬ話ではあるが、この四萬度は起爆薬の愈々作用を起す最初の分子が分解して爆發の波動の原因を爲す瞬間（瞬間といふ語では已に時間的に長すぎる）の時に起るので、範圍を言へば、幾何學的の一點に終るのであり、吾々の眼の空想するどんな一點も、これに對しては幾千萬倍大きなものとなつてしまふ。

若し假にこの一點が稍、擴大されて幾つかの分子の大きさの地域にまで及ぶとすれば、分子は原子の最小限度にまで崩壊されなければならない。而してあらゆる元素の原子が、より小さい原子へと轉化されてゆかなければならない。銅はナトリウムへ、ナトリウムはヘリウムへ、ヘリウムは水素へと、原子の轉化が餘儀なくされるにちがひない。その時の世界は一元の物質界となり、エネルギーと物質との間にも已に境界が認められなくなつてしまふ。

現住の宇宙に四萬度の世界を見る事が出来ない。霞雲星の話聞いた。あの星の世界は太陽系に比べては、遙かに新世代にあるものであると言はれるから、あの星の世界には、吾等の考へてるやうな高溫度の世界が現出してをるのかもしれない。

「四萬度の溫度」認定を確め得た人間の推理は溫度そのものよりも、更に驚異する價值があるかもしれない。

地獄

學生の頃のある休み、家の一方を圍んでゐる椿の森には寒椿の花が、眞赤に咲き亂れてゐた季節の休みであつた。ダンテを讀んでみようと發心し、自分の手元のレクラム本やロングフェローの解釋本に、小山内君の處からも類書に加へて繪書類の大きな冊子を借りて來て、字引を負うて坂を登るが如き汗だけで、どうにか『神曲』三卷を讀み（引き）

終つた事がある。無論なんにもわからなかつた。それでも何か頭の中に騰げに美しい影が残つてゐる。

イタリアへの旅でナポリから汽車でローマへ向ふ時、車窓から眺める色々の期待をもつたエトランジェの眼に寫つたものは、緑やコバルト色でなくして「凡ての巖の壓しかゝる、悲しき坎に適はしい凄く嘎れたしらべ」が若し地に聲あらば、將に聞えてくるべき景色であつた。火に焼かれた傷跡は幾千年の風雨にも癒されずに、氣持の悪い光を持つ、熔けたものゝ冷え固まつた姿をして、小石がどれも同じ位の大きさで、峯へと延びてゆく、一つの草の種子でも誤つて、この小石の間に落ちたらば、それは手足も眼口もない妖怪の如き小石に、寄りたかつて食ひさいなまれてしまふのであらう。

ピアトレスに勵まされつゝ、信仰と恐怖の歩を踏みしめて行く、裾長の黒い衣に纏はれてゐたダンテの姿が、この石地の中に浮んで來るやうに、昔見た畫の一つを想ひ出さずにはゐられなかつた。それはこの石地が畫をつくりなばかりでなく、峯の勾配も、傾斜の餘白を爲す空の色も、餘りにも似てゐたからである。

この旅でウインに五ヶ月ほど滞在した、シラーの坐像のある町、宿の近くに美術學校があつた。その畫館に地獄、煉獄の畫があつた。寫眞を求めて來たが、子供の頃お寺に行つては、怖いものみたさにみてゐた我等の地獄の畫と對してその畫館の畫に興味を得た。

大きな壁三面への油繪である。日本の畫と同様に畫面を幾つかの小間に分け様々な状態が描かれてある。谷は溪流を有する長い谷ではない。「谷は圓く、谷の底は十の谷に分れ」噴火孔である。「石垣に添うて來る靈の一群は、新月の下に人を見るやうに、又老いたる裁縫師が針の目を通すやうに眉を尖らせ」「止れば、一瞬でも止れば、火おのれを撃つも自ら扇ぎ消すに由なき」身となるを恐れ、進む事のみ疲れ、休むを知らず「永劫の罰を哭きつゝ」彼等

の營んだ石堤も小川の煙も火を避けるに由なく哀れに辿り辿つてゆく「尖れる尾をもち、山々を越え又城壁と武器とを毀つ野獸」を見る「尾は全部虚空に震へてゐる」高利貸共の群はその魔物に脅かされ、火に打たれてゐる、「彼等の憂ひは眼より迸りいで、或は火氣、或は焦土を手で除けてゐる」嬉しい雨が降ればそれは火を消すことをせずして、悪臭を砂の間から蒸し出させるにすぎぬのである。「憂ひの火の落下する人々の或一人の顔に眼を注ぐ」「一定の色と一定の印ある袋が頸より懸かり、これによつて彼等の眼を養ふやうに見える」。浮世にて坐して貨殖した彼等は地獄でも坐したまゝである。財布だけは頸からはなさずせめての眼の養ひになつてゐる。ダンテは政敵に陥れられ大學教授の職を失ひ中老の身を南方の孤客となつて再び故郷の地を見るを得なかつた流浪の詩人であつた。彼の故郷フロレンスは神曲のうちに、「手を借らずには足は效かなかつた」道から「憂ひつゝ」ダンテの見やつた故郷は「蚊の蠅にかはる頃」農夫が葡萄畑に見出す螢の光のやうに淋しい姿で谷の底に焰に照されてみられた。「見えるは一朶の雲の如く高く昇る焰のみであつた。焰は濠の喉を通つて進み」ゆくのであつた。地獄の畫は一つの焰の舌のやうに延びて、あたかも重く振ふやうに見えた。

火の雨、火の川、一つの不思議は火に包まれた刃を並べ逆落した罪人が高きより突き落されてはこの刃に裂かれてゐるのを見た。吾等の眼慣れた地獄の畫では知らなかつた圖である。

等しく火焰ながら煉獄の火は試煉の火であつた。この界に來た囚人達は、火の苦惱を経て大きな把手で天國へと送られてゐる有様は、これも東洋と西洋との相違である。

ダンテは地獄の様に「尙も逃げゆく吾が心」を抑へて、生きて人の返りし事なき世界を廻つた。

私は光線の薄い學校の畫堂に全くの一人で地獄の畫を眺めつゝ、ローマの寺院で暗い隅の燻つた壁を背にした僧衣

の少女が大理石像のやうに立つてゐたが、その氷のやうな冷たさを想ひ出した。

ヒットラー

松の林は正しい間隔をもつかのやうに、行儀よく幹の太さまでが揃つてゐる。この林は大戦後残された澳國の全部にわたつてゐるとも言へる。實はこれが唯一の國富であつたかもしれぬ。

山の幾重かの起伏はこの林に風光の美を活してをる。一邑が段々とその全景を林の蔭にかくしてゆく頃、坂道は稍、急傾斜となる。それでも道は坦々たるものである。日光はコバルト色の空は、秋の日光を透して、エメラルドのやうである。道をうねつてゆくと周圍が眼下に展望されてくる、こんな散歩に廣い葡萄畑の柵に出會ふ。門からは奥まで廣い掃き清められた路が一行の並木をもつて如何にも物持の邸宅らしく感じさせる。

こんな時はきまつて一つの立札がある。「噛む犬がゐるから氣をつけよ」といふ文字が記されてある。ヒットラーは獨逸の國境に近い小都會の官吏の子であつた。幼い頃から母の手に育てられ、畫が好きだつたといふのでも頑童ではなかつた事が思はれる。彼もまたかうした立札の前を歩き來たであらう。幼い心は母にきかされたこの札の怖ろしさで、道を除けて通つたに違ひない。足早に、道路の札から遠い側を走つたこともあらう。然しいつとはなしにこの立札の前に来ると一歩止つて、子供ながらもあの鋭い眼で深く見つけたこともあつたらう。

長じてウィンに出て修業した。父は彼が官吏となり高等官となることを願つた。この希望は彼が畫家を志したので父から失はれた。遂に建築家となり製圖を業とした。歐洲大戦後國事犯で捕はれ牢舎の人となつた。此處に彼の行路は一轉して煉瓦積みみの勞に服しつゝ、論客となつた彼に三人の同志を得た。

ナチス黨は、ドイツその物となつてしまつた。否、中、東、南の歐洲を握りしめてしまつた。

猶太教の寺へゆくと、昔のライン地方で蒙つたユダヤ人の受難畫が掲げてあるのを屢々見る。火の受難である。ヒットラーはこの圖を見たらうが、どんな氣持で見たであらうか？

火の洗禮、かよわかつた肉體のヒットラーの心の中には反つてこんな言葉が燃え始めた。何時かは、火の洗禮を囓む犬に與へてやらうと獨りで考へたらう。その考へは強い信念となつたか。

ロンドン爆撃、日に強くなつて來た、ロンドンの建物は大火災後に改められたとは言へ、已に百年餘である。煉瓦建のセメントは決して堅固なものではない。地震のない國であればこそ、あれで今日まで苦情もなかつたのだと考へてる。セメントは英國の特産品ではあつたと申せ、或る時、ロンドンで建物を破壊してゐるのを見て居て、餘りにも脆いのに一驚を喫したのであつた。今の爆撃に對して一たまりもあるまい。

ロンドンの地下鐵の初めて開通した頃、テームス河の下を通つてゐる處が破損して、河水が地下鐵内に汎濫して人死にのあつた事がある。世界の地下鐵ではロンドンのほど、深く埋まつて嚴固なものはあるまいから、爆撃避難には最も適した地下鐵とは信するが、萬一盲爆弾がテームス河に落ちてまぐれあたりに地下鐵でも損じたら大變な事になりはせぬかと、他事ながら案じてる。

議事堂、ウェストミンスター・アベ、心を盡して防護されてるに相違ないが、砂糖で作つたクリスマスの飾物を思はせるゴチック風の、組み木細工伽藍が、爆撃に見舞はれたときはどんなであらう。カーライルの像も寺院の近くで鋭い苦い顔をしてゐるが、氣むづかしやの彼、鶴の聲でさへ癪を起した彼、どんなにか今の世を憤つてゐるかしら。議事堂と言ひ寺院と言ひ、テームス河畔に近いことは飛行機に道案内をつけてやつたやうなものではあるまいか。

川の上では氣流の變化でも、飛行機はその位置を知るといふのではないか。

ネルソン像、天に沖すといふ語意を直觀させるに最適に、高柱の臺上に像は立つ。これを街の行く手に高く望んで居る巷の一隅に、眞晝間、人が一人も通らず、大きな洞窟の如き静けさの中に、一匹の黒猫が路傍に踞坐してゐるのを見出した事があつた。ロンドンの晝間と全く反對の閑寂の中にある。魔の豫言をきくやうであつた。ヒットラーの夢にネルソンの像が火柱と化した圖をみた事はないだらうか。

ロンドン塔、城といふ方がよい、宏大な建物である、然し堅牢なものとは見えない。これが火を吹くやうなことがあつたら、火焰の色は眞黒く、というて形は煙ではなく、焰の形で、熱度は鐵も石も熔け爛らせる高さであらう。黒い火焰の灼熱をロンドン塔に妄想する。

戦火の怖ろしさは前代未聞である。この怖ろしさは地球を焼き盡しても倦きぬほどの怖ろしさにまでも伸びることの出来る怖ろしさである。

スペインの戦亂では、畑の作物を燃した。幾百萬の焼夷カードの散らされるとき、呪はれたる火は地獄の畫巻物よりもベスピアスの火にやかれたポムペイの最後の日より、劫火の本性を現はすことがないとも限らない。備へせよ、ラッパは高く鳴つてゐるのである。

第一章 火と火の學說

人類が猛獸界をも征服して地上に唯一の存在を獲得したのは火を知りこれを理解し使用し得たからである。火山の噴火及び山火事の慌しい光景から、火の怖るべきを會得したのであつたが、火を作ることを見出して、これを自家の有たらしめし始めは、山中に住居して檜のやうな發火性に富む木の擦れ合つて火を發するのを認めたり、偶然のことから石の打ち合つて火を放つのに氣附いたのがもとであつたのである。火を利用しえたのは史上では大氷河期以前の石器時代前期の頃となつてゐる。この頃の遺跡に木炭のやうなもの、殘存してゐるのを發見した事が記されてゐる。支那では火帝の事あり、燧人氏の記事もある。希臘神話にも東方より木の葉に依つて火を傳へたといふ話もある。火を神聖なるものとし、この保存は一族の消長に關する重大儀となつたので、自然火を祀りこれに犠牲として人身をも捧げるやうなことから起つた。火守るものは聖職であつて、一族の賢い人がこれに當つたのである。家の發達はこの火を守るために設けられた、雨露や風を避けるための設備であつて、それが遂に家人の住宅へと變遷していつたといふ説もある位、火は古代の人類にとつては、神に比すべきものであつた。支那の習俗として家に入る門の傍には必ず釜戸の神を祭つてゐる、火の神である、我等も荒神様というて、臺所に松の色づけしたものを正月かに祭つたのを覚えてゐる。緑の木に白や赤の泥繪具を塗ることは、西洋の花市場にもこれを見出した、西洋のは荒神様に手向けするためであるまい。

火を得て火食の民が出て、火に依つてガラスを作ることがシリア民古代の文明となり、火に依つて鐵を鑄ることを知り鐵器時代を現出したのである。火によつて燈火を求め不夜城の文明となり、火に依つてワットの蒸氣機關は發明され、火に依つてラヴァ・アジェの物質不滅の理が、今日の科學の基礎を造り、砲火に依つて法王權の衰退と封建制度の瓦解は、今日の社會制度を編み出したのである。次の世紀は火に依つて何を人類は受け入れねばならないか。太初より末代まで續くものは、火の洗禮であるかもしれない、火について語るのも、必ずしも要なき戲事にもあらざるべし。(若し人を得れば、拙著の如きは、伯樂の馬、死馬の骨の類なるべし。)

アリストートルの説

人間は如何なる古い時代でも、又どの民族でも詳細な歴史が理解されると、多少とも理窟を言うてゐた事が見える、これが各民族の有する學問である。これには何んの意義もなく立ち消えてしまつたものもある、或は後の世の文化へと次第に燃え移つて行つたものもある。吾等は古代人の學說として尊むべきものは、この後世に光りを與ふる素因を爲したもののみを顧ればよいのである。事實から次第に遠ざかつて言葉の末枝に陥り易い民族の古い傳説には、學問として價値のないものが幾つかある。それ等は消えたまゝにしておいて差支へないものであらう。而して吾々は無理にこぢつけてそれらの燃え残りの灰を掻き廻すことを避けたい。アリストートル Aristotle (西紀前三八四—三二二) はアレキサンダー大王の友人でもあり當時の勢力高い哲學者であつた。彼の説は歐洲文明の中に久しきに亙つて權威を持ち、初代クリスト教の神學も彼の説に負うところ少くないのである、彼は自然界の觀察に意を用ひてをつた。

哲學的の民族であつたギリシアから化學理論の唱道され始めたのは當然である。古代化學はシリア民に早く開け、ガラスの製造はこの民族に創められた。この國の南にバビロニアがあり、この地も紀元前二千年已に着色ガラスの名産を以て知られてゐた。然し化學的知識が學究的に移行行くやうになつたのは藥物に關する知識に伴つた。バビラスは百餘の藥草を、紀元前千七百年の頃に記してをり、エジプトの古書も百八十種を書き残してをる。ホマーの詩にもこれを讀みうる。アリストートルの門下エレンシオスも新種を掲げてゐる。かくて彼等の知識も漸く哲理化してきた。

ア氏の説くところでは自然界を造つてゐる根元には一ツの元體質 *prima materia* (*Primary matter*) がある、これは靈とでも言ふべき性質のもので、その儘では吾人の認識域には入つて來ない。これが「形」といふ屬性を取つて示現したとき初めて吾人の認識界のものとなつて來るのである。その示現の形の元として最も簡單なる、即ち基本的の形體として現はれたものが四つある。これを四元素と呼び、火素、氣素、水素、土素である。此の四つの相違は「性」の配置の相違に原因してゐるのであるが、その「性」なるものにも四つある。溫、冷、乾(固であり滯性)及び流(濕性とも成る)の四性である。この性は常に二つ宛が組み合はされる、溫と乾との組合はせに依つて、プリムチブマターが「形」をもつて現はれたとき、火といふ體(元素)になるのである。「性」の組合はせで溫と冷と組合ふやうなことは決して起らない事になつてをる。従つて「性」の組合はせから元素は四つと限定されてしまふ筈である。但し二つの「性」が組合はせられるとしても、その「力」としては孰れかの一つが、他の一つの性に立ち勝つて表はれてゐるのである、土にあつては乾が冷に勝り、水にあつては冷が流に勝り、空氣にあつては流が勝り、火にあつては溫が著しく表はれてゐるのである、即ち

溫と乾との依縁にて 火素を爲し

溫と流との依縁にて 氣素を爲し

冷と流との依縁にて 水素を爲し

冷と乾との依縁にて 土素を爲す

といふやうな形式である。(この説は今日いふ物理的變化と化學的變化を混同してゐる)

この四元素の何れもが決して變化しえざるといふのではない、(この邊は普通化學にいふ元素とは、意味を異にす) 反つて共通の「性」を介して、相互に變通しうるのである、火は溫性を介して氣となり、物の燃焼して空氣を爲し、氣は流性を介して水と爲り、空氣が化して雨となり、空中に濕氣を生ずるなどの處に根據してゐるのであるといふ風に元素は通變するのである。

溫と乾との性をもつ「火」と、冷と流との性をもつ「水」とが相會して、乾と冷との二つの性を落し去つたときは残れる性は溫と流の二性であつて火素及び水素といふ兩元素は、この溫、流の二性より成る元素即ち氣素へと轉換してしまふのである。又溫と流との性を棄てれば、水と火よりして土といふ元素が出来るのである。

斯くの如き幾つかの變化は起るとも、その變化は「性」によつて示現さるゝ「形」の上に止まるものであつて、元素の眞髓には觸れるものでないといふのである。但し形の變化は千變萬化であるとみてをる、(氣は大氣といふ言葉である)。

諸四元素以外に、幾つかの物質の存在する事は、申すまでもないが、それらに對しては、どう彼は考へてゐるか。

彼の説ではそれらの物質は四元素の凡てを含んでゐるといふのである。換言すれば、萬物は四元に、四ツの單一物質の集合によるものである。これを説くに例を水について述べれば、萬物は水を含む、なぜならば(a)物は結構こつこつをもつてゐなければならぬ。そこで凡そ結構の自由に取りれる準備性を有する元素は水に若くはない、(水は方圓の器に

隨ふの意なり)且つ(b)土は結着の性なきも水の溫を得て結着の力を生ずるのである。(この論の前に土は天下普遍のものにして物の成るこれに觸れざるなし、といふ論で、土の萬物に存すべきを確認してゐるのである。人も土より創造されたといふ考へ方も或は、この裏に含まれてゐるかもしれない)土と水との存在を基礎した後に、物の組成元素中には、なほ更に氣素、火素の兩元素をも含まれてゐる事を設定してゐる。即ち土に反對の性を有する空氣、水に反對なる火の共存をも主張してゐる。この故は物質には常に反對なる性をも抱合してをらねばならぬといふ論旨からであるが、この邊には少しわかりにくい處もあり、大抵にしておく。此の考へ方の生じたのは、多分事實の觀察結果からである。即ち自然界の物質にして絶對の溫なるものなく、絶對の冷なるものなく、絶對の乾も、流もない處からであるらし。

四ツの元素が、物質には凡て含まれてゐるとしても、その量的割合には差異の夥だしいものがあるとされてをる。同時に四元素が相互に通變するといふ事は、已に述べた如くであるが、物質を成してゐる際にも、この四元素の變通は起りうるのであつて、乃ち二物質中でも元素の變通があり、従つて物質は甲から乙へと變じうるのである。金は或は鉛ともなりうるのである、この論旨が後世のアルケミストをして、黄金をうるに狂氣のやうに騒がせたそもその初めなのである。

アリストートルは *Meteorologica* の第三卷に於て、金屬や礦物の成因を解説してゐる。彼は物の消滅に二つの姿を考へてゐた。一つは日光が水にあつたときの例で、消滅は蒸化により、これにあづかつてをる性は冷と流であるといふてをる。他は日光が乾土にあつたときの例でこの時の消滅は煙化により、性は溫及び乾で全く前と反對と爲してをる。この消滅の現象にあつて兩作用は多少は交錯して實現してをる。さてこの二つの消滅に應じて、地上に二種の

ものが創造されてをる、即ち礦物と金屬とであるといふ。土は日光を容れて礦物を生じ、水は日光を容れて金屬を爲したのである。乃ち礦物は、土といふ元素の上へ、日光が落ちて煙化といふ現象を現はし、これに伴うて土が熱を容れて礦物が生じたのである、これは熔融しないものなのである。その例には石を初めとし赭土、雄黄、紅唐等幾つも挙げられてをる。蒸化に伴うて生じたものは金屬である、その特質として熔け、展びるものであつて、鐵、銅、金銀などである、(融ける、展びるは水の特性であるからかもしれない)これら金屬は土の上に起つた蒸化の際に土の乾性が相助けて、蒸化物(物といふ方が適譯かもしれない)を金屬に化したものである。一言補足しておくことは、礦物も、金屬も、この構成元素は勿論他の萬物と同様に、火、氣、水、土の四元素なのである、而してその量は金屬には水を主とし、氣これに亞ぐとしてゐる。礦物にあつては土を主とし火これに亞ぐとしてゐる。礦物は礦石、岩石を意味す。

茲に金屬に對するアリストートルの説を考察してみると、後に十七—十八世紀の化學者を支配し、當時の大化學者が多く信じてゐたフロヂストン説の出發點が、此處に醸されてゐたことをみるのである。それは金屬の燃焼によつて揮發性のものがその體內より脱出して灰となるといふ説であるが、金屬の成分に氣(空氣)といふ著しく揮發性な、氣化し易く、焰などを聯想し易い因子が、金屬の精神を造つてゐるといふことが、後のフロヂストン説で、この説が因を爲してゐた。

アリストートルは化合物と混合物の區別などは感得してゐたのであつた事をついでに附記しておく。

ニトロ・エリアル、スピリット



今から二十餘世紀の昔、
支那のアルケミストが祀
つた爐の祭りの光景。

經驗も進み、金屬は燃焼して灰を作る、その灰なるものが生ずるためには、原物質なる金屬に空氣が吸着し、その重量を増すと考へてゐた。これについては Robert Hooke (1635—1703) は硝石中に金屬を燃やして兩者の同一作用なることを見極めた。而して燃焼といふものは揮發性(これを硫黃性元素といふ)が、一般普通の例では空氣に、この例では硝石に吸収されて起る現象と説明した。

この時 John Mayow (1633—1679) といふ天才的化學者が現はれた、彼は醫者である傍らに科學的實驗を趣味としてやつてゐた。彼も硝石を以て金屬を燃焼し、空氣及び硝石中に共通せるスピリットがあり、これによつて燃焼の起ることを説いた、それにニトロ・エリアル・スピリット(硝氣精)と名をつけ

た。彼は言つてゐる。

「エリアルなることがそれがどんな様式であるとしても、兎に角その事が焰を起すに必要な條件であつて……ランプの燈火は、空氣の入つてゐるガラス器中よりも、空氣の無いガラス器中で、すつと早く消火してしまふのである、エリアル飼料が乏しい事に原因するに相違がない、この焰を支ふるに必要な助燃微粒子は硝石中にも存在してゐるのである。而して硝石中にあるその微粒分子は空氣中にあるよりも、更に有力なものとなつてをるべきである。何故ならば硫黃を硝石と混じた時は空氣の無いガラス管中でも燃え、然もヨリ強烈に燃えるからである。

彼の明瞭なる實驗は、一定容の空氣中で金屬を燃すと、金屬の變化したものに重量が増し、他方空氣の重量の減少

することを證明し、これに對して、前者はニトロ・エーリアルなる微粒子の添加に基き、後者の方はその消失に依るものと説明した。

これはラヴァジエの有名なる燃焼の實驗(一七七五年)の先驅として立派なるものであつた。然し Cohen 教授が一九〇一年に解説した如く、マヨールのニトロ・エーリアル分子なるものは、酸素とは數ヶ條の點に於て一致せず、マヨールは決して、酸素のやうな概念には到達しえなかつたのであつた。むしろ太陽の光線の如きものを想像してゐた。

マヨールは多くの學會の名譽ある會員となつたが、結婚の運命には恵まれず、間一髪の處でこの世を去つてしまつたと云ふ。

英國に於ける酸素研究者なる Paster Joseph Priestley (1733—1804) はリーズ (Leeds) より六哩の地に生まれ、二十二歳にしてユニテリアンの牧師となつた。二十八歳にしてアカデミーの語學及び文學の教授となつたが、間もなく彼の哲學者としての名聲は遍くつた。フランス革命への同情者と見なされ、バーミンガム暴徒の手によつて一七九一年彼の研究室も荒らされ、僅かに身を以てロンドンに逃れた。後米國に渡つてフィラデルヒヤの大學に安穩な餘生を送り一八〇四年に歿した。

プリーストレーは水銀より得たる滓灰ケークス(酸化水銀であつた)を熱して、驚くべきガスを得た。そのガス中には強烈に物が燃えるのであつた。普通の空氣よりもこの中の燃焼が烈しいのはつまりこのガス中にはフロヂストンを失ふ作用の活潑なることを意味し、常の空氣にはフロヂストンを幾分なりと含むが、このガスにはフロヂストン正に絶無なるものであるとして脱フロヂストン氣體 (dephlogiston) とこれに命名した。なほ彼は呼吸と燃焼との相似た

る作用なることを説いてゐる。プリーストレーが酸素發見の大化學者ラヴァジエと會つたのは、一七七四年十月 Shelburne 卿の招宴の席での事である。

ヘンリー・カベンディッシュ Henry Cavendish (1731—1810) は英國の哲學者であり且つ科學者であり、學者中での最富者、富者中での第一學者と呼ばれた幸福な人であつた。内氣な性質で辯舌にも活氣のある人ではなかつた。彼は人と應對することが出来なかつた。或る席上オーストリーの紳士に紹介された時、紳士の自讃に對し無言で耻づかしさうに立つて居た。やがて群衆の間を、得意の足早でさつさと馬車へと急ぎ、そのまま歸宅してしまつた、といふ逸話を殘してゐる。他面は臨時の助手へも病氣見舞に一萬ポンドをポケットから出す人であつた。善良なる金満家であり柔和な人であつたらしい。彼は水素の發見者であり、水、空氣、硝酸の組成を決定し、比熱その他物理學上の研究もある。

彼は亞鉛、鐵、錫を硫酸若しくは鹽酸に加へ、可燃性ガス(水素である)を作つた此の密度も定めた。また炭酸ガスを實驗してゐる。更に彼はこの可燃性ガスとプリーストレーの所謂脱フロヂストン氣體(つまり酸素)との混合物から、電氣火花で點火し、水を作つた「脱フロヂストン氣體は水のフロヂストンを失ひしものと同一である」とカベンディッシュは看破した。(酸素は水より水素を奪ひしものであるといふ意味となる、敬服の極みであつた)彼もこの可燃性ガスを以てフロヂストンの本體と認めた。

マヨールは空氣にニトロ・エーリアル、パーチクルを認識したが、此れが空氣成分の全部であるや、一部分であるかを明示してゐない。空氣の成分を早く説明したのは Scheele Carl Wilhelm (1742—1786) であつた。彼は普通の空氣には二成分がある。その一成分は燃焼に於て消失されるものであり、他の一成分は殘留するものである。此れは原

空氣より比重の軽いガスである。彼はこの失はれた成分（酸素）を再び發見することは出来なかつた。而して、此れも燃焼後の空氣の中に殘留してゐるのだが、只それにはフロヂストンを結合してゐない。（此の事が燃焼後の空氣が前より軽くなる所以だと説明してゐる。）と説いてしまつた。窒素を明瞭には捕へ得なかつた。

空氣の成分の第一研究者は、ブリーストラーとされてゐるが、シェーレこそ彼に先んじてゐたのであつたが、彼の著述は一七七七年まで多くの人には知られずに埋もれてゐたのであつた。

このフロヂストン説が事實の説明としてなんとなく常にもつれを感じて止まなかつたのを、快刀亂麻の腕を振つて、此れを明朗化したのはフランスの有した大化學者ラヴ・アジエ Antoine Laurent Lavoisier (1743—1794)の燃焼と物質不滅の哲理であつた。（彼の偉大な業績は周知のことであり、その詳細はこれを他の著書にあづかる。）

フロヂストン説は、燃焼に對して、火焰の姿をば、考への中よりとり去りえず、従つて、揮發性の何物かの散逸を燃焼の上に必要條件として、これに固執し執着しすぎてゐたから、正鵠を得ずに終つたのであつた。此れに對しラヴ・アジエは虚心を以て、燃焼には空中より物の加はるものあり、即ち酸素の化合し來ることを看破したのであつた。在來の燃焼分解説は、一變して化合説へと正されたのであつた。

今日の化學の基礎たる、物質不滅の理も、此處に萌して發芽したのであつて、ラヴ・アジエ無かりせば、或は物質科學は全く混冥の時代にさまよつてゐたかもしれぬのである。

此の大恩人をフランスの革命は「革命に化學を要せず」と叫號して、貴族たる彼もギロチンの露と消えたのであつた。

彼は一七四三年八月二十六日パリの高家に生まれたが、五歳に母を失つてゐる。一七九四年にフランスはその文化

史の上に拭ひえざる汚點を自ら残したのであつた。パリ郊外の墓地を訪ねれば、彼の家門には立派なる墓碑を今に留めてゐるが、化學者ラヴ・アジエの墓所は墓銘さへも、そのあたりに求めて、探しえぬのであつた。墓なき彼の靈は永久に生きてをるからであるかもしれない。

フロヂストン説

ラヴ・アジエの名を吾等に深い感銘の裏に教へ込んで下すつた、篤學の恩師歸山先生はフロヂストン説の熱破に、中學生達のもつた常に何物かを把握せんとすい若い心を幾つか、化學へと誘つてゆかれたのである。

フロヂストン説は化學史の入門であると同時に化學を志すものへの第一の鞭である。

燃焼、人類が、他の禽獸と絶縁して文化の國を肇めたのは、彼等が火を認識しえたからである。火は人類の神であつた。愛と威との神であつた。

火の不思議は、深き知性を引きつけて休むことはなかつた。化學の眼の漸く開けんとした十八世紀の學者の總ても燃焼へと誘導されてしまつた。

眞理の扉は一人の力で開かるものではない。燃焼の理も幾つかの天才を要したのである。幾世紀の間、燃焼は物質が成分への分解であると考へてゐた。されば燃焼は化合物のみの起しうる作用であるとしてゐた。當時金屬を成す元素を兩成分に類別した。一つは硫黃性元素で揮發性を特性としてゐるもの、他の一つは水銀性元素で重厚性を特徴としてゐる分であつた。この兩成分に依つて金屬は成るものとしてゐた。所謂 Jabir (七世紀末から八世紀初の人) 硫黃水銀説がこれである。この説では燃焼は此の硫黃性元素の消失であるとした。更に十三—十四世紀となつては、燃

焼には油性元素の存在が必要であると説かれた。而して硫黄は滑かにして觸覺に油性あり、且つ熱すれば融けて油を爲すを以て、此れが土中に自然に存在する唯一の油性元素であると稱してゐた。硫黄を含む金屬こそ即ち ipso facto (可燃物) であると唱へた。而して金屬が焼けて残るものをば硫黄性元素以外の、他性元素と認めてゐた。同時に、この殘留物中には、本體である金屬以外に、土から幾らかの不純物の夾雜も多少ともあるものとしてゐた。

此の荒削りの説が十七世紀に稍練りあげられて、パラセルサス (Paracelsus) の説となつた。彼は ubi ignis et calor ibi sulphur 燃ゆるものは油性硫黄性成分を含むといふのである。この説がベッケル Becker (1632—1682) の名著に掲げられ、スタール Stahl (1660—1734) がこれを繼いだのである。

ベッケルは凡ての礦物は三成分 Terra pinguis, terra mercurialis, terra lapida よりなると唱へた。初め二つは古い説に言はれた硫黄及び水銀である。第三者は、鹽類 Salin から得られたのである。この三成分の含有率はそれぞれ、物によつて異なるが、燃性のものには、凡て第一成分を必要とした。而して煨焼によつて、これは消失されることを見た。彼は金屬は常に燃性の成分を含む、煨焼に際しては、この成分は空中に消去する、而して金屬の滓灰が後に残されるのである。別言すれば、先記の第二及び第三成分が残されるのである。この説からは燃焼といふものは、一成分の空中への逃出である。この説は古來のものとは大差はないのだが、彼の説く力に魅せられ、化學界に重きを爲したのであつた。

スタールはこの説を展開して、フロヂストン phlogiston なる術語を以てした。これは「燃ゆる」を意味する言葉である。彼はフロヂストンを火自體とは考へてはゐなかつた。寧ろ火をなす物質と認めた materia ant principium ignis, non ipse ignis 燃えるものには常に此の物質が含まれてゐて、燃焼に於てこれは空中に脱出するとしてゐた。此れが

脱出するとき、光と熱の形を以て吾人に認識されるものと考へてもよい。フロヂストンを多分にもつものほど燃え易く又フロヂストンを少量に有するか、或は全く有せざるものへと、このフロヂストンは容易に移りゆくのであるといふのであつた。

金屬は普通の意味で、燃え易いものとは稱し兼ねるが、此れの熱による變化をやはり燃焼と見なし、その時残つた灰を滓灰と稱してゐたので、この場合の燃焼を特に Calcination と呼ぶやうになつた。即ちスタールは金屬の成分をフロヂストン及び Calx (滓灰) より成るとした。金屬に種類の差あるはこの滓灰の含有量の多少に由るものとしてゐた。

硫黄の二成分は、硫酸とフロヂストンとである。由つて硫黄はフロヂストンを失つて硫酸となり、又硫酸を炭と熱すれば、炭よりフロヂストンが硫酸に移りゆくために硫酸は硫黄へと還元されるのである。(還元といふ言葉が出来た) 又曰く、亞鉛を硫酸に入れるれば、可燃性のガス(水素なのである)を發す。亞鉛は白色のものとなつて残る。此れ亞鉛の灰となりしものにして、即ちフロヂストンを失ひし形のものとなつたのである。この際、フロヂストンはガス状となつて吾人の認識に十分なる明瞭さを與ふるのである。この可燃ガスコそフロヂストンの純なるものであらう。この考へを有力ならしめた事實は一度金屬を煨焼して得た灰が炭と熱されて金屬に戻るの、炭からフロヂストンが出でて滓灰へと入り込んだからであると説いた。今日でもこの場合の化學作用を還元 Reduce と呼ぶのは、全く灰が金屬に還元したといふ譯から出来た、その頃の言葉を用ひてをるのである。還元といふ言葉の意味には、その内容は、昔と全く變つてはをるが、言葉だけ存してゐる。

ケンブリッジ大學の神學の教授 Watson の解説は興味あるものである。

「鉛を強熱するに、燃えたる状態は木材に異ならない。金屬としての性質は全く失はれる、灰となる。この灰を更に強

熱すると熔けるが、熔けたものは金屬ではない。黄色若しくは橙色の硝子となる。次にこの熔けた硝子を木炭末中に注加し、若しくは混合し、又はこの灰と炭末を混じたるものを作り、此れを加熱すれば、硝子を得ずして、金屬を得るのである。その重量、色調、その他は初めの鉛と少しも變化ないのである。鉛よりの灰はその儘にして加熱すれば硝子となる、炭末と熱すれば金屬となる。この理を考ふるに、炭末は何物かを灰に附與せしに相違ないのである。この附與によつて硝子が金屬へと化したのである。炭は二つの成分から成る、灰分たる元素及びフロヂストンである。若し炭がこの時灰を爲す成分を、鉛の灰に與へたるならば、出来るものは灰である。然らずとも硝子に止まらざるべきである。これに反して、實驗の場合の如く金屬を作る際には他の成分たる乃ち造灰成分にあらざる、造金屬成分と認むべきフロヂストンを附與せしに相違ないのである。

神學博士もフロヂストン説を唱へるやうに、この説は一般となつたのであつた。一つの説は他の解釋へと應用されてゆくのは學界の常であるから、フロヂストン説は金屬の場合のみで納まつてはゐなかつた。「硫黃」、古來の化學者の解決せんと熱心に考へてゐる問題へとこの説が應用された。(硫黃の性質が、他のものに比して、特色が多かつたのにもよるが、黄金色にも誘因はあつた)

硫黃を燃すと硫酸となる。硫酸を炭末と熱すると硫黃へと還元する。此の事實は次の結論を生む。

フロヂストンを吸収するものの存在することを必要とするといふことになつた。丁度水を脱取するに海綿が役立つやうなものであると、例を擧げてある。フロヂストンへの海綿は空氣が適切であるといふことになつた。

ベッケル及びスタールを祖としてフロヂストン説は、多くの研究者を得て、説は愈々有力となつた。フランスの化學者 Maigner も著書化學字典(一七七八年再版)に於てこの説を力説してゐる。

フロヂストン説の蹟

フロヂストン説の有力なる唱和者ワトソン自らも「敏感なる讀者は、フロヂストンとは何か? といふ問ひの終決せざることを自分も感じてをる。然し磁氣、重力、電氣を學ぶものが、それらの確證を、それらの示す作用以外のものより認識しえざる事あるを知らねばならない。フロヂストン亦この種の存在である」と説く處、相當に苦しさをみせてをる。この説の開祖ともみられるスタールも「フロヂストンは物質ではあるが、視ることは出来ぬものであり、一定の快速力で渦巻き運動を續けてゐて止まぬものである。且つ如何なる密度の物をも透過しうるのである」と唱ふるやうに普通の考へでの物質としてはフロヂストンは幾つかの疑惑をもつてゐた。

最も痛い反證は事實から來てゐるもので、金屬はフロヂストンを消去して灰となるといふのだが、その灰なるものは、元の金屬よりも反つて重量の増加したものであるといふことであつた。この事は昔から人は氣がついてゐたので、八世紀の Jabir に始まり Eck de Sulzbach (1489) Cardanus (1550) Jean Rey (1630) と考證は澤山にあるので、Rey 氏は、錫と鉛について精確な實驗を記載してをる。藥劑師 Brum との間の論議の際、ブルムは二ポンド六オンスの錫を鐵鍋に入れた、これを爐で強熱すること六時間で錫の白く化したものが、二ポンド十三オンス得られた。この七オンスの差が論議の中心となつた。彼は此れに就いて一つの假説を立てた。それは熱による空氣の濃縮化と、そのカルクスへの吸着性とに歸した。然し此れに對して、若し然らば時間を十分にすれば吸着は何程にでも増加することが出来る筈であり、従つて重量の増加も底止するところ無かるべき理である。然るに事實は一定量の金屬には大抵或る量の増加で止まつてしまふのは、何故かと反論が出た。

その時、ラは、「吸着にも飽和點がある。その先はいくらやつても無駄の努力である」と答へた。

更に此の重量の増し方が錫と鉛に著しいが、他の金屬には餘り著しくないものがある。この事の説明として、ラは「硫黄と水銀との成分を多く含む金屬は、燃焼に際して揮發する部分が多く、同時に灰分が少い。灰分の少いものは空氣の吸着量が少い譯であるから、つまり硫黄水銀成分の多少が、燃焼して出來たものゝ増量の如何に關係する」と言うてる。當時の人達は硫黄や水銀といふものは、各種金屬に通有されてる、組成成分と考へてゐた。

Le Mery もその著で、重量増加に不審を抱いてゐた。スタール自身も此れを知つてゐたのであつたが、當時未だ化學を量的に扱ふことに重點を置かざりしため、此の事實に對しても餘り意に介せず、此れは度外視して差支のない程度の問題であるとして公表されてゐたのであつた。或はこれを認めつゝもフロヂストン説が多く、その事を説明するに便利なりといふ點を以て、説を支持してゐた人も少くなかつた。

茲に Guyton de Morveau Louis Bernard といふ人 (1737—1816) フロヂストンの負重量説が現れた。即ち、「フロヂストンは重力に依つて地心へ引かるゝものでなく、むしろ遠ざかる性質をもつてをる、ネガチブの重量を有するのである。此れに由り、フロヂストンの脱出は反つて重量増加の結果を示し、その還元は重量の減少を意味するのである」といふのであつた。

ボイル・ロバート Boyle Robert (1627—1691) も銅、鉛、錫、その他につき此の實驗を行つてゐる。錫箔二オンスを閉封したレトロト中に入れて加熱したるに、レトロト内の空氣の稀薄となりし事を實驗後水中にて封を切り、水の迸入すること認めてゐる。而して燬燒の結果生ぜしもの全重量は二オンス十二グレインと秤られてゐた。

ボイルは此の重量増加を説明するのに、熱は一つの物質であつて、このとき加熱によつてそれが燃焼物へと移りゆ

き、そこで重量が増加したと説明してゐる。これはボイルがフロヂストン説に、捕へられてその繩の下から説を立ててゐるため、おのづから此の結論に陥つたのであるが、然しこの説明は已にフロヂストン説に幾分の裏切りを示してゐるのである。なぜなら、フロヂストン説では燃焼はフロヂストンの脱出してゆく、分解作用なのである。然るをボイルの此の説明は燃焼で何らかの重量のあるものが、金屬へ加入して行つたことになるので、つまりは化合作用となつてしまつてゐるのである。ボイルはガス法則を設定した有名な物理化學者である。

フロヂストン説は昔から唱へられてゐた。空氣の無い處で物は燃えないが、又空氣のある處でも、無限の久しきに涉つて燃えるものではない、といふ事によき説明を與へてゐた。即ち空氣の無い處では、フロヂストンを吸収するものが無いからであるが(前述)、又フロヂストンの飽和したものも最早これを吸収する力を失つてしまふのであるといふのであつた。この考へ方は今日の考へ方からも是認されてよいのである。フロヂストンを酸素と考ふれば、無理がない考へである。

ボイルの如き大科學者が、フロヂストン説を支持したので、この説は全く學界の正教派となつてしまつたのである。

燃焼と熱

ラヴァアジエの非フロヂストン説は、永年の迷夢を破つて、燃焼に對する化學者の考へを正したことは勿論であるが、それよりも大なる功績は、此の考への正されたため、物質不滅といふ、化學界の指針を吾等に示し、科學殿堂地固めの礎石を揺ぎなきものとしたことである。現代科學に初めて生命を吹き込んだのは彼であつた。

燃焼はフロヂストンの脱出であるといふ考へ方が、遂に、酸素といふ物が金屬に加はつて酸化金屬といふものにな

り、その時熱を發し、時には光を放つたのであると説明したのであつた。此れで燃焼に依つて重量の増加が起ることも明解された。酸化水銀を熱して酸素が分離すれば、残つた水銀、所謂還元した水銀の重量と、分離した酸素の重量を加ふると、最初の酸化水銀の重量となつて増減無しといふ事實も理論と一致して來た。

物質は如何なる順序を以て結合し若しくは分散しても、或は化合しても分解しても、その間の質量の總和は増減無く、且つその間に關係した元素は、種類も量も、つまりは變化がないといふ法則が立てられたのである。

この法則は、化學界の萬古不易の大黒柱ではあるが、吾々は今少しくこの燃焼について、現代の研究を略述してみたい。

燃焼に於てみる、質量の交渉はラヴ・アジエの研究で明らかにされたが、「火」といふ題をもつて、筆をすべらせてみると、それだけではなんだか目的地に安着したやうな心持ちになれない。

燃焼のとき發生する熱を燃焼熱と呼んで、これは元素若しくは化合物の一グラム、或る時は一グラム分子が、酸化して發生する熱量を、カロリー數で表はした價である。いま炭素が酸化し、酸化炭素を生ずるときと、更に酸化化合物の増加し炭酸ガスを生ずるときでは、前の場合よりも後の方が、四倍程度に強化されてゐる。この場合は生成したものが、前は酸化炭素、後例では炭酸ガスで、異つたものが生成されたので、その發熱量には差の起つた事は、不思議もなく、ラヴ・アジエの法則に異論も出ないが、もつと詳細に燃焼の事を調査してみると、同量の炭素を含む物質から等しく炭酸ガスを生ずる迄に燃焼させても、そこに僅少なながらも、常に見逃すことの出来ない、異狀の嚴存してゐるのに氣がつくのである。この事は在來のやうに、燃焼に發する熱を酸化作用にのみ基づくものと考へてゐたのを、稍、趣を異にして考へねばならぬ故、此處に少しく記事を添へたいのである。

炭素と水素を含む燃料として普通に使はれてゐるものに、エタン、エチレン、アセチレンといふガスがある。此れを燃焼させて、炭素から炭酸ガスを、水素から水を作らせたとき、その發熱量を吟味してみると、次のやうな結論が出て來てゐる。この三化合物の後二つは所謂不飽和化合物で、分子を作つてゐる結合状態が、それぞれ趣を異にしてゐる。エチレンには二重結合部があり、アセチレンには三重結合部があり、(化學式上の稱呼で)炭素と炭素の間に作られてゐる。此れを作るには、實は炭素の結合状態に無理をしなければ、出來上るべきものでないので、此の撓めのため外力即ちエネルギーを要してゐる。このエネルギーは潜在エネルギーとなつて、その化合物の中に包含されてゐる。然るに燃焼に於ては、此の状態はもはや開放される必要が生ずる。而して開放によつて放たれたる潜在エネルギーは、動的エネルギーとなつて、外部に發せられるのである。即ち熱エネルギーとなるのである。であるから不飽和部を有してゐた化合物ほど、或は多くの撓めのエネルギーを包んでゐた化合物ほど、燃焼して發生する熱量は、その成分たる炭素、水素よりのみ計算した價よりも大きくなるのである。實際に不飽和部の無いエタンが、燃焼のとき外部に發現する熱量が一番少なく、三重結合のあるアセチレンが比較的にて一番熱量が多いのである。今エタン、エチレン、アセチレンの三種結合を構成するために要する、生成熱を實驗的に出した價を示すと次のやうな數字が出てゐる。

C—C (エタンの炭素結合を示す記號) 七一カロリー

C=C (エチレンの炭素結合を示す記號) 一二五カロリー

C≡C (アセチレンの炭素結合を示す記號) 一六六カロリー

このカロリ數に相當するだけ、燃燒熱が高く發生されるのである。

こんな考察は、もつと色々の化學構造と發熱量の上にも已に多く行はれて、精細な結果が發表されてをる。また結合の事のみではないが、別の意味でアルコールの例をみよう。此のときは炭素原子と酸素原子との結合して原子間の距離の問題なども似た結論を與へてゐる。

これらの事實を前にして燃燒といふものを考ふると、燃燒に於ける熱量の問題は、分子の化學的構造が大に讓つてゐることを忘れぬのである。燃燒は單なる、質量のみの問題ではないのである。ラヴ・アジェの研究は、化學變化に於ける質量の吟味を正しく行つてゐたのであつて、熱量には觸れてゐなかつたので、熱については彼の議論を云々することは、的はずれである事は筆者も承知なのである。「火」といふ事を考へてゐたので、此處まで筆が延びただけである。

此の記事を更に展開して考へたいのは、燃燒には分子構造の關係することも、ほど了解しえたとして、それでも未だ了解しえぬのは熱といふ光といふものは、全體如何なるものか、その本體をみたいのである。質量不滅の法則に支配されてゐる物質なのか、原子とか分子と名づけられるものから離れた或る他のものか。

光と熱への溯源

熱といふものは、物質ではない。プリズムで日光を分析すると、スペクトルといふものの現はれる事を吾人は知つてゐる。それには七色の美しく眼に感ぜられる部分がある。昔はそれ以外の部には何事無しと考へてゐた。段々學問が進んで、別に紫外線と呼ぶ部分の存在を氣づいた。七色と紫外線と著しい區別のあるやうに、晰し立ててゐるもの

の、その差は波長が可視振動は四千から七千、紫色に短かく赤色に最長となるのである。七千以上のものを赤外線といひ、四千以下二千九百位まで（地球上では）が紫外線と呼び、一〇—一五〇と大に短かいのがX線、更に〇・〇一—一・四〇がガンマ線、次に〇・〇〇〇五が宇宙線で短かい大將となつてゐる。二二〇〇〇〇といふのはラジオでおなじみの長電波の波長である（此の長さの單位はオングストロムと呼び、一ミリメートルの千萬分の一の長さ $1\text{mm} \times 10^{-7} = 1\text{m} \times 10^{-10}$ ）。人間の眼力はこの四千から七千の間のみしか見極めつかぬのである。その前後には明き盲である。然るを常に自分本位で世間を批判し慣れてゐる彼等は七色以外の世界は無だと、永年定め切つてゐた。彼等は見えもせぬ眼で黒い白いを論じてゐたのであつた。プリズムガラスをして言はしむれば、人間の愚を笑ひ、猫に暗闇のなき事を優れりとするかもしれない。

電流のある處に磁力を感ずることを知つて、電氣と磁力とが一身同體の中なることを認（A. V. Angstrom (1814-1874) は瑞典物理學者）めた。それが進んで今日では光も電磁力の列に並んで、少しも不思議のないもので、僅かに異なる處は波長のみであり、その他は兄弟よりも似たものなのであると言へる。光の波動運動も壓力を有す、太陽面の近くでは二・七五ダイン、一平方糎に約一瓦の三百分の一の力である、吾人の眼球も波長 0.000 のものに押されてゐる。漱石の「猫」に東大の物理教室で暗室に籠つて自分の眼球に光をあててゐる學者がある。我が本多先生がこの話の主とも噂さす。

海の波を簡単に考へて、同高の峯（起）、同深の谷（伏）の連続とみなさう。その時この一つの谷から次の谷への距離、又は一つの峯から次の峯への距離、これを同一とみて、この距離を波長といふのである。今この状態にあるエネルギーの有様をみると、峯となつたときは、潜勢力は最高で落ちて谷へと行く勢力を十分蓄積されてゐるのであ

る。その代り動的勢力は最少で、ヨリ以上高まる事は出来ず、終止の状態である。此の點から下つて谷底へと向ふにつれて動的エネルギーは愈々強く谷底で最も強き運動をなしてゐる。此の底から以後は單に運動慣性の法則に従つて再び峯を作つてゐるが、最高峯を作つたときは、慣性の力は消耗して、また終末となり、その代はりに潜勢力は最高となり、これを動的エネルギーに代へて次の運動を業むのである。

斯くエネルギーの交互的に反復さるゝ相違を波動運動と呼び、空氣の中に生じた粗密の波動運動を音として、吾等の耳の感じてゐることは、申すまでもない。

上記の例で波長の長くなるほど、同一時間内の峯を作る回数は少くなるのである。その事を振動数が少くなると呼んでゐる。可視線よりも紫外線は波長の短きため、振動数は著しく増加されてゐる。この振動数の多いことが、或は眼に感じえざるに到つた原因であるかもしれない。

然らば、音は空氣の無き處に發生せざる如く、光は何物の無い處に發生が止むかといふに、未だ本體を精細に吾人は悉知してはをらぬが、エーテルと假稱してをるものがある。此れが無ければ光の波も傳はらぬと考へてゐる。此れは宇宙何處にも存し、何物をも透過するものとしてある。此れを構成する粒子をエテロン Electron とし、質量はエレクトロンより軽く水素の $\frac{1}{1836}$ 分の一とされ、飛行の速度は一秒に二十九萬四千マイルであるといふ、かくの如きものが宇宙に充滿してをること、大洋に水の滿てるが如しとある。このエーテル界に起る波動運動が光となり、熱となり、X線となつて、吾人の認識をえたのである。而して海の波は表面のみであるが、エーテル界の波は表面に限らず、空中にある音波の如きものである。(化學藥品のエーテルと混同する人もありますまい) 話は數々と分岐して來たが、このあたりでこの波動運動の源に溯つてゆきたい。

熱の波動の源は、分子の振動によつたので、化學變化が分子の烈しい振動を起し、その振動はエーテルに傳はり、このエーテルの波動が、阻むものがあれば、それに移る。それが金屬なれば金屬の分子を振動させ、人肌なれば肌の分子を振動させ、温感となつたのであり、この分子運動は絶對零度に至つて休止するといふのである。時には分子以上に進んで、原子の構成粒子をまで振動させる事もあるが、それは稀であつて、且つ熱としての作用には、微弱なる影響を有するにすぎぬのであつて、靦るに及ばざるものである。

光は分子よりもむしろ原子内の構成粒子に關するものである。ホトンといふものの振動に起因してゐるのである。少し話頭を轉じて、いま水を一杯の桶から流すと、一つの細流を作つて、盡きざること糸の如しとも稱しうるのであるが、此れをもつと細くして、細いガラス管の先から落とすと、糸の如しとはならず、滴々として倦まざるものもの如しとなつてしまふ。水の大量なるときは流るゝ事、連続して糸の如くみえるのであるが、もつともつと眼力が精密になると、糸も亦數珠の如きものとなるのではあらうか。光は芒と呼び線といひ、なんとなく、光を糸の繋がるが如く呼びなしてゐるが、此れは少しく見損ひのやうである。

學者は言ふ、光、X線の如きは原子を構成してゐる電子(エレクトロン)とプロトン(電子よりは重く一八四五倍の質量を有し、且つ正電性であり、この點も電子と異つてゐるもの)とから成るものであつて、此れがホトンと稱する一體を爲す。此の一體はプロトンを中心として、エレクトロンの半径と同じ長さを離れた距離の軌道を作つて、電子が回轉運動をしてゐる一絲であるといふ(此の軌道の隔たりが無くなつて接觸して終つた一體は、中性子と稱すのだとかである)斯くの如き一體を凡てクオンタム(量子)と言ふのである。

光は、このホトンといふ一種の量子が、原子内から流れを爲して放出するとき、そこに光が生じ、或る時はまたX

線が生ずるのであるといふ。この流れは糸の如きにあらずして、水玉の切れては続きする状態をもつた流れである。断続はつまり粗密のエネルギー相の異變を、エーテル内に現じ、それが光となり、X線ともなる現象を、現はすのである。量子にはそれぞれ一定のエネルギーとモーメンタムとを有してゐるのである。

熱といひ光といふ、振動の策源地となりうるものは、化學的反應、例へば酸化の如きは、有力なる原動力ではあるが、然しそれに限らない、火を太古作るに檜を強く摩擦して之を求めた例は、機械力が原動力となつたのであり、電燈の球の中には、空氣は無く、電弧の金屬も炭素絲も、酸化作用は起しえない。然るによく發光するのは、電流の刺戟によつて、原子内のホトンの平和に異狀を來されたからである。

熱の溯原も、光の溯原も、一つの波動運動の網に拘はれてゆくのである。

第二章 燃 燒

燃燒の第一義

火が燃える、人間の經驗では古い部の魁である。此れを酸化作用と解釋づけたのは、ラヴァアジエその他の學者を待つて初めて出來たのであるが、吾人の呼吸も酸化作用であつて、然も發熱の原因となつてゐるので、燃燒と席を同じくすべきだが、普通燃燒といふは今少し作用の激しい酸化作用を特稱してゐる。激しいといふのは、化學作用の速度も早く熱の發生も強烈であつて、進んでは光をも發するのである。火藥などは音をも伴ふ。つまり燃燒と稱するのは、熱、光、音の何れか又はその總てを、相當強烈に發する化學反應で、主として酸化作用を指す。事實稀な例には酸化でなくして熱と光を發するものもある。燃燒は乾燥状態が常であるが、硫酸とクロム酸の混合した液の中に物が強く酸化されるときは、濕性燃燒とも稱されてをる。螢は酸化に伴ひ熱を出さず光のみを出す。

物を燃すにマッチで火をつける、此れはなんのためか？ 今燃料が燃燒を續けて行くときを考へると、燃料からガス體が發散し、此れが燃えるのが普通の例である。石油でも石炭でも、一度ガス體となつた上で燃燒するのである、これが焰を形成する。この氣化するためには熱を消費する、ガスが酸化して行く方では熱を發生してゐる。この消費と發生とが平均がとれ、少しく發生の方が高ければ、燃燒は繼續されるのである。燃えてゆくのである。その状態に

まで燃料を導くためには外界から燃料の温度を揚げてやるのが必要となる。或る一定の温度以上に一たび高めてやればこのバランスが成立する。燃料はもはや他よりの助けを借りずに燃焼する。此の温度（最低の燃焼温度である）を液体燃料についてのみではあるが、発火点と呼んでゐる。マッチの役は少くも此の温度にまで、物の一小部分を高めるためのものである。無論この温度に於て十分な發熱を爲しうるだけに、酸化といふ作用が迅速に遂行されるべき機をえてゐるのである。次に木炭の如きものが燃焼するときは可燃ガスは発生しない、これには着火温度若しくは發火温度といふ言葉がある。それは燃料が燃焼を開始するときの温度である。着火温度といふのは、ガスを發生する石油などにも通用して使用してゐる。つまり發火点といふのはこの着火温度の特種の場合、即ち液体燃料について特に言ふものとみてよい。

着火温度（空氣中若しくは酸素中）表

木炭	三〇〇—四〇〇度	木材	四〇〇—四七〇度
褐炭	二三〇度以上	有煙炭	三〇〇度以上
無煙炭	五〇〇度	コークス	四〇〇—六〇〇度
アルコール	五五八度	水素	五九〇度
一酸化炭素	六四〇—六六〇度	アセチレン	四〇四—四四〇度
揮發油蒸氣(酸素)	二七〇—三〇〇度	輕油蒸氣(酸素)	二五〇—二七〇度
重油蒸氣(酸素)	二六〇—二七〇度		

燃焼は着火方法を待つて起るのが本格ではあるが、石灰と濃厚な酸類、或は酸化カルシウムと弗化珪素、若しくは五鹽化磷、酸化セシウムの中和、酸化バリウムと酸化磷など化學的反應をなす時、これに附隨して光を放つことがある。

燃焼温度

ガスの燃え始めるには一定の温度までそれを高めてゆかねばならない。その温度は同じガスでも空氣中か酸素中かで異なる。水素などは鹽素の中でも燃えるから、その時の事も考へておく要もある。いま普通のガスが發火する温度をみると、

ガスの發火温度表

ガス	空氣中	酸素中	常壓常温で燃える混合ガスの限度	燃料每一立方呎より燃焼して出る煙突へ流れるガスの立方呎數	水	窒素
アセチレン	四〇四—四四〇	四一六—四四〇	—	二・〇	一・〇	九・四〇
メタン	六五〇—七五〇	五五〇—七〇〇	五・八	一・〇	二・〇	七・三二
エタン	五二〇—六三〇	五二〇—六三〇	三・三	二・〇	三・〇	一三・一七
エチレン	五四二—五四七	五〇〇—五一九	三・四	二・〇	二・〇	一一・二九
プロパン	—	四九〇—五七〇	—	三・〇	四・〇	一八・八〇
ベンゼン	七四〇	六六二	一・四	六・〇	三・〇	二八・二〇
水素	五八〇—五九〇	五八〇—五九〇	三・四	—	一・〇	一・八八
酸化炭素	六四四—六五八	六三四—六五八	一八・三	一・〇	—	一・八八

この表にある通り、酸化炭素は空気と混合し一八%以下なれば燃えない。また逆に七一%以上に及べば此れも多すぎて燃えぬのである。最下段の数字はそのガスが燃えて発生する燃焼物の分量を示してゐる。ガス一立方呎から掲げられた数字だけの立方呎の炭酸ガス、水蒸氣を生ずるのである。窒素は空気中から来たのである。

これらの發火温度は、爐中では申す迄もないが、火災のときでも、此れだけに昇らざる場合は少いから、此れらのガスが存在したら、大抵は火焰と化して此處に示されたやうな高温度を實現してゐるに相違はない。これらのガスは石炭ガスの中にある主要分であるが、木材が強熱されて分解を起すと、自らこれらのガスを発生するのである。若し室の側壁が不燃質のものであれば、室内での燃焼からは、上記のやうに炭酸ガスや水蒸氣を発生するのみであるから、それが室に充ち、新鮮な空氣の侵入なくば、火は自ら消えてしまふ。然し火災の後でも室の窓を開いたり、倉の扉を開いたりすると、再び急に火勢を呼ぶことのあるのは、新しい空氣を入れてやるからである。別に火は燃えてゐなくても、未だ空氣さへ來れば、すぐ燃え出すガスの満々としてゐるべき筈であるのは、表中の限度の欄をみても明かだらう。石炭ガスでも二〇%になれば燃えずに時を待つてゐるのであるから、警戒すべきである。

此のガスが如何なる速力で燃え擴がつてゆくか、その途中にどれだけの熱を吐きすててゆくかを考へてみれば、火は怖ろしいものである。

紅炎の地獄の火となるのである。然しこれを用ふるに道をうれば、鍛錬の火となつて、鐵を生み、銅を生ず、さればにや、宗教家は火を淨心の具に論へて、煉獄といふのを、極樂と地獄との間に考へてゐる。必ずしも恐怖の種子を蒔いて火災保險會社を肥やす具のみではない。

酸素と燃焼

酸素は燃焼に於て大きな役目をなしてゐる事は申す迄もない。此の酸素は空中から十二分に供給をうけるのであるが、吾人は此れに工夫をこらして、尋常の酸素に代へて、威力の強い酸素を作ることが出来る。酸素として別に化學的には變化したものではないが、その状態を變へてやると等しく酸素でも、並々ならぬものとなるのである。

木炭をみるに、常の形では偉とするに足らずとしても、此れが粉炭徑千分の一ミリメートル以下のものとなり、眼にも止まらざる微粉となつて、空氣に混合すれば、一つの爆發物となるのである。炭坑の悲惨が屢々此れから生ずる。此れは炭素としては化學上からみて、何ら異なる點のないものであるが、微粉といふ、その點だけで力の勝れて怖ろしいものとなつたのである。炭坑内には甚だしい時には空氣一立方呎のうちに、粉炭の數三億乃至十億粒をも含んでゐるのである。

酸素を微粉にする譯にもゆかない。どうするか？

硝石といふものは昔から知られて硫黄と混じて、兵器をもつた、ギリシア、ペルシアの古い軍記物語にも見えてゐる。當時硝石は主として支那から歐洲へと輸出されてゐた。資源問題も二三世紀も歴史の頁を轉じてみると興味ある變遷をしてゐる。昔は持てる國支那、持たざる國は英國だつたかもしれない。さてその硝石へ木炭と硫黄を混じて初めて火藥といふ魔物が世界に出現した、七百年位の昔である。此の硝石の火藥に於ける役目はといへば、それは酸素を與へるためのものにすぎぬのである。酸素なら空氣中にもあつたので、支那あたりから高價な硝石を求め、當時通商權を握つてゐたアラビヤ人に大儲けをさせずとも可なりでありさうであるが、然らずである。

硝石が熱をうけて分解し、その時に發生する酸素は、單なる酸素ではない。尋常の姿の酸素とは異つて、その作用その威力が同日の論にあらず、何が故に然るやなら、その理は火藥の發明者も知らなかつたのであるが、分解した即時の酸素は、木炭の微塵に相應すべく、常の酸素よりも、すつと細分されてゐる状態のものである。或は生粹の分子であるかも知れない。尋常のものはこの分子が集團をなして、大塊となり、鈍性となつてゐるのである。さればにや化學者は此の出來たての酸素、誕生の聲を擧げたばかりの、みづみづしい赤兒を、發生機の酸素というてゐる。發生状態に於ける特殊の機能を有するといふ意味である、この特殊の原因も微粉木炭の場合と規を一にしてゐるのであつた。されば酸素を含んでゐて分解し易いものなら、豈硝石のみならんやであつた。現にクロル酸カリでも、立派な爆藥が出來てゐる。その他にも類例は少くない。クロル酸カリは鹽剝で、酸素を多量混合してゐる。

火藥成分例

黑色火藥	硝石	七五	木炭	一五	硫黃	一〇
クロレート火藥	鹽剝	九五	チニトロトルオール	一五	ニトロナフタレン	一
	ヒマン油	五				

此の發生機の酸素を與ふる工夫を、燃燒の上に利用すると燃燒の速度、従つて火力、溫度も異常的となつてくるのである。それには何が使はれるか、オゾン、過酸化水素、硝化綿、ニトロ化合物、等々、臨機應變の通力は化學者の手にあるべき筈である。

燃料の形質

煉炭は火つきが悪い、消炭はすぐ燃えてしまふ、煉炭も炭素なり、消炭も同じである。然るに此の苦情を聞くのは、なぜであるか、形質の相違からである。

炭の燃えるのは、炭と酸素との共同事業である。お互に手を握りあつた處にこの事業は醗酵してゐるのである。お互の接觸面を廣くしなければいけない。この交際の圓滑をみるためには、先づ石炭を粉末とする。或は粗鬆にして隙間だらけにする。粉末は塊りより表面が廣くなる、自ら空氣との接觸面が廣くなるのであつて、燃燒作用はそれだけ廣範圍に瀰漫するのである。爐に焚く石炭の細かきもこの一理である。

煉炭や火藥にも大形のものには、孔をあけて作つておく、又は燃料を粗鬆に仕立てるなども、その理は一つである。形を變へるのは、單に燃燒を迅速ならしめんためのみではなく、燃燒の速度を均等正確ならしめるための目的も、殊に火藥などには含まれてゐる。

火藥の燃燒の如きは、數學的の正確を以て燃燒してくれなければ、凡てが計算に依つて定められたる威力なるため實際の場合には、達すべき處に達せず、炸裂すべき時刻に裂れず、ではどうにもならない。功を一貫にかくどころではない。百發百中となつては、味方の勝利覺束なし、心許無さの限りにこそである。

火藥の燃燒を正確にして誤りなきやうにするため、絮狀の硝化綿では、その質も均等ならず或所は太く他は細く、或所は固く他は柔かくである、此れを一つのものに溶解してしまふ。あだかも砂糖を湯に溶かして調味を完全にするのと似てをる。

硝化綿を溶かすにはニトログリセリンを使ふ。此れも立派な火藥であるから、火藥を火藥に溶かすので威力に引けをとることなく、然も一體一齊、殆ど羊羹の如きものとなるのである。どこを食べても同じ甘味であり、どこをとつ

でも同じ火薬である、ニトログリセリンと硝化綿の溶けることはノベルが、ニトログリセリンでダイナマイトの實驗中、或る夜指先が非常に痛んだ。深更餘りの痛さで眠られなかつたが、そのをり彼は、繻帶液を畫の實驗中怪我した處へ塗つたのに疑點をおいた。この液は硝化綿とエーテルアルコールの溶液であることは、周知の處である。硝化綿のみで痛む筈もない。疑つた彼は、すぐニトログリセリンの染みたのに相違なしと氣づいた。

四隣寂莫、草木も眠つてゐるとき、彼は寢室を出でて實驗室のドアを開いて入つた。電灯の下に獨りで試験管をいぢつてゐた彼は硝化綿とニトログリセリンとの完全に解け合ふものであることを發見した。これが無煙火薬パリスタイトの發明の緒であつて、英國は此れに模して十餘年の後コロダイト火薬を作り、黑色火薬のみ知つてゐた世人は、白い火薬、透明の火薬を知るに到つた。コロダイトには有色ワゼリンを入れるので飴色になつてゐる。ネルソンの時代には軍艦砲も二百ヤード、二町とは弾丸も達しえなかつた。今日三十里から甚しきは六十里とも稱してゐる。

無煙火薬の發明は黑色火薬の發明(一三二三年)後ヴィエイユがB火薬を發明した(一八八六年)、これは硝化綿を主とした火薬である。此れと前後して(一八八八年)ノベルが、上記の火薬、パリスタイトと稱するこれ發射用無煙火薬を發明したのだ、かくて今日の膠狀無煙火薬が創められたのであつた。

溶解狀として燃焼を均等にしたものに固體アルコールと呼ぶのがある、これは燃焼の均齊よりも携帶に便にといふ方が、勝つてゐるが、兎に角一時は有名な燃料であつた。これは醋酸セルローズや硝化綿をアルコールと煉つたものである。

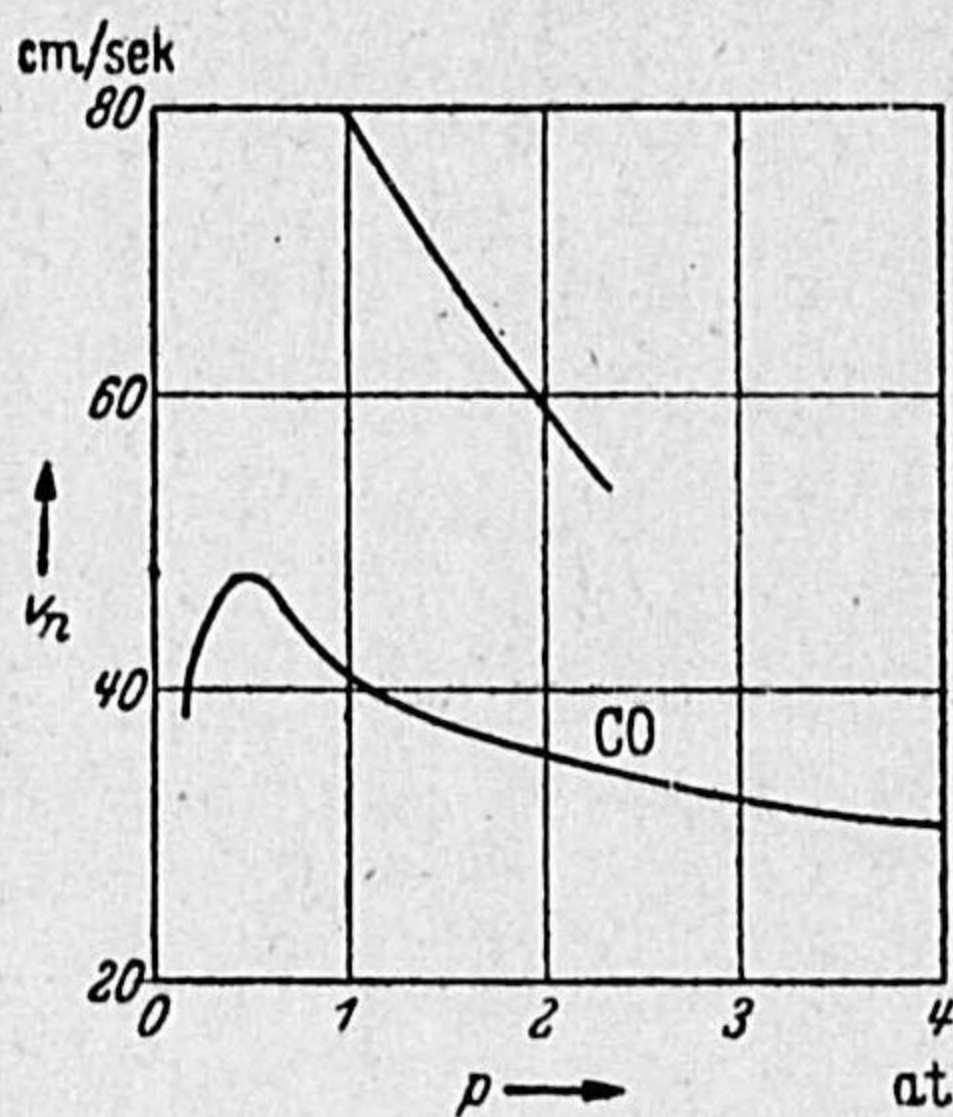
燃焼速度

燃焼速度は温度で左右される。いま酸化炭素と空氣との燃焼について、此れをみるに一〇〇度では、毎秒五―六センチメートルであるのである。豫め二〇度と四六〇度まで加熱したものとを比較するに、燃焼の進展する速度を増加し毎秒四二のものが八五センチメートルに速進されてゐるのである。速度が高まれば火力も強くなる。爐を使ふとき燃焼速度の増進は温度を高める上に重大な關係となつてゐる、同じ石炭を使ひ酸化炭素(水性ガスの一成分)を作つたとしても、その以後の注意即ち豫熱法、即ち蒸熱に手ぬかりをしてゐれば、千度を超しうる場合にも、七百度位しか温度が出ぬと、苦情の種を蒔くのである。如何なる爐にあつても煙突に行く前に、煙の殘熱を利用する處を設けてこの部に於て、爐中に入る空氣やガスを豫熱してをるのである。

焰の燃焼速度は、ガスの有する壓力によつても支配されるのである。酸化炭素と空氣の混合燃料では、一氣壓以内が最も速くして壓力が加はると速度が下がってくる。一氣壓には一秒に四二センチメートルのものが、四氣壓となると二四と、即ち速度半ばになつてしまふ。アセチレンと空氣の混合氣體についても實驗されてゐる。今その結果を圖表で示すと上の如くなる。

横矢印に壓力は増進して4氣壓に到つてをる。縦は垂直 V_n 垂直速度である。圖線の下は酸化炭素で上がアセチレンである。

燃焼速度は可燃物の濃度に依る。而して水素では四〇モル%が、最大速度を示してゐる。水素と酸素との混合氣體の燃焼は、所謂爆鳴氣の名を生じた如く、非常に高速度である。燃焼速度をみると次のやうになる。表に示された水素の割合は、分子數を以



て表はした%である。

水素酸素混合物の燃焼速度(一気圧十五度のガス)表	燃焼速度%
水素の濃度(%)	〇・〇〇(不燃)
九・一	一・四一
二〇・〇	二・六〇
四〇・〇	一・八七
六〇・〇	〇・〇〇(不燃)
七七・五	

ここにも燃焼しうるためには、混合割合の或る限度内のものであることは、不燃部の存在で明かである。

粉炭爆發速度

粉炭の爆發は石炭坑内に於ける、危氣の原因であつて、坑道の空氣は重壓によつて温度は高まり、空氣は乾燥して人馬の歩行は粉炭を作つてゐる。歐洲の例では千餘の生命を一時に失つたものも少くない。試みに粉炭の爆速をみようか。粉炭の爆發を起す最初の一點は火藥爆發のときもれた焰である。(粉炭は炭塵ともいふ)

今周囲の側壁温度を二三〇〇度とし、空氣の過剰量を二〇%の如く混合した粉炭は爆發温度は二五〇〇度で、粒の大きき〇・一ミリメートルの時が最も早く爆發を起すのである。

さて炭素の燃焼に關して、數學的に次の如き方程式が導かれてをる。

$$m = \beta F(O_2)_m$$

これを燃焼方程式と呼び、炭素と酸素との燃焼に際し、その酸素必要量及び炭素の燃焼しゆく量を示す。いま管中で炭素の細粉が燃焼するものとして式が出されたので式中の各記號は次の如し。

m || 燃焼に使はれる酸素の量、つまり發生する炭酸ガスの量と同じ。

$(O_2)_m$ || 管の中の酸素の平均濃度。

β || 毎時間の燃焼距離メートルで示す、つまり速さとなる。

F || 炭素の燃えたものの表面積である。

この m は毎時間の酸素の體積(立方メートル)を示すのであつて、酸素の必要量となるのである。

β からは單位時間に單位面積上の燃えてゆく炭素の重量グラム數がわかるのである。

この式は數學的には容易に導かれ、實驗も簡易のやうであるが、實際には、 F の値がこれを求めるのに至難に感ずるのである。然し式は粉炭以外爐中の上にもこれを應用しうるのである。

吾々は數學的に自然現象を取り扱つて、或る公式をうる事はその例少くないのであるが、然し此れを直ちに實驗に依つて検査しようとする、事實上、その實驗の實際化に行き詰まることがある。この式中の F は直徑 d 長さ l の燃えて行く、炭素粒子の表面積を知らねばならぬのでこれは困難である。又此の事とは逆に、實驗上からは、或る結果が認められて來ても、その事實が複雑であると、此れを簡單に歸納して、一法則にまとめることが出來ない。無論、その際には數學的にまとめざるも不可能である場合にも、しばしば遭遇するのである。

燃焼熱の測定

この測定法は外熱を防いだ容器中に試験物を入れ、密閉した中で燃焼を起し、その時の發生熱を計量するのである。

これにはカロリーメーターなる精密な測定機がある、餘り困難な實驗とは言へぬ。
 いま燃料ガスの發熱量を比較測定した結果を示すと、ガスについては、空氣の温度が異ると燃焼熱量が大部差をみるのである。

燃料ガス燃焼熱

一立方メートルのガスに對する空氣の立方メートル	空氣溫度			
	15°	20°	25°	30°
3	四・六	九・三	一四	一八・六
4	六・二	一二	一九	二五
5	七・八	一六	二三	三一
6	九・三	一九	二八	三七

火藥類燃焼熱 (一キログラムの發熱大カロリー)

黑色火藥	六六五	グルダイナマイト	一〇九〇
アンモナル	一四六五	スプレングセライン	一五四〇
強綿藥	一一〇一	雷汞	三五七
ニトログリセリン	一四五五	ヘチソーゲン	一三六五
ピクリン酸	一〇〇〇	TNT	一〇〇〇

等しくガス燃料を焚いても、蒸氣の温かい夏の方が、冬に比べては三―四倍、多量の熱が求められるのである。工業的に爐を使用するとき、ガスを豫熱するといふ事の意味も讀めるのである。

此のとき空氣なりガスなりが、水分を含んでゐると、結果に狂ひが著しく出るのである。いま二五度で水蒸氣に飽和された空氣の一〇立方メートルを、ガス一立方メートルに加へて燃焼したときは、一立方メートルについて、一三〇大カロリの熱量が増加するのである。それで水を通つて來たガスを用ふることは、ガスの利用を賢くしてゐるのである。ガスメーターの或る種のものには、水槽中をガスが通過して來るのがあつた。此れも計量しつつ同時に熱量の増

進にもなる策である。

ガスの燃焼熱を一―二の異つたカロリーメーターで測定したものを並記してみる。上の値は化學的の生成熱理論から計算で求めた發熱量の値である。

品名	測定法	元素よりの計算値	ユンカー	ユニオン	カロリースコープ
水素 I		二九七〇	二九五	二九八四	
水素 II		三〇〇三	三〇一二	二九五七	
CO 九		二九八一		三〇〇八	三〇〇二
CO(92.3%)+H ₂ (4.3%)		二九七二		二九九五	
CO(78.7%)+H ₂ (19.6%)		二九八二		二九八三	二八七三
CO(75.4%)+H ₂ (41.1%)		二九九一		三〇〇〇	二九六七
メタン I		九三二〇		九四二七	
メタン II		九〇一〇		九一九〇	
石炭ガス I			四四四二	四四一〇	
石炭ガス II			四三二七	四三三五	
石炭ガス III			四五八五	四六二五	三五〇〇
石炭ガス IV			四五四〇	四四六〇	

この表からみて測定機で多少の差はあるが、むしろ一致してゐると稱すべきである。メタンが如何にも燃料として

發熱量の多いのを認めるのである。アメリカに産する自然ガスがメタンを六〇—七〇%をも含んでゐる事は、燃料としても良好な性質のものである。このガスを酸化炭素と混じて製鋼用とすれば優良なる結果をうると言はれてゐる。エンジン中のガス壓力の急變を測定するにピエゾ電氣を應用したものがあつた。Piezoelectricity と云ふのは石英、雲母、電氣石、カルサイト等の結晶は、此れに壓力を變化することに依つて、それに應じた電流を生ずるに到るのであり、この現象を指して言ふのである。

ガスが燃焼してゐるときは、その熱エネルギーの大部分を輻射線と爲して四方へ放射する太陽の周圍にナトリウムの蒸氣があるに依り、太陽の連続スペクトルの中に、黒くD線なる吸収スペクトルが現れる。此れに依つて燃料の周圍のガス體に依つて、燃料から輻射光スペクトルの中に、ガスのために起る吸収スペクトルが認められる。表は炭酸ガス及び水蒸氣に依つて起る吸収位置を波長で示してある。

炭酸ガス及び水蒸氣の吸収スペクトル

λは波長オングストロムと同じくミリメートルの千萬分の一。

スペクトル帯の位置	炭酸ガスλ	Δλ	水素氣入	Δλ
1	二・三六一三・〇二	〇・六六	二・二四一三・二七	一・〇三
2	四・〇一一四・八〇	〇・七九	四・八八八・五	三・七
3	一二・五一一六・五	四・〇	一二・二二五	一三・〇

ブンゼン燈 焰	酸素と混合せるガスの焰入
ヘフネルケルツ	アセチレン 焰 二二六〇
テクルバーナー	酸化炭素 二二五〇
メケルバーナー(焰中心)	石炭ガス 二四五〇
〃	水素 二五五〇
	アセチレン(Son上)に離れて) 二九七五
	アセチレン(最高部) 三三七三
	炭素陽電極弧燈 四二〇〇

此表も前同様のもので、上は石炭ガスを燃やした時の各種バーナーに依る相違を示し、下は各燃料につき生ずるベクトルの位置を入で現はしてある。

炭酸ガス及び水は燃焼の最終生成物であり、此れが示す吸収スペクトルを以て、爐内の燃焼程度を大體に測り得るのである。

輝線スペクトルを測定して、そのスペクトルの現はるゝ波長の位置(色も現はれるが)から、溫度を計る上記の方法は、特殊なる事情の所に應用されるものである。又別に焰の光輝の色から赤熱とか白熱とかいふ現はし方もしばしば常用されるが、此れは極めて大體の度を示すのみである。最も普通は液の膨脹とか熱電流を利用したものである。それにして各種の溫度計には、夫々特有の溫度測定範圍があつて、非常に高溫度も低溫度をも同一計器で測定しうるものではない。且つ溫度の測定上にも多少の誤差を伴ふこと、次表の如し。

今次に數種の常用溫度計の精度を比較す。

計器の種類	測定範圍 °C	精 度
各種ガス溫度計	約—二五〇—一〇〇〇	—二五〇度にて —四〇〇度にて —一〇〇〇度にて —一〇〇〇〇度にて
通常の眞空水銀溫度計 窒素又は炭酸ガス入エナ硝子水銀溫度計 窒素又は炭酸ガス入石英硝子製水銀溫度計	—三五—三〇〇 —三五—五五〇 —三五—七〇〇	通常のものでは±一・〇度 特殊のもので ±〇・〇度
白金線の電氣抵抗の變化による計器	約—二〇〇—一五〇〇	一〇六三度にて 〇・〇一度を 精密に測れる
熱電對	約—二〇〇—一〇〇〇	注意して行へば 〇・二%以上 の精度
輻射高温計	五〇〇以上	約 一〇—±一五度
光高温計	七〇〇以上	
ゼーゲル錐	六〇〇—二〇〇〇	約 ±一〇度

上表中には餘り常用されぬものもあるが併記す。

焰に依つて起る様々の色と溫度

焰に帶色を現はす元素

- (1) ヴィオレット カリウム化合物。青ガラスを透してみると紫、綠ガラスなら青綠である。ルビヂウムやセシウム化合物もカリウムと似た色を現はす。
- (2) 青 鹽化銅は碧藍空色を現はす、臭化銅は青に次いで黄が續いて現はれる。銅化合物に鹽酸をつけて焰に入ると常に此の通りである。
- (3) 綠 エメラルド。銅化合物（鹽化物を除く）。純綠はタリウムとテルリウムの化合物。黄綠色はバリウム化合物、モリブデンも多少、殊に硼酸鹽に硫酸を浸すとき著しくこの色を焰に呈す。アルコールランプでも美しい色を現はす。
- (4) 赤 青綠は硫酸を浸した燐酸鹽。弱い綠はアンチモンやアンモニウムでも現はれる。帶白色は亜鉛。
赤 カーミン色をリチウム化合物は示す、青ガラスを透すと董色、綠ガラスなら見えなくなる、バリウムがあるとき色をかくされる。スカレット色はストロンチウム、これは青ガラスでは董にみえる、綠ガラスなら黄を帶ぶ、バリウムにかくされる、黄赤色はカルシウムで青ガラスでは綠、綠ガラスでは綠にみえる、バリウムに掩はれる。
- (5) 黄色 ナトリウム化合物を通じて強く黄を示す、青ガラスでは消される。
焰に金屬が美しい色を現はすのを巧みに利用したのが花火である。分析にも應用されてる、焰にこれら金屬鹽を入れて得た有色光をスペクトル分析プリズムで覗くと無論、色に相當したスペクトル線や帯が現はれるのである。
稻妻 晴天の空中電氣は大氣は陽電性で地表は陰性である、電位差は地表近くでは一米につき百ボルトで高くなる

と減ず、水平に沿うての電位差は真冬に最高、真夏に最低であるが、塵や霧は此の差を高める。霧はイオンを吸収し易い。塵は質により雲への附電性を異にする、非金屬性酸性酸化物は陽電性を金屬性鹽基性は陰電雲を作る。雪の如き氷片が衝撃するときは自らは陰性となり雲を陽性とする。降雨の間には電位差は激しい異同を生じ陰陽の位置を動かへる。落雷の折には地表近くは一米につき一萬ボルトに及ぶ。平常には陽性のイオン、塵、水滴は地表へ降り、陰性のものは上騰してゐる。空中の電氣傳導度の強弱はこれ等の粒子の多少とか運動の速度または電氣量の強さなどで定まるものであるが、ガスイオンは動きが早い。一秒に一厘を(電位差が一厘に一ボルトの時)走る、塵や水滴などはつと遅く前の千分の三位となる。電導性を強化する微粒のイオンは、ラヂウムやトリウムの放射物があり、宇宙線のやうな他の世界から來るものもある。事實上は地表や海面の近くは空中の電導力は常に殆んど一定してゐるが、高度が進むと相當變化があるらしい。地上六〇—一〇〇キロ米の邊では、太陽の紫外線で空氣がイオン化される、八〇—一〇〇キロ米以上の空氣は年中陰性イオン状態におかれてゐる、此の原因には太陽から流れて來る陰性イオンの影響が大である。

地球と大空との間を流れる平均電流量は全地表から千アンペアであるといふ。

雨滴はイオン吸収以外に衝撃、分裂、紫外線の作用などで帶電性となつてくる。

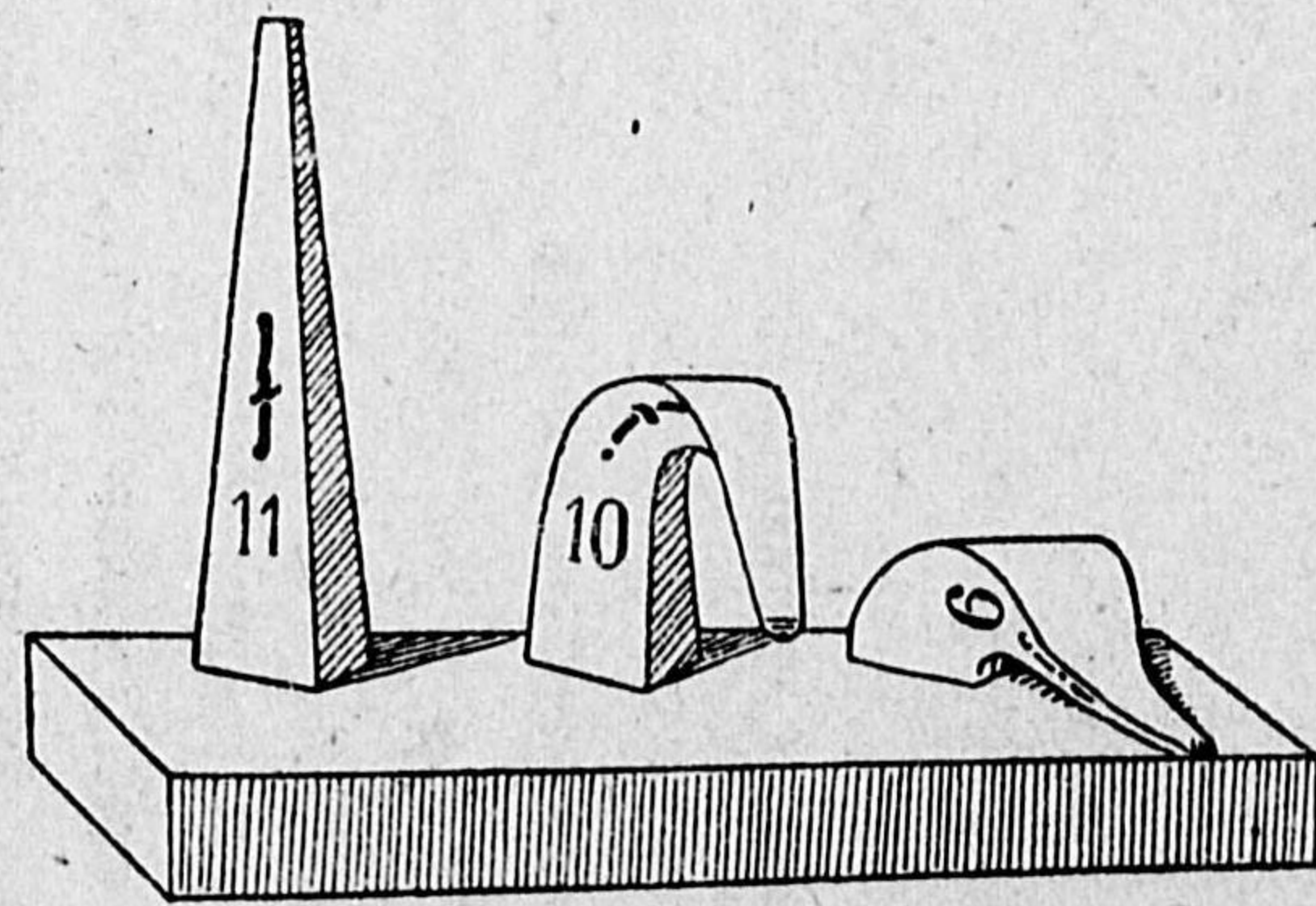
稲妻は主に陽電を地から雲へと運ぶ作用を爲す。電光を生ずるときの電位は少くも一厘に三萬ボルトである。電氣量は僅か一アンペアである。斯くの如き作用は、實に地球上各瞬間に千を以て數ふほど、不斷に起つてゐるといふ。雨滴の電氣量はその降下速度に依り二秒に一ミリ米以上の速さならば、雨は陽電性になつてゐる。地上電氣の宇宙への放散は、雨天は常の千倍の速さである。稲妻の色は放電管のうちで、酸素や窒素の示す光の色である。

硼砂熔融

次に分析や又彩色に、應用される焰の利用は、硼砂、磷酸鹽などに依つて金屬鹽の熔融したものが、着色され、殊にそれが還元焰、酸化焰で色がちがふ。陶器に珪酸鹽にて色彩を現はす色も大體左表に似てゐるが、ウランは黒、バナチンは銅赤色など稍々異なる點もある。

	酸化焰	還元焰
クロミウム	緑(温時)	緑
セリウム	赤(温)	無色
コバルト	青	青
銅	緑(温) 青(冷)	赤(冷) 無色(温)
鐵	黄若しくは褐赤(温)	緑
マンガン	莖	無色
ニッケル	褐、赤(冷)	灰色不透明
ウラニウム	黄	緑
バナチン	無色	緑

此れは硼砂について熔融體を作つたときであるが、磷酸鹽にも似たことがある。又マンガンは炭酸ソーダと融かして酸化焰で緑を呈する特性を有してゐる。陶器はこの事を珪酸鹽について行つたものである。



Seger Cone (錐)、窯業その他に用ふる測温計。一定温度で熔融する如き成分で作つた燒物である。(500—2000°)
Hermann Seger (1839—1893) 獨人の案。

白熱とか、赤熱と言ふ一種の温度を示す言葉がある。此れは熱體から放射される光の色はその温度の差に依つて異なることから、出來たものである。此の光の性質は温度を推定する基準ともなつてをる。大體左表の如きものである。これは普通の語となつてゐるが、温度としたら次のやうな事にしてをる。

光の温度

弱 赤 熱	五〇〇—五五〇
暗 赤 熱	六五〇—七五〇
赤 熱	八五〇—九五〇
黄 紅 色 熱	一〇五〇—一一五〇
白 熱	一二五〇—一三五〇
烈 白 熱	一四五〇—一五五〇
星(或るもの)	三〇〇〇度
太陽	六〇〇〇度

補色驗温計

此の一種で眼鏡を覗くと、爐中の火焰から輻射してくる光線のスペクトルをみるのである。此の驗温器の構造は、三つの光學フィルターが眼鏡の筒に仕込まれてある。覗き孔から一番遠くにフィルターI、これは平面ガラスである、

次のII及びIIIは、クサビ形になつて一方は厚く他端は薄い。此れが先端を同じ方に向けて二枚揃つてゐる、フィルターIは赤色光 λ_1 及び綠色光 λ_2 以外の凡ての色を吸収する、フィルターIIは赤色光を吸収する。但しその率はクサビ形の厚さに應じて強弱の度を異にすること僅少である、緑は故障なく透す。フィルターIIIは緑を吸収する。その度はクサビの厚さに準じて強く吸収されるやうなガラスを使つてある、赤色は故障なく通す。眼はこれらのフィルターを通した二つの色赤と緑との混合を見るのである。

いま緑が赤よりも強くクサビに吸収されるがために、フィルター上の或る所に於てこの赤と緑が丁度補色の正しい割合となつて、白にみえる處がどこかに生ずるのである。而して其處から右、若しくは左には赤か緑かがそれぞれ色を現はしてゐる。温度が高まると、補色關係の場所が位置を變ずる(右へ)その故は高温となると、輻射線は緑を増し、補色を現はすためには前より強率の吸収を必要とする。クサビの厚い方へゆくからである。それだけ白線の位置がゐるのである。此の位置はクサビの上に、つまり赤と緑との色の間にどこかに介在してゐて、然もその場所が温度に準じて左右へゐざりするのである。このすれの位置から温度を測定するのがこの驗温計の特色である。眼鏡で覗いたフィルターの上に温度が度盛りとなつて記入されてあるから、一見白の位置と度数を讀めばよいのである。焦熱の爐の中をこの眼鏡を眼にあて、覗くだけの手数で測れる、誠に簡便な道具である。然しこの器械で測定した温度は、精確にはゆかぬのである。次表を示す。

讀み 温度	八〇〇	一〇〇〇	一二〇〇	一四〇〇	一六〇〇	一八〇〇	二〇〇〇
實温度例 I	九三六	一一九〇	一四六八	一七五五	二〇五六	二三七六	二七〇九
例 II	八〇六	一〇〇八	一二二〇	一四一三	一六一七	一八二一	二〇二五

この例は甚しい誤差と、少いものとを並べたのである。

温度の道標

吾々の日常割合に接し易い品物から、温度の區界に道標を立てるとすれば、次のやうなもの一つの例である。「火」には縁が薄いが零度以下の極冷の場合をも附記しておく。

一〇三三度	黄金の熔融點
九六〇・五	銀の固化點
四四四・六	硫黄の沸騰點
一〇〇・〇	水の沸騰點
〇・〇〇	氷の熔融點
零下三八・八七	水銀の熔融點
〃 七八・五〇	無水炭酸の昇華點(ドライアイス)
〃 一八三・〇〇	酸素の沸騰點(但し窒素は零下一九五度)

光學溫度計

表面の温度を測定することは、在來の計器では到らざる處がある。それで考案されつゝある新らしい驗温器は、光を發射せぬ場合、黑色輻射線、主として熱線から出る輻射線を、寫眞乾板に感じさせ、それを現像して、感度の強弱

によつて温度を知る方法である。實驗では一五度から一二〇度位までが、測定されてをるが、三〇〇度位までが實用化されるやうである。この種のことを光學溫度計というてゐる。

サーモカップル (熱電計)

石英ガラスの管に針金を通して、一方を氷を入れた魔法瓶(零度)の水中に浸し、他端を爐の中に入れて、メーターの處の指針の動きで、温度を測つてをるのを見かける。此れは二本の異種金属の針金の接觸した兩端を一方を例へば零度として他端を火中に入れると、兩端の温度の差に準じて、この針金の中に電流が生ずる。微弱な電流ではあるが温度の差に對して精確な率を以て増減してをるので、水銀の膨脹、收縮で温度が測定しうるが如く、正しい温度が此の電流の強弱から讀めるのである。このとき一方を零度としてあれば、兩端の温度の差に準じて、起る電流ではあるが、一方は正しく已知の温度(零度)であるから、他方の温度が即座に決定しうるのである。

此の際用ひられる一般の金属とその限度(餘り高いと金属が傷められるから、傷められない、使用範圍)及び電流の強さ、これは百度の數に對して生ずるミリボルト乃ち千分の一ボルトの數であるから、指針のメーター感度は一ミリボルトの少くも百分の一位までの弱い電流にも、正しく感ずるやうな鋭敏なメーターでなくてはならない。

熱電流表

金屬種類名	使用限度	百度差に對するミリボルト
銅—コンスタンタン	三五〇	四

銀—コンスタンタン	六五〇	四
鐵—コンスタンタン	九〇〇	五・三
ニッケル、ニッケルクロム合金	一二〇〇	三・四(若しくは四・一)
白金—白金ロヂウム合金	一六〇〇	〇・九五

コンスタンタンはニッケル四〇%、銅六〇%の合金である。表中初めの部の金属は電流が割合強く起つてメーターとしては便利であるが、金属の耐熱力が弱いのを缺點とする。

此れに使用する針金は径六ミリメートル位の細いものであつて、此れを被覆しておかぬと、錆びて折れてしまふかもしれない。此の防護には次のやうなものが使用されてる、無論此れは外界との絶縁の意味を含んでるのである。此の被覆材料も耐熱といふ點で、使用限度がある。(價格でこの針金も細くしたのがある、損じ易い)

絹や毛類(一二〇度)、エナメル塗料(二〇〇度)、石綿をカオリン水硝子で練りし物(二〇〇〇度)、石英ガラス、坩器等の管(二〇〇〇度、短時間一五〇〇度)である。

次に金属接觸部を爐中のガス、強熱の變化、機械力などに對して、安定に保護しなければならぬ。此れには、いま數種のものについて要點を擧げる。

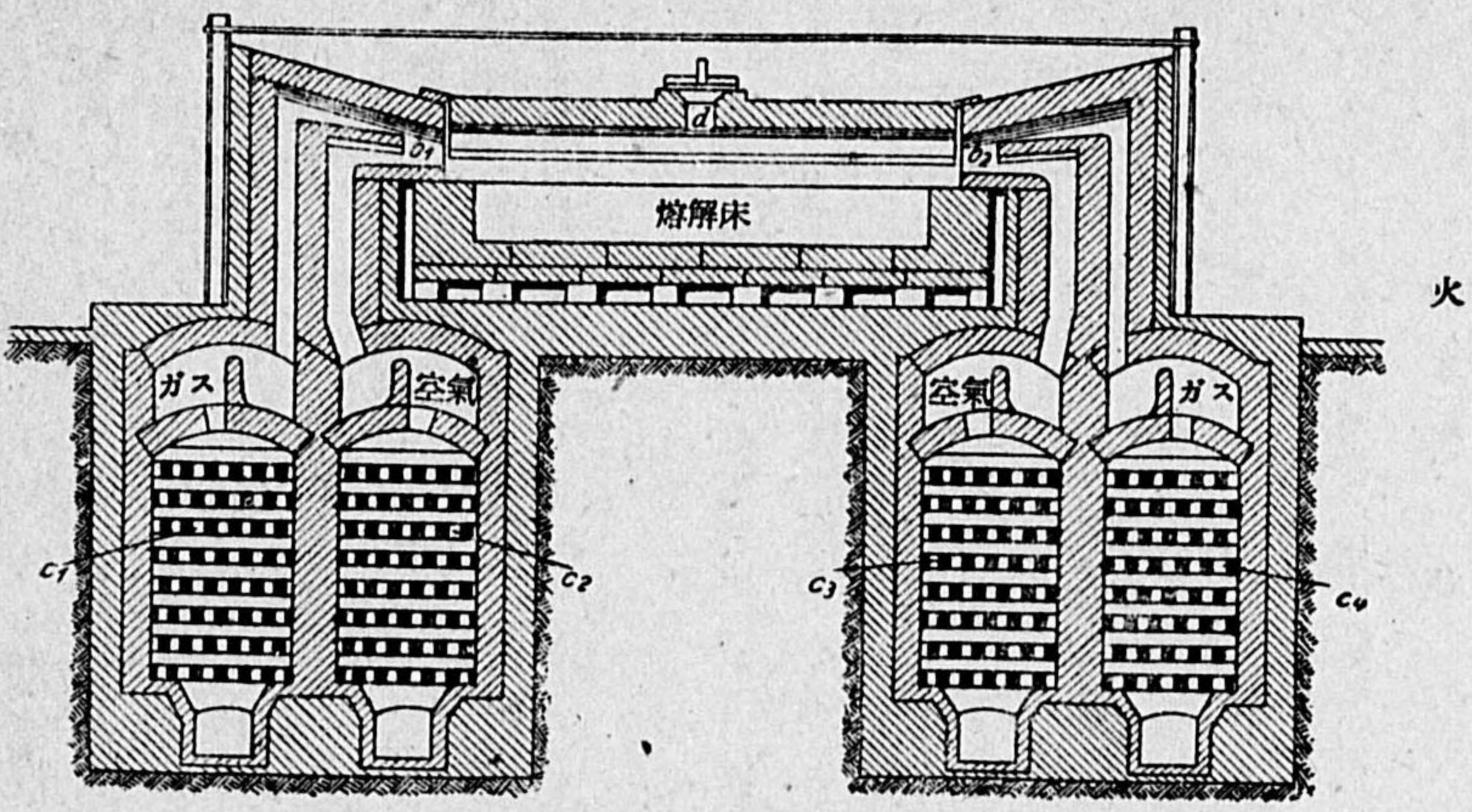
カップル

品名	耐熱限度	摘 要
石 英	一一〇〇	アルカリを忌む、酸化窒素中の使用を可とす。
硬 質 磁 器	一二〇〇	硝子質、非硝子質あり。
Marguarische Masse	一四〇〇	ガラス質。
同	一七〇〇	非ガラス質(層に作るに適せず)。
シヤモット(耐火坩器)	一四〇〇—一七〇〇	白金カップルに使用すること多し、質脆し。

珪酸類は脆弱なるため、ガラス工業や、熔金属業では次のやうな被覆を使用する。

鍛	鐵(I)	六〇〇度	鉛、亜鉛の熔融。
接目無し鋼管	八〇〇		接目無しの管、所謂マンネスマン式、赤熱爐。
鍛 殊 鐵(II)	九〇〇		硫黄分を含むガスに特殊の鐵を用ふ。
特 殊 鋼	一〇〇〇		V2Aとも稱する鋼管。ニッケル及び鉛の熔融。
ク ロ ム	一二〇〇		
ニッケルクロム	一三〇〇		赤熱爐(鹽類浴など)。
ク ロ ム 鐵	一三〇〇		硫黄を含むガス中に用ふ。

かくの如き注意が使用管に施されないと、サーモカップルの使用期限は著しく短かくなつてしまふ。使用期限は場



水ガラス製造用爐
 b₁ b₂ 火焰部 c₁ c₂ c₃ c₄ 豫熱部
 平 爐 と 蒸 熱 部

合によつて種々であつて、線の太さで差を生ずるのである。又一回の使用は五分乃至十五分以下といふ事はあるま
 50.
 電氣による驗温器は上記のサーモカップルの他には、金屬の抵抗が温度に依つて變化することを準據として作つた驗温器もある。金屬には主として白金を使つてゐる。

寒暖計の高温に於ての使用には餘り問題とならぬが、低温測定るとき、計器を被覆したり、管に入れ子にしたりするとこの中間に介在してゐるものによつて實際の温度と計器の示す温度との間に誤差を生ずる。それは相當長く測定してゐても起るらしいのである。或る實驗の結果では空氣は多少とも對流などの生ずるためか、誤差が大きい。油や銅粉であるとそれが大に少くなる。三三四度の蒸氣中に水銀寒暖計を種々の筒に入れ子として行つてゐる。空氣で一〇・五度の誤差のとき油や銅粉の入れてあるものは九度位である。

燃焼と窯爐

窯爐に於てガスを燃焼するとき、これを豫熱したるものは爐の温度上昇が強化されるのである。試みに製鋼爐に於て温度が二百度の差を以てしても能率の上には著しき差異を生ずるのである。豫熱はガスの分子運動を促進して、その燃焼速度を速むるのである。普通の化學反應に於ても温度を十度高むることは、その反應速度を倍だけ速めるのである。焰の中に液燃料を滴下することも、高温を得る一策である。

煙突の數學

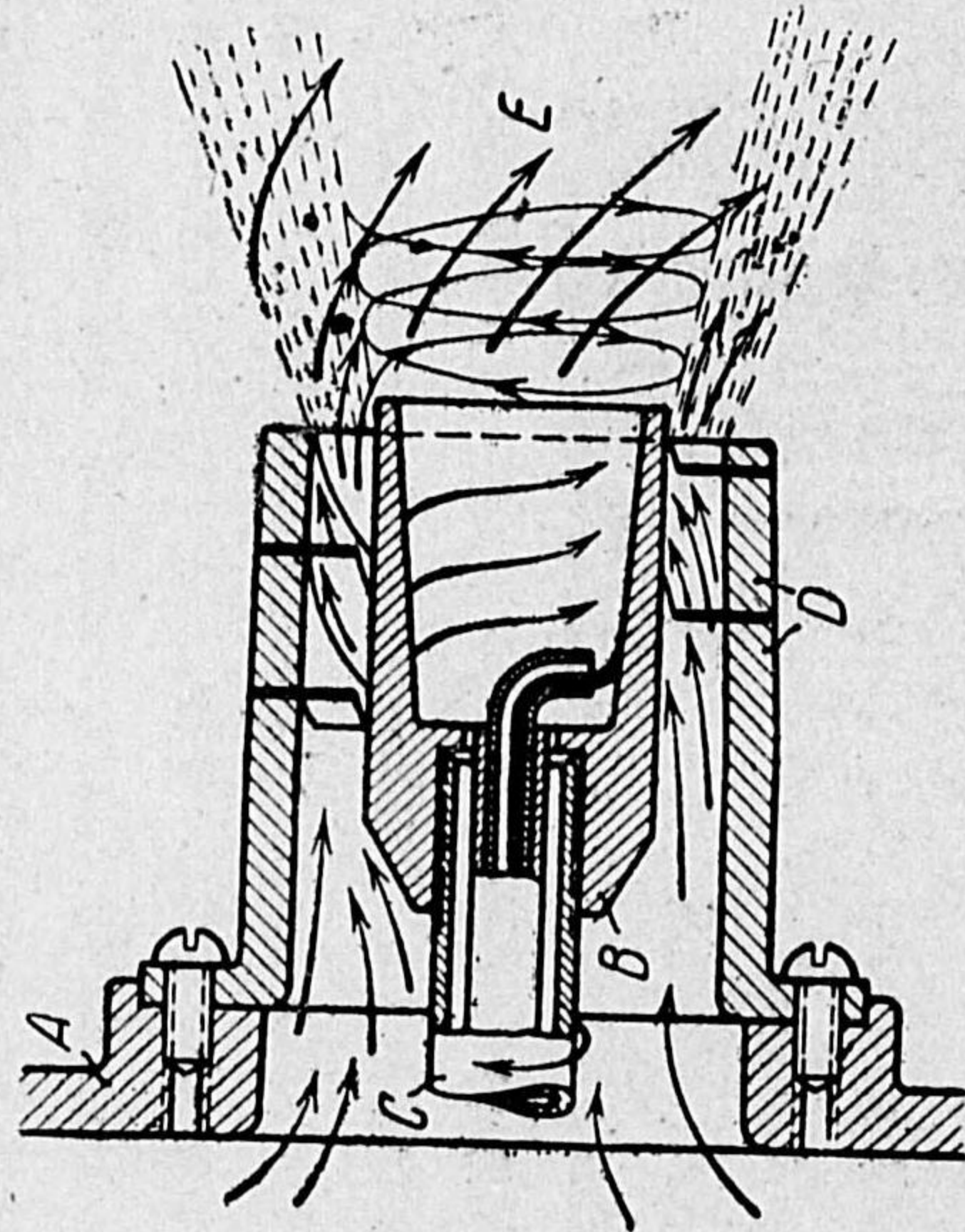
煙突について次の如き式が立てられてゐる。

一時間に燃焼量 V キログラムとし、燃焼ガスの體積を b 、 v 、立方メートルとする、これは零度の時として表はされてゐる。 t を煙突内の平均温度とする、これが二一三〇度の間である時には、煙の速度を c (秒メートル)、とする、煙突の斷面積と、これの數との間には次の式が成立する。

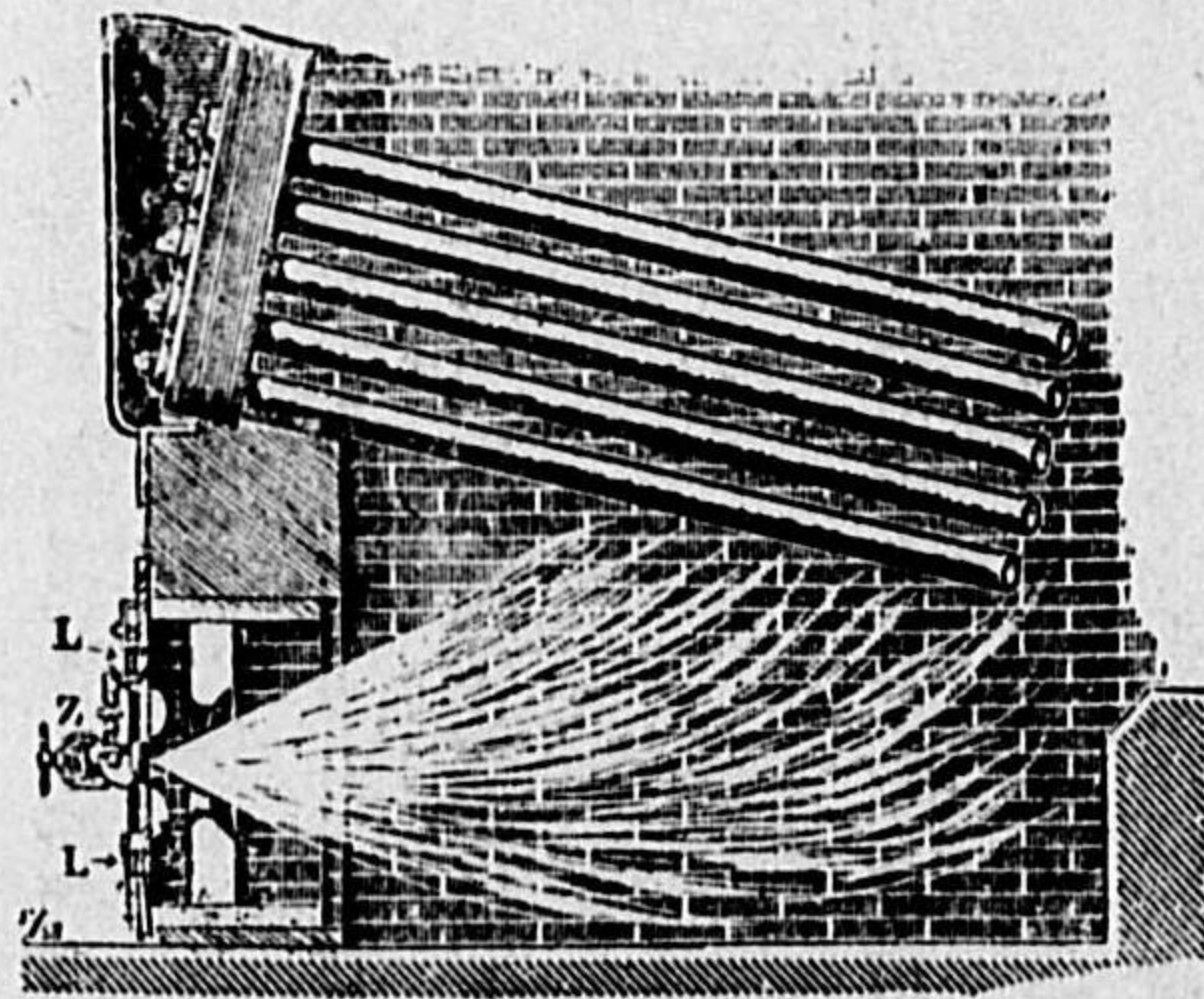
$$\text{煙突の斷面} O = \frac{b \times v}{1800 \times c}$$

いま假に煙の速度 c を 3 (m/s) とし、 t を二五〇度としておく、 v を十六立方メートルとすれば、 O の價を求めうる。それより煙突の直径 d を出せば $d = 0.06 \times O$ となる。

煙突の高さは、この直径によつて普通次のやうな間にあるのを適當とする。煙突の高いほど空氣の通風を速くするのであるが、空氣の量は燃焼必要量の二倍位を程度としてゐるので、速いばかりが良いのではない。



爐中にてガス燃料を渦巻き運動を起させ燃す圖。

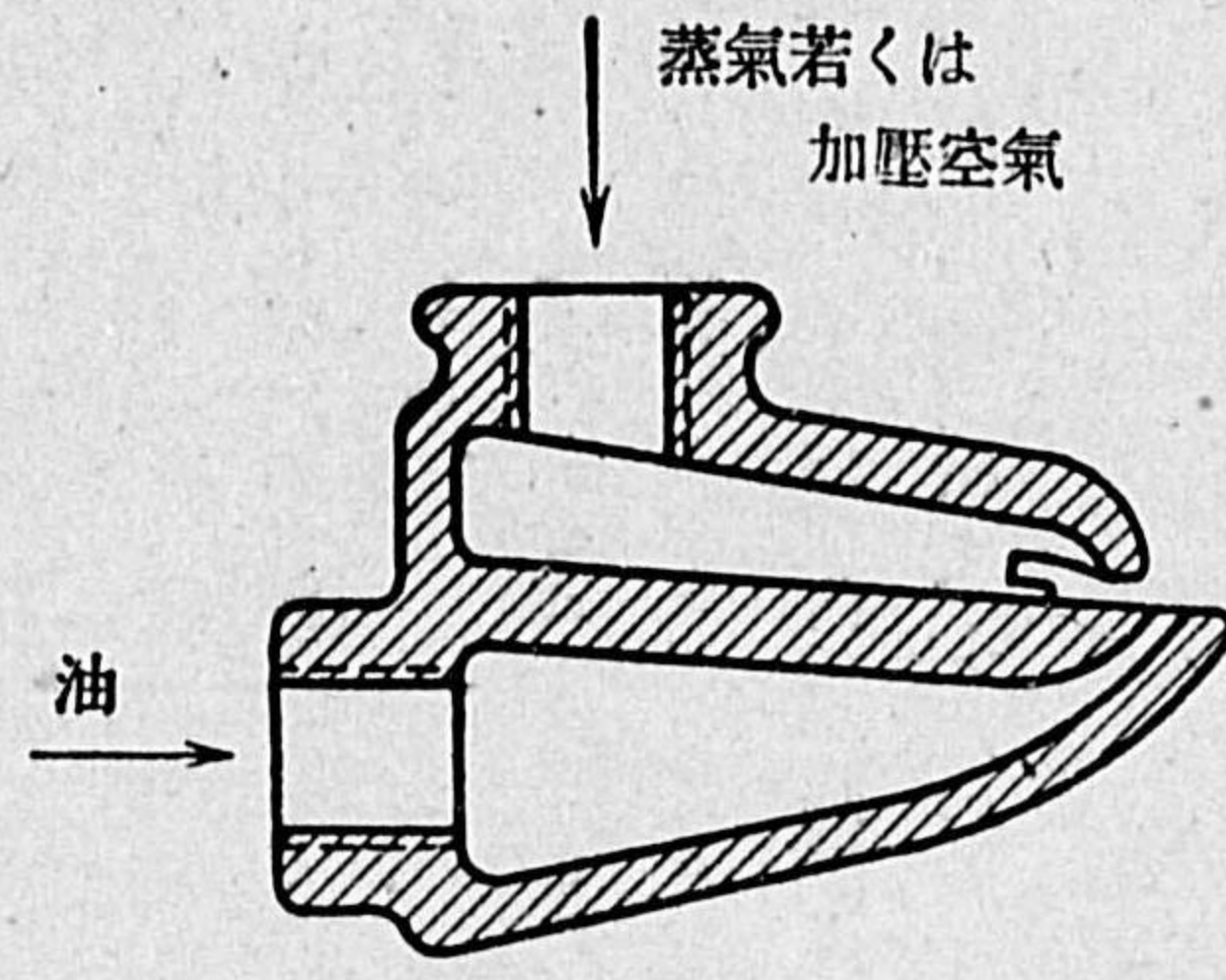


ボイラーへガス燃料焰の傳播。

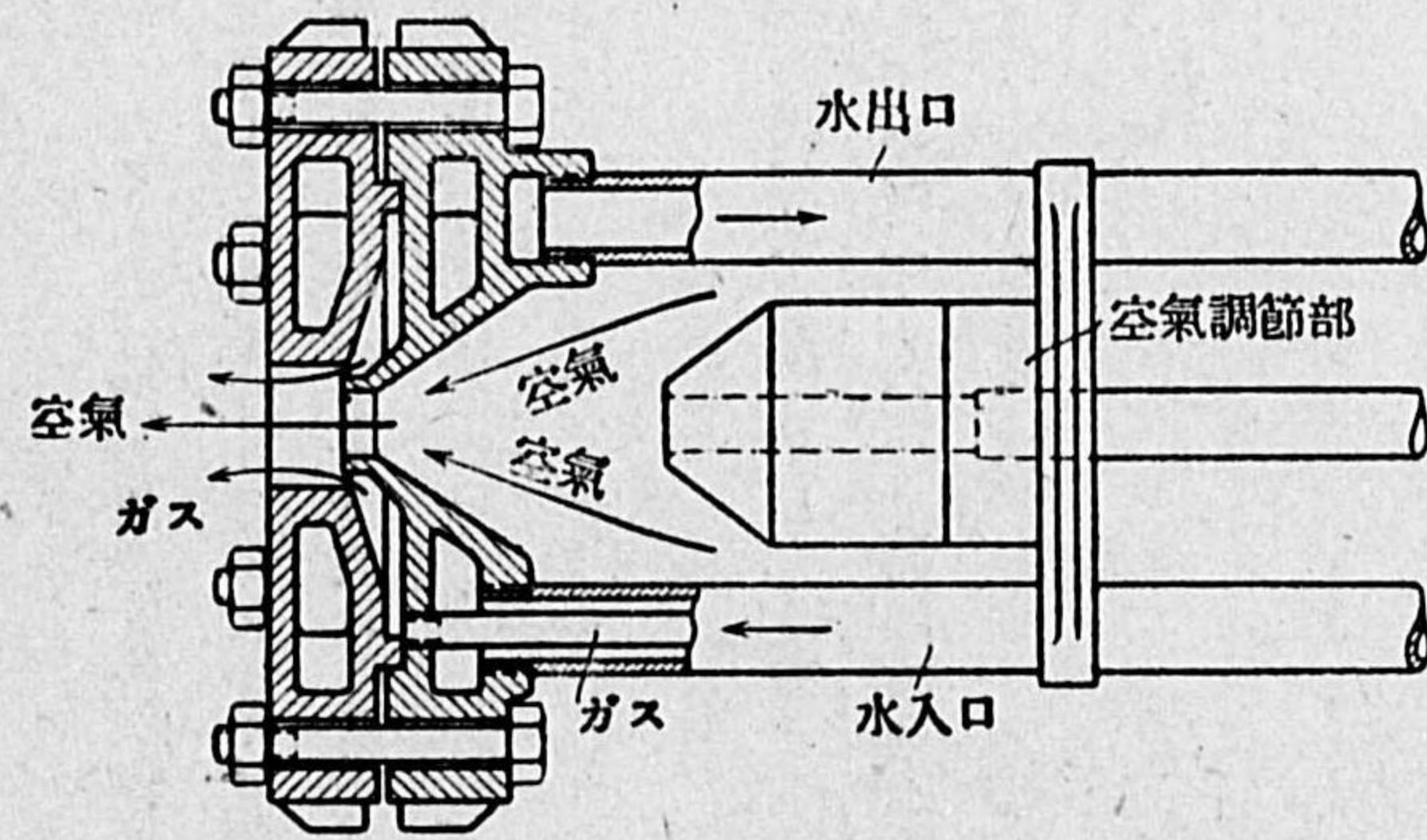
煙突内に逸出する微量の有用金屬粉末、金や銀などを回収するためにコットレル Cottrell の裝置が施される、此れは焰中から來た微粉、煤の如きでもイオンとなつて帯電性であるから、煙突の内側に電氣を通じた箇所を作つてお

$$h = 20 \times d$$

d が二・五メートルよりも大きいときは、式は次のものを採用する。



爐へ燃料重油を吹き込むノZZズル



ガス爐の燃料及び空氣通路並びに冷却用水路

上圖は爐の要部を示して見たものである。

$$h = 25 \sim 30d$$

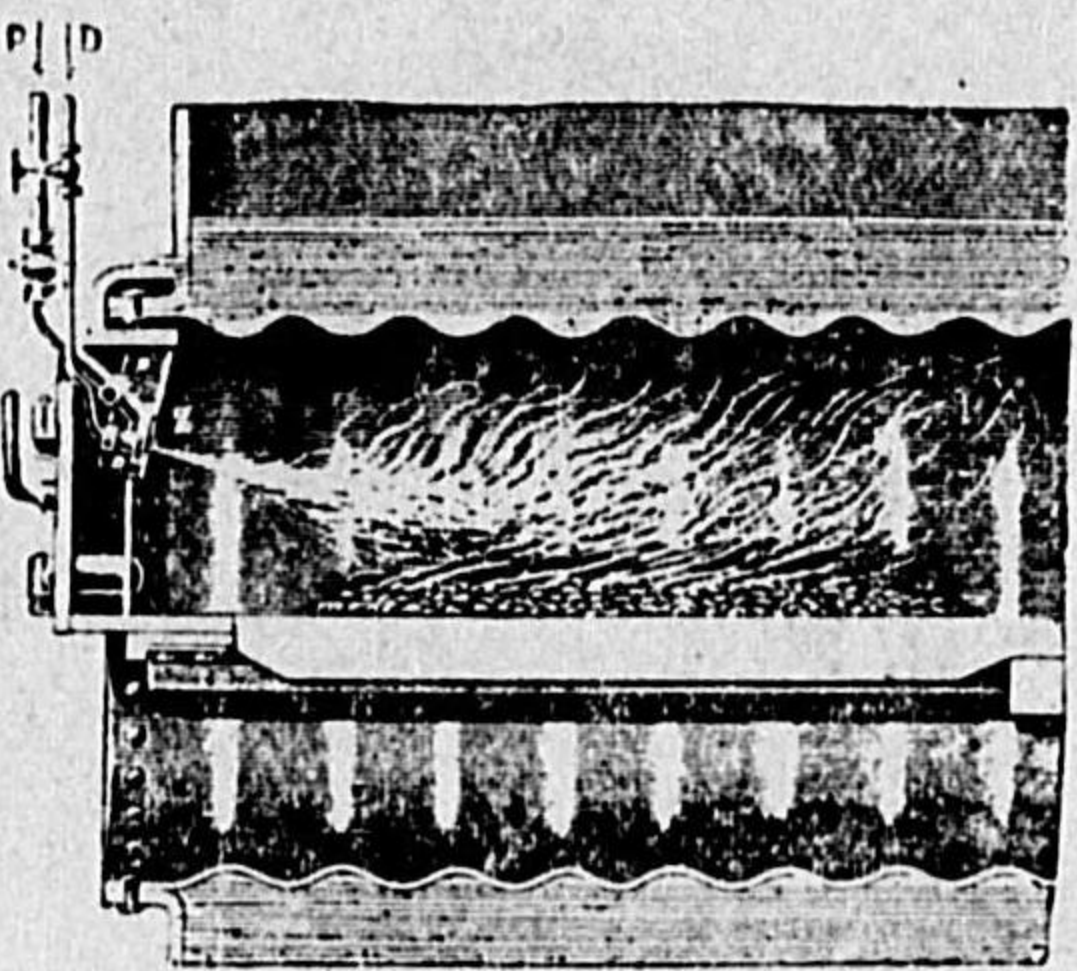
高さ h の關係は直徑 d が二・五メートル以下なるときは、次のやうな式を以て決する。

けば、長い日月の間に此れに吸奪されて、煙と共に煙突外に逸散する金屬粉を集め遺利を回収する事が出来る。現に一年二度の煙突掃除に數十萬圓の金を回収してゐる例もある。この電壓は九乃至二十萬ボルトの間のものが適宜用ひられてゐる。此の方法はタール類の霧をも回収してゐるのである。或は有毒ガスや微粉の脱離にもなる。

爐に焚く石炭の熱量はコークス一キロは七千五百カロリーであるが、その二二・八%は、少くも三百度程度の煙のため徒費されてゆく、石炭では六七八四カロリーで、熱量浪費は煙に一八・七%、煤と酸化炭素に〇・二、灰に一・〇、輻射的及び傳熱に九・九%で、合計二九・七%といふ實驗結果がある。

製鋼爐用天然ガス

鋼の表面に更に炭素量を重加し硬質になす事は軍艦裝甲用鋼などにも行ふ。爐中に炭化水素及び酸化炭素を含むガスを通じつゝ熱すると、煤や滓の附着無しに手綺麗な製品を直ちに求めうるのである。例へばギアを華氏一六八〇度に、天然ガス(メタンの七〇—八〇%を含む)に熱する、温度は餘り高いよりも一六〇〇—一七〇〇(華)度程度を適當とする。



平爐と火焰

天然ガス燃料を千葉縣では、ポンプにつめて自動車にも使ふが、米國に於けるこの利用は莫大なるものである。メタンを主成分とし、時にエタンなどを含む。使用量、年五百億立方米を越す。我が國の石炭ガス消費は八億以下である。米國天然ガスの熱量は一立方メートル九千カロリーといふ(石炭ガスは四千以下)。尙動力とし三—六馬力にまで高め使用してゐる。

第三章 焰 (I)

焰の成因

焰はガスの燃焼に依つて起る形であることは、今さら申すまでもない。此の焰には移動性のものと定常性のものがある。移動性のものは發火點を中心として、空氣とガス體との溶相中を焰が、次第に周圍へ波及する性質を有する焰であり、内燃機關はこの種の焰を利用するのである。此の波及する速度は一般に毎秒數メートルである。然しシリンダー中などで限られた局内でガスが燃焼するときは、熱などのため非常な壓力を發生する。この壓力を受けたガスの温度が、急激に高まり、燃焼も熾烈となる、全く爆發若しくは爆發と呼ぶ速度にまでの高速燃焼と爲るに到る。此れがしばしばノッキングの原因をなすのである。この傳播速度は燃料ガスと空氣との混合率で變化し、水素では空氣六〇、水素四〇の邊を最高速度とし、二六〇^m/秒餘である。この率の前後には速度が急に下つてをる。移動焰は爆音を伴ふに依つて爆發とも呼ぶが、火藥の爆發とは別の意味である。速度はズツト遅い火藥は四千乃至八千秒米である。次にブレンゼン燈の上に生ずる焰の如きは、定常焰といふのである。此れはガスが管から出で、燃焼用の空氣の全部若しくは大部分がガス焰の周圍から供給されてゐる場合である。或る一定の處で平衡が保たれ焰の形もそれを界にして納まつてをるのである。ランプ、蠟燭の火などこの例である。この時の焰の傳播速度は毎秒一メートル以内とされ

てる。

ガス體の燃焼で焰を發せぬ場合がある。白金懷爐などの時は揮發油の蒸氣は、所謂白金墨といふ處で空氣との混合相が燃焼して、發熱してはゐるが焰は出さない。此れは白金の如き金屬の微粉が觸媒となり、極めて低い温度で發火しうるのである。觸媒に使用するものは白金に限らず、時には陶器の破片などでも、粗鬆な面を有するものなら出来るのである。木精を酸化してホルマリンと爲す消毒器なども同じ理を應用したものである。

燃焼用空氣量

燃焼に如何なる程度の空氣が必要であるかを各燃料について知つておくことは、爐などにこれを焚く場合、殊に肝要である。無益に過分の空氣を送ることは、熱を損し温度を上昇しえざるに到るのである。爐を焚くときは、普通は反應から計算した化學當量の二倍程度の空氣を送入してをる。(別項にも酸素の必要量を計算する方程式を載せてある)

焰の諸性質

(1) 光

火焰は普通光を放ち、赤味あるもの黄味なるものがある。此の光は炭素の焦熱せられて發するもので、その温度高きほど赤より黄、更に白光となるのである。此の炭素は石炭にしても、液體燃料にしても、燃焼に伴うて分解發生するガス、エチレンやメタンなどが一時熱分解して、水素と炭素とに成る、水素は容易に燃えるが、此の時の炭素の方には極めて頑固なる性質のものが一部生ずる。火に對して強きこと石墨や金剛石(此れ等も炭素)に比すべき程度のものである。此の微粒子が焰の中にあつて、焦熱され、黄金の粉が散る如く光を放つのである。爐中に輝く細かな光

が此れである。

焰の光は遊離炭素の強熱に依るので木材の燃える時など、殊に炭素を遊離する故よく光るが、また水素の如きを酸素中で燃焼するとき、常壓では無色焰であるが、壓力を高くし二〇氣壓位とするとこの焰が光つてくる、アセチレンガスも加壓すると光輝の強い焰に益々なるのである。密度の高いほどガスは光るのであるといふ人が多い。或は酸素を強く吹き入れても同じである。然らば高温度に於て光るかといふに、此れは光りの原因とならず、水素を高熱酸素中で燃すも依然と無色焰である。

焰の中を通過するとき、可視線は吸収さるゝものであるが、紫外線、赤内線は共に有色焰、無色焰を透過するのである。

エーテルとアルコールは似たる燃料であるが、エーテルを燃すと光るが、アルコールは光らず、この兩者を混合したものはその割合によつて光ると光らぬとの限界がついてゐる。石油はナフタレンを入れると光が強い。ロシア産の石油の照明の高いのは、自らナフタレンを含むからである。

焰の光を弱くするには、炭素の分離生成を阻む事も一因となる。これには水素を焰の中に入れると、炭化水素が分解して、炭素と共に水素を生ずるのである故、水素の濃度が高まり化學反應にある活動量の法則で、分解は阻まれる。水蒸氣を加ふることも、その分解で水素の濃度が高まり、従つて炭素を生ずる方の分解は弱くなる。砒化水素でも同理である。温度を低下しても此の分解は阻まれるが、その代はり、炭素の燃焼までも鈍くなり煤を出す。焰の中にアルミニウム、マグネシウム、鐵、などの粉末を加へて光らすこともある。鹽化白金を焰の中に投ずると分解すると共に自らは白金となり光り、同時に炭素の分離をも促がし、光度を愈々強くする。酸化オスミウムもよく

光る、鹽化クロミルはクロム、クロル及び酸素に分解して燃焼を盛んならしめ光る。鹽酸の蒸氣も光度を増す作用をなす、鹽化アンモニウムも分解しつゝ光の原因となり、燐も光度を進める、アセチレンの光るのは申すまでもなし、これも炭素を分離する故であらう。イソオクタンやノーマル・オクタンは最近ではガソリンの中に入れるものとして有益となつて来たが、これも炭素を遊離する傾の強いものである。焰の温度を低下すれば光を弱め、煤を出すやうになる。この時は温度が低いから煤も光りを増す力を失つてしまふ。(前にも話したが)

(2) 荷電性

火焰中には帯電性の微粒子が浮遊してゐる。金屬の微粒子や染料の如きコロイドが帯電してイオンを爲すのと同様である。斯く火焰中にはイオンがあるため、焰は電氣を通す性質を有してゐる。火焰中にイオンが在るのみではなく燃焼してゐるものは、その周囲を圍繞してゐる空氣をも、イオン化し、空氣の分子をして帯電性となすのである。同時にイオン化した空氣は燃焼力の強き事を想ひ合はせると、自然の理の常に微妙なる動きを感じるのである。

金屬や鹽類を火焰中に投ずると、火焰の傳電力を増すのである。此れも熱のため、金屬や鹽類からイオン化されたものが發生する故である。酸化金屬の赤熱せるものは電力を生ずるものである。熱によつてイオン化作用(或は電離作用ともなる)の起る事がガスの燃焼速度を速かならしめ、終に爆發性にまで進ましめるものであるとハーバーは説いてをる。(雷もやはり焰をねらつて落ちるかも知れない)

火焰中には帯電性の粒子が存在してゐるのであるから、この中に電氣を帶する金屬などを入れると、屢々その電氣を失ふものである。これは入れたものと反對性の電氣があつて中和された場合である。

火焰の帯電性は極めて微細な焰の中にも起るのであるから、眼に認めえざるやうな小火焰の検出は、其處に電氣計

を入れて、電氣の存否を以て認知する方法もあるのである。

(3) 焰の温度

温度を普通の寒暖計を以て測定することは、火焰の如きものについては不適當である。所謂熱電流を利用したサーモカップル高温計は廣く使用されてゐるが、此れには金屬線を使用する故、熱の輻射や傳導によつて失はるゝ事を考ふる必要のある場合もあらう。焰の色を光學的にスペクトル分析してそのスペクトルから測定する方法もある。いま數種の例について測定された温度を擧げよう。

火焰温度表

火焰の種類	波長	温度	他の法より測りし温度
石炭ガス(メーケルバーナー)	四・三九μ	一六三九	一六四〇
〃	三・〇〇μ	一六七〇	
〃	D 線	一五〇〇—一八〇〇	
石炭ガスベンゼンバーナー	D 線	一九八一	一九七八
アセチレン + 酸素	リチウム線	二八五〇	二七八〇
水素 + 空氣	D 線	二〇四五	二〇四七
酸化炭素 + 空氣	D 線	一八二〇	一八一四
メタン + 空氣	D 線	二八〇〇(絶対温度)	二七五〇(絶対温度)
ガソリンモーター	D 線	二三一〇	二三七三

定常燭

火には埋火のやうな平和的な形相もあるが、不動明王の威を大に補給してゐる火焰の凄いのもある。冬のたそがれ黒い杉木立を背にして焚く火が、赤々と丈餘も高く延びてはひそみ、潜みては火を吐く有様を、遠くはなれてこの光景を眺めたとき、火焰は怖ろしい生あるものとしか見えなかつた。猛獣も近寄り兼ねしも道理なりとつくづく感じたものである。

火は焰あつての火である。火の焰を失ひしものは、剝製の獅子にも劣るのである。

焰はガス體の燃えてる時の形である。而して定常焰には、靜かに燃えてゐる蠟燭があり、ブンゼン燈などに依つて石炭ガスの燃える例もある。此の二つは焰を發するまでの経路に差をもつてゐる。右と左との極端な例である。この中間的なものもあらうが。

蠟燭の燃えてるときは心を基點として、融けた蠟が氣化してガスとなつてゐる。このガスが周圍から侵入してくる酸素（空氣）と混合する、混合が適當の度にまで進むと、燃焼反應が引き起される。といふ順序であるから、燃焼の速度を言ふならば、それは酸素との混合の遅速及び酸化反應の速度とで支配されてくるのである。然し又一方に融けた蠟が、蠟燭の心の中を滲み登つてゆく速さ、此れも考へに入れなければならぬ。

ブンゼン燈の場合とは言ふに、この時は燈の脚部の細孔から石炭ガスが噴き出てくる、此のガスと燈の側孔などから侵入してくる空氣とが、然るべく混合する。此の混合したガスは爆發性の混合ガスなのである。水素、酸化炭素、

メタン、エタンなどと空氣の混じたものなのである。爆發性といふのはその燃焼速度は非常に早いのである。普通の場合の燃焼速度は一秒に數センチメートルから數メートルの間に位してゐるが、爆發性のものとなると、一秒に千から四千メートルにまで進むのである。それは眞の爆發のときで、ブンゼン燈の焰中では、それほどものではない。斯かる爆發性のガスが燃焼するときには、爆發壓といふ強い壓力を、四圍に及ぼすのである。それ故この時の焰の様子をみると、バーナーの出口の處は僅かに色も光もない處が出來てゐる、この山形の境の線は下から噴出してゆくガスの



ブ
ン
ゼ
ン
燈
の
山
形
の
焰
の
内
心
處
の
平
衡
す。
定
常
焰
の
内
心
處
の
平
衡
す。

の押す力と爆發から生じた壓力との均合ひ平衡した位置を示してゐるので、爆發壓が負ければこの山は高まり勝てば下へと低められるのである。此の有様は爐の火格子の處でも起るのであつて、石炭から生じたガスの爆發壓力と爐の空氣入口（爐には通風口は上下二つあるを常とす、いま言ふのは下の通風口よりの空氣なり）からの空氣の押す力とが、適當に調節されなければならないのである。

この内在の峯の縁ではガスはCOとCO₂と水となつてゐる。その割合は丁度水性ガスと同様なのである。此れから縁外に出ると周圍よりの新鮮な空氣を呼び、炭酸と水とに凡てが成る、光輝は弱くなつてしまふ。

爆發性ガスの燃焼によつて生ずる壓力を利用したのが、エンジンである。この燃焼は焰の燃焼中でも、殊に動力發見源として重大なるものである。

いさしくガス燃焼の速度といふ事について、述べてみよう。

ガスの燃焼に當つて、燃焼の進行してゆく速度は混合ガスの流れの速度にも依る、混合ガスの特性にも依る、或はガスが高い壓力をうけてゐると、獨自の場合より燃焼速度が促進される。（筈筒内での燃焼の例が、それである）又は

電力を以てガスをイオン化してであると、此れも速度は早められるのである。燃焼反應を遂行してゆく化學變化の速度も無論關係する、或は燃えてる處から未だ燃えるに到らざる部分へと熱の傳導度の如何にも依る、熱の傳導の早い時は未燃ガスは幾分高温度とされて登つてくる。ガス移行の速度も早められる。冷たいガスより早く燃える事は當然である。

それやこれを考ふると、燃焼の速度を決定するには、複雑なものとなつてしまふが、その中でも、主要な原因は流れの速度と爆發速度とである。此のうちから前者の影響を除去して實測した場合の燃焼の速度を正規的燃焼速度といふてゐる、 V_n でよく示されてゐる。(垂直速度とも譯す、燃焼面に垂直に進む方向のみ考察する故)

定常焰(ブンゼン燈)の速度について與へられた式がある。即ちブンゼン焰中の燃焼速度 C とガスの流出して來る流出速度 u との間に次の式が與へられてある。

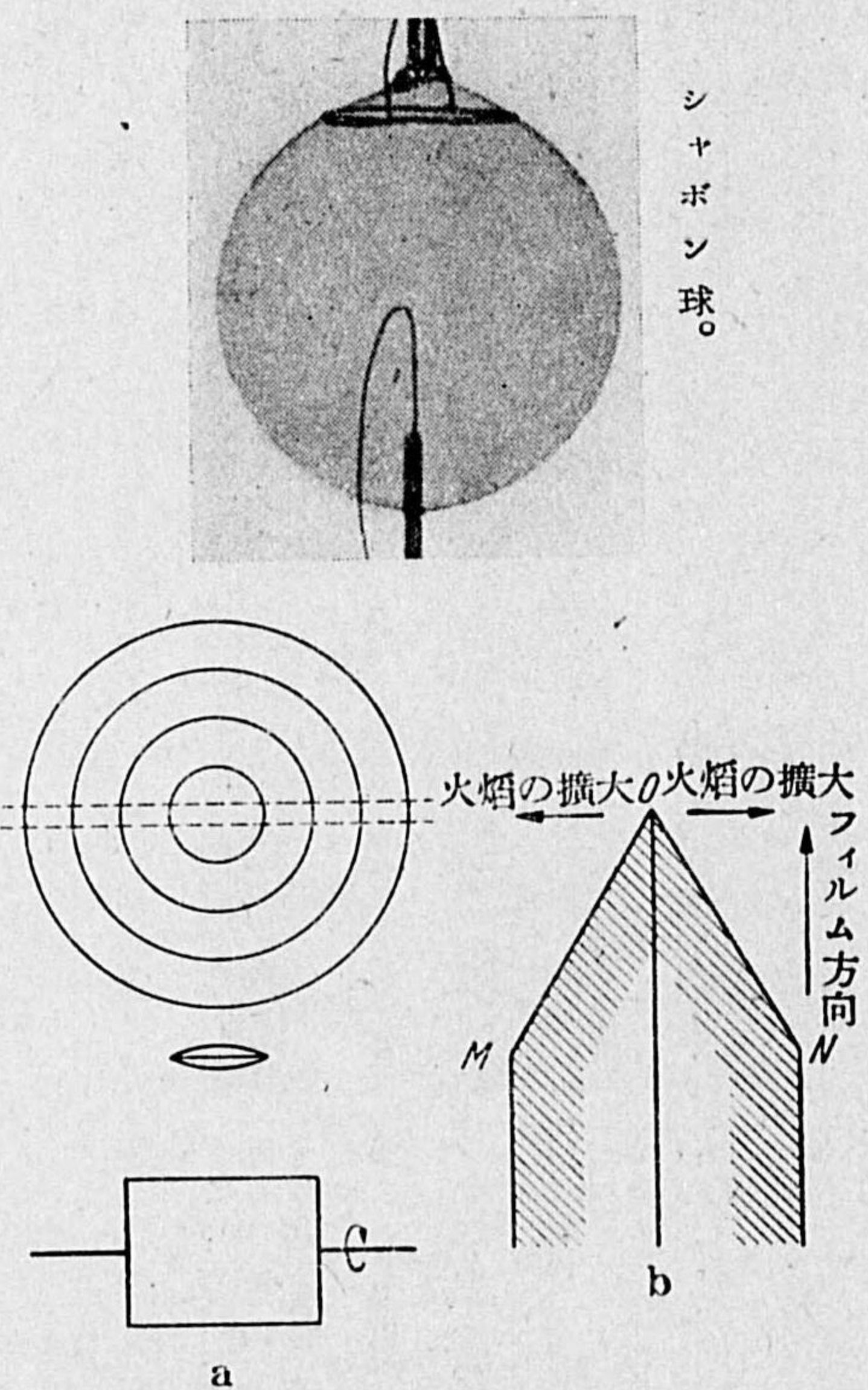
$$C = u \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

α はブンゼン燈のガス出口の針孔の道の角度

燃焼速度の測定

燃焼速度とか發焰時間、又は焰の長さなどを測定する定石的方法は、寫真によるのである。燃焼そのものの速度が眞に此の法で現はれてくるのかどうかは、屢々考慮の餘地もあるが、大體は燃焼速度測定にもその時發する光を利用し、その蹟を逐つていつても、誤ちはないやうである。

いま速度測定法の一例を示す。此れはシャボン球にガスを吹き込んで、その球の中心に電火に依る點火具を備へておく、シャボン球によつた理由は、ガスに外部から壓力が加はると、それが速度を早め、純正なるそのガスのもつ燃焼速度が測れないからである。シャボン球なら、その心配は少く、ガスの壓力に任せて膨らみも縮みもして、これにイタヅラをやらないからである。



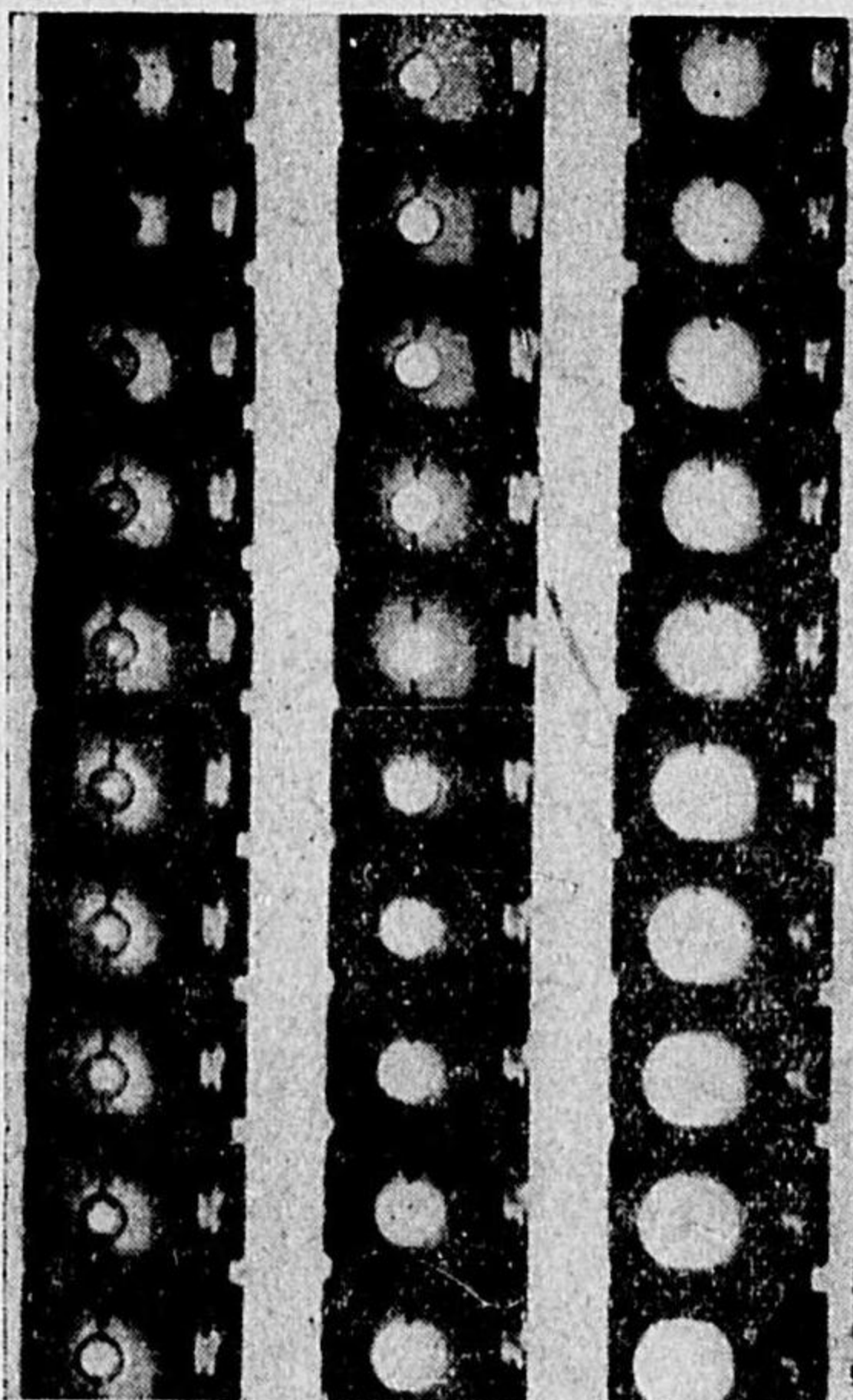
石鹼球中を火焰の擴大状態を撮映する装置及び映像圖。

シャボン球の中心 O に點火されたガスは、 O 點で燃焼を起し、焰は燃焼の進行につれて、 M N の左右へと進んでゆく、この焰の像をレンズを通し一定の速度で回轉してゐる圓筒上に投射する。この筒には寫眞のフィルムが巻いてある。焰の實像はこのフィルムに感光して、此れを實驗後に現像すれば、 b 圖の形になる、 O が燃焼の出發點である。此れを先端としてクサビ形

を爲した所以はこのフィルムは回轉してゐるから、矢印の方向に進んでゐる爲めである。

この現象して出来たもの、観測はOからMN線への距離及び圓筒の廻つた秒數(時間)で、燃焼はOから左右へMNの両端に應ずるだけの長さを移動して行つたのである。時間と移動の長さが測定しうれば、燃焼速度、焰の進んだ速さは計算しうることは言ふまでもない。

今この實驗を一秒に一六一〇圖を映出しうる活動寫眞フィルムで取つた圖は挿畫のやうなものとなつてゐる。

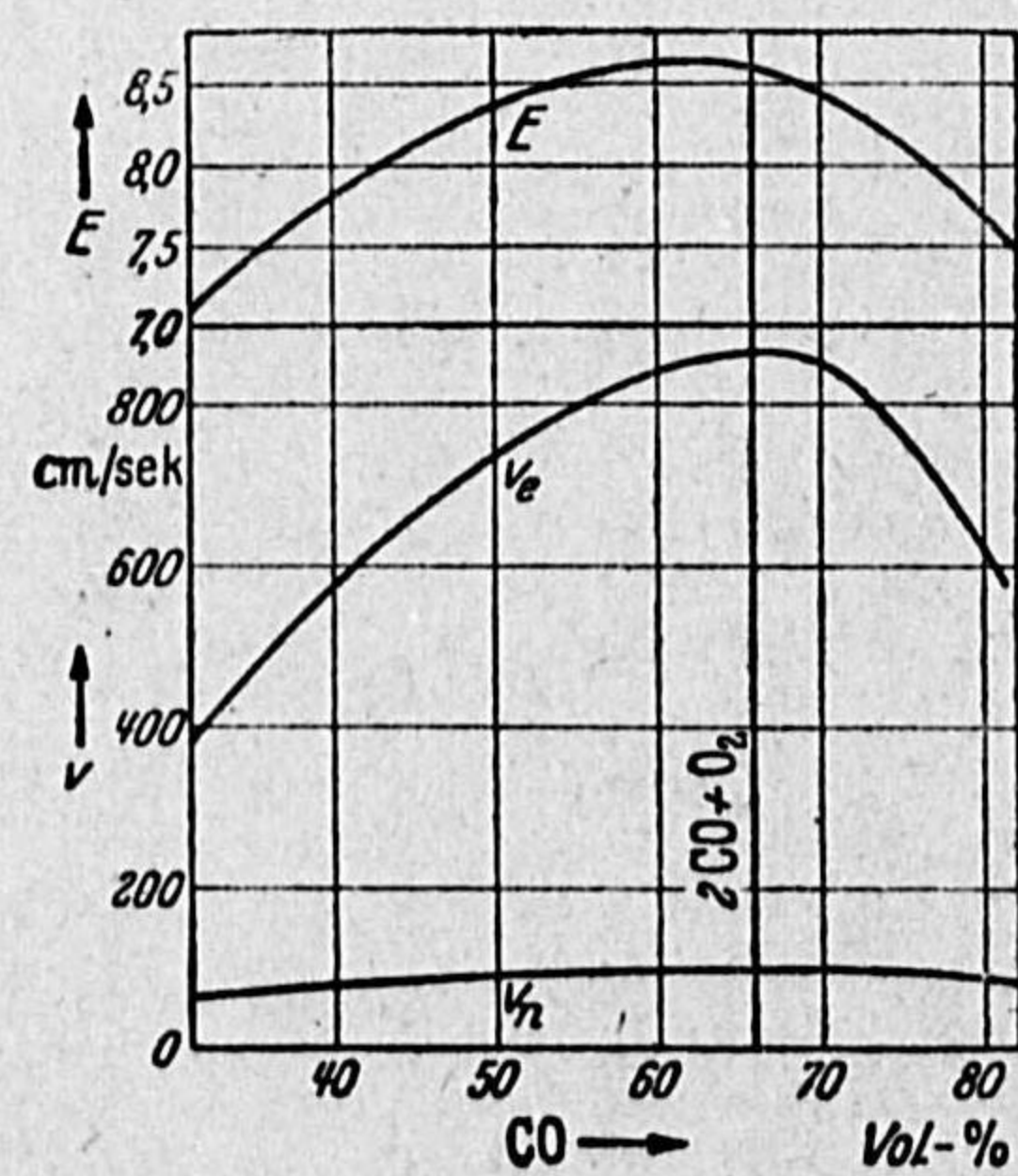
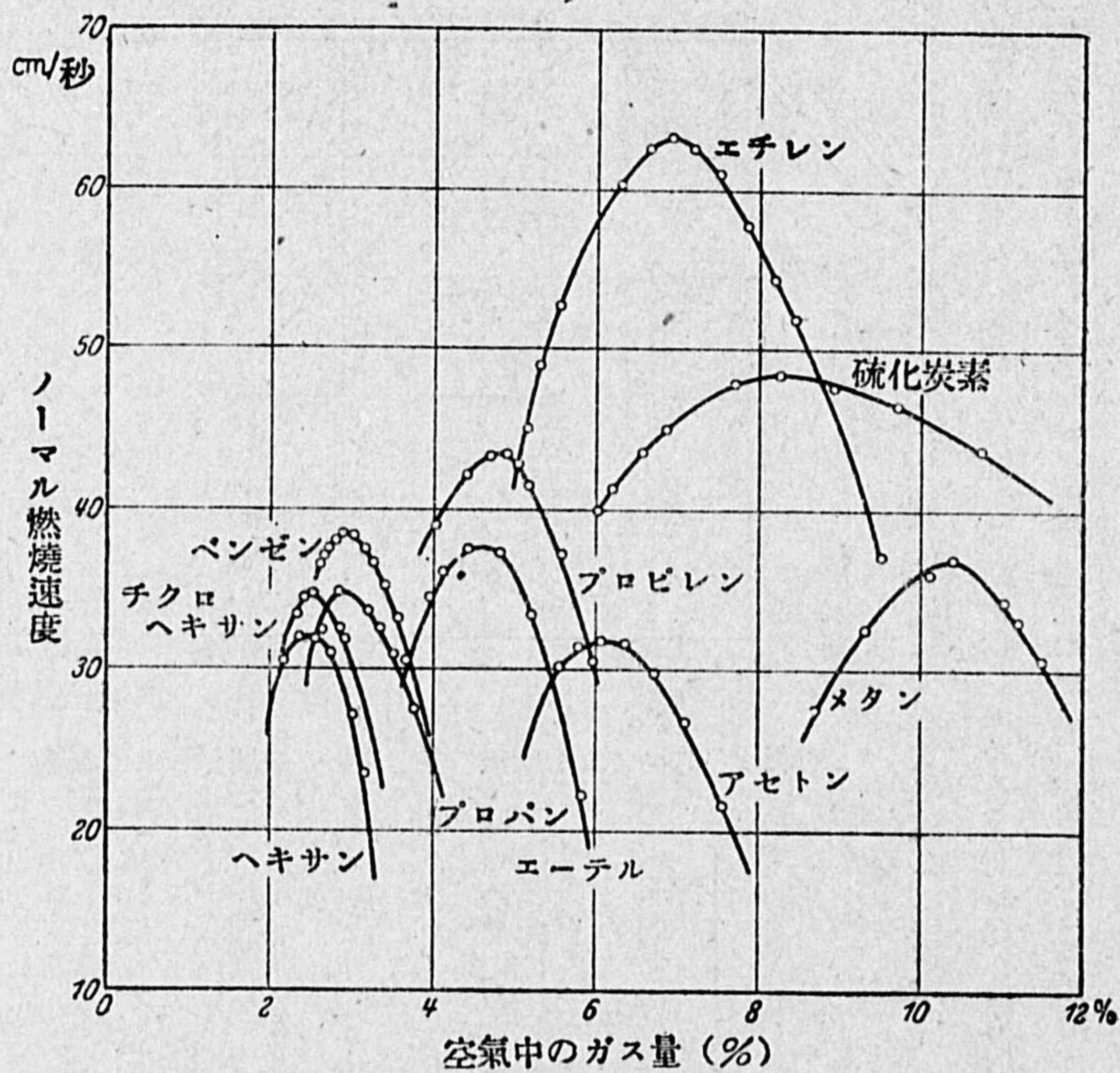


この活動寫眞は、酸化炭素と酸素との混合ガスの焰を映寫したのであるが、シャボン球から水蒸氣の發することを考慮して判断せねばならない。

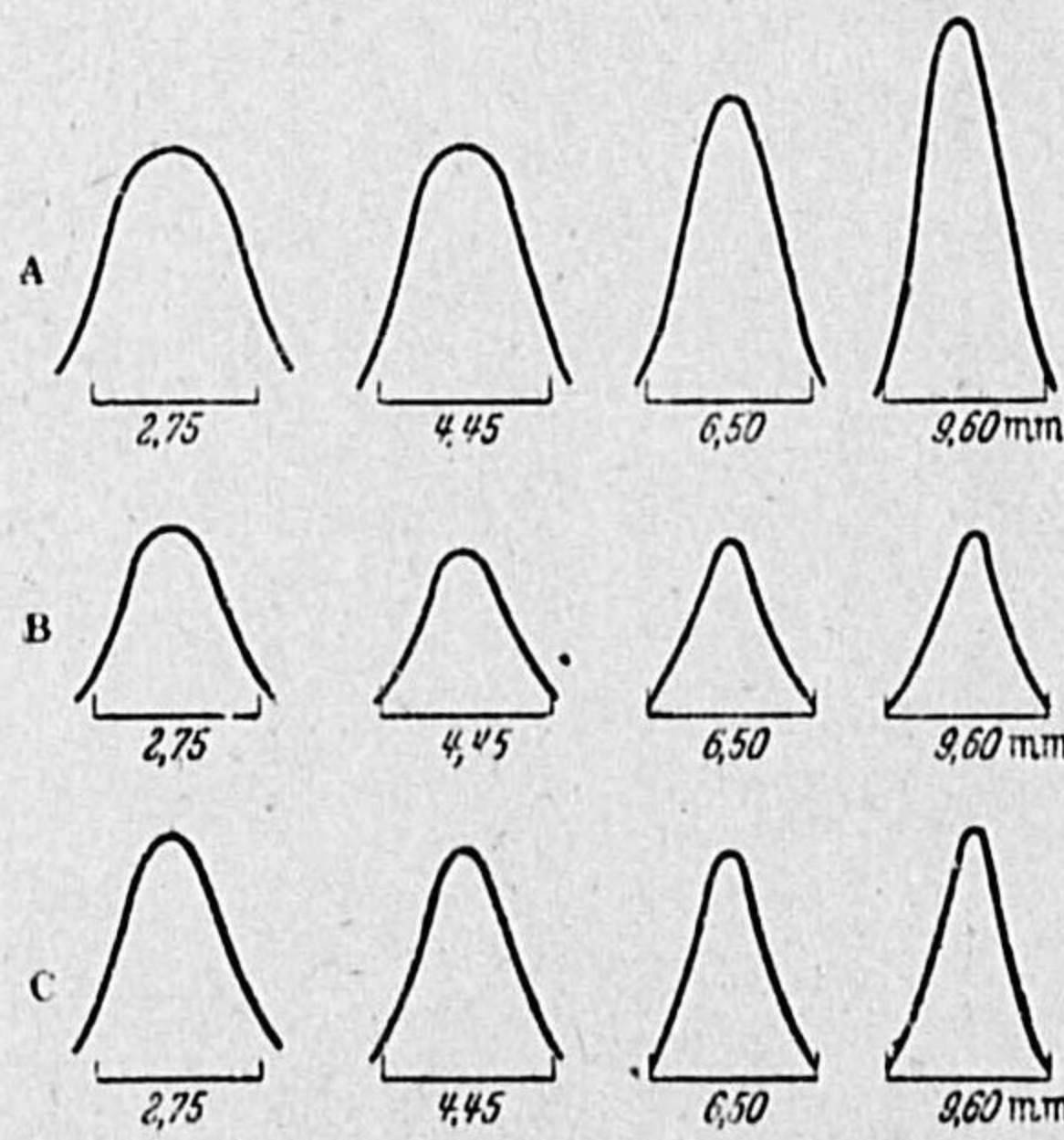
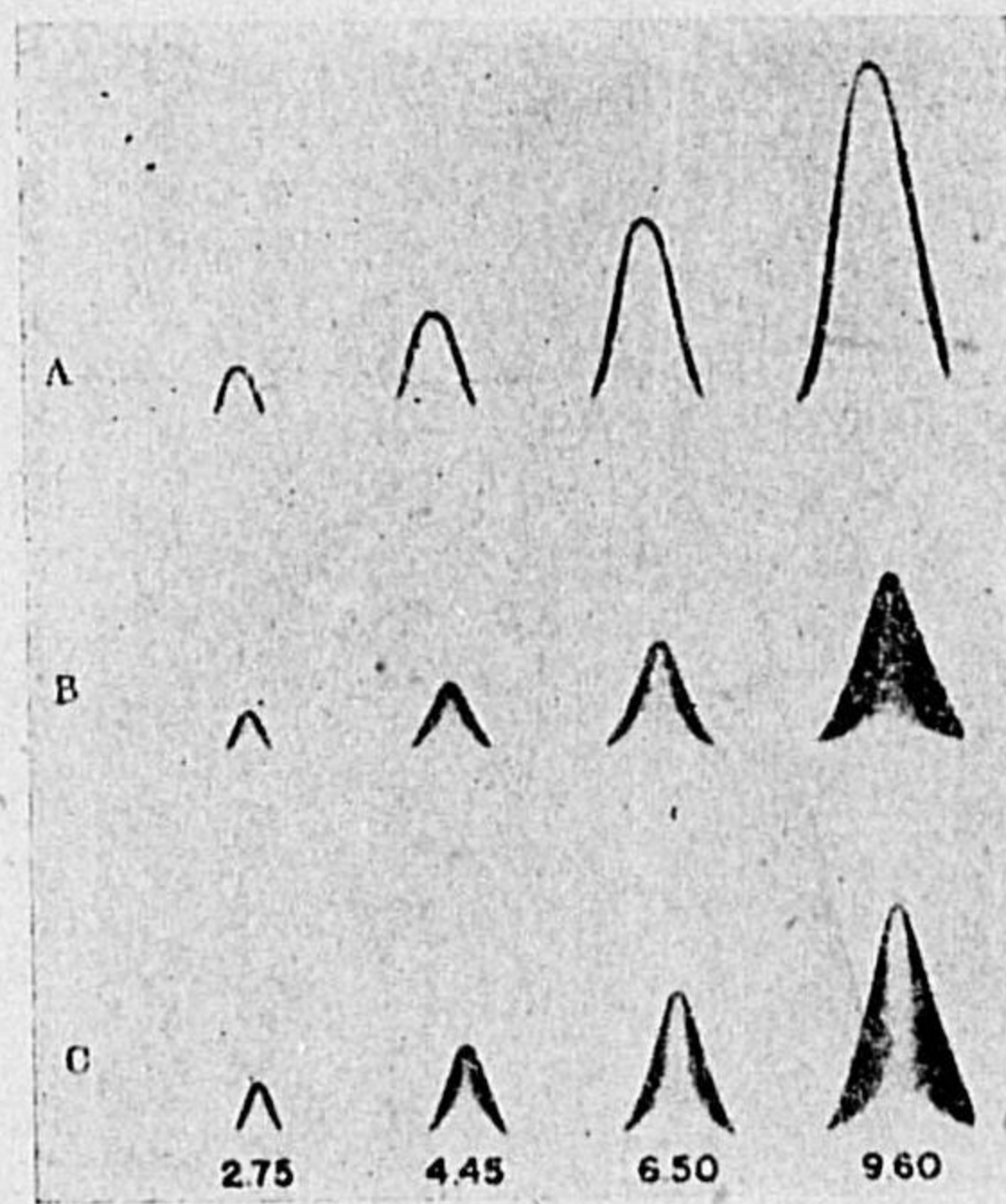
今或る實驗の結果を次頁下圖に示す。此れは酸化炭素と酸素との混合で、酸化炭素が段々と%を増して六七・八%位に到つたとき、分子の割合で申すと酸化炭素が二分子、酸素が一分子即ち化合して丁度炭酸ガス二分子となるに、兩ガスに過不及無しの割合のときが速度の最も早いことを示してゐる。 V_0 は焰の進行速度

で、一秒に八〇〇cmを突破してゐる V_n は正規的燃焼速度といふ價なのである。 E はグラフの上部であるが、燃焼に伴う起るガスの膨脹比率である。此の最高は六〇%に近い處にあつて、八倍強の膨脹となつて表はされてゐる。

正規的燃焼速度を數種のガスにつき次頁上圖で示す。この圖は横軸は空氣に混合された各ガスの%である。縦軸は一秒についての燃焼進行のcmを表はしてゐる。ガスの種類はエチレン、酸化炭素、プロピレン、ベンゼン、エチルエ

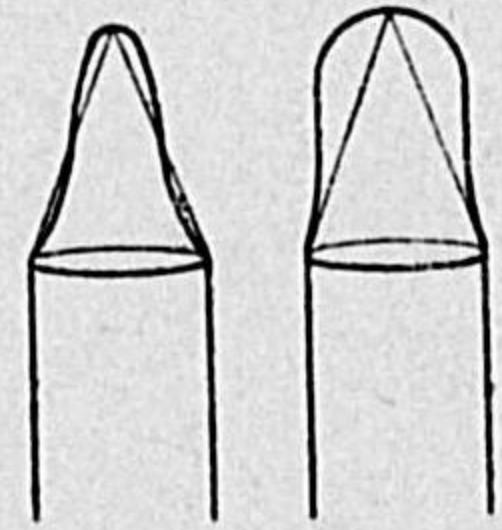
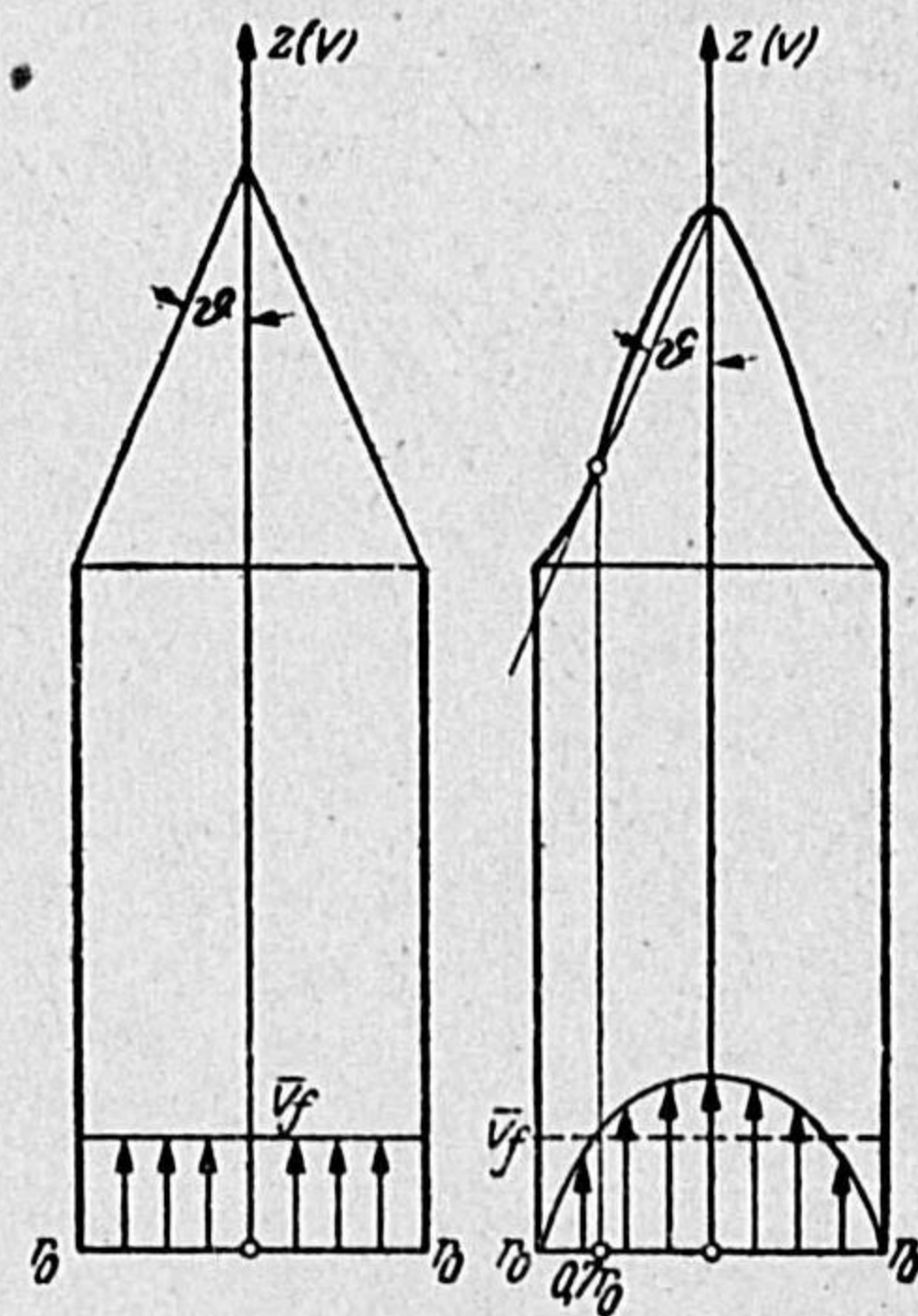


CO と空氣との混合燃料の燃焼速度を示す。 V_0 は焰速度、 E は膨脹率、 V_n はノーマル速度。

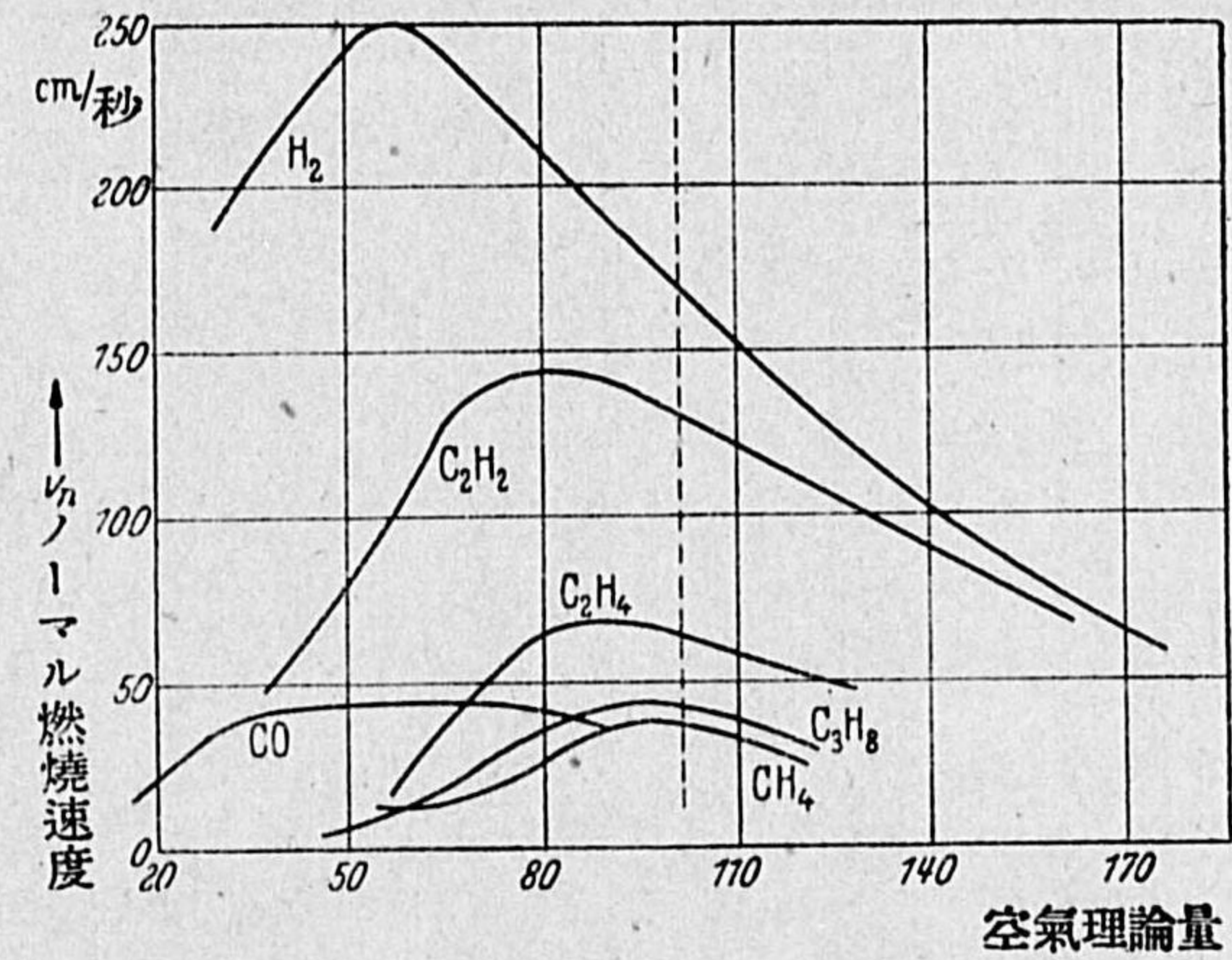


ブレンゼン火臺の口徑と焰の形状。

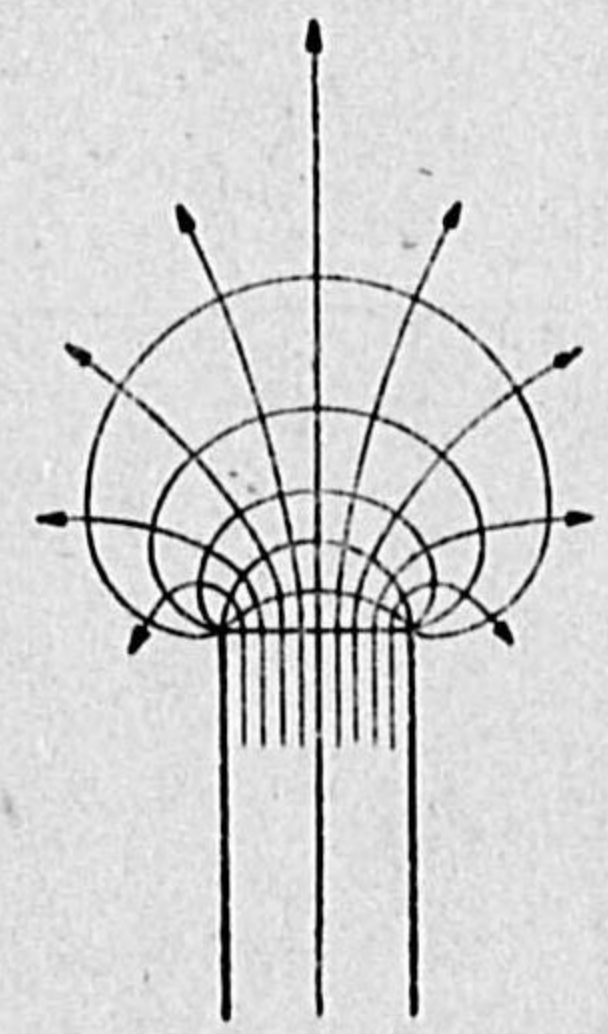
これらの形がガスに混ざる空気の分量の過不及で變化するのである。(右下图) 上圖の下に記してある數字はバーナーの出口の徑を



すつと大きい摩擦が存立してゐる。換言すればガスの流れは、鐵の面に抵抗を受けて、中心部の流れよりも、側壁に近いほど流れの速度は遅くされてくる。上圖で示してあるのである。上圖では焰の形は前圖より延びてをる。且つ此れは火焰の熱力によつて、周圍の空氣の上昇力から焰の形は幾分前圖よりも更に圓味を失つて延長されてゐるのである。この圖で右の方で、半徑



各種ガスにつき混合空氣の量と $l \cdot n$ との關係を示す曲線。



ブレンゼン燈ガスの展開模様。

焰内の爆發壓力との平均した境である事は前述してゐる。いま焰の形を少しく吟味してみ

焰の形

ブレンゼン燈を燃して氣づく事は、火焰の長く延びてゐる底部、即ち管からガスの出口に近く、小さな稍々青味を帯びた、小焰のゆらめくのを認める。これを内焰と呼んでおく。噴出ガス壓力と

ミリメートルで測つた數字である。A列は空氣を缺いてゐるのであつて、B列は丁度適當な空氣の混ざつていつたときであり、Cは過剩空氣の混ざつたときである。

同下圖は徑の寸法を擴大して見て、同じ長さに直して、その焰の状態をもそれに應じて擴大したのである。

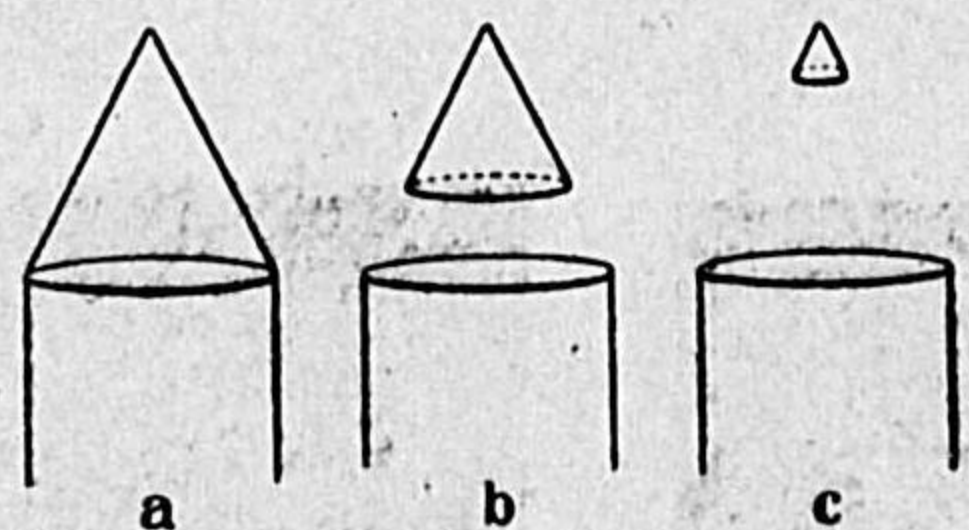
これらの場合に於て、ガスの正規燃焼速度を測定した數字があるから、それをも加へておみせしよう。この速度は先述の焰のクビレ部即ち半徑の〇・七倍の位置に於て在る焰の部分について測定された價なのである。

焰の正規燃焼速度(スミス氏)表

口徑	〇・七部での速度 (空氣缺乏A)	一秒毎の流出ガス量(燃焼面積に當る)
二・七五	二七・九	一八・五
四・四五	二四・二	一六・八
六・五〇	一七・四	一五・一
九・六〇	一四・四	一三・八
(空氣量適當B)		
二・七五	四七・二	二九・〇
四・四五	五三・五	三八・〇
六・五〇	五三・四	四三・八
九・六〇	五三・六	四七・七

(空氣過分C)

二・七五	四五・八	三〇・七
四・四五	四八・二	三五・九
六・五〇	四八・七	四一・三
九・六〇	四八・一	四三・六

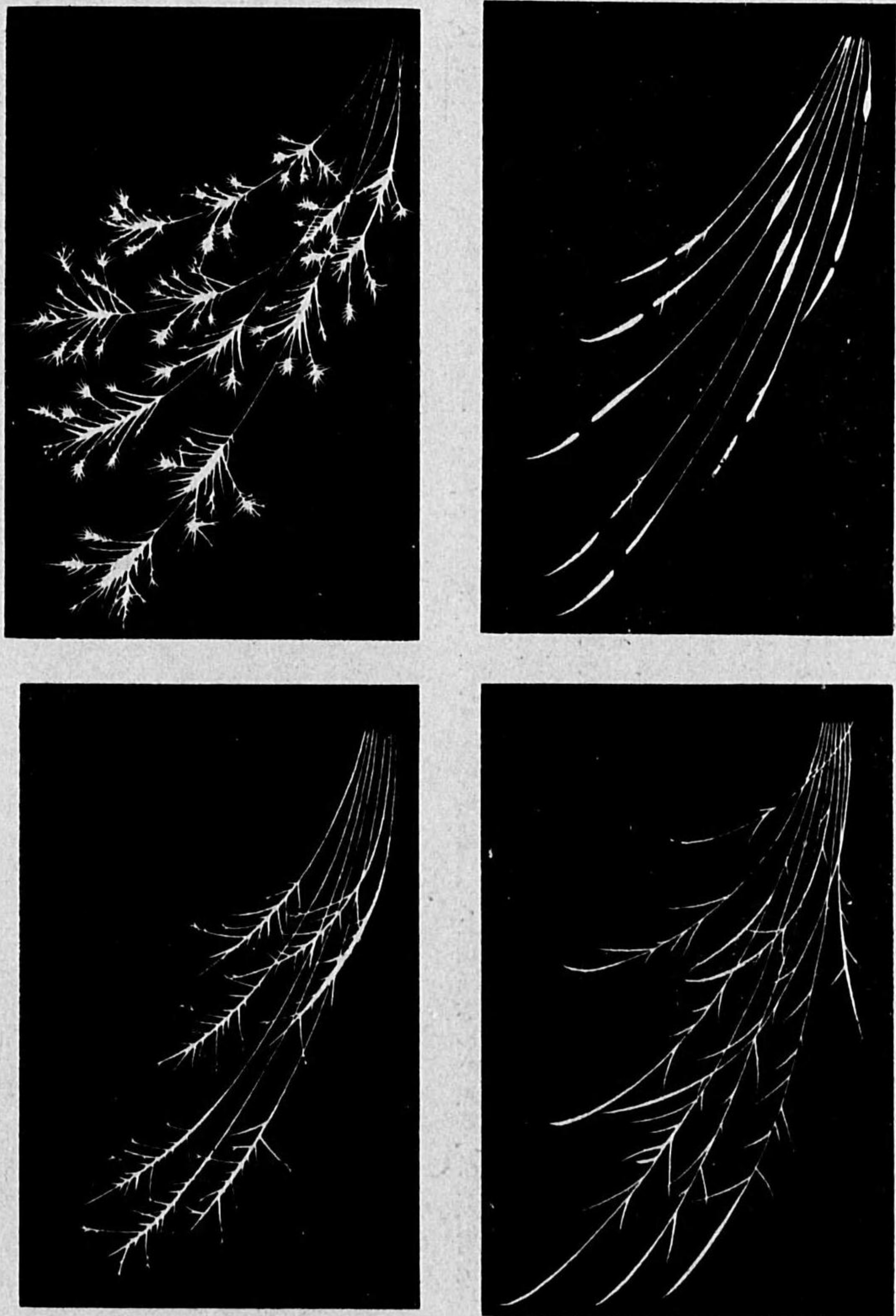


この表をみて實際問題としても、空氣缺乏して燃焼を行ふときは管の太さが大となるときは著しくその速度が低下してをる。餘り低下すれば、風に吹かれたりして、不燃のままにガスは飛散し、つまり損失となる。

ブンゼン燈の焰がバーナーの管の縁から離れた處で、上圖に示した如く、焰が消失してゐる事を認めるのである。此れに對しては説明は一致してをらない。

焰が此の出口火花にて、初めて點火されるのであるが、その點火の斷續の遲速によるものであるといふ解釋も一つである。

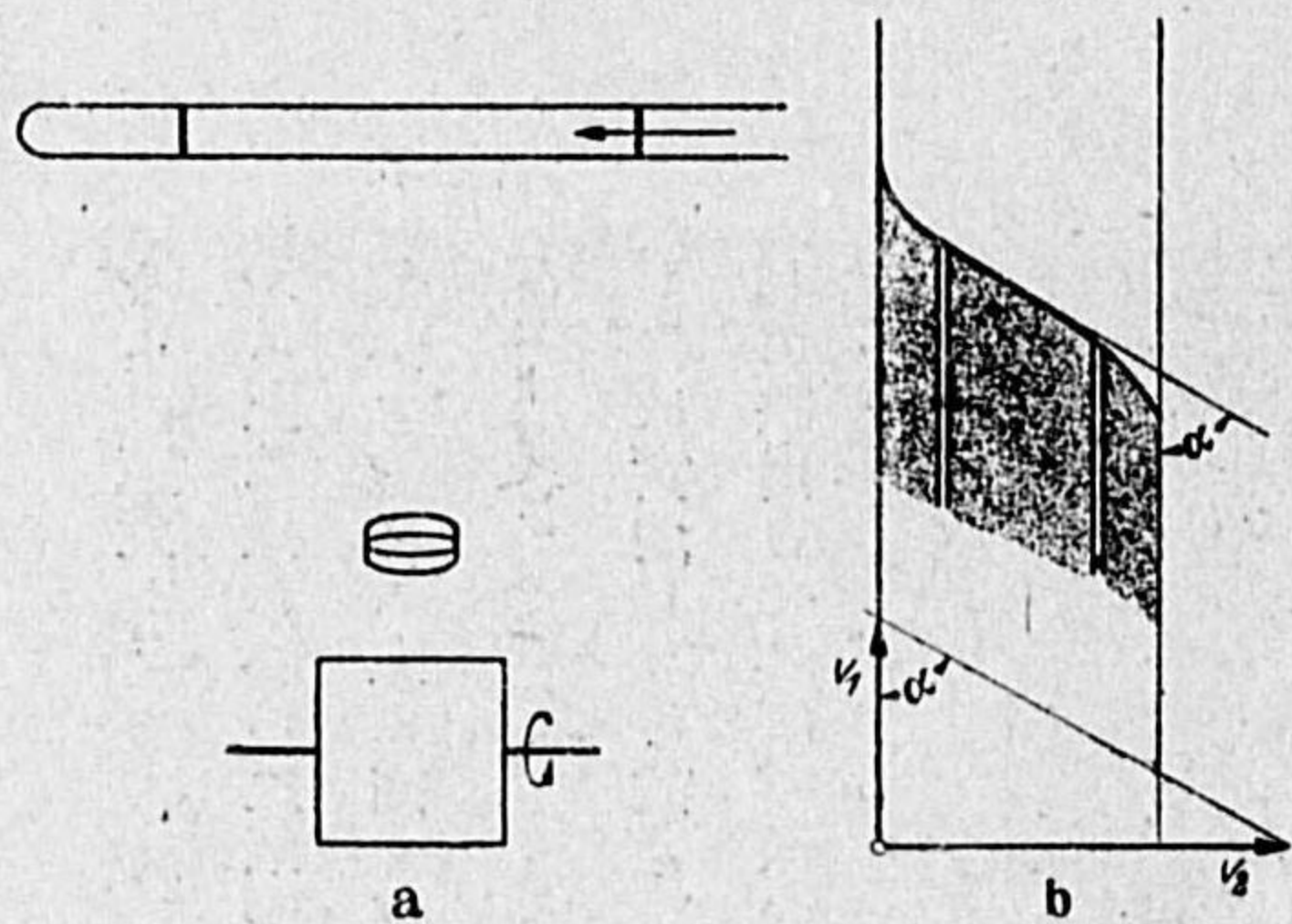
線香火花の火花、松煙(炭素)が硝石で燃えるとき放つ火花である。炭の種類によつて火花の出方が著しく異なる。又鐵粉は炭素七%位を含む鋼が、最も美しき火花を放ち、純鐵は火花を出さず。柳の如く線をなすのみである。(焰ではないが此處に挾んで次頁に圖を掲ぐ)



線香花火の火花

第四章 焰 (II)

焰の進行



火焰がガス中を燃焼の進展に伴ひ進行してゆく事については、單に V_n のみの計算でこれを決定することは出来ない。火焰には第一形があつて一點一線の進行ではないのである。最も簡單なる形としては球狀で壓力の恒定したる場合を考へるべきである。而して火焰の進行してゆく場所が或る限定されし容器内であるのが普通であるが、この事は亦その問題を複雑になすこと勿論である。故に最も簡單なる場合は火焰が自由な境を進んでゆくとして、第一歩の研究は進められてゐるのである。

火焰進行の研究には Mallard 及び Le Chatelier (Ann. Mines 1883) の寫眞による方法を採用してゐる。

圖に示された管の中を火焰は進行してゆく。この火焰の像はレンズを通して前にあるシリンダー a 上に取りつけられたフィルムに映する。このシリンダーは一

定速度で回転してゐる。此の像の全體を(b)に示してある。

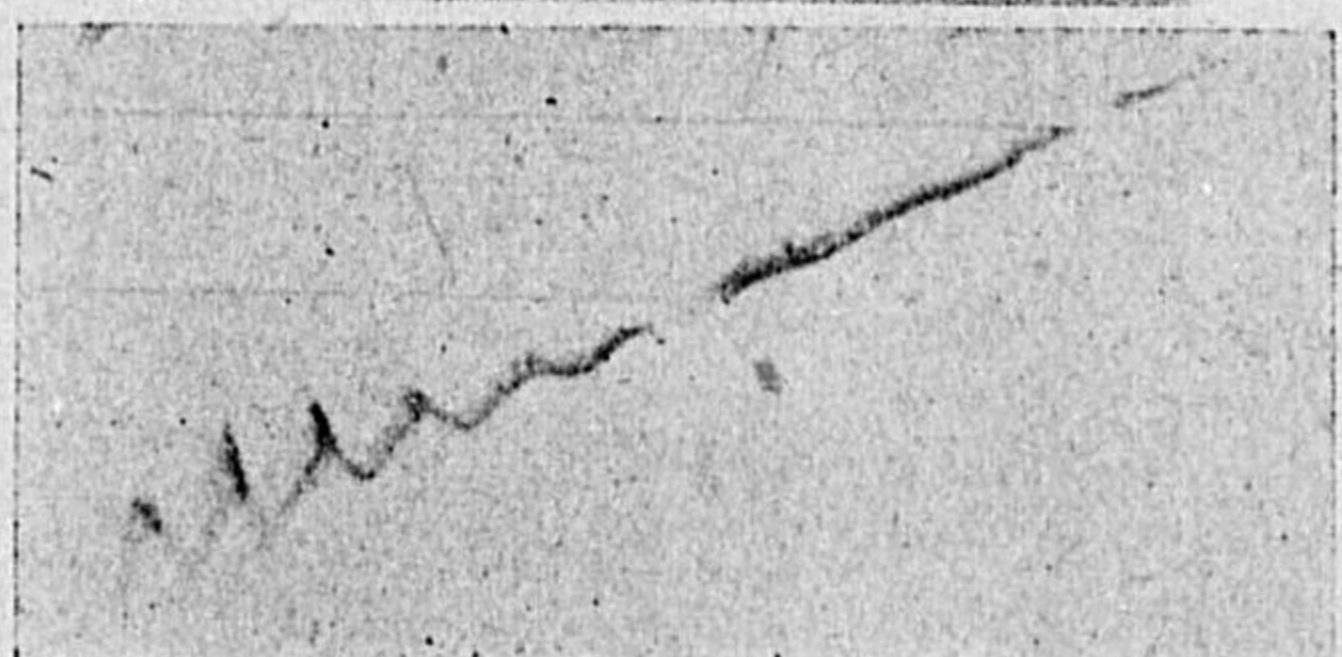
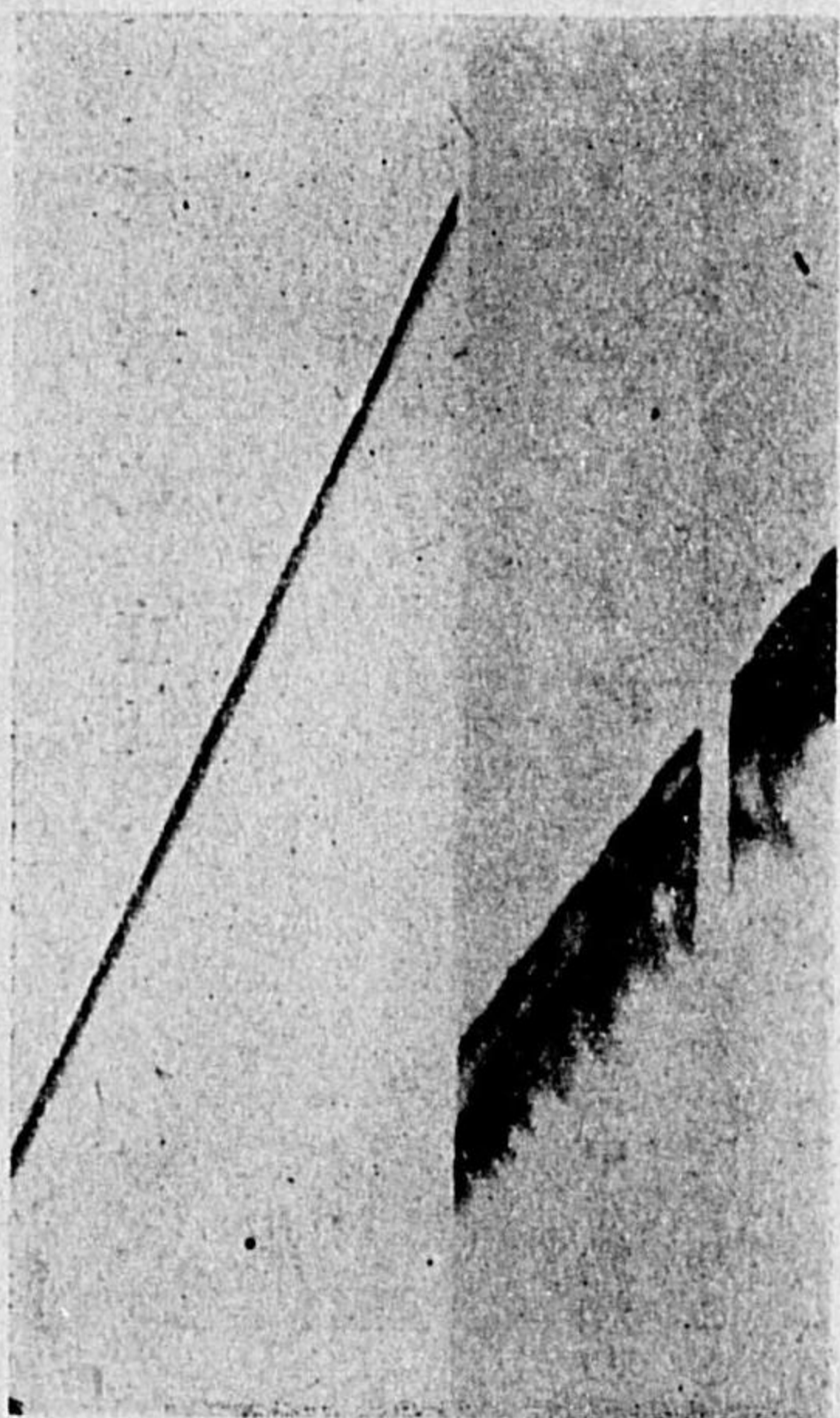
今フィルム速度 $\parallel v_f$

フィルム上に撮られる火焰の速度 $\parallel v_a$

焰の像がフィルム上に描く角 $\parallel \alpha$ とすれば、

$$\tan \alpha = v_f / v_a$$

v_a 及び α は實測しうる故に v_a を求めうる。これを火焰の實速に改め算出するには金屬線などを置き、像中に此れを二線として映出させれば、像のフィルム上に於ける距離と實際の管中の距離との割合を知りうるを以て v_a の價を



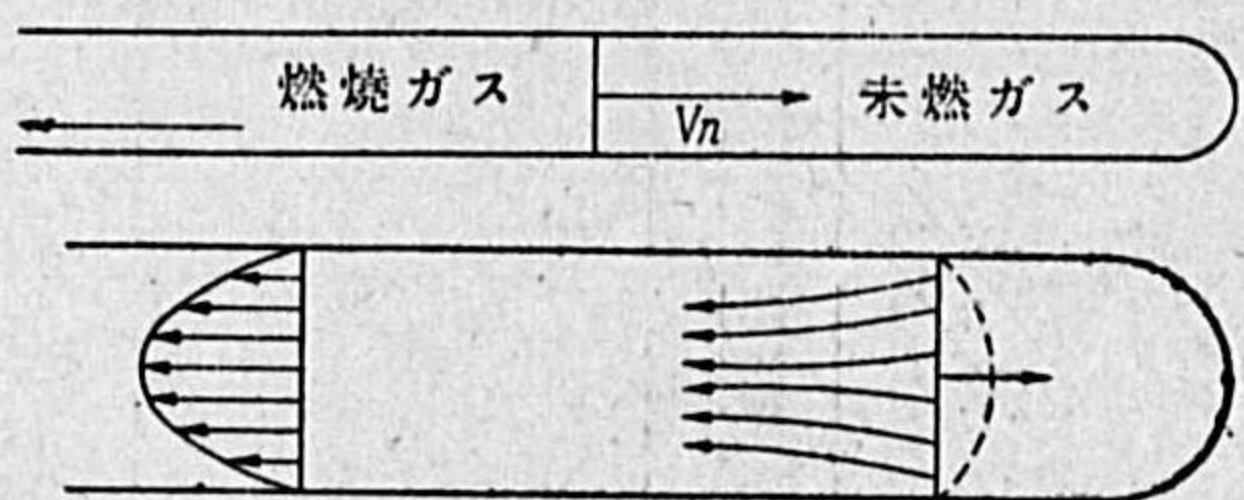
擴大して計算すれば管中の焰の速度を求めることが出来る。

いま實際の寫實を二圖掲げてみるがその一は焰の進展が動搖なく行はれしもので他の圖は動搖を有する場合である。(上圖)

更に少しく此の問題を細かく觀察してみれば、一端閉ぢたる相當長の管中を開端より點火されて火焰が進むとすれば圖の如

く燃焼したるガスは開端左方へと進み、燃焼速度 v_a を以て燃焼は右へと發展してゆく。

此れを精細に考ふれば、



上圖の如く開端の進行ガスの表面は平面にあらずして、パラボラであり、閉管に近い燃焼境界面にあつては、燃焼ガスは管壁よりも中心へと集合する氣味を持つてゐるのである。矢印でこれを示してある、且この境にある燃焼ガスの面も一平面ではなく、中央に突出したる形を描くのであるが、此の突出形を最も簡単な數學的形に假定してこれを半球面とする。
この球面上にある一點の燃焼速度を分ちて、球面に垂直 v_n なるものと、 v_a なる管側に平行にとつた速度に分つ。

$$v_n / v_a = \cos \alpha, \quad v_a = v_n / \cos \alpha$$

山の境面が側に垂直ならざる限り、管側に平行の速度は、垂直速度(此れは管の眞中心以外は側壁に向ふ速度となる)より大きい。

$v_n > v_a$

只 $\alpha = 0$ のとき乃ち管の眞中心に當つたとき、 $v_n = v_a$ である。

今日取扱はれてゐるものとして、此れ以上複雑なる形を考察されてをらぬのである。此處にもこれを球として話を進める、火焰進行面を半球とすれば圖に従つて $\alpha = 90^\circ$ 乃ち角度九十度直角で \cos は零となり即ち $v_n = 0$ となる。

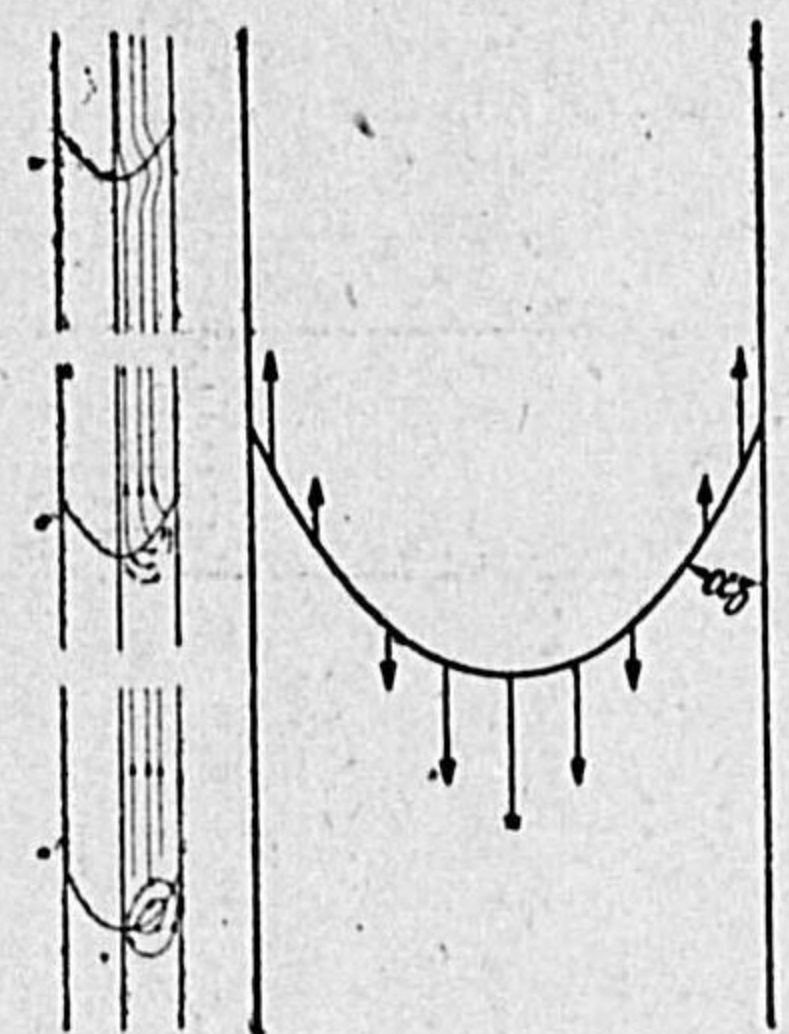
事實としては v_{eff} の一定せるものについては、此の結果は推測しえざるものである。むしろ此れを事實化するためには、實際に成立しうる境界面を球ならざる他の形となして考ふべきである。即ち境界面の管側に於て爲す角は切線ならずして特殊な角を有するものでなくてはならない。眞線を以て此の特種の角を有するものを示す。之をパラボラとして考察した結果は次のやうになる。

パラボラの面は管の断面の 1.86 倍である故に

$$v_r = \text{有効速度} = 1.86 v_n \text{ 即ち } \cos \alpha = 1/1.86 \quad (v_n/v_r = \cos \alpha \text{ なるがため})$$

燃焼面に於ける流れの軸に沿へる速度の分岐状態を矢印(上右圖)を以て示す。

これは理想的の状態であつて事實はむしろ左圖の如く管内のガスの動搖は複雑化してゐるのである。



而して管側に於て冷却さるるがために上の圖の如き渦形をも想像されるのである。これらの考察を事實上の寫眞として撮つたものは Coward (J. Chem. Soc. 1932) の與ふる處である。その像は半月が重なつて進むやうな形で、左圖の曲線がその明るい縁に當るのである。今これを數學的に扱つた Coward は次の式を掲げてみる。

$$\pi r^2 v = f \times v_n \quad \bullet \text{ は實速度である}$$

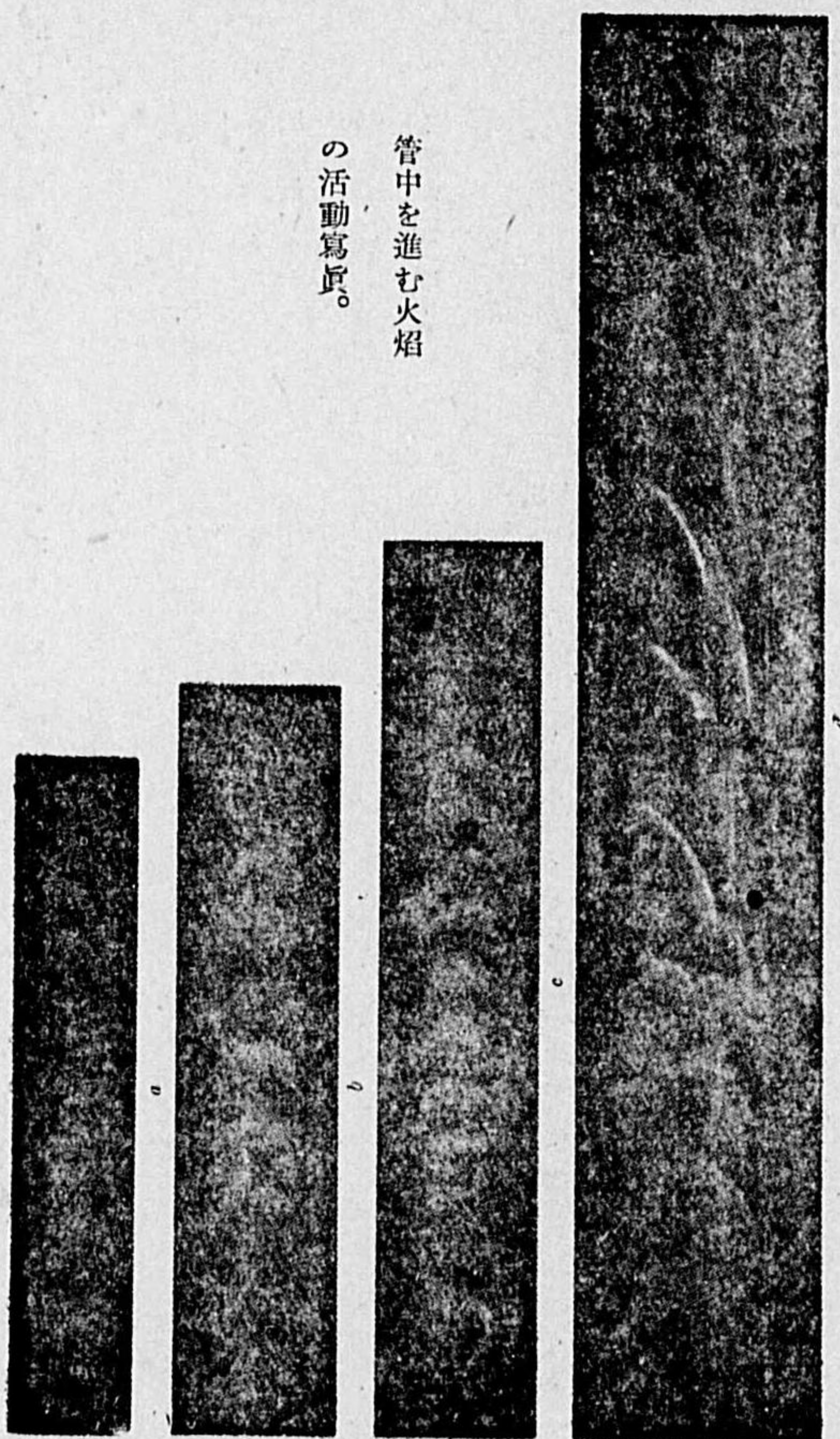
$\pi r^2 v$ = 管の斷面積

v = 實觀さるゝ焰の速度

f = 燃焼面の廣さ

v_n = 火焰進行垂直速度 (焰進行曲面の一點上に垂直に分析した部分となる)

一定のガスの燃焼に於て焰の面が進行してゆくことは、燃焼はシャボン球の實驗でも明かにはされるが、この方法ではガスの膨脹によつて抵抗力の少いシャボン球であつても多少の抵抗を有してをり、従つて瞬間ではあると雖、



その間にガスの壓力の變化が絶無とは申せない譯である。それで別法は管中を進む火焰の寫眞を撮り管徑及び像の間隔から計算で V_n を求められる。この法は外壓の影響を生ぜぬ。圖は前頁記述の説明であり半月形は焰の面となる。焰形は管の位置で異るりは焰が上向きに進み、 e は下向きである $a d$ は水平であり d 管は廻

轉してゐる。管が太いと間隔は増し、即ち實速度が早いのである。

焰移行表 (前頁の圖の説明)

焰運動の方向	焰移行表 (前頁の圖の説明)			
	水平 a	上方 b	下方 c	水平 d
管の径 (cm)	二・五	五	五	一〇
間隔撮影時間(秒)	三六	四八	七三	九七×10 ⁻³ (單位一秒の千分の一)
圧力	六二四	二七	九六六	三・〇五
水銀柱	二五六〇	五四	一一七〇	三・〇五
初温	四九五	二九	一六四九	一・〇二
温度	三七六〇	九五	一九一一	一・〇二
燃焼温度				七四七
酸素の倍率				
燃焼速度 cm/秒				

オゾン及び酸素に依るポンプ内燃焼の強化 (*オゾンを1とし重量の比率)

助燃料たる酸素へオゾンを加ふると燃焼温度も高まるが、同時にガスの壓力もそれに影響してゐる。火焰の進行速度に及ぼす他の影響を表によつて一覽してみると、

燃焼速度表

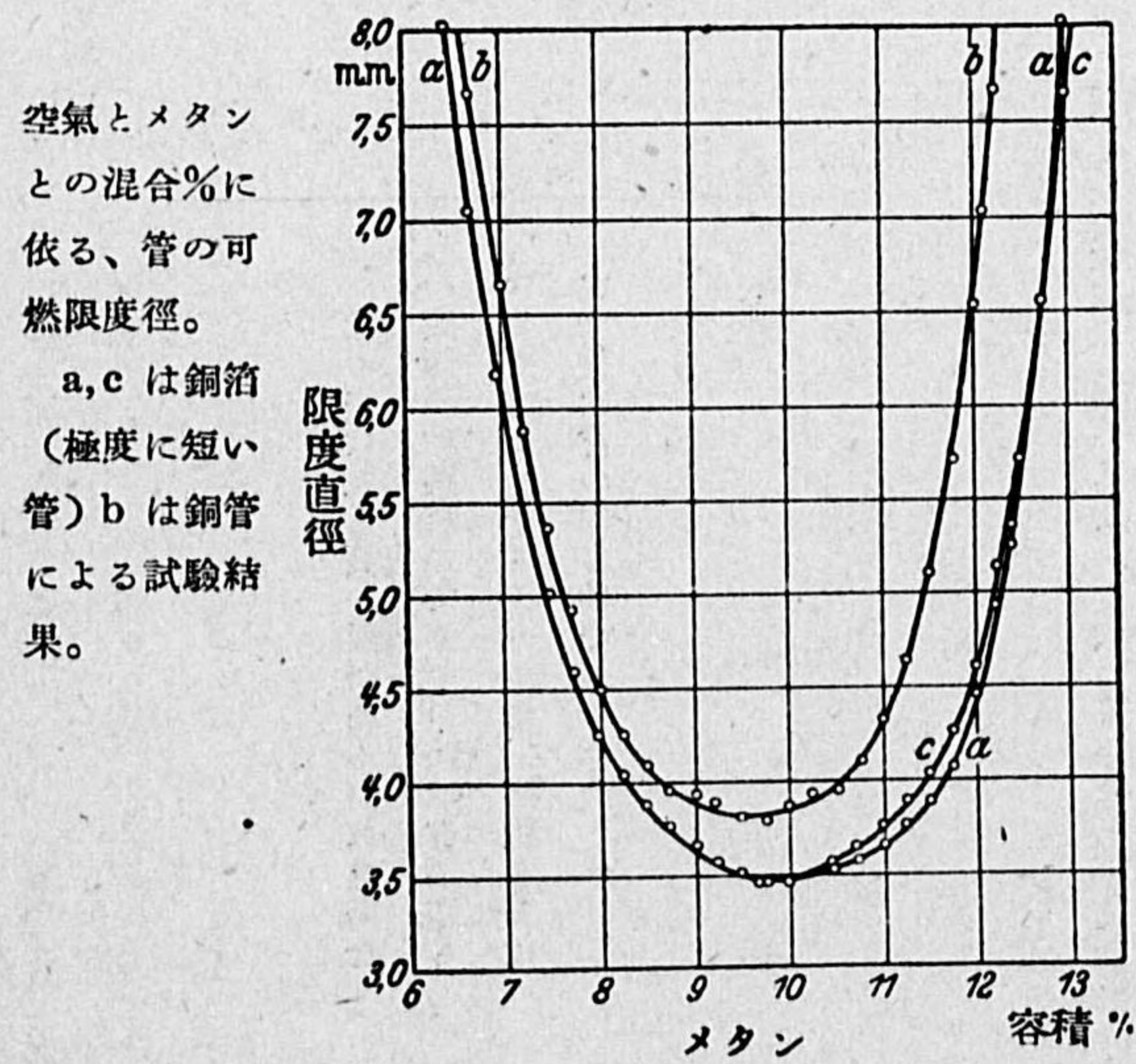
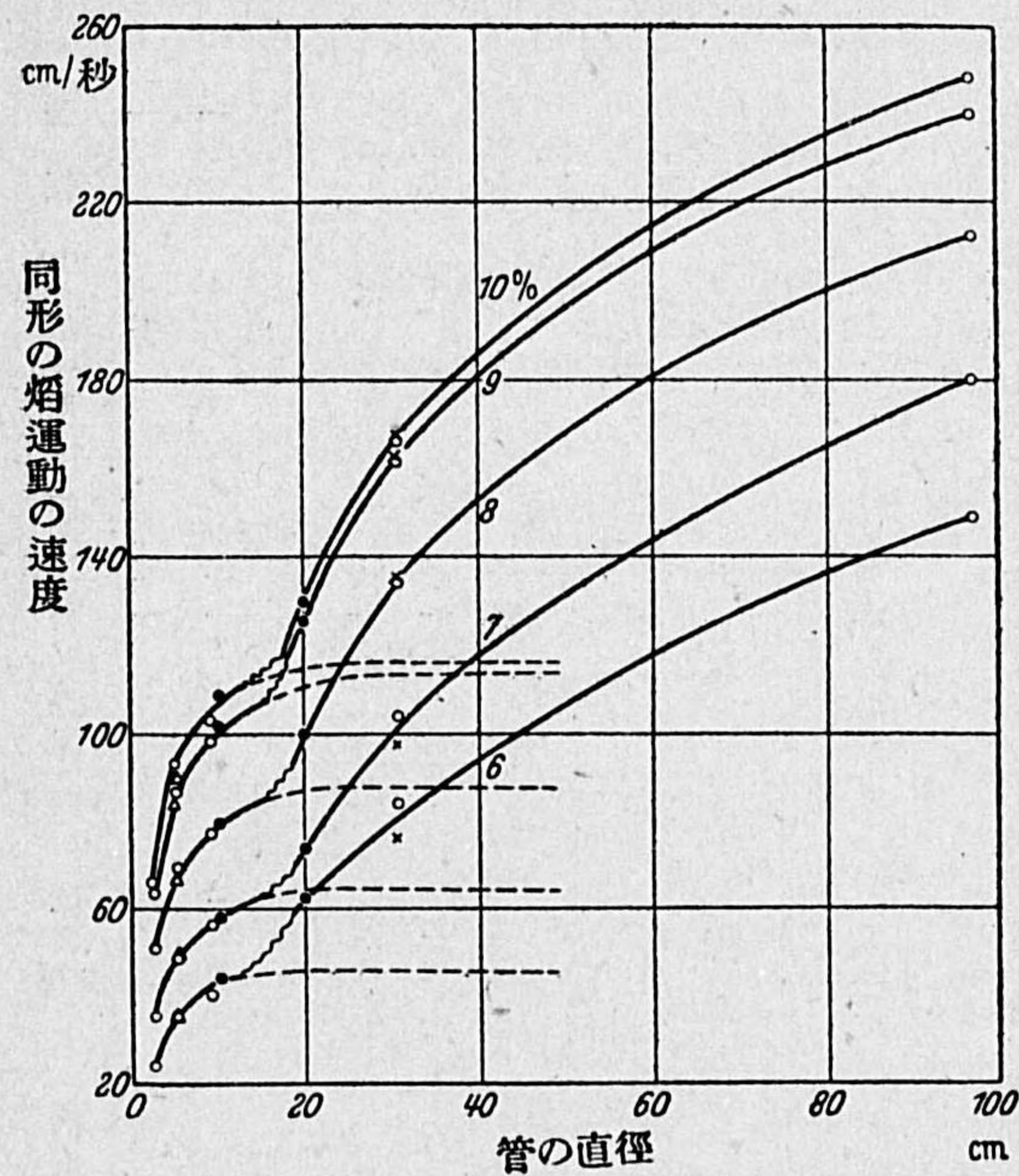
管径 cm	焰の運向	焰軸に於ける速度 cm/s	焰面 cm ²	燃焼速度 Vn cm/s
一〇	水平	一一一	三〇〇	二九
一〇	"	七一?	一八九	二九
五	"	九二	六六	二七
五	"	六一・五	四八・五	二五
二・五	"	七一・五	一一・六	二八
二・五	"	六三	一一・〇	二八
二・五	"	五九	一〇・四	二八
二・五	上方	六八	四八	二八
二・五	"	九二・五	六五・六	二七
二・五	下方	六一	四六	二六
二・五	"	五八	六三・五	二六

此の表は九九頁の圖にあるが如き場合の實測の結果なのである。cm²は言ふ迄もなく平方センチメートルで、面積を表はす。Sは常の如く秒である。

話が段々と數字的になつてしまつたが、簡潔に事を記述するには數字と圖表が一番手早いので、この點諒とせられたい。さて、メタンと空氣とに可燃ガスを各様の徑を有する管中で燃すと、その焰の進行速度は、次の左上圖のやうになる。この圖は横軸に口徑のcmを示し、縦は焰速であり、各曲線に添記した數字は容積で測つたメタンの%を表すのである。%の一〇に近くなるほど速度は早いのであるが、又5%以下になると、徑二〇cm位までは管中で燃えるが、それ以上の太い管では燃えなくなつてしまふのである。それを點線で示す。(發動機の筒筒の太さの問題にもなる)

メタンは石炭ガスの重要成分であり、此れは發動機の燃料としても貴重なものであつて、此の研究はそれだけでも價値を見るのである。

メタンガスを燃す場合に管の太さを餘り細してゆくと、遂に燃えなくなつてしまふ。それはメタンと空氣との混合の割合にもよるのである。この事を下圖表が示す。銅管で試験した(b)の曲線で見ると、メタンが九—一〇%を含むも



空氣とメタンとの混合%に依る、管の可燃限度徑。
a, c は銅箔(極度に短い管) b は銅管による試験結果。

のが一番管を細くしても、可燃力を保つてゐて、三・七ミリメートル位までは差支ないのである。メタンの%を少くしても或は多くしても段々に管を太くせねばならなくなつてくるのである。a及びcの曲線は管を薄い銅板で作つたときの實驗である。此れに僅少ながら曲線に差の現はれたのは、金屬へ傳はつてゆく熱の分量の多少が原因となつてをるのである。

・話しはこの管の物質を變へたら、どうかといふ點へ當然進んでゆかねばならない。此れをガラス、鉛、銅、鐵についてみると、焰の速度はガラスが一番早く、次は鐵であつて、銅、鉛は遅い、此れも管側の熱の容量度及び傳導度の差異からであらう。徑の差も少しは關係してゐるであらうが。

材料を異にする管中を焰の進行する速度。

メタン %	五・九	六・三	七・六	七・五	八・四	一〇・〇	一〇・九	一一・三	一一・七
ガラス管徑三・六五	三・七	三・四	四・六	四・六	六・三・六	六・八	六・一	五・三	三・九
鉛	同二・六四	一・九・四	三・五	四・五	四・八・二	五・九	五・四	四・四	三・二
銅	同二・二	一・八・三	三・七	四・四	四・五・二	六・三・二	五・一	四・七	三・五
鐵	同二・七	三・二	四・一	四・八	六・三・三	六・七・三	五・七・五	五・〇・六	三・一

燃料が管の徑によつて終に燃えなくなる事を述べたついでを以て、燃料の混合割合にも亦限度があつて、可燃物と空氣との割合がどんなでも差支なしといふのではない事も記さう。此れはエンチンなどへ送る燃料の空氣吹き込み量に

ついで大に参考となるべきものである。水素を例にとれば、これは空気に混合して爆發ガスを作るのではあるが、水素量九・五%以下ならば、あの爆鳴ガスも力を失ふのであり、又水素が六五・二%以上となれば、同じく安全なものとなつてしまふのである。今この下の限度と上の限度とを表で示しておく。

ガス燃料不發火限度表。

燃料ガス名	空 氣		酸 素	
	下 限	上 限	下 限	上 限
水 素	九・五	六五・二	九・二	九一・六
酸 化 炭 素	一五・六	七〇・九	一六・七	九三・五
メ タ ン	六・三	一一・九	六・五	五一・九
エ タ ン	四・二	九・五	四・一	四五・八
エ チ レ ン	四・〇	一四・〇	四・一	六一・八
ア セ チ レ ン	三・五	五二・三	三・五	八九・四

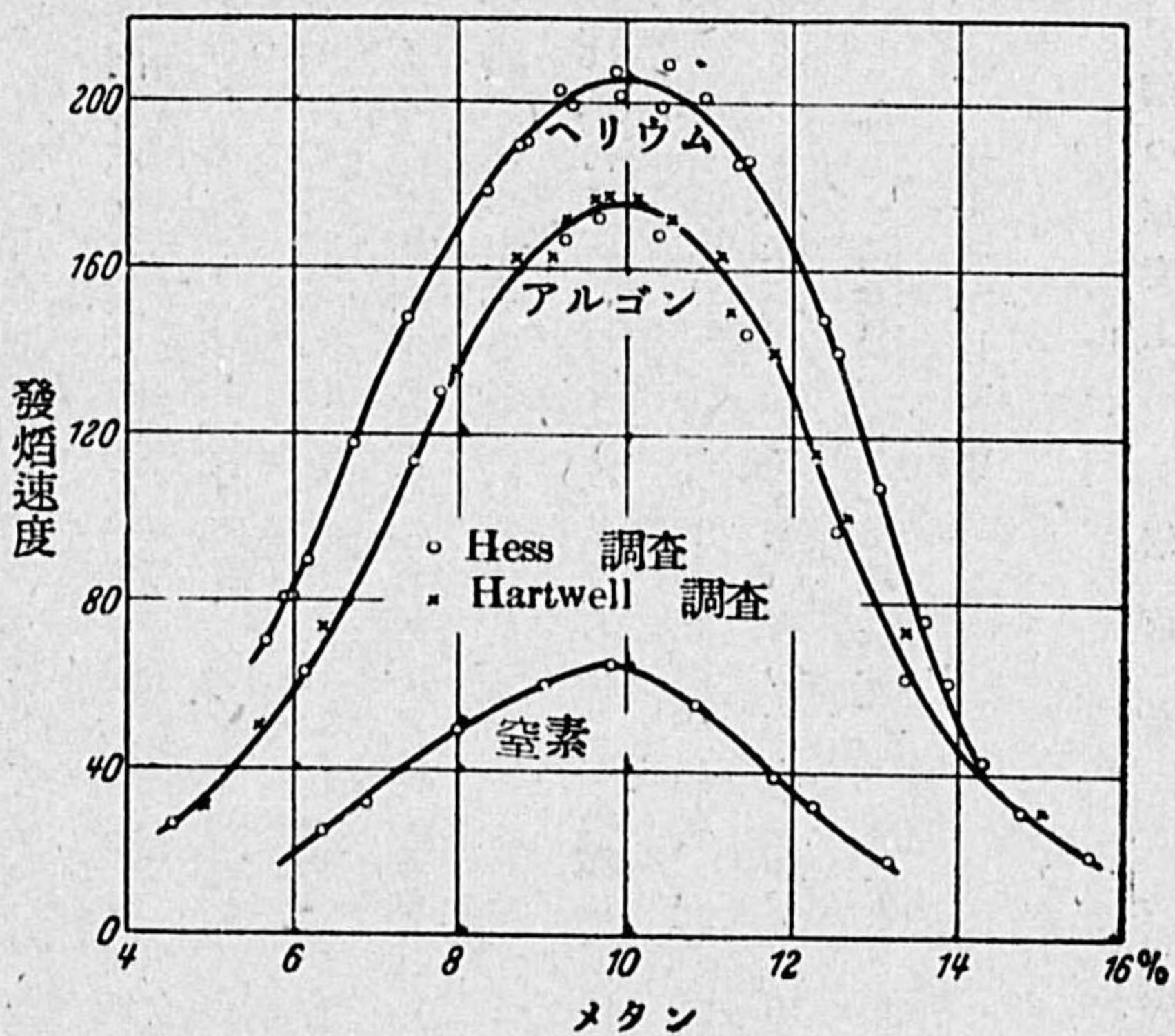
この表から下限度は空氣酸素の場合にも著しい差が認められない。この事は別にエチルエーテル(一・八五)ヂビニルエーテル(一・七〇)チクロプロパン(二・四〇)についても、實測されてゐる。括弧中の數字は空氣についての下位限度%である。酸素の場合となると稍此れよりも%が増すのみである。この實驗者はエタンの下限度に對し二・〇〇の數を與へてあるから、前表とは實驗條件法が異つてゐるのであらう。兎にかく空氣でも酸素でも燃料の少い限度には、

大差はないのである。然るに上の限度は酸素を混合すると、多量の燃料を同一體積の中で燃焼を起すことが出来るのであつて、此れは汽笛の大きさを同一にしても、燃料から熱量の莫大なる増率をうる理となるのである。殊にメタン其他の炭化水素類にあつて、その事が著しいのである。爐において若し燃料に酸素を供給したならば、この點からも爐の内容はその儘であつて、爐の温度を大に増加しうる事が出来る。製鋼の如き高温ならざれば、どうにもならぬ作業に對しては、大に考慮すべきであらう。(いくら長く熱してゐても、温度が鐵の熔けるべき温度にならねば熔けつこは無いのである事は、申す迄もないのであるから)燃焼の限度はその時のガスの有してゐる温度や壓力にも關係するのである。又燃料ガスに他のガスが夾雜する場合にも異なるので、酸化窒素、アンモニア、クロルなどを混合して行つた實驗が幾つも示されてゐる。

焔の進行にアルゴンやヘリウムなどの夾雜して存在する事が影響してゐることが明かにされてきた。この兩氣體は空氣中に微量に入つてゐるものであつたが、此れが酸化作用の上に乗で、若干の影響を有してをることは、自然界といふものゝ意味がどこまで深いものであるか、人知の輕々と測りうべからざるものである。ヘリウム若しくはアルゴンの七九・一と酸素二〇・九との混合ガスの九とメタン一とを混ぜたものを燃して、その焔の進行速度を測定してみると、次の結果を示してゐる。

焔の速度 cm/s	焔面 cm ²	正規燃焼速度 cm/s (Sは秒の略)
ヘリウム二〇六	一一・三一	二八
アルゴン一三八	一一・四	五九

此の實驗は空氣を構成してゐる窒素に代へるに、ヘリウムやアルゴンを以てしたのであるが、いま窒素と、アルゴンなどの場合で發焔速度の差を曲線圖で示すと左の如くなる。窒素中の三倍の速度を有するに至るのである。



メタンと空氣混合に窒素、アルゴン、ヘリウムなどを入れしめたための速度の昂進を示す。

火焰進行について可燃ガス中に他物の混合せる場合を水分、鐵のカーボニル H_2CO 、などの混在せる場合並びに活性劑(助燃物)たる空氣の窒素酸素の割合を異にしたる場合について研究されたものを次に列記する。殊に空氣に関するものは、重大でもあり、實用的價值もある故、その詳細を圖表で二〇六頁に併記しておく。又オゾンに關しては九八頁をみられたし。

一、水分

2.5cm 直徑の管中にて 45% CO (+ 助燃) のガスを燃焼させし結果は

水分と火焰速度表	
水分 %	火焰速度 cm/s
0.5	5
1.5	10
3.0	15
5.0	20
7.0	25

水分の五・二%を混在することが最も燃焼進行が迅速なのである。



鐵カルボニルは液でエチルエーテルの一〇〇ccにつき1ccを加へたものを用ふる、可燃ガスを空氣に混じたものである。

鐵カルボニルの燃焼影響表

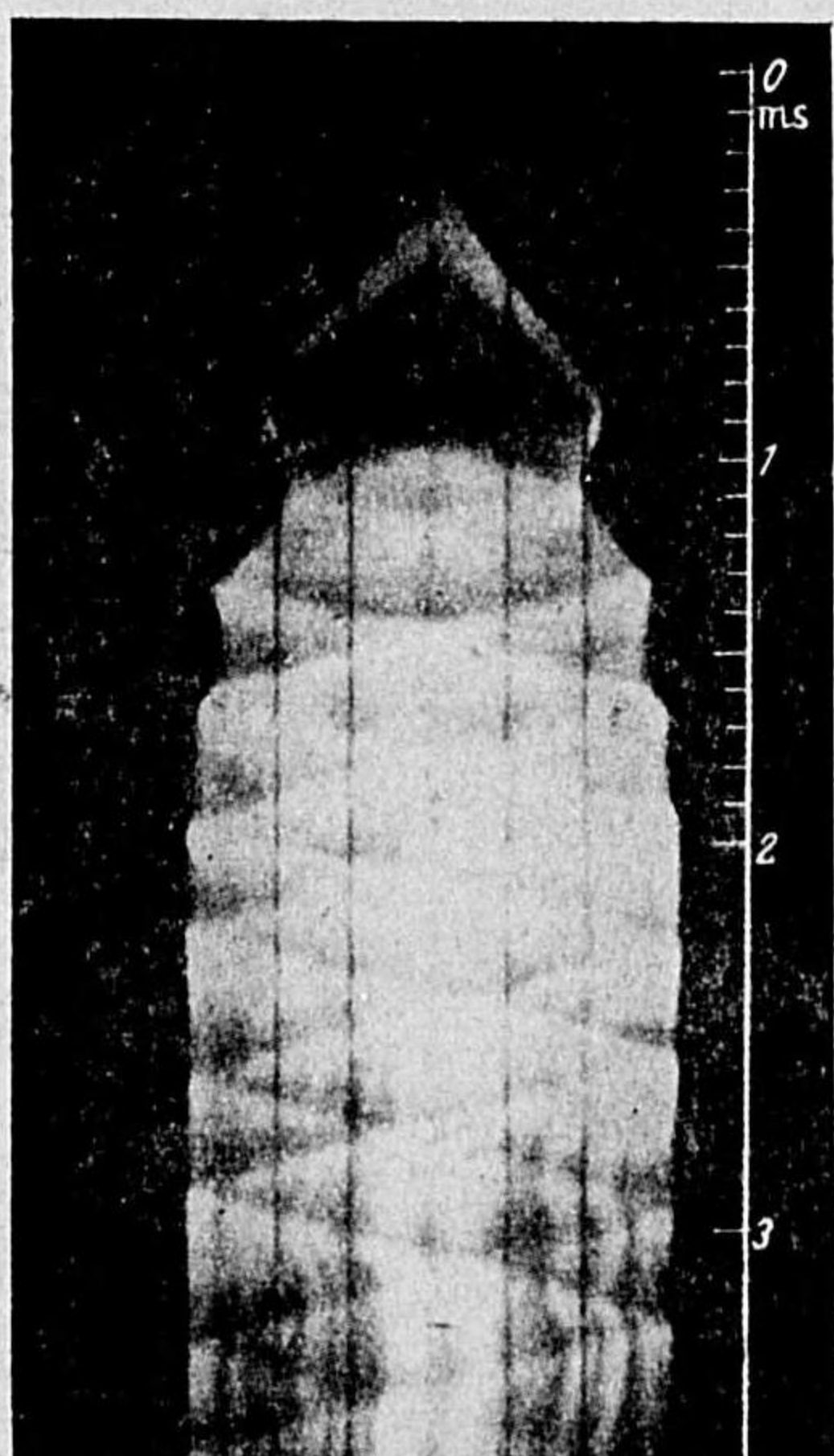
エーテル	火焰速度 v_{fl} (最高)	
	カルボニル無し	カルボニル混在
エーテル	三七・五 cm/s	三四・八
エーテル(一〇%) + CO (九〇%)	五一・五	四九・五
エーテル(二・五%) + CO (九七・五%)	六一・五	五八・五

三、空氣と諸可燃ガスの燃焼速度

水素その他の可燃ガスを空氣に混じたる場合の燃焼速度を前表と同様の Hartmann (1931) の結果を示す。

各種可燃ガスの燃焼速度表

ガス名	v_{fl} (最高)	ガス% (空氣中)		化學量%
		v_{fl} (最高)	化學量%	
水素	二六七 (cm/s)	四二・〇	二九・五	四二・〇
アセチレン	一三一	一〇・〇	七・七	一〇・〇
エチレン	六三	七・〇	六・五	六・五
硫化炭素	四八・五	八・二	六・五	六・五
プロピレン	四三・五	四・八	四・五	四・五



右圖の下方は $2CO+O_2$ 、即ち二分子と一分子量割合に、混合した事になつてゐる。酸化炭素七六グラムと酸素三二グラムの混合ガスである。管は水平に置かれ、長さ三五センチメートル、直径三センチメートルである。發火部は管の片隅に始められてゐる。上圖は上記の混合ガス八八へ、更にアセチレン一二を加へて作つた燃料ガスである。管は同じものであるが、發火點は管の中央から起されてゐる。

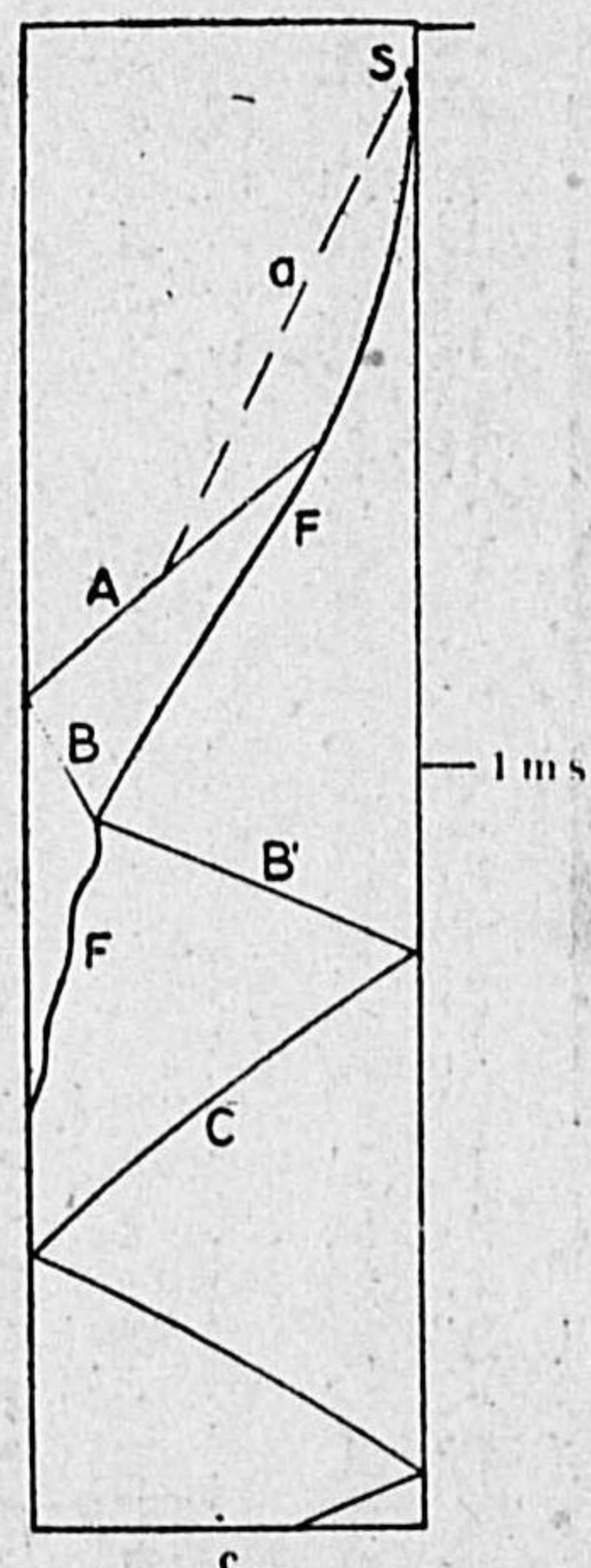
この圖をみるに下では焰は左側へと延ばしてゐる。此の速度は像の中にある條線できめる、一區間は一千分の一秒を示してゐる。距離は五センチである、焰は次第に側へと近づき、而して壁に近づくとや焰に動亂の起つた事は白色(焰の光輝部)の攪亂で認められるのである。上圖では發火部は管の中央に設けられてゐるので、焰は行儀よく進んでゐる。

兩圖をみて何れにも認められるのは、白線の一段強い部分である。此れは後輝とでも申すべきで、焰の燃焼を終つ

た部にその瞬間的に再びそこに強烈な光を認めるのである。それはいま燃え終つた前の焰と、次の瞬間に燃え始めた次の焰との燃焼熱の共力によつて、一時非常な高熱部が現出され、それに熱せられてそこに残つてゐた炭素粒などが熱せられて起る事柄であると考へられる。兎にかく所謂後輝といふのがある。(此れを化學反應から説明してゐる)圖中にこの後輝が幸にも焰の進行の遅速を示し、且つ管壁から生ずる焰の反射状況をもみせてくれるのである。この場合焰の速度は略毎秒千メートルで音波の速度と一致してゐる。それが段々と遅くなつて來ることは、輝線の交錯したる線の幅が段々と狭くなつてくるので讀めるのである。

焰の爆發するとき、火焰の周圍に衝擊波の起ることを考へるのである。此の波の有様を見るには、空氣の波動を電火スパークなどを透して撮つた寫眞で實驗しようと同一筆法で觀察される。いま焰についても、その波動を實驗して吾人に寫眞にしてみせてくれるのである。それを話すには、圖を以てするのが簡單である。

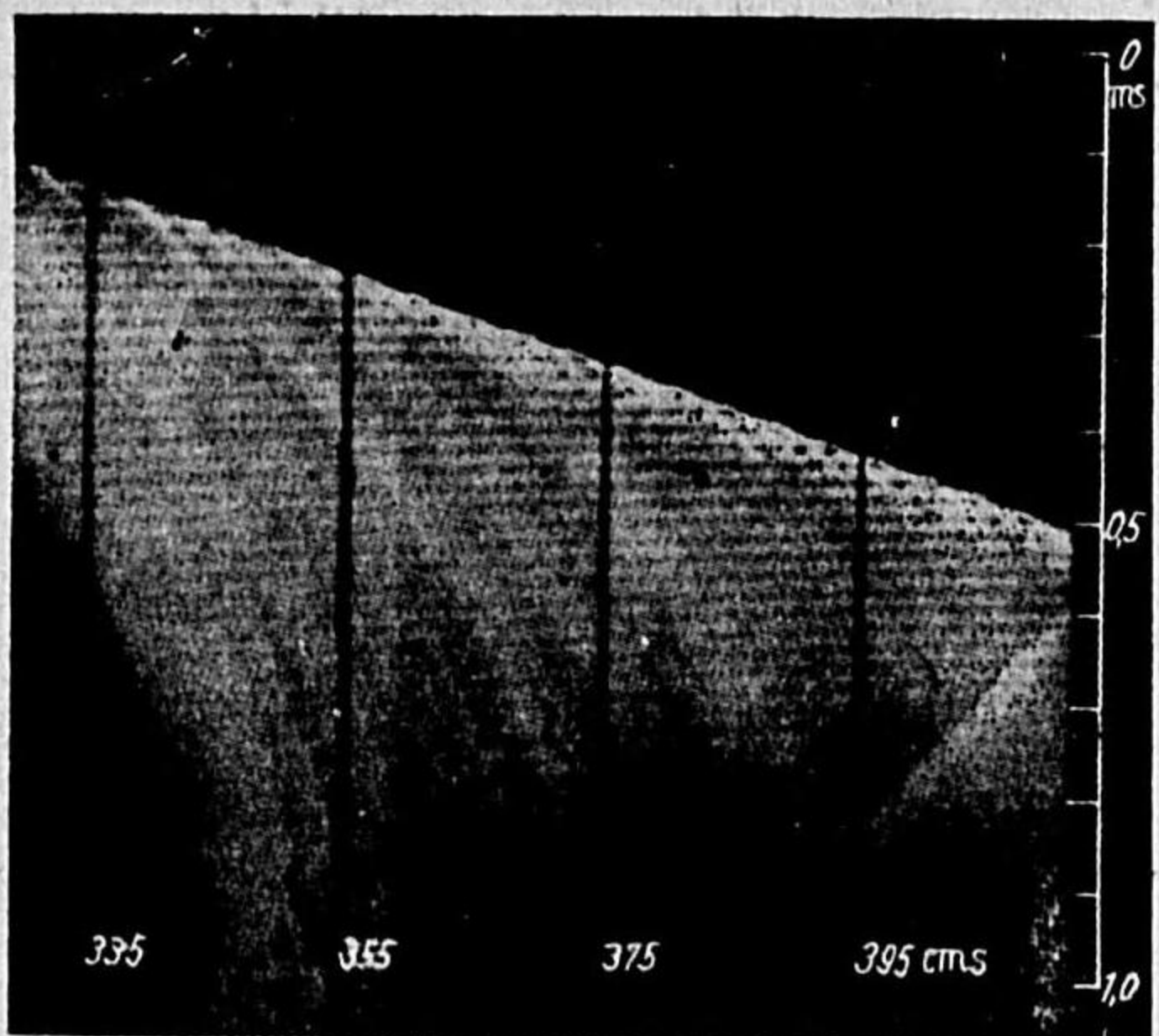
發焰に依る衝擊壓力波の道。(msは秒米)



下圖左側のは焰の道筋だけを撮つた寫眞である。右は衝擊されて起つた波の姿をも寫したものである。この波動の

速度は衝撃の壓力が小さいときは音波よりも遅いのであるが、閉管中での燃料爆發に於ては大抵は音波よりも早いのである。この衝撃波の原因については、かつては此れは點火用の電氣火花に原因するものであると考へられてゐたがそれにしてはこの波動が強烈であつて、これは火花が原因ではなく、爆發焰に依るものと認められるやうになつた。

圖はエチレンガス一五と酸素八五の混合ガスの爆發に依るものであつて、下圖右はこの波動をも見せてゐる。上の圖は此の道筋を示すもので、Sは發火部、Fは焰面、Aが此焰面の衝撃で起つた波動運動の面である。此の面は管側で反射してB'B'Cとなつてゐるのである。BからB'へ行く時には焰の中で屈折をしてゐる。同時に焰の面はこの波に



焰波の反射を示す。(右方)

阻害されてその面の形を正しく保ちえず形を崩してゐる。此の波の燃料ガスへの刺戟が(即ち波動の及ぼす燃料ガスへの壓力など)が燃料ガスの燃焼を高める原因となりうるのである。側壁から反射して進んでゆくの幾回か此の刺戟はくり返されるのである。焰の速度が音波速度より次第に管中で遅くなつてゆくが、この波動の速度は音波よりも早いのであるから、自然その力は既焰部分のガスよりも未燃部のガスへと深く進入してゆくのである。

エンジンの早爆と稱し、ノッキングと言はれるものは燃料が動力を發揮するに十分なる温度に於て爆發する代りに、それよりもヨリ早く比較的低温で爆燃してしまふ事によつて起るのである。この爆燃といふのは、爆發といふ程の強い力を有してをらぬ發火作用で

あつて、此の事はエンジン中に入れた燃料を完全に目的だけの力を出しえざる結果となるので、不經濟の上なき事となるのである。且つ早爆のときはシリンダーやピストンの動搖が烈しく起つて機の壽命をも短くしてしまふ。

その早爆に此の波動の刺戟が屢々關係があるのである。(燃料自體の性質にも依つてはゐるが)いま波動が焰面中へ



管内焰中壓力波進行の圖。(左側の食ひ入り)

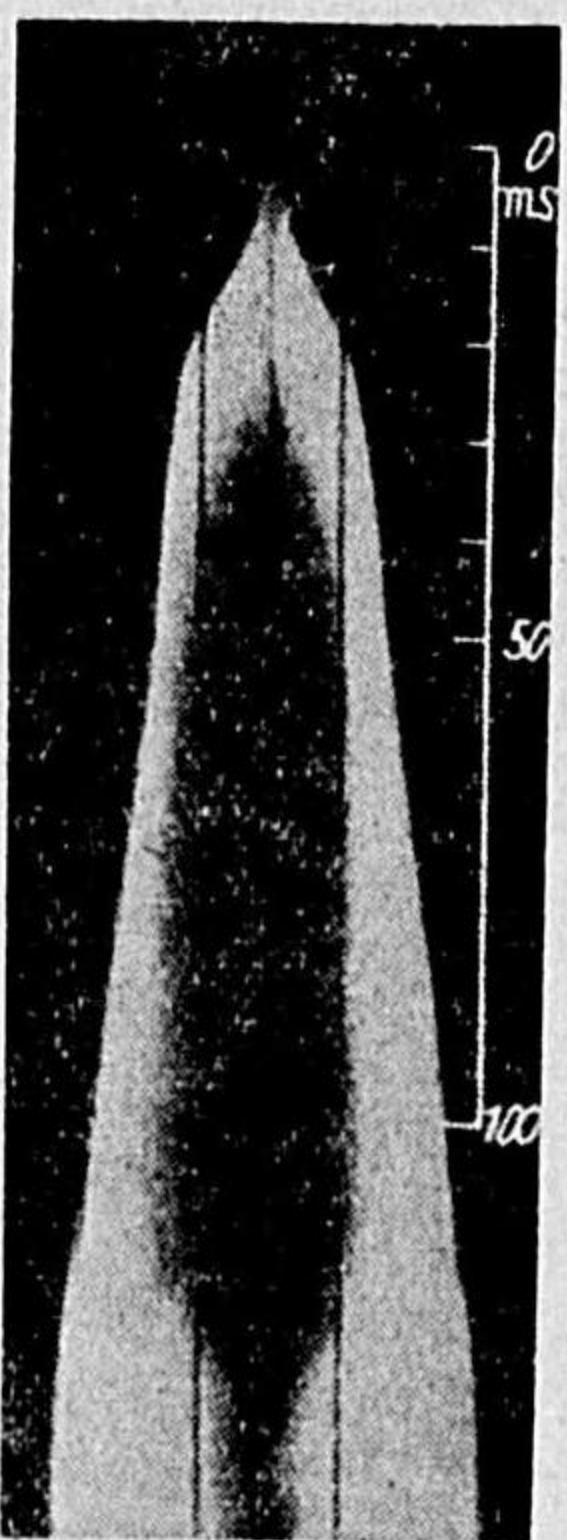


火焰は酸化炭素及酸素の管内燃焼によるものにして暗影あるを特徴とする圖。

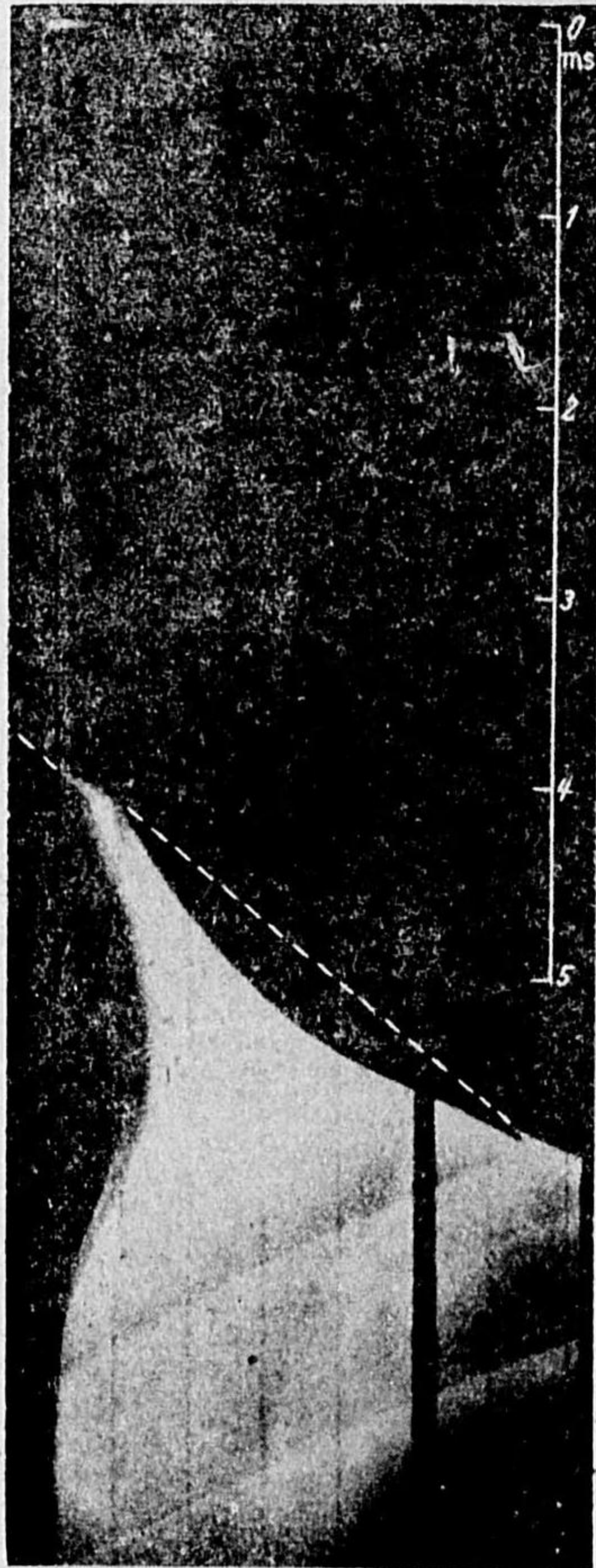


その時に生じた壓力と焰速度の異なる燃料を以て實驗すれば明らかとなるのである。(中央二圖は一一一頁B₁の食込みを示す)

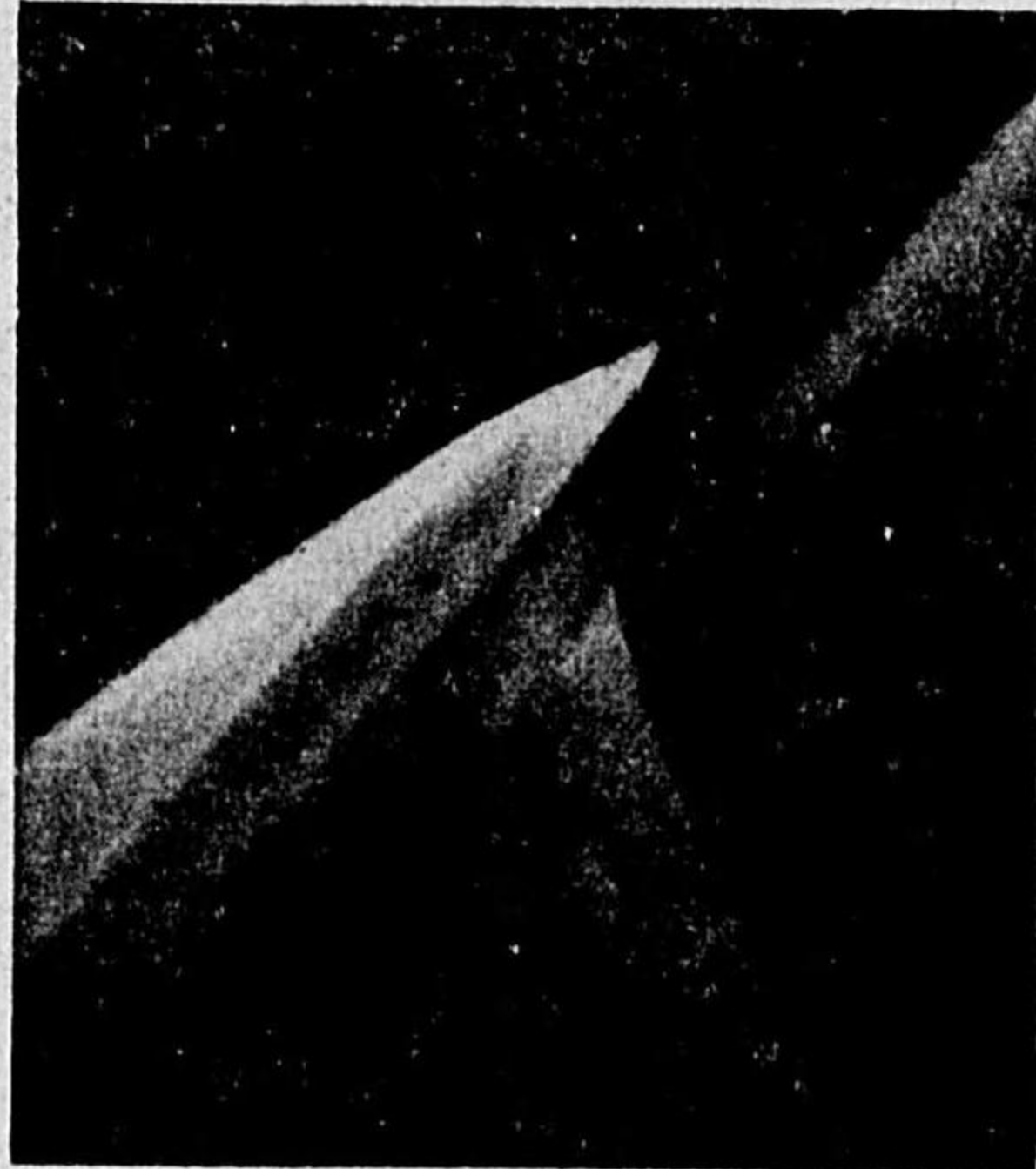
今強烈なる爆發に於て火焰に及ぼす、波動刺戟の及ぼす有様を巧みに撮つた寫眞を一つ示したい。一一二頁の圖である、其圖中に示した數字はその處々での焰の速度を示す、單位毎秒メートル數である。又一一三頁の左圖は管内中央にて點火され、



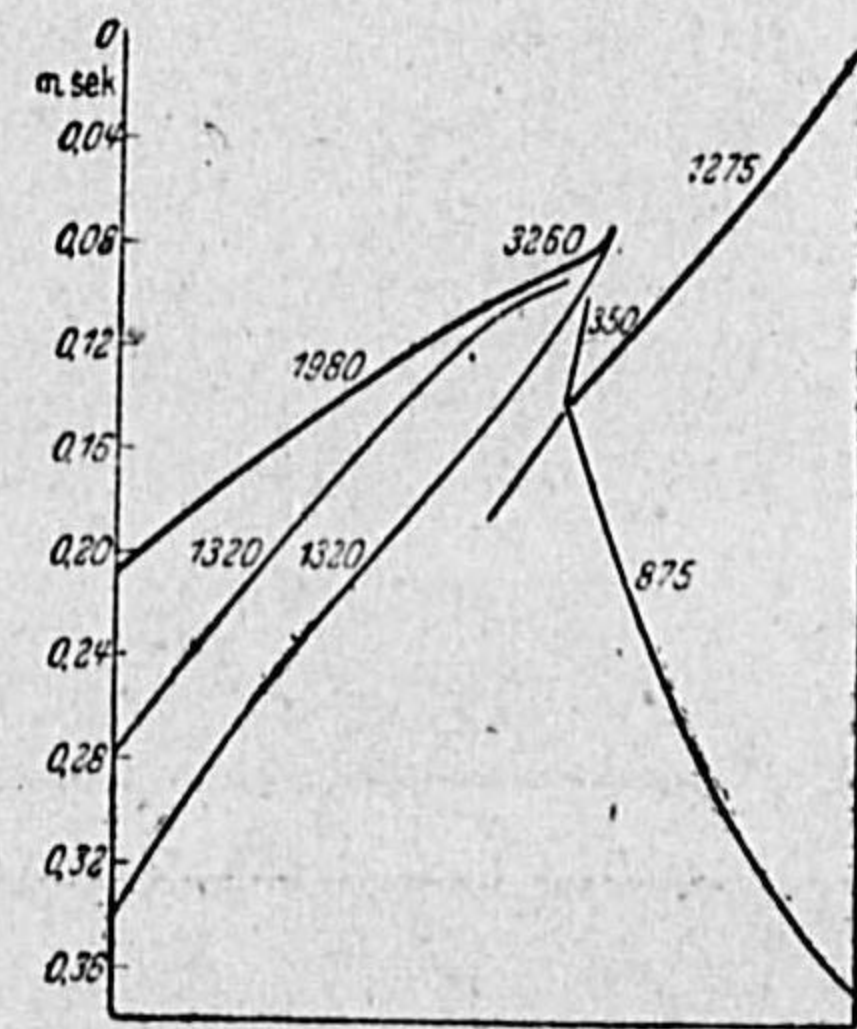
火焰の進みと、内心部の暗影とを特示する。



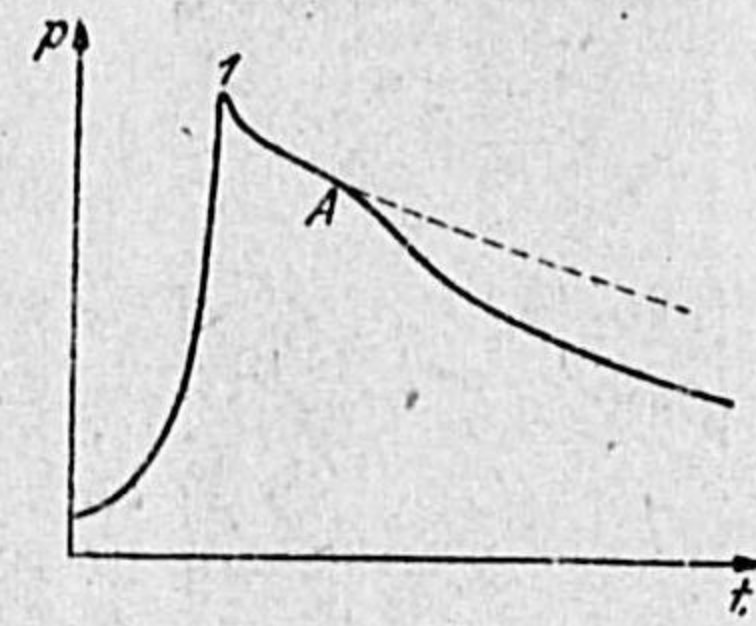
焰に及ぶ管側左よりの反射圧力の影響。



火焰内圧力の状態。



上圖の説明圖、曲線に添記の數は速度。(米/秒)

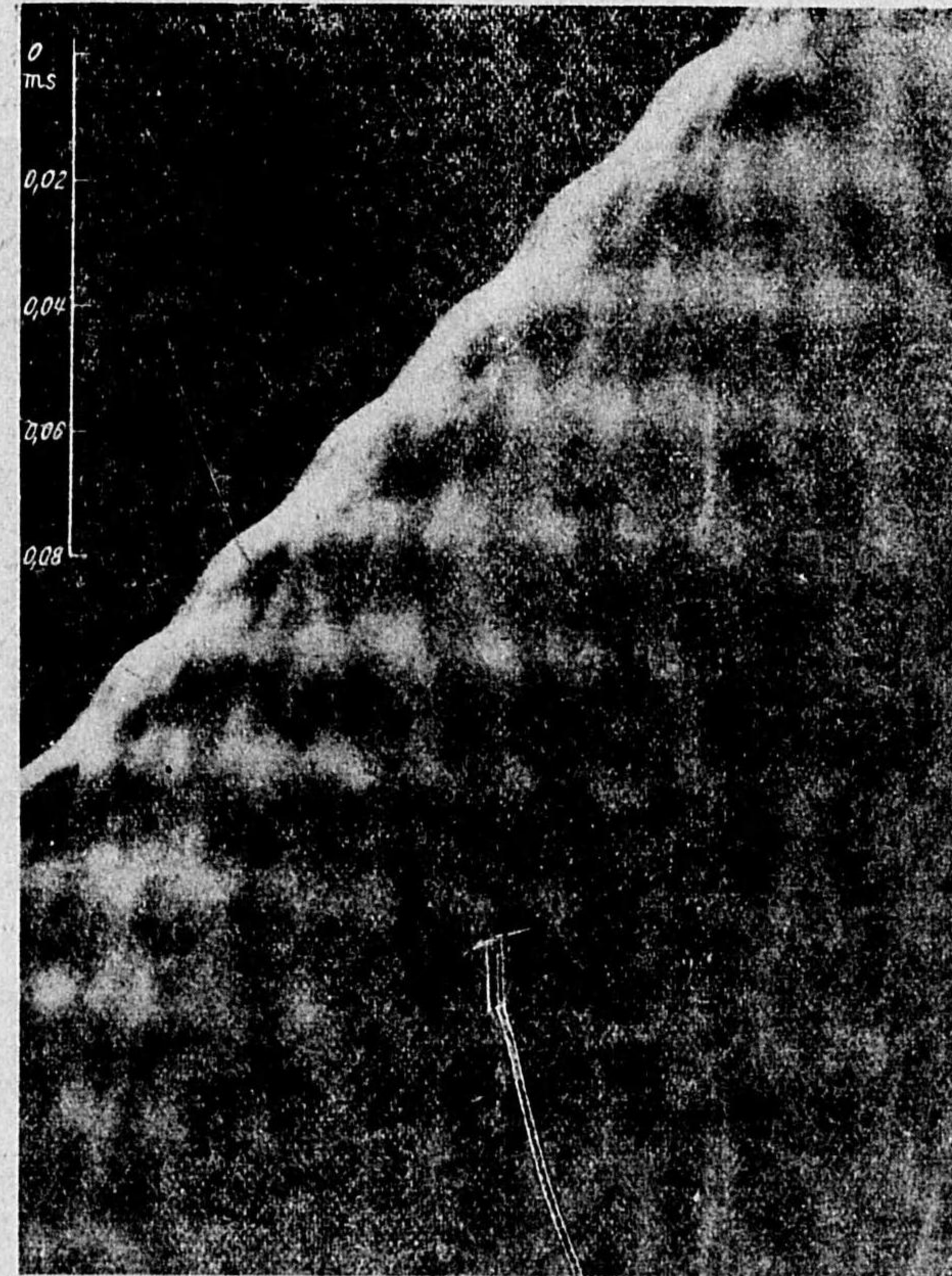
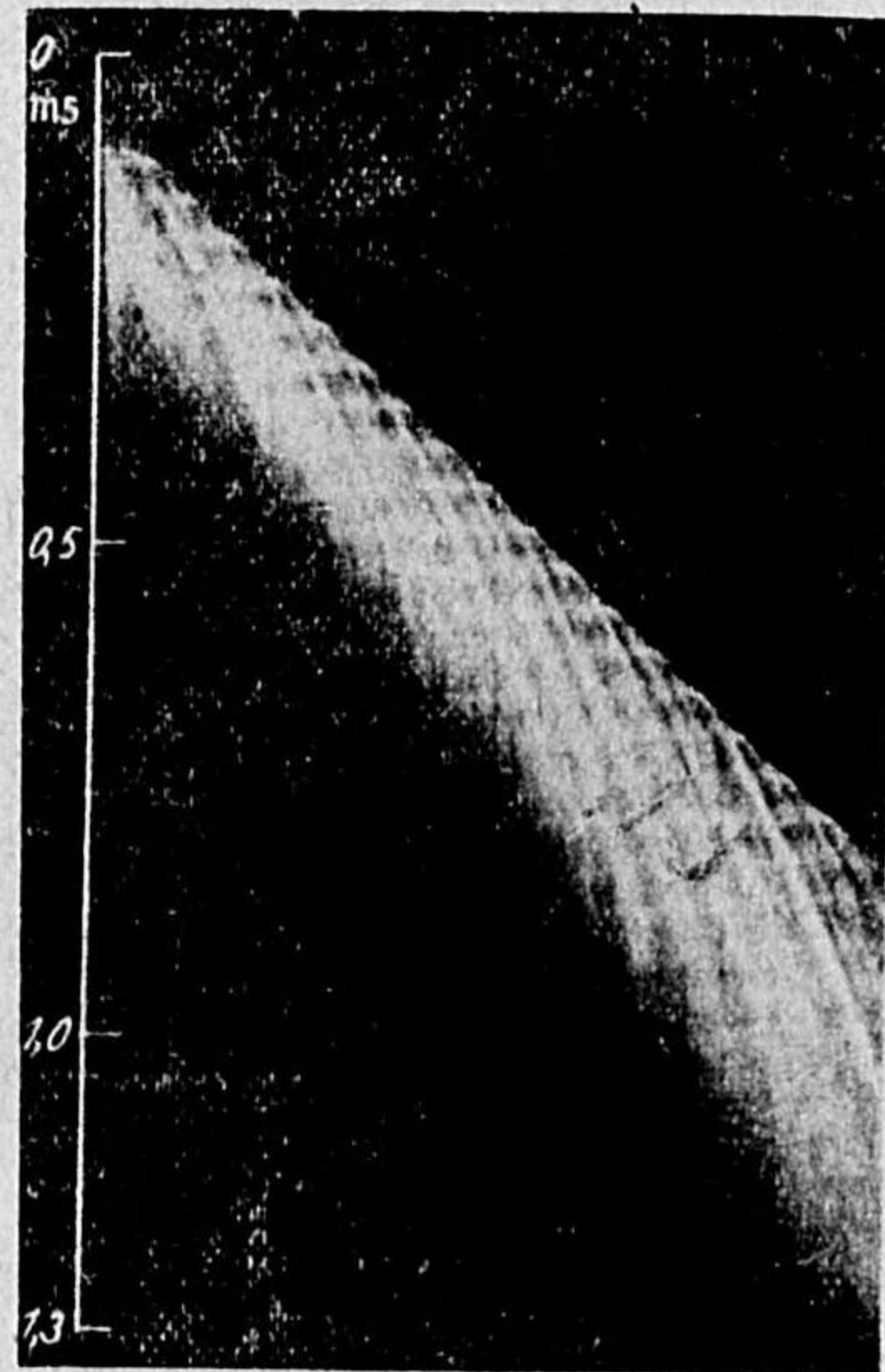
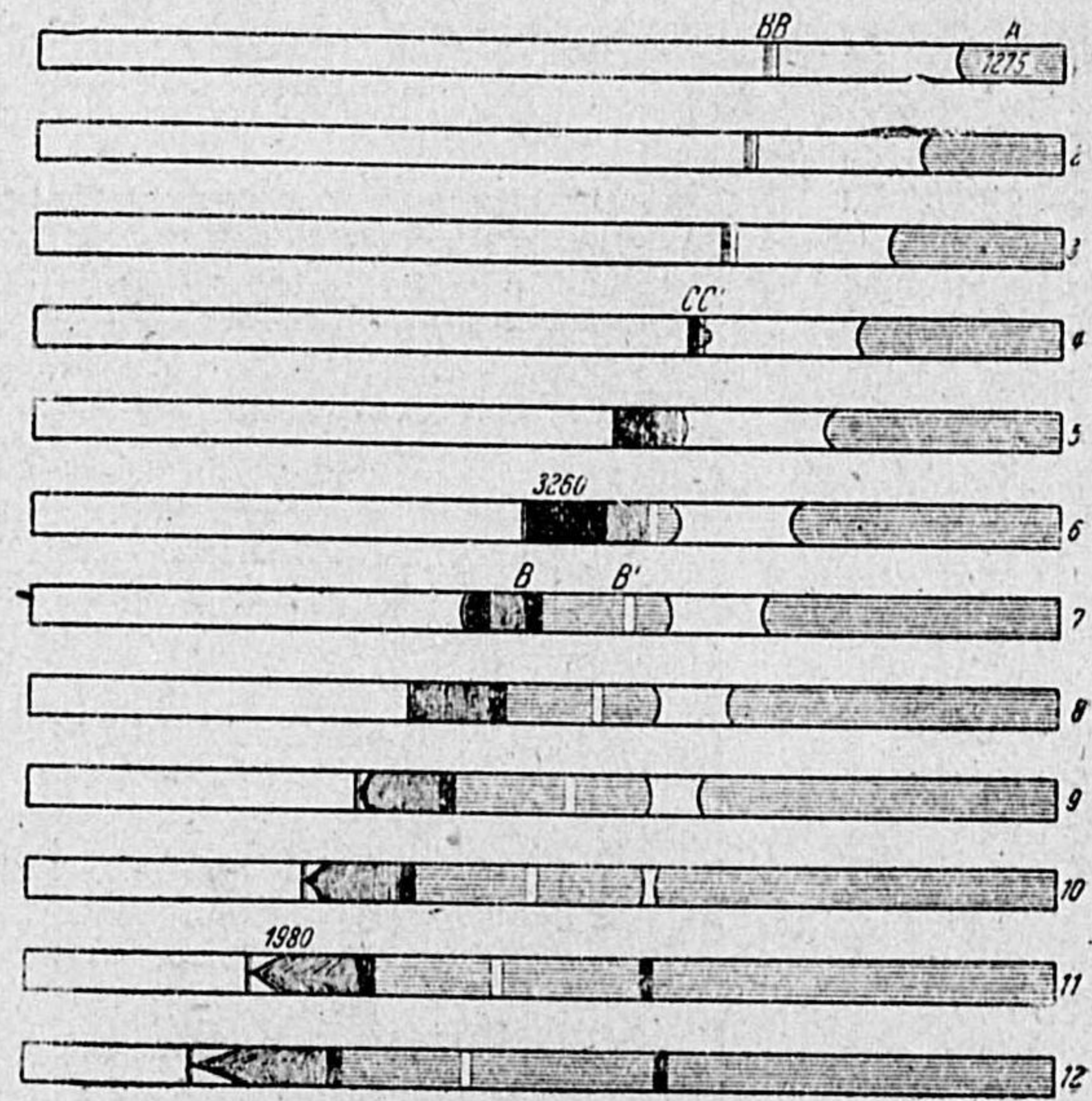


火

閉管内に於て發火するとガスの初壓力 p は急に高まり 1 にまで登る。この時管側に焰が接觸して p は降下し A となる。この p の A から先で一段の降下を示す。曲線は焰の發火以來の時間と壓力との關係を示す。(上圖)

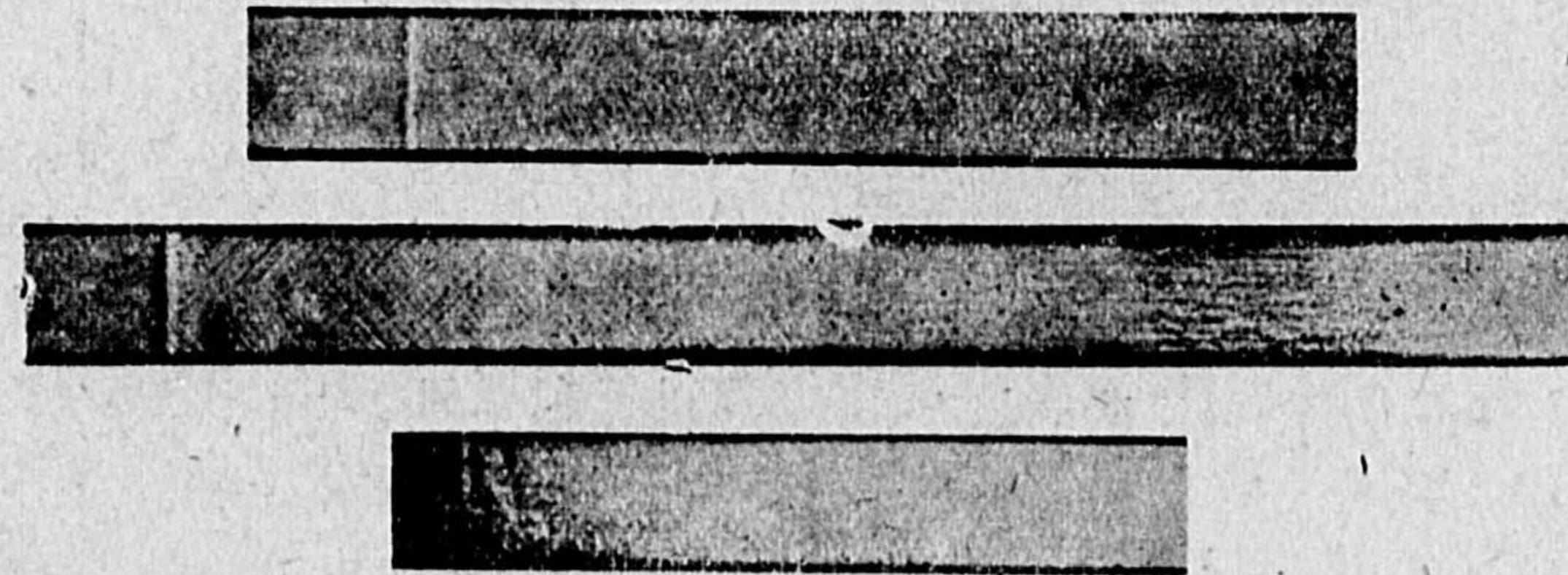
次で爆發速度四千秒米に及ぶときは一方閉管の開いた端で點火し、その焰を寫真に撮ると下圖のやうになる。此れは a b 間は普通の燃焼で、 b から高爆發速度の現出を表はしてゐる。此の時燃料ガスは硫化炭素(1モル)と酸化窒素(6モル)の場合である。此の b 以後の爆發速度が極めて迅速となると、寫真には b よりして、火焰の中(黒部)を愈々狭ばめ上方へ高く延びた黒い一本の線と現はれてしまふ。



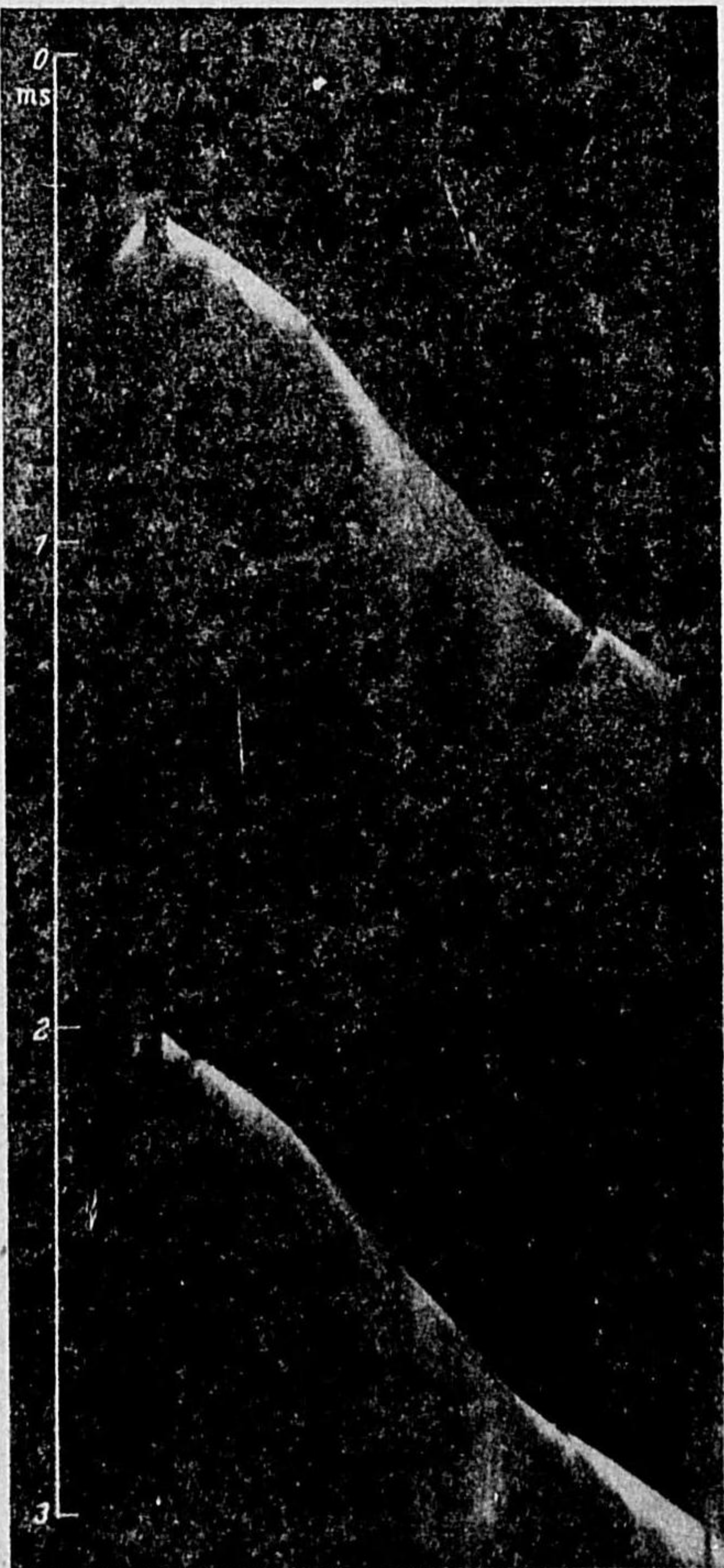


發火部より進む焰の進行中の姿を撮影す。

火



焰中壓波の映畫撮影。



蠟燭の火

ペンゼン燈や爐ガスの如きは、爆發性の混合ガス燃料を使用するので、この時の速度の問題は全くその燃料ガスの爆發速度に依つて決定されてしまひ、化學反應の遅速は殆んど無關係なのである。然し一般的に燃焼の事をみれば、凡てがかかる事例ではない。化學反應の速度を考慮せねばならないものが少くないのである。その種の例は燃料が豫め可燃物と酸素の如き助燃物と配合されたものでなく、むしろ燃焼を起しつゝそれが辛うじて混和達成されるやうな

ものであつて、最も適當なる例が蠟燭の燃える場合である。

蠟燭の燃えるときには、外圍の空氣と燃料との混合作用が大に影響するのである。

此の種の燃焼を簡単に説明するものは、管を二重として中央の管から燃料ガスのみを流出させ、外圍をなす管から空氣のみを流して、此の兩者を中央管の出口で會合させる如き装置で實驗を行ふのが便宜である。

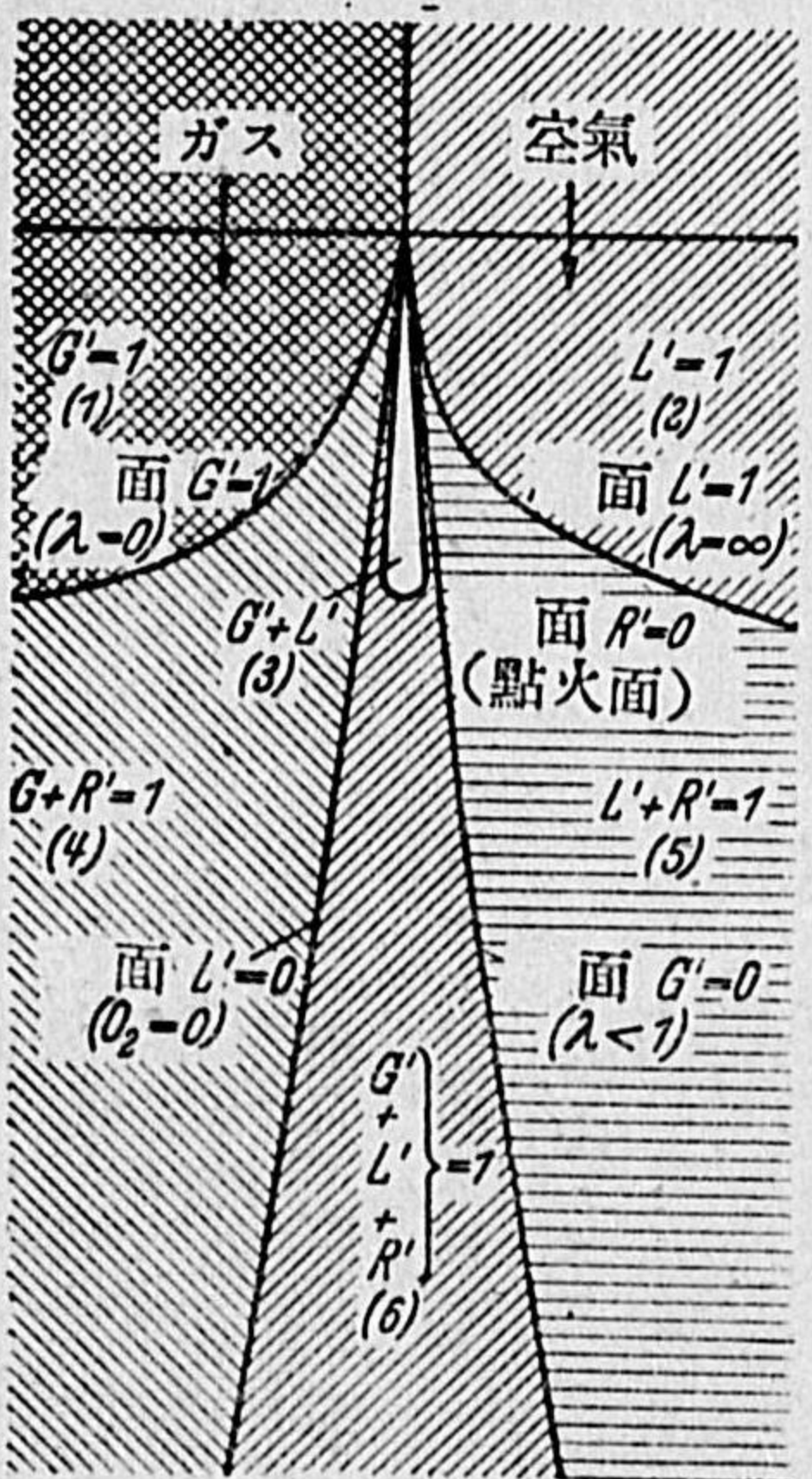
毎時の空氣(立)	毎時メタン(立)	焰高 cm
一九八	一〇・七	三・一
五〇九	二八・三	一一・三
八三五	四六・四	一八・四
一一六〇	六四・六	二五・一

この常の形は空氣の十分に與へられた時の焰の形であつて、ペンゼン燈の空氣不十分なるときの焰先が擴がるのである。この流出する空氣と燃料との割合は流出速度が同一ならば、面積の二乗に比例する。乃ち R_1 と r_2 との比である。この兩ガスが擴散作用で、外の空氣が中のガスへと侵入してゆく部所、長い焰の全面部である。焰光の終りの點で燃焼が完了して燃料は凡て燃え盡してゐるのである。焰の長さはガス流出速度及び溫度を大きくすると、長くなる。併しこのとき擴散率も高められ、ガスの燃焼は早く完了する譯であり、焰の長さを短かくするやうに働くのである。この長くする事と短くする作用の合した結果をして、焰の長さは決定されるのである。(R は空氣の流れる管の半径、r はガスの方の半径)

今かくの如き例で、メタンを燃やしたその焰の高さについて調査すると、興味ある一つの結論をうるのである。

メタン焰の高さと流出速度(擴散焰にて)表

毎時の空気量	毎時のメタン量	焰の高さ	メタンの流出容積で 焰の高さを除した價
一九八(リットル)	一〇・七(リットル)	三・一(センチメートル)	〇・二九
三八二	二一・二	八・六	〇・四〇五
五〇九	二八・三	一一・三	〇・四〇
五七三	三七・一	一四・八	〇・四〇
八三五	四一・四	一八・四	〇・三九六
一〇五〇	五八・四	二二・九	〇・三九二
一一六〇	六四・六	二五・一	〇・三八〇



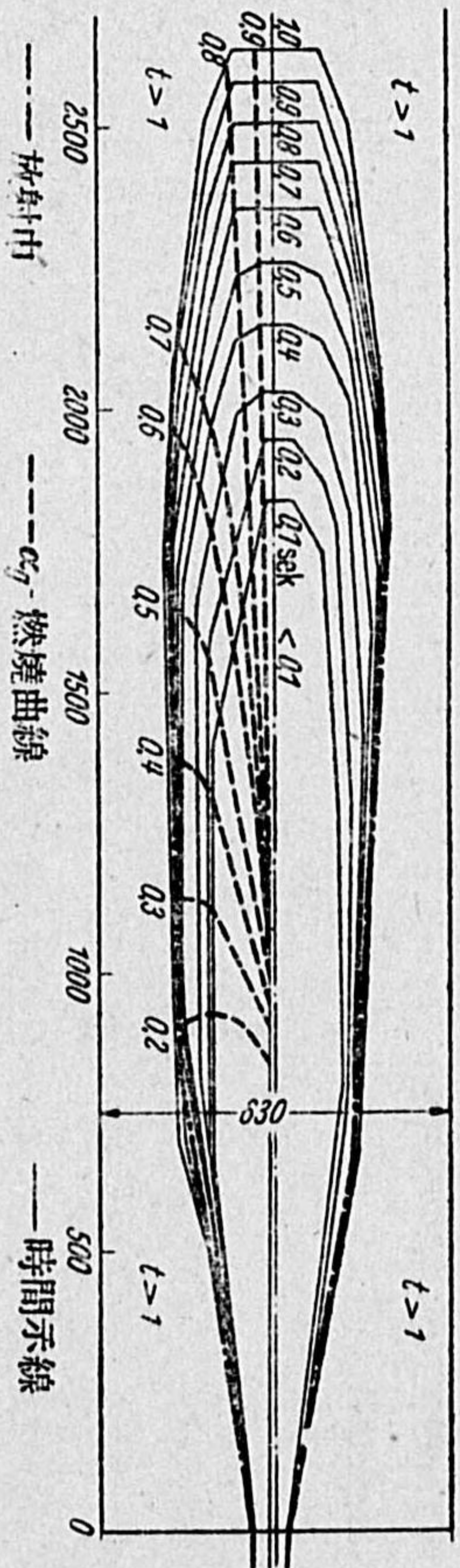
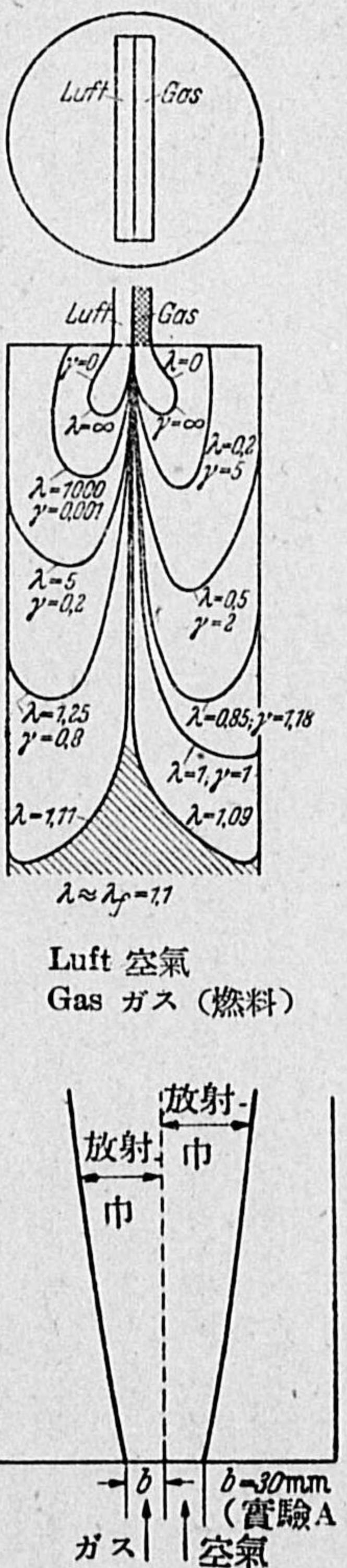
- ① $G=1$ (未燃ガスのみなる部)
- ② $L=1$ (未燃空気のみなる部)
- ③ 豫熱部
- ④ 未燃ガスと反應せる火との混合部
- ⑤ 未燃空気と火との混合部
- ⑥ 反應を起してをる部即燃燒部

空氣もガスも混合しても即座に燃燒を起しはしない。或る期間これが温められる必要がある。③部はその部に當る處で、豫熱部であり、而して火の未だ成さざる處、即火が零といふ處、別言すれば點火面となる。⑥部ではガス、空氣及び反應しつゝある即ち火との渦動的に混合しつゝある處である。此處にはガスが線狀をなし、或は束狀をなして④及び⑤から入り亂れて來る處である。それは何れも薄層を作つてゐるのであるから、流れ込むや直ちに化學反應を起して燃燒し、火焰となつてその部を満たしてしまふのである。

λ といふ文字で示したものは完全燃燒に必要な空氣の混合率を示してゐる。例を以て示せば、丁度適量に混合してゐるガスと空氣についてはこの λ の價は1と記してよろしく、純な空氣のみであるものには λ は ∞ 無限大となる。(燃料の方は零なのであるから、比率は無限大となる)また同じ意味で純粹な燃料ガス、即ち空氣を含まぬものについては λ は零となる。

これと同様にしてガスの方を基準にして考ふると、ガス因子といふものを考ふことが出来る。 λ といふ文字でこれを示すと、これは $1/\lambda$ となつて適當な可燃混合燃料には1となり、純粹な空氣には零となり、一〇〇%のガスには ∞ となる。

此の規約を使つて二つの並んだ細隙から突出する空氣とガスについてその含有量をそれ〴〵に示したものが圖の如くなつて來るのである。空氣の側について言へば初めは γ が ∞ で純空氣であり、次は燃料の價は零である(空氣一〇〇%だから)次には λ が一〇〇〇で γ が 0.001 、即ち少しくガスが混入して來てゐる。次第に λ が1に近づくとは燃燒に適當なる混合ガスとなりつゝあるのである。 λ が一・一一といふ處は空氣が一〇%だけ餘分となつて來た處で、燃燒焰の終末部である。

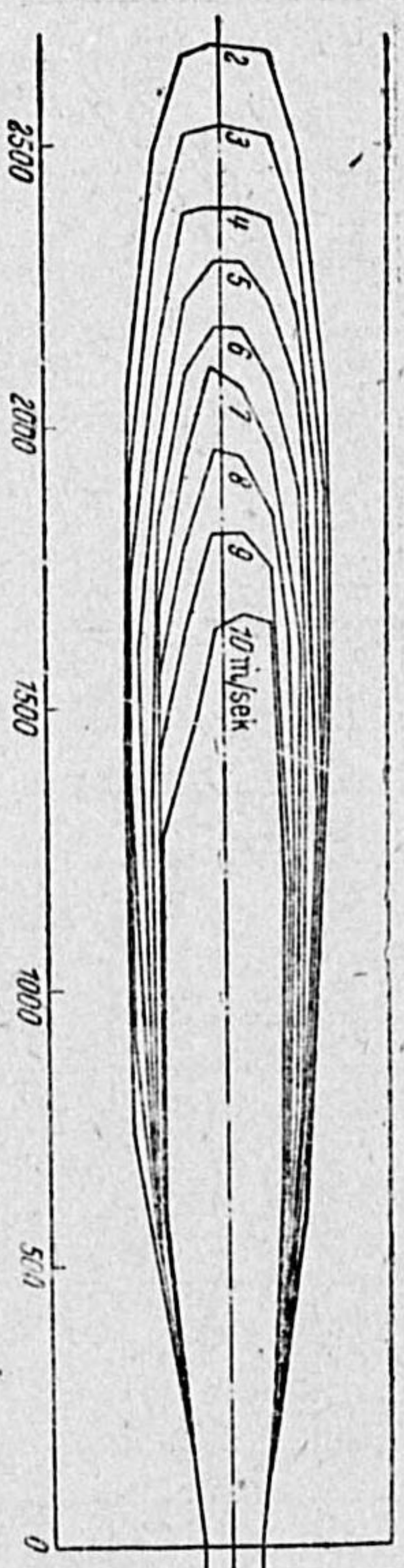


燃料ガス（右側）についても同じやうな事が考へられる、 λ も γ も各1である部は、燃焼の完全に遂行されてガスと空気との過不及の無い處である。

此の實驗を更に精細に行ふために、水素を空氣に混合してそれを燃焼し、 λ なり γ なりの價を求めてある。水素を使用した所以は水素は空氣十萬の分一まで混入したものについて、燃焼反應の測定が可能であるからである。

この實驗の結果を圖によつて示すと、次の如くなるが、實驗は三〇ミリメートルの細隙から空氣及び水素を噴出さ

せて燃焼させたのである。



この圖では大體實際のまゝとみてよゝので眞線は速度を知る事になるが時間を示す曲線である。Sek 秒の略號で此の文字より下方は吹出しが速いので眞線で示した位置までに〇・一

秒以下で達してゐる。その先は〇・一秒、〇・二秒と秒の進みは同一間隔であるが、進みの距離は短かくなつてゐる。

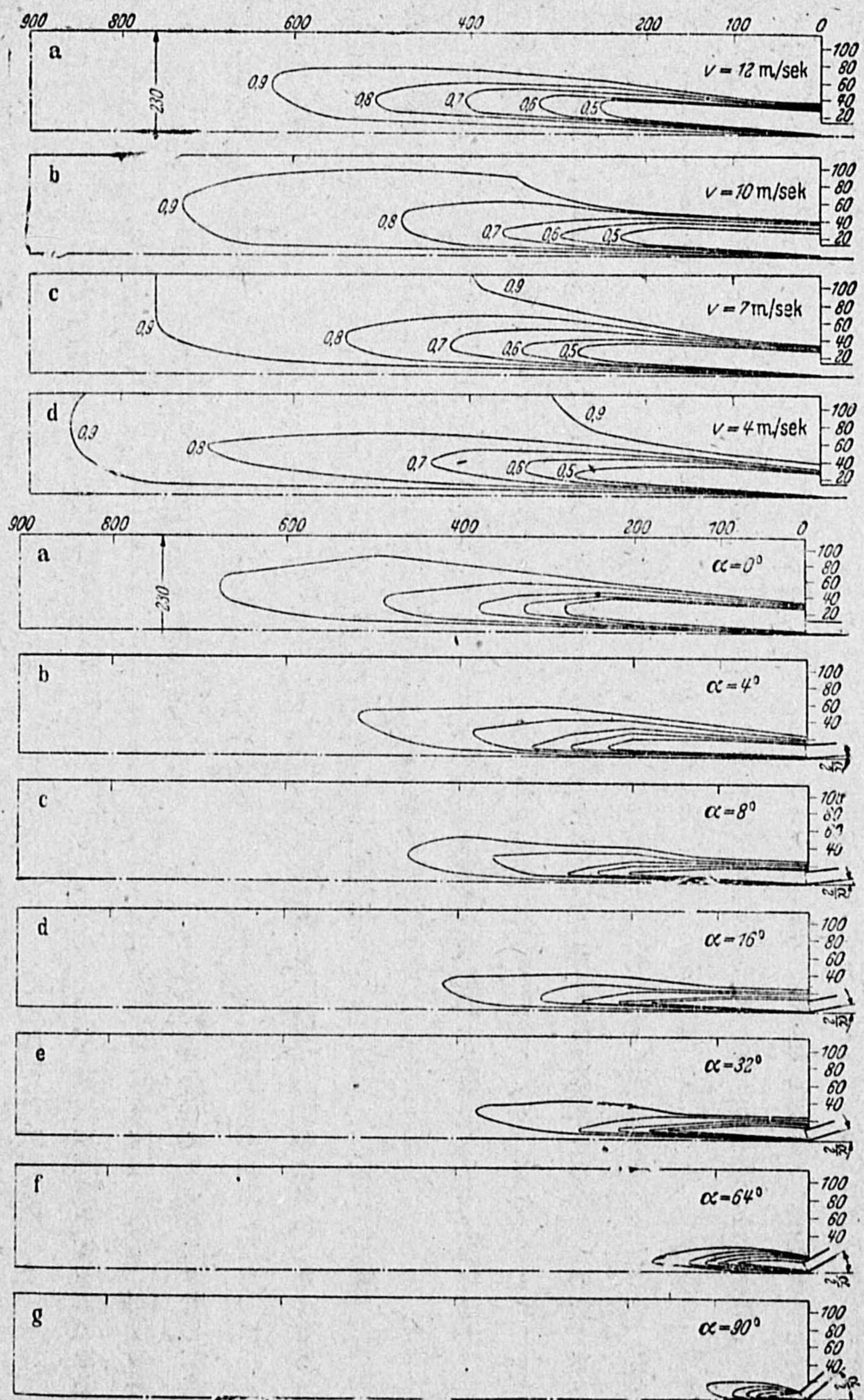
點線は水素の進行と空氣の進入して來る角度の傾を示した、同一價の連結線である。速度六三〇（これは管の徑か）を越した處から點線が表はれてゐるのは、此處から燃焼焰が現はれたのであらう。

これは噴出速度と混合状態との關係を實寫したものであつて、 v は速度を示し秒米を單位とし十二は毎秒十二メートルの速度で、ガスと空氣とを吹き出したときの圖である。細隙の廣さは十四ミリメートル、幅五〇ミリメートルで

あり、實驗のため焰を作る管の幅は二三〇ミリメートルである。上線に記入された數字は各々の時の入の價である。また細隙を出るとき、ガスと空氣とが平行でなくして、或る角をなして衝突しつゝ出る場合を示したのが、此處に示した圖である。 α はその角度である。

平行した時 γ が零度のときが焰は延び幅も廣くなるが、九〇度となると焰の長さも幅も無くなつてしまふ。

これ等は水素での試験であるが、一般にも通用しうるものであるべく、爐の火を焰の面を廣くし熱力を盛んならしむるには、ガスの進行する筋道と空氣の吹き込み送らるゝ方向とについて、十分に考へておかねばならないのである。



火花と閃光

火花を出すものには純酸素の中で燃すと硫黄、燐、アンチモンなどがある。マグネシウムなどは火花に用ひられてゐることは知らるゝ通りである。砒素、アンチモンの粉末をクロルガスの中で燃すと、火花を生ずる硫黄燐も極微粉では同様に火花となる。アンチモンを紙の上に融けたまゝに延ばして塗つたものは、燃すと美しい火花を放つ。(炭末の火花は火花の項に記す。)

蠟燭が將に消えなるとするとき、一時光を強くするのは、此の時には空氣の供給が比較的十二分となり、燃焼も盛んとなり、同時に温度が高まり可燃物の揮發が盛んとなつたためである。

火花

火花を散らしてと言ふと勇ましい劍の形容である。劍を離れても此の有様は眼に爽快の感を與ふるのであつて、夏の夜の線香火花の涼味も突き込むやうな音を伴うて散る火花の技である。

線香火花の火花は松煙といふ煤がもつ特殊な炭素の状態から起る火花で普通の炭末を硝石と混合して熱してもそれは無益である。

火花を散らすものは金属末に多く、鉛の粉末はこの方面に火花薬として、昔から使はれてゐた。この鉛のやうな軟らかな金属を粉末とすることについてはお話がある。この事は困難な仕事であつた、處が私の探し出した昔の火花本の寫本に鉛を粉にする法として熔融した鉛に食鹽や灰を入れて掻き廻した後、これを水に浸すべしと記してあつたに、は敬服のほかなかつた。今日の特許に同案のものがある。錫などを粉末にするのであるが、昔の人の技術が秘められ

てゐたため發達を阻害されてしまつたのは残念であつた。また鉛の粉末を窒素中で作る法もある、鉛の微粉は空中で自ら燃えるのである。アルミニウム末が燃えて火花を出すことは電氣火花にもある。少量の鹽劑を入れておく（多量だと危險的爆發）マグネシウムもある。また珪化鐵を摩擦して火花を出す事は、玩具の機關銃などにも應用されて子供を悦ばせてゐる。

液體空氣のやうな極冷の處でアセチレンとエーテルとの混合物が光るのも一つの興味を求めうる事もある。

自然的に燃えて自爆性の粉末には鐵、コバルト、ニッケル、リチウム、鉛などがある。

常溫で空中に燃え出すものには、アルキル化金屬（エチル亜鉛などの）硫化炭素に溶かしてある燐、カリウム、ナトリウムは萬人の知る處である。又グリセリンを過酸化マンガんに添へたときなどである。液體空氣も常溫で燃えはせぬが、劇しい爆發性を有してをるホスフィン即ち燐化水素が空中で自ら觸媒、即ち少量の夾雜物の存在によつて、發火を誘發されるものには火を放つ實驗は、中學生への化學教授の一つの殘る印象かもしれない。ガソリンと空氣が白金墨の處で自燃したりするやうなもので、これ等の時の觸媒の作用は發火點の低下を來したり、又は酸素の遊離を助けたり、或は可燃物の分解を促進したりするのにある。糖蜜も酸化鐵と混ずるとき燃え出す、木の灰の如きが砂糖の自燃を助けることもある。

白金粉末の存在は自然の原因となることが多いのである。

鹽劑とアルミニウムの如き、劇しい酸化劑によつて、金屬や木片などの燃え出すことは例が少くない。鹽化エチルなどが木片に吹きつけられて火を出すことがある、アセチレン誘導體である。クロル、ヂクロル化物などは撃突で發火するのであり、アルキル過酸化物殊にヂメチルパーオキシドなどもその劇しい一つの例である。これ等は自然發火

をなす。

次に點火料として火花に用ひられたものには燧石がある。金屬を石などで叩くと火花を出す。これが危險を生ずる場合には火花の無い金槌としてベルリウムと銅との合金で作つた槌がある。

液で火花を見せるものでは、木精と過マン酸カリと濃硫酸の混合が火を見せる、これは木精に點火はせぬ。（このとき酸化作用は起る）火花ではかなり燃え易いものも點火しないものが多い。然し、豫め加温してあると點火するものである。

電氣のスパークは點火の原因となるため注意されてをる。長い青白い火花よりも短い赤色スパークが酸素水素混合物を爆發するには力強い、金屬の如きでもその状態によつてはスパークで發火する、火藥類は殊に危險性が高い。黒色火藥は着火し易い故、無煙火藥と並置しておくことは、無難な無煙火藥までを危險に誘ふやうなものである。少しく大げさな話であるが、セルロイドなどに用ふる、染料に電氣を導くものと然らざるものがあることも、一考してみたい。ライデン瓶のスパークは溫度二萬度にまで高まるものであるといふ。

發火の原因となるものに、音波の如き波動運動があることは、少しく驚くに足りるであらう。火藥にあつてはこの例が殉爆といふ事柄を起す。一ヶ所に爆發があると、數間離れた處の火藥が爆發する。

ダイナマイトを一―二寸間隔をおいて一つを爆發させたに對して、次の數個が次々へと爆發することがある。此の事を殉爆というてゐる。沃化窒素は振動數六十回以上の音波並びに他の爆音に感じて爆發するといふ。なほその音波を熱量計のポンプに感應せしめたといふ話もある。

音の振動數は少いのは毎秒十數回から多きは四千二百回近きにまで、各音階で異つてゐる。この振動數毎秒七十萬

になると超音波と呼んでゐる。全く耳に感じなくなるが、寫真乾板の銀のエマージェンを極度の細かいものにまで分割するといふ、この超音波を以て油などを水に乳化せしむる機械がある。また航空機の發動器の材料をこの超音波で變調させることも試みられてゐる。或る防空の書に記してある超音波によつて乳化液やクリームを作ること、實驗室家でも廣く行はれてゐる。

光波によつて發火するもののある事はいま述べるまでもあるまい。

内燃機へは古くは、針金の赤熱したるものや、棒などを以て點火してゐた。これが雷管を用ひたり、それが電氣のスパークなどを利用するやうになつた。

内燃機關内の焰

火花によつて爆發性ガスを誘爆しうるのである。火花が果して爆發を起しうるか否やは無論ガスの性質とその火花の強さによつて定まるものである。然し電力の表はれ方によるも多少の關係があり、電流と見なしうる場合と純粹な火花と認めうべきやうな状態も考へられるのであり、その結果にも自ら區別を來す、電極の抵抗度なども考へねばならぬやうにその他幾多の點に注意してその結果を判斷する必要がある。

併しその最も重大なる効果はエネルギーによつて最初の分子が如何にこれを受け入れたか、又その分子から受けられたエネルギーが、次へどう轉廻して行くかは、熱力學的に取扱ひうるのである。

その結果、定量的な式として次の如き式が數學的に誘導されてゐる。

$$\sqrt{\Delta p^2} = 2Dl$$

D = ガスの彌散率、 l = 分散時間　この價は大體 $1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ となる。

$$\sqrt{J_{\text{sp}}^2} \text{ は } t = 10^{-4} \text{ s} \text{ とし約 } 10^{-2} \text{ cm} \text{ となる。}$$

火花 爆發

火花によつて誘發される爆發を單に火花の熱量より考へて、これを熱力學的にのみ取り扱ふことは相當の無理を認めるのである。火花としても、非常に短時間に消滅するものもあり、また比較的長時間振動的に動揺を續けるものもある。此の状態はその誘爆の遲速にも影響するので、事實は熱量はあつても極度に短時のものは誘爆は困難である。また熱のガス内への傳導を考ふるときには、火花が一點であるが、多少球状をなすかでも大に相違するのである。

メタンは鑛山にも屢々危害の原因となるものであるが、Coward (J. Am. Chem. Soc. 1927) は、メタンと空氣との混合物につき、火花爆發を試験し、熱力學的にこれを取扱つてゐる。反應に白金極を使ひ火花はコンデンサー (0.0006 MF 容量までのもの) 或は感應コイルを使つてゐる。

その實驗の結果としてメタン 8—9% のものが最も容易に火花で爆發され易く、この時の白金極の間隔は 0.52mm である。感應コイルに於ける電力はプライマリー電流 1.45A であつた、これを 1.40A となすと 4 回火花をくりかへしても、爆發をしなかつたといふ。また分析の結果は、火花に對するメタンの燃焼量は微量なりとは言へない。毎火花に 0.59mm³ であつた。それでも全體にわたる爆發を起しえなかつた事がわかつた。

これと同様な他の實驗で、白金極の間隔は同一とし、第一電流を 1.3A とする事が、最少限の爆發電流であつたとさうである。又 1.25A では抵抗を高め各火花の切斷部に於ける一容積は 0.53 及び 0.52mm³ であるといふ。また白金の極間隔を 1.0mm となし、抵抗を高めると、0.90A で爆發を生ずる。又 0.85A では、ガスの消費は 0.45 或は 0.41mm³ であつた。このとき僅かの極の冷却も抵抗をかなり高くなす筈である。

次に極の間隔を 0.52mm と一定しおき、ガスの混合成分を變化させて行つた。(Coward)

メタン+空氣爆發

メタンの%	六・二二	八・四九	一一・一八
爆發を起す最低プライマリー電流(A)	二・四〇	一・四五	二・八〇
爆發を起しえざる限の(A)	二・三五	一・四〇	二・七五
毎火花により燃焼せしガス容(mm ³)	一・四〇	〇・五九	一・〇一

次に炭化水素の數種についてその混合率とこれを爆發させるプライマリー電流Aとの關係を圖に示す。

メタンと空氣との實驗に於てメタンを9-13%までに變化し、極間 0.52mm で 1.50A の第一電流を以て爆發してゐる實驗もある。この中 8.9% メタンの時 1.40A を以て爆發を起したのは例外的なものであつた。

メタン+空氣爆發表 (Coward)

(兩極間 0.52mm, 第一電流 1.5A)

メタンの%	三・三三	六・三三	八・四九	一一・一八	五・六	100
毎火花による分解容(mm ³)	〇・三三	〇・三三	〇・五九	〇・三三	〇・三三	〇・一E
毎火花によるメタン分解容	〇・〇一七	〇・〇四八	〇・〇五〇	〇・〇三三	〇・一七	〇・一E

火花は寫眞撮影法でそれを圓筒上に撮つてゐる。その時間は 1.50A で振動 35-40回 0.0023 秒の間に 2.75A では火花の振動の數は著しくなくなつてゐる時毎は 0.0081 秒である。

火花を起すに感應コイルによらず、コンデンサーを用いた實驗の結果では、火花の時間 0.00003 秒以下では爆發は起らなかつた。此の時 8.47% メタンを含む空氣混合氣體で、燃焼ガス容は 0.90mm³ である。

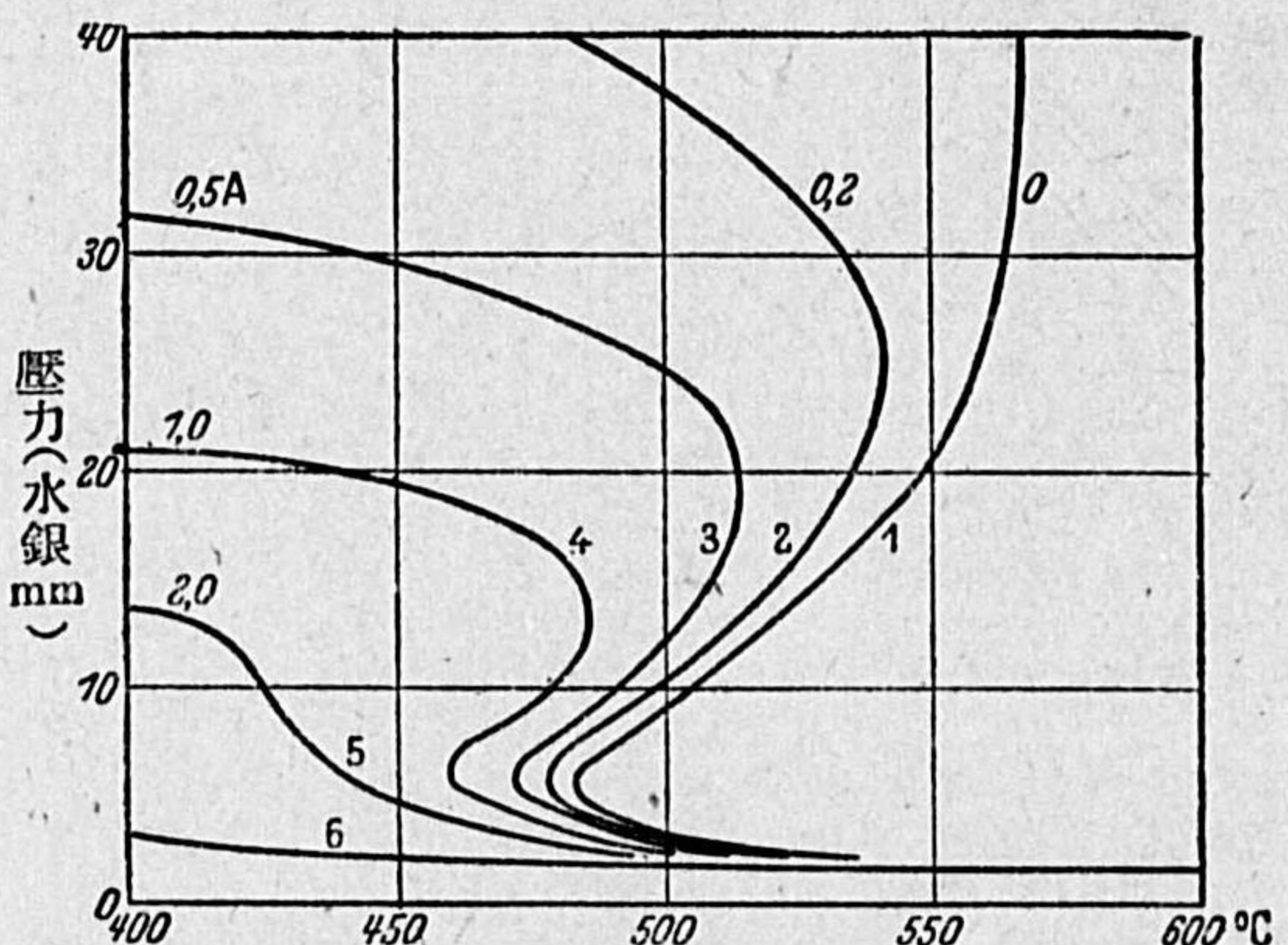
感應コイルの時は 0.50mm³ であつた、この 0.9mm³ の場合を熱力學的に取扱ひ、そのエネルギー量を測るに此が爆發には未だ足らざるものなる事は Morgan (Phil. Mag. 1923) によつて明かに示されてゐる。

今メタン mm³ 容が燃焼してそれが一點に 0.0009 カロリーの熱を附與するとし、その1秒間に上昇する温度Cを示すと、

メタンの燃焼容積と上昇温度

温度 C	容積 mm ³	時間 秒
七〇〇	一・二四	三・四 × 10 ⁻³ (單位 1 秒十分一)
一〇〇〇	〇・八七	二・七 × "
一二〇〇	〇・七二	二・四 × "
一五〇〇	〇・五八	二・〇 × "

七〇〇度はメタンが數秒を以て爆發しうる最低限度のものである。



2H₂+O₂ の混合氣體の自己爆發範圍 (1-6 迄の線あり、附記せる數字は變壓器の第一電流の強さ)

第五章 冷 光

ポロニアの石

ポロニアの石——北部イタリア婦人の黒い長く垂れたシオル、眞黒い細レースで編んだ肩掛、此の黒いレースに全身を包まれたイタリア容姿は、北歐の人と異つて黒い太い眉、稍つるしあがつた事も、東洋人に似通つた氣持を漾はせてゐる。毛髪の黒いのもスペインと此國の人の特色である。その長い肩掛を古來から郷土調として、今に棄てないポロニアの婦人。

x

ポロニアの石——アルケミストの時代とも呼ばれる十六七世紀のイタリア人も、聖者の石を求めて廻國巡禮のやうな、もつと適當には不倶戴天の仇を探ねる孝子節婦のやうな、儂ない夢を結んだ日も多かつたらう、聖者の石は、土を黄金に化身せしめる妙力の石である。

硝酸と水銀が、偶然のことから、アルケミストの眼前に現はれたとき、彼等は之を聖者の水と唱へた。黄金への動き、金の歴史をまとめたなら、人間の興味ある執着を記し出しうるにちがひない。幾多のマルコポーロも、畫面を賑はして、此の不思議なものの魅力を説明してくれるに相違ない。

ポロニアの石も、此の人間史の一頁に納まるのである。異状に重い石、それは金とならかの因縁を持つてゐる筈である。此の石に生命を吹き込むのは、アルケミストの使命であると彼等は信じてゐた。

少くもポロニアの靴師であり、學者でもあつた Vincentius 氏は、さう考へたのであつた。Paterno 山に此の重い石を見出したときには、お寺で親しんだ煉獄の畫幅が、彼の眼前に展開されたかもしれない。怖ろしい火に入れられる人、業火に悶える命、然し、それは地獄ではないのである。鐵は火に依つて清められ、淨化されるのである。火は人間を鍛冶するものであつて、滅殺してしまふものではない。今ポロニアの石も黄金へと生まるべきである。

(ウインの町の博物館で、ある繪畫を見た。丁度地獄の繪卷のやうで、珍らしい興味を引いた、その寫眞を求めて來た、これも東洋人には地獄の圖と見えたが、歐人の眼には煉獄なのである。)

ポロニアの山——靴師は此の石に煉獄の試煉を施した。アルケミストの煉獄は、火に加ふるに硫黄・炭、時には硝酸などを用ひた。ポロニアの人も火と炭で煉獄の行を修せしめられた。

石は金とはならなかつたが、光る石となつた。

x

光に對しても東西人の見方にちがひがあるやうだ。吾等の傳説は、都の去る家には、四天王寺の塔の影するを、『西遊記』の記者は傳へてる。(細い戸孔から)伊豆の手石の洞窟には、三體の佛身現し給ふといふ。吾等は此處で止まつた。パリのパンションに客となつて居た時、食堂の白いテーブルの上に、美しい虹色の浮動して居るのを認めた。時には壁に逃げて居る事もあつた。薄明りの室に此の月光の遊戯は、美しさと静けさと、ある氣高い何物かを感じるやうであつた。

寺院を尋ねて——ドームの高い圓蓋にちりばめたステンド、浮世ばなれの心持ちに自から引き入れられて行くのである。

オランダの畫家は、此の日光の戯れを畫にして居る。ハレーションのやうな虹のやうな隈取は、窓を肩にして幻のやうに淡く、豫言者らしい姿を包んでゐる。又別な取扱ひでは、フラスコの投影、シャボン球を吹く兒童。

ゲーテのワイマルン住家——詩聖が晩年を送つた處である。臨終のベットもそのまゝで、傍に藥ビンまで残されてゐる。ホッフ（中庭）を廊下の窓からのぞいた。隅に小さい小舎がある。ゲーテの科學的の實驗は、此の小舎で行はれたのであつたと、案内者は説明した。

ポロニアの石——ゲーテは親しくイタリアに遊んで、此の石を求めた、彼の『光の物理學』には、此の石のスペクトル分析が細かく記されて居る。

詩聖が小さな分光器をもつて、イタリアの光る石を熱心にのぞいてゐた時の風貌を想像した。それよりも彼の思索がどんなに動いてゐたかしらと思はざるをえなかつた。小さな石に彼は何を見出したらう。單なるスペクトルの色だけでありえたらうか、詩人といふものが、物理學者らしい境遇に入つた時には、やはり平凡な物理學者となつてしまふものか。（平凡の語は素直と改むべきか。）

×
スペクトル分光の色は、ガラスと薄暗い部屋と透明な日光とを有する西洋人に與へられた恵みであつた。ゲーテも此の恵みに彼の晩年の一つの慰安をえたのである。これは稚い兒童がシャボン球から與へられる樂しみと、同じ自然の贈物である。

此の天恵をもつ西洋人の繪畫を考へよう。

ルーヴルの殿堂をまつまでもなく、洋畫から色彩を取り去つたらどんなものとなつてしまふだらうか。

日本畫が他の追隨を許さざる點は、墨色であることは申すまでもあるまい。

西洋人は日光の色を見る機會を幼少の時から與へられてゐた。吾等は日光の明暗をみる事に遭遇したのであつた。

日本畫と西洋畫は、一枚のガラス板によつて兩國民の間に運命づけられたのであると言ひたい。

×

ポロニアの石——私は薄い光を感じる時には、人間の視覺神經は、明暗のみを感じて、色を感じず、色を識別する神經は、此の際は遠慮して働かぬものである、と聞かされた。

然りとすれば、ポロニアの石、光る石は、明暗のみを感じる程度の光でありはしまいか。

ポロニアの石の光のみを見てゐた婦人は、どんな色の好みを生ずるであらうか。それが黒であらうと言うては、餘りに筆を自由に使ひすぎるかもしれない、然し日光の薄い北歐の人よりも、光の強いイタリア人は、光の明暗を、黒色を解しうべき筈であるとは言へやう。

ポロニアの石が、此の世に生れたのが、今日の夜光塗料といふ因縁である。どんなことになつたらう。

冷光の語義

ポロニアの石の出す光のやうなものを近頃吾々は冷光といふ名を以て、時には呼んでゐる、それにベルキーといふ人も已に之を用ひ、ドイツでも同じ意味の言葉を近頃は盛んに用ひてゐる。

冷光と名付けたのは——學生時代、螢の光はエネルギーの全量を光に使つて熱といふものに消費しない、それだけ光の源としては無益な熱にエネルギーを空費せず、これを理想の光と考へてゐたことによる。熱を（少くとも常識的には）出さぬといふ處から冷光と螢の光を言うても宜しく、硫化バリウムを日光にあてて後しばらくは暗所で光るのもまた冷光と言うても差支あるまい。結晶を碎き割るとき、その瞬間に現はれる光も冷光であらう。ラヂウム線に刺戟されて礦物の光るのも冷光である。

それでも或人から冷光というたとて、冷たくないと言ふと反語を受けたので、冷たい光がどの邊にあるか注意してみた。一つ正に冷光の名に恥ぢぬものを見つけた。

液體空氣は零下二百餘度、冷たい方の大統領である。この液體空氣の中にアセチレンを溶解したエーテルを入れると、光るのである、光るあたりは稍温かいかもしれないが零下百幾十度と見てよからん。反語子も指でも入れたら此れは冷たいとなづかれるかも知れない。（實際は液體空氣を掌上に置いてはさう冷たくはないが。）

亞砒酸鹽や砂糖が結晶するとき光を放つ。これは有機化合物の三〇%にまで認められる通有性である、硫酸鹽にも此れがある。打撃、衝撃、摩擦で光を出すものはアルカリ金屬、マグネシウム、アルミニウム、鹽剝、臭素酸ストロントウム、などあり、氷砂糖も打ち合はせれば光る、ナトリウム、カリウムを切斷するとき面が光る、水銀を空氣の稀薄なガラス管中で振れば光る。

五二酸化燐が融けてるのが、固まるとき光る、鹽化アンモンを融けた亞硝酸ソーダの上に振り蒔くと光る。此れ等を冷光とは申さずとも、ダイヤモンドの不純なのが光るなど、まだ幾つも常温に於てそのまま光るものもあらう。

燐の酸化は多少熱の伴ふものであらうが、手に觸れて熱くはない。この時壓力が加はると光度を増す、濕氣も大に

然り、墓地などで光るのもまた一理あり、この中には周期的に光るのがある。明滅恨むが如きでは愈々以て幽靈の火らしくなる、イオン化した空中では大に強く光る。

焰のイオン化といふのがある、Eggersの説で熱によつて元素がイオンとエレクトロンとなる。(Endimeter) がスや爆發ガスのイオン化をハーバーは説いてる、燐が光るときイオン化をみるといふ。Ebertは風でも煙でも空氣のイオン化を來たすというてる。光線による爆發法などもイオン化の問題が關係してゐる。(防空などのため)

イオン化は様々な原因で空中に起つてゐる、その下に燐は怪しげな光を幾世紀か放つてゐたに相違ない、燐をワセリンと混合するとイオン化するといふ。エマネーションみたいな事をやるといふのである。微細の焰の認識にイオン化を電氣的に測つて知る法もある。

燐を二硫化炭素や油に溶かしても光る、燐は酸化燐となつても光る場合が多い。

冷光といふに、ふさはしい淋しい光ではないだらうか、まだ生物の光もあり腐木の光もあるが。

冷光の色

蠟燭の光るのは蠟が燃えてゐる間に一部は分解して炭素と水素となる、水素は燃え易いが、このとき炭素は石墨や金剛石の如くに中々燃えない質の炭素となつてゐるものもある。これ等が熱せられて光り黄赤色を呈する。

蠟燭には面白い話がある、此れに砒素や水銀を仕込んで、殺人の具としたのであつた、猶太の昔話である。蠟燭の火を花火のやうに赤や青となす事は熱が低いいためむづかしい。(蠟燭にベトローフェンなどの像を畫くなど美しい意匠を凝らしたのもある)冷光の色はどんなであるか、紫もあり、赤もあるが青が多い。

色は人間の眼の感じであるが、どんな色の光でも、非常に強い光度の光は凡て白と感ずる。

三才圖會には人魂火は色青く微赤を帯ぶとある。浪花は發光バクテリア、夜光蟲、放射蟲その他の單細胞生物や、また様々の浮游生物の光りである。色は桃色、黄色、青色、緑色であるが青と緑が多い。發光蟲で思ひ出すのは昔の生物學者は太陽の光を螢のやうなものに基くと説いた事もあつた。不知火は「點々として漁火とも見え」と記さる。此の光は景行天皇九州御征討の記事中に載せられ、古來有名なものであつた。これは宮西博士の調査で干瀉に漁する漁船の火影が、大氣の氣温は急下し三〇度位となり、反つて海水は晝の温を保ち海面の空氣は温度高く、空氣中に不連續層が生じ、これに依つて光線の屈折を見て吾々の眼は怪異を感じたのであつた。人工的にも不知火を作るも一ツの火が數火に見える、また山頂や船のマストなどに怪光が現はれる。時には梢や甲板にまで動いて來る。暗夜の航海には神祕な感を起す、これをセントエルモの火ともいふ、電氣の放電に依るのである。

眼は萬象を腦に感受したまゝに見るのである、ヘルムホルツが星は天にあらす腦中に在りと言つたのは、この事を指すのである。闇の夜に空の光を測ると、波長〇・四九—〇・三九 μ である。これは星のみ依る月光ではない。太陽面では光線の副射力は物を速くに送らんとし、その引力は飛びゆくものを抑へて戻さんと働いてる。太陽面では一秒七十萬米の爆速をもつ激しい爆發が斷えぬ、此の爲め極微粒子が雲よりも細かく漾うてる、この微粒子の密度によるが、先づ直徑一・五 μ 以下のものは引力を拒否し、光に押されて宇宙へ逍遙する、或物は地球へ來る。直徑〇・一六 μ のものは二十四—一 μ のもの七十二時間で地球氣圈に達し、空氣に阻ばまれ浮游してゐる。此れは勿論イオンであり帶電性であるから、地磁氣に作用されてその配列が整理される。極光の原因をこの粒子の配列におく人もある。此の光は螢光ではないものもある。然し螢光體があればイオンの間でその螢光は強化されてる筈である。

螢光

赤インキを日に照らすと黄色いギラギラとした光を認める、少し大きな瓶に入れて振ると更に此の光を認められる。インキの繪具は赤はエオンが一般に使はれてる、エオンを水一リットルに十萬分の一グラム加へたので晝間でもはつきりこの光がみえる。この様な光を出すものには石油、葉綠素、ローダミン、硫酸キニーネ、アンストラゼン、フルオロレンなどいふものがある。何れもアルコールか水溶液を日にあてると光る、波長は〇・四—〇・六 μ の間にあつて、緑が多く、幾分黄に及ぶ光の色である。此の事は蒸氣でも起るのでヨードの蒸氣も水銀アーク燈の中で光る波長は〇・五四—〇・六 μ である。酸素も石英管中に入れ水銀放電によつては光る。アルミニウムを電極とし放電すると水銀が低壓管内にて温度三五〇度位で光り、〇・五—〇・三の間の波長を示す。ナトリウムの蒸氣をアークの白色光に晒らすと黄光を出す。

此の光は光線が反射によつて起つたものではない。いま眼に視る事の出来ない紫外線をあてると、同じやうな色の光を示すものが幾つもある。硫酸キニーネの溶液に紫外線をあてると、うすい青色の光を放つ。サルチル酸にも同じ事がある、酒類にこれを混合したかどうかを検定するには、酒を紫外線にあて、検査が出来る。亜鉛華も同様である。(此れは硫化亜鉛の不純物からと申す人もある。)チタン白は同じ顔料でも光らない。紫外線の波長は〇・三九 μ 以下といふので、青色光のは〇・五程度であつて波長はずつと長くなつてゐる。かく螢光の波長は、これを刺戟した線の波長よりも長くなるのが、紫外線の場合のみではなく可視線についても同様である。此れがこの現象の特質である。(ストークス法則)尤も稀れには此れと逆の性質を示すものもある。(ニコルの説)

この種の光を螢光と吾々は呼んでゐるが、ヘルシエル (Herschel) が初めて見出したのである。(1845) 然し螢光と譯してゐるが、螢の光とは別なのである。螢をアルコールに入れてアルコール溶液を取り分つと、光を放つ。(Dubois 1886) この光を精しく後の人が調査して、それには所謂螢光體の發するやうな光波は、少しもない事が知れた。螢の光には緑はないさうである。螢以外の動物の光についても同様だと言はれてゐる。

葉緑素のアルコール溶液は赤色、ウランガラスは黄綠色、エスキュリン (種子からとる藥) は青色、木材紙、等も弱い螢光を出す。螢光の原因については、電子説からも色々考察が下されてゐる。分子の電子エナーヂー準位の異變に歸して、その準位の異變が起つてゐる間にあつて、電子の振動が光エネルギーを出すので、それが同位に戻つて安定すると光を失ふといふのである。また螢光は溶液の照光によつてエレクトロンが離脱作用を起し、光の去ると共にこの電子は即刻に溶液に復歸してしまふとも説かれてゐる。

螢光を誘致する光を、螢光物質の溶液などに光を投射し螢光を生ぜしめ、反射面からこれをみるとときと、同じ溶液でもそれに光線を透過して螢光を起させてこれを見るとときとは、螢光の色が異なるものである。

ヂヂムガラス *Didymus* は透過と反射光との螢光の色異なるものである。北歐 *Tronsø* 及 *Oslo* に現はれた極光の波長が最近測定された。それは走光は前地では六、三〇〇、二九二の處に、後地では六、三〇〇、三〇五であつた。凡ての測定の平均の價は六、三〇〇、三〇三±〇・一〇Åとなつてゐる。(Åは 10^{-10} cm 乃ち一億分の一厘)

二つの螢光性溶液を順に並べて日光を一つの溶液を通過させると、第二のものには螢光を起さない事となる。

螢石、フルオレンシ (染料) キニン溶液、葉緑素、石油の螢光等普通の光線の場合と異り四方へと光波動を放射しない。偏光性を有してゐると言ふ (ヘンダール法則) 多くの氣體がテスラール光線 *Tesla* で光る。

液の螢光は主として可視光線の範囲に入つてをる、幾つかのベンゼン誘導體についてみても、紫外線及び赤外線領域には螢光に似た光學的反應が未だ認められてゐない。即ち紫外線が螢光となり可視線に轉ずるのは、勿論普通起るのであるが、紫外線部内赤線部内に於て波長の長くされて、稍異つた紫外線、赤外線となるやうな事はないといふ。ポーランド産の岩鹽は紫外線で著しく螢光を放つ。此れにつき鹽三〇瓦から油様の物數をえたとといふ報告もある。溶媒の如何で螢光の強弱がある。ヂフェニルピロンはアルコール溶液では左迄で螢光を起さないが、濃硫酸では強く光る。此の原因は溶液の中を光の透過しうる程度に差異があるためであらう。

イオン化してゐる場合の方が非電離のときより螢光が強いのである、溶液を稀釋するとイオン化が高くなるため螢光を強く現はす。尤もイオン化は極度に進むものでないから、稀釋を續けても或限度で此の刺戟は落ちてしまふ。2-メチル-3-アミノキノリンは酸の指示藥であるが、この事柄を認める。又エオシンの三分の一ノーマル溶液は酸に依り又は強鹽基によつて螢光を弱めるのも同じ理由である。エオシンの解離度が低下されるからである、この時その液を稀釋するか又は弱鹽基を加へると螢光は強くなる。

螢光は環狀化合物に限られ鎖狀化合物に起らぬといふやうに、化學的構造が螢光に影響する。染料などの色が化學的構造によつて支配され、その原因たるものを發色團と呼ぶ如く、螢光を生ずるやうな化學構造上の原因となるものをフルオロホルと呼ぶ。オキサジンやピロンといふ環狀團がそれである、異節化合物である。窒素を含む同じ化學構造でもアルキル基を化合すると螢光を弱める。波長の長い波を出す傾向を生ずるものは、ロゲンである、螢光に赤味を帯びて來る。螢光に對する化學構造の考察にはクルオローゲン團、フルオレンシ、エオシン、ローダミン、葉綠素などについて、比較研究すれば、自らその中に螢光に主要なる原因を爲す、化學構造についても會得できるので

ある。

螢光體は日光の下に各種の色の螢光を放つのであるが、また紫外線、X線、ラヂウム放射線（ガラスの螢光）などでも螢光を放つことがあるのは、前記の如くである。赤外線では螢光が起るかどうかは未詳のやうである。

螢光を放つ物の状態は溶液、結晶、などである。又ガラスのやうな所謂固溶體と稱する状態の場合もある。また螢光體をゼラチンに溶かしたやうなものでもこれを認める。

螢光が液體空氣のやうな零下百八十度附近に於て低温下に現はれるものもある。

ネオンランプも一つの眞空管であつて三―六ミリメートル位の低壓ガスの中に電氣が放電されるのである。電壓は六〇―六〇〇ヴォルト位まで様々あるが、電氣量は五〇ミリアンペアといふやうに、十燭光の二百分の一以内の少量であるから、電氣量は少なくてすむ。ネオンガスは最も持続生命の長いもので色も鮮かな赤である。ナトリウムは黄、セシウムは白、カドミウムは青で、水銀は緑、窒素は黄である。これら色を出すガスを混合すれば混合色となる。

螢光と温度との關係は、同律にはゆかない。温度の高まるので鮮かな青い色も消えることがあり、乾燥すると弱まる。溶液の螢光も温度の高まると弱くなるを常とするが、強まることもある。いま酸化亜鉛と酸化鐵との混合したものの螢光をみるに、温度五五〇度までは高まりゆきこれを最高とし、この先は降る。七〇〇度で少しく強くなるが八〇〇度となれば螢光を失ふ。また別に酸化亜鉛と炭酸亜鉛が液體空氣中で螢光を發する力の強くなる事も認められてゐる。

螢光は固體なら細かい方が強い、壓力を加ふると弱くなる、亜鉛華を一萬氣壓に押しつけて薄片とすると、急に螢光を失ふ。牛乳、脂肪、樹脂、毛などにも螢光を有してゐる、螢石は螢光を有するが、純品たる弗化カルシウムはこれを有

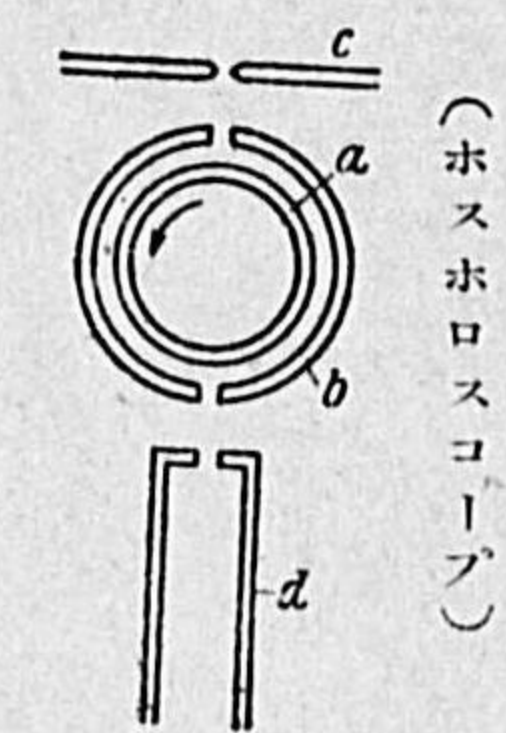
してゐる。螢石は Fluorspar といふ處から、螢光 Fluorescence といふ言葉が出来たのであらう。

電氣による螢光——北極光のやうなもので、極光の波長をデンマークのオスロなどで調べた事は前記の通りである。ニトロ化合物の黄汚點は日光では鮮黄となり、電光下には消える。皮膚の汚點も同じである。此れも一種の螢光現象が起ると、起らざるとに依るのである。夜の光は肌を美しくみせる。

燐 光

燐光 Phosphorescence といふのは或る物質に限つて光、熱、放電によつて刺戟されたとき、その刺戟を去つて後も、或る時間殆んど著しい温度の上昇を認めることなく、光を持續して發する特性を有してゐる。かくの如き光を燐光といふのである、この光は青に近いものが多く、強さも決して高い光度ではない。赤、紫なども珍らしくはない。

數の持續秒器の
光の測定する
燐を説明圖



(電氣塗
源)體に
乾花な發
刺火測定
布外被に
を有速さ
望遠鏡に
載度鏡に
入めらし
の時に間

燐光といふ名稱の生じたのは燐の酸化して暗所に發する光と、酷似した光で、此れがあるからである。然し所謂燐光には決して酸化

作用を伴ふものではない。燐の光るのは酸化作用である。

燐光といふ言葉のもう一つ誤り易いのは、生物の光りである。螢の光、夜光蟲の光、茸類の光なども燐光と稱してゐる。これ等の光る原因は酵母の力でルシフェリンといふ類蛋白質が、酸化するためであると稱されてゐる。これは後に後節に記載するつもりである。

燐光は温度と関係のない光である。日光、紫外線、X線などに曝光の後に光るものである。ラヂウムを微量混しておくと燐光體光は永久的であるのは、ラヂウムの生命と共にするものである。レントゲン線などに依るも同じく燐光を發する。螢光と同様光に照らされてエレクトロンを放出するのである。只この燐光では其の不平定状態がしばらく残留しそのまま動搖的位置を占めてをるのを異れりとする。固溶體の状態が、その復舊を阻んで、曝光の間は強く支持されてゐるのである。只暗くなつたとき初めてエレクトロンが舊位に戻り出すのであつて、この間の殘光が即ち燐光を現はすのである。

硫化物としてカルシウム、ストロンチウム、バリウム（ポロニアの名）などが早く知られた燐光體である。

硼酸、珪酸鹽の燐光體もある。有機物にもあるが、それは總べて環狀化合物に限り、鎖狀物には稀である。

燐光の持續時間を測定するにはホスホロスコープといふものがあり、また燐光分析を行ふにはスペクトロスコープ（分光器）がある。光の中に含まれる各種の波長を測定しうるので、それ等の結果については、別に記載してある。

燐光を發する物質は純粹なるものに少く、むしろ不純物の微量を有することを、殆んど必要とする位である。蒼鉛、ニッケル、コバルト、銅、セリウム、マンガンなどが、最も有力なるもので、此れを燐光體の附活性物質と稱する。

その夾雜分量は極めて少ないものであつて、餘り多いと反つて不活潑となつてしまふ。（前圖参照）

岩鹽の發光はX線では燐光を放ち、可視線及び紫外線共にスペクトルを現はす。また可視線で刺戟しても燐光を放ち、波長は二三五〇Åを最高とする。螢光スペクトルも同じ質である。岩鹽の結晶で μ 中心あるものを有するものは、可視線で刺戟され紫外線を放つ光子測定で四つの螢光帯を認めるといふ。結晶中で電子の移轉がエナジー吸収を起し吸収された一部が長波長の光となつて現はれるのである。

燐光體をして永久的に發光を持續させる簡易な方法は、此の物質へラヂウムを二十萬分の一程度に混合しておくのである。發光塗料といふのは、これを塗料とした夜光塗料である。硫化亜鉛、硫化カルシウムやストロンチウムなどで作られてある。このラヂウムは高價であるため、生命は短いが同じく放射能を有するメソトリウムでも、同様なるものを作ることが出来る。此の生命といふものは、ラヂウムなら最初の放射能の力から、半ばに衰退するのに一八五〇年を要するといふ。これに對し、メソトリウムは六―七年である。メソトリウムはトリウム鑛物から作るのである。

陰極線燐光

陰極線（カソードレー）といふのは、極めて稀薄な氣體の中を通じて放電を行ふとき、陰極の方から出る負性電氣の粒子乃ちエレクトロンの流れをいふのである。このエレクトロン（電子）の速度は電位差の平方根に比例するのであるが、一ボルトについて、電子の速度は一秒に五九五キロメートルである。この快速な流れに刺戟されて稀土類を稀薄空氣管中で陰極線で刺戟すると光り、そのスペクトルに特異なる線を示して来る。純粹なるものは此の燐光性を現はさず、常に土類元來の夾雜を要してをり、その最強力な處は一〇・一%の間である。

此の燐光性でスペクトル分析を以て稀土類の檢出を行ふ事も出来る。主なる陰極燐光性物質を表記してみよう。

陰極線に刺戟される燐光

(一)

品名 (酸化カルシウムを雜ゆ)	スペクトル波長の種類
酸化ヂスボロシウム	〇・四八〇 〇・四八九 〇・五八五 〇・六七五

酸化ユーロピウム	〇・四一六—〇・四二六	〇・四六九			
同上	〇・五八九—〇・五九三	〇・六一三			
酸化ネオヂミウム	〇・三九二	〇・四一九—〇・四二九	〇・四五八		
酸化ブラエソヂミウム	〇・四八八	〇・六〇四	〇・六〇六	〇・六二八	〇・六三四

(II)

一分	一〇〇分	波長(μ)	色
酸化アンチモン	酸化石灰	〇・五六〇	黄
三硫化アンチモン	硫化石灰	〇・五六九	黄
酸化蒼鉛	酸化石灰	〇・五二二	青
硫酸蒼鉛	硫酸石灰	〇・六四〇	赤
炭酸マンガン	炭酸マグネシウム	〇・六二〇	赤
酸化マンガン	酸化石灰	〇・五八九	黄
磷酸マンガン	磷酸石灰	〇・六三三	赤
硫酸マンガン	硫酸石灰	〇・五四〇	緑
硫化マンガン	硫化石灰	〇・五八九	黄

理化学實驗器具として陰極線管の中に、蝶や花の形を雲母の片などで作り、管中に放電を行ふと、蝶や花の美しい

赤や緑の光を現はすものを、中學の教室でも見た筈である。その色が此處に列記されたやうな平凡な化合物が、雲母に塗られて、それから出たものと知つてゐる人は少いかもれない。

(ついでに記すが、ネオンランプなるものはネオンガスを極めて低壓に詰めた管の中を管を繞つて起る高周波電氣の感應によつてネオンに生ずる光りであり、陰極線のそれとは趣を同じく、それと反對に低温となると光を高める。

高温度に於ては、燐光を放つものがその光を弱くするのである。液體空氣中で燐光を放たしめると光を強くするのである。

エーテル、油、硫黄の蒸氣は三六〇度以下で光を放つ、この時の温度は稍高きを要してゐる。

二硫化炭素は二三〇度の板狀體に打ちつけると光る、二三二度ではもう發火する。

アセチレンとハロゲン化合物は高温度に混合するとき光る。

アルカリ、ハロゲン化物を作るときにも光を放つものである。又ハーバー反應と稱されるのは、物質が分散作用

チッソシエーションするとき、發光するといふのである。

これは電解によるか、即ちイオンが生産されるため、或種の發光作用が現はれるのかもしれない。

ガス反應の燐光。

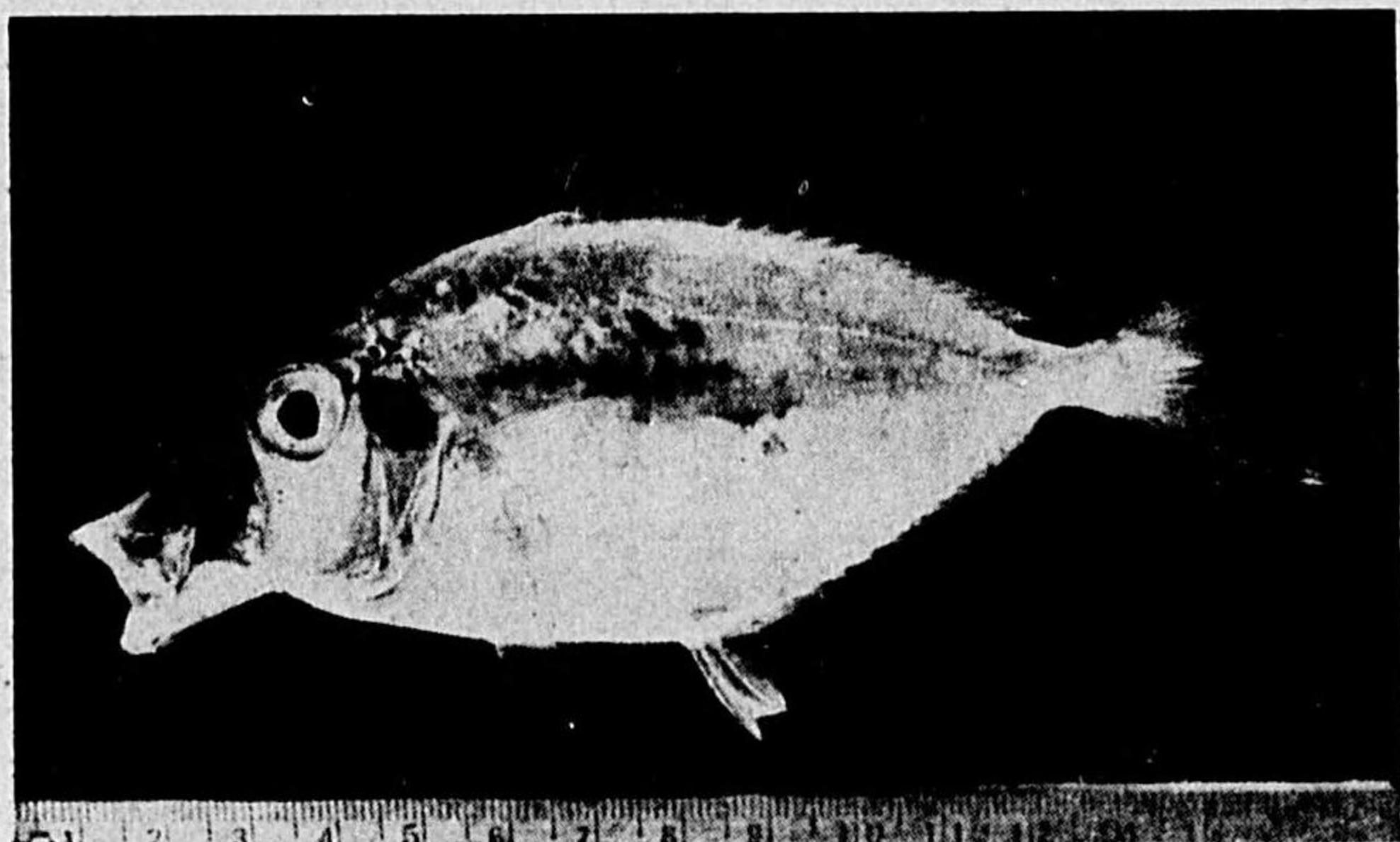
オゾンと酸化炭素の反應。

反應イオンにより刺戟され、スペクトルを現するのであらう。

生物の燐光

これも酸化作用かも知れず。螢にしても酸化に伴う熱を發せず、全エネルギーが光となるのである。動物は酸化作用の結果として、エネルギーを熱として放出し、温度となつて出て来る。それが直ちに光のエネルギーとなつて放出したときが、所謂、夜光蟲の如き動物の存在となつてきたのではあるまいか。

發光魚ヒイラギ(羽根田氏)



生魚をセロファンに包み三分間曝し寫眞をとりしもの。

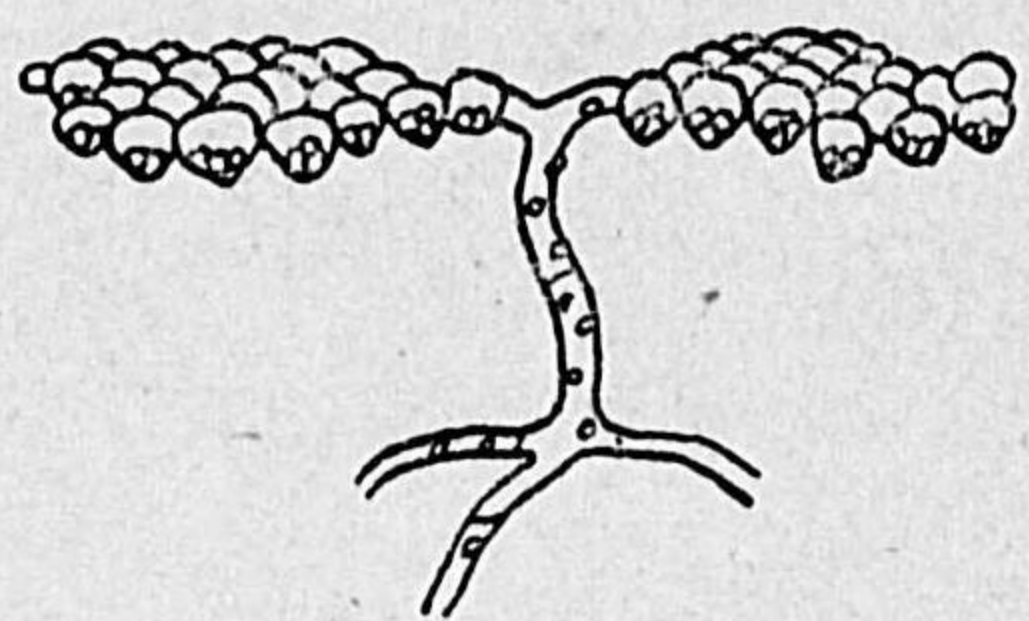


生魚の側面筋肉を切りとりフィルムをあて撮影せしもの。

酵母の作用では一種の酸化酵素でルシフェラーゼ Luciferase といふ發光性酵母が認められてゐる。これは介殼類のうちにあつて此れを水中にとつて光らすことが出来る。加温すればその力を失ふ。これは夜光蟲その他の發光生物にも通存すると言はれてゐる。此れがルシフェリン Luciferin といふ類蛋白質の酸化を促進することで發光が起るといふ。

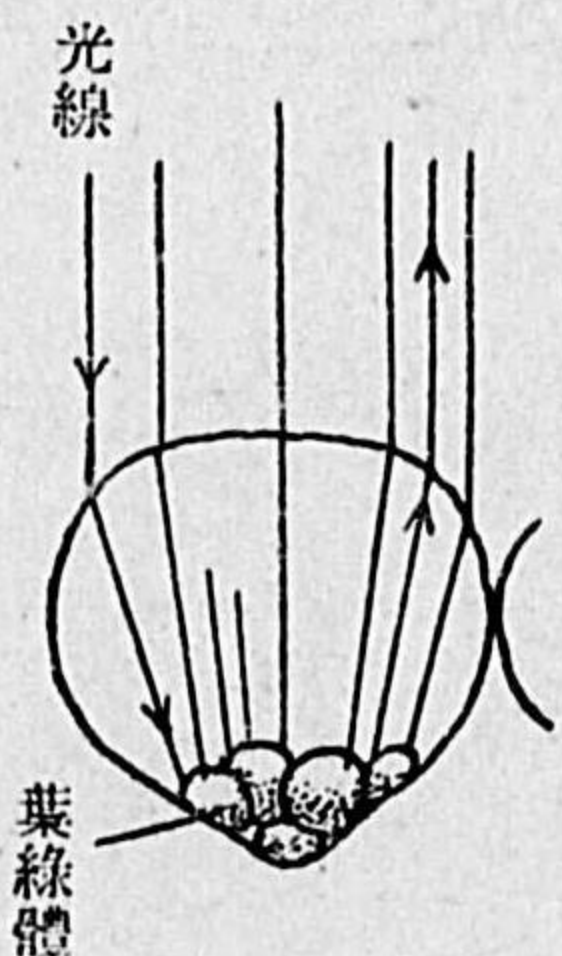
動物の光るものでは螢を筆頭とし、海には *Muschel Pholas*, *Moctinea miliarts*, *Krebs erythrina* 皮膚の光るものはモリスの發光バクテリア、腐つた肉。殊に魚肉では、夜光蟲か腐木につくバクテリア菌類 *Frasinel* = *Eschenwuzzi* zslande, *Orientalischen Mohn* 等に依るといふ。

ヒカリゴケ(植物)

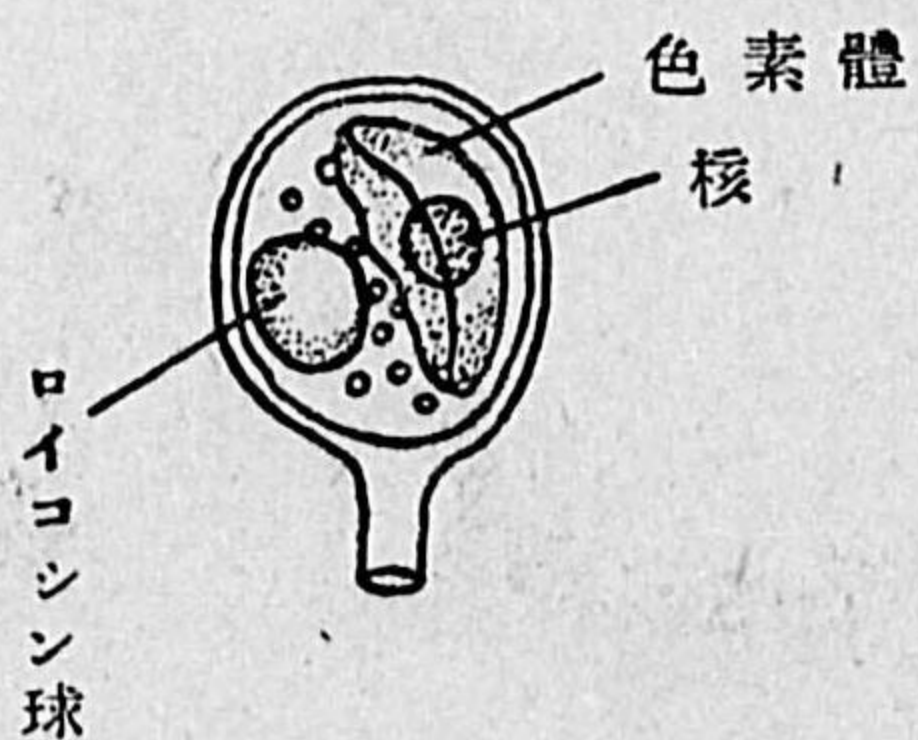


並んでゐるのはレンズ作用をなす組織。

ヒカリゴケのレンズ體を示す。



薄暗い處に生育してゐるため、光線を集め葉緑素の同化作用に十分なる光を與へる。

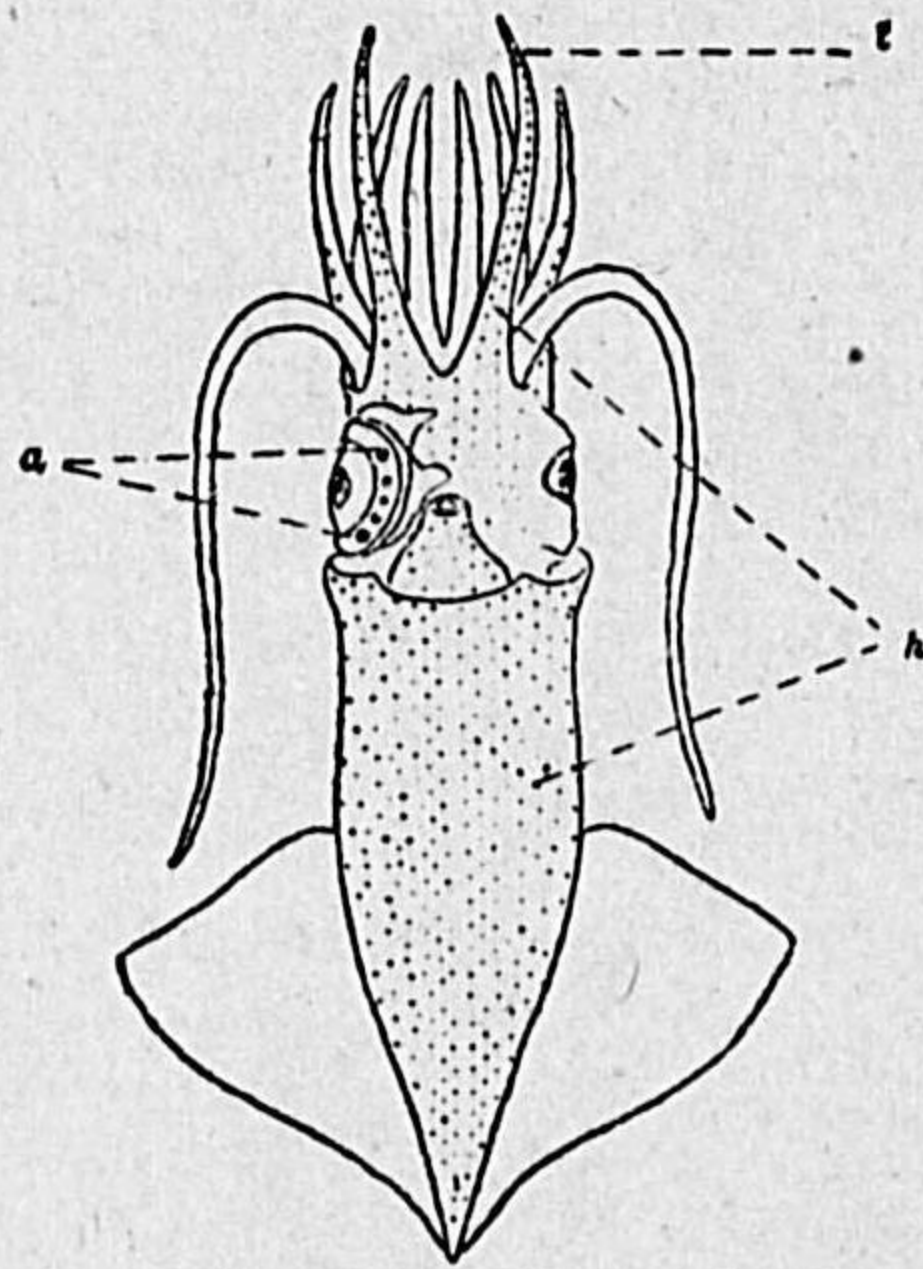


鞭毛類の發光球はレンズの作用をなす。

動物性發光を強くするに、炭酸ガス、窒素、ナルコチカ *Narkotica* 等がその光度を高めるといふ。夜光蟲などは、炭酸ガスが少くも多量となれば光を失ふ。又グルタチオンはなんだか光度を強めるやうでもある。發生炭酸を吸奪することも光を持続させるに有利ともみえる。

人類に關する光化學的觸媒としては、コレステリンがある。蛋白質が曝光により溶解度不溶解度などを變化する際に此のことを認める。

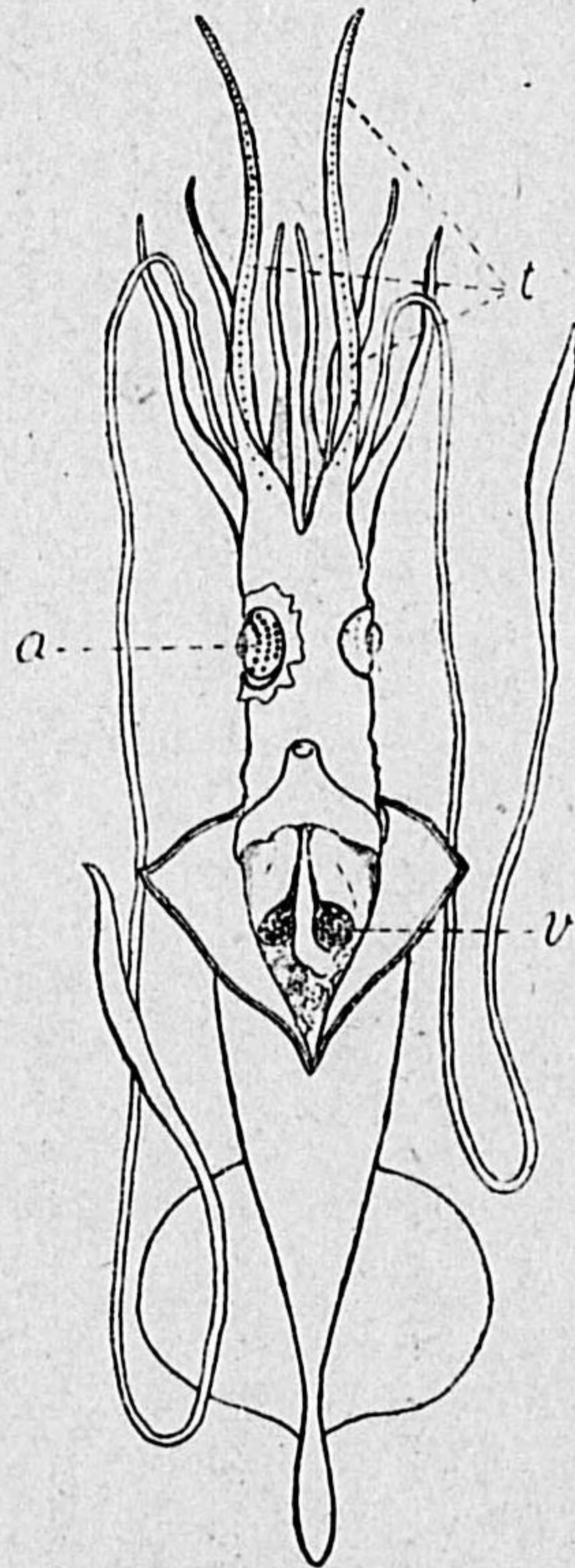
ホタルイカ



a 眼発光器, b 皮膚発光器, t 腕発光器。

中を遊いでゐるが、配偶子を作つてその接合によつて繁殖できる(を得て後、水中に游泳せしめ、これに光線を當てると十數分で配偶子は鞭毛をもつて泳ぐやうになる。更に光線を當てると、先づ雌の配偶子が接合可能になり、次に

ユウレイイカ

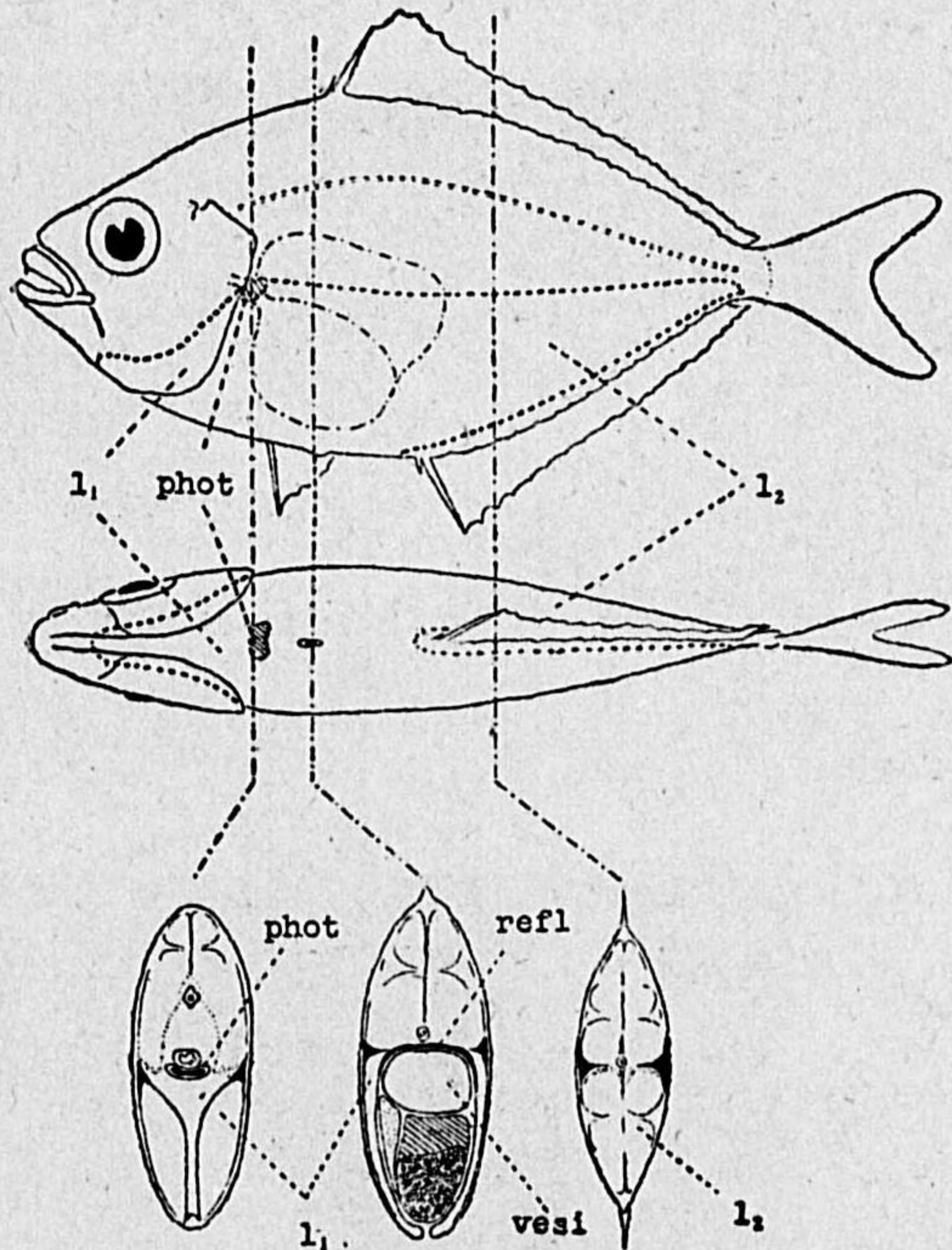


a 眼発光器, t 腕発光器, v 血管。

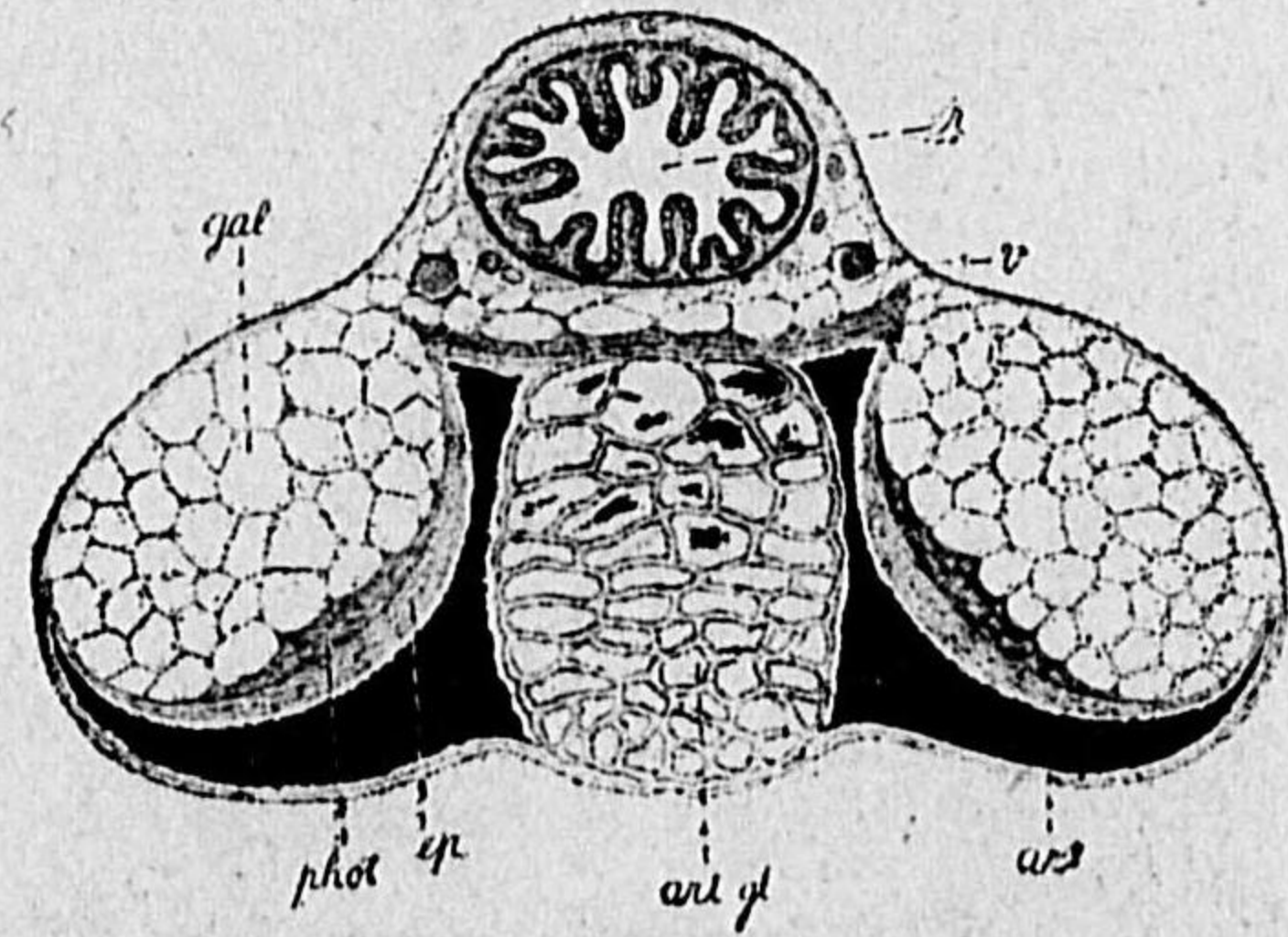
これは寫眞の乾板に感光するといふ事から唱へられてゐるが熱線もあつて、未だ確かなる断定は出来ない。

光線と配偶子の接合

ヒイラギの発光器



下部筋肉 refl 反射體。(光の) phot 発光器, vesi 嚢。
ユウレイイカの腹発光器の縦断面



arl, gl, 黒汁腺, art 墨汁囊, ep 表皮, gal 寒天狀構造, phot 發光組織, r 直腸, v 血管。

雄の配偶子が接合可能となる。鞭毛を生ぜしめる場合に光線でなくても、もし酸素と或種の砂糖があれば、同じやうな効果を生ずる。色々の実験の結果、鞭毛を生ぜしめ、運動を行はさしめるやうな物質が、光線によつて配偶子の体内にでき、また外部にも出されるものである。この物質はサフランから取出されてゐるクロシン (Crocin) であること、雌を接合可能にする物質はシス・クロセチンディメチルエステル (cis-croceindimethylester) 水溶液とトランス・クロセチンディメチルエステル (trans-croceindimethylester) 溶液とを二對一に混じたものであり、雄を接合可能にするものは一對三の割合に混じたものであることが明かとなつた。

Moewus (1939) は更に研究を續けて、雄配偶子が作り且つ外部にも出してそれによつて雄配偶子が接合可能になる物質の濃度と、雌配偶子が分泌してそれによつて雌配偶子が接合可能になる物質の濃度との間に或濃度の差がある時に、雄配偶子は雌配偶子に向つて趨化性を示して雌雄配偶子は合體して接合を行ふこともわかつた。(Chl. engametos) の品種 *simplex*, *typica* 及び *subheteroica* に對しては、その一個が運動可能となるには一分子のクロシンがあればよく、*synoica* に對しては、一〇〇〇分子、*dresdensis* に對しては、一〇〇、〇〇〇分子、*Braunsi* に對しては、一〇〇〇、〇〇〇分子が必要であると云ふ。

このことから人為的に藻類の接合を行はせることが出来るのであるが、天然には光線によつて上述の物質が作られてその働きによつて接合が行はれるのである。

(Kuhn, R. F., Moewus, F. und Jerehel, D. 1938. Ber. Deut. chem. Ges. 81:1541. Moewus, F. 1940. Stch. f. Protistenk. 92:485.) (雑誌『冷光』摘録)

燐 火

西洋蠟マッチといふ名で、美しい緑、青赤の色を球にして、純白蠟の滑らかな手觸りの快い細い軸頭につけたマッチは小供の眼には玩具のやうに見えた。丸い筒の中にこの美しい色が列んで詰つてゐる。當時の玩具であれだけ美しい色を有したものはなかつた。西洋小間物屋の店から、當時一圓に近い價を拂つて祖母から求めてもらつたときは、私は嬉しかつた。此の軸頭で壁を擦ると壁の上に淡い幽霊火のやうな痕が、しばらくは消えずにゐるのである。ランプの光を袖にかくして、二三人の遊び仲間はこの不思議なものに、しばらくは餘念もなかつた。(私と同じ年代に育つた人にはこの記憶をもつ方も少くないであらう。)

燐火は鬼火と同義に作られたのであつた。此れが燐といふ一つの元素の酸化に伴ふ火であるなどは、この文字の出来てから後の事にちがひない。

燐とか燐を含む化合物は酸化して光を出し易い。酸化のみではなく、燐を水素焰の中に入れても光るのである。

白燐または黄燐といふものゝ發光状態をみると酸素の中では光が強い。壓力の加はつてゐる事も同様である。これは發火温度が高くなるためかも知れない。温度の低いより高い中で燃焼する方が光度も強い、濕氣の多い時が光を増すやうである。墓地のやうな處は燐には光るに適當な場所となる。燐の光りは一樣に光り續けてをるのではなく、周期的に光つてをるのである。この點は將に幽霊火としては効果的である。狐火の現滅するのも趣を深くするのであらう。燐をワセリンと混すると光が強くなると言はれてゐる。燐がワセリンの中で分散し乳状をなすためでもある。また空氣のイオン化といふ事と關係があるかもしれん。イオン化した空氣中では燐は強く光る。

燐光を溶液中で認めうるものには二硫化炭素、油類、テレペンなどがある。此れを燐の検出法に應用してゐる「冷光」とか「冷焰」などいふ言葉も此れから生まれてをるのである。酸化剤を入れた例としては、氷醋酸に過酸化水素を加へ、この中に白燐を入れて光らせるものもある。燐は三酸化となつても光る。

螢の光る事を燐に關係あるやうに申された事もあるが、それは今日は餘り通用しない。トリパフラピンは黄色染料である。ポルフィリンは一種のアルカロイドであり、酸に溶け螢光を有する。これ等と葉綠素などを稀薄な溶液にして、それからシリカゲルとか、アルミナゲルのやうな膠狀物に薄い膜をなすやうに吸着せしめるときは、低壓な酸素氣、水分を必要としてはゐない。此くの如き例からみて生物體中に營まれる生理作用の間に、此れと類似した場合が起るならば、その生物に發光性を認めることは、不思議でもない。而してそれには燐といふものは關係のないものとなつてゐる。

光 と 眼

光のエネルギーは 1.21×10^{-11} エルグである。また光の副射には壓力がある、この力をマクスウェルは太陽面では一平方糎に二・七五ダイン（一瓦の三分の一）の光壓力が光から出るといふ。眼の光を感じる原因は此の壓力にも依り、化學的反應も伴ふのである。光の照度は光源の強さにもよるが、吾人は光を長く受けると強く感ずるから感受する時間にも依る。強い光が眼にあたつて此れが即刻にその全力を感じしむるものではなく、これを全幅的に感受するまでには平均〇・一六秒を要するといふ。光の眼から消えてゆくにも同じ時間をおいて後に消えるのである。（音

の壓力は小さいものは 7×10^{-11} ヘルグと 5μ 。）

$$\frac{\text{照度}(C)}{\text{照度}(2)} = \frac{T_1^4}{T_2^4} \left(= \frac{700^4}{1400^4} = \frac{1}{16} \right)$$

この式は温度と照度との關係である。

若し赤熱四〇〇度と、白熱二四〇〇度では眼に受ける明るさの感じは括弧中のやうに一對十六の比で強くなる。光を反射する事は最大暗色の染料でも、投射する光の四分の一は反射するのである。鮮明な色は五分の四を殆んど反射する力がある。であるから繪畫の明るさは日光に對して、少くもこの四分の一と五分の四との間に位置してゐる譯である。（油繪では油の關係も入る。）天然のものは此の間隔は更に大きく一と千との間隔差以上にある。この點から言ふも、繪は天然と一致するものではない。繪畫で此の間隔を大きくするには黒色を案配するのである。

眼は波長四二〇〇—七六〇〇Åの間紫から赤迄の間を見うるので、三一〇〇—三九〇〇Åは薄くラベンダー色を感じるのみである。蟻は紫外線でもみえるといふ。寫眞の乾板は一八一六〇〇Åの波長をも感ずるのである。寫眞乾板は普通乾板は三〇〇〇—五二〇〇Å（紫の部迄）、オルソクロマチックは三〇〇〇—六〇〇〇Å（黄迄）、パンクロマチックは三〇〇〇—七四〇〇Å（赤迄）感光染料を加へし乾板は二三〇〇—九四〇〇Å（赤外線迄）を感受するのである。水晶の透過光線も殆んど同様であるが、硝子は三〇〇〇—六五〇〇Å（赤色は弱し）程度までであるといふ。

パーキンの説では同光度の青色と赤色を、日光の下に見るときと暗所でみると異り、暗所には青の方強く感ずるといふ。また明るい所では色の感じは周圍に淡く弱まつてゆくが、暗所では赤色についてのみこの事があり、他の色には縁にゆくにつれて光度は強くなつてみえるが、色は一般に弱くなるといふ。

光の色をみて眼を閉ぢると、殘影をみるが、餘色が現はれる。赤色光をみた後には紫である。この光は段々淡くな

つてゆくが、消えての後も白き影を残すものである。スパークなどをみたときは、残影はそのまゝ積極的な状態で残るやうである。疲れたる眼も餘色を感じることが多いものである。

日光その他の白色光をガラスなどを透すとき、赤色ガラスは色が鮮やかにみえるが、他の色のものを透すと光が暗くなるものである。

透明體から反射した色も、透明體の色と異つてくる。フクシンは赤いものであるが、この表面から反射した光は緑となつてくる。透過光線はその結晶でも又は溶液でも赤いのである。

亜鉛華は常は白色であるが、熱すると黄色となる。冷えると再び白くなる。此れは異性體のやうな化學的の變化をするのではなく、常温では紫外線を吸収してゐるだけであるが、熱すると紫及び青の部をも段々吸収し、スペクトルも青の方へ移つてゆくため、反射さるゝ光は黄味が勝つて來るのである。一般に熱すると白色のものは黄となり、黄色のものは赤となり、赤は褐色に、と變るものである。青と緑は熱にあつて變色しない。また液體空氣のやうな極冷であると黄及び赤は白に近づくものであるとオストワルドは稱してゐる。染料は極冷でも變色しない。

夢に色を見ぬといふ説もある。然し實驗談では見る人が相當ある。その色は赤、青、碧などで、明るい色よりも濃く暗い色である。然し随分晴やかな色をみる事もある。秋空や、若葉の色もみることもある。

光波などの恆數を一覽すると、可視線の色とその波長は大略左の如くなる。

色	波 長
赤 (A)	766.4 $\mu\mu$
赤 (B)	686.7
橙 (C)	656.3
黄 (D)	{589.6 589.0
綠 (E)	527.0
青 (F)	486.2
藍 (G)	430.8
堇 (H)	397.0

光源ノ種類	光收率 (1ワット當リ ヘナリニ燭光)
ニトラ電球	2
タングステ ン電球	0.9
ZnS-Cu.	0.6
ZnS.CdS.Cu.	0.5
炭素電球	0.3
Zn ₂ SiO ₄ -Mn	0.13
MgS-Ce	0.10
SrS.CaS-Bi	0.03

次に種々の輻射波の波長をみると、電燈の電氣量と光の能率を示せば（ヘフナー燭光とは獨逸の常用單位で〇・九燭光に當る）ガラス球の中にフィラメントの輝いてゐる照明は、已に古風なものと移つてゆき、新照明燈なる螢光燈（或は白色ネオン燈）が、アメリカでは八百屋の店頭にも掛けら

輻射波ノ種類	波 長
電 波	30000 m ~ 0.006 m
未知部	0.006 m ~ 0.3 mm
赤外部	0.3 mm ~ 800 $\mu\mu$
可視部	800 $\mu\mu$ ~ 390 $\mu\mu$
紫外部	390 $\mu\mu$ ~ 185 $\mu\mu$
極紫外部	185 $\mu\mu$ ~ 13.6 $\mu\mu$
未知部	13.6 $\mu\mu$ ~ 1.2 $\mu\mu$
X線	1.2 $\mu\mu$ ~ 0.0057 $\mu\mu$
γ 線	0.1 $\mu\mu$ ~ 0.0028 $\mu\mu$

れてゐる趨勢であり、我邦でも或一部には實用されてゐるのである。

このランプは四mm位の壓力下で水銀蒸氣に依つて放電が促され、此の放射する紫外線で、勵起される螢光を放つ物質を、低壓ガラス管の内壁に塗つてある。いま此れを作るについての大要を記す。放電を促すために最初岩熱を爲さしめる極がある。

此れはタングステンであり、次の冷極と呼ぶものはニッケルにその他の金屬で作つたキャップ（帽）である。放電を早めるコーティング極にはバリウム・ストロン、カルシウムの酸化物を塗被してある。ネオン燈に硝酸ストロンを極に塗ると同理である。管中のガスには、アルゴ

ンや水銀で、壁に塗る螢光體には珪酸亜鉛(緑)珪酸カドミウム、硼酸カドミウム、硼酸亜鉛(以上紅)タングステン酸マグネ(白)同酸カドミウム(青)珪酸ベリリウムと酸化亜鉛(白)ハロゲン化水銀(紅不安定)などである。此れには附活劑としマンガン、鉛、チタン等の酸化物を加ふ。アルゴン四mmを適當とす。此れに伴ふ管内の水銀の放射は一〇mmの數千分の一の低壓を最適とす。此の水銀の放射は二、五三七、Åの波長にてエナジー最高である。且つ炭酸ガスを分解し亜鉛、カドミウムの硫化物も不安定となる。附活劑珪酸亜鉛に對しマンガンの%は一・〇を最高とし、此れより僅か超すも又は不足も力は急降する。螢光體に鐵、銅、ニッケルの混合は〇・〇一%にて已に影響強し、クロム、はその半ば程であり、錫、アルミニウムは大に小さく、鉛、銀は殆んど影響せず。

ランプは四〇—四五度で使用す。米國では二千萬燈年産(一九四一年)將來五千乃至一億たらんとしてゐる。これに消費すべきガラス五萬噸、水銀二萬噸、被塗料七十萬噸、アルゴン六〇萬立、溶劑數十萬ガロンと噂してゐる。我國でも電球は一億位あらうが、此れが螢光燈になるのはいつであらうか。

第六章 砲火・爆焰

火 藥

砲の字は石扁に包むである。この字の起原は元寇當時の畫卷をみても、自ら合點される。丸い石が中空で破裂してゐる。全く今日の擲彈・手榴彈の類である。手榴彈は、握り拳より少しく大きな鐵の丸で、外部には刻み込んだ筋が十字に賽の目のやうに入つてゐる。これは破裂したとき細かい破片に幾つか成り易いためである。

石なりこの鐵の丸なりの中味は火藥なのである。大昔は黒色火藥を用ひた。今日はピクリン酸などである。この手榴彈は、前歐洲大戰の折には盛んに用ひられた、塹壕から敵の壕へと投げたのである。實際、塹壕戰のときは夜暗には敵のタバコの火が見えたといふ位に接近してゐたのであるから、投げる彈丸も十分效を奏したのであつた。ベルダンの戰場を尋ねると、これ等の彈の掃き集められたのが小山をなして叢の中に點々としてゐたのであつた。(その頃と今回の戰爭とは全く一變してゐる。今昔の感にたへざるもの豈老人を待つ必要もなし、中老の人已にこの感を等しくするのであらう。)

石に包んだものを、元寇のときはどう扱つたか、船戰では手で投げるのでは間に合はない。それに手投彈の效力を解しえなかつた彼等は、無暗と石を大きくして澤庵石のやうなものにしてしまった。貴重な火藥を用ふるのだから大

に効果的ならしめんとしたのであつたらう。(事實は反つて效を少くしてゐた。)大石であるため此れを放つには牛車

よりも大掛りの車を作り、それを臺として弩弓を張つた。數名がこの弓の弦を引くのである。この弓勢を以て石を射たのであつた。石には道火がついてあるから飛んでゆくや、適當な時間を以て破裂した。石も挫け易い石で、孔をあけて火薬をつめたのである。

この機械は西洋に始まつたので、ロンドンの博物館には實物が飾つてあつた、ゑはがきもあつた。放射は弓のみならず、跳ね返して石を投げる装置などもあつた。

砲の元來の意味は、段々に變つていつた。

破裂する石を投げるのが、餘り效果に乏しい事をみた。それは望む所で、望む時刻に破裂しない方が多いのであつた。のみならず反つて味方を損ふ事も頻りであつた。それから一三〇〇年の頃から銃の發明があつた。筒の中で火氣を破裂させると筒に詰めておいたものが飛び出すことに氣がついた。此れからして石に火薬を詰めるのを止めて、石は普通の儘にしておき筒の中に火薬を入れて、この石を發射することが始まつた。今日の大砲の意味となつてしまつた。砲の本來の意義は失はれてしまつた。

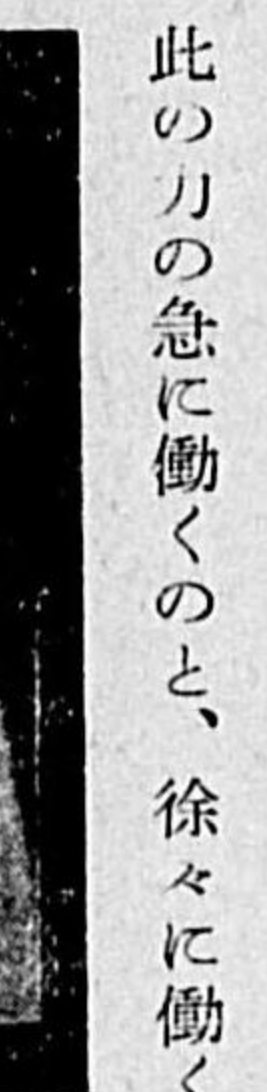
黑色火薬配合沿革				
1250	發明者	硝石	木炭	硫黄
1250	Rogar Bacon	41.2	29.4	29.4
1350	Arderne	66.6	22.2	11.1
1560	White horne	50.0	33.3	16.6
1635	政府公案	75.0	12.5	12.5
1670	Turner	71.4	14.3	14.3
1742	Robins	75.0	12.5	12.5
1781	Watson 大僧正	75.0	15.0	10.0

を止めて、石は普通の儘にしておき筒の中に火薬を入れて、この石を發射することが始まつた。今日の大砲の意味となつてしまつた。砲の本來の意義は失はれてしまつた。

× × ×

火薬には今日二つの作用を求めて作られてをる。一つは發射のため、一つは爆破或は炸裂のためである。火薬の研究が進むにつれて同一火氣では完全に此の目的を果すものでない事が明らかとなつた。それは、發射のためなら筒の中で彈丸を押す力になるべく長時間に亘つて働く方が有效なのである。他方に破壊の目的には力が一時に急激に働くことが効果的なのである。稍強い力でもジワジワと硝子を押したのでは割れぬとき、小さな石を赤兒が投げて、急激にガラスに當ると破れるものである。その理窟で發射藥の方が、爆破藥のやうに急に働くものであると、大砲もわ

れてしまふのである。今日の大砲を考ふると、發射藥は弩弓の力を代用し、砲彈の中に詰めてある炸藥は昔の砲の中にあつた黑色火薬を代表してゐるのである。



此の力の急に働くのと、徐々に働くのとは、火薬の性質上如何に相違があるかといふに、それは、全く火薬の爆發速度といふので決定されるのである。爆發速度といふのは火薬に點火若くは



點爆してから火薬が燃えてゆくが、その燃えの移つてゆく速度である。一秒に三千メートル位なのが普通である。もつと早いのは七千八千となるが、そのときは特に爆轟と名を別にしてゐる。又この寫眞は爆發焰の長さ及び時間を測定す

るためのものである。(一五一頁参照) 火薬に關する恆數を表として示せば次のやうになる。

雷	スプレングゼラチン (八%コロヂウム綿)	ニトログリセリン	グルダイナマイト (二五%珪藻土)	膠質ダイナマイト	綿火薬(一三%N)	黒色火薬	ビクリン酸	膠質綿(一一%N)	トリニトロトルオール TNT	窒化鉛	ゲデイト	(鹽素爆薬) 硝酸アンモン
爆發温度の理論數	三四五〇	三二〇〇	三一五〇	二九〇〇	二九〇〇	二八〇〇	二七〇〇	二七〇〇	二二〇〇	二二〇〇	三四五〇	一一〇〇
發火温度	一六〇—一六五	一八〇—二〇〇	一六〇—二二〇	一八〇—二〇〇	一八三—一八七	二二五迄發火なし	二二五迄發火なし	一八六—一九〇	二二五迄發火なし	三二〇	二二五迄發火なし	二二五迄發火なし
スプレングゼラチンとして	二九	一〇〇	—	—	—	—	—	—	—	—	—	二五
感度(二磅重量の衝撃で鎗を落して爆發させる高さ)(糖)	二	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
エネルギー含有量。一磅の爆薬の爆發熱(Cal)	四一〇	一六四〇	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
%Alと共(%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

砲腔内火薬性能の状況は發射薬としては腔内にて推進壓の時間がなるべく長く持續するを尊び、必しも一時的に高きを望まないものである。持續壓力はその加速度的効果が莫大となるからである。いま假に例を示せば、普通のものが起爆後三十餘秒で四千氣壓の高さを示すも、一瞬にして忽ちに降下し九十二秒では千氣壓に過ぎざるものに對し、起爆數秒にして二千餘氣壓に上る。これを最高として以上に及ばずとも、その壓が九十二秒まで持續して止まざる例は遙かに推進的效果は大となるのである。若し四千氣壓に及んで持續するものあらば、それは眞に理想の發射薬量たるべきものである。

次に砲の砲外(膛外)彈道の最高の高さとそれが到達する地點への距離を數例につき表示する。

例一 飛行(最高) km	射(到達) 距離 km
(1) 一一・一	三四
(2) 三八	一一〇
(3) 六五・二	二六一

(3)は巴里遠射のため計畫せられし、前大戰の折の大砲である。また成層圏は十二kmなれば多くの大砲の彈丸はその界を越して上りゆくものである。

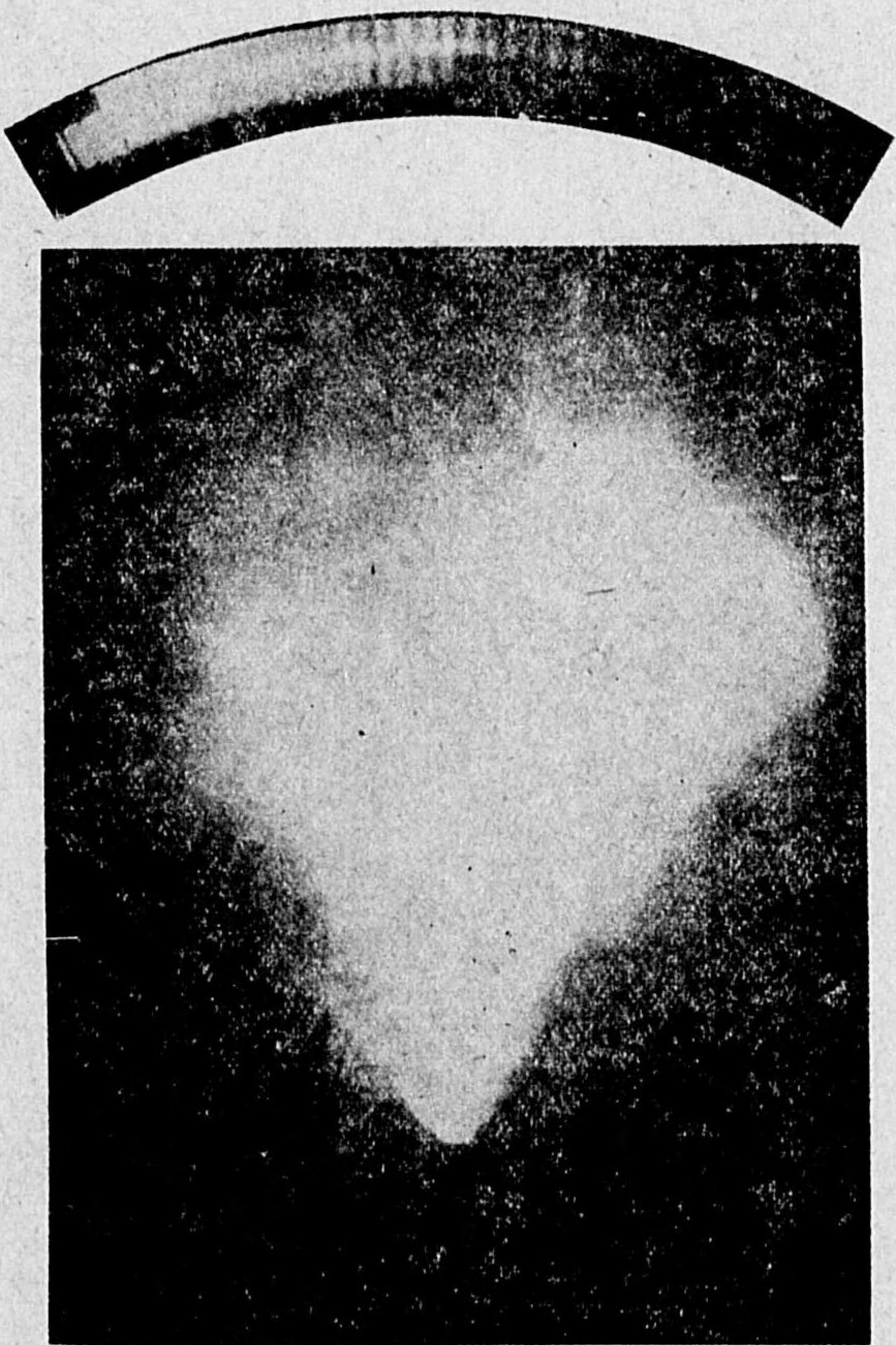
例二 最高位 km	飛行時間(秒)	射(到達) 距離 km	日露戰當時の三〇糎砲	歐洲戰當時の三六糎砲
(1) 一一・二	四四	一〇	—	—
(2) 三・八	五五	二〇	—	—
(3) 五七	六〇餘	三〇	—	—
(4) 二〇	九〇	五〇	—	—
(5) 四〇	一八〇餘	一一〇	—	—

火薬が砲の中で、どうしてあれほどの威力を發揮しうるか？ 此れは火薬が爆發したときの作用に、重大な三つの事柄が起つてゐる。(一)發熱による高温度、(二)多量のガスの發生による壓力、而して最も重大なのは此の事柄が非常な短い時間に完成されてゐることである。發煙時間で言へば一秒の一千萬分の一で已に爆發を完了してゐるのである。温度は四千度位まで昇り應ずるのであつて、發生したガスをこの温度まで膨脹させると、大抵は初めの容積の一萬倍となるのである。水が凍つて容積の擴大することは周知の事であるが、あの時は水から氷となつて容積の膨脹は

九%位で、舊容より一割とは増大してゐない。それでゐながら「ヤア花瓶が割れたぞ」と朝の驚きを家庭へ起すのである。此れが千倍萬倍となつたなら、黒金の屏も朝飯前の仕事である。實際は一萬倍とはならない。それは火薬が爆發して音ともなり、熱の消散もあつて理想的の力の二〇%といふのが普通の見當とされてゐる。

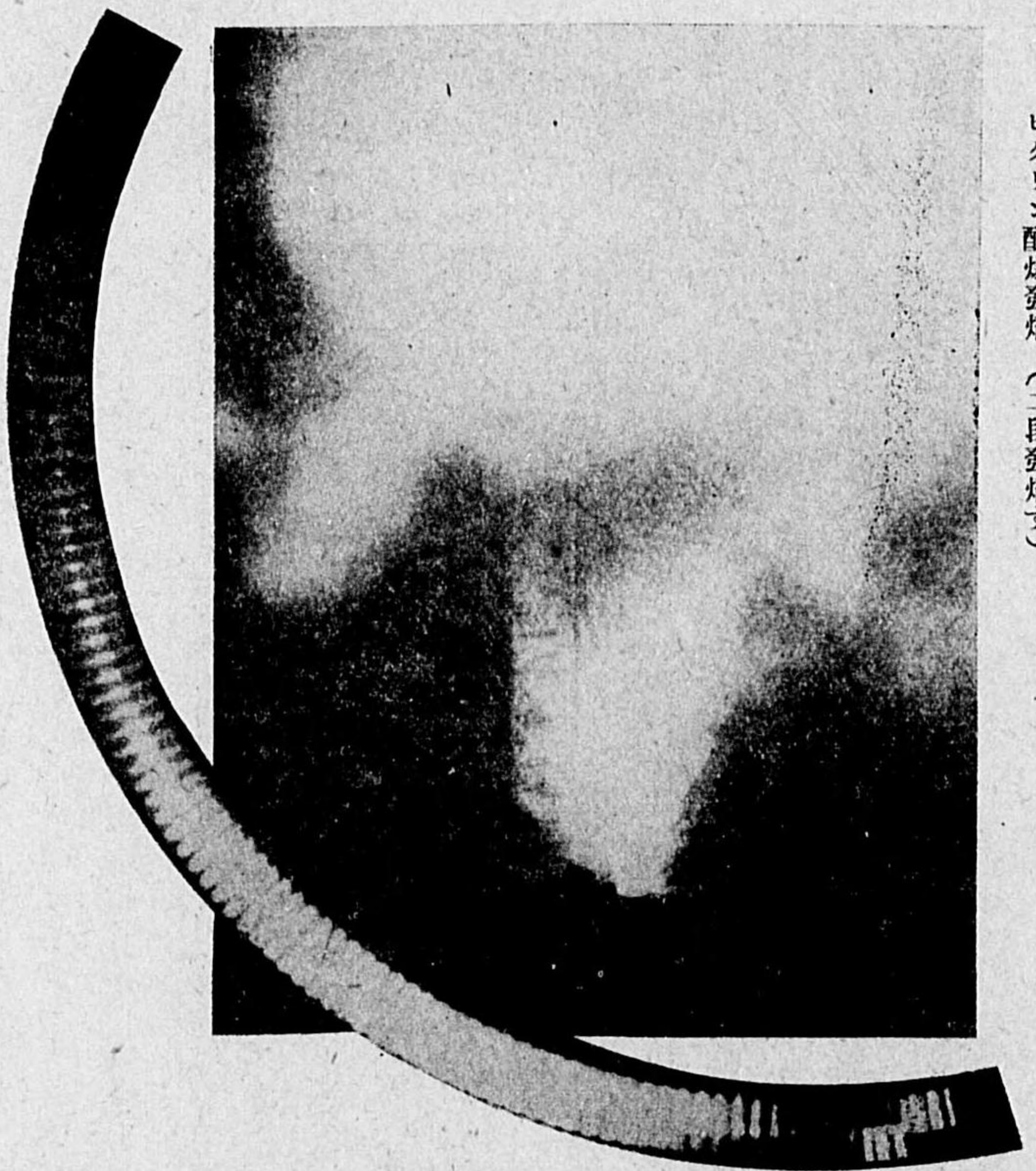
砲 火

砲は百二十氣壓にも耐へる試験をその材料の上に加へたものもある。砲金の銅含量は七二%から戦時の六七%といふ規定も外國にはあるやうだ。砲の腔内で火薬が破裂して生ずるガスは、主として酸化炭素、メタン、水素の類である。此れに不燃性の酸化窒素などや遊離の窒素もあるが此れ等が非常な熱を持つて砲口から外に噴き出す。それが



珪藻土ダイナマイトの爆發焰

ピクリン酸爆發焰。(二段發焰す)



第六章 砲火・爆焰

空氣と接觸する處にこれ等のガスは燃焼を起す。そのとき發火する、であるから砲火は砲口直前に現はれるものでなく砲口から稍隔つたり離れた處に見えるものなのである。であるから砲火は火薬の燃えてる火ではなく火薬の爆發によつて生じたガスが砲口から逃げ出るとき空氣に遇つて燃えたものなのである。

砲火は夜間には、砲の位置を知らしめるもので、甚だ作戦上不便なのである。この焰には腔内ガスの中には炭素も遊離してゐるから、夜には中々光つてよくみえる。そこでこの光を弱くするためにナトリウムレヂネート(樹脂の酸で作つたもの)その他ナトリウムやカリウムの鹽類を

少量加へてゐる。然しこれを加へると夜間はよいが、晝は煙が多くなるため、また別の害が出てくる。
元來この砲火は熱と可燃ガスに基くのであるから、火薬の量を多くするほど熱が高くなつて、愈その原因を作る事となる。此の焰を少くせんとする企は、炭礦爆薬と同様な意味を爲してゐる。

高熱砲腔内のガスが噴出して空氣と混合するには、一秒の百分の幾つといふ時間を要してゐる。此の時間内に温度が下つたら火は燃えぬのである。此の點からも砲火消滅の策が出てゐて、その中には効果のあるものもあるがどれも實行に至らない。火薬を冷やすやうにしてもよからう。砲をもつと長くするため火薬の燃焼速度を今少し早くするの一案かも知れない。或は彈丸の重量を増すか、火薬量を減少するか、諸説區々であるが何れの法も銃砲の力能率を低くしてしまふ。先づドイツ特許である、蓚酸ナトリウムかカリウムを加ふるのがよさうであり、また食鹽、鹽化カリのものもある。

蓚酸カリは小銃用火薬ならば一%位を火薬に混合すれば、相當に砲火が弱くなるのである。然し大きなものとなる、三―五%も混合する必要があるといふ。獨佛ではこれを實行してゐる。また鹽化カリを包むものを火薬と彈丸との間に介しておくのも効果があるといふ。此の際は鹽化カリを火薬の一〇%にまで増加しうるといふ。此の時は砲から粉となつて噴出する鐵の粒子の周圍に雲のやうな煙を生じ、この煙が可燃性のガスと空氣との混合を阻止するからであると考えられてゐる。

銃砲の口の處には光り輝くものの認められるのは、此れは炭素の強熱されたものもあるし、或は金屬粉も輝くかも知れない。

消焰劑は煙を多くする、黑色火薬も火を吐く性質もあり、煙も出すのである。それで無煙火薬の速燃性のもの加

へて此の煙を除かんとしてゐるが、此れも均等的な燃焼を起さず完全に煙を發せざる砲をみることは未だしである。

爆 焰

火薬が燃えたときも火が出る。此れは決して發生ガスの燃えたものではない。無論それを伴ふこともある。そんなときには焰は長くなる譯である。火薬の焰を爆焰と名づけておく。この爆焰は火薬の種類によつてその長さも、また

燃焼持續してゐる時間もちがふのである。

此の爆焰は火薬をダイナマイトの原料とする際には非常に關心をもつて來るのである。それは炭山の坑内などでは、石炭の微粉となつてゐるものが空氣と混合してゐる。炭粉とは言へど、苟もガスのやうな性質をもつてゐて、此の空氣は立派な爆發性ガスなのである。丁度水素と、酸素と混合したのと似てゐるのである。

坑内爆發の災害は、炭山で屢々見た處であつて、英國の如きは長年これに苦しめられ、その研究も豫防も進歩してゐるのである。



安全爆薬。(アンモンカーボナイト)

ピクリン酸(重曹五%を含む)



此の爆發性空氣を人工的に作つて試験する事がある。粉細石炭で、二〇—二二%の揮發分を含む石炭を用ひた。此のとき發火の容易なのは粉の細かいのがよく又ピリヂンに可溶性の成分の多い石炭が點火し易い。篩目は一平方センチメートルに一二八〇メッシュといふのである。一吋が九一に細分される程度である。四百度で發火させる。

たとき發する焰の長さも短かく時間も短いといふ意味なのである。なぜそれが安全かといふに、焰の短かいものは(若し全く絶無ならこの上なしであるが)萬一爆發の處が爆發性空氣の中に當つてゐたとしても、その空氣に點火力少く、爆發せずに安全に過ぎうるからの意味である。他の意味は少しも含まず、ダイナマイトはどれでも危険物である。安全ダイナマイトを消焰ダイナマイトとも呼んでゐる。此れを作るにはダイナマイトの合藥の際に、炭酸マグネシ

ウムや炭酸石灰、硼砂、食鹽を

強綿火藥の爆焰。



ウムや炭酸石灰、硼砂、食鹽を入れて、熱を下げるやうにして造つたものである。

此の試験法が規定される、一定の土壁の堅固な室内へ高さは二メートルくらゐ大きくとも二平方メートル位の爆發性空氣を作つて、これを充たしおく、扉を閉めて小さな覗き孔から内部を観察したり、寫真をとつたりする仕掛になつてゐる。この室へ小さい白砲から火藥を打ち込むのである。打ち込んだ火藥が焰の長い性質のものならば、室内の空氣は爆發する。

此の試験は、石炭粉の代用と

して、メタンガスを使用する石炭ガスに依るときもある。

さて火薬の火焰といふものは、どの位なものか、此れを表でみる。百グラムの火薬を以て試験した結果は、次のやうである。

火薬種類	時間(秒)	長(ミリメートル)	後焰の比
黒色火薬	〇七七	一一〇	一三三〇
プラスチックセラチン	〇〇九七	二二四	一八八三
珪藻土ダイナマイト	〇〇八三	二二八	一六二〇
ゼリゲナイト	〇〇一二	一五〇	一一〇一
T N T	〇〇一六	一〇八	一三三七
ピクリン酸	〇〇一五	一一〇	一一五〇
強綿薬	〇〇一三	九七	一八一
ドンナライト	〇〇〇四〇	六九	一一五
アンチモンカーボナイト	〇〇〇二八	五一	一七四

黒色火薬は一秒の約百分の八といふのである。此れでも相當短い時間であるが、最も短かいのは一秒の約一万分の三といふのである。焰の長さは相當長し、一一〇ミリメートルといへば三寸五分位である。黒色火薬がそれである。ダイナマイトは六・七寸である。短いのが一寸五分位、もつと短い例があるが、それでも一寸位である。

安全といふのは、この長さの短かく、時間も僅少なのがこれに當る。一般に爆發速度の高いものほど、爆發時間は短くなるのである。然し餘りに急激なのは安全爆薬としては面白くないのである。その理由は餘り高速度の爆發をな

すものは、爆發ガスを急に壓縮するため、非常な熱を生じる。(空氣でも急に二百氣壓之れに加へると温度千度まで昇る。)この熱で焰の影響は無くとも爆發性空氣は爆發を起す事がある。そこで *Brelat* といふ火薬學者は爆發の時間を焰の時間で除した數を求めて、これを焰率と稱してゐる。この數値で安全度を判定しようとしたのである。

この寫眞は焰の長さや時間を測定するために撮つたものである。此れをみてどう判断するかならば、單に上擴がりに燃えて直立の姿勢をとつてゐるのは、これは焰の幅や高さだけがあるので、焰の時間はわからないのである。焰の時間のわかるのは、焰の姿が斜に傾いてゐる部分のみである。此傾きが寫眞に現はれた故は、この寫眞を撮るきは、フィルムを一定の速度ですらしつゝ撮つたのである。眞直に燃えた焰の姿も、その動きのためにずれて傾きとれたのである。であるからこの傾きの幅を、即ち焰の根と頂點との垂直距離をみると、焰の消えるまでにフィルムが走つた時間がわかる。つまり焰の燃えてゐただけの時間が讀めるのである。(一四一頁寫眞参照)

綿薬の寫眞のやうに、焰が二回になつて表はれた事に見えるのは、酸素含有量の少い綿薬、TNT、ピクリン酸などの特長である。(ついでゝあるが、ピクリン酸の如きものは黒煙を吐くことも同時に著しいのである)ピクリン酸でも酸化剤を加ふると、第二焰は無くなつてしまふ。寫眞はそれである。最後に同量の火薬を用ひても、いかにも焰の短いものが掲げてある。これはアンチモンカーボニットといふ安全火薬である。

放焰具・爆彈・燒夷彈

燒夷彈の實習などに彈が爆發して意外な珍事を生ずることもある。これは製作及び保存並びに取扱ひなどに注意を要することで、彈(又は筒)中の發火劑が燃えて高熱を出すと共に、點火劑からガスの發生もあり、そのガスが噴出

孔から十分に逃げてゆかぬとき起る危害である。

放焰具は前歐洲大戰に試みられたが、その使用器具の考案不備であつたため、餘り期待をかけられずに終つた。然るに今爾の戦争ではマチノ線の攻略にも、意表の外なる力を示したので、毒ガスよりもむしろ此の方面に人が注意するやうになつた。

焰を攻略の用に供した事は支那にも古く、ギリシヤ火、ビザンチンの火具など西洋にも怖れられた武具であつた。昔は凡て物を燃し、これに硫黄、ピッチの類を混ぜて燃したのであつた。サイホン仕掛などをギリシヤ火にも應用したのもあつたが、中頃に及んで液體燃料に壓力を加へて管やホースから射出する事を考へ出した。手押し式が多かつたが加壓ガスも使はれた。燃料は石油、タール油、硫化炭素の類である。今日は十五氣壓の窒素などを使うて押し出してゐる。放射管の出口で點火されるのである。燃料は二〇—八〇メートル位に及び、此の飛んで行く間に火の消えぬやうに、重油輕油を混合して一は燃焼を持続せしめ、一は燃焼を容易ならしむるやうに謀るのが此の具の肝要點を爲してゐる。焰の放射時間は三〇—四五秒位である。放射回数には三十五回位までの裝置を擔つて火兵は進むのである。無論自動車などに取りつける事もある。攻撃にも用ひ、また毒ガス燒棄などの防具ともなる。トーチカの如き彈丸も貫ぬく能はざるとき、細い透間から火焰を入れて、中のものを燒く事は實に有效な攻法といふ。トランスバールではこの具で岩の細隙に火を入れて採金上に應用した事もある。

放焰具用劑は、(1)燃えが容易で且つ迅速に發火し、(2)比重は餘り輕からず、(3)燃料は目標物の所に至つて十分に燃焼すべきが肝要で、單に目標へ火焰のみを吹きつけるのでは不十分である。これ等の點を考慮された米國の一例は、易燃油には比重〇・七五〇引火點二六度のベンゼンを用ひ、重質油には比重一・〇四四引火點一二二度の水ガスタール

を用ひ、割合は前三〇%後七〇%である。點火は水素焰で行ひ、或は電氣または摩擦で混合發火劑を用ふる。

今秒時間に直徑 d ミリメートルの孔から噴出するガスの全量 M を知るには次の式がある。

$$M = \frac{4.43}{4000} \pi d^2 \times \sqrt{\frac{h}{S}} \quad h = \text{水柱壓 mm} \quad S = \text{ガスの比重}$$

この値は孔の出口の理想的な薄いもので出来てゐる場合であつて、實際にはこれで計算した三分の二の量しか出ないのである。また爆彈の有効半径は機の平均速度に、飛行時間の半を乗じたる數で表はしてゐる。

放焰具の火焰には有光のもあり、無光のものもある。また噴出孔も直行路もあり、曲折路もある、圓あり楕圓あり、角あり、焰の大きさは壓力と孔の大きさに關係するのであらう。圓心機を利用し、火焰を四方へ飛ばすものもある。放焰具にしてアセチレンを使用せるものは、熱力殊に猛烈であつて、鐵扉をも融かす力があるのである。或は水素發生機を具備して、水素焰を吹きつける事も出来る。それに放焰中に反つて執行者自身が火傷を受くるが如き缺點は最近のものにはこれを無くしてゐるので、この攻具は愈々強力なものとなつてゐる。

航空機よりの爆彈

爆彈は機の種類と正反對に同速度を以つて放射し落下せしむれば、彈は靜止の處から落ちると同意義になる。

一五呎ポンプの爆發場所よりの間隔と被害者率をみると、間隔(米)と被害者數との關係は、一〇で一〇〇%三〇で四五%、五〇で一六%となる。凡そ人馬を殺傷しうる力は二—一〇呎を要するものなれば、若し一〇g砲彈藥では速度、六三—一四二米のものを要す、此れは力學の活動量の式から出せばよい。

いま爆弾と爆弾の炸裂によつて起る力を、砂の上に爆弾を置きそれを爆發させて、砂床に穿たれた孔の漏斗形の内容を測定して、その比較試験をした結果をみると、五〇〇キログラムの爆弾では直径一四・二米、深さ二・五米の孔を穿つ。いま各種の爆弾について數字を示す。二五〇キロで十二米の實例もあつた。

投下爆弾と漏斗孔

爆薬と威力

爆弾の力は大体こんなものであるが凡そ爆破についても、數學的に簡單に示された式がある。決して高級な式でもなく意味さへ理解すれば、容易な式であり便利でもある。地雷についての式は、

爆 彈 量 (kg)	装 藥 量 (kg)	漏 斗 孔	
		直 徑 (米)	深 さ (米)
一、八〇〇	一、五〇〇	一八・三	二・七
一、〇〇〇	八〇〇	一五・二	二・五
五〇〇	三二〇	一・七	二・一
二〇〇	一一〇	八・六	一・八
一〇〇	五二	六・九	一・六
五〇	二五	五・六	一・四
三〇	一五	四・八	一・三
一五	七・五	三・九	一・二

爆 彈 量 (kg)	大破せられる所
二・九	三・六
一〇・五	一四・五
一四・一	一五・八
一五・八	一九・五
一九・五	三五・三
三五・三	五〇・〇
五〇・〇	七〇・七
七〇・七	一〇〇・〇
一〇〇・〇	一五〇・〇
一五〇・〇	二〇〇・〇
二〇〇・〇	二五〇・〇
二五〇・〇	三〇〇・〇
三〇〇・〇	三五〇・〇
三五〇・〇	四〇〇・〇
四〇〇・〇	四五〇・〇
四五〇・〇	五〇〇・〇
五〇〇・〇	五五〇・〇
五五〇・〇	六〇〇・〇
六〇〇・〇	六五〇・〇
六五〇・〇	七〇〇・〇
七〇〇・〇	七五〇・〇
七五〇・〇	八〇〇・〇
八〇〇・〇	八五〇・〇
八五〇・〇	九〇〇・〇
九〇〇・〇	九五〇・〇
九五〇・〇	一〇〇〇・〇

地上からの距離 = $K \sqrt{\text{火薬重量}}$ (地中においた爆弾)

威力半径 = $K \sqrt{\text{爆薬重量}}$ (爆波地表を半球に波及するとき)

即ち地雷を敷設したとしてその深さと火薬量を知つておけばよいので、Kといふ値はピクリン酸などの普通爆薬を土中に於て使用したときは〇・三と實驗的に與へられてある。砂地であると〇・六になつてゐる。それだけがまづつてゐれば、1の値即ち土を爆破する深さは計算でも出るのである。前式のKは五の時大破、一〇、一五もあり。

彈 の 力

發射具種類(略)	重 kg	口 徑 mm	猛 度 kg/m	断面壓力 kg/mm ²
ポンプ	12	90	38	19.0
砲	15	105	94	17.5
ポンプ	42	150	262	24.0
砲	50	180	160	19.5
ポンプ	100	210	750	35.0
砲	100	250	360	21.5
ポンプ	300	260	970	29.5
砲	900	420	5600	65.0
ポンプ	1000	550	3200	42.0

航空機投彈 2000m 高さより

爆彈重量 O. V.;	粘 土 床		砂 床	
	最高深	徑	深(最)	徑
50kg	0.5	3	—	—
250kg	1.5	5.5	—	—
500kg	2	6.5	—	—
M. V.:				
50kg	1.5	6	1.6	5.5
250kg	3	11.5	2.8	10
500kg	4	14	—	—

爆彈重	壁厚m	孔の徑
250kg	2.7	5.4
500kg	3.2	6.4

大 き い 方 の 徑

ポンプ重	火花危険	作用(壓)危険
50kg	800m	25m
250kg	1800m	50m
300kg	2000m	60m

五千米位から投下された爆弾の速度は三〇〇—四五〇秒米である。(五千—一萬米の高さから)砲弾はこの二—三倍である。爆風の強壓の後に真空が生じ、眼球など飛出し身に一寸の傷もなく死ぬドイツの最近傳ふるものもこの種か。

航空機から投下される破壊弾の種類と性能

破壊弾には大小種々の種類があるが、大體小型の三十疋以下のものは破片弾とも稱し、地上に落下すれば其の炸裂によつて多數（八百乃至千五百箇位）の破片を飛散せしめ、主として人馬の殺傷を目的としてゐるのであるが、建築物も亦破壊することが出来る。威力は大體二十米乃至四十米位の範圍である。

大型破壊弾は普通都市の空襲に使用せらるゝものであつて、地雷弾とも稱し、五十疋、百疋、二百疋、五百疋及びそれ以上のものもある。一般地上の建物を貫いてから破裂する様に出來てゐて、四階乃至六階位のコンクリート建築をも上から下まで貫通する能力を有してゐる。彈裂の強烈のために其の破壊力は凄しいもので、更に爆裂のため起る空氣の衝波に依つて附近の築造物をも破壊する。爆彈投下さるゝや先づ衝波を耳に感じ、おくれて音波（普通の）を感じる。なほ右の地雷弾の外に侵徹弾と稱せらるゝものもある。これは堅硬物、例へばベトン製の築造物とか厚く防護せられた建築物を破壊するのが主眼で、一度目標を十分侵徹してから破壊するものであるから、地雷弾より彈體を厚くしてあつて、内部の彈藥は地雷弾に比較して半分以下である。

破壊弾は破壊力及び殺傷力の外に、其の炸裂と同時に強彈藥に依つて火災を惹起せしめ、燒夷の威力を發揮することとは云ふ迄もない。また一酸化炭素を發生し、特に地下室その他通氣不十分の個所で不完全な爆發をした場合は、種々の有毒瓦斯をも發生して人體に危害を及ぼすことが多い。

燒夷弾の種類と性能

燒夷弾にも種々あつて、歐洲大戰に於てはテルミット、黃燐、油脂などを主劑とするものが用ひられ、ロンドン空襲の際には約二千七百箇の燒夷弾を落し二百四十四箇所に火災を起させ、又パリ空襲の際には約八十箇を落し數箇所

に火災を起したのみで大火にならなかつたのであるが、テルミットを詰めた鐵管を百餘本を一時に投下しても、火は上部の小孔數個から二尺位噴るのみであり鐵管は燃えぬ故、手早い人は布團を巻いてこれを安全地に移しうる。

エレクトロン燒夷弾

今日普通燒夷弾と稱するのは此のエレクトロン燒夷弾で（各所の實驗等に用ひらるゝは燒夷筒と稱す）これは内部にテルミットといふ極めて燃え易い燒夷劑（アルミニウム又はマグネシウム及び酸化鐵を主劑とするもの）がエレクトロン（マグネシウムとアルミニウムの合金）と稱する輕合金の筒（彈體）に一杯に充填されてゐて、これを飛行機から投下すると直に發火して内部の燒夷劑が燃焼すると共に彈體のエレクトロンも白輝光を放つて燃え、強烈なる焰と火花を飛ばしつゝ攝氏二千度乃至三千度の高熱を發して彈全體が燃え盡し、其の火力に依つて附近の可燃質物に延焼して火災を起すのである。其の彈の重さは二百瓦位から一疋、二疋、五疋、十疋、二十疋等種々あるが、日本の如き木造家屋に對しては一疋程度の小型でも屋根を貫通して十分火災を起さしめ得るので、若しこれを一臺の飛行機に數千發も積んでバラ撒くやうに撒かれたら、地上數百箇所の同時發火を見、我國の都市にとつては何より最大の脅威としなければならぬ。

燃焼中の燒夷弾は少量の消火劑や水、砂等を用ひて消火せんとしても、彈自體の火は消えるものでない。尤も最近四鹽化炭素の注液に依つて燒夷彈消火の可能を傳へるものもあるが、これにも十分の危険が伴ひ、實際には行はれ難いこと申す迄もない。彈の燃焼時間は型の大小に依り違ひはあるが、發火後一分間内外は最も威力を發揮し、火焰盛にして火沫の飛散甚だしく四周の可燃物に延焼せんとする。従つて機を失せず迅速確實に延焼阻止の行動に出づることが第一の要件である。手早く處置すれば怖るべきものではない。

黃燐燒夷弾

今次の支那事變に際しても、支那軍が上海の日本租界に對してこれを投下したことがあつたと傳

へられる。黄燐を詰めたもので、爆裂と共に多量の白煙を揚げて相當廣範圍に飛散するが、火力は左程強いものではない。たゞ黄燐の特徴として一旦消火しても燐分がなほ附着してゐると何時迄も自然に燃える。これが處理に當つてはマスクの著装が必要で、素手や素足でこれに觸れると往々難治の火傷を受ける。

油脂焼夷弾　固形油脂を包藏したもので、爆裂すると濛々たる黒煙を揚げ、同時に火焰が物凄い。水を注ぐと油であるだけに水の表面を火流が流れ一層危険であるから、消火は油火事の要領に依ることである。(『防火講演資料』より)

焼夷剤には、(1)自然性のもの、燐、ナトリウム及びエチル、亜鉛、ホスフィン(燐化水素)、珪化水素、鹽化クロム酸 Cr_2O_7 、 Cl_2 硫化炭素(燐を溶かした)ものなどがあり、(2)金屬粉末では、テルミット(アルミニウムと酸化鉛の混合物で、マグネシウムを燃して點火す、三千度にも及ぶ)・マグネシウムと鹽剝の混合物、などの例がある。(3)可燃性酸化剤としては炭素、硫黄、アンチモン、アルミニウム、或は有機燃料と硝石、硝酸バリウム、過酸化バリウム、二酸化鉛、鹽剝などを混合したもの、(4)に可燃物では石油、二硫化炭素などである。此の四種が適宜に焼夷弾として用ひられる。特種なる例にはトリニトロメタンとトルオール(トルオール)の混合物は高温の焰を吐く、ニトロ化合物は一般に發熱量が多い、シアンを含ましたガスも温度は高まる。

火の縁ではないが、爆風といふがいま半噸の爆薬が破裂したとすれば、一〇一米の地で壓力は毎平方糎に〇・五疋といふ。他の例では一噸の薬について、五〇〇米で〇・〇四疋、千米で〇・〇一九疋、二千米で〇・〇一二疋の壓力を毎平方糎に受けるといふ。二噸の爆薬について危険域を一六〇米以内としてある。

第七章 花 火

花火の趣味

河上に花火揚りて

「ポーン」バラ／＼威勢のよい音が中空に響き渡る。土手下に花火の雑沓をさけて腰をおろしてゐた二三人連れ、この響きに「どうだいもう出掛けようかい」と煙管をポンとはたいて筒にをさめて再び雑沓の中に伍していつた。「水上に花火揚がりて花曇り」お花見の賑ひを助けるのも花火の一つの要である。村祭に人を寄せるのも花火の要である。かうした間接な役目を花火に帯びさせてゐる。そしてこの事は我が國では花火のかなり重大な用途として見なされてきた。そのために花火を高く打揚げる事、遠くに響くやうに鋭い音を出させるやうな工夫に技巧は進んで来た。

ヴェルサイユの花火

ローマは早くから花火をもつて知られた都市であつたが、今日では花火を年中行事の一つとして旅客をよびよせて居る都市は歐洲に少くない。

巴里、ヴェルサイユ宮殿で催さるゝ花火も呼びものゝ一つとなつてゐる。丁度デヴィスカップの競技で都人を熱狂

させた頃、初夏も漸く過ぎ、人は涼風を求めて出る頃であつた。

人並にもまれながらやつと一枚の切符を求めこの入場料慥か二、三圓と覚えてゐる。數字は精確には覚えぬが無料で花火を見つけてゐた身には、えらい高價だなあといふ感だけははつきりと残つてゐる。

花火はドラゴンとか呼ぶ池を前にしてヴェルサイユのあの緑の森を後にした所で揚げられるのだ。噴水も今日を晴れとありつたけの勢を見せてゐる。観覧席は池を挟んで花火の場所に對してゐる。入場料をとつて見物させる花火は餘り高く揚げる必要を認めない。即ち西洋の花火はスタマインの如き立火に發達し、打揚げ花火に見るべきものがない所以である。

隋の陽帝

どうしても笑はぬ妃があつた。帝はどうかしてこれを笑はさうと試みたが策に盡きた末一策を案じた。非常時にのみ許された狼火を揚げた。スハ鎌倉、一大事と近郷の諸侍物具着ける暇もなく都に馳せ参じた。玄徳のやうなのや、關羽のやうなのや、孫悟空のやうなのやいづれ劣らぬ武面、それが事の故を知つてブツブツと膨れ返つてゐるのだから、さすがの妃もこれを見て初めて一笑した。帝は満足この上なし。然し後日再び狼火せねばならぬ時が來た。敵の襲來だ。玩ばれた狼火は將士を集める力を失つた。城は陥り帝は妃と共に死んだ。隋は亡びだ。

當時の狼火は單に木の枝等に火を點じて合圖としたに過ぎなかつたらう。或は狼糞と呼ばれた天然硝石を枝につけて火勢を強くした位の事は有つたかも知れないが、火藥の力で筒から玉を打出し、又は炭粉等を吹き出して合圖の火としたのとは違ふ。

のろし、即ち狼煙は戰場合圖の道具として無二のものであつたが故に武家は好んでこれを用ひ、我が國では戰國時

代にその用法は發達し、徳川幕府の世に到つても稻富田付の兩火術家が承はつて芝濱御殿において年々のろしを將軍の上覽に供する事を行事として幕末にまで行はれてゐた。

我が國の花火はこの狼煙を緒として發達したといふことも打揚げ花火が他の花火の術に比して最も優れて來たといふ一つの原因である。

天正から明治

是歲八月蠻人善花火者伊瓦連項自長崎至駿府

三日引見猷猩々緋十間弩一挺鑲嵌鐵炮二挺遠眼鏡長一丈可見六里、六日太公監觀花火(宮中祕策)

此歲とは慶長十八年である。かういふやうな記事が天正十三年の時に出て居る。これが花火といふ言葉で出てゐて、私の見た花火といふ言葉の一番古い記事であらうと考へて居る北條九代記に秀吉征伐の時陣中花火をあぐるの事とある。

なほ昔の煙火といひその後の花火といひ、色々の本でそれ以後の記事について出たのはある。我が國へ花火の傳はつた記事で一番古いのは「天正年中樸木民部少輔南蠻に到り火術及び鐵砲と共に烟火といふものを傳ふる也。」とある。天正年間だが、それ等は可成り古い方であらうと思つて居るが、なほ『帝國史料』の方に依ると「慶長五年和蘭人烟火を獻ず。」とある。泉州堺に先づ渡つたのであらうと思ふ。そのとき京都御所においてそのわざを天覽に供したといふが、更に江戸へ傳へられたのは秀忠將軍の慶長十八年八月であつた。

「秋英吉利國の王始めて書を捧げ八月二日江戸に着き六日の晩二の丸において花火を興業し上覽に供す。」とある。これ等は段々花火の傳つて來た状態を私達が知るのに頼りになることである。即ち何れ和蘭人、或は葡萄牙人である

かも知れぬが、多分和蘭人らしいのであるが、それが花火を傳へた。

花火は支那から傳はつたといふことが時たま言はれるが、記事としてはどうも支那から傳はつたといふことは餘りない。寧ろ西洋人が傳へてゐるやうである。それではどういふ方面に傳はつたかといふと、無論九州方面に傳はり、また泉州堺の方面から近畿地方に傳はつたのである。

今日花火の盛んな地方を辿つて見ると、矢張り九州が一つの箇所、近畿地方が一つの箇所、その次に三河、これは徳川がゐたからであるが、三河が今日非常に盛んである。それから信州へは三河から傳はつたのである。三河の幸右衛門といふ人が上高井須坂といふ所へ移住して傳へた。其處で花火が發達し、今日信州は花火が一つの名産になつてゐる。

越後においては、こゝには謙信のゐた事も關係があつたのかも知れぬが、兎に角越後の大名は可成り花火の獎勵をしたため、今日は越後も花火の有名地になつて居る。それから江戸は將軍の居城天下繁盛の都であり、享保二年から始められた川開きの花火といふものが非常に人氣を呼び、二百數十年も續いて今日に及び、この地方における花火發達の主要な原因を作つてゐた。

鍵屋と玉屋

「花火屋は何れ稻荷の氏子なり」花火屋といへば鍵屋、玉屋に江戸の人は限られたやうに思つてゐた。鍵屋の番頭が分かれたのが玉屋である。この屋號も御狐様の持物、玉から取つたのである。不幸にしてこの玉屋は將軍日光御社參の日に三度まで出火したので江戸拂ひとなり、家は闕所して了つた。

兩國の川開きは享保二年以來の行事であるが、この打揚げははじめから鍵屋のみが引受けるといふ恒例になつてを

つたが、世間の人はどうしたはずみか鍵屋といふよりも玉屋といふ方が通り相場となつてゐる。エンカイナの俚語も「玉屋がとりもつエンカイナ」と歌つたものだが、これは鍵屋にとつてはチト面黒い次第であつたらう。これを川柳點にしたのが曰く「玉屋だとまたぬかすかと鍵屋いひ」である。

玉屋の屋號は近代になつて再び及川氏に用ひられ、幸ひにも花火界に、この名が復活してゐる。

ネオンと花火

夜の街を飾るネオンの光も決してけなしたものでなからうが、あのゆら／＼と光が揺れてる不安さ、ありつたけの力を出してやるやうな淺薄さが僕には氣に入らない。花火の變りにイルミネーションでやつたらよからうといふ人は花火を解し得ぬ人である。花火の光は只一瞬に輝き一瞬の後では名残りもなくその光をこの世から消し去つてゐるところに味が有るのである。あの浮けに釣られて底の無い闇の空を一つの青い或は白い光となつて靜かに靜かに漂ひ流れてゆく釣ものの味も、その前に満星、赤、緑、錦の光の一瞬が有つたればこそである。

家の屋根にある物干臺に上つて、遠くに揚がる花火を見て喜んでゐた幼い頃の私は花火の色を喜んでゐたに違ひない。段々花火に親しみがつくに連れて、花火の玉が割れる時の音、その響きの冴えを甲乙するやうになつた。花火を見るには色と光と音とを樂しまねばなるまい。この三つの爽快味を合せて賞する事が出来るのは早打ちの揚げ方である。そして自分の最も好む花火もこれだ。

東京近郊でこの早打ちの美しさを味はつたのは或折の丸子多摩川の花火であつた。花火界の名人青木氏は大玉で二十發の早打ちを行ひ、皇國名花競咲と題して(一)朝霧、(二)吾妻八景、(三)繪日傘、(四)幽泉、(五)千里の駒、(六)國光輝、(七)江の島、の七種を打揚げた。打揚げられた玉の位置もその所を得て前の花火が正に消えるや次の花火は

續いて空一パイに盆を開き、その妙技見るものをして感歎の外ならしめた。

小口氏の七寸玉五十發早打、菊花満開と題して行つた(一)皇國の榮、(二)春雨、(三)朝霧、(四)千里の駒、(五)吾妻八景、各十發の早打も前に劣らぬ壯觀で當夜の雙美であつた。

花火の見方

花火を見るには

「暗きに住む人來り仰げ」といふ讚歌がある。これは永遠の光を仰ぎ見よといふことであるが、泡を喰つて讀むと花火でも見に來いといふ意味に勘違ひしさうである。しかし、花火の光は一瞬の光を樂しむのであつて、光が長引く事は寧ろ嫌ふのである。星月夜の空にパツと地から湧いたか、天から下つたかと思ふ一瞬の光が、花火の生命であつて、花火の代りにネオンサインで空にイルミネーションをやつたらよからうといふやうな考へは、花火道の外道である。しかも、この一瞬の光は鮮かに強き閃きでなければならぬ。釣火といつて、電氣のやうな光が中空にフラリフラリと長く漂うて居るのがあつたが、これは花火本來の眞意ではなく、寧ろ餘興である。これは兒童の好むところであらう。

鮮かな閃きは一齊に空を飾らなければならない。或物が先に、或物が後れて模様を描くやうなのは、花火として不手際なものである。一齊に輝いた花火は、その消え際がまた一齊でなければならない。群星既に光を空から隠してしまつた後に、一つ二つヨチ／＼と光を残してゐるのは、落武者のやうな惨めさである。一陣の風に残りなく散る櫻花の姿こそ、また花火に求むべきであらう。一瞬の光を保つものは、また整然の美しさをも持つてをらねばならない。

混亂と雜然とは、また花火に忌むべきものである。花火の描く模様、所謂盆の中に、抜星といつて最後まで光を出さぬ星があつて、模様の中に斑點が出來てはならない。光の位置は各々その所を得て、一絲亂れざるを尊ぶのである。光の強さは紫、赤何れも均等なるを要する。とかく緑の色は光強く、紫は光弱く感ずるものであるから、藥の加減によつてこれを調整しなければならぬ。赤の後に現はれる黄が綠色に感じやすいのは、眼の錯覺に依つて起るのであるから、花火師は錯覺をも考慮に入れなければならないのである。

花火を見せるまでに

鮮やかな光を得るためには、用藥の純正といふ事が大切である。此の點に就いては、獨逸において見た花火が、特に優れてゐたやうである。光も強く輝かすためには、マグネシウム、アルミニウムのやうなはげしい光を出すものを混ぜるのも一策であるが、そのため、星の色を現はさせる藥の力が消されて、徒に光のみ強く、肝要な色が白く見え易いものである。普通燃熱を起すために、硝石や鹽液を用ひますが、鹽液はその力が強いが、自然爆破しやすい危険がある。

凡そ花火の色には明治十三、四年以來洋藥といつて、ストロン、バリウム、その他の藥の使用が傳來されたのであるが、その以前は、僅かに硫黄を燃して青い光とし、鉛、樟腦を燃して青白い色を出してゐたに過ぎず、大體は炭の燃える光で満足してをつたのである。従つて徳川時代の花火といふものは、今日の花火と著しく趣きを異にし、光がむしろ一種の淋しみをさへそへた事が、窺はれるのである。

蕪村の句に「花火せよ淀の御茶屋の夕月夜」とあるのも、夕月夜の一つの淋しみに、花火のふさはしさを感ずるのである。日本の花火は、この炭火の時代に苦心して得た技巧に、新たな洋藥の使用が加はつたのである。そして、今

日は世界にその優秀を誇り得るやうな技術にまで達してゐるのである。あの美しい花火が開いて、對照の美を完全に保ち、少しの亂れをも起さない技巧は、西洋の花火では、到底その影すらも見出すことも出来ないものである。

此のやうな技巧には、花火の玉の割れる時期にまでも、細かい工夫が用意されてあるのである。即ち玉の割れる時期は、打上げられた花火が空中に進行を止め、引力によつてまさに下り來たらんとする時、いひかへれば玉の速度が零になつた時に破裂して星を開くやうに、割薬の導火が正しく加減されてあるのである。若し玉が上つて行く途中、又は下つて來る途中に破裂すれば、開いて現はれた星の形は、正しい水平を保たず、傘のやうな形をなし、星の位置も自から崩れがちとなるのである。

玉が割れて星の飛ぶ距離や速度を加減するには、主として星の比重、形及び大きさによつてなされるのである。星に鉛玉を心とし重さをつけたことなどもあつた。この時は鉛の火止めをせぬと残火が青く曳くものである。

花火哲學

永生とか永遠とか云ふ事に注意を引かれがちな西洋思想と、花の散るを潔しとした武士道の思想とは、とかくピントの合ひかぬ感じがするものであるが、花火の點についても西洋人は數十本の狼煙花火を一時に低く打上げてそれへ色ある焚火をさへ差加へて、時餘に及び、その光を觀賞するに反し、日本人は非常に均齊のとれた光の整列を一瞬時樂しむ事を花火の主眼と心得て居るのである。

此所に僕の贅言を許してもらひたいと思ふ。曾て一高時代に、孟夏白日の下に一羽の白鷄が、電車にふれて、磨いたやうな一筋の御影石の上にその亡骸を横たへてゐた。それがだん／＼遠くなつて行くのを車掌臺から見送つた事がある。その時、鷄の屍を全く死の影に包まれた死灰と見る事も出來ず、またその中になほ永遠の魂の呼吸が通つてゐるものとも考へられず、自分は此のとき瞬間の永遠といふ新語を案出して、自分の心中のゴチャゴチャを胡魔化してゐた。

それ以來自分は永生とか永遠とかいふものの因子として考へられる時間の觀念は、必ずしも時計の刻む時間といふものでなく、何か他の意味が考へられなければならぬ様な氣がしてゐる。それで一瞬の中に永遠が宿り、一點の中に無限が含まれてゐるといふ様な變な氣分も出て來てゐるのである。

かう考へると、一瞬の火を楽しむ花火の楽しみも、又そこに永遠の光を楽しみ得る縁も結ばれてゐるかも知れないのである。

打揚げ花火の話

夏の夜空に描く。萬物焦け爛れた大地に漸く宵闇の迫る頃、鼓膜を壓する爆音と共に中空高く炸裂して、眼もあやな五彩の慧星を蒔き散らす打揚げ花火こそは人間生活に潤ひを求める心の捌口であり、天上遙かなものに寄する憧憬を現實界に創造せんとする慾望の現れである。

それは眞實、夏の夜に相應しい情熱ではあるまいか。

花火の沿革 遠くは希臘時代に木炭と硫黄をまぜて狼烟に用ひた記録が見えるが、今日の花火は十四世紀の火藥發明以後の事に屬するであらう。最初は軍用等の實用に研究され、後次第に觀賞を目的として發達してきた。わが國に花火の傳來した最初の記録は天正年間に遡る。徳川の文化漸く爛熟するに従ひ花火の觀賞は大衆娛樂として殷盛を極めた。次に明治初年に色花火が輸入されてから花火界は更に一新し、東京を初め各地それぞれ獨特の技巧を凝らし、地方的な傳統を持つて發達を來した。

打揚花火の正體 花火の原理を一口に謂へば大砲である。砲身に相當するものを打上筒と稱し、砲弾は玉といふ。筒底に装填した黒色火薬が口火によつて爆發し、其の壓力のために玉は打上げられる。通常高度二〇〇—六〇〇米位に達した時、玉に附いてゐる時限導火線に依つて玉内の火薬（割薬）が點火され、玉は割れて中から色々な「星」や「雷」が飛び出し、又は「袋物」といふ旗や人形など雁皮の風船の如きものが舞ひ落ちる仕掛けなのである。次に各部分の製法概略を記述しよう。

(一) 玉 板紙か、木或ひは紙を貼り重ねて作つた内空の玉である。球形を普通としてゐる。此の場合は碗狀の半球を二箇重ね合せて造る。その下半となる半球は打上げの際發射薬の打撃に耐へられる様に上のものよりも堅固に作つて置く。此の方を底といふ。玉に挿込む導火線は普通この底に穿つ孔に依るが、大形のものとなると發射薬の壓力のために打上げの際導火線が玉内に滑り込んで仕舞ふ恐れがあるので、頭部の半球に設けるものもある。導火線が底にあれば發射薬の爆發に依つて自然に點火されるが、頭にあるものは打上げに當り發射薬と同時に人手に依つて點火しなければならぬこと勿論である。

導火線を固着したならば、其の露出部には木製か或ひは板紙製の椀を貼り附けてこれを蔽ひ、玉を保存する間の危険を豫防する。此の椀は玉を筒に装填する時に取外さなければならぬ。

この兩半球に割薬及び星、雷、袋物などの詰物を終つてから兩半の合せ目を紙で目張りをすればこれで玉は出來上る。玉の形は上述の球形をした「丸玉」が普通であるが、其他圓筒狀をした長玉、丸玉に矢を附けた矢附玉、丸玉を二つ重ねた重ね玉など色々なものがある。

(二) 詰物 割薬は普通黒色火薬を用ひ玉の中に星や雷を詰めた後、其の間を填充する。これが空中に於て爆發して玉を割ると同時に、其の中の星や雷に點火するのである。紙製の旗や人形などの袋物を入れた場合には、點火の要もない、然し又紙が燃える危険はあり、割薬は別の紙包として玉の中に容れ、袋物との間の空隙には綿種などを詰め置く。

次は星や雷の製法だが、その材料薬の配合、箇々の星の取合せ排列こそは、花火研究家の最も秘技を盡し、其の獨創を競ふ所である。今茲に主な種類を擧げる。破口物と總稱するものに満星、菊、引火類などがある。満星は文字通り空に人工の星宿を鑲める物で、それにも一色のもの二色以上のもの、二度以上色の變化するもの等雜多である。菊は様々な菊花狀を現出するものであり、引火類は星が光芒を長く引いて飛ぶもので銀波、光波、光露などがある。この外に釣物、曲玉、形物、小割物、分砲、先割等があり、その材料及び排列に應じ千變萬化の夢幻世界を現出する。

(三) 打上筒 昔は竹を用ひた事もあるが、後木製となり、張子となり、現今多くはトタン板を曲げて圓筒狀とし其の外側を鐵線で巻くことにしてゐる。三尺玉用などは井戸側大もある太さの鐵筒を用ひる。筒の長さは以前は玉の直徑の十五倍大を原則としてゐたが、火薬製法の進歩に應じ、今日では普通七倍大といふ。

打揚げの高さは筒の長さにも關係する。筒が長いほど火薬の推進力は長時間働いてゐる故、筒口を離れる時の玉の速度は大きく、それだけに高く登る譯である。西洋では高く揚げぬ故筒は一—二尺の鐵筒である。

玉の總重量六五—七〇貫、玉殻だけの重量三十二・三貫、打上筒の内徑三尺、長さ十二尺、打上火薬としては黒色粒狀火薬四貫匁を必要とする實に尨大なものである。

一例としては、内徑二尺三寸五分の大ききで新聞紙を約五分の厚さに張り重ねた球を、乾燥した後二つに切り糞す。これを再び重ね合せた上ハトロン紙を更に約五分の厚さに張り、乾燥後その一部分を圓形に切り抜く、これが三尺

玉の本體の有様であつて、これに配すべきは此の球に入れるべき詰物である、その一つは四寸玉で約一五〇箇これに加へては割粉(コルクに火薬を掛けたもの)約三斗である。つぎにその装填の次第は最初に握り拳二倍大にコルクを紙に包んだものを五―六箇、最底部に收める。これは打上火薬の爆發作用が、玉内部の詰物に影響を與へないやうにする緩衝物である。このコルク包の上に順次四寸玉と割粉を入れて一杯になつたら、先に刮り抜いた蓋を施す。此の蓋には不發の場合を慮つて、特に二本の導火線を取附けてある。これにて装填を終了し、此の上にハトロン紙を約一寸五分の厚さに張る。玉の下半部は特に三―四分厚目にして置く。導火線は上部に位する事となる。玉の中には詰物即ち小玉が入念に配列されてある。此の配列に技巧が潛んでゐる。出來上つた玉の外面には導火線を保護するため更に椀狀の掩ひを取りつけてある。尙中央の最大詰物白球は一尺六寸玉であつて、これは底部に導火線を設けた式のものである。

玩具花火

硫黄を紙に包んで火を點けると青い光を出して燃えるだらう。お化け花火はこんなものである。

アルミニウムの粉に火を點けると白い光を出して烈しく燃える、これが電氣花火である。この時はアルミニウムがよく燃えるやうに硝石等を加へる。

線香花火は炭の粉が燃えて飛出す事を利用して作つてあるが、大きな花火であると鋼の粉を入れてこれが燃えて火花となるのを使つてゐる。いたち花火には最後に音をたてる薬が入れてある。これには大抵雞冠石といふものの粉が使つてある。

次に一つ玉二つ玉と申して管の中から火の玉が燃えて飛出す花火があらう。これには火の玉を飛出させるために管に發射用の火薬が詰めてあり、それに火が點いて燃えて出來たガスの勢で玉が吹き飛ばされるのである。

勿論この玉は燃える薬で出來てゐるから燃えながら飛んで行くのである。

そればかりでなく硼酸や硝酸ストロンチウム等いふ色火を出す薬も混つてゐるから、玉は綠や赤の色を出して飛んで行く。

かう並べて見ると花火を作る手段のあらましが分るであらう。花火を作るには燃えやすいものが必要である。それには硫黄とか炭とか時には樹脂の様なものが使つてある。

次に此の燃焼を助けるために酸素を出すものとして硝石、鹽剝等が使つてあり、これ等は花火の隠れた役者で、表に立つて働いてゐる花火の薬は燃えて色を出す硼酸や、ストロンチウム、バリウム、銅の化合物とか爆音を立てる雞冠石なのであらう。

發射薬といふのは玩具花火には餘り用がないが、打揚げ花火即ち祭禮や催しもの、餘興等で皆さんが楽しんで見る空高く打揚げられる花火には、この發射薬はなくてはならないものとなる。それからは打揚げ花火で花火の星を大きな玉に包んで空高く打揚げ、それが丁度いゝ所まで登つたらば、その玉を割つて火の點いた星を大きく空に散らさなければならぬから、そのために割薬といふものが必要になつてくる。これに鹽剝使用は禁物である。

打揚花火の事はこん度はあづかりとして、玩具花火の事を少し述べるとしよう。

ねづみ花火

細い葎の端に鼠色の尾が短かくついてゐる。この尾に線香で火を點けると夕闇の中に火をふきながらシュ／＼と音を立て、地面を走つてゆくのが、ねづみ花火である。この花火を作るにはあの尻尾に火薬が巻き込むのである。

その火薬の配合は、黑色火薬(獵銃火薬の類)三〇、木炭末六〇或は火薬三〇、木炭末一〇、硝石一〇など様々あ

フランクリンが風を揚げて電氣の實驗を試みたのが仰々電氣學發達の糸口であつた。ニュートンはリンゴの落ちるのを見て宇宙大真理の發見を思ひ立ち、池田先生は一杯の吸物から味の素を考へつかれた。科學者の大きな仕事は幼い頃の小さな經驗から芽を出してゐるといふ歴史は澤山ある。

多くの人が子供時代に持つてゐるこのねずみ火花の經驗から今日偉い仕事企てられ、始められた。

それはこのねずみ火花に乗つて月の世界に行かうといふのである。葭の後部から火を吹くと葭は前へ進む。

若し幾本かのねずみ火花を一束にしたら可成り重いものでも前に進むだらう。この理を應用して大きなねずみ火花を作り、これを翼を取り去つた飛行機のやうなものに澤山に取付け、自ら次ぎ次ぎと火の點く様に仕掛ける。それをロケットと申し、このやり方は日本でも古くから花火師は行つた方法で龍星とか火箭とかいふ火花がそれなのである。

エンジンや、大砲の力ではとても及びもつかぬやうな空へ高く／＼昇つて行くにはロケットを何段もつけて、先づ初めの一段で或る距離進み、その勢がなくなるころ第二段のロケットへと火がついて新らしい勢でまた進行をはじめ、かうして三段四段と新手のロケットを働かせて月の世界までもいかせようとした人がアメリカにある。

實際、空氣の無い處へ達すると全く抵抗がないからロケットの飛ぶ速さは驚く程の速さになるのであらう。そのアメリカ人はこのロケットが月に届いたら急に燃え出して地球からもそれが認められるやうにといふ事まで工夫してあつた。

フランスでは自動車の後にロケットをつけて非常に快速力で走る實驗をやつた人がある。

線 香 花 火

夏の夕を楽しむ、花火の中で最も親しまれるのは、この線香花火であらう。

牡丹になつたり柳になつたりする、線香花火の一瞬の光に寄り集る子供や大人の笑顔もまた景物であらう。

このやうな線香花火はどうして作られてゐるのであらうか？

線香花火は、炭粉と硫黄と硝石を混合し、これをこよりにしたものである。牡丹だの、柳だのと呼んでゐるのは、この炭の小粒の破裂によるので、炭が熱せられて來た時に飛散る様なのである。この飛散る勢がもし強い場合には、それを牡丹、或ひは菊と呼び、だん／＼勢が、弱くなつて來た様を柳と呼んでゐる。ところがこの飛散る様は炭の性質によるものであつて一番よく飛散る炭は松煙といふ炭の粉である。また牡丹や菊が出る様になるまでには、高い温度が必要なのである。この熱はどこから得られるかと申すと、前に線香花火には、炭粉と硫黄と硝石とが混ぜてあると申した。この熱を得るのは、硫黄と硝石の作用によるものであつて、一般に、硫黄は燃え易く、熱を出し易いといふ事は、誰れしもすでに御承知の通りである。さて、この硫黄だけ紙に纏はれてをつたのでは燃えやうにも燃えられない。この燃えさす事を助けるのが硝石の役目なのである。硫黄は燃えるのに空氣中の酸素を十分取る事を必要とする。ところが、硝石は少し熱せられても直ぐに酸素を出してしまふ性質の化合物である。故に點火する事により、こよりの中で硫黄は硝石よりの酸素にあひ熱を受けては燃える。一度燃え出せば、その熱で次へ次へと燃えて行く。かうして硫黄と硝石が、高熱に熔け作つた球の中で炭粉は強く熱せられ、これが十分高温度に達した時に球が空氣中に飛び出し、烈しい燃焼を起すと共に粒が爆發し散るのである。

かくの如くして、製造の場合にも硫黄が多すぎれば球は大きすぎて紙にさへきられず落ち、硝石が多ければ硫黄も炭も燃えつくされて、牡丹も菊も現はれぬのを見るであらう。また炭質が悪いと火の玉はそのまま落ちてし

まふ。最後に線香花火の材料割合の一例を申し上げれば、硝石六、硫黄四、粒炭一、松煙二・五〇或ひは硝石一、炭一、硫黄六、松煙一或ひは硝石一、硫黄四、である。

線香花火の薬のまぜ方

線香花火に使ふ炭は、前々から申すやうに、松煙といふ炭が一番よいさうである。混ぜ方はいろいろあるが、火のそばではぜつたいにまぜてはいけません。また分量もサジに一サジくらゐ出来る程度にとどめて一時にたくさんつくことは禁物ださうである。混ぜる割合は、重ねて記るせば、

▼硝石六(グラム)、▼硫黄四、▼桐炭一、▼松煙一〇、或は硝石一〇、▼硫黄四、▼松煙二・五〇、或は▼硝石一〇、▼桐炭一〇、▼硫黄六、▼松煙二、といづれでもよいのである。

電氣花火

電氣花火は實に簡単な花火なのです。マグネシウムやアルミニウムの燃える時出す一瞬の光を味はひ楽しむのである。

西洋では、クリスマス晩にこの電氣花火を用ひる。美しく飾られたクリスマスツリーに蠟燭と一所に電氣花火を釣るし、お客があれば子供はもてなしにと客をツリーの近くに招き、この電氣花火に火をつけて見せる。ツリーの美しき供物に客は一層の満足を感じるのである。町等でも子供の遊ぶのは大抵この電氣花火で他の花火は餘り見かけられなかつた。

申すまでもない事であるが、マグネシウムは燃え易い物質、この燃える時の温度は非常に高いのである。それ故にそのとき生ずる酸化マグネシウムの粉末が強熱されて閃光を放つのである。

花火薬を用ふる時、黄色焰をナトリウムで現はすとしても、それが炭酸鹽ならば、分解のため熱を要すること多く、従つて光度は落ちる。此の例につき今弱いものから並べれば、炭酸、臭化物、鹽化物、蓚酸である。赤光ではリチウム、ルビヂウム、ストロンの鹽中蓚酸鹽が常に最強である。銅鹽は結晶水を含んだものは青が緑に轉ずる如く用劑の純度も色に關係する。乳糖など加はると熱度が高くなり光度を増すものである。

電氣花火にこれ等の色劑を混ざると光の感じを緩やかに美しくする。

電氣花火はマグネシウムの外にアルミニウムを使ふ。この燃えるとき出る熱は二〇〇〇度を越す、非常に高い温度なのである。

この花火をつくる工場に行くと、マグネシウムやアルミニウムを糊で練つた粉末が銀色した泥の様に容器に入れられ、また一方ではこの泥を鐵の針金に塗り附けたものを乾かすために無數に並べてある。この製品は外國へ永年輸出され、相當な價值を示して居る。

次に電氣花火の材料として、マグネシウム粉末一五、硝酸バリウム四三〇、木炭粉五〇、松脂二、又はアルミニウム一〇、鹽素酸カリ二〇、木炭素三、アラビヤゴム三〇、又はアルミニウム七二、硝酸バリウム一二四、鐵屑三五、硝石一〇、アラビヤゴム一、糊精一二〇である。この鹽素酸カリは火に近づけて一寸打つても、直きに爆發し、また燃え易い薬と交ぜると危険である。

花火組立

花火の用藥は純度の十分なものを使用せねばならない、色の點はいつも苦情が出るのが常である。最近も信號用の花火が舶來品は赤が鮮かであつたが、和製品を使ふやうになつて、全くちがつてしまつたといふ話がある。これは薬