

327-479

野口秀敏著

朝夕の理學界

東京開發社

明治  
44. 6. 17  
内交

## 序

現代の文明は自然科学發達の賜なりと言ふも敢て過言に  
あらざるべし。されば現代に生れて現代の人たらんとするも  
のは、階級の如何を問はず、職業の種類を論ぜず、必ず自然科学  
に關する智識なかるべからず。これ近年斯學に關する圖書の  
刊行汗牛充棟も啻ならず、而して讀者は又之を迎ふる旱天に  
雲霓を望むが如くなる所以なり。然りと雖も、此等の多くは各  
一科の専門學術書として表はれ、日常遭遇する實際的諸現象  
に適切なる解釋を與へんとせず。されば吾人は極めて卑近な  
る諸現象に關する智識を得んとするも、少くとも數冊の書を  
通讀せざるべからざる恨あり、而も猶其要領を得るに甚だ苦

む。偶々此等の事項を一括し、一部の書として刊行せるものあるを見るに、説明簡に失し、隔靴搔痒の感なき能はず。これ吾人の常に遺憾とする所にして、本書編纂の微意亦聊か此缺を補はんとするに外ならず。然れども余の淺學菲才なる敢て其任にあらず、或は述ぶる所誤謬無きを保すべからず。幸に大方諸人士の批正を得て他日訂正するの機あらんことを期す。

明治四十四年二月

著者 識

凡例

- 一、本書は序文に於て述べたる如き旨意により、物理・化學・天文・地文・氣象等の諸學科に關する日常卑近の事項を説明せんとして編纂せり。
- 一、叙述は通俗平易を旨としたれども、重要にして興味多き事項は簡單なる例話より進み稍六ヶ敷き理論をも了解せしめんことを期し、彼の單に研究の結果のみを記し、無味乾燥なる數字の配列をなすに止まるが如きことは成るべく之を避けたり。
- 一、日常生活と密接の關係ある事項は勉めて之を詳説し、其然らざるものは之を省略せり。

凡例

一、歴史上の事實を知るは、科學思想發達の跡を尋ね、現代の智識に到達せる經路を明かにする興味多き問題なるを以て所々に之を引用したり。

一、外國の地名・人名等は片假名を以て之を書せり。發音は成るべく普通に行はるゝものを選びたりと雖も、當を得ざるものあるを憂へ、其下に原語を挿入したり。

明治四十四年二月

著者識

# 朝夕の理學界

## 目次

### 第一編 太陽と地球……………

#### 第一章 日出日没……………

- 一、地球の自轉
- 二、地球自轉の證據
- 三、晝夜四季

#### 第二章 太陽……………

- 四、太陽の距離
- 五、太陽の大きさ
- 六、太陽の質量及び比重

目次

七、太陽の形態

八、太陽を構成する物質

九、太陽光熱の根源

#### 第三章 地球……………

- 一〇、地球の形狀
- 一一、地球の球形なる證據
- 一二、地球の大きさ
- 一三、地球の比重
- 一四、地球の成因
- 一五、星雲說
- 一六、星雲說の正しきことを證

明する事實

一七、地球内部の状態

一八、地球の發達

一九、地球の將來

第二編 大氣

第一章 空氣の組成

二〇、大氣の由來

二一、空氣の存在を示す實驗

二二、空氣の組成

二三、ラボアジールの實驗

二四、空氣の組成を示す簡単な實驗

二五、實驗の結果

二六、空氣は化合物に非ずして

混合物なり

第二章 空氣中の混合物

二七、アルゴン

二八、水蒸氣

二九、無水炭酸

三〇、酸化炭素

三一、硫化水素

三二、塵埃微菌等

第三章 大氣の壓力

三三、氣壓

三四、トリセリーの實驗

三五、マグデブルグ半球

三六、晴雨計

三七、大氣の高さ

第四章 空氣と人生

三八、室内空氣の變敗

三九、換氣

第三編 水

第一章 水の組成

四〇、天然水

四一、水の組成

四二、精密なる實驗

四三、ホルタのピストル

第二章 飲料水

四四、飲料水の供ふべき條件

四五、水質檢定法

目次

四六、蒸溜水

四七、濾水

四八、水道

第三章 水汲み装置

四九、槓杆

五〇、井車

五一、ハネ釣瓶

五二、吸上ポンプ

五三、押上ポンプ

五四、消火ポンプ

第四編 燃焼

第一章 燃焼

五五、フロヂストン説

三

五六、燃焼とは何ぞ  
 五七、燃焼の成生物  
 五八、酸素中の燃焼  
 五九、發火點  
 六〇、引火點  
 六一、緩慢なる酸化  
 六二、燃焼を盛ならしむる法  
 六三、竈の構造  
 六四、火を消す法  
 六五、焰

第二章 燃料……………六〇

六六、薪  
 六七、木炭  
 六八、木炭の吸収性  
 六九、石炭

第三章 燈火……………六七

- 七一、蠟燭  
 七二、焰の構造  
 七三、石油ランプ  
 七四、瓦斯燈  
 七五、電燈  
 七六、光力の單位

第五編 朝夕に見る熱學

的現象……………一〇三

第一章 熱による物質の變態……………一〇三

- 七七、融解

七八、凝固  
 七九、融解點と壓力との關係  
 八〇、融解點と壓力との關係によりて説明せらるゝ實例  
 八一、氣化  
 八二、氣化の實例  
 八三、液化  
 八四、液化の實例  
 八五、沸騰  
 八六、氣化熱  
 八七、氣化熱によりて説明せらるゝ實例

第二章 熱の傳播……………一三

- 八八、熱の傳導  
 八九、傳導の實例

第三章 天氣に關する事項……………一三

- 九七、氣温  
 九八、氣壓  
 九九、風

- 一〇〇、濕氣
- 一〇一、霧
- 一〇二、露
- 一〇三、霜
- 一〇四、雲
- 一〇五、雨
- 一〇六、雪
- 一〇七、雹
- 一〇八、天氣豫報

### 第六編 朝夕に見る光學

#### 的現象……………一〇

- 第一章 光の直進……………一〇
- 一〇九、光の本性
- 一一〇、光の直進及陰影

- 一一一、小孔より投ずる物體の像
- 一一二、大なる孔より投ずる物體の像

#### 第二章 光の反射……………一五

- 一一三、反射
- 一一四、平面鏡の反射及散光
- 一一五、平面鏡の作る像
- 一一六、鏡に映する右手の像は左手の如し
- 一一七、鏡に映し得る範圍の廣狹
- 一一八、姿見の大きさと像の大きさ
- 一一九、薄明

### 第三章 光の屈折……………一五

- 一二〇、屈折
- 一二一、全反射
- 一二二、屈折に關する實驗
- 一二三、水底の淺く見ゆる理由
- 一二四、漸次屈折の實驗
- 一二五、天體は實際よりも高く見ゆ
- 一二六、蜃氣樓

### 第四章 光の分散其他……………一六

- 一二七、光の分散
- 一二八、餘色
- 一二九、物體の色
- 一三〇、水面に油を滴らす時キラの浮ぶ理由

### 第七編 天空の壯觀……………一六

#### 第一章 恒星……………一六

- 一三九、恒星の數

一四〇、宇宙に於ける太陽系統の位置  
 一四一、恒星の距離  
 一四二、恒星の大きさ  
 一四三、星宿  
 一四四、星の等級  
 一四五、恒星の固有運動  
 一四六、恒星の光  
 一四七、恒星と惑星との區別  
 一四八、重複星及星群  
 一四九、星雲

第二章 惑星……………一五〇

一五〇、惑星  
 一五一、ポロドの法則  
 一五二、惑星と生物

一五三、火星有人類説  
 一五四、水星  
 一五五、金星  
 一五六、火星  
 一五七、木星  
 一五八、土星  
 一五九、天王星  
 一六〇、海王星

第三章 流星及彗星……………一六一

一六一、流星  
 一六二、流星の原因  
 一六三、流星の物質  
 一六四、星雨  
 一六五、流星の軌道  
 一六六、彗星

一六七、週期的彗星の發見  
 一六八、彗星の構造  
 一六九、彗星の尾  
 一七〇、彗星の物質及密度  
 一七一、彗星の大きさの變化

第四章 月……………一七二

一七二、月面の状態

一七三、月の光  
 一七四、大氣と水  
 一七五、距離及び大きさ  
 一七六、月の運動  
 一七七、月の盈缺  
 一七八、潮汐  
 一七九、日食月食

# 朝夕の理學界目次終



# 朝夕の理學界

野口秀敏著

## 第一編 太陽と地球

### 第一章 日出日没

鶏鳴曉を告げ、東天紅を呈すると共に、旭日悠然雲霧を排して昇天すれば、世界の萬物各活動を初め、太陽天空に半圓を書き、夕雲を紅に彩るかと思ふ間に、幾千の星辰代つて中天に美觀を添へ、萬籟寂として世は再び休養の状態に入る。

此現象は古往今來幾千年を通じて變ることなく、幾億の人類をして等しく怪訝崇高の念を懐かしめたり。こは抑も何によつて起るか。

太古の人は吾人の住居する土地は平坦にして、太陽は毎日朝に東海より出で、夕に西山に没するものと想像したり。アレキサンドリア(Alexandria)の有名なる天文學

古人の考

地動説

者トレミー(Ptolemy)は、其著書に於て、吾人の世界は球形をなして宇宙の中心にあり、太陽太陰を初めとし、凡ての星辰は一樣に其周圍を廻轉するものなりとの所説を公にせり。此説は十數世紀の間一般學者の信する所たりしが、十六世紀の初めに至りてコペルニクス(Copernicus)地動説を唱へ、こゝに千數百年來の迷夢を覺醒するに至れり。氏は世界は球形にして、地軸の廻りに自轉しつゝ、太陽の周圍を運行するものとなし、其軌道は圓なりとせり。ガリレオ(Galileo)も地動説を唱へ、時の教會有司の怒に觸れて沈黙を守るべきを強ひられしが、如何なる苛責も氏の所信を屈する能はず。氏は判官の前を去るに際し「ソレデモ地球ハ動クカラ仕方ガナイ」とつぶやけりといふ。ケプレル(Kepler)はコペルニクスの説を繼承し、研究の結果地球の軌道は楕圓なるを知り、ニュートン(Newton)は萬有引力の法則を天體に應用して數學的に之を證明し、コペルニクスの地動説を大成せり。これ實に十七世紀末葉のことに屬す。

此説は今日に於ても一般に信せらるゝ所に於て、これによりて日月星辰の運行晝夜四季の現象等は明に説明せらるゝに至れり。

ニュートンの立証

二様の解釋

一地球の自轉 日月星辰が毎日一回東より西に向て旋轉するを見る時、吾人は之に二様の解釋を下し得べし、一は凡ての天體が地球の周圍を規則正しく旋轉すと考ふるものにして、他は凡て天體は各一定の位置を保ち、地球が自身の軸の廻りに廻轉するものと思惟すること之なり。前にも述べたるが如く、前者は古人の想像にして、後者は今日學者の信する所なり。今若し後説を眞なりとせば、吾人は、何故に地球の動くを覺えずして、天體の運動するが如く感ずるか。これ恰も汽車に乗りて窓外の樹木を見ると、汽車の動くを覺えずして却て窓外の樹木疾走するが如く感ずると同理なり。

かく二様に解釋せらるゝものとなせば、吾人は茲に後者を正しとする理由を述べざるべからず。後篇に述ぶるが如く、吾人の住居する地球は大は即ち大なりと雖も、宇宙の廣大無邊なるに比すれば實に海中の一粟たるに過ぎず。太陽其他の星辰の多數は地球の幾百倍てふ大きさを有するものにして、此等凡ての天體が一點に過ぎざる地球粒の周圍を規則正しく廻轉すとは如何にするも考ふる能はず。寧ろ此等は靜止し、地球自ら廻轉すとなすは最自然の考なるべし。然れどもかゝる理由のみ

何故自轉すと考ふるか

を以て未だ自轉を證し得たりといふべからず。實驗的に地球の自轉を證明する方法數多あり。今左に其二三を述ぶべし。

### 二地球自轉の證據

#### 一落體の東方に偏すること

非常に高き所より落下せる物體は其直下に落下せずして必ず東方に偏す。若し地球が靜止するものとせば此現象を説明するに由なく、地球が西より東に向て廻轉すとして初めて之を説明することを得べし。ニュートン(Newton)の實驗によれば、高さ二百五十六呎の塔上より落下せる物體は其直下より約半時東方に偏せりといふ。

#### 二フーコー(Foucault)の振子の實驗

一點に振子を吊して之を振動せしむる時、其支點が廻轉運動をなすに非れば振動面の方向變化すべき理なし。然るに一八五一年フーコーは巴里に於て此實驗をなしたるに其振動面が漸次變化するを見たり。其後多くの學者は同様の實驗を行ひ、之を以て地球自轉の證となすに至れり。

### 三惑星の觀測

精密なる觀測によれば、太陽系統に屬する總ての惑星は皆自轉しつゝあるもの如し。而して其週期も地球のそれと大差なきを見る。地球も此等同系統中の諸星と同様の運動をなすものと思はるるを以て、此等と同様自轉すと考ふるを至當とすべし。

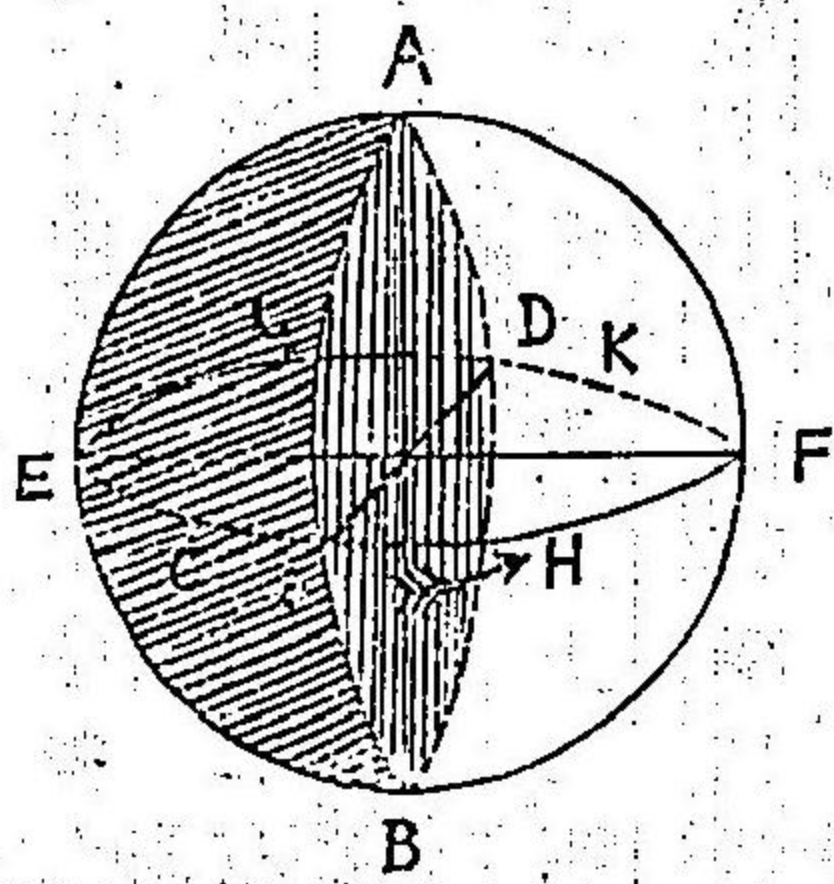
#### 四地球の形狀が扁平なる楕圓體なること

廻轉する球體は、遠心力の爲め扁平となることは力學の證明する所なり。然るに實地測定の結果によれば、地球は赤道の方に長く兩極に短き楕圓體なり。これ地球は兩極を通ずる軸の廻りに自轉するが爲めなるべし。

#### 三晝夜四季 地球は球體なるが故に、太陽に面せる半面は

其光を受くれども、他の半面は全く其光を受くることなし。太陽の光を受くる部分は晝にして、之を受けざる部分は夜なり。第一圖に於て、地球矢の方向に廻轉すとせば、半圓AOBに沿へる地方に於ては、今正に太陽に面せんと

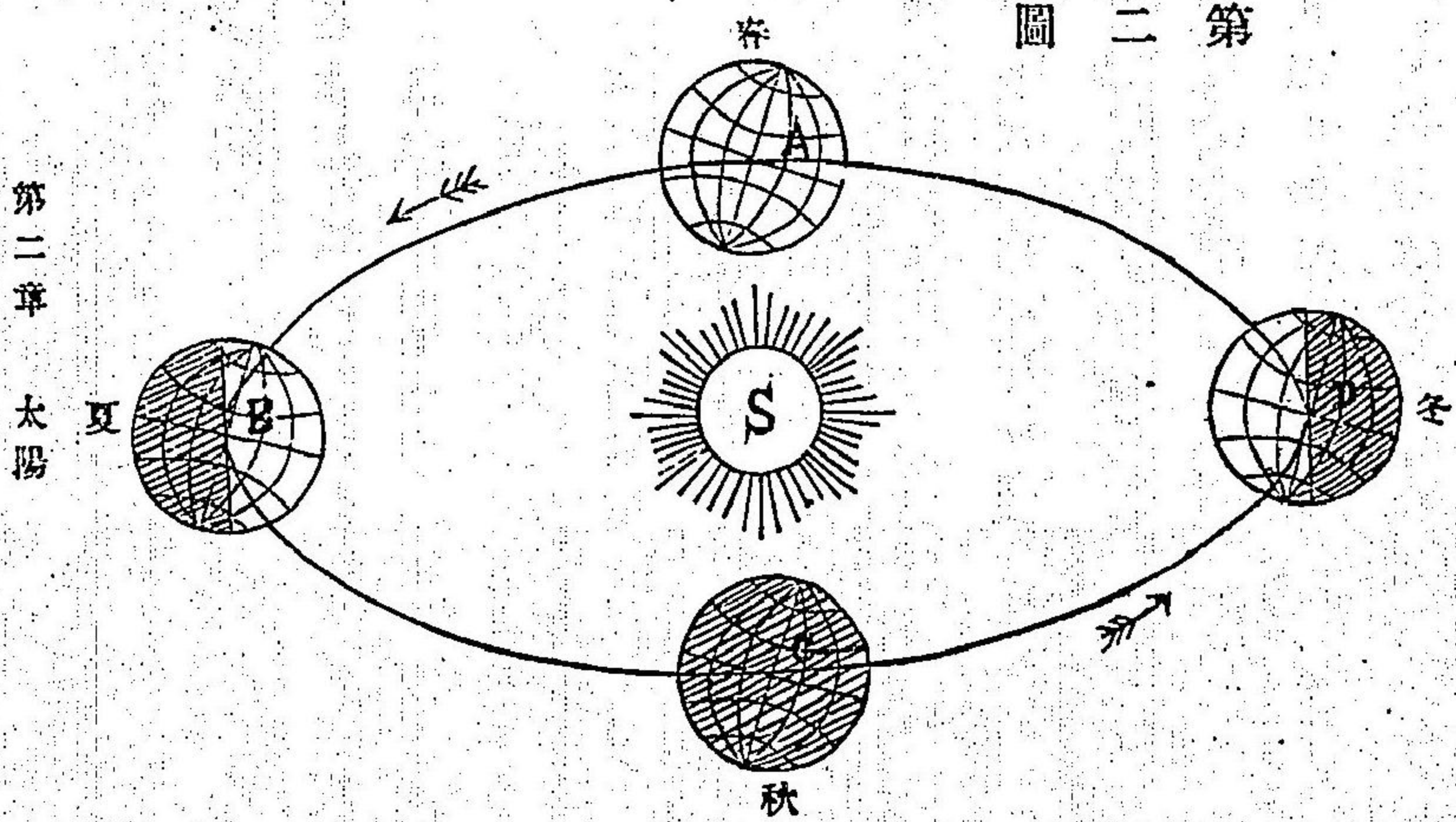
第一圖



する時にして日出に當り、半圓ADBに沿へる地方に於ては、今正に太陽に背かんとする時にして日没に當る。猶Gは午前三時前後、Hは午前九時前後、Eは正午、Fは午後三時前後、Iは午後九時前後、Eは眞夜中なること等了解するに難からざるべし。地球は自轉の外に又公轉をなす。即地球は自轉しつつ、太陽の周圍を廻轉するものにして、三百六十五日五時四十八分にして之を一週す。其經路は楕圓にして、太陽は其一つの焦點上にあり。此經路を軌道といふ。若し地軸が軌道の平面に直立して廻轉すとせば、晝夜に長短の差は生ぜざるべきも、其實、地軸は軌道面に直立せずして、直立線と二十三度半の傾斜をなし居るが故に、晝夜に長短の差を生じ、且つ春夏秋冬四季の區別を生ずるものなり。

左圖に於て、地球がA及Cの如き位置にある時は、南北兩半球の太陽に對する關係同様にして、太陽は正しく赤道を直射し、各地に於て太陽の光を受くる時間と受けざる時間と相等しく、即晝夜平分にして春分、秋分に相當す。地球AよりBを経てCに至る間は、太陽常に赤道以北を直射し、北半球に於ては太陽に面する時間長く、之に背く時間短し。即此間に於ては常に晝長く夜短し。南半球は全く之に反す。地

圖二第



球恰もBの位置に来るときは、北半球に於ては晝最も長く、夜最も短し。南半球は全く之に反す。これ所謂夏至にして六月下旬に當る。地球CよりDを経てAに至る間は、太陽常に赤道以南を直射し、北半球に於ては晝短く夜長し。南半球は之れに反す。地球Dに来るときは北半球に於て晝最短く十二月下旬の冬至に當れること容易に了解せらるべし。

### 第二章 太陽

太陽は吾人に至大の關係を有する天體にして、吾地球は其引力の支配の下に、一定の運動をなし、地球上の生物は皆其光と熱とを受けて生命を保ち得るものなること、今更喋々するを要せざるべ

天體の距離測定法

し。されば無邪氣なる太古の人類は神として之を尊崇し、懷疑的なる近代の人類は其如何なるものなるかに就きて研究を怠らざりき。

四、太陽の距離 吾人天體を研究せんとする時は、第一に其距離、大さ、物質等を問はん。然れども今直ちに太陽までの距離幾何里なりと述べれば、人或は如何にしてかかる距離を測定したるかを疑ひ、其結果に充分の信用を措き能はざるものあるべし。故に余は先づ其測定法の大要を述べ、然る後其結果に及ばんとす。

吾人は近く旅順の包圍戦に於て、港内に潜伏せる敵艦に、小山の背後より間接射撃を以て砲彈を見舞ひ、よく敵艦を破壊し得たりしを記憶す。これ砲彈の偶然命中せしに非ずして、或方法によつて陣地と敵艦との距離を測定し、之に應ずる射撃をなしたるに過ぎず。或方法とは何ぞや、他なし、實地測定し得べき所に基線を定め、其兩端より各地點の方向を觀測して順次相互の距離を求むる所謂三角測量法これなり。かゝる簡單なる方法によつて吾人は近づき得べからざる物體までの距離を正確に測定することを得。

今軍艦に代るべきものを太陽とし、基線に代るべきものを地球の半径とすれば、

視差

之と全く同様の簡單なる法則によりて太陽の距離を測定し得べし。

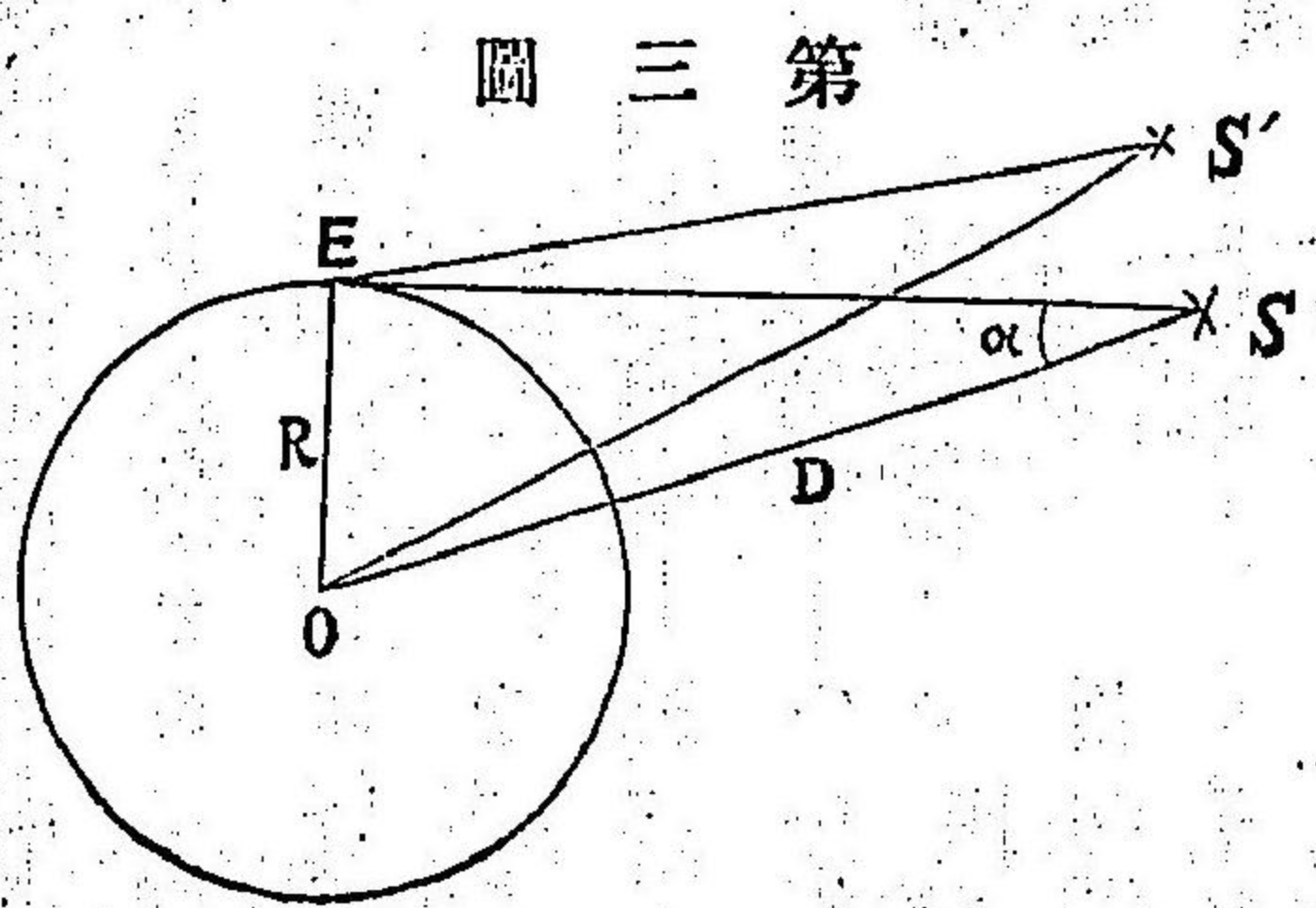
或同一の點を二個の場所より望見する時は其方向に相違あることを知るべし。此方向の差を視差と稱し、天體の距離を測定するには常に之を利用す。而して其一個の場所は之を觀測者の位置とし、他は地球の中心に取るを普通とす。此場合に於ける視差を地心視差と稱す。地心視差は天體の高度によりて差異あれども、其最も大なるは天體地平線上にある場合に於て之を地平視差と稱し、其大きさを測定し、且つ地球の半径を知るときは容易に天體の距離を計算し得べし。

即ち、第三圖に於てRを地球の半径、Dを太陽までの距離、 $\alpha$ を太陽の地平視差とすれば

$$D = R \sin \alpha \text{ の正弦}$$

$$\therefore D = R + \text{角} \alpha \text{ の正弦}$$

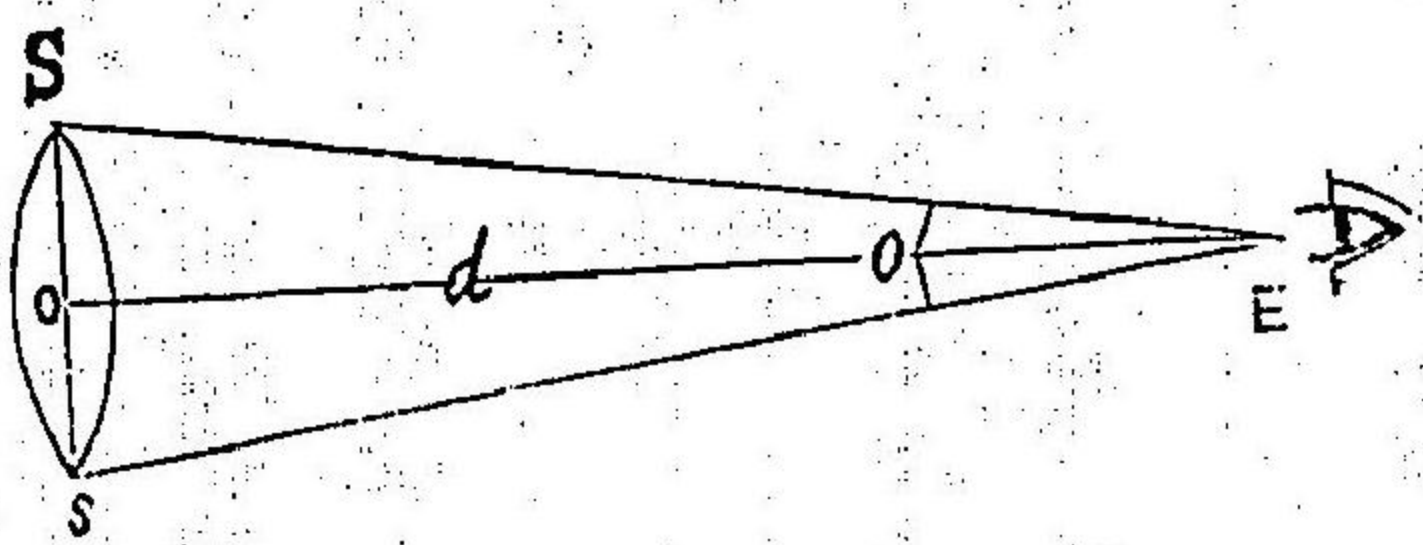
此方法により學者の測定せし結果によれば太陽の地平視差は約九秒許にして、



其距離は凡九千二百萬哩、即約三千八百萬里となり、一秒時間に約七萬五千里の速さ、なほ平たく言へば一秒時間に地球の周圍を七回半廻轉すべき光の速度を以てするも八分餘を要し、一時間三十哩の速さを有する汽車にて晝夜間斷なく進行すと假定するときは、約三百五十年にて達する如き距離にありと言は、略ぼ其距離を想像するに難からざるべし。

**五、太陽の大きさ** 既に太陽の距離を知るときは、其視直径、即ち太陽の兩端が眼に於て張る角を測定し、其直径を計算し得べし。

例へば、第四圖に於て、 $OS$ を太陽の直径とし、 $O$ を其中心、 $E$ を觀測者の位置、 $OE$ の長さを $d$ とすれば、



$$OS = d \times \theta \text{ の正切}$$

$$\therefore OS = 2d \times \theta \frac{1}{2} \text{ の正切}$$

或は又次の如き簡單なる理論によりても測定することを得、今一つの圓板を取

太陽の大きさ測定法

圖四第

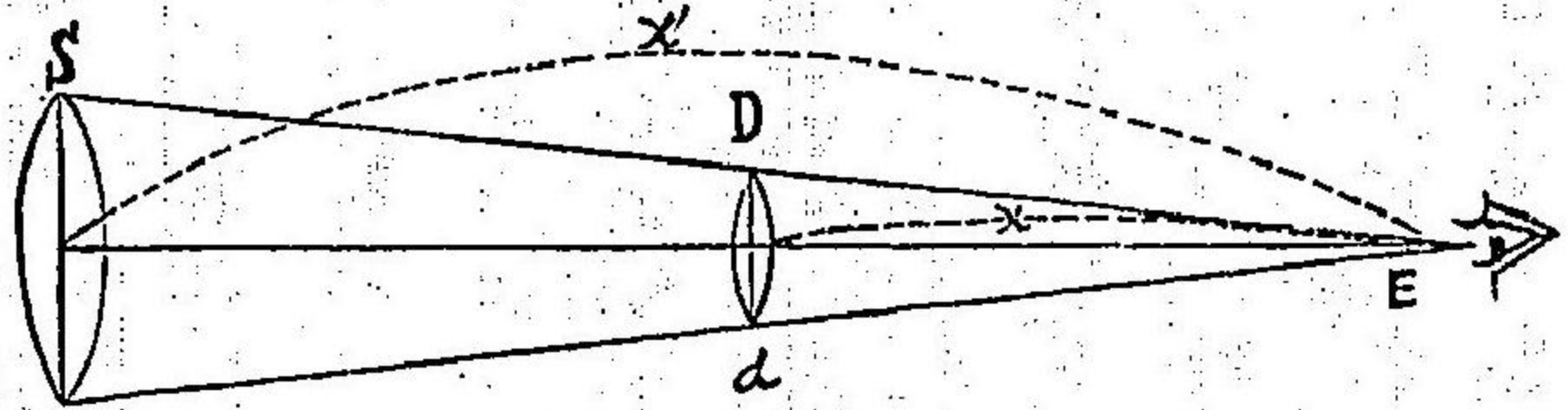
り、之を太陽と眼との間に持ち來りて種々の位置に動かして試むべし。圓板が眼に近きときは太陽全部隠れて見えざるべく、又圓板を眼より離すこと餘り遠きときは、圓板は太陽の一部を掩ふのみにして、其周邊は猶よく現はれ居るを見るべし。今圓板を前後して丁度太陽が圓板に掩はるゝ位置に持ち來たりしとせよ、然るときは、 $OS$ を太陽の直径、 $DE$ を圓板の直径、 $E$ を觀測者の眼とし、 $d$ をそれぞれ眼より圓板及太陽までの距離とすれば、

$$\frac{OS}{d} = \frac{DE}{D} \therefore OS = DE \times \frac{OS}{d}$$

故に圓板の直径、圓板と眼との距離、及太陽の距離を知れば容易に太陽の大きさを算出し得べし。

此等の原理により精密なる器械を用ひて測定せし結果は、其直径凡八十六萬六千五百哩にして、地球の直径を一寸と假定すれば、太陽の直径は約一丈一尺に相當す、以て其如何に尨大なるかを想像するに足るべし。

圖五第



六、太陽の質量及び比重 太陽の質量如何といはゞ、距離、大きさを測定するよりも更に一層の難事ならんと思はるべし。然れども物理學者天文學者は、是亦容易に、且つ比較的精密に測定する方法を有せり。今其方法を述ぶるに先ち、簡單なる一例を取りて其原理を示さん。

讀者試みに一條の麻糸を取り、其一端に小石を結び、他端を支持して之を廻轉すべし。然るときは、小石は糸を緊張し、中心より飛び去らんする力を現はすを感ずべし。隨て小石の飛び去るを止め、之をして手の廻りに圓運動をなさしめんには、之に反抗する力を加へざるべからず。即ち手に向て小石を引付くるが如き力を加へざるべからず。此引力を求心力といふ。今糸の長さを加減し、速度を種々にして數回此實驗を試むる時は、糸の長さ及速度が求心力の大きさに如何なる關係あるかを知る。こと強ち困難には非るべし。尙精密に言へば、求心力には次の法則あること力學の證明する所なり。

或物體一點の廻りに圓運動をなすとき、求心力は速度の二乗に正比例し、圓の半徑に逆比例す。

圓運動の法則

天體の質量を測定する方法

太陽と地球の引力の比較

此物理學上の法則を天體に應用すれば、其質量を比較的に測定するを得、月は地球の引力のために其周圍に圓運動をなし、地球は太陽の引力に作用せられて、月を伴ひつゝ、同じく圓運動精密にいへば、月、地球の軌道は楕圓なれども、極めて圓に近き楕圓なれば之を圓と見做すも防げなし。をなすこと、恰も小石が手の引力のために其廻りに圓運動をなすが如し。而して其圓運動の半徑及速度、週期及半徑より計算せらるゝは、既知數なり。故に吾人は此兩者の比較によりて太陽と地球の引力の強さを比較し得べし。計算の結果は同一の距離に於て同一の物體に及ぼす太陽の引力の強さは地球のその約三十五萬倍なりといふ。而して引力は質量に比例するが故に、太陽の質量は地球の質量の約三十五萬倍なるを知るべし。前に述べたるが如く、太陽の半徑は地球の半徑の約百十倍なれば、其容積は百十の立方百三十三萬一千倍ならざるべからず。然るに其質量は三十五萬倍に過ぎざるを見れば、太陽の比重は地球のその約四分の一なるを知るべし。

七、太陽の形態 太陽は常に光輝燦爛たる、圓板の如く見ゆるを以て、白熱の狀にある球體なるべきこと察知せられざるに非ず。然れども、單に圓板の如く見ゆるのみ

黒點

太陽も自  
轉す

何故に太  
陽は球な  
りと判断  
するか

を以て、直ちに球體なりと斷ずるは早計の感なきにあらず。何となれば、圓筒或は圓錐等が地球と共に廻轉し、常に其切口或は底面を地球の方向に向はしむるものとすれば同様に説明するを得べければなり。然れども茲に太陽は球ならざるべからざる他の現象あり。太陽の表面は一見すれば一様に光輝ある如しと雖も、望遠鏡を以て之を望めば、其光輝ある表面に幾多の班點あるを認むべし。此班點を黒點と稱し、其直徑數百哩より數萬哩に達すといふ。而して尙觀測を繼續する時は、黒點は漸次東より西に向て移動し、凡二十五日にして再び原位置に復するを見る。之によりて太陽も地球と同じく自轉することを知るべし。かく太陽は自轉するものなることを知るときは、吾人は最早太陽の球體なることを斷言するに躊躇せざるべし。何となれば、廻轉して如何なる方向より望むも圓板の如く見ゆるものは球に外ならざればなり。

**八 太陽を構成する物質** 太陽の距離、大さ、形態等を知らば、次に其物質如何を研究せざるべからず。驚くべき遠距離にある物體の構成物質を知るは頗る困難なる事業にして、古來學者の頭腦を悩ましたること決して少しとせず。然るに分光器の發

明以來、所謂スペクトル分拆術 (Spectrum analysis) によりて太陽其他の天體を構成する物質は、比較的正確に推知せらるゝに至れり。今其大要を述べべし。

太陽の光線を暗室に導き、分光器を用ひて其スペクトラム (Spectrum) を検査するときは、鮮明なる七色の帯を横ざる無數の黒線あるを認むべし。フラウンホーフェル (Fraunhofer) 初めて之を發見し、其著しきものに A B C D E F G H の名を與へたり。之をフラウンホーフェル線と云ふ。キルヒホッフ (Kirchhoff) は此黒線の性質に就て研究を遂げ、次の結論に到達せり。

太陽スペクトラム (Spectrum) の黒線は太陽面に存在する瓦斯體の吸収によりて起る。而して此等の瓦斯體は、單獨に之を熱すれば、黒線のある位置に輝線を生ずべきものなり。

此結論の正しきことは次の如くして之を知るを得べし。  
實驗によるに、高温度に熱せられたる固體液體より發射する光は之を分光器に投射すれば、連續せるスペクトラム (太陽のスペクトラムより黒線を除きたる如きもの) を作り、高温度の氣體より發する光は輝線スペクトラムを作る。今高温度に熱

フラウン  
ホーフェ  
ル線

キルヒホ  
ッフの法  
則



太陽の構造

せられたる固體を用ひて連続スペクトラムを作り、次に其固體と分光器との間に低温度のソヂウム(Sodium)蒸氣を挿入するときは、連続せるスペクトラムの黄色部に一本の黒線を生じ、其位置は恰も高温度に熱せられたるソヂウム(Sodium)蒸氣の光より生ずる輝線の位置と一致するを見る。之に依て之を見れば、氣體は高熱の状にありては其氣體固有の輝線を生ずれども、之を以て白熱せられたる固體液體より發する光を遮るときは、其氣體固有の光を吸收するものなることを知る。

以上の理由によりて考ふるに、太陽の實體は白熱の状にある固體或は液體にして、其周圍は稍低温度の瓦斯體によりて圍繞せられ、實體より發する光は連続スペクトラムを作るべきものなれども、周圍の瓦斯體を通過する際に吸收せられて幾多の黒線を生ずるものなるべし。

今太陽の光を分光器に受けてスペクトラムを作り、黒線の位置を吟味するとき、太陽の氛圍氣中には如何なる物質の存在するかを知るを得べし。キルヒホッフの研究による太陽構成の物質を擧ぐれば左の如し。

- ソヂウム(Sodium)                      カルシウム(Calcium)                      銅(Copper)

太陽の物質

- マグネシウム(Magnesium)                      バリウム(Barium)                      鐵(Iron)

- ニッケル(Nickel)                      亜鉛(Zinc)

尙其後數多の學者の研究によれば、右の外次の如き諸元素ありといふ。

- マンガン(Manganese)                      ビスマス(Bismuth)                      コバルト(Cobalt)
- リシウム(Lithium)                      セリウム(Cerium)                      アルミニウム(Aluminium)
- パラヂウム(Palladium)                      インヂウム(Indium)                      ルビヂウム(Rubidium)
- ストロンチウム(Strontium)

太陽の發射する熱量

**九、太陽の光と熱との根源** 太陽は絶えず無限の光と熱とを發射し、吾地球の受くる熱量は其全熱量に比して僅かに二兆分の一に過ぎずと雖も、途中に於て少しも妨害せられず地球上一地方を直上より照さば、一分時間に一平方哩の受くる熱量は七百五十噸の水を氷點より沸騰點まで温むるを得べく、一年間には全地球を包圍する厚さ百六十呎の水層を融解せしむるに足るべしといふ。以て熱量の如何に莫大なるかを知るべし。

かく太陽は光及熱として多量のエネルギー(Energy)を消失するに拘はらず、古來

未だ光熱の減少を認むる能はず、其補給の原因に就ては二三の異説あり、今左に之を述べん。

一、古人の唱へたる物質燃焼説

此説は最も通俗的にして、何人も最初に想像する如き説なり。即ち、太陽は或物質の燃焼しつゝあるものにして、光と熱とは之れが結果に外ならずとなすものなり。此説にして果して真ならば、吾人は何時しか太陽の燃焼し盡くる時あるべきを想像し、甚だ悲觀せざるを得ず。然れども此説は未だ以て太陽の熱源を説明して充分なりといふべからず。

二、マイエル(Mayer)の唱導せる隕星説

此説にては、太陽の熱は其近傍にある隕星が太陽の強大なる引力に作用せられ、非常に大なる速力を以て太陽と衝突し、其の運動のエネルギーが變じて熱のエネルギーとなるによりて補償せらるゝものとなす。然れども若し此説にして真ならば、太陽面に落下すべき多數の隕星が常に太陽の近傍に存在せざるべからず。従て水星、金星等の内惑星と衝突を來すべきは必然の勢なるに、事實は之に反し、且つ地球に落下したる隕石に就て見るも、隕星の落下のみにて、かゝる多量の熱を補ひ得べしとも思はれず。

三、ヘルムホルツ(Helmholtz)の太陽收縮説

これ太陽は絶えず多量の熱を放射するが故に漸次收縮して容積を減ず、隨て太陽を構成する物質は互に接近し來り、位置のエネルギーは變じて熱、光等のエネルギーとなるとなす説なり。然らば其收縮の速度は如何といふに、ニューコム(Newcomb)氏の計算によれば、今より五百萬年の後には、太陽の直徑は現今の半に減じ、隨て密度は現時の八倍となるべしといふ。

以上の諸説何れを眞なりとするも、太陽は常に光及熱として多量のエネルギーを放出するが故に、早晚其根源涸れ、地上の生物等も其跡を絶つが如き時代あるべきこと想像せられざるに非ず。然れども、かくの如きことはよしありとするも幾百萬年の後なるかを知るを得ず、決して一朝一夕にして來るべきに非れば、吾人は決して太陽の消滅を憂ふるに及ばざるべし。

太陽の末路

### 第三章 地球

全體を觀測するの困難

ロツタの言

一〇、地球の形狀 試みに無智の野人に向ひて世界は如何なる形をなすかと問はば、必ず多少凹凸ある無限の平板なりと答ふるならん。太古の人民がアリストートル(Aristotle)の球形説に耳を傾けざりしも、現今猶無智の人民が容易に其球形なるを信せざるも、皆これ全體としての地球を外部より觀察すると能はざるによる。ロツク(Locke)の言ひし「心は猶眼と同じく、外部の物に向ては之を觀察し、批評する力を有すれども、己自身を觀察する能力を缺く」の語は、吾人が地球を觀察する場合に於て又之を適用し得べし。即ち外界にある太陽、太陰の球形なるを認め得るものも、己の住居する世界の球形なることは、容易に信する能はざる者少からざるは、一に其全體を觀察することの不便なるによる。然れども吾人は一歩進みて次の如きことを觀察するときは、地球の球形なること最早一點の疑なきを悟るべし。

#### 一一、地球の球形なる證據

一、アリストートル(Aristotle)、プロタミー(Protaemy)等の學者は早くより世界の球形なる

を説きしも、一般人民は更に之を信するものなかりき。然るに航海家マゼラン世界一週を遂行せしを見て世人は初めて長夜の夢を破りたるの觀あり。此事實は未だ世界の球形なるを證明するに足らずと雖も、其無限の平板に非ずして、四方に限界あり、其表面上一定の方向を取りて航海を續くれば、再びもとの位置に歸着し得べき立體なることを證明して餘りあり。

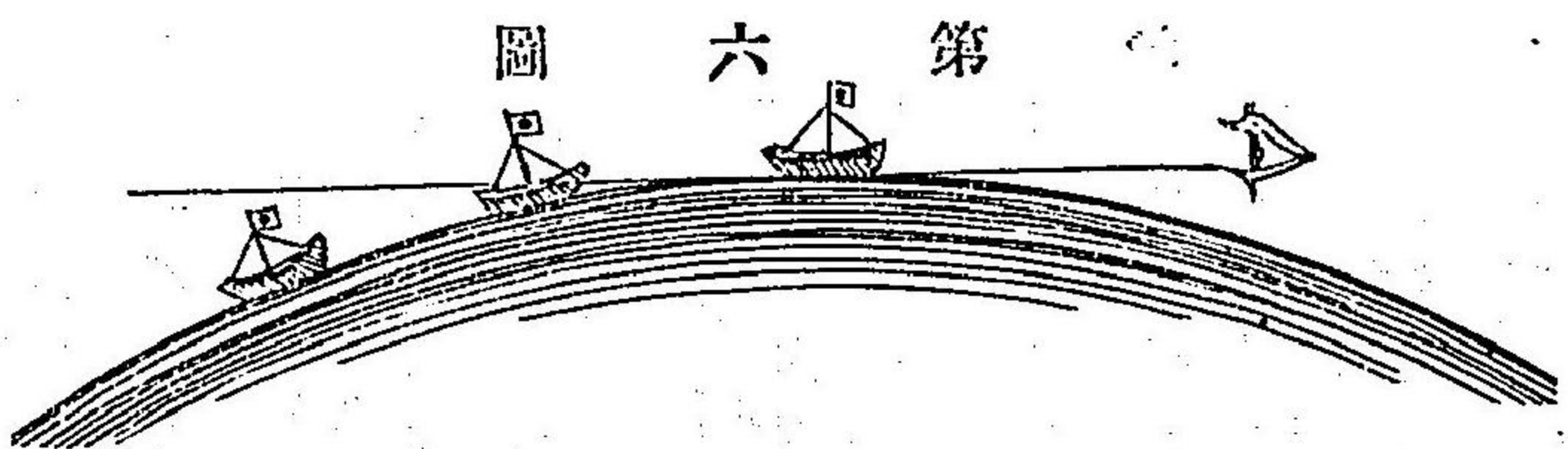
二、海岸に立ち船舶の港灣を出て行くを見るに、初めの間は船體の全部を認め得るも、暫くにして船の上部のみを残し、更に進めば僅かに橋頭を見得るのみ。愈、遠ければ遂に其全部を望む能はざるに至るべし。若し遠距離の故を以て見えざるものとせば、小さくとも船體の全部を見得るは當然の理なるべきに、事實は之に反して其上部の一半を表はし居るは、水面の彎曲により掩蔽せられたるものならざるべからず。又全體を見失ひたる時、海岸の高臺に登らば再び之を望み得べく、其距離の遠きがために望見し能はざるにあらざるを確め得べし。尙第六圖を見るときは容易に此理を了解し得べし。

而して、此事實は船舶何れの方向に向ふも同様なるを以て、海面は何れの方向に

も一様に彎曲せるを知るべく、從て球面の一部をなせることも容易に想像せらるべし。

三、月他の観測によりても地球の球形なるを證明することを得。後編に述ぶるが如く、地球は太陽の周圍を、月は地球の周圍を廻轉するに際し、地球が月と太陽との中間に入るときは、太陽の光線は地球に遮ぎられて月面に地球の影を投ずべし。此影は常に一つの球を他の球面上に投影したる如き形をなすを以て、月なる一つの球の面上にかゝる影を投ずる地球も、亦一つの球なることを判断し得べし。

かくの如く述べ來れば問者或は言はん。地球は大體に於て球形をなし、其表面上には高山深海の起伏するあれば、地球は金米糖狀をなすといふを至當とすべしと。之れ一見甚だ理あるが如く思はるゝ言なりと雖も、次に述ぶるが如く地球の直径は凡八千哩にして、高山の絶頂も、大洋の最深底も、海面との差約五哩に過ぎず、其比をとれば千六百に對する一の割合にして、直径一尺六寸の球面上に一厘の凸凹あるに過ぎず。

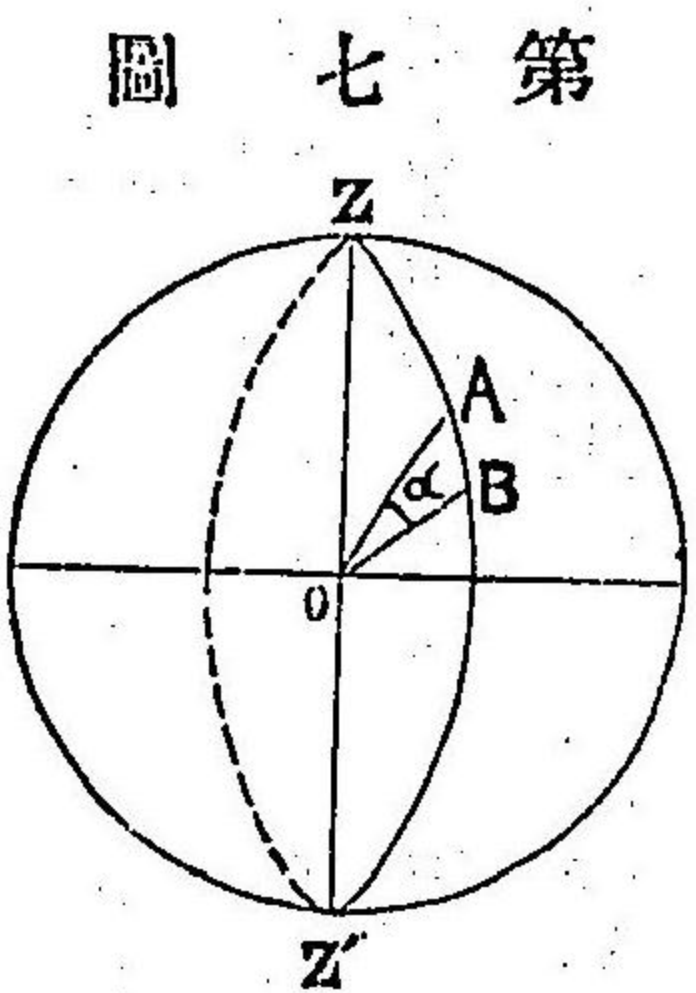


地球は金米糖狀なるか

決して金米糖狀の名を附するに足らざるを知るべし。

一、地球の大小 前述の如く地球は球狀をなすが故に、其直径を測定し得れば容易に表面積、體積等をも算出するを得べし、而して直径は、地球面上大圓の周を知れば計算せらるゝが故に、通常子午線の長さを測定して其半徑を算出す。

其方法は同一子午線上に正確に距離を測定し得べき任意の二地點を取り、其兩地に於ける緯度を測定して其差を求め、之れによりて其子午線の長さを算出するにあり。例へば第七圖に於て一つ子午線上に二點A、Bをとり、A、B兩地の距離をαとし、其緯度の差をαとすれば、



$$\begin{aligned} \text{半徑の圓周} &= \alpha \times \frac{360^\circ}{\alpha} \\ \text{半徑の圓周} &= \alpha \times \frac{360^\circ}{\alpha} \\ \text{半徑の圓周} &= \alpha \times \frac{360^\circ}{\alpha} \end{aligned}$$

なり。かゝる方法により測定せし結果によれば約次の如き數を得といふ。

兩極直径凡七千九百哩  
赤道直径凡七千九百二十七哩

表面積凡一億九千七百萬方哩

**一三地球の比重** 地球の大きさは既に知らるゝを以て、其全重量を測定するを得ば吾人は容易に地球の比重を計算し得べし。引力の法則を適用して各天體の比較的重量は容易に計算せらるゝこと前章既に述べたるが如しと雖も、此等の重量を吾人の日常使用するが如き單位を以て表はさんことは容易の事にあらず。されど今若し此等の單位を以て地球の重量を表はし得たりとすれば、他の天體の重量も容易に之を計算し得べきが故に、地球の重量を普通の單位にて表はさんことは幾多の學者によりて試みられ、略ぼ其大きさを知るに至れり。地球の全重量を測定するには通常次の三方法あり。

- 一、鉛直線の方向により、山の質量と地球の全質量とを比較すること。
  - 二、山頂に於て振子を振動せしめ、其週期が平地に於けるものと異なることより山の質量と地球の全質量とを比較すること。
  - 三、振れ秤を用ひて地球の質量と金屬球の質量とを比較すること。
- 今第一の方法に就て簡單に之を説明すべし。糸の一端に重錘を附し他端を保持

太陽系の  
成立

して之を懸垂する時は常に重力の方向を取りて静止すること何人と雖も之を知るべし。此重力の方向は平地に於ては地球の中心に向ふべしと雖も、山麓の地に於ては其山の引力に影響せられ、幾分山の重心に向て傾かざるべからず。此傾角を測定するときは山の質量と地球の全質量とを比較し得べく、山の質量は其大きさ及之を構成する岩石の平均比重等より計算するを得るが故に、地球の全質量も普通の單位を以て之を表すことを得べし。

此等の方法により測定せし結果を平均すれば地球の平均比重は可成り大にして水の五倍餘に達するが如し。

**一四地球の成因** 地球は太陽系統中の一惑星にして、其成立は太陽系統の成立に直接の關係を有するを以て、其發生を述ぶるに先ち、先づ太陽系統の成立を略説せんとす。

太陽系統の成立に關しては、古來幾多の學者が種々の臆説を立て研究論難せる所にして、就中理論最も穩當にして今日一般に信頼せらるゝ所のものは、カント(Kant)ラプラス(Laplace)の二人が各獨立に主唱し、而も偶然一致せし星雲説なりとす。

今左に其大要を述べし。

一五、星雲説 我太陽系統中の諸星は、其初め宇宙間に繋れる高熱霧状の一大塊にして、漸次収縮するに際し、各部の速度一様ならず、殆も漏斗より水の洩るゝとき渦動を生ずるが如く自轉を始めたり。而して自轉の速度は収縮するに従ひ強大となり、星雲は扁平なる廻轉楕圓體となり、赤道部に於て今日土星に見るが如き環を生じ、環は運動中破壊して數多の小塊となりたり。而して各小塊は其内側の速度小に外側の速度大なるより廻轉を初め、自轉しつゝ、本體の周圍を運行せり。今日の太陽は其本體にして、環の破壊によりて生ぜし星雲塊は、其大さ本體より遙かに小なるがため、早く冷却収縮して地球、火星、木星、土星等の如き惑星となりたるものなり。惑星より衛星を生ぜし順序は、恰も太陽より惑星を生じたるが如し。

一六、星雲説の正しきことを證明する事實 かくの如く、星雲説は太陽系統の成立を説明するに甚便利なるものにして、太陽系統のみならず、宇宙の進化は凡て之に依て説明せらる。其正しきことを證明するに足るべき幾多の事實あり。今左に順次之を述べん。

一、此説にして眞ならば、惑星の自轉公轉の方向は太陽自轉の方向と一致し、衛星の自轉公轉の方向は其主星の自轉の方向隨て同じく太陽自轉の方向と一致せざるべからず。而して事實に於て亦然るを見る。

二、惑星の軌道の平面は太陽の赤道面と殆ど一致す。

三、土星は其周圍に環を有す。之れ土星は其大さ大なるがため、未だ地球、火星等の如く冷却せず、恰も太陽に環を生じたる如き時代にあるなるべし。

四、地球、火星、月の三者を比較するに、其進化の程度は大きさの順に反するが如し。即ち月最も小にして其表面には既に空氣、水等なく、火星は其大さ中間に位して其表面には稀薄なる大氣を存し、地球は最大にして其表面には多量の大氣、水等を有するを見れば、火星は其大さに於ての如く、其進化に於ても月と地球との中間にあるものと思はる。

五、スペクトル分析術の研究によれば、太陽惑星、衛星等は何れも殆ど同様の物質より成るを見る。

六、地球は、古代に於て、今日よりも非常に高温なりしことは、寒帶地方に於ても尙

地球の成  
立

且つ今日熱帯地方に産するが如き動植物の成長せし痕跡あるを以て知るとを得。以上は何れも星雲説の可能を證明する事實たらざるはなし。かくの如くにして中心體より分離せし地球は、冷却するに従ひ液體となり、固體となり、茲に地殻を生じ、水を生ず、やがて其上に原始的の生物を出し、轉々進化して今日の如き花笑ひ鳥歌ふの樂園と化したるものなり。其間の年月幾百萬年なるを知らず、宇宙の廣大、自然の威力、誰か其偉なるを感ぜざらんや。

内部の物  
質及温度

一七、地球内部の状態 前にも述べたる如く、地球の比重は平均五五にして其表面を構成する物質の比重に比して著しく大なるを見れば、地球の内部は餘程比重の大なる物質を以て充滿せるものなるべきこと、想像するに難からざるべし。而して火山、温泉等の現象より見れば、内部は極めて高温なるを知るべく、中心に近くに従て温度の上昇する割合は、平均凡二哩に付き攝氏百度の割合なりといふ。されば地球の最内部は酷熱にして、如何なる物質をも融解蒸發して、萬物悉く液體或は氣體となるべき温度にあれども、外部の壓力強大なるがため、液體或は氣體となること能はずして、猶固體の有様を保つものなるべしといふ。故に若し地殻に脆弱の箇

處あるときは、猛烈なる勢を以て熔岩等を噴出すること、吾人の屢、實見する所なり。

一八、地球の發達 地殼發生以來現代に至るまで、地熱の放散によりて地殼に大變動を起し、從て其上に生存せし動物、植物等も千差萬別、其變遷につきて一々詳細に述ぶるの遑なしと雖も、地質學者は大要之を次の四年代に區分す。

一、太古代 初めて地殼を生じたる時代にして、或は原始時代とも名づく。此時代の岩石は一般に細粒結晶質にして、片麻岩、雲母片岩等の如く片狀に剝離し易きを特徴とす。生物の生存せしや否やに就ては確乎なる證左なく、未だ遽に判斷するを得ずと雖も、次の古生代に至りて三葉蟲、軟體動物の如き比較的高等なる動物の化石現はれ出づるを以て推すときは、進化の理法に考ふるも、かゝる高等なる動物が突然生出すべき理なければ、太古代に於ても既に原始生物は生存せしものなるべしといふ。

二、古生代 此時代の岩石は前代の岩石が水、空氣等の作用によりて崩壞せられ、堆積したるものより成り、北米の大湖以北の地、北歐の臺地、蘇格蘭の西北部等の地層之に屬す。此時代の地層中には特有の化石を含むを以て、明に生物の存在を認め

得べし。植物は皆隠花植物にして、初めは海藻類なりしも、中頃に至りて羊齒科、石松科、木賊科等の植物、沼澤の地に繁茂し、所謂石炭紀を現出せり。此紀に於ける植物の繁茂は、實に前後未曾有の盛況を呈し、海濱沼澤の地には草木鬱蒼として數百方に亘る大森林をなし、今日所々に發掘する石炭の源をなしたりといふ。動物は初めは三葉蟲、腕足類の如きものなりしが、中葉以後に於ては兩棲類、爬蟲類をも見るに至れり。

三、中生代 此時代は前代に比して地理的變化の著しきもの少く、火山作用の如きも至て靜穩なりしが如し。然れども生物の發達に於ては明に前代と區別し得べく、羊齒科、松柏科、蘇鐵科の繁殖するあり、蜻蛉、蝶等の其間に舞ふあり、キリギリスの歌ふあり。爬蟲類全盛を極めて到る處に猛威を逞うし、哺乳類、鳥類等の高等なる動物も出現するに至れり。

四、新生代 地球上に於ける海陸の分布、其他種々の地理的状況は、此時代に於て殆ど現今の如きものとなれり。而して植物に於ては被子、双子葉植物多く、前代に盛なりし爬蟲類は漸く衰へて哺乳類全盛の時代を現出し、一層進化して遂に光彩あ

る現今人類發達の時代を迎ふるに至れり。

一九、地球の將來 宇宙間の萬物温度の高きは絶えず其熱を輻射し、萬物同温度に達するまで此作用は底止する所を知らざるが如し。而して、此放熱作用は宇宙進化の根源をなすものにして、我地球も太陽より分離せし當時に於ては、必ず自熱せる球體たりしに相違なしと雖も、放熱し冷却するに従ひ漸次に地殼を生じ、更に進んでは收縮のため地殼に褶皺を生じて山岳河海を現出し、幾多の生物を其上に發育進化せしめて今日に及べり。されど此等の變遷は今日を以て限りとするにあらず。地熱は愈、放散して更に新しき褶皺を作り、火山の破裂によりて熔岩を噴出し、地表の凹凸益、甚だしからんとする傾向あれば、他方には又水力あり、風力あり、熾々たる峻峰を洗ひ去りて海底に沈積し、谿谷を埋めて平地となす。されば今日吾人の住居する陸地必ずしも太古の陸地にあらず。又必ずしも未來永劫の陸地に非るべし。否此等の變遷にとゞまらず。未來幾百萬年の後には地球は全く冷却して火山作用も閉塞すべく、空氣、水等は凝結して其痕跡を失ひ、現在月に於て見るが如き寂寥荒涼たる状態に達し、生物の生存も不可能なる時代に到達すべきや疑なかるべし。



## 第二編 大氣

## 第一章 空氣の組成

空氣の全體を大氣と稱し、他の物質に對して空氣といふ。

二〇、大氣の由來 前編に於て述べたるが如く、吾地球はもと太陽より分離せる星雲の一塊にして、漸次放熱するに従ひ凝結して液體となり、更に固體に變じたるものなり。而して其際最液化し難き瓦斯體が大氣となれるものに外ならず。故に數百萬年の以前に於ては、大氣の組成も今日と異なり、極めて濃密なるものなりしなるべく、又數百萬年の後には今日よりも一層稀薄となり、遂には全く大氣を缺如するに至るべきは疑を容れず。木星、土星等には猶濃密なる大氣を有し、月には殆ど大氣を有せざるを見るも概ね之を知るを得べし。然れどもかくの如きは數百萬年といふ殆ど想像の及ばざる長年月間の變化を言ふものにして、百餘年以前より今日まで學者の實驗したる範圍内に於ては、此等の變化は遂に認むるに由なし。

二一、空氣の存在を示す實驗 空氣は無色、無嗅、無味の瓦斯體にして、他の物質の如

大氣の變化

く容易に其存在に氣付かざれども、試みに疾走するときは、顔面、手足等に何物か衝突するを感すべく、風あるときは、靜止するも尙且つ之を感じ得べし。之れ空氣が吾人の觸官を刺戟するに外ならず。又コップの底に乾きたる紙片をはり付け、之を倒にして水中に押し入るゝに、手には上壓を感ずれども水はコップ中に浸入することなく、紙は依然として乾けるを見るべし。これコップ中には空氣充滿して水の浸入を妨ぐるを以てなり。次にコップを傾くれば、水の浸入すると同時に大なる氣泡の出づるを見るべし。之れコップ中にありし空氣が水のために排除せられて出で來るに外ならず。

單體説

二二、空氣の組成 十八世紀の終りに至るまで、空氣は一の元素なりと思惟せられたり。然るにプリーストレー(Priestley)、ラヴォアジエ(Lavoisier)等の研究により、燃燒の現象に關して正當なる解釋の發見せらるゝに及び、空氣は單なる物質に非ずして、二種以上の物質より成ることを知るに至れり。即以前は可燃物の燃燒するときは、其物體中に含まるゝフロデストン(Phlogiston)と稱するもの空氣中に放出せらるるとの説行はれしに、ラヴォアジエは物體の燃燒するとき、却て、空氣中の或物が可燃體と結合

し、あとに物體の燃焼を支へざる他の瓦斯の殘留することを證明したり。これに依て空氣は元素なりとの説は全く轉覆せらるゝに至れり。(後篇フロヂェストーン説參照) 氏が空氣の組成を知るために行ひたる實驗は次の如し。

二三、ラポアチー(Lavoisier)の實驗

第八圖はラポアチーの實驗の裝置を示すものにして、長き頸を有し、且つ先端曲れるレトルトA中に水銀を入れ、其口は水銀槽上に倒立せる硝子鐘B中に開かしむ。かくの如く裝置して、氏はレトルトAを熱し常に沸騰せしめつゝ、數日放置せしに、硝子鐘中の空氣の一部は消滅して、其代りに水銀少しく上昇し、鐘中に殘れる氣體は最早空氣に非ずして窒素なることを見たり。而して水銀は一部酸化水銀となり、赤色の粉末となれるを見、之を一層強熱して酸素を得たり。此實驗によりて空氣は主に窒素と酸素とより成ることを知れり。

二四、空氣の組成を示す簡單なる實驗

水鉢に水を盛り、其水面に木片を浮べ、之に磷の小塊を載せて點火し、速に硝子鐘を以て掩ふときは、やがて磷の燃焼は止み、鐘内は白煙を以て充たされ、水は上昇して殆ど鐘の五分の一に達するを見るべし。而して少しく時を経れば白煙は白き粉末となりて鐘壁に附着すべし。之れ磷の燃焼により、空氣中の酸素と磷と化合して酸化磷となりたるものにして、鐘内には空氣より酸素を除きたる瓦斯殘留し、このものは磷の燃焼を支ふる能はざるものなるを知る。此殘留せる瓦斯は重に窒素なり。

二五、實驗の結果

精密なる實驗の結果によれば、空氣の成分は世界何れの地を問はず、輕氣球の達し得る範圍内に於ては、高所も低所も殆ど一定にして、容積百分中二〇・八の酸素と七九・二の窒素とより成り、何時實驗するも殆ど其變化を認むる能はず。此事實は一見甚奇異の觀なき能はず。何となれば、空氣中の酸素、窒素は他物に吸収せられ、或は他物より發生し、絶えず循環しつゝあるものにして、始終其割合の一定なること理論上あり得べからざるが如し。然れども空氣全體の殆ど無限とも云ふべき量に對しては、此等變化する量は極めて小にして、到底吾人は實驗上著るしき變化を認むること能はざるなり。

成分の比

變化

二六、空氣は化合物に非ずして混合物なり 空氣は主として酸素、窒素の二元素より成ること前述の如し、而も此二元素の化合して成れるものには非ずして、單に混合物たるに止まること、次の理由によりて明かなり。

- 一、空氣中にある酸素と窒素との比は、化合物に於けるが如く嚴密に一定せず。
- 二、酸素と窒素とを略空氣中に存する如き割合に混合すれば、何等化學的變化を認めずして、自然に存する空氣と同様の氣體を得。
- 三、液狀空氣の變じて氣體となる場合に、其發生する瓦斯を検するに、酸素と窒素とが始終一と四の比をなして出で來らず、最初は重に窒素を蒸發し、終りに多く酸素を發生す。

### 第二章 空氣中の混合物

前述の如く、空氣は主として酸素と窒素とより成れども、其他に尙種々の夾雜物を含めり、今其著しきものを列擧すべし。

二七、アルゴン(Argon) アルゴンは比較的少量に且つ殆ど一定の割合を以て空氣中

性質

に含有せらるゝものなるが、近年に至りて初めて其存在を發見せられたり、これ該瓦斯は其性質極めて窒素に相似たるが故に、永く學者の注意を免かれ居たるに由る。然るに、一八九四年レーレー(Rayleigh)ラムゼイ(Ramsay)の二氏は、空氣より得たる窒素は他の方法によりて得たる窒素に比して、其比重稍大なるを發見し、空氣より得たる窒素の中には窒素よりも比重の大なる他の瓦斯の存在すべきを疑ひ、研究の結果遂に此瓦斯を發見するに至れり。

空氣中のアルゴンを析出せんには、先づ濃硫酸苛性加里等によりて空氣中の水蒸氣、炭酸瓦斯を除き、赤熱せる銅の上に通じて酸素を吸收せしめ、最後に此氣體を赤熱せるマグネシウム(Magnesium)上に通すべし。然るときは、窒素はマグネシウムと化合するが故に、後にはアルゴンのみを殘留すべし。

其後精密なる實驗の結果、ラムゼイはアルゴン中に尙他の四元素の混合せるを發見せり。ヘリウム(Helium)、ネオン(Neon)、クリプトン(Krypton)、クセノン(Xenon)之れなり。但し此等諸元素の量は甚だ僅少なりといふ。

二八、水蒸氣 河海池沼等の表面は勿論、其他地球表面上殆ど凡ての部分は、太陽の

アルゴン  
析出法

ヘリウム  
ネオン  
クリプト  
ン  
クセノン

熱を受けて絶えず水蒸氣を蒸發するが故に、空氣中には必ず多小の水蒸氣を含有す。而して水蒸氣量の多寡は氣壓に大關係を有するを以て、氣壓を見ても略其含量を知るを得べし。

大氣中に多量の水蒸氣を含むときは、太陽の光熱を調節し、地熱の放散を妨げて氣温の激變を防ぎ、或は雨露となりて草木を濡し、農作物を養育する等、其効果少なからず。且つ光線を屈折し分散して、虹光環暈等の壯觀を呈するも又水蒸氣或は其變形物の作用に外ならず。

**二九 無水炭酸(炭酸瓦斯)** 炭酸瓦斯は空氣中にて薪炭等の燃焼するとき、或は動植物の呼吸及有機物の腐敗、醱酵等によりて發生す。この瓦斯は元來有毒なるに非れども、空氣中に此瓦斯の多量を含むときは、酸素の割合を減少するが故に、呼吸に困難を感じ、甚だしきときは遂に窒息するに至るべし。古井、穴藏等に於ては往々此瓦斯の多量に溜り居ることあるがため、之に入りて非常に息苦しく感ずることあり。之れ炭酸瓦斯は空氣より重きが故に、古井、穴藏等に於て有機物の腐敗、醱酵等により發生したる炭酸瓦斯が容易に他に擴散せず、漸次其量を増すによる。炭酸瓦斯は

水蒸氣の作用

穴藏

大洞、死  
谷、鳥の  
地獄

酸化炭素  
の害

燃焼を支持する能はざるが故に、古井、穴藏等に入るときは豫め點火せる蠟燭を下して之を検し、炭酸瓦斯を多量に含むや否やを知るをよしとす。又火山地方に於ては地中より此瓦斯を噴出する所あり、伊太利ネーブルス(Neapel)附近にある大洞亞米利加合衆國エーローストーン(Yellowstone)公園の死谷、我國越中立山の鳥の地獄の如きは其著しきものにして、鳥獸之に陥りて窒息することありといふ。

**三〇 酸化炭素** この瓦斯は炭素若しくは炭素化合物が酸素の供給不充分なる所にて燃焼する際に發生するものにして、炭火が青色の焰を擧げて燃焼することあるは一旦酸化炭素を發生し、更に燃焼して炭酸瓦斯となるによる。酸化炭素は極めて有毒にして、これを多量に吸入するときは遂に一命をも失ふに至ることあり。これ吾人が呼吸によりて吸入したる空氣中の酸素は、血液中のヘモグロビンと化合して酸化ヘモグロビンとなり、身體を循環する際、酸化ヘモグロビンは容易に分解して酸素を出し、組織中に酸化作用を生せしむるものなるが、若し酸化炭素を多量に吸入するときは、ヘモグロビンと共に酸化炭素ヘモグロビンを生じ、此物は極めて分解し難きを以て、組織中の酸化作用を衰弱せしむるによるなり。

三一、硫化水素 此瓦斯は火山地方の空氣中に存在し、又有機物の腐敗する時に發生する頗る有毒の瓦斯なり、解毒劑としては、稀薄なる鹽素を吸入するをよしとす。火山近傍、温泉場等に於て、銀時計、銀指輪等の黒變するは、銀が此瓦斯に觸れて硫化銀となるによる。

細塵

三二、塵埃微菌等 右に擧げたる諸種の瓦斯體の外、空氣中には必ず多くの塵埃微菌等を浮遊せしむるものなり、空氣中の塵埃は其著しからざる時に於ても非常に多數にして、殊に都會の空氣に於て然りとす。都會の空氣一升中に存する細塵の數は二億乃至三億に達すといふ。彼の天空一碧の美觀は此等無數の細塵の作用に外ならざるを聞かば、其驚くべき高所に於ても尙洽なく浮遊するを知るに足らん。

微菌

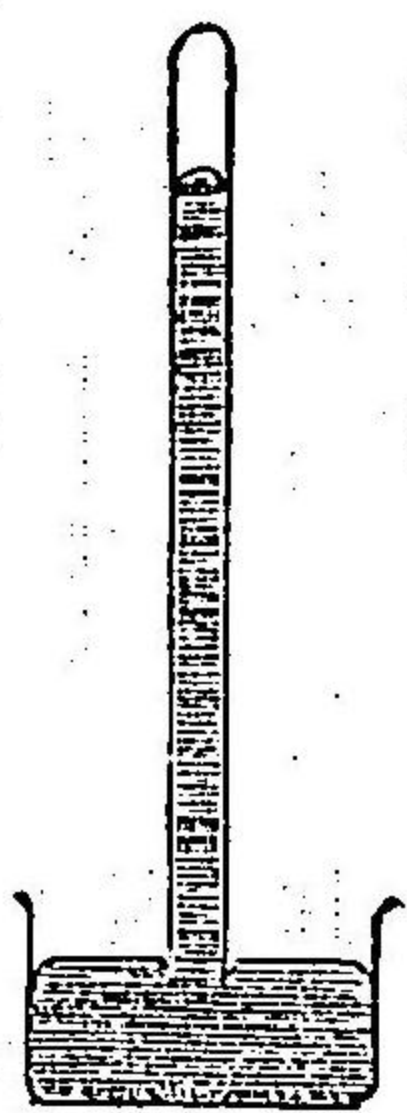
大氣中には通常無數の微菌を浮遊せしめ、傳染病等の媒介をなすことは何人もよく知る所なり。而も又其中には醱酵菌の如き吾人に有用なるものなきに非ず。都會の地、殊に製造工場の附近に於ては、空中に細塵其他種々の有毒なる瓦斯を含むこと多く、卑濕の地、不潔の地等に於ては、微菌の繁殖盛にして、從て其近傍の空中に飛散すること多ければ、居室を下するに際しては、成るべく此等の地を避けざるべからず。

べからず。

### 第三章 大氣の壓力

三三、氣壓 空氣も一つの物質なるが故に亦多少の重量を有す。之を實驗せんとせば、精密なる天秤の一方に排氣器を以て空氣を排除したる壘を吊し、他方に分銅を載せて平均せしめ、次に壘の栓を開きて空氣を入るれば、以前より少しく重量を増し、天秤は平均を失ふを見るべし。此増加せし重量は、壘中を充たし居る空氣の重量ならざるべからず。精密なる實驗によれば、空氣五合五勺の重量は凡一二九瓦なり。此重量あるが爲め、上層の空氣は其重みによつて下層の空氣を壓し、所謂氣壓なるものを生ず。而して地球を包圍する大氣は其厚さ極めて大なるが故に、地球表面に於ける氣壓も亦極めて大なり。

#### 第九圖



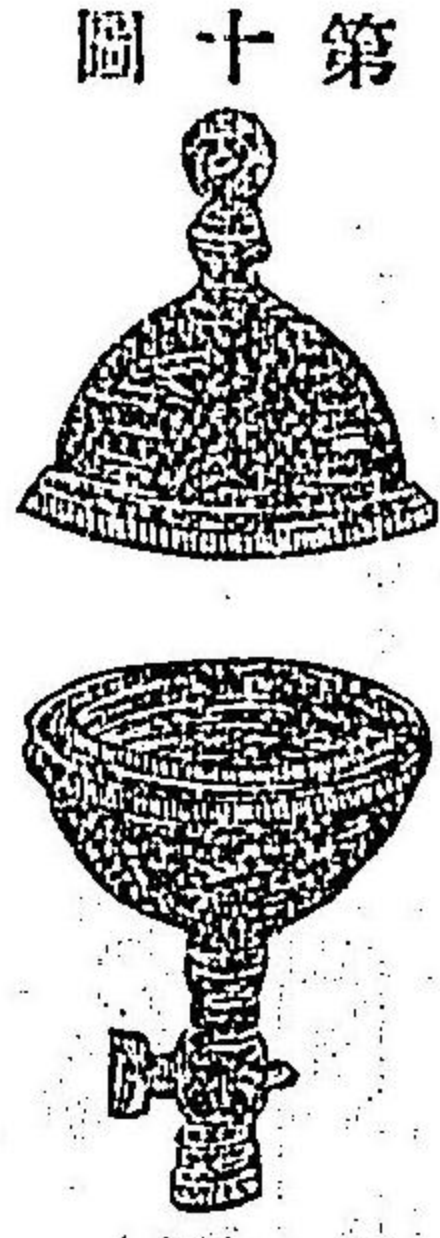
三四、トリセリーの實驗 長さ一米許の一端閉ぢたるガラス管を取りて水銀を充たし、別に水銀を盛りたる鉢上に倒立するときは、管の

空氣の重量

水銀は少しく下降し、鉢の水銀面より七六糶位の所に止まり、其れより以下には最早下降せざるを見るべし。之れ鉢の水銀面を壓する大氣の壓力は、七六糶の水銀柱を支ふるに足ることを示すものなり。此實驗は伊太利の人トリセリー (Torricelli) の初めて行ひたるものなるを以て、之をトリセリーの實驗といふ。管の上部は眞空にして、之をトリセリーの眞空といふ。(第九圖参照)

此實驗に於て管の切口を一平方糶とすれば、水銀柱の體積は明に七十六立方糶なり。而して水銀の比重は零度に於て一三五九五なるが故に、水銀柱の重さは一〇三三瓦餘となる。従て一平方糶の面積が受くる大氣の壓力は一〇三三瓦餘なることを知るべし。吾人は常にかゝる強大なる壓力を受けながら、少しも之を感知せざるは、身體の内部にも空氣あり、内外凡ての方向の壓力相平均するによるものなり。

三五、マゲデブルグ半球 (Magdeburg hemispheres) 第十圖の



如き二つの密合すべき金屬製の中空なる半球をとり、之を接合せしめ、排氣器によりて球内の空氣を排除す

れば、容易に引き離し得ざるを見るべし。之れ球内の空氣稀薄となりて内部の壓力

氣壓の強さ

小となり、外部よりは強大なる壓力を被るによる。然るに内部に空氣を入るときは内外の壓力平均するが故に、容易に引き離すことを得べし。此實驗は歴史上有名な實驗にして、獨國マゲデブルグにて初めて行ひたるを以て此半球をマゲデブルグ半球といふ。

三六、晴雨計 大氣の壓力は其中に含有する水蒸氣の多寡に關し、天氣に至大の關係を有するを以て氣壓の大小を知りて豫め晴雨を卜知し得べし。故に氣壓を測定する器械を晴雨計といふ。晴雨計には通常二種あり、水銀晴雨計及アネロイド (Aneroid) 晴雨計之れなり。

一 水銀晴雨計 水銀晴雨計はトリセリー (Torricelli) の實驗の理を應用せるもの



にして、其構造第十一圖の如く、長さ

一米許の硝子管に水銀を充たし之を他の水銀槽上に倒立せるものにして、通常硝子管は眞鍮の筒にて包み、上方僅かに開きて水銀柱の高さを讀み得る様にし、槽中

の水銀面は下方のネジによりて自由に上下し、丁度上方より垂れたる象牙の針の尖端に觸るゝ様にするこゝを得、故に槽中の水銀面は常に一定の高さになすことを得べく、水銀柱の高さを目盛によつて見れば、直ちに其時の氣壓を知り得べし。

二、アネロイド (Aneroid) 晴雨計 アネロイド晴雨計は水銀柱を用ふる代りに、一



第三十圖

部空氣を排除したる金屬函の歪によりて、氣壓を測定する器械にして、金屬函には、渦狀の溝を有する薄き金屬製の蓋を有し、此蓋は氣壓の増減によりて上下に運動す。此運動を横杆の作用によりて擴大し、針に傳へて函上に刻める目盛を指さしむ。此目盛は、水銀晴雨計と比較して、直に氣壓を示す如く盛りたるものなり。アネロイド晴雨計は、携帶に便なれば旅行用に適すれども、精確の度は水銀晴雨計に及ばず。

三七、大氣の高さ 空氣は極めて輕き物體なるに拘はらず、かく強大なる壓力を生ずるは、一に其厚さの極めて大なるによること前既に之を述べたり、此厚さは果して幾哩に達すべきか。

太古未開の人民中には、大氣の上層はなほ水の表面の如く、或方法によりて大氣の表面に浮び出づれば、水面に船を浮ぶるが如く、自由に其面上を航行し得べしと考へしものありしが如し。然れども、空氣は極めて彈力に富み、擴散性を有するが故に、上層壓力の小なる所に於ては極めて稀薄となり、漸次に消滅するものにして、決して嚴然たる境界あるにあらず。故に其高さといふも、極めて漠然たるものなることと言ふを俟たず。然れども、其大凡の高さは種々の方法によりて測定せらる。今其一二を擧ぐれば次の如し。

一、大氣の層が太陽の光線を反射して起る薄明の現象を觀察すること。

二、流星落下の際大氣の層と摩擦して發光し初むる時の高さを觀測すること。

三、空氣の密度の減少する割合より數學的に計算すること。

四、月蝕の際月面に投ずる影によりて推算すること。

此等諸種の方法により測定せし結果は區々にして、精確に其高さを知るを得ずと雖も、平均すれば大凡百哩の高さに達すといふ、之を以て見れば、前述の如く氣壓の強大なる、又怪むに足らざるを知るべし。

### 第四章 空氣と人生

酸素の効

窒素の効

吾人は常に空氣を吸ひ、其中の酸素は身體組織と燃焼作用を起して生活力を補給し、炭酸瓦斯となりて再び體外に排出せらる。此作用なくては、吾人は一瞬時も生存する能はず。かく吾人の生活に直接必要なるは酸素にして、窒素は單に此酸素の作用を緩和し、適當ならしむる効あるに過ぎず。空氣中の炭酸瓦斯は元來人體に有害なるものには非れども、其含量多きときは、頭痛、眩暈等を起すこと前已に述べたるが如し。

變敗の原因

**三八 室内空氣の變敗** 人は絶えず呼吸作用を營み、酸素を變じて炭酸瓦斯となすのみならず、吾人の皮膚も絶えず炭酸瓦斯其他の有害瓦斯を排出す。其或物は分量多からざるも、之を吸入すれば忽ち嘔吐を催ふし、頭痛、眩暈等を起すとあり。此等の事實は人多き室に於て屢々實見する所なり。尙ほ炭酸瓦斯は燃焼によりても生ずるが故に、瓦斯燈、石油燈、蠟燭等を點じ、或は炭火を入れて暖をとる等のことあるときは、益々室内空氣の變敗を速かならしむ。

換氣の動力

**三九 換氣** 室内の空氣は種々の原因によりて變敗するが故に時々窓戸を開放して新鮮なる空氣を流入せしめ、之と交換せしめざるべからず。日本風の家屋にありては、其建築法も自ら換氣に適し、其建具も極めて簡單にして、障子、襖等何れも自由に空氣を流通せしむるものなるが故に、さまで換氣に心を勞するを要せざれども、洋風の家屋にては、空氣の流通不便なるが故に、特に此等の注意を怠るべからず。

換氣を誘起する動力には風力と温差とあり。風は微風と雖もよく窓戸の隙間より新鮮なる空氣を吹き來りて室内空氣を清潔にする効あり。又室内の空氣は人の體温、炭火等によつて常に暖められ、軽くなりて上昇し、上部の隙間を通じて室外に出で、下部の隙間よりは、室外の寒冷にして清潔なる空氣浸入し來りて之に代る、試みに一室を密閉し、一方僅かに隙間を残し、上下二箇所に燈火を持ち行くときは、上部にあるものゝ火燭は外方に吹き曲げられ、下方にあるものゝ火燭は内方に傾くを見るべし。



### 第三編 水

#### 第一章 水の組成

水は其分布極めて廣く、海洋の水となりて地球面上の四分の三を占め、地中到處に浸潤して泉となり、河となり、寒地にありては氷雪となりて地を掩ひ、大氣中に浮遊して雲霧を形成し、動植物の體中に入りては主要なる成分となり、其分布の廣く、其量の多き他に比類を見ざるなり。

**四〇、天然水** 自然界に存在する水は決して純粹なるものにあらずして、通常種々の固形物を浮遊せしめ、或は固體氣體を溶解して其中に含有す。

雨水は地球表面上の水分が太陽の熱によりて蒸發し、上昇して寒冷なる空氣に逢ひ、再び凝結して降下するものにして、天然の蒸溜水なり。然れども降下に際して空氣中の塵埃を混入し、瓦斯を吸收するが故に全く純粹なる水にあらず。

地中より湧出する水は通常種々の物質を溶解するを常とす。而して、一般に溫度、高き水は低き水よりも物質を溶解すると多く、強壓力の下にある水は低壓力の下

雨水

泉水

硬水

軟水

硬水と石

海水

にある水よりも多量の溶解物を含み易し、溶解物の種類は様々にして、有機物の腐敗したるものを含むことあり、或は種々の無機鹽類を含むことあり。溫泉が種々の鹽類を溶解包含し、其物質によりて衛生上特殊の効果を有することは、浴く人の知る所なり。無機鹽類中最普通なるものは炭酸石灰と硫酸石灰にして、吾人の日常使用する井水中にも通常多少此等の物質を含有す。此等礦物質を多く含む水を硬水といひ、礦物質を含まざるか、或は極めて少量を含むのみなるときは之を軟水と稱す。硬水を飲用すれば口觸り悪しく、手拭を浸して乾かすときは硬くなる。鐵瓶の湯垢は、硬水を煮沸したるがため、石灰分を沈澱したるものなり。硬水にて石鹼を使用するときは、石鹼中の脂肪酸は石灰と化合して白色不溶性の沈澱物を作るが故に、硬水は石鹼の効を減殺す。其他井水は多量の空氣、炭酸瓦斯を含有す。此等を多量に含有する水は爽快なる味を有するも、純粹なる水は無味なり。

海水は凡そ量の百分の三乃至三五の鹽類を含み、其中百分の二七位は食鹽なり。故に海水を煮沸して水分を蒸發せしむれば、吾人の日常使用するが如き食鹽を得べし。

海水中にある鹽分の多少は所によりて一様ならず。大河の河口は多量の淡水を吐出するを以て、其近海の鹽分を少なからしめ、寒帯地方は蒸發盛ならざるがため、一般に鹽分少量なるを常とす。之に反して、陸地の間に介在する内海の地、氣温高く蒸發盛にして雨量少き地方等に於ては、常に多量の鹽分を含有す。瀬戸内海沿岸に製鹽業の盛大なるも、地中海、紅海等の水が著しく多量の鹽分を含有するも皆之がためなり。

海水中には食鹽の外尙種々の鹽類を含む、其主なるものを擧ぐれば、鹽化カリウム (Potassium chloride)、鹽化マグネシウム (Magnesium chloride)、硫酸マグネシウム (Magnesium sulphate)、硫酸石灰 (Calcium sulphate)、嗅化マグネシウム (Magnesium bromide)、炭酸石灰 (Calcium carbonate) 等なりとす。

單體説

四一、水の組成 十八世紀の終りに至るまで、水は一つの單體なりと見做されたり。然るに一七八一年カベンディッシュ (Cavendish) 氏は、水素と酸素との混合物を爆發せしむるとき水の生ずることを發見し、一七八三年、ラヴォアジエ (Lavoisier) 氏も此實驗を繰り返し、之れ水素、酸素の二元素より水の合成せられたるものなることを信ずるに至れり。

に至れり。

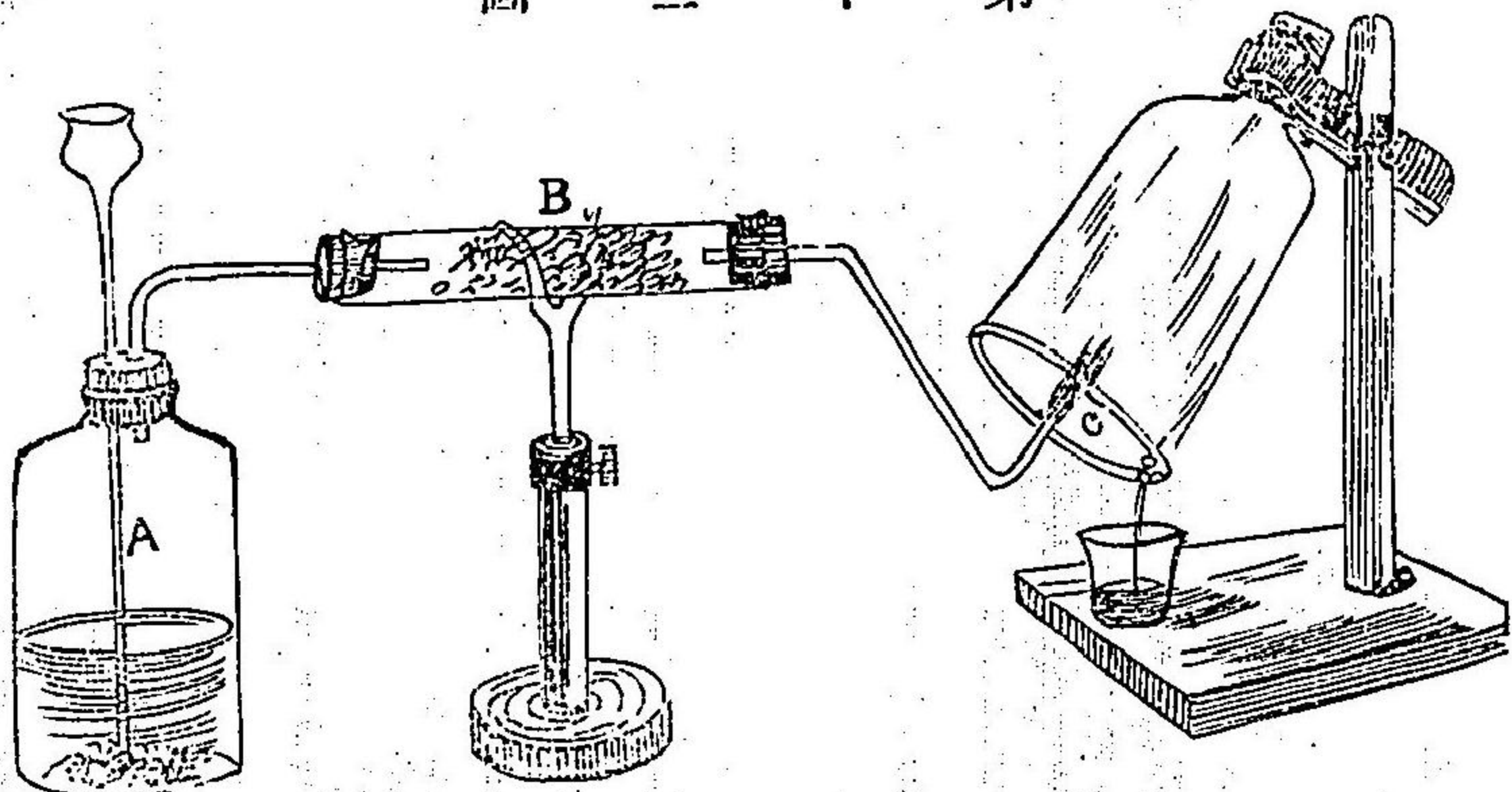
第十三圖は水の合成を示す簡單なる實驗裝置にして、瓶Aに亞鉛を入れ、硫酸を注ぎて水素を發生せしめ、其含有する水蒸氣を除くために、鹽化カルシウム (Calcium chloride) を入れたる管Bを通し、曲管Cより噴出する瓦斯に點火し、硝子鐘を以て火焰を掩ふべし、然るときは硝子鐘の壁に水滴附着し、漸次に滴下するを見るべし。之れ亞鉛と硫酸との作用によりて發生したる水素が、空氣中の酸素と結合して水を生じたるに外ならず。

四二、精密なる實驗 以上の實驗により容易に水は酸素と水素とより成ることを知るを得れども、尙精密に研究せんとせば、次の實驗を行ふをよしとす。

一、分解法 少量の硫酸を加へたる水に二枚の金

合成實驗

第三十圖



分解法

第一章 水の組成

腐板を浸し、之を電池の兩極に繋ぎて電流を通すれば、各金屬板の面より氣泡の發

圖 四十 第

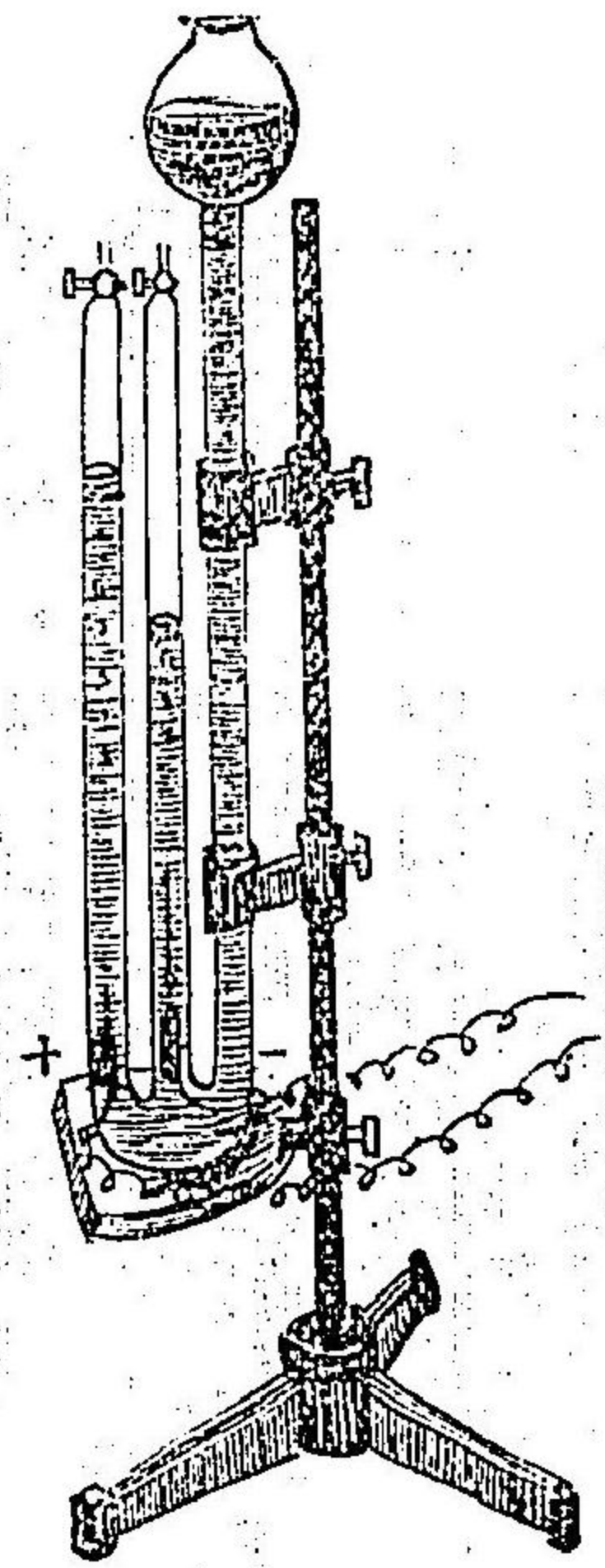
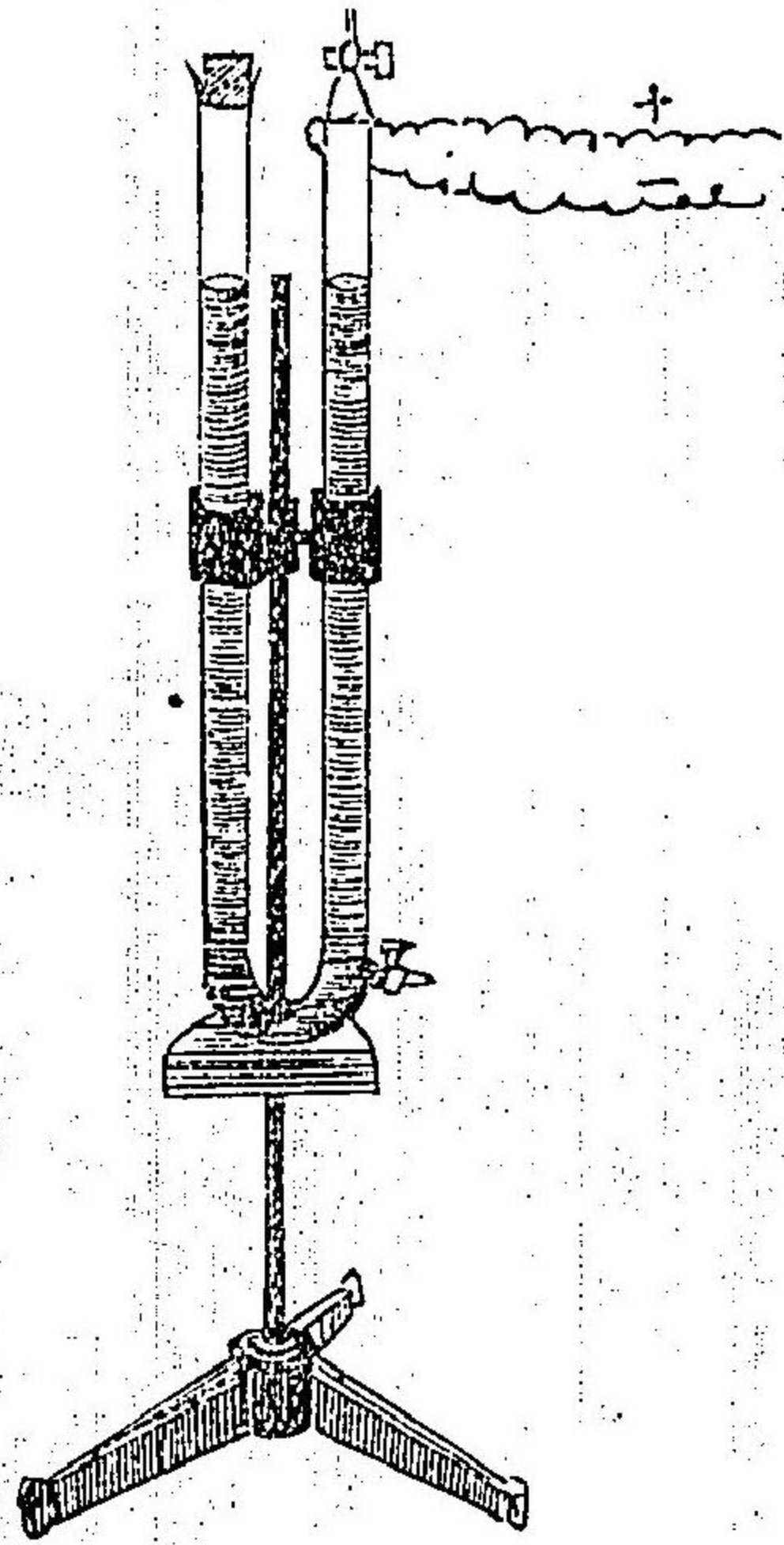


圖 五十 第



二、合成法 U字管の一方はストップコック (Stopcock) にて閉ぢ得るものをと(第十五圖)下部に水銀を入れ、上部に

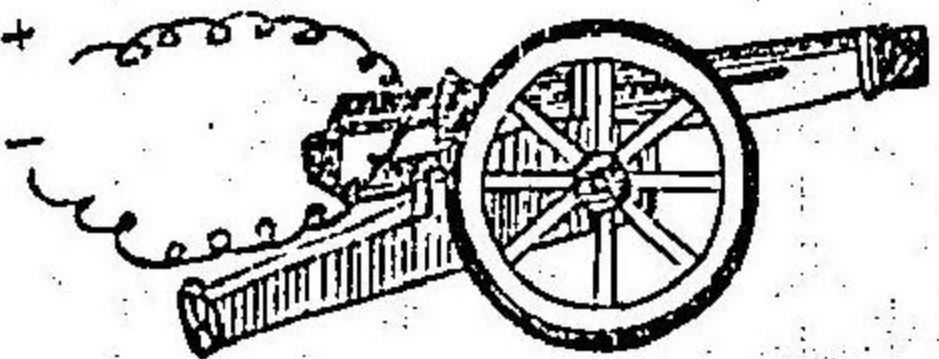
生するを見る。今第十四圖の如き装置を用ひ、發生する氣體を別々に捕集して驗するに、陽極より發生する氣體は酸素にして、陰極より發生する氣體は水素なるを知るべし。而して、硫酸の量は、實驗の前後に於て、變化なきを以て、發生したる水素と酸素とは、全く水の分解によりて生じたるものなるべし。且つ同一時間内に發生する酸素と水素との容積は、常に一と二の如くなるを見るべし。

はストップコックを有する方に水素と酸素との混合物を入れて密閉し、開管の方は水銀の上部に空氣のあるまゝ、コルクにて密閉すべし。かくして電氣の火花を通じて水素と酸素との混合瓦斯を爆發せしむるときは、少量の水、水滴器壁に附着し、容積著しく減少するを見る。若し水素と酸素との容積の比を二と一の如くなすときは、爆發後混合瓦斯は全く消失するも、何れか一方の瓦斯が此割合より多きときは、其多き方の瓦斯のみが殘留するを見るべし。此實驗によりて、水素の二容と酸素の一容と化合して水となることを確め得るなり。右圖は、此實驗裝置を示すものにして、

U字管の他の腕に密閉せられたる空氣は、爆發の際激動を和ぐる作用をなし、器物の破裂するを防ぐ。

以上分解合成二實驗によりて、水は水素の二容と酸素の一容とより成るを確め得べく、之を重量の比にて表せば、殆ど水素一と酸素八の割合となる。

圖 六十 第



四三、ホルタのピストル (Volta's Pistol) 第十六圖の如き一つの圓筒に水素二容と酸素一容の混合瓦斯を入れ、木栓にて密封し、電氣の火花を通

じて爆發せしむれば、爆發を發すると同時に、木栓は烈しく突き出さるゝを見るべし。之れ水素と酸素とが化合して水となるに際し、強大なる張力を生じ、木栓を突き出すによるものなり。之をホルタのピストルと云ふ。

## 第二章 飲料水

水は人體の主成分をなし、其體量百分中六五乃至七〇分を占む。此多量の水は一部汗尿等となり不潔物と共に體外に排出せられ、飲食物によりて其不足を補ひ、絶えず新陳代謝して生活作用を營むものなり。成人の一日に要する水の分量は、平均凡一升五合を下らずといふ。

**四四、飲料水の供ふべき條件** 飲料水の供ふべき條件を列擧すれば左の如し。

- 一、無色透明にして塵埃等を浮遊せしめざること。
- 二、礦物鹽類を多く含有せざること。
- 三、バクテリア類を含まざること。
- 四、有機物の腐敗したる物等を含まざること。

**四五、惡嗅を有する瓦斯を含まざること。**

**四五、水質檢定法** 飲料水の良否は衛生上に至大の關係を有するは論なく、從て水質の良否を檢定するは、吾人の一日も忘るべからざることなりとす。勿論正確に其適否を檢定するには種々の器械を要すれども、簡單に之を檢定するには次の如くするをよしとす。

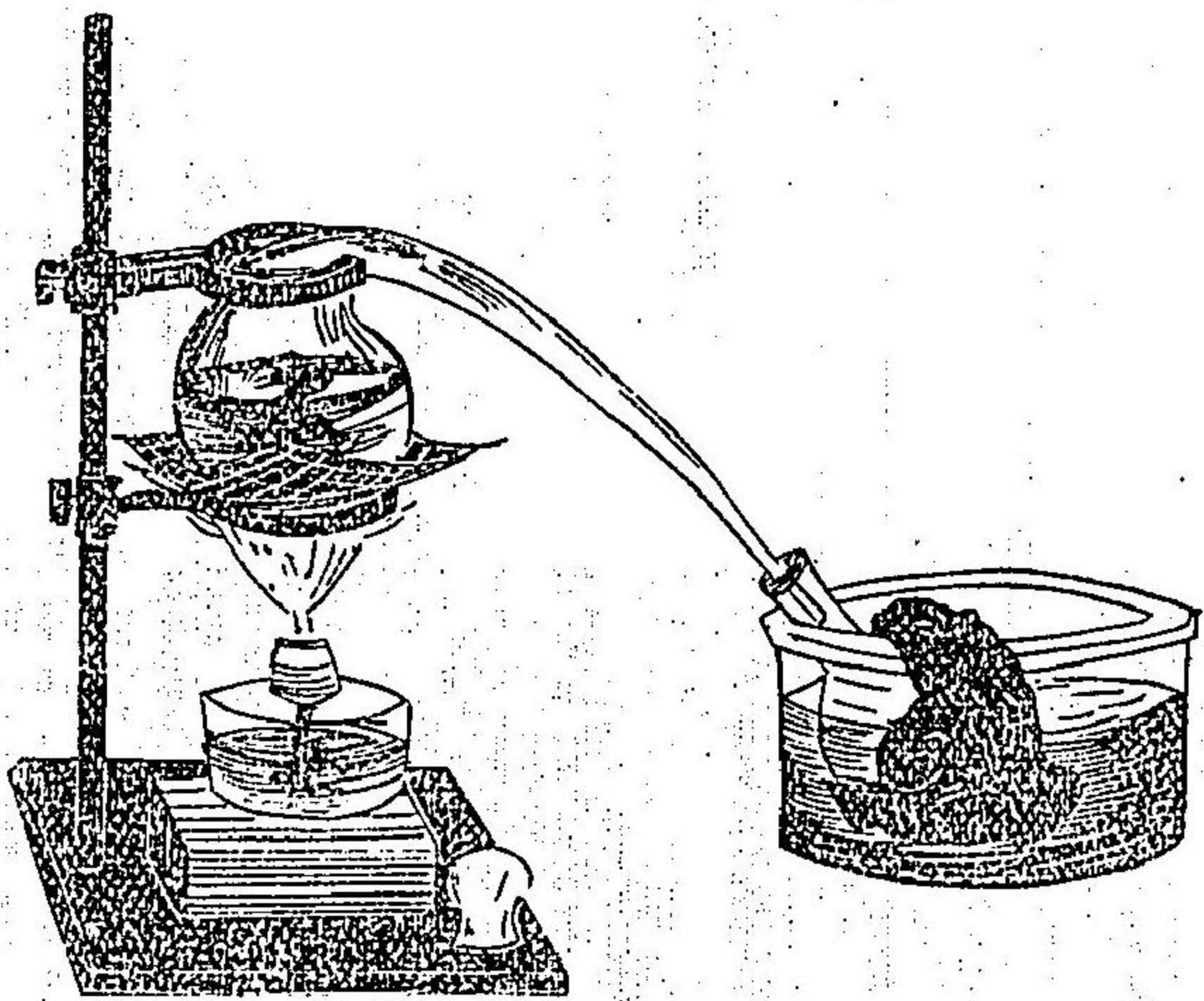
- 一、細長きガラスの圓筒二箇をとり、其一方に檢定せんとする水を入れ、一方に蒸溜水を充たして此等を白紙上に并置し、上方より透視し比較すべし。餘り濁りを帶ぶるものは飲料に適せず。
- 二、水を少しく暖め、其嗅氣ありや否やを檢すべし。有機物を含有する水は、之を熱すれば其一部を發散するが故に、よく有機物を含むや否やを檢し得べし。嗅氣強きものは飲料に適せず。
- 三、水を口に含みて惡嗅を感じ、或は不快の味を有するものは飲料に適せず。
- 四、水中に石鹼水を入るとき白色の沈澱物を生じて容易に泡を生ぜざるものは、石灰其他の礦物質を含有するが故に飲料に適せず。

五 試験紙を浸して反応を検し、中性にあらざれば飲料に適せず。

四六、蒸溜水 不純なる水を變じて純粹なるものとなすには蒸溜法を用ふ。少量の蒸溜水を作らんには、レトルトに水を入れ、之を熱して沸騰せしめ、其發生する水蒸氣をフラスコ中に噴出せしめ、フラスコには絶えず冷水を注ぎかけて之を冷却すべし。かくすれば、水蒸氣は凝結して水滴となり、漸次フラスコに溜るを見るべし。(第十七圖参照)

多量の蒸溜水を作らんには通常銅製の蒸溜器を用ふ。第十八圖は其装置を示すものにして、レトルトA中に天然水を入れ、爐にかけて熱するときは、水中に含まれたる瓦斯は先づ泡となりて放出せられ、次いで水が沸騰するに至れば盛に水蒸氣を發生す。此水

第七十圖

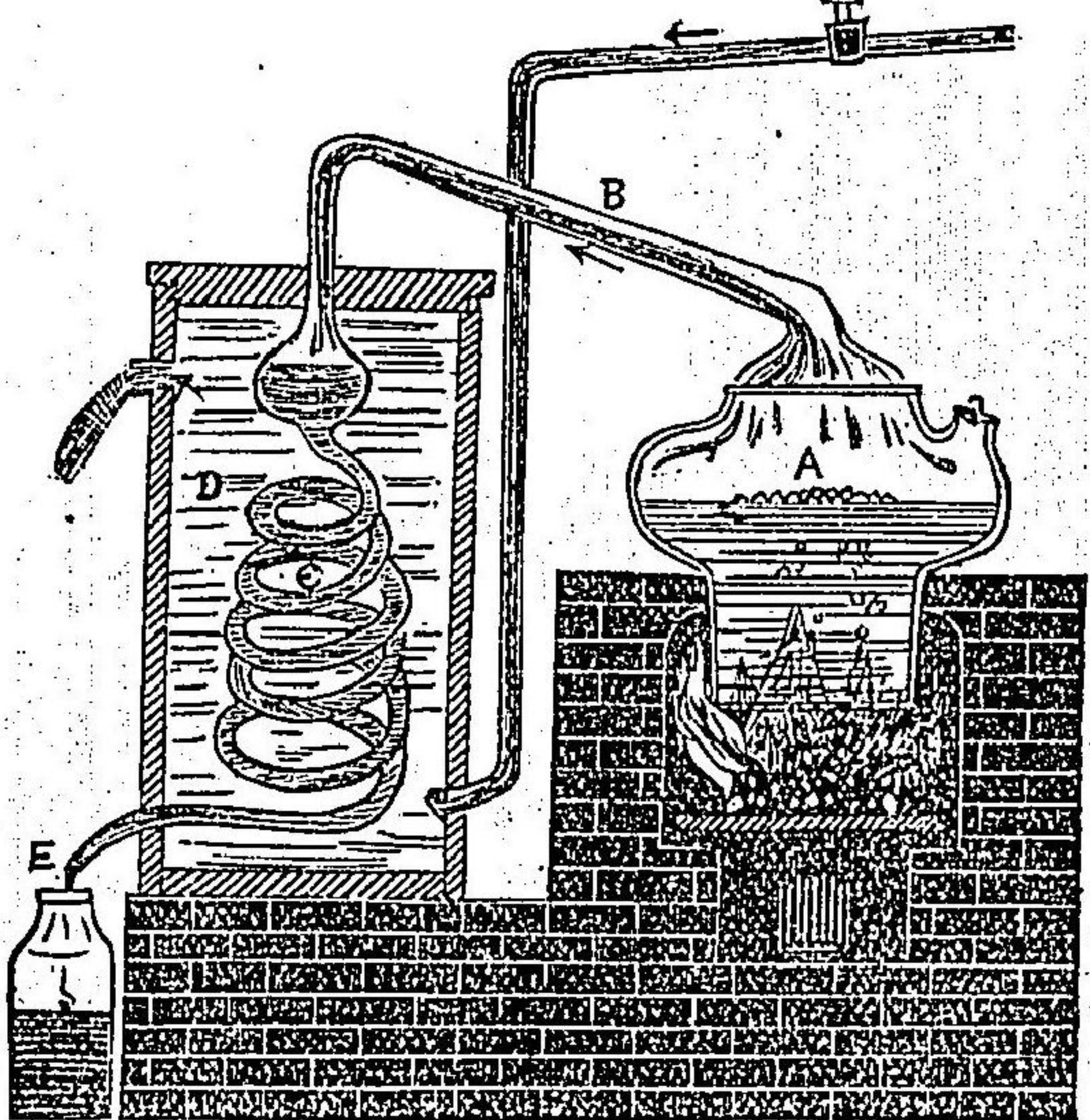


蒸氣は管Bを通り蛇管Cに至る。蛇管は冷却器D中に收められ、絶えず冷水を以て冷さるゝが故に、こゝにて水蒸氣は再び凝結し、水滴となりてEより滴下す。かくして得たる水は殆ど純粹のものにして、もと含有せられたる氣體は先きに放出せられ、固形物はレトルト中に留殘す。

化學的に全く純粹なる水を得んには白金製の蒸溜器を用ひ、以上の方法を幾回も繰り返し、蒸溜の初め終りに生ずるものを捨て、中間に得るもののみをとるなり。

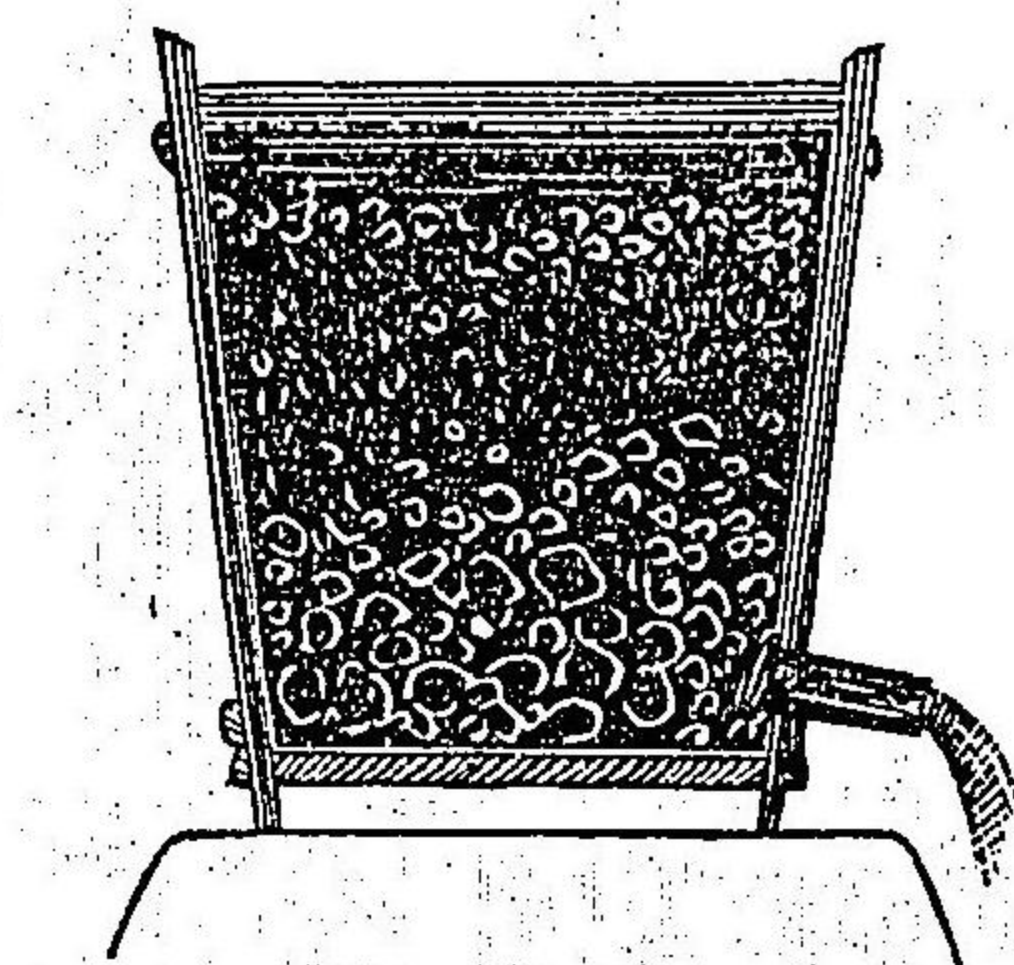
四七、濾水 多少の不純物ある水を清潔にし、飲用に適せしむるには通常濾過法を用ふ。而して、其最も普通に行はるゝものは砂濾法なり。其法下部に小石を積み、其上に小砂利の層を作り、次には細かき

第八十圖



砂を盛り、最上部に又小石を并べ、之れに水を注ぎかけて此等の層を通過せしむるにあり。かくすれば、水中に含まれし塵埃其他の不純物は概ね砂中に止まり、滴下する水は飲料に適するに至るべし。又水中に有機物を含むときは、途中に木炭の層を作るをよしとす(第十九圖)

濾過材料



第十圖

濾過材料たる小石、細砂等は清潔に洗滌したるものを用ふべきは勿論、一旦洗滌したるものと雖も、長く使用するときは種々の不潔物を混するが故に、濾砂は屢々洗滌するか、或は時々新しきものと交換すべく、木炭は焼き直して用ふるをよしとす。上圖は簡單なる水濾装置を示すものにして、最上層の小石は細砂の浮動を防がため、水口の棕梠皮は砂にて濾し残されたるもの、或は細砂の流出するを防ぐ用をなす。

四八、水道 田舎にありては井水を以て日常の用に供すれども、繁華なる都會の地にありては、水道によりて日々の用水を供給する所多し。

吾國の水

吾國に於て初めて水道を設置せしは、徳川幕府の初期にあり。然れども此時代の水道は、單に河水を其まゝ引用せるに止まり、不潔物を除き純良なる水として使用することは未だ行はれざりしが如し。今日の水道は、單に河水を導き來るに止まらず、水を濾過して純良なるものとなし、鐵管によりて之れを所用の場所に配布するものなり。今左に其概略を述べん。

一、水源地 水道には第一に先づ適當なる水源地を求めざるべからず。水源地として供ふべき條件は、

- (イ) 水の比較的清潔なること、
  - (ロ) 水量充分にして四季を通じて涸渇する憂なきこと、
  - (ハ) 水源地は配布せんとする都會より高き位置にあること、
- 之れなり。若し高き地に適當なる水源を求め得ざるときは、ポンプを用ひて一旦水を高所に汲み上げざるべからず。大阪の水道の如きは其適例なり。

二、沈澄池 用水を純良ならしめんには通常砂濾を用ふ。其法概して二階段に別る。即先づ沈澄池にて、塵埃泥土を沈澱せしめ、其水を濾過して、更に細き塵埃、微菌等

水淨の順序

を除去すること之れなり。かくして得たる清水は之を淨水池に貯へ置き、鐵管によりて所用の場所に配布す。

沈澄池の構造は極めて簡單にして、粘土、コンクリート等にて水の洩るゝを防ぎ、たる一つの池なり。底は少しく傾斜し、水の入口及出口は水面に近き上方に設く。之れ下方に設くるときは、出入に際し水に動搖を起し、濁りを生じ易ければなり。

沈澄池に水を導き入れ、一日位靜止せしむれば、水中の不純物は池底に沈澱するを以て、其上澄の水を濾過池に送る。

三、濾過池 濾過池の構造は沈澄池の構造と似たれども、其底は中央低くして兩側高く、兩側より中央に向て數多の暗渠あり、中央の大暗渠に續けり。而して、底の方には拳大の石を入れ、漸次上方程細かき砂利を積み、最上部には極めて細かき砂を盛り、四尺餘に達せしむ。

沈澄池より入り來る水は細砂をくゞり、砂利、小石の層を通過し、種々の不潔物は概ね除去せられ、小暗渠を流れ、大暗渠に集り、之れより地中の鐵管を通りて淨水池に移る。

四、淨水池 淨水池は一つの水溜にして、煉瓦の屋根を以て掩ひ、屋根には數多の土管を付して空氣の流通をよくせり。

此池に貯へられたる水は、大小の鐵管によりて所用の場所に配布せらる。

### 第三章 水汲み装置

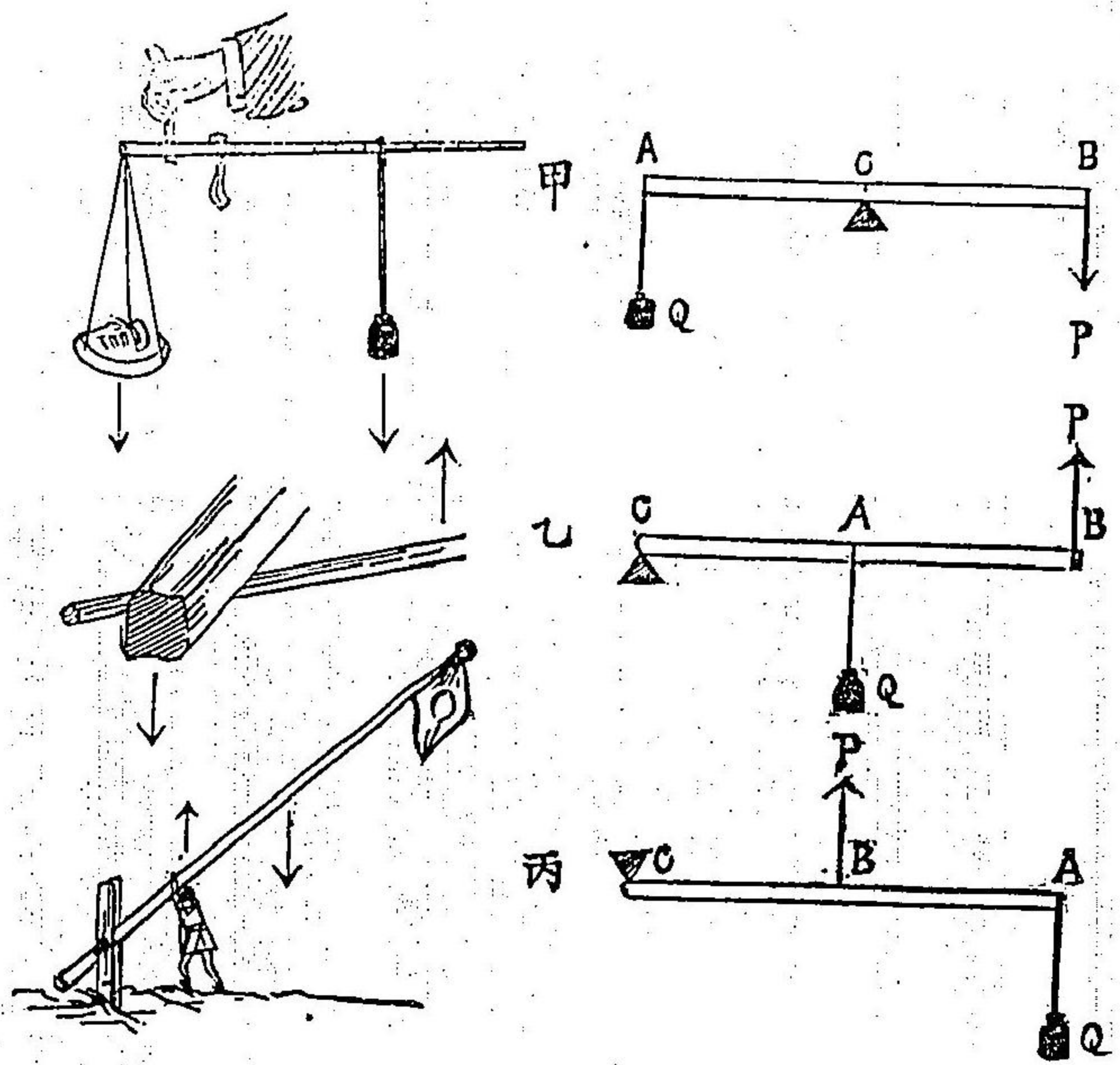
水汲み装置を説明せんには、先づ其根本原理たる槓杆の理を述べざるべからず。

四九、槓杆 槓杆は、支點と名くる一點の廻りに廻轉することを得べき屈撓すべからざる棒なり。

第二十圖に於てOを支へ、Aに重錘を掛け、Bに力を加へて重錘を支ふる時、Oを支點、Aを重點、Bを力點といふ。Aにかゝれる重錘QがOの廻りに杆を廻轉する力の能率はO×AQにして、Bに加ふる力PがOの廻りに杆を廻轉せんとする力の能率はP×BOなり。若し此二つの能率が大きき等しく方向反對なるときは、釣合を保ちて杆は廻轉せざるべし。

槓杆は支點、重點、力點相互の位置によりて三種の區別を生ず。

第二十圖



第一種の槓杆は甲圖に示す如く、支點は重點・力點の中間にあり、而して槓杆平均するは

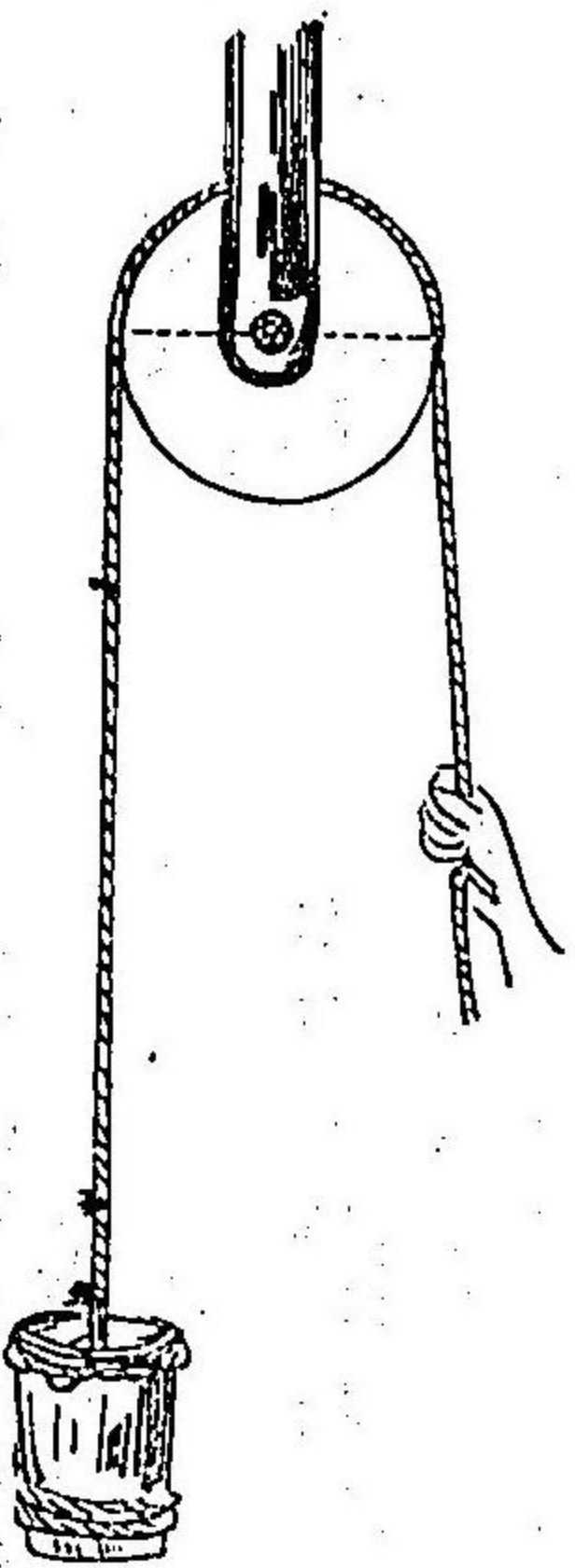
$$Q \times AC = P \times BC$$

の時なるを以て、BCがACより大なる時は重錘の重さより小なる力を以て支へ得べく、BCがAOより小なる時は之に反す。

第二種の槓杆は乙圖の如く、重點が力支二點の中間にあり、此種の槓杆にありては常にBCはAOより大なるを以て重錘より小なる力を以て支へ得べし。

第三種の槓杆は丙圖の如く、力

點が重支二點の中間にあるものなり、此種の槓杆に於ては、 $BC$ は常に $AO$ より小なるを以て、重錘よりも大なる力を加へざれば支ふる能はず。  
 鉄は支點を共有する二箇の槓杆を組合せたるものと見做すを得べく、花鋏、釘拔、ヤツトコは第一種の槓杆に屬し、コルク押し、秣切りは第二種の槓杆に屬し、裁縫用鉄は第三種の槓杆に屬すること容易に理解するを得べし。



第二十一圖

當す。今車に綱をかけ、兩端に同じ重さの物體を吊さば、力は平均して車は廻轉せざるべく、一方が他方より少しにても重ねれば直ちに廻轉を初むべし。綱の兩端に同じ重さの釣瓶を掛くれば、其重さより起る力の能率は左右平均して、水を汲み上げる力に關係なし。故に一方の釣瓶に一貫目の水を入るれば、他方には一貫目より少し大なる力を加ふれば水は吊り上げらるべし。

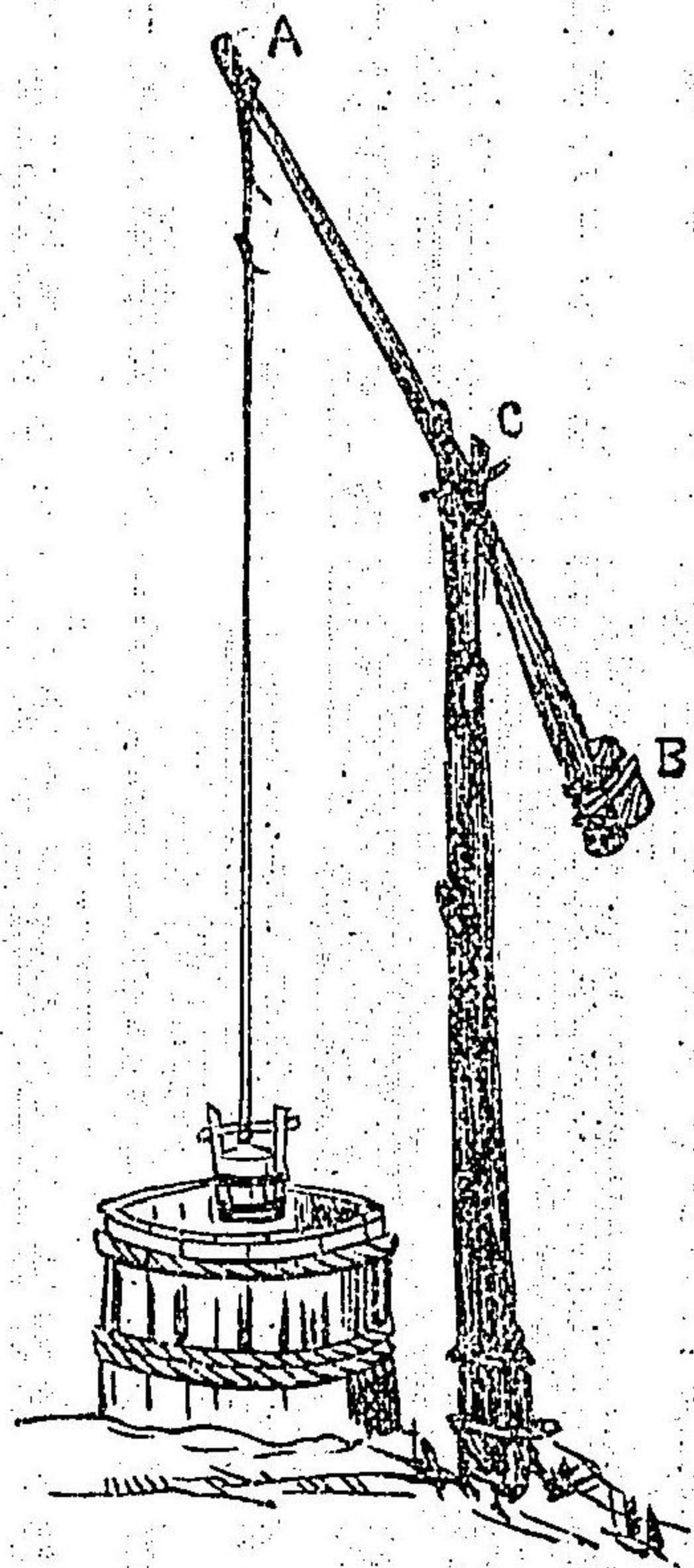


かくの如く、井車は少しも力を利することなきも、上方に引き上ぐる代りに下方に引き下げて可なるが如く、力の方向を變じて汲み易からしむる効あり、尙空釣瓶を上下するに無益の力を費さざる効あるは勿論なり。

水を汲み上ぐる時、釣瓶を水より引き離すに大なる力を要するは、水と釣瓶との間の粘着力に逆つて引き離すがためにして、水が上方に上るほど漸次軽くなる如く感ずるは、力を加ふる方の綱の重さが、漸次他方より重くなりて汲上げんとする力を助くるによる。

五一、ハネ釣瓶 ハネ釣瓶も第一種の横杆の理を應用したるものにして、丸太の一點を柱にて支へ、一端に釣瓶を吊し、他端に石、木片等を付し、之に働く重力を利用して水を汲み上ぐる装置なり。第二十二圖は之を示すものにして、 $\alpha$ を大にし、 $\beta$ を小にすれば、小なる石片をBに附くるも其効力大なり。尤も汲み上ぐるに餘り力を要せざる如くすれば、釣瓶を押し下ぐるに力を要し、結局別に力を利するとなし。但し之を用ひざる時は、釣瓶を引き上ぐるにも吊り下ぐるにも共に或強きの力を加へざるべからざれども此装置を用ふればかゝる無益の力を省くを得べし。

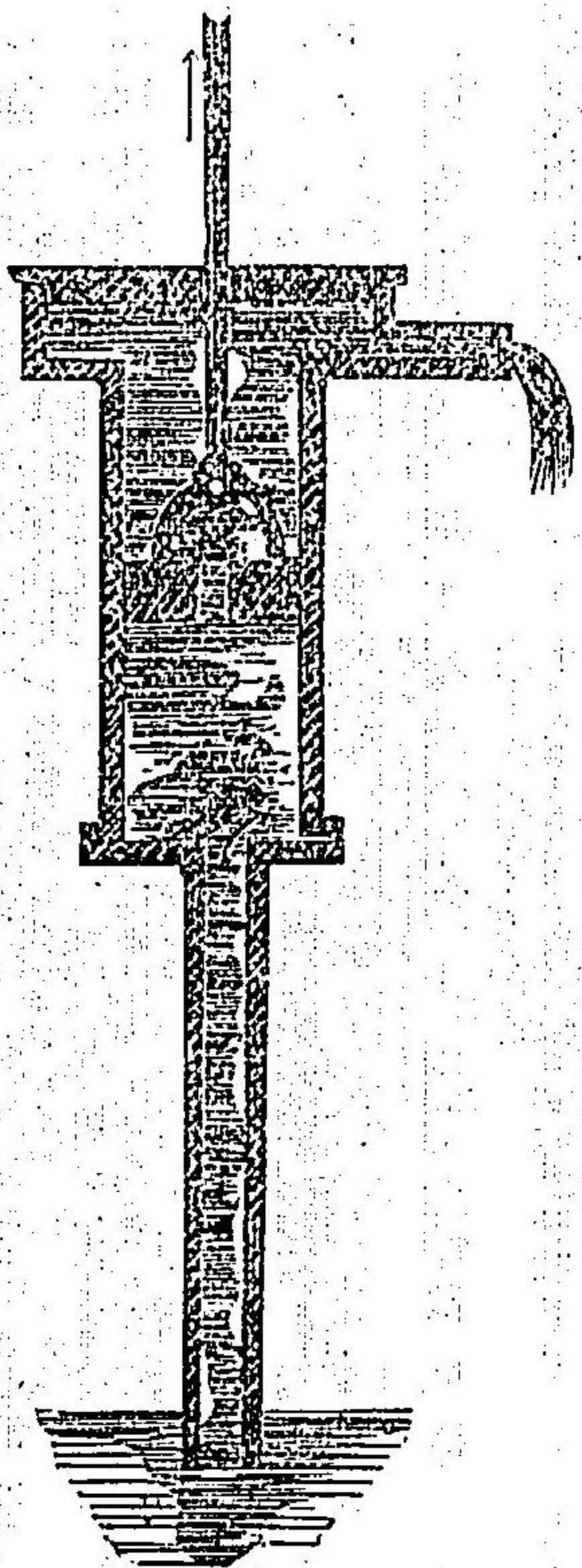
川構造及作



圖二十二第

五二、吸上ポンプ 吸上

ポンプの構造は大略第二十三圖の如く要部は一つの活塞を供へたる圓筒にして、圓筒の底には穴を穿ち、之れより管によりて水面に連る。活塞及圓筒の底には上方にのみ開くを得る瓣あり、今活塞を押し下ぐれば圓筒内の空氣は活塞の瓣を押し開きて上方に出で、活塞を引き上ぐる時は、活塞より下の容積増加し空氣は稀薄となれども、活塞の瓣は閉ぢて空氣



圖三十二第

は上方より入り来ると能はず、圓筒内の壓力減少するが故に、下方管内の空氣は底の瓣を押し開きて圓筒内に入り来る。從て管内の壓力減少し水は管内に上昇す。今此動作を數回反覆する時は、水は管及圓筒内を充たし、遂に活塞の瓣を排して圓筒外に流出するに至るべし。活塞を上下するには通常第一種の槓杵を利用す。吸上ポンプに關し歴史上面白き事實あり。今左に之を述べん。

吸上ポンプの原理の正當に解釋せられたるはトリセリー(Toricelli)が氣壓の發見をなしたる時にあり。アリストール(Aristotle)、プラトール(Plato)等の學者は、已に早くより空氣に重量あることに氣付きたれども、十六世紀の終りガリレオ(Galileo)、トリセリー等の時代に至るまでは、このことに就きて何等重要なる發見なかりき。古の學者は真空の存在すること不可能なるを信じ、真空の生せんときは自然は直ちに其近邊にある他の物質を以て之を充たし、決して真空を生ぜざらしむるものとし、之を自然は真空に對する懼れを有すと唱へ、恰も無生物が感情を有するが如く思惟せり。不世出の大物理學者ガリレオさへも猶此考を脱する能はざりしが如し。或時市民深き井を掘り、吸上ポンプを用ひて水を汲み上げんとせしに、水は水面

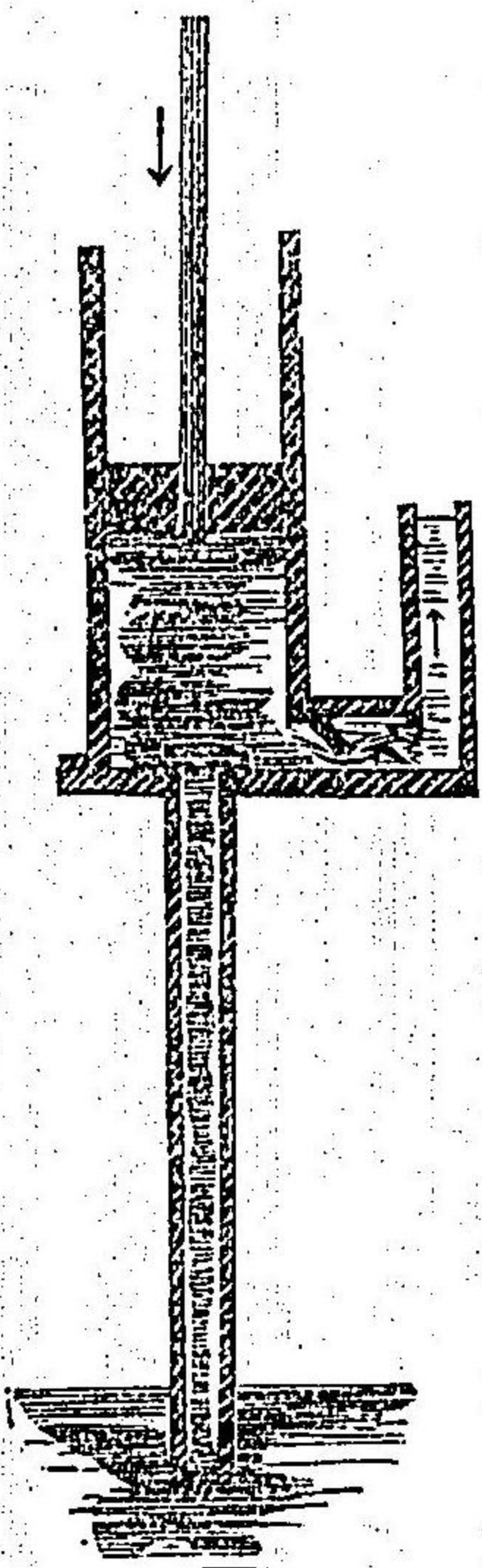
歴史上の  
珍談

真空に對  
する懼れ

ガリレオ  
市民の間  
に窮す

トリセリ  
の實驗

より三十三呎位迄は上昇すれども、それ以上には決して昇らざるを見、怪みて其理をガリレオ先生に問へり。さすがのガリレオも充分之を説明する能はず、之れ自然が真空を嫌ふ故なりと答へたり。氏は水柱三十三呎は、真空に對する自然の抵抗の極限なるべしと推斷したるなり。然るにガリレオの門人トリセリーは此説明を以て満足せず。こは空氣の重さに起因するものならんとの疑を起し、若し水より一三、五倍重き水銀を以てせば二呎六吋位迄より昇らざるべしと思ひて實驗せしに、果して其豫想の誤らざりしを證明したり。之れ今日までトリセリーの實驗と稱へ、氣壓の大きを見るに用ひらるゝ方法にして此實驗により二千年來哲學者の頭を支配せし、自然が真空に對する懼れを有すとの説は根底より覆さるゝに至れり。

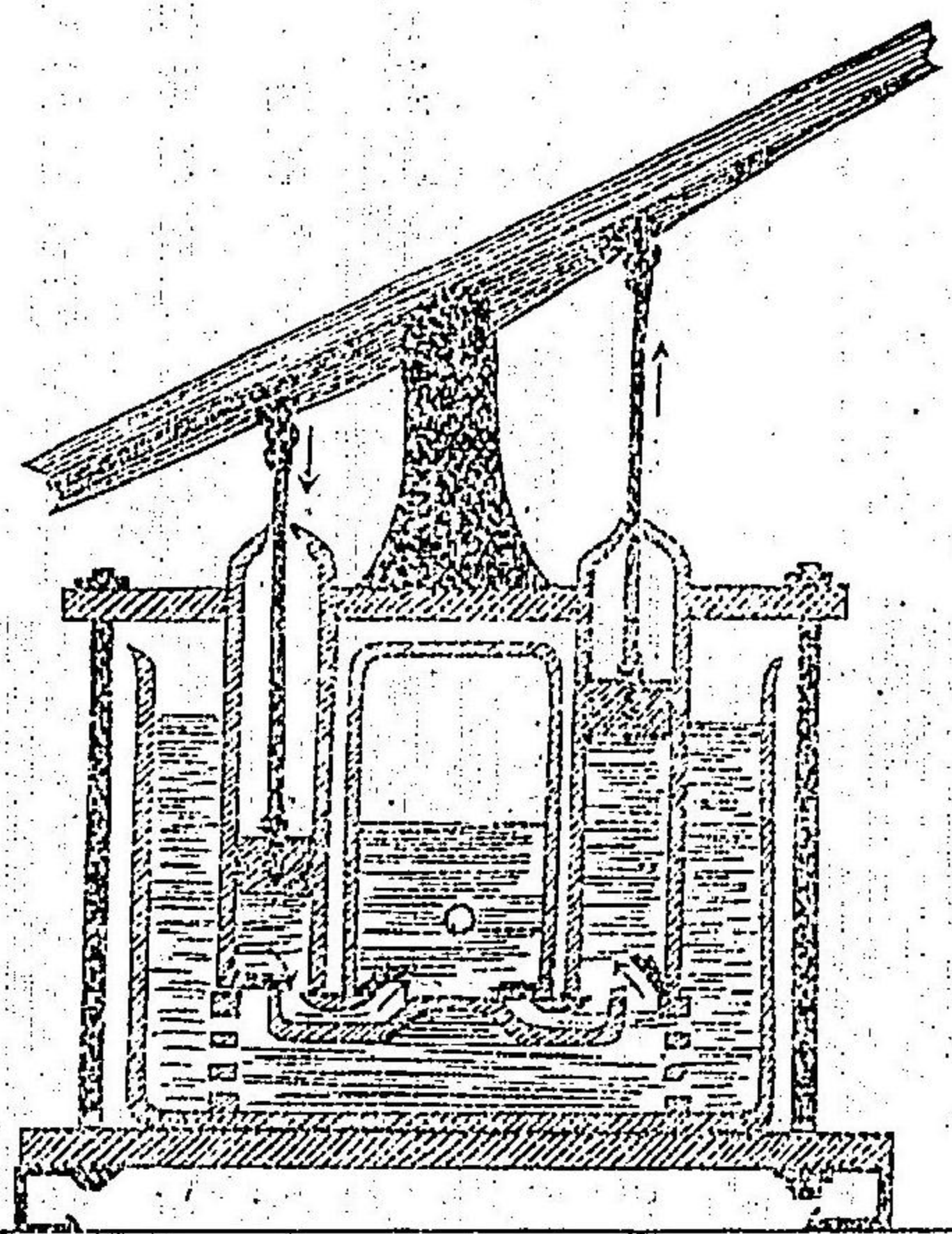


第三章 水汲み装置

第二十四圖

五三、**押しポンプ** 押しポンプの構造は吸上ポンプの構造と大差なけれども、活塞に瓣なく、圓筒の下部に側管を有し、其出口には

外方に開く瓣を付す。今、活塞を押し下ぐる時は筒内の空氣は側管より出で、活塞を引き上ぐるときは下方の管内の空氣筒内に浸入し來る。數回活塞を上下して水が圓筒内を充たしたる後、活塞を押し下ぐれば、筒内の水は側管の瓣を開きて管中に押し上げらるべし。(第二十四圖)



水は絶えず一様に管口より噴出せらる。

五四、消火ポンプ

常第二十五圖に示せる如く、押上ポンプ二箇を聯結したるものにして、横杆を上下するとき二つの活塞交る交る上下し、水を共通の側管に押し出す。側管の一部には空氣室を備へ、水が之に浸入する時空氣を壓縮するを以て、水壓の弱りたるときは空氣の張力によりて水を押し上げ、

第四編 燃燒

第一章 燃燒

火を以て宇宙の根源とするヘラクライトス(Heraclitus)の説は當らずとも、火が宇宙の諸現象に大關係あるは言ふまでもなく、地球にありては食物を煮沸して吾人を養ひ、諸器械を運轉して製造工業を盛ならしむるかと思へば、數貫の砲彈を飛ばして小山の如き巨艦を轟沈し、更に猛威を逞うして數千の大夏高屋を一朝にして烏有に歸する等、其作用の千變萬化、他に恐らく其比を見ざるべし。されば希臘時代の哲學者を初め、代々の哲學者、化學者何れも此不可思議なる問題を解決せんとして苦心せりと雖も、其一箇の學說として紹介する價值あるものは、次に述ぶるフロヂストン(Phlogiston)説なりとす。

五五、フロヂストン(Phlogiston)説 燃燒に關して初めて正常なる説明を與へたるは

ラボアジエ(Lavoisier)なるが、氏以前に於ては、燃燒の説明として一般にフロヂストン説行はれたり。此説は十七世紀の終りヌタール(Stahl)の提出する所にして、其説く所

によれば、凡て可燃體はフロヂストンと稱する微粒を含有し、燃焼とは可燃體よりフロヂストンの飛び去る現象を云ふものにして、硫黄、燐、炭素の如く燃焼し易きものはフロヂストンを多量に含有するものなり」と云ふにあり。

然らばフロヂストンとは如何なるものかとの疑問に對しては學者各其説を異にしたり。

フロヂストンを多量に含むものより、之を含まざるもの、或は少量を含むものにフロヂストンを移すことを得と考へたり。例へば、金屬を空氣中にて熱すれば、フロヂストンを空氣中に放出して之を含まざるものとなる。今日云ふ酸化に當る若し此フロヂストンを失ひたる金屬を、炭素若しくは水素と共に熱するときは、炭素若しくは水素中よりフロヂストンを受け取りて、又もとの如き金屬となる。今日云ふ還元に當るものと考へたるが如し。

硫黄、燐等を一定量の空氣中にて燃焼せしむるときは、暫時にして消ゆべし。之れ空氣がフロヂストンにて飽和せられ、最早フロヂストンは可燃體より出づる能はざるによるとせり。

酸化還元  
の説明

フロヂス  
トンにて  
飽和さる

フロヂス  
トンの説の  
破壊

燃焼によ  
り重量が  
増す實驗

以上述ぶるが如く、此時代に於ては、燃焼によりて或物が空氣中に放出せらるゝものと考へたり。然るに事實は全く之に反し、物體燃焼するときは、空氣中の酸素が可燃體と化合するものなることを發見するに至らざりしは、燃焼によりて物體の重量が増加する事實に氣付かざりしに由る。十八世紀の終りラポアジエ其他の學者が此事實に注意するに至りて、フロヂストン説は全く其根底を失ふに至れり。

**五六、燃焼とは何ぞ** 燃焼とは、廣義にいへば、物質化合して光と熱とを發する現象なり。然れども通常所謂燃焼とは、物質が酸素と化合して光と熱とを發する現象をいふ。本編主として述ぶる所も亦此狹義の燃焼を意味す。

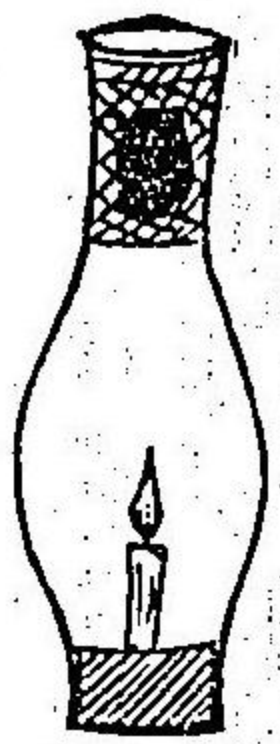
普通に行はるゝ燃焼、即ち薪、炭、油等が燃焼する場合には、一見其物質は全く消失するか、或は極めて少量の灰燼を残すのみなるべし。然るに、今天秤の一方に細目の金網を懸けて、之に少量の鐵粉を盛り、他方の皿に分銅を載せて平均せしめ、次に火焰を以て金網を熱すれば、鐵粉燃焼して黒塊となり、天秤は平均を失ひ、金網をかけたる方降下するを見るべし。之れ鐵粉は燃焼によりて重量を増したることを示すものなり。普通に見る燃焼に於ては、其成生物が氣體となりて發散するため、恰も消

燃焼により重量を増す實驗

失する如き觀あるものにして、若し適當の裝置を以て、燃焼の成生物を少しも逃がさざる如くすれば、鐵粉の場合と同様、重量の増加することを實驗し得べし。

今ランプのホヤにコルクの栓をなし、數個の小孔を穿ちて空氣の入り得る如くし、栓には圖の如く蠟燭片を付け、上部には金網にて支へたる苛性ソーダ (Sodium-hydroxide) の小片を置き、此全體を天秤の一方の皿に載せ、他方の皿に分銅を載せて

第二十六圖



平均せしむべし。かくて後蠟燭に點火すれば、燃焼するに従つて、ホヤを載せたる方の皿は下降するを見る。之れ燃焼の際蠟燭を組成する物質が、空氣中より或物を取りて結合したるが爲めに、重量を増したるものと見るの外なし。

**五七、燃焼の成生物** 薪炭油蠟燭等の燃焼する際に、如何なる物質を生ずるかを實驗せんには、蠟燭に點火し、冷き硝子鐘にて火焰を掩ひ、燃焼を續けしむべし。然る時は暫時にして鐘壁に水滴の附着するを見る。次に廣口瓶の中にて蠟燭を燃焼せしめたる後、此瓶に少量の透明なる石灰水を入れて振盪するときは、石灰水は忽ち白濁を生ずるを見るべし。以上の實驗により、空氣中にて蠟燭の燃焼するときは、水及

酸素中の燃焼實驗

炭酸瓦斯を生ずるを知るべし。薪炭油蠟燭等普通の可燃體の燃焼するとき成生するものは主として右の二者なり。

**五八、酸素中の燃焼** 空氣は一容の酸素と四容の窒素とより成り、物質の燃焼を支ふるものは酸素のみなるが故に、純粹の酸素中にありては、物質は空氣中に於けるより一層よく燃焼すべし。之を實驗せんには、フランスに鹽素酸加里 (Potassium chlorate) と二酸化マンガン (Manganese dioxide) との混合物を入れ、之を熱して酸素を發生せしめ、廣口瓶に捕集して次の實驗を行ふべし。

一、マッチに點火し、之を吹き消して酸素中に入れば、音を發して再び發火するを見るべし。

二、燐の小片を燃焼匙に載せ、酸素中に下せば、燐は自然に發火し、白光を放ちて燃焼するを見るべし。

三、鐵の細き針金の一端に燃え易きものを付け、之に點火して酸素中に入れば、火は鐵線に移り、烈しき光を放ちて燃ゆるを見るべし。

**五九、發火點** 凡て物質を燃焼せしめんには、必ず之を或一定の溫度に熱せざるべ

からず此温度は物質によりて各一定せるものにして、之を其物質の發火點といふ物に點火せんには、其物の一部を發火點まで熱するを要す、然るときは、其部はために燃燒を初め、燃燒の結果起る熱によりて之に隣れる部分を熱し、漸次かくの如くして全部の燃燒を繼續するなり。

**六〇、引火點** 石油の如き揮發性の物質を含む燃料に於ては、其表面より絶えず蒸氣を發生す、而して温度上昇するに従ひ、蒸發も漸々盛になり、或温度に達すれば、其表面より發する蒸氣が火焰に觸るれば、燃燒を傳ふるに充分なる濃さに達す、此時の温度を引火點といふ。

石油を器に盛り其上に火焰を近づけて試むるに、石油の温度低き間は引火することなけれども、漸々温度を高め、五六十度に達すれば容易に引火するを見るべし。油を鍋に入れて煮る時發火することあるは、油の温度が引火點以上に達したるとき、其揮發せる瓦斯に火焰を觸れしむるによる、故に注意して火焰を瓦斯に觸れしめざる様にすれば此危険を免れ得べし。

**六一、緩慢なる酸化** 薪炭等の可燃體を空氣中に放置するも自然に燃燒作用を起

石油の引火點

鍋に火の  
入る事

自然發火

體温

さゝるは、此等の發火點は非常に高く、自然には容易に發火點に達することなきがためのみ、然れども可燃體を空氣中若しくは酸素中に放置するときは、如何なる温度に於ても酸化作用は絶えず行はれ居るものにして、唯温度低き時は、其酸化作用の速度極めて微弱にして、容易に其變化を認め得ざるのみ、温度上昇するときは、酸化の速度は急速に増進し、且つ酸化の爲めに生ずる熱は又其物質を暖むるが故に、益々酸化作用は激しくなり、遂に自ら發火するに至ることあり、消炭などより發火して火災を起す等のことあるは此理による。

生物の體中に於ても常に緩慢なる燃燒作用行はれつゝあり、即ち生物は呼吸によりて空氣を吸入し、組織中の炭素は、空氣中の酸素によりて酸化せられ、炭酸瓦斯となりて呼出せらる。生活に必要な體温は、主として此燃燒作用の結果として生ずるものなり。

**六二、燃燒を盛ならしむる法** 燃燒を盛ならしめんには、温度を發火點以上に保つこと、及空氣の供給を充分ならしむること必要なり、燃燒を初めたる物體にありては、燃燒のために熱を生ずるが故に、其熱を放散せしめざる工夫をなせば、常に温度

を發火點以上に保つことを得べし。空氣の供給を充分ならしめんには、普通に用ひらる方法種々あり、今順次其理由を説明すべし。

一、火吹竹 火吹竹は最も簡單なる給氣器にして、別に説明を要せざるべし。然れども纔に點火せんとしつゝある時盛に吹き立て、却つて之を吹き消すことあるは屢々實見する所なり。これ餘り激しき氣流を起し寒冷なる空氣を吹き付けて、溫度を降下せしむるによる。

二、火吹ダルマ 之れは火中に立て置き水蒸氣を吹き出さしむるものにして、水蒸氣を吹き出す時は其處の壓力減少するが故に四圍の空氣風をなして集まり來り空氣の供給をよくし、燃焼を盛ならしむるなり。水蒸氣を吹き出すとき風の起るは次の現象と同理なり。

小さき漏斗に酸漿の如き輕き球を載せ、細き管口より徐かに之を吹くときは、球は遠く飛び去らずして漏斗近き空中に浮游し居るを見る。之れ漏斗の前面低氣壓となるが故に、四圍の空氣之に向て集り來るによる。

三、炭火を起す時炭の上に圓筒を立つる理 少しく燃焼し初めたる炭の上に圓

筒を立つれば熱せられたる空氣は四方に擴散せず、膨脹して輕くなり上昇するが故に、其所の壓力減少し、四圍の空氣盛に下部より浸入し來りて燃焼を盛ならしむ。

四、煙突 煙突も煙を室内に散せしめざるのみならず、熱したる空氣の擴散を妨げ、前の場合と同じく、壓力の差を多くして空氣の流通を助くる効あり。

六三、竈の構造 竈は吾人日常の飲食物を煮沸する所にして、其構造の如何は、薪炭の經濟、時間の經濟等に大影響を興ふるものなれば、決して忽せにすべき問題に非ず。然るに、吾人は屢々甚だ不完全なる竈より、著しく煤煙の立ち登るを見、或は釜の下は暗黒にして、竈の前面にのみ炎々たる焰を擧げつゝある如きを見るは、世人が餘りに之に向て冷淡なるを證せずんばあらず。

竈として備ふべき條件は、薪炭の燃焼に便なること、及其燃焼する焰のよく釜底に當ること之なり。よく燃焼せしめんには、空氣の供給を充分ならしめざるべからず。それがためには、燃焼の成生物たる水蒸氣、炭酸瓦斯及酸素を失ひたる空氣等、不用の瓦斯に逃路を興へ、燃料の下方より、新鮮なる空氣を供給する如くせば可なり。西洋竈は、煙突によりて不用瓦斯に逃路を興へ、且つ竈底は金網若しくは格子の如

竈の備ふべき條件

西洋竈

日本竈

きものにて、下方より空気を送る装置なるを以て、よく此要求にかなへり。然るに、日本在來の竈は、前方に唯一の口を有するのみにして、空気の供給も、不用瓦斯の通路も共に此口によるの外なく、従て空気の流通充分ならず、且通常竈内狹隘にして、低きが故に、燃料は殆ど空所の全部を充たし、燃料より蒸發せる瓦斯は、充分燃焼する能はずして竈外に出で、初めて充分の空気を得、長き焰を舉げて釜蓋を焦がすが如き不體裁を現出すること多し。されば、日本流の竈にても煙突を付け、或は後方上部に穴を穿ち、竈の高さを増し、薪を積みて充分餘裕ある如くし、火焰の上部が釜底に當る如くせば比較的好結果を得べし。

薪を竈に入るゝ時は、成るべく下方に間隙を存し、相互の間も餘り密接せしめざるを可とす。徒らに多量の薪を入れるゝも、此等の蒸發によりて生ずる瓦斯體は、充分燃焼せずして竈外に出で、煤煙となりて四邊を汚すのみにして、其大部分は燃料たる用をなさざるものと知るべし。

消火の二法

**六四、火を消す法** 燃焼しつつある物を消火せんには、溫度を下降せしめて發火點以下となすか、或は空気の供給を遮斷すれば可なり、水を注ぎかけて火を消すは前

石油の火を消す法

者にして火消壺に入れて炭火を消すは後者に屬す、此兩者を共に行へば更に有効なるは言を俟たず。

石油に火の付きたるときは、之に水を注げば、石油は水より輕きが故に水上に浮び、却て火の擴がるを助くる如きことあり。故に、かゝる時は、筵或は布圍の如きものにて火焰を掩ひ、空気の供給を絶つをよしとす。或は灰、砂等を撒くも可なり。

炭火に灰をかけること

炭火に灰をかけ置けば、永く持續するは常に經驗する所なり。これ炭火に灰を掛け置けば、空気の流通を制限し、徐々に燃焼を續けしめ、且つ灰は熱の不良導體なるが故に、冷却して發火點以下となる憂もなく、永く燃焼を持續し得るなり。然し餘り深く灰をかくれば、全く空気の流通を遮斷して消火するに至るべし。

**六五、焰** 物質燃焼するとき、焰を舉ぐるものと然らざるものとあり、焰を舉ぐるは瓦斯體の燃焼するときにして、石油、蠟燭、薪等液體或は固體の燃料が焰を舉げて燃焼するは、此等は燃焼の際、其熱によりて一旦瓦斯體となりて後燃焼するによる。炭火の如きは、瓦斯の形とならずして燃焼するが故に、焰を發せず。炭火を燃やす時青色の焰を舉ぐることをあるは、空気の供給不充分なるため、充分燃焼する能はずして



酸化炭素を發生し、此瓦斯が更に空氣を得て燃焼し、炭酸瓦斯となるによる。焰の構造に就ては更に後章に之を述べし。

## 第二章 燃料

燃料は吾人の日常生活に一日も缺くべからざるのみならず、製造工業の原動力を供給するものにして、各國石炭消費高の多少は、直ちに以て製造工業の盛衰、國家貧富の程度を卜知するに足ると云ふも決して過言にあらず。燃料は其種類頗る多く、熱を得るを目的とする薪炭料と、光を得るを目的とする燈料とあれども、本章に於ては主として前者に就て述べ、燈料は之を次章に譲らんとす。

六六、薪 薪は山林より伐り出せる木材にして、其種類極めて多しと雖も、薪材として最も普通なるものは、櫟、檜、栗、樺、山毛櫸、松等なりとす。薪材はよく燃焼して火力強きものをよしとし、且つ燃焼の際、煤煙を擧げ、惡臭を發するが如き事なきを要す。木質和かなるものは、燃焼し易けれども火力弱く、又早く燃え盡す缺點あり、堅きものは火力強く、燃焼すること遅けれども、容易に燃え付かざる不便あり。然れども、概

薪材の良否

櫟の特質

櫟、樺等

松

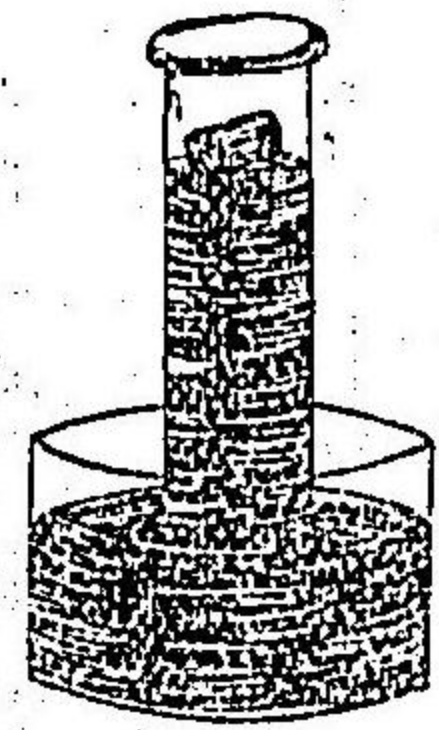
製法

して言ふときは、材質堅きものは和かなるものより優れり。

薪材として最良なるものは櫟なり。櫟は材質堅けれども水分を含むこと少く、焚き付き易く、火力強く、且つ燃焼遅し。之れ櫟が薪材として珍重せらるゝ所以にして、加ふるに成長も速かなるが故に、所々の山林に培養せらる。櫟は種々の點に於て櫟に似たれども、櫟よりも少しく燃焼速かに、樺も殆ど之に匹敵すれども、燃焼の際其切口より液汁を出すこと多き缺點あり。松は燃焼し易く、火力弱けれども、各地到る所に産し、其成長も甚だ速かなるが故に、薪材として多量に使用せらる。其他何れの木材と雖も、多少薪材として使用せられざるものなし。

六七、木炭 木炭は木材を燻焼したるものにして、木材中より揮發性の物質を除き、殆ど純粹の炭素より成るが故に、木材より一層よき燃料たり。木炭を製するには、山腹の傾斜地を少しく掘り下げ、其上に大なる土窯を作り、適宜の大きに切りたる木材を土窯中に積み、下部より點火し、空氣の流通を不充分にして燻焼するなり。若し空氣の供給充分なるときは、木材全體が燃焼して灰のみを残すべく、また餘りに高温度なるときは多量の炭素分を消失して、著しく炭量を減する不利あり。

櫟、檜等の如く材質堅固なる木材より製したる木炭は、火力強く火持ちよく、一般に良質なり。殊に櫟は火力も非常に強く、爆發飛散することなく、最良の炭料たり。同じ木材にても年齢若きものは其質軟かにして火持悪しく、枝を焼きたるものは、幹より製したるものより燃焼速かなり。木炭には、燃焼の際、煙り、或は焰を擧げて燃ゆるものあり、之れ焼き方の不充分なるがためにして、未だ充分揮發性の物質を除き去し能はざるによる。又燃焼を初むる際、盛に爆發して小片を飛散せしむるものは、炭質中に間隙多く、其中の空氣急激に熱せられて膨脹するがためなり。



第七二圖

**六八、木炭の吸収性** 木炭は植物より製し、製成の後も極めて多孔性なるが故に、よく溶解せる物質或は瓦斯を吸収する性あり。

今一つの圓筒にアムモニア (Ammonia) 又は炭酸瓦斯を捕集し、之を水銀槽中に倒立し、下方より赤熱したる炭塊を入れるときは、水銀上昇して殆ど圓筒の全部を充たすを見るべし、之れアムモニア又は炭酸瓦斯が、木炭のために吸収せられ、圓筒内は殆ど真空となるを以て、水銀上昇してこの空所を充たすによる。

溶質を吸収するに

利便性の

成生

種類

又葡萄酒、リトマス (Litmus) 液等に木炭を入れて振盪し、其液を濾紙にて濾過するときは、濾液は著しく其色薄めらるゝを見るべし、之れ溶液中の色素が、木炭のために吸収せられたるによる。

此等の性質あるがため、木炭は飲料水の濾過、砂糖の精製等に用ひられ、又有機物の腐敗等によりて生ずる悪臭を防ぐ用にも供せらる。

**六九、石炭** 石炭は太古地中に埋没したる植物が、長年月を経過する間に、其成分中の水素、酸素等を失ひ、比較的炭素に富みたる礦物質に變化したるものなり。成生の方法は木炭の成生と類似し、空氣に觸れずして漸々に炭化したるものにして、其進行中、炭酸瓦斯、メタン (Methane) 等を發散し、年月を経るに従て炭素を多量に含む物質となる。

石炭を大別して、褐炭、黒炭、無煙炭の三種とす。褐炭は成生の年月最も短く、黒炭之れに次ぎ、無煙炭は最も長年月を経過して成生せるものなり。褐炭は褐色を呈し、未だ炭化作用充分ならず、往々木理を存し、燃焼の際悪臭を發し、煤煙を擧げ、火力は比

較的弱ければ、良質の石炭には非ざれども、其産額最多く、價も廉なるが故に、需用盛なり。黒炭は褐炭よりも一層炭化作用の進みたるものにして、黒色を呈し、水素、酸素等を含むこと少く、よく燃焼す。然れども悪臭、煤煙を出すことは褐炭に異ならず。無煙炭は最も炭素に富み、其色漆黒にして、金屬の如き光澤を有し、燃え付き難けれども、其燃焼するや煤煙を擧げず、火力頗る強く、最良質の石炭なり。

池沼等の底に生ずる泥炭も此等と同様の方法によりて成生せるものにして、其成生の年月は石炭に比して遙かに短し、其原となる植物は大抵池沼等に生ずる水草なるが如し。

石炭をレトルトに入れ、空氣に觸れしめずして熱する時は、其成分たる水素は炭化水素となりて放出せられ、跡に石炭よりも炭素に富む燃料を得、之をコークス(Coke)といふ。コークスは其火力石炭よりも強く、冶金術には缺くべからざる燃料たり。

石炭瓦斯はもとほ燃料としてのみ使用せられしが、近年蒸沸用として臺所に用ひられ、ストーブに引きて暖を取り、蒸氣機關の原動力として、石炭の代用をなす等、

コークス

石炭瓦斯

太古の發火法

其需用とみに増加せり、尙詳しくは次章に述ぶべし。

**七〇、マッチ** 太古未開の時代に於ては、木片を摩擦して火を作ること廣く行はれたるが如し。殊に檜は發火し易きを以て其名を得たりといふ。今日に於ても、神社等に於ては、檜を摩擦して神燈を點する所あり。燧石と燧金とによりて火を作ることも古くより行はれ、我國に於ても、明治初年の頃までは多く此法によりて火を作れり。西洋にては、凡百年前マッチの發明あり、漸次其需用を増加し、明治七年には我國にも之が製造を創むるもの出で、他の發火法に比して著しく輕便なるより、其使用も日を追ふて盛になり、今日に於ては燧石を用ゆるの愚をなすもの其跡を絶つに至れり。

マッチ

一、黄燐マッチ 黄燐マッチは古くより使用せられたるものにして、之を製するには、細かに裂きたる木片の頭を熔けたる硫黄の中に浸し、次にゴム(Gum)、二酸化マンガン(Manganese dioxide)及黄燐(Yellow phosphorus)の混合物より成れる糊狀物を其頭に粘着せしむ、之を粗糙なる面にて擦る時は、摩擦熱により、黄燐は發火點に達して忽ち發火し、軸木頭の混合物も燃焼し易き物なるが故に直ちに燃焼し、遂に軸木に

燃え移るなり。

然るに、此種のマッチは、黄燐を用ふるがため、有毒にして、發火し易く、危険少なからず。之が製造に従事する職工は、甚だしく健康を害せらるゝこと多きにより、獨逸・和蘭等の諸國に於ては、法律を以て之が製造を禁じ居れり。

二、安全マッチ 安全マッチは、軸木の一端に、鹽素酸カリウム (Potassium chlorate)、硫黄 (Sulphur)、硫化アンチモン (Antimony Sulphide) 等の混合物を糊着せしめ、箱の面には赤燐 (Red phosphorus)、硫化アンチモン、過酸化マンガン (Manganese peroxide) 等の混合物を塗りたるものなり。

今軸木の薬品を塗りたる端を箱の面にて擦る時は、摩擦熱のため赤燐は黄燐に變じ、軸木の薬品と共に燃焼を初む。此種のマッチにありては、唯箱の面にて摩擦する時に限り發火するものにして、摩擦面を制限せらるゝ不便あるが如くなれども、之却て遇然の發火を防ぎ、危険の虞なからしむる所以なり。且つ赤燐は黄燐と異なり無害なるが故に、安全マッチの需用は年を追ふて増加し、遂に全く黄燐マッチを壓倒するに至れり。

發火の理

黄燐の毒

三、燐を用ひざるマッチ 近年獨逸人シユワルツ (Schwinn) の發明せるマッチは、燐に代ふるに、硫化鉛と硫化アンチモンの混合物を以てし、之に鹽素酸カリウム・硝子粉末・浮石粉末等を混合し糊にて練りたるものを用ふ。

### 第三章 燈火

日本蠟燭

西洋蠟燭

七一、蠟燭 日本在來の蠟燭は、黄櫨漆樹等の果實より製取する木蠟より成り、其化學成分は、パルミチン酸 (Palmitic acid) とグリセリン (Glycerine) との化合物、即パルミチン酸のグリセリンエステル (Glycerine ester) なり。西洋蠟燭は動物性の脂肪酸エステルより製するもの、及石蠟・地蠟等より製するもの等あり。前者は牛豚・鯨等の脂肪より製し、主としてパルミチン酸・ステアリン酸 (Stearic acid) 等のグリセリンエステルより成り、石蠟・地蠟は共に炭化水素にして、石蠟は石炭瓦斯製造の副産物たる石炭タール (Coal tar) より、地蠟は地瀝青と稱する粘液狀物質より製す。

蠟燭の燃焼する際は、燭の熱のために蠟は漸次に融解して液狀となり、更に蒸發して瓦斯體となり初めて燭を舉げて燃焼す。

未燃部

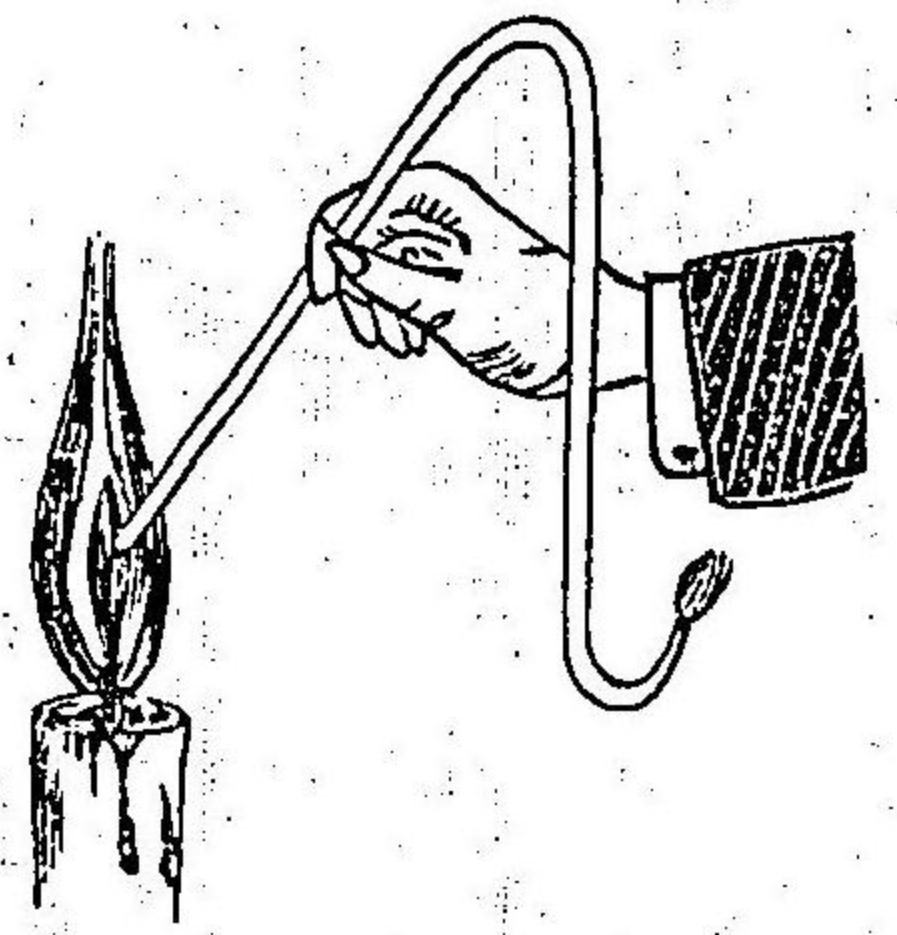
内焰

外焰

七二、燭の構造 今大なる蠟燭に點火して其焰の構造を見るに、大體三部分より成るを見る。焰の中央部は蠟燭の物質蒸發して生じたる可燃性瓦斯體の存する所に於て、空氣に觸接せざるがため、燃燒する能はずして稍々暗色を呈す。此部分を未燃部といふ。中部は幾分空氣の供給を受けて燃燒すれども、猶其供給不充分なるがため充分に燃燒する能はず、炭化水素の分解によりて炭素を生じ、此炭素粒は赤熱せらるゝが故に、此部は極めて強き光輝を發す。之を内焰といふ。最外の部は、空氣の供給充分なるが故に、赤熱せる炭素粒は皆燃燒し、光輝は中央部の如く強からざれども、温度は最高し、之を外焰と稱す。

中央部に可燃性の瓦斯體が燃燒せずして存在することを實驗せんには、第二十八圖の如くガラスの細き曲管を取り、一端を焰の中央部に挿入し、他端に點火すれば、中央部の瓦斯體は曲管を傳はり來り、管端に於て燃燒するを見るべし。又中央部の温度が却て外焰の温度よりも低きを實驗せんには、焰を横ぎりて細き木片を保ら、暫くして之を取出し、

圖八十二第



見るべし。然るときは、先づ最初外焰に當る部に點火するを認むべし。

### 七三、石油ランプ

#### 一、ランプの構造

(1) ホヤは何の用をなすか 凡て物質の燃燒を持続せしめんには、其温度を發火點以上に保ち、空氣の供給を充分にせざるべからざること、前章已に之を述べたり。ランプにホヤを付くる時は、ホヤ内の空氣は熱せられ、外部の空氣よりも著しく輕くなるが故に上昇し、口金の下方にある小孔より、新鮮なる空氣盛に進入し來る。即ちホヤは恰も煙突の如く、熱したる空氣を散亂せしめずして、空氣の對流作用を盛ならしむる効あり。尙焰の近邊を高温に保つ効あることも勿論なり。

(2) ホヤを付けざる時煤煙の昇るは何故か ホヤを付けざる時は、焰の温度を充分高く保つ能はざるが故に、燃燒の際發生する炭素粉は、光を發するまでに熱せられず、煤煙となりて上昇するなり。若し之にホヤを付くれば、焰の温度上昇し、無数の炭素粉は赤熱せられ、強き光輝を發するに至る。

(3) 口金は何の用をなすか 口金は對流によりて進入し來る空氣の進路を曲げ

て焰に吹き付け、且つ口金自身高温に熱せらるゝが故に、焰の周囲の温度を高くし、光輝を増すの効あり。丸心ランプのホヤのクビレたる部は殆も口金の如き作用をなす。

(4) 心の油を吸ひ揚ぐる理 極めて細きガラス管を取り、之を水中に立つる時は、水は著しく管中に上昇するを見るべし。此現象を毛管現象といふ。ランプの心が油を吸ひ揚ぐるも此理によるものにして、心の細き繊維の間には極めて細き間隙あるにより油は毛管現象の理によりて此間隙を昇り行くなり。若し心が餘り古くなる時は、此間隙中に滓を止め、油の通路を妨ぐるが故に、油の吸揚不充分となるを以て心は時々新しきものを以て代ふるをよしとす。

### 二、石油

(1) 石油の成因及び産地 石油は燈用として最も廣く用ひらるゝ油液にして、地中より自然に湧出す。其成因に就きては學者間に異説あり。或者は無機物の化學變化を其根源なりとし、他の者は動植物より化成したるものなりとす。今日に於ては後説を信するもの多し。此説によれば石油の成因は殆も石炭の成因の如く、太古地

成因

産地

手掘

機械掘

原油の成分

中に埋没したる動植物質が、歳月を経るに従ひ次第に變化したるものにして、石炭は主として炭素を残し、石油は重に炭化水素を留むるの差あるのみ。

石油は世界各國大抵之を産すれども、北米及露西亞は其産額極めて多量に、廣く世界各地の市場に供給す。我國に於ては、越後の海岸地方に最も多く、信州、遠州、北海道等にも産出少なからず、されど未だ以て内國の需用を充すに足らず。

(2) 石油の採掘 石油を採掘するに通常手掘機械掘の二法あり、手掘は其名の如く人力にて漸次井を掘り下げ、油脈に達して噴出する石油を吸み出す方法にして、機械掘にては高き櫓を設け蒸氣機關を用ひて重錘を上下し、之によつて長き鐵棒を地中に打ち込み、油脈に達するときは鐵棒の代りに鐵管を挿入す。然るときは、石油は鐵管より勢よく噴出す。かくて暫くするときは、噴出の勢は漸次に弱り、遂に地上に達せざるに至れば、ポンプを以て之を吸み揚ぐ。

(3) 石油の精製 吸み出したる儘の石油は原油と稱し、黒褐色の濃厚なる液體なり。主成分は炭素及水素にして、種々なる炭化水素の形となりて存在し、其上に酸素、窒素、硫黄、其他の夾雜物を含有す。原油には甚揮發し易き物質を含むが故に、引火し

易く、危険にして、直ちに燈用に供する能はず、原油は先づ之を精製所に送らざるべからず。

分溜法

石油中には低温度に於て蒸發するもの、及び高温度に非れば蒸發せざるもの數種を含むが故に、分溜法によりて之を分離す。其法先づ原油を蒸溜罐に入れて熱を與へ、其發生する瓦斯を蛇管に通じて冷却せしむるに、最初先づ最も揮發し易き部分蒸溜し、尙強く熱すれば漸次揮發し難き物質蒸溜す。故に漸次温度を加へ、各温度に於て揮發する物質を別々に集むれば、此等の物を分離することを得。石油を分溜して最初一五〇度以下に於て蒸發する部分は揮發油と稱し、低温度にても引火するが故に甚危険なり。汚點、拔脂油の溶劑として用ひられ、アニリン染料の原料となる。次に一五〇度より三〇〇度位迄の間に蒸溜するものは燈油と稱し、吾人の日常生活使用する所のもの之なり。但し尙精製せざれば種々の不純物を含むが故に、硫酸苛性ソーダ等を加へて洗滌す。三〇〇度以上に於て蒸溜するものを重油と稱し、最後に殘滓を殘す。重油は更に分溜して機械油を製し、クレオソート(Creosote)、ナフタリン(Naphthaline)、パラフィン(Paraffin)等の原料となる。

揮發油

燈油

重油

粗製品

燈油は、前述の如く、一五〇度より三〇〇度までの間に於て蒸發するものを標準とすれども、粗製の石油にありては、之より餘程低温度にて蒸發するものを含むことあり、此等は引火し易く、甚危険なるが故に、購求の際注意せざるべからず。尙粗製のものには重油を混入し、不純物を夾雜するため、燃焼の際煤煙を擧げ、或は油壺に殘滓を殘すものあり。

又石油は、精製の際充分に揮發油を除去するも、永く空氣中に放置すれば漸次に變化して揮發油を生じ、只に其量を減するのみならず、甚引火し易くなることあれば、石油は、常に密閉器に入れ置くを可とす。

石油の比重は〇七乃至〇九にして水より輕し。石油の一滴を水面に落せば、油は水の全面に擴がるを見るべし。これ石油は水よりも輕く、其表面張力が水の表面張力に比して小なるによる。ランプを顛覆し、石油に火の移りたる時、之に水を注げば、石油は水の上に浮び、且つ其全面に擴がるが故に、只に之を消し止むること能はざるのみならず、燃焼面を廣くする以て甚危険なり。

七四、瓦斯燈

一、石炭瓦斯

乾溜

(1) 石炭瓦斯の製法 石炭瓦斯は石炭を乾溜して生ずる種々の炭化水素の混合物なり。之を製するには、石炭を圓筒形の大なるレトリットに入れて熱すれば、石炭成分中の水素は、炭素と化合し、炭化水素となりて揮發し、跡には主として炭素より成れるコークス(Coke)を殘留す。コークスは重要な燃料たること前章に述べたるが如し。

精製

發生したる瓦斯は先づ冷却器に導き、冷水を以て冷され、石炭タール(Coal-tar)を凝結す。次で洗滌器に入れば、瓦斯中のアムモニア(Ammonia)は水に溶解して除去せらる。洗滌器を出でたる瓦斯はなほ硫黄化合物等を含むが故に、石灰及酸化鐵の混合物中に通じて之を除き、巨大なる瓦斯溜に貯へ置きて所用の場所に配布せらる。瓦斯を需用の場所に配布するには、瓦斯溜より大なる鐵管を出して地中に埋設し、之より大小の分枝管を出し、所用の場所の近邊にて鉛管となし、自由に屈折して任意の場所に導く。

石炭タールの分溜

石炭瓦斯製造の際副産物として生ずる石炭タール(Coal-tar)は暗色油狀の液にし

て、久しき間厄介物視せられたれども、アニリン(Anilin)色素發見以來、人工染料・藥劑等の貴重なる原料となれり。石炭タールは種々沸騰點を異にする物質の混合物なるが故に、分溜法によりて之を分離すれば左の諸部分に分たる。

- (イ) 輕油 一七〇度以下にて蒸溜するもの。
- (ロ) 石炭酸油 一七〇度より二三〇度までの間に蒸溜するもの。
- (ハ) 重油 二三〇度より二七〇度までの間に蒸溜するもの。
- (ニ) あんつらせん油 二七〇度以上にて蒸溜するもの。
- (ホ) ちやん 最後に殘るもの。

組成と光  
力  
増  
す  
法

(2) 石炭瓦斯の組成 石炭瓦斯の組成は其原料たる石炭の性質により多少の差異はあれども、其主なる成分をなすものは、水素、メタン(Methane)、エチレン(Ethylene)、酸化炭素、窒素等にして、其他諸種の炭化水素の少量を含む。瓦斯焰の光輝を發するは、主としてエチレンの如き比較的炭素に富みたる炭化水素あるによるものなるが、此等を多量に含む瓦斯を得んには、良質の石炭を用ひざるべからずして、甚不經濟なり。然るに、光力弱き瓦斯にても、之にベンゼン(Benzene)の如き炭素に富みたる炭



化水素を加ふれば、著しく光輝を増すべく、又白熱燈の發明以來、光力少なき瓦斯を用ひて極めて強き光を發せしむることを得るに至り、經濟上非常に便益を得るに至れり。

マントル

マントルノ製造

二、白熱燈 ウェルズバハ (Welsbach) の白熱燈は、白熱套瓦斯マントル (Gas mantle) を以て火焰を掩ひたるものにして、此物充分に熱せらるれば著しき光輝を發す。白熱套を製するには、木綿の細き織物にて圓筒形の小なるホヤの如き物を作り、之をソリウム (Thorium) 及セリウム (Cerium) の硝酸鹽に浸し、乾したる後赤熱して木綿を焼けば、ソリア (Thoria) 及セリア (Cerium) より成る細狀の骨格を残す。之を更に強熱すれば少しく收縮して堅牢なる白熱套を得。燒きたる後、百分中一乃至二のセリアと九九乃至九八のソリアを含むもの最もよく光輝を發す。

特質

III、アセチレン (Acetylene) アセチレン瓦斯は其燃焼する際、空氣の供給を充分ならしむれば、光力非常に強く、且つ發生器極めて簡單なるが故に、小規模に自ら瓦斯を製して燈用に使用せんとする如き場合に便なり。之を製するには炭化カルシウム (Calcium carbide) に水を注ぎは可なり。炭化カルシウムは炭素を生石灰と共に電氣爐

にて強熱すれば直接化合によつて之を得べし。

瓦斯發生装置

米國等にては、アセチレン瓦斯製造會社ありて大仕掛に此瓦斯を製造す。而して、貯藏器に瓦斯充滿すれば、其壓力にて水槽の活栓を加減し、水の注入を防ぎて瓦斯の發生を止め、貯藏器中の瓦斯を消費すれば、又活栓ゆるみて水を注加し、再び瓦斯を發生するが如き装置を用ひ、自働的に瓦斯を加減し得るが如くせる所あり。

アセチレン燈の利害

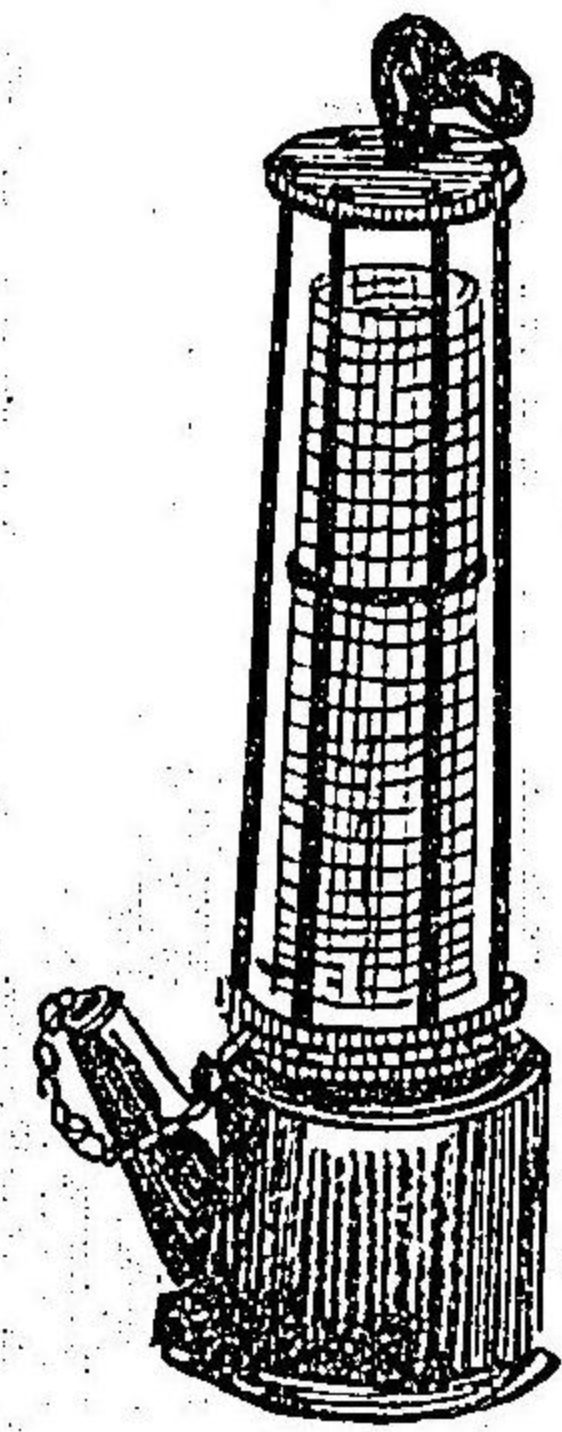
此瓦斯は前にも述べたるが如く、熱の割合よりは著しく強き光を發し、此點は燈用として頗る適當なれども、石炭瓦斯の如く廉價に製造し能はざると、空氣と混和して爆發性のものとなり危険少なからざるとにより、未だ石炭瓦斯の如く廣く使用せられず。

四、瓦斯焰に關する面白き實驗 附安全燈 瓦斯燈に點火し細かき金網を以て火焰を遮る時、瓦斯は金網の上に出づるに拘はらず、網の上には燃焼の移らざるを見るべし。これ金網は熱の良導體なるが故に、焰の熱をよく自體に導き、網の上方は發火點に達するまで熱せられざるによる。又瓦斯を噴出せしめ、其中途を金網にて遮り、網の上部に點火するに、焰は網の上部にのみありて網の下に移らざるを見る。

安全燈

之また前と同一の理由による。

デビー(Davy)は此理を應用して鑛山用の安全燈を發明せり其構造は第二十九圖



の如く、普通のランプの焰を金網にて包めるものなり鑛山に於ては屢々可燃性の瓦斯發生し、燭火之に觸るゝ時は、爆發して非常なる危険を起す事あり。然るに安全燈を用ふる時は、かゝる瓦斯發生するも、金網の

内部に於て爆發し、外部に移ることなし。故に金網の爆發を見て危険なる瓦斯の發生せることを知り、災害を免るゝことを得べし。

七五電燈 電燈には弧燈、白熱燈の二種あり。何れも燃燒篇にて述ぶべき性質のものには非ざれども、便宜上茲に其大要を述べん。

一、弧燈 弧燈は二つの相對せる炭素棒に電流を通じ、火花を發せしむるものにして、火花の弧狀をなせるを以て此名あり。最初二つの炭素棒を接觸せしめて強き電流を通すれば、其觸接部に於ては、電流に對する抵抗極めて大なるが故に、ジュー

發光の理由

直流と交互電流

ルの法則により多量の熱を發し、殆ど三千度に達す。次に二箇の炭素棒を少しく引き離せば、其間に火花を飛ばし、非常の高温度に達するを以て、兩炭素棒間は白熱せる炭素の蒸氣を以て充たされ、炭素棒の尖端も高温に熱せられて強き光輝を發す。通する電流直流なるときは、白熱せる炭素粉は陽極より陰極に向て飛び、陽極炭素棒の尖端は次第に窪み、陰極炭素棒の尖端に附着して突起を生ず。故に此場合には陽極炭素棒は陰極炭素棒に比して少しく大なるものを用ふ。温度は陽極は三五〇〇度位、陰極は二五〇〇度位にして、光輝も主として陽極より發す。若し交換電流を通ずるときは、兩炭素棒は交互に陰陽となるが故に、同形の炭素棒を用ひて可なり。何れにしても、炭素棒は漸々消耗して其距離を増すが故に、時計仕掛を以て炭素棒を少しづつ、近づかしむ。或は電磁石の理を利用して自動的に其距離を加減する如くしたるもあり。

二、白熱燈 白熱燈は真空中に於て抵抗の大なるものに電流を通じ、之を白熱せしむるものなり。竹の纖維を焼きて作りたる細き炭素線は、抵抗頗る大にしてよく此目的に適す。之を真空中に置く所以は、若し空氣中に於て之を強熱すれば、炭素線

は直ちに燃焼し盡すを以てなり。球内の空氣を排除するにはスプリングル(Sprengel)の水銀ポンプを用ふ。球の尖端に突起を有するは、空氣を排除したる後其口を封じたる痕跡なり。

近年は、竹の纖維の代りに、綿の纖維を鹽化亞鉛の溶液に浸して作れる細線を用ふるに至れり。此者は前者よりも切れ易からざる利あり。ネルンストランプ(Nernst lamp)に於ては、炭素線の代りにソリウム(Thorium)、サーコニウム(Zirconium)、セリウム(Cerium)、エトリウム(Yttrium)等の酸化物を混じて作れるものを用ふ。此者は炭素線に比すれば、同じ電力に於ても著しく強き光を發す。

白熱燈は永く使用すれば漸々光力を減ずるは常に實見する所なるが、こは炭素線白熱の際少しつゝ炭素粉を飛散せしめ、之が球に附着してガラスを曇らすによる。炭素線は漸次細くなり、遂に切斷するに至るべければ、時々新しきものを以て代へざるべからず。通常白熱燈の生命は千時間以下なり。

白熱燈の球を破るときは非常に大なる音を發す。これ球内は真空なるが故に、之を破る時は、周圍の空氣猛烈なる勢を以て突入し來り、空氣に烈しき振動を起すに

ネルン  
ストランプ

白熱燈の  
生命

よる。

**七六、光力の單位** 光の強さを測定するには豫め其標準となるべき光の強さを定め、之と比較して其強さを言ひ表はす。其標準とするものは國々によりて異なり、英國に於ては此標準として鯨蠟より作れる標準蠟燭を用ふ。此蠟燭は六本にて一ポンド(Pound)の重量を有し、一時間に一二〇グレイン(Grain)の割合にて燃焼す。其光力を一燭光と稱す。此標準は餘り精密なるものに非ざれども、比較的廣く用ひらる。吾人が通常幾燭光と稱するは之を標準としたるものにして、十燭光、十六燭光等と云ふは右の標準蠟燭に比し、十倍、十六倍等の光力を有することを示すものなり。

標準蠟燭

## 第五編 朝夕に見る熱學的現象

### 第一章 熱による物質の變態

融解點

七七、融解 固體に熱を加へて或る一定の温度に達すれば、固體は形を變じて液體となる。此現象を融解といひ、其時の温度を融解點といふ。物質によりて融解點は差異あれども、一つの物質に於ては、壓力一定ならば常に一定なり。例へば、通常の氣壓に於て氷は零度、錫は二三〇度、鉛は三二五度に於て何れも融解するが如し。

融解熱

今或物體に熱を與へて融解せしむる時、融解點に達してより全く融解し終るまでは、熱を與へしに拘はらず常に融解點に止り、温度を上昇することなし。之れ與へられたる熱は、皆固形體の形を變じて液體となすがために消費せられたるものなり。融解點に達せる單位質量の固體を全く融解せしむるに要する熱量を、其物質の融解熱或は融解の潜熱といふ。零度の氷一瓦を零度の水となすには、八十カロリー (Calorie) の熱を要す。故に氷の融解熱は八〇カロリーなりといふ。

七八、凝固 液體を冷却して或一定の温度に達すれば、液體は形を變じて固體とな

凝固點

る。此現象を凝固といひ、其時の温度を凝固點といふ。凝固點も物質によりて異なれども、一つの物質に於ては、壓力一定ならば常に一定にして、一般に或物質の融解點と凝固點とは相等し。

物體凝固し始めてより全體が凝固し終るまでは、常に凝固點に止りて温度の變化なし。此際は融解熱と同量の熱を放出す。

過冷の状態

今純粹なる水を取り、極めて靜かに之を冷却するとき、水は零度以下になるも凝固せずして猶液狀を保つを見得べし。此状態を過冷却の状態といふ。實驗によると、蒸溜水は零下一五度までは液狀を保たしめ得といふ。過冷却の状態にある水中に氷片を投ずるか、又は容器を少しく動かせば忽ち凝結して氷となる。

容積の變化

七九、融解點と壓力との關係 固體が融解して液體となる時、通常多少容積を變ず。多くの物質は融解する時膨脹する性質を有すれども、氷、鐵、鉛、アンチモン (Antimony) 等は融解する時却て收縮す。

融解の際膨脹する物體は、之に壓力を加ふれば膨脹を妨ぐるが故に融解し難く、通常の場合よりも高温度に非れば融解せず、即融解點上昇す。壓力を減すれば反對

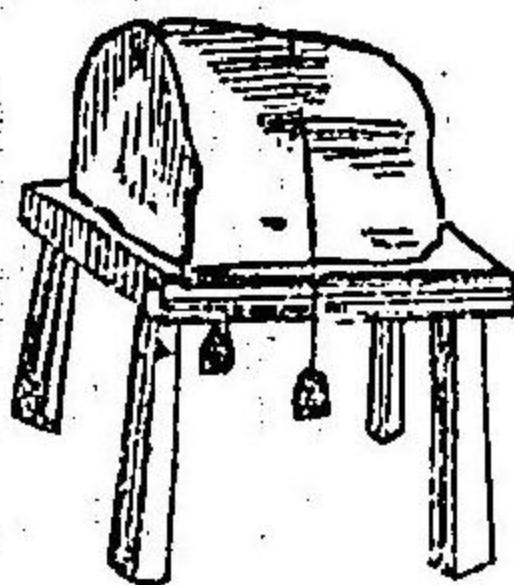
に融解を助くるを以て融解點下降す、之に反して融解の際收縮する物體は壓力を加ふれば融解を助くるが故に融解點下り、壓力を減すれば融解を妨ぐるが故に融解點上る。融解點は、融解する時、融解點より下り、融解する時、融解點より上る。融解點は、融解する時、融解點より下り、融解する時、融解點より上る。

氷は融解する時收縮するものなるが故に、之に壓力を加ふれば融解點下り、零度以下に於ても融解す。今二箇の氷片を接せしめ、之に壓力を加ふれば、融解點下り、零度以下に於ても融解するが故に、一部融解して氷片の間に水を生ず、次に壓力を除けば融解點は又零度に復す。然るに氷片間の水は壓力を加へたる時の融解點と同温にして、零度以下にあるが故に忽ち氷結し、二片の氷は氷着して一塊となる。此現象を複氷といふ。此實驗に於て、若し氷の温度零度より餘程低き時は、壓力を加ふるも融解點を其氷の温度までに降すは困難なるを以て、氷は融解せずして複氷の現象を見る能はざるも、微温湯中に於て氷を押し付ければ、容易に合着するを見るべし。雪圍子を作る時、餘り寒冷なる日よりも、少し暖かき日はよく堅まるも此理に外ならず。

八〇、融解點と壓力との關係によりて説明せらるゝ、實例

複氷

圖十三第



一、複氷の實驗 今圖の如く氷の上に糸を掛け、兩端に重錘を吊し置くときは、糸は漸々氷中を下り遂に最下部に達するも、糸の通過せし痕跡は少しもなく、再び一塊となり居るを見る。これ複氷の現象に外ならず。

二、氷河の現象 傾斜地にある氷の大塊は、自身の重みにより地面に接する部に大壓力を及ぼし、融解點下降するが故に、一部融解して地面と氷塊との間に水を生じ、恰も油をさしたる如き作用をなし、氷塊は斜面に沿ふて滑り落つ。これ氷河の現象なり。

三、楢がよく滑ること 氷河の理に同じ。

四、屋根上に積りたる雪が一時に滑り落つること これも氷河の理に同じ。

八一、氣化 淺き器に水を盛り、永く室内に放置すれば、水は漸々其量を減するを見るべし。これ水は其表面より絶えず氣體となりて空中に放出せらるゝによる。かくの如く液體が氣體に變ずることを氣化と云ひ、液體より生ずる氣體を其液體の蒸氣といふ。

最大壓力

液體が氣體となりて空中に放出せらるゝ量は決して無限にあらず。液面に接する空所が一定密度の蒸氣を含み、從て一定の壓力を呈するに至れば最早蒸發することなし。此時其空所は蒸氣を以て飽和せられたりといひ、其一定の壓力を飽和壓力或は最大壓力(又は張力)と云ふ。

飽和壓力は各物質各溫度に於て一定し、溫度上昇すれば飽和壓力も増加す。而して液面眞空中にあるも、空氣其他の氣體中にあるも變ることなし。但し後の場合に於ては眞空中にある時よりも蒸發遅々たるを以て、飽和に達するには長時間を要す。

八二、氯化の實例

一、硯石の水は蓋なしにて之を放置すれば自然に消失す。

二、インキ瓶の栓を取りたる儘長く放置する時は、其分量は減じ濃厚となる。これ水分のみが蒸發するによる。

三、洗濯したる衣服は、之を丸めて置くよりも擴げて置けば早く乾く。これ蒸發面を廣くするがためなり。

四、空氣乾燥せる日は、濕氣多き日より干し物の乾くこと早し。これ乾燥せる日は

干し物の近邊の空氣容易に飽和の状態に達することなく蒸發を妨げざるによる。

五、風の吹く日は無風の日より干し物はよく乾く。これ風によりて、干し物の近邊にある比較的水蒸氣を多量に含む空氣は絶えず吹き飛ばされ、新らしき乾燥せる空氣之に代り、蒸發し易からしむるによる。

六、溫度高き所に置けば干し物はよく乾く。これ高溫度に於ては水蒸氣の最大壓力大にして、從て蒸發容易なるによる。

八三、液化 冷き窓ガラスに向て呼氣を吹きかければ、細かき水滴のガラス面に附着するを見るべし。これ呼氣中の水蒸氣が寒冷なるガラス面に觸れて水滴に變化したるものなり。かく氣體が液體に變化することを液化といふ。

前に述べたるが如く、蒸氣は各溫度に於て一定の最大壓力を有し、其大きさは溫度の上昇と共に増加するものなれば、一定の容積中に含む得る蒸氣の最大量は、溫暖なる時に大にして寒冷なる時に小なり。

今呼氣をガラス面に吹き付くる時之に觸れたる呼氣中の水蒸氣は冷却して飽和の状態に達し、更に冷却して其一部は最早水蒸氣として存在する能はず、凝結し

液化の理

て細かき水滴となる。これガラス面に水滴を生ずる所以なり。

#### 八四、液化の實例

一、冬の朝戶外を歩む時毳に水滴の附着すること。  
二、冬日寒冷なる外氣中に呼吸を吹き出せば、直ちに細かき水滴となり煙狀を呈すること。

三、温かき飯を入れたる飯櫃の周圍及蓋に水滴の附着すること。

四、温かき汁を盛りたる椀の蓋に水滴の附着すること。

五、湯屋の天井より水滴の滴ること。

八五、沸騰 液體を烈しく熱して或一定の温度に達する時は、液の表面よりのみならず、液の内部よりも盛に氣泡の發生するを見る。此現象を沸騰と稱し、其時の温度を沸騰點といふ。

沸騰點は同一の液體に於ても液面に作用する壓力によりて差異あるものにして、壓力大なれば沸騰點上り、壓力小なれば沸騰點降る。今其理由を考ふるに、水を熱して沸騰點に達せしめ、其液中に水蒸氣の泡を發生したりとせんに、其氣泡自身の

沸騰點と壓力との關係

壓力(張力)といふも同じが周圍より受くる壓力に打ち勝つにあらざれば、押し潰されず上昇すること能はざるべし。而して水蒸氣の呈する壓力は、其温度に於ける最大壓力なるが故に、液面の壓力大なれば大なる最大壓力を呈する温度、即高温度に非れば沸騰する能はざるべく、液面の壓力小なれば之に抗するだけの最大壓力を呈する温度、即比較的低温度に於ても沸騰すべし。

大氣の壓力を平均七六〇耗(一氣壓)とすれば、最大壓力七六〇耗なる如き温度の時液體は沸騰すべし。水蒸氣の最大壓力七六〇耗なる時の温度、言ひ更ふれば一氣壓の時に水の沸騰する温度は、寒暖計目盛の標準となるものにして、攝氏寒暖計にては之を一〇〇度とし、華氏寒暖計にては之を二一二度とす。故に之を逆に言へば水は一氣壓の時攝氏の一〇〇度華氏の二一二度に於て沸騰す。

高山の頂上に於ては大氣の壓力は平地に比して餘程低きが故に、水は百度に達せずして沸騰す。富士山に登りしことある讀者は八合目に於て既に半煮の飯を食したるを記憶せらるべし。

壓力を小にすれば、低温度に於ても沸騰することを簡単に實驗せんには、次の方

高山上半煮の飯

實驗

法をよしとす。

フラスコに半ば水を入れ、充分沸騰せしめて後熱することを止め、口を密閉し、倒立して之に冷水を注ぎかくれば、水は再び沸騰を初むるを見るべし。これ冷水を注ぎたるため、水面上にありし水蒸氣冷されて著しく壓力を減するが故に、温度は一〇〇度以下にあるに拘はらず盛に沸騰を初むるなり。

釜に重き蓋を載せ置けば水蒸氣の洩出を妨げ、水面との間に多量の水蒸氣蓄積して壓力を増すが故に、水は百度以上に熱せられ米はよく煮ゆべし。これ通常炊釜の蓋を厚くする所以なり。

八六、氣化熱 今沸騰せる水より發生する蒸氣中に寒暖計を挿入して其温度を検するに、熱を加ふるに拘はらず、凡てが蒸發し終るまで温度の變化せざるを見るべし。これ與へられたる熱は皆水を水蒸氣となす爲に費されたるものなり。或温度に於て、單位質量の液體を同温度の氣體に變するに要する熱量を、其温度に於ける其物質の氣化熱或は氣化の潜熱といふ。

液體が氣體に變するときは氣化熱を吸収し、逆に氣體より液體に變するときは

釜蓋を重くする理

氣化の潜熱

同量の熱を放出するものなり。此理により次の如き種々の事實を説明することを得べし。

八七、氣化熱によりて説明せらるゝ實例

一、エーテル(Ether)の一滴を掌上に滴らせば著しく冷たく感ず。これエーテルは揮發し易く、其際氣化に要する熱を手より奪ふによる。

二、試験管に少量の水を入れ、之をエーテルを盛れる器中に挿入し、空氣を吹き送りて盛に蒸發せしむれば、エーテルは潜熱として多量の熱を水より奪ふが故に、水は氷結して氷となる。

三、湯をさます時之を吹けばさめ易きは、氣流を起して蒸發を助け、多量の蒸發熱を湯より取らしむるによる。

四、夏日庭前に水を撒けば冷涼を感ず。これ同じく蒸發熱を空氣より取るによる。

五、炎天の時發汗すれば、其蒸發により潜熱として身體より多量の熱を奪ひ去る故、幾分暑氣を減する効あり。

六、大氣濕潤なる日は比較的蒸し暑く感ず。これ蒸發作用の少きに起因す。



七、冬日雨降らんとする時比較的暖かきは水蒸氣凝結の際多量の潜熱を放出すると、雲が地熱の放散を妨ぐるとによる。

八、夏日夕立後冷涼を感じるは雨水の蒸發により大氣より氣化熱を奪ふこと多きによる。

九、氣温が體温と大差なき程炎暑の時に於ても、なほ扇を用ふれば涼しく感ず。これ氣流を起して汗の蒸發を盛ならしむるによる。

十、熱帶地方に於て冷水を得るには、上方に風孔を有する藥罐に水を入れ、之を樹陰に掛け置くといふ。これ氣化に潜熱を要する理を應用したるものなり。

## 第二章 熱の傳播

八八、熱の傳導 火箸の一端を火中に入れ置けば漸次其他端までも熱せらるゝを見る。斯の如く熱が物體の高温なる部分より低温なる部分に向て移り行く現象を熱の傳導といふ。

今一端燃焼しつゝある薪の他端を握るも、前に火箸を持ちたる時の如き熱さを

良導體  
不良導體

感せざるべし。之に依つて、物質にはよく熱を傳導するものと然らざるものとあることを知るべし。前者を熱の良導體といひ、後者を熱の不良導體といふ。一般に金屬は良導體にして木竹空氣水等は不良導體なり。

### 八九、傳導の實例

一、同じ温度の物體にても之に手を觸るゝ時、良導體と不良導體とは其感覺を異にす。物體の温度體温より高き時は、良導體は不良導體よりも熱く感ずべし。これ良導體は、之に手を觸れたる時、其觸れたる部分のみならず、全部の温度手と同温になるまで手に熱を與ふれども、不良導體は手を觸れたる部分のみ手と同温まで冷却し、他部の熱は容易に傳導し來らざるによる。之に反して物體の温度體温より低き時は、良導體は不良導體よりも冷く感ず。これ良導體は其全部體温と同温になるまで熱を奪ひ去れども、不良導體は其手に觸れたる部分のみ温まりて、他には之を傳へざる故、體温を奪ふこと少なければなり。永く同室内にありて同温度となれる小刀と鉛筆とを取る時、小刀は鉛筆より冷く感じ、炎天の日跣足にて軌道上を歩むは地上を歩むより暑く感ずるは日常經驗する所なり。

二、冬季毛絲のシャツ、綿入の衣服を用ひて暖かく感ずるは、此等の物は無數微細なる纖維より成り、其間に多くの空氣を保有し、空氣は熱の不良導體なるが故に、よく體温を保持するによる。

三、水を包むに鋸屑を用ふるは、木自身も不良導體なるが上に、鋸屑は其間に多くの空氣を包有し、よく外部よりの熱の傳導を防ぐによる。

四、汁を盛るに、茶碗を用ひずして木の椀を用ふるは、前者は後者よりも良導體なる故冷却し易ければなり。

五、藥罐は鐵瓶よりも湯の沸くこと早し。これ藥罐は鐵瓶より薄きこと、及銅は鐵より遙かによりき導體なるによる。

九〇、對流 試験管の底に氷片を入れ、其上に水を注ぎ、氷には錘を付けて水上に浮び出でざる如くす。アルコールランプにて其上部を熱するに、上部は遂に沸騰するに至るも下部は容易に温まらず、氷片は猶融解し盡さずして殘留するを見るべし。これ水は熱の不良導體なるによる。

次にフラスコに水を入れ之を下部より熱するに、器底に接する水は先づ傳導に

水の不良導體なることを示す實驗の實験對流の實

より熱を受けて温度高まるも、水は熱の不良導體なるが故に上部に熱を傳導する能はず。然るに下部の温まりたる水は膨脹して軽くなるが故に上昇し、上部の寒冷なる水降り來りて熱せらる。熱せらるれば又軽くなりて上部に出で冷たき水と交代す。かくの如く上下の水交代して熱せられ、遂に熱は全部に傳播せらる。初めフラスコ中に鋸屑を入れ置けば水の交代する状を見るに便なり。

かくの如く、液の上下循環して交互に熱せられ、漸次熱の傳播する現象を對流といふ。對流は傳導と重力の二作用相俟つて起る現象にして、液體、氣體の熱せらるゝは主に之による。

### 九一、對流作用の實例

一、風呂の湯が下方より熱せらるゝに拘はらず、上方の早く沸くは日常經驗する所なり。これ下方にて熱せられたる水が軽くなりて昇り來るによる。

二、火災ある時は其近邊に氣流を起し、四方の空氣之に向て集まり來るを見る。これ火事場の熱のために大氣に對流作用を起したるに外ならず。

三、煙突、ランプのホヤ等が空氣の對流作用を促すことは前編已に述べたるが如

し。  
**四、貿易風は、太陽熱の作用により大氣中に誘起せられたる一大對流作用に外ならず。**

實驗

**九二、河湖等の水が上方のみ氷結する理由** 今圓筒形のガラス器をとり、之に水を入れ、寒劑を以て上方より冷却する時は、上部の水は先づ冷ゆるを以て、重くなりて下降し、下方の温き水上昇して之に代るを見る。一旦上昇したる水は冷却せられて再び下降し、下部の水と交代す。斯の如くして全體の水漸次に冷却すべし。然るに下方の溫度攝氏四度に達する時は、最早上方の水と交代することなし。これ水は攝氏四度に於て最大密度に達し、一層冷却すれば却て軽くなり、下降する能はざるにや。而して水は熱の不良導體なるが故に、たとへ上方零度以下に達するも下方は依然として四度に止まる。故に上部は氷となるも下方は凍結することなし。尤も水も多少熱を傳導するが故に、永く冷却を續くれば、氷は漸次下方に向て厚さを増すべし。

河湖等の水が上方のみ凍りて下方は容易に冷却せざるは右の理によるものに

して、之によりて、魚類は嚴冬の候猶よく氷結を免れ、下底に游泳するを得。河水が沼湖等の水に比して氷結すること少きは、絶えず流動しつゝあるがためなり。又深底の水が零度に達するも氷結せざるは、壓力強大なるが故に凝固點下降するによる。

**九三、鐵瓶の湯の沸騰せんとする時著しく鳴る理由** 前已に述べたるが如く、水を下方より熱する時は傳導によりて器底の水熱せられ、對流によりて全部温まる。今水が漸々熱せられ、將に沸騰せんとする状態にある時、水蒸氣の泡は先づ底に接する最も熱せられたる部、而も器壁に附着して生ず。而してこれが蒸氣として存在し得るには其受くる壓力に等しき最大壓力を有する溫度にあらざるべからざるとも前已に述べたり。然るに水蒸氣の泡が器壁を離れて少しく上昇すれば、其途中に於ける溫度は未だ最下底ほど高からず。従て其所の溫度に於ける水蒸氣の最大壓力は、氣泡の受くる壓力よりも小なるが故に、氣泡は蒸氣として存すること能はざるに至り、遂に押し潰さる。此時水と水とが衝突して少なき音を發す。この衝突の音無數に集りて彼の如き唼り聲を發するものなり。

水槌

普通の場合に水と水とを衝突せしむるも餘り高音を發せざるは、中間に空氣ありて其衝突を和ぐるによる。蒸氣泡の潰さるゝ場合には中間に空氣なきが故に比較的高音を發す。尙眞空中にて水の衝突する時高音を發することを實驗せんには、水槌を用ふべし。水槌はガラス管に半ば水を入れ、空氣を排除して密封したるものにして、之を取つて打ち振る時は、殆も金屬の衝突するが如き音を聞くべく、其一端を少しく熱すれば沸騰して烈しき音を發することを實驗し得べし。

鳴釜

鐵瓶、茶釜等の底に近く薄き金屬板を入れ置けば、水の循環を妨げ、金屬板の下は急に熱せらるゝも、上方は冷かなるが故に、器底にて生じたる水蒸氣の泡は上方に出づれば忽ち押し潰され、よく音を發す。鐵板は水の對流を妨害し、一部分のみを急に熱し、上方未だ冷かなる時より盛に泡を生ぜしむる作用をなすものなり、かゝる裝置を有するものを鳴釜といふ。

**九四、レイデンフロスト (Leidenfrost) の球狀態** 赤熱せる金屬板上に水滴を落す時は、水は直ちに板に觸れず、球狀をなして板上に運動し、金屬少しく冷ゆる時水滴は急に蒸發して消失するを見るべし。これ赤熱せる金屬板に水滴を落す時は、水滴と板

との接する所に水蒸氣を生じて水滴を支へ、水蒸氣は熱の不良導體なるが故に、水滴は急に熱を受けず、又水滴の表面より蒸發する水蒸氣は、水滴より蒸發熱を吸収するが故に、水滴の温度は容易に上昇せず、表面張力の作用により球狀をなして轉々飛動するものなり。此狀態をレイデンフロストの球狀態といふ。球狀態にある水滴の温度は常に沸騰點以下にあり、次に金屬板少しく冷ゆる時は、水滴と板との間に水蒸氣の發生すること緩慢となり、水滴は直接板に觸れて熱を受くるに至る。而して水滴は既に相當に温められあるを以て、今直接熱を受くるに至れば、忽ち沸騰點に達し、烈しき音を發して蒸發す。蒸氣罐の水少量なる時は、全部の水球狀態をなし居ることあり、而して罐の温度少しく下降する時は、水は一時に蒸發して非常の壓力を起し、往々汽罐を破裂せしむることあり。

**九五、輻射** 冬の寒き朝、日向に出づれば、外氣は猶冷かなるに拘はらず、吾人は直接に太陽の光を受け暖かく感ずるを知るべし。之を以て見れば、太陽の熱は中間の空氣を温めずして、直接吾人の顔面上に傳播し來り得るものなるを知るべし。かく中間物の媒介を経ずして熱の傳播する現象を熱の輻射といふ。

輻射熱の  
吸収

輻射熱は光と同じくエーテルと稱する假想的物質の波動にして其波動が物體に吸収せられて分子運動のエネルギーとなる時其物質は熱せらる。吾人が炭火に向て温かく感ずるは身體が炭火より來る輻射熱を吸収することによる。而して黒色の物體は輻射熱を吸収し易く、白色の物體は之を吸収すること少し。

### 九六、輻射の實例

一、ストーブに向つて暖かきは、ストーブよりの輻射熱を身體に吸収するがためにして、氷塊に向つて冷氣を感ずるは身體より體熱を輻射することによる。

二、氷を黒布にて包めば白布にて包むより早く融解す。これ前者は後者より輻射熱を吸収し易きによる。

三、太陽の光をレンズにて一點に集め、之を文字を書きたる紙に受けて檢するに、黒色の所は焦げ易けれども白色の所は焦げ難きを見る。レンズにて光線を集むるときは熱線も同じく集る。

四、ガラスを隔て、太陽の光熱を受くる時は、同じ厚さの木板を隔て、之を受くるよりも暖かなり。これガラスは木板よりも輻射熱をよく通過せしむることによる。なほ

此時兩者に手を觸れて之を檢するにガラスは却て木板より冷きを覺ゆ、これガラスはよく熱を通過して吸収すること少きも、木板は通過せずして吸収すること多きによる。

## 第三章 天氣に關する事項

九七、氣温 天氣の變化を起す原動力となるものは太陽熱にして、氣温の高低、氣壓の上下、風雨の現象等一として之によらざるはなし。

太陽の輻射を日射と稱す。地球表面の各所が受くる日射の量は日射の方向と地面とのなす角度に關し、垂直なるときに最も大にして、斜射せらるゝに従つて減少すること等を俟たず。而して空氣は輻射線を透過して吸収すること少きが故に、氣温の變化は主として地面の温度に關係す。地面熱せらるゝ時は地表に近き空氣先づ熱せられ、對流作用によりて各部に熱を傳播するものなるが故に、高層の空氣は熱を受くること少く、高山の頂には常に白雪皚々たるを見るべし。地面冷却するときには輻射、傳導、對流等によりて氣温は漸次に低下し、地面と同温に達するまで止む

氣温變化  
の順序

氣温一日  
中の變化

ことなし

日出と共に地面は太陽熱を受け、其量は正午に至るまで漸次に増加す。此間地面の輻射する熱量は太陽より受くるものより小なるを以て氣温は漸次に上昇す。正午を過ぐれば受くる熱量は次第に減少すれども、其量が輻射によつて失ふものより大なる間は氣温は更に上昇を續け、輻射する熱量が受くる熱量を超過するに至つて低下し初む。これ最高温度が正午よりも後るゝ所以にして、通常午後二時頃に至つて最高點に達す。之より氣温は低下し初め、日没に至れば太陽熱を受くることなく、輻射によりて失ふもののみなるが故に冷却も速にして、日出前即午前五時前後に於て最低温度に達す。かくの如く一日中の氣温の變化は最高最低一回づゝを繰り返すものなるが、土地の状況或は天候の如何により變化の模様を異にすることなきにあらず。今其主なるものを擧ぐれば左の如し。

一、海岸は、水の比熱大にして熱することも冷却することも遅きがため、其影響を受けて氣温の變化少し。之に反して大陸の内部にありては、熱することも冷却することも共に速かなるが故に、日中と夜間とは氣温の差異頗る大なり。

二、草木繁茂せる地方に於ては、日射熱は水分の蒸發に費され、夜間は草木より出でたる水分、輻射を妨げ熱の放散すること少きが故に氣温の變化少く、不毛の地に於ては、此等の緩和作用なく、受熱冷却共に速かなるを以て氣温の變化甚しきを見る。

三、高山の頂上などに於ては、地面の影響を受くること比較的少きを以て氣温の變化も至て小なり。

四、曇天の時は雲が日射及地面の輻射を妨ぐるを以て氣温の變化少く、晴天の時は之に反す。

氣温一年中の變化も大略前述のものと同似たり。温帯地方にありては、春の初より日射は平均地面の輻射に優るを以て熱は漸次に蓄積し、氣温は日毎に上昇す。夏至に至れば日射量は最大となり、之より次第に減少すと雖も、尙暫くの間日射は地面の輻射に優り、氣温は上昇を繼續し、通常夏至後一箇月位即ち七八月頃に於て最高温度に達す。其後に至れば日射は地面の輻射に如かず、冬至後一箇月位までは同様の状態にあるを以て、氣温は日毎に低下し、通常一二月の交に於て最低を示す。故

氣温一年  
中の變化

に温帶地方に於ては一年に一回づゝの最高最低あり。然れども、赤道地方にありては太陽は南北兩回歸線の間を移動するを以て一年二回の最高最低あり。但し其較差は温帶、寒帶等の如く甚しからず。

地球表面上氣温の分布を知らんには、同時に同温度を有する地點を連結して、所謂等温線を作るべし。等温線は地表の構造にして一様ならんには緯度に平行する線圈を得べしと雖も、實際は海陸の分布、山脈、谿谷等の状態、或は動植物の分布等によりて影響せられ、波狀の線をなす。

**九八 氣壓** 氣壓の原因、高さによる氣壓の變化等に就ては、大氣編に於て已に述べたるを以て、茲には一日中の氣壓の變化、或は一年中の氣壓の變化等につきて略説するに止めん。

氣壓の變化も土地の狀況によりて多少の差異ありと雖も、概して一日中に規則正しき變化をなすを常とす。即ち午前四時頃より漸次に上昇し、午前十時頃に極大となり、又次第に低下して午後四時頃極小となり、再び上昇して午後十時極大となり、復下つて午前四時頃極小に達す。而して此等の變化は熱帶地方に於て著しく、高

等温線

氣壓一日  
中の變化

氣壓一年  
中の變化

等壓線

風の起因

緯度に進むに従つて減少す。

一日中の氣壓の變化は主として太陽熱の作用によると雖も、決して簡單なる作用にあらず、又學者によりて其説を異にし、未だ充分に之を説明する能はず。

一年中に於ても氣壓は漸次に變化するものなれども、内地と海洋とは常に其高低を反對にす。夏季内地は海洋よりも受熱速かなるを以て、空氣熱せられて上昇し、外部海洋に向て溢出す。されば陸には低氣壓を生じ、海洋に高氣壓を生ず。冬季は陸上の空氣冷却し收縮するを以て、大氣の上層に於て外部海上の空氣聚集し來り、海上に低氣壓を生じ、陸地に高氣壓を起す。

地球表面上の氣壓の分布を知らんには、同時に等氣壓を有する地點を連結し等壓線と稱するものを作る。等壓線の方向及其集密如何は天氣の好惡に大關係を有するものにして、前述等温線と共に天氣豫報をなすに重要な材料たり。

**九九 風** 大氣の受熱一様ならず、ために或一地方の空氣急に熱せられて膨脹し上昇する時は、上方に於ては此地の氣壓之と同高の他部の氣壓に優るを以て、空氣は氣壓の低き方向に向つて流るべく、其結果地表に近き所に於ては熱せられたる部

分の氣壓低く、寒冷なる部分の氣壓高くなるを以て、寒冷なる地方の空氣は溫暖なる地方に向つて流動す。此下層の氣流は吾人が通常風と稱するものなり。然れども下層に或方向の風あれば、上層には常に之と反對の氣流あることを忘るべからず。風の方向強弱等は、土地の狀況天氣の模様等によりて千差萬別なり。雖も地球表面上の大氣は大體に於て略ば一定せる氣流により絶えず循環交代しつゝあるものにして、其主なるものを擧ぐれば、貿易風、氣候風、海陸軟風、山風、谷風等之なり。今此等の各につきて順次其概略を述べし。

一、貿易風 赤道地方に於ては太陽熱を受くること極めて多く、兩極に近づくに従つて之を受くること少きは、今更言ふまでもなし。故に赤道附近に於ては、空氣は熱せられて絶えず上昇し、上層に於ては赤道より兩極に向ひ、下層に於ては兩極より赤道に向つて流るゝ氣流を生ず。若し地球が靜止するものなりせば、此等の氣流は極めて簡單にして、北半球に就て言へば上層には正南風、下層には正北風を生ずべし。雖も實際地球は自轉するを以て、其影響を受け、上層氣流は南西風となり、下層氣流は北東風となる。南半球に於ては同様の理由により、上層には北西風吹き、下

層には南東風を起す。此等の下層氣流を貿易風といひ、上層氣流を反對貿易風といふ。上層氣流、極地方に近づく時は地球自轉の影響を受くること大にして、漸次に下降し、其偏向も甚だしく遂に極を廻つて一大旋風を生ず。

二、氣候風 屢々述べたるが如く、水は比熱頗る大にして、温まることも冷却することも遅々たるを以て、その面上氣温の變化も之に伴ひ徐々として進行すれども、陸地は此等の變化比較的急激なりとす。故に夏季に於ては、大陸内部の空氣熱せられて下層に低氣壓を生じ、海面上の冷氣は陸地に向て流動し、冬季は陸地速かに冷却して大陸高氣壓を生じ、四方の海洋に向て風を生ず。之を氣候風といふ。日本は亞細亞大陸と太平洋との間に介在するを以て、夏は南東の氣候風を受け、冬は北西の氣候風吹きすさぶは吾人の常に經驗する所なり。

三、陸軟風、海軟風 夏季と冬季とに於て陸地と海洋とは氣温の差異相反するが如く、晝と夜とに於て又同様の現象あり。即ち晝間は陸地の空氣先づ温められて低氣壓を生じ、海上の冷氣之を填めんとして所謂海軟風を起し、夜間は陸地早く冷却して高氣壓を生ずるが故に、陸地より海洋に向て氣流を生じ、所謂陸軟風を起す。此



等の方向は通常海岸線に垂直なりと雖も、地球自轉の影響を受けて偏向せられ、永く元の方向に繼續して進行する能はざるを以て、海陸軟風は唯海岸に於てのみ之感ずるを得べし。海軟風は海上の新鮮なる空氣を吹き來るを以て健康に適すれども、陸軟風は地上の微菌塵埃等を運び來るを以て健康上宜しからず。

朝なき夕なき

海陸軟風の交代する時刻に於て一時無風の時を生ず。朝に於ては通常十時前後夕には六時前後に起るを常とす。此現象を朝なき夕なきと稱す。

四、山風谷風 海岸地方に於て海陸軟風を生ずるが如く、山地に於ては山頂と谿谷との間に氣流の交換あり。即晝間は山腹の空氣熱せらるゝこと早く、ために空氣は谿谷より山頂に向て流れ、夜間は山腹の空氣冷却すること早く、氣流は山頂より谿谷に向て起る。前者を谷風といひ、後者を山風と稱す。

絶對湿度

一〇〇、濕氣 前章既に述べたるが如く、地球表面上、水面は勿論、氷雪の面も、地面も、或は動植物體の表面よりも絶えず水蒸氣を蒸發するが故に、空氣中には常に多少の水蒸氣を包含す。空氣中に存する水蒸氣の多寡を言ひ表はすに湿度なる語を用ふ。單位容積中に含有する水蒸氣の質量を絶對湿度或は濕量と稱し、通常一立方米

相對湿度

中に存する水蒸氣の量の瓦數を以て表はす。又一定容積の空氣中に現存する水蒸氣の量と、同溫度に於て飽和せられたる時の水蒸氣の量との比を相對湿度或は單に湿度と稱し、通常此比を百倍したる數を以て表はす。一定容積中に存在する水蒸氣の量と、其呈する壓力とは互に正比例するを以て、壓力を知れば容易に其質量を計算し得べし。

絶對湿度は概して溫暖なる海洋面に大にして、寒冷なる内地に小に、相對湿度は其分布極めて不規則なれども、大陸内の沙漠地方に於て最も小に、寒暖兩海流の會合する海洋面に於て最も大なるを常とす。相對湿度大なるときは次に述ぶる雲霧、露霜等の現象を起す。

濕量一日中の變化

濕量一日中の變化は、土地の狀況氣節の如何により、一樣ならずと雖も、概して言へば、水蒸氣の蒸發は日出と共に漸次其速度を増し、氣温最高なる午後二時頃に於て最も盛なるが故に、濕量も朝より漸次に増加し、午後に至つて極大となる。次に日漸く傾けば、蒸發次第に遅々たるに至るも、下層空氣の包含する多量の水蒸氣は擴散によりて上層に逸出するが故に、濕量は漸次に減少し、結露結霜等の現象ある時

湿度一日  
中の變化

は益々其減少を速かならしむ。かくて日出前に至るまで此減少を繼續するが故に、日出前に於て濕量の極小を示す。

相對湿度一日中の變化は、氣温の變化、或は濕量の變化と反對にして、日中極小に達し、夜間極大に達す。これ一見奇なるが如しと雖も、濕量一日中の變化は餘りに大ならざるに拘はらず飽和蒸氣の量は濕度と共に急激の變化をなすが故に、相對湿度の變化は主として飽和蒸氣の量に反比例して起るによるものなり。

濕量及濕  
度一年中  
の變化

濕量一年中に於ける變化は、一日中の變化と同理により、氣温の變化に伴へども、相對濕度一年中の變化は土地の狀況により甚だ複雑にして一概に論ずる能はず。例へば表日本に於ては夏季に極大を示し、裏日本に於ては冬季に極大を呈するが如し。

一〇一、霧 空氣中には常に多少の水蒸氣を含有すること、及び其含有し得べき極大量は濕度によりて一定し、溫度大なれば多量の水蒸氣を含有し得べきことは前已に之を述べたり。

今多量に水蒸氣を含有する空氣冷却する時は相對濕度は漸次に大となり、遂に

成因

飽和の狀態に達すべし、而して尙更に冷却するときは、水蒸氣の一部は最早氣體として存在すること能はず、凝結し、細かき水滴となりて空中に浮遊す。其地面に近く生じたるものを霧といひ、高く空際に生じたるものを雲と稱す。

日中は太陽熱の作用によりて盛に水蒸氣を蒸發し、夜間輻射によりて氣温著しく低下するときは水蒸氣は凝結して霧を生ず。太陽再び上昇し氣温漸次高まるときは、次第に飽和壓力も増大するが故に、霧は再び水蒸氣となりて消失するを見る。海上に於ては水蒸氣の蒸發盛にして、空氣中には常に多量の水蒸氣を含有す。若し濕潤なる暖風が寒冷なる海面に吹き來るときは、濃密なる霧を生ず。故に寒流の流るゝ近邊の海面には濃霧の起ること多く、航海者をして進路を失はしむるが如きこと少からず。

ガス

成因

一〇二、露 秋の晨に庭前を眺むれば玉なす露は草木の葉に宿りて旭日の光に輝けるを見るべし。露は空氣中に多量の水蒸氣を含める時、夜間輻射によりて地上の物體冷却し、之に接する空氣も其溫度低落して飽和の狀態に達し、遂に一部分凝結して水滴となり、物體の表面に附着せるものなり。此時の溫度を露點といふ。故に露

露の多少

點とは現在空氣中に存在せる水蒸氣によりて飽和せらるべき空氣の溫度なり。空氣濕潤なる時晝夜溫度の差の大なるとき等に多量の結露を見るべきは前記の理によりて明なり。夏季は水蒸氣の含量最多しと雖も、夜間短かく充分冷却する邊なきが故に其露量は春秋二季に及ばず。冬季は水蒸氣の發生遅々たるを以て露を見ること少し。天氣清明なる夜は地上の物體盛に輻射熱を放出するが故に冷却早く、結露を促すこと多けれども、雲多きときは熱の放散を妨げ、地上の物體は容易に冷却せざるを以て露を結ぶこと少し。又露は比較的靜穩なる夜に多く、風強き夜に少し。これ風ある時は空氣の動搖烈しく、地表の空氣は絶えず新陳代謝して冷却する邊なきによる。然れども微風は却て結露を助くることあり。何となれば、寒冷なる物體に接觸せる空氣は水蒸氣を出して其面に凝結せしむれども、其量さまで多からず。此時微風によりて更に濕潤なる空氣を吹き來りて之に代らしむれば、其水分亦凝結し、漸次かくの如くして露量を増加すればなり。

植物の葉上に露を生ずる原因を二説

露は空氣中の水蒸氣凝結して生出するのみならず、地表或は地上にある物體より蒸發せる水蒸氣が直ちに凝結して生ずることあり。草木の葉等に結露する原因

に就て二つの異説あり。即ち

一、空氣中の水蒸氣が寒冷なる草木の葉に觸れて凝結すとなすもの。  
 二、草木の葉より吐出せる水蒸氣が寒冷なる空氣に觸れて凝結すとなすもの。  
 之なり。前説は古來より行はれたるものにして後説は近年歐米の諸學者が唱導する所なり。後説をとるものは曰く、夜間植物の平均溫度は空氣より高く、従て空氣中の水蒸氣が草木の葉に觸れて凝結するが如きことあるべからず。植物は夜間と雖も水蒸氣を放出するが故に、此水蒸氣が冷き空氣に觸れて凝結するものなり。と。前説をとるものは曰く、空氣の溫度は常に地表の溫度によりて左右せらるゝものにして、熱するも冷却するも共に少しく地面より後、従て夜間の氣温は地上の物體の溫度よりも少しく高く、空氣中の水蒸氣は冷き物體の面に觸れて凝結するものなり。と。

一〇三、霜 霜は氣温甚だしく低下する時、空氣中の水蒸氣凝結して氣體より直ちに固體となりて物體の表面に附着せるものなり。霜の生ずるときは、植物組織内の水分も一部細胞膜外に出で、共に結晶す。霜の融くること緩徐なるときは、出でた

る水分は再び細胞内に吹收せらるれども、若し急激に太陽の光を受くる時は、水分は再び吸収せらるゝ暇なくして蒸發し去り、植物は水分不足のために萎縮すべし。晩春降霜のため茶桑等に大害を及ぼすことあるは屢々實見する所なり。これを豫防せんには茶園桑畑等に於て火を焚き、其煙を園上にたなびかせ、或は藁等を以て作物を掩ひて結霜を防ぐをよしとす。

一〇四、雲は其形狀千差萬別にして之を分類するは容易の業にあらずと雖も、其間に自ら類似の點あるもの多く、之を數種の群に區分することを得べし。我國に於ては、昔楠正成雲を研究して雲形二十種を定めたりといふ。歐洲に於て雲形につきて最初に注意を拂ひたるは英人ルツク、ホワード (Luke Howard) 氏にして、氏は一八〇三年其研究の結果を英國學士院に報告せり。これより諸國の學者續々雲形を研究するに至りたれども、就中英人アバークロンビー (Abraham) 瑞典人ヒルデブラントソン (Hildebrandson) は各國に於て雲形を研究し、萬國共通の雲形を定めたり。

雲形は之を大別して四種とす。卷雲、積雲、層雲及び亂雲これなり。卷雲は概ね白色羽毛狀をなし比較的高所に生じ、積雲は殆も綿を積みたるが如き觀を呈し夏白山

上等に多く見る所なり。層雲は其名の如く層々相重なりて空際に表はれ、亂雲は通常雨雲と稱し、比較的大なる水滴より成る暗色の雲なり。

猶兩氏の定めをる雲形十種を列擧すれば次の如し。

一、上層雲 平均九千米位の高さにあるもの。

(1) 卷雲 天空に繋れる微細なる氷片より成り、白色羽毛狀を呈す。

(2) 卷層雲 白色面帕の如き美麗なる雲にして、太陽面を掩ふときはハローを生ずることあり、以て卷雲と同様細かき氷片より成るを知る。

二、中層雲 三千米より七千米の間にあるもの。

(3) 卷積雲 白色塊狀の雲にして濃淡なし、其天空に浮べる様は殆も青魚の紋の如し。

(4) 積卷雲 右のものと同じく白色塊狀の雲なれども、前者よりは濃厚にして大塊をなす。且明かに濃淡を認め得るを以て前者と區別すべし。

(5) 層卷雲 灰色若しくは帶青色の面帕の如き觀を呈し日光に照さるゝときはコロナの現象を起すことあるを以て微細なる水滴より成るを知る。

三、下層雲 二千米附近の高さに表はるゝもの。

(6) 層積雲 暗黒なる大塊をなし、屢々満天を掩ひて低氣壓襲來の前兆をなすことあり。

(7) 亂雲 暗黒濃密なる雲にして比較的大なる水滴より成り、其満天を掩へる様は恰も墨汁を流したるが如く、遂に雨雪を下すに至る。

四、日々の上昇氣流によりて生ずる雲。

(8) 積雲 綿或は羊毛を積みたるが如く、比較的低所に生ずる雲にして底面千四百米位より頂上は千八百米位に達す。其地平線に近く起伏する狀恰も山脈の連互するが如し。

(9) 積亂雲 濃密なる大塊狀をなし、底面は千四百米より起り頂上三千米乃至八千米に達す。雷雨の來らんとする時に起るは此雲なり。

五、霧の高められたるもの 千米以下に生ずる。

(10) 層雲 灰色不定形の雲にして最下層に生ずるものなれども雨を下すことなし。

雲及霧は空氣中に含まるゝ水蒸氣凝結して細かき水滴となり空中に浮遊するものなること前述の如し、而して其生出する方法には左の三つあり。

一、空氣中の水蒸氣が冷き物體に觸れ或は熱を輻射して冷却凝結するもの。

二、濕氣を含める空氣上昇して斷熱的膨脹をなしたために冷却して水蒸氣凝結するもの。

三、溫暖なる空氣と寒冷なる空氣とが混交する時水蒸氣凝結するもの。

第一の方法によりて生ずるものは例へば夜間地面冷却する時之に接觸せる空氣中の水蒸氣先づ凝結して雲霧を生じ、凝結は漸次上方に及びて茲に層雲を形成するが如し。朝早く起き出づれば地平線に近く層雲を見ることが多きはこれが爲なり。太陽東天に現はるゝに至れば地上先づ熱せらるゝが故に層雲は漸次下層より消え初む。

第二の方法によりて生ずるものは積雲或は層雲にして、夏日山上に表はるゝ積雲は地上より昇りし空氣斷熱的に膨脹し、爲に冷却して生じたるものに外ならず。第三の方法によりて生出する雲は概ね波狀をなすを特徴とす。一氣層が溫度濕

度を異にする他の氣層上を流るゝ時其間に波動を起す事はヘルムホルツ (Helmholtz) の流體力學によりて證明せられたる所にして、此際低温なる氣層の面に水分の凝結を起して雲を生ずるものなり。

亂雲は第二、第三の方法同時に起る場合に生ずるものにして、其下底積雲の如く水平ならざるは空氣の動搖によりて之を亂すによる。

**一〇五雨** 亂雲は他の雲よりも比較的大なる水滴より成る。此水滴衝突し相結合して大なる水滴となり、其重量のため空中に浮游する能はずして落下し來るもの即ち雨なり。雨を降すに最有力なる原因は濕潤なる空氣が上昇して低壓の部に達し、斷熱的膨脹によりて冷却することにして、低氣壓の前面に降雨あるも、濕潤なる氣流が山腹に吹き付けられたる時雨を下すも共に此作用によるものなり。尙ほ水蒸氣凝結するに當りては空氣中の細塵之が媒介をなすものにして、水滴は細塵を心核として形成せらるゝを常とす。故に空氣中に細塵を含むこと少き時は容易に雲雨を生せず、大戦争などありて盛に塵埃を飛ばすとき雨降ること多きは之が爲めにして、農民間に行はるゝ雨乞の多少効力あるも多人數集りて塵埃を飛ばし、大

成因

雲の効力

雨滴の速度

聲を發して空氣に振動を與へ水蒸氣の凝結を促すがためなり。

雨滴は數千尺の上層より落下し來るものなれば、其重力に作用せられて生ずる速度一秒時に九八〇浬つゝ増加するものとせば、地面に近づく頃の速度は極めて大なるべき筈なるに、事實は然らず。雨滴の速度は吾人の常に見る如く餘り大ならず。これ落下の際空氣の抵抗を受け、抵抗の強さは速度を増すと共に増加するものなれば、速度或一定の大きさに達すれば、其時受くる空氣の抵抗と重力とが釣合ひて是より後は等速度を保持して落下し來るが爲なり。細雨の速度が大粒の雨のそれに比して小なるは、前者は重量の割合よりは比較的表面积大にして、抵抗を受くること多く、ために早く平均して等速度の状態に達するが故なり。

**一〇六雪** 空氣中の水蒸氣凝結するに際し氣温氷點以下にあるときは、水蒸氣は氣體より直に氷結して固體に變ず。而して其徐々に氷結したるものは規則正しき結晶形をなし、急激に凝結するときは無定形の小片となる。前者は雲にして後者は霰なり。雪は一見其結晶形を認め得ざるが如きも、細密に之を検すれば個々美麗なる六角形の結晶をなせるを知るべし。其白色不透明に見ゆるは、結晶成生すること

雪と霰

極めて徐々にして、其間隙に空氣を存し光線を反射するによる積雪深きときは夜間輻射熱を放出すること多く、嚴冬の氣温を一層低下せしめ、初春の候融解に際しては、多量の潜熱を吸収するが故に氣温の上昇を妨げ、春は秋よりも稍々寒冷なり。

一〇七、雹 雹は雨滴の水結して生出せるものにして、透明不透明の水層相重なりて堅固なる氷球をなす。其形狀多様にして球狀・柱狀・針狀等一々枚舉に遑あらず。其大さ亦區々にして、大なるものに於ては農作物に災害を與ふること少からず。

## 雹の生成

夏日雷雨等の際、上昇氣流が急激に低壓の部に達すれば斷熱的膨脹によりて過冷却の状態となり、一部の水分凝固して氷片となる。此氷片過冷却の狀にある水滴中を通過すれば其表面に漸次水層を附着せしめ、層々相重りて其大さを増加し雹を形成するに至るものなり。

一〇八、天氣豫報 短時日に於ける氣象狀態を天氣と稱す。天氣現象は吾人の生活に密接なる關係を有するが故に、古より普く人の注意を惹き、多くの學者之が研究を怠らざりき。西洋にては早くアリストートル(Aristotle)時代、支那に於ては堯舜禹湯の時代より之が觀測に注意したるとは古き記録に存する所なり。我國に於ても

今より千百餘年前、阿部晴明天文氣象の事を講じ、又楠正成は天氣と雲形との關係を研究し二十種の雲形を定めたりといふ。

此等の時代に於ける學者は天氣現象が天體の運行に關係あるものと考へ、天文觀測によりて天氣の變化を知るべしとなしたり。然るに十七世紀に至りガリレオ(Galileo)寒暖計を發明し、トリセリ(Torricelli)晴雨計を發明するに至り、天氣現象の變化は星辰の作用にあらずして、大氣の状態によるものなるを知るに至れり。

天氣現象の要素をなすものは氣温・氣壓・濕度・風・雲・雨・雪等なり。此等現象の變化は極めて複雑にして、豫め其如何を知るは頗る困難なりと雖も、學理と經驗とに照し、大凡之を豫知することを得べし。而して其之を判斷するに最も有力なる材料となるものは晴雨計の昇降なりとす。氣壓の變化は風を起すこと前に述べたるが如く、空氣中の水蒸氣の含量及其凝結作用等は氣壓に大關係を有するを以て、氣壓の昇降あるは天氣變化の徵候なりといふを得べし。

中央氣象臺に於ては日々全國各地の測候所より來る氣象電報により、等温線等壓線を畫き、各地の氣象要素を圖上に記入し、所謂天氣圖なるものを作り、天氣模様

## 天氣の要素

## 天氣圖

を一目瞭然たらしむ。尙ほ學理と經驗とより綜合して天氣豫報警報等を發す。

尙ほ經驗家は單獨の觀測によりて天氣豫報をなすものあり。漁夫がよく天氣の變化を豫知すること、天氣に關する古老の傳説が往々にして適中することある等は吾人の屢々見聞する所なり。單獨觀測によりて天氣を豫知するに二つの原則あり。天氣は西より東に向て變化し行くこと、及び天氣は特別の事情なき限り現狀を持續する傾向あること之なり。なほ蛙の鳴く時、魚の跳るとき、燕の低く飛ぶ時等は雨の來る徵候にして、雀が水に浴する時は晴るゝことを示すといふが如きは、此等の動物は天候の變化を感じて右の如き舉動をなすものなるやも知るべからず。さればかゝる俗説も一概に迷信なりとして排斥すべきものにあらず。漁夫、農夫等が多年の經驗により歸納したる氣象學的傳説等も、大に參考すべく、又研究すべき價値あるものといふべし。

天氣に關する俗説

## 第六編 朝夕に見る光學的現象

### 第一章 光の直進

一〇九 光の本性 光に關する諸種の現象を説明するに先ち、余は先づ光の本性に就て簡單なる敘述を加へんと欲す。

光とは如何なる物か、九千萬哩の遠方にある太陽は如何にして日々吾人に驚くべき多量の光を送るかを説明するは實に難事中の難事なり。然るに軌近學術の進歩は、此不可思議なる現象を説明して餘蘊なきを見れば、吾人は科學の侵すべからざる權威を認むると共に、其人生に貢獻する所實に偉大なるを思はずんばあらず。光が如何にして吾人の眼に到達すべきかにつきて二様の考へ方あるべし。一は直接の傳播にして、他は間接の傳播なり。事實光の本性に關しては、古來此二派の學説あり。前者は、發光體より光素と稱する微粒放出せられ、此物が吾人の眼球に衝突して光の感覺を起さしむとなす所謂微塵説にして、此説の代表者とも見るべきものは英國の大物理學者ニュートン(Newton)其人なり。後者は、或中間物の媒介により

微塵説



て傳達するものとなす波動説にして、和蘭の學者フイゲンス(Huygens)の首唱する所なり。前者は、恰も香の感覺が物質微粒の鼻孔を刺戟するに由て起ると同様なりとするものにして、後者は、音波が鼓膜を振動せしめて音の感覺を起すと同様の作用なりと主張す。なほ波動説に於て、其中間の媒介物如何といふに、吾人は太陽其他の星辰と地球との間には真空の存すべきを想像し、又光が水、ガラス等の物質を通過し來るを知るが故に、通常の物質を以て、其媒介物となすこと能はざるを悟るべし。波動説に於ては、茲にエーテル(Éther)と稱する假想的物質を考へ、此物は宇宙全體に瀰漫し、真空中にも物體中にも常に存在するものにして、非常に彈性に富み、發光體分子の振動はエーテルに波動を起し、四方に傳播するものなりとせり。

凡そ或臆説が確乎たる學説として信せらるゝには、必ず其臆説より演繹せられたる理論が實驗上の事實と一致し、又自然界に於ける各種の現象は、之に由つて充分説明せられざるべからず。微塵説に於ては、微粒が直線運動をなすと考ふるものにして、之に由りて古より知られたる光の幾何學的性質、即ち光の直進、反射、屈折の三法則は容易に説明せられたり。然るに波動説に於ては、屈折、反射は容易に證明せ

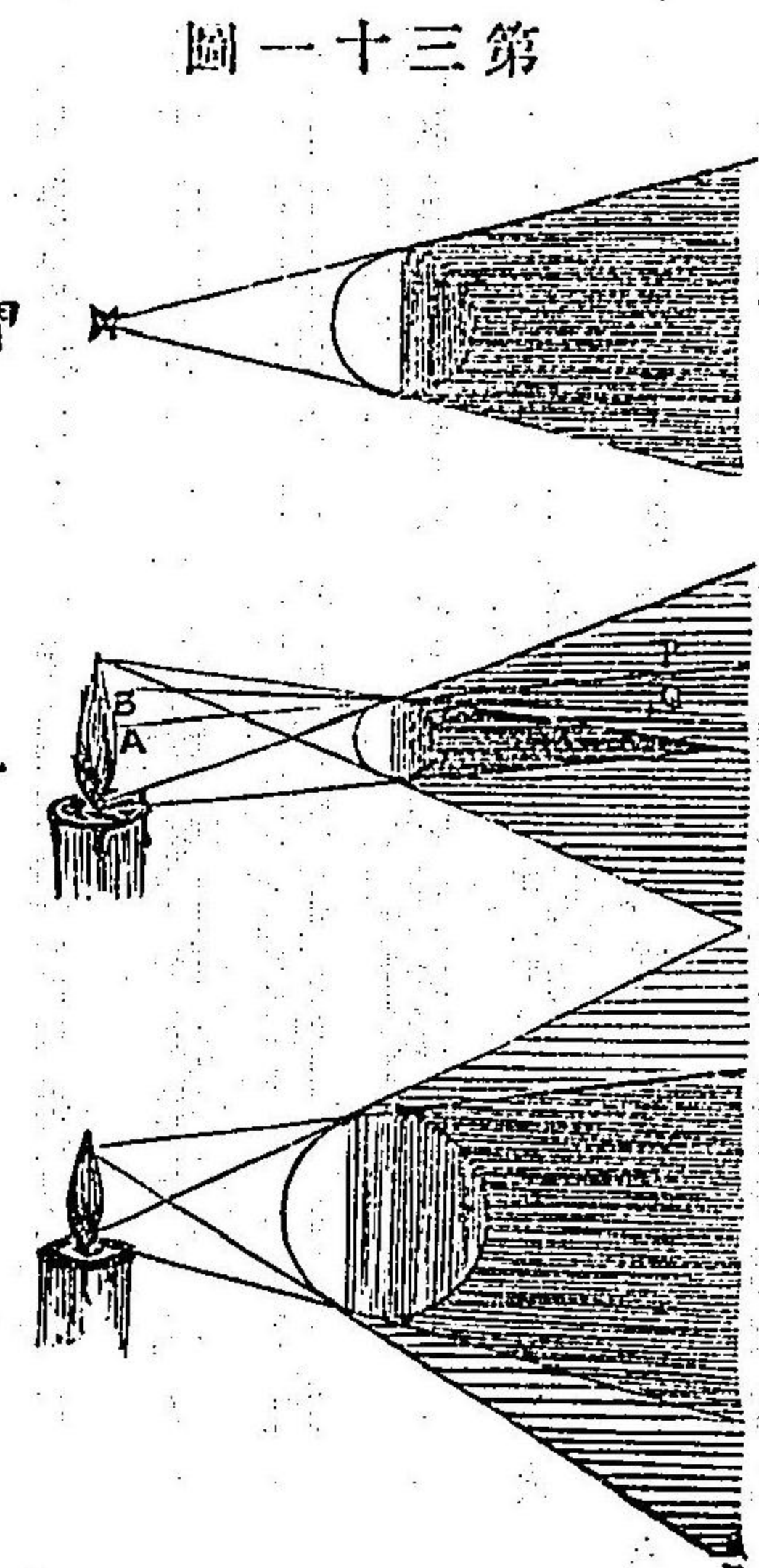
られたれども、直進の理由を説明すること能はざりき。これニュートン及英國多數の學者が微塵説を固守したる所以にして、又波動説の最大弱點なりき。然るに其後光の速度に關するレーメル(Römer)の發見あり、續いでフォーコー(Foucault)の精密なる實驗によりて、水中の光の速度は空氣中のその四分の三なること確めらるゝに及び、微塵説は殆ど致命傷を被りたり。何となれば該説による屈折作用の説明に従へば、水中の速度は却て空氣中のそれよりも大ならざるべからざればなり。かゝる間に一方波動説に於ては、よく此等の事實に適合するのみならず、光の干涉、廻折等の諸現象發見せらるゝに及び、波動説の難關たりし光の直進の説明は、美事に成功するに至れり。然のみならず、近年發見せらるゝ幾多の新現象は、微塵説に依つて之を説明すること能はざるに拘はらず、波動説によりて遺憾なく説明せらるゝに至り、現今に於ては波動説は全く微塵説を壓倒するに至れり。

一〇、光の直進及陰影 光の直進することは吾人の常に經驗する所にして、暗室の壁の小孔より進入せる光は室内の塵埃を照して真直の棒の如く見ゆること、光源の前に不透明體を置けば其背後に暗黒部を生ずること等は、何れも光の直進を

陰影

證明すべき簡單なる實例なり。

光の進路中に不透明體を置いて之を遮る時は、其背後に光線到達せずして暗黒なる部分を生ずべし。此暗黒部を陰影と云ふ。若し光源が極めて小にして、殆ど一點



圖一十三第

と見らるべきものなる時は、此點より不透明體の縁に切線を引き、切線にて圍まれ物體の背後にある部分は、光の少しも達せざる部分にして、陰影なるを知るべし。(甲圖)

今光源が或大きさを有する時は、之を點の集合と見做して右の如き作圖をなせば、其陰影の形を知るを得べし。此場合に於ては、乙丙二圖に見るが如く、不透明體の背後に全く光の達せざる部分と、一部分の光が遮ぎらるゝ所とあるべし。前者を本陰、後者を半陰といふ。本陰は、

本陰と半陰

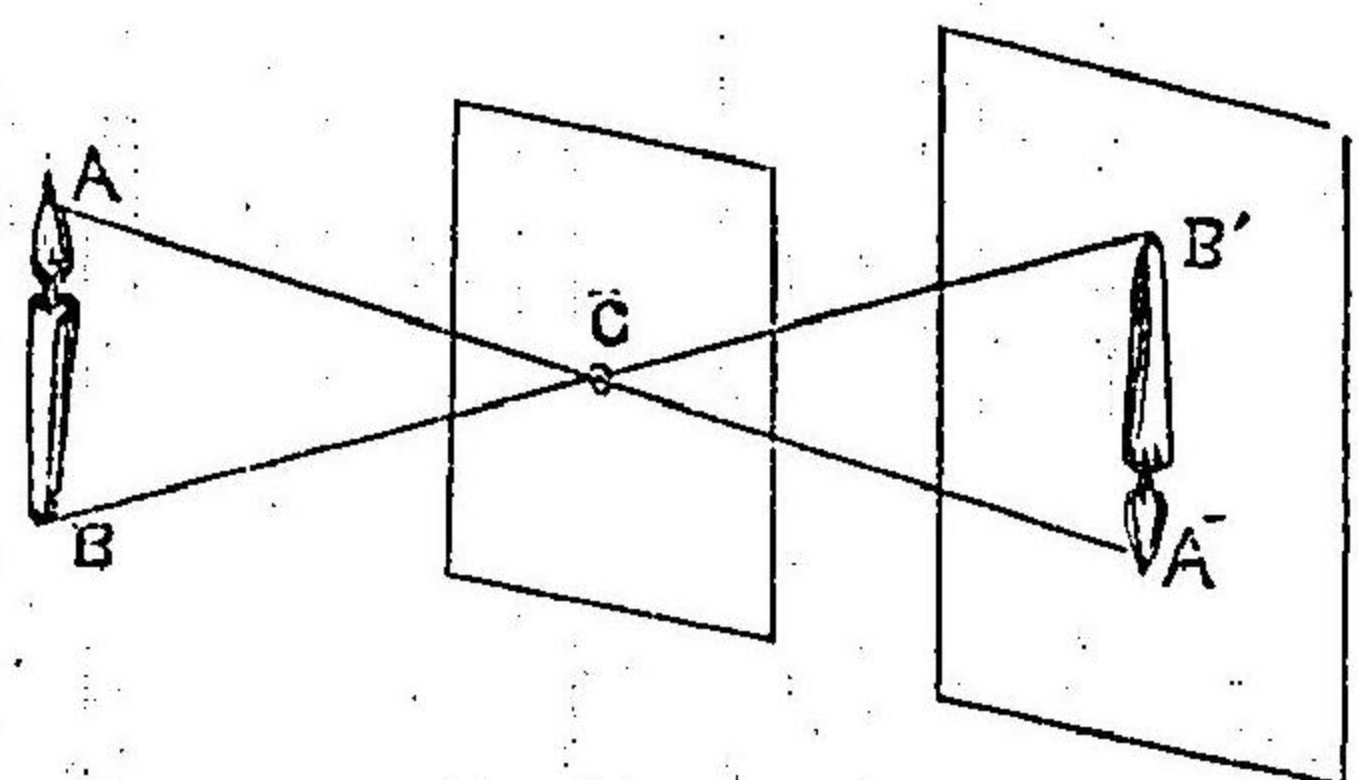
實驗

圖に於て見る如く、光源と物體の大きさの關係によりて、遠ざかるに従ひ漸次擴がる場合と漸次狹小となりて遂に全く無くなる場合とあり。半陰は遠ざかるに従ひ漸次擴がり、内部より外部に進むに従て薄らぐ。例へば、乙圖に於て半陰中P點に於ては光源のA以下より發する光を遮ぎらるゝのみなれども、Qに於てはB以下の光を遮ぎらるゝを以て、QはPより一層暗黒なるが如し。

一一、小孔より投ずる物體の像 吾人は朝起き出でんとする時屢々雨戸の小孔より洩るゝ光が障子に戸外の景色を倒まに投影するを見ることあり。此現象も光の直進より起るものにして、次の實驗は更によく此現象を説明すべし。

暗室に於て一つの蠟燭を點じ小孔を有する黒板にて之を遮ぎり、其背後に衝立を置く時は蠟燭の倒像を衝立上に見るべし。今第卅二圖に於て、光源の一點Aより發する光は、 $\angle A$ の方向を取り、小孔Cを通過して衝立上A'の如き點に其像を投じ、Bより發する光は、 $\angle B$ の方向に進み、同じくCを通過して衝立上B'の如き點に其像を作るべし。而してABの中間にある諸點は又同様にしてA'B'の間に其等の像を作るを以て、衝立上にはA'B'の倒像A'B'を得べし。兩戸の節穴より投ずる戶外樹木等

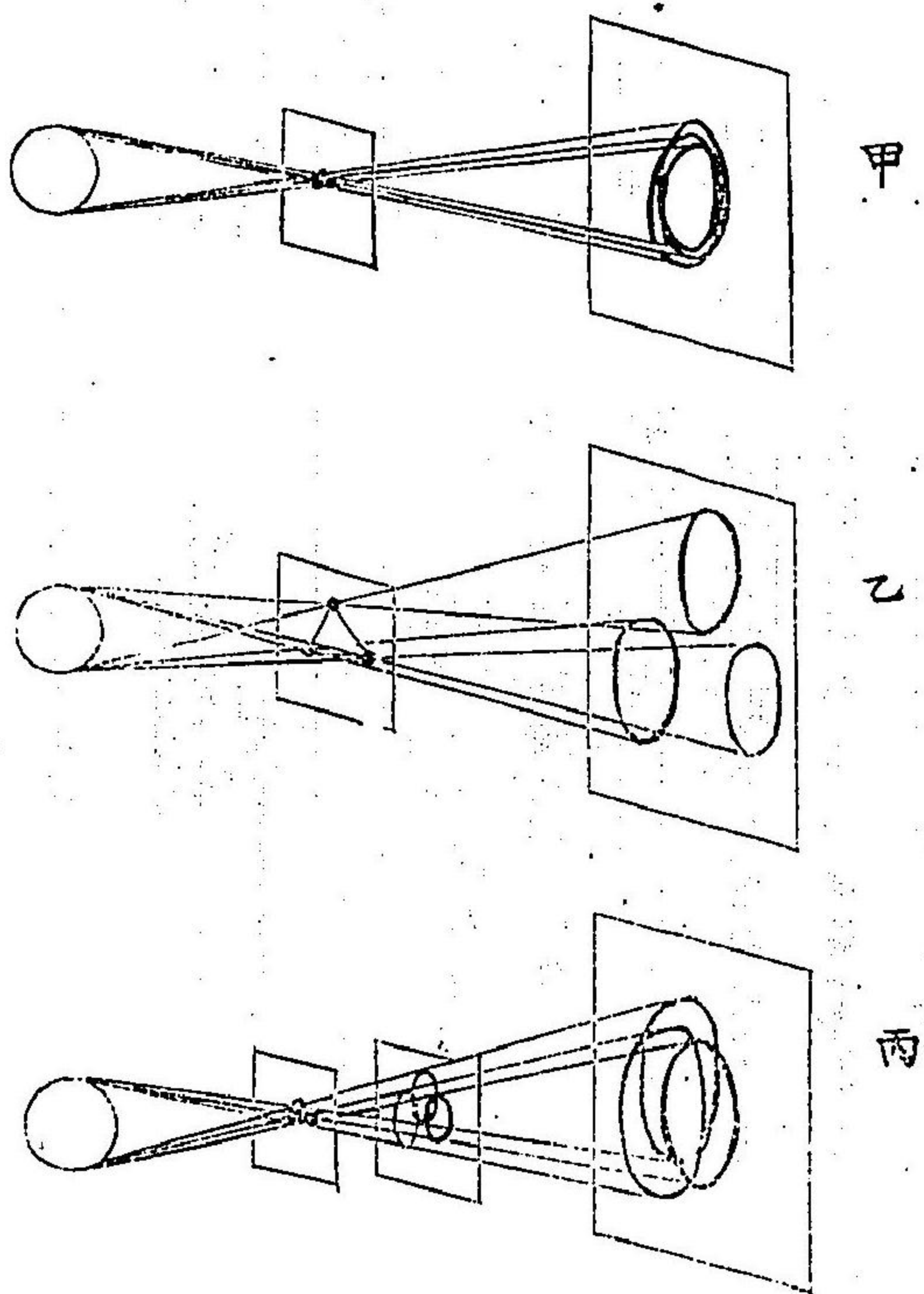
圖二十三第



の倒像も亦此理に外ならず。  
 一一二、大なる孔より投ずる物體の像 吾人は綠陰の下を散歩する時、木葉を洩るゝ太陽の光が皆地上に丸き像を印するを見て、甚だ之を怪みたることありき。何となれば窓より入り來る太陽の光は床上に窓の形を投影するを知り、且無數亂雜に排列せる木葉の間隙は何れも圓形なるべき理なければなり。然れども此疑問は次の如く之を解釋する時は、少しも怪むに足らざるを知るべし。

一點と見做すべき小孔より投ずる物體の像は其倒像なること前述の如し。今少しく大きさを有する孔より投ずる物體の像を考ふるに、此大さある孔は無數の小孔の集合と見ることが得べし。即此孔の各點を各一つの孔と見る時は、物體より出で此等の各點を通過せる光は、後方の衝立上に各其物體の倒像を作るべし。此場合に於て、孔が比較的小なる時は甲圖の如く、光が各點

圖三十三第



を通過して生ずる像は重なり合ふも大體に於て、物體の像を映じ、唯其縁邊少しく不明瞭となるに過ぎざれども、孔が割合に大なる時は、乙圖の如く、孔の各點を通過して生ずる像は相一致せざるが故に、像は不明瞭となり、却て像全體

が集まりて孔の形を映するに至るべし。而して同じ大さの孔にても、衝立が孔に近ければ像は漸々一致を缺き、全體として孔の形を映出し、孔より遠ざかれば、漸次一致して物體の形を映す傾きあること、丙圖を見れば容易に了解せらるべし。

木葉の間隙は比較的小にして、像を投ずる地面は稍々遠距離にあれども、窓は其形大にして、其投影する床は比較的近距离にあり、故に木葉を洩る、光が投ずるは太陽の像なるを以て、孔の形に關せず圓形なれども、窓より投ずる光は、床上に窓の形を映するものなることを知るべし。此理により日蝕にて太陽弦月狀に缺けたる時は、木葉を洩る、光は地上に弦月狀の像を印すべし。

### 第二章 光の反射

一一三、反射 光が直進すといふは、一樣なる組織を有する媒質中を進行する時のことにして、若し光が一つの媒質より組織を異にする他の媒質中に入らんとする時は、其境界面に於て急に方向を變じ一部分はもとの媒質中に復歸す、此現象を反射といひ、其界面を反射面といふ。

第三十四圖に於て、 $AB$ を反射面とし、光が $IO$ の方向より來り、 $O$ に當り、反射して $OR$ の方向に進む時、 $O$ に於て反射面に法線 $ON$ を立つれば、

$IO$ を投射光線

$O$ を投射點

$OR$ を反射光線

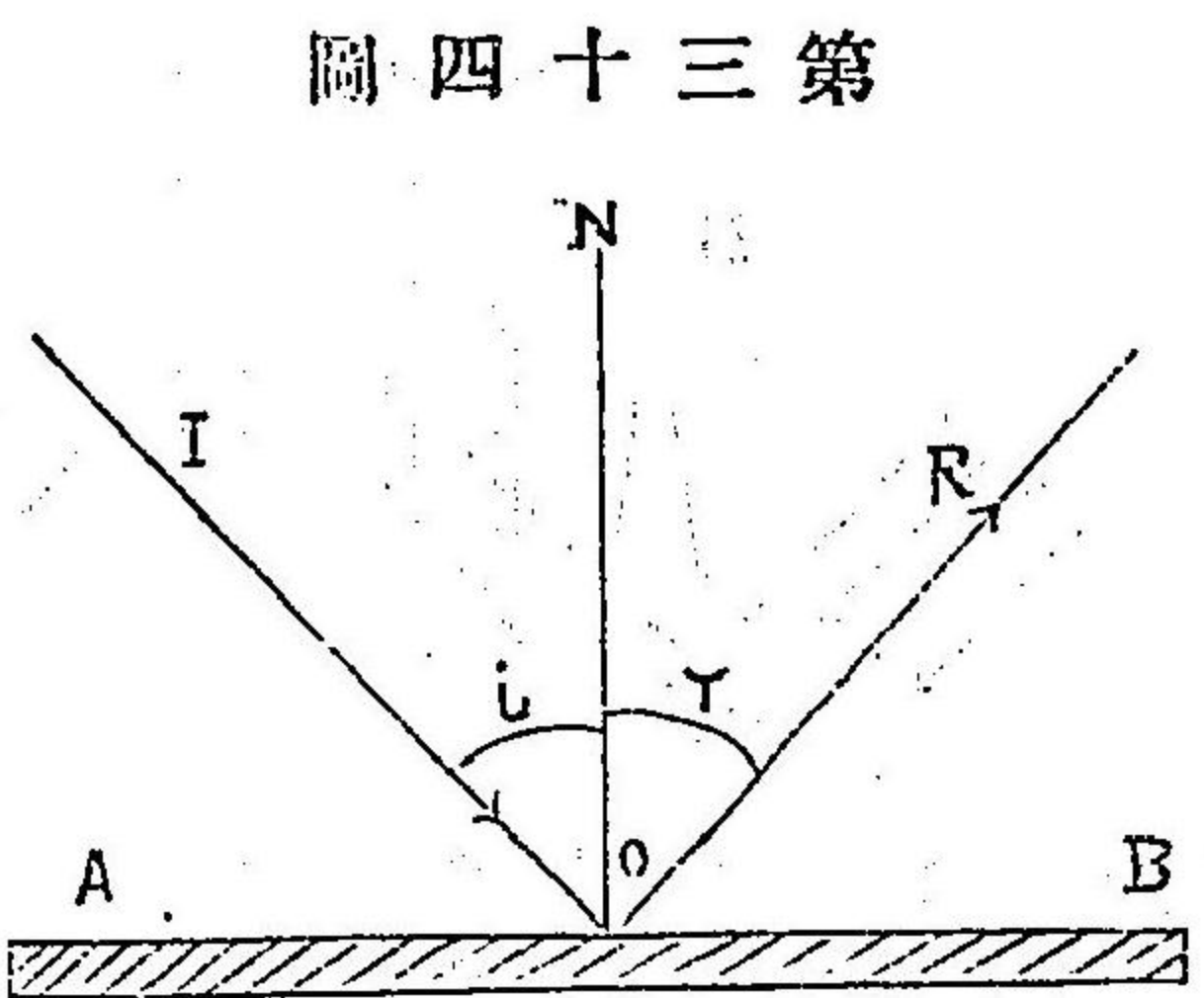
$\angle ION$ を投射角

$\angle NOR$ を反射角

といふ、而して此等の間には實驗上次の關係あり。

一、投射光線と反射光線とは投射點に於ける反射面への法線と同一平面内にあり。

二、投射光線と反射光線とは法線に對して互に反



第三十四圖

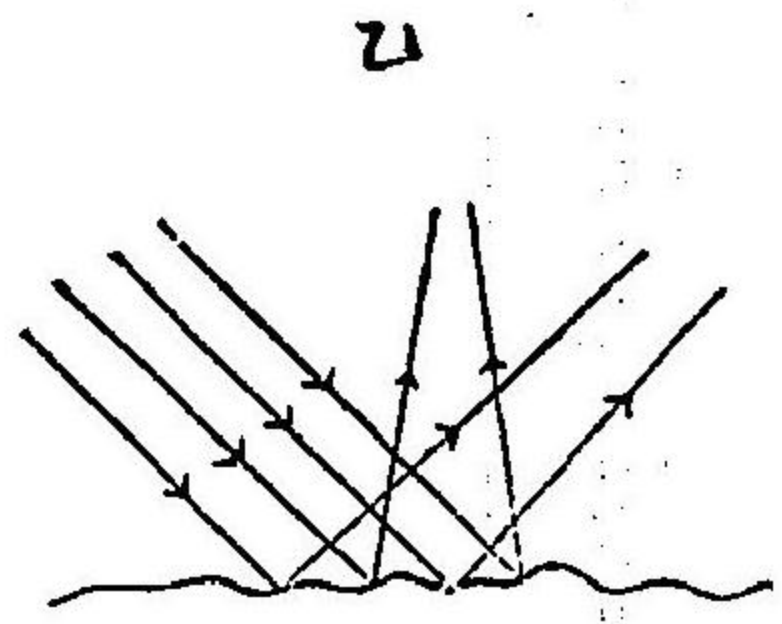
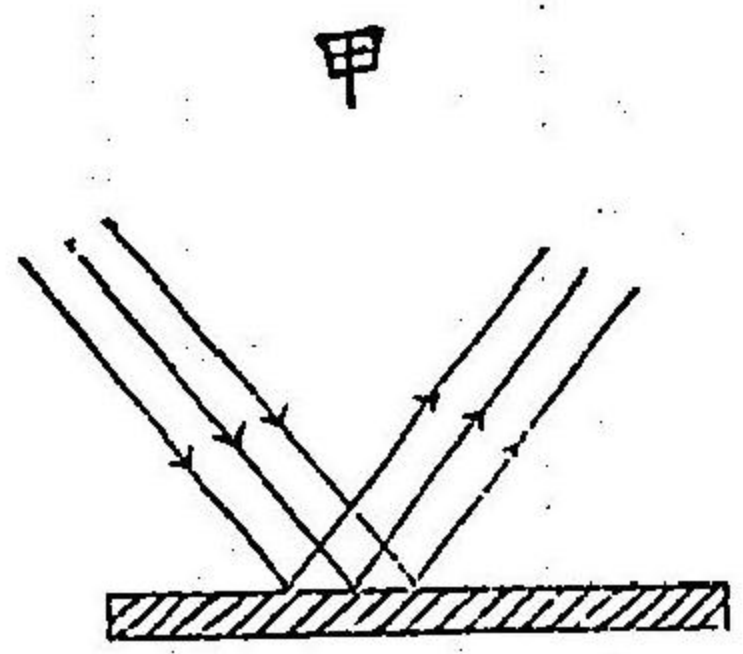
反射の法則

對の側にあり、法線と等しき角をなす。之を反射の法則といふ。

反射する光線は投射する光線の一部分なれども、其幾部だけ反射するかは反射面の性質によりて差異あり、又同一反射面に於ても、投射角大なる時は小なる時よりも多く反射す。

一一四、平面鏡の反射及散光 室の一隅に於て太陽の光線を小なる平面鏡に受く

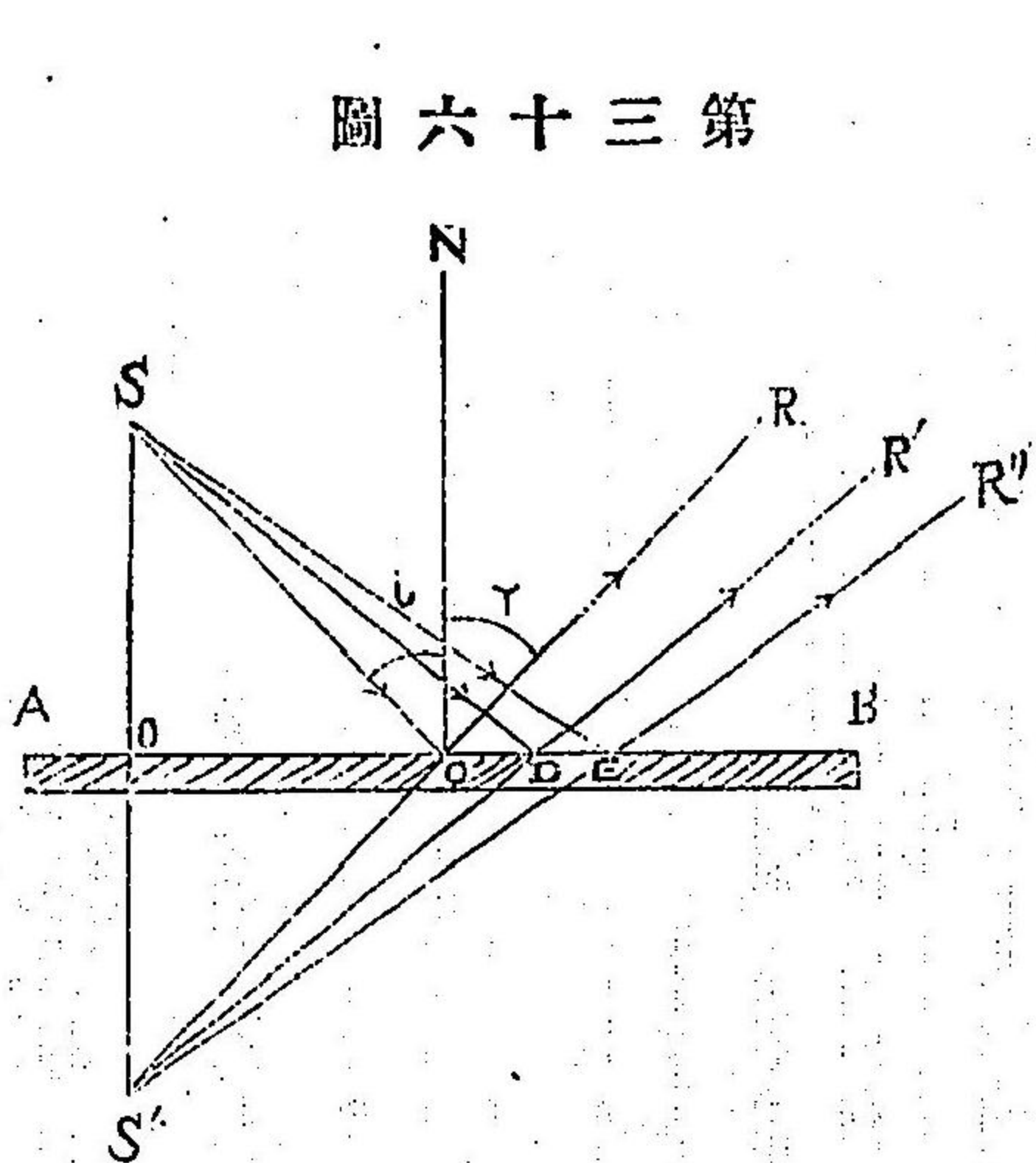
れば、其反射光は壁或は天井等に鏡の形を投映すべし。これ太陽の光線は平行光線なるが故に、反射の規則により其反射光も又平行なるによる。而して、反射光の進路



第三十五圖

中に眼を置けば極めて明かに鏡を認め得れども、其他の位置に於てはさほど明瞭に之を認め得ざるべし。之に反して、通常の物體は、何れの方向より望むも殆ど同様に之を認め得べし。これ通常の物體にありては、其面平滑ならずして極めて不規則なる形をなし、種々方向を異にする無数の小平面より成る如きものなれば、之に投射せる光線は各其投射せる點に於ける小平面に就て反射の規則に従て反射するが故に、其方向一定ならず、何れの方向より見るも殆ど同様に之を認め得るものなり。この理は第三十五圖乙を見れば更に明に了解せらるべし。かくの如き反射を不規則なる反射といひ、其反射光を散光といふ。吾人が通常發光せざる物體を認め得るは此散光による

ものなり、白色のものは光を反射すること多く、黑色のものは少し。室内の障子襖等白色の物多ければ其散光によりて室内は明るし。



第三十六圖

一一五 平面鏡の作る像 吾人は今や反射の法則を知りたるが故に、毎朝殆ど見ざることなき、平面鏡に映る像に就て研究せんとす。

今第三十六圖に於て、ABを平面鏡とし、Sを光點とす。Sより發してABに投射せる一線SOを取り、其反射線をORとす。ROを延長してSより鏡面への法線SOの延長とS'に於て交らしめ、且O點に於ける鏡面への法線をONとする時は、反射の法則により

△SOO'なるを以て

△SOO'及び△SOO'に於て

$$\angle SCO = \angle PCB = \angle SCO$$

$$\angle SOC = \angle SOC = \text{直角}$$

OCは兩形に共通なるが故に

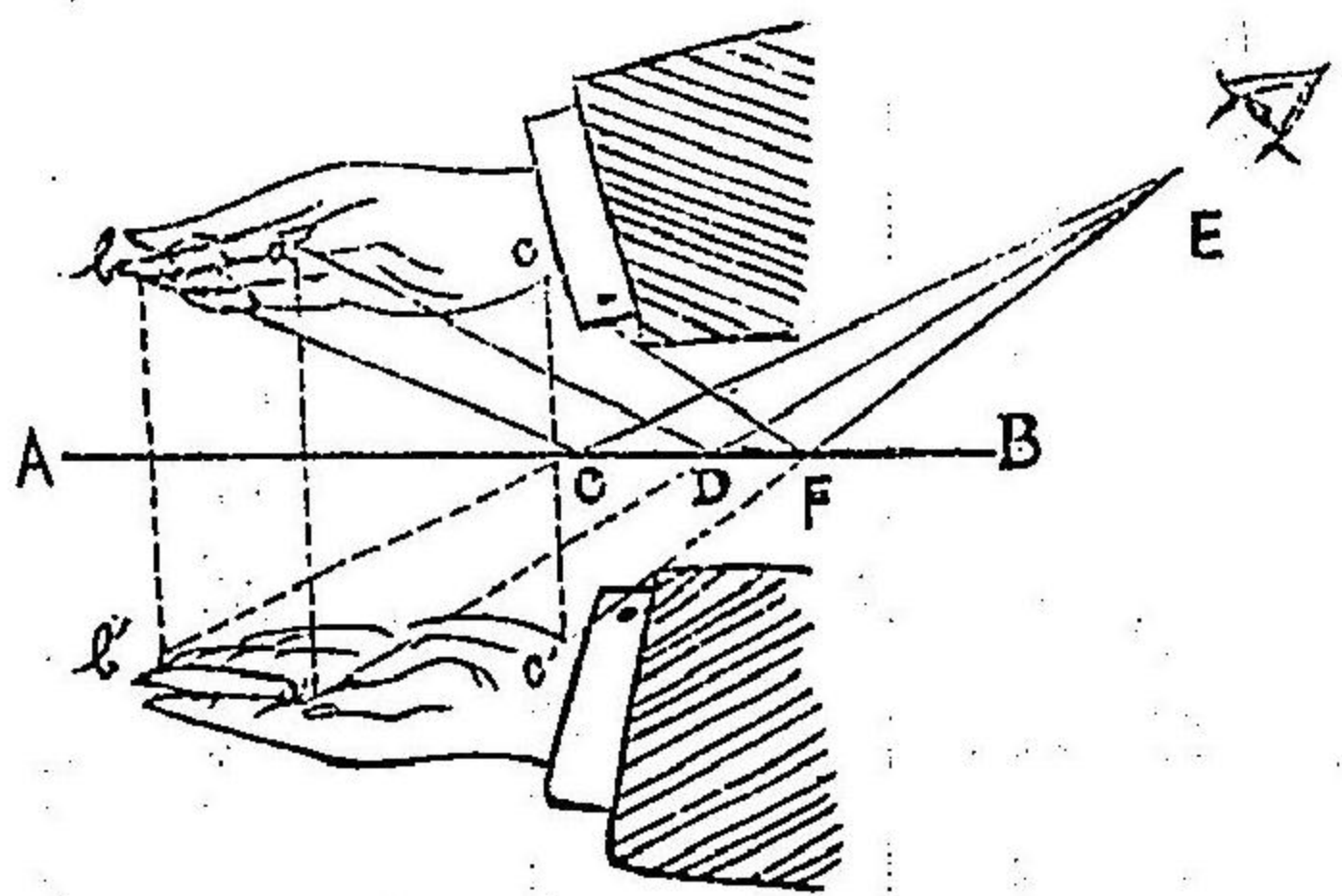
$$\triangle SOC \equiv \triangle SOC$$

$$\therefore SO = SO$$

即ちSは鏡面に關してSの對稱點なるを知るべし。而して、このことは、何れの投射線に就きても同様なるを以て、反射光線は之を逆に延長すればS'に集交するを知る。故に反射光線を眼に受くれば、殆も光點はS'にあるが如く見ゆべし。S'をSの像といふ。

一一六鏡に映る右手の像は左手の如し 光源が一點なる時は、其反射光を眼に受くれば、恰も鏡面に關する其對稱點にあるが如く見ゆることは

圖七十三第



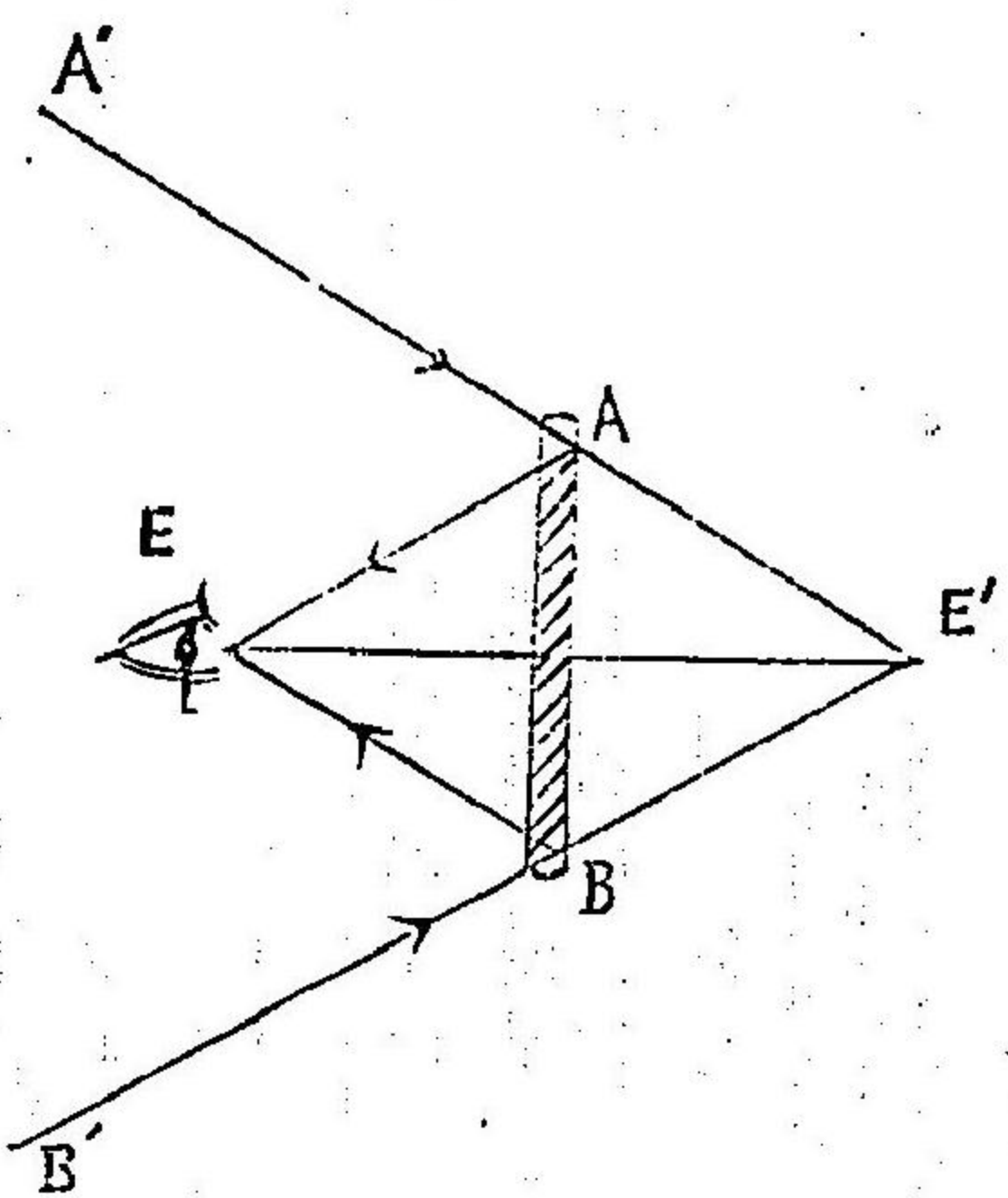
前已に證明せり。今一つの物體の平面鏡に映する像を考ふるに、其物體を無數の點の集合と見做す時、其各點は皆それぞれ鏡面に關して己れの對稱點に其像を作る。故に各點の對稱點を連結すれば其物體の像を得べし。

第三十七圖に於て、a, b, c等の像をそれぞれ a', b', c'等とすれば、實物と像とは鏡面に關して對稱の關係にあり、實物は右手を表せども像は左手の如くなること容易に了解せらるべし。

眼に入り來る反射光の方向を作圖に依つて求めんには、a', b', c'等を眼の位置Eに結び付くる直線を書き、其鏡面との交點をC', D', F'等とすれば、此等の點に投射せる光線がCE, DE, FE等の方向をとりて眼に集ることを知るべし。

一一七鏡に映し得る範圍の廣狹 第三十八圖に於て、ABを鏡とし、Eを眼の位置とす。Eの鏡面に關する對稱點をE'とし、E'Eと鏡の兩端A, Bを連結する直線を書き、其延長をAA', BB'とすべし。然る時は、AA'の如き投射光線はAEの方向に、BB'の如き投射光線にEE'の方向に反射せられ、AA', BB'の範圍内にある總ての物體は皆Eに於て之を見るを得べし。而して  $\angle A'E'B' = \angle AEB$  にして、此角はEを鏡面に近くるに従

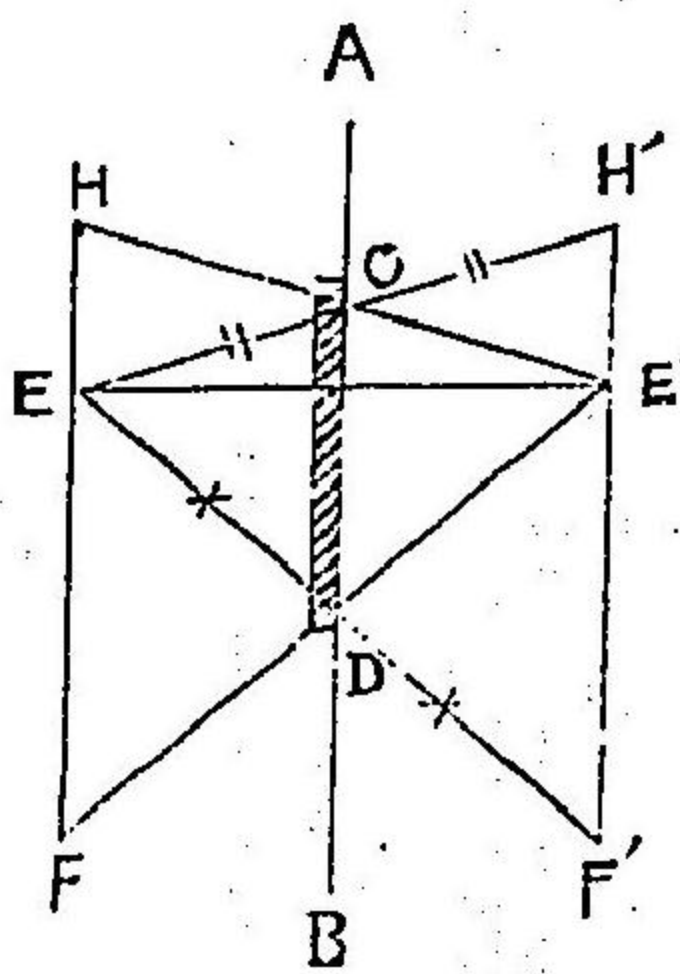
圖八十三第



て益々増大す。故に眼を鏡面に近づけ遠方の景色を望まば其眺め得る範圍は愈増大すべし。尤も頭にて鏡面を掩蔽することは問題外とす。

一一八、姿見の大きさと像の大きさ 直立せる鏡の前に立ち、同じく直立して全身を映すには如何なる大きさの鏡を要するかは興味ある數學上の問題なるべし。第三十九圖に於てABを鏡の位置とし、HEを身體、Eを眼の位置とす。H'E'F'の鏡面に關する對稱點をそれぞれH'F'F'とすれば、H'E'F'は身體の像なり。今H'F'をEに結び付け、其ABとの交點をC'Dとすれば、HC'の方向に投射せる光線はCE'の方向

圖九十三第



に反射し、HC'の方向に投射せる光線はDE'の方向に反射し、鏡の長さCDだけあれば全身を映すに足ることを知るべし。而してHE'F'F'はABより等距離にある平行線なるが故に

$$\triangle HE'F' \text{に於て}$$

$$ED = D'E'$$

$$EO = O'H'$$

$$\therefore OD = \frac{1}{2}HE'F' = \frac{1}{2}HE'$$

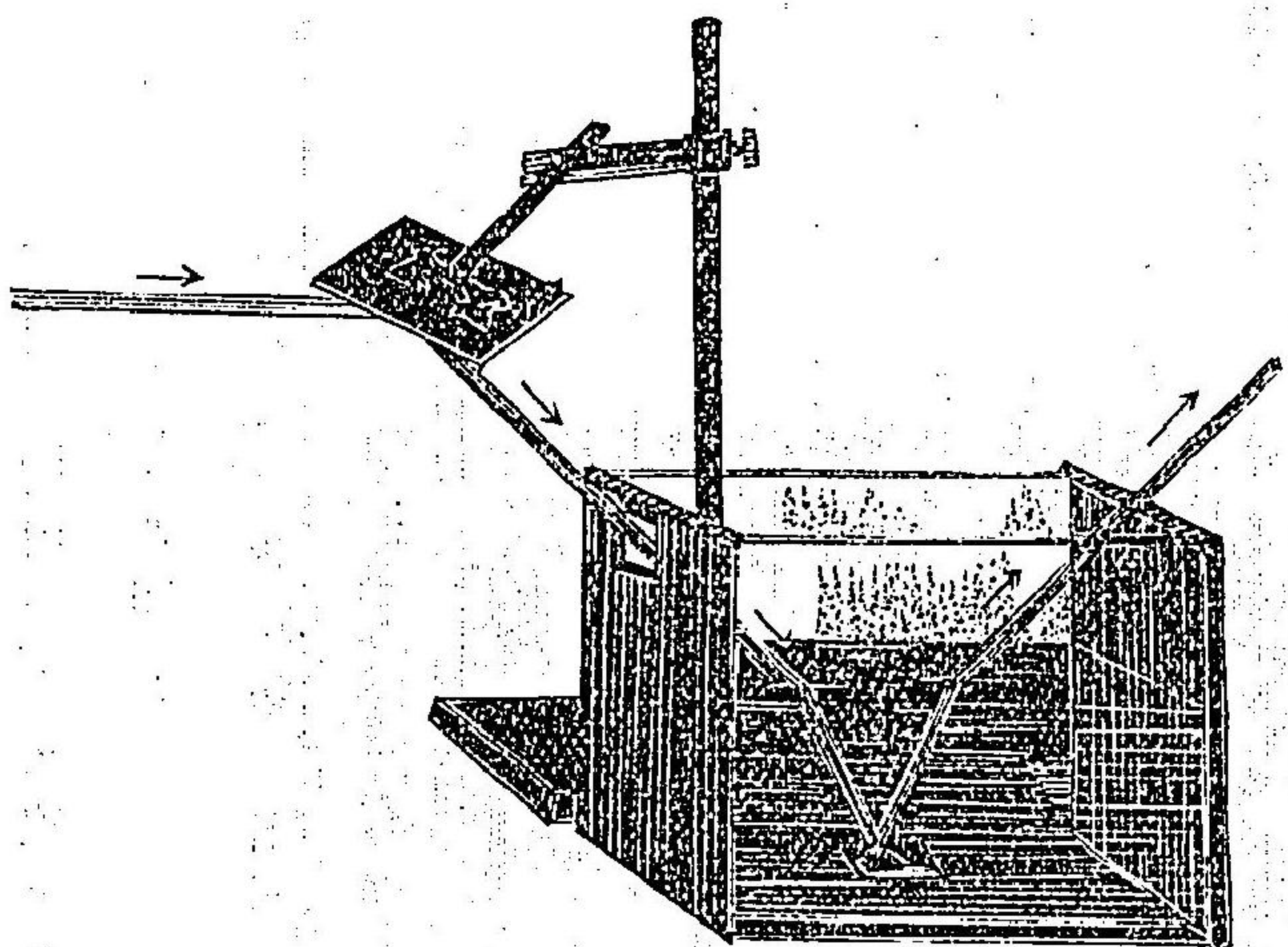
即ち鏡の長さは身長半にて足るを知るべし。鏡を傾くれば之より小なる鏡にても全身を映し得ること勿論なり。

一一九、薄明 吾人は太陽の地平線上に表はれざる前已に多少其光を認め、日没後も亦暫く暗黒界に入らざるを知る。此現象を薄明といふ。これ或程度の密度を有する大氣層が太陽の光線を反射するによりて起るものにして、其繼續時間は所により又時により異なるれども、一般に高緯度に進むに従て長く、緯度四十度附近に於ては通常一時間半より二時間に達す。

第三章 光の屈折

實驗

圖十四第



一二〇、屈折 光が一つの媒質中を進行して他の媒質に入らんとする時は其境界面に於て一部分は反射し、一部分は他の媒質中に入ります。而して其方向は境界面に於て急に變化するを常とす。此現象を光の屈折といふ。

光が反射及屈折をなす状況を見んとせば、第四十圖の如く、兩側ガラスにて作りたる水鉢に水を入れ、暗室内に導き入れたる光を平面鏡に受けて反射せしめ、水鉢の側面にある小孔より光を水面に投せしむれば、空氣より水

に入る時屈折し、器底に當りて反射し、水より空氣に出づる時又屈折する状況を見るを得べし。此實驗に於て水を少しく濁し、空中には煙を吹き置く時は一層明瞭に光の進路を認め得べし。

第四十一圖に於て光線 $IO$ の方向より來り、 $OR$ の方向に屈折する時、 $O$ に於て境界面に法線 $NON'$ を立つれば、

$IO$ を投射光線

$O$ を投射點

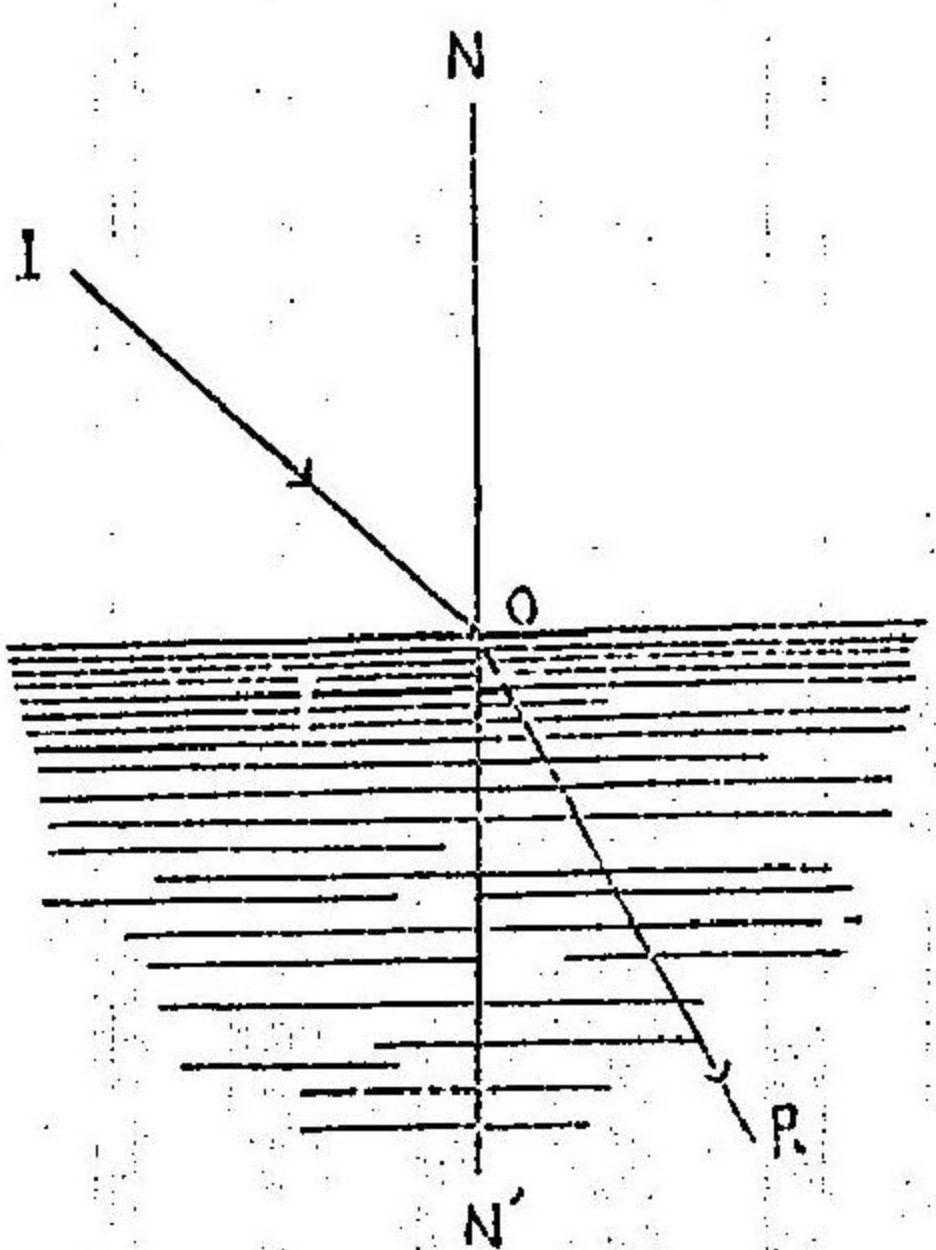
$OR$ を屈折光線

$\angle ION$ を投射角

$\angle NOR$ を屈折角

といふ而して此等の間には實驗上次の關係あり。

圖一十四第



則屈折の法

一、投射光線と屈折光線とは投射點に於ける境界面への法線と同一平面内にあり、且法線に對して互に反對の側にあり。



屈折率

二、投射角の正弦と屈折角の正弦との比は投射角の大小に關せず常に一定なり、之を屈折の法則といふ。

右の第二法則(之をスネルの法則といふ)に於ける投射角の正弦と屈折角の正弦との比は、兩媒質の性質によりて定まる所の定數にして、此定數を屈折率と稱す。

真空中より或媒質に入る時の屈折率を其物質の絶対屈折率といふ。

光學的疎密

光が空氣中より水に入る時の屈折率は三分の四にして、空氣中よりガラスに入る時の屈折率は二分の三なり、此等の場合の如く、屈折率が一より大なる時は、屈折角は投射角より小にして、屈折光線は法線に近づく、かゝる場合に第二の媒質は第一の媒質よりも光學的に密なりといふ。之に反して、屈折率一より小なる時は、屈折角は投射角より大にして、屈折光線は法線より遠ざかる。かゝる場合には第二の媒質は第一の媒質よりも光學的に疎なりといふ。

或物質の光學的に云ふ疎密と、力學的に云ふ疎密とは事實上大抵一致すれども、稀には一致せざるものあり、例へばアルコールは水より力學的に密度小なれども、光學的には水より密度大なるが如し。

一二一、全反射

光學的に疎密の度を異にする二物質相接する時は、光は其境界面に於て一部は反射し、一部は屈折して第二の物質中に進入すること前述の如し、而して疎體より密體に入る時は屈折して法線に近づき、密體より疎體に出づる場合には屈折光は法線に遠ざかることも已に之を述べたり、前者に於ては反射屈折は

常に相伴ひて起り、別に新問題もなければ、

後の場合に於ては屈折角は常に投射角より

も大なるが故に、今投射角が漸次増大する時

は、屈折角も從て増大し、投射角が九十度に達

せざる前に屈折角は九十度に達すべし、即此

時屈折光線は境界面に沿うて走るべし、而し

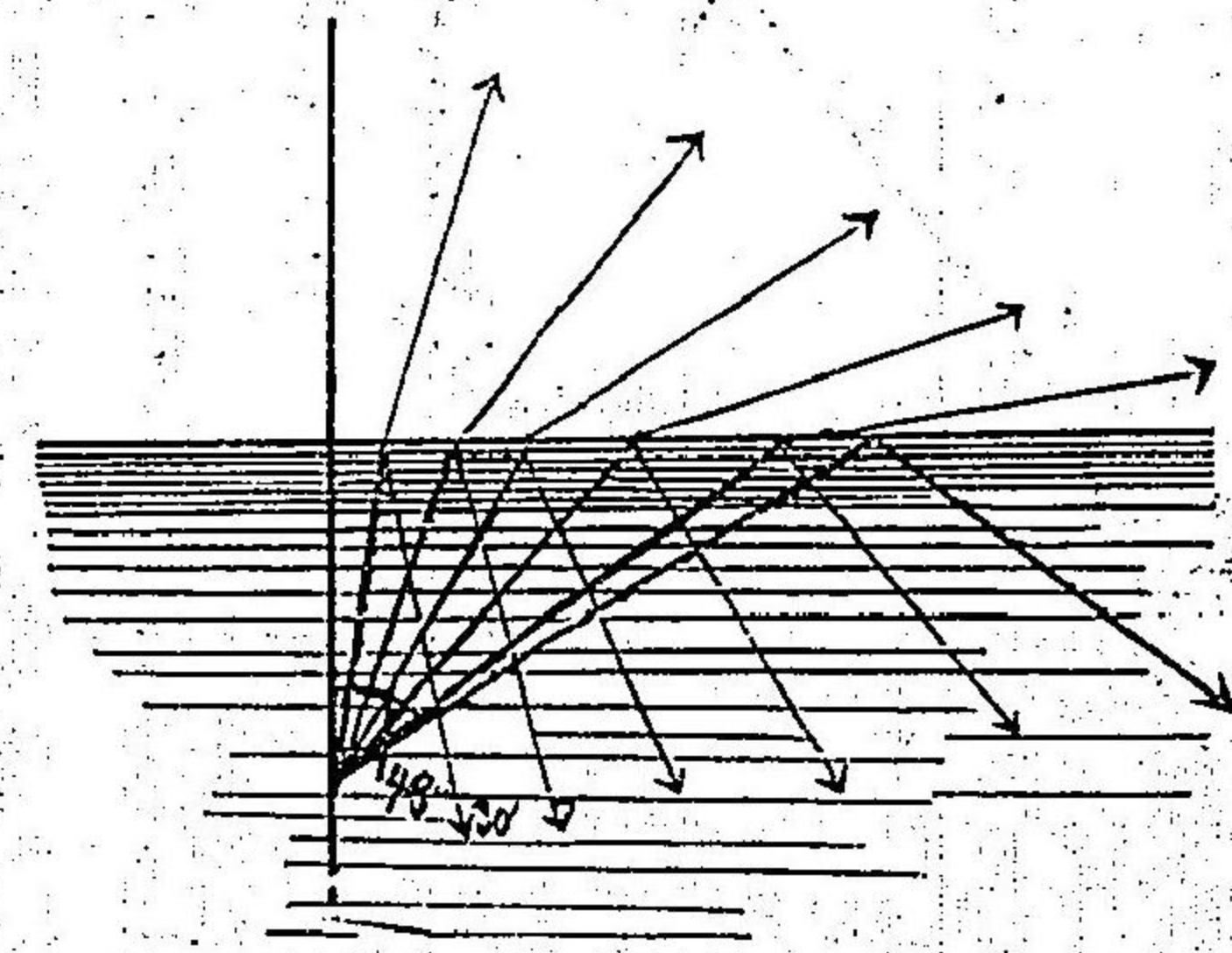
て投射角が尙少しく増大する時は屈折光線

は最早第二の物質中に進入すべき路なく、全

部反射せられて第一の物質中に復歸すべし、

此現象を全反射といひ、屈折角九十度となる

圖二十四第

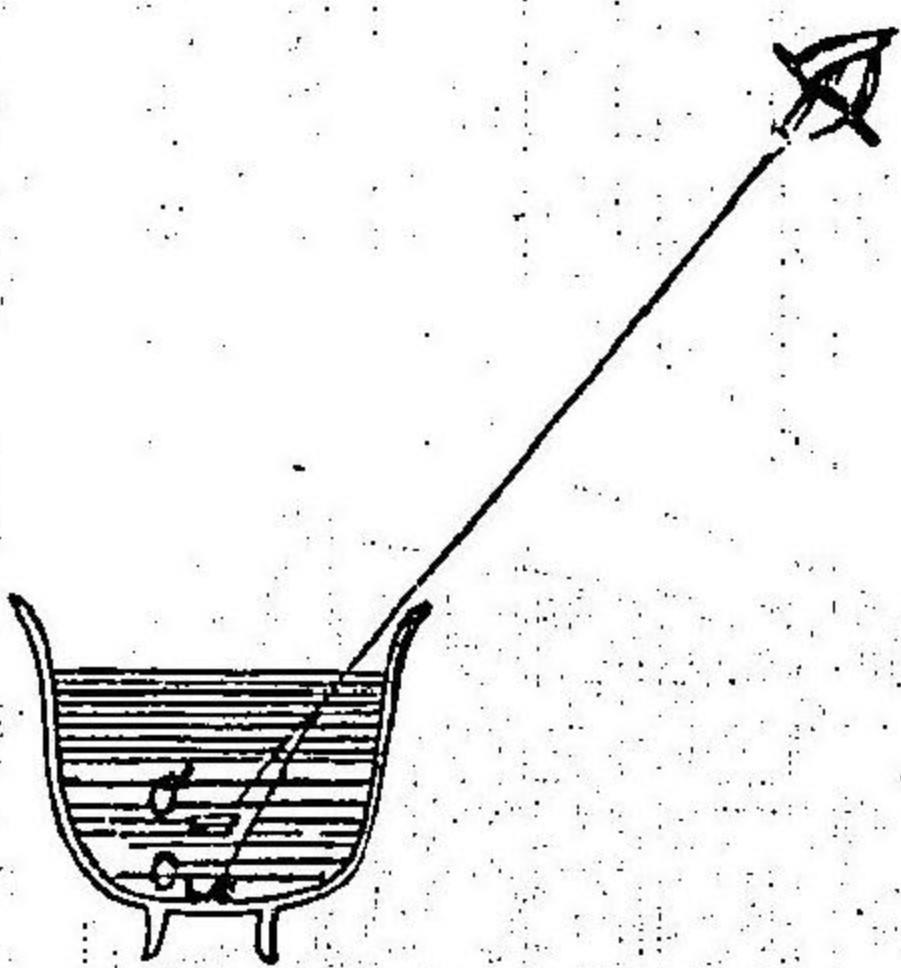


時の投射角を二物質間の臨界角といふ。水より空気に出づる場合に於ては臨界角は四十八度半なり。故に投射角四十八度半以上なる時は投射光線の全部反射せられて屈折することなし(第四十二圖)

一三三、屈折に關する實驗 茶碗に銅貨を入れ、眼の位置を一定し、茶碗を漸次高く

上げて中の銅貨が丁度茶碗の縁に隠れて見えざる程度にし、次に茶碗に水を注がしむれば、銅貨は浮き出したる如く再び之を見るを得べし。これ銅貨より来る光は、水を注がざる前は直進して眼に入らざる程度にあれども、水を注ぐ時は水より空氣に出づる際急に其方向を變じ来るによる。空氣は水より疎なるが故に屈折光線は法線に遠ざかり、圖に示すが如き方向をとりて眼に入るが故にCにある銅貨はC'の如き位置にある如く見ゆべし。

圖三十四第



一三三、水底の浅く見ゆる理由 水中にある物體は凡て浮き上りたる如く實際より

眞上より見れば三分の四に

り浅く見ゆるものなること前の實驗にて知らるゝが如し。而して眞上より之を見れば見掛け上の深さは實際の深さの四分の三に見ゆ。今其理由を考ふるに、第四十四圖に於てSに物體ありとし、眞上より之を見下したりとす。SAを眞上に進みたる

光線とし、SA'を極めて之に近く進み來れる光線とす。SAは法線と一致するを以て水より空氣に出づる際屈折するとなけれども、SA'は此際屈折し法線に遠かりA'B'の如き方向に進むRA'を延長しSAと交る點をAとすれば

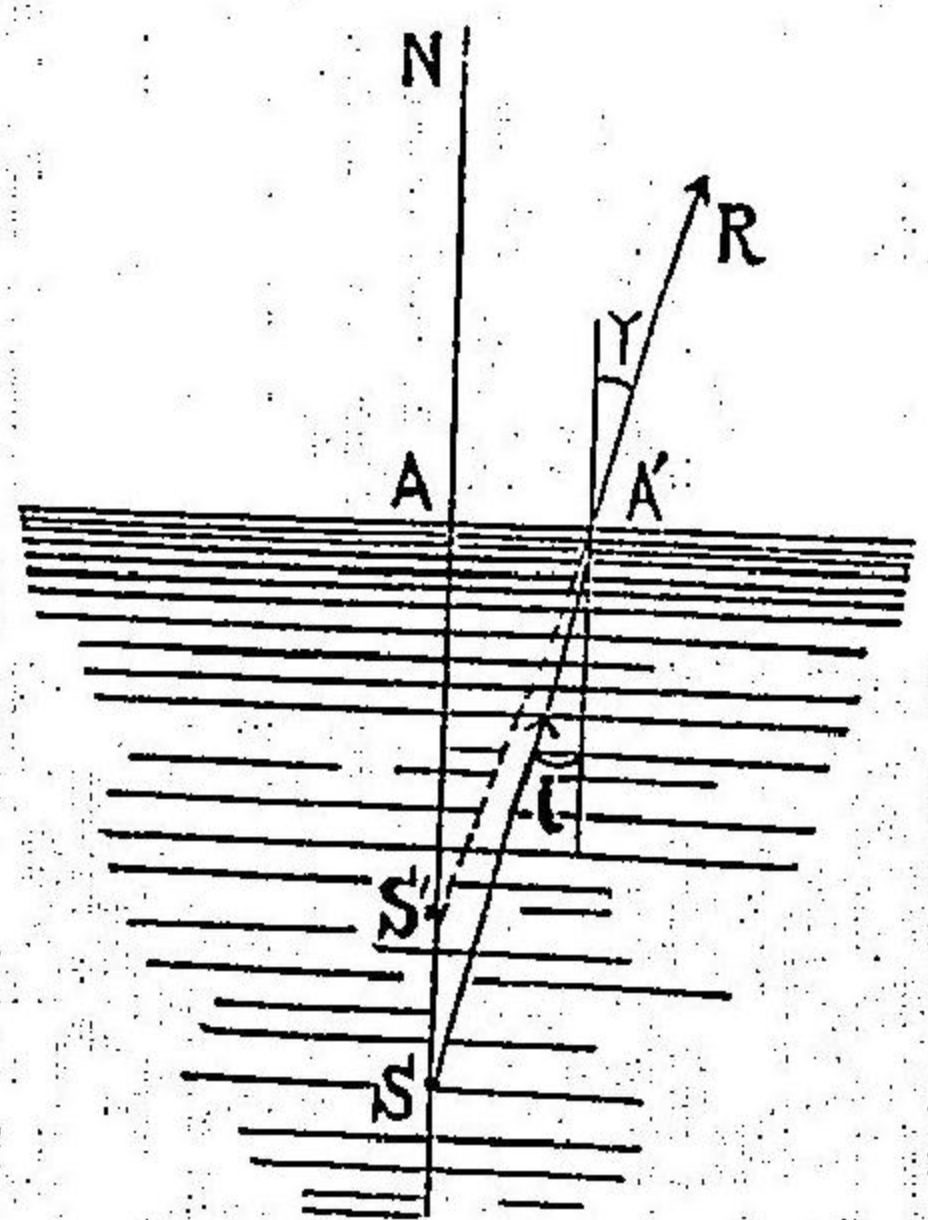
$$\text{投射角 } i = \angle ASA'$$

$$\text{屈折角 } r = \angle AS'A'$$

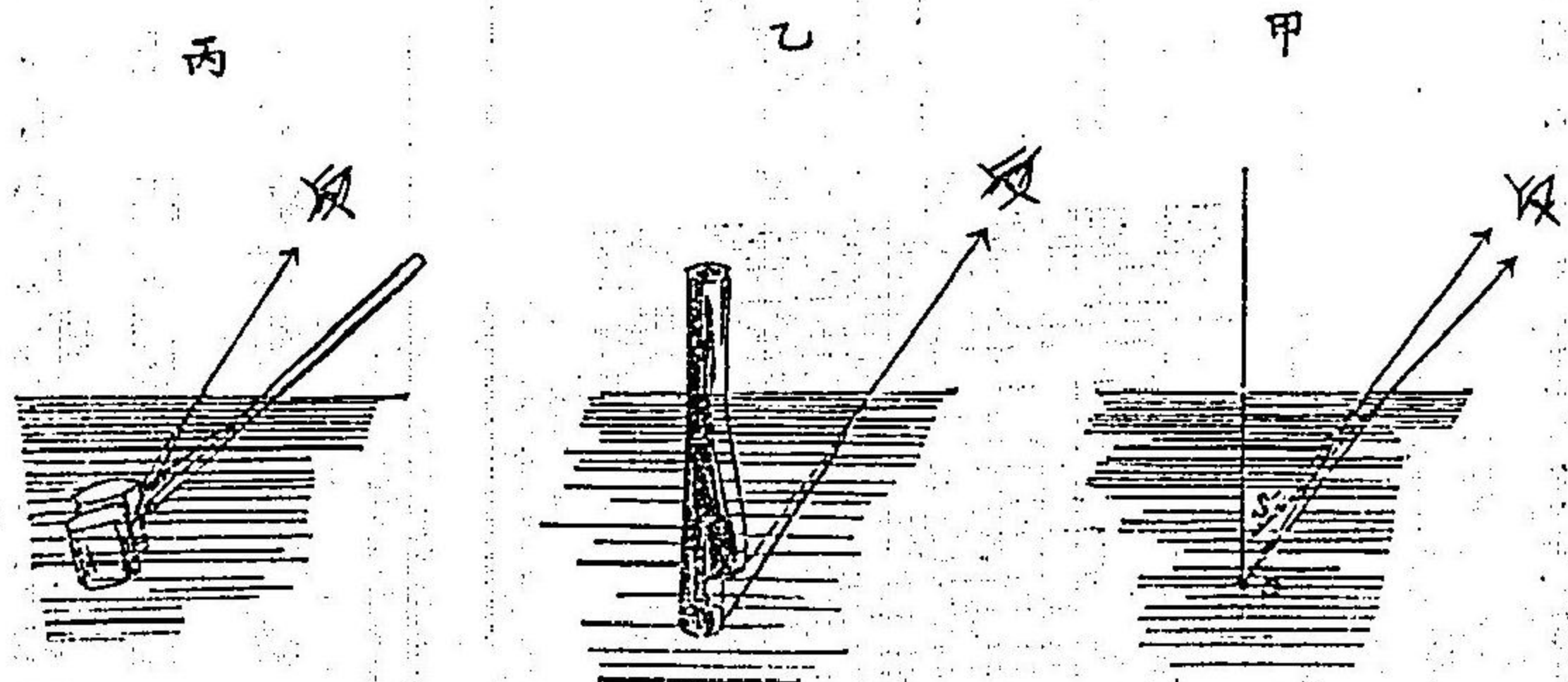
$$\begin{aligned} \text{屈折率} &= \frac{\text{角 } ASA' \text{ の正弦}}{\text{角 } AS'A' \text{ の正弦}} \\ &= \frac{AA' / SA'}{AA' / SA'} = \frac{SA'}{SA} \end{aligned}$$

然るにA'は極めてAに近く取りたるを以て

圖四十四第



圖五十四第



吾人の眼は光の經過せし全體の經路に關係なく、只光の眼に入り來りし方向に物體ありと感ずるが故に、此場合に物體をSにありと見ずしてS'にありと認む。即實際の四分の三の深さに見誤る。

以上は水中の物體を直上より見たる場合のことなれども、他の方向より見る時は第四十五圖甲に示すが如く、一層浮き上りて見ゆるのみならず、眼に近づきて見ゆるものなり。故に水中に立てる杭は乙圖の如

$$S'A' = S'A$$

$$S'A' = S'A \text{ と見るを得}$$

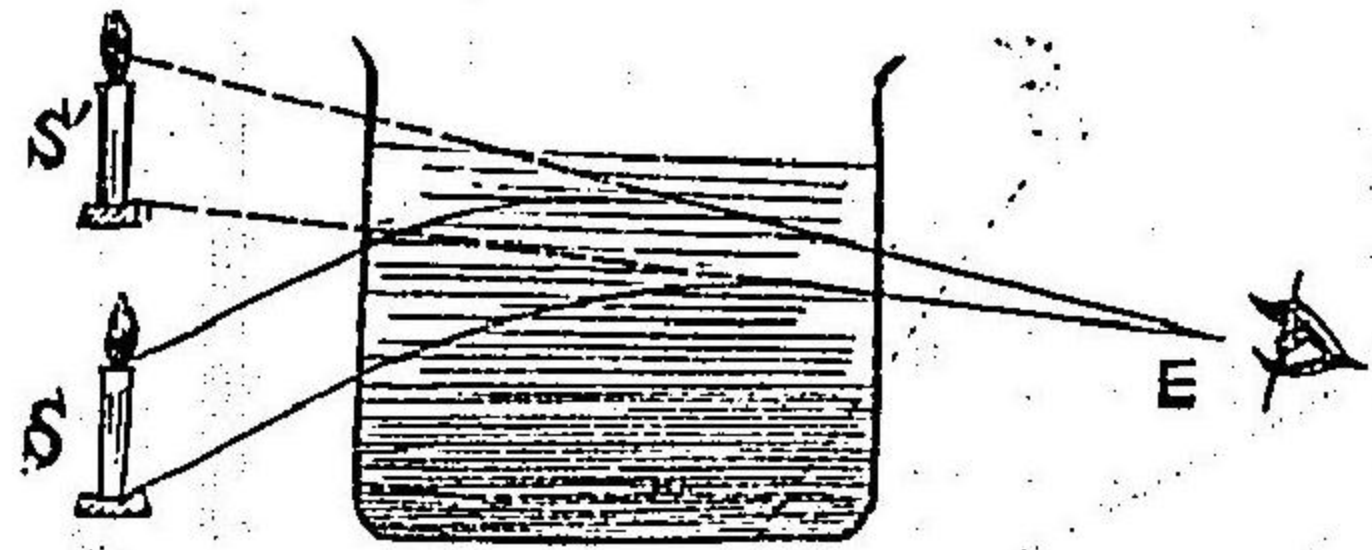
$$\text{從て 屈折率} = \frac{S'A'}{S'A} = \frac{S'A}{S'A} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore S'A = \frac{3}{4} S'A$$

柄杓の柄  
の曲りて  
見ゆる理

く、其足もと浮き上り、且つ前方に近づきて見え、手桶に入れたる柄杓の柄も同様、丙圖に示すが如く、曲りて見ゆるものなり。

圖六十四第



一二四、漸次屈折の實驗 ガラス製の水槽に半ば鹽水を盛り、其上に徐かに水を注加するときは、擴散によりて混交し、漸次上方に至るに従ひ稀薄なる鹽水を得べし。而して鹽分を含むこと多ければ漸次屈折率を増加するが故に、茲に得たる鹽水に於ては下方より上方に至るに従ひ漸次光學的に疎となる。今若しSの如き位置に發光體を置き、Eに於て之を見るときは、Sより發したる光は次第に屈折し、圖の如き曲線を書きて眼に入るが故に、發光體は恰もS'にあるが如く見ゆべし。

一二五、天體は實際よりも高く見ゆ 光が天體より發して吾人の眼に達するには、眞空中より上層稀薄なる空氣中に入り、漸次下層の濃密なる部分に向て進行す。故に直上より來る光は屈折することなしと雖も、斜に空氣中

に進入したる光は漸次垂線に近づきて屈折し吾人の眼に達するを以てSにある

天體はS'にあるが如く見ゆべし(第四十七圖)

かく天體は常に實際よりも幾分高く見ゆる

ものなるが故に、吾人は日出前日没後暫くは

太陽を認め得べく、一個年中晝の時間の總和

は夜の時間の總和よりも大なり。

一二六、**屢氣樓** 天氣靜穩なる日は、空氣は上

方に進むに従ひ規則正しく稀薄となり、殊に

海上に於ては氣層整然として相重なる。此場

合に於て上層の空氣が下層の空氣に比して

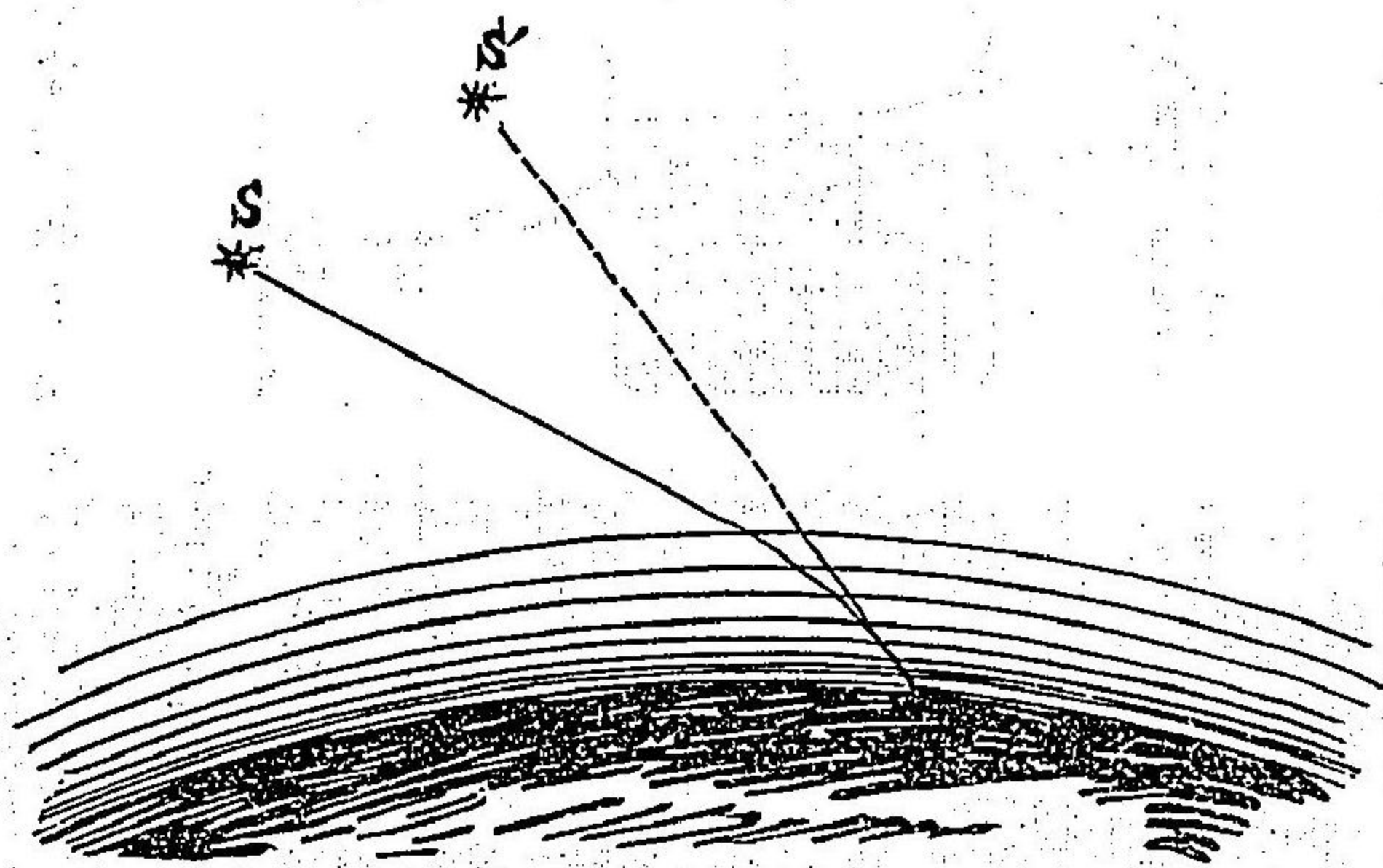
著しく稀薄なるときは、物體より出で斜上方

に向ひたる光は漸次屈折して垂線に遠かり、

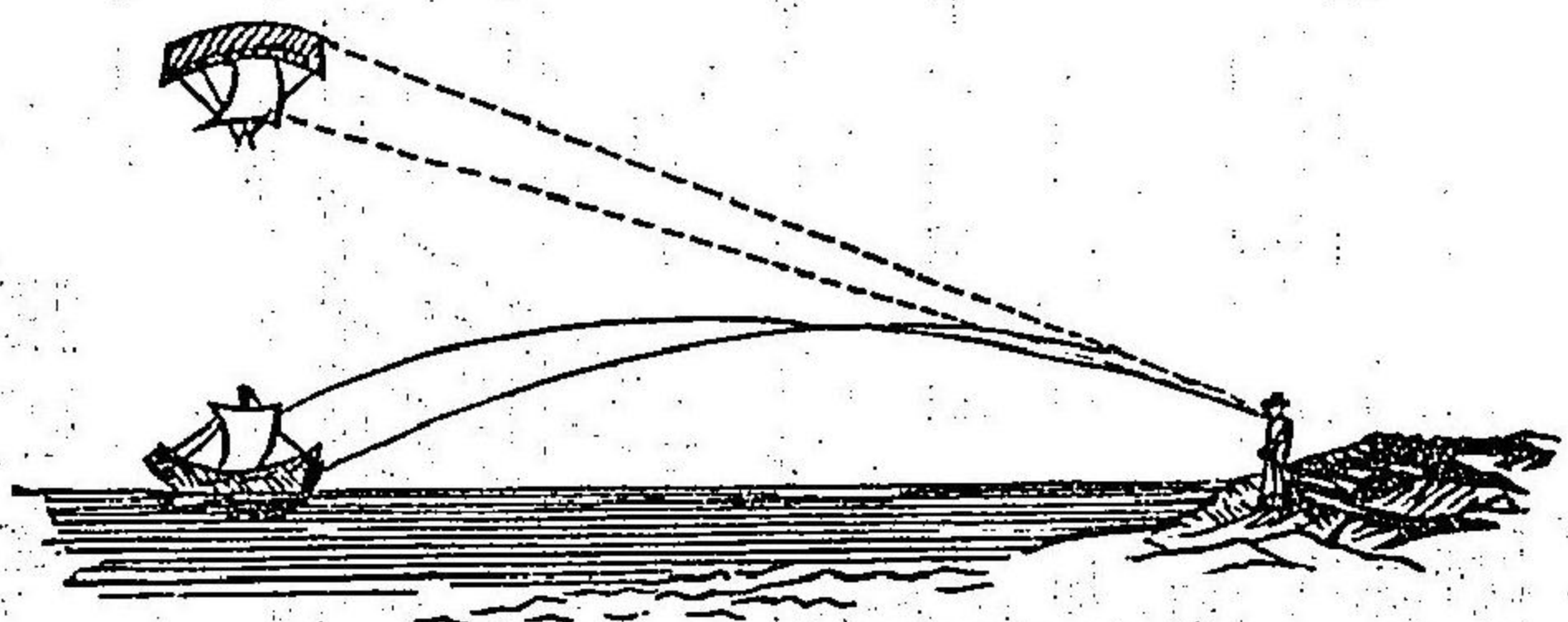
臨界角に達すれば遂に全反射をなして再び

下方に向ふこと第四十八圖に示したるが如

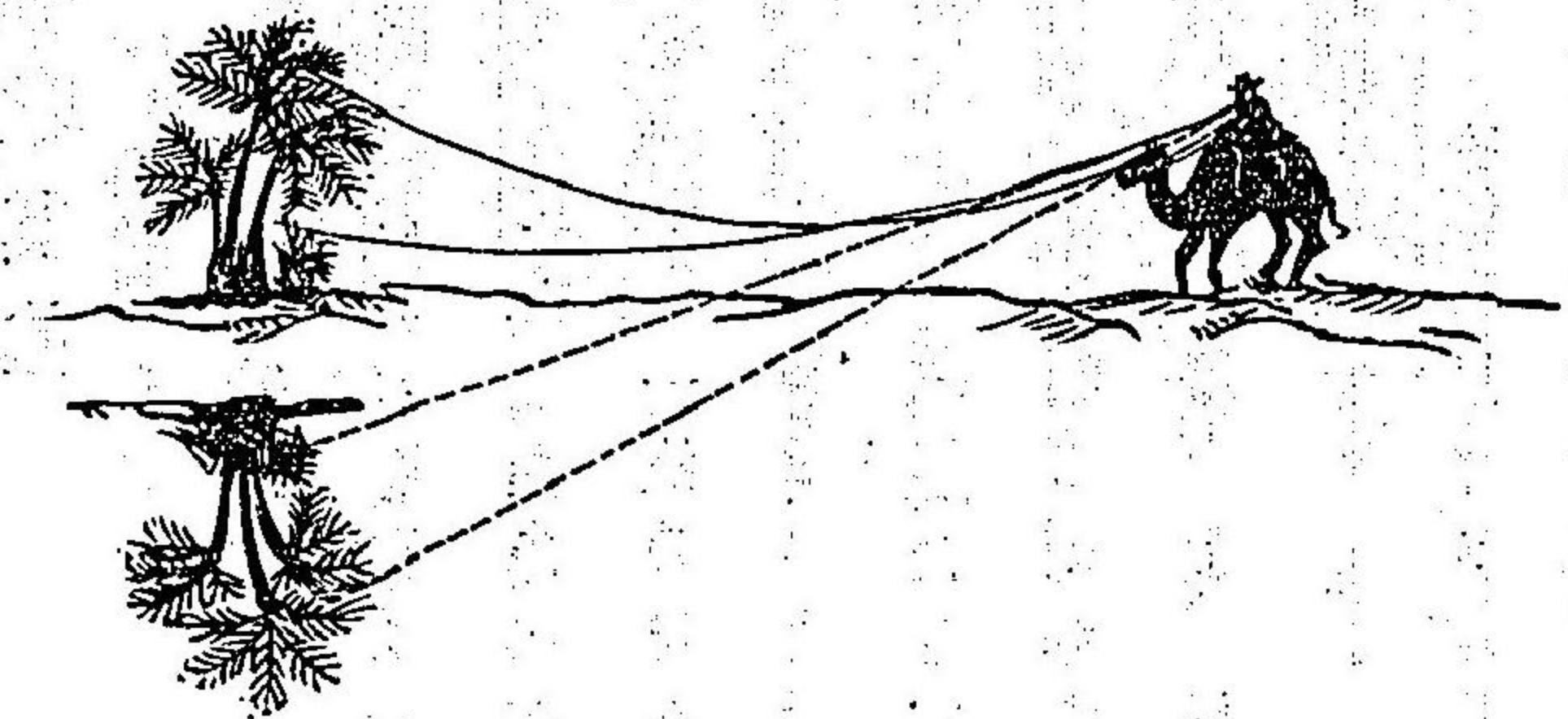
圖七十四第



圖八十四第



圖九十四第



し。故に吾人若し此光を眼に受くる時は物體の倒像を空中に認むべし。此現象を屢氣樓といふ。

又熱帶地方砂漠などの

土地に於ては、地面の熱せ

らるゝこと甚しく、ために

下層の空氣は熱を受けて

稀薄となり、通常の場合と

反對に上層に進むに従て

密となることあり。かゝる

場合に於ては、上方より斜

に下方に向て進みたる光

は、漸次屈折して遂に全反射をなし、再び上方に向て進行す。故に地上の樹木等は却

て地下に倒立するが如き奇觀を呈することあり(第四十九圖)

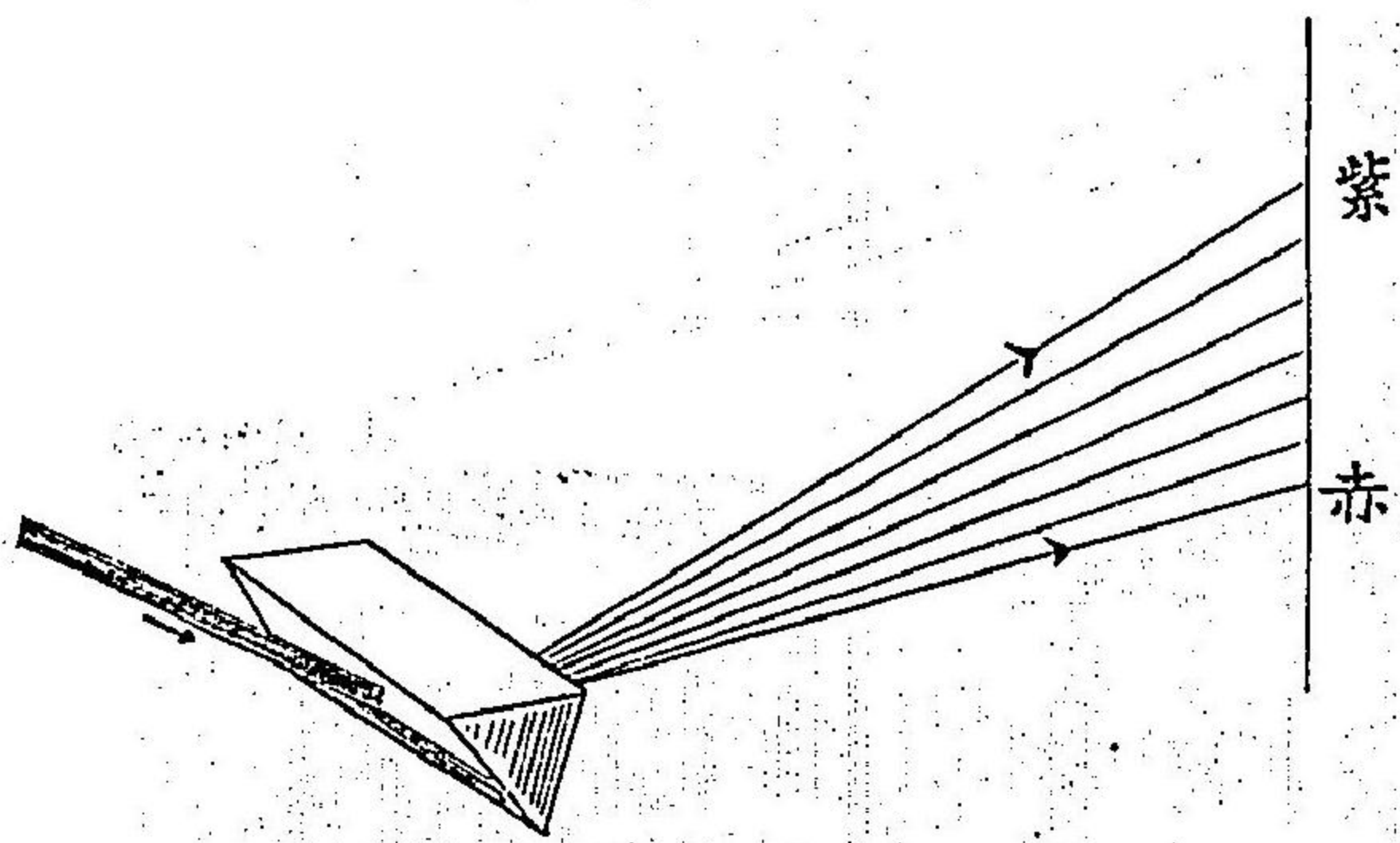
### 第四章 光の分散其他

一二七、光の分散 暗室の小孔より太陽光線を導き入れ、これをプリズム (Prism) に投せしめ、其通過したる光を白色の衝立に受くれば、美麗なる色彩を呈せる一條の帯を現出すべし。此色帯をスペクトラム (Spectrum) といふ。スペクトラムの色は漸次に變化し、判然たる區劃を有せざれども、其主なるものを順次に列擧すれば、

赤、橙、黄、綠、青、藍、紫の七色なり。

次に一旦プリズムを通過したる光を凸レンズに受けて之を一點に集むれば、再び原の白色光に

スペクトラム



第五十圖

復するを見るべし。

之に依つて見るに、太陽の光は一見白色なれども、其實前述の如き各種の色光の混合せるものにして、プリズムを通過せしむれば遂に分解して七色を呈するものなることを知る。此現象を光の分散といふ。

一つの圓板を取り、前に擧げたる七色の繪具を以て略々スペクトラム中にある位の割合に染め分け、之を速かに廻轉する時は白色を呈することを見るべし。これをニュートンの七色板といふ。

波動説に従へば、光はエーテルの波動にして、此波動が眼の網膜に到達する時光の感覺を起すものなり。而して波長の長短によりて色の區別を生ずること、恰も音波が振動數の多少、從て波長の短長によりて音の高低を生ずるが如く、振幅の大小によりて光に強弱の差を起すこと、恰も音波が振幅の大小によりて音の強弱を起すが如し。太陽の輻射線は長短種々の波長のものより成り立ち、其中吾人が光として感ずることを得るものは、其波長〇〇〇八一ミリメートルより〇〇〇〇三三ミリメートル迄の波動に過ぎず。これより波長の長きものは熱として表はれ、波長

波動説による色の説明

七色板

の短きものは化學線として其作用を現はすものなり。今太陽光線のスペクトラムに於て、各黒線の位置に於ける波長及水に對する屈折率を擧ぐれば次の如し。

黒線色	波長	屈折率
A 赤	0.0007600 $\mu$ E	1.3293
B 赤	0.0006867 $\mu$ E	1.3309
C 赤橙	0.0006563 $\mu$ E	1.3317
D 黄	0.0005893 $\mu$ E	1.3335
E 綠青	0.0005270 $\mu$ E	1.3358
F 青	0.0004861 $\mu$ E	1.3377
G 靑	0.0004308 $\mu$ E	1.3412
H 紫	0.0003969 $\mu$ E	1.3441

分散の理由

右の表にて見るが如く、波長の長短によりて屈折率を異にするを以て、此等雜多の波長を有するものより成れる太陽光線をしてプリズムを通過せしむれば、各色それぞれ固有の屈折率にて屈折するが故に、白色光は分散せられ、各部其波長に従ひ

種々の色彩を呈するに至るものなり。

一 二八餘色 太陽の白光中或色を除去する時は其残りの部分は又他の色を表はすべし。而して此二つの色を加ふれば又原の白色を呈すべし。かくの如く二色合して白色となるものを互に他の餘色なりといふ。例へば、太陽光線中より青色を除けば其残りは橙色を呈し、赤色を除けば帶綠青色を呈す。此等二つづゝを混合すれば又もとの白色を得べく、青色と橙色、赤色と帶綠青色とは互に他の餘色なるが如し。其他黄色と藍色、帶黄緑と紫も互に餘色をなす。

一 二九物體の色 光線が或物體に投射する時は、其一部分は直ちに表面に於て反射せられ、一部は物體中に進入す。物體中に進入したる光線は、物體に吸収せらるゝものあり、組織中にて反射せらるゝものあり、或は透過せらるゝものあり。此等種々の經歷を経たる光が吾人の眼に入りて様々の色の感覺を起す。今各種の場合に就きて順次之を述べべし。

一、光澤 太陽光線が或物體に投する時、其表面に於て必ず多少反射せらるゝものなり。而して此表面反射は各色同様の割合にて反射せらるゝものにして、(金屬は

光澤強き  
時は凡て  
白色に見  
ゆ

金屬光澤

不透明體  
の色

例外なり。従て反射光を眼に受くれば白色の感を起す。滑らかなる物體は表面反射の量多く、粗糙なる物體は表面反射の量少し。前者は光澤強きものにして後者は光澤弱きものなり。又前にも述べたるが如く同一の面に於ても投射角大なる時は反射する量多きが故に、斜に光を受くる場合には光澤を増すを常とす。光澤は表面反射に起因し、表面にて反射せらるゝ光の中には各色一様に含まるゝを以て、如何なる物體に於ても同様に、光澤強き時は必ず白色を呈す。

金屬は或特種の色に限りて強く表面反射をなす性質あるを以て、其光澤は自然他の物と異なり、所謂金屬光澤をなす。

二、反射光の色によるもの 吾人が或物體を見る時は、通常其反射光を受くるものなり。物體中に進入したる光線中の特種の色は其物體中に吸収せられ、残りの色は組織中に於て反射せられ、吾人の眼に達す。此反射光が黄色ならば物體は黄色に見え、赤色なる時は眼に赤色の感を與ふ。此等の色は皆物體中に吸収せられたる色の殘物なるを以て、吸収せられたる色と反射光の色とは常に餘色をなすものなり。

三、透過光の色によるもの 赤ガラスを通過したる光を受くる時赤色の感覺を

透明體の  
色

起すは言ふまでもなし。此場合に於ては太陽光線中赤以外の色は凡て物體中に吸収せられたるものなり。又少しも組織中に吸収することなく、凡ての色を透過する物體は無色透明なり。かくの如く透明體は其透過する光の色によりて物體の色を生ずるものにして、其體中に進入せる光線は大部分吸収或は透過せられ、反射すること極めて少きが故に、光の投ずる方向より透明體を見れば、其物體の色の如何に拘はらず常に暗黒なり。

四、白色及黒色 凡ての色光を一樣に吸収し、一樣に反射するものは、反射量多ければ白色に見え、吸収する量多ければ黒色に見ゆ。白と黒とは只程度の問題にして、白色の物體も弱き光を當つれば灰色となり、更に光を弱むれば暗黒となるべし。白き障子が夕暮れに灰色を呈し、漸次濃くなりて遂に暗黒に移るは日常實見する所なり。

白色の物は何れの色をも一樣に反射するが故に、之に黄色の色を當つれば黄色を呈し、赤色の光にて照せば赤色に見ゆるが如く、凡て其投射する光と同色を呈すべし。ランプの光にて白紙を見ると、黄色を帯ぶるは、ランプの光が黄色に富むを

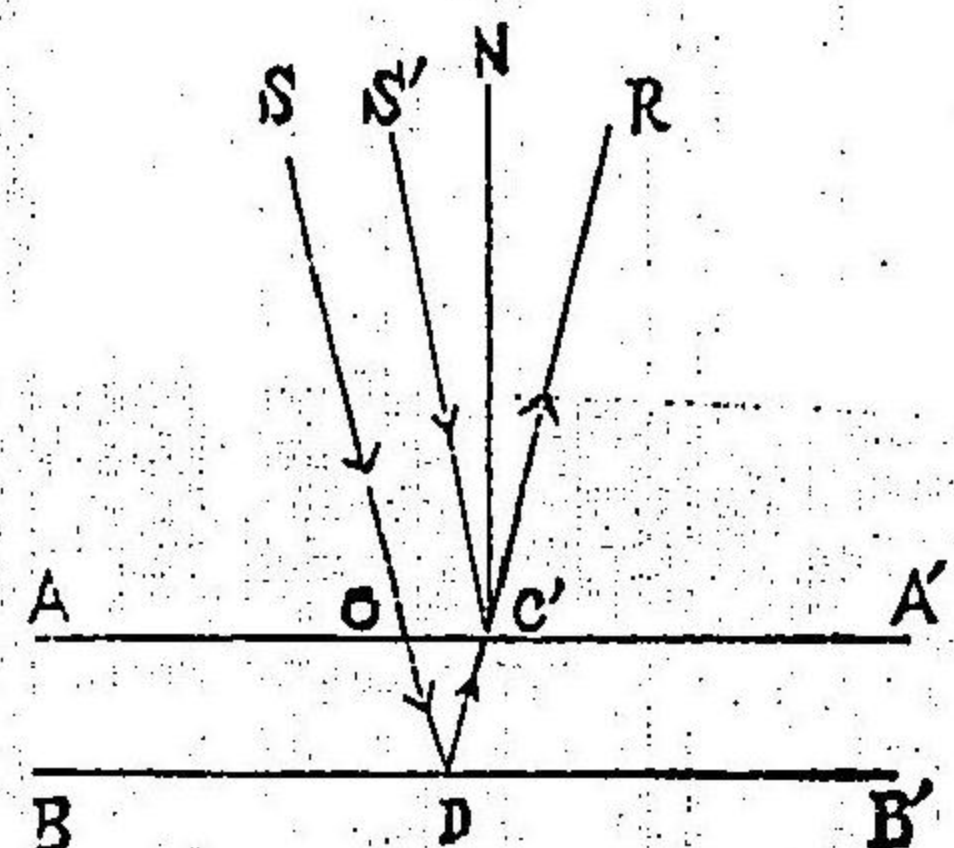
以てなり。之に反し、或特種の色を有する物體は其色のみを反射して他の色を吸収する性あるを以て、若し其物體の反射し得べき色光を缺ける光を以て之を照せば、暗黒色を呈すべし。例へば紅をナトリウム (Sodium) 焰にて照せば黒色に見ゆるが如し。

五、粉末の色 無色透明のガラスも之を細かに碎く時は白色不透明の粉末となるべし。これ粉末に於ては其各細粒の表面に於て一様に各色光を反射するが故に、反射光によりて白色を呈するものなり。粉末は細かくなるに従て反射面を増すが故に、益々此傾向を助長し、漸次明瞭に白色を表はすべし。有色の物體を碎きて粉末となす時は、其細粒の表面に於て白光を反射するが故に其色は漸次に薄らぐべし。

一三〇、水面に油を滴らす時キラの浮ぶ理由 無色透明なる水面に同じく殆ど無色透明なる一滴の油を滴らす時、油は水面全體に擴がり種々美麗なる色彩を呈するを見るべし。此油の薄膜が呈する美色は抑も何に由つて起るか。

今之を説明せんため一つの單色平行光線が薄膜の面に投じたりとせん。第五十一圖に於てAA', BB'を薄膜の兩面とし、SS', CC'なる單色平行光線が之に投じたりと

第五十一圖



す。此等の一部は直ちにAA'面に於て反射せられ、一部は膜中に進入しBB'面に當りて反射し、再びもとの媒質中に復歸す。今SS'の方向に進みたる光線の一部が膜中に進入しDD'に於て反射せられ、CC'の方向に出でたりとすれば、∠NCRは∠NCS'に等し。CC'の如く進み來る光線の一部は直にC'に於て反射せらる。而して其反射光線の方向はC'Rと一致すること明なり。然るに直接反射せるものと膜中を通過せるものとはCD + DC'だけ経路の差を生ず。此経路の差と光の波長との關係により、或は兩者互に助け合ひ、或は互に消し合ふことあるべし。前の場合には明に其光を認め得べく、消し合ふときは全く其光を認めざるか、或は極めて弱き光を感じるに過ぎざるべし。此現象を光波の干渉といふ。

今單色光の代りに太陽の光を以てすれば、七色の中或長さの波長を有するものだけが丁度消し合ひ、他の色は消えざる如きことあるべし。此時は白光の中其一色を缺きたる他の色を呈すべし。膜の厚さ一様なるも光の投射する方向によりて經



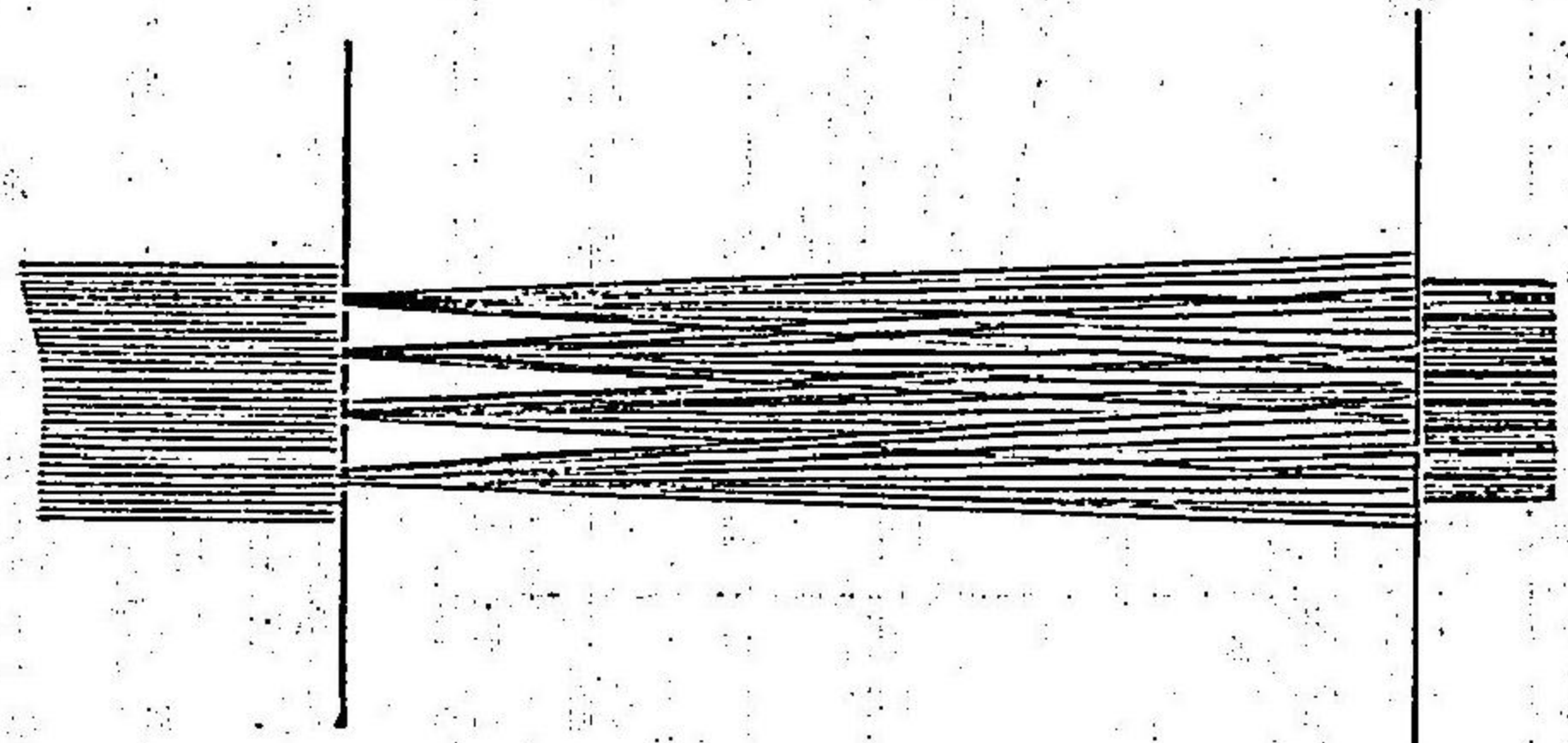
路の差は異なるが故に、現はるゝ色も自ら異なるべく、膜の厚さ一様ならざる時は、部分によりて其表現する色を異にすべし。

油のキラ

石鹼球

光の廻折

第五十二圖



油の場合に於ては其各部の厚さ不同なるが故に、部分によりて様々の色彩を呈す。石鹼球を吹く時薄くなれば様々の美麗なる色を呈し、吹くに從て色の變化する理由も又これに外ならず。  
一三一、羽毛を透して太陽を望む時の美觀 此現象は光の廻折及干渉によりて起る。  
光の廻折とは光が直進せずして少しく其陰影中に入り込む現象を云ふ。今單色光をして細隙を通過せしむれば、第五十二圖に示すが如く、廻折すると同時に光波の干渉を起し、之を衝立に受くれば明暗の縞を生ず。若し單色光の代りに太陽光線を通過せしむれば、美麗なる色彩を有する縞を生

クレート  
イング

すべし。羽毛を透して太陽を望む時の美觀は此理によるものにして、羽毛の細隙を通過したる光は廻折干渉を起し、太陽光線を分解して美麗なる色彩を現出するものなり。木葉の細隙より洩るゝ光を見るも同様の現象を呈すべし。

此現象は光の波動説に對する有力なる證據となるものにして、此理を應用して作れるクレートイング (Creteing) と稱するものは、ガラスの如き無色透明の小板の面に微細なる平行線を引きて格子の如きものとなし、明瞭なるスペクトラムを得るに用ひらるゝものにして、光の波長等を測定する場合に缺くべからざる要具なり。

一三二、天空の色 天空の青色を呈する理に就ては種々の學說あり、或學者は空氣中にオゾンの存するがためとし、或は酸素を液化せしむる時薄青色を呈するより空氣中の氣體酸素も極めて深厚なる時は青色を呈するものなりといふものあり。然れども此等は未だ以て天空の青色を説明するに充分ならず。ニュートン (Newton)、ストークス (Stokes)、レイレイ (Rayleigh) の諸氏は、天空の青色は大氣中に浮遊する微小なる塵埃の作用なりとせり。

大氣中には常に無数の塵埃を浮遊せしめ、上方に至るに従ひ漸次微細なる顯微

選擇的擴散

天の色

鏡的のものとなる。太陽光線が此等微細なる塵埃に當り、其微分子の大きさが光の波長に匹敵する位の小なるものなる時は、茲に廻折の作用を起す。而して青藍等波長の短かきものは廻折せらるゝこと多く、黄・紅等の長き波長のものは廻折せらるゝこと少し。故に廻折せられたる光は各色に別るゝと同時に種々の方向に撒き散る。此現象を選擇的擴散といひ、天空の色を説明する有力なる材料なり。

太陽光線は大氣中を通過するに當り、塵埃によりて選擇的擴散をなさるゝの結果、波長短き青藍等の光線は横の方に屈げられ、波長長き紅黄等の光線は殆ど屈げられずしてもとの方向に進む。故に太陽の方向に向ひて之より直接に來る光を受くる時は割合黄紅色に富める光を感じ、横の方に廻折せられたる光を受くる時は青藍色を感すべし。これ天空の青色蒼々たる所以にして、太陽の近邊を望めば、黄白色を呈するは、主として其直接に來る光を望むを以てなり。

塵埃少しく粗大なる時は波長長き紅黄等の光をも廻折し、且つ白光を多く反射するを以て青色は幾分薄らぐべし。地平線附近の空の色が上天よりも青色薄きは、大氣の下層粗大なる塵埃多き部分より來る光を受くるを以て、白色光を加ふるこ

水の色

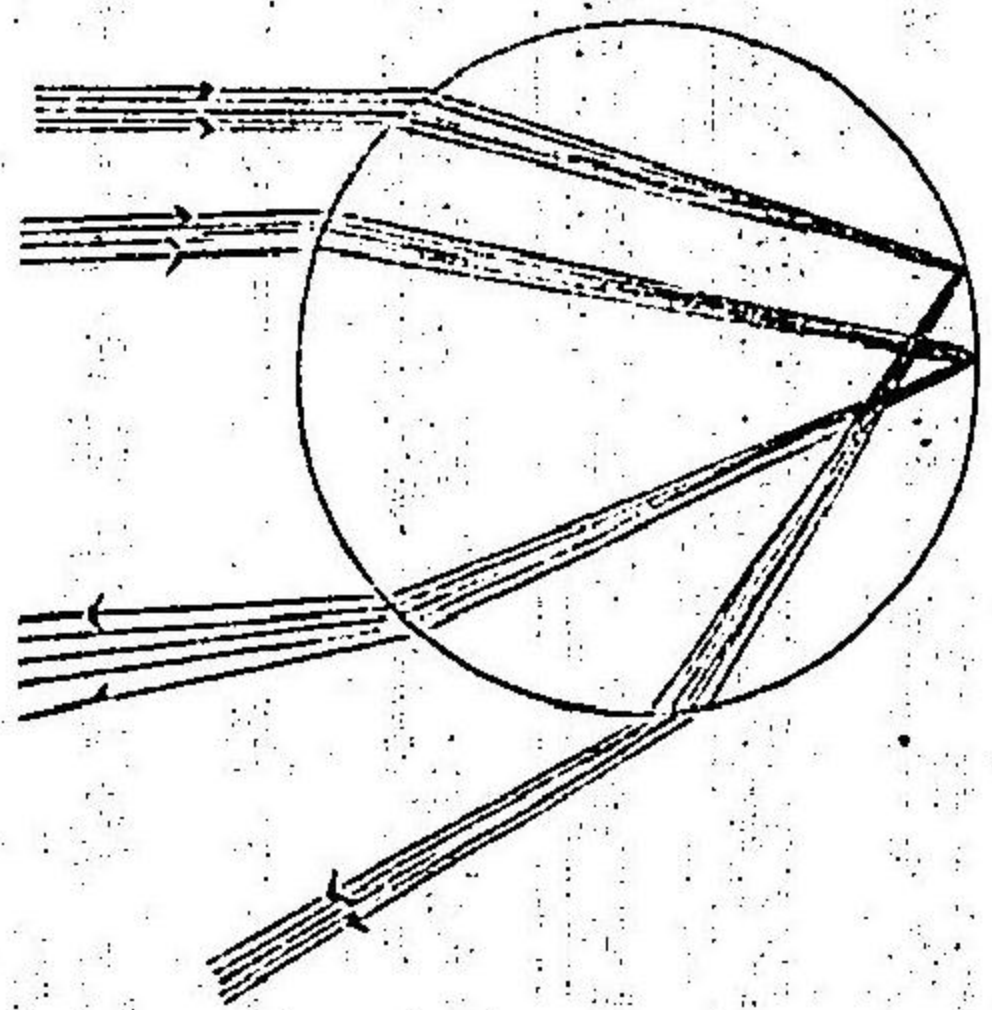
と多きによる。

水の青色に見ゆるは一部天空の青色を反映する結果なるべしと雖も、其主なる原因は天空の色と同様、其中に浮游する微小なる塵埃の作用に外ならず。

一三三、朝焼け夕焼け 太陽東海の面に表はれんとする時、東天に黄紅の美麗なる色彩を呈す。之を朝焼けといふ。太陽西山に没せんとする時亦同様の現象あり。之を夕焼けと稱す。

此等の現象も塵埃の選擇的擴散を爲す結果に外ならず、太陽地平線附近にある時は、其光線が吾人に達するに大氣中を通過すること最も長く、從て其間に波長短き青藍等の光が強く廻折せられて横の方に擴散せらるゝこと最も多く、光の來る方向に向て之を見れば、紅黄等の光が主として吾人の眼に達するを以て、太陽の附近紅黄色を呈するものなり。即ち此場合に於ては、天空の青色を感ずる場合と反對に、廻折せられずして進み來る光を受くることゝなる。地平線附近にありては大氣層を通過すること最長きを以て紅色強く、漸次上方に至るに従ひ黄色を帯び、其色も次第に薄らぐを見る。

一三四水滴の美麗なる色を呈する理由 草木の葉に宿れる無数の露滴が太陽の光線を受けて、種々光輝ある美麗なる色を呈することは、讀者の屢々實見せられし所なるべし、こは水滴が之に當れる光を分散して吾人の眼に送り來るによる。



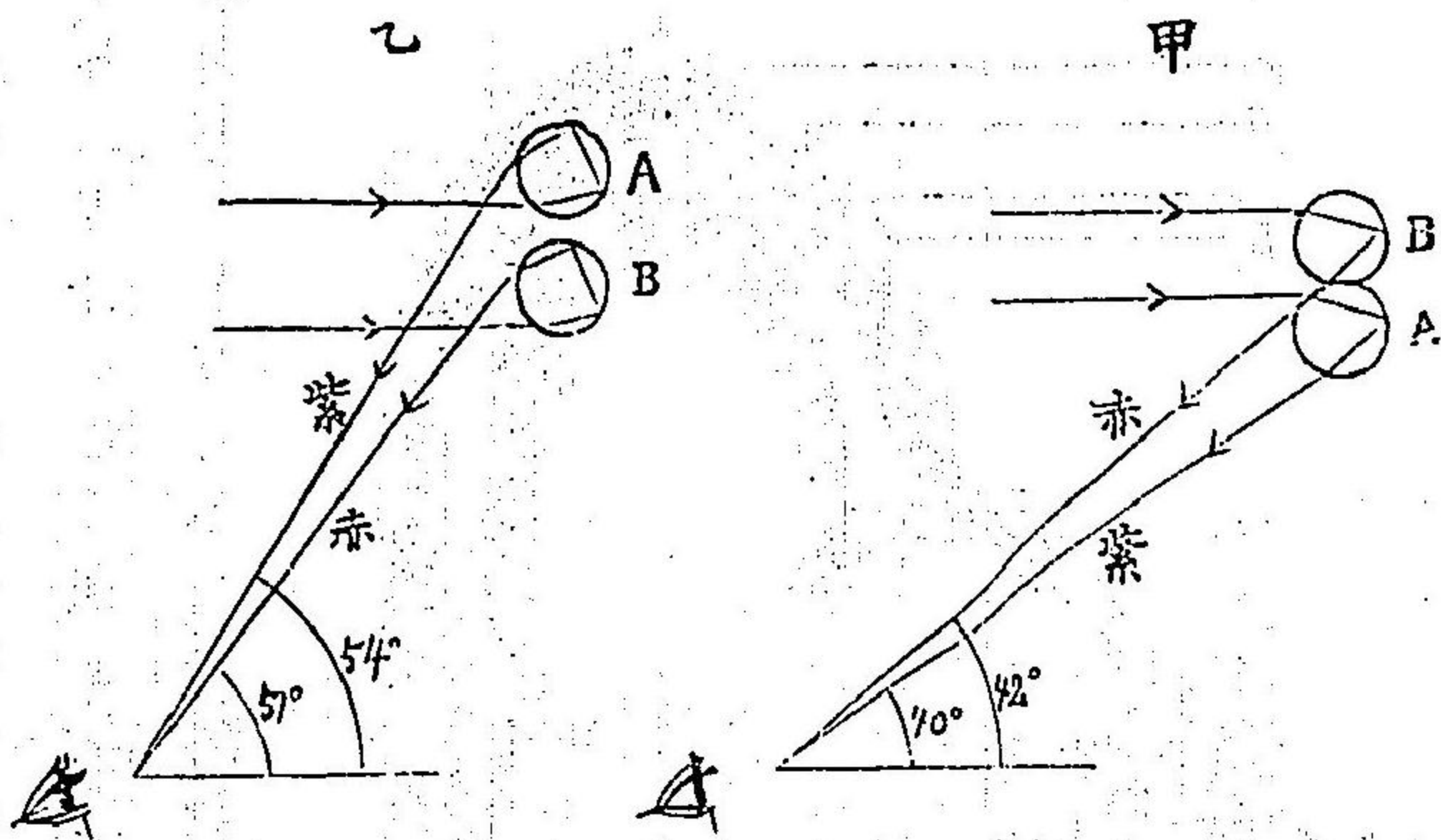
圖三十五第

今太陽光線水滴に投射する時其一部は直ちに表面にて反射せらるゝも大部分は水滴中に進入す。水滴中に進入したる光線が、水滴の内面に於て反射せられ、再び空氣中に出づる時白光は分散せられ且つ通常は發散せらるゝものなれども、或點に投射せられたる光線は、再び空氣中に出づる時略ぼ平行光線となることあり、發散せらるゝ場合に於ては、其光力は長距離を進むに從て微弱となり、れども、平行光線となる時は容易に其光力を減少することなし、故に若し眼に此平行光線を受くれば、水滴は著しく輝けるが如く、感すべし(第五十三圖) 各種の色光各屈折率を異にするが故に右の屈折後平行して出づる光線が投射

一回反射  
せるもの

二回反射  
せるもの

圖四十五第



光線となす角も色光によりて異なり、第五十四圖甲に示すが如く、光が二回の屈折一回の反射を経たるものにおいて、赤色最も大にして約四十二度、紫色最小にして約四十度なり、故に太陽光線と四十二度の角をなす方向にある水滴は、吾人に強き赤色光を送り、四十四度の角をなす方向にある水滴は、強き紫色光を送るべし、かく水滴の方向如何により、吾人は各種の色光の平行射出光線を受くるを以て、水滴は様々の色彩を呈して輝けるを見るなり。

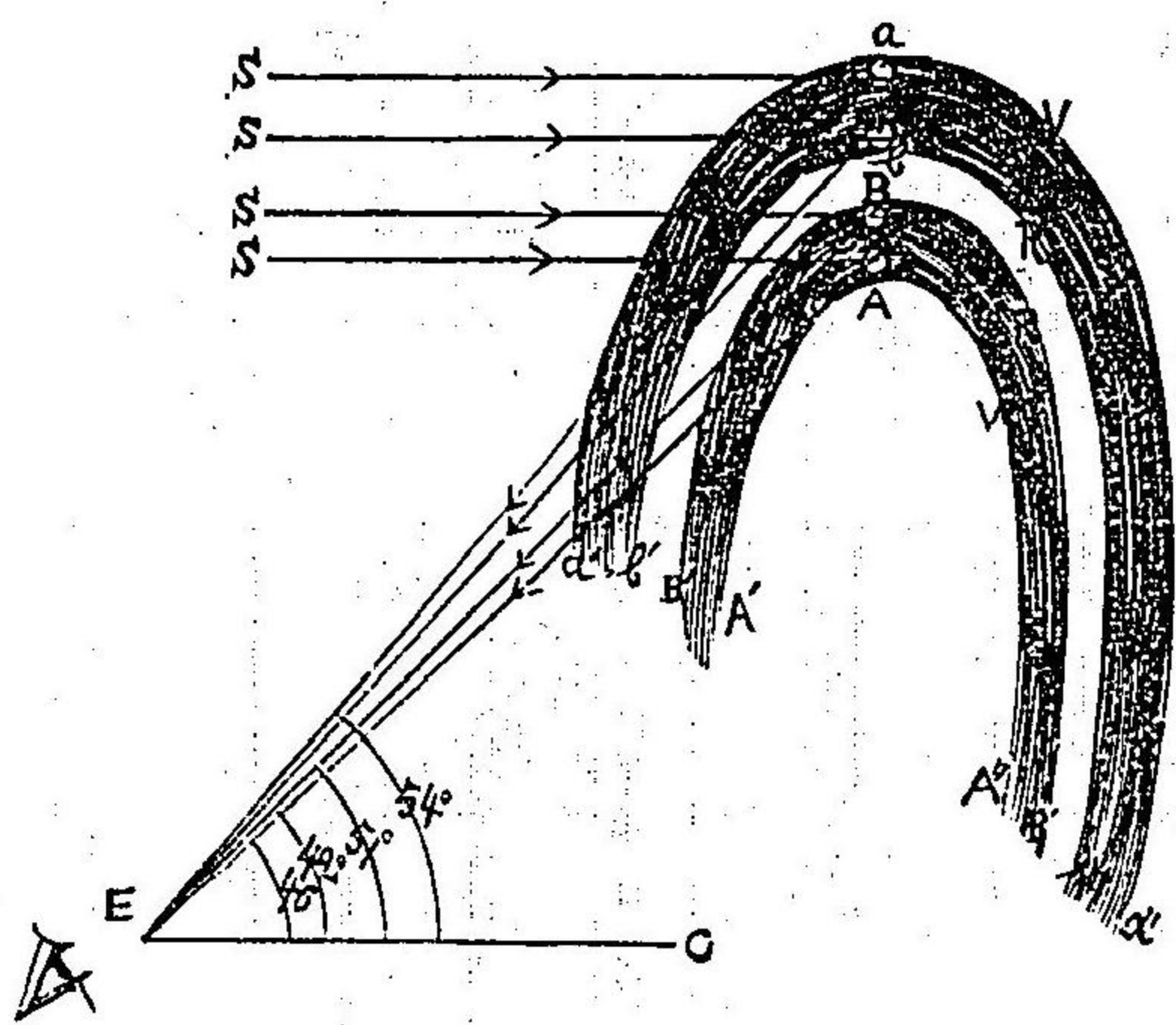
第五十四圖乙の如く水滴中に進入したる光線が、内面に於て二回の反射をなして空中に出づる場合には、赤色は約五十一度、紫色は

約五十四度の時に略ぼ平行光線となる、此場合に於ては各反射毎に光力を減ずるが故に、前の場合の如く強き色光を認むること能はざれども、なほ太陽光線と五十一度の角をなす方向より水滴を望めば赤色を感じ、五十四度の方向より之を望めば紫色に輝くを見るべし。

一三五、虹は大氣中に浮遊せる無数の水滴が、太陽光線を分散するがために起るものにして、前述水滴の呈する色に依つて容易に説明せらるべし。

第五十五圖に於てA、Bを空中に繋れる水滴とし、Eを観測者の位置とす、太陽の平行光線はSA、SBの方向より來り、水滴に入り二度の屈折一度の反射を経て、AEBEの如く進みて眼に入りたりとす。若し∠SBEが四十二度、∠SAEが四十度なりとすればAは

第五十五圖



第二虹

強き紫色光を、Bは強き赤色光を眼に送るべし。今太陽光線に平行に直線EOを引くときは、∠AEOは四十度、∠BEOは四十二度なること明なり。直線EOを軸として∠AEOを廻轉すれば天空に∠AA'Aの如き半圓を畫くべく、此半圓周上の各點にある水滴は何れも紫色光を送るが故に天空に紫色の半圓を畫くべし。同様にして∠BEOを廻轉して得る半圓周BB'B'上の各點は赤色の半圓を畫くべく、此等の中間にはスペクトラムの順序に各種の色の半圓を得べきが故に、天空に美麗なる色帯を現出すべし。之を第一虹といふ。

第二虹

又時としては水滴中に於て、二回の屈折二回の反射を経たる光が第二の虹を作ることあり。其理由は第一虹と異なることなく、EO線と五十一度の角をなす方向にある水滴はV'V'の如き赤色の圓弧を作り、五十四度の角をなす方向にある水滴はV''V''の如き紫色の圓弧を畫くべし。其中間に於ても亦同様なるを以て、茲に薄き第二の虹を現出すべし。而して第二の虹は其色彩の順序第一の虹と相反せり。炎天の日、口に水を含み太陽を背にして霧を吹くときは、容易に虹の如きものを現出するを見るべし。