

46
173



始



46-173

書叢科理紀世十二

PHYSICS IN DAILY LIFE

近藤耕藏著

前篇

日用物理學講義

東京 光風館藏版

大正

6. 6. 14

内交

Kondô kyôju wa konotabi Nichiyô Butsuri-
gaku Kôgi to nazukete, warera ga nichiyô no
seikatsu jô shitte oranakereba naranu butsuri
wo, shinsetsu ni toita mono wo shuppan
serareta. Kono yôna hon no dekiru no wa,
waga kuni de wa hajimete de atte, gaikoku
demo hanahada sukunai yô de aru.

Ippan no hito no yomimono to shite, bun-
gakuteki no mono wa zuibun aru ga, rigaku-
teki no mono wa makotoni sukunai.

Kono hon no gotoki wa, tyôdo ima seken
ga yôkyûshite oru mono de atte, kotoni
tekisetsu na mono de aru.

Jibun wa kono hon no yôna mono ga ôku
yo ni dete, ôku no hito ni yomareru yô ni
naru koto wo nozonde oru.

Taishô 6 nen 4 gatsu

Tôkyô Hongô de

GOTÔ MAKITA.

緒言

拙著「日用化學講義」の一節に於て、余が將來に於て、「日用物理學講義」を公にすることあるべきを豫報した爲めか、諸方の知人、未知人から、長い間随分督促を受けたのであつたが、何分にも公務甚だ多端で、夏と冬との休み中より外には、殆んど筆をとる機会がないと云ふ有様であるので、氣にかゝりつゝも延びに延びて、今日に至つたのは、誠に相濟まぬ次第である。

本書は「日用化學講義」の姉妹書であつて、學科の性質上から、其の記述の方法には多少の相違はあるが、其の主力を、吾等の日常生活に直接の關係ある事項の説明に注いだと云ふ點に於ては、

兩者全く同一である。

熟、現時の教育界の有様を視るに、物理學と云ふ學科は、吾等の生活とは甚だ縁の少い科目となつて居る。

小學校の理科に就て云へば、今一步話を進めて欲しいと云ふところで止めて居るから、其の説くところの物理は、骨ばかりで肉と皮とないあはれなもの、參觀して居ても、子供に對して、つくづく氣の毒になつて來る。

中學や師範の程度に於ては、六ヶ數理窟を云々するやうであるが、多くは理窟の説明に忙殺せられて、其知識を日常生活の上に応用し得る迄に擴張し、敷衍する餘力を持たぬ。従て之亦瘠せて瘠せて、骨ばかりの學問になつて居る。

翻て女子教育界の方面を見るに、家事科に對する基礎的學科として、化學の必要は誰しも認めて居るが、物理學に對しては多くは頗る冷淡で、只六ヶしいのみで關係は甚だ些いものと考へられて居る。

いかにも物理學は化學と違ふて、理窟の多い學問である、従て如何に平易に説いたところで到底新聞や雑誌を讀破するやうに行かぬは勿論であるが、之が家事科に關係が少ないとか、日常生活に縁が遠いとか云ふことは、甚しい誤解ではあるまいか。

本書は、微力ながら、如上の事態にあきたらずして生れ出でたるものである。

材料の取り方や、排列や、説き方に於て、不十分な點は澤山にあ

るであらうが、幾分でも同感の人士の参考に資することを得ば、
誠に幸福の至りである。

大正六年四月

東京小石川の寓居に於て

著 者 識

日用物理學講義 前篇

目 次

第一篇 熱

第一章 温度の變化に伴ひて起る膨脹と收縮……………一

第一節 瓦斯體の膨脹收縮……………一

第二節 液體の膨脹收縮……………二

第三節 固體の膨脹收縮……………四

第四節 固體の膨脹收縮と日常生活……………五

第五節 膨脹收縮の後れ……………九

第二章 寒暖計……………二

第一節 水銀寒暖計……………二

第二節 酒精寒暖計……………二

第三節 寒暖計の狂ひ……………二四

第四節 體溫計……………二七

第五節 最高最低寒暖計……………二〇

第三章 熱量の單位……………三三

第一節 熱量と溫度……………三三

第二節 熱量の單位……………三四

第四章 比熱……………二八

第一節 比熱の意味……………二八

第二節 溶液及び合金の比熱……………三一

第三節 三態の變化と比熱……………三三

第四節 溫度の高低による比熱の變化……………三三

第五節 熱容量……………三四

第五章 燃燒熱……………三六

第一節 燃燒によりて生ずる熱量……………三六

第二節 燃燒に依りて得らるゝ溫度……………三七

第六節 火鉢……………四七

第五章 熱の對流……………四九

第一節 對流……………四九

第二節 對流を利用したる暖房裝置……………五〇

第七章 熱の傳導……………五二

第一節 熱の傳導に關する法則……………五二

第二節 冷蔵庫……………五五

第三節 冷蔵庫 金庫 火無コンロ……………五七

第四節 井戸水の溫度……………五九

第五節 鍋釜の材料……………六三

第六節 ウォーターヒーター……………六六

第八章 熱の輻射……………六九

第一節 輻射熱……………六九

第二節 輻射熱の本質……………七〇

第三節 温度と輻射線の種類……………七一

第四節 輻射線の吸収、通過、反射……………七四

第五節 輻射線の放出……………七九

第六節 鍋釜の表面……………八二

第七節 魔法瓶……………八四

第八節 白と黒……………八六

第九節 硝子障子と室内の温度……………八八

第九章 氣化及び液化……………九〇

第一節 真空中に於ける蒸發……………九一

第二節 空氣中に於ける蒸發……………九三

第三節 蒸發に關する法則 飽和蒸氣……………九五

第四節 沸騰……………九六

第五節 釜の蓋の効用に關する謬見……………九七

第六節 溶液の沸騰點……………一〇三

第七節 沸騰の後れ……………一〇四

第八節 氣化熱……………一〇七

第九節 氷の製造……………一一二

第一〇節 氣體の液化の際に發する熱……………一二七

第一一節 氣體の液化に關する一般方法……………一二九

第一二節 液體空氣製造裝置……………一三〇

第一〇章 空氣中の水蒸氣……………一三三

第一節 空氣の湿度……………一三三

第二節 關係湿度を測る方法……………一三六

第三節 乾濕球湿度計……………一三八

第四節 毛髮湿度計……………一三三

第五節 日本の湿度……………一三三

第六節 物を早く乾かす要件……………一三五

第七節 冬は何故に空氣の乾き過ぎる心配あるか……………一三七

| | |
|------------------|-----|
| 第八節 完全の乾燥 | 一三九 |
| 第九節 露と霜 | 一四〇 |
| 第十節 風 | 一四三 |
| 第一章 融解と凝固 | 一四九 |
| 第一節 融解點及凝固點 融解熱 | 一四九 |
| 第二節 壓力と融解點 | 一五一 |
| 第三節 體積の變化と融解點の移動 | 一五四 |
| 第四節 過冷却 | 一五五 |
| 第五節 溶液の凍結 | 一五八 |
| 第六節 寒劑 | 一六〇 |
| 第七節 複雑なる融解及び凝固 | 一六三 |

第二篇 光

| | |
|--------------|-----|
| 第一章 光の直進及び反射 | 一六七 |
|--------------|-----|

| | |
|---------------------|-----|
| 第一節 根本の事實 | 一六七 |
| 第二節 影 | 一六八 |
| 第三節 地上に直立せる棒の影法師の長さ | 一七〇 |
| 第四節 日蝕及月蝕 | 一七三 |
| 第五節 小孔の爲めに生ずる像 | 一七三 |
| 第六節 鏡 | 一七六 |
| 第七節 二枚以上の平面鏡 | 一七九 |
| 第八節 凸面鏡 | 一八〇 |
| 第九節 凹面鏡 | 一八二 |
| 第二章 光の屈折 全反射 | 一八四 |
| 第一節 屈折の法則 | 一八四 |
| 第二節 水上より見たる水底の深さ | 一八六 |
| 第三節 水底を明視するに用ふる装置 | 一八八 |
| 第四節 屈折に伴ふ反射 | 一八九 |
| 第五節 全反射 | 一九〇 |

第三章 レンズ

- 第一節 レンズ 焦点距離 一九四
- 第二節 凸レンズの作る像 一九五
- 第三節 レンズの焦点距離を見出す方法 一九七
- 第四節 燈臺のレンズ 一九九

第四章 眼

- 第一節 眼の構造 二〇一
- 第二節 眼の調節 二〇三
- 第三節 近点 老眼鏡 二〇四
- 第四節 遠点及び近眼鏡 二〇八
- 第五節 黄斑及び盲点 二一〇
- 第六節 検眼鏡 二一一
- 第七節 眼の視力 二一三
- 第八節 試視力表 二一八
- 第九節 視覚の繼續 活動寫真 二二三

第五章 色

- 第一〇節 イラヂェーション 二二四
- 第一一節 眼が二つあるより生ずる結果 二二四
- 第一二節 實體鏡 二二六
- 第一三節 パノラマ 二二八
- 第一四節 距離の見ゆる望遠鏡 二三〇
- 第一五節 眼の誤り 二三三
- 第一節 日光の分解 二三四
- 第二節 日光のスペクトル 二三七
- 第三節 色 二三八
- 第四節 色を生ずる原因 二四〇
- 第五節 螢光 二四三
- 第六節 燐光 二四五
- 第七節 単色と複色 二四七
- 第八節 光の混合 二四八

第九節 光の三原色 色盲……………二五一

第一〇節 繪具の混合……………二五三

第一一節 三色版……………二五六

第一二節 色の對比……………二六〇

第一三節 空の色と雲の色……………二六三

第一四節 深水の色……………二六七

第六章 燈火……………二六八

第一節 光度……………二六八

第二節 光度を比較する方法……………二六九

第三節 燈火の色……………二七三

第四節 室内の明るさ……………二七四

第五節 必要なる燭光……………二七七

第六節 燈火の位置及び數……………二七九

第七節 燈火の蔽ひ……………二八一

第八節 障子と硝子窓……………二八二

第七章 レンズの應用……………二八四

第一節 蟲眼鏡……………二八四

第二節 望遠鏡……………二八七

第三節 望遠鏡の倍率に関する理論……………二九〇

第四節 双眼鏡……………二九三

第五節 ねらひを定むる爲めの望遠鏡……………二九四

第六節 顯微鏡……………二九六

第七節 顯微鏡の倍率に関する理論……………二九九

第八節 幻燈……………三〇一

第九節 寫真機……………三〇二

第一〇節 寫真の見方……………三〇七

第三篇 音

第一章 音波……………三一三

| | |
|------------------|-----|
| 第一節 音波と音の感覺 | 三二三 |
| 第二節 音波の速さ | 三二五 |
| 第三節 音波の反射及吸收 | 三二八 |
| 第四節 日光の啼龍 | 三三〇 |
| 第五節 音波の廻折 | 三三三 |
| 第六節 音波の屈折 | 三三四 |
| 第七節 風が音の強さに及ぼす影響 | 三三四 |
| 第八節 日中の音と夜間の音 | 三三六 |
| 第九節 室内の音と野外の音 | 三三八 |
| 第一〇節 蓄音器 | 三三一 |
| 第二章 樂音及樂器 | 三三四 |
| 第一節 樂音と噪音 | 三三四 |
| 第二節 樂音の三要素 | 三三四 |
| 第三節 音色 | 三三五 |
| 第四節 絃を使用する樂器 | 三三九 |

| | |
|---------------|-----|
| 第五節 鐵琴 | 三三〇 |
| 第六節 尺八及笛 | 三四二 |
| 第七節 舌 | 三四六 |
| 第八節 唸 | 三四八 |
| 第九節 唸の數と音の快不快 | 三五〇 |
| 第一〇節 音の調和と不調和 | 三五一 |
| 第一一節 音階 | 三五七 |
| 第一二節 人の音聲 | 三五九 |
| 第一三節 二つの耳 | 三六一 |

日用物理學講義前篇目次終

日用物理學講義前篇

第一篇 熱

第一章 温度の變化に伴ひて起る

膨脹と收縮

第一節 瓦斯體の膨脹收縮

一般に物は熱すれば膨脹し、冷せば收縮するものである。其膨脹收縮の程度は、物に據つて違つて居るが、大體より言へば、瓦斯體が一番著しく、其次が液體で、固體が最も少ない。

瓦斯體は其種類の如何を問はず、温度一度の變化に據つて、其零度の時の體積の略二百七十三分の一を増減するものである。尤も瓦斯體の體積と云ふものは、

瓦斯體の膨脹
收縮
本書に於て單

に温度と云ふは攝氏の温度の意味なり

絶対温度

之に加ふる壓力の變化するにつれて變化するものであるから、右の事は、其瓦斯體を一定せる壓力の下に置くものとしての話しである。若し體積の變化が出來得ないやうにして置けば、今度は壓力の方が、温度一度の變化について、零度の時の強さの二百七十三分の一宛増減する。さればこゝに温度が零度で、或る壓力、或る體積の氣體があつたとして、之を冷却して零下二百七十三度に至らしめたとすれば、二百七十三分の二百七十三丈だけ減少する結果、壓力が零となるか、(體積不變)或は體積が零となる(壓力不變)と云ふ結論に達する。學術上に於ては、温度の言ひ表はし方に攝氏零下二百七十三度に當る温度を零度と定め、從て吾々が攝氏零度と呼ぶ温度を二百七十三度と呼び、攝氏十五度と呼ぶものを二百八十八度(273+15=288)と呼ぶやうな仕方があつて、之を絶対温度と稱して居るが、かゝる温度の呼び方は、如上の結論から來たものである。

第二節 液體の膨脹收縮

液體の膨脹收縮に就ては、氣體の如くに、其種類を問はず云々とは云ふことが出

來ない。

今其數例を擧げて見れば、次の括弧内に示す温度の範圍内に於ては、平均一度に就て、零度に於て體積一のもものが、次表の如き膨脹をする。

二三の液體の膨脹係數

| | | |
|-------|-----------|---------|
| 水 | (零度—100度) | 0.00013 |
| 石油 | (零度—100度) | 0.00100 |
| オリブ油 | (零度—100度) | 0.00070 |
| アルコール | (零度—80度) | 0.00181 |
| エーテル | (零度—33度) | 0.00164 |
| 水銀 | (零度—100度) | 0.00018 |

幾多の例外のあることを許せば、沸騰し易い液體は、膨脹收縮する程度が割合に著しいと云ふことが出來る。又同じ種類の液に就て云へば、其沸騰點に近き温度に在るものは、之に遠き温度にあるものに比べて、同じ一度だけの温度の昇降に對し

水の膨脹

て、膨脹收縮の度が著しいのである。夫れ故に一度に就て何程の膨脹收縮があると云ふても、どの一度かゞ示されてなければ、厳しく云へば殆んど意味をもたぬことになるのである。水の如きに於ては、殊に此れが甚しい。即ち四度以下にある時には、温度が高くなれば却て收縮すると云ふことのあるのみならず、次の表に示すが如く、四度のもものが八度になる時に於ける平均一度の膨脹の度

各種の温度に於ける水の體積

| | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 温度 | 零度 | 四度 | 八度 | 二十度 |
| 體積 | 1,000,000 | 1,000,000 | 1,000,174 | 1,001,774 |
| 温度 | 四十度 | 六十度 | 八十度 | 百度 |
| 體積 | 1,007,90 | 1,016,91 | 1,028,87 | 1,053,11 |

合と八十度のものが
百度になる時の平均
一度の膨脹の割合と
を比ぶれば、殆んど一
と二十五との割合を
なして居る。

第三節 固体の膨脹收縮

固体の膨脹收縮は前二者に比
ぶれば著しく小さいものであ
つて、温度一度の變化に據つて
長さ一のものゝ伸縮する長さ
を分數で言ひ表すとすれば、分
母を百萬分のと云へば、分子は
大抵一位から小さい二位の數に

固体の長さの膨脹係數

| | |
|---------------|------|
| 白金 | 9 |
| 鐵(鑄鐵) | 10 |
| 鐵(鋼及軟鐵) | 12 |
| 金 | 14 |
| 眞鍮 | 19 |
| 銀 | 19 |
| 錫 | 22 |
| アルミニウム | 23 |
| 亞鉛 | 29 |
| インヴァー* | 0.87 |
| 硝子 | 8-9 |
| 英(一旦熔 融せる) | 0.7 |
| 磁器 | 3-4 |
| 氷 | 51 |

*第一〇頁參照

なる。然るに氣體に於ては、前に述べたところにより、總てが百萬分の三六六三
許り即ち分子が四位の數であつて、液體に於ては其分子が三位又は小さい四位の
數である。今普通なる固体に就て、温度一度に就ての長さの膨脹の割合、即ち所
謂長さの膨脹係數を示せば前頁の表の如くである。

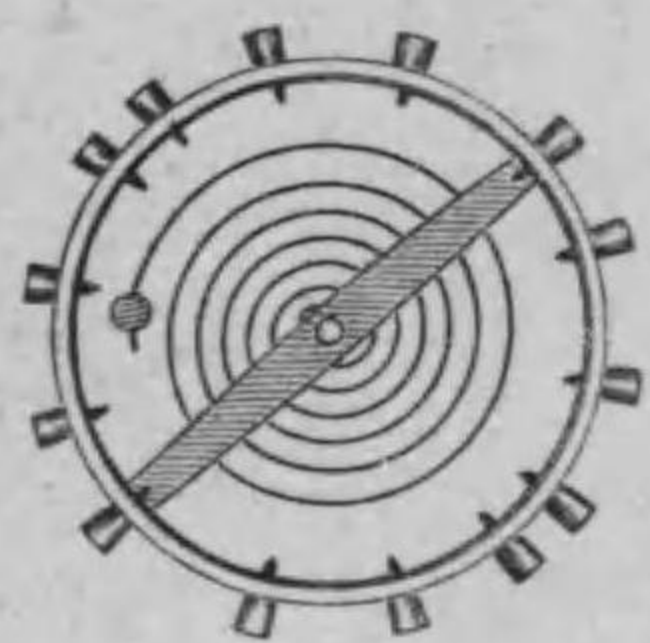
第四節 固体の膨脹收縮と日常生活

固体の膨脹收縮の度は、前表の如く小さなものであるが、場合に依ては重大なる
結果を持ち來すことのあるものである。今其實例の二三を述べれば、

〔一〕多くの時計は、夏になればおくれ、冬になれば進みすぎる。之れは、温度の變化
によりて、或る時計は其振子の長さを増すが爲め、又或る時計は其テンブ(第一圖)
の環が大きくなり、且つひげ(渦巻き狀を爲せる彈條)が柔くなる爲めなので
ある。夫れ故に、正しき時計に引き合せることを數週間も忘
れて居ても、尙ほ甚だ不都合な時間を示さないやうにと希望
するならば、季候の變化につれ、折々にその進みを調節する手
段を施さねばならぬ。調節の方法としては、振子をもつ時

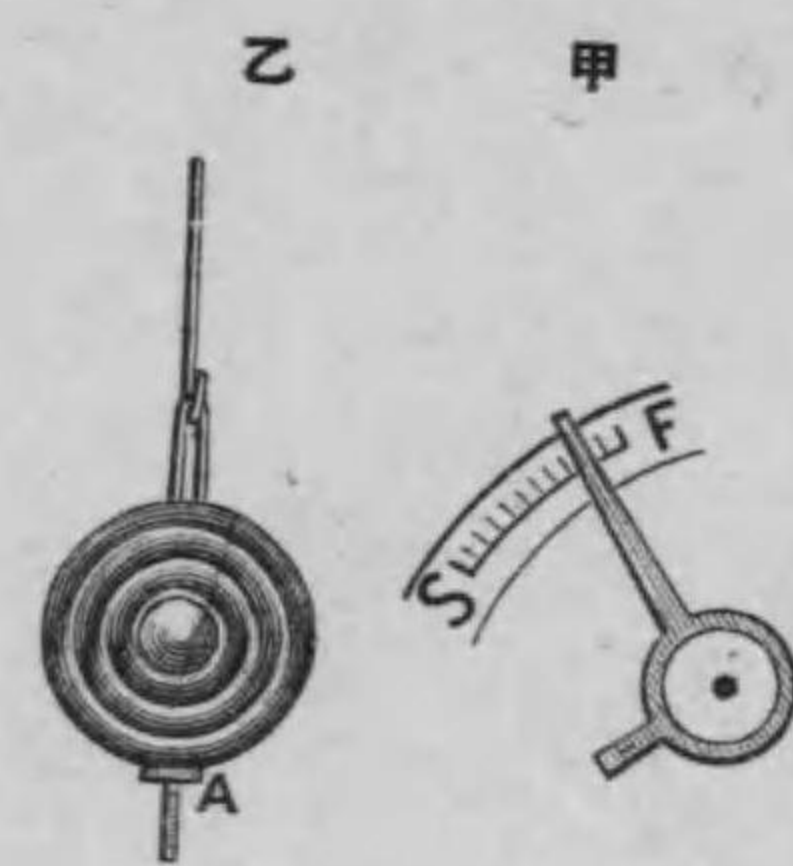
時計の進みの調節

第一圖 懐中時計のテンブ



計ならば、其振子の長さを變じて、夏向きになれば少しく縮め、冬向きになれば少しく伸ばすのである。此伸縮は第二圖乙に示す如く、振子の球の下方にあるネジAを進退せしむることに依つて、誰にでも出来るやうになつて居る。

又懐中時計の如く、振子をもたず、テンブによつて進みが支配せられて居る時計に於ては、第二圖甲の如き装置の指針を、夏向きになればFの方に、冬向になればSの方に動かすことによつて、誰にでも其進み方の調節が出来るやうになつて居る。指針をFの方に動かすことは、やがて、ひげの長さを短縮することになり、従てテンブの振動を早めることになる。



第二圖
甲、懐中時計の進みの調節装置
乙、さげふり時計の進みの調節装置

〔二〕普通の硝子製試験管を強熱して之を急に水中に挿入して見れば、見る影もなく細かく碎けてしまふが、石英水晶の試験管に於ては一向平氣なものである。是は上の第四頁の表を見ても分る如く、石英の膨脹收縮の度が、著しく他の物に比べて小さいと云ふことから解釋が出来る。

石英製の器具は、近頃進々理化學の實驗室等に行はるゝやうになつて來たが、其主なる特質は次の三つである。

石英製器具の特質

- 一、上記の如き急激なる温度の變化に遇ふて破損せぬこと、
- 二、硝子に比ぶれば、著しく高温度に遇ふても熔けぬこと、
- 三、硝子よりも薬品の作用に堪へること、

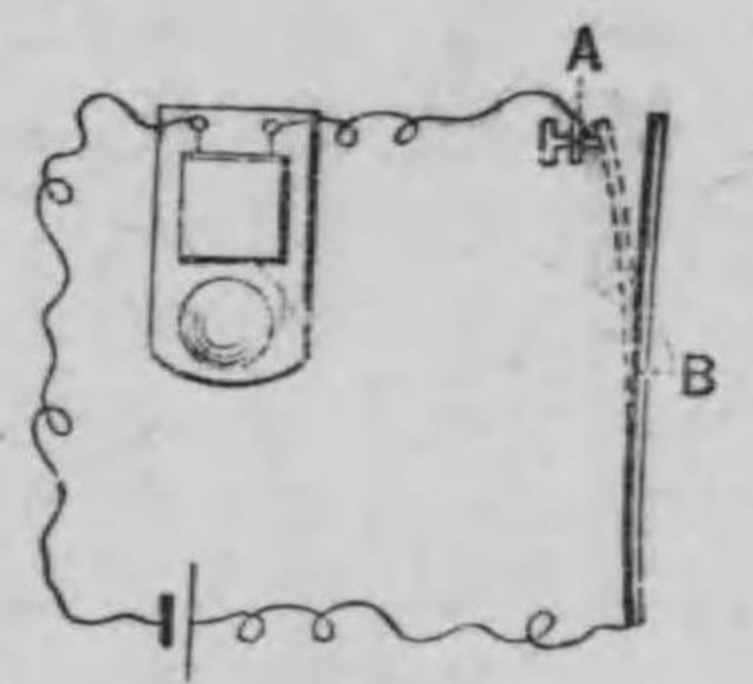
〔三〕瀬戸引鍋を作る苦心の一つは、鐵と其上の硝子質の物質とが、其膨脹率を等しくせんことに在る。若し然らざる場合に於ては、如何に密着して居つても、大なる温度の變化に遭はせると、忽ちひびを生ずる心配がある。瀬戸引鍋で物を焦げ付かせるとき、其鍋が殊にいたむ恐れありと云ふは即ち之である。又或る種の陶磁器に於て、其表面に有する細かさひびは、釉薬ウツナの部分と其内部の素地とが、膨脹率を異にする爲めに自然に出來たものである。

〔四〕電燈の球に於ては、電流の通るべき導線が、硝子の壁を貫いて居らねばならぬのであるが、其硝子を貫く部分の線は、少くとも一部分丈、白金線を用ひなくてはならぬことに從來は極つて居つた。其譯は前の四頁の表を見ても分る如く、諸他の金屬は、硝子と其膨脹率を異にすること大なるが故に、電燈の點滅によつて起る温度の變化に因つて、硝子と金屬線との間に、すさまじき空気を併し、近時は或種の合金が電燈球内に進入することを免れ得ないからである。

瀬戸引鍋

電燈球

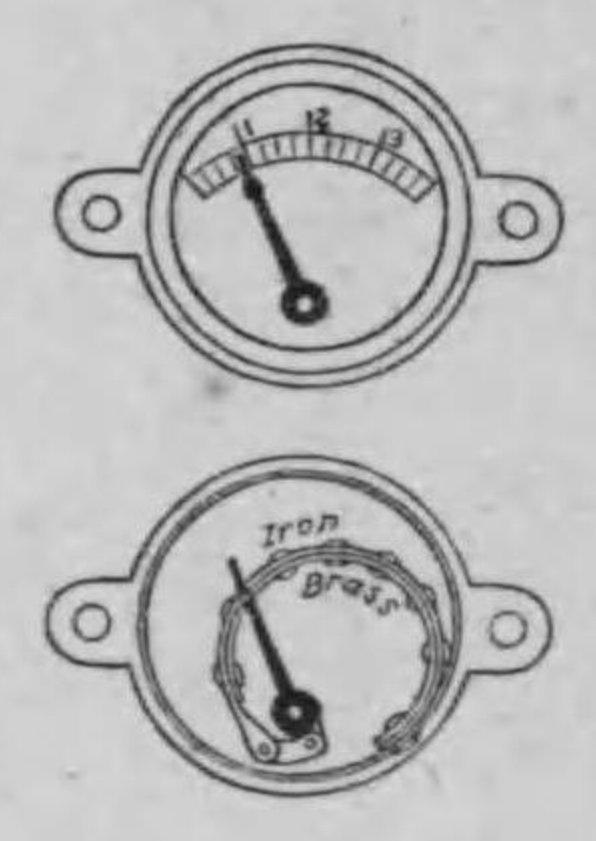
が白金に代用せらるゝに至つたとの事である。
〔五〕鐵の板と眞鍮の板とを合せて一枚の板に作つたものは、温度の變化に依て曲つて来る、即ち温度が昇れば比較的膨脹度の著しい眞鍮が伸びるが爲に、眞鍮の板が外側になるやうに曲つて来る。此種の事實は、いろ／＼の事に利用せられて居るが、今其一例を示せば、かゝる金屬棒を用ひて、上の



第三圖 火災自報器

圖の如く、装置を設けて、Aなるネジ釘を適當なところに定め置くときは、此装置が或る高温度に熱せられるときは、棒Bが點線で示した様に曲つて、自然に電鈴が鳴り出すやうにすることが出来る。火災自報器に此の種類のものがある。又養蠶室内の温度を始終適度に保つが爲めに、温度が高過ぎても又低過ぎても、電鈴の鳴り出すやうにした装置があるが、之も亦同じ主義にて作ることが出来る。即ち温度が高過ぎるときに電鈴が鳴り出す爲には、全く前の通りになし、温度が低過ぎた時、電鈴が鳴り出す爲めには、第三圖のAと同様なネジ釘を、棒の右側の適當なところに置き、之をも電鈴に連結することによりて目的を達し得られる。

養蠶室等に用ふる簡易なる恒温器



第四圖 金屬製高熱寒暖計 甲、外見 乙、内部の構造

第四圖は、食物調理用のレンジ内の温度を計るに用ふる一種の寒暖計であつて、甲は其外見を示したもので、乙は其内部を示したものである。眞鍮と鐵とを合せて一個の環狀の板をつくり、其一端を固定し、他端を指針に連結し、温度の變化によりて指針が動くやうにしたところの原理は、全く前記のものと同じである。全部が金屬で出来て居るから、三四百度の高温度に堪へることは容易な話である。
〔六〕硝子壺の栓の抜けない場合に於て、其口を外部より熱するとき、之を抜き得るに至ることが甚多い。

第五節 膨脹收縮の後れ

固体の膨脹收縮は、其量の少ないと云ふ點に於て、氣體及び液體と違つて居るところは前述の通りであるが、尙一つ特殊なる點は、其膨脹收縮の變化が著しく温度の變化に遅れることがあると云ふことである。即ち温度が昇つたからと云ふて、直ちにそれに相當する長さ丈けに伸びず、温度が降つたからと云ふて、又直ち

インヴァーの特質

普通の硝子にも亦此種の性質あり

に、それに相當する丈けに縮まらないと云ふことである。此種の現象は、固體の種類を異にするに従つて著しいのも著しからざるものもある。
●インヴァーと呼ばれる、合金は、三十六ヘルセントのニッケルを含める鋼鐵であるが、其膨脹率は、諸他の金屬に比べて著しく小く、百万分の一にも達して居らぬ（第四頁参照）。されば普通の鋼鐵製の尺度に於ては、温度に百度の變化があれば、一米について一二耗位の伸縮があるのに、インヴァーに於ては、同じ條件に於て、長さの變化は僅かに〇・一耗にも達しないのである。其上に其膨脹收縮が著しく温度の變化に後れるものであつて、温度の變化が僅少の時には、二箇月の後に至つて初めて正當の長さに達すると云ふ位である。故に此合金は、温度の變化の餘りに大ならず、又、其變化の頻繁なる場合には、全く膨脹收縮のないものとして取扱ひ得らるゝと云ふ大なる特徴を持つて居る。
普通の硝子の如き、亦此種の性質を、かなりの程度に於て有するものゝ一例であつて、之が爲めに、寒暖計の製作上、又は其使用上に大なる影響を與へて居る。但し之に就ては、次章に於て述べることにする。

第二章 寒暖計

第一節 水銀寒暖計

寒暖計と名の附くものには、極めて多くの種類があるが、普通に用ひられて居るものは、一端に球を有つて居る細い硝子管に水銀を入れて密封したものである。其度の盛方にも種々あるが、我が國に用ひらるゝものは、攝氏と華氏との二種である。何れも所謂氷點と沸騰點との間を等分して度盛りしたものであるが、此二點間を百等分して、且つ氷點を零度として示せば、其處に攝氏の度盛が得られるし、其間を百八十等分して、氷點を三十二度と定むれば、茲に華氏の度盛が得られる。

斯る譯であるから、攝氏の寒暖計で讀んだ度を、華氏の度に直して見るには、其度数に $\frac{180}{100}$ 即ち $\frac{9}{5}$ を乗じ、之に三十二を加ふればよい。又華氏の度を攝氏の度に直すには、上の手續を反對にすればよい。

第二節 酒精寒暖計

*氷點とは、雪又は水の碎きたるものに水をまぜたるものの中に寒暖の、中に寒暖を挿入したる時の示度にして沸騰點とは一氣壓の時に沸騰する水の水蒸氣中に寒暖計を入れたる時の示度を云ふ。

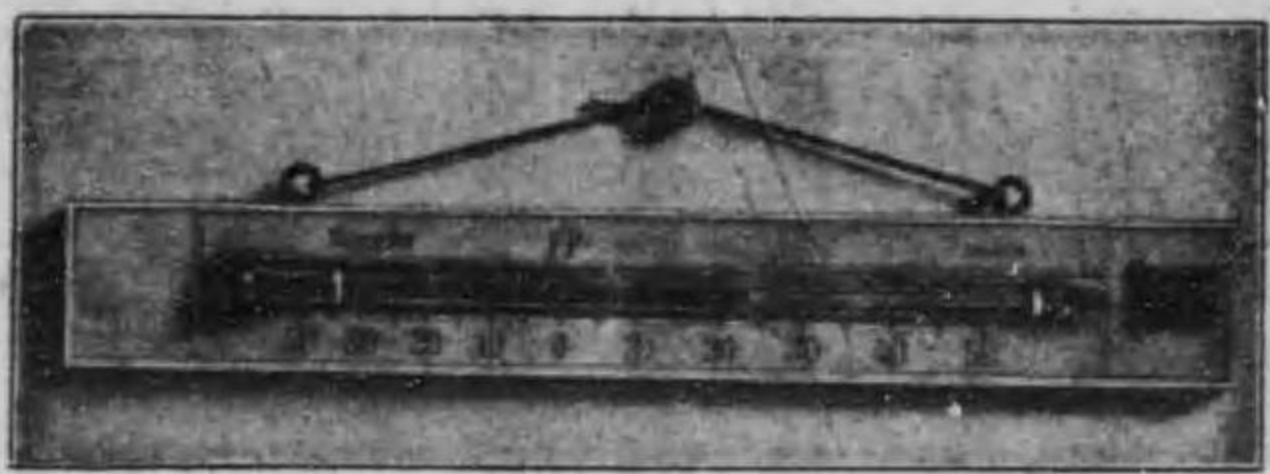
酒精寒暖計の長所と短所

寒暖計の中には水銀の代りに着色した酒精を用いたものも亦少なくはない。今其長所短所の主なるものを云へば、

〔一〕酒精寒暖計は水銀が凍る程の低い温度(零下三十九度以下)を驗するには無くてもならぬものであつて、零下百三十度邊迄は役に立つ。

〔二〕酒精の沸騰點が七十八度邊であるが爲めに、酒精寒暖計は餘り高い温度を見るには用を爲さぬ。實際六十度以上のものに之を用ふる時は、アルコールはまだ沸騰はしないが、其の蒸發が盛んになつて、管の全部が一樣に温めらるゝでなければ、其の冷所にアルコールが凝着して、寒暖計の示す度に間違ひを來すやうになる。

第五圖 酒精寒暖計の一例



水銀寒暖計に於ては、三百五十度邊迄は用ふることが出来る。そののみならず、近頃は水銀面上の空所に、強く窒素を詰め込んで水銀の沸騰點を高め、五百五十度迄使用することにした寒暖計もある。

〔三〕酒精寒暖計は其の度盛方が厄介である。と云ふ譯は、アルコールの膨脹の仕方は、水銀の膨脹の仕方と違ひ、温度の高くなる

程膨脹の割合が多くなる。それ故に酒精寒暖計の度盛は、高き温度に至る程、間隔が増大せねばならぬ。第五圖は酒精寒暖計の寫眞であつて、少しく不明瞭ではあるが、注意して見れば、よく此事實が見られるのである。されば其の度盛方は水銀寒暖計の如くに、或る定まれる二點間を等分すると云ふ如き簡單なものでなくして、嚴しく云へば、一度一度に水銀寒暖計に引比べて度盛りを施さねばならぬ性質のものである。

| | |
|-------|-------|
| 水 | 25.6度 |
| アルコール | 43.9 |
| オリーブ油 | 49.0 |
| 水銀 | 50.0 |

右の如く膨脹の仕方が互に一致せぬと云ふ現象は、他の種の液體に於ても見られることである。今同質同形のグラスを用ひて、水銀、水、アルコール、オリーブ油の四種の液を用ひたる四本の寒暖計を作り、普通の方法に従て、零度と百度とを定め、次に、其間を等分して度盛を施したる時に、水銀寒暖計が五〇度を示すやうな場合に、他の寒暖計は何度を示すやうになるかと見るに、實に上表の如くである。

〔四〕酒精の膨脹收縮の度は、水銀よりもずつと著しいのであるから、(第三頁の表を見よ)其管は割合に太いのが出来る。従て其度を讀むに見易いといふ便利がある。

〔五〕酒精は熱の傳導が水銀よりも悪いから、之を用ひたる寒暖計の感じ方は遅鈍

猶ほ酒精寒暖計の長所として數ふべき點があるが、之は次節又次々節の終に附記する。

第三節 寒暖計の狂ひ

家庭に用ふる普通の寒暖計は、多くは高過ぎる方に狂ひを生じて居る。何故かと云ふに、寒暖計用の硝子は、もと高温度に熱せられて飴の如き状にあつたものに形を與へられたものであるが、硝子の性質として、冷却に際し、其收縮は温度の下降に伴つて直ちに行はれず、常に後れ勝ちになるものである。それ故に普通は度盛を施されての後に於て、猶ほ後れてあつた收縮作用が行はるゝものである。其の結果水銀は管内に押し上げられ、其處に高過ぎる方の狂ひを來すのである。度盛りする前に、其儘放置して幾年と云ふ時日を経過せしむれば、此事は博士ジョール(Dr. Joule)は一八四四年から一八八六年迄、四十有餘年間に亙りて二個の寒暖計に就て、此種の收縮の研究を行ふたところ、此長き年月を経ても、猶ほ全

寒暖計に最も有り勝なる狂ひ

寒暖計の狂ひは如何にして見出さるゝか

く收縮が止まつたと云ふわけに行かないのを見た。

此種の狂ひを發見せんとするには、雪又は碎きたる氷の融けつゝあるもの、或は之に多少の水を混じたるものに寒暖計を差込んで、五分乃至十分を経過せしめたる上、水銀が零度を示すか何うか華氏の度盛ならば三十二度を示すか何うかを確める。若し水銀が正しく氷點に遇ふて居ないで、幾度か高過ぎて居るとすれば、それ丈が度盛りの出來た後に生じたる狂ひである。而して此の誤差は、其寒暖計で普通の温度を計る時には、附いて離れることの出來ない誤差であるから、其寒暖計の上に其事を書付けて置いて、何時でも是だけは差引いて讀むことにせねばならぬ。氷の容易く得らるゝ季節に、十數分時の手間を掛けて上の如くして置くならば、四五十錢の寒暖計でも、先づ大體に於て信用して使用してよいのである。

硝子が右の如き厄介な性質を持つて居ることは、右と反對の方向に於ても、寒暖計の使用上大なる迷惑をかけるものである。即ち一度高温度を測るに使用したる寒暖計は、直ちに其次に低温度のものを計るに適しない、此時には水銀が下り過ぎて、正しき温度を示さないものである。例へば茲に一つの寒暖計があつ

反對の方向に於ての狂ひ

て之を水と氷との混合物中に入れて、其零度は正しいものであると確かまつたとしても其寒暖計を二十分間以上、沸騰水の中に挿入しての上、取出して前の氷と水との混合物中に入れて見るに、水銀は零度を示さずして其以下を示して居ると云ふことがあるのである。而して之が全く舊態に復するのは、出遇ふたる温度の高さ及び時間、及び硝子の品質等によりて違ふのであるが、先づ幾日又は幾週と云ふ程の時日を経過せねばならぬものである。

著者は四本の寒暖計(假に之をA B C Dと名ける)を取り、二十分間沸騰水に浸したる前後に於て、或水の温度を測り、之を標準寒暖計の示すところに比較したところ、が次表の如き結果を見た。

| | 寒暖計を 計る 寒熱前 | 寒暖計を 計る 寒熱後 |
|-------|-------------------|-------------------|
| 標準寒暖計 | 16.2 | 16.2 |
| A | 17.0 | 16.7 |
| B | 16.9 | 16.5 |
| C | 16.3 | 16.2 |
| D | 17.8 | 17.0 |

如上の缺點は、アルコーン寒暖計に於ては、水銀寒暖計に於けるよりも少ないものである。之はアルコーンが水銀の約十倍も多く膨脹収縮をするからして硝子のくるひの影響を感ずることが割合上弱くなる爲めである。近頃は歐米殊に獨逸國に於て、硝子の質を研究し改良することによつて、大に上の缺點を避けることが出来るに

酒精寒暖計の一長所

至つた併しまだ吾國普通の寒暖計たるに至るには餘りに高價である。

第四節 體溫計

是は人體の温度を計る爲めの寒暖計である。人體の温度は、普通三十六度五分乃至三十七度であるが病人となれば三十五度邊から四十二度邊迄は變るのであるから、其間に七度ばかりの違ひがある。僅かに七度ばかりの間を成るべく精密に計るやうにしたのが、此寒暖計が他と異なる主なる點である。

一體如何にしたならば寒暖計は精密なものになるであらうかと云ふに、云ふまでもなく、各一度の間隔が十分に長くあつて、其間が十等分せられ、若しくは百等分せられ得ると云ふことになればよい。體溫計に於ては、普通十等分せられて居ることは、誰も見て居るところである。

されば寒暖計の各一度の間隔を長くする爲めに必要な手段は何であるかと云ふに、

第一には、管の太さが十分に細いことである。
第二には、水銀の量が多いことである。

精密なる寒暖計の持つべき特質

鋭敏なる寒暖計の持つべき特質

是等に就ては別に其理由を説明するを要しないことと思ふ。

以上の如くにして、兎に角精密なる體溫計は得られるが、上等なる體溫計には今一つの大切な性質がある、即ち鋭敏と云ふことである、言ひ換ふれば短い時間内に、溫度が計られると云ふことである。病人が其腋下に十分時間も硝子棒を挟んで居ると云ふことは、實際樂な仕事ではない、殊に病める小兒の如きものに於ては、之は實に甚だしい苦痛である。夫れ故に、近頃は僅に一分間位にして用の足りる體溫計が出来て居る。斯く鋭敏なる體溫計は、構造上如何なる特點を有つて居るかと云ふに、

〔一〕水銀の量が少くないこと。かくすれば水銀の全部が一樣なる溫度になる迄の時間が少ない。但し此要件は、寒暖計が精密であるべきことの要件と衝突して居るから、よい加減のところとめて置かねばならぬ。

〔二〕水銀を容れる部分が成るべく廣い表面積を有して居ること。かくあれば熱の出入が迅速に行はれるわけである、實際體溫計の水銀の入れてある部分が、球状をなさずして圓筒状をなして居るのは、丈夫さを損せずして此要求に應ぜんことをつとめたる結果と見るべきである。

精密なる水銀寒暖計の缺點

(1) アルコール寒暖計に於ては之が出来ない

〔三〕水銀を入れて居る球の硝子壁が成るべく手薄に出来て居ること。

體溫計に就て尙ほ一二云ふべき點がある。

其一つは體溫計を溫湯中に浸すか又は之を腋下に挿んで、水銀上昇の模様を観察して居れば、水銀の運動が滑かに一樣に進まずして、時計の秒針の運動の如くに、小距離宛飛び飛びに行はれるのを見ることである。而して其飛び方は、溫度上昇の極點に近づく程、緩漫であつて、終には數十秒乃至數分の時間を隔て、行はるゝに至るものである。此の事は、精確に病人の體溫を計らうと云ふ時になど、心得て居る必要がある。此種の缺點は、精密なる水銀寒暖計の何れにも見るところであつて、アルコール寒暖計に於ては、全く見ない缺點である。

其二つは體溫計に於て、一旦昇つたる水銀は長く管内に留つて居て、冷所に取り出しても水銀の下らないやうになつて居ることである。さもなければ腋下に挿まれたる體溫計を、其位置のままのぞき込まなくてはならぬので、使用上の不便は甚しい。是の目的を達する爲めには、其管の根元に、特別に非常に細くなつて居る部分があつて、水銀は、膨脹の時には押出されて其部分を通るが、收縮の際には自分の重みだけでは、此の部分を通ることが出来ないやうになつて居る。

夫れ故に、此寒暖計は、何時になつて之を見ても、其寒暖計の管で達したことがあ
る最高の温度を讀むことが来る。かゝる寒暖計は、次節に述べんとする最高寒
暖計の仲間である。

第五節 最高最低寒暖計

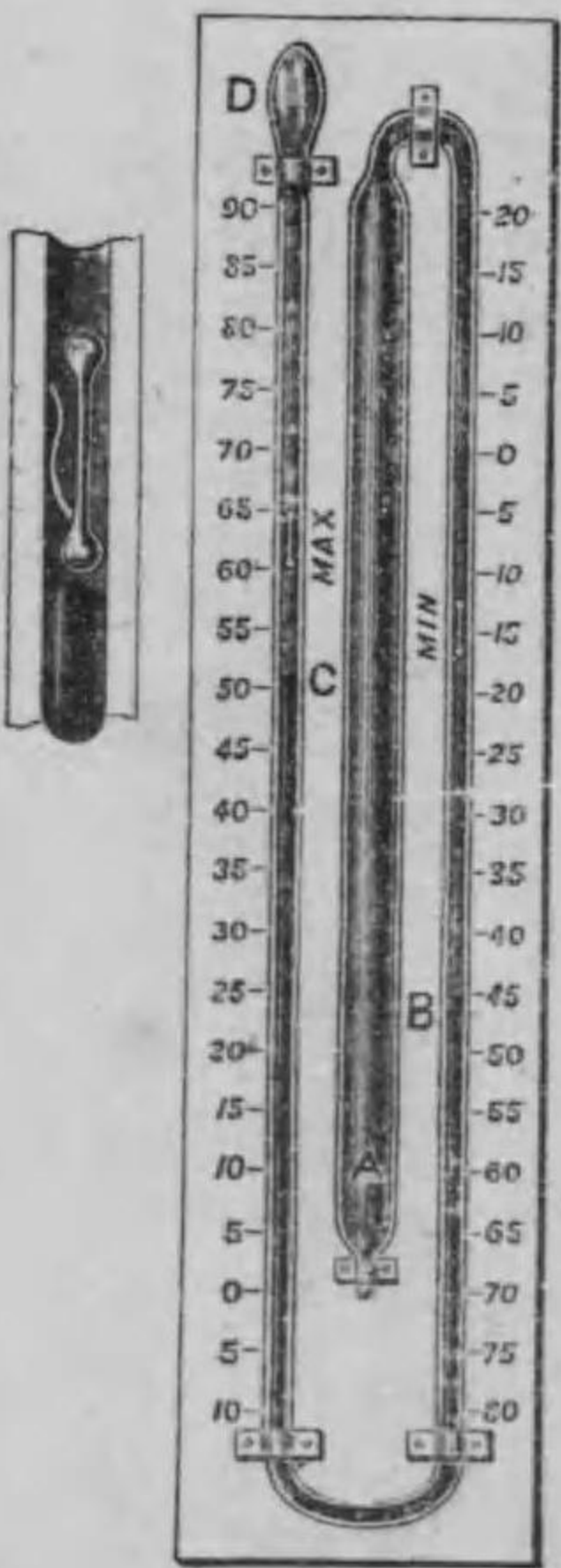
著者の知つて居る箱根の某温泉宿に於ては、年中の最高及最低の温度が、東京に
於ける其年中の最高及最低の温度と比べ得らるる様に表に示して廊下に掲げ
て居る。斯くて浴客は、東京の夏よりも箱根の夏がどの位涼しいかを明瞭に知
ることを得べく、又冬の箱根が、東京よりも、どの位の程度に寒いかを知ること
を得て甚だ好都合である。

最高寒暖計、
最低寒暖計の
用途

右の例の如く、一年とか一月とか若しくは一日とか云ふ一定の期間内に於ける
最も高き温度若しくは最も低き温度を知る爲めに用ふる特殊の寒暖計が、即ち
本節に説かんとする最高寒暖計若しくは最低寒暖計である。
此種の寒暖計には種々あるが、次には最高と最低との両方が測り得らるる仕組
みのジツクス(J. & S.)氏の最高最低寒暖計なるものを先づ紹介する。

第六圖

ジツクス氏
の最低最高
寒暖計



構造は大體圖の如きもので、Aなる中央の太き管には、アルコールが入つて居り、

それがBまで及んで居る。B
からC迄の部分は水銀が入つ
て居り、Cの上には又アルコ
ールがあつて、Dなる球の半ばに
達して居る。D内の空所には

稀薄なる空氣が入つて居る。依て温度の變化があれば、A内の酒精の膨脹收縮
に因つて、管内の水銀が、左右の管内を昇降するから、其水銀面の在る所に依て、左
右の兩管何れに於て、此寒暖計の度を讀むことが出来るやうにしてある。
但し之が爲には、其度盛方が、左の方の管に於ては、下から上に向つて零度・十度・二
十度と増加するが、右の管にては、上から下に向つて、零度・十度・二十度と増加する
やうになつて居るべきは言ふ迄もない。又水銀面に近く、酒精の充ちて居る管
内には、別圖に擴大にして示してある如く、其側面にバネを有つて居る鐵製の目
印があつて、此目印は、水銀が昇る時には上に押上げられ、バネの爲めに其押上げ
られたる位置に懸つて居るやうに出來て居る。此目印が鐵で出來て居ると云

ふわけは、一つには水銀とアマルガムを作るの不便がないから、二つには外部より磁石を用ひて動かして得る便があるからである。

されば何日何時に於て、磁石を用ひて其目印を其時の温度例へば六十度を示せる水銀面に接觸せしめて、其後滿一ヶ月を経て、若しくは滿一ヶ年を経て之を見たとすると、左方の目印の下端は、度盛りの八十度にあり、右方の目印の下端が度盛りの四十二度に當つて居つたとすれば、其一ヶ月若しくは一ヶ年間の最高温度は八十一度にして、最低の温度は四十二度であつたと知ることが出来る。

先に酒精寒暖計の一例として示せるものは、(第一二頁第五圖)、實は酒精を用ひて作りたる最低寒暖計である。管内のアルコール中には細い硝子製の目印が入れてあつて、此寒暖計を直立せしむれば、目印は球の方へ沈み行くが、倒にすれば、反對の管端に向つて落ち行き、管内の酒精の表面に達すれば、そこで止つてしまふ。此表面を突き破つて落ち行きそうなるものであるが、之はアルコールの表面張力によるのである。⁽¹⁾ かくなりしところて、此寒暖計を横にして懸けて置けば、酒精が收縮するにつれては目印が動き、膨脹につれては少しも動かないから、それで最低寒暖計となるのである。

(1) 表面張力の事は後に説くべし

第三章 熱量の單位

第一節 熱量と温度

温度の高きもの必ずしも多量の熱を有せず

温度の高低と云ふこと、熱の多少と云ふことは同一の意味のものではない。「熱が高い」と云ふやうな言ひ方は、随分廣く用ひらるゝ様ではあるが、あれは不合理な言ひ方である。

熱と温度との別物であることは、次のやうな簡單なる事實の考察に據つても分る。茲に二つの藥罐があり、甲には一升の水が入つて居り、乙には一合の水が入つて居る。而して何れも沸騰しつゝあるとする。今此各に寒暖計を挿入して見れば、共に同じく一〇〇度近邊を示すに相違ないが、さて其中に含まれて居る熱量とは考へて見れば、甲は明かに乙よりも多い。若し之を疑ふ人があるならば、此等の二つの湯を、別々に同量の冷水中に注いで、其冷水が温くなる程度を比べて見るがよい。

かく明かに熱量の多少を異にして居つても、寒暖計を用ひて其温度を驗したならば、藥罐に一杯でも、若しくは半分でも、共に百度を示して居るのである。單に

之れだけの事實に依つても、熱量の多少と温度の高低とは別物であると云ふことが考へられる。尙類例を擧げて此兩者の關係を明かにすれば、熱量の多少と云ふこと、温度の高低と云ふことの違ひは、水量の多少と云ふこと、水の深淺と云ふことの違ひと甚だよく似て居る。深き水必ずしも多量の水と云ふ意味にはならぬ。

第二節 熱量の單位

温度の高低を言ひ表はすには、寒暖計で何度と云へばよいのであるが、熱量の多少を言ひ表はすには、水のどれだけを幾度温かくする丈の熱量と云ふ風に云ひ表はすのが慣例である。通例は水の一度温くする丈の熱量を以て單位とし、是を名けて、**カロリ**と呼ぶ。されば茲に一本のマッチを燃して、水の百瓦を二度丈け温くするに足る熱が發したとすれば、其熱量は $100 \times 2 = 200$ 即ち二百カロリである。

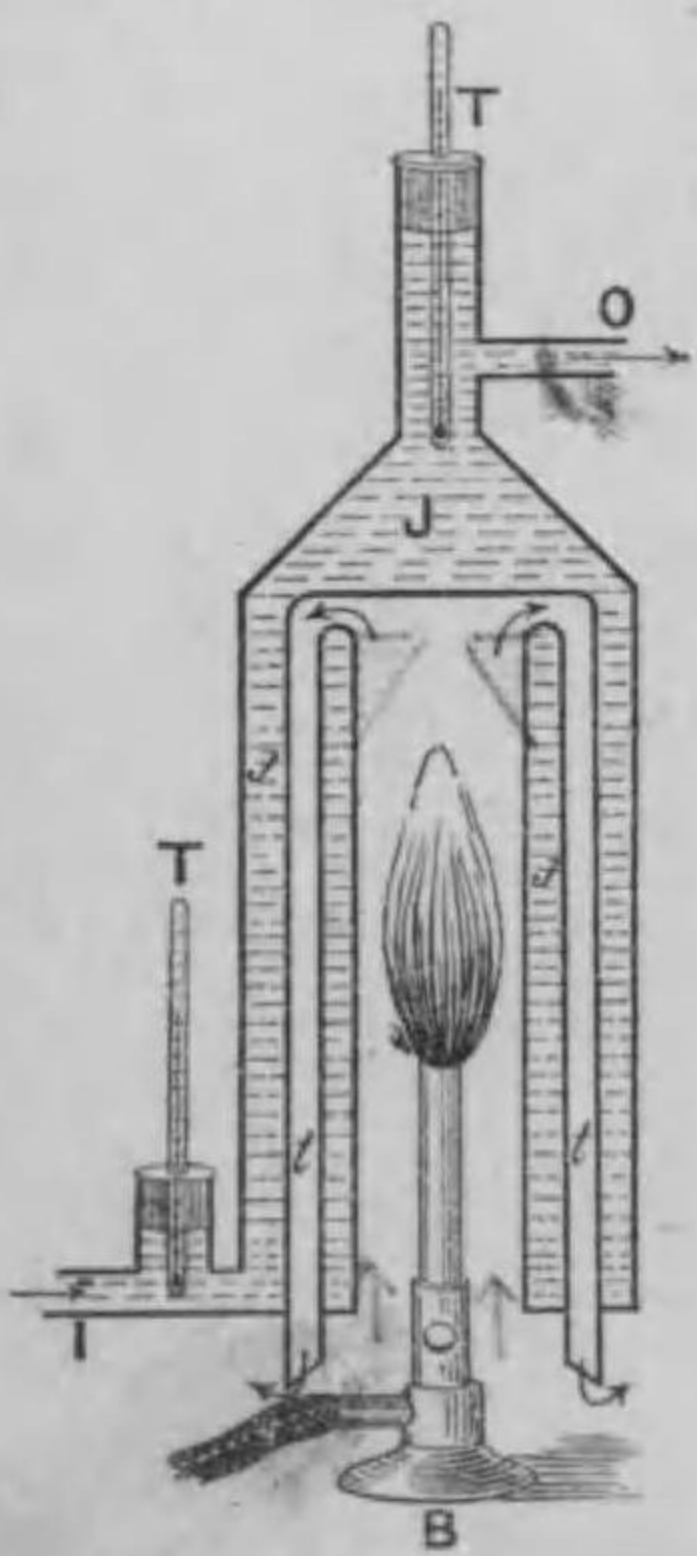
水の一度丈け温むると云ふても、其一度が零度から一度迄の一度か、十度から十一度迄の一度かと云ふことによつて、極嚴しく云へば多少の相違がある

カロリの意味

大カロリの意味

ので、或る學者は、十五度から十六度迄の一度を標準にとり、又他の學者は、零度から一度迄の一度をとる、或るものは、又百分の一瓦の水を、零度から百度迄にする丈けの熱量をカロリとすと定めたこともある。但し此等の相違は、甚しく僅微なものであるに依て、通例は全くどの一度か指定せられて居ない。されば一般に、**m瓦の水を一度高むるに必要なる熱量は、 $1000 \times m$ カロリである。**若し此單位が餘りに小さくして不便が多い時には、是れの千倍に當る熱量即ち水の一千グラム（即ち體積で云へば約一立）を、一度温むるだけの熱量を單位に取ることがある、其時には之を**大カロリ**と呼ぶ。吾等は次に二三の實際問題を設けて、吾等の知識を活用する練習に供したいと思ふ。

〔一〕下に示せる圖は、物の燃焼によりて生ずる熱量を測定する装置の一例であつて、冷水はIなる下口より入り來り、一定の速さでOなる出口より出て行く際、燃焼によりて生じたる熱を悉



第七圖 瓦斯の燃焼熱測定器の斷面

く奪つて、温い湯となるやうになつて居る。今此装置に於て、下口にある寒暖計が十五度、上口にある寒暖計が四十九度を示し、瓦斯の一立方呎が燃ゆる間に湯の五〇〇〇瓦が流れ出づる割合なることを見たすれば、此石炭瓦斯一立方呎の燃焼の爲めに生ずる熱は、幾大カロリーであるかと云ふに、

$$15 \times 5000 \times 34 = 170000 \text{ カロリー} \quad \text{即ち一七〇大カロリーである。}$$

〔二〕或家の風呂桶は、五升五合入りのバケツに十八杯の水を汲み込んで丁度よい。之をわかす時に、夏ならば其温度を三十度邊から四十三度邊に、冬ならば四度邊から四十五度迄に高むる必要があるとする。さらば夏と冬とに於て、之に要する熱量は夫々幾大カロリーであらうかと云ふに、

$$\begin{aligned} \text{夏に於ては} & 1800 \times 5.5 \times 18 \times (43 - 30) = 23166 \text{ 大カロリー} \\ \text{冬に於ては} & 1800 \times 5.5 \times 14 \times (45 - 4) = 73062 \text{ 大カロリーである。} \end{aligned}$$

〔三〕普通石炭一グラムが完全に燃える時には、約七大カロリーの熱を發生し、乾燥

18. 52
/ 30

せる木材ならば、約三大カロリーの熱を出すことである、されば若し此の熱が少しも他に失はるゝことなしに前問の風呂桶の水を温むるとする時は、夏と冬とに於て、石炭ならば幾大、木材ならば幾大を要するかと云ふに、石炭ならば、

$$\begin{aligned} \text{夏に於ては} & \frac{2316.6}{7} \times \frac{4}{15} = 88.2 \text{ 大} \\ \text{冬に於ては} & \frac{7306.2}{7} \times \frac{4}{15} = 278.3 \text{ 大} \end{aligned}$$

而して若し木材を使用するとせば、此等の目方の7/3倍即ち約二倍以上の量を要するは明かである。

〔四〕前問の風呂桶に於て、湯の温度が五二度でありし時、之に冷水を加へて四三度にするには、三〇度の夏の水ならば前記のバケツに幾杯、又四度の冬の水ならば幾杯を要するかと云ふに、

$$\begin{aligned} \text{バケツ一杯の水の温度を一度高むるに要する熱量} & \times 18 \times (52 - 43) \\ \text{バケツ一杯の水の温度を一度高むるに要する熱量} & \times (43 - 30) \\ \hline & = \frac{18 \times (52 - 43)}{43 - 30} = 12.4 \end{aligned}$$

即ち一・二・四杯程であるが、冬に於ては同様な計算法で四一杯で足りると分る。

比熱を測る方法

(1) 比熱を測る方法
高温度なりと
比熱を測る方法

普通物體の比熱表

或物質の比熱を測り知る方法には種々あるが、其中の最も普通なる一つは、次の例に據つて示す如き主義に因つたものである。即ち一般に温度の水Aグラム中に、或物質の温度のものをA'グラムを投げ込みたるに、混合物の温度がt度となつたとすれば、此際水の得たる全熱量は、 $V \times (T_1 - t)$ カロリーであつて、其物質の失ひし全熱量は、 $V' \times (t - T_2)$ カロリーであるから、次の関係が成立つ、 $V \times (T_1 - t) = V' \times (t - T_2)$ 比熱 $\times V \times (T_1 - t)$ 従つて

$$\frac{V \times (T_1 - t)}{V' \times (t - T_2)} = \frac{V \times (T_1 - t)}{V' \times (t - T_2)}$$

といふことになる。

熱比の體物通普

| | |
|----------------|-------|
| アルミニウム | 0.219 |
| 鐵 | 0.116 |
| 銅 | 0.094 |
| 鉛 | 0.094 |
| 銀 | 0.056 |
| 金 | 0.032 |
| 鉛 | 0.030 |
| 水 | 0.033 |
| 糖 | 0.342 |
| セルロース(全乾燥) | 0.366 |
| 羊毛 | 0.393 |
| 鹽 | 0.215 |
| 油 | 0.498 |
| 石 | 0.598 |
| アルコール | 1.000 |
| 水 | 1.000 |
| 瓦斯體(定りたる壓力に於て) | |
| 空氣 | 0.238 |
| 酸素 | 0.218 |
| 窒素 | 0.244 |
| 瓦斯酸 | 0.239 |
| 水蒸氣 | 0.480 |

普通なる二
三の物質の
比熱を示せ
ば上の如く
である。

固體の原素に於ては、比熱と其原子量との積は一體一定せるものであつて、其値は略六四である、

(是には炭素、硅素等の如く、著しく例外のものもある)。氣體に於ては、右の値は一體三四と云ふことになつて居る。

夫れ故に讀者が若し或る物質例へば鐵の比熱が幾何カロリーであつたかを忘れたとき、其原子量五六を以て、六四なる數を除すれば、當らずと雖も遠からずの鐵の比熱を知ることが出来る。

第二節 溶液及び合金の比熱

溶液の比熱に就ては、一寸異様なる現象がある。例へばアルコールの二〇瓦と、

食鹽と水との比熱を乗じた積

| 食鹽と水との比熱を乗じた積 | 溶液の比熱 | 水百瓦中に加へたる食鹽の瓦數 |
|---------------|--------|----------------|
| 100.00 | 1.0000 | 0 |
| 97.71 | 0.9306 | 5 |
| 97.99 | 0.8909 | 10 |
| 98.69 | 0.8606 | 15 |
| 99.64 | 0.8304 | 20 |
| 100.99 | 0.8079 | 25 |
| 102.66 | 0.7897 | 30 |

水の二〇〇瓦との混合液の比熱は、此成分の比熱と混合の割合とから算術的に計算したる結果によれば〇・九三三三カロリーであるが、實際の事實は、一〇・四六であつて、水其物の比熱より大である。

鹽類、酸類、アルカリ類の水溶液に就ても、其比熱が計算の結果よりも大なることも等しきことも、亦小なることもある。但し一般に云

$$\frac{0.6 \times 20 + 1 \times 100}{100 + 20} = 0.933$$

熱比の水鹽食るけににさ濃の種種

へば、小なるものの方が多^い。食鹽水に就ては、前表の如き實驗の結果がある。即ち食鹽の量を増すに従つて其比熱は益減少するのみならず、右端の欄の數字を見れば、百瓦の水を一度温むるには、百カロリを要するけれど、之に五瓦の食鹽を加ふれば、九七七・一カロリで足りると云ふ奇怪なことが見られて居る。合金は金屬が金屬に融けたものであるが、レギョーの研究に見ると、其比熱は其成分たる金屬の比熱と目方とから、算術的に計算し出したるものに一致して居るが通常である。

第三節 三態の變化と比熱

合金の比熱
三態の變化に伴ふ比熱の變化

同じ物質に於ても、其物が固體で居るか、液體で居るか、氣體で居るかに依つて、其比熱が違ふ。其違ひ方に就ては、液體の時に最も比熱が大なりとは一般に云ひ得るところである。今、二三の實例に就て、三態の變化と、其比熱の値とを示せば下の表の如くである。

| | 固體 | 液體 | 氣體 |
|-------|--------|--------|-------|
| 水 | 0.5 | 1.0 | 0.48 |
| 鉛 | 0.0304 | 0.0402 | — |
| アルコール | — | 0.598 | 0.453 |

第四節 温度の高低による比熱の變化

高温度に於ては比熱は大なり

同じ物質で、同じ状態にあるものでも、温度が異なれば比熱は違ひ、一般に温度が高まれば比熱は増加するものである。されば單に比熱は何々なりと云うた丈けでは、嚴しく云へば不完全な言ひ表はし方である。が其差異は頗る小さいのであるから、温度が非常に高いか、又非常に低いかと云ふ特別の場合の外は、其差異を考へずに居るが例である。而して第三〇頁の比熱の表に示されて居る値は、多くは零度以上二百度以下の範囲内に行はれたる實驗の結果である。

白金は高温度の測定に使用せられるからと云ふので、其温度と比熱との關係が、Vollie氏に依て、零度から一二〇〇度迄の間にて研究せられ、其結果は、

$$\text{比熱} = 0.0317 + 0.000012 \times \text{温度}$$

と云ふ公式に於て概括せられて居る。

されば零度に於ける白金の比熱は0.0317であつても、一〇〇〇度に於ての白金の比熱は0.0317+0.012 = 0.0437である。

瓦斯體も亦前記の法則にはづれず、温度を増せば比熱を増すと云ふものであるが、之は炭酸瓦斯、水蒸氣等の如き液化し易いものに於ける程著しくして、水素、酸素、窒素等の如き容易に液化しない瓦斯體に於ては、此差異が殆んど見られない。

永久瓦斯の比熱

白金の比熱

第五節 熱容量

熱容量の意味

比熱とは、或る物質の一瓦を一度温むるに要するカロリーの數であるから、其物質の例へばm瓦を一度温むるに必要な熱量は、其比熱をCカロリーとすればCのm倍丈のカロリーである。若しそれをt度温むるとするならば、更にそれをt倍すればよい。即ち

$$C \times m \times t \quad \text{カロリーである、}$$

右の式中比熱と質量との積C×mは特に名けて其物の熱容量と呼ぶ。此積が大なる値を持つて居れば、同じ一度丈け温むるにも、多量の熱を要するわけであるから、茲に甲と乙との物質があると、之を同じ温度丈け温むるに何れが多量の熱を要するかと云ふ問題は、單に比熱の大小によりて決定せられるものではなく、全く熱容量の大小によりて定まるものである。即ち熱容量の大なるものは、温まるには多量の熱を要し、冷ゆるには多量の熱を出すものである。前の比熱の表を見て直ちに分る如く、水は其の比熱の大きさに於て、著しく他の物質に勝つて居るから、同じ目方に就て云ふならば、水程に大なる熱容量のものは

湯たんぼ

他にはないと云ふことが出来る。湯たんぼに於て其一例を見る如く、物を温める目的に向て、温かい水を用ふると云ふことは、此點から見て頗る理由のあることである。

茲に湯たんぼがあつて、八十度の湯一升を容る。之と同温度にありて、效力之と等しき食鹽の袋を作らんとするには、其食鹽の目方は何程かと云ふ問題は、次の如くして解くことが出来る。

此の問題は一升の水と熱容量を等しくせる食鹽の目方何程と云ふのと同意義であるから、而して食鹽の比熱は大體0.2カロリーであるから、次の如き關係が成り立つ、

$$1 \times \text{水の目方} = 0.2 \times \text{食鹽の目方}$$

$$\therefore \text{食鹽の目方} = \text{水の目方} \times \frac{1}{0.2}$$

即ち水の目方の五倍の食鹽を要するのである。

第五章 燃燒熱

第一節 燃燒によりて生ずる熱量

或物質の一定量が燃えて一定の新物質を生ずるときに發生する熱量は一定不變のものである。今二三のものに就て、其一瓦の物質が燃ゆるときに發生する熱量を示せば、

燃燒熱の表

| | |
|-----------------------|------------|
| 炭 素(純木炭) | 八二四(大カロリー) |
| 炭 素(同 前)燃えて酸化炭素を生ずるとき | 三・四三 |
| 木 炭 | 七・〇〇 |
| アセチレン | 一一・九三 |
| 石炭瓦斯(每一立方呎) | 一七二・三六 |
| 無煙炭 | 七〇—九〇 |
| 普通石灰 | 六〇—八〇 |
| 空氣中に乾かしたる薪材 | 三〇—四四 |

燃し方の巧拙と發熱量

物の燃燒に依りて得らるゝ溫度の算出法

右の表に示すが如く或る物質の一瓦が燃えて生ずる時に發生する熱量を稱して其物質の燃燒熱といふ。

燃燒熱は各物質によりて一定して居るものであるから、燃し方の上手下手、若しくは燃す装置の良否など、云ふことは發熱量には全く無關係なものである。之は、誠に大切な心得て置くべき事柄である。

第二節 燃燒に依りて得らるゝ溫度

發熱量といふことに就ては、右の如くであるが、溫度と云ふことに就てはどうであるか。やはり燃し方の如何と云ふことは全く無關係であらうか。

今此の問題を明確に説明する爲めに、假りに炭素の一瓦を完全に燃して、炭酸瓦斯とならしめた場合を例として考へて見るに、此際に發生する熱量は、前表によりて八二四〇カロリーである。此燃燒が、丁度必要な丈の酸素を與へられ

て行はれたと假定すれば、茲に生じたものは、三六七瓦⁽¹⁾の炭酸瓦斯より外、何物もないのであるから、其炭酸瓦斯が悉く上記の熱を受取つたとして見れば、其温度の上昇することは、

$$\text{① } C + O_2 = CO_2$$

の式より

$$1 \times \frac{12 + 16 \times 2}{12} = 3.67$$

$$8140 + (\text{炭酸瓦斯の比熱} \times 3.67)$$

の式より計算することが出来る。

炭酸瓦斯の比熱は普通〇・二三九とせられてあるが(第三〇頁参照)液化し易き瓦斯體であるから、其比熱は高温のときに大きくなるべきである故、かりに其平均の價を前の一俵半と見做して、之を〇・三五九とすれば、上昇すべき温度は

$$8140 \div (0.359 \times 3.67) = 6178 \text{ 度}$$

である。

若し酸素でなくて、丁度燃燒に必要なだけの空氣を與へて之を燃したとすれば、前の一定量の熱が、空氣中にある窒素を熱するが爲めにも費さるゝことになるから、其温度の前よりも低かるべきことは明瞭である。如何程低かるべきかと云ふに、一瓦の炭素を燃すには酸素二六七瓦を要し、酸素の之れだけを含む空氣中には、其の二十三分の七十七に當る窒素、即ち八九三瓦の窒素を含むて居る

が故に、燃燒熱八一四〇カロリは、此の八九三瓦の窒素をも熱するに用ひられねばならぬ。依て上昇すべき温度は、窒素の比熱を〇・二四四とすれば、

$$8140 \div (3.67 \times 0.359 + 8.93 \times 0.244) = 4309 \text{ 度}$$

となる。

實際、竈、ストーヴ等にて物を燃す場合に於ては、物を燃すに丁度理論が要求するだけの空氣を用ひて、夫れで煙も立たず、一酸化炭素も生せずと云ふ風に完全に燃すことは不可能であつて、困つた事ではあるが、はるかに夫れ以上の空氣を入れなくてはならぬ。否入れるやうになるのである。

今かりに理論上必要の量の二倍文の空氣を送り入れたとすると、ときには、空氣の比熱を〇・二三八と見て、上昇すべき温度は

$$8140 \div (3.67 \times 0.359 + 8.93 \times 0.244 + 11.6 \times 0.238) = 3760 \text{ 度}$$

である。之に依つて見れば、

- (1) 酸素を用ひて理想的に燃した時には六一七八度、
- (2) 空氣を用ひて理想的に燃した時には 四三〇九度、
- (3) 必要量の二倍の空氣を用ひて燃した時には 三七六〇度。

右の結果の適當なる解釋

といふ結果になる。必要量の三倍四倍等の空氣を用ひた時の溫度は、又上の方針で計算をして見れば分る。右は燃燒によりて生じたる熱の悉くが、燃燒の成生物と、燃燒の際に入り來りたる瓦斯體とを熱する爲めにのみ用ひられたりと假定しての計算であつて、實際の場合に於ては、輻射傳導等の作用によつて、熱が他に失はるゝこと頗る著しく、殊に高溫度になる丈けそれが甚だしいのであるから、右の數字は餘りあてにはならぬものである。併し兎に角此計算の結果に依て、燃し方如何によりて溫度の昇り方には著しく差異のあり得るものであるといふこと丈けは分明になる。

第三節 改良せられたる竈と其燃し方

近來は何々式改良竈と云ふものが澤山にある。但し上に述べ來りたるところに依つて考へて見れば、改良せられた竈と云ふものは、細かい點に於ては種々の事があるかも知れぬが、兎に角大體の上から云ふときは、其改良の一大方針は、成るべく少量の空氣で成るべく完全に燃燒が行はれるやうに工夫せられたる竈であるべき筈である。此目的が今迄ありふれた竈より比較的によく達し得ら

竈改良の一大方針

火網

るゝならば、それは眞の改良竈然らざれば名は改良竈であつても、實は單に新式竈たるに過ぎぬかも知れぬ。

新式の竈には必ず火網と云うて鑄鐵製の網が中段に設けられてあつて、空氣は常に其金網をくゞりて燃料に達する様にしてある。これは空氣を成るべく節約する主義から來て居るのである。されば燃料を投げ入れる爲めに、火網の上部に設けられてある口は、常には閉鎖して置くべき筈のものたるは勿論、火網の下部に空氣を入れる爲に設けられたる口でも、不完全な燃燒を起さない限り、言ひ換ふれば多量の煙を出し、若しくは一酸化炭素をつくるやうにならざる限りは成るべく其口を狭く開いておくべきものである。

表面燃燒

成るべく少量の空氣で成るべく完全に燃し盡すと云ふ手段の中、近頃特記すべき價值あることは、耐火煉瓦若しくは素燒等の如き多孔質にして且つ不溶性のものゝを碎いて得たる小き塊の間に於て、理論上丁度必要な丈けの空氣を混ぜたる瓦斯燃料を燃すと云ふ手段である。焰に觸れて居る固體が熱せられて輝く様になつての上は、其瓦斯燃料は完全に又迅速に、音も出さず焰も擧げずして燃え盡してしもふ。かくて、必要以上の空氣がないと云ふ上に、燃燒が速かに、言

ひ換ふれば、狭い範囲内で完了する結果、非常なる高温度が得られる。此現象は、其高温度の固体の接觸作用に基くことであらうと云ふ事であるが、名けて表面燃燒と呼ばれ、追々廣く諸般の工業上に應用せられんとする形勢を示して居る。

第四節 ストローヴ

ストローヴの三種類

ストローヴに就ても、亦前節の所説と略同様の論をすることが出来る。抑もストローヴには三種類の別がある。

- (1) 煙出しをもち裸火の見ゆるもの。
- (2) 煙出しをもち裸火が見えないもの。
- (3) 煙出しのないもの。

ストローヴの第一種の批評

第一の種類は、西洋間の壁に直接に作りつけにしてあるストローヴに於て、其一例を見るのであるが、此場合には、燃燒熱の一部分は壁の間なる煉瓦の煙突から吐き出されて無益な熱となり、其残りの熱が室内に留るのである。されば煙突から逃るゝ熱量の多き程、それだけ室内に留まる熱量は少ないわけになる。而して此種のストローヴに於て、室内に留まる熱は主として火焰及び赤熱の石炭の

ストローヴの第二種の批評

表面より發射せられたる輻射熱であるから、若し不注意に之を燃す人があつて、ストローヴの前方又は下方にある石炭は、厚い灰を以て包まれ、上方は黒い石炭で蔽はれて黒い煙を擧げて居ると云ふやうな風であれば、有效な輻射熱を放つことが愈少なくなるから、甚しい不經濟なわけになる。そんなことがなくとも、此の種ストローヴは總發熱量の九〇乃至九五%は煙突から無益に逃げ出すものと評定せられてあるのである。

第二の種類は、鐵製の竈様の形で、煙突のついて居る普通の暖爐が其の代表者である。此種のものに於ては、燃燒熱の一部は煙突から逃げ、其残りの熱はストローヴの表面及び室内に通り居る煙突の表面から、或は空氣に傳はり或は輻射熱となつて室内に移るのである。如何にせば室内に利用せらるべき熱が多量になるかと云ふに、第一の要件としては先づストローヴが成るべく高温度に熱せられねばならぬことは明かなこと。而して同種同量の燃料を使用して、比較的ストローヴが高温度になる爲めには、前節に述べたるところによつて、成るべく少量の空氣で成るべく完全に燃やす工夫を施すが必要である。ストローヴに燃料を入れ過ぎて、煙突までも赤くなつて來た様な時、ストローヴの口を明け放つときは、

ストーヴの第三種の批評

見る間に其赤いのが消えてしまふことは、多くの人の知るところである。此時には、空氣を餘分に入れたが爲めに、温度の下ることが誰れにも分るが、斯程迄の高温度にあらざる時にも、理に於ては又同じこととて、入り来る空氣の多少に依りて、ストーヴの温度がかなりに鋭敏に上下するものであることは、承知して居らねばならぬ。第二の要件は、煙突の室内に在る部分が成るべく長いことである。之に就ては別に説明を要せぬ。此種のストーヴは良好なる條件の下に於ては、總燃焼熱の五〇%迄は有益に使ふことが出来ると云ふ。

第三の種類には、石油ストーヴ、コークス又は木炭ストーヴに於て其例を見るが、煙突がないのであつて見れば、燃焼に依つて生じた熱の全部が、つまりは室内にまわるのであるから、而して燃焼熱の量は、燃し方如何に依つて變ずるものでないから、此種のストーヴに於ては其構造とか其燃し方とかに就ては多くの議論は無いのである。

要は只完全に燃ゆるかどうかにある。而して完全に燃えさへするならば熱の利用の點から云ふては、之に勝りたるストーヴ



第八圖 石油ストーヴの外見

瓦斯ストーヴの批評

が他に有り得べき理由がない。只燃焼の生産物が悉く室内に留まるが故に、惜むらくは衛生上から見て、どうも考へものである。

瓦斯ストーヴも、若し煙突なしで使用するとすれば、又此類の内に含まるゝのであるから、其構造等は熱の利用と云ふ點から見れば、如何でもよろしいのである。つまり瓦斯を多く費すやうなストーヴが暖かて、瓦斯のいり方の少くないのは暖かいのである。第九圖は、東京瓦斯株式會社が日本風の室内に使用する爲めに案出した瓦斯ストーヴであつて、澤山の孔のある素焼の管の内、瓦斯が燃える様にしてあるのは、従來外國から輸入せられたものと同主義である。

其外圍にある蔽ひは、一つは體裁の爲め、一つは危険豫防の目的で出來て居る。此例の如く、素焼の管があるストーヴは、只の瓦斯七厘などを燃したのと效用上如何に違ふかと云ふに、熱の總量については、幾度も繰り返す如く少しも差はないのであるが、只此素焼は輻射熱としての熱を増加せしむる效力がある。(1) 夫れ



第九圖 日本室用瓦斯ストーヴの一例

(1) 第一篇第八章 第五節参照

故に此の素焼があれば、其傍に立ち寄つた時に普通の瓦斯七厘などよりも比較的温味を感じる。又瓦斯を點火したばかりであつて、室全體の温度は未だ著しく昇らないと云ふ時にでも、其傍に立ち寄り、其前に手を差し出せば、大に温味を感じる事が出来る。其代りに夫れだけ他の方面の熱は少くなる。從て室内の空氣を温め、室全體の温度を高めると云ふ點については、煙突を使用しないとするならば、二十圓の瓦斯ストーヴも、五十錢の瓦斯七厘も大體同一である。

第五節 ストーヴの費用の計算

(1) 第五章 第一節参照

各種のストーヴに於て、其經濟上の得失を比較することは、次の如き計算法による。例へば石炭百斤の代價は五十五錢であるとするれば、普通の石炭の燃焼熱が約七十大カロリーと見て一錢について買ひ得べき熱量は、

$$7 \times \frac{(7000 \times 100 \times \frac{15}{4})}{1000} + 55 = 7635$$

即ち七六〇〇大カロリー許りであると分る。此中幾何カロリーの熱が煙突によつて室外に運び去らるゝものであるかと云ふことは、燃し方にも、又ストーヴの構造にも關することであつて、一般に云ふことは出來ぬが、通例半分以上の熱

(1) 東京瓦斯會社 現在の相場 (大正五年)

が無益になるものと見ねばならない。假りに之を半分と見れば、一錢について求め得べき熱量は約三八〇〇大カロリーである。石炭瓦斯ストーヴに於ては、千立方尺の代金を一圓七十一錢⁽¹⁾とすれば、石炭瓦斯の燃焼熱は、一立方尺につき約百七十一大カロリーであるから、一錢について買ひ得べき熱量は、

$$\frac{71 \times 1000}{171 \times 1000} = 1000$$

即ち一〇〇〇大カロリーである。之は煙突なしに使用するとすれば、此熱の全部が室内に留まるのであるから、何等の割引を要しない。

第六節 火鉢

暖室用として、火鉢は頗るよいもので決して馬鹿にすべきものではない。といふわけは火鉢に使ふ木炭といふものは、燃焼熱からの計算上頗る廉價なものである。其燃焼熱は本章第一節によつて、約七十大カロリーであるから、一貫目の代價一二五錢とすれば、一錢について買ひ得べき熱量は、

$$7 \times (1000 \times \frac{15}{4}) \div 12.5 = 2100$$

(2) 大正五年一月 東京女子高等師範學校にて 購入の相場 (堅炭に就て)

即ち大約二〇〇〇大カロリーであつて、石炭に比べては頗る少ないが、石炭瓦斯に比べては、大體二倍である。單に熱量の上から見ても右の如くであるが、火鉢にとつて誇るべき點は他にもある。

第一には暖室装置として必要な調節と云ふことが灰を其上に蔽ひかけるか、又は火をかき立てるか、と云ふやうな簡単な手數で出来ることである。

第二には火鉢に於ては輻射熱として飛び出す熱が頗る多量であるから、此傍に立ち寄り又はそれに手を翳した時、大に暖氣を感ずることが出来ることである。瓦斯ストーヴなどでは、煽其物が輻射熱を放つ性質が弱いので、態々特殊の火口を用ひて、素燒のチニツブを強熱すると云ふやうな手數を盡して居るが、木炭ならば夫れ自らが赤熱に保たれて、之が盛んに輻射熱を放つので、何等特別の設備を要しない。

第三には、隨意の場所に持ち行くことが出来ることである。

第六章 熱の對流

第一節 對流

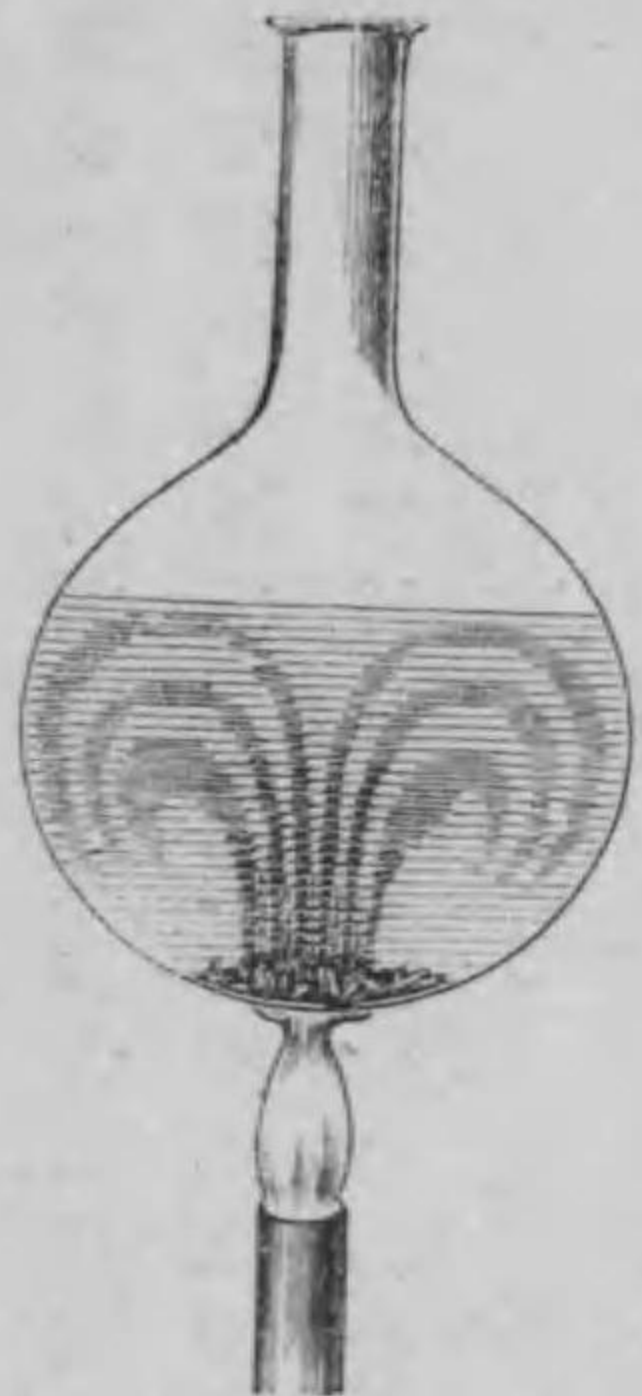
熱は常に高温度の點より低温度の點に移るものであるが、其移り行く仕方に三種の別がある。對流、傳導、輻射と呼ぶものは即ち之である。

對流とは、物質の熱き部分と冷き部分とが入り代りに移動することにより、高温度の點より低温度の點に、熱を運び行く現象を云ふ。

液体の内に行はるゝ對流は、靜かなる風呂の水の上部が下部よりも却つて高温である、と云ふ例に於て、萬人熟知の事柄であるが、實驗的に之を見んとすれば、上圖の如く丸底のフラスコに半ば水を盛り、之にマゼンタの如き水にとけて着色すべき固体の數片を投入し、小き火燭を用ひて其底の一部分を熱するとよい。

液体内の對流

第一〇圖
液体の對流
を見る装置



氣體内の對流

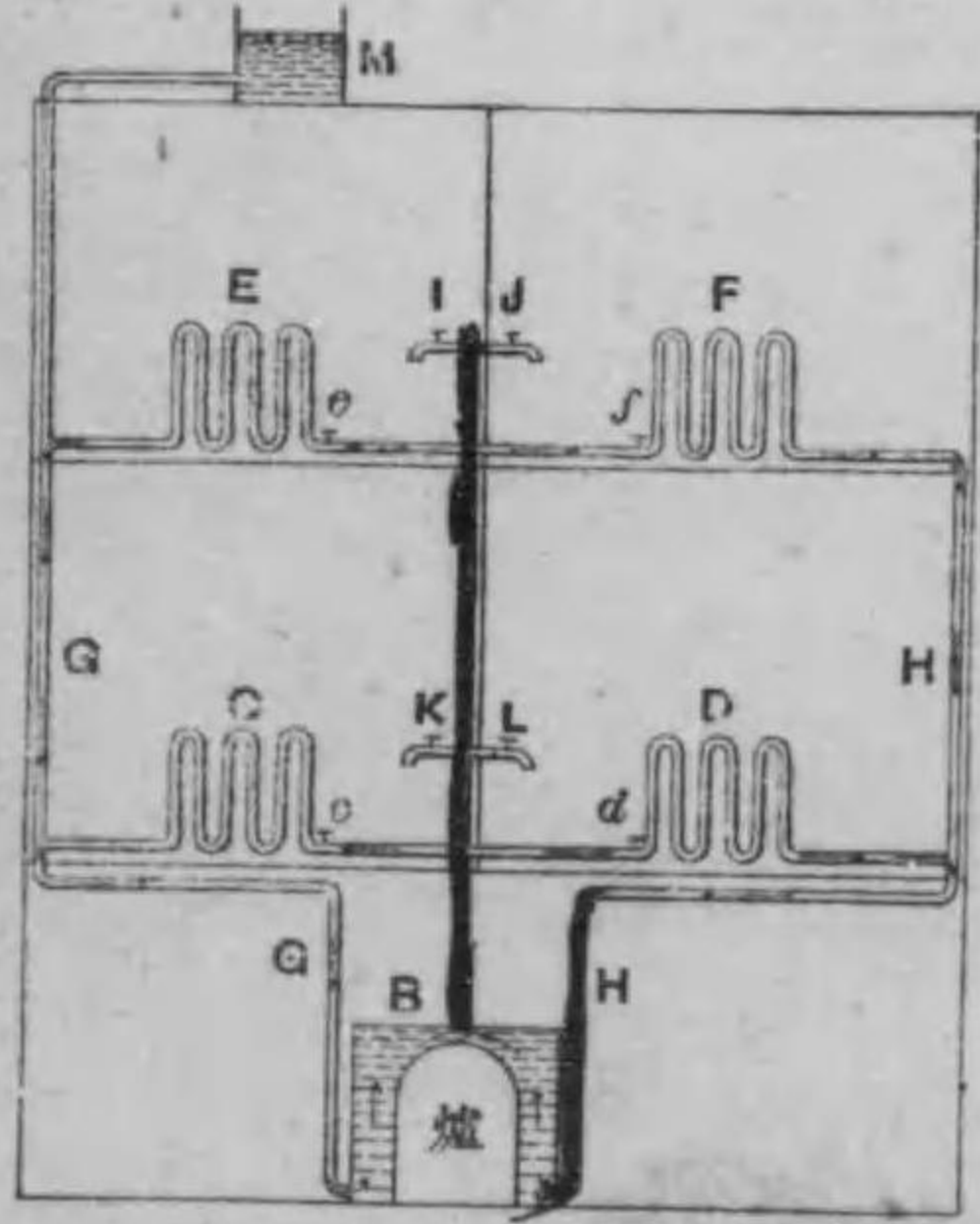
氣體は液體よりも流動し易く、又液體よりも温度の變化によりての膨脹收縮が著しいから、對流の現象は特に盛んに見らるゝのである。火焰の上には、上に向ふて流るゝ、高温度の瓦斯體があり、又其の周圍より火焰に向ては、低温度の氣體が流れ込んで居ることは、吾等の常に目撃するところである。

第二節 對流を利用したる暖房装置

暖房装置の中の對流を利用したるものに次の二種がある。

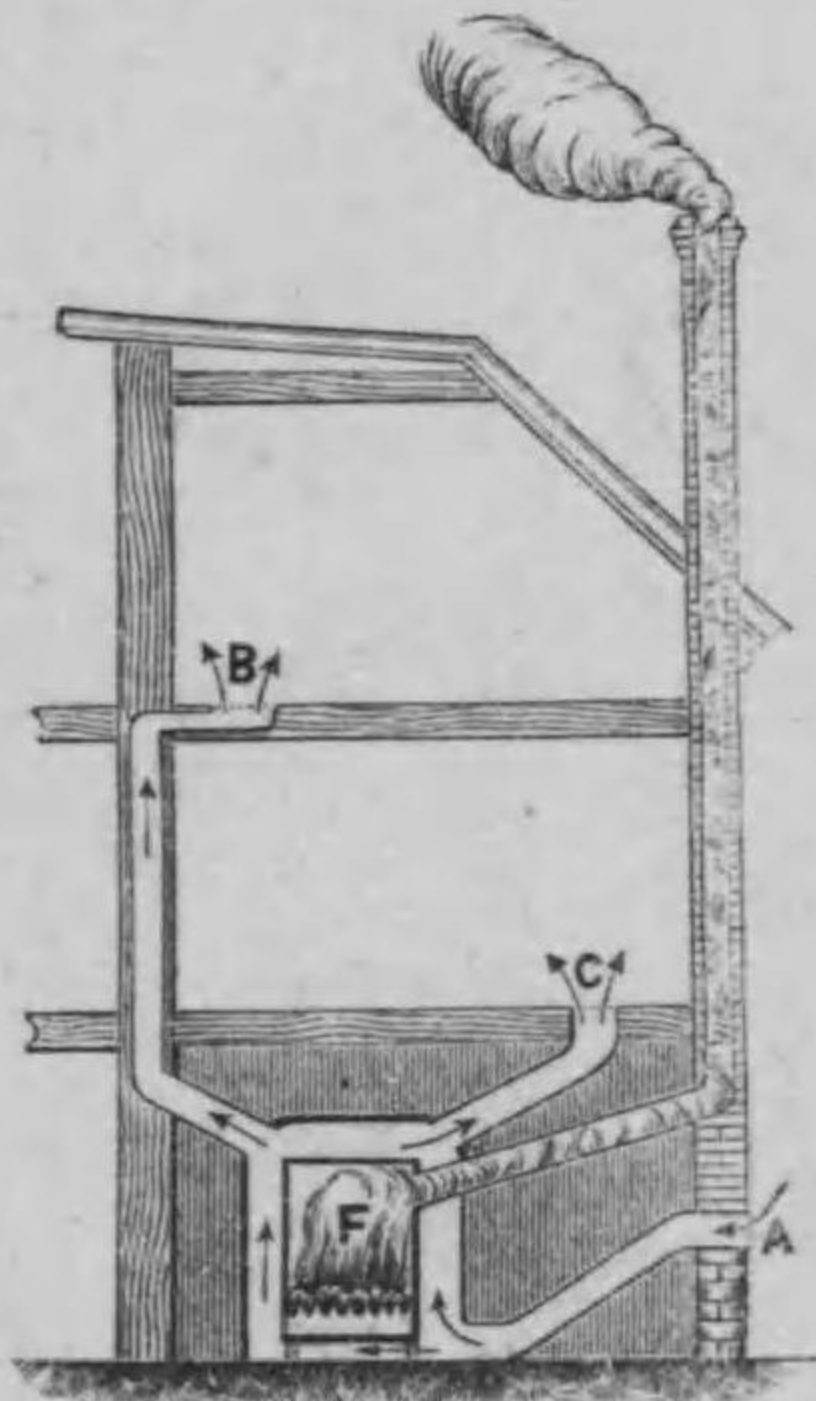
第一圖 熱湯の對流に依る暖房装置

一は熱湯が循環的に鐵管内に流るゝに依て室を暖むる装置であつて、其構造の大要は下の略圖の如く、水は釜と管とに滿つるは勿論、装置の最上部に設けられたる水溜Mに達するまでに入れられてある。此水溜があればこそ、温度の變化によりて水の體積に變化があつても差支ない事になる。熱湯の循環方向は、矢で示してある如く、全く對流的運動によるのであつて、此運動の原動力は、釜から出て上昇



する湯の密度と釜に歸らんとて下降する湯の密度との差に基いて起るものであるから、此出入二管の湯の温度の差異が著しい程循環はよろしくなる。従つて此種の熱湯暖房装置の構造上に於て、決して變更を許さぬことは、釜から送り出さるゝ湯は先づ鉛直の管によりて其装置の最高部迄導かれて、次に暖めんとする室々に導かれ、循環の最後に至りて、言ひ換ふれば、温度が最も低くなりしところて、又鉛直の管に依りて直ちに釜に下り行くと云ふ風にすることである。

第二圖 熱き空氣の對流に依る暖房装置



二は熱き空氣を室内に進入せしむることに依つて暖房の目的を達するもので、其の構造と其の原理とは、右圖を見て知ることが出来る。即ち寒冷の空氣は、Aから入りて竈Fに依りて温められ、C及びBの管によりて、夫々の室内に導かれ

暖室法の二大種別

るのである。

右に述べたる方法の如く、一個所に於て發生したる熱を廣く各室に輸送する暖室法を中央暖室法と云ひ、本章第四節に述べたる種々のストーヴの如きによりて、各室を別々に温める方法を局所暖室法と呼ぶ。兩者各特有の長短がある。要するに大なる建築物で室の数の多いときには、中央暖室法がよろしく、然らざる場合に於ては局所暖室法が適當である。

自然界に起る對流中、最も大仕掛なるものは風であるが、是に就ての説明は數章の後に譲る。

第七章 熱の傳導

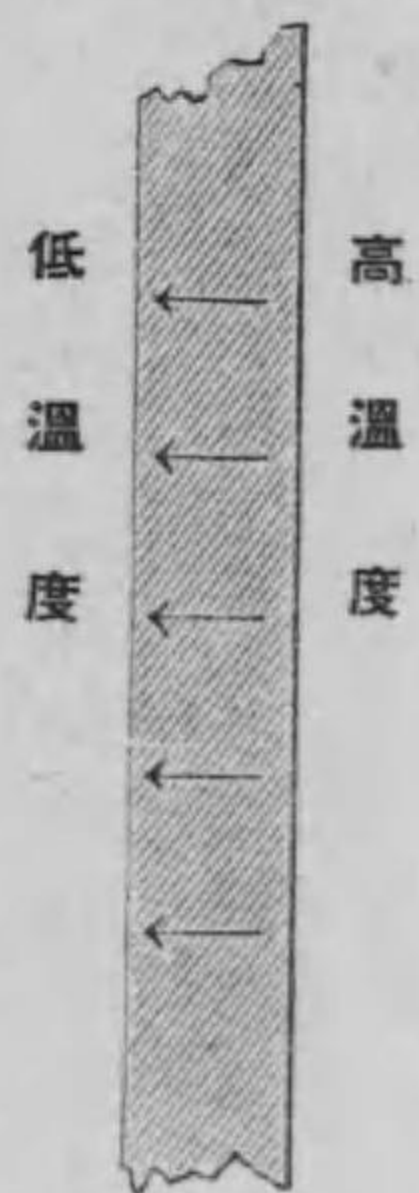
第一節 熱の傳導に關する法則

熱の傳導

火箸の一端を熱すれば他端までも熱くなると云ふ場合に見らるゝ如く、熱が順次に物質を傳はり行く現象を熱の傳導と云ふ。熱の傳導に關する法則を明に

第一三圖

熱の傳導に關する法則



する爲め、上圖に示すが如き廣き板の一面が常に一定の高温度に保たれ、他の一面が常に一定の低温度に保たれる場合に就いて言ふに、此時一定の時間内に一面から他の面に移り行く熱量は、

- 一、板の品質に關し、
- 二、兩面の温度の差に正比例し、
- 三、板の厚さに反比例し、
- 四、板の面積に正比例する。

今此の場合に於て、兩面の温度の差が一度で、板の厚さが一厘で、板の面積が一平方糎なる時に一秒時間内に、高温度の一面から低温度の一面に移り行く熱量を、種々の物質に就いて示すときは、次頁の表の如くである。

この値は、直ちに此等の物質の熱を導く性質を比較するに役立つものであつて、名づけて物質の熱傳導度と稱するものである。之によつて見ると、大體に於て、瓦斯體の熱傳導度は、固體及液體に比べて著しく小さいと云ふことが解る。又液體の熱傳導度は、一般に小なるものであるが（水銀は稍例外で）固體の中の或る

物質の熱傳導度

二三の物質の熱傳導度

| | |
|-------------|-----------------|
| 銀 | 1.09 (カロリ) |
| 銅 | 0.72—0.95 |
| アルミニウム | 0.34 |
| 鉛 | 0.3 |
| 亜鉛 | 0.15—0.19 |
| 鍮 | 0.15—0.3 |
| 銀器 | 0.07—0.1 |
| 硝子 | 0.0025 |
| 羊毛 | 0.0011—0.0025 |
| 綿 | 0.00011—0.00015 |
| 屑 | 0.00003—0.00016 |
| 木 | 0.00015 |
| 鋸 | 0.00017 |
| マグネシヤ(燒キタル) | 0.0014—0.0045 |
| 煉瓦 | 0.006 |
| 垢 | 0.0002—0.0007 |
| 絨 | 0.00013 |
| 石 | |
| コルク | |
| 水 | |
| 銀 | 0.02 |
| 水 | 0.00143 |
| アルコール | 0.00055 |
| 空氣 | 0.0000568 |
| 炭酸瓦斯 | 0.0000327 |
| 水素 | 0.000327 |

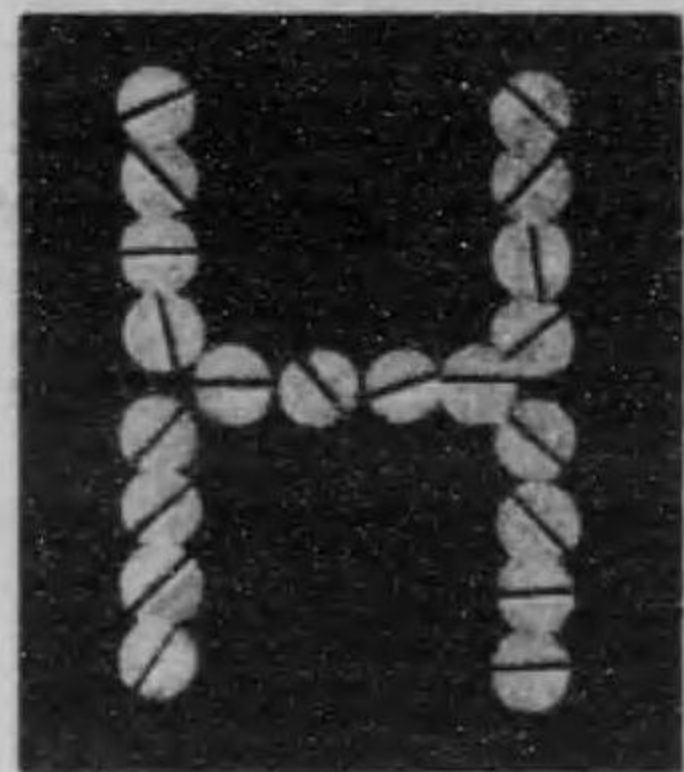
ものは、液體よりも一層小なる傳導度をもつものであると云ふ事實も見られる。

熱の不良導體としての空氣

空氣は非常なる不良導體である。されば絹布は左程に暖かくないが、眞綿は非常に暖かいと云ふ事實、乾きたる鋸屑は氷を保存するに最も善き材料の一つである事實などは、其原因が、全く此等の中に多量の空氣を包んで居ると云ふことにあるのである。

第一四圖

金屬と木との熱の傳導の相違を示す事實、炬燵櫓に金釘の不可なる理由



木板に捻釘を捻込み、此板の全表面に紙を貼つて乾かし、更に之を熱して見るに、板の上に貼られたる紙は焦げても、釘の頭の部分に貼られたる紙はいつまでも焦げない。之は金屬と木材とに於て、熱の傳導度に大差あることを示す實例であるが、右の事實によつて、吾等は炬燵の櫓に打込まれたる金釘に手を觸れて、屢其の著しき熱さに驚かざるゝことのある事實を解釋することが出来る。

蠟燭の焰の上に金網を蔽ふ時には、焰は其金網の所で切斷せられる。又漏斗の口にて石炭瓦斯を燃す時、其口に金網を蔽ふ時は、其口一杯に亘る焰を以て燃えても、火は金網の下に移ることがない。之と同様の理由に依つて、瓦斯竈の火口の太いものは、其内に金網が入れてあつて、火が其火口の内部に燃え込むことが防いである。

第二節 冷蔵庫

庫の内を甚しい低溫度に保つて、腐敗し易いものでも、永く保たせるやうにした

冷蔵庫

ものが所謂冷蔵庫である。此際室を冷す手段としては、多くは第一一五頁以下に述べたる方法によつて、液状アンモニア又は液状無水炭酸を蒸發せしめ、其の際に起る寒冷を利用したのが通例である。かくて生じたる冷い蒸氣は、庫の内に横はれる鐵管内を流れて、先づ其管を冷し、其の冷い管が其室を冷却すると云ふ様にしてある。冷却管の周圍には、空氣中の水蒸氣が凝結して、厚さ數寸の霜又は氷の被膜を作つて居ることは珍らしくない。

冷蔵庫の構造

庫を冷す手段は以上の如しとして、次に其低溫度を保たんが爲めには、如何にすべきかと云ふに、原則としては、其室の周圍各方の壁又は窓は、出來得る丈熱の傳導の少き様なる構造にせなければならぬと云ふことが出来る。而して此目的を達する爲には、第一に周圍の障壁が少しでも空氣の流通を許すやうではいかぬ、それ故に木板ならば其繼目に目張りをする、若しくは二枚の木板を重ねて、其の間に厚紙を挟む、金屬ならばハンダ附けする、又はセメント漆喰等を塗ると云ふ風にして、十分氣密に取り圍まねばならぬ。第二には其壁が著しく熱の不良

*硝子綿とは極めて細き硝子の糸より成る綿のことなり

冷蔵庫

導體でなくてはならぬ。之れが爲めには、其障壁を二重若しくは三重の厚板にして、其間に石絨、硝子綿、コルク屑、藁屑、枯葉、鋸屑等の如き、粗鬆にして多量の空氣を包有するものをつめるのが通例の手段である。第三には其室の入口に設けられたる戸は、普通之を二ヶ所に設けて、人が之に出入する際、少くとも其内の一方だけは、必ず閉ぢて置くことの出来るやうにしてある。第四には光線を入れる必要上、硝子窓を設けるとすれば、其硝子板は、二枚若しくは三枚になし、其間に空氣の層を置く爲めに、多少の間隔を與へて置く。

第三節 冷蔵庫 金庫 火無コンロ

●冷蔵庫 冷蔵庫の甚だ小さくして、家庭の臺所用としたものが冷蔵庫である。冷蔵庫の周圍は、前の冷蔵庫の障壁と略同様であつて、二重の箱の間には、十分乾燥せる鋸屑がつめてあるのが普通である。冷却の源としては、氷を用ひ、其氷は函の上部に据ゑられたる、手薄なる金屬製の容器の内に置かれ、氷又は氷の容器に觸れて冷却した空氣が、對流によりて下方に降り來つて、此函の全體を冷すと云ふ様になつて居る。現在出來て居る冷蔵庫に於ては、融けて出來たる水は、容

第一五圖
冷藏函（水
の入れてあ
る室の開き
戸が閉ちら
れてあると
ころ）

金庫

火無コンロ

器の一隅に設けられたる管に依て、直ちに外
部に捨てられる様になつて居る。

●金庫 金庫も熱學の立場から見れば、冷藏函
と同様なものであるが、只高温度に堪ふる必
要上、其周囲の障壁は勿論、其の障壁間につめ
るものまでが不燃性のものでなくてはなら
ぬ。又冷藏函の時の如くに、白蠟等を用ひて、
金屬と金屬とを連結するやうな事ではいか
ぬ。且つ重いものが倒れかゝても、容易に破壊せぬ程に堅固なるものでなくて
はならぬ。



●火無コンロ (Fireless furnace) 火無コンロと呼ばれるものは、一種の保温函である。
通例木製の箱で、其中央部に丁度鍋を入れるに足る丈の空所があつて、鍋の周
圍、鍋と箱との間には、數寸の厚さに、鈹屑又は藁枯草等の如き、多量の空氣を含有
せる熱の不良導體にて埋めてある。鍋を其温き内容物と共に此内に入れ、其上
に蒲團の如きものを置き、更に其上から木の蓋を施して押つけて置くときは、鍋

の内容物の温度は割合に永く保存せらるゝから、火が無くても物は煮えろとい
ふので此名を得たのである。元來吾等が物を煮る時には、之を沸騰せしめるの
が通例であるが、沸騰は必ずしも必要でないのである。鶏卵の如き、七五度以上
ならば十分煮えるのも此事は分る。

火無コンロを使用する上にて注意すべきことは、之れに入るべきものゝ熱容量
の多少によりて、結果に非常の相違があると云ふことである。熱容量が大なれ
ば冷え方が少く、従つて結果は満足すべきであるが、熱容量が小さくては如何に
しても、駄目である。近着の或る外國雜誌によれば、火無コンロは歐米諸國でも
一時は頗る八ヶ間敷もて囃されたか、現時はさうでない、其の代り電氣か瓦斯か
で、少しづゝ熱を補充して、此装置内の温度がいつまでも沸騰點に近く保たれる
やうにしたものが好評を博して居ると云ふことである。

第四節 井戸水の温度

土壤は頗る熱を傳へ難いものゝ一つであるから、地表の温度が、日中に高まり夜
間に降りて、随分大なる變化を爲して居ても、地中數寸のところには、其變化

地下の温度の變化は地上の温度の變化よりも小にして且つ遅し

は著るしく小さいものである。而して其の最高温度に達する時間及最低温度に達する時間は、地表に於て夫等の温度の來る時間に比べては、著るしく後れるものである。次なるは實例の一つである。

地表に於て
最高温度 三二・三度 上の温度の示 午後一時十五分
最低温度 五・二度 同 午前四時五十五分

其の場所の最高温度 一七・八度 同 午後五時三十分
地下三寸三分の最低温度 九・八度 同 午前七時十五分

即ち地下僅かに三寸三分のところに於ても晝夜の温度の差は地表が二七・二度であるに對して僅かに八〇度であるし、最高温度及最高温度の來る時間は幾時間と云ふ程に後れて居る。

右の如きわけで晝夜の温度の變化は地下二尺乃至三尺のところに於ては、最早全く認められなくなつてしまふものであるが、夏と冬との温度の變化は、前の結果に比ぶれば著しく深く地下に及ぶものである。之れは温める時間も長く、冷す時間も亦長いからの事である。但し其の深さは、案外に浅いもので、赤道地方の如き夏と冬との温度の差の著しからざるところは勿論のこと、温帯地方に就

地中種々の深さに於て來るべき夏と冬

いて云ふても夏冬の温度の變化が五十尺以上の地下に於ては、殆んど認めることが出來ないのである。又其最低最高の時季は地表の最高最低の時季に比して半々年以上も後るゝものである。故に地表が冬の最中であるとき、地下三四十尺のところは、丁度夏が來た時となるのである。實例として逸獨國ケニツヒベルグに於ける報告を掲ぐれば、

地表からの深さ 最高温度の表はれた日(幾年か) 最低温度の表はれた日(同上)

| | | |
|-------|--------|--------|
| 〇〇(米) | 六月十三日 | 一月二十五日 |
| 一〇 | 八月一日 | 二月二十四日 |
| 二〇 | 八月二十五日 | 三月二十日 |
| 三〇 | 九月十五日 | 四月九日 |
| 四〇 | 十月二日 | 四月二十三日 |
| 五〇 | 十月二十一日 | 五月六日 |
| 六〇 | 十一月九日 | 五月二十四日 |
| 七〇 | 十二月一日 | 六月十四日 |
| 七五 | 十二月八日 | 七月二十二日 |

地下五十尺以上の深さに於ける温度

即ち地下七・五米(大凡四間)の深所に在つては、夏は十二月であつて冬は七月であるのが見られて居る。

五十尺以上の深さに於ては、年中の温度は同一であると云ふが、其同一の温度と云ふも、深く地中に進むに従つて次第に高くなつて居る。

右の所説に依つて見れば、井戸の水の温度が、冬に於て却て暖かく、夏に於て却て冷いと云ふことがあつても、何も怪しむことはない。井戸さへ深くあれば、夏に低温度、冬に高温度と云ふことはあり得る話である。但し寒暖計の示すところの温度の差ば思つたよりも少いものたるべきは勿論であつて、其差の著しく感ぜられるのは、吾々の手先が、夏に暖かく、冬に冷いのも原因して居る。

井戸水の温度と水源の深さ

右の所説を應用して、湧き出づる水の温度を檢查することに依つて、大體其水源の深さを察することが出来るのである。例へば此處に一つの泉水があつて、四季共に同温度で、且つ其温度は、地表の温度の一年中の平均よりも高いとすれば、其水は地下大凡五拾尺より更に深き地層中より湧き出づるものであることが分り、若し又水の温度が、冬に於て却つて高く、夏に於て却て低ければ、之は地表に於ける冬夏の温度の變化が達し得る程で、且つかなりの深さと分るのであるか

良き井戸水の温度

ら、大凡二〇尺から四十尺位のところであらうと察せられる。又其温度が夏に於て暖く、冬に於て冷いとすれば、地下餘りに深くなき層に其根源を置いて居ると云ふことが推察せらるゝのである。

良好なる井戸水の有つべき性質の一として、其温度が四季共に變化なきもの、若しくは變化少きものと云ふ箇條が衛生學の書物等に擧げられてあるのは、つまり深い地層より湧き出でたるものと云ふこと、同じ意味のものである。深い地層より湧き出でたものは、天然の濾過作用が完全に行はれて、全く無菌の水であることは實驗上の事實である。

右の所説を了解したる上は、厚い壁又は煉瓦等に、西日がカン／＼と照りつけた結果、夕方より夜にかけて、却て室が暑くなるやうに覺ゆることがあつても、(窓戸を限り)深く怪むには及ばないのである。

第五節 鍋釜の材料

五四頁の傳導度の表に據つて見れば、銅と鐵とを用ひて同じ厚さの鍋を作つたとすれば、銅鍋は鐵鍋よりも著しく早く用事を辨ずるのであらうと云ふ事が考

銅の鍋と鐵の鍋

へられる。即ち例へば一定量の水を之に入れて其を沸騰點までに熱して見るに、銅は鐵の五分の一位の時間にて足りるであらうと考へられるのである。併し實際に實驗して見れば決してさうではない。著者が土瓶と銅鍋とを瓦斯の火にかけて行ひたる比較實驗に依つても、此兩者は大さ及び底の形に於ては甚しく相似たるものであつたが(厚さに於ては土瓶の方が著し、同量の水を同温度 丈け温むるに要する時間の相違は、案外に少いものであつた。即ち土瓶で三分間を要したるところに、銅鍋では其の六分の五に當る時間二分半を要した位の事である。單に厚みの上からのみ考へて見ても、之に數倍する差異の有るべきは豫想されて居つたのに、事實は上記の通りであつた。之れに依つて見るに、銅の材料の如きは銅であらうが、鐵であらうが沸騰までの時間には殆ど無關係であると云ふて宜いのである。

鍋の外側より
内側に移る熱

何故にかゝる事になるかと考ふるに、元來鍋の外側には空氣が觸れて居り、内側には水が觸れて居るのであるが、是等の空氣及び水は、其鍋の面に極々近接する部分に於ては、其流動及び交代が他に比べて緩かである。川の流れを見ても岸に接近して居る部分になる程、其流れは緩徐であつて、極々近いところになると

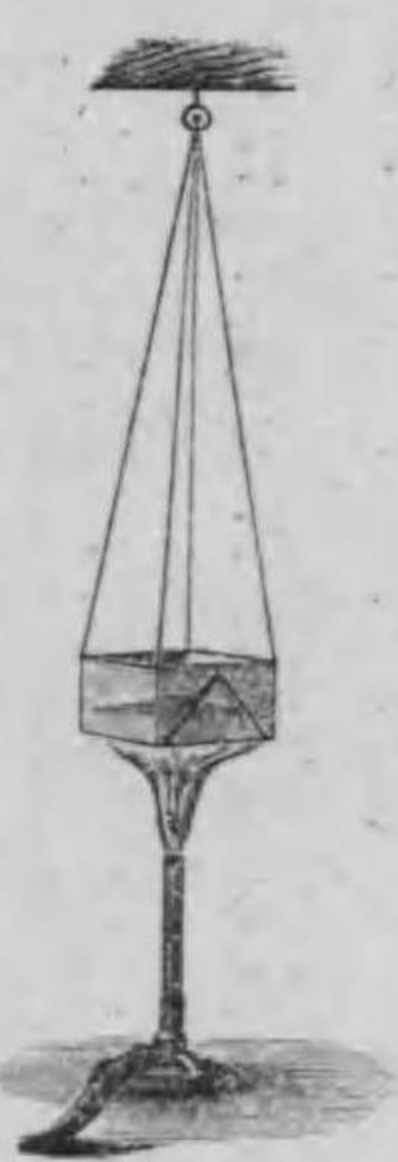
殆んど流れがないやうにもあることは、誰も氣のつく事柄であるから、此理を推し進めて考へて見れば、上記の事はあり得べき話である。夫れ故に熱き焔、又は熱き瓦斯が、鍋の底に沿ふて流るゝに當つて、熱が通過せねばならぬところの障壁の厚さは、單に金屬だけの厚さでなくて、之に加へて外部には若干の空氣の層があり、内部には若干の水の層があると見ねばならぬ。之れのみならず、鍋の内には百度以上に昇ることのない筈の水と云ふものが入れてあり、従つて鍋の底は、比較的低温度にあるものであるから、火焰が之に沿ふて流るゝと云ふても、餘りに鍋に近き部分にては、實際燃焼作用が行はれ得ない、之は注意して觀察すれば直ちに目撃することも出来る。又冷い金網を火焰中に入れば、焔が切れると云ふ事實を思ひ出して、此事は察せられ得るのである。従つて高き温度にある火焰は、鍋より稍々遠く離れて流れて居るのである。斯くて熱が空氣の層を通じて然る上に鍋に達すると云ふ必要は一層甚しきを加へて來る。而して此空氣及び水の熱傳導の悪いことは、金屬に對しては比較にならぬ程のものであるが故に、結局金屬其もの、傳導の良否などは、問題にするに足らぬと云ふ結果になるのである。例へば三人の中での二人の増減は大なる變化である

が百人の中での二人の増減は問題にするに足りぬ程の増減と云うてよいのと同様である。されば我等は熱の傳導に關する知識を餘りに神經的に鍋の實質の上に適用してはならぬ。

右の説明の眞實を保證するに足る實例に次の如きものがある。

第一六圖は西洋紙を用ひて作つたる小さき箱を針金で吊したものであつて、此

第一六圖
紙の鍋にて
水を沸騰せ
しむ

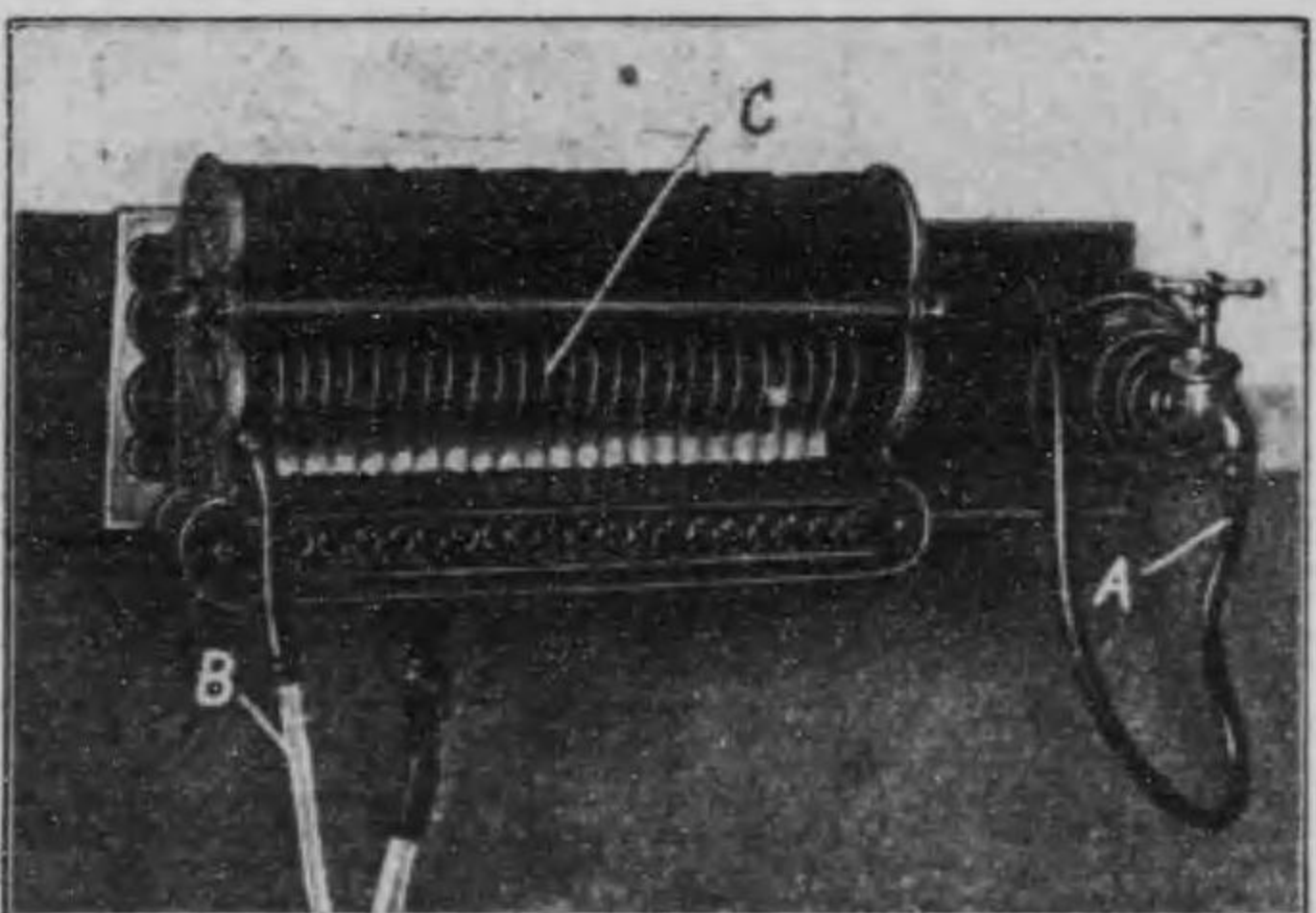


箱に水を入れて下より之を瓦斯の焔で熱するときは、よく其水を沸騰せしむることが出来る。而も紙は少しも焦げない。元來石炭瓦斯の火焔の温度は七八百度若しくはそれ以上であつて、紙の焦げる温度は二三百度であるところから見れば、どうしても火焔と紙面との間には、餘程の不導體が横はつて居ると見ねばならぬ。紙と云ふものが左程に熱の良導體でないこと云ふ點から見て、猶更に然らざるを得ない。

第六節 ウォーターヒーター (Water heater)

右の道理をよく呑み込んで考案したる湯わかしに、第一七圖の如きものがある。

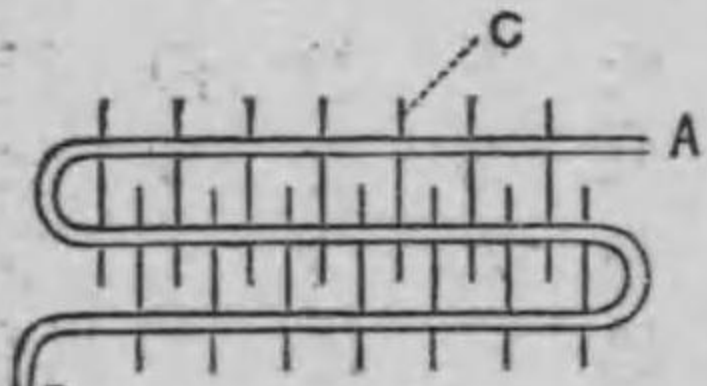
第一七圖
ウォーター
ヒーターの
外見



名はウォーターヒーターと呼び、水道の中より此器に流れ込んで、他方の管口より流出する水Bは、中途に於て瓦斯の火焔の爲めに熱せられて、十分に温まりたる湯となるのである。此湯の温度は、一方には火焔の大きさに關係し、他方には水の流出の速さに關するは勿論であるが、此兩者の手加減によつては、嚴冬の冷水を沸騰水として流出せしむることすら出来るのである。

其内部の構造はと云へば、第一八圖に示す如く、水の通ずる銅管の細いのがあつて、之が平たいS字形を畫いて往復して居る。且つ其管には、幾枚かの平行なる銅

第一八圖
ウォーター
ヒーターの
内部の構造
を示す



板の羽(同圖C)がついて居る。つまり管が、此等の銅板の中心を貫いて居るわけである。かゝる構造になつて居るから、管内を流るゝ水は、管の外面より直接に入り來りたる熱を受け取るのみでなく、右の銅板に入り來りたる熱をも受け取るやうになる。而して前にも述べたる如く、火焔の熱は、金屬其物に達する迄に、先づ金屬の表面に接

近せる瓦斯の層を通過せねばならずして、之が大なる障害であるのであるが、右の如くすれば、金屬の表面の廣さが大に増大して居るが爲めに、其割合に多量の熱を金屬に移すことが出来る。熱が既に金屬に移れば、銅は殊に熱の良導體であるから、どん／＼其熱を低溫度の方面即ち管の方に移すことが出来る。之が此器の迅速に効果を奏する所以の最大原因である。

ウォーターヒーターの効力著しき所以の第二としては、内部の水が絶えず流れ動いて居ると云ふことを數へることも出来る。かくて銅の内面に附着し停滯せる水の層を、大に薄くすることが出来るからである。我慢して熱い湯に身を沈めて居るとき、靜かにして居れば左程でなくとも、湯を動かすか、若しくは身を動かすかすれば、特に強く熱さを感じると云ふ事に經驗ある人は、此の説明を承認することが容易であらうと思ふ。

欠

欠

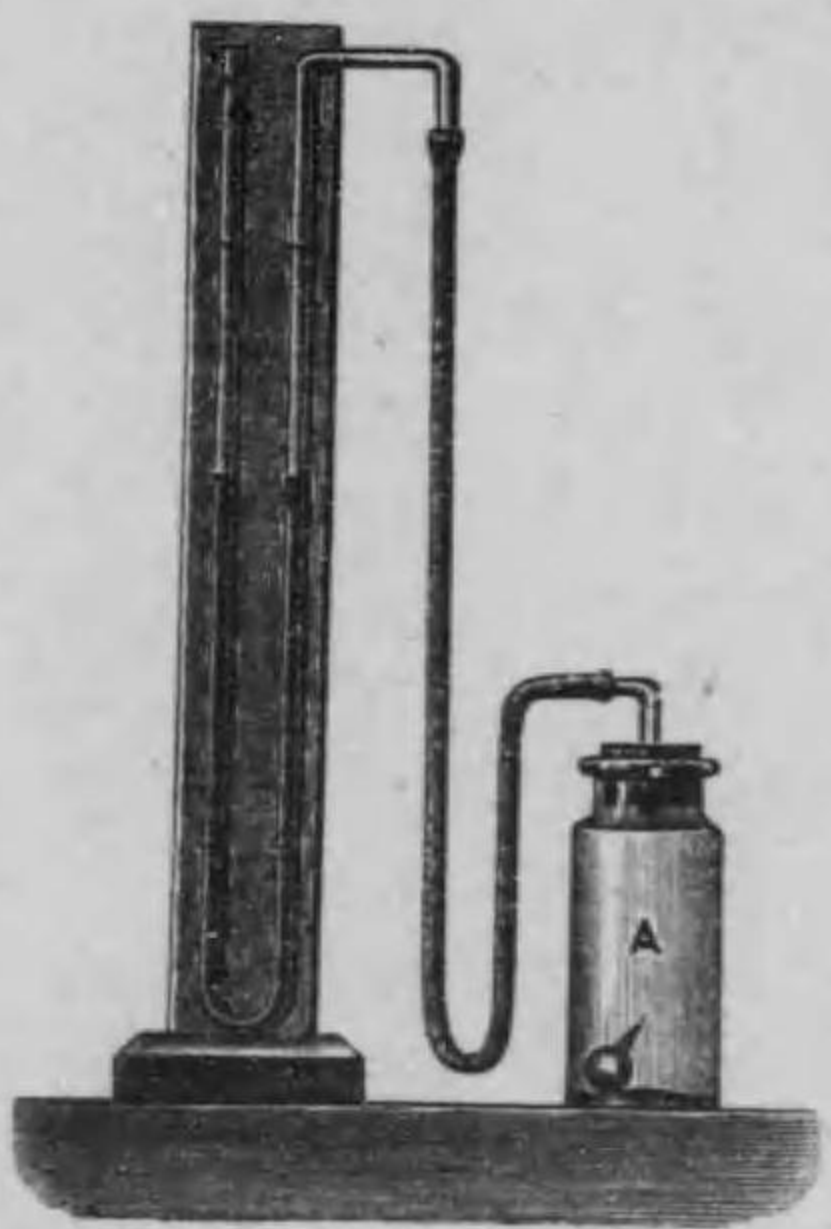
つぶして其手を放せば、若干のエアテルが硝子管内に入り来る、後再びゴム管をつぶせばエアテルは進出する。

最大壓力又は最大張力

言ひ換ふれば、エアテルは、其蒸氣の壓力が、或る一定の強さに達する迄は蒸發するが、それ以上には蒸發することが出来ないと言ふことが分る。其一定の強さの壓力と云ふは、如何程のものなるかを知らんとするには、水銀面が押し下げられた高さを測つて見ればよい。其の測り得たる値は、エアテルの最大壓力、又は最大張力と云はるゝところのものである。例へば或る實驗に於て、エアテルは水銀を二〇三種だけ押し下し、此上にエアテルの量を増しても、夫れ以上には押し下し得なるとすれば、其時のエアテル蒸氣の最大張力は、二〇三種（水銀の高さで）なりと云はれるのである。エアテルの最大壓力の價は、溫度によつて大なる差異を來すものである。實例で云へば溫度一〇度の時には二九二種であるが、二〇度のときには四三二種となる。云ふ風である。エアテルの代りに水を以てするとき、やはり同種類の現象が見られるが、其最大壓力は、エアテルのそれに比べては著しく小さい、即ち最大張力の價は物質により又溫度に依りて相違するものである。今最大張力の價を二三の物質に就て示せば、

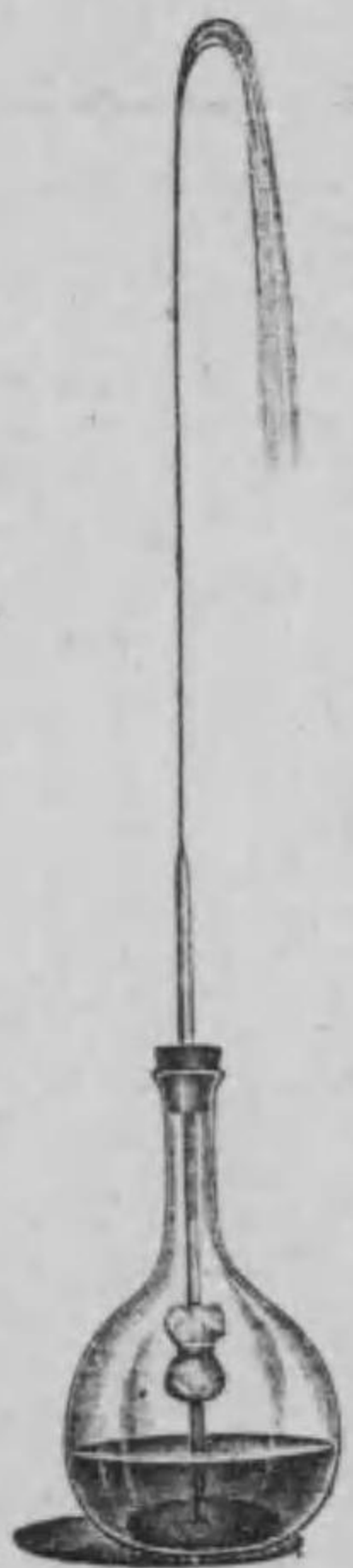
する時には、其値は又全く真空の場合に得たる最大張力の値に等しいものであることを發見する。此事をザツと驗せんが爲めには、次の如き實驗がある。

第二四圖
空氣中に蒸發するエーテルの最大張力を檢する装置



第二四圖に於て、廣口瓶の内に在る小さき球は、普通の硝子管を膨らませて作つたる手薄なる硝子球であつて、其内にはエーテルが封入せられてある。瓶の栓、ゴム管のつなぎの部分等は、十分に注意して少しも氣體が漏れないやうに糸で縛つてある。今此瓶を振つて、其内の硝子球を破れば、エーテルは漏れ出で、直ちに空氣中に其蒸氣を送り出し、それが爲めに壓力が増加して水銀を一方の管内に押し上げる。其定りたる高さに達するを見て、兩方の水銀面の高さの差を測れば、その値はエーテルの最大張力、即ちエーテルが此溫度に於てトリセリーの真空内に蒸發した時、水銀面を押し下した高さに丁度等しいのを見るのである。空氣中に或他の液が蒸發し行きたるが爲めに、新たに壓力を増加する事實丈けならば、次の如き簡易なる方法によりても證明することが出来る。フラスコに

第二五圖
エーテルの蒸發による噴水



少量の水を盛り、その栓となるべきコルクに、一端の尖りたる硝子管を貫き、其硝子管の中央には、綿の一片を縛付け之にエーテルを滲込ませる。かくしたる上に急に此栓を前のフラスコに施す時には、強き勢を以て水は硝子管の細口から噴出する。

第三節 蒸發に關する法則 飽和蒸氣

液體の蒸發の分量及び其速さに關する法則は、次の如く約言することが出来る。或液體は、其液面に接して居る場所に向て、自分の蒸氣を送り出すものである。而して自分の蒸氣の爲めの壓力が、各溫度に於て一定せる或る價に達するに至りて、其蒸發はやむものである。而して右のことは、其場所が真空であると、又は他の瓦斯體によりて滿されて居るとによりては相違はない。相違のあるのは、蒸發の速さであつて、其場所が真空である時に最も速く、瓦斯體の多くなるに従て、殊に自分の蒸氣の多くなるに従て、蒸發は次第に遅くなるものである。

飽和せる水蒸氣

水蒸氣が其溫度に於ける最大壓力に達したるまで、空氣中に含まれて居る時は、其空氣は水蒸氣を以て飽和せられて居ると云ひ、其水蒸氣を飽和せる水蒸氣と云ふ。

第四節 沸騰

沸騰及び沸騰點

水を熱して其溫度を高め行くときは、表面よりの蒸發は愈活潑となるを見るが、其溫度が或るところまで高まるときは、液の内部から蒸氣を發生する様になる、此現象を沸騰と云ひ、此時の溫度を其液の沸騰點と稱する。

同じ種類の液體の沸騰點は、其液面に働く壓力の大小によりて變化する。水は通例百度に於て沸騰すると云ふが之は大氣の壓力が七十六種である時の事である。若し大氣の壓力が、是れ以上なる時には、沸騰點は是れよりも高く、是れ以下なる時には、是れよりも低

沸騰點及び沸騰點の移動係數

| 物質 | 沸騰點 | 壓力一耗の異なる沸騰點の移動係數 |
|-------|-------|------------------|
| 水 | 100.0 | 0.0376°c |
| アルコール | 78.3 | 0.0334 |
| エーテル | 34.6 | 0.0398 |
| アニリン | 183.9 | 0.0514 |
| ベンゾール | 79.8 | 0.0438 |
| ナフタリン | 218.0 | 0.0585 |
| 水銀 | 356.8 | 0.0754 |
| 硫黄 | 445.0 | 0.0912 |

氣壓と水の沸騰點

い。今二三の物質の一氣壓の下に於ける沸騰點と、此沸騰點の近傍に於て壓力一耗の變動に對して、沸騰點がどの位變動するものかを示せば、前表の如くである。

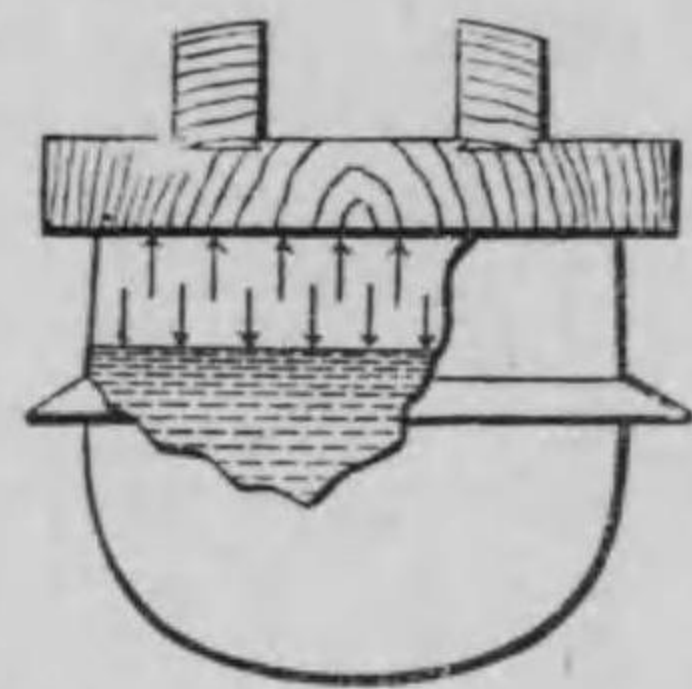
富士山の頂きに於ては約八十七度にて水が沸騰すると云ふことである、此の時富士山上の氣壓は大約幾何であるかと云ふに、壓力一耗の差に對して沸騰點が〇〇三七六度宛變化するものとして計算すれば、即ち四一五耗となるが、第九三頁の水蒸氣の最大張力の表によつて見れば、此時の氣壓は四六八九一耗なるべきは確かである。かゝる相違のあると云ふのは一耗について、〇〇三七六度の差がどこまでも行はれるものと見たる相違より來るのである、之が前文に於て、「沸騰點の近傍に於て」と云ふ斷りのある所以である。

第五節 釜の蓋の効用に關する謬見

飯を焚く釜の蓋には、厚い木が用ひられてある。何故に厚い木が必要であるかと問へば、次の如く答へらるゝが普通である。木が厚ければ目方が多い、目方が多ければ液面に及ぼす壓力が増す。従て沸騰

粗雑に物を考へた爲めの誤謬

第二六圖



點が高まり、御飯は能く煮える、従つて甘い御飯が出来る。

併し右の答は、粗雑に物を考へたが爲めに起る誤謬である。成程釜の蓋は、其全體を提げて見れば如何にも重い、併し是が蓋として使用せらるゝ時には、廣い表面の上に此重さが配當せらるゝ譯であるから、液面に及ぼす壓力の増加は至つて少ないものである。言ひ換へれば下から押上げる蒸氣は、其蓋の全面積に力を加へて之を押上げるのであるから、左程蒸氣の壓力が大でなくとも、容易に蓋は押上げ得られるものである。

今計算の上から此の事を論證して見やうならば、假に蓋の厚さが二寸あるとして考へて見る、二寸の厚さの木が載つて居るのは、二寸の厚さの水が載つて居るよりは幾分か壓力が少ないに相違ないが、かりに二寸の厚さの水の壓力と等しいと見做して考へて見るに、此の壓力は、深さ一分五厘程の水銀の壓力に等しい ($2 + 13.6 = 0.15$) 一分五厘は之を耗に直して見れば四五耗程になる。此處で問題は、液面に及ぶ壓力が大氣の通例の壓力、即ち七六〇耗である時には、水は百度で沸騰するが、壓力が七六四五耗になつた時には、幾度で沸騰するかと云ふことに

日々の氣壓の變動

なつて来る。そこで前節の表に照して見れば、四五耗の増加に對しては、 $4.5 = 0.1692$ 即ち約〇・一七度の増加となる。斯かる僅少なる温度の昇り方は、普通の寒暖計では一寸見出されない位のものであつて、かゝる僅少の高度の昇りの爲めに、飯の煮え方がどれ程能くなるであらうかは、推察が出来やうかと思ふ。右に對しては、次の如き反駁があるかも知れぬ。即ち沸騰點の昇りは、少ないにしても、全く無いのではないから、之れが飯の味を善くするに効を奏して居るのかも知れぬ、何しろ多數の人の多年の經驗であるから、併し之には、次の如き辯駁を與へることが出来る。

日々の氣壓は決して一定して居らぬ。通例七六〇耗と云ふが、之は極大體の所を示したもので、日に依り時に依りて變動がある。今次に明治四十四年五月二十三日から六月二十二日に至る迄、滿一ヶ月間に於ける東京の毎日の平均氣壓を氣象臺の報告に基いて、茲に掲げて見れば次の如くである。

右の如き結果に據つて見れば、或日の平均氣壓と、其前日の平均氣壓との差が四耗以上に達して居る場合は、僅か此三十一日間に九回あるのであつて、其甚だしきものは、十耗以上の差を有して居る。而して五月二十六日の氣壓と、六月十九

東京の日々の平均氣壓

| 日 | 氣壓 | 差のと日前 |
|----|-------|--------|
| 23 | 758.2 | (耗) |
| 24 | 757.4 | - 1.8 |
| 25 | 762.3 | + 4.9 |
| 26 | 764.2 | + 1.9 |
| 27 | 762.3 | - 1.9 |
| 28 | 759.0 | - 3.3 |
| 29 | 757.0 | - 2.0 |
| 30 | 754.5 | - 2.5 |
| 31 | 761.4 | + 6.9 |
| 1 | 764.1 | + 2.7 |
| 2 | 759.5 | - 4.6 |
| 3 | 755.4 | - 4.1 |
| 4 | 753.4 | - 2.0 |
| 5 | 757.4 | + 4.0 |
| 6 | 759.2 | + 1.8 |
| 7 | 758.6 | - 0.6 |
| 8 | 760.4 | + 1.8 |
| 9 | 763.5 | + 3.1 |
| 10 | 763.3 | - 0.2 |
| 11 | 759.9 | - 3.4 |
| 12 | 757.9 | - 2.0 |
| 13 | 758.7 | + 0.8 |
| 14 | 759.9 | + 1.2 |
| 15 | 757.8 | - 2.1 |
| 16 | 750.2 | - 7.6 |
| 17 | 753.8 | + 3.6 |
| 18 | 756.8 | + 3.0 |
| 19 | 746.1 | - 10.7 |
| 20 | 748.7 | + 2.6 |
| 21 | 754.7 | + 6.0 |
| 22 | 759.8 | + 5.1 |

日、即ち暴風雨のあつた日との氣壓の差は、一八・二耗と云ふ大なる値に達して居る。乃ち重い厚い蓋の爲に増加すべき壓力に比べては、約四倍の大きさを有つて居るのである。左すれば、若し壓力の聊かの相違が、飯の味の上に影響を及ぼすものとすれば、釜の蓋を重くする軽くするの問題は、末の未たるものであつて、之れよりも日々の氣壓の具合で、大に甘い御飯と、大に甘からざる御飯とが出る譯である。然るに今日まで、さう云ふことを口にし又耳にしたのは誰もないのである。

尙又他の方面より考へて見るに、氣壓は土地の高低に因つても相違する。一例を言つて見れば、東京と信州松本とに於ては、氣壓が一年中の平均に於て、四十九

土地の高低による氣壓の相違

耗位違ふのである。故に松本の方が、東京と同じ氣壓の下で御飯を焚かうとして、其氣壓の差を釜の蓋で補はうとするならば、其釜の蓋は、水と同様の重さの木を用ふるとして、少なくとも其厚さ二尺二寸に達して居らなくてはならぬ。さもなくば東京ほどの氣壓にはならない。然るに今日まで、まだ信州松本の飯は不味にして、東京の飯は甘いといふことを耳にしたことはないのである。

更に一步を進めて言へば、何も東京と信州とを比較するに及ばない。同じ東京に於ても、駿河臺、目白臺の如く高い所もあり、下谷淺草の如く低い處もある。而して空氣の重さは、地球の表面の近くに在つては、大抵水の重さの七百七十三分の一であるから、此事から計算して見れば、二寸の七七三倍、即ち約二十五間の高さの差ある所に於ては、其氣壓の差が、二寸の厚さの重い蓋の爲に生ずるだけはあるのである。然るに、今日に至るまで、目白臺の飯は甘くして、下谷淺草の飯は不味だと云ふことは聞いたことがない。

かく述べ來つて見れば、厚い蓋の効用は、壓力を増して沸騰點を高めるが爲めでないことは明瞭である。然らば、何故に態々厚いのをを用ひるか、其必要は何處にあるかと云ふ問題は、未決の儘で残つて居る。著者の見る所に據れば、御飯は一

結局何の爲めに釜の蓋は重く作らるるか

且沸騰したる後に、十分に蒸して置くことが大切であるから、鍋蓋の如き反りを生ずるものに於てはよろしくない、それが爲めに厚いのが用ひられる理由はあつた、されど反りを生じない程度の厚さ以上には、之を厚くする必要はない。今日實際の世の中に於て、非常に厚い蓋が好んで用ひられて居るといふのは、田舎の素封家の大黒柱が、實際の必要以上に太いのと同様な譯で、一種の裝飾であると考えへる。

第六節 溶液の沸騰點

一定せる壓力の下には、常に一定せる沸騰點をもつと云ふことは、純粹なる液體に於て云ふべきものであつて、物を溶かして居る液體の沸騰點は、其溶し居る物質の種類及び量に依て様々に違ふのである。其溶かされた物質が例へば種々の液體の如く氣化し易いものである時には、沸騰點の昇降に就ては、一概に言ふことは出来ないが、食鹽とか砂糖とかの如き、揮發性の物質の溶けたる場合に於ては、其沸騰點は純なる液體のそれよりも高くなるが通例である。其高まり方の程度は、液の濃さものの程著しい。されば稀き食鹽水の如きを煮詰めるとき

物を溶し居る液の沸騰點

には始めの間は百度を超ゆること僅かに於て沸騰して居るが、次第に液が濃くなつて、遂に食鹽の飽和溶液となるときには、一氣壓に於て、一〇八・四度に迄沸騰點が高まり行くのである。今二三の物質の飽和溶液の沸騰點を示せば、次の表の如くである。

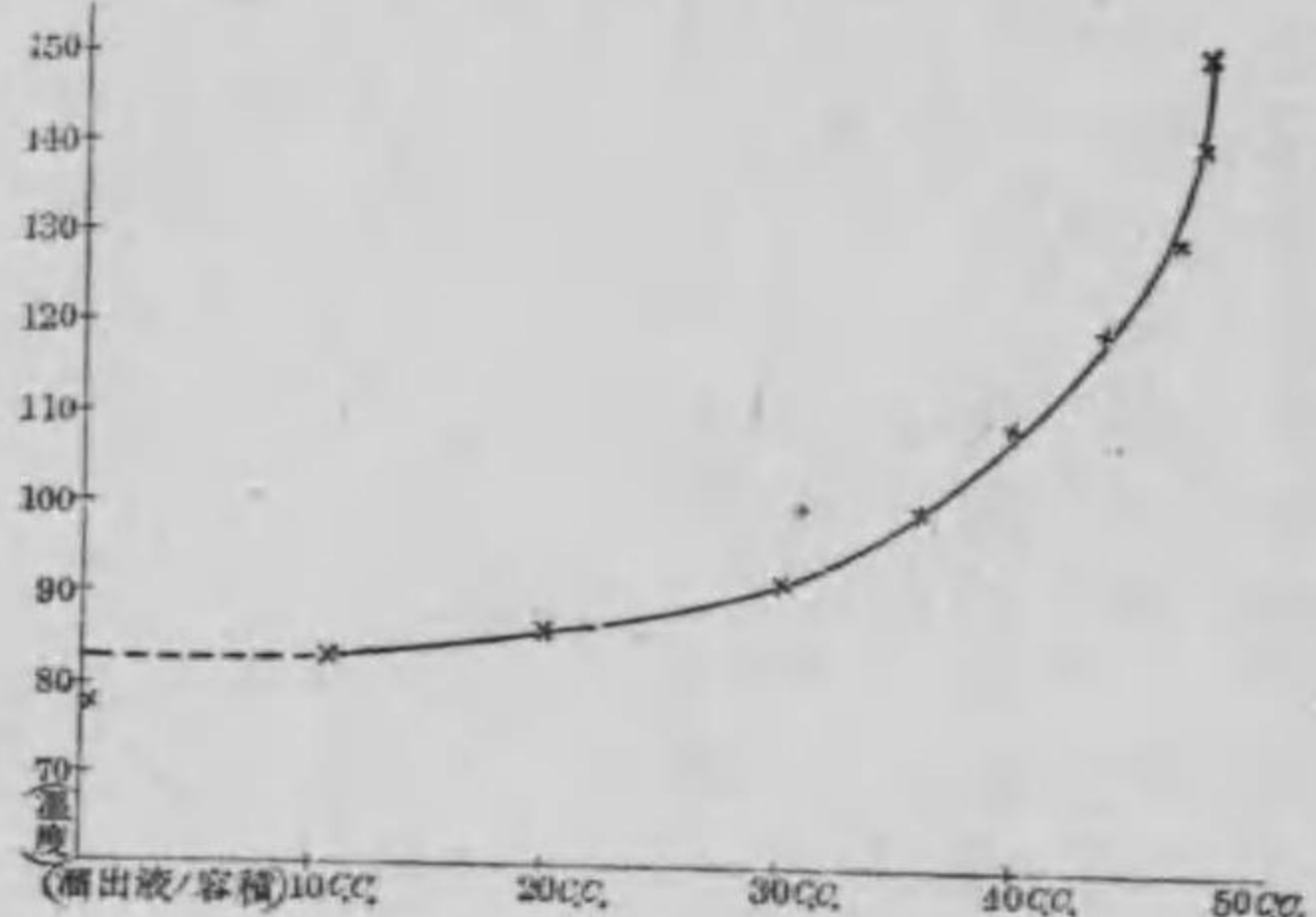
| 飽和溶液の沸騰點 ⁽¹⁾ | | 沸騰點 ⁽¹⁾ |
|-------------------------|---------|--------------------|
| 炭酸ソーダ | (48.5) | 104.6 |
| 食鹽 | (41.2) | 108.4 |
| 硝酸ソーダ | (224.8) | 121.0 |
| 醋酸ソーダ | (209.0) | 124.4 |
| 硝酸カルシウム | (362.2) | 151.0 |
| 鹽化カルシウム | (325.0) | 179.5 |

(1) 括弧内にある数は此等の物質が飽和溶液をつくるに際し、水百瓦中に溶在する物質の瓦数を示したるものである。粥、味噌汁等の沸騰點

右の表に於て、鹽化カルシウムの飽和溶液の沸騰點は一八〇度許りの高温であるのを見て、吾々の食する粥、味噌汁等の如きものが、著しく高き沸騰點を有つべきを想像する人があれば、それは間違ひである。澱粉の如き、又蛋白質の如きは、所謂膠狀溶液と稱する一種特異の溶液を作るものであつて、沸騰點の昇りは非常に僅かなものである。膠狀溶液

のことは、拙著日用化學講義第三〇八頁に略述してある。液體に液體がとけたる溶液の沸騰點の變化に關しては、種々の事があるが、次なるは最も普通に起り來る場合の一例として、見ることが出来るものである。即

第二七圖
ベンゼンと
種油との溶
液の沸騰點
の變化



ち、ベンゼン(五〇立方糎に種油の二〇立方糎を溶したものをつくり、其沸騰點の移動に關して著者がざつと實驗して見たところによれば上の圖の如き曲線が得られた。即ちベンゼンが一〇立方糎丈け溜出した時には、沸騰點が八十三度であつて、二〇立方糎丈け溜出した時には、沸騰點が八十六度となり其後溜出液が增加するにつれて沸騰點は益々上昇し、溜出液が四十八立方糎となつたときには、沸騰點は百五十度であるのを見た。

第七節 沸騰の後れ

純なる液體の沸騰點は、一定の壓力の下に於ては一定して居るものであることは、前にも述べた通りであるが、時として此法則にはづれることがある。其はづれるのも、沸騰點以下に於て、早くも沸騰を始めると云ふことは絶無であつて、其反對に、既に定まつたる沸騰點に達して居ながら、まだ沸騰を始めないと云ふ

過熱の現象

風にはづれるのである。即ち例へば百度で沸騰すべき水が、百二度、百三度、百五度になつても沸騰しないで居ると云ふことが見られるのである。斯る現象を過熱の現象と云ふ。過熱せられたる或液體が一旦沸騰を始めるときには、急に著しく蒸氣を發するが爲に、爆發的の現象を見ることは珍しくない。之が爲めに、吾々が試験管に物を入れて之を沸騰せしめる時になど、大なる不便を感ずることが珍しくない。

過熱の現象と云ふことが起り易いのに依て考へて見れば、蒸氣は全く種のないところに新に生ずることは困難であると見える。其困難であると云ふ理由の一つには、蒸氣の泡が極めて小さい時には、……出來始めは非常に小さかるべきは勿論である……液の表面張力の爲めに、存外強き壓力を蒙つて居ると云ふことも數へられるのであるが、表面張力の事は、後編に於て之れを述ぶるところにする。

水の過熱の現象は、沸騰の始めの時季に於ては、普通は見られないものである。之れは水中に溶けて居る瓦斯體が、温度の高まるにつれて自然に放出せられる爲め、之が種となつて蒸氣の製造を滑かに進めるからである。器の面に吸着し

沸騰の始めには通例過熱の現象なし

て居つた氣體なども亦之と同様の働きを爲すものである。然るに沸騰が暫く持續するゝ時には、此等の種が悉く取り除かれてしまふが故に、そろ／＼と爆發的沸騰が始まつて来る。

金屬器具と硝子器具

但し金屬器具に於ては、硝子器具などよりも大に此憂が少ない。之は金屬がよく熱を導くが爲めに、器の壁に接觸せる極少量の水だけが、忽ちに過熱状態になり、從て又忽ちに爆發的沸騰をなすが故に、結局連續的に沸騰を爲す結果となるのであると説明せられてある。されば金屬器具に於ても之を水の沸騰點より僅か許り高温度にある油の内にも浸して、徐々に之を熱するやうにするときは、恐ろしく爆發的沸騰を起すものであると云ふことである。土瓶が鐵瓶の代りになり難いと云ふ理由は、火にかけて損じ易いと云ふこともあるが他の一理由は又此の點にあるのである。近ごろ硝子製の土瓶形のもの、がポツ／＼と市上に見ゆるが、何は兎もあれ、之にて湯をわかす時には、過熱現象を起し易いので、此器の流行は望み多きものでないことは、物理學の方から見て豫言が出来る。過熱の現象、從て来る爆發的沸騰を避くる爲には、木炭、鋸屑、砂、白金線等の固體を其器に投込むと云ふことがあるけれども、是は要するに、其の固體の表面に吸着

過熱現象を避くる方法

せる空氣の働きをかりると云ふのが其主義であるが故に、暫く沸騰が続くと、此空氣が悉く無くなつて仕舞ふと見えて、其効力は永續しない。

過熱現象に關する以上の説明は、空氣の「種」の有無と云ふことに第一の原因を置いたのであるが之に就ては異議を唱ふる學者もないてはない。例へば或る學者は細かき目の金網の籠に空氣を入れて之を熱湯中に沈めても、金網と空氣とが、化學的に清淨であるときは、沸騰には何の效果も與へなかつたが、其空氣が塵埃を含める普通の空氣の時には、大なる効果を來したと云ふ事實を捉へて、空氣及器物の表面の純不純が、寧ろ大關係があるのであると云ふて居る、併しどうも賛成者は多く前説の方にあるやうである。

第八節 氣化熱

水に熱を與へて見れば、其の與へたる熱量に相應するだけ温度が上昇することは明かに見られるが、一旦沸騰を始めての上は、如何に熱を與へても少しも温度の上昇が見られない。只液體なる水が、氣體なる水に變るのみである。而して多量に熱を與ふれば多量の蒸氣を生じ、少量の熱を與ふれば少量の蒸氣を生ずる。精密なる實驗の結果によれば、百度の水の一瓦が百度の水蒸氣に化するに當ては、五三六カロリーと云ふ大した熱を與ふることを要するものである。此

水の氣化熱

の熱量を水の氣化熱と云ふ。
 氣化熱の量は其蒸氣を生ずる時の温度に依つて多少異なるものである。例へば水が零度に於ての氣化熱は五九三カロリーであつて、百度の時の氣化熱とは五十七カロリーの差がある。

| 物質 | 温度 | 氣化熱 |
|---------|-------------------------|---------------------------|
| 水 | 0 | 593 <small>(72°C)</small> |
| 同上 | 100 | 536 |
| 液状アンモニヤ | -133.4 | 341 |
| 液状無水炭酸 | (25 <small>零度</small>) | 72 |
| 亞硫酸 | 0 | 90 |
| エーテル | 0 | 94 |
| アルコール | 0 | 233 |

分に異つて居る。水の氣化熱が群を抜いて大なりと云ふことは、注意すべき事柄である。

水に就て右に述べたる事項は、其儘他の液體にも當て嵌まる事であつて、一般に或る液體の一瓦が、或る温度に於て蒸氣となる時に要する熱量を、其温度に於ての其物質の氣化熱と稱する。今二三の物質に就て其蒸氣になる時の温度と、其温度に於ける氣化熱とを示せば、上表に示すが如くであつて、物質によりて大なりと云ふことは、注意すべき事柄である。

汗をかいた後に涼しき理由

液體が氣化するに當ては、多量の熱を要すると云ふ原則に基いて説明すべき事實は甚だ多い。今其二三の例を擧ぐれば、
 一 アルコール、エーテル、二硫化炭素の如き揮發性に富める液體を手ぬり付けた時は、大いに寒冷を感じる。ぬり付けた上に風を吹き送れば殊に著しい。汗をかいて後に寒くなるも亦此類である。

天氣が續けば暑い一原因

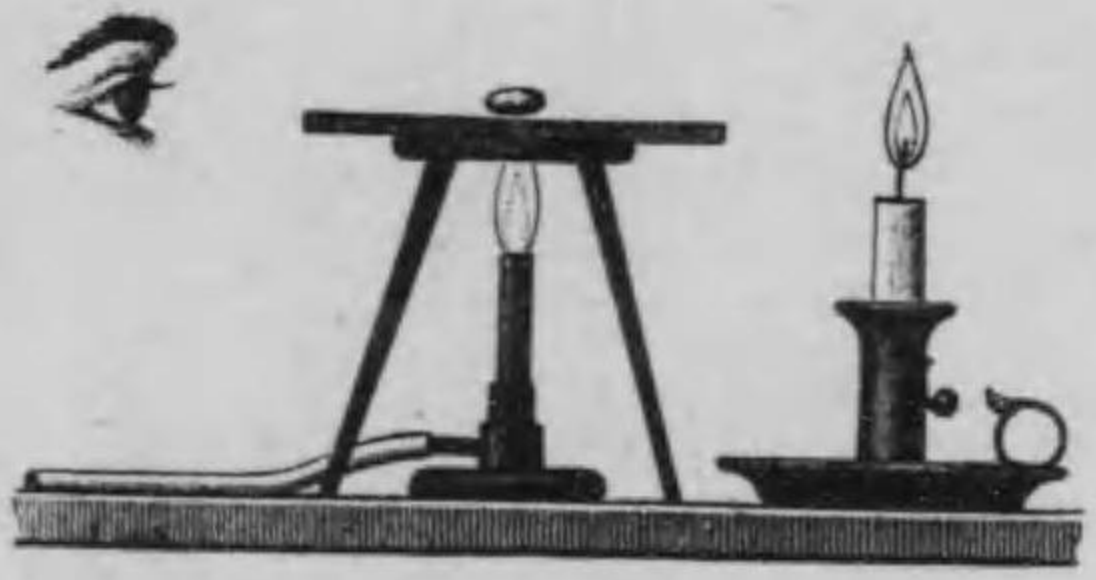
二 右の事についても思ひ起さるゝ事であるが、若し水に於て此事がなかつたならば、夏の太陽に照りつけられた地面は如何に恐ろしい暑さになる事であらう。吾々は直ちにアラビヤの砂漠の中央に、金をも熔かさんとする暑さと戦ひつゝある、行商隊の光景を思ひ出すのである。
 暑くなるべき原因によりて誘起せられたる現象は、其暑くなるのを防ぐと云ふ種類のものである。自然は實に妙なものである。

所謂油の沸騰

三 揚物をする時に油の温度が二百度以上にも達した時に、何か揚物にする物を投込むときには、盛んに沸騰が起ると同時に油の温度は見る／＼下降する。若し餘りに心なしに物を多く入れるときには、鍋の下なる火力には變りなくとも、油の温度は甚だしく下つて、遂には百度近邊に迄下り、其の出來上りたる揚物

の上に、よろしからざる結果を來すことになるものである。之れ全く、油の中に入れてられた物に含まれたる水分が盛んに氣化するに基く現象であつて、粗忽に物を見る人は、其の泡の立つのを以て油の沸騰と信じて居る。油の沸騰する程の温度に於ては、我々の食品は皆眞黒にこげてしまふものである。

四 熱せられた金屬の表面に水滴を落す時には、其金屬の温度が余りに高くない時には、ジウユと云ふ音を以て其水は直に蒸發し盡すものであるが、其金屬の温度が十分に高くある時には、不思議にも滴下したる所の水は、恰も里芋の葉の上に落ちたる水の如く、玉の形を成して其上を轉々して、容易に蒸發し盡さないものである。此現象を球状態と名ける。此際其球状態を成せる水滴の下面と、熱せられたる金屬の表面との間には、多少の間隔を有つて居ることは、上圖の如くして、其間隙より先方の焰を見ることが出来るのに依つて證明せられて居る。此間隔の生ずる所以は、詰り金屬板に接近したる水の表面に於て、水蒸氣が急に製造せら



球状態
第二八圖
球状態の觀察

れるが故に、水滴は其水蒸氣の爲めに、金屬面と直接に接觸することがなく、恰も其水蒸氣の蒲團の上に乗つて居るが如き状態を呈して居るのである。是れが爲めに、熱が直接に水滴に移ると云ふことが妨げられて、水滴の温度は比較的到低く、水滴の盡くすることも從て又遅いのである。吾輩は自ら實驗したことはないが、熔けたる鉛の中に一時濡れたる手を差込んで、何等の火傷を起さないと云ふことが、多くの物理書に見えて居るが前の事から推して見れば、之も必ずしも不可解の事ではないのである。

五 家庭に使用する燒鏝が適當にやけて居るや否やを檢せん爲めに、垂にて濡した指頭を鏝に當て、見る方法があるが、此時指が少しも熱くないのも、全く上記の現象によるのである。經驗家の談しに依るに、濡れた指頭を當てた時、鏝がぬる過ぎる時には何も音を發せぬ。或はジウユと音を發する。丁度よく熱せられて居る時はポツと云ふ音を出す。併し又鏝が甚しく熱し過ぎて居れば、再び音が出ないようになる。

甚だしく熱し過ぎたが爲めに音が再び弱くなると云ふのは、水分の蒸發が活潑に順調に進行する結果であつて、硝子細工をする職工が釜の内から巻き取つた

十分に焼けた
燒鏝

飴状の硝子塊の形を整へる爲めに、水に濡れた木椀中に之を入れて廻すときも、實際何等の音も立てない。

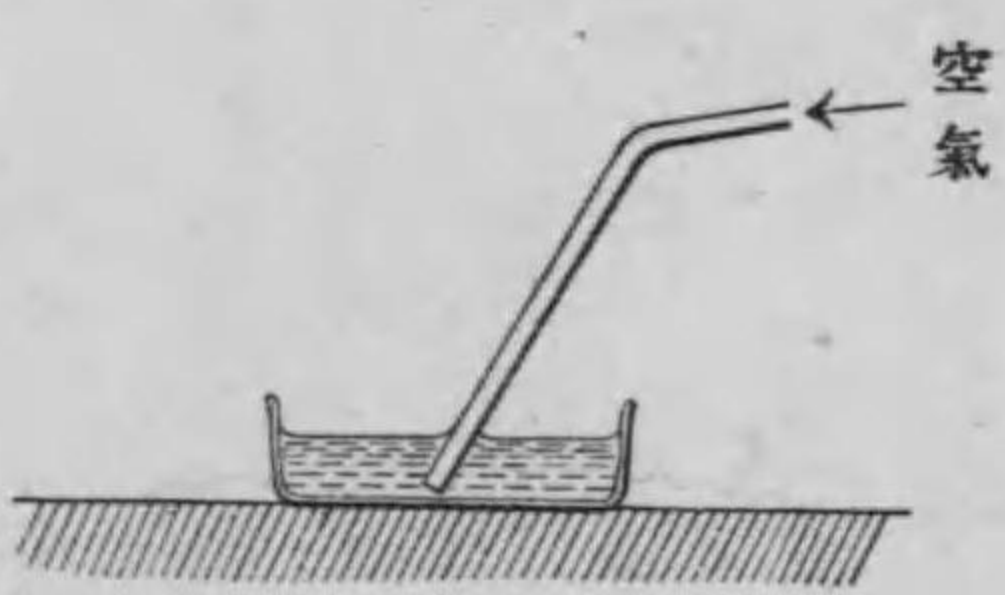
第九節 氷の製造

製氷の原理

エーテルにて水をつくる

第二九圖

エーテルの中に空氣を吹き込みて水をつくる
ウオラストンの結水器

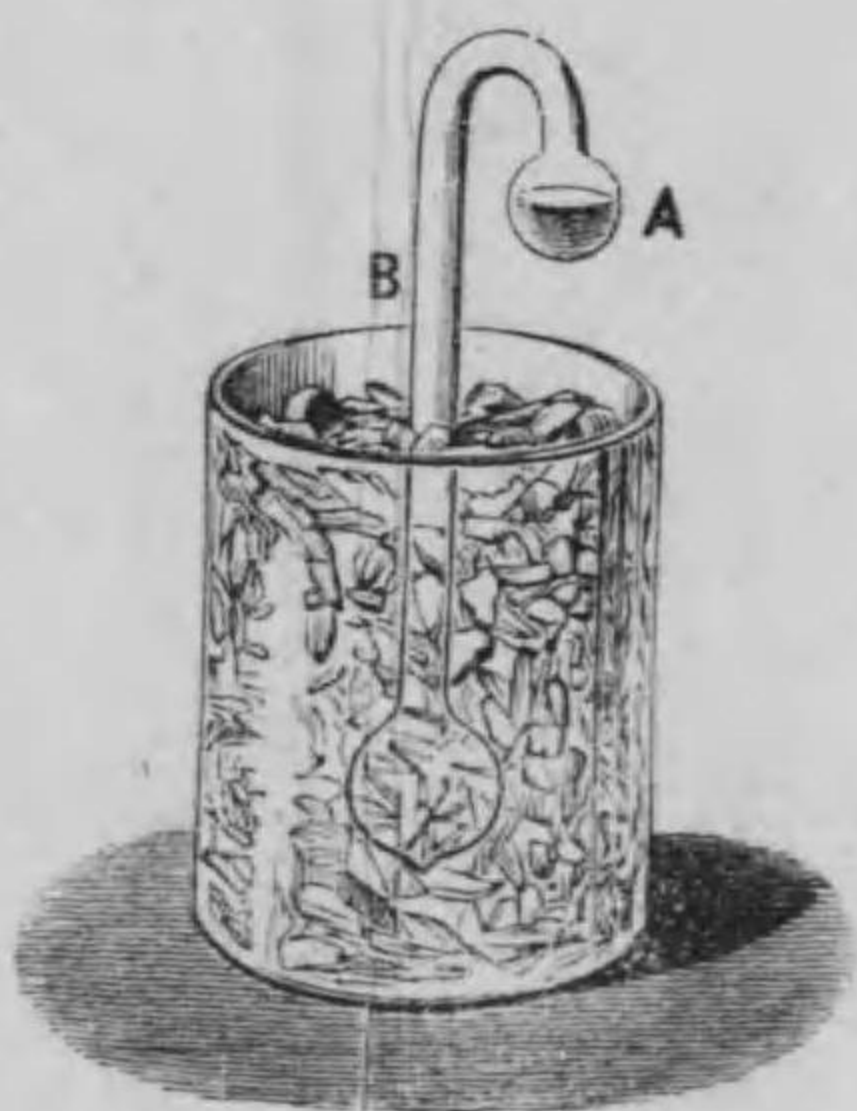


は一つの球の約半分を満す程の水があり、又空氣は全く取り除かれてある。今

一 板の上に數滴の水を滴下し、其上に手薄にして底の平なる金屬製の皿(例へばサイダー瓶の蓋)を置き、其皿の内に少量のエーテル又は二硫化炭素を入れ、フイゴを用ひて強く其液面を吹いて、液の蒸發を盛ならしむるときは、暫時にして水が凍り、皿は板より離れないやうになる。

二 ウオラストン(Wollaston)の結水器と云ふは、第三〇圖に示すが如き二つの硝子球を、一つの管にて連結したもので、内

第三〇圖
ウオラストンの結水器



る。管内に空氣が在つたとしても、水蒸氣の液化、從て起る蒸發作用等は、行はれないと云ふ譯ではないが、本章第三節に説く如く、空氣の存在する時は、此作用の行はることは大に緩徐になるものであるから、其間には、外界から熱が流込んで、温度の下降が氷結の現象を見る迄には到らぬのである。

三 レスリー(Leslie)氏の實驗と云ふは、歴史的には有名なものであつて、次圖の如く排氣機の鐘内に廣く淺い皿Vを置き、之に半ば濃硫酸を盛り、其上に三本足で支へられたる小さき皿Aがあつて、此中に少量の水が入れてある。是に於て排氣機を働かして、出來得る丈け空氣を排除した上に、下にあるカランを閉ぢて

レスリーの實驗

第三二圖
レスリーの
實驗裝置

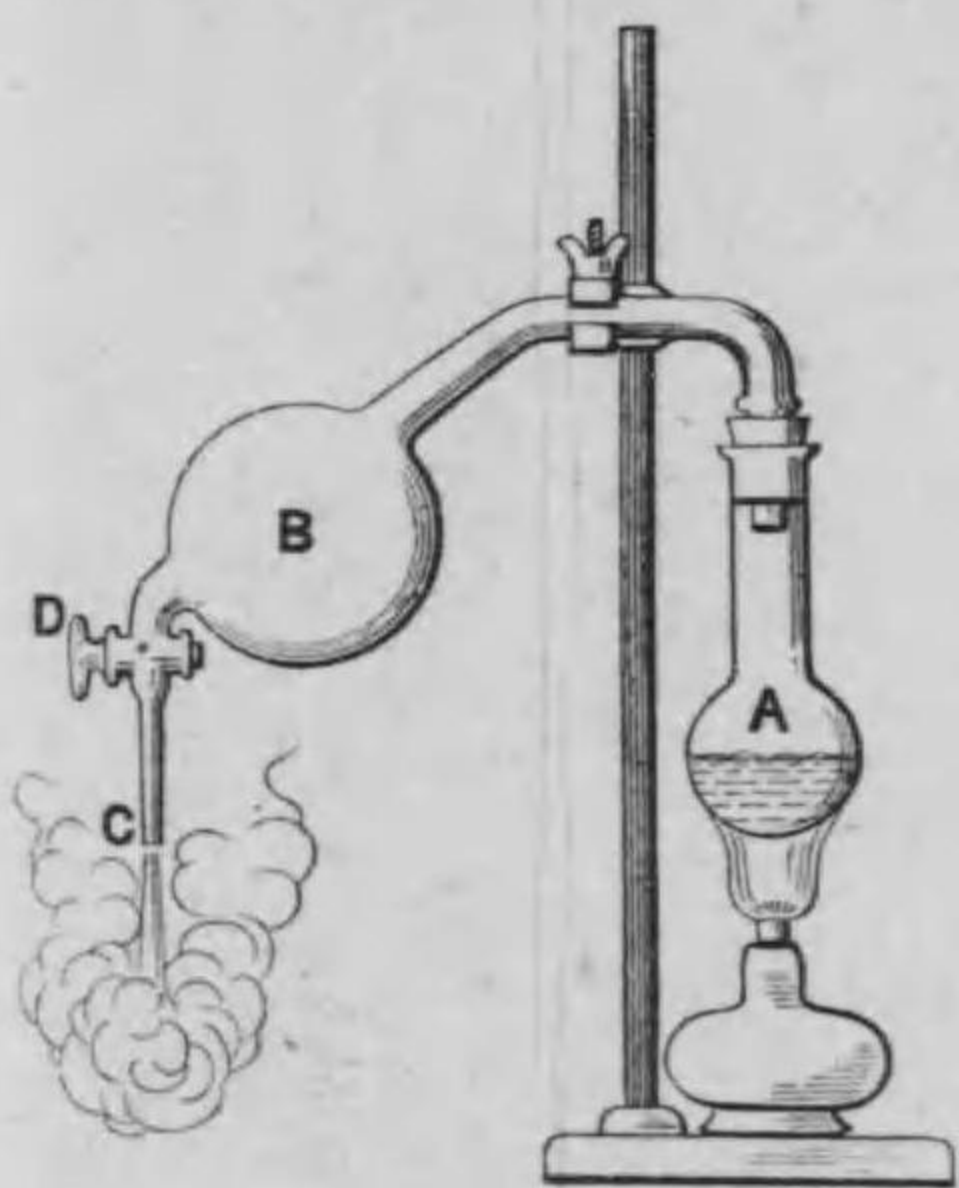
放置するときは、Aなる皿より發生する水蒸氣が盛んに濃硫酸に吸収せられ、從て吸収せらるれば又從て蒸發すると云ふわけで、遂に十分乃至十五分時の後に、皿の水は氷となるのである。但し此實驗に成功するには、排氣機が余程有效に働くものであることを要する。



近藤氏製水器
の使用法

第三一圖
近藤氏製水器

(1) 圖には示してないが、C管の端は、コップの中に盛つた水の中に入れて置いた方がよい、かくて、(一)ランプの火が風の爲に動いた時、空氣の逆流を防ぎ、



四 近藤氏製水器と稱するものは、著者の考案に成る製水器であつて、原理に至ては、レスリーの考案と同一のものである。其構造は圖に示すが如く、主要なる部分は、一つのフラスコと、大なる硝子球とが太き硝子管に依て連結せられたものである。今フラスコAに半ば水を入れて之を沸騰せしむるときには、水蒸氣がフラスコ及球Bの空氣を押し退けて、Cなる管口から逃出するが故に、盛んなる沸騰を續くること數分時間の後には、器内の空氣は殆ど全く排徐せらるゝに至る。(1) 斯て

(二) 裝置内の空氣のなくなり易しや否やを見易からしめ、(三) Dを閉ぢ火を去つた時にD C間に、空氣でなくて水がつまる利益がある

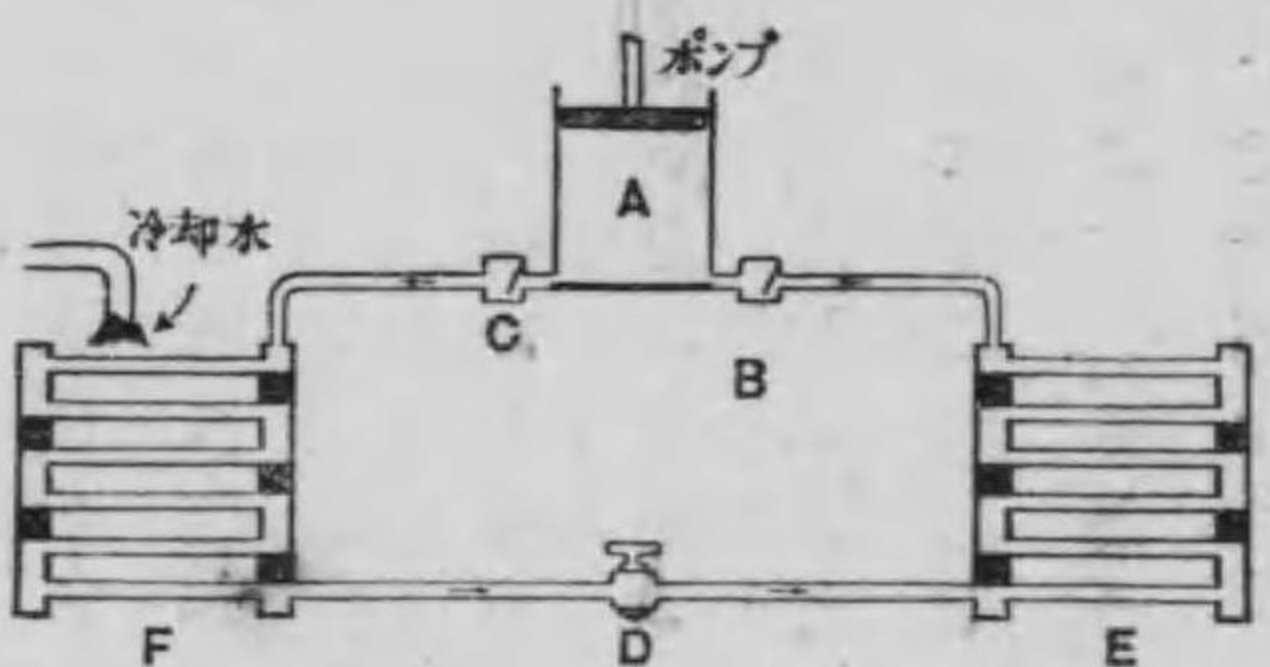
(1) 濃硫酸は密栓して保存するならば幾回か繰返して使用する事が出来る

工業的製氷裝置

十分空氣のなくなつた時に、Dなるカランを閉ぢて(同時に火を引くは勿論) 全裝置に水を注ぐか、若しくは之を水中に浸すかして(此時フラスコ内の水は盛んに沸騰する)十分に之を冷却せしめ、然る上に、前の蒸氣の噴出口Cを濃硫酸の中に浸し、徐に其カランを開けば濃硫酸が徐々に球内に進入するから、硫酸が球の半を充すに至つてカランを閉ぢ、フラスコ内の水と、硝子球内の硫酸とが相混ぜざる程度に於て成るべく強く此器を振動して、液の表面の成るべく廣くなるやう、又硫酸の表面のみが稀められることのなきやうにつとむる時は、前にレスリーの實驗の時に述べたると全く同様の理由によつて、二分間以内にしてフラスコ内の水は氷となる。(1) (時に、水が急に沸騰し出すから注意せねばならぬ)

五 今日吾々が、夏に於て使用し、又飲用する氷は、殆んど皆人工によりて製造したるものであるが、工業的に氷を作る方法の原理は、液體の蒸發に基づく冷却を應用したと云ふ點に於て、以上に述べたる場合と異なることがなく、其大要を云へば、次圖の如き裝置に於て、ピストンが上下に運動して、アンモニヤ瓦斯を矢の方向に送り、Fなる蛇管内に於て強く之を壓縮し、同時に此蛇管は外部より水を注いで冷却する。爾かする時はアンモニヤは冷却と強壓との爲めに次第に液化

第三三圖
人工製水器
の構造



する。之を取り出して、器の外表面に温水を注いで、中の氷を滑り出させる。前の装置に依て分る如く、一旦蒸發したる瓦斯狀アンモニヤは、再びピストンの下に來りて矢の方向に押出され、又前の如き徑路を繰返すのである。夫れ故に此方法に於て、絶えず消費する資本なるものは、全くピストンを動かすの動力だけであつて、アンモニヤは、只循環して居るばかりである。アンモニヤの臭氣をきびしく厭ふやうな場合に於ては、アンモニヤ瓦斯の代りに炭酸瓦斯を使用することがある。原理に至つては全く同一である。

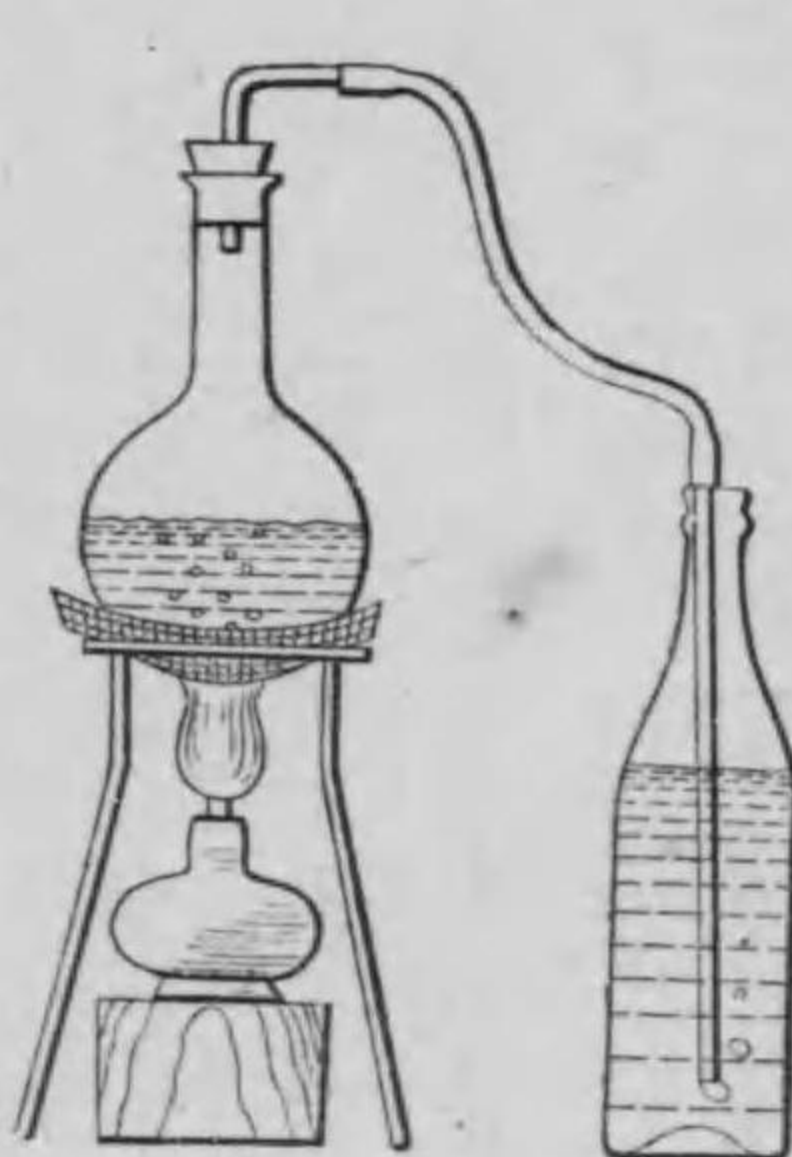
第一〇節 氣體の液化の際に發する熱

氣化熱の逆戻り
物を蒸す作用
洗濯物の仕上げ

氣體が液體になる時には、多量の熱を出すものである。此熱は、液體が氣化する時に氣化熱として要したるものが逆戻りして來りたるものに外ならない。故に水蒸氣に就て之を云へば、百度の水蒸氣が百度の水になるときは、一瓦について五三六カロリ丈の熱を發生するのである。されば蒸氣機關から吐き出されたる水蒸氣は、已むを得ざる場合の外、之を空氣中に捨て去ることなく、多くは之を冷水中に導き、かくて得たる湯を種々の方面に利用する。物を蒸すと云ふ手續きは、つまり此水蒸氣の液化の際に放つところの熱を利用せんとする意に外ならないのである。

洗濯物の仕上げに燒鍍を用ふる時、布には前以て霧を吹いて置く。かくて此布を蒲團の上に載せて燒鍍をかける時は、一旦氣化したる水蒸氣は、よく鍍の觸れ得ざる内部にまで進入するから、そして液化の際に多量の熱を出すから、乾いた布に之を試みた時の如くに、熱が布の外表面のみ強くて内部に行き渡らないと

云ふやうな缺點を避けることが出来る。
 桶又は之に類する器物の如き、直接に火を當ることの出来ないもの内に入れられたる水は、之をば其儘其器物の内に置いて、湯にすることなどは、至つて容易な事である。即ち別に適當なる装置に依りて發生せしめたる水蒸氣を、其水中に通ずればよいのである。



第三四圖
 水蒸氣の液化の際に放つ熱にて水を温む

此時水蒸氣の液化の爲めに、桶の中の水の分量が増加すべきは勿論であるが、其増量は次の如く考へて計算することが出来る。今假りに桶の中の水の温度が十五度であつて、之を四十五度の湯にするとき、水蒸氣の液化の爲めの増量は、幾割位に當るものなるやを見るに、

蒸氣の方から來る熱量は、第一に一瓦の百度の水蒸氣が百度の水となる時に、五三六カロリを出し、次に其百度の水が、所要の四十五度の水となるのに、五十五カロリを出す故に、合計して五九一カロリとなる。然るに之を受取る水は、十五度より四十五度になるのであるから、一瓦について、三十カロリを得

るを要するのである。依りて一瓦の百度の水蒸氣が四十五度の水となる毎に、一九七瓦 ($591 \div 30 = 19.7$) の水が、所要の温度にまで熱せられるわけである。即ち水の増量は約二十分の一であると云ふことが分る。空氣中の水蒸氣が液化する場合については、更に後章に於て之を説くことにする。

第一節 氣體の液化に關する一般方法

臨界温度

水蒸氣の例について考ふれば、之を液化せしむるには、之を冷却せしむるか、又は之を壓縮せしむるか、の何れか一つの方法によつて其目的を達し得らるゝ様にも思はるゝが、實際のところ三百六十四度以上の高温にある水蒸氣は如何に之を壓縮しても液化することがない。夫れ以下の温度にあるならば、一九四六氣壓以下の壓力で必ず液化せしむることが出来る。此三六四度と云ふ温度は、水蒸氣の臨界温度と呼ばれて居る。水蒸氣に限らず他の氣體に於ても同様の意味の臨界温度なるものがあつて、其數例は次表の如きものである。

氣體の液化に
要する方法

二三の物質の臨界溫度

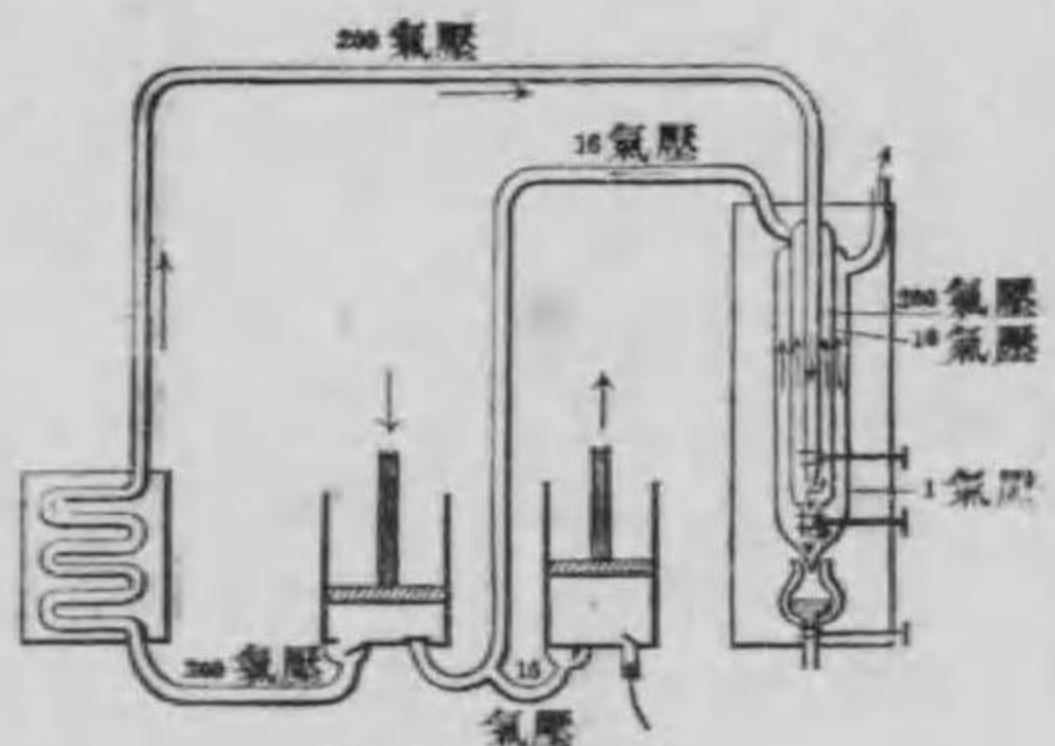
| | |
|-------|---------|
| 水蒸氣 | 三六四度 |
| アンモニヤ | 一三〇度 |
| 炭酸瓦斯 | 三一度 |
| エチレン | 一●度 |
| 酸素 | 零下 一一八度 |
| 空氣 | 零下 一四〇度 |
| 窒素 | 零下 一四六度 |
| 水素 | 零下 二四一度 |

常に低いので、大抵の冷却方法では之を臨界溫度以下に冷すことが出来なかつた爲めに招いたる誤謬であつた。今日では冷却方法が十分に行き届く様になつた。次にはリンデ博士 (Dr. Linde) の液體空氣製造装置の大要を説明する。

第一二節 液體空氣製造装置

リンデ氏装置
の原理

第三五圖
リンデの液
體空氣製造
装置の略圖
圖に於ては
二百氣壓、
十六氣壓、
一氣壓の空
氣の三重管
が太くして
短く見えて
居るが、實
際には細く
して頗る長
く螺旋狀に
巻いてあ
る。



此装置に含まれたる原理とでも云ふべき事は、次の如くである。總べて氣體は、之を壓縮すれば熱くなり、之を膨脹せしむれば冷くなる。(此理由は後編に説くべし)。而して壓縮して熱くなつたものより熱を奪ふことは容易であるから、之れから熱を取り去れる丈け取り去つて置いて、然る後に膨脹せしむれば、今度の冷え方は、前

以て冷さずして膨脹せしめた時よりも甚だしい。

第三五圖に於て、右方のポンプは普通の空氣から十六氣壓の空氣をつくり、左方のポンプは、更に之を壓縮して二百氣壓の空氣とする。此時大に熱くなるから、一旦冷却装置内を通過せしめての上、矢の方向に送り出す。此

二百氣壓の空氣が適當に開かれた第一の瓣を漏れ出る時は、大凡十六氣壓のもとなり、此の際自ら大に冷却する。此の冷却したる空氣の大約五分の四は、中心に在る二百氣壓の空氣の通つて居る管の周圍を通つて、再び初めのポンプに歸り行くのであるが、此途中に其管を冷却する役目をつとめる。残り五分の一の空氣は、更に第二の瓣を漏れて一氣壓の空氣となり、此際更に又冷却する。此

一氣壓の空氣は、つまりは外に捨てられるのであるが、其中途に於て、内部の十六氣壓の空氣を冷却する役目をつとめる。此の手續きが繰り返されて、空氣が此装置内を循環しつゝある間に、冷却に冷却を重ねる結果からして、遂には十六氣壓の空氣が、一氣壓の空氣となるに際して、其約四分の一が液状となりて下方の瓶に集るやうになる。近時の報告によれば、一馬力の動力でポンプを運轉せしめれば、一時間に約五合の割合で、液體空氣が出来ると云ふことである。液體空氣を盛る器は、所謂魔法瓶と同一の構造のものである。

第一〇章 空氣中の水蒸氣

第一節 空氣の濕度

空氣の濕り加減を言ひ表はす方法に二つある、一つは絶対濕度、他は關係濕度である。

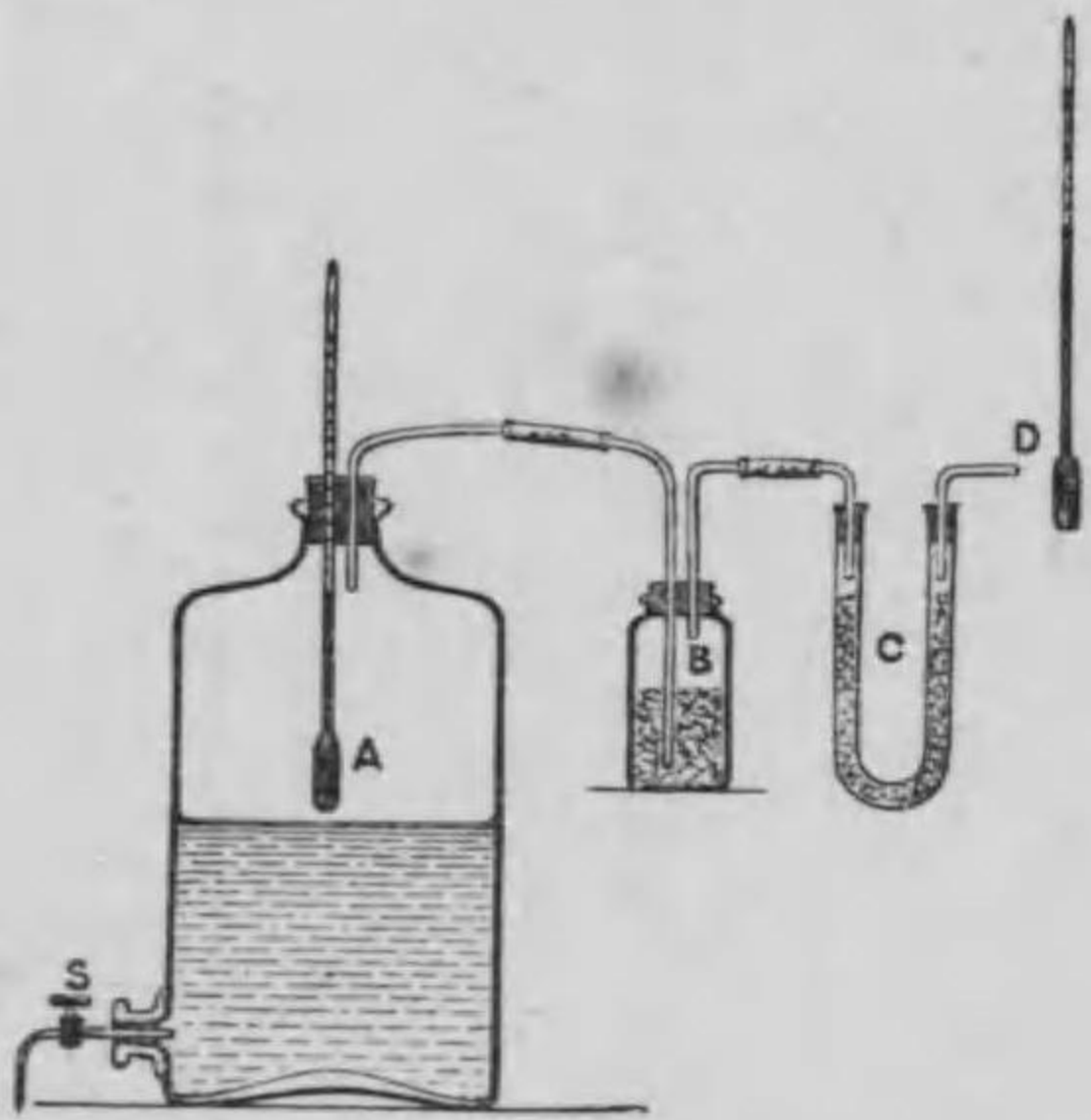
絶対濕度と云ふのは、或る一定せる體積の空氣中に含まれて居る水蒸氣の目方

絶対濕度と關係濕度

を示したものであつて、例へば一立方メートル中に何瓦とか、一立方間中に何匁とか云ふ言ひ表し方である。

絶対濕度を測る方法

第三六圖 空氣の絶対濕度を検査する装置



絶対濕度を検査する方法の一つを云へば第三六圖に於て、Aは水が入れてある大なる瓶で、CなるU字管とBなる壺とは、共に硝子の破片に五酸化磷を交ぜたるものを詰めてある。但し、CなるU字管は、其内容物及び之れに附屬せる硝子管諸共に鋭敏なる天秤に掛けて其目方が前以て測つてある。かくの如く装置したる上、Sなるカランを開いて、A瓶内の水を流出せしむれば、Dなる管の口から空氣が吸込まれて、次第にAなる瓶内に移つて行く。此の時其の空氣中にあつた水蒸氣は、C管内に在る最も強力なる乾燥劑なる五酸化磷に悉く吸収せられるのである。而して其吸込まれたる空氣の體積は、流れ出した水の體積を測り知ることによつて分るのである。故に此C管を取外して、再び其目方を量つて見る時は、其目方の増加が、即ちもと空氣中に含まれたる水蒸氣の目方である。

Bなる壺内の乾燥劑は、此實驗の際に、Aなる瓶内の水蒸氣が、徐々に逆進し來つて、CなるU字管に達するのを防ぐ手段に置かれたるものである。

以上の實驗は、嚴密に云へば少しく不精密であると云ふ評は免れ得ない。其わけは、第一にA内

の空氣の溫度は、五酸化燐が水分を吸収する時に熱を發するものである故に、外氣の溫度と多少相違して來ること、第二に、A内には常に水蒸氣が蒸發し來つて空氣の體積を増加せしむることである。併し是等は、此實驗の上に大なる影響を及ぼす程のことでないから、通例は度外視してよい。

今飽和する迄に空氣が水蒸氣を含んだとき其の空氣の單位立積中に含まるゝ水蒸氣の目方を示せば次の如くである。

單位體積の空氣中に含み得べき水蒸氣の目方

| 溫度 | 一立方米中 | 一立方間中 |
|-----|--------|---------|
| 0 | 4.8(瓦) | 28.8(瓦) |
| 1 | 5.2 | 31.3 |
| 2 | 5.6 | 33.7 |
| 3 | 6.0 | 36.1 |
| 4 | 6.4 | 38.5 |
| 5 | 6.8 | 40.9 |
| 6 | 7.3 | 43.9 |
| 7 | 7.8 | 46.9 |
| 8 | 8.3 | 49.9 |
| 9 | 8.8 | 52.9 |
| 10 | 9.4 | 56.5 |
| 11 | 10.0 | 60.1 |
| 12 | 10.7 | 64.3 |
| 13 | 11.3 | 67.9 |
| 14 | 12.0 | 72.1 |
| 15 | 12.8 | 76.9 |
| 16 | 13.6 | 81.7 |
| 17 | 14.4 | 86.5 |
| 18 | 15.3 | 93.0 |
| 19 | 16.2 | 97.4 |
| 20 | 17.2 | 103.4 |
| 21 | 18.2 | 109.4 |
| 22 | 19.3 | 116.0 |
| 23 | 20.4 | 122.6 |
| 24 | 21.6 | 129.8 |
| 25 | 22.9 | 137.6 |
| 26 | 24.2 | 145.4 |
| 27 | 25.6 | 153.9 |
| 28 | 27.0 | 162.3 |
| 29 | 28.5 | 171.3 |
| 30 | 30.1 | 180.9 |
| 35 | 39.3 | 236.2 |
| 40 | 50.9 | 305.9 |
| 45 | 65.3 | 392.5 |
| 50 | 83.0 | 498.8 |
| 55 | 104.6 | 628.6 |
| 60 | 130.6 | 784.9 |
| 65 | 162.0 | 973.6 |
| 70 | 199.4 | 1198.4 |
| 75 | 243.7 | 1464.6 |
| 80 | 295.8 | 1777.8 |
| 85 | 356.9 | 2145.0 |
| 90 | 428.2 | 2573.5 |
| 95 | 510.8 | 3069.9 |
| 100 | 605.8 | 3640.9 |

關係溫度と云ふは、一定體積の空氣内に現在して居る水蒸氣の量を、其の溫度に於て、其の體積内に飽和した時の水蒸氣の量を以て割つたる商である。例へば茲に一立方間に就て、五十瓦の水分を含める空氣があるとして、其の溫度が十五

關係溫度

度であつたとすれば、十五度の一立方間の空氣中に含み得らるゝ最大量七六九瓦を以て、此五〇瓦を除したるもの即ち $\frac{769}{50} = 15.38$ が其溫度である。但し空氣中に含まれて居る水蒸氣の目方と、其水蒸氣の有つて居る壓力とは、殆んど正比例に變化するものであるが故に、濕度の意味を、次の如く言ひ現しても、結果は同一になる。即ち或る空氣の關係溫度とは、其空氣内に現に含まれて居る水蒸氣の壓力を、其溫度に於ての水蒸氣の最大壓力を以て割つたる商である。通例は、斯くして得たる値を一〇〇倍して、例へば割算の商が〇・六五八とあれば、之を六五八として關係溫度を示す慣例になつて居る。

「空氣中に含まれて居る水蒸氣の有つて居る壓力」と云ふ言葉には、少しく説明を必要とする讀者があるかも知れぬが、本章第二節に述べし如く、一定の容積内に限られたる空氣中に、新しく水蒸氣が蒸發し行くときには、其の水蒸氣の爲めに、新に壓力が増し加はるものである。但し容積が限られて居ない空氣中に蒸發する場合に於ては、空氣はいくらでも容積を増し得るのであるから、其の壓力は、其の時の大氣の壓力以上に増す事は出來ぬ。只容積が増加するのみである。然しながら、容積を増したる空氣が、尙一氣壓の壓力を有して居ると云ふは、空氣

空氣中の水蒸氣の壓力に就ての説明

の壓力に、水蒸氣の壓力が加勢して居るからである。此加勢して居る水蒸氣の壓力、之れが前に述べたる「空氣中に含まれて居る水蒸氣の有つて居る壓力」と云ふものである。

關係濕度を測る方法は種々あるが、其中の一つを次に述べる。

第二節 關係濕度を測る方法

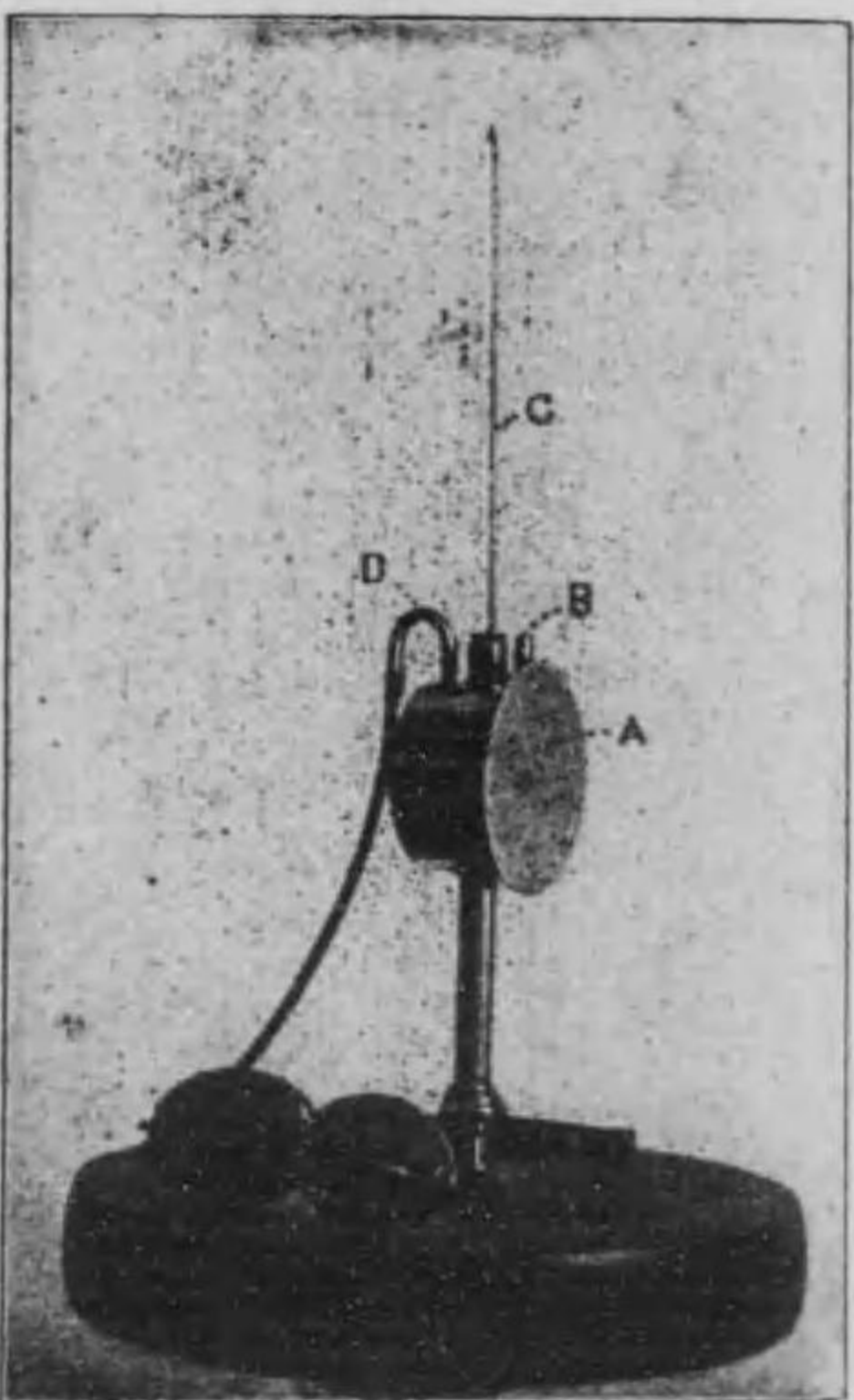
前節に述べたるところにより或る空氣の關係濕度と云ふは、

現に含まれて居る水蒸氣の壓力 ÷ 此溫度に於ての水蒸氣の最大壓力

であるが此中除數になる方のものは、其空氣の溫度を寒暖計にて読み、別に設けられてある水蒸氣の壓力表(第九二頁)に依て之をさがし出せばよいのであるが、此被除數になるべき數を求むるには、特別の裝置がなくてはならぬ。ランプレヒト濕度計は此目的に使用するもの、一例である。之れは圖に示すが如く、大鼓狀の金屬製容器Aの中に、エーテルが少し許り入れてあり、其のエーテル内には、寒暖計Cが差込まれ、Dなる管からは、護謨フイゴに依て徐々に空氣を送り込み、其空氣がエーテル内からブク／＼と泡を出してBなる管から出で行くやう

ランプレヒト
氏濕度計

第三七圖
ランプレヒ
トの濕度計



りは頗る發見し易い。此曇りを生じ始めた時の溫度を、上の寒暖計の示度の上に読み取れば、それで今検査して居る空氣が何度に冷さるれば露を生じ始むべきか、分つたのである。言ひ換ふれば、其の空氣は現在の水蒸氣を保ちつゝ、何度まで冷せば飽和するに至るか、分つたのである。依て此溫度に對する水蒸氣の最大張力の値を、第九二頁の表の上にて求むれば、求め得たる壓力なるものは、取りも直さず其濕度を検査せんとする空氣の中に現に含まれたる水蒸氣の壓力である。

こゝに露を生じたる空氣は、特に冷却されたる空氣であつて、始めに吾々が検査せんと企てた空

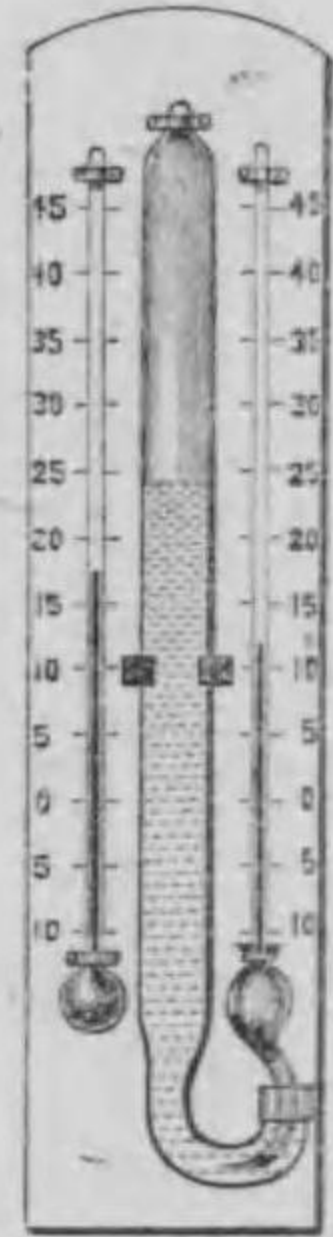
氣體の分壓の意味

氣とは違ふ空氣であるから、右の如くして得たる水蒸氣の張力は、吾々が求めんとしたものと幾分違ふのではないかと疑ふ人があるかも知れぬが、之は次の如く考へれば分る。一般に二種の瓦斯體が、一定の體積上の割合を以て相混じて居る時には、其各の瓦斯體が混合瓦斯の有する全壓力をば、其體積上の割合と同じ割合にて分擔して居るものである。此時此混合瓦斯を冷却した、若しくは温めたと云ふことがあれば、二種の瓦斯體は、何れも同様の膨脹收縮をなすものであるから、體積上の割合には何等の變動をも與へない。従て全壓力を分擔する割合に於て何等の變化をも來たさぬ。故に全壓力が常に一定して居るときには、各成分の瓦斯の壓力にも變化はない。依て、例へば冷された状態に於て知り得たる各成分の壓力即ち所謂分壓の値は、冷されぬ時の各成分の分壓と等しいのである。つまりそこに知り得たる分壓の値は、各温度に就て共通のものであるのである。依て前の方法が不合理でないことは明かである。

第三節 乾濕球濕度計

是れは學術的に見れば、其價値は前者に比ぶべくもないものであるが、使用法が簡便であるが爲めに、最も普通に行はれて居る濕度計の一つである。其構造は、二本の同様なる寒暖計を相列べ、其一方は曹達を以て十分に煮て、能く其油氣を去つたる薄き布を以て其球を包み、其布の一端を適當なる器の水中に浸したものである。若し空氣が乾燥し、従て濕球の表面よりの蒸發が盛であるならば、其

第三八圖 乾濕球濕度計



寒暖計の温度がそれにつれて降るわけである。而して其下降の割合は、是と列べる他の寒暖計と引合せて直に知ることが出来るから、此二つの寒暖計の示す温度の差は、詰り水分の蒸發する早さを計る尺度となるのである。

飽和濕差

一般に物の乾く速さと云ふものは、絶對濕度の大小によらず、又必ずしも關係濕度の大小に關せずして、現に空氣中に在る水蒸氣の壓力と、それが飽和した時にもつべき水蒸氣の壓力との差、即ち所謂飽和濕差なるものに關し、之と正比例に變化するものである。されば乾濕球兩寒暖計の温度の差は、實は飽和濕差を測る尺度であつて、直接に濕度を測る尺度ではない。之に依て濕度幾何なるやを知らんとするには、次頁に示すが如き特に此目的の爲めに作られて在る表に依りて求むるが通例である。

或は又
$$W = \frac{F - t}{F - t_0}$$
 の公式に依て先づ F の價を求め、次に分數 $\frac{F - t}{F - t_0}$ の値を求めてもよい。

此式中 t と t_0 とは夫々に乾濕球の温度、 F は t 度に於ける水蒸氣の最大張力、 f は現に空氣中に含まるる蒸氣の張力、 B は大氣の壓力、何れも單位は托、 K は各裝置に就て實驗上求むべき恒數で、通例 0.0074 乃至 0.013 の數である。

乾濕球濕度計に附屬せる表

乾濕球濕度計に附屬する表

| 乾球の示度 | 兩寒暖計の温度の差 | | | | | | | | | | |
|-------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0 | 4.6 ^(m.m) | 3.7 | 2.9 | 2.1 | 1.3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1 | 4.9 | 4.1 | 3.2 | 2.4 | 1.6 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2 | 5.3 | 4.4 | 3.6 | 2.7 | 1.9 | 1.1 | 0.3 | ... | ... | ... | ... |
| 3 | 5.7 | 4.8 | 3.9 | 3.1 | 2.2 | 1.4 | 0.6 | ... | ... | ... | ... |
| 4 | 6.1 | 5.2 | 4.3 | 3.4 | 2.6 | 1.8 | 0.9 | ... | ... | ... | ... |
| 5 | 6.5 | 5.6 | 4.7 | 3.8 | 2.9 | 2.1 | 1.2 | ... | ... | ... | ... |
| 6 | 7.0 | 6.0 | 5.1 | 4.2 | 3.3 | 2.4 | 1.6 | ... | ... | ... | ... |
| 7 | 7.5 | 6.5 | 5.5 | 4.6 | 3.7 | 2.8 | 1.9 | 1.1 | 0.2 | ... | ... |
| 8 | 8.0 | 7.0 | 6.0 | 5.0 | 4.1 | 3.2 | 2.3 | 1.4 | 0.6 | ... | ... |
| 9 | 8.6 | 7.5 | 6.5 | 5.5 | 4.5 | 3.6 | 2.7 | 1.8 | 0.9 | ... | ... |
| 10 | 9.2 | 8.1 | 7.0 | 6.0 | 5.0 | 4.0 | 3.1 | 2.2 | 1.3 | ... | ... |
| 11 | 9.8 | 8.7 | 7.6 | 6.5 | 5.5 | 4.5 | 3.5 | 2.6 | 1.7 | ... | ... |
| 12 | 10.5 | 9.3 | 8.2 | 7.1 | 6.0 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 2.1 | 1.2 | 0.3 |
| 13 | 11.2 | 10.0 | 8.9 | 7.6 | 6.5 | 5.5 | 4.5 | 3.5 | 2.5 | 1.6 | 0.7 |
| 14 | 11.9 | 10.7 | 9.4 | 8.3 | 7.1 | 6.1 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 2.0 | 1.1 |
| 15 | 12.7 | 11.4 | 10.1 | 9.0 | 7.8 | 6.6 | 5.5 | 4.5 | 3.4 | 2.5 | 1.5 |
| 16 | 13.5 | 12.2 | 10.9 | 9.7 | 8.4 | 7.3 | 6.0 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 1.9 |
| 17 | 14.4 | 13.0 | 11.7 | 10.4 | 9.1 | 8.0 | 6.7 | 5.6 | 4.5 | 3.5 | 2.4 |
| 18 | 15.4 | 13.9 | 12.5 | 11.2 | 9.9 | 8.6 | 7.4 | 6.3 | 5.1 | 4.0 | 3.0 |
| 19 | 16.3 | 14.9 | 13.4 | 12.0 | 10.7 | 9.4 | 8.1 | 6.9 | 5.7 | 4.6 | 3.5 |
| 20 | 17.4 | 15.9 | 14.3 | 12.9 | 11.5 | 10.2 | 8.8 | 7.6 | 6.4 | 5.2 | 4.1 |
| 21 | 18.5 | 16.9 | 15.3 | 13.8 | 12.4 | 11.0 | 9.6 | 8.4 | 7.1 | 5.9 | 4.7 |
| 22 | 19.7 | 18.0 | 16.4 | 14.8 | 13.3 | 11.9 | 10.5 | 9.1 | 7.8 | 6.6 | 5.4 |
| 23 | 20.9 | 19.2 | 17.5 | 15.9 | 14.3 | 12.8 | 11.3 | 10.0 | 8.6 | 7.3 | 6.1 |
| 24 | 22.2 | 20.4 | 18.6 | 17.0 | 15.3 | 13.8 | 12.3 | 10.9 | 9.4 | 8.1 | 6.8 |
| 25 | 23.5 | 21.7 | 19.9 | 18.1 | 16.4 | 14.8 | 13.3 | 11.8 | 10.3 | 9.0 | 7.6 |
| 26 | 25.0 | 23.1 | 21.1 | 19.4 | 17.6 | 15.9 | 14.3 | 12.8 | 11.3 | 9.8 | 8.4 |
| 27 | 26.5 | 24.5 | 22.5 | 20.7 | 18.8 | 17.1 | 15.4 | 13.8 | 12.3 | 10.8 | 9.3 |
| 28 | 28.1 | 26.0 | 24.0 | 22.0 | 20.1 | 18.3 | 16.6 | 14.9 | 13.3 | 11.8 | 10.2 |
| 29 | 29.8 | 27.6 | 25.5 | 23.5 | 21.5 | 19.6 | 17.8 | 16.1 | 14.4 | 12.8 | 11.2 |
| 30 | 31.5 | 29.3 | 27.1 | 25.0 | 22.9 | 21.0 | 19.1 | 17.3 | 15.5 | 13.9 | 12.3 |

表の使用法の例示

濕度計の示度と風の有無

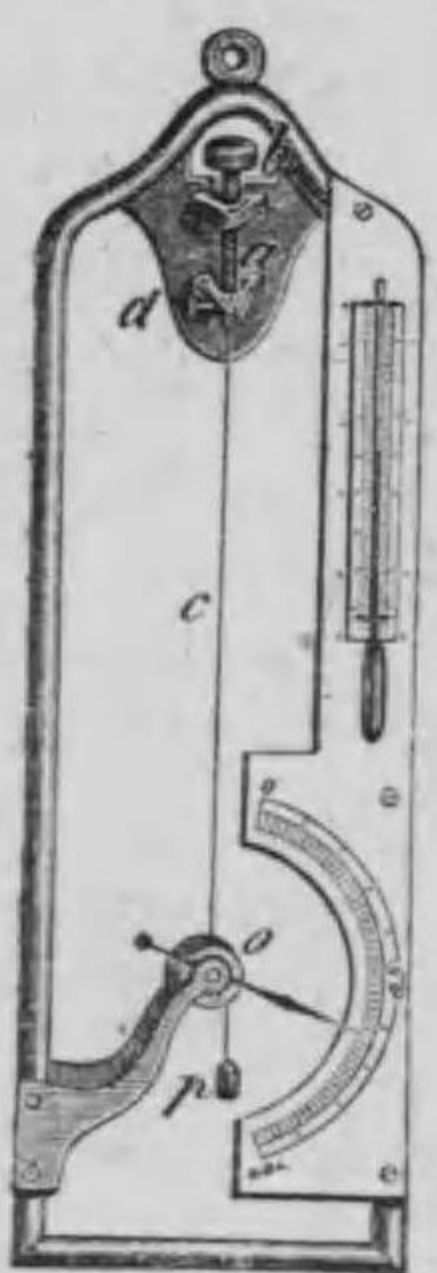
此表を使用する方法を例に就て示せば、茲に一つの乾濕球濕度計があつて、乾球の示す温度は二十度で、兩寒暖計の示す湿度の差が三度であつたとすれば、關係湿度の値何程なるやを求むるには、左端の行の中の20と示せる列中に在り、同時に第一列の中3と記せる行中に在る數字12.9なる數を見出す。此數は、耗を單位として現在の空氣中に含まれて在る水蒸氣の張力を示して居るから、此數を除するに、同じく左端の行中20と示せる列で、頭に零なる文字ある行の數字、即ち二十度に對する水蒸氣の最大張力17.4を以てする。即ち $\frac{12.9}{17.4} \times 100 = 73$ が此時の空氣の湿度である。

尙ほ此器を使用する上に注意すべきことは、風の有無が大なる影響を來すと云ふことである。故に念入りのものは、一定の速さで風を之に吹き送るか、又は一定の速さで此装置が空氣中を回轉するやうになつて居る。

又前にも述べたる通り、蒸發の速さは、空氣中よりも眞空中に於て迅速であるから、之より推して、大氣の壓力も亦蒸發の速さに關係すると云ふことは明瞭である。併し大氣の壓力の如きは、左程大なる範圍内に變動せぬものであるから、之は必ずしも顧慮するを要しない。

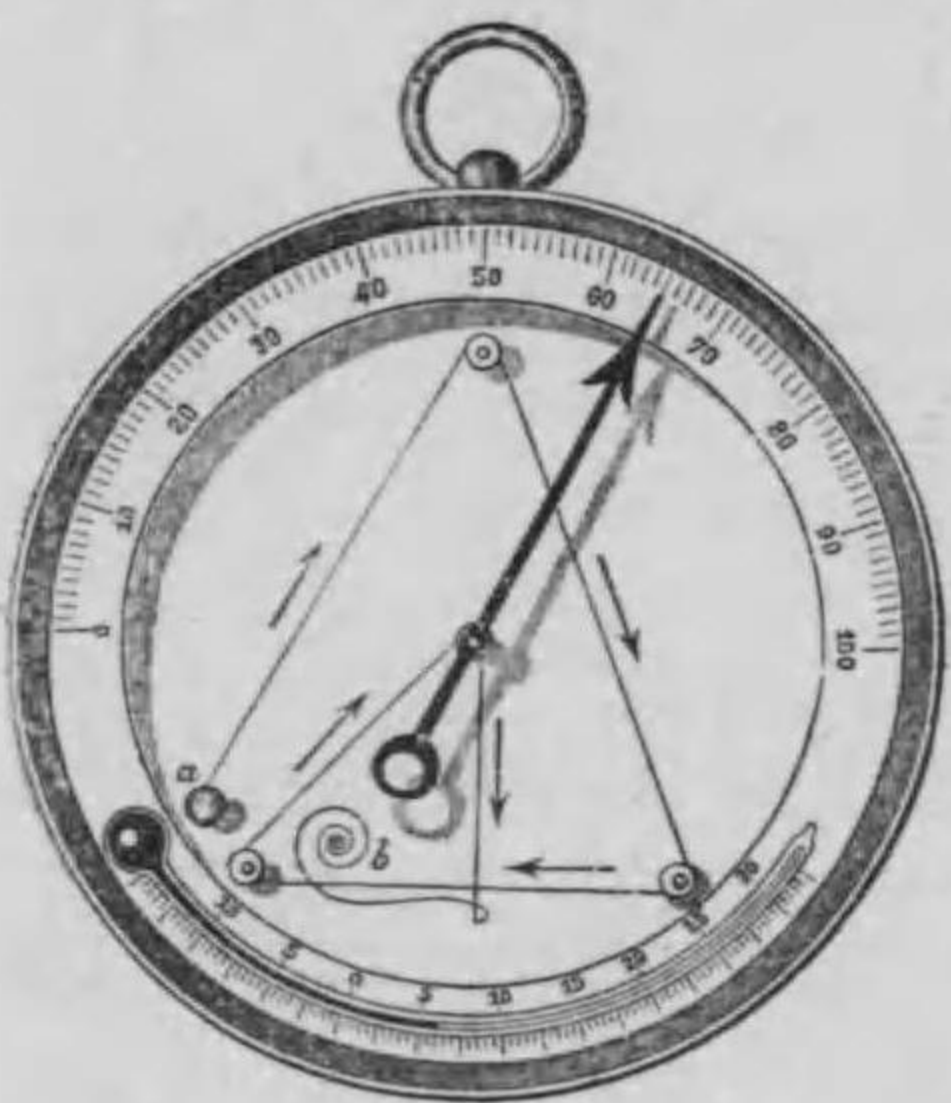
第四節 毛髮湿度計

第三九圖
毛髮湿度計
の一種



簡單なる湿度計の一種に毛髮湿度計なるものがある。其一例を述べれば、エーテル若しくはベンゼン等の如きもので十分に洗つて全く脂氣を去りたる毛髮の一筋をとり、其一端を固定し、他の一端をば小さき滑車の上に一卷して後、小さい錘りを下げ、其の滑車の軸には、指針をつけて、滑車が廻轉すれば其廻轉の度合を度盛の上に讀むやうにしたものである(第三九圖)。脂氣なき毛髮は、空氣の湿度が變化するにつれて、其の長さを變ずるものであるから、右の裝置を空氣中に晒し置く時は、空氣の乾濕に據つて、指針が度盛りの上を運動する。之に據つて、略空氣の乾濕を見ることが出来るのである。

第四〇圖
時計形毛髮
湿度計



第四〇圖は、時計形の毛髮湿度計であつて、バネ

(1) 斯くして得たる度盛りは、湿度小なる部分に於ての大なる部分に於ての一度の間隔より遙に大きい。圖の上には之れが明かに見え居らぬけれども、即ち此度盛りは、アルコール寒暖計の度盛りの如き類で、各部の長さが不等である。

(2) こゝに單に湿度と云ふは、關係湿度の意味なり。

は常に毛髮を矢の方向に張つて居るから、毛髮の伸縮に依て、指針が度盛りの上を往復するやうになる。

若し此裝置に依て、關係湿度を數字の上に讀出さんとするならば、前に述べたるランプレヒトの湿度計の如きものを、此毛髮湿度計と相列べて使用して、ランプレヒト湿度計より知り得たる湿度を、直ちに之の上に度盛りすべきである。(1)

此湿度計は、よし上記の如くして度盛りを施したるものにしても、狂ひ易き性質のものであるが故に、舊き以前に度を合せたと云ふものでは、十乃至十五ベルセントの誤差のあることは、覺悟の上で使用しなければならぬ。若し、近き以前に検査して調節したと云ふのであれば、二乃至五ベルセント迄の誤差を以て讀むことが出来ること云ふ事である。

第五節 日本の湿度(2)

吾が國は細長い島國であるから、四季共に空氣の湿度は頗る大である。但し季節により又場所によりて、かなりの變化があり、又一日中に於てもかなりの變化がある。

湿度は時と場所とに依りて變化あり

一日中湿度の最も大なるは、氣温が最も低き日出時であつて、其最も小なるは、氣温の最も高き午後二時乃至三時頃である。(絶対湿度の方から云へば其反對に夕刻では無論)而して永き間の經驗によりて見れば、一日中の午前八時と午後七時との湿度を平均したものは、略其一日の平均湿度を示すことになると云ふことである。

次の表は日本を數部に區分して、其各部に於ける各月の平均湿度を示したものである。

| 日本各部に於ける各月平均湿度 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 | 年 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|
| 裏日本 | 83 | 82 | 78 | 76 | 76 | 82 | 84 | 82 | 82 | 80 | 80 | 82 | 81 |
| 表南 | 69 | 68 | 71 | 76 | 76 | 81 | 84 | 82 | 82 | 78 | 75 | 73 | 76 |
| 日東 | 77 | 76 | 74 | 72 | 73 | 83 | 86 | 85 | 85 | 81 | 77 | 73 | 79 |
| 北海道の東部及北部 | 81 | 84 | 85 | 82 | 83 | 89 | 91 | 88 | 88 | 82 | 79 | 80 | 85 |

湿度の上から見たる氣候の四種

湿度の大小に従ひて氣候を四種に大別することもある。即ち
(A) 湿度一〇乃至五五なるを強度乾燥氣候と云ひ、

(B) 五六乃至七〇なるを乾燥氣候と云ひ、

(C) 七一乃至八五なるを濕潤氣候と云ひ、

(D) 八六乃至一〇〇なるを強度濕潤氣候と云ふ。

之に依て見れば、日本は概して濕潤氣候の國であると云ふことが出来る。而して七月は吾國の何れの部分に於ても、最大湿度の月であることは、前表に依て見ることが出来る。

第六節 物を早く乾かす要件

空氣中に晒されてある物體の乾き方の早さは

第一には、前にも述べし如く、其の空氣の飽和濕差に關係し、

第二には、其表面の廣さに關係する。

第一の條件、即ち飽和濕差を大ならしむる手段としては、(A) 湿度を高くすること、(B) 空氣の交代を十分ならしむることの二つを擧げることが出来る。湿度を高くすれば飽和濕差の増すものであることに就ては、次の如き問題を考へて見るがよい。

如何にせば物は早く乾くか

溫度五度なる空氣があつて、其の中の水蒸氣の壓力は五耗である。此空氣を温めて十五度にするときには、其飽和濕差の變化は何程なるか、又其關係濕度の變化は何程なるかと云ふに、

五度の空氣が、水蒸氣を以て飽和して居るときの水蒸氣の分壓は、前の第九二頁の表によりて六五三耗で、十五度のときには、それが一二七三耗であるから、其他和濕差は、前には $6.53 - 5.0 = 1.53$ 耗、後には $12.73 - 5.0 = 7.73$ 耗である。又關係濕度は前には $\frac{5.0}{6.53} \times 100 = 76.5$ 後に $\frac{6.53}{12.73} \times 100 = 36.8$ である。

特別の場合としては、物を早く乾かす爲に、アルコールで洗ふと云ふ手段をとることがある。之はアルコールがよく水と溶け合ふものであるから、水をよく洗ひ流すことが出来ることと云ふことと、アルコールは水よりも揮發性に富んで居るから、水よりも大なる飽和濕差を持つと云ふ二點を利用した方法である。

蒸發面の廣さと蒸發の速さとの關係

第二の物の乾く速さは其物の表面の廣さに關係することは、誰も經驗上から知つて居るところである。見えて、洗濯物を早く乾かす爲めには、何人もつとめて之を廣げて居る。併し精密なる事を云ふ時には、蒸發の早さは其表面の廣さと正比例に増減するものではなく、同じ廣さでも形に依て大に遲速の差のあるものである。

水の蒸發する場合の如く、平かなる表面が、水平に置かれたる場合に就ては、其の縁の長さが大なる關係を有して居る。例へば同じく一尺平方の表面を持つて居る水でも、それが正方形をなして居る時よりは、縦が二寸で長さは五尺の長方形を爲して居る方が、縁の長さは大であつて、水の減り方は大に速かである。以上の如きわけて、蒸發の速さと蒸發面の廣さと云ふことに就ては、細かい規則らしき事を述ぶることが出来ない。

第七節 冬は何故に空氣の乾き過ぎる心配あるか

空氣が乾いて衛生上に害を及ぼす云々の事は、表日本の冬に八ヶ間敷して、他の時季に於ては八ヶ間敷ない。それは何故であるかと云ふに、一體人體の表面(皮膚及肺)より水分の蒸發する速さは、中々複雑なる事情に支配せらるゝものであつて、一概には論斷することが出来ないものらしい。例へば同じ關係濕度を有する空氣でも、溫度か十五度の時には、蒸發の速さは最も小でそれより溫度が高くとも又低くとも、共に蒸發は増すものであると云ふ事實が

人體の表面よりの蒸發

表日本の冬は
何故に乾き過
ぐる心配ある
か

認められてある。生理學者は之を見て、其間に單純なる物理學の理論では説明し難い一種の生理的機能の働きがあるならんと考へて居る。併し大體に云ふときには、人體よりの蒸發の速さは、空氣の關係湿度の大小に關するものであると云ふことは、輓近ルブネル氏の研究によつて明かとなつた。然らば前記の問題は、表日本の冬は、何故に關係湿度が過小になる心配があつて、他の季節には此事がないかと云ふ問題と見てよろしい。夫れには次の如きわけがある。冬の空氣は多くは、北より南に向ふて運動して居る、即ち寒地から暖地に向ふて動きつゝある空氣である。言ひ換ふれば、溫度が次第に昇りつゝある空氣である。故に海に接して居るとか、左なくとも地面が大いに濕ふて居て、水分が滯りなく空氣中に増し行くに都合のよいと云ふ場合は格別であるが、左もなくば、前節の一例によりても分る如く、其の飽和濕差の過大になり、關係湿度の過小になるべき條件の一つは備つて居るのである。好天氣が幾日も續き、北からはヒュ〜と冷い風が來る、咽喉の弱き人がやられるのは、多くは此時季にある。更に室内と室外との溫度を考へて見るに、夏ならば室内の方が寧ろ低溫度である。故に關係湿度は寧ろ室内の方が大である。冬は大抵此反對で、室内の方が

高溫度である。特に火鉢、ストーヴ等を入れて居る場合には、室の内外に於て十數度の溫度の差のあるは珍しくない。其處で甚だしく關係湿度の小なる空氣が出来ることになる。ストーヴの上には水盤を載せよ、火鉢の上には鐵瓶をかけよなど云はるゝは之が爲めである。如何なるが最も衛生的な濕度であるかと云ふことについては、種々複雑なる事情があつて、適確に標準を示すことが出来ないことである。

第八節 完全の乾燥

吾々は物を空氣中に曝して居いて、之に手に觸れて濕氣を覺えないやうになつた時には、之を稱して乾いたと云ふが、之れは決して完全に乾いたのではない。木綿、絹、毛、木材、紙等、物質によりて、又其の時の空氣の状態によりて多少の差異はあるが、概して其の物の目方の一割から二割までの水分はまだ離れずして居るものである。即ち一貫目の品物については、百匁乃至貳百匁の水分があるものである。故に生絲などの賣買には、當然含まるべきの水分が一〇%と立ててある。

所謂氣乾の物
質が含む水分

完全乾燥の方法

此種の水分は、中々物質を離れ難いもので、之を完全に取り去らんとするには、其物を水の沸騰點なる百度に熱したのではまだ不十分である。化學室等に於ては、物を完全に乾かす必要に屢々出遇ふものであるが、其時には其物を百五度乃至百十度に於て、余程長い時間之を熱し、遂に此有様に三十分間位捨て置ても、聊かも目方の減少を見ないと云ふ迄に至らしめるのであるから、之は中々思ふたよりも厄介な仕事である。思ふに此の種の水分は、一種特別の作用によつて物の表面に吸着して居るので、木炭が有臭瓦斯を其表面に吸着する若しくは水にとけたる特種の物質を吸着する、又は土壤がよくカリウム化合物を吸着すると云ふが如き現象と類を同じくするものであらうと考へられる。

第九節 露と霜

夜間の冷却の理由

地面は日中に熱せられて夜間に冷却する。其の熱せらるゝは太陽からの輻射線を吸収するが爲めて、其冷却は天空に向つて自分から輻射熱を放つからである。それ故に或る地表を蔽ふところの空が、全く霽れ渡つて居つて、雲又は霧の如き輻射熱の遠く天外に飛び去ることを妨ぐるものゝない場合には、夜間に於ける地表の冷却は著しいことになる。之で露を生ずる条件の一つは成り立つたわけである。

露が多量に出来る条件

若し右の場合に於て、夜が恰も眠れるが如く静かて、空氣の動搖が甚だ僅かであるときには、此冷い地表に接觸せる空氣の温度は、他の部分よりは著しく低温度になつて、遂に露を置くやうになるのである。故に露が著しく見ゆると云ふに必要なる条件は、第一には地表の著しく冷却すること、第二には風の全くなきことである。而して第三には、云ふ迄もなく空氣が多量の水蒸氣を含んで居ることである。

霜の出来る条件

若し温度の下降が著しくして、零度以下に達したる時には、一旦出來た露は勿論凍結するし、新に空氣中より吐き出さるゝ水分は、液體でなくて固體の形を以て地表に附着することになる。之が即ち霜と云ふもの。されば露を結ぶに必要なる上記の条件は、又直ちに霜を結ぶに要する条件と見ることが出来る。

霜避けの方法

霜避けの方法として、物を蔽ふ若しくは包むと云ふ手段が多く行はれて居るが、之を以て寒い風を防ぐ爲めのものと思ふのは間違ひである。風は前にも云ふ如く霜を生ずるものでなくして寧ろ之れを防ぐものである。蔽ふ、包む等

の手段は、要するに輻射熱の散逸を防ぐ目的のものであることを忘れてはならぬ。尤も農作物が霜の害を蒙ると云ふは、其上に生ずる霜の爲めではなくして其組織内にある水分の凍結によるのであるから、霜の分量の多少で直ちに霜害の多少を論ずることは必しも當らない。實驗上空氣が大に乾燥して居るときには、霜は少いが、かゝる空氣は植物體の表面よりの輻射熱をよく通過せしむるから冷却は甚しい。従つて植物の凍傷の害を受ける危険は寧ろ此時に多いのである。

霜害の兆候

西北の方から寒い乾いた風が吹いて來た、温度の下降は晝間に於てすら著しく見られる、夕方になつて其風は全く止み、萬籟眠るが如くである、仰ぎ見れば空は一體に霧れ渡つて、星は一さきわ輝いて居る。かゝる光景に接したならば、其夜には恐るべき霜害の危険がある。(空氣が乾いて居る故、必ずしも多量の霜があるとは云はぬ)と豫想して、霜害豫防法を講ぜねばならぬ。

煙烟法

桑葉、茶芽等、廣き田畝の植物に對する霜害豫防法に煙烟法なるものがある。之は木葉、葉、穀等の燃料を、前以て農園の周圍所々に積み置きて、前文の如き兆候あるに際して之を燃し、必要あらば此上に水を注いで、成るべく多量の濃煙を農

園の上に發かしむる方法である。此場合に於て、煙は雲や霧が全地を蔽ふたと同様に、地面及び植物體よりの輻射熱を反射し、或は一旦之を吸収して更に地面に向つて之を輻射せしめる役目を爲すものである。風の爲めに折角の煙も忽ちに飛んでしまふだらうと云ふ人もあるかも知れぬが、風がある時には、前述の理由で、霜害は少ないのであるから、煙烟法には十分物理學上の理由がある。

第一〇節 風

海と陸との温まり方の相違

同じ場所に於て同様に太陽に照らされても、陸と海とでは温まり方が違ふ。陸は海より遙かに速く温まり、又遙かに強く温まる。其の理由は、

- 一、海は太陽より來る輻射熱を陸より遙かに多く反射せしむる。
- 二、反射したる残りの熱は、勿論吸収せらるゝのであるが、陸は之を最上層の薄層内に於て吸収し、海は頗る厚き層内に於て之を吸収する。而して海水は常に動搖して居るが故に、一層深く熱を運び行くことになる。
- 三、水の蒸發の爲めに失はるゝ熱は、海の方が乾きたる陸よりも多い。
- 四、水の比熱は土壤岩石の比熱よりも遙かに大きい。

海と陸との冷
え方の相違

と云ふことである。

太陽よりの輻射熱が全くなきか、若しくは著しく弱くして、地球表面からの輻射熱によつて地球が冷却せねばならぬやうな場合に於ては、前と反對に、陸地は海よりも速かに冷え、又強く冷却する。其の理由は、

一、輻射熱をよく吸収するものは、よく之を放射するものである。

二、比熱の小なるものは、同量の熱を放ちても温度の下降は著しい。

三、陸地は其最上層のみ強き低温度になり得るが、海はさうはゆかない。

陸風と海風

海風と陸風 右に述べたるが如き理由によりて、日出後暫くにして陸は海よりも温くなり始め、日没後暫くにして海よりも冷くなる。従つて其上の空氣の温度も亦それにつれて變化する。之れ海岸地方に於て、晝の風は海より陸に向ひ、夜の風は陸より海に向ふやうになり易い所以である。海風陸風と呼ぶものは即ち之である。夕風、朝風と云ふて、朝夕に全く無風の時間があることも、今は説明を要しない。

季節風 右の現象を一層大きくしたものは、吾國に於て、九月頃から翌年三四月の頃までに多い北西の風と、四五月頃より九月頃までに多い南東の風とであつ

季節風

て、之れを季節風と呼んで居る。

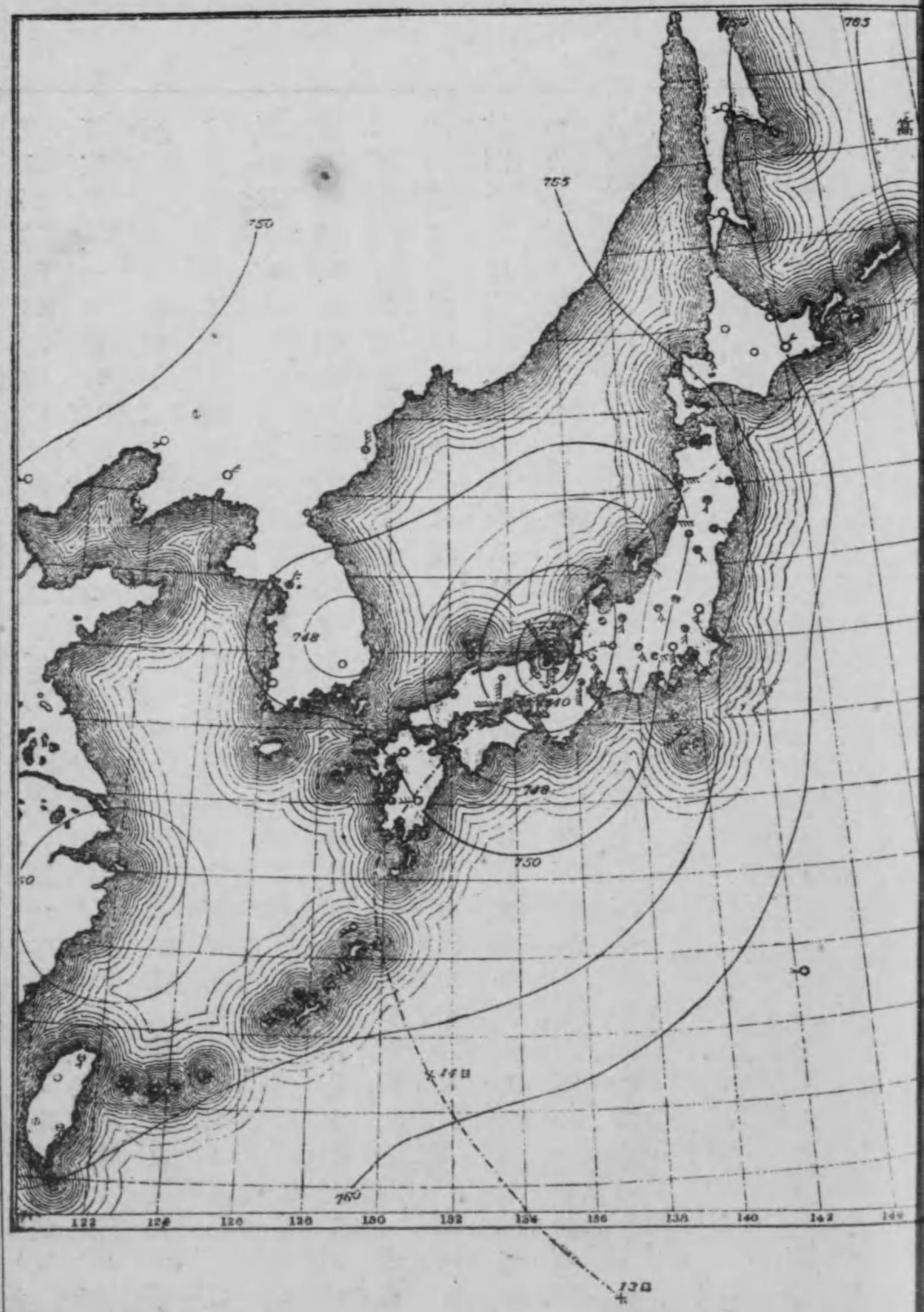
季節風の起る原因は、夏に於て亞細亞大陸の内地が、太平洋よりも著しく高温度になり、冬に於ては全く其正反對になると云ふのにあるのである。大陸と大洋との温度の差は、冬に於ては夏よりも著しい。随て季節風は夏よりも冬に於て著しく目立つ。前に述べたる海陸風が、夏に於ては冬よりもよく發達すると云ふ一原因は、季節風の影響を受けることが、夏は冬よりも少ないことにある。

颱風

颱風 吾國に於て最も恐れられて居る暴風は、夏季殊に八九月の候に於て襲來する颱風 (Typhoon) である。之は多くはフィリッピン群島の東方に當れる海上を發生地として居る大なる風の渦卷であつて、此渦卷は全體として、大體一定せる進路をとつて移動する。即ち其發生の當時には、西北方に向つて進行し、北緯三十度の邊からは北方に向ひ、更に北東の方向に進行して遂に吾が國にやつて來るやうになるのも、其内の一つの進路である。

颱風の起因に就ては、從來學者間に議論があつたが、今では一般に、之も亦對流現象に依るものとせられてある。其所説の大意は次の如くである。晩夏初秋の候には、フィリッピン群島の附近は、丁度世界の無風帯に入つて、大氣の一般に靜穩

圖氣天ノ時六前午日六十月八年四十四治明 圖一四第



なる季節である。之を強く太陽が照しつけるので、下層の空気は著しく高[△]温度[△]で、且つ著しく濕潤[△]なものとなる。かくて強き對流現象を起すべき條件が十分に揃ふてあるが、只大氣の靜穩なるが爲めに、未だ對流を起し得ずして、一種の危険状態に保たれてある。併しいつまでも此有様では居らずして、遂に或る一部に於て、下層の空氣が上層の空氣を突破して上騰し始める。かうなれば最早大河の決したるが如き勢で、周圍の空氣……溫暖にして且つ濕潤なる空氣が……皆此一地點に向て突進し、吾れもく、と其地點から上騰する。一體空氣は上[△]昇[△]す[△]れば膨脹し、膨脹すれば冷却するものである。故に空氣の上昇の勢は、上昇するに従て弱めらるゝことになる。然るに濕潤の空氣に於ては、此種の冷却が至て緩徐である。と云ふわけは、夫れが雲雨を生じ、其際に水蒸氣が氣化熱を逆戻しするからである。夏季に於て、純白濃密の羊毛の如き雲が、天の一方に大火山の破裂したかの如き勢で立ち騰るを見た人は、雲雨を生ずると云ふことが、空氣上騰の勢を助長すると云ふ實例を目撃した人である。兎に角、熱帶地の海面上の空氣速に對流現象を起すべくして未だ其機會を得なかつた空氣が、一旦對流を起し始めると云ふと、其高温度なるが爲めに、又其濕潤

なるが爲めに、對流の勢は頗る猛烈である。之に加へて周圍より之れに流入する空氣は、一直線に其低い氣壓の地點に集中せずして、地球自轉の影響を受けて渦卷になる。渦卷になつては、遠心力の爲めに容易に其低氣壓の部に流入することが出来ないので、中心の低氣壓も、渦卷の速さも次第に増加して来る。かくて颱風は出来上るのである、

地球の自轉が如何に影響して渦卷を作るに至るか、遠心力の作用が如何に働いて低氣壓を助長するか、其渦卷が何故に一定の進路をとつて移動するかと云ふ諸問題は、後編力學の部分に譲ることとして茲に之を説かぬ。

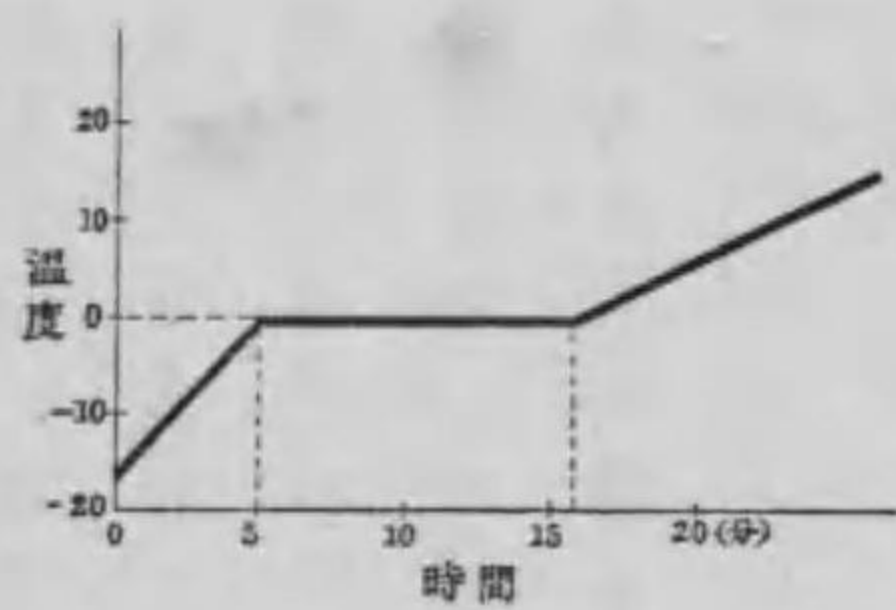
第四一圖は明治四十四年の八月十六日の颱風に關する午前六時の天氣圖であつて、日附のある點線は、低氣壓の中心の進行の經路を示し、矢は風の方向、矢の羽の數は風の強さ、數字は氣壓の高さを耗を單位として示したものである。

第一章 融解と凝固

第一節 融解點及凝固點 融解熱

茲に例へば北海道旭川の氷で、零下何十度と云ふものがあるとする。今此の氷を徐々に温めたとすれば、次第に温まり來つて遂に零度の氷となる。此の上更に熱を與ふる時は、氷が次第に水となるばかりで、温度の上昇は少しも見られない。而して氷が存在する間は、而してよくかき混ぜて居る間は、温度は全然同一のまゝで繼續して、全く氷が無くなつた後、始めて再び上昇し始める。故に此現象を圖の上に示して見れば大體第四二圖の如くなる。

右の反對に、例へば十度の水を冷して行くと、其の温度は時間が経過するに従つて如何に變化するかを圖に示せば、大體第四三圖の如くなる。



第四二圖
此圖は零下十七度邊の氷が、熱を與へられて次第に温まり、五分時の後に零度の氷となり、夫れから十六分迄は温度が零度の儘で繼續し、夫れ

からは再び
温度が昇り
行くといふ
事實を示し
たもの

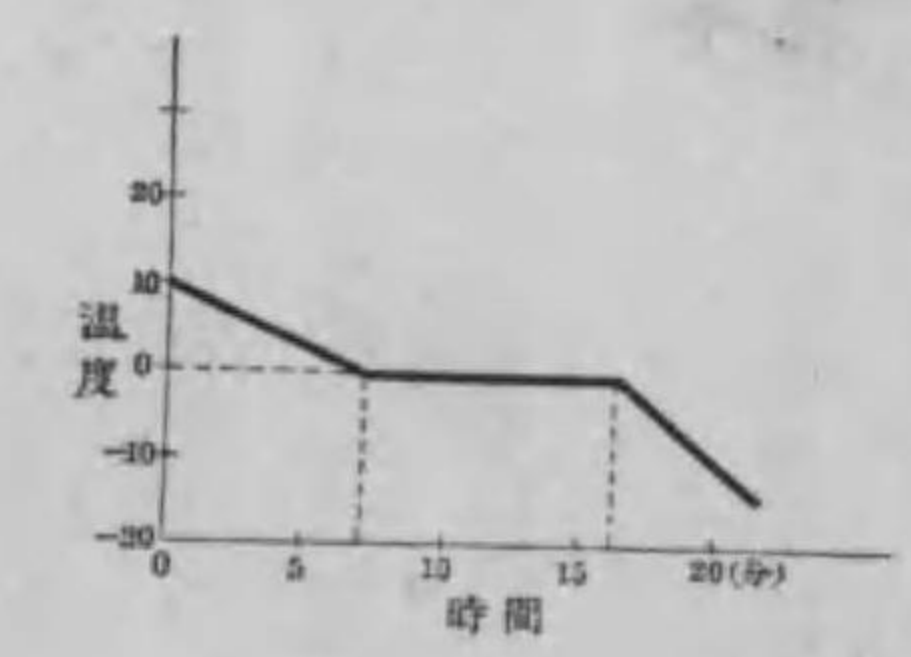
第四三圖

右の事實に依つても見らるゝ通り、氷がとけて水となるには、温度の上には何等の變化はなくとも、之れには多量の熱を要し、反對に氷が水となるときには、同じく温度には變化はなくとも、多量の熱を放つものである。精密なる實驗の結果によれば、零度に於て水と氷とが何れか一方から他のものに變遷するときは、一瓦について八〇カロリーの熱の出入あるを要する。此熱を氷の融解熱と云ふ。

二三の物質の融解點と融解熱

| 物質 | 融解點 | 融解熱 |
|--------|-------|---------|
| 氷 | 0 | 80. |
| 水銀 | -38.7 | 2.8 |
| 鐵 | 1500 | 32.-34. |
| 鉛 | 327 | 5.4 |
| 銅 | 1080 | 43. |
| 白金 | 1750 | 27. |
| アルミニウム | 657 | — |
| 硝石 | 126 | 47.4 |
| 亞硫酸 | 48 | 37.6 |
| 智利硝石 | 313 | 63. |
| 碳酸加里 | 880 | — |
| 食鹽 | 800 | 123.5 |
| 酢酸 | 17.5 | 43.7 |
| ナフタリン | 80.1 | 35.6 |

の物質の融解點と其融解熱とを示せば表の如くである。



水と氷とに就て右に述べたる如き事實は、他の物質の融解凝固の際にも亦見らるるところである。今普通なる二三

氷の融解點と
壓力

氷が他の物質に比して著しく大なる融解熱を有する事は、自然界に於て大いなる利益を興へて居る。若しさうでないとなれば、氷は忽ちにして氷となり、氷は忽ちにして水となる。かくて、富士山麓の河川は、春來る毎に一大洪水を起さなくてはならぬ。
鹽類の内には、其融解點のかなり高いものがある。前の表に於ても碳酸加里と食鹽とは何れも八〇〇度以上で、アルミニウムの融解點よりは遙に高い。火鉢の灰が固まるのは、碳酸加里が一旦融けて再び凝固するのに基づくのであるが、いつも灰が固まると云ふのでもないのは、全く碳酸加里の融解點が高いからである。

第二節 壓力と融解點

物質の凝固點及び融解點は、壓力の影響で多少は異動するものであるが、其の變化は極めて少量であるから、普通は全く異動のないものと考へられて居る。實驗の結果によれば、氷の融解點及び凝固點が壓力の影響で異動する程度は、壓力の一氣壓を増す毎に〇・〇七五度許りである。言ひ換ふれば一平方寸の廣さに二貫五百匁の割にて、力を加へて之れを押せば、零度以下〇・〇七五度で氷は

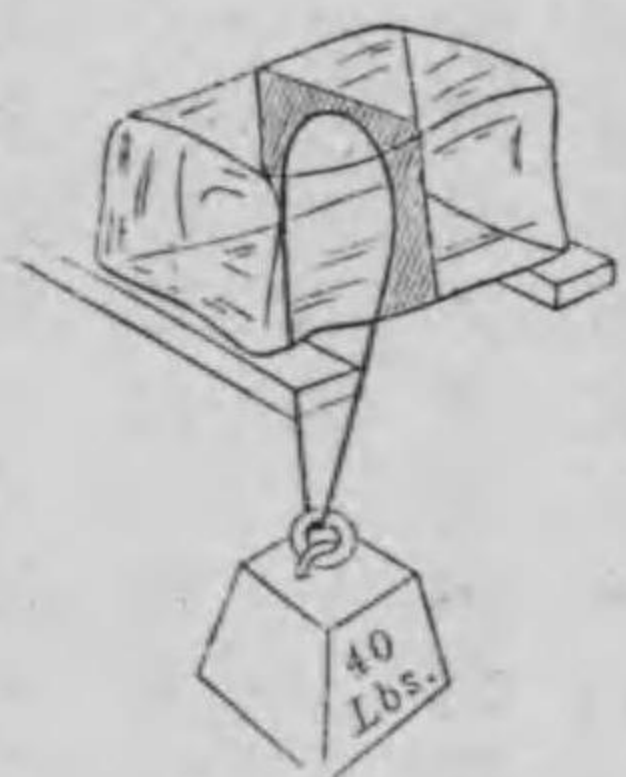
解けるものである。されば零度以下一度の融解點をもつやうにする爲めには、大約百三拾三氣壓を加へねばならぬ。此の一事によつて、其異動の如何に少な

るものであるかが解る。

タンマン氏(W. Timman)に依れば、壓力と氷の融解點との關係は次の如くである。

| | | | | | |
|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| 壓力 | 210(氣壓) | 490. | 1100. | 1730. | 2020. |
| 融 解 點 | -2° | -4° | -10.1° | -17.6° | -20.6° |

異動は斯くの如く小さくあつても、自然界に於ては、之れは爲めに、かなりに大なる現象が表はれて居る。其實例を解釋するに役立つべき簡易實驗としては、次の如きものがある。



第四四圖
復氷の實驗

一つの氷塊を橋の如く二つの臺の上に架し、其の中央に細き針金をかけ、其の兩端に、重いものを吊す時には、針金は逐次氷塊中に喰ひ込み、遂に全く之を横斷し終るが、氷は二つにならずしてやはり一塊となつて居る。此の現象を復氷と云ふ。

復氷の現象を生ずる所以を考ふるに、氷塊の一部、針金に押されて居るところは

復氷の説明

融解點が降るから、若し氷が零度のものであつたとすれば、此の壓力をうけて幾分か水を生ずる。而して其處に生じたる水は、零度以下の温度のものである事は分つて居る。次に其水が針金の下から逃げて、もはや壓力を受けないところに出づれば、零度以下の水であるから、一部分は忽ちに氷となり始め、其際融解熱を放つから、残りは零度の水となる。然るに針金の下なる氷は、前に水を生じた爲めに、零度以下なる温度になつて居るから、今の水の熱は、其部の氷に移り、そこで針金の上の水は氷となり、針金の下の氷は水となると云ふ結果となる。此の變化が間斷なく繰り返されるのであるから、最初の針金の壓力の爲めに融け來りたる水の量は如何に少量なるものであらうとも、暫時にしてよく上記の如き大なる氷塊を横斷する如き現象を示すに至るのである。

極地に於て、山上に推積せる大なる氷塊が、種々なる障礙物あるに拘らず、徐々に海中に滑り出すのも、屋根に厚く積りたる雪が、次第にずれ落ちて軒端に垂れ懸つて居るのも、やはり復氷の現象に外ならない。スケイトを用ひて氷上を滑走する時、滑りが著しくよろしいと云ふのは、スケイトの下面は直接に固體の氷に觸れて居らずして、兩者の間には、常に微量の水の層が出来るから、其れが丁度滑

スケイトの能く滑る理由

劑の役目をして居ると云ふことも其主要なる一原因を爲して居る。手に雪を握つて強く押すとき、嚴冬で其の溫度が零度以下なるときには、サラサラして居つてよく塊りとならぬが、春が近くなつて雪がとけかゝつて居る時は、容易に堅き一塊にすることが出来る。と云ふのも、上述の點に照してよく説明を與へることが出来る。

パラフィンの融解點と壓力

氷は壓力を増せば、其融解點を降すが、パラフィンは反對に其融解點を高める。ブンゼンの實驗によれば、パラフィンの融解點と壓力との關係は

| | | | |
|-----|-----|------|-------|
| 壓力 | 一氣壓 | 八五氣壓 | 一〇〇氣壓 |
| 融解點 | 四六三 | 四八九 | 四九九 |

の如くて、氷よりは壓力の影響は大である。併し之れとても要するに微々たる變動と云ふことが出来る。

第三節 體積の變化と融解點の移動

一般に、氷の如く融けて、其の體積を減ずるものは、壓力が増せば融解點が下り、パラフィンの如く融けて、其の體積を増すものは、反對にその融解點が高まるもの

である。

凝固の際に體積を増すものは、氷の外に、鐵活字金等の數種があるが、多數のものは此反對である。

●水が此の場合に於ても一つの例外をつくつて、氷が水よりも軽く出來上ることは、自然界に於て甚だ有用な事である。若し左もないとすれば、如何に深き湖海に於ても、表面で出來て深みに沈み行いたる氷が、第一には魚屬の住所を狭め、第二には太陽熱の達し得ざる爲めに永久の暗礁を作つて、非常なる危険を與へることになる。

第四節 過冷却

沸騰に過熱の現象あると同じく、凝固に過冷却の現象がある。過冷却の現象とは、已に當然凝固すべき溫度に降りながら、尙ほ液體の儘で居る現象を言ふのである。斯る現象は、其冷まつゝある液が極めて靜かに又空氣に觸れずに保存せらるゝ時に特に容易に起るものである。

●ピーカーに次亞硫酸曹達の結晶を入れて、此れを熱する時は、四八度に於て融解

水は幸に此場
合にも例外な
り

過冷却の意味

次亜硫酸ソーダの過冷却

する。そこで其上に一分ばかりの厚さに油を注いで放置する時は、室内の温度と等しくなるまで冷却しても、長く液状を保つて居る。此時次亜硫酸曹達の結晶の一片を其中に落す時は、液は直ちに凝固し始め、且つ急速に固体の量が増し行くのを見る。之と同時に温度は急激に昇つて、遂に此のもの、正當なる凝固點即ち攝氏四十八度に達する。

水の過冷却

水の如きも其表面に油を置いて静かに冷すときには、零度以下六乃至七度まで液のままにて保存することが出来る。苦扁桃油とクロ、ホルムとを混じて、水と全く重さの等しき液をつくり、此の中に水滴を泳がせて置いて冷却した時、零下二〇度迄水であつたとは、ヅフォル氏 (Dufour) の報告である。

第五節 溶液の凍結

河水は凍つても海水は凍らないとか、水は凍つても醬油は凍らないとかと云ふ如きことは、吾等のよく知れる事實である。斯くの如く、物をとかし居る水の凝固點は、純なる水の凝固點とは異つて居るものである。今食鹽水の場合を例として、溶液の凍結に關する一般の事項を述べようと思ふ。

物を溶かし居る水の凝固點

食鹽水の凍結

食鹽は温度の降る程水に溶ける分量が減るものである。而して零度に於ては、水の百分中に食鹽の三五七分がとける。今零度に於ける飽和食鹽水より熱を奪ふて見れば、直ちに氷を生じ始めないで、其溶液の温度が下り始め、同時に食鹽の一部は溶けきれずして固体になつて出て来る丈けである。温度が降りに降つて、零下二二度に達すれば、食鹽水の濃さは減じて二三六%を含む溶液となるけれども、此時尙ほ氷を生じないのである。此上更に熱を奪ふときには、始めて氷を生じ始め、全部が凍結し終る迄は此温度で繼續する。此時其處に出來たる氷を顯微鏡下で檢するときは、組織一樣なる食鹽水の凝固したものでなくして、食鹽も見えれば氷も見える。即ち食鹽と氷との細かき混合物たるに過ぎないのを發見するのである。食鹽水に限らず總べて十分に濃厚なる溶液を冷すときには何れも此類の現象がある。次に稀薄なる食鹽水例へば五%の食鹽水を冷却して見るときは、零度になつて氷を生ぜざるは前の場合と同じであるが、零下三四度になると氷を生じ始めるのが見られる。而して其の氷は食鹽水の氷でなくて純なる水の氷である。一般に稀き溶液を冷すときには、皆此の類の現象を見るもので、其氷は純なる水の

氷であつて溶液其物の氷ではないものである。右の結果として、残る食鹽水は幾分か其濃さを増し、最早前の如く零下三四度では氷を生ぜないものになる。されば、此残りの食鹽水に對して、之より更に氷を生ぜしめんとするには、更に温度を降さねばならぬ。今どこまでも冷却を行ふて見れば、氷が新に出来るに従つて、食鹽水の濃さは次第に増し、又其温度は漸々に降つて、遂には食鹽水の濃さが二三六%となり、其温度は零度以下二二度となるものである。此状態に達したる上、更に之より熱を奪ふときには、最早純なる水の氷は得られないで食鹽を混じたるまゝの氷が出来始め、夫れからは全部が固體となる迄は此の温度のまゝで繼續する。

之れを要するに、濃き溶液から出發して之を冷し行きたる時の結果と、稀き溶液から出發して之を冷し行きたる結果とは、最後に至れば同一のもので、即ち二六六%の食鹽を混じたる氷が零下二二度と云ふ一定不變の温度に於て出来ると云ふことに成るものである。但し夫れに達する迄の途中に於ては、一方は食鹽の過剰を折出し、他方は水の過剰を折出するの相違がある。右に述べたる所によれば、食鹽水の二三六%の濃さのものは、一種特別なもので、

若し始めから此濃さにある水を冷却する時には、零下二二度に達するまでは全く固體を生ずることがない。之れより更に熱を奪ふときは、外見上だけではあるが溶液其物が凍結する。此の種の特別な性質を有する溶液を一般に名けてクリオハイドレート (Cryohydrate) と云ひ、此溶液が凍る時の温度をクリオハイドリック温度 (Cryohydric-temperature) と云ふ。

合金の凝固
ユークテック混合物

熔解せる金屬に他の或る金屬の熔解せるものを加へて一種の溶液を作り、之を冷却凝固せしめて所謂合金を作るときに、丁度前の食鹽水の時の如き凝固の仕方を見る場合が屢々ある。例へば銅と銀との熔融せるものを冷却するとき、銀七二、銅二八の割合に在るときに限つて、其凝固點が七七八度と一定してあつて、既に凝固したる固體と、後に残れる液とは同一の成分を爲してあるが、割合が上記のものとは異つて、例へば銀が多きに過ぎたとすれば、未だ七七八度に冷却せざる前に、銀の餘分が凝固しつゝ、其凝固點が次第に降り遂に銀七二、銅二八の割合を爲すに至つて、七七八度と云ふ不變の温度を以て液全體が固體となる。銅が多過ぎた時にも亦同様で、最後に残つたる液は、やはり銀七二、銅二八と云ふ割合を爲して、其凝固點は七七八度である。合金の場合に於ては此最も低き凝固點をもつ割合のもの、例へば前例に於て銀七二、銅二八のものを、其金屬のユークテック混合物 (Eutectic mixture) と名づけ、ユークテック混合物の凝固する温度をユークテック温度 (Eutectic temperature) と云ふ。

されば茲に銅と銀との合金があつたとすれば、其熔融點は二種の金屬の割合によつて相違する。最も低い熔融點をもつものは、ユークテック混合物即ち銀七二、銅二八の割合をもつものである。其他の割合を爲せるものは、七七八度に熱したのでは、一部分しか融けない。

第六節 寒 劑

數種の物質を相混することによつて、著しく低溫度を生ずるものに色々ある。總稱して之を寒劑と云ふ。今其數例を示せば

寒劑の實例

例 實 の 三 の 劑 寒

雪と一種類の鹽とを混ずるもの

| | | | | 得らるべき最低溫度 |
|---|------|--------------------------|------|-----------|
| 雪 | 81.4 | 硫 酸 銅 | 18.6 | - 1.6 |
| 雪 | 48.6 | 砂 糖 | 51.4 | - 8.5 |
| 雪 | 80.4 | 鹽 化 ア ン モ ニ ウ ム | 19.6 | -15.8 |
| 雪 | 63.7 | 食 鹽 | 36.3 | -22. |
| 雪 | 41.2 | 鹽 化 カ ル シ ウ ム (水あるもの) | 58.8 | -55. |

雪と二種類の鹽とを混ずるもの

| | | | | 得らるべき最低溫度 |
|--------------------|------|--------------------|------|-----------|
| 雪 | 57.7 | 食 鹽 | 21.8 | -25.2 |
| 硝酸曹達 | 20.5 | | | |
| 雪 | 61.4 | 鹽 化 ア ン モ ニ ウ ム | 11.6 | -22.1 |
| 硝 酸 ア ン モ ニ ウ ム | 27.0 | | | |
| 雪 | 62.7 | 食 鹽 | 29.7 | -25.0 |
| 鹽 化 ア ン モ ニ ウ ム | 7.6 | | | |

水と一種類の鹽とを混ずるもの

| | | | | 溫度の下降 |
|---|------|--------------------|------|-------|
| 水 | 54.1 | 醋酸曹達 | 45.9 | 15.4 |
| 水 | 76.9 | 鹽 化 ア ン モ ニ ウ ム | 23.1 | 18.4 |
| 水 | 47.6 | 次 亞 硫 酸 ソ ー ダ | 52.4 | 18.7 |
| 水 | 42.9 | 硫 青 酸 ア ン モ ニ ャ | 57.1 | 31.2 |
| 水 | 40.0 | 硫青酸加里 | 60.0 | 34.5 |

寒劑の理論

右によつて見らるゝ如く、寒劑の一成成分は多くは雪である。就中食鹽と雪との混合物は、材料が廉價で又効力が割合に大きいと云ふので、最も普通に行はるゝ寒劑であるから、之を例として寒劑の理を述べんとする。

寒劑の理論 水分は、食鹽にも又雪の表面にも多少あるが常であるから、食鹽と雪とを混じたときは、先づ十分濃き食鹽水が出来、之が氷に觸れることとなる。然るに十分に濃き食鹽水から、氷が出来るときの溫度は何度であるかと云ふに、前節に述べたる所によりて、零下二二度であると云ふことである。零下二二度に於て始めて始めて氷が出来ると云ふ言葉の中には、零下二二度以上の溫度に於ては、出来て居る氷もとけると云ふ意味が含まれて居る。恰も氷は零度に於て氷を生ずると云ふ言葉の中には、零度以上に於ては、出来て居る氷もとけると云ふ意味が含まれて居ると同一である。斯様な次第であるから、食鹽を振りかけられたる氷は、其の溫度が零下二二度以上である限りは、濃き食鹽水中に溶けなくてはならぬ。融けるには融解熱を要する。夫れが爲に混合物の溫度が下降する。

食鹽と氷とにて寒劑をつくる場合に於ては、食鹽は餘る程用ひられてあるので

あるから、氷がとけて食鹽水を稀めれば、食鹽は溶けて之を濃くするが故に、水は常に十分濃き食鹽水になつて居ると見ねばならぬ。従つて氷はどこまでも溶解、混合物の温度はどこまでも降らねばならぬ。但し其温度が二二度に達したる時は、最早此上に温度の降ることはない。何ぜなれば、前にも述べたる如く、此温度に達したる上は、食鹽は更にとけて食鹽水の濃さを増すことなく、従つて此上に氷がとけると云ふこともないからである。

右の寒劑を造るに當りて、温度が零下二二度に達せない事があるのは、食鹽が不足するか、若しくは食鹽が器底に沈むかすることによりて、食鹽水の濃さが十分でない爲である。若し食鹽水の濃さが、かりに5%であつたとすれば、寒劑の温度は零下三四度がとまりであると云ふことは前節に述べたところと、本節に述べたところとに照らして明かである。

寒暖計の氷點の移動を検するに當りて、(第一五頁)氷の中に砂糖が混じて居つてはいけぬと云ふ譯も、今は説明を要しないのである。

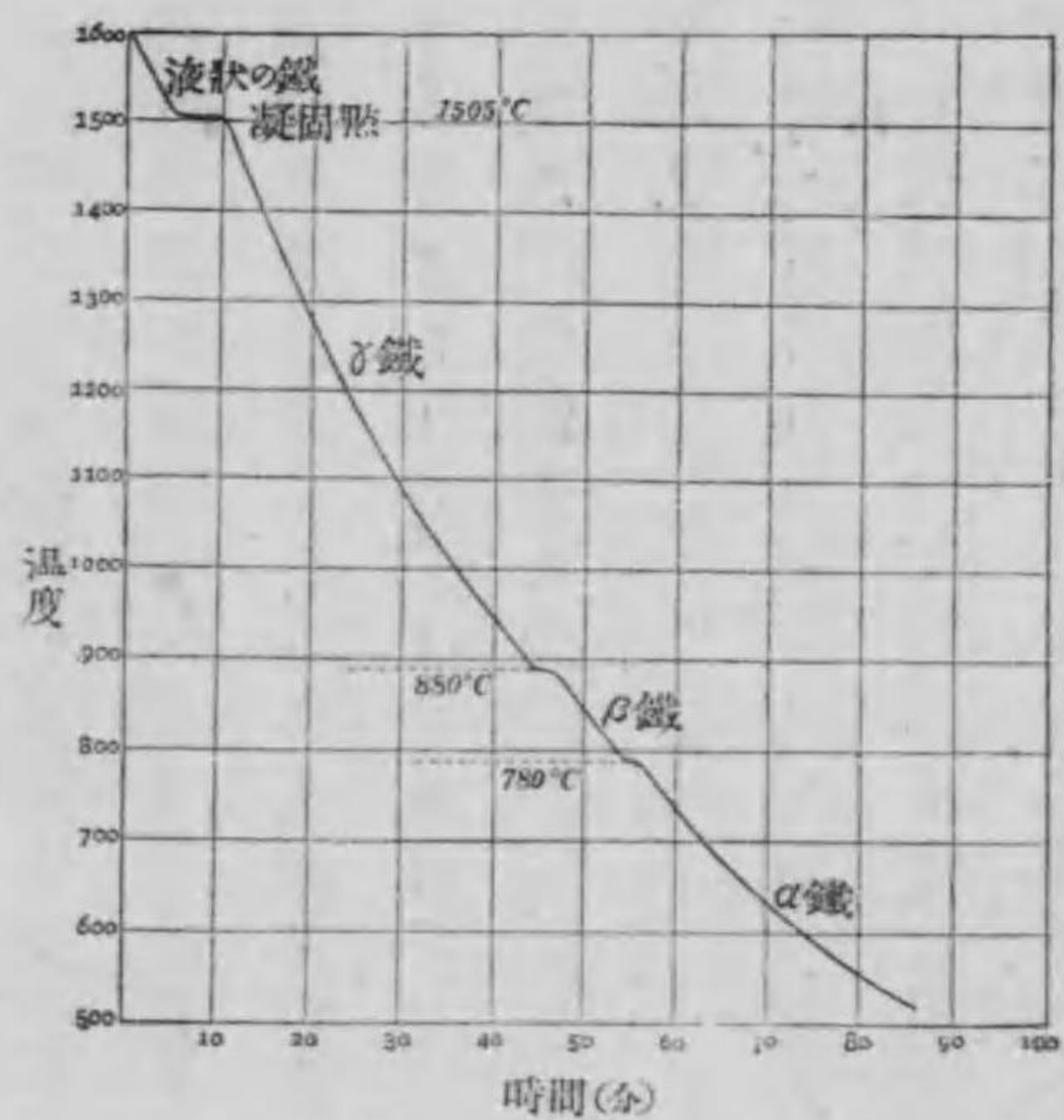
第七節 複雑なる融解及び凝固

純鐵の凝固

熱せられて液體となり冷されて固體となると云ふことに於ては同一であるが、其液體となり固體となることが、幾多の段階的變化より成れる複雑なる場合も些くはない。

●純鐵を熔融して之を徐々に冷却するとき、其温度の下降する具合が、時間と共に如何に變化するかを示せば次の圖の如くである。即ち一五〇五度に於ては、液

第四五圖 純鐵の凝固する状態



體なる鐵が固體の鐵に變化する時であつて、所謂融解熱の逆戻りするが爲めに、其温度は數分間一定であるを見るが、既に固體の鐵となり、次第に冷却し行く際、二回だけ温度が暫くの間不變に保たれる場合を發見する、即ち第一回は、八八〇度に於て、第二回は七八〇度に於て、此事が行はれる。此種の現象を見る所以は、恐らくは固體の純鐵に種類があつて、温度より乙種の鐵に、乙種の鐵より丙種の鐵

に變化し行くのであらう。かの温度が不變の儘で暫く繼續すると言ふことは、實に此變化の行はれつゝある温度に達したからであつて、丁度水を冷し行くとき、液状の水が固體の水になる際、暫く温度が不變であると同種の現象であらう。實際他の方面からしらべて見るに、七八〇度以下の鐵は、強き磁石性を與へることが出来るが、夫れ以上の温度の鐵は、全く磁石に感じないと云ふのを見ても、七八〇度以下の鐵と、此温度以上の鐵とは、質が異つたる鐵であることは考へらるるのである。

硫黃の凝固

右に述べたる如き現象は、又液體なる硫黃を冷却し行く時に見らるゝものである。今其沸騰點即ち四四五度にある硫黃を冷却しつゝ、其の温度の下降する有様を見ると、全く固體になる迄の途中に、第一回は二一〇度と一七五度間に於て、第二回は一五五度と一四五度間に於て、温度の下降が著しく徐々なることが見ゆるのである。此際硫黃が少くとも其一部分は或る一種より他の一種に變化しつゝあるのであると云ふことは、其液の粘り加減が著しく變化するのにも分るのである。即ち其沸騰點に近き高温度に於て、黑色の粘液であつたものが、稍其温度が降ると、甚しく其粘氣を増加して、容器を顛倒しても容易に流れ

出ぬ程のものとなる。而して此の上更に温度が降つて、其凝固點に近き低温度に於ては、再び粘り少き液となるのを見る。

過冷却の状態にある硫黃

沸騰點に近き高温度に於る液状硫黃を急に冷水中に注ぐときは、ゴム硫黃と稱して、ゴムの性質ある硫黃を得らるゝことは、人のよく知る所である。此ゴム硫黃は、高温度の時の硫黃が、正當なる段階を踏んで普通に見る固體硫黃になる迄を與へられずして、其儘で急に冷却せられたのであるから、一種の硫黃の過冷却の状態にあるものである。過冷却の状態は不安定のものであるから、ゴム硫黃は永く此状態にあることは六ヶ敷時を経れば徐々に變質して正當なる段階を経て歸着したる普通のものになるのである。之を百度邊に熱してやる時には、其變質は殊に迅速に行はるゝものである。

過冷却状態の砂糖

右の例にて思ひ出さるゝことは、熔融せる砂糖を用ひて作りたる菓子類が時を経て次第に不透明の結晶質となることである。透明にして非結晶質なる砂糖は、ゴム硫黃の如く過冷却の状態に在るもので、速かに變質して結晶質の砂糖になるべきものが、未だ其の機會を得ずして居るのである。鋼鐵は之を徐々に冷却するときは、軟鐵の如き軟さとなり、之を急に冷すときは、

鋼鐵に種類多
き所以

鑪に於て見る如き堅く脆きものとなることは、何人も知つて居る事實であるが、此事實も今は解釋に困難はないのである。即ち高溫度にある鋼鐵が徐々に冷さるゝ時には、幾つかの段階を経て、變質しながら冷ゆるものであるが、急に冷却せらるゝときには、其變質を経ずして其儘過冷却の状態にて残る、之が堅く脆き鋼鐵と云ふものである。夫れ故に此種の鋼鐵は何れかと云へば不安定の性質のもので、年月を経れば、柔くなるべき筈のものである。此の事は鑪の如きに於て既に證明せられたる事實である。

刃物を熱すると切れあぢを損すると云ふのは、此の種の變質を促すからである。ゴム狀硫黃が百度に熱すると、割合に速かに普通硫黃に變化することは之の類例である。

第二篇 光

第一章 光の直進及び反射

第一節 根本の事實

- 一 光は眞直に進むものである。
- 二 光が平滑なる表面に當つて反射する時には、入射角と反射角とは常に相等しく、且つ反射光線と入射光線とは、入射點に於て、其面に立てたる垂線の正しく兩側にある。此種の反射を光の正反射と云ふ。
- 三 光が普通の物體の表面に當つて反射するときには、其面に小さき凹凸のある結果、前の如く一定した方向には反射しないで、あらゆる方向に向ふものである。此反射を亂反射と名ける。
- 四 吾等が物を見ることの出来るのは、其物から來た光が眼に入るからである。

電燈、ランプ等の如く自ら光を放つ體は勿論の事、普通の物體が目に見ゆると云ふのも、物體より亂反射する光線が眼に入るからである。

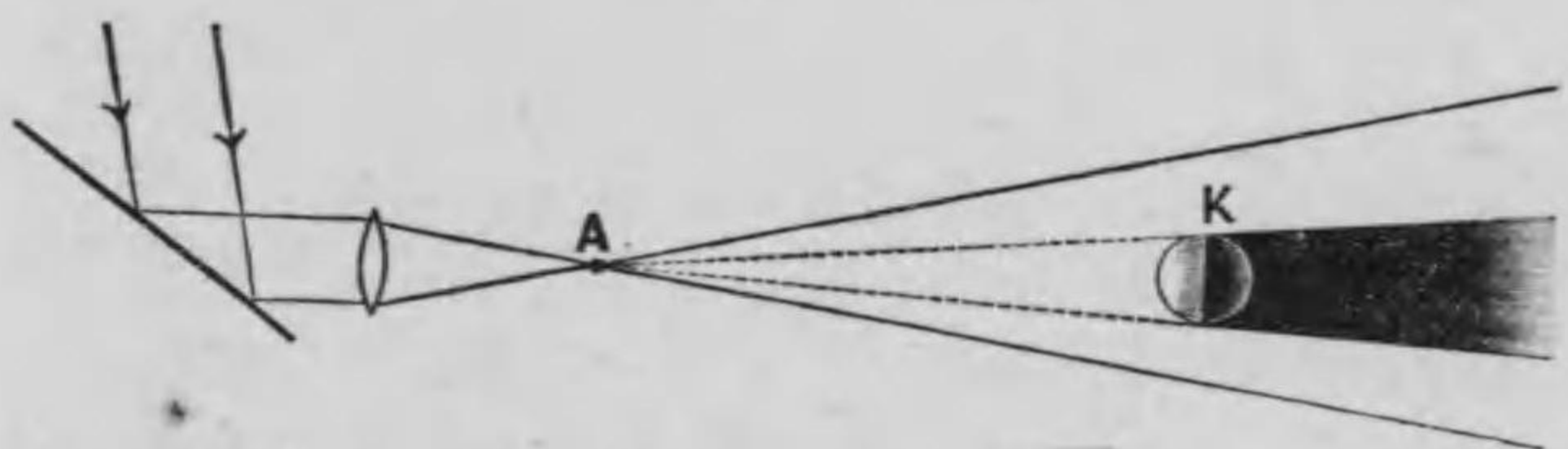
以下此章に述べるところは、此の四ヶ條の事柄を基礎として説明し得べき現象に就てある。

第二節 影

影と影法師

第四六圖

一點より来る光の影を得る装置



本影と半影

光は直進するものであるから、光の通路に當つて或る不透明體があると、其後方に光の來ない部分が出来、之を影と名ける。影を横ぎつて、衝立障子等の如きものを置けば、其上に所謂影法師が現はれる。
影及び影法師の輪廓は、通例ボカシになつて居る。之は一つには光が直進すると云ふことの爲め、二つには光を發する物體即ち所謂光源が、通例若干の大きさを有つて居ると云ふことの爲めに生ずる現象である。而して全く光の來らざる部分は之を本影と云ひ、ボカシの部分を生影と云ふ。半影の領分の廣狹は、

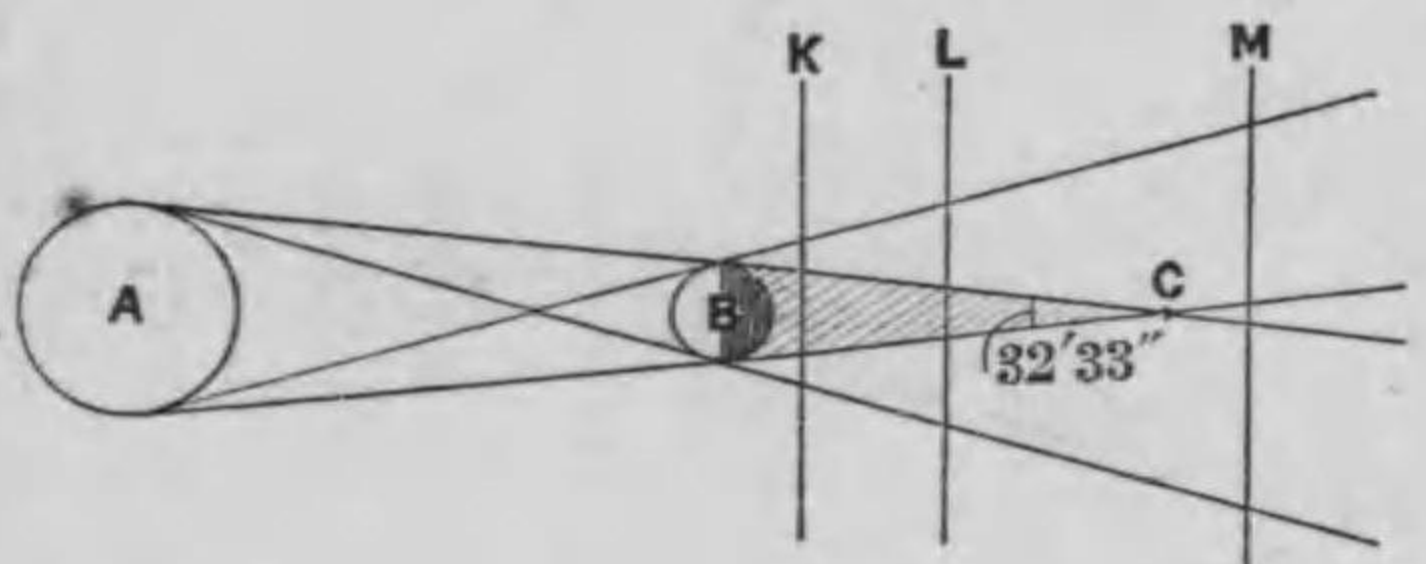
半影の領分の廣さは何に關するか

一つには光源の大きさに關係する。暗室に日光を入れ、其中途に凸レンズを置いて、其光を先づ一點に集め、其光で物の影を壁の上に投影するとき、心地よき迄にハッキリした影を見ることが出来るのは、全く光源が小さいと云ふことの爲めである。(第四〇圖)

二つには影法師と實物との距離に關係する。針金又は紙燃りの如き細き不透明體を机上に立て、之に斜に日光を當て、机上に投ずる長い影をしらべて見れば、其影法師の根元の部分、即ち實物と影法師とが接近して居る部分は、輪廓がハッキリして居るが、漸次根元を遠ざかるに従つて、影の輪廓はぼんやりになり、遂には全く半影ばかりになつてしまふことが見られる。

此等の理由も、第四七圖に就てしらべて見れば、容易に分ること、輪廓が比較的ハッキリして居ると云ふは、例へばKの部分に於ての影法師を見た場合であつて、輪廓がボンヤリに見ゆると云ふは、前よりは、實物に遠いところの例へばLに於ての影法師を見た時、其半影のみになつたと云ふ

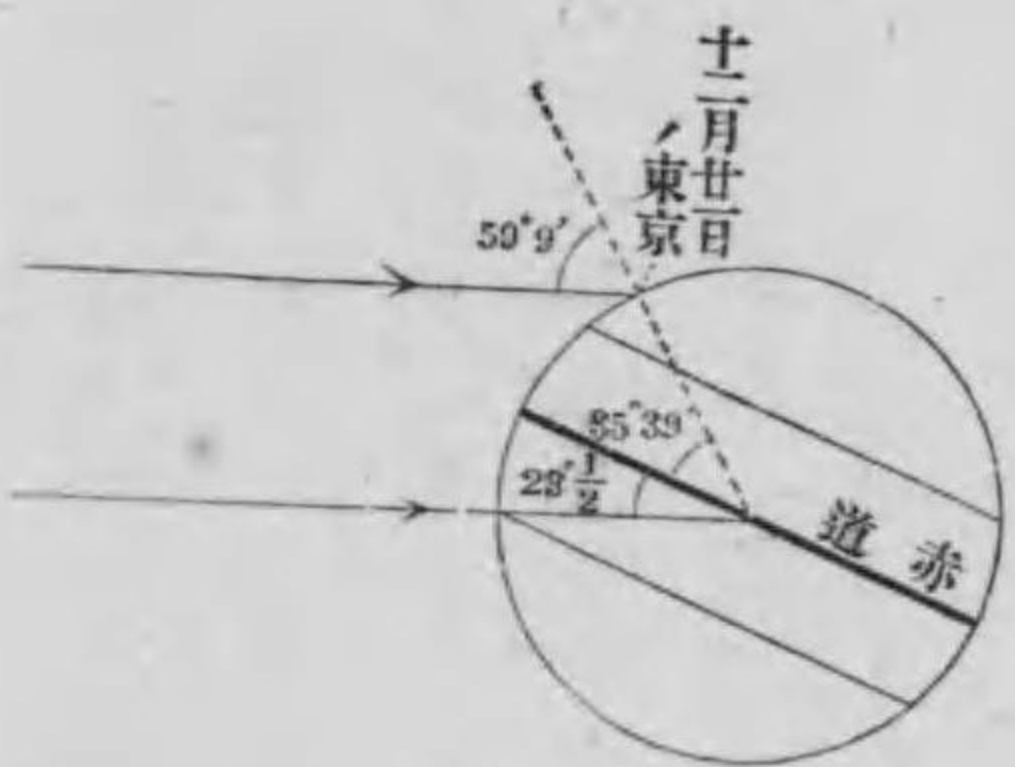
第四七圖
影法師の位置により半影の領分の變化する關係を示す



太陽によりて生ずる本影の長さ

のは、Mの部分に於ての影法師を見たからである。右の場合に於て、C角の大きさは太陽の大きさ及び遠さの関係上より略三二分三三秒の角度を持つて居るから、此角度から計算して見ればBなる針金、さては地球上の諸物體の投ずる影と云ふものは、其直徑の百〇七倍程の後方に退くときは、本影は全く無くなくなつてしまふことになるものである。同時に半影の領分は愈廣くなつて、其結果影の暗さは愈減じて、遂には影が認められない程にもなるものである。

第四八圖 冬至の東京の正午に於ける日光の方向

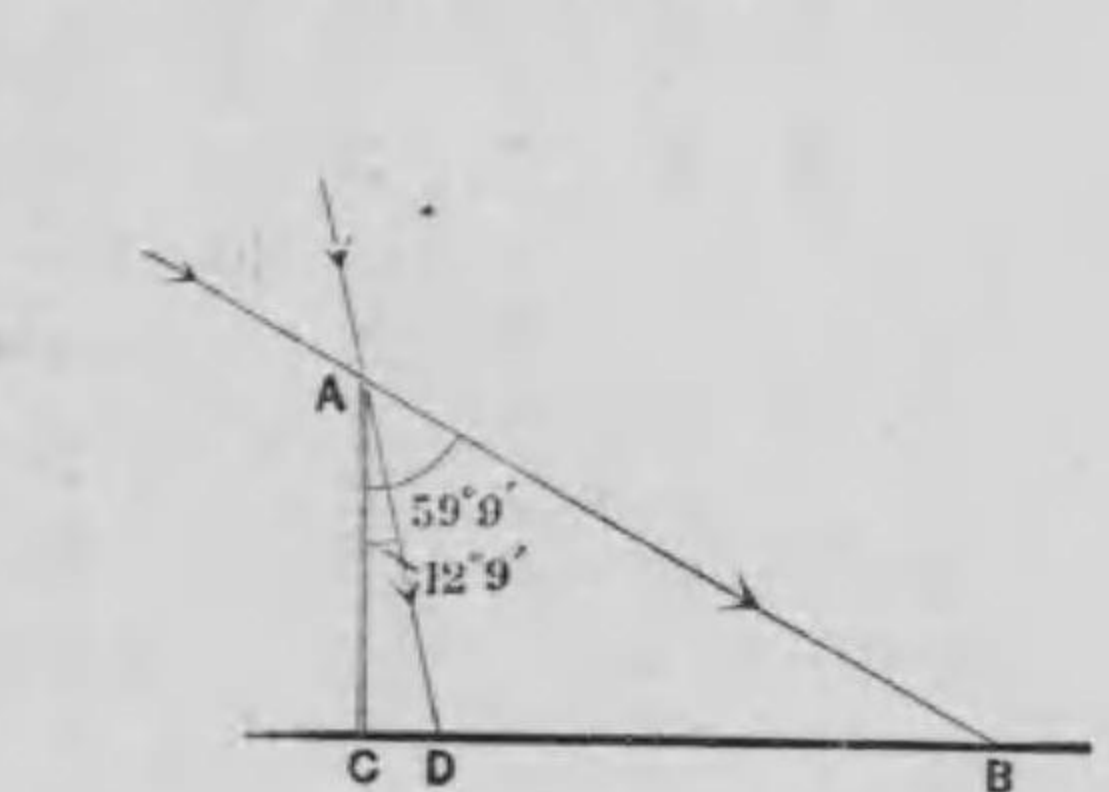


ランプの前に吾々が立つた時の如く、光源の大きさが不透明體の大きさより小さいと云ふときには、影法師がどとはない、即ち本影の長さは無限であると云ふことも、解し易き事柄である。

第三節 地上に直立せる棒の影法師の長さ

冬と夏とに於ける正午の影法師の長さ

地面上に真直に立てた棒が太陽に照されて、棒の長さの幾倍の影を生ずるやと云ふに、其影は朝夕に長くして日中に短かきことは云ふまでもないが、同じく正午に於て云ふに、冬と夏とでは、次に述ぶるが如き相違がある。地文學に於て、吾等の學びたる通り、冬の最も短き日(十二月廿二日頃)の正午に於ては、太陽が赤道の南方二十三度半の地を直上から照し、夏の最も長き日(六月二十二日頃)の正午に於ては、北緯二十三度半の地を直上から照して居る。故に例へば東京の如き、



北緯三十五度三十九分の地點に於ては、第四八圖に依つて明かなる如く、十二月二十二日の正午には、地面に立てたる鉛直線に對して、日光は五十九度九分(35°39' + 23°30')の角を爲し、六月二十二日には、十二度九分(35°39' - 23°30')の角を爲して居る。此等の場合に於て、實物と影との長さの比は、第四九圖の三角形に就て示せば、ACとBCとの比及びACとCDとの比であつて、前者に於ては影の長さは、棒の長さの約一七倍、後者に於ては約五分の一である。

右は東京に於ての話であるが、此の結果は、各地の緯度の相違に依て違ふこと

第四九圖 冬至と夏至とに於ける影法師の長さ

二三の地方に於ける正午の影法師の長さ

は云ふ迄もない。今日日本に於ける二三の地點に就て、前の如くして算出したる結果を示せば、

| 地名 | 所在地の緯度 | 十二月廿二日に於て | 六月廿二日に於て |
|------|------------|-----------|----------|
| 臺北 | 二五度 二分一九秒 | 一・一三二 | 〇・〇二七 |
| 鹿兒島 | 三一度 三五分四〇秒 | 一・四三三 | 〇・一四二 |
| 東京 | 三五度 三九分一六秒 | 一・六七四 | 〇・二一五 |
| 青森 | 四〇度 四九分五三秒 | 二・〇八一 | 〇・三一二 |
| 樺太敷香 | 四九度 一三分三六秒 | 三・二一七 | 〇・四八二 |
| 内河右岸 | | | |

影の長さと棒の長さの比

之に依て北に進む程冬の寒い理由の一つも見られるし、南側に聳ゆる隣家の建物が冬の日に幾何の影を吾が宅地に投すべきやの問題もわかるし、又南向きの窓が採光及び採温の上に如何に重大な關係をもつべきやも明かになる。

第四節 日蝕及月蝕

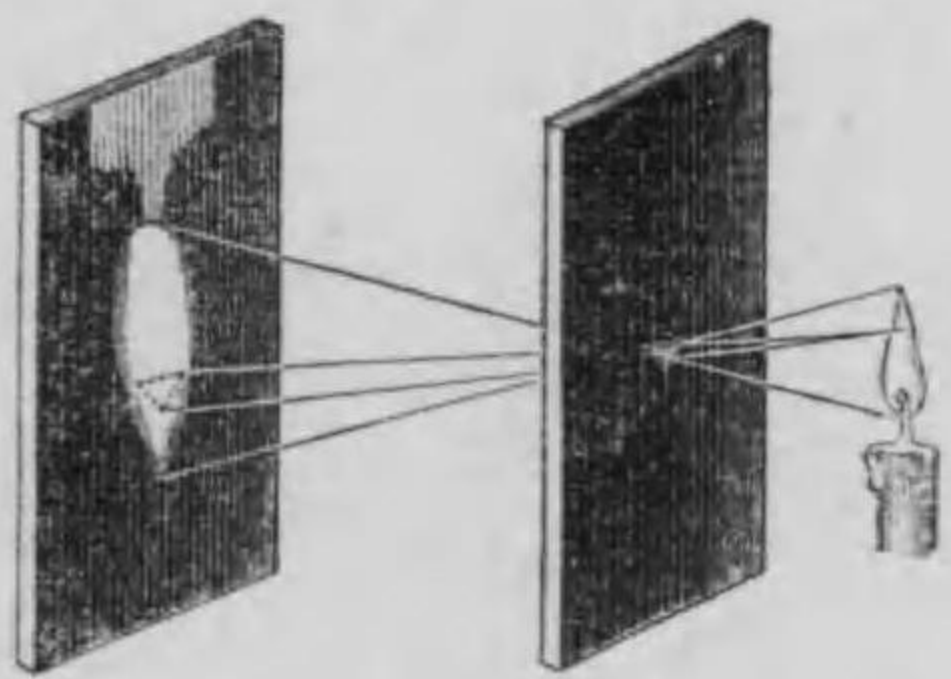
吾々の見る影法師の内でも最大いのは月の上にうつる地球の影法師と、地球の上にとつる月の影法師との二つである。前の影法師が見ゆる時には、之を月蝕

と云ふて居るし、後の影法師が地球の表面に出来た時、吾等が其影の内になつて、太陽の面を仰ぎ見たる有様は、所謂日蝕と云ふものである。

第五節 小孔の爲めに生ずる像

暗い室の側壁に小さい孔があるときは、外の物の像が、倒に其暗室の壁、衝立等の上に映ることがある。之れ光の直進に基いて説明すべき事柄である。例へば第五〇圖の如き場合に、火焰の或る一點より發して小孔を通過したる光は、其の直進に依て、後ろの衝立の上に孔の形、其儘を大きくしたる明るみを生ずる。即ち孔が三角形を爲せば、やはり三角形の明るみを生ずる。同様な理由で、火焰の諸點より發したる光は、夫れ々々に之れに對應する諸點に於て、孔の形、其の明るみを生ずる。此等の明るみの相合し相重りたる結果は、全體として、發光體其物の倒像を見るに至るのである。蠟燭の如き發光體に限らず、明るきところに置かれたる物體は、他より來りたる光を各方に反射して居るから、發光體と同

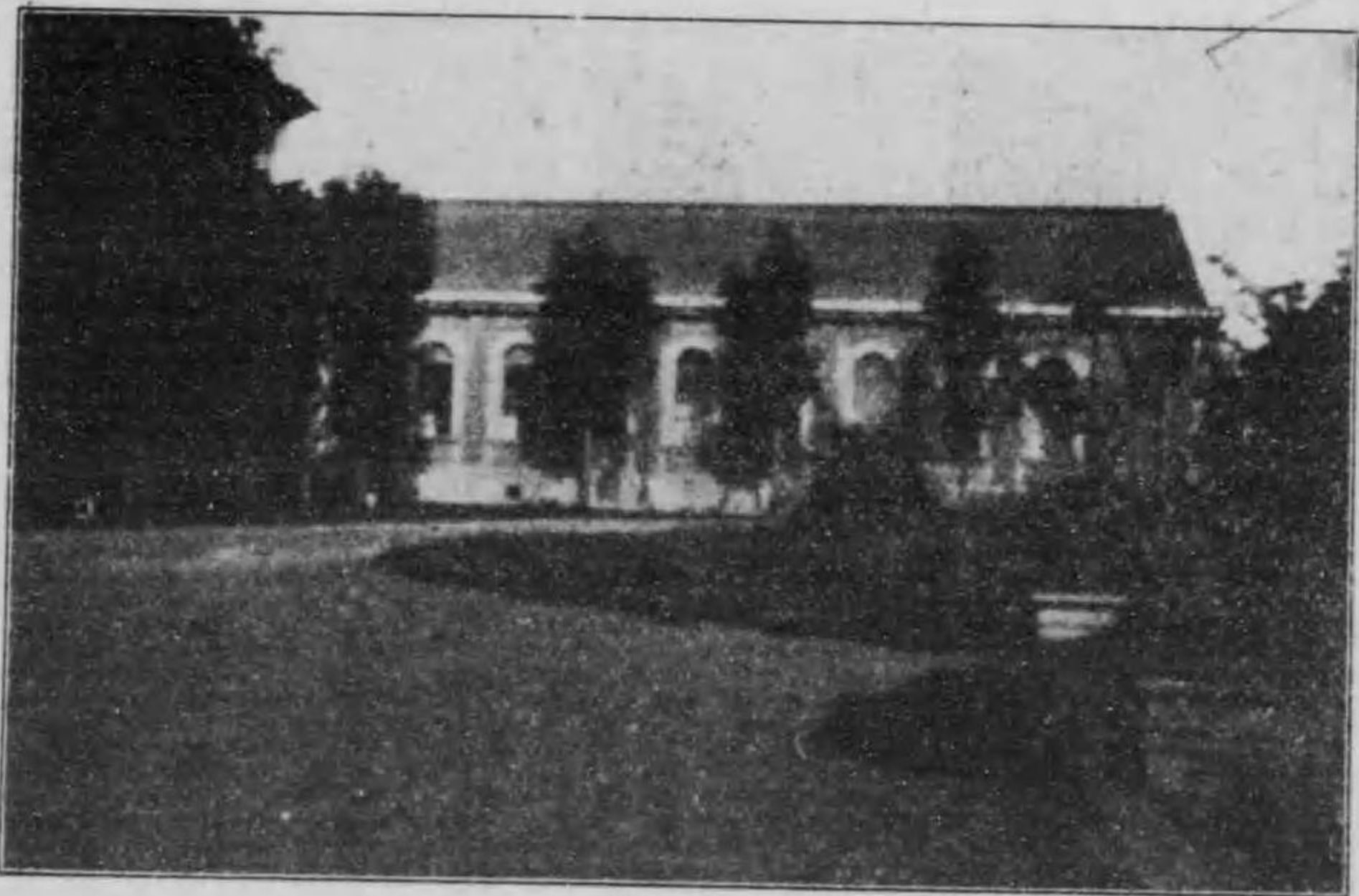
第五〇圖 小孔によりて像の生ずる理由を示す



レンズなしに
寫したる寫眞

第五一圖

小孔より生
じたる像を
寫眞の乾板
の上に投射
せしめて得
たる寫眞
(東京女子高
等師範學校
の物理學教
室)



如何にして像
の大きさは變る
か

此種の装置に於ては、如何にして像の大きさを増減すべきかと云ふに、第五〇圖を見れば分る通り、

様に、之を暗室の壁、若しくは暗箱の側面上に映し出すことが出来る。

第五一圖は、右の理を應用して、黒き西洋紙に太い縫針で小孔をつくり、之を寫眞機のレンズの代りに用いて、著者自身が寫したる寫眞である。廉價なる寫眞機に於ては、レンズが十分でない爲めに、動もすれば建築物の如きを寫すときに、其の像の周邊の部分に歪みを生じて直なる柱でも曲つて寫るといふやうなことの有り勝ちなものであるが、小孔による装置は、全く此の缺點が無いから、建築物の如きを寫すには殊に適當して居る。但し孔が小さくて光の入り来る量が少いから、其割合に長い時間、光に曝さねばならぬので、動物などを寫すには宜しくない。

(1) 但し、極端に小さくなる時は、光の波動説に基いてのみ説明し得るべき一種特別の現象が起り来るが爲めに、却て像の不鮮明を來すものである

第五二圖

日光より生
ずる影には
鋭き角の出
來ぬ理由を
示す



小孔と實物との距離、又は小孔と衍立との距離を變化すればよい。次に如何にして像を鮮明ならしむべきかと云ふに、第一に小孔の大きさを減ずる程、像は明るさを減ずるけれども鮮明の度を増して来る。(1) 第二には衍立の位置が餘りに小孔より遠くても不鮮明になり又餘りに近くなつても不鮮明となる。之は實際の場合々々に就て適當に加減し調節して見るが近路である。小孔によりて生ずる像の實例として、吾等が日常最もよく目撃するものは、密生せる木の葉の間を漏れたる日光によつて、太陽の丸い像が地上に映ずることである。日蝕の時に之れを見れば、此像が悉く其缺けたる太陽と同一の形ちをなして居るべきは勿論である。

第五二圖の如き面白き影法師は、吾等が窓際に立つた時に、いつも床の上に見るものであるが、其理由も亦前と同じくあつて、實物に於て、例へば甲圖Aより入りし日光は、影法師に於ては、乙圖Aの如き丸き太陽の像となつて現はるのであるから、實物に於ては、Aの如き鋭く尖りたる間隙であつても影法師の方に於ては、必ず角の丸い明るみとなつて現はる。其の結果かく影と實物との相

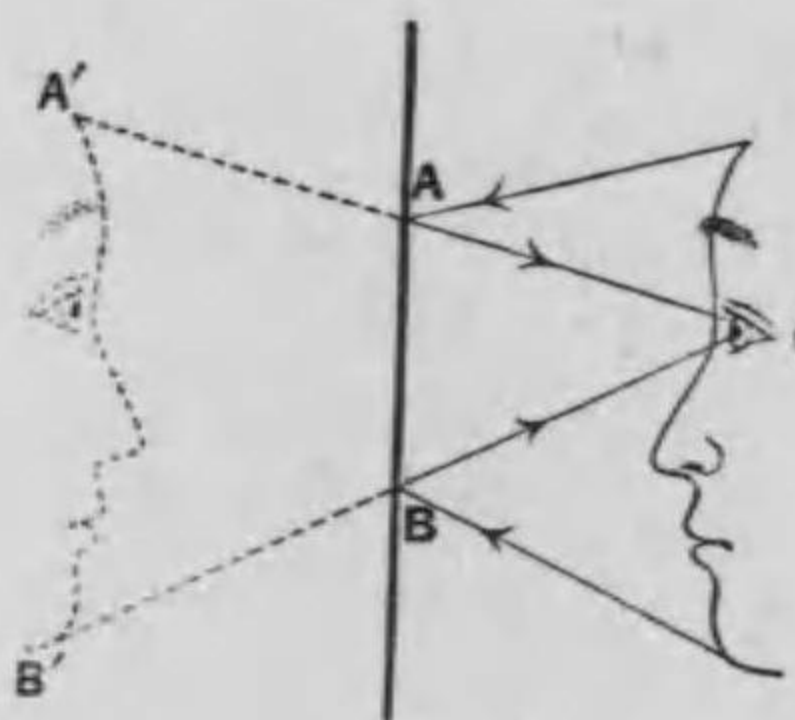
違を來すのである。

第六節 鏡

平面鏡に依りて生じたる像は、其大さは全く實物に等しく、其位置は實物が鏡の反射面から前に距る丈の距離を反射面の後に退いたところにあるものである。

右の事柄は、光の反射の法則に基いて説明することが出来るが、恐くは多くの讀者が其説明を必要としないであらふから之を省略する。

右の事項に基いて次の諸問題を決定することが出来る。
(一) 自分の顔を映すに必要な鏡の大きさは、どの位のものであるべきであるかと云ふに、兎に角其像は第五三圖のA'B'に示すが如く、其大さは實物と同じく、又其位置は、像と實物との丁度中間に鏡があるやうになるべき位置であることは分つて居るから、先づ其像の位置を確め、次に其像の最上最下の兩端A'B'より、眼に向て直線A'C、B'Cを引き、そ



第五三圖 實物と鏡に映る顔との關係

平面鏡に依りて生じたる像の位置及び大きさ

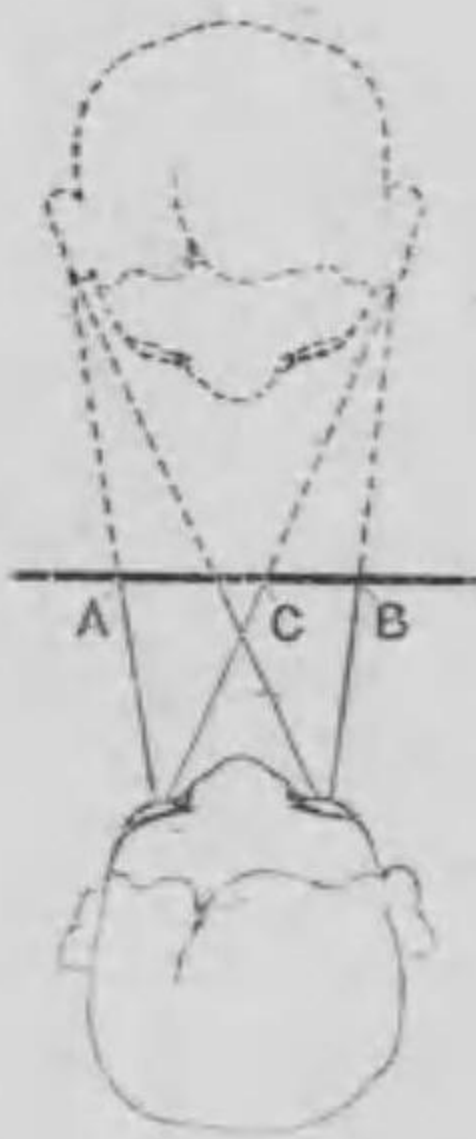
顔を映すには如何程の大きさの鏡にて十分なるか

第五三圖

實物と鏡に映る顔との關係

* 三角形の邊の中點を連ねたる直線は底邊の半分なり

れが鏡と交る點A及Bを求むれば、此A、Bの二點が、自分の顔の最上最下の兩端より發射したる光を、眼の方へ反射せしむべき點であると分る。從て鏡は上下の方向に於ては此A、B二點間だけあればよいと云ふことになる。而して初等幾何學の示す通り、A'B'は明かにB'の半分從て實物なる顔の長さの半分である。依て鏡は上下の長さに於て顔の長さの半分丈ければ十分であることが分る。左右の長さは幾何にて足るか、と云ふに、第五四圖に於て前と同様に考へて、左の眼丈けに就て見れば、鏡はACの部分丈ければよろしいが、右の眼があるに依て、之に更にCBを加へたる丈けの幅があれば十分であると分る。而して顔と鏡との距離が餘りに近接して居ない場合には、幾何學の示すところによりて、ACは大體顔の幅の半分であつて、CBは兩眼の距離の大體半分であると見做すことが出来るから、要するに鏡の横幅は、大體顔の幅の半分、兩眼の距離の半分を加へたる丈ければ十分であることが分る。



第五四圖

兩眼にて顔の全部を見るに必要なる鏡の大きさを示す

合 全身を映す場合

(二) 全身を映すに必要な鏡の大きさ

は右と同様な理由で、長さに於ては大體身

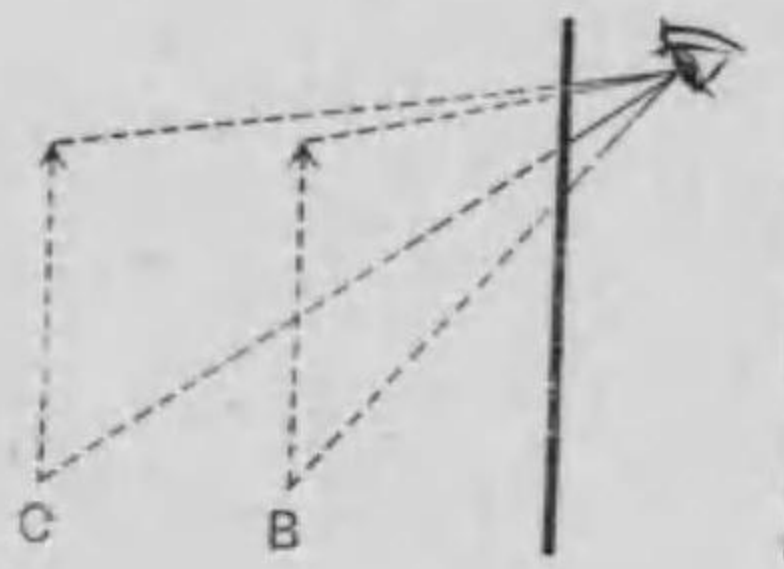
長の二分の一を必要とし、幅に於ては大體自身の横幅の半分と、兩眼の距離の半分とを加へたるもの丈けあるを必要とすることが分る。

但し右の(一)(二)の場合に於て、右の眼は、顔若しくは體の左半分のみを見、左の眼は夫等の右半分のみを見て、兩方合せて全體が見えると云ふ風にすれば、鏡の横幅は、以上のもの、約半分でありと云ふことになつて来るが、それでは兩眼が同時に顔又は體の全體を見得る場合とは大分に心持が違ふ。此事に就ては更に後節に述ぶることにする。

(三) 自分以外のものを映す鏡の大きさ 自分以外のものを鏡に映す時に必要なる

鏡の大きさは、前の場合の如く、何程と一定せるものではなくして、實物が愈鏡に遠く、眼が愈鏡に近き程、鏡は愈小さくして済むものである。例へば第五五圖に於てAは實物で、Bが其像であるとする。今若しAを鏡より遠ざけて、其の像がCに出来るやうになつたとすれば、鏡は前よりも小さくして済むことが圖を見てすぐ分るのである。眼を鏡に近けた時、鏡は更に小さくてよいことも、圖に就て考へて見れば、甚だ分り易いことである。

第五五圖
必要なる鏡の大きさと像の位置との關係



第七節 二枚以上の平面鏡

像は像をつくる
ことが出来る

或る物體から出で、一の平面鏡から反射した光は、丁度其鏡の後ろに見ゆる像から來たかの如き方向にあるものであるから、此光を更に第二の平面鏡に受けて見れば、やはりそれにも像が映つて見える。夫れ故につまり像の像が見えたこと考へてよい。

右の如きわけて、像が實物と同じに他の鏡に映るものと見てよいとすれば、一つの鏡に對して他の鏡を置いた時に、幾つかの像が面白く見ゆる諸現象を容易に理解することが出来る。例へば二枚の平面鏡を互に直角の位置に置き、其間に蠟燭の火でも置けば、三つの像が見え、又二枚の鏡を平行に置いた時には、蠟燭の火が一行に並んで無數に見えることなど、何れも像が又像を作ると云ふわけで説明することが出来る。

萬花鏡の構造

玩具として能く知られて居るものに、百色眼鏡、又は萬花鏡といふものがある。之は長方形の硝子板を三枚組合せて、切口が正三角形をなす柱の如きものをつくり、之をボール紙製の圓筒の内面を黒く塗つたもの、内に收め、其圓筒の一端

透明體の表面は光を反射せしむ

に色硝子の破片を二枚の硝子板其内の一枚は磨硝子の間に挟んで當て置き、圓筒の他の一端から、小さい孔を通してのぞく様にしたものである。此装置に於ては三枚の硝子板の各が鏡の如くに働いて、先づ三角形をして居る窓、及び其内に見ゆる色硝子の破片の像、三個をつくり、其像が、他の硝子板に映つて他の像をつくと云ふ風に、幾度も像の像が出来て、そこに規則正しき模様狀の像を生ぜしめるのである。

一體硝子、水、氷等の如きものは、透明體であるから、之に當りたる光を通過せしむることは無論であるが、同時に光の一部分をば其表面より反射せしむるものである。而して光が愈々斜めに投射する時程、愈々多く反射せしむるものである。前の萬花鏡の装置の如き場合には、光が餘程斜に硝子板に投射するに依て、只の硝子板でありながら、恰も鏡の如くに働くのである。

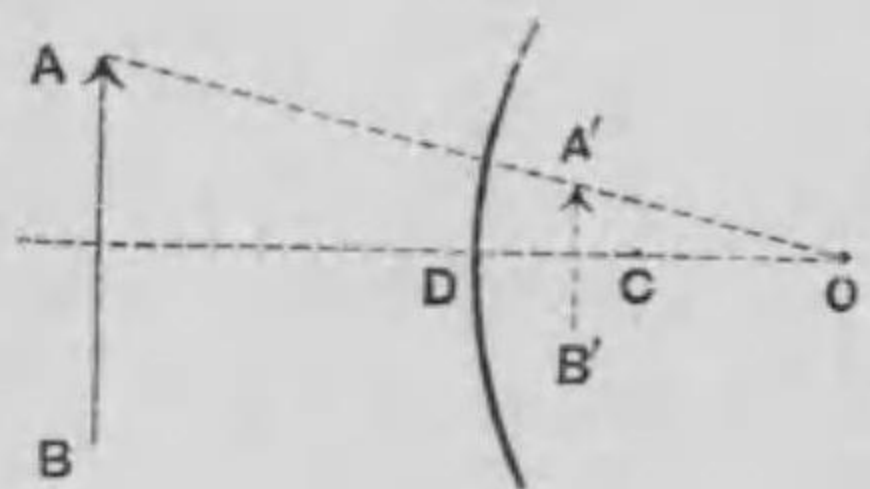
第八節 凸面鏡

球の一部が鏡となつたものが、球面鏡である。之に凸面鏡と凹面鏡との二種がある。

*此理由の解説は普通の物理書のどれにでもあること故之を略する。

第五六圖 凸面鏡に於る像の位置及び大きさ

圓筒形の鏡に映る像



第五六圖は凸面鏡の断面を示したものであるが、凸面鏡の中心Dと、其球面の中心Oとを結び付けて得たる直線を鏡軸と云ひ、DとOとの中央の點Cを凸面鏡の焦點と名ける。凸面鏡に映る像の位置は、常に焦點と鏡との間にあつて、其像の兩端第五六圖A'B'は、常に實物の兩端を、凹面鏡の球面の中心に結びつけた直線の上にあるものである。従て像は常に實物より小く、球面の丸みの強い丈け又實物が遠方に在る丈け此事は著しい。他人の眼球の内に映る吾々の顔が、豆よりも小いと云ふは、眼球の丸みが強いからである。

右の如きわけであるから、度の強い凸面鏡の上に、例へば人の顔の如き凸凹あるものを映す時には、鏡面より實物に至る距離が、實物の部分によりて相違するが爲めに、例へば鼻は大きく耳は小さくと云ふ風に、像の各部分の大きさは、實物の各部分の大きさとは割合を異にして見えるものである。

圓筒形の鏡に物が映る場合に於ては、彎曲は一方方向のみ限られてあるから、其方向にのみ凸面鏡の性質を持つて、實物より小さい像をつくり、之に直角なる方向には彎曲なきを以て、實物と同じ大きさの像を生じ、其結果は非常に細長い歪んだ

る像が見ゆるものである。塗りたての人力車の背部に於て、人の像が非常に短縮しておかしく見ゆると云ふも、亦此類の現象である。

第九節 凹面鏡

凹面鏡に於ても、球面の中心と、鏡面の中心とを連ねたる直線を其鏡軸と云ひ、鏡軸の上において、球心と鏡心との中央の點を其焦點と云ふ。

凹面鏡の爲に生ずる像に就ては、次の三つの法則がある。

- 一 實物が焦點よりも鏡に近くあるときには、像は鏡の背後に直立して、實物より大きく見える。
- 二 實物が球面の中心よりも遠くにある時には、像は、焦點と球心との間に倒に、且つ實物より小さく見える。
- 三 實物が球心と焦點との間にあるときには、像は球心より遠くに、倒に、且つ實物より大に見える。

又右の三つの場合に通じて云へる事は、(一)像の兩端は、實物の兩端を球心に連ねたる直線上にあること、(二)像にせよ、實物にせよ、鏡に遠いもの程比較的大きく、其

大^{△△△}の割^{△△△}合^{△△△}は、鏡^{△△△}から^{△△△}の距^{△△△}離^{△△△}の割^{△△△}合^{△△△}と等^{△△△}しい^{△△△}。

凹^{△△△}面^{△△△}鏡^{△△△}を太^{△△△}陽^{△△△}に向^{△△△}く^{△△△}れ^{△△△}ば、太^{△△△}陽^{△△△}の像^{△△△}が^{△△△}出^{△△△}來^{△△△}る、其^{△△△}像^{△△△}は^{△△△}非^{△△△}常^{△△△}に^{△△△}小^{△△△}さ^{△△△}く、其^{△△△}位^{△△△}置^{△△△}は^{△△△}凹^{△△△}面^{△△△}鏡^{△△△}の^{△△△}焦^{△△△}點^{△△△}の^{△△△}と^{△△△}こ^{△△△}ろ^{△△△}に^{△△△}あ^{△△△}る。

太陽に向けた
凹面鏡

輻射熱は光線と同じ反射の法則に従ふものであるから、光線の集まるところ、又輻射熱が集まるから、其焦點のところに紙、木片等の如きものを置けば、直ちに是等は燃え出すのである。されば昔希臘の大學者アルキメデスは、彼の居所なるシラクユースの城廓の高處に登り、大なる凹面鏡を用ひて、遠方を包圍せる敵艦隊を焼き盡したと云ふことである。其事の眞偽は兎に角、凹面鏡が初て製作せられた頃、如何に世人が驚いたかと云ふことは、次の如き大袈裟の記録が一六七九年の一科學雜誌に掲げてあるによつて分る。

佛の哲學者V氏が三個の驚くべき鏡を作つた、其一個はT氏が買つてベルンヤ皇帝に獻じた。皇帝は之を最も珍奇にして貴重なる寶物として保存せられた。其第二はデンマルク皇帝の手に入り、第三は製作者の手から佛の皇帝ルイ第十四世に獻上した。此第三の鏡は直径三十四吋あつて、之に日光を受けて、其光を反射せしむれば、燧石や煉瓦の如き如何に大なりとも、同時にとろとろとなり、青々とした生木も忽ちに火となり、最も貴重なる金屬も、亦同様の容易さと速さを以て液狀となり、如何に堅固なる鋼鐵も、之に對しては何等の抵抗力もなく、直ちに燦爛たる火

花を放ちて燃え始める。V氏の作つた第四の凹面鏡は更に之れよりも有力なるものであつて、直径は四十四吋其の焦點は鏡の前方三呎七吋のところにあり、大さは五錢銀貨位である。恐ろしき場所即ち此五錢銀貨位のところへ驚くべき威力を以て物を燃し盡し、目を之に向くことすら叶はない。又此鏡は、不思議にも物の像を十五呎或は夫れ以上の遠方に送ることが出来る。故に若し人が杖又は劍を持つて此鏡に向ふときには、像が空中に懸垂して、今にも其人に打ちかかるんとして見える、夫れ故始めて之をのぞく人は、驚くどころか、眞に恐怖の念に襲はれるのである。嘗てルイ十四世が劍を手にして此鏡前に立つたとき、凶器を持したる大男が、顔と顔と相觸れる迄の近くに立ち現はれ、皇帝が少しく前進し給へば、件の大男は、恰も皇帝を刺さんとすかの如く、皇帝の方に前進したので、皇帝は一時驚きと怖れとを抑へかくすことが出来なう。後に到ては、只影に驚いた馬鹿らしさに、さすがに皇帝も慚ぢ給ふて、命じて其鏡を取り去らしめ、二度と其前に立たせられなう。云々。

第二章 光の屈折 全反射

第一節 屈折の法則

光が質を異にせる透明體に出遇つたときには、其境界面に於て、急に其進路を變

屈折の法則

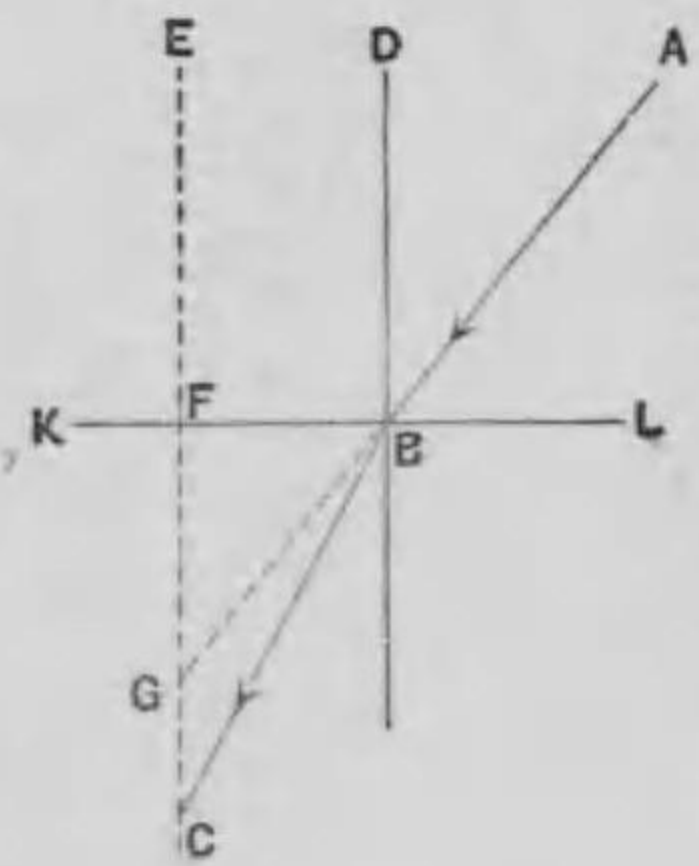
へるものである、之を光の屈折と云ふ。光の屈折については次の法則がある。

(一) 第五七圖に示す如く、入射線ABと屈折線BCと、入射點に於て表面に立てたる垂線BDとは同一の平面内にある。

(二) 前記の垂線BDに平行なる任意の直線EFを引き、之れが屈折線、及び入射線の延長したものと、交るところの點を夫々O及びGとすれば、BCとBGとの割合は、入射角が如何に變じても一定して居る。

光が空氣中より水中に進み入るときの場合で之を云へば、 $\frac{BC}{BG}$ なる分數は略 $\frac{4}{3}$ と定まつてあるが、かかる事實を簡明に言ひ表はすには、水の空氣に對する屈折率は $\frac{4}{3}$ であるとして云ふ。

光が甲の透明體から乙の透明體に進み入るときに、ABと進みBCと屈折すれば、之が反對に乙體から甲體に進むときには、CBと進めばBAと屈折する、即ち、全くもとの通路を逆戻りすることは實驗上の事實である。



第五七圖
屈折の法則
を示す作圖
法

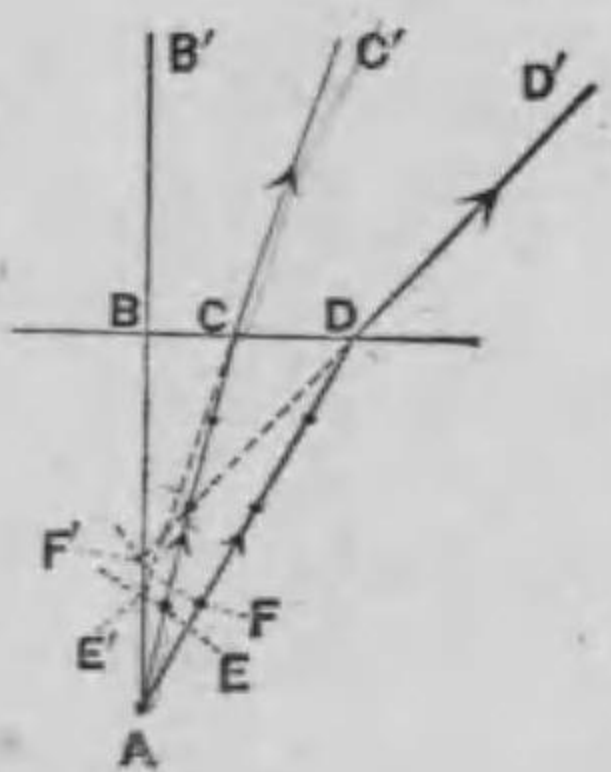
屈折率

逆行する光線の進路

第二節 水上より見たる水底の深さ

水底の土砂は、光を亂反射するによりて、吾々は其土砂を見ることが出来る。併し其反射光線は、水面に於て屈折するが故に、水底の位置は多少實際の位置より動いて見える。其然るべき理由は、屈折光線の方向を規則に従て畫き見れば分る。規則に従て書いて見るとは、次の如くすることである。

水底より来て
空氣中に出る
光線の進路を
求むる仕方

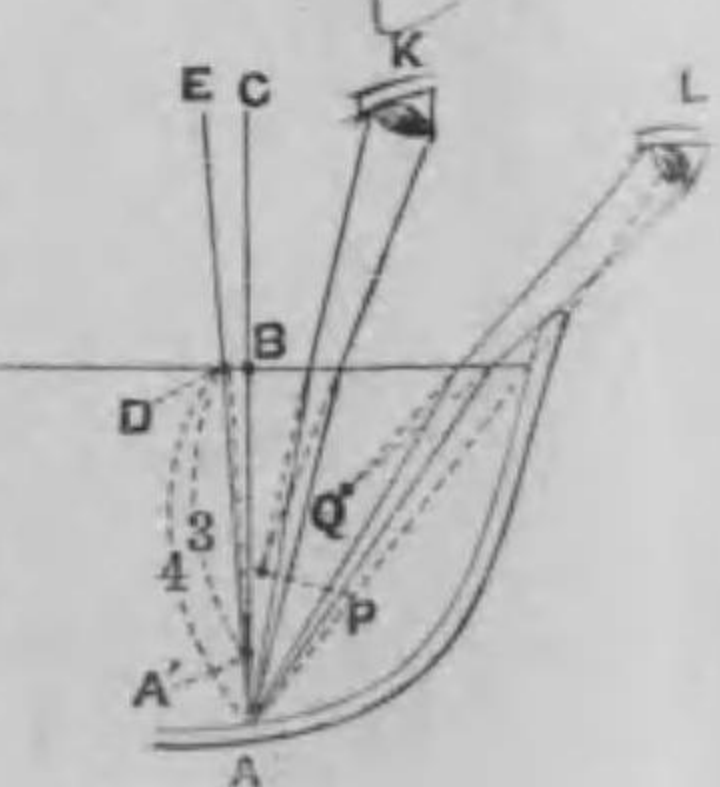


第五八圖
水中より空
氣中に出つ
る光の方向

第五八圖に於て、Aは水底の一點であるとし、之より發してACの方向に進みたる光が、如何なる方向に屈折するやを求むるには、ACの四分の三に當る點Eを求め、Cを中心としCEを半徑として弧を畫き、水面に垂直なる直線ABとの交點E'を求め、E'Cを延長してCC'を引けば、茲に屈折光線の方向が求められるのである。此方法が正しいかどうかを見分けるには、假に空氣中からC'の方向に水面に投射した光が、CAの方向に屈折するかどうかを確かめればよいことは、前節の終りに述べたところから明かである。然るに前記の作圖法によれば、入射線の延長CE'と屈折線CAとの比が、丁度三と四との割合に

第五九圖
水底か實際
よりも淺く
見ゆる理を
示す

なつて居ることは明かであるから、如何にも此方法は正しいと云ふことが分るのである。同様な方法に依て、AD線に對する屈折光線の方向を求むれば、DD'であると分る。斯の如き手續を幾ヶ所かに就て行へば、結局第五九圖の如きものが得られる。此結果に依て考へて見れば、一つ



の眼をKに置けば水底の一點AはPに見え、Lに置けば同じ點がQに見え、つまり眼を水面に近く置く程、水は淺く見えるものであることが分る。

第五九圖に就て見るに、茶碗の底Aに銀貨でもあつたとすれば、Lの位置から之を見たときには、其銀貨がQに見えるけれども、其中的水を無くしてしまへば、銀貨は容器の縁に隠れて全く見えないと云ふことが分る。之は古くして名高い實驗である。

直上より見たときには、水底は何處に見えるかと云ふに、同じく第五九圖に於て、水面への垂線ABCに甚だ近く投射したる光ADに就て前と同様の作圖を試みて見れば、直上に眼のある時には、A



第六〇圖
眞上より見
たる時の水
底の位置及
び形ち
直上より見た
る水底の見か
けの深さ

はA'の邊に見ゆることが分る。然るにDAのDA'に對する比は四に對する三である故、BAとBA'との比も亦殆ど之に等しく、即ち水底が實際の深さの約四分の三に見ゆべきことは明かである。されば靜に澄める池の上に船を浮べたる場合の如きに於て、水の深さは實際には各部一様であつても船上の人より見れば、其水底は第六〇圖の點線に示したるが如くにあると誤認せらるゝものである。

第三節 水底を明視するに用ふる装置

第六〇圖のやうにして上から水底を窺ふときには、動もすれば波の爲めに水面が平坦でなくなつて、底がよく見えぬものである。顔を水中に浸せば、波の妨げは避け得られても、今度は眼球の彎曲面に於ての光の屈折の仕方が、眼を空氣中に置いた時と異つて來るが爲に、網膜の上に鮮明な像が出来ないので、あたりはぼんやりとしか見えぬものである。それが爲めに海草をとる人又は魚介を漁る人が、水底を覗くには、細長い桶の底として硝子板を用ひたるものを使用する。之を水面に浮べ、顔を其桶の上口に當て、水底を見れば、隨所に美しい自然の水族館が見られる。此時硝子は前記の波の妨げを去り、周圍の桶は、天空から

水中にて眼を開いても物は鮮明に見えぬ

第六一圖 潜水眼鏡

の光が、水面より反射して眼に入ることを防ぐのである。右の説明を會得した人は、所謂潜水眼鏡の理をも會得した人である。潜水眼鏡は、普通の眼鏡の縁が特別の形になつて居て、ゴム糸によつて強く之を眼に押し當てた時、眼鏡の硝子と眼球との間に水が入らないやうになつて居る。つまり前記の桶の極めて小さいのを眼に押し當てたものに過ぎないのである。



第四節 屈折に伴ふ反射

光の屈折と云ふことのあるところには常に反射と云ふことのあるものである。

水面に山が映ずること、硝子窓に顔の寫ることなどは、吾等の日常見るところである。

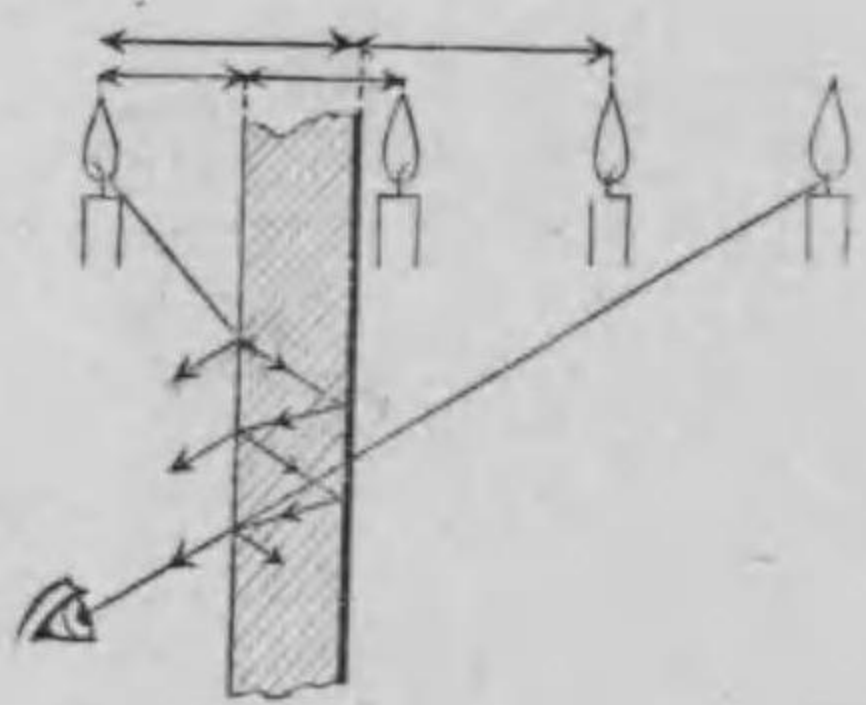
此類の反射は入射光線の角度によつて、其強さを變じ、入射角が大なる程著しいものである。

普通の硝子製の鏡に物を映した時に、注意して見れば、今一つの淡き像が見えて居ると云ふは、全く硝子



第六二圖 一つの實物が多くの像を生ずる有様

第六三圖
一つの實物
か多くの像
を生ずる理
を示す



面よりの反射に基くのである。又燈火の如きものを鏡に映し、斜に之を見るときには、明るさを異にせる幾つかの像が重り合つて見えて居ると云ふは、屈折に伴ふ反射の最も著しい例である。第六二圖は其實況を示したものの、第六三圖は其理を解説したものである。

第五節 全反射

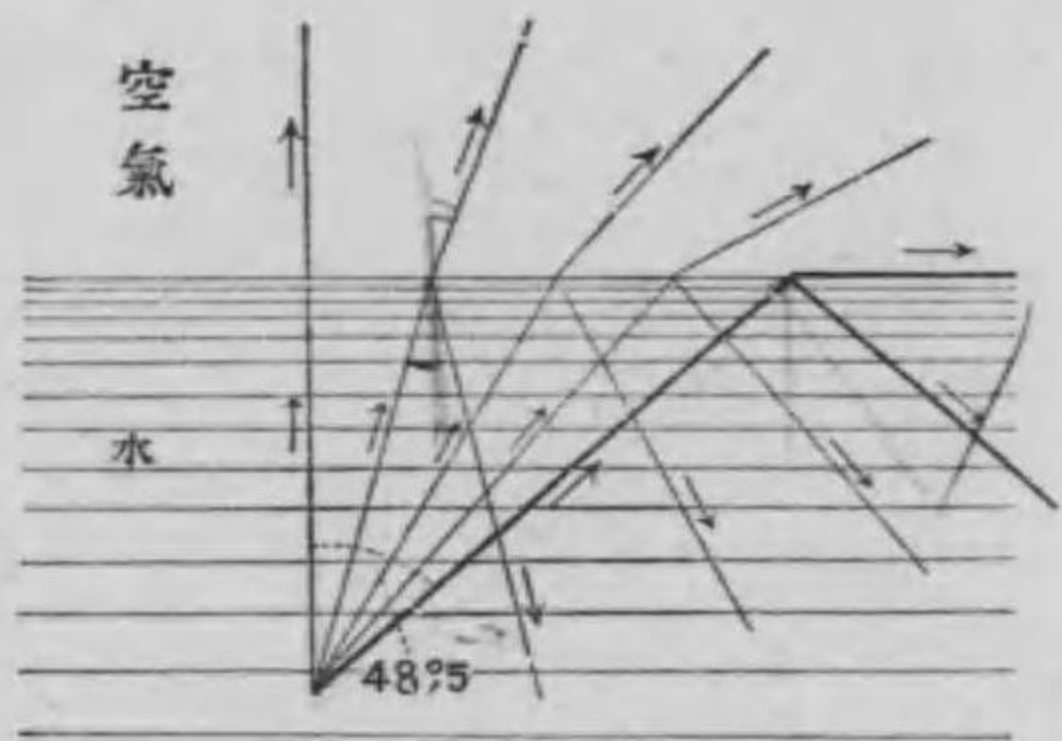
光が水中より空氣中に出る場合のやうに、屈折角の方が入射角よりも大なる場合には、入射角が増して或る大さになるときは、屈折角は九十度になると云ふ場合が生じて来る。此時の入射角を其場合の臨界角と云ふ。臨界角よりも大なる入射角をもつ光は、悉く其面より反射するものである。此現象を全反射と名ける。

空氣と水との間の臨界角は、約四十八度半であつて、空氣と硝子との間の臨界角は、約三十八度半、空氣とダイヤモンドとの間の臨界角は約二十四度半である。屈折が著しく見らるゝ場合ほど、臨界角は小さく、臨界角が小さい程、光の全反射を

臨界角

全反射の實例

第六四圖
空氣と水との境界面に生ずる屈折と反射

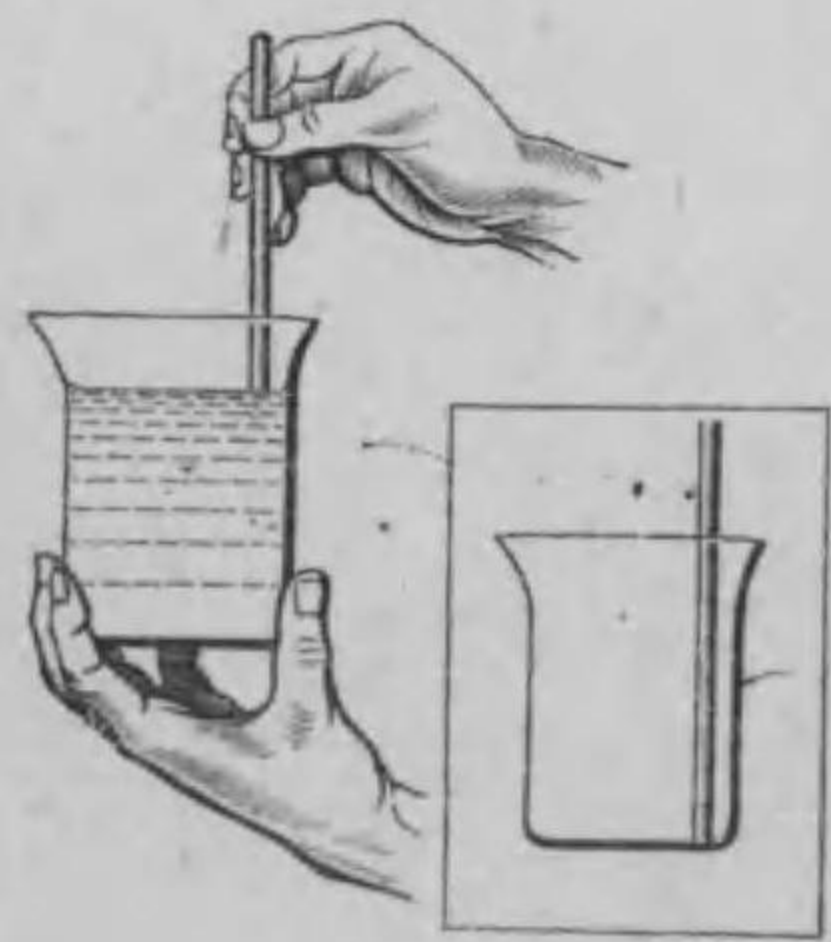


起す範圍が廣くなる。全反射の實例の二三を云へば、水を入れた試験管は、之を水中に挿し入れても何事も無いが空なる試験管をかくすれば、見方によりて其管壁が銀の如くに輝いて見える。窓若しくは天空が之に映るのである。

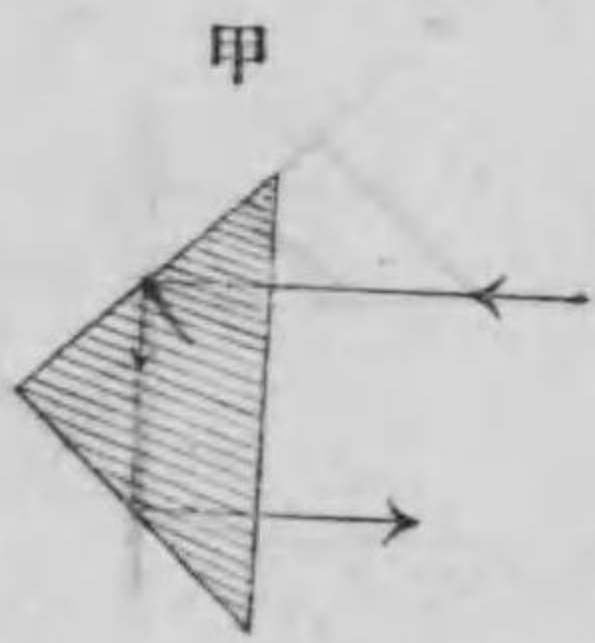
第六五圖の如く丸き硝子器内に鉛筆を立て、側面より之を見る時は、器内に水がなければ、何處に鉛筆を立ててもよく之が見えるが、之に水を注入する時は、鉛筆

第六五圖
光の全反射
によりて棒
の水中にあ
る部分が見
えぬ有様
全反射の利用

以上の二例は何れも光が硝子内より空氣に向て進む時の全反射に基いて説明すべきもので、讀者は自ら之を解決せらるゝであらうと思ふ。全反射を應用して、硝子を用ひて、鏡以上によく光を反射せしむることが出来る。例へば次圖の如く、切口が直角三角形を示すやうな硝子製のプリ



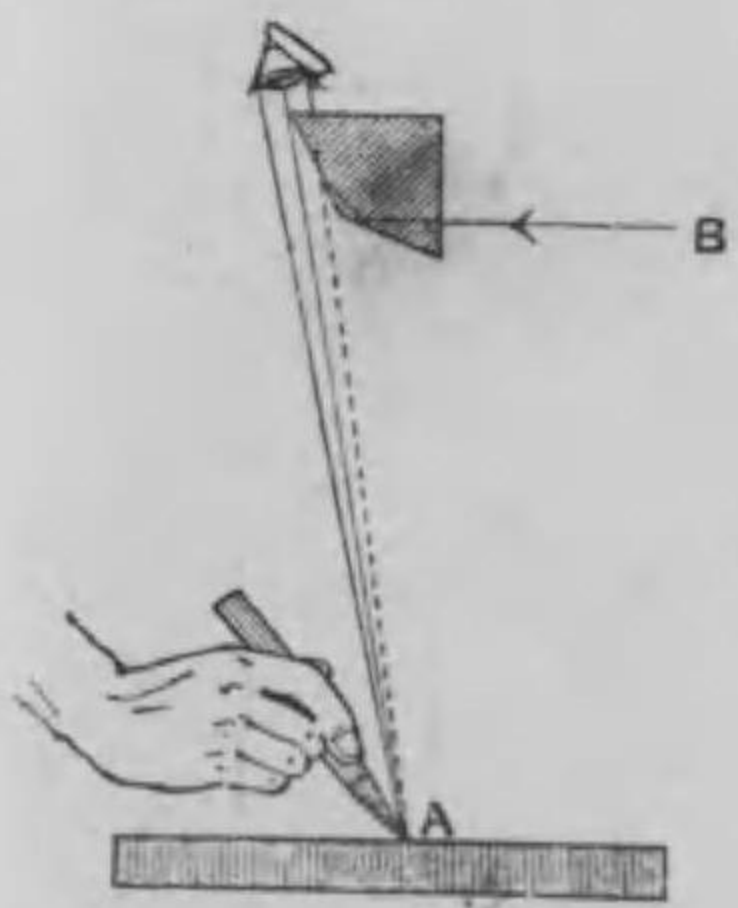
第六六圖
全反射による光の方向転換



ズムを作れば、硝子と空気との間の臨界角は三十八度半であるから、全反射に依り曲げることも出来る。

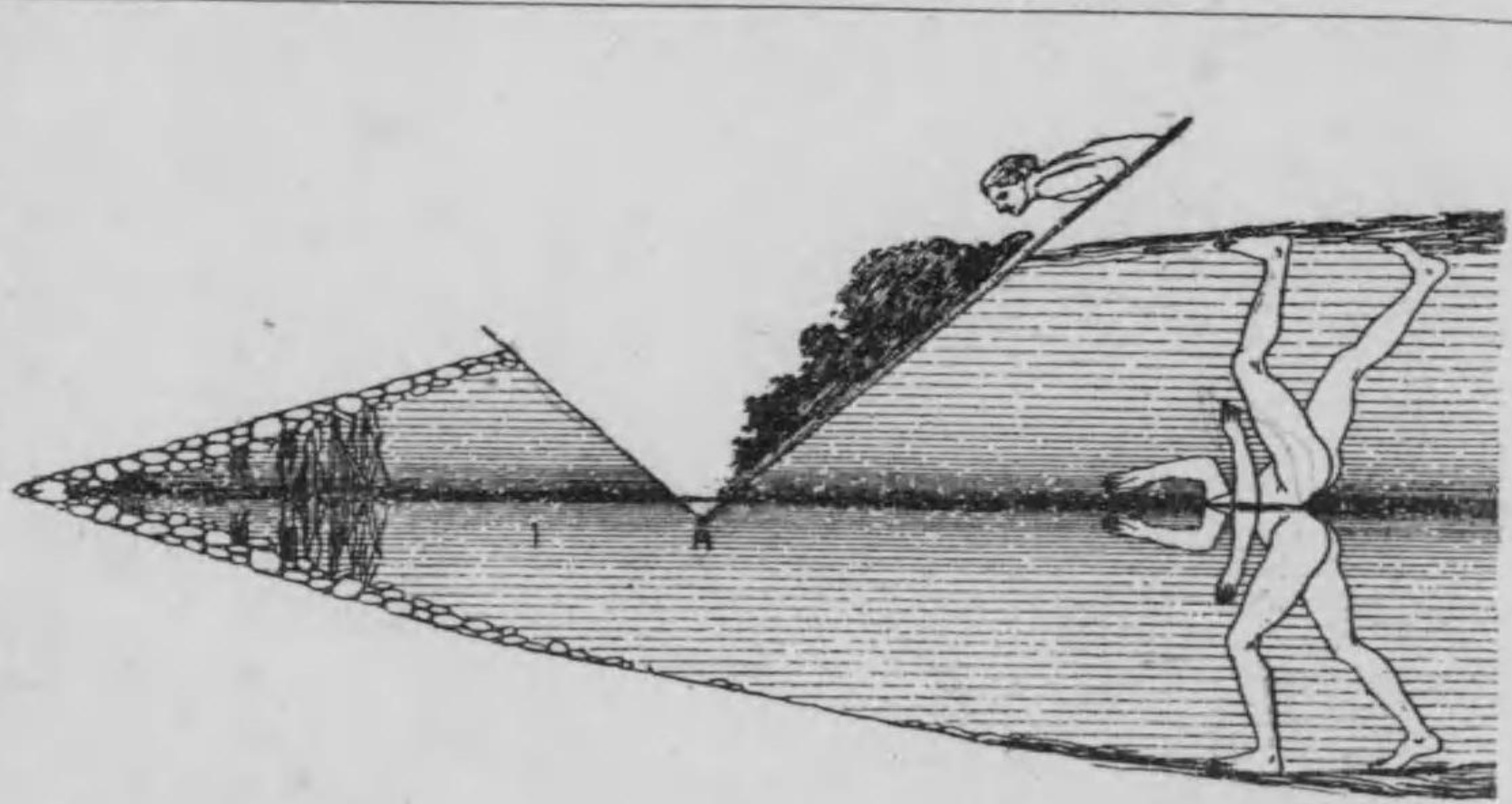
第六七圖の寫生装置も、亦全反射を應用したもの、一つである。圖に於て、眼の前に見ゆる四邊形は短き硝子柱の断面圖であつて、其一つの角は直角、之に對する他の一つは百三十五度の鈍角を爲して居る。物體Bより來りたる光は、硝子内に於て二度全反射して、恰もAより進み來りたるかゝの如き方向を以て眼に入つて來る。故に物體Bは紙面に横はつて見えるのである。然るに此硝子柱の一稜は、只眼の半分にかゝる丈けに出來てあるから、眼は残りの半分に依つて、直接にAに當て、居る鉛筆の先端を見ることが出来る。かくて鉛筆を用ひて、紙上に見ゆる像の輪廓をたどることが出来るのである。

或る顯微鏡に於ては、之れによつて見たるところを、



第六七圖
全反射を利用したる寫生装置

第六八圖
水中の一點に在る魚の見たる世界の想像圖



直に別に設けたる紙片の上に寫し取るに便利なる装置が備へてあるが、之は上記の装置と大同小異のもの、一を了解すれば他は從つて明かになると云ふ性質のものである。

第六八圖は魚の見たる世界として、或る外國雜誌に掲げたものである。一人の男が深さ腰の上まである水中に歩いて居る。其前方は次第に淺くなつて、居つて水底には小石があり、又水草がある。此人の右手の方には、近く森があつて木が生へて居る。此有様をA點にある魚が見れば、圖の如く見へるだらうと云ふのが此圖の主意である。

成る程、此人のからだの水面上に出で居る部分は、水面に於ける光の屈折の爲めに、上方に見へるのであらうし、からだの水面下にある部分は、直接水を通して見へるし、又水面からの全反射の爲め

に上方に映つても見へるし、結局大體この圖のやうに見えるものであらふ。但し之は水面に少しも波がないものとしての話しでなくてはならぬ。

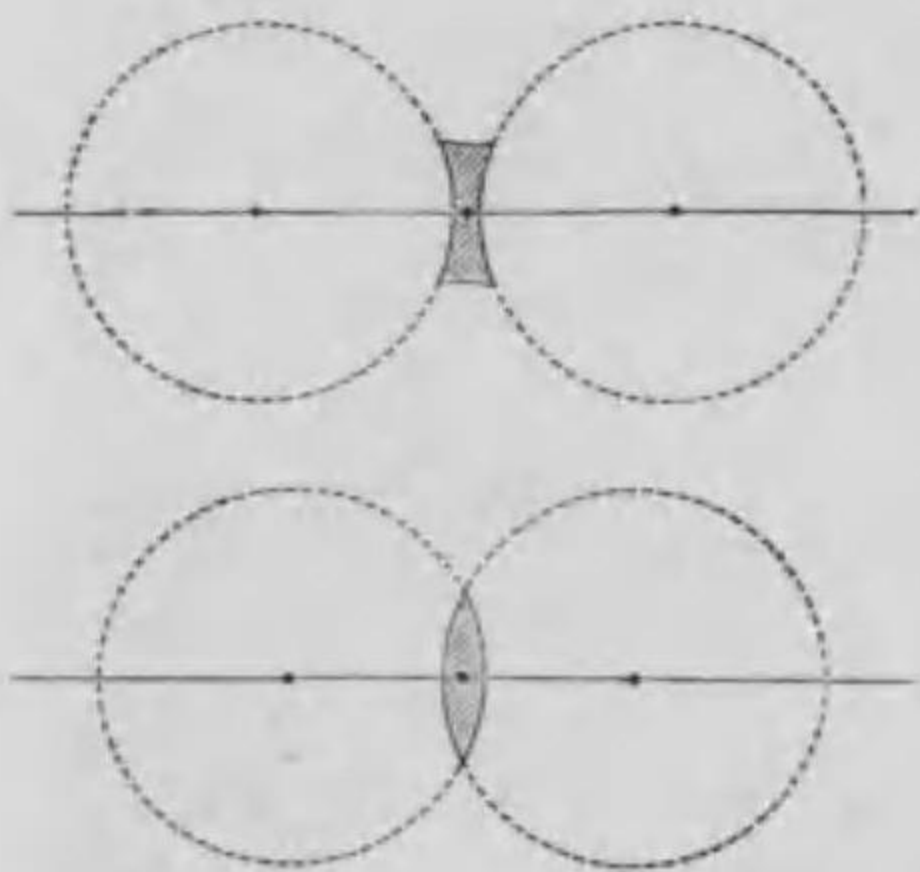
第三章 レンズ

第一節 レンズ 焦点距離

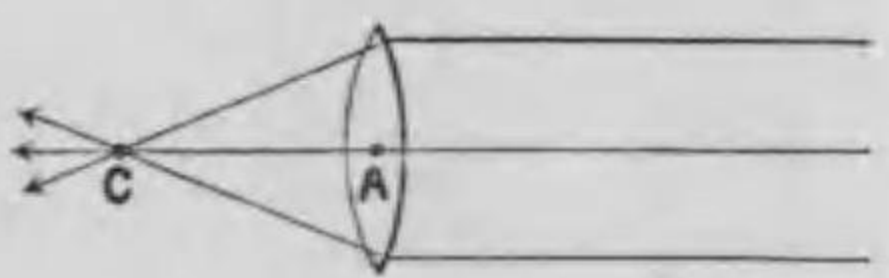
二つの球面で挟まれて出来た形せる透明體を一般にレンズと云ふ、(第六九圖)一方の平面なるレンズも、其平面を以て、半徑極めて大なる球面の一部と見做せば、やはり上の言葉の中にはいるものである。通例硝子を以て之を作る。レンズに於ては、二つの球面の中心を貫いての直線を其の軸と云ふ。

凸レンズに於て軸に平行な光を受けたる場合には、それ等の光線は定りたる一點に會合する。(第七〇圖)

第六九圖
レンズの形
式



第七〇圖
凸レンズの
焦点



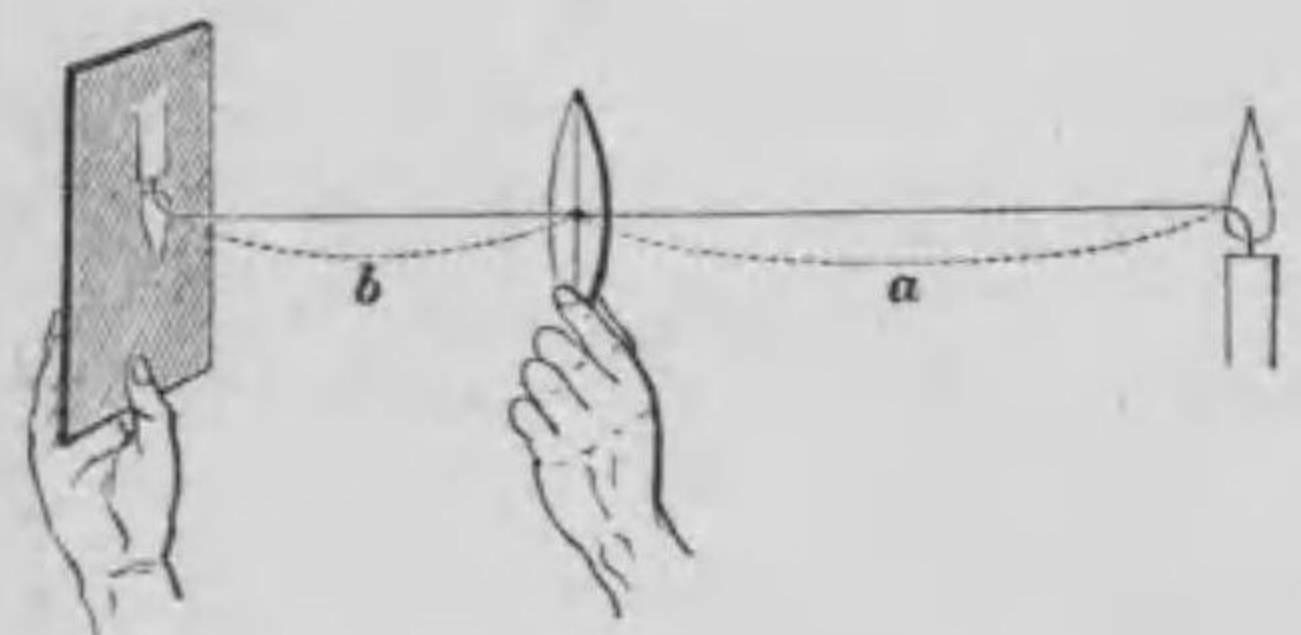
此點を其凸レンズの焦点と云ふ。凹レンズに於ては、軸に平行なる光線を之に受けたときは、光が軸の上の或る點から出發したかの如き方向を取りて擴がり行くものである、其或る一點のことを凹レンズの焦点と云ふ。凸レンズの爲めに生ずる焦点は光が實際に其點を通過する故名けて實焦点と云ひ。凹レンズのは、其點を通過したるかの如く見ゆる丈けであるので之を虚焦点と云ふ。

何れの焦点にせよ、焦点からレンズ迄の距離を焦点距離と名ける。焦点距離の長短は、レンズの働きの上に重大なる關係のあるものである。眼鏡に於て五〇度とか十六度とかと云ふことは、其眼鏡の焦点距離が、五〇吋、十六吋であると云ふことに外ならないのである。

第二節 凸レンズの作る像

凸レンズを用ひて第七一圖の如き實驗を行ひ、衝立をレンズに對して進退すれば、倒立せる像が衝立の上に生ず

第七一圖
凸レンズを
用ひて像を
つくる



其實例は後章
に多く見らる
べし