

航空研究所彙報

第九十號

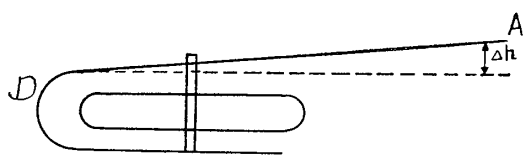
昭和七年二月

高度計に及ぼす温度の影響に就て (第三報)

所 員 佐々木 達治郎
服 部 邦 男
楯 林 次

1. 温度補正装置に就ての理論

高度計の空盒は壓力の變化によつて膨脹或は收縮し D 型發條の開閉によつてそれに附けた桿の先端 A が上下するのである。(第一圖) これより擴大装置に連絡し指針を廻轉する。



第一圖

此擴大装置の主要部分は第二圖に示す通りであつて A 點の上下運動は B を軸として廻轉する a 桿の廻轉運動になるのであつてこれより鏈にて指針に連絡する。新式温度補正装置は a 桿に附してあるのであつて (第三圖) 温度が低くなれば a

の長さが短くなる様にしてある。これによる温度補正は次の様になる。第二圖に於て

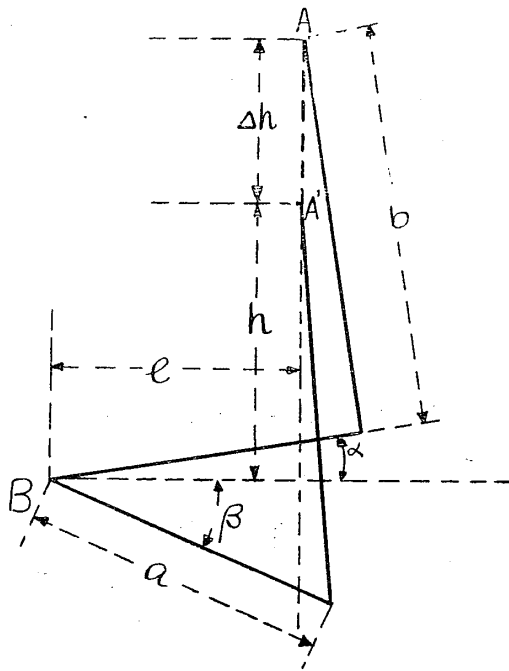
$$h + \Delta h = \sqrt{b^2 - (a \cos \alpha - e)^2} + a \sin \alpha,$$

$$h + a \sin \beta = \sqrt{b^2 - (a \cos \beta - e)^2}.$$

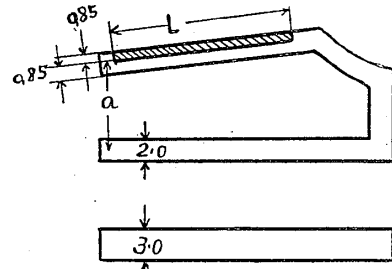
$$\therefore \Delta h = \sqrt{b^2 - (a \cos \alpha - e)^2} - \sqrt{b^2 - (a \cos \beta - e)^2} + a \sin \alpha + a \sin \beta \dots \dots (1)$$

こなる。今 A 點は空盒に働く壓力が零の場合、即ち空盒の中が眞空なれば高度計を眞空中に入れた場合の桿の先端の位置とする。然る時は α は一定である。又 A' は或氣壓 p に於ける桿先端の位置とする。然る時は β は p によつて變る。發條 D の彈性係數を E とすれば

$$\Delta h = K \frac{p}{E}$$



第二圖



第三圖

であつて K は常數, E は温度によつて變化する。

それ故 Δh は温度と壓力との函數である。それ故温度補正は a の温度係數を如何にしたら總ての氣壓に於て β 角の温度による變化がない様になるか云ふにある。即ち T を以て温度を表はせば

$$\left(\frac{\partial \beta}{\partial T}\right)_{p=\text{const}} = 0$$

が p の如何なる値に對しても成立すればよいのである。(1) 式から

$$\frac{\partial \beta}{\partial T} = - \frac{\frac{\partial \Delta h}{\partial T} + \frac{da}{dT} \left\{ \sin \alpha + \sin \beta - \frac{(a \cos \alpha - e) \cos \alpha}{\sqrt{b^2 - (a \cos \alpha - e)^2}} + \frac{(a \cos \beta - e) \cos \beta}{\sqrt{b^2 - (a \cos \beta - e)^2}} \right\}}{a \cos \beta + \frac{(a \cos \beta - e) \sin \beta}{\sqrt{b^2 - (a \cos \beta - e)^2}}} \dots (2)$$

となる。然るに

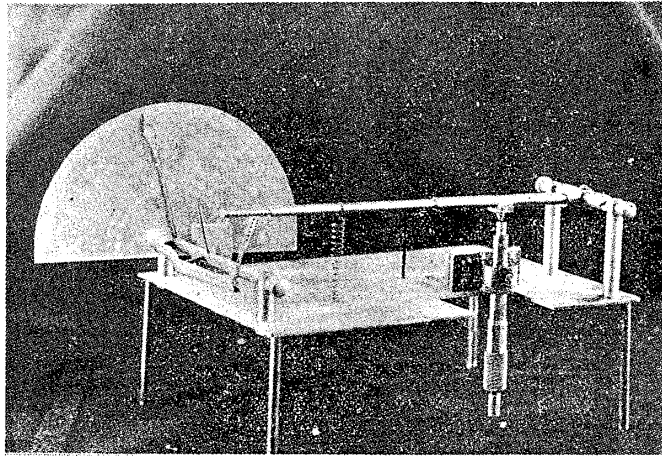
$$\Delta h = \frac{K}{E_0} \cdot \frac{p}{(1 - cT)} = \frac{K}{E_0} p(1 + cT) = \Delta h_0(1 + cT),$$

$$a = a_0(1 - \gamma T)$$

であつて c, γ は温度係數 E_0, a_0 は $T=0$ に於ける E, a の値である。それ故に

$$\frac{\partial \Delta h}{\partial T} = \Delta h_0 c,$$

$$\frac{da}{dT} = -a_0 \gamma$$



第四圖

であるから (2) 式に代入すれば

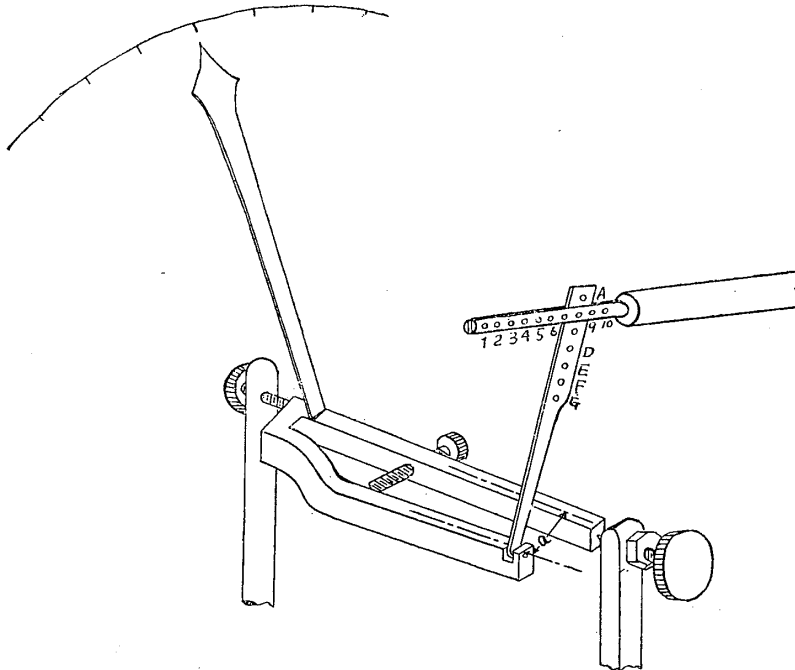
$$\frac{\partial \beta}{\partial T} = - \frac{c \Delta h_0 - a_0 \gamma \left[\sin \alpha + \sin \beta - \frac{(a \cos \alpha - e) \cos \alpha}{\sqrt{b^2 - (a \cos \alpha - e)^2}} + \frac{(a \cos \beta - e) \cos \beta}{\sqrt{b^2 - (a \cos \beta - e)^2}} \right]}{a \cos \beta + \frac{(a \cos \beta - e) \sin \beta}{\sqrt{b^2 - (a \cos \beta - e)^2}}} \dots\dots (3)$$

こなる。

b が非常に大なる時は

$$\Delta h = a(\sin \alpha + \sin \beta)$$

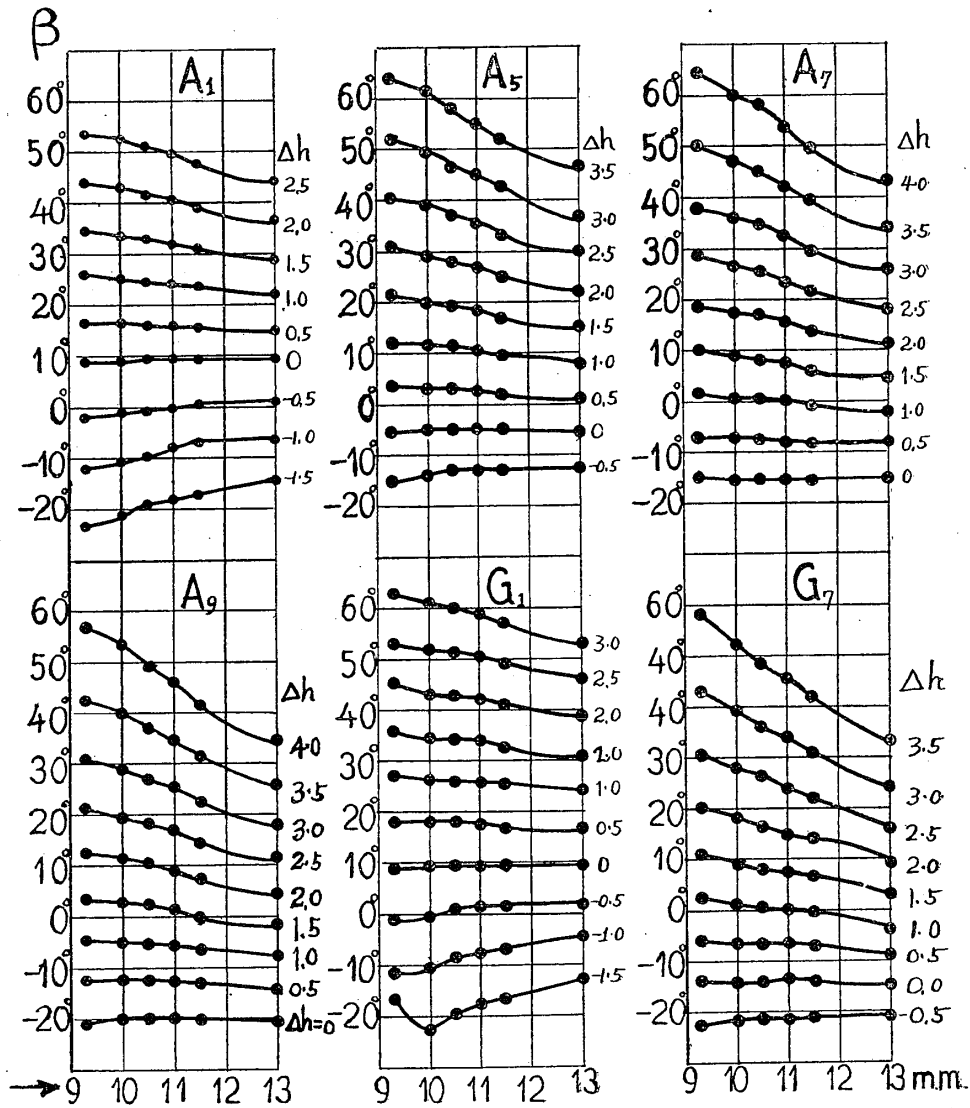
であつて $c=r$ ならば



第五圖

$$\frac{\partial \beta}{\partial T} = 0$$

さなつて温度補正が出来る。然し b が小なる時は簡単には行かない。(3) 式から計算出来るのであるが非常に面倒であるから第二圖と同様な模型を作り計算の代りに使用した。模型は第四圖に示す通りであつて micrometer screw は空盒の膨脹收縮を表す様にし、桿 A 及び桿 b には澤山の穴が開けてあつて、第二圖に於ける e 及び b の長さを加減し得る様にしてある。又 a は screw によつて加減出来る様にしてある。



第六圖

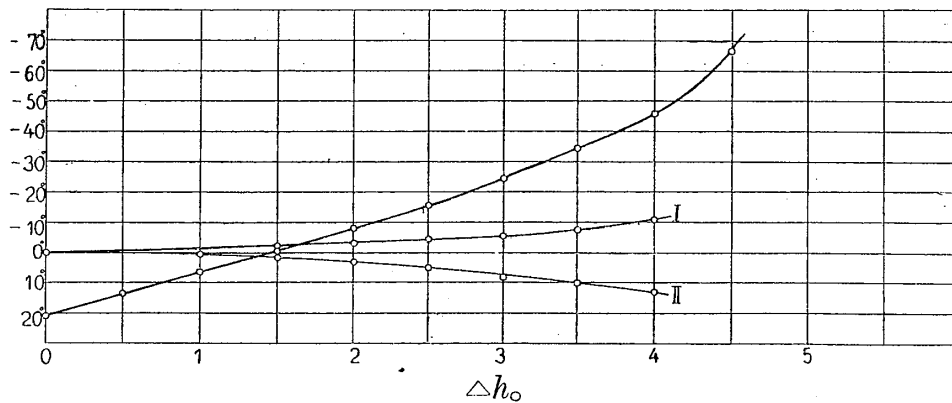
$\Delta h=0$ のときのマイクロメータスリユーの讀

| | | |
|----------------|----------------|----------------|
| A_1 17.5 mm. | A_5 16.5 mm. | A_7 16.0 mm. |
| A_9 16.0 mm. | G_1 22.5 mm. | G_7 21.5 mm. |

$\Delta h=0$ に於ては温度によつて Δh の變化がない。然るに a は温度によつて變化するから、 a が變化しても β の變らない様な所を $\Delta h=0$ の所とする必要がある。従つて $\Delta h=0$ なる所は e 及び b の値によつて異なる。

A 桿及び b 桿の穴の位置は第五圖に示す通りであつて此等の種々の組合せに對し $\Delta h = \text{const.}$ として a を變へた場合 β の變りは第六圖に示す通りである。圖に於て見る如く $\Delta h=0$ に相當する micrometer screw の讀は各場合皆違つて居る。それ故製作に際して空盒及び D 發條の少しの誤差を修正するには b 及び e を變化しない様に空盒及び D 發條の一體を擴大装置の一體に對してづらせて、一度定めた A 點を變へない様にする必要がある。適當に a_0 を選定すれば各 Δh に對して $\frac{\partial \beta}{\partial a}$ が定る。即ち之が a による補正係數である。次に第七圖の如く一定の a に對し Δh_0 を横軸に β を縦軸にして曲線を描き各 Δh_0 に於て $\frac{\partial \beta}{\partial \Delta h_0}$ を求めるこ之からして Δh_0 の温度變化の爲に起る β の變化を求めるこが出来る。即ち

G₇



第七圖

$$\frac{\partial \beta}{\partial \Delta h_0} \cdot \frac{\partial \Delta h}{\partial T} = \frac{\partial \beta}{\partial \Delta h_0} c \Delta h_0$$

が此量である。故に第七圖の曲線 I 及 II の如く、 Δh が T によつて變化する爲め β が變る量と a が T によつて變化する爲め β が變る量とが丁度消合ふ様になれば温度補正は完全である。之は b, e, a_0 及び $\Delta h_0=0$ なる點を適當に定めた後 c 及び r を適當に定めるこによつて大體出来るのである。

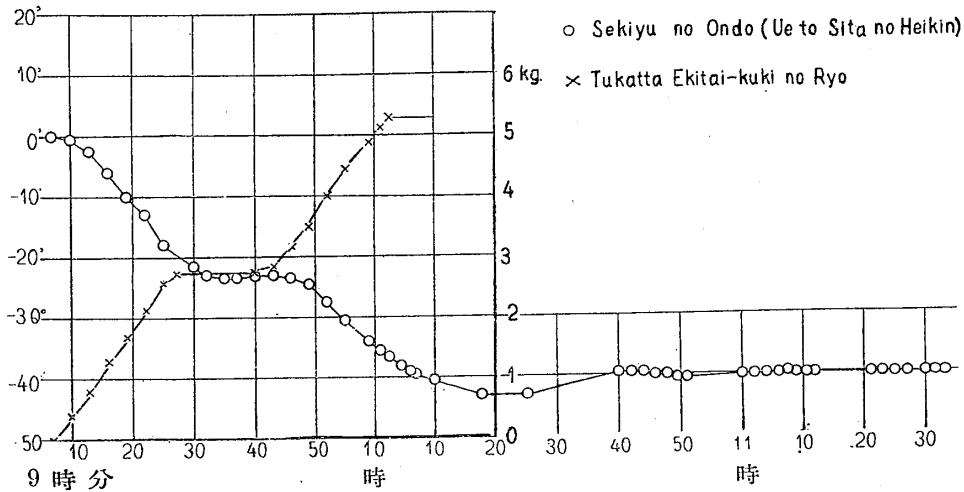
2. 實 驗

以上述べた所によつて理論的には温度補正は殆んど完全に出来るこが解つた。之を實際の高度計に就て實驗した結果は次の様である。

先づ低温低圧槽及び低温にする方法に就てその後改良した點の主なるものを列挙して見るこ:

1. 冷却するに従前は液體空氣のみを使用した但今回はドライアイスを併用した。即ち計器の温度を -16° 以下にする際には前日夕刻に耐壓槽を木製槽(彙報第六十號記載)この間へドライアイスを適量に加減して充填して置き真空二重槽の中へ空氣を入れてをけば、翌朝には所要の温度の近くまで降下してをり、液體空氣を極度に節約するここが出来た。ドライアイスのみでは温度を一定に保つことが非常に困難である故液體空氣の併用は必要である。

2. 従前は熱絶縁に綿を使用した但これを酸化マグネシウムに變へた。綿を使用すれば室温より高い温度にての試験の場合には何等の不都合を生じないが、室温より相當低い場合には耐壓槽、木製槽の表面に露を生じ、そのため綿は濕りその絶縁性を低下する故、槽の温度の高低に係らず空氣の流動困難なる物を必要とするに至り、シリケートコットン、グラスウール、粉末及綿狀アスベスト、石灰、消石灰、炭酸マグネシウム、酸化マグネシウムに就き、その熱絶縁性を實驗したところ酸化マグネシウムが最適であつた故これを使用するここにした。即ち酸化マグネシウムの細き粉末のものを使用すれば、槽が低温となつた場合に空氣と直接接觸する表面數種のみ幾分濕氣を吸収するも内部迄傳達せざる故絶縁度は餘り低下しない。



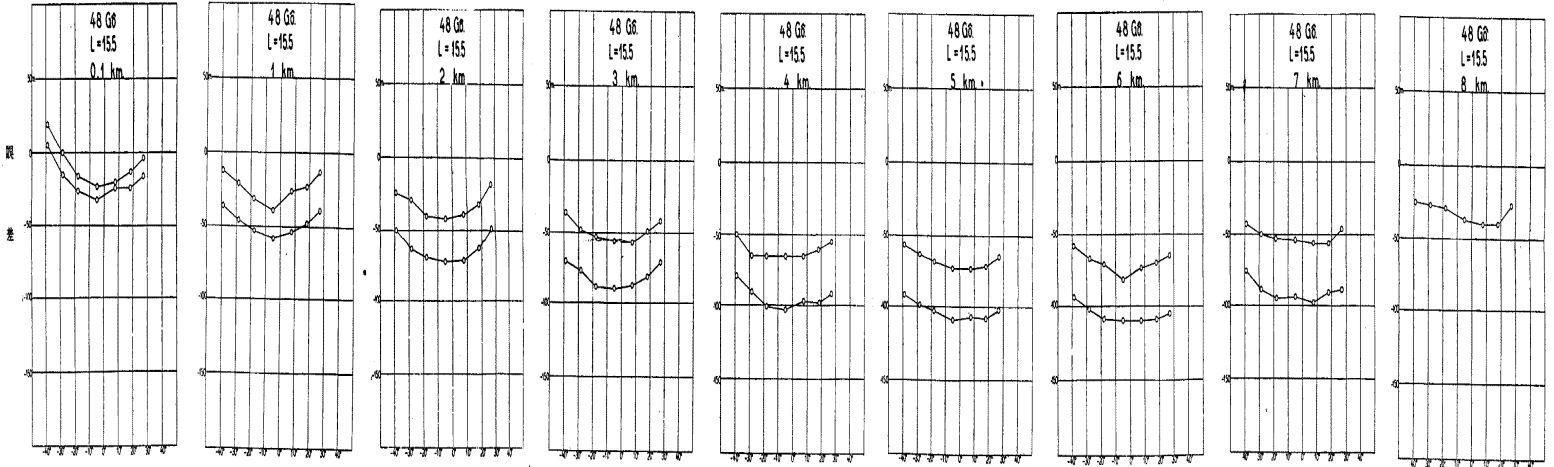
第八圖

3. 従前は計器に銅コンスタンタン thermocouple をつけて測定したが今回は液體温度計を使用し、石油の表面近くの温度と深部の温度との差を 0.5° 以下となる様に液體空氣を時々送つた。即ち液體空氣は蛇管の上部から流れ込む故液温は冷却の際上部から低くなつてくる。その温度が深部の温度より 0.5° 低くなれば液體空氣の送入を中止し、暫時の後上部の温度上昇し深部の温度より 0.5° 高くなれば又液體空氣を送ることを繰り返したので

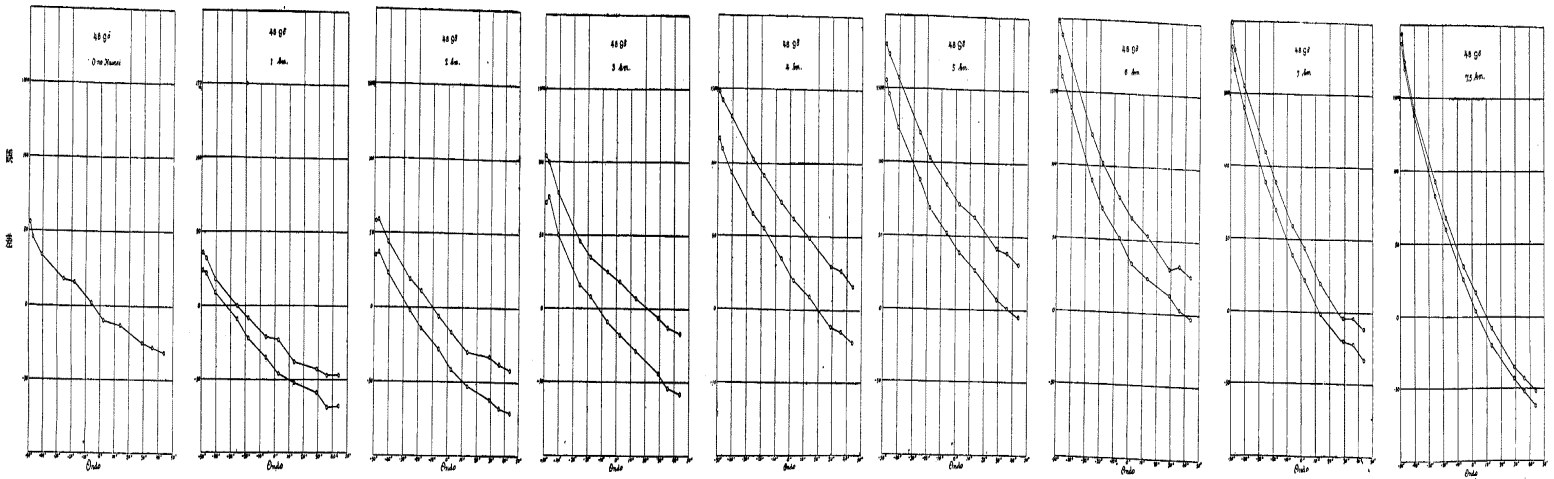
48 G₀

L = 15.5mm.

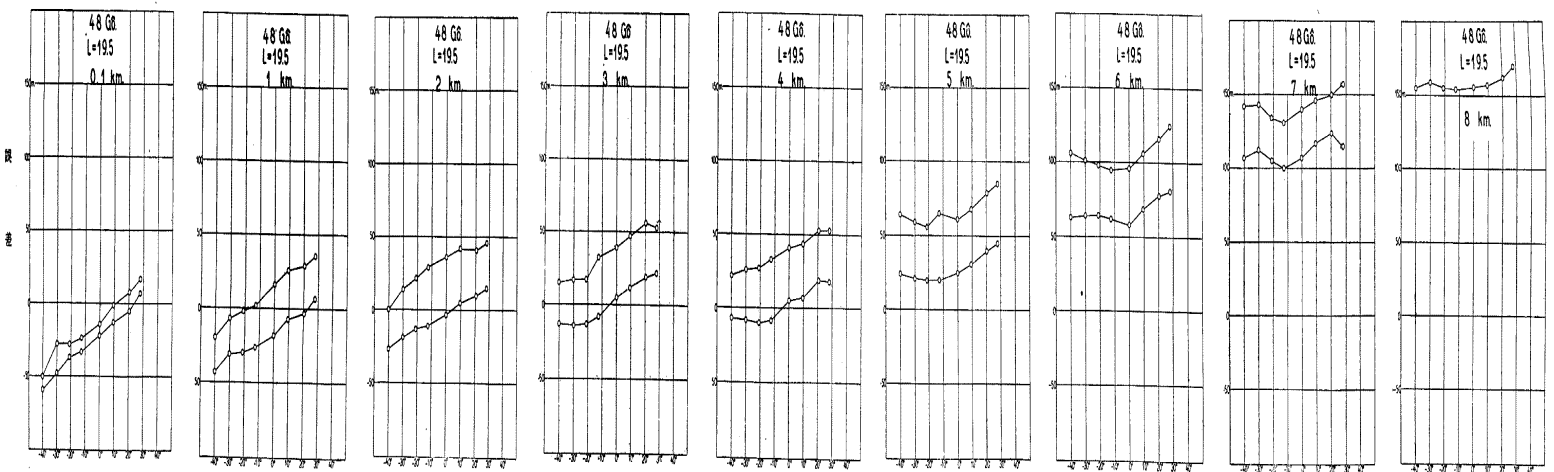
(各図の上の線は高さを減ら1時、下の線は高さを増す時のものである)



L = 17.5mm.



L = 19.5mm.

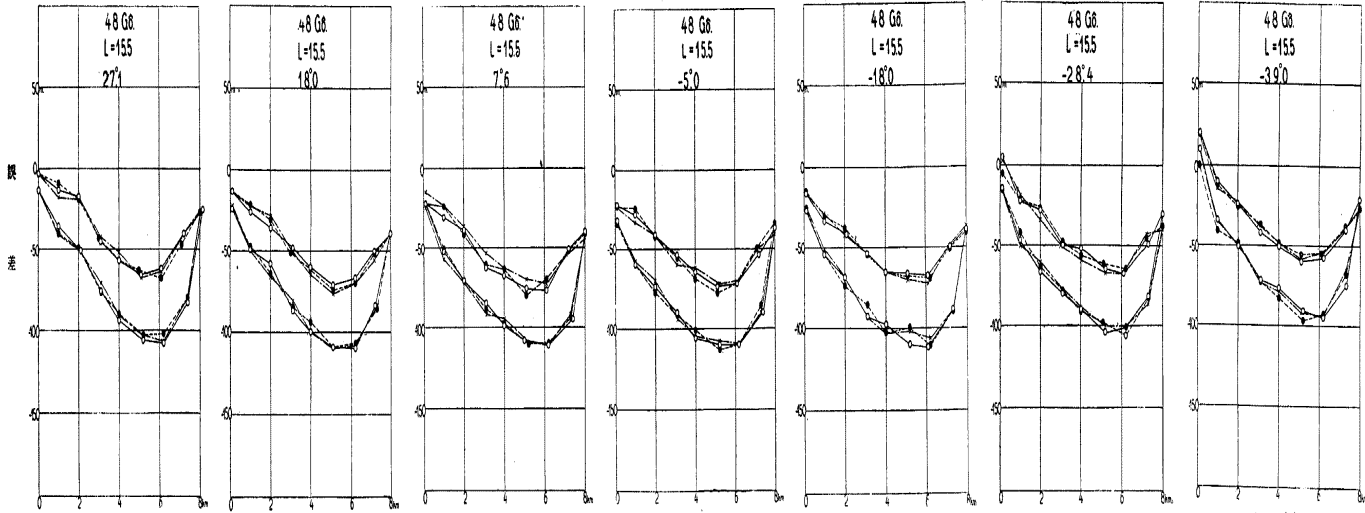


(高度計に及ぼす温度の影響に就て、図面 III)

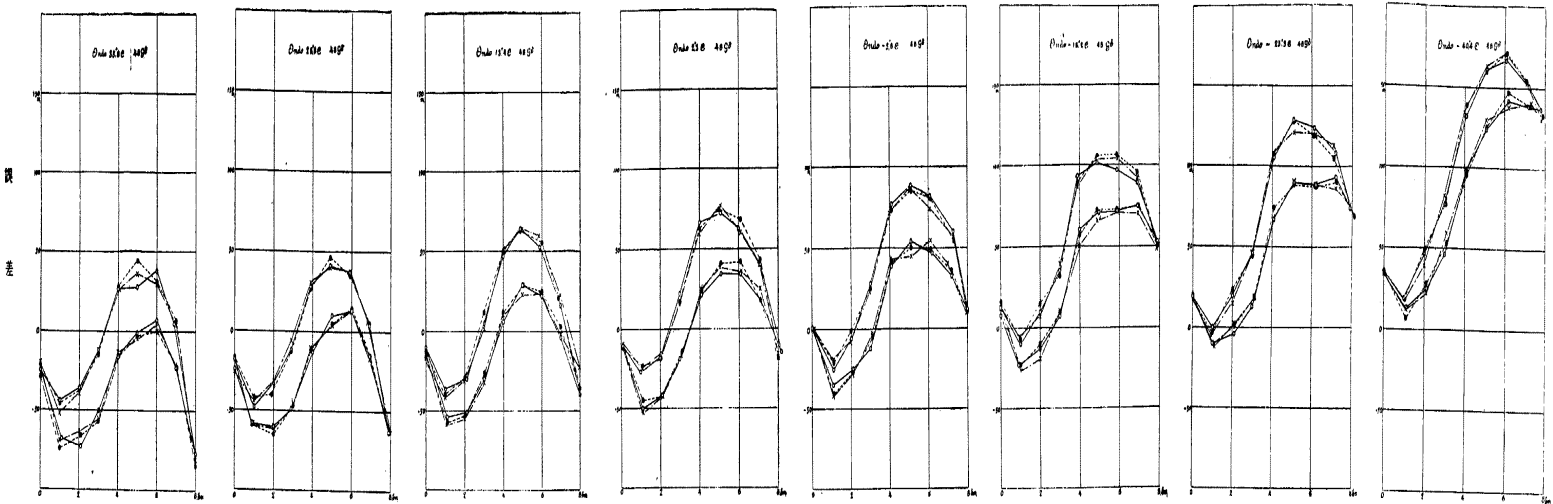
48 G₀

L = 15.5mm.

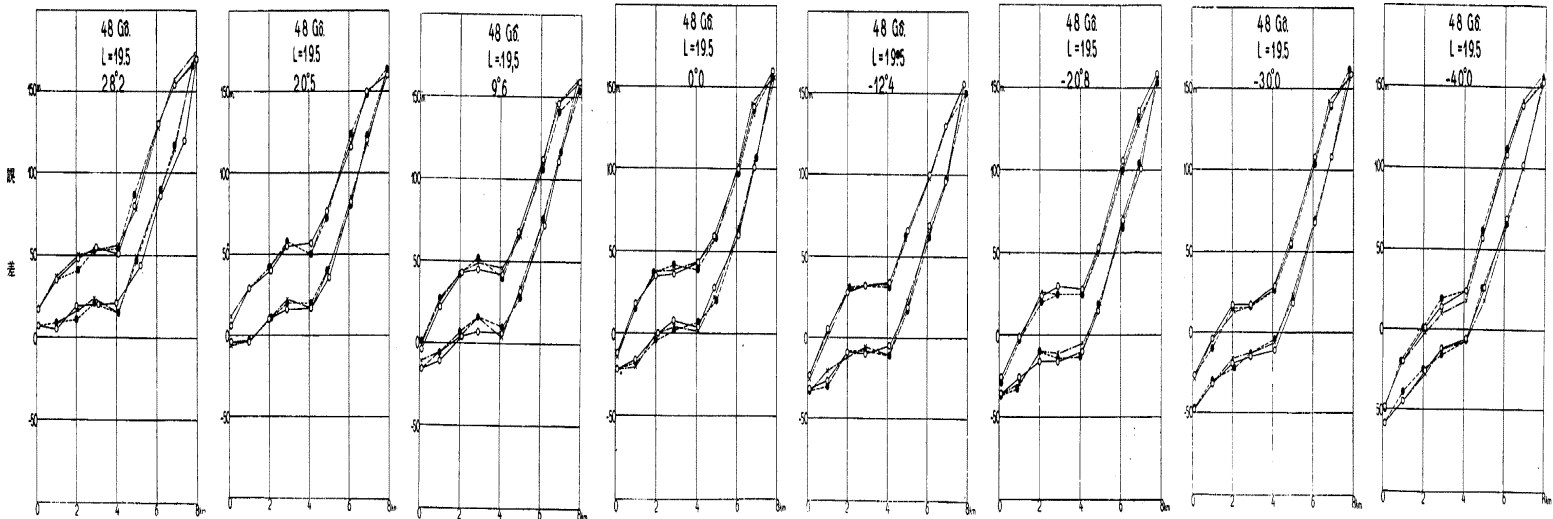
○ 第一回の観差 ● 第二回の観差 × 第三回の観差



L = 17.5mm.



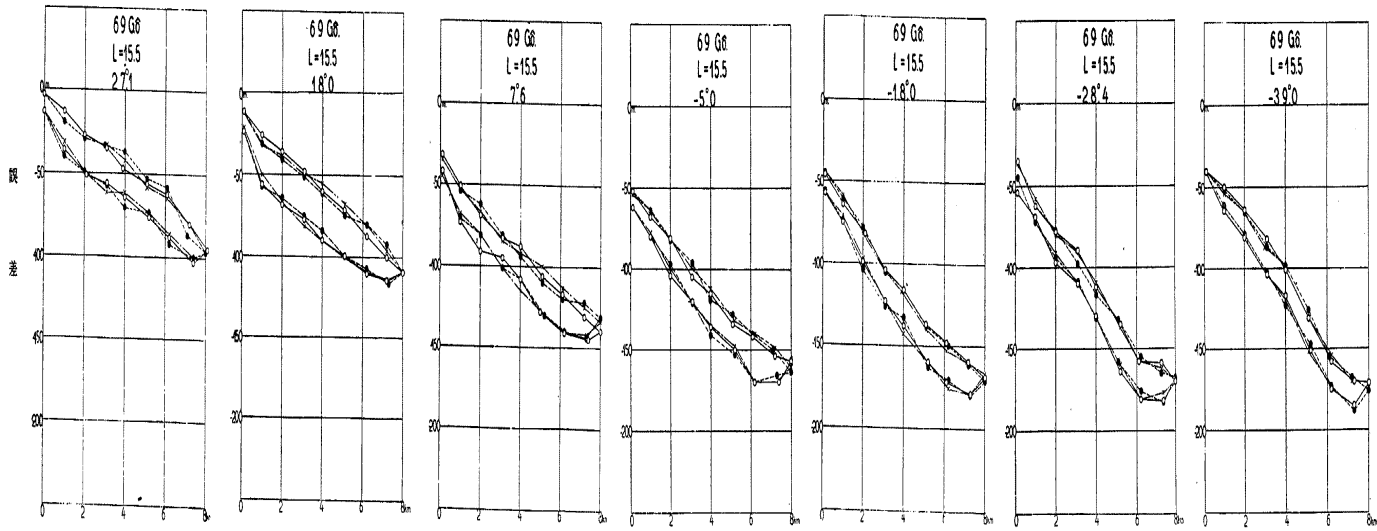
L = 19.5mm.



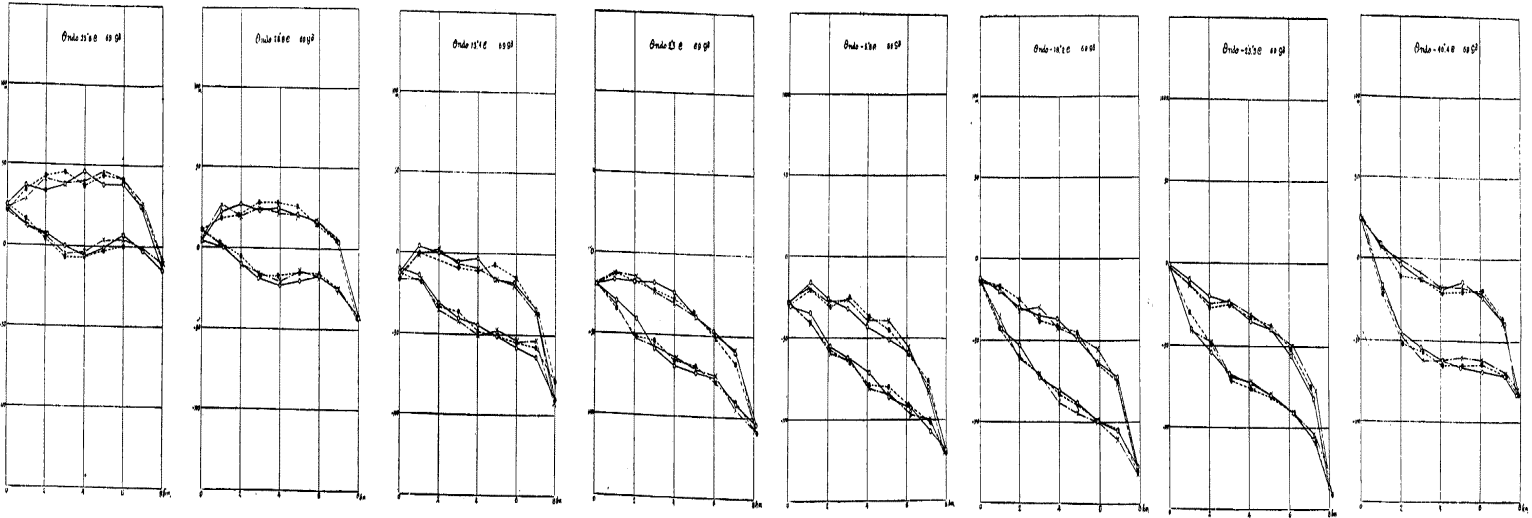
(高度計に及ぼす温度の影響に就て、附属I)

L = 15.5mm.

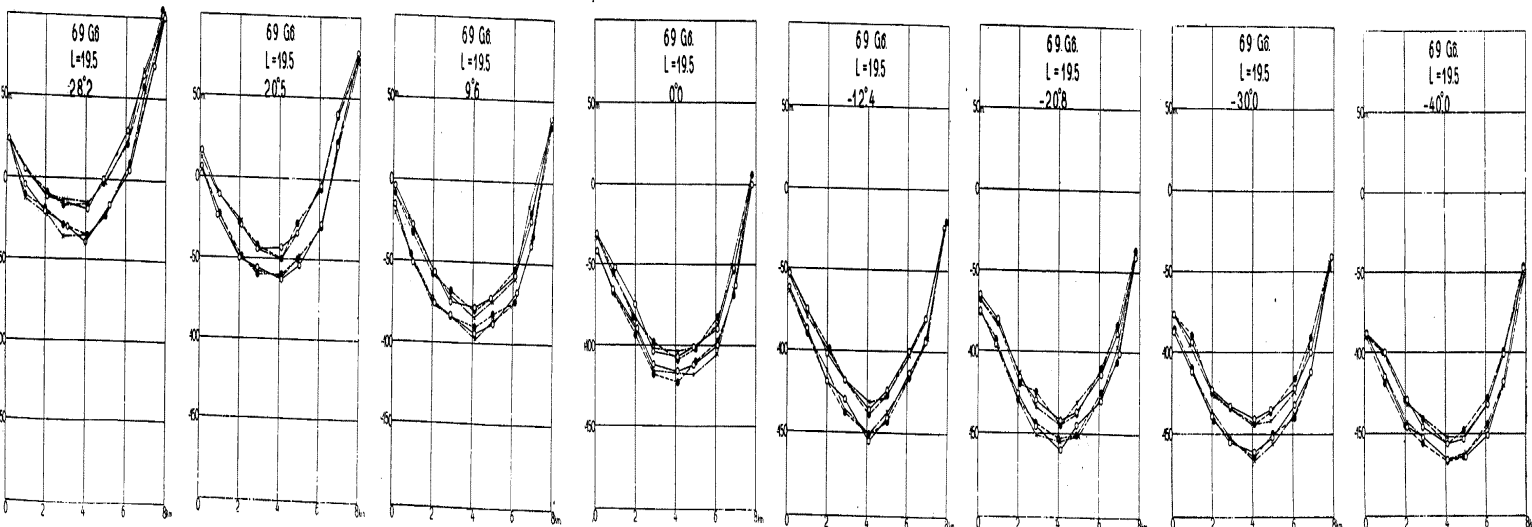
(○ 第一回の観差 ● 第二回の観差 × 第三回の観差)



L = 17.5mm.



L = 19.5mm.

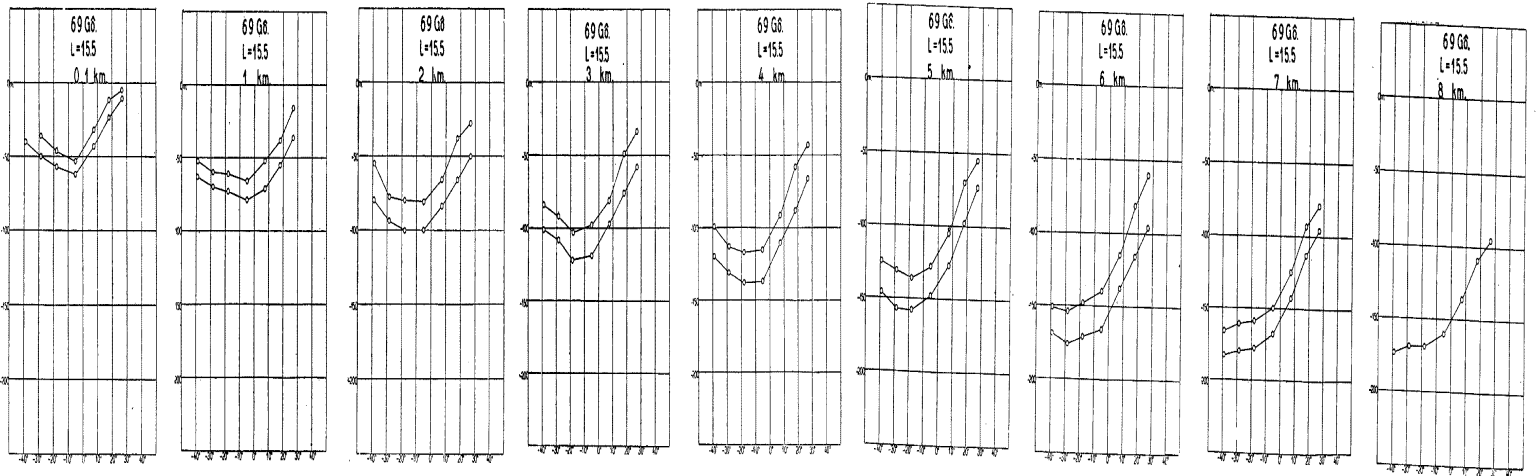


(高度計に及ぼす温度の影響に就て、附圖 II)

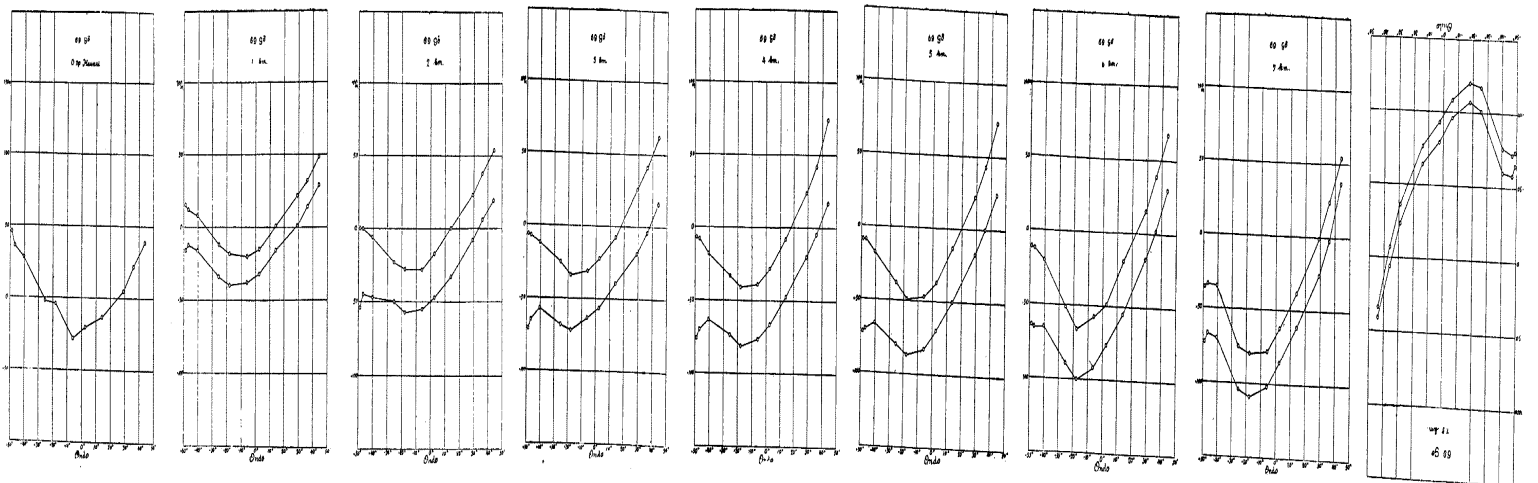
69 G₀

L = 15.5mm.

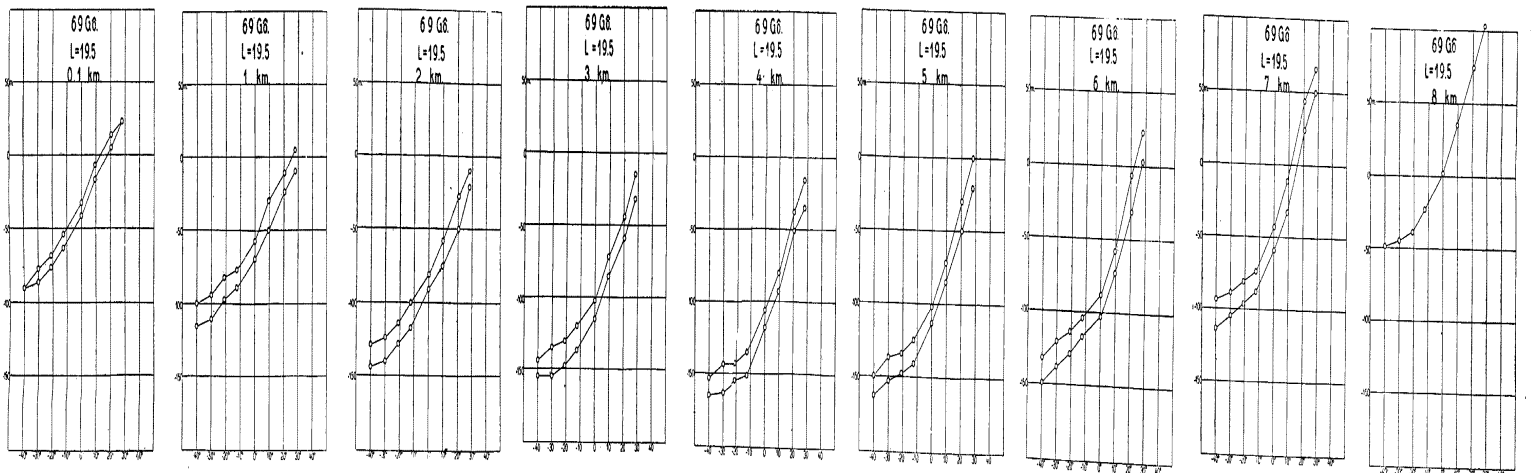
(各圖の上の線は高さを減らす時、下の線は高さを増やす時のものである)



L = 17.5mm.



L = 19.5mm.



(高さが及ぼす温度の影響に就て、別圖 VI)

ある。斯の如くして一定温度の石油の中に約 15 分間計器を銅サックに入れて放置すれば計器の温度は大略液温と等しくなることを thermocouple を以て確めた。

液體空気の使用量と液温及び冷却時間との關係の一例は第八圖に示す通りである。

上述の如き改良を試験装置に施し彙報第六十號に報告したと同一高度計を用ひ γ を適當に定める目的を以て bimetal の長さが

$$L=15.5 \text{ mm.},$$

$$L=17.5 \text{ mm.},$$

$$L=19.5 \text{ mm.}$$

の三種のものを作り逐次取換へて實驗した。其結果は第九圖、第十圖、第十一圖、第十二圖に示す通りである。

此等の圖で見ると如く 48 號で $L=15.5 \text{ mm.}$ のものは非常によく温度補正が出来て居る事が解る。48 號に於ては a_0, e, b 等の割合が A_7 の場合によく似て居るのである。

(終り)