



Title	記録式真空重量計
Author(s)	吉本, 千禎; YOSHIMOTO, Chiyoshi; 千葉, 重雄 他
Citation	低温科学. 生物篇, 15, 71-74
Issue Date	1957-11-05
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/17600">https://hdl.handle.net/2115/17600</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	15_p71-74.pdf



## 記録式真空重量計の試作\*

吉本千禎 千葉重雄 根井外喜男

(低温科学研究所 医学部門)

(昭和32年7月受理)

### I. 緒 言

真空中で凍結乾燥を行なう様な場合に、乾燥の速度や残水量を知ることは、特に生物材料の取扱上では重要な意味を持つている。従来、乾燥過程を知るためにいくつかの方法が考えられているが、吾々の様に実験的に真空乾燥の時間的経過を詳細に知る様な場合に適用出来る方法としては、逐時計量法、試料の温度測定による方法、試料の温度を一定に保つのに必要な電力測定による方法、装置内の蒸気圧測定によるもの等があるが、微量な残水量を知ろうとする場合を除き、粗脱水過程のみに問題を限ると重量法が便利である。しかし、試料を乾燥の各段階毎に取り出して計量することは、均一な多数の試料を均一な真空条件で乾燥しなければならず、又、突発的な乾燥速度の変化を追跡するには適当しないので、最もよい方法としては、真空中で、一つの試料の全乾燥過程の重量変化を記録することである。

吾々が試みた方法の一つはスプリング・バランスによつて真空中で観測する方法であつた<sup>1)</sup>。しかし、之には色々な欠点があつた。其の主なるものは、目盛を読み易くするためにスプリングの伸縮範囲を大きくすると容器の長さが長くなり過ぎること、指標と目盛板の摩擦をさけるために相当距離相互に離れているので読みにくいこと、突発変化を見逃し易いこと、数時間に亘り観測者が拘束されること等であつた。それで、今回は燐青銅のストリップの捩れを利用する一種の捩れ重量計を真空中に組込み、光学的に増幅して写真記録する方法を試み、スプリング・バランス法による欠点を除去してみた。

### II. 構 造

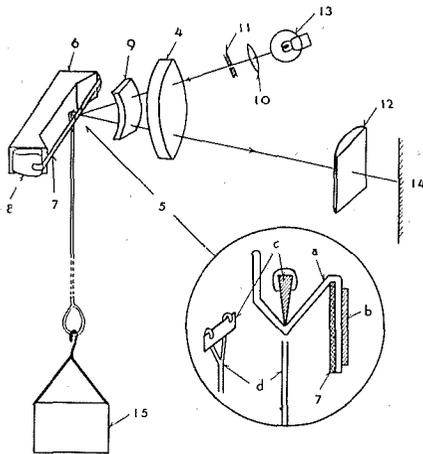
第1図は試作装置の構造を示す略図である。(1)はガラス製の重量計室で、この中に捩れ重量計Aが入つている。(2)は(1)に擦り合わせになつた試料室で、重量計Aから試料が懸垂されてこの中に下つて居り、外壁から冷却したり加温したりすることが出来る様になつている。(4)は平面ガラス板で、暗函と回転カメラより成る光学系との境界をなし、且つ、重量計の真空を保つている。重量計の上部は、ゴム管、コールド・トラップを経て真空ポンプに連結される。尚、試料室(2)は外部と断熱するために真空二重管と交換することも出来る。(3)は長方形の窓

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第385号

のある真鍮板で重量計は之に支持してある。

重量計Aと其の作動を第2図に示してある。図に於いて支持金具(6)のナイフ・エッジに燐青銅のストリップ(7)を同じく燐青銅の板ばね(8)で張つてある。このストリップの中央にレバー(5)がとりつけてある。レバーの構造は図中の拡大図でわかる様に、ストリップ(7)に幅のせまい軽金属板レバーaが糊着され、その前面に鏡bがつけである。aには安全剃刀の刃で作つたウエッジcが

かけてある。このウエッジは釣線dで支持され、aの後方に突出した脱出止め部をくぐつて溝にかけることが出来る。釣線の下端は輪になっていて、これに試料容器(15)をかけたとき、試料とその容器の重量によつてストリップが振られ鏡の角度が変化する。この鏡にはランプ(13)、レンズ(10)、スリット(11)、ガラス窓(4)、レンズ(9)を経て光が入射し、鏡の反射光は(9)、(4)、円筒レンズ(12)を経て感光紙(14)上に光点を結ぶようになっている。従つて試料の重量変化に伴うストリップの振れはこの光点の上下動に変えられるので垂直型回転カメラの円筒に捲かれた感光紙(14)に試料の重量の時間的変化が写真記録される。



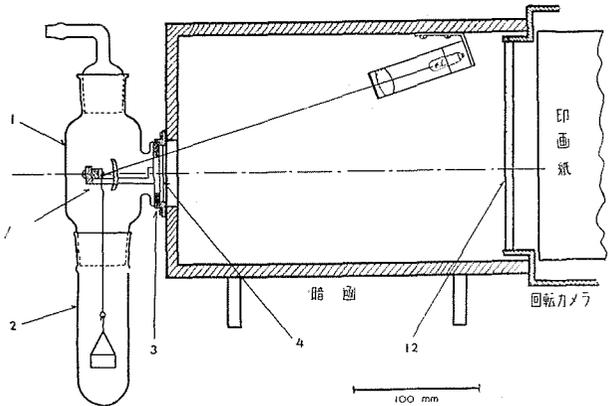
第2図 記録真空重量計の作動説明

リップ(7)、板ばね(8)の弾性及びレバーaの支点距離の三者の組合わせを適宜変更して行なう。

この様にして製作された真空重量計の精度は勿論厳密にはいろいろの問題はあるが、実用上ヒステリシスはなく、又、直線性も充分に保たれた。ただ、構造を簡単にするために制動機構を省略してあるし、又、可動部が真空中におかれるので真空ポンプその他の振動の波及を出来るだけ防止しなければならぬ欠点がある。

### III. 作動原理及び成績

この装置では、レバーのa溝に試料を釣り下げると、レバーは回転してストリップを振る



第1図 記録真空重量計

が、それに伴つて実効支点距離は短縮して来る。その結果、偏角が大きくなる程、感度は低下するので、いわゆる余弦誤差を生ずる。しかし光学系では記録紙が垂直になつてゐるので正切誤差のため偏角の大きい程、感度は上昇する。この両者は互に打消し合つて結局総合的には、実用上満足出来る程度の直線性が保たれる。この点が本重量計の設計上の重要な利点である。

今、鏡からの反射光が水平である場合のレバー a の溝からストリップ (7) の中心までの水平距離を  $D$ 、その時の荷重の重量を  $W_0$ 、ストリップの振りばね常数を  $S$  とせば、鏡 b の回転角は  $\theta$  荷重  $W$  に対し

$$\theta = \frac{D}{S} (W - W_0) \cos \theta \quad (1)$$

又は

$$\theta \sqrt{1 + \tan^2 \theta} = \frac{D}{S} (W - W_0) \quad (1')$$

又、鏡から印画紙までの距離をと  $l$  せば、印画紙上の振れ  $L$  は

$$L = l \tan \theta \quad (2)$$

である。 $\theta$  が微少な時は (1), (2) 式より

$$L = \frac{Dl}{S} (W - W_0) \quad (3)$$

となり、振れ  $L$  は荷重  $W$  の変化に比例する。偏角の大なる場合は (1) 式より余弦誤差が入る余弦誤差のある場合と、ない場合の比を  $r_1$  とし、同様に (2) 式より、正切誤差を考慮に入れる時と、入れない時の比を  $r_2$  とすれば

$$r_1 = \cos \theta \quad (4)$$

$$r_2 = \frac{\tan \theta}{\theta} \quad (5)$$

総合した場合、(4), (5) 式又は (1), (3) 式より、比は

$$r_1 r_2 = \frac{1}{\theta \sqrt{1 + \cot^2 \theta}} \quad (6)$$

となる。吾々の場合、最大偏角を  $12^\circ$  にとつたが、その時、 $r_1 = 0.978$ ,  $r_2 = 1.02$ ,  $r_1 r_2 = 0.998$  となり、余弦誤差  $-2.2\%$ 、正切誤差  $+2\%$ 、総合誤差  $-0.2\%$  となり、實際上、誤差は全く相殺されて無くなるものと言うことが出来る。

今回試作したものの感度は、印画紙の全幅  $15 \text{ cm}$  につき  $0.4 \text{ g}$ 、すなわち  $2.67 \text{ mg/mm}$  であるが、感度の変更は前述の通り、相当に広く出来るので便利である。しかし、容器の重量が死荷重の最低限を決めるので、感度を上げると共に軽いものを作らなければならない。筆者は円筒形容器で容量  $1 \text{ cc}$  のものを雲母薄板をネール・エナメルを薄めて張合わせる方法によつて

製作し、約80 mgの重量に止めることが出来たから、実際には容器重量は容易に問題にならぬ程減少させられるのである。

前述の感度の場合、荷重340 mgの時の縦固有振動数は約20 c/s、横固有振動(振子振動)数は約1.2 c/sであつた。床面の横振動は普通あまりないから問題とならぬが縦振動の除去には多少注意を要した。真空ポンプへの接続ゴム管は、一度壁に固定してから導く様にし、ポンプ・モーターをコンクリート台上に置いて、木造の建物内で使用しているが、歩行に気をつける程度で測定出来る。

#### IV. 結 言

試作した装置は、従来不明であつた色々な生物材料の乾燥の全過程の大づかみな重量減少の様子を記録するのに大体満足すべき成果を上げているが、今後の問題は

1. 乾燥終末で感度を切換えて自動的に上昇させ、最も重要な残水量を重量法で出来るだけ正確に測定出来る様にする事。

2. 縦振動に対する適当な制動装置を組込むこと。

の二点にある。前者に対しては二重ストリップ式を、後者に対しては渦電流制動装置を考慮中である。

#### 文 献

- 1) 根井外喜男・吉本千禎・千葉重雄 1957 凍結乾燥に於ける乾燥過程の測定. 真空工業, 4, 154.
- 2) 千葉重雄 1957 凍結乾燥に於ける乾燥の機構. 試料の含水量測定による乾燥過程の分析. 低温科学, Ser. B, 15, 75.

#### Résumé

A recording vacuum torsion balance was designed for the investigation of the freeze-drying process of biological materials. It consists of a lever attached to the center of a phosphorous-bronze strip suspended horizontally by two flat springs. The container of the material to be investigated is hung to the lever by a fine wire, and the whole system is enclosed in a glass vacuum housing. As the ice contained in the material sublimates, the deflection of the strip is recorded optically on sheet of photographic paper through the window of the vacuum housing.

One of the distinctive features of this vacuum balance is the cancellation of cosine error of the lever system by tangential error of the optical system. Our experimental model has the total error of only 0.2% at the maximum deflection of 12° for about 0.4 grams of the material. The sensitivity of the system can be altered by replacing the lever, the strip or the flat springs with different ones. The initial position of the balance can be controlled by the dead weight of the container and the angle of the mirror pasted on the strip at its center. To simplify the construction, our model has for the moment no damping device for external vibrations, but it seems necessary to provide against considerable vibrations of floor by the use of an eddy current damper or the like.