

### 電子天びん・分銅

#### 1 はじめに

精密な質量測定には、電子天びん（電磁式、ロードセル式など）が広く使用されている。ここでは、電子天びんとその校正に欠かせない分銅について、実際に使用する上での注意点を中心に述べる。

#### 2 機械式天びんと電磁式天びんの機構の違い

図1に示したように、機械式天びんは、重力加速度が、両方の秤量皿にかかるので、釣り合った状態で、その分銅の質量を読み取ることで、（分銅の質量さえ正しければ）測定対象物の質量が正確に測定できる。

電磁式天びんでは、釣り合わせる部分に磁石とコイルが使用され、磁場中のコイルに電流を流した時に働く下向きの力で天びんを水平にする。この力は、電流値に比例しており、こちらには重力加速度が掛からない。そのため、設置場所の変更などで重力加速度に変化があった場合、正確な質量を測定できない。また、温度変化により、使用されている電子部品の特性が変化し、測定誤差につながることに留意が必要である（表1参照）。

#### 3 設置場所

電子天びんは小さな温度変化、軽微な振動等でも影響を受けやすい。そのため、設置場所は環境変化の小さい所が望ましい。具体的には、エアコンの風が当たらない、直射日光が当たらない、風が当たらない所が適している。また、近くを人が頻繁に通る所なども避けた方がよい。

やむを得ず、上記のような場所に設置せざるを得ない場合は、操作に支障をきたさない範囲で、天びんに覆い（風防）を設置するような処置も必要になる。

設置後は、水準器の気泡が、必ず中央の円内に位置す

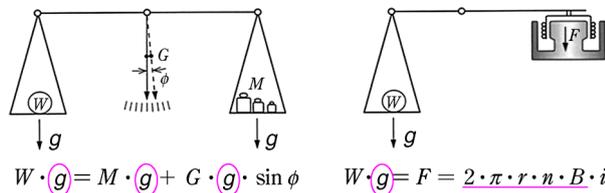


図1 機械式天びんと電磁式天びんの機構  
 (図中右： $2 \cdot \pi \cdot r \cdot n$ ：コイルの長さ（ $r$ ：半径， $n$ ：巻き数）， $B$ ：磁束密度， $i$ ：電流）

表1 温度変化による電子天びんの感度変化と測定誤差

| 表示桁数 | 秤量/最小目盛り     | 感度の温度係数      | 5℃変化時の誤差        |
|------|--------------|--------------|-----------------|
| 6    | 200 g/1 mg   | (2~3) ppm/℃* | 200 g で(2~3) mg |
| 7    | 200 g/0.1 mg | (1~2) ppm/℃* | 200 g で(1~2) mg |

\*: 1 ppm/℃；1℃あたり100万分の1程度の誤差を生じる。

るように、天びん下部にある水平調整用の脚で調整する。調整しきれない場合は、設置している天びん台の水平や平坦さも考慮する。

#### 4 測定前の注意

##### 4.1 暖機運転

精密な質量測定には、十分な暖機運転（目安として2時間以上）が必要である。暖機運転は、多くの場合、天びんに通電した状態（電源供給用のコンセントをプラグに挿入した状態）のことを言う。ただ、装置によっては、ボタン操作で、Stand-by（等の）状態にしておくことが必要なものもあるので、使用している天びんの取り扱い説明書等で確認しておく。

##### 4.2 キャリブレーション（感度校正）および分銅

天びん設置後は、定期的、または環境（主に温度）に変化があった場合、キャリブレーションが必要である。キャリブレーションには、正確な質量が保証され、かつ適切な状態で保管された分銅が必要である。これには、JCSS分銅あるいは、JCSS校正された分銅の使用が望ましい。適切な保管には、湿気やほこり、腐食性ガスの少ないところが良い。具体的には、乾燥剤を入れた密封できる容器（デシケータ等）に収納し、さらに、これを金属ロッカーに保管しておくのが望ましい。（JCSS；計量法トレーサビリティ制度）。

JCSS分銅の場合、その証明書の保管も重要である。取り出しやすく、かつ汚れないように、透明の書類フォルダーなどにいれておくのが良い。なお、JCSS証明書に有効期限はない。分銅を上記のような方法で保管すれば、長期間、質量の変化を最小限に抑えることができるが、質量値を確かなものにするために3~5年ごとにJCSS校正を行うことを推奨する。

校正用分銅内蔵型の電子天びんも普及している。内蔵された分銅を使用して、自動的に感度校正されるもので、通常の使用では、この自動校正に任せておけばよい。しかし、年に一度程度の頻度で、外部分銅を確認を行うことが望ましい。

#### 5 実際の測定

##### 5.1 秤量対象物（分銅、試料等）の取り扱い

分銅、試料そして試料が入った容器等には素手で触れないこと。素手で触れると油脂や汗が附着して、質量変化の原因になり、分銅の場合は、錆びの発生原因等にもなる。

そのために、木製や樹脂製のピンセット等を利用するのが良い。これは、掴んだものを傷つけないようにするため、金属製であっても、モノを掴む部分に樹脂やゴムのカバーが付いた（あるいは付けた）ものなら使用可能である。ただ、ピンセットでは落としてしまうような

重い分銅や試料の場合、清浄な手袋をした手で直接取り扱うようにした方が安全である。

また、秤量対象物は、秤量皿に落としたり、皿上で滑らせたり、天びんの他の部分にぶつけたりしないように注意する。これは、天びんそのものだけでなく、秤量対象物を傷つけないためでもある。

なお、粉末試料では葉さじ等を用いるが、試料の特性や採取時の汚染等を考慮し、金属製か樹脂製か等の選択が必要な場合がある。

## 5.2 温度

天びんの秤量室内と秤量対象物の温度が異なると、測定の際に対流が生じて数値が変化してしまう場合がある。温度が同じになるように、秤量対象物を天びん設置室内、できれば秤量室内に十分な時間（数時間程度）放置しておいてから、測定を行うことが望ましい。

## 5.3 試料の特性に応じた対応

試料の性質・特性を把握することも重要である。生体試料や食品試料など一定の水分量を含んだものは、通常、そのまま測定する。しかし、溶液から汙別した沈殿や正確な質量採取が必要な試薬などは、乾燥が不十分な状態で測定すると、対象物の正確な質量を測定したことにはならない。適切に湿度管理された状態で保存されたものを測定するか、120℃程度の定温乾燥器などに入れ、十分に乾燥させ、デシケーター内で常温に冷却してから測定することが必要である。場合によっては、[一定時間加熱乾燥→デシケーター内で冷却→測定]を繰り返し、一定の質量になったことを確認する、つまり、恒量に達したことを確認することが必要なこともある。

揮発性や吸湿性を有する試料では、測定中に質量が減少し続けたり、増加し続けたりして安定しないことがある。これらは、密閉できる秤量ビンなどに入れると、安定した測定ができることが多い。それでも、安定しない場合は、使用してる天びんの最小測定量にかかわらず、信用できる桁数を、測定者自身が把握しておくことが必要で、これを最終結果の有効桁数や不確かさへ反映させることも、信頼性のある測定には重要である。

帯電しやすい試料も測定値が安定し難いが、湿度を上げると帯電を防げる場合が多いので、庫内に水の入ったピーカーを置くなどすることも有効である。また、天びん用の除電器（イオナイザー）も市販されているので、帯電しやすい試料を頻繁に測定する場合はこれを使用するのも有効である。

## 5.4 試料のはかり取り

天びんの使用では、沈殿物の重量分析のように、得られたものの質量測定が最終目的の場合もあるが、質量測定したものを他の容器などに移し、これを溶解して標準液を調製したり、反応させたりすること、つまり、「はかり取り」が目的である場合もある。

この場合、正確に質量を測定した上に、それを他の容器にすべてを移す、つまり、定量的に移す作業も重要である。例えば、葉包紙上にいくら正確に質量を測定しても、その物質が葉包紙に残り易い場合などは、測定した

質量すべてが容器に移されていないことになる。このような場合は、葉包紙の使用が不適と判断し、試料の付着が起こらない材質の容器を選択する必要がある。

また、物質を移した後の空の容器の質量を再測定し、その差分を移した質量として把握する方法もある。この際、秤量瓶を素手で持つなどすると、前述のように、空容器の質量も変化するので、容器の扱いにも気を付ける。

あるいは、試料の溶解等が前提ならば、秤量瓶などに試料をはかり取り、秤量瓶内の試料を溶媒（純水など）で（溶解後）、移すべき容器（全量フラスコ等）に流し込むようにする。この操作は1回だけでなく、秤量瓶内の洗液も含めて移すようにする。

なお、まず全量フラスコに直接試料を入れ、精秤後、純水を加えて水溶液を調製する場合もあるが、溶解時に発熱や吸熱が起こったり、完全に溶解しないままに標線まで水を加えたりすると、かえって正確な溶液調製にならない場合もあることに留意する。

## 5.5 測定モード

電子天びんには、質量表示に関し、安定性を重視する、あるいは、応答性を重視する、など測定モードを選択できるものが多い。通常は初期設定モードの使用で問題はないが、使用環境や目的に応じて、適切な測定モードを選択することで、より効率の良い測定が可能になる場合もある。例えば、振動や気流の影響を受けやすい等、設置環境がよくない場合、安定性を重視したモードに設定する。あるいは、目標量のはかりとりや調剤に使用するときには、応答性を重視したモードに設定するなどである。

## 5.6 清掃

天びんを長期間、正常に稼働させるためには、使用後の掃除も重要である。柔らかい素材のはけ等を常備しておき、庫内には試薬等が残らないように常にきれいにしておく。この際、はけを秤量皿に強く接するなどのショックを与えないように注意する。皿内部の掃除をする時などは、電源を切って（あるいは、スタンバイ状態にして）皿等を除いてから行うなどの配慮も必要である。

## 6 終わりに

2019年5月20日に、最後まで物質そのものが標準であった質量のSI単位の定義が、物理定義に変わったことは、その前後に大きく報道された。しかし、電子天びんのはかり取り方法、分銅の果たす役割等に当面、大きな変化はないであろう。今回の文章が、今後の精密な質量測定につながれば、幸いである。

## 文 献

- 1) 平井昭司(監修)：“現場で役立つ化学分析の基礎(第2版)”，p. 31 (2015)，(オーム社)。
- 2) 針谷哲三：ぶんせき，8, 440 (2011)。
- 3) 島津製作所 ホームページ「島津の天びん広場」  
<https://www.an.shimadzu.co.jp/balance/hiroba/> (2020年1月30日，最終確認)。
- 4) 日置昭治：化学と教育，60, 480 (2012)。  
〔株島津総合サービスリサーチセンター 宮下文秀〕