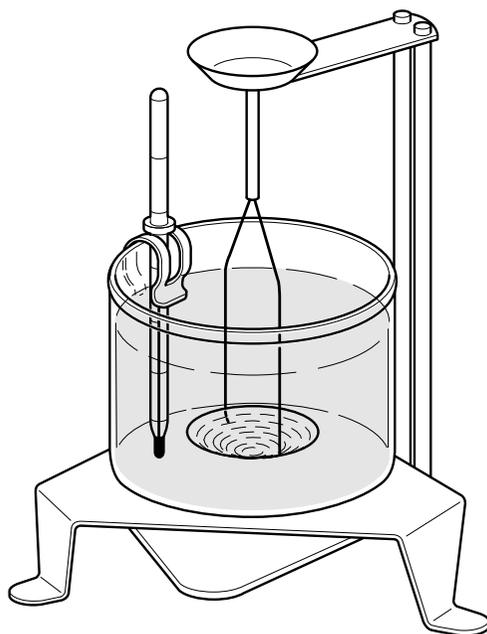


島津分析天びん
AUW-D/AUW/AUX/AUY シリーズ用
AW/AX/AY シリーズ用
簡易比重測定キット
SMK-401/SMK-301

取 扱 説 明 書



この文書をよく読んで正しくご使用ください。
いつでも使用できるように大切に保管してください。

 島津製作所

分析計測事業部

はじめに

このたびは島津電子天びん AUW-D/AUW/AUX/AUY シリーズ用特別付属品、比重測定キット SMK-401 (AW/AX/AY シリーズ用特別付属品、比重キット SMK-301) をお求めいただきありがとうございます。固体試料を空気中と液中で測定することにより、試料の密度または比重を天びんが算出して表示します。また、沈錘を用意することにより、液体密度の測定にも利用できます。

ご使用前には必ず本取扱説明書ならびに AUW-D/AUW/AUX/AUY シリーズ (AW/AX/AY シリーズ) 取扱説明書をよくお読みになり大切に保管してください。

お 願 い

- 本製品を貸与または譲渡するときは、この取扱説明書を本製品に添付してください。
- この取扱説明書を紛失または損傷されたときは、すみやかに営業または代理店に連絡してください。

おことわり

- この取扱説明書の内容は改良のために、将来予告なしに変更することがあります。
- この取扱説明書の内容は作成にあたり万全を期しておりますが、万一、誤りや記載もれなどが発見されても、ただちに修正できないことがあります。
- この取扱説明書の著作権は、株式会社 島津製作所が所有しています。当社の許可なく内容の一部または全部を転載・複製することはできません。

© 2007-2008 Shimadzu Corporation. All rights reserved.

- 文中の会社名・団体名・製品名等は、それぞれ各社・各団体の商標または登録商標です。

製品保証

当社は本製品に対し、以下のとおり保証をいたします。

保証期間

お買い上げ日より1年間有効（ただし、日本国内に限ります。）

保証内容

保証期間内に当社の責により故障が生じた場合は、その修理または部品の代替を無償で行います。（この保証は日本国内でのご使用のみを対象とさせていただきます。）

保証除外事項

保証期間内であっても、次に該当する故障の場合は保証の対象から除外させていただきます。

- 1) 誤ってお取り扱いになった場合
- 2) 当社以外で修理や改造などが行なわれた場合
- 3) 故障の原因が機器以外の理由による場合
- 4) 高温多湿、腐食性ガス、振動など、過酷な環境条件の中でお使いになった場合
- 5) 火災、地震その他の天災地変、放射性物質や有害物質による汚染、および戦争や暴動、犯罪を含むその他の不可抗力的事故の場合
- 6) いったん据え付けた後、移動あるいは輸送された場合
- 7) 消耗品およびこれに準ずる部品

アフターサービス

本製品が正常に動かないときや、故障と考えられる現象が発生したときは、当社サービス会社（裏表紙に記載）に連絡してください。

部品の供給期間

本製品の補修部品の供給期間は、製造打ち切り後7年としています。

この供給期間以降は、補修部品の供給にお応えできない場合があります。あらかじめご了承ください。ただし、当社の純正品でないものは、製造した会社の定める供給期間とさせていただきます。

安全上のご注意 必ず守ってください

天びんを安全に正しく使用していただくために、次の注意事項をよく読み、守ってください。

誤った使い方をしたときに生じる危害や損害の程度を、次の表示で区分し、説明しています。

| | | | |
|---|--|---|---|
|  警告 | その事象を避けなければ、死亡または重傷に至る可能性のある場合に用いています。 |  注意 | その事象を避けなければ、軽傷または中程度の傷害を負う可能性のある場合、および物的損害の可能性のある場合に用いています。 |
|---|--|---|---|

内容の種類を次の絵記号で区分し、説明しています。

| | | | |
|---|---------------------|---|------------------|
|  強制 | 必ず実行していただく「強制」内容です。 |  禁止 | してはいけない「禁止」内容です。 |
|---|---------------------|---|------------------|

|  警告 | |
|--|---|
|  禁止 | 本製品および付属品は、絶対に分解・改造・修理しない 感電・異常動作の原因になります。 故障と思われるときは、当社サービス会社に連絡してください。 |
|  禁止 | 屋外や水のかかるところでは使わない |

⚠ 注意

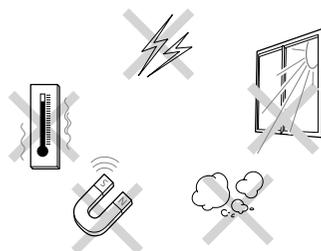


禁止

次のような場所で使用しない

故障の原因になります。

- 極端な温度変化があるところ
- 振動があるところ
- 直射日光があたる場所
- 侵食性ガス、引火性ガスがあるところ
- ほこり、電磁波、磁界があるところ



強制

丈夫でがたつきのない平らなテーブル、または床の上に設置する

不安定な場所に置くと、けがや故障の原因になります。
測定作業に十分なスペースを確保してください。



強制

注意深く、丁寧に扱う

本製品は精密機器です。衝撃を与えると故障の原因になります。
移動するときは、両手でしっかりと持って運んでください。
長期間の保管が必要なときは、製品納入時の梱包箱を使ってください。



禁止

当社指定の天びん以外には接続しない

トラブル防止のため、必ず、この取扱説明書に記載された方法で接続してください。

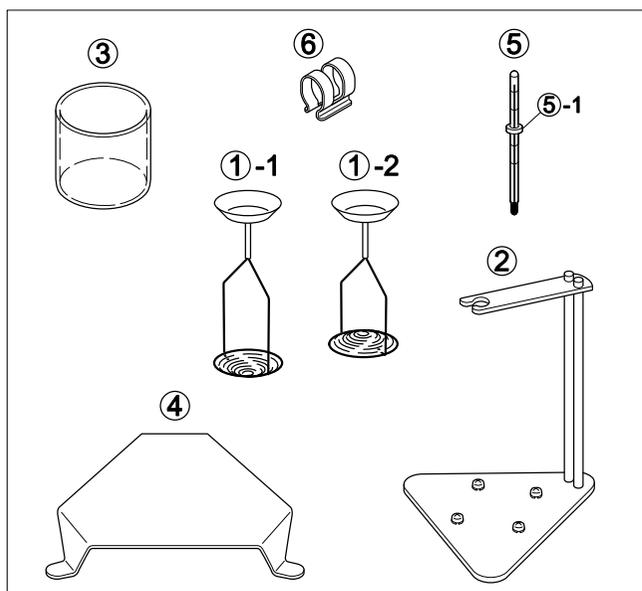
目 次

| | |
|---------------------------|----|
| 1. 部品の名称と装置の外観 | 1 |
| 2. 測定原理 | 2 |
| 2.1 固体密度または比重 | 2 |
| 2.2 液体密度 | 2 |
| 3. すえつけ | 4 |
| 4. 測 定 | 6 |
| 4.1 固体密度（比重）測定 | 6 |
| 4.1.1. “d”（固体密度（比重）測定）の登録 | 6 |
| 4.1.2. 固体密度測定用媒液密度（比重）の設定 | 6 |
| 4.1.3. 比重値表示モードの設定 | 7 |
| 4.1.4. 測 定 | 7 |
| 4.1.5. 液体に浮くものの測定 | 8 |
| 4.2 液体密度測定 | 9 |
| 4.2.1. “d”（液体密度測定）の登録 | 9 |
| 4.2.2. 沈錘体積の算出 | 9 |
| 4.2.3. 沈錘体積の入力 | 10 |
| 4.2.4. 比重値表示モードの設定 | 11 |
| 4.2.5. 測 定 | 12 |
| 5. 測定精度について | 14 |
| 5.1 有効数字について | 14 |
| 5.2 誤差の要因 | 14 |
| 5.2.1. 気 泡 | 14 |
| 5.2.2. 固体試料 | 15 |
| 5.2.3. 液体試料と沈錘 | 15 |
| 5.2.4. 媒 液 | 15 |
| 5.2.5. 表面張力 | 15 |
| 付録 1. 媒液の温度密度表 | 16 |
| 付録 2. 固体密度測定精度 | 17 |

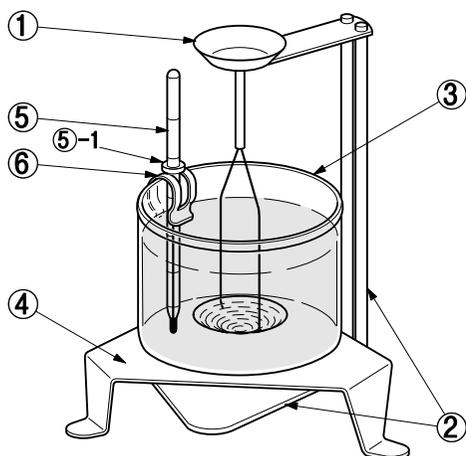
1. 部品の名称と装置の外観

梱包を開けて、以下の部品が入っていることを確認してください。

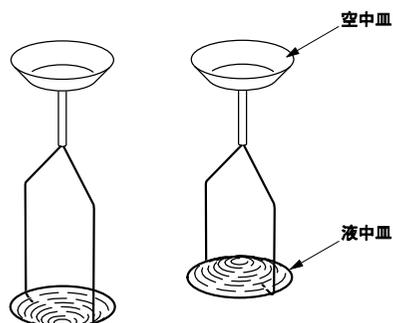
| 名 称 | 数 量 | 名 称 | 数 量 |
|------------------|-----|------------------|-----|
| ①-1 測定皿（沈むサンプル用） | 1 | ④ 水槽台 | 1 |
| ①-2 測定皿（浮くサンプル用） | 1 | ⑤ 温度計 | 1 |
| ② 皿受けフレーム | 1 | ⑤-1 温度計ストッパー（ゴム） | 1 |
| ③ 水槽 | 1 | ⑥ 温度計ホルダー | 1 |



梱包部品



すえつけ全体図



測定皿

2. 測定原理

2.1 固体密度または比重

液体中にある試料は、試料と同じ体積の液体の重さに等しい浮力を受けているので、空気中で重さを量った試料を液体中に吊るして再度重さを量り、これらの値と液体の密度（または比重）から試料の密度（または比重）を求めます。固体の密度 ρ は以下の式によって求められます。天びんはこの式により密度（または比重）を算出して表示します。

式はアルキメデスの原理（流体中の物体は物体が排除した流体の重さに相当する浮力を流体から受ける）から導かれています。

$$\rho = \frac{W_a}{W_a - W_l} \rho_l \quad \dots\dots\text{式 (1)}$$

W_a : 空気中で測定した試料の質量

W_l : 液体中で測定した試料の質量

ρ_l : 使用する液体（通常は水）の密度（測定時に天びんに入力します。）

* 液体の密度の代わりに液体の比重を与えれば、固体試料の比重が求められ表示されます。

* 通常、天びんの測定で表示される結果は正確には重さではなく質量です。

* ここでは、空気中の浮力は無視しています。

* ρ_l を正確に求めて入力してください。水の密度は、温度を正確に測定し、巻末の密度表から求めてください。

2.2 液体密度

体積が既知のおもり（沈錘）を試料液体中に吊るして重さを量り、そのおもり（沈錘）が液中で受ける浮力とおもりの体積から試料液体の密度を求めます。液体の密度 ρ は以下の式によって求められます。

式はアルキメデスの原理から導かれています。天びんはこの式により密度を算出して表示します。

$$\rho = \frac{M_a - M_l}{V} \quad \dots\dots\text{式 (2)}$$

M_a : 空気中で測定した沈錘の質量

M_l : 液体中で測定した沈錘の（見かけの）質量

V : 使用した沈錘の体積（測定時に天びんに入力します）

* 液体比重を直接天びんのソフトで求めて表示させることはできません。

* ここでは、空気中の浮力は無視しています。

* V を正確に求めて入力してください。 V は下の式を用いてあらかじめ求めてください。沈錘の空気中、水中の測定には本製品を使用し、通常の g 表示で測定してください。

$$V = \frac{M_a - M_w}{\rho_w}$$

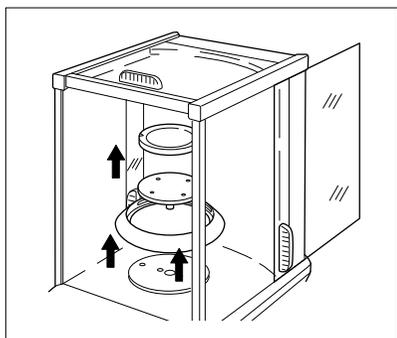
M_a : 空気中で測定した沈錘の質量 (天びんの通常の g 表示の読み)

M_w : 水中で測定した沈錘の (見かけの) 質量 (天びんの通常の g 表示の読み)

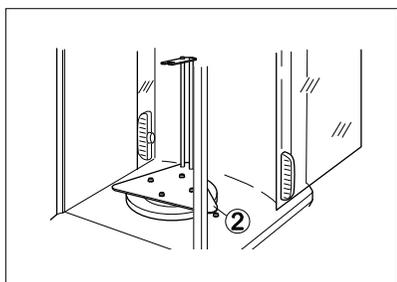
ρ_w : 使用する水の密度 (温度を測り密度表から求めてください)

3. すえつけ

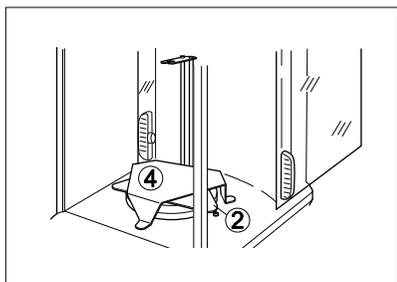
1. すえつけは、必ず天びんからACアダプタを外した状態で行ってください。
2. 天びんのひょう量室のガラス扉を開け、標準付属の皿、皿受け、対流防止リングを取り外します。



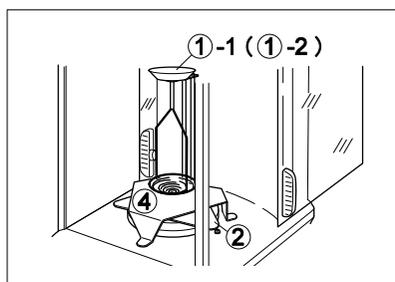
3. 皿受け軸に、比重測定キットの皿受けフレーム (②) を静かにはめます。



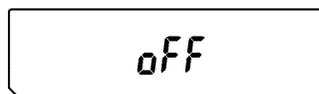
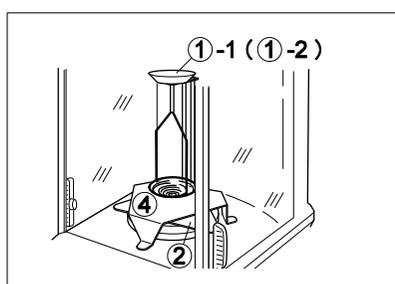
4. 水槽台 (④) を皿受けフレーム (②) に触れないように図のようにひょう量室内におきます。



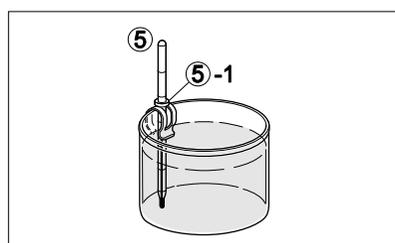
5. 皿受けフレーム (②) に測定皿 (①-1) を載せます。空中皿の中心を切り欠き部分に合わせてかけます。



6. ガラス扉を閉め、AC アダプタをつないで電源を入れます。自動的に行われるセルフチェックの後、oFF 表示になるのを待ちます。AUW-D/AUW/AUX (AW/AX) シリーズでは、自動的に感度調整も行われた後、oFF 表示になります。(電源投入は、必ず測定皿を載せ、液体を入れた水槽のない状態で行ってください。電源投入は必ず両扉を閉めた状態で行ってください。)



7. [POWER] キーを押して g (グラム) 表示にします。AUY (AY) シリーズでは、ここで、空中皿を使用して外部分銅により感度調整を行います。
8. 水槽に温度計ホルダー (⑤) と温度計 (温度計ストッパー (ゴム) 付き (⑤-1)) を取り付け、使用する液体を入れます。(温度計ストッパー (ゴム) の位置をずらすことにより、温度計の位置を変えることができます。)



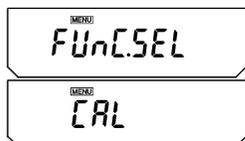
9. いったん測定皿を外して水槽を水槽台の中央に置きます。
10. 測定皿を皿受けフレームに再度載せ、液中皿が水槽の壁に触れていないことを確認します。

4. 測 定

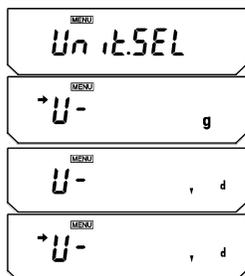
4.1 固体密度（比重）測定

4.1.1. “, d”（固体密度（比重）測定）の登録

この登録により、天びんの質量表示から「UNIT」キーを操作すれば固体比重測定機能が呼び出せるようになります。すでに登録されている場合には再登録は必要ありません。なお、ソフトウェアのインストールなどは不要です。



1. 質量表示（g など）から「CAL」キーを数回押し、“FUNC.SEL”の表示のときに「O/T」キーを押して“FUNC.SEL”メニューグループに入ります。“CAL”の表示になります。



2. 「CAL」キーを数回押しして、“Unit.SEL”の表示で「O/T」キーを押します。“U- g”の表示になります。以下、「CAL」キーを数回押し、“U- , d”（固体比重測定を示します。「,」は逆三角形です。）の表示にします。現在すでに登録されている場合は、安定マーク（矢印）が同時に表示されています。（この場合は、そのまま「POWER」キーを何度か押して質量表示に戻ります。）

3. “U- , d”のときに安定マークが表示されていない場合は、ここで「O/T」キーを押します。安定マークがついたら「POWER」キーを何度か押して質量表示に戻ります。

4.1.2. 固体密度測定用媒液密度（比重）の設定

2.1の式（1）の ρ_l の入力にあたります。



1. 質量表示から、「CAL」キーを数回押しして、“SETTING”の表示のとき、「O/T」キーを押します。“CAL DEF”の表示になります。

2. 「CAL」キーを数回押しして、“LSG SET”と表示させ、「O/T」キーを押します。表示部には上部に **MENU** マークと#マークが表示され、数値入力状態になっていることを示します。また、“SG * . * . * .”と表示されます（* . * . * .は数値を示します）。数値* . * . * .の左端の桁が点滅します。点滅している桁の数字を変更できます。



3. 「UNIT」キーを押すたびに点滅している桁の数が1ずつ大きくなります。「PRINT」キーを押すとその桁を確定して、ひとつ右の桁が点滅します。設定したい値を表示させ、「O/T」キーを押せば、固体測定用媒液密度（比重）として確定されます。



4. 「POWER」キーを押すと“LSG SET”に戻ります。



5. 「POWER」キーをさらに押して質量表示に戻ります。

4.1.3. 比重値表示モードの設定

注記 AUW-D/AUX/AUY シリーズをお使いいただいている場合
天びんの通電時（AC アダプタを接続したとき）、”CHE 0”表示に続いて
“1.00-3.02”などの文字が表示される機体においては、比重値表示モードを
選択できます。



1. 質量表示から、「CAL」キーを数回押して“SETtinG”の表示のとき、「O/T」キーを押します。“CAL dEF”の表示になります。

2. 「CAL」キーを数回押して、“SG HoLd”を表示させます。



3. 「O/T」キーを押すたびに表示器左側に“→”マークの点灯、消灯が切り替わります。

“→”点灯：比重値ホールド表示モード（キー操作が行われるまで比重値が固定表示されます。）

“→”消灯：比重値連続表示モード（液体中での計量値変化に応じて比重値が更新表示されます。）

4. 「POWER」キーを数回押して質量表示に戻ります。

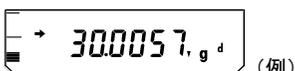
4.1.4. 測定



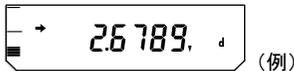
1. 質量表示から「UNIT」キーを何回か押して、“d”表示に切り替えます。ただし、空中重量測定時は“g”も点灯しています。

2. 「O/T」キーを押します。

3. 測定するものを空中皿の上に載せます。



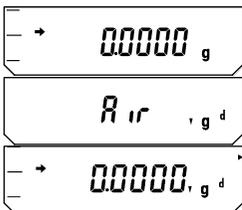
4. 安定マークが点灯したら「CAL」キーを押します。



5. 測定するものを液中皿に載せ替えます。この後の表示は試料の密度（または比重）を表わしています。皿上にもものがない場合に“dSP oL”の表示が出て異常ではありません。

6. 次の測定は、「CAL」キーを押した後、再度2から行います。

注記 AUW-D/AUX/AUY シリーズをお使いいただいている場合
天びんの通電時（ACアダプタを接続したとき），“CHE 0”表示に続いて
“1.00-3.02”などの文字が表示される機体においては、以下の手順で測定
を行なってください。



1. 質量表示から【UNIT】キーを何回か押すと、約2秒間 [Air▼gd] と表示されます。その後、[▼gd▶] 表示に切り替り、空中重量測定モードになります。空中重量測定時は、表示器右上に“▶”が点灯します。

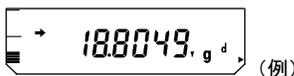
2. 【O/T】キーを押します。

3. 測定するものを天びんの皿の上に載せます。

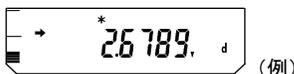


4. 安定マークが点灯したら【CAL】キーを押します。測定するものの空気中での重量を確定します。

5. 約2秒間 [wAtEr▼gd] と表示されます。その後 [▼gd▶] 表示に切り替り、水中重量測定モードになります。水中重量測定時は、表示器右下に“▶”が点灯します。



6. 測定するものを液中の皿に載せ替えます。水中重量値が表示されます。【CAL】キーを押すと、設定した比重値表示モードで比重値を表示します。【POWER】キーを押すと、5へ戻ります。測定するものに気泡が付着し、比重値が期待値と異なる結果になった場合に、気泡除去の操作の後水中重量測定をやり直し、比重値を再計算させることができます。



ホールド表示モードの例

7. 次の測定は、【CAL】キーを押した後、再度2から行います。比重測定を終了するときは【UNIT】キーを押してください。

4.1.5. 液体に浮くものの測定

アルキメデスの原理から導かれた式（1）は、液体より軽い物体にも適用されます。天びんの個体密度測定機能は、水に浮く試料の測定にもそのまま使用できます。

浮く試料の測定の際は、測定皿①-2（P1 参照）を使用してください。試料は全体を沈めて

液中皿の下に入れ、浮き上がらないようにします。試料の浮力が大きい場合、測定皿全体が浮き上がるのを防ぐため、あらかじめ空中皿にダミーのおもりとなる物を置き、「O/T」キーでテアを取ってから、空気中での測定を開始してください。

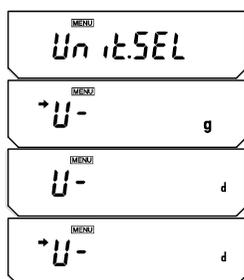
4.2 液体密度測定

4.2.1. “d”（液体密度測定）の登録

この登録により、質量表示から「UNIT」キーを操作すれば液体密度測定機能が呼び出せるようになります。すでに登録されている場合には再登録は必要ありません。なお、ソフトウェアのインストールなどは不要です。



1. 質量表示 (g など) から「CAL」キーを数回押し、「FUnC.SEL」の表示のときに「O/T」キーを押して“FUnC.SEL”メニューグループに入ります。“CAL”の表示になります。



2. 「CAL」キーを数回押しして、“Unit.SEL”の表示で「O/T」キーを押します。“U- g”の表示になります。以下、「CAL」キーを数回押し、“U- d”（液体密度測定を示します。）の表示にします。現在すでに登録されている場合は、安定マーク（矢印）が同時に表示されています。（この場合は、そのまま「POWER」キーを何度か押して質量表示に戻ります。）

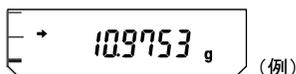
3. “U- d”のときに安定マークが表示されていない場合は、ここで「O/T」キーを押します。安定マークがいたら「POWER」キーを何度か押して質量表示に戻ります。

4.2.2. 沈錘体積の算出



1. 「3.すえつけ」にしたがって、SMK-401（SMK-301）を天びんにすえつけてください。
2. あらかじめ水槽に水を入れ、温度計で水温を測定し、水温が安定していることを確認しておきます。
3. 測定皿は外しておき、水槽も水槽台から下ろしておきます。
4. 表示は“d”表示ではなく、通常の“g”（グラム）表示にしておきます。
5. 「O/T」キーを押し、表示をゼロにします。

6. 沈錘を空気中で量るため皿受けフレームにかけます。
7. 安定マークが点灯したら表示値を M_a として記録します。



8. 水を入れた水槽を水槽台に置き、沈錘をつるして水中に浸かるようにします。



9. 安定マークが点灯したら表示値を M_w として記録します。
注：沈錘に付着した試料液体は次の測定の前に必ず完全に除去して沈錘を乾かしてください。

10. 以下の式を用いて沈錘の体積 V [cm^3] を求めます。

$$V = \frac{M_a - M_w}{\rho_w}$$

M_a ：空気中で測定した沈錘の質量

M_l ：水中で測定した沈錘の（見かけの）質量

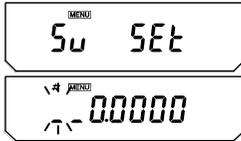
ρ_w ：使用する水の密度（水温を測り、下の温度密度表から求めます）

水の温度密度表

| 温度 [°C] | 密度 ρ [g/cm^3] | 温度 [°C] | 密度 ρ [g/cm^3] | 温度 [°C] | 密度 ρ [g/cm^3] |
|---------|--------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|--------------------------------------|
| 10 | 0.9997 | 19 | 0.9984 | 28 | 0.9963 |
| 11 | 0.9996 | 20 | 0.9982 | 29 | 0.9960 |
| 12 | 0.9995 | 21 | 0.9980 | 30 | 0.9957 |
| 13 | 0.9994 | 22 | 0.9978 | 31 | 0.9954 |
| 14 | 0.9993 | 23 | 0.9976 | 32 | 0.9951 |
| 15 | 0.9991 | 24 | 0.9973 | 33 | 0.9947 |
| 16 | 0.9990 | 25 | 0.9971 | 34 | 0.9944 |
| 17 | 0.9988 | 26 | 0.9968 | 35 | 0.9941 |
| 18 | 0.9986 | 27 | 0.9965 | | |

4.2.3. 沈錘体積の入力

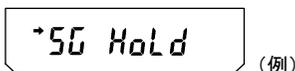
4.2.2 で求めた V を測定前に入力します。



1. 質量表示から、「CAL」キーを数回押して、“SEtting”の表示のとき、「O/T」キーを押します。“CAL dEF”の表示になります。
2. 「CAL」キーを数回押して、“Sv SEt”と表示させ、「O/T」キーを押します。“_*.****”と表示されます(*.****は数値を示します)。表示部には上部に **MENU** マークと#マークが表示され、数値入力状態になっていることを示します。数値*.****の左端の桁が点滅します。点滅している桁の数字を変更できます。
3. 「UNIT」キーを押すたびに点滅している桁の数が1ずつ大きくなります。「PRINT」キーを押すとその桁を確定して、ひとつ右の桁が点滅します。設定したい値を表示させ、「O/T」キーを押せば、液体密度測定用沈錘体積として確定されます。
4. 「POWER」キーを押すと“Sv SEt”に戻ります。
5. 「POWER」キーをさらに押して質量表示に戻ります。

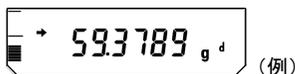
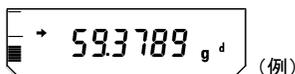
4.2.4. 比重値表示モードの設定

注記 AUW-D/AUX/AUY シリーズをお使いいただいている場合
天びんの通電時 (AC アダプタを接続したとき)、“CHE 0”表示に続いて
“1.00-3.02”などの文字が表示される機体においては、比重値表示モードを
選択できます。



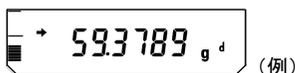
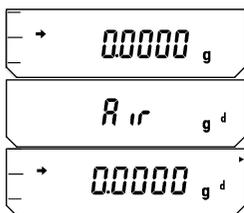
1. 質量表示から、「CAL」キーを数回押して“SEtting”の表示のとき、「O/T」キーを押します。“CAL dEF”の表示になります。
2. 「CAL」キーを数回押して、“SG HoLd”を表示させます。
3. 「O/T」キーを押すたびに表示器左側に“→”マークの点灯、消灯が切り替わります。
“→”点灯：比重値ホールド表示モード(キー操作が行われるまで比重値が固定表示されます。)
“→”消灯：比重値連続表示モード(液体中での計量値変化に応じて比重値が更新表示されます。)
4. 「POWER」キーを数回押して質量表示に戻ります。

4.2.5. 測 定

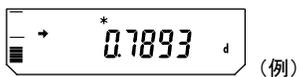


1. 測定皿は外しておき、水槽も水槽台から下ろしておきます。
2. 質量表示から「UNIT」キーを何回か押して、「d」表示に切り替えます。ただし、沈錘の空中重量測定時は「g」も点灯しています。
3. 「O/T」キーを押します。
4. 沈錘を空气中で量るため皿受けフレームにかけます。
5. 安定マークが点灯したら「CAL」キーを押します。
6. 試料液体を入れた水槽を水槽台に置き、沈錘をつるして試料液体中に浸かるようにします。この後の表示は試料液体の密度を表わしています。沈錘を載せていない場合に「dSP oL」の表示が出て異常ではありません。
7. 次の測定は、「CAL」キーを押した後、再度2から行います。
注：沈錘に付着した試料液体は次の測定の前に必ず完全に除去して沈錘を乾かしてください。

注記 AUW-D/AUX/AUY シリーズをお使いいただいている場合
天びんの通電時 (AC アダプタを接続したとき)、「CHE 0」表示に続いて
“1.00-3.02”などの文字が表示される機体においては、以下の手順で測定
を行なってください。



1. 質量表示から【UNIT】キーを何回か押すと、約2秒間 [Airgd] と表示されます。その後、[gd▶] 表示に切り替り、沈錘の空中重量測定モードになります。空中重量測定時は表示器右上に“▶”が点灯します。
2. 【O/T】キーを押します。
3. 沈錘を天びんの皿の上に載せます。
4. 安定マークが点灯したら【CAL】キーを押します。沈錘の空気中での重量を確定します。
5. 約2秒間 [wAtEr gd] と表示されます。その後 [gd▶] 表示に切り替り、沈錘の液中重量測定モードになります。液中重量測定時は、表示器右下に“▶”が点灯します。



ホールド表示モードの例

6. 沈錘を液中の皿に載せ替えます。液中重量値が表示されます。【CAL】キーを押すと、設定した比重値表示モードで液体の密度が表示されます。【POWER】キーを押すと、5へ戻ります。沈錘に気泡などが付着し、密度が期待値と異なる結果になった場合に、液中重量測定をやり直して密度の再計算を行うことができます。
7. 次の測定は、【CAL】キーを押した後、再度2から行います。

5. 測定精度について

5.1 有効数字について

比重または密度の測定では、天びんの表示部に常に小数点以下 4 桁まで結果が表示されます。ただし、表示される結果は、式 (1)、式 (2) に基づいて計算された計算値ですので、これらの式に代入される測定から直接得られる値すべてに誤差がなく有効数字が確保されていなければ最終結果の信頼性も保証されません。

正確な比重（または密度）を得るためには、測定時の誤差要因を抑えることが必要です。測定試料や条件により、測定時に誤差が避けられない場合、有効数字が確保できない場合には、天びんが正常な性能を有していても、表示値の再現性が低い、表示が不安定、などの現象が見られます。

一般的に固体試料が小さすぎると正確な測定が困難になります。空中の重量が小さければ、2.1 の式 (1) において分子の有効数字が少なくなるため、最終結果の有効数字も少なくなります。

一般に固体試料の密度が大きい方が正確な測定が困難になります。密度が大きいほど浮力が小さくなるため、2.1 式 (1) の最終結果の有効桁数が確保できないためです。

5.2 誤差の要因

5.2.1. 気 泡

小さな気泡でも固体や液中皿に付着していると測定に影響します。仮に 1mm^3 の気泡が 1 個付着している場合、水中での浮力は約 1mg 大きく測定されるので、分析天びんでは下 2 桁の誤差が生じ、有効桁数も減少し、最終結果で信頼できる桁数は少なくなります。

液中測定の際、あらかじめ空気中で、固体の特に平らな面を下にして液中皿に置いた後、これらを液中に入れることは避けてください。液中皿の網の部分に気泡が生じますので、先に液中皿を液中に沈めてから固体を載せてください。

固体試料または沈錘を液中で測定するために沈めた後、気泡が付着していないか確認し、あれば取り除いてください。その際、液が液中皿を支持するワイヤーにかかって付着しないよう注意してください。液中測定時の重量が増し、誤差の原因となります。

試料に手で直接触れることは避けてください。油分が固体の表面に付着すると気泡の発生の原因になります。

5.2.2. 固体試料

固体試料の体積が非常に大きい場合、液中に沈めたときに液面上昇が大きくなります。これにより液中皿の支持ワイヤーの液中に沈む長さが増加するため、浮力が本来よりも大きく測定されます。ワイヤーの直径は0.5mmですので2本合わせた断面積は約0.4mm²です。水の場合、ワイヤーが1mm沈むと浮力は約0.4mg大きく測定されます。なお、付属の水槽の断面積は約55cm²です。

5.2.3. 液体試料と沈錘

液体密度の測定に小さなビーカーなどを使用すると少量の試料で測定が可能です。この場合、体積の小さい沈錘を使用することになりますが、沈錘が小さすぎると、最終結果の有効桁数が少なくなります。

式(2)で示されるとおり、浮力と沈錘体積が液体密度算出式の分子と分母をなすため、それぞれの有効桁数と測定精度を確保する必要があります。

5.2.4. 媒 液

液体の温度は正確に測定され、また、測定は温度変化のない状態で行う必要があります。水の密度は1℃でおおよそ0.01%変化しますので温度に1℃の誤差があれば、この要因のみで最終結果の上から4桁目以降は信頼性がなくなります。

吸水性や水溶性の固体試料の測定時にはアルコールを用いることもできますが、蒸発による誤差にも注意する必要があります。

5.2.5. 表面張力

液中皿のワイヤーが液面と接する状態は、測定ごとに微妙に変わる可能性があります。このため表面張力による誤差が再現性に影響する場合があります。再現性が悪い場合には、表面張力を抑制するため、市販の台所用洗剤を適量落としてください。

付録 1. 媒液の温度密度表

| 温度 [°C] | 密度 ρ [g/cm ³] | | |
|---------|--------------------------------|----------|----------|
| | 水 | エチルアルコール | メチルアルコール |
| 10 | 0.9997 | 0.7978 | 0.8009 |
| 11 | 0.9996 | 0.7969 | 0.8000 |
| 12 | 0.9995 | 0.7961 | 0.7991 |
| 13 | 0.9994 | 0.7953 | 0.7982 |
| 14 | 0.9993 | 0.7944 | 0.7972 |
| 15 | 0.9991 | 0.7935 | 0.7963 |
| 16 | 0.9990 | 0.7927 | 0.7954 |
| 17 | 0.9988 | 0.7918 | 0.7945 |
| 18 | 0.9986 | 0.7909 | 0.7935 |
| 19 | 0.9984 | 0.7901 | 0.7926 |
| 20 | 0.9982 | 0.7893 | 0.7917 |
| 21 | 0.9980 | 0.7884 | 0.7907 |
| 22 | 0.9978 | 0.7876 | 0.7898 |
| 23 | 0.9976 | 0.7867 | 0.7880 |
| 24 | 0.9973 | 0.7859 | 0.7870 |
| 25 | 0.9971 | 0.7851 | 0.7870 |
| 26 | 0.9968 | 0.7842 | 0.7861 |
| 27 | 0.9965 | 0.7833 | 0.7852 |
| 28 | 0.9963 | 0.7824 | 0.7842 |
| 29 | 0.9960 | 0.7816 | 0.7833 |
| 30 | 0.9957 | 0.7808 | 0.7824 |
| 31 | 0.9954 | 0.7800 | 0.7814 |
| 32 | 0.9951 | 0.7791 | 0.7805 |
| 33 | 0.9947 | 0.7783 | 0.7896 |
| 34 | 0.9944 | 0.7774 | 0.7886 |
| 35 | 0.9941 | 0.7766 | 0.7877 |

付録 2. 固体密度測定精度

比重キット SMK-401/301 と天びんを使用した場合の固体密度のおおよその測定精度を下記に示します。

ただし、本表の数値は計算により算出したものであり、測定する試料や測定条件により誤差が大きくなる可能性がありますのであくまで目安としてお考えください。

表の見方: 固体試料が 5g で、密度が 3g/cm^3 のとき密度表示での計算上有効な最小表示は $0.0004\text{ (g/cm}^3\text{)}$ 相当となる。そのため、表示最小桁である 0.0001 の桁は表示が不安定となることが予想される。

| 密度（比重）測定 推定最大誤差 （天びんの最小表示 0.1mg の場合） | | | | | | |
|---|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 試料の質量 (g) 試料の 密度 (g/cm^3) または比重 | 1 | 5 | 10 | 100 | 200 | 300 |
| 1 | 0.001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| 3 | 0.002 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| 5 | 0.003 | 0.001 | 0.0004 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 |
| 8 | 0.004 | 0.001 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 |
| 10 | 0.005 | 0.001 | 0.0008 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 |
| 12 | 0.006 | 0.002 | 0.001 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0004 |
| 20 | 0.01 | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |

アフターサービス

故障と思われるときは、以下の当社サービス会社へ連絡してください。

島津アクセス

<http://www.sac.shimadzu.co.jp>

- **札幌支店** 〒060-0031 札幌市中央区北一条東1-2-5
明治安田生命札幌北一条ビル 4F
TEL: **(011) 242-2066** FAX: (011) 242-2068
- **東京支店** 〒111-0053 東京都台東区浅草橋5丁目20-8
CSタワー 6F
TEL: **(03) 5820-3277** FAX: (03) 5820-3275
- **大阪支店** 〒530-0047 大阪市北区西天満5丁目14-10
梅田UNビル 8F
TEL: **(06) 6367-5173** FAX: (06) 6367-5131

島津製作所 分析計測事業部

島津天びんホームページアドレス <http://www.an.shimadzu.co.jp/balance/>

東京支社 天びん営業課 101-8448 東京都千代田区神田錦町1丁目3
関西支社 天びん営業課 530-0012 大阪市北区芝田1丁目1-4 阪急ターミナルビル14階

TEL (03)3219-5705 FAX(03)3219-5610
TEL (06)6373-6662 FAX(06)6373-6526