

自分スケールによる物体計測の評価

北海道大学大学院水産科学研究院・大木淳之

学生さん、生徒さんへ。環境分析化学では、濃度定量を適切に評価するのが大事です。それを実践する実験に挑戦してください。

学校の先生へ。破線以下をアレンジして授業等で利用、配布されて構いません。最後にある（あいさつ）を残していただくと助かります。

自分スケールによる物体計測の評価 自分スケールとは、腕を広げたときの幅や、グーの手の幅、指先の幅、歩幅など長さのスケールのことです。一つまみの塩や、小さじ一杯目分量の塩の重量、手で物を持ったときの重さなど、自分の感覚に頼った重さのスケールでもよいでしょう。もしくは、味覚や嗅覚で物質濃度を測るのでもよいです。自分スケールを使って、身の回りの物を計測しましょう。

自分スケール評価の目的 自分スケールの正確さを追求するものではありません。自分スケールの精度を適切に評価することを目的としてください。したがって、ある程度の不確かさがある自分スケールの方がよいかもしれません。

なるべく、分析化学における定量評価の手法に似せて、検量線を作る、定量下限や定量上限を定める、などを考えてください。その際、何を信号強度とするのか、何が標準試料測定になるのかをよく考えてください。標準試料の繰り返し測定をして、その精度を評価しましょう。繰り返し測定の標準偏差 (σ) を平均 (ave) で割った値が変動係数 (CV) として表されます。CV (%) ($= \sigma / \text{ave} \times 100$) が、何パーセント未満を許容誤差範囲と定めるか、分析者（あなた）が決めてください。この自分スケールが、普段の生活のどんな場面で役に立つのか、応用例を紹介するとよいでしょう。

いくつか、自分スケールの例を紹介しますが、最初の「舌で塩分を計測する」が取り組みやすいかもしれません。

－舌で塩分を計測する－

【必要な道具】

キッチンスケール：0.1g 単位のものがあるとよいでしょう。「キッチンスケール 0.1g」で検索すると、千円台から商品がヒットします。（信頼性はナゾ）
自宅に 1 g 単位のスケールがあるなら、それで試してください。

空のペットボトル：500 mL が数本、1 L が 1 本くらい

塩： 1～3 kg あれば十分。精製塩であれば数百円。

【基準塩水を作る】

ある基準となる濃度の塩水をつくります。海水と同じくらいの塩水濃度がよいでしょう。1 L の空ペットボトルを用意して、風袋重量（空の重量）を測定します。塩を 33 g キッチンスケール（天秤）で量り取り、ペットボトルに入れます。（分量にして作ってもよいです） ペットボトルに水を入れて、塩＋水で合計 1 Kg になるようにしましょう。これで塩分 3.3 % の塩水のできあがりです。この塩水を口に含んで、基準濃度の味を覚えてください。精製塩を使うか、自然塩を使うかは、ご自由にしてください。

【信号強度の定義】

未知濃度の塩水を作って、口に含みます。それが、基準濃度の何（=x）倍か？をあなたの舌で計測してください。この x が信号強度です。

【未知塩水を作る】

未知塩水の濃度の正解を知りたいですね。自分で未知塩水を作ると、計測前に濃度がわかってしまい、自分スケールではなくなってしまいます。複数人でやればいいのですが、一人でやる場合、どうしたらよいでしょうか。

チャック付きポリ袋などに、塩 20g 量り入れます。目を閉じてスプーンで適当に取り出し、水を入れたコップに入れます。コップに入った塩の量は見当がつかないでしょう。ポリ袋に残った塩の重量を、実験終了後、データ整理するとき計測し、20 g から差し引けばよいです。

このコップの塩水を、500 mL のペットボトルに移して、正確にメスアップすれば、未知塩水のできあがりです。（実験終了後に濃度を求めます）

このようにして、数種類の濃度の未知塩水 (A,B,C,,,,) を作りましょう。

【未知塩水の信号強度を得る】

基準濃度の塩水、未知塩水 A、基準塩水、未知塩水 B、、、の順に口に含み信号強度を得ます。数時間後、再び同様に計測します。これを何回か繰り返せば、繰り返し計測ができます。計測する条件 (温度や順番、時間間隔など) も考える必要があるかもしれません。

【検量線を描く】

未知塩水を作った際の残り塩の重量を計測して、未知塩水の濃度を求めます。信号強度 (x) を横軸、塩水濃度を縦軸にプロットします。

入れた塩の重量を計測した時点で、これは未知塩水ではなく、濃度既知の標準試料となる塩水です。皆さんは先ほどの操作で、標準試料の塩水の信号強度 x を得たわけです。

【検量線の精度評価】

検量線の直線性、低い濃度や高い濃度での直線性、繰り返し測定の再現性、定量下限を定めましょう。塩水測定の経験を積むたびに、その精度は向上するかもしれません。経験値も評価指標の一つに入れたらどうでしょうか。

【本当の未知塩水の計測】

再び、目を閉じてスプーンで塩を取りだし、コップの水に入れましょう。適当に薄めて、未知塩水の出来上がりです。基準塩水と本当の未知塩水を順に口に含み、未知塩水の信号強度を得てください。これも、時間を空けて、繰り返し計測するとよいでしょう。

【マトリックス効果の評価】

分析化学では、試料に含まれる対象成分以外 (夾雑物質) の効果が計測結果に大きな影響を及ぼす場合があります。これをマトリックス効果と呼びます。自分スケールによる塩水濃度測定でも、マトリックス効果は大きいと思われます。未知試料に、牛乳やお茶、コーラなどで計測してみてください。牛乳やお茶、コーラをベースにした検量線を作ってもよいでしょう。

－食酢中の酢酸濃度－

塩水と同じようにやりましょう。一般的な食酢は酢酸濃度が4%くらいです。工夫して希釈、標準試料作りをやりましょう。

－水や食品のショ糖濃度－

お砂糖の主成分はショ糖です。グラニュー糖は99.95%、角砂糖は99.8%、上白糖は97.5%を目安にしてください。マトリックス効果を調べるときは、夾雑物質（食品）にショ糖や他の糖類が入っているか否か、注意しましょう。糖類の濃度は屈折率（brix 値に換算）で調べられます。数千円で購入できます。

－うま味調味料（グルタミン酸ナトリウム）の濃度－

グルタミン酸ナトリウムは、うま味成分として知られています。塩分を加えるとうま味が増すそうです。グルメなかたは、グルタミン酸ナトリウムの定量に長けているかもしれません。

－ほか、食品の何か成分－

-----自分スケールで物体計測（あいさつ）-----

北海道大学大学院水産科学研究院・准教授・大木淳之と申します。

環境分析化学で大事な濃度定量について、学生さん、生徒さんが自分で得たデータで学ぶための教材を考えました。学校の授業等でアレンジして利用されて構いません。

その授業で配布される資料の最後にこの欄を残していただけると助かります。

面白い取り組みがありましたら、参考にしたいので、情報共有させてください。

連絡先は、北海道大学大学院水産科学研究院 HP より。

－手持ちで重量計測－

【必要な道具】

- ・ 体重計やキッチンスケール
- ・ お米や牛乳パック
- ・ 適当な物体

【基準物の計測】

5 kg や 10 kg のお米、1 kg の牛乳パックを基準にします。

【検量線の作成】

基準物質を持った後、重量未知の物体 (A, B, C, …) を持ち上げ感じた重量を記録します。時間を空けて、何度か計測しましょう。物体 (A, B, C, …) の重量を体重計やキッチンスケールで計測します。この時点で物体 (A, B, C, …) は標準試料となりました。標準試料計測の結果を検量線にしてください。定量上限を調べる際には、ギックリ腰にならないよう、注意してください。銭湯の体重計を利用する際には、怪しまれないよう、気をつけましょう。

【補正式の作成】

持ち上げる場所や持ち上げ方、物体の形状が計測に影響を与える可能性はありませんか？ これらの違いによる補正式が必要であれば、考えてください。その補正式はどの人にも当てはまるのでしょうか？ 友人と情報交換してください。

【未知物質の重量計測】

重量未知の物体の重量を自分スケールで計測しましょう。

【どのような場面で応用できるのか？】

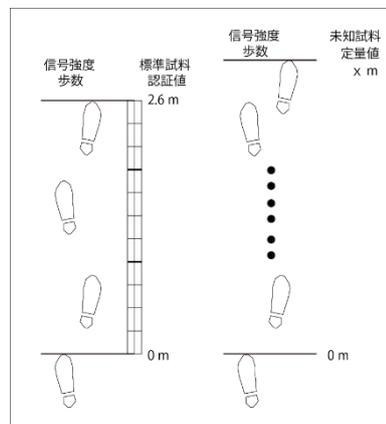
どのような場面で自分スケールを活用できるのか想像してください。

一歩幅で道のりを計測する一

歩数を信号強度とします。信頼できる距離情報（標準試料による認証値）があり、その距離を歩数計測するのが、標準試料測定に相当します。未知試料の歩数を計測して、その距離に換算（定量）する。認証された距離の情報は、グーグルマップから距離を読み取ったり、陸上グラウンド、自動車メーター、巻き尺、などを使えばよいです。歩数計測は、暗唱して数えるのは面倒臭いので、スマホの万歩計機能を使えばよいです。標準試料とすべく距離の認証値の誤差、スマホによる歩数計測の誤差も考慮すべきかもしれません。普段生活の中で計測するのがよいでしょう。

定量下限の評価は工夫のしどころです。スマホの万歩計機能の下限歩数が律速するでしょう。定量上限はどのように定めたらよいでしょうか。8時間くらい歩き続けて、疲れ果て、トボトボ歩きになるのが上限でしょうか？ 交通事故に気を付けて、定量上限の繰り返し計測にも挑戦してみましょう。

分析化学でいう“マトリックス効果”も考慮しなくてはなりません。理想的な条件（整備された運動場や段差のない歩道）で標準歩幅を計測するのと、夾雑物を含んだ場所、例えば、凍結路面や坂道では結果が異なるかもしれません。



【どのような場面で応用できるのか？】

どのような場面で自分スケールを活用できるのか想像してください。

-----自分スケールで物体計測-----

北海道大学大学院水産科学研究院

准教授・大木淳之が元原稿を記しました。

学校の授業等でアレンジして利用されて構いません。

その授業で配布される資料の最後にこの欄を残していただけると助かります。

面白い取り組みがありましたら、参考にしたいので、情報共有させてください。
