

大人の化学クラブ 2022「日本酒の化学」実施報告

宮 丸 晶 ^{*1)}, 上 羽 貴 大 ^{*2)}

概 要

2022 年 10 月 1 日(日)、化学実験教室「大人の化学クラブ 2022『日本酒の化学』」を実施した。「日本酒のラベルに書かれた用語の意味がわかるようになる」という目標を設定し、日本酒づくりを支える化学や日本酒の味わいの指標となるパラメーターについて、実験で理解を深める教室とした。事業の内容や工夫点について報告する。

1. はじめに

「大人の化学クラブ」は、様々な化学実験を通して私たちの身の回りにある化学に気付き、楽しんでもらうことを意図して開催している大人向けの化学実験教室である。2022 年度は日本の食文化と密接に関わっている日本酒の化学をテーマに、「日本酒の日」である 10 月 1 日に開催した。前半では麴や酵母のはたらきについての演示実験や簡単な日本酒度計の工作を通じて日本酒について知識を深め、後半では市販の日本酒を試料として中和滴定実験を行い、計算から酸度を求めるという二部構成とした。

2. 開催概要

日時: 2022 年 10 月 1 日(日) 13:00~15:00

場所: 工作室

対象: 20 歳以上

参加費: 1000 円

参加者数: 19 名

昨年度と同様、Web フォームと往復ハガキの 2 通りから選んで応募してもらい形で募集を行なった。これまでの同事業では対象年齢を 18 歳以上としていたが、日本酒を試料として扱うことから今回は 20 歳以上に引き上げた。試飲は行わないため、お酒が飲めない方も参加可能であるという旨の注釈をつけて広報を行なった。

実験器具は 2 人分をまとめてバットに入れ、1 テーブルに 1 つ用意した(図 1、2)。また、滴定実験で用いる

日本酒を小さなサンプル瓶に入れて事前に配布した。



図 1. 実験器具

日本酒度計は 1 人 1 つ、ビュレットは 2 人で 1 台用意した。



図 2. 会場の様子

^{*1)} 大阪市立科学館 元技術職員

^{*2)} 大阪市立科学館 学芸員 ueba@sci-museum.jp

3. 内容

3-1. 導入

「日本酒のラベルに書かれた用語の意味がわかるようになる」という教室の目標を共有し、お酒についての基礎知識をクイズ形式で学んだ(図3)。



図3. 身の回りの酒類を分類するクイズ

3-2. 日本酒づくりに欠かせない酵母と麴

日本酒づくりにおいて、麴菌は蒸米に含まれるでんぷんをブドウ糖に分解する役割を担っており、市販の米麴を参考資料として見せた。麴は穀類にカビを繁殖させて種々の酵素を生成させたものであることから酵素のかたまりと表現できる。そこで、酵素によってでんぷんが分解される様子を見せるため、次のような演示実験を行なった。

- ① でんぷんを水に溶かしフライパンで加熱して糊化させ、粘度の高いスライム状のでんぷんのりを作る。
- ② 乳鉢の中で消化酵素剤の錠剤をすりつぶす。
- ③ でんぷんのりにすりつぶした消化酵素剤を入れてよくかき混ぜると、薬に含まれる酵素のはたらきで次第にでんぷんが分解され、粘度がなくなりサラサラの液体になる。

麴によって作られたブドウ糖をもとに、酵母はアルコールを合成する。このように、麴と酵母が起こすそれぞれの化学反応を組み合わせることで、日本酒がつくられていくことを紹介した(図4)。

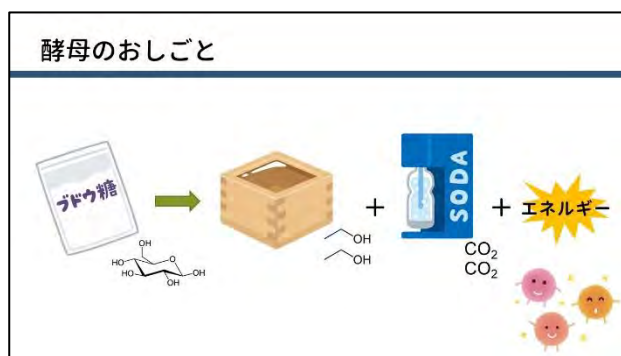


図4. 酵母のおしごと

3-3. 日本酒度計作り

日本酒の味の指標の一つに、日本酒度がある。日本酒度とは、比重をもとにした量であり、 $\text{日本酒度} = (1/\text{比重}) - 1 \times 1443$ の関係がある。比重と成分の関係を端的に理解してもらうための教材として、簡単な日本酒度計の工作とそれを用いた実験を行った(図5、6)。作り方は以下の通り。

- ① あらかじめ中央付近に赤い線を引いて片方に封をしておいたストローを、水を入れた試験管の中に浮かべる。
- ② 赤い線と水面が釣り合うまで、ストローの中にももり(ホッチキスの芯)を入れたら完成。

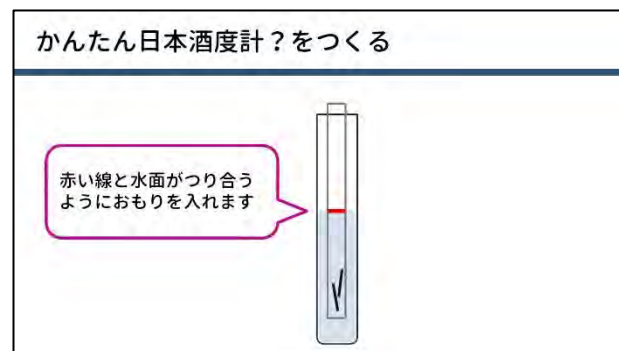


図5. 比重計の作り方



図6. 工作の様子

試験管を三角フラスコの中に立てて倒れないように工夫した。

水面と赤い線の高さが釣り合うように作った日本酒度計を、ガムシロップ入りの水、あるいは消毒用アルコールが入った試験管に浮かべてもらう。そうすると、ガムシロップ入りの水は比重が大きく、赤い線は水面より上になる(日本酒度は負)。一方の比重が小さい消毒用アルコールでは、赤い線は水面より下となる(日本酒度は正)ことがわかる。実際の日本酒でも主に糖分とアルコール度数が主な要因でその日本酒度が決まるため、味の指標となることを、国税庁所定分析法によって日本酒度を決定する際に用いられる比重(日本酒度)浮ひょうの実物資料とあわせて紹介した。

3-4. 中和滴定で酸度の測定

3-4-1. 酸度とは

日本酒の中に含まれる乳酸やリンゴ酸などの有機酸の量を表す量として、酸度がある。それらの有機酸は発酵の段階で作られるものであり、日本酒の酸味や旨味に関わってくる。

3-4-2. 滴定実験手順

日本酒度や酸度の値が異なる市販の日本酒を4種類用意し(以下、日本酒A～Dとする)、滴定実験を行った。日本酒を用いた滴定を行う前にビュレットの操作に慣れてもらうため、純水を滴下する練習をしてから実施した。また、強アルカリ性である水酸化ナトリウム水溶液を使用することから保護メガネを必ず着用するように呼びかけ、安全に配慮しながら実施した。詳細な実験手順は以下の通り。

- ① 日本酒を駒込ピペットで10mL取り、コニカルビーカーに入れる。
- ② BTB溶液をスポイトで取り、日本酒に加える。
→日本酒は酸性であるため、黄色になる。
- ③ ビュレットに、あらかじめ調製し事前に濃度を求めておいた水酸化ナトリウム水溶液を満し、目盛りを読んで実験前の数値を記録する。
- ④ ビュレットのつまみを回して水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、時々軽く振り混ぜながら色の変化を観察する。
- ⑤ 溶液の色が黄色(酸性)から緑色(中性)に変わったところで滴下をやめ、目盛りを読んで水酸化ナトリウム水溶液の使用量を算出する(図7、8)。

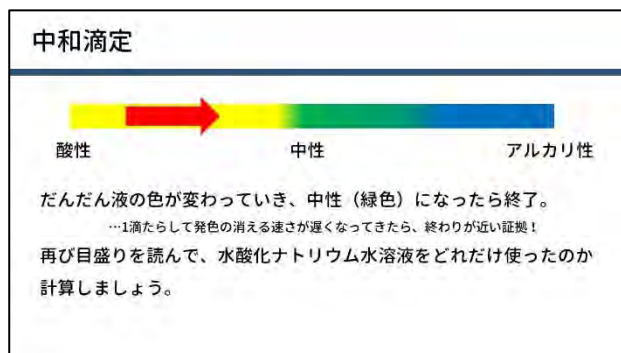


図7. 中和滴定の色変化の目安

- ⑥ 水酸化ナトリウム水溶液の使用量に、既知として与えたファクター(F)を掛け、この実験における酸度の値を求める(図9)。

ここでの酸度の分析法は、国税庁所定分析法から

以下の点を変更している。

- ・ 指示薬としてニュートラルレッド・プロチモールブルー混合溶液ではなく、在庫のあった BTB を使用した。
- ・ 水酸化ナトリウム水溶液は所定分析法では 0.1N (規定)を使用するが、滴定実験を容易にするため、その約 10 倍の濃度に調製した溶液を用いた。

まず、同じテーブルの二人でそれぞれ日本酒A、Bを滴定してもらい、終わり次第 C およびD、もしくは持参した日本酒の中から自由に選んで滴定してもらった。酸度を測定してみたい日本酒を持参してもよい旨を事前に伝えていたため、少量の日本酒を持参して実験をしている参加者もみられた。最後に日本酒 A～D についてそれぞれの実験結果を全員で共有し、ラベルの数値との比較を行なった。



図8. 中和滴定の様子

指示薬で色をつけた日本酒に水酸化ナトリウム水溶液を滴下すると、色が変わっていく。

(サンプル名)	滴定前	滴定後	使った水酸化ナトリウム水溶液(mL)
	_____	_____	★ _____
	酸度 = ★ _____	×	(F) 0.22 = _____
(サンプル名)	滴定前	滴定後	使った水酸化ナトリウム水溶液(mL)
	_____	_____	★ _____
	酸度 = ★ _____	×	(F) 0.22 = _____

図9. 酸度導出用ワークシート

ビュレットの目盛りの値と水酸化ナトリウム水溶液の使用量を記入すると、酸度が導出できる。水酸化ナトリウム水溶液は事前に調製し、ファクター(F)の値をワークシート内に記載した。

3-4-2. 実験結果と考察

用意した日本酒A～Dについて、ラベルに書かれていた日本酒度および酸度は以下の通りである。参考に日本酒Aの裏面のラベルを図10に示す。

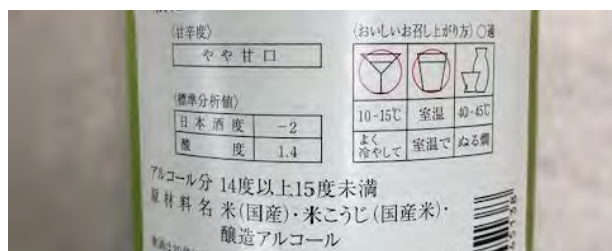


図10. 日本酒Aの裏面のラベル

標準分析値として日本酒度と酸度が書かれている。

参加者数と実験時間の都合で試料ごとのデータの数異なるため単純な比較はできないが、参加者の実験結果は表1のようになった。

試料	公称 酸度	平均酸度 (実験値)	実験 回数	標準 偏差
A	1.4	1.26	9	0.08
B	2.8	3.13	10	0.16
C	4.5～5.5	4.45	2	1.45
D	2.0	1.9	1	-

表1. 実験結果(小数第3位を四捨五入)

比較的たくさんのデータが集まった日本酒A、Bに着目すると、どちらも参加者間で数値の大きなばらつきはなく、ラベルの酸度と近い値が導出された。酸度の高い試料Cでは、中和に必要な水酸化ナトリウム水溶液の量はビュレットの容量を大きく超えており、滴定の途中で継ぎ足しが必要になってしまったため、実験結果に大きなばらつきが生じてしまった。

また、参加者によってはビュレットをはじめとする繊細な実験器具の操作に戸惑ったことや水酸化ナトリウム水溶液の使用量の目安を伝えていなかったことから滴下するペースが慎重になった結果、一つの実験に時間がかかってしまった。

筆者らが担当した「大人の化学クラブ」で中和の実験を取り上げるのは、2020年度の「洗剤を合成しよう」に続いて二度目であった。洗剤を合成する実験の際はアルカリ性から中性にするということでフェノールフタレイン液の色の変化を観察しながら滴定を行なったが、「中和反応の進行に伴って溶液の色が無色から一度ピンク色になり、再びピンク色が消える」という終点を見極めるのが難しい実験であった。

BTB溶液では、黄色から緑色に変わる瞬間の見極めが難しく、参加者にとってはどの色を終点とするかという判断に個人差があったようである。

5. 振り返り

日本酒度計の工作では、薬包紙を丸めてろうのような形を作ってストローにセットし、ホッチキスの芯を丸めたおもりを少しずつ入れていくというとても細かい作業があり、参加者が苦勞している様子がみられた。もう少し大きなスケールで作れるとよいのだが、その場合はガムシロップの量を増やさなければ水の場合との差が分かりづらいなどの課題もある。

日本酒の味わいを化学で味わうというテーマで実施したため、やはり試飲ができればもっとよかったという声が複数あった。ノンアルコールでもよいので実際に飲むパートを交えて実施するという方法があると思った。例年、講義メインの前半・化学実験の後半という2つのパートに分けて実施しているが、もう少し手を動かして実験をしたいという声も聞かれる。そこで試飲のパートを加え、味覚を使って日本酒の味わいを体感しながら学ぶというのも有効な手段であると考えている。

6. おわりに

科学館で実施される日本酒にまつわるイベントというのは他に例がなく、反響もあったことから2023年度の同事業も継続してこのテーマで実施することに決定した。今回実施して感じた点や参加者からのフィードバックをふまえて、次年度は酒造会社とのコラボレーションで試飲のパートを設けるなどの挑戦的な試みも視野に入れながら、この事業をさらに発展させて実施したいと考えている。

7. 参考文献

和田美代子・高橋俊成「日本酒の科学 水・米・麴の伝統の技」(ブルーバックス)、講談社、2015年

中村春紫「日本の伝統 発酵の科学 微生物が生み出す『旨さ』の秘密」(ブルーバックス)、講談社、2018年

秋山裕一「日本酒」、岩波新書、1994年

秋山裕一「酒造りの不思議」(ポピュラー・サイエンス)、裳華房、1997年