



科学の甲子園ジュニア 全国大会

実技競技①「酵素の濃度を決める」

解答例と解説

解答用紙 A

【問題1】

最も濃度が高いのは [B], 次に濃度が高いのは [C] であり、最も濃度が低いのは [A] である。

【問題2】

酵素濃度が1番高い液と2番目に高い液の濃度比は [2 : 1]

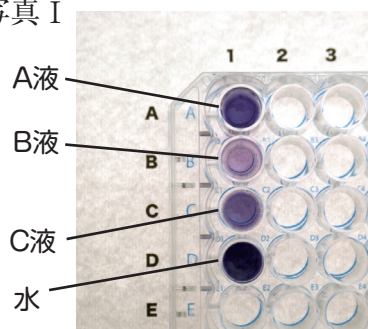
酵素濃度が2番目に高い液と3番目に高い液の濃度比は [4 : 1]

解答用紙 B

【問題1】

- 写真が貼付され、被写物の内容について説明を加えているかどうか。(例・写真I)

写真 I



酵素溶液A B Cを等量ずつ、デンプン溶液に入れて、30秒後にヨウ素溶液を入れ、ヨウ素デンプン反応の色を観察すると、Bが一番薄く、次いでCとなり、Aが一番濃い色となった(写真I)。従って、酵素の働きが一番強いのがBで、次がC、一番弱いのがAとなる。このことから、酵素の働きが盛んなBの酵素液が濃度が一番高く、次がCとなり、Aの濃度が一番低くなる。

実技競技①

- ・ 説明は、写真に直接書き込まれているか、内容の分かる図を併記しているか。写真中に結果の説明を加えているか。
- ・ 説明の無い写真が貼付されている場合は加点の対象としない。
- ・ 説明が不十分の場合はマイナスとする。(例:「酵素」とだけ書いてどの酵素か判別できない, 2列のセルの中央に書いて, どちらの列についての説明か分からない, など)

【問題2】

2つの比について, それぞれ以下の内容で採点する。

《酵素の希釈についての説明》

酵素の希釈について, 操作したことが具体的に示されているか。

たとえば次のような表が書かれていればよく, 表でなくても操作内容が正しく書かれていればよい。

「酵素Bの希釈」

	酵素	加える水	合計
1/2	100 μL	100 μL	200 μL
1/4	50 μL	150 μL	200 μL
1/6	33 μL	167 μL	200 μL
1/8	25 μL	175 μL	200 μL
1/10	20 μL	180 μL	200 μL

実技競技①

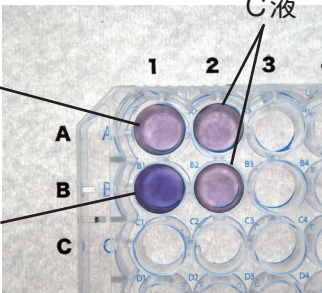
- ・ 合計欄は無くても、サンプル間で全量を揃えていることが読み取ればよい。
- ・ 具体的な量が示されず比だけ示されている場合、希釈が正しく行われたことが読む人にわかりやすく説明されていないので、マイナスとする。
- ・ 希釈の計算が間違えている場合（例えば、酵素 10 μL と水 190 μL で 1/10 としている、合計が 200 にならない、等）、マイナスとする。

《実験結果の説明》

(写真と説明文の要件については問題 1 と同じ。以下再掲)

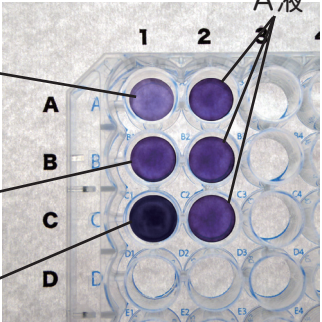
- ・ 写真が貼付され、被写物の内容について説明を加えているかどうか、(例・写真Ⅱ、Ⅲ)。

写真Ⅱ



「B : C」については、酵素濃度の高い B を $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ に希釈したものと、希釈しない C の酵素液を等量ずつデンプン溶液に入れ、デンプンの分解の様子を観察した。その結果、B を $\frac{1}{2}$ に希釈したときのヨウ素デンプン反応と希釈しない C のヨウ素デンプン反応が同じ色を示した (写真Ⅱ)。そのことから、B は C の 2 倍の高さの濃度であることがわかり、B : C は 2 : 1 と判断した。

写真Ⅲ



「C : A」については、酵素濃度の高い C を $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$ に希釈したものと、希釈しない A の酵素液を等量ずつデンプン溶液に入れ、デンプンの分解の様子を観察した。その結果、C を $\frac{1}{4}$ に希釈したときのヨウ素デンプン反応と希釈しない A のヨウ素デンプン反応が同じ色を示した (写真Ⅲ)。そのことから、C は A の 4 倍の高さの濃度であることがわかり、C : A は 4 : 1 と判断した。

- ・ 説明は、写真に直接書き込む、内容の分かる図を併記する、のどちらでも可。写真中に結果の説明を加えるのも可。
- ・ 説明の無い写真が貼付されている場合は加点の対象としない。
- ・ 説明が不十分の場合はマイナス (例：「酵素」とだけ書いてどの酵素か判別できない、2 列のセルの中央に書いて、どちらの列についての説明が分からない、など)
- ・ 写真に基づき、解答用紙 A の答えを導き出したことが論理的に説明されているかどうか。ただし実験手法を間違えている場合は加点しない。
- ・ 実験手法を間違えていることが明らかな場合は加点しない。例えば、「比較するセルの間で、用いたヨウ素液やデンプン水溶液の量、濃度が違う」「酵素反応時間が互いに違う」「酵素の希釈により酵素液量が大幅に異なっている」など。

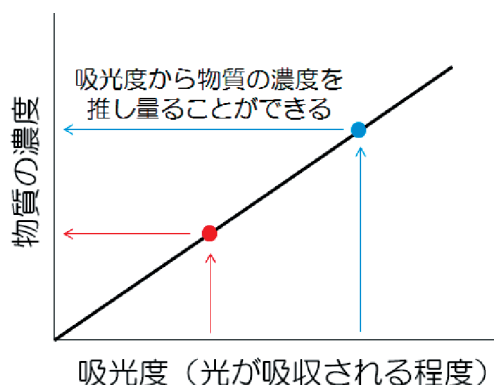
その他の配点対象

- ・ ガラス器具や微量ピペッターを破損した場合、溶液を床に大きくこぼした場合、減点対象とする。

解説

今回、皆さんはヨウ素デンプン反応によってアミラーゼ溶液の濃度を定める作業を行った。この「物質の濃度を定める」という作業は、私たちの日常生活ではあまりなじみがないと感じるだろう。しかし日常生活に関係がないかというと、決してそうではない。例えば皆さんは水道水を飲んだことがきっとあるだろう。水道の水を安心して飲めるというのは、実はそう当たり前のことではない。水道水がそのまま飲める国は世界でわずか13カ国しかないのである（平成16年・国土交通省資料）。皆さんが水道水を安心して飲めるようにするため、欠かさず行われているのが「水質検査」だ。水道水の水質検査とは、体に取り込まれると害を及ぼすような物質が一定基準より少ないこと、つまり一定の濃度よりも低いことを確かめる検査である。検査項目は全部で51あり、厚生労働省のウェブサイト「水質基準項目と基準値」に載っているので興味のある人は確かめてみるといい。このうち45項目の物質について基準濃度が決められている。このような濃度測定を通して水道水の安全性が確かめられ、安心して飲むことができる。水道水の他にも、食物に残った農薬（残留農薬）、食器から染み出す化学物質など、様々なものについて濃度が調べられて、それが一定基準以下になるように管理されている。このように、物質の濃度を定める作業は、私たちの生活に密着している。

では、濃度はどのようにして決めるのだろうか。長さや重さを測るのとは異なり、濃度を直接測ったり比較したりすることは簡単ではない。よく用いられる方法は、光が吸収される度合いを測ることである（あるいは光が通り抜ける度合いを測るといってもいい）。水の中にある物質が溶けていることにより、光が通りぬける程度が変わることがある。これは物質が光を吸収していると考え、その度合いのことを「吸光度」と呼ぶ。物質により赤色だったり青色だったり、吸収される色にも特徴がある。この方法が優れている点は、物質の量が2倍になれば吸収される程度も2倍になるというように、吸光度から物質の量を測ることができることである。

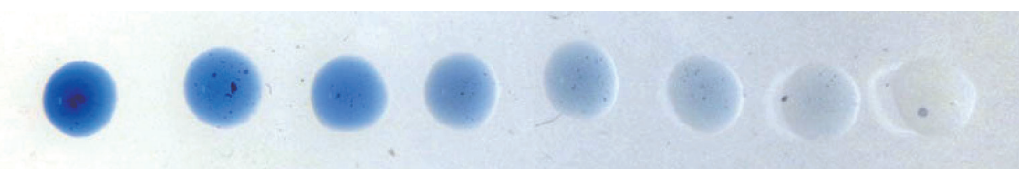


吸光度と濃度の関係と正確に求めるには「対数」という数字の取り扱いをしなければならないが、ここでは、「吸光度から濃度を求めることができる」という点に重点を置き、やや簡略して示している。

実技競技①

この方法で調べることができるのは吸光度であり、物質の濃度を直接測定する訳ではない。しかし、濃度がすでに分かっている物質（例えば1 g / L など）の吸光度を調べれば、物質の濃度と吸光度の関係が分かり、他の溶液についても具体的な濃度を求めることができる。このように、濃度がすでに分かっており、他の溶液の濃度を測定するために用いられる液のことを標準液と呼ぶ。

今日のテーマであるヨウ素デンプン反応では、デンプンにヨウ素（ヨウ素分子）を加えることにより無色だったデンプンが青紫色に発色する。この発色の程度はデンプンの濃度により異なるので、発色の程度から濃度の高低を比べることができる。なお「吸光度」と「発色」の関係について混乱したかも知れない。ヨウ素を加えたデンプンが青く見えるのは、青色光を吸収して青く光っているのではない。吸収されたのは青色以外の光で、青色光は比較的吸収されずに残ったから青く見えるのだ。つまり、青く「発色」して見えるのは青以外の光が「吸光」されたから、ということである。



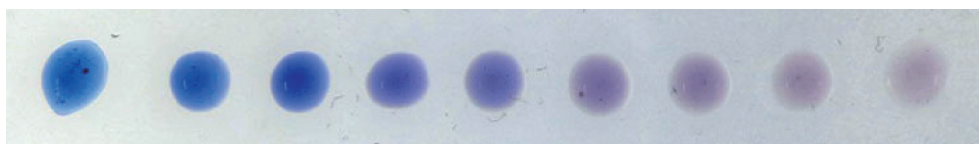
デンプンの濃度によるヨウ素デンプン反応の発色の違い。右隣のデンプン溶液は左側の1/2の濃度である。加えたヨウ素液の量はどれも同じである。右端はデンプンを含まない水にヨウ素を加えたもの。

今回は、デンプン溶液の濃度を調べるのではなく、デンプンを分解する酵素であるアミラーゼの濃度を調べるのが課題である。しかしヨウ素デンプン反応の仕組み自体は変わらない。そこで、「2種類の酵素溶液を用いてデンプン溶液に加え、デンプンを分解し、残ったデンプンをヨウ素デンプン反応により検出する」という作業を行う。酵素液の液量、デンプン液の液量、ヨウ素液の液量、反応させる際の温度をそろえ、異なるのは酵素液の種類だけ、という条件にする。ヨウ素デンプン反応の発色が全く同じであれば、残ったデンプンの量（濃度）が同じだということになる。ということは分解されたデンプンの量も同じであり、つまり、酵素の濃度が同じだったということである。もしヨウ素デンプン反応の色が濃ければ分解されたデンプンが少ないので酵素液の濃度が低かった、反対に色が薄ければ分解されたデンプンが多いので酵素液の濃度は濃かった、ということになる。このようにしてアミラーゼ酵素の濃度の高低を割り出すことができる。ただし、酵素液の濃度に差がある場合でも、デンプン溶液の濃度、ヨウ素液の濃度、デンプン溶液と酵素液を混ぜるときの比などが適切でなければ、ヨウ素デンプン反応の発色の違いがうまく出ないこともある。また、デンプンを分解する反応は時間とともに進んでいくので、比較する2つのサンプルは同時刻に反応を開始したものでなければならない。そういった点が問題1で試される。

実技競技①

問題2では、濃度の高低を求めるだけでなく、濃度比を求める実験が必要となる。判断の材料となるのはやはりヨウ素デンプン反応の発色である。この発色の違いから酵素濃度の比を直接割り出すことはできないが、問題1と同じように考えればよい。つまり、「2種類の酵素溶液を用いてデンプン溶液に加え、デンプンを分解し、残ったデンプンをヨウ素デンプン反応により検出する」という作業を行い、ヨウ素デンプン反応の発色が全く同じであれば、酵素の濃度が同じだということである。そこで、2種類の酵素液のうちの濃いほうを薄めて用い、上に書いた実験を行ってヨウ素デンプン反応の結果が薄いほうの酵素液と同じになれば、その薄め具合から濃度比を求めることができる。

ところで、問題1、問題2の実験を行うなかで、皆さんはヨウ素デンプン反応による発色が、色の濃度だけではなく色合い（色相）が異なる場合もあることに気付いただろうか。



さまざまな濃度の酵素液でデンプンを分解させた後、ヨウ素液を加えてヨウ素デンプン反応を行った。右隣の溶液は左側の2倍の濃度のアミラーゼ溶液を用いている。左端はアミラーゼ溶液の代わりに水を用いた。前ページの写真と比べ、発色の違いを確かめてほしい。

ヨウ素デンプン反応の色は、典型的には青紫色だが、デンプンの状態により色合いが異なることが分かっている。デンプンは数十個から数百個（あるいはそれ以上）の糖が長い鎖のような繋がった形をしており、アミラーゼ酵素はこの鎖を短く切っていく、最終的に糖に分解する。しかしアミラーゼ酵素によってデンプンがただちに糖になるのではなく、徐々に、短く切られていくのである。この時、デンプンの鎖の長さによってヨウ素デンプン反応の色合いが異なる。青紫～紫～赤紫と変化し、鎖の長さが20以下になると褐色に、さらに短くなると無色になる。デンプンの有無を調べる簡単な方法として小学校でも学習するヨウ素デンプン反応だが、実は奥が深いことを分かっていたただけだろうか。

ヨウ素液は、一昔前はうがい薬としてたいてい家庭に置いていたものだが最近は少なくなっているようだ。しかし今でも薬局にいけば売られている。ヨウ素デンプン反応の色合いは、上に書いた「鎖の長さ」以外の理由でも違うことが分かっている。簡単に調べることができ、しかし奥の深いヨウ素デンプン反応はサイエンスの入り口だ。こんなところにもサイエンスはある。ぜひこの問題をきっかけにして、身近なサイエンスを探して楽しんでほしい。