



第10回 科学の甲子園 全国大会

実技競技② 「Xの正体を暴け！」 ～アスコルビン酸と有機酸 X の滴定～

問題

(競技時間 100 分)

■注意事項

1. 指示があるまでは、冊子を開かないこと。
2. 筆記用具と時計以外(携帯電話や外部と接続可能なスマートウォッチ等の電子機器を含む)は机上に置かないこと。
3. 競技開始の合図で、まず冊子の全ページが印刷されていることを確認すること。競技中に冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁に気づいたときは、手を挙げて監督に申し出ること。次に、「解答用紙」の所定の欄に、学校名と番号、学年、氏名を記入すること。「解答用紙」の2枚目以降には、学校名と番号を記入すること。
4. 競技を始める前に、試薬や器具類がすべてそろっていることを確認し、過不足や不具合があった場合は、監督に申し出ること。実験により不足した場合の補充は原則として行わない。
5. 試薬や器具類の取り扱いには十分に注意すること。実験中は必ず白衣、保護メガネを、また、必要に応じて実験用手袋を着用すること。
6. 怪我や体調不良、試薬が大量に体につくなどトラブルが生じた場合は、すぐに手を挙げて監督に知らせること。トイレに行くときも同様である。
7. 解答はすべて解答用紙に記入すること。
8. 競技中の質問は受け付けない。
9. 競技終了の合図まで、監督の許可なしに、会場の外に出ないこと。
10. 競技終了後、冊子はすべて回収する。

原子量ならびに分子量は次の値を用いよ。

H 1.00 C 12.0 O 16.0 I₂ 254 アスコルビン酸 176

【はじめに】

みなさんの手元にある白色粉末は、C、H、O原子から成る未知の有機酸Xとアスコルビン酸が1：1，1：2，2：3，3：2などの簡単な質量比で混合されたものである。

有機酸Xは分子量が100～200の間にあり、分子内にカルボキシ基(-COOH)を2個持つことがわかっている。

アスコルビン酸は弱酸の一種であり、ビタミンCとして知られている。また、還元剤としてもはたらき、食品添加物である酸化防止剤として身近な飲料などに利用されている。図1にアスコルビン酸の主な反応を示す。

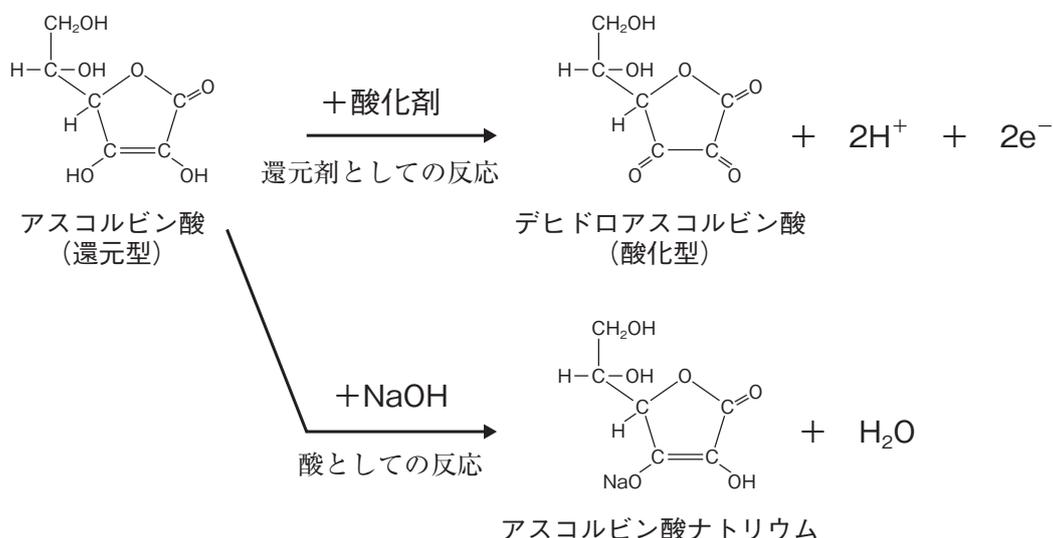


図1 アスコルビン酸の主な反応

この競技は、決められた時間内に決められた器具・薬品を用いて実験を行い、未知の有機酸Xの構造を推定することを目的とし、実験の技能や精度、考察力を競う。

実験の目的は次の①～③の要素で構成される。

- ① 酸化還元滴定により、はかりとった白色粉末中に含まれるアスコルビン酸の質量を求める。
- ② アスコルビン酸の質量より、有機酸Xの質量の割合を決定し白色粉末の混合比を求める。
- ③ 中和滴定により、有機酸Xの分子量を求め構造式を推定する。

①～③を果たすために以下【実験1】～【実験3】を行うが、必ずしも順番に行う必要はない。入念な実験計画とチームワークで、実験の効率と精度を高める工夫が求められる。

実験上の注意点

- 使用するホールピペットの選択は各チームで考えること。ホールピペットは以下の操作で使用する。

【実験1】：コニカルビーカーに水溶液を移す操作

【実験2】【実験3】：コニカルビーカーに水溶液を移す操作，メスフラスコを用いて白色粉末水溶液を調製する操作

- 白色粉末水溶液を調製する際に使用する白色粉末の量は各チームで考えること
- メスフラスコ，ホールピペットについて，標線まで水溶液をはかりとったときの体積は以下の値として計算すること
 - 100 mL メスフラスコ → 100.0 mL
 - 10 mL ホールピペット → 10.00 mL
 - 5 mL ホールピペット → 5.00 mL

【実験1】

チオ硫酸ナトリウム水溶液(容量分析用標準液，濃度 2.000×10^{-1} mol/L，濃度はそのまま計算に用いてよく，標定する必要はない)を用いて酸化還元滴定を行い，用意された 100 mL の希ヨードチンキ(100 mL あたり約 3 g のヨウ素が含まれている)のヨウ素濃度を決定する。なお，指示薬はデンプン水溶液とする。ヨウ素デンプン反応はヨウ素が過剰に存在するとき起こる。チオ硫酸ナトリウム水溶液，希ヨードチンキは薄めずにそのまま使用すること。ヨウ素とチオ硫酸イオンの半反応式を以下に示す。



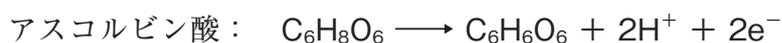
問1 行った実験操作を解答用紙にまとめよ。

問2 滴定を3回行い，滴定量の平均値〔mL〕を求めよ。滴定前後のビュレットの目盛についても記入すること。滴定回数は減らしてもよいが，回数が少ないと結果の信頼性に影響することに注意せよ。

問3 希ヨードチンキのヨウ素濃度〔mol/L〕および，100 mL あたりのヨウ素の含有量〔g〕を求めよ。計算過程も書け。

【実験2】

【実験1】でヨウ素濃度を決定した希ヨードチンキを用いて酸化還元滴定を行い、白色粉末中に含まれるアスコルビン酸の質量を決定する。なお、指示薬はデンプン水溶液とし、ヨウ素デンプン反応はヨウ素が過剰に存在するときに起こる。ヨウ素とアスコルビン酸の半反応式を以下に示す。有機酸Xは、ヨウ素では酸化されないためこの反応には関与しない。



問4 行った実験操作を解答用紙にまとめよ。白色粉末の水溶液の名称は「白色粉末水溶液」とする。

問5 滴定を3回行い、滴定量の平均値〔mL〕を求めよ。滴定前後のビュレットの目盛についても記入すること。滴定回数は減らしてもよいが、回数が少ないと結果の信頼性に影響することに注意せよ。

問6 用意された白色粉末中のアスコルビン酸と有機酸Xの質量比を求めよ。計算過程も書け。

【実験3】

水酸化ナトリウム水溶液(容量分析用標準液, 濃度 2.000×10^{-1} mol/L, 濃度はそのまま計算に用いてよく, 標定する必要はない)を用いて中和滴定を行い, 有機酸 X の分子量を決定する。この滴定ではアスコルビン酸と有機酸 X の両方が中和されること, アスコルビン酸が, 事実上 1 価の酸としてはたらし, 有機酸 X が 2 価の酸であることに注意せよ。なお, 水酸化ナトリウム水溶液は薄めずにそのまま使用すること。

問7 行った実験操作を解答用紙にまとめよ。白色粉末の水溶液の名称は「白色粉末水溶液」とする。

問8 滴定を 3 回行い, 滴定量の平均値 [mL] を求めよ。滴定前後のビュレットの目盛についても記入すること。滴定回数は減らしてもよいが, 回数が少ないと結果の信頼性に影響することに注意せよ。

問9 有機酸 X の分子量を求めよ。計算過程も書け。

問10 有機酸 X として考えられる構造式を 3 つまで書け。問9で求めた分子量で構造式が書けない場合は, 自分たちなりの仮説をたててよい。ただし, 立体異性体(光学異性体や幾何異性体)は区別しなくてよい。

問11 この実験について自由に考察せよ。考察テーマの例を下記に示すが, これらに限定しない。また, 複数のテーマを取り上げてもよい。

[考察テーマの例]

- 問10 について, 有機酸 X の構造式を特定するためにはどのような実験を行えばよいか
- 今回の実験で考えられる誤差
- 実験方法の改善

採点および順位の決定方法について

1. 本競技では、【実験1】～【実験3】の結果をもとに、解答用紙に記載された実験記録と考察、および問1～問11の解答を240点満点で総合的に評価する。
2. 合計得点が1位または2位のチームが複数ある場合には、問11の得点が高い方のチームを上位として1位、2位を決定する。
3. 上記によっても決まらない場合には、問9の得点、問10の得点の高い順に評価して、1位、2位を決定する。
4. 3位以下は同順位のままとする。