

2018 年版

高校生ものづくりコンテスト化学分析部門

ブロック大会標準テキスト

(中和滴定編)

2018. 1

日本工業化学教育研究会

高校生ものづくりコンテスト化学分析部門研究委員会

## 中和滴定編テキストの制作にあたって

日本工業化学教育研究会 会長  
静岡県総合教育センター 所長 塩崎 克幸

日本工業化学教育研究会の皆様には、日頃より本会の運営並びに工業化学教育の充実・発展に御尽力いただき、心から感謝申し上げます。

本会では、高校生ものづくりコンテスト全国大会における諸課題の解決を図り、化学分析競技の一層の改善・充実に資するため、平成25年7月の全国大会宮城大会にあわせて「ものづくりコンテスト化学分析部門研究委員会」を発足いたしました。そして、この研究委員会を中心に、高校生ものづくりコンテストにおいて、安全に配慮した精度の高い化学分析が行われるとともに、審査や運営が一定の根拠や基準のもとで進められ、各大会がさらに透明性の高い、教育的にも意義深いものとなるように「ブロック大会標準テキスト」の制作に取り組んでまいりました。

その結果、蜂須賀豊会長、鈴木千明委員長はじめ研究委員の皆様のご多大な御努力によって、平成27年秋には、キレート滴定法の標準テキストが完成し、会員の皆様に配布することができました。爾来、全国大会はじめ多くのブロック大会等において、本テキストを参考に競技が運営され、化学分析競技の一層の改善が図られることとなりました。

そして、キレート滴定法標準テキストの完成を受け、平成27年度後半からは、手良村知央委員長のもとで、中和滴定法の標準テキストの制作に向けて研究委員会及び研究小委員会を組織し、委員の粉骨砕身の御努力によって精力的に編集作業が進められ、この度、中和滴定法のテキストが完成し、各地区に配布することができます。手良村知央委員長はじめ研究委員の皆様、さらには御意見をお寄せいただいた本会役員並びに会員の皆様のご御尽力に御礼申し上げます。

さて、翻って考えれば、4年余に及ぶこれらの取り組みはテキスト制作そのものが目的ではなく、言うまでもなく、高校生ものづくりコンテスト化学分析競技の一層の改善・充実にあります。2つのテキストが会員の皆様の実践をとおしてより良いものとなり、各地区大会、ブロック大会そして全国大会等における標準として定着することで、競技に臨む生徒だけでなく工業化学を学ぶ生徒の化学分析の技術・技能の向上に寄与し、工業化学教育の進展につながるものと確信しています。中和滴定編テキストの完成にあたり、会員の皆様の一層の御理解と御協力を切にお願い申し上げます。

## 目 次

- 第1節 食酢中の酢酸の定量方法
  - 1. 0.1mol/L 水酸化ナトリウム溶液の調製
  - 2. 0.1mol/L 塩酸標準溶液の調製
  - 3. 水酸化ナトリウム溶液の標定
  - 4. 食酢中の酢酸の定量
- 第2節 標準的な準備器具及び試薬等
- 第3節 補足説明
  - 1. 食酢の定義
  - 2. 水酸化ナトリウム溶液の調製
  - 3. 塩酸標準溶液の調製
  - 4. 水酸化ナトリウム溶液の標定
  - 5. 食酢中の酢酸の定量
  - 6. 試料原液(食酢)の希釈

## 参考資料

- I. Warder 法と Winkler 法、分析方法
- II. 塩酸溶液の調製と炭酸ナトリウム標準溶液による塩酸溶液の標定
- III. 比重を用いた酢酸含有率(質量パーセント)の求め方
- IV. ラベルの例
- V. 実験注意すべき内容
  - (1). 作業態度
  - (2). 技術度
  - (3). 完成度・結果
- VI. 使用器具等
- VII. Q&A

## 本編の使い方について

本編は中和滴定に関する内容の記載を行う。実験の心得、ガラス体積計の使用方法など次の内容については、キレート滴定法の標準テキストを参照のこと。

- 実験を行うに際し安全や精度に対する操作で配慮すべき内容 「キレート滴定編」参照
  - 1. 作業態度
  - 2. 技術度
  - 3. 完成度・結果
- ガラス体積計の使用方法 「キレート滴定編」参照
  - 1. ビュレット
  - 2. ホールピペット
  - 3. メスフラスコ
- 補足説明—ガラス器具の取扱い 「キレート滴定編」参照
- 補足説明—ガラス器具の検定方法 「キレート滴定編」参照

## 第 1 節 食酢中の酢酸の定量方法

水酸化ナトリウム溶液を調製し、塩酸標準溶液を用いて標定する。

標定した水酸化ナトリウム標準溶液を用いて食酢中の酢酸含有率（質量パーセント）を求める。

ただし、食酢中に含まれる有機酸は、全て酢酸とみなして定量するものとする。

薬品や器具の使い方を理解し、それらの特性を生かした操作になるよう配慮すること。

### 1. 0.1mol/L 水酸化ナトリウム溶液の調製

- (1) 沸騰させた後に手早く室温まで冷却した二酸化炭素を含まない純水約 270mL を用意する。
- (2) 上皿天秤と時計皿等を用いて、粒状の水酸化ナトリウムを約 1.1g 量り取る。
- (3) 二酸化炭素を含まない純水で粒の表面を洗浄した後、二酸化炭素を含まない水を用いてビーカー中で水酸化ナトリウムを溶解する。
- (4) 全量が 250mL になるように二酸化炭素を含まない水で調製し、試薬びんに移す。

### 2. 0.1mol/L 塩酸標準溶液の調製

- (1) 1mol/L 塩酸標準溶液を 10 倍希釈して 0.1mol/L 塩酸標準溶液とする。

### 3. 水酸化ナトリウム溶液の標定（アルカリ標定）

- (1) ビュレットを 0.1mol/L 塩酸標準溶液で共洗いした後、目盛りを 0.00mL に合わせる。
- (2) 水酸化ナトリウム溶液をホールピペットでコニカルビーカーにとり、メチルオレンジ指示薬を加える。
- (3) 0.1mol/L 塩酸標準溶液で滴定し、終点を求める。
- (4) 調製した水酸化ナトリウム溶液の濃度を計算により求める。

### 4. 食酢中の酢酸の定量（酸標定）

- (1) ビュレットを 0.1mol/L 水酸化ナトリウム標準溶液で共洗いした後、目盛りを 0.00mL に合わせる。
- (2) 試料となる食酢(以後、試料原液と呼ぶ)の適量を液量計(メートルグラス)等で採取し、秤量びんを用いて試料原液を採取した質量を精秤する。
- (3) 試料原液をメスフラスコに移し、純水で標線まで薄め、試料溶液とする。
- (4) 調製した試料溶液をホールピペットでコニカルビーカーにとり、フェノールフタレイン指示薬を加える。
- (5) 水酸化ナトリウム標準溶液を用いて滴定し、終点を求める。
- (6) 試料原液(食酢)中の酢酸の含有率(質量パーセント)を計算により求める。酢酸の含有率は、器具、滴定量等の桁数により、適切な有効数字となるようにする。

## 第 2 節 標準的な準備器具及び試薬等

## 1. 実験室内 2 か所に準備の場合

品 名	規 格	数	備 考
電子上皿天秤	0.1 g	2	
電子化学天秤	0.1mg	2	校正済であること
廃液用タンク		1	
純水用タンク		1	
ゴミ箱	大	1	
薬さじ	中	2	
スポイトびん	白(=透明)	2	フェノールフタレイン指示薬用
スポイトびん	茶	2	メチルオレンジ指示薬用
冷却用水			

## 2. 各競技者に準備

品 名	規 格	数	備 考
1mol/L 塩酸標準溶液用試薬びん	100 mL 程度		人数分必要,PE 製,密栓できるもの
試料原液配付用試薬びん	100 mL 程度	1	食酢配付用,ガラス製で密栓できるもの*
液量計(メートルグラス)等	20mL	1	食酢採取用(口が広く採取しやすいもの)
ビュレット	クラス A 50mL	1	
ホールピペット	クラス A 25mL	1	TD
メスフラスコ	クラス A 250mL	1	食酢溶液調製用
秤量びん(はかり瓶)	食酢 20mL ± 10%採取可能	1	恒量になったものをデシケータ内に保管 φ 40×40(H)~, φ 50×30(H)~, (φ 30×50(H))
時計皿	φ 120mm 位	1	二酸化炭素を含まない水用,耐熱ガラス製
時計皿等	φ 60~80mm 位	1	水酸化ナトリウム採取用
ビーカー	1000mL	1	冷却・廃液用プラスチック製可
ビーカー	500mL	1	
ビーカー	300mL	1	
ビーカー	100mL	2	
コニカルビーカー	300mL	3	
駒込ピペット	5mL	1	
ロート	φ 45mm	1	
ガラス棒		1	
試薬びん	250mL	2	塩酸標準溶液,水酸化ナトリウム溶液用,(PE)
洗びん	500mL	1	
安全ピペッター		1	
実験用ワイパー		1	
デシケータ(乾燥ガラス器)	φ 150mm 程度	1	恒量となった秤量びん保管用の乾燥容器
ビュレット台		1	
ピペット台		1	横置 3 本用 程度
ガスバーナー等		1 式	ガスバーナ・三脚・金網・マッチ・耐熱板等
軍手,雑巾,試薬用ラベル 等		1 式	ラベルは 2 枚必要

\*酢酸は揮発性があるので、密栓した場合の内圧に注意する必要がある。

### 第3節 補足説明

中和滴定の方法としては、Warder 法、Winkler 法が知られている。また、醸造酢の定量としては JAS(日本農林規格)に分析方法が公開(独立行政法人農林水産消費安全技術センターHP 参照のこと)されているが、今回は多くの学校で馴染みが深く、過去のものづくりコンテスト全国大会で取り上げられてきた課題を踏襲した。ただ、酢酸は揮発性物質であるため、厳密にいうと正確な酢酸含有量を分析することはできない。また計量基準が定められていないため、計量基準に基づく結果報告書を期待することはできない。酢酸含有値を外部に別注した場合、その値には一定の誤差を含み、分析後も揮発により濃度減少が続いていることを皆が理解したうえで、得られた分析結果を基準とするのが最善である。

標準品以外の器具が使える場合には、揮発による影響を最小限に抑える工夫をすることができる。さらに、空試験を取り入れるなど、誤差を少なくするための操作そのものの工夫も考えられる。いずれにせよ、それぞれの操作の意味を考え、良い結果を得るためにどのようなことができるか常に考えて実験してほしい。

#### 1. 食酢の定義

「食酢」とは消費者庁 内閣府令第十号「食品表示基準」により、醸造酢及び合成酢をいう。

日本農林規格 JAS では醸造酢のみを扱っており、ここでの醸造酢の規格は酸度 4.0%以上とされている。全国食酢公正取引協議会・全国食酢協会中央会によると、JAS マークのない食酢の酸度の規定はなく、醸造酢に酢酸などを加えて調製した合成酢は「食酢」として表現してもよいことになっている。

試料となる食酢は、あらゆる酸度のものが考えられるが、低い酸度の試料では配付する試料容量が多くなり、高い酸度の試料では使用するビュレットの容量が不足することが考えられる。

このため、本テキストでは醸造酢・合成酢を 食酢試料 として扱い、ここに含まれるいろいろな有機酸(酢酸,乳酸,コハク酸,リンゴ酸,酒石酸,クエン酸など)は、全て酢酸とみなし、使用できる器具を駆使して、揮発その他による誤差を極力抑えた定量を行うことを課題とした。

#### 2. 水酸化ナトリウム溶液の調製

##### (1)二酸化炭素を含まない水を得る方法

化学分析に用いる水は、JIS K0050 7.1(a)により、15℃以下を冷水、40℃以上 60℃未満を温水、60℃以上を熱水と分類される。また、二酸化炭素を除いた水を得る操作としては、JIS K0050 付属書 E2(a),K0557 備考 4 により、約 5 分間煮沸して溶存気体及び二酸化炭素を除去した後、空気中の二酸化炭素を遮断して放冷することが記されている。

二酸化炭素を含まない水を得る方法としては、塩化バリウムをマスキング剤として使用する方法もあるが、ここでは限られた器具と競技時間であることを考慮して、短時間の煮沸と氷による冷却、できるだけ二酸化炭素を溶かさないうくはん方法を行うこととした。

このとき、純水の沸騰に用いるビーカーには、時計皿を置き蒸発を防ぐ工夫が必要である。また、加熱にバーナーを用いる場合は、過剰の炎で金網が赤熱していたり、酸素不足でろうそくのような炎にならないように、炎の大きさに気を付けることが必要である。

270mL の水を沸騰させる場合、海外製品に多い全量型の 300mL ビーカーを使用すると吹きこぼれる可能性がある。また、沸騰に用いるビーカーや時計皿は、急激な加熱や冷却による温度変化で割れる可能性があるので注意すること。さらに、水蒸気の蒸発を防ぐために用いる時計皿は、耐熱ガラス製もしくは硬質ガラス製と指定して購入するとよい。

## (2) 水酸化ナトリウムの採取

水酸化ナトリウムは、空気中の水分を吸って溶ける潮解性を示すため、通常の薬抱紙は使用できない。時計皿やビーカーなど、潮解性や後述の水洗を考慮したものを使って採取すること。

また、水酸化ナトリウムは、空気中の二酸化炭素を吸収して炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  を形成しやすいため、水酸化ナトリウム表面に形成された炭酸ナトリウムを洗い流す必要がある。

0.1mol/L 水酸化ナトリウム溶液を 250mL 調製する場合、おおよその採取量は次の式で求められる。(NaOH 1mol の質量を 40.0g とする)

$$40.0[\text{g/mol}] \times 0.1[\text{mol/L}] \times \frac{250[\text{mL}]}{1000[\text{mL}]} = 1.00[\text{g}]$$

表面の不純物を洗い流す作業を行うため、過剰に 1.1g 程度を採取するとよい。

## (3) 水酸化ナトリウム溶液の調製

後に塩酸標準溶液で標定するため、ビーカーの目盛等を用いて、およそ 250mL になるように行えばよい。この際、目的濃度が大きくずれないように配慮すること。

## 3. 塩酸標準溶液の調製

0.1mol/L 塩酸標準溶液を得る方法として、1mol/L 塩酸標準溶液を希釈する方法を用いた。

標準溶液を希釈することで、操作の正確さを評価することができるうえ、経済的にも有利である。

希釈による誤差を確認するために、市販の塩酸標準液などを用いて滴定し、値を校正するとよい。

ただ、塩酸は揮発性があるため標準物質としてふさわしいとはいえ、理想的には JIS K8005 に規定されるアミド硫酸(スルファミン酸)を標準物質として用いるほうがよい。

## 4. 水酸化ナトリウム溶液の標定(アルカリ標定)

## (1) 中和反応の計算式

(塩酸標準溶液)                      (水酸化ナトリウム溶液)

$$n \times c \times V = n' \times c' \times V'$$

n: 塩酸標準溶液の価数[-]

n': 水酸化ナトリウム溶液の価数[-]

c: 塩酸標準溶液の濃度[mol/L]

c': 求める(水酸化ナトリウム)濃度[mol/L]

V: 塩酸標準溶液の体積(滴定量)[mL]

V': 水酸化ナトリウム溶液の体積[mL]

塩酸標準溶液 n=1, 水酸化ナトリウム溶液 n'=1, V'=25.00mL の各値を代入して、

$$\text{NaOH溶液の濃度 } c' = \frac{1 \times c \times V}{1 \times 25.00} [\text{mol/L}]$$

$$\text{NaOH溶液のファクター } F_{\text{NaOH}} = \frac{c'}{0.1000}$$

## (2) メチルオレンジ指示薬

調製法                      メチルオレンジ(JIS K 8893) 0.10[g]を水に溶かして 100[mL]としたもの

変色範囲                      pH3.1(黄みの赤)~4.4(赤みの黄色)

保存方法                      褐色ガラスびんに保存すること

性質                      オレンジの粉末。溶解性; 水 (20°C) 5.2 g/L、アルコール 0.8 g/L    ジアゾ基 (-N=N-) を含む化合物で、片方のベンゼン環にスルホ基が付いている。酸性 (pH 3.2 以下) になると、ベンゼン環と N の間に二重結合ができ、長波長の光

を吸収し橙黄色になる。

<https://www.nacalai.co.jp/information/trivia2/13.html>

注意

0.1mol/L HCl の場合、完全に塩基性色になるまで滴定しないと約 0.2%の誤差を生じる(JIS 使い方シリーズ化学分析の基礎と実際,日本規格協会)。

市販の液体指示薬は濃度が異なるため、事前に予備滴定等で色合いを確認するとよい。

pH 曲線と指示薬の変色域を示した図を参考のこと。

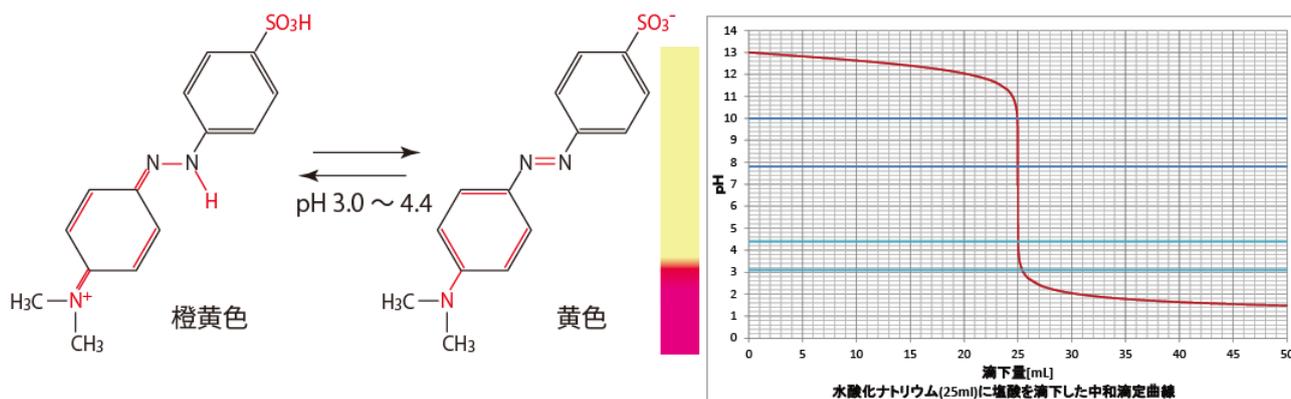


図 pH 曲線(NaOH-HCl)と指示薬の変色域

### (3) 指示薬について

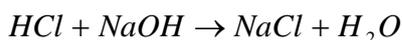
中和滴定の指示薬は、酸と塩基が同量存在する pH はその指示薬の pKa に等しい。

指示薬の使用量については、滴定溶液量の 0.1%程度 2~3 滴を加えるが、加える量が多すぎると変色が見えにくくなり、定量成分の 1/1000 以上になると定量誤差が 0.1%以上となる。

(JIS 使い方シリーズ化学分析の基礎と実際,日本規格協会)

ビュレットの 1 滴が約 0.05mL であることを考慮し、滴定量が約 10mL となる場合の 1/1000 は 0.01mL となる。この場合、指示薬の使用量は加えても 1 滴ということになる。

### (4) 滴定操作と反応式



滴定でかくはんする際には、空気を巻き込まないように注意すること。空気中に含まれる二酸化炭素が溶け込んで滴定結果に影響を及ぼすためである。

メチルオレンジは、呈色域の関係で炭酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$ (pH=5.6)に感じないため、水酸化ナトリウムが吸収した二酸化炭素が炭酸塩( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )を形成することに気を付けたい。混在する炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 量は、水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$ 量として滴定されてしまうため、終点の色はオレンジ色から赤になった橙黄色とするとよい。

適切な終点の色合いを確かめるには、pH=3.5 の溶液もしくは、水酸化ナトリウム標準溶液と塩酸標準溶液を中和するように混ぜた溶液に、指示薬を 1 滴落として確認するとよい。

## 5. 食酢中の酢酸の定量 (酸標定)

### (1) 酸溶液の調製

食酢を希釈する場合は、含有する酸成分の揮発を防ぐため、メスフラスコにあらかじめ水を加えた後に試料溶液を加え、泡が立たないようにゆるやかに かくはん してから標線をあわせること。

秤量びんに食酢を約 20g(20mL 程度)採取すれば、およそ 12.5 倍希釈の食酢溶液が得られる。

25mL のビュレットを使用する場合は、滴定量を考慮して 10g(10mL 程度)採取することも考えられる。

## (2) 食酢の定量について

JAS 醸造酢 第 4 条では、醸造酢の定量方法としてビュレット 25mL の使用を前提として「200 mL 程度の容器に試料 3~10mL(0.5mol/L 水酸化ナトリウム標準溶液が 10~20mL となる試料量とする。)を全量ピペットで正確に量りとり、二酸化炭素を含まない水 100mL を加えて試料溶液とする。」と規定されている。

JAS 醸造酢の分析条件は、入手しやすい 0.5mol/L 水酸化ナトリウム標準溶液を使用し、使用するビュレットにおいて滴定量の読み取り誤差が少なくなるような酸(醸造酢)溶液量を決定しており、誰にでも正確に定量ができることに配慮している。

また JAS では空試験を行うことを前提としているが、二酸化炭素を含まない水に関する操作等の評価がしやすいなどの理由から、空試験の扱いは行わないものとした。

さらに、JAS には「揮発性の酸性物質の揮発を防ぐため、試料採取後 30 分以内に滴定を行うこと」との注意書きが添えられていることを考慮し、酸溶液は栓のできる容器で保管し、開放容器に長時間放置していないことに注意を払う必要がある。いずれにせよ、酢酸が常に揮発し続けていることを考慮して各種操作を行ってほしい。

## (3) フェノールフタレイン指示薬

調製法 フェノールフタレイン(JIS K 8799)1.0g をエタノール(95%)に溶かして、水で 100mL としたのもの: JIS K8001 表 JA.6 指示薬の調製

変色範囲 pH7.8(無色)~10.0(紅色)

性質 小さな白い結晶。溶解性; 水に不溶、アルコールに可溶。融点: 258-263℃。

pH 8.0 でラクトン環が開いて、1つのフェノールがキノン型になり、淡紅色となる。さらにアルカリ側で pH 10.0 になると、もう一つのフェノールがアニオンとなって、濃い紅色となる。(指示薬の濃度が濃いと酸性で白濁する。また、アルカリの濃度が濃い pH =14 付近では色が消えて透明になるが、これは酸・塩基平衡反応ではなく、フェノールフタレインとアルカリの(OH<sup>-</sup>)が反応したためである。pH 曲線と指示薬の変色域を示した図を参考のこと。

注意 市販の液体指示薬は濃度が異なるため、事前に予備滴定等で色合いを確認するとよい。

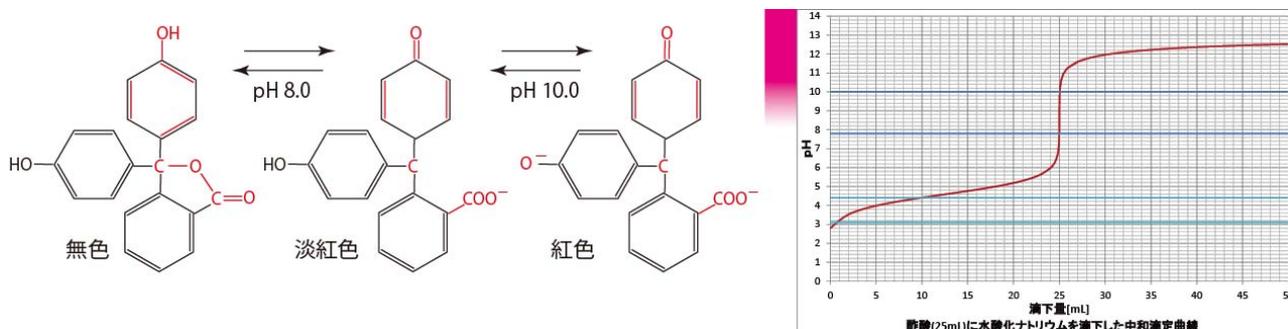
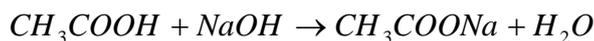


図 pH 曲線(NaOH-CH<sub>3</sub>COOH)と指示薬の変色域

## (4) 滴定操作と反応式

滴定は、空気中に含まれる二酸化炭素が溶け込んで滴定結果に誤差が生じるため、空気を巻き込まないようにゆっくり かくはん すること。

反応式



滴定の終点は、コニカルビーカーを振り混ぜても、かすかに赤い色が残って消えなくなった時とする。

## (5) 計算の例

## a. 中和の式による計算

定量する酸は全て酢酸とみなして計算する。酢酸 1mol の質量=60.05[g]とする。

以下のように計算する。

0.1mol/L 水酸化ナトリウム標準溶液のファクター  $F_{\text{NaOH}}$

0.1mol/L 水酸化ナトリウム標準溶液のモル濃度  $c=0.1 \times F_{\text{NaOH}}$

試料原液採取量(量り取った食酢の質量)  $M_1[\text{g}]$

(水酸化ナトリウム標準溶液) (試料溶液：酢酸希釈液)

$$n \times c \times V = n' \times c' \times V'$$

n: 水酸化ナトリウム標準溶液の価数[-]

n': 試料溶液の価数[-]

c: 水酸化ナトリウム標準溶液の濃度[mol/L]

c': 求める(試料溶液)濃度 [mol/L]

V: 水酸化ナトリウム標準溶液の体積(滴定量)[mL]

V': 試料溶液の体積[mL]

水酸化ナトリウム標準溶液 n=1、試料溶液(酢酸希釈液) n'=1, V'=25.00[mL]を各値として

$$\text{試料溶液(酢酸希釈液)濃度 } c'[\text{mol/L}] \quad c' = \frac{1 \times c \times V}{1 \times 25.00} [\text{mol/L}]$$

$$\text{試料溶液 } 250\text{mL} \text{ 中に含まれる酢酸の質量 } M_2[\text{g}] \quad M_2 = c' \times \frac{250}{1000} \times 60.05[\text{g}]$$

$$\text{試料原液(食酢)中の酢酸含有率 } W(\text{質量パーセント}) \quad W = \frac{M_2}{M_1} \times 100[\%]$$

## b. 当量による計算

0.1mol/L 水酸化ナトリウム 標準溶液 1 mL が、酢酸 何[g]に相当するか等量関係を考える。

反応式  $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$  より、

$$\text{NaOH} : \text{CH}_3\text{COOH} = 1 \text{ mol} : 1 \text{ mol}$$

1 mol/L - NaOH 1000 mL は 60.05g の  $\text{CH}_3\text{COOH}$  に相当する。

0.1 mol/L - NaOH 1 mL は  $0.1 \times \frac{60.05}{1000}$  g の  $\text{CH}_3\text{COOH}$  に相当する。

よって、滴定における 0.1mol/L NaOH 1mL は 0.006005g の  $\text{CH}_3\text{COOH}$  に相当する。

この関係から、滴定に要した NaOH 標準溶液の滴定量 V,  $F_{\text{NaOH}}$ を用い酢酸量  $M_3$ を求める。

$$\text{酢酸量 } M_3[\text{g}] = F_{\text{NaOH}} \times 0.006005 \times V[\text{g}]$$

食酢採取量を  $M_1[\text{g}]$ 、食酢をメスフラスコ 250mL で希釈し、滴定時には希釈した酢酸溶液をホールピペット 25mL で採取しているため、次の関係が得られる。

$$\text{酢酸溶液 } 250\text{mL} \text{ 中に含まれる酢酸の質量 } M_2[\text{g}] \quad M_2 = M_3 \times \frac{250}{25} [\text{g}]$$

食酢中の酢酸含有率 W(質量パーセント)

$$W = \frac{M_2}{M_1} \times 100[\%]$$

## 5. 試料原液(食酢)の希釈について

食酢は、滴定量を適当な値にするため希釈を行う。希釈をすることで、揮発を抑える効果を期待している。希釈倍率をビュレット容量の 1/2 程度の滴定量となるように設定すれば、ビュレットを精度よく使うことができる。また、高酸度の食酢を 25mL のビュレットで滴定する際は、希釈の目安をあらかじめ確かめる必要がある。

最適な希釈率になるように予備試験を行い、おおよその試料原液(食酢)濃度をもとめてみるとよい。

(水酸化ナトリウム標準溶液) (試料原液：食酢)

$$n \times c \times V = n' \times c' \times V'$$

n: 水酸化ナトリウム標準溶液の価数[-]      n': 試料原液の価数[-]  
 c: 水酸化ナトリウム標準溶液の濃度[mol/L]      c': 求める(試料原液)濃度[mol/L]  
 V: 水酸化ナトリウム標準溶液の体積[mL]      V': 試料原液の体積[mL]

この関係から次の手順で予備試験を行う。

- (1) コニカルビーカーに純水を 50mL 程度入れる。
- (2) 試料原液 1mL(V')を駒込ピペットでコニカルビーカーに採取し、かくはんする。  
食酢は揮発性があるので、滴定時にある程度薄めておく必要がある。
- (3) フェノールフタレイン指示薬を加え、水酸化ナトリウム標準液で滴定をする。

水酸化ナトリウム標準溶液 n=1、試料原液(酢酸) n'=1, V'=1mL を各値として

試料原液(食酢)濃度 c'[mol/L]      
$$c' = \frac{1 \times c \times V}{1 \times 1} [\text{mol/L}]$$

ここで得られた食酢濃度から、最適な希釈倍率を求めればよい。

参考までに、ビュレット容量の 1/2 が滴定量となるような希釈倍率 x を求める式を示す。

$$\text{希釈倍数} x = \frac{\frac{\text{ビュレット容量}[\text{mL}]}{2} \times \text{予備滴定の食酢採取量} V'}{\text{本試験の試料原液採取量}[\text{mL}] \times \text{予備滴定の} \text{NaOH} \text{量} V} [\text{倍}]$$

仮に、ビュレット 50mL を使用する場合は次のようになる

$$\text{希釈倍数} x = \frac{\frac{50\text{mL}}{2} \times 1}{\text{本試験の試料原液採取量}[\text{mL}] \times \text{予備滴定の} \text{NaOH} \text{量} V} [\text{倍}]$$

いずれにせよ、各値の有効数字に配慮して、精度よく実験することを心掛ける。

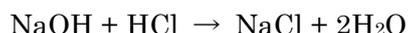
## 参考資料

### I. Warder 法と Winkler 法、分析方法について

#### 1. Warder (ワーダー, ワルダー) 法

水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウム混合物の、二段階定量法である。水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムを混合した水溶液に指示薬としてフェノールフタレインを加え、塩酸標準溶液で紅色が消えたところが第一終点、次の指示薬としてメチルオレンジを加え赤味の黄色になったところを第二終点とする。

第 1 段階 水酸化ナトリウムと塩酸の反応



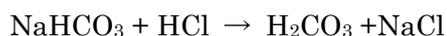
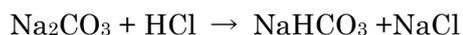
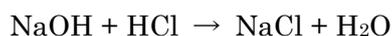
第 2 段階 炭酸ナトリウムと塩酸の反応



この方法は塩基性が強く二酸化炭素を吸収しやすいことと、各指示薬での変色が不明瞭な部分があり、比較的多くの誤差を生じやすい方法である。

#### 2. Winkler (ウインクラー) 法

水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウム混合物の定量法である。まず、メチルオレンジ指示薬を加え、塩酸標準溶液で滴定して全アルカリ量を求める。



これとは別に、水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウム混合物に塩化バリウムを加えた後、フェノールフタレイン指示薬を加え塩酸標準溶液で滴定して試料中の水酸化ナトリウム量を求める。



#### 3. ビュレットに水酸化ナトリウム溶液を入れて食酢を滴定する場合の考察

ワセリン等を塗布したガラス製の活栓の器具では、水酸化ナトリウムは厳禁であったが、近年はテフロン活栓のビュレットが広く普及しているため、最初から水酸化ナトリウム溶液をビュレットに入れて、水酸化ナトリウム溶液の標定と酢酸の定量を行う操作が考えられる。

この場合、器具の洗浄や共洗いなどを省略できるうえ、指示薬に判断のしやすいフェノールフタレインを用いることができ、操作が容易になると考えられる。

今回のテーマでは、テフロン活栓ではないビュレットの使用も想定しており、操作の中で塩酸溶液と水酸化ナトリウム溶液を入れ替えに伴う、洗浄や共洗いなどの技術を評価できるようになっている。

### II. 塩酸溶液の調製と炭酸ナトリウム標準溶液による塩酸溶液の標定

ここでは、濃塩酸を希釈して 0.1mol/L 塩酸溶液を調製し、炭酸ナトリウム標準溶液により標定する方法を記載する。この炭酸ナトリウムを用いた塩酸溶液の標定は、工業高校の実習等でなじみの深いものである。

## 1. 炭酸ナトリウム標準溶液の調製

- (1) 秤量びんを精秤し、無水炭酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 試薬特級以上) を約 1.4g 採取し、再度 精秤する。
- (2) 採取した無水炭酸ナトリウムをビーカーで溶解したのち、250mL のメスフラスコで調製する。この溶液を炭酸ナトリウム標準溶液とし、ラベルを書いて保管しておく

炭酸ナトリウムは吸湿性があるため、JIS ではるつぼで 600°C で約 60 分間加熱し、デシケータ中で放冷したものを使用することとあるが、場合により JIS K 8625 に基づく新品かつ未開封の分析用特級以上の無水炭酸ナトリウムを使用することも可能である。 注 1

純度の低いものや開封済みのものを使用する際は、市販の調整済み標準液などを用いて濃度の値を校正する必要がある。

注 1: 許容範囲をどの程度にするかで判断すること。JIS に準ずる精度が必要な場合は必ず規定の乾燥を行うこと。文献によっては、「るつぼで 260~300°C 30 分間加熱し、デシケータ中で放冷する」との記載がある。どの程度の精度になるかを市販の標準液を用いて校正したうえで、決定するとよい。

## 2. 塩酸溶液の調製と標定

- (1) ドラフトチャンバー中で、濃塩酸 約 4.5mL をビーカーにとり、純水を加えて全量を 500mL に調製し塩酸溶液とする。
- (2) コニカルビーカーに炭酸ナトリウム標準溶液をホールピペットでとり、メチルオレンジ指示薬を加えてビュレットから塩酸溶液を滴下して終点を求める。
- (3) 計算により塩酸溶液の濃度を求め、塩酸標準溶液とする。

濃塩酸を用いて塩酸溶液を調製する場合は、安全を考慮してドラフトチャンバー等の排気設備の利用と、薬品に耐性のある手袋の着用をすること。

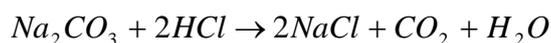
また、より正確な濃度に標定する場合は、市販の水酸化ナトリウム標準液で校正するとよい。

## 3. JIS に基づく塩酸の標定方法

JIS K0102 15.1 に塩酸の標定方法が掲載されている。炭酸ナトリウム標準溶液を用い、メチルレッド・プロモクレゾールグリーン混合指示薬を用いる滴定によるもので、これに基づく塩酸溶液の標定方法を以下に示す。

### A. 原理

炭酸ナトリウム 0.02mol/L- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  標準溶液を用いて塩酸溶液の濃度を標定する。



発生する二酸化炭素が滴定に影響するため、煮沸除去後に滴定するとよい。

### B. 0.05mol/L 炭酸ナトリウム 標準溶液の調製

- (1) JIS K8005 で規定する、容量分析用標準物質の炭酸ナトリウム 1.06g を精秤する。
- (2) 量りとった炭酸ナトリウムをビーカー内で溶解したのち、メスフラスコに移し入れ、水を標線まで加える。

## C. 0.1mol/L 塩酸溶液の調製

(1) JIS K8180 に規定する塩酸 10mL を、あらかじめ水 100mL を入れたビーカーに加えてよくかき混ぜ、水を加えて 1L とする。

(参考) 濃塩酸(質量百分率約 35.0~37.0%, 密度 1.18g/cm<sup>3</sup> により モル濃度は 約 12mol/L)

## D. 0.1mol/L 塩酸溶液の標定

(1) コニカルビーカーに炭酸ナトリウム標準溶液 20mL をとり、メチルレッド・ブロモクレゾールグリーン混合指示薬を 3~5 滴加え、塩酸溶液で滴定する。

(2) 溶液の色が灰紫を呈するようになったら、煮沸して二酸化炭素を追い出し、放冷後溶液の色が灰紫になるまで滴定を続ける。

(3) この操作を 3 回繰り返して、計算により塩酸溶液の濃度を求める。

## E. 計算の例

炭酸ナトリウム溶液の調製量を 200mL とした場合、次のようになる。

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 採取量 M[g]

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1mol の質量 105.99[g]

炭酸ナトリウム標準溶液 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> n=2, V=20.00mL,

未知濃度塩酸溶液 HCl n'=1, 塩酸の滴定量 V' として

$$Na_2CO_3 \text{ の濃度 } c = \frac{M}{105.99} \times \frac{1000[mL]}{200[mL]} [mol/L]$$

$$Na_2CO_3 \text{ のファクター } F_{Na_2CO_3} = \frac{c}{0.05000} [-]$$

$$HCl \text{ の濃度 } c' = \frac{2 \times c \times 20.00[mL]}{1 \times V'} [mol/L]$$

$$HCl \text{ のファクター } F_{HCl} = \frac{c'}{0.1000} [-]$$

## III. 比重を用いた酢酸含有率(質量パーセント)の求め方

比重を用いて試料原液(食酢)の酢酸含有率(質量パーセント)を求めることができる。

(1) その室温(食酢温度)の食酢原液の比重を求める。

(2) 室温にならした食酢原液の適量をホールピペットで採取し、メスフラスコで希釈する。

(3) 希釈したものを試料溶液とし、水酸化ナトリウム標準液で滴定する。

(4) 補足説明 5.(5).a を参考に、中和関係の式から試料原液のモル濃度を求める。

(5) 次の式から酢酸含有率(質量パーセント)を求める。

$$\text{試料原液(食酢)の酢酸含有率} = \frac{60.05[g/L] \times \text{試料原液モル濃度}[mol/L]}{1000 \times \text{試料原液の比重}} \times 100 \quad [\%]$$

## IV. ラベルの例

標定した標準溶液は、保存用容器に移し、次のようなラベルを貼る。塩酸標準液の例を示す。

0.1[mol/L]・HCl			
ファクター	F=		
調製日	年	月	日
標定日	年	月	日
調製・標定者氏名:			

図 ラベルの例

## V. 実験時に注意すべき内容

## 1. 作業態度

## (1) 安全

・会場の指示に従い、準備・片付け・処理を行いましたか
・実習服(白衣)は正しく着用していますか
・作業靴は正しく履いていますか
・実験用タオル(手拭用)を用意していますか
・安全に考慮した身だしなみを整えていますか (炎や巻き込み防止のため、長い髪は後ろで束ねるか、帽子の中にたくし込んでいますか)
・始業前の点検として、器具等を確認していますか
・危険を予知した操作をしていますか
・必要に応じ保護具(メガネや手袋等)を着用していますか

## (2) 実験環境

・廃液の処理は正しく行っていますか
・実験机上は清潔に保っていますか
・雑巾で机上を拭いてから始めていますか
・使用する実験器具は指示に従って洗浄していますか
・整理整頓して実験器具は扱っていますか
・三脚の脚やバーナーなど安全に関わるものは、最初に点検していますか

## (3) 実験マナー

・迷惑行為・危険行為はしていませんか
・水道水を出したままにしていませんか
・試薬等はこぼしていませんか
・こぼした時は適切に後始末をしましたか
・破損した器具は適切に後始末をしましたか
・清掃(ゴミ拾い等)をしましたか。ゴミの処理は適切に行いましたか
・使用した器具は十分に洗浄しましたか(器具に水滴が付着していませんか)
・片付け時、共栓はそのままキャップをしていませんか
・片付け時、秤量びんの共栓をそのままにしておいませんか
・器具の片づけを正しくしましたか

## 2. 技術度

## (1) 器具・機器類

## ア メスフラスコの使用

・メスフラスコを正しく持っていますか
・メスフラスコへ溶液を正しく注いでいますか
・標線合わせは正しくしていますか
・標線合わせをするときに標線下部を手で触っていませんか
・溶液は均一になるまで かくはん していますか

## イ ホールピペットの使用

・ 共洗い処理操作は正しくしていますか
・ 溶液を吸うときは安全ピペッターを使用していますか
・ 溶液は吸い込み口まで吸い上げていませんか
・ 標線合わせは正しくしていますか
・ 標線合わせをする時に標線下部を手で触っていませんか
・ 最後の一滴まで正しく落していますか
・ 液の排出は正しくしていますか

## ウ ビュレットの使用

・ ビュレットが実験機に対して垂直に設置されていますか
・ 共洗い処理操作正しくしていますか
・ 先端の気泡抜きをしていますか
・ ビュレット操作は正しくしていますか
・ ビュレット先端の液滴処理をしましたか
・ 試薬が入った状態では下に受ける容器を置いていますか
・ 正しく目盛りを読んでいますか
・ ビュレットに試薬を入れるときは目線より下で行っていますか

## エ その他の器具や試薬の使用

・ 各器具は正しく取り扱っていますか
・ 溶液をこぼすおそれのあるときはロートを使用していますか
・ ガラス棒を溶液のついた状態で机等に直接置いていませんか
・ 同じ実験用ワイパー(キムワイプ等)で何度も拭いていませんか
・ 器具の汚染防止に配慮していますか (器具の先端は廃液ビーカーに触れていませんか)
・ 洗びんの先端は器具の壁に付けていませんか
・ ガラス棒やピペット、ロート等は転がらないように配慮していますか
・ ビーカーのような注ぎ口になっていない容器から液を注ぐ場合、ロートを使っていますか
・ マッチを擦る場合は着火した炎が相手に向かないように、手前もしくは下に向けて擦っていますか。また、マッチかすの処理は適切ですか
・ ガスバーナーを使用する場合は、事前に調整ねじや栓を確認していますか。また、三脚を置く位置を事前に決定してからビーカー等を載せていますか
・ ガスバーナーを取り扱う場合は、バーナーの原理を考えて適切な炎をつくるよう心がけ、ガスと空気のバランスに気を付けていますか

## (2) 秤量・計量

## ア 試薬の計量

- |                            |
|----------------------------|
| ・取りすぎた（こぼした）試薬は適切に処理していますか |
|----------------------------|

## イ 天秤測定

- |                               |
|-------------------------------|
| ・電子天秤使用前に天秤の水平や扉の開閉等の確認をしましたか |
| ・電子天秤の扉は閉じた状態で測定していますか        |
| ・表示の値が安定してから読み取っていますか         |
| ・秤量びんは皿の中央に置いていますか            |
| ・使用前に天秤のゼロ点の確認をしましたか          |
| ・精秤時に皿の上に薬包紙等を載せて天秤操作をしていませんか |

## ウ 水酸化ナトリウムの秤量

- |   |
|---|
| ・上皿天秤ではかるときは、潮解に配慮した器具を使っていますか          |
| ・上皿天秤ではかるときにこぼしていませんか                   |
| ・一度採取した試薬は試薬びんに戻していませんか(指示された容器に入れるのは可) |

## (3) 試薬・薬品類

## ア 水酸化ナトリウムの調製

- |                                  |
|----------------------------------|
| ・かくはんする際に空気を巻き込まないように配慮しましたか     |
| ・水酸化ナトリウムを溶解したあと、常温になってから調製しましたか |

## イ 試料溶液の調製

- |                                 |
|---------------------------------|
| ・ビーカーに付着した溶液はメスフラスコへ洗い移しましたか    |
| ・秤量びんに付着した試料原液は、メスフラスコへ洗い流しましたか |
| ・揮発に考慮して、あらかじめ少量の水を入れて溶かしましたか   |
| ・かくはん時には泡が出ないように配慮しましたか         |

## (4) 滴定・終点操作

## ア 水酸化ナトリウムの標定(アルカリ標定)

- |                            |
|----------------------------|
| ・かくはんする際に空気を巻き込まないようにしましたか |
| ・半滴処理を行っていますか              |
| ・測定操作は正しく行っていますか           |
| ・終点の色は正しく確認しましたか           |

## イ 酢酸の定量(酸標定)

- |                            |
|----------------------------|
| ・かくはんする際に空気を巻き込まないようにしましたか |
| ・半滴処理を行っていますか              |
| ・測定操作は正しく行っていますか           |
| ・終点の色は正しく確認しましたか           |

## 3. 完成度・結果

## (1) 報告書

・反応式に基づいた計算ができていますか
・酢酸含有率(質量パーセント)を求める計算と根拠が記入されていますか
・結果に単位が記入されていますか
・報告書は見栄えよく記入されていますか
・報告書にその他必要事項が記入されていますか

## (2) 反応式・計算

・反応式は記入されていますか
・標準溶液の濃度は正しく計算されていますか
・標準溶液のファクターは正しく計算されていますか
・水酸化ナトリウムと酢酸の量的関係が記入されていますか
・酢酸含有率(質量パーセント)は正しく計算されていますか

## (3) 誤差考慮

・標準溶液は正しい有効数字で表されていますか
・滴定の平均値は、有効となる 3 つ以上の滴定の値を用い、正しく計算されていますか
・濃度や酢酸含有率(質量パーセント)は正しい有効数字で求められていますか

## (4) 試薬ラベル

・試薬の濃度および名称(化学式)は記入されていますか
・ファクターは記入されていますか
・調製日(年月日)・標定日は記入されていますか
・調製者,標定者の氏名は記入されていますか

## VI. 使用器具等について

液量計(メートルグラス)	液量計には、円錐型、円筒型などの種類がある。円錐形の物は、一般的にメートルグラスとしてよく知られている。旧 JIS R 3505-1983 では、円すい形液量計という表記が見られる。ここでは、食酢を採取しやすい形状の物を使用することとした。
秤量びん(はかり瓶)	JIS R3503 には、「はかり瓶」の表記があるが「秤量びん」を通称として使用することとした。
デシケーター	従来からのガラス製デシケーターは国内生産が減少し、一部別の表記が見られるが、従来どおり「デシケーター」の表記を使用することとした。最近では、高さのある秤量びんが入らない形状の物も存在する。
二酸化炭素を含まない水	JIS K 0050 の附属書 E 2.1)~2.4)に、調製方法及び保存方法がある。軟質ガラス製器具の場合、60℃~70℃程度の温度差でも破損の可能性がある。加熱等を行う器具類には、耐熱ガラス製、硬質ガラスの表記のあるものを使うとよい。

## VII. Q &amp; A

## Q 1 ピペットやビュレットの洗浄と乾燥について良い方法がありますか

A 1 機械系やシリコン系の油以外なら、濃硫酸で洗浄する方法が良いようです。古い濃硫酸に 20～30 分浸けるだけで良いのですが、取扱いに注意が必要です。アルカリ洗剤などは油脂を除去できますが、ガラスが溶けるため、精度よく計量することができなくなります。(0.1mol/L 水酸化ナトリウムやアンモニア水等であっても、保存する場合はアルカリに耐性のあるプラスチック容器を用いてください)安全を考えると、中性洗剤に 60～90 分浸けておく方法が良いと考えられます。クレンザーを使う方法がありますが、細かい傷がつくことを考えると、ガラス計量器には向かないと思います。

乾燥させる場合は、乾燥器を使うことができます。このときの温度は 60℃～80℃にしておくと、加熱中に落下してきた水滴によるガラス計量器の破損を防ぐことができます。70℃の温度差でヒートショックを起こすガラス材料もありますので、材質を確認しておくことより安全に乾燥できます。

## Q 2 食酢を採取する際に 0.1mg まで計測する必要がありますか

A 2 ほかに誤差がない場合は、10mg～1mg の精度でも良いかも知れませんが、実験によるその他の誤差を考慮した場合、できるだけ 0.1mg まで量っておくほうがよいかもしれません。いずれにせよ、状況をみて、ほかの器具等で生じる誤差精度を考えながら、必要な桁数を決めていくことが大切であると考えます。ただ、酢酸は揮発性があるので、安定したらすばやく計量することが大切です。

## Q 3 水酸化ナトリウムや食酢を希釈するときの注意は何ですか

A 3 基本的に希釈時に発熱するものはビーカーで希釈を行ってください。また、揮発の恐れがあり、濃度に変化が生じると考えられる場合は、あらかじめビーカーに純水を入れておき、採取した溶液を加えたと同時に希釈してしまうようにすれば、揮発による濃度減少の影響を少なくすることができます。水酸化ナトリウムは希釈時に発熱しますし、食酢は揮発性があると考えられます。また水酸化ナトリウムは二酸化炭素を吸収しやすいので、あらかじめ水を入れておくことで、二酸化炭素混入の影響も抑えられると考えられます。

## Q 4 二酸化炭素を取り除くために純水を沸騰させますが、どの時点で沸騰と考えればよいでしょうか

A 4 加熱が進み、気泡が発生するところを沸騰と考えます。JIS では二酸化炭素を含まない水を得るには 5 分間の煮沸が必要と書かれています。過去の全国大会では、少しでも気泡が発生すれば煮沸が完了したと判断されていたこともあります。厳密には JIS で示された 5 分間を標準として考えます。ただし、限られた競技時間であるために、大会運営事務局の判断で 5 分より短くてもよいと判断される場合や空試験を行うなどの操作の工夫も考えられます。

## Q 5 安全メガネは常時装着していなければなりませんか

A 5 安全メガネは、不意の事故から眼を守るための物です。競技を行う実験室内は、常に薬品等があり、配慮しなければならない状態にあると考えられます。このため、会場となる実験室で「外しても良い場合」の説明がない限り、装着しておくほうが良いと考えられます。

よく、報告書を書く際ははずしても良いかと聞かれますが、実験室内で不意の事故に配慮する観点からすると、装着したままのほうが良いということになりますし、外しても良いとの指示があった場合でも、周囲の方がまだ実験を続けている場合であるなら、外してはいけない状況にあると判断できると思います。

**Q 6** ビュレットは毎回必ずゼロ点から滴下しなければならないのでしょうか(キレート滴定編 Q13)

**A 6** ビュレットやホールピペットなど、分析精度に関係するガラス計量器は、クラスAやクラスBなどの誤差の少ないグレードのものを使用することが大切であると考えます。

ビュレットを検定する際は、目盛りの0~5mLや0~10mL…のように行われているようです。ビュレット内壁は完全な平行となっておらず、各目盛間の相対的な体積変化は保障されていませんので精度に問題があると考えられます。

しかし、背の低い生徒など、0点に合わせるのが困難な場合もあるため、「初めの目盛は0mLを原則とする」という表現を用いることとしました。

「ガラス体積計の基礎知識」(JIS R3505 改正原案作成委員会 委員長 穂坂 光司氏)が参考になります。株式会社クライミング様のHPからダウンロードできます。

[http://climbing-web.com/product\\_technology/](http://climbing-web.com/product_technology/)

**Q 7** ホールピペットの最後の1滴を排出する操作について詳しく教えてください(キレート滴定 Q14)

**A 7** ホールピペットから完全に排出する際は、最後の液滴が残った状態から約15秒間待ち、ピペットのふくらみを握ってすべての液滴を排出することとしています。

国産のホールピペットは、すべて液を排出する仕様となっていますので、既定の容量を得るためには先端に残った液をすべて出し切るようにしなければなりません。

ホールピペットやビュレットでは、内壁に付着した滴定液が流下するのに30秒~60秒を要することが示されていることから、排出時にしばらく待つ時間を設けるようにしました。

柴田科学株式会社FAQに、ガラス体積計の使い方が参考になります。

<https://www.sibata.co.jp/faq/>

**Q 8** かならず半滴滴定を行わなければなりませんか(キレート滴定 Q15)

**A 8** 滴定結果の誤差の許容量を0.03mLとしています。ビュレットからの1滴がおよそ0.05mLであること、より高い精度での滴定結果を得るために、半滴滴定は必要なものと考えています。

**Q 9** 体積計の名称について教えてください

**A 9** テキスト中にはホールピペット、メスフラスコの表記がありますが、JISでは全量ピペット、全量フラスコと名称変更されています。現在のところ関係諸官庁により名称の統一はされていないようなので、主にホールピペット、メスフラスコの表記を使うことにしました。

本テキストでは、JISの引用等以外は、名称は通称でなじみの古いものを主に使うように心がけました。

## 参考文献・協力先(順不同)

JIS K0102 二酸化炭素を含まない水, JIS K 0050 付属書 4 容量分析における一般的操作,  
 一般財団法人日本工業規格  
 質量、容量の正確な計量 , 島津製作所分析計測事業部応用技術部京都 CSC 宮下 文秀  
 ガラス体積計の基礎知識 , JIS R 3505 改定原案作成委員会 委員長 穂坂 光司  
 化学分析の基礎と実際 (JIS 使い方シリーズ), 田中 龍彦 (編集)  
 詳解工場排水試験方法—JIS K 0102:2013 (JIS 使い方シリーズ), 並木 博 (編集)  
 醸造酢 , 一般社団法人日本農林規格協会 (JAS)  
 醸造酢の酸度測定方法手順書 , 独立行政法人農林水産消費安全技術センター (FAMIC)  
 消費者庁食品表示企画課  
 全国食酢協会中央会、全国食酢公正取引協議会  
 マルカン酢株式会社  
 株式会社 Mizkan Holdings (ミツカングループ)  
 柴田科学株式会社  
 東京硝子器械株式会社  
 株式会社宮原計量器製作所  
 株式会社 同仁化学研究所  
 ナカライテスク株式会社 (HP 中和滴定指示薬)  
 和光純薬工業株式会社

## お知らせ

標準テキストPDF版を以下からダウンロードできます。

<https://sites.google.com/site/nihonkoukaken/>

<http://www.hachikou-h.shiga-ec.ed.jp/course/chemistry/>



Google サイト



滋賀県立八幡工業高等学校

## 日本工業化学教育研究会

## 高校生ものづくりコンテスト化学分析部門研究委員会委員

会長	遠藤 克則	静岡県立科学技術高等学校 校長
会長(旧)	塩崎 克幸	静岡県総合教育センター 所長
	月舘 孔明	北海道釧路工業高等学校
	高橋 達弥	岩手県立盛岡工業高等学校
	保坂 勝広	東京都立荒川工業高等学校
	與口 眞大	新潟県立新潟工業高等学校
	鈴木 千明	愛知県立碧南工業高等学校 教頭
	清水 浩一	愛知県立愛知総合工科高等学校
	飯田 孝一	静岡県立科学技術高等学校
	東濱 善通	兵庫県立西脇工業高等学校
	高杉 大作	兵庫県立飾磨工業高等学校
委員長	手良村知央	滋賀県立八幡工業高等学校
	森 泰治	岡山県立東岡山工業高等学校
	石川 和弘	香川県立坂出工業高等学校
	那須 健史	鹿児島県立加治木工業高等学校
事務局(旧)	鈴木 伸明	静岡県立科学技術高等学校
事務局	植田 尚宏	静岡県立浜松工業高等学校