

## 小学校理科第6学年「粒子」の内容の 教科研究科目としての実験指導

戸谷 義明

理科教育講座（化学）

### Experimental Instruction of the Contents “Particles” in the Course of Science Study for the 6th Grade of Elementary Schools as “Subject Studies in Science”

Yoshiaki TOYA

*Department of Science Education (Organic Chemistry),  
Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

#### Abstract

In Aichi University of Education, the lectures “Subject Studies in Science AI, AII, BI, and BII” are opened for acquiring the license as a teacher of elementary schools. Among them, AI and BI are planned for the university students whose major subject is not science. A series of lectures of four times including two experimental lectures to understand and learn how to instruct in the experiments “mechanism of combustion”, and “properties of aqueous solutions” in the course of science study for the 6th grade of elementary schools have been performed and established since 2000. We report here the procedures in detail.

#### I. はじめに

愛知教育大学では教員免許法上の「小学校教科に関する科目」として教科研究科目（S2）が開設されている。この科目は専門諸科学との関連において、小学校各教科の内容・教材についての基礎的な理解、研究を図り、教科に関する科学的、創造的探究を目的とする。

「教科研究 AI, AII」は小学校免許状を希望する者全員が履修する基礎的な科目である。AII は各選修用に開設され、各選修の学生が履修する。AI は各選修外の一般学生用に開設され、そのうち国語、算数、生活、音楽、図画工作、及び体育の6科目は「幼稚園の教科に関する科目」にもなっている。さらに、「教科研究 BI (2016年度まで), BII」が開設され、BII は各選修用の専門強化の科目である。BI は現在、開設されていないが、各選修外の一般学生が3科目3単位（国語・社会・算数から1科目、理科・生活・家庭から1科目、音楽・図画工作・体育から1科目）履修するようになっていた。著者は理科研究 AI, BI を担当してきた。

理科研究 AI, BI の授業は半期 90 分×16 回で行われている。これを物理、化学、生物、地学の4分野で担当すると、各分野で4回になる。各分野の4回の授業については、様々な方法と内容で実施されている<sup>1)</sup>。これらの授業の開講場所には通常、共通棟の講義室が

指定されている。また、割り当てられる受講者数も 50-60 人と多い。さらに受講者数が 60 人を超えたときもあり、化学の学生実験室には収容しきれなかったため、受講数の調整が必要であった。以上のようなことから、講義、又は演示実験のみの形式で行われている場合も多い。

理科は、国語、算数などに比べ、実技教科としての性格が極めて強い。したがって、理科を教えるためには、その内容に関する体系的な知識だけでなく、児童、生徒に実験や観察が指導できる最低限の技能を身に付けておく必要がある。この目的のために 2006 年に、物理、化学（後述する著者の酸素と二酸化炭素の性質の内容を含む）、生物の各 3 回分の授業実験例が公表された<sup>2)</sup>。各実験には「到達目標」として、その実験で何を身に付けることを求められているか、「評価基準」（現在では当然シラバスに記載あり）として、どこまでできれば合格か、が記載されていた。

著者は、2000 年に理科研究を担当開始して以来、将来、小学校教員となり、児童を指導する際に必要な最低限の理科の実験技能を受講大学生に身に付けさせることに重点を置き、授業を計画してきた。4 回分の授業で、少なくとも 2 つの教科書に記載されている教材実験を深く掘り下げて取り扱い、講義や演示実験で

はなく、受講者自身が実際に実験操作を行うことができるグループ指導実験として実施、改良してきた。以下に、その最新版を紹介する。

## II. 授業の構成と取り扱う内容

これまで理科研究AI、BIの担当枠の授業で受講者が重複することがなかったので、同じ内容で授業を実施してきた。4回の授業のうち、初回は学習指導要領解説を使用し、小学校理科における化学相当の「粒子」の内容の構成、及びその学年配当を解説する。化学関係の内容は1998年以降、改訂による大きな変更はないが、非常に少なく限られている。第3学年には「物と重さ」(2008年改訂の新規項目)のみ、第4学年には「空気と水の性質」、及び「金属、水、空気と温度」、第5学年には「物の溶け方」で、2017年の新学習指導要領では、溶けている物の均一性が中1から移行してきた。ここまでに「粒子の結合」に相当する化学反応の取扱いはない。ようやく第6学年に「燃焼の仕組み」と「水溶液の性質」で化学反応が登場することを最初に理解してもらう。教材実験としては、いずれも第6学年配当の化学反応に関わるものを取り上げ、「燃焼の仕組み」の内容である「酸素と二酸化炭素の性質」、及び「水溶液の性質」の内容である「酸とアルカリの金属への作用」の4-6名1グループによる実験を1回ずつ行い、指導する際のポイントを教授する内容とした。これらの実験を行うための基礎知識・技能として、初回に安全教育、及び次回以降の実験のガイダンスを実施している。内容と配布物は以下のとおりである。

### 1. 実験の危険防止と事故の際の救急処置

A4プリント2枚。化学実験を行う際の基本事項(火気、薬品の使用法、服装、実験中は常に眼鏡、又は安全眼鏡を必ず着用を強調、火気や薬品による事故への対処法)を記述。

### 2. 小学校理科で使用する化学薬品類の性質と価格

A4プリント2枚。試薬の毒性(劇物、毒物)、必要な純度(等級)、入手先、価格などを簡単に解説。小学校理科で使われると思われる23種類の薬品(物質)の性質と価格をリストアップ。価格は毎年更新。

### 3. 理化学器材の価格

A4プリント2枚。小学校の理科室で使われたり、見掛けたりしそうなガラス、プラスチック、金属製実験器具類、試験紙、洗浄用品などの価格をリストアップ。汎用品であるガラス製試験管以外、一般に理化学器材は特殊用途なので高価であり、特に大きいサイズのガラス製容器や水槽などは極めて高価(1万円以上)なことを理解してもらう。価格は毎年更新。

### 4. 酸素と二酸化炭素の性質-酸素の簡易発生と酸素中の燃焼実験

A4プリント3枚。2回目実験(後述、改訂後4枚)。

### 5. 水溶液の性質-酸、アルカリの希薄溶液の金属への

### 作用を調べる実験

A4プリント3枚。3回目実験(後述、改訂後4枚)。

2回目、3回目の授業は上記4、5の実験を行い、4回目の授業では、教材として活用可能な発展した内容の理科実験を取り扱う。化学が身近で役に立つことが実感できる化学マジック実験(小学校から高校までの履修内容)の演示や、中等高等学校の吹奏楽部で身近なクラリネットを使った、気柱共鳴による音速の測定実験(中学校から高等学校「物理基礎」の履修内容)の演示などを行っている。以下に4、5の指導実験の配布プリント内容を詳細に示す。ただし5のプリントには学習指導要領解説との関連は記載しておらず、学習指導要領解説冊子を使用し、今回の実験が以下の部分と関連していることを解説してから実験を行っている。

水溶液について、溶けている物に着目して、それらによる水溶液の性質や働きの違いを多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること。リトマス紙などを用いて調べることにより、酸性、アルカリ性、中性の三つの性質にまとめられることを捉えるようにする。

(ウ) 水溶液には、金属を変化させるものがあること。水溶液には、金属を入れると金属が溶けて気体を発生させたり、金属の表面の様子を変化させたりするものがあることを捉えるようにする。

水溶液については、例えば、薄い塩酸、薄い水酸化ナトリウム水溶液などが考えられる。(ウ)については、例えば、鉄やアルミニウムなど、生活の中でよく見かけるもので性質やその変化が捉えやすい金属を使用することが考えられる。

## III. 酸素と二酸化炭素の性質-酸素の簡易発生と酸素中の燃焼実験

### 1. 文部科学省、小学校学習指導要領解説 理科編(2017)第6学年との関連(抜粋)

燃焼の仕組みについて、空気の変化に着目して、物の燃え方を多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 植物体が燃えるときの空気の変化に着目して、植物体が燃える前と燃えた後での空気の性質や植物体の変化を多面的に調べる。これらの活動を通して、燃焼の仕組みについて、より妥当な考えをつくりだし、表現するとともに、植物体が燃えるときには、空気中に含まれる酸素の一部が使われて、二酸化炭素ができ

ることを捉えるようにする。また、酸素には物を燃やす働きがあることや、燃えた後の植物体の様子も変化していることを捉えるようにする。植物体を空气中で燃やすと、空気の入替わりするところでは燃えるが、入れ替わらないところでは燃えなくなってしまうことを、実験を通して捉えることが考えられる。

燃焼の様子を観察しやすい植物体として、例えば、木片や紙などが考えられる。日常生活の中で物を燃やす体験が少ない現状を踏まえ、物が燃える現象を十分に観察できるような場を設定する。物が燃える際に、酸素の一部が使われ二酸化炭素ができることを捉える際には、二酸化炭素の有無を調べることができる石灰水や、酸素や二酸化炭素の割合を調べることができる気体検知管や気体センサー（今回新たに記載）といった測定器具などを用いることが考えられる。

燃焼実験の際、安全に配慮するように指導。

○1998年の改訂で削除された化学関係内容  
植物体の乾留（第6学年）

○1998年の改訂で中学校へ移行統合された化学関係内容

蒸発乾固（第5学年）、中和（第6学年）、**金属（鉄）の燃焼（第6学年）**

## 2. 使用器材（写真1-6参照）



写真1 各組で持っていき、使用後、元に戻す試材類

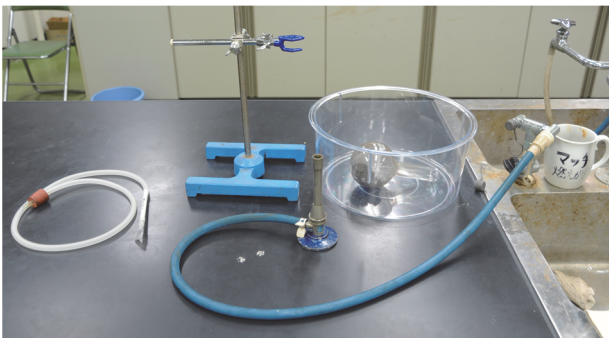


写真2 各実験台（試材類を持ってくる前）の状態

実験は通常4-6名1組で行う。以下に1組当たりに必要な器材と数（表示のないものは1）を示す。今回、従来のろうそく（石油由来）の代わりに植物体として木炭と線香を使用。

酸素発生装置  
{丸底フラスコ  
〔300mL、酸化マン

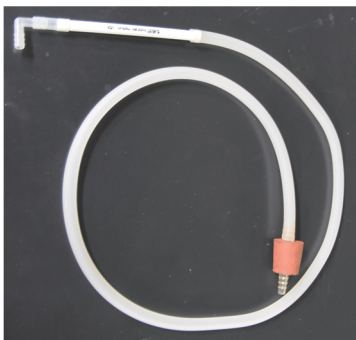


写真3 酸素発生装置の配管

ガン(IV)約100g入〕、ポリエチレン(PE)管(外径8mm、長さ8cm)、又はポリプロピレン(PP)若しくはポリメチルペンテン(TPX)製ストレート型ジョイントM(けがをしやすいためガラス管を使わずにプラスチック管を使うように指示)を通したゴム栓8号、軟質塩化ビニル(PVC)チューブ(外径9mm、内径6mm、長さ80cm)、L字管〔外径8mmガラス製、又はPP製L字ジョイント(長さ25mm×25mm×外径8mm)にPE製管(外径8mm、長さ121mm、BICボールペンの筒)をシリコンチューブで接続した自家製(写真3参照)〕、スチロール製丸水槽(直径32cm、深さ15cm)、集気瓶(250mL)、又はインスタントコーヒー瓶(80g、又は120g)3本(1本は必ずコーヒー瓶使用)、集気瓶、又はコーヒー瓶用蓋〔すりガラス製丸蓋(直径6cm、又は7.5cm)、ステンレス、又はアルミニウム製板(8×8cm、内田¥194)、金属製板の方が炎の熱で割れない〕3枚、200mLTPX製メスシリンダー(過酸化水素水ひょう量用)、50mLTPX製メスシリンダー(石灰水ひょう量用)、スタンド、クランプ、ムッフ、マッチ、ガスバーナー(使用法を確認)、燃焼さじ、木炭〔消し炭、直径約1cm、長さ1-2cm、磁製丸底蒸発皿(直径70-90mm)入、使用後回収〕、線香、スチールウール(ボンスター・ロールパッド)、〔細い針金(直径0.3-0.5mm)〕、銅線(直径1.8mm)、時計皿(直径7.5cm)、ガラス棒(6mm×約20cm)、PP製試験管(直径18mm×180mm、ガラス棒立て用)、PP製ストロー(直径6mm、もっと細い方がよい)、ガラス製試験管(直径18mm×180mm)、ステンレス製試験管立て(50本立て)、眼鏡を掛けない人全員に保護眼鏡。共通TPX製メスシリンダー(500mL、50mL、過酸化水素水希釈用)、磁製マッチの燃えかす入れ。



写真4 過酸化水素水と石灰水(2組で各1本使用、使用後、元に戻す)

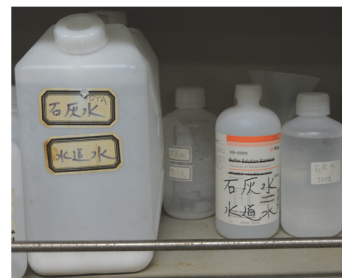


写真5 石灰水の調製

## 3. 試薬など(写真4, 5参照)

酸化マンガン(IV) (二酸化マンガン, 5-10 mm 程度の固まり状のものを, よく水道水で洗って粉状のものを除去) 約 100 g, 3% (質量/質量, w/w) 過酸化水素水 [市販の oxydol の使用を薦める. 6% (w/w) までは劇物指定外. 又は 30% (w/w) 過酸化水素水 (必ず手袋を着用して取り扱い! 皮膚に付着すると, 痛みを伴う白いやけどが生じる. 劇物) を蒸留水 (水道水含有物による分解を回避) で体積 10 倍に希釈, 500 mL を 6-7 本調製, 30% (w/w) 過酸化水素水は  $d=1.11$ <sup>3)</sup> なので, より厳密には 50 mL に蒸留水 500 mL, 又は 40 mL に蒸留水 400 mL を加えるとよい] 約 200 mL, 石灰水 (調製法説明, 消石灰に水道水を加えた上清を別の容器に入れておく. **写真 5 参照**) 約 30 mL $\times$ 2+5 mL, 万能 pH 試験紙 (pH 1-11, 又は pH 0-14), 色見本 (空容器), リトマス試験紙 (赤, 青), 0.1% (質量/体積, w/v) ブロモチモールブルー (BTB) のエタノール (EtOH) 溶液, 又は 0.04% (w/v) 溶液 (WAKO, 500 mL/¥2268), キムワイプ, 又は紙タオル&消毒用 EtOH [保護眼鏡消毒用, 特級試薬の無水 EtOH と蒸留水から 80% (体積/体積, v/v) EtOH を調製]. 気体検知管 (ガステック製, 二酸化炭素 1-10% 用 2H ¥2160/10 本, 又は 0.5-8% 用 2EH ¥1836/10 本, 酸素 6-24% 用 31B ¥2916/5 本, 又は 6-24% 用 31E ¥2484/5 本). 気体採集器セット GV-100S (ガステック製, ¥21600) と共に使用.



写真6 教卓 (器材類を持ってきた後に相当. 気体検知管実験用器材, 酸素カートリッジも準備)

#### 4. 実験操作

- 1) 軟質 PVC 製チューブの両端に, ゴム栓に通した管の上部と L 字管とを接続する.
- 2) スタンドにクランプとムッフで酸化マンガン(IV)が入った丸底フラスコを固定する.
- 3) 水槽に水を 8-9 分目まで張り, ここに集気瓶を空気が残らないように完全に沈める. 蓋は水槽の水に沈めないようにする (水の中で拾いにくい).
- 4) 酸化マンガン(IV)が入った丸底フラスコに, メシリンダーで測った過酸化水素水約 200 mL を加え, 直ちにゴム栓を接続する.
- 5) L 字管から出てくる酸素を水上置換で捕集する. 最初に出てくる集気瓶 1 本分の酸素にはフラスコの空気が混ざっているのを捨て, その後, 瓶 3 本分を連続して捕集する (**写真 7 参照**).
- 6) 集気瓶には, なるべく水が残らないように酸素を捕集するが, 鉄の燃焼実験用の酸素だけはコーヒー瓶に集め, 底から 1 cm 程度の水が残るようにする.

瓶は逆さの状態, 水面近くで蓋をして水から取り出し, 蓋を上にして机の上に置いておく.



写真7 酸素の発生と捕集

- 7) 木炭を燃焼さじに乗せ, ガスバーナーで加熱して部分的に火を付ける. これを集気瓶に, 蓋をずらして入れ, 蓋を, できるだけ閉めた状態に戻し, 木炭の燃焼を観察する. 木炭の火が消えた後, 素早く集気瓶から燃焼さじを取り出し, 蓋をする. 使用後の木炭は蒸発皿に回収する.
- 8) 同様に, 集気瓶の蓋のすき間から火が付いた線香 (炎が出ていないもの) を差し込み, 燃焼を観察する. 炎が蓋まで上がって来る前に, 素早く集気瓶から線香を取り出し, 蓋をする. 使用後の線香はマッチの燃えかす入れに捨てる.
- 9) 銅線の先を曲げて小指の先程度のスチールウールを挟み, スチールウールの部分をガスバーナーの炎に入れ, 少し赤くなったら直ちにコーヒー瓶の蓋を全開にしたところに入れる. 鉄の燃焼を観察した後, 直ちに銅線を取り出し, 素早く中の水を捨て, 瓶に蓋をする. 鉄の燃えかすはマッチの燃えかす入れに捨てる.
- 10) 燃焼後の集気瓶, 又はコーヒー瓶の蓋をずらして石灰水各約 30 mL (瓶の容量の 10 分の 1 程度) を入れ, 蓋をして瓶を振り, 変化を観察する. 必ず (保護) 眼鏡を着用して行う.
- 11) 時計皿の上に pH 試験紙, 及びリトマス試験紙 (赤, 青) を置き, これらにガラス棒で石灰水を付けて変化を観察する.
- 12) 試験管に石灰水約 5 mL を入れ, これにストローでゆっくりと息を吹き込み, 変化を観察する. 強く息を吹き込むと, 石灰水が顔に掛かって危険である. 必ず (保護) 眼鏡を着用する. 時間があれば, 試験管に水道水約 5 mL を入れ, これに石灰水 1-2 滴を加えた後, BTB 溶液数滴を加えて青色になったことを確認する. これにストローで, ゆっくりと息を吹き込み, 色の変化を観察する.
- 13) 気体検知管 (酸素用, 二酸化炭素用) を使い, 空



及び結果発表の討論に参加することが基本。課題（レポートなど）の提出などを勘案して最終的に評価する。遅刻、欠席は大幅な減点となる。マナーや注意事項を守れない場合は受講を取り消すこともある。

課題：授業前に、今回の実験で使用する酸素、二酸化炭素、及び薬品類〔酸化マンガン(IV)、過酸化水素水、水酸化カルシウム、BTB〕の性質のうち、教員として取り扱う際に重要な事項を化学辞典などの文献（編著者名、雑誌名、又は本の名前、ページ範囲；雑誌の場合、巻号、出版年；本の場合、出版社と所在都道府県、又は市；の情報必要）で調べ、A4レポート用紙（ルーズリーフ不可）片面1枚に、手書きで、まとめて提出せよ。引用元を必ず示すこと。Web引用（URL、タイトルを必ず示す）はダウンロード論文、又は信頼できるサイトのみ可。百科事典類、高校の教科書、及び参考書の引用は不可。類似レポートは教務課に申告、提出される！

#### IV. 水溶液の性質-酸、アルカリの希薄溶液の金属への作用を調べる実験

教員、児童、共に、実験中は眼鏡、又は保護眼鏡を必ず着用すること！危険な水酸化ナトリウム使用！

##### 1. 酸、アルカリと金属（アルミニウム、鉄、銅）の反応を調べる実験

金属に加えて変化（泡が出る）を見るための「うすめた」塩酸、「うすめた」水酸化ナトリウム（NaOH）水溶液とは、実際どの位の濃度が適切であるかを調査する。東京書籍の教師用指導書6下<sup>4, 5)</sup>には3 mol/L以下で使用するとあった。アルミニウムは約0.02 g、スチールウール約0.05 gが完全に溶けるまでの時間の記載もあった。ただし、塩酸は10% (w/w, 2.9 mol/Lに相当<sup>3)</sup>), また、NaOH水溶液は5% (w/w, 1.32 mol/Lに相当<sup>3)</sup>)を超えると、劇物指定となる。

##### 2. 酸〔塩酸, HCl, モル質量 $M$ 36.46 g/mol, 濃塩酸 11.27 mol/L, 35% (w/w), 35.0% で密度 $d=1.174$ g/cm<sup>3</sup>, 20°C<sup>3)</sup>, 劇物〕, アルカリ (NaOH, モル質量 $M$ 39.99 g/mol, 劇物) の希薄溶液〔1.0 mol/L, 0.10 mol/L, 塩酸のみ 10% (w/w)〕の調製と保存法

以上の濃度の塩酸、及び NaOH の希薄溶液は市販されている。若干、高価ではあるが、劇物指定外であり、通常の試薬棚に保存できるので、理科を専門としない人は利用することを薦める。ただし、十分に腐食性があるので、希薄だからと侮って取り扱ってはならない。希薄溶液の調製の際は当然、希薄溶液を取り扱う際も、実験中は眼鏡、又は保護眼鏡を必ず着用する。濃塩酸、及び NaOH からの希薄溶液の調製は、刺激性の HCl ガスや NaOH のミストが発生することがあるので、ドラフトチャンバー中で行い、腐食性が強い濃

塩酸は手袋を着用して取り扱うことを薦める。

1.0 mol/L NaOH 水溶液は粒状の NaOH 20.0 g をビーカーの水道水約 400 mL に加え、ステンレス製葉さじ（濃度が薄い酸や塩基の溶液ならば、短時間の使用は問題ない。ガラス棒より、こちらの方が混ぜやすい）、又はガラス棒で、よく混ぜながら溶かし、ビーカーの洗液と共に 500 mL メスシリンダーに入れ、500 mL にする。資料編のように、さじやガラス棒で NaOH の粒をつついたり、つぶしたりしてはいけない。ビーカーの底が割れる。ビーカーに NaOH を量ったところに、水約 400 mL を加えてもよいが、必ず水を一度に加え、直ちに混ぜ始める。ピペットやビュレットの目盛が出した液体の体積を示すのに対し、メスシリンダーやメスフラスコの目盛は中に入っている液の体積を示す。ただし、メスシリンダーはメスフラスコ（500 mL のもので、20°C で±0.25 mL）ほど精密ではない。クラス A の 500 mL のもので、20°C で±2.5 mL の許容誤差がある。

1.0 mol/L 塩酸は、濃塩酸（11.27 mol/L）44.4 mL（又は 52.1 g,  $44.4 \times 1.174 \times 0.350$  で HCl 18.2 g を含む）を 50 mL メスシリンダーで測り、これを水道水約 300 mL が入った 500 mL メスシリンダーに入れ、メスシリンダーの洗液と共に 500 mL に希釈（11.27 倍）する。

10% (w/w) 塩酸（2.9 mol/L に相当, 10.0% で  $d=1.047$  g/cm<sup>3</sup>, 20°C<sup>3)</sup>）は、濃塩酸 100 mL（又は 117.4 g,  $100 \times 1.174 \times 0.350$  で HCl 41.1 g を含む）を水道水 294 mL（又は 294 g）〔411 g ( $41.1 \div 0.10$ )-117 g ( $100 \times 1.174$ )] に加えればよい。1 g, 又は 0.1 g まで量ることができる上皿電子天びんがあれば、それを活用することも可能。駒込ピペットを使用し、メスシリンダーなどに濃塩酸 118 g（又は 117.4 g）を量り、これを試薬瓶に量った水道水 293 g（又は 293.6 g）に加えて混ぜて 411 g〔又は 411.0 g ( $117.4 \times 0.350 \div 0.100$ )] にすれば、メスシリンダーを使用するより精度（有効数字）を上げて調製できる。最後の質量合わせには、ガラス製バイアルに数 mL 小分けした濃塩酸と水を用意し、ガラス製パスツールピペットを使用するとよい。直接、濃塩酸の瓶にガラス製駒込ピペットを入れることは汚染を防ぐために避ける。

0.10 mol/L 溶液は 1.0 mol/L の各溶液 50.0 mL を 100 mL メスシリンダーで測り、洗液と共に 500 mL メスシリンダーに入れ、水道水で 500 mL に希釈する。実験の際に pH を pH 試験紙で確認する（NaOH 水溶液は pH 13, 塩酸は pH 1）。

NaOH 水溶液の保存には必ず PP 製、又は PE 製の試薬瓶を用いる。ポリエチレンテレフタレート（PET）製試薬瓶は不可！指導書資料編にあるガラス（特に並質ガラス）+ゴム栓も原則的に不可。ガラスはアルカリに溶ける！

塩酸の保存には必ず PP 製, PE 製, 又はガラス製の試薬瓶を用いる. 10% 水溶液は PET 製試薬瓶の使用は不可. 0.10 mol/L (又は 1.0 mol/L) 水溶液は使用の限界. 避けた方がよい. 食品用の容器 (PET ボトルなど) に薬品を入れてはならない (誤飲の可能性有).

### 3. 使用器材と試薬など (写真 13-18 参照)



写真 13 各組で持っていき, 使用後, 元に戻す試材類



写真 14 試験管立ての器具類. 左は配布時 (ピペットの後ろに目盛付試験管, その後ろにガラス棒を立てた PP 製試験管あり). 右は返却時



写真 15 配布前の金属片. 左前から鉄, アルミニウム, 銅. 後方はシャーレに入れて持ち帰る見本



写真 16 試材類配布後. 試材類を返す場所が分かるように 1 組分残るようにした



写真 17 安全眼鏡, 消毒用 EtOH & 紙タオル  
ガラス製試験管 (18×180 mm) 10 本, ガラス製試

薬管 (18×180 mm, 目盛付) 1 本, ステンレス製試験管立て (50 本立て), 5 mL PE 製駒込ピペット & シリコンゴムキャップ, ガラス棒 (6 mm×約 20 cm), PP 製試験管 (18×180 mm, ガラス棒立て用), 200 mL ガラス製ビーカー (廃液用), 金属片 (銅, 鉄, アルミニウム, 各 10×10×0.5 mm が便利) 各 6 [各磁製蒸発皿 (直径 70-90 mm) 入], ガラスシャーレ片方 (直径約 90mm, 金属片を入れて各実験台に持って行く), 10% (w/w) 塩酸入 500 mL ガラス製試薬瓶 5 本, 塩酸, NaOH 各希薄溶液 (1.0 mol/L, 0.10 mol/L) 入 500 mL PP or PE 製試薬瓶各 5 本, 時計皿 (直径 7.5 cm), リトマス試験紙 (赤色, 青色) 各 2 枚, 万能 pH 試験紙 (pH 1-11, 又は pH 0-14) 2 枚, 色見本 (空容器), 試験管洗浄用ブラシ, スポンジ (ガラス器具に傷が付くので, ナイロンたわしの部分は使用しない), 耐水紙又は布やすり (#240, 又は #180, 約 5cm 角), 雑巾, 眼鏡を掛けていない人全員に保護眼鏡, キムワイプ, 又は紙タオル & 消毒用 EtOH (保護眼鏡消毒用), 水酸化カルシウム (中和用), 1 L, 又は 2 L ガラス製ビーカー (廃液中和用) 2 個 (写真 13, 20 は 1 L), 500 mL ガラス製ビーカー (1.0 mol/L NaOH 水溶液調製用), 又は, ガラス製試薬瓶 [10% (w/w) 塩酸調製用], TPX 製メスシリンダー (500 mL, 50 mL, NaOH 水溶液, 塩酸調製用), 展示, 及び演示用の濃塩酸, NaOH, 10% (w/w) アンモニア水 [濃塩酸の瓶の口に近づけて塩化アンモニウムの白煙を確認するのに使用, 10% (w/w) 以下は劇物指定外].



写真 18 試薬類. 左から濃塩酸, 10% (w/w) アンモニア水, NaOH (ペレット, 粒状)

### 4. 実験操作

- ・濃塩酸, NaOH の試薬の現物を, 実験前の説明の際に教員が受講生に見せる. 濃塩酸の瓶の口に 10% (w/w) アンモニア水を近づけて塩化アンモニウムの白煙を確認する演示をする.
- ・ガラス製試験管 (目盛付) 1 本は駒込ピペットで金属片が入った試験管に加えるための溶液 (各試験管に 5 mL) を, 各試薬の瓶から 18-20 mL (半分から少し上) の高さまで入れて使う (底まで駒込ピペットが届かないため, 少し多めに入れる). 試薬ごとに水で洗って使う. 駒込ピペットもゴムキャップを外して洗う. ただし, 同じ試薬で薄い溶液の次に濃

い溶液を入れて使う場合、洗う必要はない。

- 各 0.10 mol/L 溶液を入れた際には、ガラス棒を使用し、時計皿の上に置いたリトマス試験紙、及び pH 試験紙に溶液を付け、pH を確認するとともに、溶液を指に付けて触感を確認するのを忘れないようにする。

- 試薬瓶の溶液に直接、駒込ピペットを入れるのは、溶液の汚染を防ぐために避けた方がよい。駒込ピペットを入れるのを避けられない場合、洗浄して汚れていないものを使用する。

- ガラス製試験管 1 本は PE 製駒込ピペット立てとして使う。液が垂れて汚れるのを防ぐため。

- ガラス棒は、付いている液で汚れるのを防ぐため、PP 製試験管に立てる。ガラス棒やガラス製駒込ピペットをガラス製試験管に立ててはいけな。試験管の底が割れたり、ピペットの先が欠けたりしてしまう。

1) アルミニウム、銅、鉄の金属片 1 個が入った試験管各 1 本を 1 組とし、最初に 2 種類の濃度の NaOH 水溶液に 2 組使い、溶液を加えて約 3 分間、様子を観察する。変化がなかった(泡が出ない)場合、紙やすりで磨いた各金属片 1 個を追加し、様子を観察する。観察結果をワークシート(後出)に記入する。

2) 0.10 mol/L NaOH 水溶液の pH をリトマス試験紙、及び pH 試験紙で確認するとともに、ガラス棒から指に付け、ぬるぬるすることを確認する。水でよく手を洗っておく。

3) NaOH の実験を行った後、金属片、及び金属片の入った試験管 2 組は、金属片をガラス棒で押さえながら、中の液を廃液入れの 200 mL ビーカーに捨て、その後、金属片と試験管を水道水で洗って塩酸の実験に使用する。

4) 次にアルミニウム、銅、鉄の金属片 1 個が入った試験管各 1 本を 1 組としたものを 3 組用意し、各組に 3 種類の濃度の塩酸を加えて約 3 分間、同様に様子を観察する。変化がなかった(泡が出ない)場合、紙やすりで磨いた各金属片 1 個を追加し、様子を観察する。観察結果をワークシートに記入する。

5) 0.10 mol/L 塩酸も pH をリトマス試験紙、及び pH 試験紙で確認するとともに、ガラス棒から指に付け、触感を確認する。水でよく手を洗っておく。

6) 観察後、及び余った試験管の液は、全て廃液用の 200 mL ビーカーに入れる。試薬瓶には戻さない。

## 5. 結果と考察

鉄やアルミニウムを塩酸で完全に溶かすには 10% (w/w) 塩酸 (劇物指定外) が必要と思われる。アルミニウムから NaOH で泡を発生させるには 0.10 mol/L で十分で、完全に溶かすには 1.0 mol/L 水溶液 (劇物指定外) の使用が、安全面からも望ましい。

鉄もアルミニウムも表面のさび (酸化鉄、酸化アルミニウム) の性質が影響。紙やすりで表面に傷を付け

ると、泡が出やすくなることを確認 (鉄、アルミニウム) する。10% (w/w) 塩酸、又は濃塩酸で、さびを落とした鉄、及び傷を付けたアルミニウムは 0.10 mol/L の塩酸でも泡の発生が確認できた。それで、泡が出なかった場合に、やすりで磨いた各金属片を追加する。0.10 mol/L 塩酸では鉄のさびは速やかには溶けない。濃塩酸では、さびは速やかに溶け、容易に落とすことができる。

銅は短時間では変化が観察されなかった (イオン化傾向から考えれば、これは当然)。ただし、銅は時間がたつと、空気中で、さびる。特に酸素、水分、二酸化炭素がある場合、緑青ができる。

## 6. 後片付け (写真 19, 20 参照)

使用した器具類を、ブラシとスポンジを使い、よく水洗する。今回の実験では洗剤を使う必要はない。駒込ピペットはゴムキャップを外して洗う。ゴムキャップも、よく水洗する。廃液 (酸性を示すはず) は大きなビーカー (1L, 又は 2L) に集め、水酸化カルシウム [Ca(OH)<sub>2</sub>] の粉末で中和 (溶けなくなるまで加える、塩酸や硝酸の中和に適し、硫酸では水に溶けない石こうができるので使用不可) し、流しに廃棄する。



写真 19 流し      写真 20 Ca(OH)<sub>2</sub> の粉末による中和後の廃液

使用した金属片は、全て回収する。水洗して種類別に蒸発皿に返却する。なお、金属片は、酸処理、又は紙やすりでこすって、さびを除き、水と EtOH で洗浄後、直ちに減圧乾燥などで完全に乾燥した状態で保存しておけば、再使用可能である。鉄は水にぬらした状態では 30 分から 1 時間程度でも、さびてしまう。

## V. おわりに

今回、本学で、小学校免許取得のため、理科専攻以外の学生が受講する授業「理科研究 AI, BI」において、実際に実施してきた 2 つの化学関係の実験について、化学的背景から詳細に紹介した。学生が将来、小学校理科の授業で実験指導が行えるように、これからもこれらの実験を含め、小学校の教科書にある実験が実施できる環境を整え、講義のみでない授業を継続していきたい。なお、理科実験の授業を実施するには、受講者全員を安全に収容できる化学実験室の確保と整備のほか、授業の時間以外に、実験室を整備するための時間、実験の準備と後片付けをするための時間、そして実験に必要な消耗品を補充するための経費が必要であることを明言しておく。



理科研究〇1 Yoshiaki TOYA, Laboratory of Organic Chemistry, Aichi University of Education

水溶液の性質-酸, アルカリの希薄溶液の金属への作用を調べる実験

観察結果

金属	水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液		塩酸 (HCl)		
	0.10 mol/L	1.0 mol/L	0.10 mol/L	1.0 mol/L	2.9 mol/L (10%)
アルミニウム Al aluminum					
鉄 Fe iron					
銅 Cu copper					

NaOH, 塩酸の 1.0 mol/L 水溶液の調製法 [NaOH, モル質量  $M=39.99$  g/mol, 濃塩酸 11.27 mol/L, 35% (w/w), 密度  $d=1.174$  g/cm<sup>3</sup>]

1.0 mol/L NaOH :

1.0 mol/L HCl :

実験における注意点 :

到達目標 : 今回の実験を小学校で実際に安全に行うための背景 (知識と技術) を習得する.

評価基準 : 受講生として当然のマナーを持ち, 実験の安全に関する注意事項を遵守し, 真摯な態度で実験, 及び結果発表の討論に参加することが基本. 課題 (レポートなど) の提出などを勘案して最終的に評価する. 遅刻, 欠席は大幅な減点となる. マナーや注意事項を守れない場合は受講を取り消すこともある.

課題 : 授業前に, 今回の実験で使用する塩酸, NaOH, 及び金属類 (アルミニウム, 鉄, 銅) の性質のうち, 教員として取り扱う際に重要な事項を化学辞典などの本 (編著者名, 雑誌名, 又は本の名前, ページ範囲; 雑誌の場合, 巻号, 出版年; 本の場合, 出版社と所在都道府県, 又は市; の情報必要) で調べ, A4 レポート用紙 (ルーズリーフ不可) 片面 1 枚に, 手書きで, まとめて提出せよ. 引用元を必ず示すこと. Web 引用 (URL, タイトルを必ず示す) はダウンロード論文, 又は信頼できるサイトのみ可. 百科事典類, 高校の教科書, 及び参考書の引用は不可. 類似レポートは教務課に申告, 提出される!

## ワークシート

### 謝 辞

本研究に使用した試材類の調達には著者の教育研究経費のほか, 2007 年度学長裁量経費 (大学教育研究重点配分経費, 教育基盤設備充実経費) により財政的に御支援いただいた.

### 文 献

- 1) 以下の Web サイト, 「愛知教育大学授業情報 (2018 年度版)」授業名を「理科研究」で検索 (2018 年 09 月 11 日閲覧)  
<http://moon.ics.aichi-edu.ac.jp/syllabus/>
- 2) 岩山勉, 稲毛正彦, 澤正実, 芹沢俊介編, “理科研究 A”, 愛知教育大学, 刈谷, 2006.
- 3) 国立天文台編, “理科年表プレミアム”, 丸善, 東京, 2018, 種々の物質の水溶液の密度 (1), 密度から直線補完法で求めた密度, 及び, それらの値から計算.
- 4) 東京書籍編, “新編 新しい理科 6 下 教師用指導書 指導書 (朱書)”, 東京書籍, 東京, 2005, pp 37-38.
- 5) 東京書籍編, “新編 新しい理科 6 下 教師用指導書 資料編”, 東京書籍, 東京, 2005, pp 64-65.

(2018 年 9 月 25 日受理)