

新型コロナウイルス対策に対応した 化学実験における加熱方法の変更

Change of heating method in chemical experiments corresponding to
new coronavirus countermeasures

大塩 智史

福島工業高等専門学校・モノづくり教育研究支援センター

OSHIO Satoshi

National Institute of Technology, Fukushima College,

Manufacturing Support Center for Education and Research

(2021年9月2日受理)

1. はじめに

福島高専化学・バイオ工学科では低学年の実験内容および使用器具類の検討をしている。具体的には、1年生で実施している基礎化学実験Ⅰに無機化学、生物に関する実験の導入、2年生の基礎化学実験Ⅱで使用する器具類の見直しである。

そのなかで、1,2年生の化学実験で使用しているガスバーナーの使用妥当性について検討した。それは以下の理由からである。

- ①実験台のガス栓の数が学生数より少ないため、複数人で加熱を行うことにより、実験者のペースを乱すことに繋がり安全面で問題がある。
- ②試料を加熱して生じる変化を観察することが実験の目的であるはずなのに、家庭でも使わない直火の扱い、実験室でのガスバーナーと着火器具の使い方など、集中力を削ぐ状況が出現してしまうため、注視しなければならない事象に集中できなくなってしまう
- ③実験の手順書を確認すると具体的な加熱条件が不明ななかアルコールの酸化反応にガスバーナーでの加熱が行われるなど、安全面で問題が見過ごされている。

そこに、コロナ禍での飛沫防止に配慮することが求められ、教室とは異なる対面者対策を実施するため仕切り板の設置が必要と考えた。アクリル板は可燃性材料であるため設置に障害とならない、より安全な加熱を検討し、ホットプレートへの置き換えで仕切り板の設置が可能になると考えた。

本論文では、加熱方法変更による直火と比較した検証

結果について述べる。また、化学・バイオ工学科で取り組んでいる実験室内での新型コロナウイルス対策について学習者へのアンケート結果について述べる。

2. 実験方法の改良

2.1 実験(手順)

加熱方法による加熱特性を確かめるために、以下の実験を行った。

○加熱方法による加熱特性の比較

ここでは一定量の蒸留水を加熱し、到達最高温度とそれに要する時間を比較した。

- ① ビーカーに蒸留水 50ml と沸騰石を入れた。
- ② ガスバーナーまたはホットプレート(700W YHD-700:山善製)で加熱し、ペン型デジタル温度計(MWT-1)で最高温度に到達し温度変化しなくなるまでの温度変化の推移を確認した。

加熱に求められる必要温度を確かめるために2つの実験を行った。この2つの実験は前期中に実施される実験内容であることから優先度を上げて選定した。

○コロイド溶液の性質

加熱温度の違いが実験結果に与える影響を確認するために行った。

加熱方法以外の実験方法は固定し、実験を行った。

- ① ビーカーに蒸留水 50ml と沸騰石を入れ、ホットプレートまたはガスバーナーで加熱した。このとき、ガスバーナーは10分、ホットプレート

は17分加熱した。この加熱時間はそれぞれ最高温度に到達後、3分保持した時間として決定した。

- ② 15%塩化鉄(III)水溶液 3mlを一気に加え、かき混ぜた。
- ③ 色の変化が止まったら、ビーカーを耐熱板上に置き放冷させた。このとき、チンダル現象の確認を行った。
- ④ 水酸化鉄(III)コロイド溶液を3本の試験管に3mlずつ分注した。
- ⑤ A : 0.2mol/l 塩化ナトリウム水溶液、B : 0.1mol/l 塩化カルシウム水溶液、C : 0.1mol/l 硫酸ナトリウム水溶液をそれぞれ1滴ずつ加えていき、3滴まで加えた。

○無機イオンの定性分析

実験方法のなかに加熱が含まれている無機イオン (Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Mn^{2+})について加熱方法以外の実験方法は固定し、実験を行った。

[Ag^+ Pb^{2+}]

- ① 試験管に 0.1M- AgNO_3 水溶液 0.1M- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ を1滴取り、1mlの蒸留水を加えた。
- ② ①とは別の試験管で 0.1M- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ を1滴取り、1mlの蒸留水を加えた溶液を準備した。
- ③ ①②に 6M-HCl をそれぞれ1滴ずつ加え、ホットプレートまたはガスバーナーを用いて③-②で生成した白色沈殿が溶解するまで 60°C程度で加温した。
- ④ ③-①の試験管に 1M-HCl を1滴加え、溶液が白濁化しないか確認した。同時に③-②の試験管は取り出した。
- ⑤ ④で確認した試験管を氷水で冷やした。
- ⑥ 上澄み溶液をピペットにより除去した。
- ⑦ ⑥で得られた沈殿を1滴の0.1M-HClを加えた1mlの水で洗い、その洗液はピペットにより除去した。
- ⑧ ⑦の沈殿に1mlの熱水を加えて熱いうちに上澄み溶液をピペットで除去した。このときホットプレートまたはガスバーナーで最高温度に達して5分保持した水を熱水として用いた。
- ⑨ ⑧で得られた溶液に Pb^{2+} の確認反応として液に2滴の飽和酢酸アンモニウムを加え1滴の 0.5M- K_2CrO_4 を落とした。

- ⑩ ⑨で Pb^{2+} が確認されなくなるまで⑧を行った。
- ⑪ ⑩の沈殿に 6M- NH_3 を5滴加え、沈殿を溶解させた。
- ⑫ ⑪の溶液に Ag^+ の確認反応として1滴のフェノールフタレインを加え赤色の消えるまで 6M-HCl を加えた。

[Cu^{2+}]

- ① 試験管に 0.1M- $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液を2滴取り、10滴の蒸留水を加えた。
- ② ①に 6M-HCl を1滴加え、ホットプレートまたはガスバーナーを用いて5分程度加熱した。このときホットプレートまたはガスバーナーで最高温度に到達させた状態で行った。
- ③ Na_2SO_3 を手早く青色が消えるまで加えた。
- ④ ③に 0.1M- NH_4SCN を 0.5ml 加えた。

[Mn^{2+}]

- ① 試験管に 0.1M- $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液を1滴取り、10mlの蒸留水で希釈した。
- ② ①のなかの 1ml を別の試験管に取った。
- ③ ②に 6M- HNO_3 3滴と NaBiO_3 1杯を加えた。
- ④ ③の上澄み溶液をピペットで分取し、ホットプレートまたはガスバーナーを用いて5分程度加熱した。このときホットプレートまたはガスバーナーで最高温度に到達させた状態で行った。
- ⑤ 加熱した④に 6M-HCl を4滴加えた。

2.2 実験結果

○加熱方法違いでの温度変化確認

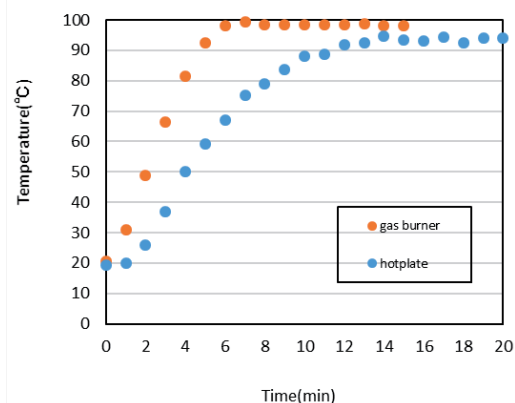






Fig.1 Transition of temperature change during heating time

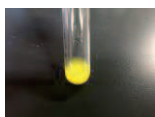
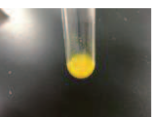
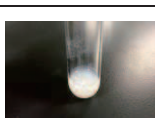
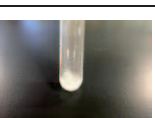




○コロイド溶液の性質

Table 1 Results of the properties of colloidal solutions with different heating methods

	gas burner	hotplate
Tyndall phenomenon in colloidal solution	 confirmed	 confirmed
Flocculation in colloidal solution left: A center: Bright: C	 only C precipitates	 only C precipitates

○無機イオンの定性分析

Table 2 Results of qualitative analysis of inorganic ions with different heating methods

	gas burner	hotplate
Confirmation reaction of lead ion ([Ag ⁺ Pb ²⁺] ⑨)	 yellow precipitate	 yellow precipitate
Confirmation reaction of silver ion ([Ag ⁺ Pb ²⁺] ⑫)	 white precipitate	 white precipitate
Confirmation reaction of copper ion ([Cu ²⁺] ④)	 white precipitate	 white precipitate
Confirmation reaction of manganese ion ([Mn ²⁺] ③)	 purple solution and brown precipitate	 purple solution and brown precipitate



Confirmation reaction of manganese ion ([Mn ²⁺] ⑤)	 Change to transparent	 Change to transparent
--	--	--

Fig.1 に示したようにガスバーナーによる加熱とホットプレートによる加熱を比較すると、到達最高温度とそれに要する時間はそれぞれガスバーナー：99.4℃(7分)、ホットプレート：94.4℃(14分)となり、温度上昇速度と到達最高温度に差が生じた。煮沸が必要とされる実験には、ガスバーナーを使用することが必須であり、これをホットプレートによる加熱で置き換えることはできないことが分かった。

加熱方法の差は煮沸か 90℃程度の保温と異なる状態であったが、Table 1、Table 2 に示すように確認した実験結果には差が生じなかった。このことから、煮沸が必要ではなくある温度以上で反応を促進する加熱が必要、反応速度を一定にするための温度保持が必要であった。水の沸騰温度はほぼ 100℃で一定とみなせる。(気圧の変化により変動するがその影響は受けない)

90℃程度での保温ができれば、今回取り上げた実験はすべてでガスバーナーをホットプレート加熱に切り替えることが可能と分かった。

3. 学生化学実験

令和 3 年度、2 年生の基礎化学実験Ⅱで加熱方法を検討した実験操作で実験を行い、安全面などを評価した。昨年度まで実験目的を達成する前に環境の変化などから直火加熱に慣れていない学生が増え、ガスバーナーの使用方法や使用中の注意(ポリ手袋等の可燃物を装着したまま使用するなど)でつまづき、集中力を欠いてしまう場面があった。それに伴い、ガスバーナー使用時の状況について 1 人 1 人注力して見るが多かった。今年度は、少ないガス栓に伴う複数人での加熱が減ったことやシンプルな操作にしたことで職員側は加熱中に注力する場面が減り、学生側も迷いなく実験に取り組んでいるように感じた。それにより、安全面が向上しトラブルなく実験を遂行することができた。

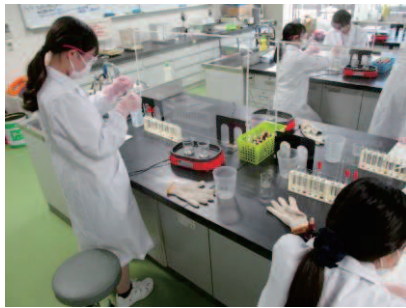


Fig.2 State of student experiment

4. 実験室での新型コロナウイルス対策

ホットプレートによる加熱で実験を進めることが確かめられたので、仕切り板の設置が可能となった。実験室と教室の違いは、対面者による飛沫を極力防止するのが目的である。となりの学生との間隔は教室とほぼ同じであるが、実験時に向かい合う形式で実験室が設計されているため、仕切り板の設置で手袋、ゴーグル、マスク等で感染リスクは下げられると考えた。アルコール消毒、実験後の清掃など感染予防など学習者に注意を促した。

以下に具体的な実験室での対策内容を示す。

①入退出時での手指のアルコール消毒

実験室の入り口にアルコールが入ったスプレーボトルを設置し、入退出時にアルコールによる手指の消毒を行う。

②実験中における実験室内の換気

実験中、入り口や窓を常時開放し、空気の滞留を抑制し流れを促している。

③マスク着用・手指消毒を促すポスターの掲示

実験室の入り口にポスターを掲示することにより実験中のマスク着用や入退出時の手指消毒を促した。



Fig.3 A poster that encourages wearing a mask and disinfecting hands

④座席指定や実験室を多く使うことでの密状態の回避

実験室の部屋数を増やすことで、実験室を広く活用することができ、そのなかで座席指定をすることで密状態をなるべく回避するよう学生を配置した。



Fig.4 Avoiding dense conditions by assigning seats and using a lot of laboratories

⑤飛沫防止用の仕切り板設置



Fig.5 Acrylic plate for splash prevention

実験室で学生実験を行う 1~4 年生の化学・バイオ工学科の学生に感染症対策の観点から以下の項目でアンケートを実施した。

- Q1: 入退出時における手指のアルコール消毒について
- Q2: 実験中の実験室内の換気について
- Q3: 実験机上の仕切り板が実験の妨げとなるか
- Q4: 実験机上の仕切り板は必要か(感染症の観点から)
- Q5: マスク着用等のポスター掲示について
- Q6: 実験室での新型コロナウイルス対策により実験の安心度は高まったか
- Q7: 化学・バイオ工学科で実施している新型コロナウイルス対策に対しどう感じるか
- Q8: Q3で「妨げになる」と回答した方で実験のどういった作業で妨げになると感じるか(自由回答)

化学・バイオ工学科 1～4 年生からの回答率は 85.7% であった。

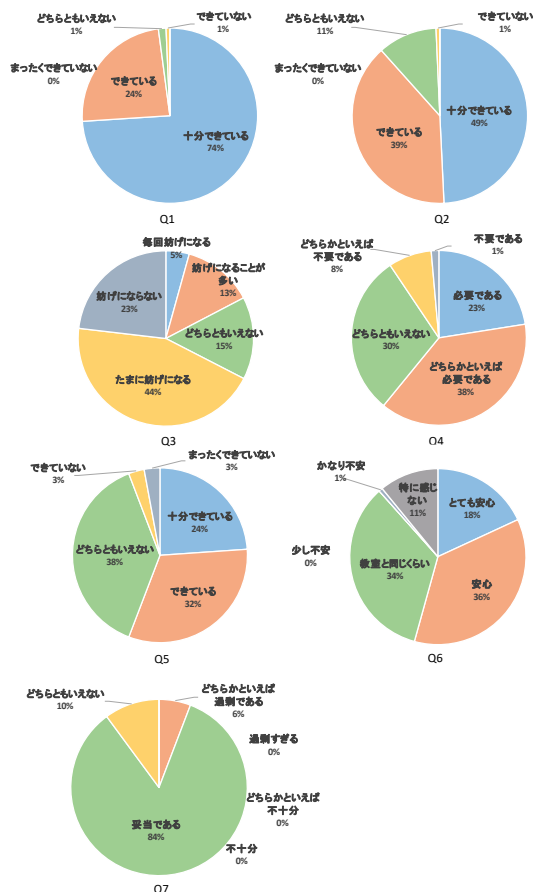


Fig.6 Questionnaire results

Q8 実験と妨げとなる場面

- ・実験器具や試薬を対面の人から受け取るとき (12名)
- ・先生の声が聞き取りにくくなる、ホワイトボードに書かれた文字に対しアクリル板が反射して読みにくい(2名)

アンケート結果から、Q6 の回答で「安心」が教室以上とすると実験への安心度は 8 割以上が教室以上となり、実施した対策についても妥当であるとの声が多かった。特に実験室入退出時の手指のアルコール消毒や実験室内の換気については日常生活で目にする光景でもあり、多くの学生が取り組めたと考えられる。これにより学生側から感染症対策について有効と受け取られていることを感じた。学習者が安心して実験できていることに繋がったことは大きく、実際に加熱方法を切り替えた対策を実

施して効果を確かめた。

アンケートから対策の中では課題も見つかった。マスク着用・手指消毒を促すポスターの掲示について過半数程度「できている」とあり、これでは周知の程度として不十分と感じた。こちらは設置場所が少なく、学生の目に留まりにくかったことが原因と考えられるため、設置場所を増やし対策していく予定である。また、飛沫防止用のアクリル板が必要という声が多かった(61%)反面、実験の妨げになるとの声が多かった(62%)。アクリル板が実験への安心度を生み出していることが考えられるため、アクリル板設置状態を維持した対策が必要と考える。一方、実験の妨げの原因が対面の人からの物品受け渡し時に妨げとなるという声が多かった(19%)ため、今後は実験グループごとの配布を仕切り板側毎に試薬数や器具数を設置するなどして、対面の人からの物品受け渡しを減らせるよう実験ごとに見直しを行っていく計画である。話の聞き取りにくさや文字の見えにくさについてもマイクの使用などで同様に見直ししていく計画である。

デルタ株出現前後を比較すると、感染症対策もより細やかな方向にシフトしたので、飛沫対策の仕切り板による滞留の影響なども再検討する可能性が出てきている³⁾。マスクを装着していてもウレタンマスクを着用する学生が多いと感じられるため、不織布マスクの装着、手袋、ゴーグルなど注意喚起は重要と考えられる⁴⁾。実験室は基本操作の習得、器具の扱いや測定など現在の所では遠隔化では抜け落ちてしまう部分を実施する重要な場所である。そのため、十分な感染症対策が今後も必要となる。

今回、このような実験方法の改良を検討し、実現することが出来たのは、技術職員と専門学科との連携が高まったことが要因と考えられる。それにより、与えられた業務を受動的に行うのではなく、視野を広げながら教職員と共に能動的に取り組めたためと考えられる。

ワクチン接種が進んでも、感染拡大前の状況に戻れない可能性があるため、感染症対策は必要不可欠となるものとする。改善点も見つかったため、今後もより良い取り組みとして維持できる仕組みをつくって感染症対策に取り組めるよう行っていきたいと考えている。

5. まとめ

加熱特性の違うホットプレートを用いても、ガスバーナーと同様の実験結果を得ることができ、今年度の学生の取り組みから安全性を向上させた実験方法の改良に成功した。また、それに伴い仕切り板設置等の新型コロナ

ウイルス対策を行うことができ、学生から実験室での感染対策についての高い評価を得ることができた。

謝 辞

本論文を作成するにあたり多くのご助言を頂きました化学・バイオ工学科の先生方、アンケートの協力者である化学・バイオ工学科の1~4年生の学生みなさんに感謝します。

文 献

- 1) 山内薫:高等学校 化学, (第一学習社).
- 2) 植木厚:無機半微量分析(第2版), (東京化学同人)
- 3) 感染・伝播性の増加や抗原性の変化が懸念される新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の新規変異株について (第12報) 国立感染症研究所
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000816632.pdf>
- 4) 201015kisyakaiken.pdf (tut.ac.jp)