

コロナ禍の「基礎化学実験 I」

「Basic Chemical Experiments I」 under COVID-19 pandemic

原 田 雅 章

Masaaki HARADA

理科教育研究ユニット

(令和4年9月26日受付, 令和4年12月20日受理)

抄 録

2020年のコロナウイルスの世界的な蔓延により, 大学のすべての授業がオンラインでの対応を余儀なくされた。講義形式の授業においてはオンライン化による影響は比較的小さくて済んだが, 実験操作を習得する実験科目においてはオンライン化による弊害は致命的であった。2022年現在 With コロナが続いているが, コロナ前から現在にいたるまでの間, 本学の実験科目「基礎化学実験 I」がコロナ禍にどう対応したのかについて記録する。

1. はじめに

2019年12月8日中国の湖北省武漢市の保健機関により原因不明の肺炎患者が報告され, 2020年1月7日にこの原因が新種のコロナウイルス (COVID-19, coronavirus disease 2019) であることが確認された¹⁾。この頃はまだ対岸の火事の感があったが, 2020年1月16日に国内初の感染者が, 2020年2月20日には福岡県で初の感染者が報告されるにともない²⁾, 国内でも不安が急激に高まってきた。図1に国内初の感染者が報告された2020年1月16日から2020年5月30日までの東京, 福岡, 全国の新規感染者数のデータを示す³⁾。

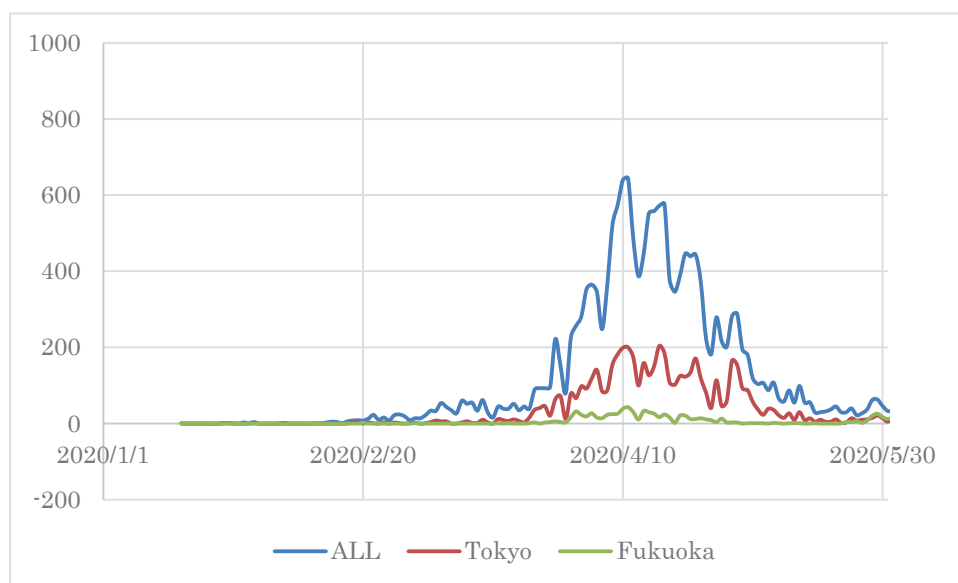


図1 2020年1月16日～5月30日までの新規感染者数 (東京, 福岡, 全国)³⁾

本学ではこのような状況を受け、2020年（令和2年）3月16日に令和2年度前期の学事日程が変更となった（前期授業開始を4月6日から4月20日に繰り下げ）。さらに2020年4月7日に初の緊急事態宣言が発令となったのを受け（福岡県では5月14日で解除）、4月8日に令和2年度前期の学事日程が再度変更となった（前期授業開始を4月20日からさらに5月11日に繰り下げ）。前期授業開始日が延期されるとともにすべての講義は実験も含め原則オンラインで実施することになり、コロナウイルスの正体が不明で先行きも不透明ななかで教職員は短期間で様々な対応に追われることとなった。

講義形式の授業についてはオンライン化による影響は比較的少なくて済むと予想されたが、実験操作を習得することを目的とする実験科目においてはオンライン化による弊害は致命的であった。中等教育教員養成課程理科専攻（以下、中等理科）においてⅠ期（1年前期）に開講されている必修科目「基礎化学実験Ⅰ」（実験、1.5コマ、1単位）は、「基礎的な化学実験を通して、実験技能の取得と基本原理の理解を深めることを目標とする」（シラバスより）科目である。大学に入学したばかりの中等理科1年生が、卒論までの4年間に必要となる基礎的な化学実験を実際に体験するとともに、さらには将来理科教員になったとき必要となる実験技能の習得と基本原理の理解を深めるための科目であるので、実験ができないことは大変深刻な問題である。

本報告では、2022年現在いまだ With コロナが続いているが、コロナ前から2022年度の現在にいたるまでの間、「基礎化学実験Ⅰ」がコロナ禍に対してどのように対応したのか、コロナ禍の⁴⁾「基礎化学実験Ⅰ」について記録しておくことにする。

2. 「基礎化学実験Ⅰ」

2. 1 コロナ禍前（～2019年（令和1年））

2019年（令和1年）の「基礎化学実験Ⅰ」のスケジュールを図2に示す。実験内容は、大きく分けて定性分析8週（2～9週）と定量分析4週（10～13週）の二つである。

週	内容
1	Introduction
2	実験操作の説明
3	第Ⅰ、Ⅱ族陽イオンの定性分析
4	第Ⅲ族陽イオンの定性分析
5	第Ⅰ～Ⅲ族未知試料分析
6	第Ⅳ～Ⅵ族陽イオンの定性分析
7	第Ⅰ～Ⅵ族未知試料分析
8	第Ⅰ～Ⅵ族未知試料分析
9	第Ⅰ～Ⅵ族未知試料分析
10	中和滴定説明
11	中和滴定/滴定曲線
12	滴定曲線/中和滴定
13	コンピュータ活用
14	予備

図2 2019年（令和1年）の「基礎化学実験Ⅰ」のスケジュール

2. 1. 1 定性分析（陽イオンの系統的分離）

「代表的な金属イオン10種類の系統的分離法の原理を理解するとともに、実際の操作を通して基本的な実験器具の使用法、操作法について学ぶ。未知試料を用いたテストにより実験の習熟度を見る。」（シラバスより）

代表的な金属イオン10種類（Ⅰ属： Ag^+ 、 Pb^{2+} 、Ⅱ属： Bi^{3+} 、 Cu^{2+} 、Ⅲ属： Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、Ⅳ属： Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 、Ⅴ属： Ca^{2+} 、Ⅵ属： Mg^{2+} ）の系統的分離法（図3）の原理を理解するとともに、実際の操作を通して基本的な実験器具の使用法、操作法について学ぶ。

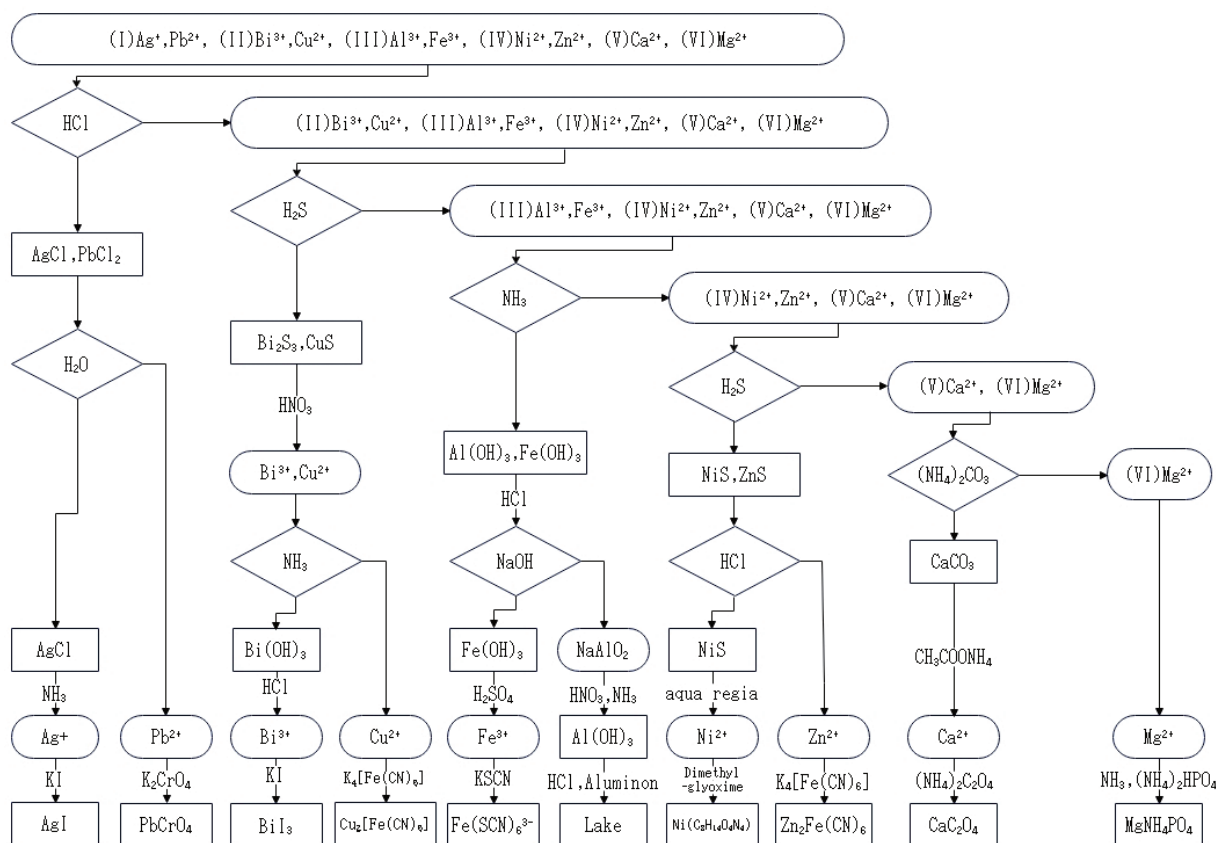


図3 代表的な金属イオン10種類の系統的分離法

評価は、未知試料を用いた4回の実技試験（5, 7～9週）により実験の習熟度を見ることにより行う。実技試験の得点は、次の式(0)により1回100点満点で評価する。実技試験4回の総得点が6割（ $400 \times 0.6 = 240$ ）以上で合格とする。

$$\text{得点} = \frac{(\text{正検数} - \text{余検数})}{(\text{正検数} + \text{未検数})} \times 100 \quad (0)$$

ここで、正検数：正しく検出されたイオンの数

余検数：含まれていないにも関わらず誤って検出されたイオンの数

未検数：含まれているにも関わらず検出されなかったイオンの数

分母（＝正検数＋未検数）：含まれていたイオンの数

である。

2. 1. 2 定量分析（中和滴定）

「代表的な容量分析法として中和滴定を取り上げ、濃度未知の酸・塩基の濃度を求める方法について学ぶ。コンピュータを用いて中和滴定の際のpH変化を示す曲線を描く。中和滴定の実験結果と合わせて、中和反応について理解を深める。」（シラバスより）

容量分析法として最も代表的な中和滴定を取り上げ、中和滴定を利用して濃度未知の酸・塩基の濃度を求める方法について学ぶ。さらに酸・塩基平衡の理論式(1)～(6)からコンピュータを活用して、Visual Basicプログラミングにより滴定曲線を描く(図4)。中和滴定の実験結果と合わせて、中和反応について理解を深める。

(・) シュウ酸の電離平衡：

$$K_1 = \frac{[\text{HC}_2\text{O}_4^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]} = 6.5 \times 10^{-2} \quad (1), \quad K_2 = \frac{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HC}_2\text{O}_4^-]} = 6.1 \times 10^{-5} \quad (2)$$

(・) 水のイオン積：

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \quad (3)$$

(・) 電荷バランス：

$$[\text{HC}_2\text{O}_4^-] + 2[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}^+] + [\text{Na}^+] \quad (4)$$

(・) 物質バランス：

$$[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] + [\text{HC}_2\text{O}_4^-] + [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = \text{CA} \times \frac{\text{VA}}{\text{VA} + \text{VB}} \quad (5)$$

$$[\text{Na}^+] = \text{CB} \times \frac{\text{VB}}{\text{VA} + \text{VB}} \quad (6)$$

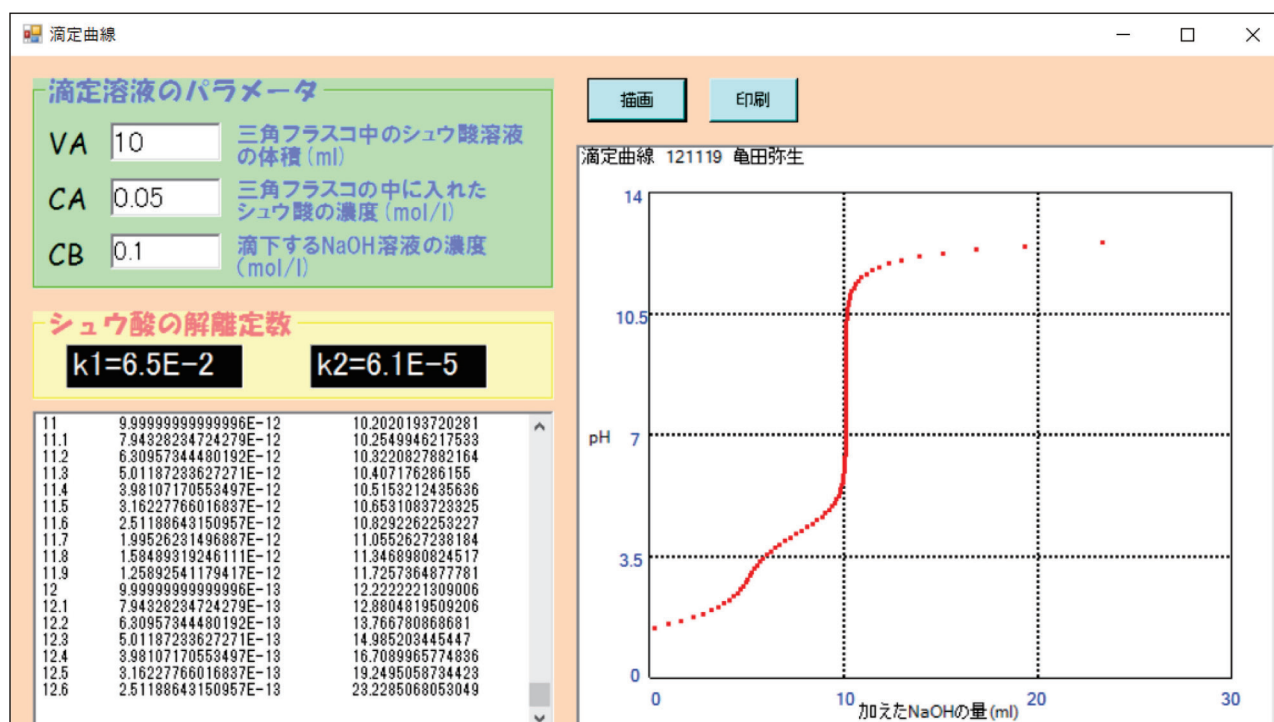


図4 Visual Basic で描いたシュウ酸と水酸化ナトリウムの滴定曲線
左下の FORM 中に表示されている数字列は左から、pH 値 (グラフの縦軸, 0.1 刻み),
水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ / (mol/L), 加えた NaOH の量 (mL) (グラフの横軸)

2. 1. 3 ガラス細工 (攪拌棒の作製) (2017 年 (平成 29 年) まで)

「ガラス管を用いた簡単なガラス細工により、ガラスの性質と加工法について学ぶ。」(シラバスより)

定性分析と定量分析に加えて、2017 年 (平成 29 年) まではガラス細工の実技項目があった。これは中空のガラス管 (内径 5 mm, 外径 7 mm, 厚さ 1 mm) の両端を綺麗に半球状に封じて攪拌棒を作るというもので (図 5), 著者が着任した 1997 年 (平成 9 年) のずっと前から種目数は削減されながらも脈々と受け継がれていた伝説的な種目であった。しかしながら、ガスバーナーとファイゴ (図 6) で加工が可能な軟質ガラス管が国内で入手困難になるという想定外の事態により、やむなく 2018 年 (平成 30 年) から「基礎化学実験 I」のメニューから姿を消すこととなってしまった。



図5 中空軟質ガラス管とそれから作製した攪拌棒



図6 ガラス細工に使用するガスバーナーとフイゴ

2.2 コロナ禍（2020年（令和2年））

図7に2020年4月～8月の新規感染者数を示す³⁾。政府は2020年4月7日に、「新型インフルエンザ等対策特別措置法」に基づき初の緊急事態宣言を発令した。緊急事態宣言下において、事業の休業や外出自粛の要請により、人と人との接触機会が大幅に低減され、5月25日に緊急事態宣言が解除された（福岡県では5月14日に解除）。本学では、この間に学事日程が二度にわたって変更され、前期開始日が5月11日に延期されるとともにすべての授業は実験も含め原則オンラインで実施することになり、コロナウイルスの正体が不明で先行きも不透明ななかで教職員は短期間での対応に追われることとなったことは、既述の通りである。

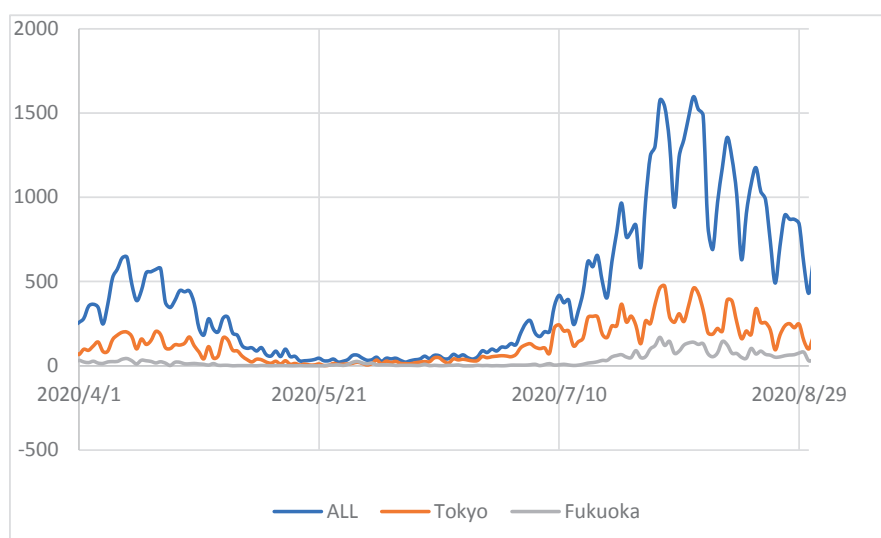


図7 2020年4月～8月の新規感染者数³⁾

2020 年（令和 2 年）の「基礎化学実験 I」のスケジュールを図 8 に示す。内容は、従来通り定性分析と定量分析の二つであるが、全週 Google Classroom を利用してオンラインで実施することになったので、定性分析を 1 週減らして 7 週に、その分定量分析を増やして 5 週とした。もちろん定性分析の実技試験も実施できなくなった。オンライン授業においてもリアルタイムでの配信と双方向性を担保することが求められたが、時間等の制約上すべて Google Classroom 内でのオンデマンド動画配信と課題提出により実施・評価せざるをえなかった。このため、この年の受講生は一度も実験をすることなく、「基礎化学実験 I」の単位を取得することとなった。

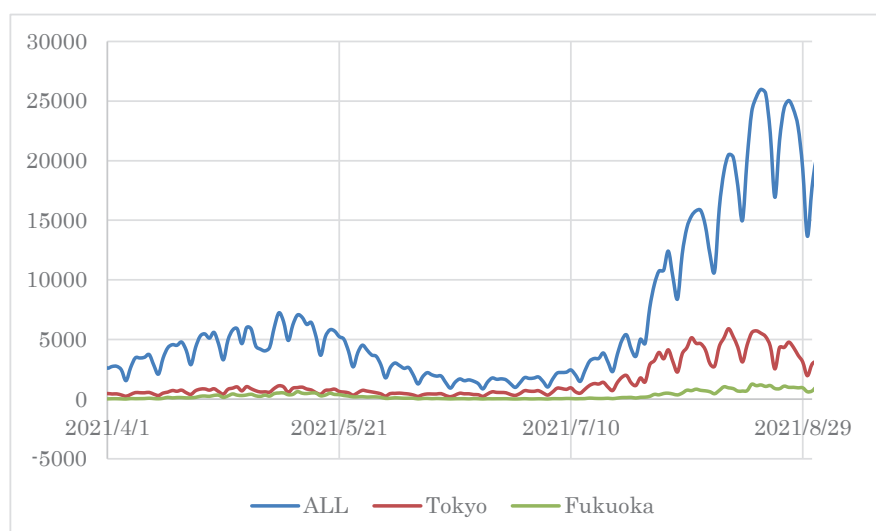
週	内容	週	内容
1	Introduction	1	Introduction
2	実験操作の説明	2	実験操作の説明
3	第 I、II 族陽イオンの定性分析	3	第 I 族陽イオンの定性分析
4	第 III 族陽イオンの定性分析	4	第 II 族陽イオンの定性分析
5	第 I ～ III 族未知試料分析	5	第 III 族陽イオンの定性分析
6	第 IV ～ VI 族陽イオンの定性分析	6	第 IV 族陽イオンの定性分析
7	第 I ～ VI 族未知試料分析	7	第 V 族陽イオンの定性分析
8	第 I ～ VI 族未知試料分析	8	第 VI 族陽イオンの定性分析
9	第 I ～ VI 族未知試料分析	9	中和滴定
10	中和滴定説明	10	滴定曲線
11	中和滴定/滴定曲線	11	コンピュータ活用1
12	滴定曲線/中和滴定	12	コンピュータ活用2
13	コンピュータ活用	13	コンピュータ活用3
14	予備	14	予備

図 2（再掲）

図 8 2020 年（令和 2 年）の「基礎化学実験 I」のスケジュール

2. 3 With コロナ（2021 年（令和 3 年）～）

コロナ禍も 1 年程度で収束するだろうという楽観的観測も見事に裏切られ、ワクチン接種の見通しも立たない中でも、文部科学省の方針「感染拡大の防止と学生の学修機会確保を両立する」^{5,7)}のもと、本学でも「【教職員向け】新型コロナウイルス感染拡大防止と面接授業実施に係るガイドラインに沿って十分な感染予防対策をとった上で、対面の形態で実施することを原則とする」（令和 3 年度前期授業実施の基本方針、令和 2 年 12 月 9 日）方向で 2021 年度の準備が進められた。図 9 に 2021 年 4 月～8 月の新規感染者数のグラフを示す³⁾。振り返ると 2021 年度（令和 3 年度）の新学期は、福岡では 2 回目の緊急事態宣言（2021 年 1 月 14 日～3 月 7 日）が明け、3 回目の緊急事態宣言（2021 年 5 月 12 日～6 月 20 日）が発令されるまでの間に開始されることとなった。

図 9 2021 年 4 月～8 月の新規感染者数³⁾

「基礎化学実験Ⅰ」は、中等理科1年生が基礎的な化学実験を実際に体験することにより、卒論までの間さらには将来理科教員になったとき必要となる実験技能の取得と基本原理の理解を深めるための科目であるので、実験ができないのは致命的である。そこで、2021年（令和3年）の「基礎化学実験Ⅰ」は図10のスケジュールに沿って実施した。定性分析と定量分析を各6週とし、定性分析は化学第一実験室で対面、定量分析はGoogle Classroomで遠隔で実施する。実施形態としては、従来の対面授業とオンデマンド型オンライン授業のハイブリッド型となる。定性分析、定量分析の6週分の内容は図10のとおりである。定性分析と定量分析を同じ6週とするために、定性分析はコロナ禍前の8週から6週へ2週分減らし、定量分析を4週から6週に2週分増やした。したがって、定性分析の実験および実技試験が1週ずつ減ってしまうのが実験科目としてはマイナスである。

実験メニュー		内容	対面／遠隔	火曜クラス		水曜クラス	
週				A	B	C	D
1	Introduction	本日	遠隔	Introduction		Introduction	
2	(定性1)	第Ⅰ～Ⅲ族陽イオンの基本反応	対面	定性1	定量1	定性1	定量1
3	(定性2)	第Ⅰ～Ⅲ族陽イオンの定性分析	対面	定量1	定性1	定量1	定性1
4	(定性3)	第Ⅰ～Ⅲ族陽イオンの未知試料分析	対面	定性2	定量2	定性2	定量2
5	(定性4)	第Ⅳ～Ⅵ族陽イオンの定性分析	対面	定量2	定性2	定量2	定性2
6	(定性5)	第Ⅰ～Ⅵ族陽イオンの未知試料分析	対面	定性3	定量3	定性3	定量3
7	(定性6)	第Ⅰ～Ⅵ族陽イオンの未知試料分析	対面	定量3	定性3	定量3	定性3
8	(定量1)	塩酸と水酸化ナトリウムの滴定曲線1	遠隔	定性4	定量4	定性4	定量4
9	(定量2)	塩酸と水酸化ナトリウムの滴定曲線2	遠隔	定量4	定性4	定量4	定性4
10	(定量3)	塩酸とアンモニアの滴定曲線	遠隔	定性5	定量5	定性5	定量5
11	(定量4)	シュウ酸と水酸化ナトリウムの滴定曲線1	遠隔	定量5	定性5	定量5	定性5
12	(定量5)	シュウ酸と水酸化ナトリウムの滴定曲線2	遠隔	定性6	定量6	定性6	定量6
13	(定量6)	シュウ酸と水酸化ナトリウムの滴定曲線3	遠隔	定量6	定性6	定量6	定性6
14	予備		予備	予備		予備	

図10 2021年（令和3年）の「基礎化学実験Ⅰ」のスケジュール

受講学生は中等理科1年生（定員35名）プラス α で、使用する化学第一実験室の定員は32名なので、コロナ禍前から受講生を半分に分けて、火曜日と水曜日の週2回（2クラス）開講していた。2021年度は密を避けるために、各クラスをさらに半分に分け（火：AとB、水：CとD）、一人の学生から見ると隔週で定性分析と定量分析を交互に受講する形にした。これにより一人の学生が実験できる回数は半分（定性分析の6週）となるが、実験室で作業する学生も半分となり密が解消される。図11に化学第一実験室の使用状況を示す。実験台1台当たり4名、実験室全体でも16名以下で実験を実施できた。コロナ禍前までは定員を超えて超過密状態で実験を行っていたことを考えると、安全上の理由からもコロナ禍により改善された数少ないメリットと言えなくもない。

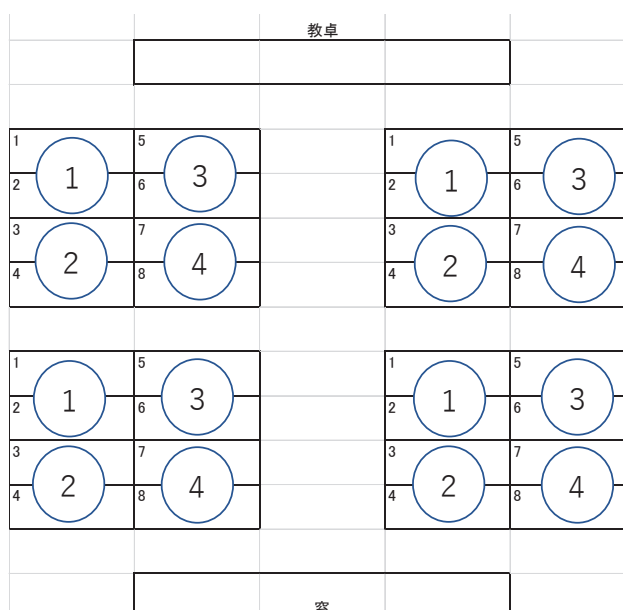


図11 化学第一実験室の使用状況（2021年（令和3年））

2022 年度のコロナ新規感染者数の状況は図 12 のとおりである³⁾。1 日当たりの新規感染者数は昨年度に比べても約 1 桁多くなっているが、ワクチン接種の進捗とウイルスの特性変化（重症化率の低いオミクロン株など）により緊急事態宣言は発令されなかった。したがって 2022 年度（令和 4 年度）の「基礎化学実験 I」は、昨年度（2021 年度（令和 3 年度））のスケジュール（図 10）とほぼ同内容で実施した。新しい変異株オミクロン株は、重症化率は低いものの、ワクチン接種が比較的進んでいない若年層への感染率が高く、コロナ感染や濃厚接触による自主隔離により授業を欠席する学生数は 2021 年度より大幅に増えた。そのため、頻繁に補講を実施するなどの対応が必要となった。

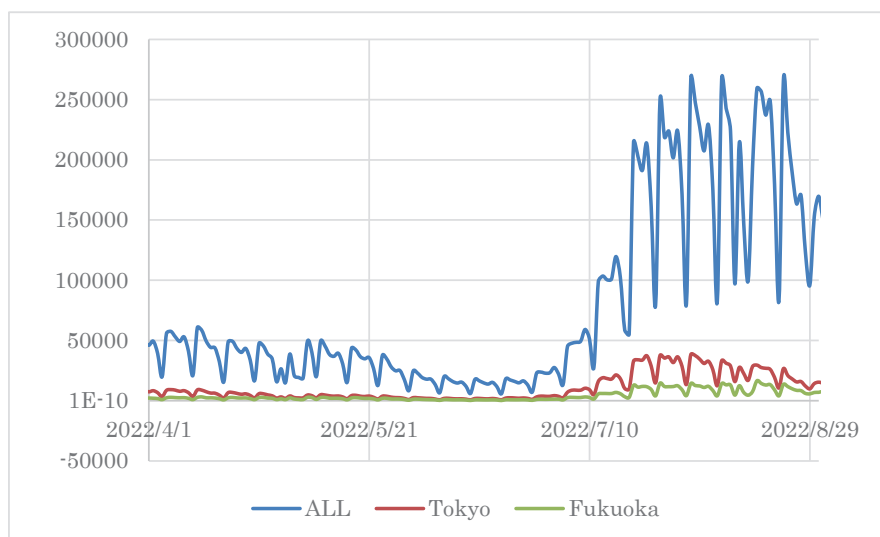


図 12 2022 年 4 月～8 月の新規感染者数³⁾

3. After コロナ（202X 年（令和 Y 年）～）

文部科学省は 2022 年 6 月 3 日、「大学等における令和 4 年度前期の授業の実施方針等に関する調査及び学生の修学状況（中退・休学）等に関する調査の結果について（周知）」⁸⁾を公表した。2022 年 3 月 22 日の調査実施時点で、99.3%の大学等が「半分以上を対面授業とする予定」と回答し、「全面対面で可能」の回答も 55.5%と半数を超えた。また 2022 年 9 月 8 日には、「With コロナに向けた政策の考え方」（新型コロナウイルス感染症対策本部決定）⁹⁾により、コロナ感染者数の全数把握の見直しなど徐々にではあるが With コロナ（新型コロナウイルスとの併存）に向けた新たな段階への移行が進んでいる。

新型コロナウイルスは今後も変異を繰り返し、収束までの道のりは予断を許さない。After コロナの定義は曖昧であるが、仮にコロナ禍が終息したとしてもコロナ禍前の超過密状況での実験室使用は安全上も受け入れがたい。加えて幸か不幸かオンライン形式の授業の導入も一気に加速することになり、そのメリット（時間的、空間的自由度が高いなど）も評価されつつある。したがって After コロナになってもハイブリッド型の授業形式を継続していくこととなると思われる。

4. まとめ

「基礎化学実験 I」のコロナ対応について記録した。2020 年度は止む無く完全オンラインで実施することになったが、それ以降徐々に対面とのハイブリッド化により、実験室の密対策のため実験回数は減少したものの実験を対面で実施してきた。2022 年現在 With コロナが続いており、ハイブリッド型で授業を実施している。ハイブリッド化による長所も知ることができたので、After コロナになっても完全対面に戻ることはないのではないと思われる。最後に、これは直接コロナ禍と関係があるとは言えないが、学生の間で期を同じくして広く蔓延している通称「裏実験」についても稿を改めて記録しておきたい。教育的観点からみるとこちらの方がコロナ禍よりも深刻な問題かもしれない。

5. 参考文献

- 1) 国・地域毎の2019年コロナウイルス感染症流行状況 - Wikipedia
- 2) 日本における2019年コロナウイルス感染症の流行状況 - Wikipedia
- 3) <https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/open-data.html>
厚生労働省オープンデータ○新規陽性者数の推移（日別）
2020/1/16からの47都道府県の新規感染者データ（.csv）をEXCELでグラフ化
- 4) https://www.nhk.or.jp/bunken/research/kotoba/pdf/20210601_2.pdf
“コロナ禍”“重用”について〔意見交換〕，第1449回放送用語委員会 2021年2月5日
- 5) https://www.mext.go.jp/content/20200727-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf
本年度後期や次年度の各授業科目の実施方法に係る留意点について，
令和2年7月27日事務連絡，文部科学省高等教育局大学振興課
- 6) https://www.mext.go.jp/content/20201223-mxt_kouhou01-000004520_03.pdf
大学等における新型コロナウイルス感染症対策の徹底と学生の学修機会の確保について（周知），
令和2年12月23日，文部科学省高等教育局
- 7) https://www.mext.go.jp/content/20210305-mxt_kouhou01-000004520-02.pdf
令和3年度の大学等における授業の実施と新型コロナウイルス感染症への対策等に係る留意事項について（周知），令和3年3月4日，文部科学省高等教育局
- 8) https://www.mext.go.jp/content/20220614-mxt_kouhou01-000004520_01.pdf
大学等における令和4年度前期の授業の実施方針等に関する調査及び学生の修学状況（中退・休学）等に関する調査の結果について（周知），令和4年6月3日事務連絡，文部科学省高等教育局
- 9) https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/th_siryoku/kihon_r1_040908.pdf
With コロナに向けた政策の考え方，令和4年9月8日新型コロナウイルス感染症対策本部決定

