

学校教員養成課程の化学学生実験における 安全教育の開発および実践

西山 桂^{*,**}・高須 佳奈^{**}

Katsura NISHIYAMA and Kana TAKASU

Development and Practice of Safety Instructions Regarding Chemistry Experiments at
Teacher-Training Courses

ABSTRACT

We propose a safety-instruction program for chemistry experiments as university education being applicable for teacher-training courses. We therefore compare syllabi for chemistry experiments lectured at faculties of education, national universities in Chugoku area. The comparison demonstrates remarkable emphasis of experimental safety at the lecture “Chemistry Experiments I” performed at our faculty of Shimane University. On the other hand, our “Kankyo Terakoya” program, powered by a MEXT “Good Practice” performance, takes students to a tour which indicates disaster-prevention facilities equipped in our faculty building. We conclude that a combination of theoretical and practical lessons concerned with safety education in chemistry courses may provide effective control of safety for students of teacher-training courses.

【キーワード：化学学生実験，安全管理，環境保全，毒劇物管理，授業カリキュラム】

1. 緒言

物質環境科学や生命地球科学といった自然科学は、自然界に存在する物質や現象を入念に観察し、あるいは実験を行うことによって、自然を構成する基本原理を導出することを目的としている。なかでも化学は、実験を繰り返して自然に存在する物質の成り立ちを調べるとともに、全く新しい物質を合成することにより、生活の利便性を向上させるような材料を提供できる可能性を有している。このように実験は化学教育の本質的な部分を占めており、中等理科教育の化学関連の教科や単元においても、その充実が近年ますます重要視されている。

一方、化学実験においては危険物を取り扱うことが多く、火気や鋭利なガラス器具等を使用することもあり、実験者本人や実験室全体の安全確保が極めて大切である。加えて近年では「実験により排出される廃棄物を適切に処理し、自然界に散逸させてはならない」という環境保持からの要請が特に強い。

近年大学の教員養成課程に入学してくる学生は、中等教育において化学関連の演示実験を目にしたことのある者は多いものの、薬品を使用して自ら実験を行った経験を有する者が少なくなっている。従って教員養成課程の学生が、初期段階で受講する化学実験の授業は、学生の多くにとっては実質的に初めての自ら操作して行う実験であるといえる。その一方、将来教師になる者は、生徒・児童に演示実験を提供する機会や授業の実験指導を行うことが今後ますます多くなると考えられる。それに加え

て、授業に限らず一般向けの科学教室等において化学実験を指導する場面も増加すると見られる。

教員養成課程における化学実験授業では、まず学生に授業受講者として従うべき安全の規範を教授することが必要であるとともに、教師となったときに自らが安全面を含めて生徒・児童を指導できるようなカリキュラム開発が望まれる。

そこで本研究では、中国地方の国立大学法人が設置する大学（国立大学）の教育学部で展開されている化学学生実験授業のシラバスに基づいて、安全教育の実施状況を比較検討する。次に、当学部における化学実験授業および環境寺子屋（平成20年度採択 質の高い大学教育推進プログラム 豊富な環境リテラシーを有する「理科に強い義務教育教員」育成プロジェクト）において実施されている化学安全教育の実践実績をまとめるとともに、安全教育手法の一例を提示する。

2. 中国地方の国立大学教員養成学部における 化学学生実験カリキュラム比較

表1は、中国地方の国立大学のうち教育学部を取り上げ、なかでも中等理科教員の養成を目指した課程のうち最も初期に開講されている化学学生実験授業のシラバスを比較している。これらの科目は、免許法における「化学実験（コンピュータ活用を含む。）」に対応している。この授業は、受講学生にとって実質的に生涯で初めて経験する本格的な化学実験であると考えてもよい。

* 高根大学教育学部自然環境教育講座

** 高根大学教育学部環境・理科教育推進室

表1 中国地方の国立大学教育学部・中等教員養成に向けた初年度化学実験授業の内容比較 [1]

大学・学部名	島根大学教育学部	岡山大学教育学部	広島大学教育学部	山口大学教育学部
開講授業名	化学基礎実験 I	化学実験 (コンピュータ活用を含む)	自然システム理解実験 (化学)	化学実験 (コンピュータ活用を含む。)
配当学年	2年生	1年生	2年生	2年生
授業計画	1-2. 安全保持のための注意、器具・装置・薬品の取扱 3. 実験準備 4-6. 中和滴定 (入門篇) 7-9. 酸化還元反応と電池 10-12. 無機化学 (陽イオン分析) 13-14. 有機合成化学 15. 筆記および面接試験	1. 実験の安全管理について 2. 食酢中の酢酸濃度の決定 (中和滴定) 3. 塩酸と酢酸混合液中の濃度の決定 (電気伝導度) 4. 水酸化ナトリウム (固体) と塩酸の中和熱の測定 (ヘスの法則) 5. 溶存酸素量 (DO) の測定 (酸化還元滴定) 6. ペットボトルを用いたガスビュレットの作製と貝殻中の炭酸カルシウム量の測定 7. 石けんと合成洗剤の合成と表面張力の測定 8. アセチルサリチル酸の合成 9. 天然色素を用いた酸塩基指示薬 10. 薄層クロマトグラフィーによる色素分離 11. ニンヒドリン反応によるアミノ酸検出 12. キレート滴定による水の硬度測定 13. L-アスコルビン酸の定量実験 14. 草木染め、再結晶と共結晶 15. まとめと片付け	1. 安全な化学実験のために 2-3. 無機合成 4-5. 容量分析 6-7. 有機定性分析 8-9. 天然物有機実験 10-11. 電気化学実験 12-13. 化学反応速度 14-15. コンピュータの活用	1. 安全教育、器具工作 2-4. 無機定性分析 5-6. 容量分析 7. データ解析 8. 有機定性反応 9-10. 有機合成 11-12. 分光光度測定 13-14. 物理化学 15. まとめ・発表・片づけ

各大学とも、授業の初回を含めて化学安全教育を1回以上行っていることが分かり、安全教育の重要度が見て取れる。なお、安全教育を行う回を除いた実験の分野自体は、各大学とも有機化学・無機化学・物理化学・分析化学の基礎をバランスよく含むものとなっており、免許法により要請されている科目内容に沿ったものとなっている。また火気を使用する加熱等の操作が少ない分析化学実験や無機化学実験を始めに行つて化学器具の取扱に関する習熟度を高めたのち、複雑な操作や設備が必要とされる有機化学実験へと徐々に移行させる順番となっているなど、化学学生実験の構成が各大学によって工夫されている様子が見られる。

なかでも当学部では、安全教育に複数回（2回）を充当して教育内容の実践を図っているとともに、その内容を定着させるために授業の最終回には筆記および面接試験を行つて安全理解度の定着を促している。これについて次項で詳しく述べる。

3. 当学部における化学関連の安全教育実践例

この項では、本学教育学部において開講している中等理科教員養成向けの化学学生実験のうち「化学基礎実験Ⅰ」（表1に掲載）での安全教育を概観するとともに、中等理科の内容を含めて展開している環境寺子屋A領域の初期段階における安全教育にも言及する。

3-1. 当学部「化学基礎実験Ⅰ」における安全教育

(1). 安全教育の概説

当授業における安全教育上の特徴は、安全教育に複数回を割いているとともに筆記および面接試験を課して内容の定着を図っていることである。

安全教育の一般的な内容、すなわち実験の服装やガラス器具の取扱、火気の使用等に関しては、理工系の専門学部や会社の現場でも高い評価を得ている成書 [2-5] に忠実に従っている。この授業では、特に当学部における化学学生実験として、化学安全保持の一般則に従う重要性を強調するとともに、島根大学の薬品取扱や廃液・廃棄物処理に関する学内規則を遵守しながら、実験に関する所作を具体的に学ぶ。

教育学部の化学学生実験における安全教育として重要なのは、受講者自らや同時に当該授業を受講している者の安全を確保するとともに、将来教師となった際に生徒・児童に安全面を含めて授業展開できる素地を養うということである。安全保持の原則を、受講学生の具体的な行動に落とし込んだ形で提示するとともに、実際の実験中には身をもってその安全原理を実践させることが重要である。表2に、当学部で開講している授業環境に特有の安全保持事項を示す。

内容に関して、白衣に氏名等を記載させるのは、万一事故等が発生した場合に負傷者等の氏名を担当教員が素早く確認できるようにするためである。特に大人数で行う実験授業や、課外活動として実施する科学教室などで、

表2 島根大学教育学部「化学基礎実験Ⅰ」における授業環境特有の安全注意事項

番号	分類	事項
1	服装	白衣は綿 100%のものを着用する。生協などで購入できる。
2	服装	白衣の胸ポケットに、学生番号および氏名を大きな文字で記入する。5メートル程度離れた位置からでも読み取れるように記入する。
3	廃棄	実験中に発生した薬品付着の用紙やガラス片などは、すべて産業廃棄物として取り扱う。実験進行中には島根大学の規則に従って分別しておく、授業終了15分前に一括して回収する。その際は授業担当教員の目前で、その指示を受けて専用の廃棄箱に投入する。
4	廃棄	実験中に発生した廃棄薬品は、すべて島根大学の規則に基づいて貯蔵の指定された手続きに従って廃棄する。実験進行中は不要となった薬品を混合させることなく各自の実験台に保管しておく、授業終了15分前に一括して回収する。その際は授業担当教員の目前で、その指示を受けて各薬品ごとに指定された貯蔵タンクに回収する。
5	負傷	怪我をしたり事故が起こったりした場合には、担当教員に直ちに伝える。そのうえで、保健管理センター(内線2801、直通0852-32-6568)に連絡する。緊急度が極めて高い場合は、救急車119。

実験指導者が受講者の氏名を把握しきれていない場合にも極めて重要である。

実験で発生した廃棄物や薬品の処理については、島根大学規則を極めて厳密に守るように指導している。具体的には、担当教員の目前にて廃棄物の現物を提示させてその内容やどのような場面で発生したものかを報告させるとともに、指定された廃棄箱や廃液貯蔵タンクに正しく投入させることで、異物の混入等を防止することとしている。

項目5の負傷時の対応は、予め担当教員と本学保健管理センターとで協議を行ったものである。正課の授業であるので保健管理センターの開室時間中に実験が進行していることを前提にしている。負傷時にはまず保健管理

センターに連絡して対応の指示を仰ぐが、大量の出血が発生した場合など、明らかに緊急度が高い場合は直接救急車を要請することもある。また、保健管理センターとは定期的に（年1回）協議を継続しており、このような通報ルートが妥当かどうかを毎回確認している。

加えて受講学生には、必要な傷害保険に加入していることを授業受講の前提とするとともに、学生センター等で配布されている「島根大学緊急時連絡先カード」を携帯させている。また、実験室には保健管理センター等の電話番号を大きく掲示しており、緊急時に備えている。

授業等の教育課程の一環として実施する化学実験の安全保持において重要なことは、たとえ実験中に負傷しても成績評価が減点となることは一切ないことを周知徹底させることである。これによって、学生が負傷を隠したりせず、どんな小さな負傷でも直ちに担当教員に報告できる環境を整えている。例えば負傷した当初は自覚症状が小さいが時間経過とともに重大な損傷となり得るような怪我に対しても、初期から適切な治療を受けさせることができる。

(2). 期末試験を用いた安全手順の定着

この授業の大きな特徴は、期末試験を実施することによって安全に関する事柄の定着を図っているということである。期末試験は面接試験と筆記試験から構成されており、化学反応式など実験内容に関わる設問に加えて、安全保持に関する事項が筆記試験のなかで必ず出題される。

表3は、筆記試験における安全保持を問うた設問の一例を、また表4は、表3に示した設問例を含めて安全保持に関する問題に対する学生の解答状況を示す。

試験であるので、当然ながら毎年設問内容を変化させており、平均正答率の直接の比較は難しい。設問内容として平成20年度は、化学実験室の写真を例示して危険な状態を指摘させるといった様式であったので、比較的容易に解答できたと考えられる。平成21年度以降は、例えば実験用白衣としてふさわしい素材（綿100%）の理由を答えさせるなど論述形式としたため、正答率はやや低下した。しかし一方では、安全保持に関するより正確な知識や実践内容を問うことができたと考えている。

3-2. 環境寺子屋A領域における安全教育

(1). 実施背景

当学部で実施している環境寺子屋の体験学修プログラムにおいては、正課授業として中等理科に関する科目はもとより、初等理科に関する科目も履修していない者が受講する機会を提供している。また、中等理科教員養成の課程に属する学生のうち初等理科の科目を履修する機会のない者や、学校現場だけではなくサイエンススクールなど広く一般市民向けに授業を行う場合を念頭に置いた化学分野の安全教育を平成21年度から実施している。

本稿では安全保持に関する一般的な注意事項は省き、環境寺子屋A領域（物質とエネルギー）にて実施した特

表3 「化学基礎実験Ⅰ」期末筆記試験のうち安全保持に関する設問例

○	化学実験を行う際には白衣を着用する。この白衣の素材として、もっとも好ましいと考えられるものは何か。また、その理由を簡潔に述べよ。
○	実験中はゴーグル（安全眼鏡）を着用する。その理由を、具体的な実験操作の例および予想される危険な事態を例示しながら説明せよ。
○	いわゆる「毒劇物取締法」に定められる劇物は、学内規定や関連する法令に則った厳重な管理が求められている。今回の実験で使用した薬品を含めて、劇物に指定されている試薬を3種類以上挙げよ。

表4 「化学基礎実験Ⅰ」期末筆記試験のうち安全保持に関する設問の解答状況

年度（平成）	平均正答率 / %
20	100
21	86
22	92

有の事柄を述べる。

まず環境寺子屋の体験学修プログラムでは、学校現場などで特に薬品を使用する場合に発生しやすい事故の事例について検討を行っている。初等・中等学校、あるいは大学における授業中の事故は、独立行政法人日本スポーツ振興センターが運営する「学校安全Web」[6]にてデータベース化されている。このデータベースを使用し、理科授業中に発生した事故の事例を研究することによって、事故につながる状況をつくらないことを心がけるように指導している。

(2). 基礎的な実験で使用される薬品の取扱

まず、小学校理科で使用される主要な薬品を表5に示す。ここでは小学校の授業内容に倣い、広く一般向けの科学教室等でも頻繁に使用される薬品を想定している。

表5に示したものは理科の授業ばかりでなく日常生活にもなじみがある薬品も多い。環境寺子屋の体験学修プログラムでは、まず、我が国の法律「毒物及び劇物取締法」等により指定されている「劇物」を明示している。法令遵守が厳しく問われている昨今、大学や研究所はもとより初等・中等学校においても、劇物を法令等に基づいて正しく保管・使用することが極めて重要である。塩酸を始め、アルコールランプの燃料として使用されるメタノールなど、小学校理科や一般向け教室でも広く用いられる薬品の中でも劇物に指定されている薬品も多い。これらの取扱には注意が必要である。

また、薬品名には学術向けや教科書向けで使用される名称と工業界や産業界で使用されるものが異なることがある。例えば「メタノール」は国際純正・応用化学連

表5 小学校理科で使用される主な薬品 [7-8]

アンモニア水*	水酸化カルシウム
エタノール	チオ硫酸ナトリウム
塩化ナトリウム	ホウ酸
塩酸*	メタノール*
過酸化水素水*	二酸化マンガン
四ホウ酸ナトリウム	硫酸カリウムアルミニウム
水酸化ナトリウム*	ヨウ化カリウム

* 劇物を示す。

合 (IUPAC) が規定した化合物命名法に従っており、現在では教育界や学术界に幅広く浸透している。一方、産業界の現場などでは慣用名の「メチルアルコール」が使用される場合もある。このような例は枚挙に暇がなく、将来学校現場において活躍する者もIUPACによる命名法と慣用名との両方に習熟しておくことが安全保持の観点からも重要といえる。

(3) 安全設備探検ウォーク

万一、事故や火災等が発生した場合、それらによる被害を最小限に食い止めるような設備が教育学部内にも設置されている。環境寺子屋の学修体験プログラムでは、「安全設備探検ウォーク」と称してこれらの設備を実際に見学するとともに、設置場所を確かめる活動を行っている。



写真1 「安全設備探検ウォーク」における教育学部棟消火設備の確認

写真1には、安全設備探検ウォークの様子を示す。火事の場合には、火災報知器のベルをためらわずに押して知らせるとともに、逆にいたずらでベルを押すことは厳に慎むことを徹底している。

この他にウォークでは、教育学部棟内の消火器の位置を確認するとともに、I期・II期棟のトイレに設置されている洗眼器や緊急時用シャワー設備を紹介している。

このように体験学修プログラムでは、すべての体験活動が初等・中等学校を含む教育現場においてもすぐに応用できるように工夫されている。化学実験の安全教育に

関しても、それぞれの現場に即した形で展開していくことが望まれる。

4. 結論

本稿では島根大学教育学部において行われている化学系の学生実験について、その安全保持教育の概要を述べた。中国地方の国立大学教育学部において展開されている初年度向け化学学生実験授業を比較すると、本学部で中等理科教員の養成を主な目的として開講されている「化学基礎実験I」は、期末試験を通じて安全内容の受講学生への定着を促しているという特徴がある。さらに環境寺子屋の体験学修プログラムにおいては、広く一般向けの科学教室等をも考慮して、例えば小学校理科で使用される薬品の中にも劇物等の法令に依拠した取扱が要求されるものが多いことを示している。また、教育学部棟における安全設備を実際に確認することで、非常事態発生時に常日頃から備えておく重要性を強調している。

実験の安全保持教育には、「これで完成」という終着点は存在しない。日常的に注意深く実験を行うとともに、大学規則や法令等に基づき、毒劇物の取扱や産業廃棄物の処理を的確に行うといった積み重ねこそが安全確保につながる。「事故が起これなければよい」という受け身の姿勢を脱して、安全な実験環境を積極的に創出するような態度こそが、新しい科学・技術の領域を開拓するとともに、人間の幸せを生み出す価値を創出するものと考えている。

謝辞

化学基礎実験Iの授業は、現著者の一人(西山)に加えて、年度によっては曾我部國久特任教授または松井佳久特任教授とのチーム・ティーチングであった。ここに御礼申し上げる。

参考文献

- [1] 各大学ウェブサイトのシラバス検索システム、平成22年度版。
- [2] 山口和也、山本仁「基礎化学実験安全オリエンテーション」、東京化学同人(2007)。
- [3] 片倉啓雄、山本仁「バイオ系実験安全オリエンテーション」、東京化学同人(2009)。
- [4] 化学同人編集部 編「第7版 実験を安全に行うために」化学同人(2006)。
- [5] 化学同人編集部 編「第3版 続 実験を安全に行うために」化学同人(2007)。
- [6] 学校安全Web
http://naash.go.jp/anzen/anzen_school/tabid/822/Default.aspx
- [7] わくわく理科、3年～6年、啓林館。
- [8] 新しい理科、3年～6年、東京書籍。

