

理科非専攻学生における小学校化学指導力向上を目指した
 教員養成プログラムの開発とその評価
 —「理科指導意欲」に注目して—

寺 田 光 宏

**Development and evaluation of Teacher Training Programs
 (elementary school chemistry improving leadership)
 for non-science majors
 —Focusing on “Willingness to teach science”—**

Mitsuhiro TERADA

Abstract

I developed and evaluated of Teacher Training Program (An elementary school chemistry class programs for improving leadership) for students who were not majoring in science, focussing on “The motivation for teaching science”. I developed experiments to hypothesize and verify experiments to manage some crises. This study was shown to be effective as “Willingness to teach sciene”.

Key words

Teacher Training Program, Elementary school chemistry, non-science majors, Willingness to teach sciene

1. は じ め に

(1) 研究の背景

小学校で学級担任として理科を教える教員の約5割は理科の指導を「苦手」または「やや苦手」と感じ、7割の教員は理科の指導法についての知識・技能が「低い」または「やや低い」と感じている¹⁾。このような小学校教員の理科に対する資質の実態の研究はいくつか行われている²⁾³⁾⁴⁾。特に、田村ら⁵⁾は、小学校教員を対象に理科と実験に関する調査を行い、理科を教えることが嫌いな教員のうちの81%の教員が実験指導が好きではないことを明らかにした。

また、現職教員の4割以上が理科の指導法についての知識・技能を大学時代にもっと学んでおいた方がよかったかに対して「そう思う」と答えている⁶⁾。田村ら⁷⁾は、実験指導が嫌いと回答した教員の内70%が学生時代に理科の実験を経験していない実態を明らかにした。小学校教員の理科学習指導における資質を考える場合、理科指導とともに実験の経験に関する在り方を検討することは重要であると考えられる。

このように、小学校教員が理科指導、特に実験指導が苦手な理由として次の3点が考えられる⁸⁾。

①大学入学以前：学習指導要領の規定や進路選択に伴う文系・理系の選択等の高等学校における教育課程の問題のため、大学入学時前に理科において複数科目を選択していない。そのため、科目によっては、中学校理科の学習が最後になっている。また、高等学校において選択した科目でも演習に重点が置かれあまり実験を経験していない場合がある。

②大学時：教育職員免許状の改正等による大学の教員養成課程の問題のため、大学における理科の内容学や指導法を学習する科目が減少し、実験を含む理科の指導力を十分つける機会が減少している。

③教員採用後：教員になったとしても、現場の多忙な中で、実験準備の負担感があったり、理科の研修の機会が減少している。

このような現状において、教員養成課程の小学校教員を志望する学生の実験を含む理科指導力の育成は急務である。

そこで、教員養成課程学生の理科指導力の育成の方策を検討する上で、小学校教師志望学生の現状の把握は非常に重要であり、一部調査されている⁹⁾¹⁰⁾。

小学校教員志望学生の多くは大学において理科を専門としていない現状がある。著者は、大学において理科を専門としない小学校教員志望学生を対象として、小学校、中学校、高等学校の連続的な理科の好嫌度の調査や履修状況との関連、また理科に対しての自信度等を調査した¹¹⁾¹²⁾。この結果から、一般的な理科嫌いの調査と同様に、小学校教員志望学生も小学校、中学校、高等学校の連続的な理科の好嫌度・自信度は、全般的に小中高と学年が進むにつれ、好き・自信が減少した。特に、高等学校時代に、小学校・中学校に比べ理科の好き・自信が大幅に減少し、中学校まで理科の方が好き・できたと感じているが、高等学校で逆転し、理科が嫌いできなと感じるようになる。また、高等学校時における理科（履修科目）の履修率は、生物（76%） 化学（69%） 物理（27%） 地学（7%）であった。理科総合A（47%）があるため、化学はほとんどの学生が、物理は3割程度の学生が高等学校時代に履修していることが予想される。理科の中でも化学は、大学入学前にほとんどの学生が履修し、嫌いできなかったと感じている現状が明らかになった。これは、実験本来の意味を学んできかず、実験が怖いという感情を持っていることが理由の一部と考えられる。

大学において、ほとんどの学生は化学の学習が嫌いで、化学ができないというマイナスの感情からのスタートとなる。そのため、教員養成課程における理科指導力の育成の中でも化学分野での対応は急務である。まずは、化学への嫌悪感を払拭し、化学の学習や実験の本来のおもしろさを実感したり、実験操作への自信を高め意欲の向上させることから始める必要がある。大学の教員養成課程において、理科の指導法や観察・実験に関する知識や技能等を隔々まで指導することは時間的に難しい。実験操作の基礎・基本を押さえる必要があると同時に、学校現場で自信を持って理科を指導でき、理科を指導したい意欲（以下：理科指導意欲）を育てることが重要である。これは、教育現場でさまざまな支援員等の支援があったとしても、それを受ける教員自身が理科の授業をしたいという意欲がなければ活かされない。そのために、教員になったら理科を指導してみたいという「理科指導意欲」を高めるのが教員養成課程の急務な課題である。

本論では、理科指導意欲は次の2点から構成されるとする。まず、化学を中心とした理科実験本来の意味、価値の理解を通じた実験のおもしろさを指導者自らが実感し実験を通して科学する感動を子どもたちに伝えたいという意欲である。また、実験をある程度自信を持って行うためには、実験を安全に行うことができる最低限の知識と技能を取得しているという自信である。

(2) 研究の目的

理科を専攻しない小学校教員を目指す学生の小学校理科指導力（特に、「理科（化学）指導意欲」）向上を目指した実験を中心とした教員養成プログラムを開発し評価する。

2. プログラムの開発

(1) プログラム開発の方針

著者が行った調査（小学校教員志望学生を対象とした小学校、中学校、高等学校の連続的な理科の好嫌度の調査や履修状況との関連と理科に対するの自信度等の調査¹¹⁾¹²⁾）および本プログラム開発以前までの実験レポートの様子から、次のような2点が学生の理科指導意欲を高揚させる一部だと考えられる。

①学生たちが高等学校までに、ほとんど経験のない科学者が本来行っている「仮説を立て、それを検証する実験を計画する」形式の実験（以下、仮説検証型実験）により、学生は、自然現象により感動し、実験本来の面白さを感じ、実験に対する積極性が増す。

②実験が怖いという学生が多く、実験における危険性を管理する実験（以下、危機管理型実験）を通して、実験に対する不安を取り除くことにより、学生は、理科実験に対する自信が育成される。

上記に対応したプログラムを、「プログラムⅠ：仮説検証型実験」、「プログラムⅡ：危機管理型実験」としてプログラムを開発した。

(2) プログラムⅠ：仮説検証型実験

仮説を立て実験計画を立てた上で実験することは、自然現象について実験を通して一つひとつ明らかにするという実験本来の意味を理解でき、実験に興味を持つと考えられる。また、仮説を立てて実験することは、目的をもって実験をするために非常に大切である。この形式は利点が多々ある反面、学習者にとっては、仮説や実験計画等の立て方や探究方法にはさまざまな形態があることや学生の実験技能の程度や時間的な制約もあり、実験の枠組みを作りにくい。また、指導者にとっては、学習者が希望する機材の準備や安全の確保などが難しい。最初から自由に実験計画をたてるのは学習者、指導者双方に無理があるので、実験のバリエーション（図1 ロウソクの化学 仮説検証型実験 例）を紹介し、始めはそこから選択することにより仮説検証型の実験を行うこととした。この場合、実験がある程度進み、準備が可能な場合は、学生が提案した実験を実施した場合もある。

題材は、ロウソクを使用した実験（以下：ロウソクの化学）とした。ロウソクは、ファラデーをはじめとするさまざまな先人達により、教材として昔から紹介されている。また、小学校の化学分野（粒子）で学習する状態変化と化学変化の両方の現象を含む非常に有用な教材である。

「ロウソクの化学」の仮説検証型実験は、実験Ⅰ-1、実験Ⅰ-2、実験Ⅰ-3の3種類の実験からなる。

- 1) 実験Ⅰ-1：「ロウソクの炎の構造はどのようになっているか」
- 2) 実験Ⅰ-2：「ロウソクの炎は、ロウのどんな状態のロウ（固体、液体、気体）が燃えているか。」
- 3) 実験Ⅰ-3：「ロウソクの芯は、どのような役割をしているか。」

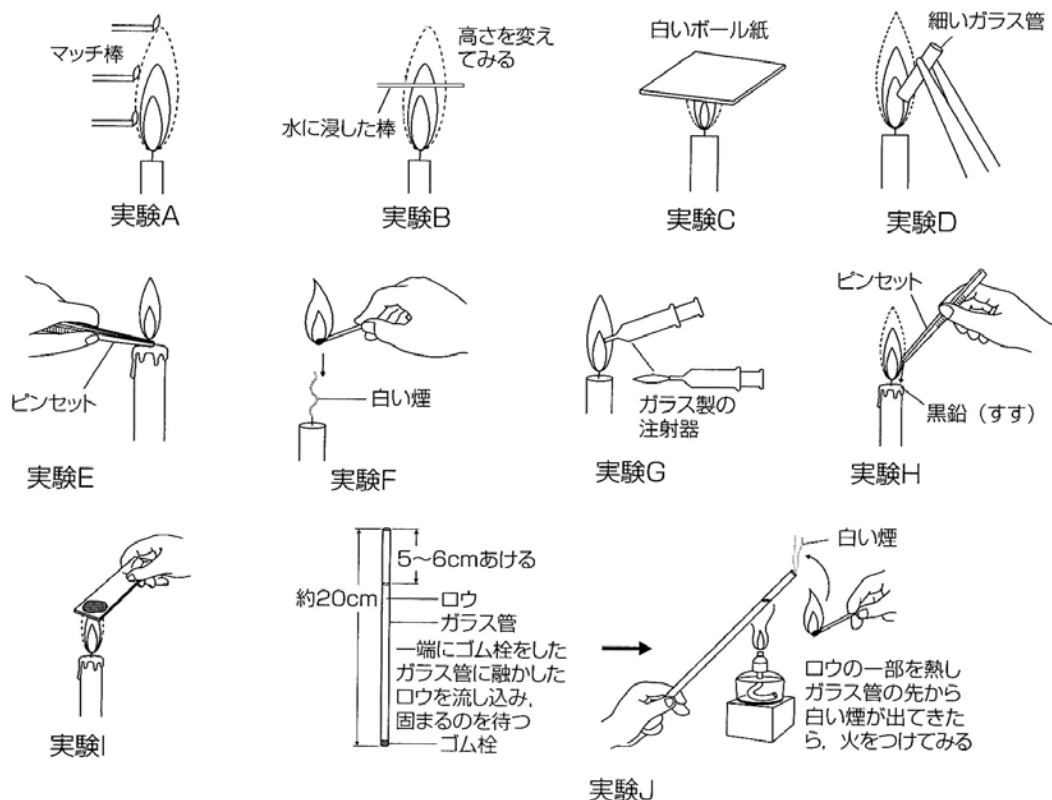


図1 ロウソクの化学 仮説検証型実験 例

- 実験A：炎の明るい部分（内炎）の外側にマッチの棒の頭をもっていき（絶対、見える炎と接させない）、マッチに火がつくか観察する。
- 実験B：①明るい部分（内炎）の上②明るい部分（内炎）③炎の芯に近い暗い部分（炎心）と明るい部分（内炎）の両方がある部分に竹ひごを入れて、様子を観察する。
- 実験C：白ボール紙を炎にかざす。高さを変えて様子を観察する。
- 実験D：炎の芯に近い暗い部分（炎心）や明るい部分（内炎）にガラス管を差し込み、様子を観察する。また、煙に火をつけてみる。
- 実験E：炎の芯をピンセットできつく挟んで、炎の様子を観察する。
- 実験F：ロウソクに火をつけて、しばらく燃やした後に炎を吹き消し、出てくる白い煙に、上から火を近づける。
- 実験G：炎の芯に近い暗い部分（炎心）の中の気体を捕集し、炎の中に放出したり、ゆっくり出しながら火を近づける。
- 実験H：ロウが融けている部分に鉛筆の芯の粉や黒鉛の粉末をピンセットや金属製さじで少量振りかけ、その動きを見る。
- 実験I：①明るい部分（内炎）の上②明るい部分（内炎）③炎の芯に近い暗い部分（炎心）と明るい部分（内炎）の両方がある部分にスライドガラスを入れて、ガラスの表面の様子を観察する。
- 実験J：図のようなロウを入れたガラス管を用意し、ロウの上部を熱し、ガラス管の先から発生する気体に火をつける。

基本的な実験手順は次のようである。

- ①各班で検証可能な仮説をたてる。
- ②その仮説を検証するための実験A～実験J¹³⁾（図1）の中から選ぶ。
- ③その実験の結果を根拠をもって予想（推論）する。
- ④選んだ実験の準備をし、実際に実施してみる。
- ⑤自分達が立てた仮説が検証できたか判断し、考察をする。

指導上の留意点は以下のようである。

- ① 1種類の実験が、複数のテーマの実験に使える場合があるので、ある実験を一面的に捉えない。
- ② この他にもこれらと同じ器具を使い、他の用法や応用的な実験も可能である。
- ③ 実験では、反証は確定できても、確証はできない。例証ができるのみである。
- ④ 目的とする仮説の妥当性を高めるために、どんな実験が必要で、どんな実験が可能かを考え、複数の実験を計画し、仮説をより確かなものにしていくことが必要である。

学生はこの様な実験の経験がほとんどないため、最初の実験 I-1：「ろうソクの炎の構造はどのようになっているか」については教員が以下のように演示した。

実験 I-1 の展開例

[目的]

「ろうソクの炎の構造はどのようになっているか」を明らかにする。

[方法]

各班で、「仮説」(予想)を立てて、それを「検証」する(確かめる)には、どのような実験をして、どのような「結果」ができれば良いかを計画して実験をして、「ろうソクの炎の構造」を明らかにする。

[計画例]

- ① 実証可能な仮説をたてる。

例：炎の明るい部分(内炎)の外側には、目には見えないが温度が高い部分がある。

- ② 検証のための実験と予想される結果を考える。

- 1) 検証のための実験

炎の明るい部分(内炎)の外側にマッチ棒の頭をもっていく。



- 2) 予想される結果

炎の明るい部分(内炎)の外側にマッチ棒の頭をもっていくと、マッチは点火する。

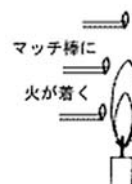
マッチが点火すれば、「炎の明るい部分(内炎)の外側に、目には見えないが温度が高い部分がある」となる。

- ③ 実験を実施する。

実験「炎の明るい部分(内炎)の外側にマッチ棒の頭をもっていく」を実施する。

- ④ 実験結果をまとめる。

マッチが点火した。



⑤仮説の検証する

炎の明るい部分（内炎）の外側に、目には見えないが温度が高い部分があると結論づけられる。



仮説をより確実に検証するためには、複数の仮説検証実験が必要である。

(3) プログラムⅡ：危機管理型実験（リスクマネジメント実験）

実験および実験学習環境の危機管理をする実験を導入した。学生は小学校時代より理科の実験の時、教師より「突沸」や「逆流」しないように〇〇のような手順で行いなさいと指導を受けている。しかし、学生たちは実際に危険とされている「突沸」や「逆流」といった現象を観察したり起こしたりしたことはほとんどない。また、酸や塩基の危険性はある程度知ってはいるが、どの程度の濃度だと服に穴が空き、皮膚を冒すかなどや、付着した場合の対処方法を正確に知らない。また、これらを安全に行うための安全眼鏡・白衣の重要性の理解も不足している。

そこで、次の2種類のプログラム（実験群）を開発した。

突沸や逆流等の危険を伴う実験を安全に確認する実験を「プログラムⅡ-1：加熱系（火傷注意）」として火傷や器具の破裂に注意が必要なもので、Ⅱ-1 a～Ⅱ-1 dの4種類の実験からなる。

酸や塩基の人体への影響を実感できる実験を「プログラムⅡ-2：酸・塩基系（眼皮膚等への損傷注意）」として、皮膚、衣類への損傷に注意が必要なものでⅡ-2 a～Ⅱ-2 cの3種類の実験からなる。

①「プログラムⅡ-1：加熱系（火傷注意）」

1) 実験Ⅱ-1 a：海水のろ過および蒸発乾固

海水をろ過および蒸発乾固して、塩を取り出す。ろ過および蒸発乾固の技法を取得する。同時に、安全眼鏡を必ず付けるように指導した上に、火力の調整を故意に指導せず蒸発乾固した食塩の結晶が飛散し覗き込んだ眼に入る可能性があることを観察させる。これにより、安全眼鏡の必要性和火力の調整の重要性を実感させる。

2) 実験Ⅱ-1 b：沸騰石

沸騰石の有無、入れる順序により沸騰石の特性を理解する。具体的には、沸騰石がない状態の少量の水を沸騰させ、火から外した直後に、その中に沸騰石を入れる。そうすると急に沸騰が起こり、沸騰石の役割がよくわかる。

3) 実験Ⅱ-1 c：逆流

水の動きが観察できるように半透明のシリコン管を使い、水の蒸留を行う。その後、試験管に水が残っている状態で故意に試験管からガラス管を抜かずに燃焼を止め逆流を起こし、その様子を観察する。

4) 実験Ⅱ-1 d：アルコールランプの転倒による引火とその消火

燃料用アルコール（メタノール）を金属の皿に入れ、それに点火し、ぬれ雑巾を使い消火する。

②「プログラムⅡ-2：酸・塩基系（眼皮膚等への損傷注意）」

1) 実験Ⅱ-2 a：酸、塩基の人体への影響

ヒトに皮膚や髪の毛の代用として、絹や羊毛を使い、強酸、強塩基に加え、それらの変化を観察する。

2) 実験Ⅱ-2 b：酸・塩基の調整（希釈）

濃塩酸から10%希塩酸および粒状の水酸化ナトリウムの固体から5%水酸化ナトリウム水溶液を調整する。

3) 実験Ⅱ-2 c：酸性・アルカリ性の強弱と指示薬の発色

希塩酸、水に希塩酸を1滴加えたもの、水、水に水酸化ナトリウム水溶液を1滴加えたもの、水酸化ナトリウム水溶液を調整し、数滴の紫キャベツの抽出液を入れて、色の確認し、酸と塩基の水溶液の強さを実感する。

(4) 作成したテキスト「初等理科教材研究（化学）」

時間的な制約が多く、直接多くのことを指導できないため、学生が小学校理科における学習内容全体を見通せ、実験の予習復習ができるように、実験Ⅰ、Ⅱを含む、実験用のテキスト「初等理科教材研究（化学）」を作成した。以下のその目次である。

1. 小学校理科における化学の概要と実験
 - 1.1 小学校理科における化学（粒子）の概要
 - 1.1.1 化学分野のねらい
 - 1.1.2 化学分野の構造と系統性
 - 1.1.3 各学年化学分野の目標と主な活動内容等
第3学年：物と重さ 第4学年：(1)空気と水の性質 (2)金属、水、空気と温度
第5学年：物の溶け方 第6学年：(1)燃焼の仕組み (2)水溶液の性質
 - 1.2 小学校理科における化学の実験テーマと必須実験知識・技法
 - 1.3 小学校理科における化学の実験の指導上の留意点
 - 1.3.1 楽しさと有用性を感じる教材を
 - 1.3.2 想像力の育成する教材を
 - 1.3.3 安全が徹底できる教材を
2. 実験の目的と注意点
 - 2.1 実験の目的
 - 2.1.1 科学および理科教育における実験の目的
 - 2.1.2 理科教育における実験の分類
(1)実験の目的による分類 ①学習内容・技能習得型実験 ②探究活動型実験
(2)実験の主体者による分類 (3)その他の実験の分類
 - 2.1.3 探究活動における仮説の立て方
 - 2.2 実験上の注意点 (1)実験当日までの準備 (2)実験当日
 - 2.3 事故の注意
 - 2.4 危険物の種類と取扱い資格

3. 化学実験の基本

3.1 測定

- 3.1.1 質量 (1)上皿てんびん (2)デジタルてんびん
- 3.1.2 体積 (1)メスシリンダー (2)目盛付き試験管, ビーカー等
- 3.1.3 温度 (1)アルコール温度計 (2)水銀温度計 (3)放射温度計
- 3.1.4 気体検知管

3.2 ガラス器具等を使用した操作

- 3.2.1 ガラス器具の種類と名称
- 3.2.2 ガラス器具等の扱い方
- 3.2.3 ガラス器具の洗い方・乾かし方

3.3 加熱器

- 3.3.1 マッチの使い方
- 3.3.2 アルコールランプ
- 3.3.3 ガスバーナー

【補足】燃焼とは

- 3.3.4 試験管で液体を熱するとき
 - 3.3.5 試験管で粉末薬品を熱するとき (固体の場合)
 - 3.3.6 ビーカーやフラスコで液体を熱するとき (蒸発皿も同様)
- 3.4 ろ過 (普通ろ過また常圧ろ過)
- 3.5 化学実験装置の組み立て
- 3.6 薬品の取扱い
- 3.6.1 薬品の取扱いの基本
 - 3.6.2 試薬の調整方法
- (1)酸・アルカリ水溶液の調整方法の基本 (2)その他の試薬の調整方法および注意点
- 3.7 ガラス細工

4. 化学実験例

4.1 基礎的な実験

- 4.1.1 海水 (食塩以外を含む水溶液) の分離・精製
- 4.1.2 酸素の発生とその性質
- 4.1.3 二酸化炭素の発生とその性質
- 4.1.4 燃焼 (炎の構造, 燃焼生成物, 木材の乾留)
- 4.1.5 水溶液の性質 (酸性・アルカリ性・中性および金属との反応)
- 4.1.6 溶解度

4.2 仮説検証型実験

- (1)ロウソクの化学
- (2)小学生が間違いやすい現象を対象とした仮説・検証型実験

4.3 危機管理型実験 (リスクマネジメント実験)

- (1)危機管理型実験1:加熱系 (火傷注意)
- (2)危機管理型実験2:酸・アルカリ系 (眼皮膚等への損傷注意)

参考文献

3. プログラムの実践および評価

開発したプログラムを次のように実践した。また、プログラムの評価として次のような調査を実施した。

(1) 実践・調査方法

対象：岐阜聖徳学園大学教育学部
2年生（2009年度）3年生（2010年度）
（同じ学生を対象としている。）

(2) 実践・調査時期

2009年10月 事前調査
↓ プログラムⅠ：仮説検証型実験
2010年1月 事後調査1

2010年4月
↓ プログラムⅡ：危機管理型実験
2010年7月 事後調査2

※本実践は15コマを物理、化学、生物、地学それぞれの実験を3コマずつ実施する中で行った（他の3コマは全体指導、レポート指導等である。）。学生は、各集団ごと実験Ⅰ、Ⅱとも3コマで実施した。

(3) 調査方法

1) 理科の実験について意識調査

質問紙法（4件法）「4 思う 3 まあ思う 2 あまり思わない 1 思わない」で調査した。上記の時期に、すべて同様に調査を実施した。【 】内は調査項目

「実験そのもの」についての調査項目

- ① 【実験への自分自身の興味・関心】
「実験自体は楽しくて好きである。」
- ② 【実験の意味理解】
「実験で勉強ができるようになる。」
- ③ 【実験の必要性】
「実験なんって必要ない。」
- ④ 【実験への恐怖心】
「実験が危険で怖い。」

「理科指導意欲」についての調査項目

- ⑤ 【学校における実験】

課題:危険を見抜く目 例のように、危険な状況をすべて訂正し、その理由を書きなさい

学籍番号	氏名
------	----



図2 調査問題2 危険箇所の指摘

「今の学校ではもっと実験をするべきである。」

⑥ 【指導意欲】

「小学校教師になったら理科で実験をしたい。」

⑦ 【指導の自信】

小学校教師になったとしても実験指導に不安である。

2) 感想

1) のアンケートの量的調査を補完するために自由記述により感想を調査した。

3) 危険箇所の指摘箇所数 (調査問題2)

図2のような調査用紙¹⁴⁾を使い、事前調査、事後調査2で危険箇所を指摘できる力を調査した。

(4) 調査結果と考察

1) 理科の実験についてのデータの表記

理科の実験について意識調査の結果(表1)は、次のデータからなっている。学生全体の様子を確認するために、調査時期ごとの意識を4件法(「4思う 3まあ思う 2あまり思わない 1思わない」)で得た数値の平均値で示した。4に近いほど同意の割合が高く、1に近いほど否定の割合が高いこととなる。

また、同一人物における調査時期それぞれの「同意方向への移動人数」および「否定方向への移動人数」を示している(数値の単位は人である)。また、次のように調査した3回の調査の人数の変化をそれぞれ示している。

表1 理科の実験について意識調査

(平均の変化：4件法の平均 その他：人数(人))

同意へ：同意方向移動 否定へ：否定方向移動	平均の変化			事前→事後1		事後1→事後2		事前→事後2	
	事前	事後1	事後2	同意へ	否定へ	同意へ	否定へ	同意へ	否定へ
①実験自体は楽しくて好きである	3.2	3.5	3.5	106*	30	47	36	109*	26
②実験で勉強ができるようになる	2.9	3.3	3.4	129*	34	72*	47	148*	32
③実験なんて必要ない	1.4	1.3	1.3	39	67*	32	38	31	64*
④実験が危険で怖い	2.0	2.4	2.5	142*	49	95*	62	162*	49
⑤今の学校ではもっと実験をするべきである	3.0	3.4	3.4	128*	33	61	57	131*	46
⑥小学校教師になったら実験をしたい	3.2	3.5	3.4	103*	39	48	62	98*	50
⑦小学校教師になったとしても実験指導に不安である	3.1	3.1	3.0	73	59	48	72*	68	79
N	334	322	315	*直接確率計算法両側検定 (p<.05)					

「事前→事後1」：プログラムⅠの効果

事前調査から（プログラムⅠ）を経て事後調査1で変化した人数（有効回答数：322名）

「事後1→事後2」：プログラムⅡの効果

事前調査から（プログラムⅡ）を経て事後調査2で変化した人数（有効回答数：315名）

「事前→事後2」：プログラムⅠⅡの効果

事前調査から（実験Ⅰおよび実験2）を経て事後調査2で変化した人数（有効回答数：315名）

それぞれの数値を直接確率計算法（両側検定）で検定した。

2) 結果・考察1

「事前調査から事後調査1において」

少しではあるが①②の平均が同意方向に増加し、③の平均は否定方向に移動しているなど全体的に理科の実験への興味関心や意味理解、実験の価値が改善している。また、⑤⑥の学校での実験の価値や指導意欲の平均も同様に改善の方向である。

また、個人内の変化は、全体の平均変化の傾向を同様な方向に大きな変化として表れ、統計的に有意な差をもち移動した。①②⑤⑥は全体の3分の1以上の学生が同意方向に意識が変化した。これにより、学生が「実験Ⅰ：仮説検証型実験」を実施することにより、実験に対してより肯定的な感情を持ち、小学校の教師になったときに実験をしたく、すべきであるという気持ちに変化した。言い換えると、学生が持つ高等学校までの理科（化学）の実験に対する嫌悪感が改善され、理科指導意欲が向上したといえる。

しかし、⑦指導の自信「小学校教師になったとしても実験指導に不安である」は有意に変化しておらず、仮説検証型実験では、実験指導の不安の解消にはなっていないことが明らかになった。

また、④実験への恐怖心「実験が危険で怖い」が有意に増加していることとは、小学校教師に

なったら実験をしたくないことではない。実験は危険で怖いから注意して実施する必要があると考えるようになったと捉えることもできる。

3) 結果・考察2

「事後調査1から事後調査2において」

④実験への恐怖心「実験が危険で怖い」が有意に増加しているが、⑦指導の自信「小学校教師になったとしても実験指導に不安である」は有意に減少している。前述のように、実験が危険で怖いから、実験指導が不安であるとは、直接は関係ないと考えられる。実験が怖いということは、基本的に実験を行う上で必要な感情である。そのため、実験をより怖いと感じることは決して理科指導意欲を育成する上でマイナスのものではない。

このプログラムⅡは実験が怖いという学生を減らすどころか増加させているが、実験における危険性を管理する実験（危機管理型実験）を通して、実験に対する不安は減少させ、実験に自信がもてることに効果があったことが明らかになった。

4) 結果・考察3

「事前調査から事後調査2において」

「仮説検証型実験」「危機管理実験」を通して、平均の変化に着目すると、①②が同意方向に、③は否定方向に変化している。これにより、全体的に理科の実験への興味関心や意味理解、実験の価値が改善し、実験に好意を感じてきている。また、⑤⑥の実験を中心とした理科指導意欲の平均も同様に改善の方向に変化した。ただ統計的に有意ではないが、⑦は全体を通して改善方向であった。また、④の変化は実験を知れば知るほど臆病になる傾向を示した。これは、非常に大切な視点であり、今後の分析が必要である。

以上より、全体的に、本プログラムの実施により「理科指導意欲」が向上したと考えられる。

5) 感想1 事後調査1 学生の感想の例

実験Ⅰ：仮説検証型実験終了後の学生の例である。高等学校生までやったことのない実験形式だったため、大きな感動を得た学生が他にも同様な感想を書いた学生が多くいた。

自分でもビックリするくらい、化学の授業前と授業後では実験に対する考え方が変わりました。今まで実験といっても、何をやって何を考えたらいいか分からなかったり、実験自体が恐かったりして積極的に参加できず、退屈な思いをすることが多かったのですが、今回の実験では目的意識をもって実験ができたので、1つ1つの実験が本当に楽しかったです。特にロウソクの芯の実験は〇〇をしたらどうなかと追求しながら、ロウソクの素晴らしさを発見できたので感動しました。私も子どもにこんな感動を与えられるような実験をしたいと思いました。

6) 感想2 事後調査2 学生の感想の例

「危機管理型実験」終了後の学生の感想を分類すると以下ようになった。

教員養成として大切なものの一つである学習者から指導者へ視点移動ができ、理科を指導する視点を得た感想が多くあった。また、ただ薬品が怖いと思うのではなく、どの程度怖いのか

を理解できたようである。実験は必ず危険を伴いそれを怖いと思う気持ちは否定されるものではなく、大切にいつも持っている必要がある。危険で怖いから、どのような状態が危険で怖いのかを程度として実感する必要性を得ている感想も多かった。

また、小学校からの理科学習で「沸騰石」は「突沸を防ぐ」を教わってきている。これだけだと、「沸騰石は突沸も含む『沸騰をさせない』もの」というミスコンセプションを保持していた学生が多くいた。これは新しい発見であり、事故に未然に防ぐために注意が必要である。

- 指導者側への視点変換

いろいろな視点で実験内容を見つめ直せた。

- 危険の度合いの理解

言うだけでは分からない・・・。

どのくらい危険なのか、もしもの場合はどうしたらよいか分かった。

酸・塩基が肌に着いたらすぐに洗えばなんとかなる。

- 危険・操作の意味の理解

沸騰石は突沸を防ぐものだから、沸騰させないものかと思っていた。

7) 危険箇所の指摘箇所数

表2のように、実験Ⅱ：危機管理型実験を実施した前後の危険箇所の指摘箇所数の平均が8.3カ所から11.8カ所に3.5カ所増加した。危険箇所を指摘できる能力が向上したと考えられる。また、表3のように、ほとんどの学生が指摘箇所が増加した。このように、実験Ⅱ：危機管理型実験の実施は、量的に指導した効果が明らかになった。しかし、内容的に本質的に危険の内容を理解してない記述も散見されているので、このような学生への指導も今後の課題となる。

表2 危険箇所の指摘箇所数の変化の平均

事前調査1	事後調査2
8.3箇所	11.8箇所

表3 危険箇所の指摘箇所数の個人内変化

増加	減少	変無し
264人	33人	18人

4. 今後の課題

今回開発した「実験Ⅰ：仮説検証型実験」と「実験Ⅱ：危機管理型実験」を含む理科非専攻学生における小学校理科（化学）指導力向上を目指した教員養成プログラムは、全般的に、「理科指導意欲」という視点では有効に機能した。今後の課題としては、このように「理科指導意欲」が高まった学生が、教員として実際に、小学校で確実に指導をしているかなどの追跡調査が必要である。さらに、子どもの頃から大学入学前の理科学的な体験や履修科目などと指導科目および内容を関係強化し、効率的な指導プログラムの開発が必要である。

また、現在、本学では改組が進み、理科実験教科が選択となり、時間も減少した。必修と異なる

り学生の選択も学生の諸事情により少なくなってしまった。この解決方法としては、元のように必修とすべきであるが、学部全体の体制もあるため、改善の努力は続けるがすぐに結論は出ない。そこで、選択肢の一つとして科学的な活動を正規の授業以外にも広げることがある。たとえば、課外におけるサイエンスボランティアも理科指導意欲を高める一つとしての可能性がある¹⁵⁾。今後、講義だけでなく、さまざまな形式で学生が科学する機会を増やす必要性がある。これに対応した活動をどのように開発し広げていくかは大きな課題である。

付 記

本研究は、「寺田光宏：理科非専攻学生における小学校理科（化学）指導力向上を目指した教員養成プログラムの開発とその評価，218，日本理科教育学会全国大会発表論文集第8号，2010」で発表した内容を中核にし，大幅に加筆訂正したものである。

謝 辞

実験助手の林優子さんには，本プログラムの実践にあたり，学生への対応や学生の反応把握など多面的な協力を感謝する。

引 用 文 献

- 1) (独) 科学技術振興機構理科教育支援センター：平成20年度 小学校理科教育実態調査及び中学校理科教師実態調査に関する報告書，2009.
- 2) 入江薫，尾竹良一，小林辰至：小学校新規採用教員の理科指導に関する実態—理科の有用感・探究的態度・理科指導の自信等の観点から—，理科教育学研究，Vol. 48, No. 3, pp. 13-23, 2008.
- 3) 清水誠：新学習要領「理科」実施上の課題—小・中学校教師が指導上困難を感じる事項の調査から—，科学教育研究，Vol. 26, No. 2, pp. 144-152, 2002.
- 4) 平田昭雄，福地昭輝，下條隆嗣：小学校教師の理科学習指導に関する資質の実態，科学教育研究，Vol. 19, No. 1, pp. 52-58, 1995.
- 5) 田村美奈，西脇永敏，有賀正裕：「理科好き」教員を育てることが大切—「教員の理科嫌い」を断ち切るために何ができるか—，化学と教育，Vol. 52, pp. 676-679, 2004.
- 6) 前掲1)
- 7) 田村美奈，西脇永敏，有賀正裕：化学を市民のものにするために—小学校教員の実験嫌いについて考える（アンケートを通して）—，化学と教育，Vol. 54, pp. 186-189, 2006.
- 8) (独) 科学技術振興機構理科教育支援センター：理科を教える小学校教員に関する報告書，2011.
- 9) 八木一正，菅原身奈，稲波悠季，押切志郎，木村真一，八木一平，能美佳央，中島円：小・中学校教員を目指す学生の物理学的素養はこれでよいのか？，物理教育，第54巻，3号，pp. 245-247, 2006.
- 10) 川村康文，多田恭子：教員養成系学部大学生にみる小・中学校理科学習の実態と問題点，物理教育，第54巻，2号，pp. 116-120, 2006.
- 11) 寺田光宏，田中一宏：小学校教員志望学生の理科学習指導に関する資質の実態—物理・化学における実験を中心に—，pp. 39-50，岐阜聖徳学園大学教育実践科学教育センター紀要第8号，2009.
- 12) 寺田光宏：理科を専門としない小学校教員志望学生の理科学習指導に関する資質の実態，pp. 331-332，日本科学教育学会年会論文集33，2009.
- 13) 寺田光宏：ロウソクの炎を探究してみよう，pp. 151-154，やさしくわかる化学実験事典，東京書籍，2010.

- 14) 調査問題は、以下の文献に図中の例の部分を追記して使用した。広島県立教育センター：実験・実習の安全ハンドブッカー中学校・高等学校編一，広島県立教育センター，1999.
- 15) 寺田光宏，歳藤幸弘：理科非専攻学生における小学校理科指導力向上を目指した教員養成プログラムの開発—サイエンスボランティア活動を中心に—，pp. 123-132，岐阜聖徳学園大学教育実践科学教育センター紀要第9号，2010.

