

## サービス・ラーニングによる出前化学実験の実践

戸谷義明

理科教育講座 (化学)

### Visiting Practice of Chemical Experiments Performed as Service-Learning

Yoshiaki TOYA

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

#### ABSTRACT

Service-Learning is a teaching and learning approach that integrates community service with academic study to enrich learning and strengthen communities. Service-Learning is an involuntary educational activity, which is officially planned, operated and evaluated by teachers, then strictly distinguished from a volunteer group activity, such as “Visiting Scientific Experiment”, Houmon-Kagaku-Jikken in Japanese, of Aichi University of Education, that might be harmful from the educational point of view. We have performed over thirty times of visiting practices of chemical experiments as Service-Learning, and will report here the content.

#### 1. はじめに

1997年度に文部省（現文部科学省）により「フレンドシップ事業」が制定された。この事業は、できるだけ早い段階から教員養成系の学生に子供に接してもらい、教師教育を開始するとともに、有為な教員を養成することを目的とする。愛知教育大学の理科教育講座では1997年度から授業として毎年、教官が多くの理科の学生を指導、引率して小中学校を訪問し、科学実験教室を「フレンドシップ事業」として行ってきた。2000年度からのカリキュラムの変更、および2002年度の学校週5日制開始に伴い、「フレンドシップ事業」の全体を授業として実施することが困難になり、ボランティアの学生のサークル活動である「訪問科学実験」として運営されてきた。

著者は、2000年度から「フレンドシップ事業」の活動の運営・指導に関わり、特に、2003年度からは主指導教員として、学校行事の「訪問科学実験」としてのシステム整備を含め、活動の発展のために孤軍奮闘してきた。その結果、「訪問科学実験」の活動は学校・地域社会への貢献として顕著な実績を上げ、2005年度には特色GPにも採択（2008年度までの4年間）され、最終的に2006年3月に第2回小柴昌俊科学教育賞優秀賞を獲得するまでに至った<sup>1)</sup>。

しかしながら、大学が主催し、安全最優先と科学的に正しい内容の実践が大原則である、学生の自主性が

最大限に尊重（学生は主役）された学生への教育活動であるべき「訪問科学実験」を、学生主体の自主的な、子どもとふれあう楽しいサークル活動であり、教員の指導は自主的なサークル活動への干渉であると主張する学生が運営を主導するようになり、教員の指導が充分に行き届かず、以下のような事態が生じた<sup>2,3,4)</sup>。

- ・学内の液体窒素貯留槽の利用ルールに違反した液体窒素の無断使用。
- ・問題（事故）発生や訪問先との交渉内容等、必要な事項の報告が指導教員に行われない。
- ・ボランティア証明書に記載の注意事項（安全最優先、実践参加には事前指導、予備実験への参加が必須等）が遵守されない例が多発。
- ・安全に科学実験を行う知識・技術が不足しているにも拘わらず、謙虚に学び、真摯に取り組む姿勢を欠く学生が、他の参加学生へ実験演示法を指導、指導教員からの、濃い水酸化ナトリウム水溶液を取り扱う予備実験での保護眼鏡着用の指示を無視、注意に反発。
- ・専門教員による実践内容のチェックを受けようとせず、内容が信頼できる教育的な実験マニュアル・レジュメの整備への努力や協力にも消極的。
- ・ネットから入手できるものの著作権への無配慮。
- ・科学実験は遊びではないのにに娯楽感覚で実践に臨む。演示が自己満足的な行為（科学的な正確さを欠く、出任せ、はったりパフォーマンス）に陥った例

も見られた。

まさに、正課の授業ではなく、学生のサークル活動として運営してきたがためのサークル活動意識の弊害であり、安全対策と科学的な正確さを軽んじ、出任せ、はったり教師（理科を教える力量不足の単なる子ども好きの教えたがり屋）の養成を助長するような「訪問科学実験」は、優れた教育者で、海軍兵学校の校長であった時に、粉飾が目立つ「休暇日記」の提出の慣行を廃止した井上成美氏の言葉を借りると、「これではまるで嘘つきの訓練をしているようなもので、訓育上有害である<sup>9)</sup>ということになり、教員としての資質向上のための教育としては極めて問題があると考えられた。

さらに、訪問科学実験の教育効果を検証するために、活動参加学生と全学学生との教員採用試験（愛知県・名古屋市）の2004年度と2005年度の結果の比較を行ったところ、受験率（目的意識）では顕著に上回っているが、合格率（教育効果？）には明らかな差が見られなかった。したがって、より教育的な運営システムへの改革が必要不可欠であると考えられた。

そこで、指導教員代表であった著者は、「訪問科学実験」を指導教員の監督・指導権限があいまいな、学生を主体とする学校行事の（娯楽）サークル活動（自発的なボランティア活動）ではなく、元来の「フレンドシップ事業」の教育活動のように、最終的には活動をきちんと教育の一環として単位化し、教員の指導下、教育的効果を求めて企画、実施され、教員の監督と評価を伴う、責任指導体制が明確なサービス・ラーニング（地域のニーズを汲み取った奉仕活動をカリキュラムとして授業に取り組み、学生の教科学習と結び付ける教育活動）として安全第一の教育活動で運営するべきであると大学当局に提案した<sup>3)</sup>。

しかしながら、大学当局が指導教員への監督権の公式付与、および上記提案を却下したことから、安全最優先と科学的に正しい内容の実践を重視する学生への教育活動としての指導に限界を感じ、2005年度を最後に、「訪問科学実験」の指導から完全に身を引いた。

2006年度以降、本学の「訪問科学実験」とは一線を画し、元来の「フレンドシップ事業」のように、授業の一部として、より教育効果が期待できる出前化学実験をサービス・ラーニングによる教育活動として実現することにした。なお、「サービス・ラーニング」は教育としての正課の授業の一環であり、非自発的であることの他、教育的効果を求めて教員により企画・実施・監督・評価されるという点で「ボランティア活動」とは厳格に区別される。今回、出前化学実験の内容と行ってきた実践について報告する。

## 2. サービス・ラーニングによる出前化学実験の目標

活動の目標は、以下の通りである。

- 1) 安全で楽しい理科実験の授業ができる理科教員を養成するための教育（現在の訪問科学実験の目的には、「教育」が表記されていない！）。
- 2) 理科好きの児童・生徒を育むための学校・地域・社会への貢献。

具体的には、次のような内容になる。

- ・理科教員志望の学生に蔓延る「人に教えることは好きだが、理科の勉強は嫌い」という体質からの脱却を目指す。ただし「子ども好きな教え上手」の特長は最大限に活用する。
- ・遊び感覚ではなく、教師の目で子どもに接し、子どもの気持ちや行動を理解するように努める。
- ・安全に最大限配慮した、本物の理科実験を出前により演示し、児童・生徒を指導する。
- ・様々な対象者、および対象の学習状況に配慮したプレゼンテーション、正確な実験内容の説明、マニュアル・プレゼンテーション資料の作成、および改良に努める。
- ・上記内容の達成のために、授業として事前指導、事後指導に十分な時間を確保する。
- ・大学と学校現場や地域・社会との連携として、児童・生徒が理科への興味・関心を高めるような、教育的でおもしろい理科実験に接する機会を出前で提供する。
- ・実験器具、教材、および実験に関する各種資料を教育現場へ提供する。

## 3. 出前化学実験の運営システムの整備

当初、「化学教材実験」（4年）の科目で、名古屋市科学館などで開催される「青少年のための科学の祭典2006名古屋」にブースとして参加し、化学マジックを演示する実践を行い、そのための事前指導、予備実験、および事後指導を含めて1単位の授業として計画した。しかし、他に多くの出前実験の依頼や機会があったことから、他の授業科目も活用し、「訪問科学実験」で確立したノウハウを発展させ、以下のようなサービス・ラーニングによる出前化学実験のシステムを整備し、対応した。

- 1) 出前実験の内容を担当教員（筆者）が指導できるもの（主に化学実験）に厳選。
- 2) 実行チームを担当教員とその指導生（機動核チーム）+学外協力教員+化学専攻の学生（大規模実践時）に限定して結成。
- 3) 活動資金の確保。「訪問科学実験」の活動経費（2005年度で276万円<sup>4)</sup>）の約8～28分の1の経費で運営してきた。

- 4) 将来のために、実践先から参加学生へ実践参加礼状または参加証明書を発行してもらおう。ちなみに、著者が考案した「訪問科学実験」のボランティア証明書のシステムは、現在行われていない。
- 5) 万一の事故に備えた全関係者の傷害賠償保険による保障確保。
- 6) 訪問先への安全な交通輸送手段の確保。公用軽トラック（教員による実験器材運搬）、公共交通（学生）を主に使用。
- 7) 各実践のサービス・ラーニングとしての位置づけを明確化。謝金やバイト料が出る多くの実践の場合、当日の実践は授業（「化学教材実験」、「化学教材演習」、「分子機能化学A」、「分子機能化学実験」など）にはならない。研究の一環、または授業時間に行う事前指導、事後指導が授業に相当する。
- 8) 可能な実践に日本理科教育学会、および日本化学会の後援を獲得。各行事への箔付け、格上げ。参加学生が姿勢を正し、励みとするのを期待。
- 9) 教員が依頼先と交渉、受諾の可否は実行チームで相談して決定する。指導教員が立ち会わない実践、事前指導、予備実験、事後指導はあり得ない！ 娯楽・見世物的行事でない、授業や学校行事等の学習的な活動のみ、受諾して実施。保険等による出前中の講師、参加学生の安全が確保され、謝金とは別に、交通費、さらに十分な教材費が手当されている行事・事業が望ましい。
- 10) 事前事後指導でフィードバック・システムを確実に機能させ、実践内容を絶えず改善する。事前指導、予備実験実験演習法の改良、事後指導に十分な時間を確保。綿密な事後指導を行い、参加学生が提出したレポート、および実践アンケートの結果から、改善点を確認し、対策案を次回の事前指導にフィードバックし、実践に生かす。

#### 4. 出前化学実験の特長

本活動には以下のような特長がある。

- 1) 大学の授業の一環として、教員により正課の授業として計画、指導されており、内容の安全性と信頼性が極めて高い、本格的な化学（科学）実験を提供。
- 2) 「訪問科学実験」で確立したノウハウを改良、発展させた指導で、参加学生は、将来教員となった際に即戦力となる化学教材実験の実験演習法、さらに卒業研究のための専門の化学実験の基礎の知識と技術を習得できる。演習や資料の作成を通じ、分かり易く効果的なプレゼンテーションの手法も習得。
- 3) 理科への興味・関心を高めるのに効果的で魅力的な化学実験を厳選。アンケート結果では受講者の

満足度、理科への興味の喚起度が極めて高い。

- 4) 柔軟性のあるチームで訪問先の要望に沿った内容の実験計画と実施が可能。
- 5) 実験に必要な全ての実験材料を用意、持参、または手配し、学校等まで実験を出前し、全関係者の安全最優先で対象の学習状況にも配慮した実験の指導、演習を行う。
- 6) 訪問先から大歓迎で感謝される活動で、教材費で理科実験器具提供も可能。
- 7) 子ども好きの教員志望の学生の特性（実践が大好き！）に最も適し、本学こそが為すべき活動。

#### 5. 出前化学実験の活動の手順

出前化学実験の活動の手順は以下の通りである。

- 1) 実践内容が、ほぼ確定している「青少年のための科学の祭典名古屋」以外では、担当教員への依頼があった訪問先からの要望、条件を確認し、実践の可否と実験内容の概要、参加者をチームで決定。参加学生の自主性が尊重される。
- 2) 集中、もしくは週に1枠ないし2枠の授業時間で安全教育、事前指導、予備実験、事後指導を実施。参加学生の学習のために十分な時間を確保！
- 3) 事前指導では、実践参加者、実験内容、および各実験担当者を確定。自著の「化学マジックの達人」ブックレットの他、実験関係のマニュアル・資料を配付。チーム全員で前回までの実践の事後指導、アンケートからの反省点、実験や演習法の改善点を確認し、対策を立て、追加マニュアルの作成・配付等の可能なことから即実施。
- 4) 実践の3～4週間前の授業から予備実験を開始し、必要な実験試材を準備・調製、箱詰め〔サンボックス#36C（496×341×H265mm）、または#24Aで7個以上を運搬〕。実験の原理・内容を把握し、実践毎に対象と履修状況を考慮した演習法を考案し、対象別のパワーポイントのプレゼンテーション資料を作成、改良。参加学生の能力が大いに発揮されてきた。
- 5) 実践当日は実験開始1時間前には現地に到着して実験準備と進行打ち合わせ。前半の個別体験型実験講座。休憩を挟み、後半の観察・参加型実験講座（化学マジック実験）。各講座終了後アンケート回収。実験終了後30分間で実験試材を撤収。校長、訪問先担当教員等と懇談後、訪問先出発、帰学。
- 6) 事後指導では、回収アンケートの紹介、参加学生のレポートとともに、実践での良かった点、改善点の発表、議論を行い、次回の実践にフィードバック。

## 6. 出前化学実験の実践の概要

実践では通常、以下の2つの講座を連続して実施している（一方のみの場合もあり）。

前半：受講者が個別に実験操作を行うことを重視する、主に教員指導による個別指導実験体験講座（最大80名の個別実験、45～90分間）

後半：主にチームの学生が演示する化学マジック実験を受講者が観察、時には実験に受講者が参加する演示実験体験講座（～90分間）

前半では個別の実験体験が少ない児童・生徒に、理科への関心・興味を高める実験を自分でできる機会を提供（個別体験重視型実験）する。主に教員が実験の背景の解説と実験指導を行い、チームの学生が年齢が近く親しみやすいTA（ティーチング・アシスタント）として個別の児童・生徒の実験操作をサポートする。安全に実験を行うためにも（各実験台への）学生TAの配備は重要である。

後半では化学の修業を積んだ学生による、主にトリックのない化学マジック実験（観察・参加型実験）を提供する。個々の化学マジック実験に学生の担当責任者を決め、実験器材の準備、プレゼンテーション資料の作成、演示、かたづけまでを任せる。参加学生は演示助手等、互いにサポートし合っで見事なチーム・ワークを発揮する。学生にとっては、即戦力となる強力な教材（化学マジック）と、化学実験の基礎的な知識と技術とを身につける絶好の機会になる。さらに、添加・混合の際の十分な溶液の攪拌、温度（気温）等が化学反応実験に重要なことを、身をもって知ることができる。

## 7. 出前化学実験の実験内容

前半の個別指導実験体験講座では以下のようなテーマの実験を行ってきた。

### 1) 生物発光・化学発光実験

筆者の研究テーマであり、極めて美しく魅力的で不思議な自然現象である生物発光・化学発光を教材化した実験である。具体的には、

- ・キッコーマン社製ホタルライトを使ったホタルの生物発光観察実験（完全個別実験）。必ず実施。
- ・凍結乾燥ウミホタル（生体試料）を使ったウミホタルの生物発光観察実験（個別体験可能なグループ実験）
- ・チッソ製イクオリオンを使ったオワンクラゲの生物発光とGFPの観察（演示観察実験）

生物発光実験は安全性が高く、実験後の廃棄も容易である。効果的な実験には十分に暗くなる部屋が必要である。

後述するペンライトの化学発光は強力で、完全な暗室が不要で、個別実験として行ったこともあった。し

かし、有機溶媒系であるため、器具の洗浄や廃棄が大変であり、最近では化学マジックとしてのみ実践している。

### 2) お菓子作成実験

児童・生徒から大人まで、みんなが大好きなお菓子を作りながら、お菓子に関係する化学と、化学実験の基本操作を習得し、最後に実験成果をおいしく食べることができる実験である。以下のテーマを行ってきた。

- ・グミキャンディー
- ・食べられる甘いプチプチぷよぷよビーズ（アルギン酸ビーズ）
- ・ラムネ菓子

グループ実験で、最終的には個別にお菓子を作成できるように計画した。食べることに満足のウエイトがいつてしまうのが若干残念な点である。

### 3) 訪問依頼先からの要望実験（スライム）

### 4) 学生による指導で行う化学実験講座用の実験

これは2009年度、新たに名古屋市科学館と連携し、科学館を会場とした学生の指導による以下の個別体験型化学実験講座を企画し、2日間開催した際の実験テーマである。

- ①大人のための「実験がいっぱい！ オモロー楽しむ化学実験」
    - ・プラスチックを見分ける、いろいろな方法  
密度の違う液体への浮沈と、バイルシュタイン試験で6種類のプラスチックを鑑別する。
    - ・アルコールロケットの作製と、よく飛ぶ燃料&注入量の検討  
各自で実際にロケットを作製し、最適な注入量のエタノールを入れて飛ばす。
    - ・時間差瞬間着色の、着色までの時間を調整する実験  
Landolt ヨウ素時計反応の酸化剤の液量を変化させ、10秒で変色するようにする。
    - ・クラリネットによる音速測定（気柱共鳴）。  
クラリネットと気柱共鳴を利用して音速を測定する。吹奏楽部員の参加でバッチリ！
  - ②親子でチャレンジ「実験がいっぱい！ オモロー楽しむ化学実験」
    - ・食べられるプチプチぷよぷよビーズをつくろう！  
食用のアルギン酸を飲料に溶かし、塩化カルシウムに落として食べられるビーズを作る。
    - ・よくのびて、いい感じのスライムをつくる方法を見つけよう！  
PVAのりと水の割合を定量的に変えてスライムを作り、よい割合を見つける。
    - ・オレンジオイルのパワーをしらべよう！  
発泡スチロールの穴開け、油性インク消し、エタノールで希釈して時間差ゴム風船割り。
- 後半の観察・参加型の実験テーマとしては以下のよ

うなテーマの実験を行ってきた。

#### 5) 化学マジック・ショー

主に参加学生が演示する，以下の化学マジック実験で，幼児から大人までが体験可能である。

- ・冷たいところから出る光—ペンライトの秘密（化学発光）．明るくても OK！
- ・熱いところから出る光—花火の色の秘密（炎色反応）．8 元素を同時観察
- ・密閉爆発—ロケット & 爆発する炎 & アルコール鉄砲（爆発濃度範囲）
- ・振盪色変化の小びん四姉妹（酸化還元による色素の色の変化）．酸素が鍵！
- ・自動虹色変色（塩化第三ブチルの分解に伴う万能 pH 指示薬の変色）
- ・時間差瞬間着色（Landolt ヨウ素時計反応）．身近なヨウ素デンプン反応
- ・オレンジパワー注入！（リモネンによる発泡スチロールの溶解減容，ゴム風船の時間差割り）
- ・瞬間消滅—まほうの綿（硝酸セルロースの燃焼）受講者全員参加！
- ・色のリズム（Belousov-Zhabotinsky 振動反応）．臭素発生に注意！

#### 6) その他の実験

- ・紫外線感知ビーズの秘密（フォトクロミズム，芋虫型ストラップ作成キットの配付，個別に作成する工作実験の場合もあり）．なお，帰宅後に自宅で実験

できる，または科学への興味を喚起するような教育的なおみやげの配付は，科学実験講座を成功させるために，極めて重要であると考えられる。

- ・ウランガラスの秘密（紫外線によるウランの蛍光，放射能）

実験内容は，いずれもトリックなしの実験で勝負するものばかりである．これらの内容については，これまでに実験マニュアル<sup>6)</sup>，および論文<sup>7,8,9,10,11,12,13,14)</sup>として公表してきた．未発表の内容，および各実験の改善点は，今後，論文，および実験マニュアルの増補・改訂版として公表する予定である．

## 8. 実践の記録

以下の年度ごとの表 1～表 4 に示すように，2009 年 8 月までに 37 回（日）の出前等による化学実験講座を実施した．その内訳は日化東海支部事業（4），科学の祭典（6），他校の SPP または SSH としての依頼（4），大学等主催事業（11），理振協会「その道の達人」事業（3），学校行事・授業としての依頼（3），生涯学習関係の依頼（5），子ども会からの依頼（1）である．なお，下線を付してある太字の日付の 9 回の実践は，日本化学会，および日本理科教育学会からのご後援をいただいた実践である．これまでの実践における総受講者数は 1403 名以上，参加学生数は延べ 177 名に上る．

表 1 2006 年度の実践の記録

2006 年度	学校名・講座名	受講対象と数	参加学生数
06/30	愛知県弥富市立弥生小学校，SPP「5 年わくわく科学学習講座」	小 5, 88 名	2
<b>08/08</b>	名古屋市瑞穂青年の家，「おもしろサイエンス教室」	小 3～小 6, 19 名， 保護者 5 名	3
08/10	愛知県瀬戸市立瀬戸本山中学校，日本化学会東海支部出前講座 「夏休み理科実験講座」	小 5&小 6, 14 名， 中 1&中 2, 17 名， 高 2, 1 名	3
08/23	愛知教育大学，教員研修 SPP 化学講座 「実験，観察，講義を通した理科のリフレッシュ」	教員 8 名	2
08/25	愛知教育大学，サイエンス・サマー・キャンプ化学講座 「化学マジックで化学を学ぼう」	高 1～高 3, 20 名	2
09/30	名古屋市科学館，青少年のための科学の祭典 2006 名古屋 「サプライズカップ 2006—化学マジックでハッとトリック！ Service	2 日間， 1 ブース担当， 来場者多数	5
10/01	Learning による化学教育の実践」		5
<b>02/24</b>	名古屋市名東生涯学習センター，化学マジック & お菓子作り実験講座 「不思議！シンジラレナ～イ！！～☆化学マジック & お菓子作り☆で楽しい実験を体験しよう！！～」	小 4～小 6, 30 名	2

表2 2007年度の実践の記録

2007年度	学校名・講座名	受講対象と数	参加学生数
05/20	名古屋市立江西小学校, 江西学区子ども会「おもしろ化学実験教室」	小1～小6, 62名 中1, 3名	4
06/16	岐阜県立各務原西高等学校, 日本化学会東海支部出前講座「KAGAKU DE SHAKiiiN 愛しの化学反応(リアクション) 拍手喝采 いただきます! By Dr. Magic and His Guys」	高3, 29名, 高2, 2名	4
07/18	名古屋市立向陽高等学校, SSH高大連携講座「SSトライアル」化学実験講座「♪愛しの化学反応(リアクション)♪ カガク・デ・シャキーン 化学の実験&マジックで興味関心・拍手喝采いただきます!」	高1, 41名	4
08/21	愛知教育大学, サイエンス・サマー・キャンプ化学講座「愛しの化学反応(リアクション) カガク・デ・シャキーン 化学実験&マジックで興味関心いただきます!」	高1～高3, 20名	2
08/23	愛知教育大学, 日本化学会東海支部高校生のための化学講座(愛知県)「愛しの化学反応(リアクション) カガク・デ・シャキーン 化学の実験&マジックで興味関心・拍手喝采いただきます!」	高1～高3, 10名 引率教員他3名	4
10/06	名古屋市科学館, 青少年のための科学の祭典2007名古屋	2日間1ブース, 1ステージ担当, 来場者多数	4
10/07	ブース「♪愛しの化学反応(リアクション)♪ カガク・デ・シャキーン 化学マジックで拍手喝采いただきます!」 ステージ「科学の実験で興味関心・拍手喝采いただきます!」		4
11/07	静岡県立沼津聾学校, 日本化学会東海支部出前講座「♪愛しの化学反応(リアクション)♪ カガク・デ・シャキーン 化学の実験&マジックで興味関心・拍手喝采いただきます!」	高1～高3, 24名	5
11/22	鳥取市立国府中学校, 理振協会「その道の達人」派遣事業「♪愛しの化学反応(リアクション)♪ カガク・デ・シャキーン 化学の実験&マジックで興味関心・拍手喝采いただきます!」	中1～中3, 194名	1
12/14	愛知県設楽町立津具小学校, 理振協会「その道の達人」派遣事業「♪愛しの化学反応(リアクション)♪ カガク・デ・シャキーン 化学の実験&マジックで興味関心・拍手喝采いただきます!」	小1～小6, 60名	5
02/29	名古屋市立ほのか小学校, おもしろ化学実験教室「理科ざらい? そんなの関係ねえ! 化学の実験とマジックでオッ! パッ! ピ〜!!」	小6, 62名	4
03/07	岡崎市立矢作南小学校, おもしろ化学実験教室「理科ざらい? そんなの関係ねえ! 化学マジックでオッ! パッ! ピ〜!!」	小6, 136名	4

表3 2008年度の実践の記録

2008年度	学校名・講座名	受講対象と数	参加学生数
05/18	愛知教育大学, 大学祭大学紹介企画「理科ざらい? そんなの関係ねえ! 化学マジックでオッ! パッ! ピ〜!! @愛知教育大学第39回大学祭 サービス・ラーニングによる出前化学実験の紹介 ワッチング〜! シンキング〜! ラーニング〜! でグ〜グ〜!!」	来場者, 15名以上 (アンケート回収分のみ)	4
07/09	名古屋市立向陽高等学校, SSH高大連携講座「SSトライアル」化学実験講座「理科嫌い? そんなの関係ねえ! 化学の実験&マジックでラーニング〜! でグ〜グ〜! ドクター・マジックとそのなかまたち(Presented by Dr. Magic & His Guys)」	高1, 44名	7
08/01	愛知教育大学, サイエンス・サマー・キャンプ化学講座「理科嫌い? そんなの関係ねえ! 化学の実験&マジックでラーニング〜! でグ〜グ〜! ドクター・マジックとそのなかまたち(Presented by Dr. Magic & His Guys & A Lady)」	高1～高3, 24名	4
08/04	桑名市教育研究所, 研修講座「おもしろ化学(科学)実験 ~ようこそ! ファンタスティックな化学の魔法の世界へ!! ~ ドクター・マジックとそのなかまたち(Presented by Dr. Magic & His Guys)」	教員, 52名	4
08/21	愛知教育大学, 教員免許状更新講習(試行)選択講座D-12「化学実験の基本(小学校教員向け)」	教員, 20名	4
10/04	名古屋市科学館, 青少年のための科学の祭典2008名古屋「理科離れ? そんなの関係ねえ! 化学マジックで楽しくワッチング〜! シンキング〜! ラーニング〜! でグ〜グ〜!!」	2日間, 1ブース担当, 来場者多数	6
10/05			6
11/19	岡崎市立矢作南小学校, おもしろ化学実験教室「理科ざらい? そんなの関係ねえ! 化学の実験&マジックでラーニング〜! でグ〜グ〜! ドクター・マジックとそのなかまたち(Presented by Dr. Magic & His Guys)」	小6, 137名	8
12/19	岐阜県可児市・御嵩町中学校組合立共和中学校, 理振協会「その道の達人」派遣事業化学実験講座「理科ざらい? そんなの関係ねえ! 化学の実験&マジックで楽しくラーニング〜! でグ〜グ〜!!」	中1, 65名, 教員4名	8

表4 2009年度の実践の記録

2009年度	学校名・講座名	受講対象と数	参加学生数
05/16	愛知教育大学, 第40回大学祭大学紹介企画「サービス・ラーニングによる出前化学実験の紹介 理科ざらい?そんなの関係ねえ! 化学マジックで楽しくワッチング~!シンキング~!ラーニング~!でグ~グ~!! ドクター・マジックとそのなかまたち Presented by Dr. Magic & His Guys」	来場者, 20名以上 (アンケート回収分のみ)	4
05/23	名古屋市守山生涯学習センター, 科学実験講座「土曜日はいろいろ科学者! ~不思議おもしろ実験! 工作! 大冒険!! ~ 理科ざらい?そんなの関係ねえ! 化学マジックで楽しくワッチング~!シンキング~!ラーニング~!でグ~グ~!! ドクター・マジックとそのなかまたち (Presented by Dr. Magic & His Guys)」	小5・6, 18名	8
05/30	名古屋市守山生涯学習センター, 科学実験講座「土曜日はいろいろ科学者! ~不思議おもしろ実験! 工作! 大冒険!! ~ な~にい~!? やっちまったな!! おいしく楽しむ“おかし作り実験”で、あらら~、みんなもキッチンで化学者かよ~」	小5・6, 11名	4
06/27	名古屋市科学館, 愛教大連携事業化学実験講座「大人のための実験がいっぱい! オモロ~楽しむ化学実験」	高校生以上の大人, 25名 (うち, 高校生2名)	15
07/09	名古屋市立向陽高等学校, SSH高大連携講座「SSトライアル」化学実験講座「な~にい~!? やっちまったな!! 楽しむ“生物発光実験&化学マジック”で、あらら~、みんなも未来の化学者かよ~。 ドクター・マジックとそのなかまたち (Presented by Dr. Magic & His Guys)」	高1, 58名	4
07/11	名古屋市科学館, 愛教大連携事業化学実験講座「親子でチャレンジ 実験がいっぱい! オモロ~楽しむ化学実験☆な~にい~!? おもしろわくわく化学実験やっちまったな!! あらら~、みんなも未来の化学者だよ! ☆」	小3・4の子どもと保護者12組24名	16
08/06	愛知教育大学, 理数系教員指導力向上研修事業「理科実験スキルの向上, ならびに先端科学の初等・中等教育への還元」化学講座「化学を楽しく学習でき, インパクトがある実験の紹介」	中高教員, 15名	4
08/28	愛知教育大学, サイエンス・サマー・キャンプ化学講座「な~にい~!? やっちまったな!! 楽しむ“生物発光実験&化学マジック”で、あらら~みんなも未来の化学者かよ~。 ドクター・マジックとそのなかまたち (Presented by Dr. Magic & His Guys)」	高1~高3, 23名	2

## 9. 実践内容のアンケートによる評価

「青少年のための科学の祭典名古屋」の実践以外では、受講者にアンケートを行い、実践内容の評価を行ってきた。2006~2007年度の分析では、以下のような結果が得られている。

生物発光・化学発光の実験<sup>14)</sup>では、

- 1) 認識度100%のホタルに対し、ウミホタルという生物の認識度は44% (回答数266名)であった。
- 2) ウミホタルの生物発光実験のおもしろさを3段階 (おもしろかった, ふつう, つまらなかった) で回答してもらったところ, 92%がおもしろかったと回答した (回答数254名)。
- 3) ホタルとウミホタルの生物発光実験を行った受講者への, ホタルやウミホタルの光る仕組みが分かったかという4択質問 (よくわかった, 少しわかった, あまり分からなかった, 分からなかった) に対し, 97%が, よく, または少し理解できたと回答した (回答数175名)。
- 4) ホタルとウミホタルの生物発光実験, およびペンライトの化学発光個別実験のすべての実験を行った高校生受講者60名への, それぞれの実験のおもしろさを3段階 (おもしろかった, ふつう, つまらなかった) で回答してもらったところ, 95%以上がおもしろかったと回答した。

5) 同上の高校生60名のうち, 生物発光・化学発光で熱が, ほとんど発生しないことを知っていたのは27%であった。

生物発光・化学発光の実験は, 圧倒的に児童・生徒の自然現象や科学への興味・関心を高めると考えられるので, 学校教員にとって, また, 理科好きの児童・生徒を育てるために, 強力で有用な実験であることが確認できた。また, 単にきれいでおもしろいだけでなく, 児童・生徒に生物発光・化学発光の概要と, 光そのものは熱くなく, 熱くないところからも光が出ることを確実に理解させることが可能な実験であることが分かった。最近, 下村 脩 先生が2008年ノーベル化学賞を受賞され, オワンクラゲやウミホタルなどの生物発光にスポットが当たり, タイムリーな話題として実験を提供できることにも大きなメリットがある。

さらに,

- 6) 化学マジックのおもしろさでは圧倒的に「まほうの綿」(46%, 受講数819名), ついで「密閉爆発—ロケット&爆発する炎」(14%, 受講数819名), 「自動虹色変色」(13%, 受講数819名)の人气があった。アンケートの自由記述より, 人气の理由は, 「まほうの綿」が化学マジックの中でも個別体験できるからであることが分かった。
- 7) 小学生から高校生へと学年が上がっていくにつれ, 個別体験型の「まほうの綿」から, 個別体験

型でない他のマジックにもおもしろさを感じている傾向があった。

- 8) 化学マジック・ショーのおもしろさについて5段階で回答してもらったところ、受講者819名の約9割(とてもおもしろかった565名+おもしろかった186名, 751名)がおもしろかったと回答した。
- 9) 出前化学実験講座終了後、化学に対して興味・関心を持ってもらえたかを問う質問に対して、5段階で回答してもらったところ、648名の約8割(528名)が肯定的な回答であり、化学に対する興味・関心が高いことが分かった。
- 10) パワー・ポイント・プレゼンテーションは講座の難易度(受講者の理解度)を大いに改善した。5段階で回答してもらったところ、難しかったという回答は1割程度になった。児童・生徒は学習して知っていることは易しいと感じ、知らない用語、名前、化学式を見ると、それだけで難しいと感じるようである。学年別漢字配当表、化学式を一切用いない等、様々な対象者、および学習状況に配慮したパワー・ポイント・プレゼンテーションの作成と演示が極めて重要である。
- 11) 受講者の感想から、子どもたちは実験に飢えている(おもしろかったのは、初めての経験、知らないことを学べたから、等)ことがよく分かる。このことは科学展の観客の様子からも、痛切に感じられた。
- 12) アンケートでは、とりわけ、児童・生徒は1人1人が実験できることに、大きな喜びを感じているようである。生物発光の実験では1人ずつ混ぜて光らせることができ、「瞬間消滅一まほうの綿」では自らの手の上で炎が出るのを体験できるのが興味関心を捉える理由であろう。理科好きの児童・生徒を育むには、実験を演示して見せるだけでなく、1人1人が実験を行って体験できる個別体験型実験の機会を提供することが最も重要であることが確信できた。

## 10. 実践参加学生の活動

参加学生へは学生への教育という面からは、実践後に参加者から、実践における良かった点、改善すべき点、および感想をレポートとして提出してもらい、事後指導を行っている。

参加した学生は、実践を通じ、化学実験を成功させた達成感とともに、教育現場の実状を実際に感じて体験することができた。とりわけ、聾学校、山間部の小学校における実践は、著者も含め、メンバー全員にとって初めての経験であり、大きなインパクトを受け、教員を目指すモチベーションを向上させたようである。以下にその感想の一例を示す。

- 1) 静岡県立沼津聾学校での実践の事後指導より

・事前に手をたたく音は聞こえる程度の障害だとは聞いていたが、それでも言葉がどの程度通じるか心配だったため、必要以上に警戒していた所もあった。しかし、早く話をしなければ十分会話が通じる生徒も多く、私自身、誤解していたところがあり、それに気付くことができる良い体験だった。(B3)

- 2) 愛知県設楽町立津具小学校での実践の事後指導より

・化学マジックでは、子どもたちの勢いに圧倒されたが、子どもたちの化学に対しての意欲を感じることができ、興味を持ってもらえたことと実感し、うれしかった。炎色反応を上手く説明できなくて落ち込んでいたが、子供たちの活気あふれる姿を見ていて、こちらまで元気をもらい、楽しく行うことができた。(B3)

学生たちは自主的に各自の担当マジック実験を決め、実践毎にローテーションをして、全ての化学マジックが演示できるようになることを目指して努力していた。後半の化学マジック・ショーは、著者が、ときどき補足するのみで、ほとんど学生のみで演示されてきた。

学生たちは、演示に使用するパワーポイントのプレゼンテーション資料を作成、対象別に改良する能力にたけている。とりわけ、アニメーションはすばらしい出来映えで、著者は、とても学生たちのようには作成できない。プレゼンテーション資料は実践毎に改訂され、さらに進化を続けている。

前半の個別実験についても、安全かつ順調に実施できるのは、参加学生がTAとして各実験台に張り付き、困っている児童・生徒に個別指導しているからである。実験講座における学生TAの配置は極めて効果的であり、学生にとっても教育的な効果は大きいと思われる。

## 11. 活動関連の新聞掲載・テレビ放映

以下に示すように、2006年10月から2009年8月までに、出前化学実験の活動で新聞掲載9件(主要紙8紙、地方紙1紙)、テレビ放映2件という成果が得られた。新聞掲載主要紙

- 1) 中日新聞 10/01/2006(名古屋市民版)、青少年のための科学の祭典2006名古屋の記事内に当ブースの内容の記述あり。
- 2) 岐阜新聞 06/19/2007朝刊(岐阜地域版)、各務原西高校への出前。
- 3) 日本海新聞 11/26/2007、鳥取市立国府中学校への出前。
- 4) 朝日新聞 12/15/2007朝刊(愛知県内版)、愛知県設楽町立津具小学校への出前(長年の夢であった山村への出前実践を実現)。
- 5) 読売新聞 12/19/2007(中部支社版)、愛知県



設楽町立津具小学校，および沼津聾学校高等部への出前。

- 6) 中日新聞 12/19/2007朝刊(東三河版)，愛知県設楽町立津具小学校への出前。
- 7) 中日新聞 03/08/2008朝刊(西三河版)，愛知県岡崎市立矢作南小学校への出前。
- 8) 中日新聞 12/20/2008朝刊(岐阜県東濃可児版)，岐阜県可児市・御嵩町中学校組合立共和中学校への出前。

新聞掲載地方紙

- 1) 東海愛知新聞(岡崎地域紙) 03/08/2008，愛知県岡崎市立矢作南小学校への出前。第一面トップ記事。

テレビ放映

- 1) 10/07/2007(日)の青少年のための科学の祭典2007名古屋大会を，NHK名古屋が取材。当日10/07/2007(日)正午のニュースで，15秒間程度ではあるが，本ブースの実験(まほうの綿他)の様子を放映。
- 2) 05/18/2008(日)の愛知教育大学第39回大学祭の大学紹介における化学マジックの実践，および05/16/2008(金)の予備実験をテレビ愛知が取材。05/27/2008(火)の番組「速ホウ!愛知」の「特集」のコーナーで「化学マジックで理科嫌いをなくせ!」として4分53秒間放映。

これら以外に，活動のために開発した実験方法2件が，以下のように中日新聞で紹介，解説された。

- 1) 中日新聞 06/25/2006(全地域)，「こどもタイムズ おもしろ実験室」のコーナーで「びっくりオレンジの力」としてオレンジオイルによる発泡スチロールの溶解実験を紹介，解説。
- 2) 中日新聞 08/30/2009(全地域)，「こどもタイムズ おもしろ実験室」のコーナーで「ラムネ菓子を作ろう」としてラムネ菓子作成実験を紹介，解説。

## 12. おわりに

学生ボランティアの娯楽サークル活動で，学生への教育ではない本学の「訪問科学実験」とは一線を画し，安全で楽しい，本物の理科実験の授業ができる理科教員を養成するための教育として2006年度から開始したサービス・ラーニングによる出前化学実験の活動は，これまでに述べてきたように，着実に成果を上げつつある。

2009年度，新たに「化学教材演習」の科目を開講し，主免実習前の3年生対象に，愛知教育大学と名古屋市科学館の連携事業による2つの化学実験講座(大人向，親子向)を試行的に開催した。教育実習の研究授業に伺った際に，実験指導の授業の出来が，総じてあまり芳しくないのが企画の動機である。受講者アン

ケートからは講座に対し，大変よい評価をいただいた。今後，参加学生へのアンケートを行い，企画を総括し，次年度以降の開講の有無の参考にする予定である。

これまでの出前化学実験の参加学生には2008年度，2009年度から中学校教員になった卒業生，また，2010年度から小中学校教員となる予定の学生がおり，これまでの蓄積を生かした今後の活躍を期待したい。

## 謝 辞

本研究は2006～2009年度愛知教育大学学長裁量経費(学外連携推進事業経費)，2009年度科学研究費補助金基盤C一般(課題番号21500870)，2007，2008年度理振協会「その道の達人」派遣事業，2006，2007年度日本化学会東海支部出前講義，SPP事業，SSH事業，および各訪問先などから財政的にご支援いただきました。名古屋市科学館からは2006～2008年度青少年のための科学の祭典名古屋での実践，および，2009年度の実験講座開催の機会を与えていただきました。日本化学会および日本理科教育学会からは9回の実践にご後援をいただきました。厚くお礼申し上げます。最後に，「その道の達人」へのご推薦をいただいた愛知教育大学 川上 昭吾 教授に感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Web サイト，「第2回「小柴昌俊科学教育賞」最終選考会結果発表」，[http://www.hfbs.or.jp/prize\\_2\\_result.htm](http://www.hfbs.or.jp/prize_2_result.htm)。
- 2) 戸谷 義明，15年度のフレンドシップ事業を省みての今後の活動への提案，“平成15年度フレンドシップ・シンポジウム「訪問科学実験教室」の成果と今後”，愛知教育大学フレンドシップ運営委員会，2004。
- 3) 戸谷 義明，2004年度の訪問科学実験の活動を省みての今後の活動への提案，“2004年度「学生のボランティア活動による訪問科学実験」シンポジウム「訪問科学実験」の成果と今後”，愛知教育大学訪問科学実験運営会議，2005。
- 4) 戸谷 義明 編，“「愛知教育大学の学生のボランティア活動による訪問科学実験(フレンドシップ事業)」2005年度シンポジウム「訪問科学実験」の成果と今後 成果報告討論会 資料集”，愛知教育大学訪問科学実験運営会議，2006。
- 5) 井上成美伝記刊行会 編，“井上成美”，井上成美伝記刊行会，1982，pp 376-377。
- 6) 戸谷 義明，“教師のための理科研究① あなたも化学の魔法の達人—簡単にできる化学マジック集—”，愛知教育大学，2004。
- 7) 戸谷 義明，愛知教育大学研究報告，50(自然科学編)，2001，pp 47-53。
- 8) 戸谷 義明，愛知教育大学研究報告，52(自然科学編)，2003，pp 23-28。
- 9) 戸谷 義明，愛知教育大学研究報告，53(自然科学編)，2004，pp 79-88。
- 10) 戸谷 義明，愛知教育大学研究報告，55(自然科学編)，2006，pp 45-53。
- 11) 戸谷 義明，愛知教育大学研究報告，56(自然科学編)，

2007, pp 33-43.

- 12) 戸谷 義明, 化学と教育, **50**, 2002, pp 532-533.
- 13) 戸谷 義明, 化学と教育, **52**, 2004, pp 188-189.
- 14) 戸谷 義明, 伊藤 弘晃, 愛知教育大学研究報告, **57** (自然科学編), 2008, pp 65-72.

(2009年 9 月16日受理)