

## 大学授業として実施する出前化学実験のための 化学実験教材（含英語版）の開発と実践

戸谷 義明\* 平岩 大作\*\*

\* 理科教育講座（化学）

\*\* 南山国際高等学校

### Development of Chemistry Experiment Teaching Materials (Including English Version) for Delivery Practices Performed as a University Class

Yoshiaki TOYA\* and Daisaku HIRAIWA\*\*

*\*Department of Science Education (Organic Chemistry),*

*Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

*\*\*Nanzan Kokusai Junior & Senior High School, Toyota 470-0375, Japan*

#### Abstract

We have investigated and developed many chemical experimental methods, including chemical magic demonstrations, for delivery to classrooms. In Japan, foreign language activities are going to be compulsory from the 3rd grade, and English will be implemented as a regular subject from the 5th grade at elementary school in AY 2020. Over two thirds of the students of our Science Teacher Training Programs will teach at primary schools. So, we have challenged to demonstrate the chemical magic in English for returnee students as a university class. The procedures and presentation methods were described in Japanese and English textbooks of chemical magic demonstrations. Recently, we were able to hold a hands-on experiment class “Making Karume-yaki” in English. We report here about the English practices in detail.

#### I. はじめに

国際調査における日本の児童生徒の理科の成績は上位を維持している。TIMSS2015<sup>1)</sup>の小学校4年生では3位/47か国、中学校2年生では2位/39か国で、2011年に比べ有意に上昇している。PISA2015<sup>2)</sup>の高校1年生を対象とした科学的リテラシー分野の得点でも2位/72か国で、OECD加盟国35か国中では1位である。しかしながら、TIMSS2015の質問紙調査では、小学校では「理科は楽しい」「理科は得意だ」の回答が、それぞれ90%、84%と、国際平均（87%、75%）を上回っていたのが、中学校になると、それぞれ66%、45%と大幅に低下し、国際平均（81%、53%）を下回る。さらに、中学校では「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」「将来、自分が望む仕事につくために、理科で良い成績をとる必要がある」の回答は、それぞれ62%、51%で、国際平均（85%、72%）より2割も低い。PISA2015の高校生への質問調査でも、「理科学習者と

しての自己効力感」「科学に関連する活動」の指標値はOECD加盟国では最下位である。このように理科や、その学習が社会で役に立つと思われていない状況が継続してきている原因の1つとして、学校での学習が身の回りや身近な事柄から、掛け離れているからではないかと思われる。

この状況を打開するため、著者は理科の面白さと楽しさを熟知し、科学的な思考や安全に配慮した実験指導ができ、本物の理科を教える知識と技術を持った深みのある理科教員を養成すれば、彼らこそが楽しく魅力的な理科の授業を行い、理科が面白く社会で役に立つことを理解した児童・生徒を育むことができると考えた。この考えを実現するため、大学の授業として化学専攻の学生と共に、全関係者の安全を確保して行う出前化学実験を計画し、2006年度から運営、実践してきた。

2009年度以降は科研費の援助も得、安全で楽しい理科実験の授業ができる教員の養成に有用な、多くの

化学実験教材と指導法（観察参加型：学生が演示する化学マジック実験に受講者が観察参加するもの；個別指導体験型：実験教室などで受講者が学生や教員から個別で実験の指導を受け体験するもの）を開発し、出前化学実験として実践を行い、点検と改善を繰り返してきた（PDCAサイクル）。開発した実験教材と指導法を2011年度末に化学教材実験集<sup>3)</sup>として出版し、国立大学附属図書館や教育現場に配付した。

2012年度からは、身の回りや身近な事柄と結び付いた内容で、理科が役に立つ教科であることを実感でき、理科学習に活用できるような、個別指導体験型の化学（科学）実験教材と指導法〔カルメ焼き作り（中学校、炭酸水素ナトリウムの熱分解）、水あめ作り（小中高等学校、体のつくりと働き、酵素）、クラリネットを使った気柱共鳴による音速測定（高等学校、物理基礎）など〕を開発した。これらを実践するために名古屋科学館などと連携し、教育実習前の学生の予行演習の授業として大学教員の監督下、学生が受講者を指導する個別指導体験型の実験教室を開催してきた。開発した実験教材と指導法は、2015年度末に化学教材実験集II<sup>4)</sup>として出版、既述と同様に公表した。

2006年度から2017年度までに実施した出前等による化学実験教室の回（日）数は121回（日）、受講者総数は7167名以上、実践参加学生総数は延べ527名に上る。著者Tは、2011年3月には「サービス・ラーニングとして行われる出前等による化学実験講座」で国立科学博物館主催2010年度野依科学奨励賞を受賞した。さらに、2011年10月には「化学の普及と大学授業とを両立させる出前化学実験」で日本化学連合主催世界化学年記念化学コミュニケーション賞審査員特別賞を受賞し、2013年3月には「化学教材実験法の開発と出前実験講座による化学教育への貢献」により日本化学会第37回化学教育賞を受賞するに至った。

2020年度より小学校第3学年からの外国語活動の必修化、及び小学校第5学年から英語の教科化が完全実施されることになった。本学の理科専攻の学生は、個別入試に英語が課されていないこともあり、おおむね英語が苦手であるが、その3分の2以上が将来、小学校で勤務する。小学校教員として英語指導ができる能力を身に付けさせることは喫緊の課題と思われた。そこで、これまで学生が日本語で行ってきた観察参加型の化学マジック実験の演示を英語で行うようにすれば、化学の知識や実験技能と共に、化学英語だけでなく、パワーポイント・プレゼンテーション、シナリオ、及びそれらの作成に必要な汎用の英語を使う能力を習得できる。将来、教員となり、必要になって英語を勉強するときのハードルを低くすることができると考えた。2015年度以降、小学校での英語の教科化を見据え、理科に強く、英語指導もできる教員養成のための英語教育も兼ね、主に食品関係の個別指導体験型の化学(科

学) 実験教材と指導法の開発と実践を継続するとともに、最初に観察参加型の化学マジック実験、次いで個別指導体験型の実験の英語による演示法を開発・実践することを目的に研究を進めてきた。共著者Hの協力で最近、ようやく学生による化学マジックの英語実践に至り、さらに個別指導体験型の「カルメ焼き作り」実験を学生の英語による指導で実践することができた。以上、これまでの研究成果を報告する。

## II. 英語版教材の開発

2012年出版の化学教材実験集<sup>3)</sup>にある化学マジック実験のうち、実践回数が多く、日本語のプレゼンテーションが作成されている以下の9種について、英語で演示するために、手始めに、それらの最新日本語版プレゼンテーションを基に、英語版プレゼンテーション、及び演示用英語シナリオを作成することにした。

1. 密閉爆発—ロケット&爆発する炎&アルコール鉄砲（可燃性ガスの爆発濃度範囲）
2. 熱いところから出る光—花火の色の秘密（炎色反応）
3. 冷たいところから出る光—ケミカルライトの秘密（活性シュウ酸エステルの化学発光）
4. 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）
5. 振盪色変化の中瓶四姉妹（色素の酸化還元による変色）
6. 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）
7. 時間差瞬間着色（Landolt ヨウ素時計反応）
8. ニッケル忍者の木の葉隠れの術（ニッケル錯体の逐次形成・解離に伴う変色）
9. 瞬間消滅—魔法の綿（硝酸セルロースの燃焼）

英語版プレゼンテーション、及びスクリプト作成の際には以下の方針で行った。

1. これまで良好な演示効果が得られてきた日本語版プレゼンテーションと同様に、実験の導入や説明の部分では、プレゼンテーションに書かれていることを、そのまま口頭で発表できるようにする。人間が得る情報の約9割は視覚からであることは、よく知られており、口頭のみでの説明では観客に十分に理解してもらうことが難しいと考えられる。英語版では、演者が正しく発音できないことも予想されるが、プレゼンテーションに書かれていれば、理解してもらえたと考えられる。
2. シナリオにはプレゼンテーションに書かれていることと共に、プレゼンテーションを使用せずに、実験を演示する部分、及び観客とのやり取りがある部分について念入りに作成し、演者が英語で演示、対応できるようにする。
3. 英訳の際には、できるだけアルク英辞郎のLevel 5

（大学受験前に覚える英単語）以下の単語で英文を作成する。

2015年度に、7月に東京科学未来館で開催の国際学会 Network for Inter-Asian Chemistry Educators (NICE) 2015で、英語で発表することを目指し、最初に「6. 自動虹色変色」のプレゼンテーションの英訳に着手した。発表の予行演習は愛知教育大学附属名古屋中学校（当時、著者Tが校長職を兼任）の帰国学級生徒1-3年生有志14名に依頼した。「6. 自動虹色変色」を著者Tが英語と日本語で演示し、指導学生がオープニングの英語の替え歌とダンスを演示した。スライドの印刷物を基に質疑応答により、改善点を点検・評価してもらった。スライド、及びシナリオの英語の最終的な点検は元ECC講師（汎用英語）、及び研究協力者（化学英語）に依頼した。

2016年度は残りの8種類のうち、「5. 振盪色変化の中瓶四姉妹」を除く7種類のプレゼンテーションの英訳を進め、2017年度に「7. 時間差瞬間着色」を、7月に韓国ソウルで開催のNICE 2017で発表することを計画した。今回も発表の予行演習として、附属名古屋中学校（著者Tは2015年度に校長職の兼任終了）に共同研究としての帰国生徒対象の実践を2016年度より依頼してあったが、2017年度になって突然、附属中学校の運営会議の判断で断られてしまった。そのような窮地に追い込まれた状況から救っていただいたのが南山国際高等学校（帰国生徒と外国籍をもつ生徒のみ在籍）の共著者Hであった。お陰で、高校2年生の帰国生徒28名以上（2クラス合同、教員2名参加）対象に100分授業の実践（「6. 自動虹色変色」と「7. 時間差瞬間着色」を著者Tが日本語と英語で演示、最初の替え歌とダンスは英語スライド、日本語版ビデオで紹介）を行い、既述と同様にスライドの印刷物を基に助言を頂戴し、NICE 2017で発表することができた。

当初、化学マジックの英語版実験集を出版するために、2012年出版の化学教材実験集<sup>3)</sup>の化学マジック部分を英訳すれば良いと考えていたが、出版以降、実践が繰り返されるたびに実験法や演示法の改善が行われてきており、改訂する必要があると考えられた。そこで、日本語改訂版の化学マジック実験集<sup>5)</sup>を作成し、2017年度末に出版した。このものは2018年度末に出版した化学マジック実験集英語版<sup>6)</sup>に先行し、日本語版のプレゼンテーションだけでなく、実験動画（実験2、実験7）、準備リスト、英語版のプレゼンテーション、及び日本語&英語版のシナリオ入CD付とした。この出版のために、2017年度には、残っていた「5. 振盪色変化の中瓶四姉妹」の英訳のほか、9種類の化学マジック実験の演示用英語シナリオも完成させた。

2018年度、著者Tは個人の事情でサバティカル・イヤーを取得したが、英語版を含む個別指導体験型の化学教材の開発と実践を目的とする新規科研費が採択さ

れたため、更なる研究の推進を図った。

南山国際高校の帰国生徒13名、及び教員3名（1名は英語ネイティブ）を対象に50分授業の実践で著者Tが英語のみで「1. 密閉爆発—ロケット&爆発する炎&アルコール鉄砲」を演示した。回収したスライド、及びシナリオ印刷物から、生徒たちが楽しんだ感想、英語のチェック、先生方からも励ましを頂戴し、著者Tが目指している研究の方向が間違っていないことを確信した。実践の後、正式に南山国際高等学校の共著者Hと共同で研究を進展させることになった。

研究に関し、著者Tの留学先であった米国ロードアイランド大学の清水讓名誉教授から、これまでに出版した実験集の内容評価、及び英語化に関するアドバイスを頂ける予定であったが、2018年4月に健康状態（2019年1月御逝去）のため、彼自身が研究に協力できなくなったと連絡があった。しかしながら彼の御子息の奥様で、化学教育に興味があるサウスカロライナ大学のLinda S. Shimizu教授を紹介いただいた。著者Tは彼女と連絡を取り、11月にサウスカロライナ大学を訪問する機会を得、教育学部の理科教育のスタッフにも紹介してもらった。化学マジック「自動虹色変色」と「クラリネットを使った音速測定」を学科のセミナーで披露したところ、非常に好評であった。彼女とその大学院の学生たちから、作成中であった化学マジック実験集英語版<sup>6)</sup>に添付するパワーポイント・プレゼンテーションの英文校正に協力が得られた。後日、実験集の「おわりに」、及び番外実験の「紫外線(UV)チェックビーズストラップの作成」の部分の英文校正にも協力いただいた。ネイティブスピーカーのLinda S. Shimizu教授から科研費の研究の成果となる「化学教材実験集II英語版」出版への協力が得られる道が開かれた。

実験集本文の英文翻訳者として家永治氏、及び校正者として幾世大斗氏の協力も得られ、2018年度末（2019年3月）に観察参加型の化学実験教材である化学マジック実験集英語版<sup>6)</sup>を出版するに至った。この実験集も日本語版と同様に、実験動画、日本語&英語版のプレゼンテーション、及び日本語&英語版のシナリオ入CD付とした（準備リストのみ含まず）。

### III. 学生による英語版教材の実践

以上のように、観察参加型の化学実験教材である化学マジック集の英語版が完成し、個別指導体験型の実験の英語版教材の開発も進行中である。しかし、これまでに学生が英語による演示に参加したのは2015年度の指導学生が化学マジックショーのオープニングに観客の注目を集めるために演じている替え歌とダンスを英語で演示したのみであった。2016年度は7種類の実験のプレゼンテーションを英語化し、2015年度と

合わせ、とりあえず8種類のプレゼンテーションの英語化が完了したが、実践の機会を設けることができなかった。2017年度は指導学生が教員採用試験前に出前実践を行うこと、特に英語による実践を行うことを嫌がり、全実験の英語化プレゼンテーションとシナリオを作るまでが精一杯であった。せっかく得られた貴重な南山国際高等学校の実践には、指導学生は参加せず、著者Tのみが演じた。2018年度もサバティカル・イヤー取得のため、指導学生はおらず、既述のように著者Tのみが次年度開催のNICE 2019で発表することを想定し「1. 密閉爆発—ロケット&爆発する炎&アルコール鉄砲」を演じた。

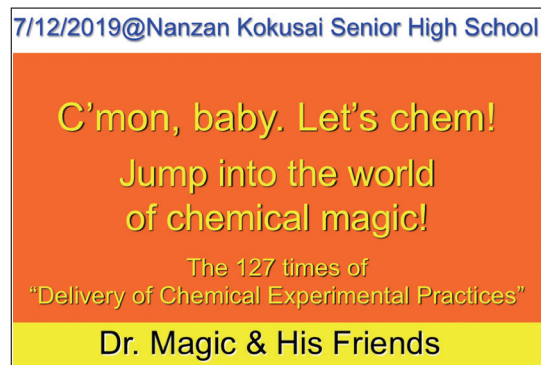
2019年度は7月に台湾台北でNICE 2019が開催された。そこで共著者Hと協力し、学生による観察参加型の化学実験教材である化学マジック「1. 密閉爆発—ロケット&爆発する炎&アルコール鉄砲」の英語実践（NICE 2019で著者Tが発表する予行演習を兼ねる）、及び個別指導体験型の化学教材である「カルメ焼き作り」の英語により指導する実践を南山国際高等学校で実施することにした。以上の実践について詳細に報告する。

#### IV. 化学マジックの実践記録

実践の詳細は以下の通りである。

1. 題目：“C’ mon, baby. Let’s chem! Jump into the world of chemical magic! by Dr. Magic & His Friends”
  2. 共催：南山国際高等学校・愛知教育大学戸谷研究室
  3. 日時：2019年7月12日（金）3限11：00-11：50、4限12：40-13：30、5限13：35-14：25
  4. 対象：1年生43名（3限14名、4限15名、5限14名）、教員数名参観。受講者には日本化学会ノベルティグッズを配布。
  5. 場所：南山国際高等学校理科室（化学用）
  6. 実践者：戸谷義明、平岩大作、戸谷研究室4年生6名（各限の主演者を2人ずつで担当）
  7. 実践概要：化学マジック実験集英語版<sup>6)</sup>の「1. 密閉爆発—ロケット&爆発する炎&アルコール鉄砲」の英語による演説。添付CDにあるプレゼンテーション（タイトルと替え歌は修正）、及びシナリオ印刷物を配布。実験内容、及び英文の点検、評価（誤りの指摘、ネイティブで自然な代替表現の提案）。実践の様子は動画、静止画で記録（4年生及び受講生に撮影、及び写真使用の承諾済）。
- 以下に実験演示の流れをスライドと共に示す。スライド1でタイトルと「出前化学実験」として通算127回目であることを示した。

スライド2-5は、以下のタイトルと歌詞を示し、最



スライド 1

初の約1分間、ある歌の替え歌C.M.S. (Chemical magic Show) とダンスで、著者Tがクラリネット、学生2名がホルンで伴奏、残りの学生4名がダンスを演じた。

C.M.S. (Chemical magic Show)

C.M.S. Once we watched the experiments.

C.M.S. Since then we fell in love with chemistry.

Recent chemical magic shows seem to have changed considerably.

Nevertheless we are all chemists, traveling together in the world of chem.

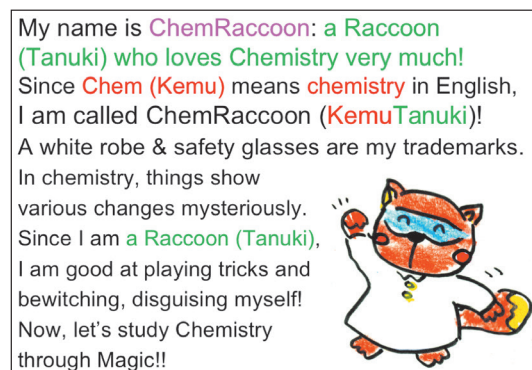
C'mon, baby. Why chem?

Perspectives on dreams are inspired.

C'mon, baby. Let's chem?

Many fascinations and full of mysteries.

スライド6は出前化学実験のマスコットキャラクター「ケムタヌキ」の自己紹介で、続くNICE 2019のスライドのようにパペットも作られ、演示に使用した。



スライド 6




NICE 2019 スライド 演説マスコット「ケムタヌキ」

スライド7は本日の化学マジックのタイトルを示した。スライド8が密閉爆発ロケットの最初のスライドで、これを背景に、最初にエタノール、次いでガソリン（イソオクタン）を事前に注入しておいたロケットを飛ばす演示をした。スライド9はウイスキーをロケットに注入し、ヘッドライヤーで加熱してから飛ばす実験演示の際の背景、スライド10はウイスキーロケット発射後のロケット（カップ）と発射台（スチール缶）の匂いを嗅ぐ際の背景とした。以下にスライド7-9を示した。

**Titles and the Order of Chemical Magic**


**1. Sealed Explosion  
—Rocket & Flame Leading to  
Explosion & Alcohol Gun—**



スライド7

We put a few drops of **ethanol** (alcohol) in each empty steel can of tomato juice and place cups over cans.

I peel off the sealed tape on each side hole of cans, then bring a tip of the flame of this lighter into the hole. What will happen?



Next, watch the cups fly like rockets using **gasoline**!!

スライド8

Now, we will show you that rockets fly with **whisky**!!

(This time we use a Scotch **whisky**. A bourbon **whiskey** also can be used.)



If we fail this experiment, we might lose the **credit** for this class.



スライド9

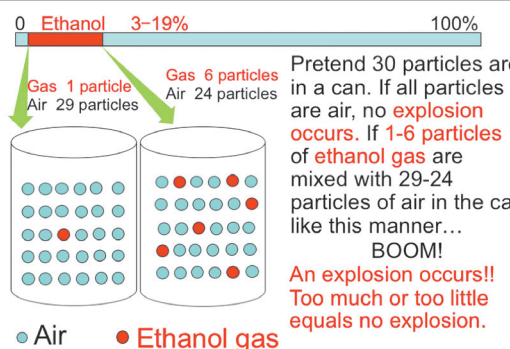
スライド11で可燃性ガスの爆発濃度限界について説明し、エタノールについてスライド12（爆発濃度範囲のバーグラフ）、13（粒子モデルによる爆発濃度

When we ignite a mixture of a flammable gas and air within the **explosion range**...

**An explosion will take place!!**  
If the concentration of a flammable gas is outside the range, it doesn't **explode**.

スライド11



Pretend 30 particles are in a can. If all particles are air, no **explosion** occurs. If 1-6 particles of **ethanol gas** are mixed with 29-24 particles of air in the can like this manner... **BOOM!**  
An explosion occurs!! Too much or too little equals no explosion.


● Air ● Ethanol gas

スライド13

**Red area shows explosion range!**

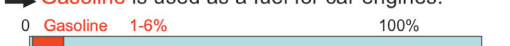
First, we showed you that rockets flew with "**Ethanol**".

→ **Ethanol** is included in alcoholic beverages and also used for disinfection.



Next, we showed you that rockets flew with "**Gasoline**".

→ **Gasoline** is used as a fuel for car engines.



Finally, we showed you that rockets flew with "**Whisky**".

→ **Whisky** contains about half the volume of "**Ethanol**".

スライド14

範囲の表示)、イソオクタンを含めスライド14に実験結果のバーグラフを、まとめて示した。上にスライド11、13、及び14を示した。

スライド15で、空中に浮かぶ風船にはヘリウムが使われていることをクイズで答えさせた。その後、風船には、かつては水素が使われていたが、スライド16-18で水素の爆発濃度範囲が広く、危険なため、使用されなくなったこと、福島原子力発電所の水素爆発が、水素が発生して爆発濃度範囲の下限を超えたことにより起こったことを説明した。次ページにスライド18を示した。

ここでロケットの実験が一段落するので、3回とも、次の「爆発する炎」の実験演示から主演示者を交代した。

The lower and upper **explosion limits** of **hydrogen** range from 4 to 75 percent!

0 **Hydrogen 4-75%** 100%

Air passes through the rubber film of a balloon little by little.  
A mixture of **hydrogen** and air is commonly within the **explosion range**.  
Instead of using dangerous **hydrogen** gas, **non-flammable** and **light helium** gas is now being used for floating balloons.  
A **hydrogen explosion** at a nuclear power plant in Fukushima occurred because **hydrogen** gas was produced, mixed with air, then exceeding the lower **explosion limit**.

スライド 18

Another **explosion accident** occurred at a spa facility in Shibuya, Tokyo in 2007.  
The cause of the accident was "**Methane**" contained in the spa water.

0 **methane 5-15%** 100%

The **explosion range is not so wide**.

スライド 19

スライド19で、東京渋谷で2007年に起こった温泉施設の爆発事故の原因がメタンであったことを紹介し、メタンの爆発濃度範囲が余り広くないことを説明した。その後、スライド19のまま、シナリオを頼りに「爆発する炎」の実験を演示した。上にスライド19を示した。

大きさが異なる2個のブリキの缶の蓋と缶の底近くの側面に、それぞれ穴（蓋7mm、側面5mm）を開けたものを作成し、それぞれに都市ガス（メタン）を充填し、穴をシリコンゴム栓で塞いだものを用意した。

これらを観客の前方に1個（小さい缶）、後方に1個（大きい缶）、写真1のように設置し、下、上の順に穴の栓を抜き、上の穴から出てくるメタンに、ライターで同時に火を付けた。

小さい缶が1分25秒、大きい缶が1分40秒前後で爆発することを告知した。上の穴から燃えながら空気より軽いメタンが出て行き、下の穴から代わりに空気が入っていくことを説明した。都市ガスは理科室で充填



写真1 4限「爆発する炎」の演示（前方の缶）

したこと、空気より重いプロパンガスは、この実験に使えないことなどを、シナリオを頼りに説明した。そのうちに炎が次第に小さくなり、ほとんど見えない状態になったが、炎は残っており、1分15秒からカウントをする（3限はカウントミスあり）と、告知した時間に、それぞれ爆発した。

実験後にアニメーションが入ったスライド20で実験のメカニズムを説明し、「爆発する炎」の演示を終了した。その後、これまでの実験の結論としてスライド21で、爆発濃度範囲の説明を繰り返し、エタノール、ガソリン（イソオクタン）、メタン、及び水素の爆発濃度範囲のバークラフを示し、爆発濃度範囲が広ければ広いほど、より危険であることを説明した。以下にスライド20、21を示した。

**BOOM!** Methane will be diluted down into the **red area** (explosion range). So...An explosion occurs!!

Methane is lighter than air!

We put fire on the **methane** going out from the top hole. Air comes in from the hole on the lower side and mixes with **methane**.

Percentage of methane in a can

スライド 20

**Conclusion**

If a mixture of a flammable gas and air within the **explosion range** is ignited, an **explosion** will occur.  
If the concentration of a flammable gas is outside the **range**, it doesn't explode.

0 **Ethanol 3-19%** 100%

**Gasoline 1-6%**

**Methane 5-15%**

**Hydrogen 4-75%**

The wider the red range (explosion range), the more dangerous!


スライド 21

スライド22からは「アルコール鉄砲」の演示になった。スライド22でアルコール鉄砲の説明をし、最初にPC搭載のカメラでピエゾ圧電素子による火花を観察した。その後スライド23を背景に、シナリオで今日一番大きな音がすることを告知してから、理科室のカーテンに取り付けた的に向かって鉄砲を5本発射した。次ページにスライド22を示した。

最後におまけの実験として、スライド24でスプレー缶を使ったアルコールロケット「アルコール・バズーカ」を紹介した。1人の学生の、以下のシナリオに従った号令と共に、4人の学生（2名ずつに分散）が愛知教育大学バズーカ隊として、以下のように4本のバズーカを的に向けて発射した（写真2参照）。

**We made something like this!!**  
**1. Alcohol gun (Igniting with a lighter spark)**

These are made of empty gas lighters. We put a very small amount of **ethanol** in each film case. Before putting on the fire, let's look at the spark!



スライド 22

That's all for today.  
 Thank you for your attention.  
 Did you have a good time with us?  
 See you soon!



スライド 26

**2. Alcohol rockets using spray cans**

These are tough enough to be used as spray bottles



Each contains **twice volume of ethanol and air of a tomato juice can!!**

**So to say, "Alcohol bazooka!!!"**

スライド 24



写真 2 愛知教育大学バズーカ隊 (2名ずつ分散)

**That's all for today.  
 Could you give us a big round  
 of applause and cheers  
 for our presentation?  
 Thank you for your attention.  
 We're looking forward to seeing  
 you again if we have a chance!**

**Presented by Dr. Magic & His Friends**

スライド 25

"The bazooka troops of Aichi University of Education, fall in!" (Yeah!) 「整列!」(ヤー!)

"Ready! Aim! Fire!" 「構え! 狙え! 撃て!」

上にスライド 24, 及び写真 2 を示した。

その後, 上のスライド 25 で終わりの挨拶, スライド 26 でケムタヌキからの終わりの挨拶とした。

## V. 化学マジックの実践で得られた結果

各限の化学マジック実験の演示時間は, 全て各限の主演者組で, 大学で行った1回の予行演習と同様に約30分間であった。残りの時間は受講生によるシナリオ, 及びスライド印刷物の点検, 評価となった。

後日の郵送を含め, 受講生43名から回収できたのがスライド印刷物2部(記入あり1部), シナリオ印刷物10部(記入あり8部)であった。ただし, シナリオ1部に数名で協力して書き込みを行ったと思われるものもあった。今後は, 授業終了時に, 必ずこれらの回収を行い, 回収率を上げる必要があると考えられた。少ない中にも具体的な指摘が88箇所もあり, そのうち72箇所を採用し, 主にネイティブ未校正であったシナリオを修正できた。例を幾つか挙げると, dryer ⇒ hair dryer, raccoon dog ⇒ raccoon, so to speak ⇒ so to say, from lower side hole ⇒ from the hole on the lower side, we made it! ⇒ we did it!, bang ⇒ sound, など。ほかにも, 「最後に "Don't try this at home! We are doing this under a safe, controlled environments" を足したらいいと思う」, 及び2名連名で, 「実験は面白かったが, より理解してもらうには演示者の発音を少しでもクリアにする方がいい」という趣旨の意見, 感想をいただいた。参観していただいた英語の教員(日本人)からは, もう少し抑揚をいれたら, というアドバイスがあった。

4年生は, この実践までに, 今回の化学マジックを日本語で演示する機会が3回(2019年4月28日蒲郡市生命の海科学館サイエンスステージ, 午前午後2回, 及び2019年5月20日大学授業「初年次演習」替え歌のみ英語版)あった。英語でも, 演示を時間内に収めることができ, ウィスキーロケットが失敗した場面でも, 臨機応変に再トライ, リベンジすることもできた。しかし, 後述する理由で, 実践前の英語による予行演習は各組1回ずつしかできず, 実際, シナリオを棒読みする場面が目立ち, 指導してあった鍵となる英単語の発音とアクセントにもミスが見られ, 明らかに練習不足であった。今後, 改善していくつもりである。

## VI. カルメ焼き作りの実践記録

実践の詳細は以下の通りである。

1. 題 目：“Chemical experiment class to enjoy the experiment while learning scientific way of thinking”  
There are a lot of “Yummy!” and “Chemistry” when making sweets! ~ Making Karume-yaki
2. 共催：南山国際高等学校・愛知教育大学戸谷研究室
3. 日時：2019年7月22日（月）13：00-15：00
4. 対象：南山国際高等学校 Summer Study 講座「英語でカルメ焼き」受講者。南山国際中学校3年生4名，南山国際高等学校1-2年生5名。受講者8名で実験台2台の予定が1名増え，受講者9名に。ただし，カルメ焼き作りは各実験台4個，計8個で実施。受講者には日本化学会ノベルティグッズと共に，実験中に着用する保護眼鏡を配布，プレゼント。
5. 場所：南山国際高等学校料理室
6. 実践者：戸谷義明，平岩大作，戸谷研究室4年生6名
7. 実践概要：化学教材実験集Ⅱ<sup>4)</sup>の「8. お菓子作り実験4 カルメ焼き」の内容の英語による実験指導。2019年7月6日に名古屋市西生涯学習センターで大学授業「化学教材演習」として日本語による「カルメ焼き作り」実験教室を開催。そのために改良（特に上白糖でなくザラメを使用）した最新実験法の日本語プレゼンテーションを英語化して英語版を作成，使用。スライドに全て指示が記載され，英語版シナリオは不要。重曹の分解で二酸化炭素が発生し，これでカルメ焼きが膨らむことを演示実験で確認した後，受講者各自がシリコンスチーマーと紙カップを使用して2回カルメ焼き作りを行った。実践の様子は動画，静止画で記録（4年生及び受講生に撮影，及び写真使用の承諾済）。

現ページより次ページ左にタイトルからシリコンスチーマーによるカルメ焼き調製までの実験の流れをスライド2, 4, 6, 11, 14, 22, 23及び29で示した。同様に紙カップでもう1回調製し，結果をまとめた。

## VII. カルメ焼き作りの実践で得られた結果

重曹の熱分解実験に使用する実験器具の運搬ミス，スライド提示のタイミングのずれなどがあったが，対策や調整をし，1回のみ英語での予行演習と同様に，ほぼ時間内で実験教室を実施することができた。全てのカルメ焼きが，よく膨らみ大成功であった。アンケートからも実験教室はとても楽しかった（7/9）ようであった。今回，作ったカルメ焼きの試食を含む実験時間だけで2時間を要したため，スライド印刷物を回収できなかった。今後，共著者H，及び生徒たちの協力を得てプレゼンテーションを改訂していきたい。

2019 Toya's Lab (Aichi Univ. of Education)-Nanzan Kokusai Senior High School Collaboration Project

“Chemical experiment class to enjoy the experiment while learning scientific way of thinking”

There are a lot of “Yummy!” and “Chemistry” when making sweets! ~ Making Karume-yaki

Venue: Cooking room, Nanzan Kokusai Senior High School  
Support: The Chemical Society of Japan, Japan Society for Science Education, Aichi Prefectural Board of Education  
Financial support: Grant-in-Aid for Scientific Research (C) 18K02934  
Development and practice of chemistry experiment teaching materials in individual tutorial experience-style (including English version) by that people can realize the usefulness of “Science”

スライド2 実験教室タイトル

Before starting the experiment

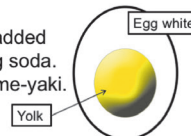
The foodstuffs that may cause food allergies are listed below.  
[Labelling requirements: 7 items]  
Wheat, buckwheat, egg, milk, peanut, shrimp, crab.  
[Labelling recommendations: from 18 to 20 items]  
Abalone, squid, salmon roe, orange, cashew nut, kiwi fruit, beef, walnut, sesame, salmon, mackerel, soybean, chicken, banana, pork, matsutake mushroom, peach, yam, apple, gelatin.

- We use egg white when making Karume-yaki. If you are allergic to eggs, never eat the Karume-yaki you made.

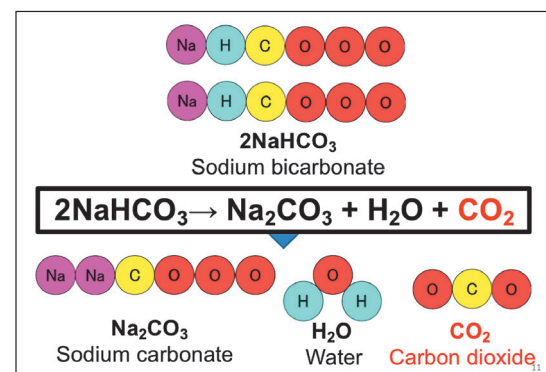
スライド4 食品アレルギーに関する注意

What is Karume-yaki?

- Karume-yaki is a puffy candy and its making can be seen at a food stall opened during some festival etc.
- It's crispy and sweet. It smells and tastes like burned sugar, such as the caramel part of custard pudding.
- Ingredients are water, sugar, egg white, and baking soda.
- To a thick sugar solution heated is added the mixture of egg white and baking soda. Then, the solution swells to be Karume-yaki.
- What is egg white?  
It is the white of an egg (such as a hen's egg).

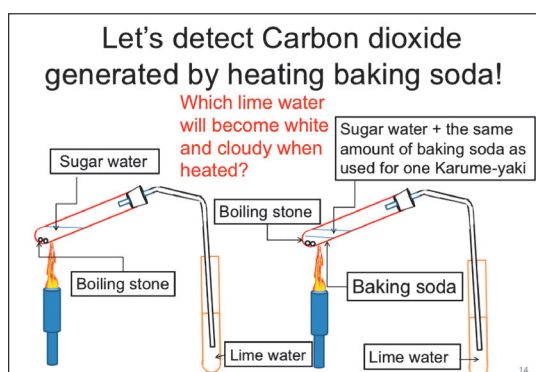


スライド6 カルメ焼きとは？

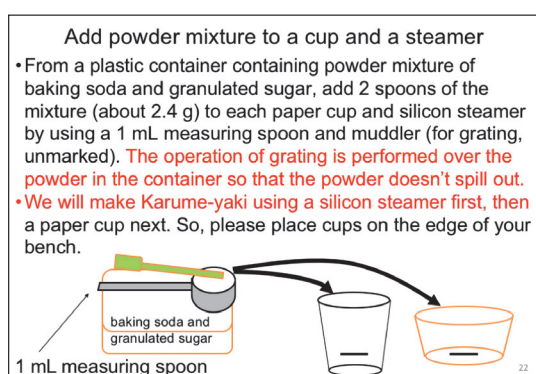


スライド11 重曹の熱分解反応のアニメーション

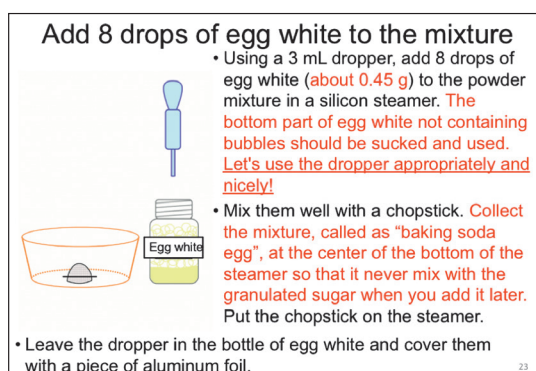




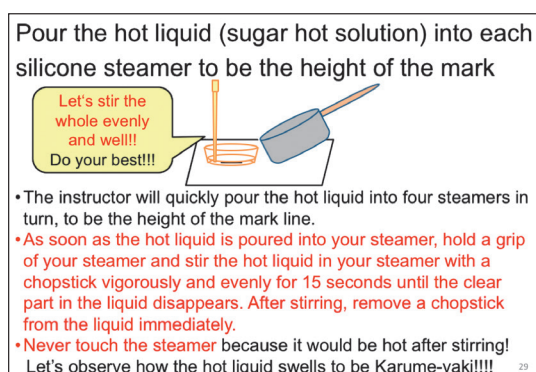
スライド 14 重曹の熱分解実験



スライド 22 容器内での重曹卵の調製 1



スライド 23 容器内での重曹卵の調製 2



スライド 29 スチーマでのカルメ焼きの調製

での枠で開講している対策講座受講)のみに追われ、実践や卒業研究に、真摯に取り組もうとしない学生が多く見られるようになった。将来の糧となる実践や卒業研究に十分な時間を掛けて取り組むことの大切さ、価値を学生が実感できるように指導していきたい。

## 謝 辞

本研究は2015-2018年度科学研究費補助金基盤C一般(課題番号15K00973)、及び2018-2020年度科学研究費補助金基盤C一般(課題番号18K02934)により財政的に御支援いただいた。実践の受講者に配布したノベルティグッズ「一家に1枚周期表」、「化学の日」缶バッジ、及び周期表クリアホルダは(公財)日本化学会から御提供いただいた。

## 文 献

- 以下のWebサイト(2019年09月05日閲覧)「国際数学・理科教育動向調査(TIMSS2015)のポイント」  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2016/12/27/1379931\\_1\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2016/12/27/1379931_1_1.pdf)
- 以下のWebサイト(2019年09月05日閲覧)「OECD生徒の学習到達度調査(PISA2015)のポイント」  
[http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/01\\_point.pdf](http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/01_point.pdf)  
「PISA2015年調査補足資料」  
[http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/06\\_supple.pdf](http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/06_supple.pdf)
- 戸谷義明, 山名賢治, 鈴木喜隆, “理科が役に立つことが実感できる化学教材実験集”, 愛知教育大学, 刈谷, 2012. ISBN: 9784903389592
- 戸谷義明, 山名賢治, 跡部昌彦, 鈴木喜隆, “理科が役に立つことを実感できる化学教材実験集II～個別指導体験型実験～”, 愛知教育大学, 刈谷, 2016. ISBN: 9784903389677
- 戸谷義明, 山名賢治, 鈴木喜隆, “理科が役に立つことを実感できる化学マジック実験集”, 愛知教育大学出版会, 刈谷, 2018. ISBN: 9784903389783
- Yoshiaki TOYA, Kenji YAMANA, Nobutaka SUZUKI. Translated by Kazuharu IENAGA and Co-authors. Edited by Yoshiaki TOYA, “You can realize that “Science” is useful! Chemical Magic Demonstrations”, Aichi University of Education Press, Kariya, 2019. ISBN: 9784903389868

## VIII. おわりに

近年、教員採用試験が終了する8月末まで、その対策(問題集解き、大学のキャリア支援課が時間割の全

(2019年9月24日受理)