

SPP (サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト) マイクロスケール化学実験による 教育法の研修および実践例の紹介

報告書

2008年 8月7日 (木). 8日(金)



主催・国際基督教大学教養学部アーツ・サイエンス学科 共催・日本化学会、化学教育協議会、

マイクロスケール化学研究ワーキンググループ

後援・独立行政法人 日本科学技術振興機構(JST)

------ 目 次 ------

1.	はじめに1
2.	研修プログラムとスケジュール実行体制2
3.	実施体制 4
4.	申請・準備・実施までの日程 5
5.	TA(実験助手)の仕事 6
6.	マニュアル (挿入) 8
1	1.はじめに 今年のSPP研修の趣旨と概要
	2. 講師、スタッフ紹介
	3. 研修プログラムとスケジュール
	4. ICUキャンパスの案内
	5. マイクロスケール化学実験について 荻野和子教授
	6. ワークショップ(1) 『電気分解と電池』 荻野和子教授
	7. ワークショップ(2) 『金属イオンの定性分析』 芝原寛泰教授
	8. 事例紹介
	(1) 「高分子についての実験」 東海林恵子(秀光中等教育学校)
	(2)「SPPマイクロスケール化学実験実践例」 奥村直(神奈川県青少年教育センター)
	(3)「アルコールと水の混合に関するMCE実験」中川徹夫(電気通信大学)
	(4)「電荷量を取り入れた簡便な水の電気分解実験」本橋健次(東京農工大学)
	(5)「イオン化傾向と起電力」原田茂治(静岡県立大学短期大学)
	(6)「ヨードホルム反応」堀内晶子(国際基督教大学)
	(7)「ベンゾフェノンの光二量化実験」吉野輝雄(国際基督教大学)
	9. マイクロスケール化学・ホームページ(HP)とメーリング・リスト(ML)
	の活用法について
	10.参考資料
7	CDD 2000 京本による記録 10
7.	SPP 2008 写真による記録10
8.	工夫した点、反省と評価12
	アンケートへの回答1 5
9.	謝辞24

国際基督教大学は、平成 15 年度から平成 20 年度まで 6 年間、計 5 回サイエンス・パートナーシップ・プログラム(プロジェクト、以下 SPP)を実施してきた. 平成 15 年度は物理分野で、平成 16 年度は物理,数学、化学、生物の分野で、それぞれ複数の高校と連携して行い、平成 18 年度は、SPP 講座型学習活動(整理番号:講 B・大 529)「マイクロケミストリーで見る化学の世界」を、自由学園高等科、立教女学院高校と連携して実施した. 平成 19 年度は、SPP 理数系教員指導力研修(希望型、整理番号:教大 1029)「中高理科の活性化を目指した理科教員のためのマイクロスケール化学実験」を、オーストリア・グラーツ大学教授のオーベンドラウフ博士を主講師として招聘し、東京都・神奈川県・千葉県の各教育委員会と連携して実施した.

これらの経験を踏まえ、今年度平成 20 年度は、マイクロスケール化学実験の中高等学校・理科教育現場への普及と実施経験者間の交流を目的として SPP 講座型学習活動「マイクロスケール化学実験による教育法の研修および実践例の紹介」(整理番号:教大 81033)を夏休みの2日間を利用して実施した。主講師には、これまでも2年間ご指導下さった荻野和子先生、芝原寛泰先生にお願いし、さらに、高等学校で長年マイクロスケール化学実験による教育経験をもつ東海林恵子先生をはじめとする何人かの先生からデモ実験・事例紹介を行って頂き、充実したプログラムを持つことができた。

この企画において、献身的にご指導を頂いた荻野和子先生、芝原寛泰先生、 またご指導とともにさまざまな準備、実施に参加協力頂いた国際基督教大学の 教員、学生、職員の方々、科学技術振興機構に厚く御礼申し上げたいと思う.

主催者を代表して 吉野輝雄

2. 研修プログラムとスケジュール

研修プログラムのねらい

マイクロスケール化学実験の普及を目指し現場の教員を対象として講演と研修を実施する。マイクロスケール化学は、日本に広く普及しているとは言えないが、実験と通した化学教育の改善に大きく貢献するであろうことがこれまでの実施経験と研修に参加した中高教員からの評価とコメントから明らかである。そこで、2008年度は、研修と事例発表をとおしてマイクロスケール化学の拡がりを目指すことにした。

プログラムの内容

第1日 8/7(木)

午前中は、荻野和子講師からマイクロスケール化学(MCE)による新しい教育法の理念と基本的な方法について講演を行う。引き続き同講師の指導により「電気分解」と「電池」をテーマとしたワークショップを行う。ここでは、装置の組み立て、マニュアルに従った方法で実験を行った後に、新たな電池つくりを課題とする。

午後は、芝原寛泰講師の指導により、「金属イオンの定性分析」についてのワークショップを行う。まず既知試料について実験を行い、その後、未知試料の分析を行う。 その後、副講師が司会して研修の成果を発表、両主講師を交えて討論の時間をもつ。

第2日 8/8(金)

まず、マイクロスケール化学研究グループメンバー(東海林恵子教諭)が MCE 教育の 経験と研究成果を発表。続いて、中高大学で MCE を実施・研修されている先生方から事例 報告をしていただき、教育効果、問題点、改善法などについて討論する。また、本学教員 (吉野輝雄、堀内晶子)が大学における MCE の実施例を紹介する。

また、MCE のホームページ(http://science.icu.ac.jp/MCE)の活用法(司会: 荻野和子講師、説明: 吉野輝雄講師)、メーリングリストによる相互の情報交換・活用法(司会: 芝原寛泰講師)について意見交換を行う。

プログラムの最後に、学内のアラムナイハウス(同窓会会館)に場所を移し、意見交換会を開き、マイクロスケール化学実験の開発、実施など理科教育の苦労・喜びなどを自由に分かち合う機会をつくる。

2008 ICU SPPプログラム スケジュール

「マイクロスケール化学実験による教育法の研修および実践例の紹介」

8/7(木)				
9:30 10:00	歓迎の挨拶	日比谷潤子学務副学長	ICU理学館 N332教室	
10:15	開会の挨拶 オリエンテーション	北原和夫教授 吉野輝雄教授		
	講演:「マイクロスケール化学実験について」 ワークショップ(1)「電気分解と電池」	荻野和子教授		130分
12:30		予約のお弁当または新D館で	•	60分
13:30	(ICU案内) ワークショップ(2)「金属イオンの分析」	芝原 寬 泰教授	も利用できます	120分
15:30	ワークショップについての質疑・応答	司会:吉野輝雄		20分
16:00	自由交流			
16:15	終了 (後片付け)			

8/8(金)			
9:30 開場		N332教室	
10:00 MCE事例紹介(1)から(5)	司会:北原和夫		1505
12:30 昼食	お弁当または新D館で	N231, N232教室	60分
		も利用できます	
13:30 事例紹介(6)から(7)	司会:北原和夫		70分
14:40 一休憩一			
15:00 マイクロスケール化学HP, MLの活用法	司会:荻野教授、芝原教授		60分
16:00 意見交換会/交流会		アラムナイハウス	1205
	(司会:堀内晶子)		
18:00 終了			

事例紹介		
(1)「高分子についての実験」 東海林恵子(秀光中等教育学校)	10:00-10:30	30 分#
(2)「学校で行うMCE実験」奥村 直(神奈川県青少年教育センター)	10:40-11:10	30 分*#
(3)「アルコールと水の混合に関するMCE実験」中川徹夫(電気通信大学)	11:20-11:40	20 分#
(4)「電荷量を取り入れた簡便な水の電気分解実験」本橋健次(東京農工大学)	11:45-12:05	20 分#
(5)「イオン化傾向と起電力」原田茂治(静岡県立大学短期大学)	12:10-12:30	20 分#
(6)「ベンゾフェノンの光二量化実験」吉野輝雄(国際基督教大学)	13:30-14:00	30 分#
(7)「ヨードホルム反応」堀内晶子(国際基督教大学)	14:10-14:40	30 分*#

3. 実施体制

a) 講師

●荻野和子 東北大学名誉教授

●芝原寛泰 京都教育大学教授

b) 本学講師

●北原和夫:本学オスマー記念(物理学)教授

■吉野輝雄:本学物質科学教授●堀内晶子:物質科学上級准教授

c)TA (実験助手)

●小川藍子:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●磯村洵子: 国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●樋口ゆたか: 国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●相原絵美:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●武井里紗:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●鷹野泰志:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●谷本瑞香:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●伊藤嘉奈子:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●大谷徹也:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●藤澤裕佳:東京大学大学院 総合文化研究科修士2年生

d) 職員

佐藤 雅昭 大学総務グループ

高井 雅一 大学総務グループ

横澤 進 理学館事務職員

曽根朋子 北原教授秘書

理学館職員

e) 後援/共催

日本科学技術振興機構(JST)

日本化学会、化学教育協議会、

マイクロスケール化学研究ワーキンググループ

4. 申請・準備・実施までの日程

- 2008年2月 SPP「理数系教員指導力向上研修事業(希望型)」に応募、申請 書類をJST(科学技術振興機構)に提出
 - 3月 採択の報告を受ける。採択件名「マイクロスケール化学実験による中学高校教員研修と経験の共有」<教大81033> 講師を荻野和子先生、芝原寛泰先生に依頼。 文科省の科学技術週間のホームページに案内を掲示 MCE(マイクロスケール化学実験)ウエブサイト、メーリングリストを通じても案内
 - 5月「化学と工業」誌、「化学と教育」誌に案内を申込み、7月号に掲示。 「化学教育ディビジョン」メーリングリストに案内を送信。 参加受付を開始。

東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県の各教育委員会に後援依頼を送付

- 6月 実施計画書、予算要求書等の書類を JST に提出 交流会会場(学内アルムナイハウス)を予約。ケータリング会社に予約。
- 7月 実施計画、予算要求が受理され、必要物品を購入。

担当一般職員と運営について打合せ

ICUの担当教員が実験器具、試薬類を用意。

マニュアル (46ペーじカラー版) を印刷・作成し、7月下旬に参加者に送付(受講者23名、講師2名)、ウエブサイト(MCEホームページ)にも掲載。

8月6日 予備実験

講師(荻野和子先生、芝原寛泰先生)と ICU の担当教員、TA が実験キットを作成、予備実験を行う。研修会場を設置。案内板、配布資料、アンケート(JST 版と独自版)、茶菓飲料水などを用意。

- 8月7日 研修第1日 (プログラム参照)
- 8月8日 研修第2日 (プログラム参照)
- 8月 旅費、交通費、手当などの書類を JST に提出 アンケートを JST に提出
- 12月 実施報告書を JST に提出

5. 2008 年度 SPP: TA の仕事

8/6 以前

- 名札作り:名刺用紙に印刷→8/6 に横澤さんに確認(名札は預かっている)
- 記帳用紙(堀内)
- 案内板に貼る文章作り→吉野済み

8/6 (水) 10:00 2F 実験室集合 (一斉休暇中)

- 試薬作りとキット作成(全)
- 予備実験(荻野先生、芝原先生と共に)(全)
- 会場作り (N332) (5)
- 案内板に標識を貼り、どこが見やすいかを確認する→横澤さんと調整 (2)
- 記録用ウェブカメラの確認:1日目と2日目を記録する(2)→吉野先生と相談
- 8/8 の発表時の手元を移すウェブカメラの確認→Mac 用(吉野)あり、Windows との互換性を確認する必要あり (1)

8/7 (木) SPP 第一日目 8:45 集合

本番:9:00~16:00

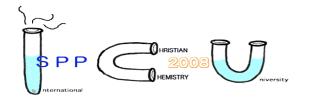
- 受付:記帳、名札、キャンパスツアーの希望をつのる(3)
- ウェブカメラ記録班→吉野先生と相談(2)
- 意見交換会(懇親会)の登録と費用集め(1-2)
- 資料配布 1) hand-out(もって来なかった人に)と supplement
 - 2) PR Office からの資料 (1-2)
 - 3) JST からのアンケート→あり
 - 4) ICU NSからのアンケート→吉野先生作成中
- 参考資料の展示及び希望者に名前を書いてもらう→北原先生に確認 展示の責任 (1)
- ワークショップの間、受講者に問題がないか見て回る。必要に応じて対応 する。(全)

- 希望者にキャンパスツアー→昼休みに1名担当
- 昼食中に Alumni House の備品を確認し、8 日のお茶の準備をする。(堀内・磯村+2)
- 回収:名札、アンケート(毎回行う)(2)
- 持ち帰り用 MCE 実験キットを渡す(2)
- 16:00 から後かたづけ(全)
- お茶は NS 事務がお世話する
- お弁当(お茶を含めて 800 円) は直接東京ケータリングが販売する 7日19個、8日22個 注文済み

8/8 (金) SPP 第二日目 8:45 集合

本番:9:00~16:00

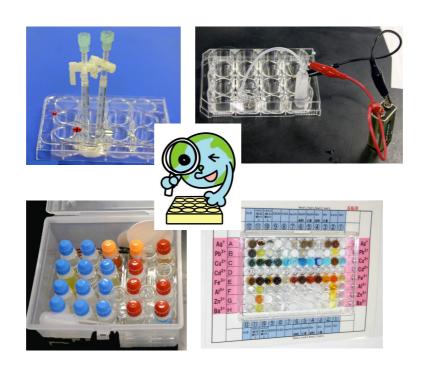
- 受付:記帳、名札、キャンパスツアーの希望をつのる+意見交換会(懇親会) の登録と費用集め(3)
- 資料配布 (1)
- ウェブカメラ記録班→吉野先生と相談(2)
- 発表用に Web camera を操作する→Mac 用(吉野)あり、Windows との互 換性を確認する必要あり (1)
- 事例紹介に参加し、積極的に関わる(全)
- 意見交換会に参加し積極的に関わる(全)
- 希望者にキャンパスツアー→昼休み(1)
- Alumni House での意見交換会の為の飲み物作りとケータリングの受け取り(冷たい麦茶、お湯とティーバック、インスタントコーヒー、クリープ、砂糖)サンドイッチ、ケーキ、果物をケータリング(3:15~3:30には届く予定)→3時すこし前から~(4~5)→大きなポットは理学館事務室から
- 受付、案内板などの片づけ(2)
- 16:00 からの意見交換会に参加し積極的に関わる→(全)
- 後かたづけ(全)



SPP (サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト) マイクロスケール化学実験による 教育法の研修および実践例の紹介

2008年 8月7日 (木), 8日(金)

於: 国際基督教大学理学館



主催・国際基督教大学教養学部アーツ・サイエンス学科

共催・日本化学会、化学教育協議会、

マイクロスケール化学研究ワーキンググループ

後援・独立行政法人 日本科学技術振興機構(JST)



マイクロスケール化学実験による教育法の研修および実践例の紹介

 Ħ	次	
 \vdash	1/	

1.	はじめに 今年の SPP 研修の趣旨と概要	2
2.	講師、スタッフ紹介	
3.	研修プログラムとスケジュール	4
4.	ICU キャンパスの案内	6
5.	マイクロスケール化学実験について	荻野和子教授8
6.	ワークショップ(1) 『電気分解と電池』	荻野和子教授 10
7.	ワークショップ(2) 『金属イオンの定性分析』	芝原寬泰教授 18
8.	事例紹介	25
	(1)「高分子についての実験」 東海林恵子(秀光中等	等教育学校)
	(2)「SPPマイクロスケール化学実験実践例」 奥村直	(神奈川県青少年教育センター)
	(3)「アルコールと水の混合に関する MCE 実験」中川	徹夫(電気通信大学)
	(4)「電荷量を取り入れた簡便な水の電気分解実験」	本橋健次 (東京農工大学)
	(5)「イオン化傾向と起電力」原田茂治(静岡県立大	:学短期大学)
	(6)「ヨードホルム反応」堀内晶子(国際基督教大学	2)
	(7)「ベンゾフェノンの光二量化実験」吉野輝雄(国	際基督教大学)
9.	マイクロスケール化学・ホームページ (HP) とメ	
	の活用法について	42
1 0). 参考資料	45

● マイクロスケール化学研究会のロゴマーク



デザインは、松本美乃里さん(国際基督教大学理学研究科大学院生)。 地球にやさしい化学をめざしていることが一目でわかります。 マイクロプレートのウエル(穴)の中で起こる変化を大きな目でよく 観察することが科学することであることを表しています。

はじめに 今年の SPP 研修の趣旨と概要 1.

「マイクロスケール化学実験(MCE、Microscale Chemistry Experiment)」とは、微量 の試薬を用いて小さな器具で実験を行う方法である。設備の整った実験室がなくて も、通常の教室ですべての生徒が実験に参加できる MCE は、有効な化学教育の方法 として今注目されている。特に中高生の化学教育で大きな効果をあげている。また、 使用する試薬が微量であるため環境にもやさしい教材であり、実験を通した環境教 育法である。さらに、持ち運びが容易なので、僻地あるいは発展途上国における教 育にも活用できる可能性をもつ。欧米、韓国、中国では MCE 教育研究が活発で、化 学教育の現場に広くとりいれている。昨年の本 SPP では、オーストリアからオーベ ンドラウフ教授をお招きし、見事な MCE のデモ実験を見せて頂いた。

本学では2003年以来毎年実施して来たSPPを継続することが重要との認識に立ち、 今年度は、マイクロスケール化学実験による教育法の研修と経験を共有する SPP を 実施することになった。具体的には、日本のマイクロスケール化学教育の指導的立 場で活躍中の荻野和子教授と芝原寛泰教授を講師として招いて、理念と方法につい ての講演を頂き、さらに2種類のマイクロスケール化学実験ワークショップの指導 を行って頂く。また、マイクロスケール研究グループのメンバーからデモ実験付き の発表をして頂く。さらに、教育現場においてマイクロスケール化学実験を取り入 れている中学高校の教員から事例報告を行って頂き、教育効果、改善策、可能性に ついて意見交換するという研修プログラムを企画した。

また、マイクロスケール化学のホームページ(http://science.icu.ac.jp/MCE)の 活用法、メーリングリスト(ML)による相互の情報交換による MCE の普及について意 見交換を行う。プログラムの最後に意見交換会を開き、マイクロスケール化学実験 の開発、実施など理科教育の苦労・喜びなどを自由に分かち合いたい。

2. 講師、スタッフの紹介

■■■■■ 講師の紹介 ■■■■■



在。長年にわたり科研費グループマイクロスケール化学実験研究グル <u>-プの代表</u>。日本化学会化学教育賞受賞(1997)。グリーンサステイナ ブル化学(GSC)賞受賞(2008)。日本国内だけでなく海外でもマイクロ スケール化学の講演、発表、研修会をされている。

芝原寛泰教授: 京都教育大学教授。関西地区で活発にマイクロスケール化学の研究、



普及、 研修を続けてこられている。京都マイクロスケール実験研究 会を結成。<u>研究会のホームページを開設</u>し、 開発されたマイクロス ケール化学実験、研究活動を紹介し、活発に発信されている。

本学講師

●北原和夫:本学オスマー記念(物理学)教授。専門は非平衡過程の理論物理学。

●吉野輝雄:本学物質科学教授。専門は糖鎖の有機化学。

■堀内晶子:物質科学上級准教授。専門は、考古学分析化学、脂質生物有機化学。

TA(実験助手)

●小川藍子:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●磯村洵子: 国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●樋口ゆたか: 国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●相原絵美:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

武井里紗:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●鷹野泰志:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●谷本瑞香:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●伊藤嘉奈子:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●大谷徹也:国際基督教大学教養学部理学科 化学専修4年生

●藤澤裕佳:東京大学大学院 総合文化研究科修士2年生

連絡先

〒181-8585 東京都三鷹市大沢 3-10-2

国際基督教大学教養学部アーツサイエンス学科

北原和夫 0422-33-3252 E-mail kazuo@icu.ac.jp

吉野輝雄 0422-33-3281 E-mail voshino@icu.ac.jp

堀内晶子 0422-33-3280 E-mail horiuchi@icu.ac.jp

事務: 横澤 進 理学館職員 0422-33-3261 (N202 室)

竹本麻子 理学館職員 0422-33-3261

FAX: 0422-33-1449 (理学科共通)

後 援 : 日本科学技術振興機構(JST)

この研修プログラムは、JST からの財政支援によって実施可能となりました。 心より感謝申し上げます。

共 催 : 日本化学会、化学教育協議会、

マイクロスケール化学研究ワーキンググループ

3. 研修プログラムとスケジュール

第1日 8/7(木)

午前中は、荻野和子講師からマイクロスケール化学(MCE)による新しい教育法の理念と基本的な方法について講演をしていただきます。引き続き同講師の指導により「電気分解」と「電池」をテーマとしたワークショップを行います。ここでは、装置の組み立て、マニュアルに従った方法で実験を行った後に、新たな電池つくりを課題とします。

午後は、芝原寛泰講師の指導により、「金属イオンの定性分析」についてのワークショップを行います。まず既知試料について実験を行い、その後、未知試料の分析を行います。 その後、副講師が司会して研修の成果を発表、両主講師を交えて討論します。

第2日 8/8 (金)

まず、マイクロスケール化学研究グループメンバー(東海林恵子教諭)が MCE 教育の経験と研究成果を発表します。続いて、中高大学で MCE を実施・研修されている先生方から事例報告をしていただき、教育効果、問題点、改善法などについて討論します。また、本学教員(吉野輝雄、堀内晶子)が大学における MCE の実施例を紹介します。

また、MCE のホームページ(http://science.icu.ac.jp/MCE)の活用法(司会:荻野和子講師)、メーリングリストによる相互の情報交換・活用法(司会:芝原寛泰講師)について意見交換を行います。

プログラムの最後に、学内のアラムナイハウス(同窓会会館)に場所を移し、意見交換会を開き、お菓子と軽い飲み物を頂きながらマイクロスケール化学実験の開発、実施など理科教育の苦労・喜びなどを自由に分かち合います。

*ICU キャンパスの案内をご希望の方には、昼食時間を利用して学生が案内を致します (約30分)。事前に吉野輝雄までご連絡下さい。なお、「ICU 入学案内」が受付に用意されていますので、ご自由にお持ち帰り下さい。

ご理解とご協力のお願い

- 1) この夏休み期間中、理学館内のトイレの改修工事が行われるため、たいへんご不便をおかけ致します。女性は 2,3 階の東側トイレを、男性は 1 階東側トイレと外の仮設トイレを使って下さるようお願い致します。
- 2) 学内食堂が建てかえ工事中のため使用できません。事前にお弁当を予約頂いていますが、新 D 館(芝生の先の建物/角にガラス屋根がある)内でお弁当が、また、三省堂でパンを買うことができますのでご利用下さい。

2008 ICU SPPプログラム スケジュール

「マイクロスケール化学実験による教育法の研修および実践例の紹介」

8/7(木)				
9:30	開場		ICU理学館 N332教室	
10:00	歓迎の挨拶 開会の挨拶	日比谷潤子学務副学長 北原和夫教授		
10:15	オリエンテーション	吉野輝雄教授		
10:20	講演:「マイクロスケール化学実験について」 ワークショップ(1)「電気分解と電池」	荻野和子教授		130分
12:30	昼食	予約のお弁当または新D館で	N231, N232教室	60分
12:30	昼食 (ICU案内)	予約のお弁当または新D館で	N231, N232教室 も利用できます	60分
12:30		予約のお弁当または新D館で 芝原寛泰教授		60分
13:30	(ICU案内)			
13:30	(ICU案内) ワークショップ(2)「金属イオンの分析」	芝原 寬 泰教授		120分

8/8(金)				
9:30	開場		N332教室	
10:00	MCE事例紹介(1)から(5)	司会:北原和夫		150分
12:30	昼食	お弁当または新D館で	N231, N232教室	60分
			も利用できます	
13:30	事例紹介(6)から(7)	司会:北原和夫		70分
14:40	一 休憩 一			
15:00	マイクロスケール化学HP, MLの活用法	司会:荻野教授、芝原教授		60分
16:00	意見交換会/交流会		アラムナイハウス	120分
		(司会:堀内晶子)		
18:00	終了			

事例紹介			
(1)「高分子についての実験」 東海林恵子(秀光	ć中等教育学校)	10:00-10:30	30 分#
(2)「学校で行うMCE実験」奥村 直(神奈川県青	青少年教育センター)	10:40-11:10	30 分*#
(3)「アルコールと水の混合に関するMCE実験」	中川徹夫(電気通信大学)	11:20-11:40	20 分#
(4)「電荷量を取り入れた簡便な水の電気分解	実験」本橋健次(東京農工大学)	11:45-12:05	20 分#
(5)「イオン化傾向と起電力」原田茂治(静岡県	立大学短期大学)	12:10-12:30	20 分#
(6)「ベンゾフェノンの光二量化実験」吉野輝雄	(国際基督教大学)	13:30-14:00	30 分#
(7)「ヨードホルム反応」堀内晶子(国際基督教	大学)	14:10-14:40	30 分*#

ICU (国際基督教大学へ案内地図)

国際基督教大学

中央線 三鷹駅または武蔵境駅で下車 バスまたはタクシーにてお越し下さい。



- 大学本館
- ② 図書館
- ⑤ ミルドレッド・トップ・オスマー図書館
 ⑥ シーベリー記念礼拝堂
- 理学館
- 5 教育研究棟
- 6 第2教育研究棟
- 総合学習センター
- 8 博物館 湯浅八郎記念館
- スポーツ・クラブハウス

バス停留所

- グラウンド
- ディッフェンドルファー記念館 東棟 都1女子寮

- ディッフェンドルファー記念館 西棟 第2女子寮
- ₩ 大学礼拝堂

- かウンセリングセンター
- 本部棟
- アラムナイハウス
- ◎ 第1男子寮
- 2 カナダハウス (男子寮)
 - 1 グローバルハウス (学生寮)

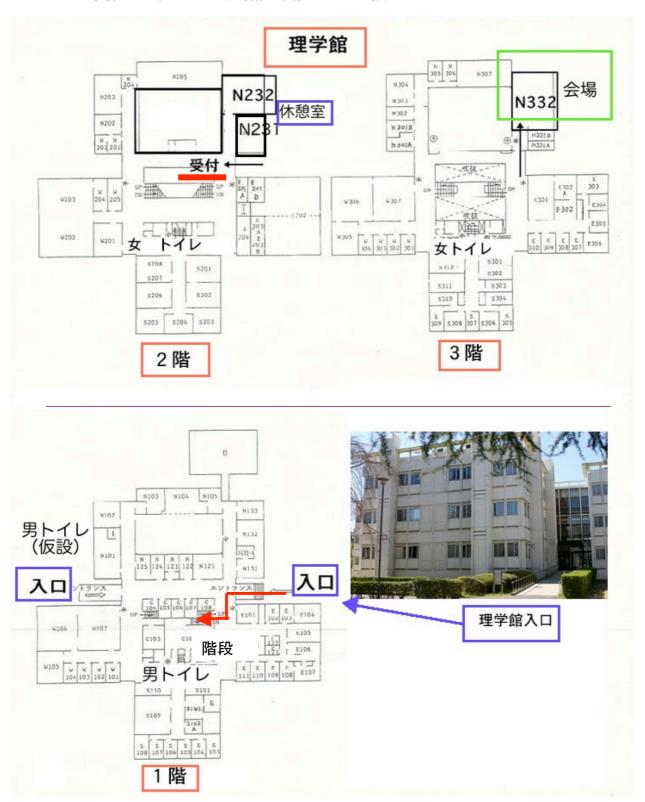
- ◎ 第3女子寮
- ₩ 第4女子寮
- ◎ シブレーハウス (大学院生寮)
- ◎ 楓林荘 (ゲストハウス)
- ₩ 教職員住宅
- 泰山荘
- № 考古学研究センター
- 高等臨床心理学研究所心理相談室
- 2 セントラル・パワーステーション
- 33 国際基督教大学高等学校

時刻表:http://science.icu.ac.jp/MCE/ SPPatICU draft.html

- A 富士重工前 ・ 狛江駅北口行 ・ 吉祥寺駅行 ・ 狛江営業所行 ・ 武蔵小金井駅行 ・ 調布駅行
- B富士重工前 · 三鷹駅 (約20分) · 武蔵境駅南口行 (約15分)
- C 国際基督教大学入口 ·国際基督教大学行
- □ 国際基督教大学入口 ·三鷹駅行 (約20分) ·武蔵境駅南口行 (約15分)
- 国際基督教大学(終点) ・三鷹駅作 (約20分)・武蔵境駅南口行 (約15分)

理学館内の配置図

SPP 受付は2階ホール、研修会場はN332教室



5. マイクロスケール化学実験について

荻野和子

1 百聞は一見に如かず, 百見は一体験に如かず

化学の対象である物質は、原子・分子からできている。目に見えない小さな粒子である原子分子の世界のイメージを描くには、目でみる、さらには自分で実験することが重要である。 19世紀初めにLiebigが化学の学校をつくって以来、化学の教育は実験つきで行われてきた。

2. 化学実験を行う上での問題点

実験を取り入れると教育効果があるとしても、学校の授業で生徒実験を行うにはいろいろ 困難な点がある。時間がかかり授業の進度が遅れる、費用がかかる、準備がたいへんである などである。大学の学生実験では、廃棄物の処理にもかなりの費用を要する。

3. マイクロスケール実験で問題を解決しよう

以上の問題点を解決する一つの方向がマイクロスケール実験(スモールスケール実験ともいう)である。マイクロとは「微小」あるいは「微少」を意味するが、マイクロスケール実験(以下 MC と略する)とは、通常よりはるかに少ない量の薬品を使った実験である。マイクロスケール化すると、当然薬品が少量になり、薬品購入の費用が少なくて済む。現在では実験廃棄物処理の費用が薬品購入の費用を上回るのが一般的だが、使用薬品が少なければ当然廃棄物も少なくなり、その費用も少なくなる。実験にかかる時間も大幅に短縮される。

少量なので, 危険も少なく, 通常の実験では絶対あってはならない「爆発」も安全に生徒 に体験させることができる。

4. マイクロスケール実験の長所

以上MCの利点は次のようにまとめることができる。

- 1) 試薬の節減
- 2) 実験廃棄物の少量化
- 3) 安全性の確保:危険が少なく,事故が防止できる
- 4) 操作の簡略化
- 5) 実験環境の改善
- 6) 省資源, 省エネルギー
- 7) 実験時間の短縮
- 8) 経費の節減
- 9) 以上のことを通して環境問題についての生徒の関心を深めることができる
- 10) 1グループの人数が少ないので一人ひとりが積極的に実験に参加する
- 11) 少量しか使わないので、高価あるいは希少な試料を実験に使うことが可能
- 12) 小さい器具は破損しにくい

5. マイクロスケール実験は面白い

小さい器具を使って、単に試薬の量を少なくするのでは、実験は面白くない、教育効果は高くないという印象をもたれがちである。しかし、スケールを小さくすると、安全性が増すので、通常スケールでは不可能ないろいろな爆発をともなう現象等を生徒自身に行わせることができる。通常スケール以上に教育効果の高い「面白く楽しい」実験は、アイデアや工夫の産物で、世界各国の MC 研究者は情報と経験を交換して、すぐれた教材を共有し、魅力的で学生・生徒の学力向上に役立つ化学教育を広めようとしている。

6. マイクロスケール実験は演示にも向いている

MC はデモ実験に向かないという印象をもたれがちであるが、決してそうではない。適切な機材を使うと実験を大スクリーンに映しだすことができる。世界でもっともすぐれたデモ実験を行うことで知られるオーストリアの V. Obendrauf 教授の実験はマイクロスケールである。器具が小さいので、いろいろな多彩なデモ実験器具を世界各地の会場に運ぶことが可能なので、大ホールのステージで数百人の参加者を魅了する。

7. 世界各国で行われているマイクロスケール実験

少量の薬品で実験しようとする試みは古くから行われてきた。しかし、個々の実験にとどまっていた。1980年代に入り、系統的・組織的な実験のスケールダウンがアメリカの大学の化学実験で始まりまった。この動きは初中等教育の化学実験にひろがるとともに、世界各国でも行われるようになった。環境問題、例えば実験廃棄物への規制の強化は普及を後押しした。多くの国ではマイクロスケール実験用の器具がキット化されている。例えば米国では、大学有機化学実験の共通摺合せの小さな器具のキットが数社から市販されている。

8. 安全を第一に考えよう

マイクロスケール実験は、安全性は高いが、不測の事故の可能性はある。とくに生徒が顔を器具に近づけて観察することが多いので、溶液の飛沫が目に入らないよう保護めがねが必要である。器具が小さくて通常の教室で実験することが可能だが、その際は、手に試薬がついたときどうするか、試薬びんを倒したり、落としたりしないよう等工夫が必要である。

9. 探究型活動への活用

MC の特記すべき長所に、学生・生徒自身が、方法を考案して実験する探究型活動に適していることがある。マニュアルどおりの操作を行う実験ばかりではなく、学生・生徒の創意工夫を促す探究型実験は今後重要性が高まると考える。これは、知識を整理、有機的に再構成するとともに創意工夫を促すものであり、MC を通して学生・生徒の化学への興味を高めることができるのではないだろうか。

10. グリーンサステイナブルケミストリーの教育との結びつき

現在, 化学者は有用化合物を作るにあたり, グリーンサステイナブルケミストリー (GSC) の理念で, 廃棄物の削減, 省資源, 省エネルギー, 有害物質の不使用, など環境負荷の小さい方法を開発, 実施しようとしている。これらは, MC の理念でもあり, MC 実施に際して GSC の概念を導入することができる。これは, 科学・技術に対するポジティブな見方を養成することに有用であり, 地球環境保全ならびに持続可能な社会への積極的な態度を育成するのに役立つと考える。

6. 電気分解と電池

荻野 和子

I. 電気分解

1. 実験の概要

水の電気分解の際, 陽極では次のように

 $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4 \text{ e}^-$

水素イオンを生じるので酸性になる。陰極では

 $2 \text{ H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2 \text{ OH}^- + \text{H}_2$

水酸化物イオンを生じるのでアルカリ性になる。両極の反応を合わせると

 $2H_2O \rightarrow O_2 + 2H_2$

となる。この実験で発生した気体に火を近づけてみよう。

水は電気をほとんど通さない。そのため電気分解のときには電解質を加える。電解質としては、 水酸化ナトリウム、硫酸や硫酸ナトリウムがよく使われる。電解質によっては、電気分解を受け る。いろいろな電解質水溶液を電気分解するとどのような反応が起こるか考え、確かめる実験を しよう。

2. 実験器具等

飽和 NaCl,1 mol/L CuSO₄, 1 mol/L CuCl₂, 1 mol/L Na₂SO₄ 飽和 Na₂CO₃, シャボン玉液 (2 倍に薄めたもの) あるいは台所洗剤,シャンプーなど,12-ウェルセルプレート 1 枚,ツベルクリン用 1 mL プラスチック注射器,電解支持板 1 枚,ツベルクリン用 1 mL プラスチック注

射器 2本,2 mL 注射器 1本,3 方活栓 2 個,あめゴム管 2 c m 1 本,導線 2 本、プラスチックピペット、ステンレス待ち針 4 本、テープ,ろ紙、乾電池(あるいはその他の 3 V \sim 9 V の直流電源)、点火器具,炭素棒 3 本、ユニバーサル p H 試験紙、色素液

注剖液が入った

スポイトの軸を曲げて 先端を別のウェルの 洗剤液に入れる

待ち針

洗剤液が入った ウェル

図1 電気分解で生じる気体を泡として集める

3. 実験の手順

1) スポイトの中で水を電気分解しよう (爆鳴気とは?)

この実験はまわりの人に知らせてから行う。

- ア. プラスチックピペットに Na_2SO_4 あるいは Na_2CO_3 溶液 1)を肩のところまで吸い上げる。
- イ. 待ち針 2 本をプラスチックピペットの肩に垂直に刺す。互いに接触しないようにセロテープで ピペットに固定する。
- ウ. セルプレートの一つのウェルに水道水を九分目と洗剤 5 滴(あるいは水を入れずにシャボン玉 2 倍希釈液)を入れる。
- エ. プラスチックピペットを同じセルプレートの一つのウェルに立て、先端を洗剤の入ったウェル

¹⁾ 炭酸ナトリウム Na_2CO_3 はアルカリ性である。飛まつが目に入ると失明の危険がある。必ず眼鏡をかけること。手に触れたときは、すぐに手を洗う。

に入れる。 (図1参照)

- オ. 待ち針を乾電池につなぎ、電解を開始する。
- カ. 洗剤を加えたウェルに泡が盛り上がったら火を近づける。大きな音で爆発が起こる。爆鳴 気と名づけられている気体である。
 - キ. 10 秒ほどたって泡が再び盛り上がったらまた火を近づける。

2) 電気分解でできる気体の体積比を調べよう

- ア. 超小型電解装置の組み立て:
 - ①電解支持板の二つの穴にツベルクリン用プラスチック注射器のシリンダーを下から通す。
 - ②シリンダーの縁をカッターで適宜切り落とし、12ウェルセルプレートの一つのウェルに、右の写真のように乗せられるようにする。
 - ③注射器の先に活栓をつける。
 - ④2 本の注射器の 0.80 mL の目盛のところに待ち針をゆっくり刺し込んで電極とする。針を手に刺さぬよう気をつける。
 - ⑤一度組み立てると、この器具は半永久的に繰り返し使う ことができる。
- イ. セルプレートの一つのウェルに Na_2CO_3 水溶液約 $3.5\,$ mL を入れ、その上に注射筒つきの電解支持板を固定する。
- ウ. 注射筒の上の活栓にゴム管を用いて 2 mL 注射器を接続し、活栓を開いて 1 mL 注射筒に Na_2CO_3 水溶液を吸い上げ 2) 活栓を閉じる。チューブと 2 mL 注射器を外す
- エ. 2 本の注射筒を Na_2CO_3 水溶液で満たしたら、待ち針に乾電池を接続して電気分解を開始する。
- オ. 待ち針から気体の発生が観察される。注射筒の目盛で気体 の体積を読み記録する。



図2 超小型電解装置

3) 陽極と陰極での反応を観察しよう

プレートを洗い, 水をぬぐって次の実験を行う。

ア. 硫酸ナトリウム中の水の電気分解

- ①電解シートに指示されているウェルに硫酸ナトリウム溶液約 2 mL と BTB 試験液を 5 滴入れる。
- ②ウェルを2分するようにろ紙片を立てる。
- ③その上に電極板を置き、2本の炭素電極がろ紙の両側にくるように立てる。
- ④導線を使って、電極を乾電池に正負を間違えないように繋ぐ。
- ⑤気体の発生, ろ紙の両側の色の変化を観察する。 においはどうか。 結果をシートに記入する。 どうしてこのような変化が起こるかシートの反応式と見比べて説明考察しよう。
- ⑥電気分解後,両極を隔てていたろ紙を除き,液をかき混ぜ液性を調べる。

²⁾ 安全のために濃い炭酸ナトリウムを避けたいときは、2 mol/L 硫酸ナトリウムに少量の炭酸ナトリウムを加えたものでもよい。また、離れたところからみやすくするために、色素を加えて着色するのもよい。

イ. 塩化ナトリウム溶液の電気分解3)

- ①シートに指示されているウェルに塩化ナトリウム溶液約2 mLと食紅液を5滴入れる。
- ②ウェルを2分するように、ろ紙片を立てる。
- ③その上に電極板を置き、そこに炭素電極を2本立てる。
- ④導線を使って乾電池に正負を間違えないようにつなぐ。
- ⑤気体の発生,色の変化を観察する。においはどうか。どうしてこのような変化が起こるか 説明しよう。

ウ. 任意の電解質水溶液の電気分解

用意してある 酢酸ナトリウム,硫酸銅(II),塩化銅(II),塩化カリウム、硫酸マグネシウムなどの電解質から適宜選び、電気分解の際どのような反応が起こるか予想してみよう。ア、イ.と同様に実験して確かめよう。電極で起こっている反応を化学反応式で表そう。

食紅、pH 指示薬など適宜加えて予想を確かめよう。

銅の析出した炭素電極について:銅塩の電解後、炭素電極には金属銅が付着する。そのため銅塩の電解は最後に行う。析出した銅は希硝酸で溶かし、電極をしばらく純水に入れて酸を除く。あるいは、銅の析出した電極を陽極にして電解を行う。そうすると陰極に金属銅を集めることができる。これは銅の電解精錬と関係付けて説明できる。

II 電池をつくろう

1. 実験の概要

電気分解では、電気的エネルギーが化学エネルギーに変換されるのに対し、電池(太陽電池, 熱電池などと区別するために化学電池,ガルバニ電池ということもある)では、化学エネル ギーが電気エネルギーに変換される。ここでは、高校の教科書に必ず出てくるダニエル電池, 鉛蓄電池,燃料電池を、セルプレートを使ってつくる。

2. 実験器具等

1 mol/L CuSO₄, 1 mol/L ZnSO₄, 1 mol/L Na₂SO₄, 1 mol/L MgSO₄, 3.0 mol/L H₂SO₄, 2 mol/L NaOH, 金属薄板(いずれも 6 mm x 30 mm 程度): 銅、亜鉛, マグネシウム、鉛。テスター、IC メロディー、テスター, プロペラつき小型モーター、半透膜(セルロース透析チューブ)、ろ紙、炭素棒

3. 実験の手順

1) ダニエル電池

ダニエル電池は教科書には図3のように描かれている。素焼きと書いてある壁は正極の部分と負極の部分を分けるもので、イオンを通す。マイクロスケール実験では、素焼きの代わりに透析チューブを使

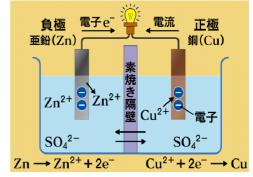


図3 ダニエル電池の模式図

³⁾ ここでは飽和食塩水を使う。希薄な食塩水を使うと、水の電気分解と食塩水の電気分解が同時に起こる。

う。ここでは化学エネルギーが電気エネルギーに変わるが、電気エネルギーを音のエネルギーに 変換したり、運動のエネルギーに変換しよう。

- \mathbf{r} . シート2に記されているように一つのウェルに1 mol/L CuSO₄を約2 mL とる。
- **イ**. 長さ 6 cm ほどの透析チューブを純水で湿らせて柔らかくし、一端を縛り(結び目をつくる) 袋状にして 4) 1 mol/L ZnSO_4 約 1 mL を入れる。
- ウ. この袋を CuSO₄の入ったウェルに立てる。
- エ. 1 mol/LCuSO_4 中には銅板を、 1 mol/L ZnSO_4 中には亜鉛板を立て、これらの電極の電圧5をテスターで測定する。
- **オ.** 電子メロディーやプロペラモーターにつないでみよう。
- カ. 各金属では、どのような反応が起こっているか。
- キ. 全体ではどのような反応が起こっているか。
- ク. 教科書によって、素焼きの隔壁ではなく、塩橋を使うダニエル電池がある。30mm x 5mm ほどの細長いろ紙に硫酸ナトリウム水溶液をしみ込ませて塩橋にすることができる。隣りあった2個のウェルの硫酸銅溶液と硫酸亜鉛溶液をこの塩橋でつないでマイクロスケールのダニエル電池をつくろう。

探究実験 1. ダニエル電池では、硫酸銅(II)-金属銅、硫酸亜鉛-金属亜鉛を使ったが、いずれか一方を硫酸マグネシウム-金属マグネシウムにすると電池になるだろうか。予想をたて、実験してみよう。

2. ダニエル電池の起電力の原因となっているのは、酸化還元反応である。小型試験管中で、硫酸銅(II)水溶液に少量の金属亜鉛を加えるとこの反応は起こるだろうか。電気的なエネルギーは見られるか。見られないとしたらそのエネルギーはどこにいったのだろう。実験して考察しよう。

2) 鉛蓄電池 シート3

鉛蓄電池の放電では次の反応が起こっている。

負極: Pb + $SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$

正極: PbO_{2} + $4H^{+}$ + SO_{4}^{2-} + $2e^{-}$ \rightarrow $PbSO_{4}$ + $2H_{2}O$

充電時にはその逆の反応が起こる。

① 鉛蓄電池をつくる

- ア. プレートの一つのウェルに $3.0 \text{ mol/L H}_2SO_4$ を 2.5 mL 取る。
- イ. 鉛板2枚を互いに接触しないようにこのウェルに立てる。
- ウ. これらの鉛板を 9 V 乾電池に接続する。
- エ. 乾電池のプラス極に接続した鉛板の表面の変化を観察すること。
- オ. 数分たったら、乾電池をはずして、2 枚の鉛板の電圧を調べよう。 約 2 V あれば鉛蓄電池として使うことができる。
- ② 放電

上の鉛蓄電池に電子メロディーやプロペラモーターにつなぎ、そのとき電流がどのように流れるのか考えよう。

③ 充電

4) この袋は繰り返し使うことができる。実験後、水道水で洗って、純水中にしばらく放置後、取り出し自然乾燥させる。こわれないように、適切な容器に保存する。

⁵⁾ ダニエル電池の標準電位は 1.10V である。

放電の結果、モーターが回らなくなったら、乾電池を接続して充電しよう。

3) 燃料電池の原理

燃料電池は、発電装置の 1 種である。水素を使う燃料電池は、「水の電気分解」と逆の原理で発電する。水の電気分解は、水に外部から電気を通して水素と酸素に分解するが、燃料電池はその逆で、水素と酸素を電気化学的に反応させて電気をつくる。

① 電池をつくる

- ア. 12 ウェルプレートの一つのウェルに $2 \mod / L$ 水酸化ナトリウム溶液約 $2.5 \mod L$ を入れ、電解指示板を載せる。
- イ. 電解支持板の二つの穴に炭素電極をそれぞれ入れる。
- ウ. 炭素電極に 9 V 乾電池をつなぎ、約 1 分電解する。乾電池をはずし、2 本の炭素棒間の電圧を測ってみよう。
- ② 放電

再度約1分電解する。乾電池をはずし、電子メロディーをつないでみよう。 このとき、両電極で起こっている反応を式に書いてみよう。

探究 なぜ近年燃料電池が話題になっているのだろうか。水素を燃焼させて熱エネルギーを得るのと、燃料電池を用いてエネルギーに変えるのと、得失を比較しよう。

参考文献

水の電気分解でできる気体の体積比を示すマイクロスケール実験, 荻野和子, 化学と教育, 55 巻, 2 号, 82-83, 2007

高校化学のスモールスケール生徒実験―簡単にできる電気分解, 荻野 和子, 東海林恵子, 化学 と教育, 46, 742-743, 1998

電池に関するいくつかのスモールスケール実験, 東海林恵子, 荻野 和子, 化学と教育, 49, 712 (2001)

電気分解

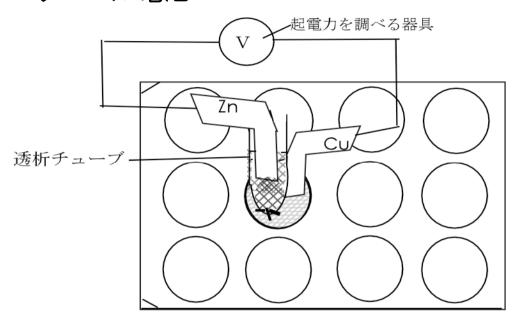
電解質	電極反応	観察されたこと(気体、色の変化、においなど) 陽極 陰極	
Na ₂ SO ₄	陽極 2H ₂ O → 4H ⁺ + O ₂ + 4 e	The state of the s	[極板
2 mL	陰極 2 H₂O + 2e⁻ → 2 OH⁻+ H₂		
pH試験液5滴	全反応 2H ₂ O → O ₂ + 2 H ₂		
NaCl	陽極 2Cl⁻ → Cl₂ + 2 e⁻		
2 mL	陰極 2 H ₂ O + 2e⁻ → 2 OH⁻+ H ₂		
pH試験液5滴	全反応 2Cl⁻ + 2H ₂ O → Cl ₂ + 2 H ₂ + 2 OH⁻		
	陽極		
	 陰極 		
	全反応		
	陽極		
	 陰極 		
	全反応		

- 1. ウェルに試薬(硫酸ナトリウムあるいは食塩溶液)と試験液をとり、ろ紙を立てる。
- 2. 電極板をのせる。
- 3. 炭素電極を電極板の穴から、ろ紙の両側に1本ずつ立てる。
- 4. 導線のミノムシクリップで電極をはさみ、導線の他端を乾電池につないで電気分解を始める。

感想

荻野 和子 電解 シート 1 Aug. 2008

ダニエル電池



透析チューブを使う方法

- 1. 長さ約6cmの透析チューブを水で濡らし、 一端を縛り、袋状にする。
- 2. プレートのセルの一つに1 mol/L $CuSO_4$ 1 mL と銅板を入れる。
- 3. 透析チューブの袋に $1 \text{ mol/L } \mathbf{ZnSO}_4 1$ mL と亜鉛板を入れる。
- 4. 透析チューブを2. のウェルに入れ、下のようにセットする。
- 5. 銅板と亜鉛板の電圧を調べる。

観察されたこと

テスター

ICメロディー

プロペラモーター

これらの変化で、エネルギーはどのように変換されているだろうか。

この電池の正極、負極で起こっている反応

正極

負極

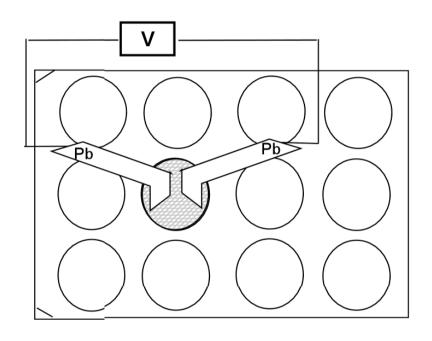
全体の反応

感想

荻野 和子 電池 シート 2 Aug. 2008 **鉛蓄電池** ウェルに 3 mol/L H_2SO_4 約 2.5 mL とり、鉛板2枚を互いに接触しないように浸す。9V乾電池に接続して約2分電解する。

このとき観察される電極のようす(

1)放電 メーター、モーター、電子メロディーなどを接続

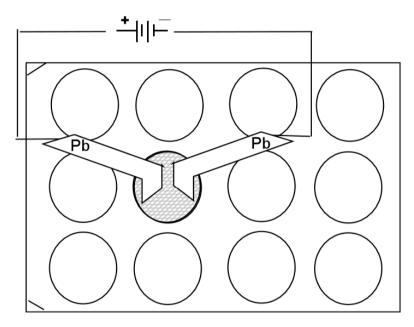


	反 応	酸化数の変化
正極		
負極		

観察されたこと

電子の流れ、電流の方向を図中に記入しよう。

2)充電



	反 応	酸化数の変化
陽極		
陰極		

7. **金属イオンの定性分析**(48 セルプレート用) 2008-7-2

概要

金属イオン反応の理解はイオンの分離・分析の基礎的知識である。主な金属イオンの反応を観察する。 48 セルプレートを用い、分析する金属イオンを精選して行う。これにより知識を整理し、ひとつひと つの反応についてしっかり考える事ができる。セルプレートを用いることにより、沈殿反応の結果を一 覧することができるので実験結果の比較と考察が容易になり、未知試料の分析にも役立つ。またマイク ロスケール実験で行うことにより少量の試薬でも実験が可能であり、従って廃液の量も減り、環境にも 配慮することができる。

単元

高等学校化学I「水溶液中のイオンの反応」

準備物

48 セルプレート,シート(台紙),点眼ビン(試薬の数),スポイト,ビーカー(小),加熱器,安全めがね

試薬

金属イオン

硝酸銀, 硝酸鉛, 硝酸銅(Ⅱ), 硝酸鉄(Ⅲ), 硝酸アルミニウム, 硝酸カルシウム,

塩化鉄 (Ⅲ) 各 0.2 mol/L水溶液

陰イオン等

塩酸 2 mol/L

アンモニア水 1 mol/L と 6 mol/L

水酸化ナトリウム水溶液 1 mol/L と 6 mol/L

硫酸 2 mol/L

硫化水素水(固型硫化水素の粉末を加熱し発生した硫化水素ガスを水にとかし、点眼ビンに保管する) 硝酸(液性調整用)2 mol/L

実験方法

- 1. 台紙に 48 セルプレートをのせる。
- 2. 点眼瓶 $(A \sim F)$ の各金属イオンを含む溶液を、台紙上に示した該当するセルに それぞれ 6 滴ずつ滴下する。
- 3. 点眼瓶 (①~⑧) の各陰イオンを、金属イオン溶液の入っているセルに、台紙に記された指示に従って滴下して、その変化を観察する。1 列試薬を滴下するごとにセルプレートを軽く揺すって撹拌する。

補足:□	7列目にH2	S水を滴下する場	合、ま	ず金属イ	オン溶液に	白色の点	、眼瓶に入っ	っている	る硝酸2	滴
を	加えて酸性に	こしてからH ₂ S水	を2滴	加える。						

 \square (30) F e ³⁺と(31) A 1 ³⁺の操作においては、酸性での反応を観察してから、その後 6 mol/L の NH₃水を加えて塩基性にして反応を観察する。

注意 * 実験中は必ず安全めがねを装着すること

注:⑦、⑧列目は特別な操作が必要なので、別紙の実験方法を参照して行うこと。

1mol/L 6mol/L 1mol/L 6mol/L

1mol/L6mol/L1mol/L6mol/L

		HCI	NH₃水	NH₃水	NaOH	NaOH	H ₂ SO ₄	H₂S	熱水			HCI	NH₃水	NH₃水	NaOH	NaOH	H ₂ SO ₄	H₂S	熱水
		2滴	2滴	4滴	2滴	4滴	2滴	2滴				2滴	2滴	4滴	2滴	4滴	2滴	2滴	
		1	2	3	4	⑤	6	7	8			1	2	3	4	⑤	6	7	8
Ag^{+}	A									Ag ⁺	Α								
Pb ²⁺	В									Pb ²⁺	В								
Cu ²⁺	С									Cu ²⁺	С								
Fe ³⁺	D									Fe ³⁺	D								
Al ³⁺	E									Al ³⁺	E								
Ca ²⁺	F									Ca ²⁺	F								

```
金属陽イオンの定性分析の実験操作(48セル用) 教師用 2008-7-2
点眼ビンに金属イオンおよび陰イオンを含め溶液を準備する。操作は台紙に記されたように滴下
すればよいが、詳しくは下記の表のようになる。
<実験方法>それぞれ<u>0.2mol/Lの金属イオンを含む水溶液(A~F)6滴</u>に、陰イオンを含む溶液等
(①~⑧) を下記の指示に従って加える.
※ただし、【 】内はセル番号を示す.
 [1列] HC1の反応
(1)Ag<sup>+</sup> に2mol/L-HCl 2滴を加える. 【A1】
(2) Pb<sup>2+</sup>に2mol/L-HCl 2滴を加える. 【B1】
 <u>[2列] NH 3水 (少量) の反応</u>
(3)Ag^+に1mol/L -NH<sub>2</sub>水 2滴を加える. 【A 2】
 (4) Pb^{2} に 1 mol/L - NH_3水 2滴を加える. 【B2】
 (5)Cu^2+に1mol/L-NH_3水 2滴を加える. 【C2】
 (6)Fe<sup>3+</sup>に1mol/L-NH<sub>3</sub>水 2滴を加える. 【D2】
 (7)A1^{3} に 1mol/L-NH_3水 2滴を加える. 【E2】
 <u> 「3列〕NHュ水(過剰)の反応</u>
(8) Ag + に6mol/L-NH<sub>3</sub>水 4滴を加える. 【A3】
(9) Pb^{2} に 6 mol/L-NH_3水 4滴を加える. 【B3】
(10)Cu^{2}+に6mol/L-NH<sub>3</sub>水 4滴を加える. 【C3】
(11)Fe<sup>3+</sup>に6mol/L-NH<sub>2</sub>水 4滴を加える. 【D3】
(12)Al^{3}+ に6mol/L-NH<sub>3</sub>水 4滴を加える. 【E3】
 <u>[4列] NaOH (少量) の反応</u>
(13) Ag + に1mol/L-NaOH水溶液 2滴を加える. 【A4】
(14) Pb<sup>2+</sup>に1mol/L-NaOH水溶液 2滴を加える. 【B4】
(15) Cu<sup>2+</sup>に1mol/L-NaOH水溶液 2滴を加える. 【C4】
(16) Fe<sup>3+</sup>に1mol/L-NaOH水溶液 2滴を加える. 【D4】
(17) Al<sup>3+</sup>に1mol/L-NaOH水溶液 2滴を加える. 【E4】
(18) Ca<sup>2+</sup>に1mol/L-NaOH水溶液 2滴を加える. 【F4】
 <u>〔5列〕NaOH(過剰)の反応</u>
 (19) Ag + に6mol/L-NaOH水溶液 4滴を加える. 【A5】
 (20)Pb<sup>2+</sup>に6mol/L-NaOH水溶液 4滴を加える. 【B5】
(21) Cu<sup>2+</sup>に6mol/L-NaOH水溶液 4滴を加える. 【C5】
```

<u> [6列] H₂SO₄の反応</u>

(25) Pb^{2} + に2mol/L- H_2SO_4 2滴を加える. 【 B 6 】

(22) Fe $^{3+}$ に6mol/L-NaOH水溶液 4滴を加える. 【D5】 (23) Al $^{3+}$ に6mol/L-NaOH水溶液 4滴を加える. 【E5】 (24) Ca $^{2+}$ に6mol/L-NaOH水溶液 4滴を加える. 【F5】

(26) Ca^{2} に2mol/L- $H_{2}SO_{4}$ 2滴を加える. 【F6】←ゆっくり析出する

<u> [7列] H₂Sの反応</u>

- (27) Ag^+ に2mol/L-HNO₃ 2滴を加えて酸性にし H_2 S水 2滴を加える. 【A7】
- (28) Pb^{2} +に2mol/L- HNO_{3} 2滴を加えて酸性にし H_{2} S水 2滴を加える. 【 B 7 】
- (29) $\mathrm{Cu}^{\,2\,+}$ に $\mathrm{2mol/L\text{-}HNO_3}$ 2滴を加えて酸性に $\mathrm{LH_2Sx}$ 2滴を加える. 【 C 7 】
- (30) Fe 3 + に2mol/L-HNO $_3$ 2滴を加えて酸性にしH $_2$ S水 2滴を加える. 【D7】
- (31) Al^{3} + に2mol/L-HNO $_3$ 2滴を加えて酸性にし H_2 S水 2滴を加える. 【E7】
- (32) Ca^{2} +に2mol/L-HNO $_3$ 2滴を加えて酸性にし H_2 S水 2滴を加える. 【F7】
- (33) (30) の操作後に、6mol/L-NH₃ 2滴を加えて塩基性にする. 【D7】
- (34) (31) の操作後に, 6mol/L-NH₃ 2滴を加えて塩基性にする. 【E7】

[8列] 熱水の反応

- (35) HCIで沈殿したAgClを少量取り、熱水を10滴加える. 【A8】
- (36) HCIで沈殿したPbCl₂を少量取り、熱水を10滴加える. 【B8】

注意: H_2S 水は固形硫化水素粉末を試験にいれて加熱し、ガラス管を通して発生した気体を水に溶かす、非常に変化しやすいので、使用する直前に準備することが望ましい。

廃液の回収方法

①トレイに紙タオルを数枚敷く.②実験後のセルプレートを紙タオルにたたきつけるようにして、セル内の沈殿物を含む溶液を出す.綿棒でセル内部を洗浄する.③紙タオルに約100mlの水を加え沈殿物を洗い落とし、紙タオルを絞って廃液とする.

主な金属イオンの反応

)年()組()番 氏名(1列 2列 3列 4列 5列 6列 7列 8列 NH₃水 1mol/L H₂SO₄ 2mol/L 熱水 NH₃水 6mol/L NaOH 1mol/L NaOH 6mol/L HCI 2mol/L H₂S 2滴 2滴(少量) 4滴(過剰量) 2滴(少量) 4滴(過剰量) 2滴 2滴 10滴 (1) 例 白色沈殿 (3) (27) (8) (13)(19) (35)A行 ^{例)} AgCl (4) (9) (14)(20)(25)(28) (36)B行 (5) (21) (29) (10)(15)Cu²⁺ C行 (30)(33)(22) (6) (11)(16) D行 Fe³⁺ (31) (34)(7) (17)(23) (12)Al³⁺ E行 (18)(24) (26)(32)F行 Ca²⁺

★上段は実験番号の結果(色の変化や沈殿の有無·沈殿生成の条件など), 下段は化学式を記入せよ。

金属イオンの未知試料分析

未知試料には Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Ca^{2+} のいくつかが含まれています。まず,未知試料に全ての金属が含まれていると仮定して,未知試料を分析する為の実験手順を考え,下の実験予想の欄に記入しましょう。ただし,用いてもよい試薬は下に指定した陰イオン溶液等から選んで使用してください。沈殿は**セライトろ過**により取り除き,「沈殿はどのような物質であるか」,「ろ液にはどのような金属イオンが含まれているか」などを考察しながら実験を進めていきましょう。

準備物

12 セルプレート, 点眼ビン (試薬の数), 撹拌棒, 注射器, 針金, スポイト, ビーカー, セラミックヒータ, セライト, 脱脂綿, 安全めがね

薬矯

塩酸 2 mol/L アンモニア水 1 mol/L と 6 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 1 mol/L と 6 mol/L 硫酸 2 mol/L,硝酸 2 mol/L,熱水

実験予想

実験結果と考察

実際に行った操作、生じた反応、得られた沈殿・ろ液等で気づいたことを観察し、記入しましょう。 それらの結果からどの金属イオンを含んでいたかを考察し、一番下の表に○を記入しましょう。

試料番号 ()	A g $^{+}$	$\mathrm{P}\mathrm{b}^{2+}$	F e ³⁺	C a ²⁺
未知試料に含まれている				
イオンに○をする				

【参考】 金属陽イオンの定性分析

(96 セルプレートを用いる方法)

芝原寛泰

概要

イオン反応の理解はイオンの推定,イオンの分離の基礎的知識である。主な金属イオンの反応を観察する。

96 セルプレートを用いることにより、少量のサンプルでも実験が可能であり、従って廃液の量も減り、環境にも配慮した実験を行うことができる。また沈殿反応の結果を一覧することができ、実験結果の考察が容易になり、未知試料の分析にも役立つ.

単元

高等学校化学I「水溶液中のイオンの反応」

実験時間

50 分間 (「未知試料の分析」も続けて行うと 100 分)

準備物

96セルプレート 1	固 🗆	12 セルプレート	(未知試料分析用)	1個
シート (台紙) 1	枚 別	紙参照		
点眼ビン(試薬の数) 🗆	かく拌棒		
安全めがね				

蒸糕

□ 金属イオン

硝酸銀, 硝酸鉛, 硝酸銅 (II), 硝酸カドミウム, 硝酸鉄 (III), 硝酸アルミニウム, 硝酸亜鉛, 硝酸バリウム 各 0.2 mol/L 水溶液

□ 陰イオン等

塩酸 2 mol/L

クロム酸カリウム水溶液 0.5 mol/L アンモニア水 1 mol/L と 6 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 1 mol/L と 6 mol/L 炭酸ナトリウム水溶液 0.1 mol/L 硫酸 1 mol/L

チオシアン酸カリウム水溶液 0.1 mol/L

へキサシアノ鉄(II)酸カリウム水溶液 0.1 mol/L へキサシアノ鉄(III)酸カリウム水溶液 0.1 mol/L 硫化水素水 硝酸(液性調整用)2 mol/L

注意

□ 実験中は必ず安全めがねを装着すること.

実験方法

- 1. 台紙に96セルプレートをのせる。
- 2. 点眼瓶 $(A \sim H)$ の各金属イオンを含む溶液を、台紙上に示した該当するセルに それぞれ 3 滴ずつ滴下する。
- 3. 点眼瓶 (①~⑫) の各陰イオンを、金属イオン溶液の入っているセルに台紙に記された 指示に従って滴下して、その変化を観察する。

補足:

滴下量の少量とは1 mol/L溶液を1滴,多量とは6 mol/L溶液を2滴程度をいう。「過剰」に加える場合の反応は,6 mol/Lの溶液を2滴程度加えることにより行う.また過剰の試薬で沈殿が溶ける場合は,特に攪拌が必要である。デジタルカメラ等で実験結果を写真として残すと事後の学習にも有効である。

金属イオンの反応 ワークシート

1mol/L 6mol/L 1mol/L 6mol/L

		HCI	K₂CrO₄		NH₃	NaOH		Na ₂ CO ₃	H₂SO₄	KSCN	ヘキサシアノ 44(π)耐	ヘキサシアノ 鉄(Ⅲ)酸	H₂S		
			<u> </u>	少量	過剰	少量	過剰				カリウム	カリウム			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(11)	12		
			ı	ı	1		ı	ı	ı	1	1	ı			
Ag ⁺	Α	1	3	6	13	20	27	34					43	Α	Ag^+
Ag ⁺ Pb ²⁺	В	2	4	7	14	21	28	35	37				44	В	Pb^{2+}
Cu ²⁺	С			8	15	22	29				40		45	С	Cu^{2+}
Cd ²⁺	D			9	16	23	30						46	D	Ag ⁺ Pb ²⁺ Cu ²⁺ Cd ²⁺
Fe ³⁺	E			10	17	24	31			39	41	42	47	Е	Fe ³⁺
Al ³⁺	F			11	18	25	32						48	F	Al^{3+}
Zn ²⁺	G			12	19	26	33						49	G	Zn^{2+}
Ba ²⁺	Τ		5					36	38				50	Ι	Ba ²⁺
		1	2	3	4	⑤	6	7	8	9	10	11	12		
		HCI	K₂CrO₄	NH₃ 少量	NH₃ 過剰	NaOH 少量	NaOH 過剰	Na ₂ CO ₃	H₂SO₄	KSCN	ヘキサシアノ 鉄(Ⅱ)酸 カリウム	ヘキサシアノ 鉄(Ⅲ)酸 カリウム	H₂S		

1mol/L 6mol/L 1mol/L 6mol/L

1mol/L 6mol/L 1mol/L 6mol/L

				IIIIOI/ L	OIIIOI/ L	1mol/L	OIIIOI/ L								
		нсі	K₂CrO₄	NH₃ 少量	NH₃ 過剰	NaOH 少量	NaOH 過剰	Na ₂ CO ₃	H₂SO₄	KSCN	へキサシアノ 鉄(Ⅱ)酸 カリウム	ヘキサシアノ 鉄(Ⅲ)酸 カリウム	H₂S		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Ag ⁺	Α	1	3	6	13	20	27	34					43	Α	Ag ⁺
Pb ²⁺	В	2	4	7	14	21	28	35	37				44	В	Pb ²⁺
Cu ²⁺	С			8	15	22	29				40		45	С	Cu ²⁺
Cd ²⁺	D			9	16	23	30						46	D	Cd^{2+}
Fe ³⁺	Е			10	17	24	31			39	41	42	47	Е	Fe ³⁺
Al ³⁺	F			11	18	25	32						48	F	Al ³⁺
Zn ²⁺	G			12	19	26	33						49	G	Zn ²⁺
Ba ²⁺	Ι		5					36	38				50	Н	Ba ²⁺
		1	2	3	4	⑤	6	7	8	9	10	11)	12		
		HCI	K₂CrO₄			NaOH		Na ₂ CO ₃	H₂SO₄	KSCN	ヘキサシアノ 鉄(Ⅱ)酸	ヘキサシアノ 鉄(Ⅲ)酸	H₂S		
				少量	過剰	少量	過剰				カリウム	かりウム			

1mol/L 6mol/L 1mol/L 6mol/L

主な金属陽イオンの反応 (96セル用)

				1mol/L	6mol/L	1mol/L	6mol/L		()年()番 氏名()
		1列	2列	3列	4列	5列	6列	7列	8列	9列	10列	11列	12列
	\geq	HCI	K₂CrO₄	NH₃水 少量	NH₃水 過剰	NaOH 少量	NaOH 過剰	Na₂CO₃	H₂SO₄	KSCN	K ₄ [Fe(CN) ₆]	K ₃ [Fe(CN) ₆]	H₂S
Α行	Ag ⁺	(1)	(3)	(6)	(13)	(20)	(27)	(34)					(43)
B行	Pb ²⁺	(2)	(4)	(7)	(14)	(21)	(28)	(35)	(37)				(44)
C行	Cu²+			(8)	(15)	(22)	(29)				(40)		(45)
D行	Cd²⁺			(9)	(16)	(23)	(30)						(46)
E行	Fe³+			(10)	(17)	(24)	(31)			(39)	(41)	(42)	(47) (51)
F行	Al³+			(11)	(18)	(25)	(32)						(48)
G行	Zn²+			(12)	(19)	(26)	(33)						(49) (52)
H行	Ba ²⁺		(5)					(36)	(38)				(50)

[★]上段は実験番号の結果(色の変化や沈殿の有無・沈殿生成の条件など)、下段は化学式を記入せよ。 ★ただし、空欄についても、沈殿反応を示すものもあるので注意すること。

高校の化学教育─高校教諭の声─

東海林恵子

Opinion Polymer Science in the High School Curriculum

Keiko SHOJI

Abstract: High school students lack many basic experimental skills in the polymer science and biomaterial science fields. The situation must be improved by introducing polymer science and medical science experiments into the high school curriculum.

1. はじめに

昨今の高分子材料研究の発展は目覚ましく, その成果は われわれの日常生活の衣食住や医療の現場などで幅広く利 用されている。しかし、高分子材料研究の先端的分野に高 校生の興味、関心が十分にひきつけられているとは必ずし も言いがたい。本稿では、高分子学会の会員の方々に次世 代の教育内容について関心をもっていただきたく、高校の 化学教育に携わっている教諭から見た高分子教育の現状と 問題点を述べてみたい。

2. 現行指導要領における高分子の扱い

指導要領解説理科編に取り上げられている高分子の大項 目は、(2) 生活と物質、(3) 生命と物質に大別されており、 (2) あるいは(3)のいずれかを選択できる。

生活と物質

ア. 食品と衣料の化学

食品:炭水化物、タンパク質の燃焼、加水分解、呈色反

衣料:綿、絹、羊毛、ビニロン、ナイロン、ポリエステ ルの構造, 性質, 合成, 用途

イ. 材料の化学

プラスチック:ポリエチレン,ポリ塩化ビニル,ポリア

秀光中等教育学校 (985-0853 多賀城市高橋 5-6-1) 教諭

理学修士

平成6年度日本化学会化学教育有功賞受賞

クリロニトリル、フェノール樹脂、単量体の分子構造と 関連づけた合成、特徴、用途

ゴム: 合成ゴムの構造、性質、天然ゴムとの関連 生命と物質

ア. 生命体を構成する物質

タンパク質、炭水化物の構造と性質、核酸の構造とはた らき

イ. 生命を維持する化学反応 タンパク質、デンプンの分解、酸化反応

3. 現行化学 II 教科書の高分子の扱い

前節で述べたように、指導要領では、おもに合成高分子 を扱う大項目(2)と、おもに天然高分子を扱う大項目(3) に二分され,いずれかを選択することになる。そのため, 化学IIの教科書には、炭水化物、タンパク質が重複して (2)と(3)にそれぞれ記述されている。

指導要領を受けて、各大学では「選抜要領」で(2)と(3) の扱いを公表しているが、大学の自由裁量となっているの で、表現はいろいろであり、「範囲とはしないが素材として 出題することがある。」という表現も見られる。高校教師と して生徒に教える立場では、将来どの方面に進路を取るか 未定の状態で化学 II の授業を受ける生徒も多く、また卒業 後浪人する生徒の中には,志望が変わる生徒もあり,将来 の受験校の出題範囲に心配ないように教えようとすれば無 理をしても、(2)、(3) 両方の大項目を教えざるをえない。大 規模校であれば、2クラス編成し、いずれか選択履修とす ることも可能であるが、化学 II を選択する者が少ない筆者 が勤務する私立中高一貫校のような小規模校では、2クラ ス同時展開で選択履修させることが不可能であるため、両 大項目を教えざるをえない状況にある。

生活と 生命の 区分	出版社生徒実験項目名	東書	数研	第一 学習社	啓林館
-	ポリエチレンの性質	0	×	×	×
	尿素ホルマリン樹脂	0	0	0	×
	フェノール樹脂	×	0	×	0
集	ラテックスからゴムボール	0	×	×	×
生活と物質	6,6-ナイロンまたは 6,10-ナ イロンの界面重合	0	0	0	0
	セルロースの希硫酸による 加水分解	0	0	0	×
	銅アンモニアレーヨンの合 成	×	0	×	×
	希硫酸によるデンプンの加 水分解	0	0	0	0
生命	アミノ酸の電気泳動	0	×	×	×
生命と物質	タンパク質の呈色反応と変 性	0	0	0	0
	デンプンの酵素 α-アミラー ゼによる加水分解	0	0	×·	0
	実験項目数	9	8	5	5

大項目(2),(3)の出題については、国公立大では個別学力検査、私立大では一般入試の出題範囲が、同一大学内でも学部、学科によって異なるため非常に複雑であり、とくに医・歯・薬系では、(2),(3)項目からの出題の難易度が高い。生徒は、国公立大や私立大のいくつかの大学を併願するものが多いので、これらの生徒の受験が不利にならぬよう、全員に(2),(3)の大項目を履修させるよう努めているが、授業時数不足で困っているのが現状である。

4. 現行高校化学 II 教科書の高分子を 扱う生徒実験項目

手近にある数社の現行高校化学 II 教科書に取り上げられている高分子の生徒実験項目実験は表 I のとおりである。

取り上げられている項目は数十年変わっていない。われわれの日常生活の中で、衣と住に関して高分子材料研究の成果が汎用されているにもかかわらず、生徒実験数は 5~9項目にすぎず、これを生活と生命に分ければ、それぞれ3項目程度にしかならない。これらの項目は確かに高分子の基本的な実験であるが、昨今の高分子材料研究成果は目覚しく、上記の実験項目だけでは、先端的な分野に高校生の興味、関心をひきつけることはできない。先端材料の化学構造が難しすぎて高校レベルの教材になりにくいのかもしれないが、実験教材開発の場面における専門の研究者の支援があれば、より魅力ある生徒実験を展開することがで

きると思われる。

高分子化合物は、日常生活の中で、とくに物質として意 識されることなしに、便利なモノとしてブラックボックス のまま利用され、廃棄されてきた。石油埋蔵量の限界が指 摘され、省資源や資源リサイクルが話題となって久しい が、高分子についてのブラックボックスは、依然として続 いているように思われる。材料として人類が手にしてから 日の浅い高分子についての知識が市民に行き渡っていない のは、歴史が新しいだけではなく、高分子化合物の成り立 ちについて高校までの学校教育の中で取り上げるには、内 容が難解過ぎるためである。しかし、高分子といえども、 その結合の種類は普通の低分子と同じであることを、構成 単位を単離して確認する生徒実験で理解させることができ る。構成単位が何千何万も連なると、まったく新しい性質 を示すようになることを学習させることにより、リサイク ルの中でも原料に分解して再利用するケミカルリサイクル が、従来の製品リサイクルとは違った高品質の高分子を再 生できるリサイクルであることを容易に納得させうる。こ のコンセプトの下に, 東北大学の山口勝三教授の指導の 下、筆者ら現場教師はセルロース、ポリエステルや 6,6-ナ イロンを分解し、構成単位を単離、確認する生徒実験教材 を開発し報告した。1)

5. 筆者が化学 II の授業で実施している 高分子生徒実験(平成 18 年度実績)

毎年,筆者が化学 II の授業で実施している生徒実験を以下に示す。

- (1) デンプンの希硫酸による加水分解(教科書どおり)
- (2) セルロースの希硫酸による加水分解(教科書どおね)
- (3) セルロースからビスコースレーヨンと銅アンモニア ν ーヨン²⁾
- (4) アミノ酸水溶液の緩衝作用 (スモールスケール)2,3)
- (5) タンパク質の呈色反応と変性 (スモールスケール)3)
- (6) 洗濯用 PVA 糊を用いるビニロン合成
- (7) ポリエステルのアルカリによる加水分解と構成単位 の検出^{11,4)}
- (8) 6,6-ナイロンの界面重合 (教科書どおり)5)
- (9) 尿素樹脂の合成(教科書どおり)
- (10) フェノール樹脂の合成(教科書どおり)
- (11) 電解質とイオンの概念を理解するための実験(イオン交換樹脂を用いる)⁶⁾
- (12) 合成ラテックスからゴムボールをつくる(教科書どおり)
- (13) 高吸水性樹脂(淡水用樹脂および塩水用樹脂)
- (14) イオン交換樹脂
 - 1) スチレン系陽・陰イオン交換樹脂

- SP セファデックス・QAE セファデックス(ス モールスケール)
- (15) アルギン酸を用いた固定化酵素の調製と酵素反応
 - α-アミラーゼ固定化酵素カラムによる 1%デンプン溶液からマルトース生成(I₂ 呈色反応・フェーリング反応による検出)
 - 2) 含糖ペプシンのアルギン酸固定化酵素による加水分解 ゼラチン溶液→アミノ酸(ニンヒドリン反応による検出)
 - 3) ドライイーストのアルギン酸固定化酵素による アルコール発酵 10%ショ糖溶液→エタノール(ヨードホルム反 応による検出)
- (16) 生分解性プラスチック(内田洋行製教材 3 種類)と 発泡ポリスチレンの比較
- 6. スモールスケール・マイクロスケール実験の 可能性を拡げたプラスチック製生化学・ 医療用器具

われわれが開発した各種テーマのスモール・マイクロスケール生徒実験を可能にしたのは、数多くの種類とサイズがそろっている生化学用・医療用のプラスチック製のセルプレート類、バイアル類、注射器、小容量軟質スポイト、透析用セルロースチューブ、二方活栓、三方活栓などである。その意味でマイクロスケール実験は、高分子材料研究から多大の恩恵を受けているといわなければならない。

たとえば、タンパク質の変性実験では、卵白、牛乳、豆乳の3試料と酸、塩基、有機溶媒、重金属イオンの4種の組み合わせで、試験管12本を要する。スモールスケール

では、これらの実験を生化学用 12 穴セルプレート 1 枚で行うことができる。タンパク質の試料の量もセルの底面がかくれる程度で十分であるから、レギュラースケールでは各 3 mL×4=12 mL 要するところを、各 1 mL×4=4 mLで済む。したがって、試薬が大きく節減でき、実験時間も短縮できる。

7. おわりに(高分子学会の研究者への提言)

現行教科書の高分子実験項目をよりバラエティに富んだ魅力的なものにするため、最先端高分子材料の機能を理解できるような生徒実験教材の開発が望まれる。とくに、身近なあるいは一般の目には触れないが医療材料として用いられている高分子の驚くべき性能を高校生の前に展開することが肝要であると考えている。高校化学教育の現状を、大学や企業の専門家の目でみていただき、次世代のための教育支援を実験教材開発の面で強化していただければ、現場の教師としてたいへんありがたく心強く思う。また、アルギン酸の手術用糸や O_2 透過膜など、少量、多品種の高分子新素材を教材として工業界から学校へ提供する道が開けることを期待してやまない。

文 献

- 1) 東海林恵子: 化学と教育, 45,718 (1997)
- 2) 日本化学会編: 実験で学ぶ化学の世界 3. 有機・高分子化合物の化学, 丸善(1996)
- 3) 萩野・東海林: 化学と教育, 50,704 (2002)
- 4) M. C. Cam, Comnelly: "Real-World Cases in Green Chemistry," American Chemical Society, (2000) 副読資料として
- 5) 山崎幹夫:現代化学,1993年8月副読資料として
- 6) 荻野,熊野:化学と教育,50,584 (1999)

2008 (平成20) 年8月8日 神奈川県立青少年センター 科 学 部 科 学 人 材 課 副技幹 奥 村 直

SPPマイクロスケール化学実験実践例

実験例1 「電気分解を利用した銅めっき法」

1. 目的

高校化学 I の酸化と還元の単元の中で扱われている電気分解の利用法の一例として銅めっきの方法を紹介する。マイクロスケール化学実験により、 廃液を出さず、時間もわずか5分弱で結果を見せることができる。

2. 実験方法

- 1) 陰極にはクリップを曲げて使用し、陽極には銅板を小さく切った物銅線で代用可)を使用する。これを100円ショップで購入した化粧クリームを入れる容器(4個で105円)に写真1のようにセットする。
- 2) 容器に1.0mol/lの硫酸銅水溶液を3ml入れる。写 真2
- 3) 約5分後、陰極のクリップが写真3のように銅に よってめっきされる。(左が銅めっきしたもの)







3. 実験結果

100円ショップで購入した容器は使いやすく、蓋をすることもできるため、今回使用した3mlの硫酸銅水溶液は捨てずに次回にまた使用することが可能であった。試薬を滴びんに入れておくことにより、実験の準備から終了まで10~15分と短時間ででき、また銅によってクリップの色が変化することより電気めっきされたことがわかりやすかった。

電気分解の単元の補助実験として活用することができる実験と思われる。

実験例2 「銀鏡反応による鏡の製法」

1. 目的

高等学校「化学I」で扱う有機化学分野の銀鏡反応をマイクロスケールで行い、使用する試薬を極力少なくすることにより、銀イオンを含む廃液を減らし、実際に鏡を作成することを目的とする。

2. 実験方法

- 1) 100円ショップで購入した化粧クリームを入れる容器(3個で105円)にカバーガラスを写真4のようにセットする。
- 2) 0.1mol/lの硝酸銀水溶液、2mol/l水酸化ナトリウム水溶液、3mol/lアンモニア水、グルコース粉末を用意する。
- 3) 1) とは別のプラスチック容器に0.1mol/le硝酸 銀水溶液を20滴入れる。
- 4) 3) に2moℓ/ℓ水酸化ナトリウム水溶液を4滴、 滴下し褐色の沈殿を生成する。
- 5) 3mol/lのアンモニア水を4~6滴、滴下し容器を ゆすって4) の褐色沈殿が小さい粒がわずかに残 るようにする。
- 6) 5) にグルコースの粉末を小さい薬さじで3杯 入れて、容器をゆすり、混ぜる。
- 7) 1) でカバーガラスを入れたプラスチック容器に、6) の溶液を全て入れる。しばらくすると、容器内の溶液が黒く変色し、カバーガラスの表





面に銀が析出する。(写真5)

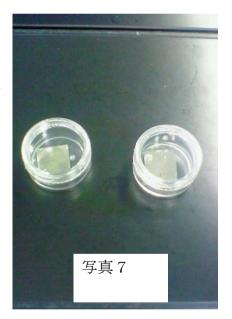
8)カバーガラスを取り出し、銀の付着していない面を硝酸または硝酸鉄(Ⅲ)水溶液を綿棒の先につけ、磨くと写真6のようなカバーガラスの鏡ができる。



3. 実験結果

容器はプラスチック製なので、銀はくっつかず、キムワイプ等で簡単に 拭き取れ、燃えるゴミとして処理できた。

この実験は高校の授業で行っていたときは、シャーレにスライドガラスを入れて行い、2人で硝酸銀水溶液を10ml(一人あたり5ml)使用していたが、この方法では全部の試薬を入れて1mlの弱であった。試薬と廃液の量を減らす事には成功したが、カバーガラスは割れやすく、鏡を生徒に持ち帰らせるには写真7のように容器に入れる必要がある。しかし、銀鏡反応を手軽に見せ、鏡の作り方を教える方法としては従来の方法より廃液や試薬の量が少なく、後片付けも楽な点で優れていると考える。



アルコールと水の混合に関するマイクロスケール実験

中川徹夫

NAKAGAWA Tetsuo

電気通信大学電気通信学部量子 · 物質工学科

【キーワード】 マイクロスケール実験、エタノール、メタノール、水、体積変化

1 目 的

溶液の調製時に、溶質-溶媒間には、体積の加成性が成立しない。中でも、エタノールと水の混合時における体積減少は有名であり、実験書¹⁾には、両者を 50 cm³ ずつ混合する事例が紹介されている。しかし、エタノールや蒸留水を大量に使用しなければならず、試薬の使用量や経費の点で問題がある。

本研究では、マイクロスケール化学実験の 観点から、エタノールまたはメタノールと水 の混合に伴う体積変化に関して検討した.

2 理論

理論の詳細は文献2)に譲る.

溶液の成分1と成分2のモル体積 $V_{m,i}(i=1,2)$ と過剰モル体積 V_m^E より,混合モル体積 V_m を算出する.これに,溶液の構成要素である溶質(成分1)と溶媒(成分2)の物質量の総和nを乗じると,混合後の体積Vが得られる.ここで,成分1,2をそれぞれ,アルコール(エタノールまたはメタノール),水とする.

3 計算

混合前の両成分の総体積が 10.00 cm^3 , 8.00 cm^3 および 6.00 cm^3 となるように、 25 °C に おける混合後の体積 V を計算した、 V_m^E の値 については、エタノール—水系については文献 3-6 より、メタノール—水系については、文献 4,6、および 7 より引用した.

4 実験

試薬として,エタノール,メタノール(いずれも1級試薬)と蒸留水を用いた.

室温において、エタノールの体積 V_1 と水の体積 V_2 が、混合前に $10.00~{\rm cm}^3$ となるように、両者の比を変化させた. 混合操作は、エタノールの体積を $1.00~{\rm cm}^3$ ずつ変化させて実施した. 共栓つき $10~{\rm cm}^3$ 用のメスシリンダーを用いて、両成分を別々に測り取り、水にエタノールを加えて十分振りまぜ、しばらく静置した後、混合後の体積 V を測定した. この操作を各組成

について5回ずつ反復した.

同様の操作により、エタノール 4.00 cm^3 と水 4.00 cm^3 , エタノールまたはメタノール 3.00 cm^3 と水 3.00 cm^3 の混合後の体積も測定した.

5 結果と考察

エタノールまたはメタノールと水との等体 積混合後の体積の実験値 $V_{\rm obsd}$ および計算値 $V_{\rm calcd}$ は、下記の通りである.

表1 エタノールと水の等体積混合

V_1 / cm ³	$V_{ m obsd}$ / cm ³	$V_{\rm calcd}$ / cm ³
5.00	9.64 ± 0.01	9.65^{3-6}
4.00	7.70 ± 0.01	7.72^{3-6}
3.00	5.77 ± 0.01	5.79^{3-6}

表 2 メタノールと水の等体積混合

V_1 / cm ³	$V_{\rm obsd}$ / cm ³	$V_{\rm calcd}$ / cm ³
3.00	5.77 ± 0.01	$5.79^{4,6}, 5.80^7$

 $V_{
m obsd}$ は $V_{
m calcd}$ と大変よく一致し、得られた結果は妥当であると判断できる.

アルコールと水の混合に伴う体積変化に関するマイクロスケール化学実験は,中学校から高等学校,さらには,大学に至るまで,幅広い校種における活用が期待できる内容である.

1 文 献

- 1) B. Z. Shakhashiri, 池本勲訳, 「教師のため の化学実験 ケミカルデモンストレーション 5 溶液とコロイド」, 丸善, 33 (1998).
- 2) 中川徹夫, 理科の教育, 56, 566 (2007).
- 3) International Critical Tables, Vol. III, McGraw Hill, New York, 1928.
- 4) S. Westmeier, Chem. Tech., 28, 350 (1976).
- 5) K. N. Marsh and A. E. Richards, *Aust. J. Chem.*, **33**, 2121 (1980).
- 6) G. C. Benson and O. Kiyohara, *J. Solution Chem.*, **9**, 791 (1980).
- 7) N. C. Patel and S. I. Sandler, *J. Chem. Eng. Data*, **30**, 218 (1985).

電荷量の測定を取り入れた簡便な水の電気分解実験

本橋健次, 鵜飼正敏, 仁藤 修, 橋詰研一, 松崎清司, 三沢和彦

東京農工大学工学部物理システム工学科 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16 motohasi@cc.tuat.ac.jp

【はじめに】

東京農工大学物理システム工学科で開講している物理システム工学基礎実験 I (1年生前期の基礎・専門教養科目)の中で、中和滴定、酸化還元反応、水の電気分解のマイクロスケール化学実験を導入した。このうち、電気分解の実験には消費電荷量の測定を取り入れ、学生たちが簡単にファラデーの電気分解の法則を確認できるように工夫した。マイクロスケールとまでは言えないが、安価な装置で簡単に定量測定が可能であり、よりコンパクトな装置に改良できる余地も十分にあると考えられるので、紹介する。

【方法】

図 1 に装置の写真を示す。60 mL のシリンジに 1 mL のシリンジを 2 本接続し、三個の活栓を取り付けた。装置の固定にはブックスタンドとスプリングクリップを用いた。1 mL シリンジの使用法は通常のマイクロスケール電気分解実験[1]と同じである。乾電池と直列に 10Ω の抵抗を接続し、両端の電位差をテスターで測定し、ストップウォッチで時間変化を記録する。テフロンビーカーに 100 mL の NaOH 溶液(0.2 mol/L)を入れ、これを 60 mL シリンジで吸上げて 1 mL シリンジに溜める準備作業も学生が行う。

【結果】

16 セットの装置を 2 名 1 組で割り当てた。図 2 に電流値の時間変化の一例を示す。 H_2 が 0.8mL の位置にある陰極(まち針)近くまで溜まると、電流が急速に減少するので、この間は 10 秒おきに測定させ、それ以外は 30 秒おきに測定させた。実験準備に約 20 分、測定に約 20 分、片付けに約 5 分要し、全体として 1 時間程度で終了した。

H₂ の体積から分解した水のモル数を計算させ、その 2 倍相当の電荷量が、電流値の時間積分 (図 2 の数値積分) により算出した電荷量に等しくなることを確認させた。80%の学生が測定値の 10%以内の誤差でファラデーの電気分解の法則が成立つことを確認した。しかし、中には50%近い差が現れたケースもあった。

参考文献

[1] 荻野和子, 化学と教育, 55 巻 2 号 (2007) 82.

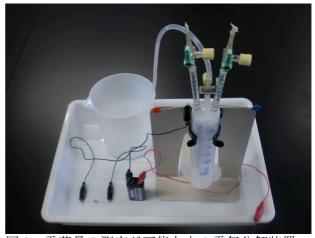


図1 電荷量の測定が可能な水の電気分解装置

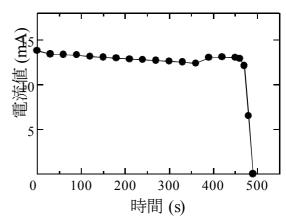


図2 電気分解中の電流値の時間変化

イオン化傾向と起電力

静岡県立大学短期大学部 原田 茂治1

金属のイオン化傾向を理解させる実験の一つとして、金属板とその金属塩溶液からなる 半電池を組み合わせた電池の起電力測定がある。これを簡便な方法で学生実験に取り入れ るために、12 ウェルプレートを使って予備実験を行ってみた。

ニラコ²から購入した板状の Ag, Cu, Pb, Zn, Al を, 17×50 mm に切断して電極板とした。金属塩として硝酸塩(特級または 1 級試薬) を用い、その濃度は 1 M とした。1 M KNO₃ 水溶液 100 mL に寒天 3 g を加え加熱溶解したのち、 2×3.5 mm シリコンチューブあるいは 2×4 mm クラウンライトエコチューブ³に吸い込んで作成した塩橋を、適当な長さに切断して半電池を接続するために使用した。ポリエチレンチューブも使用可能であるが、隣り合うウェルを接続するには少し固い。起電力測定には、入力インピーダンスが 1000 M Ω の電圧計(岩通 VOAC 7513)を用いた。測定は室温(25.4 – 25.7 $\mathbb C$)で行った。 2 ウェルを使用している電池を Fig. 1 に、5 ウェルを使用している M(s) | M(NO₃)n (1 M) || AgNO₃ (1 M) | Ag(s) を Fig. 2 に示した。



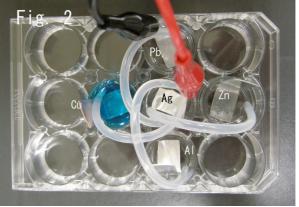


Fig. 2 の状態で、ミノムシクリップ(黒)を、 $Cu \rightarrow Pb \rightarrow Zn \rightarrow Al$ と付け替えてゆけば、 $Ag(s) \mid AgNO_3$ (1 M) を基準とする起電力が測定可能である。その測定結果の一例を Table 1 に示す。

Table 1 M(s) | M(NO₃)n (1 M) || AgNO₃ (1 M) | Ag(s)の起電力 E

N	I(s)	Cu	Pb	Zn	Al
E	Z/V	0.421	0.996	1.215	1.228

イオン化傾向の順を示す値は出ているが、標準電極電位から計算される値とは随分異なる値になった。さらに、この実験の問題点として、*E*の経時変化がかなり大きいことが挙げられる。亜鉛では測定中に明らかに板上に変化が見られたので、電流が流れすぎているのであろう。金属板あるいは塩橋そのものに起因する問題があるかもしれないし、電圧計の入力インピーダンスが低すぎるのかも知れない。事例報告会までには、これらの点をもう少し明らかにしておきたい。

1

^{1 〒422-8021} 静岡市駿河区小鹿 2-2-1 e-mail: haradas@u-shizuoka-ken.ac.jp

² ニラコ http://nilaco.jp/jp/index.php

³ クラウンライトエコチューブ http://www.hagitec.co.jp/kurauneko.htm

マイクロスケール実験による ヨードホルム反応

○堀内晶子、進 智史、吉野輝雄 国際基督教大学アーツ・サイエンス学科

はじめに

ョードホルム反応は、高校の「化学 I」に記載されている反応であるが、本学の3年生対象の有機化学実験 I の「アルデヒド、ケトンの典型的な反応」[1]として長い間テーマの一つとして実施して来た。2年前からこの実験をマイクロスケール化し、化学構造との関係を系統的に考察するテーマに改変した事例を今回紹介する。

1. 実験マニュアルの概要

実験の目的

ョードホルム反応とは、 $CH_3C=0$ 基をもっ化合物がョウ素、水酸化物イオンと反応し、ヨードホルム CHI_3 の沈殿を生じる反応である。

図1 アセトンのヨードホルム反応

ョードホルム反応をマイクロスケールで行い、アセトン以外の CH₃C=0 基および CH₃CHOH をもつ化合物について、ヨードホルム反応を起こす物質と化学構造の相関を調べる。また、ヨードホルム反応の反応機構について考察する。

必要な実験器具

12ウェル・マイクロプレート 1枚 (試薬配置用) 24ウェル・マイクロプレート 1枚 (反応用) プチボトル (サンプル入れ) ガラスサンプル管 (内径10mm) 20本 小試験管 (外径8mm, プラ栓付き, 反応用) 20本 廃液用ビーカー 1個 ろ紙 1枚 ミクロ金属スパーテル 1本 万能pH試験紙ポリピペット

必要な試薬

サンプルの水溶液またはメタノール溶液 (濃度約15%) 6mol/L NaOH水溶液 10mL ョウ素10%、ョウ化カリウム20%水溶液 10mL

サンプル

A群 (CH₂C=0 基をもつ化合物)

メタノール	(対照実験用)
水	(対照実験用)
アセトン	水溶液
2ーブタノン	メタノール溶液
アセトアルデヒド	水溶液
アセトフェノン	メタノール溶液
3ーペンタノン *	メタノール溶液
齊酸	水溶液

*はCH3CH5CO基をもつ

B群(アルコール類)

エタノール	水溶夜
1ープロパノール	水溶液
2ープロパノール	水溶液
1ーブタノール	メタノール溶液
tertーブチルアルコール	水溶液
2ーブタノール	メタノール溶液
イソブチルアルコール	メタノール溶液

実験手順

試薬の調製

各サンプルの15%溶液をつくり、ポリ容器 (プチボトル) に入れ、12ウェル・マイクロプレートに配置する。



写真 2 試薬の配置

反応用小試験管

基本操作

それぞれの小試験管に

- 1 サンプルの水溶液またはメタノール溶液を5滴
- 2 6mol/LNaOHを12滴

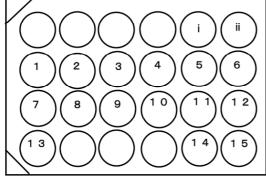
3 ヨウ素/ヨウ化カリウム水溶液を16滴の順で加え、試験管に栓をしてよく振り混ぜ、ヨードホルムの沈殿生成を確認する。 沈殿をろ紙にのせ、ヨードホルムの黄色結晶の形状とにおいを確認する。

考 察

- (I) ヨードホルム反応に陽性の化合物と 陰性の化合物での違いを考察する。
- (Ⅱ) ヨードホルム生成の反応機構を考察する。
- (III) 酢酸は $CH_3C=0$ 基をもつにもかかわらずなぜョードホルム反応を起こさないのか。 (IV) ョードホルム反応を起こすアルコール類にはどのような共通点があるか。ョードホルム反応を起こすメチルケトン類との関係を踏まえた上で考察する。

<ワークシート>

- 基本操作 小試験管に
- 1 サンプルの水溶液またはメタノール溶液を5滴
- 2 6 mol/4NaOH を 1 2 滴
- 3 ヨウ素/ヨウ化カリウム水溶液を16滴 の順で加え、試験管に枠をしてよく振り混ぜ、変化を観察する。



Sample No.	A 群(CH3C=O 基をもつ化合物)	反応予想	実験結果
i	純水(対照実験用)		
ii	メタノール(対照実験用)		
1	アセトン(水溶液)		
2	2-ブタノン(メタノール溶液)		
3	アセトアルデヒド(水溶液)		
4	アセトフェノン(メタノール溶液)		
5	※3ーペンタノン(メタノール溶液)		
6	酢酸(水溶液)		
	B 群(アルコール類)		
7	エタノール(水溶液)		
8	1-プロパノール(水溶液)		
9	2-プロパノール(水溶液)		
10	1-ブタノール(メタノール溶液)		
11	イソブチルアルコール(メタノール溶液)		
12	2-ブタノール(メタノール溶液)		
13	tert-ブチルアルコール(水溶液)		

3. マイクロスケール化について

- a. 従来[1]よりも 1/10 のスケールで実験の 目的が達成できることが分かった。
- b. マイクロプレートを使うことにより、実験結果を平面に広げて観察でき、化学構造との相関を考察がしやすくなった。
- c. ワークシートとマイクロプレートを組み合わせて使うことで、試薬を間違いなく加えることができ、実験時間が短縮された。サンプル溶液と試薬調製も入れ、ほとんどの学生が1時間以内で終了した。
- d. 有機化合物の多くがアクリル製のマイクロプレートを溶かすため、ウエルの中でヨードホルム反応を行うことができない。そこで、3 で述べたマイクロプレートの利点を生かす方法として、小試験管とサンプル管(試験管立て用)を使って反応を行った(図2)。

この方法は、多くの有機化学実験のマイクロスケール化に応用可能である。

e. 実験廃液の量が大幅に減少した。

4. 課題

a. アセトンのように水溶性のサンプルでは確実にヨードホルムが生成し結果が出るが、水に不溶なサンプルやアルデヒドの中には結果の判定が難しいものがある。解決法としてメタノールの追加、試験管の振り混ぜが有効であるが、教師が事前実験で解決法を確かめておくことが必要である。

b. プチボトルからサンプルを試験管に滴下する際にメタノール溶液の場合には滴数の制御が難しい。しかし、数回の試みでこつがつかめる。

5. おわりに

大学の有機化学実験で実施しているヨードホルム反応であるが、高校の化学実験に も応用可能であると考える。

ョードホルム反応は陽性、陰性を確認するだけの実験で済ませてしまうことが多い[1]が、対照サンプルをおき系統的に実験することで科学的方法を学ぶ機会となる。

参考文献

1. フィーザー/ウィリアムソン有機化学実験 原書8 版 第28章 p291.

マイクロケミストリーによる 光有機化学反応 ベンゾフェノンの光二量化反応

吉野輝雄

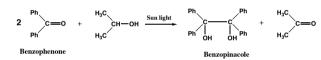
国際基督教大学アーツ・サイエンス学科

はじめに

本学の有機化学実験 I のテーマとしてベン ゾフェノンの光二量化反応を行っている。 これまでは、フィーザーの実験書[1]に従って 数グラムスケールで実験していたが、スケー ルを 1/20 にし、反応条件を科学的考察するマ ニュアルに変え、学習効果の高いテーマに改 変することができたので、ここに事例として 紹介する。

1. 実験マニュアルの概要

ベンゾフェノンの光二量化反応



目的: Benzophenone が 2-Propanol 溶媒中で太陽エネルギーによって二量化し、Benzopinacole を生成するマイクロスケール実験を行う。この反応条件を調べるために2-propanol 以外のアルコールを溶媒として用い、結果を比較する。また、この光反応のメカニズムについて考察する。

用意する試薬、器具類

Benzophenone 100 mg x11 回分=1.1 g

2-Propanol 50 mL

溶媒: Methanol, Ethanol, 1-Propanol

1-Butanol, 2-Butanol, Isobutyl alcohol, *tert*-Butyl alcohol 各 1 mL

10%酢酸 tert-Butyl methyl ether または酢酸エチル 溶液

0.5%NaOCH3 methanol 溶液

小試験管(1.5mL, 10 x 50mm·mm) 10 本

10 mL サンプル管 (小試験管立て用)

24 ウエル マイクロプレート 1個

100 mL ナスフラスコ 1 個 (減圧乾燥用) アルミホイル

TLC チャンバー 1個

Toluene (TLC 展開溶媒)

TLC プラスチックプレート(65x50 mm/mm)

ガラスキャピラリー

実験操作法

1. 対照実験① と標準実験② (図1)

Benzophenone 100 mg を 1.5 mL 小試験管に測り取る (11 本)。

- ① 対照実験用に 1mL の tert-Butyl methyl ether (または酢酸エチル) 溶液をつくる。
- ② <u>標準実験用に</u> 1mL の 2-Propanol 溶液をつくる。そこに 10%酢酸 *tert*-Butyl methyl ether 溶液を一滴加える。栓をしサンプル管を逆さに立て、野外で 1 週間太陽光に当てる。

2. 酢酸添加の意味を考察する実験

- ③10%酢酸溶液を添加しない反応液
- ④0.5%NaOCH₃溶液を一滴加えた弱塩基性反応液をつくり、標準実験と同じように実験を行って結果を比較する。

3. <u>2-Propanol を他のアルコール溶媒に変えて実験する。</u> (結果を予想せよ)。 2 つ選ぶ。

- 5Methanol, 6Ethanol, 71-Propanol,
- ①tert-Butyl alcohol

野外に置くと数日後から Benzopinacole の無色の結晶が析出し始める。1 週間後にピペットで溶媒を注意深く吸い出し、結晶を試験管に残す。試験管をアルミフォイルで包み100m L ナスフラスコに入れ、水浴で温めアスピレーターで 15 分間結晶を吸引乾燥。収量(収率)と融点を測定する。反応物と生成物のIR を測定し、反応物との構造の違いについて考察する。



図1 反応液を逆さに置いて太陽に当てる

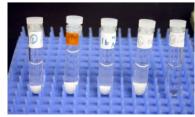


図2 1週間後

各反応生成物を Benzophenone, Benzopinacole, Bezhydrol (標準物質) と並べ TLC (展開溶媒; Toluene)で分析する。展開後 Morstein 試薬(モリブデンリン酸/硫酸セリウムの 10%硫酸溶液)でスポットを発色させ、Rf 値を比較して同定する (Benzophenone は発色しない)。

考察課題

- 1. 光の波長: Benzophenone の紫外可視スペクトルを調べ、どの吸収波長(光励起)が反応に使われているかを考察する[2]。
- 2. 反応系を弱酸性にする必要は何か。 NaOCH₃で弱塩基性にした場合の生成物に ついて考察する。
- 3. 光反応における 2-Propanol の役割は何か? 他のアルコールに変えた場合の結果を見 て言えることは何か?
- 4. この光反応メカニズムを考える[2]。

2. マイクロスケール化の効果について

- a. 従来の実験[1]では 100 mL のなすフラスコ に 2g の Benzophenone を約 110 mL の 2-Propanol に溶解して太陽光に当てていた が、これを 1/20 にスケールダウンさせた。これにより、単に使用する試薬量を削減で きただけでなく、他の反応条件と比較する 系統的な実験プログラムに改良すること ができた。
- b. 酢酸を少量加えた場合と加えない場合、逆に弱塩基性にした場合の結果とを TLC で比較することにより反応条件の影響について簡単に考察することができた。
- c. 2-Propanol の役割を調べるために他のアル コール類に変えて実験を行うこともでき る。
 - 特に、1級、2級、3級アルコールを含む4種のブタノール異性体について調べることにより、化学構造と光反応条件について考察できる実験プログラムを組むことができた。
- d. この反応はほぼ定量的に進行し、生成物が 2-Propanol に不溶であるという特徴をもつ ためマイクロスケール化が容易なケース である。すなわち、100 mg スケールの実験 であるが、mp, TLC, IR 測定に十分純粋な生成物が得られ、学生でも取り扱える量であることが、3年間の経験で分かった。

3. 課 題

- a. 対照実験として、はじめは Benzophenone の tert-Butyl methyl ether 溶液で行ったところ、反応液は透明であったが TLC 分析すると、わずかながら光二量化反応が起こっていることが分かった。そこで、酢酸エチル溶液に変えたところ光反応が起こらないことが分かり、対照実験としてより相応しいことが分かった。
- b. 小試験管を使うため1週の間には風雨で倒れ、太陽光の照射時間が不足することがある。そこで適当な重しを置き、風雨に備える必要がある。
- c. この光反応は 2-Propanol 以外のアルコール 中でも多少起こることが TLC で分かり、反 応メカニズムは実は単純ではない。学生が 解釈で混乱せず、できるだけ科学的な考察 をするよう指導すると、学習効果が上がる。
- d. 100 mg スケールの実験で行ったが、この実験には、次に続く課題として生成物のBenzopinacole のピナコロン転位反応が用意されている。そのためには、学生は生成物をよい収率で得なければならない。しかし中には、単離収率が低く、転位反応の実施が危うい学生が出る。そこで、光反応で2倍量の反応物を用い、同量の溶媒で実験できるかを調べたところ可能であることが分かった。そこで、場合によっては実験スケールを2倍にしてもよい。

3. おわりに

太陽光をエネルギーとして化学反応を行わせる有名なベンゾフェノンの光二量化反応をマイクロスケール化によって反応条件と反応溶媒を変えて簡便に実験することができ、従来よりも深く考察可能な実験テーマにできたと考えている。条件を学生に考えさせることで探求型のテーマにすることもできよう。このような方法は他の化学実験にも応用可能であると考えられる。

参考資料

フィーザー,「有機化学実験第8版」,50章
 徳丸克己,「有機光化学反応論」,東京化学同人

Welcome to the Forum of Microscale Chemistry Laboratory

HOME

実験室

資料室

リンク



フォーラム Forum

ZIPOSEME EXPERIMENT

告知板

ご 案 内 /Announcement



SPP (サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト)



マイクロスケール教員研修と事例報告会

2008年8月7日 (木) 、8日 (金)

於: 国際基督教大学理学館

詳細

情報揭示板

Information Boad

「マイクロスケール化学実験は楽しい」



「化学と工業」(日本化学会機関誌)の2008年4月号 『話題』欄に、荻野和子先生が「マイクロスケール化学実験は楽しい」という記事を書かれました。日本化学会から転載許可を頂きましたので、pdfファイルをアップロードします。

本研究会

実験例

実験テーマー覧

実験器具

教育実践例

活動・体験報告

参考資料

リンク集

•SPP2007 at ICU(教 員研修を目的とするマイクロスケール化学実験)報告書

内容:オーベンドラウフ教授による気体反応のデモ実験と講演

荻野和子教授、芝原寛 泰教授 の指導によるマイクロスケール実験ワークショプの概要、参加者のコメントと回答、 その他

Pdf版(30MBytes)



SPPマニュアル

SPP2007の写真報告:

•Viktor Obendrauf教授の最新論文(ICEE online journal)の和訳版

「教えやすく学習効果の高いスモールスケール実験」Word版、pdf版 2007

■■マイクロスケール化学メーリングリストのご案内■■

マイクロスケール化学の新しい動き、ワークショップ、 シンポジウムなどの ご案内、科学教育についての情報交換を目的としています。 2008年3月新たな形で発足



詳しい説明と加入法 New

42

<u>※ロゴマークにつ</u> いて

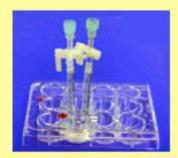
報告 1/Report 1

★★★ 教員研修を目的とするマイクロスケール化学実験 ★★★ SPP (Science Partnership Project) 2007年 8/16(木),17 (金),18(土

•特別講師:オ-ベンドラウフ教授(オーストリア/グラーツ大学)

•講師:荻野和子教授、芝原寬泰教授







*プログラムの詳細

SPP2007の写真報告:於:国際基督教大学(ICU)理学科

諸 報 告/ Reports

マイクロスケール実験ミニシンポ ジウ ム
--- Prof Obendraufを迎えて --

●2006年9月 28日 (木) 東北大学/●9月 30日 (土)日本化学会 好評の中に終了。写真による報告

◆本研究グループの研究成果発表会 2/16,17/2007 科学未来館にて

 SPP(Science Partnership Project)でマイクロスケール実験 テーマ:「マイクロケミストリーで見る化学の世界」 8/8,9/2006 国際基督教大学 (ICU)にて

お知らせ/Note

- 実験例(Online microscale experiments)を充実させました。
- 実験テーマに新たな記事が加わりました。
- Wikipediaでマイクロスケール実験("Microscale Chemistry"; (英語版)の解説が読めます。

May28, 2008

updated:

• <u>本研究グループが日本化学会・化学教育協議会の ワーキンググループの 一つ</u> <u>と認定されました(2006年8月14日)</u>。

マイクロスケール化学実験とは?

マイクロスケール実験は通常よりもも遥かに小さいスケールで行う実験です。スモールスケール実験と呼ぶこともあります。

- 1. マイクロスケール実験のメリット
- 2. マイクロスケール実験を行うにあたって
- 3. マイクロスケール実験の実際
- 4. <u>マイクロスケールケミストリーの今後の方</u> 向
- 5. <u>海外のマイクロスケールケミストリーの現</u> <u>状</u>
- ※『新しい化学教育法~マイクロスケールケミストリー~』

(荻野 和子、荻野 博、猪俣慎二) 放送大学研 究年報 2005

*<u>『環境にやさしい実験 -マイクロスケール</u> 実験の理念と実際』

(荻野和子) Power pointファイル

<u>マイクロスケール実験研究グループにつ</u> <u>いて</u>

(マイクロスケール実験WG)

マイクロスケール化学・メーリングリスト(ML)

mceml

MCE (マイクロスケール化学実験)



グループの説明: 国内外でMCE(マイクロスケール化学実験)活動が、あるところでは熱いほど活発に、またあるところでは地道に続けられています。この新しい科学教育法は、環境にやさしく、科学することの楽しさを生徒たちが体験学習できるところに特徴があります。しかし、日本ではまだ十分に認知されているとは言えません。そこで、MCEを実践する教師、学校が多くなることを目的として、「マイクロスケール化学研究グループ」(代表 東北大学名誉教授获野和子)では、MCEの特徴と理念、実際の方法などを紹介し、さらに意見交換をするためのメーリングリストを開設いたしました、また、ウエブページも公開しております。マイクロスケール化学実験に興味・関心のある方(小中高校、大学の教員、学生・院生、一般の方など)はどなたでも参加できます、お名前(フリガナ)、所属等、添付ファイル可能なメールアドレスを管理者あるいはshiba@kyokyo-u.ac.jp(京都教育大学芝原寛泰)までお送りください。

カテゴリ: 化学

マイクロスケール化学メーリングリスト(MCE-ML)ご加入の案内

皆さまご健勝の中ご活躍のことと思います。

マイクロスケール化学(MCE)にご関心をお持ちの皆様にメーリングリスト(ML)ご加入の案内をさせて頂きます。

国内外でMCE活動が、あるところでは熱いほど活発に、またあるところでは地道に続けられています。この新しい科学教育法は、環境にやさしく、科学することの楽しさを生徒たちが体験学習できるところに特徴があります。しかし、日本ではまだ十分に認知されているとは言えません。そこで、MCEを実践する教師、学校が多くなることを目的として、「マイクロスケール化学研究グループ」(代表 東北大学名誉教授 荻野和子)では、MCEの特徴と理念、実際の方法などを紹介するためのウエブページを開設しております(http://science.icu.ac.jp/MCE/)。

この度、このウエブページを拠点として、MCEの新しい教育研究の動きをお知らせし、ワークショップ、講演会、シンポジウムなどをご案内するMLをつくることに致しました。このMLを通じて互いにMCEを中心とする科学教育について活発な情報交換ができることも期待しております。

なお、メーリングリスト(ML)のホームページは、http://groups.yahoo.co.jp/group/mceml/でご覧頂けます。

ぜひご加入頂けるようご案内申し上げます。

ML参加希望者は

1. メールアドレス、

2. 名前 (読みがなをカタカナで)、

3. 所属機関名を、

MCE ML管理者(芝原寛泰 shiba@kyokyo-u.ac.jp)までメールでお知らせ下さい。 追って登録方法について、メールにてML管理者より案内させていただきます。

お知らせ頂いた個人情報は、このMLの目的以外には使用致しません。なお、MLのご利用の際には上記の趣旨を踏まえて頂き、良識とML利用の一般的なマナーを守って頂けるようご協力をお願い致します。

MCE ウエブサイト管理者 吉野輝雄 (国際基督教大学, yoshino@icu.ac.jp)

MCE ML管理者 芝原寬泰(京都教育大学, shiba@kyokyo-u.ac.jp)

MCE 代表 荻野和子 (東北大学名誉教授, oginok@ams.odn.ne.jp)

10. 参考資料

- ●マイクロスケール化学実験とは(荻野和子教授) http://science.icu.ac.jp/MCE/Whatmsc.html
- ●荻野 和子「マイクロスケール化学実験は楽しい」化学と工業,61,448(2008) http://science.icu.ac.jp/MCE/MCEOginoChemInd042008.pdf
- ●荻野 和子、 荻野 博、猪俣慎二, <u>『新しい化学教育法~マイクロスケールケミスト</u> リー~』(放送大学研究年報 2005 http://opac.u-air.ac.jp/nenpou/no23/009.pdf
- ●オーベンドラウフ教授の講演とデモ実験のPower Pointファイル(5.1MB)

英語版 http://science.icu.ac.jp/MCE/Japan2007presentation.ppt 日本語版 http://science.icu.ac.jp/MCE/Japan2007presentationJ.ppt

●オーベンドラウフ「**教えやすく学習効果の高いスモールスケール実験」**MORE SMALL SCALE HANDS ON EXPERIMENTS FOR EASIER TEACHING
AND LEARNING

http://science.icu.ac.jp/MCE/Obendraufstranslation806.doc

●2006年のSPP at ICU 「マイクロケミストリーで見る化学の世界」(高校生向けマイクロスケール実験講習会の記録)

http://science.icu.ac.jp/MCE/icusppreport.html

- ●SPP2007 at ICU(教員研修を目的とするマイクロスケール化学実験)報告書 http://science.icu.ac.jp/MCE/ICU_SPP2007FinalReport.pdf *マニュアル: http://science.icu.ac.jp/MCE/SPP07Manual/index.html
- ●マイクロスケール実験の例:
- 1. 電気分解と電池

荻野和子, 化学と教育、 55(2)82-83(2007).

東海林恵子・荻野和子, 化学と教育, 49(11), 712 (2001)

http://science.icu.ac.jp/MCE/waterdenkai.html

http://science.icu.ac.ip/MCE/daniellcell.html

2. 金属陽イオンの定性分析

http://natsci.kyokyo-u.ac.jp/~shiba/microscale/msHirobaOPEN.html http://science.icu.ac.ip/MCE/metalanalvsis.html

川本公二, 坂東 舞, 芝原寛泰, 化学と教育, 5 4 (10)548(2006)

2008 サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト
2007 SPP at ICU
「マイクロスケール化学実験による
教育法の研修および実践例の紹介」
マニュアル

発行 国際基督教大学教養学部理学科 〒181-8585 東京都三鷹市大沢 3-1 0-2 2008 年 7 月 15 日

北原和夫 0422-33-3252 kazuo@icu.ac.jp 吉野輝雄 0422-33-3281 yoshino@icu.ac.jp 堀内晶子 0422-33-3280 horiuchi@icu.ac.jp

7. SPP 2008 写真による記録





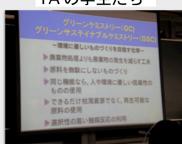
8/7 荻野先生の講演



実験キット1



TA の学生たち

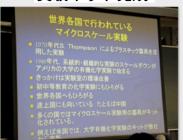




ワークショップ1



実験キット完成





「電気分解と電池」





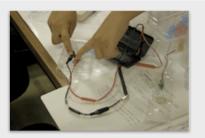
芝原先生の実験の説明













北原先生の説明



ワークショップ2「金属イオンの分析」





実験廃液の処理



参加者記念撮影





8/8 事例発表の部



東海林先生





マイクロスケールで学覧 実践例と

奥村先生





堀内先生







MCE メーリングについて 説明する芝原先生

8. 工夫した点、反省と評価

A. 研修のねらいを達成するための留意点・工夫点

- 1. マイクロスケール化学の初心者が参加することを想定し、基本理念の講演と2つのマイクロスケール化学実験を両講師のご指導で全参加者に経験して頂いた。ここで、参加者全員が、マイクロスケール化学実験のキット(2箱)を持ち帰り、現場ですぐに実施できるように工夫した。そのために TAを組織し、主催者側で参加者数用意した。また、すぐに実施に役立つマニュアルを作成し、カラー版で配布した
- 2. 経験者による事例発表(Aに記載した通り)を採り入れた。
- 3. すでに開設済みのマイクロスケール化学ホームページの有効な使い方を実際のウエブ画面を見せながら説明した。また、同時に、メーリングリストによる日常の情報交換を勧めた。
- B. 参加教員が、研修の成果を学校の教育活動に還元できるように するための留意点・工夫点
 - 研修で使用したマイクロスケール化学実験のキット(2箱)を持ち帰って 頂いたこと。
 - 2. 上記B3に記したように、すでに開設されているマイクロスケール化学ホームページの使い方を実際のウエブ画面を見せながら説明した。また、同時に、メーリングリストによる日常の教育活動の中で相談、工夫点の紹介、情報交換などを勧めた。
 - 3. 昨年度の SPP 報告書(マイクロスケール化学)を参考資料として配布した。

C. 反省と評価

- ・研修の評価方法と結果
- 1. アンケート(JST 作成のものと、主催者側で作成したもの)の回答を分析 した。その結果、参加者のほとんどが今回の研修を高く評価していた。 参加者の90%以上が授業に取り入れている、あるいは取り入れたいと回答。

- 2. 研修中、終始、真剣さと適度な緊張感が支配していた(記録写真 第7節)。 詳細が別途配布する CD-ROM アルバムに収められている。
- 3. 研修後、メーリングテストにその後の実施経験や、質問が寄せられた。 メーリングリストに既に参加している人と今回参加申込みをした人の合計 が85%であった。
- 4. 10 月に行われたイスラエルのレビネ博士のマイクロスケール化学講演会 (本学、東北大学、京都教育大学)に SPP 参加者の何人かが参加した。本学 での講演会には、学外から 5 人の SPP 参加者が出席した。
- 5. TA が研修プログラムを高く評価していた(アンケートと後での聞き取り)。 今後も機会があれば SPP 研修に協力すると回答した TA の数は9名中7名 (他に1名はどちらかといえば協力する)。また、マイクロスケール化学教 育法を目の当たりにして環境教育的にも素晴らしいと評価した。
- 6. アンケートの結果(講師、実施者、TA、参加者)を JST に提出しているが、 JST で分析、評価した結果をフィードバックして頂きたい。

D. 今後の発展性・課題等

- a) 連携のあり方について
 - 1. 講師、事例発表者によって充実したプログラムをもつことができたことを振り返ると、連携の意義が大きいと感じた。但し、近隣県ではない場合には 旅費が必要であり、そのための事務量も負担となる。
 - 2. 近隣の県の教育委員会との連携で中高校の理科教員の参加を期待したが、 消極的であった。理由は不明である。大学からでは分からない事情が背後に あると思われるが、それに対して適切な助言を与えてくれる機関と連絡でき ると有難い。
- b) 研修内容、参加教員や学校現場への影響・効果について
 - 1. 研修内容は、上に記したようにすぐに現場に応用可能なテーマであり、それを補助するために実験キットを持ち帰って頂いた。しかし、教育現場では、多忙な仕事の中で実験準備がどれだけできるかが問題と想われる。キットによりデモ実験はすぐに可能だと思うが、生徒が参加する本来のマイクロスケール化学実験を実施するには、学校長の理解、予算的措置などについて適切な配慮と指導が必要であろう。

- 2. SPP 教員研修の対象は主に中高等学校の教師だが、大学の基礎化学、有機化学の学生実験にも応用可能であることが、今回の事例発表から分かった。実験スケールを小さくすることにより、試薬や溶媒の節約となり、廃棄溶媒も少なくなるという利点がある。また、小さなスケールで行うことにより細心の注意をもって実験する態度が養われる。蒸留のような物質の取扱い技術を習得する場面ではなく、化学の概念を学ぶにはマイクロスケール化学が最適と言える。
- 3. 参加者が異口同音に言われるのは、実験器具の入手法を知りたい、ということであった。これについては、すでにマイクロスケール化学のホームページに記載されているが、さらに経験者からの具体的な助言が必要と思われる。メーリングリストに参加することにより、経験者に質問できるので、活用することで解決の道が開かれるので、今後とも参加を勧めたい。

mceml

MCE (マイクロスケール化学実験)



グループの説明: 国内外でMCE(マイクロスケール化学実験)活動が、あるところでは熱いほど活発に、またあるところでは地道に続けられています。この新しい科学教育法は、環境にやさしく、科学することの楽しさを生徒たちが体験学習できるところに特徴があります。しかし、日本ではまだ十分に認知されているとは言えません。そこで、MCEを実践する教師、学校が多くなることを目的として、「マイクロスケール化学研究グループ」(代表 東北大学名誉教授荻野和子)では、MCEの特徴と理念、実際の方法などを紹介し、さらに意見交換をするためのメーリングリストを開設いたしました。また、ウエブページも公開しております。マイクロスケール化学実験に興味・関心のある方(小中高校、大学の教員、学生・院生、一般の方など)はどなたでも参加できます。お名前(フリガナ)、所属等、添付ファイル可能なメールアドレスを管理者あるいはshiba@kyokyo-u.ac.jp(京都教育大学芝原寛泰)までお送りください。

カテゴリ: 化学

http://groups.yahoo.co.jp/group/mceml/

2008 SPP(サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト)at ICU

「マイクロスケール化学実験による教育法の研修および実践例の紹介」

国際基督教大学教養学部アーツ・サイエンス学科

== 【アンケート】 == 8/7, 8/2008

	中学校	□高校	専門)は? □大学 □理科全般		□大学院生	□その他)	()
	生徒実際	険として行 デモ) 実験	徒(学生)実験 っている。 として行ってい [。]	4	すか? 拝間回位 拝間回位			
3.	□はい 具体的	内な実験テ	化学実験(MCE) ーマとしては? :徒の反応は?		して取り入れて	いますか? 		
	□いい <i>え</i> □取り <i>え</i>	_	考えている。	□予定(はない。			
	MCE をst S考えです		して取り入れる	場合の障壁(があるとすれば)を越えるだ	ためには何]が必要だと
5.	希望する	る場合, ど	なするために実態 の程度の価格が えた方がよいと	よいとお考えて	ですか?	_		
	• — •	事例発表にで なった	ついて □今後も行う	べき □あ	まり参考になら	なかった		
	□HP □ML	を利用して への加入を	-ジ(HP), メーリ いる。 □M を希望する → 待しますか?	ILに加入して	いる。			
]	プンケー 	~に回答い	ただきありがと 	うございます。 			_	
● å	お差し支	えなければ	、お名前、メー	ルアドレスを	お書き下さい。			

メールアドレス:

名前:

==	【アンケート】 ==	8/7, 8/200
----	------------	------------

08

1. 勤務先	とご担当	(専門) は?				
□中学校	□高校	口大学	□大学生	□大学院生	回その他(青坪でソー)
口化学	口物理	口理科全般	口その他()	

127-2° 2 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか? 口生徒実験として行っている。 年間 4 回位 年間 8 回位 口油示 (デモ) 実験として行っている。

3 マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取り入れていますか? MILL

配給解 笑ヤベッ 銀銭五仁 具体的な実験テーマとしては? LZE 包1, 3次產毛 飲戶下 MMCE を受けた生徒の反応は?

口いいえ

口行っていない。

口取り入れたいと考えている。 口予定はない。

4 MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには何が必要だと お考えですか?

セレアレートン注射器かも、とうにスリヤかとより

- 5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? DAはい 安いなる安いそろれいです 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? 特に火をなり、を眼れんはずれ入るのか 試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか?
- 6. 今回の事例発表について

ご意見:中学情报·授勤中で行行更贬 と多く紹介(2份(4)

==	【アンケート】	==	8/7, 8/200
----	---------	----	------------

1. 勤務先とご担当(専門)は? □中学校 (口高校 □大学 □大学生 □大学院 □化学 □物理 図理科全般 四その他((人を変し	完生 □その他())
2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか? 1. 生徒実験として行っている。 年間 8 1. 上野 (デモ)実験として行っている。 年間 5 1. 口行っていない。 日行っていない。	_回位 _回位
3. マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取りたのはい 具体的な実験テーマとしては? MCE を受けた生徒の反応は?	入れていますか?
図取り入れたいと考えている。	
4. MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすお考えですか? お考えですか? 大人は9 でおりましました。	すれば)を越えるためには何が必要だと

5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? **位はい** 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? **次方では、年**度 試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか? **位後** (内容にたる)

6. 今回の事例発表について 図参考になった □今後も行うべき □あまり参考にならなかった ご意見: 同じようセトクネでも 図った えっながお1ことが・4 ケッペ

== 【アンケート】 == 8/7,8/2008

		1-7 ——	6/1, 6/2005
1. 勤務先とご担当			
themes where	C ***	 [] _1_ 444 (845 44_	57 A /h /

- ・ 立中学校 図高校 □大学 □大学生 □大学院生 □その他() ・ 立化学 □物理 □理科全般 □その他() 2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか? □□ とりがっていています。

- □はい 具体的な実験テーマとしては? □MCE を受けた生徒の反応は?
- 口いいえ 切取り入れたいと考えている。 ロ予定はない。
- - というです。 との程度の価格がよいとお考えですか? 25をから しょうという かんなってん

			==	【アンケー	F]	==	8/7, 8/2	008	
	口中学校		専門)は? ☑大学 □理科全般			学院生	□その他())
2	 四生徒実	験として行 デモ)実験。	徒(学生)実 ! っている。 として行ってい		年間	90 回位 回位			
3	□はい 具 体 的	的な実験テ	化学実験(MC) - マとしては <i>*</i> 徒の反応は?		として取	り入れてい	ハますか? 		
	図いいた	_	考えている。	口予知	とはない	0			
4	お考えで			る場合の障壁	(がある	とすれば)	を越えるため	には何が必要が	だと
5	希望する	る場合, ど	なするために実 の程度の価格/ えた方がよい	がよいとお考え	えですか	?	しますか? 圧	がはい 	
6		事例発表に1 なった	ついて □今後も行	· うべき 🛘	あまり参	考になら	なかった		

【アンケート】 == 8/7. 8/2008

- 1. 勤務先とご担当(専門)は?
- □中学校□□高校 口大学 □大学院生 口その他(□大学生 口物理 □理科全般 □その他(
- 5012 10 2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか? 间位 位生徒実験として行っている。 年間
- 内海示 (デモ) 実験として行っている。 年間 同位
- 口行っていない。 3 マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取り入れていますか?
- 口はい 具体的な実験テーマとしては? □MCE を受けた生徒の反応は?

お考えですか?

6. 今回の事例発表について

- 口いいえ ア取り入れたいと考えている。 口予定はない。
- 準備の時間 5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? 立はい

4. MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには何が必要だと

- 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? _1セット 数百円 試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか? ダウ
- □参考になった □今後も行うべき □あまり参考にならなかった ご意見:

様はなんなんで行うを聞くのは多ななかました。今後、一個でも やってみようと思います

==	【アンケート】	==	8/7, 8/2008
----	---------	----	-------------

	口中学校	とご担当(山高校 口物理	専門)は? □大学 □理科全般	□大学生 □その他(□大学院生	□その他())
	ሷ生徒実績	験として行 デモ) 実験	徒(学生)実験 っている。 として行ってい	:	すか? <i>₀</i> 年間 <u> / 0</u> 回位 年間 <u>/ 0</u> 回位		
3	□はい 具体	的な実験テ	化学実験(MCE) ーマとしては? 徒の反応は?		して取り入れて	いますか? 	
	成取り		考えている。	□予定	はない。		
	. MCE を お考えで		して取り入れる	場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには	は何が必要だと
5	希望す	る場合、ど		よいとお考え	ですか? <u>//</u>	!!しますか? □は く 500円くらい いまり。	`
	. 今回の? 口参考に	事例発表に [*] なった	ついて □ □ 今後も行う	べき 口あ	うまり参考になら	なかった	

ご意見:

【アンケート】 == 8/7, 8/2008

- 1. 勤務先とご担当(専門)は?
 - 口中学校 图高校 口大学 □大学生 □大学院生 □その他(
 - □化学 □物理 □理科全般 □その他(

 - 2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか?
 - 区生徒実験として行っている。 年間 回位
 - **加**演示(デモ)実験として行っている。 年間 回位
 - 口行っていない。

口いいえ

お考えですか?

- 3. マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取り入れていますか?
 - 口はい 具体的な実験テーマとしては?
- □MCE を受けた生徒の反応は?
- 図取り入れたいと考えている。 □予定はない。 4. MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには何が必要だと
- 车颗颗电光3之3:2.
- 5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? Idu 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? 試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか?
- 6. 今回の事例発表について **団参考になった** □今後も行うべき □あまり参考にならなかった
 - ご意見: 現場の生の実践例成うかなって参考いなりました。
 - 特化、失效例中課題、実験上aコツカビ。

==	【アンケート	.] ==	8/7, 8/2008
		4	0,1,0,200

== 【アンケート】 == 8/7, 8/2008
□中学校 □高校 □大学 □大学生 □大学院生 □その他()
山化学 口物理 口理科全般 田子の他(小学校理科) (化学分野)
2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか?
□生徒実験として行っている。 年間回位
□演示(デモ)実験として行っている。 年間回位
必行っていない。
3. マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取り入れていますか? □はい ■具体的な実験テーマとしては? □MCE を受けた生徒の反応は? □Liviえ
4.MCEを生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには何が必要だとお考えですか? 試養等で、小分十したりする事前準備
5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? □はい

試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか?

□あまり参考にならなかった ご意見:

初めて MCE で実際に拝見しました。

とても興味深く、自分でもやてみようという意欲からまれた。

		r	,	-] – –	8/1, 8/2008	
1. 勤務先とる □中学校 [□化学 [□高校	評)は? □大学 □理科全般	☑大学生 □その他(· □大学院生	□その他())
□生徒実験る	として行っ モ)実験と	E(学生)実験 ている。 ∶して行ってい	4	すか? 拝間回位 拝間回位		
□はい 具体的が □MCE を	な実験テー 受けた生 役	ど学実験(MCE) ・マとしては? ŧの反応は? チえている。	を生徒実験と ロ予定(して取り入れて(はない。	いますか? 	
4. MCE を生っ お考えです?		_ン て取り入れる	場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには何	が必要だと

6. 今回の事例発表について☑参考になった□今後も行うべき□あまり参考にならなかったご意見:

試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか?

5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? □はい 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? ______

1. 勤務先とご担当(専門)は?□中学校 □高校 □大学 □大学生 □大学院生 ☑その他(高等)☑化学 □物理 □理科全般 □その他())
 2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか? ☑生徒実験として行っている。 年間 <u>(0</u> 回位 □演示(デモ)実験として行っている。 年間 <u>回位</u> □行っていない。 	
3. マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取り入れていますか? □はい 具体的な実験テーマとしては? □MCE を受けた生徒の反応は?	
望いいえ ☑取り入れたいと考えている。 □予定はない。	
4. MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには何が必要 お考えですか?	だと

【アンケート】 ==

8/7, 8/2008

近山教が開発のる智持

5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? □はい 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? 試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか? なくてもよい 倒面にする

6. 今回の事例発表について □ 参考になった □ 今後も行うべき □ あまり参考にならなかった ご意見:

==	【アンケー	F] ==	8/7, 8/2008
----	-------	--------------	-------------

1. 勤務先とご担当(専門)は?□中学校 □高校 四大学 □大学生団化学 □物理 □理科全般 □その他	
2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行ってい 回生徒実験として行っている。□演示(デモ)実験として行っている。□行っていない。	\ますか? 年間 <u>→20</u> 回位 年間 <u>→20</u> 回位
3. マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験 図はい	受え分解 ・ 電気分解
具体的な実験テーマとしては? <u>電火</u> 図MCE を受けた生徒の反応は?	
□いいえ □取り入れたいと考えている。 □₹	定はない。
4. MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁	達(があるとすれば)を越えるためには何が必要だと

お考えですか? 作成すれて実験でかくつかりの数

5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? 図はい 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? <u>3650円</u> 試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか?

6. 今回の事例発表について

□ 参考になった □ 今後も行うべき □ あまり参考にならなかった ご意見:

		==	【アンケート	.] ==	8/7, 8/2	8008
1. 勤務先とる	ご担当	(専門) は?		·		
			□大学生		□その他(
四化学 「	7物理	四種科全級	口子の他()	

- 2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか? 区生徒実験として行っている。 回位
 - □演示 (デモ) 実験として行っている。 回位 年間 口行っていない。

具体的な実験テーマとしては? 定はる折

MILLI

3. マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取り入れていますか?

□MCE を受けた生徒の反応は? 生徒は倒はしむて飛り組んでくれて

- 口いいえ □取り入れたいと考えている。 口予定はない。 4. MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには何が必要だと
- お考えですか? 子弟的力面、敬材方で購入してみると数が夕く注入(100個)したくてはあらたいので、予算が直流い 72 NY 921192
- 5. MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? <u>2000円~2500円</u> 試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか? 6. 今回の事例発表について
- 17参考になった □今後も行うべき □あまり参考にならなかった ご意見: マイクロプルートとどうしても使わなくてはならないあけではなりので、エモにおって何とかわまと 感じました。

==	【アンケート】	==	8/7, 8/2008
----	---------	----	-------------

1. 勤務	先とご担当	(専門) は?				
□中学	校 図高校	□大学	□大学生	□大学院生	□その他()
☑化学	□物理	□理科全般	□その他()	
2. 学校	(大学)で	生徒(学生)実験	を行っていま	すか?		
☑生徒:	実験として行	行っている。	:	年間回位		
□演示	(デモ)実験	険として行っている	5.	年間回位		
□行って	ていない。					
3. マイ	クロスケー	ル化学実験(MCE)	を生徒実験と	して取り入れて	いますか?	
図は	l1		. 33			
具	体的な実験	テーマとしては?	タニエ	儿室的		
□МО	E を受けた	生徒の反応は?	非常	1- 611		
□W	いえ					
□取	り入れたい。	と考えている。	□予定	はない。		
		として取り入れる	場合の障壁(があるとすれば	りを越えるため	には何が必要だと
お考え	ですか?	用意的時間	nの 矢豆絲	sie		

6. 今回の事例発表について☑参考になった□今後も行うべき□あまり参考にならなかったご意見:

1. 勤務先とご担当(専門)は?□中学校 □高校 □大学 □大学生 □大学院生 □その他(□位化学 □物理 □理科全般 □その他()
 2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか? □生徒実験として行っている。 年間 / ○ 回位 □演示(デモ)実験として行っている。 年間 回位 □行っていない。 	
3. マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取り入れていますか?	
□いいえ □取り入れたいと考えている。 □予定はない。	
4. MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすれば)を越えるた お考えですか?	:めには何が必要だと
5 MCEを実行/普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか?	□はい

== 【アンケート】 ==

8/7, 8/2008

6. 今回の事例発表について □参考になった □今後も行うべき □あまり参考にならなかった ご意見:

試薬もキットに加えた方がよいとお考えですか? _____

希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? _____

==	【アンケート】	==	8/7, 8/2008
----	---------	----	-------------

口中学	统とご担当(校 □高校 □物理		□大学生 □その他(□大学院生	□その他())
□生徒 □演示	実験として行	徒(学生)実験 っている。 として行ってい ²	1	すか? 年間 <u>2⁶</u> 回位 年間 <u></u> 回位	←鲜寒颗型	3
世は 具 □M	い 体的な実験テ		理科教	身の授業でき 乗量も成立す		愈担如为 。
お考え す。 1、W 5 5 · M C	ですか? り おなて いたいても Eを実行ノ普及 する場合、ど	実験内容 たがある(*) Bytackoli実験	かり そくかのスケー は器具・試薬の よいとお考え	7 場合. 個 心実験·導 ル実験・ ですか? 1セ)を越えるためには何 日々9数月9意 入についても、であり としますか? ははい シト 1000~2000	見か取り入引を得られ
山参考	の事例発表になった。			まり参考になら .して いた ん		

==	【アンケート】 ==	8/7, 8/2008
 勤務先とご担当(専門)は? □中学校 凹高校 □大学 □化学 □物理 □理科全般 	□大学生 □大学院生 □その他(□その他 ()
2. 学校(大学)で生徒(学生)実験 □生徒実験として行っている。 ☑演示(デモ)実験として行ってい □行っていない。	年間 <u>35</u> 回位	デーマルとって1日で3か? 「学春の回数で3か?」 「クラス島の回数でか?」 実験差り使用回数です? この質問かあいかりまです。
3. マイクロスケール化学実験(MCI □はい 具体的な実験テーマとしてはて □MCE を受けた生徒の反応は?	E)を生徒実験として取り入れて	
□取り入れたいと考えている。4. MCE を生徒実験として取り入れる	□予定はない。 る場合の障壁(があるとすれば	ば)を越えるためには何が必要だと
お考えですか?指導者か、井傍		新規的影响到的大學等在了
5. MCEを実行/普及するために実 希望する場合, どの程度の価格が 試薬もキットに加えた方がよい	がよいとお考えですか? 位生	18 2 2 Cm.
6. 今回の事例発表について ①参考になった □今後も行 対意見: 「研修会の気がでいるない見		152 20 40, 80, 80, 00 set 500

1. 勤務先とご担当(専門)は?

口中学校 口高校 口大学 □大学生 **厂大学院生** 口その他(□化学 □物理 □理科全般 □その他(

2. 学校(大学)で生徒(学生)実験を行っていますか?

年間 20 回位

□生徒実験として行っている。

年間 口滝示 (デモ) 実験として行っている。 回位

口行っていない。

□MCE を受けた生徒の反応は?

3. マイクロスケール化学実験(MCE)を生徒実験として取り入れていますか? 付はい はい 具体的な実験テーマとしては? <u>「そそんと・ろかずそいある内宅で、スモルスケーならく</u> でもも

7347 303123118的74日 口いいえ 口取り入れたいと考えている。 口予定はない。

4. MCE を生徒実験として取り入れる場合の障壁(があるとすれば)を越えるためには何が必要だと お考えですか? お科ないと思う。 エ夫次第でもとる施各様的多彩ケ てきそうに思われるので

5. MCEを実行(普及するために実験器具・試薬のキット化を希望しますか? 口ない 希望する場合、どの程度の価格がよいとお考えですか? あるりではあってないとなが、必年

6. 今回の事例発表について □あまり参考にならなかった ご意見:

大震去长少力。行人之一更强如,以3以39社免费6岁了行动了 いるンケチかりてよかった

謝辞

2008 SPP at ICU 理数系教員指導力向上研修プログラムの実施に当たり、多くの方々にお世話になり、ご協力頂きました。 ここに名前を挙げて感謝の意を表したいと思います。

荻野和子教授 芝原寛泰教授 日比谷潤子, ICU 学務副学長 岡野 健, 理学館長 伊藤 卓教授、日本化学会化学教育ディビジョン主査

ICU 職員:

横澤 進さん岩田 甫さん阿部信宏さん山川由雄さん佐藤 雅昭高井雅一さん

曽根朋子さん

TA の学生:

小川藍子、磯村洵子、樋口ゆたか、相原絵美、武井里紗鷹野泰志、谷本瑞香、大谷徹也、伊藤嘉奈子、藤澤裕佳

独立行政法人・日本科学技術振興機構(JST)

北原和夫 吉野輝雄 堀内晶子

2009年1月15日

2008 サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト 2008 SPP at ICU

理数系教員指導力向上研修

「マイクロスケール化学実験による教育法の研修お よび実践例の紹介」(整理番号:教大81033) ICU_SPP2008FinalReport.pdf

発行

国際基督教大学教養学部アーツ・サイエンス学科 〒181-8585 東京都三鷹市大沢 3-10-2 2009年1月15日

北原和夫 0422-33-3252 kazuo@icu.ac.jp

吉野輝雄 0422-33-3281 yoshino@icu.ac.jp

堀内晶子 0422-33-3280 horiuchi@icu.ac.jp