

日本国際教養学会 JAILA 第5回全国大会  
東京理科大学・葛飾キャンパス 2016-03-13

# 工学系学部の大学1年生教養基礎科学 実験授業における各種教材開発と工夫

化学の3本柱、アトラクション、推薦図書紹介、  
化学実験の原則、マイクロスケール化

大橋 一隆  
(電通大 非常勤講師)

# 概要

工学系の大学1年生を対象とする化学実験授業において、考える力の養成、視野の拡大を目的として教材開発を行った実践報告である。教科書の理解のための独自教材の開発、先端科学などのトピックスをアトラクションとして紹介するための教材、推薦図書を紹介、化学実験で身につけて欲しいこと等である。授業効果を測定するためのアンケート調査も行い、その結果について報告する予定である。工夫の一例として、グリーンケミストリーの観点から、実験のマイクロスケール化も行った。

# 発表概要

背景Ⅰ 動機

背景Ⅱ 電通大・化学実験授業

開発した教材と工夫

1. 化学の3本柱 →教科書全体の理解のために
2. アトラクション (アンケート実施) →視野の拡大
3. 推薦図書紹介 (アンケート実施)
4. 化学実験の原則 →是非、身につけてほしいこと
5. マイクロスケール化 グリーンケミストリーの観点から

# 背景 I 動機

本発表で報告する教育を実践するモチベーション

- もし、自分が学生であったならば、是非受講してみたい授業にしたかった！納得できる内容
- なぜ、化学実験を学ぶのか？（学生時代からの疑問）  
→「化学実験」の位置づけ
- この機会（化学実験授業の受講）を、各自の世界をひろげる契機になれば、という願い（祈り）

# 背景Ⅱ-1 電通大・化学実験授業

電気通信大学 1年次化学実験

→ 基礎科学実験B(化学実験)

学部一年生対象 全学共通必修科目

半期(前期または後期)

全12テーマの実験実習(+再実験1回)

+ガイダンス1回+講義(レポート講評)1回  
=15回授業

成績評価 全12通のレポートの評点、出席点

# 背景Ⅱ-2 電通大・化学実験授業

実験テーマ・No.1-6 (括弧内は略称)

教科書での名称 ※テーマ毎に担当教員は固定

中和滴定 (pH)

エステルの加水分解反応速度 (反応速度)

定性分析 (定性)

計算化学による温室効果ガスの評価 (計算化学)

アスピリンの合成 (アスピリン)

赤外吸収スペクトル (赤外)

# 背景Ⅱ-3 電通大・化学実験授業

実験テーマ・No.7-12 (括弧内は略称)

教科書での名称 ※テーマ毎に担当教員は固定

デュマ法による分子量測定(分子量)

ダニエル電池 の起電力測定(電池)

コロイド(コロイド)

吸光光度法による鉄の定量(比色)

紫外可視吸収スペクトルと分子軌道(MO)

カフェインの抽出と紫外吸収スペクトル(カフェイン)

# 開発した教材と工夫

## 1.化学の3本柱(1)

背景 教科書(実験書)の全体的な理解

→ 学生の理解と教科書のレベルのギャップを埋めるの補助線みたいなもの

教科書のレベルが高い!!!

→ 化学を専門とする学部教育の全てを圧縮して、まとめたような内容  
(理学部・化学科、学部実験相当)

背景・・・編纂された先生方の親心と思われる

★★★教員の腕の見せ所



# 開発した教材と工夫

## 1.化学の3本柱(2)

### 目標

化学という学問の本質「分子や原子の離合集散、およびこれに伴うエネルギー変化や電子状態の変化」を理解し、化学の3本柱（①合成、②分離、③分析）を通じて、教科書の全体的な理解を目指す

# 教養教育の実践例

## 1. 化学の3本柱(3)

現状として、「化学とは何か？」という問いかけに  
対して、ほとんどの学生さん達は回答できない！  
→高校教科書にほとんど書いていないし、考えたこ  
とも無い

化学という学問＝「分子や原子の離合集散、および  
これに伴うエネルギー変化や電子状態の変化」を  
取り扱うのが、化学という学問の本質

※伝説の大西憲昇の化学の授業をもとに再構成

# 教養教育の実践例

## 1.化学の3本柱(4)

化学の3本柱・・・工業化学的見地から

- ① 合成 目的物を作る
- ② 分離 目的物を取り出す、濃縮
- ③ 分析 目的物の確認、検査

※教科書の全12テーマ(先のスライド参照)は、必ず  
①～③に当てはまる(計算化学、MOは例外)  
(宿題)

例外:計算化学、MO→どのように考えれば良いか?

# 開発した教材と工夫

## 2.アトラクション(1)

トピックス → アトラクション という名称に変更  
狙い 楽しいイメージをもってもらう

アトラクションでは、導入として、クイズを使用

例：実験テーマ 「MO」

キーワード 放射光

「はやぶさ」に関係あるものは？・・・7択

# 開発した教材と工夫

## 2.アトラクション(2)

トピックス(アトラクション)の例(実施テーマの略称)

マリー・キュリーの実験 (定性)※東大入試問題

$2+2=5$  (全テーマ)※小説「1984」から

放射光(MO)

加速器科学(MOなど)

オイラーの公式(全テーマ)

# 開発した教材と工夫

## 2.アトラクション(3)

「MO」 紫外可視光吸収スペクトルと分子軌道法

実験前講義中、アトラクション「放射光」紹介

PC実習1 アルゴン原子の電子状態計算

PC実習2 色素分子の共役系 $\pi$ 電子の  
状態計算(分子軌道法)

機器分析実験 スペクトル実験

色素についての可視吸収スペクトル測定

# 開発した教材と工夫

## 2.アトラクション(4)

クイズ 「はやぶさ」と関連があるものを選択せよ

選択肢 1. 東北新幹線 2. ブルートレイン  
3. 隼 4. 猛禽類 5. 小惑星イトカワ 6. 微粒子  
7. 惑星探査機 ※いづれも正解

科学実験なので、5. ~7. について簡単に解説

# 開発した教材と工夫

## 2.アトラクション(5)

- ・「はやぶさ」の微粒子の大きさは、大体ミクロンオーダー  
→ 「放射光」と呼ばれるレーザー光に近い強力なX線光源を使う。(例; KEK-PF、SPring-8)

※X線でスペクトル測定→物質情報(元素, 構造等)をGet!

- ・貴重なサンプルなので、出来るだけ破壊することなく、調べたい  
→ 「放射光」は、サンプルをそのまま調べることが可能したがって、サンプルへの影響が小。

+ 参考書籍(放射光、スペクトル関連)の紹介



# 開発した教材と工夫

## 2.アトラクション(6)

参考文献; はやぶさプロジェクトに関するもの

「はやぶさ 不死身の探査機と宇宙研の物語」幻冬舎新書 2006

参考URL; はやぶさ微粒子分析プロジェクト <http://hayabusa.kek.jp/>

追加参考文献 1. 放射光が解き明かす驚異のナノ世界

日本放射光学会編 講談社ブルーバックス 2011

2. 放射光科学入門 改訂版 東北大学出版局 2004、2010

3. 出版社「DOVER」の紹介 ※名著を廉価で発売する出版社

例 “Symmetry and Spectroscopy” Harris著 560頁、約2000円!

推薦図書 化学、物理数学に関する図書の紹介

# 開発した教材と工夫

## 2.アトラクション(7)

アンケート結果概略 3年度半分(2012～2015前)

回答数 2577

### ●アトラクションが必要かどうか？

必要・・・997    わからない・・・1268    不必要・・・298    無回答・・・14

★「わからない」が半数なのは、自分で物事を判断するのが苦手な証拠？

### ●アトラクションの感想について

興味深い・・・292    やや興味深い・・・784    ふつう・・・1253

あまり面白くない・・・161    全く面白くない・・・65    無回答・・・22

※過去の3年分、大体毎年同様な傾向    ? 2015前期は不必要が激減

## 開発した教材と工夫 2.アトラクション(8)

1. アトラクションが興味深く受け止められていることが判明した。
  2. アトラクションの必要性は、約1／3の賛成を得ることが出来た反面、「わからない」との回答が半数を占めた。
- ★ 学生からのポジティブな意見が多く、継続する意義有。

## 開発した教材と工夫 2.アトラクション(9)

★ 学生からの意見例が多く、継続する意義有。

例1;ただ単に実験をやるよりも、その分野の周辺のおもしろい話を聞くことによって教養がたくわえられる。

例2;早口でわかり難い

例3;大橋先生のアトラクションのおかげで実験が楽しくなります。

例4;もう少し深くまでふれてほしかった。

例5;面白いと思いました。

以上の他、多数。

# 開発した教材と工夫

## 3. 推薦図書(1) 化学

「MO」など時間的余裕のあるテーマで実施

(化学を極めたい！)

「はじめての構造化学 — 構造化学のなぜに答える—」

細矢治夫 オーム社 2013 ISBN978-4-274-21401-1

(初心者) 最低限、この本の範囲を習得すればOK！

「化学の基礎 元素記号からおさらいする化学の基本」

中川徹夫 化学同人 2010 ISBN978-4-7598-1437-8

# 開発した教材と工夫

## 3. 推薦図書(2) 物理数学

(大学院入試で役に立つ?) 大橋が実証済み?

「物理数学の直観的方法」 ISBN978-4-06-257738-0

長沼伸一郎 講談社ブルーバックスB-1738 2011

(情報系におすすめ)

「これなら分かる応用数学教室」

金谷健一 共立出版 2003 ISBN 978-4-320-01738-2

(辞書的に使える本)

「独習独解 物理で使う数学 ー完全版ー」

Roel Snieder 著・井川 俊彦訳 共立出版 2012

ISBN 978-4-320-03482-2 →改訂中

# 開発した教材と工夫

## 3. 推薦図書(3) (機器分析)

(現代化学の実態) 入門書 就活支援として

「ベーシック機器分析化学」

日本分析化学会 編

化学同人 2008 ISBN978-4-7598-1144-5

(昔の分析化学) いわゆる湿式分析

なぜ定性分析が学生実験の定番なのか？

「Analytical Chemistry, Volume 1、2」

Treadwell & William Thomas Hall 古典

# 開発した教材と工夫

## 3. 推薦図書(4) (その他)

これまでに紹介した推薦図書の他に、テーマ内容に応じて、その都度追加した。

例;「MO」

講談社ブルーバックス

高校数学でわかるシュレディンガー方程式



# 開発した教材と工夫

## 4.化学実験の原則(1)

★授業を通じて身につけてほしいこと

### ①みずから考えること 特に強調

「みずから考えること」(ショーペンハウエル著・石井正訳、角川文庫1966年刊)

※ショーペンハウエルはドイツの哲学者

「なぜそうなるのですか?」「理由は?」「判断の根拠は?」と考える事。

### ②安全第一 特に強調

安全第一の考え方は、生活全般どこでも役立つ  
バーナー、薬品や器具の取扱、廃液の処理方法など。

### ③センスの養成 直感、勘

教科書には書かれていないが重要!!!

### ④楽しみながら学ぶ

### ⑤聴き上手 (情報処理)

# 開発した教材と工夫

## 4.化学実験の原則(2)

### ★みずから考えるための手掛かり

受験勉強は、君たちの人生にとって、  
どんな意味を持っているのか？(現状;ほとんど考えていない)

→ 役に立ったか？ 役に立つか？

考え方次第でどうにでもなる！！！！活用のヒント

受験参考書、図録、便覧を百科事典として活用

→ 公務員試験、入社試験、大学院入試、読書

# 開発した教材と工夫

## 4. 化学実験の原則(3)

「なぜ、化学実験を学ぶのか？」

自分で考えてみてください？ 本当に納得できる  
ような「自分なりの言葉」で表現してください

(ヒント) **問題を根気よく考え続けることも重要**

将来への職業訓練？

理論(概念?)と実験(自然の姿、観察)の違い

先人の科学者の追体験

研究室での研究実験と授業での実験の比較

# 開発した教材と工夫

## 5. マイクロスケール化(1) デュマ法での例

理想気体の状態方程式より導出される次式より

$$M = (RT/PV)w$$

$P$ (圧力),  $V$ (体積),  $T$ (温度),  $w$ (質量)を正確に測定して、 $M$ (モル質量)を求める

→**授業の工夫**

**$V$ を100 mLから50 mLに変更など**

$w$ の浮力補正の空気の密度はデータ値で

# 開発した教材と工夫

## 5. マイクロスケール化(2) デュマ法での例

- ・容器内に試料(液体)を取り, 加熱して完全に蒸発させる。
- ・容器内に試料(蒸気)を充填させる。
- ・蒸気を理想気体と見なす。
- ・容器を冷却して蒸気を凝縮させる。



ピクノメーター

# 開発した教材と工夫

## 5. マイクロスケール化(3) デュマ法での例

目的 授業時間内(実験時間・約140分)に終了させると共に、経費節減も図ることにした

→ 試薬量の節減、

必要な基礎数値(空気、水の密度)を与える

[実験開始前の講義にてコメント]

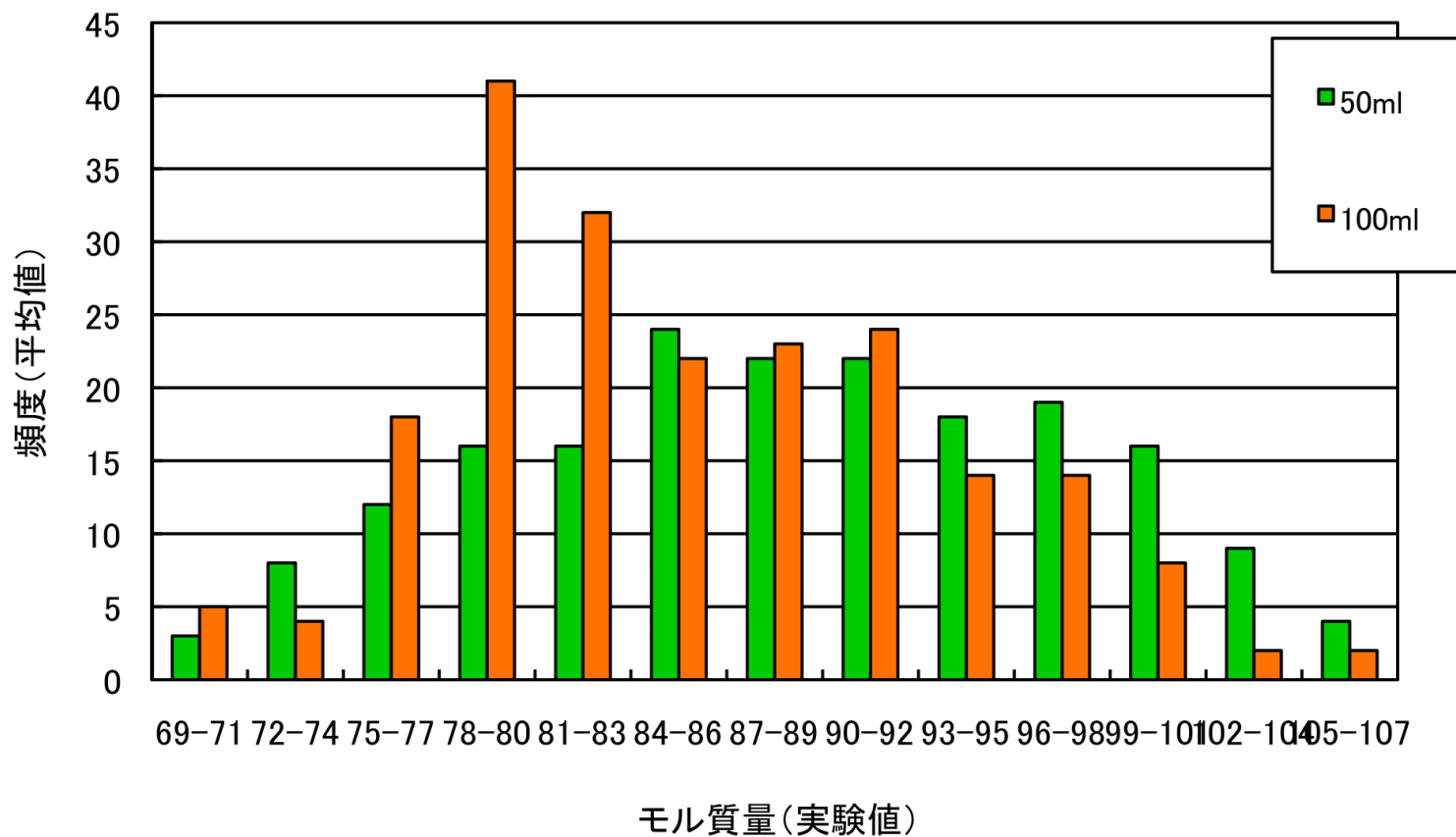
体積  $V$  100 mL → 50 mL 変更 **マイクロスケール化**

この場合でも、実験授業には、ほとんど影響ないことは、検討済み → 参考文献

# 開発した教材と工夫

## 5. マイクロスケール化(4) デュマ法での例

酢酸エチルのモル質量 = 88.1 g/mol



# 開発した教材と工夫

## 5. マイクロスケール化(5) デュマ法での例

1. 授業時間内(実験時間・約140分)に終了させることが可能となった。
  2. 試薬量の節減によるモル質量測定結果への影響はほとんど無く、実験授業への影響は、許容範囲内であることが実証された。
- ★ 試薬量の節減は、安全面、経済面でもメリットがある。



# 方針

1. 授業を通じて、次世代へ本質的なものを手渡せることができるようにする
2. 目先にとわられず、一生役に立つような思考方法、知識の獲得方法等を伝えたい

教育の可能性の追求・・・どこまで可能か？

# 参考文献1

- 1) 教育現場における最高の実りを求めて(全4回) 大橋一隆  
智のシンポジウム 論文集,  
第2回 p.63, 2009 ,  
第3回 , p.23, 2010 ,  
第4回 , p.53, 2011 ,  
第5回 , p.45, 2012  
全て、東大医学部で開催
- 2) 日本化学会、日本理科教育会、放射光学会等の発表 大橋一隆
- 3) 基礎科学実験B(化学実験)最新版 電通大 2015 共立出版
- 4) はやぶさ微粒子分析プロジェクト <http://hayabusa.kek.jp/>

# 参考文献2

- 5) Synchrotron radiation X-ray fluorescence analysis with a crystal spectrometer  
K.Ohashi, A.Iida, Y.Gohshi, S.Kishimoto and M.Takahashi,  
Advances in X-ray Analysis, 35B, 1027 (1993)
- 6) 大橋一隆 博士論文書籍化 ISBN:978-4-903732-01-05(PDF),  
ISBN:978-4-903732-02-2(冊子体)
- 7) 大西憲昇 有機化学特講 1982 玄文社

# 参考文献3

8)大学生実験におけるデュマ法の改良

大橋一隆、若月洋次、中川徹夫

第91回 日本化学会春季年会、2011

9)デュマ法によるマイクロスケールモル質量測定実験における  
浮力の影響

中川, 大橋, 若月, 吉國

神戸女学院論集, 第56巻第2号, pp. 109-117、2009

10) 化学の新研究 ト部吉庸／著

他、各種受験参考書多数