

## C 実験講習会報告

### 1 3年生科学大好きプラン

#### 1.1 科学大好きプラン（理科）

##### (1) 目標

SSH事業の一環として、名古屋大学において大学教授の指導のもとで、講義および実験実習を通して研究にふれ科学技術への理解を深める。また、岡崎高校と合同で行うことにより、SSH校同志の交流活動の一環と位置づけ、お互いの切磋琢磨により、その能力・特性を伸長させる機会とする。

##### (2) 研究の方法および内容

###### ア 対象生徒

一宮高校3年生 工学研究科班…15名（男子15名）  
理学研究科班…15名（男子6名 女子9名）  
（岡崎高校生 工学研究科 15名 理学研究科 15名）

###### イ 実施日程

###### (ア) 日時

平成16年8月9日（月）から11日（水）2泊3日

###### (イ) 場所

実習場所 名古屋大学大学院理学研究科および工学研究科  
宿泊地 460-003 名古屋市中区錦1-4-11 サンハイツホテル名古屋

###### (ウ) 時間割

工学研究科班

	9:00	12:00	13:00	16:00	20:00	22:00
第1日	開講式 講義（化学）	休憩	講義（化学）			ディスカッション（宿舎）
第2日	実験（化学）	休憩	実験（物理）			ディスカッション（宿舎）
第3日	実験（物理）	休憩	実験（物理）	閉講式		

理学研究科班

	9:00	12:00	13:00	16:00	20:00	22:00
第1日	開講式 講義（物理または生物） 実験（生物）	休憩	実験（物理または生物）			ディスカッション（宿舎）
第2日	実験（物理または生物） 発表会	休憩	講義（化学）			ディスカッション（宿舎）
第3日	実験（化学）	休憩	実験（化学）	閉講式		

###### ウ 実施までの経過

本年度は岡崎高校との合同事業として実施するため、各科目担当者が岡崎高校を訪問し、両校間の基本的な方針を摺り合わせ、実施までの流れを確認した。各科目担当者ごとに、岡崎高校の担当者と直接メール、ファックス等で連絡をとりながら、名古屋大学工学部指導教官とは本校担当者が、理学部指導教官とは岡崎高校担当者が主に実施に向けた準備を担当した。

生物分野では、参加生徒に対して、7月23日（金）、26日（月）、8月4日（水）、5日（木）、6日（金）に各1時限を、ニワトリの初期胚の事前観察実習および、胚発生と体節と四肢形成過程の事前学習に充てた。

## エ 実施内容

### (ア) 生物分野

黒岩教授の指導のもとで、次の2つのテーマに沿った実習を行った。

#### a 8月9日（月） 午前9時～12時

黒岩厚教授による講義「脊椎動物の個体発生における形づくり」により、個体発生の基本事項の整理と実習内容の意義の確認をした。

##### (a) ニワトリ胚芽のプログラム細胞死観察

生物はその個体発生の過程では、細胞増殖・分化・器官形成のための細胞移動が重要な現象として教科書では取り上げられている。しかし現在では、一旦増殖した細胞が遺伝情報によって死ぬ現象、いわゆるプログラム細胞死も極めて重要な現象であることが指摘されている。

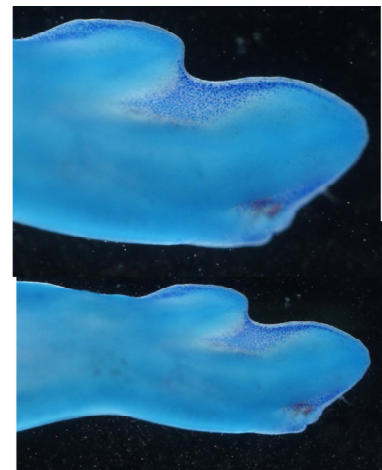
このプログラム細胞死（アポトーシス）の実際を、ニワトリの肢芽形成過程で確認する実習である。その実験操作の原理は以下の通りである。

ナイルブルーは、生体染色に利用される染色液で細胞表面を染色するが、細胞活性には影響しない。一方マクロファージ様細胞は、死細胞を貪食する。ナイルブルーはマクロファージ様細胞に貪食されると、その細胞内で変化し発色する。

したがって、染色した肢芽を時間をおいて観察し、マクロファージ様細胞に取り込ませナイルブルーを観察すれば、プログラム細胞死した細胞の位置を確認できる。



プログラム細胞死の観察



前肢のアポトーシス

##### (b) 未分化体節板の培養片の観察

ニワトリの1.5～2日胚では、胚の頭部から尾部にかけて、次々に体節が形成される。この体節形成は、細胞群の自律的な変化で、胚の一部を切り出しても、体節の形成は約1.5時間を周期に進行する。体節の一部をマークしておけば、一定時間後の観察によって、その形成速度などを確認できるはずである。

ここでは、1.5日胚の尾部半分を切り出し、染色液 Di I によってマークし、約18時間後に観察することによって、体節の形成速度を確認し、その機構を推理させる。

#### 8月9日（月） 午前10時～午後5時

崎山潤一助手による実習操作の説明を受け、実体顕微鏡観察の練習を行った。また、4日胚および7～8日胚を取り出してナイルブルーで染色し、約2時間培養と攪拌を繰り返し、実体顕微鏡で観察した。次に、1.5日胚を取り出し、胚の前後軸の体中央部を切断し、その切断位置の体節に Di I でマークし、そのまま培養した。

b 8月9日(月)午後8時～10時

宿舎において、班ごとに、実習を通じての発見や疑問点を検討し、自分たちで推理できる事項をまとめ、発表の準備をした。

c 8月10日(火)午前8時～12時

4日胚および7～8日胚を取り出してナイルブルーで染色し、約2時間培養と攪拌を繰り返し、実体顕微鏡で観察した。次に、1.5日胚を取り出し、胚の前後軸の体中央部を切断し、その切断位置の体節にDi Iでマークし、そのまま培養した。その後、班ごとに発表、質疑の準備を行い、最後に、黒岩教授によるまとめの講話をお願いした。



切断後に形成された体節板

d 生物分野の評価

(a) 実施にあたっての留意事項と理由

① 実験を昨年より少なくする。

内容を精選し、参加生徒がディスカッションできるレベルまで、理解を深めることに注意して指導した。

② 事前に初期胚を観察させ、発生過程でのプログラム細胞死を予想させる。目的を達成するためには、ある程度の予備知識と技術が必要と思われる。

③ 実習を通じて理解し、生じた疑問、さらにそれらに対する自分達の推論を発表する場を設定する。

④ ③の効果をあげたり実習の理解を深めるために、指導教官に適切な説明、発問、課題を依頼する。

⑤ 両校生徒混成の班分けを行い、活動は班単位とし、両校の交流を深めるとともに、互いに切磋琢磨するようにする。



両校のディスカッション

(b) 生物分野における事前学習・準備

参加生徒に対して、7月下旬～8月上旬の3日間を利用し、ニワトリの胚発生を観察させ鳥類の発生についての基礎知識を学習させた。8月5日(金)に、岡崎高校の高井教諭とともに黒岩教授を訪問し、上記目的を説明し了解を得た。



実習後の発表会

(c) 両校生徒達は極めて意欲的に実習に取り組み、何度も納得いくまでやり直す生徒も多くみられた。また宿泊所でのディスカッション(課題、疑問点の検討と発表準備)では、両校の生徒が学校の枠を超えて討論し合い、予定した時間を大幅に超えて充実したものとなった。

更に2日目の発表会では、自班の発表のみならず、他班の発表に対して多くの質問が寄せられた。これは各生徒が実習内容を深化させて臨んでおり、他班の発表内容についても理解しようとする積極的な姿勢が見られた。

このような充実した実習結果を得ることができたのは、①の事前学習や、④の指導教官の適切な説明・発問のほかに、実験を繰り返し、自己の発見や疑問を確認する、時間的な余裕があり、理解を深めることができたからである。

両校のカリキュラムによる授業では、実施不可能なレベルの高度な実験内容でも、

十分な時間とよき指導者のもとで行えば、生徒達はむしろ難度の高い事象にこそ、強い興味と関心を持ちうるということが検証された。

その点で、指導教官である黒岩教授の「今回の実習では質問に直接答えなかったことも多かった。答えればその時点で君達の疑問は解消するが、次への発展は望めない。疑問に対する解答への途は1つではない。自分で考え追求することが必要である」という言葉が強く印象に残った。

(i) 化学分野

a 工学部・化学分野講義：8月9日（午前9時～12時）

（その1）：物質制御工学専攻平出正孝教授

テーマ：水溶液中の微量物質の分析

- (a) 微量とは（ppm, ppb, ppt）
- (b) 溶液の濃縮をどう行うか（固層抽出について）
- (c) 汚染の問題をどう考えるか（空気・器具・試薬・人）
- (d) 分析方法について（原子吸光分析の原理）
- (e) 総量と存在状態別定量について



微量分析について

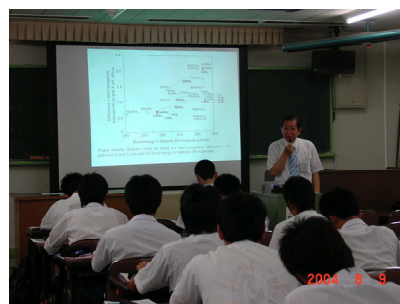
b 工学部・化学分野講義（その2）：物理工学専攻森永正彦教授

テーマ：電子レベルから見た水素貯蔵材料

- (a) 波動方程式と水素原子
- (b)  $H_2^+$  分子に関する計算結果
  - ① ポテンシャルエネルギー（なぜ結合が生まれるのか？）
  - ② 力（電子はどこに存在するのか？）
  - ③  $He^+$  分離原子（ $H + H^+$ ）との関係
  - ④  $H_2^+$  分子のエネルギーレベル図
  - ⑤  $LiH$  分子の電子状態
  - ⑥ 電気陰性の違う原子間の分子軌道準位

(c) 水素貯蔵材料

- ① 金属系を用いた水素吸蔵材料
- ② 錯体化合物を用いた水素吸蔵材料



水素吸蔵材料の最前線

c 工学部・化学分野実験：8月9日（午後1時～5時）

テーマ（その1）：井戸水中の亜鉛イオンの分析

指導：齋藤 徹助教授、松宮 弘明助手、松島 誠一（TA）、大河内 亮平（TA）

(a) ねらい

井戸水に含まれる金属イオンのうち、ppmレベルよりもさらに少ないppbレベルのイオンを、固層抽出ディスクに濃縮し、原子吸光法で測定を行う一連の実験操作を体験する

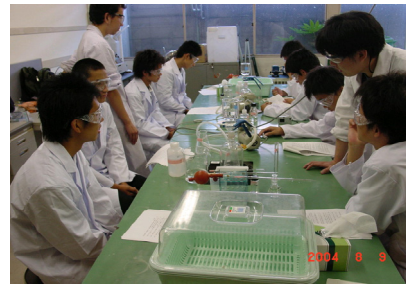
(b) 原理

試料中の金属イオンを、水に溶けにくい錯化合物へと変換し、固層抽出ディスクの疎水性部分で捕集する。捕集された錯化合物を少量のアセトンで溶かしだし、原子吸光法で分析する。

(c) 実験操作



- ① 井戸水500mlを採取し、そこへADPC（ピロリジンジカルバミン酸アンモニウム）溶液をかき混ぜながら添加する。
- ② 固層ディスクをのせた吸引濾過器に、エタノールを通し、固層ディスク上の疎水性部分にエタノールを馴染ませる。さらに精製水を通して、エタノールと水を置換する。
- ③ 試料水を吸引濾過して、少量の精製水で固層ディスクを洗う。
- ④ メスピペットでアセトン2.5mlをとり、濾過器に加えて、2分ほどよく馴染ませる。これを吸引濾過して、さらにもう一度同じ操作を繰り返す。操作後、少量の精製水で洗う。
- ⑤ ④の濾液をメスフラスコに移し、精製水を加えて全量を10mlとし、よく振る。
- ⑥ ⑤で調整した溶液を原子吸光分析装置で、分析対象となる亜鉛イオンの吸光度を測定する。



固層ディスクを用いた濃縮



原子吸光分析装置

(d) 実験結果

① 検量線の作成

亜鉛濃度	吸光率 (%)	吸光度
0.30 ppm	16.5	0.079
0.40ppm	30.5	0.16
0.50ppm	41.5	0.23

$$\text{吸光度} = -\log_{10}(100 - \text{吸光率}) + 2 \quad (\text{ランベルトベールの法則})$$

② 実験および計算の結果

班	ブランク吸光率	試料吸光率	亜鉛濃度
①	3.5%	32.5%	0.018ppm
②	3.0%	43.5%	0.012ppm
③	6.4%	33.8%	0.012ppm
④	13.3%	46.1%	0.016ppm

d 宿舎における活動（第一日目）8月9日（午後8時～10時）

テーマ：レポートの作成及び、質問、討議等

(a) ねらい

岡崎高校と一宮高校の生徒が15名ずつ同じテーマで実験し、かつ同宿することを通して、互いの理解を図るとともに、協力しながらレポート作成をすることで、サイエンスに対する興味を高めようことを目指す。



両校生徒の研究協議

(b) 実施方法

混合のグループに分かれて、実験テーマに関する研究協議を行った。不明な点は、付き添いの職員に質問したり、自分たちで話し合いをしながら解決した。

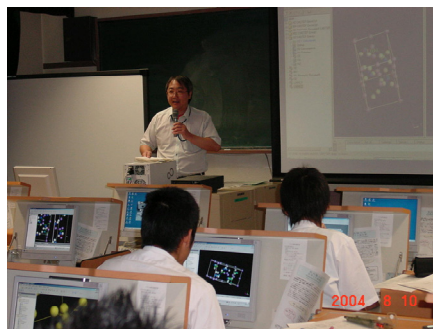
- e 工学部・化学分野実験：8月10日（午前9時～12時）  
 テーマ（その2）：水素吸蔵材料の量子化学計算シミュレーション  
 指導：湯川弘助手、吉野政人研究員、佐々木康俊技官  
 小宮健嗣（TA）、下出晃（TA）、高橋義孝（TA）

(a) ねらい

シミュレーションソフト「Material Studio」を用いて、様々な量子化学計算を行ってみる。そのことにより、原子の結合距離、結合エネルギー、反応熱、水素吸蔵による結晶格子の歪みなどがコンピューターによって計算できることを体験する。

(b) 操作

- ① 最適化の計算により、H-H原子間の距離を求める。求められた値と実験値と比較してみる。
- ② BH および LiH原子間の最適距離を求めて、実験値と比較してみる。
- ③ 水素分子、BH、LiH における電子分布を表示してみる。
- ④ 水素分子の結合エネルギーを求めて、実験値と比較してみる。
- ⑤ 水素の燃料熱を求めて、そこから燃料電池の起電力を見積る。
- ⑥ 錯体系水素貯蔵材料（LiBH<sub>4</sub>, LiNH<sub>2</sub>）の構造を詳しく解析してみる。
- ⑦ 水素吸蔵合金（TiFe）に水素が侵入するときの歪みを解析する。



シミュレーションを体験中

(c) シミュレーション結果について

シミュレーション値（実験値）

- ① H-H 原子間の距離：0.0752nm (0.076nm)
- ② Li-H原子間の距離：0.1622nm (0.161nm)  
 B-H原子間の距離：0.127nm (0.124nm)
- ③ 水素分子の結合エネルギー：105.6kcal/mol (108kcal/mol)
- ④ 反応熱の計算：255 kJ/mol、起電力1.32V (244kJ/mol)
- ⑤ LiBH<sub>4</sub> 中のLi-H 間距離 0.1975nm(0.2105nm)  
 LiBH<sub>4</sub> 中のB-H 間距離 0.1212nm(0.1035nm)
- ⑥ LiNH<sub>2</sub> 中のLi-H 間距離 0.2304nm(0.2206nm)  
 LiNH<sub>2</sub> 中のLi-H 間距離 0.1030nm(0.0700nm)
- ⑦ TiFe 中の水素  
 Fe-H 間距離 0.23469m

f 理学部・化学分野講義（その1）

8月10日（午後1時～2時半）  
 物質化学国際センター 高木秀夫助教授  
 テーマ1：熱力学に基づく化学平衡

- (a) 化学ポテンシャルから平衡定数を導く。
- (b) 硫化水素中の硫化物イオン濃度と水素イオン濃度との関係式を導く。さらに溶解度積との関係を考える。
- (c) 金属イオンの加水分解の化学平衡
- (d) 金属錯体の安定度数により、錯体形成の起こりやすさを判定する。



硫化水素の電離平衡

テーマ2：量子力学に基づく電子遷移の解釈

- (a) 量子力学と古典力学との違いを認識する。
- (b) 電子の軌道の種類について
- (c) 結晶場理論と d 軌道分裂でもって錯イオンの色を理解する。
- (d) 科学とは何か、それをしっかり捉えたいうで学習をすることが重要

g 理学部・化学分野講義（その2）8月10日（午後2時半～5時）

物質化学国際センター 有本博一助教授  
テーマ：酢酸エチル、アセトアニリドの  
合成

- (a) 所属する研究室の紹介。
- (b) 有機電子論における「curve arrow」を理解する。
- (c) 実験における基本的な注意事項の確認
- (d) 酢酸エチル合成反応の反応機構を理解する。
- (f) アセトアニリド合成反応の反応機構を理解する。



エステル化の反応機構

- (g) 有機化学が「enabling science」であることを理解する。

h 理学部・化学分野実験（その1）8月11日（午前8時半～12時）

指導：高木秀夫助教授、小谷明助教授、伊藤純孝（TA）、野田恭子（TA）  
棚田健一郎（TA）、藤木雅之（TA）

テーマ1：金属イオンの沈殿反応、系統分離の原理

- (a) ねらい

金属イオンの系統分離は、各金属イオンと様々な沈殿剤との沈殿平衡における平衡定数の大きさの違いを利用して行われる。また硫化水素のような弱酸では、それ自身に電離平衡があるので、pHをコントロールすることで、水溶液中の硫化物イオンの濃度を制御できる。

これらを「金属錯イオンの生成平衡」、「酸・塩基平衡」、「沈殿平衡」などを通して理解するとともに、実際の物質で実験を行ってみる。

- (b) 操作

- ① 銀、亜鉛、銅、バリウムイオンの水溶液を、各4つずつビーカーにとり、まずpHを測定する。
- ② それぞれの試料に3Mの塩酸を滴下する。沈殿が生じた場合はろ過し、その沈殿が6Mアンモニア水に可溶であることを確認する。残りの沈殿は日光にさらす。
- ③ 各試料を希塩酸酸性にして、硫化水素を通し、沈殿の有無を確認する。
- ④ アンモニア水で塩基性にしてから、硫化水素を通す。
- ⑤ 各試料に、炭酸アンモニウム水溶液を加えて、沈殿の有無を確認する。さらに生じた沈殿をろ別して、酢酸水溶液に溶解するかどうかを確認する。さらに硫酸アンモニウム水溶液を加えてみる。



溶液の調整中

- (c) 実験結果について

省略