

ISSN 1340-461X

附属天王寺中・高

# 研 究 集 録

第 49 集 (平成 18 年度)

*Bulletin of the  
Tennoji junior & Senior High School  
Attached to Osaka Kyoiku University*

No. 49  
(March, 2007)

大阪教育大学附属天王寺中学校  
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

## 研究集録 執筆規定

1. 本誌は、**研究集録**という。  
本誌の英語名は、**Bulletin of the Tennoji Junior & Senior High School Attached to Osaka Kyoiku University**とする。
2. 本誌の執筆資格者は、附属天王寺中学校、および附属高等学校天王寺校舎の現役教官を原則とする。
3. 本誌は年刊とする。**発行は毎年3月**とし、執筆者には50部の別刷を提供する。
4. 本誌の原稿締切は毎年1月中旬とする。
5. 本誌の原稿用紙は、**40字×40行**詰めとし、**横書きのみ**とする。英文論文の場合は、70～80字×40行とする。第一頁は21行目から本文を書き始める。論文は**25頁以内**とする。  
和文表題・執筆者→抄録→キーワードの順に書き、その後本文をはじめる。  
和文論文の場合は、英文表題・執筆者・英文要旨・キーワードをつけることを原則とする。（英文論文の場合は、日本語要旨をつける。）
6. 本誌の内容は、**まえがき・目次・論文・教科個人研究テーマ一覧**により構成される。

## まえがき

平成16・17年度の二年間、私は「授業評価システム事業」(大阪府教育委員会・大阪教育大学連携協定)に係わった。この事業は、府内の小学校(12)、中学校(10)、高等学校(11)の全33校を研究推進校とし、次の三点を研究主題に展開された。①「授業評価のあり方及び評価規準の検討」、②「授業評価の試行実施を通じた授業改善に生かすシステム構築の検討」、③「研究成果の取りまとめ及び普及等」。各推進校では多様な実践・研究が展開されたが、概して、授業評価規準を独自に設定するのが精一杯であり、授業の要となる教育内容や子どもの認識発展を関連付けて研究するまでには至らなかった、と言える。

私はこの間、同事業の推進協議会の座長を担当しながらも、時間の許す限り教育現場に出向き、授業評価規準表の内実、つまり、数学的な発展を見込んだ教材開発、子どもの認識発展の特徴、授業の構成の仕方、そうして、発問や板書といった指導技術にまで立ち入って、先生方と議論し、実践の方向づけをした。この間の体験をもとに、教育現場の実態を記すと次のようである。

・中学校の授業：①各単元で重視すべき数学的概念とその発展が僅かに意識されているに過ぎず、②生徒の認識発展に目を向けず、③先行研究の成果が考慮されておらず、従って、④本時の授業は、精々、不系統な教科内容に若干の工夫を加えたものとなっている。例えば、線対称・点対称(1年)の授業は教科書の焼き直しでしかない(見方・考え方への逃げ)。パソコンを使った関数の授業(1年)は、終わってみれば、ソフト操作の解説だけ。加えて、新任教員にあっては、発問・板書等の技術もあやふやである。不思議にパフォーマンスだけが目立つ。生徒はどうか。1年生はまだしも、2・3年では、学習意欲・関心は低くなる。私語も多い。

・小学校の授業：①は中学校と同様である。②では、指摘すると真剣に考えられるだけの柔軟さはある。が、深まりがない。③については、伝統的な教育方式を金科玉条とされる方が多い。特に、ベテラン教員にこの傾向が強い。従って、④本時の授業は、目標は明確ではあるものの、新鮮味のない紋切り型の授業が多い。

右の表は、実際の授業について、扱われる内容の程度、児童生徒の認識に着目されているかどうかで区分したものである。総じて言えば、中学校ではDかEの授業が多く、小学校ではAかBの授業が多かった。参観のチャンスが無かったが、恐らく高校でも同様であろう。果たして、本附属校ではどうであろうか？

	教科書	やや発展	発展
認識有	A	B	C
認識無	D	E	F

こうした諸点はともかく、私が身震いすら覚えたこと、それは、“子どもとて立派な人間であり、そのかけがえのない人間を指導しているのだ”という意識が、教員の間次第に希薄になっているのではないか、ということであった。

学力向上のスローガンがマスコミ界を賑わす今日、私どもは、改めて、“教育とは何か”、“授業とは本来、何を目指す営みなのか”という根源的な問いに、先陣を切って応えねばならない。

この「研究集録」が日本の教育界に範を示すよう期待し、巻頭の言葉とする。

大阪教育大学附属天王寺中学校校長  
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎主任

鈴木正彦



## 目 次(Contents)

笹川裕史 (SASAGAWA Hiroshi): “君はマンモスをゲットできるか” —ゲームを用いた旧石器時代の授業— (How to Hunt Mammoths:Lesson on Paleolithic Age with Hunting-Game) .....	1
筒井 和幸 (TSUTSUI Kazuyuki)、井上 広文 (INOUE Hirofumi)、岡 博昭 (OKA Hiroaki)、岡本 義雄 (OKAMOTO Yoshio)、西 庸扶 (NISHI Nobusuke)、三木 康宏 (MIKI Yasuhiro)、森中 敏行 (MORINAKA Toshiyuki): 夏期理科実験基礎講座の実践と展望 (“Summer Seminar about Scientific Experiments for Teachers” its Practice and Prospect) .....	25
筒井 和幸 (TSUTSUI Kazuyuki)、廣瀬 明浩 (HIROSE Akihiro): 自律的な活動を促進する科学教育の試み —青少年による科学館展示物解説の実践— (Trial of Science Education that Encourages Autonomous Activities —Practice of Interpreting the Exhibits of Science Museum by the Youths—) .....	33
井上 広文 (INOUE Hirofumi): 偏光板を使用した実験と授業 —光波単元のまとめとして— (Some Experiments using polarizer in High School Physics) .....	43
三木 康宏 (MIKI Yasuhiro): マイクロスケール実験を活用した理科授業の実践 —電気分解とイオンの移動を中心に— (Practice of the science class that utilized a Microscale Experiment —Mainly on Electrolysis and a Migration of Ions—) .....	57
岡 博昭 (OKA Hiroaki): パソコン計測器の活用 —液温とpH測定を中心に— (Use for the personal computer measurement vessel:) .....	75
岡 博昭 (OKA Hiroaki): Win MOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第Ⅷ報) —200原子以上からなる有機化合物の分子モデルの作成とその教材化の研究— (Development of the molecule model which WinMOPAC was used for:) .....	87
森中 敏行 (MORINAKA Toshiyuki): 高等学校における解剖実習 (The Anatomy practice at high school:) .....	99
井畑 公男 (IBATA Kimio): 文体というもの (Styles) .....	119



# “君は、マンモスをゲットできるか”

—ゲームを用いた旧石器時代の授業—

ささ がわ ひろ し  
笹 川 裕 史

## How to Hunt Mammoths

:Lesson on Paleolithic Age with Hunting-Game

SASAGAWA Hiroshi

抄録：旧石器時代は“野蛮”だったと考えられている。たしかに当時の生活が“文明的”であったとはいえない。しかし一方で、旧石器時代の生活にも、現代とは異なる“豊かさ”があった。本稿は、ゲーム「君は、マンモスをゲットできるか」などを通じて、この点を生徒に考察させた授業の報告である。

キーワード：旧石器時代、ゲーム、授業実践、世界史教育、マンモス

### 1. はじめに

本校では、世界史の授業は、二年次で必修2単位・三年次で選択4単位となっている。したがって、全員が履修する二年次の世界史をどの単元から始めるのかは、例年、少し悩ましい問題となる。他校で世界史を担当している複数の友人に尋ねると、近現代史を重視する立場から、19世紀以降から始める事例が少しずつ増えている。しかし、世界史では(日本史と比較して)、古代から教える方がまだ大半を占めているようである。

筆者の場合は、どの単元から授業を始めても、それ相応の面白さと難しさがあるので、歴史は古代から順に教えるべきだといった“こだわり”はあまりない<sup>1)</sup>。ただし、いずれの場合でも、授業の早い段階で、「昔は、今よりダメだったのに違くない」といった生徒たちの先入観を取り除くように心がけている。

2006年度末、一年生の補習授業の時間割に空白が生じ、授業の希望者が募られた。筆者は、2007年度の世界史をアメリカ独立革命から始める予定であった。しかし、それとは無関係に、二年次の世界史全体の導入をかねた“一話完結”の授業を、補習授業で行なうのも面白かろうと考えた。そこで特別に世界史を1時間、組み込んでもらい、旧石器時代の授業を行なうことにした。正規の世界史の前の“プレ=ヒストリー”というわけである。

本稿は、マンモス=ハンティングのゲームなどを用いて、旧石器時代の生活を生徒たちに理解・考察させた授業の報告である。

## 2. 研究授業

授業の意図を明らかにするために、まず当日の学習指導案を示しておく。つづいて（第2限をベースにした）授業の具体的な（かつ読みやすさも勘案した）採録を掲載する。

授業で使用した自作プリントも縮小して掲載しておく（プリント空欄への記入語句には二重下線を施した）。

### (1) 学習指導案

#### 地理歴史科（世界史）指導案

指導者 笹川裕史

#### 1. 日時 2006年3月17日（金）

第1限（ 8時40分～ 9時30分）

第2限（ 9時40分～10時30分）

第3限（10時40分～11時30分）

第4限（11時40分～12時30分）

#### 2. 場所 大阪教育大学附属天王寺中・高等学校 視聴覚教室

#### 3. 学級 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

I年D組 40人（男子20人 女子20人）

I年C組 42人（男子21人 女子21人）

I年B組 42人（男子21人 女子21人）

I年A組 41人（男子19人 女子22人）

#### 4. 主題 旧石器時代

5. 目標 人類史のほとんど大半をしめる旧石器時代を、多くの生徒は、アブリアリに“野蛮な”時代だったと考えている。たしかに当時の生活が、現在の“文明的な”生活と大きく異なることは言うまでもない。しかしその諸相を具体的に想像することを通じて、旧石器人の生活にも、現代とは異なった“豊かさ”があったことを生徒に理解させる。

#### 6. 本時の指導

①前提 本校では、世界史の授業は二年次から履修することになっているが、今回は特別に一年次の3月の補習授業に1回分を組み込んだ。そこで“プレ世界史”と銘打ち、二年次の4月から始まる正規の授業全体の導入をかねた授業を行ないたい。



②主題 旧石器時代の人びとの生活を具体的に想像させることによって、現代社会との共通点と相違点を考察させる。

- ③目標
- ・ 洞穴絵画が描かれた理由を考察させる。
  - ・ 狩猟・採集生活の実態を想像させる。
  - ・ 打製石器の製作過程を理解させる。

④展開

段階	学習事項	生徒の活動	○指導者の活動・☆評価
導入 (3分)	・ 本時の予定確認	・ 旧石器時代の一般的なイメージを確認する。	○生徒を指名し、旧石器時代の特色を尋ねる。
展開1 (12分)	・ 洞穴絵画の実態	・ 何がどのように描かれているか確認する。 ・ 洞穴絵画が描かれた理由を考察する	○洞穴絵画の特徴を指摘する。 ☆「絵画」製作が簡単ではないことに気づいたか？
展開2 (18分)	・ 狩猟・採集生活の実態	・ 狩猟ゲーム「君は、マンモスをゲットできるか？」に参加する。	○「ゲーム」のルールを説明し、進行役をつとめる。 ☆互いの「方法」の長所短所を評価できているか？
展開3 (12分)	・ 打製石器の製作過程	・ 石器の種類に応じて製作方法が異なることを知る。	○黒曜石などを示す。 ☆石器製作にも高度な技術集約があったことを理解できたか？
整理 (5分)	・ 旧石器時代の生活のあり方	・ 衣食住についてのイメージをふくらませる。	○旧石器時代の生活も、それなりに安定したものであったことを指摘する。

⑤準備物

- 教科書 帝国書院『新編高等世界史B 新訂版』  
 副教材 帝国書院『最新世界史図説タペストリー 四訂版』  
 自作プリント B4版1枚 B5版1枚  
 黒曜石・サヌカイト  
 黒板掲示用拡大コピー 2枚  
 回覧用新聞切り抜き 3種類  
 パネル写真「打製石器と磨製石器」(山川出版社『世界史写真集 第1期』1)  
 「洞穴壁画」(山川出版社『世界史写真集 第1期』2)

<御高評欄>

## (2) 授業採録

始業前に授業プリント（B4版1枚）を配布する。黒板には、2枚の図を掲示しておく（図①および図②を参照）註2。

### 【始業のチャイム】

本来、世界史の授業は、二年生から始まるのですが、今回は特別に1回だけ補習授業に入れてもらいました。世界史の授業の前倒しということなので、プレ=ヒストリー、世界史以前。というわけで、旧石器時代の話をお今日はしたいと思います。

さて旧石器時代というと、みんなどういったイメージを持っていますか。【生徒を指名】

—生徒：（無言）

〇〇君に、小学生の弟か妹がいるとして、その弟や妹に分かりやすく説明するとすれば？

—生徒：原始的な生活。

原始的な生活…。もう少し噛み砕いて言うと？

—生徒：木の実を食べて、動物を捕らえる。

木の実を食べて、動物を捕らえる。う～む、今もそうやね。【教室、朗らかな笑い】でも今の〇〇君の答えで、大体のイメージがわかりますよね。木の実を食べて、動物を捕らえるような時代。では、もう一つ質問。旧石器時代の環境、とくに気候というのは、どうだったのか？【他の生徒を指名】

—生徒：今より気温が高くて…。環境は…【周囲の生徒と相談】よく分からないけれど…。

気温は？ 高い、低い、どっち？

—生徒：高い。

はい、正直言って、驚いているのですが、前のクラスでも、気温は高いという答えでした。「いま地球温暖化で大変だ」ということを聞いているので、今と比べて昔の方が低いと思っている人が多いと思っていたのですが…。旧石器時代は、いわゆる氷河時代にあたります。ですから、今より気温は低いのです。

というわけで、皆さんのプリントの下線が引いてある空欄部分には、黒板に黄色のチョークで書いた語句を書き込んでいってください。黄色いチョークを使いますが、だからといって、色ペンを使う必要はありません。鉛筆で結構です。必ず書き込んでほしい箇所は、黄色のチョークで書きますが、それ以外に私が言った説明や黒板に書いた補足などは、各自、分かりやすいように授業プリントの余白にメモ書きをしていってください。

さて、氷河時代というのは、地学の授業で習ったと思いますが、地質年代では更新世にあたります。氷河時代というのは、いつからいつまでにあたるのか。だいたい300万年前から1万1000年くらい前までが、氷河時代だったと考えられています。では、今より気温が低かったのですが、氷河時代の平均気温は今よりどれくらい低かったのでしょうか？もっとも、地球は丸い形をしているので、赤道直下と、南極や北極に近い高緯度地方とでは、かなりばらつきがあるでしょう。ですから、今の日本のような中緯度地域での気温を考えてみてください。ヤマカン、あてずっぽうで結構ですから。氷河時代の年間の平均気温は、今よりどれくらい低かったのか、答えてもらいましょう。【生徒を指名】

—生徒：10度くらい（小声で）。

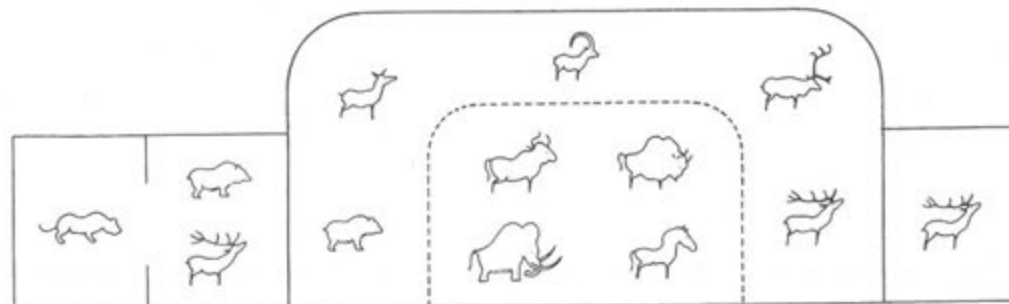
はい「10度くらい」と答えてくれる人が多いですね。10度というのは、言い易いですよね。10度じゃないのです。だいたい4度くらいなのです。みんな「たかが4度？」と思いませんでしたか？「たかが4度低だけで氷河時代なのか」って。でも、4度低いというのは、決定的ですよ。いま地球温暖化で大変だといっていますが、地球温暖化では、一年の平均気温が1度上がったら大変だといって騒いでいるのですよ。氷河時代は今よりも平均気温が4度低かった。ですから、かなり寒かったと考えてください。とはいえ夏はまあまあ暑い。そして冬はすごく寒い。ですから、我われは大阪に住んでいますが、北海道に行った感じ。EDCAN（研究体験旅行）で道東・道央に行く人が半数以上いますが、北海道の気温が今の大阪で体験できるくらいだと考えてください。

では【パネル「洞穴壁画」を提示】旧石器時代の人びとは、たとえばこのような洞窟壁画を描いています。これはニオーといわれる場所の洞窟壁画ですが、このように黒い墨か何かで見事に野牛が描かれています。もっと有名なものが、これです。【新聞切り抜き「ラスコーの壁画」を提示】後ろの人は見にくいかもしれませんが、フランスのラスコーという洞窟で描かれた壁画です。カラフルに描かれています。こういった彩色画だけでなく、いまから回覧しますが、線刻画もありました。【新聞切り抜き3種類を回覧】

洞窟壁画／洞穴壁画、どちらでもかまいませんが、代表的な洞窟壁画の遺跡としては、スペインのアルタミラ、フランスのラスコーが有名です。さて、この洞窟壁画ですが、実は非常におもしろい共通点があるのです。時代も地域もばらばらなのに、壁画に描かれている動物のパターンをチェックしていくと、共通点が出てくるのです。アルタミラやラスコー、ともにヨーロッパですが、時代は約3万年前から1万年前までと、かなりの幅にわたって描かれています。あるパターンがある。それはこれです。【黒板に掲示した図①に注目させる】すべての洞窟壁画の基本的なポイントを抽出してまとめると、このような形になっているということです。みなさんが勉強しているこの教室を洞窟だと考えてください。この黒板のある壁を正面だと考えてください。で、正面に描かれている動物というのは、ほぼ限定されていて…これ（図①中央の左上）は何でしょう？【生徒を指名】

—生徒：牛。（左下は）マンモス、（右下は）馬。（右上は）？？

そう、牛・マンモス・馬、そして右上の動物は野牛です。この4つの動物が正面に描かれる可能性・パーセントがすごく高いのです。点線の外側は、洞窟の正面ではなく、側面や天井ですが、ここにはシカ・ツノジカ。これはクマ。つまり側面から天井に描かれる動物としては、シカ・ツノジカ・クマが大半である。もう一度、言いますよ、正面に描かれ



図① 洞窟絵画の構成

るのはたいてい、マンモスや野牛・牛や馬なのですね。そして入り口の所には、こういったシカが描かれる…。これは何でしょう？ ライオンが、描かれている。こういうふうに、すべてとは言いませんが、たいていの洞窟壁画はパターンが決まっている。

では、なぜこのように描かれる動物の場所が決まっているのか？ということですね。正面に描かれるのがマンモス・野牛・牛・馬と決まっている理由は？【生徒を指名】なぜだと思いませんか？

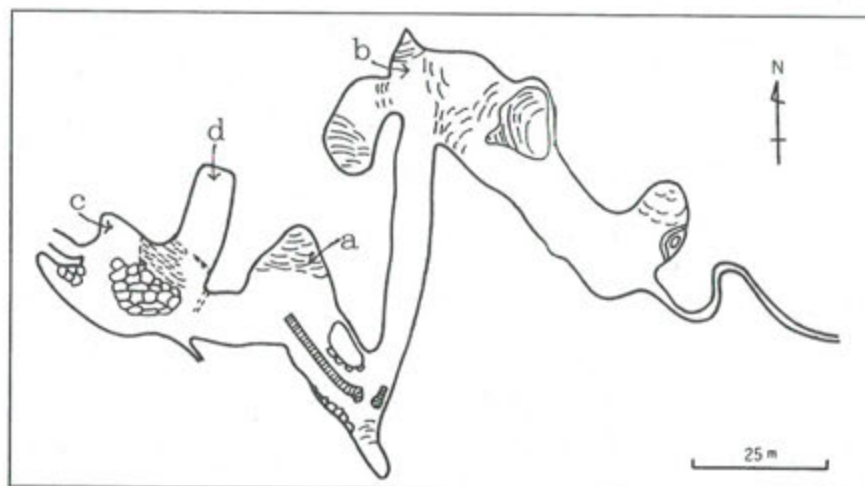
—生徒：儀式に使ったから。

そう。すなわち、動物の中に、旧石器時代の人びとはランキングを付けているということですね。自分たちにとって、大切な動物を正面に描いて、大切ではない、どうでもいいことはないんだけど重要度が低い動物を外側に描いていく。ライオンなんて、人間にとって大敵ですよ。自分たちの家を襲ったり、獲物を奪ったり。そういった危険な動物は一番外側に描く。描かれる動物の場所というのがきっちりと決まっているのです。

さて、これはアルタミラの洞窟です。【黒板に掲示した図②に注目させる】西端が入り口です。このアルタミラの壁画は、この洞窟のどの部分に描かれたのでしょうか？【生徒を指名し、黒板の図②のところに来るように指示する】はい、ここが洞窟の入り口で、ここに縮尺が書いてあります。壁画は洞窟の中のどこに描かれたのでしょうか？この青色の丸い磁石を、壁画が描かれたと思う場所において下さい。【生徒が、磁石をおく】はい、○△さんは、ここ【図②のa】におきました。前のクラスの方は、ここ【図②のb】でしたが、どちらにしてもセンスがあります。どう意味でセンスがあるのか？

もう一度、言います。ここが洞窟の入り口です。縮尺を当てはめてみると、この場所は、入口から約50メートルはあるのです。約50メートルも奥まったこの部分は、光がまったく届かなくて真っ暗です。真っ暗な中で、どうやってこういうふうな絵を描いたのでしょうか？皆さんの先輩は、光が届いて明るい場所じゃないと絵が描けない、というので入口の部分【図②のc】で絵を描いたと考える人が多かったのですが…。

正解はここ【図②のd】です。この場所は、入口から25メートルほど入った場所で、



図② アルタミラ洞窟

完全に真っ暗です。言いたいこと分かりますね？ 懐中電灯なんかない時代ですよ。真っ暗な中でどのようにして、このような絵を描いたのでしょうか？ 旧石器時代の人びとは、我われと違って視力が 10.0 ぐらいのあったのでしょうか？ 闇をも見通す鋭い眼力があったのでしょうか？ どうやって、このような絵を描いたのでしょうか？ どうやって明かりをとったのでしょうかね。【生徒を指名】

— 生徒：鏡を使った。

鏡！ 反射で…？ 鏡なあ…。旧石器時代に鏡があったかなあ…。【他の生徒を指名】  
おつ。そちらの方で何か声が聞こえてきましたが…。

— 生徒：【周囲の生徒と相談して】火を使った。

火を使う。火を使うしかないじゃないですか。ねえ？ でも、焚き火を焚いて大丈夫？ そう…、焚き火を焚いたら明かりは採れますが、窒息する？ 酸欠状態になってしまう危険性が極めて高いじゃないですか。もう一度、言いますよ。明かりを採らないと絵は描けない。しかし焚き火を焚いたら酸欠状態になってしまう。どうしたらいいのか？

ちゃんと遺物が残っているのですね。こういうものが。【黒板に図示する】平べったい石です。石皿です。この中央部に焦げ付いた繊維の痕が残っていました。おそらく苔です。そして化学的分析をすると、獣の油、獣油がしみこませてあった。すなわち石皿のランプなのです。石皿に油に浸したコケをおいて、それに火をつけ、ランプで明かりを採った。焚き火だと、いっぺんにたくさん酸素を消費して酸欠状態になる危険性が高いけれども、手灯りのようなランプをあちこちに掲げたら、その危険度は非常に薄れる。さらに、考えてみてください。天井にも絵を描いているということは、材木なんかで足組みなどを作って、天井にも描けるようにしているということですね。言っていること分かりますよね。天井画があるということは、わざわざ櫓みたいなのを組み立てて、絵を描いているということですね。つまり気まぐれな落書きなんかとは、まったく違うということですね。

では、なぜこのような洞窟壁画は描かれたのか？ 【生徒を指名】旧石器時代の人は、なぜ、このような洞窟壁画を描いたのでしょうか？ △△さん。

— 生徒：狩猟とかをするときに、マンモスとかを捕りたいから。

マンモスとかいろいろな獣が獲れるように願い事をした。その通りですね。ちょっと難しい言葉遣いをしますと、呪術的表現なのです。では、もう少し考えて見ましょう。なぜ、こんな真っ暗なところに彼らは絵を描いたのでしょうか？ わざわざ石皿のランプを使わなくても、光が入って見やすい場所に壁画を描かなかったのかということです。真っ暗なところでも絵を描けるということは分かった。でも、なぜわざわざこんな真っ暗なところに絵を描いたのでしょうか？ 誰にでも見える、分かりやすいところに絵を描いたらいいじゃない。このニオーの洞窟壁画は、アルタミラどころじゃありません。700 メートルも奥に描かれていたのです。

洞窟壁画ですが、壁画ということにだけ注目してはだめだったんですね。あるとき考古学者と音響技師が調査に訪れて、考古学者が「なぜこのような場所に絵を描いたのかが分からない」と言ったのです。すると音響技師が、言ったんですね。「この洞窟の中で、いちばん綺麗に音が響くのがここだ」。わかりますね。お風呂の中で歌を歌うと綺麗に聞こえるように、洞窟の中で歌うとやはり綺麗に響きますが、音がいちばん綺麗に響くのがここ。ということは、ここに絵を描いて、旧石器時代の人びとは、歌を歌ったり、お祈りの

言葉を唱えたりした。するとそれが綺麗に響いて、先ほど△△さんが言ったように「獲物が獲れますように、いいハンティングができますように」といった呪術的な儀式となったと考えられているのです。ですから、壁画だからといって、絵を見ることにばかり注目してはダメだ。音がどうなのか、何のために壁画が使われたのか、そんなことも考えないといけないということですね。では、ちょっと急ぎます。

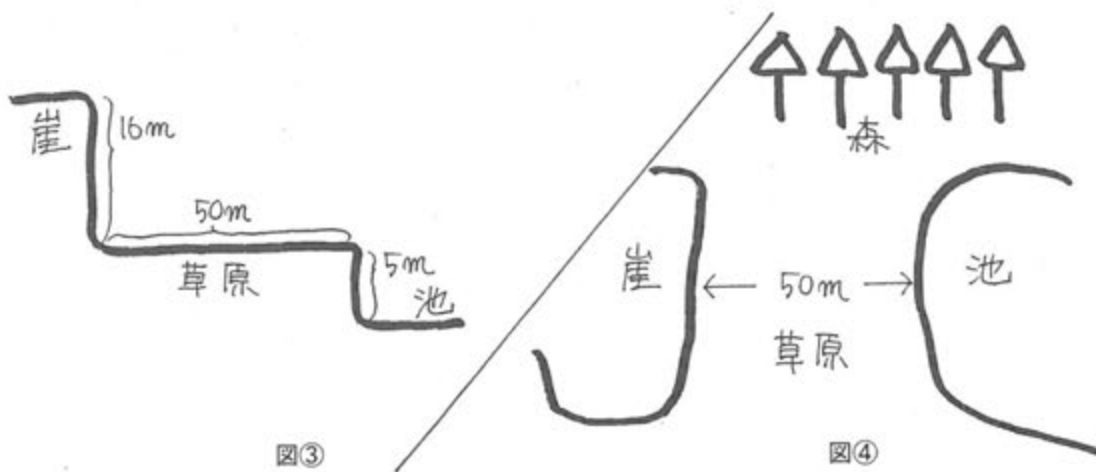
最初に〇〇君が言ってくれたように、旧石器時代というのは狩猟・採集生活です。そこでみなさんに旧石器時代の人間になったつもりで、これからゲームをしてもらいます。【ゲーム用のプリント（B5版1枚）を配布】「君は、マンモスをゲットできるか」というゲームですが、ゲームを始めるに当たって一番大切なことは何でしょうか？ ルールを守ることです。【複数の生徒が頷く】いいですね。では前提となることを今から言っていきます。それをよく聞きながらゲームに参加してください。

「君は、マンモスをゲットできるか」というゲームですが、時代は現在から1万2000年前です（プリントに書き込んでいって下さいね）。すなわち旧石器時代の末期です。もうあと少しで農業が始まる新石器時代になるのですが、まだ1万2000年前ですから旧石器時代の末期です。場所は、いちおうヨーロッパとしておきます。ユーラシアのどこでもかまわれないのですが、たまたま気候とか土壌・地質の関係で、洞窟壁画が残っているのはヨーロッパが多い。ですからヨーロッパということにしておきます。それから人数です。人間は一人では生きていくことは出来ません。ですから、旧石器時代であっても集団を作って生きていくわけですが、その人数を41人とします。まあこのクラスの人数とだいたい同じくらいと考えてください。時代は1万2000年前。場所はヨーロッパ。人数は41人、わざと奇数にしました。季節です…10月の初めです。いい？

皆さん一人ひとり、その41人の集団のリーダーです。リーダーとして、今いちばん考えなければならないことは、越冬です。どうすれば冬を越すことが出来るのか？ 41人全員が無事に冬を越すには、食料の確保が重要です。そして、現時点では、植物性の食料は十分に蓄えがあります。先ほど〇〇君が言ってくれたように、木の実であるとか、いろいろなものをひっくるめて、植物性の食料は十分に蓄えがあります。けれども動物性の食料が手薄。動物性の食料は手薄なので、動物性の食料を手に入れたい。

では次の設定条件。皆さんがいま滞在している場所には、6頭のマンモスがたまにやっ来て来ます。月に4回か5回、6頭のマンモスが、皆さんがいる近辺を行き来するのですが、いつ来るのかは分からない。ここまで、いいですね。月に4回か5回、6頭のマンモスが必ず来るのですが、いつ来るのかは分からない。そこで、どうすればそのマンモスをゲットできるのか？

さて、場所の設定条件です。断面図を描きます。【黒板に図③を描く】左側は崖です。高さ16メートル。16メートルというのは、この4階建ての校舎の屋上くらいの高さと考えてください。この部分は平地、草原ですね。50メートルくらいの幅。大学のグラウンドの横の幅くらいと考えてください。そして、ここは池です。池でも沼でもいいのですが、これが少し特殊な池で、ふつう岸边はなだらかになるのですが、ずぼっと切り立つようにいきなり5メートルの深さになっています。まるでプールみたいですが、まあ、そういうことにしてください。そしてこの崖と池の間の平地を、6頭のマンモスが月に4～5回、行き来します。



断面図はこんな感じですが、上から見ますと【黒板に図④を描く】左側に切り立った崖があって、右側に池があって、その間に50メートルぐらいの幅の道というか草むらがあって、奥には森がある。ここをマンモスが月に4～5回、行き来する。いいですね。だいたいこの設定は分かりましたね。

では、作業です。皆さんは、一人ひとりがリーダーです。自分なら、どのようにしてマンモスをゲットするか、その方法を考えてみてください。作業1、時間は1分ぐらいで。マンモスをどうすれば捕まえることができるか、自分なりの方法を考えてみてください。旧石器時代ですから、ライフル銃なんてありませんよ。

【黒板にマンモスの絵を描く。生徒が訝しがる】これはマンモスですよ。これがマンモスに見えなかったら、いったい何がマンモスに見えるというのですか？牛に見える？牛よりはマンモスに見えるでしょう？【大部分の生徒、苦笑】高さは3メートル。教室の天井をつき破りますよ。体長は6メートル。教室の横幅のおよそ3分の2。こういったマンモスが月に4回から5回、行き来するのですね。では、この列の人に答えてもらいましょう。【生徒を指名】マンモスをどういった方法で捕まえようと思いましたか？

—生徒：池に落とす。

池に落とす…はい。あっ、すいません。□□さんに、答えてもらったのに、悪いのですが、作業2も始めてください。作業2は、自分がこのような方法でマンモスを捕らえようとして、なぜそのような方法を考えたのか、その理由です。いろいろな方法があるのに、なぜ自分はそのような方法でマンモスを捕まえようとしたのか。その理由を書いてください。いま□□さんは、池に落とすという答えでした。作業をしながらで申し訳ないのですが、順番に答えていってもらいましょう。【次の生徒を指名】

—生徒：崖の上から、岩を落とす。

はい。崖から、つまり上からの攻撃。上からのアタックですね。【次の生徒を指名】

—生徒：待ち伏せをして、みんなで四方八方から向かっていって槍や弓でやっつける。

はい。そういう答を待っていたのですよ。正面からのファイトですね。【教室、朗らかな笑い】【次の生徒を指名】

—生徒：1頭は、穴を掘ってやっつける。他のマンモスは、崖から石を落としたり、森

で木の枝からマンモスに飛び乗ってやっつける。池のところに餌をおいて、おぼれさせる。

はい。なるほど、合わせ技で、マンモス全部を捕まえようと…。【次の生徒を指名】

—生徒：崖の近く 10 メートルのところを通るようにして、崖から石を落としたりして、とにかく池まで追い込んで、池の上にも人を待機させておいて、やっつける。

皆、複合技でいろいろ考えてくれますね。【次の生徒を指名】

—生徒：崖の上から攻撃する。

はい。上からのアタックですね。いろいろなパターンがあって、複合技もありましたが、だいたい訊いていくと「池に落とす」「崖から石を落とす」「正面からのファイト」…マンガの「はじめ人間ギャートルズ」みたいですが…そして「落とし穴」という4つのパターンが多いですね。

では、次に作業3として、自分は作業1でこのような方法を選んだけれども、よくよく考えてみると、ここが拙いんじゃないかという、自分が考えた方法の短所・弱点を書いてみてください。友達の意見を聞いて、自分の方法は、こういうところが拙かったんじゃないかなという短所・弱点ですね。【約1分、机間巡視】

では、時間が押しているの、急ぎます。正解は、こう言う皆さんは、がっかりするかもしれませんが、とにかくマンモスを捕まえることができたなら正解です。どのような方法もアリです。当然ですよ。ですから、池に落としても、崖から攻撃しても、正面からガチンコ勝負しても、落とし穴を使っても、ゲットできたら正解です。ただしここで考えて欲しいのは、マンモスをゲットするときに、より安全に、より効率よく捕まえようという発想が皆さんにはありましたか？ より安全に、より効率よく、です。

みなさん、朝、お父さん・お母さんが仕事に行きますよね。「今日はもう生きて帰ることができないかもしれない。これで最後だよ」と言って出かけますか？【生徒、笑い】旧石器時代のハンティングする人も同じでしょう？「お母あ、今日が最後だべ〜。オラは、命と引き換えにマンモス捕まえるだべ〜」って、命がけで行くのでしょうか？【生徒、大爆笑】 そんなことないでしょう？

ということは、正面でファイトする。6頭のマンモスを相手に真っ向から戦う。これは大変。ゲットできるかも知れませんが、残念ながら1人か2人、死傷者が出るかも知れません。リーダーとして、仲間が命を落として帰って来ていいんですか？ 41人の仲間のなかで1人でも命をなくすこと、それは大きな悲しみだし、痛手なのです。

さて今回、クラスの人数に近い41人にしたのは、それなりの理由があったのです。みんな41人全員がマンモスハンティングに出かけることが出来ると考えていたんじゃないですか？ いま話をしているのは41人の旧石器時代の人間集団です。年をとった人もいれば、赤ん坊もいるわけです。そうでしょう？ 皆さんみたいに10代後半の若い元気な男性・女性ばかりで一つの村、一つの集落が構成されているはずないでしょう？ 赤ん坊から、よぼよぼのお爺さん・お婆さんまでいるわけですよ。実際にハンティングに行ける人数はどれぐらいなのか？ 旧石器時代の人間の平均寿命は約24歳です。乳幼児死亡率がずいぶん高かったので、平均寿命は24歳ぐらい。ということは年齢別に分けていくと、だいたいハンティングに出かけることが出来る10代後半から50代までの人間は、男性に限っていうと、41人の内せいぜい12人前後です。12人ぐらいで効率よくマンモスをゲット



するにはどうすればいいのか？ しかも月に4～5回しか通らないから、いつ通るか分からない、そういうマンモスをどうすればゲットできるのか？

まず、池に落とすという答え。いろんな場合があるのですが、今回、わざとプールみたいいきなり5メートルの深さの池にしたのには理由がありました。池に落とすと答えた人、あるいは「それだ！」と思った人は、頭の中にこういう先入観があったのですよね…マンモスは泳げない。マンモス、なぜ泳げないのですか？ 誰がそんなこと決めたのですか？ アフリカゾウやインドゾウは泳ぎますよ。5メートルの深さなら、十分に泳いで逃げていきます。かりに池の中に追い詰めてマンモスを仕留めた、どうやって6.5トンもあるマンモスを陸にあげるのですか？ 6.5トンもあるのに…。残念ながら、ちょっとこの方法は、しんどいかもしれない。

崖から、上から攻撃する。なかなかいいアイデアです。しかし草原は幅が50メートルもあります。ピンポイントでちゃんとマンモスを直撃出来るか？【生徒、笑い】なかなか大変ですよ。なかなか大変。もちろん獲れたら、それでいいんだけどね。

正面からのファイト。ウーム、ちょっと漫画の見すぎかもしれませんね。投げ槍や弓矢を使ってのファイト、これは十分ありえます。しかし決して簡単ではありません。

結論から言うと、おそらく落とし穴が、この場合は一番可能性が高いかなあ、という感じですね。落とし穴ですから、常時見張っておく必要はありませんからね。では落とし穴ですが、いったいどれくらいの大きさの落とし穴をつくればマンモスをゲットすることができるのでしょうか？【生徒を指名】

—生徒：最低でも、マンモスの足が4本とも入る大きさで、深さはマンモスが足をかけて出られないくらい。

はい。最低でも、マンモスの4本の足が入るくらいの大きさで、マンモスが足をかけて出られない深さでないといけない。ということは、こういう落とし穴だね。【黒板に描いたマンモスの周囲に、それがすっぽり入るくらいの落とし穴を描き足す】大変だねえ。この教室、半分くらいの大きさの落とし穴を掘らないとダメですね…。皆さん、旧石器時代、生き残れませんよ。深さ1メートル・直径1メートルの落とし穴でいいのです。【先ほどの落とし穴を消し、マンモスの後ろ足1本が入るくらいの落とし穴に描き直す】なぜこんな大きさでいいのかと言うと、足4本すべてじゃなくて、1本だけでいいのです。1本だけ落とし穴に入ってくれたら、その瞬間、この足に6.5トンの全体重がかかりますから、足が折れてしまうのです。折れた瞬間にマンモスは動けなくなってしまいます。パオーン！

【生徒、愕然】マンモスは痛いので鳴くわけです。パオーン【生徒、大爆笑】という声を聞いてから「やった！仕留めた！」と捕まえにいけばいいわけです。つまり、落とし穴を作るとしても、効率よく作らないと。うまくいけば、直径1メートル・深さ1メートルくらいの穴でもマンモスは十分にゲットできるわけです。

というわけで、時間がないので、作業4をとばしましたが、これはマンモスを捕らえるために、どれくらいの人が必要だと考えていたのか？という問題でした。そして作業5は、これも時間の関係で、とばしますが、作業1・作業2・作業3を経て、最終的に自分はどういう手段がいいと思ったのか。作業1をもう一度考えて、最終結論を出してほしいというものでした。

作業6です。これも時間がないのでとばしますが、こういう問題です。マンモスをゲッ

トして肉を得る。それは構いませんよ。でも肉を取って、それでおしまいなんですか？ 肉だけを取って、あとはマンモスを放ったらかしにしておくのでしょうか？ 旧石器時代の人びとは、そんなもったいない事をしたのでしょうか？ マンモスは、食料以外にもっといろんな使い道があったんじゃないですか？ どういったものにマンモスを利用することが出来たのでしょうか？ 各自、考えておいてくださいね。

急ぎます。狩猟・採集生活は、獲得経済です。狩猟・採集生活ですが、旧石器時代も後期になりますと、誰かが言ってくれたように、弓矢の使用が始まります。飛び道具です。でも、ここでも考えてくださいね。弓矢を使用するといいましたが、矢の先に付ける石の鎌、どうやって付けたのですか？ アロンアルファのない時代ですよ。どうやってあの鎌を矢の先に付けたのでしょうか？ あるいは弓ということは、弦が必要ですね。あの弦、どうやって作ったのですか？ 考えてみてくださいね。いろいろ疑問が出てきますね。

それから狩猟・採集生活というと、ハンティングというイメージが強いですよ。しかしハンティングというのは、実は数日に1回行なえば十分だったのです。基本は採集だったということです。植物性の食料を得るのが基本だったということです。だってマンモス1頭を捕まえて、その肉を一日で食べつくせますか？ そうでしょう？ マンモスみたいなバカデカイ動物でなくても構いません。野牛でも構いませんよ。でもその肉を、たった一日で食べきれると思いますか？ そんなはずないでしょう？ ですから1頭獲物を捕まえると、1週間（うまくいけば2週間）は楽勝なのです。だから毎日毎日ハンティングをしなければ生きていけないと思うのは大きな間違い。基本は採集で、ときどき動物性の食料をゲットする。そしてハンティングというのは、先ほども言ったように、命がけじゃなくて（結果としては命がけになってしまうこともあるけれども）、じつは娯楽をふくんだものでもあった。そういったことが、アフリカの、現代でも旧石器時代のような生活をしている人びとのフィールドワークから分かっています。

時間が足りないので急ぎます。マンモスの皮を剥ぐ、あるいは肉を切り取る。当然石器が必要ですよ。この時代は、打製石器が使われていました。打製石器というのは、たとえばサヌカイトとか黒曜石というふうに、石の割れ口が非常に鋭い石を選びます。これはサヌカイトです。【サヌカイトの剥片を提示】割ったばかりです。【剥片を押し付けて更紙を切る。カッターナイフのような切り跡を提示】あー、切れ味がいいいち。でも、どういう風なものかはわかりますね。どのような石でもいいのではなく、このように鋭利なエッジが、割れたときに出来る石を選んで石器にしているのです。

私は大学時代に考古学に興味があり、二上山で旧石器遺跡の発掘をしていました。あるとき先輩から、こう言われました「おい、旧石器作れるか？ 作ってみろや。作れないだろう」って。「なに言ってるんですか。旧石器ぐらい作れますよ」と応えて、3回ぐらい石を打ち欠いて、あっと思ったんですね。どうなったと思いますか？ こんなに切れる石なんです。3回ぐらい石を打ち欠いたとき、私の手は血まみれですよ。さて、では旧石器時代の人びとは、毎日毎日、血染めの石器を作っていたのですか？ どう？ 毎日毎日、指や掌を切りながら「今日はちょっと俺には出来ないから、おまえ作ってくれよ」といった感じで作っていたのでしょうか？ 違いますよね。【終業のチャイム】彼らは、彼らなりに、手を切らないように工夫をして、石器を作っていたわけです。ですから、今の我われが考える技術とは違う技術で、旧石器時代の人びとは、生活をしていたわけです。

そういった石器の一つがこれです。【パネル「打製石器と磨製石器」の打製石器の部分提示】ただし、これは拡大写真です。こんな大きなはずはありません。こんなに大きければ、持ち上げるだけで精一杯です。これは本当の石器ではありませんが、大きさはこれぐらいで、【握り拳大の握斧に似た形状の黒曜石を提示】握斧といわれるハンド=アックス、ものを砕くための石器があります。それから、これも石器ではないのですが、【4センチ四方の薄いサヌカイトの剥片を提示】形が似ているので参考にして欲しいのですが、石刃という、カミソリみたいに、ものを剥ぐための石器もあります。つまり使い道、用途に応じて石器の形が違うということです。石器の形が違うということは、石器の作り方も違うということです。それぞれの目的に適した石を選んで、作り方を変えて、旧石器時代の人びとは数種類の石器を駆使して、生活をしていたということです。

時間がなくなりましたが、打製石器の種類について簡単に示しておきます。いわゆる石核石器を中心としたのが握斧といわれる石器です。そして剥片石器、いま言った薄っぺらなカミソリみたいなものですが、それを中心としたのが石刃です。

チャイムがなくなりました。申し訳ないのですが、最後に一言だけ。旧石器時代の人びとは平均寿命 24 歳です。でも、だからといって彼らの生活はすごく惨めだったと言えるのでしょうか？ 家族や仲間と一緒に、ハンティングをし、話し合いをし、歌って、お祈りをした。今とはずいぶん異なるけれども、人生は短かったけれども、一人ひとりがかけがえのない生活を送っていた…ブライストレス。これが旧石器時代の生活でした。ではプリントに感想を書いて、あとで提出してください。【2分超過】

ワークシート (「ゲーム 君は、マンモスをゲットできるか」)

<p><b>GAME 君は、マンモスをゲットできるか</b></p> <p>時代： _____ 場所： _____ 食糧： _____</p> <p>人数： _____ 季節： _____</p> <p>・作業 1： _____</p> <p>・作業 2： _____</p> <p>・作業 3： _____</p> <p>・作業 4： _____</p> <p>・作業 5： _____</p> <p>・作業 6： _____</p> <p>・あなた自身のこれまでの経験や知識と関連させながら、今回の授業を受けて、新しく(あるいは改めて)考えたこと・感じたことを5行以上、書いてください</p>	_____
	_____
	_____
	_____
	_____
	_____
	_____

I 年 \_\_\_\_\_ 組 \_\_\_\_\_ 番 \_\_\_\_\_

05・50・1年 世界史ノ一ト・00 旧石器時代

\*旧石器時代：氷河時代

(1) 洞窟壁画：呪術的表现？

cf: アルタミラ (スペイン)・ラスコー (フランス)

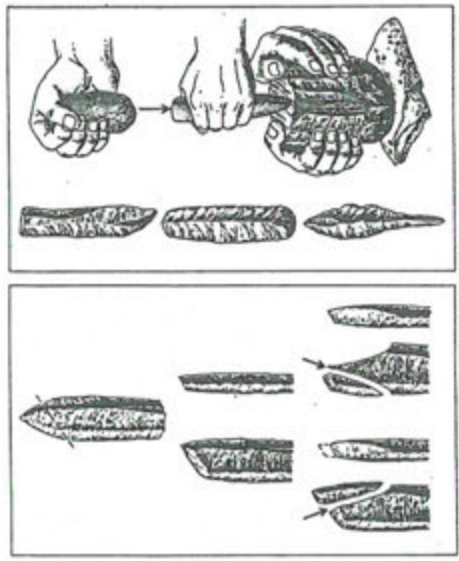
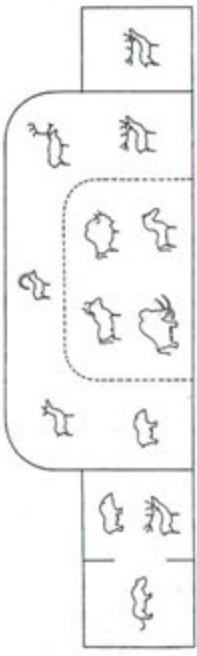
(2) 狩猟・採集生活 (獲得経済)

→ 数日〜1回。罅壺と一体化

弓矢の使用

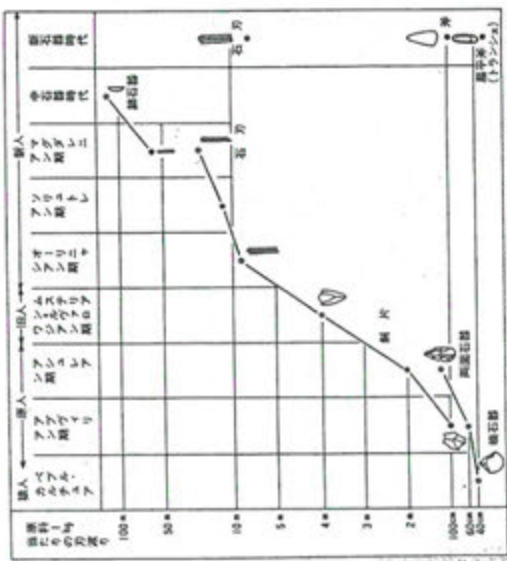
(3) 打製石器

→ 石核石器…cf: 標差 & 剥片石器…石刃



石刃製造 石核を削製し、その縁部から、鋭い刃面をつつぎに削ぎ取る方法で、これによって得られる細刃は、細平刃で、中央に1本ないし二本の稜がある。これを石刃といひ、この性質は、個人採集の利器である。

石片からピエランへの加工 鋭い石刃にさらに手を加え、鋭い刃を打ち出すこととして、葉状ピエラン(細平刃)にする。このピエラン(ブレイク)は一歩も歩かずに、水や火、角の鋭利な端で加工できるようにした。



旧石器の進歩 旧石器時代のピエランから細平刃に加工される石器の出現は、旧石器時代の地層から、新石器時代の地層にかけて、北進を繰り返している。

図10 石器の進歩とその歴史 (1984年)

### 3. 生徒の反応

授業後、生徒全員に授業感想の提出を求めた（提出者は160人）。いうまでもなく生徒の感想の内容は多岐にわたっていた。そこで、それらをいくつかのグループに分類し、代表的なものを紹介する。ついで筆者の簡単なコメントを記しておく。

#### A: “旧石器時代=野蛮”という先入観について

- ①旧石器時代の人たちは、すぐ死んじゃうし、楽しいこともないし、おいしいものを食べられへんし、かわいそお！って思ってたんですが、こんなにも工夫して、生きのびているんやなあ…と感心しました。
- ②旧石器時代と言えば、ただ単に明日の食料を求めて日々命がけて戦っていた時代なのかと思っていたが、娯楽としての狩猟や信仰として歌を歌うなど、生きることを楽しみを見出していたことも知って驚いた。
- ③今までさんざん文句を言うたびに、「石器時代を考えろ、あの時代はごはんひとつに命がけだ、娯楽もないぞ」といろんな人に言われてきましたが、そうではないことがわかってとても勉強になりました。
- ④旧石器時代の人々は、もっと頭なんか使わず気分だけで生きていたかと思っていたが、今回の授業を受けて、自分達と考えることは同じだという当然の事に気づかされた。今までとはまったくそんな事を考えなかっただけに、かなり新鮮に感じた。
- ⑤今まで、イメージとして旧石器時代の方は、自分たちよりも劣っていて、“バカ”っていうようなイメージがすごく強かったのですが、打製石器やマンモスの狩り方にあげられるように、実はものすごく考えられていて、その時代にあった工夫がなされているんだということを感じました。
- ⑥当時の人々も今の人々とそんなにかわらないと感じた。旧石器時代は思ったよりも良い時代だと思った。
- ⑦旧石器時代のことは今まで勉強したことがなかった。今回思ったことは、現代の方が賢いということは決してないということ。
- ⑧1m×1mの穴でマンモスがゲットできるなんてすごいなあ、と思った。一気に6.5トンもの重さが片足にきたら、さすがにマンモスも困りますよね。この狩りを生み出した人は天才！！昔の人のほうが賢いなあ。
- ⑨旧石器時代の人々は今の人々なんかよりすごく頭が良いと思った。自然と共存していて、命がけて獲物を取り、今ではあり得ないことです。こうゆう生活をしていたことを経て、いまの生活が出来たと考えると少しおもしろいです。今の時代に生まれてよかったなー。けど、今から1万年経った後、今の時代を見たら同じことを思うのかも知れません。不思議ですねー。

#### B: ゲームについて

- ①ゲームを最後までできなかったのがちょっと残念です。自分の単純な発想では、マンモスはGETできないと、この授業でよくわかりました。
- ②マンモスのつかまえ方などには絶対的な方法はなく、想像、あるいは彼らが残した情報をもとにして考えるところが楽しいなと思った。

- ③マンモスに対しては、8～10人ぐらいで、わらわら攻撃、とくに石弓でするんだと思ってたから、そんな足一本が入ればいい落とし穴なんて思わなかった。やっぱり歴史はいいな、と思った。でも、そんなにたくさん動物を狩れるのだろうか。逃がすことはやっぱり多い気がする。特に小動物はすばしっこいし。そういうの考えるの大変だなと思う。その時代はその時代の技術、ってかっこいい。
- ④落とし穴は、どのくらいの確率でマンモスをとらえていたのだろうか？
- ⑤GAMEが非常に頭を使い、戦略を練ることを楽しめました。本当に細かい所まで考えを回さなければならないことが解りました。
- ⑥マンモスのゲームは、考えてみるとかなり難しく、その時の人々が知恵を持っていたと思った。
- ⑦このゲームをやってみて、どれだけ私が昔の生活について疑問を感じていなかったかということに気付くことができました。

#### C：旧石器時代に関する予備知識について

- ①マンモスを獲っていたことは知っていたけど、どうやって獲っていたのかなんて、私は昔アニメで観たように、皆で鎌を投げていたんやろな位にしか思っていないでした。
- ②ドラえものの映画に出てくる原始人は、かなりパワフルだ。ウーホー!!と言いながら、マンモスに立ち向かっている。今回の授業でそんなことはあり得ないんだ、と知りました。
- ③マンガとかでは、たくさんの人が同時にマンモスにおそいかかったり、かなり大きい落とし穴を掘ったりしていたので、それが本当だと思っていました。1本足で自分の体重を支えられないのは、ちょっと切ないって思いました。
- ④今の自分のイメージは、ドラマやアニメなどにすごく影響されていることがわかりました。
- ⑤最初、旧石器時代は恐竜の時代みたいにぼかぼか温かいものだと思っていたが、氷河期の時代とはびっくりした。
- ⑥旧石器時代の人々なんて、サルが少し進化したぐらいのものだろうと考えていましたが、すごく知恵があって、いろいろな工夫をして生活をしていることがわかり感心しました。
- ⑦よく写真とかで見る旧石器時代の人の服装がとってももうすいので、てっきり暖かいかなあ～って思ったんですけど、逆ですか。我慢してるんですかね？
- ⑧アニメの中でのイメージしかなかったのが、石器時代と聞くと、上半身はだか=あったかい。命がけで食料採集というイメージだった。
- ⑨昔の人は目が良くて、ヤリ持ってマンモスを追いかけているイメージだったんですが、意外と賢いやり方で動物を狩っていたということに驚きました。火薬とか銃とかなくても人は十分生きていけるんですね。壁画の話は、昔、小学校の頃、国語でスペインの壁画を女の子が見つけたというのを読んだことがあります。それを思い出しました。
- ⑩このあたりは、小学校の頃に歴史マンガを読みあさっていたので、新しく、というのはあまりなかった。そのマンガでは石を割る際に、クマか何かの皮を手の上にのせてそれで皮ごしに石をつかんで割っていたように思う。
- ⑪ちょっと前に旧石器時代がベースになったゲームをしたこともあり、結構興味をもてて受けたと思う。でも絵画の話などは全く知らなくて、なかなかおもしろかったと思う。

#### D: 授業の進め方について

- ①高校に入って初めての歴史だったので、とても楽しみでした。歴史の授業は、ガンガン覚えていだけだと思っていたが、高校の授業は覚えるだけでなく、その時代に住んでいた人達の気持ちなどを考えないといけないので、大変だなと思います。
- ②歴史にはただの棒暗記というイメージしかなかったが、人々の生活を論理的に考えていくと、必然的にいろいろなことが分かる、ということを実感できた。また中学などでは旧石器時代の授業は言葉をいくつか覚えて終わり、というようなものだったが、今回の授業で初めて具体的な人びとの生活を知り、考えることができた。
- ③世界史きらいやし↓↓って感じでしたが、疑問を投げかけてもらって、考えるっていう授業スタイルは、すごく分かりやすかったので、これからの授業、楽しみです♪
- ④どこに壁画が描かれているか、論理的に考えるのは、おもしろかった。またGAMEもなかなかおもしろかった。中学の歴史よりも、覚えることが増えて難しそうだった。しかし、やりがいのある教科だと思った。
- ⑤世界史も、覚えるというよりは、考えていくものなんだなと思いました。
- ⑥中学までの日本史や世界史といった歴史では、語句を覚えたり、“生活様式：〇〇使用”みたいな感じの覚えるものばかりで楽しくなくてあまり好きではなかったけど、笹川先生の授業を聞いて「なんで～するの？」とか“なんで”の部分まで追究するので、面白いなあ～と思いました。歴史が苦手なので、得意になったらいいなあ～と望んでいます。それは自分の努力次第なんですけど…。マンモスの「パオーン」先輩から聞いてはいましたが、驚きました。先生はユニークですね。そういうおもしろさを交えて、授業をして下さい。1年間(?) よろしくお願ひします。m(\_)\_m
- ⑦この授業は、すごく考えさせられることが多かった。歴史というジャンルの性格かもしれないが、想像することが重要だと思った。実際に発掘したものやその時代の生活スタイル、気候などを考慮して、筋道だった想像をしていくことで、その事柄をより深く考えることができるのだろう。これからの授業が不安でもあり、楽しみになった。

#### E: 自分の体験と照らし合わせて

- ①僕は小さい頃からボーイスカウトを習っていてキャンプに行っていたので、昔の人のような事はしていました。だから(略)マンモスはGETできたと思う。今日、世界史をして、かなり楽しかったので、またもっと深く勉強したいです。
- ②この前EDCANでアイヌの話聞いたけれど、旧石器時代はアイヌの人々の暮らしに似ているなあと思いました。文明とかは発達してなくて不便かもしれないけど、人々同士の争いもなく、とても平和な感じがします。石器を作ったりするのは楽しそうだし、私もやってみたいと思いました。
- ③紙が切れる石は二上山にあるって言ってましたが、(略)二上山は小学生のとき毎年(雌岳)ですが、のぼってました。なんか知っている地名がでると嬉しいです。そーいえば、その石を取ろうと思ったこともあったような…。(略)壁画…あれらはすべて一発勝負でかかれたものですか？ 描き直しなんてできませんよね…。それなら本当にすごい…。
- ④おじいちゃんの家を作るときに石器が出てきて、もらってずっと持っていますが、石器ってそうほいほい出るものなのですか？

#### F:その他

- ①旧石器時代には、あんまり貧富の差がないので、リーダーを決めるのは大変だろうな、と思う。
- ②打製石器で紙を切るのを見てちょっと感激しました。古い時代の人は頭がいいなあと思いました。
- ③めっちゃわかりやすかった。ってか時間すぎるのが早かった!! 打製石器の切れ味がやばかった。今まで、石やし、そんなに切れないだろうと思ってたけど…。
- ④マンモスをなつかせるということは考えられないでしょうかね。ムツゴロウさんがいれば、旧石器時代のひとは大助かりだと思いました。
- ⑤壁画などを見ると神秘的な印象を受けた。旧石器時代の人がどういう思いでその絵を描いていたかと思うと、芸術としていろいろな味がでてくる。保存状態もよくすばらしい作品である。近代アートにはないものがある。
- ⑥洞穴の話はなかなか興味深いものがあつた。声のよく響く所で歌を歌ったり、儀式を行なったりというのは、今となっては、けっこう幻想的な感じでいいなあ。
- ⑦平均寿命 24 才とかやったら、うちらぐらいで若くして死ぬってゆうコト。その時代の 24 才がどれくらいなんか知らんけど、それだけ短いんやったら、1日1日めっちゃ大切に、1秒1秒をすごい貴重な時間として生きていけそう。今みたいにだらだら過ごすんじゃないくて。うちは今の生活で十分充実してるけど。
- ⑧個人的には歴史はせいぜい黒船来航以降の近代史ぐらいにしか興味がなかったのですが、今回の授業で少し古代にも興味を持ってました。
- ⑨先生の「パオーン」という声が頭の中から抜けません(笑)。
- ⑩何よりも先生の「パオーン」がおもしろかったです。本当にマンモスみたいでした。やっぱり毎年やっているからですか？

Aについて：A①～A⑦に見られるように、大部分の生徒が抱いていた「旧石器時代は野蛮である」といった思い込みは、かなり“是正”されたと思う。しかしその一方、A⑧のように「昔の人のほうが賢いなあ」という“過度の賞賛”も生じてしまった。旧石器時代であれ現代であれ、生活環境に応じた知識の獲得と活用を人類は行なってきたということを、歴史上のさまざまな場面で指摘していくことが重要なのであろう。なお、現代人の生活を、より大きなスパンでとらえるA⑨の発想も大切にしたい。

Bについて：生徒全員の感想を一覧すると、ゲームに関してはかなり好評であった。

マンモスを捕獲する方法については、以前より旧石器時代の授業では必ず質問をしてきた。ただし従来は「どうやってマンモスを捕らえる？」と漠然と問いかけ、指名された生徒は、とりあえず思いついた手段を返答していた。その大半は、「弓矢や槍を使って皆で追いかけていく」「落とし穴を掘る」「池があれば、そこに追い込む」「崖があれば、上から石を落とす」のいずれかであった。筆者は、それぞれの手段の長所・短所を述べたあと、落とし穴の有効性を指摘するようにしていた。

2005年度、ふと「生徒たちが、この4つの選択肢を簡単に思いつき、いずれを選ぶことも可能であるような場面」を設定すれば、もっと授業を活性化できるのでは？と考えた。そこで授業では、黒板に図③と図④を描き、「どうやってマンモスを捕らえる？」とクラス



全体に問いかけた。そして、生徒たちの回答から4つの手段を引き出し、その長短について意見交換をすることがスムーズにできた。生徒全員が頭を働かせていたからである。

今年度は、このマンモス=ハンティングを、授業の重要な“脇役”ではなく、“主役”として用いることにした。その際、旧石器時代の人間集団のあり方にも、ある程度が目配せができるように心がけた。こうして「GAME 君は、マンモスをゲットできるか」というワークシートを作成したのである。しかし実際の授業では、作業の時間を十分に保障できず、いくつかの作業をとばすことになった。そういう意味では、B①のような感想はもっともである。

筆者は、マンモスを捕獲する方法が、TPOに応じて様ざまでであると授業中に説明した。しかし、「落とし穴」が“正答”であるという強いインパクトを生徒に与えたことが、A⑧をはじめ、多くの生徒の感想から伺える。B②のような感想は少数である。ただし「落とし穴」の効率について疑問を投げかける感想（B③やB④）もいくつかはあった。

ゲームに対する生徒の評価は高かったと記したが、とくにB⑤～B⑦のような反応は、嬉しく思う。

Cについて：生徒たちの旧石器時代に関する予備知識（先入観）に、アニメやマンガ等が強い影響を与えていることは、これまでの経験から十分に予測ができた。そういう点では、C①～C④の感想は予想通りであった。

今回もっとも驚いたのは、旧石器時代の気温が現在よりも暖かいと誤解している生徒がかなり多数いたことであった。換言すれば、旧石器時代が氷河時代に相当することをほとんどの生徒が知らないということである。数年前は、そのようなことはなかったと思う（地学の教員からは、旧石器時代と、温暖であった縄文時代とが曖昧になっているのではないかという指摘をうけた）。また、アニメやマンガに登場する旧石器時代の人びとが、袈裟懸けの衣服を着て肩を露わにしていることも、旧石器時代は温暖だという思い込みにつながっているのかもしれない。C⑦やC⑧を読み、このように考えた。

またC⑤やC⑥から、旧石器時代の更新世と、恐竜が繁栄した中生代のジュラ紀や白亜紀、あるいは人類が誕生した新生代第三紀鮮新世の判別が、生徒たちは不得手であることがわかる。「地球の誕生」や「人類の進化」につづいてすぐに「旧石器時代」が取り扱われること、さらに数万年という日常の感覚からかけ離れた長いスパンで歴史を通覧していくことが、その一因かもしれない。

授業後、ある生徒が「旧石器時代のゲームをパソコンで行なったことがある」と話しかけてきた。おそらくC⑩も同様であろうが、インターネット配信のシミュレーション=ゲームなどで旧石器時代に親しんでいる生徒が存在していることもわかった。

Dについて：歴史の勉強は単純な暗記ではない。様々な疑問を抱き、それを解決するために考察をしていくことが重要である。この点を、最初の授業で生徒たちに実感させることができたようである。とくにD③に見られるように、授業前から拒絶反応を示していた生徒が好意を抱いてくれたことは嬉しかった。ただし実際には、常時こういった“イベント授業”を行なうことは困難である。そういう意味では、妙な期待を煽った分、導入の授業としてはむしろマイナスかもしれない。二年次から始まる“日常の授業”を受けて、彼らが、すぐに失望してしまう危険性もあるからだ。しかし、いずれにせよ、生徒たちが積極的に授業に参加していく教材開発の必要性を再認識した。

Eについて：ものごとを理解する際に、これまでの自分の経験と関連づけていくことは非常に重要である。逆説的にいえば、個々の生徒が過去の体験を活性化できる“仕掛け”を取り入れた授業を構想することが望ましい。ただし経験というと、世界史の場合は、どうしても海外旅行の有無に目が向いてしまう。しかし、そういった“大きなイベント”だけでなく、“小さな日常生活”も世界史の授業に結びつくような工夫をしていきたい。

Fについて：F②やF③は、黒曜石やサヌカイトなどの実物のもつ説得力といえよう。毎年のことながら、この“演示実験”は、生徒には印象深いものとなっている（なお授業での「血染めの石器」のエピソードは、それに類似したアクシデントをもとにした“捏造”である）。

洞窟絵画と音響の関係は、生徒にとって、意表をつく組み合わせだったと思う。F⑥のような感想は少なくない。なお今回は、時間の都合で省略したが、洞窟絵画と狩猟儀礼との関連を強調するときもある。すなわち、洞窟が子宮の換喩であったという解釈を紹介するのである。

生徒の素直な感性からみれば、世界史は範囲（時代と場所）が広すぎる。したがって関心のない分野にはまったく興味を持ってないということは、やむを得ない。しかしF⑧のように、授業を通じて新たな関心や興味を抱いてくれると嬉しい。

F⑨・F⑩あるいはD⑥のような感想は、非常に多かった。マンモスの鳴き声は、私の授業の“定番”である。

#### 4. 授業の分析

今回の授業は、後日、筆者が主催している勉強会「ワークショップ世界史」で、授業採録とほぼ同じ形態・内容で模擬授業を行なった。本節では「ワークショップ世界史」の参加者8名の〈授業評価表〉の回答と、各項目に記していただいたコメントを紹介する。さらに、模擬授業後の意見交換および筆者の回答・感想等を記しておく。

〈授業評価表〉

5（たしかにそう思う）－4（ややそう思う）－3（ふつう）  
－2（あまりそう思わない）－1（全くそう思わない）／☆（わからない）

指導案について

Q1. 授業の重点となる目標がはっきりしている。

5：5人 4：3人 3：0人 2：0人 1：0人 ☆：0人

Q2. 内容や教材の解釈が妥当である。

5：7人 4：1人 3：0人 2：0人 1：0人 ☆：0人

Q3. 想定される生徒の思考傾向や技能水準を考慮している。

5：2人 4：3人 3：2人 2：0人 1：0人 ☆：1人

Q4. 導入・やま場・整理の部分がすべて含まれている。

5：5人 4：2人 3：1人 2：0人 1：0人 ☆：0人

・「豊かさ」の意味を考えるとというのは、いいと思う。ただ、一時間では理解しにくいと思われる。自分の生活と違う生活を考えるきっかけになれば十分ではないか。

- ・授業前のイメージと最後のまとめの比較によって生徒が明確に学習後の達成感(?)を得られると思う。

#### 指導案と授業の対応について

Q5. 授業目標からみてふさわしい授業だった。

5:4人 4:4人 3:0人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q6. 時間配分が計画と大きくずれていた。

5:0人 4:1人 3:1人 2:3人 1:2人 ☆:1人

- ・ゲームの時間制限等があり、重点部がやや散漫。90分なら良かった。
- ・ゲームが盛り上がりれば、もう少し時間をかけても、いいかも…? 生徒どうしの話し合い(グループ)もおもしろいかも…?
- ・「現代社会との相違点」「豊かさ」という点に少しひっかかる。
- ・整理の時間を使って、当時と現代の人々の“豊かさ”の違いに気づかせるためには、もう少し生徒に考えさせる時間をとった方が良かったのではないだろうか。

#### 授業スキルについて

Q7. やま場の盛り上げがたくみであった。

5:6人 4:2人 3:0人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q8. 生徒の反応に即して授業計画を柔軟に変えた。

5:2人 4:6人 3:0人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q9. 生徒の言葉や行動に注意深く対応した。

5:3人 4:4人 3:0人 2:0人 1:0人 ☆:1人

Q10. わかりやすい説明であった。

5:8人 4:0人 3:0人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q11. ポイントをついた説明であった。

5:8人 4:0人 3:0人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q12. 意味のよくわかる質問であった。

5:7人 4:1人 3:0人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q13. より深く考えることをうながす質問がみられた。

5:5人 4:3人 3:0人 2:0人 1:0人 ☆:0人

Q14. 板書内容(事項)はよくわかった。

5:3人 4:2人 3:2人 2:1人 1:0人 ☆:0人

- ・「考えさせる」ことは非常に難しいが、問いかけが臨場感にあふれ、またイメージを持たせることにも力点がおかれているために、うまく生徒が引き込まれた。(笹川先生の)前任校でも同様の質問(発問)に対して、生徒が「考えて」回答していたのではないかと想像できる。つまり知識のストックを持ち合わせない生徒に対してでも、イメージを持たせる中で「考えさせる」ことができるということ。
- ・GAMEのシチュエーションをメモるスペースが欲しい。時間があれば、GAMEに関する質問の時間、再質問の時間があり、実働人数などを導けるとよかった(ちょっと無理かな)。

- ・わかりやすい具体的な質問から、「何故」を考えさせる流れまで、スムーズに深く考えさせることができる授業展開だった。
- ・板書の内容は、生徒のレベルに合ったものだと思いますが、場合によってはもう少し丁寧な方が良いでしょうと思います。
- ・命を粗末にしていないという事を考えさせる質問・エピソードが随所に見られ、そこが最大のポイント。石器時代の暮らしが現代とは異質ではあっても、同等なものとして生徒に感じさせることができるのではないかと思います。
- ・「リーダーとして、仲間が命を落として帰って来ていいんですか？」というような、詰問調の説明になるのは、作業をさせた後ではどうか？

#### 授業全体を通して

Q15. 授業は、よかった。

5 : 7人    4 : 1人    3 : 0人    2 : 0人    1 : 0人    ☆ : 0人

- ・現在の考古学研究であきらかになっていることと、想像の範囲内のこととを使い分けながら、巧みに生徒に「考えること」を促していた。
- ・次への予告編（期待をあおる）が欲しい。
- ・理解度の更に低い学校の場合は、具体的事例を減らしてやった方がいいかな。
- ・ゲームの中での環境設定が意図的に誤答に誘導しているようにも思いますが…。
- ・必要なポイントをしっかりおさえて、盛り上げる場面では成功していたように思います。ただ若干、先を急ぎすぎたかなと思える点もありましたが、全般的にはよくまとまっていたと思います。
- ・マンモス狩りの穴。直径1m×深さ1mで本当にOK？ ゲームで、生徒の焦点：正解がないと「なーんだ」となりそう。
- ・石器時代の家族について教えて欲しかった。生徒もイメージが膨らむのでは？

指導案について：Q1に関して。駆け足で済ましてしまうことの多い旧石器時代の授業において、その生活を具体的にイメージさせるだけでも、授業としての意味があるといった肯定的な意見もあった。

Q3に関して。基礎学力も重要だが、生活のなかでのさまざまな体験の有無が、今回の授業では、生徒たちの旧石器時代のイメージを大きく左右するだろうという議論になった。

指導案と授業の対応について：Q6（およびQ8）に関して。ゲームの時間をもっと長くとることが出来ればよかった…という声が多かった。授業では省略したが、回収したワークシートを見ていくと、作業6の部分に「牙は武器。骨は骨角器。毛皮は衣服。腱は弓の弦…」という具合に記入している生徒が、各クラス2割ほどいた（最後の「腱は弓の弦」と書いている生徒は、さすがに少数であったが）。

また生徒たちをいくつかのグループに分けて互いに話し合いをさせれば、さらに有意義だったという意見がでた。当日、研究授業を参観した本校の教員からも同様のコメントをいただいた。筆者は、旧石器時代の授業にもう1時間をかけるならば、上述のようなグループ活動の形態も取り入れて、より本格的にゲームを展開できると考えている。結局は、年間の授業時間数との兼ね合いである。

授業スキルについて：Q7に関して。「マンモスの鳴き声は、勇気がいるよね」という賞賛(?)がちらほら。Q10・Q11・Q12に関して。授業の流れに即しながら生徒への発問が構成できたのは、ゲームのおかげである。「知識のストックを持ち合わせない生徒に対してでも、イメージを持たせる中で『考えさせる』こと」が可能であるというコメントは、非常に嬉しかった。板書については、Q14の結果が示すように、掲示物やイラストなどで狭くなった黒板の各所に文言を書き添ったので、多少の混乱を招いたかもしれない。

授業全体を通して：意見交換の際に、もっとも大きな話題となったのは、ゲームで最有力の解答とした「落とし穴」の有効性、およびその大きさであった。「落とし穴」は、あくまでも一つの候補であり、他にも様々な手段があり得ることを授業では説明している。しかし前述した通り、「落とし穴」が絶対的な正解であるかのような強い印象を生徒に与えたことは否めない。それと関連して「現在の考古学研究であきらかになっていることと、想像の範囲内のこと」の“使い分け”の困難さについても話がなされた。

## 5. おわりに

授業の後「新学期は、新石器時代からですか？」と訊いてくる生徒が数人いた。はじめに記したように、一年次の補習期間に授業を行なったからである。しかし「二年では、アメリカ独立から第二次世界大戦までを扱う予定」と告げると、筆者の予想に反し、彼らは意外な顔もせず「そうなんだ」と応じた。1回だけの授業だったので、“今回は特別”と納得するのは容易だったのかもしれない。筆者にとっても、こういった授業の“前倒し”は初めてだったが、二年次の世界史の導入としては上出来だったと考えている。そして生徒の好意的な反応をふまえて、“日常の授業”をよりいっそう充実していきたいと思った。

最後に、今回の研究授業には、一年生の担任をはじめ複数の教員が参観して下さった。とくに社会科の甲山和美先生には、今後の授業にむけての具体的なアドヴァイスをいただいた。地学の岡本義雄先生からは、授業で用いる黒曜石やサヌカイトをお借りしたのみならず、旧石器時代の環境に関わる貴重な情報もいただいた。そして「ワークショップ世界史」のメンバーとは、“授業およびその周辺”に関して有意義な議論をすることができた。ここに記して感謝の意を表したい。

註1 ちなみに最近10年間、筆者は世界史の授業を以下の単元から始めている。「原始・古代」2回・「古代ローマ」1回・「イスラーム」2回・「ルネサンス」1回・「フランス革命」1回・「産業革命」3回である。

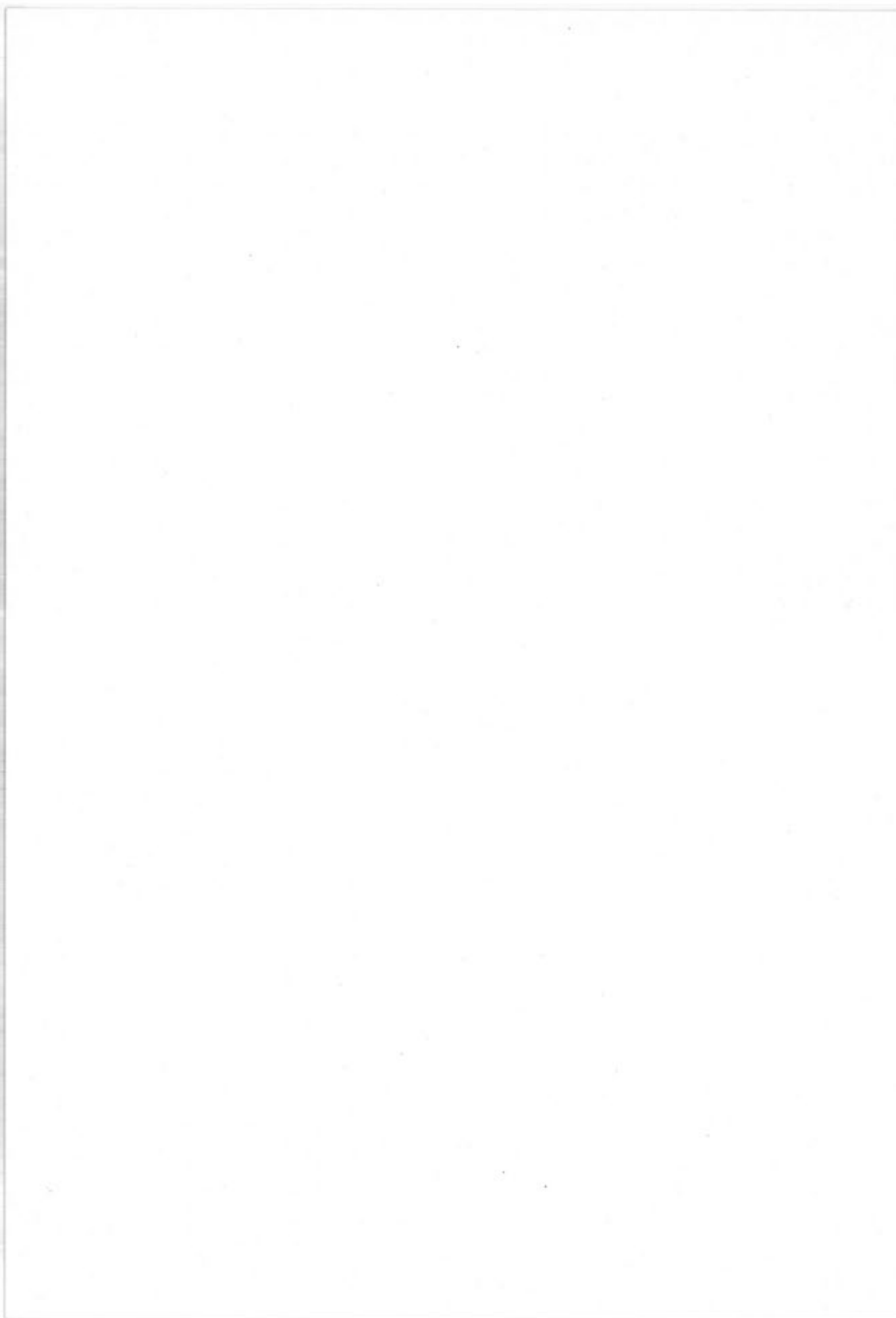
註2 図①および図②は、江坂輝彌他『文明の誕生』(『ビジュアル版』世界の歴史)1・講談社・1984年)のpp.62-63の図版を用いた。ただし黒板に掲示した図②には、記号a~dは付していない。

### おもな参考文献(註に記したもの以外)

亀井節夫『日本に象がいたころ』(岩波新書・1967年)

原俊彦『狩猟採集から農耕社会へ』(『情報考古』II・勉誠出版・2000年)

ローレンス H. ロビンス『石器・骨・古代都市』宮下由美子訳(『地球物語双書』2・心交社・1991年)



## 夏期理科実験基礎講座の実践と展望

つつい かずゆき いのうえひろふみ おか ひろあき おかもとよしお  
筒井和幸, 井上広文, 岡 博昭, 岡本義雄

にし のぶすけ み き やすひろ もりなかとしゆき  
西 庸扶, 三木康宏, 森中敏行

“Summer Seminar about Scientific Experiments for Teachers”

its Practice and Prospect

TSUTSUI Kazuyuki, INOUE Hirofumi, OKA Hiroaki

OKAMOTO Yoshio, NISHI Nobusuke, MIKI Yasuhiro

MORINAKA Toshiyuki

抄録：本校の理科教育に関する研究成果の一部を地域・社会に還元し、理科教育の振興に貢献することを目的に、小・中学校の現職教員を対象とした理科実験の基礎講座を2日間実施した。参加者に対するアンケート調査の結果から、質の高い教員研修が望まれていることが確認されるとともに、今後実施する場合に改善すべき点などが明らかになった。将来的には大阪教育大学とも連携し、さらに充実・発展させたいと考えている。

キーワード：理科教育, 実験・観察, 教員研修, 大学との連携

### 1. はじめに

本校では中学校・高等学校ともに実験・観察を重視した理科教育の実践に長年取り組んでおり、教材に関する研究においても成果を残している。しかし、一般には現在の学習指導要領導入以降、多くの小学校・中学校においては授業時間数削減のために児童・生徒に実験・実習をさせる機会が少なくなっている。物理・化学・生物・地学の全領域で、日常の授業で役立つ実験の基本技術や方法と実験・実習を中心とした授業形態を広く普及させることは、児童・生徒の理科に対する興味・関心を高めるとともに、理科教育の振興につながると考える。

そこで、本校に蓄積された研究成果の一部を地域社会に還元するとともに、長年にわたって培ってきた教育実践力を理科教育振興に役立てることを目的として、小学校・中学校の現職教員を対象とした理科実験に関する基礎講座を実施することにした。

## 2. 夏期理科実験基礎講座の概要

平成 18 年度夏期理科実験基礎講座の概要は次の通りである。なお、各科目の内容については概要を紹介するに止め、詳細については別の機会に譲るものとする。

- (1) 募集 期間：平成 18 年 7 月 12 日（水）～8 月 4 日（金）  
対象：大阪市立小学校の教員及び大阪市立中学校の理科教員  
定員：各実施日とも先着順に 30 名  
申込方法：本校担当者宛 FAX または E-mail
- (2) 実施日 平成 18 年 8 月 22 日（火）（生物・地学）  
8 月 24 日（木）（物理・化学）
- (3) 時程 13:30 生物（24 日は物理）実験室で受付（出欠確認）  
13:40 1 限目の講座開始（75 分）  
14:55 1 限目終了  
→ 休憩 → 地学（24 日は化学）実験室に移動  
15:10 2 限目の研修開始（75 分）  
16:25 2 限目終了  
→ アンケート記入、提出 → 終了（16:30）
- (4) 場所 本校理科各実験室（JR 環状線寺田町駅下車徒歩 3 分）
- (5) 参加者 8 月 22 日：小学校教員 14 名、中学校教員 10 名（計 24 名）  
8 月 24 日：小学校教員 8 名、中学校教員 13 名（計 23 名）
- (6) 内容（担当者）

〔物理（井上）〕磁場模様作成、分光器の作成と光の観察、PC を使った音波分析  
鉄粉をまいて磁石の周りにできる磁場の様子を調べる実験を発泡ポリスチレン板上で行い、それをアイロンでプレスすることで保存可能な磁場模様を作成した。次に、ラップの芯などの紙筒の両端に、プリペイドカードで作ったスリットと回折格子シートをそれぞれ取り付け、簡便な直視分光器を作成した。これを用いて、何種類かの光源からの光を観察し、スペクトルの違いについて学習した。最後に、パソコンを用いて音の波形を簡単に見ることのできるソフトを配付し、声や楽器の音の波形をいくつか観察した。

〔化学（岡）〕水溶液と指示薬を中心とした実験

水溶液をつくる上で留意すること、特に硫酸の希釈熱や水酸化ナトリウムの溶解熱について、基本的なことを実験で確認した。また、指示薬について、特に BTB やフェノールフタレインを中心に解説した。

〔生物（森中）〕イカの解剖実習

様々な問題から解剖実習が近年どんどん実施されなくなっている。そこで、「小学校や中学校で器具が揃ってなくても可能」「材料が安価で入手しやすい」「児童・生徒にとって抵抗がない」「簡易に主な器官系が観察できるが、ほ乳類とは大きく異なり系統や進化へも発展が可能」「食へのつながりが可能」これらの条件を満たすイカの解剖実習を提示した。

〔地学（岡本）〕地震の 3D 震源マップと 3D 眼鏡の紹介、小麦粉を用いた断層実験  
色彩を遠近感に変換する 3D 眼鏡 (Chroma Depth 3D Glasses) を使い、近畿地方の



微小地震の立体震源地図から兵庫県南部地震の余震分布や沈み込むプレート境界などを観察した。また、スライドケース内で小麦粉とココアを用いた断層実験を行い、断層と地震の関係について実習した。

〔物理〕



〔化学〕



〔生物〕



〔地学〕



(7) 参加費 無料（資料及び実験材料費も無料）

(8) その他

- ・参加者の募集にあたっては、大阪市小学校教育研究会理科部（市小理）及び大阪市中学校教育研究会理科部（市中理）の全面的な協力を得て、大阪市内の全ての小学校・中学校に案内文書を送ることができた。
- ・校舎の大規模改築期間中に実施したため、参加者には大学正門から入校してもらい、案内板を用いて実験教室まで誘導した。

### 3. 参加者に対するアンケート調査の結果と分析

参加者に対して実施したアンケート調査の結果と、それから明らかになった点について述べる。なお、2日とも参加した参加者には1つの設問について1回だけ回答してもらった。また、複数回答が可能な設問については、回答数の参加者数に対する割合を示した。

Q1 所属先は小学校、中学校のいずれですか。

小学校 15 (52%)

中学校 14 (48%)

Q2 今回、本講座に参加してみようと思った理由は何ですか(複数回答可)。

	小学校	中学校
①授業の参考になると思った	87%	57%
②実験・観察の指導が苦手なので勉強しなかった	60%	29%
③実験・観察の指導が好きなので興味があった	33%	50%
④夏休みの研修として適当だと思った	20%	21%
⑤知り合いに参加を勧められた(誘われた)	7%	7%
⑥附属天王寺の雰囲気を知りたかった	13%	0%
⑦その他	13%	0%

その他：初めての理科専科で何でも勉強したい。

進んでいる理科の指導教材を取り入れたかったから。

小学校教員では「苦手なので勉強しなかった」が多く、中学校教員では「好きなので興味があった」が多い。このことから、講座の内容としては「実験・観察が苦手な小学校教員向け」のものと、「実験・観察が好きで中学校教員向け」のもの2種類が必要であることがわかる。次年度は講座を2種類に分けることについて、前向きに検討したい。

Q3 受講した科目について、各問いに5段階でお答え下さい(5:大変良い,1:良くない)。

[物理]	小学校	中学校
①授業に生かすことのできる内容であったか。	4.3	4.0
②内容の量は適当であったか。	4.0	4.0
③内容の程度(難しさ)は適当であったか。	4.1	3.8
④新しい発見や気づきはあったか。	4.5	3.8
⑤基礎的な実験技法などが学べたか。	4.5	3.7

[化学]	小学校	中学校
①授業に生かすことのできる内容であったか。	4.5	3.8
②内容の量は適当であったか。	4.5	4.0
③内容の程度(難しさ)は適当であったか。	3.8	3.8
④新しい発見や気づきはあったか。	4.5	3.9
⑤基礎的な実験技法などが学べたか。	4.7	3.9

[生物]	小学校	中学校
①授業に生かすことのできる内容であったか。	3.6	4.1
②内容の量は適当であったか。	4.1	3.5
③内容の程度(難しさ)は適当であったか。	3.6	3.9
④新しい発見や気づきはあったか。	4.6	4.5
⑤基礎的な実験技法などが学べたか。	4.3	3.9

[地学]	小学校	中学校
①授業に生かすことのできる内容であったか。	4.2	4.1
②内容の量は適当であったか。	4.5	3.9
③内容の程度(難しさ)は適当であったか。	4.2	4.0
④新しい発見や気づきはあったか。	4.5	4.0
⑤基礎的な実験技法などが学べたか。	4.5	4.0

総合的にはどの科目も高い評価を得たといえるが、細かく見るといくつかの点で小学校教員と中学校教員で評価が分かれていることがわかる。

- ・小学校教員の評価が高く、中学校教員の評価が低いもの  
物理の「新しい発見・気づき」と「基礎的な実験技法」  
化学の「授業に生かすことができる」と「基礎的な実験技法」
- ・中学校教員の評価が高く、小学校教員の評価が低いもの  
生物の「授業に生かすことができる」と「内容の程度（難しさ）」

これらの結果をみても、教科指導の専門性が高い中学校教員ではやや程度の高い内容が好まれるのに対して、小学校教員では基礎的な内容が求められていることがわかる。なお、それぞれの科目について今後の参考となる感想や意見を多数いただいた。次年度以降に生かしたい。

Q4 本講座で取り上げて欲しい実験テーマなどがございましたら、科目毎にいくつでも結構ですのでお書き下さい（注：小学校・中学校を区別せずにまとめておく）。

〔物理〕磁界，オシロスコープを使う様々な教材

〔化学〕結晶，気体の性質，水溶液の実験，廃棄の方法（薬品など）

〔生物〕光合成，遺伝，解剖演習，身近な微生物，メダカの観察，人体について  
自然観察の方法，身の回りの植物（雑草）や小動物

〔地学〕雲，天体についてのわかりやすい実験，火山，プレート理論，気象，  
地球温暖化現象，身近なものを使った地学実験，身の回りの岩石

これらの結果から、特に生物・地学分野において、身近な素材を用いて生徒の興味関心を高めるような実験・観察の教材が求められていることがわかる。

Q5 来年度実施する場合、実施時期はいつがよいでしょうか（複数回答可）。

	小学校	中学校
①7月下旬	13%	14%
②8月初旬	47%	38%
③8月中旬	20%	17%
④11月下旬	27%	38%
⑤その他	7%	10%

本校では通常8月下旬から高校の授業が行われる。来年度以降については、この結果も参考に実施時期を検討することになる。

Q6 今回、1講座（1科目）あたりの人数は30人以下と考えていました。1講座あたりの人数は何人程度が適当でしょうか。一つ選んで下さい。

	小学校	中学校
①15人以下	0%	7%
②20人程度	15%	14%
③25人程度	8%	36%
④30人程度	77%	43%
⑤35人程度	0%	0%
⑥45人程度	0%	0%

この結果から、小学校の講座は30人程度でも満足が得られそうであるが、中学校の講座はそれよりも少人数での実施が望まれているようである。

- Q7 今回、1講座（1科目）あたり約75分で実施しました。1講座あたり、どの程度の時間で実施するのが適当でしょうか。一つ選んで下さい。

	小学校	中学校
①1時間程度	17%	21%
②2時間程度	25%	50%
③3時間程度	0%	8%
④4時間程度	0%	0%
⑤その他	58%	21%

その他：小学校 75分(50%)、90分(8%)  
中学校 90分(21%)

この結果から、小学校の講座は今回と同様1科目あたり75分程度がよさそうである。しかし、中学校の講座は1科目あたり2時間程度をかけてじっくりと取り組むような内容が期待されていることがうかがえる。

- Q8 今回は無料で実施しましたが、資料代や薬品代などの実費を有料化することについて、ご意見をお聞かせ下さい。

	小学校	中学校
①無料でなければ参加しない	7%	7%
②いくらか負担してもよい	71%	79%
③その他	22%	14%

その他（小学校・中学校）：内容による、無料に近い方がいい、実費負担すべき

実際に負担してもよい金額を答えてもらったところ、1科目あたり500円から1,000円という回答が多かった。これは「有料でも質の高いものを」という本講座に対する期待の表れと理解することができる。次年度以降、2種類の講座を実施する場合には必要経費が増加することから、財源について検討する必要がある。

- Q9 今回、小学校、中学校の先生方に案内をお送りするにあたり、市小理、市中理に全面的に協力していただきました。来年度、案内を行う場合の適当な方法と時期をご提案下さい（注：小学校・中学校を区別せずにまとめておく）。

- ・市中理を通してお願いしたいです。出張扱いになるので。
- ・もう少し早く（2人） ・今年度の方法と時期でよい（6人）
- ・7月初旬（6人） ・全市中学校に案内があればよい。
- ・メール

市小理や市中理の協力を得ることで小学校・中学校の教員が参加しやすくなるという意見があることから、次年度は5月中に実施内容を決め、6月中旬にはそれぞれの組織に案内文書を送りたい。

また、大阪府には大阪府小学校理科教育研究会（府小理）、大阪府中学校理科教育研究会（府中理）という組織もあり、大阪市立以外の小学校・中学校へも案内を送る場合、

これらの組織との連携も必要になる。これについては今後の課題としたい。

Q10 その他、全体を通してのご感想やご意見、ご要望などがございましたら、自由にお書き下さい（注：小学校・中学校を区別せず、いくつかを紹介する）。

- ・このような機会があればぜひ参加したい。これからも毎年実施してください。
- ・50分の授業内容で活用できる内容がよかったと思います。
- ・大変よい研修でした。授業などで活用したいと思います。
- ・楽しかったです。やはり実験することが大切だと分かりました。
- ・生物の解剖をしたことがありませんでしたので驚きがたくさんありました。でも忙しかったです。
- ・あっという間に時間が過ぎてしまいました。先生方のお話も楽しく、ここで学べる生徒がうらやましいです。ありがとうございました。
- ・身近にできる材料を使ってする実験で大変よかったです。
- ・化学は学生時代から得意でなく、基本の内容を深めたもので勉強になりました。
- ・物理・化学とも実験は小学校でもできそうで楽しいものでした。しかし、講義自体は理科を専攻していない限り難しいと思います。
- ・日ごろ分からないことを質問はされても教えてもらうことができないので、とても楽しく勉強させていただきました。
- ・学ぶ機会が少なくなり、とてもいい勉強になりました。今後も参加したいです。
- ・設備などうらやましいです。

#### 4. 今後の展望

小学校・中学校の教員がこの講座に参加することによって多様な実験・実習を体験し、その内容を学校で実践することによって、学習指導に対する自信が深まるとともに、研修意欲が一層向上すると考えられる。さらに、その教員を通じて講座の内容が普及し、より多くの教員が授業の中で実験・実習を日常的に行うようになれば、児童・生徒の理科離れの傾向に歯止めをかけることもできるであろう。

これからは、今回のアンケート調査の結果を生かし、小学校・中学校の教員研修としてさらの質の高いものを開発・提供し続けることが重要であると考えている。この点において、大阪教育大学（本学）では本校よりもさらに進んだ研究が行われているであろうことから、近い将来において本学と連携することにより内容の充実を図りたいと考えている。

最後になったが、本講座の実施にあたり、学期末の大変多忙な中、積極的なご協力をいただいた森岡校長先生はじめ市小理の皆様、清水校長先生はじめ市中理の皆様にこの場を借りて篤くお礼申し上げます。

Abstract: As we get many results in this school by researching about the science education, returning the results to the society is desired. Aiming at contributing to promotion of science education, we carried out the basic lecture of the science experiment for the incumbent teacher of elementary and junior high schools for two days. From the result of the questionnaire,

the need to high quality training for teachers and the point which should be improved in next time became clear. We have a plan to cooperate with Osaka Kyoiku University in the future, and want to develop this seminar further.

Key word: science education, experiment and observation, teacher training, cooperation with a university

# 自律的な活動を促進する科学教育の試み

—青少年による科学館展示物解説の実践—

つつ い かず ゆき ひろ せ あき ひろ  
筒井和幸 廣瀬明浩

## Trial of Science Education that Encourages Autonomous Activities

—Practice of Interpreting the Exhibits of Science Museum by the Youths—

TSUTSUI Kazuyuki, HIROSE Akihiro

抄録：全国で「青少年のための科学の祭典」が開催されているが、参加者は小学生以下の子どもがほとんどで、中学生・高校生の参加が少ないという共通の課題が存在する。「科学の祭典」において青少年による科学館展示物の解説を実施したところ、中学生・高校生の参加がこれまで以上に促進され、参加した生徒たちは高い達成感を得るとともに、教育的な効果が大変高いことが確認された。

キーワード：科学教育、科学の祭典、科学館との協同、自律的活動

### 1. はじめに

青少年の理科離れに歯止めをかけることを目的とした理科の実験教室やイベントが毎年各地で開催されている。しかし、参加者の大多数は理科好きの小学生であり、理科に対する興味関心をもっと高めて欲しい中学生や高校生の参加は少ない。そこで、この点を改善する試みとして、「青少年による科学館展示物の解説」を3年間に渡って実施したところ、優れた教育的効果があることが確認された。

ここでは、実践の概要と成果及び平成2006年8月に東京で開催されたICPE（物理教育国際会議）2006で行った発表について報告する。

### 2. 青少年による科学館展示物の解説（科学の基礎を訪ねる）の実践

#### (1) 実施に至るまでの経緯

大阪では「青少年のための科学の祭典大阪大会」（以下、「科学の祭典」とする）を1992年から毎年開催し続けているが、中学生・高校生（以下、生徒とする）の参加を増やすことは積年の課題であった。そこで、数年前から課題解決の一方策として、学校での科学系クラブや課題研究の成果発表の機会として「科学の祭典」を活用することを奨励したところ、出展者の立場で参加する生徒の数が徐々に増え始めた。また、その中で、参加した生

徒からは充実感や満足感が得られたこと、指導に当たった教員からは教育的効果があったことが感想として寄せられた。

そこで、生徒にとってより参加しやすく、理科の学習としても効果的な企画として「青少年による科学館展示物の解説」(以下、「科学の基礎を訪ねる」とする)が考案された。これは、生徒が科学館の展示物について事前に学習しておき、イベント当日に科学館来館者に解説する(図1)もので、「科学の祭典」に出展するのに近い経験ができ



図 1

ると期待されたのである。また、活動場所となる大阪市立科学館には小さな子どもから第一線の研究者まで楽しめる展示物が多数あると同時に、以前には「科学の祭典」の会場として協力していただいたこともあり、この企画を実施する上で最適な環境にあった。また、高橋館長を始め、学芸員の方々もこの企画に賛同し、応援してくれることとなった。このような経緯のもとで、2004年4月以降、廣瀬・筒井が中心となってこの企画を推進・実施している。

## (2) 概要

過去3年間に5回実施した際に参加した生徒・学生及び指導者(アドバイザー)の数を表1に示す。なお、1回あたり2日間ずつ活動している。

表1 活動に参加した生徒・学生の数など

	ガイドスタッフ				アドバイザー (教員・院生)	解説展示
	中学生	高校生	大学生 院生等	合計		
2004年8月	1 (0)	7 (7)	14 (7)	22	5	8
2005年8月	14 (13)	33 (33)	42 (28)	89	11	16
2005年11月	15 (14)	26 (26)	32 (21)	73	11	14
2006年8月	9 (8)	10 (8)	25 (12)	44	15	8
2006年11月	13 (12)	11 (11)	18 (9)	42	13	8

注：( )内の数字は内数で、それぞれ大阪教育大学附属天王寺中学校、同附属高等学校天王寺校舎の生徒、及び大阪教育大学の学生の数を示す。

2004年度は試行的に実施したものであったが、この時の結果から、実施に当たっての課題が明確になると同時に、科学館展示物を活用したこの企画が事前の予想以上に教育的効果が高いことがわかった。詳細については次節で述べるが、優れた展示物の存在と、来場者との交流による達成感が、生徒・学生の学習及び活動の意欲を高めることが確認された。

2005年度は世界物理年であったことから、8月の「科学の祭典」に加えて、世界物理年日本委員会、大阪教育大学および(財)青松会等からの援助を得て、11月にも実施することができた。この年度からは「生徒・学生が主体となって運営する」ことを目標に加え、



企画立案，組織編制，研修，調査研究，自己評価など，活動の全ての面に渡って大学生のリーダーが中心となって実施した。また，展示物解説のための班を，大学生，高校生，中学生の合計数名で構成し，「自分たちで学び，解説方法を工夫する」ことを徹底した。この結果，100名近い大規模な集団の中に活動組織や解説班ごとに極めて高い自律性が発生し，アドバイザーは解説内容の最終点検と安全管理を主な役割とするにとどまった。また，活動の成果として，解説内容をまと



図 2

めた冊子と，冊子と同じ内容を収めた CD-ROM を大阪府下の全ての小学校・中学校に配布した。なお，この年度から，「科学の基礎を訪ねる」を実践する組織として「科学館大好きクラブ」(図 2)を発足させ，活動に参加する者をガイドスタッフまたはアドバイザーとして登録する制度をとった。

2006 年度は前年に比べて規模的には小さくなったが，活動の質はさらに向上した。過去 2 年間継続して参加している生徒・学生と，新規に参加した生徒・学生とがうまく融合し，自由な雰囲気の中で高い自律性と責任感を持って活動した。役割分担と，解説を行った展示物をそれぞれ表 2 及び表 3 に示す。

表 2 役割分担

役割(組織)名称	業務の内容
Management	活動全体の統括・運営、個人情報管理、MLの管理・運営 交通費及び諸経費の清算、解説展示の選定、班編制、研修 ガイドマニュアルの作成 等
Study	各種アンケートの実施・分析、理解度クイズの作成、議事録作成 デジタルデータの記録と整理、各種研究会・学会での発表 報告書や論文の執筆・投稿 等
Creation	参加者への記念品の企画及び作成、シールシートの作成 解説展示場所の看板作成、解説書の原稿整理と編集
Reception	科学館及びハービスホールでの受付、シャトルバスの運行計画作成 バス移動の引率と車内での説明 等

表 3 解説を行った展示物

8 月	惑星大きさをくらべ、振り子、シュート、湯川記念展示 花びらモーター、センサ、慣性モーメント、原子力発電
11 月	惑星大きさをくらべ、振り子、シュート、湯川記念展示 磁石の花、真空落下、偏光板スタンドグラス、水力発電

表2に示した役割分担は大学生・大学院生のもので、中学生・高校生は担当していない。しかし、ほぼ月1回の割合で行われる打合せ会議では、必ず各役割から全体に対して進捗状況の報告と提案・議論が行われ、中学生や高校生でも質問したり、意見を述べたりできるようにした。これは、全員が活動の全体を理解しておくことで、次年度以降（将来）誰がどの役割を担うことになっても、組織として高い実践力が維持できると考えたからである。次年度は、過去2年継続して参加した高校生に解説班の班長や運営業務の一部を分担させることを考えている。

### (3) 成果と課題

学生が行った調査により、この活動によって科学館来館者の展示物に対する理解や興味が増すことが確認されている。また、展示物や展示方法を改善するための視点が得られることは大阪市立科学館にとっても重要な成果となっている。

しかし、最も重要な成果は生徒・学生に対するもので、次の3点にまとめられる。

#### ① 科学（理科）の奥深さや楽しさに気づく。

自己学習を通して科学の奥深さや重要性に気づくとともに、それをわかりやすく説明しようとする中で科学の喜びを経験する。

#### ② 難しい課題に挑戦することで自立心を養い、達成感を得る。

自ら課題に取り組み解決することを通じて自信と達成感を得る。また、様々な来館者との交流を通じて、さらにそれを深めることができる。

#### ③ 協同することの大切さに気づき、社会貢献の実感を得る。

多くの仲間との議論や協同することの重要性に気づく。また、来館者からの評価（主に感謝や激励）を通して社会への貢献を実感する。

これらはいずれも重要な教育課題であり、この活動の意義がいかに大きいかを示している。実際、高校生に対して行った調査でも「学習に対する自信が付き、理科がより得意になった」という回答が目立つ。また、記述回答には「来館者の方にわかってもらえてうれしかった」「小さい子どもに教えることは難しいが、とても面白い」「中学校以降に勉強したものが自分の中で統合されていくのを感じた」といったものがあった。

この活動の今後の課題は2つある。まず一つは内容面でどのように発展させていくかということである。これについてはすでに具体的な改善策や新企画が反省会で提案されており、次年度に参加する学生とともに考えていきたい。残る一つは参加する生徒・学生をどのように増やしていくかということである。これについては、大阪教育大学附属平野中学校をはじめとした附属中学校及び附属高等学校の生徒と、大阪教育大学の学生に対する参加案内を積極的に行うところから始める予定である。

## 3. ICPE（物理教育国際会議）2006での発表

ICPE2006は、「すべての人のための物理教育をめざして」を副題に、2006年8月13日から18日までの6日間、国立オリンピック記念青少年総合センター（東京都渋谷区）で開催された。

世界的な物理の履修率の低下など物理教育を取り巻く困難な状況の改善や、実りある物理教育の実践のためには、高校と大学の教員の交流が必要不可欠であることが20年ほど前から指摘されてきた。最近では、科学の基礎科目の一つである物理を科学リテラシーの一

部としてとらえ、「すべての人のための物理教育」の在り方を検討することは現代社会にとって重要な意味を持つ、という認識が広まりつつある。こうした背景のもとに、①物理カリキュラムの開発 ②物理教材の開発 ③物理授業の展開 ④教員養成教育と現職教員への支援 ⑤科学教育の普及 の5つのテーマを柱として、小学校から大学初年級までの物理分野の授業をより実りあるものに改善するために、実践的な教育研究に基づいて、議論がなされた。

筆者らはこれら5つのテーマのうち ⑤科学教育の普及 において、これまで述べてきた「科学の基礎を訪ねる」について、廣瀬が「その運営についての概要」を、筒井が「活動による教育的効果」を、それぞれポスターセッション形式で発表した。Proceeding を資料1, 2に示す。なお、それぞれの発表は、種村雅子（大阪教育大学講師）、斎藤吉彦（大阪市立科学館主任学芸員）、高橋憲明（大阪市立科学館館長、大阪学院大学教授）らとの共同研究として行った。

#### 4. まとめ

近年の学校教育においては、どの教科・領域においても生徒がプレゼンテーションを行う機会が数多く設定されるようになってきた。これは学習の過程に発表場面を取り入れることによって興味関心のさらなる喚起や知識・理解の深化、あるいは発表技術そのものの上達など、様々な教育的効果があることが周知されてきたことによる。

今回報告した活動では、共通の目標を持ち、自主的な参加意識のもとに集まった生徒・学生の集団であったことから目標達成の意欲が強く、また発表者と聞き手との空間的・心理的距離が大変近く、反応が直接伝わるような形態であったために、なお一層効果的であったものと考えられる。

また、「科学の祭典」におけるこうした活動の導入、つまり主体的に課題に取り組んだ青少年を情報の発信者として位置づけることは、同年代あるいはそれよりも年少の青少年を科学的な活動に導く上で、大きな効果があると考えられる。

今後もこの活動を継続実施し、新しい科学教育の在り方として広く普及を図ると同時に、この活動の持つ様々な可能性について研究を行っていきたい。

最後に本活動を実践するにあたり、多大な協力をいただいた大阪市立科学館の皆様及び実質的に活動を支えてくれている科学館大好きクラブのアドバイザー・スタッフの皆様にお礼申し上げます。

**Summary :** The Youngsters' Science Festivals are held throughout Japan. Most visitors are elementary school pupils or younger children. It is a common problem that few junior or senior high school students visit the Festivals. We organize young trainees who wish to interpret exhibits at the Osaka Science Museum. We encourage them to take part in the Youngsters' Science Festival in Osaka. The students who participate in the activities obtain a sense of accomplishment. Educational effects are greater than our expectations.

**Key word :** science education, science festival, collaboration with science museum autonomous activity.

## 資料 1

# VISIT TO THE BASICS OF NATURAL SCIENCES

—Scientific Themes Selected by Young Trainees—

Akihiro HIROSE, Kazuyuki TSUTSUI, Yoshihiko SAITO,  
Masako TANEMURA and Noriaki TAKAHASHI

### ABSTRACT

Approximately 100 junior and senior high school pupils and university students interpreted the exhibits of Osaka Science Museum for its visitors. These young trainees worked on their presentations in groups of 3 to 5 quite actively and creatively, taking charge of at least two exhibits. Their explanation based on deep understanding and friendly manner was appreciated by the visitors of variety of ages. A booklet on the exhibits was edited by them and the copies were distributed to all the elementary and the junior high schools in Osaka, Japan. Almost all trainees felt a sense of achievement with their participation and were motivated to take part in the forthcoming events of this kind. The trainees voluntarily selected exhibits which were suitable for their interpretation.

### 1. INTRODUCTION

In 2004 the project "Visit to the Basics of Natural Sciences" was started at the Youngsters' Science Festival in Osaka. In the project junior and senior high school pupils and university students interpreted the exhibits of Osaka Science Museum for its visitors. They not only studied exhibits hard but managed the project.

The project was reputed as favorable by interpreters and visitors, and it was further developed at the "Youngsters' Science Festival in Osaka 2005" and Autumn Special of "World Year of Physics 2005" in Osaka. In this paper the authors report details of the project "Visit to the Basics of Natural Sciences".

### 2. ORGANIZING AND MANAGING

"Kagakukan Daisuki(We love Osaka Science Museum very much!) Club" was founded by the young trainees to carry out the project. The club was composed of students and advisers (Fig. 1).

Here, advisers were composed of teachers and museum scientists and interpreters were composed of university students, high school students and junior high school pupils. These young trainees worked on their presentations in groups of 3 to 5 quite

actively and creatively, taking charge of at least two exhibits. The total number of exhibits selected was 16. These were related with dynamics, electromagnetism and quantum mechanics, among others. The visitors of variety of ages appreciated their explanation based on deep understanding and friendly manner.

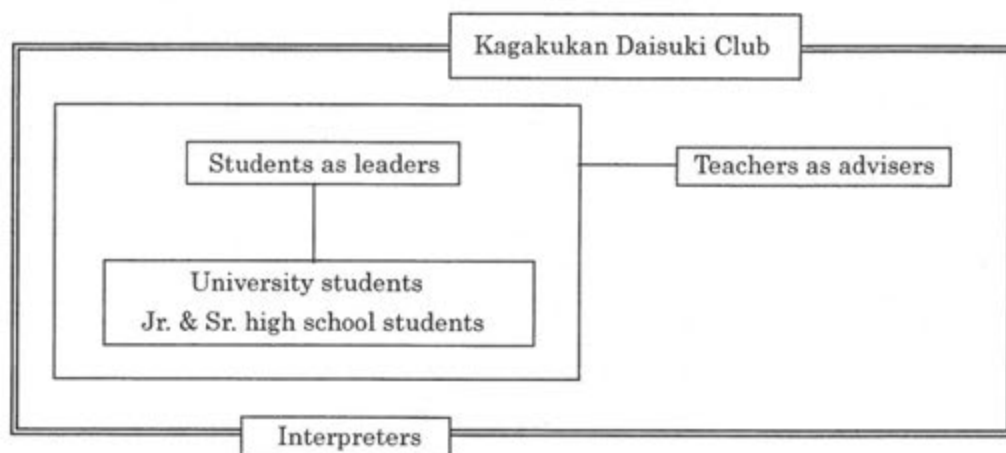


Fig. 1 The diagram of the club

The trainees not only worked on interpretation of exhibits but also on management. They established management sections: Project; coordinating the sections, Finance; the section to manage the budget, Study; the section to select exhibits, organize groups of interpreters and make manuals to interpret successfully, Public Relation; the section to plan making souvenirs, Correspondence; the section to record operations of the project and to send proceedings with E-mails. E-mails were used for every-day communications between each other. It is most important for trainees to have feelings to be at the center of the project. Successes of the project owed to this effective organization very much.

Members of the club wrote a booklet on the exhibits at Osaka Science Museum, entitled "Visit to the basics of natural science at Osaka Science Museum"(in Japanese). Copies were distributed to all elementary and junior high schools in Osaka.

### 3. EXPECTED EFFECTS

First, members of the club study with their motivation voluntarily to interpret the exhibits. At school education in Japan, it is difficult assignments that teachers have students study voluntarily. Second, members of the club realized their contributing to the society. Third, understanding on exhibits shared between interpreters and visitors. Forth, precious opinions were advocated from the trainees for improvements of exhibits.

## 資料 2

# VISIT TO THE BASICS OF NATURAL SCIENCES

·Evaluation of the Achievements by the Visitors and the Trainees·

Kazuyuki TSUTSUI, Akihiro HIROSE, Yoshihiko SAITO,  
Masako TANEMURA and Noriaki TAKAHASHI

### ABSTRACT

The trainees who studied and interpreted the exhibits of Osaka Science Museum for the Museum visitors of variety of ages made inquiries on the visitors and the trainees themselves, to improve their activities. Positive evaluation was obtained in almost all the cases. Especially important are among others the facts that the trainees 1) understood the importance of science and experienced the pleasure of science, 2) established in them mind of independence in tackling difficult problems and grasped the feeling of attainment, and 3) realized their contribution to the society through the appreciation of the visitors.

### 1. INTRODUCTION

The trainees who interpreted the exhibits of Osaka Science Museum conducted a questionnaire survey on the visitors and trainees themselves. The individual items of the queries are 1) Degrees of science understanding of the Museum visitors. 2) Interests of the visitors in the exhibits of the Museum. 3) Effects of the interpretation by the trainees on the visitors. 4) Self-assessments of the activities by the trainees. The results are analyzed and the effects of this scheme are discussed in detail.

### 2. RESULT OF THE QUERIES

#### 1) Degrees of science understanding of the Museum visitors.

Except junior high school pupils and younger among the visitors, they were almost office workers and housewives. The degrees of science understanding of them self-evaluated were close to the level of Junior high school or elementary school pupils. This indicates a lack of self-confidence regarding scientific knowledge.

#### 2) Interests of the visitors in the exhibits of the Museum.

For the visitors, the most impressive exhibit interpreted by the trainees was "Stained glass polarizer". And the most difficult exhibit was "Research of neutrinos".

But they discovered that the many visitors wanted to know more about "Research of neutrinos". Science museums have to show the difficult exhibits, in the way that the visitors can understand easily.

3) Effects of the interpretation by the trainees on the visitors.

The Interpretation by the trainees enhanced interests and understanding of 85% for visitors. "Science is interesting." "I want to know more." etc., many affirmative replies were obtained. According to the trainees' opinions, over 70% of visitors showed a good reaction to their interpretation and enjoyed the exhibits; over 50% of visitors understood the exhibits by their interpretation. It may not be extremely high, but considering the visitor's degrees of science, understanding it is very effective.

4) Self-assessments of the activities by the trainees.

Most of the trainees regarded the experience of interpretation as fine. They said that the teaching various visitors and explaining about the exhibits were precious experience. The contact with various visitors raised their consciousness and the sense of responsibility. The fact that 82% of trainees want to participate again shows that they got a sense of attainment.

### 3. ACHIEVEMENTS OF TRAINEES

1) Understood the importance of science and experienced the pleasure of science.

The trainees noticed the profundity and importance of science through self-learning, and experienced the pleasure of science through their efforts to explain plainly.

2) Established mind of independence and grasped the feeling of attainment.

Independent mind was fostered by tackling the difficult subjects. They grasped the feeling of attainment, through the communication with various visitors.

3) Realized their contribution to the society through the appreciation of the visitors.

They realized their contribution to the society, for many visitors appreciated them. They recognized the importance of discussion and cooperating on their work.

### 4. CONCLUSION

The students became to like science more and to be good at science. They got confidence in study. Students' voice is as follows: I'm proud of helping the visitors to understand: I got the knowledge of science and also contributed to the society: Teaching little kids is not only very difficult but also very interesting: I felt what I have studied from after a junior high school being unified in my mind: I want to have a activity and communication, with the youth in foreign science museum.





# 偏光板を使用した実験と授業

—光波単元のまとめとして—

いの うえ ひろ ふみ  
井 上 広 文

## Some Experiments using polarizer in High School Physics

INOUE Hirofumi

抄録：高校物理の光波単元において、偏光や分散についてはあまり深く扱われていないのがふつうである。

しかしこれらは現象として興味深いだけでなく、波の単元のまとめとして効果的に展開することも可能である。発展的な内容も含めた形で、実験を中心に偏光を取り扱うことで、生徒に光の性質についての強い印象を持たせることができた。実験方法を工夫することで、波の振幅とエネルギーの関係についても考察を深めることができる。

キーワード：理科教育、偏光板、高校物理

### I. はじめに

現行の学習指導要領の物理 I において、波動単元は大きな比重を占めている。現象的にも興味深いものが多く、授業で扱える演示や生徒実験も多い。生徒にとっても、様々な理解の程度に応じて獲得できる内容があり、楽しい単元のひとつであると言えるだろう。

ところで通例、波動単元の最後に中単元「光」が置かれており、そのさらに最後で「分散」や「偏光」といった項目が扱われることが多い。これらは波動単元の「いろいろな波」「音波」「光波」の中では「光波」単元においてのみ出てくる内容であり、この点において繰り返し出てくる「重ね合わせ」「回折」「干渉」「屈折」「反射」とは性格を異にする。音波における「発音体の振動」「固有振動」と似た位置づけである。したがって、「分散」や「偏光」を授業で取り上げる重要性はある意味で高いと言えるが、実際のところ、特に「偏光」については、十分に時間をとって扱うことはあまりないように思われる。

これは一つには、現象的に面白く、理論的な理解の発展性を含んでいる題材であっても、指導者の興味を押し出しすぎると際限なく深みにはまってしまう恐れがあることや、現行の指導要領のもとで時間的制約が極めて強いことにより、一応触れたという程度で済まざるを得ないからだと思っている。

さて、筆者は 2005 年度の本校教育研究会における、高校 2 年生の選択授業で偏光板を用いた授業実践を行い、その内容に一定の効果を感じることができた。今年度の高校 2 年生

の授業でも同じ内容の実験を行い、短い時間の中でも生徒に与える印象が強く、波動分野の締めくくり用いる教材として効果的であるとの実感を再度得ることができた。

本稿は偏光と分散を題材にして波動分野のまとめの授業を行った実践例である。

## Ⅱ. 光波単元の構成と「偏光と分散」の位置づけ

光波単元の学習項目には、Ⅰ. で述べたように、波動の他の単元と共通の概念の部分もあるが、光波独特の現象を扱う部分もある。割り当て可能な時間数から考えて、共通部分の理論的説明はできるだけ既習事項を参考にしながら短時間でまとめ、現象の理解に重点を置くこと、そして光波固有の項目はある程度十分な時間配分をすることが求められる。

2005年度の授業では、「光」単元を全12時間かけて指導した。このときの指導項目と、実施した実験が資料1にまとめてある。回折・干渉やヤングの実験、回折格子に関する部分は本来もう少し時間を取るべきであろうが、波一般や音波の単元で実験も含め扱っているので、ここではやや短時間でまとめた。レンズや反射鏡に関する部分も、作図の演習を取り入れながら進めるので時間がかかるが、凸レンズについては中学までに一応触れているので、高校では応用面を含めて扱った。表に挙げただけの内容を12時間で終わらせるのは極めて厳しいが、1年間の全体的な時間配分から考えてこれが限界である。その代わり、生徒実験や演示実験をできる限りたくさん取り入れ、具体的現象を通して考えられるように配慮している。

なお、2006年度は諸事情によりさらに時間的制約が厳しく、内容を精選しながら9時間で授業した。

さて、偏光と分散を単元中でどう位置づけるかであるが、筆者の場合まず「分散」は単元の導入部で、スペクトルの種類についての学習とあわせて扱っている。ここでは演示、生徒実験ともに何種類かの実験を通して、スペクトルの概念をつかませることを目的とする。また同時に、「見える」ための条件についてもきちんと理解させたいと考えている。既に「音」単元で「倍音成分」を扱う中で、スペクトルの考え方は導入しているが、光の場合はそれが空間的に分解して示せることが特徴であり、この点をしっかり実感させることが目標となる。

次に「偏光」は、光が横波であることからきており、音波との最大の違いであるといえる。従って、「光」単元の最後に、波動としての光を振り返って考えるために適当な題材となるだけでなく、さらに光の波動的性質について理解を深めるきっかけともなる。しかしながら教科書どおりだと、偏光は単に光が横波であることの証拠程度の扱いしかされていないのが残念である。ここではあまり理論的に深入りすることは避けた方がよいであろうが、適当な実験を導入することで、光の性質をより高度に実感させることができると考える。この点を最大の目標とする。

## Ⅲ. 「偏光」を題材とした授業展開

2005年度教育研究会で筆者は、資料2の学習指導案に基づいて授業を行った。実際の授業は次にまとめたように展開した。ただし、2年生の通常授業が2時間連続の時間設定となっているので、そのうち「偏光」を題材とした1時間分だけを取り出してある。

## 《導入》

導入： 縦波と横波

- ・波の波形を板書し、「波はよくこのような図形で表しますね。」
- ・「ところで、波には縦波と横波がありました。光の波はどちらでしょうか。」
- ・「波の進む向きに対して、顔を回転させて見ても何も変わらないなら縦波、何か変化があるなら横波だと言えるでしょう。」

→ 偏光板を各自に1枚ずつ配付。これを通して周囲を観察するように指示する。  
適当な時間後、机や黒板、ガラス面での反射光に注目することを指示する。途中で偏光板を、視線を軸に回転させることも助言する。PCの画面は衝撃的。

→ 何が見えたかを発表させる。

確認： 光は横波だと考えられる。

説明： この板を「偏光板」という。偏光板を用いると、光の「振動面」の向きを知ることができる。机表面で反射した光は、特定の向きの面で振動している。普段見ている光はたいいてい、いろいろな振動面を持つ光の混合物である。より正確に言うと、さまざまな振動面の光が重ねあわされたものである。振動面を「偏光面」という。

## 《展開1》

- ・2枚の偏光板を重ねて、1枚を回転させ、透過する光量を観察させる。
  - ・どんな法則性が見つかったか発表させる。定性的に、でよい。
  - ・発問：「2枚の偏光板の角度によって透過光量が変わる、と言えます。角度と透過光量との間に成り立つ関係を何かの方程式で表したい。どんな関係が成り立っているか、予想してみましよう。」
  - ・何人かに発表させる。その関係をグラフ化したらどうなるかを板書して示しておく。内容によっては、いくつかの候補を挙げてやる。生徒に板書させる。
- どの関係が正しそうか、再度観察して考えさせ、予想を挙手で意思表示させる。

演示実験： 透過光量の変化 OPG「偏光板を通る光の透過光量」配付

準備…偏光板、光源、照度計

照度計について簡単に説明する。明るさの単位として、luxを用いることを説明。装置と方法の説明をする。

実験のデータを取る。生徒2人に助手をさせる。数値の読み取り、読み上げと、PCへの入力を担当させる。データは各自のプリントに記入させる。グラフを作成させる。

- 法則性として見えてきた事柄を発表させる。誘導してコサインの関係に着目させる。
- ・ $\cos \theta$  と補正済み透過光量との関係のグラフを示す。
  - ・プリントに横軸のタイトルとグラフの概形を記入させる（データ処理1）。
- まだ直線ではないことを確認。さらにどう処理すれば直線に近づくと予想できるか問う。
- ・ $\cos \theta$  を2乗することに気づかせる。
  - ・ $\cos^2 \theta$  と補正済み光量との関係のグラフを示す。
  - ・プリントに横軸のタイトルとグラフの概形を記入させる（データ処理2）。

板書： 透過光の強さ  $\propto \cos^2 \theta$

・実験結果から得られた法則を理論面から説明する。

→ 波には振幅がある。振幅が大きいほど、強い波である。実は、波の強さは波の運ぶエネルギーの大きさによって表され、波のエネルギーは振幅の2乗に比例することがわかっている。

一方、偏光板は、それを通った光の振動面をひとつにそろえる働きがある。第1の偏光板を通った光の振動面は、ひとつに決まっている。次の偏光板の軸の向きが偏光面に対して傾いている場合、第2の偏光板は、偏光のある特定方向成分のみを通す。その振幅は、元の振幅を  $A$  とすると、 $A\cos\theta$  と表される。

この2つのことを組み合わせると、第2の偏光板を通ってきた光のエネルギーは、 $\cos^2\theta$  に比例することがわかる。

観察実験：

2枚の偏光板を、直角に組み合わせ、その間に第3の偏光板を挿入する。光が透過することを確認する。

第2の偏光板を回転させ、第3の偏光板に対して直角にすると、光がさえぎられることを確認する。

→ 偏光板の役割について理解できたかどうかを確かめる。

## 《展開2》

演示実験： 旋光性と旋光分散

準備…偏光板、シヨ糖溶液入りのパイプ、スライドプロジェクター、分光器、ビデオカメラ、モニターテレビ

・まず、2枚の偏光板を直角に置き、光がさえぎられることを確認する。

・次に、偏光板の間にシヨ糖水溶液の入った透明容器を置き、光が透過してくることを確認する。

・偏光板間の距離（シヨ糖溶液の厚み）を変えて、距離が増すほど透過量が増えることを観察する。

→ 発問：「シヨ糖溶液を通ってくる間に、何が起こったのでしょうか。」

→ 指名して答えさせる。

・偏光面が回転したということを指摘。「旋光性」という言葉を示す。

・次に、偏光のスペクトルを観察する。まずは偏光板のみで、2枚の偏光板の角度を変えて観察し、スペクトルの強度が全体が一樣に変化することを確認する。

・次に、シヨ糖溶液を通った偏光のスペクトルを、偏光板を回しながら観察する。

→ 発問：「なぜこのような現象が起こるのだと思いますか。」

ヒントとして、以前スペクトルを観察した時に、色フィルターを通した光のスペクトルを見たことを思い出させる。

カットされた部分の光は、2枚目の偏光板に垂直であること、それ以外の部分の光は、2枚目の偏光板に垂直ではないことを理解させる。

・偏光面の回転角が波長によって異なるため生じた現象である、と説明する。

・参考として、旋光角は波長が短いほど大きい傾向があること、天然の糖は右旋性であることを説明する。

### 《整理》

次の発問に答えさせることを通して、学習事項をまとめる。

- ・光の波は、縦波、横波のうちどちらですか。
- ・光の波の振動面を何といいますか。
- ・光の振動面の向きを、何を用いて調べましたか。
- ・振幅が2倍の光は、エネルギーを何倍運びますか。
- ・シロ糖溶液の中を進む光には、どんな変化が生じますか。

## IV. 偏光板を利用した実験

Ⅲ. に述べた授業を実施するにあたって、偏光板を使用した実験装置を製作した。以下にその概要を述べる。

### 1. 光の強度が振幅の2乗に関係することを導く実験

(装置とその操作)

光源からの光が2枚の偏光板を透過したあとの光量を、照度計で測定できるように、図1のように器具を配置する。周囲からの光の影響が気になるので内面を黒く塗った筒で外光を遮った(写真1)。偏光板は回転角のわかるような枠に入ったものを使用した(写真2)。

はじめ2枚の偏光板の軸を一致させ、透過する光量が最大になった状態で光量を測定する。次に片方の偏光板を、光軸を中心に回転させ、回転角と透過光量を測定する。授業では回転角5度ごとに光量を測定した。また、この測定結果を直ちにPCの表に入力し、回転角と透過光量との関係を直ちに提示できるように工夫した(資料3)。

図1 装置概念図

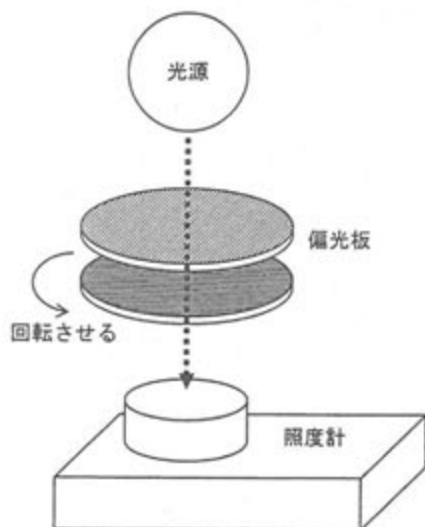


写真1 装置全景



写真2 偏光板部分

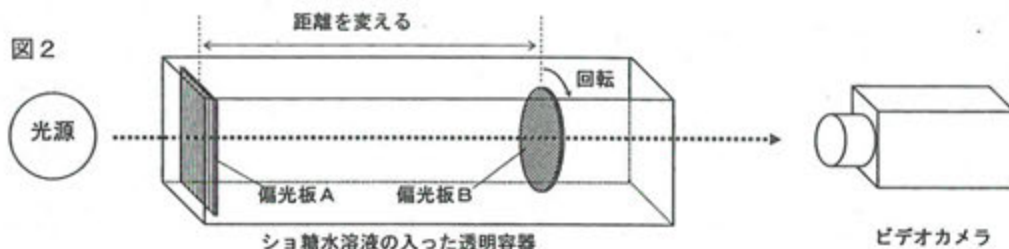


## 2. ショ糖水溶液が偏光面を回転させることを見る実験

(装置とその操作)

特に装置というほどのものをつくらず、水槽にショ糖溶液を入れ、中に2枚の偏光板を入れるだけである(図2)。はさみで自由に切ることでできる偏光シートを、適当な大きさに整形して使用した。

溶液を入れる容器は、ガラスなら1枚目の偏光板を容器の外に取り付けてもよいが、アクリルなどの場合は、容器を透過するときに偏光面が変わってしまうので、偏光板を容器の内側に付ける必要がある。2枚目の偏光板は、1枚目との距離を変化させるために、ショ糖溶液の中に浸けて使用する。



はじめ偏光板Bを偏光板Aに接触させておき、偏光の軸を直交させておく。こうするとカメラ側に光は透過してこないで、光源が見えない。次に偏光板Bを、軸の向きを変えないようにして偏光板Aから少しずつ離していく。すると少しずつ光が透過するようになり、カメラ側から光源が見え始める。このときよく観察すると、光源が色づいて見える。これは実験3で示されるように、旋光分散により波長ごとの透過量が異なるためであるが、この段階ではあえてその点に言及しなくてよい。光源が明るく見える程度まで偏光板を動かした後、偏光板Bを回転させる。すると、透過光量が再度減少し、カメラ側から見て光源が暗くなってくる。

この実験を通して、ショ糖溶液の中で何が起きているか考えさせるのであるが、偏光板の働きや光の振動面について適切に理解されていれば、偏光面の回転というアイデアに思い至る生徒が必ず出てくる。

## 3. 偏光面の回転角が光の波長に依存することを示す実験

(装置の製作)

### ① ショ糖水溶液の容器

長さ1mほどの塩ビのパイプを使用し、その両端にガラス板を接着する。ガラス板を円形に切断加工するのは難しいので、正方形に切断したままで使用した。ガラス板はまず塩ビ製のジョイントにエポキシ樹脂接着剤で接着しておく。これを長い塩ビ管の端にはめ込み、水漏れテープで固定する。片方を固定してからショ糖溶液を流し込み、反対側のふたをするが、どうしても管内に空気が少し残ってしまう。これを防ぐためには管の側面に小穴を開け、そこから液を注入するとよい。空気が残っていても、プロジェクターからの光が空気の部分に入射しないように遮光板を付けておけば、実際上支障はない。ガラス板を付ける接着剤が適切でないと、水圧が加わったときにはがれてしまうので注意する必要がある。

## ② 分光器

印刷機のマスターの芯になっている紙筒を利用して製作した。筒は二重にし、スリットから回折格子までの距離を変えたり、スリットと回折格子の向きを合わせられるようにする。スリットは開口幅を変えられるものでないとスペクトルの観察が困難であるので、多用途に用いるためにも出来るだけ精密なものを使用するほうがよい。回折格子シートは一般に市販されているものであるが、1枚のシートの中でもきれいに分散する部分とうまくいかない部分があるので、予めよい部分を選んで適当な大きさに切断しておく。これをスライドマウントなどに挟み込み、平面性を保った状態で筒に接着する。

この分光器は構造のしっかりしたものを作っておくと、授業のいろいろな場面で活用でき便利である。

### 〈装置の配置と操作〉

図3のように機材を配置する。はじめにスライドプロジェクターからの光がまっすぐビデオカメラまで届くよう、光軸を丁寧にあわせておく。

可変スリットはスペクトルが観察しやすい程度の開口になるよう調整する。

まず2枚目の偏光板(B)を1枚目の偏光板(A)のすぐ後ろ(図の右側)に並べて置き、軸が直行して透過光量がゼロになるようにしておく。この位置で偏光板Bを回転させると、分光器を通して観察される連続スペクトル全体が明るくなったり暗くなったりすることが観察できる。

次に偏光板Bを偏光板Aの軸と直行する向きのまま、スリットの前、図に示す位置に移動する。分光器を通してスペクトルを見ながら、偏光板Bを少しずつ回転させると、スペクトルの一部が欠けた状態が現れることや、偏光板の回転につれて欠けた部分が移動していくことが観察できる。

写真3 装置全景



図3

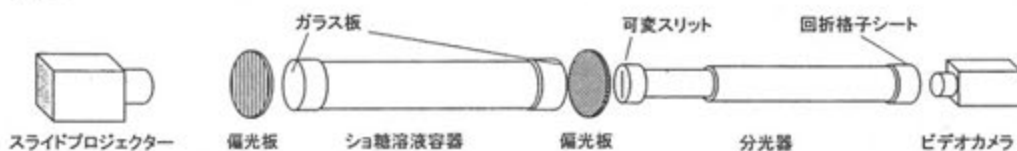


写真4

光源～1枚目の偏光板～シヨ糖溶液容器



写真5

シヨ糖溶液容器～分光器～カメラ

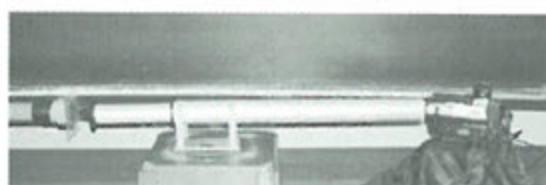


写真6

シヨ糖溶液と分光器の間に  
2枚目の偏光板を入れる



写真7

分光器～カメラ  
回折格子に対してカメラを斜めに置く



観察されたスペクトルの様子は、資料4のようになった。授業では偏光の性質について理解が少しずつ進む中でこの演示実験をしたが、スペクトルの影の部分移動していく様子に驚きの声が上がっていた。

## V. まとめ

光の分散と偏光は、教科書での扱いは小さいが、授業展開においてそれぞれ重要な意味を持つ。「分散」はスペクトルに対する理解と関わって、原子・原子核単元などで物質構造についての学習をするための基礎知識のひとつとなる。その点で、単に光の一現象としての扱いではなく、できるだけ多面的に扱うのが望ましいと考える。一方「偏光」は、力学的な波とは違って、直接的に「横波」ということがわからない「光波」が、実は横波であるということを実験の考察から理解していくための、大切な題材である。そして、IV. にあげたような実験を通して光の多様な性質に触れることが、生徒の好奇心を刺激しながら理解を深めることにつながると考える。

これに類する題材は、他の単元でもいくつもあるはずである。それらが、学習指導要領や教科書には軽い扱いや記述しかない場合でも、単元の整理をし、総合的な理解を深めるために有効であると期待できる場合に、それらを積極的に取り上げ、授業の中で展開していくことが、結果的にはより本質に迫る理解とつなげる可能性を開くことになるのではないだろうか。

今回、短時間ではあるが「偏光」を題材とした授業を展開することで、そのような思い



をより強く持つようになった。今までの授業実践を通して、どうしてもはずせない実験や題材も多いが、各単元、分野の目標を再検討し、より整理された授業展開の中で重点的に扱うべき題材を抽出していく必要を感じている。

## 資料 1

## 「光波」単元の授業内容

(演) は演示実験  
(生) は生徒実験

段階	時数	指導項目	実験
第1回	2	ものが「見える」ということの意味	
		色とは何か	(演) ナトリウム灯の下で様々な色のものを見る
		光の分散	(演) プリズムによる白色光の分散
		光のスペクトル	(生) 直視分光器・回折格子・プリズムを用いて様々なものの光を見る (演) 分光器によるスペクトルの観察, 連続スペクトルと輝線スペクトル (演) 色セロファンによる吸収の分光器による観察
		光の波面と光線の向き 光速度	
第2回	2	反射の法則・屈折の法則	(演) 針穴写真の原理 (演) 水面での屈折と浮かび上がり
		屈折率	
		全反射	(演) 水面における全反射 (演) 水中から見上げた景色 (生) プリズムにおける全反射
第3回	2	実像と虚像	(生) 凸レンズを通してみた物体や景色 (生) 望遠鏡の原理, 顕微鏡の原理
		レンズと反射鏡	(生) レンズや反射鏡を通してみた景色
		レンズによる実像と虚像	(演) 凸レンズによる実像と虚像の位置
		レンズの公式	(演) 焦点距離と像の大きさの関係
第4回	2	反射鏡による実像と虚像の観察	(演) 凹面鏡と凸面鏡による実像と虚像の観察
		光の回折	(演) 単スリットや髪の毛によるレーザー光の回折の観察
		光の干渉	(生) 二重スリットを用いた干渉縞の観察
第5回	2	ヤングの干渉実験	(演) 二重スリットによるレーザー光の干渉
		ヤングの実験の考察	(演) レーザー光を用いたヤングの実験 (演) ヤングの実験を利用した波長測定
		二重スリットと多重スリット	(演) 多重スリットによる干渉の様子 (JavaApplet)
		回折格子	(演) 回折格子によるレーザー光の回折パターンの観察 (演) 金網による回折パターンの観察
第6回	2	水中での光の波長	(演) 水中でのヤングの実験
		薄膜による干渉	(演) シャボン玉の膜による干渉の観察
		ニュートンリング	(演) ニュートンリング板による干渉パターンの観察, 反射光と透過光
		偏光	(生) 偏光板を用いていろいろな光を見る
		光の振幅とエネルギー	(演) 2枚の偏光板を通る光の量
		旋光性と旋光分散	(演) ショ糖水溶液による旋光性の観察 (演) 分光器を用いた旋光分散の観察

## 資料 2-1

## 理 科 (物理 I) 学 習 指 導 案

授業者 井 上 広 文

1. 日 時 平成 17 年 11 月 12 日 (土) 午前 10 時 35 分～11 時 25 分  
 2. 場 所 大阪教育大学附属天王寺中・高等学校 物理講義室 (東館 4 階)  
 3. 学 級 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎  
 第 2 学年選択クラス A 36 人 (男子 22 人, 女子 14 人)  
 4. 主 題 光の性質  
 5. 教科書 三省堂 高等学校物理 I  
 6. 指導計画

区 分	指 導 内 容	目 標	配 当 時 間 数
第 1 次	光のスペクトル	実験観察を通して光のスペクトルについての概念を持たせ、分散について理解させる。	2 時間
第 2 次	反射・屈折の法則とレンズ・反射鏡	光の進み方についての法則を理解させ、レンズや反射鏡と像の関係を把握させる。	4.5 時間
第 3 次	光の回折と干渉	光の波としての性質である回折や干渉のしくみ、及びそれらが関係する現象について理解させる。	5 時間
第 4 次	偏光	偏光が関係する現象を通して、光についての理解を深める。	1.5 時間 (本時)

## 7. 本時の指導

- (1) 題 材 偏光板を用いた実験
- (2) 目 標
- ・偏光板を用いた実験を通して、光は横波であるということを実感をもって理解させる。
  - ・2枚組み合わせた偏光板を透過する光の量が、組み合わせの角度によって変わること気づかせ、透過率についての法則性を、実験を通じて見出させる。
  - ・旋光という現象を題材として、偏光板を用いて光の性質について発展的な見方ができることを体験的に感じさせる。
- (3) 準 備 物 偏光板, 光源, 照度計, 分光器, ショ糖水溶液, ビデオカメラ, モニターテレビ, 教科書, プリント

資料 2-2

(4) 指導過程

段階	学習事項	生徒の活動	指導者の活動・評価
導入	偏光板	・偏光板を通して周囲を観察する。	・偏光板を配付し、観察の要点を説明する。
展開	偏光板を透過する光の強度	・光の透過率についての規則性を予想する。 ・演示実験を観察し、データを記録する。 ・データをもとに規則性を考察する。 ・得られた規則性の意味を理解する。	・2枚の偏光板を組み合わせたときの透過率について考えさせる。 ・透過率を測る実験を演示する。 ・規則性を見出すヒントを与え、考察を誘導する。 ・偏光板を通った光の性質について説明する。
	偏光面の回転と旋光分散	・偏光板が偏光面を変える性質があることに、実験を通して気づく。 ・実験を観察し、旋光という現象の特徴を理解する。 ・実験の意味するところを考える。	・3枚の偏光板を組み合わせて、偏光面の変化について気づかせる。 ・ショ糖水溶液の旋光性と旋光分散の様子を、演示して示す。 ・旋光角の波長依存性に気づかせる。
整理	偏光についてのまとめ	・光波が横波であり、偏光板を用いることにより振動面を調べることができることを再確認する。	・偏光が関係する現象についてまとめる。

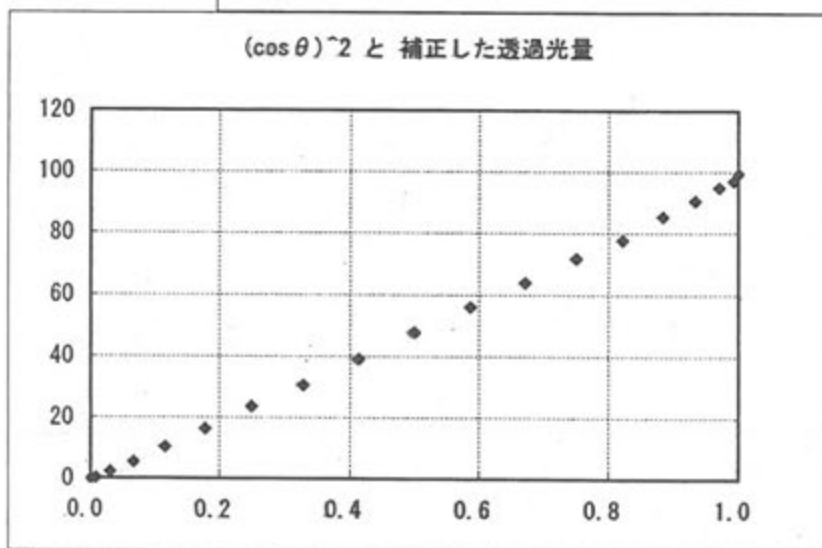
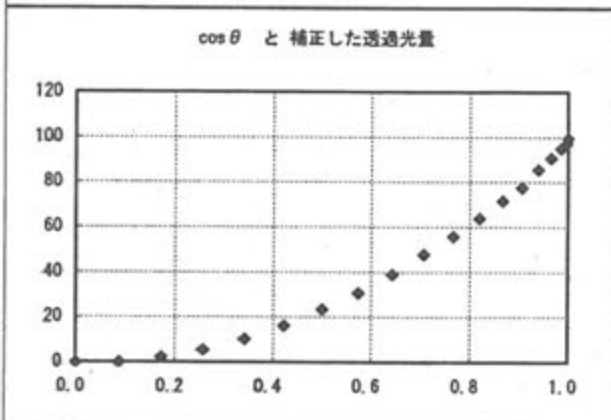
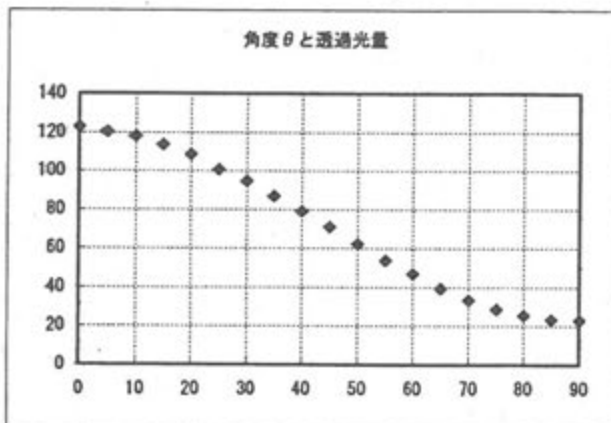
資料3

物理 One Point Guide [49期高II]

偏光板を通る光の透過光量 (実験例)

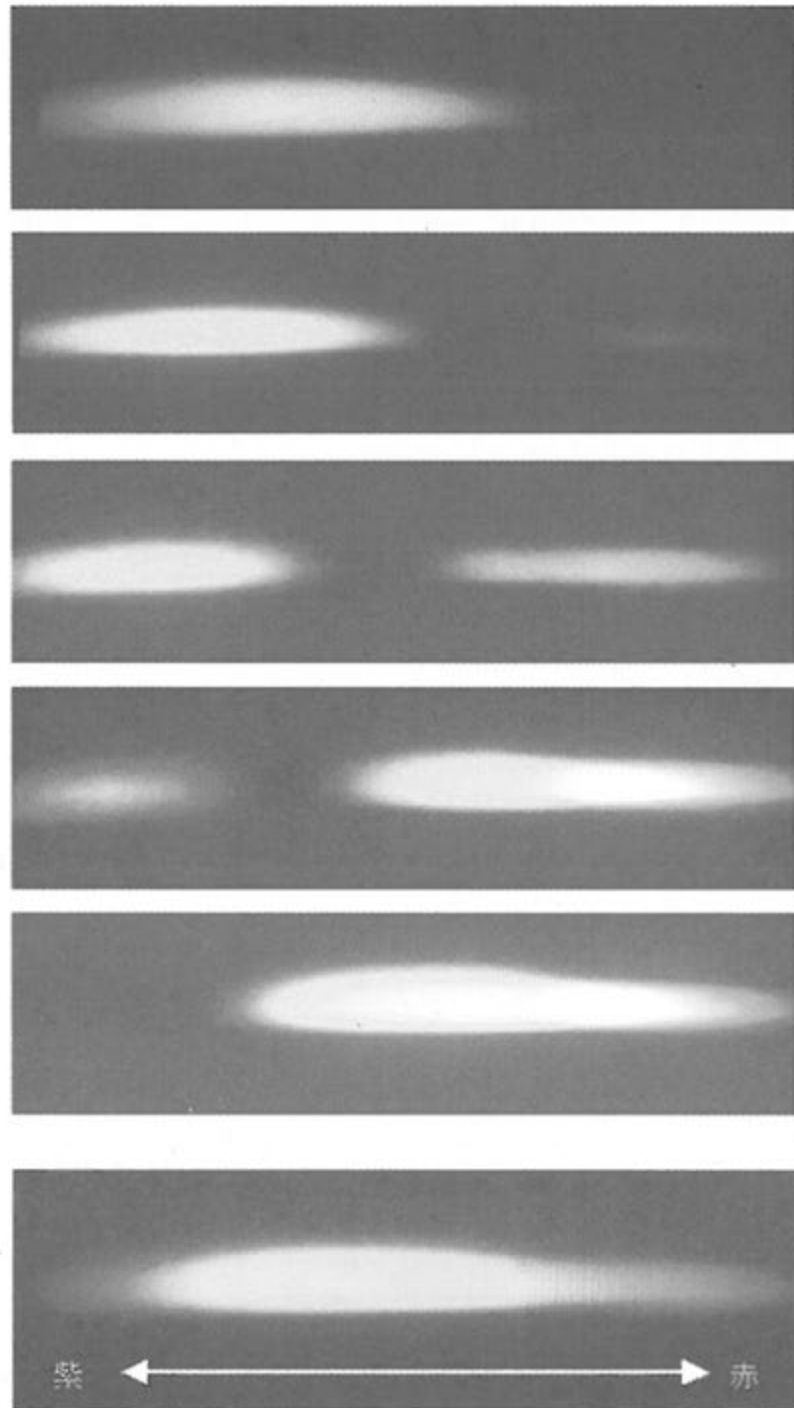
実験データ

偏光板の 角度 (度)	透過光量 (lux)	補正した 光量 (lux)
0	122.9	99.6
5	120.5	97.2
10	118.4	95.1
15	114.0	90.7
20	109.0	85.7
25	101.1	77.8
30	95.2	71.9
35	87.3	64.0
40	79.4	56.1
45	71.2	47.9
50	62.4	39.1
55	54.0	30.7
60	47.0	23.7
65	39.7	16.4
70	33.7	10.4
75	28.9	5.6
80	25.6	2.3
85	23.6	0.3
90	23.3	0.0



資料 4

旋光分散の実験結果～観察されたスペクトルのようす



偏光板の回転角

↓  
大

注：旋光角は波長の2乗に反比例する。→ 紫のほうが赤よりも旋光角が大きい。

# マイクロスケール実験を活用した理科授業の実践

—電気分解とイオンの移動を中心に—

み き やす ひろ  
三 木 康 宏

## Practice of the science class that utilized a Microscale Experiment

—Mainly on Electrolysis and a Migration of Ions—

MIKI Yasuhiro

抄録：理科授業において、抽象的概念を具体的な事象に無理なくつなげて探求し、問題解決していくことは重要な課題である。本研究では電気分解とイオンの移動を中心に、マイクロスケール実験を活用することによって、微視的な世界に広がるイオンへの認識を深める授業展開を試みた。

キーワード：マイクロスケール実験，電気分解，イオンの移動

### I. はじめに

平成14年度より小中学校で実施された新学習指導要領は「ゆとり教育」をキーワードとして、授業が難しくならないように歯止め規定がもうけられている。しかし、学力低下を招くとの批判を受け、平成15年12月26日付けで文部科学省から全国都道府県や教育委員会などに一部改正の通知が出された。以下にその内容を抜粋して記載する。

#### 2 学習指導要領の一部改正等の内容

##### (1) 学習指導要領の基準性を踏まえた指導の一層の充実

ア 学習指導要領に示しているすべての児童生徒に指導する内容等を確実に指導した上で、児童生徒の実態を踏まえ、学習指導要領に示していない内容を加えて指導することができることを明確にしたこと。

イ 「内容の取扱い」のうち、内容の範囲や程度を明確にしたり、学習指導が網羅的・羅列的にならないようにするための事項は、すべての児童生徒に対して指導する内容の範囲や程度等を示したものであり、学校において特に必要がある場合等には、これらの事項にかかわらず指導することができることを明確にしたこと。

・・・・・・・・・・

(3) 個に応じた指導の一層の充実

ア 小学校における個に応じた指導の充実のための指導方法等の例示として、学習内容の習熟の程度に応じた指導、児童の興味・関心等に応じた課題学習、補充的な学習や発展的な学習などの学習活動を取り入れた指導を加えたこと。

イ 中学校における個に応じた指導の充実のための指導方法等の例示として、生徒の興味・関心等に応じた課題学習、補充的な学習や発展的な学習などの学習活動を取り入れた指導を加えたこと

・・・・・・・・・・

3 学習指導要領の一部改正等に関連する事項

(1) 教育課程を適切に実施するために必要な指導時間の確保

ア 各学校においては、学年や学期、月ごと等に授業時数の実績の管理や学習の状況の把握を行うなど、教育課程の実施状況等について自ら点検及び評価を行い、教育課程を適切に実施するために必要な指導時間を確保するよう努める必要があること。また、年間の行事予定や各教科の年間指計画等について、保護者や地域住民等に対して積極的に情報提供を進める必要があること。

イ 指導内容の確実な定着を図るため必要がある場合には、指導方法・指導体制の工夫改善を図りながら、学校教育法施行規則に定める各教科等の年間授業時数の標準を上回る適切な指導時間を確保するよう配慮すること。

通知では、新学習指導要領を「すべての児童生徒に指導する内容」とともに「特に必要がある場合等には、これらの事項にかかわらず指導すること」、「発展的な学習などの学習活動を取り入れた指導を加えること」と明記された。つまり歯止め規定は削除されていないがその規定は、学校現場に弾力的な運用に任せられたことになった。しかしながらその指導時間の確保については、指導方法・指導体制の工夫改善を図ることとなっている。

中学校の教科書では平成18年度版から「発展」が設けられ、どの社もイオンを取り扱っている。しかし、以前の教科書で取り扱っていたイオンの内容をすべて指導するには、やはり現状の授業時間数では難しく、指導内容の工夫が余儀なくされる。さらにイオンとなると、原子・分子と続き微視的なものの見方、考え方を必要とし抽象的な概念となる。そのため化学変化を前にマクロの現象とそこで行われている目に見えないミクロの現象を、生徒自身は統合させることに戸惑い、難問として映る。このことが昨今よく言われている「理科離れ」を助長しているとも考えられる。興味関心が持てる生徒にとっては探求心が旺盛になるが、もてない生徒にとっては消極的態度になり、実験は人任せの傍観者的存在となって理科嫌へ走る場合が見られる。以上のことを考慮して、1人1人が目的意識を持って、より短時間により効果的にイオンの学習を行うにあたって、マイクロスケール実験を活用した実験スタイルの開発を試みイオンの認識を定着せることを考えた。

II. 学習指導に関する実態調査<sup>1)</sup>

旧学習指導要領から削除された内容で、現在発展的な内容として指導されているものについて調べたBenesseの調査結果を下記に示した。



Q：貴校では、発展的な学習として、次のような内容を通常の授業もしくは選択理科で扱っていますか。

＜選択肢＞ ※複数選択可

- ・花の咲かない植物の特徴
- ・力とばねののびの関係
- ・水の深さと水圧の関係
- ・無セキツイ動物の特徴
- ・フレミングの法則
- ・日本の天気の特徴
- ・電解質水溶液とイオン
- ・遺伝の仕組みや遺伝の規則性
- ・生物の進化
- ・力の合成や分解のしかた
- ・その他

表 1

通常の授業での発展的内容の取り扱い	
取り扱う	80.9%
取り扱わない	19.1%

表 2

選択理科での発展的内容の取り扱い	
取り扱う	21.9%
取り扱わない	78.1%

※発展的内容として挙げた項目のうち、いずれか1つでも○をしている場合を「取り扱う」1つもない場合を「取り扱わない」とした。

表 3

通常の授業の中で扱う発展的内容	
フレミングの法則	65.0%
日本の天気の特徴	62.0%
遺伝の仕組みや遺伝の規則性	42.1%
生物の進化	34.2%
力とばねののびの関係	33.2%
花の咲かない植物の特徴	30.8%
無セキツイ動物の特徴	30.0%
力の合成や分解のしかた	21.8%
電解質水溶液とイオン	18.9%
水の深さと水圧の関係	18.7%
その他	3.0%

表 4

選択理科の中で扱う発展的内容	
フレミングの法則	2.6%
日本の天気の特徴	3.0%
遺伝の仕組みや遺伝の規則性	4.0%
生物の進化	4.1%
力とばねののびの関係	2.9%
花の咲かない植物の特徴	3.6%
無セキツイ動物の特徴	3.1%
力の合成や分解のしかた	3.5%
電解質水溶液とイオン	13.2%
水の深さと水圧の関係	4.3%
その他	2.1%

※調査時期：2005年4月～7月 調査対象：全国中学校、理科担当教員、配布数28,275名、有効回答数6,627名、有効回答率23.4%

表1と2から、発展的内容を選択理科より通常の授業の中で指導しているとする回答が多く、旧学習指導要領から削除された項目でも、いまだに多くの教員が重要と感じており、必要に応じて生徒の理解を深めるための指導が行われていることがわかる。つまり多くの教員が理科に関する学力低下、学力格差の拡大を感じており、それを克服しようとするために努力していることを察することができる。表3、4では、単元のつながりがある「フレミングの法則」や「日本の天気の特徴」が発展学習の中でも実施率が高い。それとは逆に単元に直結するものがない「電解質水溶液とイオン」は実施率が低くなっているもの選択理科では実施率が高い。これはやはりイオンを学習するに至って時間数が確保できないと言った理由で敬遠されているものと考え。逆に言うならば短時間でより効果的に実験ができるなら実施したいと考えておられる教員が多いのではないかと察することができる。

さらに現行の新学習指導要領では粒子概念が、中学2年生の原子・分子として現れ、イオンについては中学校から高等学校へ移行され、原子の構造、ボーアモデルの学習後に登場す

る。イオンを理解するには電子配置の理論が必要であるが、電解質水溶液の通電性や電気分解、そしてイオンの移動といった化学史を紐解いていくように、実験から電荷をもった粒子を想像することは重要であり、中学3年生の発展学習として取り扱うことにより粒子概念が中高とスパイラルに展開できるものと考えた。

### Ⅲ. 生徒の認識

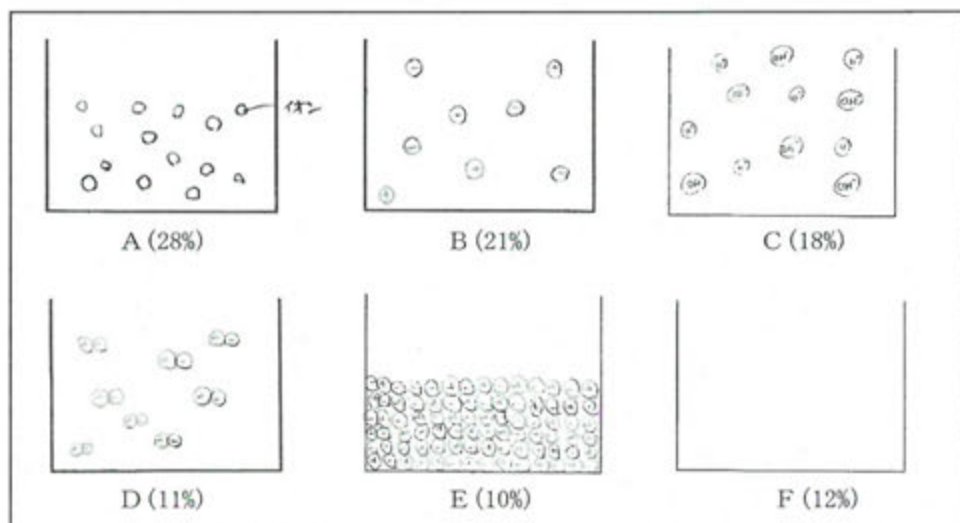
イオンについて本校生徒(3年159名)に事前アンケートを行い認識調査を行った。それを以下に示す。

Q1 「イオン」と聞いて、それがどのようなものであるとイメージしますか。文章で教えてください。

- ・体によい。健康的。森林浴。リラックスできる。
- ・マイナスイオン。
- ・-と+がある。電気をもつ。
- ・目に見えない。小さい。
- ・原子か分子の性質のようなもの
- ・気体。空気の中にある。

以上多かったものを記載した。

Q2 水溶液中に存在するイオンをモデルで表現しなさい。



生徒が描いたモデル図を大きく6つのグループに分類した。そして分布状態を調べた。

- A：水溶液中にイオンが粒子として散在している。
- B：水溶液中に電荷をもったイオンが粒子として散在している。
- C：水溶液中に水素イオンと水酸化物イオンが粒子として散在している。
- D：水溶液中に電荷をもったイオンが+，-対をなして散在している。
- E：その他
- F：無回答

イオンについては、電荷をもった物であることは、50%以上の生徒(B+C+D+E)が理解できているが、Bのグループの中で+のイオンと-のイオンの数が合わなく電気的中性になっていない生徒が半数いた。またCのグループでは具体的に水素イオン、水酸化物イオンでモデル化しており、これは1年次の学習で「中和」において酸性、アルカリ性の性質を示す原因は、水溶液の中に $H^+$ や $OH^-$ が存在するからであると、学んだことの定着の現れであろう。ただ、この2種類のイオンしか知らない。またイオンがどのようにできるかは当然理解できていない。Dのグループではイオンは電荷をもっているものの電氣的な力によって繋がっていると理解している。電離と言った概念がまだないのである。その他のEグループでは電荷をもっていることはイメージしているのだが、他にあてはまらないものをまとめた。そのうち1例を挙げたが、状態変化の粒子概念と混乱しているようである。またイオンについてイメージができない生徒がEグループとして12%いた。イオンとは原子、分子と同じく非常に小さな存在であり、異なる点は電荷をもっていることである。その電氣的な偏りがどのようなプロセスで得られるのか。つまりイオンの出来方からクーロン力による振る舞いを中心に進めていけばよいと考えた。そして何よりも微視的なものが、視覚的に捉えることができるのなら、つまり電場によって移動するイオンが観察できるのなら水溶液中に電荷をもったイオンの存在を認識することができると考えた。

#### IV. マイクロスケール実験の活用

実験のスケールを従来の方法より小さくするマイクロスケール実験は、1980年代からアメリカの大学(有機化学)で組織的に取り上げ、現在では、一般化学、中・高等学校での化学実験において世界的に広がりを見せている。特に注目されるのは、環境に配慮したグリーンケミストリーの概念<sup>2)</sup>を理科実験に反映させているところである。従来の実験器具よりスケールを小さくすることによって試薬と経費の節約を行う。また廃液の少量化。さらには試薬が少量で済むことにより危険が少なく、事故防止にも役立つと考える。このことは下記の通り、中学校学習指導要領解説において「マイクロスケールの実験」として記載してある。

中学校学習指導要領解説 理科編 文部科学省

第1章 指導計画の作成と内容の取り扱い

##### 3 廃棄物の処理について

有毒な薬品やこれらを含む廃棄物の処理は、大気汚染防止法、水質汚濁防止法、海洋汚染防止法、廃棄物処理法及び清掃に関する法律などの、公害関係の法律に従って処理する必要がある。

中学校では、実験で使用する薬品の年間使用量は危険物扱いに関する法令に触れるほど多くない。しかし、廃棄物の処理は生徒に環境への影響や環境保全の大切さを考えさせるよい機会となる。

特に、一時期に多量の薬品を捨てる場合、例えば、酸やアルカリの廃液は互いに中和してから多量の水で薄めながら流すなど適切な処理をする必要がある。一方、重金属イオンを含む廃液は放流することを禁じられているのでそのまま廃棄することはせず容器に集めるなど、適当な方法で回収保管し、最終処分は廃棄物処理業者に委託することが考えられる。さらに、資源保護や環境保全の観点から、観察や実験の終了後も不純物

が混入していない薬品や未使用の薬品などは廃棄せず利用できるよう工夫をすることを心掛けたい。また、マイクロスケールの実験など使用する薬品の量をできる限り少なくした実験の機会を便宜設けることも考える。

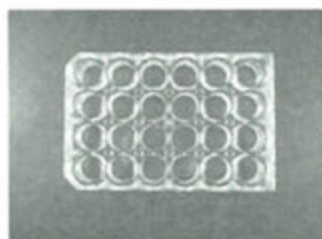
またマイクロスケール実験導入のメリットについては、すでに荻野氏<sup>2)</sup>が指摘しているとおりの点が上げられる。

- ① 1～2人の少人数単位での実験が可能となり、集中力をもって取り組ませることができ生徒は責任感と達成感が得られる。また、互いの実験結果を比較することによりグループ学習や自己評価がなされる。
- ② 実験操作に要する時間を短くできる。よって授業時間内での実験数を増やすことや余った時間で学習のまとめ、さらに討論会を持つこともできる。
- ③ 生徒自らが実験をデザインでき、問題解決能力の育成にもつながると考える。他には、理科実験室でなく、通常の教室でも実験が可能である。

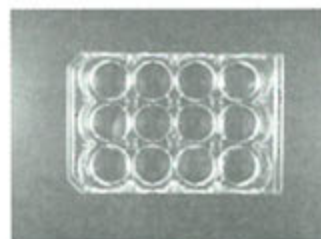
本校生徒(中2 160名)に「酸性、アルカリ性の水溶液の性質」を実験指導したときの実験プリント、アンケート結果を資料1, 2, 3に記載した。これによると上記のメリット以外に次の点もさらに見えてきた。

- ④ 小さいのですぐに変化がわかり、見やすく自分のペースでできる。
- ⑤ 1つの入れ物に、全部の結果が見られる。そのため実験結果がわかりやすくまとめやすい。

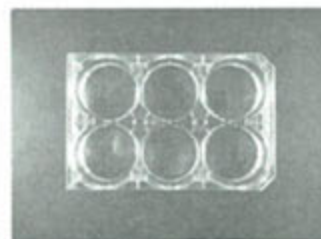
今回の実験で使用したセルプレートは、IWAKI製の24セル、12セル、6セルである。



IWAKI製(3820-024)



IWAKI製(3815-012)



IWAKI製(3810-006)

注) グリーンケミストリー(Green Chemistry)とは「環境にやさしい化学合成」、「汚染防止につながる新しい合成方法」、「環境に優しい分子・反応の設計」と言い換えることができる。より具体的には、「有害な化合物をなるべく使ったり出さないように物質や反応を設計し、有用な化学製品を作ること」と表現することができる。<sup>3)</sup>

## V. 指導計画

第1時限目 **実験** 水溶液の通電性(マイクロスケール実験)

第2時限目 原子とイオン

第3時限目 **実験** 塩化銅の電気分解とイオンの移動(マイクロスケール実験)

以上の3時間を計画し生徒のイオンへの認識の深まりを見ることにした。

## VI. イオンの実験をマイクロスケール化

### VI-1 水溶液の通電性

従来の方法では、数種類の水溶液をそれぞれビーカーに用意して、通電性を調べていた。多くの実験器具や多量の薬品を使用するためにその準備と片付けに手間がかかる。そこでビーカーをセルプレートに変えることで、短時間で実験を行うことができ準備と片付けに手間をかける必要がなくなった。

各セルに水溶液を入れる

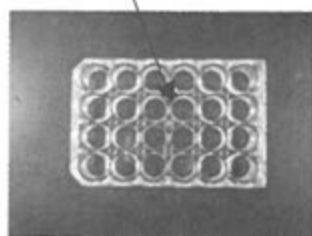
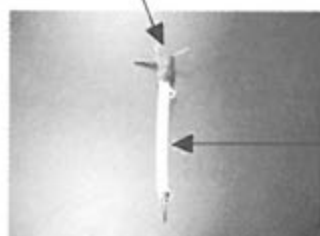


図1 水溶液の通電性

発光ダイオード



電灯線

図2 通電棒

### VI-2 塩化銅の電気分解

電気分解で発生する塩素は有毒である。この点を考えると生徒実験では慎重に扱わなければならない。そこでグリーンケミストリーの考えにも基づき、この実験にマイクロスケール実験を活用することによって、薬品の少量化を計る。また短時間に行うことで、授業時間内でイオンの移動を観察する実験も可能となる。なによりも各自が実験観察できることで定着がのぞまれる。

10%塩化銅水溶液 赤インク

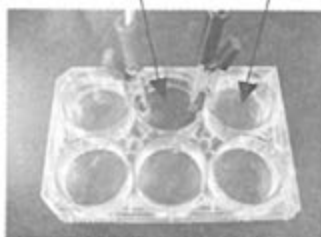


図1 塩化銅の電気分解

銅



図2 陰極での銅の付着

塩素

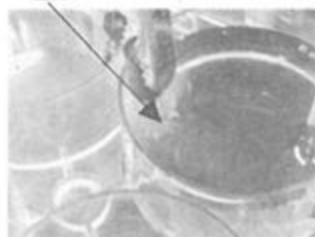


図3 陽極での塩素の発生

### VI-3 イオンの移動

イオンが「電荷を帯びている」このことを体験的に実感できるなら、抽象的な粒子概念が具現化され科学的な思考が深まると考える。とりわけイオンの存在を視覚的に理解させる実験として電気泳動の技法を取り上げることが多い。ただ従来の方法では、高電圧を必要とすることやイオンの移動に時間を要することで生徒実験を困難にしていた。そこで電極間を狭く設定できるセルプレートのセルの中でイオンの移動を観察することで電圧を下げることでできた。また従来の方法では、媒体としての紙や寒天を使うことが多いが、銅イオン(具体的には錯イオン)の色を観察しやすくするために透明な媒体として高吸水性ポリマーの使用を考えた。



図4 イオンの移動(10V, 5s)

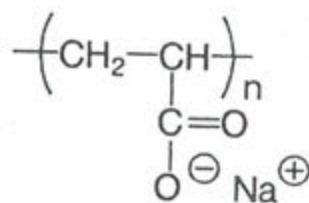


図5 高吸水性ポリマーの構造式

高吸水性ポリマーは1gに対して約500mlの水を吸うことができ、その構造式から分かるように極性があり銅イオンの移動を促すこととなる。

#### VI-4 実験器具の工夫

マイクロスケール実験を1人1人に行わせるにはセルプレートを各自用意するだけでなく、電源をそれぞれに確保しなければならない。そのため通常の電源装置から1人2本のコードが分配できるようにタップを使って配線コードを製作した。これにより班員が同時にスタートすることにより互いのペースをつかむことができる。

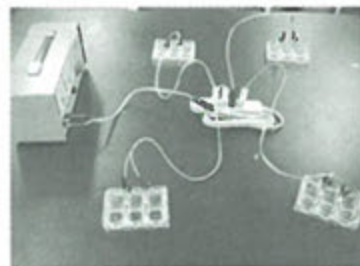


図6 配線

### VII. 実践例

1限目、3限目の実験プリントは資料4、5に記載した。特に3限目に行った授業実践を以下に示す。

#### VII-1 指導案

(1) 題材 電気分解とイオンの移動

(2) 目標

- ① 塩化銅(II)水溶液を電気分解したときの生成物を見いださせる。
- ② 電解質水溶液で電離しているイオンの存在に気づかせる。
- ③ 電解質水溶液を電気分解したときの生成物をイオンの動きで考察し理解させる。
- ④ マイクロスケール実験の特性を理解し、実験技能を向上させる。

(3) 準備物

セルプレート(6セル)、電源装置、タップ、配線コード、クリップ付き導線、炭素棒、ピンセット、安全メガネ、インク液、演示用自作教材、実験プリント、10%塩化銅(II)水溶液、硝酸銀水溶液、0.1%高吸水性ポリマー

(4) 指導過程

段階	学習事項	生徒の活動	指導者の活動・評価
導入 (5分)	・本時学習目標の確認	・水溶液の通電性について復習する。 ・本時の学習目標を知る。	・電極付近の変化に気づかせる。  ・電解質水溶液中で電気を通す物質について学習することを伝える。
展開 (40分)	・電気分解	・実験の目的を知る。  ・実験装置の準備をする。 ・電解質水溶液に電圧を加え電極付近の生成物を調べる。	・塩化銅(Ⅱ)水溶液を電気分解して生成物が何であるか調べることを伝える。 ・実験方法について説明する。 ・正しく組み立てられているか確認し、実験を行わせる。 ・結果をまとめさせる。
	・イオンの移動	・実験の目的を知る。  ・実験装置を準備する。 ・電解質水溶液に電圧を加え移動している物質を観察する。	・電解質水溶液で電極に集まる物質の存在を調べることを伝える。 ・実験方法について説明する。 ・正しく組み立てられているか確認し、実験を行わせる。 ・結果をまとめる。
	・電気分解のモデル化	・電解質水溶液の電気分解のようすをモデルでまとめる。	・電気分解をモデルで説明する。
整理 (5分)	・本時学習事項の整理	・本時の学習事項をふりかえる。	・本時の学習事項をまとめさせる。

Ⅶ-2 授業記録と評価

授業風景



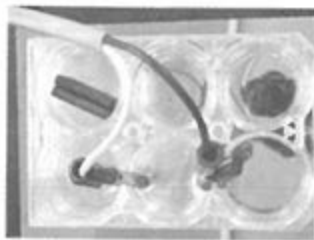
1 マイクロスケール実験



2 塩化銅の電気分解



3 銅と塩素を調べる。



4 イオンの移動



5 電気分解のモデル化

### 授業後のアンケート

- ・青色の銅イオンが移動することから電極に引きつけられているのがわかった。
- ・銅イオンが陽イオンなので-極へ、塩化物イオンが陰イオンなので+極へ移動し電極でそれぞれ銅と塩素が発生する。そのしくみが理解できた。
- ・青色の銅イオンが茶色の銅になるのは感動した。
- ・両方の電極から気体が発生していたが、それが何か知りたかった。
- ・塩化銅水溶液がどのようにして+極に塩素、-極に銅が分かれて行くのかよくわかった。
- ・今まで丸暗記していたことが、何かつながってきたような気がする。
- ・イオンの動きが見られるとは思わなかった。
- ・塩化銅水溶液中の銅イオンが-極に集まるしくみがよくわかった。
- ・イオンの動きをじっくり観察が出来たので、やっぱりマイクロスケール実験はわかりやすかった。
- ・塩素の発生が意外にきつかった。
- ・塩化銅が分解される時、すべてに理由があるのに感動した。
- ・高吸水性ポリマーのすごさにびっくりした。
- ・目に見えないところでこんなことが行われていたのかと改めて感動した。
- ・高吸水性ポリマーがどれぐらい水を含むのか気になった。
- ・青色が動くのが見やすかった。
- ・イオンはゆっくり動くものだと実感した。
- ・移動が遅すぎると思った。
- ・実験はわかりやすかったが手順が難しかった。
- ・ポリマーのおかげで青色の銅イオンの移動がわかりやすかった。
- ・黒板のモデルを使つての説明がわかりやすかった。

### VI. 学習効果と課題

事前アンケートと同様に、事後アンケートでも水溶液中に存在するイオンをモデルで表現させると、ほとんどの生徒がイオンは電荷をもった粒子として捉え、その数も電氣的に中性になるようになっていた。負電荷をもったイオンは陽極へ、正電荷をもったイオンは陰極へ集まることも認識できたようだ。ただ今回は時間の都合で、質問紙法のみのため定着の度合いがどれぐらいなされたのかつかめていない。今後はマイクロスケール実験が生徒の学力にどのような効果をもたらすのか調査していくことを考えている。また、高吸水性ポリマーによるイオンの移動を調べる教材開発を行ったが、低電圧で短時間の観察ができるようになったものの、電極付近での反応は生徒を感わせる結果となった。今後さらに改良が必要であると感じている。



#### 参考文献

- 1) Benesse 教育研究開発センター, 「中学校の学習指導に関する実態調査 報告書2005」  
教務主任・理科教員・社会教員に対する調査から, 2005年11月
- 2) 荻野和子, 「化学と教育」, 46, 516, (1998)
- 3) Paul T. Anastas, 「グリーンケミストリー」/日本化学会訳編, 丸善, 1999年3月

#### Summary:

I connect an abstract general idea with a concrete phenomenon without unreasonableness and, in a science class, search it, and it is an important problem to do problem solving. I tried class development to be able to deepen recognition to the ion which opened in the microscopic world by utilizing a microscale experiment mainly on electrolysis and a migration of ions in this study.

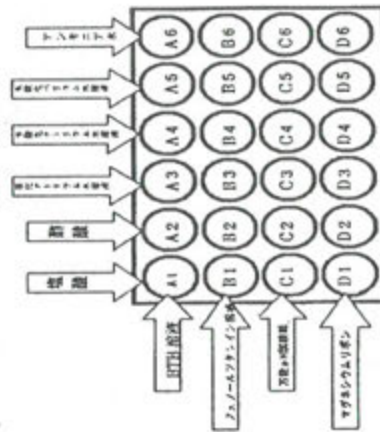
## 化学実験 酸性、アルカリ性の水溶液を調べてみよう

**目的** 指示薬を使って、酸性・アルカリ性の水溶液の性質を調べてみよう。

**準備** 器具：24ウェルプレート、点滴ビン(6種類の水溶液)、安全メガネ、ピンセット  
 万能pH試験紙変色表(1.0～6.0酸性 7.0中性 8.0～11.0アルカリ性)  
 薬品：塩酸、酢酸、塩化ナトリウム水溶液、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水、水酸化バリウム水溶液(すべて0.1mol/l)、マグネシウムリポン  
 指示薬 (BTB溶液、フェノールフタレイン溶液、万能pH試験紙)

・マグネシウムリポン(可燃性固体)  
 ・塩酸・酢酸・水酸化ナトリウム・水酸化バリウム・アンモニア水(劇物)

- 方法**
- ① A1, B1, C1, D1に塩酸を約10滴ずつ加える。
  - ② A2, B2, C2, D2に酢酸を約10滴ずつ加える。
  - ③ A3, B3, C3, D3に塩化ナトリウム水溶液を約10滴ずつ加える。
  - ④ A4, B4, C4, D4に水酸化ナトリウム水溶液を約10滴ずつ加える。
  - ⑤ A5, B5, C5, D5に水酸化バリウム水溶液を約10滴ずつ加える。
  - ⑥ A6, B6, C6, D6にアンモニア水を約10滴ずつ加える。



- ⑦ A行にBTB溶液を1滴加え、変化を見る。
- ⑧ B行にフェノールフタレイン溶液を1滴加え、変化を見る。
- ⑨ C行に万能pH試験紙を一片入れ、変化を見る。
- ⑩ D行にマグネシウムリポンを一片入れ、変化を見る。

**注意**  
 ★ 実験中は安全メガネ着用。  
 ★ 薬品が手についたときはすぐに洗う。

## 資料1：実験プリント

**予想** 実験の結果を予想してみよう。(表の上段)  
 ① BTB溶液、フェノールフタレイン溶液を入れたとき、それぞれ何色になるか。  
 ② 万能pH試験紙を入れたとき、pHの数値はいくらになるでしょうか。  
 ③ マグネシウムリポンを入れたとき、変化が見られるのはどれか。

**結果** 実験結果をまとめよう。(表の下段)

	塩酸	酢酸	統計的試験	統計的試験	統計的試験	統計的試験	アセトン
BTB溶液の色	青	黄					
フェノールフタレイン溶液の色	青	黄					
万能pH試験紙の数値	青	黄					
マグネシウムの変化	青	黄					

**考察** 6種類の水溶液を酸性、アルカリ性、中性の水溶液に分けよう。

( )年( )組( )番( )

資料2：アンケート

「マイクロスケール実験」に関するアンケート 2006, 10, 2

( )組( )番 名前( )

実験のスケールを従来の方法より小さくして行うマイクロスケール実験を本日の授業で紹介しました。この技法は、1980年代からアメリカの大学で組織的に取り上げられ、現在では一般化学や中・高等学校での化学において世界的な広がりを見せています。そこで授業への効果的な活用法を検討するために、アンケート調査にご協力をお願いします。

※以下の質問について、あてはまるものの番号を選び、番号に○印をつけて下さい。

Q1 マイクロスケール実験について、各問いに5段階でお答え下さい。

- |                    | 大変良い |   | 普通 |   | 良くない      |
|--------------------|------|---|----|---|-----------|
| 1. この実験に興味を持てたか。   | ①    | — | ②  | — | ③ — ④ — ⑤ |
| 2. 実験方法は簡単であったか。   | ①    | — | ②  | — | ③ — ④ — ⑤ |
| 3. 実験結果はわかりやすかったか。 | ①    | — | ②  | — | ③ — ④ — ⑤ |
| 4. 実験の後片付けは簡単だったか。 | ①    | — | ②  | — | ③ — ④ — ⑤ |
| 5. 実験全体がわかりやすかったか。 | ①    | — | ②  | — | ③ — ④ — ⑤ |

Q2 通常の実験では、試験管を使って4人の班に1セットの実験器具で行っていました。今日はマイクロスケール実験を導入して、各自が行いましたがどちらがよいですか。

- ① 今回のマイクロスケール実験      ② 通常の試験管で行う方がよい

Q3 ・Q2で①と答えた人に聞きます。その理由をお答え下さい。

・Q2で②と答えた人に聞きます。その理由をお答え下さい。

Q4 マイクロスケール実験は、今回以外にどのような実験に応用できると考えられますか  
実験名とその方法を教えてください。

Q5 今日の実験の感想、意見、要望を自由にお書き下さい。

資料3：アンケート結果

Q1	大変良い		普通		良くない
	①	②	③	④	⑤
1. この実験に興味を持てたか。	52%	34%	14%	0%	0%
2. 実験方法は簡単であったか。	69%	25%	6%	0%	0%
3. 実験結果はわかりやすかったか。	48%	30%	18%	3%	1%
4. 実験の後片付けは簡単だったか。	30%	30%	28%	9%	3%
5. 実験全体がわかりやすかったか。	51%	37%	11%	1%	1%

Q2	マイクロスケール	通常の実験
マイクロスケール実験か通常か	92%	8%

Q3
<p>・マイクロスケール実験</p> <p>小さいのですぐに変化が分かり、比べられる。コンパクトがよい。自分でできて、時間短縮にもなった。見やすく自分のペースでできた。試験管だと回して見たりする時間があるが、この実験はないので実験時間が増えたと思う。楽で分かりやすい。一度にいくつもの実験をすることができるから一人でするので見やすかった。楽だった。手間がかからない。自分一人で独占できるから。見やすく印象に残る。さっさとできる。自分で薬品を入れるので、実験をしたという感じが大きいから簡単でわかりやすい。話を聞いていなかったら実験ができないから話を聞くようになる。自分はすることが遅いから、まわりに迷惑がかからないから。変化がわかりやすい。コンパクトで場所をとらない。通常の試験管の方もよいが、楽しさに欠けるため自分のやりやすいようにできる。ゆっくり結果が見られる。個人で好きなようにできた。小形で扱いやすかった。作業しやすい。班でやると、自分ができない場合がある。自分がやることにより実験に参加できた。一度にたくさんの実験結果が得られるから。1つの入れ物に、全部の結果が出ているから</p> <p>・通常の実験</p> <p>間違った答えが出るようなミスが起こらない。慣れてしまっているから。1つの机で4人もすわっているのに、マイクロスケールで1人ずつやるとせまくてやりにくい。4人でやると、意見が色々出て、結果が分かりやすいから。</p>

Q4 どのような実験に応用できるか。

地質の比較。 水質調査。 対照実験に使える。 分解反応。 生物実験など。  
細菌を育てるときに、条件を変えて比較する。  
水溶液を蒸発させて結晶を作る  
デンプンの消化。 水溶液の中和。  
違う液体を入れて、光の屈折がどう違うか調べる。  
葉の呼吸光合成。 色々な種類の葉によって呼吸、光合成の違いを調べる。  
酸素を発生させる実験。 過酸化水素水の濃度を変えて実験する。

Q5 実験の感想、意見、要望

通常の授業より実験をしているという感じがした。  
マイクロスケール実験は初めてだったので、便利さがわかった。  
マイクロスケール実験は結構やりやすかった。  
初めての実験で興味がわいた。結果が予想を裏切ってうれしかった。  
試験管より、実験しやすかったです。マグネシウムリボンの泡が少し見にくかった。  
簡単な実験だった。プレートの使い方がわかりやすかった。  
とても楽しかった。こんな実験なら理科が好きになると思う。  
細かい作業が多くて大変だった。  
いつも人任せにしてしまうので今回の実験は、少しおもしろかった。  
ふつうにおもしろかったし、結果もみやすかった。  
マグネシウムリボンの変化があまりわからなかった。  
他にもどのような実験に応用できるのを知りたい。  
色が綺麗に変わったのがおもしろかった。またこの実験をやってみたい。  
役割分担とかしなくても全員同じことをするので、マイペースでできたことです。  
とてもわかりやすかったです。

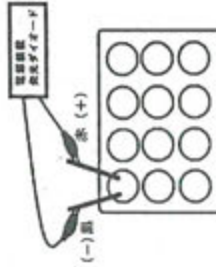
## 化学実験 物質の通電性

**目的** いろいろな物質について、電気を通すかどうか調べてみよう。

**準備** 器具：12Vエウルプレート、発光ダイオード、電源装置一式、通電棒(電灯線電極)安全メガネ、洗浄用ビーカー  
 薬品：塩酸(HCl:劇物)、水酸化ナトリウム(NaOH:劇物)水溶液  
 塩化銅(CuCl<sub>2</sub>:劇物)水溶液(すべて0.1mol/L)、洗浄用蒸留水  
 蒸留水、水道水、塩化ナトリウム、砂糖、エタノール、塩化ナトリウム水溶液、砂糖水、エタノール水溶液、醤油、お酢、スポーツドリンク、

**方法** ① 各物質をセルに全て同量の半分ほど入れる。  
 ② 通電棒、電源装置、クリップ付き導線などで回路を組み立てる。  
 ※電源のスイッチを入れ3Vにあわせ、これ以上電圧をあげない。  
 ※プラグを差し込み、電極を接触させて点灯することを確認する。  
 ※発光ダイオードは+-の極が決まっている。  
 ③ 各物質に電極を入れ点灯を確認する。  
 ※他の物質に移るときは、必ず電極の液を蒸留水で行うこと。

**注意** ★ 実験中は安全メガネ着用。  
 ★ 薬品が手についたときはすぐに洗う。  
 ★ 物質の種類によっては、発光ダイオードの点灯時間の短いものがある。



**仮** 電解質水溶液とはどのような水溶液だったか。

**予想** 電気を通すものはどれか、予想してみよう。

## 資料4：実験プリント

**結果** 電気を通した(O)通さなかった(X)の印を付けなさい。また、電気を通した場合は電極付近に何が起こっていたのかも調べなさい。

蒸留水 ( )	水道水 ( )		スポーツドリンク ( )
塩化ナトリウム ( )	砂糖 ( )	エタノール ( )	お酢 ( )
↓蒸留水	↓蒸留水	↓蒸留水	
水溶液 ( )	水溶液 ( )	水溶液 ( )	
塩酸 ( )	水酸化ナトリウム水溶液 ( )	塩化銅水溶液 ( )	醤油 ( )

**考察** ① 塩化ナトリウム水溶液、砂糖水、エタノール水溶液のうち、溶液と溶液は電気を通さないが溶液で電気を通すものはどれか。

② 電気を通すものと通さないもので、その違いをイオンで説明しなさい。

**電圧**

**課題** 電流とは電子の移動である。電気を通すと水溶液中では電子が移動しているのか、 ( )年( )組( )番( )

## 化学実験 塩化銅の電気分解とイオンの移動

- 目的** 塩化銅水溶液に電気を通したとき生じる反応について調べてみよう。
- 準備** 器具：6セルプレート、炭素棒(電極)、電源装置一式、ピンセット、保護メガネ  
 スポイト、酸シート、酸液用ビーカー  
 薬品：10%塩化銅水溶液(CuCl<sub>2</sub>・2H<sub>2</sub>O)、0.1%高吸水性ポリマー、赤インク

### 実験1. 塩化銅水溶液に電気を通して電極での変化を観る

- 方法**
- セルに炭素棒をクリップでとめる。
  - 塩化銅水溶液を3 ml 入れ、別のセルに赤インクを2 ml 入れる。
  - 電源装置を直流電圧5 V にあわす。
  - プラグをタップに差し込み、電極付近を1分間観察する。
  - プラグをタップから外して、次のことを調べる。
    - 電極から気体が多量に発生した場合
    - 電極に付着物がある場合
- 炭素棒をクリップから外し付着物を観察する。



図1



図2

- 注意** 保護メガネをかける。
- 予想** 生成物を予想してみよう。
- 結果**
- |     |   |
|-----|---|
| +電極 | + |
| -電極 | - |
- +電極付近の変化
- 電極付近の変化

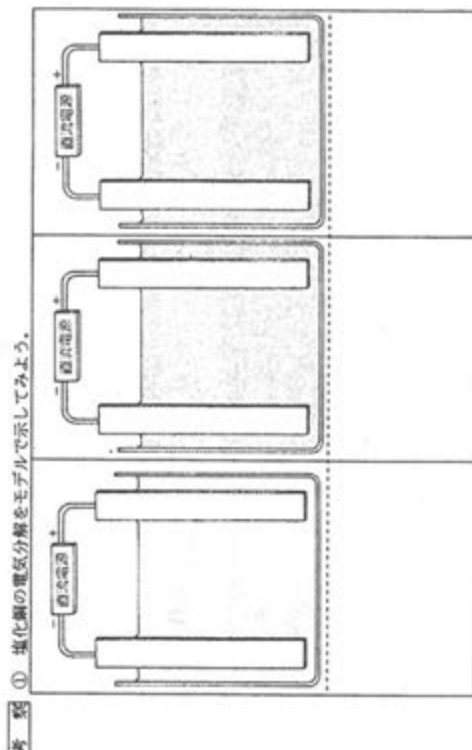
## 資料5：実験プリント

### 実験2. イオンの移動を観察する

- 方法**
- セルに新しい炭素棒をクリップでとめる。
  - 高吸水性ポリマーを3 ml 入れる。
  - 塩化銅水溶液をスポイトでとり、セルの中心に3滴静かに落とす。
  - 電源装置を直流電圧10V にあわす。
  - プラグをタップに差し込み、塩化銅水溶液を5分間観察する。
  - プラグを外して、青色が何處に移動したか調べる。

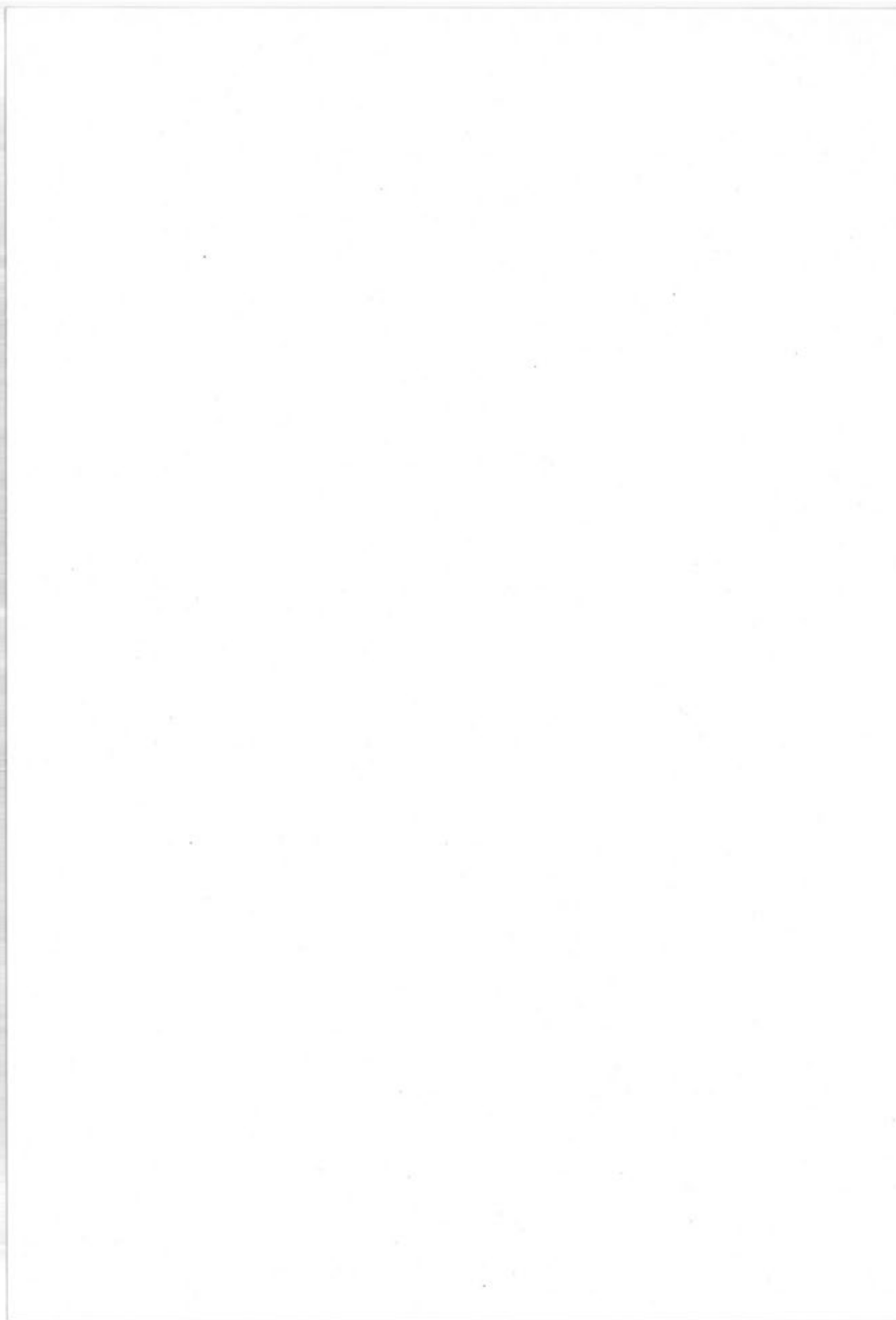
- 注意**
- 保護メガネをかける。
  - 実験後、塩化銅水溶液はスポイトでもとの薬品瓶へもどす。
  - セルの残った液は石台の廃液ビーカーに入れる。

- 予想** 塩化銅水溶液の青色は、何處へ移動するか予想してみよう。
- 結果**



- 参考** 高吸水性ポリマーは、特に高い水分保持性能を有するよう設計された高分子製品である。紙おむつなどの吸収体に多く用いられる。自重の数十倍から数百倍の水を吸収、保持できる。
- 課題** 電極での電子の授受をイオン式で表してみよう。

( )年( )組( )番( )





# パソコン計測器の活用

—液温とpH測定を中心に—

おか      ひろ      あき  
岡          博          昭

Use for the personal computer measurement vessel:

OKA Hiroaki

抄録：ADコンバーターを利用したパソコン計測システムを用いると、液温とpHの変化を同時にパソコンの画面上に表示することができ、熱滴定を容易に理解させることが可能である。

キーワード：化学教育、ADコンバーター、コンピュータ、液温、pH、中和

## I はじめに

市販のADコンバーターを利用すると、液温やpHなどの変化がリアルタイムにパソコンの画面に表示できる。平成2年にはpuppy製ADコンバーターセット、石塚電気製サーミスターAT502を用いて、液温、起電力、電気伝導性などの測定の検討を行った。また、平成3年にはマリス製AD/IFボードを用いて、液温、電気伝導性、pHの測定の検討を行った。

本研究では、内田洋行のパソコン計測システム Science Mate SL-4 を使用した。SL-4ラボセンサーセットは、計測端末（サイエンスキャプチャ）と理科実験用センサーのセットである。計測端末には、センサーとの接続部が4チャンネルあり、同時に複数のデータをグラフ化できることが特徴である。

市販されているセンサーには次のように多種のものがある。気温センサー（測定範囲： $-20^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，最小表示単位： $0.1^{\circ}\text{C}$ ），液温センサー（ $-20^{\circ}\text{C}\sim+110^{\circ}\text{C}$ ， $0.1^{\circ}\text{C}$ ），光センサー（最小測定間隔： $50\mu\text{s}$ ），電圧センサー（ $-5\text{V}\sim+5\text{V}/-20\text{V}\sim+20\text{V}$ ， $0.1\text{V}$ ），電流センサー（ $-0.5\text{A}\sim+0.5\text{A}/-1.8\text{A}\sim+1.8\text{A}$ ， $0.1\text{A}$ ），大気圧センサー（ $750\text{hPa}\sim1100\text{hPa}$ ， $1\text{hPa}$ ），pHセンサー（ $0\sim14\text{pH}$ ， $0.1\text{pH}$ ），湿度センサー（ $5\sim90\%$ ， $0.1\%$ ），マイクロホン（ $50\text{Hz}\sim1500\text{Hz}$ ，最小測定間隔： $50\mu\text{s}$ ），モーションセンサー（送受信型超音波センサー， $200\sim4000\text{mm}$ ， $10\text{mm}$ ），フォト2センサー（受発光型LED， $10\sim300\text{mm}$ ，最小測定間隔： $50\mu\text{s}$ ）脈拍センサー（ $30\sim200$ 拍/分，1拍），照度センサー（ $0\sim10000\text{Lux}/0\sim100000\text{Lux}$ ， $1\text{Lux}$ ），圧力センサー（ $-98\sim400\text{kPa}$ ， $1\text{kPa}$ ）

本研究では、おもに液温センサーとpHセンサーを用いて、測定できる液温やpHの精度を調べ、教材として授業で活用できるかどうか検討した。また、液温センサーとpHセンサーを組み合わせた教材についても検討した。このADコンバーターの検討には、大阪府高等学校理化教育研究会編化学I実験書、化学II実験書に記載されている実験方法を参考にした。

## II 液 温

最初に、液温センサーを用いて、液体の温度測定に関する実験を行った。

### 1 反応熱の測定とヘスの法則

化学I実験書には、水酸化ナトリウム(固体)の溶解熱、水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の中和熱、水酸化ナトリウム(固体)と塩酸の反応熱を測定し、ヘスの法則を検証する実験がある。この実験を、ADコンバーターを使って確かめてみた。

#### (1) 水酸化ナトリウム(固体)の溶解熱

発泡ポリスチレン容器に蒸留水を100ml入れ、マグネチックスターラーでかき混ぜながらADコンバーターで水温を測定した。この蒸留水に水酸化ナトリウム2.030g(0.05075mol)を加え、液温の変化をADコンバーターで測定すると、図1のグラフが得られた。

蒸留水の温度は20.5℃であり、液温は25.3℃まで上昇した。したがって、上昇温度は4.8Kであり、水酸化ナトリウムの溶解熱 $Q_1$ は、次のように計算できる。

$$Q_1 = 4.2 \times 100 \times 4.8 / 0.05075 = 40000 \text{ [ J / mol ]}$$

なお、教科書に紹介されている水酸化ナトリウムの溶解熱は45kJ/molである。

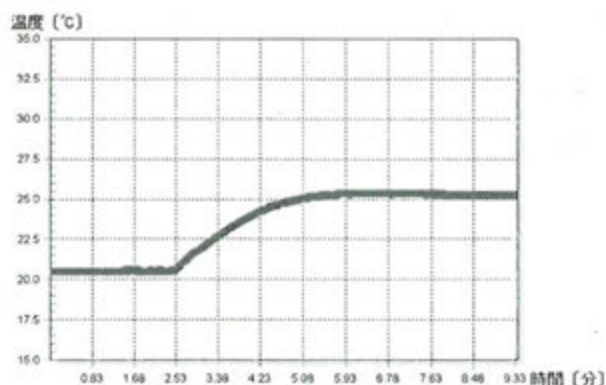


図 1

#### (2) 水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の中和熱

発泡ポリスチレン容器に1.0mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を50ml入れ、マグネチックスターラーでかき混ぜながらADコンバーターで液温を測定した。この水酸化ナトリウム水溶液に1.0mol/lの塩酸を50ml加え、液温の変化をADコンバーターで測定すると、図2のグラフが得られた。液体中のイオンの反応が、一

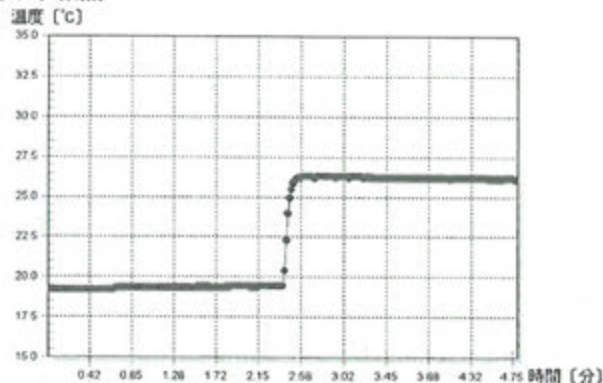


図 2

瞬に起こることがわかる。

水酸化ナトリウム水溶液の液温は19.2℃であり、液温は26.3℃まで上昇した。したがって、上昇温度は7.1Kであり、中和熱 $Q_2$ は、次のように計算できる。

$$Q_2 = 4.2 \times 100 \times 7.1 / 0.050 = 60000 \text{ [ J/mol]}$$

なお、教科書に紹介されている中和熱は56.6kJ/molである。

### (3) 水酸化ナトリウム（固体）と塩酸の反応熱

発泡ポリスチレン容器に1.0mol/lの塩酸を50mlと蒸留水を50ml入れ、マグネチックスターラーでかき混ぜながらADコンバーターで水温を測定した。この溶液に水酸化ナトリウム2.010g (0.05025mol)を加え、液温の変化をADコンバーターで測定すると、図3のグラフが得られた。

塩酸と蒸留水の温度は20.8℃であり、液温は32.0℃まで上昇した。したがって、

上昇温度は11.2Kであり、反応熱 $Q_3$ は、次のように計算できる。

$$Q_3 = 4.2 \times 100 \times 11.2 / 0.050 = 94000 \text{ [ J/mol]}$$

最高温度到達から温度は少しずつ下がっていることを考慮すると、実際の上昇温度は11.7K程度であると考えられる。この値で反応熱 $Q_4$ を計算すると、次のようになる。

$$Q_4 = 4.2 \times 100 \times 11.7 / 0.050 = 98000 \text{ [ J/mol]}$$

以上の結果より、 $Q_1=40\text{kJ}$ 、 $Q_2=60\text{kJ}$ 、 $Q_3=94\text{kJ}$ 、 $Q_4=98\text{kJ}$ となり、 $Q_3$ では6%の誤差で、 $Q_4$ では2%の誤差でヘスの法則が成立した。

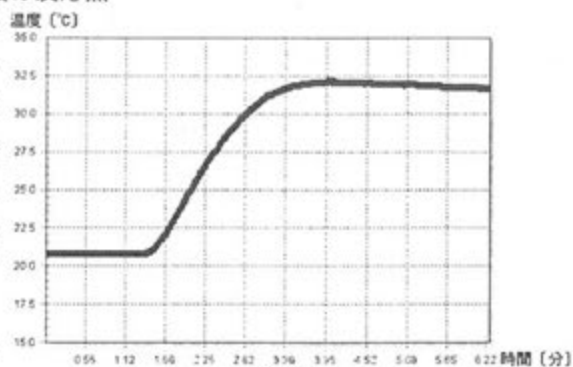


図 3

## 2 溶液の凝固点

化学II実験書には、溶媒および溶液の凝固点を測定し、質量モル濃度との関係を調べる実験がある。この実験をADコンバーターを使って確かめてみた。

### (1) 蒸留水の凝固点

平底試験管に蒸留水20mlを入れ、マグネチックスターラーでかき混ぜながら寒剤（氷に塩化ナトリウムを加えたもの）で冷却し、ADコンバーターで水温を測定すると、図4のグラフが得られた。

グラフより、0.1℃で温度が一定になっていることがわかる。このADコンバーターと温度センサーは、ほぼ正確な値を示しているといえる。

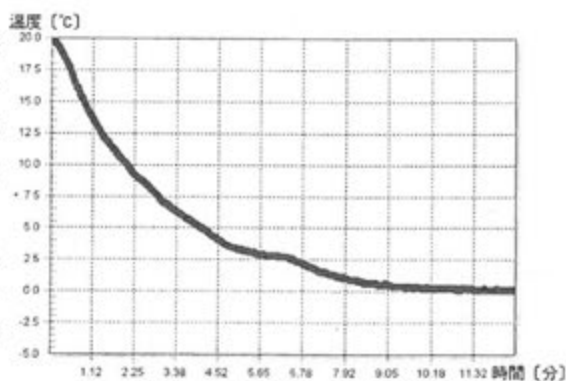


図 4

## (2) グルコース水溶液の凝固点

平底試験管の蒸留水を融かし、これにグルコース0.90 gを加えてマグネチックスターラーで攪拌し、完全に溶かした。このグルコース水溶液をマグネチックスターラーでかき混ぜながら寒剤（氷に塩化ナトリウムを加えたもの）で冷却し、ADコンバーターで液温を測定すると、図5のグラフが得られた。

グラフより、 $-0.5^{\circ}\text{C}$ で長時間温度が一定になっていることがわかる。

グルコース水溶液の凝固点を $-0.5^{\circ}\text{C}$ 考えると、凝固点降下度は $0.6\text{K}$ になる。

グルコース水溶液の質量モル濃度 $=0.90/180 \times 1000/20 = 0.25 \text{ [mol/kg]}$

水のモル凝固点降下度は $1.85\text{K}$ だから、 $1.85 \times 0.25 = 0.46 \text{ [K]}$ となる。したがって、 $0.1\text{K}$ 程度の誤差であることがわかる。

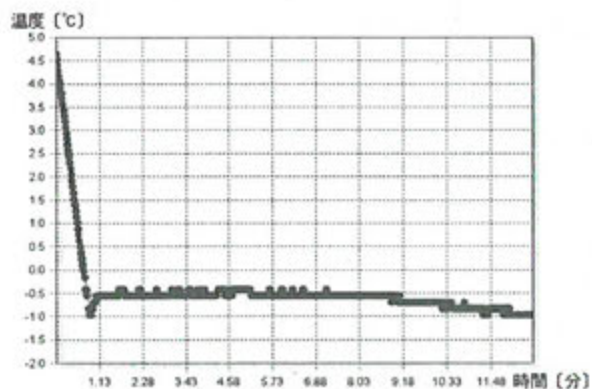


図 5

## III pH

次にpHセンサーを用いて、pHの測定に関する実験を行った。

### 1 中和滴定

化学I実験書には、シュウ酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定を行い、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求める実験がある。この実験を、ADコンバーターを使って確かめてみた。

#### (1) シュウ酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定

0.050mol/lのシュウ酸水溶液10mlをコニカルビーカーにとり、これに0.10mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図6のグラフが得られた。pH 3~4付近で小さな立ち上がり、pH 5~11付近で大きな立ち上がりが見られる。このグラフより、シュウ酸は2価の酸であることが確認できる。

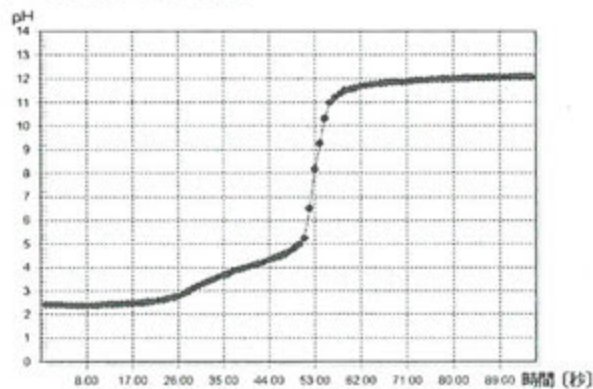


図 6

旧版の化学II実験書には、中和滴定曲線をつくる実験が課題研究の一例として紹介されている。強酸と強塩基の例として塩酸と水酸化ナトリウム水溶液、弱酸と強塩基の例として酢酸と水酸化ナトリウム水溶液を使用している。これらの実験を、ADコンバーターを使って確かめてみた。また、

実験書には紹介されていないが、強酸と弱塩基の例として塩酸とアンモニア水の中和滴定曲線をつくってみた。

### (2) 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定

0.10mol/lの塩酸10mlをコニカルビーカーにとり、これに0.10mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図7のグラフが得られた。

使用したpHセンサーは、pH7の1点で校正することができる。しかし、0.10mol/lの塩酸のpHは、1.0でなく1.8を示している。しかし、pH3~11付近まで大きな立ち上がりを見せていることから、概ね妥当な滴定曲線ということができる。

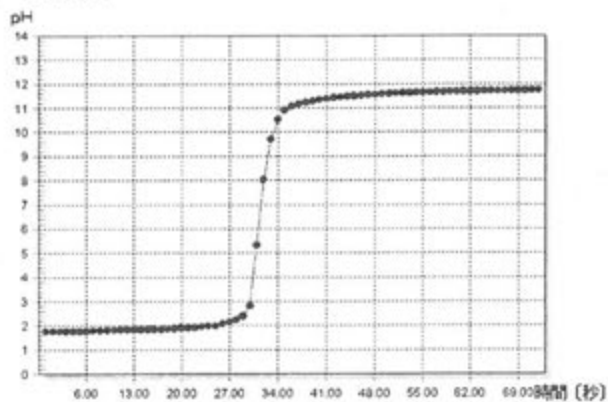


図 7

### (3) 酢酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定

0.10mol/lの酢酸10ml をコニカルビーカーにとり、これに0.10mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図8のグラフが得られた。

0.10mol/lの酢酸の電離度を0.016とすると、水素イオン濃度は0.0016mol/lであり、pHは2.8になる。グラフでは、pHは3.3になっている。

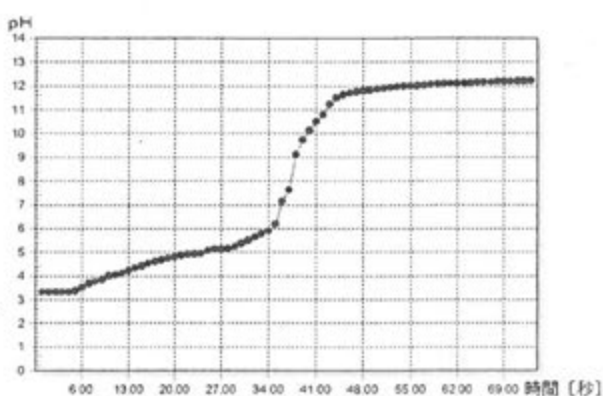


図 8

### (4) 塩酸とアンモニア水の中和滴定

0.10mol/lの塩酸10mlをコニカルビーカーにとり、これに0.10mol/lのアンモニア水を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図9のグラフが得られた。

図8や図9より、弱酸と強塩基、強酸と弱塩基の中和滴定では、中和点は中性でないことを示すことができる。

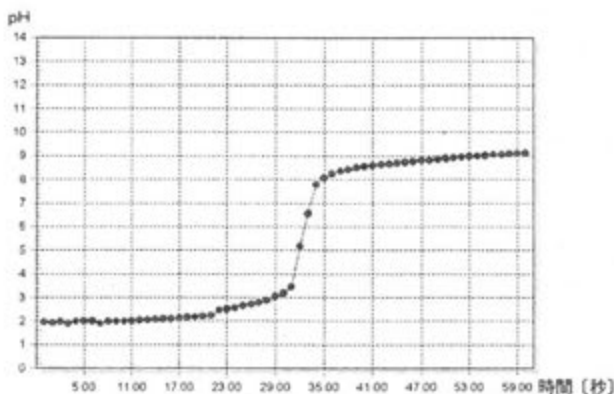


図 9

旧版の化学Ⅱ実験書には、アミノ酸を塩酸に溶かし、この溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定する実験がある。この実験を、ADコンバーターを使って確かめてみた。

## 2 アミノ酸のpH曲線

実験書ではグリシンを使用しているが、グリシン以外のアミノ酸についても実験を行い、グラフより等電点を求めることができるかどうかを検討した。

### (1) グリシン

グリシン0.038 g ( $5.1 \times 10^{-4}$  mol) を0.10mol/lの塩酸10mlに溶かした。この水溶液に0.10mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図10のグラフが得られた。

pH 4～8.5付近で大きな立ち上がりがあり、またpH 10～11付近で小さな立ち上がりが見られる。グリシンの等電点はpH 5.97であり、最初の立ち上がりのpHと一致している。

アミノ酸水溶液では陽イオン、双生イオン、陰イオンが平衡状態にあり、pH変化によりその組成が変わる。そして、個々のアミノ酸には、アミノ酸の陽イオンと陰イオンの電気の量が等しくなって電氣的に中性になるpHが存在する。このpHを等電点という。

グリシンの陽イオン、双生イオン、陰イオンの平衡は、次のようになる。

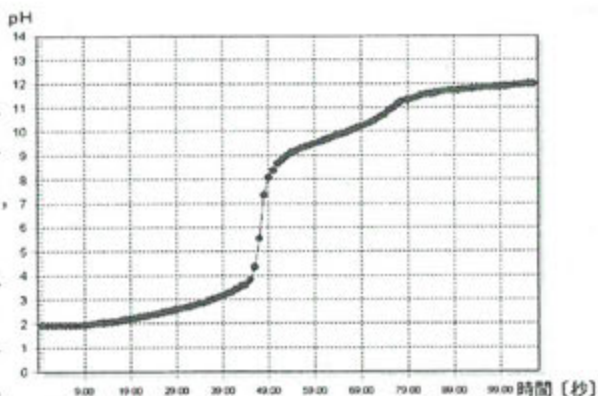


図 10

### (2) アラニン

アラニン0.045 g ( $5.1 \times 10^{-4}$  mol) を0.10mol/lの塩酸10mlに溶かした。この水溶液に0.10mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図11のグラフが得られた。

pH 4～9付近で大きな立ち上がりがあり、またpH 10.5～11.5付近で小さな立ち上がりが見られる。アラニンの等電点はpH 6.00であり、最初の立ち上がりのpHと一致している。

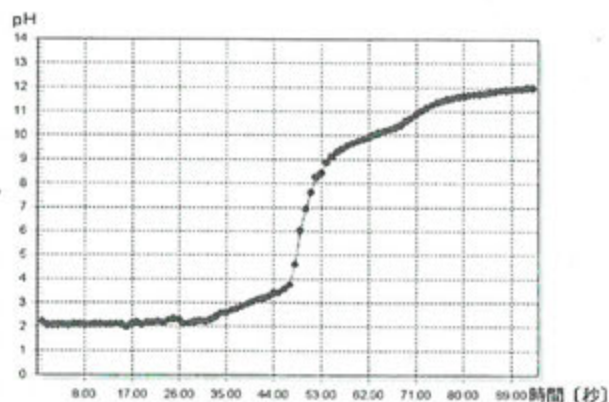


図 11

### (3) グルタミン酸

グルタミン酸0.074 g ( $5.0 \times 10^{-4}$  mol) を0.10 mol/lの塩酸10mlに溶かした。この水溶液に0.10 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図12のグラフが得られた。

グルタミン酸は最初塩酸にはすべて溶けなかったが、しばらくマグネチックスターラーで攪拌を続けると、すべて溶けた。

pH 3.5付近で小さな立ち上がりがあり、pH 6.5~9付近で大きな立ち上がりがあり、また、pH 10~11.5付近で小さな立ち上がりが見られる。グルタミン酸の等電点はpH 3.22であり、最初の立ち上がりがりのpHと一致している。

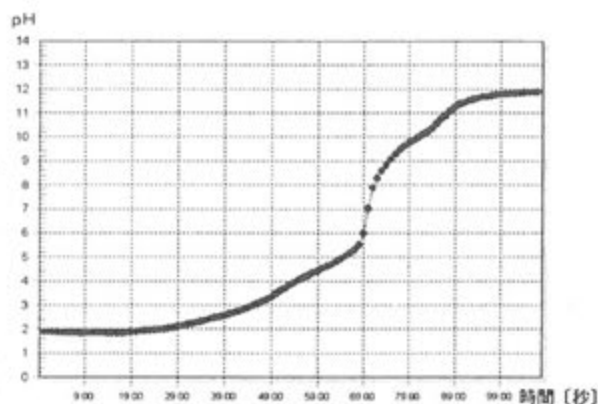


図 12

### (4) リシン

リシン0.073 g ( $5.0 \times 10^{-4}$  mol) を0.10 mol/lの塩酸10mlに溶かした。この水溶液に0.10 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図13のグラフが得られた。

pH 3.5~9付近で大きな立ち上がりが見られるが、pH 9~11.5付近ははっきりしない。リシンの等電点はpH 9.72である。

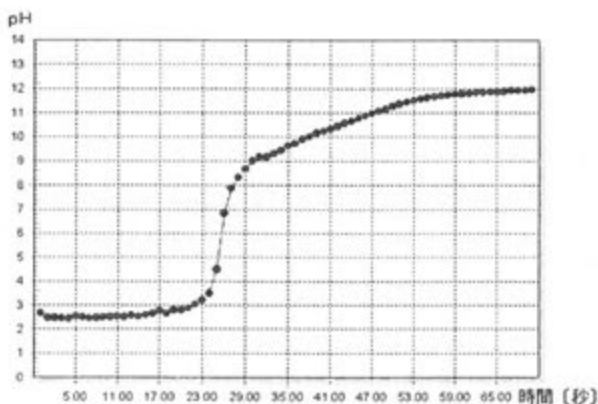


図 13

### (5) セリン

セリン0.053 g ( $5.0 \times 10^{-4}$  mol) を0.10 mol/lの塩酸10mlに溶かした。この水溶液に0.10 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図14のグラフが得られた。

pH 4~8付近に大きな立ち上がりがあり、pH 10~11.5に小さな立ち上がりが見られる。セリンの等電点はpH 5.68であり、最初の立ち上がりと一致している。

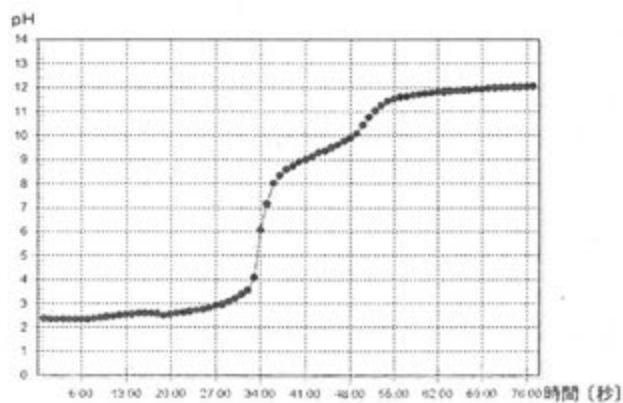


図 14

#### (6) フェニルアラニン

フェニルアラニン0.083 g ( $5.0 \times 10^{-4}$  mol) を0.10 mol/lの塩酸10 mlに溶かした。この水溶液に0.10 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、ADコンバーターで溶液のpHを測定すると、図15のグラフが得られた。

フェニルアラニンは最初塩酸にはすべて溶けなかったが、しばらくマグネチックスターラーで攪拌を続けると、すべて溶けた。

pH 4~8付近に大きな立ち上がりがあり、pH 10~11.5付近に小さな立ち上がりが見られる。フェニルアラニンの等電点は、pH 5.48であり、最初の立ち上がりのpHと一致している。

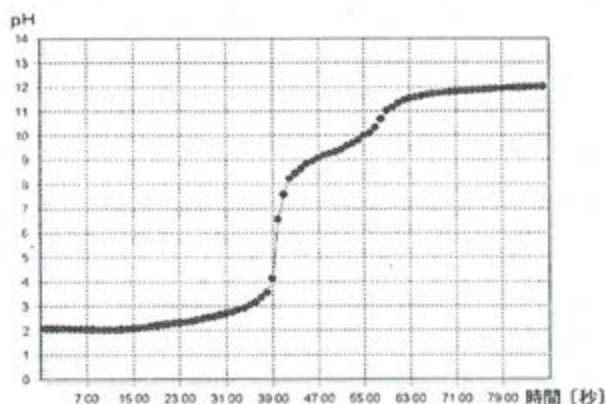


図 15

#### IV 液温とpH

内田洋行のパソコン計測システム Science Mate SL-4 の計測端末には、センサーとの接続部が4チャンネルあり、同時に複数のデータをグラフ化できることが特徴である。そこで、液温センサーとpHセンサーを同時に使用する実験の検討を行った。

##### 1 中和熱

強酸、強塩基の中和熱は、次の通りである。



したがって、1.0 mol/lの塩酸20 mlに、1.0 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を20 ml加えたときの液温の上昇は、次のように予想できる。ただし、溶液の密度は  $1 \text{ g/cm}^3$  とし、また比熱は  $1 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$  とする。さらに、 $1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$  として計算する。

$$\Delta T = Q / (m c) = (1.0 \times 20 / 1000 \times 56.5 \times 1000 / 4.18) / (40 \times 1) = 6.75 \dots$$

液温は約6.8 K上昇するはずである。

また、1.0 mol/lの塩酸20 mlに1.0 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を  $x$  ml加えたときの液温の上昇は、図16のグラフのようになる。

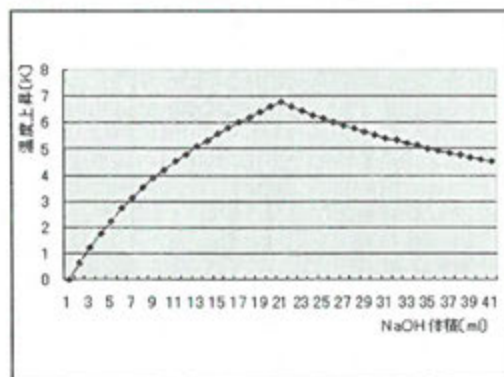


図 16

##### 2 pH

0.10 mol/lの塩酸20 mlに0.10 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を  $x$  ml加えたときのpH



を考える。

(1)  $x < 20\text{ml}$  のときの pH

$[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  の関係がある。

$$\text{塩酸の物質質量} = \text{H}^+\text{の物質質量} = 1 \times 0.10 \times 20 / 1000 \text{ [mol]}$$

$$\text{水酸化ナトリウムの物質質量} = \text{OH}^-\text{の物質質量} = 1 \times 0.10 \times x / 1000 \text{ [mol]}$$

$$\text{中和後に残っている H}^+\text{物質質量} = 1 \times 0.10 \times 20 / 1000 - 1 \times 0.10 \times x / 1000$$

$$[\text{H}^+] = 0.10 \times (20 - x) / 1000 \times 1000 / (20 + x)$$

$$= 0.10(20 - x) / (20 + x) \text{ [mol/l]}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10} 0.10(20 - x) / (20 + x)$$

(2)  $x > 20\text{ml}$  のときの pH

$[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$  の関係がある。

$$\text{塩酸の物質質量} = \text{H}^+\text{の物質質量} = 1 \times 0.10 \times 20 / 1000 \text{ [mol]}$$

$$\text{水酸化ナトリウムの物質質量} = \text{OH}^-\text{の物質質量} = 1 \times 0.10 \times x / 1000 \text{ [mol]}$$

$$\text{中和後に残っている OH}^-\text{の物質質量} = 1 \times 0.10 \times x / 1000 - 1 \times 0.10 \times 20 / 1000$$

$$[\text{OH}^-] = 0.10 \times (x - 20) / 1000 \times 1000 / (20 + x)$$

$$= 0.10(x - 20) / (20 + x) \text{ [mol/l]}$$

$$[\text{H}^+] = K_w / [\text{OH}^-] = (1.0 \times 10^{-14}) / 0.10(x - 20) / (20 + x)$$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-14}) / 0.10(x - 20) / (20 + x)$$

0~40までの範囲で、 $x$ に1間隔で整数を代入して pH を求めると、図17のグラフが得られる。pH 3~11付近は急激に立ち上がるため、プロットがつかない。この間を0.0001ml 間隔で計算すると、プロットがつながるようになる。

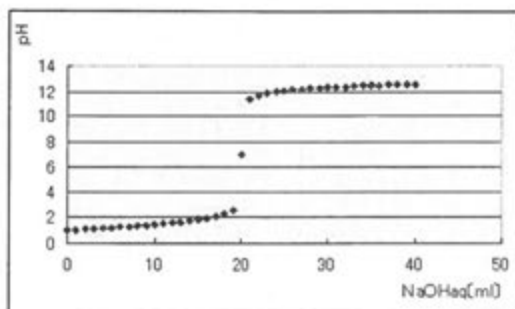


図 17

3 液温と pH の測定

図16と図17を重ねると、図18のグラフになる。したがって、ADコンバーターに液温センサーと pH センサーを同時に接続し、中和滴定における溶液の温度と pH を測定すると、図18のようなグラフが得られるはずである。

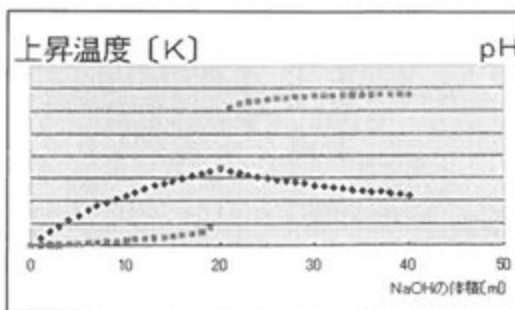


図 18

### (1) 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液

発泡ポリスチレン容器に1.0mol/lの塩酸を10ml入れ、マグネチックスターラーでかき混ぜながらADコンバーターで液温を測定した。この塩酸に1.0mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、液温とpHの変化をADコンバーターで測定すると、図19のグラフが得られた。図18のグラフとはほぼ一致している。

グラフより、pHの立ち上がりと溶液の最高温度が一致することがわかる。

このことより、中和は発熱反応であることが明らかになる。また、温度変化を調べることで、中和点を知ることができることも明らかになる。

次に、弱酸と強塩基の組み合わせでは、どのようなグラフが得られるか試してみた。

### (2) 酢酸と水酸化ナトリウム水溶液

発泡ポリスチレン容器に1.0mol/lの酢酸を10ml入れ、マグネチックスターラーでかき混ぜながらADコンバーターで液温を測定した。この酢酸に1.0mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、液温とpHの変化をADコンバーターで測定すると、図20のグラフが得られた。

グラフより、pHの立ち上がりと溶液の最高温度が一致することがわかる。また、弱酸と強塩基の組み合わせであるため、中和点がpH7よりも大きくなっていることもわかる。

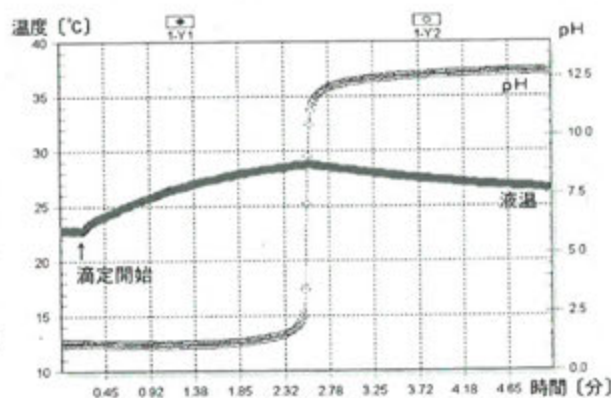


図 19

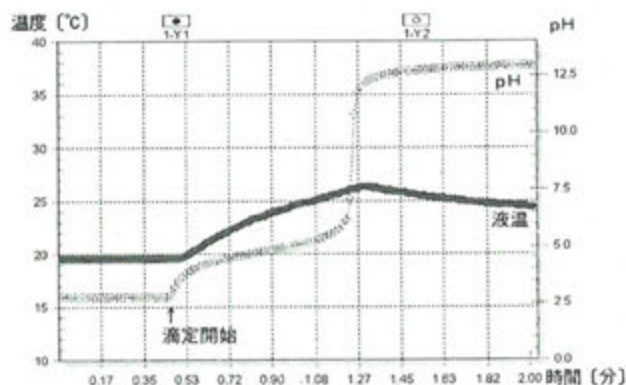


図 20

次に、二価の酸や三価の酸では、どのようなグラフが得られるかためてみた。二価の酸ではpH曲線の立ち上がりが2箇所現れ、2回目の立ち上がりまで液温の上昇は続くはずである。また、三価の酸ではpHの立ち上がりは3箇所現れ、3回目の立ち上がりまで液温の上昇は続くはずである。

二価の酸としてシュウ酸 $H_2C_2O_4$ を用いた。シュウ酸二水和物の式量は126だから、6.30gはかりとり100mlの水溶液にすると、0.500mol/lの濃度になる。三価の酸としてクエン酸 $C_6H_8O_7$ を用いた。クエン酸一水和物の式量は210だから、6.99gはかりとり100mlの水溶液にすると、0.333mol/lの濃度になる。

### (3) シュウ酸と水酸化ナトリウム水溶液

発泡ポリスチレン容器に0.50mol/lのシュウ酸水溶液を10ml入れ、マグネチックスターラーでかき混ぜながらADコンバーターで液温を測定した。このシュウ酸水溶液に1.0mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、液温とpHの変化をADコンバーターで測定すると、図21のグラフが得られた。

pH 2~3.5付近に小さな立ち上がりが見られる。溶液の最高温度は2回目の立ち上がりと一致していることがわかる。

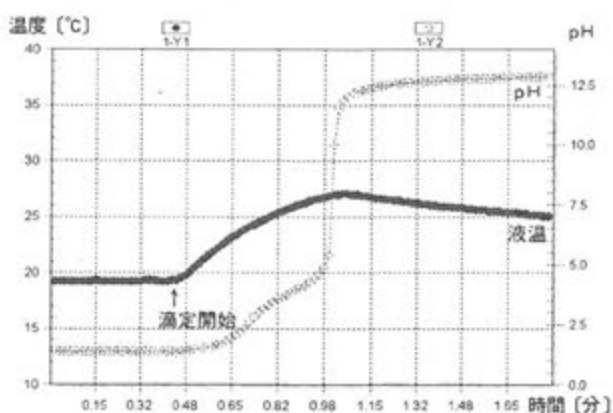


図 21

### (4) クエン酸と水酸化ナトリウム水溶液

発泡ポリスチレン容器に0.33mol/lのクエン酸水溶液を10ml入れ、マグネチックスターラーでかき混ぜながらADコンバーターで液温を測定した。このクエン酸水溶液に1.0mol/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、液温とpHの変化をADコンバーターで測定すると、図22のグラフが得られた。

pH 2.5~4.5付近に小さな立ち上がりが見られるが、もう一つの立ち上がりが確認できない。ただし、溶液の最高温度が大きな立ち上がりと一致しているため、これが最後の立ち上がりと考えられる。

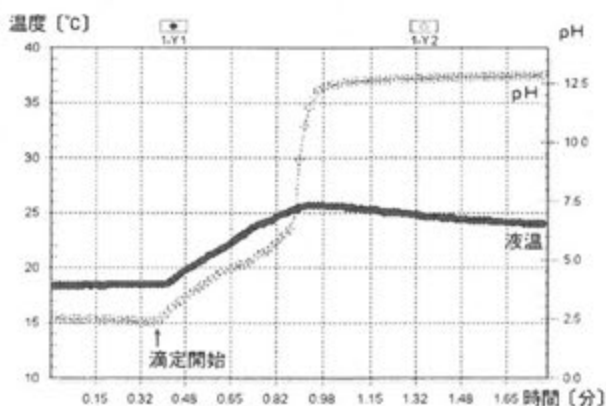


図 22

## V おわりに

ADコンバーターを使うと、液温やpHの変化を、短時間でリアルタイムに提示することができる。液温センサーの精度は0.1K程度の誤差であり、かなり信頼できる温度を表示している。一方、pHセンサーは、pH 7で校正して使用すると、強酸性や強塩基性の領域ではpH 1程度の誤差を生じるが、pHの変化はほぼ正確に表示している。

また、ADコンバーターを使うと、液温やpHの個々の測定だけでなく、液温とpHを同時に測定することができる。また、液温センサーが複数本あれば、同時に複数の液体の温度変化を提示することもできる。ただし、グラフの横軸が体積ではなく時間であることが欠点である。グラフから滴下した水溶液を体積を知ることは難しい。

このように、液温センサーとpHセンサーを同時に使用すると、短時間で熱滴定の原理を示すことができる。しかし、生徒自ら測定し、結果をグラフ用紙にプロットする場面をなく

してはいけない。測定そのものがブラックボックスになってしまい、生徒が何をしているのか変わらなくなることを防ぐためである。ADコンバーターを各班に与え、温度やpHを測定するような生徒実験には疑問を持つ。従来通り、生徒実験では温度計やpH計を使用し、実験結果の考察の考察の場面でADコンバーターを使用すべきであると考える。

最後に、本研究で使用した内田洋行のパソコン計測システム Science Mate SL-4 と液温センサー、pHセンサーの写真を紹介しておく。



#### 参考文献

本校研究集録第33集（平成3年）中学・高校理科（化学分野）実験の工夫—演示実験へのコンピュータの活用（その1）— 岡 博昭・井野口弘治・櫻井 寛

本校研究集録第34集（平成4年）中学・高校理科（化学分野）実験の工夫—演示実験へのコンピュータの活用（その2）— 岡 博昭・井野口弘治

大阪府高等学校理化教育研究会編 化学Ⅰ実験書（2003年）

大阪府高等学校理化教育研究会編 化学Ⅱ実験書（2006年）

#### summary:

When the personal computer measurement system which used an analog to digital converter is used, a change in liquid temperature and pH can be indicated on the screen of the personal computer at the same time, and it is possible that it is made to understand thermometric titration easily.

# WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第VII報)

— 200原子以上からなる有機化合物の分子モデルの作成とその教材化の研究 —

おか ひろ あき  
岡 博 昭

Development of the molecule model which WinMOPAC was used for:

OKA Hiroaki

抄録：富士通WinMOPAC 3.9 Professionalは200原子以上のモデルを表示することができる。200原子以上のモデルでは、アミロースやアイソタクチックポリプロピレン、アイソタクチックポリスチレン分子などはらせん構造を示した。

キーワード：化学教育，高分子化合物，分子モデル，コンピュータ，WinMOPAC 3.9 Professional

## I はじめに

筆者は、富士通 WinMOPAC を使って、高等学校の化学の教科書に出てくる有機化合物の分子モデルを作成し、報告してきた。WinMOPAC を使うと、高等学校化学 I で扱う有機化合物、化学 II で扱う高分子化合物のほとんどすべての分子モデルをつくることができた。

しかし、Standard版では200原子までのモデルしかつくることができない。化学 II では、従来の天然高分子化合物である多糖類やポリペプチド、合成高分子の合成繊維や合成樹脂に加えて、核酸やATPなどが新たに加わり、200原子以下のモデルでは、もはや対応できなくなっている。すでにWebページで公開している高分子化合物のモデルはすべて200原子以下のため、厳密には高分子化合物のモデルとはいえない。また、実際の分子のすがたとはいった異なるモデルを示している可能性が大きい。

Professional版では200原子以上のモデルが可能である。ただし、計算可能な原子数の上限は、メモリ、ハードディスク容量、キーワード、および計算に使用するモジュール (GUI 連携版、DOSプロンプト版) により異なる。このWinMOPAC 3.9 Professionalは、Educationパッケージであっても価格が30万円もする。幸い、これを入手することができた。

本研究では、すでにWinMOPAC 3.5 Standardで作成している高分子化合物をWinMOPAC 3.9 Professionalを用いて200原子以上のモデルにつくりかえ、その分子構造を再確認することが目的の1つである。さらに、一部の研究者が使っているソフトを、高等学校の教育現場に広く紹介することも目的である。そのためには、その研究成果を本校の授業で活用するだけでなく、他の教育現場で広く活用できるようにWebページで公開する予定である。使用したコン

ピュータは、富士通FMV-E8120 (PentiumMプロセッサ1.86GHz, メインメモリー1.99GB)である。

## II 天然高分子

普通の化合物の分子量は、500以下であることが多い。これに対し、分子量が1万を超えるような分子を高分子といい、その化合物を高分子化合物という。

普通、高分子化合物といえば有機高分子化合物をさす。高分子化合物のうち、天然に存在するものを天然高分子化合物、人工的に合成されたものを合成高分子化合物という。

天然高分子化合物の代表的なものを、WinMOPACでつくってみた。

### 1 アミロース

デンプンは分子量が数万～数百万の多糖類であり、分子は $\alpha$ -グルコース分子が数百から数万個縮合重合した構造をしている。デンプン粒は、水に可溶性の部分と不溶性の部分に分けることができる。可溶性の部分は比較的分子量が小さく、直鎖状の構造をもつ分子からできているアミロースである。不溶性の部分は、比較的分子量が大きく、枝分かれの多い構造をもつ分子からできているアミロペクチンである。

WinMOPAC 3.5 Standardでアミロース分子を作成すると、図1のような $\alpha$ -グルコースが6分子のモデルが限界であった。グルコースの分子式は $C_6H_{12}O_6$ であり、1分子は24原子でできている。したがって、グルコース6分子でできたアミロース分子の原子数は、 $24 \times 6 - 3 \times 5 = 129$ である。

WinMOPAC 3.9 Professionalでアミロース分子のモデルをつくった。

図2のアミロース分子のモデルは、8分子のグルコースからできている。図1のアミロース分子のモデルでは、ねじれているものの、分子は曲がっていない。しかし、グルコース8分子でアミロース分子のモデルをつくると、分子の端が折れ曲がっている。グルコース8分子でできたアミロース分子の原子数は、 $24 \times 8 - 3 \times 7 = 171$ である。

このように、わずかな原子数の違いで、分子モデルの形が大きく変わることがわかった。



図1 amylose6

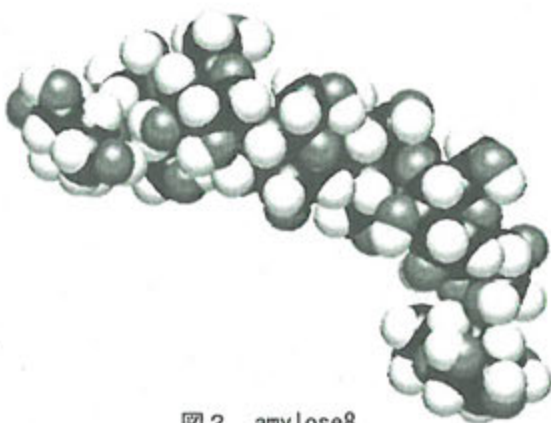


図2 amylose8

図3のアミロース分子のモデルは、10分子のグルコースからできている。図2のアミロース分子のモデルより、らせん構造をよく示している。グルコース10分子でできたアミロース分子の原子数は、 $24 \times 10 - 3 \times 9 = 213$ である。200原子以上のモデルの表示ができるProfessional1版の威力である。

図4のアミロース分子のモデルは、13原子のグルコースからできている。アミロースはらせん構造をとり、ヨウ素分子がらせんの中に入ってヨウ素デンプン反応を示すことはよく知られている。このモデルであると、ヨウ素分子がらせんの中に入るような気がする。グルコース13分子でできたアミロース分子の原子数は、 $24 \times 13 - 3 \times 12 = 276$ である。

グルコース14分子でアミロースのモデルをつくり、最適化の計算を行うと、途中でエラーが出て、計算を強制終了した。ソフトの限界なのか、ハードの限界なのか、どちらかわからない。



図3 amylose10



図4 amylose13

一般に、アミノ酸分子がペプチド結合で結びついた構造の物質をペプチドといい、多数のアミノ酸分子が結合したものをポリペプチドという。タンパク質は、ポリペプチドの構造をもつ鎖状高分子化合物である。連結したアミノ酸の個数が少ない場合にはペプチドもしくはポリペプチドと呼ばれることが多いが、タンパク質とペプチドの名称の使い分けを決める明確なアミノ酸の個数が決まっているわけではないようである。

タンパク質のポリペプチドは、らせん構造をとることが多い。ペプチド結合中の酸素と水素が水素結合して形成される。この構造を $\alpha$ -ヘリックスといい、らせん1巻きには、平均3.6個のアミノ酸単位が入ることが知られている。WinMOPACでつくったモデルがらせん構造になるかためしてみた。

## 2 アラニンポリペプチド

L-アラニンをペプチド結合させたモデルをWinMOPAC 3.5 Standardで作成すると、図5のようなアラニン分子12個のポリペプチドが限界であった。N末端は左側、C末端は右側である。

アラニンの分子式は $C_3H_7O_2N$ だから、13原子からできている。したがって、12分子のポリペプチドの原子数は、 $13 \times 12 - 3 \times 11 = 123$ である。

WinMOPAC 3.9 ProfessionalでL-アラニンのポリペプチド分子のモデルをつくった。

図6はアラニン分子15個のポリペプチドである。C末端が大きく曲がり、らせん構造をとっていることがわかる。アラニン分子15個のペプチドの原子数は、 $13 \times 15 - 3 \times 14 = 153$ である。

図7はアラニン分子20個のポリペプチドである。分子の真ん中で大きくカーブを描いている。特に、C末端付近では完全ならせん構造になっていることがわかる。アラニン分子20個のポリペプチドの原子数は、 $13 \times 20 - 3 \times 19 = 203$ である。このポリペプチドのモデルで200原子を超えた。

図8はアラニン分子25個のポリペプチドである。N末端付近もらせん構造になっていることがわかる。アラニン分子25個のペプチドの原子数は、 $13 \times 25 - 3 \times 24 = 253$ である。

図9はアラニン分子32個のポリペプチドである。アラニン分子32個のペプチドの原子数は、 $13 \times 32 - 3 \times 31 = 323$ である。このモデルでも、N末端付近やC末端付近ではらせん構造を示している。しかし、N末端付近ではらせん1巻きに5個ほどのアミノ酸単位が、C末端付近ではらせん1巻きに4個ほどのアミノ酸単位が入っている。水素結合が考慮されていないからかもしれない。

アラニン分子33個でペプチドのモデルをつくり、最適化の計算を行うと、途中でエラーが出て、計算を強制終了した。ソフトの限界なのか、ハードの限界なのか、どちらかわからない。

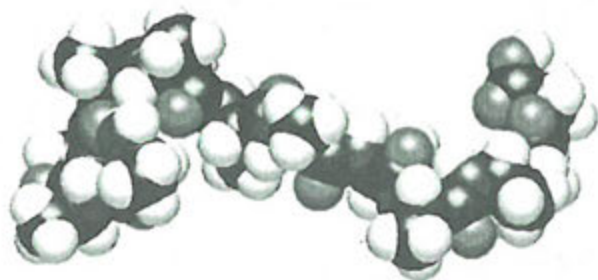


図5 L-alaninepeptides13



図6 L-alaninepeptides15

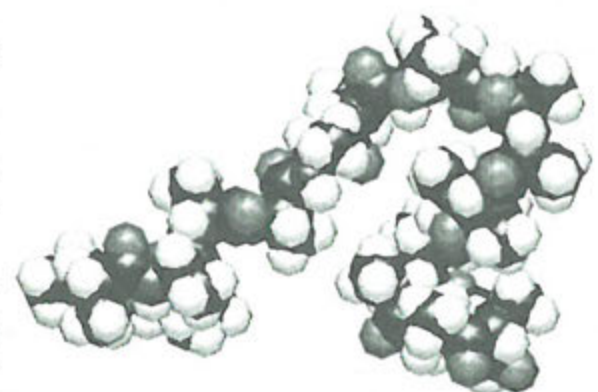


図7 L-alaninepeptides20





図8 L-alaninepeptides25

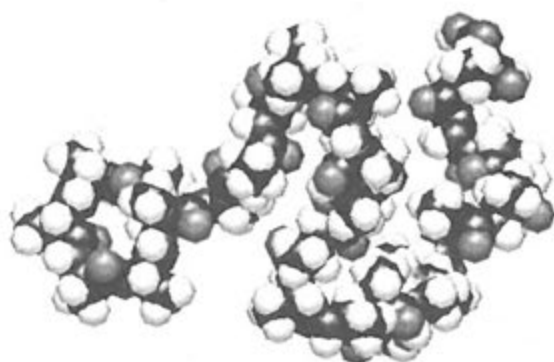


図9 L-alaninepeptides32

### 3 フェニルアラニンポリペプチド

L-フェニルアラニンをペプチド結合させたモデルをWinMOPAC 3.5 Standardで作成すると、図10のようなフェニルアラニン分子5個のポリペプチドが限界であった。ベンゼン環の位置から、ポリペプチド分子がねじれていることがよくわかる。

フェニルアラニンの分子式は $C_9H_9NO_2$ だから、23原子からできている。したがって、フェニルアラニン5分子のポリペプチドの原子数は、 $23 \times 5 - 3 \times 4 = 103$ である。

WinMOPAC 3.9 Professionalを使って、フェニルアラニンのポリペプチド分子のモデルをつくった。

図11はフェニルアラニン分子10個のペプチドである。分子がねじれているだけでなく、らせん構造をとっていることがわかる。フェニルアラニン10分子のポリペプチドの原子数は、 $23 \times 10 - 3 \times 9 = 203$ である。このモデルで、200原子を超えている。

図12はフェニルアラニン分子15個のポリペプチドである。また、図13はフェニルアラニン21個のポリペプチドである。図12では、C末端が左端のN末端に近づいているようすがよくわかる。また、図13では、ポリペプチドがきれいならせん構造を描いていることがよくわかる。

フェニルアラニン15分子のポリペプチドの原子数は、 $23 \times 15 - 3 \times 14 = 303$ である。



図10 L-phenylalaninepeptides5

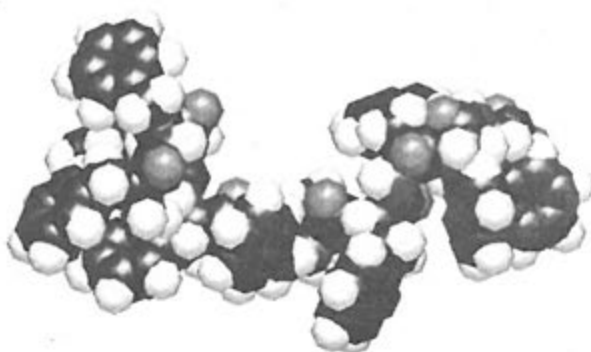


図11 L-phenylalaninepeptides10

また、フェニルアラニン21分子のポリペプチドの原子数は、 $23 \times 21 - 3 \times 20 = 423$  である。400原子を超えるモデルをつくることができた。このモデルでは、らせん1巻きにアミノ酸単位が3~4個入っていることがわかる。ほぼ理想的な $\alpha$ -ヘリックスのモデルであると考えられる。ベンゼン環の立体的効果が大きく、水素結合があまり影響していないからであろうか。

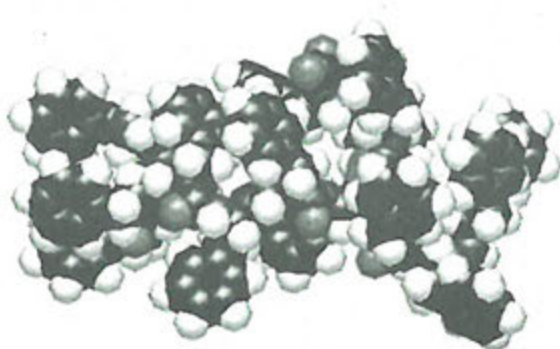


図 12 L-phenylalaninepeptides15

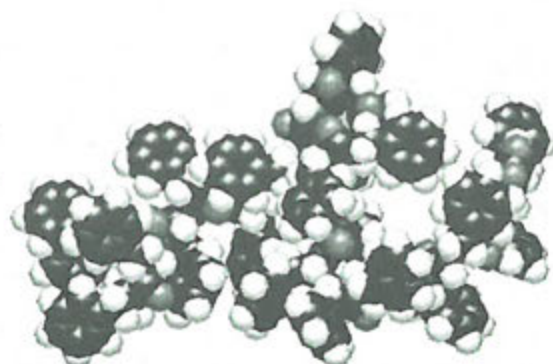


図 13 L-phenylalaninepeptides21

ただし、フェニルアラニン15分子における最適化の計算は3時間、20分子では6時間も要した。21分子ではコンピュータが徹夜で計算した。

### III 合成高分子化合物

合成高分子化合物の代表的なものを、WinMOPACでつくってみた。

#### 1 ポリエチレンテレフタレート

エステル結合により重合した合成繊維をポリエステル系合成繊維といい、主なものにポリエチレンテレフタレート（略称PET）がある。テレフタル酸とエチレングリコールの縮合重合により合成される。

WinMOPAC 3.5 StandardでPETを作成すると、図14のようなテレフタル酸分子とエチレングリコール分子がそれぞれ5個のモデルが限界であった。

テレフタル酸の分子式は $C_8H_6O_4$ だから、18原子からできている。エチレングリコールの分子式は $C_2H_4O_2$ だから、10原子からできている。したがって、1分子ずつ縮合すると25原子になる。PET分子の原子数は、 $25 \times 5 - 3 \times 4 = 113$ である。

WinMOPAC 3.9 Professionalで、PETの分子モデルをつくった。

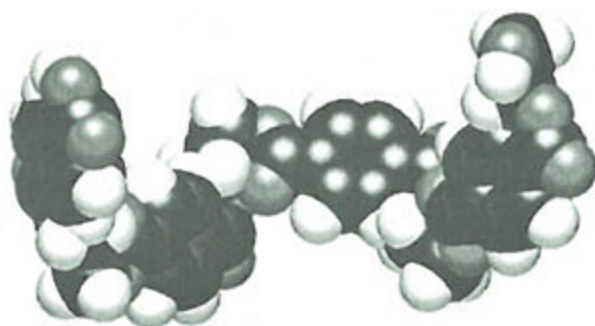


図 14 PET5

図15はテレフタル酸分子とエチレングリコール分子がそれぞれ9個のモデルである。図14と顕著な違いはみられない。このPET分子の原子数は、 $25 \times 9 - 3 \times 8 = 201$ である。200原子を超えている。

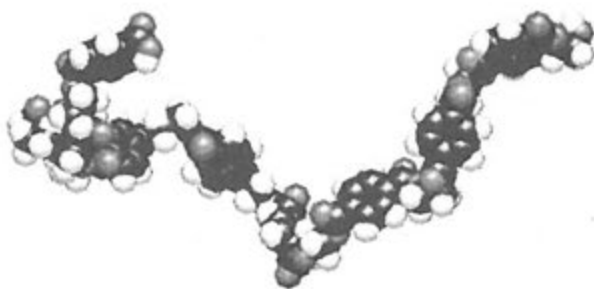


図 15 PET9

図16はテレフタル酸分子とエチレングリコール分子がそれぞれ13個のモデルである。これも図14や図15と顕著な違いがみられない。PET分子には、構造的な規則性がないのかもしれない。このPET分子の原子数は、 $25 \times 13 - 3 \times 12 = 289$ である。



図 16 PET13

WinMOPAC 3.9 Professionalでは、テレフタル酸分子14以上のPETのモデルをつくることは可能である。しかし、先ほどL-フェニルアラニンポリペプチドで報告したように、最適化の計算に非常に時間がかかるようになる。PET分子に関しては、これ以上原子数を増やした分子モデルを作成してもあまり意味がないと判断した。

## 2 ポリプロピレン

スチレンやプロピレンなど一般に $\text{CH}_2=\text{CRH}$ で示しことのできるビニル単量体が重合するとき、重合する向きが問題になる。普通に重合したものは、単量体が無秩序に向くから、規則性のない重合体ができる。そのような構造をアタクチック構造という。

規則性のあるものは、全部が同一の向きに向いて並んで結合しているか、交互に向きを変えて結合しているかのどちらかである。前者をアイソタクチック構造といい、後者をシンジオタクチック構造という。

イタリアのナッタ (Giulio Natta) によると、ポリプロピレンのアイソタクチック構造は、単量体が3個で一回転しているらせん構造を思わせる立体構造になっているということである。ポリプロピレン分子のモデルをつくってみた。

WinMOPAC 3.5 Standardでアイソタクチックポリプロピレンを作成すると、図17のようなプロピレン分子が14個のモデルが限界であった。

プロピレンの示性式は $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ だから、9原子からできている。したがって、このアイソタク



図 17 isopolypropylene14

チックポリプロピレン分子の原子数は、 $9 \times 14 = 126$ である。

WinMOPAC 3.9 Professionalで、アイソタクチックポリプロピレンの分子モデルをつくった。

図18はプロピレン分子が20個のモデルである。きれいならせん構造を描いている。最適化の計算を2回繰り返すと、らせんの半径が小さくなり、左の部分はナックのいう通り単量体が3個で一回転するようになった。

このアイソタクチックポリプロピレン分子の原子数は、 $9 \times 20 = 180$ である。まだ、200原子に達していない。

図19はプロピレン分子が30個のモデルである。最適化の計算を2回繰り返すと、らせんの半径が小さくなり、単量体が3個で一回転するようになった。

このアイソタクチックポリプロピレン分子の原子数は、 $9 \times 30 = 270$ である。

図20は最適化の計算を3回繰り返したプロピレン分子が30個のモデルである。若干、図19より単量体が3個で一回転している部分が増えている。

図21はプロピレン分子が14個のシンジオタクチック構造のポリプロピレン分子のモデルである。シンジオタクチックではらせん構造にはならないことがわかる。

図22はプロピレン分子が30個のシンジオタクチック構造のポリプロピレン分子のモデルである。単量体が増加すると、分子全体の構造がわかりやすくなる。

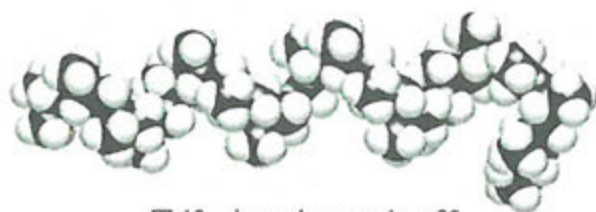


図18 isotactic polypropylene 20

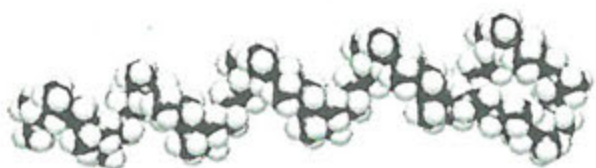


図19 isotactic polypropylene 30

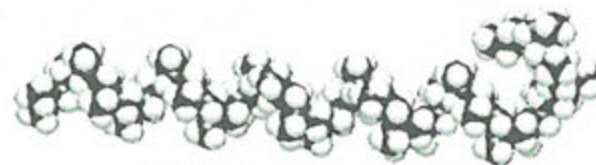


図20 isotactic polypropylene 30



図21 syndiotactic polypropylene 14



図22 syndiotactic polypropylene 30

### 3 ポリスチレン

WinMOPAC 3.5 Standardでアイソタクチックポリスチレンを作成すると、図23のようなスチレン分子が5個のモデルが限界であった。ベンゼン環の向きが変わっていることにより、分子がねじれていることがわかる。単量体4個で一回転している。最適化を2回繰り返しても分子の形は変わらなかった。

スチレンの示性式は $C_6H_5CH=CH_2$ だから、16原子からできている。したがって、このアイソタクチックポリスチレン分子の原子数は、 $16 \times 5 = 80$ である。

WinMOPAC 3.9 Professionalで、アイソタクチックポリスチレンの分子モデルをつくった。

図24はスチレン分子が10個のモデルである。左端の部分では、単量体3個で一回転のらせん構造を示している。このアイソタクチックポリスチレン分子の原子数は、 $16 \times 10 = 160$ である。

図25はスチレン分子が15個のモデルである。左端から6個の単量体は、単量体3個で一回転していることがわかる。このアイソタクチックポリスチレン分子の原子数は、 $16 \times 15 = 240$ である。200原子を超えたモデルである。

図26はスチレン分子が20個のモデルである。左端から9個の単量体は、単量体3個で一回転していることがわかる。このアイソタクチックポリスチレン分子の原子数は、 $16 \times 20 = 320$ である。

図27はスチレン分子が20個のシンジオタクチック構造のポリプロピレン分子のモデルである。シンジオタクチックではらせん構造にはならないことがわかる。

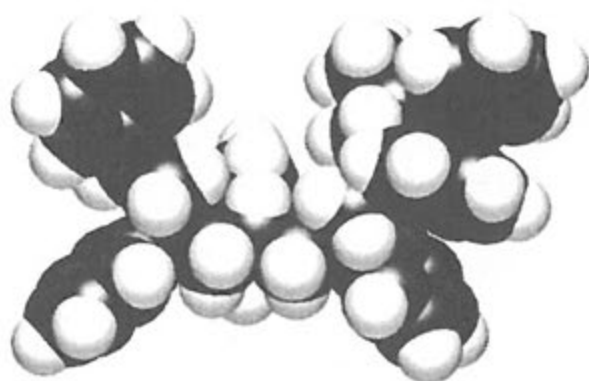


図 23 isopolystyrene5



図 24 isopolystyrene10

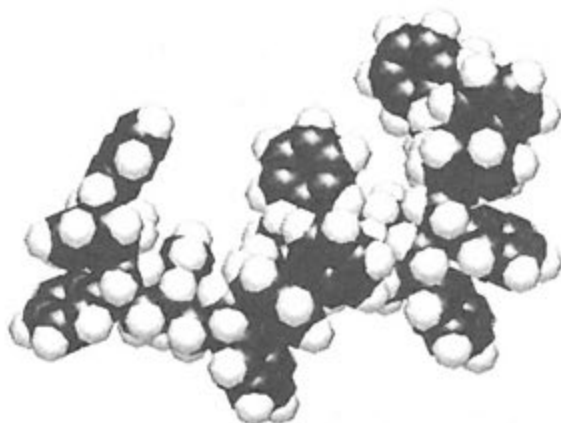


図 25 isopolystyrene15

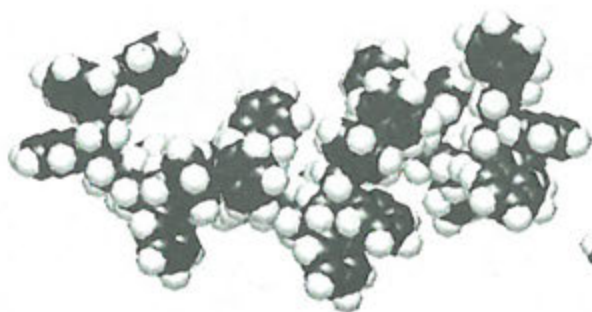


図26 isopolystyrene20



図27 syndiopolystyrene20

#### 4. ポリイソプレン

生ゴムは、イソプレン（2-メチル-1,3-ブタジエン） $C_5H_8$ が付加重合した構造のシス型ポリイソプレンであり、生ゴムを乾留すると、分解してイソプレンを生じる。

図28はWinMOPAC 3.9 Professionalでつくったイソプレン分子10個でできたシス型のモデルである。生ゴムは、分子の熱運動により分子の配列や立体的な構造が変化し



図28 sypolyisoprene10

やすく、ゴム特有の弾性を示す。このモデルでは、 $sp^2$ の結合角が $120^\circ$ であり、その結合角のひずみがゴムの弾性に大きく関係していることがわかる。

イソプレンの示性式は $CH_2=C(CH_3)CH=CH_2$ だから、イソプレン分子は13原子からできている。したがって、イソプレン分子10個でモデルをつくると、ポリプロピレン分子の原子数は、 $13 \times 10 = 130$ である。

図29はWinMOPAC 3.9 Professionalでつくったイソプレン分子20個でできたシス型のモデルである。図28の単量体10個でできたモデルと、分子の形は変わっていない。

このポリイソプレン分子の原子数は、 $13 \times 20 = 260$ である。200原子を超えている。



図29 sypolyisoprene20

トランス型ポリイソプレンをグタペルカとよぶが、これは硬いのでゴルフボールの外皮や歯科用充填材などに利用される。図30はWinMOPAC 3.9 Professionalでつくったイソプレン分子10個でできたトランス型のモデルである。

図31はイソプレン分子20個でできたトランス型のモデルである。円形のモデルになった。やはり、単量体が増加すると分子全体の構造が変わる。できるだけ多くの原子で検討すべきであることがわかる。



図 30 transpolyisoprene10



図 31 transpolyisoprene20

#### IV おわりに

WinMOPAC 3.9 Professionalを使うと、200原子以上のモデルをつくることができた。200原子以上のモデルをつくと、いろいろ新しい発見があった。

アミロース分子は、129原子のモデルでは単にねじれているだけであるが、171原子の分子では分子の端が折れ曲がり、276原子の分子では完全にらせん構造の一部と思える構造を示した。このモデルを使うと、ヨウ素デンプン反応の説明も容易にできる。

ポリペプチドでは、部分的にらせん構造を示した。L-アラニンポリペプチドではアミノ酸単位が4～5個で1つのらせんを形成した。L-フェニルアラニンポリペプチドではアミノ酸単位が3～4個で1つのらせんを形成した。L-フェニルアラニンポリペプチドはほぼ理想的な $\alpha$ -フェリックス構造を示していると考えられる。

ポリエチレンテレフタレート分子では、200原子以上のモデルをつくっても新しい発見はなかった。

ポリプロピレン分子では、180原子以上のモデルで、ナッタがいうように単量体3個で一回転のらせん構造を示した。最適化の計算を何回か繰り返した方がよいことがわかった。単量体を1つずつ増やすのではなく、分子をつくってから計算させたことが理由であろう。

ポリスチレン分子では、160原子以上のモデルで単量体3個で一回転のらせん構造を示した。ポリスチレンは、ベンゼン環をもつため、単量体を1つずつ増やしては最適化の計算を実行する方法をとった。計算中にベンゼン環どうしが結合してしまうのを防ぐためである。

シンジオタクチックポリプロピレンやトランスイソブレン分子では、原子の数を増やすと、顕著に分子の形が変わった。高分子化合物の構造を研究するためには、できるだけ多くの原子でモデルをつくる必要性を感じた。

本研究で使用したコンピュータは、WinMOPAC 3.9 Professionalの機能を完全に生かしていない。計算にあまりにも長い時間がかかるからである。また、分子によっては、計算の途中でエラーが出て、強制的に終了してしまうこともあった。このソフトの機能を完全に生かすためには、CPUの演算速度がはやく、十分なメモリーを備えたコンピュータが必要である。

本研究は、科研費奨励研究（題番号18913003）「200原子以上からなる有機化合物の分子

モデルの作成とその教材化の研究」であることを付記しておく。

#### 参考文献

- 本校研究集録44集 (2002年) p. 33~45 WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第1報)  
-有機化合物の異性体を中心に- 岡 博昭・杉井信夫・井野口弘治
- 本校研究集録44集 (2002年) p. 47~57 WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第2報)  
-糖類を中心に- 岡 博昭・杉井信夫・井野口弘治
- 本校研究集録44集 (2002年) p. 59~70 WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第3報)  
-アミノ酸・ペプチドを中心に 岡 博昭・杉井信夫・井野口弘治
- 本校研究集録45集 (2003年) p. 53~62 WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第4報)  
-合成繊維を中心に- 岡 博昭・杉井信夫・井野口弘治
- 本校研究集録45集 (2003年) p. 63~76 WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第5報)  
-合成樹脂を中心に- 岡 博昭・杉井信夫・井野口弘治
- 本校研究集録47集 (2005年) p. 75~84 WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第VI報)  
-DNAを中心に- 岡 博昭

#### summary:

Fujitsu Ltd. WinMOPAC 3.9 Professional can indicate a model beyond 200 atom. Amylose and an isotactic polypropylene and an isotactic polystyrene became the models of the helix former.



# 高等学校における解剖実習

もり なか とし ゆき  
森 中 敏 行

## The Anatomy practice at high school

MORINAKA Toshiyuki

抄録：解剖実習については、動物愛護団体等から問題が指摘され、その他の要因もあり、高等学校の現場では実施が困難な状況にある。しかし、生物教育において解剖実習の意義は大きく、現在の状況は危機的であると考えている。一方、学校設定科目「生命論」で実践した解剖実習が、これらの問題についてある方向性を示唆しているように思われたので、この実践をもとに、解剖実習のあり方を検討した。

キーワード：生物教育、解剖実習、学校設定科目、生命論

### 1. はじめに

2002年7月31日の朝日新聞に「ラット解剖教室、中止に 抗議の電話240本 県立科学館／山梨」の記事が掲載された[資料1]。このような事例は学校現場でも生じており、大阪教育大学附属学校でもカエルの解剖実習がマスコミに取り上げられた。また、教員側の問題や材料等の課題もあり、解剖実習の実施が極めて困難な状況にある。

しかし、生物教育において、解剖実習の実施意義は大きいと筆者は考えているため、現状は危機的状況にある。

また筆者は、生物の授業において、生きている動物体を用いる実習として、「唾腺染色体の観察」や「ウニやニワトリの初期胚の観察」などを行ってきた。実施に当たっては倫理的な面からの姿勢を強調しているが、生徒に伝わらず、命の尊厳に反する行動がみられる場面もある。そのため、解剖実習の実施が命の尊厳の育成に直結しているとは考えてはおらず、実習の環境設定が重要であり、どのようにつくり上げればよいか悩んできた。

一方、2003年度より学校設定科目として「生命論」を実践してきた。この中で、生徒に命を実感させる目的で解剖実習を取り入れてきた。ここでの実践が、環境設定の課題に対してのある方針を示唆しているように思われたので、その実践報告をもとに、高等学校での解剖実習のあり方を検討したい。

## 2. 解剖実習（動物実験）に対する社会の状況

### 1) 動物愛護団体等

動物愛護団体等による動物実験に対する抗議が厳しくなっている。これらの団体の HP には、企業や大学、公共団体への抗議とその結果が実績としてリストアップされている。またこれらの動きを受けて、動物管理法が議員立法で平成 17 年 6 月に改正（18 年 6 月施行）されて法律の整備も進められ、現在、動物実験に関しては、環境省および文部科学省から以下の基準や基本指針が出されている。これらに基づき、日本学術会議や機関ごとの内規が設定されてきた。

- ・実験動物の飼養及び保管ならびに苦痛の軽減に関する基準（環境省）

平成 18 年 4 月 告示

- ・研究機関等における動物実験等に関する基本指針（文部科学省）

平成 18 年 5 月 最終報告

基本的には 3R の原則が強調されている。

Refinement（苦痛の軽減）

Replacement（代替法の活用）

Reduction（使用数を減少）

これらの基準は、研究および教育を実施している企業や大学などを対象としている。

一方、動物愛護団体も動物実験の全廃を訴えているところもあれば、減少を求めるものまで様々である。また、企業や大学だけでなく、小・中・高での教育現場においても、抗議している団体もあり資料 3、教育での実習については、視覚教材やコンピュータ等による代替法が求められている。

### 2) 実験動物の入手

特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律が 2005 年 6 月に施行され、よく解剖実習に用いられてきたウシガエルが特定外来生物に指定された。

これにより、飼育、栽培、保管及び運搬することが原則禁止された。研究目的などで、逃げ出さないように適正に管理する施設を持っているなど、特別な場合には許可されるが、申請が必要となった。さらに、飼養等をする許可を受けている者以外は、輸入することが禁止された。解剖実習で用いる場合は、数が必要なため、ほとんど輸入によって業者から入手していたが、これも困難な状況になっている。

### 3) 教員の問題

平成 17 年に高野義幸氏らが行った高校教員を対象にした高校生物に関するアンケートによると、

解剖実習の実施について

- ① 一度でも解剖実習を経験した教員は、年齢が高いほど多く、20 代では 60% に満たない。（右表）
- ② 解剖実習の意義（知識理解・倫理的側面ともに）は、未実施教員は、実施教員に比べて、あまりを感じていない。
- ③ 視聴覚教材で代替については、

	実施教員 (%)	未実施教員 (%)
20 才～29 才	59.3	40.7
30 才～39 才	66.0	34.0
40 才～49 才	74.3	25.7
50 才以上	74.9	25.1

未実施教員の方が、実施教員に比べてより多くの人が可能であると考えている。

以上の報告からもわかるように、今後ますます教育現場で解剖実習が実施されなくなることが、あきらかである。

### 3. 生命論での解剖実習

#### 1) 学校設定科目「生命論」とは

2003年度より、高等学校三年生の選択者を対象に、堀(倫理担当)と筆者(生物担当)の2名で学校設定科目『生命論』を開講し、実践している。

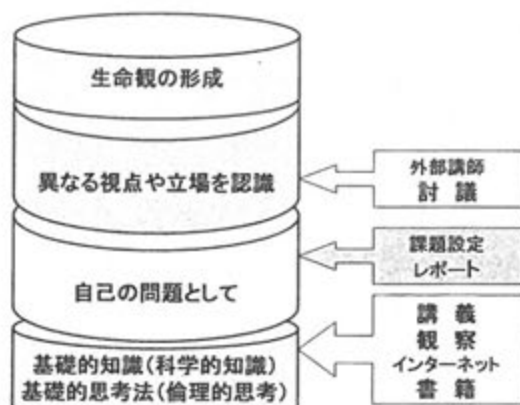
生命科学の急速な進歩により、生殖医療や臓器移植、脳死、終末期医療などの知識だけでなく、生命の質に関する倫理的問題は避けて通れない現状にある。これらの問題は科学者や医療従事者だけでなく一般市民にも判断が求めら

れている。そこで、各自の生命観の形成を目指すことを目標に、

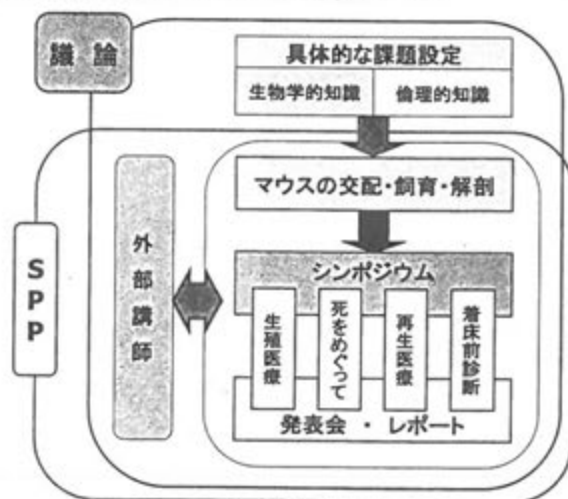
- ① 講義や実験観察を通して、基礎的知識や考え方を学習する。
- ② 課題を設定することで、生徒達が自分の問題としてこれを捉えさせる。
- ③ 互いの議論を通して、様々な視点や立場の違いを理解させる。

の手順で実践している。またこれらの過程で、多方面の専門家による支援は、必要不可欠であり、またより思考を深める一助となるため、医療従事者(産婦人科医師・看護師)・倫理学者(生命倫理)を招き、講義や議論に参加いただいている。一方、核家族化の進行に伴い、また自然の中での原体験に乏しい現在では、

「命」が実感できない状況である。このような状況において「命」を扱っていてもその実験がなく、机上の空論に陥ってしまう。そこで、「命」を実感できる実習を重要な柱と考え、解剖実習を行ってきた。当初は、ニワトリ初期胚を扱っていたが、昨年度(2005年度)よりマウスを用いた実習を行っている。



生命論の特徴



生命論の概要

### 実施形態

対象 高校三年生選択希望者

(2003年：15名 2004年：25名 2005年：18名 2006年：31名)

週1回 2時間連続 2単位(木5・6限) 通年

担当教員 堀(倫理)・森中(生物) 常に両者が在席,自由に発言

授業の流れ 次の表は,2006年度に実施した授業の流れである。

	授業のテーマ	外部講師
第1回	生命論で何を学ぶのか	
第2回	生命とは何か 2つの視点から	
第3回	発生・遺伝・進化	
第4回	生命の質と優生思想	
第5回	生命操作の是非を考える	
第6回	生殖医療の現場より	産婦人科医師
第7回	ES細胞研究の現在	発生学研究者
第8回	生命誕生のプロセスを観察する	発生学研究者
第9回	不妊治療の実際	産婦人科医師
第10回	レポート作成に向けて 討論	
第11回	生命論シンポジウムⅠ	倫理学者
第12回	医療における倫理とは	倫理学者
第13回	死の受容 ホスピスの現場から	看護師
第14回	討論 発表テーマをめぐって	
第15回	生命科学の現状と課題	生物学者
第16回	死の自己決定 尊厳死・安楽死をめぐって	倫理学者
第17回	グループ活動(見学など)	
第18回	グループ研究中間発表	
第19回	グループでの研究・原稿のまとめ	
第20回		
第21回	グループ研究発表予行	
第22回	生命論シンポジウムⅡ 研究発表会	倫理学者
第23回	1年間のまとめ・報告集作成	
第24回		

**講師** 生命論は数多くの外部講師の協力によって成り立っている。2006年度の講師は以下の通りである。

赤崎正佳 先生	赤崎クリニック院長 産婦人科医
田村恵子 先生	淀川キリスト教病院 ホスピス病棟看護師
山中伸弥 先生	京都大学医学部再生医科学研究所 教授
藤田圭以子 先生	越田クリニック 産婦人科医
霜田 求 先生	大阪大学医学部助教授 倫理学者
土屋貴志 先生	大阪市立大学文学部助教授 倫理学者
中村桂子 先生	JT 生命誌研究館館長 生物学者
大谷いずみ先生	立命館大学産業社会学部 倫理学者
沖田圭介 先生	京都大学再生医科学研究所 特別研究員
坪岡則子 先生	京都大学再生医科学研究所 博士課程2年

## 2) 生命論での解剖実習 (実践報告)

生命論では、上記の通り、各自が自分なりの生命観を育成することを目指しているため、机上の空論ではなく、自分の問題として受け止める必要があり、生命を実感させる目的で解剖実習を取り入れている。

実施2年目までは、ニワトリ初期胚の観察を行っていたが、2005年度よりより自分たちに類似しているマウスを用いている。

さらに2005年度は、教員側で飼育・交配をしていたが、2006年度から、生徒たちが交配・飼育し、解剖実習では自分たちが飼育していたマウスを一人一人が麻酔して用いた。これは、飼育させることにより、より命を実感できると判断したためである。

6月1日 4名でグループをつくり、グループごとに雄1匹、雌3匹をいれた飼育ゲージを配布して、飼育方法を説明した。飼育ゲージは、生物研究室に置いておくが、平日は毎日、生徒に世話をさせた。

毎日世話をさせることで、妊娠期の変化を観察させることと、より解剖実習に責任を持たせることをねらった。

6月15日 マウスの解剖実習 (生徒の記録から)

今日は、山中先生と研究員の方お二人にお越し頂いて、生命論のひとつのヤマとも言えるマウスの解剖実験を行いました。今回は、『生命誕生のプロセスを観察する』というテーマのもと、生命論選択者全員が班ごとで約2週間、自分たちでエサや水、かごの掃除といった世話をし、交配をさせたハツカネズミを用いての実験でした。

まず最初に山中先生に、先生たち研究者が動物を用いた実験を行う時の心構えの4Rをお話しして頂きました。

- ・Replacement 代替 (自分たちの代わりである)
- ・Reduction 削減 (出来るだけ実験の数を減らす)
- ・Refinement 洗練 (動物に苦痛を与えないよう、出来るだけ上手に行う)
- ・Responsibility 責任 (その実験に責任を持つ)

例えば去年の生命論での、体の仕組みを知るためと、生命誕生のプロセスの観察のために、2回に渡ってのマウスを解剖したのに対して、今年は妊娠したマウスを解剖すること

で両方の目的を兼ねましたが、これは Reduction のひとつです。又、実験の前に動物を死亡させる際、麻酔剤を大量投与することで、動物にほとんど苦痛を与えず安楽死させることが出来るのですが、これは Refinement のひとつだということです。今日もこの方法を用いました。

では、解剖の大まかな流れを説明します。

- ① 各班 (4人)、オス1匹、メス3匹 (必ず妊娠しているものを含む) を、麻酔剤のクロロホルムを染み込ませたガーゼが入ったビンの中に入れ、ふたを閉めて安楽死させる。
- ② ビンからマウスを取り出し、1人1匹、紙ナプキンの上に仰向けに寝かせる。
- ③ ビンセットとハサミを使って胴体を開き、内臓の仕組みを観察する。
- ④ メスの体内から子宮を取り出し、乾かさないうちに生理食塩水につけながら、膜を取り除いて中に入っていた胎児 (0.5~1センチ程度) を顕微鏡で観察する。
- ⑤ 内臓以外の部位 (脳、背骨、脊髄など) も自由に観察する。

解剖が終わると、内臓や胎児をマウスの体内に戻し、紙ナプキンで包んでビオトープの近くに皆で埋葬しに行きました。

### 3) 生命論での解剖実習 (実験を終えて 生徒感想)

『命の大切さは、殺してみないとわからない』森中先生は今までに何度かおっしゃいましたが、実験を終えた今、私は、なぜ人を殺してはいけないかの答えがなんとなくわかった気がします。今回、私が実際に殺し、解剖したのはマウスだけれども、マウス、人間という区別ではなく、全ての生き物に共通する『命』というものを今日感じたからです。さっきまで私の手の平で忙しそうに動き回っていた体が動かなくなる瞬間、手の平にのせてみるとずっしりと重く、さっき感じた生き生きとした温もりは生ぬるい感触に変わっている。ああ、これが『死ぬ』ということなんだと実感しました。そして、メスの開いたお腹から出てきた15匹もの胎児たち。あと数日後にこの世に誕生する予定だった15の命を同じ命を持つ著者自身が奪ったということ。この事実を一生忘れてはいけないと思いました。

しかし、解剖していく内に、(もっと知りたい、もっと見たい) という気持ちが生まれてきたのも事実です。人間って不思議。でも、あの時はその気持ちに対して罪悪感を感じたけれど、今は違います。ちゃんと自分が納得いくまで調べて、そして、受け止める。それもこの実験の意義のひとつだと思います。今日の経験は、すぐに何か形になって現れるものではないかもしれないけれど、私のこれからの生き方を示す指針になるはずです。

忙しい中2度も私たち後輩のために時間を割いて下さった山中先生、丁寧に補佐して下さいました。研究員のお二人、そして、私たちにこんな貴重な経験の場を与えて続けてくれる堀先生、森中先生。恵まれた環境に今自分がいることに感謝し、これからの生命論の授業にさらに真剣に取り組んでいきたいと思っています。 2006/6/16 (金) 午前7:52 [もち]

### 4) 生命論での解剖実習 (実験を終えて 指導者の視点から)

大学の組織学実習で、マウスを頸椎骨折で生体解剖し、組織標本を作製した。これが、初めての生体解剖であった。当初、頸椎骨折をととても躊躇い、困惑したことを覚えている。しかし、解剖し、組織標本を作製して観察を繰り返すうちに、好奇心が勝り、何の抵抗もなく、その体内の神秘性に魅了させていた。それだけにとどまらず、ネコなど目にする生

物の体内はどのようになっているのかと想像している自分がいた。自分の潜在的な恐ろしさに気づき、振るえ慄いたことを鮮明に記憶している。

解剖実習を終えた生徒たちの感想 [資料5] は、ほぼ全員が、かつて著者が体験したものと同じものであった。生徒達は、自分が行なった行為をしっかりと認識し、その責任を受け止めていた。そのことによって、生命の尊さを改めて体感したと思う。また、自分の中に潜んでいる好奇心を認識できたようである。そのことから、抑えられない好奇心により、突き進む科学技術の進歩と、倫理性からどのように統制すればよいかを真摯に向き合う機会になったと確信している。

#### 4 解剖実習のあり方

アメリカでは、視聴学教材の利用が検討されており、すでに医学部の学生実習にも取り入れられている。中学校や高等学校の教育現場でこそ、もっと利用され、解剖実習を減らすべきであるとの議論がある。しかし著者は、医学部でこそ取り入れるべきであるが、中学校や高等学校の教育現場での解剖実習の代替的な視聴学教材は、活用すべきでないと考える。

医師養成の医学部と中学校・高等学校の教育現場では、目的が大きく異なる。医学部では知識や技術の習得が第一的であり、技術習得では反復の訓練が必要不可欠である。Reduction の面からも活用すべき利点は大きいと思われる。一方、中学校・高等学校では知識に加えて、それ以上に体験が重要である。実際に生物に触れ、生命を感じる事が大切なことである。もし、実物に触れることなく、視聴学教材のみで代替した場合、自分自身とはかけ離れたバーチャルな世界のみで完結してしまい、テレビゲームと同じく失敗をすれば「リセット」が可能となる。これは、自身とかけ離れることで何度失敗しても「責任」を負う必要がないことを意味する。中学生や高校生がこのような責任を負わない体験は、命の尊厳とは逆の結果を生じることになり、とても危険であると思われる。

授業で解剖を行うとき、教員として躊躇する。生徒に解剖を通して「命の尊厳」が伝わらず、生命体を物体として扱い、実習がゲーム化するのではないかという懸念にある。それは懸念だけに止まらず、著者自身、何度か不愉快な経験をして、やらなければ良かったと後悔したこともある。体験をさせれば良いということでは決してない。解剖実習は、生物教育において教育効果は大きく、実施されるべきであると思うが、その形態によっては、負の効果も大きい。

はじめにで挙げた博物館で計画された解剖実習の新聞記事 [資料1] と、それに対する要望書 [資料2] の件について、著者の立場は、博物館側でも動物愛護団体側でもない。その理由は、博物館でどのような実習計画をされていたかが不明であるが、そのとき限りの参加者にどれだけのレディネスを設定できるかと考えれば、かなり困難であることが想像できる。失礼ではあるが、投げ込み的な解剖実習では、先に述べたゲーム化してしまうのではないかと懸念する。

では解剖実習に、どのようなレディネスを設定すればよいのか。生命論での実習は、この問いに対する回答であると思われる。生命論での実習は、大きな成功であったと感じており、客観的にも生徒の感想から判断できる。ではなぜ成功できたのか。これは生徒一人一人に「責任」を負わせるレディネスが成立していたからである。

具体的には、次の2点が挙げられる。

- ① 解剖実習までに、生徒個人が自分の問題として生命について考える機会をつくり互いに議論を行なった。
- ② グループごとに飼育・交配をさせることで、解剖の対象となる生物に対して、生徒に責任を負わせた。

ただ、生命論では、①の場を設定することができるが、通常の生物の授業内では、時間的にも困難である。しかし、②の場を持つことは、十分に可能である。

「死」を見つめさせることは貴重であり、生命尊重の思想育成において、他の方法で代替することは不可能である。また、「死」を見つめる体験は、数多く行なう必要はない。さらに、発達段階のどの段階で、実施することが有効であるかについては、今後検討されるべきである。

また、生物教育においては、加えて知識理解も重要な指導内容である。生の生物体を解剖することで、機能を保障する構造やその巧みさを認識することは知識面の理解だけでなく、生命尊重の思想にもつながる。医学部の学生が、解剖実習後に感想をブログに挙げている [資料4](#)。まさに、この生命体の素晴らしさを実感することが、かけがえのない命を認識し、生命尊重の思想につながると考える。

この場合、解剖の対象は、生存している必要はなく、死体や臓器でよい。具体的には、生徒の取り組みやすさや材料の入手の簡易さを考えると、食材が最適である。さらに、生命体の食材への加工が隠されてしまっている現在においては、衛生上の課題はあるが、解剖後、食することによって、「生かさせている」ことを実感させることが可能である。

さらに、解剖実習を困難にさせている要因の1つが、指導者側にあることを指摘した。そこで2006年度本校の理科教員により小中学校教員対象の実験講習会を開催した。詳細は「夏期理科実験基礎講座の実践と展望」研究集録第49集 p.25-32を参照。この講習会において、小学校や中学校で実施可能な解剖実習の一例として、「イカの解剖実習」を行なった。この講習会は、今後も継続する予定である。より多くの教育現場で、解剖実習が実施されることを望んでいる。

## 5 おわりに

解剖実習の必要性について、著者自身は、生物教育において必要不可欠であると確信している。生命を絶つ実習と、死んでいる生命体や臓器を用いる解剖実習とは、区別して論議される必要がある。死んでいる生命体や臓器を用いたとしても、生命尊重の思想を排除して行なわれるべきではない。また、これらの実習がより多く行なわれることは、知識習得や生命尊重の思想を育むことに大きく貢献すると考えている。さらに、生命を絶つ生体解剖実習も、参加生徒が責任を持てるようなレディネスのもとで、少なくとも一度は、実施されるべきであると考え、視聴学教材や死んでいる生命体や臓器の解剖実習では到底得られない生命観を修得できる貴重な機会であると思う。

今回、生命論の場で行なった解剖実習の実践をもとに、そのあり方を述べてきたが、その評価は、実習中やその後の授業での態度や関心、感想に基づいているが、科学的な評価が行なわれるべきであると考えており、今後の大きな課題である。

解剖実習については、生物教育の場では、大半の教員が著者と同じ考えであると感じて



おり、学会などでも解剖実習の実施を行なうべきであるとの発言は盛んに聞かれる。しかし一方、動物愛護団体やマスコミを中心に、否定的な風潮は一段と強まっている。そのため、教育的意義を感じていても実施が困難な状況にある。動物愛護団体側の主張を全面否定している訳ではない。資料1の参加者の母親が言っているように議論がされるべきであろうが、現実的には、信条的な側面も大きく科学的で冷静な議論が可能なのだろうか、避けてしまう。動物愛護団体の中には、動物実験の全面廃止や痛みを感じる生物は対象から外すなどを主張するものもある。動物実験を行わない薬剤では、薬害の悲劇は拡大する一方ではないだろうか。また痛みを感じるのは軟体動物以上との主張もあり、逆にとれば、環形動物以下の動物では、無残に扱っていいということであろうか。生徒実験において、大腸菌を用いているが、原核生物の大腸菌であっても生命の尊厳を意識するべきであると指導している。生命の質を区別することが可能なのだろうか。

現状を考えると、もはや議論を回避することはできないように思える。科学的で、感情的ではない議論をする場を早急に設定する必要性を強く感じている。



図1 マウスの飼育

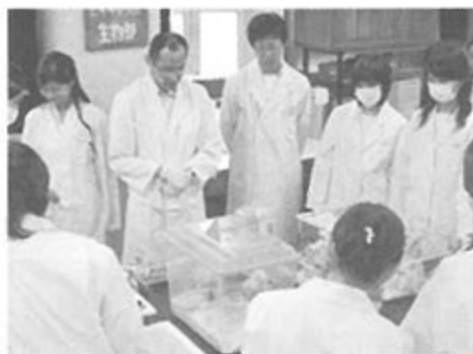


図2 解剖実習



図3 解剖実習



図4 実験講習会（イカの解剖）

**資料1** ラット解剖教室、中止に抗議の電話240本 県立科学館／山梨

2002.07.31 朝日新聞社東京地方版／山梨27頁 山梨版（全981字）

県立科学館（林野旻館長）が29日に予定していた、生体解剖などを通じてラットの体について調べようという子供向けの実験教室が、「動物虐待につながる」という約240件の抗議電話で中止になった。複数の動物愛護団体が解剖の中止を求めたことがきっかけだった。同館はいったん、解剖せずVTRなどを用いた教室にすることを決め、愛護団体側も納得したが、抗議電話が鳴りやまなかったため教室自体を中止した。

教室は「おどろき実験」として月1度企画され、外部の講師を招いて普段学校で扱わないような理科の実験をする。「ラットの体を調べよう」は、7月1日発行の県の広報誌で、夏休みのイベントとして紹介された。「ラットの解剖を通じて命の仕組みを学ぶ」と明記されていた。

「実験の選択肢の一つが広報誌に出た。解剖することは、まだ決まっていなかった」と林野館長は話す。この広報誌などを見て応募してきた人たちで、間もなく20人の定員が埋まった。

しかし18日ごろから、情報を得た県内外の五つの動物愛護団体が「解剖実習は動物虐待につながる恐れがある。教育現場でも生きた動物を使った解剖は自粛する方向だ」などと解剖の中止を同館や知事などに求め、インターネットの掲示板でも取り上げた。

同館は県教委と話し合った結果、解剖をしないことを19日に決め、各団体に伝えた。そのかわり、VTRや骨格標本などを使った教室にするという計画表も送った。林野館長は「各団体には納得してもらった」という。

だが、インターネットなどで問題が広がり、26日ごろまで約240件の電話が殺到。強い口調で「本当に解剖をしないか直接行って確かめる」「会場に押し掛けデモ活動をする」と抗議する人もいたという。

このため、林野館長は「受講する子供たちや他の来館者に迷惑をかけられない」として26日に教室自体の中止を決め、参加者に伝えた。

解剖中止を求めた団体の一つである甲府市のNPO法人「天使の心を守る会」の山本起海子代表は「解剖は時代錯誤で、計画すること自体が間違っている。抗議電話は、それだけ反対している人が多いあかしではないか」と話す。

一方、実験に申し込んだ子供の母親は「生き物の生態に興味を持っていた子供は残念がっている。興味ある人に解剖させることがそんなにいけないことなのか。抗議は一方的な感じで、もう少し議論が必要だったと思う」と話した。

資料2 動物実験廃止・全国ネットワーク (AVA-net) から県立科学館に出された要望書

2002年7月22日

県立科学館 館長 様

このほど、貴博物館の行事の中で、ラットの生体解剖のプログラムが組まれているとの知らせを受けましたので、お電話で貴館の担当者の方と直接お話をし、そのことを確認いたしました。お話では、「おどろき実験」の特別メニューとして、午前と午後1回ずつ、各10人参加で計20人が、ラット5匹ずつ、計10匹を用いるとのことでした。

この生体解剖を行う理由は、

1. 生物の体の仕組みの神秘さを知り、
2. 生きていくことの不思議さを学び、
3. 生物に関わる倫理について考え、
4. 科学が進歩するために何が必要か

といった事柄を知る、等にあるとのことでした。

これは説得力がないばかりか、むしろ偽善的であり、教育に対する信頼を失わせるものであると考えます。その理由は以下の通りです。

1. 生物の体の仕組みの神秘を知るために、たとえば心臓を露出させ鼓動を見ることなどがあげられていますが、心臓の動きは聴診器を当てても知ることができます。人間の手術の映像はTVなどでも放映されており、映像資料によって十分説明できます。
2. 生きていることのもつ不思議さを知るために殺すというのは本末転倒です。担当者の方は殺すことが目的ではないと繰り返し言われていたのですが、徐々に死に至らしめる行為によって、生きていることを実感させることは、嗜虐的で倒錯した論理です。
3. 生物に関わる倫理とは、人間の限りない欲望のために動物を犠牲にすることに歯止めをかけることであり、すでに他に代替の方法が多く存在する現在、生体解剖は倫理に反する行為です。
4. 科学が進歩するためには、生き物を犠牲にしてもかまわないという理論こそ、現在、最も見直しをされなければならない価値観の一つです。人間の生活の利便さ追求に至る価値をおいてきた結果が、逆に人間性の荒廃や、自然破壊を引き起こし、人間自身を苦しめるものとなっていることに、多くの人々が気付かだしています。

なお、この他に、「人間は他の生き物を犠牲にしなくては生きられない存在だ」という言われ方があります。確かに、人間を含め多くの動物は他の生命を食物として摂取して生きています。しかし、人間はこれに加えて、食欲に駆られて必要以上に過度に摂取し、肥満や飽食による疾患に苦しんでいます。また、身体の維持とは無関係の好奇心や知識欲のためにも、他の生命を犠牲にしています。

飽食と飢餓のアンバランス、歯止めのない欲望の肥大化、環境汚染や自然破壊などが人類自身をも苦しめている現代こそ、他の生命を尊重しその犠牲を減らし無くしていくという新しい倫理と価値観が教育においても必要であると考えます。

このプログラムは中学生が対象であるとのことでした。動物を生きたまま解剖するというある意味ではおぞましい行為を、「科学」の名のもとに美化して、まだ是非の判別がつかない子供たちに教えこむことは、大きな問題です。

ちなみに欧米諸国では、動物を使う実験に関わる人は免許制であり、実験計画の提出義務、倫理委員会による審査および許可制等をとっています。中学生レベルで生体解剖を実施させるなどのずさんさは、許されるべきではありません。

以上の理由から、当会では、貴館で計画されているラットの生体解剖の実施を中止していただきたく要望いたします。そして、その代わりに野外での生き物の生態観察など、生命尊重と環境保護の視点を取り入れた教育に資するプログラムに転換していただきたくお願いいたします。

動物実験廃止・全国ネットワーク (AVA-net)

<http://www.ava-net.net/animalresearch/kaibol.html> より

.....

### 資料3 カエルの解剖実習、廃止になる

JAVA では、昨年の秋、「東京農工大学での牛の解剖実習中止」の活動をきっかけに、教育プロジェクトを立ち上げ、教育における動物実験の問題に取り組んでいます。

教育プロジェクト宛に、「千葉のある中学校でカエルの解剖の授業が行なわれている。子供たちは、『やりたくない』と、とてもつらい思いをしているが、直接先生には言えないという。止めるように、何度も手紙を出したが、学校側は解剖の授業を続けると回答してきた。JAVA から働きかけて欲しい」との手紙が届きました。JAVA からは、中学校に対して解剖実習を止めるように要請。その後、中学校側は、解剖実習を廃止した旨を伝えてきました。「解剖実習はいやだけれど、先生にはどうしても言えない」といった生徒や保護者は多いと思われます。このような悩みを抱えている方や、未だに解剖実習を行っている学校を御存じの方は、JAVA 事務局までお知らせください。

なぜ、解剖実習を廃止すべきなのか？

命ある動物をモノとして扱うことは、教育の名を借りた犯罪行為

当初学校側は解剖を続ける理由として、「逆説的だが、生き物の命を奪うことで、命の尊さを知るといふ捉え方もある。生きものの命の重さを本当に知るうえでの実体験は、疑似体験にはない説得力があると考えるからである」と回答してきました。

理科の授業において、「観察する」「しくみを調べる」ことの大切さを否定するつもりはありませんが、それは、痛みのともなわない機械やモノに対してのみ、許される行為です。動物を人間の好奇心を充たすための道具として、まるで機械の構造でも調べるかのように、殺し、内臓を取り出すといった行いは、残酷極まりなく、授業の名を借りた一種の犯罪行為と言えます。

「生き物を殺せば命の尊さが分かる」・・ならば、A少年は？

動物の取り扱い（動物虐待）と犯罪には密接な関りがあることは多くの専門家も指摘しており、動物愛護法が改正された大きな背景にも、頻発する青少年による凶悪事件があります。例えば、幼女惨殺事件の宮崎容疑者、神戸の幼児殺人事件のA少年、更には、佐賀のバスジャック事件の容疑者などは、いずれも、殺人事件を犯すその前段階において、小動物の虐待を行っていたのです。

もしも、学校側が主張するように、「生き物を殺すことによって命の尊さを知る」が事実

ならば、ウサギや魚、カエル、猫など、数多くの動物たちを殺していた宮崎容疑者やA少年などは、命の重さを知った心優しい人間ということになってしまいます。

解剖実習は、弱者への暴力行為を生徒たちに強要すること好奇心を充たすために生き物の命を奪うという行為（解剖実習）は、自己中心の身勝手な発想を生み、「自分さえよければ、他者にはなにをやってもよい、特に、弱者は刃向かってこないからやりたい放題できる」といった考えを正当化させるに十分な役割を果たすものです。

解剖実習は、弱者への暴力行為を生徒たちに強要するに等しいことなのです。そのような行為を信頼している教師から強要されることによって生徒たちがどれだけ大きな精神的負担を被るか、仮にも教育者ならば理解すべきであり、生徒の生き物の命を尊ぶ純粋な心を踏みにじり、学校や教師不信を招き、不登校の原因さえ作ってしまうその責任は重大です。

<http://www.java-animal.org/> JAVA 動物実験の廃止を求める会 より

#### 資料4 解剖実習に思うヒトの素晴らしさ

御遺体に不敬になるので、あまり生々しくは書く事ができないのだけれど、人間の体って、本当にすごい。

まだ筋肉しか見ていない段階なのに、正直、このすごさには参った。

もちろん、他の生き物にも複雑玄妙な構造があるのだけれど、ヒトの構造の洗練ぶりは、他の生き物の比では無い。

人間の筋肉は、神経によって支配されているが、この「配線」の複雑さは、よくテレビに出てくるようなロボットの比ではない。

しかも、その「配線」は混線しないような構造になっておりサイズも極細におさえられている。

しかも、断線しないように圧がかからないよう配慮されている。

金属で作られている訳でも無いのに、この「確実さ」は何なんだ？

そして筋肉も筋肉である。

何でこんなものに電流が流れるだけでこんなにも大きな力が生まれるんだ？

だが、なによりも一番驚く事は、世の中にはそんな構造を持った生き物がそのあたりにゴロゴロいるということである。

解剖って、小中学校で必修にできないのかなあ。

やっぱり無理だよなあ。

見た者しか分からない感動があるのになあ・・・。

しかも、その感動は人生にとっても必要だと思うんだけどなあ。

この感動を伝えきれない自分の文才の無さにガッカリしますわ。

[http://blog.so-net.ne.jp/ev\\_angler/2005-10-11](http://blog.so-net.ne.jp/ev_angler/2005-10-11) より

## 資料5 解剖実習の生徒感想

私は去年もマウスの解剖をしました。そのときのマウスは学校に来て1ヶ月でした。だからかそんなに昨年はそれほど抵抗はなかった。マウスが可愛いと思っていたけど、今ほどは愛着がわいてなかったんだと思う。むしろ興味の方が勝っていたんだと思う。でも昨日は5時限目ギリギリまで解剖に参加するか悩んでいました。1年間もみてきたマウスたちの命が、一瞬でなくなってしまうなんて耐えられない気がしました。でも一方で、自分の知らない間にマウスたちが死んでいくのもまた耐えられないとも思ったし、自分で最期まで世話をしやろうと思いました。

自分達でマウスを麻酔で殺すのは思った以上に残酷でした。何とも言えない感情がぱつとこみ上げてきて、「ああ…これが命なんだ。」命の想像以上の重さに乗っかってきて、思わず泣いてしまいました。やっぱり殺さなかったらよかった。こんなつらさを知りたくなかった。でもこのつらさを知ったからこそ改めて実感したこともありました。「やっぱり命は大切」当たり前で、今までも思ってきたことをこの身をもって感じました。今までよりもずっとその気持ちをはっきりしたものになりました。私が亡くしたこの命で、これからたくさんの命を守れる気がします。

言葉でいっても伝わらないものを伝えてくれたマウスたち、本当にありがとう。無駄に殺した訳じゃなかったのかもしれないと思うとへんだけど少し気が楽になった。これで何も学ばなかったら私はただの殺人者でした。これからの生き方に何らかでいい影響を受けたらいいと思います。長々とすいませんでした。 2006/6/16 (金) 午後9:20 [holly]

私は当初マウスの解剖になんら抵抗はありませんでした。むしろ、興味があって、早くやりたい、と思っていたくらいでした。でも、世話をし、手に乗せる回数が増えるにつれて、かわいい、と身近に思う気持ちが募りました。オスとメスを一匹ずつクロロホルムの容器に入れるとき、オスがしがみついてなかなか入ってくれず、入ってっ、と言いながら無理やり押し込み、ふたを閉めた瞬間に、罪悪感が湧き上がりました。マウスたちが暴れ、それがどんどん静かになっていって、2匹が寄り添うように死んでいったときに涙が出そうになりました。その後、容器から出した時の、生温かい体がどんどん冷たくなっていった時…背筋が寒くなりました。でも、命を実感した瞬間でもありました。私は生まれてから親族を失ったことがなく、冷たくなっていく身体というのを体感したのが初めてで、あんなに冷たくなってしまふなんて初めて知りました。その後解剖が始まってからも、資料なんかからじゃ伝わってこない感覚を何度も味わいました。命は大切だとわかっているつもりでも経験してみないとわからない、とおっしゃっていた先生方のお言葉を心底感じました。こんな小さな命の中にも神秘的な力が備わっていること、そして、それはかけがえのないものであることを実感させてくれたマウスたちに感謝し、その分、このかけがえのないものを将来たくさん守っていけるようになりたいと思います。ご指導くださった先生方、ありがとうございました。 2006/6/17 (土) 午前0:21 [ゆう]

吉田を殺して悲しんでる自分。いつの間にかその死体をいじくり回すことに熱中して興奮さえしている自分。それを今こわいと思っている自分。手のひらサイズの命は僕にとっ

て大きすぎた。でも大きすぎたからずしっときた。ずしっときたからもう大丈夫。何がダイジョブなんかはうまく言われへんけど、東大の数学の問題が完答できることより、ブッシュと対談することより、よっぽど価値があるんかがベタッと心臓の裏らへんにくっついてる気がする。ありがとう吉田。

2006/6/17 (土) 午前1:52 [小枝]

解剖自体が怖いというより、動物を「殺す」という行為自体が怖くてしかたなかった。今までの生活の中で、人間と同じように暖かさを持った動物を意識的に殺したことなど、一度もなかっただけに、それがとんでもないことに思えた。ネズミを容器のなかにいれて、小さな身体が力なく底に落ちるのを待った。一匹は早くてもう一匹はまだ生きているんだと主張するように、全身で息をしているようだった。赤い瞳がこちらを呪んでいるような気がして、隣の子とただ手を握り合っただけの様子を見ていた。容器の中からとりだした身体は、まだ、確かな重みと暖かさがあった。生気を失った黒い瞳だけが、違った。薬品で濡れてしまった、真っ白だった毛並みが雨に打たれたドブネズミのようでひどく切なかった。今まで動き回っていた小さな命は、私の手によって絶たれたのだと思うと、このまま解剖できるのだろうか、不安になった。ぐったりと力を失った四肢が目に痛かった。その身体にはさみを入れた時は、手が震えて、うまく切れなかった。「そのまま裂いて」といわれたときには、心底この講座に参加したことを悔やんだ。しかし、これが私たちが普段目にはしていないだけで、現実には起こっていることなのだと、私たちが生きていく上で避けては通れないものなのだと思うと、今さら引き返すことの方が、卑怯に思えた。きちんとこの小さな身体に宿った大きな命に対する責任をとらねばと思った。けれど、もっとこわかったのは解剖を初めてからだ。血が怖かったわけではない。知らず知らずに好奇心に突き動かされ、興奮さえしている私自身だ。怯えていたとしても、それは命を奪ったことにたいする申し訳なさからくるものではなく、ただの生理的嫌悪からくるものだったりする。命をみていたはずの私の目はいつのまにか最も興味深い「もの」を見る目になっていた。雨の中、解剖したネズミを埋葬した。まだ私の興奮は冷めていなかった。けれど、容赦なく降る雨の冷たさの中で、自分が何かをやってしまったことに気がついた。

身体の不思議に、生命の神秘に魅せられたことは、否定しようもないし、あんなにも可愛かったネズミを殺してしまったことも事実だ。だけれど、その事実は時が経つにつれて、日常に戻っていく私にずしりと重いなにかを召している。それを言葉で表すのは難しく、逆にそれほど、私にとって重要なものなのだろう。そして、これを心に刻むことが私にとっての死んでいったネズミたちに対する責任なのだと思う。

2006/6/17 (土) 午後8:44 [きなこもち]

ある一線を越えると授業で習ったたくさんの内容が目も前の1匹のねずみの体に詰まっ  
ていて、突如カラフルに実感を伴って分かったのですごい、もっと知りたいと思いました。  
実験する前からずっと不安に思っていた事だけど、知りたいっていう気持ちだけになって  
いる時の自分はすごく冷酷で、けどそれも本当に自分なのが怖かった。あの講義室はそん  
な好奇心を許される貴重な時空間だったのだと思います。それでもねずみちゃんの体を粗  
末に扱いたくない、という気持ちや終わってから何回も泣いてしまった事は生物ってす  
ごい、だけじゃない、私の中心に残る重いものをうみました。かawaii体に力強い命を持

っていたねずみちゃん…本当にいっぱい学ばせてくれてありがとう。これからも出来るだけ大きく、忘れないでたいです。 2006/6/18(日)午前0:18 [まりも]

中学生のときにカエルを解剖したことがありました。その時はカエルそのものの方が怖くて嫌だなあと思っていたのですが、実際やってみると、おもしろくて止まらなくなって、いきものの体の中の不思議さに引き込まれて戻ってこれなくなりました。そして今回ネズミを、しかもただのネズミではなく自分たちの手で育てて妊娠させた愛着のあるネズミを解剖しました。2回目だということもあってか、私自身正直どちらかという、解剖が嫌だという思いは少なく、授業だから仕方ないという隠しつつも、解剖した中身の方に興味がありました。しかし実際終えた後家に帰ると、何ともいえない虚しさというか後ろめたさというか、モヤモヤした気持ちになり、布団に入ってもなかなか寝付けませんでした。“いのちの重さ”に触れた気がしました。ヒトが死ぬと悲しい、ネズミが死ぬと悲しい。でも、私たちが食べているものは誰かが殺したもののハズなのに、いつのまにかそれを忘れている。「自分で殺さない」からなのかもしれません。でも、蚊が飛んでいると両手でつぶす。「一寸の虫にも五分の魂」とはいいますが、人間には何分の魂があるのでしょうか。いのちの重さって何なのだろう。…そんな疑問が浮かびました。私たちが育て解剖されたネズミのためにも、これからしっかりと考えていきたいと思いました。

2006/6/18(日)午後7:58 [みねすとりーね]

解剖した日から3日経ちましたがまだあんまりちゃんと受け止められてないような気がします…生命保険でネズミが出ているCMを見るとうるっと来たり、お刺身があんまり食べられなくなったり。人間は普段からほかの生き物を殺して初めて生きているのだからこんなのは偽善かもしれないけど、やっぱり自分の手で殺すとその重みは想像以上のもので、特に麻酔にかかって死んでいくのを見たときは涙が出てきて、本当にこの解剖は正しいのだろうか疑問が湧くほどでした。でもどうしてもネズミの頭が切り落とせなかった時に、やっぱり元の姿に近い形で残しときたいんだと思っている自分に気づいて、大げさかもしれないけど、脳死患者の臓器摘出を拒む遺族はこんな気持ちなのかなとか、さっきまで泣いていたのにネズミの体の構造に強い興味が湧いてきた時に、自分が怖くなって、人間の知的探究心ってやっぱりどこかにはブレーキをかけないといけないのかなとか、いろいろ実感を伴った考えるきっかけをもらえたと思います。それはやっぱり私が今までで一番死に近づいたからだと思うし、解剖をし終わった今だからこそ自分の手で殺す必要があったのだと感じます。この解剖を忘れません。吉田、成仏してください。最後になりましたが、ご指導頂いた先生方、本当にありがとうございました。 2006/6/18(日)午後9:46 [raku]

一番最初にはさみを入れる時、切れば命を奪う、後戻りできない、という予感がして少しためらっていた。ビンの中で殺したときは、まるで眠り込んだだけみたいでそれほど実感がなかった。まるで命が残っているような。だから実際解剖を始めるときに、より重いものを感じたんだと思う。解剖も始めはできるだけ傷つけないようにという意識があった。だけど進むにつれてもっと見たいという興味が出てきた。心臓が見たい、胎児が見たい、脳が見たい、と。速く速くと思うにつれて荒くなっていく作業。人間らしいな…そのとき



マウスは単なる好奇心の対象でしかなかった。対象、Objectには「対象」と「物体」の意味がある。まさに物体だった。見たことのないロボットを解体する気持ちで解剖していた。三時間前までは違ってたのに、確かに死んではいたけれど、まるで命は残っているような... 生きた生物ではなくても、それは生命だった。たった三時間で生命を物体にした心、それが怖かった。そしてこの思いも一月もすれば薄れていくのだろう。自分が嫌になってくる。人間の心の弱いところ。僕の将来が何であれ、時々今の感覚を思い出す人間になりたい。

2006/6/19 (月) 午前1:06 [GO]

私は中3の時カエルの解剖をした。その時、麻酔は眠らせるだけでカエルのお腹を開いて心臓を取り出し殺した。全くの初心者の私たちの手つきにカエルは何度も苦しそうにもがいた。その後カエルを苦しめてしまったことをすごく後悔して申し訳なく思っていた。今回ネズミは麻酔で安楽死させると聞いてネズミは苦しまなくてすむと思いはっきりとした。でも安楽死ってなんやろ。響きはいいように思えたけど、眼が飛び出し体は痙攣して、すごく苦しそうだった。私はその様子を見ていられなかった。お腹の赤ちゃんも苦しんだやろな。今あの時のことを思い出すと鮮明に思い出されるあの感触が時が経つにつれだんだん薄れていくのか、と考えるとすごく怖い。私が奪ってしまったたくさんの命は絶対に無駄にしたくない。頭で考えただけで答えが出るはずが無い命の重さというものを、実際に心で体でひしひしと感ずることができた。この思いは大切にしていきたい。

2006/6/20 (火) 午前0:37 [いも]

過剰なクロロホルムの中で数秒のうちに動かなくなったスチュアート。気づけば友達の手を離せずにいる自分がいた。お腹を切るまでは恐くて恐くて何しているんだろうと思ったりもしたけど、時間がたつにつれてどんどん興味を持っていき、ここはどうなってるのか、あそこはどうだろうと思うようになった。このごく数分間の気持ちの変化にかなり驚いた。最後にはもう見るものがないほど隔々まで見せてもらった。小さいからだの大きな命。毎日たくさんのねずみが命を奪われている。1つも無駄にしてはならない。私はこの授業でこのことを身をもって学ぶことができた。心からご冥福をお祈りします。

2006/6/20 (火) 午後10:46 [ゆり]

命を奪うのはすごく申し訳なかった。お腹の中の赤ちゃんもこれからたくさんの世界を見て生きていけたらに……。死ぬってなんなんだろう。私にはまだわからない。単にいなくなるってことなのかな。それだけじゃない気がする。ねずみは幸せだったんだろうか。私に殺されてどう思ったんだろう。今の私にできることそれは私が奪ってしまったたくさんの命を無駄にしないようにこの目で見たもの、感じたことをもっともっと深く考え自分だけで収めておくのではなく、みんなに伝えることではないかと私は思う。死ぬってなんなんだろう。もっともっと深い意味があるようなそんな気がする。

2006/6/20 (火) 午後11:37 [mow]

自分の手の中で小さな生命が消えていく。あまりにあっけなくて、あまりに重い死でした。直前まで命の重さに実感が湧かなくて自分の非情さが情けなくなりました。でも解剖

をしてネズミは小さいながらに（骨なんか魚の骨みたいで）その体いっぱい使って生きて  
いるんだと実感しました。解剖のために犠牲になってくれたネズミに感謝するとともに、  
これからもこの実習を胸に刻んでいきたいです。 2006/6/21（水）午後5:05 [Ayu]

解剖を始める直前までは絶対解剖なんてできっこないと思ってたのに、いざ始めてみる  
とマウスがいつも簡単に死んでいってしまったことに恐怖を感じました。短い間だけだっ  
たけど世話をしたマウスを殺してしまえる自分の残酷さを思い知りました。それとは裏腹  
に命の重さも同時に頭に重くのしかかってきました。この実習で学んだ事をずっと忘れな  
いでいようと思います。 2006/6/21（水）午後11:29 [kuro]

私も今まで短い間でも育ててきたネズミの皮膚を一番初めに切ったとき、心の中にモヤ  
モヤがあって怖かったけど、思ったよりすんなり解剖できたことにビックリしました。人  
の体が解剖したマウスとほとんど同じだと聞いて何か神秘(?)的なものがそこにあって、  
ほんとに生物はうまくできていると、体で感じる事が出来ました。でもある程度時間が  
たって教室に生臭いにおいが立ち込めているのに気付いたときに、改めて命を奪ったこと  
を思い出しましたが、色々解剖を通して得たものがあり、充実したものがありました。こ  
うゆう機会を与えてくださった先生方や、先週来て頂いた山中先生、助手の方に感謝して  
います。ありがとうございます。あと、マウスさん、ありがとう。

2006/6/21（水）午後11:50 [くぼ]

解剖する前まで、自分がねずみの命を奪うことに何らかの恐怖を覚えていた。クロロホルム  
の瓶に入れるだけで真っ白な毛がみるみる黒くなっていくのを見て、ねずみを殺めて  
しまった自分を実感した。悲しい気持ちになって、素直に命とはなんて惨いのだろうと思  
った。だけど、ねずみにハサミを入れるという一線を超えると、もう「モノ」としかみて  
いなかった。私の好奇心はとどまることなくひたすら切った。解剖を終えた時に残ったの  
は、ねずみだと分からないような無残な姿。改めてそれを眺めたときに命というものを感  
じた気がする。そして自分が怖くなった。人間は他の生き物の犠牲の上に成り立つものだ  
から、私の見えないところで私は今も殺していることになるんだろうけども、だからこそ  
今生きていることに感謝したいなって思った。

2006/6/22（木）午前0:24 [かなっぺ]

解剖が始まる前教室にどんよりした空気が流れていました。私も解剖の日は朝から憂鬱  
でした。自分たちが世話をして妊娠もしているねずみたちがホルマリンの中で興奮してば  
たばたしていたのもつかの間、あっという間に動かなくなってしまい次第に目の色も黒く  
なっていくのを見て目を背けずにはられませんでした。死というものを本当に身近に感  
じました。そのとき自分でも信じられないくらいに手が震えていました。しかし解剖を始  
めてから何分かすると初めはほとんどねずみがさわれなかったのみもつからだの仕組み  
を知りたいという興味から何もためらわずにどんどんねずみを解剖している自分がいま  
した。完全にねずみを物として見ていたのだと思います。しかしさすがにおなかの胎児がわ  
ずかに動いているのを見たときまた生というものを感じて震えがきましたがそのときの震

えは母体から離れても生きようとしている胎児の生命力への感動からのものでした。このようなことを感じる事ができたのは犠牲になったねずみのおかげです。こんな貴重な体験はなかなかできるものではないのでいい思い出として残すだけでなくこれから何らかの形で活かしていきたいです。

2006/6/22 (木) 午前 0:56 [いっぺ]

わたしにとって初めての解剖実験。ネズミが息絶えていく姿を目の当たりにし、まだあたたかい体を抱きかかえたとき、世話をしてきた時のことが思い出されて、胸がはりさけそうになりました。あまりにも重い命を感じました。一方で、ネズミの体の構造から生き物のすばらしさも学びました。どちらもとても大切なこと。この気持ちを一生忘れず持ち続けようと思います。こんな貴重な体験をさせてくださった先生方、ほんとうにありがとうございました。

2006/6/22 (木) 午前 2:30 [yossy]

直前まであまりネズミの死というものを深く考えていませんでした。でもいざ解剖しに教室に向かうってなったときに、今まで動いていたものが動かなくなるということを考えると急にすごく心が痛んで涙が止まらなくなりました。ネズミさん、ほんとうにごめん。命の重さ、大きさをこんなに感じたのは初めてでした。でも一度殺してしまいおなかを開いてからは、好奇心が先走りもう悲しみはあまり感じなくなっていました。そんな自分が怖くもあり、一方命があるものとならないもので、自分が完全に見方を変えてしまっていることに驚きました。今回感じた心の痛み、そして解剖をして発見したことや知ったことは忘れたくないと思います。もしいつか動物実験に慣れてしまうような日が来たとしても、胸の中にこの実習のことを留めておきたいです。最後に、こんなに濃い経験をさせていただき本当にありがとうございました。

2006/6/22 (木) 午後 11:48 [ruka]

解剖をしている時ももちろんでしたが、私が一番どうしようも無い感情に襲われたのはあがくマウスを無理矢理ホルマリンの瓶に入れたときです。その激しいもがき様にマウスが命の危機を感じている気がして、今から殺される者の生に対する執着を見ているようだったからです。徐々に灰色がかってその瞳から生気が失われていくのには目を背けたくてたまりませんでした。でも、その命をこの手で奪った私がちゃんとその最期を見届けたいのはなんだか卑怯な気がして目をそらさずに見ていました。何故、自分はあることができるのか不思議です。嫌だ、と強く思う反面、マウスの小さな体の中が精巧にできていて、臓器が隙間無く上手くおさめられているのに驚きつつ感動し、好奇心がどんどん出てきて自分が分らず、正直怖かったです。好奇心が勝って色々見ている最中に生臭いにおいに嫌だ、という感情が再び込上げてきて、現実に戻された気分です。思わず体を堅くしたりする繰り返しでした。

日がたつにつれ自分が解剖をしたことが信じられず、非現実的なもののように感じてしまっています。でも、どんな手順で自分が何を内蔵はどうなっていて、とか鮮明に覚えていて、そのギャップにとっても違和感を感じます。でも、いくら非現実的に感じられても、私がマウスの命を奪ってしまったことに変わりはない、いくら嫌でもこのことから逃げてはいけなく感じています。それにこの体験を無駄にしてしまったら、それこそマウスに対して申し訳ないです。今はまだこの体験をどうすれば生かせるのかよくわかって

いませんが、私なりにこのことに対する結論を探していきたいです。

2006/6/29 (木) 午前2:01 [midori]

#### 参 考

- <http://www4.ocn.ne.jp/~animals/> 実験動物の福祉を考える  
へそ曲がりの獣医のホームページ
- <http://www.ava-net.net/animalresearch/kaibo1.html>  
動物実験廃止・全国ネットワーク (AVA-net)
- <http://x00x00x.hp.infoseek.co.jp/> 「動物実験」って何?
- <http://www.lifescience-mext.jp/policies/dobutsu.html>  
文部科学省ライフサイエンスの広場 動物実験等の基本指針説明会資料
- <http://www.java-animal.org/> JAVA 動物実験の廃止を求める会
- [http://blog.so-net.ne.jp/ev\\_angler/2005-10-11](http://blog.so-net.ne.jp/ev_angler/2005-10-11)
- <http://www.env.go.jp/nature/intro/3shiryou.html> 環境省 外来生物法 資料

#### Summary

Under the current condition it is difficult to implement a practical training of anatomy at a high school because, besides the other factors, animal protection groups, etc. point out its problem. However, at present the anatomy practice seems to fall into the critical situation, as it must play a significant role in the biological education. On the other hand, it seems that our anatomy practice implemented at "Theory of Life", a subject set up by the school, might imply a certain directionality on these matters, so that based on this practice, I have reviewed how the anatomy practice should be implemented.

# 文体というもの

い ばた きみ お  
井 畑 公 男

## Styles

IBATA Kimio

抄録：中学・高校の六年間の英語の学習で、たとえば読むことでは大人のレベルに近づく。高校2年では教科書のレッスンが終わり、時間的余裕が生まれれば、すぐれた英米の短編小説を読むことが多かった。それは今、流行の言葉で言えば、異文化体験を読むことで深く、如実に体験できると思われるのである。珠玉の短編小説、詩などは風土、社会、時代を思いがけない新鮮さで描いてくれるのである。それは現地に行くこととは違う意味で人間的な体験となる。

キーワード：短編小説、文体、英語の特徴

### I はじめに

最初に今春で教壇に立つことが一つの区切りになるので、過去三十数年になる授業の回顧、反省に文が流れることに御寛恕を請いたい。まず思い出されるのが高校2年に英語を教わったM先生の言葉である。それは授業で言われたものではなく、クラス文集で「どのような気持ちで毎日をすごされていますか。」というような生徒の質問に答えて「日々、理想に近づけるように努力している。」と書かれ、ついでに「英語を学ぶことで幸福になれるかが大切なこと。」と付け加えられていた。

当時、受験勉強につま先だっていた私はこの言葉にピンと反応することはできなかった。今、同じ間、反省をするなら大きな問を突きつけられている気がする。この国が青年に英語を学ばせていることの意味が深く問われていると考えられるのである。

私自身について言えば、高校、大学と続けて英語を学んだが、常に強いられた苦役だったわけではない。学びの調子の浮き沈みがあり、時には楽しい瞬間があり、英語の言葉を支えに生きていた時期もある。しかし今は収穫はあまりなく自分が一本のわらしべであるような気持ちに近い。将に学なり難しの思いが深い。

M先生は当時、30歳であったが、その後、大学で教鞭を取られ、十年ほど前に『植民地幻想』という書物を出された。それは大学の授業のまとめと言われたが、鋭い指摘に満ちたもので、時に息苦しさを覚える位である。65歳で大学を定年退官された先生はその後、英語とは縁を切られ、自宅周辺の昆虫の同定に日々を過ごされているとのことである。私

はこのことが惜しいことだと思っている。もう一つ先生が言われたことで頭に残っているのは「英語は自分で勉強してください。」と二年生の最初の授業で言われたことである。このことはある程度、得心のいく言葉と思えたが、その後の先生の授業はスピーディなもので難しいものであった。

M先生は私より十数年、年上だが私は私で英語との接し方を決めなければならない。今は可能な範囲で現役を維持したいのが希望である。英語学習・教育にまだ関心が持て、喜びが感じられるところがあるのである。60歳になったが意識の持ちようで勉強が進むことが感じられ一つの自信になるのである。

また例によって愛読している政治哲学者エリック・ホッファーの言葉を引くのだが、「レーニンがロシア史の汚水場に穴を開け、その悪臭を文明世界に撒き散らした。」(『安息日の前に』168)は今の日本に示唆的な補助線を引いてくれるように思う。もう一人の愛読する美術評論家のケネス・クラークは『芸術と文明』のなかで両大戦で「我々はたくさんの悪魔を解き放つことに力を尽くした」と解説しているが象徴的な言葉なので注釈が必要だと思われる。日本は明治以来、欧化、近代化と進むなかで英語を選んでいるが先の大戦から充分、自己回復しているとは思えない。それこそ様々な必要・偶然・潮流に取り巻かれながら進んでいくしかないのであろう。

## II この一年

ところでこの一年で生徒とともに読んだ英文を振り返ってみたい。残念ながら印象に残ったものは中心となる11課から成るレッスンではなく Reading あるいは Supplementary Reading と称される短編と詩であった。それは最初の数行を読んだときに湧き上がるイメージの違いから来るように思われる。いま、試みに短編、詩と6課の冒頭部分をそれぞれ引用してみたい。

On Friday morning I went to school early to talk to my teacher, Ms Smith. "I can't go on the school boat trip next Friday," I said. "My mom just lost her job, and I can't ask her for the money. It doesn't matter. I don't mind."

But of course I did. Everyone else in the class would be going.

(Ms. Smith Likes Pink and Gray)

(訳: 金曜日の朝早く私はスミス先生に話を聞いていただくために登校しました。「今度の金曜日の船旅に行けません。」とまず言ったのです。「母が失業したばかりで船旅のお金を出してくれと言えません。でもいいのです。気にしていません。)

無論私はそのことが気になっていたのです。私以外のクラスのみんがいきます。)

話はIなる人物、生徒のキャッシーが旅行のお金を先生の家の掃除をすることで手にするのだが、先生の家で掃除をしているとき、先生は買い物に行き、ちょうどそのとき同僚の男の先生から食事の誘いの電話がかかり、二人の親密な関係を知るのだが、キャッシーはそれを親しい友人にも話さないという筋のものである。

Deep down,  
Inside our bodies,  
Lives the soul.  
No one has ever seen it,

からだの  
深いところに  
魂がすむ  
誰も見たことがない

But we all know it's there,

Not only do we know it's there,

We know what's in it, too.

Inside the soul,

Right in the very middle of it,

There's a bird standing on one foot.

This is the soul bird.

It feels everything we feel.

でも皆それがそこにあること  
を知っている

知っているばかりかその中  
に何がいるかもわかっている

なかには

ちょうど真ん中に

片足で立っている鳥がいる

魂の鳥が

鳥は私たちの気持ちをすべ

て感じ取るのです

全体は131行からなるが冒頭の2連を引用した。このあと鳥の動き、片足で立っているのはもう一方の足で鍵をあけるため、鳥の体がたくさんの引き出しからできていて、そのなかにわれわれの味わうありとあらゆる感情、気持ちがいっていること、鳥は大抵言いつけを聞くが、勝手なこともする、でも一番大事なのは鳥のこえに耳をすますことと結ぶ。

Have you ever drawn a picture of a cat? And did your friends think it was a dog? When you were young, did your parents look puzzled when you showed them your latest "masterpiece"?

(訳：猫の絵を描いたことがありますか。それを見て友達は大猫と言わなかったですか。小さいとき両親があなたの描いたばかりの「とてもいい」絵を見て戸惑いの表情を浮かべなかったですか。)

右脳と左脳のはなしで、子供が写実的な絵を描けていないと知ると絵を止めるという説明の前置きの部分で、右脳と左脳の役割、その協同のすすめが内容。

小説、詩、解説文とジャンルが違うので、比較は相当無理があるといえるが、やはり、明快なイメージが提示できているかが重要なところであろう。

小説のまとまりはどのように捉えればいいのか、まず問題になるが、登場人物が置かれている状況が理解できるように示されないと読者は作品世界に入っていけないであろう。

引用した小説の冒頭の描写はこの意味で明快と言える。また詩についても問題とする対象が捉えどころのないものだが、それを一種、幻想的に描き始めていることで世界が切り開かれている。短い語、倒置、itの繰り返し、そのことによる絞込み、似た表現の畳むような反復、重くならないように語数を抑えているところなど自由詩だが幻想的な世界を作っている。

説明文はさして問題となることはないが特に何かのイメージが結ばれているわけではない。子供の絵の特徴を取り上げているにすぎない。そしてはなしの展開が早く、言葉が簡便に使われていると言っているだろう。

取り上げたいのは文体というものである。小説はそれほど鮮明ではないが、英語のひとつのスタイルの萌芽というものを窺わせる。若い人を読者に想定してか、語、表現で難しいものはない。また詩は独自の世界を作ることに専念していると言えよう。説明文は若い読者を想定しているが、引用以外の部分を合わせてみても文体構築の意識が希薄といわざるを得ない。従って読む作業がひとつの体験とはならないのである。何について書くか、どのように書くかはなかなか難しく、営々として人は文を書きしてきたといえる。勿論

必要から言葉は使われるのだが、人を生かし、元気づける言葉もあるのである。勿論、親しい人から、そういう言葉を聞いたりすることもあるが、目が見開かれたり、心がおおしく広げられたりする言葉の世界もあるのである。英語初学者にとって、さし当たって、手軽なのは短編小説であろう。そこには様々な作品世界があり、必ずといっていい位、作者を思わせる文体を持つ文に出会えるのである。

もう一つ、今年度高校一年夏休みの課題として選んだテキストの冒頭を引用したい。書き換えられたものだが、上述の二例と同様、文体が感じられる。

When Hiram B. Otis, the American businessman, bought the house called Canterville Chase, people told him that he was doing a very dangerous thing. Everybody knew that there was a ghost in the house. Lord Canterville himself told Mr Otis all about it.

(訳：アメリカ人実業家ハイラム・B・オーティス氏がキャンタヴィル獵場の屋敷を買うと、人は皆とても危ない買い物をなさったと言ったのです。屋敷に幽霊がいることを知っているからなのです。持ち主のキャンタヴィル卿自身がこの一部始終をオーティス氏に伝えたのです。)

物語冒頭、誠に的確にかつ簡潔に状況が述べられている。アメリカ人の金持ちがイギリス人貴族の邸宅を買い、そこに幽霊が居るということを確実に描いている。

3文から成るパラグラフだが主語の *people, everybody, Lord Canterville* と話の一方の焦点の絞込みが無理なく、しかも付随する事態も合わせて述べられるあたり無駄がない。読者は楽に次のキャンタヴィル卿とオーティス氏の会話に導かれる。このテキストは *stage2* ということでも700語の範囲で書かれているが、この制約がなければもっと自由に鮮明に叙述できるということになる。意味、イメージが深く、的確、鮮明になると言って差し支えない。

筋はオーティス氏一家が屋敷にやってきて気味の悪い話を家政婦に聞いてもあまり驚かず、オーティス氏が皆が寝静まったところに数百年生きてきた屋敷の幽霊に遭遇しても驚くどころか幽霊がぶらさげている音のたてる鎖にアメリカでよく使われている油をつけてみないかとすすめる始末。後、この幽霊が一家の子供たちからかわれ、苦しめられ、死ぬのであるが一家の娘が彼に同情し、幽霊と心の通ったつかの間の交流があり、娘は出入りの若い貴族と結ばれるというものだが、起伏があつて結構楽しめる。今すぐというわけにはいかないが将来、原典を読む準備作業、あるいは本格的な短編小説を読む橋渡しになり、個性ある文体を持つさまざまな作品世界を期待させる。

参考書目            *PROMINENCE English I* 2006            TOKYO SHOSEKI  
                          Oscar Wilde *The Canterville Ghost*    Oxford University Press

#### Summary:

Reading a short novel is like living in an English-speaking world. If a novel is a good one, its sentences are written in one style or another. They will give some delight, courage, or enlightenment to even beginners of English.



<b>国語科 「読み」の再構築</b>		筒井 和幸	学生による科学館展示物解説活動の成果と展望
浅野 緑子	古典の読解力をさらに深めるとともに、最新の文章を積極的に読んで行く	西 庸扶	磯の生物の認知度に関する研究
琢磨 昌一	読みの適切な表現の工夫	三木 康宏	化学実験・実習の教材開発とデジタル化
谷 周平	理解から表現へ。読解力を伸ばす指導	森中 敏行	環境教育の教材開発
平田 達彦	様々なジャンルの文章を読み、表現力へとつなげる	<b>保健体育科 多様なアプローチによる保健体育科教育の実践</b>	
藤本 一栄	基本を身に付け、自分で読みとく古典をめざす	鎌田 剛史	IT機器を活用した授業について
宮川 康	近現代文学を読む楽しさを知り、思考力を養う	川井 悦子	生涯にわたる豊かなスポーツライフを目指した保健体育科教育のあり方について
<b>社会科 中高連携の上に立った6年間カリキュラムの開発</b>		武井 浩平	アダプテッドスポーツを取り入れた授業の試み
生川 年雄	歴史認識を深める史料の活用	松田 光弘	デジタルコンテンツを活用した授業プログラムの開発・実践
桑名 智寛	視覚教材を活用した地形図学習	<b>養護科 中高一貫における生徒の健康教育</b>	
甲山 和美	“自己発見”する開発教育の実践	岸 弘野	心と体の発達の変化
笹川 裕史	“20世紀史”の試み	増田 寛子	養護教諭の職務～健康教育について～
出原 真哉	ネット博物館「出原の歴史教材博物館」の拡充	<b>音楽科 合唱と創作の指導</b>	
西野 直美	多角的な視野でとらえる歴史学習について	諸石 孝文	創作領域でのコンピュータの活用
堀 一人	科学の発展に対応する倫理教育のあり方について	<b>美術科 鑑賞教育を考える</b>	
山田時比古	教育情報の共有化とその利用	首藤 友子	絵画を通じた鑑賞教育
<b>数学科 教材の精選</b>		<b>技術・家庭科 学力向上を意識した教材開発</b>	
岩瀬 謙一	結び目の数学	上田 学	社会貢献をテーマとした教材開発
大石 明	指導法に関する研究	良 千恵子	被服製作実習に関わる教材開発
澤田 耕治	指導法に関する研究	<b>英語科 効果的なインプットから自発的なアウトプットにつながる英語学習</b>	
芝本 裕司	結び目の数学	伊藤 洋一	話す力の向上を目的とした作文指導
藤田 幸久	指導法に関する研究	井畑 公男	パラグラフの要約
溝内 浩三	指導法に関する研究	金井 友厚	NHKラジオ講座を授業に取り入れる試み
吉村 昇	指導法に関する研究	楠井 啓之	デジタルポートフォリオ Speaking Performanceのフィードバック
<b>理科 理科のティーチングスキルに関する研究</b>		徳永 京子	内容理解のための音読指導
井上 広文	偏光板を用いた実験教材	富田 大介	多読教材の開発
岡 博昭	Win MOPAC pro.を用いた200原子以上の分子モデルの検討	東元 邦夫	文法問題文の実際の英語への利用
岡本 義雄	地学現象のモデル化に関する教材開発	日根野敬也	読解の技法

## 研究集録 第49集

平成19年3月 印刷

平成19年3月 発行

編集発行者 大阪市天王寺区南河堀町4-88  
大阪教育大学附属天王寺中学校  
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎  
代表者 鈴木正彦

印刷所 ハンカイ出版印刷株式会社