

ISSN 1340-461X

附属天王寺中・高

研究集録

第44集 (平成13年度)

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

No. 44
(March, 2002)

大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校
大阪教育大学教育学部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16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

大学生の学力低下問題が言われはじめたのが 1997 年頃であり、98 年には高等教育フォーラムで「日本の理科教育が危ない」と題してシンポジウムが開かれ、マスコミにも大きく取り上げられた。そして、2002 年度から実施される完全学校週 5 日制と新学習指導要領の導入により「授業時間、学習内容が減ることで学力の低下がさらに進む」と批判の声も上がり、学力低下問題はここにきて初等・中等教育までも含めて議論が盛んに行われるようになってきた。文部科学省は「低下しているデータはない」としながらも全国の小学校 5 年から中学校 3 年生まで約 43 万人を抽出して学力テストを行うなどその実態調査に乗り出し、結果次第では指導要領の改訂も小刻みに行う方針を示している。

一方、OECD（経済協力開発機構）が開発し、米国や英国など欧米諸国や韓国など計 32 カ国が参加した新テスト「生徒の学習到達度調査（PISA）」の結果では、読解力 8 位、数学的応用力 1 位、科学的応用力 2 位と上位を占めた。これらは「生きる力」を測るにふさわしいものであるとして注目されている。学力をどのように定義するかという根本的な問題はあがるが、当分は制度改革と併せて議論が続くであろう。

学力低下問題は、数年前から中・高等学校の現場では危惧されていたことであり、決して新しい問題ではない。どうしても教育問題は社会一般の人々に事態を認知されるまでには、生徒が次の学校種に進学するまでの間のタイムラグとして 3、4 年間の潜伏期間がある。それだけに教育現場では、教育改革による成果や影響がどのように生徒に現れるのかをいち早く気づく立場にあるわけで、その対応は社会問題になってからでは遅いことになる。

中教審は「今後の教員制度のあり方」で小学校で中・高校の先生が教えることや教職について 10 年経た全員を対象に研修を実施することを提案する中間報告も出されている。また、附属学校の今後のあり方として、大学との連携が深く求められている。その一つに教員養成系の大学では学校現場の実践を取り込むために、附属学校の教員を大学の非常勤講師などに積極的に登用することなどが提案されている。

研究集録第 44 集は、今日の教育問題と真摯に向かい合い、これからの附属学校に求められる使命と本校が目指す中・高一貫教育の実現に向けて、日頃の研究の成果を実践によって検証したものである。本校の研究の積み重ねは、文部科学省が学力低下に対してアピールする「確かな学力の向上のための具体的方策」にも対応できる実績をもち、さらに発展させる可能性をもつと確信している。各方面からのご批評ご批判を頂ければ幸いである。

大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校校長

大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎校舎主任

三 木 四 郎

目次 (Contents)

吉岡 正博 (YOSHIOKA, Masahiro) :

あなたのとなりのNPO — NPO学習を通じて、個人と社会の関わりを学ぶ —
(Your Neighbor NPO - To Learn the Relation between an Individual and Society through
the Study of NPOs)1

笹川 裕史 (SASAGAWA, Hiroshi) :

「私は世界史で受験をしました」 — 世界史の教育実習生の指導をめぐって —
("I Chose World History as a Subject of Entrance Examination": A Note of the
Instruction to the Student Teachers)17

岡 博昭・杉井 信夫・井野口 弘治 (OKA, Hiroaki; SUGII, Nobuo; INOBUCHI, Koji) :

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 —
(Making Teaching Material of Molecular Compounds Using WinMOPAC : 1)33

岡 博昭・杉井 信夫・井野口 弘治 (OKA, Hiroaki; SUGII, Nobuo; INOBUCHI, Koji) :

WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第2報) — 糖類を中心に —
(Making Teaching Material of Molecular Compounds Using WinMOPAC : 2)47

岡 博昭・杉井 信夫・井野口 弘治 (OKA, Hiroaki; SUGII, Nobuo; INOBUCHI, Koji) :

WinMOPACを用いた分子モデルの教材開発 (第3報) — アミノ酸・プチペドを中心に —
(Making Teaching Material of Molecular Compounds Using WinMOPAC : 3)59

井上 広文 (INOUE, Hirofumi) :

高校物理の授業における科学史の活用 — 日常の授業の流れを生かした科学史教材の導入 —
(Easier Application of Science History to Physics Classes at High School)71

森中 敏行 (MORINAKA, Toshiyuki) :

遺伝子工学実習の取り組み
(Trial of a Laboratory Experiment on Gene Engineering for High School Students) ...87

廣瀬 明浩 (HIROSE, Akihiro) :

科学と人間の関わりを重視した中学校理科物理領域における学習指導
(The Method of the Junior High School Physics Education Emphasized on the Relation
between Science and Humanity)103

井上 広文・井野口 弘治・岡 博昭・岡本 義雄・柴山 元彦・杉井 信夫・ 西 庸扶・廣瀬 明浩・森中 敏行 (INOUE, Hirofumi; INOBUCHI, Koji; OKA, Hiroaki; OKAMOTO, Yoshio; SHIBAYAMA, Motohiko; SUGII, Nobuo; NISHI, Nobusuke; HIROSE, Akihiro; MORINAKA, Toshiyuki) :	
新学習指導要領をふまえた中高理科カリキュラム — 中高6年間を見通して — (The Science Curriculum of Junior and Senior High School Based on the New Educational Guidelines)	119
諸石 孝文 (MOROISHI, Takafumi) :	
創作領域でのコンピュータの活用 第I報 — コンピュータ・ミュージックに関する10年間の実践について — (The Objective of Computer in the Part of Creative Composition I)	135
井畑 公男 (IBATA, Kimio) :	
パラグラフという網の目 — 英語学習者にとっての読み — (A Paragraph or a Perspective)	149
東元 邦夫 (HIGASHIMOTO, Kunio) :	
自由英作文の記録 — 和文英訳を興味深くするために — (Essay Writing in English Class)	155

あなたのとなりのNPO

—NPO学習を通じて、個人と社会の関わりを学ぶ—

よし おか まさ ひろ
吉 岡 正 博

Your Neighbor NPO

~To Learn the Relation between an Individual and
Society through the Study of NPOs ~

YOSHIOKA Masahiro

抄録：社会科における総合的な学習として、最近活発になってきたNPO活動の現場を訪れ、その取り組みを調査する。一人の人間の願いが社会の中で実現されていく具体的な事例にふれることによって、生徒のボランティア精神を育て、プロジェクトが組めるような力を身につけさせることを目指す。

キーワード：社会科、総合的な学習、NPO、ボランティア、プロジェクト

I. はじめに

非拘束名簿式比例代表制への移行の中で行われた昨夏の参議院選挙。近年になく選挙は盛り上がっているかに思えた。夏休みの課題は、立候補者の公約・選挙の結果・その後の行動はどうであったかを、街頭や新聞・テレビ、そしてインターネットなどで調査し、レポートせよというものにした。9月の最初の授業ではその報告会として、クラスの全員が『私が選ぶ候補者 BEST 1・WORST 1』を発表した。そのあとに行ったアンケートの結果では、8割の生徒が将来選挙には行くと答えているのに、「この人はなら任せられる」という立候補者がいると答えた生徒は4割。政党に至っては2割である。選挙に行かないのもこまるが、投票する相手が見つからないのに投票に行くというのもやはりおかしい。

来年度より実施される新「中学校学習指導要領」に示された社会科公民的分野の目標(2)には、「民主主義の意義、国民の生活の向上と経済活動とのかかわり及び現代の社会生活などについて、個人と社会のかかわりを中心に理解を深めるとともに、社会の諸問題に着目させ、自ら考えようとする態度を育てる」とある。これは、政治・経済・社会生活に関するすべての学習において個人と社会の関わりを中心に理解を深めさせることを示している。いくら政治や経済のしくみがわかって、それが自分の生活とどのように関わっているのかがわからなければ意味はない。そんなことは当たり前だが、今まで自分は社会科の授業でそれをしっかり教えてきただろうか。選挙のたびに繰り返される低い投票率は、そ

んな社会科学習の欠点を示していないか。選挙権は最も重要な参政権ではある。しかし、政治とわれわれの生活との関わりが見えにくくなった現代、選挙以外で、自分たちの日常生活から社会を変えていく活動について学ばせなければいくら政治のしくみを教えても意味がない。そんな時に出会ったのがNPOである。

II. NPOについて

1. なぜ、NPOなのか

日本NPOセンター常務理事・事務局長である山岡義典氏は、NPOの社会的な役割として、「先進性」「多元性」「批判性」「人間性」の4つを挙げている。NPOが持つこのような特性は、一人の人間が自分の経験や価値判断をもとに、「自分はこれが大切だと思う」とか、「自分はこれがとてもこまる」とか、「これなら自分でもできる（続けていける）」と思うことを、自分の責任において行動するから生まれるくるものである。一人の人間が始め、やがて同じ考え方を持つ仲間が集まり社会を変えていく力となる。最初から社会があるのではなく、あくまでも自分からスタートして社会にアプローチしていくことが「個人と社会のかかわり」を理解させる上で有効であろうと考えた。

2. NPOとは

NPOとは、Nonprofit Organization または Not-for-profit Organization と呼ばれ、直訳すると非営利組織（団体）ということになる。営利を目的としないなら何を目的とするのか。それは、mission、つまり、社会的使命である。非営利組織の中で、日本でNPOとされるのは、一般に右図の①と②である。アメリカでは③も含む。



岩波ブックレット『NPOはわかりQ&A』

3. NPO法（特定非営利活動促進法）とは

NPOが特に注目されたのは阪神・淡路大震災の時である。この時、のべ150万人といわれるボランティアやNPO団体が行政を越える働きをした。憲法に「全体の奉仕者であり、一部の奉仕者ではない」と規定されている公務員は、公平・平等の立場に立って行動しなければならない。それは全体のようなすを把握した上ではじめてできることであるが、あのような災害の中で全体を見るということは不可能なことである。そんな時、自分で考え自己責任で行動するボランティアやNPOは全体に縛られず、自分のことから順次活動していく。そのため、機動的で多彩な救援活動を行うことができたのである。しかし、震災で活躍したNPOの多くは法的に団体としての権利能力が認められていない任意団体であった。そこでこういった活動を法的に保障するために『NPO法』が制定された。なお、この法律では(1)でいう mission を12分野に分けている。

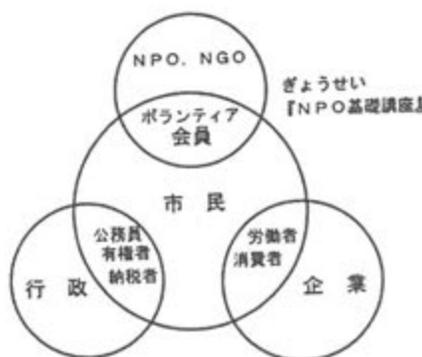
- ①保健、医療または福祉の増進を図る活動
- ②社会教育の推進を図る運動
- ③まちづくりの推進を図る活動
- ④文化、芸術またはスポーツの振興を図る運動

- ⑤環境の保全を図る活動 ⑥災害救援活動 ⑦地域安全活動
- ⑧人権の擁護または平和の推進を図る運動 ⑨国際協力の活動
- ⑩男女共同参画社会の形成を促進する活動 ⑪子どもの健全育成を図る活動
- ⑫上記の活動をおこなう団体の運営又は活動に関する連絡、助言または援助の活動

4. NPOとは第三セクターの担い手である

ここでいう第三セクターとは自治体と私企業が共同出資するという意味ではない。税金という公共の資金で営利に結びつかない公共的な活動をするのが第一セクター（行政）で、営利を目的に民間が活動するのが第二セクター（企業）。これに対して、営利を目的とせず、民間が活動するのが第三セクターである。

NPOは決して行政や企業と対立するものではなく、お互いが生かし合う関係にある。社会福祉法人大阪ボランティア協会理事・事務局長の早瀬昇氏は、ひとりの人間とこの3つのセクターの関係を右図のように示している。市民が行政、企業に属すると同時に、NPOにも属し、NPOの社会的な意味を十分に生かしながら、有権者として、また、労働者や消費者として活動する。この3つの立場をバランスよくこなすことが大切である。



参考：筑紫哲也編 『「政治参加」する7つの方法』(講談社現代新書)

山岡義典編著 『NPO基礎講座』(ぎょうせい)

辻本清美・早瀬 昇・松原 明 『NPOはやわかり Q&A』(岩波ブックレット)

Ⅲ. 実践経過

1. 初期の指導計画

- (1) NPO活動について知る。

「NPO」や「第三セクター」ということばの意味を知る。

阪神大震災の救援活動から、NPOの社会的な意味を理解する。

NPO法について知り、12分野の中から、自分が興味ある分野を選択する。

- (2) 興味がある分野ごとにグループに分かれ、インターネットを利用して実際にどのようなNPO活動が行われているか知る。(資料1)

- (3) 自分が調べる分野を決定。さらにくわしく知るために、メールで質問をする。

こちらの身分や学習の意義をはっきりさせる。

返事が来た場合は折り返しお礼のメールを送る。

- (4) 身近にあるNPOを訪ね、話を聞いたり、活動に参加させてもらう。

相手先を見つける方法

①インターネットのHPで調べ、直接連絡する。

②保護者等の知り合いに依頼する。

③NPO活動支援センターに紹介を依頼する。

④NPOアワードの見学などNPO団体のイベントに参加する。

なお、同じNPOを複数の班が選択している場合、できる限り同じ日に訪問をする。

(5) 調べたことを新聞にする。

新聞の内容は、自分たちが実際に訪問したNPOの紹介を中心に、全国の同じ分野でユニークな活動をしているNPOを報告する。

(6) この調べ活動を通して考えたことをまとめる。

今、社会ではこのような活動が求められている。

中学生として、こんな活動ができるのではないか。

高校生になって、こんなことをしたい。

将来、どのようにして社会に貢献したいと考えているか。

(7) これに対して、高3生にメッセージをもらう。

高校時代に是非やっておいてほしいこと。

今、自分は 何を考え、どう進路に立ち向かっているか。

これから大学や社会でどのようなことをしようと考えているか。

(8) 高3生のメッセージを受けて、感想を交換する。

最終的な決意表明をする。

今回の調査でどんな人からどんなことを学んだのか。

それを活かすにはどんなことを学んでいくべきか。

(9) 決意表明と新聞をお世話になったNPOに送付。

Web 上に掲示板をつくり、意見をもらったり、自分の考えをさらに広げてゆく。

2. 指導計画の変更

初期の指導計画ではNPOを社会的な事象として広く一般的に捉えさせることを中心に考えていた。そこで、次のような段階で学習を進めようと計画した。

① インターネットや電子メールを駆使して、全国のユニークな市民活動を数多く知りそれを分析することによって、個人が社会を変えていける可能性を感じさせる。

② そこで得た知識をもとに自分の身の回りにある課題を発見し、それに取り組んでいく決意表明をさせる。

③ いろいろな人（先輩・市民活動をしている人・一般の人）からそれに対する提言や批判をもらうことによって、自分たちの考え方を広げ深めていく。

この時点では、NPOを実際に訪問するというのはNPO活動を知るための一つの方法にすぎなかった。そんな折りに、同僚の紹介で、車イスをカンボジアに送る活動をしているNPO「ハート オブ ゴールド」の武藤勝行氏のお話をうかがう機会を得た。活動内容の説明もたいへん勉強になったが、その後で聞いた話が衝撃的であった。消防士である武藤氏が、「ニューヨークには消防士の世界大会で知り合った友人がたくさんいる。その中にテロ事件の救助に出かけ帰ってこない消防士がいる。また、現在、寝る暇もなく救出活動にあたっている消防士がたくさんいる。彼らを少しでも寝させてやるために、休暇をとってニューヨークにボランティアとして出かける。」というのである。公務員である氏がそのような行動をとるについては周囲の反対もあったらしい。しかし、「ぼくはぼくと

して、友だちを助けるためにいく」ということは感動的であった。氏は数日後ニューヨークに行き、見事に活動された。しかし、それは氏の思いだけで実現できたことではない。そこに至るまでにいろいろな社会的な障害を一つずつ克服していくことによってできたことである。また、氏は、「善意で始めたことがいつも善行となるわけではない。自分の思いを社会的に意味あるものにするためには経験や知識が必要であり、それを得るためには無理せず継続的に取り組むことが大切である。」と教えてくれた。

これからの学習でこんなにすばらしい人と具体的な知恵に出会えるのに、広い情報収集など必要はない。社会的な事象としてのNPOではなく、NPOで活動する一人の人間の生き方から学ぶ方がはるかに得るものは大きい。そこで次のように方針を変えた。

- ① 社会的な使命を持って活動している民間団体であればNPOという限定は設けない。
- ② 全員がNPO訪問をすることを原則とする。(資料2)
- ③ 新聞は直接聞いてきた話をもとに、一つのNPO、一人の人間についてまとめる。

この時点でこの授業は社会科というよりも総合的な学習の時間の様相を呈してきた。実際、この学習を始めようと考えたきっかけの一つにこの2年間の総合的な学習の取り組みがある。もちろん、総合的な学習で得た経験がなければできない学習である。しかし、一方で、「何となく地域に出て行って学んで帰ってきて、発表して終わり」という形になっている総合的な学習を改善できないかという思いもある。

- ① 総合的な学習で学んできたことに学問的な裏付けはあるのか。教科でしか教えられないものの見方や研究の方法があるのではないか。
- ② 地域に出て行って学ぶだけではただ地域に迷惑をかけているだけである。学んだことをもとに、何かを地域にフィードバックしていくプロジェクトが組めないか。そのためにはまず自分たちの考えを実現する具体的な方法をまず学ばせる必要がある。

このような考えに基づいて、NPO訪問、およびそのまとめやまとめの処理の仕方について以下のような方針を立てた。

- ① できれば話を聞くだけでなく、実際の活動にも参加させてもらう。
- ② まとめた新聞は、日刊紙に定期的に掲載されている「ひと」の欄の形式に統一する。
- ③ 一人一枚ずつかき、それを回し読みし分析することによって、プロジェクト化していく過程を数多く学ばせる。
- ④ パソコン処理することによって取材先にもできるだけ成果をフィードバックしていく方法を工夫する。

3. 実践結果のまとめ

(1) NPOの活動にできるだけ参加もらうことについて

NPO訪問のアポを取ろうとしている生徒に対し、実際に活動に参加させていただいた後に話を聞くのが理想的であると提案した。また、受け入れ先の団体の方でもそれが効果的であると考えていたようで、同じような申し出を受けた班が多かった。生徒が訪問できる期間は約2週間に限られていたので、それが実現した生徒は1割あまりである。実際に活動した生徒はそれ以外の生徒よりもはるかに具体的で生き生きとした知識や経験を得てきたことは間違いない。あとの資料3～5を参照されたい。今後の取り組みにおいてはふだんからの情報交換を大切にすることと訪問期間をながく設定することが必要であろう。

(2) 新聞の「ひと」の形式でまとめるという点について

この欄はたいてい以下の項目によって構成されている。

- ① その人物の肩書きや功績
- ② その人物の生き方を示す象徴的なひとこと
- ③ その人物が現在に至るまでの過程。いかにして挫折を乗り越えてきたか。

このように、新聞をかくにあたってクリアしなければならない項目を明確化することによって、的を射た取材ができるように工夫した。ただ、そのようにまとめるのだということを取材対象にあらかじめ説明していなかったため、新聞を見て「それならもっと適切な話のできたのに」と苦言をいただいた。もっともな話で今回の反省点の一つである。

(3) お互いがつくった新聞を回し読みし、内容を分析するという点について

一人1枚ずつかいた新聞を回し読みし、その中の人物とその具体的な活動に対して評価させたが初めは精神論に終始していた(資料6)。これでは社会科の授業で取り組んだ意味がない。もう1時間を設定し、班単位で聞いてきた話の中にあつた事実のみを以下の項目にしたがって整理をさせた。

- ① 現在取り組んでいる課題とどのようにして出会ったのか
- ② それを具体的な行動にしたり、組織化したりするときに
 - ・まず、どんなことから始めたか
 - ・活動していく上でどのような障害があり、それをどのように乗り越えたか
 - ・活動を継続・発展させていくためにどのようなことを心がけているか

この結果が資料7で、この作業によって、自分たちの学んできたことが明確化したとともに、自分たちの取材の不十分さに気づいたようである。

そこで、いくつかの班をピックアップして全体の場で発表させることによって、班で学んできたことをクラス全体の認識とするために行ったのが資料8で示している指導案に基づいた授業である。



公開授業の際には生徒が訪問したNPOシヴィル・プロネット関西の上野義治氏も参加された。友人からの質問に窮した生徒にかわって、上野氏が推進していらっしゃる民間による調停について説明をして下さる場面もあった。氏は中学生も生徒どうしの問題に対して、双方の話を聞き、調停をする力がつくような学習をする必要があると提案されている。

(4) パソコン処理をして取材先にフィードバックするという点について

パソコン処理をした理由は文字のポイントや行間を調節することによって字数に縛られないこと、文章に何度でも手を入れることができるからである。一次作品ができた時点で訪問先に送り、朱を入れていただいた。自分たちが聞いてきたつमりの話と実際にしていただいた話とのギャップが思いのほか大きいこと、それぞれの立場によって表現に注意しないといろいろな差し障りがあることなども重要なことが学べたようである。自分たちの得てきた情報に客観性を持たせるという意味で大きな成果があった。

なお、単元の終了後におこなったアンケート取ったところ、多くの生徒が「パソコンのデータ処理は楽だった」という項目に肯定的な答えをしている。もちろん、入力に悪戦苦闘していた生徒がいたことも事実である。

資料1 どの分野のNPOについて調べたいか 実施日：平成13年9月21日

	男	女	計
①保健、医療または福祉の増進を図る活動	5	6	11
②社会教育の推進を図る運動	6	0	6
③まちづくりの推進を図る活動	6	4	10
④文化、芸術またはスポーツの振興を図る運動	37	10	47
⑤環境の保全を図る活動	6	10	16
⑥災害救援活動	4	16	20
⑦地域安全活動	5	1	6
⑧人権の擁護または平和の推進を図る運動	3	1	4
⑨国際協力の活動	6	17	23
⑩男女共同参画社会の形成を促進する活動	0	2	2
⑪子どもの健全育成を図る活動	1	12	13
⑫上記の活動をおこなう団体の運営又は活動に関する連絡、助言または援助の活動	0	0	0

資料2 実際に訪問した市民活動団体 平成13年10月中旬～11月上旬

訪問NPO	班	人	訪問NPO	班	人
ブルー・ボランティア	6	22	ゆめ風十億円基金	1	3
日本レスキュー協会大阪	4	16	ニワトリの会	1	3
国際平和基金	4	9	大阪サポーターズクラブ	1	3
関西子ども文化協会	2	8	日本ガーディアン・エンジェルス関西本部	1	3
大和川を守る会	2	6	中之島まつり	1	3
Save The Children Japan	2	5	京都フィルハーモニー室内合奏団	1	3
日本国際飢餓対策機構	2	5	大阪みどりのトラスト協会	1	3
アジアの児童買春阻止を訴える会	2	4	ダッシュ	1	3
動物愛護を考える東大阪市民の会ファーストフレンド	1	4	大阪ボランティア協会NPO推進	1	2
日本ジュニアゴルフ協会	1	4	アジア協会アジア友の会	1	2
日本デンマーク体操研究会	1	4	臨床教育研究所	1	2
ネットワーク「地球村」	1	4	デイコールサービス協会	1	2
ネパールの子供を育てる会	1	4	日本リズム体操協会	1	2
光の音符	1	4	神戸大学総合ボランティアセンター	1	2
長居障害者スポーツセンター	1	4	フィフティーネット	1	2
シヴィル・プロネット関西	1	3	さんが俵座	1	1
シックハウスを考える会	1	3	シャブラニール	1	1
HITOセンター	1	3	新世紀楽園計画	1	1
こころのケアステーション	1	3	大阪被害者相談室	1	1

資料3 活動に参加したNPO

大和川を守る会

毎月最後の日曜日に大和川の清掃活動をしている。清掃活動の目的は「子どもが安心して遊べる川原にする」とたいへん明確である。「活動日をわかりやすくすること」「活動目標を明確化すること」は継続性という点でとても重要な要素であることを学んだ。

生徒が持っているビニール袋は厚手の物でとても強く使いやすい。市や国土交通省



から提供されているとのこと。しかし、そこまで行くのにいろいろな苦労があった。最初は川原で拾ったゴミを市が回収してくれず、自分の家に持ち帰り個人のゴミとして出すように言われた。川原は本来、国土交通省の管轄であるが、国土交通省が川原を清掃するのは大雨で上流から大きな物が流れて来た時だけだそう。行政のあり方を知る上でとても役に立つ話だ。「ゴミを回収してもらうこと」「清掃用の袋を提供してもらうこと」、権利は自らの行動で勝ち取るものである。



プール・ボランティア

ここは市営のプール。施設を管理しているのは第一セクターである市。利用者への案内や安全を管理するのは第二セクターである企業。障害者がプールに入る手助けをするプール・ボランティアは第三セクター。この三者がこの施設で同時に活動している。

また、プール・ボランティアという取り組みそのものにも立

場が違う三者が関わっている。組織を運営する役員や職員、実際に活動をするボランティア、NPOから提供されるサービスを利用する障害者やその家族。このNPOには最も多くの生徒が訪問したが、そのまとめもこの三者を主役にした三種類のものがあつた。また、生徒にはボランティアなのになぜ有料なのかがわかりにくかったようだ。それに対して、理事長の岡崎寛氏は、「有料にすることによって、利用者が自分たちの要求をはっきり言うことができる。ボランティアと利用者が対等な立場に立つために大切なのだ。」と説明されていた。

平成6年4月

「大和川を守る会」を発足

高村 善夫さん



「きつかけは、今から七年前小三だった子供が大和川へ遊びに来ていた時の事でした。河川敷を走り回っていた子供が突然泣き出したのです。私は慌てて駆け寄ると、粉々になった酒の空びんで足を切ったのです。私はこの大和川に捨てられたゴミを見て憤りを感じました。それで、清掃活動を決心したのです。」

高村善夫さんは「大和川を守る会」を結成して今年で七年目になる。最初は目も当てられない状態だったそうだ。けれど、

毎回五十ものゴミ袋をいっばいにして清掃し続けた。「単調な作業で、やってもゴミが減らない。」しかし、その成果は着実に表れている。最近では国土交通省から感謝状を授与された。市や政

府にも認められたという証拠だ。「今まで続けてこられたのは仲間たちの励ましがあったからです。」と高村さんは謙虚に語った。

Nice

People

Organization

このグループは、毎月最終の日曜日にJR阪和線鉄橋下から行基大橋下まで清掃活動をしている。私もそれに参加してみた。小さい子供たちもたくさんいて、とても和やかな雰囲気だった。私もみんなの足を引っ張らないよう一生懸命ゴミを集めたが、一時間半もすると、腰と右手がとてもしんどくなった。こんな大変な作業を七年間も続けている高村さん達の努力に、私は素晴らしいと感じた。そんな「大和川を守る会」の目標は「下流にあるグループと連携して、もつと大和川の清掃地域を広げていくこと。」と、

くさん姿を見せたそうだが、今では川沿いのあちこちに下水処理場ができ、「日本一汚い川」と呼ばれている。今、私たちに出来ることは何だろうか。「ゴミ問題に関心を持つことと、清掃活動に一度参加してみる事。現状を自分の目で見てみれば、今何をすべきかよく分かると思う。」

文・後藤彩子

NPOとは、Non-Profit Organization (非営利団体) という意味ですが、私たちは「特定非営利活動法人」に限定せず、社会的な使命を持つ活動している民間の団体や人々について学びたいと思い、インタビューさせて頂きました。

大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校 第53期生 指導担当教諭 吉岡正博

「継続は力なり。価値のある行動を。」

世界で一番熱いおっちゃん！

NPO法人プール・ボランティア理事長

岡崎 寛さん



第一印象は、けっこう恐
ろな感じの人だった。だ
けど数時間経つにつれ、と
ても熱い、そしてとても
かっこいいおっちゃんだ
とわかった。

特定非営利活動法人
プール・ボランティアの理
事長 岡崎 寛さんは、と
ても活発な人で、「人のた
めにできることと言った
ら僕は泳ぐことぐらいし
かない。だから僕はこのN
POを始めました。」この
NPOは高齢者や障害者
の方が多く利用されてい
る。特に、すこし障害を
持っている方は、一般の
プール教室には断られる
ことが多い現状だ。だから

そんな人たちは喜んで参
加している。僕たちはそん
なプール・ボランティアを
見学にさせてもらった。一
番初めに岡崎さんから教
わったことは、障害者の人
たちは時間を守ることが
できないので、すこし気を
長くして待たなければな
らないことだ。俺ならすぐ
愚痴をこぼすところだけ
れど、岡崎さんは静かじつ
と待って、遅れて来た障害
者達を温かく

笑顔でむかえ
た。その優し
さも彼の魅力
だろう。僕た
ちが担当した
子供は、K君
という男の子
だった。その
男の子はすこ
し知的障害があつた。「普
通の子だよ！」と思ってい
たが問題はいきなり始
まった。プールキャップを
かぶらないのだ。なぜかぶ
らないのかと聞いてみて
も答えてくれずただ泣く
ばかり。僕らが困っている
と岡崎さんがこう言っ
てくれた。「こういう子供は、
一定の環境に慣れるまで
には1年はかかるんや。す
ぐにはかぶれへんから、好
きなようにさしてあげ
え。」そこで、岡崎さん
の言うとおりにすると、K
君は泣くのをやめてプー
ルに入ったりジャグジー
に入ったり、
またトイレに
入ったりと大
忙しだった。
トイレに入っ
たときはさす
がの岡崎さん
も少し注意し
た。そうする
とK君は大人
しくプールに戻った。岡崎
さんには何か不思議な力
があるようです。すごいと感
じた。
そんな彼にも失敗がた

Nice

People

Organization

くさんあつたそう。突
然、子供がプールで用を済
ませたり、急に騒ぎ出して
ほかの人の迷惑になった
りしたそう。特に最悪
だったのは、集合場所
であつたプールが急に休
みになったことなど。ほかに
もいろいろな苦労話を聞
かせてもらった。やっぱり
経験はなによりも財産に
なり、さらにそれが自信へ
とつながり立派な人を作
り上げていくと感じた。
(文 財津 芳紀)

※ ※ ※
NPOとは、Non-Profit Or
ganization (非営利団体)と
いう意味ですが、私たちは
「特定非営利活動法人」に限
定せず、社会的な使命を持
って活動している民間の団体
や人々について学びたいと思
い、インタビューさせて頂き
ました。
大阪教育大学教育学部附属
天王寺中学校 第53期生
指導担当教諭 吉岡 正博

「大将、ほら、ズボンはいて！！」

資料6 『Nice People Organization』 を読んで

自分たちが直接話を聞いた人について

氏名 榎本昭彦さん 所属 ネパールの子供を育てる会
 どんな人か (生き方・考え方・どんな社会的な使命を感じているかなど)
 「失敗」をふみこえてゆく力を持ち、失敗の過程より結果で全てを考える。
 ボランティアという言葉よりも、人とぶれ合い、困っている人を少しだけ助け
 よりという温かい人。人と直接出会うことが大切...と考えている。

分の班以外の人の記事を読んで、もっとも魅力的だった人について

氏名 魚川大輔さん 所属 神戸大学総合ボランティアセンター
 どんな人か (生き方・考え方・どんな社会的な使命を感じているかなど)
 「相手の必要としているものが何か？」常にそれを考えて行動化する。ボ
 ランティアの魅力をあつく語り、人との出会いを大切にすばらしい人。

一人の人間が考えたことを実際の行動に移す、また、組織化するためにはどんなことが
 大切なんだろう

	学んだこと
国際平和 基金	創造性を求めて... ボランティアはつねにつくり出すこと だ。
京都フルタイム 案内合奏団	ボランティアは私利私欲のためにするものじゃない。
フィフティネット	社会に参画できる女性を送り出す。
アール ボランティア	泳げる人と泳げない人がいるのはおかしい。自分の価 値感でボランティアをするのも可。
神大総合 ボランティアセンタ	ボランティアに人とのつながりを見い出すこと。そのす ばらしさを知った。

中学生に望むこと

総合ボラ	構えお参加。
アールボラ	自分で考える。
フィフティネット	話をきくだけでも
京アール	おもしろい... 市民活動。
国際平和	協力すること。

資料7 班でもう一度確認しよう

訪問NPOく大和川を守る会

①訪問したNPOの活動内容を具体的に

JR阪和線鉄橋下から行基大橋下までの
約2kmの川原のそうじ。

どこかの展覧会とかに出て、みんなに川の知識
(BODなど)を深めてもらう。

②活動を始めたきっかけは

約7年前に子供たちが大和川の土手で遊んでいたら、
捨てられていたビンでけがをしまい、「こんな状態では、川で
子供たちが遊ばない、ゴミをなんとかして片づけなければ」と思ったから。

③活動を始めたときにどんな障害があったか、それをどのように乗り越えたか

- ・行政が活動を無視してゴミを集めてくれない ⇒ 7年間の苦労
が実り、集めにきてくれるようになった。さらに、川原に車が入れない
ようにしている柵の鍵ももらえ、出入りが自由になった。
- ・河川敷のホームレスが、ほっといているのに空き缶は資源で捨てるなと怒ってきた
⇒ 空き缶だけおいて置いてあげたりした。

④今後、活動を継続させていくためにどのような工夫をしているか

どのように発展させようと考えているのか

今は大和川68kmのうちこのグループでは2kmしかカバーで
きていないから、他の団体と連携して、68km全てカバーすること

⑤中学生にできること

- ・BODという川の汚染度の知識を深め、浄水をきちんとする。
- ・ボランティアなどに参加して、どういう現状なのかを理解して、
ゴミを捨てたらどうなるかをしっかりと感じること

⑥訪問後の展開 → なし

③の続き

- ・川でゴルフをすることはいけないのに大勢の人がゴルフをしていて
とても邪魔になる ⇒ 氷の心で、落ちている、ほっといている
ゴルフボールを捨てた。
- ・毎月掃除してもそのたびに大量のゴミが出る。そうじしている目の前で
ゴミを捨てられる。⇒ いかに何度もなったが、グループでやっ
ているため仲間同士の中でお互いに助け合ったり、周囲の人々から嬉しい言葉
をもらったり、7年前よりよくなっている現実もあり、続けて来た。

資料8

社会科学習指導案

指導者 吉岡正博

1. 日時 平成13年11月10日(土曜日)第1限目(9時30分～10時20分)
2. 場所 大阪教育大学教育学部附属天王寺中・高等学校 視聴覚室(北館2階)
3. 学級 大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校 第3学年A組
(男子20名、女子20名)
4. 主題 あなたのとりのNPO
5. 主題設定 政治の学習とは、憲法に定められた国民の権利や政治のしくみを学ぶだけの理由でなく、自分たちの考えで実際に社会を変えていくことを体験することが大切である。最近活発になってきた市民活動の現場を訪れ、一人の人間の願いをどのようにして社会の中で実現していくのかを知る。具体的な事例に触れることによって、生徒が自発的に物事に取り組み、一つのプロジェクトを組めるような力を育てたい。
6. 目標 NPO活動について知り、行政・企業に加えて第三のセクターの可能性を考える。
自分たちの願いを具体的な形にし、それを実現するためにさまざまな障害を乗り越え、さらに継続・発展させていく方法を学ぶ。
インタビューする技術を身につける。
学校外の団体と連絡を取り合うことによって、マナーを大切にする姿勢を身につける。
7. 学習計画 全10時間
NPOとはなんだろう。 1時間
NPO法とはどんな法律か。12の分野から自分が調べたいものを選ぼう。 1時間
訪問するNPOを決めよう。アポイントを取ろう。 1時間
身近にあるNPOを訪問しよう。 2時間
調べてきたことをまとめよう。NPO新聞『Nice People Organization』の製作
2時間
お互いの作った新聞を読んで、NPOを分析しよう。 2時間
訪問したNPOにお礼の手紙を書こう。 本時 1時間
8. 本時の目標
 - ① 題材 訪問したNPOにお礼の手紙を書こう。
 - ② 目標 実際のNPO活動から、自分たちの願いを現実の動きとしていくために必要な考え方や行動の仕方を学ぶ。
ボランティアの意味を考え、自ら行動する姿勢を身につける。
 - ③ 準備物 筆記用具 便箋 発表予定班は資料を用意する。
 - 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	本時の目標	指導者の説明を聞き、発表する側・聞く側の留意点を理解する。	○ 班の発表は、NPOの具体的な活動内容や運営の仕方がよくわかるように説明するように、聞く側もそれが明確になるような質問をするように指示する。
展開 35分	生徒の発表に 質疑応答	3～4班が調べてきたNPOの活動内容を紹介する。 発表しない生徒は不明な点を積極的に質問する ボランティアということばの意味を考える。 NPO訪問後の動きについて発表する。	☆ 具体的に説明することができているか。 ① どのようなことを目標にどのような活動から始まったのか ② 活動を始めてどんな障害があったか。また、それをどう克服したか。 ③ 活動を維持発展させていくためにどのような工夫をしているか。 ☆ 発表を聞く立場の者は積極的に質問をして、活動内容を具体的に理解しようとしているか。 ○ 話の内容がより明確化するように、論点の整理をおこなう。精神論に陥らないように注意する。 ○ 自発的な行動が大切であることを理解させる。単元の目標を整理する。 ○ 他のクラスでの動きも紹介する。
まとめ 10分	単元・本時のまとめ	お世話になったNPOに手紙を書く。	○ NPOの名前を正確に書くように注意を喚起する。具体的な行動目標を示した決意表明になるように指示する。 ☆ 今日から始めることが具体的な行動になっているか。

IV. おわりに

この学習単元名の『あなたのとなりのNPO』は映画『となりのトトロ』から拝借してきたもので、いつもとなりにいるのにその気がないと決して見えてこないものという意味である。私自身がNPOということばを知ったのは、2000年の夏に生徒から自由研究で

調べてみたいと相談を受けたのが最初である。実はこの時もNPOとNGOを聞き違えていた(NGOは数年前から社会科の教科書に出ている)。よく話を聞いてみるとNPOと言っているので、「それなら君の町にもそういう活動をされている方がいるだろうから実際に話を聞いて来てごらん」と訳もわからずアドバイスをした。自分自身がNPOの勉強を始めたのはさらに遅い2001年の夏からで、その時まず感じたことは、わが国ではNPOに限らず社会的な使命を持って活動されている民間の人々がいるということに対する認識がとても低いということであった。

「いつもとなりにいるのに気づかない」ということにはもう一つの意味がある。それは自分の身の回りにあるいろいろな課題そのものである。中学校の社会科では政治や経済の大きなくみは教えるが、われわれの身の回りにどのような課題があるのかということをも十分に教えることができていない。自分の身の回りにどのような課題があるのかを知らない人間が、政治や政策のよしあしを語ることはできない。この学習を通じて生徒に学ばせなかったのは自分の身の回りにある課題にどのようにして気づくかということである。NPOを訪問第一の目的は、現在課題を持って具体的な活動をしている人ひとり一人がどのようにしてその課題と出会ったのかという話を聞かせてもらうことにある。

しかし、課題に出会ってもそれにどう取り組めばいいのかわからなければ私たちはそのことをすぐ忘れてしまうだろう。それどころか、自分の行動次第で少しでもよくしていけるという見通しがなければ、それが課題であるということ自体に気づかないのではないか。つまり、課題を課題と捉える態度、それは課題に対してどのように対処すればいいかという具体的な知識や経験を持っているかどうかにかかっている。これは、今回の学習で生徒とともに市民活動をされている人々の話を聞いてつくづく感じたことである。

さて、この学習の中でただ話を聞いてくるだけではなくぜひ実際の活動と組み合わせるべきだと感じたということは先に述べた。しかし、一回限りの活動ではなく継続して活動しないと本当のところは見えてこない。そのためには時間をかけてボランティア精神を育てること以外にはなく、これには学校だけでなく家庭や地域の協力が必要になってくる。そういう意味では生徒ひとり一人のレディネスに大きな差があるのだということも今回の学習によってわかった。この学習単元の終了にあたって、生徒に、「ボランティアとは、その活動に『自分がしたいことであること』と『そのことが(社会的に)意味のある活動であること』のどちらがかけてもいけない。」と話した。今回の学習が、これからの生活の中で、自分が永く取り組める課題に生徒が出会った時に、それに気づくことができるような時限装置になればという思いで今はいる。今後はいろいろな教科や行事・活動の中でそういった機会を意識して設定していく必要があるだろう。

生徒がNPO訪問をしたのは一部の例外を除き約2週間の期間である。その間にほぼ全員が訪問を終えることができたことに一番の喜びを感じている。これは本校生徒の学習意欲の賜物であり、それを育ててきたのは本校の教育であり各家庭のバックアップである。

実際に生徒が訪問をさせていただいた団体に加えて、情報を提供して下さった大阪NPOセンター・神戸市民活動センター、さらに生徒の願いに応え多くの資料を提供して下さった団体。どちらの団体も毎日『超』のつく忙しさの中で活動されている。本当に迷惑をおかけした。しかし、訪問から帰ってくる生徒、帰ってくる生徒が、時間をかけてやさしく丁寧に説明していただいたこと、すべての人が例外なく生命力あふれる素敵なお人であっ

たことを目を輝かせて報告してくれるのを聞くにつけ、この学習を行ってよかったと心底感じた。本当にすばらしい大人がいるのだということ、ボランティア精神が人間を真に元気にしてくれるものであることを、言葉だけではなく肌で感じてくれたことが今回の学習の最大の成果であると考えている。本当にありがとうございました。

生徒がお世話になったNPOに送った手紙から

日本国際飢餓対策機構（女子）

「中学生にできることは？」と訪ねた時、「苦しんでいる人がいることを意識してほしい」と予想もしていなかった返事が返ってきました。これからは学校で行われているボランティア活動にもっと積極的に参加していきたいです。そのためにも「今、苦しんでいる人がいる」ということを意識することから始めていこうと思います。

ブルボランティア（男子）

僕の心に一番強く残っているものは、ボランティアを終えたあとにお母さんからの「ありがとう」という言葉です。僕はこの充実感が忘れられなくて、またやってみようと思うようになりました。事務所へ登録へ行きますと言ってから、もうずいぶんたちます。テストも終わり時間ができで、そろそろ行くつもりです。早くしないと次のテストが...

アジア協会アジア友の会

やりたいことや夢やアイデアをいっぱい持って生き生きと話をされる姿を見ていると私も頑張らなくっちゃとエネルギーみたいなものが伝わってきました。こういう活動が特別なことではなく、ごくふつうの生活の中で協力できる世の中が理想だと思います。中学生の私でもできることがあるということを今回の訪問の中で教えていただきました。

シックハウスを考える会（男子）

自分のやりたいことをするためにはそのことに関することを知ることが大切だということ、協力してくれる仲間を見つけることが大切だということがわかりました。お話を聞いて以来、勉強も前よりまじめにやっています。将来は専門知識を身につけ、自分の道を究めたいです。

summary :

As one of the integrated studies in social studies education, the auther made the students learn about NPO activities which became more and more popular recently. Through the research, the students learned how a citizen's wish had come true in a society and recognized the importance of the volunteer spirit. The purpose of this study is to let the students have the ability of forming (and carrying out) their own project as a responsible citizen. This paper shows the method and the effect of the students' activities.

「私は世界史で受験をしました」

—世界史の教育実習生の指導をめぐって—

ささ がわ ひろ し
笹 川 裕 史

“I Chose World History as a Subject of Entrance Examination”

: A Note of the Instruction to the Student Teachers

SASAGAWA Hiroshi

抄録：地歴・公民科での教育実習を希望する教養学科の学生全員を対象に行なったオリエンテーションでの講話と、世界史の教育実習生に対する個別指導の記録。実習生の感想もまじえつつ、今後の実習生に対する教科指導のよりよいあり方を考察してみた。

キーワード：教育実習、世界史、教科指導

1. はじめに

本校に赴任してから毎年、世界史で教育実習を行なう学生の教科指導を担当してきた¹⁾。本校は教育大学の附属学校という性格上、教育学部教養学科の実習生を受け入れており、筆者も卒業生実習と教養学科実習の2つを受け持ってきた。

世界史での実習を申請してくる本校卒業生は大半が史学科の学生で(他学科であっても)世界史に対する意欲は高く、実習授業も一定の水準を維持している。しかし4月上旬頃に係から割り当てられる教養学科の実習生は異なる。本人の卒業研究のテーマや希望を勘案して世界史を実習科目に決定しても、歴史学を専攻していない教養学科の学生の世界史に対するモチベーションはさほど高くないし、実際の授業もかなり苦しいものとなってしまう。いったい実習生には、どのような指導・助言を行なえばよいのだろうか。また彼ら自身は、どのような指導・助言を求めているのだろうか。

この課題に取り組む必要を感じ始めていた筆者は、偶然にも2001年度のオリエンテーション(教育実習事前指導)を担当することになった。高校の地歴・公民科で実習を希望する教養学科の学生たちに筆者の授業を参観させたあと、今回の授業の意図を説明し、さらに普段の授業での工夫や留意点などを話すことができた。

本稿は、2001年度のオリエンテーションでの講話と、実習生への教科指導に関する記録である。覚え書き以上のものではないが、今後の実習生の教科指導の一助となればと思う。

なお本年度、筆者のもとで世界史で教育実習を行なった西本絵美さんには、教育実習終了後に、率直で具体的な感想を数項目にわたって記してもらった。謝意を表したい。

2. オリエンテーション（教育実習事前指導）

過去にオリエンテーションを担当した数名の教員から助言を得て、公開授業を4限目に行ない、公開授業および普段の授業での工夫や留意点を5～6限目に話すことにした。

公開授業は日程の都合もあって、高校三年生の選択世界史のクラスを対象とした。学習内容は「魏晉南北朝時代の仏教と道教」である（学習指導案は、最後に資料として掲載）。

複数の教員から「ともすれば実習生は公開授業を漫然と見てしまうので、前もって授業の学習内容を彼らに伝え、指導案を各自に作らせておくとよい」と告げられていた。しかし今回は、オリエンテーションの日時を通知してから当日までが短期間だったことと、参加する10名のなかには歴史を専攻している実習生がほとんどいないこともあって、彼らに指導案を事前作成させなかった。そのかわりに『今回の授業に対する評価と感想』（以後、『評価と感想』と略）を授業の参観後に記させた。「授業での説明（分かりやすさ・興味づけなど）について」「『板書』について」「授業者の『声』の状態（速さ・大きさなど）について」の3項目を、たいへん良かった／まあ良かった／ふつう／あまり良くなかった／まったくダメだった — という5段階の評価と感想を書かせ、それ以外に「その他、気が付いた点など」も記させた。彼らの『評価と感想』をふまえて、公開授業後の講話を行ないたいと思ったからである。ちなみに「授業での説明について」の5段階評価を点数化すると4.2となった。10名の感想を列挙しておく（最後の数字は評価）。

- ・例（キョンシー）や具体的資料（敦煌など）などを用いて興味深かったです。5
- ・ほとんどの説明が文語的な（引用者註：文章語的な？）話し方による「言葉」ばかりで成されており、「本読んだ方が早いし、想像しやすいのでは？」と感じたから。“生徒の目の前にいる”という大前提を活用しようと思ったら、もっと視覚的かつ日常的な説明も入れられたと思う。2
- ・仕方がないことかもしれませんが、最後に一気に進度が早くなってしまった為。4
- ・随所に興味づけを試みている箇所はあったが、生徒の関心を直接に引き出すことに成功していないように感じられた。授業自体、完全な受験対策のものとなっているようにも思えた。3
- ・50分の授業の中にギリギリいっぱい情報が詰めこまれた、内容の濃い授業だったと思う。それらが（当然のことかもしれないが）整理されて展開されていたのはやはりすごいなと思った。4
- ・資料、写真、エピソードを多く紹介していて、生徒の興味を引きつけるのが非常にうまくいった。4
- ・時間いっぱいかかるような量の多さなのに、地図帳、写真、エピソードをうまく取り入れながら生徒の興味を引けていたと思う。5
- ・日本の仏教の場合に当てはめて説明をされていたり、一貫して、東アジアと西アジアの人生観の対比を利用していたりした点が良かったです。5
- ・健康ブームやキョンシーの映画など、随所で現代の私達の生活との結びつきが挙げられていて、授業内容が身近なものに感じました。5
- ・中国における、仏教、道教が広がっていった過程が分かりやすく説明されていた。5

また「その他、気が付いた点など」では8名がコメントを記していた。

- ・生徒が考える時間がとれたらもっと良かった様に感じました。
- ・地理的なことを教える時にも視覚的でない→イメージしにくい/キョンシー、水銀、寺などのエピソードは日常的で効果的だった/全体的に「言葉」や「単語」が中心の授業だった。しかし乱暴な言い方をすれば、プリントの単語なんて生徒一人でもできるはず。問題はそれをどのようにイメージさせ、結びつけていくかで、それこそが教師の仕事だと思った（生意気ですみません）。
- ・50分間、絶えず話しつづけることに不安を感じました（自分にできるかどうか）。
- ・配布されたプリントのコラム部は授業においてどういう意図があったのが疑問である。生徒が各自で読むことになっているのか、全く定かではない/また授業に発問がないのはどうしてか？ 生徒の反応を窺うことがそれ以外にも可能であることの表れか？/日本の文化との比較、たとえばわずかにあったが、身近な例から授業内容へひびいていくことも大事なことだと実感した。しかしそれがほんのわずかであったことは残念だが。
- ・少し気になったのは生徒の中に集中をずっと持続させられている子と完全に切れている子といたことです。こういった講義形式の場合、どの様に対処すればいいのでしょうか。
- ・発問がなかったなあと思った。
- ・授業開始時に礼が無い点に気付きました。生徒たちは、資料集を見ないなどの例はありましたが、板書をうつしたり、空白を埋めるということはまじめでした。
- ・授業の中で、「えっ？と思うかもしれませんが・・・」というフレーズを使って意外性を指適する場面が何回か見られました。生徒に興味をもたせる手段としてとても効果的だと思いました。

(1) 今回の授業に関して — 公開授業とそれに関する説明（5時限目）

講話では、互いの顔が見えるように座席を円座に並べ、堅苦しくない雰囲気の中で質疑応答や意見交換が行なえるように心がけた。公開授業に直接関わることとしては、次の3点を中心に話をした。

- ①本校の状況（世界史のカリキュラム・公開授業の対象となったクラスの性格）
- ②授業の形式（おもにプリント授業のあり方について）
- ③授業の内容（「東北アジア」という枠組みのなかでの中国文化の把握）。

ただし、そのまえに今回の公開授業が、実習生向けのオリエンテーションの一環であることを考慮して、普段通りの授業を行なった旨を告げた。実習生たちは、研究授業のような特別な授業を期待していたかもしれないが、そのような“イベント”を毎時間するのは無理である。一定のスタイル（筆者の場合は、いわゆる一斉授業）を基本とし、ときおり異なったスタイル（ゲームや、ビデオ鑑賞など）を行なうのが一般的であろうと述べた。

①に関して。実習生は、自分が参観した一時限の授業だけで授業進度の是非を判断しがちである。そのため『評価と感想』の「授業者の『声』の状態について」では、“授業全体が早い。こなすべき学習項目が多いからだろうが、「教師が学習項目をこなすこと」と「生徒が魅力的な授業を受けること」のどちらを優先させるかは教師自身の生き方に関わることでしょう”という感想が出てきてしまう。もちろん一方では“声の大きさは後ろに

いた私までよく聞こえました。説明は少し早口だったと思いますが、地理歴史科の授業では話したいことが多くなるので仕方がないことだと思います”という感想もあったが（全体を点数化すると4.2であった。なお筆者が“声”にこだわったのは、過去に受け持った実習生の声が小さくて困惑したことがあったからである）。

そこで実習生自身の高校時代と比較させて、本校での世界史6単位（2年で世界史Aを2単位必修、3年で世界史Bを4単位選択）が、大学受験を視野に入れるならば、決して多くはないことを認識させた。そしてどの程度の進度ならば一冊の教科書を終わることができるのか年間計画のなかで構想をたてておかねばならないことを告げた。筆者の高校時代は、「歴史の授業は現代史まで行かない」のが常識で、教科書を3分の2ほどで終えてしまう教師も多かったが、近年は、歴史教育の観点から、通史を一通りはおさえたいという考えを教師側が持つようになってきている。また生徒のなかにも「英語や数学は塾でも勉強するけれども、世界史は学校の授業だけなので、教科書は最後までしてほしい」という意見（考えてみれば、主客転倒した意見）が強まっていることも伝えた。実習生たちも「高校の授業では通史全体をおさえてほしい」という声が多かった。授業では、受験に対応するだけでなく、実社会に出たときに教養として身につけておいてほしいことも取り上げつつ、通史全体をおさえるようにしていることを強調した。

筆者は、実習生には二年生の授業を担当させていることもあり、二年生のクラスで公開授業をしたかったことも伝えた。世界史への意欲がそれなりに高い生徒が集まっている少人数の三年生の選択クラスと、世界史に無関心な生徒もいる1クラス40人の二年生の必修クラスとは、やはり雰囲気異なるからである。ちなみに質問してみると、大半の実習生が家庭教師や学習塾での講師経験をもっていた。だが、近年の塾では少人数クラスをうたい文句にしていることもあり、1クラス40人の生徒集団に授業をした経験者はいなかった。

また授業に“参加”できていない生徒への対処に関しては次のよう述べた — 私語をする生徒はタイミングを見計らって注意をする。眠ったり、内職をする生徒には、普通の授業での態度と照らし合わせて、その場で注意したり、授業後に注意したりする。

②に関して。これも質問をしてみると、ほとんどが、自身の高校時代も世界史はプリント授業だったと回答した。筆者は、B4版横向けのプリントを毎時間1枚配布している。プリントの左側はサブノート形式で、人名や地名・事件名といった「世界史用語」、あるいは用語集には載っていない「ごく普通の言葉」でキーワードとなるものを空欄に書き込ませるようにしている。空欄に書き込む字句は黒板に黄色のチョークで示すが、それ以外の白いチョークでの補足事項や口頭での説明も、生徒にはプリントの余白に書き込むようにさせている。プリントの右側には、授業で解説する史料や図表、あるいは後で読んでおいてくれると役に立つコラムなどを載せている。また、昨年度までは手書きであったプリントを今年度からワープロに切り替えたが、「丁寧に書いた手書きプリントの方が生徒には好評であった」と付け加えておいた（今回の授業プリントは、最後に資料として掲載²²）。

プリント授業の長所は、一定の進度で授業を行なうことが容易なことである。しかしその一方で、配布するプリント枚数を安易に増やして生徒を困惑させないようにしなければいけない。教科書・ノート・図説・資料プリントと並べると生徒の机上はいっぱいになってしまう。それを避ける目的もあって、筆者の作成するプリントがサブノートを兼ねていることも述べておいた。

『評価と感想』の『板書』について」を点数化すると4.1であった。“断片的すぎる。プリントと連動しているからでもあるが、それならプリントも同時に有機的な結びつきを見せるべき。名詞中心でも構わないが、矢印を入れるだけでも（全然）違うと思う”という感想もあった。授業終了時に黒板一面に過不足なく完結しているような板書を理想としているのだろうか。そこで次のようにコメントをした — 「プリントの空欄に番号を打ってくれた方が書き込みやすい」という生徒もいるが、そのようなことをしたら、授業を聞かずに最後に番号を見て空欄だけを埋める者が出てくるだろう。生徒には、説明を聞きながら自分で工夫して書き込んだ独自の世界史プリントを作成してほしいと思っている。そういった作業を通じて、初めて学力（抽象的な思考力）は向上するものだと思う。だから彼らの自由裁量の部分を保障できるようなプリントを筆者は提供したい。

なお教師の文字は（もちろん）上手な方がよいが、下手でも丁寧に書くこと — 残念ながら、ツとシ、ンとソの区別が明確でない実習生が過去にいたことも話した。

視聴覚教材は、積極的に活用したらよいと思うが、授業全体の流れの中うまく組み込むことが大切であると述べた。筆者は、パネル写真や音楽（サウンドスケープ）に比べると、映像の利用は控えめである。授業の途中で断片的にビデオを見せるのは避けて、見せるときには（自作のワークシートを渡して）ほぼ授業時間全部をそれに当てるようにしている。“ビジュアルを重視した授業”というのは聞こえはよいが、高校生を対象とするとなかなか難しい。以前、19世紀末の帝国主義を授業で取り上げた実習生が、アフリカ大陸を描いた模造紙に、列強諸国が獲得した植民地を示すために国旗を貼りつけていったが、（小学生ならともかく）高校生たちの失笑をかってしまったという事例も紹介した。

筆者の授業では、実習生の指摘どおり、発問は多くない。筆者は、単に前時の学習内容を確認するような発問はしないことにしている。授業の流れの中でポイントとなる発問もいくつか持っているが、すべての授業には用意できていない。また生徒個人を指名して発問に応じさせることは少ないが、クラス全体に問いかけるような話し方は心がけている。

③に関して。今回の公開授業（を含む3回の授業）では、「東北アジア」という枠組みを強く意識して構想を練ってみた。中国（漢民族）の文化事象を他地域（異民族）のそれと比較・関連させるなかで生徒に理解させようという試みである。残念ながら、実習生からは学習内容に関わる質問は出なかった。

（2）授業の作り方 — 普段の授業での工夫や留意点（6時限目）

“授業の作り方”といっても、筆者自身が授業というものをどのように考えているのかを実習生たちに、理解しておいてもらわなければ、単なる技術論に終わってしまう気がした。そこで筆者が教師になった経緯と経験について最初に触れた。この辺りは、へんな精神論や自慢話にならないようにさらりと、しかし具体的に話をした。

まず、自分は文学部史学科を卒業し、“世界史の面白さ”を伝えたいという明確な目的をもって教師になった点が、教育学部教養学科の実習生とは異なるかもしれないと単刀直入に告げた。勤務校の事情によって担当科目は左右されるが、専門科目に対する情熱を持ち続けることは重要である。筆者の場合は、初任校で接した多様な生徒に、なんとかして“世界史の面白さ”を伝えたいという“意地”が授業での工夫につながっていった。学校ではクラス担任や部活動など様々な“場”で生徒と接するが、やはり教科指導（つまり授

業)が、最も多くの生徒と接する“場”であり、それ故に授業が満足にできなければ生徒の信頼はなかなか得られないということを実習生には強調しておいた。

次に「楽しく」「ためになる」世界史授業とは何か。筆者なりの考えを述べた。「楽しい」といった時、教師と生徒、両者が同じ楽しさを共有できるのかという問題である。たとえば生徒が授業に望んでいる駄洒落や雑談などの「面白おかしいこと」は楽しいがそれは枝葉末節であり、どのような生徒も(それぞれの水準は異なっても)「知的な刺激や興奮」を楽しめるはずであり、その回数が多いほどすぐれた授業になるということ。あるいは「ためになる」とは、生徒にとっては、目の前にある「受験」に役立つことを指すかもしれないが、もっと長期的には、彼らが将来に出会う「異文化や国際社会」の理解に結びつく教養であってほしいと思っていることなどである。

講義を中心とした一斉授業には、十年一日の進歩の無い授業形態という芳しくないイメージが定着している。しかし実際には40人を前提としたクラスでは、授業のすすめ方を工夫すれば、生徒たちに一定の知識(学力)を保障するのに十分有効であると告げておいた。そこで授業をする際の具体的な工夫や留意点を6つほど例示した。

- ① “言葉”について……生徒に理解できる言葉を使い、生活の中での日常語と専門語・抽象語のギャップを埋めること。教師が何気なく使っている言葉を生徒は思わぬ勘違いをして受けとめていることが少なからずある。たとえば、「亡命」を文字通り「命を失うこと」と誤解している者がいる。だから「亡命、すなわち国外に逃げること」と、言葉を置きかえる気配りがほしい。また同音異義語にも注意が必要である。
- ② “笑い”について……1時間の授業で1回は生徒が笑える場をつくりたい。ここでいう笑いとは、単なる駄洒落やギャグに頼る笑いではなく、授業の文脈・内容にそった笑いであり、落語の“考え落ち”のようなものが理想的である。たとえばソ連のアネクドート(一口話)は、当時の世相を鋭くついでおり、クイズとして出題すれば面白い。そのような笑いとは、教師と生徒が“知性と感性”を交錯させ、共有する瞬間でもある。
- ③ “余談”について……生徒は、余談を期待している。しかし授業に関係のない余談はしないこと。授業から脱線したようで、実はそれが本線(本筋)であるといった授業ができれば素晴らしい。だが、これにはかなり高度な話術が必要である。
- ④ “授業の水準”について……授業は、その授業中に生徒の90%が理解できる内容を目標としている。実習生は、100%を目標としないことを意外に思うかもしれないが、現場の教師の感覚では、90%というのはかなりの高さである。
- ⑤ “生徒の感想”について……過去に数回、一年を通じて毎回の授業の感想を生徒に書かせたことがある。できれば授業を受けた生徒の“正直な”感想・疑問を知って、以後の授業にフィードバックできるようにした方がよい。
- ⑥ “授業のあと”について……授業のフォローを何らかの形でした方がよい。補習授業のあり方や、教科通信の編集方針についての考えを話した(生徒の授業への感想を編集して作成・発行した教科通信は、生徒にとって、これを読むことで授業の復習にもなるし、互いの様々な感想を知って、事象を多角的に捉える訓練にもなる)。

(3) オリエンテーションを終えて

オリエンテーション終了後、実習生たちが筆者の話をどう受けとめてくれたのか知るために「今回のオリエンテーションを受講した感想」を記してもらった。少し煩雑になるが、

10名の感想を列記しておく。

- ・教師の仕事の大変さが話を聞いてよく分かった。できるだけ楽しい授業を生徒は受けたいだろうし、教師もそういう授業をしたいと思っている。今日、先生の体験などの講義を聞いて、生徒と教師の考え方のずれや授業に対する姿勢などを改めて考えさせられた。生徒を楽しませながら教養を深めさせることが、どれほど大変かということがよく分かった。私は過去家庭教師を体験したが、生徒の点をどのようにして上げるかに固執してしまい、教養などは二の次のような指導をしていた。教師という職業はそうではない、ということ改めて気づき、大変参考になり勉強になりました。(以下略)
- ・授業に関する感想では、批判ばかり書いてしまったのですが、批判で結局行き詰まるのは、受験のような気がしました。「受験のためでなく教養的に役立つものを目指している」という笹川先生の理想と「受験を目指している」生徒達の要求との板ばさみの中で、どのようなバランスをとっていくかが、「授業の中でのより良い教育」を作り上げていくのであり、その板ばさみの改善は構造的制度的なものなので、「授業中ああしろ、こうしろ」と批判するのは、ズレた議論なんですね。しかし、それでも言うなら、構造的板ばさみの授業の中でも、もう少し視覚的・日常的な効果を狙うべきです。先生も「雰囲気重視する」とおっしゃったわけですから。
- ・教師の仕事は、もっと大雑把なものをイメージしていました。大学での講義でいくら理想を語られても、結局何をすべきかまで知ることはなかったように思います。授業の一コマだけでも、それぞれに密な計画・計算が必要であることを知ることができてよかったです。例えば、言葉一つにしても、一言別の言い方で付け加えるということは、普段なかなか気づきにくいもので、勉強になりました。
- ・本学に来るまで、朝からずっと緊張していました。それは多分に人に教える経験がない自分自身に不安と期待があったからでしょう。ただ、経験というのは機会をみればそれなりに身につくものです(今まではどうだったんだ?と問われそうですが……)。教育実習を、そしてこのオリエンテーションを、その第一歩に考え、実習をしていきたいと思えます。今日は先生から授業をするにあたってのアドバイスを聞いて、気が割と楽になりました。緊張をほぐして、もっと自然体の実習に臨めば、それなりにうまく授業ができそうだな、という気持ちになっただけ、今日は価値のあるオリエンテーションになったのではないのでしょうか。後は、授業展開をどう組むか、生徒の反応をみる力をどうつけるかをじっくり考えていきたいです。(以下略)
- ・僕は、塾で20~25人の中学生を相手に英語を教えたことがあります。その時は毎回入るクラスは決まっていなくて、学力も上のクラスの時もあれば下のクラスもありました。そんな中で自分が心がけていたのは、とにかく生徒をつかむことでした。そうしなければ、突然来たアルバイトの人間など相手にされないからです。なぜこういったことを書いたかというと、自分は割に授業をするのは得意だと思っていたんです。ですが、今日、お話を聞いて、自分のは単なる芸人根性でしかなかったのかと思いました。先生のように教育者としてのポリシーをもてるようにしたいと思いました。
- ・今日、実際に世界史の授業を見学させてもらえ、その後、授業の説明と授業の作り方を教えていただけて、教育実習と将来に、非常に参考になると思う。現場で教師をしておられる方の指導の仕方や、心得を具体的にきく機会が、今までほとんどなかったので、

とても興味深くきくことができた。授業に関しても、私たちにに対する講義に関しても、両方で思ったのだが、マニュアル的に、機械的にするのではなく、エピソードやビジュアル的なものを活用することがいかに大切かということを感じた。教育実習に向けて、不安なこともたくさんあるが、今日のことをふまえて、一生懸命頑張ろうと思う。

- ・現場の教師の方の講義を聞く機会はあまりないので、とても勉強になりました。自分が高校生（中・小も含む）のときには、先生はあんなに近くにいたのにとっても無関心でもったいないことをしたと後悔しています。笹川先生の考えていらっしゃる教師像と、その他のお話は大学で教育学の話を書くよりリアルでこれからはじまる実習に期待と不安を抱かせてくれました。私は、教師は専門職人であると同時に魅力的な人間であることが必要だと思います。生徒にこびるとかではなく、生徒にとって魅力的な人間になれば、授業も楽しくためになるものになるのではないのでしょうか。魅力的にうつるためには、教養の深さ、広さが必要だと思いますが…。がんばりたいと思います!!
- ・私は、中学高校は六年一貫の進学校であったため、大学で今の学校は荒れているという話をよく聞いていましたので、どう違うのだろうと思っていましたが、実際のところは、想像していたよりは、ずっと生徒はまじめでした。今日見たような授業が上層であるとしても、授業困難校での授業とも、生徒のレベルに合わせるだけではない、一貫したものがあると思う笹川先生の考えに共感しました。大学においては、文部省と教員養成と実際の教育現場の三方のギャップを問題点とすることが多いですが、実地における教師の心構えを知ることができ、大変役に立ちました。
- ・今回、笹川先生のお話を聞かせていただいて、良い意味で教育実習に対しての心がまえができたように思います。今日の授業内容や、これまでの先生の経験談・授業観などは、私自身の授業に対する取り組みの参考になったと思います。（以下略）
- ・これまで家庭教師や個別指導の塾講師として教えた経験はあるのですが、30~40人といった生徒を教えた経験が全くなかったのが、長い教師としての経験やそこから得られたものについての話を聞くことができ非常にためになったと思います。また、今回聞かせていただいた内容は家庭教師などでも応用できそうなので、実際にやってみようと考えています。

傍目には、ごくありふれた授業であっても、その中には教師の体験に基づく様々な配慮がある。そういった具体的な授業の作り方を垣間見ることができてよかった — というのが、実習生たちの感想から読み取れそうである。そのためのオリエンテーションであったわけだから、一応の成果はあったものと考えたい。とくに数人の実習生のなかにある（現場を知らないのでは仕方ないことではあるが）、自分が想定している「理想の授業」とは別の、種々の制約のなかで作られていく「現実の授業」を拒絶してしまう“頑なさ”を、実習を始めるまでに多少なりとも取りのぞくことができれば……と思った。

3. 教育実習生の指導

2001年度の実習生指導の経緯を、実習後に書いてもらった西本さんの感想（枠囲みの箇所）を交えながら記していきたい。

(1) 教科指導の事前打ち合せ

教養学科の学生の実習期間は5月末から6月末までで、前半2週間と後半2週間の2グループにわけて実施している。実習生との授業に関する事前打ち合せは、本校の場合、前半の実習が始まる約1週間前に行なわれ、実習生はその時に初めて具体的に実習で扱う単元を知らされる。当然のことながら、事前準備の期間が長い後半の実習生の方が余裕がある。前半の実習生には、事前にもう少し長い準備期間を保障する配慮が必要であろう。

他の学校の実習に参加する人たちは3週間～4週間程度前に事前打ち合せが行なわれていた。さすがに1週間の準備期間は短かったように思う。実習がはじまって、すぐ1回目の授業を行なわなければならなかったので、3・4週間前に打ち合せができたほうが良いと思う。そしてできたらもう1回ぐらい打ち合せをしたら、1回目の授業準備も、より余裕をもってしっかりと出来ると思う。

筆者の場合、期間中の実習生が1人ならば、2年生で16コマの授業（4クラス2単位で2週間）を担当してもらうことにしている。カリキュラムや時間割りの都合で8コマで実習授業を終了する他教科の実習生もいるので、大半の実習生がこの授業時間数を多いとと思っているようだ。なかには「12コマではどうでしょうか……」と言う者もいるが、ある程度の時間数を経験しないと実習の意味がないので、16コマを減らす気はない。

本年度、実習で扱った単元は「初期の中世ヨーロッパ」であった。具体的にはゲルマン民族の大移動からである。教師ならば（一年間の授業計画を立てるなかで）、4回の授業でどの程度まで進んだらよいか見当をつけることができるが、実習生にはなかなか困難である。そこで一例として筆者の過去の単元構成を示すが、できるだけ強制はしないようにしている。また科目は世界史Aであるが、カリキュラムの都合もあり、世界史Bの内容を補足するように告げた（したがって、使用している世界史Aの教科書と図説以外に、世界史Bの教科書も手渡した）。そして教育実習初日の5月31日には、4回分の授業の単元構成（割り当て）と、1回目の授業（6月1日）のほぼ完成した授業案、そして2回目の授業（6月4日）の大まかな授業案を準備してくるよう伝えた。その際、「毎回、学習指導案を書くのでしょうか」と質問されることが多い。筆者は「公開授業の時はきっちりとしたものを書いてもらいますが、それ以外は結構です。それよりも教材研究をしっかりとってください」と言うようにしている。なお、筆者の授業は前述の通りプリント授業である。実習生には「ノートに板書事項を書かせる授業でも構わない」と言っているが、これまでは全員が授業プリントを作成して授業を行なっている。

例年の事前打ち合せで、筆者は、前述のオリエンテーションでの講話に相当する内容を簡潔に話すことにしている。もちろん本年度は、その必要はなかった。

私は、(中略)「実習のときは、おそらくこの先生に指導して頂くことになるだろう」と思っていたので、事前オリエンテーションは、どの話も興味をもってきくことができた。普段、大学の講義では、実際の授業を見学することもほとんどないので、授業見学も、とても新鮮だったし、その後の視聴覚教室での円卓にしての講義に関しては、現場で働いている先生のなまの声や意見や考え方が聞けて大変参考になった。

特に印象的なのは、“生徒の知的な興味を引き出す方法” についての話である。日頃から、どうすれば社会科という教科に生徒を引き付けることができるのかと考えさせられていただけに、笹川先生が私たちに与えられたクイズは、ものすごく心に残っている。自分が実習中に同じように強烈に心に残るはなしを生徒にできる自信はまだなかったが、少しでも情報を集めようとする姿勢をとるようになったと思う。

(2) 実習生と“世界史”

本来、大学で歴史学を専攻していない教養学科の学生にとって、世界史での実習というのは少なからぬ負担となるはずである（過去には「世界史で実習をするなんて……」と絶句した者もいた）。しかし、教科指導の事前打ち合せの最後に「しっかり準備して頑張ってください」と言うと、過去に担当した教養学科の実習生のほぼ全員が「私は世界史で受験をしました。大丈夫です」と応じてくる。初めてこの言葉を聞いたとき「英語で受験したので、英語の実習は大丈夫です、と言う学生はいないだろう」と思い、「教科指導に対する不安の裏返しかな」とも考えたのだが、あながちそうでもないことに気がついた。少し誇張して言えば、彼らは“歴史”というものを、単に数多くの人名や事件名、あるいは年号を覚えて説明することと考えているのかもしれない。そこで筆者は、実習生に「教材研究は、受験勉強とはまったく異なる」と実感させることが重要だと考えるようになった。

西本さんは、世界史の教員を目指しており、過去の教養学科の実習生とは状況が異なる。それでも史学科の学生とは、“歴史”に対する考え方が相違しているように思えた。

- | | |
|-----------|----------------------------------------|
| ●社会史 | 中世（日本）の商業について |
| ☆国際関係史 | 社会史の歴史について |
| ●文化交流史Ⅰ、Ⅱ | EUの成立までとその背景 |
| ●西洋史研究Ⅰ | 『文明の衝突と日本』著サミュエル＝ハンチントンに基づいて、毎時間発表していく |
| ●西洋近代史 | 産業革命から資本主義の成立まで |
| ☆地域史論 | 江戸時代末期の大坂と尼崎藩について |

歴史関係の授業はこれらのものを受講していたが、高校までの歴史とは違っていて教育実習には直接結びつくようなものではなかったような気がする。●は教養開講、☆は教員養成開講の講義であるのだが、やはり教員養成の授業のほうが、教師になったときに役に立つように感じた。しかし、大学のカリキュラム上、教員養成の講義を受講することが限られてしまうのが残念である。（波線は引用者）

大学で学ぶ歴史学と高校の世界史には、当然ながら様々な点で“断絶”がある。高校教師は両者を結ぶ“かけ橋”で、“歴史的な知識”と同時に“歴史的な思考”を授業では提示することが望ましい。おそらく史学科在籍の実習生は、筆者の考えを違和感なく受け止め、試みることができるだろう。しかしそれ以外の実習生には少し困難かもしれない。

授業の準備をするなかで、実習生自身にも“歴史的な思考”というものをわずかでも経験してもらいたい — ここ数年、筆者はこのように考えて実習生に接している。

(3) 実習期間中の教科指導

・授業まで

実習の初日に最初の授業の打ち合せをした。とりあえず実習生の感想を記しておく。

いちばん最初に困ったことは、教材研究の仕方がいまいちわからなかったということである。1週間の準備期間で先生に紹介していただいた本を読まずにインターネットから資料を引き出していたのだが、やはり、それでは不十分であった。きちんとした本から情報を収集することがいかに大切かということを感じた。文献も先生の助けがなかったら探し出せていなかったかもしれない。

1回目の授業の前にとっても不安であったが模擬授業を先生に見ていただいたので本番までに改善すべき点がわかってとても良かった。文字の大きさや板書の仕方自分ではなかなか気付かないところを、生徒や先生に指摘してもらえたので気付くことができたことがいくつもあった。

基本文献を指定した意図は、いうまでもなく、授業に直結する知識を得るだけでなく、授業で扱う分野の全体の中での位置を確認するためでもある。文献を読んでいないのは準備期間が短かったとしても、困ったことである。そして近年はこの傾向が強まっている。

筆者は、必ず1回目の授業の前には模擬授業を行なわせることにしている。実習生本人は十分に準備をしたつもりでも、50分という長さを実際に体験してもらうのは、やはり重要である。(過去には、自信満々で模擬授業に臨み、15分で行き詰まってしまった実習生もいた。なお、さすがに学習塾での講師経験者は、時間感覚が身体についている)。授業の打ち合せが終わると、授業の予行演習を自宅で再度しておくように告げることにしている。

・授業中

実習生の授業は、教室の後部ときには横から参観し、机間巡視はしないようにしている。ただでさえ緊張している実習生に不要なプレッシャーをかけないためである。

授業中の“間違い”には、筆者は次のように対処している。板書事項の間違いであれば、身近な生徒に耳打ちをして、「先生、その人名はどうなっているんですか？」というふうに質問をさせる。かつて指導教員自らが教壇に進み出て訂正しているのを見たことがある。高校生の前で実習生を露骨に貶めるようなことはしない方がよいと思う。説明事項の間違いや、答えられなかった質問には、次の授業の最初に訂正・回答させるようにしている。

実習生の授業は、しばしばクラスによって説明の順番が入れ替わってしまう。最初のクラスでよく分かる(正しい順番で)説明をしているのに、次のクラスではそれが前後する(そのために、ある事項を説明する重要なエピソードが落ちてしまうこともある)。クラスによる説明の異同は、授業構成の不安定さを示すものであり、後の反省材料になる。

・授業の後

指導教員はみな同じだろうが、筆者も、1時間の授業が終わるたびに実習生には簡単なコメントをしている。本校は、時間割り上の制約で4クラスの授業(つまり同じ授業)を

同日に行なわなければならないので、空き時間（や昼休み）以外は10分の休憩時間しかない。そこで、消化不良にならないよう2つほどにポイントをしばってアドバイスを与える。時には厳しいことも言わざるをえないが、基本的には、実習生が自信を失わないような配慮はしている。なお実習生の授業は、3クラス目が最も良く、4クラス目でガクッと落ちてしまう傾向がある。そうならないようにするのは、筆者の課題でもある。

・全体を通して

多くの実習生にとっては、1回目の授業で50分間をもたせることが最初のヤマである。それを乗り越えようと、一様に安堵した顔を見せてくれる。だから、筆者も1回目の授業が終わると「とにかく授業は成立しているから、次回はもっと中身を濃くしよう」と言って、2回目以降の授業の準備に取りかからせる。だが、彼らは、1回1回の授業に手いっぱい、4回の授業全体の関連や構成にはなかなか目配りができない。したがって前時の授業での説明が、以後の授業での伏線にもなることを実習生に気づかせることが重要となる。

公開授業は、授業に慣れてきた3回目か4回目をあてることが多い。ところが3回目に公開授業をすると、ほっとして4回目の授業が崩れてしまう実習生もいる。最後まで緊張を保たせることが必要である。

（4）実習後の教科指導

実習生の授業スタイルというものは、おそらく、自身が受けた高校時代の授業、もしくは実習時の指導教員の授業がベースとなっている。西本さんは、自分がしてみようと考えていた授業を、実際はどの程度までできたと考えていたのだろうか。

正直言って半分くらいしか実行できなかったように思う。笹川先生の授業のやり方をまねてプリント授業を試みたのだが、知識のほうが中途半端だったので、生徒の知的な興味を引き出すことがいまいちできなかった。発問もいまいちできなかった。私の方からの一方的な講義が中心となってしまって、生徒の意見や考えをうまく引き出すことができなかった。私が笹川先生の授業を見学させていただいたときは、終始おもしろいなあと思っていたが、私の授業では、果たしてどれくらいの生徒がおもしろいと思ってくれただろうか。

実習生の授業が、当初は“借りもの”であっても仕方がない。短い実習期間中に自分のスタイルを確立することは至難であろう。しかし実習生には、それなりの模索はしてほしいと思うし、そのための助言を筆者も工夫しなければならない。実習生に自分の授業を押しついたり、なぞらせるような指導になってはいけないと改めて思った。実習生と共に授業を“コラボレーション”するという視点が重要かもしれない¹³。

公開授業を含むすべての授業を終了すると、ほとんどの実習生は「教科指導はこれで終わり」と考えるだろう。そこで筆者は「自分が行なった授業範囲の試験問題を作成してみますか」と、声をかけるときもある。筆者の経験では、試験問題を作るときに、はじめて授業での教え間違いや、説明不足などに気づくことがあるからだ。さすがに問題作成まで承諾する実習生は今のところいないが、少なくとも、自分が1回の定期考査の出題範囲の半分近く授業をしていることは認識しておいてほしいとも思っている。

4. おわりに

教材研究の仕方、プリントの作り方、資料の選び方、板書の際の字の大きさ、生徒に分かりやすい板書の仕方、授業中の教授態度、授業にふさわしい語彙、注意の仕方など、教師になった際に必要な技術的なことを多く教えていただいた。(中略) 一方ほしかったアドバイスは、教科指導とは少し関係ないかもしれないが、生徒とのコミュニケーションの取り方や、先生の普段の教師生活のエピソードなども、もっと多くきいてみたかった。教師をやっていて楽しかったことや、つらかったことなど教師という職業にまつわるはなしを先生としてみたかった。

世界史の教師にとって、“歴史の授業を行なう楽しさ”と“歴史を学ぶことの面白さ”は分かちがたいものである。もちろんその“楽しさ”“面白さ”は、“難しさ”“こわさ”と一体でもある。実習生には、このことを少しでも実感してもらいたいと思っている。だから筆者は、「教材研究は楽しい？ 教師が楽しくなければ、いい授業はできないよ」と声をかけるように心がけている。

教養学科の学生の大半は、歴史学と深く関わることなく、学校生活を過ごしてきたはずである。短い期間であっても、教育実習で世界史や日本史を担当しなければ、彼らには歴史を学ぶこと・教えることの意味を主体的に考える機会などなかったかもしれない。そういう“経験”もふくめて、「“世界史で”教育実習をしてよかった」という充実感を実習生が得られるように、今後も実習生への教科指導のあり方を考えていきたい。

註1 本校では、実習生一人に教科担当（学習指導）と学級担当（生活指導）の二名の指導教員がつくことになっている。

註2 授業プリントの空欄の記入語句には二重下線を施した。また右側の資料は、上が、『新 世界史資料集』（清水書院 1994年 p.57）、下が、「総集編 世界史知ってるつもり」（『別冊歴史読本』 新人物往来社 1993年 p.286）からの転載である。

註3 実習生と授業を“コラボレーション”するという視点からの実践報告として、瀬尾祐貴・田中亚希子「背理法の指導について」（『研究集録 第39集』大阪教育大学教育学部附属天王寺中高等学校 1997年 pp.83～89）をあげておく。

summary:

I had a chance to give a talk in the pre-guidance to the student teachers majoring in 'Art and Sciences' in the spring of 2001. During the period of practice teaching I instructed one of them how to teach World History to the senior high school students. The following is a note of that time.

地 理 歴 史 科（世界史）授 業 案

授業者 笹川裕史

- 1 日時 2001年5月1日(火) 4限目(11時40分～12時30分)
- 2 場所 大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎 III年B組教室
- 3 学級 大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎 III年世界史選択b組
(男子8人 女子10人)
- 4 主題 東アジアの中の魏晉南北朝
- 5 目標 漢帝国崩壊後の中国社会の変化を、周辺諸地域との連関のなかでとらえさせ、国際性豊かな東アジア文化圏が隋唐時代に形成される前提を理解させる。
- 6 指導計画(全3時間)

区 分	学 習 内 容	時間配当
第1次	三国時代・晋(西晋)・五胡十六国	1時間
第2次	中国における仏教の受容と展開・道教の成立と発展	1時間(本時)
第3次	南北朝の推移・朝鮮と倭・魏晉南北朝の文化	1時間

7 本時の指導

- ①主題 中国における二大宗教—仏教の受容と道教の形成の経緯について理解させる。
- ②目標
 - ・魏晉南北朝時代に、仏教が中国社会に広く受容された理由を理解させる。
 - ・仏教に対抗して道教が整備されていったことを理解させる。
- ③展開

段階	学 習 事 項	生 徒 の 活 動	指 導 上 の 留 意 点
導入 7分	・中国の三大宗教(儒仏道)の相違を簡潔に確認する	・魏晉南北朝の時代に、中国の二大宗教が形成されたことを知る	・日本の文化に、中国の三大宗教が大きな影響を与えていることに触れる

<p>題・I (識) 30分</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 仏教が中国に伝来した経路を知る ・ 北朝では仏教が国家仏教として受容されたことを知る ・ 西域からの渡来僧の活動を知る ・ 南朝では仏教が貴族仏教として受容されたことを知る ・ 渡印僧の出現とその活動を知る 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地図で仏教伝播のルートを確認する ・ 三つの石窟寺院の写真を見て、その相違(変化)を確認する ・ 「寺」という言葉の本来の意味を推測する ・ 貴族たちが仏教を受け入れた理由を考える ・ 地図で法顕の行程を確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大乘仏教と上座部仏教の相違を簡潔に説明する ・ 北朝が仏教を受け入れた理由を考えさせる(思想的側面と政治的側面) ・ 渡来僧の中国での“布教の努力”を指摘する ・ “輪廻転生”に対する中国とインドのイメージの相違を指摘する ・ 東アジア世界の広がりについて確認させる
<p>題・I (識) 10分</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 道教が成立した社会背景を知る ・ 寇謙之の活動を知る 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関帝廟の写真を見る ・ 道教が仏教に対抗するなかで整備されていったことを考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 民間信仰としての道教の根強さを指摘する ・ 政界における仏教と道教の対抗関係について指摘する
<p>整理 3分</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ “混乱”が次代の発展への“準備”であることを知る 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 宗教史上における魏晋南北朝時代の重要性を確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 次時のテーマが、中国と朝鮮・倭の外交関係であることを告げる

④準備物

教科書 帝国書院『新編高等世界史B』

副教材 浜島書店『ニュービジュアル版 新詳世界史図説』

パネル写真「石窟寺院 敦煌」(山川出版社『世界史写真集 第I期』42)

「石窟寺院 雲崗」(山川出版社『世界史写真集 第I期』43)

「石窟寺院 竜門」(山川出版社『世界史写真集 第I期』44)

「キジル千仏洞」(山川出版社『世界史写真集 第VI期』13)

「神になった豪傑・関羽」(飛鳥『パネル世界史 前近代編』5)

<御高評価>

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—

おか ひろ あきすぎ い のぶ お いのぐち こう じ
岡 博 昭・杉 井 信 夫・井野口 弘 治

Making Teaching Material of Molecular Compounds Using WinMOPAC.1

OKA Hiroaki · SUGII Nobuo · INOBUCHI Koji

抄録：従来、有機化合物の分子の構造を学習するために、HGS分子構造模型やSTS分子構造模型が使われてきた。コンピュータの普及に伴って、分子モデルのソフトも多く開発されている。富士通 WinMOPAC は、研究者用に開発されたソフトであるが、中学校や高等学校の教育現場でも活用できることがわかった。

キーワード：化学教育、有機化合物、異性体、分子モデル、コンピュータ、WinMOPAC

I はじめに

有機化合物の学習において、分子モデルは欠かすことができないものである。従来よく使われてきた丸善HGS分子構造模型は、使いやすい反面、分子に関して誤ったイメージを与えてしまう可能性がある。一方、丸善STS分子構造模型は、ファンデルワールス半径を考慮したモデルであるが、原子の結合がわかりにくいという欠点がある。

コンピュータの普及に伴い、多くの分子モデル用のソフトが開発されてきている。コンピュータのソフトを使って分子の構造を学習する方法は、有効な手段であると考えられる。しかし、多くのソフトは複雑な分子構造を示すことが困難であったり、正確な分子構造を示していないという欠点がある。

富士通 WinMOPAC は、半経験的分子軌道計算プログラム"MOPAC2000"と、富士通研究所で開発された分子軌道計算プログラム"MOS-F"に"WindowsGUI"を付加したもので、分子構築から計算実行、計算結果の表示が可能である。研究者が研究対象化合物をWindows上で構築し、分子軌道計算を実行し、その結果をグラフィカルに表示したいときに有効なツールであるが、高価（Educationパッケージで5万円）なため、教育現場ではあまり使用されていない。

この富士通 WinMOPAC 3.0を購入し、化学Iで取り扱う有機化合物の分子モデルをすべて作成できるか検討した。また、異性体の学習に有効な手段であるかどうかも検討した。使ったコンピュータは、ソニーバイオ（Pentium IIIプロセッサ 733MHz、メインメモリ 384MB）である。

II WinMOPACにおける分子の組み立て方

ブタンとブタノールを例にして、分子の組み立て方を示す。

1 ブタン

(1) 分子骨格の作成

[File] [New] を選択すると、画面の左下に“Please click to put new atoms”の表示が出て、ツールアイコンが表示される。[sp3(3H)] の左アイコンをクリックし、マウスポインタを Workspaca 上に移動してクリックすると、methane 分子の骨格が表示される。[rotation] のアイコンを左クリックすると、自由に向きを変えることができる。[add] のアイコンを左クリックし、水素原子の上にカーソルを移動してマウスを左クリックすると、ethane になる。さらに同じ操作を繰り返すと propane になり、propane の1番炭素に結合している水素原子の上にカーソルを移動してマウスを左クリックすると、n-butane になる。

(2) MOPACによる分子構造最適化

[Edit] [Z-Matrix] を左クリックすると、EditZ-matrix ダイアログが表示される。ここで、次のような設定を行う。プログラムとして MOPAC2000 を選択する。Name を拡張子 dat をつけて入力する。Calculation Type として Geometry Optimization を選択する。Methods として AM 1 を選択する。分子内にペプチド結合を含んでいるときは、“AM 1 EF”と表示されている keywords 欄に MMOK キーワードを追加する。これは、分子力学補正を行うものである。

[Name]に“n-butane.dat”と入れ、[Calculation] [start] を選択すると、MOPAC2000 が実行され、画面左下に MOPAC running の表示が出て、分子軌道の計算をはじめ。計算が終わると、画面左下に MOPAC done の表示が出て、図1のような画面になった。[Ball-stick] のアイコンを左クリックすると図2のような画面になり、[spacefill] のアイコンを左クリックすると図3のような画面になった。

propane の2番炭素に結合している水素原子の上にカーソルを移動してマウスを左クリックすると、isobutane になり、図4のような画面になった。

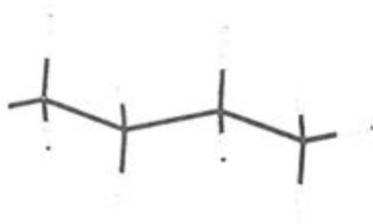


図1 n-butane

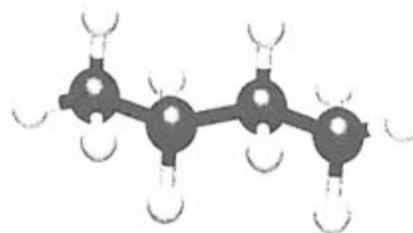


図2 n-butane

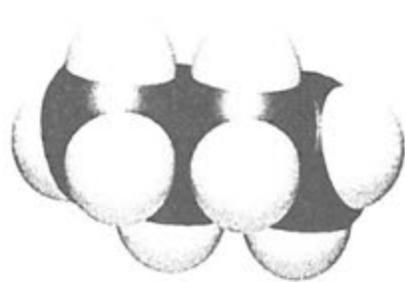


図3 n-butane

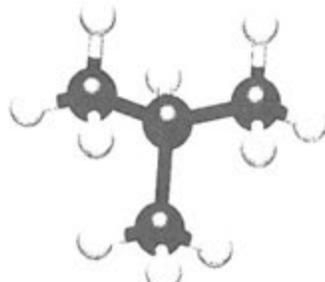


図4 isobutane

2 ブタノール

(1) 分子骨格の作成

n-butane を 1-butanol に変えるには、n-butane の 1 番炭素に結合している水素原子をヒドロキシル基に変えるとよい。

[add] のアイコンを左クリックし、[sp2(1H)] のアイコンを左クリックし、マウスマウスカーソルを 1 番炭素に結合している水素原子の上で左クリックすると、図5のようになった。[change atom] を選択し、酸素原子を選んで新たに加えた炭素原子上で左クリックすると 1-butanol になり、図6のような画面になった。

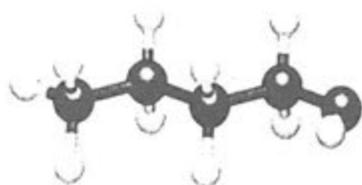


図5



図6 1-butanol

(2) MOPACによる分子構造最適化

[Name] に "1-butanol.dat" と入れ、[Calculation] [start] を選択すると MOPAC2000 が実行され、画面左下に MOPAC running の表示が出て、分子軌道の計算をはじめます。計算が終わると、画面左下に MOPAC done の表示が出て、図7、図8のような画面になった。

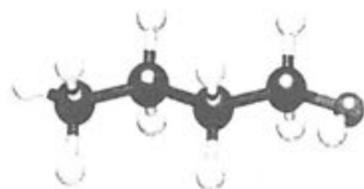


図7 1-butanol

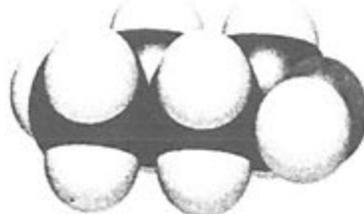


図8 1-butanol

Ⅲ 教材の作成

化学 I の学習に必要な脂肪族炭化水素，脂肪族酸素化合物，芳香族化合物の分子を作成した。

1 脂肪族炭化水素

化学 I で取り上げる脂肪族炭化水素には，アルカン，アルケン，アルキンなどがある。

(1) アルカン

炭素数 6 のアルカンには，n-hexane $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ ，3-methylbutane $\text{CH}_3\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ ，2-methylpentane $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ，2,3-dimethylbutane $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2$ ，2,2-dimethylbutane $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}_3$ の 5 つの構造異性体がある。これらの分子を作成した (図 9～図 13)。

cycloalkane で，炭素数が 6 の化合物は cyclohexane である。cyclohexane は，このソフトでは簡単に作成できる。

[File] [New] を選択し，[template] のアイコンを左クリックすると，テンプレートが表示する。テンプレートのクロスバーを操作し，cyclohexane を左クリックして選択する。Workspace 上で左クリックすると，図 14 のような cyclohexane が表示された。

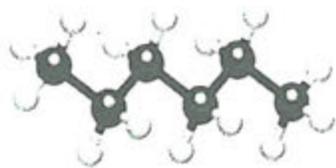


図 9 n-hexane



図 10 3-methylpentane

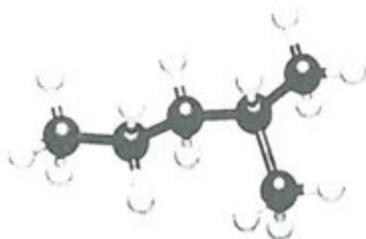


図 11 2-methylpentane



図 12 2,3-dimethylbutane

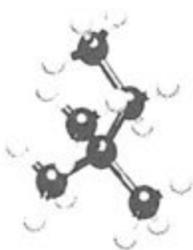


図13 2,2-dimethylbutane



図14 cyclohexane

(2) アルケン

炭素数4のアルケンには、methylpropene $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$, 1-butene $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, trans-2-butene $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$, cis-2-butene $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{H}$ の4つの異性体(構造異性体と幾何異性体)がある。これらの分子を作成した(図15~図18)。

[File] [New] を選択し, [sp3(3H)] を選択し, Workspace 上で左クリックすると, methane が表示される。[add] を左クリックし, [sp2(2H)] を選択し, methane の水素原子の上で左クリックする。さらに, sp2 炭素原子に結合している水素原子の上で左クリックすると, C=C が生成する。これにメチル基を追加すると, 図15のような methylpropene ができた。



図15 methylpropene

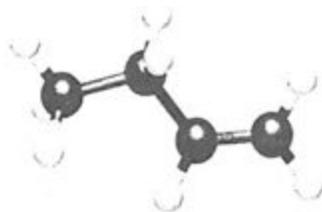


図16 1-butene



図17 trans-2-butene



図18 cis-2-butene

(3) アルキン

炭素数4のアルキンには、1-butyne $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{CH}$ と2-butyne $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3$ の2種類の構造異性体がある。これらの分子を作成した(図19~図20)。

[File] [New] を選択し, [sp3(3H)] を選択し, Workspace 上で左クリックすると, methane が表示される。[add] を左クリックし, [sp3(3H)] を選択し, methane の水素原子の上で左クリックすると ethane が表示される。さらに, [add] を左クリックし, [sp2(1H)] を選択し, ethane の水素原子の上で左クリックし, さらにCH上の水素原子でもう一度左クリックすると1-butyneの骨格ができる。この状態では, $\text{C}\equiv\text{C}$ が直線状になっていない。

[Edit] [Z-Matrix] を選択し, [Name] に1-butyne を入れ, [Calculation Types] で Geometry Optimization を, [Method] で AM1 を選択して [OK] を左クリックする。次に [Calculation] [Start] を選択すると, 分子軌道計算を実行すると, 図19のような1-butyneが表示された。もちろん $\text{C}\equiv\text{C}$ は直線上になった。

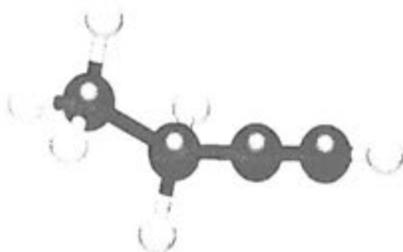


図19 1-butyne



図20 2-butyne

2 脂肪族酸素化合物

化学Iで取り上げる脂肪族炭化水素には, アルコール, エーテル, アルデヒド, ケトン, カルボン酸などがある。

(1) アルコール

炭素数4以上のアルコールには, 第一級アルコール, 第二級アルコール, 第三級アルコールが存在する。炭素数が4であると, 第一級アルコールは1-butanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ と2-methyl-1-propanol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$ である。第二級アルコールは2-butanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OH}$ であり, 第三級アルコールは2-methyl-2-propanol $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{OH}$ である。これらの分子を作成した(図21~図24)。

[File] [New] を選択し, [sp3(3H)] を選択し, Workspace 上で左クリックすると, methane が表示される。[add] を左クリックし, [sp3(3H)] を選択し, methane の水素原子の上で左クリックすると ethane が表示される。同じことを繰り返すと, propane や butane ができる。[add] を左クリックし, [sp2(1H)] を選択し, butane の1番炭素に結合している水素原子の上で左クリックする。[change atom] を選択し, O原子を選び, 最後に結合させた sp2 の炭素原子を左クリックして [OK] を左クリックすると1-butanolの骨格ができる。分子軌道計算を実行すると, 図21のような1-butanolが表示された。

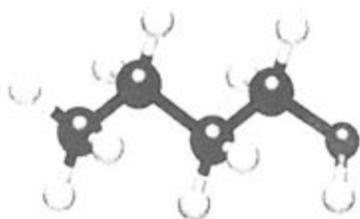


図21 1-butanol



図22 2-methyl-1-propanol

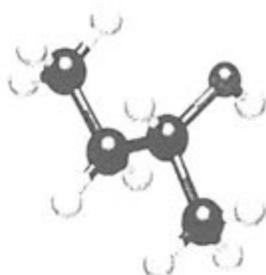


図23 2-butanol



図24 2-methyl-2-propanol

(2) エーテル

化学 I で取り上げるエーテルは、dimethylether CH_3OCH_3 , ethylmethylether $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_3$, diethylether $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ の 3 種類である。これらは、アルコールの構造異性体である。これら 3 種類の分子を作成した (図 26 ~ 図 28)。

[File] [New] を選択し、[sp3(3H)] を選択し、Workspace 上で左クリックすると、methane が表示される。[add] を左クリックし、[sp2(1H)] を選択し、methane の水素原子の上で左クリックする。次に [sp3(3H)] を選択し、CH の水素原子の上で左クリックする。[change atom] を選択し、O 原子を選び、炭素原子を酸素原子に変えると、dimethylether の骨格ができる。分子軌道計算を実行すると、図 26 のような dimethylether が表示された。これと構造異性体の関係にある ethanol を図 25 に示す。

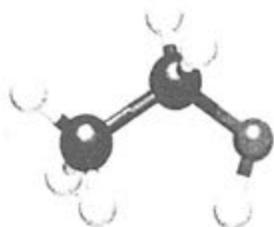


図25 ethanol

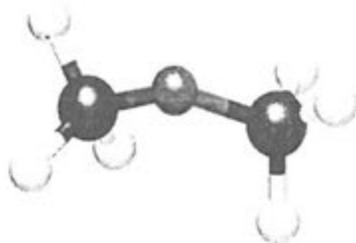


図26 dimethylether

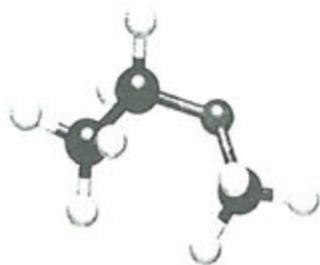


図27 ethylmethylether

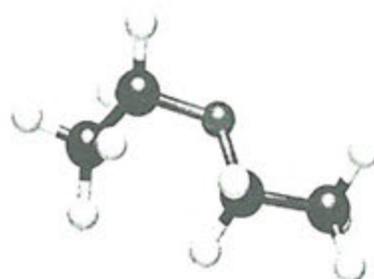


図28 diethylether

(3) アルデヒド

化学 I で取り上げるアルデヒドは, formaldehyde HCHO と acetaldehyde CH_3CHO の 2 種類だけである。これら 2 種類の分子を作成した (図 29 ~ 図 30)。

[File] [New] を選択し, [sp2(2H)] を選択し, Workspace 上で左クリックし, [change atom] を選択し, O 原子を選び, 炭素原子を酸素原子に変えると, formaldehyde の骨格ができる。分子軌道計算を実行すると, 図 29 のような formaldehyde が表示された。



図29 formaldehyde

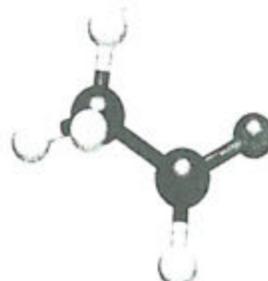


図30 acetaldehyde

(4) ケトン

化学 I で取り上げるケトンは, acetone CH_3COCH_3 だけである (図 31)。

[File] [New] を選択し, [sp3(3H)] を選択し, Workspace 上で左クリックすると, methane が表示される。[add] を左クリックし, [sp2(2H)] を選択し, methane の水素原子の上で左クリックする。次に [sp3(3H)] を選択し, CH_2 の水素原子の上で左クリックする。



図31 acetone

[change atom] を選択し, O 原子を選び, 水素原子を酸素原子に変えると, acetone の骨格ができる。分子軌道計算を実行すると, 図 31 のような acetone が表示された。

(5) カルボン酸

2価カルボン酸には、maleic acid (マレイン酸) $\text{HOOCCH}=\text{CHCOOH}$ (cis) と fumaric acid (フマル酸) $\text{HOOCCH}=\text{CHCOOH}$ (trans) のような幾何異性体が存在する。また、lactic acid (乳酸) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ などのヒドロキシ酸には、光学異性体が存在するものがある。これらの分子を作成した (図 32 ~ 図 35)。

[File] [New] を選択し、[sp2(2H)] を選択し、Workspace 上で左クリックし、さらに水素原子の上でもう一度左クリックすると ethylene 分子ができる。cis の位置の水素原子の上で2回左クリックする。[sp2(1H)] を選択し、2つのカルボキシル基の骨格をつくり、[change atom] を選択し、O原子を選び、2個の炭素原子と2個の水素原子をそれぞれ酸素原子に変えると、maleic acid の骨格ができる。分子軌道計算を実行すると、図 32 のような maleic acid が表示された。

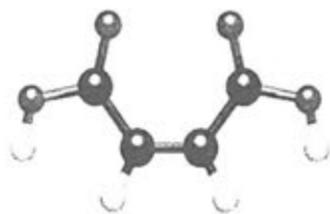


図32 maleic acid

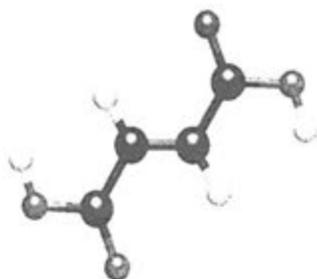


図33 fumaric acid

[File] [New] を選択し、[sp3(3H)] を選択し、Workspace 上で左クリックすると、methane が表示される。[add] を左クリックし、水素原子の1つをメチル基に変える。[sp2(2H)] を選択し、カルボキシル基に変える水素原子の上で左クリックする。[sp2(1H)] を選択し、ヒドロキシル基に変える水素原子の上で左クリックする。[change atom] を選択し、酸素原子に変える炭素原子と水素原子の上で左クリックし、[OK] を選択すると、lactic acid の骨格ができる。分子軌道計算を実行すると、図 34, 35 のような lactic acid が表示された。



図34 L-lactic acid



図35 D-lactic acid

3 芳香族化合物

化学 I で取り上げる芳香族化合物には、ベンゼンなどの芳香族炭化水素、フェノール類や芳香族カルボン酸、アニリンなどの芳香族窒素化合物などがある。

(1) 芳香族炭化水素

ベンゼンの2置換体には、*o*-, *m*-, *p*-の3種類の異性体が存在する。3種類の xylene 分子を作成した (図 37~図 39)。

[File] [New] を選択し、[template] のアイコンを左クリックすると、テンプレートが表示する。テンプレートのクロスバーを操作し、benzene をクリックして選択する。Workspace 上で左クリックすると、benzene が表示される。[spacefill] で表示させると図 36 のようになった。6員環の中心に、ほとんど空間は見られない。

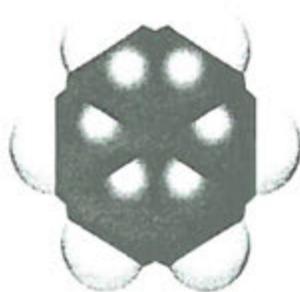


図36 benzene

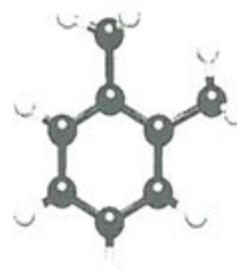


図37 o-xylene



図38 m-xylene

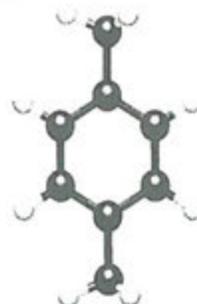


図39 p-xylene

(2) フェノール

フェノール誘導体にも、*o*-, *m*-, *p*-の3種類の異性体が存在する。3種類の cresol 分子を作成した (図 41~図 43)。

[File] [New] を選択し、[template] のアイコンを左クリックすると、テンプレートが表示される。テンプレートのクロスバーを操作し、benzene をクリックして選択する。Workspace 上で左クリックすると、benzene が表示される。[sp2(1H)] を選択し、benzene 分子の水素原子の上で左クリックし、炭素原子を酸素原子に変えると、phenol 分子ができ、図 40 のように表示された。

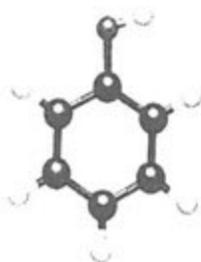


図40 phenol

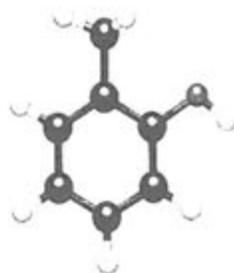


図41 o-cresol



図42 m-cresol

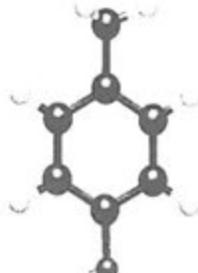


図43 p-cresol

(3) 芳香族カルボン酸

芳香族カルボン酸では、ベンゼン環にカルボキシル基が1個置換した benzoic acid (安息香酸)、2個置換した phthalic acid (フタル酸) と terephthalic acid (テレフタル酸)、カルボキシル基とヒドロキシル基が1個ずつ置換した salicylic acid (サリチル酸) などがある。phthalic acid と terephthalic acid を作成した (図44～図45)。



図44 phthalic acid

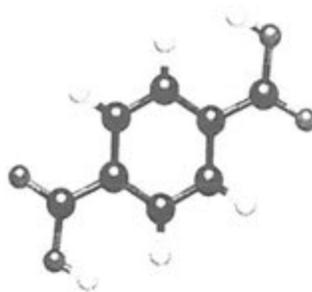


図45 terephthalic acid

[File] [New] を選択し、[template] のアイコンを左クリックすると、テンプレートが表示する。テンプレートのクロスバーを操作し、benzene をクリックして選択する。Workspace 上で左クリックすると、benzene が表示される。[sp2(2H)] を

選択し, benzene 分子のオルト位の 2 個の水素原子の上で左クリックする。次に [sp2 (2H)] を選択し, カルボキシル基の骨格をつくる。[change atom] を選択し, 炭素原子や水素原子を酸素原子に変え, カルボキシル基を作る。分子軌道計算を実行すると, 図 44 のような phthalic acid が表示された。2 個のカルボン酸をパラ位に作ると, terephthalic acid になり, 図 45 のように表示された。

(4) 芳香族窒素化合物

アニリンの誘導体で, 異性体が重要な意味をもつものは, 化学 I では扱わない。化学 I で, 最も複雑な分子構造をもつものに, methyl orange と methyl red がある。これらの分子を作成した。これらの分子のもとになるのが *p*-hydroxyazobenzene である。

[File] [New] を選択し, [template] のアイコンを左クリックすると, テンプレートが表示する。テンプレートのクロスバーを操作し, benzene をクリックして選択する。Workspace 上で左クリックすると, benzene が表示される。[sp2 (1H)] を選択し, benzene 分子の水素原子の上で左クリックする。sp2 炭素に結合している水素原子の上でもう一度左クリックする。次に [template] のアイコンを左クリックし, benzene を選び, 結合させたい部位の水素原子を右クリックする。N=NH の水素原子の上で左クリックすると, 目的の分子の骨格ができる。最後に, パラ位にヒドロキシル基を入れると, *p*-hydroxyazobenzene が完成する (図 46, 図 47)。分子軌道計算を実行すると, [edit] [Z-matrix] の [Keywords] に "GEO-OK" を入力することを要求してきた。

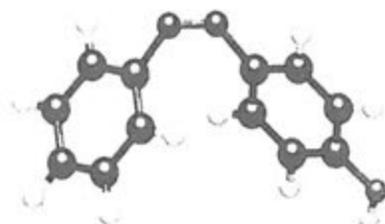


図 46 *p*-hydroxyazobenzene

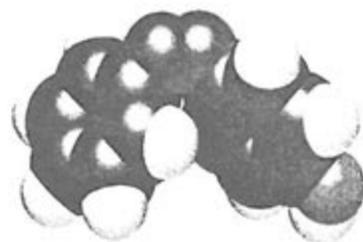


図 47 *p*-hydroxyazobenzene

[sp2 (2H)] を選択し, *p*-hydroxyazobenzene 分子のベンゼン環に CH₃ 基を置換させる。[change atom] を選択し, 炭素原子を窒素原子に変える。さらに, 2 つの水素原子をメチル基に変える。[delete] を選択し, ヒドロキシル基を取り去り, その代わりにメチル基を入れる。[change atom] を選択し, 炭素原子を硫黄原子に, 水素原子を酸素原子に変えると, methyl orange のアニオンが完成する (図 48, 図 49)。分子軌道計算を実行すると, [edit] [Z-matrix] の [Keywords] に "GEO-OK" を入力することを要求してきた。

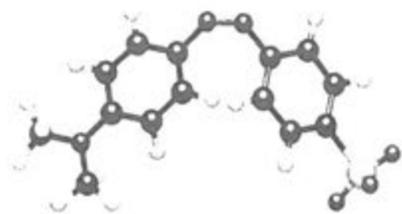


図48 methyl orange

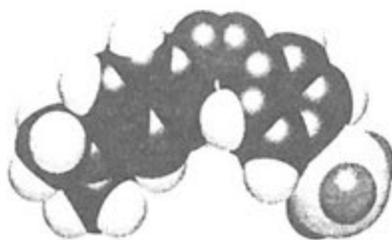


図49 methyl orange

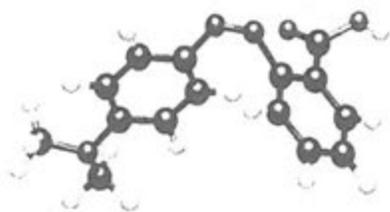


図50 methyl red



図51 methyl red

IV おわりに

化学 I の教科書で取り扱う有機化合物の分子は、例外なく WinMOPAC で作成できることが確認できた。また、その分子の形は、半経験的分子軌道計算を行っているため、おおよそ最も安定な形のモデルになっていると考える。

今後の課題は、この教材を授業の中でいかに使うかということである。また、情報科の授業の中で有効利用することはできないか検討してみたい。さらに、高分子化合物における活用も検討してみたい。

参考文献 WinMOPAC3.0 ユーザーズガイド (富士通)

summary:

In the past, HGS molecule structure model and STS molecule structure model were used to learn the structure of the molecule of organic compound.

As the computer becomes popular, a lot of software of the molecule model, too, is developed.

It found that Fujitsu WinMOPAC was the software which was developed for the researcher but that it was possible to utilize in the education scene of the junior high school and the high school.



WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発 (第2報)

—糖類を中心に—

おか ひろ あき すぎ い のぶ お いのぐち こう じ
岡 博 昭・杉 井 信 夫・井野口 弘 治

Making Teaching Material of Molecular Compounds Using WinMOPAC.2

OKA Hiroaki · SUGII Nobuo · INOBUCHI Koji

抄録：富士通 WinMOPAC を用いると、天然高分子化合物である糖類のモデルを、HGS分子構造模型やSTS分子構造模型よりも容易に、短時間で、しかも正確に作成することができた。高等学校化学Ⅱにおける高分子の教材として、有効に活用できることがわかった。
キーワード：化学教育、高分子化合物、糖類、分子モデル、コンピュータ、WinMOPAC

I はじめに

本校研究集録「WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発 (第1報)」で、化学Ⅰで扱う有機化合物は、富士通 WinMOPAC を用いてすべて作成できることを報告した。また、異性体を学習する際に、有効な手段であることも述べた。

しかし、化学Ⅰで扱う有機化合物は、分子量がそれほど大きくないため、丸善STS分子構造模型などを使って生徒にモデルをつくらせることが十分可能であり、コンピュータソフトの有効な活用とはいえない。

一方、多糖類やポリペプチドなど天然高分子化合物をSTS分子構造模型で作成すると、分子モデルをつくるのに時間がかかり、その立体構造が正しいかどうか不明である。また、デンプンのらせん構造やタンパク質の α -ヘリックスのモデルを組んでも、生徒に提示している間に壊れてしまうことがよくある。

そこで、富士通 WinMOPAC を使って天然高分子化合物を簡単に作成することはできないか検討してみた。高等学校化学Ⅱで扱う高分子化合物には、天然高分子化合物と合成高分子化合物がある。また、天然高分子化合物には、糖類、タンパク質、無機高分子化合物などがあるが、本報告では糖類を中心に述べる。

使用したコンピュータは、ソニーバイオ (Pentium IIIプロセッサ 733 MHz, メインメモリー 384 MB) である。使用したソフトは、富士通 WinMOPAC3.0 である。

II 単糖類

化学Ⅱでは、単糖類として glucose (ブドウ糖), fructose (果糖) などが扱われる。glucose には、 α -glucose と β -glucose の2種類の立体異性体が存在する。fructose には、フラノ

ース型とピラノース型の2種類がある。ここでは、これら4種類の単糖類の構造について検討する。

1. α -グルコース

[File] [New] を選択すると、画面の左下に "Please click to put new atoms" の表示が出る。[template] を左クリックしてテンプレートを表示させ、tetrahydropyran $C_5H_{10}O$ を選び、左クリックすると、図1のような画面が現れ、[ball&stick] を選択すると、図2のような画面になる。



図1 tetrahydropyran(halfvector)

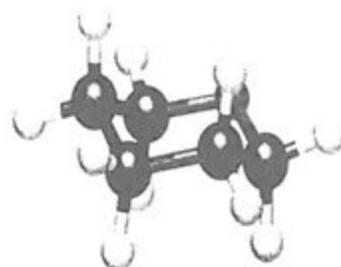


図2 tetrahydropyran(ball&stick)

[add] [sp3(3H)] を選択し、5番炭素の上向きの水素原子の上で左クリックすると、5番炭素にメチル基がつく。このメチル基の炭素が6番炭素になる。次に、[add] [sp2(1H)] を選択し、1番炭素に結合している下向きの水素原子、2番炭素に結合している下向きの水素原子、3番炭素に結合している上向きの水素原子、4番炭素に結合している下向きの水素原子、6番炭素に結合している水素原子の上で左クリックする。[change atom] を選択すると、周期表が出てくる。O原子を選択し、ヒドロキシル基を変えたい部分の炭素原子の上で左クリックすると、図3のようになった。[Edit] [Z-Matrix] を左クリックし、[Name] に " α -glucose" を入れ、[Calculation] [start] を左クリックすると、画面左下に "MOPAC running" の表示が出て、分子軌道計算を実行する。計算が終わると、画面左下に "MOPAC done" の表示が出て、図4のような画面になった。

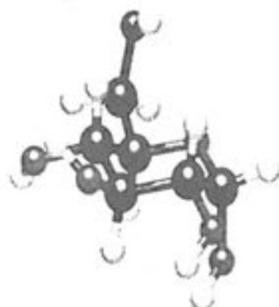


図3 α -glucose (計算前)



図4 α -glucose (計算後)

2. β -グルコース

α -glucose は、1番炭素に結合している水素原子よりも、ヒドロキシル基が下側にあるが、 β -glucose は逆になっている。したがって、図4の α -glucoseの1番炭素に結合しているヒドロキシル基の位置を修正するだけで β -glucoseができる。

[delete] を選択して、1番炭素に接続しているヒドロキシル基の酸素原子の上で左クリックすると、ヒドロキシル基が水素原子に変わる。次に、[add] [sp2(1H)] を選択し、1番炭素に結合している上向きの水素原子の上で左クリックし、[change atom] を選択し、炭素原子を酸素原子に変えると、ヒドロキシル基になる。[Edit] [Z-Matrix] を選択し、[Name] に" β -glucose"と入力する。[Calculation] [Start] を選択し、分子軌道計算を実行させると図5のようになった。また、[spacefill] で表示させると、図6のようになった。



図5 β -glucose (ball&stick)



図6 β -glucose(spacefill)

3. β -フルクトピラノース

[File] [New] を選択し、[template] を左クリックして tetrahydropyran $C_5H_{10}O$ を選ぶ。[add] [sp3(3H)] を選択し、右端の炭素の下側の水素原子をメチル基に変える。このメチル基の炭素原子が1番炭素になる。[add] [sp2(1H)] を選択し、1番炭素に結合している水素原子、2番炭素に結合している水素原子、3番炭素に結合している上側の水素原子、4番炭素に結合している下側の水素原子、5番炭素に結合している下側の水素原子のそれぞれの上で左クリックする。[change atom] を選択して、それぞれの炭素原子を酸素原子に変えてヒドロキシル基にすると、図7のようになる。[Edit] [Z-Matrix] を選択し、[Name] に" β -fructopyranose"と入力する。[Calculation] [Start] を選択し、分子軌道計算を実行すると、図8のようになった。

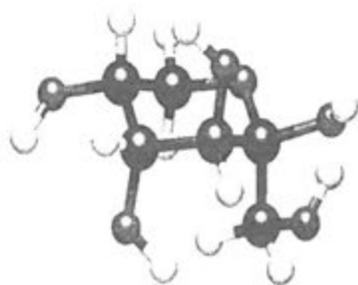


図7 β -fructopyranose (計算前)



図8 β -fructopyranose (計算後)

4. β -フルクトフラノース

[File] [New] を選択し, [template] を左クリックして tetrahydrofuran C_4H_8O を選ぶ。[add] [sp3(3H)] を選択し, 酸素原子を画面の上側にする。酸素原子の右隣の炭素原子に結合している下側の水素原子と, 酸素原子の左隣の炭素原子に結合している上側の水素原子をメチル基に変える。酸素原子の右隣の炭素原子に接続したメチル基の炭素原子が 1 番炭素になる。[add] [sp2(1H)] を選択し, 1 番炭素に結合している水素原子, 2 番炭素に結合している水素原子, 3 番炭素に結合している上側の水素原子, 4 番炭素に結合している下側の水素原子, 6 番炭素に結合している水素原子のそれぞれの上で左クリックする。[change arom] を選択して, それぞれの炭素原子を酸素原子に変えてヒドロキシル基にすると, 図 9 のようになる。[Edit] [Z-Matrix] を選択し, [Name] に " β -fructfuranose" と入力する。[Calculation] [Start] を選択し, 分子軌道計算を実行すると, 図 10 のようになった。

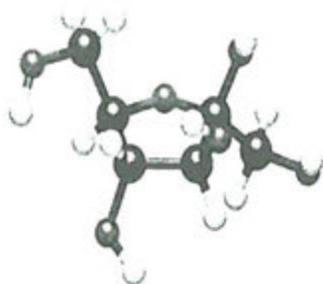


図 9 β -fructfuranose (計算前)



図 10 β -fructfuranose (計算後)

III 二糖類

化学 II では, 二糖類として maltose (麦芽糖), sucrose (ショ糖), lactose (乳糖), cellobiose などが扱われる。ここでは, これら 4 種類の二糖類の構造について検討する。

1. マルトース

maltose は, α -glucose 分子が 2 個縮合し, 1-4 結合 (α -グルコシド結合) の構造をしている。

[Open] を選択し, 保存してあった α -glucose を表示する。[add] [template] を選択し, tetrahydropyran を左クリックする。 α -グルコシド結合をさせるには, 1 番炭素に結合しているヒドロキシル基の酸素原子に, 他の α -glucose の 4 番炭素を結合させればよい。tetrahydropyran の 3 番炭素の下向きの水素原子 (template 上の 13 番の水素原子) を右クリックし, 画面上の α -glucose の 1 番炭素に結合しているヒドロキシル基の水素原子の上で左クリックすると, α -グルコシド結合ができる。

[rotatin] を選択し, tetrahydropyran を画面上で動かし, 結合した部分がピラン環の 3 番炭素の下向きになるように表示させる。ピラン環の 2 番炭素にメチル基をつける。このメチル基の炭素原子は, α -glucose の 6 番炭素になる。1 番炭素と 2 番炭素に

下向きにヒドロキシル基をつける。3番炭素には、上向きにヒドロキシル基をつけ、6番炭素にもヒドロキシル基をつけると maltose になる。

[Edit] [Z-Matrix] を選択し、[Name] に "maltose" と入力する。[Calculation] [Start] を選択し、分子軌道計算を実行すると、図 11 のようになった。このとき、[Edit] [Z-Matrix] [Keywords] に "GEO-OK" を入力するように要求された。

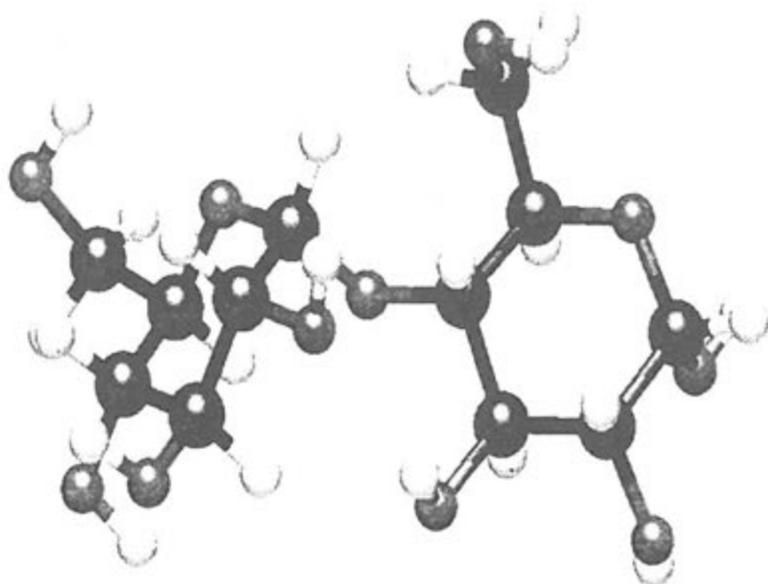


図11 maltose (ball&stick)

2. スクロース

sucrose は、 α -glucose 分子と β -fructopyranose 分子が縮合し、1-2 結合の構造をしている。

[Open] を選択し、保存してあった α -glucose を表示する。[add] [template] を選択し、tetrahydrofuran を左クリックする。1-2 結合をさせるには、1番炭素に結合しているヒドロキシル基の酸素原子に、 β -fructofuranose の2番炭素を結合させればよい。tetrahydrofuran の2番炭素の下向きの水素原子 (template 上で7番の水素原子) を右クリックし、画面上の α -glucose の1番炭素に結合しているヒドロキシル基の水素原子の上で左クリックすると、1-2 結合ができる。

[rotatin] を選択し、tetrahydrofuran を画面上で動かし、結合した部分がフラン環の2番炭素の下向きになるように表示させる。フラン環の2番炭素と5番炭素にメチル基をつける。このこのメチル基の炭素原子は、 β -fructofuranose では、それぞれ1番炭素と6番炭素になる。1番炭素と6番炭素にヒドロキシル基をつける。3番炭素には、下向きにヒドロキシル基をつけ、4番炭素には、上向きにヒドロキシル基をつけると sucrose になる。

[Edit] [Z-Matrix] を選択し, [Name] に"sucrose"と入力する。[Calculation] [Start] を選択し, 分子軌道計算を実行すると, 図 12 のようになった。このとき, [Edit] [Z-Matrix] [Keywords] に"GEO-OK"を入力するように要求された。

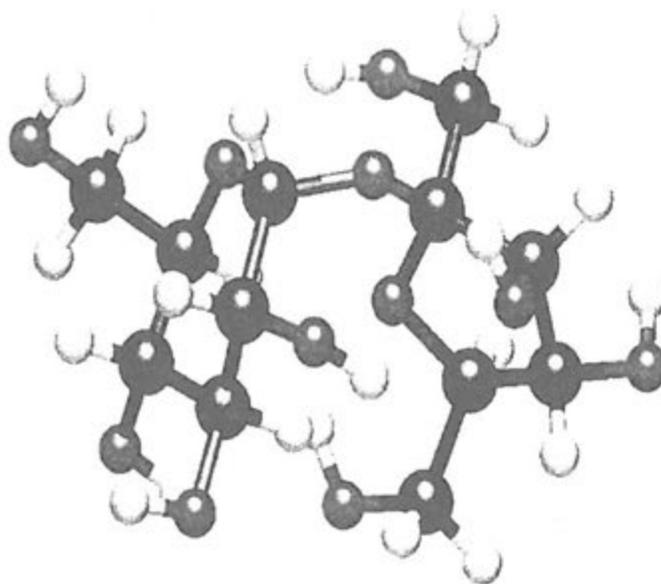


図12 sucrose (ball&stick)

3. ラクトース

lactose は, β -galactose 分子と α -glucose 分子が縮合し, 1-4 結合の構造をしている。

まず, β -galactose 分子を作成した。[File] [New] を選択し, [template] を左クリックしてテンプレートを表示させ, tetrahydropyran $C_5H_{10}O$ を選ぶ。tetrahydropyran の 2 番炭素にメチル基をつけると, このメチル基の炭素原子は β -galactose の 6 番炭素になる。1 番炭素, 3 番炭素, 4 番炭素に上向きに, 2 番炭素に下向きにヒドロキシル基をつける。また, 6 番炭素にもヒドロキシル基をつけると, β -galactose ができる。

[add] [template] を選択し, tetrahydropyran を左クリックする。1-4 結合をさせるには, 1 番炭素に結合しているヒドロキシル基の酸素原子に, α -glucose の 4 番炭素を結合させればよい。tetrahydropyran の 3 番炭素の下向きの水素原子 (template 上の 13 番の水素原子) を右クリックし, 画面上の β -galactose の 1 番炭素に結合しているヒドロキシル基の水素原子の上で左クリックすると, 1-4 結合ができる。

[rotatin] を選択し, tetrahydropyran を画面上で動かし, 結合した部分がピラン環の 3 番炭素の下向きになるように表示させる。ピラン環の 2 番炭素にメチル基をつける。このこのメチル基の炭素原子は, α -glucose では, 6 番炭素になる。1 番炭素と 2 番炭素に下向きに, 3 番炭素には上向きにヒドロキシル基をつけ, 6 番炭素にもヒドロキシル基をつけると lactose になる。

[Edit] [Z-Matrix] を選択し, [Name] に"lactose"と入力する。[Calculation] [Start] を選択し, 分子軌道計算を実行すると, 図 13 のようになった。このとき, [Edit] [Z-Matrix] [Keywords] に"GEO-OK"を入力するように要求された。

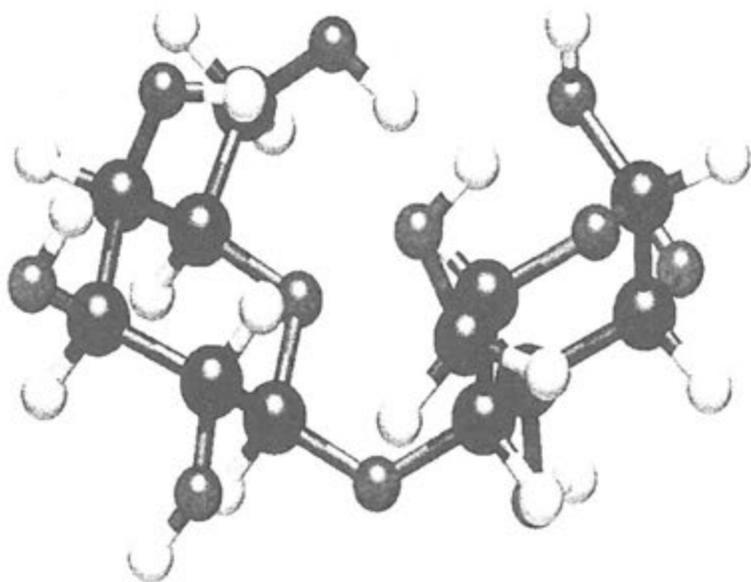


図13 lactose (ball&stick)

4. セロビオース

cellobiose は, β -glucose 分子が2個縮合し, 1-4 結合 (β -グルコシド結合) の構造をしている。

[Open] を選択し, 保存してあった β -glucose を表示する。[add] [template] を選択し, tetrahydropyran を左クリックする。 β -グルコシド結合をさせるには, 1番炭素に結合しているヒドロキシル基の酸素原子に, 他の β -glucose の4番炭素を結合させればよい。tetrahydropyran の3番炭素の下向きの水素原子 (template 上の13番の水素原子) を右クリックし, 画面上の β -glucose の1番炭素に結合しているヒドロキシル基の水素原子の上で左クリックすると, β -グルコシド結合ができる。

[rotatin] を選択し, tetrahydropyran を画面上で動かし, 結合した部分がピラン環の3番炭素の下向きの結合になるように表示させる。ピラン環の2番炭素にメチル基をつける。このメチル基の炭素原子は, β -glucose の6番炭素になる。1番炭素と3番炭素に上向きにヒドロキシル基をつける。2番炭素には, 下向きにヒドロキシル基をつけ, 6番炭素にもヒドロキシル基をつけると cellobiose になる。

[Edit] [Z-Matrix] を選択し, [Name] に"cellobiose"と入力する。[Calculation] [Start] を選択し, 分子軌道計算を実行すると, 図 14 のようになった。このとき, [Edit] [Z-Matrix] [Keywords] に"GEO-OK"を入力するように要求された。cellobiose は, cellulose の構成単位であり, 隣り合う glucose の上下前後が逆になっているといわれ

ている。分子軌道計算を実行すると、右側の β -glucose が反転して、ピラン環の酸素原子が手前に来ている。しかし、教科書に記載されているような右側の β -glucose の 180° の反転は見られなかった。

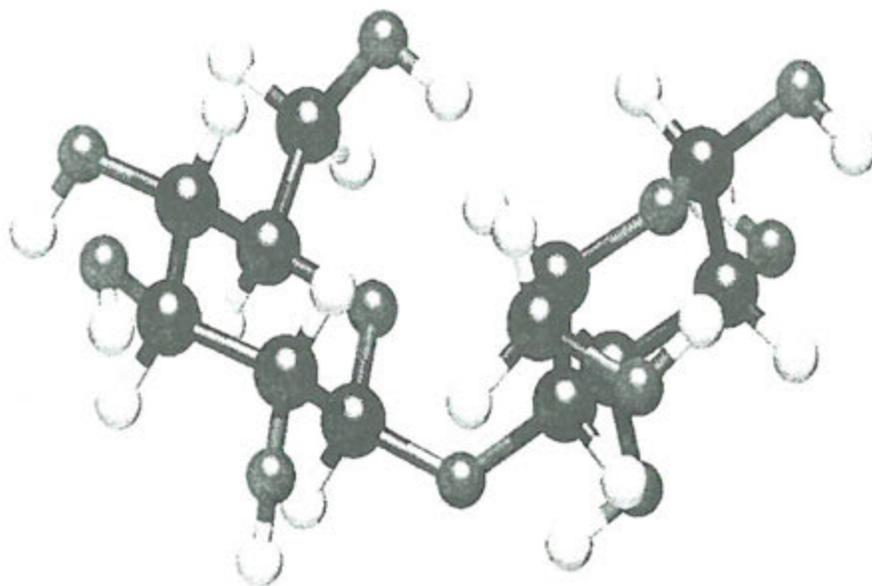


図14 cellobiose (ball&stick)

IV 多糖類

化学IIでは、多糖類として amylose, amylopectin, glycogen, cellulose などが扱われる。glycogen は分子の構造や分子量は amylopectin と同じであるといわれている。ここでは、直鎖状の構造をもつ amylose, cellulose の2種類の多糖類について検討する。amylose はらせん構造、cellulose はらせん構造をとらずに直線状になるはずである。

1. アミロース

amylose は、 α -glucose 分子が直鎖状に繰り返し縮合した構造をもつ分子からなる。

[Open] を選択し、保存してあった α -glucose を表示する。[add] [template] を選択し、tetrahydropyran を左クリックする。 α -グルコシド結合をさせるには、1番炭素に結合しているヒドロキシル基の酸素原子に、他の α -glucose の4番炭素を結合させればよい。tetrahydropyran の3番炭素の下向きの水素原子 (template 上の13番の水素原子) を右クリックし、画面上の α -glucose の1番炭素に結合しているヒドロキシル基の水素原子の上で左クリックすると、 α -グルコシド結合ができる。

新たに結合させた tetrahydrofuran を α -glucose に変え、この操作を繰り返すと amylose 分子の一部ができる。

[Edit] [Z-Matric] を選択し, [Name] に "amylose" と入力する。 [Calculation] [Start] を選択し, 分子軌道計算を実行すると, 図 15, 16 のようになった。

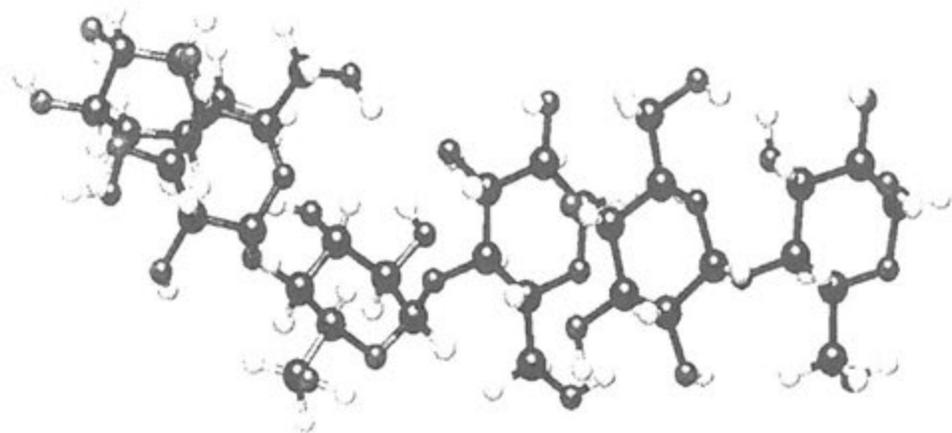


図15 amylose (ball&stick)

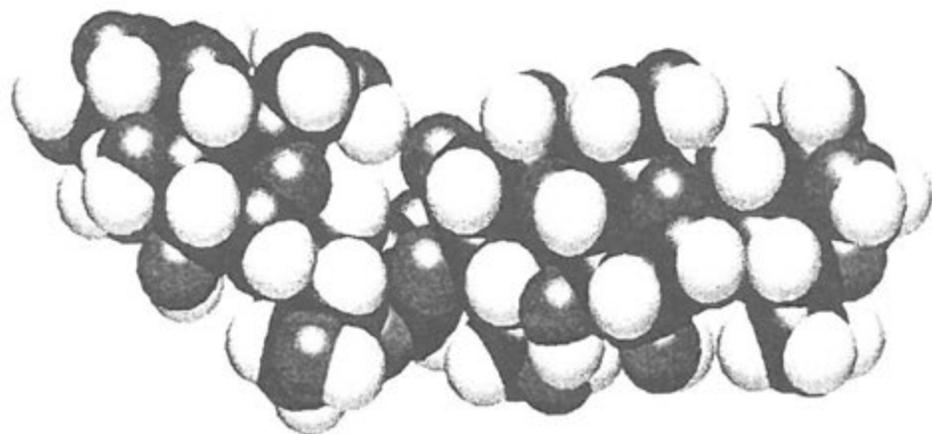


図16 amylose (spacefill)

[template] の tetrahydropyran を結合させたとき、隣の α -glucose と接近していてメチル基をつけにくいときがあった。このときは、その状態で分子軌道計算を実行させた。

WinMOPAC3.0 は、MAX 原子数が 200 原子として設定されているため、amyrose は α -glucose 分子 6 個で作成した。1 分子結合させるたびに分子軌道計算を実行させたため、分子軌道計算にのべ 42 分を費やした。このコンピュータでは、6 分子の α -glucose からなる amlose が限界であると考えられる。6 分子の α -glucose からの amylose であるが、spacefill で表示させると、らせん構造していることがよくわかる。このらせん構造のなかにヨウ素分子が入り込んで、ヨウ素デンプン反応の発色を呈するのである。

2. セルロース

cellulose は、 β -glucose 分子が直鎖状に繰り返し縮合した構造をもつ分子からなる。[Open] を選択し、保存してあった β -glucose を表示する。[add] [template] を選択し、tetrahydropyran を左クリックする。 β -グルコシド結合させるには、1 番炭素に結合しているヒドロキシル基の酸素原子に、他の β -glucose の 4 番炭素を結合させればよい。tetrahydropyran の 3 番炭素の下向きの水素原子 (template 上の 13 番の水素原子) を右クリックし、画面上の β -glucose の 1 番炭素に結合しているヒドロキシル基の水素原子の上で左クリックすると、 β -グルコシド結合ができる。

新たに結合させた tetrahydrofuran を β -glucose に変え、この操作を繰り返すと cellulose 分子の一部ができる。

[Edit] [Z-Matrix] を選択し、[Name] に "cellulose" と入力する。[Calculation] [Start] を選択し、分子軌道計算を実行すると、図 17, 18 のようになった。

spacefill で表示させると、amyrose はらせん構造をしているが、cellulose は直線構造になっていることがよくわかる。

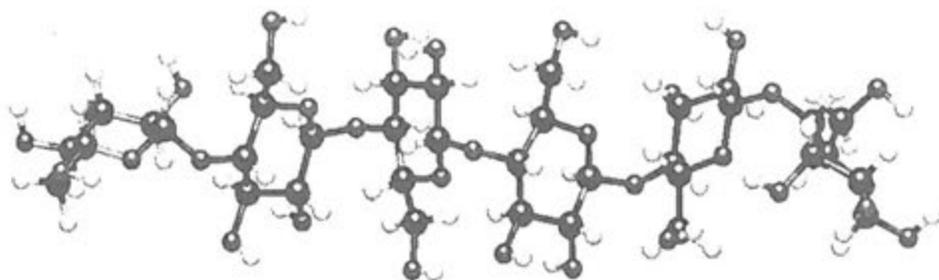


図17 cellulose (ball&stick)

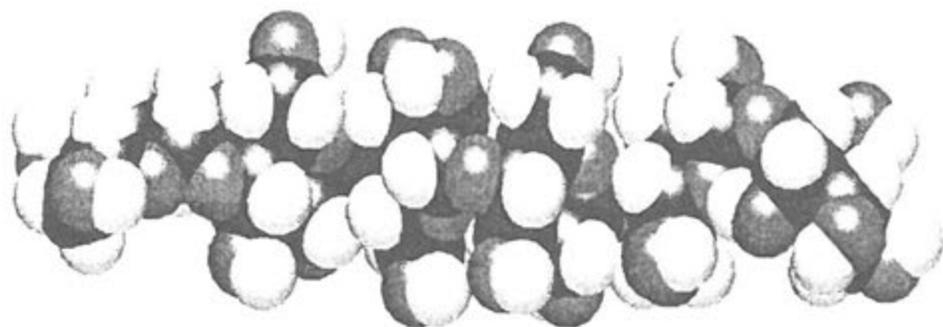


図18 cellulose (spacefill)

V おわりに

WinMOPAC で作成した分子モデルにおいて、*amilose* と *cellulose* の違いが顕著に表示できることがわかった。生徒にとって、どうして *amylose* はヨウ素デンプン反応を示すのに、*cellulose* は示さないのかが疑問である。このソフトによって作成したモデルにより、その謎を解くことができる。そのような意味で、WinMOPAC は高等学校の化学教育にとって有効な手段であると考えられる。

しかし、モデルを作成するには、慣れと技術を要する。*amylose* や *cellulose* を作成するとき、*template* 上の *tetrahydropyran* の 13 番水素を右クリックして結合させることがわかるには、多少の時間を要した。また、こまめに分子軌道計算をさせるのとそうでないのでは、最終的に分子の構造が違うことに気づくのに多少の時間がかかった。原子数が 100 を越えると、分子軌道計算に数十分も要する。より複雑なモデルを作成するには、もっと高性能なコンピュータが必要である。

また、*cellulose* の構造に関しては、教科書では隣り合う *glucose* 単位の環状部分は、上下前後が逆になっていると記載されているが、WinMOPAC で作成したモデルでは、必ずしもそのようになっていない。何が原因であるかはよくわからない。今後、検討していきたい。

参考文献 WinMOPAC3.0 ユーザーズガイド (富士通)

summary:

When using Fujitsu WinMOPAC, the model of the saccharide which is natural macromolecular compound could be correctly created more easily than the HGS molecule structure model and the STS molecule structure model at short time. It found that it was possible to utilize effectively as the teaching materials of the high school chemistry II macromolecule.

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—

おか ひろ あきすぎ い のぶ お いのぐち こう じ
岡 博 昭・杉 井 信 夫・井野口 弘 治

Making Teaching Material of Molecular Compounds Using WinMOPAC.3

OKA Hiroaki・SUGII Nobuo・INOBUCHI Koji

抄録：富士通 WinMOPAC を用いると、天然高分子化合物であるペプチドのモデルを、HGS 分子構造模型やSTS 分子構造模型よりも容易に、短時間で、しかも正確に作成することができた。高等学校化学Ⅱにおける高分子の教材として、有効に活用できることがわかった。

キーワード：化学教育，高分子化合物，アミノ酸，ペプチド，分子モデル，コンピュータ，WinMOPAC

I はじめに

本校研究集録「WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発(第1報)」では、高校化学Ⅰで扱うすべての有機化合物を、富士通 WinMOPAC を用いて作成できることを報告した。また、構造異性体、幾何異性体、光学異性体などの異性体の学習に、有効な手段であることも述べた。

本校研究集録「WinMOPAC を用いた分子モデルの教材開発(第2報)」では、化学Ⅱで扱う糖類は、WinMOPAC を用いてすべて作成できることを報告した。また、多糖類である amylose と cellulose の分子の形の違いを示すのに、有効な手段であることも述べた。

本報告では、WinMOPAC を使ったアミノ酸やペプチドの教材について述べる。glycine 以外のアミノ酸には、L型とD型の光学異性体が存在する。また、タンパク質を構成しているポリペプチド鎖は、らせん構造をしているものが多い。この光学異性体とらせん構造を理解しやすくするための教材について検討した。

使用したコンピュータは、ソニーバイオ(Pentium IIIプロセッサ 733 MHz, メインメモリー 384 MB)である。使用したソフトは、富士通 WinMOPAC3.0である。

II α -アミノ酸

化学Ⅱでは、タンパク質を構成する α -アミノ酸の例として、glycine, alanine, serine, cysteine, methionine, glutamic acid, lysine, phenylalanine, tyrosine などが紹介されている。glycine 以外の α -アミノ酸には、L型とD型の光学異性体が存在する。これら9種類の α -アミノ酸と、その光学異性体の分子モデルを検討した。

1. グリシン

glycine の分子式は $C_2H_5NO_2$ であり、 α -アミノ酸を $R\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ で表したとき、 R は -H である。

[File] [New] を選択すると、画面の左下に "Please click to put new atoms" の表示が出る。[sp3(3H)] を左クリックし、マウスイカーソルを Workspase 上に移動して左クリックすると、methane が表示される。

[rotation] を左クリックし、マウスを左クリックしながら Workspase 上で移動させると、画面上で methane が動く。図1のような位置で、上にカルボキシル基、左にアミノ基、下に R を置換させると、L型のアミノ酸になる。

カルボキシル基をつくるには、[add] を左クリックし、[sp2(2H)] を選び、methane の上向きの水素原子の上で左クリックする。新たに加わった水素原子の1つを、[change atom] で酸素原子に変える。[sp2(1H)] を選び、もう1つの水素原子の上でクリックし、[change atom] で炭素原子を酸素原子に変えると、カルボキシル基ができる。

アミノ基をつくるには、[add] を左クリックし、[sp2(2H)] を選び、methane の左向きの水素原子の上で左クリックする。[change atom] で新たに加えた炭素原子を窒素原子に変えると、アミノ基ができる。分子軌道計算を実行すると、図2のような glycine になった。

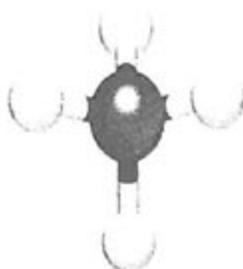


図1 methane



図2 glycine

2. アラニン

alanine の分子式は $C_3H_7NO_2$ であり、 α -アミノ酸を $R\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ で表したとき、 R は -CH_3 である。

図2の glycine の下向きの水素原子をメチル基に変えると図3のような L-alanine になった。また、アミノ基と水素原子を入れ替えると、図4のような D-alanine になった。



図3 L-alanine

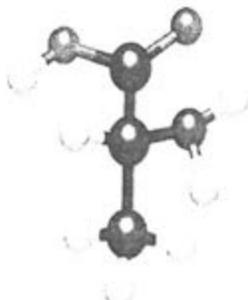


図4 D-alanine

3. セリン

serine の分子式は $C_3H_7NO_3$ であり、 α -アミノ酸を $R\cdot CH(NH_2)COOH$ で表したとき、 R は $-CH_2OH$ である。

図3の L-alanine のメチル基の1つの水素原子をヒドロキシル基に変えると、図5のような L-serine になった。また、図4の D-alanine のメチル基の1つの水素原子をヒドロキシル基に変えると、図6のような D-serine になった。



図5 L-serine



図6 D-serine

4. システイン

cysteine の分子式は $C_3H_7NO_2S$ であり、 α -アミノ酸を $R\cdot CH(NH_2)COOH$ で表したとき、 R は $-CH_2SH$ である。

図5の L-serine のヒドロキシル基の酸素原子を硫黄原子に変えると、図7のような L-cysteine になった。また、図6の D-serine のヒドロキシル基の酸素原子を硫黄原子に変えると、図8のような D-cysteine になった。

5. メチオニン

methionine の分子式は $C_5H_{11}NO_2S$ であり、 α -アミノ酸を $R\cdot CH(NH_2)COOH$ で表したとき、 R は $-CH_2CH_2-S-CH_3$ である。

図3の L-alanine のメチル基の3つの水素原子のうちの1つを CH_2-S-CH_3 に変えると、図9のような L-methionine になった。また、図4の D-alanine のメチル基

の1つの水素原子を $\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3$ に変えると、図10のようなD-methionineになった。

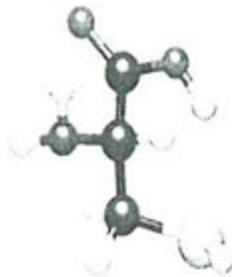


図7 L-cysteine

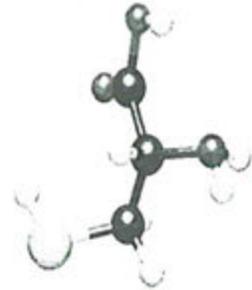


図8 D-cysteine



図9 L-methionine



図10 D-methionine

6. グルタミン酸

glutamic acidの分子式は $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$ であり、 α -アミノ酸を $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ で表したとき、R-は $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ である。

図3のL-alanineのメチル基の3つの水素原子のうちの1つを CH_2COOH に変えると、図11のようなL-glutamic acidになった。また、図4のD-alanineのメチル基の1つの水素原子を CH_2COOH に変えると、図12のようなD-glutamic acidになった。

7. リシン

lysineの分子式は $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O}_2$ であり、 α -アミノ酸を $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ で表したとき、R-は $-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3-\text{NH}_2$ である。

図3のL-alanineのメチル基の1つの水素原子を $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{NH}_2$ に変えると、図13のようなL-lysineになった。また、図4のD-alanineのメチル基の1つの水素原子を $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{NH}_2$ に変えると、図14のようなD-lysineになった。



図11 L-glutamic acid



図12 D-glutamic acid



図13 L-lysine



図14 D-lysine

8. フェニルアラニン

phenylalanine の分子式は $C_9H_{11}NO_2$ であり、 α -アミノ酸を $R\cdot CH(NH_2)COOH$ で表したとき、 R -は $-CH_2-C_6H_5$ である。

図3の L-alanine のメチル基の1つの水素原子をフェニル基に変えると、図15のような L-phenylalanine になった。また、図4の D-alanine のメチル基の1つの水素原子をフェニル基に変えると、図16のような D-phenylalanine になった。

なお、フェニル基をつけるには、[template] を左クリックして、テンプレートを表示させ、テンプレートのスクロールバーを操作し、ベンゼン環を左クリックして選択する。ベンゼン環のどの部位を、メチル基と結合させるかを定めるために、結合させたい部位の水素原子を右クリックするとよい。

9. チロシン

tyrosine の分子式は $C_9H_9NO_3$ であり、 α -アミノ酸を $R\cdot CH(NH_2)COOH$ で表したとき、 R -は $-CH_2-C_6H_4-OH$ である。

図15の L-phenylalanine のフェニル基のパラ位にヒドロキシル基を置換すると、図17のような L-tyrosine になった。また、図16の D-phenylalanine のフェニル基のパラ位にヒドロキシル基を置換すると、図18のような D-tyrosine になった。



図15 L-phenylalanine



図16 D-phenylalanine

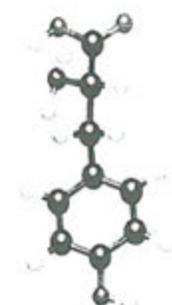


図17 L-tyrosine



図18 D-tyrosine

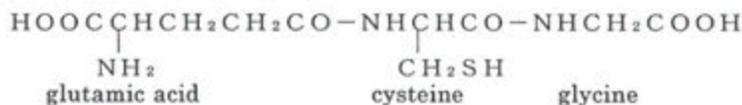
Ⅲ グルタチオン (トリペプチド)

グルタチオンとは、生体から取り出された結晶性ポリペプチドの最初のもので、F.G.Hopkins (1921) が酵母中から分離発見し、C.R.Harington (1935) が合成によって構造を確定した。天然には動物、酵母のほかほとんどの生体細胞中に含まれ、生体組織の呼吸にきわめて重要な役割を果たす。SH基を含み、これが容易に可逆的に酸化され酸化型となるので、生体内における酸化還元重要な役割を果たしている。



ある種の微生物の成長因子であり、また、SH基をもつ酵素の活性化にも作用する。*

トリペプチドの例として、グルタチオンの分子モデルをつくってみた。グルタチオンの構造は、次のようになっている。



1. グルタミン酸とシステインの結合

[Open] を左クリックし、保存してあった図 11 の L-glutamic acid を Workspace 上に表示させる。[rotation] を左クリックし、 $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ を Workspace 上で右を向くように配置する。この右端のカルボキシル基と、cysteine のアミノ基とでペプチド結合をつくる。

[delete] を左クリックし、右端のカルボキシル基のヒドロキシル基の酸素原子の上で左クリックすると、ヒドロキシル基は水素原子に変わる。[add] を左クリックし、[sp2(2H)] を選択して、新たにできた水素原子の上で左クリックする。

[change atom] を左クリックし、炭素原子を窒素原子に変えると、ペプチド結合ができる。このペプチド結合が左側にくるように L-cysteine をつくる。

[add] を左クリックし、[sp3(3H)] を選択して、ペプチド結合の窒素原子にメチル基をつける。[rotation] を左クリックし、メチル基の水素原子が Workspace 上で図 1 の配置をとるようにする。上の水素原子をカルボキシル基、下の水素原子を $-CH_2SH$ に変えると、図 19、20 のような L-glutamic acid と L-cysteine のジペプチドができた。

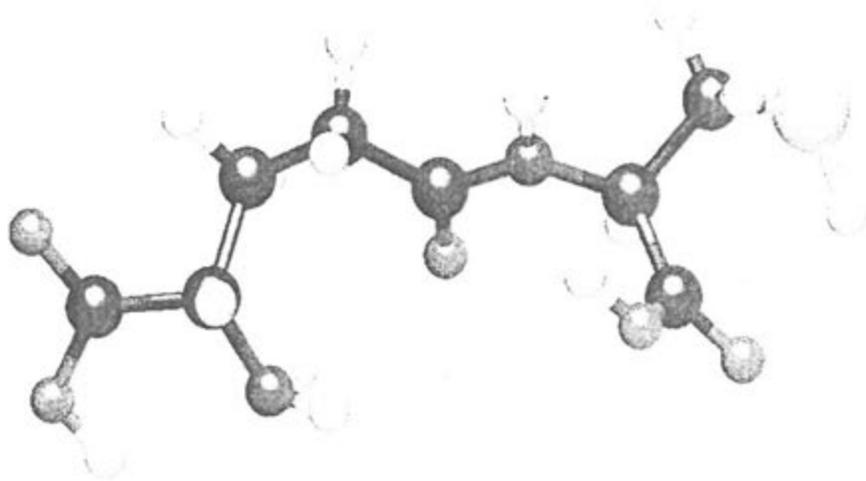


図19 L-Glu-L-Cys (ball&stick)

2. システインとグリシンの結合

[rotation] を左クリックし、cysteine のカルボキシル基を Workspace 上で右を向くように配置する。この右端のカルボキシル基と、glycine のアミノ基とでペプチド結合をつくる。

cysteine のカルボキシル基のヒドロキシル基を水素原子に変え、この水素原子をカルボアニオンに変える。このカルボアニオンの炭素原子を窒素原子に変えるとアミノ基になる。アミノ基の水素原子をメチル基に変え、メチル基の水素原子の1つをカルボキシル基に変えるとグルタチオンの骨格ができた。

[Edit] [Z-matrix] を選択し、Name に "glutathione.dat" と入力し、Calculation Types として Geometry Optimization を選択し、Method として AM1 を選択する。さらに、keywords 欄に "MMOK" キーワードを追加する。

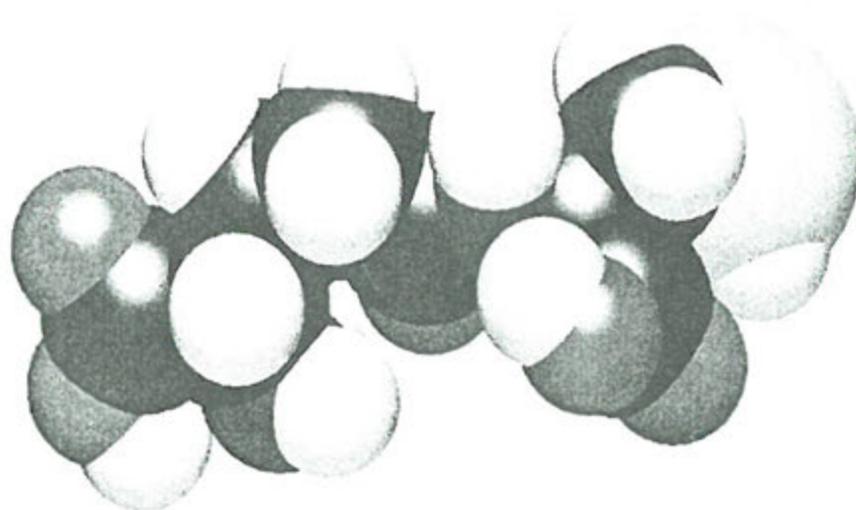


図20 L-Glu-L-Cys (spacefill)

MOPAC2000 では、分子構造入力データを解析して、ペプチド結合 $\text{CO} - \text{NH}$ があると判断した場合、次の2つのキーワードのいずれかが定義されていないと、プログラムを強制的に終了する。"MMOK"は、ペプチド結合を含む場合に分子力学補正を行う。

MOPAC に含まれる半経験的分子軌道法では、ペプチド結合の回転障壁を過小評価するための補正である。"NOMM" は、ペプチド結合に分子力学補正を行わない。

分子軌道計算を実行させると、図 21, 22 の glutathione が表示された。

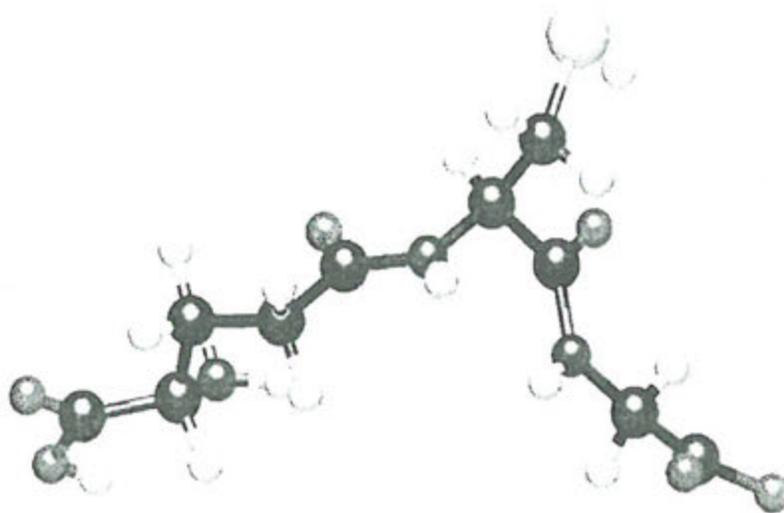


図21 glutathione (ball&stick)

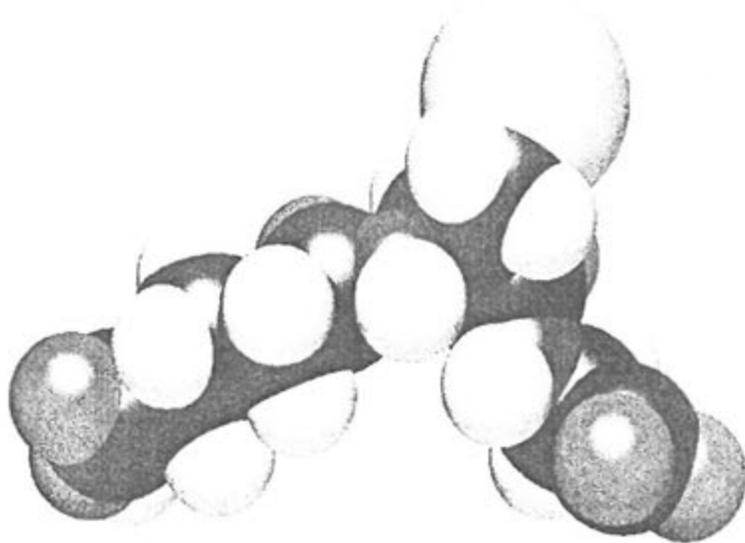


図22 glutathione (spacefill)

IV α -ヘリックス (ポリペプチド)

WinMOPAC3.0 では、MAX 原子数は、システム初期値を 200 原子として設定している。簡単な構造のアミノ酸である alanine では、13 個の原子からなる。したがって、ペプチド結合のときに H_2O 分子がとれるから、19 個のアミノ酸からなるポリペプチドが限界である。また、原子数が多い phenylalanine では、23 個の原子からなる。したがって、9 個のアミノ酸からなるポリペプチドが限界である。

タンパク質を構成しているポリペプチド鎖は、らせん構造をとるときが多いが、そのらせんの 1 巻きには、平均 3.6 個のアミノ酸が入るといわれている。L-alanine と L-phenylalanine でそれぞれポリペプチドを作成し、本当にらせん構造を示すかどうか検討してみた。

1. アラニンポリペプチド

[Open] を左クリックし、保存してあった図 3 の L-alanine を Workspace 上に表示させる。[rotation] を左クリックし、カルボキシル基を Workspace 上で右を向くように配置する。この右端のカルボキシル基と、2 番目の L-alanine のアミノ基とでペプチド結合をつくる。1 つのペプチド結合をつくるたびに、分子軌道計算を実行した。その結果、図 23, 24 のようなポリペプチドが表示された。

分子軌道計算は、9 個の alanine のペプチドまでは数分以内であったが、10 個と 11 個では 6, 7 分を要した。また、12 個では 49 分を要した。使用しているコンピュータの性能では、ここまでが限界であると考えられる。

図 24 では、ポリペプチドがらせん構造をとっていることがよくわかる。しかし、両端の部分では、4 個程度の alanine でらせんが 1 周しているように見えるが、中央の部分ではそのようになっていない。

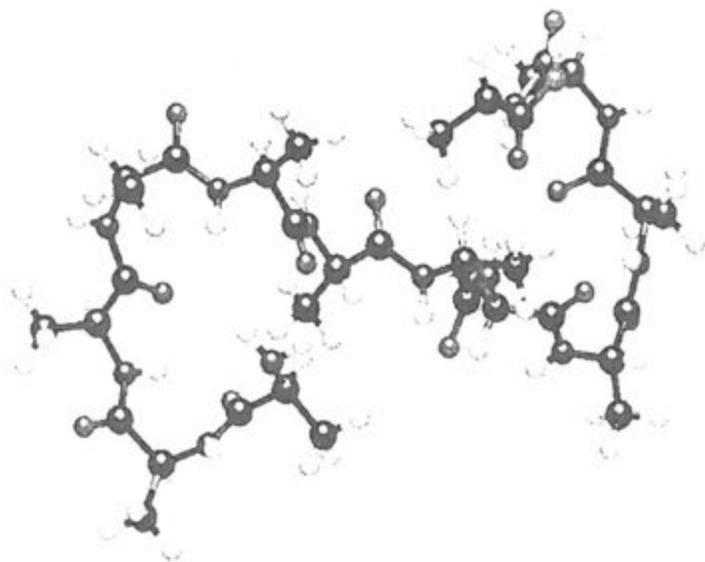


図23 L-alanine polypeptides (ball&stick)

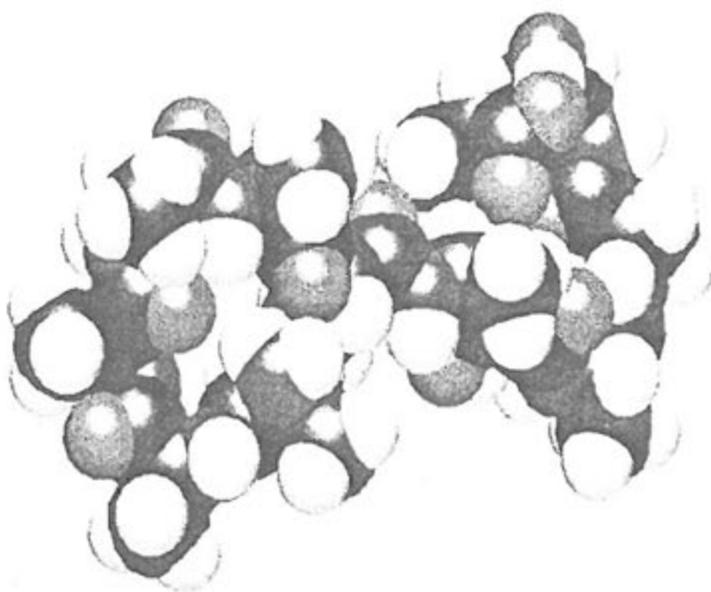


図24 L-alanine polypeptides (spacefill)

2. フェニルアラニンポリペプチド

〔Open〕を左クリックし、保存してあった図15のL-phenylalanineをWorkspace上に表示させる。〔rotation〕を左クリックし、カルボキシル基をWorkspace上で右を向くように配置する。この右端のカルボキシル基と、2番目のL-phenylalanineのアミノ基とでペプチド結合をつくる。1つのペプチド結合をつくるたびに、分子軌道計算を実行した。その結果、図25、26のようなポリペプチドが表示された。

ジペプチド、トリペプチドの段階では、分子軌道計算は1分程度しか要しなかったが、テトラペプチドでは5分、ペンタペプチドでは35分も要した。コンピュータの性能から、ペンタペプチドが限界であった。

なお、ポリペプチドとは、一般にアミノ酸の数が約10～100程度のペプチドを意味し、アミノ酸の数が約2～10程度であれば、オリゴペプチドと呼ばれる。したがって、図25、26は、L-phenylalanine oligopeptidesということになる。^{*2}

図26では、ベンゼン環が規則的に向きを変えており、らせん構造をとっているようすがよくわかる。

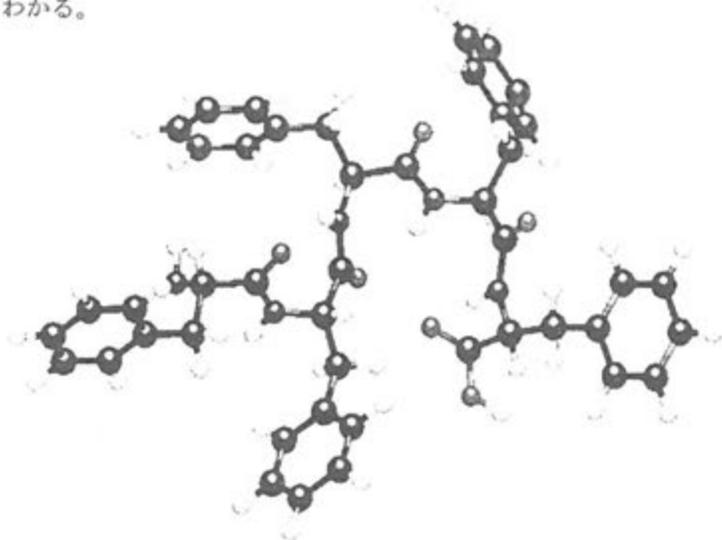


図25 L-phenylalanine oligopeptides (ball&stick)



図26 L-phenylalanine oligopeptides (spacefill)

V おわりに

WinMOPAC で作成した分子モデルにおいて、アミノ酸の光学異性体だけでなく、ポリペプチドの分子構造を有効に提示できることがわかった。L-alanine polypeptides や L-phenylalanine oligopeptides などのモデルを実際に作成したが、これらがらせん構造をとっていることがよくわかる。そのような意味で、WinMOPAC は高等学校の化学教育にとって有効な手段であると考えられる。

しかし、原子の数が多くなると、分子軌道計算にかかる時間が飛躍的に増加する。L-alanine polypeptides では、9個のアミノ酸までは1分程度の時間しか要しなかったが、10、11個のアミノ酸では6分～7分程度を要し、12個では49分も要した。また、L-phenylalanine oligopeptides では、トリペプチドまでは1分しか要しないが、テトラペプチドで5分、ペンタペプチドでは35分も要した。ヘキサペプチドでは、たぶん1時間以上要するであろう。したがって、WinMOPAC の性能を最大限利用するには、もっと高性能なコンピュータが必要である。

WinMOPAC は、有機化合物全般について有効なソフトであるが、特に高分子化合物のモデルを提示するのにすぐれている。そのような意味で、今後天然高分子だけでなく、合成高分子の教材についても検討していきたい。高校の化学IIでは扱わないが、アイソタクチック重合体とシンジオタクチック重合体の違いを、モデルで明確に示すことができると考える。

参考文献

WinMOPAC3.0 ユーザーズガイド (富士通)

*1 理化学辞典第5版 (岩波書店)

*2 赤堀四郎他 タンパク質化学1 アミノ酸・ペプチド (共立出版)

summary:

When using Fujitsu WinMOPAC, the model of the peptides which is natural macromolecular compound could be correctly created more easily than the HGS molecule structure model and the STS molecule structure model at short time.

It found that it was possible to utilize effectively as the teaching materials of the high school chemistry II macromolecule.

高校物理の授業における科学史の活用

— 日常の授業の流れを生かした科学史教材の導入 —

いの うえ ひろ ふみ
井 上 広 文

Easier Application of Science History to Physics Classes at High School

INOUE Hirofumi

抄録：科学史教材を授業に取り入れることは、科学的なものの見方を養うために効果的である。その際、日常の授業の流れを生かすように工夫して導入すると、無理のない実践ができる。今回電気分野において、オームの法則を素材とした科学史的授業展開を試みた。この結果、法則の発見という出来事の歴史的背景について認識を深めることができた。

キーワード：物理教育、科学史教材、オームの法則、実践記録

I. はじめに

高校における物理の授業では、単元の内容をいかによく理解し使えるようになるか、ということが中心的な目標となっている。授業中に演示実験や生徒実験を数多く行ったり、演習をしたりするのも最終的にはその目標のためであり、内容についての理解が深まれば科学的な認識も次第に形成されてくる、と考えているのが普通であろう。

ところで学校で扱う学習内容は、生徒に与えられるときには既に、現代的に整理され、系統的に配列されているが、歴史的に各々の事柄が発見、発明された当時は、それらはもちろん長い間の試行錯誤や苦労を経た上での研究成果であったことはいまでもない。しかしながら学校の授業では、かなり意識的に教材の編成をしない限り、そのような側面に注目しながら物理の学習をすることはほとんどないと思われる。その理由の一つには時間的な余裕がないこと、また一つには科学的認識が形成されていく歴史というものの学習について、現行の学習指導要領は特に配慮していないということにあると考えられる。このような現状において授業で科学史を扱うことは、科学的認識について考えさせるための一つの方法であり、これは法則や事実の理解と同様に重要であると考えられる。

科学的な認識の歴史について学習させるためには、科学史を中心にして授業展開するのも一つの方法である。しかしこの場合、一般的によく行われている授業の流れとはかなり異なる展開となることが予想され、簡単には取りかかる気になれない。

筆者は、ごく一般的な授業の流れの中に科学史的内容を取り込むにはどのような方法があるのかを考え、一つの例としての授業実践を行った。具体的な授業は平成13年度の本校の教育研究会で実施し、発表した。

II. 授業の流れに位置付ける科学史

高校で扱う物理学の単元を比較すると、科学史に焦点を当てた授業展開のしやすさに違いがある。例えば、19世紀から20世紀にかけての、物質構造の探究の歴史は、教材化しやすい一つの例であるが、「力と運動」というような大きな単元になるような内容は、科学的に展開した教材化はしにくい。ただし力学の中でも例えば、「万有引力の発見」というように小さい項目に注目すると、構成や展開がしやすくなる。一般的に言って、ある程度短い期間にたくさんの方が関わり、発展した分野は全体として組み立てやすく、科学の発展を実感しやすい教材となる。反対にあまりにも長い期間にわたるものや、当時の社会や時代との関わりが深くない事柄は、教材としての展開がしにくいばかりでなく、科学的認識を発展させる助けになりにくい。

しかしながら筆者は、授業の流れの中で特定の人物や事項に焦点を当て、そこを中心に科学がどのように広がりをもっているかということに注目すると、科学的な事柄を無理なく授業に組み入れることが多くの単元分野で可能となるのではないかと考えた。

この考え方にしたがって、筆者は具体的に物理IBの電気分野の学習において授業展開を試みた。

III. 実践記録～電磁気単元における展開例

高校における電磁気分野の学習内容は、その発展の歴史がほぼ17世紀から19世紀までの時期に限定されている。この時代は科学的なものの見方が定着してくるとともに、物理学の様々な分野が分化し、探究のための実験などの手法も同時に発達してきた時代であった。そのため、一つの事柄が発見される際の道筋が、複雑ではあるが有機的に絡み合っている様子がわかりやすい。

この単元における科学的な素材として選んだのは、「オームの法則の発見」である。中学でも学習するオームの法則は、その扱いの大きさにもかかわらず、発見の歴史的背景等についての学習はされていないのが普通である。電気の単元では静電気についての学習も量的な関係の学習として重要であるが、たとえばクーロンの法則がある程度歴史的な流れの中で語られることの多いのに対して、オームの法則は法則として得られた結果を利用するという扱いしか受けていないのではないだろうか。ここでオームの法則を科学的に扱うことで、現代生活に不可欠となっている電流について体系的に理解するだけでなく、時間軸、空間軸の両方にわたって広がりを実感し、科学のあり方についても考えるきっかけになるのではないかと期待した。

1. 授業の流れとオームの法則

オームの法則を科学的視点から扱うのに、授業の流れを今までと比較して無理に変更しなくてもよい、という点に重点を置いて導入の個所を決めた。

物理IBにおける電気に関する単元は、静電気に関する学習から入り、電流、回路へと進むのが一般的で、筆者も例年そのような配列で授業を行っている。その場合オームの法則は、電流をミクロな視点でとらえる、という学習をしたあとで扱うので、今回も通常の配列に従った位置でオームの法則に関する授業を行い、その際に歴史的な背景や他の分野

との関係まで含めて展開するように考えた。

オームの法則自体は中学においても既に学習しており、その時にはもちろんマクロな物理量、すなわち「電圧、電流、抵抗」という3つの量の関係として学習しているわけだが、ミクロな視点でとらえることを経験した後にさらにオームの法則を扱う際には、単に見方の違いを強調するだけでは不十分であると考え、ここに既に述べたように科学的視点を組み入れる意味がある。

オームの法則が発見された経過を詳しく見ると、数多くの要素が歴史的に絡み合い、オームによる法則の発見を導いていることがわかる。電気現象に対する単なる興味から始まり、数多くの電気現象の発見、電気の本質についての認識の深まり、電流現象の発見、電気と磁気の相互作用の発見、さらに電気とは直接関係なさそうな他の分野における自然認識の深まり、理論と実験との関わり等々。これらが混在した時代にオームが何をしたか、周囲とどのような関係をもって来たかを学ぶことは、単に一つの物理法則をより深く理解するにとどまらず、科学のあり方や科学者の立場、時代や社会との関わりについても考える、深い学習に発展していく可能性を持っている。

今までと比べて、あまり負担を増やさずに新しい授業展開を行うために、いくつかの点で工夫をした。

① WEB形式の教材の作成

オームという人物を中心にして、時間的にも空間的にも広がりを持った世界を学習を通じて行き来するのに、好きなところに飛べる形の教材が有効である。パソコンの普及で、WEB形式の教材が比較的容易に作成できるようになった。今回、Microsoft Publisherを用いてWEBページの作成を行った。授業では画面を液晶プロジェクターで大きく投影し、それを見ながら話を進めた。年表から他のページに飛びながら考えることで、生徒たちはオームの法則発見に至る歴史をより印象的に感じられたようだ。(資料1~3)

② 歴史的に重要な素材の提示

オームの法則発見に大きく関わる事柄として、「ゼーベック効果」と「電流の磁気作用」がある。これらはそれぞれ、「安定した電圧の供給」と「電流の強さの測定」という、オームの実験の柱になる部分を支えている。しかしながらこれらは、学習指導要領を逸脱しているか、あるいは物理Ⅱにおいて初めて扱われる内容である。実際には2つとも、簡単な道具のみを用いて演示することができ、効果的でもある。今回ゼーベック効果については、ニクロム線と銅線を接合した熱電対を用いて熱起電力が生じることを演示した。歴史上重要な実験については、可能な範囲で実際に生の実験を見せ、印象に残すことが重要である。

③ 事前学習

教科書にあるような内容理解のためではなく、法則にいたる歴史的な経過を事前に調べておく事前学習が、今回のような授業展開においては特に重要である。今回、あらかじめオームの法則に関わる課題を出し、そのレポートを整理して授業の際に発表させ、意識付けと理解の浸透を図った。(資料4)

2. 筆者の授業における「オームの法則の歴史」の意味

筆者の授業においては、特に2年生の選択授業から、「物質と場」「マクロ・ミクロの2つの視点」というテーマを常に意識しながら授業を行っている。電気分野ではその両方

のテーマが同じように関係してくるが、今回は特に、マクロとマイクロという視点に注目させる。

電流現象を扱うときの視点はまずはマクロな見方である。例えば電流計や電圧計を初めて中学生が扱う場合、その示す値についてどのようなイメージをもちながら認識するかはその時の指導法によって異なるだろうが、電流や電圧は本来マクロな視点からの表現である。高校では改めて電流をキャリアーという粒子の運動で理解するが、実際の測定行為はそのマイクロな視点からは外れている。実験、観察において自分が測定している物理量の意味を考えると、測定量とそれによって表現された物理量との間の関係をしっかり理解しておかないと、扱う物理量そのものの認識が育たないのではないかと考える。電流の学習においても、例えば電流の測定はどのようになされているのか、その仕組みについて知ることが、電流そのものについての視界をさらに豊かにするのではないだろうか。それによってさらに物理量についての認識の仕方も深まるのではないかと期待する。オームの法則の歴史について学習することは、この目的を十分に満たすことになると考える。

授業を行った本校の2年生については、具体的に電気に関する単元の展開は次のようになっている。

- (1) 静電気力 電気現象を引き起こす原因としての電荷概念を与える。この単元は今年度教育実習生が担当した部分で、授業においてポイントを絞りきらせることが出来なかった。その中で電荷と物質との結びつきや、電荷と電場との関係の基本を強調した。ここでは、箔検電器の実験などを通して、また中学での学習との関連から、電子という粒子を強調した展開を行っている。
- (2) 電場 電場を力の原因として捉えるとともに、エネルギーのたまっている場所としても捉えさせる。電荷と電場との関係を、より深く理解させる。ここではマイクロな見方とマクロな見方の両方を強調した展開になっている。
- (3) 電流 電流現象そのものは中学で扱っているので、電流をマイクロな視点から記述することから始める。粒子の運動だけでなく、エネルギー面、物質構造との関係など、視点が広がるように素材の扱いを工夫する今回はここで、オームの法則を扱う際に、科学史的な視点を特に意識的に付け加えた。
- (4) 直流回路 生活との関連で触れることの多い電気回路について、キルヒホッフの法則を用いて説明できるようにする。最後に、マイクロな見方で電流について再認識させる。導体と半導体、不導体について原子構造の面から説明できるようにする。

3. 授業内容

上に述べた1. 2. の視点に立って、オームの法則の授業を行った。その内容は資料5の学習指導案に示したとおりである。

授業後の生徒の感想は、概ね肯定的であった。特に、事前に課題レポートにまとめた内容のもつ意味が授業の中で明らかにされた点や、学習内容そのものに対する興味、実験の内容についての評価が高かった。WEBページについては、投影しても文字が小さくて見にくかった点が問題点として指摘された。

IV. 生徒の現状と教科書

今回、科学史学習を意識的に取り入れることで学習内容の深化を図ったが、その授業を受ける生徒や授業で使われる教科書は次のような状況にある。

1. 生徒の科学史に関する知識

最近の高校生は実に本を読まない、ということを実感的に実感する。筆者が授業を担当している生徒たちにおいても、選択科目として物理を履修しているにもかかわらず、学校の授業以外で物理学関係の本を読む生徒は極めて限られており、また授業で扱う内容の学習においてもさえ、教科書以外の参考書すら持っていないという生徒が多くを占めている。このような状況を放っておいては、高校で学習する物理学を多面的に理解することなど到底期待できない。

一方で、教科書の内容に対する生徒の知識は、単に授業を通じてのみ獲得されるとは言えず、学校以外の場やメディアを通じて得る部分も大きいのはもちろんである。

高校物理の学習においては、様々な法則に発見者の名前が冠せられ、人物名に触れる機会も多いが、生徒にとってその名前は単にその法則の内容を表しているのみであり、人物そのものやその時代への理解とはほとんど関係がない。しかし物理学史に関する知識ということについていえば、歴史上の物理学者の名前をどの程度知っているかということが、一つの実態を表しているといえるであろう。そこで、筆者が授業を担当している本校の2年生と3年生の物理選択者に対して、物理学史上の人物をどれだけ知っているかを問うアンケートを行った。同時に、物理学史上の発見、発明等に関する人物を知っているかどうかを問うアンケートも同時に行った。これらの集計結果は資料6及び資料7に示すとおりであった。

「人物に関する調査」では、既に授業で扱った項目に関する人物名には*印をつけて示してある。物理と重なる領域がある化学の授業で触れた人物名にも*印をつけた。

2. 物理教科書に出てくる人物

教科書以外の本をほとんど読まないという現状では、教科書にもある程度の科学史的な記述のあることが求められる。これにより、各単元の理解という段階からさらに一步踏み込んだ内容へと進む、きっかけとなることが期待できるからである。現行の高校物理の教科書に、どのような科学史的記述があるかということについては、すでに調査結果も出ているが、今回、物理学史上の人物についてという視点で、教科書での記述を調査してみた。調査結果は資料8に示すとおりである。

調査は本校で最近使用した教科書を中心に、4種類を対象として行った。人物名は、いずれかの教科書に記述のあるものはすべて取り上げ、単元の配列に沿って並べてある。

項目として、①本文中での人物名の記述、②注や参考の形での記述、③例題や練習問題における記述、④人物名としてではなく物理量の単位に採用されていることによる記述、以上4点について一覧表にまとめた。参考として、高校の化学の教科書に記述のある人物名には記号をつけて示した。

教科書によって記述の仕方や重点の置き方かなりの違いがあることがわかる。どの形がよいということではなく、教科書からの発展のさせ方により活用しやすい形が異なるのだというように考えればよいであろう。

V. 今後の課題

今回の授業実践では「オームの法則」という小さな素材から話題がどれほど発展させられるかを試みたが、今後同じような形での授業展開をするにあたっては、少なくとも次のような課題がある。

- ① 高校物理の各単元で、科学史教材を導入するのに適した領域と、適切な素材を明らかにすることが必要である。またこれらがどのように関係しあっているかを明らかにし、無駄のないように導入せねばならない。これは時間的な問題からくる要請である。
- ② WEB形式の教材は、自習用としても有効である。作成するにはかなりの労力が必要であるが、効果はある。さらにこれを生徒の手で作らせ、多くの分野がカバーされるようになれば、授業をこの形式の教材で組み立てることも可能であると考えられる。そのためには指導者と生徒が協力した継続的な取り組みが必要である。
- ③ 生徒に事前学習させる際、文献調査が不十分である。最近ではインターネットで情報が容易に得られるが、その網にかからない場合調査をあきらめるのも早い。資料収集の方法についても指導した上で調べさせる必要がある。

VI. おわりに

科学史教材は日常の授業の柱とするには問題もあるが、科学的な視点を養うためにはぜひとも扱いたいものである。今回の実践のような形で授業展開することは、無理をしない導入の一つの例である。発明や発見の歴史を学ぶことは、それ自体非常に楽しいことである。特定の人物や事柄に焦点を絞り、その周辺まで含めて調べたことを発表しようという気になれば、十分に内容のある教材となる。そのためには指導者一人一人が自分の得意な分野から始めて、徐々に広がりのある教材としていけばよい。生徒にとって科学史教材を学ぶことが将来、科学的な見方を身につけるために有効であると考えて、内容を充実させていきたいものである。

参考文献

- 特集「教科書作成過程の実情と改善の方向」物理教育 第47巻第6号(1999)p.343～425
吉羽和夫「ガリレイへの道・4」共立出版(1973)
ダンネマン「新訳大自然科学史」(安田徳太郎訳・編)三省堂(1979)
ホイッテッカー「エーテルと電気の歴史」(霜田光一・近藤都登訳)講談社(1976)

summary:

The introduction of some episodes in scientific history can make it easier for the students to take a wider view in science. In learning Ohm's Law, they were informed of the story behind its discovery. The information made them realize that this brilliant law would not have been discovered without great efforts made by a group of scientists.

18世紀までの電気

18世紀の中頃に、電気という「静電気」であり、その電気の力、その力によって電気の力によって電気が生じていることが知られるようになった。その電気の力によって電気が生じていることが知られるようになった。

- ① 1752年
- ② 1753年
- ③ 1754年
- ④ 1755年
- ⑤ 1756年
- ⑥ 1757年
- ⑦ 1758年
- ⑧ 1759年
- ⑨ 1760年
- ⑩ 1761年

電気の静電気

1752年、アメリカの科学者ベンジャミン・フランクリンが、雷の電気を飛行機で運ぶことができることを発見した。これは、雷の電気が飛行機を通過するときに、飛行機に電気が蓄積されることを示している。

1753年、イタリアの科学者ガブリエレ・ヴェルデが、雷の電気を飛行機で運ぶことができることを発見した。これは、雷の電気が飛行機を通過するときに、飛行機に電気が蓄積されることを示している。

電気の静電気

1752年、アメリカの科学者ベンジャミン・フランクリンが、雷の電気を飛行機で運ぶことができることを発見した。これは、雷の電気が飛行機を通過するときに、飛行機に電気が蓄積されることを示している。

- ① 1752年
- ② 1753年
- ③ 1754年
- ④ 1755年
- ⑤ 1756年
- ⑥ 1757年
- ⑦ 1758年
- ⑧ 1759年
- ⑨ 1760年
- ⑩ 1761年

1752年、アメリカの科学者ベンジャミン・フランクリンが、雷の電気を飛行機で運ぶことができることを発見した。これは、雷の電気が飛行機を通過するときに、飛行機に電気が蓄積されることを示している。



ベンジャミン・フランクリンが雷の電気を飛行機で運ぶことができることを発見した。これは、雷の電気が飛行機を通過するときに、飛行機に電気が蓄積されることを示している。

オームの法則への準備

オームの法則と電気の静電気に関する準備。オームの法則は、電流、電圧、抵抗の関係を定義する。オームの法則は、電流、電圧、抵抗の関係を定義する。

- ① 1787年
- ② 1788年
- ③ 1789年
- ④ 1790年
- ⑤ 1791年
- ⑥ 1792年
- ⑦ 1793年
- ⑧ 1794年
- ⑨ 1795年
- ⑩ 1796年

オームの法則

1787年、ドイツの物理学者ゲオルク・オームが、電流、電圧、抵抗の関係を定義した。オームの法則は、電流、電圧、抵抗の関係を定義する。



Georg Ohm
1787-1854

電気の静電気

1752年、アメリカの科学者ベンジャミン・フランクリンが、雷の電気を飛行機で運ぶことができることを発見した。これは、雷の電気が飛行機を通過するときに、飛行機に電気が蓄積されることを示している。



Benjamin Franklin
1706-1790

ベンジャミン・フランクリンが雷の電気を飛行機で運ぶことができることを発見した。これは、雷の電気が飛行機を通過するときに、飛行機に電気が蓄積されることを示している。

オームの法則の発見

- ① オームの法則とその発見
- ② オームの法則の発見
- ③ オームの法則の発見
- ④ オームの法則の発見
- ⑤ オームの法則の発見
- ⑥ オームの法則の発見
- ⑦ オームの法則の発見
- ⑧ オームの法則の発見

オームの法則とその発見

オームの法則の発見は、オームが電流と電圧の関係を探る中で、電流が電圧に比例することを発見した。この発見は、電気の回路設計に重要な役割を果たした。

実験

オームは、電流が電圧に比例することを証明するために、様々な実験を行った。彼は、電圧を変えながら電流を測定し、その結果をグラフに描いた。この結果から、電流が電圧に比例していることが明らかになった。

結果と考察

オームの法則は、電流が電圧に比例することを示している。これは、電気の回路設計に重要な役割を果たしている。

ここで、 I : 電流の強さ、 V : 電圧、 R : 抵抗の強さを表す。

オームの法則は、電流が電圧に比例することを示している。これは、電気の回路設計に重要な役割を果たしている。

(資料 3)

オームの生涯

- ① オームの生涯
- ② オームの生涯
- ③ オームの生涯
- ④ オームの生涯
- ⑤ オームの生涯
- ⑥ オームの生涯
- ⑦ オームの生涯
- ⑧ オームの生涯

オームの生涯は、電気の回路設計に重要な役割を果たした。彼は、電流が電圧に比例することを発見し、この発見は、電気の回路設計に重要な役割を果たした。

オームは、電流が電圧に比例することを証明するために、様々な実験を行った。彼は、電圧を変えながら電流を測定し、その結果をグラフに描いた。この結果から、電流が電圧に比例していることが明らかになった。

オームの法則は、電流が電圧に比例することを示している。これは、電気の回路設計に重要な役割を果たしている。

ここで、 I : 電流の強さ、 V : 電圧、 R : 抵抗の強さを表す。

オームの法則は、電流が電圧に比例することを示している。これは、電気の回路設計に重要な役割を果たしている。

オームの法則の発見

(資料 4)

物理 特別 課題

オームの法則の発見

オーム (ゲオルク・ジーモン・ドイツ) が、我々が現在「オームの法則」と呼んでいるものを発見したのは1827年のことである。オームは理論的な考察とともに実験を通じてこの法則を発見したが、その実験に使った道具は、当然のことながら当時すでに発見されていた事柄に基づいて作られたものである。

現在オームの法則は、

$$I = V/R$$

という簡単な形をしているが、初めからこのような形だったのだろうか、もう少し複雑な形だったものが整理されてこうなったのだろうか。

課題 1

オームがどのような実験をしてこの法則を発見したのか、文献で調べ、あるいは想像して、その実験に用いた装置の図を描き、実験の内容を説明しなさい。

課題 2

課題 1 の実験に用いた道具は、当時すでにあったと考えられるものにする。その上で、その道具が出現するために、どのような発見を誰がしたのか、(例えば、電流計というものが必要なら、その原理をいつ誰が発見したか) を調べ、まとめなさい。

全員必ず提出すること。提出期限は、10月31日。

オームの法則についてのレポート (45期生2年選択クラス)

みんなはどんな事を調べたのかな・・・。

前回の授業で出した、「オームの法則の発見」について調べるレポートで、諸君がどんな事を調べてくれたのか、一覧表にしてみました。なお、提出した人は19人(!)でした。

番号	課題 1	課題 2
A7	概念図、相対伝導率について、オームの式	熱電池、ねじればかり
A9	資料図、ゼーベック効果	ねじればかり、検流計、
A23	想像図	熱電対、方位磁針(エルステッド)、(ヴ ォルタ、アンペール、フリーエ)
A24	熱伝導理論、実験の説明	アンペールの法則
B18	概念図、実験の詳細、オームの式	熱電対、ねじればかり
B21	——	——
B22	概念図、実験の詳細、データと式	オームについての年表 エルステッドの発見
C1	資料図	熱電対、磁気作用とねじればかり、導 線の種類
C2	——	(文章で) 電流計、ゼーベック効果
C3	想像図	方位磁針
C6	現代的概念図	ボルタ電池
C8	原理図	ゼーベック効果、アンペール
C23	現代的図	ボルタ電池、ガルヴァノメーター
C37	資料図	熱電対、検流計、オームの式
C41	年代順のまとめ、実験想像図	ゼーベックの装置図、熱電対、他
D1	想像図	電池(電池の仕組み)、方位磁針(エル ステッド)
D8	概念図、熱伝導理論	ボルタ電池、ガルヴァノメーター、ガ ルヴァーニ電気、エルステッド
D16	想像図	ゼーベック効果、検流計の発明
D39	(オームの生涯)	ゼーベック効果、オームの法則の化学 的解釈

資料がなかなかなくて、苦労したようですね。実験の装置図が見つかった人は、実験の内容についてもわかっただろうと思います。また、課題 2 では、今まで知らなかった現象(ガルヴァーニ電気やゼーベック効果など)について知るきっかけになったでしょう。その原理については勉強が必要ですが、当時何がすでにあったのか、なかったのか、わかったことと違います。

(資料5)

理科(物理IB)学習指導案

指導者 井上広文

1. 日時 2001年11月10日(土) 午前10時35分～11時25分
2. 場所 大阪教育大学教育学部附属天王寺中・高等学校
物理講義室(東館4階)
3. 学級 大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎
第2学年 選択aクラス 34人(男子26人・女子8人)
4. 主題 電流回路
5. 教科書 実教出版 物理IB 新訂版
6. 目標 (1) 電流現象を、静電気の学習によって得た知識を用いて、ミクロな面から理解させる。
(2) オームの法則の発見された時代について知ることで、法則発見の背景を知る。
(3) 電流回路の各部分について、電気と物質との関わりから考えさせ、回路全体についての理解を深める。

7. 指導計画

区分	指導内容	配当時間数
第1次	導体と電流	2時間
第2次	電気抵抗とオームの法則	3時間(本時はその2)
第3次	電流とエネルギー	2時間
第4次	直流回路	3時間

- 第1次 導体中を流れる電流を、ミクロな見方から把握し、電場や電気力との関連を考えさせる。
- 第2次 オームの法則についてミクロな視点から理解させる。その上で18世紀前半の、電気に関する研究が急速に進んだ時代の背景について認識させる。
- 第3次 電流現象をエネルギーの面からとらえ、発熱等の現象をミクロな視点で説明できるようにする。
- 第4次 キルヒホッフの法則を用いて様々な電流回路について扱い、起電力や電気抵抗について総合的に理解させる。

8. 本時の指導

- (1) 題材 オームの法則とその発見に至る時代
- (2) 目標 18世紀末から19世紀初頭にかけての、電気に関する発見の歴史に触れさせ、オームの法則がどのような時代背景の下に発見されたかを理解させる。
ミクロな目で見てきた電流現象を、マクロな見方で捉えなおさせる。その中で、法則発見の条件について考えさせる。

(3) 準備物 電池，導線，電流計，電圧計，デジタルテスター，方位磁針，熱電対，ビデオカメラ，パソコン，プロジェクター，教科書，プリント

(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	前時までの復習 本時の目標の提示	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水流モデルと電流との対応関係を考える。 ・ 自由電子の移動でオームの法則が説明できることを思い出す。 ・ オームの法則の発見された時代について確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電流現象が水流モデルで説明できることを思いださせる。 ・ オームの法則が物理学の歴史においてどのような時期に発見されたかを提示する。
展開	電流と他の現象との関係 電気についての認識 科学と人間生活 オームの実験 科学の方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電流と熱伝導の類似に気づき，対応関係を考える。 ・ 様々な電気現象が1つの実体に統一されていったことを理解する。 ・ 科学が人間生活に大きく関わった時代の始まりについて知る。 ・ オームが行った実験について，調べたことを発表する。 ・ オームの法則が発見された状況について理解する。 ・ オームの研究が当時のドイツでどう受け取られたかについて知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱伝導の理論がオームの法則に先行していたことを指摘する。 ・ 19世紀始め頃の，電気に関する認識の状況を紹介する。 ・ 当時の電気と医学，生理学との関係を通して，科学と人間との関わりを説明する。 ・ 課題として与えていたレポートの内容の一部を紹介する。 ・ オームの法則発見の前提について考えさせる。 ・ 実験に用いた原理の一部を演示する。 ・ 科学における理論と実験との関係を，オームの置かれていた状況を例にして説明する。
整理	学習事項の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本時の学習内容を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電流現象をマクロ，ミクロの両面から改めてイメージさせる。

(資料7) 物理学史上の出来事に関する調査 集計結果

事項	2年生(41名)				3年生(36名)			
	正答数	回答数	正答率(%)	正答数	回答数	正答率(%)	正答数	回答数
古代原子論の完成	8	20	20	40	9	23	25	39
この原理・浮力の発見	10	12	24	83	8	17	22	47
地動説の提唱	20	36	49	56	14	34	39	41
落下運動の研究・科学的方法的の確立	9	14	22	64	5	18	14	28
等速運動についての法則の発見	9	10	22	45	24	28	67	86
光の屈折の法則	0	3	0	0	0	6	0	0
液体の圧力に関する法則	0	1	0	0	4	6	11	67
弾性体の変形に関する法則	8	8	20	100	18	19	50	96
光の波動説	0	4	0	0	4	10	11	40
運動の法則・万有引力の法則	31	33	76	94	27	30	75	90
摄氏温度の提唱	24	28	59	86	22	30	61	73
質量保存の法則	27	29	66	93	14	17	39	82
重力加速度の測定実験	0	1	0	0	0	2	0	0
電磁力と磁気力の大ききについての法則	3	3	7	100	12	17	33	71
気体の体積-圧力関係についての法則	14	14	34	100	23	28	64	82
万有引力定数の測定	0	5	0	0	0	6	0	0
電池の発明	15	18	37	83	31	32	86	97
原子量概念	3	6	7	50	6	13	17	46
気体の分子数に関する仮説	6	9	15	67	16	22	44	73
光の干渉実験	0	0	0	0	21	25	58	84
電流の磁気作用の発見	0	3	0	0	2	13	6	15
電流が作る磁場についての法則	0	2	0	0	8	19	22	42

電気抵抗についての法則	15	16	37	94	31	86	94
電阻誘導の法則	6	10	15	60	6	17	27
熱の仕事当量の測定	15	15	37	100	21	58	91
エネルギー保存則の確立	0	1	0	0	0	0	0
光速度の測定	0	0	0	0	0	5	0
陸橋線の発見	0	4	0	0	0	7	0
気体分子の速度分布則	1	1	2	100	1	3	100
液在気体の状態方程式	0	8	0	0	3	8	38
電磁気学の基礎理論の確立	0	0	0	0	0	4	0
電磁波の実験的証明	0	0	0	0	2	3	67
X線の発見	26	26	63	100	24	67	92
放射線の発見	0	14	0	0	0	24	0
電子の粒子性の確認	0	0	0	0	1	7	14
相対性理論・光電効果の理論	26	27	63	96	19	53	100
原子核の発見	2	9	5	22	3	8	50
放射線計測用露箱の発明	0	4	0	0	0	7	0
量子論による原子構造の理論	1	3	2	33	4	11	80
同位体の質量分析器	0	0	0	0	0	0	0
物質波概念	0	1	0	0	0	4	0
量子力学・不確定性原理	0	0	0	0	0	2	0
サイクロトロン・粒子加速器の発明	0	0	0	0	2	6	100
超電導性探査	0	0	0	0	0	0	0
中間子理論	7	7	17	100	7	19	88
量子電磁力学	0	0	0	0	0	1	0
半導体のトンネル効果	0	1	0	0	1	3	50
クォーク理論	0	0	0	0	0	1	0

人物名	事項	扱われる単元	本文	注	問題	単位	化学史年表
1) アーク	ファラデーの法則	1B 運動と力	第1章第3				
2) ニュートン	力の単位、運動の法則、万有引力	1B 運動と力	第1章第3				
3) ガリレイ	運動の法則	1B 運動と力	第3				
4) アトウッド	アトウッドの機械	1B 運動と力	第3				
5) アリストテレス	運動論	1B 運動と力	第3				
6) アルキメデス	アルキメデスの原理	1B 運動と力	第3				
7) ヴット	仕事率の単位	1B エネルギ	第3				
8) ジュール	仕事の単位、熱の仕事当量	1B エネルギ	第3				
9) ブラウン	ブラウン運動	1B エネルギ	第3				
10) ヘルムホルツ	熱力学第2法則	1B エネルギ	第3				
11) アルビン	絶対温度	1B エネルギ	第3				
12) ベッセル	圧力の単位	1B エネルギ	第3				
13) ボイル	ボイルの法則	1B エネルギ	第3				
14) シャルル	シャルルの法則	1B エネルギ	第3				
15) ヘルツ	振動数の単位、電磁波の発見	1B 波動	第3				
16) ホイヘンズ	ホイヘンズの原理	1B 波動	第3				
17) ドップラー	ドップラー効果	1B 波動	第3				
18) ハッブル	銀河の膨張	1B 波動	第3				
19) レーマー	光速度の測定	1B 波動	第3				
20) ファイソ	光速度の測定	1B 波動	第3				
21) フーコー	光速度の測定	1B 波動	第3				
22) フラウンホーファー	線スペクトル	1B 波動	第3				
23) ヤング	光の干渉実験	1B 波動	第3				
24) クーロン	電荷の単位、クーロンの法則	1B 電気	第3				
25) ファラデー	導体の電位、電磁誘導の法則	1B 電気	第3				
26) ボルタ	電位の単位	1B 電気	第3				
27) アンペール	電流の単位	1B 電気	第3				
28) オーム	抵抗の単位、オームの法則	1B 電気	第3				
29) キルヒホッフ	キルヒホッフの法則	1B 電気	第3				
30) ホイヘンズ	ホイヘンズの法則	1B 電気	第3				
31) オンネス	超伝導の発見	1B 電気	第3				
32) ガイスター	ガイスター管	1B 電気	第3				
33) クラーク	クラーク管	1B 電気	第3				
34) トムソン	電子の比電荷測定	1B 原子	第3				
35) ミリカン	電子の質量測定	1B 原子	第3				
36) 狭義	狭義の相対性理論	1B 原子	第3				
37) ラザフォード	原子核の発見	1B 原子	第3				
38) ガイガー	原子核の発見	1B 原子	第3				
39) マースデン	原子核の発見	1B 原子	第3				
40) チャドウィック	中性子の発見	1B 原子	第3				
41) アボガドロ	アボガドロ数	1B 原子	第3				
42) ベクレル	ウラン放射線の発見	1B 原子	第3				
43) キュリー	ラジウムの発見	1B 原子	第3				
44) ガイガー	ガイガー・ミューラー管	1B 原子	第3				

人名	事項	扱われる単元	本文	注	問題	単位	化学史年表
45) マンデレーエフ	元素の周期律	1B 原子					
46) ハーン	核分裂の発見	1B 原子					
47) シュトラスマン	核分裂の発見	1B 原子					
48) プトレマイオス	天動説	1B 力学					
49) コペルニクス	地動説	1B 力学					
50) コプニコ・プラーエ	惑星の位置観測	1B 力学					
51) ケプラー	惑星運動におけるケプラーの法則	1B 力学					
52) ケプラー	万有引力定数の測定	1B 力学					
53) ボルツマン	ボルツマン定数	1B 力学					
54) コーヒーバ	気圧の単位	1B 電磁気					
55) エルステッド	電流の磁気作用の発見	1B 電磁気					
56) フレミング	電磁誘導についての左手の法則	1B 電磁気					
57) アモス	磁気回路の単位	1B 電磁気					
58) ローレンツ	ローレンツ力	1B 電磁気					
59) ローレンツ	サイクロトロン	1B 電磁気					
60) レンツ	電磁誘導におけるレンツの法則	1B 電磁気					
61) ヘルシー	インダクタンスの単位	1B 電磁気					
62) マクスウェル	電磁波の予測	1B 電磁気					
63) レーパル	光速度の測定	1B 原子					
64) プランク	エネルギー量子、プランク定数	1B 原子					
65) アインシュタイン	光量子仮説、相対性理論	1B 原子					
66) レントゲン	X線の発見	1B 原子					
67) ラウエ	ラウエ斑点	1B 原子					
68) プラッグ父子	プラッグの条件	1B 原子					
69) コントロ	コンプトン効果	1B 原子					
70) ド・ブローイ	物質波仮説	1B 原子					
71) シュレーン	電子線管	1B 原子					
72) ジャーマー	電子線管	1B 原子					
73) 蘭地	電子線管	1B 原子					
74) ハイゼンベルグ	不確定性原理	1B 原子					
75) シュレーディンガー	波動力学	1B 原子					
76) シュレー	水素原子模型	1B 原子					
77) シュレー	リュードベリ定数	1B 原子					
78) ライマン	水素原子線	1B 原子					
79) バウシェン	水素原子線	1B 原子					
80) ボーア	水素原子のボーアモデル	1B 原子					
81) フランク	水素のエネルギー準位	1B 原子					
82) ヘルツ	水素のエネルギー準位	1B 原子					
83) テイラック	陽電子の予測	1B 原子					
84) 湯川	中間子理論	1B 原子					
85) パウエル	中間子の発見	1B 原子					
86) ヲークルトン	陽電子	1B 原子					
87) ウィリス	相対性理論	1B 原子					
88) シュクリット	古典力学	1B 原子					
89) シュクリット	近代原子論	1B 原子					
90) ハース	陽電子	1B 原子					
91) アンダーソン	陽電子の発見	1B 原子					
92) ツルマン	陽電子	1B 原子					

遺伝子工学実習の取り組み

もり なか とし ゆき
森 中 敏 行

Trial of a Laboratory Experiment on Gene Engineering for High School Students

MORINAKA Toshiyuki

抄録：高等学校における遺伝子工学実習には、多くの困難さが伴うため、ほとんど実施されていない。そこで筆者は、1) アガロース電気泳動において、発ガン性物質を用いない染色方法の可能性、およびその記録方法、2) 制限酵素によるDNA切断実験における時間の短縮の可能性、3) 難解なアガロース電気泳動のゲル分析に関するコンピューターシミュレーションによる補助的教材開発の可能性の3点を中心に教材化を試みた。その結果、この3点に関して克服が可能であり、高等学校段階での実習が十分に実施可能であることが判明した。また現在、高等学校二年生の選択生物でこれらの実習を実施しており、その実践報告も行なう。さらに、この分野では特殊な器具や薬品に要するため、高額な費用がかかる。この問題点についても、PTA公開講座の実施により、解決が可能であった。このPTA公開講座に関しても、加えて報告する。

キーワード：遺伝子工学、高等学校、生物教育、実践報告

1. なぜDNAなのか？

近年の分子生物学の発展はめざましく、この分野での発見は他の生物分野に大きく貢献をしてきた。また研究分野に留まらず、すでに薬品、化粧品や食料品などの日常生活に入り込んでいる。その結果、利便性の一方、遺伝子組換え食品などの安全性や遺伝子治療・クローン技術などにおける生命倫理に関する新たな問題が生じている。これらの問題に関し

ては、科学的根拠に基づいた国民的な判断に拠るものでなければならないと思われる。それゆえ、新聞などからの情報を理解し、さらに倫理的判断が可能な程度の分子生物学的基礎的知識は、もはや社会人の一般教養として求められているものである。生物教育における分子生物学の基礎教養、とりわけ高等学校での生物教育が担うべき課題は重要であると考える。

また、近年の分子生物学の飛躍的な発展の結果、現行の高等学校生物教育の内容と最先端の研究との格差は、急激に広がっており、専門家の育成の観点からも、高等学校でのこ

なぜDNAなのか？

図 1

- ・ 社会人としての一般教養
⇒ (新聞が読める・倫理的判断)
- ・ 分子生物学の飛躍的進歩
⇒ (一般教養・専門教育)
- ・ 生物学の変化
⇒ (設計図の解読)

の分野に関する内容をより充実させる必要性を感じる。

さらに、雑多な学問の印象であった生物学が、設計図としてのDNAの発見以降、DNAを機軸に関連づけられることとなった。いかなる分野においてもDNAを無視できず、研究手法が大きく変えられた。この流れは、当然、高等学校生物教育にも大きく取り入れられるべきものである。たとえば、発生分野においては、発生過程の詳細な形態的变化のみを捉えることから、DNAの設計図により、転写・翻訳にしたがって予定プログラムが進行してゆく結果、形態的变化が生じると捉えることに重点がおかれるべきである。そのため、分子生物学的内容を、より初期の段階で扱われることが必要であるとする。より早期に扱われることで、各分野が有機的に結びつき、体系化されることになる。

ただ早期に扱われる分子生物学的内容は、詳細である必要はなく、重要なことは、上記で述べたように生命現象はDNAのプログラムに基づいて展開されているという“視点”の育成を目指すものである。

2. 生物科(本校)のカリキュラム

しかし、現行の指導要領や新指導要領においても、DNAに関する学習は、生物Ⅱに含まれており、本校では、生物Ⅱの選択者は学年の40%程度であり、全国的には10%程度である。このような現状では、一般教養としての意味を持たない。DNAの学習は、生命

生物科(本校)のカリキュラム 図 2

	I年(1)	II年(2)	III年(3)
生物ⅠB (4)	・細胞 ・増殖 ・生殖	・遺伝 ・発生	・代謝 ・生態 ・恒常性
生物Ⅱ (2)		・DNA	・進化 ・系統 ・免疫

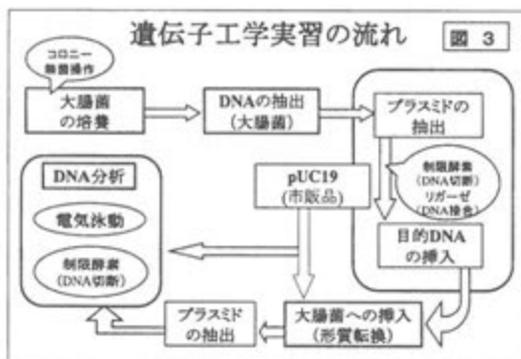
倫理の視点からも、理系進学生徒だけでなく、文系進学生徒にとっても重要であると考えている。

現在、本校では一年生で生物ⅠBを1単位、二年生でさらに生物ⅠBを2単位、三年生では、生物Ⅱを3単位で行っている。二年生では、物理、化学、生物、地学のうち2科目の必修選択としており、三年生では最大2科目の選択(0選択も可能)が可能である。

そこで本校では、文系進学生徒もより多く選択している二年生の生物ⅠBの段階、(2001年度の二年生では69%が生物ⅠBを履修している)「メンデル遺伝」に引き続いて、「遺伝子の本体」を連続して生物Ⅱの範囲のDNAの学習を進めている。そのため、本来ⅠBで行わなければならない「代謝」、「生態」、「恒常性」の分野は、積み残しとなり、三年生の生物Ⅱで扱っている(図2)。

DNAの学習を進める中で、ほとんどが講義中心であり、何か実習はできないものかと悩んでいた。以前からDNAの抽出実験は行ってきたが、生徒たちはその抽出実験だけでも感激はしてくれるものの、抽出して終わり。本当はここから面白いのだと心の中で叫びつつ、抽出したものがDNAであることの直接的な証明すらできないもどかしさを感じていた。私自身は、分子生物学の専門でもなく、大学時代に分子生物学実習を受講した経験もなく、この分野に関してはほとんど素人の状態で、授業も文献による知識で進めている状態だった。しかし、この分野には興味を持っていたため、日本生物教育会京都大会で

のPCR実習などには参加をしていたが、設備面や技術面ですぐに授業に応用できるはずもなく、何とかならないものかと歯がゆさを感じていた。一方、クローン羊・ドリーや遺伝子治療などのマスメディアによる報道を通して、理系にかぎらず文系の高校生にとっても、分子生物学への興味関心は絶大なものである。様々な研究機関や大学が、高校生を対象に長期休暇中にサイエンスキャンプと称して体験的な実習プログラムを実施されており、本校の生徒も数多く参加させて頂いているが、その大半は分子生物分野への希望者である。しかし、この体験的な実習に参加できる生徒の数は、ごく一部の生徒であり、ここ数年は希望者多数のため抽選が実施されている。また、高等学校のカリキュラムの都合上、この分野を未習の状態での参加となっている。さらに実施される内容は、基礎的ではあるが高校生にとっては難解な内容も多く、ほとんどの場合、知識や技術の習得や概念形成とはならず、「研究とはいかなるものか」といった雰囲気を感じるものとなっている。そのため、遺伝子組換え技術やその基盤となる分子生物学に関する基本的な教養の習得には、生徒の発達段階やカリキュラムの段階に応じて、知識習得と実験・実習が関連づけられる高等学校生物教育の日常の教育活動での実施が最も適していると考えられる。そのため、本校内で、授業の中で実習がどうか実施できないものかと模索していた時期に、本校の姉妹校である附属高等学校平野校舎の吉本和夫先生が大腸菌の簡易型形質転換実験を開発され(吉本1994)、授業で展開されていると知り、直接に指導いただいた。また、その年度、卒業生実習にやってきた学生が、分子生物関係の研究室に所属していたため、吉本先



生の方式をそのまま利用させていただき、実習生とTTの形態で、初めて授業で実践した。実践してみると、思った以上に容易であり、十分に授業での実践が可能であると実感した。ただ、他の分野と大きく異なり、様々な困難な要因があることも事実である。この点については、後で触れることにする。以上のような経緯があり、現在は、左の図3の流れに沿って実習を行っている。

3. 遺伝子工学実習の流れ

(1) 大腸菌の培養

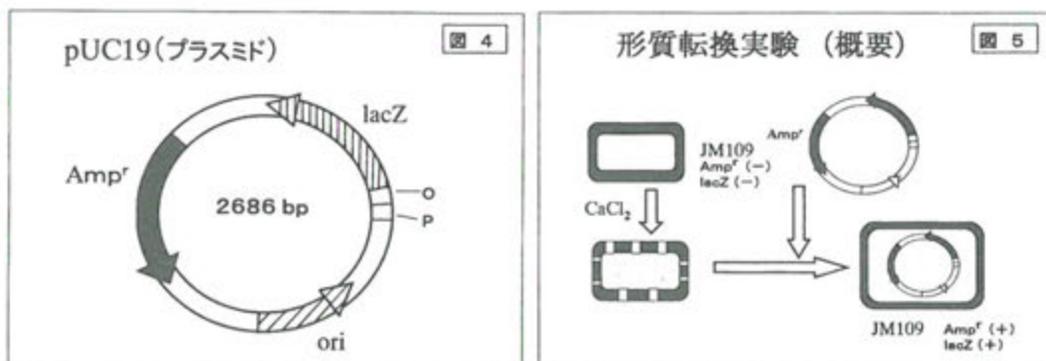
液体培養している大腸菌 (JM109株) を、寒天培地にまく。寒天培地は2種類用意し、1つはアンピシリン (抗生物質) を含み、他方はアンピシリンを含まない。その結果、アンピシリンを含まない培地でのみ、大腸菌は生育しコロニーを形成する。またこの実習で、無菌操作の原理を習得する。

(2) DNAの抽出

(1)で生育した大腸菌から、DNAを抽出し、ガラス棒に巻きつける (松田1982)。

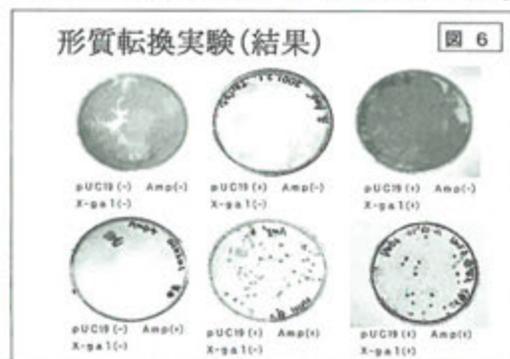
この後、本来は大腸菌からプラスミドを抽出する。抽出したプラスミドを制限酵素で切断する。切断された部位に目的の遺伝子を挿入し、リガーゼで結合する。しかし、この過

程は、設備面の問題から実施できていない。そのかわりにプラスミドにAmp^r(アンピシリン耐性遺伝子)とlacZ(ラクトースオペロン)が挿入されているプラスミドpUC19(市販品)(図4)を用いて、次の段階に進む。



(3) 形質転換実験

液体培養している大腸菌(JM109株)をCaCl₂で処理をし、コンピタントセル(細胞壁に穴があいている)を作成する。その中にpUC19を混入して、大腸菌内に取り込ませる(図5)。その後、アンピシリンを含む寒天培地にまくと、アンピシリン存在下でも生育可能となり、形質転換されたことが確認される。また、lacZも挿入されているので、誘導物質のIPTGとガラクトースのかわりのX-galを加えると、コロニーが青色を呈することで



も、形質転換が確認できる。(図6)

図6 形質転換実験の結果

左: pUC19, X-galを含む

上: アンピシリンを培地に加えていないので、全面にコロニーが見られる。

下: アンピシリンを培地に加えているため、全くコロニーが見られない。

中: pUC19は含むが, X-galは含まない

上: アンピシリンがないため、形質転換していない大腸菌でも存在可能。

下: アンピシリンを培地に加えてあるため、pUC19によって形質転換した大腸菌のみが存在している。

右: pUC19, X-galを含む

上: アンピシリンがないため、形質転換していない大腸菌は白いコロニーを、形質転換した大腸菌は青いコロニーを形成している。

下: アンピシリンを培地に加えてあるため、pUC19によって形質転換した大腸菌のみが青いコロニーを形成している。

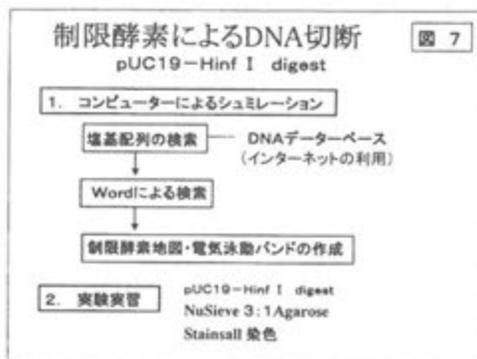
(4) 制限酵素による切断と電気泳動分析

さらに、形質転換が確認できた大腸菌(IPTGとX-gal存在下で青いコロニー)からプラスミドを抽出し、制限酵素で切断する。さらに、電気泳動にかけて、大腸菌内にAmp^rとlacZが挿入されていたことを確認するが、この段階も行っていない。しかし、そのかわりに、

pUC19 (TaKaRa) を制限酵素で切断し、電気泳動で分析を行っている。この過程は、さらに詳しく次に説明する。

4. 制限酵素によるDNA切断

制限酵素による切断実験は、形質転換実験等で用いてきたpUC19のプラスミドDNAを制限酵素Hinf I (TaKaRa) で切断する。しかし、直接、制限酵素で切断されたDNAを電気泳動した結果を見ても理解が困難である。そこで、実際の実習を行う前に、コンピューターを用いたシミュレーションを行っている(図7)。



(1) コンピューターによるシミュレーション

① pUC19の塩基配列の検索

pUC19の塩基配列を、インターネットを用いて、DNAデータベースから検索して得る。以下が利用したデータベースである。

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> NCBI: National Center Biological Information

<http://www.rtc.riken.go.jp/index.html> 理化学研究所

<http://bio.takara.co.jp/catalog/default.asp> Takara

具体的な、検索方法は (NCBIの場合)



図8: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>のHP
Searchの欄にはGenBankとして、求めるpUC19の登録名であるL09137をforの欄に入れてGOをクリックし、検索を始める。



図9: Cloning vector pUC19c complete sequenceを確認し、L09137をクリックする。

② Wordによる検索

この塩基配列をコピーするだけでは、Wordの検索は行えない。一度、Wordにコピーした後、各文末のリターンキーを解除する必要がある。実際には、ここからの操作では、事前に処理をしておいたフロッピーを配布して、以下の操作を行なわせる。Wordによる具体的な検索方法は、後の資料を参照のこと(資料)。



図10：現れた画面の最下部に2686 bの全塩基配列が書かれている。

制限酵素によるDNA切断 (コンピュターシミュレーション) 図 11

pUC19/Hinf I digest 図 12

切断番号	切断位置	切断断片 (bp)
1	427	65
2	641	75
3	706	214
4	781	396
5	1177	517
6	1694	1419

(bp)

今回用いた制限酵素はHinf I であり、その認識塩基配列はGANTC (NはAGCTのいずれでも可能) で、そのため、GAATC・GATTC・GACTC・GAGTCについてそれぞれ、検索を行う必要がある (図11)。さらに、Wordの文字カウントを用いれば、容易に制限酵素地図を作成できる (図12)。また、電気泳動を行った場合の予想図を描くことができる (図13)。

電気泳動 図 13

pUC19 制限酵素地図 (ApaI, EcoR I, Hinf I) 図 14

さらにApaI やEcoR I などの制限酵素で、同様の操作を行えば、図14のような制限酵素地図が完成する。また、図13の右上Φ X 174-HaeIIIは、電気泳動で用いるマーカーであり、すでにΦ X 174のDNAを制限酵素HaeIIIを用いて、切断された市販品 (TaKaRa) である。その切断も予想しておく (図14)。

(2) 制限酵素によるDNA切断と電気泳動分析

pUC19をHinf I で切断し、マーカーとしてΦ X 174-HaeIIIを用いた。詳しい内容については、後 7. 電気泳動に関する教材化 で触れる。

5. 実習後の生徒の感想

- ・マイクロピペットを使うのは初めてで、少し緊張した。単位が μ 1だし、 2μ 1だと本当に小さな水滴ぐらいしかなかったけど、きちんと結果が出たので、本当に不思議だった。
- ・電気泳動して出てきたのは、ほんの1cmくらいのバンドだけど、その中に1000以上もの塩基が並んでいるなんて、すごいと思った。うれしかった。
- ・生物を学ぶ前は、人間とか、生き物って不思議だなあと常々思っていたけれど、DNAを学び、生物を学んで、その1つずつを説明できるようになるのが楽しかった。でも頭で学ぶより、自分の五感で確認できた方が感動した。ありがとうございました。
- ・実験の内容は、いたってシンプルな方法だったけれど、何を行なっているのかが、今回ははっきりしていたので、頭の中でいろいろと考えることができたし、また、人間ってすごいなと思いました。私にとって、DNAの組換えなんて、すごく難しそうで、かけはなれた存在でした。なのに、こんな試験管やフラスコなどの中だけで行なえるものとは思ってもいませんでした。生物、特にDNA（ヒトゲノムの解読などのように）についてどんどん広がっていくのもわかる気がします。
- ・遺伝子工学と聞いてものすごく難しそうに思えたが、実験手順は注意をしていたので失敗することなく、いい結果がとれたと思います。細菌の培養なんかは、たまにテレビとかで見たことはありますが、実際に自分でやってみられて、“なんちゃって研究者”を体験できておもしろかったです。



6. 遺伝子工学実習の困難さ

この分野の実験・実習は、多くの困難さのため全国的にも殆んど実施されていない。実施が困難な理由は、概ね次の①～⑥にあると思われる。これらの点を克服することにより、少しでも多く高校生が実験・実習をとおして、遺伝子組換え技術やその基盤となる分子生物学に関する基本的な教養の習得が可能な教材開発を試みる必要がある。大学等の研究室で行なわれている手順をより簡略化することで、幾つかは、教材化が可能はないかと考えた。そこでまずはじめに、電気泳動に関する教材化を試みた。

実験・実習の困難さ

図 15

- ① 特殊な実験器具や設備が必要である。
- ② 薬品や試薬が極めて高価である。
- ③ 扱う薬品が危険物もしくは、厳重な注意が必要である。
- ④ 個々の実習が継続的または長時間を要する。
- ⑤ 実習のための準備に多くの手間がかかる。
- ⑥ 近年の発展が著しいため指導者に技術が乏しい。

染色方法 (EtBrとStainsallの比較)

図 16

染色方法	問題点	利点
EtBr → 紫外線照射	・強力な発ガン性物質 ・紫外線照射が必要	・染色が短時間 ・高感度
Stainsall → 肉眼で確認	・染色、脱色に長時間必要 ・低感度	・安全な物質 ・肉眼で確認可能

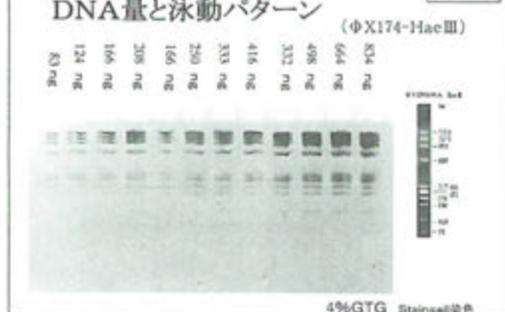
⇒ Stainsallの可能性を探る

7. 電気泳動に関する教材化

電気泳動を教材化するにあたって、最も気になっていたことは、染色方法である。大学等では一般的にEtBr (エチジウムブロマイド) などを用いる。しかしこれは強力な発ガン性物質であり、また紫外線照射で、バンドが現れてくるため、特別な紫外線照射装置や記録装置が必要となる。一方、Stainsall: 1-ETHYL-2-[3-(1-ETHYLNAPHTHO[1,2-d]THIAZOLIN-2YLIDENE) · 2-METHYLPROPENYL] NAPHTHO · [1,2-d]THIAZOLIUMBROMIDEという染色液もあり、非発ガン性物質であるが感度が極めて低いため一般的にはあまり用いられていない。高校生の実習であり、安全性の面からはStainsallを用いざるを得ない。であるならば、問題となるのは感度の低さであり、目的とするバンドが現れる条件を求め、Stainsallによる染色の実用性を検討した。

DNA量と泳動パターン

図 17



(1) Stainsallによる染色の感度

まず始めに、Stainsallによる感度がどの程度低いものかを確認した。

Φ X 174-HaeIIIのDNA (TaKaRa製)の量を1レーンあたり83ng~834ngと変化させ、4%GTGアガロースゲルを用いて50Vの条件で電気泳動を行った。その後、Stainsallでovernight染色し、流水で脱色した。用いた電気泳動装置は、

Mupid-3 (アドバンス製)である。ゲルの記録方法は、透過光源 (Light Viewer) 上にゲルを載せ、35mm一眼レフ (マクロレンズ) を用いて写真撮影した (図17)。その結果、1353b, 1078b, 872b, 603bの断片は、1レーンあたり全量83ngでも十分バンドとして確認できた。また、310b, 281b, 271b, 234b, 194bの断片については、全量330ng (1レーンあたり) 以上の泳動で出現した。ただし、281b, と271bについては重なっており、個別のバンドとしては識別が不可能であった。さらに、118bに関しては全量約500ng以上で、また72bのバンドは834ngで初めて確認された。しかし、泳動量を増加させると1353b, 1078b, 872b, 603bのバンドは太く現われ、個々の識別が困難となった。さらに281b, と271bのバンドの重なりは、83ng~834ngにおいて識別が不可能であり、異なる

条件設定が必要であると考えられる。

そこで、この染色方法でバンドが確認できる最小DNA量を求めたものが次の表である。

断片の塩基数	1353	1078	872	603	310	281	271	243	194	118	72
全体の塩基数	5386	5386	5386	5386	5386	5386	5386	5386	5386	5386	5386
断片の塩基数 ／全体の塩基数	0.25	0.20	0.16	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.02	0.01
レーンあたりのDNA量	83	83	83	83	330	330	330	330	330	498	834
バンドあたりのDNA量	20.85	16.61	13.44	9.29	18.99	17.22	16.60	14.89	11.89	10.91	11.15

DNA量の単位はng

1 段目は、各バンドの断片の塩基数、

2 段目は、用いた Φ X 174-HaeIII の全体の塩基数、

3 段目は、 Φ X 174-HaeIII の全体の塩基数に対する各バンドの断片の塩基数

4 段目は、各バンドが確認された 1 レーンあたりの DNA 量 (ng)

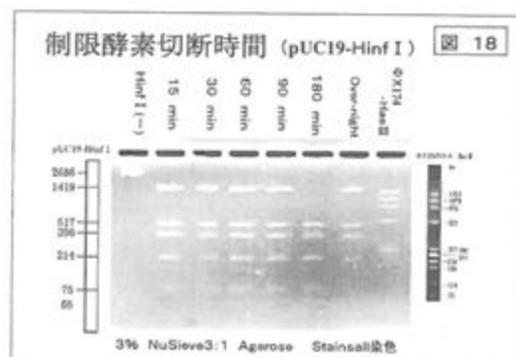
5 段目は、3 段目 \times 4 段目：すなわち各バンドに存在する DNA 量 (ng)

この結果から、1 バンドあたり約 10ng の DNA 量が存在していれば、Stainsall を用いた染色方法によって、確認が可能であると判断できる。

(2) 制限酵素による切断処理時間

実験書等には、制限酵素による DNA の切断は 3 時間～overnight となっており、これでは授業に用いることは不可能である。授業の中で展開するためには、できれば 1 時限以内で完了する必要がある。時間が自由になる大学等とは異なる。そこで精度を下げて、できうる限り時間を短縮することを試みた。

pUC19DNA (TaKara) を制限酵素 Hinf I (TaKaRa) で 37°C でそれぞれ 15 分～180 分間および overnight 反応させた。さらに 70°C で 30 分間処理し、アガロースゲルによる電気泳動



の後、Stainsall を用いて染色を行った。

反応溶液は

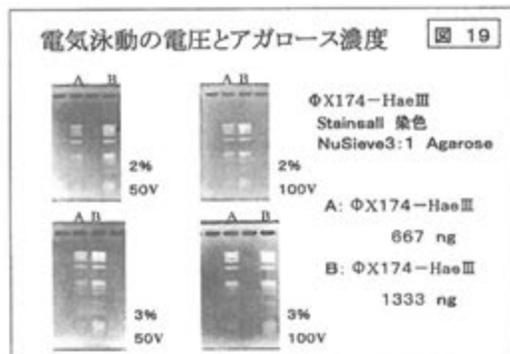
pUC19	4 μ l
10 \times H buffer	4 μ l
Hinf I	4 μ l
S P 水	28 μ l
	計 40 μ l

で、反応後 6 \times Loading buffer を 8 μ l 加えた。各レーンにはそれぞれ 12 μ l づつ注入した。また、比較として Hinf I を

含まない (Hinf I を 0 μ l, SP 水を 32 μ l) のものと、マーカーとして Φ X 174-HaeIII も同時に泳動した。その結果が、図 18 である。Hinf I を反応させたどのレーンにおいても、1419 b, 517 b, 396 b, 214 b, 75 b (65 b) の 4 本のバンドがみられ、その現れ方に大差は見られなかった。75 b と 65 b とは重なっていると考えられる。また 180 分間処理のレーンでは 1419 b が現れておらず、原因は不明であるが、90 分でも overnight でも同様のバンドが認められたため、特に問題とはしなかった。つまり、この反応系では、15 分間で十分に切断されていることがわかった。

(3) 電気泳動の電圧とアガロースの濃度

50V と 100V では、電気泳動の時間が大きく異なる。50V の方が時間が長く必要である



が、バンドがきれいに現れる。さらにアガロースの濃度も関係するため、ΦX174-HaeIIIを資料に電気泳動の電圧(50Vと100V)とアガロースゲル濃度(NuSieve3:1)(2%と3%)とを比較した。染色にはStainsallを用いた。その結果が、図19である。左上は、50V・2%、右上は、100V・2%、左下は、50V・3%、右下は100V・3%である。なお、それぞれAのレーンにはΦX174-HaeIIIを667ng、Bのレーンには1333ngを注入した。記録方法は、次の(4)で述べるスキャナーによる取り込み後、コンピューターでの画像処理を行った。その結果、50Vと100Vの電圧による差はほとんどみられず、100V・667ngのレーンにおいても1353b,1078b,872b,603b,310b,281b,(271b),234b,194b,118b,72bの10本のバンドが確認できた。なお281bと271bについては、重なっており、この現象は50V・1333ngの条件においても同じ結果であ

った。また、ゲル濃度については、2%、3%のいずれでも、10本のバンドが確認された。2%では、全体に早く流れるため1353bのバンドが下がり、全体的に各バンドが密集した。さらに、同様に行った4%でも、全てのバンドが確認されたが、各バンドの形状が乱れた。これらの結果から、泳動電圧は、100Vで十分可能であること、またゲル濃度は、3%が適していることが明らかとなった。50Vでは泳動に60分要したが、100Vでは35分で可能であるので、十分に1時間以内での電気泳動実習が可能である。しかし今回、泳動時間はLoading bufferの位置から判断したが、泳動時間の条件設定をすれば3%より2%ゲルを用いる方が、時間短縮の可能性があると思われる。また、泳動bufferと1倍のTAEを用いたが、1/2倍のTAEの方が、きれいなバンドとして現れる(片倉2001)との報告もあり、あわせて、より短時間でかつ鮮明なバンドが得られる条件設定を求めることが今後の課題である。

(4) 電気泳動ゲルの記録方法

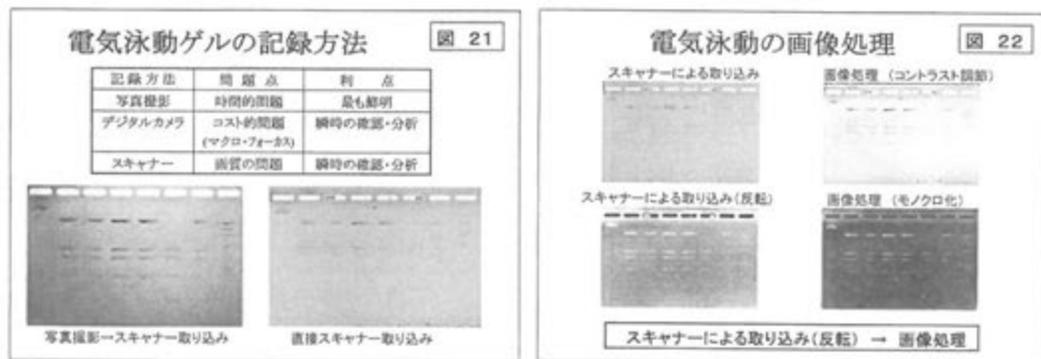
図16でも触れた通り、EtBrによる染色法では感度がよいが、発ガン性物質だけでなく紫外線照射によりバンドが確認されるため、トランスイルミネーターが必要であり、さらに紫外線照射に急速に退色する。一方、Stainsallによる染色は、非発ガン性物質に加え自然光による肉眼で確認可能である。そのため、実験室内で同時に多くの生徒に確認させることができる。

当初、透過光(透過光源(Light Viewer):スライドを確認するとき用いる)の上にゲルを載せ、生徒達にグラフ用紙に写させていた。しかし、StainsallもEtBrに比べてスピードは遅いながらも退色はする。さらに正確にバンドを分析するためにも、写真などによ

る記録方法が必要であった。

まず、最初に行った方法は、透過光源 (Light Viewer) にゲルを載せ、それをマクロレンズを装着した一眼レフによる写真撮影であった。しかし、この方法では、現像・プリントの手間や時間的な問題があり、授業中の迅速な分析には不適當であった。そのためデジタルカメラの利用を考えたが、持ち合わせていたデジタルカメラでは、接写レンズの性能の問題とオートフォーカスであったため、得られた画像は使用に耐えないものであった。

そこで次に考えたのが、スキャナー (透過式: Canon-CanoScan FB1210U 1200dpi) による取り込みであった。図21の左は、透過光源上のゲルを一眼レフカメラで接写し、プリントしたものをスキャナーで取り込んだものである。右は、透過式スキャナーでゲルを直接取り込んだ画像である。直接スキャナーで取り込んだ時点での映像 (右) は、写真からの取り込み (左) に比べると劣るが、その後コンピューターによる画像処理で反転し、モノクロ化すると十分使用に可能なことが判明した (図22)。この方法を用いることで、授業時間内に正確な分析が可能となった。



8. 金銭的な問題

様々な問題点として、先に6点ほど挙げたが (図19)、最大の問題点は、金銭的なものである。次に、実習に使用した薬品類 (図23) と器具類 (図24) のリストを載せた。図中の形は形質転換実験に必要なものを、泳は電気泳動に必要なものを示している。

本校には、オートクレーブが備わっていたが、それを除いて、約40万円程度の費用が必要であった。この費用の大半は、シェーキングバスとサーモメイト (恒温振盪槽) で約20万円である。この装置も実習を始めた初年度には、なかったために、振盪培養をせずに大腸菌の培養を行った。また、マイクロピペットもバスツールピペットで代用するなどして行ってきた。そのような工夫で、費用は押さえられるものの、やはり生徒達にはできうる限りの本物を体験させたいと考える。しかし、使用する薬品類は購入せざるを得ない。ただ、実施してみるとpUC19を購入すれば大腸菌JM109株、制限酵素を購入すれば様々なbuffer、Φ X 174-HaeIIIを購入すればLoading bufferがそれぞれサービスとして無料でもいただける。それにしても、莫大な費用がかかることには違いない。

その費用の捻出方法の1つとしては、学外の企業等の研究費助成である。今回用いたシェーキングバス、サーモメイトは、(株)アジレントが実施した「ひらめき工房」に応募し

た結果、当選し助成いただいたものである。しかし、これらの助成も、継続的には困難な状況である。そこで、考案したのは、PTAを活用することであった。

必要な薬品類

図 23

品名	数量	単価	形態
EcoL JM109			
pUC19 (プラスミド)	25 µg	13,000	形・泳
Hinf I (制限酵素)	3000U	10,000	泳
ΦX174-Hae III digest (マーカー)	20 µg	10,000	泳
NuSieve3-IGTG (アガロース)	25g	18,000	泳
Universal Buffer Set	1ml × 7種		無料
DTPG	100mg	987	形
X-gal	100mg	3,685	形
アンピシリン	5g	2,700	形
スタインズオール (染色液)	5g	22,964	泳

必要な器具類

図 24

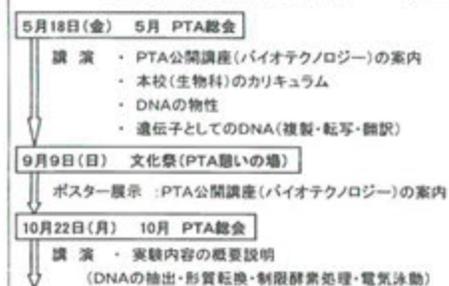
品名	数量	単価	形態
バスツールピペット	1箱(200本)	1,785	形
ピペットマン(P-20)	1本	28,875	形・泳
ピペットマン(P-100)	1本	28,875	形・泳
ピペットマン チップ	1箱 (96本)	1,050	泳
電気泳動装置 (MP-1)	1セット	34,000	泳
シェーキングバス	1	71,820	形・泳
サーモミイト	1	128,100	形・泳
マイクロチューブ(1.5ml)	1000	8,000	形・泳
オートクレーブ		40,000~	形・泳

9. PTA公開講座

本校では、本年度（平成13年度）よりPTAが主催し、生徒の授業を保護者に理解してもらう目的で、本校教員が講師となり保護者を対象に、日常的な授業を体験していただく企画をPTA公開講座と称して開始した。そこで、“バイオテクノロジーを体験しよう”というタイトルで保護者対象の遺伝子工学実習を実施し、薬品代などの実費をいただき、

PTA公開講座の日程

図 25



PTA公開講座 (遺伝子組換え)

図 26

- ・目的 DNAに触れ、バイオテクノロジーを体験する。
- ・日時 第1回 11月18日(日)
第2回 11月23日(勤労感謝の日)
午後1時~午後4時頃
- ・対象 本校PTA関係者
- ・実施内容 形質転換実験~DNA抽出~電気泳動
- ・費用 実習材料費 2,000円 (2回分)
- ・人数 20名まで(4名以上)

その残りの薬品や器具等を生徒に還元することで、実習を行うと考えた。実習までの日程は図25のとおりである。5月と10月のPTA総会では、実習講座の案内と簡単なレクチャーを行い、また文化祭では、ポスターを掲示した。公開講座の日程は、当初午前10時~午後4時までの6時間を3日間、午前中講義をし、午後実習と考えてた。また費用は1人あたり参加費として5000円程度を見込んでいた。この公開講座で、マイクロピペットを4本購入できればと考えていた。

その後、PTAの役員の方と内容を詰めていくうちに、より多くの方に無理なく参加していただけるよう図27の実施形態となった。また、参加費については、2000円とし、目的であったマイクロピペット4本分については、別途PTA会計から捻出いただいた。

具体的な実施内容については、本校生徒が行っている実習内容を理解していただく点からもほぼ同じ内容とした。2日間の実習内容は、図27、図28である。

PTA公開講座 日程 (第1日目) 図 27

13:00~13:20	挨拶・スタッフ紹介 実習内容のガイダンス
13:20~13:40	実験器具の操作方法 (メスピペット・マイクロピペット)
13:40~14:40	大腸菌の形質転換実験 (JM109/pUC19)
14:40~15:00	休憩
15:00~16:00	制限酵素によるDNA切断 (pUC19-Hinf I)
16:00~16:30	電気泳動 (アガロースゲル)



PTA公開講座 日程 (第2日目) 図 28

13:00~14:00	形質転換実験の解説、結果分析
14:00~15:15	DNA抽出実験
15:15~15:30	休憩
15:30~16:30	コンピューターによる 制限酵素地図作成
16:30~16:50	電気泳動ゲル分析
16:50~17:20	挨拶・アンケート



応募人数を20名としていたが、はるかに多くの32名の申し込みを頂いた。生徒達には半年以上の講義後の実習であるが、参加いただいた保護者には、基本的な知識獲得より、とにかく実際にDNAに触れて、遺伝子工学を肌で感じていただくことを目標とした。そのため、1班4名までとし、全ての参加者が実習を体験できるように心掛けた。また、全体での説明は概要だけとし、個々の操作に関する説明は、班ごとに対応することにした。

制限酵素地図作成(コンピューター・シミュレーション)



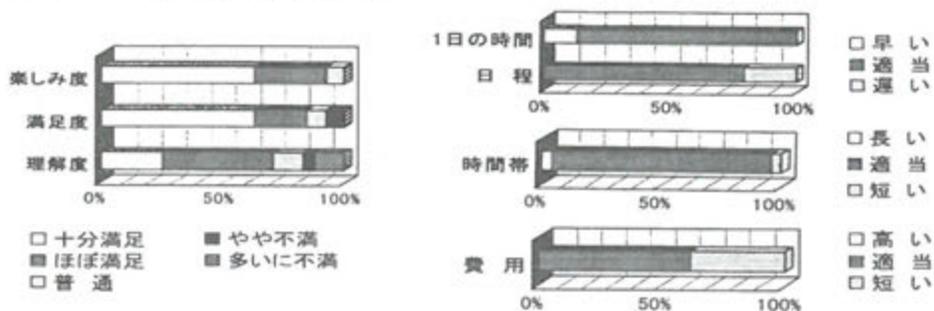
DNAの抽出実験



そのため指導者1人では、実施困難であったため本校理科助手の平田英子さんと、生物部OGで大学生の松元雪絵さん、丸山裕子さんに加わっていただき4名で、2班ずつを担当した。2日間とも予定の時刻には終了できず、1時間から1時間半ほどオーバーすることとなったが、参加者全員、生徒以上に熱心に取り組んでおられた。

実習の最後に行なっていたアンケート結果と感想が以下のとおりである。

アンケート調査 結果



感想【 】は筆者が加筆したものである。

- ・最先端の遺伝子の科学がちょっと目に見えてわかりました。
- ・もっと賢い自分だったらどんなにいいだろうと思いました。
- ・理解不能でした。【満足度は、ほぼ満足】
- ・わからない授業を聞く、できない生徒の気持ちが良くわかりました。久しぶりに勉強してうれしかった。
- ・高校生物の勉強をしたことがないので、基本をわかってからであればもっと理解できたと思う。
- ・恥をかかさせる（あてられるなど）ことがなく良かったです。
- ・助手の方も丁寧な口調でどんな質問にも答えて頂き、ありがとうございました。後片付けもして、実験が終ると教えられてきましたが、それもせずにお世話をおかけしました。
- ・子供がどのような勉強をしているのか知りたくてきましたが、良かったです。
- ・久しぶりにゆっくり講義を聞くという経験ができ、学生に戻ったみたいでした。
- ・植物の遺伝子の組換えのことを詳しく知りたかった。
- ・実際に遺伝子組換えをした植物を見たい。
- ・組換えの現在行なわれている現状を具体的な形で見せてもらえると良いのですが。
- ・娘が「とてもおもしろい！」と申ししておりました。その通りだったと思います。
- ・高3で卒業するのが残念です。OBの親では、参加できないでしょうか。
- ・PTA卒業生も今後参加できないでしょうか。息子【他校生？】も行きたいと申したいのですが、今回は止めました。やはり無理なのですね。
- ・一般的には大学生レベルの内容だと思います。このような実験を生徒達が経験できるのは幸せだと思います。

時間的な問題から、体験重視との目標を設定したが、アンケート結果や、感想から伺えるように、全体的には楽しくまた満足していただけたようではあるが、説明不足からくる問題点が大きい。また、より生活に密着した組換え食品等などに関する内容も盛り込むべきであったと思う。欲張らず、もう少し余裕をもった設定で、実施すべきであったと反省している。当初、金銭的な問題解決の1つの方策として企画、実施したものであったが、熱心に参加されておられる姿や、感動されている姿を目の前にして、今回のような情報公開や学校開放のあり方も重要であることを痛感した。さらに、感想にもあるように、家庭内での共通の話題提供にもなり、多くの準備等の手間もあるが、十分にやりがいのあるものとなった。

10. 最後に

本校で生徒に実施した授業内容に関するアンケートにおいても、最も興味関心を抱いた分野は遺伝・DNAである。さらに、生物系・農学系への進路希望者がこの分野の授業終了後に確実に増加するのも事実である。また、社会の流れとして分子遺伝学の基礎知識やそれに基づいた判断能力が求められている。遺伝子組換えとは、どのような操作で行われるのか、種とは何か、種を超えるとはどういうことなのか、など倫理的観点も含めて考

えるきっかけとして、ぜひ今後も、講義による知識だけでなく、実習をともなった展開が必要であると考え。この分野の実習には、多くの困難さがあることは事実であるが、より容易に高校生物教育での実践が可能となるような教材開発をさらに今後も続けていきたいと思う。

- 文献 片倉啓雄 2001 バイオ実験のつぼ 第13回 核酸の電気泳動化学
化学 第56巻 第7号 化学同人 pp.42-45
松田仁志 1982 大腸菌からのDNA抽出とその性質についての実験
新しい生物実験の開発 pp.161-162 大阪府高等学校生物教育研究会
吉本和夫 1994 簡便な高校生物分子遺伝学実習の開発(2)
—大腸菌形質転換簡便法の開発過程を中心に—
大阪教育大学附属高等学校平野校舎研究紀要 第5号 pp.31-40

- 参考文献 田村隆明 1998 遺伝子工学実験ノート(上) 羊土社
倉光成紀 分子生物学体験実習 Ver.7-29
遺伝子操作(クローニング)を体験しよう
大阪大学大学院理学研究科、大阪教育大学附属高等学校平野校舎

summary:

Since many difficulties follow, most gene engineering experiments in high school are not carried out. Because of this, the author tried to develop teaching materials about gene engineering experiments for high school students, especially focusing on the following three possibilities,

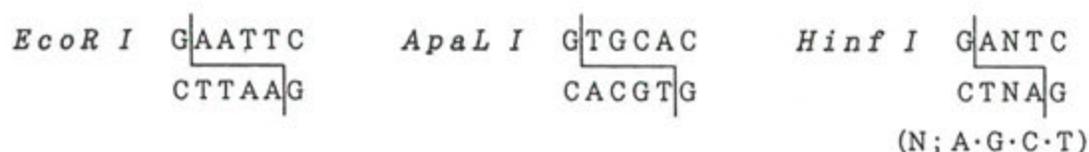
- 1) The possibility of the dyeing method by Stainsall which does not use carcinogenic substances in agarose-gel-electrophoresis,
- 2) The possibility of shortening the time which the DNA digesting experiment by the restriction enzyme and the development of its record method,
- 3) The possibility of developing auxiliary teaching materials with computer simulation, which helps the understanding of the analysis of agarose-gel-electrophoresis,

Consequently, these three points were conquered and it became clear for the experiment in a high school stage to be fully carried out. Moreover, the experiment was carried out in a biology class of the 2nd grade in a high school.

Furthermore, in this field, in order to acquire special instruments and chemicals, much expense is required. About this problem, solution was also possible by enforcement of the PTA open class. In addition, The PTA open class is reported in this paper.

制限酵素によるDNA切断（ドライラボ）

今回 大腸菌形質転換実験で用いたプラスミドDNA (pUC19) を以下の3種類の制限酵素で切断し、電気泳動にかけるとどのようなDNA断片が出てくるか考えてみよう。



- ① コンピューターを起動させ、フロッピー内の pUC19 (Word 用) のファイルを開く。
- ② Word が立ち上がり、pUC19 の塩基配列が現れる。
- ③ 上のメニューの 編集 を左クリック (1 回) するとさらに画面が表示され、検索 を再度左クリック (1 回) する。
- ④ 検索する文字列 の空欄に、制限酵素の認識する塩基配列を打ち込む (全角英数)。
- ⑤ 検索オプション、検索方向 は 文章全体 にして OK とする。
- ⑥ 検索結果が黒の囲い込みで現れるので、その場所を配布した pUC19 の塩基配列のプリントに印をつける。
コンピュータ画面の 1 行の文字数はプリントと同じく 60 文字となっている。
また文字数・行数は画面下、中央に表示されているので参考にすること。
- ⑦ さらにその状態で画面上の ⏏ を左クリックすると、画面上に検索した文字列に下線が付く。
- ⑧ 同様に、⑤からの操作を繰り返す。
- ⑨ 文書の検索が終了しました の表示が出るまで繰り返す。
- ⑩ プリントに記した切断位置をもとに、切断される塩基数と断片数を数える。
このとき、数えたい文字数をドラッグして黒くした後、ツールの文字数カウント をクリックすれば文字数が出てくる。
- ⑪ 以上のことから、制限酵素地図をつくり、さらにプリントの泳動位置にマークをする。
- ⑫ 上の 3 つの制限酵素について、すべて行なう。

科学と人間の関わりを重視した 中学校理科物理領域における学習指導

ひろ せ あき ひろ
廣 瀬 明 浩

The Method of the Junior High School Physics Education Emphasized on the Relation between Science and Humanity

HIROSE Akihiro

抄録：理科教育においてSTS的な学習展開を実践するために、新教育課程における「エネルギー」単元と「科学技術と人間」単元を融合させ、新たなモジュールを作成・実施した。生徒はこれらの学習をとおして、科学の存在意義や科学を学習することの意義について、学習前と比較してより肯定的な意識を持つに至った。

キーワード：物理教育、エネルギー教育、STS、理科離れ、学習指導要領

I. はじめに

自然科学は高度に体系化された学問である。したがって、先人が明らかにさせていった数々の知識を身につけていくことは、自然科学を学んでいく上で必要不可欠なことである。しかし一方で、すべての市民が、将来、自然科学の専門家になるわけではないことを考えると、知識偏重の自然科学教育に対する批判が生じるのも、ごく当たり前のことである。義務教育あるいは高等学校の初期の段階における教育が、市民的素養を育むものであると規定すれば、そこでの教育は自然科学に関する知識を注入するためだけではなく、科学と技術と社会の関わりを考えさせ、変化する社会において有効な価値判断能力を育むためのものでもあるべきであろう。すなわち、STS的な視点での教育が必要であると思われる。

そこで本稿では、まずはじめに科学教育におけるSTS教育の必要性について概観する。ついで、今回の実践で作成・実施したモジュール「エネルギーとその利用」についての詳細な報告を行う。最後に、評価として学習前後での生徒の意識変化について分析・報告する。

II. 理科教育におけるSTS的視点の必要性

20世紀は科学の世紀であったといわれる。数多くの科学上の発見や発明がなされ、それとともに技術の飛躍的な進歩が見られ、生活の改善がなされてきた。社会生活はまさに科学の恩恵の中で発展してきたといえるだろう。こうした流れの中で教育の目的が、

国家や社会の中で役立つ人物の育成としてとらえられる傾向が強くなってきたのは周知のことである。そして科学教育にもその役割が担わされ、社会にとって有用な人材、すなわち優秀な理系人間の育成がその最終目的とされてきたといっても過言ではない。

科学教育においてもその主たる目的が、より多くの科学の知識を獲得することであるという考えが中心となってきた。もちろん知識を獲得することは、学習活動において重要な課題であることは言うまでもない。また、科学そのものが高度に体系化されたものであり、系統的な知識の獲得があってこそ学習に発展が見られる事は否定できない。しかし知識偏重の科学教育は、国家や企業にとって有用であっても、ひとりひとりの市民にとって必ずしも有用であるとは言い切れない。実際に科学・技術が発達していくのと同期して、武器製造・環境破壊そして遺伝子操作といった新たな問題が次々と生じてきた。

科学・技術の発達によって、こうした反社会的な現象が生じることは、科学が、本来人間に奉仕するための存在であるということに矛盾するのである。そして知識偏重の科学教育においては、この矛盾を見つめる眼を育てることができないのではないだろうか。これからの科学教育では、科学と人間との関係、科学と社会との関係、つまり科学の価値やその発達の歴史あるいは科学の社会における役割などをとらえる視点を意識的に育てることが大切であると考え。こうした視点は、科学 (Science)・技術 (Technology)・社会 (Society) の頭文字をとって、STSと呼ばれる。

中学校および高校で、理科を学習する生徒の全てが理系に進むわけではないことを考えると、高校までの科学教育において、こうしたSTSの視点に立った実践が今後さらに積極的になされるべきだと考える。

Ⅲ. 学習指導の具体的内容

1. 指導目標

平成14年度の新課程完全実施にともない、仕事量の定義を行わずにエネルギー領域を学習することになる。義務教育においてエネルギーに関しての定量的な扱いができなくなることに対する批判が、各所から出ている。

しかし従来のように、(仕事量) = (力の大きさ) × (力の向きに物体を動かした距離) と定義し、仕事量の計算や1 [W] = 約 0.1kgwm / 秒の換算ができたとしても、全教室の蛍光灯が1時間点灯し続けているときのエネルギー消費量が、どれほどのものかを実感できるとは限らない。

そこで、義務教育段階での学習内容を市民的素養と位置づけたとき、計算問題を解く力も大切であるが、

- ①身の回りにおけるエネルギーの使われかたを知ること。
- ②エネルギーに関する技術の発達を社会の変化との関わりでとらえること。
- ③エネルギーの利用についてこれからの課題を明確にすること。
- ④科学の存在意義や科学を学ぶ意義について、肯定的な意識を育てること。

に指導の重点を置くことが適切であると考えた。

以上の観点から、今回の実践では新課程にしたがって仕事量の定義を行わずにエネルギー単元の学習指導を展開し、同時に1分野の最終章(7)「科学技術と人間」の内容を含め

たモジュール「エネルギーとその利用」を作成した。具体的な指導目標として次の6項目を挙げる。

- ①エネルギーに関する実験や体験を通して、エネルギーには様々な種類があることを理解させる。
- ②エネルギーに関する実験や体験を通して、エネルギーは相互に変換されること、およびエネルギーが保存量であることを理解させる。
- ③エネルギー量を体感するための活動を行い、エネルギー消費量や仕事率についての直感的な量の把握を行い、同時に熱エネルギーに相当する力学的仕事量が膨大なものであることを理解させる。
- ④人類のエネルギー利用の歴史に関する学習を通して、消費エネルギー量の急激な増加についてその原因や今後の対策を考えさせる。
- ⑤身の回りに存在する省エネルギーの実態について理解させる。
- ⑥生活におけるエネルギー消費の実体を実地調査し、今後の生活のあり方や、科学技術の発達について、これまでの学習で獲得した知識や経験をもとに価値判断を行う

2. 授業計画と内容

今回作成したモジュール「エネルギーとその利用」は全8時間の授業時数からなっている。前述したように、従来の「運動とエネルギー」単元の一部と新教育課程における「科学技術と人間」を融合させた形をとった。以下に各時間における指導目標と授業展開を紹介する。

第1時 エネルギーとは

〈指導目標〉

- ・エネルギーの定義を理解させる。
- ・エネルギーには様々な種類があることを理解させる。

〈授業展開〉

(1) エネルギーの定義

位置エネルギー実験装置による杭打ちと、台車の衝突の演示を行い、「エネルギーを持っている状態」とは、「他の物体に力を加えて動かすことができる」状態であると定義する。

(2) エネルギーの種類

くい打ち実験および台車の衝突実験から、それぞれ位置エネルギーと運動エネルギーを定義する。その後、ジエチルエーテルを入れた大型注射器を提示し、「ピストンにふれずに、ピストンを動かす方法」を考えさせ熱エネルギーを誘導する。その他に、モーターの回転や密閉缶内でのエタノールの爆発を演示し、電気エネルギーと化学エネルギーを示す。

(3) エネルギーの体感

手回し発電機を用い、①非接続で回す。②1個の豆電球をつける。③2個の並列豆電球をつける。①～③の「手応え」を比較し、エネルギー源としての自分への負担が増加する

ことから、エネルギーの消費を実感させる。さらに、回路内で電子が運動することに気づかせ、前項(1)でのエネルギーの定義と結びつける。

第2時 エネルギーの変換と保存

〈指導目標〉

- ・振り子を用いた実験を行い、エネルギーが相互に変換されること、および保存量であることを理解させる。
- ・多くの機器の場合、エネルギー変換時に損失が生じることを理解させる。

〈授業展開〉

(1) エネルギー変換

振り子を振らせ、運動を観察することを通して、振り子の往復運動には位置エネルギーと運動エネルギーが関係していることを見いださせる。その後、振り子の1周期において、位置エネルギー、運動エネルギーそれぞれについて最大値、最小値を示す位置を考えさせ、振り子の1周期における位置エネルギーおよび運動エネルギーの量の変化から、位置エネルギーと運動エネルギーが相互に変換していることを見いださせる。

(2) 力学的エネルギーの保存

振り子をその周期の最高地点から振らせたとき、必ず元の位置に戻ってくることから、力学的エネルギーが保存されていることを理解させる。

(3) エネルギーの損失

2台の手回し発電機を接続し、一方を発電機として、もう一方をモーターとして用いる。モータ側と並列に豆電球を接続し、発電機側のハンドルを回転させることによって豆電球を点灯させながらモーター側を回す。2台の手回し発電機の回転数の違いから、発電機側で発生したエネルギーの一部が、豆電球に消費されていることに気づかせる。さらに、豆電球を接続しなくても、2台の手回し発電機に回転数の違いがみられることから、エネルギーが変換される途中で、損失が生じていることに気づかせる。

第3時 エネルギーの体感 〈資料-1〉

〈指導目標〉

- ・体を動かすことによってエネルギー消費を体感し、概算によって得られたエネルギー量との比較から、エネルギーの直感的・量的把握をさせる。

〈授業展開〉

(1) 体力の電力換算

生徒ひとりひとりにスクワット運動を1分間行わせ、測定結果から体力の電力への換算を行い、人間が全力で自分の体を動かしても、そのときの仕事率が高々数百ワットにすぎないことを理解させる。その後、教室の蛍光灯の消費電力を計算させ、自分の体力と関連づけてとらえさせることから、日常消費しているエネルギー量に対する認識を深める。

(2) 運動エネルギーから熱エネルギーへの変換

保温水筒に100gの水を入れ、交替で合計4分間保温水筒を振り動かして中の水の温度を上昇させる。温度上昇が非常にわずかであることから、熱エネルギーの力学的エネルギー相当量が膨大なものであることを実感させる。

第4時 エジソン電球の製作 〈資料-2〉

〈指導目標〉

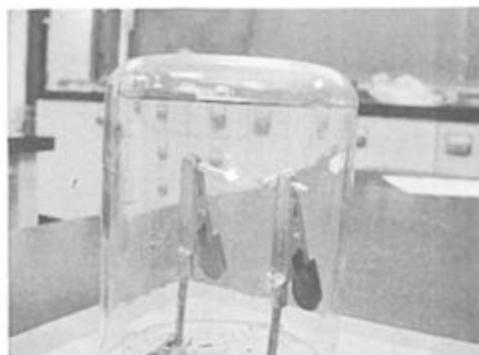
- ・エジソンが行った白熱電球の作製過程を追体験させる。

〈授業展開〉

資料-2 参照



〈図1〉回路



〈図2〉点灯中のエジソン電球

ビーカー内には窒素ガスを充填

第5時 光エネルギーと新技術 〈資料-3〉

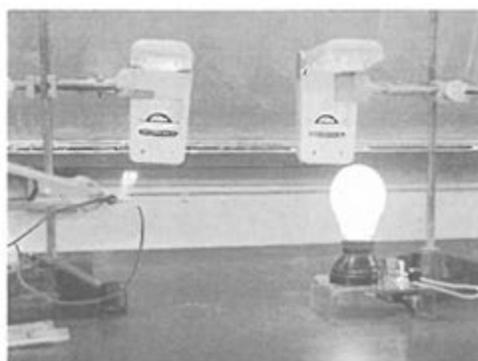
〈指導目標〉

- ・電気エネルギーを光エネルギーに変換する先端技術として発光ダイオードを紹介し、その特徴を白熱電球と比較しながら理解させる。
- ・科学技術の発達が省エネルギーに貢献していることを理解させる。

〈授業展開〉

(1) 電気照明器具の発光原理

白熱電球と蛍光灯についてそれぞれの発光の仕組みを説明する。さらに新技術としての発光ダイオード(LED)を紹介する。



〈図3〉LEDと白熱電球(20W)

照度比較実験

(2) LEDの特徴

以下に示すLEDの特徴を、白熱電球と比較しながら実験的に確認する。

- ・LEDは、発熱せずに発光する。
- ・LEDには極性がある。
- ・LEDのほうが電圧変化に対する点滅の追随性がよい。
- ・LED(高輝度型)は電球と同程度の明るさ(面の照度測定)であっても消費電力が格段に少ない

(3) LEDの利用例の紹介

携帯電話や信号機などに利用されており、いずれもLEDの小型・省電力・視認性の良さがその理由であることを理解させるとともに、科学技術の発達によって、省エネルギーが実現していくことを理解させる。



第6・7時 フィールドワーク 〈資料-4〉

〈指導目標〉

・各種飲料水自動販売機の設置状況を、エネルギー利用のあり方を考えるための材料として用いるため、学校周辺地域においてその設置台数を調査する。

〈授業展開〉

・第6時：フィールドワークの目的の説明，調査範囲の割り当て，調査時の諸注意
・第7時：フィールドワークの実施，調査結果のまとめ

学校周辺の半径300mの範囲を40の調査ブロックに分け，各班（全40班）が担当ブロック内の自動販売機設置場所を記録する。調査結果を〈資料-4〉に示す。

第8時 エネルギー利用のあり方

本時の学習指導は、平成13年度第49回教育研究会で実施した。

〈指導目標・授業展開〉

学習指導案を〈資料-5〉に示す。

IV. 評価（生徒の意識の変化）

授業を実施した中学3年生全員（男子79名，女子79名，計158名）を対象に，表1に示す14項目の質問に関する意識調査を学習前と学習後において行った。回答は，そう思う・どちらともいえない・そう思わないの3段階とし，男女それぞれから50名，計100名を無作為に抽出し集計を行った。

〈表1：意識調査質問項目〉

- 1 科学は我々の生活を便利にする
- 2 科学の発展は人々を幸福にする
- 3 科学を学ぶことは生活に必要なことである
- 4 科学に興味がある
- 5 科学についての知識は特定の人たちが持っていればよい
- 6 これからも科学を学び続けたい
- 7 省エネは必要なことである
- 8 100Wの電球が無駄に使われているのは非常にもったいないことだ

- 9 もったいないかどうかは、金額に置き換えて考えるべきだ
- 10 日頃から省エネを実行している
- 11 企業は省エネの努力をしている
- 12 国や各種公共団体は省エネの努力をしている
- 13 自分一人が省エネを意識しても、社会に大した貢献をしたことにはならない
- 14 省エネのためには今便利なことが少々不便になってもよい

各質問項目についての集計結果を、男女計の形で表2および表3に示す。

〈表2：学習前の意識〉 (％)

質問項目番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
そう思う	88	16	46	44	16	29	94	72	16	24	20	13	21	38
どちらでもない	7	62	43	38	38	51	2	19	33	47	42	46	21	39
そう思わない	5	22	11	18	46	20	4	9	51	29	38	41	58	23

〈表3：学習後の意識〉 (％)

質問項目番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
そう思う	89	18	60	42	14	39	94	79	24	30	25	7	16	47
どちらでもない	7	66	22	43	33	46	2	16	36	43	39	46	29	37
そう思わない	3	15	17	14	52	14	3	4	39	26	35	46	54	14

次に、学習前後での意識の変化が比較的大きかった項目について、分析を行う。なお、円グラフに用いた色分けは以下のとおりである。

□ : そう思う ■ : どちらでもない ▨ : そう思わない

・項目3「科学を学ぶことは生活に必要なことである」(図5)

学習前から肯定的な意識の者が多かった(46%)が、学習後には過半数を超えており、大幅な増加が見られる。しかし同時に否定的な意識を持つ者も若干増加しており(11% → 17%)、質問項目について曖昧な意識を持っていた者が、学習を通して意識を明確化させたことがわかる。

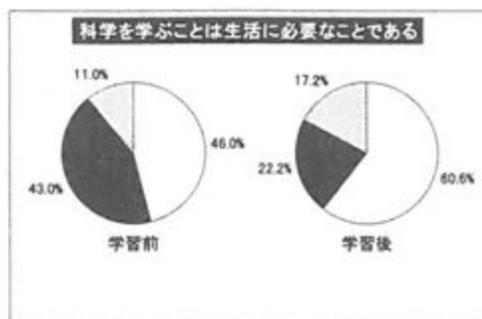


図5

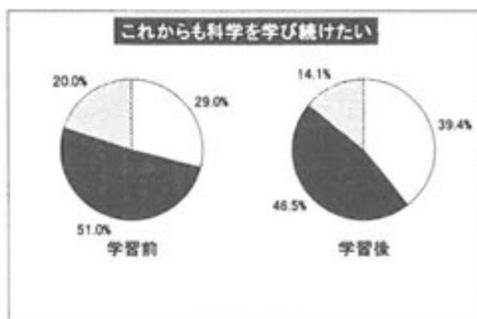


図6

・項目6「これからも科学を学び続けたい」(図6)

肯定的な意識の者が増加し、否定的な意識の者が減少している。学習を通して、科学を学ぶ意義を理解した者が増加したといえる。この結果は項目5「科学についての知識は特定の人たちが持っていればよい」に対する否定的な意識が増加したことと相互に関連しているといえる。

表2および表3の項目1の回答に見られるように、科学の利便性については非常に高い肯定意識を持っていたが、省エネルギーという生活に深く関連する内容を学習することにより、科学に対する興味・関心がさらに強まり、科学を学習する意義を見いだしたり、再認識することができたといえるだろう。

ただ、項目2の回答に見られるように、科学の発展が幸福をもたらすことについては賛否が分かれている。これまでの科学の発達によって生じた、環境破壊などの負の遺産を意識していることが予想される。

・項目10「日頃から省エネを実行している」(図8)

学習後、実行している者がやや増加している。増加の原因として、新たに行動をはじめた者の存在と、これまでの行動が省エネにつながることを認識した者の存在が考えられる。しかし一方で、省エネ行動を実行していない者も同程度の比率で存在しており、省エネの必要性はほとんどの者が肯定している(表2・3 項目7参照)が、行動に移していない者が多数存在することがわかる。

学習過程において、省エネルギーの行動を具体的に提示し、生活のなかで実践させ、学習者に自己評価させることによって省エネルギーの実践力を向上させることが今後の課題であると考ええる。

・項目14「省エネルギーのためにはいま便利なことが少々不便になってもよい」(図7)

学習後には、肯定的な意識の者が約半数を占めるようになった。省エネの必要性を以前から肯定していたこと、自動販売機の設置状況調査を実施したこと、さらには待機電力の存在とそれによって消費されるエネルギー量を理解したことなど、今回の学習全般にわたっての経験が効果を現したものと見える。

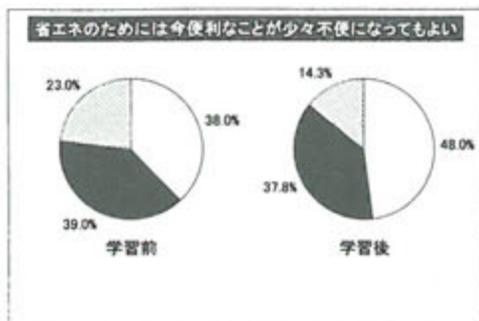


図7

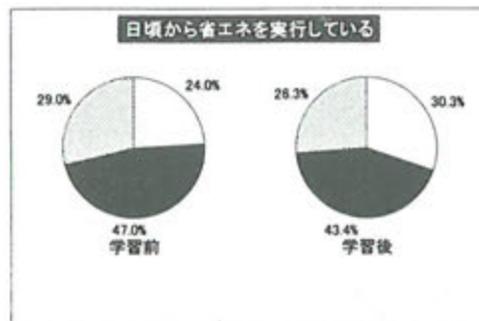


図8

V. おわりに

IV. 評価で述べたように、今回の学習を通して科学の存在やそれを学習する意義について

て、肯定的な見方をする者が増加した。現代科学の恩恵によって、われわれは非常に便利な日常生活を送っているが、生徒たちがそのことを無批判で受け入れてはいけないことに気づいたり再認識したのであれば、今回の学習の目的がほぼ達せられたといえるだろう。

しかし、今後改善されるべき課題も見受けられる。ひとつは、批判的見解を強調するあまり、科学の発展や存在そのものを否定することになってはいけないということである。現在の生活の利便性を損なうことなく、エネルギー問題や環境問題を解決するためには、科学の存在や発展が不可欠であることも理解されるべきである。

さらに、省エネルギーをはじめとしたエネルギー利用についての理解を、どのように定常的な実践力に変換していくのかということがある。学習直後は様々な具体的行動をとっていても、時間経過につれ実践率が低下することはよく知られている。いわゆる歩留まりの悪さを改善させるには、省エネルギーをはじめとしたエネルギー利用に関する教育実践が、単なるイベント的な扱いではなく、21世紀の時代における「生きる力」つまり市民的素養を育むものとして展開されなければならない。

〈参考文献〉

- ・小川正賢 「序説STS教育」 東洋館出版社 1993
- ・日本物理教育学会近畿支部 「よみがえれ理科教育
—市民的教養の理科教育をめざして—」 東京書籍 1999
- ・財団法人 省エネルギーセンター 「平成12年度 エネルギー使用合理化設備促進表示制度事業（エネルギー消費効率等分析調査に係わるもの）報告書」 2001
- ・廣瀬明浩 「新学習指導要領と中学校理科（物理領域）における基礎・基本」
物理教育 vol.49-3

summary:

I made a new original module fused from the unit of "Energy" and the unit of "Scientific technique and humanity" based on the New Course of Study in order to develop the STS education in science education. The students have been more positive to learn the significance of the science study by studying the new original module.

<資料-1>

【物理実験2】エネルギー変換

011011 Thu

I. 目的

エネルギー変換を体感することから、エネルギーを量的に把握しよう。

II. 単位の換算

回路に1[V]の電圧が加わり、そのとき1[A]の電流が流れると、1[W]の電力を消費しているといいました。言い換えればそれだけの電気エネルギーを消費したということになります。

1[W]の消費電力を力学的エネルギーの量に換算すると、「0.1kgwのおもりを1秒間に1回の速さで、高さ1mの所に持ち上げ続けるときに消費するエネルギー」に相当します。10[W], 100[W]であれば、おもりの重さをそれぞれ1kgw, 10kgwにすればいいですね。

III. 方法

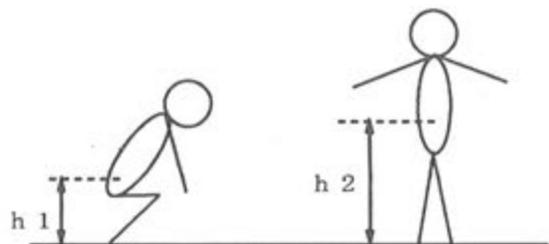
(実験1) 君の体力何ワット?

1分間にスクワット(しゃがみ込み→立ち上がり反復運動)を何回繰り返せるかを測定し、各自の体力をワット数に換算する。

◎計算を簡単にするため、次のような簡略化を行う。

- ・人の重心位置は腰なので、全体重が腰に集中しているとする。
- ・1回の立ち上がりは、自分の全体重を腰の高さまで持ち上げる運動であるとする。

- (1) 軽くしゃがんだときの腰骨の高さ h_1 を測定する。
- (2) 立ち上がったときの腰骨の高さ h_2 を測定する。
- (3) 各自のペースでスクワットを1分間行い、クリアできた回数を測定する。



$h_1 \dots \dots$	$m,$	$h_2 \dots \dots$	m
持ち上げた高さ	$\dots \dots$	$m \dots \dots$	①
スクワット回数	$\dots \dots$	回/分	
	=	回/秒	②
体重	$\dots \dots$	kgw	③
	$\underline{\underline{① \times ② \times ③ \times 10 =}}$	W	

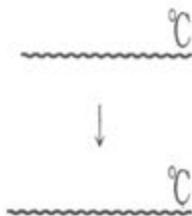
<資料-1>

011011 Thu

(実験2) シャカシャカ振って熱エネルギー

保温水筒に入れた水を水筒ごと激しく振って運動エネルギーを熱エネルギーに変換させ、水の温度を上げる。(右図参照)

- (1) 水100gの水温を測定する。
- (2) 保温水筒に入れ、栓をしっかりと閉じ、一人1分間交代で8分間行う。
- (3) 水を保温カップに移し、素早く水温を測定する。



IV. 感想

今日の実験1, 2を行って感じたことを記入しましょう。

3年 組 番 氏名

<資料-2>

【物理実験3】エジソン電球をつくろう

011031 Wed.

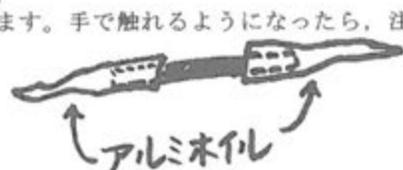
1. はじめに

エジソンが白熱電球の開発に成功したのは、いまからおよそ100年前の1897年です。この電球の発光部、すなわちフィラメントには、京都男山の竹が用いられたことはあまりにも有名です。彼はこの竹を乾留（いわゆる蒸し焼き）し高性能なフィラメントをつくることに成功しました。今日はエジソンと同じ手法で電球をつくり、電気エネルギーが光エネルギーに変換される時のようすを観察しましょう

2. 手順

(1) 竹炭フィラメントの作製

- ① 竹串を長さ3 cmに切り、アルミホイル(8 cm 角)でしっかりと包み込む。包み込んだら、一方の端をしっかりとねじり、もう一方の端はやや弱めにねじる。
- ② ①を三角架に置き、ガスバーナーの強火で1分間加熱する。途中、弱くねじった方から木ガスが出てくるので、これに点火する。
- ③ 加熱をやめ、ステンレス皿の上に置いて冷ます。手で触れるようになったら、注意深くアルミホイルをはがす。
- ④ 竹炭ができているので、机の上に落として金属音を発することを確かめる。



(2) ビーカー電球の組み立て

- ① 竹炭の両端にアルミホイルを巻き付ける。指先でよじって、アルミホイルと竹炭がよく接するようにする。
- ② 電極を石膏ボードの穴にさし、銅線の部分にクリップを接続する。クリップの導線は石膏ボード上の適当な位置にセロハンテープでとめる。
- ③ ①の竹炭フィラメントを電極のクリップに接続し、ビーカーをかぶせる。スライダック出力端子、交流電流計、竹炭フィラメントを直列に接続する。

(3) いよいよ点灯

- ① スライダックの出力調整つまみが0になっていることを確かめ、プラグをコンセントに接続する。
- ② 窒素ガスをポリ袋にとり、ビーカーの注ぎ口からゴム管を通して窒素ガスをビーカー内に注入する。
- ③ 注意深くスライダックの出力調整つまみを回し、竹炭フィラメントが発光しだしたところをとめる。ビーカーに注意してふれてみよう。発光がやんだら、出力調整つまみを必ず0にもどす。
- ④ 発光中の電流値を読みとり、消費電力を計算する。

出力調整つまみ

電流値 (最大値)

消費電力

電流値 (最小値)

3年 組 番 氏名

〈資料-3〉

【物理実験4】発光ダイオードの特徴

011107 Wed.

I. 目的

最近普及がめざましい新技術「発光ダイオード(LED)」の特徴を、白熱電球との比較から考える

II. 準備

緑色発光ダイオード、高輝度型緑色発光ダイオード、豆電球(2.5V-0.3A)、白熱電球(100W型)、電源装置、スライダック、導線、照度計

III. 方法

- (1) 白熱電球を電源装置に接続し、電圧調整ダイヤルを回して発光が起こる直前でとめる。白熱電球に触れてみよう。

電圧値・・・
○わかったこと

- (2) LEDの「足」には長短の区別がある。2個のLEDを足の長短が互い違いになるように並列につなぎ、2.0Vの直流電圧をくわえ、光りかたを観察する。電源装置の+、-を入れ替えて光りかたの変化を確認する

※LEDが破損するので、過電圧をくわえてはいけない。

○わかったこと

- (3) LEDを(2)と同じように接続し、交流電圧2.0Vをくわえる。点灯させた状態で左右に振り動かしてどのように見えるかを確認する。

- (4) 豆電球に交流電圧2.0Vをくわえ、点灯させた状態で左右に振り動かしてLEDとの見え方の違いを確認する。

○わかったこと(3)、(4)の比較)

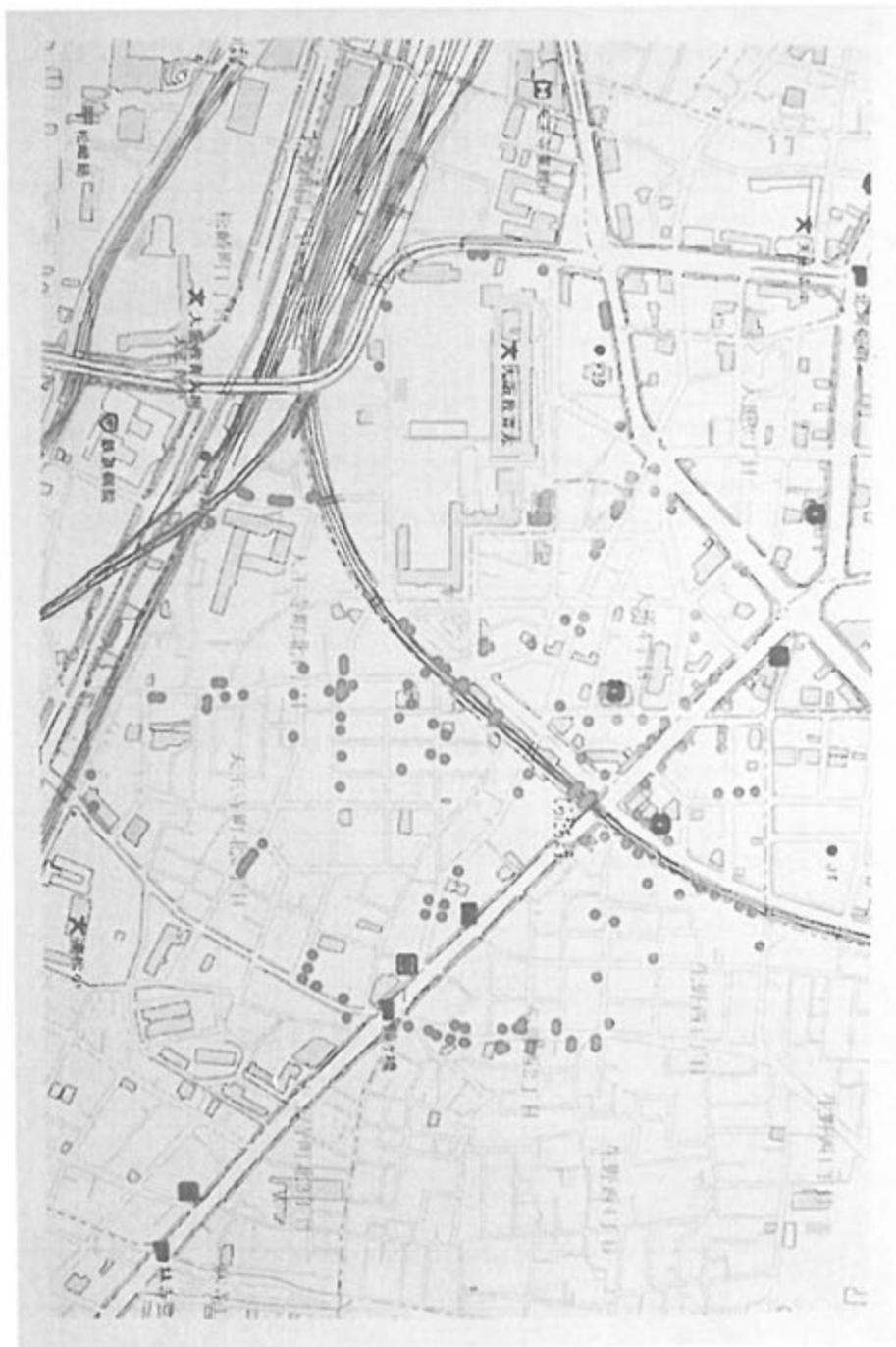
- (5) 20W型白熱電球と高輝度型LEDを点灯させ、同じ距離だけ離れた位置での面の明るさ(照度)を比較する。

○わかったこと

3年 組 番 氏名

<資料-4>

学校付近における自動販売機（飲料水のみ）設置状況調査結果
総設置台数185台



<資料-5>

理科学習指導案

指導者 廣瀬明浩

1. 日時 平成13年11月10日(土) 9時30分～10時20分
2. 場所 大阪教育大学教育学部附属天王寺中・高等学校 物理実験室(東館4階)
3. 学級 大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校 3年C組 39名
(男子20名, 女子19名)

4. 主題 エネルギーとその利用

5. 目標

- (1) エネルギーに関する実験や体験を通して, エネルギーには様々な種類があることを理解させる。
- (2) エネルギーに関する実験や体験を通して, エネルギーは相互に変換されること, およびエネルギーが保存量であることを理解させる。
- (3) エネルギー量を体感するための活動を行い, エネルギー消費量や仕事率についての直感的な量的把握を行い, 同時に熱エネルギーに相当する力学的仕事量が膨大なものであることを理解させる。
- (4) 人類のエネルギー利用の歴史に関する学習を通して, 消費エネルギー量の急激な増加についてその原因や今後の対策を考えさせる。
- (5) 身の回りに存在する省エネルギーの実体について理解させる。
- (6) 生活におけるエネルギー消費の実体を実地調査し, 今後の生活のあり方や, 科学技術の発達について, これまでの学習で獲得した知識や経験をもとに価値判断を行う。

6. 指導計画

区分	学習内容	時間配当
第1次	エネルギー	4
第2次	エネルギーの利用	4 (本時はその4)

7. 本時の指導

- (1) 題材 エネルギー利用の再検討
- (2) 目標 電気エネルギー利用の実態を知ることから, エネルギーの利用のあり方について考察を深める。
- (3) 準備物 ビデオデッキ, 交流電流計, 小型CCDカメラ, OHP, プリント

〈資料－５〉

(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)	前時までの復習 本時の目標	<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの学習の過程を想起する。 ・本時の活動目標を知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電気エネルギーに焦点をぼっていたことが理解できているか。 ・意見を主張することが大切であることを伝える。
展開 (35分)	自動販売機の設置状況 待機電力 エネルギー利用のあり方	<ul style="list-style-type: none"> ・自動販売機設置状況の調査結果を知る。 ・自販機の定格電力値から、調査地域での消費電力を概算する。 ・自販機の設置状況について、意見をまとめる。 ・ビデオデッキの消費電力測定の結果から、待機電力の意味を知る。 ・待機電力の節約が省エネルギーに役立つことを知る。 ・アンケート結果から、省エネルギーに対する意識の傾向を分析する。 ・利便性と省エネルギーの両立について意見をお互いに交換する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査結果について予想させる。 ・電力を体感したときの感覚を覚えているか。 ・ビデオデッキの消費電力測定を、稼働時、待機時についてそれぞれ行う。 ・普及率が大きな要因になることに気づいているか。 ・必要性の認識と実際の行動に格差があることに気づいたか。 ・活発な意見交換を促す。
整理 (10分)	学習のまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの学習で獲得したことについて発表する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・結論が即座に出る問題ではないことを強調する。

〈ご高評価欄〉

新学習指導要領をふまえた中高理科カリキュラム

— 中高 6 年間を見通して —

いのうえ ひろふみ いのぐち こうじ おか ひろあき おかもと よしお しばやま もとひこ
井上 広文・井野口 弘治・岡 博昭・岡本 義雄・柴山 元彦

すぎい のぶお にし のぶすけ ひろせ あきひろ もりなか としゆき
杉井 信夫・西 庸扶・廣瀬 明浩・森中 敏行

The Science Curriculum of Junior and Senior High School Based on the New Educational Guidelines

INOUE Hirofumi・INOBUCHI Koji・OKA Hiroaki
OKAMOTO Yoshio・SIBAYAMA Motohiko・SUGII Nobuo
NISI Nobusuke・HIROSE Akihiro・MORINAKA Tosi-yuki

抄録：学習指導要領の改訂により、理科の学習内容が中学から高校へ大幅に移行・統合される。これをふまえて、生徒の発達段階に応じ、なおかつ学習内容の無意味な重複を避けた中高 6 カ年のカリキュラムを作成した。

キーワード：理科教育，学習指導要領，カリキュラム，中高 6 カ年

I. はじめに

2002 年（平成 14 年）の中学校学習指導要領，2003 年（平成 15 年）の高等学校学習指導要領の改訂をふまえ，本校理科では，中高 6 カ年の理科の学習内容を検討し，6 年間のカリキュラムを作成した。

中学校学習指導要領では，理科の目標は次のように設定されている。「自然に対する関心を高め，目的意識をもって観察，実験などを行い，科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め，科学的な見方や考え方を養う。」

高等学校学習指導要領では，理科の目標は次のように設定されている。「自然に対する関心や探求心を高め，観察，実験などを行い，科学的に探究する態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め，科学的な自然観を育成する。」

これらの目標をもとに，本校の理科の基本的な考え方を，次のようにまとめた。

(1) 本校では，昭和 31 年度高等学校創立以来，中・高 6 カ年の一貫教育を実施してきている。その特色は，

- ① 教育目標の一貫性

- ② 教育内容の組織化と合理性
- ③ 継続性による教育効果
- ④ 個人を生かす教育

にある。

理科では、学校のこの目標に則り、「中・高6カ年を通した発達段階に応じた系統的な理科学習指導」をテーマとして、研究を進めている。即ち、無意味な重複を避け、指導法を統一し、より効果的に、より能率的に、発達段階に応じた教育の系統化をねらいとしている。今回の指導要領の改訂にともない、学習内容、指導法を改めて検討することにした。

- (2) 2002年(平成14年)の中学校学習指導要領の改訂により、中学校の理科の内容が3割も削減され、高等学校に統合・移行される。また、2003年(平成15年)の高等学校学習指導要領の改訂により、理科総合A、理科総合B、理科基礎のうち、少なくとも1科目は履修しなければならない。本校では、第1学年で、理科総合A、理科総合Bの2科目を全員に履修させ、第2学年で、物理I、化学I、生物I、地学Iのうちから2科目を選択させることにした。しかし、理科総合は、それだけで内容の完結を目指しており、Iの科目とのつながりが配慮されていない。このような状況の中で、発達段階に応じた教育の系統化がますます重要になる。

したがって、教育内容の精選、展開にあたっては、

- ① 中学校理科と理科総合A、Bの無理・無駄を少なくする、
- ② 理科総合A、BとIの科目の無理・無駄を少なくする、
- ③ 指導要領はミニマムスタンダードであるという文部科学省の考え方にに基づき、基礎基本の充実だけでなく、身近な生活との関連を考慮しながら、より発展的で魅力ある授業を目指す、

などに十分配慮した。

- (3) 理科の学習においては、実験・実習が重要であることはいうまでもない。しかし、やたら実験・実習を多くしたからといって、必ずしも効果的であるとは言えない。実験・実習を行うにあたっては、生徒の発達段階に応じた内容、時期、展開の方法が考慮されなければならない。特に、生物分野、地学分野においては、季節の問題も大切である。また、結果の処理の仕方や評価も重要である。実験・実習項目の選択にあたっては、

- ① 基本的な実験・実習であること、
- ② 特定の分野に偏らないこと、
- ③ 結果の整理に慣れさせること、
- ④ 生徒の発達段階に応じること、
- ⑤ 授業時数を考慮すること、
- ⑥ 中・高については無意味な重複を避けること、

などに留意した。

さらに、実験の目標を効果的に達成するためには、実験・実習の基礎操作が十分訓練されていなければならない。基礎操作の指導は、中学校の低学年の段階で、実験のたびに繰り返し行う。そのとき、本来の機器の使用法に基づき、その場限りの間に合わせにならないように指導している。

なお、本校における理科の授業時間は、次の予定である。

中1：105時間、中2：105時間、中3：105時間

高I：理科総合A（2単位必修）、理科総合B（2単位必修）

高II：物理I（2単位）、化学I（2単位）、生物I（2単位）、地学I（2単位）のうち、2科目選択必修

高III：物理II（3単位）、化学II（3単位）、生物II（3単位）、地学II（3単位）、物理I（2単位）、化学I（2単位）、生物I（2単位）、地学I（2単位）

IIは高IIで履修した科目を2科目まで選択、Iは高IIで履修していない科目を1科目選択することができる。

以下、科目ごとに指導方針とカリキュラムを述べる。

II. 物理分野

本校では、天王寺中・高で設定した理科の目標に従い、物理分野においては以下に示すような内容をそれぞれの発達段階における目標と定め、授業を構成している。

(1) 中学校前期

- ① いろいろな身近にある物理現象を、観察・実験を通して理解させ、物理分野の学習に対する興味・関心を喚起する。
- ② 観察・実験の各種操作を数多く体験させることを通して、基礎的な技能を養う。

(2) 中学校後期

- ① 実験で得られたデータをもとに、自然現象を分析的・定量的に扱う力を養う。
- ② 具体的な現象をもとに、抽象的な思考を行う力を養う。
- ③ 既習の知識・技能を総合的に用いて、身の回りの諸問題を解決しようとする能力を養う。

(3) 高等学校前期

- ① さまざまな物理量を用いた表現に慣れ、力学・波動・電磁気・原子の各分野の具体的な現象を通じて基本的な法則を理解させる。
- ② 物質と場という2つの存在の仕方について、基本的な認識をもたせる。

(4) 高等学校後期

- ① 基本法則をさまざまな現象に適用して考える力を養う。その中で、宇宙の階層性と物理法則との関わりについて認識をもたせる。
- ② 物理学に必要なある程度の数学を通して、物理量の正確な扱いを身につけさせるとともに、各分野の法則の関連について認識させる。
- ③ 身の回りの具体的な問題を探求する中で、総合的な思考力と情報処理能力を養う。また、今回の改訂で削除あるいは高等学校へ移行された内容の中で、次のものを中学で学習することにした。

① 力の大きさとばねののび

小学校算数で比例を扱わなくなったことから、高等学校へ移行された内容であるが、弾性変形という非常に基本的な物理現象であると同時に実験の再現性も高く、自然現

象にみられる規則性や測定値の処理の方法を学習させる上でも欠くことのできない教材であると判断した。

② 水圧

流体内ではそれ自身の重さによって圧力が生じることや圧力の等方性を実験的に学習するのであれば、気圧よりもむしろ水圧の方が理解させやすい教材である。

③ 真空放電と電子

電流の学習では、機器を用いて測定することにより、回路に成り立つ種々の法則性を見つけだし、分析的、定量的に自然現象をとらえる能力を養うことが第1の目標である。しかし同時に、物質はわれわれ人間も含めてすべて電氣的構造をもち、電流現象の本質は電子の運動であることを理解させることもおろそかにしてはならないと考える。そのためには放電現象の学習を通して電流現象と物質世界の橋渡しをする必要がある。従来、電流単元の中でも生徒の興味・関心が特に高い学習内容であり、中学生が学習するにあたって難易度が高いとはいえないと考える。

④ 力の合成・分解

生徒たちはこれまでスカラー量のみを扱っており、従来の指導過程では力の合成・分解の学習がベクトル量との出会いとなる。自然界の量的関係が作図によって説明されることを知ることは、ものの見方や考え方をふくらませる意義がある。

Ⅲ. 化学分野

本校化学科では、実験の技能の習熟、化学的なものの見方・考え方、基本概念の定着を目指して、中高6カ年の化学の学習内容を検討し、6年間のカリキュラムを作成した。その目標は、次のようなものである。

「人間をとりまく環境を『物質』の立場から検討させ、それに対応する基本的な技能を育てる。」

さらに、6年間を大きく4つの時期に分け、具体的な目標を設定した。

(1) 中学校前期

- ・身の回りにある物質に注目させ、それに共通する性質を把握させる。
- ・物質を扱う上で必要な基本的な操作能力を養う。

(2) 中学校後期

- ・物質の性質が、ミクロな構造から生じていることを把握させる。
- ・定量的な実験の操作能力、処理能力を養う。

(3) 高等学校前期

- ・物質の共通する性質を、元素、物質の量の立場から把握させる。
- ・実験結果を考察する能力を養う。

(4) 高等学校後期

- ・物質の変化を化学結合、平衡、エネルギーの立場から把握させる。
- ・物質についての処理能力を高める。
- ・化学のもつ優れた役割を認識させ、将来への希望を奮い立たせる。

以上の目標を達成させるための具体的な実践の基本方針は次の通りである。

- (1) 無理、無駄を省くことに心がけるが、重要な基本概念については、繰り返しスパイラルに展開する。
- (2) 6カ年の実験計画を検討し、中学校3年間の実験書を作成する。また、高等学校3年間は大阪府高等学校理化教育研究会が作成した実験書をもとに授業を展開する。
- (3) 短時間で効果的に活用できる演示実験を開発し、生徒実験、演示実験をもとに授業を展開する。
- (4) 化学の学習に欠かすことのできない元素記号、化学式、化学反応式はできるだけ早期に導入し、使い方に慣れさせるために授業で活用する。イオンは中3「化学エネルギー」の単元で導入し、日常生活での化学変化の利用について、科学的に考えられるようにする。
- (5) 理科総合Aの基本的な考え方は、次のとおりである。
 - ① 人間生活との関わりに関するテーマを設定し、課題解決学習の形態をとる。
 - ② 生徒実験を中心に、課題の解決をねらう。
 - ③ 化学Iの一部を取り込み、高IIで実施する化学Iが2単位で終了できるように配慮する。
 - ④ 化学という学問の概要を示し、高IIの理科選択の参考にさせる。

IV. 生物分野

今回の学習指導要領の全面改訂にともなって、中高生物科の一貫カリキュラムの再検討を行なった。この際の基本的な考え方は以下のとおりである。

- ① 学習を通して、生物が生きている姿を実感として体得させること。
- ② 生命現象を生徒の発達段階に応じてその原理や法則を理解させ、生物の多様性と環境への適応や生物間および環境との相互作用の学習を通して、生物進化の事実を把握させ、生命の神秘性を感じ、生命への畏敬の念をいだかせること。
- ③ 破壊されゆく地球上の自然の実態を正しく認識させ、生命維持の厳しい現状を地球レベルで理解させ、自然と人間の関係に関心を持たせること。
- ④ 今日急速な発展を遂げている生命科学に、一般人として関心を持ち、科学技術の目指すべき方向性を判断できうる基礎的知識の習得と、科学的判断力を育成する。
- ⑤ 現在の科学に立脚した生命観を、高校卒業段階で各自なりのものを獲得し、さらにその後、生涯学習により、深化・発展できるような基盤を構築させる。

(1) 中学校前期

身の回りの生物（ビオトープの観察）、植物の生活と種類、動物の生活と種類を中心に扱う。基本的には、できるだけ多くの生物名に接し、その関連知識とともに覚えるように指導するが、それとともに、①生物が細胞からできていること、②生物が環境に適応しているようすに着目させ、次に続く中学校後期の生物の学習を容易なものとなせたい。観察・実験を行えることであるならばできるだけ行わせ、野外実習、解剖、栽培、飼育についても積極的に取り入れ、ビオトープも活用した体験型の学習形態を目指す。

(2) 中学校後期

後期前半においては生物の細胞と生殖を中心に行う。特に、光学顕微鏡を駆使し、今まで学習してきたことや、生物が成長したり繁殖することを細胞レベルで総合的に理解させることを目的とする。後期後半においては物質循環とエネルギー循環を中心に取り扱う。その中で、生物が自然の中でつり合いを保ちながら循環の一役を担っていることを理解させ、生物の自然界での役割を意識させるとともに、生命に対する畏敬の念や自然環境保全の重要性を認識させる。

- ① 中学校前期の最初の段階において、生物が細胞からできていることについて触れるとともに、身の回りの生物の学習において、水中の微生物を観察する際に、単細胞生物、細胞群体、多細胞生物についてもふれ、細胞の分化についても意識させる。このように、生物の体のつくりと細胞の関連性を前期より意識させることにより、中学校後期での細胞の学習をより取り組みやすくすることをねらう。
- ② 種子植物にみられる道管は、地中より水分を吸い上げるためのつくりであるが、このようなつくりは、乾燥した陸上で生活するための体のつくりであるという観点（環境への適応の観点）からもとらえさせたい。そのためには、藻類やコケ植物などの生活や体のつくりを理解させることは不可欠であると思われる。実際に、このような植物は都市部においても、学校の裏や園芸店、また食料品店などでみることができるはずであり、生徒の日常生活からかけ離れたものではないと思われる。また、第3学年で行う「磯観察」実習でも実際に観察することができるので、今回のカリキュラムでは、藻類、コケ植物、シダ植物についても積極的に学習させる。
- ③ 節足動物、軟体動物、棘皮動物、刺胞動物についても、カリキュラムに入れた。これらの生物は脊椎動物の筋肉や骨格による運動性と対比して考える上では重要な生物であり、また、環境条件としての水と生物の体のつくりを関連づけて考える上でも重要である。また、これらの生物は、第3学年で行う「磯観察」実習でもみることができる。この実習で、生徒は植物よりも動物に関心を持ち課題を設定することが多い。そのことも考えあわせるとこれらの動物の学習は、課題解決における問題意識を深める上でも重要であると思われる。

(3) 高等学校前期

- ① 中学校段階で扱ってきた現象が、物理や化学的手法で解明しうることを認識させ、還元的視点から、改めて捉えなおさせる。そのため、初期において、生物生存機械論を取り上げ、「生物とはなにか」という課題を通して、高等学校三年間の生物の学習が、自己を見つめ直すことを知らせる。
- ② 細胞および生殖を中心に展開するが、中学校段階でのスパイラルとして、細胞では電子顕微鏡レベルを、また生殖については染色体を重点として扱う。
- ③ 総合理科の多くの内容は、中学校段階と高等学校後期段階へ振り分けた。しかし、総合理科の設置のねらいを考慮し、各単元に於いて、より幅広い視野と他教科との関連性を重視した扱いとする。特に人間の活動とのかかわりを重視した内容を組み込んでいる。細胞分野に於いては、細胞説の発見における科学史や社会背景やクローン生物・臓器移植や再生医療を、また生殖分野では生殖医療などを扱う。

(4) 高等学校後期

- ① 後期前半では、遺伝に引き続き、遺伝情報とその発現を扱う。これは、近年の分子生物学の急速な発展に伴い、もはや DNA は一般常識となっていること、さらに遺伝子組換え食品などが日常生活と密接な関係になっていることから、より多くの生徒が受講できる後期前半に配置した。また、生物の様々な分野の学問が DNA を中心とした演繹的な研究方法に変化していることなどから、セントラルドグマをより早く扱うことで、その後の学習では、生命現象を遺伝子レベルでの解析が可能になると考えた。
- ② その後、中学校段階で扱われてきた様々な生命現象、恒常性・免疫・異化や同化・刺激の受容や行動を、還元的思考や DNA に基づいた視点で、捉えなおすことを目的として配置した。
- ③ 最終段階として、以上の学習内容を総合的にさまざまな生命現象や生物間の相互作用を関連付ける単元として、生物の集団や分類と進化を扱う。また、この単元では、地球規模での様々な環境問題を取り上げ、現在の状況を理解するに留まらず、問題解決に向けて行動できる態度を育成したい。
- ④ 最後に、課題研究を扱うことで、日常の様々な問題に対しても科学的思考力と判断力で問題を自ら克服する能力を育成したい。

V. 地学分野

地学は野外の自然科学である。その対称は私たちの身近な自然現象から、宇宙の果てまでも扱う。これまでにこれらの自然がどのようなしくみで営まれているかが解き明かされてきた。しかし、まだ多く未知の部分を残している。どのようなことがいまだに解明されていないかを知らせることはこの分野進む人材の養成には必要であるが、多くの生徒にとっては、災害から身を守りを守るための知識や知恵を身につけるためや、また、身の回りの環境に関心を持ちそれが地球規模で考えることができるようになるために地学を学ぶ。

中学校の3年間は、このような内容の基礎になる事項を学習し、その習得に努め、いわゆる基礎基本の定着を図る。

さらに高校1年の理科総合Bでは、基礎から少し発展させ社会人としての教養レベルの内容を学ぶ。2年からは理科は選択になるため、さらに深めた内容の学習することになる。

また、新学習指導要領では、野外での自然観察が重視されている。そのため、2年からの選択に入る前に、1年の理科総合Bの学習の中で、地学野外実習を実施し、全員が野外での地学現象の観察と空間的広がり認識を学ぶ機会を設定している。

いずれにしても中学段階、理科総合段階、地学I II段階でそれぞれ身近な大地での自然現象から、少し離れた大気現象に移り、さらにより遠い天体や宇宙について学ぶ。この順序で3度同じ項目で繰り返しスパイラルにレベルを上げながら学ぶことになるため、新鮮味にかけることがないように、各段階で授業内容の精選を行う必要がある。

<学年>	<教科書>	<レベル>	<主な内容>
中1～3	理科2分野	基礎的事項習得レベル	地球下層(中1),大気(中2),天体(中3)
高1	理科総合B	社会人教養レベル	地球下層, 大気, 惑星
高2	地学I	選択者対象レベルI	地球下層, 大気, 惑星, 恒星, 銀河
高3	地学II	選択者対象レベルII	プレート, 高層大気, 銀河, 宇宙

物理分野		化学分野	
単元名	内用・実験	単元名	内用・実験
中 1 光と音 音の性質	1. 振動と媒質-1 生: いろいろな音づくり 2. 振動と媒質-2 生, 演: 音叉, 真空鐘 3. 音速の測定-1 生: 音の伝播の確認 生: 音速の測定 4. 音速の測定-2 (データ処理) 5. 音速の測定-3 (レポートの作成) 6. 音の3要素 演: オシロスコープ 7. 光の直進性 生, 演: 物質境界での光の進み方 8. 反射 生: 光学水槽, ハーフミラー 9. 屈折・全反射 生: 光学水槽 演: CCDカメラによる観察	身の回りの物質 実験の基礎 物質のすがた 状態変化 気体の性質 水溶液の性質	1. ガスバーナーの使い方 2. 試験管の使い方 3. 天秤の使い方 4. [実験] いろいろな物質の性質 5. 有機物, 無機物, 金属非金属 6. 物質の密度 7. 状態変化 8. [実験] 融点と物質の種類 9. 状態変化と温度 10. [実験] エタノールの沸点 11. [実験] 混合物の蒸留 12. 空気に含まれる気体 13. [実験] アンモニア 14. [実験] 水素 15. 気体の性質 16. [実験] 種類のわからない気体 17. 物質の溶解と濃度 18. 溶解度曲線 19. [実験] アジピン酸の再結晶 20. 水溶液の酸性 (水道水と蒸留水) 21. [実験] さまざまな水溶液の性質 22. [実験] 塩酸と水酸化ナトリウムの中和
光の反射・屈折	10. 焦点・焦点距離・結像 演: 焦点・焦点距離 生: 結像の確認 11. カメラオプス制作-1 12. カメラオプス制作-2 13. 凸レンズによる像-1 生: カメラオプスを用いた測定 14. 凸レンズによる像-2 (データ処理) 15. 凸レンズによる像-2 (作図実習)		
凸レンズのはたらき			
力と圧力 力のはたらき	16. 弾性体の性質-1 生: 力の大きさとばねの伸び 17. 弾性体の性質-2 (データ処理)		
圧力	18. 圧力とは 生: スポンジの変形 19. 水圧 演: 水圧の等方性 生: 水深と水圧の関係 20. 大気圧 生: 空き缶の押しつぶし 演: 1斗缶の押しつぶし 21. バスカルの原理 演: ビニル袋水圧機		
中 2 電流とその利用 静電気と電流	1. 静電気とは-1 生: 静電気力の確認 2. 静電気とは-2 生: 帯電と放電 3. 電流回路とは 生: 直列・並列と豆電球の明るさ 演: 回路図の作成 4. 回路と電流-1 生: 電流計・電源装置の使い方 5. 回路と電流-2 生: 直・並列と電流の強さ 6. 回路と電圧-1 生: 電圧計の使い方 7. 回路と電圧-2 生: 直・並列と電圧の大きさ 8. オームの法則-1 生: 電流と電圧の関係 9. オームの法則-2 (データ処理) 10. 電気抵抗-1 11. 電気抵抗-2 生: 直・並列と電気抵抗の大きさ 12. 合成抵抗 13. 電流の正体 演: 真空放電, 陰極線 14. 磁石と磁界-1 生: 磁力線の観察 15. 磁石と磁界-2 生: 演: 着磁・消磁 16. 電流による磁界 生: 演: 電流による磁界の観察 演: リニアモーター 17. 電磁力-1 生: 電気ブランコ 演: モーターの原理 18. 電磁力-2 演: モーターの原理 19. 電磁誘導-1 生: 電磁誘導 20. 電磁誘導-2 生: 手回し発電機 22. 簡易モーターの作製 23. 簡易スピーカーの作製	化学変化と原子・分子 物質の分解 原子・分子 化合と化学反応式 化学変化の規則性	1. [実験] 炭酸水素ナトリウムの分解 2. 化学変化 (酸化銀) 3. [実験] 炭酸アンモニウムの分解 4. [実験] 水の電気分解 5. 電流による物質の変化 (塩酸の電気分解) 6. 原子と分子 7. [実験] 分子の大きさ 8. 分子モデルと化学式 9. 状態変化と化学変化 10. 化学式と化学反応式 11. [実験] スチールウールの燃焼 12. 銅の酸化と硫化 13. [実験] 鉄と硫黄の反応 14. 化合と化学反応式 (塩化銅) 15. [実験] 化学変化前後の質量 16. 質量保存の法則 17. [実験] 金属と酸の反応 18. [実験] 金属の酸化と質量変化 19. 定比例の法則 20. 原子量
回路と電流・電圧			
電流と磁界			

<p>中 3</p>	<p>力と運動 力のつりあい</p> <p>運動と エネルギー</p> <p>科学と人間</p>	<ol style="list-style-type: none"> 力の矢印 作用反作用 力の合成-1 生: 2力の合成 力の合成-2 力の分解-1 演: 斜面上の物体にはたらく力 力の分解-2 運動の表し方-1 運動の表し方-2 摩擦力 生: 水平面上での摩擦 加速度運動-1 生: 斜面を下る物体の運動 加速度運動-2 等速直線運動 演: エアトラック 慣性の法則 生: 物体の慣性 エネルギーとは 演: いろいろなエネルギー エネルギーの変換と保存 演: 振り子の運動 エジソン電球の作製 エネルギーの体感 生: 身体運動のワット表示 エネルギー利用の歴史 エネルギー利用の実験-1 エネルギー利用の実験-1 	<p>化学反応の利用 酸化と還元</p> <p>化学エネルギーの 変換</p>	<ol style="list-style-type: none"> 酸化と燃焼 実験 酸化銅と炭素の反応 還元 実験 金属の燃焼(カイロ) 実験 有機物の燃焼 化学反応と熱 実験 電池 実験 水溶液の通電性 電解質と非電解質 実験 塩酸の電気分解 実験 塩化銅水溶液の電気分解 イオン(電気泳動) 電気分解、電池とイオン 酸性、アルカリ性とイオン 中和とイオン(水溶液) 実験 中和と通電性の変化I(硫酸と水酸化バリウム) イオンのモデル 実験 中和と通電性の変化II(硫酸と水酸化ナトリウム) イオンのモデル 実験 中和と温度の変化 エネルギーの変換
<p>高 1</p>	<p>運動とエネルギー</p> <p>物体の運動</p> <p>力と運動 (力学的エネルギー) 仕事とエネルギー</p> <p>いろいろな エネルギー 熱エネルギー</p> <p>電気</p> <p>電荷と電場</p> <p>モーターと発電機</p> <p>交流と電流</p>	<ol style="list-style-type: none"> 物理学の目標と手法・物理学の歴史 運動と力・等速運動と慣性 等速度運動と力 速度の定義とv-tグラフ 電車の運動 加速度と等加速度運動 自由落下運動 重力加速度 放物運動 放物体の軌跡 フックの法則と摩擦力 摩擦係数 運動の法則 運動の法則 アトウッドの装置 仕事の定義とエネルギーの原理 運動エネルギーと位置エネルギー 弾性力の仕事 力学的エネルギー保存則 重力の位置エネルギー 探究活動 物質の状態変化とミクロな視点 温度と熱 熱平衡と熱の出入り 熱学の歴史 比熱と内部エネルギー 仕事と熱・熱力学第1法則 状態変化と仕事 電気の発見の歴史 電子の発見と原子構造 真空放電 静電気が関わる現象 帯電と電気力 電荷と電場 静電誘導 導体と不導体 電場中の導体・不導体 静電誘導 静電誘導 電流回路の基本 オームの法則 オーム抵抗と非オーム抵抗 探究活動 電流と電場 回路における電位変化 電力とエネルギー 電流と磁場 電流の磁気作用 電磁誘導の基本 コイルに生じる誘導起電力 発電機とモーター 発電機とモーターの仕組み 交流電流 探究活動 	<p>物質の構成 元素と単体・化合物</p> <p>原子、分子、 イオンと周期律</p> <p>原子の結びつき</p> <p>物質の量 原子量・分子量・ 式量</p> <p>物質量</p> <p>化学変化と その量的関係</p> <p>物質の変化 酸と塩基</p> <p>水のイオン積とpH</p> <p>酸性酸化物</p> <p>酸性雨</p>	<ol style="list-style-type: none"> 純物質と混合物(理科総合A化学1) 元素と単体(理科総合A化学1) 実験1 成分元素の検出 原子の構造(理科総合A化学1) 周期表(理科総合A化学1) 希ガスの電子配置(化学1) イオン(理科総合A化学1) イオン結合とイオン結晶(化学1) 共有結合と分子(化学1) プラスチック、食物、繊維(理科総合A) 金属結合(化学1) 金属製品(理科総合A) 化学と環境(理科総合A) 実験5 銅の原子量の測定 原子量・分子量・式量(化学1) 実験3 相対質量と粒子数 物質量(化学1) 実験4 気体の質量とアボガドロの法則 溶液の濃度(化学1) 実験6 化学反応における量的関係 化学変化とその量的関係(化学1) 実験35 酸と塩基の性質 酸と塩基(理科総合A) 実験37 溶液のpHの測定 pH(理科総合A化学1) 実験18 二酸化硫黄と硫酸の性質 硫酸とその化合物(化学1) 実験19 硝酸と窒素酸化物 窒素とその化合物(化学1) 酸性雨のメカニズム <p>1単位 生徒実験9</p>

<p>中 3</p> <p>生物の細胞と生殖 生物と細胞</p> <p>生物の殖え方</p> <p>自然と人間</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 観察 植物の細胞 2. 観察 動物の細胞 3. 観察 オオカナダモの細胞 4. 細胞と細胞小器官の役割 5. 観察 細胞分裂の観察 6. 有性生殖と受精 7. 観察 花粉管のようす (種子植物) 種子のでき方 8. 減数分裂 9. 観察 出芽 10. 生物の殖え方 (分裂, 出芽, 接合, 受精) 11. 食物連鎖とエネルギー 12. 観察 土壌動物 13. 実験 菌類の培養 14. 物質の循環 (炭素, 酸素, 窒素) 15. エネルギー循環 	<p>天体の見かけの動き 天体の1日の見かけの動き</p> <p>季節による 星座の移り変わり</p> <p>季節による太陽高度変化</p> <p>宇宙の中の太陽系 太陽系の天体</p> <p>太陽系の外にある天体</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 天球 2. 太陽の1日の動き 3. 観察1 太陽の1日の動き 4. 星座の星の1日の動き 5. 観察2 星の1日の動き調べ 6. 星座 7. 星座の移り変わり 8. 実習1 星座早見盤の作成 9. 太陽の1年の動き 10. 太陽の高度変化と季節 11. 地軸の傾き 12. 実習2 昼間の長さの変化 13. 複雑な動きをする惑星 14. すがたが変化する金星 15. 観察1 金星の動きを調べてみよう 16. 九つの惑星の特徴 17. 光り輝く太陽 18. 観察2 太陽表面の観察 19. 恒星までの距離と明るさ 20. 実習3 星までの距離比較 21. 恒星の明るさ 22. 恒星の集団
<p>高 1</p> <p>生物体の構造と機能 細胞の構造と働き</p> <p>細胞の機能</p> <p>細胞の増殖と分化</p> <p>生殖と遺伝 生殖</p> <p>発生の過程</p> <p>発生のしくみ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生物と無生物 2. 細胞の発見と細胞説 3. 細胞の構造 4. いろいろな細胞 5. 原核生物と真核生物 6. 細胞膜と水の浸透 7. 選択的透過性と物質の出入り 8. 実験 ニキノシタの限界質分離の観察 8. 細胞と酵素 9. 細胞の増殖と分化 10. 実験 小腸の組織観察 11. 有性生殖 12. 無性生殖 13. 減数分裂 14. 実験 減数分裂のモデル実験 15. 実験 減数分裂の観察 16. 被子植物の生殖と発生 17. 動物の生殖: 配偶子形成と受精 18. 卵と卵割 19. ウニの発生 20. 実験 ウニの初期発生の観察 21. 実験 ニワトリ初期発生の観察 22. カエルの発生 23. 胚葉の分化と器官形成 24. 卵の調節能力 25. 胚の予定運命と決定 26. 形成体と誘導 	<p>地球の姿と移り変わり 地球の形と大きさ</p> <p>地表の姿</p> <p>固体地球の内部</p> <p>地球の変動</p> <p>地球史 地層と化石</p> <p>地質年代</p> <p>惑星として地球 地球の自転と公転</p> <p>地球と他の惑星</p> <p>大気と地球の熱収支</p> <p>大気と水の循環</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地球儀の実演 2. 実習1 地球の大きさの測定 3. 地球楕円体 4. 大陸と海洋の区別 5. 大陸地域の景観・海洋地域の景観 6. 実習2 海岸線の変化 7. 実習3 太平洋の海底地形の断面図 8. 地震波による探査 9. 実習4 地震波の走時曲線 10. プレートとアセノスフェア 11. 地球内部の物質 12. 変動の記録 13. プレートの動き 14. 実習5 地形に見られる変動 15. 島弧-海溝系 16. プレートの動きと大山脈形成 17. 海洋地域の山脈の形成 18. 実習6 ハワイ諸島と天皇海山列の動き 19. 地層の特徴・堆積構造 20. 地質図の作成 21. 実習7 地質図の見方書き方 22. 化石 23. 実験5 化石を取り出す 24. 地層の対比 25. 実習8 地層の対比 26. 放射年代 27. 年代区分 28. 実験4 放射年代モデル実験 <<地学野外実習 (臨演)>> 29. 地球の自転と公転の証拠 30. 地球型惑星と木星型 31. 実習9 月のクレータを調べる 32. 実習10 惑星の共通性と多様性 33. 生命の生まれる環境 34. 大気層構造 35. 太陽からの日射 36. 地球を巡る大気 37. 気象変化の要因

高II	波 いろいろな波	1. 波とは何か 2. 波の基本式と表し方 クエイブマシン 3. 縦波と横波 弦やばねに生じる波 4. 重ね合わせの原理・波の反射 クエイブマシン 5. 進行波と定常波 定常波のモデル実験 6. 波の伝播と速度 7. 回折と干渉 水波の回折・干渉 8. ホイヘンスの原理 9. 波の反射と屈折 10. 波動一般のまとめ 11. 音波 音の3要素と波形 オシロスコープ 12. 音の回折・干渉 音波の干渉 13. 重ねあわせとうなり うなりと振動数の関係 14. ドップラー効果 15. 固有振動と発音体 弦と気柱の発音とその波形 16. 音のスペクトルと共鳴・共振 気柱の共鳴 17. 光についての認識の歴史 18. 光の伝播 19. 光のスペクトルと回折・干渉 レーザーの回折・干渉 20. 回折と干渉 ヤングの実験 21. 光に関する様々な現象 22. 光に関する様々な現象 23. 偏光と全反射 偏光板・偏光性 24. 物質と光のかかわり 色色反応 探究活動	化学反応と熱 熱化学方程式 ヘスの法則と 結合エネルギー 酸と塩基 酸と塩基 水のイオン積とpH 中和反応 塩の性質 酸化還元反応 酸化と還元 酸化剤と還元剤 金属のイオン化傾向 電池 電気分解 非金属元素 ハロゲン 酸素・硫黄 窒素・リン 炭素・ケイ素 金属元素 アルカリ金属と 2族元素 アルミニウム・亜鉛 遷移元素 有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	1. 反応熱、 演示実験 発熱反応と吸熱反応、 熱化学方程式 2. ヘスの法則 3. 実験34 反応熱の測定とヘスの法則 4. 生成熱と反応熱、結合エネルギーと反応熱 5. アレーニウスの酸・塩基、 演示実験 塩化水素とアンモニアの反応、 ブレンステッドの酸・塩基 6. 電離度と酸・塩基の強さ 演示実験 酸の水溶液の導電性と金属との反応 7. 電離平衡、水のイオン積、水素イオン濃度と酸性 8. pH、 演示実験 酸の濃度とpH、常用対数 9. 中和滴定、中和滴定曲線 10. 実験36 中和滴定 11. 酸化物、塩の加水分解 12. 実験38 塩の加水分解および酸塩基反応 13. 酸化と還元 演示実験 塩化銅電池 (理科総合A、化学1) 14. 酸化数、酸化数と酸化還元 15. 酸化剤と還元剤、K ₂ I、H ₂ O ₂ 、KMnO ₄ 16. 実験40 酸化還元反応 17. 実験41 金属のイオン化傾向と電池 (理科総合A、化学1) 18. 演示実験 ダニエル電池と鉛蓄電池電気分解 19. 演示実験 塩化ナトリウム水溶液の電気分解、 電解工業 20. 実験43 電気分解 (ファラデーの法則) 21. ハロゲンの単体と化合物 演示実験 水素と塩素系漂白剤 22. 実験19 塩素の生成と性質 23. 酸素、オゾン、二酸化硫黄、硫化水素 演示実験 硫酸水素ナトリウムと硫酸の反応 24. 実験17 硫化水素の生成と性質 25. 硝酸、アンモニア、ハーバー・ボッシュ法、硝酸、 オストワルト法、窒素酸化物、 演示実験 一酸化窒素と二酸化窒素 26. リンの単体と化合物、 演示実験 赤リンの燃焼 27. 炭素の単体と化合物 28. ケイ素の単体と化合物、セラムックス製造 (理科総合A、化学1) 演示実験 ケイ酸のゲルの生成 29. 1族・2族の単体と化合物 演示実験 Na、Mg、Ca 30. 実験13 1族・2族元素の化合物 31. アルミニウム、亜鉛、両性元素、スズ、鉛 32. 実験14 アルミニウムと亜鉛の性質 33. 遷移元素、鉄、鉄の化合物 34. 実験22 鉄およびそのイオンの性質 35. 銅、 演示実験 硫酸銅と硫酸銅五水和物、銀 36. 実験21 亜鉛および銅・銀(II)イオンの性質 37. クロム、 演示実験 クロム酸イオンと ニクロム酸イオン 演示実験 ニクロム酸カリウムとシュウ酸 マンガン 演示実験 過マンガン酸カリウムとシュウ酸 38. 実験24 金属イオンの反応 39. 脂肪族炭化水素、アルカン、アルケン、アルキン 40. 実験20 炭化水素の生成 41. シクロアルカン、シクロアルケン、ベンゼン 42. 実験26 液体炭化水素の性質 43. 第一級アルコール、第二級アルコール、 第三級アルコール、多価アルコール、エーテル 44. 実験27 アルコールの性質 45. アルデヒド、銀鏡反応、フェーリング液の還元 46. 実験28 アルデヒド生成と性質 47. 有機化合物の元素分析 48. 脂肪酸 49. 油脂とセッケン 50. 実験 セッケン 51. 芳香族炭化水素の反応 52. 実験31 ベンゼンの性質とニトロベンゼンの合成 53. フェニール類と芳香族カルボン酸 54. 実験33 フェノール・サリチル酸の性質 55. 芳香族窒素化合物 56. 実験32 アニリンの性質と合成 57. ジアゾ化、カップリング反応、指示薬
	音と光	25. 分子運動論による気体の理解 状態変化のモデル 26. 分子運動論による気体の理解 27. 温度の微視的説明 28. 熱とエネルギーに関する微視的理解 29. 状態変化 30. 熱力学の法則 熱変化と仕事 31. 気体の法則 32. エネルギーの変換 33. 原子と電子の発見の歴史 34. 原子レベルでの物質構造 35. 物質と光のかかわり 物質と光のスペクトル 36. 光とエネルギー 37. 電流の微視的理解 38. さまざまな導体 39. 電場の概念と電位 40. クーロンの法則 クーロンの法則 41. 物質と電場のかかわり 42. 電場のエネルギー 43. コンデンサーの原理 コンデンサーの製作 44. コンデンサーの性質 コンデンサーの充電 45. コンデンサーを含む回路 46. コンデンサーのエネルギー 静電エネルギー 47. 半導体の性質 48. 物質と電気についてのまとめ 探究活動	中和反応 塩の性質 酸化還元反応 酸化と還元 酸化剤と還元剤 金属のイオン化傾向 電池 電気分解 非金属元素 ハロゲン 酸素・硫黄 窒素・リン 炭素・ケイ素 金属元素 アルカリ金属と 2族元素 アルミニウム・亜鉛 遷移元素 有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	エネルギー 原子、分子の運動	25. 分子運動論による気体の理解 状態変化のモデル 26. 分子運動論による気体の理解 27. 温度の微視的説明 28. 熱とエネルギーに関する微視的理解 29. 状態変化 30. 熱力学の法則 熱変化と仕事 31. 気体の法則 32. エネルギーの変換 33. 原子と電子の発見の歴史 34. 原子レベルでの物質構造 35. 物質と光のかかわり 物質と光のスペクトル 36. 光とエネルギー 37. 電流の微視的理解 38. さまざまな導体 39. 電場の概念と電位 40. クーロンの法則 クーロンの法則 41. 物質と電場のかかわり 42. 電場のエネルギー 43. コンデンサーの原理 コンデンサーの製作 44. コンデンサーの性質 コンデンサーの充電 45. コンデンサーを含む回路 46. コンデンサーのエネルギー 静電エネルギー 47. 半導体の性質 48. 物質と電気についてのまとめ 探究活動	中和反応 塩の性質 酸化還元反応 酸化と還元 酸化剤と還元剤 金属のイオン化傾向 電池 電気分解 非金属元素 ハロゲン 酸素・硫黄 窒素・リン 炭素・ケイ素 金属元素 アルカリ金属と 2族元素 アルミニウム・亜鉛 遷移元素 有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	電気	30. 熱力学の法則 熱変化と仕事 31. 気体の法則 32. エネルギーの変換 33. 原子と電子の発見の歴史 34. 原子レベルでの物質構造 35. 物質と光のかかわり 物質と光のスペクトル 36. 光とエネルギー 37. 電流の微視的理解 38. さまざまな導体 39. 電場の概念と電位 40. クーロンの法則 クーロンの法則 41. 物質と電場のかかわり 42. 電場のエネルギー 43. コンデンサーの原理 コンデンサーの製作 44. コンデンサーの性質 コンデンサーの充電 45. コンデンサーを含む回路 46. コンデンサーのエネルギー 静電エネルギー 47. 半導体の性質 48. 物質と電気についてのまとめ 探究活動	中和反応 塩の性質 酸化還元反応 酸化と還元 酸化剤と還元剤 金属のイオン化傾向 電池 電気分解 非金属元素 ハロゲン 酸素・硫黄 窒素・リン 炭素・ケイ素 金属元素 アルカリ金属と 2族元素 アルミニウム・亜鉛 遷移元素 有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	電荷の作る電場	39. 電場の概念と電位 40. クーロンの法則 クーロンの法則 41. 物質と電場のかかわり 42. 電場のエネルギー 43. コンデンサーの原理 コンデンサーの製作 44. コンデンサーの性質 コンデンサーの充電 45. コンデンサーを含む回路 46. コンデンサーのエネルギー 静電エネルギー 47. 半導体の性質 48. 物質と電気についてのまとめ 探究活動	中和反応 塩の性質 酸化還元反応 酸化と還元 酸化剤と還元剤 金属のイオン化傾向 電池 電気分解 非金属元素 ハロゲン 酸素・硫黄 窒素・リン 炭素・ケイ素 金属元素 アルカリ金属と 2族元素 アルミニウム・亜鉛 遷移元素 有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	コンデンサー	43. コンデンサーの原理 コンデンサーの製作 44. コンデンサーの性質 コンデンサーの充電 45. コンデンサーを含む回路 46. コンデンサーのエネルギー 静電エネルギー 47. 半導体の性質 48. 物質と電気についてのまとめ 探究活動	中和反応 塩の性質 酸化還元反応 酸化と還元 酸化剤と還元剤 金属のイオン化傾向 電池 電気分解 非金属元素 ハロゲン 酸素・硫黄 窒素・リン 炭素・ケイ素 金属元素 アルカリ金属と 2族元素 アルミニウム・亜鉛 遷移元素 有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	半導体	47. 半導体の性質 48. 物質と電気についてのまとめ 探究活動	中和反応 塩の性質 酸化還元反応 酸化と還元 酸化剤と還元剤 金属のイオン化傾向 電池 電気分解 非金属元素 ハロゲン 酸素・硫黄 窒素・リン 炭素・ケイ素 金属元素 アルカリ金属と 2族元素 アルミニウム・亜鉛 遷移元素 有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	力と運動	49. 平面上の運動 50. 一般の加速度運動 51. 運動量と力積 52. 運動量保存則 衝突・合体・分離 53. 保存則を通して運動を見る 54. エネルギーと場の考え方 場のモデル 55. 円運動 円運動と向心力 56. 単振動 単振動の周期 57. 万有引力発見の歴史 58. 万有引力を受ける運動 人工天体の運動 59. 慣性力と質量 加速度系における重力 60. 重力の本質	有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	平面上の運動	49. 平面上の運動 50. 一般の加速度運動 51. 運動量と力積 52. 運動量保存則 衝突・合体・分離 53. 保存則を通して運動を見る 54. エネルギーと場の考え方 場のモデル 55. 円運動 円運動と向心力 56. 単振動 単振動の周期 57. 万有引力発見の歴史 58. 万有引力を受ける運動 人工天体の運動 59. 慣性力と質量 加速度系における重力 60. 重力の本質	有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	運動量と力積	52. 運動量保存則 衝突・合体・分離 53. 保存則を通して運動を見る 54. エネルギーと場の考え方 場のモデル 55. 円運動 円運動と向心力 56. 単振動 単振動の周期 57. 万有引力発見の歴史 58. 万有引力を受ける運動 人工天体の運動 59. 慣性力と質量 加速度系における重力 60. 重力の本質	有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	円運動と単振動	55. 円運動 円運動と向心力 56. 単振動 単振動の周期 57. 万有引力発見の歴史 58. 万有引力を受ける運動 人工天体の運動 59. 慣性力と質量 加速度系における重力 60. 重力の本質	有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	
	万有引力による運動	57. 万有引力発見の歴史 58. 万有引力を受ける運動 人工天体の運動 59. 慣性力と質量 加速度系における重力 60. 重力の本質	有機化合物 脂肪族炭化水素 酸素を含む 脂肪族化合物 芳香族化合物	

高II	遺伝子とその発現	遺伝子の法則	1. メンデルの研究と遺伝の法則 2. 二遺伝子雑種 3. 検定交配	固体地球とその変動	地球の重力と地磁気	1. 重力の値と地下構造 2. [実験1] 振り子による絶対重力測定 3. 地磁気と地殻熱流量
	遺伝子と染色体	4. 遺伝子と染色体(染色体説) 5. 性染色体と性の決定 6. 伴性遺伝 7. 独立と連鎖 8. 遺伝子の組換え 9. 組換え率と染色体地図 10. [実験] 連鎖染色体の観察		地球内部の熱		4. [実験2] 地殻熱流量の測定 5. 地殻マントル核 6. [実習1] 地震波による地下構造の推定
	遺伝子の本体	11. さまざまな遺伝 12. 遺伝子の本体(肺炎球菌の実験) 13. 遺伝子の本体(T2ファージの実験) 14. 核酸の構造(ヌクレオチド)		固体地球の層構造		
	遺伝情報とその発現	15. DNAの構造(二重らせん構造) 16. DNAの複製(半保存的複製) 17. タンパク質の構造 18. DNAの転写 19. DNAの翻訳 20. 真核生物と原核生物のDNAとその発現 21. 形質発現の調節と形態形成 22. バイオテクノロジー 23. [実験] 大腸菌の培養実験 24. [実験] 大腸菌DNAの抽出実験 25. [実験] 形質転換実験 26. [実験] 制限酵素切断実験(パソコシユレシヤ) 27. [実験] 制限酵素切断実験 28. [実験] 電気泳動実験		現在の地球の活動	地震災害と地震の規模別分布 現在の地殻変動と地震予知	7. 地震災害の例 8. [実習2] 兵庫県南部地震断層模型 9. 地震の規模別分布と地震予知論争 10. [実習3] 地震発生モデル(基石モデル) 11. 地殻変動と地震の予測 12. [実習4] 海岸段丘と地震予測モデル 13. 活断層・活褶曲 14. [実習5] 衛星写真から断層を探る 15. 火山災害と噴出物 16. [実習6] 火山災害史 17. 噴火の様式
	体液とその恒常性	29. 体液と恒常性 30. 水生生物の浸透圧調節 31. 体液とその循環 32. 血液の成分と働き 33. ホルモンの働き		火山		18. 火成岩の分類 19. [実習7] 岩石プレパラート 20. 鉱物 21. [実験3] 結晶を作る 22. マグマの発生と分化 23. 風化と堆積環境 24. [実習8] 河川の働き 25. 堆積岩の分類 26. [実験4] チャートと石灰岩 27. 変成岩と変成作用 28. [実習9] プレパラートによる観察
	自律神経による調節	34. 自律神経による調節 35. 血糖量の調節 - ホルモンと自律神経の協同作用		地殻の形成	地殻の形成	29. 地球史と生命史の事件 30. 先カンブリア時代 31. 生物進化の系統性 32. [実験5] 有孔虫化石 33. [実習10] アンモナイト 34. 大量絶滅の原因説と第四紀の気候変動 35. 研究史
	環境と植物の反応	36. 環境と植物 37. 根水と蒸散 38. 光合成と環境要因		地球と生命の進化	地球史年表	36. 表面を覆うプレート 37. プレートの誕生と移動 38. プレートの消滅と大陸の形成 39. 大陸の分裂と移動 40. [実習11] 大陸移動パズル 41. 島弧と日本列島の歴史 42. 郷土の地形と地質(近畿地方) 43. [実習12] 近畿地方の生い立ち
	植物の反応と調節	39. 成長の調節 40. 花芽の形成 41. 発芽の調節 42. [実験] 植物ホルモンの働き		プレートで覆われた地球	プレートの動き	44. 海洋の層構造 45. 海流 46. 鉛直循環 47. エルニーニョ 48. 地球環境の変化 49. [実習13] オゾンホールを調べる
				私たちの日本列島		50. 会合周期と公転周期 51. [実習14] 水星の軌道 52. ケプラーの法則 53. [実習15] ケプラーの第2法則
				海洋と気候	海洋とその運動	54. 太陽系の広がり 55. 太陽の活動とエネルギー 56. 太陽のエネルギー源 57. [実習16] 太陽黒点数の変化
				海洋と気候		58. 星の明るさ 59. [実習17] 等級比較
				太陽と太陽系	惑星の視運動	
				惑星の軌道運動	太陽	
				恒星の性質と進化	恒星の光	

			58. 実験3④—染料の合成 2単位 生徒実験2②
高 III	電気と磁気 磁場	1. 磁石の磁場 磁場の観測 2. クーロンの法則 3. 電流による磁場 磁場の観測 4. ビオ・サバールとアンペールの法則 5. 電流と磁場の相互作用 電磁力の働き方 6. 磁束密度 7. 荷電粒子の運動 磁場中における電子の運動 8. ローレンツ力 9. 電磁誘導 コイルに生じる電磁誘導の起電力 10. レンズの法則 11. 電磁誘導の仕組み 導体棒に生じる誘導起電力 12. ファラデーの法則 13. 回路における電磁誘導 自己誘導 14. コイルのインダクタンス 15. 交流回路 コイルとコンデンサーを含む回路 16. リアクトランス 17. 日常生活における電磁誘導 18. 電気振動 電気振動の発生 19. 電磁波 電磁波の波動性 20. 電磁波の発生の仕組み 21. 電場と磁場の総合的な理解 22. 電磁場と相対性	生活と物質 食品 1. 光学異性体と旋光性 〔指示実験〕 旋光性 2. 単糖類 3. 二糖類 4. 〔実験6〕—糖類 5. 多糖類 6. レーヨン 〔指示実験〕 コロジオン 7. アミノ酸 8. 〔実験8〕—アミノ酸 9. タンパク質 10. 〔実験7〕—タンパク質 11. 酵素 12. 核酸 13. 薬品の化学 14. 合成繊維 15. 〔実験9〕—合成高分子化合物Ⅰ 16. 合成樹脂 17. 〔実験10〕—合成高分子化合物Ⅱ 18. イオン交換樹脂 〔指示実験〕 イオン交換樹脂 19. 合成ゴム 〔指示実験〕 ゴム弾性と温度 20. 高分子化学工業
	電磁誘導		生命体を構成する 物質 生命を維持する 化学反応 薬品の化学 衣料 プラスチック
	電磁波		物質の構造 化学結合
	物質と原子 物質の三態	23. 物質の状態の原子論的理解 24. 状態変化 25. 物質のエネルギーの原子論的理解 26. 熱・光と物質 27. 固体の性質と電子の関係 28. 電気伝導と物質構造 半導体の性質 様々な電気抵抗	21. 水素結合とヴァンデルワールスカ 22. 分子の形と極性 23. 物質の状態と粒子の熱運動 〔指示実験〕 水素の拡散 24. 状態変化と蒸気圧 〔指示実験〕 蒸気圧と大気圧 25. 蒸気圧と沸騰 〔指示実験〕 減圧下における沸騰 26. 気体の体積の変化 〔指示実験〕 ボイルの法則 27. 理想気体の状態式 28. 〔実験8〕—分子量の測定 29. 混合気体の法則 〔指示実験〕 分圧の法則の検証 24. 理想気体と実在気体 25. 溶解 〔指示実験〕 水とエタノールの混合物の体積 26. 濃度と溶解度 27. 〔実験〕 二酸化炭素の溶解 28. 沸点上昇、凝固点降下、昇華解質、電解質 29. 〔実験10〕—溶解の凝固点 30. 浸透圧、ファントホッフの法則、分子量の測定 31. 〔実験11〕—浸透圧 32. コロイド、チンダル現象、ブラウン運動、透析、電気泳動、凝析、塩析 33. 〔実験9〕—コロイドの生成と性質
	電気と物質		気体の法則
	原子と原子核 原子の構造	29. 原子構造と電子の波動性 30. ボーアモデル 31. 原子のエネルギーと光のスペクトル 32. スペクトルの分析と物質の色 物質の光のスペクトル 33. 光電効果 〔光電効果〕 34. レーナルトの実験 35. 光の粒子性 36. コンプトン効果 37. 光に関する理解 偏光・回折・干渉 38. 波動と粒子に関する総合的理解 39. 原子構造についてのまとめ 40. X線の発見 41. X線の性質 42. X線の利用 43. 放射線の発見の歴史 44. 放射線の発生の仕組み 線量と計数管 45. 原子核の構造とエネルギー 46. 核力 47. 核反応 48. 放射性元素 半減期のモデル 49. 核エネルギーの利用 50. 原子力発電 51. 核エネルギーの安全性 52. 宇宙における核反応 53. 宇宙の物質 54. 素粒子 55. 物理学の現状 56. 物理学の将来 57. 総合演習 58. 総合演習 59. 総合演習 60. 総合演習 61. 総合演習 62. 総合演習	液体と固体
	粒子性と波動性		化学平衡 反応速度
	原子核		化学平衡
	素粒子と宇宙		有機反応機構
	課題研究	63～60. 課題研究	49. 有機反応機構Ⅰ 化学反応種と基質、結合の切断と生成 50. 有機反応機構Ⅱ 求核置換反応、親電子置換反応 51. 有機反応機構Ⅲ 付加反応 52. 有機反応機構Ⅳ 脱離反応 53～62. 課題研究 63～70. 問題演習 3単位 生徒実験1⑤+7

			60. 星までの距離と明るさ 61. 星の色 62. 実習18 星の色 63. HR図 64. 実習19 HR図の作成 65. 大きさと質量 66. 実習20 質量光度関係グラフ作成 67. 恒星の誕生 68. 恒星の進化 69. 星団 70. 銀河系の発見 71. 銀河系の構造 72. 銀河系外の世界 73. 実習21 銀河系外星雲までの距離 74. 膨張する宇宙 75. 実習22 宇宙の膨張
高 四	生物現象と物質 化学反応と酵素 異化 同化 動物の受容と反応 刺激の受容と反応 動物の反応と行動 生物の集団 個体群の構造と維持 生物群集と生態系 生物の分類と進化 生物の分類と系統 生物の進化 課題研究	1. 代謝とエネルギー代謝 2. 酵素反応 3. 呼吸の本質 4. 好気呼吸 5. 嫌気呼吸 6. 植物と光合成 7. 細菌の光合成と化学合成 8. 窒素の同化 9. 生物界全体の代謝とエネルギー代謝 10. 実験 カタラーゼの働き 11. 実験 デヒドロゲナーゼの働き 12. 実験 アルコール発酵 13. 実験 呼吸量と光合成量の測定 14. 実験 光合成色素の分離 15. 神経細胞 16. 興奮の発生と伝導 17. 筋収縮 18. 実験 筋収縮の観察 19. 走性・反射・学習・知能 20. 行動と物質 21. 生物リズム 22. 個体群の維持と適応 23. 物質生産と植物の生活 24. 生物群集の維持と変化 25. 生態系とその平衡 26. 生物の分類 27. 生物の系統 28. 生物界の変遷（生命の起源及び進化の過程） 29. 進化の仕組み（変異、進化の証拠やその要因、集団遺伝、進化説） 30. 実験 カルスニンジンの作成 31. 実験 カエル二次胚の誘導実験 32. 実験 エノキ茸の培養 33～	大気と水 水蒸気と雲 大気の運動 大気大循環 地球環境 大気と海洋 宇宙の探求 宇宙の観測 恒星 宇宙の広がり 課題研究 研究テーマの選び方 研究方法 研究のまとめ方 研究の発表 30～

VI. おわりに

以上が、本校の理科の中学・高校を通した6年間一貫のカリキュラムである。これは最初にも述べたが、高校創立以来46余りの間、本校の教育理念に基づき研究し、実践し、その時々々の生徒の実態と教育界の動きもふまえ、検討を加えつつ今日に至ったものである。

このカリキュラムを支えるバックグラウンドとして、次の①～④のことがあげられる。

- ① 中学・高校の教員が、物理・化学・生物・地学のそれぞれの研究室で毎日一緒に生活をしており、各実験室・講義室で中学・高校の理科の全授業が行える。また、実験器具・設備も中学・高校の両方で効率よく活用できる。
- ② 中学・高校の教員が、2～3学年の授業を担当しており、その中で、それぞれ高校・中学の授業をできる範囲で相互に交換して受け持つことにより、広い範囲の生徒の実態の把握ができ、それを他の学年の授業に生かすことができる。
- ③ 毎週の教科会議には、中学・高校の全教員が参加して会議をもち、上の②で得られた情報の交換や、継続研究についての検討ができる。
- ④ 教育実習・教育研究会・生物や地学の野外実習・天王寺の小中高の研究部会・近附連理科部会・全附連研究発表会・その他の学校行事などにおいて、中高の教員が協力しあって実施することができる。

「理科嫌い」に関して、効果的な対処法がなかなか見つからない。さらに、「学力低下」の心配も出てきた。本報告で述べたカリキュラムを踏み台にして、今後、さらによりよい理科教育を考えていきたい。

summary:

The learning contents of science is substantially switched over from junior high school to senior high school and it is integrated by revision of the educational guidelines. Based on this concept, we reform a 6 years curriculum depend on the developmental step of student, it still avoided a more empty overlap by the learning contents.

創作領域でのコンピュータの活用 第 I 報

—コンピュータ・ミュージックに関する 10 年間の実践について—

もろ いし たか ふみ
諸 石 孝 文

The Objective of Computer in the Part of Creative Composition (I)

MOROISHI Takafumi

抄録：授業にコンピュータを導入した目的は「音で遊び、音を創造する」ところにあった。この 10 年間の実践を通じて、創作領域でのコンピュータの活用が高く、可能性も大きいことがわかった。

キーワード：創作、コンピュータ・ミュージック、変奏曲

1. はじめに

本校が、他校に先駆けて、コンピュータ・ミュージックに取り組んでから、早くも 10 年がたった。今でこそ、DTM (デスクトップミュージック) という言葉は一般的になったが、当時は、知る者も少なかった。他校での実践例はほとんど無く、手探りの状態で、あまりよくわからないまま、とにかく始めたのを思い出す。当初から、40 人全員での一斉授業に取り組んだ為、コンピュータや音源やキーボードの台数の確保に苦勞をしたことも覚えている。今でもその苦勞に代わりはないが、NEC の PC - 98 シリーズのデスクトップのコンピュータは、Windows98 のノートパソコンへと変わった。10 年前、PC - 98 の機械を使い、MS-DOS の環境で授業を行っている方が、ソフトは軽くて操作しやすかったし、授業がやりやすかった。ウィンドウズになって、確かにソフトは機能が良くなったし、扱う音源の音も良くなった。しかし、あまりに多機能すぎて、生徒が扱うには向いていない面が多い。そういうことを理解した上で、授業を行わざるを得ないのも、時代の流れかもしれない。機械 (コンピュータ) の進歩があまりに速くて、古い機械の修理の部品調達もできない状態になってきているからである。いくら使える機械だと言っても、生徒が使っているとつぶれてくるものだし、修理も必要になってくる。それがメーカーの都合で、修理できないと言うのだから新しい機械を使わざるを得ない。MIDI⁽¹⁾ を取り扱うのに、Windows は不要だと、今でも思っているが。

まず、初めてコンピュータの授業に取り組んだ時からの経緯を下に記す。創作を行うのであれば、コンピュータを使ってみようという学校が、これからも増え続けることと思われる。それ以外の分野でも、これからコンピュータ・ミュージックに取り組む学校もあると

思われるので、何かの参考になれば幸いである。

2. 本校での実践の経緯

<平成3年>初めてコンピュータ・ミュージックを授業に取り入れる。中学1年生において、二学期に行う。授業を始めた当初、コンピュータは4人に1台であったが、途中から3人に1台揃えることが出来た。コンピュータによる一斉授業の研究授業を中学1年生において11月に行う。音楽ソフトは「ミュージックJr」（ローランド）を使用した。

<平成4年>この年度は、高校生（高2のみ）においても二学期から授業で行う（全6限）。中学1年生は、3学期に集中的にコンピュータの授業を行った（全8限）。コンピュータは、やっと2人に1台の割当てとなるだけの台数（20台）を揃えることができた。二学期にLANシステム（予算の関係で16台分のみ）が導入された。教室は、コンピュータ教室がまだないので、技術第1教室に、LANシステムが組まれた。

<平成5年>MIDIキーボードを数台用意し、入力専用とする。高校生において、1、2学年ともコンピュータの授業を行った。

<平成6年>二学期にMIDIキーボードが20台導入された。これで格段に、授業が行いやすくなった。

<平成7年>高校生は1、2学年ともコンピュータに取り組む。高校2年生において、11月に研究授業を行う。中学1年生は例年通り3学期に行った。

<平成8～9年>中学1年生のみの取り組みとして、高校生のコンピュータの授業はとりやめる。

<平成10年>ノートパソコン（Windows95）が導入された。同時に、譜面入力ソフトをWindows用の「XGワークス」（ヤマハ）に変更した。音源もキーボード・スピーカー付きのオールインワン型の小型のキーボード音源を20台揃える。LANで20台のコンピュータが、つながるようにシステム化された。

<平成11年>中学1年生において、11月に研究授業を行う。ノートパソコンは、Windows95とWindows98が混在した状態で行う。

<平成12年>変奏曲の主題を「わらべうた」や日本の唱歌からとるように工夫する。

以上の取り組みで、大きな転換点は二度あった。一度目は、MIDIキーボードが20台揃った時であり、二度目は、コンピュータがWindowsに変わった時である。一度目のMIDIキーボードが班の数だけ揃った時は、授業の進み方が非常にスムーズになり、内容が飛躍的に向上した。生徒も入力が簡単になり、授業を楽しめる余裕が出来てきたように感じた。マウスではなく、キーボードから入力出来るというのは、この形態の授業では、非常に重要なポイントであると考えている。

二度目の転換点は、非常に大きな出来事であった。コンピュータがNECのPC98シリーズのデスクトップ型からWindowsのノートパソコンに変わったのであるが、この時は、非常な苦勞をした。まず、簡単で軽いソフトがWindows対応のソフトには無かった。今でこそ、様々なソフトが存在するが、当時は、種類が限られていた。そこで、中学1年生でも簡単に扱えるソフトの選定と、出し入れが簡単に出来るような音源システムを考えな

ければならなかった。授業の度に、なおすことを前提とした音源とスピーカーは、出来るだけ軽くて小さいオールインワン音源しか考えられず、今のようなシステムとなった（下記参照）。

又、当初の手探りの状態から始めて、授業形態が落ちつくまでに、ほぼ4年かかっている。つまり、足りなかったコンピュータや音源、キーボード等が揃えられ、授業内容が固まるまでに4年かかったということである。

3. 本校のコンピュータのシステム

<平成3年>

コンピュータの授業を始めた年度は、コンピュータの台数が足りなかったもので、音楽科の研究室のコンピュータや、他の教科の研究室にあるコンピュータを借りて運んだり、とにかく台数を集めて、授業を行った（それでも、10台しかなかった）。その為に、授業の前日は、コンピュータの移動や音源のセッティングに明け暮れた。

<平成4年～5年>

コンピュータ	PC 98-DA (NEC)	16台
		(LANシステムに接続)
	PC 98-VX等 (NEC)	5台
		(LANシステムには接続されていない)
音源ボード(LA音源)	LAPC-N (ローランド)	20台
ラジカセ	多種類	15台
モニタースピーカー	CBX-S3 (ヤマハ)	5台

以上のように、LANシステムが導入されたが、統一されたコンピュータもスピーカーもなく、全てありあわせの設備と年々、買い足してきた機械類ばかりであった。整備されたコンピュータ室もまだ無かった。

<平成6年～9年度>

MIDIキーボード	PC-200mk II (ローランド)	17台
	DATA CAT (カワイ)	3台

コンピュータの種類や台数は同じだが、MIDIキーボードが20台導入された。これによって、授業が格段に行いやすくなった。

<平成10年～12年度>

コンピュータ(ノート型)	Lavie Nr15 (NEC) (Windows95)	20台
	Versa Pro NX (NEC) (Windows98)	10台
MIDIサウンド・キーボード	CBX-K1XG (ヤマハ)	20台
	(XG音源→GM音源からなる)	

教科教育センターという教室に、ノートパソコンが30台揃えられた。LANにもつながることが出来て、どの教科でも授業が行えるように整備されたが、いわゆるコンピュータ

専用教室ではないので、常時コンピュータを出しておくことが出来ず、使う度に、コンピュータをロッカーから出して、使い終わったら又、ロッカーに戻さなければならないのが難点であった。また、Windows95 と Windows98 が混在していたので、接続コードやMIDI キーボードのスイッチ等の違いがあり、生徒にとっては、少しややこしいシステムであった。

<平成 13 年度から>

コンピュータ（ノート型）	Versa Pro NX（NEC）	10 台
	omnibook Xe3L（ヒューレット・パッカート）	10 台

この年度から、全てのコンピュータが Windows98 に統一され、扱いやすくなった。

以上からわかるように、機材や教室が揃うのを待っていたのでは、授業はなかなか行えなかったということがわかると思う。足りない機材を、何らかの工夫で補いながら、とにかく授業を行い、授業を行っている中で、次の工夫を行っていく。そういう試行錯誤を繰り返すということも大切である。その中から多くのことを学んだ。又、台数が揃ってからも、機械の管理は、重要な問題で、コンピュータだけではなく、MIDI 関連の周辺機器を常に整備していないと、音が鳴らないという事態がよく起こった。この、音が鳴らないという状態は、思いの外に、授業に支障を与えるものである。生徒たちは、譜面に頼るばかりではなく、音を鳴らすことによって、直感的に音楽をとらえ、創っていくことも、案外多いことがわかってきた。それ故、MIDI の音が鳴らない原因は、コンピュータごとによく研究する必要がある。MIDI ドライバーが原因の場合や、単純にスイッチの切り替えミスの場合、接続コードの接点不良の場合等、それぞれについてよく見て、その場で直せるようにしておかないと授業がスムーズに進まない。接続コード、スイッチ等のチェックは、常に必要である。

また、教室が、他の教科の授業と重なって、確保できない場合は、普通教室に、ノートパソコンを持ち込んで、授業を行ったこともある。

4. コンピュータによる創作学習

なぜ、コンピュータを使って創作をするのかという基本的な問題に立ち返って考察してみたい。音楽科にとって、コンピュータは、他の教科以上に、非常に便利な道具と成り得る、と考えている。最近、オーディオとコンピュータが融合されたようなコンピュータが出てきているように、本来、音楽とコンピュータは、密接な関係にある。音楽科にとってコンピュータは道具であり、単なる楽器の一つである。それも、非常に多様な音色を持ち合わせた楽器である、という認識を持つことができる。そういう認識を持つと、創作学習において欠かせないものになる、ということがわかってくる。従来、創作を行う場合、一番のネックであったことは、生徒が譜面を書こうとする際に、音符が頭の中に響きにくいということであった。それゆえ、ピアノを弾けない子はなかなか曲を創ることができないことが多い。たとえ作ることができたとしても単旋律であったりして、なかなか、伴奏付きの多旋律の曲を作ることは難しかった。その壁を崩してくれたのがコンピュータである。

ピアノを弾けない子でも簡単に曲を演奏させることができるので、曲の全体像がすぐにつかめるし、創作が格段に行いやすくなった。それも4つも5つも楽器を使うようなスコア楽譜を作ることができるようになった。コンピュータを使うことによって効果的に創作を行うことができるようになったのである。

5. 授業の実践に基づいた考察～変奏曲からオリジナル曲へ

創作ということ考えた場合、最も基本的で簡単な形式が「変奏曲」と思われたので中学1年生で行う場合は変奏曲作りをめざしている。この10年間一貫して「変奏曲」にこだわってきたその理由は、低学年の者にとっては入りやすく、作り易いからである。授業形態としては、40人による一斉授業の形態をとり、創作学習を行ってきた。

まず、主題となる8小節のメロディーをいくつか与え、班で1つのメロディーを選び、それを主題とする。(下に曲例を示す)

The image shows two musical staves in 4/4 time. The first staff contains a melody of eight notes: C4, D4, E4, F4, G4, A4, B4, C5. Above the notes are chord symbols: C, F, C, G. The second staff contains a melody of eight notes: C4, D4, E4, F4, G4, A4, B4, C5. Above the notes are chord symbols: C, F, C, G7, C. The second staff ends with a double bar line.

メロディーについてのコードネームどおりに伴奏の和音をつけていくと、曲ができていくことを、実際にコンピュータで音を出すことによって実感させていく。中学1年生の場合は、理論を先に教えるより、実践を重視したいので、楽典を教えずに曲作りに取り組ませている。もちろん急にコンピュータの前に座らせても曲は出来ないので、それなりの準備は必要である。例えば、コードネームについての知識をあまり与えていないので、前もってコードネームのプリントは配っておく。そして、コードネームについては、正しく理解していなくても、その通りに音を入力すれば和音として美しく響くのだということを教えておく。伴奏形のいくつかのパターンも同様に配っておく。そして、8小節のメロディーから作られた変奏曲を実際に弾いて聴かせて、各変奏のイメージを抱かせておく。それだけの準備で、ノートにこれから入力しようとする曲を実際に書かせていく。(下記の授業計画を参照)

2人で1曲の変奏曲を作っていくので、自分が作ってきた変奏と班の相手の子の変奏を見比べながら、曲を入れる順番や、どの様に修正するのかも、全部、相談しながら作らせていく。音が少々まちがっていてもこの時点では余り気にしないようにしている。コンピュータに入力して、演奏させることによって、だいたいの生徒は音の間違いに自分で気づくようである。その時点でノートの記譜の方も訂正させている。

そういう作業を通して曲を仕上げていくのであるが、いつもモニターの画面で楽譜を見ながら入力することによって、楽譜についても、以前よりは理解が次第に深まっていくのが、授業をしているとわかる。最後は、お互いに発表を行い、仕上がり具合を確認するが、

ここで他の班の良い作品を聴いて、がぜん、頑張り出す班も出てくる。そこから全体的に作品のレベルが上がってくることも多い。以下に、簡単に授業の流れを示す。

6. 授業計画

(準備)

- ・2人で一つの班を作らせる(希望者による)。
- ・フロッピーディスクを3枚配り、学年・組・班名・番号・名前を明記させる。1枚は音楽科提出用とする。他の2枚は個人用。

(導入)

- ・変奏曲を説明する。変奏の例を、ピアノを弾いてイメージを持たせながら説明する。
- ・8小節のコードネーム付きメロディーの課題を3曲与え、班で自由に選ばせる。
- ・ノートにそのメロディーをもとにした8小節の主題と第1変奏を書いてくるように指示する。
- ・提出したノートを添削し、書き直させたり、第2変奏を作らせておく。

(1限目)

- ・自分の班のノートパソコンとMIDIキーボードをロッカーから出してくる。
- ・ノートパソコンをセッティングする。キーボード用の接続コードと電源アダプターを前に取りにくる。MIDIキーボードとパソコンを接続する。(最初のクラスのみ以上約10分)
- ・パソコンの起動の仕方を確認。パソコンを起動させる。
- ・「XGワークス」を立ち上げ、トラックビューウィンドウを表示させる。
- ・マスターのコンピュータを使い、大型モニターを通して説明する。
- ・1トラックと2トラックにブロックを作成したファイルを「開く」という作業を理解させる。
- ・譜面のウィンドウ(スタッフウィンドウ)を開く。調・拍子の設定の説明。
- ・MIDIキーボードからの入力の仕方を説明。
- ・主題をキーボードから入力。

<変奏曲の入力の仕方を説明・確認>

- ①メロディーと伴奏を別トラックに入力する。(1トラックはメロディーだけ、2トラックは伴奏だけにする)
- ②主題と変奏の間は2小節あける(変奏の頭の小節が11、21小節となって後で探す場合に便利)。第3変奏以降は8小節にこだわらなくてもよいが、できるだけ4の倍数の小節数にする。
- ③2人で1つの変奏曲を作っていく。
- ④変奏は最低4曲作る。

- ・コンピュータの基本的な操作(起動、開く、保存、閉じる、終了)に限って教える。音楽ソフトの操作では、音符の入力と消し方と音の鳴らし方程度に限っておく。

- ・第一変奏を入力。
- ・保存の仕方を説明。3枚のフロッピーディスクに、同じように保存して音楽科提出用のフロッピーは毎時間提出させる。
- ・コンピュータを終了させ、片づける。(最後のクラスのみ 約 10分)
- (2限目)
- ・パソコンとキーボードのセッティング。(以下同じ)
- ・前回、説明不十分なところを説明する。(まだコンピュータの操作さえわかっていない生徒がいるので基本を確認する)
- ・1人がキーボード、もう1人がマウスで操作しながら入力を行っていく。音を鳴らす時は2人で確認する。時々、担当を交代するように指示をする。プレイコントロールで譜面、入力位置をコントロールさせる。
- ・保存の仕方の確認。
- ・ファイルを「閉じる」という作業を理解させる。
- (3限目)
- ・変奏曲データのプリントを配布。書き方を説明。
- ・スタッカート、スラー、三連符等の入力の仕方を教える。
- ・第2変奏あたりまで入力していく。
- (4限目)
- ・強弱・テンポを変える方法を教える。
- ・音色を変えていく→音色で遊ぶ
- ・先輩たちの模範作品の演奏を聴かせる。
- ・変奏曲の形式にとらわれない、自由な形式の曲も考えていく。
→ 具体的なイメージを持ってメロディーを考える。
- (5限目)
- ・小節の挿入、ブロックの切り貼りの方法を教える。
- ・ドラムの基本リズムを聴かせて教える。(4ビート、8ビート)
ドラムの入力を教える。各トラックの音量を調整する。音色変更後の音量を調整する。
- (6限目)
- ・中間発表(第1回)
- ・他の班の演奏を聴き、参考にしながら曲作りを進める。
- (7限目)
- ・中間発表(第2回)
- ・他の班の演奏を聴き、参考にしながら曲作りを進める。
- (8限目)
- ・仕上げ。個人用のフロッピーに、データをXGファイル以外に、SMF(スタンダード・ミディ・ファイル)形式に変換して保存しておく。ノート・フロッピーディスク・変奏曲データプリントを提出。

以上、導入も入れて、約 10 時限の授業計画である。機械が変わってウィンドウズになってからは、授業時間が以前の 8 時限から 10 時限へと少し増えてしまった。これは、機

能が複雑になったためとノートパソコンの出し入れに時間がとられてしまうからである。又、放課後、自由に開放して使わせる時間がなかなか確保できないこともある。また、最後の時間に、SMF形式に変換したデータを残して、フロッピーを個人に返すのは、この形式だと将来、自分がコンピュータを使った時に、どの音楽ソフトを使っても読み込めるからである。単なる記念としてだけではなく、実際に生きたデータとして活用されることを願っている。実際、授業では時間の関係で不十分だった所を自分で作っていきたいという生徒たちの声も多い。

「変奏曲の創作」としてはいるが、内容的にはそれにこだわっていない。要は、生徒たちが、創りやすいようにこの形式を選んでいる、というだけのことである。それ故、変奏の途中から、自分が思いついた、主題に全く関係の無いメロディー（オリジナル曲になる場合もある）を入れてもかまわないし、時には、コピー曲の編曲となる様な、変奏が入ってしまう場合も、それはそれとして、認めている。自分では意識していなくても、考えているうちに、知らず知らずのうちに、よく知っているメロディーやリズムが入ってしまい、結果的に他の曲のコピー的な感じになってしまうことはよくあることである。

本校では、コンピュータの台数の関係上、2人で1台を使っている。変奏曲という形式は、それに好都合であった。2人で合作しなくても、創り分けが出来る。そのうえ、創ってゆく過程では、2人の知恵を出しあえる。曲を創るのは何とか出来るがコンピュータの操作がもう1つ苦手という子と、曲はあまりよく創れないが、コンピュータの操作なら、得意だという子の組み合わせという場合もある。そういう場合、お互いの苦手な部分を補えるという長所がある。もちろん、そううまくいく場合ばかりではないが、同じ苦手な子でも、1人よりは、2人の方が、解決する力というのは、大きくなるようである。それ故、もし、40台コンピュータが揃ったとしても、この形態の授業を行う場合は、1人で創りたいという希望の生徒以外は、2人1組で行う方が良く考えている。

高2で授業を行った時は、中学1年生と同じように「変奏曲」ということで始めた。中1、高1に続いて、3回目の取り組みなので、変奏だけで終わっている班は、さすがに少なかったようだ。変奏の主題と同時にいくつかのモチーフも与えてあるので、それを選んだ班もあるし、中には最初からオリジナル曲をめざして作っている班もあった。ただ、オリジナル曲の場合は、メロディーはともかく、コードネームでまず大きな壁にぶち当たるようだ。しかし、コンピュータを使った場合、メロディーとドラム（シンバルレガート等を利用する）の組み合わせだけで、音楽としてまとまって聞こえる場合がある。もちろん音の響きが少し薄くなるのは止むを得ないが。

	一学期		二学期	
① 変奏曲を作った班	11班	→	5班	
② モチーフから曲を作った班	8班	→	1班	
③ 全くオリジナルの曲を作った班	2班	→	15班	(全21班)

このように、オリジナルの曲作りに挑戦した班が多くなった。ただし、コード進行法に関して本格的には教えていないので、苦労した班も多かったが、結構さまになっているものもある。

高校2年生の実践では、一学期に6時限、二学期には続けて6時限の授業を行った。前

年度の2学期に、MIDIキーボードが20台購入できたので、班に1台用意することができた。これで入力が非常に容易、且つ、早くできるようになった。200小節ぐらい作る班は今まではごく少数だったが、このMIDIキーボードの導入によってかなり多くなった。途中から、曲の形態を変えて、創ることができたのは、一、二学期に授業がまたがったことにもよるが、マウスのわずらわしさから解放される、MIDIキーボードの導入の効果が大きかったと思われる。

次に、生徒が創作した曲についての考察だが、生徒たちが創った曲の音色を選び、それを組み合わせることで、曲の雰囲気ガラッと変わる、というのが、コンピュータの音源利用の創作における、最大の特徴だと考えている。ごく普通の単純な曲が、音色によって生き生きと魅るときがある。

その為には、メロディーと伴奏を同じトラックに入力しないで、わざと別のトラックに入力する必要がある。それによって、それぞれの音色を変えることができる。これを利用すると、非常に多くの音色の組み合わせが可能になり、「音色で遊び」ながら、自然と音楽を楽しむことができていく。

その作品としては、多くの作品が賞を受け⁽²⁾、音楽科のホームページにも掲載している。⁽³⁾

ただし、この方法にも限界がある。変奏にはそれぞれ、どういうイメージで作ったかを書かせ、全体の変奏曲として曲名を付けさせているのだが、そのイメージと、変奏の内容があまり合っていないことが多い。というより、イメージが先行してしまい、変奏の内容がそれについていけないと言うべきか。書かせると、文章作りはうまいが、曲は単純で新鮮味がない場合が多い。単純な第一変奏から始まる場合が多いので、イメージは、選んだ音色だけに集中してしまい、曲の創作の工夫への度合が、低下してしまう。この傾向は一般的なものだが、第二、第三変奏と続くに従って、次第にイメージと音楽が合ってくる場合もある。しかし、生徒たちは、自分たちが曲を作っているということに対して、たとえ、それが単純で簡単な曲であっても真剣に取り組み、教師側がその真剣さに驚かされるのが度々であった。また、作った曲への満足度は大きく、たとえ短い変奏であっても、オリジナルの創作というものの持つ力を授業の度に実感している。

7. 授業実施の時期

例年、中学一年生の三学期にコンピュータの授業を集中して行ってきたが、やや長期的に二～三学期を通して行い、合唱、器楽の授業と平行しながら行うという方法も試みた。授業時間は同じにして行った結果、変奏の工夫を行う時間が十分とれるという長所がある反面、長い間コンピュータに触らずに授業を行うと、コンピュータの操作を忘れてしまうという時間的なロスもある。平行して行う合唱等にしても、間延びのした授業に陥りやすいので、どちらかという、一時期にまとめて、授業を行った方が、充実した作品が出来上がって良いように思われる。又、中学3年間の中で行うのであれば、中学一年で行い、中学3年の選択の授業で、もう一度取り組むのが良いと考えている。高校でも同様に間を置いて2回行うのが理想的であろう。

8. 音楽ソフトについて

音楽のソフトは、授業で使用する場合、一般的に、シーケンスソフト（コンピュータに音楽を自動演奏させるためのソフト）と、楽譜作成ソフトに大きく大別されると思う。本校では「ミュージ郎 J r」というシーケンスソフトを当初からずっと使っていた。いくら、ソフトが高機能になっても、それを、追いかける必要は全く無いと思っていた。一見便利そうなソフトが出てそれには飛びつかない方がよい場合もある。たとえば、伴奏和音をワンタッチでつけてくれるソフトや、伴奏を色々なパターン（ロック風、ジャズ風等）で簡単につけてくれるソフトが出てきたが、本校では、あえてそれを使わなかった。確かに便利ではあるが、そういう便利なソフトを使わず、生徒たちに自分で考えさせ、入力していくことにより、今までわからなかったことが、見えてくる場合がある。コードネームネームは生徒たちにとって難しいものではあるが、自分で一つ一つ入力して、間違いを自分の耳で探し、聴き分けることも大事なことで考えている。それが自分の力ではなく機械の力で簡単に入力されてしまうと、和音の構造に余り気付かずに終わってしまう。要は、何を簡略化し、何を簡略化しないかということにポイントがあると思っている。それは、教師側が行おうとしている内容にもよるが…。操作が簡単で、軽いソフトが最適だと思っていたので、重い高機能ソフトは使わなかった。

Windows のコンピュータになってからは、「XGワークス」というシーケンス・ソフトを使っている。これは、シーケンスソフトの中でも高機能なもので、それまでの考え方とは反するが、Windows のソフトは、どれも高機能になってしまっていたので、それほど他のソフトと違いはなかった。そこで、必要なこと以外、教えないということで、出来るだけ操作が、単純になるように工夫をした。高機能なソフトの場合、使える機能が多くあっても、その機能を教えないければ、操作はそれほど複雑にはならない。教師側で、使う機能と使わない機能を選別することで、操作性を単純にしていって。又、生徒が必要と感じた時（質問等があった時）に初めて操作を教えることで、その操作を確実に身につけさせる等の工夫も必要である。そのような工夫で、余計な操作をする時間を節約するのである。それ故、教師が必要だと思われる部分だけをピックアップしたマニュアルを作成して、生徒たちに配布することが必要である。

9. コンピュータと教室について

本校では現在、20 台のノートパソコンが授業用に用意されている。授業は教科教育センターという教室で行い、そこではLANへの接続が簡単に出来て、インターネットも行うことができるようになっている。ただし、その教室はコンピュータ専用の教室ではないので、常にコンピュータが設置されておらず、教室の隣のロッカーから、使うたびにコンピュータを出し入れし、セッティングすることになっている。ノートパソコンが導入された理由も、教室によるところが大きい。

ノートパソコンというのは片づけるのが前提のパソコンだとも言えるであろう。20 台の生徒のノートパソコンとMIDIキーボードのセッティングを自分一人で行うと、出してセットするだけで優に2時間はかかる。教室に場所がないのでMIDIキーボードもロッカーから取り出してこなければならぬ。そこで、生徒自身が、コンピュータをセッテ

イングできるように指導することから始めなければならない。

教室自体もコンピュータ専用教室ではないので、マスター用のパソコンもセッティングしなければならない。まず、マスター用のパソコンを用意して、スキャンコンバータを介してモニター用のテレビに大きく映し出せるようにセットする。MIDI キーボードにもつないで、音を大きく出せるようにモニタースピーカーに接続する。これは、操作の説明や生徒の模範演奏をテレビに映し出しながら聴かせたりする場合に必要である。教室そのものに、最初から、液晶プロジェクター等の機械が設置されている場合はよいが、そうでなければ、液晶プロジェクターより用意が簡単で、使い勝手がよい。音楽の場合は、音(MIDI)が機械に連携しているかどうかのポイントとなる。

10. 周辺機器について

周辺機器としては、外部音源、スピーカー、MIDI キーボード等が考えられる。外部音源、スピーカーは無いと音が出せないで、揃えないわけにはいかないが、MIDI キーボードは、案外、軽く見られがちである。しかし、MIDI キーボードはコンピュータ・ミュージックを行う場合、是非とも必要な入力機器である。通常、マウスからでも入力できるが、MIDI キーボードを使うと圧倒的に速いことは、今までの実践で既に実証されている。3年前まで行っていた授業での、デスクトップ型のコンピュータの場合は、音源と入力用のMIDI キーボードとスピーカーが別々になっていたのであるが、上記のキーボードはそれが一台にまとまっていて、接続の手間と場所の節約になる。

ノートパソコンの場合、パソコン自体をセッティングするので、それ以外のセッティングはできるだけ簡単な方がよい。もし、音源とスピーカーが別になると接続だけでも非常に手間がかかる代物となる。そのうえ場所をとる。それが、授業を行っていく上でどれほど障害になるかは、今まで10年間もコンピュータの授業を行ってきた者にとっては、容易に察しがつく。

このMIDI キーボードは、なかなかの優れもので、ノートパソコンで音楽をする場合には現在のところ、これしかないのでは無かろうか。短所としては、バッテリーの時間が短すぎることに、音量のパワーがないことぐらいであろう。モバイルとして扱う場合にバッテリーの短さは、致命的な問題だが、場所と接続の手間が最小限ですむという長所は、この短所を消してしまうであろう。本校では、電池を使わずに、ACアダプターを使用している。以下に、今まで二～三種類のMIDI キーボードを使用して感じた長所と短所を書き上げてみる。

《MIDI キーボードを使用することによる長所・短所》

・長所

- ①入力が容易、かつ非常に速い。
- ②鍵盤を弾くタッチ(ヴェロシティ)をとる⁽⁴⁾ので、強弱も弾くときにつけられる。
- ③音符以外のデータ(ボリューム、音色等)も入力できる。
- ④音符の修正も速いのでマウスを使っていたときよりも大胆に入力ができる。
- ⑤マウスのわずらわしさから解放される。

・短所

- ①鍵盤を弾くタッチ（ヴェロシティ）をとるので、不用意に弾くとバランスの悪い演奏となり、その修正に時間がかかる。
- ②電池の消耗に気付かずに（パワーランプが点滅する）使用するとエラーが起りやすい。
- ③操作中に気付かずに肘などでさわってしまい、勝手に音符が入力されてしまうことがある。
- ④コンピュータの前面の場所を取り、使わないときは邪魔になる。

こう書くと短所も多いようだが、少し気をつけるだけで解消されるものばかりであり、入力が格段に速くなる長所とは比べものにならない。授業をスムーズに進めるためには一台でも多くMIDIキーボードを揃えるよう努力すべきだと思っている。

尚、外部音源ではなくコンピュータにインストールされているソフトウェアの音源を使うという手段もあるが、その場合、パソコンのパワーがかなり必要となる。ノートパソコンの場合は、かなり負荷がかかるので、外部音源を使う方がよいであろう。デスクトップ型であれば、無理ではないが、パワーにかなり余裕のある機種である必要がある。しかも、インターネット等の通信系のソフトと不具合を起こすことも多いので、ソフトウェア音源を使うのは余り勧められない。

11. その他のMIDIの活用

教師側のコンピュータの活用の仕方についても記しておく。MIDIファイルの特徴を生かして、合唱の伴奏や、歌唱テスト用の伴奏をMIDIファイルで作っておくと案外便利である。各校で、もう色々活用されていることと思われるが、本校では、毎学期、歌のテストを混声4部合唱の形で行っている。中学1年生から4人1組で各パートを歌わせてテストを行うのである。その伴奏をコンピュータで作成している。それをテープに録音しておけば、教師は評価に専念できる。教師が伴奏を弾く場合は教師が評価に専念できないし、生徒に弾かせる場合は、テンポが変わったり間違ったりして同じ条件でテストを受けさせられないという問題が残る。市販のCDやテープでは自分たちが練習したテンポと微妙に違って歌いにくい。

シーケンサーやコンピュータで伴奏を作成する利点は、録音した後でテンポを自由に変えることができたり、多重録音が簡単にできるという点にある。本校では、テスト曲の伴奏は、伴奏だけではなく各パートのメロディーをピアノとは違う音色で入力して、メロディー付き伴奏と伴奏のみのテープというものを作っている。ここ3年ほどは、MIDIファイルのデータを直接CDに焼いて、貸し出しをしている。生徒たちは、そのCDから、自分のパートの部分のテープやMD（ミニ・ディスク）に音楽室で録音して、各自練習している。生徒たちは、そのテープやMDで家でも練習できるというわけだ。

本校の場合、クラビノーヴァやアンサンブルピアノなどで実際に弾いて、直接コンピュータにデータを保存し、後で音楽的に聞こえるように、微妙な調整をコンピュータで行っている。この方法が今のところ、最も速い方法だと考えている。データをすべて入力して

いく方法は、慣れれば速いのかもかもしれないが、音楽的な表情付けに膨大な時間を要してしまうので、タッチ等を含め、リアルタイムで弾く方法が良いと思う。リアルタイムにと言っても、片手ずつ弾くこともできるし、テンポをゆっくりと弾いて速く再生もできるので、ピアノが苦手な教師でも十分活用できる。ただし、メトロノームに合わせて弾くというのが、後からコンピュータで作業をするときのポイントとなる。

又、その作ったデータの活用の方法はテストだけに限ったものではない。普段の練習にも生かせる。授業では、生身の人間に勝るものはないので使うことはないが、昼休みなどの自主練習等には役に立つ。シーケンサーとシンセサイザーを音楽室に出しておけば、生徒たちは勝手に練習している。もちろん、シーケンサーの使い方は教えておかなければならないが…。いろいろな方法で応用できると思うので、各校の実状に合わせて考えて頂ければよいと思う。

12. 今後の研究

今後もパソコンで創作学習の授業を行っていく上で、もっと授業への工夫が必要であると感じている。その一環として、平成12年度からは、主題選びを、今までのように、決まり切ったメロディーから選び出させるのではなく、自分たちで選ぶことができるような工夫をした。その詳しい内容に関しては、第II報で報告する。

注

(1) Musical Instrument Digital Interface

(音楽機器のデジタル用結合制御回路)の略称

(2) 平成6年度に行われた「第2回音楽教育のためのコンピュータ活用コンクール」において中学1年生の生徒が「文部大臣奨励賞」を受賞した。その作品は「デスクトップ・ミュージックの音楽授業2～音楽教育のためのコンピュータ活用事例集」(日本教育新聞社出版)の付属CDの中に収録されている。また、引き続いて、平成7年度に行われた「第3回音楽教育のためのコンピュータ活用コンクール」においても、高校2年生が、「奨励賞」を受賞した。その作品は、同様に、「デスクトップ・ミュージックの音楽授業3～音楽教育のためのコンピュータ活用事例集」(同上)の付属CDの中に収録されている。また、平成5年度の「第1回音楽教育のためのコンピュータ活用コンクール」においては、技術科と共同研究の形で提出した作品が、「デスクトップ・ミュージックの音楽授業～音楽教育のためのコンピュータ活用事例集」(同上)の付属CDの中に収録されている。これは、作品からの抜粋であるが、中学1年生と高校2年生の作品が収録されている。

(3) この作品が掲載されている音楽科のWebページのURLは

<http://tenko.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/tennoji/Onngaku/work.htm> である。LA音源が既に過去の音源となってしまう、MIDIファイルでは正しい音色の再生が不可能なので、MIDIファイルと共に、MP3のファイルも掲載している。

(4) ヴェロシティが一定にセッティングされているキーボードもある。その場合、弾く

タッチによって強弱がつかない。これが、長所となる場合もある。生徒によっては、弾き方が弱くてかなり小さな音しか入力できない場合があるが、一定のヴェロシティをとってくれるキーボードでは、これを防ぐことができる。PC・200mk IIはヴェロシティをとるが、CBX・K1XGは一定である。中1の場合はCBX・K1XGのタイプのキーボードの方が良いが、高校生の場合は、PC・200mk IIのタイプのキーボードの方が良い、と考えている。

summary:

The objective of introducing computers in music classes is "to create music playing with tones." The ten-year practice proved that computers are highly effective and have a lot of potentialities.

key words:

create , computer music , variation

パラグラフという網の目

—英語学習者にとっての読み—

い ばた きみ お
井 畑 公 男

A Paragraph or a Perspective

IBATA Kimio

抄録：英語教育において学習についての研究がここ10年ほど増えているように思われる。特に自学自習する場面での意識を問題にしている。どのようなことに注意を向け、どのように学習することが重要か。読みにおける英語のパラグラフの特色を列挙する。

キーワード：英語教育、パラグラフ、名詞

I. はじめに

教育とは何か。師が居て弟子が問う。師が穏やかに説諭するかのごとく自説を述べる。そこに笑いがあり、疑問がまた生まれたり、得心したり、満足したり師と弟子がうち興ずる。筆者は『論語』の孔子とその弟子たちの光景を思い浮かべている。『論語』は孔子の言行録である。これは何を意味しているのであろうか。大事なのは言葉をそらんじるぐらい覚え、くり返し考えることなのか。もう一つ思い浮かぶのがプラトンの対話篇である。『クリトン』、『ゴルギアス』、『饗宴』等の中のソクラテスの姿である。30年前、大学一年のころ読んだ時には、変な理屈になっていき妙ちきりんなものと思っただけであったが、その後、小林秀雄に導かれて拾い読みするようになると、少しずつ、その素晴らしさが理解できるようになった。例えば、最近などは、ソクラテスが登場して、彼が話し始めると一挙に議論が舞い上がるように高度なものになり舌を巻く。ここで感心するのは、全くと言っていいほど難しい哲学用語が使われていない点である。友情が論点の『クリトン』などは結局、断定的な結論が得られずに終わるのであるが、全体に美しい統一が感じられたのを憶えている。現代からみると変な論理になるところがあるが、すぐれた知性があるのを疑えない。どうして、このような運動感のある議論ができるのであろうか。彫刻と同様、間違いなくギリシャに高度な文明があったと信じられる。

『論語』、プラトンは日本の学校では哲学として扱われるのであろうが、教育を考える場合、古典としてみると色々ヒントが隠されているように思われる。そこには道のようなものがあり、師と弟子はゆっくりと歩き、話しながら笑い興じたりしているのである。内容は多岐にわたり、辺りは茫洋として、空気はさわやかである。歩くこと、話すことが学びであり、喜びである。だから師のもとに弟子が集まるのである。

さて英語を学ぶなかで『論語』、プラトンのようなものを考えたいのだが、それはひとまず、英語による古典を繙くということになろう。とりあえず道を歩くぐらいに考え、そのための古典への入口さがしを試みてみたい。

II. 文からパラグラフへ

英語を読む場合、一文ずつたどるのであるが、区切りとして、あるいは、まとまりとしてパラグラフを大きな一つの単位と見るのが効果的である。パラグラフで一つのことが書かれてあると考え、例えば、小見出しを作ってみることが内容理解のいい作業になる。特に時事文、論説、評論では学習が気持ちよく進む。現に新聞記事など見出しだけ読むのが限られた時間での新聞を読む一方法である。

いくつかパラグラフを引用して、その特徴を見てみたい。

Charles Lindberg was born only a year before the first airplane flight at Kitty Hawk, but as a child he was quickly fascinated by the ability of man to fly. He enrolled in a flying school in Nebraska and soon afterwards became a pilot. He worked for a while as an air mail pilot flying between Chicago and St. Louis in 1926.

(大意：チャールズ・リンドバーグはキティホークで飛行機が最初に飛行に成功したわずか一年前に生まれたのです。でも彼は子どものころにもう人間の飛行に夢中になったのです。ネブラスカ州の飛行学校に行き、程無くパイロットになったのです。しばらくシカゴーセント・ルイス間の郵便飛行士の仕事をしました。)

このパラグラフに小見出しをつけるとすれば、「大西洋横断飛行まで」、「略歴」など考えられる。20世紀アメリカを代表する英雄を登場させる部分だが、最初期の根からの飛行の人という説明が明確である。パラグラフは3文から成り、主語は同一で、いずれの文にも fly あるいは fly から派生した語が使われており、「飛行の人ーリンドバーグ」が無理なく理解される。pilot, air など繰り返して使われているが同じことに使われている。

おおむね一つのパラグラフで一つのことが述べられていると考えられるが、その中で網のようなものが張りめぐらされているのがわかる。繰り返される語が点のように、代名詞がその前後に糸を伸ばしている。類語も同じような線を描く。誠に英語のパラグラフはその柔軟な特徴を示している。

主語が同一のものになっているのはアメリカン・ヒーロー、サクセス・ストーリーの然らしめるところと言えるかもしれない。自伝のような文だから当然だが、他の時事的な文を見てみたい。

Have you ever heard of the World Heritage List? You may know the name, but you don't know much about it. The list was set up in 1972 by UNESCO. The places and things on the list have a lot of cultural or natural value. We have to preserve them as long as we can.

(大意：言葉を聞かれたと思いますが、世界遺産というのは1972年にユネスコが決めたものです。遺産は貴重で保存しなくてはなりません。)

平成13年の中学3年の授業では、このパラグラフは「世界遺産とは？」という小見出しを授業者は生徒に示した。パラグラフは4文で出来ており、you, list, places and things,

we が文の主語であるが、意味からして全部 you 考えることができる。筆者が読者に話しかけ、呼びかけているという意味合いで、you 読者と言え。次に繰り返されている語は何と言っても the World Heritage List である。三つ目の文の主語 places and things は Heritage の言い換えであり、どの文にも list あるいはその具体物が示されている。heritage,value,preserve は意味からして類語、あるいは当然の動作としてつながっていると強引に言えなくもない。World,UNESCO,cultural も同様である。依然として「パラグラフは網の目」は崩れず、その糸はしなやかに張り巡らされている。

Ⅲ. 名詞・代名詞・関係代名詞

パラグラフの網の目を作る大きな素材が名詞であるのは疑えないが名詞・代名詞・関係代名詞が一連のものであって、交差、結び目などの役割を果たしている。

先に引いたリンドバーグの続きを引用する。

A year later he took up the challenge to fly across the Atlantic Ocean. An award of \$25,000 was offered to any man who successfully completed a trans-Atlantic flight non-stop from New York to Paris.

(大意：一年後、彼は大西洋横断飛行に挑戦したのです。無事パリまで飛べば何人にも賞金二万五千ドル与えられるというのです。)

「大西洋横断飛行」とまとめられ、パラグラフは2文から成り、主語は he,award と同一ではないが he が二つ目の文の中の man に弱くだがつながる。第二文が challenge の説明のような文で、網かけの部分は同じような二つの表現となっている。ここでの関係代名詞はそれが導く部分が形容詞の働きをしている訳で表現の糸が伸びることになる。

パラグラフと言うものが一つ一つの文から出来上がるとすれば、どのような織物・模様仕上がるかは文の生成力に大きく依存するであろう。名詞・代名詞・関係代名詞に次いでこの面で重要なのは接続詞 that であろう。思考・感情を表す部分を導くという点で大きな領域を切り開く。同じくリンドバーグの文で接続詞 that が使われているところを見る。

In Europe Lindberg visited Germany three times and became much impressed with the growing air power of the Nazis. He warned the world of the possible military threat of the Nazis and was convinced that there would be little chance of winning a war with Germany because of the power of the luftwaffe. He urged America to be neutral in World War II and his position angered many people who felt America should get involved. His popularity began to decline.

(大意：ヨーロッパでリンドバーグはドイツに三度訪れ発展するナチスの空軍に強い印象を受けたのです。彼はナチスが軍事的に脅威となると世界に警告したのです。ドイツ空軍力から対ドイツ戦には勝てないと確信したのです。彼は第二次大戦中、アメリカに中立を主張し、そのため参戦すべきとする多くのアメリカ人の反発を買ったのです。この時からリンドバーグの人気は落ち始めたのです。)

that は一箇所であるが felt の次に that が省略されている。網かけの部分は思考・感情の内容を表す部分となっている。このパラグラフは「ナチスの脅威」と言うことができ、

主語はおおむね he で、Germany, Nazis, power などの語がくり返し使われている。これらの語がパラグラフのまとまりに奉仕しているとすれば、その間を点綴するように思考・感情・態度を表す動詞が入れ込まれている。パラグラフ内での波立つような動きを作っている。impress, warn, convince, urge, anger, feel, involve などがその動詞である。関係代名詞、接続詞 that は網の糸を伸ばすという意味でパラグラフを豊かなものにしていく。前者は名詞を豊かにし、後者は文そのものを大きくすることで表現を広げている。このいずれもが省略されることが多いということが同じ理由から来ているように思われる。S + V という構造が非常に安定しているがために省略できるのである。そして同一の主語で文が連続すれば柔軟な空間が切り開かれるのは理解される。それにしても that という語は接続詞だけでなく、代名詞、形容詞、副詞、関係代名詞と大活躍する語と言える。

IV. 簡潔と豊富

パラグラフの要約という作業をするなかで、引用した英語の範囲で英語のパラグラフの特徴を確かめ、要約のとき、どのようなことを我々はしているのか考えてみたい。

何文かから成るまとまりであるパラグラフの内容を短い言葉で要約するためには、一つ一つの文の意味、流れというものが一応、理解されなければならないものではない。読んでいる場合はともかく、パラグラフ全体というものが意識され、上から、文のかたまりを見ていることに間違いない。よく見られるのは一文に捕らえられ、しかも不十分な理解で内容について述べられる場面である。もどかしく感じられるとすれば全体が見えないからであろう。大事なものは部分が全体との関係から位置、意味が決まるということであろう。この場合、まとめようとする部分である一文一文の意味を問う作業を強いられるのである。よくキーセンテンスを捜すタスクを生徒に課す授業とか、パラグラフの内容の核心を衝く英問英答する場面に出くわすが、旨くいく場合とそうでない場合がある。

要約のための一文ずつの一応の精査が文相互の関係を含めた英語の表現に目が行く。まず気がつくのは同一主語の保持である。話題、主題の確定のためである。これが確保されなければ読者はいささかの明かりを持っているのだが、先へ進めないであろう。次にいわゆる述部がくるのであるが、これは何が出るかわからないと言っていい位だが焦点があると考えるのが常識であろう。述部と言われているからである。そしてここも意味が取れたからといって安心せず、経過的に出来上がる全体の中での軽重と問う意識が必要である。前置き、補足ということはいくらでもあるからである。一つの焦点は名詞と考えていいのであるが繰り返し、言い換えなどに気づくことが必要である。ここで言えるのは名詞を広い意味でものを表しているため簡潔、動詞が主に展開に使われるため豊富を目的に使われていることが多いようである。いずれにせよ簡潔と豊富をあせ持ちながら柔軟に英語のパラグラフは生成していくようである。少なくとも一つのメッセージを持ちつつ、それがさらに大きい全体に組み込まれながら。

参考書目

Builders of the American Dream BUN-EIDO (1994)

Fun, Fun, Reading Kirihiro Shoten

summary:

In the last 10 years many articles on students' study have been issued in English teaching magazines. They deal with ways pupils and students study English for themselves. What are points students have to be conscious of in their own activities? How do pupils study English in a primary level? Some features of an English paragraph are elucidated, which will be helpful in reading.

key words:

English teaching, a paragraph, a noun

自由英作文の記録

—和文英訳を興味深くするために—

ひがし もと くに お
東 元 邦 夫

Essay Writing in English Class

HIGASHIMOTO Kunio

抄録：英語を書く力を養う上で、短文による和文英訳は欠かせない。しかし、その練習はともすれば単調で味気ないものになりがちである。時には、その単調さを破りたい。訳す和文を興味深いものにする、自由作文で自己表現の満足感を味わうことなどで、それが可能ではないだろうか。このことに関する試みの記録を記す。

キーワード：英語教育、作文、和文英訳、自由作文、学校行事

I. 初めに

これまでに担当してきた授業、とりわけ 2001 年度の 44 期生 3 年次の Writing の中で行ってきた、生徒をさらに和文英訳に取り組みさせるための試み、特に自由作文を振り返ってみたい。

II. 生徒にとっての英作文

英語の授業の中で、作文（和文英訳）は生徒にとって、あまり嬉しいものではないだろう。与えられた和文が、知的好奇心に訴えるものであることはほとんどない、というよりも、一、二行の短い和文で知的好奇心に訴えることは無理である。

達成感という点でも、作文の授業において書けたという達成感は、英文をとにかくも読めたときのそれに比べ、おおむねかなり低いと考えられる。

こういったことの積み重ねが、「英語の作文？ 気乗りしないなあ」という心持ちにさせるのは容易に想像できる。何よりも、私自身が、一英語学習者として、そうであるから。

だからといって、一、二行の短い和文の英訳を否定しているわけではない。むしろ、作文の力をつけるおそらく最上の方法だろうと考えている。公開授業で、生徒の、英語による見事な自由応答（書くにしろ、話すにしろ）を参観することがあるが、あの自由応答を可能にさせているのは、その先生であらうとなかろうと、誰かがどこかで、和文英訳 — 多くの場合、ごく短い和文 — の練習をさせてきたからではないかと思う。

Ⅲ. 和文英訳を興味深くさせる試み

教科書・問題集の短文をこつこつと訳す作業に刺激をあたえるつもりで、こんな試みをしてきた。

1. 他教科の文章を用いる

知的好奇心にあった文章という点で、生徒が用いている教科書からの文章が利用できるのではないだろうか。例えば、国語の教科書から 200 字程度を生徒各人が好みに引用したものを、難易・引用した生徒の多少・文章の多様性などを採択の基準にして選んだことがある。夏目漱石の「夢十夜」、枕草子の「春は曙」などと豪華なアンソロジーになった。

以前は日本文学の英訳が、漱石や三島由紀夫などの作品に限られていたので、これらの解答例を作るのに苦勞した。生徒が楽しんで取り組んでいることに支えられたといえる。しかし今では数え切れないほどの作者・作品の英訳が書店に並んでいて、この作業も幾分か楽になっている。

学習という面では、古文とよばれる文章の英訳が、日本語をそのまま英語に置き換えるのではなくその日本語をよく吟味する練習になる、というのは一つの発見であった。例えば「春は曙」は *Spring is dawn.* ではなくて *The best moment in spring is at dawn.* だというように。生徒は国語の授業でこの一節についての日本語での訓練は済ませているので、*The best moment...* が過不足のない英語であるという指摘はタイミングのよいものになる。

2. まとまりのある英文の一部訳

生徒の知的好奇心に合うような内容で、前後関係が把握できるほどの十分な分量の日本語を英訳するのは、高三と言えども一般的には荷が重過ぎる。では、そのような内容と分量を備えた英文を読みつつ、その一部を和文英訳してはどうだろうか。

例えば 40 期生には、毎日 Weekly 第一面*や週間 S T の最終ページのコラムを用いた。具体的にいうと、週間 S T の 1997 年 4 月 7 日号 Gwen A. Robinson 氏の *A trusting society* はパラグラフ数が 8、語数が約 500 語の文章であった。その中で 4 箇所を和文にし、英訳を求めた。次はその一部分である。

*このコラムは現在休止している

... Perhaps there is no other country in the world ①, contents intact. I've done both, and both times have recovered my belongings. I heard recently of an even more gratifying experience. A friend lost his entire month's pay in an unmarked envelope on a crowded railway platform. He recovered it hours later from the rail station office.

Many Japanese would not express surprise at these tales - ②. Consider the reports of lost items, including jewelry and cash, handed into public offices like koban. ...

① 人通りの多い道で財布をおとしたり、混んだ列車内にカバンを忘れたりし、数日後にそれが手許に戻ってくる（という国など、おそらく世界中どこへ行ってもない）

[recover を用いて]

② 忘れ物は戻ってくることのほうが、あたりまえである。

ちなみに原文は次の通り。

① where you can drop your wallet in a busy street or leave your briefcase on a crowded train and recover it within days

② it's more normal to recover lost items than not

英文を読むことに比重を置きすぎないように注を多くして読み易くしたが、なおかつ、英文を読み取ることに予想外の時間を費やした。適切な英文—生徒が余裕を持って読める難易度の英語で、かつ読み応えのあるもの—を選ぶことの必要性を痛感させられた。

3. 自由作文

1) 自己紹介 一年生

一年初めの授業で英語の自己紹介。とはいっても、名前、住んでいる所、趣味を最小限の言葉で話すだけという生徒が多い。本校のように多くが附属中学出身の生徒である場合、かえって自己紹介が照れくさいということもあるだろう。それではと、ある年、筆者だけが自己紹介を行い、生徒は、自己紹介として、次の項目から一つ選び英語で書くということにした。項目は、My family. My town. My hobby. My pet. などとした。予想外にいろいろと書いていた。この場合、内容を限定したことが、生徒の書く意欲につながったと考えている。

2) 自己紹介 三年生(進路)

44期の生徒には三年次に初めて授業を担当した。三年生に自己紹介は、そのままでは、酷である。そこで教科書*の I'm beginning to think seriously about my future. で始まる英文を利用し、このあとを自由作文として続けるということで自己紹介に代えることにした。一学期中間テストに出題することを予告した。

良くも悪くも次第に生意気になり、二年生くらいから、音読の練習でも声を出さなくなることなどを経験的に知っているのも、私が44期生に初めて求める自由英作文をまじめに書くだらうかという気もしたが、それは杞憂であった。進路をすでにかなり明確にしている生徒はもちろん、迷っている生徒、要求される学力と現在の自分の学力との差を気にしている生徒、それぞれがその気持ちを吐露している作文であった。

英語(外国語)で表現するとき、日本語(母国語)の場合よりも、恥ずかしさを感じなくて済むようだ。筆者自身の経験からも、そうだとと言える。恥ずかしさを感じている余裕もないというのが実情かもしれないが、ともかく、これは外国語を学ぶ一つの利点であろう。

I'm beginning to think seriously about my future. I certainly want to go on to college to be major in literature, and to be a teacher in the future.

But recent Japan have lost stability for more than 10 years. The Japanese and the government don't have common sense and order. So they are corrupted.

Therefore, I want to be a politician to reform society. (男子)

I'm beginning to think seriously about my future. I would like to go on to college and major in law. I have wanted to be a lawyer since I was a child.

Last month, I went to a lawyer's office. I listened to the lawyer's talk about law, his work, court and judicial examination. The next day I went to a court to hear the trial. I have more interest in lawyer.

But first I have to pass the entrance examination. So I have to study hard to get into college. (女子)

ここでは生徒の英文を、つづりの明らかな間違いだけを訂正して紹介する。以下同様。

*Genius English Writing Course Revised Edition, p.62

3) 学校行事

作文を担当した時は、折々の学校行事を自由作文の題材にしてきた。また Reading を受け持っている時も、作文の授業と重複しないようにしながら、それを心がけてきた。

学年によって取り上げる行事は異なるが、年間三・四回を目安にしている。一年生五月の討論を中心にした合宿・体育大会・遠足・博物館見学・附高祭・音楽祭・研究体験旅行(修学旅行)などである。

ここでは、2001年度の44期生の場合をいくつか取り上げる。

a) 蕪村展

ロングホームルームで行く市立美術館の蕪村展の感想を、自由感想文(100語以上)の課題とした。必ずしも鑑賞した作品に限らず、蕪村についてであればよいとした。残念ながら、提出した生徒数の割合は3/4を下回った。課題としての予告が鑑賞の日の直前であったこと、鑑賞後の授業が学校行事などの関係で空いたこと、そして課題が難しかったかもしれない、などが理由であると考えている。添削は、45期生のオーラルコミュニケーション(OCB)を筆者と共に担当している Ms. Shannon Wardroper をお願いした。44期生は前年度、OCBで、Wardroper先生の授業を受けている。

下線部は同先生による削除、[]内は同じく補筆を表す。

On April 27, we visited the Osaka civic museum, [where] Buson's works was [were] exhibited in it.

To be honest with you, when I had been explained [was told of] this plan, I had thought it useless and that we should have allowed that time for [a] study period. That is to say, I had been [was] little interested in it.

Yet, I took a delight in the event. As soon as I looked at his picture[s], I was drawn into his world. Because it is a lot of fun that his works were criticized. It was much more interesting than I had expected [it]. It was an important and valuable time for me.

Now, I'm much obliged for this plan. (女子)

In the display of Buson Yosa, I was interested in the [his] change of his pictures

[style]. According to the brochure, though it is said that the change of his picture's style was influenced by the place which he visited, but this display focused on the change of his mind, too.

In the first stage, he described the nature like mountains, rivers, and forests mainly. They were monochrome.

In the second stage, they were still described with only black and white, but the objects were creatures including men.

In the third stage, he added colors to his pictures. The red flowers were very vivid. In the fourth stage, they were more and more vivid. He seems to be fascinated by the China best [most] in this stage.

But in the next stage, he came to describe the sight of Japan and the Japanese. What happened to him? Probably, he might have met Basho. Because in the last stage, he wrote poems with illustrations. I felt all pictures were impressive. (女子)

前者は、いやいや行った蕪村展に次第にのめりこんでいった様子を冷静に述べている。後者は、蕪村の絵の変容と精神の動きの関連を鋭く考察し、習いたての語句も果敢に使って表現している。生徒にとって、この添削は気持ちよく吸収できたであろう。京都で帯のデザインの研究にも取り組んでいる Wardroper さんに添削していただくのにふさわしい題材であったので、さらに多くの生徒が提出するような事前の準備をすべきであった。

b) 古典演劇鑑賞

生徒が本校在校中に順次鑑賞する歌舞伎・文楽・能狂言を、自由作文の題材にすることはこれまで何度も繰り返してきたが、能狂言では筆者は躊躇してしまいがちである。ほとんど全員の生徒にとって初めての能狂言鑑賞であり、特に能は言葉のとらえにくさから、鑑賞がしっかりとした経験とならず、無意味な作文になりかねないという気持ちからの躊躇である。

そこで今回は、後日教官会議で配られた生徒の感想文を、本校生徒の感想文の一部であることを説明した上で、「イ～ニから一つ選び、英訳しなさい」という和文英訳として一学期末テストで使った。

イ) 能の無駄のない動きが美しかった。ゆっくりしていてまどろっこしいような気もしたけれど、その落ち着きがよかった。又、音楽がとても素晴らしかった。濁ったような笛の音と無気質な感じの太鼓の音が交ざり合うことなく舞台を包んでいて、とても気持ちよかった。

(2年女子)

ロ) まず面をつけた着物姿の人達が私の目をくぎづけにした。舞台へ出てくる姿もなんか静かな美しさがあった。笛の音、太鼓の音が私を身ぶるいさせた。

そして、なんともいえない「恨みと悲しみ」が非常に強くじわじわと伝わってきたのに驚いた。特に、面が無表情でいるので、とても怖かった。

(1年女子)

ハ) 私は一度、歌舞伎を見に行っただのですが、それよりも眠かったです。いったいどうすれば、能を楽しむことができるのでしょうか。

(1年女子)

ニ) 狂言のほうはまだおもしろかった。でも能はねむかった。何を言ってるのかさっぱりわからないのはやはり厳しい。あと動きが遅いのもきつかったです。 (1年男子)

筆者には、これらの感想文を試験問題にすることで、英語以外のことでも期待することがあった。それは感想文イ、ロの内容の高さを、多くの生徒に伝えることである。ハ、ニのような感想を持つ生徒が多く、それはそれとして了解するが、一方で、同年齢の者が同じ舞台を、イ、ロのように深く感じ、平易な言葉で語っている。それを知るのは、何らかの刺激になるのではないかという期待である。

テストの感想に、いつもは少なからずある「問題が難しい」といった言葉が、今回見当たらなかったのは興味深かった。

生徒の答案から。(下線は筆者)

イ) The sophisticated act of the Noh was beautiful. Although I also felt its slow act annoyed me, its ease was good. And its music was very great. Because the stage was filled with the clouded tone of the whistles and unorganic sound of Taiko without mixing each other, it was very comfortable for me. (男子)

イ) The simple behavior of Noh was beautiful. Though I was irritated by the slow behavior, the relaxed atmosphere was good. The music was very good, too. The dazzling sound of flute and the metallic sound of drum was covering the stage without being combined, and I felt so nice. (女子)

ロ) First, I could not help staring at the people who wore a kimono and a mask. They had calm beauty when they came to the stage. And I was surprised that the jealousy and sadness, though I can't express what it is like, came into my soul gradually. What made me scared most is the masks which had no emotions. (女子)

ハ) "Noh" made me more sleepy than "Kabuki" which I had ever seen once before. How can I enjoy "Noh"? (女子)

ハ) I had seen "Kabuki" once, (and it was sleepy), but "Noh" was more sleepy than that. How do I have to enjoy watching "Noh"? (女子)

ニ) Kyogen was a little more interesting than Noh. But Noh made me asleep. It was very difficult for me to understand Noh, for I couldn't understand what the performers said. Besides, the performers acted so slowly. I think that is another reason why Noh made me asleep. (女子)

試験の答案はやはりハ、ニに集中した。しかしこれも英語にするととなると、易しくはない。あるいは、内容、文体共に生徒に身近なこういう日本語が、より分かりやすい英語、すなわち、英語らしい英語を書く格好の材料になったとも言える。

ところで、イ、ロの答案を読みながら、筆者は、不適切な語句の用い方よりも、適切な

用い方により関心を持った。なぜならこれらの適切な用い方は、直接英作文の練習からではなく、一つには、英文読解、特に精読の積み重ねからきていると思われたからである。たとえば、イの「無駄のない」を一番目の答えは sophisticated としているが、これは作文の授業では一度もでてこなかった語である。普段、英文をきちんと読み、意識にとどめようとする態度の結果と考えるのが妥当だろう。一方、同じくイの「まどろっこしいような気もした」を二番目の答えのように was irritated とできるのは、作文の授業での同じ趣旨の和文の英訳の練習が身につく、それが引き出せる日本語の能力によるといえる。

本校の生徒は、文楽、歌舞伎、能狂言を三年間で順次鑑賞できるという地理的条件に恵まれている。将来、他国の人と交流で、わが国の古典芸能を実際に鑑賞した者として、その感想意見を述べる事が可能である。その際、この自由作文が記憶のどこかにとどまって役に立たないだろうか。そんな時、自分の意見を述べる事が大事だ、という一方で、具体的な説明が出来ることも大事な事だと考える。歴史の時間で学習したことも、この作文の中で生かして、将来使ってほしいと思う。そういう観点から、自由作文の際にはよく、意見や感情だけでなく、数字などによる具体的な説明も盛り込むことを勧めている。

参考までに文楽鑑賞の自由作文の一つを示す。1998年の1年生のものである。

Bunraku was established in edo era by Chikamatsu Monzaemon. It is a play of puppet and the story is like soap-opera which was popular at the time. The back music is played by Japanese traditional musical instrument such as koto, shakuhachi, etc.

Nowadays, it is recognized as one of the Japanese traditional entertainment. Some people like it, but some don't it. However, I like it. (女子)

c) 音楽祭

二学期末試験に、二週間前の音楽祭に関連して、Music and I という自由作文を出題することを予告した。字数はこれまでと違い、上限はなし、下限は 80 語とした。自由作文への意欲は対象である行事の出来不出来にも左右される。今回、3年生の多くは「音祭」に盛り上がった。その様子が、音楽が苦手であったり、この行事に消極的であった生徒の書いたものにも現れている。

Music gives us comfort

... We hear music everywhere we go, but very few people are annoyed with these music, I think. This is probably because hearing music and melody is hearing intervals between the tones, even though we may not realize it, and even though these particular intervals are not periods of silence but mere "stops" of varying length between points on the music scale. These intervals give us comfort. (女子)

Music and I

Actually I don't like music. I can't sing a song very well, can't play the piano, and even can't enjoy listening to a music. I have no records, no CDs, no MDs, because these never give me comfortable feelings.

However, I like the Music Festival in Fukuoka very much! We, my friends and I, sang the same song at the same time, which was very enjoyable for me. Though I don't like music, the Festival was special for me, and this festival will be a very good memory. (男子)

4. 結びにかえて — 必要なこと

和文英訳の授業はなんといっても、その授業自体で活気のあるものにならなくてはならない。そのためにもっとも要求されるのは授業者の英語の力である。これまで述べてきた試みが意味を持つのは、それからのことであろう。

さらに生徒がこれらの試みに関心を持ち、「書いている内に楽しくなって」くるようにするためには、いくつかのことが考えられる。

その一つは事前の説明である。蕪村展や能狂言鑑賞は、担当教官の事前指導が生徒の鑑賞の意欲を高め、英語の作文を書くことを助けているのは間違いない。ということは、他のことで自由作文を課すときにも十分な事前の説明が必要であることを示している。

あるいは、今回の音楽祭のように、行事が盛り上がる、というようなこともある。これは、授業者にとっては運だのみに近い。ある生徒がテストの感想に、「(音楽祭の)エッセイについて何も考えて来てなかったが、つよくかんじるころがあり、意外にすらすらかけた」と書いていた。

このほかには、

- ・必要と予想される語句のリストを与える。
- ・生徒が混乱しない程度に添削箇所を多くする。
- ・生徒に分かり易い添削の工夫をする。

ことなどを目指している。

このようなことを通じて、生徒が「(自由英作文は)難しいが、もっと思うように書ければ楽しいだろう」と実感し、和文英訳の練習にまた新たな気持ちで取り組んでくれることを期待している。

summary:

It seems boring for students to attend an English writing class where they have to translate a given short Japanese sentence into English. While I believe it one of the most profitable practice to improve their ability in English, I have been wondering what I can do to make the class more interesting to students. Here are some examples of my trial.

平成13年度 教科・個人研究テーマ一覧

国語科 “書くこと”を核とした授業	岡本義雄 地学教材としての数値モデル及びアナログモデルの開発
金藤行雄 異質と思える概念を結びつける思考	柴山元彦 環境教育としての放射線
岑口修司 古典「和歌」の学習をふまえた「短歌」創作	杉井信夫 理科離れを無くす実験教材の開発
琢磨昌一 現代詩、現代の歌詞を素材とした表現活動	西庸扶 遺伝病に関する指導と生命倫理とのかかわり
谷周平 正確な伝達を目的とした論理的表現	廣瀬明浩 物理分野（中学校）におけるSTS教育
中西一彦 書くことを基にした「伝え合い」授業	森中敏行 分子生物学分野の実習開発
平田達彦 「読む」・「話す」に結びつく文字表現	保健体育科 中高6年一貫カリキュラムの検討
藤本一栄 教材内容のポイント及びテーマを的確かつ端的に文章化する	鎌田剛史 体育の楽しさについて
社会科 中高連携にたつて生徒の社会認識をどのように広げ深めていくか	武井浩平 球技の指導について
生川年雄 近・現代の歴史認識	田中 譲 学校におけるヘルスプロモーション活動について
笹川裕史 イスラームをどう教えるか	松田光弘 体育の楽しさについて
出原真哉 中世史教材の作成と収集について	音楽科 合唱と創作の指導
堀 一人 高校生の規範意識について	諸石孝文 創作領域でのコンピュータの活用
山田時比古 教材のデジタル化について	美術科 文体的表現活動の育成
吉岡正博 個人と社会との関わりをどう学ばせるか	内本敬二 美術教育におけるメディア活用の思索
吉水裕也 適切な社会認識形成を促す地理の学習内容と問題発見	技術家庭科 新しいカリキュラムに向けた指導法の改善
数学科 教材の検討精選	上田 学 自己効力感を高める教材の開発
乾 東雄 図形のとらえ方とその指導	良 千恵子 自己効力感を高める指導法の開発
岩瀬謙一 数学を柱とした総合学習	英語科 自然なoutputにつながる文法指導のあり方
大石明德 数学を柱とした総合学習	伊藤洋一 読解指導の工夫
澤田耕治 図形のとらえ方とその指導	井畑公男 英語の学習法
頼尾祐貴 図形のとらえ方とその指導	金井友厚 生徒の積極的な発言を促す指導
藤田幸久 図形のとらえ方とその指導	楠井啓之 教科書の題材を深める工夫
柳本 哲 数学を柱とした総合学習	佐藤尚美 自己表現と文法指導
吉村 昇 図形のとらえ方とその指導	東元邦夫 学校生活と自由英作文
理科 小中高の関連を重視したカリキュラム開発	日根野 敬也 理解法を測る効果的な質問とは？
井上広文 科学史を位置づけた物理授業の展開	松永淳子 コミュニケーションのための表現力の育成をめざして
司 博昭 WinMOPACを用いた教材開発	

研究集録 第44集

平成14年3月14日印刷

平成14年3月15日発行

編集発行者 大阪市天王寺区南河堀町4-88
大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校
大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎
代表者 三木 四郎

印刷所 株式会社 ヒカリプランニング